كـــود الطـرق السعودي
SAUDI HIGHWAY CODE

الهيئة العامة للطرق
Roads General Authority

كـــود الطـرق السعودي

٢٠٢٣
الإصدار الأول

تصميم الطرق والجسور والأنفاق
كود الطرق السعودي ٣٠١ - التصميم الهندسي للطرق

رؤيـــة VISION 2030
المملكة العربية السعودية
KINGDOM OF SAUDI ARABIA


كـــود الطـرق السعـودي
SAUDI HIGHWAY CODE

القائمة الرئيسة لكود الطرق السعودي			
م	المحور	الكود	العنوان
١	مقدمة	كود الطرق السعودي ١٠١	عام
٢	التخطيط والدراسات الأولية	كود الطرق السعودي ٢٠١	عملية التخطيط
٣		كود الطرق السعودي ٢٠٢	الأعمال المساحية ورسم الخرائط
٤		كود الطرق السعودي ٢٠٣	الدراسات الأولية
٥	تصميم الطرق والجسور والأنفاق	كود الطرق السعودي ٣٠١	التصميم الهندسي للطرق
٦		كود الطرق السعودي ٣٠٢	تصميم مرافق الطرق ومنافعها - الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي
٧		كود الطرق السعودي ٣٠٣	تصميم مرافق الطرق ومنافعها - مناطق الاستراحة، ومحطات فحص الشاحنات، ومواقف السيارات والمرائب
٨		كود الطرق السعودي ٣٠٤	تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة
٩		كود الطرق السعودي ٣٠٥	تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم منطقة أعمال الطرق
١٠		كود الطرق السعودي ٣٠٦	تصميم مرافق الطرق ومنافعها - المنافع العامة، وإنارة الطرق والشوارع، وأجهزة التحكم والمراقبة
١١		كود الطرق السعودي ٣٠٧	تصميم مرافق الطرق ومنافعها - زراعة المسطحات الخضراء، والإعلانات الخارجية
١٢		كود الطرق السعودي ٣٠٨	تصميم الرصف
١٣		كود الطرق السعودي ٣٠٩	مواصفات المواد والاختبارات القياسية
١٤		كود الطرق السعودي ٣١٠	تصميم الجسور والأنفاق
١٥	إنشاء الطرق والجسور والأنفاق	كود الطرق السعودي ٤٠١	إنشاء الطرق
١٦		كود الطرق السعودي ٤٠٢	إنشاء الجسور والانفاق
١٧		كود الطرق السعودي ٤٠٣	إنشاء مرافق الطرق
١٨	نظم صيانة الطرق والجسور والأنفاق وإدارتها	كود الطرق السعودي ٥٠١	نظم إدارة صيانة الرصف
١٩		كود الطرق السعودي ٥٠٢	نظم صيانة الجسور والأنفاق وإدارتها
٢٠		كود الطرق السعودي ٥٠٣	نظم صيانة مرافق الطرق وإدارتها
٢١	هندسة المرور و سلامة الطرق	كود الطرق السعودي ٦٠١	هندسة المرور
٢٢		كود الطرق السعودي ٦٠٢	الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري
٢٣		كود الطرق السعودي ٦٠٣	سلامة الطرق
٢٤	الجوانب البيئية للطرق	كود الطرق السعودي ٧٠١	الجوانب البيئية للطرق
٢٥	متطلبات المركبات ذاتية القيادة	كود الطرق السعودي ٨٠١	متطلبات المركبات ذاتية القيادة

الهيئة العامة للطرق
المملكة العربية السعودية، الرياض، وادي الحياة، حي المروج-١٢٢٦٤
٠١١٨٧٤٤٤٤٤ هاتف محلي/ ٩٦٦٠١١٨٧٤٤٤٤٤+ خارج المملكة العربية السعودية

ⓒ جميع الحقوق محفوظة للهيئة العامة للطرق ١٤٤٥هـ | ٢٠٢٣م

الهيئة العامة للطرق
Roads General Authority

وزارة النقل والخدمات اللوجستية
Ministry of Transport and Logistic Services

وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان
Ministry of Municipal Rural Affairs & Housing

SASO
المواصفات السعودية
Saudi Standards

وزارة البيئة والمياه والزراعة
Ministry of Environment Water & Agriculture

EXPRO
هيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية
Expenditure & Projects Efficiency Authority

المملكة العربية السعودية
الهيئة الملكية لجبيل وينبع
Royal Commission for Jubail and Yanbu
KINGDOM OF SAUDI ARABIA

اللجنة الوزارية للسلامة المرورية
الأمانة العامة
The Ministerial Committee of Traffic Safety
General Secretariat

المركز الوطني لسلامة الطرق
National Road Safety Center

مركز دعم هيئات التطوير
DEVELOPMENT AUTHORITIES SUPPORT CENTER

أرامكو
aramco

اللجنة التوجيهية

معالي م. بدر بن عبدالله الدلامي
رئيس اللجنة

أ.د. علي بن سعيد الغامدي **مدير عام المشروع**	م. عبدالله بن عبدالرحمن الربيعة **عضو**	م. بدر بن علي الحقباني **عضو**
م. رامي بن إسماعيل جلي **عضو**	م. علي بن سعيد الغامدي **عضو**	أ. طامس بن علي الحمادي **عضو**
م. خالد بن وليد الرشيد **عضو**	م. عبدالله بن محمود كاشغري **عضو**	م. أجدل بن محمد السلمي **عضو**
م. عمر بن عبدالرحمن الضبعان **عضو**	د. خالد بن يحيى القحطاني **عضو**	م. هذلول بن حسين الهذلول **عضو**
م. عبدالله بن سليمان السليمان **عضو**	م. طارق بن زياد الشامي **عضو**	م. سالم بن جبران القحطاني **عضو**

م. نواف بن أحمد الظبياني **سكرتارية اللجنة**	م. مياسم بنت مبارك باجويبر **سكرتارية اللجنة**

مدير عام مشروع كود الطرق السعودي

أ.د. علي بن سعيد الغامدي

اللجنة المشرفة

أ.د. علي بن سعيد الغامدي **مدير عام المشروع**		
أ.د. سعد بن عبدالرحمن القاضي **المدير الفني العام**	م. تركي بن عبدالله العمودي **المدير الفني**	
م. عبدالعزيز بن علي السحيباني **المدير الإداري**	م. محمد بن فايز المنيع **عضو**	

الفريق الفني

أ.د. علي بن سعيد الغامدي **مدير عام المشروع**	أ.د. سعد بن عبدالرحمن القاضي **المدير الفني العام**	م. تركي بن عبدالله العمودي **المدير الفني**
م. عثمان بن مختار محمد **عضو**	م. مياسم بنت مبارك باجويبر **عضو**	م. فيصل بن عبدالرحيم العنزي **عضو**
م. مشعل بن عبدالله باوزير **عضو**	م. إبراهيم بن حسين أبوحليقة **عضو**	م. فهد بن علي المحمود **عضو**
م. يوسف بن عبدالعزيز العمار **عضو**	م. عمر بن أسامة كبوش **عضو**	م. أوس بن عبدالمنعم بخاري **عضو**

الفريق الإداري

م. عبدالعزيز بن علي السحيباني **المدير الإداري**	م. نواف بن أحمد الظبياني **مدير التواصل**	أ. نجلاء بنت سعيد جراد **مشرف تطوير الموقع الإلكتروني**
م. فيصل بن عبدالرحيم العنزي **مشرف الترجمة**	أ. موضي بنت ابراهيم الربيشى **عضو**	أ. شوق بنت خالد الخريجي **عضو**
أ. نادر بن فياض الشراري **عضو**	أ. عبدالله بن محمد العمري **عضو**	م. عبدالله بن عبدالرحمن الملاحي **عضو**

الفريق القانوني

أ. نجود بنت عبداللطيف بدران **عضو**	أ. أحمد بن مصلح الثقفي **عضو**

اللجنة الفنية (كود الطرق السعودي ٣٠١)

أ.د. سعد بن عبدالرحمن القاضي **رئيس**	أ.د. عبدالله بن إبراهيم المنصور **عضو**	م. عثمان بن مختار محمد **عضو**

فريق تدقيق الترجمة الفني

أ.د. سعد بن عبدالرحمن القاضي **رئيس**	م. تركي بن عبدالله العمودي **عضو**	م. فيصل بن عبدالرحيم العنزي **عضو**
م. مشعل بن عبدالله باوزير **عضو**	م. عثمان بن مختار محمد **عضو**	م. مياسم بنت مبارك باجويبر **عضو**
م. عبدالله بن عبدالعزيز بخش **عضو**	م. عبدالعزيز بن عبدالله العسكر **عضو**	م. إبراهيم بن حسين أبوحليقة **عضو**

فريق تدقيق الترجمة اللغوي

د. هيفاء بنت محمد الفريح **رئيس**	د. فاطمة بنت علي الألمعي **عضو**	د. نورة بنت عبدالعزيز الشعلان **عضو**
أ.د. زاهية بنت سالم جويرو **عضو**	أ. نوف بنت عيسى المالكي **عضو**	

جدول المحتويات

جدول المحتويات ..... أ

قائمة الأشكال ..... ي

قائمة الجداول ..... ق

١- مقدمة: ١

١-١ ملخص الأبواب: ١
١-٢ النطاق: ٢
١-٣ المواصفات والأكواد المرجعية: ٢

٢- التصنيف الوظيفي للطرق: ٤

٢-١ مقدمة: ٤
٢-٢ الغرض من التصنيف: ٤
٢-٣ النظام الوظيفي للطرق: ٤
٢-٣-١ خصائص النظام الوظيفي للطرق: ٤
٢-٣-٢ اعتبارات النقل متعدد الوسائل: ٦
٢-٣-٣ أنواع مشاريع التصميم: ٦
٢-٣-٤ التصنيف السياقي للطرق (حسب سياق الطريق): ٧
٢-٣-٥ تصنيف إدارة الوصول للطرق: ١٠
٢-٤ فئات الطرق: ١٢
٢-٤-١ الغرض من فئات الطريق: ١٢
٢-٤-٢ المبادئ المراعاة في تأسيس نهج الفئات: ١٢
٢-٤-٣ الخصائص التصميمية لفئات الطرق: ١٣
٢-٤-٤ شبكة الطرق الدولية في المشرق العربي: ١٩
٢-٥ مفاهيم تصميم الطرق: ٢٢
٢-٥-١ مرونة التصميم (**Design Flexibility**): ٢٢
٢-٥-٢ التصميم العملي القائم على الأداء (**Performance-Base Practical Design**): ٢٢
٢-٥-٣ نهج النظام الآمن (**Safe System Approach**): ٢٣
٢-٥-٤ مفهوم الشوارع الكاملة (**Complete Streets**): ٢٣
٢-٥-٥ مفهوم الطرق التي تشرح نفسها بنفسها (**Self-Explaining Roads, SER**): ٢٤
٢-٥-٦ مفهوم تصميم الطريق المستدام (**Sustainable Highway Design**): ٢٥
٢-٦ تسميات المسارات وترقيمها: ٢٦
٢-٦-١ مقدمة: ٢٦
٢-٦-٢ الغرض: ٢٧
٢-٦-٣ ترقيم المسارات: ٢٧
٢-٦-٤ الطرق السريعة والطرق شبه السريعة: ٢٧
٢-٦-٥ الإضافة والحذف والمراجعة: ٢٧
٢-٧ إجراءات الموافقة والاعتماد: ٢٧
٢-٧-١ السياسة: ٢٧
٢-٧-٢ المتطلبات المحددة: ٢٨
٢-٧-٣ نموذج الاعتماد: ٢٨
٢-٧-٤ الجدول الزمني للاعتماد: ٢٨
٢-٧-٥ جهة الاعتماد: ٢٩

٣- عناصر التصميم المسبقة: ٣٠

٣-١ عام: ٣٠
٣-٢ أداء السائق والعوامل البشرية: ٣٠
٣-٢-١ مقدمة: ٣٠

٣-٢-٢ رد فعل - إدراك السائق: ٣٠
٣-٢-٣ كبار السن من السائقين والمشاة الأكبر سنًا: ٣١
٣-٢-٤ مهمة القيادة والتوجيه: ٣١
٣-٢-٥ إجراءات التوقف ومناورات التجاوز: ٣٣
٣-٢-٦ خصائص أخرى متعلقة بأداء القيادة: ٣٤
٣-٣ الخصائص المرورية: ٣٤
٣-٣-١ الاعتبارات العامة: ٣٤
٣-٣-٢ معلمات التدفق المروري للتصميم: ٣٤
٣-٣-٣ مفاهيم السرعة: ٣٥
٣-٤ المركبات التصميمية: ٣٥
٣-٤-١ سيّارات الركاب الخاصة: ٣٦
٣-٤-٢ مركبات تسير على عجلتين وتعمل بالطاقة: ٣٦
٣-٤-٣ المركبات الثقيلة: ٣٦
٣-٤-٤ المركبات الترفيهية: ٣٨
٣-٥ مستخدمو الطريق المعرضون للخطر: ٣٨
٣-٥-١ المشاة: ٣٨
٣-٥-٢ راكبو الدراجات: ٣٩
٣-٥-٣ وسائل التنقل الصغيرة: ٣٩
٣-٦ التحليل الاقتصادي لمشروع الطريق: ٤٠
٣-٧ دراسات ممر الطريق والتقييم البيئي: ٤٠
٣-٧-١ بيانات الخلفية: ٤٠
٣-٧-٢ معلومات يجب الحصول عليها أثناء الدراسة: ٤٤
٣-٧-٣ الاستقصاء الميداني: ٤٥
٣-٧-٤ تقييم ممر الطريق: ٤٦
٣-٧-٥ تقرير الدراسة الاستطلاعية: ٤٦
٣-٨ الأعمال المساحية ورسم الخرائط: ٤٧
٣-٨-١ الأعمال المساحية: ٤٧
٣-٨-٢ رسم الخرائط: ٤٧
٣-٩ موقع الخط المركزي للطريق والتصميم الأولي: ٤٧
٣-٩-١ مقدمة: ٤٧
٣-٩-٢ اختيار مسار الطريق: ٤٧
٣-٩-٣ رسم الخرائط ذات المقياس الكبير: ٤٩
٣-٩-٤ إسقاط الخط المركزي للطريق: ٤٩
٣-٩-٥ تقييم الخط المركزي والتصميم الأولي: ٥١
٣-١٠ الهندسة الجيوتقنية: ٥٤
٣-١١ الهيدرولوجيا: ٥٤
٣-١٢ المسوحات والتقديرات المرورية: ٥٤
٣-١٣ التصميم الإنشائي للرصفيات المرنة أو الصلبة: ٥٤
٣-١٤ التصميم الهيدروليكي: ٥٤
٣-١٥ إنارة الطريق: ٥٤
٣-١٦ خطط التحكم المروري: ٥٥
٣-١٧ التحكم المروري بمنطقة تنفيذ أعمال الطرق: ٥٥
٣-١٨ تطوير جانب الطريق: ٥٥
٣-١٩ الحواجز المرورية: ٥٥

٤- التصميم الهندسي للطرق: ٥٦

٤-١ عام: ٥٦
٤-٢ تصنيف التضاريس: ٥٦
٤-٣ مواصفات السرعة التصميمية: ٥٦
٤-٤ سعة الطريق ومستوى الخدمة: ٥٧

٤-٤-١ عام: ٥٧
٤-٤-٢ الطرق ذات المسارين: ٥٧
٤-٤-٣ الطرق الريفية والحضرية متعددة المسارات: ٥٧
٤-٤-٤ الطرق السريعة وشبه السريعة: ٥٧
٤-٤-٥ المنحدرات ومقاطع التناسج بالطرق السريعة و شبه السريعة: ٥٩
٤-٤-٦ الشوارع والتقاطعات: ٥٩
٤-٥ التحكُّم بالوصول: ٥٩
٤-٥-١ عام: ٥٩
٤-٥-٢ مُبرّرات التحكم بالوصول: ٦٠
٤-٥-٣ معايير التصميم: ٦٠
٤-٥-٤ أنواع الارتباط: ٦٣
٤-٥-٥ حماية حقوق الوصول: ٧٦
٤-٦ العناصر العامة للتصميم: ٧٦
٤-٦-١ مقدمة: ٧٦
٤-٦-٢ المعلمات العامة لمسافة الرؤية: ٧٦
٤-٦-٣ المعلمات العامة للمحاذاة الأفقية: ٨٢
٤-٦-٤ معلمات عامة للمحاذاة الرأسية: ٨٥
٤-٦-٥ الجمع بين المحاذاة الأفقية والرأسية: ٨٨
٤-٦-٦ المعلمات العامة لتصميم القطاع العرضي: ٨٨
٤-٦-٧ ملحقات أخرى تؤثر على التصميم الهندسي: ٩٩
٤-٧ التصميم الهندسي (الجيومتري) للقطاعات العرضية: ١٠٠
٤-٧-١ ملاحظات عامة: ١٠٠
٤-٧-٢ مواصفات مسار السير (المرور): ١٠٠
٤-٧-٣ مواصفات المسار الاضافي: ١٠١
٤-٧-٤ مواصفات كيف الطريق: ١٠١
٤-٧-٥ الخنادق الجانبية: ١٠٣
٤-٧-٦ البردورات والمزاريب: ١٠٣
٤-٧-٧ المنحدرات الجانبية: ١٠٧
٤-٧-٨ مواصفات الجزيرة الوسطية: ١٠٧
٤-٧-٩ القطاعات العرضية النموذجية: ١٠٨
٤-٧-١٠ جودة التدفق المروري والقطاعات العرضية النموذجية: ١٠٩
٤-٧-١١ مراعاة وسائل المرور الأخرى: ١٠٩
٤-٧-١٢ خلوص وعناصر الهيكل: ١٠٩
٤-٧-١٣ خلوص الطرق الجوية - الطرق: ١١٠
٤-٨ اعتبارات التصميم والتشغيل الخاصة: ١١٥
٤-٨-١ مرافق النقل العام: ١١٥
٤-٨-٢ مرافق الدرّاجات والمشاة: ١١٥
٤-٨-٣ مرافق طرق الشاحنات ذات الأغراض الخاصة: ١١٦
٤-٨-٤ التصميم الهندسي (الجيومتري) للجسور: ١١٦
٤-٨-٥ التصميم الهندسي (الجيومتري) للأنفاق: ١١٦
٤-٨-٦ مسارات الصعود (للشاحنات) : ١٢٧
٤-٨-٧ منحدرات الهروب لحالات الطوارئ: ١٢٧
٤-٨-٨ خفض المسارات: ١٣٢
٤-٨-٩ فتحات الجزيرة الوسطية: ١٣٢
٤-٨-١٠ معابر الحيوانات البرية والجمال: ١٣٢
٤-٨-١١ كبح الرمال في مناطق الكثبان الرملية: ١٣٥

٥- تصميم الطرق الريفية (ما عدا السريعة وشبه السريعة): ١٣٧

٥-١ مقدمة: ١٣٧
٥-٢ الأهداف: ١٣٧

٥-٣ مبادئ التصميم الأساسية: ١٣٧
٥-٣-١ عملية التصميم: ١٣٧
٥-٣-٢ فئات الطرق والسرعة التصميمية: ١٣٨
٥-٤ القطاعات العرضية: ١٣٨
٥-٤-١ ملاحظات عامة: ١٣٨
٥-٤-٢ مكونات القطاع العرضي: ١٣٨
٥-٤-٣ الخلوص الأفقي والرأسي للقطاع العرضي: ١٣٩
٥-٤-٤ القطاعات العرضية النموذجية: ١٣٩
٥-٤-٥ جودة التدفق المروري والقطاعات العرضية النموذجية: ١٤٢
٥-٤-٦ مسارات التجاوز: ١٤٣
٥-٥ المحاذاة: ١٤٤
٥-٥-١ ملاحظات عامة: ١٤٤
٥-٥-٢ مسافة الرؤية: ١٤٥
٥-٥-٣ المحاذاة الأفقية: ١٤٦
٥-٥-٤ المحاذاة الرأسية: ١٥٠
٥-٥-٥ المحاذاة ثلاثية الأبعاد: ١٥٢
٥-٥-٦ التعلية الجانبية: ١٥٤
٥-٥-٧ توسيع طريق السير (سطح الرصف): ١٥٨
٥-٦ سمات التصميم الخاصة بمواقع الجسور والأنفاق: ١٥٨
٥-٧ ملحقات الطرق الريفية: ١٥٨
٥-٨ استخدام المركبات العسكرية للطرق: ١٥٩
٥-٨-١ جوانب عامة: ١٥٩
٥-٨-٢ عرض الرصف: ١٥٩
٥-٨-٣ السرعات الآمنة: ١٦٠

٦- الشوارع في المناطق الحضرية: ١٦٣

٦-١ مقدمة: ١٦٣
٦-٢ الشوارع السكنية: ١٦٣
٦-٢-١ اعتبارات التصميم العامة: ١٦٣
٦-٢-٢ مبادئ التصميم الأساسية: ١٦٣
٦-٢-٣ عناصر القطاع العرضي: ١٦٣
٦-٢-٤ المحاذاة: ١٦٤
٦-٢-٥ تصميم التقاطع: ١٦٩
٦-٢-٦ قضايا أخرى مرتبطة بالتصميم: ١٦٩
٦-٣ الشوارع الحضرية التجميعية: ١٧٢
٦-٣-١ اعتبارات التصميم العامة: ١٧٢
٦-٣-٢ مبادئ التصميم الأساسية: ١٧٢
٦-٣-٣ عناصر القطاع العرضي: ١٧٢
٦-٣-٤ المحاذاة: ١٧٣
٦-٣-٥ تصميم التقاطع: ١٧٨
٦-٣-٦ تقاطعات السكك الحديدية والطرق السطحية: ١٧٩
٦-٣-٧ قضايا أخرى مرتبطة بالتصميم: ١٧٩
٦-٤ الشوارع الحضرية الشريانية: ١٧٩
٦-٤-١ اعتبارات التصميم العامة: ١٧٩
٦-٤-٢ مبادئ التصميم الأساسية: ١٧٩
٦-٤-٣ عناصر القطاع العرضي: ١٧٩
٦-٤-٤ المحاذاة: ١٨١
٦-٤-٥ تصميم التقاطع: ١٨٦
٦-٤-٦ طرق الخدمة الجانبية والفواصل الخارجية: ١٨٦
٦-٥ الطرق الحضرية السريعة وشبه السريعة: ١٨٦

٦-٥-١ اعتبارات التصميم العامة: ١٨٦
٦-٥-٢ مبادئ التصميم الأساسية: ١٨٧
٦-٥-٣ عناصر القطاع العرضي: ١٨٧
٦-٥-٤ تصميم التقاطع: ١٩٢
٦-٥-٥ تصميم المحوّلات: ١٩٢
٦-٥-٦ طرق الخدمة الجانبية والفواصل الخارجية: ١٩٢
٦-٦ سمات التصميم الخاصة للطرق الحضرية السريعة وشبه السريعة: ١٩٢
٦-٦-١ خصائص التصميم العامة: ١٩٢
٦-٦-٢ الطرق السريعة/ شبه السريعة المنخفضة: ١٩٣
٦-٦-٣ الطرق السريعة/ شبه السريعة المرتفعة: ١٩٥
٦-٦-٤ الطرق السريعة/ شبه السريعة السطحية (على مستوى الأرض): ١٩٨
٦-٦-٥ الطرق السريعة / شبه السريعة ذات النوع المختلط: ٢٠٠
٦-٦-٦ تصاميم خاصة للطرق السريعة وشبه السريعة: ٢٠٢
٦-٦-٧ مرافق الطرق ذات التصميم الخاص: ٢٠٤
٦-٧ تخطيط وتصميم الشوارع الكاملة: ٢١٢
٦-٧-١ مقدمة: ٢١٢
٦-٧-٢ مفاهيم الشوارع الكاملة: ٢١٢
٦-٧-٣ فوائد شبكة الشوارع الكاملة: ٢١٣
٦-٧-٤ نظرة عامة على مبادئ ومكونات الشوارع الكاملة: ٢١٣
٦-٧-٥ تخطيط وتصميم الشوارع الكاملة: ٢١٤
٦-٨ تدابير تهدئة المرور الهندسية: ٢٢٤
٦-٨-١ تخفيض عرض الشارع - حمية الطريق (**road diet**): ٢٢٥
٦-٨-٢ تدابير الانحراف الرأسي: ٢٢٨
٦-٨-٣ تدابير الانحراف الأفقي: ٢٣٥
٦-٨-٤ إجراءات أخرى لتهدئة المرور: ٢٤٠
٦-٨-٥ استخدام أجهزة التحكم المروري لتهدئة المرور: ٢٤٠
٦-٩ مرافق النقل العام: ٢٤٠
٦-٩-١ موقع مواقف الحافلات: ٢٤١
٦-٩-٢ مسارات الحافلات المحجوزة: ٢٤١
٦-١٠ مرافق الدراجات والمشاة: ٢٤٢
٦-١٠-١ مرور الدراجات: ٢٤٢
٦-١٠-٢ مرور المشاة: ٢٤٢
٦-١١ ملحقات الشوارع الحضرية: ٢٤٦

٧- الطرق التي يُتحكّم في الوصول إليها: ٢٤٧

٧-١ مقدمة: ٢٤٧
٧-٢ اعتبارات التصميم العامة: ٢٤٧
٧-٣ مبادئ التصميم الأساسية: ٢٤٧
٧-٣-١ عملية التصميم: ٢٤٧
٧-٣-٢ فئات الطرق والسرعات التصميمية: ٢٤٧
٧-٣-٣ أحجام المرور التصميمية ومستوى الخدمة: ٢٤٨
٧-٤ القطاعات العرضية: ٢٤٨
٧-٤-١ ملاحظات عامة: ٢٤٨
٧-٤-٢ مكونات الطريق السريع/الطريق شبه السريع: ٢٤٨
٧-٤-٣ القطاعات العرضية النموذجية: ٢٥١
٧-٥ المُحاذاة: ٢٥٣
٧-٥-١ ملاحظات عامة: ٢٥٣
٧-٥-٢ مسافة الرؤية للتوقف: ٢٥٤
٧-٥-٣ المحاذاة الأفقية: ٢٥٥
٧-٥-٤ المحاذاة الرأسية: ٢٥٧

٧-٥-٥ المحاذاة ثلاثية الأبعاد: ٢٥٩
٧-٥-٦ التعلية الجانبية: ٢٦٠
٧-٥-٧ توسيع طريق السير: ٢٦٤
٧-٦ سمات تصميم خاصة في مناطق الجسور والأنفاق: ٢٦٥
٧-٧ اعتبارات فنية خاصة بالتصميم والتشغيل: ٢٦٥
٧-٧-١ مسارات صعود (تسلق) الشاحنات: ٢٦٥
٧-٧-٢ تخفيض عدد المسارات: ٢٦٦
٧-٧-٣ فتحات الجزيرة الوسطية المركزية: ٢٦٨
٧-٨ ملحقات الطرق الريفية السريعة/شبه السريعة: ٢٦٨

٨- تصميم الطرق منخفضة الحجم المروري وطرق الوصول: ٢٦٩

٨-١ مقدمة: ٢٦٩
٨-٢ مبادئ التصميم الأساسية: ٢٦٩
٨-٢-١ عملية التصميم: ٢٦٩
٨-٢-٢ فئات الطرق: ٢٦٩
٨-٢-٣ سمات تصميم الطرق: ٢٧١
٨-٢-٤ السرعات التصميمية: ٢٧١
٨-٣ القطاعات العرضية: ٢٧٢
٨-٣-١ ملاحظات عامة: ٢٧٢
٨-٣-٢ مكونات القطاع العرضي: ٢٧٢
٨-٣-٣ الخلوص الأفقي والرأسي بالقطاع العرضي: ٢٧٢
٨-٣-٤ القطاعات العرضية النموذجية: ٢٧٢
٨-٤ المحاذاة: ٢٧٤
٨-٤-١ ملاحظات عامة: ٢٧٤
٨-٤-٢ مسافة الرؤية: ٢٧٤
٨-٤-٣ المحاذاة الأفقية: ٢٧٧
٨-٤-٤ المحاذاة الرأسية: ٢٧٩
٨-٤-٥ المحاذاة ثلاثية الأبعاد: ٢٨١
٨-٤-٦ التعلية الجانبية: ٢٨١
٨-٤-٧ توسيع طريق السير: ٢٨٣
٨-٤-٨ المنحنيات الحادة على شكل دبوس الشعر: ٢٨٣
٨-٥ التقاطعات: ٢٨٦
٨-٦ اعتبارات السلامة: ٢٨٦
٨-٧ ملحقات الطرق المنخفضة الحجم المروري: ٢٨٦

٩- تصميم طرق المركبات الثقيلة والطرق الصناعية: ٢٨٨

٩-١ الاعتبارات العامة: ٢٨٨
٩-٢ مبادئ التصميم الرئيسة: ٢٨٨
٩-٢-١ عملية التصميم: ٢٨٨
٩-٢-٢ فئات الطرق الصناعية: ٢٨٩
٩-٢-٣ السرعات التصميمية: ٢٨٩
٩-٣ الجوانب التصميمية المتعلقة بالمركبات الثقيلة: ٢٨٩
٩-٤ تصميم القطاع العرضي: ٢٩٠
٩-٤-١ ملاحظات عامة: ٢٩٠
٩-٤-٢ مكونات القطاع العرضي: ٢٩٠
٩-٤-٣ الخلوص الأفقي والرأسي للقطاع العرضي: ٢٩٠
٩-٥ القطاعات العرضية النموذجية: ٢٩١
٩-٦ المحاذاة: ٢٩٥
٩-٦-١ المحاذاة الأفقية: ٢٩٥
٩-٦-٢ المحاذاة الرأسية: ٢٩٧

٩-٦-٣ المحاذاة ثلاثية الأبعاد: ٢٩٨
٩-٦-٤ مسافة الرؤية للتوقف: ٢٩٨
٩-٦-٥ التعلية الجانبية: ٣٠٠
٩-٦-٦ توسيع طريق المرور (سطح الرصف) : ٣٠٢
٩-٧ تصميم التقاطع: ٣٠٢
٩-٧-١ التقاطعات المحكومة بلافتات إعطاء الأولوية: ٣٠٢
٩-٧-٢ التقاطعات السطحية المحكومة بإشارات مرورية: ٣٠٢
٩-٨ اعتبارات تصميمية خاصة: ٣٠٢
٩-٨-١ خدمات المشاة: ٣٠٢
٩-٨-٢ خدمات الدراجات: ٣٠٣
٩-٨-٣ خدمات النقل العام: ٣٠٣
٩-٨-٤ مرافق طريق الشاحنات ذات الأغراض الخاصة: ٣٠٣
٩-٩ ملحقات الطرق الصناعية: ٣٠٣

١٠- التقاطعات السطحية: ٣٠٤

١٠-١ عام: ٣٠٤
١٠-١-١ خصائص التقاطعات: ٣٠٤
١٠-١-٢ المنطقة الوظيفية بالتقاطع: ٣٠٤
١٠-١-٣ أهداف التصميم: ٣٠٥
١٠-١-٤ أنواع التقاطع: ٣٠٥
١٠-٢ التقاطعات ذات الثلاث والأربع شعب: ٣٠٧
١٠-٢-١ تأسيس التحكُّم على التقاطع: ٣٠٧
١٠-٢-٢ بيانات تصميم التقاطع: ٣٠٧
١٠-٢-٣ المناورات ونقاط التعارض في التقاطعات: ٣٠٧
١٠-٢-٤ المركبة التصميمية وأنصاف أقطار الانعطاف: ٣٠٨
١٠-٢-٥ عناصر تصميم التقاطع: ٣٠٩
١٠-٢-٦ مسافة الرؤية عند التقاطع: ٣٠٩
١٠-٢-٧ أنصاف أقطار منحنيات التقاطع: ٣٢٠
١٠-٢-٨ مسارات الانعطاف الاضافية: ٣٢٢
١٠-٢-٩ فصل اتجاهات الحركة بالجزر والعلامات الأرضية: ٣٢٦
١٠-٢-١٠ مسارات التسارع بالجزيرة الوسطية: ٣٣٢
١٠-٢-١١ التعلية الجانبية: ٣٣٦
١٠-٢-١٢ مسارات وقوف وانتظار الحافلات: ٣٣٨
١٠-٢-١٣ التباعد بين التقاطعات: ٣٣٩
١٠-٢-١٤ وصلات التقاطع للتطوير على جانب الطريق: ٣٤٢
١٠-٣ تقاطعات الدوّار: ٣٤٦
١٠-٣-١ مبادئ التصميم العامة: ٣٤٦
١٠-٣-٢ العناصر الهندسية: ٣٤٦
١٠-٣-٣ المركبات التصميمية للدوَّارات: ٣٤٨
١٠-٣-٤ الدوّارات أحادية المسار ومتعددة المسارات: ٣٤٨
١٠-٣-٥ الدوّارات الكبيرة Turbo: ٣٥٣
١٠-٣-٦ الدوّارات المصغّرة Mini: ٣٥٦
١٠-٣-٧ المسار الاسرع: ٣٦١
١٠-٣-٨ مسافة الرؤية في الدوّارات: ٣٦٥
١٠-٣-٩ معالجات مداخل الدوّار عالية السرعة: ٣٦٩
١٠-٣-١٠ المسطحات الخضراء بالدوّار: ٣٧١
١٠-٤ اعتبارات تصميم الدراجات والمشاة: ٣٧٢
١٠-٤-١ راكبو الدراجات: ٣٧٢
١٠-٤-٢ المشاة: ٣٧٢
١٠-٥ الاعتبارات النقل العام: ٣٧٢

٦-١٠ تصميم التقاطع البديل: ٣٧٣
١-٦-١٠ حركة الانعطاف لليسار المُنزاحة (أو المُرحَلة) Displaced Left Turn: ٣٧٣
٢-٦-١٠ التقاطعات المُباعدة Staggered: ٣٧٤
٣-٦-١٠ تقاطع الدوران للخلف بالجزيرة الوسطية Median U-Turn : ٣٧٤
٤-٦-١٠ تقاطع التدفق المتوازي **PFI (Parflow)**: ٣٧٧
٧-١٠ تقاطعات السكك الحديدية والطرق السطحية: ٣٧٨

١١- تصميم المحوّلات (التقاطعات المنفصلة رأسياً): ٣٨٠

١-١١ المفاهيم والمبرّرات: ٣٨٠
٢-١١ سمات التصميم الأساسية: ٣٨٠
١-٢-١١ عام: ٣٨٠
٢-٢-١١ مبادئ التصميم الأساسية: ٣٨٠
٣-١١ أنواع المحوّلات: ٣٨١
١-٣-١١ أشكال المحوّل الأساسية: ٣٨١
٢-٣-١١ تصميم ذو ثلاث شعب: ٣٨٣
٣-٣-١١ تصميم ذو أربع شعب: ٣٨٤
٤-٣-١١ الدورانات في المحوّلات على شكل المعيّن: ٣٩٢
٥-٣-١١ المحوّلات الاتجاهية: ٣٩٣
٤-١١ تحديد تكوين المحوّل: ٣٩٦
٥-١١ مواصفات التصميم: ٣٩٨
١-٥-١١ المسارات الأحادية الاضافية: ٣٩٨
٢-٥-١١ المسارات المتعددة الاضافية: ٤٠٣
٣-٥-١١ مسافة التباعد بين المحوّلات: ٤٠٤
٦-١١ تصميم المنحدر (منحدر الدخول والخروج) : ٤٠٥
١-٦-١١ عام: ٤٠٥
٢-٦-١١ تكوينات المنحدر النموذجية: ٤٠٥
٣-٦-١١ المسافة بين نهايات المنحدر المتعاقبة: ٤٠٦
٤-٦-١١ السرعة التصميمية: ٤٠٧
٥-٦-١١ القطاع العرضي النموذجي للمنحدر: ٤٠٨
٦-٦-١١ المحاذاة الأفقية: ٤٠٩
٧-٦-١١ الميول الطولية: ٤١٠
٨-٦-١١ المنحنيات الرأسية: ٤١١
٩-٦-١١ التعلية الجانبية: ٤١١
٧-١١ سمات تصميم المحوّل الأخرى: ٤١٣
١-٧-١١ مرافق المشاة وراكبي الدراجات: ٤١٣
٢-٧-١١ المسارات المُدارة ومرافق النقل العام: ٤١٣
٣-٧-١١ تطوير التسوية السطحيّة: ٤١٤

١٢- إعادة التأهيل وإعادة الإنشاء وممرات نقل المرور: ٤١٥

١-١٢ معايير تصميم إعادة تأهيل الطرق غير السريعة (R٣) : ٤١٥
١-١-١٢ الغرض: ٤١٥
٢-١-١٢ خصائص التصميم: ٤١٥
٣-١-١٢ تحسينات السلامة: ٤١٦
٤-١-١٢ الجسور والعبَّارات: ٤١٦
٥-١-١٢ الطرق الريفية ثلاثية المسارات: ٤١٦
٢-١٢ معايير تصميم مشاريع (4R) لإعادة تحديد محاذاة الطريق وإعادة إنشائه: ٤١٧
١-٢-١٢ نظرة عامة: ٤١٧
٢-٢-١٢ الشوارع الحضرية: ٤١٧
٣-٢-١٢ طرق الضواحي: ٤١٨
٤-٢-١٢ الطرق الريفية ثنائية المسارات (المفردة): ٤١٩

١٢-٢-٥ الطرق الريفية متعددة المسارات (المزدوجة): ٤١٩
١٢-٢-٦ الطرق السريعة والطرق شبه السريعة: ٤٢١
١٢-٣ معايير تصميم ممرات نقل الحركة المرورية (Mobility corridors) (5R) : ٤٢٢
١٢-٣-١ نظرة عامة: ٤٢٢
١٢-٣-٢ معايير تصميم الطريق: ٤٢٢
١٢-٣-٣ معايير تصميم جانب الطريق: ٤٢٧
١٢-٣-٤ المنحدرات والوصلات المباشرة: ٤٢٧

١٣- إجراء استثناء التصميم: ٤٢٩

١٣-١ عام: ٤٢٩
١٣-٢ معايير استثناء التصميم: ٤٢٩
١٣-٣ طلب استثناء التصميم: ٤٢٩

المراجع: ٤٣٤

أ- الملحق أ - التكوينات الهندسية: ٤٣٦

أ-١ تكوين مسارات المرور على الطرق الريفية: ٤٣٦
أ-١-١ المرور على الطرق الريفية ثلاثية المسارات: ٤٣٦
أ-١-٢ المرور على الطرق العرضية ذات الثلاثة مسارات الريفية: ٤٣٦
أ-٢ جيومترية المنحنيات الحلزونية: ٤٣٩
أ-٣ العمليات الحسابية في منحنيات القمة والقاع الرأسية: ٤٤١
أ-٤ الحد الأدنى من مسارات الدوران: ٤٤٣

ب- الملحق ب - مسرد المصطلحات: ٤٥٣

ج- ا لملحق ج - الاختصارات والرموز: ٤٥٧

د- الملحق د – الوحدات: ٤٥٩

قائمة الأشكال

الشكل (٢–١) تصنيف السياق من المناطق الريفية إلى الضواحي (FDOT, 2020)..... ٨

الشكل (٢–٢) تصنيف الطرق حسب السياق من الضواحي إلى مناطق المراكز الحضرية (FDOT, 2020)..... ٨

الشكل (٢–٣) العلاقة المرصودة للنظم المصنفة وظيفيًا التي تخدم التنقل المروري والوصول إلى الأراضي لمرور المركبات (Williams et al., 2014)..... ١١

الشكل (٢–٤) نمط شبكة طرق جيدة الأداء وآمنة (Arterial Street Access Control Study, Tri County Regional Commission, 1981, p.3.)..... ١١

الشكل (٢–٥) شبكة الطرق الدولية للمشرق العربي (Source: http://blogimages.bloggen.be/wereldcodelijsten/attach/172517.jpg)..... ٢١

الشكل (٣–١) الحجم الأقصى لشاحنة ذات وحدة واحدة، وجرّار ونصف مقطورة، وشاحنة ومقصورة..... ٣٧

الشكل (٣–٢) الحجم الأقصى لحافلة..... ٣٨

الشكل (٣–٣) أنواع مركبات وسائل التنقل الصغيرة (Source: Vaughan, Canada 2022)..... ٤٠

الشكل (٤–١) أبعاد التباعد للوصول إلى محوّل الطرق السريعة مع طريق متعدد المسارات (Williams et al., 2014)..... ٦٥

الشكل (٤–٢) أبعاد التباعد الخاصة بالوصول المتبادل إلى الطرق السريعة مع طريق ذي مسارين (Williams et al., 2014).٦٦

الشكل (٤–٣) توصيات المسافات النموذجية عند الدوّار في حالة طريق ذي مسارين وأربعة مسارات (Williams et al., 2014).
٦٨

الشكل (٤–٤) أبعاد تباعد الوصلات (ALDOT, 2021)..... ٦٩

الشكل (٤–٥) خلوص الركن (ALDOT, 2021)..... ٧٠

الشكل (٤–٦) تأثيرات أنصاف أقطار البردورة ومخارج المواقف (INDOT, 2013)..... ٧٣

الشكل (٤–٧) إزاحات المداخل الجانبية والطرق الخاصة (ALDOT, 2021)..... ٧٤

الشكل (٤–٨) طول الحلق (Source: Stover &, V. G., and F. J. Koepke. Transportation and Land Development, 2nd ed. Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C., 2002) ٧٥

الشكل (٤–٩) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب السرعة التصميمية والميل الطولي لكافة فئات الطرق..... ٧٧

الشكل (٤–١٠) خط الرؤية المحتمل من نقطة عين السائق إلى نقطة الجسم (العائق) لمسافة الرؤية للتوقف في منحنى أيسر (CALTRANS, 2019)..... ٧٨

الشكل (٤–١١) رسم تخطيطي لحساب مسافة الرؤية المتاحة على الطرق في المنحنيات حسب المسافة الخالية للعائق..... ٧٩

الشكل (٤–١٢) التعلية الجانبية على منحنى دائري حسب نصف قطر المنحنى الأفقي لكافة فئات الطرق (الحد الأقصى للارتفاع = ١٢,٠٪)..... ٨٩

الشكل (٤–١٣) تطبيق التعلية الجانبية العكسية على المنحنيات..... ٩٠

الشكل (٤–١٤) تطوير منحدر التعلية الجانبية..... ٩٢

الشكل (٤–١٥) القطاعات العادية والمُدارة (AASHTO, 2018)..... ٩٥

الشكل (٤–١٦) مكونات التوسعة على منحنيات الطرق المفتوحة (AASHTO, 2018)..... ٩٩

الشكل (٤–١٧) إرشادات عامة وأبعاد بردورات خرسانية وقنوات تصريف جانبية، وتُقاس الأبعاد بالمليمترات..... ١٠٥

الشكل (٤–١٨) قناة تصريف جانبية من نوع الفتحة مسبقة الصنع وقناة تصريف جانبية من نوع الفتحة مع البردورات (FGSV, 2021)..... ١٠٦

الشكل (٤–١٩) القطاع العرضي النموذجي لمتطلبات خلوص الطرق الجوية والطرق للمطارات المدنية (CALTRANS, 2019).
١١١

الشكل (٤–٢٠) القطاع العرضي النموذجي لمتطلبات خلوص الطرق الجوية والطرق لمهابط طائرات الهليكوبتر (CALTRANS, 2019). ١١٢
الشكل (٤–٢١) القطاع العرضي النموذجي لمتطلبات خلوص الطرق الجوية والطرق للمطارات العسكرية (CALTRANS, 2019). ١١٣
الشكل (٤–٢٢) القطاع العرضي النموذجي لمتطلبات خلوص الطرق الجوية والطرق لحقل تدريب هبوط حاملات الطائرات البحرية (CALTRANS, 2019). ١١٤
الشكل (٤–٢٣) المغلّف والخلوص المروري للقطاع العرضي للنفق (FGSV, 2019). ١١٨
الشكل (٤–٢٤) القطاعات العرضية النموذجية لكافة فئات التصميم للأنفاق على الطرق السريعة/شبه السريعة على (FGSV, 2008). ١٢٠
الشكل (٤–٢٥) تكوين فجوات طوارئ أعطال المركبات في الأنفاق (FGSV, 2019). ١٢١
الشكل (٤–٢٦) الممرات المتبادلة إلى هيكل النفق المجاور (FGSV, 2019). ١٢٣
الشكل (٤–٢٧) ممر انقاذ مؤدي إلى مساحة مفتوحة (FGSV, 2019). ١٢٤
الشكل (٤–٢٨) ممر إنقاذ مع فتحة انقاذ عمودية (FGSV, 2019). ١٢٥
الشكل (٤–٢٩) نظام الإنقاذ مع ممرات انقاذ متوازية (FGSV, 2019). ١٢٦
الشكل (٤–٣٠) الأنواع الأساسية لمنحدرات الهروب في حالات الطوارئ (AASHTO, 2018). ١٢٩
الشكل (٤–٣١) القوى المؤثرة على مركبة متحركة (AASHTO, 2018). ١٣١
الشكل (٤–٣٢) قطاع اعرضي نموذجي لمعبر سفلي للحياة البرية (Government of Abu Dhabi, 2016). ١٣٣
الشكل (٤–٣٣) قطاع نموذجي لمعبر جمال سفلي (Government of Abu Dhabi, 2016). ١٣٤
الشكل (٤–٣٤) قطاع نموذجي لمعبر جمال علوي. ١٣٤
الشكل (٤–٣٥) التضاريس الرملية في شبه الجزيرة العربية. ١٣٥
الشكل (٥–١) القطاعات العرضية النموذجية للطرق الريفية ذات المسارين (CALTRANS, 2019). ١٤٠
الشكل (٥–٢) القطاعات العرضية النموذجية للطرق الريفية ذات ثلاث مسارات (CALTRANS, 2019). ١٤١
الشكل (٥–٣) القطاعات العرضية النموذجية لجميع الطرق متعددة المسارات المُعبّدة (CALTRANS, 2019). ١٤٢
الشكل (٥–٤) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب السرعة التصميمية والميل للطرق الريفية. ١٤٥
الشكل (٥–٥) حدود أنصاف الأقطار المتتالية (FGSV, 2012). ١٤٨
الشكل (٥–٦) قيم أنصاف الأقطار المتسقة حسب طول الجزء المُستقيم قبل الدخول في المنحنى (FGSV, 2012). ١٤٩
الشكل (٥–٧) المنطقة الحرجة لمنحنيات قمة وقاع رأسية متتالية (FGSV, 2012). ١٥٤
الشكل (٥–٨) التعلية الجانبية على المنحنى الدائري حسب نصف قطر المنحنى الأفقي (الحد الأقصى لمعدل التعلية الجانبية = (e) 12.0 ٪) للطرق الريفية. ١٥٥
الشكل (٥–٩) محور دوران الرصف لتهيئة التعلية الجانبية (FGSV, 2012). ١٥٦
الشكل (٥–١٠) القطاع العرضي للطريق مع عرض الرصف وعرض التاج. ١٦٠
الشكل (٦–١) قطاع عرضي نموذجي لشارع سكني بمنطقة حضرية مع تعلية جانبية مطبقة على جانب واحد، بعرض ١٧,٥ مترًا (MoMRAH, 2019). ١٦٤
الشكل (٦–٢) قطاع عرضي نموذجي لشارع سكني بمنطقة حضرية مع ميل عرضي منعكس، بعرض ١٥,٠ متر (Riyadh Municipality, ROAD-RIYADH-Appendix Cross-section Elements for Streets and Roads, 2006). ١٦٤
الشكل (٦–٣) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب السرعة التصميمية والميل الطولي للشوارع السكنية. ١٦٥

الشكل (٦–٤) التعلية الجانبية على منحنى دائري حسب نصف قطر المنحنى الأفقي (الحد الأقصى = ١٢,٠٪) للشوارع السكنية.١٦٨
الشكل (٦–٥) المتطلبات الهندسية (الجيومترية) للدوران بالطرق ذات النهايات المسدودة **(AASHTO, 2018)**. ١٧٠
الشكل (٦–٦) أشكال طريق ذي نهاية مسدودة مربعة (AASHTO, 2018). ١٧١
الشكل (٦–٧) أشكال طريق ذي نهاية مسدودة دائرية (AASHTO, 2018). ١٧١
الشكل (٦–٨) قطاع عرضي نموذجي لطريق حضري تجميعي، مع جزيرة وسطية متضمناً أمكان وقوف السيارات، بعرض ٣٠,٠ مترًا (MoMRAH, 2019). ١٧٢
الشكل (٦–٩) قطاع عرضي نموذجي لطريق حضري تجميعي، بدون جزيرة وسطية متضمناً أماكن وقوف السيارات، بعرض ٢٥,٠ متر (Riyadh Municipality, ROAD-RIYADH-Appendix Cross-section Elements for Streets and Roads, 2006) - حالة استثنائية. ١٧٣
الشكل (٦–١٠) قطاع عرضي نموذجي لطريق حضري تجميعي، بدون جزيرة وسطية وبدون أماكن وقوف السيارات، بعرض ٣٠,٠ متر (Riyadh Municipality, ROAD-RIYADH-Appendix Cross-section Elements for Streets and Roads, 2006). حلات استثنائية. ١٧٣
الشكل (٦–١١) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب السرعة التصميمية والميل الطولي للشوارع الحضرية التجميعية. ١٧٤
الشكل (٦–١٢) التعلية الجانبية على منحنى دائري حسب نصف قطر المنحنى الأفقي (الحد الأقصى e = 12.0%) للشوارع الحضرية التجميعية. ١٧٧
الشكل (٦–١٣) نصف قطاع عرضي نموذجي (أيسر وأيمن) لشارع حضرية شرياني، متضمناً طريق خدمة، بعرض ٦٠,٠ مترًا (MoMRAH, 2019). ١٨٠
الشكل (٦–١٤) قطاع عرضي نموذجي لشارع حضرية شرياني، بدون طريق خدمة متضمناً أماكن وقوف السيارات، بعرض ٤٠,٠ متر (Riyadh Municipality, ROAD-RIYADH-Appendix Cross-section Elements for Streets and Roads, 2006). ١٨٠
الشكل (٦–١٥) قطاع عرضي نموذجي لشارع حضرية شرياني، بدون طريق خدمة وبدون أماكن وقوف السيارات ، بعرض ٤٠,٠ متر (Riyadh Municipality, ROAD-RIYADH-Appendix Cross-section Elements for Streets and Roads, 2006). ١٨١
الشكل (٦–١٦) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب السرعة التصميمية والميل الطولي للشوارع الحضرية الشريانية. ١٨١
الشكل (٦–١٧) التعلية الجانبية على منحنى دائري حسب نصف قطر المنحنى الأفقي (الجد الأقصى **e = 12.0%**) للشوارع الحضرية الشريانية. ١٨٥
الشكل (٦–١٨) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب السرعة التصميمية والميل الطولي للطرق الحضرية السريعة/شبه السريعة. ١٨٨
الشكل (٦–١٩) التعلية الجانبية على منحنى دائري حسب نصف قطر المنحنى الأفقي (الحد الأقصى e = 12.0%) للطرق الحضرية السريعة/شبه السريعة. ١٩١
الشكل (٦–٢٠) القطاعات العرضية النموذجية للطرق السريعة /الطرق شبه السريعة المنخفضة (AASHTO, 2018). ١٩٤
الشكل (٦–٢١) القطاعات العرضية النموذجية المقيّدة للطرق السريعة/الطرق شبه السريعة المنخفضة (AASHTO, 2018). . ١٩٥
الشكل (٦–٢٢) القطاعات العرضية النموذجية للطريق السريع /الطريق شبه السريع المرتفع على هياكل بدون منحدرات (AASHTO, 2018). ١٩٦
الشكل (٦–٢٣) القطاعات العرضية المقيدة النموذجية للطرق السريعة المرتفعة /الطرق شبه السريعة على الهياكل ذات الطرق الموازية (AASHTO, 2018). ١٩٧
الشكل (٦–٢٤) القطاعات العرضية النموذجية المقيدة للطرق السريعة /الطرق شبه السريعة المرتفعة على جسر ترابي (AASHTO, 2018). ١٩٨
الشكل (٦–٢٥) القطاعات العرضية النموذجية للطرق السريعة /الطرق شبه السريعة السطحية على مستوى الأرض (AASHTO, 2018). ١٩٩

الشكل (٦–٢٦) القطاعات العرضية المقيّدة للطرق السريعة السطحية /الطرق شبه السريعة (AASHTO, 2018). ١٩٩
الشكل (٦–٢٧) التحكّم بالقطاع الطولي — طريق سريع / شبه سريع من النوع المختلط في منطقة تضاريس شديدة الانحدار/ جبلية (AASHTO, 2018). ٢٠٠
الشكل (٦–٢٨) التحكم بالقطاع الطولي — طريق سريع / طريق شبه سريع من النوع المختلط في تضاريس عادية (AASHTO, 2018). ٢٠١
الشكل (٦–٢٩) التحكم بالقطاع العرضي — الطريق السريع/ شبه السريع من النوع المختلط (AASHTO, 2018). ٢٠٢
الشكل (٦–٣٠) قطاع عرضي نموذجي لتشغيل طريق التدفق العكسي بمعبر سفلي (AASHTO, 2018). ٢٠٣
الشكل (٦–٣١) الأبعاد النموذجية لتشغيل طريق التدفق العكسي (AASHTO, 2018). ٢٠٣
الشكل (٦–٣٢) طريق سريع/ شبه سريع نموذجي مزدوج التقسيم (AASHTO, 2018). ٢٠٤
الشكل (٦–٣٣) مسار حافلات يقع بين طريق سريع/طريق شبه سريع وطريق خدمة جانبي موازٍ (AASHTO, 2018). ٢٠٥
الشكل (٦–٣٤) محطات توقف الحافلات على مستوى الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة (AASHTO, 2018). ٢٠٧
الشكل (٦–٣٥) محطات توقف الحافلات على مستوى الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة في محوّل على شكل المعيّن (AASHTO, 2018). ٢٠٨
الشكل (٦–٣٦) محطات توقف الحافلات على مستوى الطريق المواجه لمحوّل على شكل المعيّن (AASHTO, 2018). ٢٠٩
الشكل (٦–٣٧) مخطط لجيومتريّة محطة توقف حافلات عند منتصف مبنى (Sunline Transit Agency, 2006). ٢١٠
الشكل (٦–٣٨) مخطط لجيومتريّة محطة توقف حافلات بالجانب البعيد (Sunline Transit Agency, 2006). ٢١٠
الشكل (٦–٣٩) مخطط لجيومتريّة محطة توقف حافلات بالجانب القريب (Sunline Transit Agency, 2006). ٢١١
الشكل (٦–٤٠) حرم الطريق السريع/ شبه السريع - النقل العام المشترك (AASHTO, 2018). ٢١٢
الشكل (٦–٤١) نظرة عامة على عناصر الشارع الكامل (City of Philadelphia, 2017). ٢١٤
الشكل (٦–٤٢) سهم يعرض أنواع الشوارع الكاملة (NCDOT, 2012). ٢١٩
الشكل (٦–٤٣) قطاع عرضي نموذجي لشارع رئيسي في المناطق الحضرية/الضواحي (NCDOT, 2012). ٢٢١
الشكل (٦–٤٤) قطاع عرضي نموذجي لشارع رئيسي ريفي (NCDOT, 2012). ٢٢٢
الشكل (٦–٤٥) قطاع عرضي نموذجي لشارع محلي مع استخدام سكني (NCDOT, 2012). ٢٢٣
الشكل (٦–٤٦) قطاع عرضي نموذجي لشارع محلي مع استخدام مكتبي وتجاري وصناعي (NCDOT, 2012). ٢٢٤
الشكل (٦–٤٧) مطبات السرعة المحدّبة (ITE, 2022). ٢٢٩
الشكل (٦–٤٨) مطب سرعة نموذجي على شكل قطع مكافئ (ITE, 2022). ٢٣٠
الشكل (٦–٤٩) مطب سرعة نموذجي على شكل قطع جيبي (ITE, 2022). ٢٣٠
الشكل (٦–٥٠) علاجات نموذجية لحواف مطب السرعة (ITE, 2022). ٢٣١
الشكل (٦–٥١) مطب السرعة المسطّح (ITE, 2022). ٢٣٢
الشكل (٦–٥٢) الأنواع النموذجية لمنحدرات الاقتراب بمطب السرعة المسطّح (ITE, 2022). ٢٣٣
الشكل (٦–٥٣) معبر المشاة المرتفع (ITE, 2022). ٢٣٤
الشكل (٦–٥٤) مثال على التقاطع المرتفع (ITE, 2022). ٢٣٤
الشكل (٦–٥٥) رسم تخطيطي للتحولات/الانحرافات الجانبية مع وبدون جزيرة وسطية (FGSV, 2006). ٢٣٥
الشكل (٦–٥٦) أبعاد التحولات/الانحرافات الأفقية المؤثرة على السرعة (FGSV, 2006). ٢٣٦

الشكل (٦–٥٧) تخطيط الانحرافات الأفقية عند التقاطعات (FGSV, 2006). ٢٣٧
الشكل (٦–٥٨) رسم تخطيطي للتقاطع المعدل (FHWA, 2022). ٢٣٨
الشكل (٦–٥٩) الأشكال الأساسية للجزر الوسطية مع مسارات المداورة لتهدئة المرور (FGSV, 2006). ٢٣٩
الشكل (٦–٦٠) الحيّز المطلوب لتشغيل الدراجة (AASHTO, 2012). ٢٤٢
الشكل (٦–٦١) الأبعاد المرغوبة لحركة المشاة. ٢٤٣
الشكل (٦–٦٢) أنواع منحدرات البردورة. ٢٤٥
الشكل (٦–٦٣) نموذج لمنحدرات البردورة. ٢٤٦
الشكل (٧–١) التكوينات النموذجية للجزر الوسطية بالطرق السريعة/الطرق شبه السريعة (AASHTO, 2018). ٢٥٠
الشكل (٧–٢) القطاعات العرضية النموذجية للطرق السريعة/الطرق شبه السريعة ذات الاتجاهين المفصولين وجميع الجزر الوسطية مُعبّدة أو ضيّقة (CALTRANS, 2019). ٢٥٢
الشكل (٧–٣) القطاعات العرضية النموذجية للطرق السريعة/الطرق شبه السريعة ذات الاتجاهين المفصولين وجميع الجزر الوسطية عريضة (CALTRANS, 2019). ٢٥٣
الشكل (٧–٤) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب السرعة التصميمية والميل الطولي. ٢٥٤
الشكل (٧–٥) التعلية الجانبية على المنحنى الدائري حسب نصف قطر المنحنى الأفقي (معدل التعلية الجانبية الأقصى **(e) = 10.0** %). ٢٦١
الشكل (٧–٦) محاور دوران مسار المركبات في قطاعات تطوير التعلية الجانبية للطريق (FGSV, 2008). ٢٦٢
الشكل (٧–٧) النماذج الأساسية لتدوير الرصف في المناطق الانتقالية (AASHTO, 2018). ٢٦٤
الشكل (٧–٨) تصميم نموذجي لمسار صعود (تسلق) للطرق السريعة (FGSV, 2008). ٢٦٧
الشكل (٨–١) القطاع العرضي النموذجي للطرق الريفية منخفضة الحجم المروري (المصدر: رسومات ولاية تينيسي القياسية - وزارة النقل). ٢٧٣
الشكل (٨–٢) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب السرعة التصميمية والميل الطولي للطرق الريفية المُعبّدة منخفضة الحجم المروري. ٢٧٥
الشكل (٨–٣) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف مع مراعاة السرعة التصميمية والميل الطولي للطرق الريفية غير المُعبّدة منخفضة الحجم المروري. ٢٧٦
الشكل (٨–٤) التعلية الجانبية على المنحنى الدائري حسب أنصاف أقطار المنحنى الأفقي (الحد الأقصى للتعلية الجانبية (e) = 12.0%) للطرق الريفية المُعبّدة المنخفضة الحجم المروري. ٢٨٢
الشكل (٨–٥) التعلية الجانبية (m) على المنحنى الدائري حسب أنصاف أقطار المنحنى الأفقي (الحد الأقصى للتعلية الجانبية (e) = 8.0%) للطرق الريفية غير المُعبّدة المنخفضة الحجم المروري. ٢٨٢
الشكل (٨–٦) مخطط نموذجي لمنحنى على شكل دبوس الشعر بالمناطق الجبلية شديدة الميول. ٢٨٤
الشكل (٨–٧) حالة التجاوز المتزامن بين مركبتين ذات محورين متعاكستين في الاتجاه على المنحنى (SN 640 198a-Courbes, Lacets; VSS, 2019). ٢٨٦
الشكل (٩–١) الأبعاد الأساسية للخلوص المروري للطرق الصناعية (For Industrial Highways FGSV, 2012). ٢٩١
الشكل (٩–٢) القطاع العرضي النموذجي للطرق الصناعية في البيئة الحضرية. ٢٩٢
الشكل (٩–٣) القطاع العرضي النموذجي للطرق الصناعية في البيئة الريفية. ٢٩٢
الشكل (٩–٤) قطاع عرضي نموذجي للمسارات الخاصة بالشاحنات فقط داخل الجزيرة الوسطية بدون فصل الجزيرة الوسطية (FDOT, 2014). ٢٩٣
الشكل (٩–٥) قطاع عرضي نموذجي للمسارات الخارجية الخاصة بالشاحنات فقط مع الفصل الإنشائي (FDOT, 2014). ٢٩٣
الشكل (٩–٦) قطاع عرضي نموذجي للمسارات الخارجية الخاصة بالشاحنات فقط مع الفصل المادي الخارجي (FDOT, 2014). ٢٩٤

الشكل (٩–٧) قطاع عرضي نموذجي لمسارات الشاحنة فقط المنفصلة رأسياً المُنشأة على ركيزة واحدة (FDOT, 2014)..... ٢٩٥
الشكل (٩–٨) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف وفق السرعة التصميمية والميل الطولي للطرق الصناعية..... ٢٩٩
الشكل (٩–٩) التعلية الجانبية على المنحنى الدائري حسب نصف قطر المنحنى الأفقي (الحد الأقصى للتعلية الجانبية = ٨,٠٪) للطرق الصناعية..... ٣٠١
الشكل (١٠–١) المنطقة الوظيفية والمادية للتقاطع (AASHTO, 2018)..... ٣٠٥
الشكل (١٠–٢) الأنواع العامة للتقاطعات السطحية (AASHTO, 2018)..... ٣٠٦
الشكل (١٠–٣) نقاط التعارض عند أنواع تقاطعات مختلفة (AASHTO, 2018)..... ٣٠٨
الشكل (١٠–٤) مثلثات الرؤية عند المدخل من مثلثات الرؤية - التحكم بإعطاء الاولوية (AASHTO, 2018)..... ٣١٠
الشكل (١٠–٥) مثلثات رؤية المغادرة - التحكم في التوقف (AASHTO, 2018)..... ٣١٠
الشكل (١٠–٦) ضبط الميل الطولي للطريق المتقاطع..... ٣١٨
الشكل (١٠–٧) المحاذاة الرأسية والأفقية مدمجة عند التقاطعات..... ٣١٨
الشكل (١٠–٨) إعادة المحاذاة عند التقاطعات..... ٣١٩
الشكل (١٠–٩) طول فتحة الجزيرة الوسطية للمنعطفات الى اليسار..... ٣٢٠
الشكل (١٠–١٠) الحد الأدنى لنصف قطر الانعطاف لليمين عند حافة الطريق..... ٣٢١
الشكل (١٠–١١) مسارات انعطاف على طريق متعدد المسارات مقسوم..... ٣٢٤
الشكل (١٠–١٢) جزيرة وسطية مبتدعة ومسارات انعطاف على طريق متعدد المسارات غير مقسوم..... ٣٢٤
الشكل (١٠–١٣) جزيرة وسطية مبتدعة ومسار انعطاف لليسار على طريق متعدد المسارات غير مقسوم..... ٣٢٥
الشكل (١٠–١٤) مسار الانعطاف لليسار ومسار دوران على طريق ذي المسارين..... ٣٢٥
الشكل (١٠–١٥) مسار انعطاف لليسار ومسار دوران عند تقاطع "T" ثنائي المسارات..... ٣٢٦
الشكل (١٠–١٦) أنواع الجزر لفصل اتجاهات الحركة بالتقاطعات..... ٣٢٧
الشكل (١٠–١٧) الجزر الاتجاهية مع بردورات بدون كتف..... ٣٣٠
الشكل (١٠–١٨) الجزر الاتجاهية مع بردورات وكتف خارجي..... ٣٣١
الشكل (١٠–١٩) فصل اتجاهات الحركة بالجزر والعلامات لتحسين مسافة الرؤية للانعطاف الى اليسار..... ٣٣٢
الشكل (١٠–٢٠) التخطيط النموذجي لمسار التسارع بالجزيرة الوسطية على الطريق المقسوم بأربعة مسارات (AT, 2019)... ٣٣٥
الشكل (١٠–٢١) تحقيق انتقال التعلية الجانبية في المسارات الإضافية..... ٣٣٧
الشكل (١٠–٢٢) فصل اتجاهات المرور بالجزر والعلامات لتحسين عمليات التقاطع..... ٣٣٨
الشكل (١٠–٢٣) مسارات وقوف وانتظار الحافلات..... ٣٣٩
الشكل (١٠–٢٤) تباعد نهاية طريق الخدمة الجانبي عن المحوّل..... ٣٤١
الشكل (١٠–٢٥) فصل اتجاهات المرور بالجزر عند المحوّلات وتباعد طرق الخدمة الجانبية من المحوّل..... ٣٤٢
الشكل (١٠–٢٦) الوصلات العامة والتجارية..... ٣٤٤
الشكل (١٠–٢٧) الوصلات الخاصة..... ٣٤٥
الشكل (١٠–٢٨) العناصر الهندسية (الجيومترية) الأساسية للدوَّار (AASHTO, 2018)..... ٣٤٧
الشكل (١٠–٢٩) الحد الأدنى لأبعاد الجزيرة الفاصلة (NCHRP, 2010)..... ٣٤٩
الشكل (١٠–٣٠) الحد الأدنى النموذجي لأنصاف أقطار مقدمة الجزيرة الفاصلة والإزاحات (NCHRP, 2010)..... ٣٥٠
الشكل (١٠–٣١) تصميم مدخل الدوّار أحادي المسار (NCHRP, 2010)..... ٣٥١
الشكل (١٠–٣٢) تصميم مخرج منحني لدوّار أحادي المسار (NCHRP, 2010)..... ٣٥٢

الشكل (١٠–٣٣) تصميم مخرج بقطر كبير لدوّار أحادي المسار (NCHRP, 2010). ٣٥٢
الشكل (١٠–٣٤) الدوّارات الكبيرة (Petru & Krivda, 2021). ٣٥٣
الشكل (١٠–٣٥) تكرار نقطة التعارض للدوّار متعددة المسارات والكبيرة (FHWA, 2019). ٣٥٣
الشكل (١٠–٣٦) الرسم. عينة لكتلة الدوّار الكبير(FHWA, 2019). ٣٥٤
الشكل (١٠–٣٧) ملامح نموذجية للدوّار المصغّر (NCHRP, 2010). ٣٥٧
الشكل (١٠–٣٨) تصميم يسمح الانعطافات لليسار أمام الجزيرة المركزية (NCHRP, 2010). ٣٥٨
الشكل (١٠–٣٩) تحسينات التصميم الممكنة لحل الانحناء أمام الجزيرة المركزية المصغرة (NCHRP, 2010). ٣٥٩
الشكل (١٠–٤٠) دوّار مصغّر داخل منطقة التقاطع الحالية (NCHRP, 2010). ٣٦٠
الشكل (١٠–٤١) الدوّارات المصغرة مع الجزيرة المركزية متمركزة على طول الطريق الرئيسي (NCHRP, 2010). ٣٦١
الشكل (١٠–٤٢) الدوّارات المصغرة مع دائرة محاطة أُزيحت على طول محور الشارع الثانوي (NCHRP, 2010). ٣٦١
الشكل (١٠–٤٣) أنصاف أقطار مسار المركبات (NCHRP, 2010). ٣٦٢
الشكل (١٠–٤٤) المسار الاسرع للمركبة عبر الدوّار أحادي المسار (NCHRP, 2010). ٣٦٣
الشكل (١٠–٤٥) المسار الاسرع للمركبة عبر الدوّار متعدد المسارات (NCHRP, 2010). ٣٦٤
الشكل (١٠–٤٦) مثال على حركة انعطاف لليمين حرجة (NCHRP, 2010). ٣٦٤
الشكل (١٠–٤٧) إرشادات لرسم وقياس نصف قطر مسار الدخول (NCHRP, 2010). ٣٦٥
الشكل (١٠–٤٨) مسافة الرؤية للتوقف بالمدخل (NCHRP, 2010). ٣٦٦
الشكل (١٠–٤٩) مسافة الرؤية للتوقف على طريق الالتفاف (NCHRP, 2010). ٣٦٧
الشكل (١٠–٥٠) مسافة الرؤية حتى معبر المشاة عند المخرج (NCHRP, 2010). ٣٦٧
الشكل (١٠–٥١) مدى الرؤية للتقاطع (NCHRP, 2010). ٣٦٨
الشكل (١٠–٥٢) معالجة بجزيرة فاصلة ممتدة (NCHRP, 2010). ٣٧٠
الشكل (١٠–٥٣) استخدام المنحنيات المتعاقبة على مداخل الدوّار عالية السرعة (NCHRP, 2010). ٣٧٠
الشكل (١٠–٥٤) قطاع طولي للمسطحات الخضراء بالجزيرة المركزية (NCHRP, 2010). ٣٧٢
الشكل (١٠–٥٥) تصميم تقاطع حركة الانعطاف لليسار المُنزاحة (أو المُرحّلة) (NCHRP, 2020). ٣٧٣
الشكل (١٠–٥٦) التقاطعات المُباعدة (NCDOT, 2020). ٣٧٤
الشكل (١٠–٥٧) تصميم تقاطعات الدوران للخلف بالجزيرة الوسطية (NCHRP, 2020). ٣٧٥
الشكل (١٠–٥٨) الشكل تصميم التقاطع مقيد العبور بفتحات دوران للخلف (AASHTO, 2018). ٣٧٦
الشكل (١٠–٥٩) تصميم تقاطع التدفق المتوازي (Dhatrak et al., 2010). ٣٧٨
الشكل (١١–١) تكوينات المحوّل (AASHTO, 2018). ٣٨٢
الشكل (١١–٢) محوّل ثلاثي الشعب مع هياكل أحادية (AASHTO, 2018). ٣٨٣
الشكل (١١–٣) محوّل ثلاثي الشعب مع هياكل متعددة (AASHTO, 2018). ٣٨٤
الشكل (١١–٤) محوّلات رباعية الشعب، المنحدرات في ربع واحد (AASHTO, 2018). ٣٨٥
الشكل (١١–٥) المحوّلات على شكل المعين، الترتيبات التقليدية (AASHTO, 2018). ٣٨٦
الشكل (١١–٦) محوّل سفلي على شكل معين أحادي النقطة (AASHTO, 2018). ٣٨٧

الشكل (١١–٧) تكوين نموذجي لمحوّلات سفلي على شكل معين أحادية النقطة حسب حرم الطريق الواسع والمقيد (AASHTO, 2018). ٣٨٨
الشكل (١١–٨) المحوّلات على شكل المعين الافتراقية (AASHTO, 2018). ٣٨٩
الشكل (١١–٩) محوّل على شكل ورقة البرسيم الكاملة مع وبدون طرق توزيعية (TxDOT, 2022). ٣٩٠
الشكل (١١–١٠) حالات مختلفة لترتيبات منحدر المحوّل على شكل ورقة البرسيم الجزئية – ربعان ومنحدر قطري مقابل (AASHTO, 2018). ٣٩١
الشكل (١١–١١) حالات مختلفة لترتيبات منحدر المحوّل على شكل ورقة البرسيم الجزئية – (اثنان) وثلاثة وأربعة أرباع (AASHTO, 2018). ٣٩٢
الشكل (١١–١٢) تكوين الدوران في المحوّل وخصائص الموقع المؤثرة (TxDOT, 2022). ٣٩٣
الشكل (١١–١٣) المحوّلات الاتجاهية مع مناطق التناسج (AASHTO, 2018). ٣٩٤
الشكل (١١–١٤) المحوّلات الاتجاهية بدون تناسج (AASHTO, 2018). ٣٩٥
الشكل (١١–١٥) المحوّلات ذات الاتجاه الكامل مع هياكل متعددة (**AASHTO, 2018**). ٣٩٦
الشكل (١١–١٦) قابلية تكيف المحوّلات على الطرق السريعة حسب أنواع المرافق المتقاطعة (AASHTO, 2018). ٣٩٧
الشكل (١١–١٧) طرق بديلة لتقليل المسارات الاضافية (AASHTO, 2018). ٣٩٨
الشكل (١١–١٨) المسارات الأحادية الاضافية بعد المدخل (AASHTO, 2018). ٣٩٩
الشكل (١١–١٩) المسارات الأحادية الاضافية قبل المخرج (AASHTO, 2018). ٤٠٠
الشكل (١١–٢٠) المسارات المتعددة الاضافية بعد المدخل (AASHTO, 2018). ٤٠٣
الشكل (١١–٢١) المسارات المتعددة الاضافية قبل المخرج (AASHTO, 2018). ٤٠٤
الشكل (١١–٢٢) تباعد المحوّلات (AASHTO, 2018). ٤٠٤
الشكل (١١–٢٣) تكوينات المنحدر النموذجية (FHWA, 1997). ٤٠٥
الشكل (١١–٢٤) أبعاد تباعد المنحدر (**AASHTO, 2018**). ٤٠٦
الشكل (١١–٢٥) القطاعات العرضية النموذجية للمنحدرات (Commonwealth of Kentucky, 2017). ٤٠٨
الشكل (١١–٢٦) التعلية الجانبية على المنحنى الدائري حسب نصف قطر المنحنى الأفقي للمنحنى على منحدرات المحوّل (الحد الأقصى e = 12.0%). ٤١٢
الشكل (١٢–١) الانتقال النموذجي من طريق ذي مسارين إلى طريق مقسوم ذي أربع مسارات (TxDOT, 2022). ٤٢١
الشكل (١٢–٢) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب السرعة التصميمية والميل الطولي لطرق نقل الحركة المرورية. ٤٢٣
الشكل (١٢–٣) التعلية الجانبية على منحنى دائري حسب نصف قطر المنحنى الأفقي على طرق نقل الحركة المرورية (الحد الأقصى لقيمة **e = 10.0** %). ٤٢٦
الشكل (١٣–١) قائمة تدقيق عملية استثناء تصميم (Texas DOT, 2022). ٤٣١
الشكل (١٣–٢) نموذج طلب استثناء تصميم - الصفحة الأولى (Texas DOT, 2022). ٤٣٢
الشكل (١٣–٣) نموذج طلب استثناء تصميم - الصفحة الثانية (Texas DOT, 2022). ٤٣٣
الشكل (أ–١) الترتيب العام لمسارات المرور في الطرق الريفية ذات المسارات الثلاث المستمرة. ٤٣٧
الشكل (أ–٢) الترتيب العام لمسارات المرور في الطرق الريفية ذات الثلاث مسارات العرضية (FGSV, 2012). ٤٣٨
الشكل (أ–٣) النقاط المميزة المنحنيات الحلزونية. ٤٣٩
الشكل (أ–٤) جيومترية المنحنى الأفقي مع المنحنيات الحلزونية المتماثلة المطبقة. ٤٤٠
الشكل (أ–٥) تقريب منحنيات القمة والقاع الرأسية (FGSV, 2012). ٤٤١

الشكل (أ–٦) الحد الأدنى لمسار الدوران لمركبة تصميم سيارة الركاب الخاصة (P) (AASHTO, 2018). ٤٤٣
الشكل (أ–٧) الحد الأدنى لمسار الدوران للشاحنة أحادية الوحدة (SU-9) المركبة التصميمية (AASHTO, 2018). ٤٤٤
الشكل (أ–٨) الحد الأدنى لمسار الدوران للشاحنة أحادية الوحدة (SU-12) المركبة التصميمية (AASHTO, 2018)..... ٤٤٥
الشكل (أ–٩) الحد الأدنى لمسار الدوران للحافلات بين المدن (BUS -12) المركبة التصميمية (AASHTO, 2018) . ٤٤٦
الشكل (أ–١٠) الحد الأدنى لمسار الدوران للحافلات بين المدن (BUS -14) المركبة التصميمة (AASHTO, 2018). ٤٤٧
الشكل (أ–١١) الحد الأدنى لمسار الدوران للحافلة المفصلية (A - BUS) المركبة التصميمية (AASHTO, 2018)..... ٤٤٨
الشكل (أ–١٢) الحد الأدنى لمسار الدوران لمركبة تصميم نصف مقطورة وسيطة (WB-12) (AASHTO, 2018)..... ٤٤٩
الشكل (أ–١٣) الحد الأدنى لمسار الدوران لمركبة تصميم نصف مقطورة وسيطة (WB -15) (AASHTO, 2018). ٤٥٠
الشكل (أ–١٤) الحد الأدنى لمسار الدوران لمركبة تصميم نصف مقطورة (WB -20) (AASHTO, 2018)..... ٤٥١
الشكل (أ–١٥) الحد الأدنى لمسار الدوران لمركبة تصميم تركيبة المقطورة المزدوجة (WB -20D) (AASHTO, 2018) . . ٤٥٢

قائمة الجداول

الجدول (١–١) المسميات والعناوين الخاصة بمعايير الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة **SASO** المطبقة على كود الطرق السعودي ٣٠١. ..... ٣

الجدول (٢–١) ملخص فئات الطرق الريفية. ١٨

الجدول (٢–٢) فئات الطرق الحضرية. ١٩

الجدول (٣–١) الحالات الشائعة لسيارات الركاب الخاصة. ٣٦

الجدول (٣–٢) الحالات الشائعة للمركبات الثقيلة. ٣٧

الجدول (٣–٣) الإخطار بنيّة بدء تخطيط المشروع وأنشطة التطوير (MoC, 1992). ٤٢

الجدول (٣–٤) قائمة التنسيق بين الوزارات ذات الصلة بالمشروع. ٤٣

الجدول (٤–١) السرعة التصميمية ومستوى الخدمة التصميمي للطرق الريفية. ٥٨

الجدول (٤–٢) السرعة التصميمية ومستوى الخدمة التصميمي للطرق الحضرية. ٥٨

الجدول (٤–٣) الحد الأدنى من التباعد للوصول إلى محوّل الطرق السريعة مع طريق متعدد المسارات (Williams et al., 2014). ٦٥

الجدول (٤–٤) الحد الأدنى من التباعد للوصول إلى محوّل الطرق السريعة مع طريق بمسارين (Williams et al., 2014). ... ٦٥

الجدول (٤–٥) توصيات الحد الأدنى للتباعد عند الدوّار في حال طريق ذي مسارين وأربعة مسارات (Williams et al., 2014). ٦٧

الجدول (٤–٦) معايير الحد الأدنى لتباعد المداخل الجانبية والطرق الخاصة التجارية/الصناعية (ALDOT, 2021). ٦٩

الجدول (٤–٧) الحد الأدنى من خلوص الركن (ALDOT, 2021). ٧٠

الجدول (٤–٨) نصف القطر والعرض الأدنى لمداخل الجانبية والطرق الخاصة (ALDOT, 2021). ٧١

الجدول (٤–٩) إرشادات التعدي للانعطاف لليمين (INDOT, 2013). ٧١

الجدول (٤–١٠) الطول الأدنى للحلق (ALDOT, 2021). ٧٤

الجدول (٤–١١) تباعد الوصول بالقرب من المحوّلات (ALDOT, 2021). ٧٦

الجدول (٤–١٢) مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز حسب السرعة التصميمية لجميع فئات الطرق المفردة (Method 1: AASHTO, 2018; Method 2: TxDOT, 2022). ٨٠

الجدول (٤–١٣) مسافة الرؤية المطلوبة للقرار حسب السرعة التصميمية لجميع فئات الطرق المفردة (AASHTO, 2018). ٨١

الجدول (٤–١٤) عامل الاحتكاك الجانبي والحد الأدنى لطول ونصف قطر المنحنى الدائري الأفقي حسب السرعة التصميمية لجميع فئات الطرق ٨٢

الجدول (٤–١٥) الحدود الدنيا والقصوى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية لجميع فئات الطرق. ٨٤

الجدول (٤–١٦) القيم المُوصى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية لجميع فئات الطرق. ٨٤

الجدول (٤–١٧) الميول المُوصى بها حسب السرعة التصميمية لجميع فئات الطرق. ٨٦

الجدول (٤–١٨) القيم المُوصى بها للمعلمة (K) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية حسب السرعة التصميمية لجميع فئات الطرق. ٨٨

الجدول (٤–١٩) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار الأفقية لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية. ٨٩

الجدول (٤–٢٠) ميل منحدر التعلية الجانبية. ٩٣

الجدول (٤–٢١) الطول الأدنى لمنحدر التعلية (م) لطريق بعرض يساوي ٧,٣٠ م. ٩٤

الجدول (٤–٢٢) طول منحدر التعلية الجانبية (م) لعرض القطاعات المُدارة المختلفة. ٩٥

الجدول (٤–٢٣) عرض جانب الطريق (متر) بالطرق الريفية. ١٠٢
الجدول (٤–٢٤) عرض جانب الطريق (متر) بالطرق الحضرية. ١٠٢
الجدول (٤–٢٥) إزاحات البردورة - الأبعاد بالمتر. ١٠٦
الجدول (٤–٢٦) العرض الإضافي في الأنفاق ذات القطاع العرضي المستطيل بسبب التعلية الجانبية (EABT 80/100). (FGSV, 2019) ١١٩
الجدول (٤–٢٧) مقاومة التدحرج لمواد سطح الطريق (AASHTO, 2018). ١٣١
الجدول (٥–١) مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية (Method 1: AASHTO, 2018; Method 2: TxDOT, 2022). ١٤٦
الجدول (٥–٢) عامل الاحتكاك الجانبي والحد الأدنى لطول ونصف قطر المنحنى الدائري الأفقي حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية. ١٤٧
الجدول (٥–٣) الحدود الدنيا والقصوى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية. ١٤٩
الجدول (٥–٤) القيم المُوصى بها لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية. ١٥٠
الجدول (٥–٥) الميول المُوصى بها حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية. ١٥١
الجدول (٥–٦) القيم المُوصى بها للمعلمة (K) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية. ١٥٢
الجدول (٥–٧) الإزاحة المطلوبة لبداية منحنى القمة الرأسي قبل بداية المنحنى الأفقي (الجزء المُستقيم - المنحنى الانتقالي - المنحنى الدائري) للطرق الريفية (FGSV, 2012). ١٥٣
الجدول (٥–٨) تأثيرات أوجه القصور في المحاذاة ثلاثية الأبعاد (FGSV, 2012). ١٥٣
الجدول (٥–٩) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار الأفقية لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية. ... ١٥٥
الجدول (٥–١٠) ميل منحدر التعلية الجانبية للطرق الريفية (٪) (MoC, 1992). ١٥٧
الجدول (٥–١١) فئات عرض المركبة، والخلوص العرضي، وعروض المسارات وعروض أشرطة الحواف. ١٦١
الجدول (٥–١٢) عرض الرصف اللازم للمركبات العسكرية التي تواجه مركبات مدنية. ١٦٢
الجدول (٦–١) مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز حسب السرعة التصميمية للشوارع السكنية (Method 1: AASHTO, 2018; Method 2: TxDOT, 2022). ١٦٥
الجدول (٦–٢) عامل الاحتكاك الجانبي والحد الأدنى لطول ونصف قطر المنحنى الدائري الأفقي حسب السرعة التصميمية للشوارع السكنية. ١٦٦
الجدول (٦–٣) الحدود الدنيا والقصوى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للشوارع السكنية. ١٦٦
الجدول (٦–٤) القيم المُوصى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للشوارع السكنية. ١٦٧
الجدول (٦–٥) الميول المُوصى بها حسب السرعة التصميمية للشوارع السكنية. ١٦٧
الجدول (٦–٦) القيم المُوصى بها للمعلمة (K) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية حسب السرعة التصميمية للشوارع السكنية. ١٦٨
الجدول (٦–٧) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار الأفقية لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية للشوارع السكنية. ١٦٩
الجدول (٦–٨) الأبعاد الدنيا لتشكيلات الطرق ذات النهاية المسدودة المربعة والدائرية (AASHTO, 2018). ١٧١
الجدول (٦–٩) مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز حسب السرعة التصميمية للشوارع التجميعية في المناطق الحضرية (Method 1: AASHTO, 2018; Method 2: TxDOT, 2022). ١٧٤
الجدول (٦–١٠) عامل الاحتكاك الجانبي والحد الأدنى لطول ونصف قطر المنحنى الدائري الأفقي حسب السرعة التصميمية للشوارع التجميعية في المناطق الحضرية. ١٧٥

الجدول (٦–١١) الحدود الدنيا والقصوى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للشوارع الحضرية التجميعية. ١٧٥
الجدول (٦–١٢) القيم المُوصى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للشوارع الحضرية التجميعية. ١٧٦
الجدول (٦–١٣) الميول المُوصى بها حسب السرعة التصميمية للشوارع الحضرية التجميعية. ١٧٦
الجدول (٦–١٤) القيم المُوصى بها للمعلمة (K) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية حسب السرعة التصميمية للشوارع الحضرية التجميعية. ١٧٧
الجدول (٦–١٥) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار الأفقية لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية للشوارع الحضرية التجميعية. ١٧٨
الجدول (٦–١٦) مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز حسب السرعة التصميمية للشوارع الشريانية في المناطق الحضرية (المصدر: الطريقة (١): AASHTO, 2018، الطريقة (٢): TEXAS, 2022). ١٨٢
الجدول (٦–١٧) عامل الاحتكاك الجانبي والحد الأدنى لطول ونصف قطر المنحنى الدائري الأفقي حسب السرعة التصميمية للشوارع الشريانية في المناطق الحضرية. ١٨٢
الجدول (٦–١٨) الحدود الدنيا والقصوى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للشوارع الحضرية الشريانية. ١٨٣
الجدول (٦–١٩) القيم المُوصى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للشوارع الحضرية الشريانية. ١٨٣
الجدول (٦–٢٠) الميول المُوصى بها حسب السرعة التصميمية للشوارع الحضرية الشريانية. ١٨٤
الجدول (٦–٢١) القيم المُوصى بها للمعلمة (K) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية حسب السرعة التصميمية حسب السرعة التصميمية للشوارع الحضرية الشريانية. ١٨٤
الجدول (٦–٢٢) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار الأفقية لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية للشوارع الحضرية الشريانية. ١٨٥
الجدول (٦–٢٣) عامل الاحتكاك الجانبي والحد الأدنى لطول ونصف قطر المنحنى الدائري الأفقي حسب السرعة التصميمية الطرق السريعة/شبه السريعة في المناطق الحضرية. ١٨٨
الجدول (٦–٢٤) الحدود الدنيا والقصوى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للطرق الحضرية السريعة/شبه السريعة. ١٨٩
الجدول (٦–٢٥) القيم المُوصى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعةالتصميمية للطرق الحضرية السريعة/شبه السريعة. ١٨٩
الجدول (٦–٢٦) الميول المُوصى بها حسب السرعة التصميمية للطرق الحضرية السريعة/شبه السريعة. ١٩٠
الجدول (٦–٢٧) القيم المُوصى بها للمعلمة (K) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية حسب السرعة التصميمية للطرق الحضرية السريعة/شبه السريعة. ١٩٠
الجدول (٦–٢٨) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار الأفقية لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية للطرق الحضرية السريعة/شبه السريعة. ١٩١
الجدول (٦–٢٩) السرعات المستهدفة للشوارع الكاملة. ٢٢٠
الجدول (٦–٣٠) الأبعاد النموذجية للشارع الرئيسي في المناطق الحضرية/الضواحي (NCDOT, 2012). ٢٢١
الجدول (٦–٣١) الأبعاد النموذجية للشارع الرئيسي الريفي (NCDOT, 2012). ٢٢٢
الجدول (٦–٣٢) الأبعاد النموذجية للشارع المحلي مع الاستخدام السكني (NCDOT, 2012). ٢٢٣
الجدول (٦–٣٣) الأبعاد النموذجية للشارع المحلي مع الاستخدام المكتبي والتجاري والصناعي (NCDOT, 2012). ٢٢٤
الجدول (٦–٣٤) المسافة بين الانحرافات الرأسية (Riyadh Amanah, 2007). ٢٣١
الجدول (٦–٣٥) سرعات الحافلات الممكنة في الانحرافات الأفقية مع عرض الرصف b = 3.25 م (FGSV, 2006). ٢٣٦
الجدول (٦–٣٦) نظرة عامة على متطلبات العرض والطول للأشخاص ذوي القدرة المحدودة على الحركة. ٢٤٤

الجدول (٧–١) عامل الاحتكاك الجانبي والحد الأدنى لأطوال وأنصاف أقطار المنحنى الدائري حسب السرعة التصميمية للطرق السريعة / الطرق شبه السريعة. ٢٥٦

الجدول (٧–٢) الحدود الدنيا والقصوى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للطرق السريعة/الطرق شبه السريعة. ٢٥٧

الجدول (٧–٣) القيم المُوصى بها لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للطرق السريعة/الطرق شبه السريعة. ٢٥٧

الجدول (٧–٤) الميول المُوصى بها (المرغوبة والمسموح بها) حسب سرعة تصميم الطرق السريع/الطرق شبه السريعة. ٢٥٨

الجدول (٧–٥) القيم المُوصى بها للمعلمة (K) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية حسب السرعة التصميمية. ٢٥٩

الجدول (٧–٦) الإزاحة المطلوبة لبداية منحنى القاع الرأسي قبل بداية المنحنى الأفقي (الجزء المُستقيم – المنحنى الانتقالي - المنحنى الدائري) (FGSV, 2008). ٢٦٠

الجدول (٧–٧) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار الأفقية لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية. ٢٦١

الجدول (٧–٨) ميل منحدر التعلية الجانبية للطرق السريعة والطرق شبه السريعة (%) (MoC, 1992). ٢٦٣

الجدول (٨–١) إرشادات العرض الكلي الطريق في حال الإنشاء الجديد للشوارع الحضرية السكنية ذات المسارين. ٢٧٣

الجدول (٨–٢) مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية المُعبّدة وغير المُعبّدة منخفضة الحجم المروري (Method 1: AASHTO, 2018; Method 2: TxDOT, 2022). ٢٧٧

الجدول (٨–٣) عامل الاحتكاك الجانبي والطول الأدنى للمنحنى الدائري وأنصاف الأقطار حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية منخفضة الحجم المروري المُعبّدة. ٢٧٨

الجدول (٨–٤) عامل الاحتكاك الجانبي والطول الأدنى للمنحنى الدائري وأنصاف الأقطار حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية منخفضة الحجم المروري غير المُعبّدة. ٢٧٨

الجدول (٨–٥) الحدود الدنيا لمعلّمات المنحنى الانتقالي والحدود القصو لأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية منخفضة الحجم المروري (المُعبّدة وغير المُعبّدة). ٢٧٩

الجدول (٨–٦) القيم الموصى لمعلّمات المنحنى الانتقالي وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية منخفضة الحجم المروري (المُعبّدة وغير المُعبّدة). ٢٧٩

الجدول (٨–٧) الميول الموصى بها حسب السرعة التصميمية للطرق المنخفضة الحجم المروري المُعبّدة. ٢٨٠

الجدول (٨–٨) القيم المُوصى بها لمعدّل تغيُّر الانحناء (K) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية المنخفضة الحجم المروري (الطرق المُعبّدة وغير المُعبّدة). ٢٨١

الجدول (٨–٩) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار الأفقية لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية منخفضة الحجم المروري (غير المُعبّدة). ٢٨٣

الجدول (٨–١٠) معلمات التصميم المُوصى بها لمنحنى رئيس على شكل دبوس شعر. ٢٨٤

الجدول (٨–١١) معادلات تحديد أبعاد الانحناءات الأولية لمنحنى على شكل دبوس شعر في حالة التجاوز المتزامن بين مركبتين ذات محورين متعاكستين في الاتجاه (SN 640 198a-Courbes, Lacets; VSS, 2019). ٢٨٥

الجدول (٩–١) عامل الاحتكاك الجانبي والطول الأدنى وأنصاف أقطار المنحنيات الدائرية الأفقية حسب السرعة التصميمية للطرق الصناعية. ٢٩٥

الجدول (٩–٢) الحدود الدنيا لمعلّمات المنحنى الانتقالي والحد الأعلى لأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للطرق الصناعية. ٢٩٦

الجدول (٩–٣) القيم الموصى بها لمعلّمات المنحنى الانتقالي والحد الأعلى لأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للطرق الصناعية. ٢٩٦

الجدول (٩–٤) الميول الطولية الموصى بها حسب السرعة التصميمية للطرق الصناعية. ٢٩٧

الجدول (٩–٥) القيم الموصى بها لمعدّل تغيُّر الانحناء (**K**) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية حسب السرعة التصميمية للطرق الصناعية. ٢٩٨

الجدول (٩–٦) مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز حسب السرعة التصميمية للطرق الصناعية (Source: Method 1: AASHTO, 2018; Method 2: TxDOT, 2022). ٣٠٠

الجدول (٩–٧) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار الأفقية لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية للطرق الصناعية. ٣٠١
الجدول (١٠–١) اختيار المركبة التصميمية القصوى عند التقاطعات السطحية. ٣٠٨
الجدول (١٠–٢) مسافة رؤية تقاطع التصميم في الحالات (أ) و (ب) و "و" (م) - (AASHTO, 2018). ٣١٣
الجدول (١٠–٣) عوامل الضبط لمسافة رؤية التقاطع للحالتين (أ) و "ج" - (AASHTO, 2018). ٣١٣
الجدول (١٠–٤) الفجوة الزمنية للحالات ب-١ و ب-٢ و ب-٣ و ج-٢ و "و" - (AASHTO, 2018). ٣١٤
الجدول (١٠–٥) مناورات العبور لمداخل الطرق المحكومة بإعطاء الاولوية وطول جزء الطريق الثانوي (م) وزمن التنقل (ثانية) - (AASHTO, 2018). ٣١٥
الجدول (١٠–٦) مسافة رؤية تقاطع التصميمية في الحالتين "ج-١" و "ج-٢" (م) - (AASHTO, 2018). ٣١٦
الجدول (١٠–٧) الحد الأدنى لطول فتحة الجزيرة الوسطية "L" (م) - (MoC, 1992). ٣٢٠
الجدول (١٠–٨) الحد الأدنى من العناصر الهندسية للانعطافات لليمين بالتقاطعات. ٣٢٢
الجدول (١٠–٩) الطول الأدنى المستدق. ٣٢٣
الجدول (١٠–١٠) حدود عرض طرق الانعطاف لليمين المفصولة بالجزر (م). ٣٢٩
الجدول (١٠–١١) الطول الفعّال الموصى به لمسار التسارع بالجزيرة الوسطية باستثناء المستدق (AT, 2019). ٣٣٢
الجدول (١٠–١٢) مضاعف تعديل الميول الطولية الأعلى من ٣٪ (AT, 2019). ٣٣٣
الجدول (١٠–١٣) الحد الأقصى للفرق الجبري في التعلية الجانبية للرصف عند نهايات طريق الانعطاف. ٣٣٦
الجدول (١٠–١٤) النطاقات النموذجية لقيم القطر الإجمالي لمختلف تكوينات الدوَّار وحجم المرور اليومي المخدوم (NCHRP, 2010). ٣٤٧
الجدول (١٠–١٥) قيم التصميم القياسية للدوّار الكبير الأساسي (FHWA, 2019). ٣٥٥
الجدول (١٠–١٦) سرعات الدخول التصميمية القصوى الموصى بها في الدوّارات (NCHRP, 2010). ٣٦٢
الجدول (١٠–١٧) أنصاف أقطار نموذجية واسعة ومعتدلة مطبقة كمنحنيات متتالية على مداخل عالية السرعة (FDOT, 2022). ٣٧١
الجدول (١٠–١٨) العرض الأدنى للجزيرة الوسطية لاستيعاب الدوران للخلف (م) - (AASHTO, 2018). ٣٧٥
الجدول (١٠–١٩) مسافة الرؤية المطلوبة لتقاطعات السكك الحديدية والطرق الريفية غير المحكومة بإشارات مرور (MoC, 1992). ٣٧٩
الجدول (١١–١) الحد الأدنى لأطوال مسارات التباطؤ عند نهاية منحدرات الخروج بميول طولية منبسطة أقل من ٣٫٠٪ (AASHTO, 2018). ٤٠١
الجدول (١١–٢) الحد الأدنى لأطوال مسارات التسارع عند نهاية منحدرات الخروج بميول طولية منبسطة أقل من ٣٫٠٪ (AASHTO, 2018). ٤٠١
الجدول (١١–٣) عوامل ضبط مسار تغير السرعة كدالة في الميول الطولية – مسارات التباطؤ (AASHTO, 2018). ٤٠٢
الجدول (١١–٤) عوامل ضبط مسار تغير السرعة كدالة في الميول الطولية – مسارات التسارع (AASHTO, 2018). ٤٠٢
الجدول (١١–٥) الحد الأدنى الموصى به من لتباعد نهايات المنحدر (AASHTO, 2018). ٤٠٦
الجدول (١١–٦) قيم استرشادية لسرعة تصميم المنحدر حسب سرعة تصميم الطريق (AASHTO, 2018). ٤٠٧
الجدول (١١–٧) عامل الاحتكاك الجانبي والحد الأدنى لطول ونصف قطر المنحنى الدائري الأفقي حسب السرعة التصميمية لمنحدرات المحوّل. ٤٠٩
الجدول (١١–٨) الحدود الدنيا والقصوى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية لمنحدرات المحوّل. ٤٠٩
الجدول (١١–٩) القيم المُوصى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية لمنحدرات المحوّل. ٤١٠

الجدول (١١–١٠) الميول المُوصى بها حسب السرعة التصميمية لمنحدرات المحوّل..... ٤١١
الجدول (١١–١١) القيم المُوصى بها للمعلمة (**K**) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية حسب السرعة التصميمية لمنحدرات المحوّل... ٤١١
الجدول (١١–١٢) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار الأفقية لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية. ٤١٢
الجدول (١٢–١) عامل الاحتكاك الجانبي والحد الأدنى لطول المنحنى الدائري وأنصاف الأقطار حسب السرعة التصميمية لطرق نقل الحركة المرورية. ٤٢٤
الجدول (١٢–٢) المعلمات الدنيا للمنحنيات الانتقالية والحد الأعلى لنصف قطر استخدام المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية لطرق لنقل الحركة المرورية..... ٤٢٤
الجدول (١٢–٣) المعلمات الموصى بها للمنحنيات الانتقالية والحد الأعلى لنصف قطر استخدام المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية لطرق لنقل الحركة المرورية. ٤٢٤
الجدول (١٢–٤) الميول الطولية الموصى بها (المرغوبة والمسموح بها) حسب السرعة التصميمية لطرق نقل الحركة المرورية. ٤٢٥
الجدول (١٢–٥) القيم الموصى بها للمعلمة (**K**) لمنحنيات القمة والقاع حسب السرعة التصميمية لطرق نقل الحركة المرورية... ٤٢٥
الجدول (١٢–٦) الحد الأدنى لنصف القطر الأفقي لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية لطرق نقل الحركة المرورية. ٤٢٦
الجدول (١٢–٧) القيم المحدودة لطول مسارات التباطؤ في المنحدرات والموصلات المباشرة في طرق نقل الحركة المرورية (باستثناء المنطقة المُستدقّة)..... ٤٢٨
الجدول (١٢–٨) القيم المحدودة لطول مسارات التسارع في المنحدرات والموصلات المباشرة في طرق نقل الحركة المرورية (باستثناء المنطقة المُستدقّة)..... ٤٢٨
الجدول (أ–١) قيم النقطة الحرجة المحددة للمنحنيات الحلزونية..... ٤٣٩
الجدول (أ–٢) معادلات للمنحنى الأفقي مع المنحنيات الحلزونية المتماثلة المطبقة..... ٤٤٠

١-مقدمة:

١-١ ملخص الأبواب:

مجلد كود الطرق السعودي ٣٠١ (التصميم الهندسي للطرق) مقسم إلى (١٣) بابًا. فيما يلي نبذة مختصرة عن هذه الأبواب:

الباب (١): مقدمة - يقدم في هذا الباب نظرة عامة على الأبواب الأخرى، ونطاق المجلد، قائمة كاملة بالمواصفات ذات الصلة.

الباب (٢): التصنيف الوظيفي للطرق – يحدد في هذا الباب التصنيف الوظيفي والسياقي للطرق ويصف المناطق الريفية والحضرية، بسياقاتها المختلفة، بما في ذلك أيضًا تصنيف إدارة الوصول للطرق. كما تُوصف مفاهيم تصميم الطرق المعاصرة، وأنواع تصميم المشاريع، وتعيينات الطرق، وعمليات الموافقة على التصميم.

الباب (٣): عناصر التصميم المسبقة – يوصف في هذا الباب عناصر التصميم المسبقة الحاسمة في المناطق الريفية والحضرية والخصائص العامة للمعلّمات الرئيسة مثل العوامل البشرية والسرعة والمركبات التصميمية ومستخدمي الطريق المعرضين للخطر والتي يجب معالجتها ودمجها وتبنيّها واستكمالها قبل البدء في عملية تصميم الطريق.

الباب (٤): التصميم الهندسي للطرق – يقدم في هذا الباب معلّمات عامة للتصميم الهندسي فيما يتعلق بالمحاذاة الأفقية والرأسية، ومسافة الرؤية، والسرعة التصميمية، وعناصر القطاع العرضي المختلفة، والقطاعات العرضية النموذجية بالإضافة إلى إرشادات محدّدة بشأن سعة الطريق، ومستوى الخدمة، كما يُضمّن التحكم في الوصول وأنواع الارتباط. كذلك توفر إرشادات لتصميم وتشغيل عناصر البنية التحتية الخاصة بما في ذلك الجسور والأنفاق، ومنحدرات الهروب في حالات الطوارئ، مسارات الصعود للشاحنات الثقيلة، ومعابر السفلية للحيوانات البريّة وكذلك معابر الجمال العلويّة.

الباب (٥): تصميم الطرق الريفية (ما عدا السريعة وشبه السريعة) – توفر في هذا الباب كافة الإرشادات الفنية اللازمة للتصميم الهندسي للطرق الريفية، باستثناء الطرق السريعة والطرق شبه السريعة، مثل السرعة التصميمية، وعناصر القطاع العرضي، ومعلّمات التصميم الأفقي والرأسي، ومسافات الرؤية، ومعلّمات التعلية الجانبية، ومعلّمات توسيع المسار. كما تُوفّر الإرشادات ذات الصلة بالطرق التي تستخدمها المركبات العسكرية.

الباب (٦): الشوارع في المناطق الحضرية – توفر في هذا الباب كافة الإرشادات الفنية اللازمة للتصميم الهندسي للطريق الحضري بما في ذلك الشارع السكني، أو التجميعي، أو الشرياني، أو الطريق السريع/الطريق شبه السريع، مثل السرعة التصميمية والعناصر المحددة للقطاع العرضي، معلمات التصميم الأفقي والرأسي، ومسافات الرؤية، ومعلمات التعلية الجانبية وتوسيع المسار. تُوفر أيضًا إرشادات فنية تتعلق بالشوارع الكاملة وتدابير ومفاهيم تهدئة المرور، وغيرها من المرافق ذات الأغراض الخاصة ذات الصلة بالطرق بما في ذلك مرافق النقل العام والمشاة والدراجات.

الباب (٧): الطرق التي يُتحكّم في الوصول إليها – توفر في هذا الباب كافة الإرشادات الفنية اللازمة للتصميم الهندسي للطرق الريفية التي يُتحكّم في الوصول إليها (الطرق السريعة أو الطرق شبه السريعة) مثل السرعة التصميمية، والعناصر المحددة للقطاع العرضي، ومعلمات التصميم الأفقي والرأسي، ومسافات الرؤية، والتعلية الجانبية ومعلمات توسيع المسار. كما تُقدّم سمات تصميم خاصة بمناطق الجسور والأنفاق في هذا الباب.

الباب (٨): تصميم الطرق منخفضة الحجم المروري وطرق الوصول – توفر في هذا الباب كافة الإرشادات الفنية اللازمة للتصميم الهندسي للطرق الريفية الثانوية بما في ذلك الطرق ذات الحجم المروري المنخفض وطرق الوصول ذات متوسط مرور سنوي يومي أقل من ٢٠٠٠ مركبة في اليوم، والطرق ذات الحجم المنخفض للغاية ذات متوسط مرور سنوي يومي أقل من ٤٠٠ مركبة في اليوم، والطرق الجبلية ذات الانحناءات الحادة والميول شديدة الانحدار، مثل السرعة التصميمية، والعناصر المحددة للقطاع العرضي، ومعلّمات التصميم الأفقي والرأسي، ومسافات الرؤية، والتعلية الجانبية، ومعلّمات توسيع المسار.

الباب (٩): تصميم طرق المركبات الثقيلة والطرق الصناعية – تقدم في هذا الباب كافة الإرشادات الفنية اللازمة للتصميم الهندسي للطرق الريفية والحضرية التي بها عدد كبير من المركبات الثقيلة، خاصة داخل المناطق الصناعية. تُناقش وتُوفّر عوامل التصميم كالسرعة التصميمية، والعناصر المحددة للقطاع العرضي، ومعلّمات التصميم الأفقي والرأسي، ومسافات الرؤية، ومعلّمات التعلية الجانبية، وتوسيع المسار.

الباب (١٠): التقاطعات السطحية – تقدم في هذا الباب كافة الإرشادات الفنية اللازمة للتصميم الهندسي للتقاطع السطحي، سواء كان من النوع "T" أو من النوع المتقاطع، أو دوّارًا. تُحدّد معلّمات تصميم التقاطع وفق المركبات التصميمية وعناصر التصميم الأخرى، ومسافات الرؤية، وتصميم التقاطع البديل، وفق حركة المرور غير التقليدية وظروف الموقع، في حين تُوصف اعتبارات الدراجات والمشاة ووسائل النقل العام في المناطق الحضرية بشكل رئيسي.

الباب (١١): تصميم المحوّلات والتقاطعات المنفصلة رأسياً – تُناقش في هذا الباب كافة الإرشادات الفنية اللازمة للتصميم الهندسي للمحوّلات. تُحدّد معلّمات التصميم المتعلقة بأنواع المحوّلات وعناصر تصميم المنحدرات والعناصر المحددة للقطاعات العرضية والمسارات الإضافية وأشكال وتكوينات المحوّل المحددة لحالات خاصة بما في ذلك المحوّلات غير التقليدية.

الباب (١٢): إعادة التأهيل وإعادة الإنشاء وممرات نقل المرور – يقدم في هذا الباب إرشادات بشأن معلّمات تصميم إعادة التأهيل (3R) جميع فئات الطرق ما عدا الطرق السريعة/شبه السريعة، والقضايا الفنية المتعلقة بمشاريع تغيير محاذاة الطريق وإعادة إنشائه (4R) لعدة أصناف وظيفية مختلفة من الطرق، وأخيرًا معايير تصميم ممرات نقل الحركة المرورية (5R).

الباب (١٣): إجراء استثناء التصميم – يقدم في هذا الباب إرشادات بشأن إجراء الاستثناء المطلوب عندما يتقرر أن واحدة أو أكثر من معلّمات والمعايير الحاكمة في التصميم المقترح لا يمكنها تلبية الحد الأدنى أو الحد الأقصى للقيم المحددة في المجلد الحالي للتصميم المقترح وفق السرعة التصميمية.

١-٢ النطاق:

يُرجع إلى هذا المجلد باعتباره المرجع الرئيس للجوانب المتعلقة بالتصميم الهندسي للطرق في المملكة العربية السعودية؛ كما يقتصر تعريف "التصميم الهندسي" الوارد بالإرشادات الفنية بطي هذا المجلد على **"التصميم الجيومتري فقط"** للطريق ومرافقه (على سبيل المثال، المحاذاة الأفقية والرأسية، القطاعات الطولية والعرضية، التقاطعات، وغيرها).

يتمثل نطاق هذا المجلد من كود الطرق السعودي، في توفير كافة الإرشادات الفنية اللازمة المرتبطة بالتصميم الهندسي لكافة فئات الطرق في المناطق الريفية والحضرية، ويشمل ذلك التقاطعات والمحوّلات. ينطبق محتواه على تصميم الطرق الجديدة وإعادة إنشاء وتأهيل الطرق القائمة. من الضروري مراعاة السلامة لشبكة النقل في المملكة العربية السعودية التي تخدم التنقل العام والتنمية الاقتصادية والإنتاجية. تتمتّع المملكة العربية السعودية بحدود دولية، وخط ساحل طويل يجذب الزُوّار ويستوعب منطقة ضخمة مرتبطة بالعديد من الطرق والموانئ.

تعد المملكة العربية السعودية أيضًا موردًا محليًا ودوليًا مهمًا لمنتجات الطاقة مع وجود مصافي تكرير البترول، والبنية التحتية بما ذلك شبكة النقل. كما ينبغي الأخذ بالاعتبار تبّني التخطيط الداعم للإخلاء في حالات الطوارئ عند تخطيط وتصميم ممرات نقل المروري في المملكة العربية السعودية.

يمثل هذا المجلد توليفة من الإرشادات وممارسات التشغيل الحالية المتعلقة بالتصميم الهندسي لمرافق الطرق. هذا المجلد ليس كتابًا دراسيًا أو بديلاً عن المعرفة الهندسية أو الخبرة أو الحكم. إنه يشمل الأساليب والرسومات البيانية والجداول التي لا توجد عادة في الكتب الدراسية. تخضع العديد من الإرشادات الواردة هنا للتعديل حسب الشروط والخبرة. حقيقة تقديم قيم التصميم المحدثة في هذا المستند لا تعني أن المرافق القائمة غير آمنة. ولا ينبغي أن يفرض نشر إرشادات التصميم المحدثة مشاريع التحسين. مشاريع البنية التحتية بطبيعتها مرافق طويلة العمر. بينما يتم تحسين منهجيات التصميم باستمرار، يتم تنفيذ هذه التحسينات عادةً عندما يتم إنشاء المشاريع كمشاريع جديدة، أو إعادة إنشائها، في المهام المستقبلية.

بينما الكثير من محتوى هذا المجلد يمكن اعتباره عالميًا في معظم تطبيقات التصميم الهندسي، إلا أن هناك العديد من المجالات التي تكون ذاتية وقد تحتاج إلى درجات متفاوتة من التعديل لتلائم ظروف المشروع المحلي. يجب اتخاذ قرار استخدام إرشادات تصميم محددة في موقع معين على أساس دراسة هندسية للموقع والخبرة التشغيلية والتحليل الموضوعي. وبالتالي، بينما تقدم هذا المستند إرشادات للتصميم الهندسي للطرق والشوارع، لا ينبغي اعتبارها بديلاً عن الحكم الهندسي. بالنسبة لبعض ضوابط التصميم الخاصة، بالنسبة لبعض ضوابط التصميم الخاصة، قد يكون هناك حاجة إلى الانحراف عن القيم الواردة في هذا المجلد والحصول على موافقة من الجهة المسؤولة وفق متطلبات إجراء الاستثناء الواردة في الباب (١٣).

١-٣ المواصفات والأكواد المرجعية:

تكون مواصفات وأكواد جميع المواد والإجراءات على النحو المحدد في هذه المواصفات وفي وثائق العقد، إن وجدت، في أحدث إصدار لها:

- الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة واللوائح الفنية.

يقدم الجدول (١-١) معايير الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة المتعلقة بالتصميم الهندسي للطرق، بما في ذلك التعيينات والعناوين.

الجدول (١–١) المسميات والعناوين الخاصة بمعايير الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة **SASO** المطبقة على كود الطرق السعودي ٣٠١.

المسمى باللغة الإنجليزية	المسمى مترجم للغة العربية	SASO
Graphical Symbols - Safety Colors and Safety Signs - Registered Safety Signs	الرموز الرسومية - ألوان السلامة وعلامات السلامة - لافتات الأمان المسجلة.	ISO 7010

٢-التصنيف الوظيفي للطرق:

٢-١ مقدمة:

تخضع شبكة الطرق العامة في المملكة العربية السعودية لسلطة هيئة أو جهة سعودية وطنية محددة (الهيئة العامة للطرق، أو وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان، أو أمانات المناطق، أو الهيئات الملكية، وغيرها)، ذات مسؤولية فنية أو إدارية مرتبطة، بطريقةٍ أو بأخرى، بتصميم الطريق. تصنف هذه الطرق وظيفياً إلى فئات أو مستويات رئيسة، وقد تُستثنى تلك الأجزاء من الطرق والشوارع الواقعة داخل الملكيات الخاصة. أُسّس نظام التصنيف الوظيفي الحالي على ذات النهج السابق في تصنيف الطرق بالمناطق الريفية والحضرية، معتمداً على معلمات فنية محددة (قابلة للقياس) وأخرى اعتبارية (غير قابلة للقياس)، مما يجعله نظاماً تحكميّاً نوعاً ما، ولكنه يتفاعل بمرونة مع المعطيات والتقديرات الحالية والرؤية المستقبلية آنيّاً وبما يتماشى مع أهداف ومتطلبات الجهة المسؤولة عن الطريق المعين. يتوجب على مستخدمي النظام الحالي الالتزام بالمبادئ العامة لتصنيف الطرق القائمة والجديدة في فئات من الطرق الريفية أو الحضرية أو الصناعية حسب الارشادات الواردة بكود الطرق السعودي. أيضًا، يستلزم ذلك تعيين تصنيف الطرق حسب الفئات الوظيفية والحفاظ على ديمومة هذا التصنيف بتجاوز كافة التغييرات الثانوية الطارئة، باستثناء تلك الأكثر شمولاً وتوسُّعًا والمؤثِّرة على استخدامات الأراضي أو على جزء كبير من الطريق، أو الحاجة إلى مرافق النقل الجديدة، كل ذلك من أجل تعزيز استمرارية النظام ورشاقته.

٢-٢ الغرض من التصنيف:

يؤدي كل نوع من أنواع الطرق (الرئيسة والثانوية والمحلية) داخل النظام الوظيفي الكلي خدمة معينة في تسهيل انتقال المركبات بين نقاط المنبع-المقصد وتوفير الوصول إلى استخدامات الأرض المختلفة. يمكن إيجاز الأغراض الرئيسة لتصنيف الطرق في المحاور التالية:

- تصنيف الطرق القائمة والجديدة إلى مجموعات (فئات) ذات خصائص وظيفية محددة لكل مجموعة (فئة).
- تصنيف الطرق القائمة إلى مجموعات (فئات) ذات مستويات صيانة وتشغيل متماثلة لكل مجموعة (فئة).
- تصنيف الطرق الجديدة والقائمة إلى مجموعات (فئات) تصميمية ذات مواصفات وخصائص هندسية (جيومترية) متماثلة تتناسب مع ما تقدمه من خدمات مرورية لمستخدمي الطريق والمنطقة المحيطة وقابلة للتطبيق لكل مجموعة (فئة) تصميمية.
- وضع نظام أساس لتطوير برامج طويلة المدى، ويساعد في صناعة قرارات ترتيب أولويات التحسين، والخطط المالية العامة.

٢-٣ النظام الوظيفي للطرق:

تتميز مرافق الطرق عموماً بأنها ذات طابع متعدد الوظائف، مما يؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على الأنشطة والسلوكيات البشرية المتنوعة بما في ذلك التخصصات الفنية ذات الصلة. اعتمادًا على وظيفة الجهة المخططة أو المصممة للطريق، واهتمامات صنّاع القرار بالجهة المسؤولة، يمكن تصنيف الطريق بناءً على المعايير الكمية البحتة كخصائص المرور، وتدابير ومقاييس تطوير الأراضي، أو بناءً على معايير أخرى اعتبارية كالأثر البيئي، وقيود التصميم الإقليمية و/أو الحضرية. تعالج الإرشادات الواردة بالأجزاء الفرعية التالية هذا التنوع في تصنيف الطرق وتحديد خصائصها الوظيفية.

٢-٣-١ خصائص النظام الوظيفي للطرق:

يوضح هذا القسم تصنيف الطرق والشوارع في المناطق الريفية والحضرية باستخدام نظام التصنيف الوظيفي بناءً على خصائصها المرورية واحتياجاتها.

هناك اختلافات جوهرية في المناطق الحضرية والريفية من حيث كثافة شبكات الطرق والشوارع وكثافة وأنواع استخدامات الأراضي وأنماط وطبيعة التنقل، والعلاقة بين هذه العناصر المتداخلة. لذا فإن تصنيف الطرق والشوارع وظيفياً إلى أنظمة طرق حضرية وريفية يتم بشكل منفصل.

بشكل عام، تُعرَّف المنطقة الحضرية بأنها أي مكان بالمملكة العربية السعودية يبلغ عدد سكانه ٥,٠٠٠ نسمة أو أكثر مُتحضّرة. كما يمكن تقسيم هذه المناطق الحضرية إلى مناطق مُتحضّرة بعدد سكان ٥٠,٠٠٠ نسمة أو أكثر، ومناطق حضرية صغيرة يتراوح عدد سكانها بين ٥,٠٠٠ و٥٠,٠٠٠ نسمة. تعرف المناطق الريفية بأنها كافة مناطق المملكة غير المصنفة كمناطق حضرية. تجدر الإشارة إلى أن تصنيف الطرق على أنها حضرية أو ريفية قد يختلف حسب ظروف الموقع الفعلية أو الظروف السائدة بالمنطقة. لهذا السبب، يجب أن يُبنى تصنيف على ظروف الطريق الفعلية (مثل الحجم والتدفق المروري للمشاة، ووجود العديد من طرق الوصول/التقاطعات الرأسية، والحاجة المتزايدة لخدمات الوصول، وأكثر)، وليس على الحدود الجغرافية بالخرائط.

٢-٣-١-١ الفئات الوظيفية:

تختلف الفئات الوظيفية للطرق في المناطق الحضرية والريفية. يتألف التسلسل الهرمي لأنظمة التصنيف الوظيفي للطرق من عدة فئات متدرجة حسب نوع الخدمة التي تقدمها لمستخدمي الطرق والمنطقة التي تمر بها. تُقسّم الطرق بصفة عامة حسب نظام التصنيف الوظيفي الى خمس فئات أساسية، فئة الطرق السريعة (ذات المستوى الأعلى في التدرج الهرمي لشبكة الطرق) وتليها فئة الطرق الشريانية الرئيسة (الطرق شبه السريعة) ثم الطرق الشريانية الفرعية (التوزيعية) ثم الطرق التجميعية (الرئيسة والفرعية) ثم الطرق والشوارع المحلية (ذات المستوى الأقل في التدرج الهرمي لشبكة الطرق).

٢-٣-١-٢ النظم الوظيفية للمناطق الريفية:

تتكون الطرق الريفية من مرافق الطرق الواقعة خارج نطاق المناطق الحضرية، رغم أنها قد تمر عبر مناطق مبنية وبلدات أو قرى صغيرة. تشمل النظم المتبعة في التصنيف الوظيفي (التقليدي) للطرق الريفية الفئات التالية:

- الطرق الريفية السريعة.
- الطرق الريفية الشريانية الرئيسة (شبه السريعة).
- الطرق الريفية الشريانية الفرعية.
- الطرق الريفية التجميعية (الرئيسة والفرعية)
- الطرق الريفية المحلية.

يُشرح تعريف كل نظام وظيفي لكافة شبكات الطرق الريفية في الجزء (٢-٤).

٢-٣-١-٣ النظم الوظيفية للمناطق الحضرية:

تشمل النظم المتبعة في التصنيف الوظيفي (التقليدي) للطرق بالمناطق الحضرية الفئات التالية:

- الطرق الحضرية السريعة.
- الطرق الحضرية الشريانية الرئيسة (شبه السريعة).
- الشوارع الحضرية الشريانية الفرعية.
- الشوارع الحضرية التجميعية.
- الشوارع الحضرية المحلية والسكنية.

يُشرح تعريف كل نظام وظيفي لكافة شبكات الطرق والشوارع الحضرية في الجزء (٢-٤).

٢-٣-١-٤ استمرارية نظام التصنيف الوظيفي:

تعد كافة الفئات الوظيفية جزءًا من شبكة متكاملة تهدف إلى توفير مسارات تنقل مستمرة من موقع إلى آخر (المنبع-المقصد) لكافة المتنقلين داخل المملكة العربية السعودية. يجب الحفاظ على التصنيف الوظيفي على طول مسارات الطرق المستمرة بغض النظر عن الظروف المحلية.

٢-٣-١-٥ تعيين تصنيف الطرق (Classification Assignment):

يجب تصنيف كافة أجزاء الطرق، ويشمل ذلك الأجزاء المجدولة للتطوير المستقبلي، في فئات وظيفية وفقًا للمعايير المذكورة أعلاه. عند إضافة مسارات طرق جديدة إلى شبكة الطرق القائمة (طريق جديد أو توسعة طريق قائم على سبيل المثال)، يجب إعادة تصنيف مسارات الطريق مرة أخرى وفقًا للمعايير السابقة.

٢-٣-١-٦ ديمومة التصنيف:

لا ينبغي تعديل تصنيف جزء معين من الطريق الا في حال حدوث تغيير كبير في استخدامات الأراضي مؤثر على منطقة واسعة. لن تؤثر درجة تطوير الطرق، ويشمل ذلك التنفيذ المرحلي وحتى عدم وجود أي تطوير، على تعيين التصنيف الوظيفي المحدد. في حال حدوث تغييرات ضرورية، يجب إجراء مراجعة تعيين التصنيف لكافة أجزاء الطرق في المنطقة، وعند الاقتضاء، يجب إجراء ذلك على كامل الشبكة الوطنية للطرق.

٢-٣-٢ اعتبارات النقل متعدد الوسائل:

تعد مراعاة اعتبارات النقل متعدد الوسائل عنصرًا أساسيًا في كل مشاريع تصميم الطرق والشوارع حسب السياق واحتياجات المجتمع. يجب تصميم مرافق الطرق والشوارع لاستيعاب مستخدمي الطريق الحاليين والمتوقعين.

١-٢-٣-٢ مجموعات مستخدمي الطرق والشوارع (حسب وسائل النقل):

يمكن تصنيف مجموعات مستخدمي الطرق والشوارع بشكل عام حسب وسائل النقل التالية:

- مستخدمو المركبات الخاصة (سيارات ركاب، مركبات تسير على عجلتين وتعمل بالطاقة، إلخ).
- راكبو الدراجات ووسائل التنقل الصغيرة.
- المشاة.
- مركبات جمع النفايات ومركبات صيانة الطرق.
- مركبات النقل العام والشاحنات (المركبات الثقيلة).
- المركبات الترفيهية.
- المركبات العسكرية على أجزاء محددة من الطرق التي تحتاج إلى تصميم خاص ومعالجات تشغيلية معينة.

يوفر الجزءان (٣-٥) و (٣-٦) إرشادات إضافية لكل مجموعة من مستخدمي الطرق ووسائل النقل، مع شرح لدورها بنظام النقل وتقديم بعض السمات الهندسية (الجيومترية) ذات الصلة.

٢-٢-٣-٢ مراعاة كافة وسائل النقل في التصميم:

يمكن تحديد وتنظيم احتياجات وسائل النقل المحددة التي ينبغي معالجتها في مشاريع الطرق باستخدام نظام تصنيف الطرق الى فئات وظيفية أو حسب السياق (الريفي أو الحضري). يوفر إطار العمل هذا أداة يمكن أن يستخدمها المصمم لتنظيم وترتيب الإرشادات ذات الصلة باحتياجات مستخدمي الطريق لوسائل النقل المختلفة (حسب خصائص كل فئة من فئات الطرق) والسعي لتحقيق التوازن المناسب بين تلك الاحتياجات.

٣-٣-٢ أنواع مشاريع التصميم:

١-٣-٣-٢ مشاريع إنشاء الطرق الجديدة:

تشير مشاريع تصميم الطرق الجديدة إلى تصميم طريق بمحاذاة (أفقية ورأسية) جديدة حيث لا يوجد طريق موجود أساساً. يمكن اعتبار المشاريع التي تحتوي على تغييرات ثانوية بمحاذاتها القائمة (الأفقية أو الرأسية) ضمن مشاريع إعادة الإنشاء والتأهيل (انظر الباب ١٢ ايضًا) وليس مشاريع الإنشاء الجديدة. بالنسبة لمشروع إنشاء طريق يكون الجزء الأكبر من طوله بمحاذاة جديدة، ينبغي معاملة هذا المشروع عمومًا على أنه مشروع إنشائي جديد. عادة ما تستخدم مشاريع تصميم الطرق الجديدة مواصفات ومعايير التصميم الواردة في هذا الكود. تُصمّم مشاريع الطرق الجديدة، كما هو حال كافة المشاريع، ضمن إطار عمل محدد وفقاً لفئات الطرق حسب التصنيف الوظيفي أو السياقي للمرفق، مع مراعاة احتياجات كافة وسائل النقل الأخرى.

٢-٣-٣-٢ مشاريع إعادة الإنشاء (صيانة جسيمة، ويرمز لها بالرمز 4R):

مشاريع إعادة إنشاء الطرق، والمعروفة بمشاريع (4R)، هي مشاريع تتضمن تغييرًا في نوع الطريق الأساسي مع الاستفادة من محاذاة الطريق القائم (أو إجراء تغييرات ثانوية فقط على المحاذاة الحالية). تتضمن التغييرات في نوع الطريق بشكل أساسي توسيع الطريق لتنفيذ مسار إضافي، أو إنشاء جزيرة وسطية فاصلة. غالبًا ما توجد مشاريع إعادة الإنشاء قرارات التصميم الأكثر صعوبة لأن معايير التصميم قد تكون غير عملية في كثير من الحالات بسبب ظروف الموقع الحالية والقيود الموجودة على ممر (corridor) الطريق القائم.

٣-٣-٣-٢ مشاريع الإنشاء على طرق قائمة (إعادة إنشاء السطح والترميم وإعادة التأهيل، ويرمز لها بالرمز 3R):

تعرف المشاريع التي تحافظ على محاذاة الطرق القائمة (باستثناء التغييرات الثانوية) ولا يُغيّر فيها نوع الطريق الأساسي، بأنها مشاريع إنشاء على طرق قائمة. تشمل مشاريع الإنشاء على الطرق القائمة النموذجية (مشاريع تحسين الطرق والشوارع) الأعمال التالية:

- صيانة وتحسين حالة البنية التحتية.
- تقليل الازدحام المروري الحالي أو المتوقع.
- تقليل وتيرة وشدة الحوادث الحالية أو المتوقعة.

ينبغي لمثل هذا النوع من المشاريع أن يأخذ بعين الاعتبار احتياجات كافة وسائل النقل. يمكن معالجة قضايا تصميم هذا النوع من مشاريع إعادة تأهيل الطرق القائمة باستخدام الأساليب والإرشادات الواردة بكود الطرق السعودي كالآتي:

١- ينبغي تصميم مشاريع إعادة إنشاء طبقات السطح والترميم وإعادة التأهيل، والمعروفة بمشاريع (٣R)، والتحسينات الأخرى، حسب الإرشادات والتفاصيل الفنية الواردة بالباب (١٢) من هذا المجلد.
٢- ينبغي تصميم المشاريع المنفذة لمعالجة أنماط الحوادث الحالية أو المتوقعة وتكرارها (مشاريع تحسين سلامة الطرق)، حسب الإرشادات والتفاصيل الفنية الواردة بكود الطرق السعودي ٦٠٣ (سلامة الطرق)، أو أدوات أخرى مُثبتة نجاعتها ومقبولة لتطوير الحلول الفنية لعلاج المشكلة بما يتوافق مع كود الطرق السعودي.

٢-٣-٤ التصنيف السياقي للطرق (حسب سياق الطريق):

يعتمد نظام التصنيف الوظيفي للطرق على خصائص ومعايير المرور، ومن ثم لا يعالج بشكلٍ كاف الاحتياجات التي تنشأ من متطلبات وأنشطة الحياة البشرية المتجددة. تناولت معايير التصنيف الوظيفي للطرق قضية سياق الطرق بشكل عام فقط، هما السياق الريفي والسياق الحضري، وبالتالي، كانت هنالك حاجة لتنقيح سياقات الطرق العامة وطلب إرشادات إضافية لأنواع محددة من المناطق الريفية والحضرية. في نظام التصنيف السياقي للطريق (أي حسب السياق)، حُددت واستخدمت ثمانية سياقات مختلفة، ثلاثة منها للمناطق الريفية وخمسة أخرى للمناطق الحضرية وللضواحي:

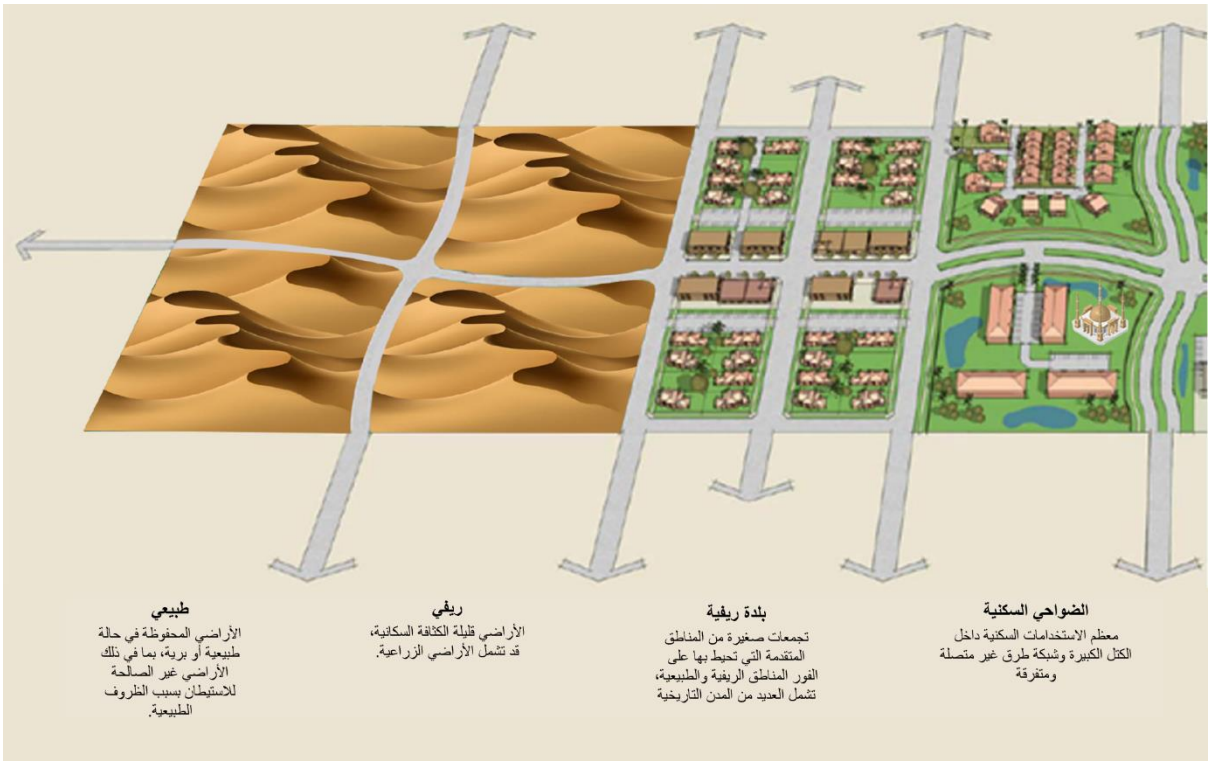
المناطق الريفية

- السياق الطبيعي.
- السياق الريفي.
- سياق البلدة الريفية.

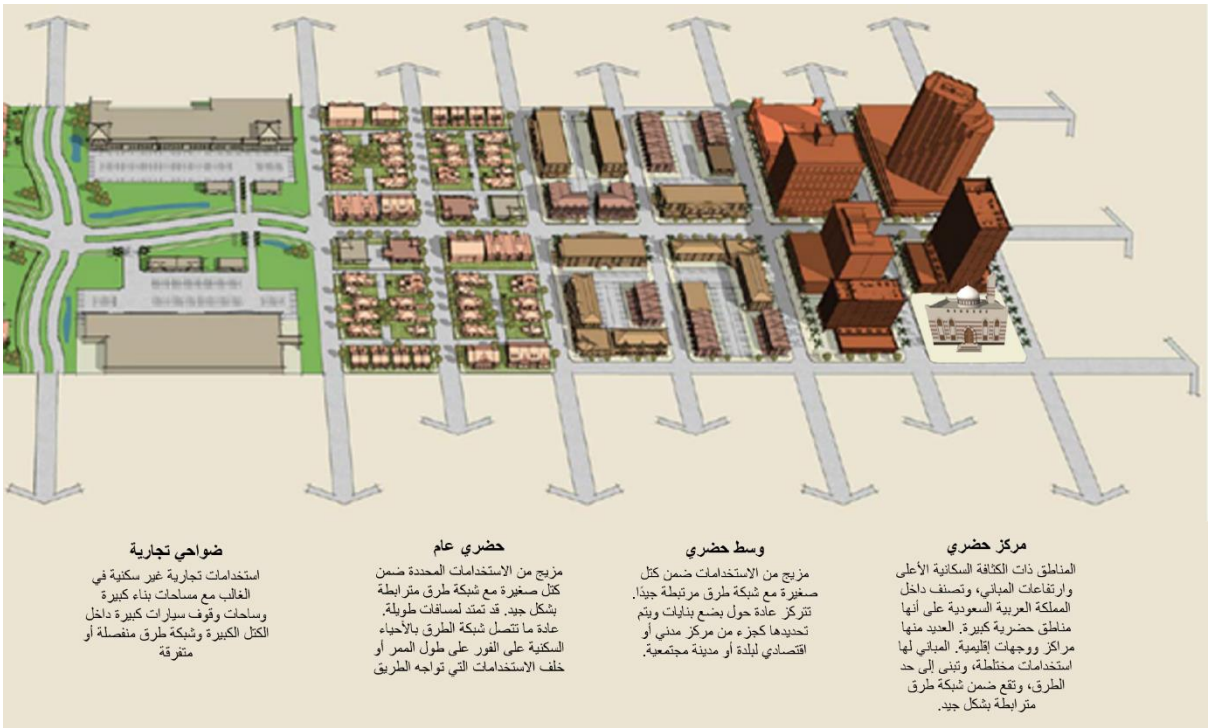
المناطق الحضرية

- سياق الضواحي السكنية.
- سياق الضواحي التجارية.
- السياق الحضري العام.
- سياق الوسط الحضري.
- سياق المركز الحضري.

عُرضت هذه السياقات في الشكل (٢-١) والشكل (٢-٢) استناداً على طبيعة ونوع استخدام الأراضي المحيطة (السكنية، التجارية، الصناعية، الزراعية،)، وارتدادات المباني (المسافة بين حدود المباني إلى الطريق المجاور) وكثافة التطوير (وجود المباني وأنواعها). يمثل التصنيف الوظيفي الدور المناسب لطرق محددة لخدمة المركبات، ويشمل ذلك سيارات الركاب والشاحنات والنقل العام. ومع ذلك، قد يقع الطريق أيضاً، حسب نظام التصنيف السياقي، ضمن أي من الفئات الوظيفية تقريبًا.



الشكل (٢–١) تصنيف السياق من المناطق الريفية إلى الضواحي (FDOT, 2020).



الشكل (٢–٢) تصنيف الطرق حسب السياق من الضواحي إلى مناطق المراكز الحضرية (FDOT, 2020).

تعرض الأقسام الفرعية التالية مستويات الطرق حسب السياقات المختلفة بالمناطق الريفية والحضرية. يمكن الاستفادة من مستويات الطرق السياقية هذه، إلى جانب الفئات الوظيفية، لتوفير إطار عام للتصميم. كما يمكن استنتاج مجموعة واسعة من ظروف الطريق ضمن أي فئة وظيفية معينة، قد تختلف ظروف الطريق بشكل كبير داخل كل فئة. وبالتالي، وكما هو معلوم، لا يوجد نوع تصميم أو حل وحيد قابل للتطبيق على كافة مستويات الطرق والشوارع أو ضمن فئات وظيفية معينة.

٢-٣-٤-١ مستويات الطرق والشوارع في المناطق ذات السياق الريفي:

ينبغي تصميم الطرق في المناطق ذات السياق الريفي حسب سياق الأرياف أو البلدات الريفية السائد؛ وتقدم الإرشادات التالية وصفاً مختصراً للأنواع المختلفة من السياق في المناطق الريفية بشكل عام.

السياق الطبيعي:

ينطبق السياق الطبيعي على الطرق في المناطق الريفية داخل المحميّات الطبيعية أو البرية، ويشمل ذلك الأراضي غير الصالحة للاستيطان بسبب الظروف الطبيعية. في هذه المناطق ذات السياق الطبيعي لا تتوفر الاستخدامات التطويرية، أو السكنية، أو التجارية أو الصناعية.

السياق الريفي:

ينطبق السياق الريفي على الطرق في المناطق الريفية ذات الكثافة التنموية الأقل، والموزعة على نطاق واسع أو التي لا توجد فيها استخدامات للأراضي السكنية أو التجارية أو الصناعية، وعدد قليل من المنازل أو المباني وعادة ما تكون ارتداداتها كبيرة.

سياق البلدة الريفية:

ينطبق سياق البلدة الريفية على الطرق في المناطق الريفية الواقعة داخل المجتمعات المتقدمة. تتمتع البلدات الريفية عمومًا بكثافة التنمية المنخفضة مع الاستخدامات المتنوعة للأراضي، وارتدادات المباني الصغيرة، ومواقف للسيارات على الطريق، ومنشآت في بعض المواقع. قد يشمل سياق البلدات الريفية المدارس والمرافق الصناعية والأحياء السكنية ومناطق الأعمال التجارية الرئيسة. يُدرك من خلال سياق البلدات الريفية أن الطرق الريفية تغير طابعها عند الدخول للبلدات أو المجتمعات الريفية الصغيرة الأخرى، وبالتالي تتغير توقعات سائقي المركبات للسرعة.

سياق سكن الضواحي الريفية:

ينطبق السياق السكني في الضواحي على الطرق، عادةً داخل الأجزاء النائية من المناطق الحضرية، والتي تتّسم باستخدامات الأراضي السكنية منخفضة الكثافة وعادةً لا تحتوي على أي استخدامات للأراضي تواجه الطريق العام أو يمكن الوصول إليه منها. غالبًا ما تبتعد المباني عن الطريق العام بسياج و/أو جدران و/أو مسطحات الخضراء كثيفة بين الطريق والمساكن. يميل تطورها إلى أن يكون ثابتًا وأقل عرضة للتغيير بمرور الوقت.

٢-٣-٤-٢ مستويات الطرق والشوارع في المناطق ذات السياق الحضري:

ينبغي تصميم الطرق في المناطق ذات السياق الحضري حسب سياق المناطق الحضرية السائد؛ وتقدم الإرشادات التالية وصفاً مختصراً للأنواع المختلفة من السياق في المناطق الحضرية بشكل عام.

سياق الضواحي الحضرية السكني:

ينطبق سياق الضواحي الحضرية السكنية على الطرق في المناطق الريفية المتاخمة للمناطق الحضرية، والأجزاء النائية من المناطق الحضرية، ويكون نوع الاستخدامات السكنية داخل تجمعات كبيرة هو السياق الغالب مع شبكة طرق غير متصلة أو متفرقة.

سياق الضواحي الحضرية التجاري:

ينطبق السياق التجاري في الضواحي على الطرق والشوارع عادةً داخل الأجزاء النائية من المناطق الحضرية، مع الاستخدامات المختلطة للأراضي (مع وجود مباني سكنية متعددة العائلات، وكثافة تنمية منخفضة إلى متوسطة، وتطوير غير سكني). يتميز السياق التجاري في الضواحي عمومًا بكثافة تطوير منخفضة. يتوقع سائقو المركبات سرعات أعلى بسياق الضواحي التجاري مقارنة بالسياق الحضري العام والمركز الحضري وسياقات المراكز الحضرية. تدفقات المشاة وراكبي الدراجات أو وسائل التنقل الصغيرة أعلى مما هي عليه في السياق الريفي، ولكنها أقل من سياقات المناطق الحضرية العامة ومناطق الوسط الحضري والمراكز الحضرية.

السياق الحضري العام:

يحتوي السياق الحضري العام على استخدامات مختلطة للأراضي، وتنمية عالية الكثافة، ووجهات وأماكن بارزة. تعد مواقف السيارات على جانب الطريق وأرصفة المشاة أكثر شيوعًا بشكل عام مما هي عليه في سياق الضواحي، كما أن ارتدادات المباني مختلطة. غالبًا ما تشتمل المناطق الحضرية العامة على مباني سكنية لعائلة واحدة أو متعددة العائلات ومؤسسات ومكاتب ومتاجر التجزئة على نطاق الحي. يتوقع أن تكون سرعة سائقي المركبات أقل، مع تدفق أعلى للمشاة وراكبي الدراجات ومستخدمي وسائل التنقل الصغيرة مما هو عليه في مناطق الضواحي. في السياق الحضري العام ، كثافة مسارات النقل العام أكبر مقارنة بسياق الضواحي بشكل عام.

سياق الوسط الحضري:

يحتوي سياق الوسط الحضري على استخدامات مختلطة للأراضي، وتنمية عالية الكثافة، ووجهات وأماكن بارزة. يتركز عادةً حول عدد قليل من المربعات التخطيطية (البلوكات/blocks) ويُحدد كجزء من مركز حضاري، أو اقتصادي لمجتمع، أو بلدة أو مدينة. تعد مواقف السيارات على جانب الطريق والمنشآت أكثر شيوعًا بشكل عام مما هي عليه في الضواحي، كما أن ارتدادات المباني مختلطة. غالبًا ما تشتمل مواقع الوسط الحضرية على مباني سكنية للعائلة الواحدة أو متعددة العائلات ومحلات تجارة التجزئة ومكاتب ومؤسسات وصناعات خفيفة. يتوقع أن تكون سرعة سائقي المركبات أقل بشكل عام، مع تدفق أعلى للمشاة وراكبي الدراجات وسائل التنقل الصغيرة مما هي عليه في المناطق الحضرية العامة. في سياق الوسط الحضري، تكون كثافة مسارات النقل العام بشكل عام أكبر مقارنة بالسياق العام الحضري، ويشمل ذلك النقل بالسكك الحديدية الخفيفة التي تسير في الشوارع في المجتمعات الكبيرة، ومحطات النقل العام في المجتمعات الصغيرة والمتوسطة.

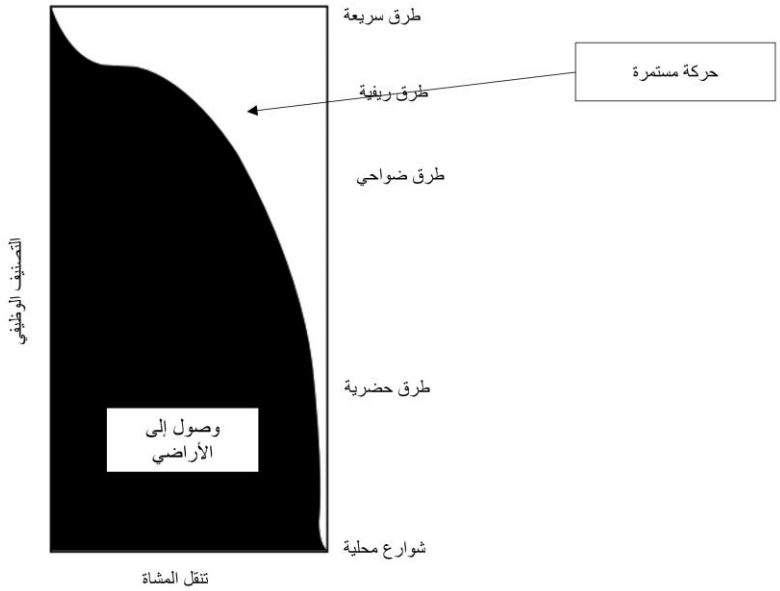
سياق المركز الحضري:

يشمل سياق المركز الحضري المناطق ذات الكثافة الأعلى، مع الاستخدامات المختلطة للأراضي والمباني الشاهقة في الغالب. يشتمل سياق المركز الحضري على مناطق الأعمال المركزية والأجزاء المجاورة للمناطق الحضرية الكبرى. غالبًا ما تكون مواقف السيارات على جانب الطريق محدودة أو مقيّدة بالوقت أكثر مما هو عليه في السياق الحضري. تُوفر مواقف السيارات خارج الطريق في مباني متعددة المستويات (مرائب) مع امكانية وصول سيارات الركاب ومركبات التوصيل التجارية والنقل العام إلى منطقة المركز الحضري. المنشآت موجودة بشكل مستمر تقريبًا، مع توفر ساحات للمشاة في بعض المواقع. عادة ما تتوفر ممرات النقل العام، ويشمل ذلك النقل بالسكك الحديدية الخفيفة والحافلات، وقد توجد محطات النقل العام رئيسة، مع توفر الاستخدامات التجارية (ويشمل ذلك الخدمات المالية والقانونية) وبعض الخدمات الحكومية. يتوقع أن تكون سرعة سائقي المركبات أقل، مع تدفقات مرتفعة للمشاة وراكبي الدراجات ومستخدمي وسائل التنقل الصغيرة.

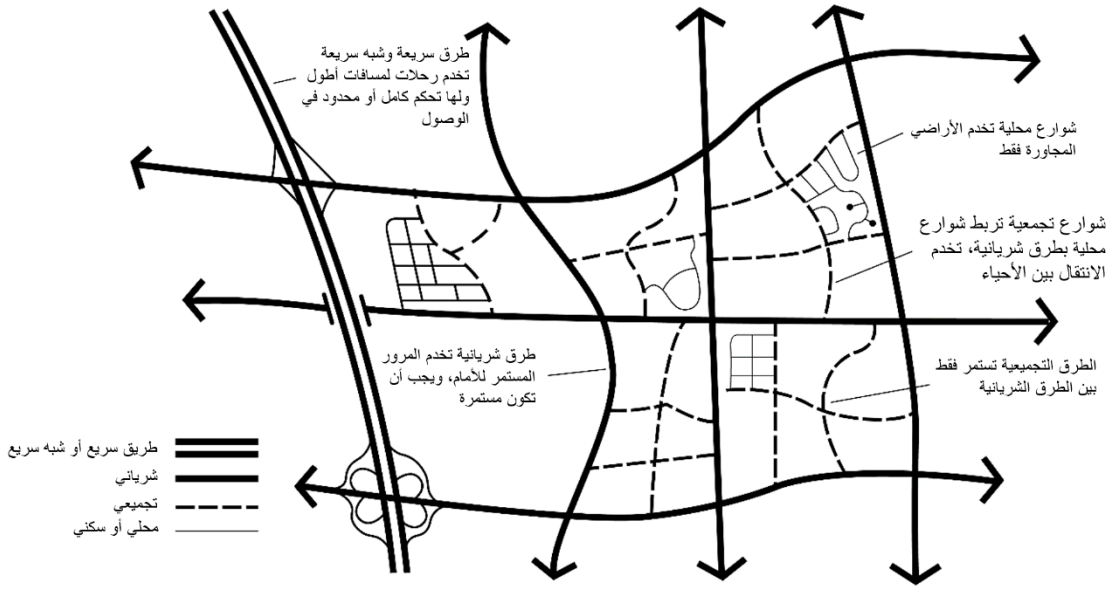
٢-٣-٥ تصنيف إدارة الوصول للطرق:

يُعد الوصول (accessibility) والتنقل (mobility) اعتباران مهمان في تصنيف شبكات الطرق والشوارع المرتبطة ارتباطاً مباشراً بالملكيات واستخدامات الأراضي المتاخمة للطريق. إذ تُوفر الطرق السريعة والطرق شبه السريعة بشكل حصري تقريبًا لتعزيز التنقل من خلال التدفق المروري المستمر، لذا وجب التحكم في الوصول إلى هذه الفئات من الطرق بشكل كامل أو جزئي، وذلك بالسماح للدخول والخروج منها عبر مسارات محددة (منحدرات المحوّلات المنفصلة رأسياً مثلًا)، كما يمنع الوصول المباشر من استخدامات الأراضي المجاورة إليها إلا عن طريق تلك المحوّلات. قد يُسمح بالتقاطعات السطحية على الطرق شبه السريعة (الطرق الشريانية الرئيسة) وفقًا لدراسة هندسية متخصصة تمليها الظروف المحلية. تُعيّن الطرق والشوارع الرئيسة كطرق أو شوارع شريانية فرعية وذلك لخدمة المرور المستمر كوظيفة أساسية، كما تربط هذه الطرق والشوارع الشريانية الفرعية بالطرق التجميعية والطرق المحلية والطرق والشوارع الشريانية الفرعية الأخرى لتوفير الوصول إلى مناطق التطوير المجاورة.

إن الوظيفة الاساسية لفئات الطرق والشوارع التجميعية هي ربط فئات الطرق الشريانية بفئات الطرق والشوارع المحلية لتعزيز خدمة الوصول المباشر إلى المباني والملكيات ومناطق التطوير الأخرى على جانبي الطريق. تعد وظيفة التنقل عبر حركة المرور المستمرة أقل أهمية على الطرق والشوارع التجميعية مقارنةً بالطرق والشوارع الشريانية، ويقع على عاتق هذه الفئة من الطرق الموازنة بين توفير المرور المستمر وخدمة الوصول المباشر لاستخدامات الأراضي المختلفة. تُعيّن الطرق والشوارع المحلية في المقام الأول لخدمة الوصول المباشر لمناطق التطوير المجاورة مع وجود مجموعة متنوعة من السياقات المحيطة، ويجب أن تلبّي هذه الفئة من الطرق مطالب مختلفة للتنقل البسيط باستخدام الوسائل غير المزودة بالمحركات. يوضح الشكل (٢-٣) التوازن العام بين وظيفة التنقل والوصول وفق فئات الطرق الوظيفية المختلفة. تؤدي احتياجات التنقل العالي حتمًا إلى تحديد قيم أعلى لسرعة التنقل على طول الطريق المعين. إن شبكة الطرق التي تؤدي أداءً جيدًا وآمناً والتي توفر توازناً مناسبًا بين احتياجات الوصول والتنقل من خلال إدارة الوصول المتسلسل والتدريجي لفئات الطرق من أعلى فئة إلى الطبقة الدنيا والعكس صحيح (انظر الشكل ٢-٤).



الشكل (٢–٣) العلاقة المرصودة للنظم المصنفة وظيفيًا التي تخدم التنقل المروري والوصول إلى الأراضي لمرور المركبات (Williams et al., 2014).



الشكل (٢–٤) نمط شبكة طرق جيدة الأداء وآمنة (Arterial Street Access Control Study, Tri County Regional Commission, 1981, p.3.).

٢-٤ فئات الطرق:

استنادًا إلى السمات التشغيلية التي يوفرها طريق معين لشبكة الطرق العامة، يمكن تصنيف الطرق بمختلف مستوياتها إلى (١١) فئة من فئات الطرق (٥ فئات للمناطق الريفية، و٥ للمناطق الحضرية، والطرق الصناعية كفئة منفصلة) كما هو موضح في الأجزاء الفرعية التالية. تنطبق تصنيفات الطرق التي نوقشت في هذا الجزء على جميع شبكات الطرق في كل من المناطق الريفية والحضرية الخاضعة لاختصاص الهيئة العامة للطرق ووزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان.

٢-٤-١ الغرض من فئات الطريق:

يمكن تقسيم الطرق الريفية والحضرية إلى (٥) فئات نموذجية لكل منها (الطرق الصناعية تمثل فئة خاصة) لأغراض التصميم الهندسي. تعتمد كل فئة من فئات الطرق على توفير خدمات مختلفة المرور والوصول إلى استخدامات الأرض. ترتبط جميع المواصفات الهندسية وسمات التصميم في هذه الارشادات ارتباطًا مباشرًا بهذه الفئات الوظيفية للطرق. في هذا المجلد، يجب الاحتفاظ باستخدام التعريف التقليدي للفئات الوظيفية للطرق فقط للاعتبارات المرتبطة بمفهوم السرعة التصميمية وفقًا لتعريف لمرجع (AASHTO) بعنوان: سياسة التصميم الهندسي للطرق السريعة والشوارع (AASHTO, 2018).

٢-٤-٢ المبادئ المراعاة في تأسيس نهج الفئات:

تعتمد مواصفات ومعايير تصميم الطريق على الغرض الأساسي من الطريق، حركة المرور (التنقل)، أو الوصول إلى الأراضي المجاورة، أو مزيج من الاثنين. بالإضافة إلى ذلك، تحدد السمة الغالبة لاستخدام الأراضي المجاورة (السياق) ما إذا كانت هذه الطرق مرفقًا ريفيًا أم حضريًا.

الوظيفة:

توفر الطرق المحلية الوصول إلى الأراضي المجاورة، وتوفر الطرق السريعة والطرق شبه السريعة والطرق الشريانية إمكانية حركة المرور العابر أو المستمر، بينما توفر الطرق التجميعية مزيجًا من الوصول إلى الأرض وحركة المرور المستمر. قد تحتوي الطرق الشريانية على تقاطعات سطحية أو محوّلات منفصلة رأسياً. لذا، يجب أن تحتوي الطرق السريعة على محوّلات وتقاطعات منفصلة رأسياً فقط، كما يُسمح بالتقاطعات السطحية في حالات محددة للطرق شبه السريعة.

الحجم المروري:

عادةً ما تحمل الطرق السريعة والطرق شبه السريعة والطرق الشريانية أحجامًا مرورية عالية. قد تحمل الطرق المحلية والطرق التجميعية احجامًا مرورية من منخفضة إلى متوسطة. مدى المتوسط المروري السنوي اليومي (AADT) لكل فئة من فئات الطرق واسع وقد يتداخل مع المتوسط المروري السنوي اليومي للفئات الأخرى.

خصائص التدفق المروري:

يجب أن يكون للطرق السريعة والطرق شبه السريعة تدفقات مرورية غير مُقاطعة، قد تحتوي الطرق الشريانية على تقاطعات سطحية تُقاطع تدفق المرور. تتسبب الطرق التجميعية والطرق المحلية في مقاطعة تدفق المرور بسبب المرور الداخلة أو الخارجة أو المتقاطعة إضافةً الى المركبات المتوقفة على طول الطريق.

السرعة التشغيلية:

يختلف متوسط سرعة تشغيل المرور الذي يعمل في ظل الحجم المروري خارج أوقات الذروة على الطريق من نفس الفئة اعتمادًا على حالة الرصف وكثافة تطوير الأرض ونوع التضاريس وأنواع المركبات وعناصر التحكم المروري. تزداد سرعات التشغيل عمومًا مع تدرج فئة الطريق نحو الأعلى في هيكل التسلسل الوظيفي، وبالتالي تكون سرعة التشغيل منخفضة في الطرق المحلية وتزداد تدريجياً في الطرق التجميعية والطرق الشريانية والطرق شبه السريعة والطرق السريعة. يجب أن تكون سرعات التشغيل مناسبة لكل فئة من فئات الطرق وبالتالي مرتبطة بشكل مباشر بالسرعة التصميمية.

السرعة التصميمية:

يجب أن يتم التنقل على الطرق بسرعة يُحافظ عليها باستمرار على طول الطريق، ويجب أن تكون مناسبة ومتوافقة مع الفئة الوظيفية للطريق المعين، حيث يُوضع ضمن شبكة الطرق الشاملة للمنطقة الريفية أو الحضرية، ويُعدّ من الشروط الأساسية المُسبقة لتشغيل الطريق الآمن وحَسَن الأداء. يوفر طول الطريق ووظيفته مؤشراً عددياً للسرعة التصميمية، والتي تكون في كثير من الحالات مساوية لحد السرعة النظامي أو الحد الأقصى للسرعة العامة للطريق. في هذا المجلد، تتبع السرعة التصميمية المفهوم المقابل وفقًا لتعريف مرجع (AASHTO): سياسة التصميم الهندسي للطرق السريعة والشوارع (AASHTO, 2018)، والتي تتطلب من المصمم تحديد القيمة المناسبة للسرعة التصميمية للطريق. لذلك، يحتاج مصممو الطرق إلى إيلاء اهتمام خاص عند اختيار السرعة التصميمية للطريق لتجنب الانحراف بين قيمة السرعة التصميمية المتوقعة والسرعات التشغيلية للسائقين. في هذا المجلد، يُستخدم مصطلح السرعة التصميمية على النحو المحدد في لمرجع (AASHTO) بعنوان: سياسة التصميم الهندسي للطرق السريعة والشوارع (AASHTO, 2018).

أنواع المركبات:

تستخدم الطرق المحلية عمومًا بواسطة سيارات ركاب وشاحنات صغيرة مع نسبة ضئيلة من الشاحنات الكبيرة. عادةً ما تحمل الطرق السريعة والطرق شبه السريعة والطرق الشريانية نسب أعلى من الشاحنات الثقيلة.

الارتباط بالطرق الأخرى:

يجب أن ترتبط الطرق المحلية بالطرق التجميعية، والطرق التجميعية بالطرق الشريانية، والطرق الشريانية بالطرق شبه السريعة والطرق السريعة، كقاعدة عامة تنطبق على كافة شبكات الطرق. يجب تقليل ارتباط الطرق المحلية بالطرق الشريانية، وارتباط الطرق التجميعية بالطرق السريعة أو الطرق شبه السريعة. يجب ألا ترتبط الطرق المحلية بالطرق السريعة أو الطرق شبه السريعة إلا في حالات خاصة جدًا واعتبارات تصميم معينة. يجب أن تظل سمات تصميم الارتباط (التقاطعات) على طول فئة معينة من الطرق ثابتة قدر الإمكان.

٢-٤-٣ الخصائص التصميمية لفئات الطرق:

تستعرض الأقسام الفرعية التالية النهج المتبع في تعيين الخصائص التصميمية لفئات الطرق الريفية والحضرية، وهي إرشادات قابلة للتطبيق فقط على الطرق والشوارع غير المدرجة ضمن "شبكة الطرق الدولية للمشرق العربي"، استعرضت الإرشادات الخاصة بتصنيف الطرق الواقعة ضمن "شبكة الطرق الدولية للمشرق العربي" في الجزء الفرعي (٢-٤-٤) من هذا المجلد.

٢-٤-٣-١ الطرق الريفية السريعة:

تربط الطرق الريفية السريعة بشكل أساسي المناطق المكتظة بالسكان والمدن الكبيرة. ويعرَّف الطريق السريع بأنه طريق مُتحكم في الوصول إليه بالكامل، ويوفر تدفقًا مروريًا دون عوائق، مع عدم وجود إشارات مرورية أو تقاطعات أو وصول إلى الملكيات المجاورة؛ وبالتالي لا يُسمح بالتقاطعات السطحية مع الطرق الأخرى أو السكك الحديدية أو أرصفة المشاة لهذه الفئة من الطرق، ويُنقل المرور المتقاطع معه عن طريق جسور علوية وممرات سفلية. تُوفَّرُ مداخل ومخارج للطرق السريعة عند المحوّلات من خلال منحدرات مزودة بمسارات إضافية للسماح لسائقي المركبات بتغيير سرعاتهم. يجب فصل اتجاهات السير المتعاكسة على الطرق السريعة بشكل عام بواسطة جزيرة وسطية تحتوي على حاجز مروري أو خندق ترابي أو شريط من العشب أو التشجير. يسهم فصل مسارات المرور في القضاء على التعارض المروري في الاتجاهات المتعاكسة مما يؤدي الى تحسين سلامة الطريق والسعة والسرعة وتدفق المرور بشكل كبير بالإضافة الى وفورات في الوقت المستغرق للوصول إلى المقصد. يمكن ايجاز الخصائص التصميمية لفئة الطرق الريفية السريعة كالتالي:

- يجب أن تكون الطرق الريفية السريعة متعددة المسارات ومقسومة ومصممة لنقل أحجام مرورية كبيرة بسرعات عالية وبتدفق حر. يُتحكَّم في الوصول للطرق السريعة تحكّمًا كاملًا مع وجود محوّلات منفصلة رأسياً.
- يتجاوز متوسط المرور السنوي اليومي عمومًا ١٥,٠٠٠ مركبة/يوم.
- يجب أن يكون التدفق المروري على الطرق السريعة غير مُقاطع. يجب استخدام تقاطعات مفصولة رأسياً عند التقاطع مع سكك حديدية وطرق أخرى. يكون الوصول متاحًا عند المحوّلات أو منحدرات الدخول والخروج. ولا يُسمح بوقوف المركبات على طول الطريق السريع إلا حالات الطوارئ.
- تتراوح السرعة التصميمية بين ٩٠ كم/س إلى ١٣٠ (١٤٠) كم/س
- تنقل الطرق السريعة كافة أنواع المرور بسرعة تتجاوز ٦٠ كم/س مع وجود شاحنات ثقيلة بنسبة تتراوح من ٢٠ إلى ٤٠ بالمائة من إجمالي المرور.
- تتصل الطرق السريعة بالطرق الريفية السريعة الأخرى أو الطرق الريفية شبه السريعة أو الطرق الريفية الشريانية أو الطرق الريفية التجميعية أو الطرق الحضرية شبه السريعة أو الشوارع الحضرية الشريانية.

٢-٤-٣-٢ الطرق الريفية شبه السريعة:

يتمثل الاختلاف الرئيس بين الطريق شبه السريع والطريق السريع في محدودية الوصول، إذ يُتحكَّم في الوصول إلى الطريق شبه السريع جزئياً، بينما يُتحكَّم في الوصول إلى الطريق السريع بالكامل. يكون الطريق شبه السريع طريقًا مقسومًا أو غير مقسوم في بعض الحالات مع تحكم جزئي في الوصول، ومع وجود تقاطعات سطحية، لكن بدون مداخل. كما أنها لا تتيح الوصول المباشر إلى الملكيات المجاورة، وبالتالي الغياب التام لمرور المشاة أو المركبات بطيئة الحركة. ومع ذلك، قد تحتوي الطرق شبه السريعة على محوّلات منفصلة رأسيًا. عادة ما تُنشأ الطرق شبه السريعة كمشاريع طرق جديدة تماماً، ويجب ألا تمر عبر مناطق مأهولة بالسكان للغاية، وقد يُسمح فقط بالمرور بالقرب منها في حالات خاصة. تعد السرعة العالية والأمان والراحة لكل من السائقين والركاب، وتكاليف تشغيل المركبات المنخفضة من المزايا الرئيسة للطرق شبه السريعة. يمكن للطرق شبه السريعة أيضًا التعامل مع الأحجام المرورية الكبيرة، وتكون معدلات الحوادث منخفضة مقارنةً بالطرق الأخرى. يمكن ايجاز الخصائص التصميمية لفئة الطرق الريفية شبه السريعة كالتالي:

- الطرق الريفية شبه السريعة هي طرق متعددة المسارات ومقسومة ومصممة لنقل أحجام مرورية كبيرة بسرعات عالية في ظل ظروف التدفق الحر. يُتحكَّم في الوصول للطرق شبه السريعة بشكل جزئي من/إلى محوّلات منفصلة رأسياً.
- يتجاوز متوسط المرور السنوي اليومي عمومًا ١٥,٠٠٠ مركبة/يوم.
- يجب أن يكون تدفق المرور على الطرق السريعة غير مُقاطع. يجب استخدام التقاطعات المفصولة رأسياً عند التقاطع مع سكك حديدية وطرق أخرى. يكون الوصول متاحًا ند المحوّلات أو منحدرات الدخول والخروج. ولا يُسمح بوقوف المركبات على طول الطريق شبه السريع إلا حالات الطوارئ.
- تتراوح السرعة التصميمية بين ٨٠ كم/س إلى ١٢٠ كم/س
- تنقل الطرق شبه السريعة كافة أنواع المرور مع وجود شاحنات ثقيلة بنسبة تتراوح من ٢٠ إلى ٤٠ بالمائة.
- تتصل الطرق شبه السريعة بالطرق الريفية شبه السريعة الأخرى، أو الطرق الريفية الشريانية، أو الطرق الريفية التجميعية أو الطرق الحضرية شبه السريعة أو الشوارع الحضرية الشريانية.

٢-٤-٣-٣ الطرق الريفية الشريانية:

يشير مصطلح الطريق الريفي الشرياني إلى الطرق التي يتكون قطاعها العرضي من مساري مرور متعاكسين في الاتجاه. في بعض الأحيان، يمكن إضافة مسارات للتجاوز على جانب واحد أو على جانبي الطريق لتوسيع القطاع العرضي ليضم ثلاث أو أربع مسارات مرور لاتجاهي السير، في تلك المواقع المحددة. ومن هذا المنطق، تشير الطرق ثنائية المسار وثنائية الاتجاه (المفردة) بشكل صارم إلى الطرق في المناطق الريفية وفقاً للتعريف السابق ولا تشمل الشوارع الحضرية وطرق الضواحي. بالنسبة للحجم المروري المرتفع، يمكن تصميم الطرق الريفية متعددة المسارات المرورية بمسارين مرورين أو أكثر لكل اتجاه، بغرض تحسين مستوى الخدمة المقدمة. يمكن وضع جزيرة وسطية مركزية لفصل اتجاهي المرور، بينما تُطبق التقاطعات السطحية عادةً في الوصلات مع الطرق الأخرى. يمكن ايجاز الخصائص التصميمية لفئة الطرق الريفية الشريانية كالتالي:

- تهدف الطرق الريفية الشريانية إلى نقل كميات كبيرة من المرور بسرعات عالية.
- يختلف متوسط المرور السنوي اليومي من ٢,٠٠٠ مركبة/يوم إلى ١٥,٠٠٠ مركبة/يوم للطرق الريفية ذات المسارين وأكثر من ١٥,٠٠٠ مركبة/يوم للطرق الريفية متعددة المسارات
- تتميز الطرق الشريانية عمومًا بتدفق مستمر للمرور باستثناء المحوّلات المنفصلة رأسياً. يُتحكم في التقاطعات بواسطة إشارات المرور أو لافتات (قف) على الطرق الجانبية. عند الارتباط مع الطرق الشريانية أو الطرق شبه السريعة الأخرى، يجب استخدام المحوّلات أو التقاطعات المفصولة رأسياً.
- تتراوح السرعة التصميمية للطرق الريفية الشريانية بين ٦٠ كم/س الى ١١٠ كم/س.
- تنقل الطرق الشريانية كافة أنواع المركبات مع وجود شاحنات ثقيلة بنسبة قد تصل إلى ٤٠ بالمائة.
- تتصل الطرق الريفية الشريانية بشكل عام بالطرق التجميعية أو الطرق الشريانية الأخرى أو الطرق شبه السريعة.

٢-٤-٣-٤ الطرق الريفية التجميعية:

يشبه الطريق الريفي التجميعي الطريق الريفي الشرياني، وعادةً ما يحمل حجم مروري أقل. يتكون القطاع العرضي من مساري مرور متعاكسين في الاتجاه، بينما يكون متوسط سرعة السير محدودًا بسرعة ٩٠ كم/س. يمكن ايجاز الخصائص التصميمية لفئة الطرق الريفية التجميعية كالتالي:

- تجمع الطرق الريفية التجميعية المرور من الطرق المحلية وتوزعها على الطرق الشريانية أو العكس. توفر الطرق الريفية التجميعية كل من المرور والوصول إلى استخدامات الأراضي المجاورة.
- يتراوح متوسط المرور السنوي اليومي من ٢٠٠ مركبة/يوم إلى ٤,٠٠٠ مركبة/يوم.

- يُقاطع تدفق المرور عند التقاطعات مع الطرق الشريانية أو الطرق الأخرى التجميعية المحكومة بلافتات (قف) أو إشارات المرور. قد يُقاطع التدفق بسبب مغادرة المركبات ودخولها من الملكيات المتاخمة للطريق.
- تتراوح السرعة التصميمية من ٥٠ كم/س الى ٩٠ كم/س.
- يتكون حجم المرور بشكل أساسي من الشاحنات الخفيفة إلى المتوسطة، مع وجود شاحنات ثقيلة بنسبة قد تصل إلى ٣٠ بالمائة. يمكن أن أكون نسبة الشاحنات الثقيلة بالطرق التجميعية منخفضة، ما لم تكن موجودة بالقرب من مناطق التعدين أو غيرها من الطرق الصناعية أو مسارات الشاحنات ذات الأغراض الخاصة.
- تتصل الطرق التجميعية عمومًا بالطرق المحلية أو الطرق التجميعية الأخرى أو الطرق الشريانية.

٢-٤-٣-٥ الطرق الريفية المحلية (الطرق منخفضة المرور للغاية):

الطرق الريفية المحلية هي في الأساس طرق منخفضة الحجم المروري وتقع خارج المناطق المطورة في المدن والبلدات والمجتمعات ويجب أن يكون متوسط المرور السنوي اليومي فيها أقل من ٤٠٠ مركبة/يوم. يمكن ايجاز الخصائص التصميمية لفئة الطرق الريفية المحلية كالتالي:

- تتمثل الوظيفة الرئيسية للطرق الريفية المحلية في توفير الوصول المباشر إلى الملكيات المجاورة. تُعد المرور ذات أهمية ثانوية وذلك للسماح للمركبات بالوصول إلى الطرق الشريانية أو المجمعات الأخرى.
- تكون أحجام المرور منخفضة بشكل عام، حسب كثافة التطوير على طول جوانب الطريق.
- يُقاطع تدفق المرور على الطرق الريفية المحلية بسبب حالات التوقف المتكرر في كافة الطرق المتقاطعة ويتأثر بالمرور الذي ينتقل من وإلى الملكيات المجاورة.
- تتراوح السرعة التصميمية من ٤٠ (٣٠) كم/س إلى ٥٠ كم/س، حسب سطح الطريق.
- في المناطق الزراعية، يتم النقل بالشاحنات بواسطة المركبات الخفيفة والمتوسطة مع شاحنات ثقيلة عرضيًا. في مناطق التعدين وتطوير النفط، قد تسود الشاحنات الثقيلة. يعتمد عدد الشاحنات على استخدام الأراضي المجاورة وقد يصل الى نسبة ٥٠ بالمائة من إجمالي حجم المرور.
- تتصل الطرق المحلية بالطرق التجميعية وأحيانًا بالطرق الشريانية.

٢-٤-٣-٦ الطرق الحضرية السريعة:

الطرق الحضرية السريعة يُتحكم في الوصول إليها بالكامل، وهي طرق مقسومة إلى مسارات متعددة لخدمة المناطق المأهولة بالسكان. وهي مصممة لتحريك المرور بالمركبات لمسافات طويلة وبسرعات عالية. تمر بعض الطرق الحضرية السريعة بوسط المدن، بينما يحيط البعض الآخر بالمركز الحضري (في شكل طرق دائرية). يمكن إيجاز الخصائص التصميمية لفئة الطرق الحضرية السريعة كالتالي:

- يجب أن تكون الطرق الحضرية السريعة متعددة المسارات ومقسومة ومصممة لنقل احجام مرورية كبيرة بسرعات عالية وبتدفق حر. تتصل الطرق السريعة بالطرق السريعة الأخرى والطرق شبه السريعة والطرق الشريانية. يُتحكَّم في الوصول للطرق السريعة بشكل كامل ما عدا منحدرات المحوّلات المنفصلة رأسياً عند تقاطعها مع السكك الحديدية والطرق الأخرى، ولا يُسمح بوقوف المركبات إلا في حالات الطوارئ.
- يتجاوز متوسط المرور السنوي اليومي ٢٠،٠٠٠ مركبة/يوم.
- تتراوح السرعة التصميمية بين ٨٠ كم/س إلى ١٠٠ كم/س.
- الطرق السريعة مُتاحة لاستخدام كافة أنواع المرور التي تتجاوز سرعتها ٦٠ كم/س مع وجود الشاحنات الثقيلة بنسبة قد تصل إلى ٢٠ بالمائة من إجمالي المرور.

٢-٤-٣-٧ الطرق الحضرية شبه السريعة:

تُعرف الطرق الحضرية شبه السريعة (الطرق الشريانية الرئيسة أو الأساسية) بأنها الطرق شبه السريعة داخل المدن وأنها مُحكَومة الوصول ومقسومة إلى عدة مسارات لخدمة المناطق المأهولة بالسكان. ونظرًا إلى عدم توافر حيز مكاني، يُنشَأ العديد من الطرق شبه السريعة على قناطر متعددة الركائز (viaducts) تمتد فوق الطرق المحلية. يمكن ايجاز الخصائص التصميمية لفئة الطرق الحضرية شبه السريعة كالتالي:

- تنقل الطرق شبه السريعة احجاماً مرورية كبيرة بسرعات عالية وبتدفق حر. تتصل الطرق شبه السريعة بالطرق شبه السريعة والطرق الشريانية الأخرى. كافة الطرق شبه السريعة ذات وصول محدود. ولا يُسمح بوقوف المركبات إلا حالات الطوارئ. كافة الطرق شبه السريعة هي طرق متعددة المسارات ومقسومة مع محوّلات منفصلة رأسياً عند تقاطعها مع السكك الحديدية والطرق الأخرى.
- يتجاوز متوسط المرور السنوي اليومي ٢٠،٠٠٠ مركبة/يوم.

- تتراوح السرعة التصميمية من ٧٠ كم/س إلى ٩٠ كم/س.
- الطرق شبه السريعة متاحة لاستخدام كافة أنواع المركبات مع وجود الشاحنات الثقيلة بنسبة قد تصل إلى ٢٠ بالمائة من إجمالي المرور.

٢-٤-٣-٨ الطرق الحضرية الشريانية:

الطريق الحضرية الشرياني هو طريق حضري بسعة عالية، ولكنه أقل من الطريق السريع والطريق شبه السريع وفق التسلسل الهرمي الوظيفي للطرق من حيث التدفق المروري والسرعة. تتمثل الوظيفة الأساسية للطريق الشرياني في توصيل المرور من الطرق التجميعية إلى الطرق السريعة أو الطرق شبه السريعة، وبين المراكز الحضرية عند أعلى مستوى ممكن من الخدمة. وعلى هذا النحو تكون العديد من الطرق الشريانية طرقًا محدودة الوصول أو ذات قيود على الوصول الخاص (مداخل/طرق خاصة). نظرًا إلى ارتفاع إمكانية الوصول فيها نسبيًا، تواجه العديد من الطرق الرئيسة مقدارًا كبيرًا من التطوير في استعمالات الأراضي والتطوير الحضرية، مما يجعلها أماكن ووجهات حضرية مهمة.

- تحمل الشوارع الشريانية احجاماً كبيرة من المرور بسرعات متوسطة. يُتحكّم في الوصول المباشر من وإلى استخدامات الاراضي المجاورة. قد تحتوي الطرق الشريانية على أكثر من مسارين ويمكن تقسيمها حسب حجم المرور. عادة ما يتم توفير الوصول إلى الملكيات المتاخمة والاتصال بالشوارع المتقاطعة باستخدام الطرق الجانبية الموازية. تتم المرور بين طرق الخدمة الجانبية والطرق الشريانية عن طريق المنحدرات المنزلقة أو عند التقاطعات. قد تحتوي الطرق الشريانية على محوّلات منفصلة رأسياً عند الوصلات مع الشوارع الأخرى ذات حجم المرور العالية. يمكن ايجاز الخصائص التصميمية لفئة الشوارع الحضرية الشريانية كالتالي:
- تتراوح قيمة متوسط المرور السنوي اليومي من ٥,٠٠٠ إلى ٣٠,٠٠٠ مركبة/يوم.
- لا يُقاطع التدفق المروري إلا عند التقاطعات المحكومة بالإشارات المرورية. لا يُسمح بوقوف المركبات على طول الطرق الشريانية إلا حالات الطوارئ.
- تتراوح السرعة التصميمية بين ٥٠ و٨٠ كم/س.
- تخدم الطرق الشريانية كافة أنواع المركبات.
- قد تصل نسبة الشاحنات الثقيلة إلى ٢٠ بالمائة من إجمالي المرور.

٢-٤-٣-٩ الطرق التجميعية في المناطق الحضرية:

يُعرف الطريق التجميعي أو طريق التوزيع بأنه طريق ذو سعة منخفضة إلى متوسطة، لنقل المرور من الشوارع المحلية إلى الطرق الشريانية. وعلى النقيض من الطرق الشريانية صُممت الطرق التجميعية لتوفير الوصول إلى الملكيات السكنية. يمكن ايجاز الخصائص التصميمية لفئة الشوارع الحضرية التجميعية كالتالي:

- الشوارع التجميعية تنقل المرور من الطرق المحلية إلى الطرق الشريانية وتوفر الوصول إلى الأراضي المجاورة. قد يكون للشوارع التجميعية أكثر من مسارين ويمكن أن تكون مقسومة.
- يتراوح متوسط المرور السنوي اليومي من ١,٠٠٠ مركبة/يوم إلى ١٢,٠٠٠ مركبة/يوم.
- قد يُقاطع التدفق المروري بوسائل التحكم المروري مثل لافتات قف (STOP) ولافتات أعطِ الطريق (YIELD)، أو الإشارات المرورية، والمرور الداخل أو الخارج من استخدامات الأراضي المتاخمة.
- تتراوح السرعة التصميمية من ٣٠ كم/س إلى ٥٠ كم/س، وتغلب السرعات الأعلى في المناطق النائية.
- تحمل الطرق التجميعية سيارات ركاب وشاحنات خفيفة وحركة شاحنات ثقيلة عارضة في المناطق السكنية، وقد تشهد نسبة أعلى من الشاحنات الثقيلة في المناطق التجارية والصناعية.
- تربط الشوارع الحضرية التجميعية فئة الشوارع المحلية والسكنية بالشوارع الشريانية والشوارع التجميعية الأخرى. ينبغي ألا تتصل الطرق التجميعية بالطرق شبه السريعة.

٢-٤-٣-١٠ الشوارع الحضرية المحلية والسكنية:

توفر الشوارع الحضرية المحلية الوصول إلى مقصد محدد، كالطريق الرئيس أو استخدامات الأراضي الواقعة في مناطق أخرى. وغالبًا ما تُستخدَم لتوفير الوصول إلى المداخل/الطرق الخاصة، أو المتاجر، أو المنازل، أو المصانع، أو المزارع. يُقصد بالشوارع السكنية الشوارع المجاورة للمجمعات السكنية للعائلة الواحدة، أو المجمعات متعددة العائلات، أو المباني السكنية المستقلة أو غيرها من الانماط السكنية المماثلة. يمكن ايجاز الخصائص التصميمية لفئة الشوارع الحضرية المحلية والسكنية كالتالي:

- توفر الشوارع الحضرية المحلية الوصول المباشر إلى الأراضي، وتحمل عادةً أحجامًا مرورية متوسطة أو منخفضة، ولا يُقصد منها نقل المرور العابر، ويمكن توفيرها في المناطق السكنية أو التجارية أو الصناعية. أيضًا، قد تكون مرافق متعددة المسارات، ولكنها نادرًا ما تكون مقسومة.

- يتراوح متوسط المرور السنوي اليومي عادةً من ١٠٠ مركبة/يوم إلى ١,٠٠٠ مركبة/يوم. رغم أنه في بعض الحالات قد تصل الطرق الحضرية المحلية والشوارع السكنية إلى ٥,٠٠٠ مركبة/يوم.
- يُقاطع التدفق المروري بوسائل التحكم المروري، مثل لافتات قف (STOP) ولافتات أعطِ الطريق (YIELD)، أو الإشارات المرورية. كما يُقيد التدفق المروري بالمركبات الداخلة أو الخارجة من استخدامات الأراضي المتاخمة والمركبات المتوقفة على طول الشارع.
- تتراوح السرعة التصميمية من ٣٠ كم/س إلى ٤٠ كم/س.
- تحمل الشوارع السكنية سيارات ركاب وشاحنات صغيرة وشاحنات ثقيلة في بعض الأحيان، وتحتوي المناطق التجارية والصناعية على نسبة عالية من الشاحنات الثقيلة.
- تتصل الشوارع المحلية والسكنية بالشوارع المحلية والسكنية الأخرى والشوارع التجميعية. وفي المناطق الصناعية والتجارية، قد تتصل الشوارع المحلية مباشرة بالطرق الحضرية الشريانية.

٢-٤-٣-١١ الطرق الصناعية (التجميعية):

عادةً ما يكون الطريق الصناعي طريق تجميعي ولأغراض خاصة، إذ يوفر الوصول إلى منطقة صناعية معينة ضمن نظام من الطرق الشريانية أو التوزيعية. توفر الطرق التجميعية الصناعية واجهة مباشرة للمجمعات الصناعية وطرق الخدمة والوصلات الأخرى. تمثل الطرق الصناعية فئة منفصلة من الطرق التي تخدم المنشآت الصناعية فقط، مع نسبة شاحنات عالية (بنسبة من الممكن أن تتجاوز ٨٠ بالمائة من الحجم المروري). المركبة التصميمية هي في معظم الحالات شاحنة مفصلية (بمقطورة) تتطلب تصميمًا خاصًا لعناصر التقاطع الواسعة. تفي الطرق الصناعية بالخصائص العامة للطرق التجميعية في معظم الحالات أو في حالات محددة للشوارع المحلية سواء في المناطق الريفية أو الحضرية. عادة ما يشبه متوسط المرور السنوي اليومي ذلك في الطرق التجميعية. لمزيد من التفاصيل حول الطرق الصناعية، انظر الباب (٩).

الجدول (٢–١) ملخص فئات الطرق الريفية.

	الطرق السريعة	الطرق شبه السريعة	الطرق الشريانية	الطرق التجميعية	الطرق المحلية
خدمة حركة المرور	نقل حركة المرور الأمثل	نقل حركة المرور الأمثل	حركة المرور ذات اعتبار أساسي	حركة المرور والوصول إلى الأراضي ذات أهمية متساوية	حركة المرور ذات اعتبار ثانوي
خدمات الأراضي	التحكم الكامل في الوصول - عدم توافر وصول مباشر للأراضي	تحكم محدود في الوصول - عدم توافر وصول مباشر للأراضي	الوصول إلى الأراضي ذو اعتبار ثانوي		الاعتبار الرئيس للوصول إلى الأراضي
متوسط المرور السنوي اليومي (AADT)	ما يزيد عن ١٥,٠٠٠	ما يزيد عن ١٥,٠٠٠	من ٢,٠٠٠ إلى ١٥,٠٠٠	من ٢٠٠ إلى ٤,٠٠٠	بحد أقصى ٤٠٠
خصائص التدفق المروري	تدفق حر	تدفق حر بشكل عام، عدد محدود من التقاطعات السطحية	تدفق غير مُقاطع إلا عند التقاطعات	تدفق مُقاطع	تدفق مُقاطع
السرعة التصميمية (*)	٩٠-١٣٠ (١٤٠) كم/س	٨٠-١٢٠ كم/س	٦٠-١١٠ كم/س	٥٠-٩٠ كم/س	٤٠ (٣٠ كاستثناء) - ٦٠ كم/س
نوع المركبة	كافة الأنواع بسرعة أكبر من ٦٠ كم/س؛ متوسط الشاحنات الثقيلة من ٢٠٪ وحتى ٤٠٪	كافة الأنواع، متوسط الشاحنات الثقيلة من ٢٠٪ وحتى ٤٠٪	كافة الأنواع، حتى ٤٠٪ من الشاحنات الثقيلة	كافة الأنواع، حتى ٣٠٪ من الشاحنات الثقيلة	في الأغلب السيارات الخاصة والشاحنات الخفيفة إلى المتوسطة وكذلك الشاحنات الثقيلة في بعض الأحيان
ترتبط بـ	الطرق شبه السريعة الطرق السريعة	الطرق شبه السريعة الطرق السريعة الطرق الشريانية الفرعية	الطرق التجميعية الطرق الشريانية الفرعية الطرق المحلية الطرق شبه السريعة	الطرق المحلية الطرق الشريانية الفرعية	الطرق الشريانية الطرق التجميعية الطرق المحلية
نوع الارتباط للطرق العامة	تقاطعات مفصولة رأسياً بين السكك الحديدية والطرق ومحوّلات	تقاطعات سطحية وتقاطعات مفصولة رأسياً بين السكك الحديدية والطرق ومحوّلات	تقاطعات سطحية أو محوّلات	تقاطعات سطحية	تقاطعات سطحية
الوصول المباشر إلى استخدامات الأراضي الخاصة والتجارية	غير مصرح به	غير مصرح به	محدود أو غير مصرح به	مسموح أو محدود	مسموح

*ملاحظة:
في الطرق القائمة، يمكن استخدام متوسط سرعة السير أو السرعة التشغيلية أو حد السرعة كسرعة تصميمية، بناءً على قرار من جهة الطرق المختصة.

الجدول (٢–٢) فئات الطرق الحضرية.

	الطرق السريعة	الطرق شبه السريعة	الشوارع الشريانية	الشوارع التجميعية	الشوارع المحلية
خدمة حركة المرور	نقل حركة المرور الأمثل	نقل حركة المرور الأمثل	حركة المرور ذات اعتبار أساسي	حركة المرور والوصول إلى الأراضي ذات أهمية متساوية	حركة المرور ذات اعتبار ثانوي
خدمات الأراضي	التحكم الكامل في الوصول - عدم توافر وصول مباشر للأراضي	تحكم محدود في الوصول - عدم توافر وصول مباشر للأراضي	الوصول إلى الأراضي ذو اعتبار ثانوي		الاعتبار الرئيس للوصول إلى الأراضي
متوسط المرور السنوي اليومي (AADT)	ما يزيد عن ٢٠,٠٠٠	ما يزيد عن ٢٠,٠٠٠	من ٥,٠٠٠ وحتى ٣٠,٠٠٠	من ١,٠٠٠ وحتى ١٢,٠٠٠	من ١٠٠ وحتى ١,٠٠٠ (حتى 5,000 في حالات محدد)
خصائص التدفق المروري	تدفق حر	تدفق حر بشكل عام، عدد محدود من التقاطعات السطحية	تدفق غير مُقاطع إلا عند التقاطعات	تدفق مُقاطع	تدفق مُقاطع
السرعة التصميمية (*)	٨٠-١٠٠كم/س	٧٠-٩٠ كم/س	٥٠-٨٠ كم/س	٣٠-٥٠ كم/س	٣٠-٤٠ كم/س
نوع المركبة	كافة الأنواع بسرعة أكبر من ٦٠ كم/س؛ الشاحنات الثقيلة حتى ٢٠ %	كافة الأنواع؛ الشاحنات الثقيلة حتى ٢٠%	كافة الأنواع؛ الشاحنات الثقيلة حتى ٢٠%	كافة الأنواع	سيارات الركاب الخاصة ومركبات الخدمة
ترتبط بـ	الطرق شبه السريعة الطرق السريعة	الطرق شبه السريعة الطرق السريعة الطرق الشريانية الفرعية	الطرق شبه السريعة الطرق الشريانية الفرعية الطرق التجميعية	الطرق الشريانية الطرق التجميعية الطرق المحلية	الطرق التجميعية الطرق المحلية
نوع الارتباط للطرق العامة	تقاطعات مفصولة رأسياً بين السكك الحديدية والطرق ومحوّلات	تقاطعات سطحية وتقاطعات مفصولة رأسياً بين السكك الحديدية والطرق ومحوّلات	تقاطعات سطحية أو محوّلات أو منحدرات الدخول والخروج	تقاطعات سطحية	تقاطعات سطحية
الوصول المباشر إلى استخدامات الأراضي الخاصة والتجارية	غير مصرح به	غير مصرح به	لا شيء أو محدود	مسموح	مسموح
*ملاحظة: في الطرق القائمة، يمكن استخدام متوسط سرعة السير أو السرعة التشغيلية أو حد السرعة كسرعة تصميمية، بناءً على قرار من جهة الطرق المختصة.					

٢-٤-٤ شبكة الطرق الدولية في المشرق العربي:

"شبكة الطرق الدولية للمشرق العربي" هي شبكة طرق دولية بين دول المشرق العربي في الأساس (سوريا والعراق والأردن وفلسطين ولبنان والكويت ومصر والمملكة العربية السعودية والبحرين وقطر والإمارات العربية المتحدة وسلطنة عمان واليمن).

الشبكة هي نتيجة لاتفاقية ٢٠٠١ بشأن الطرق الدولية في المشرق العربي، وهي اتفاقية متعددة الأطراف للأمم المتحدة دخلت حيز التنفيذ عام ٢٠٠٣ وصادقت عليها ١٣ دولة تخدمها شبكة الطرق.

تشمل "شبكة الطرق الدولية في المشرق العربي" طرقاً ذات أهمية استراتيجية بالنسبة لتلك الدول، وبالتالي يجب إعطاؤها الأولوية عند وضع الخطط الوطنية لإنشاء وصيانة وتطوير شبكات الطرق الوطنية. هذه الشبكة موضحة في الشكل (٢-٥).

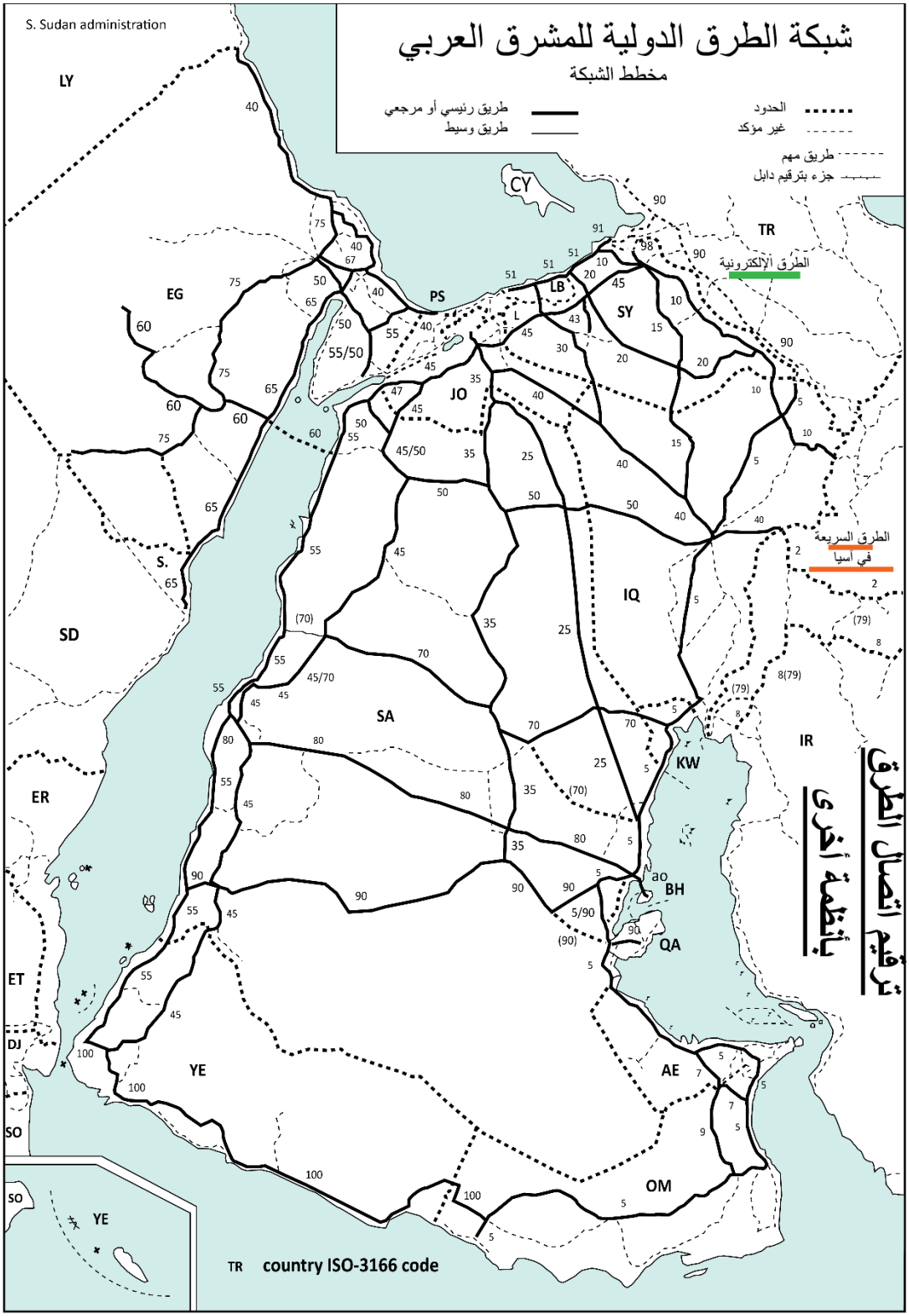
تصنف الطرق في شبكة الطرق الدولية في المشرق العربي على النحو التالي:

١- **طرق سريعة من الدرجة الأولى (First-class freeways):** وهي طرق مخصصة أساسًا لاستخدام المركبات من مختلف الأنواع والتي يُحظر استخدامها على الدراجات والمشاة، وهي طرق مزدوجة مقسومة

بجزيرة وسطية، حيث يُتحكم في الوصول إليها بشكل كامل من خلال فصل كافة التقاطعات رأسياً على مستويات مختلفة (محوّلات) ودخول وخروج المركبات عبر منحدرات في عدد محدود من النقاط، بطريقة لا تؤثر على التدفق المروري.

٢- **طرق شبه سريعة من الدرجة الأولى (First-class expressways): طرق** مزدوجة مقسومة بجزيرة وسطية، حيث يُتحكم في الوصول إليها جزئيًا بواسطة تقاطعات سطحية عالية الكفاءة، بينما يمكن استخدام محوّلات وتقاطعات منفصلة رأسياً في نقاط معينة، مع مراعاة اعتبارات السلامة ومنع وقوع الحوادث. يجب أن يقتصر الوصول على عدد محدود من نقاط الخروج والدخول لهذه الطرق، ويجب توفير مسارات خاصة لتغيير السرعة والانعطاف عند التقاطعات. في مثل هذه الطرق، يحظر الدخول والخروج المباشر للمركبات من وإلى الطرق والمنشآت المجاورة.

٣- **طرق من الدرجة الثانية**: طرق مصممة كفئة طرق متوسطة تلائم نقل الأحجام المرورية المتوقعة، وتوفر سرعة سير مناسبة. وهي تتألف من مسارين، واحد لكل اتجاه، لا يفصل بينهما جزيرة وسطية، مع وجود تقاطعات سطحية على هذه الطرق، وإمكانية استخدام محوّلات عند الضرورة. يمكن استخدام مثل هذا النوع من الطرق في حالة وجود قيود على توفر الأراضي (قيود توفر حرم الطريق الكافي) أو عدم كفاية التمويل وغيرها. وينبغي إعطاء الأولوية لترقية مثل هذا النوع من الطرق.



الشكل (٢–٥) شبكة الطرق الدولية للمشرق العربي (Source: http://blogimages.bloggen.be/wereldcodelijsten/attach/172517.jpg).

٢-٥ مفاهيم تصميم الطرق:

ظهرت العديد من مفاهيم تصميم الطرق على مستوى العالم في العقود الماضية والتي يجب على المهندسين إدراجها في مساعيهم التصميمية لتعزيز النتيجة النوعية لتلك الجهود؛ لتحسين الأداء وقابلية التشغيل وسلامة الطرق.

٢-٥-١ مرونة التصميم (Design Flexibility):

مفهوم **مرونة التصميم** له أهمية حاسمة في مشاريع التصميم، لأن كل مشروع له غرض وحاجة وسياق وقيود محددة ويخدم مجموعة فريدة من المستخدمين. يُحدد العديد من عناصر التصميم كمدى من القيم القابلة للتطبيق بدلاً من قيمة وحيدة فردية، أو حد أدنى، أو حد أقصى. غالبًا ما يُعثر على الكلمات "ينبغي" و "يمكن" في الارشادات التوجيهية المختلفة، مما يشير إلى أن مواصفات ومعايير التصميم أو السمات الحاكمة قد تكون مرغوبة أو مسموح بها على درجة من التفاوت والمرونة، ولكنها غير مطلوبة. تُستخدم كلمة "يجب" فقط عندما تكون المعايير أو الممارسات التصميمية المحددة شرطًا قانونيًا. وبالتالي، باستثناء الحالات المحدودة حيث تطبق المتطلبات القانونية، فإن معايير التصميم المقدمة ليست متطلبات ثابتة، بل هي إرشادات توفر نقطة انطلاق لممارسة المرونة في التصميم.

٢-٥-٢ التصميم العملي القائم على الأداء (Performance-Base Practical Design):

التصميم القائم على الأداء هو نهج تصميمي تُتخذ فيه قرارات التصميم الرئيسة مع مراعاة آثارها المتوقعة على جوانب أداء المشروع المستقبلي ذات الصلة بهدف المشروع والحاجة إليه. يصبح التحليل المستند إلى الأداء أداة تساعد المصمم في اتخاذ قرارات تصميم مستنيرة.

وفقًا للإدارة الاتحادية (الأمريكية) للطرق، فإن التصميم العملي القائم على الأداء (PBPD) له السمات البارزة التالية:

- يركز صياغة التصميم العملي المستند إلى الأداء على تحسينات الأداء التي تفيد احتياجات كلًا من المشروع والنظام.
- يمكن التعبير عن التصميم العملي المستند إلى الأداء على أنه تعديل لنهج التصميم التقليدي إلى نهج "التصميم التصاعدي" (design up)؛ حيث يمارس صانعو قرارات النقل حكمًا هندسيًا لبناء التحسينات من الظروف الحالية لتلبية أهداف كل من المشروع والنظام.
- يستخدم التصميم العملي المستند إلى الأداء أدوات مناسبة لتحليل الأداء، ويأخذ في الاعتبار كلًا من أهداف المشروع والنظام قصيرة وطويلة المدى أثناء معالجة غرض المشروع واحتياجاته.
- لا يلغي التصميم العملي المستند إلى الأداء أو يُعدّل أو يُخِل بمواصفات التصميم الحالية أو المتطلبات التنظيمية.

تشمل جوانب الأداء التي يمكن أخذها في الاعتبار في التصميم الهندسي للطرق ما يلي:

- الكفاءة التشغيلية المرورية
- تكرار وشدة الحوادث الحالية والمتوقعة في المستقبل.
- تكلفة الإنشاء.
- تكلفة الصيانة المستقبلية.
- تصنيف السياق.
- الخدمة وسهولة الاستخدام لكل وسيلة نقل:
  - مركبة.
  - دراجة.
  - مشاة.
  - نقل عام.
  - شاحنة.
- قابلية الوصول للأشخاص ذوي الإعاقة.
- حرم الطريق المتاح.
- التطوير المستقبلي الحالي والمحتمل.
- المرونة التشغيلية أثناء الأحداث المستقبلية وأنشطة الصيانة.
- مدخلات أصحاب المصلحة.
- التأثيرات المجتمعية وجودة الحياة.
- المنشآت التاريخية.
- التأثيرات في البيئة الطبيعية:
  - جودة الهواء
  - الضوضاء.
  - الحياة الفطرية/الأنواع المهددة بالانقراض.

- الحفاظ على القطع الأثرية.

٢-٥-٣ نهج النظام الآمن (Safe System Approach):

يهدف نهج النظام الآمن إلى التخلص من حالات الوفاة والإصابات الخطرة لكافة مستخدمي نظام النقل من خلال نموذج شامل لعناصر متعددة متداخلة تعمل معًا للحماية من نتائج حوادث التصادم المأساوية.

هناك خمسة عناصر للنظام الآمن: مستخدمو الطرق الآمنون، والمركبات الآمنة، والسرعات الآمنة، والطرق الآمنة، والرعاية بعد وقوع الحادث. جميع العناصر متداخلة ويمكن تعويض نقاط الضعف في أحد العناصر بنقاط القوة في عنصر آخر.

يبدأ نهج النظام الآمن بإقرار أساسي بأن مستخدمي نظام النقل، كبشر، سيرتكبون أخطاء لا محالة. قد تؤدي هذه الأخطاء إلى وقوع حوادث تصادم في مرافق النقل. إن الغاية النهائية لمبادرة "الهدف الصفري" (Target Zero) هو القضاء على الإصابات المميتة والشديدة.

لتحقيق صفر وفيات وإصابات شديدة، يجب أن تبقى قوى الحادث التي تُسلط على جسم الإنسان أقل من الحدود المسموح بها. عند تصميم نظام النقل وتشغيله، من المهم إدارة الطاقة الحركية للتصادم. يجب توقع وقوع الأخطاء البشرية؛ لذلك، يجب تصميم البنية التحتية للنقل وتشغيلها للقضاء على الوفيات والإصابات الشديدة. يمكن تحقيق ذلك من خلال أولًا: تقليل مخاطر وقوع خطأ، وثانيًا: عند وقوع حوادث تصادم، الحفاظ على قوى الاصطدام على جسم الإنسان ضمن المستويات المقبولة من خلال إدارة السرعة وزوايا الحادث لتقليل شدة الإصابة.

هناك ستة مبادئ أساسية تشكل أساس نهج النظام الآمن (International Transport Forum, 2016; US Department of Transportation, 2022):

- **الموت والإصابات الشديدة غير مقبولة.** رغم عدم وجود حوادث مرغوب فيها، فإن نهج النظام الآمن يعطي الأولوية للتخلص من الحوادث التي تؤدي إلى الوفاة والإصابات الشديدة حيث ينبغي ألا يتعرض لها أي شخص عند استخدام نظام النقل.
- **البشر يرتكبون أخطاء.** سيرتكب الأشخاص حتمًا أخطاء ويتخذون قرارات قد تؤدي أو تساهم في وقوع حوادث، ولكن يمكن تصميم نظام النقل وتشغيله لاستيعاب أنواع ومستويات معينة من الأخطاء البشرية وتجنب الوفيات والإصابات الشديدة عند وقوع حادث.
- **البشر ضعفاء (معرضون للخطر).** للبشر حدود جسدية لتحمل قوى الحادث قبل حدوث الموت أو الإصابة الشديدة؛ لذلك، من الأهمية تصميم وتشغيل نظام نقل يتمحور حول الإنسان ويستوعب نقاط الضعف البشرية الجسدية.
- **المسؤولية مشتركة.** كافة أصحاب المصلحة- ويشمل ذلك الحكومة على كافة المستويات والصناعة والمنظمات غير الهادفة للربح والمنظمات الداعمة والباحثين، والجمهور- ضروريون لمنع وقوع وفيات وإصابات شديدة على الطرق.
- **السلامة استباقية.** يجب استخدام الأدوات الاستباقية لتحديد مشكلات السلامة ومعالجتها في نظام النقل، بدلاً من انتظار حدوث الحوادث والاستجابة بعد ذلك.
- **التكرار (Redundancy) أمر بالغ الأهمية.** يتطلب الحد من المخاطر تعزيز كافة أجزاء نظام النقل، بحيث إذا فشل أحد الأجزاء، تظل الأجزاء الأخرى تحمي الناس.

يُوفر المزيد من التفاصيل في الملحق (ح) من كود الطرق السعودي ٦٠٣ (سلامة الطرق).

٢-٥-٤ مفهوم الشوارع الكاملة (Complete Streets):

يدرك المخططون والمهندسون وصناع القرار والمواطنون بشكل متزايد أهمية تصميم وإنشاء شوارع كاملة. يُعرف مفهوم "الشوارع الكاملة" على النحو التالي:

"تُصمم الشوارع الكاملة وتُشغل لتمكين الوصول الآمن لكافة المستخدمين. يجب أن يتمكن المشاة وراكبو الدراجات وسائقو المركبات وراكبو النقل العام من كافة الأعمار والقدرات من التحرك بأمان على طول وعبر الشارع الكامل".

جعل الشوارع جيدة التخطيط، ومصممة جيدًا، وقائمة على السياق جزءًا لا يتجزأ من شبكة النقل، ينبغي أن تكون سياسة يتبنَّاها صانعو القرار. وبالرغم من عدم وجود قالب للشارع الكامل، إلا أن العناصر النموذجية قد تتضمن أرصفة ومعابر مشاة سهلة الوصول، ومرافق دراجات، وسرعات وعروض شوارع مناسبة، ومرافق للنقل العام.

من المكونات الحاسمة في تصميم الشارع الكامل هو توفير كامل التجهيزات الخاصة به بنفس المستوى من التفاصيل والاهتمام الذي يُوفر لحركة سيارات الركاب والمركبات الثقيلة. هذا يعني أن أرصفة المشاة ومسارات الدراجات والعناصر الأخرى تكون شاملة ومترابطة. تؤكد عناصر تصميم الشوارع الكاملة على السلامة والتنقل وإمكانية الوصول لكافة وسائل التنقل والمستخدمين. بموجب سياسة الشوارع الكاملة، يجب أن تأخذ أي مشاريع جديدة أو معدلة في الاعتبار كافة وسائل التنقل والمستخدمين في التصميم. على

الرغم من أنه قد يتم تصميم وإنشاء شوارع كاملة في البداية كأجزاء غير متصلة، فإن الهدف من السياسة هو زيادة وتطوير الشبكات على مستوى المجتمع من الشوارع الكاملة بمرور الوقت.

تعني الشوارع الكاملة تصميم شارع بناءً على سياقه الفريد، ويشمل ذلك أنماط استخدام الأراضي المحيطة، ومن هو مستخدم الشارع، واحتياجات المستخدم. تؤدي الطرق وظيفة مهمة في شبكة النقل، حيث توفر أعلى مستوى من الكفاءة لنقل أحجام مرورية عالية لمسافات طويلة. ومع ذلك، فإن غرض ووظيفة الشارع يختلفان عن غرض الطريق. لذلك يجب أن تختلف ممارسات ومبادئ تصميم الشوارع عن تلك التي توجّه تطوير وتصميم الطرق.

٢-٥-٥ مفهوم الطرق التي تشرح نفسها بنفسها (Self-Explaining Roads, SER):

يهدف مفهوم الطرق التي تشرح نفسها بنفسها (SER) إلى توفير بيئة للطرق تتوافق مع توقعات المستخدمين وتؤدي بدورها إلى سلوك أكثر أمانًا وسرعة ومناورات وتفاعل مع مستخدمين آخرين. يعد الحد من أنواع الطرق وعناصر التصميم المتسقة المتعلقة بالتخطيط وأثاث الطرق ووضع اللافتات مفاهيم مهمة للطرق التي تشرح نفسها بنفسها.

ينبغي أن يتماشى تصميم بيئة الطريق المُستند إلى مفهوم الطرق التي تشرح نفسها بنفسها مع التوقعات. وينبغي أن يكون ترتيب تقاطعات عناصر الطرق وأجزاء الطرق والمنحنيات ذا سلوك فريد لفئة معينة من الطرق. من ناحية أخرى، قد يفاجأ السائقون بظروف غير متوقعة ويفشلون في الاستجابة بشكل صحيح وفي الوقت المناسب. قد يكون هذا هو الحال بالنسبة لمنحنى أفقي حاد منعزل، على طريق ذي محاذاة منبسطة ومستمرة. من المسلم به أنه يجب على المستخدمين دائمًا توخي الحذر في استخدام الطريق. ومع ذلك، ينبغي عدم توجيههم للوقوع في فخ بسبب عناصر التصميم المتناقضة أو المضللة أو المربكة.

يجب أن يكون تصميم الطريق واضحًا وجليًا للمستخدمين. لتحقيق ذلك، يجب أن تكون الرؤية كافية، ولكن ليست مفرطة بحيث يمكن للسائقين رؤية ظروف الطريق بأنفسهم. وهذا من شأنه أيضًا أن يقلل من الحاجة إلى اللافتات التحذيرية والعلامات الأرضية والتدابير الهندسية.

يُنشر مفهوم الطرق التي تشرح نفسها بنفسها بشكل واسع في تصميم الطرق لأسباب تتعلق بالسلامة. وتشمل أمثلة ذلك ما يأتي:

سرعات آمنة للمجتمعات المحلية:

يمكن استخدام معالجات تصميم الطرق مثل تضييق المسارات وزيادة المسطحات الخضراء والجزر الوسطية للحد من الرؤية الأمامية وإزالة علامات الطرق ومداخل بوابات القرية وتهدئة المرور لإنشاء بيئة طرق مميزة بصريًا تشجع السائقين ومستخدمي الطريق على تبني سلوكيات وسرعات آمنة بشكل طبيعي تكون مناسبة للمجتمعات المحلية.

محاذاة الطريق:

في تصميم الطرق الريفية السريعة والطرق شبه السريعة، يُفضل استخدام محاذاة طرق سلسة ومتدفقة متوافقة مع السير عالي السرعة. ومع ذلك، يجب تجنب مثل هذه المحاذاة للطرق غير المقسومة لأنها تميل إلى إحداث سرعات سير مفرطة وقد تؤدي إلى ظروف مشكوك فيها للتجاوز. وبالمثل، عندما يمر طريق عبر مناطق مبنية، فمن غير المرغوب فيه أن يكون هناك محاذاة طرق مستقيمة أو سلسة. من المرجح أن يُقلل السائقون من السرعة وتكييف سلوكهم إذا كانت محاذاة الطريق تحتوي على مُقاطعات بالتزامن مع تغيير قوي في طابع جانب الطريق.

منحنيات نصف القطر المتناقص:

السائقون الذين يقتربون من منحنى أفقي سيقللون من السرعة عمومًا إلى مستوى يتوافق مع نصف قطر المنحنى. إذا كان المنحنى الأول متجاورًا مع منحنى أضيق بكثير في نفس الاتجاه، فقد يفاجأ السائق ويفشل في الاستجابة في الوقت المناسب. قد توجد مثل هذه المحاذاة على الطرق القديمة وستتطلب معاملة خاصة.

تقاطع مفصول رأسياً (محوّل):

عند هذه النقطة، يدخل السائقون أو يخرجون من خط رئيس عالي السرعة، ويجب أن يكون التغيير في بيئة الطريق والسرعة التصميمية واضحًا. يمكن أن تنشأ مشاكل في حالات إسقاط مسارات وتقليل عددها (lane drop) حيث صبح مسار مرور في الخط الرئيس مساراً للخروج. قد يغير السائقون المسار بعد فوات الأوان أو يقتربون من منحنيات حادة بسرعات مفرطة. على الطرق عالية السرعة، يمكن أن تفاجئ عمليات الاندماج والافتراق غير العادية السائقين. المخارج المماسية هي تلك التي تتبع خطًا مستقيمًا في حين يدخل مسار الطريق الرئيس في منحنى أفقي. قد يتعارض هذا مع توقعات السائق ويدخل، عن غير قصد، مسار الخروج.

ميل طويل حاد:

يعد الميل الطويل شديد الانحدار مشكلة خطيرة محتملة تتعلق بالسلامة على الطرق السريعة والطرق شبه السريعة والطرق الأخرى ذات السرعات التصميمية العالية. المركبات الثقيلة عرضة لفشل المكابح مما يؤدي إلى عواقب وخيمة. لزيادة وعي السائقين بالميل الطويل الحاد، تنصح إرشادات التصميم الفرنسية بإدخال منحنيات ذات أنصاف أقطار متناقصة في بداية المنحدرات. تُشجع المنحنيات المعتدلة على طول المنحدر بدلاً من المقاطع المستقيمة أو المنحنيات المنبسطة. علاوة على ذلك، يجب إدخال الميل الطولي الحاد في البداية وليس بشكل تدريجي. ينبغي ألا يكون القطاع الطولي الرأسي للانحدار على عدة مراحل لتجنب إعادة تسارع السائقين في أجزاء قصيرة من منحدرات ذات ميول أكثر انبساطاً.

التحول من الطرق السريعة إلى الطرق الشريانية:

هناك حاجة إلى تغيير قوي في طابع الطريق وجانب الطريق لكي يتأقلم السائقون مع ظروف القيادة المختلفة بسرعة منخفضة. يتم تحقيق ذلك من خلال جزء طريق انتقالي مع وضع لافتات مرورية مناسبة.

السمات الخطية لجانب الطريق:

تتضمن السمات الخطية الشائعة على طول طريق الخنادق وأعمدة الإنارة وأعمدة المنافع العامة، وما إلى ذلك. إذا انعطف طريق عبر منحنى أو تجاوز دوارًا بينما تستمر هذه السمات في خط مستقيم، فقد يتعرض السائقون للتضليل ويفشلون في الانعطاف أو الإبطاء.

وجد مفهوم الطرق التي تشرح نفسها بنفسها تطوره العملي الرئيس حاليًا في حالة الطرق الريفية، حيث تكون الحوادث شديدة في الغالب، وفي الطريق الحضرية السريعة.

٢-٥-٦ مفهوم تصميم الطريق المستدام (Sustainable Highway Design):

٢-٥-٦-١ مقدمة:

بشكل عام، يمكن تعريف الاستدامة على أنها تحتوي على أربعة أهداف:

- فعالية النظام.
- السلامة البيئية.
- الحفاظ على الموارد الاقتصادية.
- مراعاة جودة الحياة الاجتماعية.

٢-٥-٦-٢ فعالية النظام:

غالبًا ما ترتبط الغايات والأهداف المشتركة لفعالية نظام النقل بتحسين أداء النظام للطرق الإقليمية وأنظمة النقل العام. قد تشمل مقاييس الأداء إجمالي عدد الكيلومترات المقطوعة بالمركبات (VKT) أو سرعة الانتقال، أو الازدحام أو التأخير أو أزمنة الانتقال أو غيرها من المعلمات. غالبًا ما يُستخدم متوسط سرعة الطريق السريع كبديل لازدحام الطريق السريع، وقد لا يمثل مستوى التنقل بشكل كامل نظرًا لأن المناطق المختلفة لها تكوينات مختلفة للطرق السريعة وأزواج مختلفة للمنبع-المقصد (OD) التي تخدمها الطرق السريعة. قد تركز شبكة النقل في بعض المناطق بشكل كبير على أنظمة الطرق الشريانية، وتُخدم معظم رحلات المنبع-المقصد عبر الطرق الشريانية؛ لتجنب حدوث حالات ازدحام مروري على الطرق السريعة.

٢-٥-٦-٣ سلامة البيئة:

تشمل الأهداف والغايات المشتركة للبعد الاقتصادي تعظيم الكفاءة الاقتصادية، وتعظيم القدرة المالية، وتعزيز التنمية الاقتصادية الإقليمية. يمكن تعريف الكفاءة الاقتصادية على أنها أكبر فائض في الفوائد الاجتماعية مقارنة بالتكاليف الاجتماعية بين البرامج أو السياسات البديلة الممكنة. يمكن تعريف التنمية الاقتصادية الإقليمية على أنها توسيع قاعدة ضرائب الممتلكات والمبيعات للمجتمع أو توسيع عدد الوظائف من خلال العمل في مكاتب ومحلات التجزئة والتنمية الصناعية. بشكل عام، سيؤدي قرار كل من النقل واستخدامات الأراضي إلى تحسين إمكانية الوصول الإقليمي إلى حد ما، مما يؤدي إلى تغييرات في حصص وسائل النقل بالسيارات الخاصة وأنظمة النقل العام. سيؤثر إعادة تقسيم جديد للرحلات على وسائل النقل على إجمالي عدد الكيلومترات المقطوعة بالمركبات، وستعتمد تكلفة التنقل على وسيلة النقل التي يستخدمها المتنقلون ومقدار تنقلهم. يؤثر إجمالي عدد الكيلومترات المقطوعة بالمركبات على الازدحام المروري، ويؤثر مستوى الازدحام بدوره على إجمالي الوقت المُستغرق في المرور بالإضافة إلى فوائد رفاهية المستخدم

الناتجة عن تقليل الوقت الذي يقضيه المتنقلون في المرور. تؤثر القدرة على تحمل التكاليف ورفاهية المستخدم على الكفاءة الاقتصادية بينما يؤثر تحسين إمكانية الوصول ورفاهية المستخدم على التنمية الاقتصادية الإقليمية.

٢-٥-٦-٤ الحفاظ على الموارد الاقتصادية:

تشمل الغايات والأهداف المشتركة للبعد البيئي تقليل كل من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وتلوث الهواء، ومستويات الضوضاء، واستخدام الموارد لأدنى حد. قرارات النقل واستخدامات الأراضي تؤثر على حصص وسائل النقل بالسيارات الخاصة وأنظمة النقل العام وكذلك استهلاك الأراضي من قبل البنية التحتية للنقل. يؤثر إجمالي عدد الكيلومترات المقطوعة بالمركبات الناتج والازدحام المروري على العديد من العوامل البيئية، مثل: استهلاك الوقود وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون وانبعاثات أول أكسيد الكربون والمركبات العضوية المتطايرة وأكاسيد النيتروجين ومستويات ضوضاء المرور. ويؤثر استهلاك كل من الأراضي والوقود على استخدام الموارد، وتؤثر انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والأوزون على تغير المناخ العالمي، وتؤثر الانبعاثات الأخرى على تلوث الهواء ومستويات الضوضاء.

٢-٥-٦-٥ مراعاة جودة الحياة الاجتماعية:

تشمل الغايات والأهداف المشتركة للبعد الاجتماعي تعظيم العدالة الاجتماعية، وتحسين الصحة العامة، وزيادة السلامة والأمن، وزيادة الوصول إلى الخدمات المختلفة، وتحسين جودة الحياة بشكل عام.

تعمل قرارات النقل واستخدامات الأراضي على تحسين إمكانية الوصول الإقليمي إلى مختلف الخدمات إلى حد ما، مما يؤدي إلى تغييرات في حصص وسائل النقل بالسيارات الخاصة وأنظمة النقل العام. يؤثر إعادة تقسيم جديد للرحلات على وسائل النقل على إجمالي عدد الكيلومترات المقطوعة بالمركبات، ويرتبط عدد الحوادث بإجمالي عدد الكيلومترات المقطوعة بالمركبات. إجمالي عدد الكيلومترات المقطوعة بالمركبات والازدحام المروري الناتج له تأثير بيئي (انبعاثات الهواء والضوضاء) واقتصادي (رفاهية المستخدم) على الاستدامة. تؤثر انبعاثات الهواء والضوضاء على مدى تعرض الإنسان لمثل هذا التلوث، ويؤثر التعرض البشري على العدالة في التعرض للانبعاثات وكذلك الصحة العامة. تعتمد العدالة في تغييرات الرفاهية على تحسين رفاهية المستخدم المستمدة من وفورات زمن التنقل والتكلفة. تساهم العدالة الاجتماعية والصحة العامة والسلامة والأمن وإمكانية الوصول في تحسين جودة الحياة.

٢-٥-٦-٦ خلاصة:

هذا القسم يتضمن قضية مثيرة للجدل ومتطورة حول ما يشكل استدامة نظام النقل. يمكن اعتبار الأبعاد الأساسية الأربعة للاستدامة على النحو التالي:

- فعالية نظم النقل.
- الاستدامة الاقتصادية.
- الاستدامة البيئية.
- الاستدامة الاجتماعية.

العوامل الضرورية لفعالية نظام النقل تشمل أداء النظام لنظم النقل متعددة الوسائل، مثل: الطرق الإقليمية وأنظمة النقل العام. تشمل العوامل البيئية الضرورية للاستدامة الحفاظ على الموارد (مثل الوقود الأحفوري والأرض)، ومنع تلوث الهواء، ومنع الضوضاء، وتقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري (انبعاثات غازات الدفيئة) لأدنى حد؛ من أجل قضايا الاستدامة الشاملة المرتبطة بقدرة الأجيال الحالية والمستقبلية على العيش. العوامل الاقتصادية اللازمة للاستدامة تشمل الكفاءة الاقتصادية والقدرة المالية والتنمية الاقتصادية الإقليمية؛ من خلال تحسين إمكانية الوصول. تشمل العوامل الاجتماعية الأساسية للاستدامة قضايا العدالة الاجتماعية المتعلقة بالدخل والأقليات والصحة العامة والسلامة والأمن وإمكانية الوصول إلى مختلف الخدمات وكافة العوامل الأربعة تؤثر حتمًا على جودة الحياة بشكل عام.

٢-٦ تسميات المسارات وترقيمها:

٢-٦-١ مقدمة:

وُضع التصنيف الوظيفي للطرق في المملكة العربية السعودية وفقًا للسياسة والمعايير المنصوص عليها في الأجزاء من (٢-١) إلى (٢-٤) من قبل الجهة المسؤولة عن تشغيل الطريق سواء كان طريقًا ريفيًا أو حضريًا، قد تكون هناك حاجة إلى تسميات إضافية لبعض الطرق. بموجب نظام تصنيف الطرق، يجب تصنيف كل مسار قائم أو مقترح وتوثيقه وعرضه في خرائط الطرق أو الشوارع ذات الصلة.

٢-٦-٢ الغرض:

نظام تسميات المسارات هو الأساس لتوجيه المرور بين منابع ومقاصد الرحلات باستخدام علامات جانب الطريق والخرائط المُوفرة لمستخدم الطريق. كما أن تسمية المسار وترقيمه يسهل أيضًا إدارة وظائف أخرى مثل حفظ المراسلات والوثائق، وتحديد سريع ودقيق لمواقع محددة عند حدوث حالات الطوارئ، وتسجيل الحوادث وتحليلها، وإدارة الصيانة للرصف والمرافق ذات الصلة بالطرق وجرد الملحقات على جانب الطريق مثل اللافتات، منشآت الصرف، وحواجز الأمان، وما إلى ذلك. يجب أن تكون تسمية المسار متوافقة مع أساليب ومتطلبات نظام إدارة صيانة الرصف (PMMS) المنصوص عليها في الجزء (٣-٥) من كود الطرق السعودي ٥٠١ (نظم إدارة صيانة الرصف).

٢-٦-٣ ترقيم المسارات:

تُخصص أرقام فردية للطرق التي تحمل المرور باتجاه (الشمال – الجنوب) وتُخصص أرقام زوجية للطرق التي تحمل المرور باتجاه (الشرق – الغرب). تُخصص أرقام مكونة من رقم واحد أو رقمين (من ١ إلى ٩٩) للطرق التي تعد جزءًا من النظام الأساسي. لا يوجد حاليًا تسمية مسار خاصة للطرق السريعة. تُسمى الطرق الثانوية بأرقام مكونة من ثلاثة أرقام (١٠٠ إلى ٩٩٩) والطرق على نظام التغذية لها تسمية مكونة من أربعة أرقام (من ١,٠٠٠ إلى ٩,٩٩٩).

تزداد أرقام المسارات المخصصة لكافة الطرق من الجنوب إلى الشمال ومن الغرب إلى الشرق وتستخدم المدى الكامل للأرقام داخل كل تصنيف. الفجوات الناتجة في الأرقام المخصصة توفر توزيعًا منطقيًا للأرقام الشاغرة عندما يصبح من الضروري توسيع أو مراجعة نظام التصنيف الأساسي.

٢-٦-٤ الطرق السريعة والطرق شبه السريعة:

يشير مصطلح الطريق السريع أو الطريق شبه السريع إلى طريق صُمم وأُنشئ لتوفير حركة آمنة وسريعة للأشخاص والبضائع بين مولدات المرور الكبيرة. عادة ما تُنشأ كل من الطرق السريعة والطرق شبه السريعة على النظام الأساسي. وعادةً ما تكون منشآت متعددة المسارات تُصمم وتُشغل كطرق خاضعة للتحكم الكامل في الوصول إليها (الطرق السريعة) أو طرق ذات وصول محدود إليها (الطرق شبه السريعة). تُخصص أرقام مسارات للطرق السريعة والطرق شبه السريعة وفقًا للمخطط الموضح أعلاه، أي رقم زوجي مكون من رقم واحد أو رقمين إذا كان طريقًا يمتد من الغرب إلى الشرق على النظام الأساسي. قد يصبح من الضروري وضع نظام تسمية خاص بالطرق السريعة في المستقبل كمزيج من حرف ورقم. يجب أن تكون علامات المسار، بما في ذلك الأرقام المعروضة عليها، والتي توضع على طول الطريق شبه السريع لراحة المستخدم، مختلفة في الحجم والشكل واللون عن تلك الموجودة على الطرق الأخرى (راجع الجزء (٣-٤) من كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري).

٢-٦-٥ الإضافة والحذف والمراجعة:

تخصيص رقم مسار لطريق أُنشئ حديثًا، وإلغاء رقم مستخدم سابقًا لتسمية طريق مُلغى أو مهجور، ومراجعات أرقام المسارات التي قد تصبح ضرورية بسبب التغيير في التصنيف الوظيفي هي مسؤولية الإدارة المختصة في الهيئة العامة للطرق، وذلك للطرق الريفية، ووزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان للشوارع الحضرية. التغييرات التي يُجريها أي شخص آخر تعد لاغية. يجب على مستخدمي هذا المجلد إبلاغ الجهة المسؤولة إذا تصوروا وجود حاجة إلى أي إضافة أو حذف أو مراجعة لنظام الترقيم.

٢-٧ إجراءات الموافقة والاعتماد:

٢-٧-١ السياسة:

ينبغي أن تكون سياسة أي جهة مسؤولة عن الطرق في المملكة العربية السعودية هي عدم إشراك سوى من المديرين والمهندسين والفنيين الأكفاء فقط كموظفين أو وكلاء للجهة المختصة في أداء وظائف وأهداف تطوير الطرق وفقاً للإرشادات التوجيهية الواردة في كود الطرق السعودي. ومن المفترض أن هؤلاء الإداريين والمهندسين قد تلقوا تدريبًا كافيًا ولديهم الحافز المناسب لتمثيل المصلحة الفضلى للجهة المختصة في ممارسة الحكم المهني واتخاذ القرارات الفنية. وبناءً على ذلك، تعتمد الجهة المختصة على توصيات وقرارات موظفيها ووكلائها. باستثناء عناصر أو معالم محددة، يجب على الجهة المختصة عدم تقديم التوجيه أو ممارسة سلطة الموافقة المرحلية على معظم الأنشطة الهندسية الأخرى في مرحلة ما قبل الإنشاء. وتُناقش في الأقسام الفرعية التالية لهذا الجزء بنود أو معالم أو وثائق محددة مطلوبة من قبل الجهة المختصة أثناء عملية تطوير الطرق. قد يُحدد البعض الآخر في تعليمات مكتوبة أو من خلال مستندات أخرى قبل أو أثناء المراحل الأولية لتطوير المشروع. وترد المتطلبات العامة لتطوير وتصميم مشاريع الطرق في الجزء (٢-٢) من كود الطرق السعودي ١٠١ .

٢-٧-٢ المتطلبات المحددة:

تشتمل عملية تخطيط وتصميم الطرق عادةً على أربع مراحل كما هو موضح في مجلد كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط) وكود الطرق السعودي ٢٠٣ (الدراسات الأولية). عند اكتمال كل مرحلة من هذه المراحل الأربع للأنشطة الهندسية لمرحلة ما قبل الإنشاء المدرجة أدناه، يجب تقديم المستندات والخطط الناتجة عنها للموافقة عليها:

- تقرير دراسة الجدوى.
- تقرير الدراسة الاستطلاعية.
- تقرير التصميم الأولي.
- التصميم النهائي شاملًا التقارير المخططات والرسومات الهندسية والمواصفات الفنية والتقديرات المرتبطة بها.

سيحدد نطاق تقرير الجدوى (عندما يكون مطلوبًا) من قبل الجهة المسؤولة على أساس كل مشروع على حدة. يجب مراجعة هذه المستندات للتأكد من مطابقتها لهذا المجلد، أو أي تعليمات أخرى مكتوبة. يُوثق اعتماد كل تقرير وحزمة المخططات والرسومات الهندسية والمواصفات الفنية والتقديرات من قبل الإدارة المسؤولة عن الاعتماد في الجهة المختصة. بالإضافة إلى قبول جهة الطرق للمراحل الأربع المذكورة أعلاه، يجب الحصول على اعتماد منفصل أو مستقل لأي من البنود التالية التي لم تُحدد قرارات التصميم الخاصة بها كتابةً قبل أو أثناء المراحل الأولية لتطوير المشروع.

١- موقع ممر الطريق (Corridor Location).
٢- التصنيف الوظيفي.
٣- السرعة التصميمية.
٤- موقع الخط المركزي للطريق.
٥- درجة التحكم في الوصول.
٦- خطة الوصول، إن وجدت.
٧- أنواع المحوّلات ومواقعها.
٨- تصميم الرصف (انظر كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف)).
٩- نوع تخطيط الجسر وحجمه ومواقع الجسور (انظر كود الطرق السعودي ٣١٠ (تصميم الجسور والأنفاق)).
١٠- تصميم النفق، إن وجد (انظر أيضًا كود الطرق السعودي ٣١٠ (تصميم الجسور والأنفاق))
١١- مناطق الاستراحة - النوع والموقع (انظر أيضًا كود الطرق السعودي ٣٠٣ (تصميم مرافق الطريق ومنافعها - مناطق الاستراحة ومحطات فحص الشاحنات ومواقف السيارات والمرائب)).
١٢- خطة حرم الطريق (انظر أيضًا كود الطرق السعودي ٣٠٦ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - المنافع العامة، وإنارة الطرق الشوارع، وأجهزة التحكم والمراقبة)).
١٣- المنهجية التي يجب استخدامها في إجراء المسوحات والتحليلات المرورية ويشمل ذلك تحديد الحمل المحوري القياسي المكافئ (ESAL). (انظر أيضًا كود الطرق السعودي ٢٠٣ (الدراسات الأولية)، وكود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف) وكود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور)).
١٤- الانحرافات عن اشتراطات كود الطرق السعودي أو المتطلبات الفنية المحددة المنصوص عليها في هذا المجلد، أو أي أداة تكميلية. (انظر أيضًا كود الطرق السعودي ١٠١)

تُعرض إرشادات تفصيلية إضافية بشأن مراحل ما قبل الإنشاء المذكورة أعلاه، بكل من كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط) وكود الطرق السعودي ٢٠٣ (الدراسات الأولية) إلى جانب محتوى المجلد الحالي، وكذلك مجلدات كود الطرق السعودي ٣٠٣ (تصميم مرافق الطريق ومنافعها - مناطق الاستراحة ومحطات فحص الشاحنات ومواقف السيارات والمرائب)، وكود الطرق السعودي ٣٠٦ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - المنافع العامة، وإنارة الطرق الشوارع، وأجهزة التحكم والمراقبة)، وكود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف)، وكود الطرق السعودي ٣١٠ (تصميم الجسور والأنفاق) و كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور).

٢-٧-٣ نموذج الاعتماد:

يجب توثيق قبول البنود المحددة في هذا الجزء واعتمادها. ويجب تقديم هذه المستندات ضمن حزمة الموافقة أو التأشير على الوثائق نفسها من خلال محاضر اجتماعات مكتوبة أو عن طريق مراسلات منفصلة. بغض النظر عن الصيغة، يجب تحديد نطاق الموافقة بوضوح، ويجب أن يظهر توقيع جهة الموافقة المسؤولة ويوثق بوضوح. ويرد مزيد من التفاصيل بشأن متطلبات الاعتماد في الجزء الفرعي (٢-٢-٤) من كود الطرق السعودي ١٠١.

٢-٧-٤ الجدول الزمني للاعتماد:

يجب تقديم المراحل الأربع المذكورة أعلاه للمراجعة والموافقة والاعتماد النهائي وفقًا لجدول زمني وُضع قبل بدء العمل في المشروع وفقًا لمتطلبات الموافقة والإغلاق المنصوص عليها في الجزء الفرعي (٢-٢-٤) من كود الطرق السعودي ١٠١، أو حسب أي توجيهات أخرى. بشكل عام، يعتمد إكمال العمل المتضمن في المرحلتين الأخيرتين على الموافقة المسبقة للبنود من (١) إلى (١٣). لذلك، من

المستحسن عادة أن يقدم موظفو المشروع البنود من (١) إلى (١٣) للاعتماد الفردي عند تطويرها. يجب تحديد جميع طلبات الاعتماد بموجب البند (١٤) بوضوح على أنها انحراف عن اشتراطات كود الطرق السعودي (انظر أيضًا الباب (١٣)).

٢-٧-٥ جهة الاعتماد:

جهة الاعتماد لكافة الإجراءات المشمولة في هذا الجزء هي الجهة المسؤولة عن إنشاء و/أو تشغيل و/أو صيانة الطريق. تُدار جميع المشاريع، من بدايتها إلى نهايتها، من قبل مدير مشروع معين من قبل الجهة المسؤولة، والذي يكون في معظم الحالات أحد موظفيها. ومع ذلك، عند تعيين مدير مشروع خارجي، تنطبق أيضًا متطلبات الجهة المسؤولة. يُوفر مزيد من التفاصيل بشأن متطلبات الاعتماد والإغلاق في الجزء الفرعي (٢-٢-٤) من كود الطرق السعودي 101.

٣- عناصر التصميم المسبقة:

٣-١ عام:

يصف الباب الحالي عناصر مهام التصميم المسبقة المختلفة التي يجب إكمالها قبل البدء في تصميم الطريق وتصميم المنشآت الخاصة بها. عناصر المهام الموضحة في هذا الجزء تكون كما يلي:

- أداء السائق والعوامل البشرية.
- خصائص المرور.
- المركبات التصميمية.
- مستخدمو الطريق المعرضون للخطر.
- التحليل الاقتصادي لمشروع الطريق.
- دراسات ممر الطريق والتقييم البيئي.
- الأعمال المساحية ورسم الخرائط.
- موقع الخط المركزي لمحور الطريق والتصميم الأولي.
- الهندسة الجيوتقنية.
- الهيدرولوجيا.
- المسوحات والتقديرات المرورية.
- التصميم الإنشائي للرصفيات المرنة أو الصلبة.
- التصميم الهيدروليكي.
- إنارة الطرق.
- خطط التحكم المروري.
- التحكم المروري بمنطقة تنفيذ أعمال الإنشاء.
- تطوير جانب الطريق.
- أنظمة السلامة الخاملة.

تصف هذه الأجزاء السياسات والإجراءات في تنفيذ المهام. يتم تناول كافة جوانب التصميم المذكورة أعلاه في مجلدات مختلفة من حزمة كود الطرق السعودي.

٣-٢ أداء السائق والعوامل البشرية:

٣-٢-١ مقدمة:

يعد النظر في أداء السائق أمرًا ضروريًا لتصميم الطرق وتشغيلها بشكل سليم. عندما يلبي تصميم الطريق توقعات السائقين وقدراتهم وقيودهم، يتم دعم أدائهم، وعندما يكون التصميم غير متوافق مع قدرات السائقين، تزداد احتمالية حدوث أخطاء السائقين وقد ينتج عن ذلك حدوث أعطال أو تشغيل غير فعال. يوفر هذا القسم إرشادات حول أداء السائق تفيد المهندسين في تصميم وتشغيل الطرق.

٣-٢-٢ رد فعل - إدراك السائق:

يعتبر زمن الإدراك ورد الفعل المميّز للسائق عاملاً في مجموعة متنوعة من مواصفات تصميم وتشغيل الطرق. تعتمد مواصفة (AASHTO) لمسافة الرؤية للتوقف عن الرؤية جزئيًا على خصائص السائق لرد فعل المكابح. بتعبير أدق، يجب تحديده على أنه زمن الإدراك - المكابح - رد الفعل.

زمن الإدراك هو الزمن اللازم للتعرف على الموقف وفهم أنك بحاجة إلى استخدام المكابح والتوقف. وهو الزمن المنقضي من اللحظة التي يصبح فيها الجسم مرئيًا للسائق إلى اللحظة التي يدرك فيها أن الجسم موجود في طريقه وأنه يجب التوقف. من ناحية أخرى، فإن زمن رد فعل المكابح هو الزمن اللازم لتطبيق المكابح. إن إدراك السائق وزمن رد فعله هو إجمالي الزمن المطلوب لإدراك واستكمال رد الفعل على لمحفِّزٍ ما ويساوي مجموع الأوقات اللازمة للإدراك والتعرف والعاطفة والإرادة وكان يُعرف سابقًا باسم "الوقت" (PIEV).

٣-٢-٣ كبار السن من السائقين والمشاة الأكبر سنًا:

يمثل السائقون والمشاة الأكبر سنًا جزءًا كبيرًا من مستخدمي الطرق، مع مجموعة متنوعة من القدرات المتضائلة المرتبطة بالعمر مثل أزمان رد الفعل البطيئة والحاجة إلى مزيد من السطوع في الليل لتلقي المعلومات المرئية. يستحق مستخدمو الطرق الأقدم التنقل ويجب استيعابهم في تصميم الطريق. وبالتالي، يجب على المصممين والمهندسين أن يكونوا على دراية باحتياجات وقدرات مستخدمي الطرق الأكبر سناً وأن يأخذوا في الاعتبار التدابير المناسبة لمساعدة أدائهم.

٤-٢-٣ مهمة القيادة والتوجيه:

١-٤-٢-٣ مهمة القيادة:

تعتمد مهمة القيادة على تلقي السائقين للمعلومات واستخدامها بشكل صحيح. يقوم السائقون بمقارنة المعلومات التي يتلقونها أثناء سفرهم بالمعلومات التي يمتلكونها بالفعل ويتخذون القرارات بناءً على المعلومات المتاحة أثناء اتخاذ إجراءات التحكم المناسبة. تشمل القيادة العديد من الأنشطة التي يمكن تجميعها في ثلاثة مستويات:

- التحكُّم.
- التوجيه.
- القيادة.

تم إدراج هذه الأنشطة حسب زيادة تعقيد المهام وترتيب تقليل الأهمية للقيادة الآمنة. التوجيه البسيط والتحكم في السرعة موجودان على المستوى الأساسي للمقياس (التحكم). تتبع الطريق والمسار الذي يتبعه استجابة لظروف الطريق وحركة المرور يقعان في المستوى المتوسط من المقياس (التوجيه). على المستوى الأكثر تعقيدًا من المقياس، يوجد تخطيط الرحلة وتتبع المسار (الملاحة).

٢-٤-٢-٣ مهمة التوجيه:

يحتاج مصممو الطرق إلى تقدير عنصر التوجيه في مهمة القيادة حتى يمكن لتصميماتهم أن تساعد في أداء السائق.

تعيين المسار واتباع الطريق:

يعد تحديد المسار واتخاذ قرارات اتباع الطريق، بما في ذلك أحكام التوجيه والتحكم في السرعة، أمرًا أساسيًا لتوجيه السيارة. يستخدم السائقون عملية التغذية الراجعة لمتابعة المحاذاة والميول الطولية ضمن قيود الطرق والظروف البيئية. يتم دمج قرارات تجنب العوائق في تعيين المسار وأنشطة اتباع الطريق. ينفذ هذا الجزء من مستوى مهمة التوجيه بشكل مستمر في حال عدم وجود حركة مرور أخرى (بشكل فردي) وعند مشاركتها مع أنشطة أخرى (متكاملة).

تتبُّع السيارة:

تتبُّع السيارة هي عملية يقوم فيها السائقون بتوجيه سياراتهم لمتابعة مركبة أخرى. تعتبر قرارات متابعة السيارة أكثر تعقيدًا من قرارات متابعة الطريق لأنها تتضمن تعديلات للتحكم في السرعة. أثناء تتبُّع السيارة، يحتاج السائقون إلى تعديل سرعتهم باستمرار للحفاظ على فجوات آمنة بين المركبات.

مناورات التجاوز:

يعد قرار السائق ببدء مناورة المرور أو مواصلتها أو إكمالها أكثر تعقيدًا من القرارات المتعلقة بتحديد المسار أو تتبُّع السيارة. تتضمن قرارات التجاوز تعديلات على الطريق وسلوك متابعة السيارة وفي التحكم في السرعة.

أنشطة أخرى متعلقة بمهمة التوجيه:

تشمل الأنشطة التوجيهية الأخرى الاندماج وتغيير المسارات وتجنب المشاة والاستجابة لأجهزة التحكم المروري. تتضمن هذه الأنشطة أيضًا قرارات وأحكامًا وتوقعات معقدة.

٣-٢-٤-٣ نظام المعلومات:

يعد كل عنصر يوفر معلومات للسائقين جزءًا من نظام المعلومات الخاص بالطريق. مصادر المعلومات الرسمية هي أجهزة التحكم المروري المصممة خصيصًا لعرض المعلومات للسائقين. تتضمن المصادر غير الرسمية عناصر أخرى مثل سمات تصميم الطرق وجوانبه، وفواصل الرصف، وخطوط الأشجار، والمرور. معًا، توفر المصادر الرسمية وغير الرسمية المعلومات التي يحتاجها السائقون للقيادة بفعالية. إن مصادر المعلومات الرسمية وغير الرسمية مترابطة ويجب أن يعزز ويكمّل بعضها البعض ليكون أكثر فائدة.

أجهزة التحكم المروري:

توفر أجهزة التحكم المروري معلومات إرشادية وملاحية لا تكون متاحة أو واضحة في كثير من الأحيان. يمكن أن تكون أجهزة التحكم المروري عبارة عن علامات تنظيمية وتحذيرية وإرشادية وعلامات وترسيم وتعرض معلومات إضافية تزيد من ميزات الطريق السريع أو البيئة. ويدرك السائقون المعلومات الواردة من هذه الأجهزة والتي قد يتم تجاهلها أو يصعب التعرف عليها.

الطريق وبيئته:

يعتمد اختيار المسار والسرعة على قدرة السائقين على التمتع بالرؤية الكافية ورؤية الطريق أمامهم. يحتاج السائقون إلى الحصول على رؤية كافية مباشرة أمام مركباتهم وعلى مسافة كافية مقدمًا لإدراك المحاذاة والميول الطولية والجوانب الأخرى ذات الصلة بالطريق. من ناحية أخرى، فإن أجزاء أخرى من البنية التحتية للطرق مثل الأكتاف والعوائق على جانب الطريق (بما في ذلك دعامات اللافتات، وركائز ودعامات الجسور، وحواجز الحماية، حواجز الجزيرة الوسطية) تؤثر على سلوك القيادة، وبالتالي، يجب أن تكون مرئية بوضوح للسائق.

٣-٢-٤-٤ معالجة المعلومات:

يقوم السائقون بجمع المعلومات باستخدام العديد من حواسهم، في حين يتم تلقي هذه المعلومات في الغالب بشكل مرئي من قبل السائقين عند رؤيتهم لمحاذاة الطريق والعلامات والإشارات. ويحصل السائقون على المعلومات المرئية من خلال لمحات قصيرة المدة، مما يحول انتباههم من مصدر إلى آخر. إنهم يتخذون بعض القرارات على الفور بينما يؤخرون قرارات أخرى لملء الفجوات في المعلومات المتاحة.

زمن رد الفعل:

تستغرق المعلومات وقتًا طويلاً لتتم معالجتها، ويزداد زمن رد فعل السائقين كدالة لتعقيد القرار وكمية المعلومات التي يتعين معالجتها. يجب أن تأخذ تصاميم الطرق أزمان رد الفعل بعين الاعتبار.

الأولوية:

تشير الأسبقية إلى الأهمية النسبية لسلامة المعلومات المتنافسة. وعليه، يجب أن يركز التصميم انتباه السائقين على عناصر التصميم ومصادر المعلومات ذات الأولوية العالية التي توفر معلومات التحكم والتوجيه. ويمكن تحقيق هذا الهدف من خلال توفير خطوط رؤية واضحة وجودة بصرية جيدة.

التوقُّع:

تتشكل توقُّعات السائق من خلال خبرة السائقين وتدريبهم. يؤثر التوقُّع على كيفية إدراك السائقين للمعلومات وتعاملهم معها وتعديل سرعة وطبيعة استجاباتهم. تتشابه معظم سمات تصميم الطرق بدرجة كافية لإنشاء توقُّعات السائق المتعلقة بالخصائص الهندسية والتشغيلية وخصائص المسار المشتركة. وينبغي الحرص على الحفاظ اتساق التصميم الهندسي من قطاع إلى آخر.

٣-٢-٤-٥ خطأ السائق:

من الخصائص المشتركة للعديد من المواقع التي تشهد حوادث شديدة أنها تفرض متطلبات كبيرة أو غير عادية على قدرات معالجة المعلومات للسائقين (عبء عمل مرتفع على السائق). عادة ما يحدث والتشغيل غير الفعال والحوادث عندما تكون فرص السائق في حدوث أخطاء في التعامل مع المعلومات عالية. في المواقع التي تتطلب قدرًا كبيرًا من معالجة المعلومات على السائق، تزداد احتمالية حدوث خطأ لدى السائق.

أخطاء بسبب قصور السائق:

تنجم العديد من أخطاء القيادة عن قصور في قدرات السائق (الدائمة) أو حالات مؤقتة. لهذا السبب، يجب أن تكون تصاميم الطرق متسامحة قدر الإمكان لتقليل عواقب أخطاء السائق وإخفاقاته. في تصميم الطرق السريعة والطرق شبه السريعة، ينبغي اعتبار أن السائقين المتعبين يمثلون جزءًا كبيرًا من عدد الأشخاص الذين يقودون رحلات طويلة.

السائقون كبار السن:

هناك اتفاق عام على أن التقدُّم في العمر له تأثير ضار على مهارات الفرد الإدراكية والعقلية والحركية. هذه المهارات هي عوامل حاسمة في تشغيل المركبات. في تصميم الطرق، فإن الإجراء الأكثر عملية المتعلق باستيعاب السائقين الأكبر سنًا بشكل أفضل هو زيادة مسافة الرؤية، من خلال مراعاة زيادة زمن رد الفعل وبالتالي زيادة مسافة الرؤية للقرار. عندما تكون مسافة الرؤية الكافية للقرار غير عملية، فقد يكون من المناسب زيادة استخدام لافتات التحذير المسبق أو اللافتات الإرشادية.

أخطاء بسبب متطلبات الحالة:

غالبًا ما يرتكب السائقون أخطاء عندما يضطرون إلى أداء عدة مهام معقدة للغاية في وقت واحد تحت ضغط زمني شديد. تحدث الأخطاء من هذا النوع عادةً في مواقع المناطق الحضرية ذات نقاط اتخاذ القرار المتقاربة واستخدام الأراضي المكثف وسمات التصميم المعقدة المرور الكثيف.

٣-٢-٥ إجراءات التوقف ومناورات التجاوز:

إجراءات التوقف – مسافة الرؤية للتوقف:

مسافة الرؤية للتوقف هي واحدة من عدة أنواع من مسافة الرؤية المستخدمة في تصميم الطرق. إنها مسافة قريبة من أسوأ الحالات التي يحتاج سائق المركبة إلى رؤيتها حتى يكون لديه مسافة كافية للتوقف قبل الاصطدام بشيء ما على الطريق، مثل أحد المشاة في معبر للمشاة، أو مركبة متوقفة، أو حطام الطريق. يمكن أن تؤثر مسافة الرؤية غير الكافية سلبًا على سلامة أو عمليات الطريق أو التقاطع.

مسافة الرؤية للتوقف هي المسافة المقطوعة خلال مرحلتي إيقاف المركبة:

- زمن الإدراك – رد الفعل.
- زمن المناورة.

زمن الإدراك ورد الفعل هو الزمن الذي يستغرقه مستخدم الطريق لإدراك أن هناك حاجة إلى رد فعل بسبب حالة الطريق، وتحديد المناورة المناسبة (في هذه الحالة، إيقاف المركبة)، وبدء المناورة (رفع القدم عن دواسة الوقود والضغط على دواسة المكابح). زمن المناورة هو الزمن الذي يستغرقه السائق لإكمال المناورة (التباطؤ والتوقف). المسافة المقطوعة خلال زمن الإدراك ورد الفعل وزمن المناورة هي مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف.

تتأثر مسافات الكبح الفعلية بنوع المركبة وحالتها، وانحدار الطريق، والجر المتاح، والعديد من العوامل الأخرى. يمكن استخدام معدل تباطؤ يبلغ ٣,٤ م/ثانية^2 لتحديد مسافة الرؤية للتوقف. ما يقرب من ٩٠ بالمائة من كافة السائقين يتباطؤون بمعدلات أكبر من ذلك. لذلك، يمكن استخدام هذه القيمة كقيمة تصميم لتحديد مسافات الرؤية للتوقف.

مناورات التجاوز – مسافة الرؤية للتجاوز

يعد التجاوز على الطرق ذات المسارين مناورة معقّدة ومتعدّدة المراحل ترتبط بارتفاع مخاطر الاصطدام، خاصة بالنسبة للسائقين الشباب المبتدئين. تنقسم مهمة تجاوز الطرق ذات المسارين إلى خمس مراحل:

- اتخاذ قرار بالتجاوز أم لا.
- الاستعداد للتجاوز.
- تغيير المسار.
- التجاوز.
- العودة إلى المسار الخاص.

وفقًا لـ AASHTO، تتكون مسافة الرؤية للتجاوز (PSD) من أربعة عناصر:

- المسافة التي يقطعها السائق المتخطّي أثناء زمن الإدراك ورد الفعل والتسارع الأولي إلى نقطة التعدي على المسار الأيسر.

- المسافة المقطوعة على المسار المقابل.
- المسافة في نهاية مناورة التجاوز بين المركبة المتخطّية والمركبة المقابلة.
- المسافة التي قطعتها المركبة المقابلة لمدة ثلثي الزمن الذي احتلت فيه المركبة المتخطّية المسار الأيسر.

٣-٢-٦ خصائص أخرى متعلقة بأداء القيادة:

ومن خصائص أداء القيادة الأخرى التي يمكن أخذها في الاعتبار عند تصميم الطرق ما يلي:

التكيف مع السرعة:

هناك إحساس مألوف لدى جميع السائقين تقريبًا وهو أنه بعد القيادة لفترة طويلة بسرعات عالية، تبدو السرعات البطيئة أبطأ مما هي عليه بالفعل. وتسمى هذه الظاهرة التكيف مع السرعة.

حكم السرعة النسبية والتباعد بين المركبات:

يتم قضاء الكثير من زمن القيادة من خلال متابعة المركبات الأخرى. من المفترض أن تتفاعل كل مركبة في رتل المركبات، بعد تأخير زمني، مع حافز ينشأ من علاقتها بالمركبة التي تتبعها. تم قياس التأخير الزمني النموذجي للتسارع أو التباطؤ بحوالي ١,٦ ثانية.

٣-٣ الخصائص المرورية:

٣-٣-١ الاعتبارات العامة:

ينبغي أن يأخذ تصميم الطريق وسماته في الاعتبار حجم المرور والأداء التشغيلي وخصائص المستخدم لجميع وسائل النقل. يمكن الحصول على بيانات المرور لجزء من طريق من الدراسات والطرق الموضحة في مجلدات كود الطرق السعودي ٢٠٣ (الدراسات الأولية) وكود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور).

٣-٣-٢ معلمات التدفق المروري للتصميم:

٣-٣-٢-١ الحجم المروري:

معلمتا حجم المرور اللتان تؤثران بشكل كبير على قرارات التصميم هما متوسط المرور السنوي اليومي وحجم التصميم بالساعة (DHV). يوصّف كل من متوسط المرور السنوي اليومي وحجم التصميم بالساعة (DHV) الحالي والمستقبلي لمشاريع الطرق في كود الطرق السعودي ٢٠٣ (الدراسات الأولية) وكود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور).

٣-٣-٢-٢ التوزيع الاتجاهي:

يتم احتساب حجم التصميم بالساعة (DHV) على أنه إجمالي المرور في كلا اتجاهي السير للطرق ذات المسارين في المناطق الريفية، بينما في تصميم الطرق التي تحتوي على مسارين أو أكثر تكون معرفة حجم المرور كل ساعة لكل اتجاه من اتجاهات السير ضروري. ترد تفاصيل المرور والتوزيع الاتجاهي لأجزاء الطرق في الجزء (أ-٢) من كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور).

٣-٣-٢-٣ تكوين المرور:

تتميز المركبات ذات الأحجام والأوزان المختلفة بخصائص تشغيلية مختلفة ينبغي أخذها في الاعتبار عند تصميم الطرق. ولأغراض التصميم، ينبغي تحديد النسبة المئوية لحركة الشاحنات خلال ساعات الذروة. بالإضافة إلى ذلك، ينبغي تحديد البيانات المتعلقة بتكوين المرور من خلال دراسات المرور لتصميم طريق معين، في حين ينبغي التعبير عن مرور الشاحنات كنسبة مئوية من إجمالي المرور خلال ساعة التصميم. وفي المناطق الحضرية، يكون تكوين المرور أكثر تعقيدًا بشكل عام، مع وجود راكبي الدراجات وأجهزة التنقل الصغيرة والمشاة ومركبات النقل العام، بالإضافة إلى سيارات الركاب والشاحنات. ترد تفاصيل تكوين المرور في الجزء ٢,٣ من كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور).

٣-٣-٢-٤ تقدير الطلب المروري المستقبلي:

ينبغي أن يعتمد التصميم الهندسي للطرق الجديدة أو التحسينات على الطرق الحالية عادةً على أحجام المرور المستقبلية المتوقعة وليس على أحجام المرور الحالية. تم وصف منهجيات تقدير أحجام الحركة المستقبلية في الجزء (٢-٢) من كود الطرق السعودي ٢٠٣ (الدراسات الأولية).

٣-٣-٣ مفاهيم السرعة:

تعد السرعة أحد أهم العوامل التي يأخذها المتنقّلون في الاعتبار عند اختيار الطرق أو وسائل النقل البديلة. بالنسبة لتصميم الطرق، هناك اختلافات مهمة بين مواصفات التصميم المطبقة على تصميم الطرق المنخفضة أو العالية السرعة. تم تحديد الحد الأعلى للتصميم منخفض السرعة بـ ٧٠ كم/ساعة والحد الأدنى للتصميم عالي السرعة هو ٨٠ كم/ساعة.

١-٣-٣-٣ السرعة التشغيلية:

السرعة التشغيلية هي السرعة التي يتم بها ملاحظة السائقين أثناء تشغيل مركباتهم أثناء ظروف التدفق الحر، حيث تمثل النسبة المئوية ٨٥ لتوزيع السرعات المرصودة المقياس الأكثر استخدامًا لسرعة التشغيل لموقع معين أو ميزة هندسية.

٢-٣-٣-٣ سرعة السير:

تُعرف السرعة التي تنتقل بها مركبة فردية عبر جزء من الطريق السريع بسرعة السير. سرعة السير هي متوسط السرعة التي يتم الحفاظ عليها خلال جزء معين أثناء تحرك المركبة ويمكن حسابها عن طريق قسمة طول جزء الطريق على المدة الزمنية التي كانت فيها المركبة متحركة. يختلف متوسط سرعة الجري على طريق معين خلال اليوم، ويعتمد بشكل أساسي على حجم المرور. لذلك، عند الإشارة إلى سرعة السير، يجب الإشارة بوضوح إلى ما إذا كانت هذه السرعة تمثل ساعات الذروة، أو خارج ساعات الذروة، أو متوسط اليوم.

٣-٣-٣-٣ السرعة التصميمية:

السرعة التصميمية هي السرعة التي يتم اختيارها كأساس لتحديد عناصر التصميم الهندسي المناسبة لجزء معين من الطريق بحيث يتمكن السائقون من التنقُّل بأمان بهذه السرعة في ظل ظروف مثالية. يتم استخدام السرعة التصميمية لتحديد سمات التصميم الهندسي المختلفة للطريق. يجب أن تعكس السرعة التصميمية المحددة احتياجات جميع وسائل النقل المتوقع أن تستخدم الطريق.

في تصميم طريق طويل، من المستحسن تحديد سرعة تصميم موحدة. ومع ذلك، قد تتطلب التغييرات في التضاريس والضوابط المادية الأخرى تغييرًا في سرعة التصميم في أجزاء معينة. إذا كان الأمر كذلك، فيجب أن يتم اختيار سرعة تصميمية أقل على مسافة كافية على مراحل بمعدل ١٠ كم/ساعة للسماح للسائقين بتغيير السرعة تدريجيًا قبل الوصول إلى جزء الطريق بالسرعة التصميمية المنخفضة.

٤-٣-٣-٣ السرعة المسموحة:

السرعة المسموح بها هي السرعة القصوى التي يُسمح للمركبة بالسير بها نظاميًّ، كما هو الحال داخل منطقة معينة، أو على طريق معين، أو في ظل ظروف معينة. يمكن أن تكون السرعة التنظيمية أو النظامية العامة لفئة الطريق أو السرعة المعلنة. السرعة المعلنة أقل من الحد النظامي للسرعة الذي ينطبق عمومًا على فئة وظيفية للطرق، أي الطريق السريع والطريق المحلي وما إلى ذلك. دائمًا ما تكون السرعة النظامية والمعلنة مساوية للسرعة التصميمية أو أقل منها. يتم إبلاغ السائقين بالسرعة المعلنة من خلال لافتة حد السرعة في مواقع محددة وتكون صالحة لطول محدود من الطريق. تُذكر السرعة النظامية في قانون القيادة على الطرق وعادة ما يتم إبلاغها للسائقين عند نقاط الدخول على الطريق.

٥-٣-٣-٣ السرعة المستهدفة:

أظهرت التجربة أن هناك فجوة بين قيم التشغيل وسرعة التصميم مع تدهور الآثار على السلامة على الطرق. تسعى السرعة المستهدفة إلى سد هذه الفجوة من خلال تعزيز سرعة التشغيل المطلوبة. تعرّف السرعة المستهدفة على أنها أعلى سرعة يجب أن تعمل بها المركبات على طريق في سياق محدد، بما يتوافق مع مستوى النشاط متعدد الوسائط الناتج عن استخدامات الأراضي المجاورة، لتوفير كل من إمكانية التنقل للمركبات وبيئة آمنة للمشاة وراكبي الدراجات، ومستخدمي النقل العام. يتضمن المفهوم استخدام سرعة التشغيل المطلوبة (السرعة المستهدفة) كحد أقصى للسرعة المعلنة. يثبت نظام تصنيف الطرق السياقي الموضح في الجزء الفرعي (٢-٣-٤) أنه نهج مناسب لتصميم الطرق في المناطق الحضرية لتحقيق مفهوم السرعة المستهدفة.

٣-٤ المركبات التصميمية:

الضوابط الرئيسة في التصميم الهندسي للطرق هي الخصائص الفيزيائية ونسب المركبات ذات الأحجام المختلفة التي تستخدم الطريق. لذلك، من المناسب فحص جميع أنواع المركبات، وإنشاء مجموعات عامة للفئات، واختيار مركبات ذات أحجام تمثيلية داخل كل فئة لاستخدامها في التصميم. حُدّدت أربع فئات عامة من مركبات التصميم:

- سيارات الركاب الخاصة.
- الحافلات.
- الشاحنات.
- مركبات الترفيه.

عند تصميم أي مرفق للطرق، ينبغي على المصمم أن يأخذ في الاعتبار أكبر مركبة تصميم من المحتمل أن تستخدم تلك المنشأة بتكرار كبير أو مركبة تصميم ذات خصائص خاصة مناسبة لموقع معين عند تحديد تصميم الخصائص المهمة مثل نصف القطر عند التقاطعات ونصف قطر دوران الطرق.

٣-٤-١ سيّارات الركاب الخاصة:

سيارة الركاب هي مركبة بمحرك تم تصميمها أو تكييفها في المقام الأول لنقل الأشخاص على الطرق والشوارع. تتسع للسائق ولا يزيد عن ثمانية ركاب. معظم سيّارات الركاب والسيارّات العائلية والشاحنات الصغيرة وبعض شاحنات النقل الخفيفة هي مركبات ركاب. يسرد الجدول (٣-١) الحالات الأكثر شيوعًا لسيارات الركاب الخاصة بما في ذلك عدد المقاعد.

الجدول (٣–١) الحالات الشائعة لسيارات الركاب الخاصة.

نوع السيّارة	مقاعد جلوس (يشمل السائق)
سيّارة ذات بابين، سيّارة ذات أربعة أبواب، سيّارة عائلية، سيّارة رياضية، أو سيّارة فاخرة	من ١ إلى ٩
شاحنة النقل الخفيفة	من ١ إلى ٣
شاحنة صغيرة بمقصورة ممتدّة	من ٤ إلى ٩
سيّارة دفع رباعي رياضية	من ٤ إلى ٩
شاحنة صغيرة	من ١ إلى ٩

٣-٤-٢ مركبات تسير على عجلتين وتعمل بالطاقة:

يغطي مصطلح "مركبات تسير على عجلتين وتعمل بالطاقة" (PTW) مجموعة واسعة من المركبات بدءًا من الدراجات البخارية والدراجات البخارية وغيرها من الدراجات النارية ذات السعة الصغيرة، المثالية للرحلات الحضرية، إلى الطرازات المخصصة والرياضية والسياحية ذات السعة الكبيرة.

وقد شهدت هذه المركبات، منذ أوائل الثمانينات، تجربة تقنية وتصميمية هائلة تحسينات. لقد قام مصنعو الدراجات ذات العجلتين (PTW) بتطوير وتسويق منتجات أكثر أمانًا وأرخص، وأكثر اقتصاداً للتشغيل، وأكثر راحة. أصبح ركوب هذا النوع من المركبات أيضًا أسهل، واليوم، يمكن لمجموعة النماذج المتوفرة أن تلبي احتياجات المستخدمين الأكثر تنوعًا. الدراجات ذات العجلتين (PTW) هو الحل لتحديات الازدحام المروري وجودة الهواء الناجمة عن النقل الشخصي ونقل البضائع.

تعد الدراجات ثلاثية العجلات والسيارات الصغيرة والدراجات الرباعية التجارية الخفيفة أيضًا جزءًا من عائلة الدراجات ذات العجلتين (PTW).

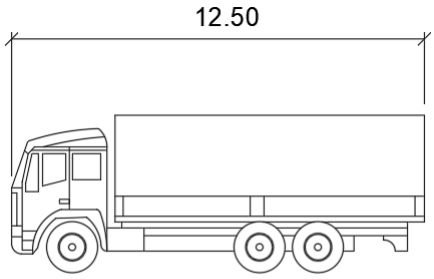
٣-٤-٣ المركبات الثقيلة:

تشير المركبات الثقيلة إلى المركبات ذات الحمولة القصوى المسموح بها والتي تتجاوز ٣,٥ طن. وهي مصممة لنقل البضائع أو الحمولات المتخصصة أو أداء أعمال نفعية أخرى. تختلف المركبات الثقيلة بشكل كبير من حيث الحجم والقوة والتكوين، ولكن الغالبية العظمى منها تتميز ببناء هيكل على إطار، مع مقصورة مستقلة عن جزء الحمولة الصافية للمركبة. قد تكون الأصناف الأصغر مشابهة ميكانيكيًا لبعض السيارات. يمكن أن تكون الشاحنات التجارية كبيرة جدًا وقوية وقد يتم تهيئتها لتُركّب بمعدات متخصصة، كما هو الحال في شاحنات النفايات وسيارات الإطفاء وخلاطات الخرسانة وحفارات الشفط. بالنسبة للمركبات الثقيلة، يجب استيفاء المتطلبات المبينة في الجدول (٣-٢).

الجدول (٣–٢) الحالات الشائعة للمركبات الثقيلة.

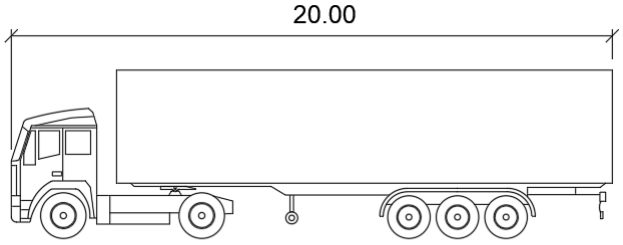
نوع المركبة الثقيلة	الطول	العرض	الارتفاع
شاحنة ذات وحدة واحدة	١٢,٥٠ م	٢,٦٠ م	٤,٥٠ م
حافلة			
جرّار شاحنات (يُشار اليها أحياناً بالقاطرة)	٢٠,٠٠ م		
نصف مقطورة			
شاحنة ومقطورة	٢٣,٠٠ م		

المتطلبات الموضحة أعلاه معروضة في أشكال المركبات التالية.



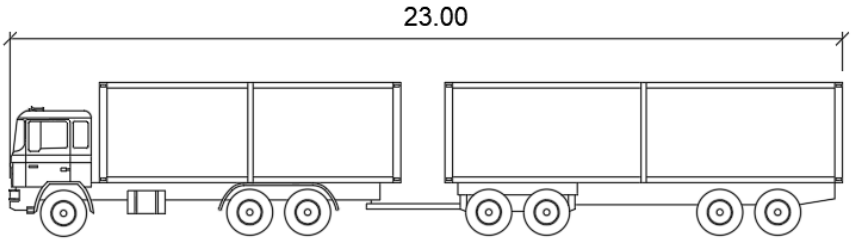
متر

العرض (حد أقصى) : 2.60
الطول (حد أقصى) : 12.50



متر

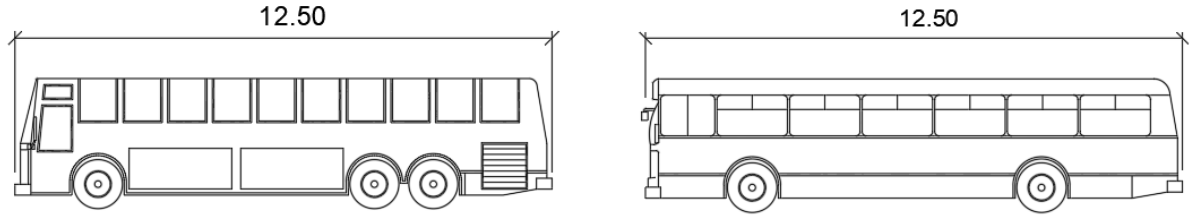
العرض (حد أقصى) : 2.60
الطول (حد أقصى) : 20.00



متر

العرض (حد أقصى) : 2.60
الطول (حد أقصى) : 23.00

الشكل (٣–١) الحجم الأقصى لشاحنة ذات وحدة واحدة، وجرّار ونصف مقطورة، وشاحنة ومقصورة.



متر

العرض (حد أقصى) : 2.60
الطول (حد أقصى) : 20.00

الشكل (٣–٢) الحجم الأقصى لحافلة.

يتم عرض الأبعاد والحد الأدنى لمسارات الانعطاف للمركبات المختلفة في الملحق أ. يمكن تطبيق برامج الحاسوب المتاحة تجارياً لاشتقاق مخططات مسار الانعطاف، بحيث يمكن للمصمم تحديد خصائص المسار لأي مركبة مختارة في حال اختلافها عن تلك المبينة في الملحق (أ-٤) الحد الأدنى من مسارات الدوران.

المركبات العسكرية تُصنف في فئات (حسب العرض النموذجي للمركبة)، والفئات الخمس التالية:

- فئة مركبات عسكرية بعرض ٢,٧٥ (عرض المركبة النموذجي يساوي ٢,٧٥ م).
- فئة مركبات عسكرية بعرض ٣,٠٠ (عرض المركبة النموذجي يساوي ٣,٠٠ م).
- فئة مركبات عسكرية بعرض ٣,٢٥ (عرض المركبة النموذجي يساوي ٣,٢٥ م).
- فئة مركبات عسكرية بعرض ٣,٥٠ (عرض المركبة النموذجي يساوي ٣,٥٠ م).
- فئة مركبات عسكرية بعرض ٣,٧٥ (عرض المركبة النموذجي يساوي ٣,٧٥ م).

تُستخدم هذه العروض النموذجية لتصميم القطاعات العرضية، والتي يتم استخدامها بواسطة المركبات المدنية والمركبات العسكرية. إذا كان عرض مركبة عسكرية بين فئتين، فيتم تخصيصها هذه المركبة للفئة الأعلى من فئتي العرض.

٣-٤-٤ المركبات الترفيهية:

المركبة الترفيهية تعني مركبة أو وحدة محمولة مصممة ليتم تثبيتها على هيكل وعجلات، والتي إما أن يكون لها قوة دافعة خاصة بها أو يتم تثبيتها أو سحبها بواسطة مركبة أخرى، مثل مقطورات السفر، أو المقطورات ذات العجلة الخامسة، أو مقطورات التخييم، أو بيوت المركبات، أو مركبات التخييم التي يمكن استخدامها كمسكن مؤقت أو مكان للنوم لإيواء موظفي القوى العاملة.

٣-٥ مستخدمو الطريق المعرضون للخطر:

٣-٥-١ المشاة:

تعتبر التجهيزات الخاصة بتنقل المشاة أحد الاعتبارات الرئيسة في تخطيط الطرق وتصميمها. يعد المشاة جزءًا من كل بيئة للطرق، وينبغي الانتباه إلى وجودهم، خاصة في المناطق الحضرية. تشمل مرافق المشاة ما يلي:

- الأرصفة.
- معابر المشاة.
- أجهزة التحكم المروري.
- منحدرات البردورة (الأرصفة المنخفضة والأرصفة المنحدرة).
- منحدرات للمشاة الأكبر سناً والأشخاص ذوي الإعاقة الحركية.
- محطات الحافلات أو مناطق التحميل الأخرى.
- أرصفة المشاة المفصولة رأسياً.
- الدرج، أو السلالم المتحركة أو المصاعد الخاصة بهذه المرافق.
- يمكن تطبيق التظليل (عند الاقتضاء).

عند توفير مرافق للمشاة، يجب أن تكون متاحة للأشخاص ذوي الإعاقة ويمكن استخدامها من قبلهم. يضمّن مزيد من الإرشادات حول التخطيط للمشاة في الجزء (٦-٢) من كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط).

٣-٥-٢ راكبو الدراجات:

تعتبر الدراجات وسيلة نقل مهمة يجب أخذها في الاعتبار عند عملية تصميم الطرق، خاصة في المناطق الحضرية. إن توفير مساحة تشغيل مخصصة لراكبي الدراجات يقلل من التعارض بين راكبي الدراجات والمشاة، وراكبي الدراجات والمركبات وقد يؤدي إلى تحسين عمليات المرور. يضمّن مزيد من الإرشادات للتخطيط لراكبي الدراجات في الجزء (٦-٣) من كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط).

٣-٥-٣ وسائل التنقل الصغيرة:

وسائل التنقل الصغيرة هو مصطلح عام يستخدم لوصف وسائط التنقل خفيفة الوزن التي تعمل بالطاقة البشرية أو التي تعمل بالطاقة الكهربائية مثل المتزلج الكهربائي وألواح التزلج الكهربائية والسكوتر الكهربائي والدراجات النارية الكهربائية والدراجات النارية محدودة السرعة. عادةً ما تُستخدم وسائل النقل هذه للرحلات القصيرة مقارنةً بالمركبة. وسائل التنقل الصغيرة خيار مثالي للقيام بذلك مع مزايا مثل:

١- الحد من الازدحام على الطرق لأن مستخدمي التنقل المشترك يمتلكون مركبات أقل بشكل عام. بالإضافة إلى ذلك، تستخدم المركبات ذات وسائل التنقل الصغيرة مساحة أقل بشكل ملحوظ.
٢- خفض تلوث الهواء لأن معظم أجهزة وسائل التنقل الصغيرة هي مركبات عديمة (صفرية) الانبعاثات.
٣- كونه جسرًا لفجوة الميل الأول والأخير في النقل العام.
٤- تقديم خيار نقل بأسعار معقولة مقارنة بامتلاك مركبة شخصية.

للحفاظ على سلامة كافة المشاة وأجهزة وسائل التنقل الصغيرة، يجب عدم استخدام وسائل التنقل الصغيرة - ويشمل ذلك عربات التزلج على الجليد الكهربائية، وألواح التزلج الكهربائية، والدراجات الكهربائية، والسكوتر الإلكتروني، والدراجات النارية، وألواح التزلج، والدراجات النارية ذات السرعة المحدودة أو الدراجات النارية - على الأرصفة، ومناطق المشاة وراكبي الدراجات المشتركة أو مسارات الدراجات أو المسارات الترفيهية في المدينة.

أنواع وسائل التنقل الصغيرة

وسائل التنقل الصغيرة كما يلي:

- الدراجة الكهربائية.
- دراجة تعمل بالطاقة.
- دراجة بمحرك.
- دراجة نارية/دراجة نارية محدودة السرعة.
- شحن الدراجة الكهربائية.
- السكوتر الإلكتروني.
- لوح تزلج كهربائي/لوح طيران كهربائي.
- الدراجة الهوائية أحادية العجلة.
- سيجواي.

أنواع الحركة الدقيقة		
ثنائية المحرك بمساعدة المحرك	بمساعدة الطاقة (الدراجة الإلكترونية)	الدراجة الإلكترونية
		
سكوتر الكتروني	شحن الدراجة الكهربائية	دراجة نارية/دراجة نارية محدودة السرعة
		
سيجواي.	الدراجة الهوائية أحادية العجلة	لوح تزلج كهربائي/لوح طيران كهربائي
		

الشكل (٣–٣) أنواع مركبات وسائل التنقل الصغيرة (Source: Vaughan, Canada 2022**).**

٣-٦ التحليل الاقتصادي لمشروع الطريق:

يعد التقييم الاقتصادي لمشاريع النقل عنصرًا حيويًا في عملية صنع القرار في استثمارات البنية التحتية للطرق. ويعتبر التقييم الاقتصادي لمشاريع الطرق أداة قيمة تسمح لصناع القرار بزيادة كفاءة السياسات، وتعظيم مساهمة النقل في الاقتصاد بشكل عام، وتحقيق علاقة أكثر أمانًا وتوازنًا بين أصحاب المصلحة في مجال النقل ومستخدمي الطرق، المجتمع، والبيئة. وبالنظر إلى أن الأموال المخصصة للبنية التحتية للطرق محدودة، يحتاج صناع القرار وأصحاب المصلحة في البنية التحتية للطرق إلى تحديد أولويات الأنشطة وبناء قراراتهم على الأدلة والبيانات، باستخدام المعايير المناسبة.

يضمّن مزيد من الإرشادات للتحليل الاقتصادي في الباب (٤) من كود الطرق السعودي ٢٠٣ (الدراسات الأولية).

٣-٧ دراسات ممر الطريق والتقييم البيئي:

٣-٧-١ بيانات الخلفية:

٣-٧-١-١ عام:

تعمل دراسة الممرات والتقييم البيئي كأساس "لاختيار" ممرات الطرق الجديدة أو للقرار بين تغيير موقع الطريق ومواصلة استخدام الطريق الحالي. تعكس الدراسات والقرارات المتعلقة ببدائل الطرق أهداف وغايات الجهة المسؤولة لتلبية الحاجة إلى مرافق نقل سريعة وآمنة وفعالة مع الأخذ في الاعتبار تكاليف إزالة أو تقليل التأثيرات السالبة على البيئة (الاجتماعية والاقتصادية والبيئية).

تتضمن دراسات الممرات الأنشطة التي تؤدي إلى اختيار موقع الطريق. تحدّد جميع البدائل المعقولة، وتجرى مقارنة تكاليفها وفوائدها وتأثيراتها البيئية النسبية. تشمل البدائل مواقع مختلفة جديدة أو ترقية الطريق الحالي.

لا يتم اتخاذ القرارات المتعلقة بنوع تحسين الطريق بناءً على اعتبارات النقل وحدها. على سبيل المثال، قد يوفر المعيار الأعلى أو الأدنى خدمة المرور المطلوبة، ولكن قد يتسبب في تأثير اجتماعي واقتصادي وبيئي (SEE) بشكل كبير. على سبيل المثال، قد لا يكون الوصول إلى الطريق الخاضع للتحكم ضروريًا لخدمة احتياجات النقل، ولكنه قد يحقق نتائج مفيدة. قد يؤدي التحكم في الوصول إلى توجيه التطوير المحتمل إلى مناطق أقل حساسية أو إلى مناطق أكثر توافقًا مع أهداف التخطيط لسلطات الاختصاص المحلية أو الوزارات الأخرى.

يعد إجراء تحقيق أولي شامل أمرًا ضروريًا لاتخاذ قرارات الممر بذكاء. إذا لم يتم تحديد الممر الأكثر جدوى وفعالية واقتصادية في هذه المرحلة، فلن يتمكن أي قدر من الجهد الهندسي من التغلب على أوجه القصور الكامنة. عند عرض مقارنات الممرات، من الضروري استخدام نفس البيانات الأساسية وطرق التحقيق والتقييم لكل ممر تمت دراسته.

٣-٧-١-٢ التنسيق بين الوزارات والمشاركة العامة:

بالإضافة إلى النظر في البدائل وتحديد ومراعاة تأثيرات (SEE) (الاجتماعية والاقتصادية والبيئية)، فإن العنصر الأساسي الثالث في عملية تخطيط وتطوير مشروع الجهة المسؤولة المختصة، هو مشاركة الجهات الأخرى والمسؤولين الحكوميين والمواطنين.

تتطلب الجهة المسؤولة المختصة إشراك الأطراف ذات الخبرة الخاصة أو الاهتمام في الوقت المناسب في تخطيط المشروع وتطويره. يتم إرسال الإخطار بأنشطة المشروع إلى المسؤولين في المناطق والمدن والبلدات والقرى، وإلى الوزارات والوكالات الأخرى ذات الاختصاص أو الخبرة الخاصة فيما يتعلق بالأراضي والمعالم المتأثرة. كما تطلب الجهة المسؤولة المختصة التنسيق مع خطط النقل الحضري وخطط المناطق الشاملة. يستخدم نموذج "إخطار النوايا" التالي، أو نموذج مشابه.

الجدول (٣–٣) الإخطار بنيّة بدء تخطيط المشروع وأنشطة التطوير (MoC, 1992).

إلى: الوكالة المناسبة

المشروع
الوصف:

الموقع (مع الخريطة المرفقة):

أي معلومات يمكن لوكالتك توفيرها بشأن هذا المشروع وآثاره الاجتماعية والاقتصادية والبيئية، ستكون موضع تقدير.

إرسال المعلومات إلى:
الجهة المسؤولة (مثل وزارة النقل واللوجستيات، الرياض، إلخ)
انتباه:

بعد الإخطار والمشاركة أعلاه، يتم عقد جلسة استماع عامة في كل مجتمع متأثر بمنشأة النقل. ويجوز أن يرأس هذه الجلسة أو الاجتماع مسؤول محلي أو ممثل عن السلطة المختصة.

جلسة الاستماع أو الاجتماع العام هي منتدى عام يعقد قبل أن تلتزم السلطة المختصة ببديل محدد. ويتم عقد مثل هذا المنتدى لضمان التقييم الكامل لدراسة آثاره الاجتماعية والاقتصادية المحتملة وتوفير فرصة للمشاركة الفعالة من قبل المسؤولين والمواطنين المهتمين. يشرح ممثل الوكالة نتائج الدراسات الهندسية ودراسات (SEE) ويسجل وجهات النظر الأخرى والمعلومات المحددة المتعلقة بالمشروع. ويبين الجدول (٣-٤) معظم الأنشطة التي تتطلب التنسيق والوزارات ذات الاختصاص أو الخبرة الخاصة لهذه الأنشطة.

الجدول (٣–٤) قائمة التنسيق بين الوزارات ذات الصلة بالمشروع.

الوكالة المعنية / السلطة / الوزارة أو المتطلبات		وزارة البيئة والمياه والزراعة (MEWA)	وزارة التجارة (MC)	وزارة الدفاع (MOD)	وزارة الصناعة والثروة المعدنية (MIM)	وزارة الطاقة (MOE)	وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان (MoMRAH)	وزارة الداخلية (MOI)	وزارة الخارجية (MOFA)	وزارة التعليم (MOE)	وزارة الاتصالات وتقنية المعلومات (MCIT)	أمير منطقة/الأمير	هيئة الاتصالات والفضاء والتقنية (CST)
	التربة/الجيولوجيا	x			x								
التنسيق	المزرعة والمراعي	x					x						
	الكلاسيكية القديمة								x	x			
	الواحات/مصادر المياه	x		x									
	جودة المياه	x		x							x		
	المنطقة الطبيعية	x		x			x						
	موطن الأنواع المعرضة للخطر	x		x									
	الحدائق/الاستجمام	x					x						
	ارض عسكرية			x									
	مدينة/بلدة/قرية						x	x				x	
	المناطق القروية	x					x	x				x	
	مطار		x	x									
	طريق السكك الحديدية		x	x	x						x		
	صناعة		x		x								
	المرفق			x		x							
	المسح الجوي			x	x		x				x		
	التحكم في الهواء/الضوضاء			x							x		
	الموارد المعدنية				x								
	مواقع دينية/مقابر							x			x	x	
الاستشارة العامة	الإشعار	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

٣-٧-١-٣ البيانات الأولية:

المرور:

يوفّر متوسط المرور السنوي اليومي (AADT) اللازم لتقييم القدرة الاستيعابية المحتملة للطرق الحالية، أو لتقييم مقترحات الطرق وسمات التصميم خلال المراحل اللاحقة من الدراسة من قبل السلطة المختصة أو الحصول عليها من خلال تطبيق عامل تقدير المرور لمدة ٢٠ عامًا متوسط المرور السنوي اليومي الحالي.

يضمّن مزيد من الإرشادات حول المرور في كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور).

نقاط التحكم الطرفية (محطة بداية ونهاية المسار):

عادة ما تختار محطات طرفي الطريق (محطة بداية المسار ونهايته) قبل الموافقة على دراسة الاستطلاع. إذا لم يتم تحديد محطات نهائية محددة، فينبغي استخدام بيانات المسح المروري لتحديد هذه النقاط.

الأعمال المساحية ورسم الخرائط:

يحدّد نوع وحجم الخرائط المطلوبة للدراسة حسب كثافة التضاريس واستخدام الأراضي في منطقة ممر الطريق. لابد أن تكون الخرائط كاملة وحديثة وتعطي تفاصيل كاملة عن التضاريس والسمات الجغرافية الطبيعية.

يمكن استخدام الصور الفوتوغرافية الرقمية لإظهار الممرات أو أجزاء من الممرات.

قد تكون الصور الجوية والخرائط التخطيطية والخرائط الطبوغرافية والخرائط الجيولوجية والخرائط الجيوفيزيائية متاحة، وفي بعض الحالات، ستوفر معلومات كافية للتحقيق الأولي. المصادر المحتملة لهذه الخرائط والصور الفوتوغرافية وغيرها هي كما يلي:

- وزارة النقل والخدمات اللوجستية.
- وزارة الصناعة والثروة المعدنية.
- المهندسون الاستشاريون (مكاتب الخدمات الهندسية، مثلاً).
- شركة أرامكو السعودية.
- الهيئة الجيوديسية السعودية العامة للمساحة والإرشادات الجيومكانية (GASGI).
- وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان.

يضمّن مزيد من الإرشادات حول رسم الخرائط الأرضية والجوية في كود الطرق السعودي ٢٠٢ (الأعمال المساحية ورسم الخرائط).

٣-٧-٢ معلومات يجب الحصول عليها أثناء الدراسة:

يجب تطوير المعلومات التالية لكل ممر تمت دراسته:

عناصر التصميم الهندسي المقترح:

يجب أن تؤخذ سمات التصميم الهندسي المقترح مثل فئة الطريق والمحاذاة (المسار الرأسي والأفقي والقطاع العرضي النموذجي وما إلى ذلك) وفقًا للإرشادات الحالية.

أنشطة استخدامات الأراضي:

تحديد ووصف الملكية العامة والأنشطة الرئيسية التي تحدث على الأرض في منطقة الدراسة. وصف كافة الأراضي والمرافق المملوكة للحكومة.

الجيولوجيا:

وصف جيولوجية منطقة الدراسة باستخدام الخريطة الجيولوجية إذا كانت متوفرة، وتفسير وإظهار علاقة الجيولوجيا بالمسار المقترح. تشمل مناطق الكثبان الرملية والانهيارات الأرضية؛ خصائص الصخور الصلبة. خصائص المواد غير المتماسكة. وتوافر مواد انشاء الطرق (نوع الرواسب والكمية والنوعية).يضمّن مزيد من الإرشادات حول الجيولوجيا في الباب (٥) من كود الطرق السعودي ٢٠٣ (الدراسات الأولية).

الطبوغرافيا:

وصف تضاريس منطقة الدراسة.

الهيدرولوجيا – المناخ:

جمع البيانات الهيدرولوجية وفقًا للباب (٢) من كود الطرق السعودي ٣٠٢ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها – الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي).

النشاط الاقتصادي:

وصف اقتصاد منطقة الدراسة ويشمل ذلك الصناعات الرئيسة.

البيانات البيولوجية:

إعطاء التوزيع الخُضري العام. وصِف أي حياة برية قد تسكن المنطقة.

البيانات الاجتماعية:

وصف توزيع السكان، والفرص الترفيهية، والخدمات العامة، والأنشطة الاجتماعية الأخرى ذات الصلة.

٣-٧-٣ الاستقصاء الميداني:

المسوحات المرورية:

إذا لم تكن المعلومات متوفرة، فقد تكون استطلاعات المرور ضرورية لتقييم حركة المرور الحالية وتقدير حركة المرور المستقبلية، وفقًا لكود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور).

المسوحات الميدانية:

قد تكون المسوحات الأرضية و/أو المسوحات التصويرية ضرورية لتحديد الخصائص الجغرافية الطبيعية للطرق القائمة وللحصول على معلومات لاستخدامها في تقييم ممرات الطرق البديلة.

المقابر والمساجد:

يتم إجراء مسح ميداني في كل ممر قيد النظر لتحديد وجود قبور أو مدافن أو مساجد. يجب توثيق هذا المسح ونتائجه في تقرير الدراسة الاستطلاعية.

الآثار والمواقع التاريخية:

سيقوم موظفو المشروع بالاتصال بوزير التربية والتعليم ورئيس المجلس الأعلى للآثار و/أو أي سلطة مختصة أخرى أثناء مرحلة تقييم الممر لتحديد ما إذا كان يتم النظر في أي مناطق أثرية معروفة أو مباني تاريخية داخل كل ممر.

سيتم إجراء مسح ميداني في كل ممر قيد النظر من قبل أشخاص لديهم معرفة بالمعالم والمواقع الأثرية أو التاريخية.

أخرى:

قد تكون أعمال الاستقصاء الميداني ضرورية لتقييم السمات التالية لمنطقة الدراسة بدقة.

- التضاريس
- الجيولوجيا.
- الهيدرولوجيا.
- أنشطة استخدامات الأراضي.
- البيانات البيولوجية.
- البيانات الاجتماعية.

٣-٧-٤ تقييم ممر الطريق:

الآثار الاجتماعية والبيئية

ينبغي لكل مقارنة بين الممرات البديلة التمثيلية أن تتضمن النظر في المحددات الاجتماعية والبيئية المذكورة أدناه:

- الماء.
- الأرض.
- الغطاء النباتي.
- الحياة البرية.
- الأراضي الزراعية.
- الموارد الطبيعية.
- الاقتصاديات.
- الخدمات العامة.
- المناطق الأثرية/التاريخية.
- الهواء.
- الضوضاء.
- الضوء والوهج.
- استخدام الأراضي.
- خطر الانزعاج.
- السكان.
- الإسكان.
- النقل/التداول.
- الطاقة.
- المرافق
- صحة الإنسان.
- الجماليات.
- الاستجمام.

يختلف الاعتبار المعطى لكل محدد حسب طبيعة وحجم المشروع المقترح وخصائص منطقة الدراسة. لمزيد من الإرشادات، يرجى الرجوع إلى كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط) وكود الطرق السعودي ٢٠٣ (الدراسات الأولية).

٣-٧-٥ تقرير الدراسة الاستطلاعية:

الغرض من تقرير الدراسة الاستطلاعية هو تزويد الجهة المسؤولة بالمعلومات التي تم تجميعها خلال مرحلة دراسات الممر والتقييم البيئي لتطوير المشروع. ويجب إعداد تقرير يحتوي على المعلومات التالية.

٣-٧-٥-١ التحليل:

تضمّن الأقسام التالية ضمن التحليل:

١- **مقدمة**

ذكر السلطة التي يمكنها القيام بهذا العمل. وصف موجز لنطاق المشروع والغرض من الإجراء المقترح والحاجة إليه.

٢- **مقارنة البدائل**

نطاق وطبيعة العمل:

وصف الموقع العام، والطول، وفئة الطريق، والعناصر الهندسية (الجيومتريّة) المقترحة، وعناصر التصميم العامة، والتكلفة المقدرة لكل ممر. تقديم أي حقائق أخرى من شأنها أن تعطي فهما لنطاق وطبيعة العمل.

بيئة المشروع:

وصف الإعداد المادي لكل أنشطة استخدام الأراضي في الممر، والجيولوجيا، والتضاريس، وما إلى ذلك.

التأثيرات الاجتماعية والبيئية:

يتضمن هذا الجزء من تقرير الاستطلاع الإرشادات التي تم تطويرها في كود الطرق السعودي ٧٠١ (الجوانب البيئية للطرق).

٣-٧-٥-٢ التوصيات:

ينبغي إدراج ما يلي ضمن التوصيات:

ممر الطريق الموصى به:

وصف الممر الموصى به للاختيار وتقديم الأسباب الداعمة للإجراء المقترح.

توصيات لمزيد من الدراسة:

إدراج أي عناصر تمت ملاحظتها أثناء دراسات الاستطلاع والتي تتطلب مزيدًا من الدراسة.

٣-٨ الأعمال المساحية ورسم الخرائط:

٣-٨-١ الأعمال المساحية:

تم تضمين الإرشادات ذات الصلة بالمسوحات في كود الطرق السعودي ٢٠٢ (الأعمال المساحية ورسم الخرائط).

٣-٨-٢ رسم الخرائط:

تم تضمين الإرشادات ذات الصلة لرسم الخرائط في كود الطرق السعودي ٢٠٢ (الأعمال المساحية ورسم الخرائط).

٣-٩ موقع الخط المركزي للطريق والتصميم الأولي:

٣-٩-١ مقدمة:

اختيار موقع مسار الطريق هو فن اختيار أفضل خط مركزي لمحور الطريق ضمن ممر تم إنشاؤه مسبقًا. يمكن تقسيم عملية اختيار الموقع إلى أربع خطوات على النحو التالي:

- اختيار المسار لتضييق نطاق اختيار المسارات الممكنة إلى أفضل مسار أو مسارين.
- إعداد خرائط ذات مقياس كبير لتشمل المسارات المختارة.
- إسقاط الخطوط المركزية (المسارات المختارة) على خرائط المقياس الكبير.
- المسح الميداني لنقل موقع مسار الطريق من الخريطة إلى الأرض.

٣-٩-٢ اختيار مسار الطريق:

٣-٩-٢-١ المراجعة المكتبية والميدانية:

يجب مراجعة المراسلات والتقارير والبيانات الهندسية والبيانات البيئية والخرائط والصور الجوية التي تم تطويرها خلال دراسات الممر بشكل تفصيلي من قبل مهندس المختص. الغرض من هذه المراجعة هو التعرف على الأهداف الرئيسة للطريق ومتطلباته الهندسية مثل:

- نقاط التحكم الطرفية (محطتي البداية والنهاية) للطريق المقترح.
- فئة الطريق.
- المرور المقدّر في سنة التصميم.
- المواصفات الهندسية للطريق المقترح.

ويجب بعد ذلك إجراء مراجعة ميدانية للممر من قبل مهندس الطريق. يجب منح الفرصة للآخرين الذين لديهم اهتمامات أو مسؤوليات كبيرة فيما يتعلق بالموقع النهائي للطريق، مثل المسؤولين المحليين وممثلي وكالة الطرق المختصة أو الوزارات الأخرى المتأثرة بالموقع، للمشاركة في هذه المراجعة. الغرض الرئيس من المراجعة الميدانية هو تحديد نقاط التحكم الرئيسية والثانوية التي قد تؤثر على الموقع. يمكن أن تكون هذه من نوعين عامين: الضوابط الطبيعية والضوابط التي من صنع الإنسان.

تشمل الضوابط الطبيعية الممرات الملائمة في الجبال، ومواقع الجسور الجيدة، وظروف التربة الجيولوجية المواتية. وعلى العكس من ذلك فإن المستنقعات ومناطق الانهيارات الأرضية والمناطق ذات التربة السيئة والسبخات والكثبان الرملية تعتبر من الضوابط السلبية ويجب تجنبها.

تشمل الضوابط البشرية (الضوابط التي من صنع الإنسان) المدن والبلدات والسدود والقنوات والطرق السريعة والسكك الحديدية والمطارات والمرافق والمزارع والمساكن والصناعات والمتنزهات والمرافق الترفيهية والمباني العامة والمعالم الأثرية والمساجد والمقابر والمواقع التاريخية أو الأثرية. وقد تكون هذه الضوابط إيجابية أو سلبية. على سبيل المثال، قد يمر طريق جديد عبر قرية أو بالقرب منها لتوفير خدمات النقل.

ومن ناحية أخرى، يجب تجنب المقابر والمواقع الأثرية.

٣-٩-٢-٢ دراسات الخريطة:

قد تكون الخرائط المستخدمة أثناء دراسات الممرات كافية لدراسات اختيار المسار. وإذا لم تكن كافية، يحدّد مهندس الطريق خلال المراجعة الميدانية الخرائط الإضافية اللازمة للدراسة الكافية.

٣-٩-٢-٣ اعتبارات المحاذاة:

ينبغي أن تكون المحاذاة بين نقاط التحكم عالية المستوى بما يتناسب مع التضاريس وحركة المرور الحالية وحركة المرور المستقبلية المتوقعة. ينبغي أن تتدفق المحاذاة الأفقية مع خطوط الكنتور للأرض الطبيعية. ينبغي تجنب التغيرات المفاجئة بين منحنيات ذات أنصاف أقطار بقيم مختلفة على نطاق شاسع أو بين الأجزاء المستقيمة الطويلة والمنحنيات الحادة باستخدام منحنيات ذات أنصاف أقطار متزايدة أو متناقصة تدريجيًا (اتساق المحاذاة الأفقية). على الطرق متعددة المسارات في التضاريس المستوية، تُفضل المنحنيات الطويلة ذات نصف القطر الكبير على الأجزاء المستقيمة الطويلة المتصلة بمنحنيات حادة. على الطرق ذات المسارين، يمكن توفير مسافة الرؤية للتجاوز إما عن طريق منحنيات مسطّحة جدًا أو أجزاء مستقيمة. عندما تتطابق منحنيات القمة الرأسية والمنحنيات الأفقية، ينبغي أن تكون مسافة الرؤية للتوقف أعلى من الحد الأدنى، وينبغي التحقق من العلاقة بين مسافة الرؤية الأفقية والرأسية للتأكد من أن المنحنى الأفقي مرئي للسائقين المقتربين.

في بعض الأحيان، قد يتطلب مظهر الطريق تصميمًا هندسيًا أفضل مما تتطلبه حركة المرور. على سبيل المثال، زاوية حادّة جدًا بين الأجزاء المستقيمة، مثلاً ٩ درجات أو أقل، ينبغي تدويرها بمنحنى طوله ٣٠٠ متر على الأقل.

على الطرق متعددة المسارات، ينبغي النظر في المحاذاة الافقية المستقلة عن المحاذاة الرأسية كبديل لتصميم الخط المركزي المتماثل. في كثير من الحالات، يكون تصميم الطريق بمحاذاة افقية ورأسية مستقلتين أكثر اقتصاداً ولها تأثير أقل على البيئة.

٣-٩-٢-٤ مسارات بديلة بممر الطريق:

تكشف الدراسة المتزامنة للخرائط الرقمية الطبوغرافية والصور الجوية عن المسارات المحتملة التي يجب اتباعها والحواجز التي ينبغي تجنبها. في المناطق الجبلية، تعتبر التلال والوديان طرقًا ممتازة إذا كانت تقود في الاتجاه الصحيح. وأصعب المواقع هي تلك التي تعبر مصرف مائي طبيعي، أو التي تقع في تضاريس غير منتظمة حيث لا يكون للأودية اتجاه واضح المعالم. ينبغي فحص جميع المواقع المحتملة. قد يتم التخلص من بعضها على الفور باعتبارها غير عملية. وينبغي رسم تلك التي تم اختيارها للنظر فيها على خرائط الممرات باستخدام ألوان أو رموز خطية مختلفة.

يتم تقييم البدائل التي تم تحديدها خلال الدراسة المكتبية على أنها مجدية ميدانياً. ويمكن تحديد معظم البدائل بسهولة على أرض الواقع من خلال الخرائط وفحص الصور الجوية. إذا لم يكن الأمر كذلك، فقد يكون من الضروري إجراء مسح كافٍ لتحديد الخط المركزي المقترح بدقة معقولة. تتوفر اليوم العديد من الأدوات التكنولوجية لهذا الغرض (انظر الجزء ٢-٩ من كود الطرق السعودي ٢٠٢ (الأعمال المساحية ورسم الخرائط)).

تختلف طريقة إجراء التقييم الميداني التفصيلي للمسارات البديلة باختلاف التضاريس ووسائل الوصول. عندما توفر الطرق أو الممرات القائمة وصولاً للمركبات، فقد يكون من الممكن مراجعة معظم البدائل مع القليل من المشي. عندما يتعلق الأمر بمسافات طويلة مع وصول محدود أو معدوم للمركبات، فقد يكون من المرغوب فيه عرض المسارات من موفري الخرائط مثل (Google Earth) و(Bing Maps) و(Apple Maps) وما إلى ذلك. ويمكن إجراء مراجعة تفصيلية للعديد من البدائل بهذه الطريقة في وقت قصير الى حدٍّ معقول. ينبغي مراجعة كافة المناطق الحرجة من مسافة قريبة سيرًا على الأقدام للتأكد من قبول (أو رفض) كل موقع مقترح.

يمكّن التقييم الميداني مهندس الطرق من اختيار أفضل مسار، أو مسارين أو ربما ثلاثة، بممر الطريق المقترح وتضييق منطقة الدراسة إلى شريط يبلغ عرضه واحد أو اثنين كيلومتر فقط. الخطوة التالية في الموقع هي رسم خريطة لهذا الشريط على مقياس كبير.

٣-٩-٣ رسم الخرائط ذات المقياس الكبير:

هناك طريقتان للحصول على خريطة شريطية بمقياس كبير، المسوحات الأرضية التقليدية والمسح التصويري. تطوّر هذه الخرائط ذات المقياس الكبير وفقًا للجزء (١٧-١) من كود الطرق السعودي ٢٠٢ (الأعمال المساحية ورسم الخرائط).

رسم الخرائط التصويرية له العديد من المزايا. وعادة ما تكون الخرائط أكثر دقة من تلك المنتجة طرق المسح الأرضي وتظهر ت. تعد الصور الجوية المصاحبة مصدرًا جيدًا للمعلومات لتقييم التأثير البيئي ومتطلبات حق المرور.

تتسم الخرائط التصويرية بالعديد من المزايا. عادة ما تكون الخرائط أكثر دقة من تلك المنتجة بطرق المسح الأرضي كما انها تظهر تفاصيل أكثر. الصور الجوية المصاحبة تعتبر مصدرًا جيدًا للمعلومات لتقييم الأثر البيئي ومتطلبات حرم الطريق.

٣-٩-٤ إسقاط الخط المركزي للطريق:

الإسقاط هو عملية رسم الخط المركزي المقترح للطريق (أو الخطوط المركزية حيث يتم النظر في أكثر من بديل واحد) على خريطة طبوغرافية ذات مقياس كبير، ومن ثم رسم قطاع طولي profile مبينّ عليه خط التحدُّر الطولي (الميل الطولي) للطريق. الهدف من الإسقاط هو الحصول على أفضل جمع مرضي للمحاذاة والميول الطولية وفق ظروف التضاريس ومواصفات التصميم المعمول بها.

تحدد المواصفات الهندسية للطريق المقترح حسب الفئة والمرور لسنة التصميم والتضاريس وتكاليف الإنشاء. وتستخدم المعايير الهندسية الموصوفة في المجلد الحالي لإسقاط الخط المركزي.

ولا فرق بين أن تكون الخريطة التي تم الإسقاط عليها قد تم إنتاجها عن طريق المسح الأرضي أو طرق المسح التصويري أو غيرها من الطرق (المسح بالليزر، وما إلى ذلك)؛ تكون عملية الإسقاط متطابقةً في جميع الحالات. يعد إسقاط الطريق إلى حد كبير عملية تقريبية متتالية، حيث تعطي كل تجربة خطة أكثر دقة واقتصادية، ضمن الحدود، بحيث أنه كلما زاد الوقت المستغرق في الإسقاط، كانت النتيجة النهائية أفضل.

اثنان من أهم الاعتبارات في اختيار إسقاط الخط المركزي للطريق المقترح هما:

- السمات الجغرافية الطبيعية للمنطقة.
- مدى ارتباط هذه السمات بضوابط التصميم الهندسي (الجيومتري).

السمات الطبيعية التي تؤثر على إسقاط الخط المركزي للمسار تشمل التضاريس وظروف الأرض (التربة) واستخدام الأراضي المحيطة. يجب أيضًا مراعاة أي آثار بيئية محتملة ناتجة عن إنشاء طريق جديد. أولاً، يقوم مصمم الطرق بمراجعة الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية والتربة بالإضافة إلى الصور الجوية المتوفرة للمنطقة.

يتأثر النهج الأول لمحاذاة الطريق بشكل أساسي بالتضاريس. بشكل عام، يتم تصنيف تضاريس أو طوبوغرافية المنطقة على أنها منبسطة أو تلالية أو جبلية. في التضاريس المنبسطة، يتأثر اختيار مسار الطريق بشكل أساسي بعوامل مثل تكلفة حرم الطريق، واستخدام الأراضي والممرات المائية التي قد تتطلب جسورًا باهظة الثمن والطرق القائمة والسكك الحديدية وظروف الأرض السفلية. في التضاريس التلالية والجبلية، يجب مراعاة عوامل مختلفة، ويشمل ذلك:

- الانحناء الأفقي.
- الميول الطولية.
- ارتفاع أعمال الحفر والردم.
- الهياكل اللازمة لصرف المياه.

تبعاً للنهج الأول، يبحث المصمم عن الظروف التي تتطلب تغييرات مفاجئة في المحاذاة. على سبيل المثال، يجب تجنب المناطق التي تتطلب ربط أجزاء مستقيمة طويلة بمنحنيات حادة. المناطق المعرضة للفيضانات أو الانهيارات الثلجية تجعل إنشاء الطرق أمرًا صعبًا و/أو مكلفًا و/أو غير آمن.

عادة، يتم التحقيق في عدة عوامل محاذاة أولية. اختيار المحاذاة هو عملية تجربة وخطأ، حيث يتم فحص المحاذاة المقترحة للتأكد من امتثالها لمعايير التحكم الأفقية والرأسية، وأعمال الحفر المنتجة (أعمال الحفر والردم)، والهياكل المطلوبة (الجسور والأنفاق، إلخ) والقضايا الجيوتقنية/البيئية. يعتمد اختيار المواءمة النهائية على مقارنة التكاليف والآثار البيئية والاجتماعية.

يوجد حاليًا العديد من حزم البرامج في السوق التي تسهّل إسقاط الخط المركزي بشكل كبير من خلال تزويد المصممين بالأدوات اللازمة للمحاذاة الأفقية وتفاعلها مع القطاع الطولي (المحاذاة الرأسية) وبالتالي دمج التصميم ثلاثي الأبعاد مع الأخذ في الاعتبار أيضاً المسح الطبوغرافي المتوفر.

٣-٩-٤-١ المواقع في التضاريس المنبسطة:

يحدد المصمم أولاً نقاط التحكم الحرجة بشكل بارز على الخريطة الرقمية ذات المقياس الكبير المعروضة على وسيلة عرض مناسبة (شاشة العرض). بعد ذلك، تُرسم محاذاة تجريبية واحدة أو أكثر على الخريطة، ويشمل ذلك الخطوط المستقيمة والمنحنيات وفق حدود التصميم الهندسي الأفقي. تفحص هذه المحاذاة التجريبية بشكل انتقادي، ومن ثم، يعاد رسم أفضلها عن طريق تعديل منحنيات التصميم الهندسي عليها. يتم بعد ذلك حساب ورسم القطاع الطولي للأرض الطبيعية تلقائيًا من نموذج التضاريس الرقمي (DTM).

بعد ذلك، يتابع المصمم تصميم القطاع الطولي وتحديد المنسوب النهائي للطريق مع الأخذ في الاعتبار ما يلي:

- توفير الخلوص الرأسي المطلوب للمعابر العلوية للطرق وهياكل السكك الحديدية.
- توفير منسوب لحافة الكتف ٠,٠٥ متر على الأقل فوق ارتفاع مستوى الماء المتوقع.
- توفير خلوص رأسي كافٍ فوق مجاري المياه أو الأودية لتمرير التصريف التصميمي.
- استخدام ميل طولي لا يقل عن ٠,٥ بالمائة كحد أدنى في أعمال الحفر و٠,٢٥ بالمائة كحد أدنى مطلق (٠,٥٠ بالمائة مرغوب فيه) في الأجزاء المُعبّدة.

قد يقترح هذا الفحص تغييرات تصبح أساسًا لإسقاط تجريبي آخر. تجرى العديد من الإسقاطات التجريبية حسب ما المصمم ضرورياً لتناسب التضاريس والمتطلبات.

في هذه المرحلة (لاختيار وتحديد) الموقع، يجب على المصمم الانتباه إلى الترابط الهندسي لمحاذاة الطريق الأفقية والرأسية، وتجنب المنحنيات الأفقية والرأسية " المكسورة الظهر" ، أو منحنيين في نفس الاتجاه مرتبطين بجزء مستقيم (مماس) قصير وانعكاسات حادة. إن محاذاة منحنيات الجهة اليمنى واليسرى بالتناوب هي الأكثر إرضاءً للعين والأكثر طبيعية في القيادة. وكما سبق ذكره، ينفذ الإجراء المذكور أعلاه حاليًا من خلال استخدام برامج تصميم الطرق وحزم التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD).

٣-٩-٤-٢ المواقع في التضاريس التلالية أو الجبلية:

حتى في المناطق الوعرة، من النادر تطبيق الميول الطولية القصوى الطويلة والمستمرة. في العادة، يتكون الموقع المعتاد من سلسلة ميول طولية قصوى، لا يزيد طول كل منها عادة عن ٢ كم إلى ٤ كم، مع وجود ميول طولية أكثر استواءً أو "ارتخاء" بينها. يتم اسقاط الاجزاء المسطحة التي تحتوي على ميول طولية متدنية، كما هو موضح سابقًا.

بالنسبة للأجزاء في المناطق التلالية أو الجبلية حيث ينبغي استخدام ميول طولية قصوى، ينبغي محاولة إبقاء الميول الطولية أقل من الحد الأقصى للسماح بنسبة ١٪ أو ٢٪ تقريبًا، وذلك لتعويض تخفيض الميول الطولية على المنحنيات الحادة أو عند تطبيق المنحنيات على أجزاء مستقيمة بزاوية حادة.

في المناطق الجبلية، حيث يتم تطبيق منحنيات أفقية بأنصاف أقطار صغيرة، ينبغي محاولة ابقاء الميول الطولية أقل من الحد الأقصى ١٪ أو ٣٪، وذلك للتعويض عن زيادة مقاومة الطريق وفقدان الزخم.

تتمثل إحدى الصعوبات الشائعة في المناطق شديدة الانحدار في استعصاء التقاط منحدرات الردم. نادرًا ما يكون من الممكن إنشاء أعمال ردم مستقرة بميول أكثر انحدارًا من ١ ½ إلى ١. إذا كان الميل الطبيعي لمنحدر جبلي ١ ½ إلى ١ أو أكثر انحدارًا، فلن يلتقط منحدر الردم حتى يصل إلى الأرض المسطحة، والتي قد تكون في بعض الأماكن أقل من ميول الطولية الطريق. إن مثل هذه "الحشوات الفضية" الطويلة غير موثوقة ومكلفة في الإنشاء. البدائل هي:

- اعتراض المنحدر بجدار استنادي.
- جعل الميل أكثر انحداراً باستخدام السدود المسلحة.
- تحويل الخط المركزي إلى جانب التل بحيث يصبح الطريق محفورًا بالكامل.

يجب فحص كل موقع جبلي لتحديد ما إذا كانت الردميات ستسد الصرف الطبيعي، وهو أمر شائع عندما يتبع الموقع مجرى جبلي أو وادي. يجب أن يكون المنحدر الذي يمتد إلى الوادي مكسياً بالحجارة بشدة أو محميًا بجدار استنادي لمنع تقويضه.

٣-٩-٥ تقييم الخط المركزي والتصميم الأولي:

تقرير التصميم الأولي هو ملخص لدراسات التصميم المسبق ويتطلب موافقة وكالة الطرق المختصة قبل أن يبدأ التصميم النهائي للمشروع. يجب أن يتضمن هذا التقرير تقييمًا تفصيليًا لكافة المواقع المحتملة داخل الممر المعتمد وتوصية المهندس بالموقع الأفضل.

٣-٩-٥-١ الخط المركزي البديل:

يعتمد عدد البدائل الممكنة داخل الممر على العديد من العوامل؛ ومع ذلك، كقاعدة عامة، يجب ألا يتجاوز العدد النهائي خمسة ويفضل ثلاثة فقط. يعتمد تثبيت هذه البدائل بالأوتاد (staking) (أو عدمه) على طريقة المهندس في الحصول على بيانات التضاريس. يجب الحصول على بيانات كافية عن التضاريس بحيث يمكن تقدير كميات الأعمال الترابية الأولية لكل بديل. يجب تحديد أنواع ومواقع المحوّل، إن وجدت. كما أنه يجب تحديد موقع وحجم هياكل الصرف الرئيسة.

٣-٩-٥-٢ مقارنة المسارات البديلة:

ومن الضروري استخدام نفس الأساليب والعوامل في تقييم البدائل. على سبيل المثال، إذا تم استخدام القطاعات العرضية لتقدير الأعمال الترابية على بديل واحد، فيجب استخدامها على الآخرين.

من أجل إجراء مقارنة حقيقية لتكاليف الانشاء البديلة، يجب إدراج بعض العناصر الرئيسية. وهي كالتالي:

- كميات الأعمال الترابية: حفر واستعارة وردم (الدقة: ± ١٥٪ من الكمية النهائية).
- الجسور (الدقة: ± ٥ م من الطول النهائي).
- هيكل الرصف. طبقة ما تحت الاساس والاساس والطبقة السطحية (الدقة: ± ١٠ بالمائة من الكميات النهائية.
- قنوات الصرف (الدقة: ± ١٠ بالمائة من الكميات النهائية).
- المحوّلات وهياكل التقاطعات المنفصلة رأسياً؛ المنشآت (الدقة: ± ٥ م من الطول النهائي) والمنحدرات (الدقة: الأعمال الترابية ١٥ بالمائة من الكمية النهائية؛ الرصف ١٠ بالمائة من الكمية النهائية).
- الأنفاق (الدقة: ± ٥ م من الطول النهائي).
- حرم الطريق (التكلفة الإجمالية).

تعد الدقة النسبية للتقديرات مهمة لأنها عوامل رئيسة في اختيار الخط المركزي النهائي.

٣-٩-٥-٣ تقرير التصميم الأولي:

يلخص هذا التقرير الأنشطة الهندسية التي حدثت بعد موافقة وكالة الطرق على تقرير الاستطلاع ويقدم توصيات المهندس بشأن أفضل مسار للطريق. لتعجيل المراجعة من قبل الجهة المسؤولة، يمكن اتباع الصيغة التالية (غير حصري):

الغلاف:

يجب أن يتضمن الغلاف المعلومات التالية:

- اسم الجهة المسؤولة.
- اسم المشروع.
- رقم الطريق.
- محطة المشروع.
- اسم المهندس.
- اسم التقرير: أي تقرير التصميم الأولي (نطاق العمل لا يتجاوز سبع كلمات).

جدول المحتويات

مقدمة:

وصف موجز للمشروع ويشمل ذلك المحطة، والجدول الزمني لتطوير فئة الطرق، ونوع المنشأة. نسخ من المراسلات المهمة، مثل تلك التي تسمح بالدراسة. يجب أن تضمّن هذه العناصر المدرجة (عدد ثلاثة عشر) للموافقة عليها في الجزء٧-٢ والقابلة للتطبيق في ملحق تقرير التصميم الأولي.

ملخص التوصيات:

مراجعة موجزة للبدائل وتوصية بأفضل موقع خط مركزي.

وصف البدائل:

وصف مفصل لكل بديل. يمكن استخدام الخرائط الطبوغرافية والفسيفساء الضوئية وصور الأقمار الصناعية والرسومات المعمارية والصور لإظهار البيانات التالية خاصة في شكل رقمي:

- الطول.
- المحاذاة الأفقية والرأسية.
- مواقع المحوّلات.
- أنواع الجسور ومواقعها.
- أنواع الأنفاق (٨٠ كم/س أو ١٠٠ كم/س) ومواقعها.
- مناطق الاستراحة المقترحة والمناظر الطبيعية الخلابة.
- أماكن وقوف السيارات في حالات الطوارئ. .
- التعارضات البيئية المحتملة.
- تعارضات حرم الطريق.

بيانات التصميم الهندسي (الجيومتري):

قائمة بالبيانات التصميمية والهندسية المستخدمة في تطوير البدائل. ويجب تحديد الانحرافات المعتمدة عن كود الطرق السعودي. يجب تضمين المعلومات التالية:

- فئة الطريق.
- متوسط المرور السنوي اليومي (الحالي).
- متوسط المرور السنوي اليومي، ويشمل ذلك النسبة المئوية للشاحنات.
- حجم المروري التصميمي بالساعة، ويشمل ذلك نسبة الشاحنات.
- السرعة التصميمية.
- أدنى نصف قطر للانحناء الأفقي.
- الميول الطولية القصوى.
- رسم يوضح القطاع النموذجي متضمنًا أبعاد كافة العناصر في جزء الطريق.
- درجة التحكم في الوصول. يجب تقديم تبرير خاص عند اقتراح التحكم في الوصول الجزئي أو الكامل على طريق ذي مسارين وذي اتجاهين.

الأعمال المساحية ورسم الخرائط:

وصف لطريقة المسح المستخدمة والدقة المتحصّل عليها. يجب أن تكون قاعدة البيانات ونظام الإحداثيات السعودي من نظام SANSRS الذي يجب ربط المسح به.

يجب ذكر نوع وطريقة التجميع والمقياس والفترات الكنتورية للخرائط الطبوغرافية ونموذج التضاريس الرقمي (DTM). يضمّن مزيد من الإرشادات للمسوحات ورسم الخرائط في الجزء ١٧,١ من كود الطرق السعودي ٢٠٢ (الأعمال المساحية ورسم الخرائط).

التصميم الجيوتقني وتصميم الرصف:

يختلف حجم العمل الجيوتقني الذي يتم إجراؤه في مرحلة ما قبل التصميم وفقًا لفئة الطريق وجيولوجيا المنطقة والحاجة إلى دراسات شاملة للمناطق الحرجة. يقدم الباب (٥) من كود الطرق السعودي ٢٠٣ (الدراسات الأولية) إرشادات الجسّات الجيوتقنية. يجب على

المهندس أن يدرج في هذا التقرير الأنشطة الجيوتقنية المرتبطة مباشرة بدراسات الخط المركزي البديل. لابد أن تتضمن هذه الدراسات مناقشة وخرائط ومخططات وبيانات اختبار إذا كانت متوفرة لما يلي:

- التربة بشكل عام.
- مشاكل محددة في الأساس والميل الخلفي.
- تراكم الرمال ومشاكل التعرية.
- مصادر الاستعارة الركام.
- تصميم الرصف والطريقة المستخدمة والقسم الهيكلي المقترح.
- مصادر ونوعية المياه.

يضمّن المزيد من الإرشادات حول تصميم الرصفيات في كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف).

الدراسات الهيدرولوجية والهيدروليكية:

يجب أن يتضمن هذا الجزء من التقرير شرحًا للطريقة المستخدمة لتحديد منطقة الصرف ومستجمعات المياه، والجيومتريّة، والطرق المستخدمة لتحديد منحنى تكرار الفيضان وحجم هيكل الصرف. يوفر كود الطرق السعودي ٣٠٢ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي) الإرشادات اللازمة.

العوامل البيئية:

يتم تحديد العوامل البيئية الحرجة داخل الممر المختار أثناء الاستطلاع. أثناء دراسات التصميم المسبق، سيحاول محدّد الموقع تقليل التأثيرات السلبية للطرق في اختياره للطرق البديلة. قد تكون قائمة العوامل البيئية بمثابة قائمة مرجعية في التحليل النهائي للبدائل. قد تكون هناك حاجة إلى مساعدة المتخصصين المؤهلين، مثل مهندسي المسطحات الخضراء، لهذا التحليل. يوفر كود الطرق السعودي ٧٠١ (الجوانب البيئية للطرق) إرشادات بشأن القضايا البيئية.

مقارنات التكلفة:

- يجب عرض إجمالي تكاليف الإنشاء المقدرة لكل بديل في شكل جدول. يجب تضمين نموذج (نماذج) تقدير الإنشاء الأولي المقابل في الملحق. لا يلزم إظهار تكاليف هندسة الإنشاء وحرم الطريق ونقل المرافق ما لم تكن مختلفة بشكل كبير بالنسبة للبدائل. يجب أن تستند الأسعار المقدرة لبنود المشروع على بيانات العطاء التاريخية. في حال عدم توفر هذه البيانات، يجب أن يوثق التقرير مصدر الأسعار المقدرة.
- يجب تقدير متوسط تكلفة الصيانة السنوية لكل بديل وعرضه في شكل جدول. تتوفر تكاليف الصيانة للطرق المماثلة داخل المملكة من وكالة الطرق.

توصية المهندسين:

ما لم يتم توجيه غير ذلك من قبل وكالة الطرق، يجب أن يتضمن التقرير توصية لأحد البدائل. يجب أن يعتمد هذا على العناصر التالية بالإضافة إلى أي عناصر أخرى خاصة بالمشروع.

- تكاليف الإنشاء.
- تكاليف الصيانة السنوية.
- التأثير البيئي.
- المحاذاة الأفقية والرأسية.
- السلامة.
- متطلبات حرم الطريق.

قد لا تكون العوامل المذكورة أعلاه ذات أهمية متساوية لكافة البدائل. على سبيل المثال، في منطقة معينة، قد تكون الاعتبارات البيئية أكثر أهمية من تكاليف الصيانة. في مثل هذه الحالات، يمكن استخدام مصفوفة تستخدم عوامل مرجحة لمقارنة البدائل. يجب أن يصاحب المصفوفة شرح لنظام الترجيح. يجب تضمين العناصر ذات الأهمية فقط.

٣-٩-٥-٤ إحالة تقرير التصميم:

يجب على المهندس إرسال خمس نسخ ورقية من التقرير المُلزم للاعتماد بالإضافة إلى نسخ رقمية بصيغة مقبولة من السلطة المختصة. ويجوز لمدير دراسات المتابعة بإدارة المشاريع الفنية المقابلة أن يطلب مراجعة ميدانية لواحد أو كل البدائل. وفي مثل هذه الحالة، يجب على المهندس أن يحدد الخط المركزي على الأرض بالأعلام أو بأي طريقة أخرى بحيث يمكن متابعته بسهولة. ويجب أن يكون متاحًا لهذا الفحص أيضًا مهندسين وفنيين على دراية بأنشطة التصميم المسبق.

٣-٩-٥-٥ تثبيت الخط المركزي بالأوتاد:

بعد الموافقة على تقرير التصميم الأولي، يصمّم الخط المرسوم (كما ذكر سابقاً) بتحويله ال عناصره الهندسية وتتم حسابات وتحليل الخط المركزي على النظام المرجعي الجيوديسي في المملكة العربية السعودية ضمن برامج (CAD).

يجب أن يتم تثبيت الخط المركزي أو خطوط الحافة في التقاطعات أثناء المسح الإنشائي وفقًا للجزء (١٩-٢) من كود الطرق السعودي ٢٠٢ (الأعمال المساحية ورسم الخرائط)، أو عند الحاجة بناءً على طلب السلطة المختصة.

٣-١٠ الهندسة الجيوتقنية:

تُضمّن الإرشادات ذات الصلة بالهندسة الجيوتقنية في الباب (٥) من كود الطرق السعودي ٢٠٣ (الدراسات الأولية).

٣-١١ الهيدرولوجيا:

تُضمّن الإرشادات ذات الصلة بالهيدرولوجيا في الباب (٢) من كود الطرق السعودي ٣٠٢ (تصميم مرافق الطرق والمنافع - الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي).

٣-١٢ المسوحات والتقديرات المرورية:

تُضمّن الإرشادات ذات الصلة بمسوحات وتقديرات المرور في كود الطرق السعودي ٢٠٣ (الدراسات الأولية) وكود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور).

٣-١٣ التصميم الإنشائي للرصفيات المرنة أو الصلبة:

تُضمّن الإرشادات ذات الصلة بالتصميم الإنشائي للرصفيات المرنة والصلبة في البابين (٥) و(٦) من كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف).

٣-١٤ التصميم الهيدروليكي:

تُضمّن الإرشادات ذات الصلة بالتصميم الهيدروليكي في كود الطرق السعودي ٣٠٢ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها – الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي).

٣-١٥ إنارة الطريق:

تُضمّن الإرشادات ذات الصلة بإضاءة الطرق في الجزء الثاني من كود الطرق السعودي ٣٠٦ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها – المنافع العامة، وإنارة الطرق والشوارع، وأجهزة التحكم والمراقبة).

٣-١٦ خطط التحكم المروري:

تُضمّن الإرشادات ذات الصلة بخطط التحكم المروري في كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور) وفي كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري).

٣-١٧ التحكم المروري بمنطقة تنفيذ أعمال الطرق:

تُضمّن الإرشادات ذات الصلة للتحكم المروري من خلال مناطق الإنشاء في كود الطرق السعودي ٣٠٥ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها – تصميم منطقة أعمال الطرق).

٣-١٨ تطوير جانب الطريق:

تُضمّن الإرشادات ذات الصلة لتطوير مرافق جانب الطريق في كود الطرق السعودي ٣٠٣ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها – مناطق الاستراحة، ومحطات فحص الشاحنات، ومواقف السيارات والمرائب) وفي كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها – تصميم أنظمة السلامة الخاملة).

٣-١٩ الحواجز المرورية:

تُضمّن الإرشادات التفصيلية ذات الصلة والمحددة لحواجز المرور في كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها – تصميم أنظمة السلامة الخاملة).

٤- التصميم الهندسي للطرق:

٤-١ عام:

إن محاذاة الطريق أو الشارع تنتج تأثيرًا كبيرًا على البيئة وتتكون من مجموعة متنوعة من عناصر التصميم التي تجتمع معًا لإنشاء منشأة تخدم المرور بأمان وكفاءة. يجب أن يكمل كل عنصر محاذاة العناصر الأخرى لتحقيق تصميم متسق وآمن وفعال. يعتمد تصميم جميع فئات الطرق على العناصر الأساسية بما في ذلك حدود القيمة للعديد من المعلمات مثل نصف قطر المنحنى الأفقي، والميول الطولية، ومعدلات التعلية الجانبية، ومسافة الرؤية للتوقف والتجاوز، والتوسعة، والأكتاف، وعرض المسار، وغيرها.

٤-٢ تصنيف التضاريس:

تحكم طبوغرافية الأرض التي يمر من خلالها الطريق، والمعروفة أيضًا بالتضاريس، التصميم الهندسي (الجيومتري). تُصنّف التضاريس إلى أربع حالات منفصلة:

- **التضاريس المنبسطة (Plain or Flat):** وهي المنطقة التي يتراوح ميلها العرضي من صفر إلى ١٠ بالمائة.
- **التضاريس التلالية (Rolling):** وهي المنطقة التي يتراوح ميلها العرضي من ١٠ بالمائة إلى ٢٥ بالمائة.
- **التضاريس الجبلية (Mountainous):** وهي المنطقة التي يتراوح ميلها العرضي من ٢٥ بالمائة إلى ٦٠ بالمائة.
- **التضاريس شديدة الانحدار (Steep):** وهي المنطقة التي يتجاوز ميلها العرضي ٦٠ بالمائة.

٤-٣ مواصفات السرعة التصميمية:

يجب على المصمم تحديد السرعة التصميمية المناسبة بناءً على معرفته بفئة الطرق المخطط لها، وطبيعة التضاريس، وحجم المرور، والميول الطولية الاقتصادية، والاعتبارات البيئية. يجب أن تكون سمات التصميم الهندسي متسقة مع السرعة التصميمية المختارة بما يتناسب مع الظروف البيئية والتضاريس. تنطبق السرعات التصميمية المنخفضة بشكل عام على الطرق ذات المحاذاة المتعرّجة في التضاريس التلالية أو الجبلية، وكذلك تنطبق على الشوارع المحلية التي تخدم المناطق المحيطة ذات السياق الحضري، أو حسب ما تمليه الظروف البيئية. تنطبق السرعات التصميمية العالية بشكل عام على الطرق في التضاريس المنبسطة، أو عندما تكون الظروف البيئية الأخرى مواتية. في المناطق الحضرية، يُسمح بالسرعة التصميمية العالية فقط في الطرق الشريانية الرئيسة والطرق السريعة/الطرق شبه السريعة.

في شبكة الشوارع النموذجية للطرق المحلية والشوارع التجميعية في المناطق الحضرية، عادةً ما تحد التقاطعات المتقاربة من سرعة المركبات، وبالتالي فإن السرعات التصميمية ذات أهمية منخفضة. ومع ذلك، فإن مسافات الرؤية الأطول وأنصاف أقطار المنحنيات التي تتناسب مع السرعة التصميمية المرغوبة تؤدي إلى طرق أكثر أمانًا ويجب استخدامها إلى الحد العملي. يورد الجدول (٤-١) حدود السرعة التصميمية لمختلف فئات الطرق في المناطق الريفية، بينما يعرض الجدول (٤-٢) حدود السرعة التصميمية لفئات الطرق في المناطق الحضرية؛ يورد الجدولان المذكوران كلٌ من السرعات المرغوبة والسرعات الدنيا للتصميم.

٤-٤ سعة الطريق ومستوى الخدمة:

٤-٤-١ عام:

تُضمّن العلاقة بين نوع الطريق والموقع وخصائص المرور ومستوى الخدمة في المجلد كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط). يجب اختيار أعلى مستوى ممكن من الخدمة واستخدامه في التصميم. بمجرد تحديد مستوى الخدمة، من الضروري أن يتم تصميم كافة عناصر الطريق بشكل متسق لهذا المستوى. شروط التشغيل العامة لمستويات الخدمة هي:

- مستوى الخدمة (أ) – تدفق مروري حر: أحجام مرورية منخفضة وسرعات عالية.
- مستوى الخدمة (ب) – تدفق مروري حر الى حد معقول: تبدأ السرعة في التقيد بظروف المرور.
- مستوى الخدمة (ج) – تدفق مروري حر مستقر: معظم السائقين مقيّدون بحرية اختيار سرعتهم.
- مستوى الخدمة (د) – الاقتراب من التدفق المروري غير المستقر: لا يتمتع السائقون بحرية كبيرة في المناورة.
- مستوى الخدمة (هـ) – تدفق مروري غير مستقر: قد تكون هنالك فترات توقف قصيرة.
- مستوى الخدمة (و) – ندفق الانهيار: موجات التوقف والانطلاق، وأزمان السفر السيئة، وانخفاض الراحة والملاءمة، وزيادة التعرض للحوادث.

٤-٤-٢ الطرق ذات المسارين:

يتم دائمًا حساب الأحجام المرورية وسعة الطرق ذات المسارين من خلال اتخاذ كلا الاتجاهين دون الأخذ في الاعتبار توزيع حجم المرور لكل اتجاه. يجب أن يكون مستوى الخدمة المختار للطرق الريفية والحضرية ذات المسارين:

- مستوى الخدمة (ب) للطرق الريفية الشريانية والتجميعية مع متوسط المرور السنوي اليومي أكثر من ٢،٠٠٠ مركبة/يوم، في التضاريس المنبسطة أو التلالية.
- مستوى الخدمة "ج" للطرق الريفية الشريانية والتجميعية مع متوسط المرور السنوي اليومي أكثر من ٢،٠٠٠ مركبة/يوم، في التضاريس الجبلية والشوارع الحضرية الشريانية في كافة الحالات (ويشمل ذلك المناطق الحضرية والضواحي).
- مستوى الخدمة "ج" للطرق الريفية التجميعية مع متوسط المرور السنوي اليومي أقل من ٢،٠٠٠ مركبة/يوم والطرق المحلية في التضاريس المنبسطة أو التلالية.
- مستوى الخدمة "د" للطرق الريفية التجميعية مع متوسط المرور السنوي اليومي أقل من ٢،٠٠٠ مركبة/يوم والطرق المحلية في التضاريس الجبلية.
- مستوى الخدمة "د" لكافة فئات الطرق الحضرية التجميعية والمحلية (ويشمل ذلك المناطق الحضرية والضواحي).
- يوفر مزيد من الإرشادات في مجلد كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط).

٤-٤-٣ الطرق الريفية والحضرية متعددة المسارات:

قد يكون للطرق الريفية والحضرية متعددة المسارات تحكم كامل في الوصول وقد لا تكون مقسومة أو غير مقسومة. يجب أن يكون مستوى الخدمة المختار للطرق الريفية والحضرية متعددة المسارات:

- مستوى الخدمة "ب" للطرق الريفية متعددة المسارات في التضاريس المنبسطة أو التلالية.
- مستوى الخدمة "ج" للطرق الريفية متعددة المسارات في التضاريس الجبلية.
- مستوى الخدمة "ج" للطرق متعددة المسارات في المناطق الحضرية والضواحي.

يوفر مزيد من الإرشادات في مجلد كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط).

٤-٤-٤ الطرق السريعة وشبه السريعة:

يُعرَّف الطريق السريع بأنه طريق مقسوم يُتحكم في الوصول إليه بالكامل وذو مواصفات كثافة مرورية عالية، بينما يُعرَّف الطريق شبه السريع بأنه طريق شرياني مقسوم عالي السرعة يخدم المرور المستمر يُتحكم في الوصول إليه جزئياً بنقاط وصول أو خروج منفصلة رأسياً عند التقاطعات الرئيسة. يجب أن يكون مستوى الخدمة المحدد للطرق الحضرية والريفية السريعة وشبه السريعة كالتالي:

- مستوى الخدمة "ب" للطريق السريع/الطريق شبه السريع في التضاريس المنبسطة أو التلالية.
- مستوى الخدمة (ج) للطريق السريع/الطريق شبه السريع في التضاريس الجبلية وكذلك الطريق السريع/الطريق شبه السريع في المناطق الحضرية والضواحي.

يوفر مزيد من الإرشادات في مجلد كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط).

الجدول (٤–١) السرعة التصميمية ومستوى الخدمة التصميمي للطرق الريفية.

التصنيف	التضاريس	مرغوب فيه	الحد الأدنى	مستوى الخدمة
طرق محلية	منبسطة	٦٠	٥٠	C
	تلالية	٥٠	٤٠	C
	تضاريس جبلية/شديدة الانحدار	٤٠	٣٠	D
طرق تجميعية مع متوسط مرور سنوي يومي أقل من ٢,٠٠٠ مركبة/يوم	منبسطة	٨٠	٧٠	C
	تلالية	٧٠	٦٠	C
	تضاريس جبلية/شديدة الانحدار	٦٠	٥٠	D
طرق تجميعية مع متوسط مرور سنوي يومي أكثر من ٢,٠٠٠ مركبة/يوم	منبسطة	٩٠	٨٠	B
	تلالية	٨٠	٧٠	B
	تضاريس جبلية/شديدة الانحدار	٧٠	٦٠	C
طرق شريانية	منبسطة	١١٠	٩٠	B
	تلالية	١٠٠	٩٠	B
	تضاريس جبلية/شديدة الانحدار	٩٠	٧٠	C
طرق سريعة/طرق شبه سريعة	منبسطة	١٤٠	١١٠	B
	تلالية	١٣٠	١١٠	B
	تضاريس جبلية/شديدة الانحدار	١١٠	٩٠	C

الجدول (٤–٢) السرعة التصميمية ومستوى الخدمة التصميمي للطرق الحضرية.

التصنيف	مرغوب فيه	الحد الأدنى	مستوى الخدمة
طرق محلية	٤٠	٣٠	D
طرق تجميعية	٥٠	٤٠	D
طرق شريانية	٨٠	٥٠	C
طرق سريعة/طرق شبه سريعة	١٠٠	٧٠	C

٤-٤-٥ المنحدرات ومقاطع التناسج بالطرق السريعة و شبه السريعة:

على الطريق الحضرية السريعة/الطرق شبه السريعة، عادة ما تكون قيود السعة المرورية بسبب مناورات الاندماج والافتراق، أو مناورات التناسج عند المنحدرات. تعد الأحجام المرورية التي تدخل إلى الطريق شبه السريع وتخرج منه، والمسافة بين نقاط الدخول والخروج، والتخطيط الهندسي الجيومتري عند نهايات المنحدرات من العوامل التي تؤثر على كفاءة التشغيل ويجب أخذها في الاعتبار في أي تحليل للسعة. يؤثر المرور المندمج والمفترق بشكل مباشر على كفاءة التشغيل في المسار الأقرب للكتف الخارجي للطريق السريع/ الطريق شبه السريع.

في معظم الطرق الحضرية شبه السريعة، يعد التناسج المتعدد أكثر شيوعًا من التناسج البسيط نظرًا لقرب مداخل ومخارج المنحدرات. تتأثر ظروف التشغيل داخل مقاطع التناسج بطول وعرض القطاع وكذلك بحجم المرور داخله.

يرد الإجراء الخاص بتحليل مقاطع التناسج البسيط في مجلد كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط).

٤-٤-٦ الشوارع والتقاطعات:

تخضع سعة الطريق أو الشارع الحضري بشكل عام لسعة تقاطعات ذلك الشارع مع الشوارع الأخرى. يمكن تحليل الطرق الشريانية في الضواحي، حيث تبلغ المسافة بين التقاطعات المزودة بإشارات مرورية ٢,٥ كم أو أكثر، على أنها طرق متعددة المسارات أو ذات مسارين.

يمكن إجراء تحليل سعة التقاطع:

- لتحديد عدد المسارات المطلوبة للمروري الحالي أو المستقبلي (١٠ – ٢٠ سنة).
- لتحديد مستوى الخدمة التي يشغل بها التقاطع.
- لتحديد توقيت إشارة المرور المطلوبة لأحجام مرورية معينة وفق الظروف المحلية.

يوفر مزيد من الإرشادات في مجلد كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط).

٤-٥ التحكُّم بالوصول:

٤-٥-١ عام:

يُطلق على تنظيم حقوق الوصول من وإلى مرافق الطرق واستخدامات الأراضي المتاخمة بالتحكم في الوصول. يمكن تصنيف التحكم في الوصول على أنه تحكم كامل أو تحكم جزئي، أو تحكم في المداخل الجانبية والطرق الخاصة.

التحكم الكامل بالوصول:

التحكم الكامل في الوصول يعني إعطاء الأفضلية للمرور المستمر من خلال توفير وصلات فقط مع طرق عامة مختارة، وكذلك بمنع التقاطعات السطحية المباشرة مع المداخل الجانبية أو الطرق الخاصة.

التحكم الجزئي بالوصول:

التحكم الجزئي في الوصول يعني إعطاء الأفضلية للمرور المستمر كما هو الحال في التحكم الكامل، ولكن قد يكون هناك بعض التقاطعات السطحية المباشرة مع المداخل الجانبية أو الطرق الخاصة.

التحكم في مدخل التقاطع والمداخل الجانبية والطرق الخاصة:

يعني التحكم في مدخل التقاطع والمداخل الجانبية والطرق الخاصة أنه يُسمح بالوصول لكل مالك عقار متاخم للشارع أو الطريق، وتُحدد موقع نقاط الوصول وعددها وتخطيطها هندسياً وفقًا لمعايير التصميم الواردة في الجزء الفرعي (٤-٥-٣) أدناه.

تتمثل المزايا الرئيسة للتحكم بالوصول في الحفاظ على سعة الطريق وسرعته الأعلى وتحسين السلامة. عندما لا يُتحكّم بالوصول، قد يصبح التداخل من جانب الطريق نتيجة تطور الأعمال التجارية عاملاً كبيراً في تقليل السعة، وزيادة احتمالية وقوع الحوادث، تتناقص وظيفة التنقل التي تم تصميم المنشأة لتوفيرها.

يُحقق التحكم الكامل أو الجزئي بالوصول عمومًا إما بالحصول بشكل قانوني على حق الوصول من مالكي العقارات المتاخمة (عادةً في زمن مصادرة حرم الطريق) أو باستخدام الطرق الجانبية الموازية.

٤-٥-٢ مُبرّرات التحكم بالوصول:

تتمتع جميع مرافق الطرق بدرجة معينة من التحكم بالوصول على النحو المحدد في المُبرّرات التالية:

١- الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة المستمرة – تحكم كامل في الوصول للطرق السريعة وجزئي في الوصول للطرق شبه السريعة.
٢- الطرق الشريانية والطرق التجميعية متعددة المسارات وذات المسارين مع متوسط المرور السنوي اليومي أكبر من ٢,٠٠٠ (عند سنة التصميم) – تحكم جزئي في الوصول.
٣- الطرق التجميعية ذات المسارين مع متوسط المرور السنوي اليومي أقل من ٢,٠٠٠ (عند سنة التصميم) والطرق المحلية والطرق منخفضة الحجم المروري – اشتراطات مدخل التقاطع والمداخل الجانبية والطرق الخاصة.

٤-٥-٣ معايير التصميم:

٤-٥-٣-١ الطرق السريعة:

يحظر الوصول المباشر من أي استخدام للأراضي المجاورة، سواء كانت ملكية عامة أو خاصة، إلى الطرق السريعة.

٤-٥-٣-٢ الطرق شبه السريعة:

يحظر الوصول المباشر من الملكية الخاصة إلى الطريق شبه السريع باستثناء ما تسمح به البوابات المقفلة والتصريح الخاص من قبل الجهة المسؤولة. يجب الحصول على حقوق الوصول على طول منحدرات المحوّلات المنفصلة إلى تقاطعها مع أقرب طريق عام ويجب أن تمتد إلى نهاية المنحدر المستدِق (أو ٥٠ مترًا على الأقل بعد نهاية بردورة الانعطاف أو نصف قطر عند المنحدر). يتحقق التحكم في الوصول من خلال أي من الطرق التالية:

١- الحصول على حقوق الوصول إلى الطريق شبه السريع من مالكي العقارات المتاخمة والسماح بالدخول والخروج إلى مسار التنقل فقط عند المحوّلات.
٢- إنشاء الطرق الجانبية الموازية للطرق الرئيسة للسماح بالوصول إلى الملكيات المجاورة، ولكن خلال المحوّلات أو منحدرات الدخول والخروج فقط.

في المناطق النائية، قد توفر بوابات مقفلة على السياج لتوفير الوصول للاستخدام غير المتكرر، مثل صيانة المرافق وعمليات صيانة الطرق وغيرها. يتم السماح بفتحات الوصول هذه فقط عند استيفاء الشروط التالية:

١- الموقع في منطقة نائية مثل منطقة وقوف المركبات الجانبية والاستراحات ومحطات فحص الشاحنات وغيرها.
٢- الوصول من المحوّل غير ممكن أو غير مبرر اقتصاديًا.
٣- الاستخدام غير متكرر (لا يتجاوز مرة أو مرتين في الشهر).
٤- يمكن الاقتراب من المسارات الرئيسة دون التسبب في موقف خطير.
٥- الانعطافات لليمين فقط مسموح بها.
٦- يتم منح الموافقة من قبل الجهة المسؤولة (وزارة النقل والخدمات اللوجستية، وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان، الهيئة الملكية، الأمانة، البلدية، إلخ). يجب تقديم طلب رسمي مكتوب إلى السلطة المختصة.

في حال وقوع حادث عند الدخول أو الخروج من الطريق، ستقوم الجهة المسؤولة بإجراء تقييم فوري للسلامة وتطبيق الإجراءات المضادة لتجنب أي حادث آخر في المستقبل. إذا لزم الأمر، يجب إغلاق الفتحة.

٤-٥-٣-٣ الطرق الشريانية والتجميعية متعددة المسارات وذات المسارين (متوسط المرور السنوي اليومي أعلى من ٢٠٠٠ مركبة/يوم):

بالنسبة للطرق الشريانية متعددة المسارات وذات المسارين، والطرق التجميعية ذات المسارين مع متوسط المرور السنوي اليومي تصميمي أعلى من ٢,٠٠٠، يُسمح بالوصول المباشر من الملكية الخاصة.

الطرق الشريانية الرئيسة:

يخضع الوصول المباشر إلى الأرض المتاخمة لوظيفة التنقل. يجب أن يقتصر أي اتصال وصول لا يتوافق مع التباعد الموحد لتباعد إشارات المرور البالغ ٨٠٠ متر على الدخول والخروج مباشرة.

الطرق الشريانية الفرعية:

الوصول هو وظيفة ثانوية؛ ومع ذلك، يُسمح بالوصول المتكرر أكثر منه في حال الوصول إلى الطرق الشريانية الرئيسة.

الطرق التجميعية الكبيرة:

تخدم الطرق التجميعية الكبيرة المرور الداخلي لمنطقة جغرافية معينة أو يربط المشاريع التجارية وغيرها من المشاريع غير السكنية والشوارع السكنية بنظام الشوارع الشريانية.

أ- فتحات الوصول:

مصطلح "فتحة الوصول" يعني الفتحة ضمن خط التحكم في الوصول وتوفر مخرجًا أو مدخلاً إلى مرفق الطريق.

ب- معايير تصميم واجب مراعاتها:

١- يجب أن الحفاظ على الحد الأدنى من عدد فتحات الوصول لأي منشأة.
٢- للشرطة والدفاع المدني ومركبات الإسعاف ومركبات الطوارئ الأخرى الحق في الوصول المباشر إلى مرفق الطريق.
٣- يُسمح بالوصول المباشر الخاص إلى الطريق فقط عندما لا يكون للملكيات المعنية وصول مناسب آخر إلى نظام الشوارع المحلي. في حال وقوع حادث، يجب إجراء تقييم سلامة، وإذا لزم الأمر، ينبغي الشروع في التدابير المضادة المناسبة.
٤- يجب منح قطع الأراضي المواجهة للطريق فقط إمكانية الوصول إلى طريق أو شارع عام آخر عن طريق إنشاء وصلات مناسبة إذا كان من الممكن توفير هذا الوصول بتكلفة معقولة.

تقتصر فتحات الوصول إلى الطريق على واحدة لكل قطع أرض باستثناء ما هو مذكور أدناه:

١- بالنسبة لقطع الأراضي المواجهة للطريق التي يبلغ طولها ٠,٥ كم أو أكثر، لا يجب توفير أكثر من فتحة وصول واحدة ما لم يتم إثبات أن فتحات الوصول الإضافية لن تضر بسلامة وتشغيل الطريق وتكون ضرورية للسلامة والاستخدام الفعال للملكيات.
٢- في بعض الحالات، يمكن تقسيم قطع الأرض بحاجز طبيعي مثل مجرى مائي أو سلسلة تلال، مما يجعل من الضروري توفير فتحة وصول إضافية. قد يكون من الأفضل توصيل الأجزاء المنفصلة فعليًا من قطع الأرض بهيكل أو طريق منخفض التكلفة بدلاً من السماح بفتحتي وصول.
٣- حيثما كان ذلك ممكنًا، يجب توفير فتحة وصول مشتركة لتخدم قطعتي أرض.
٤- عندما يتجاوز عدد فتحات الوصول المطلوبة على جانب واحد من الطريق المقسوم ثلاث فتحات في ٤٠٠ متر، يجب توفير طريق خدمة جانبي موازي.
٥- لا يُسمح بفتحات الوصول على الطرق المقسومة في حدود ١٠٠ متر من فتحة الجزيرة الوسطية ما لم يكن فتحة الوصول مقابلة لفتحة الجزيرة الوسطية مباشرةً.
٦- يجب أن تقتصر المداخل على الانعطافات لليمين فقط في الحالات التالية:
أ- عدم إمكانية تزويد المدخل بإشارة مرورية ويمكن إثبات أن السماح بالانعطاف إلى اليسار من شأنه أن يخفف بشكل كبير من الاحتقان ومشاكل السلامة عند تقاطع قريب؛ أو
ب- لا توجد تقاطعات، حالية أو مخططة، تسمح بالدوران للخلف؛ و
ج- يمكن تصميم الانعطافات لليسار بأمان بدون إشارات مرورية.
٧- يجب أن تكون المداخل التي يمكن تزويدها بإشارات مرورية وتتطلب حركات انعطاف إلى اليسار
أ- تلبية متطلبات تباعد الإشارات المرورية للشوارع العامة المتقاطعة، و
ب- يجب ألا تتداخل مع موقع وتخطيط وتشغيل نظام الشوارع العام والوصول إلى الملكيات القريبة.
٨- لا يسمح بالفتحة داخل المنطقة الوظيفية للتقاطع.

ج- عرض فتحة الوصول:

توفر الإرشادات عن تفاصيل تصميم مداخل التقاطعات والمداخل الجانبية والطرق الخاصة في الباب (٩).

٤-٥-٣-٤ الطرق التجميعية ذات المسارين (متوسط المرور السنوي اليومي أقل من ٢,٠٠٠ مركبة/يوم) والطرق المحلية والطرق منخفضة الحجم المروري:

بالنسبة للطرق التجميعية ذات المسارين مع متوسط المرور السنوي اليومي التصميمي أقل من ٢,٠٠٠، وكذلك للطرق المحلية والطرق منخفضة الحجم المروري، يُسمح بالوصول المباشر من الملكية الخاصة. تتمثل الوظيفة الأساسية لهذه الطرق في توفير وصول معقول وآمن إلى الملكيات المتاخمة. تأخذ احتياجات الوصول الأولوية بشكل عام على الحركات المرور المستمر دون المساس بسلامة مرفق الطريق. بالرغم من عدم الحصول على التحكم في الوصول، يجب أن يستوفي موقع نقاط الوصول وعددها وهندستها المعايير التالية:

١- يجب فصل كافة طرق الوصول بمسافة دنيا تساوي مسافة الرؤية للتوقف. يجب التحكم في عدد طرق الوصول إلى قطعة الارض وفق اعتبارات السلامة والتصميم الواردة في الباب٩- (١٠).
٢- لا يُسمح بالطرق الموازية أو طرق الخدمة بجانب طريق ذي مسارين لاعتبارات تتعلق بالسلامة. قد تؤدي إضافة هذه الطرق إلى ظهور منشأة متعددة المسارات مقسومة مع افتراض أن الطريق ذا المسارين هو طريق أحادي الاتجاه.
٣- يسمح بالانعطاف إلى اليسار بشرط استيفاء معايير السلامة والتصميم المطلوبة.
٤- في المناطق الريفية، يجب توفير طرق الوصول عند الضرورة لتوفير الوصول إلى المراعي والمزارع والحقول وغيرها على طول الطريق وفي أماكن مناسبة للمسافرين للنزول عن الطريق في حالة الطوارئ أو للتوقف للراحة. يجب أن تكون المسافة القصوى بين طرق الوصول ٥ كم لهذه الأغراض.
٥- في المناطق الحضرية ذات التقاطعات المحكومة بالإشارات المرورية، يجب أن يكون الحد الأدنى للمسافة بين نقاط الوصول هو المسافة الضرورية للتشغيل الآمن والتصميم المناسب للتقاطعات كما هو محدد في الباب (٩).

طريق تجميعي فرعي أو شارع سكني:

يربط الطريق التجميعي الفرعي أو الشارع السكني الشوارع المحلية بالطريق التجميعي الرئيس أو أنظمة الطرق الشريانية الفرعية ويوفر الوصول إلى مساكن الأسرة الواحدة المنفصلة أو المزدوجة.

٤-٥-٣-٥ طرق الخدمة الجانبية الموازية (Frontage Roads):

يمكن إعطاء الأولوية لطرق الخدمة الجانبية الموازية للطريق الرئيس باعتبارها طرقًا تجميعية أو طريقًا محليًا. يتم توفير الطرق الجانبية الموازية على الطرق للأسباب التالية:

- للتحكم في الوصول إلى المسارات المستمرة، وبالتالي زيادة السلامة المرورية.
- لتوفير الوصول إلى ملكية الأراضي المتاخمة.
- للمحافظة استمرارية الشارع المحلي أو نظام الطرق.
- لتوفير الاستمرارية على الرغم من أنها لم تكن موجودة من قبل بسبب أعمال إنشاء طريق.

تخدم طرق الخدمة الجانبية العديد من الأغراض بخلاف التحكم في الوصول أو توفيره. تعد الطرق الجانبية الموازية الحضرية متعددة الوظائف لأنها تقلل من تأثير "الحاجز" للطرق الحضرية السريعة/الطرق شبه السريعة نظرًا لأن شبكة الشوارع المحلية لا تُقطع بالطريق السريع/الطريق شبه السريع. تصبح امتدادًا لنظام الشارع السطحي، مما يوفر الاستمرارية والمرور، وينتج عنها ممر طريق سريع/شبه سريع يخدم احتياجات التنقل المحلية، وكذلك احتياجات التنقل بين المدن. كما أنها تعمل كمسارات منفصلة للحافلات ويمكن للحافلات السريعة الخروج من الطريق شبه السريع واستخدام طريق الخدمة الجانبي لتحميل وإنزال الركاب بأمان. إنها توفر مرونة تشغيلية لا تقدر بثمن، حيث تعمل كتحويلات مؤقتة عند حدوث عطل في الخط الرئيسي، أو أثناء نشاط صيانة الخط الرئيسي، أو للأحمال الزائدة.

قد تكون طرق الخدمة الموازية عبارة عن طرق ذات مسارين في اتجاهين متعاكسين، إما طريق أحادي الاتجاه أو مزدوج المسارات، ويعرف في بعض بلدان العالم كـ "طرق خدمة" بدلاً من طرق الخدمة الجانبية الموازية.

٤-٥-٤ أنواع الارتباط:

يُعرّف ارتباط الطريق على أنه تقاطع طريق عام ومسار خاص أو طريق عام آخر. يعرف نوعين من الارتباط بشبكة الطرق:

- الوصول الكامل.
- الوصول الاتجاهي.

كلا نوعي الارتباط مناسبان لمواقع مختلفة ضمن شبكة الطرق ويخدمان أغراض إمكانية الوصول المختلفة.

ارتباطات الوصول الكامل:

تشير ارتباطات الوصول الكامل إلى التقاطعات التي تسمح بكافة حركات الدوران. تتضمن الأمثلة ما يلي:

- طريق رئيس يتقاطع مع طريق رئيس.
- طريق ثانوي يتقاطع مع طريق رئيس.
- طريق ثانوي يتقاطع مع طريق ثانوي.
- منحدر محوّل متقاطع مع طريق رئيس.
- مدخل جانبي أو طريق خاص مؤدي إلى استخدام تجاري أو سكني يتقاطع مع طريق رئيس.

قد تكون ارتباطات الوصول الكامل أعلاه محكومة أو غير محكومة بإشارات المرور.

الوصلات الاتجاهية:

تُستخدم الوصلات الاتجاهية بشكل عام لتوفير الوصول من وإلى الاستخدامات التجارية والصناعية للأراضي، ولكن يمكن استخدامها أيضًا في التقاطعات الكبيرة أو التقاطعات الصغيرة أو المحوّلات. توفر الوصلات الاتجاهية الوصول من وإلى الطريق مع تأثير أقل على سلامة وكفاءة المرور عند مقارنتها بارتباطات الوصول الكامل.

تشير الوصلات الاتجاهية بشكل عام إلى:

- وصلات دخول لليمين.
- وصلات خروج لليمين.
- وصلات دخول لليمين/ خروج لليمين.
- وصلات دخول لليسار/ دخول لليمين/ خروج لليمين.

يمكن أيضًا أن تكون الوصلات الاتجاهية محكومة بإشارة مرور أو غير محكومة.

٤-٥-٤-١ الجزر الوسطية:

الجزر الوسطية هي جزء الطريق الذي يفصل بين تدفقات المرور المتعاكسة. قد تكون الجزيرة الوسطية إما مرتفعة (raised)، أو منخفضة (depressed)، أو سطحية على نفس مستوى سطح الرصف (flush)، وكذلك يمكن أن تكون قابلة للاجتياز بحيث يسهل للمركبات اجتيازها دون ارتجاج عنيف أو اختلال في القيادة (traversable) أو غير قابلة للاجتياز (non-traversable). تضمن إرشادات عن مواصفات تصميم الجزيرة الوسطية في الجزء الفرعي (٤-٧-٨).

الجزيرة الوسطية السطحية القابلة للاجتياز:

الجزر الوسطية التي يمكن اجتيازها لا تثني أو تمنع المركبات من عبورها للجهة الأخرى. لذلك، بالنسبة للشوارع الحضرية الشريانية حيث يكون التحكم في الوصول مرغوبًا فيه، لا ينبغي استخدام الجزر الوسطية السطحية. يجب أن يشتمل تصميم الجزيرة الوسطية السطحية على ما يلي:

- تحديد (لافتات أفقية) من مسارات المرور المستمر.
- مرونة للسماح منطقة تخزين إضافي للمركبات المنعطفة يسارًا إذا لزم الأمر.

الجزيرة الوسطية المرتفعة غير قابلة للاجتياز:

تفصل الجزيرة الوسطية المرتفعة غير القابلة للاجتياز المرور في اتجاهين متعاكسين وتمنع حركات العبور أو الانعطاف. قد تشمل الجزر الوسطية غير القابلة للاجتياز بردورة مرتفعة أو جزر وسطية منخفضة. قد تكون إما مغطاة بالعشب أو مردومة بسطح صلب. تعد الجزر الوسطية غير القابلة للاجتياز أداة فعالة لإدارة الوصول للمساعدة في تقييد عبور المركبات في المواقع المحظورة.

تستخدم الجزر الوسطية على الطرق الحضرية حيث يكون من المرغوب فيه التحكم في الانعطافات لليسار بمنتصف المربعات السكنية (mid-block) ومناورات التجاوز أو تقييدها. قد يؤدي تثبيت الجزيرة الوسطية إلى الفوائد التالية:

- تقييد مناورات الانعطاف إلى اليسار والعبور على مواقع محددة أو حركات معينة.
- تحسين المستوى المقدم من سلامة الطرق.
- تحسين السعة وتقليل التأخير.
- توفير ملاجئ للمشاة.

يجب الأخذ في الاعتبار تصميم الجزيرة الوسطية المرتفعة حيث:

- يتجاوز متوسط المرور السنوي اليومي ٢٠,٠٠٠.
- حدوث تطوير جديد ومن المتوقع أن يتجاوز متوسط المرور السنوي اليومي ٢٠,٠٠٠.
- هناك مخاوف تتعلق بتشغيل المنعطفات في منتصف المربعات السكنية.

بالنسبة لهذه الظروف، قد تؤدي الجزر الوسطية المرتفعة إلى تحسين المستوى لسلامة الطرق من خلال فصل تدفقات المرور والتحكم في مناورات الانعطاف لليسار والعبور. لا يجب تشجيع استخدام الجزر الوسطية المرتفعة حيث يكون القطاع العرضي للطريق ضيقًا جدًا بالنسبة للانعطافات الدوران للخلف.

بالنسبة للجزيرة الوسطية في مناطق التقاطع حيث يتم توفير مسار انعطاف لليسار، يوصى بعرض متوسط يبلغ ١,٢ مترًا لاستيعاب أجهزة التحكم المروري (إشارات المرور إلخ). عند الحاجة إلى ملجأ للمشاة، يجب زيادة عرض الجزيرة الوسطية إلى ٢,٠ متر على الأقل.

فتحات الجزيرة الوسطية:

توفر الطرق المقسومة بالجزر الوسطية فتحات للسماح للمرور في الاتجاه المعاكس بالوصول إلى الملكيات المجاورة، والانعطاف من وإلى الطرق العامة، والدوران للخلف. يجب أن تكون فتحات الجزيرة الوسطية في موقع استراتيجي لتوفير الوصول المناسب إلى الملكيات والطرق المجاورة مع حماية السعة التشغيل المروري للطريق الرئيس. توفر الإرشادات المتعلقة بأبعاد فتحات الجزيرة الوسطية في الجزء الفرعي (١٠-٢-٧).

عامل مهم في تصميم فتحات الجزيرة الوسطية هو شكل نهاية الجزيرة الوسطية أو مقدمتها. قد يغير شكل نهاية الجزيرة الوسطية بشكل مباشر مسار الدوران الفعال الذي قد تصنعه المركبة التصميمية. يجب أن يكون شكل مقدمة الجزيرة الوسطية مصممًا لاستيعاب مسار دوران للمركبة التصميمية.

٤-٥-٤-٢ معايير التباعد:

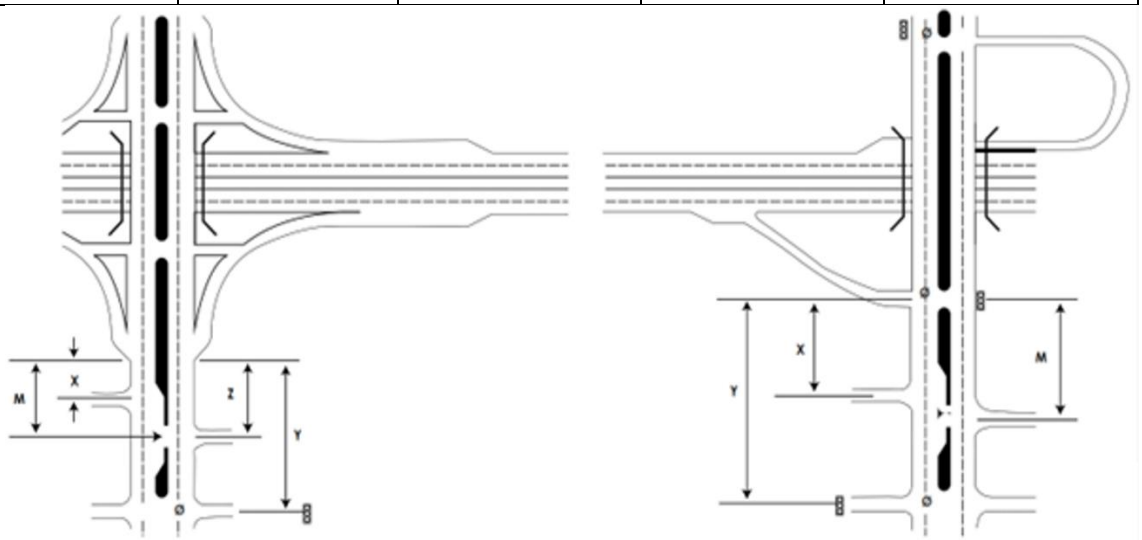
الحد الأدنى من التباعد لمنطقة محوّلات الطرق السريعة

يوفر الحد الأدنى من التباعد المطلوب للوصول إلى محوّل الطرق السريعة مع طريق متعدد المسارات في الجدول (٤-٣)، يتم توفير الوصول إلى الطرق السريعة من خلال طريق مكون من مسارين فيا الجدول (٤-٤).

يوضح الرسم التوضيحي في الشكل (٤-١) الوصول إلى محوّل الطرق السريعة مع طريق متعدد المسارات التفاصيل ذات الصلة، ويوضح الرسم التوضيحي في الشكل (٤-٢) مدخل محوّل الطرق السريعة مع طريق مكون من مسارين.

الجدول (٤–٣) الحد الأدنى من التباعد للوصول إلى محوّل الطرق السريعة مع طريق متعدد المسارات (Williams et al., 2014).

نوع المنطقة	أبعاد التباعد (م)			
	X	Y	Z	M
مطور بالكامل	٢٢٥	٨٠٠	٣٠٠	٣٠٠
الضواحي أو الحضر	٣٠٠	٨٠٠	٤٠٠	٤٠٠
ريفي	٤٠٠	٨٠٠	٤٠٠	٤٠٠



الأبعاد على النحو التالي:

X= المسافة الى أول مدخل على اليمين (مدخل لليمين، مخرج لليمين فقط).

Y= المسافة الى أول تقاطع رئيس. قد لا يوضع تقاطع رباعي بين نهاية المنحدر وأول تقاطع رئيس.

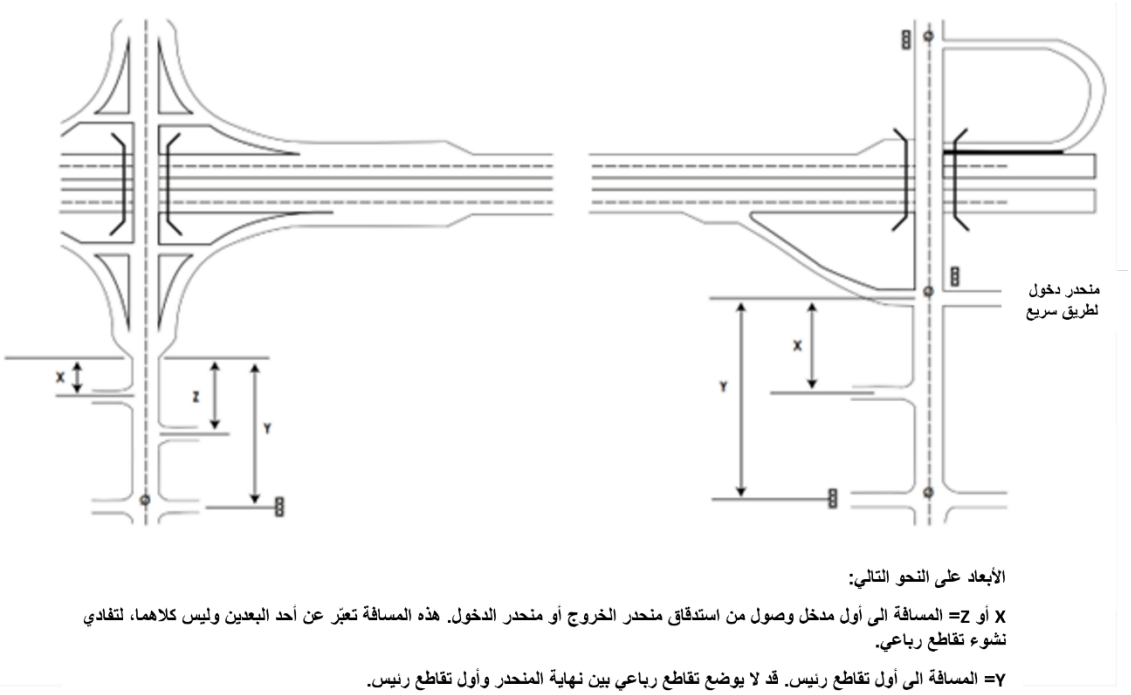
Z= المسافة بين آخر مدخل وصول وبداية الاستدقاق لمنحدر الدخول.

M= المسافة الى أول فتحة جزيرة وسطية اتجاهية. لا يُسمح بفتحات كاملة بجزر وسطية غير قابلة للاجتياز حتى أول تقاطع رئيس.

الشكل (٤–١) أبعاد التباعد للوصول إلى محوّل الطرق السريعة مع طريق متعدد المسارات (Williams et al., 2014).

الجدول (٤–٤) الحد الأدنى من التباعد للوصول إلى محوّل الطرق السريعة مع طريق بمسارين (Williams et al., 2014).

نوع المنطقة	أبعاد التباعد (م)		
	X	Y	Z
مطور بالكامل	٢٢٥	٤٠٠	٢٢٥
الضواحي أو الحضر	٣٠٠	٤٠٠	٣٠٠
ريفي	٤٠٠	٤٠٠	٤٠٠



الأبعاد على النحو التالي:

X أو Z= المسافة الى أول مدخل وصول من استدقاق منحدر الخروج أو منحدر الدخول. هذه المسافة تعبّر عن أحد البعدين وليس كلاهما، لتفادي نشوء تقاطع رباعي.

Y= المسافة الى أول تقاطع رئيس. قد لا يوضع تقاطع رباعي بين نهاية المنحدر وأول تقاطع رئيس.

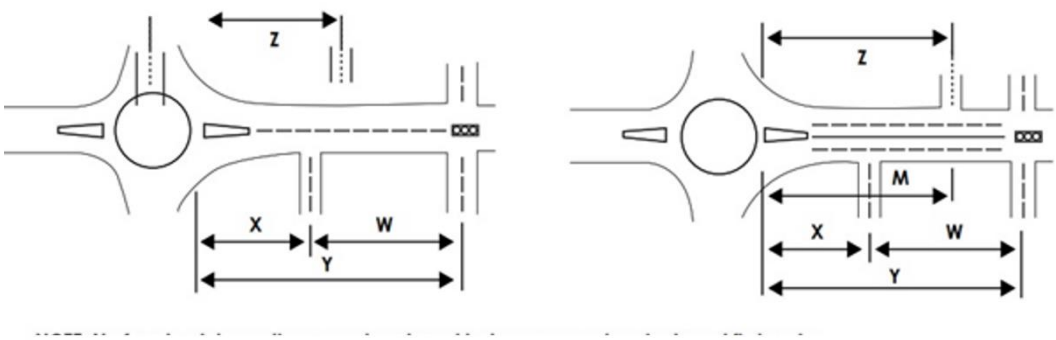
الشكل (٤–٢) أبعاد التباعد الخاصة بالوصول المتبادل إلى الطرق السريعة مع طريق ذي مسارين (Williams et al., 2014).

الحد الأدنى من التباعد عند الدوّار على الطرق ذات المسارين والأربع مسارات:

الحد الأدنى للمسافات المطلوبة عند الدوّار يعتمد على مسافة الرؤية المطلوبة. يوفر الرسم التوضيحي في الشكل (٤-١) تفاصيل التباعد ذات الصلة عند الدوّار في حال طريق ذي مسارين وأربعة مسارات. توفر توصيات التباعد النموذجية الخاصة بالدوّار في حال طرق بمسارين وأربع مسارات في الجدول (٤-٥).

الجدول (٤–٥) توصيات الحد الأدنى للتباعد عند الدوّار في حال طريق ذي مسارين وأربعة مسارات (Williams et al., 2014).

عدد المسارات بالطريق	المنطقة	سرعة تصميم الدوّار (كم/ساعة)	أبعاد التباعد (م)				
			X	W	Y	Z	M
٢	حضرية	٣٠	١٠٠	٢٧٥	٢٧٥	١٢٥	-
		٤٠	١٢٥	٣٠٠	٣٠٠	١٢٥	-
		٥٠	١٥٠	٣٢٥	٣٢٥	١٢٥	-
٤		٣٠	١٠٠	٢٧٥	٢٧٥	١٣٥	١٥٠
		٤٠	١٢٥	٣٠٠	٣٠٠	١٣٥	١٧٥
		٥٠	١٥٠	٣٢٥	٣٢٥	١٣٥	٢٠٠
٢	ضاحية	٣٠	١٠٠	٢٥٠	٢٥٠	١٤٠	-
		٤٠	١٢٥	٢٧٥	٢٧٥	١٤٠	-
		٥٠	١٥٠	٣٠٠	٣٠٠	١٤٠	-
٤		٣٠	١٠٠	٢٥٠	٢٥٠	١٥٠	١٠٠
		٤٠	١٢٥	٢٧٥	٢٧٥	١٥٠	١٢٥
		٥٠	١٥٠	٣٠٠	٣٠٠	١٥٠	١٥٠
٢	ريفية	٣٠	٧٥	١٥٠	١٥٠	١٦٠	-
		٤٠	١٠٠	١٧٥	١٧٥	١٦٠	-
		٥٠	١٢٥	٢٠٠	٢٠٠	١٦٠	-
٤		٣٠	٧٥	١٥٠	١٥٠	١٦٠	٦٠
		٤٠	١٠٠	١٧٥	١٧٥	١٦٠	٧٥
		٥٠	١٢٥	٢٠٠	٢٠٠	١٦٠	٩٠



ملاحظة: قد لا يوضع تقاطع رباعي بين نهايات المنحدر وأول تقاطع رئيس.

الأبعاد كالتالي:

X= المسافة الى أول مدخل جانبي/ طريق خاص على اليمين (مدخل لليمين، مخرج لليمين فقط). معيار: مسافة الرؤية للقرار للتوقف لسرعة تصميم الدوّار.

W= المسافة من آخر مدخل جانبي/ طريق خاص الى أول تقاطع رئيس). معيار: مسافة الرؤية للقرار للتوقف لسرعة تصميم الدوّار زائداً صف الانتظار.

Y= المسافة الى أول تقاطع رئيس. قد لا يوضع تقاطع رباعي بين نهاية المنحدر وأول تقاطع رئيس. معيار: مسافة الرؤية للقرار للتوقف زائداً صف الانتظار عند التقاطع. يجب أن تكون قيمة (Y) أكبر من قيمة (X+W). في حالة السماح لمدخل جانبي/ طريق خاص بين نهاية المنحدر وأول تقاطع رئيس.

Z= المسافة بين آخر لمدخل جانبي/ طريق خاص وبداية استدقاق منحدر الدخول (أي، المسافة الى أخر مدخل قبل الدوّار). معيار: مسافة الرؤية للقرار للتوقف زائداً صف الانتظار عند الدوّار. يمكن تقليل قيمة (Z) في حالة توفير مسار انعطاف حر لليمين.

M= المسافة الى أول فتحة جزيرة وسطية اتجاهية. لا يُسمح بفتحات كاملة بجزر وسطية غير قابلة للاجتياز حتى أول تقاطع رئيس. معيار: مسافة الرؤية للقرار للتوقف زائداً صف الانتظار ثلاث مركبات، مركبتين أو مركبة واحدة.

الشكل (٤–٣) توصيات المسافات النموذجية عند الدوّار في حالة طريق ذي مسارين وأربعة مسارات (Williams et al., 2014).

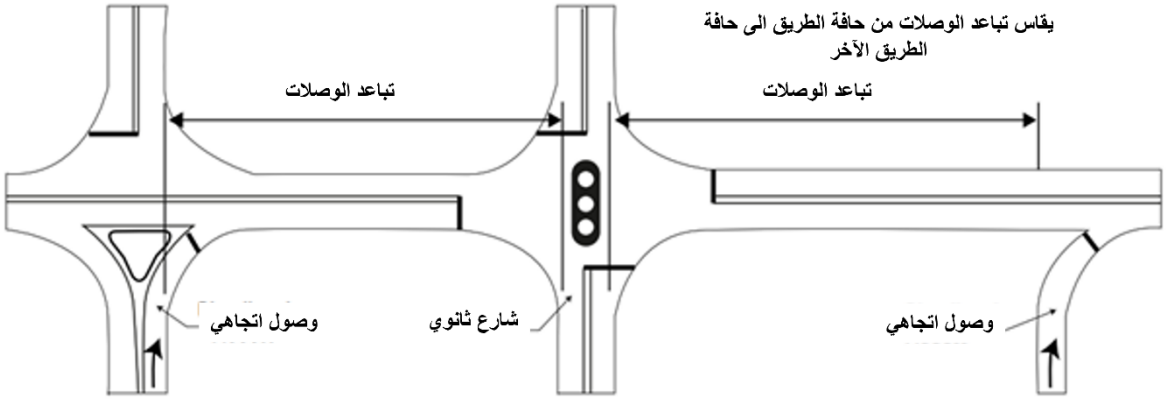
متطلبات التباعد للمداخل الجانبية والطرق الخاصة التجارية والصناعية:

تعتمد معايير الحد الأدنى لتباعد المداخل الجانبية والطرق الخاصة على حد السرعة المُعلَنة، والتحكم في التقاطع، ووجود الجزيرة الوسطية، ونوع الوصول. ومع ذلك، هناك بعض الشروط الخاصة التي قد تتطلب مزيدًا من الفحص لتحديد الوصول المقبول للملكيات. غالبًا ما تمثل المداخل الجانبية والطرق الخاصة التجارية والصناعية تحديات لمعايير التباعد بناءً على مقدار واجهة الطريق ومساحة قطع الأراضي. لذلك، ينبغي النظر في حجم ونوع الوصول المطلوب.

تلخص متطلبات التباعد المداخل الجانبية والطرق الخاصة التجارية/الصناعية في الجدول (٤-٦). يجب قياس التباعد من حافة طريق المرور إلى حافة طريق المرور، كما هو موضح في الشكل (٤-٤). الحد الأدنى من التباعد المرتبط بالتقاطعات المحكومة بالإشارات المرورية يعكس إما التباعد بين التقاطعات المحكومة بإشارة مرورية أو غير محكومة بإشارة مرورية، وللتقاطعات المتتالية المحكومة بالإشارات المرورية.

الجدول (٤–٦) معايير الحد الأدنى لتباعد المداخل الجانبية والطرق الخاصة التجارية/الصناعية (ALDOT, 2021).

فئة الوصول	السرعة المعلنة (كم/ساعة)	الحد الأدنى للتباعد (م)			
		محكوم بإشارة مرورية	غير محكوم بإشارة مرورية		
			مقسوم		غير مقسوم
			الوصول الكامل	الوصول الاتجاهي	الوصول الكامل	الوصول الاتجاهي
مداخل جانبية وطرق خاصة تجارية وصناعية	ما يصل إلى ٧٠	٣٠٠	٢٠٠	٨٠	٨٠	٨٠
	من ٧٠ إلى ٩٠	٤٠٠	٤٠٠	١٤٠	١٤٠	١٤٠
	أكثر من ٩٠	٨٠٠	٤٠٠	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠



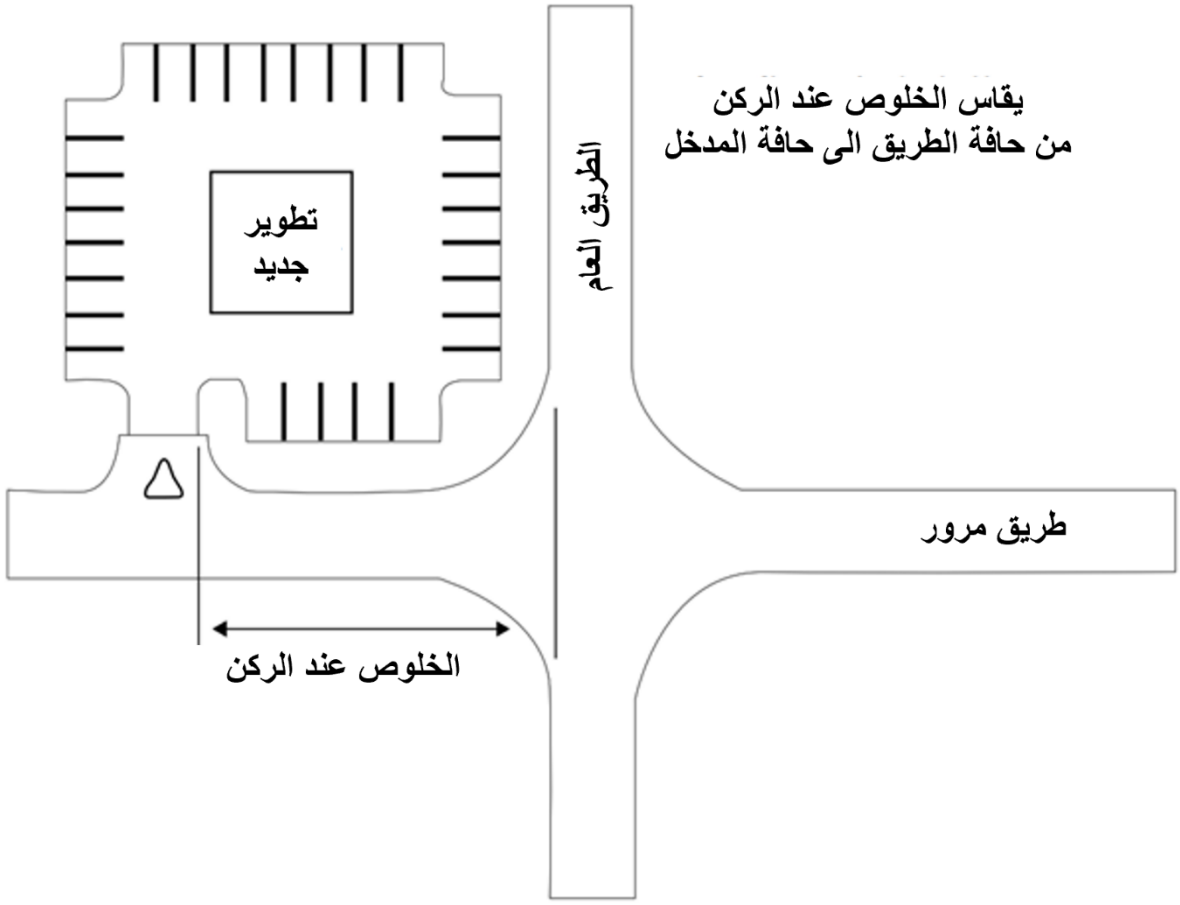
الشكل (٤–٤) أبعاد تباعد الوصلات (ALDOT, 2021).

الخلوص عند الركن:

في بعض الحالات، قد تتطلب حدود قطعة الأرض مداخل جانبية وطرق خاصة بالقرب من أركان التقاطع. يشير خلوص ركن المداخل الجانبية والطرق الخاصة المطلوب إلى المسافة بين التقاطع وأقرب وصلة للوصول. من المستحسن تعظيم هذه المسافة للحفاظ على التدفق المروري بالتقاطعات. يلخص الحد الأدنى من متطلبات تباعد خلوص الركن في الجدول (٤-٧). يجب قياس التباعد من حافة طريق المرور في الشارع الجانبي إلى حافة طريق المرور في الوصلة المقترحة، كما هو موضح في الشكل (٤-٥). للحصول على متطلبات تباعد الوصول الكامل، راجع الجدول (٤-٦). مثل الحد الأدنى من متطلبات تباعد الارتباطات، ستكون هناك حالات يكون فيها الحد الأدنى من تباعد الاركان غير ممكن.

الجدول (٤–٧) الحد الأدنى من خلوص الركن (ALDOT, 2021).

السرعة المعلنة (كم/ساعة)	خلوص الركن (م)		
	دخول لليمين فقط	خارج لليمين فقط	دخول لليمين/ خروج لليمين
ما يصل إلى ٥٠	٧٥	٧٥	٧٥
من ٥٠ إلى ٧٠	٧٥	٧٥	١٠٥
أكثر من ٧٠	١٣٠	١٣٠	٢٠٠



الشكل (٤–٥) خلوص الركن (ALDOT, 2021).

٤-٥-٤-٣ التصميم الهندسي (الجيومتري) للمداخل الجانبية والطرق الخاصة:

يعد تصميم المداخل الجانبية والطرق الخاصة عنصرًا مهماً في نظام النقل وضروريًا لتحقيق عمليات تشغيل فعالة. يعد عرض الدخول، ونصف القطر، والإزاحة، وطول الحلق هي المكونات الرئيسية في التصميم.

العرض وأنصاف الأقطار

يؤدي تصميم المداخل الجانبية والطرق الخاصة غير الملائم إلى حدوث تعارض قد يؤثر على سلامة وتشغيل الخط الرئيس. يعد عرض المدخل هو العنصر الأكثر أهمية في التصميم لأنه يجب أن يخدم كلاً من المركبات المنعطفة يمينًا أو يسارًا. بالنسبة للمداخل

الجانبية والطرق الخاصة غير السكنية، يجب أن يكون العرض كافيًا للسماح بدخول المركبة دون الحاجة إلى إبطاء السرعة بشكل مفرط، كما يجب أن يسمح للمركبات بالدخول والخروج في نفس الوقت.

يجب تصميم المداخل الجانبية والطرق الخاصة التي تخدم مولدات المرور الكبيرة أو المنشآت الصناعية بشكل فردي للتعامل مع الشاحنة الكبيرة النموذجية. يجب تقييم مسارات دوران المركبات لتحديد العرض المطلوب. في المداخل الجانبية والطرق الخاصة المقسومة بجزيرة وسطية، يجب توخي الحذر للحد من عرض الجزيرة الوسطية إلى الحد الأدنى على طول حرم الطريق للجهة المسؤولة لتقليل العرض الكلي للتقاطع. توفر أنصاف الأقطار الموصى بها والعرض لأنواع استخدامات الأراضي المختلفة في الجدول (٤-٨). قد يكون نصف قطر الأدنى المقبول ٦,٠ أمتار، بينما يجب استخدام حزم (CAD) لأفضل تطبيق نصف قطر وعرض. يمكن استخدام برامج محددة لتحليل مسار أثر انعطاف المركبات التصميمية (swept path analysis) في هذه المناطق.

الجدول (٤–٨) نصف القطر والعرض الأدنى لمداخل الجانبية والطرق الخاصة (ALDOT, 2021).

نوع المدخل الجانبي والطريق الخاص	نصف القطر الموصى به (م)	العرض الموصى به (م)
قطعة أرض سكنية لأسرة واحدة	٧,٥	٣
زراعي غير تجاري	٧,٥	٥
تجاري/مكتب/تجزئة/أقسام فرعية	* ١٥	* ٧,٥
منشآت صناعية	* ٢٠	* ٨
ملاحظة: يجب أن تكون مصممة بشكل فردي للتعامل مع الشاحنة الكبيرة النموذجية التي تستخدم اتصال الوصول.		

التعدي:

في مناطق التقاطعات، يجب ألا تتعدى المركبة التصميمية على المسار المجاور ولا في مسارات السير المقابلة. ومع ذلك، لا يكون ذلك دائمًا عمليًا أو فعالًا من حيث التكلفة في كافة الحالات. يجب تقييم توصيات التعدي مقابل تأثيرات الإنشاء وحرم الطريق. في الحالة التي تكون فيها التأثيرات كبيرة وكان حجم المرور منخفضًا نسبيًا، يمكن قبول تعدي المركبة التصميمية. في الطرق ذات المسارين أو أكثر في نفس الاتجاه، يمكن للمركبة التصميمية أن تشغل كلا مساري السير. يجب أن تكون المركبة المنعطفة قادرة على الدوران مع البقاء بالكامل في المسار الأيمن. تُقيّم تأثيرات التعدي ومعايير التصميم للمركبات التصميمية SU وWB-15 في الشكل (٤-٦)، بينما يتم توفير إرشادات التعدي للمركبات المنعطفة يميناً في الجدول (٤-٩). يُتحكّم في التعدي من خلال تطبيق البرنامج المناسب الذي يحدد مسار أثر انعطاف المركبات التصميمية.

الجدول (٤–٩) إرشادات التعدي للانعطاف لليمين (INDOT, 2013).

الانعطاف من	الانعطاف إلى	التعدي المقبول للمركبة التصميمية للطريق أو الشارع الذي يتم الانعطاف فيه
منحدر طريق سريع	مرفق آخر	عدم التعدي على مسارات السير المعاكسة
طريق شرياني	طريق شرياني طريق تجميعي طريق محلي	عدم التعدي على مسارات السير المعاكسة ٠,٣ م التعدي على مسارات السير المعاكسة ٠,٦ م التعدي على مسارات السير المعاكسة
طريق تجميعي	طريق شرياني طريق تجميعي طريق محلي	عدم التعدي على مسارات السير المعاكسة ٠,٣ م التعدي على مسارات السير المعاكسة ٠,٦ م التعدي على مسارات السير المعاكسة

المحلي	طريق شرياني المجمع المحلي	عدم التعدي على مسارات السير المعاكسة ٠,٣ م التعدي على مسارات السير المعاكسة ٠,٦ م التعدي على مسارات السير المعاكسة

ملاحظات:

١- معايير التعدي تشير إلى المركبة التصميمية.

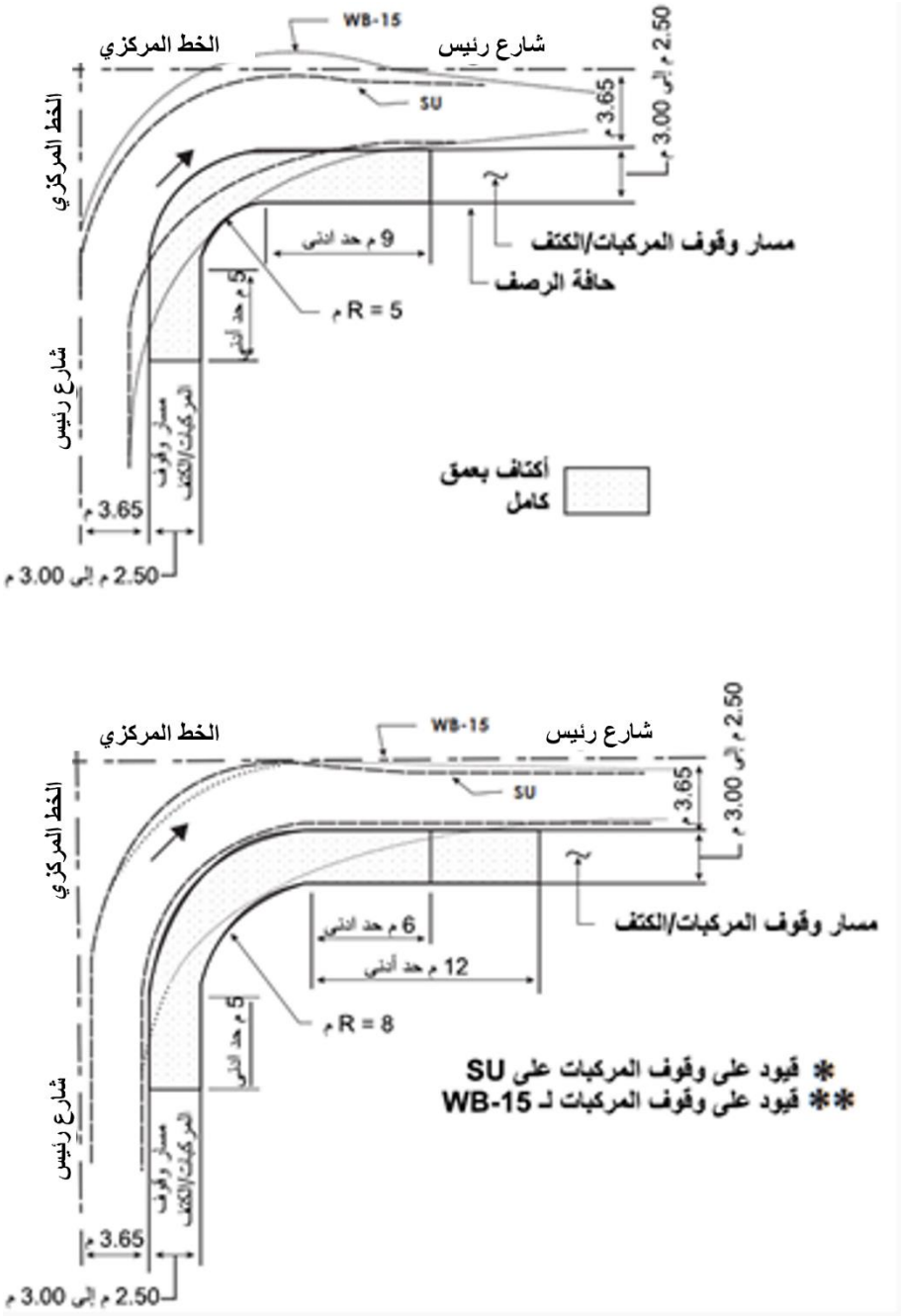
٢- قبل القيام بالانعطاف، من المفترض أن تكون المركبة التصميمية في مسار السير الأبعد أو مسار الانعطاف لليمين الحصري، أيهما ينطبق. من المفترض أن المركبة لا تتعدى على المسارات المجاورة على الطريق أو الشارع الذي يتم منه الانعطاف.

٣- في حال تحديد التعدي المقبول، يجب على المصمم أيضًا مراعاة حجم المروري للدوران، من خلال الحجم، ونوع التحكم المروري عند التقاطع. سيكون التعدي المرغوب فيه صفرًا في مسارات السير المعاكسة.

٤- يشير الجدول إلى المقدار الذي قد تتعدى به المركبة المنعطفة إلى مسارات السير المعاكسة. إذا كان هناك مساران أو أكثر للمرور في نفس الاتجاه على الطريق الذي يتم فيه الانعطاف، فيمكن للمركبة التصميمية المحددة أن تشغل كلا مسار السير. ستتمكن المركبة المنعطفة من الدوران مع البقاء بالكامل في المسار الأيمن.

٥- بغض النظر عن المركبة التصميمية المختارة أو معايير التعدي، يجب أن تكون المركبة التصميمية قادرة على الدوران عند التقاطع دون الرجوع إلى الخلف ودون التأثير على البردورة أو المركبة المتوقفة أو عمود الخدمة أو أي عائق آخر.

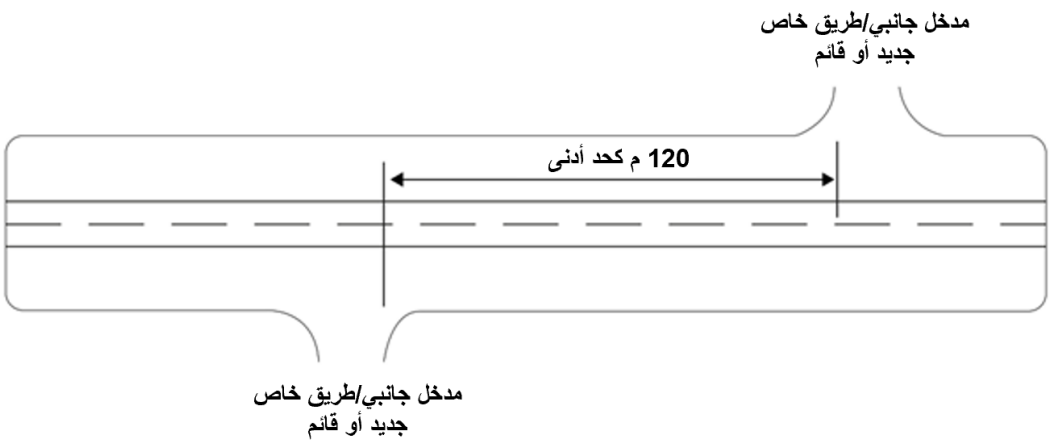
٦- يجب فحص كل تصميم مقترح باستخدام البرنامج المناسب الذي يحدد مسار دوران المركبة.



الشكل (٤–٦) تأثيرات أنصاف أقطار البردورة ومخارج المواقف (INDOT, 2013).

إزاحات المداخل الجانبية والطرق الخاصة:

قد تتسبب وصلات الارتباط على الجانبين المعاكسين للطريق، إذا لم تكن مصنفّة مباشرة مقابل بعضها البعض، في حدوث مشكلات في تشغيل المرور بسبب تداخل حركات الانعطاف إلى اليسار (في المواقع التي بها مسارات انعطاف لليسار ذات اتجاهين لليسار أو طرق مقسومة ذات أطوال قصيرة). يجب أن تكون المداخل على الجانبين المتقابلين من الطريق إما مصطفة بشكل مباشر مقابل بعضها البعض أو تستوفي متطلبات التباعد المنصوص عليها في الجدول (٤-٦). إذا تعذر استيفاء هذه المعايير، فيجب أن يكون الحد الأدنى للمسافة بين تقاطعي الإزاحة ١٢٠ مترًا على الأقل، كما هو موضح في الشكل (٤-٧).



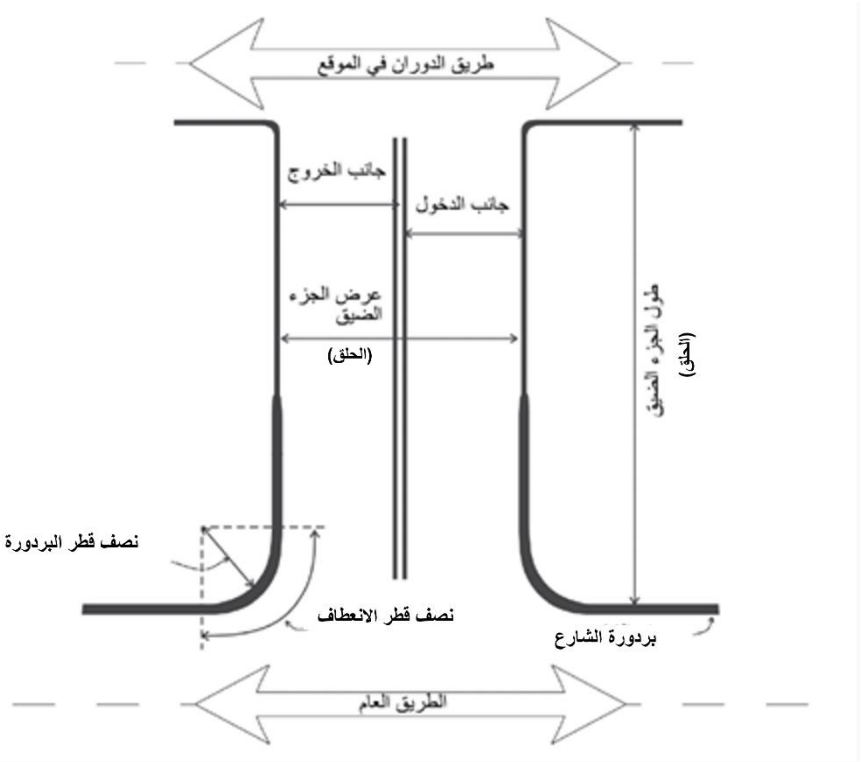
الشكل (٤–٧) إزاحات المداخل الجانبية والطرق الخاصة (ALDOT, 2021).

طول الحلق:

يمكن تعريف طول الحلق على أنه المسافة من حافة الطريق على طول الطريق الرئيسي إلى نقطة التعارض الأولى على طريق مرور أو مسار على النحو الموضح في الشكل (٤-٨). تعد مسافة طول الحلق مكونًا رئيسًا للتشغيل الآمن والفعال للمرور على طول الطريق الرئيسي. يجب تصميم طول الحلق لتسهيل حركة المركبات خارج الطريق لمنع اصطفاف المركبات على الطريق. يلخص الجدول (٤-١٠) الحد الأدنى المطلوب من أطوال الحلق وفق عدد مسارات الخروج عند الإنشاء الكامل للمشروع.

الجدول (٤–١٠) الطول الأدنى للحلق (ALDOT, 2021).

طول الحلق (م)		
مسار واحد (١) للخروج	مساران (٢) للخروج	ثلاث مسارات (٣) للخروج
٣٠	٤٥	٦٠
ملاحظة: يجب إجراء تحليل تاسعة للتحقق من أن اصطفاف المتوقع المرور الخارج لا يعيق الحركة الداخلية في الموقع.		



الشكل (٤–٨) طول الحلق (Source: Stover &, V. G., and F. J. Koepke. Transportation and Land (Development, 2nd ed. Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C., 2002

٤-٥-٤-٤ المسارات الاضافية:

عند التقاطعات التي يسمح فيها بالانعطاف لليسار، تتطلب من المركبات المنعطفة إعطاء الأولوية للمرور القادم وانتظار فجوة مقبولة لإجراء مناورة الانعطاف إلى اليسار. في الحالات التي لا يوجد فيها مسار انعطاف يسار حصري، يجب أن تبطئ هذه المركبات أو تتوقف في مسار المرور المستمر أثناء انتظار الفجوة المناسبة. تزيد هذه الظروف من خطر وقوع حادث اصطدام من الخلف وقد تؤدي إلى تعرض المركبات المنعطفة يسارًا للمخاطر وقبول الفجوات التي تكون صغيرة جدًا، مما يزيد من فرصة حدوث اصطدام من الزاوية اليمنى. لهذه الأسباب، قد يلزم توفير مسار حصري للانعطاف إلى اليسار.

وبالمثل، عندما تقترب مركبة ذات انعطاف الى اليمين من تقاطع ما، يجب أن تبطئ سرعتها للقيام بمناورتها بأمان. إذا لم يكن هناك مسار انعطاف حصري لليمين ، فسيتم خلط المرور المنعطف مع المرور السريع المستمر مما يؤثر فيه سلباً.

على الرغم من وجود مزايا سلامة وتشغيل واضحة لمسارات الانعطاف الإضافية لليسار أو اليمين، فقد لا تكون مطلوبة أو حتى مجدية لكافة المواقع.

يوفر مزيد من الإرشادات فيما يتعلق بتصميم مسارات الانعطاف إلى اليسار واليمين في البابين (١٠) و(١١).

٤-٥-٤-٥ التحكم في الوصول بالقرب من المحوّلات:

يحدث أحد أهم تحديات إدارة الوصول في المنطقة المجاورة مباشرة للمحوّل. مستوى الوصول المناسب بالقرب من المحوّل هو وظيفة لحد السرعة المُعلنة ونوع الارتباط. يجب قياس التباعد بنفس طريقة قياس تباعد الاتصال، من حافة طريق المرور إلى حافة طريق المرور، كما هو موضح في الشكل (٤-٧). يُظهر الجدول (٤-١١) الحد الأدنى من التباعد المطلوب لأول تقاطع طرق للوصول من المنحدر. لا يحل معيار التباعد محل منطقة الوصول المرفوضة حول المحوّلات.

الجدول (٤–١١) تباعد الوصول بالقرب من المحوّلات (ALDOT, 2021).

السرعة المعلنة (كم/ساعة)	أبعاد التباعد			
	أول وصول	فتحات الجزيرة الوسطية الاتجاهية الأولى	أول وصول كامل	أول وصول مع إشارة مرورية
ما يصل إلى ٧٠	٢٢٥	٣٠٠	٣٠٠	٤٠٠
أكثر من ٧٠	٣٠٠	٤٠٠	٤٠٠	٨٠٠

يوفر مزيد من الإرشادات فيما يتعلق بالتحكم في الوصول بالقرب من المحوّلات في الباب (١١).

٤-٥-٥ حماية حقوق الوصول:

من أجل التحكم المناسب في حقوق الوصول المكتسبة، يجب تثبيت الأسوار أو أنواع الحواجز المعتمدة الأخرى على كافة الطرق السريعة والطرق شبه السريعة وحيثما يكون ذلك عمليًا في المرافق المقسومة متعددة المسارات. يضمن مزيد من الإرشادات حول تصميمات الحواجز المناسبة في كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة).

بمجرد الحصول على حقوق الوصول، لا يُسمح بفتحات وصول إضافية عند فصل أو تقسيم قطع الأراضي، أو الاراضي المتجاورة تحت نفس الملكية أو السيطرة. لا يجوز تغيير الاستخدام المحدد لفتحات الوصول.

٤-٦ العناصر العامة للتصميم:

٤-٦-١ مقدمة:

يعتمد التصميم الهندسي لأي فئة من فئات الطرق على العناصر الرئيسية للتصميم ويشمل ذلك المحاذاة الأفقية والرأسية والجمع بينهما، ومسافات الرؤية، بالإضافة الى معلمات القطاع العرضي، والتعلية الجانبية، وتوسيع الطريق وغيرها. يصف الجزء الحالي العناصر العامة للتصميم الهندسي (الجيومتري) للطرق، وتعرض الأجزاء اللاحقة الارشادات وفق فئات الطرق المحددة والتصنيف الوظيفي.

٤-٦-٢ **المعلمات** العامة لمسافة **الرؤية**:

٤-٦-٢-١ مسافة الرؤية للتوقف:

مسافة التوقف عن الرؤية (SSD) هي مجموع المسافة المقطوعة أثناء إدراك – رد فعل السائق أو زمن رد فعل المكابح والمسافة المقطوعة أثناء التباطؤ حتى تتوقف السيارة. وبالنظر أيضًا إلى الميل الطولي للطريق، فإن المعادلة التالية تحسب مسافة الرؤية للتوقف (SSD) لسيارات الركاب.

المعادلة (٤-١)

$$SSD = 0.278 \cdot V \cdot t + \frac{V^2}{254 \cdot \left(\frac{a}{9.81} \pm G\right)}$$

حيث إن:

SSD (م) = مسافة الرؤية للتوقف

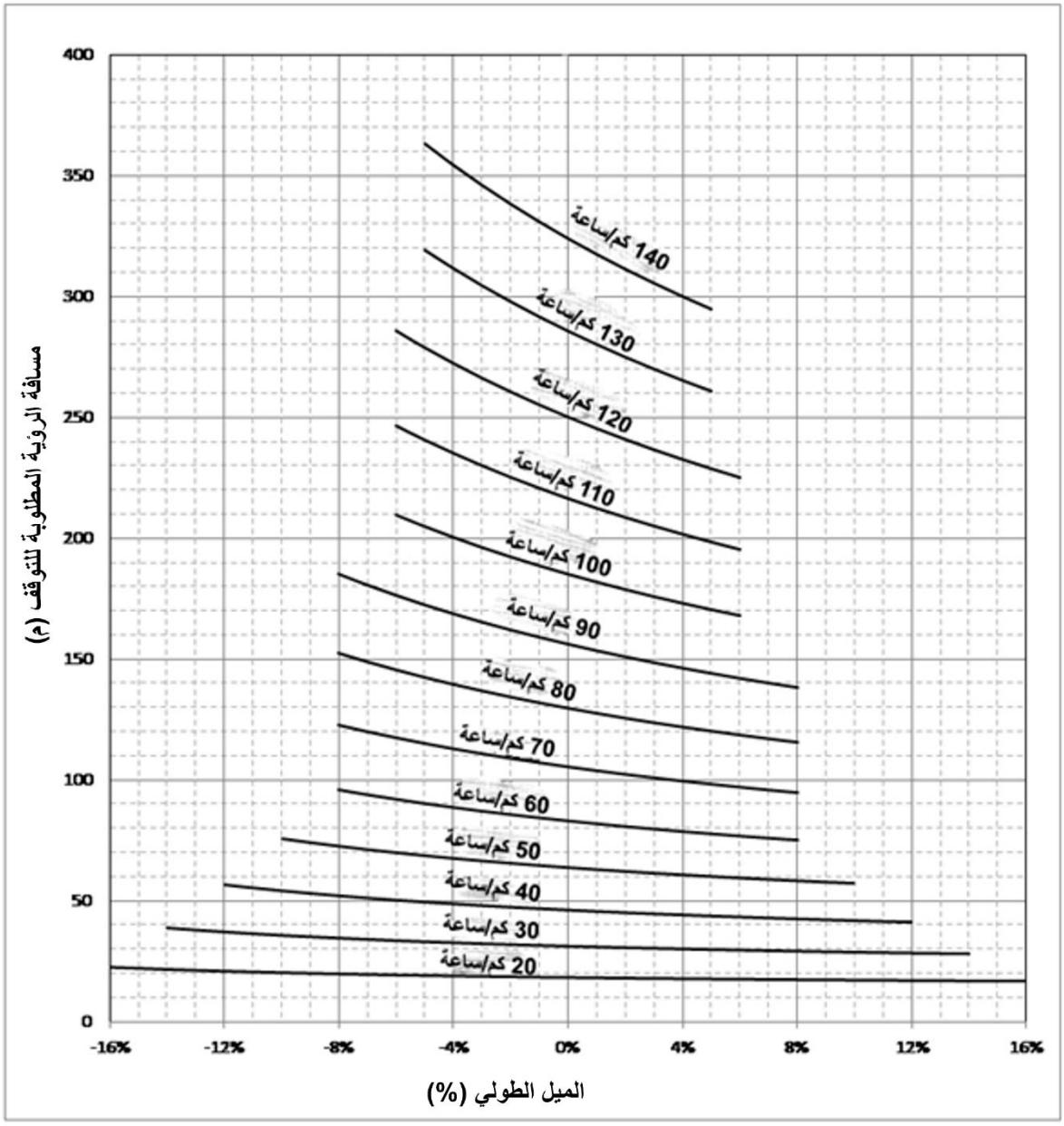
V (كم/ساعة) = السرعة التصميمية

t (ثانية) = زمن إدراك - رد فعل السائق أو زمن رد فعل المكابح، يعتبر ٢,٥ ثانية

أ (م/ث^2) = معدل التباطؤ، الذي يعتبر ٣,٤ م/ث^2

G (%) = الميل الطولي (ويطبق بعلامة "+" للميول الصاعدة وعلامة "-" للميول الهابطة).

تُمثّل نتائج المعادلة (٤-٥) أعلاه في الشكل (٤-٩)، ويمكن استخدامه لتعريف مسافة الرؤية للتوقف حسب السرعة التصميمية والميل الطولي للطريق.



الشكل (٤–٩) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب السرعة التصميمية والميل الطولي لكافة فئات الطرق.

٤-٦-٢-٢ مسافة الرؤية المتاحة:

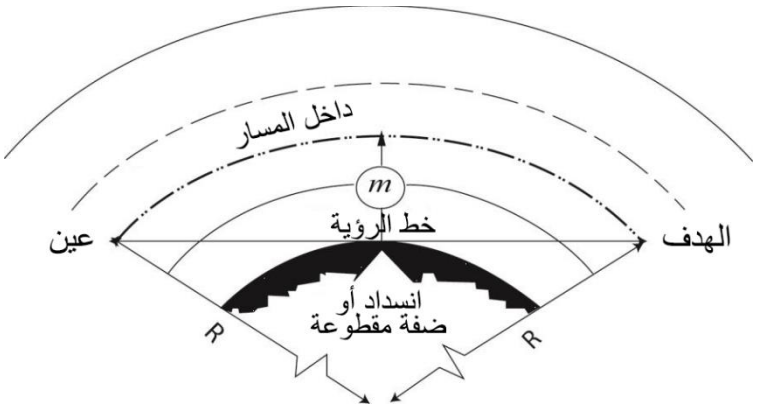
تُحسب مسافة الرؤية المتاحة من المحاذاة الأفقية والرأسية، مع الأخذ في الاعتبار -أيضًا- عناصر القطاع العرضي وتشكيل المنطقة المحيطة. وترتبط بالشعاع البصري بين موضع عين السائق وموضع العائق. يُعتبر ارتفاع عين السائق ١,٠٨ م بينما يُعتبر ارتفاع الجسم (العائق) ٠,٦٠ م.

يقاس كل من ارتفاع عين السائق وارتفاع الجسم (العائق) في نفس المسار (الشكل ٤-١٠). تنطبق الافتراضات التالية بشكل خاص على الطرق السريعة/ الطرق شبه السريعة:

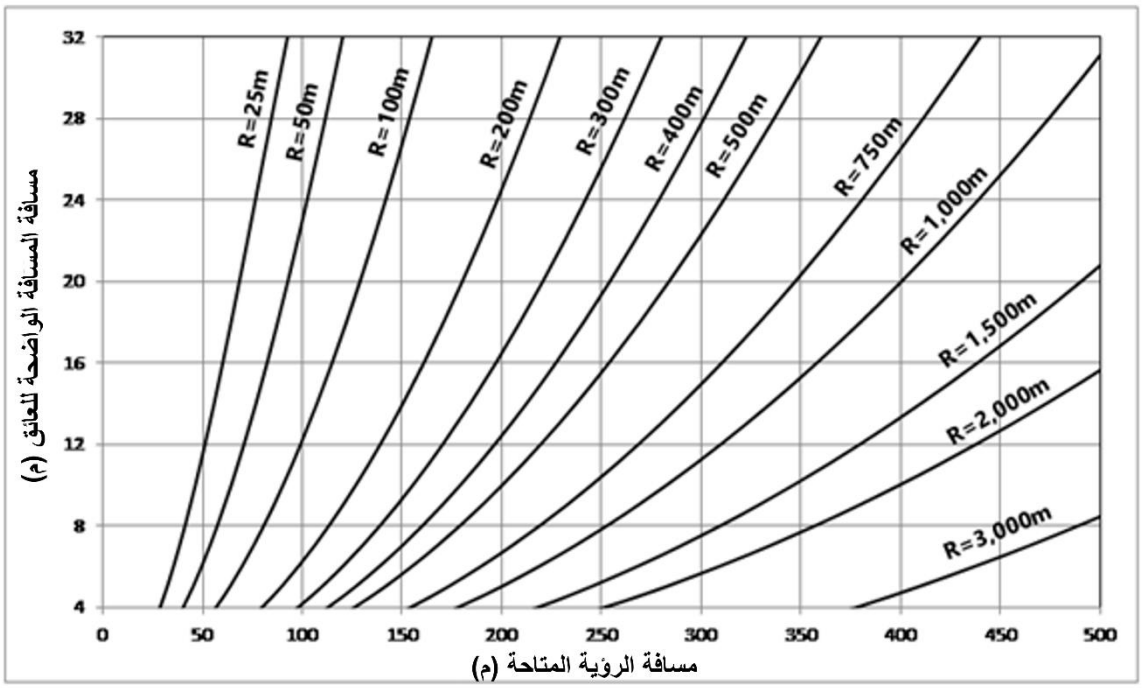
- في المنحنيات الأفقية الواقعة تجاه اليد اليسرى (المنحنيات اليسرى)، تكون نقطة عين السائق ونقطة الجسم (العائق) على المسار الأبعد جهة اليسار من الطريق.
- في المنحنيات الأفقية الواقعة تجاه اليد اليمنى (المنحنيات اليمنى) وعلى الخطوط المستقيمة، تكون عين السائق ونقطة الجسم (العائق) على المسار الأبعد جهة اليمين من الطريق.

إنّ نصف قطر المنحنى، والمسافة بين العائق البصري (visual obstruction) والخط المركزي (centreline) للمسار المختار، يحدّان بشكل كبير من مسافة الرؤية في المنحنيات الأفقية اليسرى واليمنى. كما تتأثر هذه المسافة بتصميم القطاع العرضي (ويشمل ذلك عرض المسار وعرض الشريط المركزي الفاصل بين اتجاهي السير وعرض العائق).

لإجراء فحص تقريبي لمسافة الرؤية للتوقف عند المنحنيات، توضح العلاقة بين نصف قطر المنحنى الدائري والمسافة الخالية من العائق ومسافة الرؤية المتاحة في الشكل (٤-١١). وتجدر الإشارة إلى أنه نظرًا التركيبات المحتملة المختلفة بين المسافة الخالية ونصف القطر، يمكن للمصمم استخدام نتائج البرامج أو جداول البيانات.



الشكل (٤–١٠) خط الرؤية المحتمل من نقطة عين السائق إلى نقطة الجسم (العائق) لمسافة الرؤية للتوقف في منحنى أيسر (CALTRANS, 2019).



الشكل (٤–١١) رسم تخطيطي لحساب مسافة الرؤية المتاحة على الطرق في المنحنيات حسب المسافة الخالية للعائق.

يمكن استخدام الصيغ التالية للحسابات التحليلية.

$$\mathbf{m} = \boldsymbol{R} \cdot \left[\mathbf{1} - \boldsymbol{cos}\left(\frac{\boldsymbol{S_a}}{\mathbf{2} \cdot \boldsymbol{R}}\right)\right]$$ **المعادلة (٤-٢)**

$$\mathbf{S_a} = \mathbf{2} \cdot \boldsymbol{R} \cdot \boldsymbol{cos}^{-1}\left[\mathbf{1} - \frac{\boldsymbol{m}}{\boldsymbol{R}}\right]$$ **المعادلة (٤-٣)**

حيث إن:

R = نصف قطر الخط المركزي للمسار الأقرب للعائق (م)

S_a = مسافة الرؤية المتاحة (م)

m = مسافة خالية من الخط المركزي للمسار الأقرب للعائق (م).

٤-٦-٢-٣ مسافة الرؤية للتجاوز:

تقتصر اعتبارات مسافة الرؤية للتجاوز على الطرق ذات الاتجاهين وذات المسار الواحد. على هذه الطرق، قد يتخطى سائق مركبة معينة مركبة أخرى تسير بسرعة أقل، ويتحتّم عليه إتمام مناورة التجاوز هذه على مسار مستخدم من قبل مرور المركبات في الاتجاه المعاكس. هناك طريقتان مختلفتان تستخدمان لتقدير مسافة الرؤية المطلوبة. في الطريقة الأولى (إكمال المناورة)، تُحسب مسافة الرؤية للتجاوز على أنها أقل مسافة رؤية يجب إتاحتها لسائق إحدى المركبات لتمكينه من اجتياز مركبة أخرى بأمان وراحة، دون التأثير على سرعة المركبة المقابلة التي تسير بالسرعة التصميمية.

في الطريقة الثانية (إجهاض المناورة)، تُقترح مسافة الرؤية للتجاوز بناءً على الملاحظات الميدانية لمناورات التجاوز. تفترض هذه الطريقة أن السائق المتخطّي لمركبة أخرى سوف يجهض مناورة التجاوز ويعود إلى مساره الطبيعي خلف المركبة السابقة إذا ظهرت مركبة معارضة قبل الوصول إلى موضع حرج في مناورة التجاوز والذي بعده يتوجّب على السائق المتخطّي إكمال المناورة. في هذه الحالة، يكون الطول المطلوب محددًا بحوالي ٥٠ بالمائة من نتيجة الطريقة الأولى. وتجدر الإشارة إلى أن مسافة الرؤية المراعاة في التصميم تستند إلى تجاوز مركبة "ركاب واحدة" لمركبة "ركاب واحدة" أخرى.

تعرض مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز وفقًا للطريقتين الموصوفتين أعلاه في الجدول (٤-١٢). يمكن استخدام الطريقة الأولى دون أي مخاوف تتعلق بسلامة الطريق في التضاريس المنبسطة، بينما قد تكون الطريقة الثانية أكثر فاعلية في التضاريس التلالية أو الجبلية.

لاختيار الطريقة الأكثر ملاءمة للتنفيذ، ينبغي على المصمم تقييم كافة البيانات المتاحة وتحديد أجزاء الطرق التي سيسمح فيها بمناورة التجاوز، مع الأخذ في الاعتبار مسافة الرؤية المتاحة وتطبيق المعايير القائمة على الأداء.

الجدول (٤–١٢) مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز حسب السرعة التصميمية لجميع فئات الطرق المفردة (Method 1: AASHTO, 2018; Method 2: TxDOT, 2022).

السرعة التصميمية (كم/س)	مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز (م)	
	الطريقة (١)	الطريقة (١)
٢٠	١٣٠	١٠٠
٣٠	٢٠٠	١٢٠
٤٠	٢٧٠	١٤٠
٥٠	٣٤٥	١٦٠
٦٠	٤١٠	١٨٠
٧٠	٤٨٥	٢١٠
٨٠	٥٤٠	٢٤٥
٩٠	٦١٥	٢٨٠
١٠٠	٦٧٠	٣٢٠
١١٠	٧٣٠	٣٥٥

٤-٦-٢-٤ مسافة الرؤية للقرار:

بشكل عام، يجب على المصمم التفكير في استخدام مسافة الرؤية للقرار في أي مكان معقد نسبيًا حيث قد يتجاوز زمن رد الفعل الادراكي للسائق ٢,٥ ثانية. فيما يلي أمثلة على مواقع التي قد تكون مسافة رؤية القرار فيها مطلوبة:

- منحدرات الخروج أو الدخول للطريق السريع/ الطريق شبه السريع عند المحوّلات.
- تغيير في القطاع العرضي للطريق، كما هو الحال في إسقاط المسار (lane drops).
- المخارج اليسرى على الطرق السريع أو الطرق شبه السريعة.
- مناطق الاندماج والافتراق على الطرق عالية السرعة.
- التحويلات المؤقتة وإغلاق المسارات.
- التقاطعات السطحية للسكك الحديدية والطرق.
- التقاطع بالقرب من منحنى أفقي أو داخله.
- التقاطع عند نهاية مجري مائي على منحنى قمة رأسي.

في هذه المواقع، ينبغي على المصمم التفكير في توفير مسافة الرؤية للقرار لتوفير هامش إضافي لسلامة الطريق. مناورات التجنب المختلفة لمسافة رؤية القرار هي:

- المناورة أ: التوقف على طريق ريفي. (t = ٣,٠ ثانية).
- المناورة ب: التوقف على طريق حضري. (t = ٩,١ ثانية).
- المناورة ج: تغير السرعة/المسار/الاتجاه على طريق ريفي. (t = ١٠,٢ - ١١,٢ ثانية).
- المناورة د: تغيير السرعة/المسار/الاتجاه على طريق الضواحي. (t = ١٢,١ - ١٢,٩ ثانية).
- المناورة هـ: تغير السرعة/المسار/الاتجاه على طريق حضري. (t = ١٤,٠ - ١٤,٥ ثانية).

تحدّد مسافات الرؤية للقرار لكافة مناورات التجنب باستخدام المعادلات التالية:

للمناورات (أ) و(ب):

$$DSD = 0.278 \cdot V \cdot t + \frac{V^2}{254 \cdot \left(\frac{a}{9.81} \pm G\right)}$$ **المعادلة (٤-٤)**

للمناورات "ج" و "د" و "هـ":

$$DSD = 0.278 \cdot V \cdot t$$ **المعادلة (٤-٥)**

حيث إن:

DSD = مسافة الرؤية للقرار (م)

V = السرعة التصميمية (كم/ساعة)

t = يختلف وقت ما قبل المناورة باختلاف مناورة التجنب (ثانية)

أ = معدل التباطؤ، ويعتبر ٣,٤ م/ث^2 (م/ث^2)

G = الميل الطولي للطريق (ويطبق بعلامة "+" للميول الصاعدة وعلامة "-" للميول الهابطة) (%).

باستخدام الصيغ والقيم أعلاه للمناورات أ وب وج ود وهـ، يتم عرض القيم المحسوبة لمسافة الرؤية المطلوبة للقرار (DSD) بالأمتار في الجدول (٤-١٣).

الجدول (٤–١٣) مسافة الرؤية المطلوبة للقرار حسب السرعة التصميمية لجميع فئات الطرق المفردة (AASHTO, 2018).

السرعة التصميمية (كم/س)	مسافة الرؤية المطلوبة للقرار (DSD) (م)				
	مناورة التجنب				
	A	B	C	D	E
٢٠	٢٥	٦٠	٦٠	٧٠	٨٠
٣٠	٤٠	٩٠	٩٠	١٠٥	١٢٠
٤٠	٥٥	١٢٠	١٢٠	١٤٠	١٦٠
٥٠	٧٥	١٥٥	١٥٠	١٧٥	٢٠٠
٦٠	٩٥	١٩٥	١٨٠	٢١٠	٢٤٠
٧٠	١١٥	٢٣٥	٢١٠	٢٤٥	٢٨٠
٨٠	١٤٠	٢٧٥	٢٤٠	٢٨٠	٣٢٠
٩٠	١٧٠	٣٢٠	٢٧٠	٣١٥	٣٦٠
١٠٠	٢٠٠	٣٧٠	٣٠٠	٣٥٠	٤٠٠
١١٠	٢٣٠	٤٢٠	٣٣٠	٣٨٥	٤٤٠

السرعة التصميمية (كم/س)	مسافة الرؤية المطلوبة للقرار (DSD) (م)				
	مناورة التجنب				
	A	B	C	D	E
١٢٠	٢٦٥	٤٧٠	٣٦٠	٤٢٠	٤٧٥
١٣٠	٣٠٥	٥٢٥	٣٩٠	٤٥٥	٥١٥
١٤٠	٣٤٠	٥٨٠	٤٢٠	٤٩٠	٥٥٥

٤-٦-٣ المعلمات العامة للمحاذاة الأفقية:

تتكوّن المحاذاة الأفقية من عدة عناصر، الأجزاء المستقيمة، والمنحنيات الدائرية (البسيطة والمركبة والعكسية) ومنحنيات الانتقال. تمثل الأجزاء المستقيمة (المماسات) العنصر الأساسي في تصميم المحاذاة الأفقية، وتُربط هذه الأجزاء المستقيمة بمنحنيات أفقية دائرية، مع منحنيات انتقالية أو بدونها، وذلك عند نقاط تغيير اتجاه المسار. ينبغي تصميم المحاذاة الأفقية على أساس التشغيل الآمن والمستمر بسرعة تصميمية موحدة لأجزاء طويلة ومؤثرة من الطريق. عندما تتحرك مركبة في مسار دائري، فإنها تخضع لتسارع جاذب يعمل باتجاه مركز الانحناء. يتم الحفاظ على هذا التسارع من خلال أحد مكونات وزن المركبة المرتبط بالتعلية الجانبية، أو الاحتكاك الجانبي الناشئ بين إطارات المركبة وسطح الرصف، أو مزيج من الاثنين معًا. في تصميم المنحنى الأفقي، يعادل تسارع الجذب المركزي بالتسارع الجانبي، ويمكن حساب نصف القطر الأدنى المطبق باستخدام المعادلة التالية:

$$R_{min} \geq \frac{V^2}{127\times(f_R+e)}$$ **المعادلة (٤-٦)**

حيث إن:

R = نصف قطر المنحنى الدائري الأدنى المسموح به (م)

V = السرعة التصميمية للطريق (كم/ساعة)

e = التعلية الجانبية المطبق في المنحنى (%)

f_R = عامل الاحتكاك الجانبي المسموح به (-).

تم سرد الحد الأدنى من نصف قطر القوس الدائري المشتق من المعادلة أعلاه مع الأخذ في الاعتبار عامل الاحتكاك الجانبي لتقديرها الجدول (٤-١٤) للتعلية الجانبية للطريق المطبق يساوي ٦٪ و٨٪ و١٠٪ و١٢٪، بينما تتراوح السرعة التصميمية من ٢٠ إلى ١٤٠ كم / ساعة. وتجدر الإشارة إلى أنه نظرًا لمعدلات التعلية الجانبية المختلفة، يمكن أيضًا استخدام نتائج البرامج أو جداول البيانات من المصممين.

الجدول (٤–١٤) عامل الاحتكاك الجانبي والحد الأدنى لطول ونصف قطر المنحنى الدائري الأفقي حسب السرعة التصميمية لجميع فئات الطرق

السرعة التصميمية (كم/س)	عامل الاحتكاك الجانبي	الطول الأدنى للمنحنى الدائري (م)	نصف قطر المنحنى الدائري الأدنى (م)				
			معدل التعلية الجانبية الأقصى (٪)				
			٤,٠٠٪	٦,٠٠٪	٨,٠٠٪	١٠,٠٠٪	١٢,٠٠٪
٢٠	٠,٣٥	١٥	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠
٣٠	٠,٢٨	٢٠	٢٥	٢٥	٢٠	٢٠	٢٠

السرعة التصميمية (كم/س)	عامل الاحتكاك الجانبي	الطول الأدنى للمنحنى الدائري (م)	نصف قطر المنحنى الدائري الأدنى (م)				
			معدل التعلية الجانبية الأقصى (٪)				
			٤,٠٠٪	٦,٠٠٪	٨,٠٠٪	١٠,٠٠٪	١٢,٠٠٪
٤٠	٠,٢٣	٢٥	٥٠	٤٥	٤٥	٤٠	٤٠
٥٠	٠,١٩	٣٠	٩٠	٨٠	٧٥	٧٠	٦٥
٦٠	٠,١٧	٣٥	١٣٥	١٢٥	١١٥	١٠٥	١٠٠
٧٠	٠,١٥	٤٠	٢٠٥	١٨٥	١٧٠	١٥٥	١٤٥
٨٠	٠,١٤	٤٥	٢٨٠	٢٥٥	٢٣٠	٢١٠	١٩٥
٩٠	٠,١٣	٥٠	٣٨٠	٣٤٠	٣٠٥	٢٨٠	٢٦٠
١٠٠	٠,١٢	٦٠	٤٩٥	٤٤٠	٣٩٥	٣٦٠	٣٣٠
١١٠	٠,١١	٦٥	٦٤٠	٥٦٥	٥٠٥	٤٥٥	٤١٥
١٢٠	٠,١	٧٠	٨١٠	٧١٠	٦٣٠	٥٧٠	٥٢٠
١٣٠	٠,٠٩	٧٥	١,٠٢٥	٨٩٠	٧٨٥	٧٠٥	٦٣٥
١٤٠	٠,٠٨	٨٠	١,٢٩٠	١,١٠٥	٩٦٥	٨٦٠	٧٧٥

يجب تقديم المنحنيات الانتقالية بين الأجزاء المستقيمة (المماسات) والأقواس الدائرية، وبين الأقواس الدائرية المتتالية إما في نفس الاتجاه (المنحنيات المركبة) أو في الاتجاه المعاكس (المنحنيات العكسية). تُعرَّف المنحنيات الانتقالية رياضيًا على أنها منحنيات حلزونية (انظر الملحق أ-٢ جيومترية المنحنيات الحلزونية). تلخص قيم الحد الأدنى من معلِّم تفلطح المنحنى الحلزوني (flatness parameter (A_s)) وطول المنحنى الحلزوني التي يجب تطبيقها على كل منحنى أفقي (L_s) في الجدول (٤-١٥)، بينما تُقدم القيم الموصى بها في الجدول (٤-١٦). يجب استخدام المنحنيات الانتقالية في المنحنيات الأفقية بحيث يكون نصف القطر مساويًا أو أقل من الحد الأعلى لنصف القطر الموضح في نفس الجداول (الحد الأدنى والقيم الموصى بها على التوالي).

الجدول (٤–١٥) الحدود الدنيا والقصوى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية لجميع فئات الطرق.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	طول المنحنى الانتقالي الأدنى (م)	نصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي الأقصى (م)
٢٠	١٥	١١	٢٤
٣٠	٢٠	١٧	٥٣
٤٠	٣٠	٢٢	٩٥
٥٠	٤٥	٢٨	١٤٨
٦٠	٦٠	٣٣	٢١٣
٧٠	٨٠	٣٩	٢٩٠
٨٠	١٠٠	٤٤	٣٧٩
٩٠	١٢٠	٥٠	٤٧٩
١٠٠	١٤٥	٥٦	٥٩٢
١١٠	١٧٠	٦١	٧١٦
١٢٠	٢٠٠	٦٧	٨٥٢
١٣٠	٢٣٠	٧٢	١,٠٠٠
١٤٠	٢٦٠	٧٨	١,١٦٠

الجدول (٤–١٦) القيم المُوصى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية لجميع فئات الطرق.

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة المُوصى بها لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	طول المنحنى الانتقالي المُوصى به (م)	الحد المُوصى به لنصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي (م)
٢٠	١٥	١٥	١٠٠
٣٠	٢٥	٢٥	٢٥٠
٤٠	٤٠	٤٠	٤٠٠
٥٠	٦٥	٦٠	٥٠٠
٦٠	٩٠	٧٠	٨٠٠
٧٠	١١٥	٨٠	١,٠٠٠
٨٠	١٤٠	٩٠	١,٧٠٠

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة المُوصى بها لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	طول المنحنى الانتقالي المُوصى به (م)	الحد المُوصى به لنصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي (م)
٩٠	١٧٠	١٠٠	١,٩٠٠
١٠٠	٢٠٥	١١٥	٢,١٠٠
١١٠	٢٤٠	١٢٥	٢,٣٠٠
١٢٠	٢٨٠	١٣٥	٢,٦٠٠
١٣٠	٣٢٠	١٤٥	٣,٠٠٠
١٤٠	٣٧٥	١٦٠	٤,٠٠٠

٤-٦-٤ معلمات عامة للمحاذاة الرأسية:

٤-٦-٤-١ الميول الطولية القصوى:

تعتبر الميول الطولية القصوى التي تصل إلى ٣,٠٪ مناسبة بشكل عام للطرق السريعة/الطرق شبه السريعة، بينما بالنسبة للطرق الريفية التي تبلغ سرعتها التصميمية ١١٠ كم/ساعة، يجب الأخذ في الاعتبار ٤,٥٪ كحد أقصى. للحصول على سرعة تصميمية تبلغ ٥٠ كم/ساعة، تتراوح الميول الطولية الحد الأقصى بشكل عام من ٧,٠٪ إلى ١٠,٠٪ (و١٢,٠٪ في الحالات الصعبة)، اعتمادًا على التضاريس. يُعرض الحد الأقصى للميول الطولية المرغوبة والحد الأقصى المسموح به حسب السرعة التصميمية في الجدول (٤-١٧).

الجدول (٤–١٧) الميول المُوصى بها حسب السرعة التصميمية لجميع فئات الطرق.

السرعة التصميمية (كم/س)	الميل (G) المرغوب فيه (٪)	الميل (G) الأقصى المسموح به (٪)
٢٠	١٠,٠	١٦,٠
٣٠	٩,٠	١٤,٠
٤٠	٨,٠	١٢,٠
٥٠	٧,٠	١٠,٠
٦٠	٦,٠	٨,٠
٧٠	٥,٠	٦,٠
٨٠	٤,٠	٥,٠
٩٠	٣,٥	٥,٠
١٠٠	٣,٠	٥,٠
١١٠	٢,٥	٤,٥
١٢٠	٢,٥	٤,٠
١٣٠	٢,٠	٣,٥
١٤٠	٢,٠	٣,٠

يجب استخدام الحد الأقصى للميول الطولية التصميمية لمحاذاة الطريق الرأسية بشكل غير منتظم. في معظم الحالات، يجب أن تكون الميول الطولية أقل من الحد الأقصى. من ناحية أخرى، بالنسبة للمنحدرات الطولية القصيرة التي يقل طولها عن ١٥٠ مترًا الهابطة في اتجاه واحد، قد يكون الحد الأقصى للميول الطولية أعلى بنسبة ١ بالمائة تقريبًا من القيم المعروضة في الجدول (٤-١٧). بالنسبة للطرق منخفضة الحجم المروري في التضاريس الجبلية في المناطق الريفية، قد تكون الميول الطولية القصوى أعلى بنسبة ٢ بالمائة من القيم الواردة في الجدول أعلاه.

٤-٦-٤-٢ الميول الطولية الدنيا:

قد توفر الميول الطولية المنبسطة عادةً تصريفًا مناسبًا للسطح على المقاطع على الأجزاء المستقيمة للطرق حيث يكون الميل العرضي للطريق مناسبًا لتصريف سطح الرصف بشكل جانبي. في الأجزاء المنحنية يجب توفير ميول الطولية لتسهيل تصريف السطح. عادةً ما يكون الحد الأدنى المناسب من الميل الطولي ٠,٧٪، بينما يمكن استخدام ميل طولي ٠,٥٪ حيث يوجد سطح مُعبّد مائل بدقة ومدعوم على أرضية صلبة. هناك حاجة إلى اهتمام خاص في الأجزاء ذات التعلية الجانبية لتجنب الرصفيات المسطحة المعرضة للبرك حيث يتم تقليل المويل العرضية.

٤-٦-٤-٣ منحنيات القمة والقاع الرأسية:

تتمثل القضية الرئيسة في تصميم منحنيات القمة الرأسية في ضمان توفر الحد الأدنى من مسافة الرؤية للتوقف (SSD) في كافة أنحاء المنحنى الرأسي. يتم احتساب القيم الدنيا لـ K على أن تكون مسافة الرؤية مناسبة للمنحنى المحدد مع الأخذ في الاعتبار مسافة الرؤية للتوقف (SSD) وارتفاع العين وارتفاع الجسم. يمكن استخراج قيم مختلفة للمعلمة K في حال السماح بإجراء التجاوز حيث يجب أن يكون الحد الأدنى لمسافة الرؤية (PSD) متاحًا على النحو المنصوص عليه باستخدام الطريقتين ١ أو ٢ (انظر الجزء ٤-٦-٦-٢). وفقًا لـ (AASHTO)، يبلغ ارتفاع عين السائق ١,٠٨ مترًا، بينما يبلغ ارتفاع الجسم ٠,٦٠ مترًا لمسافة الرؤية للتوقف (SSD) و١,٠٨ مترًا لمسافة الرؤية للتجاوز (PSD). يتم تطبيق هذه الافتراضات في المعادلات الأساسية التالية لتحديد الحد الأدنى لطول منحنيات القمة الرأسية:

$$K_{min} = \frac{SSD^2}{200 \cdot \left(\sqrt{2 \cdot h_1} + \sqrt{2 \cdot h_2}\right)^2}$$ **المعادلة (٤-٧)**

أو

$$K_{min} = \frac{PSD^2}{200 \cdot \left(\sqrt{2 \cdot h_1} + \sqrt{2 \cdot h_2}\right)^2}$$ **المعادلة (٤-٨)**

حيث إن:

K_{min} (م) = الطول الأدنى المقبول للمنحنى الرأسي لتحقيق تغيير بنسبة ١,٠٠٪ في الميل الطولي

SSD (م) = مسافة الرؤية للتوقف

h_1 (م) = ارتفاع العين فوق سطح الطريق يساوي ١,٠٨ م

h_2 (م) = ارتفاع الجسم فوق سطح الطريق يساوي ٠,٦٠ مترًا لمسافة الرؤية للتوقف و١,٠٨ مترًا مسافة الرؤية للتجاوز.

منحنيات القاع الرأسية تأخذ شكل القطع المكافئ. عادةً ما تصمم للسماح للمصابيح الأمامية للمركبات بإنارة سطح الطريق لجسم يبلغ ارتفاعه ٠,٠ مترًا في مسافة مساوية لمسافة الرؤية للتوقف (SSD). يُفترض أن يكون لشعاع الضوء الصادر عن المصابيح الأمامية انحراف تصاعدي بمقدار ميل الطولي واحدة عن المحور الطولي للمركبة، بينما يكون عادةً على ارتفاع ٠,٦ متر. يتم تطبيق هذه الافتراضات في المعادلات الأساسية التالية لتحديد الحد الأدنى لطول منحنيات القاع الرأسية:

$$K_{min} = \frac{SSD^2}{200 \cdot h_3 + 3.5 \cdot SSD}$$ **المعادلة (٤-٩)**

حيث إن:

K_{min} (م) = الطول الأدنى المقبول للمنحنى الرأسي لتحقيق تغيير بنسبة ١,٠٠٪ في الميل الطولي

SSD (م) = مسافة الرؤية للتوقف

h_3 (م) = ارتفاع المصابيح الأمامية فوق سطح الرصف يساوي ٠,٦٠ م

للتعرف على التمييز في السرعة التصميمية ولتقريب نطاق الممارسة الحالية، يعبّر عن الحد الأدنى لأطوال منحنيات القمة الرأسية أو منحنيات القاع الرأسية بحوالي ٠,٦ ضعف السرعة التصميمية بالكيلومتر/الساعة. يتم تقديم القيم الدنيا لجميع المعلمات المذكورة أعلاه في الجدول (٤-١٨).

في حالات الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة والطرق الشريانية عالية السرعة، حيث تتجاوز قيمة (K) ٥١ متر، يجب إيلاء اهتمام خاص لمعدل التعلية الجانبية الذي يجب أن يكون مساويًا أو أعلى من قيمة الجزء المستقيم (٢,٠٪ أو ٢,٥٪) في المنطقة القريبة من النقطة المرتفعة/المنخفضة للمنحنى (بين - ٠,٥٪ و٠,٥٪).

الجدول (٤–١٨) القيم المُوصى بها للمعلمة (K) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية حسب السرعة التصميمية لجميع فئات الطرق.

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة الدنيا للمعلمة K لمنحنى قمة رأسي (م /٪)			القيمة الدنيا للمعلمة K لمنحنى قاع رأسي (م /٪)	طول المنحنى الرأسي الأدنى (م)
	كفاية مسافة الرؤية للتوقف	كفاية مسافة الرؤية للتجاوز			
		الطريقة (١)	الطريقة (٢)		
٢٠	١	٢٠	١٢	٢	١٢
٣٠	٢	٤٦	١٧	٥	١٨
٤٠	٤	٨٤	٢٣	٨	٢٤
٥٠	٦	١٣٨	٣٠	١٢	٣٠
٦٠	١١	١٩٥	٣٨	١٧	٣٦
٧٠	١٧	٢٧٢	٥١	٢٣	٤٢
٨٠	٢٦	٣٣٨	٦٩	٢٩	٤٨
٩٠	٣٩	٤٣٨	٩١	٣٨	٥٤
١٠٠	٥٢	٥٢٠	١١٩	٤٥	٦٠
١١٠	٧٤	٦١٧	١٤٦	٥٤	٦٦
١٢٠	٩٥	-	-	٦٣	٧٢
١٣٠	١٢٣	-	-	٧٣	٧٨
١٤٠	١٦١	-	-	٨٤	٨٤

٤-٦-٥ الجمع بين المحاذاة الأفقية والرأسية:

ينبغي تصميم المحاذاة الأفقية والرأسية لمراعاة بعضها البعض. تعد محاذاة الطريق الأفقية والرأسية من بين أهم عناصر التصميم الدائمة للطريق. إن التميز في تصميم كل مجموعة من مجموعاتها يعزز التحكم في المركبة، ويشجع السرعة الموحدة، ويحسن المظهر، دائمًا تقريبًا دون تكلفة إضافية. يتم تقديم إرشادات حول الجمع بين محاذاة الطريق الأفقية والرأسية في الأبواب (٥) حتى (٩) لكل فئة من فئات الطرق.

٤-٦-٦ المعلمات العامة لتصميم القطاع العرضي:

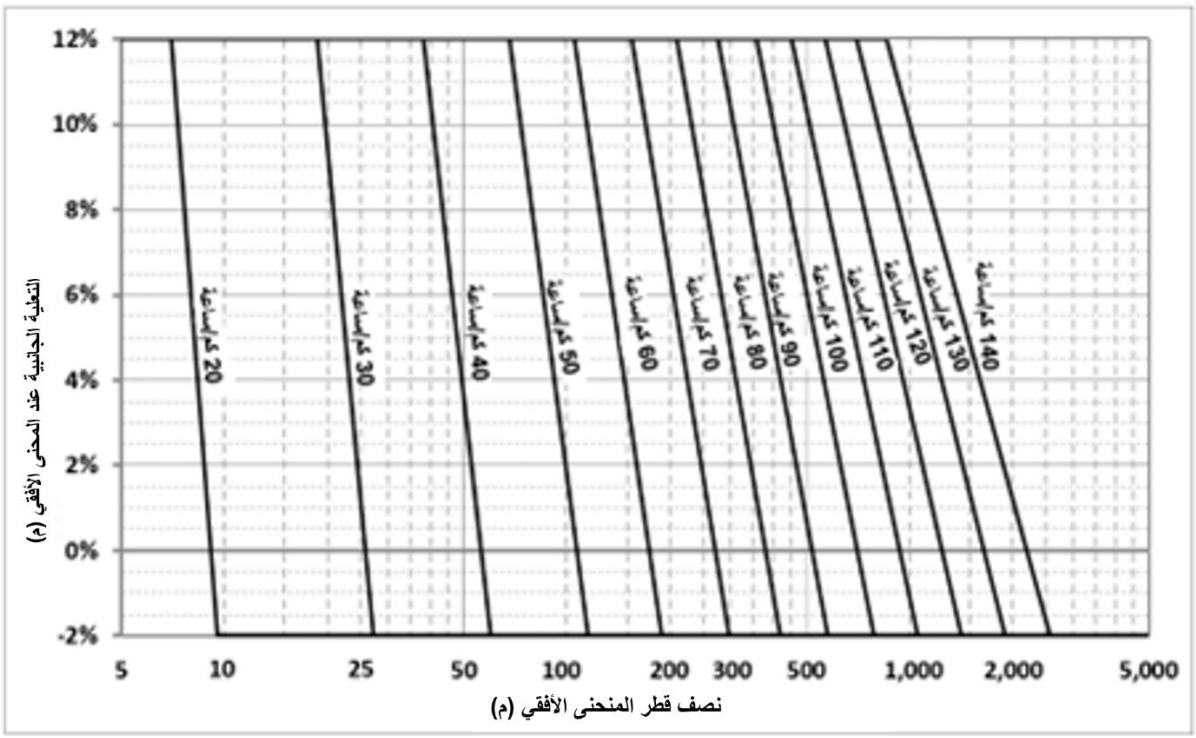
٤-٦-٦-١ التعلية الجانبية:

الأجزاء المستقيمة (المماسات):

عادة ما يُصمم رصف كل جادة طريق في وصلة مستقيمة بحيث يكون الميل العرضي للتعلية الجانبية إلى جانب واحد، مع قيمة دنيا للميل العرضي تساوي ٢,٠ % أو يفضل ٢,٥ % (القمة الطبيعية). ينبغي تطبيق نفس قيمة الميل العرضي في مسارات المرور الإضافية ومسارات التسارع والتباطؤ.

الأقواس الدائرية:

في المنحنيات الدائرية، لأسباب تتعلق بديناميكيات المركبة ولتحديدها بشكل أفضل، يطبق معدل التعلية الجانبية نحو مركز المنحنى الدائري. الحد الأقصى لمعدل التعلية الجانبية المطبق هو ١٢,٠٪، بينما الحد الأدنى لمعدل التعلية الجانبية يقتصر على ٢,٠٪. يوضح الشكل (٤-١٢) معدلات التعلية الجانبية المطلوبة حسب نصف قطر المنحنى الدائري لجميع السرعات التصميمية. يوصى بتقريب القيم المأخوذة من الشكل (٤-١٢) إلى أقرب ٠,٥٪.



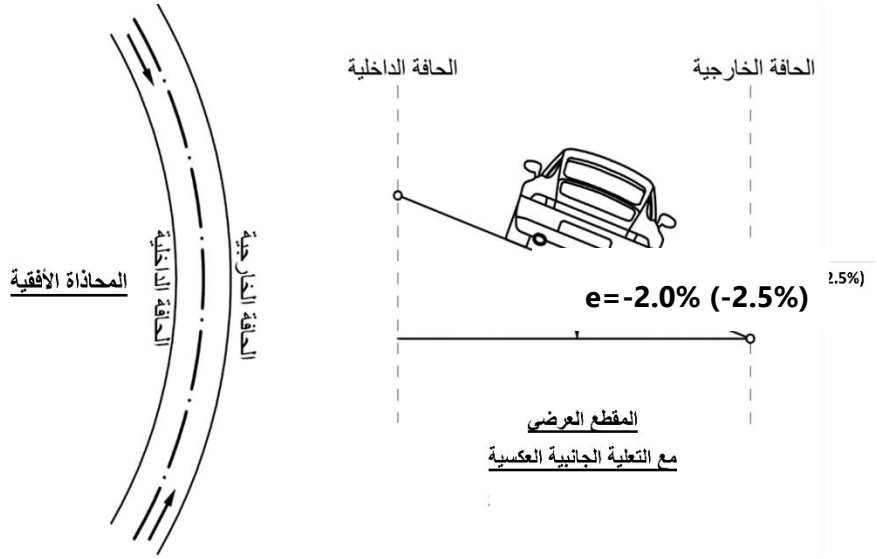
الشكل (٤–١٢) التعلية الجانبية على منحنى دائري حسب نصف قطر المنحنى الأفقي لكافة فئات الطرق (الحد الأقصى للارتفاع = ١٢,٠٪).

بالنسبة للحالات التي يكون فيها نصف قطر المنحنى الدائري أعلى من القيم المعروضة في الجدول (٤-١٩)، يمكن تطبيق ميل عرضي عكسي يساوي - ٢,٠٪ (باتجاه الحافة الخارجية للمنحنى الدائري كما هو موضح في الشكل (٤-١٣)، إذا كان يمكن تجنب منطقة ضعيفة الصرف بتطبيق هذا الحل.

الجدول (٤–١٩) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار الأفقية لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لنصف قطر المنحنى الدائري لتنفيذ التعلية الجانبية العكسية (م)	
	e = - ٢,٠٠٪	e = - ٢,٥٠٪
٢٠	أكبر من ١٠	أكبر من ١٠
٣٠	أكبر من ٣٠	أكبر من ٣٠
٤٠	أكبر من ٦٠	أكبر من ٦٥
٥٠	أكبر من ١٢٠	أكبر من ١٢٠

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لنصف قطر المنحنى الدائري لتنفيذ التعلية الجانبية العكسية (م)	
	e = - ٢,٠٠٪	e = - ٢,٥٠٪
٦٠	أكبر من ١٩٠	أكبر من ٢٠٠
٧٠	أكبر من ٣٠٠	أكبر من ٣١٠
٨٠	أكبر من ٤٢٠	أكبر من ٤٤٠
٩٠	أكبر من ٥٨٠	أكبر من ٦١٠
١٠٠	أكبر من ٧٩٠	أكبر من ٨٣٠
١١٠	أكبر من ١,٠٦٠	أكبر من ١,١٢٥
١٢٠	أكبر من ١,٤٢٠	أكبر من ١,٥١٥
١٣٠	أكبر من ١,٩٠٥	أكبر من ٢,٠٥٠
١٤٠	أكبر من ٢,٥٧٥	أكبر من ٢,٨١٠



الشكل (٤–١٣) تطبيق التعلية الجانبية العكسية على المنحنيات.

لمنع انزلاق المركبات في المناطق الجبلية، ينبغي أن ينحصر الحد الأقصى للميل المركب (الميل الناتج عن الميل الطولي والتعلية الجانبية للطريق معاً) عند حد أقصى يبلغ ١٢,٠ ٪.

المعادلة (٤-١٠) $p = \sqrt{G^2 + e^2}$

حيث إن:

p = المنحدر المركب (%)

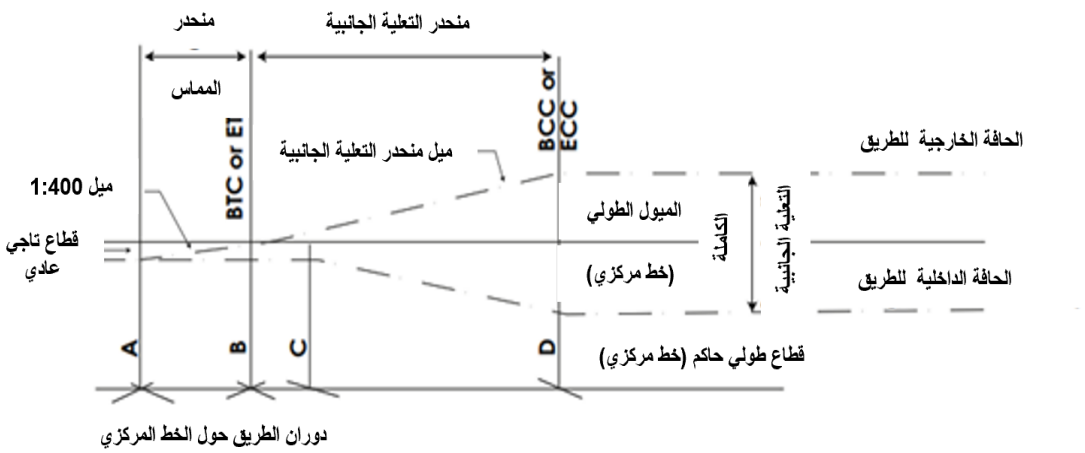
G = الميل الطولي (%)

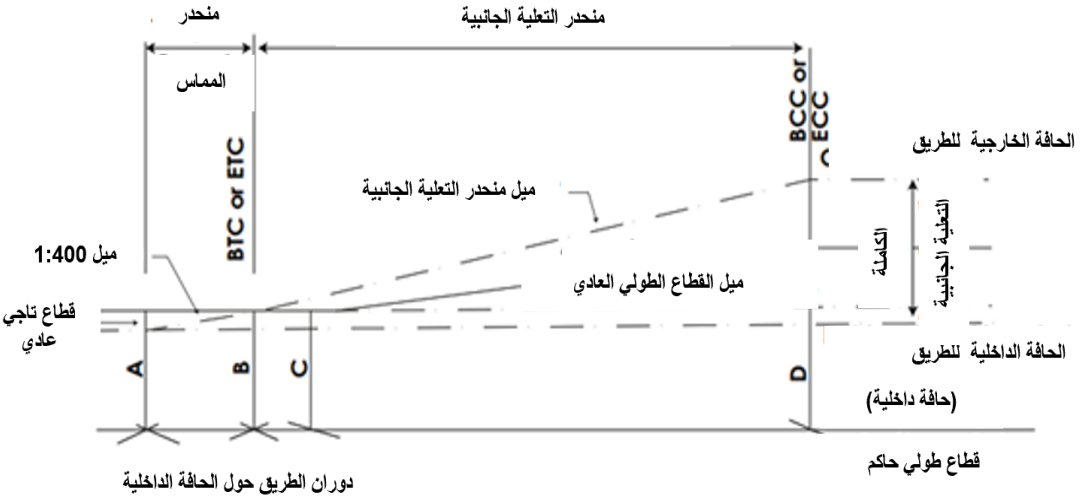
e = معدل التعلية الجانبية (%).

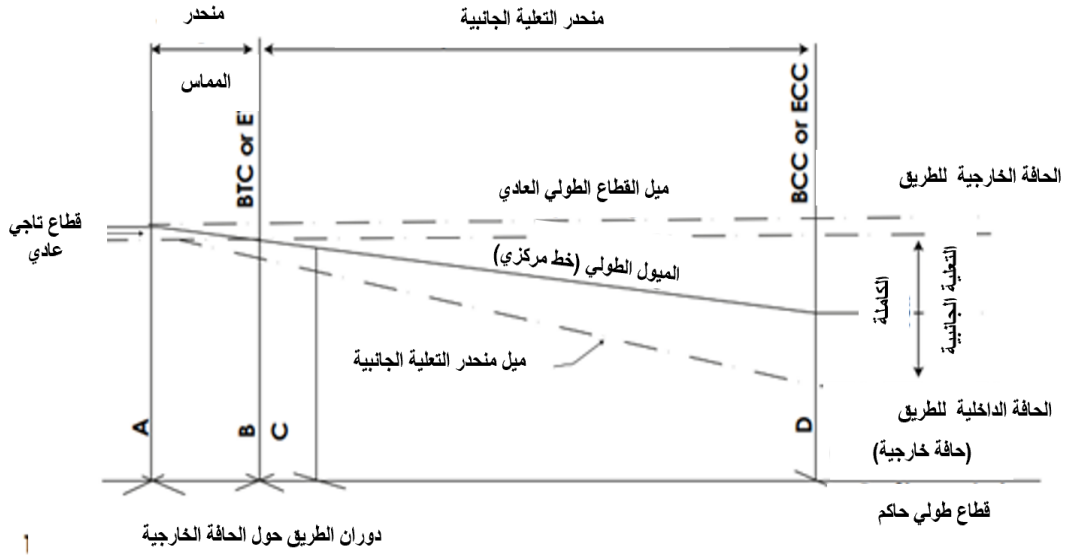
تصمم الأكتاف المُعبّدة بنفس معدل التعلية الجانبية مثل إحدى مسارات المرور بينما تصمم الأكتاف غير المُعبّدة بتعلية جانبية تساوي ١٢,٠٪ في المنطقة الداخلية للمنحنى عندما يتم تصريف الرصف من خلال الكتف غير المُعبّد، وإلا فإن التعلية الجانبية تطبيق بنسبة ٦,٠٪. لأجل استعادة المركبة الشاردة بأمان في حال خروجها عن الطريق، يُعد الكتف غير المُعبّد جزءاً من المنطقة الخالية وبميل أكثر انبساطاً من ٦ أفقي: ١ رأسي (١٧٪) الذي يعد كافياً عادة.

٤-٦-٦-٢ تطوير منحدر التعلية الجانبية:

يجب أن يصمم منحدر التعلية الجانبية لتلبية متطلبات السلامة والراحة ويجب أن يكون مرض في المظهر. يوضح الشكل (٤-١٤) الطرق المرغوبة لتطوير التعلية الجانبية. عند استخدام المنحنيات الانتقالية، يجب أن يكون منحنى الانتقال ومنحدر التعلية الجانبية متوافقين. على المنحنيات الدائرية بدون منحنيات انتقالية، يجب وضع ٦٧ بالمائة (⅔) من منحدر التعلية الجانبية على الجزء المستقيم (المماس) قبل المنحنى. يجب أن يكون طول منحدر التعلية الجانبية طويل بدرجة كافية، بحيث يفي ميل منحدر التعلية الجانبية بالمعايير الموضحة في الجدول (٤-٢٠). ميل منحدر التعلية الجانبية هو فرق الميول الطولية بين القطاع الطولي لحافة الطريق والقطاع الطولي للخط المركزي للطريق.







الشكل (٤–١٤) تطوير منحدر التعلية الجانبية.

يمكن حساب الطول الأدنى لمنحدر التعلية الجانبية باستخدام المعادلة التالية:

$$L = \frac{50 \cdot e \cdot w}{r}$$ **المعادلة (٤-١١)**

حيث إن:

L = أدنى طول لمنحدر التعلية الجانبية (م)

e = معدل التعلية الجانبية بالمنحنى (متر لكل متر)

w = عرض القسم المستدير كما هو موضح في الشكل (٤-١٥) (م)

r = ميل منحدر التعلية الجانبية "r" كما هو موضح في الجدول (٤-٢٠).

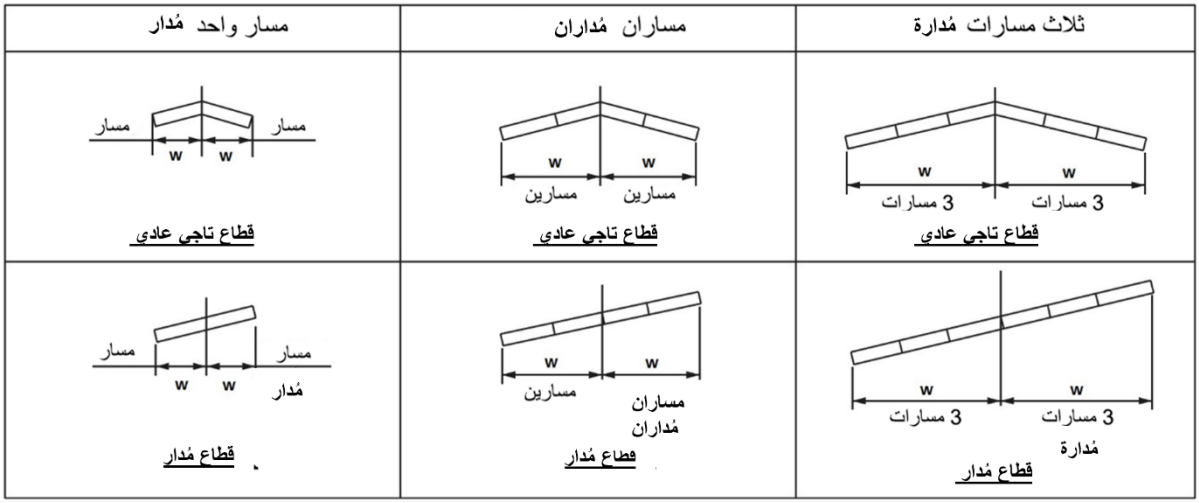
الجدول (٤–٢٠) ميل منحدر التعلية الجانبية.

السرعة التصميمية (كم/س)	ميل منحدر التعلية الجانبية (r) (٪)
٢٠	٠,٩٤
٣٠	٠,٨٣
٤٠	٠,٧٤
٥٠	٠,٦٦
٦٠	٠,٥٩
٧٠	٠,٥٤
٨٠	٠,٥
٩٠	٠,٤٧
١٠٠	٠,٤٤
١١٠	٠,٤١
١٢٠	٠,٣٨
١٣٠	٠,٣٦
١٤٠	٠,٣٤

على سبيل المثال، بالنظر إلى طريق ذي أربع مسارات بسرعة تصميمية تبلغ ٨٠ كم/ساعة، وعرض قطاع مُدار يبلغ ٧,٣ م (مسارين لكل اتجاه) ومعدل تعلية جانبية بنسبة ١٠٪، يجب أن يكون الحد الأدنى لطول منحدر التعلية الجانبية ٧٣ مترًا. يتم توفير الحد الأدنى لطول منحدر التعلية الجانبية لعرض قطاع مُدار يساوي ٧,٣ م (مساران لكل اتجاه) في الجدول (٤-٢١). بالنسبة لعرض القطاعات المُدارة المختلفة، يجب حساب الحد الأدنى لطول منحدر التعلية باستخدام المعادلة (٤-١١).

الجدول (٤–٢١) الطول الأدنى لمنحدر التعلية (م) لطريق بعرض يساوي ٧,٣٠ م.

معدل التعلية الجانبية e (%)	الطول الأدنى لمنحدر التعلية (م) السرعة التصميمية Ve (كم/ساعة) / ميل منحدر التعلية "r"												
	Ve	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠	٩٠	١٠٠	١١٠	١٢٠	١٣٠	١٤٠
	"r"	٠,٩٤	٠,٨٣	٠,٧٤	٠,٦٦	٠,٥٩	٠,٥٤	٠,٥٠	٠,٤٧	٠,٤٤	٠,٤١	٠,٣٨	٠,٣٦	٠,٣٤
١,٥٠		٦	٧	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
٢,٠٠		٨	٩	١٠	١١	١٢	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩	٢٠	٢١
٢,٥٠		١٠	١١	١٢	١٤	١٥	١٧	١٨	١٩	٢١	٢٢	٢٤	٢٥	٢٧
٣,٠٠		١٢	١٣	١٥	١٧	١٩	٢٠	٢٢	٢٣	٢٥	٢٧	٢٩	٣٠	٣٢
٣,٥٠		١٤	١٥	١٧	١٩	٢٢	٢٤	٢٦	٢٧	٢٩	٣١	٣٤	٣٥	٣٨
٤,٠٠		١٦	١٨	٢٠	٢٢	٢٥	٢٧	٢٩	٣١	٣٣	٣٦	٣٨	٤١	٤٣
٤,٥٠		١٧	٢٠	٢٢	٢٥	٢٨	٣٠	٣٣	٣٥	٣٧	٤٠	٤٣	٤٦	٤٨
٥,٠٠		١٩	٢٢	٢٥	٢٨	٣١	٣٤	٣٧	٣٩	٤١	٤٥	٤٨	٥١	٥٤
٥,٥٠		٢١	٢٤	٢٧	٣٠	٣٤	٣٧	٤٠	٤٣	٤٦	٤٩	٥٣	٥٦	٥٩
٦,٠٠		٢٣	٢٦	٣٠	٣٣	٣٧	٤١	٤٤	٤٧	٥٠	٥٣	٥٨	٦١	٦٤
٦,٥٠		٢٥	٢٩	٣٢	٣٦	٤٠	٤٤	٤٧	٥٠	٥٤	٥٨	٦٢	٦٦	٧٠
٧,٠٠		٢٧	٣١	٣٥	٣٩	٤٣	٤٧	٥١	٥٤	٥٨	٦٢	٦٧	٧١	٧٥
٧,٥٠		٢٩	٣٣	٣٧	٤١	٤٦	٥١	٥٥	٥٨	٦٢	٦٧	٧٢	٧٦	٨١
٨,٠٠		٣١	٣٥	٣٩	٤٤	٤٩	٥٤	٥٨	٦٢	٦٦	٧١	٧٧	٨١	٨٦
٨,٥٠		٣٣	٣٧	٤٢	٤٧	٥٣	٥٧	٦٢	٦٦	٧١	٧٦	٨٢	٨٦	٩١
٩,٠٠		٣٥	٤٠	٤٤	٥٠	٥٦	٦١	٦٦	٧٠	٧٥	٨٠	٨٦	٩١	٩٧
٩,٥٠		٣٧	٤٢	٤٧	٥٣	٥٩	٦٤	٦٩	٧٤	٧٩	٨٥	٩١	٩٦	١٠٢
١٠,٠٠		٣٩	٤٤	٤٩	٥٥	٦٢	٦٨	٧٣	٧٨	٨٣	٨٩	٩٦	١٠١	١٠٧
١٠,٥٠		٤١	٤٦	٥٢	٥٨	٦٥	٧١	٧٧	٨٢	٨٧	٩٣	١٠١	١٠٦	١١٣
١١,٠٠		٤٣	٤٨	٥٤	٦١	٦٨	٧٤	٨٠	٨٥	٩١	٩٨	١٠٦	١١٢	١١٨
١١,٥٠		٤٥	٥١	٥٧	٦٤	٧١	٧٨	٨٤	٨٩	٩٥	١٠٢	١١٠	١١٧	١٢٣
١٢,٠٠		٤٧	٥٣	٥٩	٦٦	٧٤	٨١	٨٨	٩٣	١٠٠	١٠٧	١١٥	١٢٢	١٢٩



الشكل (٤–١٥) القطاعات العادية والمُدارة (AASHTO, 2018).

يُحسب طول منحدر التعلية بميل ١:٤٠٠ (ميل منحدر التعلية الجانبية ٠,٢٥٪)، كما هو موضح في . على سبيل المثال المذكور من قبل، مع الأخذ في الاعتبار أيضًا أن يكون الجزء العلوي يساوي ٢,٠٪، يكون طول الجزء المستقيم المحسوب باستخدام المعادلة (٤-١١) ٢٩,٢ مترًا. توفر أطوال تشغيل الجزء المستقيم لعرض القطاع المدار المختلف في الجدول (٤-٢٢). وتجدر الإشارة إلى أنه نظرًا لتعدد مجموعات عرض الطريق الممكنة، يمكن أيضًا استخدام نتائج البرامج أو جداول البيانات من المصممين.

الجدول (٤–٢٢) طول منحدر التعلية الجانبية (م) لعرض القطاعات المُدارة المختلفة.

معدل التعلية الجانبية (%) e	طول منحدر التعلية الجانبية (متر)							
	عرض القطاع المُدار - مسار واحد أو - مسارين لكل اتجاه للطرق (متر)							
	٣,٠٠	٣,٣٠	٣,٦٥	٦,٠٠	٦,٣٠	٦,٦٠	٦,٩٥	٧,٣٠
١,٥٠	٩,٠٠	٩,٩٠	١٠,٩٥	١٨,٠٠	١٨,٩٠	١٩,٨٠	٢٠,٨٥	٢١,٩٠
٢,٠٠	١٢,٠٠	١٣,٢٠	١٤,٦٠	٢٤,٠٠	٢٥,٢٠	٢٦,٤٠	٢٧,٨٠	٢٩,٢٠
٢,٥٠	١٥,٠٠	١٦,٥٠	١٨,٢٥	٣٠,٠٠	٣١,٥٠	٣٣,٠٠	٣٤,٧٥	٣٦,٥٠
معدل التعلية الجانبية (%) e	**طول منحدر التعلية الجانبية (متر)**							
	عرض القطاع المُدار - ثلاث مسارات لكل اتجاه للطرق (متر)							
	٩,٠٠	٩,٣٠	٩,٦٠	٩,٩٠	٩,٩٥	١٠,٢٥	١٠,٦٠	١٠,٩٥
١,٥٠	٢٧,٠٠	٢٧,٩٠	٢٨,٨٠	٢٩,٧٠	٢٩,٨٥	٣٠,٧٥	٣١,٨٠	٣٢,٨٥
٢,٠٠	٣٦,٠٠	٣٧,٢٠	٣٨,٤٠	٣٩,٦٠	٣٩,٨٠	٤١,٠٠	٤٢,٤٠	٤٣,٨٠
٢,٥٠	٤٥,٠٠	٤٦,٥٠	٤٨,٠٠	٤٩,٥٠	٤٩,٧٥	٥١,٢٥	٥٣,٠٠	٥٤,٧٥

ملاحظة: الحالات التي يتضمنها هذا الجدول

معدل التعلية الجانبية (%) e	طول منحدر التعلية الجانبية (متر)						
	عرض القطاع المُدار - مسار واحد أو - مسارين لكل اتجاه للطرق (متر)						
	٣,٠٠	٣,٣٠	٣,٦٥	٦,٠٠	٦,٣٠	٦,٦٠	٦,٩٥	٧,٣٠
	مسار واحد لكل اتجاه **عرض القطاع المُدار** ٣,٠٠ م ٣,٣٠ م ٣,٦٥ م		**مساران لكل اتجاه** **عرض القطاع المُدار** ٦,٠٠=٣,٠٠+٣,٠٠ متر ٦,٣٠=٣,٣٠+٣,٠٠ م ٦,٦٠=٣,٣٠+٣,٣٠ م ٦,٩٥=٣,٦٥+٣,٣٠ م ٧,٣٠=٣,٦٥+٣,٦٥ م		**ثلاث مسارات لكل اتجاه** **عرض القطاع المُدار** ٩,٠٠=٣,٠٠+٣,٠٠+٣,٠٠ متر ٩,٣٠=٣,٣٠+٣,٠٠+٣,٠٠ م ٩,٦٠=٣,٣٠+٣,٣٠+٣,٠٠ م ٩,٩٠=٣,٣٠+٣,٣٠+٣,٣٠ م ٩,٩٥=٣,٦٥+٣,٣٠+٣,٠٠ م ١٠,٢٥=٣,٦٥+٣,٣٠+٣,٣٠ م ١٠,٦٠=٣,٦٥+٣,٦٥+٣,٣٠ م ١٠,٩٥=٣,٦٥+٣,٦٥+٣,٦٥ م	

بالنسبة للطرق السريعة والطرق شبه السريعة الرئيسة، يجب أن يكون الحد الأدنى لطول منحدر التعلية الجانبية ٥٠ مترًا بالنسبة للطرق التجميعية والطرق المحلية، يجب أن يكون الحد الأدنى للطول ٣٠ مترًا.

بالنسبة للمنحنيات الانتقالية الطويلة حيث يكون ميل منحدر التعلية الجانبية r أقل من ٠,٣٠٪، يجب تعديل تحقيق التعلية الجانبية داخل منحدر التعلية الجانبية حسب الشكل (٤-١٤) كما هو موضح على النحو التالي:

- من القسم ب (قطاع مستوي على الجانب المرتفع، قطاع تاجي عادي على الجانب المنخفض) إلى القسم ج (تعلية جانبية بمعدل تاجي عادي)، يجب أن يكون ميل منحدر التعلية الجانبية ٠,٣٠ بالمائة.
- من القسم ج إلى القسم د (تعلية جانبية كاملة)، يجب أن يكون ميل منحدر التعلية الجانبية أقل من ٠,٣٠ بالمائة.

في الحالات التقييدية الخاصة التي يكون فيها معدل التعلية الجانبية القياسي غير ممكن أو يكون طول منحدر التعلية الجانبية المرغوب فيه غير ممكن، يجب استخدام أعلى معدل ممكن وأطول طول (منحدر تعلية جانبية) على التوالي. تحدث هذه الحالات على منحدرات التقاطع المنفصلة رأسياً والمحوّلات، وطرق الخدمة الجانبية ومسارات الانعطاف المنفصلة حيث يكون طول نصف القطر والمنحنى والأجزاء المستقيمة المجاورة قصيرًا.

بعد تصميم تطوير التعلية الجانبية، يجب رسم القطاع الطولي لطرفي مسارات المرور وإزالة الأجزاء غير المنتظمة بإدخال منحنيات على نحو سلس. يجب تجنب المناطق المسطحة ضيقة تصرّف المياه.

٤-٦-٦-٣ توسيع الطريق عند المنحنيات الأفقية:

إن الخروج عن المسار هو السمة المشتركة بين جميع المركبات، على الرغم من أنها أكثر وضوحًا في المركبات ذات التصميم الأكبر حجمًا، حيث لا تتبع العجلات الخلفية بدقة نفس المسار الذي تتبعه العجلات الأمامية عندما تعبر المركبة منحناً أفقيًا أو تنعطف.

في كل حالة، يعتمد مقدار الانحراف عن المسار، وبالتالي مقدار التوسيع المطلوب على المنحنيات الأفقية، بشكل مشترك على الطول والخصائص الأخرى للمركبة التصميمية ونصف قطر الانحناء لعبوره. يعتمد اختيار المركبة التصميمية على حجم وتواتر أنواع المركبات المختلفة المتوقعة. يزداد مقدار التوسيع المطلوب مع زيادة حجم المركبة التصميمية ويقل مع زيادة نصف قطر الانحناء. تشمل عناصر عرض المركبة التصميمية المستخدمة لتحديد اتساع الطريق المناسب على المنحنيات ما يلي:

- عرض مسار المركبات التصميمية التي قد تلتقي أو تمر على المنحنى، (U)
- الخلوص الجانبي لكل مركبة، (C)
- عرض الجزء العلوي الأمامي للمركبة التي تشغل المسار أو المسارات الداخلية، (F_A).
- عرض البروز الخلفي، (F_B).
- العرض المسموح به لصعوبة القيادة على المنحنيات، (Z).

عرض المسار (U):

عرض المسار (U) لمركبة تتبع منحنى أو تقوم بالدوران، والمعروف أيضًا باسم عرض المسار المكتسح swept path، هو مجموع عرض المسار على التماس (u) ومقدار الانراف عن المسار. يتم حساب عرض المسار على منحنى (U) باستخدام المعادلة التالية:

$$U = u + R - \sqrt{R^2 - \sum Li^2}$$ **المعادلة (٤-١٢)**

حيث إن:

U = عرض المسار للمركبة التصميمية (الإطارات الخارجية) على المنحنيات (متر)

u = عرض المسار لمركبة التصميمية على الأجزاء المستقيمة (متر)

R = نصف قطر المنحنى (متر)

Li= قاعدة العجلات لمركبة التصميمية بين المحاور المتتالية (أو مجموعات المحاور المزدوجة) والنقاط المفصلية (متر).

الخلوص الجانبي (C):

يُوفر الخلوص الجانبي المسموح به، (C)، خلوصًا بين حافة مسارات التنقل وأقرب مسار للعجلة ولتخليص الجسم بين المركبات المارة أو المجتمعة. من المفترض أن يكون الخلوص الجانبي لكل مركبة على النحو التالي:

- ٠,٦٠ متر لعرض إجمالي ثنائي المسارات يساوي ٦,٠٠ متر
- ٠,٩٠ متر لعرض إجمالي ثنائي المسارات يساوي ٦,٦٠ متر
- ٠,٩٠ متر لعرض إجمالي ثنائي المسارات يساوي ٧,٢٠ متر

عرض البروز الأمامي (F_A):

عرض البروز الأمامي (F_A) هو المسافة الشعاعية بين الحافة الخارجية لمسار الإطارات للعجلة الأمامية الخارجية ومسار الحافة الأمامية الخارجية لجسم المركبة. عرض البروز الأمامي (F_A) يتم حسابه على منحنى بالمعادلة:

$$F_A = \sqrt{R^2 + A \cdot (2 \cdot L + A)} - R$$ **المعادلة (٤-١٣)**

حيث إن:

F_A = عرض البروز الأمامي (متر)

R = نصف قطر المنحنى (متر)

A = من بروز المسار الداخلي للمركبة (متر)

L = قاعدة العجلات لوحدة واحدة أو جرّار (متر).

عرض البروز الخلفي (F_B):

عرض البروز الخلفي (F_B) هو المسافة الشعاعية بين الحافة الخارجية لمسار الإطارات للعجلة الخلفية الداخلية والحافة الداخلية لجسم المركبة. عرض البروز الأمامي (F_B) لسيارة الركاب الخاصة ٠,١٥ مترًا في حين أن العرض المقرر لمركبات تصميم الشاحنات ٠,٠ مترًا.

العرض الإضافي المسموح به، (Z):

العرض الإضافي المسموح به (Z) هو عرض نصف قطري إضافي للرصف لاستيعاب صعوبة المناورة على منحنى ما والاختلاف في تشغيل السائق. يعتبر هذا العرض الإضافي قيمة تجريبية ويتم التعبير عنه بالمعادلة التالية:

$$Z = 0.1 \cdot \frac{V}{\sqrt{R}}$$ **المعادلة (٤-١٤)**

حيث إن:

Z = بدل العرض الإضافي (متر)

R = نصف قطر المنحنى (متر)

V = السرعة التصميمية الطريق (كم/ساعة).

بالنظر إلى العناصر المذكورة أعلاه، يجب حساب التوسيع المطبق للمنحنى من المعادلات التالية:

$$w = W_c - W_n$$ **المعادلة (٤-١٥)**

حيث إن:

w = توسيع مسارات التنقل على المنحنى (متر)

W_c = عرض مسارات التنقل على المنحنى (متر)

W_n = عرض مسارات التنقل عند الجزء المستقيم (m)

و

$$W_c = N \cdot (U + C) + (N + 1) \cdot F_A + Z$$ **المعادلة (٤-١٦)**

حيث إن:

W_c = عرض مسارات التنقل على المنحنى (متر)

N = عدد المسارات (-)

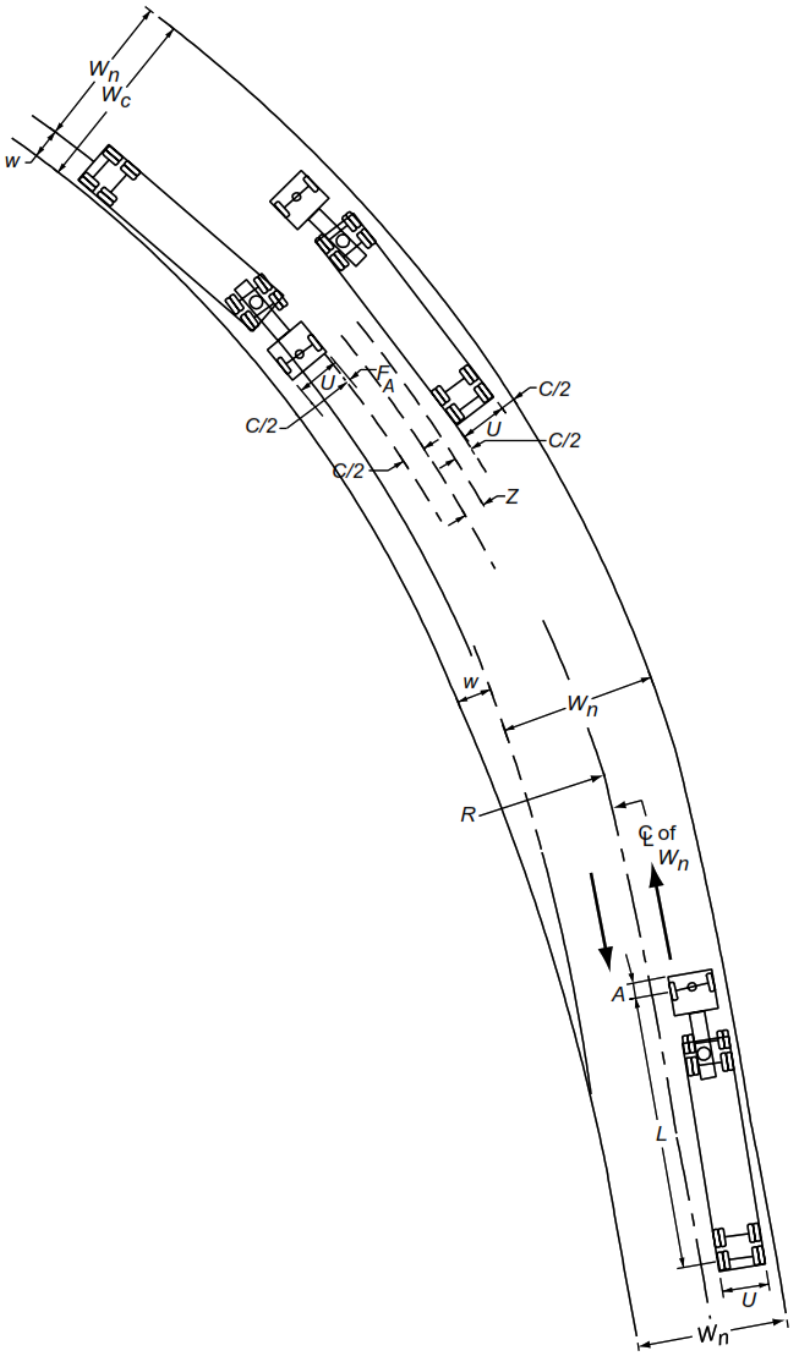
U = عرض المسار للمركبة التصميمية (الإطارات الخارجية) على المنحنيات (متر)

C = الخلوص الجانبي(m)

F_A = عرض البروز الأمامي (متر)

Z = العرض الإضافي المسموح به (متر).

جميع العناصر الموضحة أعلاه مذكورة في الشكل (٤-١٦).



الشكل (٤–١٦) مكونات التوسعة على منحنيات الطرق المفتوحة (AASHTO, 2018).

٤-٦-٧ ملحقات أخرى تؤثر على التصميم الهندسي:

بالإضافة إلى عناصر التصميم الموضحة في الفقرات السابقة، تؤثر العديد من السمات الأخرى على التصميم الهندسي للطريق أو تتأثر به. يمكن أن تكون هذه العناصر على سبيل المثال لا الحصر:

- مكافحة الانجراف وتطوير المسطحات الخضراء كما هو موضح في مجلد كود الطرق السعودي ٣٠٧ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - زراعة المسطحات الخضراء، والإعلانات الخارجية).
- عناصر التصميم الهيدروليكي كما هو موضح في مجلد كود الطرق السعودي ٣٠٢ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي).

- مناطق الاستراحة ومحطات فحص الشاحنات ومرافق وقوف المركبات كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٣٠٣ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - مناطق الاستراحة، ومحطات فحص الشاحنات، ومواقف السيارات والمرائب).
- أنظمة تقييد المركبات، كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة).
- المنافع العامة وإنارة الطرق، كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٣٠٦ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - المنافع العامة، وإنارة الطرق والشوارع، وأجهزة التحكم والمراقبة).
- أجهزة التحكم المروري كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري).
- خطط إدارة المرور للإنشاء كما هو موضح في مجلد كود الطرق السعودي ٣٠٥ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم منطقة أعمال الطرق).
- العناصر المتعلقة بالجسور والهياكل كما هو موضح في مجلد كود الطرق السعودي ٣١٠ (تصميم الجسور والأنفاق).

٤-٧ التصميم الهندسي (الجيومتري) للقطاعات العرضية:

٤-٧-١ ملاحظات عامة:

يصف الجزء الحالي الجوانب العامة لتصميم القطاعات العرضية للطرق الجديدة والتحسينات على شبكة الطرق القائمة. يتضمن القطاع العرضي للطريق على سبيل المثال لا الحصر العناصر التالية:

- مسارات التنقل والميول العرضية.
- عرض المسار.
- أكتاف الطريق والأشرطة الصلبة.
- الجزيرة الوسطية
- البردورات والمزاريب.
- أرصفة المشاة ومسارات الدراجات أو مسارات الاستخدام المشترك.
- المرافق والمساحات الخضراء.
- قنوات الصرف والميول الجانبية.
- المناطق الخالية والإزاحة الجانبية.

٤-٧-٢ مواصفات مسار السير (المرور):

لا توجد ميزة للطريق لها تأثير أكبر على سلامة وراحة القيادة من عرض وحالة سطح الطريق. هناك حاجة واضحة لسطح واسع وسلس وغير قابل للانزلاق في جميع الأحوال الجوية. وتبين الدراسات التي أجريت على الطرق الريفية ذات الاتجاهين والمكونة من مسارين أن الظروف غير المرغوب فيها (عدم كفاية خلوص المركبات وخلوص حافة الرصيف) موجودة على الطرق التي يقل عرضها عن ٦,٦٠ أمتار وذات أحجام مرورية معتدلة من المرور المختلط. يؤثر العرض الصغير بشدة على سعة الطريق. كما يقل العرض الفعال لمسارات التنقل بشكل أكبر عندما تقيد العوائق المجاورة مثل الجدران الساندة أو دعامات الجسور أو الجدران الأمامية والمركبات المتوقفة الخلوص الجانبي. بالإضافة إلى تأثير على السعة، فإن التشغيل غير المنتظم الناتج لها تأثير غير مرغوب فيه بالنسبة لراحة السائق ومعدلات الحوادث.

بشكل عام، أظهرت الدراسات أنه يلزم وجود سطح بعرض ٧,٣٠ مترًا للسماح بالخلوص المطلوب بين المركبات التجارية. وحرصًا على السلامة والكفاءة وسهولة التشغيل، يجب الأخذ في الاعتبار عرض مسار السير يساوي ٧,٣٠ مترًا على جميع فئات الطرق باستثناء الشوارع السكنية المحلية في المناطق الريفية والحضرية. يعتبر مسار السير بعرض ٦,٦٠ مترًا مناسبًا للشوارع السكنية المحلية نظرًا لنسبة الشاحنات المنخفضة. في حالة خاصة للطريق مع الاستخدام المنهجي للمركبات العسكرية، تنطبق قيود خاصة على سرعة السير ومساحة السير اللازمة على النحو الذي نوقش في الجزء (٥-٨) من المجلد الحالي.

على الرغم من أن المسار بعرض ٣,٦٥ مترًا أمر مرغوب فيه، فإن هناك ظروفًا تستلزم استخدام عرض مسار أقل من ٣,٦٥ متر. في المناطق الجبلية التي تعاني من قيود تضاريسية شديدة وفي المناطق الحضرية التي يصبح حرم الطريق والتطوير الحالي ضوابط صارمة، قد يكون استخدام مسارات بعرض ٣,٣٠ مترًا مقبولًا. في الطرق الصناعية، يجب أن يكون عرض المسار ٣,٦٥ مترًا.

غالبًا ما يتم توفير مسارات إضافية عند التقاطعات والمحوّلات لتسهيل حركة المرور. ينبغي أن تكون هذه المسارات المضافة واسعة كمسارات المرور المستمر.

٤-٧-٣ مواصفات المسار الاضافي:

٤-٧-٣-١ مسارات مواقف السيارات:

توفر شبكة الطرق حركة آمنة وفعالة للمركبات العاملة على النظام. على الرغم من أن حركة المركبات هي الوظيفة الأساسية لشبكة الطرق، إلا أنه قد تكون هناك حاجة لأجزاء من الشبكة، نتيجة لاستخدام الأراضي، لتوفير مواقف المركبات.

يجب السماح فقط بالتوقف في حالات الطوارئ، أو أخذها في الاعتبار عند تصميم الطرق الشريانية والطرق السريعة/الطرق شبه السريعة. ومع ذلك، داخل المناطق الحضرية، تتطلب استخدامات الأراضي الحالية والمتطورة النظر في مواقف السيارات في الشارع. وقد تحدث هذه الحالة أيضًا في المجتمعات الريفية الصغيرة الواقعة على الطرق الشريانية. عادةً لا تتوفر مرافق كافية لمواقف السيارات خارج الشارع، لذلك يجب على المصمم أن يدرك حقيقة أن مواقف السيارات في الشارع يجب أن تكون أحد اعتبارات التصميم حتى يكون التحسين المقترح للشارع أو الطريق متوافقًا مع استخدام الأراضي.

ينبغي النظر فقط في مواقف السيارات الموازية في الشارع. لا ينبغي السماح بمواقف السيارات بزاوية لأن أطوال المركبات تختلف اختلافًا كبيرًا وأن المركبات مثل الشاحنات الخفيفة والشاحنات الصغيرة تتطلب طولًا إضافيًا حتى لا تتداخل مع مسارات السير. تظهر دراسات التحقيق في الحوادث أيضًا وقوع حوادث أعلى بكثير، خاصة فيما يتعلق بحركة اخراج المركبة من الموقف، في مناطق وقوف السيارات الزاوية مقارنةً بالمناطق التي يُسمح فيها بالوقوف الموازي.

يجب تصميم مسارات انتظار السيارات لجميع الشوارع المحلية والتجميعية. على جميع فئات الطرق الأخرى، يجب أن يكون جانب الطريق بمثابة مسار مخصص لمواقف السيارات أو كمنطقة متاحة لوقوف المركبات في حالات الطوارئ. يجب أن يكون عرض مسار مواقف السيارات المرغوب فيه ٢,٥ متر من حافة مسارات السير حتى وجه بردورة الرصيف. يجب أن يكون الطول المرغوب فيه لمساحة وقوف السيارات المتوازية النموذجية ٦,٥ أمتار. ويسرد الباب (٤) من مجلد كود الطرق السعودي ٣٠٣ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - مناطق الاستراحة، ومحطات فحص الشاحنات، ومواقف السيارات والمرائب - الجزء (مرافق المركبات والمرائب)).

٤-٧-٣-٢ مسارات التجاوز:

مسار التجاوز هو مسار إضافي على طريق ريفي مكون من مسارين ضروري لتجاوز المركبة بطيئة الحركة بأمان. توفر الإرشادات ذات الصلة حول مسارات التجاوز في الجزء الفرعي (٥-٤-٦) والملحق (أ-١ تكوين مسارات المرور على الطريق الريفية).

٤-٧-٣-٣ مسارات الانعطاف:

توفر مسارات الانعطاف (لليسار واليمين) في التقاطعات لفصل المرور المستمر عن المرور المنعطف. تشمل مسارات المرور المستمر المنطقة المستدقة ومنطقة التباطؤ ومنطقة التخزين. يتضمن الباب (١٠) الإرشادات ذات الصلة حول مسارات الانعطاف لليمين ولليسار.

٤-٧-٣-٤ مسارات التسارع ومسارات التباطؤ:

توفر مسارات التسارع ومسارات التباطؤ بشكل رئيسي في التقاطعات من أجل توفير الحيّز المطلوب لمركبة متسارعة/متباطئة لتحقيق السرعة المطلوبة والاندماج بأمان مع بقية المرور. يتضمن الباب الإرشادات ذات الصلة حول مسارات التسارع والتباطؤ في الباب (١١).

٤-٧-٤ مواصفات كيف الطريق:

في الطرق، تُعد أكتاف الطريق ضرورية لتوفير الدعم الانشائي لحواف الرصف. وفي الطرق ذات المرور الأعلى، توفر أكتاف الطرق الدعم الانشائي ومكان لوقوف السيارات في حالات الطوارئ للمركبات المتوقفة والخلوص الجانبي المطلوب بين المركبات المتحركة والأجسام الثابتة. وفي معظم الشوارع الحضرية، لا تكون أكتاف الطرق ضرورية، حيث يوفر الدعم الانشائي من خلال البردورات والمزاريب، ويمكن للمركبات المتعطلة أن تجد ملاذًا في مسارات مواقف السيارات والشوارع الجانبية والخاصة والمداخل الجانبية. يورد الجدول (٤-٢٣) والجدول (٤-٢٤) عرض كتف الطريق النموذجي حسب التصنيف الوظيفي للطرق الريفية والحضرية على التوالي.

الجدول (٤–٢٣) عرض جانب الطريق (متر) بالطرق الريفية.

التصنيف	التضاريس	المرغوب فيه		الحد الأدنى	
		داخلي	خارجي	داخلي	خارجي
طرق محلية	منبسطة	-	٢,٠٠	-	-
	تلالية	-	٢,٠٠	-	-
	جبلية/شديدة الانحدار	-	٢,٠٠	-	١,٢٥
طرق تجميعية	منبسطة	-	٢,٥٠	-	-
	تلالية	-	٢,٥٠	-	-
	جبلية/شديدة الانحدار	-	٢,٥٠	-	١,٢٥
طرق شريانية	منبسطة	-	٢,٥٠	-	-
	تلالية	-	٢,٥٠	-	-
	جبلية/شديدة الانحدار	-	٢,٥٠	-	١,٢٥
طرق سريعة/طرق شبه سريعة	منبسطة	٢,٠٠	٣,٠٠	-	-
	تلالية	٢,٠٠	٣,٠٠	-	-
	جبلية/شديدة الانحدار	٢,٠٠	٣,٠٠	-	٢,٥٠

الجدول (٤–٢٤) عرض جانب الطريق (متر) بالطرق الحضرية.

التصنيف	المرغوب فيه		الحد الأدنى	
	داخلي	خارجي	داخلي	خارجي
طرق محلية	لا ينطبق - مسارات وقوف المركبات مطلوبة			
طرق تجميعية	-	٢,٥٠	-	١,٢٥
طرق شريانية	٢,٠٠	٣,٠٠	٠,٦٠	٠,٦٠
طرق سريعة/طرق شبه سريعة	٢,٠٠	٣,٠٠	١,٠٠	٢,٥٠

توفر إرشادات أكثر تفصيلًا حول جانب الطريق بالأبواب (٥-٥ و٩).

٤-٧-٥ الخنادق الجانبية:

يجب أن تتوافق القطاعات العرضية للخندق مع القواعد الأساسية التالية:

- يجب أن يكون لديها قدرة هيدروليكية كافية.
- يجب أن يكون خط تدفق الخندق مناسبًا لاستيعاب تصريف الرصف.
- ذات قطاع عرضي منبسط للسلامة وسهولة الصيانة.
- ذات قيعان خندق واسعة لتسهيل عمليات التسوية السطحية حيث يتم استخدام أساليب الاقتراض الجانبية.

في مناطق القطع، يجب توفير خندق غير المبطن على شكل المثلث بعمق لا يقل عن ٢٥ سم. يمكن تطبيق تشكيلات جانبية هيدروليكية مختلفة وفقًا للفصل ٦ من مجلد كود الطرق السعودي ٣٠٢ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي).

٤-٧-٦ البردورات والمزاريب:

يجب أن تستخدم البردورات والمزاريب فقط عندما يكون ذلك مبررًا بما يلي:

١- عند الحاجة للصرف الصحي السليم.
٢- عند الحاجة لتوجيه حركة المرور، أو تحديدها، أو التحكم في الوصول، أو غيرها من الوسائل لتحسين تدفق المرور والسلامة.
٣- لاستبدال البردورات والمزاريب الموجودة.
٤- في فتحات الجزيرة الوسطية عند التقاطع لحماية أعمدة إشارة المرور.

٤-٧-٦-١ إرشادات عامة لتصميم البردورة:

يمكن للبردورة أن تُصمم كوحدة منفصلة أو متكاملة مع مسار الرصف. ومع ذلك، يمكن أن تكون البردورات رأسية (من النوع غير القابل للتركيب) ومنحدرة (من النوع القابل وشبه القابل للاجتياز). وقد تتضمن تصميمات البردورة قناة تصريف جانبية مما يشكل جزءاً مدمجاً يجمع بين البردورة وقناة التصريف الجانبية. وعلاوة على ذلك، قد يوفر جزء قناة تصريف جانبية على جانب الطريق عند بردورات رأسية أو مائلة لتشكيل نظام تصريف رئيسي للطريق. كما يجب توفير مداخل في قناة التصريف الجانبية أو الرصيف أو كليهما".

يتراوح عرض قنوات التصريف الجانبية عمومًا بين ٠,٣ م و١,٨ م، عبر ميل بمقدار ٥٪ إلى ٨٪ لزيادة السعة الهيدروليكية لجزء قناة التصريف الجانبية. وكذلك يجب أن يقتصر الميل على ٥٪ إلى ٨٪ على مسافة تتراوح ٠,٦ متر إلى ٠,٩ متر بجوار البردورات. وتتمتع قنوات التصريف الجانبية الضحلة التي لا تحتوي على بردورات بسعة تدفق صغيرة مما يتيح قيمة محدودة للتصريف.

لا تشكل قنوات التصريف الجانبية ذات الألوان والملمس المتباين جزءًا من مسارات السير. وعندما يكون قناة التصريف الجانبية بنفس لون السطح والملمس وليس لها ميل أكثر انحداراً من الميول العرضية لمسار السير المجاور، فإنه يمكن اعتبارها جزءًا من مسارات التنقل. بالإضافة إلى ذلك، يُستخدم هذا الترتيب بشكل متكرر في المناطق الحضرية حيث لا يسمح عرض حرم الطريق المقيد بتوفير قناة تصريف جانبية.

يقترح استخدام أربعة أنواع من البردورات الخرسانية وقنوات التصريف الجانبية وفق الخصائص التالية:

- النوع "أ": البردورات والمزاريب غير القابلة للاجتياز حيث يمكن أن يبلغ الاختلاف النموذجي بين الجزئين السفلي والعلوي ٢٠ سم، وذلك باستخدام ميل عمودي تقريبًا على وجه البردورات مع وجود تدوير في الأعلى.
- النوع "ب": البردورات والمزاريب القابلة للاجتياز حيث يمكن أن يبلغ الاختلاف النموذجي بين الجزئين السفلي والعلوي ١٥ سم، وذلك باستخدام ميل أكثر سلاسة يساوي ٤٥ درجة مع وجود تدوير في الأعلى.
- النوع "ج: البردورات والمزاريب القابلة للاجتياز حيث يمكن أن يبلغ الاختلاف النموذجي بين الجزئين السفلي والعلوي ١٠ سم، وذلك باستخدام ميل أكثر سلاسة يساوي ٢٢,٥ درجة مع تدوير في الأعلى.
- يمكن استخدام قنوات التصريف الجانبية النموذجية من النوع " د" في الجزر الوسطية المركزية.

بشكل عام، إن تصميم أجزاء قناة التصريف الجانبية لاحتواء كل الجريان السطحي لا يعد عمليًا؛ حيث يمكن توقع حدوث بعض التدفقات الفائضة على السطح. ومع ذلك، يبقى انتشار المياه على مسارات السير ضمن الحدود المسموح بها وفق الحجم المناسب للمداخل والتباعد بينها.

ويمكن استخدام نوعين إضافيين من البردورات البيتومينية على حافة الطريق وفق الإرشادات التالية:

- بردورات شبه منحرف من النوع "هـ" يبلغ ارتفاعه حوالي ١٥ سم يضم وجهين مائلين وبعرض ٢٥ سم في الأسفل و١٣ سم في أعلى البردورات، مع تدوير الزوايا.
- بردورات شبه منحرف من النوع "و" يبلغ ارتفاعه حوالي ٢٢ سم يضم وجه مائل وبعرض ٢٠ سم في الأسفل و١٠ سم في أعلى البردورات، مع تدوير الزاوية العلوية.

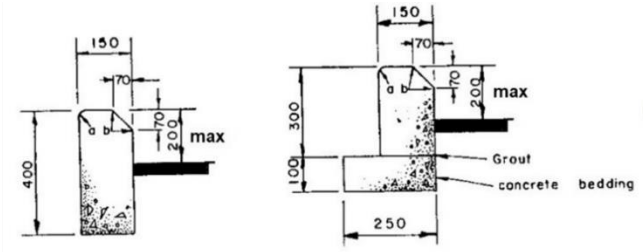
تتوفر الإرشادات العامة والأبعاد المتعلقة البردورات والمزاريب في الشكل (٤-١٧).

تتوفر إرشادات إضافية حول إنشاء البردورات والمزاريب في الجزء (٣-٤) من كود الطرق السعودي ٤٠٣ (إنشاء مرافق الطرق)

لا يُنصح باستخدام تصميمات البردورات الأخرى، ولكن قد تكون ضرورية عندما تفرض ظروف الموقع نفسها. وكذلك بالنسبة لمشاريع في مواقع محددة، يسمح باستخدام تصميم حواف يحافظ على التصميم السائد في أجزاء الطرق المجاورة.

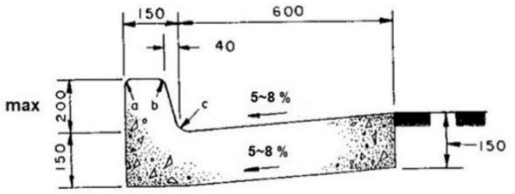
وتعد السرعة التصميمية التي تزيد عن ٧٠ كم/ساعة "سرعة عالية" عند تصميم البردورات. كما يجب عدم استخدام البردورات في المواقع عالية السرعة كلما أمكن ذلك.

يجب تجنب حواجز السلامة الموجودة على طول البردورات. وبدلاً من استخدام حواجز الحماية، يجب بذل كل جهد ممكن لإزالة الاجسام الثابتة أو نقلها خارج المنطقة الخالية. علاوة على ذلك، تتوفر إرشادات إضافية حول حواجز الأمان في كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة).

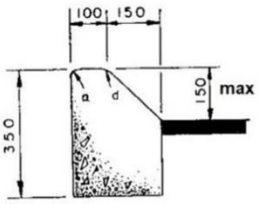


النوع "أ-1"

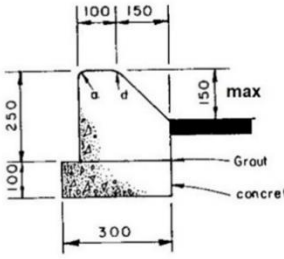
النوع "أ-2" (مسبق الصب)



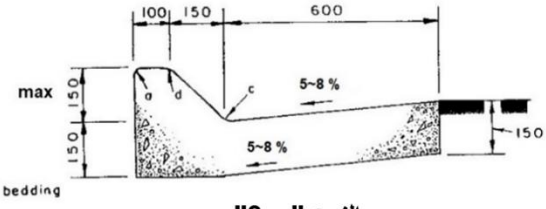
النوع "أ-3"



النوع "ب-1"



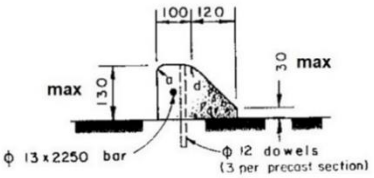
النوع "ب-2"
(مسبق الصب)



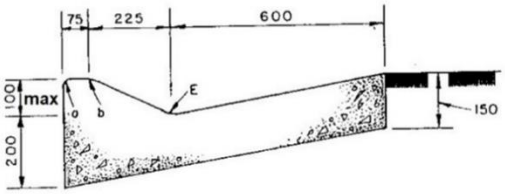
النوع "ب-3"

وصف الأقطار

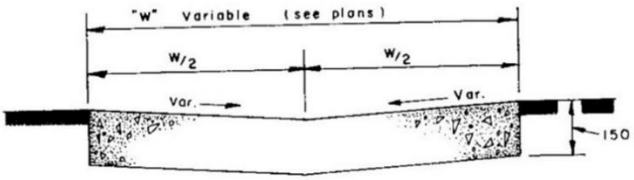
a	10
b	20
c	30
d	40
e	100



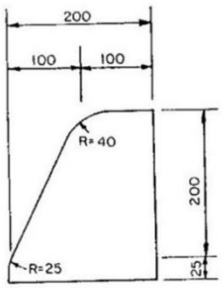
النوع "ب-4" (مسبق الصب)



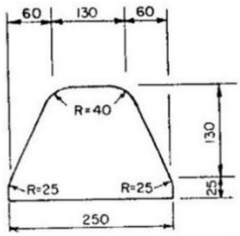
النوع "ج"



النوع "د"



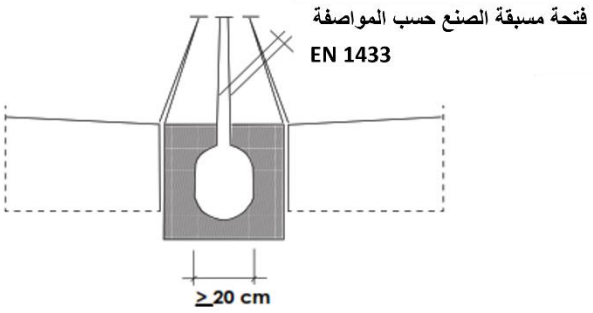
النوع "و" برردورة بتيومينية



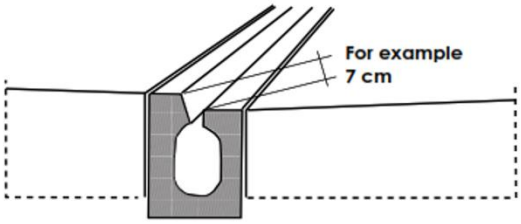
النوع "هـ" برردورة بتيومينية

الشكل (٤–١٧) إرشادات عامة وأبعاد بردورات خرسانية وقنوات تصريف جانبية، وتُقاس الأبعاد بالمليمترات.

في حالات خاصة، على سبيل المثال في الأنفاق لأسباب تتعلق بالسلامة، يكون نوع فتحة قناة التصريف الجانبية مسبقة الصنع كما هو موضح في الشكل (٤-١٨) مناسبًا. في أجزاء الأنفاق ذات الميل الطولي غير الكافي، لضمان الحصول على تصريف مستمر للبردورات، يمكن استخدام شكل مختلف من قناة تصريف جانبية يحتوي على فتحة والذي يتضمن بردورات بارتفاع يصل إلى ٠,٠٧ م على سبيل المثال وفقًا للشكل (٤-١٨).



قناة تصريف جانبية ذات فتحة مسبقة الصب



قناة تصريف جانبية ذات فتحة مع بردورة

الشكل (٤–١٨) قناة تصريف جانبية من نوع الفتحة مسبقة الصنع وقناة تصريف جانبية من نوع الفتحة مع البردورات (FGSV, 2021).

٤-٧-٦-٢ وضع البردورة:

قد يؤثر موقع وجه البردورة بالنسبة لحافة مسارات التنقل على الموضع الجانبي للمركبة المتحركة لأن السائقين يميلون إلى الابتعاد عن البردورات.

الجدول (٤-٢٥) يوفر إرشادات لتحديد البردورات، خاصة في حالات الطرق الحضرية المحلية وفي المناطق التي يتم فيها وضع مسارات الانعطاف إلى اليسار واليمين. في الطرق التجميعية والشريانية والطرق السريعة المزدوجة/الطرق شبه السريعة حيث يتم وضع الحواجز، يجب إبقاء وجه البردورة خارج عرض الحاجز المحدد في الجدول (٤-٢٤).

الجدول (٤–٢٥) إزاحات البردورة - الأبعاد بالمتر.

نوع الطريق	عدد المسارات الأساسية	إزاحات البردورة	
		المفضل	المقبول
طرق حضرية منخفضة السرعة (السرعة التصميمية أقل من أو تساوي ٧٠ كم / ساعة)	٢	١,٠٠	يقع وجه البردورة على الحافة الخارجية لمسارات التنقل
	٤	٠,٧٠	
جزر وسطية مرتفعة ومستمرة ومسارات انعطاف إلى اليسار	-	٠,٧٠	
مسارات انعطاف إلى اليمين	-	يقع وجه البردورة على الحافة الخارجية لمسار الانعطاف إلى اليمين	
طرق سريعة مزدوجة/طرق شبه سريعة	-	يقع وجه البردورة على الحافة الخارجية للحاجز المُعبّد	
ملحوظة: تُقاس إزاحات البردورة من الجزء الخلفي للبردورة إلى حافة مسارات التنقل.			

٤-٧-٧ المنحدرات الجانبية:

يجب تصميم الميول الجانبية لضمان استقرار الطريق ولتوفير فرصة معقولة لاستعادة المركبة الخارجة عن السيطرة.

يجب تسوية منحدرات الحفر والردم حسب الاقتضاء مع التضاريس وبما يتفق مع النوع العام للطريق. يعتمد التحكم الفعال في الانجراف والصيانة منخفضة التكلفة والصرف المناسب للطبقة التحتية على التشكيل المناسب للمنحدرات الجانبية. وتستخدم بيانات المنحدر والتربة مجتمعة لتقريب استقرار المنحدرات واحتمال خطر الانجراف. لا يعتمد الاقتصاد الكلي فقط على عنصر تكلفة الإنشاء الأولية، ولكن أيضًا على تكلفة الصيانة على مر السنين، حيث يعد استقرار المنحدر هو عاملاً رئيساً.

٤-٧-٨ مواصفات الجزيرة الوسطية:

٤-٧-٨-١ عام:

تُعدّ الجزيرة الوسطية عنصرًا مرغوب فيه للغاية على جميع الطرق التي تتكون من أربع مسارات أو أكثر. تُعرَّف الجزيرة الوسطية بأنها جزء من طريق مقسوم يفصل بين مسارات السير لحركة المرور في اتجاهات متعاكسة. يعبر عن عرض الجزيرة الوسطية على أنه البعد بين حواف جادتي الطريق ويشمل الكتفين الأيمن والايسر. الوظائف الرئيسية للجزيرة الوسطية:

- توفير الحرية المطلوبة من تدخل المرور المعاكس.
- توفير منطقة استعادة للمركبات الخارجة عن السيطرة، لتوفير منطقة توقف في حالة الطوارئ.
- توفير مسارات تغيير السرعة ومسارات التخزين للمركبات المنعطفة يسارًا وللخلف.
- تقليل وهج المصباح الأمامي، وتركيب المرافق، والإضاءة، وأجهزة التحكم المروري.
- توفير عرض للمسارات المستقبلية.

تُفضل جزيرة وسطية منخفضة على الطرق شبه السريعة. هذا النوع أكثر كفاءة للصرف. يجب ألا يكون المنحدر الجانبي للجزيرة الوسطية أكثر انحدارًا من ١٧٪ (٦ أفقي: ١ رأسي)، ويفضل ١٠٪ (١٠ أفقي:١ رأسي). قد تكون المنحدرات المنحدرة بنسبة ٢٥٪ (٤ افقي:١ رأسي) كافية من الناحية الإنشائية والغطاء النباتي، ولكنها شديدة الانحدار بشكل مشكوك فيه للسلامة على جانب الطريق. يجب تصميم جميع مداخل الصرف في الجزيرة الوسطية بحيث يكون الجزء العلوي متدفقًا مع الأرض أو نهايات المجاري المزودة بشبكات أمان حتى لا تشكل خطرًا على المركبات الخارجة عن السيطرة التي تنحرف عن الطريق.

تطبق الجزيرة الوسطية المرتفعة على الشوارع الحضرية حيث يكون من المرغوب فيه تنظيم حركات الانعطاف إلى اليسار. كما تستخدم بشكل متكرر في الأماكن التي سيتم تنسيقها بمساحات خضراء، خاصة عندما يكون العرض ضيقًا نسبيًا.

٤-٧-٨-٢ عرض الجزيرة الوسطية:

عرض الجزيرة الوسطية المطلوب هو ٢٠ متر لجميع الطرق الريفية والحضرية باستثناء أن العرض المرغوب فيه للطرق الجبلية الريفية هو ١٠ م. تطبيق مفهوم نظام السلامة على الطرق يؤدي إلى جزر وسطية أوسع بكثير.

في ظل الظروف التقييدية التي تنشأ بسبب عوامل اقتصادية، أو طوبوغرافية، أو بيئية أو سياسية، قد يتم تقليل عرض الجزيرة الوسطية إلى عرض لا يقل عن ٣,٠ متر لأي فئة من فئات الطرق.

عندما يكون لقطاعين من أجزاء الطرق المتجاورة عرض الجزيرة الوسطية مختلف، يجب أن يقوم الانتقال السلس بضبط الفرق. للحصول على مظهرٍ جيدٍ، يجب أن يكون طول الانتقال أطول ما يمكن وأن يحدث داخل منحنى أفقي.

٤-٧-٩ القطاعات العرضية النموذجية:

٤-٧-٩-١ الطرق الريفية:

يشير مصطلح الطرق الريفية إلى الطرق التي تتكون من مسارين في القطاع العرضي، كل واحد منهما في أحد اتجاهي المرور. وغالبًا ما تتميز بأحجام مرورية عالية (شبكة الطرق الريفية)، بينما في العديد من الحالات يكون المرور محدوداً (الطرق الريفية التجميعية والطرق المحلية). في بعض الأحيان، يمكن إضافة المسارات المرورية إلى جانب أو جانبين من الطريق لتمديد القطاع العرضي إلى ثلاثة أو أربع المسارات المرورية في تلك المواقع. يتضمن الباب (٥) إرشادات عن خصائص القطاع العرضي النموذجي للطرق الريفية.

٤-٧-٩-٢ الشوارع السكنية:

تشير الشوارع السكنية إلى شارع مقسوم مجاور للملكيات من المتوقع أن يتم تطويرها كمساكن لعائلة واحدة أو مجمعات سكنية متعددة العائلات أو مباني سكنية أو غيرها من المنشآت السكنية المماثلة. يتضمن الباب (٦) إرشادات عن خصائص القطاع العرضي النموذجي للطرق الريفية.

٤-٧-٩-٣ الشوارع التجميعية في المناطق الحضرية:

يُعرف الطريق التجميعي أو طريق التوزيع بأنه طريق ذو سعة منخفضة إلى متوسطة، لنقل المرور من الشوارع المحلية إلى الطرق الشريانية. يتضمن الباب (٦) إرشادات عن خصائص القطاع العرضي النموذجي للطرق الريفية.

٤-٧-٩-٤ شبكة الطرق في المناطق الحضرية:

الطريق الشرياني هو طريق حضري بسعة عالية بشكل أقل من الطريق السريع/الطريق شبه السريع على التسلسل الهرمي للطرق من حيث تدفق المرور والسرعة. تضمن إرشادات عن خصائص القطاع العرضي النموذجي للطرق الريفية في الباب (٦).

٤-٧-٩-٥ الطرق السريعة:

تربط الطرق الريفية السريعة بشكل أساسي المناطق المكتظة بالسكان والمدن الكبيرة. ويعرَّف الطريق السريع بأنه طريق مُحكَم الوصول بالكامل، ويوفر تدفقًا مروريّاً دون عوائق، مع عدم وجود إشارات مرور أو تقاطعات أو وصول إلى الأبنية. تكون الطرق الحضرية السريعة محدودة الوصول، وهي طرق مقسومة إلى مسارات متعددة في المناطق المأهولة بالسكان. تضمن إرشادات حول خصائص القطاع العرضي النموذجية للطرق الحضرية والريفية في الأبواب (٦) و(٧) على التوالي.

٤-٧-٩-٦ الطرق شبه السريعة:

يتمثل الاختلاف الرئيسي بين الطريق شبه السريع والطريق السريع في أن الطريق شبه السريع هو طريق محدود الوصول، بينما الطريق السريع هو طريق يتم التحكم فيه بالكامل. الطريق شبه السريع عبارة عن طريق مقسوم أو غير مقسوم في بعض الحالات مع تحكم جزئي في الوصول. تُعرف الطرق الحضرية شبه السريعة (الطرق الشريانية الرئيسة أو الكبرى) بأنها طرق داخل المدن مُحكَمة الوصول ومقسومة إلى مسارات متعددة، في المناطق المأهولة بالسكان. تضمن إرشادات حول خصائص القطاع العرضي النموذجية للطرق الحضرية والريفية في الأبواب (٦ و٧)، على التوالي.

٤-٧-٩-٧ طرق ذات أحجام مرورية منخفضة للغاية:

الطرق الريفية منخفضة الحجم المروري للغاية تتكون بشكل أساسي من الشوارع السكنية المحلية خارج المناطق المبنية في المدن والبلدات والمجتمعات التي تقل فيها كثافة المرور عن ٢٠٠٠ مركبة/اليوم متوسط المرور السنوي اليومي للطرق منخفضة الحجم

المروري وأقل من ٤٠٠مركبة/اليوم للطرق منخفضة الحجم المروري للغاية. تضمن إرشادات عن خصائص القطاع العرضي النموذجي للطرق الريفية في الباب (٨).

٤-٧-٩-٨ الوصول إلى الطرق:

يشير الوصول إلى الطريق إلى طريق يتيح الوصول إلى عقار يمكن أن يكون في بيئة حضرية أو ريفية. تضمن إرشادات حول خصائص القطاع العرضي النموذجية للطرق الحضرية والريفية في الأبواب (٦ و٧)، على التوالي.

٤-٧-٩-٩ الطرق الصناعية:

الطريق الصناعي هو طريق لأغراض خاصة يوفر الوصول إلى منطقة صناعية محددة داخل نظام الطرق الشريانية أو التوزيعية. تمثل الطرق الصناعية فئة منفصلة من الطرق تخدم المنشآت الصناعية فقط، مع تركيبة شاحنات عالية (قد تكون > ٨٠ بالمائة). تضمن إرشادات عن الخصائص المثالية القطاع العرضي للطرق الصناعية في الباب (٩).

٤-٧-١٠ جودة التدفق المروري والقطاعات العرضية النموذجية:

تعتمد جودة التدفق المروري المطلوبة على مستوى الخدمة المقدمة لفئة الطريق ذات الصلة كما هو موضح في المجلد ٢٠١. تُحسّن جودة التدفق المروري عندما:

- تكون المحاذاة متسعة.
- تكون أبعاد القطاع العرضي كافية، حتى في أوقات الذروة (ساعة القياس) في فترة التنبؤ، ويمكن للسائقين السير بسرعات مقبولة للبيئة المخطط لها.
- يوجد ما يكفي من المسارات على الانحدارات الصاعدة (مسارات الصعود)
- يقتصر عدد التقاطعات على الحد الأدنى المطلق المطلوب.
- تتوفر مساحة كافية لصيانة الطرق والخدمات التشغيلية للطرق لضمان عدم إعاقة التدفق المروري دون داع.
- يظل العدد المعتاد للمسارات قيد الاستخدام أثناء أعمال الطرق وفحص المنشآت.

٤-٧-١١ مراعاة وسائل المرور الأخرى:

يجب أن يكون هدف المصمم تصميمًا متوازنًا يخدم وسائط النقل المتعددة حسب الاقتضاء. المبدأ التوجيهي للتصميم هو أن التوازن بين وسائل النقل المختارة لكل طريق وشارع يجب أن يكون قرارًا واعيًا يتم التوصل إليه بعد دراسة شاملة لاحتياجات كل وسيلة، والخطط الرئيسة لوكالات النقل المحلية والإقليمية، واحتياجات المجتمع.

عند تقييم احتياجات كل وسيلة نقل، يجب على المخططين والمصممين النظر في الطلب الحالي والمستقبلي للتنقل بكل وسيلة. ينبغي النظر في المعلمات التالية:

- الفئة الوظيفية للطريق.
- التصنيف السياقي للطرق.
- شبكة الدراجات أو خطط الممرات.
- مخططات شبكة المشاة أو الممرات.
- خطط شبكة الشاحنات.
- شبكة التنقل الصغيرة أو خطط الممرات.

٤-٧-١٢ خلوص وعناصر الهيكل:

يجب ألا يقل إجمالي الخلوص بشكل صارم عن ٥,٢٠ متر على الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة والطرق الشريانية، بينما في الطرق التجميعية، والطرق المحلية والطرق منخفضة الحجم المروري يمكن أن يقتصر على ٤,٦٠ متر. يشتمل هذا البعد بالفعل على خلوص يبلغ ٠,٢٠ متر للسماح بإعادة تأهيل الرصف في المستقبل باستخدام طبقة التكسية (صيانة الرصف). ومع ذلك، يمكن اختيار خلوص رأسي أعلى. عادة، في كود الطرق السعودي، يكون إجمالي الخلوص الرأسي ٥,٥٠ متر إلزاميًا.

إذا كان هيكل الطريق يتقاطع مع سكة حديد، يجب أن يكون الخلوص الرأسي على الأقل ٧,٠ متر فوق الجزء العلوي فوق قمة القضبان. يجب أن يكون الخلوص الجانبي للبردورات أو الجدران الداعمة على بعد ٦,٠ متر من الخط المركزي للمسار.

يبلغ الخلوص الرأسي لخطوط الاتصالات العلوية ٧,٠ متر وبالنسبة لخطوط الطاقة تكون محدودة على النحو التالي:

- بالنسبة للخلوص الرأسي من ٠ إلى ٧٥٠ فولت، يجب أن يكون الخلوص ٧,٠ متر على الأقل.
- بالنسبة للخلوص الرأسي من ٧٥٠ إلى ١٥٠٠٠ فولت، يجب أن يكون الخلوص ٩,٠ متر على الأقل.
- يجب أن يكون الخلوص الرأسي الذي يزيد عن ١٥٠٠٠ فولت ١٠,٠ متر على الأقل.

٤-٧-١٣ خلوص الطرق الجوية - الطرق:

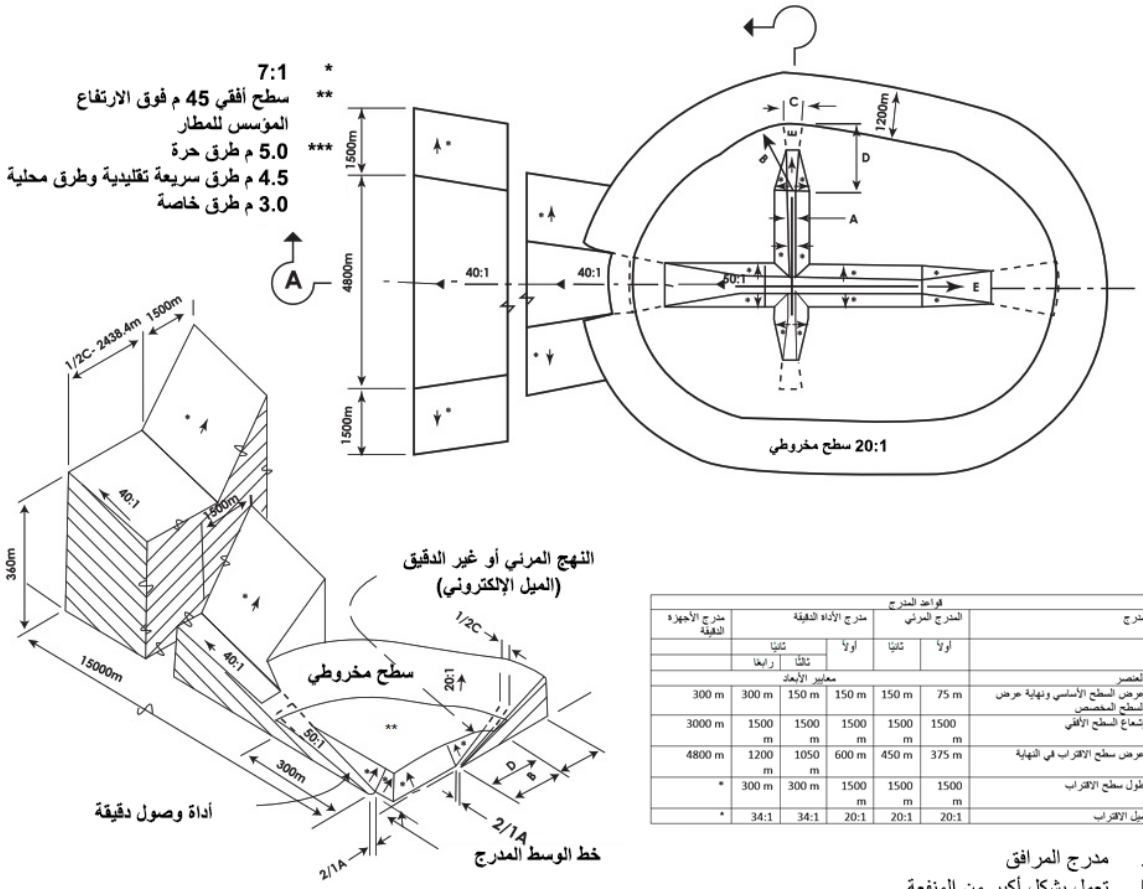
٤-٧-١٣-١ عام:

يعتبر الجسم عائقًا أمام الملاحة الجوية، إذا كان أي جزء من هذا الجسم أعلى ارتفاعًا من الأسطح الممتدة إلى الخارج والأعلى من مدرج المطار. وتشمل هذه الأجسام لافتات علوي ومعايير الانارة والمركبات المتحركة وهياكل التقاطعات المفصولة رأسياً.

٤-٧-١٣-٢ الخلوص:

يجب الأخذ في الاعتبار الإجراء التالي فيما يتعلق بخلوص الطرق الجوية والطرق بالقرب من المطارات ومهابط طائرات الهليكوبتر.

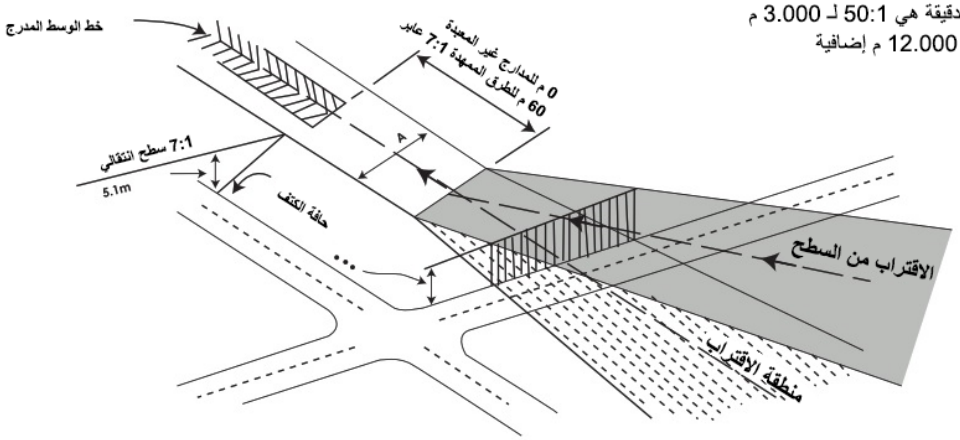
١- للمطارات المدنية، راجع الشكل (٤-١٩).
٢- لمهابط طائرات الهليكوبتر، راجع (٤-٢٠).
٣- للمطارات العسكرية، راجع الشكل (٤-٢١).
٤- لحقول تدريب هبوط حاملات الطائرات البحرية، راجع الشكل (٤-٢٢).



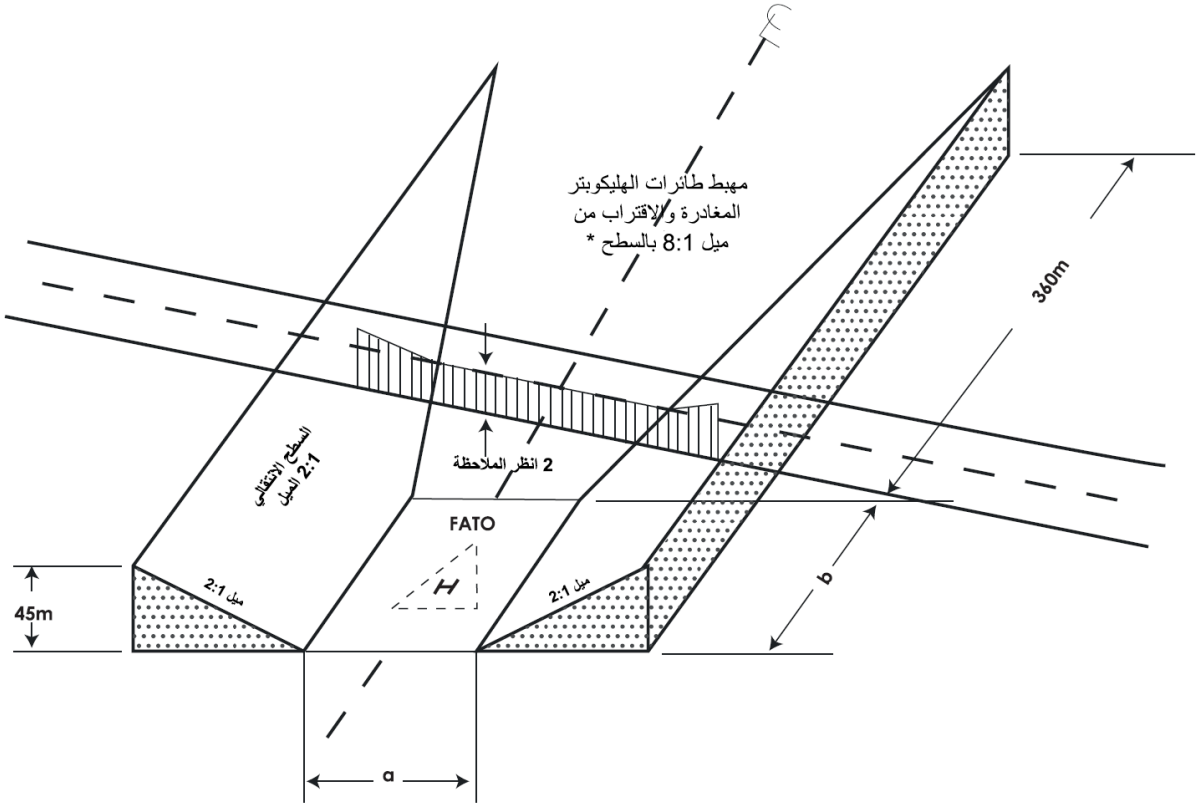
قواعد المدرج						
أنواع المدرج		المدرج المرئي		مدرج الأداة الدقيقة		مدرج الأجهزة الدقيقة
		أولاً	ثانيًا	أولاً	ثانيًا	
					ثالثًا	رابعًا
البعد	العنصر	معايير الأبعاد				
A	عرض السطح الأساسي ونهاية عرض السطح المخصص	75 m	150 m	150 m	300 m	300 m
B	إشعاع السطح الأفقي	1500 m	1500 m	1500 m	1500 m	3000 m
C	عرض سطح الاقتراب في النهاية	375 m	450 m	600 m	1050 m	4800 m
D	طول سطح الاقتراب	1500 m	1500 m	1500 m	300 m	*
E	ميل الاقتراب	20:1	20:1	20:1	34:1	*

عرض متساوي القياس للجزء A-A

I. مدرج المرافق
II. تعمل بشكل أكبر من المنفعة
III. الحد الأدنى للرؤية أكبر من 1.200 متر
IV. الحد الأدنى للرؤية يصل إلى 1.200 متر
*ميول نهج الأداة الدقيقة هي 50:1 لـ 3.000 م داخلي و 40: 1 لـ 12.000 م إضافية



الشكل (٤–١٩) القطاع العرضي النموذجي لمتطلبات خلوص الطرق الجوية والطرق للمطارات المدنية (CALTRANS, 2019).



ملاحظات:

١- أبعاد منطقة الاقتراب النهائي والاقلاع (FATO) (أ) و(ب) تساوي مرة ونصف الطول الإجمالي لطائرة هليكوبتر التصميمية، باستثناء مهابط طائرات الهليكوبتر من فئة النقل، حيث (أ) تساوي مرتين قطر الدوّار (الحد الأدنى ٣٠ مترًا) و(ب) تساوي مرتين قطر الدوّار (الحد الأدنى ٦٠ مترًا). بحاجة إلى الفحص مع مالك مهبط طائرات الهليكوبتر للتحقق من فئة طائرات الهليكوبتر.

٢- الحد الأدنى للخلوص الرأسي هو ٥,١٠ متر للطرق السريعة المزدوجة/الطرق شبه السريعة و٤,٥٠ متر للطرق والطرق المحلية الأخرى و٣,٠ متر للطرق الخاصة. ومع ذلك، يمكن اختيار خلوص رأسي أعلى. عادة، في كود الطرق السعودي، يكون إجمالي الخلوص الرأسي ٥,٥٠ متر إلزاميًا.

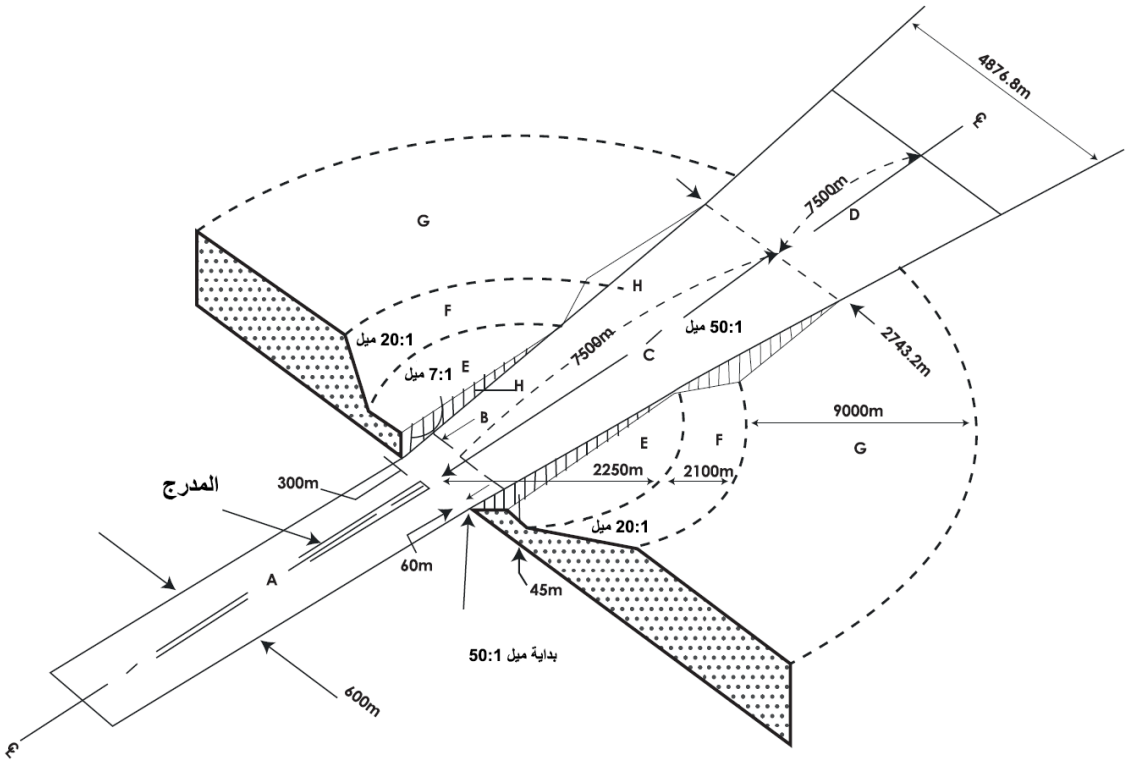
٣- الاتصال بمالك/مشغل مهبط طائرات الهليكوبتر لتحديد مسارات الدخول/المغادرة المعتمدة.

خلوص الطريق: القطاع الطولي على حافة الرصف بالقرب من المطار.

* ١٠٪ للمروحيات العسكرية

** منطقة الاقتراب النهائي/الإقلاع

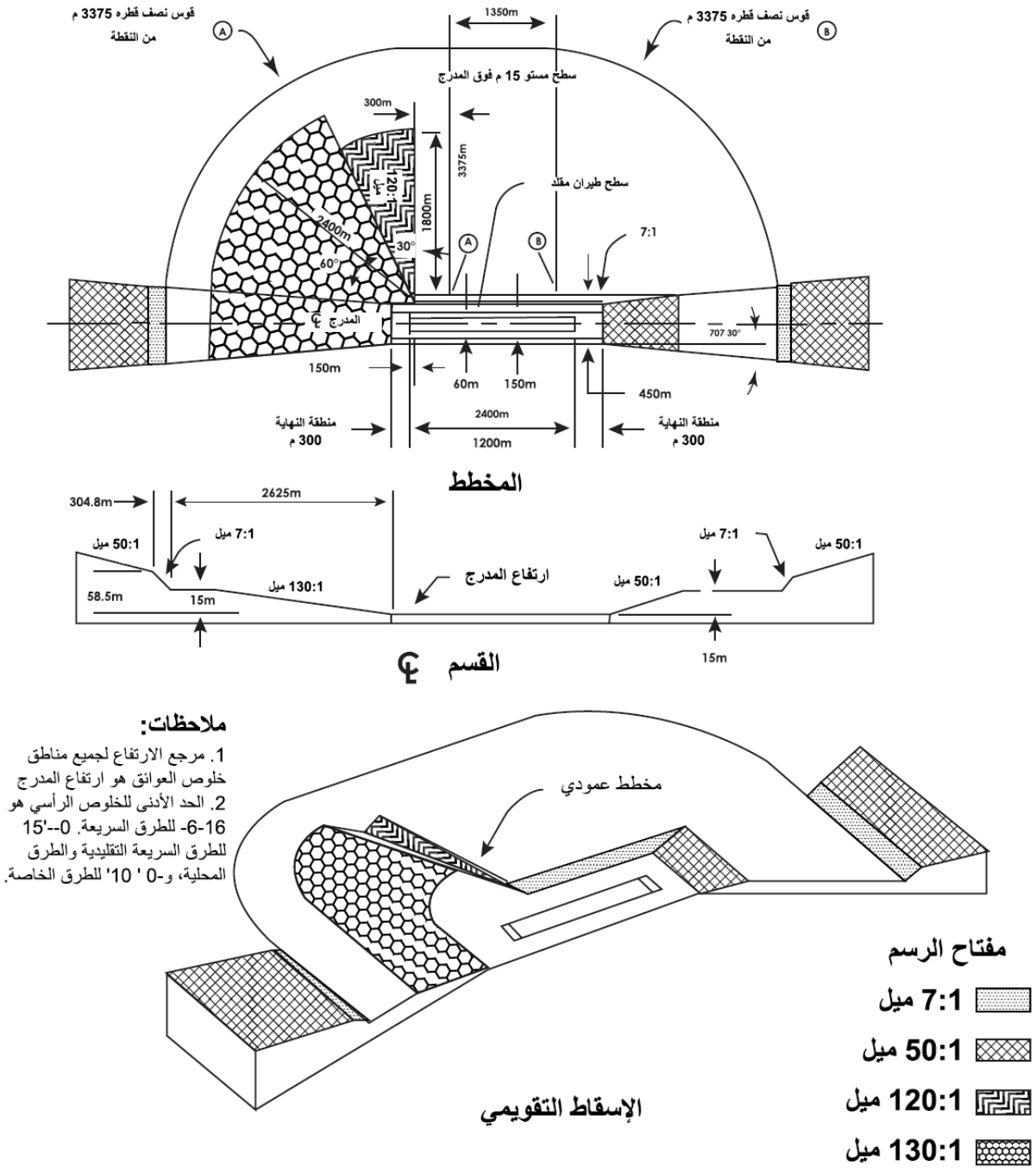
الشكل (٤–٢٠) القطاع العرضي النموذجي لمتطلبات خلوص الطرق الجوية والطرق لمهابط طائرات الهليكوبتر (CALTRANS, 2019).



ملاحظات:

الحد الأدنى للخلوص الرأسي هو ٥,٠ متر للطرق السريعة المزدوجة/الطرق شبه السريعة و٤,٥٠ متر للطرق والطرق المحلية الأخرى و٣,٠ متر للطرق الخاصة. ومع ذلك، يمكن اختيار خلوص رأسي أعلى. عادة، في كود الطرق السعودي، يكون إجمالي الخلوص الرأسي ٥,٥٠ متر إلزاميًا.

الشكل (٤–٢١) القطاع العرضي النموذجي لمتطلبات خلوص الطرق الجوية والطرق للمطارات العسكرية (CALTRANS, 2019).



الشكل (٤–٢٢) القطاع العرضي النموذجي لمتطلبات خلوص الطرق الجوية والطرق لحقل تدريب هبوط حاملات الطائرات البحرية (CALTRANS, 2019).

عند تصميم محاذاة الطريق الأفقية والرأسية داخل محيط المطار، يجب إرسال خطاب إشعار إلى وزارة الدفاع والطيران من خلال هيئة الطرق المختصة مع خرائط مرفقة توضح الحد الأدنى من الإرشادات التالية:

- المسافة وزاوية السمت من الطريق إلى المدرج.
- ارتفاع مدرج الهبوط.
- العلاقة بين مناسيب مدرج المطار الطريق.

٤-٨ اعتبارات التصميم والتشغيل الخاصة:

٤-٨-١ مرافق النقل العام:

تُشغّل مركبات النقل العام في مجموعة واسعة من البيئات. غالبًا ما يجب أن تستوعب الطرق مركبات النقل العام وكذلك المركبات وراكبي الدراجات والمشاة. تُلبّى اشتراطات النقل العام بشكل أفضل عندما تُدمج في جميع مراحل تخطيط الشوارع وتصميمها وتشغيلها.

الشكل السائد لوسائل النقل العام في معظم المناطق الحضرية هو النقل بالحافلات. تُشغّل معظم الحافلات بالشوارع في مرور مختلط. وبشكل عام، فإن التصميمات التي تجعل المرور يتدفّق بشكل أسرع وأكثر أمانًا ستعمل على تحسين سرعات الحافلات وموثوقية الخدمة. يجب أن تناسب جيومتريّة الطريق حركة الحافلات، ويلائم وصول المشاة إلى محطات التوقف. بغض النظر عن نوع المعالجة، يجب أن يستوعب التصميم الهندسي (الجيومتري) وسمات التحكم المروري كافة المركبات والمشاة وراكبي الدراجات لتستخدم الطريق بشكل مناسب وآمن. عندما يقتصر استخدام الطريق على استخدام الحافلات فقط، يمكن عمومًا تعديل سمات التصميم المطبّقة على الاستخدام العام للمرور. يُضمّن المزيد من المعلومات حول مرافق النقل العام في الجزء (٦-٩).

٤-٨-٢ مرافق الدرّاجات والمشاة:

٤-٨-٢-١ مرافق الدرّاجات:

ينبغي الأخذ في الاعتبار احتياجات كافة وسائل النقل في تصميم كل طريق، بما في ذلك راكبي الدراجات. وفي بعض الحالات، يمكن للمرافق نفسها التي تخدم المركبات أن تخدم راكبي الدراجات بشكل كافٍ، وقد تم تطوير أجهزة محددة للتحكم المروري تفيد كلًا من سائقي المركبات وراكبي الدراجات. في العديد من الحالات الأخرى، تكون المرافق المخصصة للدراجات على الطريق أو خارجه، بما في ذلك مسارات الدراجات المعلّمة (marked) ومسارات الدراجات خارج الطريق أو مسارات الاستخدام المشترك للدراجات، ملائمة.

ينبغي أن تُصمّم وتُنشأ كافة الطرق والشوارع، باستثناء تلك التي يُحظر فيها راكبي الدراجات نظاماً، على افتراض أنها ستستخدم من قبل راكبي الدراجات. لذلك، ينبغي تلبية احتياجات راكبي الدراجات في:

- جميع مراحل تخطيط النقل.
- تصميم طريق جديد.
- إعادة إنشاء طريق.
- أنشطة التشغيل والصيانة.
- تحسين السعة.
- مشاريع الجسور والنقل العام.
- جنباً إلى جنب مع وسائل النقل الأخرى.

كما ينبغي دمجها في الخطط والمشاريع في مرحلة مبكرة لضمان أنها تؤدي وظيفتها معًا بفعالية. تُضمّن مزيد من الإرشادات حول مرافق الدراجات في الجزء الفرعي (٦-١٠-١).

٤-٨-٢-٢ مرافق المشاة:

أرصفة المشاة

غالبًا ما تكون هناك حاجة إلى أرصفة مشاة بالقرب من الطريق أو على طوله في السياقات الريفية والضواحي في مناطق التطوير التي تولّد تجمعات للمشاة، مثل المناطق السكنية والمدارس والمؤسسات التجارية والمنشآت الصناعية.

في سياقات الضواحي والحضر، يفصل شريط حدودي بشكل عام الطريق عن المنازل والمؤسسات التجارية. وتتمثل الوظيفة الرئيسة للشريط الحدودي توفير مساحة لأرصفة ومرافق المشاة. وتتمثل الوظائف الأخرى في توفير حيّز لإنارة الطريق، وصنابير إطفاء الحرائق، وملحقات الشوارع الأخرى، وكذلك المسطحات الخضراء الجمالية، وتكون بمثابة شريط عازل. يختلف عرض الشريط الحدودي بشكل كبير، لكن يعتبر ٢,٤ متر مناسباً كعرض أدنى.

قد يتراوح عرض أرصفة المشاة الجانبية في المناطق السكنية من ١,٥ متر إلى ٢,٤ متر. تتطلب أرصفة المشاة التي يقل عرضها عن ١,٥ متر رصيف إضافي للمرور كل ٦٠ مترًا وذلك لتسهيل الوصول. يجب أن يكون الشريط المزروع بين رصيف المشاة وبردورة رصيف الطريق، إن وجد، بعرض ٠,٦ متر على الأقل للسماح بأنشطة الصيانة. غالبًا ما تكون الأرصفة التي تغطي عرض الشريط الحدودي بالكامل مناسبة في المناطق التجارية، والمجمعات السكنية المتعددة المتاخمة، وبالقرب من المدارس ومولّدات المشاة الأخرى، وحيث يكون عرض الشريط الحدودي مقيدًا.

وبصفةٍ عامةٍ، ينبغي توفير أرصفة أو مسارات مشاة، كلما كانت ظروف تطوير الطرق والأراضي تولّد حركة للمشاة على طول الطريق، بما يتناسب مع الظروف.

معابر المشاة المنفصلة رأسياً:

يسمح مرفق المشاة المنفصلة رأسياً للمشاة بالعبور إما فوق الطريق أو تحته ويوفر للمشاة مسارًا لعبور الطريق دون تدخل المركبة. قد تكون هناك حاجة إلى فصل المشاة لاستيعاب حركات المشاة عند الذروة، مثل المناطق التجارية المركزية، أو المصانع، أو المدارس أو الملاعب الرياضية، بالاقتران مع مرور المركبات المعتدل إلى المزدحم أو حيث قد ينتج عن ذلك مخاطر أو إزعاج غير عادي للمشاة. قد تكون هناك حاجة لفصل المشاة، وعادة ما تكون بمعابر علوية، على الطرق السريعة المزدوجة أو الطرق شبه السريعة حيث تنتهي الشوارع المتقاطعة. من غير المحتمل استخدام معابر المشاة أو الهياكل العلوية عند الطرق الشريانية ما لم يكن من الواضح للمشاة أنه من الأسهل استخدام مثل هذا المرفق بدلاً من عبور مسارات التنقل.

يجب توفير منحدرات للمشاة في جميع هياكل الفصل للمشاة. وعند الرغبة، يمكن توفير درج بالإضافة إلى المنحدر. يجب الأخذ في الاعتبار المصاعد عندما يؤدي طول المنحدر إلى مسار صعب للتنقل لشخص معاق أو سليم. يجب ألا يقل عرض المسارات المخصصة لفصل المشاة عن ٢,٤ متر.

المواقع المحتملة التي ينبغي فيها بالتأكيد النظر في معبر علوي للمشاة هي:

- بالقرب من مدرسة أو ملعب أو أي مكان آخر حيث من المتوقع استخدامه كمعبر علوي للمشاة بشكل متكرر من قبل أطفال غير مصحوبين بالبالغين.
- في المناطق الحضرية الكبيرة التي يستخدمها المشاة حصريًا ولا يمكن مراقبتها بسهولة من قبل الشرطة.
- حيثما يشير سجل الحوادث للمرافق المجاورة إلى الحاجة إلى معبر علوي للمشاة.

تُضمّن مزيد من الإرشادات حول مرافق المشاة بالجزء الفرعي (٦-١٠-٢).

٤-٨-٣ مرافق طرق الشاحنات ذات الأغراض الخاصة:

توفر مرافق طرق الشاحنات ذات الأغراض الخاصة بشكل رئيس بالطرق السريعة/الطرق شبه السريعة ويمكن أن تخدم إما فحص الشاحنات (محطات فحص الشاحنات)، أو سائقي الشاحنات (مناطق الاستراحات). تضمن الإرشادات حول مرافق طرق الشاحنات بمجلد كود الطرق السعودي رقم ٣٠٣ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - مناطق الاستراحة، ومحطات فحص الشاحنات، ومواقف السيارات والمرائب).

٤-٨-٤ التصميم الهندسي (الجيومتري) للجسور:

عند تصميم جسور ذات مسارات منفصلة (البنية الفوقية superstructure)، توسّع الجزيرة الوسطية إلى عرض ٣,٠٠ متر. يمكن إجراء هذا التوسيع إما عن طريق تصميم محاذاة أفقية منفصلة لكل جادة طريق، أو مع مسار/جزيرة وسطية مُزاحة بزاوية محدودة تقتصر على ١:١٠٠ (إزاحة ١,٠ متر بطول ١٠٠ متر). في بعض الحالات الصعبة يمكن استخدام ميل أكثر حدة، ولكن في أي حال من الأحوال لا يتجاوز ١:٧٥.

يتم تنفيذ أنظمة نظام تقييد المركبات في مناطق الإنشاء وفقًا للجزء (٦-٣) من مجلد كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة).

تتضمن إرشادات إضافية للتصميم الهندسي (الجيومتري) للجسور في الجزأين (٦-٥) و(٦-٧).

٤-٨-٥ التصميم الهندسي (الجيومتري) للأنفاق:

٤-٨-٥-١ مقدمة:

يشير هذا الجزء إلى مبادئ ومعايير أساسية في التصميم الهندسي للأنفاق. تتوافق هذه المبادئ والمعايير مع توجيه الاتحاد الأوروبي (2004/54/EG) الصادر عن البرلمان والمجلس الأوروبي في ٢٤ أبريل ٢٠٠٤، بشأن الحد الأدنى من متطلبات السلامة للأنفاق في شبكة الطرق الأوروبية.

يرتبط هذا الجزء مباشرة بمجلد كود الطرق السعودي ٣١٠ (تصميم الجسور والأنفاق)، الجزء (٦-٥)، ومجلد كود الطرق السعودي ٣٠٦ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - المنافع العامة، وإنارة الطرق والشوارع، وأجهزة التحكم والمراقبة)، ومجلد كود الطرق السعودي ٦٠٣ (سلامة الطرق) وكذلك مجلد كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري).

٤-٨-٥-٢ النطاق:

يضمن تطبيق مبادئ ومواصفات التصميم المذكورة في هذا القسم التشغيل الآمن لهيكل النفق، وتجنب المواقف الحرجة، والحماية وكذلك الإنقاذ الذاتي لمستخدمي النفق بالتزامن بالإضافة الى معدات السلامة المناسبة نتيجة لتحليل مخاطر النفق. بالإضافة إلى ذلك، فإن مبادئ ومواصفات التصميم الواردة في هذا الباب تعزز متطلبات حماية البيئة وتدعم إجراءات التدخل لفرق الإنقاذ في حال نشوب حريق، أو وقوع حوادث، أو تعطل المركبة، أو تعطل المرور.

يسمح بالاستثناءات والانحرافات عن مواصفات التصميم إذا لزم الأمر وكانت مبررة بشكل صحيح، ولا يتم تقويض مستوى السلامة المحدد لتشغيل النفق.

٤-٨-٥-٣ التطبيق:

يمكن تطبيق محتوى هذا الباب على جميع أنفاق الطرق الجديدة بطول مغطى يزيد عن ٨٠ مترًا (طول الخط المركزي للرصف بين فتحات الدخول والخروج) وفق السرعة التصميمية المقابلة.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن تطبيق محتوى هذا الباب على إعادة تأهيل وإعادة إنشاء الأنفاق الموجودة التي يزيد طولها عن ٨٠ مترًا وذلك وفق السرعة التصميمية المقابلة.

تعتبر الأنفاق أجزاء مغطاة كلياً أو جزئياً من الطريق أو أروقة مغلقة. لا تشمل الأنفاق الطرق المغلقة نتيجة انشاء جسور الطرق أو جسور السكك الحديدية أو الجسور الأخرى.

في حال استخدام الأنفاق بواسطة وسائل مرور أخرى (على سبيل المثال، المشاة، وغيرها)، ينبغي الأخذ في الاعتبار المتطلبات الخاصة للحركة الآمنة والمريحة لهذه الوسائل.

٤-٨-٥-٤ محاذاة النفق:

اعتبارات عامة

الأنفاق هي أجزاء من الطريق. لذلك، تنطبق نفس الخصائص التشغيلية للمرور في الأنفاق كما هو الحال في الطرق المفتوحة (السطحية).

يمكن أن يكون شكل النفق مستطيلًا أو دائريًا أو منحنيًا، اعتمادًا على طريقة إنشاء النفق وطبيعة الأرض. تتوافق معلمات التصميم الهندسي مع معلمات الطريق المفتوح بشكل عام. بسبب متطلبات السلامة المرورية والتشغيلية غير العادية للأنفاق، ينبغي النظر في تداعيات تطبيق مواصفات التصميم هذه. يتم تصنيف الأنفاق على أنها أنفاق مقسومة وغير مقسومة (مرور متعاكس في نفس النفق). ينبغي أن تستوعب الأنفاق كافة المركبات المحتملة التي تستخدم الطرق الموصّلة إليها، بما في ذلك المركبات ذات الارتفاع الزائد مثل المركبات العسكرية. ما لم تتخذ تدابير محددة للتصميم والسلامة، ينبغي عدم تشجيع استخدام المشاة وراكبي الدراجات داخل النفق. بالنسبة للمشاة أو راكبي الدراجات، ينبغي توفير مسار منفصل بشكل عام.

قد يكون للأنفاق قيود على الحمولات. قد تشمل هذه الحمولات المواد الخطرة والغازات والسوائل القابلة للاشتعال والمركبات ذات الارتفاع الزائد أو العريضة. وينبغي وضع اشتراطات للكشف عن هذه المركبات وظروف تجهيزاتها، بما في ذلك الفترات الزمنية الخاصة لاستخدام الأنفاق، أو التحويل إلى مسارات، أو إعادة التوجيه.

ينبغي أن تكون للأنفاق نفس السعة المرورية للطرق المفتوحة الموصّلة لها.

يمكن إنشاء الأنفاق التي يزيد طولها عن ١٠٠٠ متر برصفيات صلبة.

تصمم الأنفاق إما بسرعة تصميمية ٨٠ كم/ساعة أو ١٠٠ كم/ساعة. تنطبق ضوابط التصميم للطرق الريفية والحضرية كما هو موضح في هذا المجلد أيضًا على الأنفاق باستثناء الاعتبارات الخاصة الواردة أدناه.

ميل النفق:

ينبغي، ابتداءً، السعي للحصول على ميول طولية أقل من ٣,٠٪ بالأنفاق. ينبغي تجنب ميل طولي أكثر من ٥,٠٪.

بالنسبة لأطوال الأنفاق التي تزيد عن ٤٠٠ متر وميل طولي تزيد عن ٣٪، يجب اتخاذ تدابير خاصة لتحسين مستوى سلامة الطريق. ويلزم إجراء تحليل محدد للمخاطر لضمان الحاجة إلى هذه التدابير الخاصة وأدائها.

تصميم القطاع العرضي للنفق

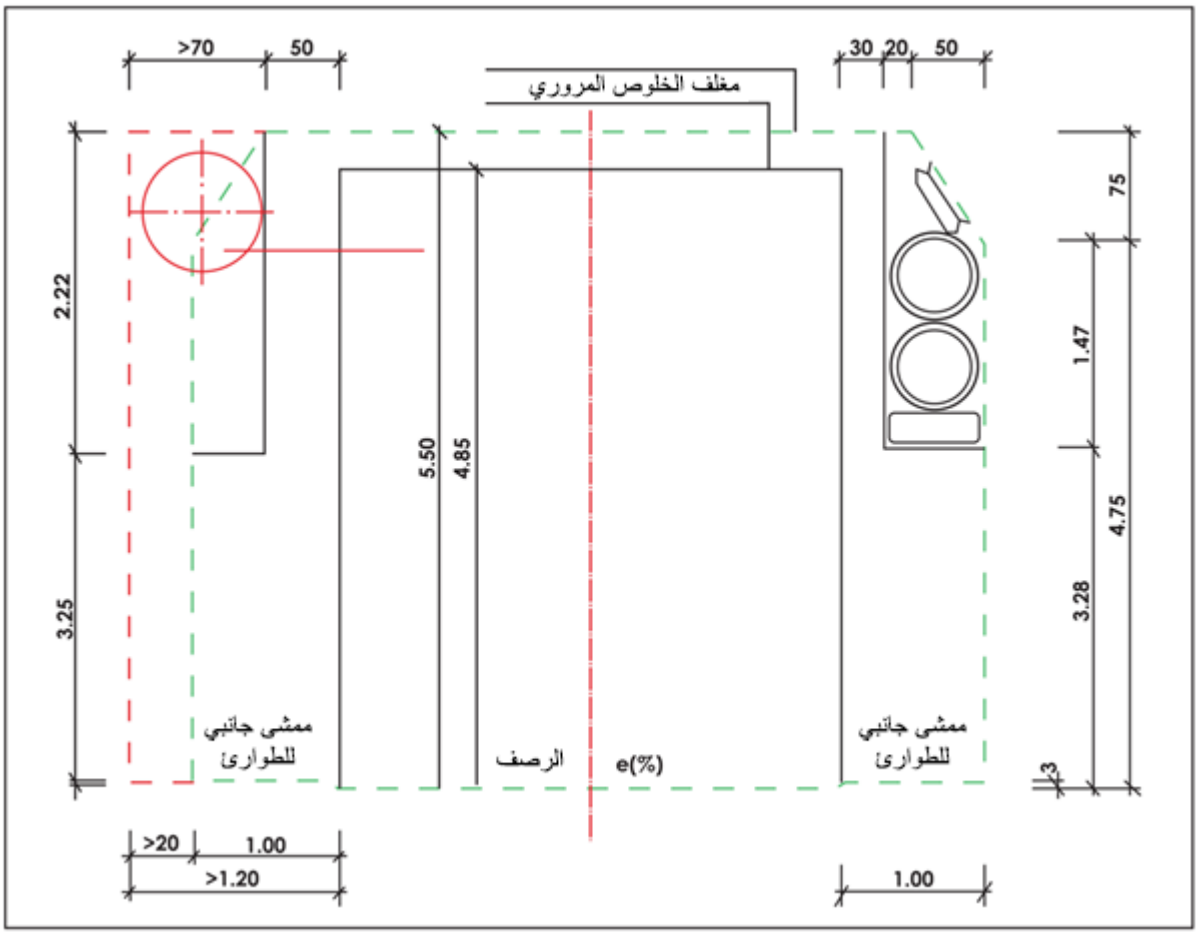
يعتمد تصميم القطاع العرضي للنفق على التصنيف الوظيفي للطريق، وكثافة المرور، وطريقة الإنشاء المختارة.

يتم تحديد عدد المسارات حسب كثافة المرور المتوقع ومستوى الخدمة المطلوب. بشكل عام، يكون عدد المسارات في النفق هو نفس عدد المسارات بالطريق المؤدي إليه.

يتم اختيار أبعاد القطاع العرضي النموذجي بحيث تقع ملحقات النفق، مثل الإنارة والتهوية واللافتات وملحقات السلامة، خارج خلوص القطاع العرضي (راجع الشكل ٤-٢٣). في حالات محددة، قد يتطلب تركيب التهوية ولافتات تحديد الطريق توسيعًا محليًا أو كاملًا للقطاع العرضي للنفق. الحد الأدنى لعرض رصيف المشاة هو ١ متر. يجب أن يكون عرض المسار ٣,٣٠ متر على الأقل. في الأنفاق القائمة، قد يؤدي هذا الاشتراط إلى استخدام علامات أرضية أقل عرضاً، أو على فتحات مجراي التصريف الجانبية.

في حال الحفاظ على كامل القطاع العرضي المطبق على الطريق المفتوح المقسوم وخاصة الأكتاف الصلبة الخارجية (اليمنى) والداخلية (اليسرى) في النفق، قد تكون التكلفة الناتجة باهظة. لذلك، عادة ما يتم أسقاط كتف الطريق الداخلي تمامًا، في حين أن استخدام كتف الطريق الخارجي يخضع لتحليل التكلفة والعائد وكذلك تحليل المخاطر.

تُعرض القطاعات العرضية النموذجية للأنفاق في الشكل (٤-٢٤) بعرض يصل إلى ٣٦ مترًا. بالنسبة للأنفاق الأوسع، تحدد عناصر القطاعات العرضية على أساس تحليل المخاطر المقابل.

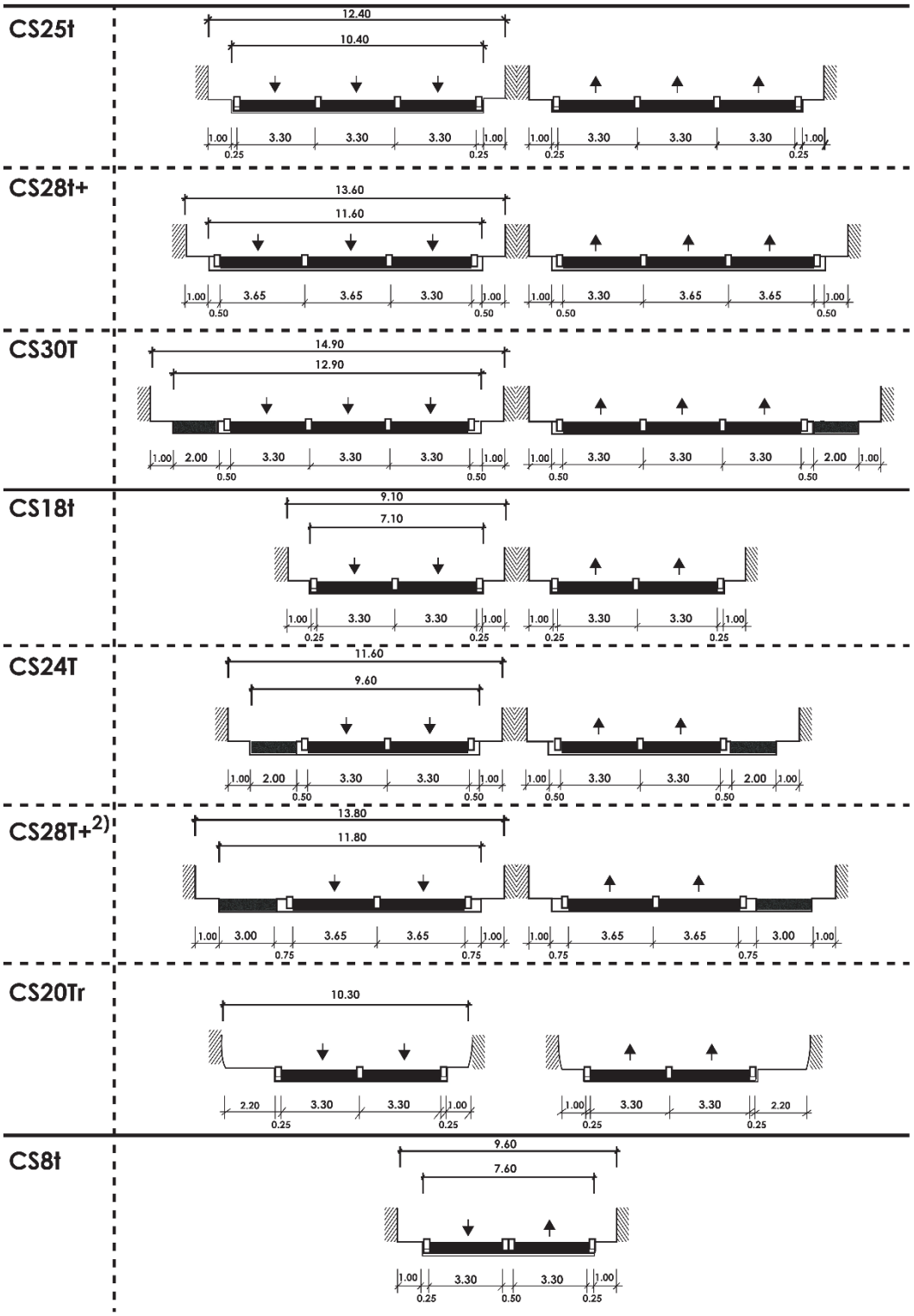


الشكل (٤–٢٣) المغلّف والخلوص المروري للقطاع العرضي للنفق (FGSV, 2019).

وفقًا للشكل (٤-٢٣)، فإن الخلوص الرأسي المطلوب على طول منطقة التنقل يكون عادةً ٥,٥٠ مترًا نظرًا لأن الخلوص الجانبي ينشأ عمودياً، فإن العرض الإضافي يكون مطلوباً عند تطبيق التعلية الجانبية على الرصف في حالة القطاعات العرضية المستطيلة للنفق. العرض الإضافي موضح في الجدول (٤-٢٦).

الجدول (٤–٢٦) العرض الإضافي في الأنفاق ذات القطاع العرضي المستطيل بسبب التعلية الجانبية (EABT 80/100). (FGSV, 2019)

معدل التعلية الجانبية e (%)	العرض الإضافي (متر)
أكبر من ٣,٥ حتى ٤,٥	٠,٠٥
أكبر من ٤,٥ حتى ٥,٥	٠,١٠
أكبر من ٥,٥ حتى ٦,٥	٠,١٥
أكبر من ٦,٥	٠,٢٠

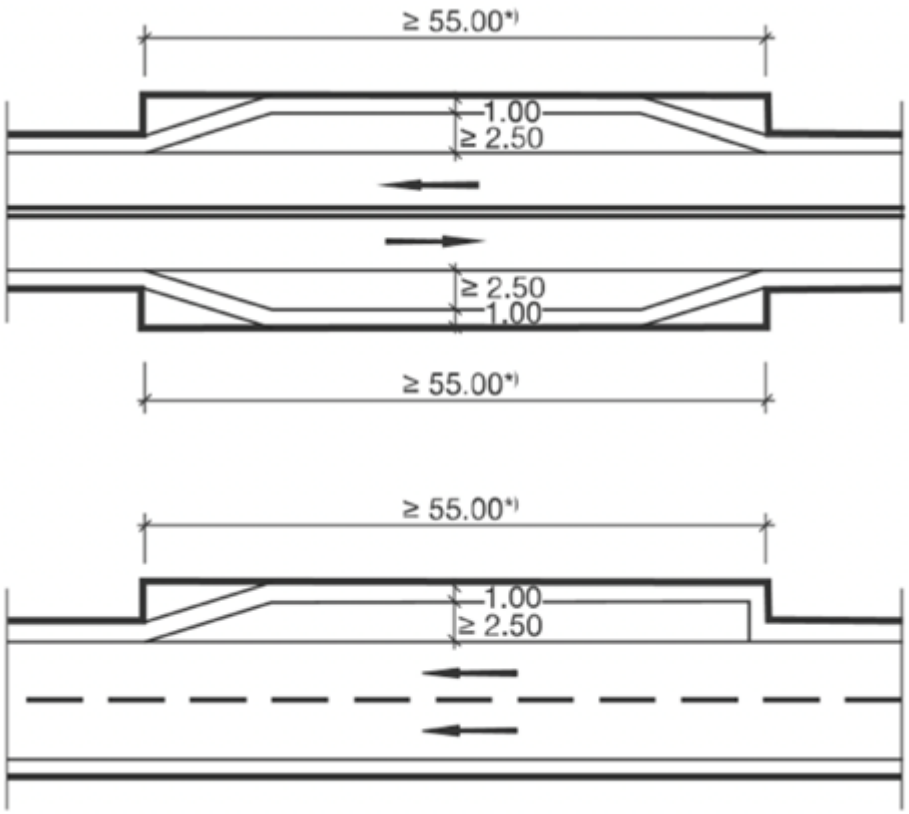


مفتاح الرسم: T=القطاع العرضي مع كتف طريق صلب، t= القطاع العرضي بدون كتف صلب، Tr=القطاع العرضي مع كتف طريق صلب ورصف في حال تعذر توفير فجوات الطوارئ لأعطال المركبات

الشكل (٤–٢٤) القطاعات العرضية النموذجية لكافة فئات التصميم للأنفاق على الطرق السريعة/شبه السريعة على (FGSV, 2008).

٤-٨-٥-٥ مرافق السلامة في الأنفاق:

يجب دائمًا توفير فجوات طوارئ للمركبات المتعطلة بالأنفاق التي يزيد طولها عن ٩٠٠ متر بدون أكتاف طريق. في بعض الأحيان قد يتطلب تحليل المخاطر للنفق توفير فجوات طوارئ لأنفاق يبدأ طولها من ٦٠٠ متر. فجوات طوارئ المركبات المتعطلة النموذجية موضحة في الشكل (٤-٢٥).



*إذا دخلت المركبات إلى المغلّف المروري، فيجب اتخاذ تدابير تنظيم المرور.

الشكل (٤–٢٥) تكوين فجوات طوارئ أعطال المركبات في الأنفاق (FGSV, 2019).

قد تميل جدران واجهة فجوات الطوارئ بانحدار ٣: ١ دون الحاجة إلى حاجز مروري أو وسادة تصادم. إذا لم يكن هذا الميل ممكنًا، فيجب حماية جدار واجهة الفجوة تطبيق نظام السلامة الخاملة وفقًا لما ينص عليه مجلد كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة). في الأنفاق ذات المرور المتعاكس، تكون هذه الحماية مطلوبة لكافة جدران واجهة الفجوة.

يجب أن يكون كثافة توزيع فجوات الطواري أقل من ٦٠٠ متر. في الأنفاق ذات المرور المتعاكس، يتم ترتيب فجوات متقابلة من كلا الاتجاهين في نفس الموقع على جانبي النفق. تكون فجوات الطوارئ مزودة باللافتات والإنارة المناسبة.

٤-٨-٥-٦ الأرصفة الجانبية للطوارئ (ممرات المشاة):

على جانبي الرصف، تُجّهز أرصفة مشاة جانبية بعرض ١,٠٠ متر على الأقل. يجب أن يكون الخلوص الرأسي على طول أرصفة المشاة ٢,٢٥ متر. تفصل أرصفة المشاة عن منطقة السير المركبات ببردورات ارتفاعها ٣ سم.

٤-٨-٥-٧ مخارج الطوارئ وممرات الهروب وأماكن الدوران الطارئ:

لابد من توفير ممرات هروب لحالات الطوارئ من خلال مخارج طوارئ على مسافات منتظمة داخل النفق لتوفير ملجأً لمستخدمي النفق. ينبغي أن تُزوّد جميع أنحاء النفق بمسارات هروب معلمّة بعلامات أرضية بوضوح وذلك لاستخدامها في حالات الطوارئ.

بالنسبة للأنفاق التي تزيد أطوالها عن ٤٠٠ متر، لابد من توفير مخارج طوارئ على مسافات لا تزيد عن ٣٠٠ متر. مخارج الطوارئ هذه، يجب أن:

١- تقود الى مساحة مفتوحة.
٢- تقود مباشرة إلى هيكل نفق موازي.
٣- تقود بشكل غير مباشر إلى هيكل نفق موازي عبر ممرات متبادلة.
٤- تقود الى فتحات عمودية للإنقاذ.
٥- تقود الى ممرات إنقاذ.

الممرات المتبادلة (cross passages) هي منشآت ربط بين هيكلي نفقين متوازيين، وينبغي إغلاقها بأبواب حريق ذاتية الإغلاق تفتح في كلا الاتجاهين على جهتي الممر. يجب أن تكون الممرات المتبادلة مقاومة للحريق لمدة ساعتين على الأقل ومجهزة بممرات مشاة للطوارئ بعرض ١ متر.

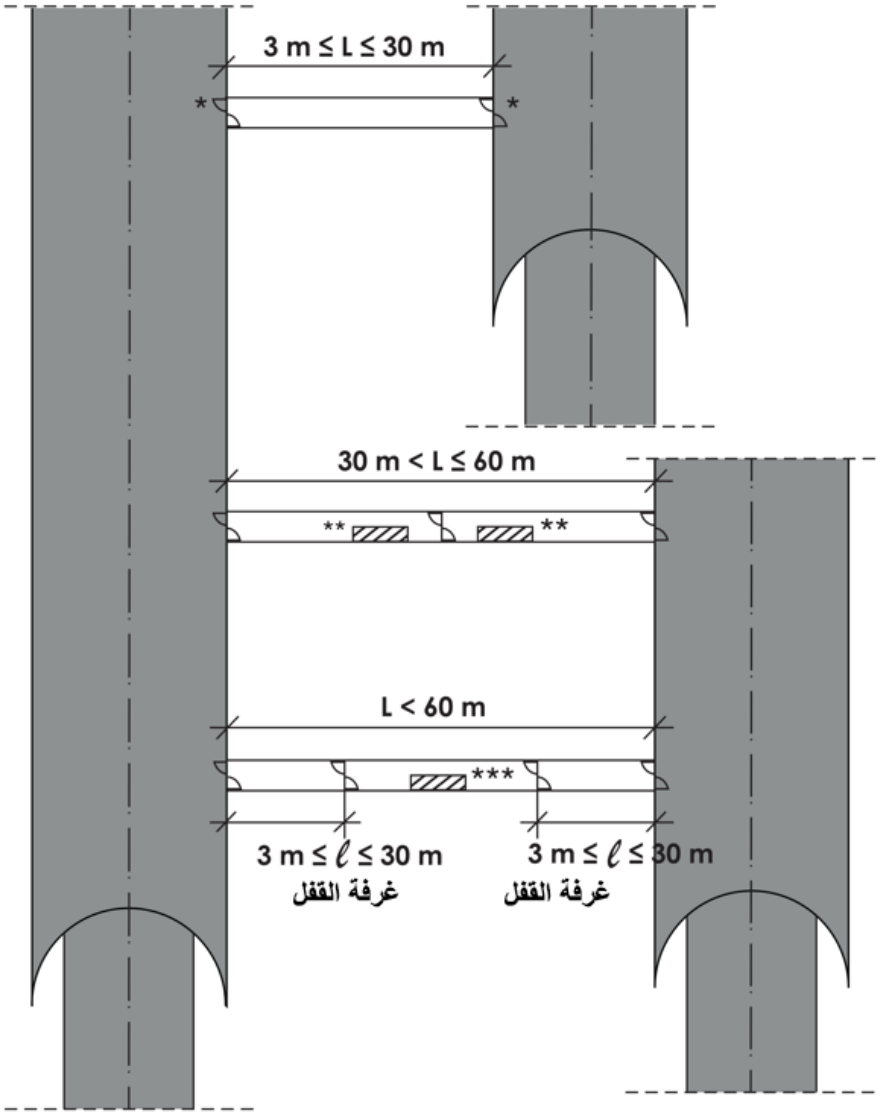
في الأنفاق ثنائية الهيكل التي يزيد طولها عن ٩٠٠ متر، يجب إنشاء ممرات وأماكن لدوران المركبات للطوارئ تتصل بالهيكل المجاور لتسمح لمركبات الإنقاذ وإطفاء الحرائق بالمرور. كما يجب تبرير هذه الحالة وأن تضمن في تحليل مخاطر الأنفاق. يجب أن يكون للأنفاق التي يزيد طولها عن ١٨٠٠ متر ممرات دوران للطوارئ كل ١٢٠٠ متر.

فتحات الإنقاذ العمودية (rescue shafts) هي هياكل رأسية تعمل كممرات للهروب مجهزة بدرج تقود إلى مساحة مفتوحة. ينبغي أن يكون عرض الدرج ١,٥٠ متر على الأقل. عند تصميم فتحات الإنقاذ، ينبغي أن يكون الأشخاص ذوو الإعاقة وكبار السن، وكذلك نقل الأشخاص المصابين، جزءًا من معايير التصميم.

ممرات الإنقاذ (rescue galleries) هي هياكل تعمل كمسارات إنقاذ. تؤدي عبر مخارج الطوارئ الى مخرج مشترك ال مساحة مفتوحة الحر. يجب ألا يزيد الميل الطولي عن ١٠٪. قد تصمم ممرات الإنقاذ للاستخدام فقط من جانب المشاة أو المركبات. قد تحتوي الممرات المصممة للمشاة على قطاع عرضي بأبعاد ٢,٢٥ م × ٢,٢٥ م. ينبغي ألا يتجاوز طول مسار الإنقاذ لاستخدام المشاة ١٥٠٠متر مع بوابة واحدة للمر، وطول ٣٠٠٠ متر مع بوابتين لممر الإنقاذ. ينبغي أن تكون مسارات الإنقاذ التي يزيد طولها عن ٣٠٠٠ متر لاستخدام المركبات. ينبغي أن تكون أبعاد القطاع العرضي ٣,٥٠ م × ٣,٥٠ م. بالنسبة لممرات الانقاذ المحجوبة، ينبغي توقع منعطفات دوران للخلف للمركبات. في حالات استثنائية، يمكن إنشاء ممرات إنقاذ يقل طولها عن ٣٠٠٠ متر لاستخدام مركبات الطوارئ. يمكن للوحدة التشغيلية للنفق تفسير هذا المطلب. في مثل هذه الحالة، يجب أن تكون ممرات الإنقاذ مجهزة بمعدات تهوية لتخفيف انبعاثات العادم.

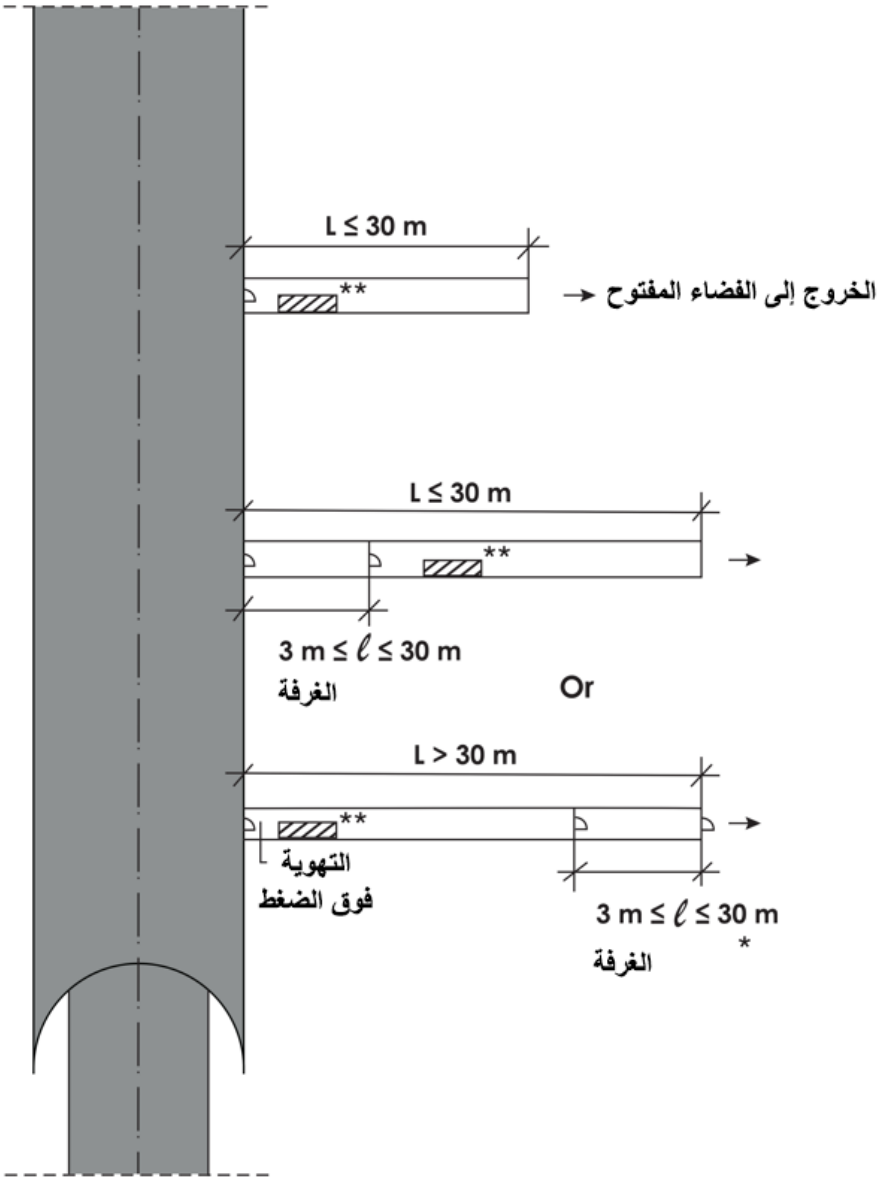
ينبغي وضع لافتات في جميع مسارات وممرات الهروب والإنقاذ وفقًا لمواصفة (SASO ISO 7010) مع الإنارة وفقًا لكود الطرق السعودي ٣٠٦ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - المنافع العامة، وإنارة الطرق والشوارع، وأجهزة التحكم والمراقبة). ينبغي أن يكون الحد الأدنى لشدة الضوء في ممرات الإنقاذ ١ لوكس مع تجانس ١:٤٠. لابد أن تكون ممرات الهروب مقاومة للحريق. لتجنب انتشار الحريق في ممرات الإنقاذ، يجب تجهيز غرف إغلاق look chambers خاصة. غرف الإغلاق مؤدية لبوابات. يتراوح طولها من ٣ إلى ٣٠ مترًا لاستخدام المشاة ومن ١٠ إلى ٣٠ مترًا في حال استخدام المركبات. قد تركب تهوية للضغط الزائد في ممرات الإنقاذ بدلًا من غرف الاغلاق. خلف كل بوابة طوارئ، يجب توقع منطقة إقامة متوسطة تبلغ ٥ أمتار مربعة. يظهر الشكل (٤-٢٦)، والشكل (٤-٢٧) والشكل (٤-٢٨) الترتيبات النموذجية لممرات ومسارات الهروب والإنقاذ.

تتضمن إرشادات إضافية للتصميم الهندسي (الجيومتري) للأنفاق في الأجزاء (٥-٦) و(٧-٦).



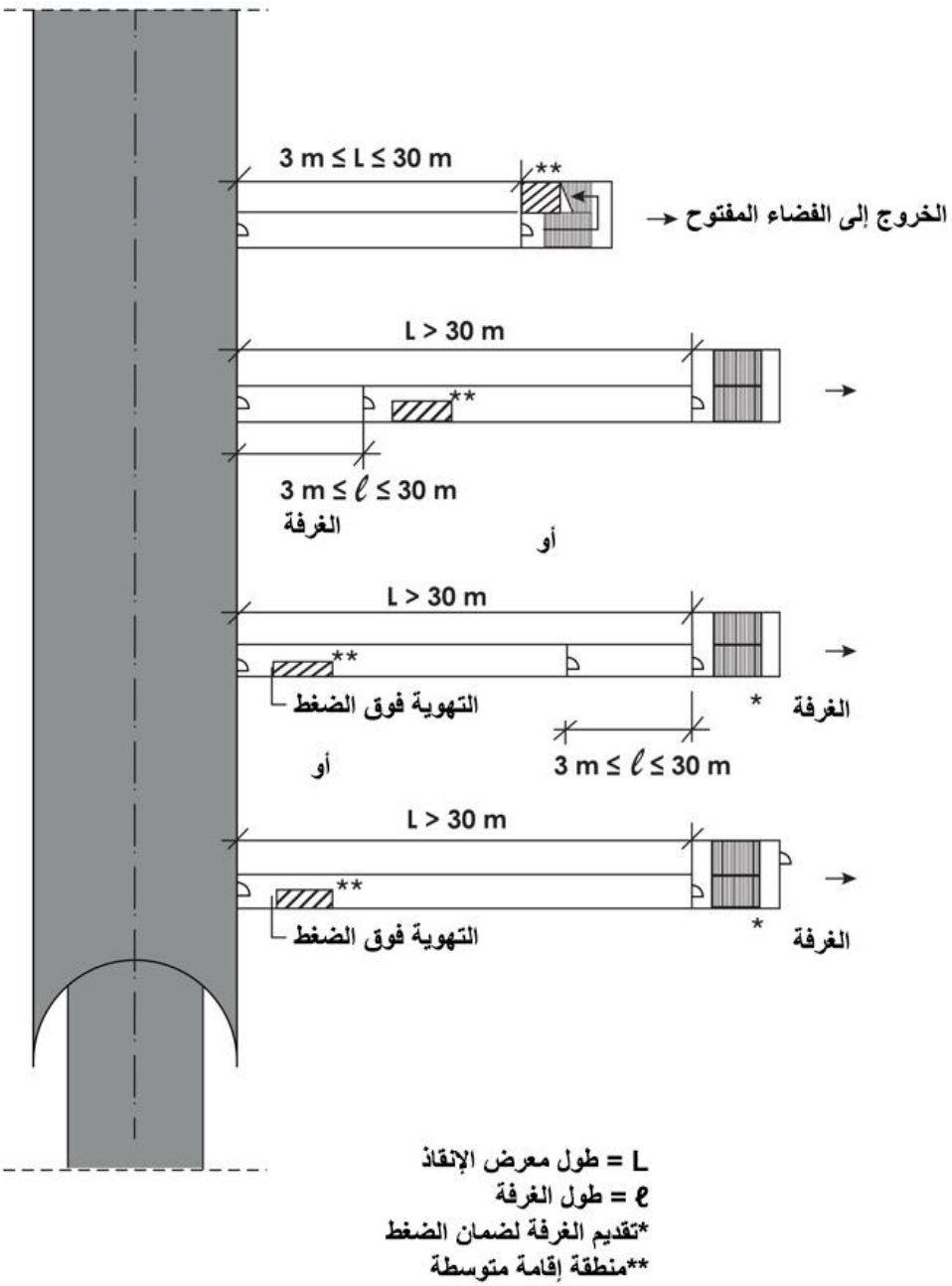
L = طول الممر المتقاطع
ℓ = طول الغرفة
*** منطقة إقامة متوسطة**
**** منطقة إقامة وسيطة خلف الغرفة**
***** منطقة إقامة وسيطة بين غرفتين**

الشكل (٤–٢٦) الممرات المتبادلة إلى هيكل النفق المجاور (FGSV, 2019).

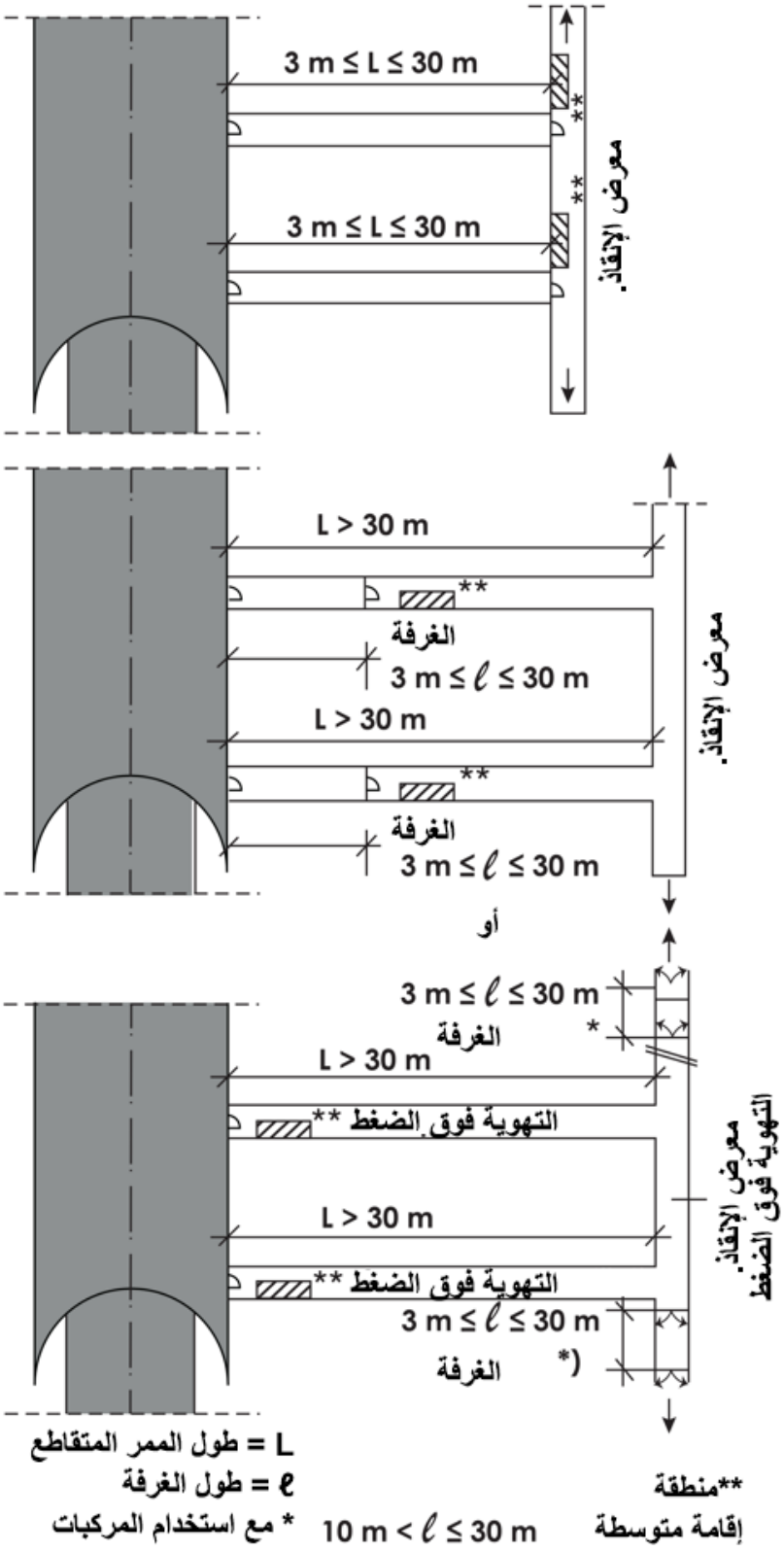


L = طول معرض الإنقاذ
ℓ = طول الغرفة
*تقديم الغرفة لضمان الضغط
**منطقة إقامة متوسطة

الشكل (٤–٢٧) ممر انقاذ مؤدي إلى مساحة مفتوحة (FGSV, 2019).



الشكل (٤–٢٨) ممر إنقاذ مع فتحة انقاذ عمودية (FGSV, 2019).



الشكل (٤–٢٩) نظام الإنقاذ مع ممرات انقاذ متوازية (FGSV, 2019).

٤-٨-٦ مسارات الصعود (للشاحنات) :

في الطرق الريفية ذات المسارين، من المستحسن توفير مسار إضافي على المنحدر الطولي الصاعد كمسار صعود للشاحنات حيث يجتمع الميل الطولي وحجم المرور مع المركبات الثقيلة ويتدنى تشغيل المرور. ينبغي النظر في مسارات الصعود عند توفر أحد الشروط الثلاثة التالية:

- من المتوقع أن تنخفض السرعة بمقدار ١٥ كم/ساعة أو أكثر بالنسبة للمركبة الثقيلة النموذجية.
- عند مستوى الخدمة E أو F بمنحدر الصعود.
- انخفاض مستوى الخدمة بمقدار مستويين أو أكثر عند الانتقال من قطاع الدخول إلى منحدر الصعود.

بالنسبة للطرق ذات الحجم المنخفض، قد يكون هناك حد أدنى من التأخير لا يبرر وجود مسار صعود. لهذا السبب، ينبغي النظر في مسار الصعود فقط على الطرق ذات الحجم المنخفض مع ظروف المرور التالية:

- معدل التدفق المروري بمنحدر الصعود أعلى من ٢٠٠ مركبة في الساعة.
- معدل تدفق المروري للشاحنة إلى أعلى من ٢٠ مركبة في الساعة.

يجب تقديم بداية مسار الصعود قبل بداية الميل الطولي الحاد. يجب أن يسبق ممر الصعود قسم مستدق بنسبة استدقاق مرغوبة تبلغ ١:٢٥ ويجب أن يبلغ طوله ٩٠ مترًا على الأقل.

يجب أيضًا الانتباه إلى موقع النقطة نهاية مسار الصعود. ومن الناحية المثالية، ينبغي تمديد مسار الصعود إلى نقطة تتجاوز منحنى القمة حيث يمكن للشاحنة النموذجية أن تصل إلى سرعة لا تزيد عن ١٥ كم / ساعة من سرعة المركبات الأخرى. ينبغي أن يتبع مسار الصعود قسم مستدق بنسبة ١:٥٠ وينبغي ألا يقل طوله عن ١٨٠ مترًا. بالإضافة إلى ذلك، يجب ألا تنتهي مسارات الصعود قبل وجود عائق مثل الجسر.

توفر إرشادات حول مسارات صعود الشاحنات لطرق شبه السريعة/الطرق السريعة في الجزء الفرعي (٧-٧-١).

٤-٨-٧ منحدرات الهروب لحالات الطوارئ:

٤-٨-٧-١ عام:

على المنحدرات الهابطة الطويلة، من المستحسن انشاء منحدرات هروب في حالات الطوارئ في مواقع مناسبة. تخدم منحدرات الهروب في حالات الطوارئ غرض إبطاء وإيقاف المركبات الخارجة عن السيطرة بأمان بعيدًا عن مسار المرور الرئيس. تخرج المركبات عن السيطرة نتيجة فقدان المكابح بسبب ارتفاع درجة الحرارة أو خطأ السائق أو تعطل المعدات. منحدرات الهروب في حالات الطوارئ المصممة والمنشأة وفقًا للمعايير التالية توفر معدلات تباطؤ مقبولة مع تحكم جيد لسائق المركبة على المنحدر.

الأنواع الثلاثة الأساسية من منحدرات الهروب الموضحة في الشكل (٤-٣٠):

- منحدر من الجاذبية.
- فرشة أرضية كابحة لمنحدر الهبوط.
- الكومة الرملية.

٤-٨-٧-٢ منحدر الهروب من الجاذبية عند الميول الصاعدة:

منحدر الهروب من الجاذبية الصاعد هو طريق يمتد على ميل طولي موجب أو منحدر صاعد وقد يكون سطحًا معبداً أو سطحاً من الحصى المدموك بكثافة، ويعتمد بشكل أساسي على قوى الجاذبية لإبطاء وإيقاف المركبة الخارجة عن السيطرة. لا تساهم قوى مقاومة التدحرج إلا قليلاً في المساعدة على إيقاف المركبة. عادة ما تكون منحدرات الجاذبية طويلة وحادة ومقيدة بالضوابط والقيود الطبوغرافية.

المزايا:

- صيانة روتينية أقل.
- ليست هناك حاجة إلى معدات خاصة لإبعاد الشاحنة من المنحدر.
- لا تتأثر فعالية المنحدر بالظروف المناخية السيئة.

السلبيات:

- هذا النوع من المنحدرات عادة ما يكون طويلاً وبالتالي باهظ الثمن.
- لا يمكن تحديد موقعها حسب الحاجة بسبب القيود الطبوغرافية.

- قد يكون غير آمن بسبب عدم إمكانية منع الشاحنة من التدحرج إلى الخلف إذا فقدت الشاحنة المكابح كلياً.

٤-٨-٧-٣ منحدر الهروب مع طبقة كابحة:

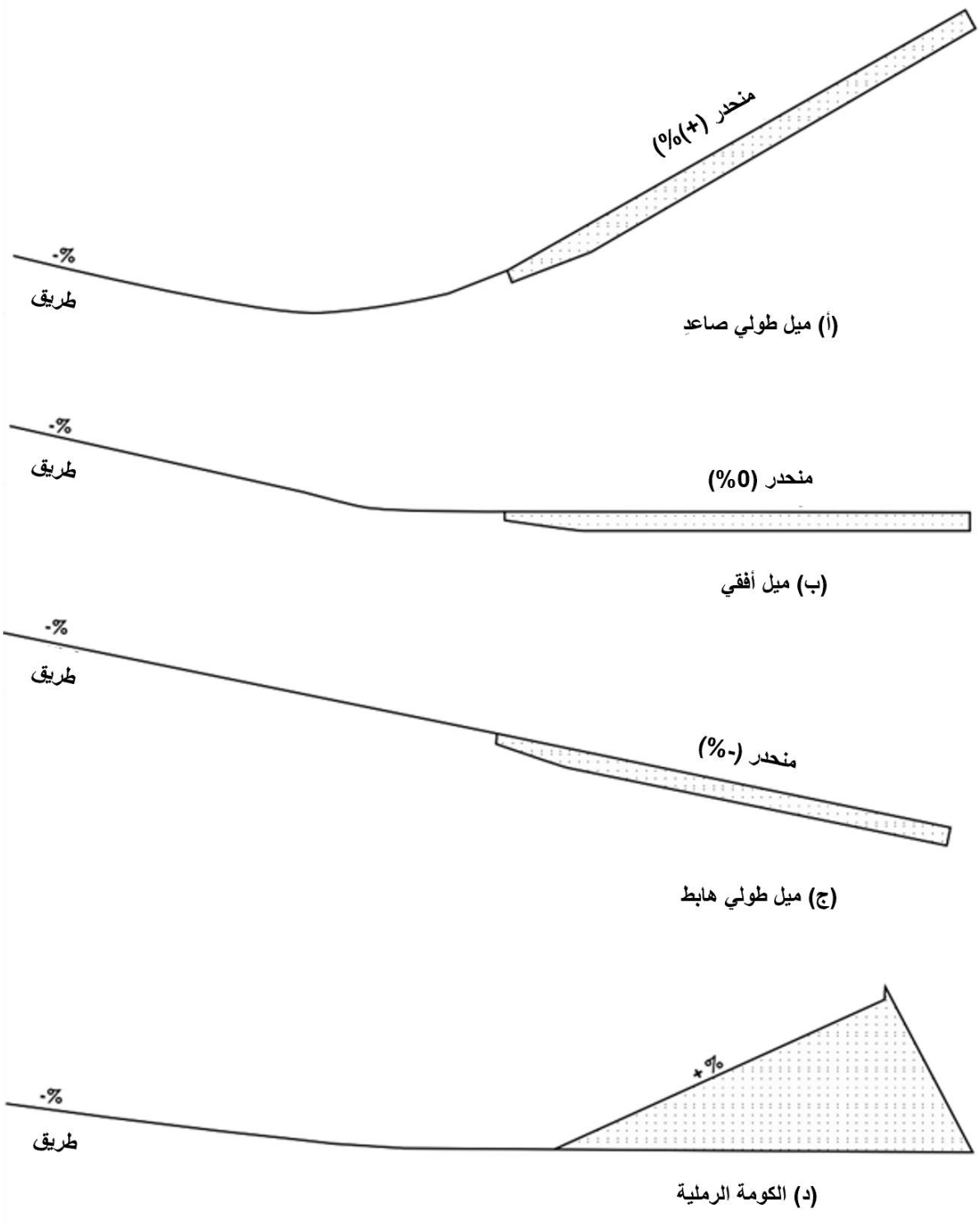
منحدر الهروب الصاعد مع طبقة كابحة هو طريق به طبقة من الحصى المتفكك الذي يتسبب في إبطاء الشاحنة وغرقها في المواد المتفككة.

المزايا

- أقصر من منحدر الجاذبية.
- من الأسهل أن يوضع بالقرب من منطقة المشكلة.
- يمكن أن يقع بالقرب من الطريق الرئيس على ميل طولي بمنحدر سالب (منحدر هابط).

السلبيات

- عادة ما تكون هناك حاجة إلى قاطرة للسحب أو معدات خاصة لإبعاد الشاحنة من طبقة الكابحة.
- يجب تنعيم سطح الطبقة الكابحة بعد كل استخدام.
- يجب الحفاظ على الطبقة الكابحة في حالة مفككة عن طريق تفكيك المواد بشكل دوري، وفي بعض الحالات، استبدال المواد إذا كانت متأثرة بشدة.
- قد يشكل ذلك خطرًا على سلامة موظفي الصيانة عند ضرورة إجراء عمليات الصيانة على المنحدر.



الشكل (٤–٣٠) الأنواع الأساسية لمنحدرات الهروب في حالات الطوارئ (AASHTO, 2018).

٤-٨-٧-٤ منحدر الهروب بالكومة الرملية:

أكوام الرمل، المكونة من رمل جاف ومفكك ملقاة في موقع المنحدر، لا يزيد طولها عادة عن ١٢٠ مترًا. يعتمد تأثير الجاذبية على ميل السطح. تزيد مقاومة التدحرج بالرمال المفككة. عادة ما تكون خصائص إبطاء أكوام الرمل قوية ويمكن أن تتأثر الرمال بأحوال الطقس. وبسبب خصائص الإبطاء، فإن كومة الرمل تكون أقل تفضيلاً من الطبقة الكابحة. ومع ذلك، في المواقع التي لا توجد بها مساحة كافية لنوع آخر من المنحدرات، قد تكون كومة الرمل مناسبة بسبب أبعادها الصغيرة.

٤-٨-٧-٥ اعتبارات تصميمية:

نادرًا ما يتم الوصول إلى سرعات تزيد عن ١٣٠ إلى ١٤٠ كم/ساعة للمركبة الخارجة عن السيطرة. ولذلك، ينبغي تصميم منحدر الهروب بحيث لا تقل سرعة الدخول عن ١٣٠ كم/ساعة، ويفضل أن تصل السرعة التصميمية إلى ١٤٠ كم/ساعة.

يتضمن تصميم وبناء منحدرات الهروب الفعالة عدة اعتبارات على النحو التالي:

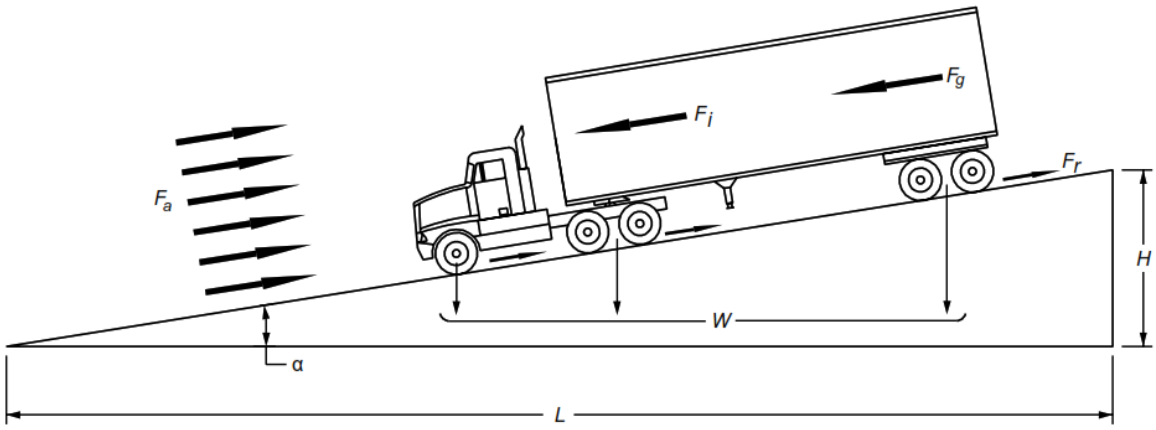
- لإيقاف مركبة خارجة عن السيطرة بشكل آمن، يجب أن يكون طول المنحدر كافيًا لتبديد الطاقة الحركية للمركبة المتحركة.
- ينبغي أن تكون محاذاة منحدر الهروب جزءً مستقيماً أو منحنيًا منبسطاً لتقليل صعوبة سيطرة السائق على المركبة.
- قد يكون الحد الأدنى للعرض ٨ أمتار هو العرض العملي الوحيد في بعض المناطق، على الرغم من العروض الأكبر أكثر تفضيلاً. من المرغوب فيه أن يكون العرض من ٩ إلى ١٢ مترًا أكثر ملاءمة لاستيعاب مركبتين أو أكثر خارجة عن السيطرة.
- يجب أن تكون مادة السطح المستخدمة في الطبقة الكابحة نظيفة، وغير قابلة للدمك بسهولة، ولها معامل عالٍ لمقاومة التدحرج.
- يجب تصميم وانشاء الطبقات الكابحة من ركام بعمق إجمالي لا يقل عن ١,٠ متر.
- يجب تصميم مدخل المنحدر بحيث يمكن للمركبة التي تسير بسرعة عالية أن تدخل بأمان.
- ينبغي توفير أكبر قدر ممكن من مسافة الرؤية قبل المنحدر حتى يتمكن السائق من الدخول بأمان.
- ينبغي أن يكون الطول الكامل للمنحدر مرئيًا للسائق.
- يجب أن تكون زاوية مغادرة المنحدر صغيرة، عادة ٥ درجات أو أقل.
- قد يكون المسار الإضافي مناسبًا لمساعدة السائق في الاستعداد للدخول إلى منحدر الهروب.
- هناك حاجة إلى طريق خدمة يقع بجوار الطبقة الكابحة حتى تتمكن شاحنات القطر ومركبات الصيانة من استخدامه دون أن تصبح محاصرة في مواد الطبقة الكابحة. يجب ألا يقل عرض طريق الخدمة هذا عن ٣,٠ متر.

٤-٨-٧-٦ القوى المؤثرة على المركبة المتحركة:

القوى التي تؤثر على كل مركبة تشمل قوى المحرك، والكبح، ومقاومة الجر. يمكن تجاهل قوى مقاومة المحرك المكابح في تصميم منحدرات الهروب لأنه يجب تصميم المنحدر لأسوأ الحالات، حيث تكون المركبة خارج نطاق السرعة وفشل نظام المكابح. تحتوي قوة مقاومة الجر على أربع فئات فرعية:

- القصور الذاتي.
- ديناميكا هوائية.
- التدحرج.
- الميل الطولي.

تعمل قوى القصور الذاتي وميل المنحدر الطولي السالب على الحفاظ على حركة المركبة عند التدحرج، بينما تعمل قوى التدحرج ميل المنحدر الطولي الموجب ومقاومة الهواء على تأخير حركتها.. يوضح الشكل (٤-٣١) تأثير قوى المقاومة المختلفة على مركبة ما.



F_a = مقاومة الهواء
F_i = المقاومة بالقصور الذاتي
Fg = مقاومة التدرج
Fr = مقاومة التدحرج

W = الكتلة الإجمالية للمركبة [الوزن]
H = الارتفاع
L = الطول
α = زاوية الانحدار

الشكل (٤–٣١) القوى المؤثرة على مركبة متحركة (AASHTO, 2018).

يمكن وصف مقاومة القصور الذاتي بأنها القوة التي تقاوم حركة المركبة أثناء الراحة أو تحافظ على حركة المركبة ما لم يتم التأثير عليها بواسطة قوة خارجية. يجب التغلب على مقاومة القصور الذاتي لزيادة أو تقليل سرعة المركبة. تتوفر قوى مقاومة التدرج وميل المنحدر الطولي الموجب للتغلب على مقاومة القصور الذاتي. مقاومة التدحرج هي مصطلح عام يستخدم لوصف مقاومة الحركة في منطقة التلامس بين إطارات المركبة وسطح الطريق، ولا تنطبق إلا عندما تكون المركبة متحركة. ويتأثر بنوع وخصائص إزاحة المواد السطحية للطريق. تحتوي كل مادة سطحية على معامل، يتم التعبير عنه بالكيلوجرام / ١٠٠٠ من الوزن الإجمالي للمركبة (GVM)، والذي يحدد مقدار مقاومة التدحرج للمركبة. تم الحصول على القيم الموضحة في الجدول (٤-٢٧) لمقاومة التدحرج من مصادر مختلفة وهي أفضل تقدير متاح.

تنتج مقاومة الميل الطولي من الجاذبية ويتم التعبير عنها بالقوة اللازمة لتحريك المركبة عبر مسافة رأسية معينة. العنصر المتبقي من مقاومة الجر هو المقاومة الديناميكية الهوائية، وهي القوة الناتجة عن تأثير الهواء المثبط على الأسطح المختلفة للمركبة. يسبب الهواء مقاومة كبيرة عند السرعات التي تزيد عن ٨٠ كم/ساعة، ولكنها لا تذكر عند السرعات التي لا تتجاوز ٣٠ كم/ساعة. تم إهمال تأثير المقاومة الديناميكية الهوائية في تحديد طول الطبقة الكابحة، وبالتالي توفير هامش إضافي صغير من الأمان.

الجدول (٤–٢٧) مقاومة التدحرج لمواد سطح الطريق (*AASHTO, 2018*).

مواد السطح	مقاومة التدحرج (كجم / ١٠٠٠ كجم الوزن الإجمالي للمركبة)	المنحدر المكافئ (%)
خرسانة أسمنت بورتلاندي	١٠	١,٠
خرسانة أسفلتية	١٢	١,٢
حصى مدموك	١٥	١,٥
أرض رملية مفككة	٣٧	٣,٧
ركام مكسور مفكك	٥٠	٥,٠
حصى مفكك	١٠٠	١٠,٠
رمل	١٥٠	١٥,٠

مواد السطح	مقاومة التدحرج (كجم / ١٠٠٠ كجم الوزن الإجمالي للمركبة)	المنحدر المكافئ (%)
حصى بحجم البازلاء	٢٥٠	٢٥,٠

لتحديد المسافة اللازمة لإيقاف المركبة مع الأخذ في الاعتبار مقاومة التدحرج ومقاومة الميل الطولي، يمكن استخدام المعادلة المبسطة التالية:

$$L = \frac{V^2}{254 \cdot (R+s)}$$ **المعادلة (٤-١٧)**

حيث إن:

L = طول الطبقة الكابحة (متر)

V = سرعة الدخول (كم/ساعة)

R = مقاومة التدحرج، معبرًا عنها كنسبة مئوية مكافئة مقسومة على ١٠٠ (متر)

s = سرعة تصميم الطريق (%).

٤-٨-٨ خفض المسارات:

يلزم إجراء خفض المسارات في المناطق التي يكون فيها الطريق السريع /الطريق شبه السريع أو الطريق متعدد المسارات متصلاً بقسم طريق بعدد مسارات أقل. توفر المزيد من الإرشادات حول الانتقالات الضرورية وتخفيض المسارات في الجزء (٧-٧-٢).

٤-٨-٩ فتحات الجزيرة الوسطية:

فتحات الجزيرة الوسطية هي المناطق التي يمكن فيها عبور المرور من خلال الجزيرة الوسطية اثناء فترات الإنشاء. يمكن إنشاء فتحات للاستخدام في المستقبل عند إنشاء طريق سريع/طريق شبه سريع جديد أو إعادة إنشاء طريق سريع/طريق شبه سريع قائم أو يمكن إنشاؤها حسب الحاجة على أجزاء طرق سريعة /طرق شبه سريعة مستخدمة. توفر إرشادات حول فتحات الجزيرة الوسطية في الجزء (٧-٧-٣).

٤-٨-١٠ معابر الحيوانات البرية والجمال:

معابر الحيوانات البرية عبارة عن ممرات هيكلية أسفل الطرق أو فوقها، وهي مصممة لتسهيل حركة الحيوانات البرية الآمنة عبر الطرق. تعد معابر الحيوانات البرية المقترنة بسياج على جانب الطريق من أساليب زيادة استمرارية الطريق والاتصال بالموائل مع تقليل اصطدام الحيوانات البرية بالمركبات.

يجب أن يستوعب المعبر السفلي نطاقًا أوسع من الحيوانات البرية. هناك مجموعة من الميزات داخل المعبر السفلي وبجوارها والتي يمكن أن تعزز أدائها مثل:

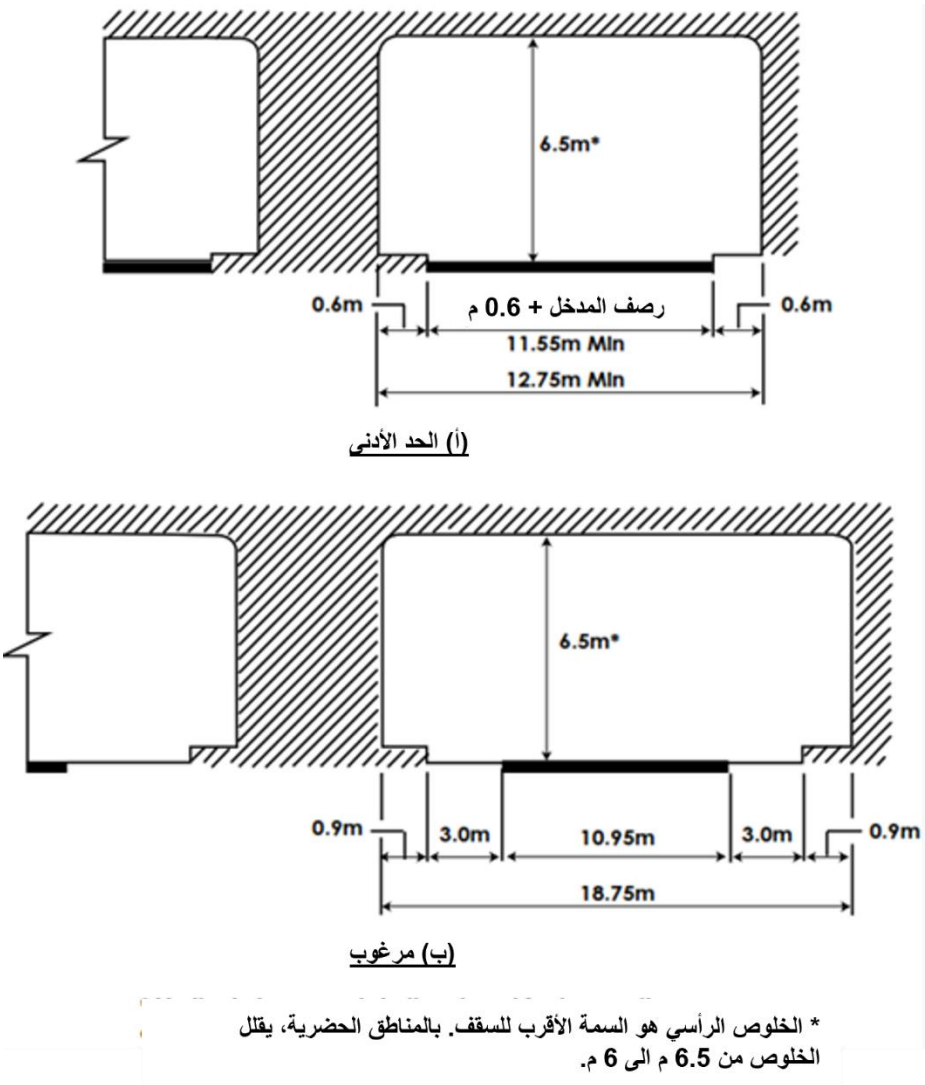
- استخدام سياج الحيوانات البرية لتوجيه الحيوانات إلى الممر السفلي.
- توفير الموائل/الغطاء المناسب للأنواع المستهدفة مما يؤدي إلى مدخل و/أو مخرج العبّارة.
- استخدام عبّارات كبيرة وقصيرة بدرجة كافية للسماح برؤية ضوء النهار من خلال الهيكل.
- استخدام سطح الأرض الطبيعي أو توفير المواد الطبيعية داخل العبّارة/ المعبر السفلي.

يظهر الشكل (٤-٣٢) معبراً سفلياً للحيوانات البرية سيكون أيضًا بمثابة ممر مائي خلال فترات الأمطار. يجب أن يكون الحد الأدنى لعرض المعبر السفلي للحيوانات البرية ١٢,٧٥ مترًا، بما في ذلك الرصف للمدخل يبلغ ١١,٥٥ مترًا ورصيف جانبي بعرض ٠,٦٠ مترًا على كل جانب. وينبغي أن يكون الخلوص الرأسي ٦,٥ متر في المناطق الريفية، بينما في المناطق الحضرية يمكن أن يقتصر على ٦,٠ متر.

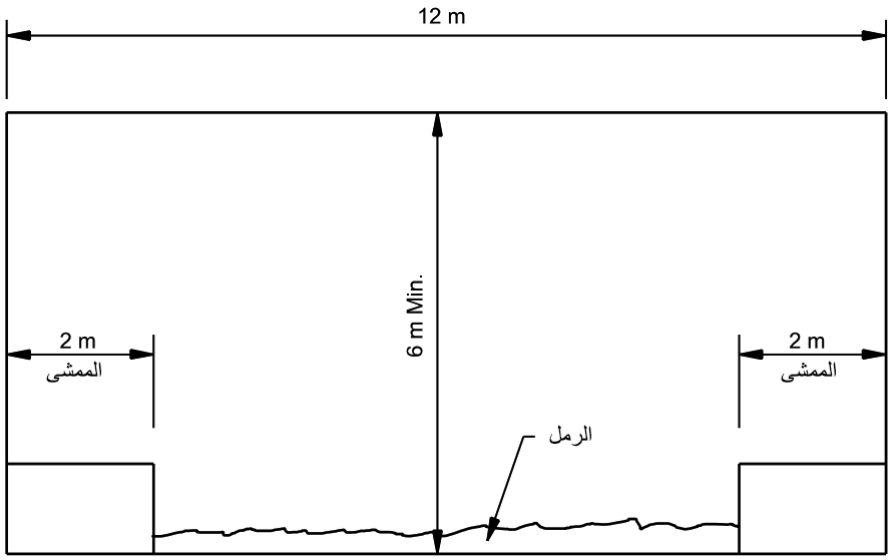
خاصة بالنسبة لحالة معابر الجمال، يمكن تصميمها إما على شكل معابر علوية أو سفلية. الخيار المفضل في المملكة العربية السعودية هو المعابر العلوية.

يوضح الشكل (٤-٣٣) قطاعاً نموذجياً لمعبر جمال سفلي كمرجع عام، في حين يوفر قطاع نموذجي لمعبر علوي في الشكل (٤-٣٤). يجب أن يكون الحد الأدنى لعرض معبر الجمال السفلي ١٢,٠٠ مترًا بما في ذلك رصف المدخل ٨,٠٠ مترًا مغطى بالرمال ورصيف جانبي ٢,٠٠م من كل جانب. يجب أن يكون الخلوص الرأسي ٦,٠ م على الأقل. في حالة معابر الجمال العلوية، يجب أن توفر المنحدرات ذات الميل الطولي بحد أقصى ٥,٠٪ إمكانية الوصول إلى هيكل المعبر من مستوى الأرض كما هو موضح في الشكل (٤-٣٤).

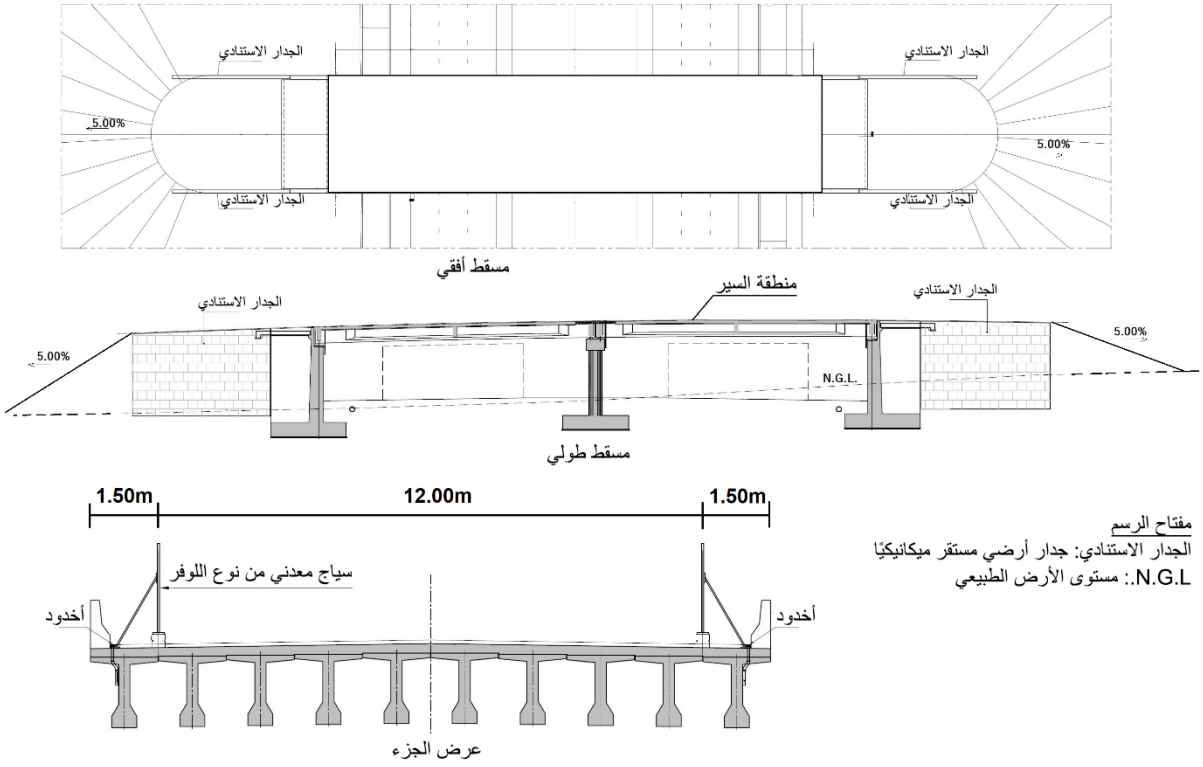
يمكن توفير جدار أرضي مثبت ميكانيكياً (MSE Wall) على كل جانب من جوانب الهيكل، في حين يجب توفير سياج معدني من نوع فتحات التهوية على كل جانب من القطاع العرضي للأمن والسلامة. بالنسبة لجريان مياه الأمطار، يمكن استخدام الأخاديد عند حافة القطاع العرضي. يجب أن يكون الحد الأدنى لعرض معبر الجمال العلوي ١٥,٠٠ متراً، بما في ذلك عرض الرصف المدخل١٢,٠٠ متراً والرصيف الجانبي ١,٥٠ متراً من كل جانب. يجب أن تتبع الخلوص الرأسية الحد الأدنى من المتطلبات المذكورة في الجزء الفرعي (٤-٧-١٢).



الشكل (٤–٣٢) قطاع اعرضي نموذجي لمعبر سفلي للحياة البرية (Government of Abu Dhabi, 2016).



الشكل (٤–٣٣) قطاع نموذجي لمعبر جمال سفلي (Government of Abu Dhabi, 2016).



الشكل (٤–٣٤) قطاع نموذجي لمعبر جمال علوي.

٤-٨-١١ كبح الرمال في مناطق الكثبان الرملية:

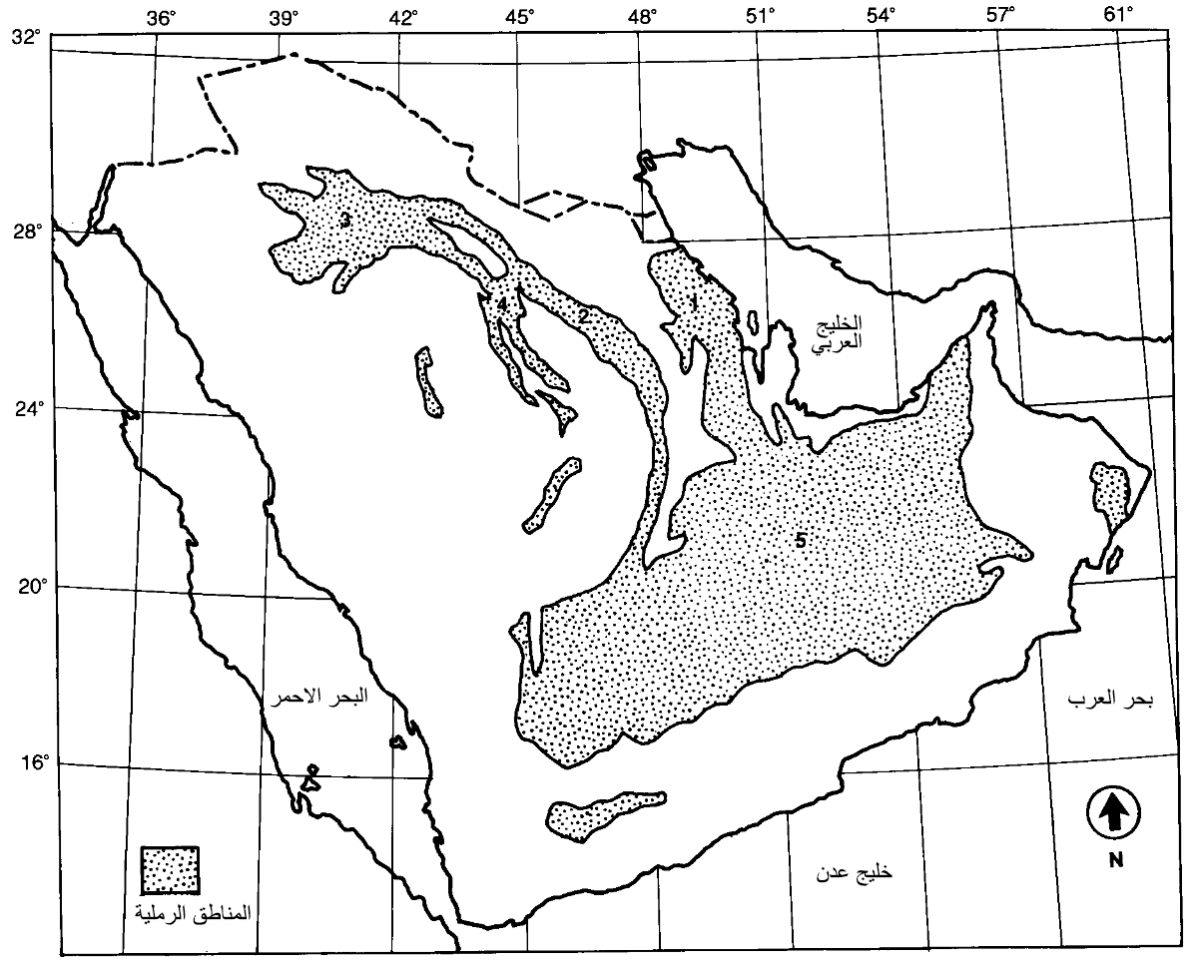
٤-٨-١١-١ عام:

تمثل مناطق الكثبان الرملية في المملكة العربية السعودية تحديًا فريدًا لمصممي الطرق. لا يؤثر هبوب الرمال وتحركها السائد في العديد من المناطق على تكاليف الصيانة فحسب، بل يؤثر أيضًا على سلامة السائقين. يجب أن ندرك استحالة القضاء على جميع المشاكل المرتبطة بهبوب الرمال. يمكن للمصمم تقليل هذه المشاكل من خلال فهم كيفية تحرك الرمال وتطبيق التقنيات التي نجحت في تخيف تلك المشاكل المرتبطة بالرمال التي تحملها الرياح.

يوضح الشكل (٤-٣٥) بعض حقول الكثبان الرئيسة داخل المملكة العربية السعودية. توجد مناطق أقل تحديدًا في جميع أنحاء المملكة ويجب على المصممين أن يكونوا على دراية بالمشاكل الناجمة عن هبوب الرمال وتحديد المناطق الرملية أثناء المسوحات الاستطلاعية.

تعتمد العديد من المبادئ الموصوفة هنا بالضرورة على افتراضات حول اتجاه الرياح الموحد والأسطح المستوية وما إلى ذلك. ومع ذلك، لم تكن الطبيعة لطيفة جدًا، حيث يتطلب تصميم كل موقع ميداني دراسة خاصة فيما يتعلق باتجاهات الرياح السائدة وسرعاتها والطوبوغرافية والعوائق الطبيعية وما إلى ذلك. يتعين على كل من مشرف التصميم والتنفيذ أن يكونا على دراية بالمبادئ المختلفة التي تنطوي عليها حركة الرمال وتطبيق أساليب التصميم هذه حسب الضرورة في التطبيقات الميدانية المختلفة.

يمكن للمصمم تقليل المشكلات المرتبطة بهبوب الرمال من خلال فهم كيفية تحرك الرمال والتطبيق الحكيم للأساليب التي سبق أن أثبتت نجاحها.



الشكل (٤–٣٥) التضاريس الرملية في شبه الجزيرة العربية.

٤-٨-١١-٢ عملية التصميم:

أثناء الدراسات الأولية، ينبغي محاولة تجنب تصميم الطرق عبر مناطق الكثبان الرملية. إذا لم يكن ذلك ممكناً، ينبغي النظر فيما يلي لتصميم المحاذاة الأفقية:

- تصميم المحاذاة الأفقية نحو الجانب المواجه للريح من الكثبان الرملية.
- تصميم المحاذاة الأفقية بالتوازي مع اتجاه الرياح السائدة لتقليل تراكم الرمال.
- تجنب الحفريات في التصميم الهندسي للطرق قدر الإمكان. ينبغي محاولة رفع منسوب المحاذاة الرأسية بجسر ترابي.
- تصميم المحاذاة الأفقية بحيث يمكن للرياح السائدة أن تمر عبر فتحات الجسر.

عند وجود رواسب رملية، يجب مراعاة ما يلي أثناء تصميم الطريق:

- ينبغي دراسة رفع المحاذاة الرأسية من ١,٠ متر إلى ١,٥ متر فوق التضاريس المحيطة.
- في حالة القطاعات العرضية للحفر، يجب مراعاة ميول بنسبة ميل ١٠٪ أو أكثر استواءً.
- في حالة القطاعات العرضية للردم، يجب مراعاة ميول ١:٦ (أفقي: رأسي) (١٧٪) أو أكثر استواءً، بينما يجب ألا يتجاوز الحد الأقصى لارتفاع الردم ٤,٠ متر.
- بشرط أن يقتصر التعلية الجانبية على ٥,٠٪ كحد أقصى.
- ينبغي على الطرق السريعة والطرق شبه السريعة، يجب فحص المناطق الجزر الوسطية الواسعة والضحلة للتخلص من الحاجة إلى نظام تقييد الطريق بالجزيرة الوسطية (الفولاذ أو الخرسانة).

٥- تصميم الطرق الريفية (ما عدا السريعة وشبه السريعة):

٥-١ مقدمة:

يقدم هذا الباب الإرشادات، والمواصفات، والمعايير المتعلقة بالتصميم الهندسي لكافة الطرق الريفية بمختلف فئاتها، باستثناء الطرق الريفية السريعة والطرق الريفية شبه السريعة المقسمة. ويشمل جميع الطرق الريفية ذات مسارين أو ثلاث مسارات مرورية، والمتصلة بمحولات أو تقاطعات سطحية خارج المناطق المعمورة أو النطاق العمراني.

٥-٢ الأهداف:

يجب أن تؤدي الطرق الريفية وظيفتها المكانية من خلال توفير مستوى سلامة عالٍ وجودة مناسبة للتدفق المروري. ويجب مواءمتها مع البيئة المحيطة وشغل أقل قدر ممكن من الأراضي الثمينة. يجب أن تُنشأ الطرق الريفية على المسافة المطلوبة بعيداً عن المناطق الأكثر عرضة للتأثير البيئي وفق الاشتراطات البيئية، وأن يكون تأثير الطرق على مناطق التطوير السكني أقل ما يمكن. يجب تكييف تصميم الطرق الريفية مع تضاريس وطوبوغرافية المنطقة، مما ينتج عنه تقليل التأثيرات البيئية، وكذلك انخفاض تكاليف الإنشاء والتشغيل والصيانة.

يجب مراعاة المتطلبات المذكورة أعلاه في عملية التصميم الهندسي للطريق، بالإضافة الى تحقيق الغايات التالية:

- زيادة مستوى السلامة على الطريق.
- زيادة جودة التدفق المروري.
- المواءمة مع البيئة.
- تحقيق خفض في تكاليف الإنشاء والتشغيل والصيانة.

٥-٣ مبادئ التصميم الأساسية:

٥-٣-١ عملية التصميم:

تُصمّم الطرق الريفية الجديدة، وكذلك أعمال إعادة إنشاء وتأهيل وتوسيع الطرق، في عملية تدريجية تمر بمراحل تصميم مختلفة (التصميم المفاهيمي والتصميم الأولي والتصميم النهائي، وما إلى ذلك). تُعرض سمات التصميم الخاصة المرتبطة بإعادة تأهيل الطرق (3R) وإعادة إنشائها (4R) في الباب (١٢) من هذا المجلد.

تشمل مدخلات التصميم الهندسي للطرق الريفية بشكل عام القياسات والمسوحات الطوبوغرافية وتقارير الاستطلاع من زيارات الموقع ونتائج الاختبارات المعملية والتوصيات بشأن القيم الدنيا لعناصر التصميم الهندسي للطريق، ونتائج العد المروري، والتحليل والنمذجة المرورية، والدراسات الهيدرولوجية والهيدروليكية، والدراسة الجيوتقنية، وما إلى ذلك. بينما تشمل المخرجات بشكل عام التقارير والتصاميم والرسومات والتوصيات وجداول الكميات ومقترحات لمخططات بديلة أو إضافية وربما مخرجات أخرى على أساس كل حالة على حدة.

ينبغي أن تتناسب درجة التفاصيل وأبعاد وحدود الدراسة مع احتياجات كل مرحلة من مراحل التصميم، بما في ذلك المحتويات والمخططات والرسومات، مع تقديم فهم واضح للتأثيرات على سياق الطريق، وكذلك استثناءات التصميم والتعديلات اللازمة في تخطيط الطريق وقطاعه الطولي وقطاعه العرضي.

في التصميم المفاهيمي، تتمثل الوظيفة الأساسية في تحديد واختيار محاذاة الطريق الريفي الجديد. تُستكمل هذه المرحلة عمومًا كجزء من إجراء التخطيط المكاني وتنتهي بتحديد محاذاة الطريق. خلال إجراء التخطيط المكاني، تُجرى تقييمات لتحديد ما إذا كان الطريق يمتثل لمتطلبات التخطيط المكاني وما إذا كان، في هذا الصدد، قد نُسّق مع خطط أو تدابير أخرى ذات أهمية مكانية (تقييم الأثر الإقليمي مع تقييم الأثر البيئي). اعتمادًا على متطلبات الجهة المسؤولة، تستخدم عملية تقييم جميع الاعتبارات المتعلقة بالمشروع إما التخطيط المكاني أو إجراءات تحديد المحاذاة.

يبدأ التصميم الأولي ضمن حدود التحليل المحددة لمنطقة التخطيط، والتي ينبغي أن تشمل جميع المتغيرات المناسبة من وجهة نظر مرورية، ويجب أن تكون واسعة بما يكفي لضمان إمكانية تحديد جميع التأثيرات الكبيرة على البيئة المحيطة بالطريق المستقبلي. يجب أيضًا تحديد عدد التقاطعات، بالإضافة إلى مواقعها وأشكالها الأساسية في مرحلة التخطيط هذه. وينطبق الشيء نفسه على المنشآت المرتبطة بالطريق الريفي وأبعادها الأساسية. وفي وقت لاحق، ينبغي تقييم جميع المتغيرات من حيث خصائصها المتعلقة بسلامة الطرق.

في مرحلة التصميم النهائي، توصّف المحاذاة الأفقية والرأسية المُفضّلة للطريق بشكل أكثر تفصيلًا. يجب وضع اللمسات النهائية على السرعة التصميمية والقطاع العرضي النموذجي والمعلمات المطبقة ذات الصلة. بالمقارنة مع التصميم الأولي، لا تزال عمليات إعادة تحديد محاذاة الطريق ممكنة داخل ممر طريق محدود. تُعرض المعلومات المشمولة في مرحلة التصميم النهائي بتفاصيل كافية في شكل مخططات وتقارير لاتخاذ قرار رسمي بشأنها.

٥-٣-٢ فئات الطرق والسرعة التصميمية:

لضمان مستويات عالية من سلامة الطرق وزيادة جودة التدفق المروري، يجب أن تمتثل الطرق الريفية مع الفئات الوظيفية الموضحة في الجزء (٢-٣). في الحالات العادية، تُحدد السرعة التصميمية لقطاع الطريق الريفي بناءً على فئته الوظيفية، وفي حال ازدياد أحجام المرور على جزء محدد من طريق ريفي من فئة محددة، ينبغي اختيار سرعة تصميمية أعلى نتيجة لزيادة الطلب المروري. في الطرق القائمة، يمكن استخدام متوسط سرعة السير أو السرعة التشغيلية أو حد السرعة كسرعة تصميمية، بناءً على قرار من الجهة المسؤولة.

تتناسب سرعة المركبة على الطريق الريفي مع استخدامات الطريق. لهذا الغرض، تُحدّد سرعات محددة على أساس الخصائص الوظيفية والتصميمية لهذه الطرق.

عند تصميم طرق ريفية من فئة معينة، تكون الغاية هي تعريف سرعة تصميمية تخدم التشغيل الآمن لهذا الطريق الريفي. بناءً على السرعة التصميمية هذه، تُحدّد القيم المُحَدِّدة لمعلمات التصميم، مع مراعاة ديناميكيات القيادة أيضًا. لذلك ترتبط الطرق الريفية بسرعة تصميمية من ٦٠ كم/س إلى ١١٠ كم/س للطرق الشريانية و٥٠ كم/س إلى ٩٠ كم/س للطرق التجميعية، (انظر الأقسام الفرعية ٢-٤-٣-٣ و ٢-٤-٣-٤). بالنسبة للطرق التي تستخدمها المركبات العسكرية بشكل منتظم أو تُخصص في نهاية المطاف كجزء من نظام طرق الدفاع الوطني من قبل وزارة الدفاع، تنطبق سرعات التشغيل وفقًا للجزء (٥-٨).

٥-٤ القطاعات العرضية:

٥-٤-١ ملاحظات عامة:

بالنسبة للطرق الريفية، تُختار مكونات القطاع العرضي وتُحدد أبعاد كل عنصر حسب حجم المرور المتوقع وجودة التدفق المروري المرغوبة. استنادًا إلى مجلد كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور)، ينبغي التحقق مما إذا كانت جودة التدفق المروري (مستوى الخدمة) مرضية للقطاع العرضي النموذجي المُختار. بالإضافة إلى ذلك، استنادًا إلى نفس الأحجام المرورية، ينبغي أيضًا إثبات جودة التدفق المروري (مستوى الخدمة) عند التقاطعات. كما ينبغي -أيضًا- مراعاة تحقيق توافق بين القطاعات العرضية في مختلف الأجزاء المتتالية للطريق لتوفير الاتساق النسبي بينها. كما ينبغي تحديد نقاط التحول/الانتقال وتصميمها وفقا لذلك لتوفير مستويات سلامة عالية.

بالنسبة للطرق التي تستخدمها المركبات العسكرية بشكل منتظم أو تُخصص في نهاية المطاف كجزء من نظام طرق الدفاع الوطني من قبل وزارة الدفاع في المملكة العربية السعودية، تنطبق قواعد مرورية وضوابط تصميمية خاصة لاستخدام القطاع العرضي للطريق (انظر الجزء ٥-٨).

٥-٤-٢ مكونات القطاع العرضي:

يتكون القطاع العرضي النموذجي للطريق الريفي من مسارات المرور، وأشرطة حافة الطريق، مع جزيرة وسطية مركزية، وأكتاف مُعبدّة أو غير مُعبدّة.

ينبغي أن تكون المسارات المرورية، التي غالبًا ما تستخدمها المركبات الثقيلة، بعرض ٣,٦٥ م. يمكن أن تكون مسارات التسارع بعرض ٣,٣٠ م، نظرًا لعدم استخدام المركبات الثقيلة لتلك المسارات غالبًا. الغرض من الخطوط الأرضية التوجيهية في حافة الرصف هو لتحديد الحواف الجانبية للسطح المُعبّد. عند زيادة عدد مسارات المرور من مسارين لثلاثة مسارات، يُزاد عرض شريط الحافة إلى ٠,٧٥ م لزيادة الحيز المتاح لمركبات الخدمة.

يجب تجنب البردورات المرتفعة إن أمكن، وعند استخدام أنظمة تقييد المركبات (انظر الباب (١٤) من كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة) فإن ارتفاعها ينحصر عند ٠,٠٧ م.

ينبغي توفير جزيرة وسطية مركزية عند الضرورة، لأسباب تتعلق بحركة المرور أو السلامة على الطريق، والتي عادة ما تكون على طول الطرق الشريانية والطرق التجميعية الرئيسة أو عند تقاطعات محددة. يمكن أن تكون الجزيرة الوسطية مرتفعة (تنطبق على الطرق المقسومة) أو جزيرة وسطية سطحية مع علامات/خطوط أرضية فقط (قد تنطبق على الطرق غير المقسومة). والغرض الأساسي من توفير جزيرة وسطية هو فصل اتجاهات المرور المتعاكسة.

تفصل الجزر الوسطية المرتفعة اتجاهات السير المتعاكسة على الطريق الريفي المقسوم، وقد تحتضن أنظمة تقييد المركبات (حواجز حديدية أو خرسانية) ولافتات المرور وأعمدة الإنارة والأجهزة المضادة للوهج. وينبغي ألا يقل عرض الجزر الوسطية عن ٢,٥٠ م، وعادة بدون غطاء نباتي. يمكن توسيع العرض الكلي للجزيرة الوسطية لاستيعاب مرافق الصرف ودعّامات منشآت المعابر العلوية (الجسور مثلاً). يُوصى أيضًا باستخدام عرض أكبر من ٢,٥٠ م للجزر الوسطية لأسباب تتعلق بالصيانة.

الجزر الوسطية السطحية تفصل اتجاهات المرور المتعاكسة على طريق غير مقسوم، وتشمل العلامات والخطوط الأرضية الخطية والمتقاطعة قُطريًا، وينبغي أن تكون واضحة وسهلة التمييز من خلال ألوانها القوية وغيرها من الأجهزة المرورية الإضافية.

يمكن توفير أكتاف مُعبدّة للسماح للمركبات باستخدامها للتوقف خارج مسارات المرور في حالة الطوارئ. في الطرق الريفية ذات المسارين، يجب ألا يقل عرض الكتف الصلب عن ٢,٥٠ م، بينما في الحالات التي يكون فيها الحجم المروري للمركبات الثقيلة مرتفعًا، ينبغي النظر في زيادة عرض الكتف المُعبّد إلى ٣,٠٠ م.

تستخدم الأكتاف غير المُعبّدة على جانب الطريق لدعم وضع معدات وملحقات الطريق المختلفة (أجهزة التحكم المروري وأعمدة الإنارة وأنظمة تقييد المركبات، وما إلى ذلك). من أجل زيادة مستوى سلامة الطرق واستيعاب المركبات المنحرفة عن الطريق، وفي الوقت نفسه لتوفير حيز مكاني مناسب لأعمال الصيانة على جانب الطريق، ينبغي ألا يقل عرض الكتف عن ١.م وأن يُنشأ الكتفان من تربة ذات ثبات كافٍ. كما ينبغي تطبيق نظام صرف ملائم في مناطق أعمال القطع (انظر كود الطرق السعودي ٣٠٢ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي)).

٥-٤-٣ الخلوص الأفقي والرأسي للقطاع العرضي:

٥-٤-٣-١ أبعاد المركبة التصميمية:

المركبة التصميمية النموذجية لتصميم الطرق هي الشاحنة/القاطرة بمقطورة (15- WB) ما لم تحدد جهة الطرق المختصة خلاف ذلك، تُعرض أبعاد المركبة الأساسية في الجزء (٣-٤) من المجلد الحالي.

٥-٤-٣-٢ الأبعاد الأساسية للتشغيل المروري:

يتضمن حيّز التموضع المكاني الآمن للمركبة أثناء سيرها على الطريق، كلًا من الحيز المشغول بالمركبة التصميمية، وحيز أمان جانبي ورأسي (مناطق عدم الاستقرار)، بالإضافة إلى حيز أمان علوي إضافي (فوق حدود منطقة عدم الاستقرار).

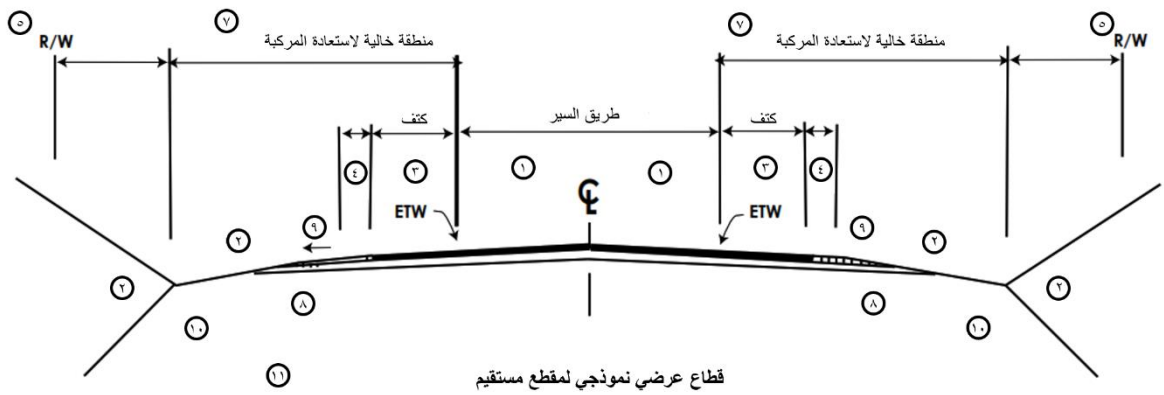
العرض القياسي لحيّز الأمان الجانبي هو ١,٠٠ م على جانبي ممر السير. يجب زيادة هذا العرض إلى ١,٢٥ م في حالة السرعة التصميمية التي تتجاوز ٧٠ كم/س.

ينبغي الا يقل ارتفاع حيّز الأمان العلوي الإضافي عن ٠,٣٠ م، على ألا يقل إجمالي الخلوص الرأسي عن ٥,٢٠ م. ويشمل هذا الخلوص ٠,٢٠ م للسماح بإعادة تأهيل الرصف في المستقبل باستخدام طبقات التكسية. ومع ذلك، كمبدأ أساسي لتصميم القطاع العرضي للطرق الريفية أو الحضرية ضمن هذا المجلد من كود الطرق السعودي، يلزم توفير خلوص رأسي إجمالي يبلغ ٥,٥٠ م.

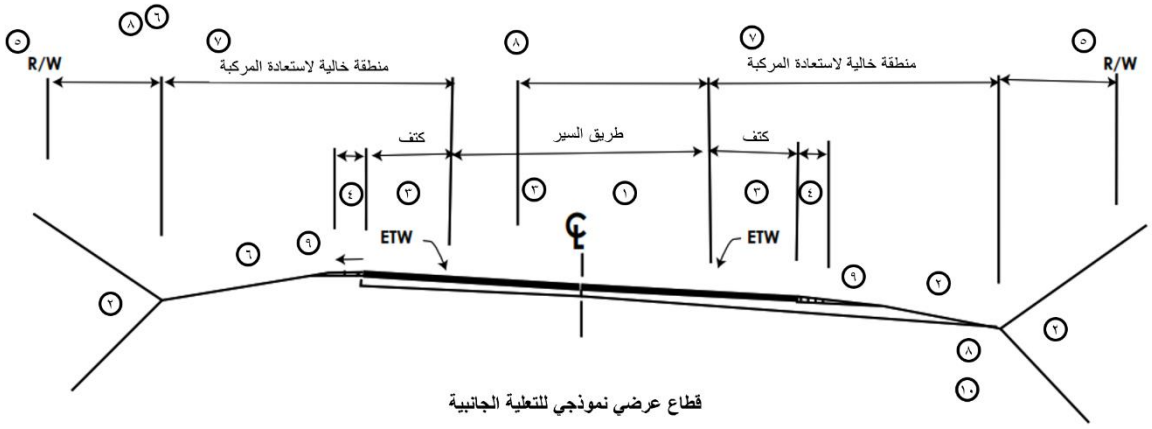
ينبغي الحفاظ على خلوصي القطاع العرضي الأفقي والرأسي خالية من العوائق. يُسمح بوضع اللافتات الرأسية على حدود خلوص القطاع العرضي والعناصر الواقية والأجسام القابلة للتشوه بسهولة داخل خلوص القطاع العرض وبمسافة لا تقل عن ٠,٥٠ م بعيدًا عن منطقة مسارات المرور. في حالات صعبة معينة، يمكن تقليل هذه المسافة إلى ٠,٢٥ م. ويُسمح بوضع بردورات مرتفعة داخل منطقة الخلوص الكلي وحتى حدود منطقة المرور.

٥-٤-٤ القطاعات العرضية النموذجية:

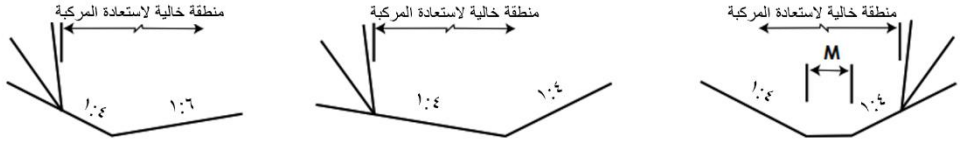
يظهر الشكل (٥-١) والشكل (٥-٢) والشكل (٥-٣) القطاعات العرضية النموذجية للعناصر الهندسية الأساسية للطريق الريفي. لا يُسمح بالقطاعات العرضية متعددة المسارات غير المقسومة (بدون جزيرة وسطية) للطرق الريفية، وذلك لتجنب بيئات الطرق غير الآمنة.



قطاع عرضي نموذجي لمقطع مستقيم



قطاع عرضي نموذجي للتعلية الجانبية

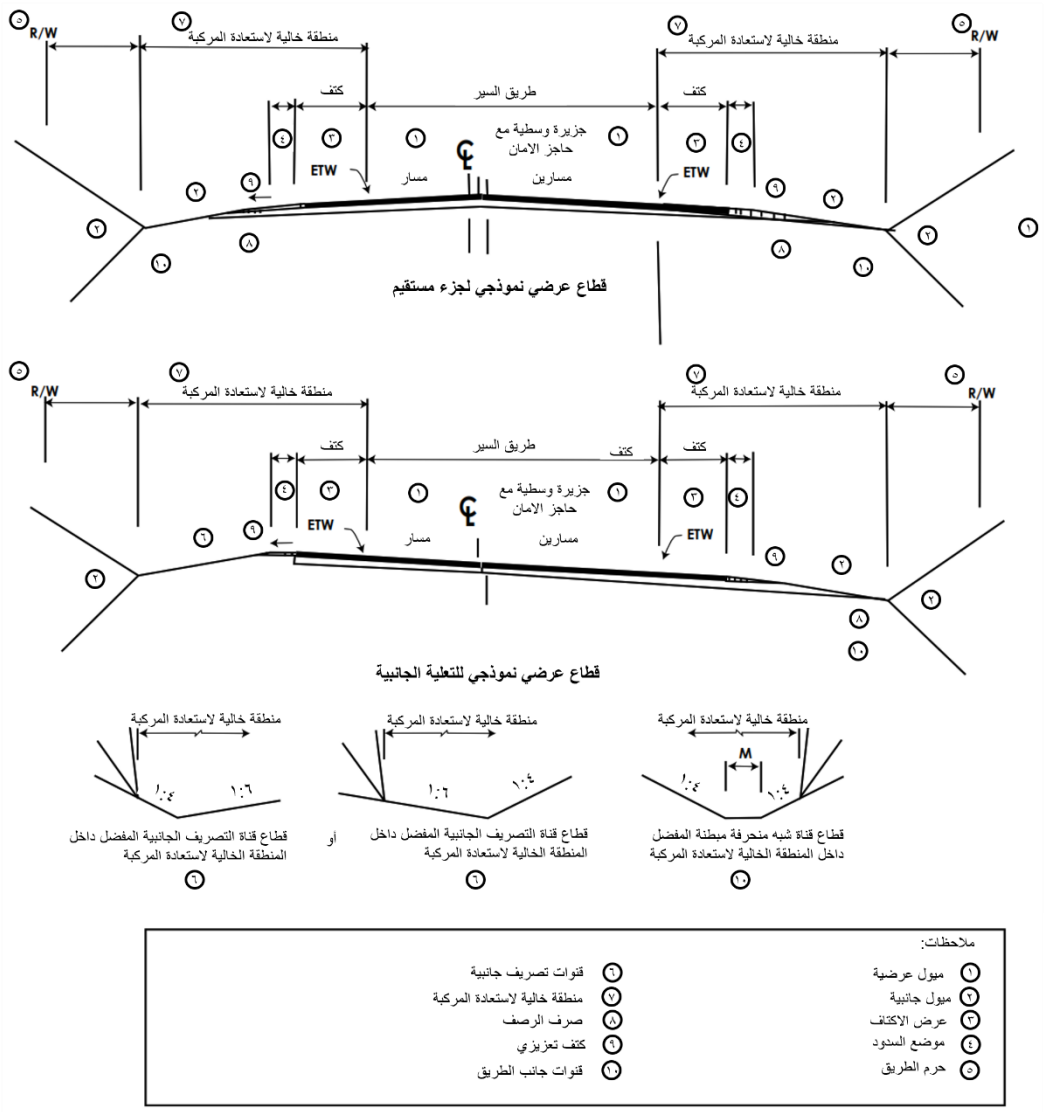


ملاحظات:

١ ميول عرضية	٦ قناة تصريف جانبية
٢ ميل جانبي	٧ منطقة خالية لاستعادة المركبة
٣ عرض الاكتاف	٨ صرف الرصف
٤ موضع السدود	٩ كتف تعزيزي
٥ حرم الطريق	١٠ قنوات جانب الطريق

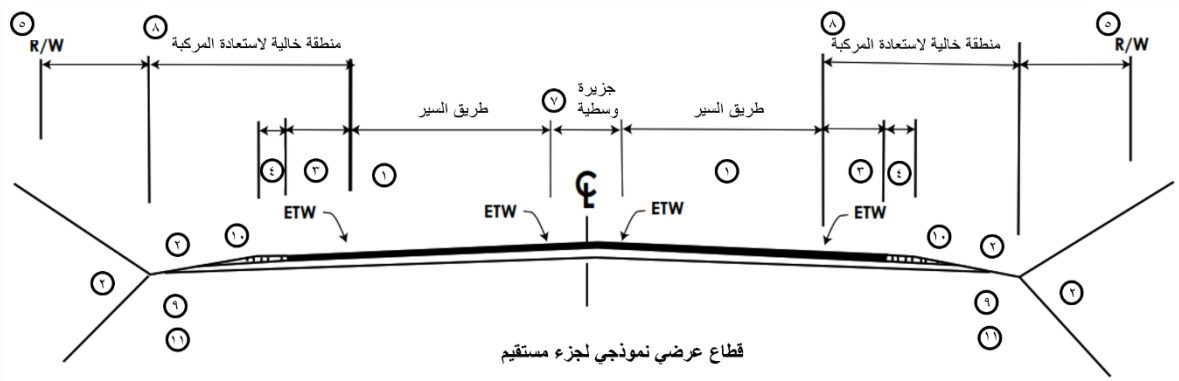
الشكل (٥–١) القطاعات العرضية النموذجية للطرق الريفية ذات المسارين (CALTRANS, 2019).

مفتاح الرسم: تشير الميول في الشكل إلى البعد الرأسي: البعد الأفقي، CRZ = منطقة خالية لاستعادة المركبة، ETW = حافة طريق السير، R / W: حرم الطريق.

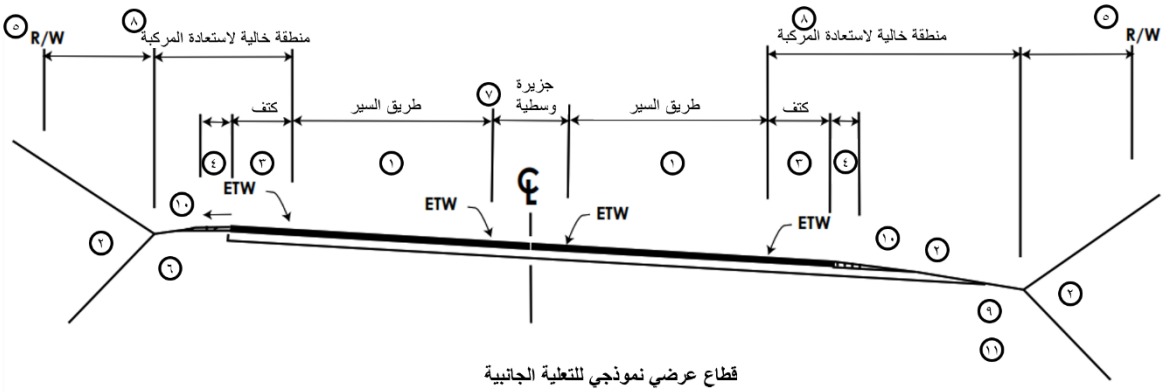


مفتاح الرسم: تشير الميول في الشكل إلى البعد الرأسي: البعد الأفقي، CRZ = منطقة خالية لاستعادة المركبة، ETW = حافة طريق السير، R / W: حرم الطريق.

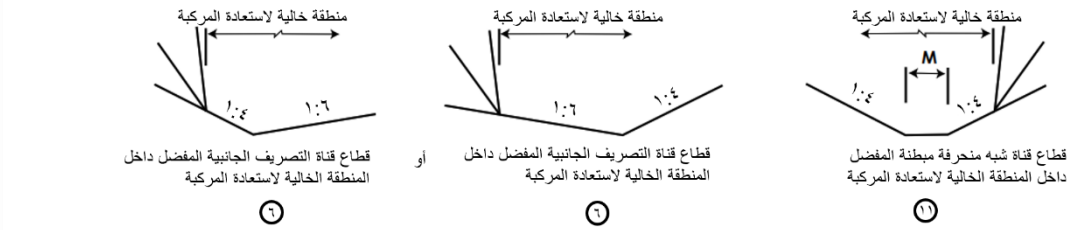
الشكل (٥–٢) القطاعات العرضية النموذجية للطرق الريفية ذات ثلاث مسارات (CALTRANS, 2019).



قطاع عرضي نموذجي لجزء مستقيم



قطاع عرضي نموذجي للتعلية الجانبية



ملاحظات:	٦ قنوات صرف جانبية
١ ميول عرضية	٧ جزر وسطية
٢ ميول جانبية	٨ منطقة خالية لاستعادة المركبة
٣ عرض الاكتاف	٩ صرف الرصف
٤ سدود	١٠ كتف تعزيزي
٥ حرم الطريق	١١ قنوات جانب الطريق

مفتاح الرسم: تشير الميول في الشكل إلى البعد الرأسي: البعد الأفقي، CRZ = منطقة خالية لاستعادة المركبة، ETW = حافة طريق السير، R / W: حرم الطريق.

الشكل (٥–٣) القطاعات العرضية النموذجية لجميع الطرق متعددة المسارات المُعبّدة (CALTRANS, 2019).

٥-٤-٥ جودة التدفق المروري والقطاعات العرضية النموذجية:

ينبغي التحقق ممّا إذا كان القطاع العرضي النموذجي ذي الصلة للطريق غير المقسم، وكذلك أجزاء التجاوز المقصودة، يوفر جودة كافية للتدفق المروري (انظر الجزء ٧-٢ من كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور)). في حال عدم كفاية جودة التدفق المروري، ينبغي إعادة النظر في التصنيف الوظيفي للطريق المعني وتعيينه بفئة طرق أعلى أو إضافة مسارات تجاوز إضافية.

٥-٤-٦ مسارات التجاوز:

٥-٤-٦-١ اعتبارات أساسية:

تُطبّق مسارات التجاوز (التخطّي) على القطاعات العرضية للطرق غير المقسومة لزيادة مستوى سلامة الطرق المُوفّرة وجودة التدفق المروري. يتحقق فصل المركبات البطيئة الحركة (الشاحنات بشكل رئيس) عن المركبات الأسرع حركة (سيارات الركاب الخاصة بشكل رئيس)، عند الحاجة، من خلال تصميم مسارات مرور إضافية في كل اتجاه، دون الحاجة إلى استخدام المسار في الاتجاه المعاكس للتجاوز. ينبغي عدم الخلط بين مسارات التجاوز ومسارات الصعود (التسلق) (انظر الجزء الفرعي ٤-٨-٦).

٥-٤-٦-٢ الطرق الريفية ذات الثلاث مسارات مستمرة:

معايير التطبيق:

أحد عناصر التصميم الهندسي على الطرق الريفية ثلاثية المسارات هو الوجود المستمر لمسارات التجاوز، التي تتناوب في التواجد في كل اتجاه من اتجاهي المرور. يُحدد موقع وطول مسارات التجاوز بناءً على الارتباط ببقية شبكة الطرق وطوبوغرافية المنطقة. ينبغي توزيع مسارات التجاوز توزيعًا منتظمًا قدر الإمكان على أجزاء الطريق. ينبغي أن تكون مقاطع التجاوز طويلة بما يكفي لإكمال عملية التجاوز. من ناحية أخرى، ينبغي ألا تكون الأجزاء التي يُقترح فيها مسار تجاوز في الاتجاه المعاكس طويلة؛ لتقليل احتمالية انتهاك السائقين لحظر التجاوز المطبّق. لهذا السبب، ينبغي أن يكون طول أجزاء التجاوز ١,٠٠٠ م على الأقل (يُفضّل ١,٢٠٠ م)، وينبغي أن ينحصر عند ٢,٠٠٠ م كحد أقصى.

الترتيب العام:

على الطرق ثلاثية المسارات، يتناوب ظهور مسارات التجاوز في كل اتجاه من اتجاهي السير، ويتزامن اتساع أحد الاتجاهين مع تضييق الاتجاه الآخر. المناطق الحرجة هي في الأساس المناطق التي يحدث فيها تضييق الطريق (التقليص من مسارين إلى مسار واحد)، بالإضافة إلى الأجزاء التي يحدث فيها التوسيع (الترقية من مسار واحد إلى مسارين).

لترتيب مسارات التجاوز، يلزم مراعاة ما يلي:

- ينبغي وضع نقاط التغيير (الانتقال) في مواقع ذات مدى رؤية كافية وتفادي وضعها بمناطق ذات صرف ضعيف (مثل: الجسور).
- ينبغي عدم وضع مسارات التجاوز عند نهاية مناطق أعمال الإنشاء، حيث تختلف خصائص الطريق وظروف تشغيله.
- ينبغي وضع مسارات التجاوز على الجانب الصاعد في حالة التضاريس التلالية أو الجبلية.

مناطق التقاطعات:

عادة ما تُصمّم تقاطعات الطرق الريفية ذات ثلاث مسارات كمحولات منفصلة رأسياً بشكل كامل أو جزئي. تنطبق القواعد التالية عند التقاطعات:

- في حال جزء معين من طريق به مسار تجاوز، فإنه يمكن تطوير هذا المسار الإضافي من مسار تسارع. يُفضّل عدم تطبيق هذه الحالة في الأجزاء ذات التدفقات المرورية التي تكون فيها المركبات الثقيلة بنسبة عالية (على سبيل المثال: أكبر من ١٠ ٪) أو الميول المرتفعة (على سبيل المثال: أكبر من ٥ ٪). ينبغي -أيضًا- أن تكون أطوال هذه الأجزاء أكبر من الطول الأدنى المطلوب. ينبغي أن تكون العلامات/الخطوط الأرضية التي تفصل بين مسارات المرور ومسار التجاوز مستمرة بطول ٤٠ م.
- ينبغي عدم تحويل المسار الأيمن لجزء التجاوز إلى مسار تباطؤ من خلال تقليل عدد المسار.
- في بعض الحالات الصعبة، حيث تُدمج مناطق المحولات مع المنطقة الحرجة للتغير في اتجاه مسار تجاوز، ينبغي أن يكون مسار التجاوز قبل مسار التباطؤ بمسافة لا تقل عن ٨٠٠ م، وبعد مسار التسارع بمسافة لا تقل عن ٦٠٠ م. في حال استخدام جزيرة وسطية من النوع السطحي (عادة بعرض ١ م) بدون حاجز على طول جزء مسار التجاوز، ينبغي تثبيت أعمدة علامات التقاطع حيث يُطور مسار التسارع.

٥-٤-٦-٣ الطرق الريفية ذات ثلاث مسارات عارضة:

معايير التطبيق:

في هذه الحالة المحددة، يوضع مسار تجاوز على طول طريق ريفي نموذجي ثنائي المسار، والذي يتناوب وجوده في كلا الاتجاهين بصفة عارضة لتحسين جودة التدفق المروري وسلامة الطريق من خلال التخلّص من مناورات التجاوز. ولكن، يجب وضع الأجزاء

العارضة ذات ثلاث مسارات على ٢٠ ٪ على الأقل من الطول الإجمالي لقطاع الطريق الريفي ذي مسارين لكل اتجاه من اتجاهي المرور.

ينبغي تقييم أجزاء الطرق الريفية ذات المسارين حيث يوضع مسار تجاوز حول ما إذا كان مستوى الخدمة المطلوب لكامل طول الطريق قد تحقق، أو ما إذا كانت هناك حاجة إلى أجزاء إضافية بها مسارات للتجاوز في الطريق لضمان جودة التدفق المروري واتّساقها على كامل طول الطريق.

استنادًا إلى متطلبات مستوى خدمة التدفق المروري (راجع الجزء ٧-٢ من كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور))، يمكن وضع مسار تجاوز -أيضًا- على أجزاء الطرق الطويلة ذات الميول النازلة.

الترتيب العام:

ينبغي أن تكون مسارات التجاوز موزعة بشكل منتظم قدر الإمكان على كامل طول الطريق، ويمكن للسائق إدراك وجودها في الوقت المناسب. يمكن أن تكون أطوال مسارات التجاوز أقصر من تلك الموجودة على الطرق الريفية ذات المسارات الثلاث المستمرة، وذلك في حال انخفاض أحجام المرور. ولكن، ينبغي ألا تقل أطوالها عن ٦٠٠ م ولا تزيد عن ١,٥٠٠ م.

على أي حال، فيما يتعلق بموقع مسارات التجاوز تنطبق المعايير والقواعد المذكورة في القسم الفرعي (٥-٤-٦-٢). إضافة إلى ذلك، ينبغي مراعاة ما يلي:

- ينبغي تطوير مسارات التجاوز، في الأجزاء التلالية أو الجبلية، في الاتجاه الصاعد. في حال منحنيات القمة الرأسية حيث يتداخل مسارا تجاوز في كلا الاتجاهين، ينبغي التحقق مما إذا كان يجب نقل مسار التجاوز ذي الميول المعتدلة أو إزالته تمامًا. إذا لم يكن هذا ممكنًا، فينبغي تعزيز العلامات/الخطوط الأرضية التي تفصل بين اتجاهي المرور في الجزء الناتج ذي أربع مسارات بوضع أعمدة علامات تحديد صغيرة.
- ينبغي تجنب وضع مسارات التجاوز قبل الطرق التي تدخل البلدات الإقليمية أو عند نهاية جزء صاعد من الطريق، حيث تختلف خصائص الطريق.
- نظرًا لخطر الانزلاق في الاتجاه المروري المعاكس، ينبغي عدم وضع مسارات التجاوز على طول المنحنيات الأفقية الحادة المنعطفة إلى اليمين.

ترد توفير عمليات الانتقال النموذجية من مسارين إلى مسار واحد في الباب (١٢)، وفقًا للشكل (١٢-١).

مناطق التقاطع:

عند وضع مسار تجاوز عند التقاطعات، ينبغي مراعاة القضايا التصميمية التالية:

- ينبغي وضع مسارات التجاوز خارج مناطق التقاطع.
- ينبغي ألا تنتهي مسارات التجاوز أبدًا داخل المنطقة الوظيفية للتقاطع. وينبغي وضع مسار الانعطاف لليسار خلف منطقة الخطوط الأرضية المتقاطعة قطريًا في نهاية مسار التجاوز.
- في حالات صعبة معينة، يمكن بدء مسارات التجاوز داخل التقاطع، وفي مثل هذه الحالة، ينبغي إجراء توسيع للرصف داخل منطقة مدخل التقاطع.

٥-٥ المحاذاة:

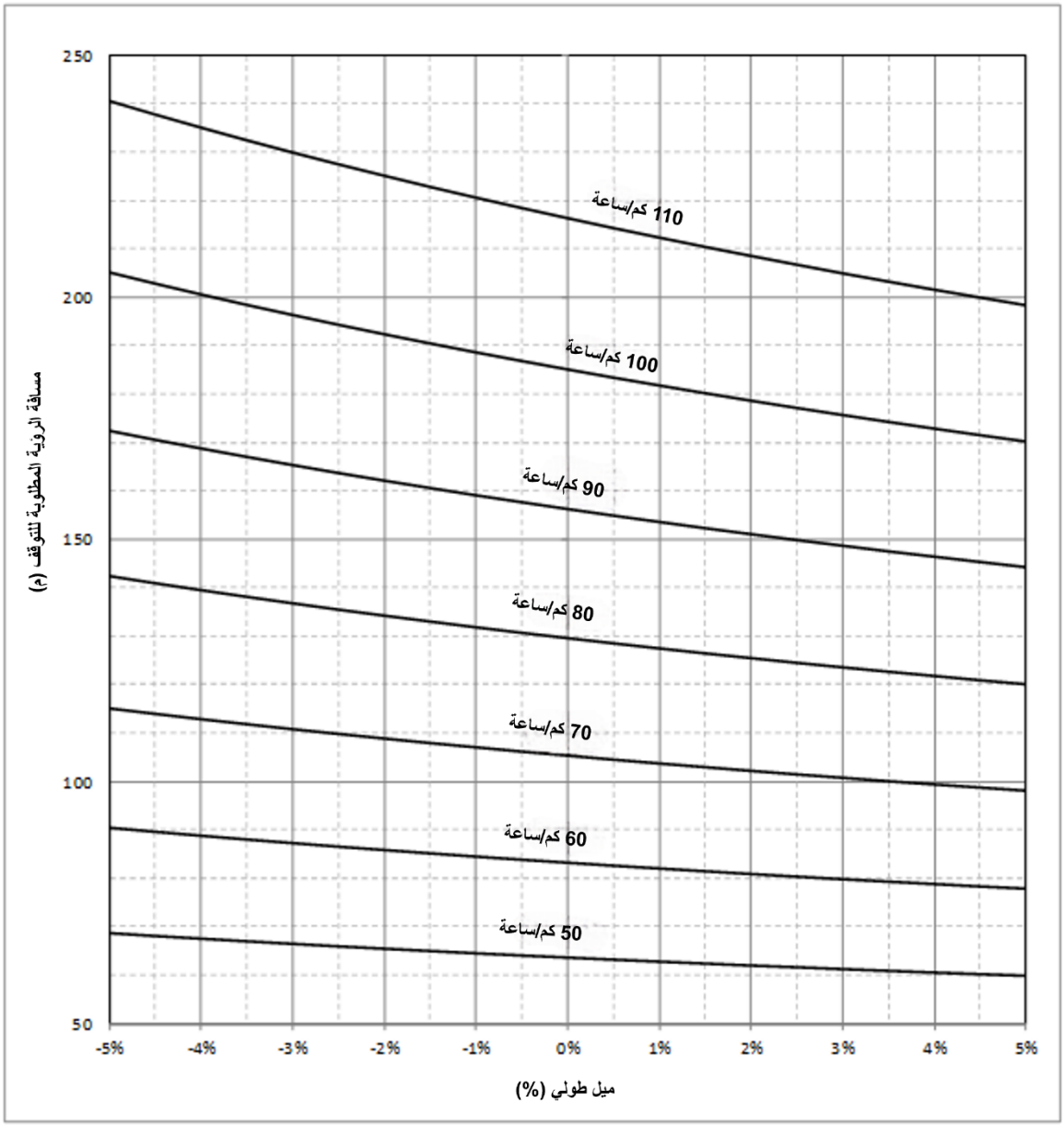
٥-٥-١ ملاحظات عامة:

ينفذ التصميم الهندسي للطرق الريفية فيما يتعلق بالتخطيط والقطاع الطولي والتعلية الجانبية استنادًا إلى اعتبارات السلامة وديناميكيات المركبات، وإلى مبادئ الرؤية الثلاثية الأبعاد للمحاذاة (انظر الجزء الفرعي ٥-٥-٥). وينبغي أن يستلزم تداخل عناصر التصميم في المحاذاة الأفقية والرأسية توقعًا كافيًا لمسار محاذاة الطريق من حيث العناصر المكانية والرؤية المُرضية لمنشآت الطريق. في الحالات التي ينشأ فيها أي شك فيما يتعلق بصورة الطريق الناتجة للسائق، ينبغي توفير رسم منظوري (ثلاثي الأبعاد) لأجزاء الطرق هذه، وبذل كافة الجهود لمراجعتها وتحسينها. ويلزم إيلاء اهتمام خاص للانتقال بين جزء الطرق القائم وأجزاء الطرق ذات مواصفات تصميم أقل. ودائما ما تدمج المنشآت في الرسم المنظوري ثلاثي الأبعاد، مع مراعاة تكاليف ومعايير الإنشاء. بعد تحديد معلمات عناصر التصميم، ينبغي النظر في معايير ديناميكيات المركبات لتحقيق مستوى أعلى من السلامة المُضمّنة في تصميم الطريق.

٥-٥-٢ مسافة الرؤية:

٥-٥-٢-١ مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف:

ينبغي أن تكون الأجسام الموجودة داخل سطح الطريق ملحوظة من مسافة بعيدة، مما يسمح للسائق بإيقاف المركبة، أثناء القيادة بالسرعة التصميمية المحددة مسبقًا (مسافة الرؤية اللازمة للتوقف). يوضح الشكل (٥-٤) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف وفق الميل والسرعة التصميمية. من أجل توفير وقت كافٍ لزمن الإدراك ورد الفعل للسائق، بالإضافة إلى وقت كافٍ لإيقاف المركبة، يلزم عمومًا توفير مسافات رؤية أطول. بصفة عامة، يجب أن تكون مسافات الرؤية أطول بنسبة ٣٠ ٪ على الأقل من الحد الأدنى المطلوب لمسافة الرؤية للتوقف.



الشكل (٥–٤) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب السرعة التصميمية والميل للطرق الريفية.

٥-٥-٢-٢ مسافة الرؤية المتاحة:

تُحسب مسافة الرؤية المتاحة من المحاذاة الأفقية والرأسية، مع الأخذ في الاعتبار -أيضًا- عناصر القطاع العرضي وتشكيل المنطقة المحيطة. وترتبط بالشعاع البصري بين موضع عين السائق وموضع العائق على سطح الطريق. يقع كل من موضع العين وموضع العائق على ارتفاع ١,٠٨ م فوق مسار المرور أو الخط المركزي للرصف.

ينبغي حساب أطوال مسافات الرؤية المتاحة لكل اتجاه مروري بشكل منفصل وعرضها على المخططات ذات الصلة، مع الأخذ في الاعتبار المحاذاة الأفقية والرأسية للطريق مع التجهيزات الملحقة على جانبي الطريق (على سبيل المثال، حواجز الضوضاء، وأنظمة تقييد المركبات، واللافتات الرأسية الكبيرة)، وكذلك زراعة الأشجار.

٥-٥-٢-٣ التحقق من مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف:

من أجل زيادة مستوى السلامة المضمنة للطريق، ينبغي فحص كل نقطة من ممر الطريق من حيث مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف. يجب أن تكون مسافة الرؤية المتاحة أعلى من مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف على كامل طول الجزء من الطريق. في حالات صعبة معينة التي تكون فيها مسافة الرؤية المتاحة أقل من مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف ولا يمكن تصحيح هذا النقص في مسافة الرؤية بسبب ظروف المنطقة المحيطة، يلزم النظر في إمكانية تقليل سرعة السير المسوح بها لهذا الجزء من الطريق.

٥-٥-٢-٤ مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز:

مسافة الرؤية للتجاوز هي مسافة الرؤية الدنيا التي يجب توفرها لتمكين سائق إحدى المركبات من تجاوز مركبة أخرى بأمان وسلاسة، دون التأثير على سرعة المركبة المقابلة التي تسير بالسرعة التصميمية. من المهم، لأسباب تتعلق بالسلامة، توفير أكبر عدد ممكن من فرص التجاوز للمركبات على الطرق الريفية ذات المسارين، في المقام الأول، وكذلك تحسين جودة المرور. بناءً على الطريقتين المعروضتين في القسم الفرعي (٤-٦-٢-٣)، تُعرض مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز في الجدول (٥-١).

الجدول (٥–١) مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية (Method 1: AASHTO, 2018; Method 2: TxDOT, 2022).

السرعة التصميمية (كم/س)	مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز (م)	
	الطريقة (١)	الطريقة (٢)
٥٠	٣٤٥	١٦٠
٦٠	٤١٠	١٨٠
٧٠	٤٨٥	٢١٠
٨٠	٥٤٠	٢٤٥
٩٠	٦١٥	٢٨٠
١٠٠	٦٧٠	٣٢٠
١١٠	٧٣٠	٣٥٥

٥-٥-٣ المحاذاة الأفقية:

٥-٥-٣-١ الأجزاء المستقيمة:

يمكن تكييف الأجزاء المستقيمة بسهولة بالمناطق ذات التضاريس المنبسطة، وكذلك بالقرب من العناصر الخطية الأخرى مثل خطوط السكك الحديدية وقنوات الصرف والأسوار، وغيرها. توفر الأجزاء المُستقيمة رؤية جيدة (اتجاهية) نحو التقاطعات، كما توفر مسافة الرؤية اللازمة للتجاوز على أجزاء الطرق ذات المسارين. والأجزاء المُستقيمة الطويلة، وخاصة ذات الميول الثابتة تعاني من العيوب التالية:

- صعوبة متزايدة في التكيف مع التضاريس التلالية والجبلية.
- تجعل من الصعب على السائق تقدير مسافات وسرعات المركبات التي تسير في الاتجاه المعاكس وكذلك المركبات التي تسير خلفه.
- تقليل الرؤية الليلية بسبب وهج المصابيح الأمامية للمركبات في الاتجاه المعاكس.
- تقليل نشاط السائقين إلى الحد الأدنى والتسبب بشعورهم بالإجهاد، وبالتالي تقليل مستوى السلامة المُضمّنة في الطرق.

للأسباب المذكورة أعلاه، يُفضّل تصميم الأجزاء المُستقيمة بأطوال لا تتجاوز ١,٥٠٠ م. ويمكن السماح بزيادة أطوال الأجزاء المُستقيمة في حالات معينة مثل التكيف بشكل أفضل مع التضاريس أو المسطحات الخضراء أو بسبب قيود أخرى. ومن أجل توفير مستوى أعلى من السلامة على الطريق ينبغي اتّساق أنصاف أقطار المنحنيين الأفقيين قبل وبعد الجزء المُستقيم. لذلك، ينبغي أن تكون أنصاف أقطار المنحنيات بعد الأجزاء المستقيمة ضمن المدى الجيد من الشكل (٥-٥) للطرق الجديدة. وفي حال مشاريع إعادة تأهيل أو إعادة إنشاء طرق قائمة، يمكن السماح بمزيج من أطوال الأجزاء المستقيمة وأنصاف أقطار المنحنيات في النطاق المقبول.

٥-٥-٣-٢ المنحنيات الدائرية:

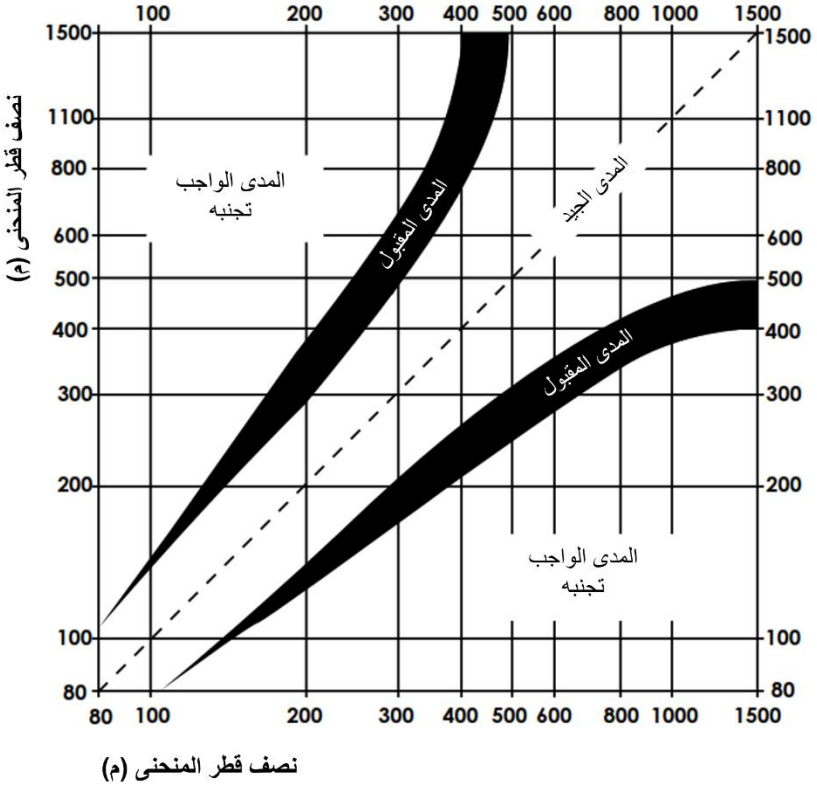
ينبغي أن توفر أنصاف أقطار المنحنيات الدائرية مستوى أعلى للسلامة على الطريق؛ أثناء حركة المركبات بالسرعة المسموح بها. أيضا، ينبغي اتساق أنصاف الأقطار مع طوبوغرافية وتضاريس المنطقة.

تُسرد الحدود الدنيا لأنصاف أقطار المنحنيات الدائرية وعامل الاحتكاك الجانبي في الجدول (٥-٢). يمكن اختيار أنصاف أقطار ذات قيمة أعلى في حالة اتساق محاذاة الطريق بشكل أفضل مع التضاريس. ينبغي الاخذ في الاعتبار أن محاذاة الطريق ذات الانحناء السلس (توالي الأجزاء المُستقيمة والمنحنيات) قد تعطي انطباعاً للسائق بأن التجاوز ممكن، بينما يكون غير ممكن في بعض الحالات. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تعطي استخدام منحنيات بأنصاف أقطار أكبر شعوراً خاطئاً للسائق بأنه يقود مركبته على طريق مصمم بسرعة تصميمية أعلى. من أجل تمكّن مستخدمي الطريق من إدراك المنحنيات الدائرية كعناصر تصميم مستقلة داخل المنحنى، ينبغي توفير أطوال المنحنيات الدائرية وفقاً للجدول (٥-٢).

الجدول (٥–٢) عامل الاحتكاك الجانبي والحد الأدنى لطول ونصف قطر المنحنى الدائري الأفقي حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية.

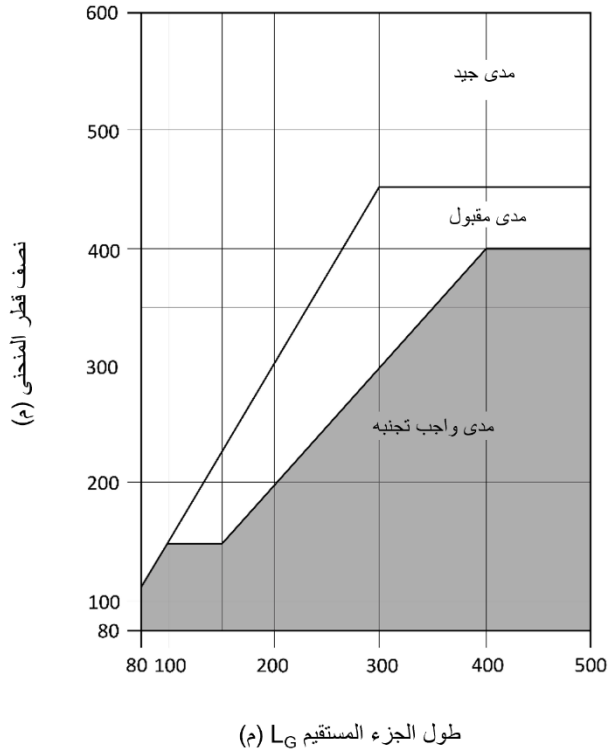
السرعة التصميمية (كم/س)	عامل الاحتكاك الجانبي	الطول الأدنى للمنحنى الدائري (م)	نصف قطر المنحنى الدائري الأدنى (م)			
			معدل التعلية الجانبية الأقصى (٪)			
			٪٦,٠٠	٪٨,٠٠	٪١٠,٠٠	٪١٢,٠٠
٥٠	٠,١٩	٣٠	٨٠	٧٥	٧٠	٦٥
٦٠	٠,١٧	٣٥	١٢٥	١١٥	١٠٥	١٠٠
٧٠	٠,١٥	٤٠	١٨٥	١٧٠	١٥٥	١٤٥
٨٠	٠,١٤	٤٥	٢٥٥	٢٣٠	٢١٠	١٩٥
٩٠	٠,١٣	٥٠	٣٤٠	٣٠٥	٢٨٠	٢٦٠
١٠٠	٠,١٢	٦٠	٤٤٠	٣٩٥	٣٦٠	٣٣٠
١١٠	٠,١١	٦٥	٥٦٥	٥٠٥	٤٥٥	٤١٥

لزيادة مستوى سلامة الطريق المُضمّنة في التصميم، يجب أن تكون المنحنيات المتتالية متسقة فيما بينها. الشكل (٥-٥) يوضح علاقة أنصاف الأقطار بين منحنيين متتاليين. في حال الطرق الجديدة ينبغي أن تكون أنصاف أقطار المنحنيات التالية لجزء مستقيم في المدى الجيد. أما في حالة مشاريع إعادة تأهيل أو إعادة إنشاء الطرق القائمة، يمكن السماح في المدى المقبول الموضح في الشكل (٥-٥).



الشكل (٥–٥) حدود أنصاف الأقطار المتتالية (FGSV, 2012).

الشكل (٥-٦) يوضح القيم الدنيا لنصف القطر بالنسبة لطول الجزء المُستقيم قبل دخول المنحنى. ينبغي أن يكون نصف القطر المحدد على الأقل في المدى المقبول. في حالة الأجزاء المُستقيمة التي تقل عن ٣٠٠ م، يجب ضمان تحقيقها المدى المقبول مع أنصاف أقطار متتالية، بناءً على الشكل (٥-٥). ينبغي تجنب استخدام أجزاء مُستقيمة بين المنحنيات الأفقية المتتالية بنفس الاتجاه.



الشكل (٥–٦) قيم أنصاف الأقطار المتسقة حسب طول الجزء المُستقيم قبل الدخول في المنحنى (FGSV, 2012).

٥-٥-٣-٣ المنحنيات الانتقالية (الحلزونية) :

ينبغي توفير منحنى انتقالي بين الاجزاء المُستقيمة والمنحنيات الدائرية، وبين المنحنيات الدائرية المتتالية إما في نفس الاتجاه (منحنيات مركبة) أو في اتجاهين متعاكسين (منحنيات عكسية). تُعرَّف المنحنيات الانتقالية رياضيًا على أنها منحنيات حلزونية (انظر الملحق أ-٢). تُلخّص قيم الحدود الدنيا/القصوى والمُوصى بها لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأطوالها وحدود تطبيقها على المنحنيات الأفقية في كل من الجدول (٥-٣) والجدول (٥-٤)، على التوالي. وينبغي استخدام المنحنيات الانتقالية في حالة المنحنيات الأفقية ذات أنصاف أقطار تساوي أو تقل عن الحدود القصوى لأنصاف الأقطار الموضحة في الجدول نفسه (قيم الحدود الدنيا والمُوصى بها، على الترتيب).

الجدول (٥–٣) الحدود الدنيا والقصوى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	طول المنحنى الانتقالي الأدنى (م)	نصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي الأقصى (م)
٥٠	٤٥	٢٨	١٤٨
٦٠	٦٠	٣٣	٢١٣
٧٠	٨٠	٣٩	٢٩٠
٨٠	١٠٠	٤٤	٣٧٩
٩٠	١٢٠	٥٠	٤٧٩

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	طول المنحنى الانتقالي الأدنى (م)	نصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي الأقصى (م)
١٠٠	١٤٥	٥٦	٥٩٢
١١٠	١٧٠	٦١	٧١٦

الجدول (٥–٤) القيم المُوصى بها لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية.

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة المُوصى بها لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	طول المنحنى الانتقالي المُوصى به (م)	الحد المُوصى به لنصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي (م)
٥٠	٦٥	٦٠	٥٠٠
٦٠	٩٠	٧٠	٨٠٠
٧٠	١١٥	٨٠	١,٠٠٠
٨٠	١٤٠	٩٠	١,٧٠٠
٩٠	١٧٠	١٠٠	١,٩٠٠
١٠٠	٢٠٥	١١٥	٢,١٠٠
١١٠	٢٤٠	١٢٥	٢,٣٠٠

٥-٥-٤ المحاذاة الرأسية:

٥-٥-٤-١ الميول:

تعمل الميول المنخفضة، التي لا تتجاوز ٤٪، على:

- تحسين مستوى السلامة المُوفرة على الطرق (تُستثنى مناطق تداخل الميول مع تغير معدلات التعلية الجانبية).
- تحسين جودة التدفق المروري ومستوى الخدمة المقدمة.
- خفض تكاليف التشغيل، وكذلك تكاليف مستخدمي الطريق.
- تقليل الانبعاثات والتلوث البيئي.

تحت ظروف معينة، تسمح الميول الأكبر بما يلي:

- أفضل تكيف مع المسطحات الخضراء الطبيعية.
- تدخلات أقل في البيئة.
- تكاليف إنشاء أقل.

ولأغراض التشغيل المروري ولمستوى أفضل من السلامة على الطرق، ينبغي ألا تتجاوز الميول القصوى القيم الواردة في الجدول (٥-٥).

الجدول (٥–٥) الميول المُوصى بها حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية.

السرعة التصميمية (كم/س)	الميل (G) المرغوب فيه (٪)	الميل (G) الأقصى المسموح به (٪)
٥٠	٧,٠	١٠,٠
٦٠	٦,٠	٨,٠
٧٠	٥,٠	٦,٠
٨٠	٤,٠	٥,٠
٩٠	٣,٥	٥,٠
١٠٠	٣,٠	٥,٠
١١٠	٢,٥	٤,٥

في حالات صعبة معينة، يمكن تجاوز الحدود القصوى للميول الموضحة في الجدول (٥-٥) ولكن ينبغي ألا يتجاوز الميل المركب الناتج عن كل من الميل الطولي والميل العرضي قيمة ١٢,٠ ٪ كحد أعلى (انظر الجزء ٤-٦-٦-١).

في الأنفاق التي يزيد طولها عن ٤٠٠ م، ينبغي ألا يتجاوز الميل الطولية ٣,٠ ٪. وبخلاف ذلك، يلزم اتخاذ تدابير تصميمية بالامتثال بتحليل مخاطر الأنفاق.

في المناطق التي يخطط وضع تقاطعات فيها، ينبغي استخدام ميول صغيرة (لا تتجاوز ٤ ٪). كما ينبغي تجنب الميول التي تتجاوز ٦,٠ ٪ على طول منطقة التقاطع.

لتجنب المناطق ذات الصرف الضعيف، في المناطق التي يطبق فيها دوران للرصف (انتقال التعلية الجانبية)، ، ينبغي ألا تقل الميول عن ١,٠ ٪ (يفضل ١,٥ ٪). في حالات صعبة معينة يتعذّر فيها تحقيق قيم الحدود المذكورة أعلاه، ينبغي ألا يقل الميل عن ٠,٧ ٪. إذا كان الرصف محدودًا بأرصفة مشاة، يوصى باستخدام ميل لا يقل عن ٠,٥ ٪. خلاف ذلك، ينبغي استخدام نظام صرف مياه للرصف من خلال مرافق هيدروليكية خاصة (انظر كود الطرق السعودي ٣٠٢ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي)).

على الجسور الطويلة (التي لا يقل طولها عن ١٠٠ م) وفي الأنفاق، ينبغي ألا يقل الميل عن ٠,٧ ٪ لضمان تصريف المياه عن الرصف.

بالنسبة للطرق تستخدمها المركبات العسكرية بشكل منتظم أو تُخصص في نهاية المطاف كجزء من نظام الدفاع الوطني، يبلغ الميل الأقصى الموصى به ٨,٠ ٪، وينبغي ألا يتجاوز الميل ١٠ ٪ كقيمة قصوى مطلقة. عند التقاطعات، ينبغي ألا يتجاوز الميل ٤ ٪ لمسافة لا تقل عن ٥٠ م. وفي المناطق الجبلية، ينبغي ألا يتجاوز الميل المركب للطريق ١٠ ٪.

٥-٥-٤-٢ منحنيات القمة والقاع الرأسية:

تكون التغيرات قي الميول في القطاع الطولي للطريق منحنية. ينبغي اختيار أنصاف أقطار منحنيات القمة والقاع الرأسية وفق الاعتبارات التالية:

- بالجمع بين عناصر المحاذاة الأفقية، تُنتج محاذاة طريق ثلاثية الأبعاد متوازنة.
- توفير مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف.
- تكيف المحاذاة مع طبوغرافية وتضاريس المنطقة.
- تقليل التدخلات والتأثيرات البيئية السالبة.

تُدَوَّر المنحنيات الرأسية عند القمة والقاع من خلال تنفيذ منحنى دائري. ويُحسب تقريبًا كقطع مكافئ تربيعي (انظر الملحق أ-٣).

تُعرض القيم المُوصى بها للمعلمة "K" (أي: طول المنحنى الرأسي لتحقيق تغير بنسبة ١,٠٠ ٪ في الميل الطولي) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية، والقيم الدنيا لأطوال المنحنيات الرأسية في الجدول (٥-٦)، مع الأخذ في الاعتبار أن عين السائق على ارتفاع ١,٠٨

م، في حين أن الأجسام على سطح الطريق (العوائق) على ارتفاع ٠,٦٠ م، لمسافة الرؤية للتوقف وعلى ارتفاع ١,٠٨ متر لمسافة الرؤية للتجاوز، وفق إرشادات (AASHTO).

الجدول (٥–٦) القيم المُوصى بها للمعلمة (K) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية.

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة الدنيا للمعلمة K لمنحنى قمة رأسي (م /٪)		القيمة الدنيا للمعلمة K لمنحنى قاع رأسي (م /٪)	طول المنحنى الرأسي الأدنى (م)
	كفاية مسافة الرؤية للتوقف	كفاية مسافة الرؤية للتجاوز		
٥٠	٦	١٣٨	١٢	٣٠
٦٠	١١	١٩٥	١٧	٣٦
٧٠	١٧	٢٧٢	٢٣	٤٢
٨٠	٢٦	٣٣٨	٢٩	٤٨
٩٠	٣٩	٤٣٨	٣٨	٥٤
١٠٠	٥٢	٥٢٠	٤٥	٦٠
١١٠	٧٤	٦١٧	٥٤	٦٦

تَضمن قيم المعلمة (K) الدنيا لمنحنيات القمة الرأسية، توفر مسافات الرؤية المطلوبة للتوقف للسائقين، في حال كانت المحاذاة الأفقية في أجزاء مستقيمة من الطريق. وفي حال كانت المنحنيات الأفقية على الأجزاء المنحنية من الطريق واستخدم فيها قيم أقل من الحد الأدنى للمعلمة (K) الموضحة في الجدول (٥-٦)، يجب إثبات كفاية مسافة الرؤية للتوقف (مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف) في هذه الحالة من خلال إجراء تحليل مكاني باستخدام أحد البرنامج الحاسوبية المتخصصة.

٥-٥-٥ المحاذاة ثلاثية الأبعاد:

٥-٥-٥-١ عام:

للمحاذاة ثلاثية الأبعاد تأثير كبير على سلوك السائق ومستوى السلامة المُوفرة على الطريق. تشمل منطقة المرور على الطريق السطح المخصص للمرور والمنطقة العرضية للطريق. وينبغي أن تكون هذه المنطقة محسوسة ومفهومة ودقيقة وواضحة للسائق. وينبغي أن تنطبق هذه المتطلبات أيضًا على معدات الطريق التي تشكل المعلومات للسائق. بالإضافة إلى ذلك، يجب أن يكون الطريق منسجماً مع المنطقة المحيطة.

من خلال توليفة من عناصر تصميم المحاذاة الأفقية الرأسية، تظهر العناصر ثلاثية الأبعاد ونتائجها المصاحبة. تكون المحاذة ثلاثية الأبعاد مرضية عمومًا، عندما تكون الانحناءات في المحاذاة الأفقية الرأسية للطريق تقريبًا في نفس النقاط، ويُنسّق عدد نقاط الانعطاف في التخطيط والقطاع الطولي. ينبغي التحقُّق من وضوح رؤية الطريق من خلال برنامج تصميم طرق متخصص ذا قدرة على الإشراف ثلاثي الأبعاد وفحص رؤية عناصر الطريق الثلاثية الأبعاد للتحقق من مدى كفاية مسافة الرؤية للتوقف.

في منحنى القمة، قد يكون من الضروري تغيير بداية المنحنى الأفقي لتكون قبل بداية منحنى القمة، لضمان إدراك المنحنى الأفقي. وترد قيم الإزاحة الضرورية في الجدول (٥-٧).

الجدول (٥–٧) الإزاحة المطلوبة لبداية منحنى القمة الرأسي قبل بداية المنحنى الأفقي (الجزء المُستقيم - المنحنى الانتقالي - المنحنى الدائري) للطرق الريفية (FGSV, 2012).

منحنى القمة الرأسي	**معلمة المنحنى الانتقالي A (م)**			
نصف القطر Hk	**١٥٠**	**٢٠٠**	**٢٥٠**	**أكبر من أو يساوي ٣٠٠**
٣,٠٠٠	٢٥	٥٠	٦٥	٨٠
٤,٠٠٠	١٥	٣٥	٥٥	٧٥
٥,٠٠٠		٢٥	٥٠	٧٠
٦,٠٠٠		١٥	٤٠	٦٠
٧,٠٠٠	الإزاحة غير مطلوبة		٣٠	٥٥
٨,٠٠٠			٢٠	٤٥
٩,٠٠٠			١٠	٤٠
١٠,٠٠٠				٣٠
ملحوظة: لتعريف معلمة المنحنى الانتقالي A (م)، راجع الملحق (أ-٢).				

٥-٥-٢ أوجه القصور في التصميم:

تؤدي الأخطاء في توليد العناصر المكانية إلى أوجه قصور في المحاذاة ثلاثية الأبعاد.

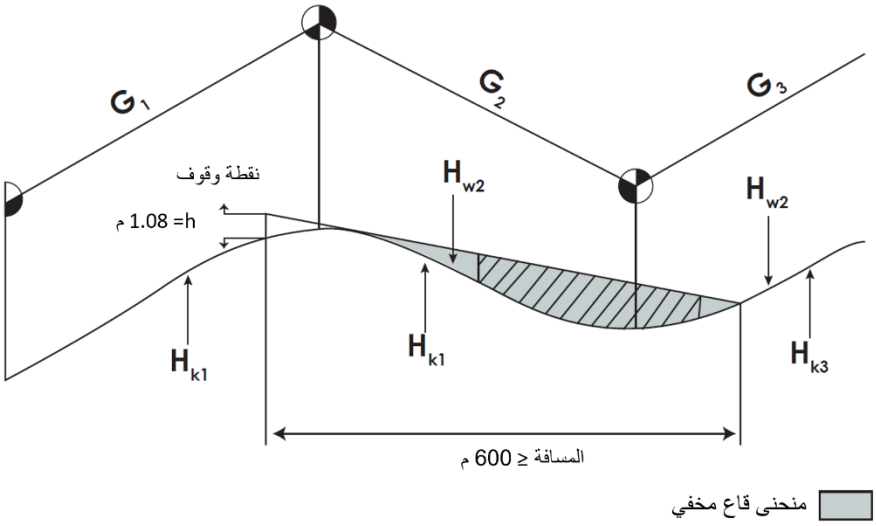
الجدول (٥-٨) يحتوي على مختلف أوجه القصور الناتجة من حيث تأثيرها على سلوك السائق وسلامة الطريق. ينبغي عدم السماح بأي حالات قصور في مشاريع إنشاء الطرق الجديدة، بينما في حالات إعادة الإنشاء ومشاريع ترقية الطرق، ينطبق هذا على الأقل على الأجزاء التي تحتوي على أجزاء مخفية في المحاذاة أو بدايات منحنى غير متصورة.

الجدول (٥–٨) تأثيرات أوجه القصور في المحاذاة ثلاثية الأبعاد (FGSV, 2012).

أوجه القصور	**التأثيرات على سلوك السائق وسلامة الطرق**
حالة القفز/الهبوط	مرتفع
بداية المنحنى مخفية	مرتفع
الاستطالة	متوسط
الانضغاط	منخفض
أوجه قصور في المظهر	منخفض

المناطق المخفية بصرياً:

تنتج منطقة مخفية بصرياً عندما لا يكون سطح الطريق مرئيًا للسائق (ارتفاع العين يساوي h_a = ١,٠٠ م (بسبب منحنى قمة أو ميل عكسي) في المنطقة المجاورة له. تمثل مثل هذه المنطقة معضلة عندما لا تكون المحاذاة مرئية بطول يزيد عن ٧٥ م وتصبح مرئية مرة أخرى لمسافة أقل من ٦٠٠ م (انظر الشكل ٥-٧). يصبح مثل هذا الوضع خطيرًا عندما يكون عمق الجزء غير المرئي في منطقة معينة أكبر من ٠,٧٥ م. هذه الحالة حرجة بشكل خاص عند استخدام مسار المرور المعاكس للتجاوز. وفي هذه الحالات، ينبغي النظر في إمكانية حظر التجاوز.



مفتاح الرسم: Hx=نصف قطر منحنى القمة، Hw=نصف قطر منحنى القاع، G=الميل

الشكل (٥–٧) المنطقة الحرجة لمنحنيات قمة وقاع رأسية متتالية (FGSV, 2012).

بداية منحنى أفقي غير مرئية:

تحدث حالة البداية غير المرئية لمنحنى أفقي، عندما يخضع سطح الطريق المرئي أمام السائق من مسافة ٧٥ م قبل بداية المنحنى الأفقي لتغيير في زاوية الاتجاه بمقدار ٣,٢ درجة. لذلك، ينبغي التأكد من أن بداية الجزء غير المرئي من منحنى القمة الرأسي القادم يقع وراء نقطة تغيير الاتجاه ذات الصلة. بالنسبة لمعلمات المنحنيات الانتقالية الكبيرة (A أكبر من أو يساوي ٣٠٠ م)، يُدرك الجزء المنحني إذا كان المنحنى الانتقالي مرئيًا لمسافة ١٠٠ م على الأقل.

الاستطالة والانضغاط:

في حالة منحنى القاع الرأسي، يظهر نصف قطر المنحنى الدائري أطول مما هو عليه بالفعل، بينما في حالة منحنى القمة الرأسي، يبدو نصف قطر المنحنى الدائري أقصر مما هو عليه بالفعل. يتأثر مقدار الاستطالة/التشوه لأنصاف أقطار المنحنيات المقابلة بنسبة نصف قطر المنحنى الأفقي إلى الرأسي.

٥-٥-٦ التعلية الجانبية:

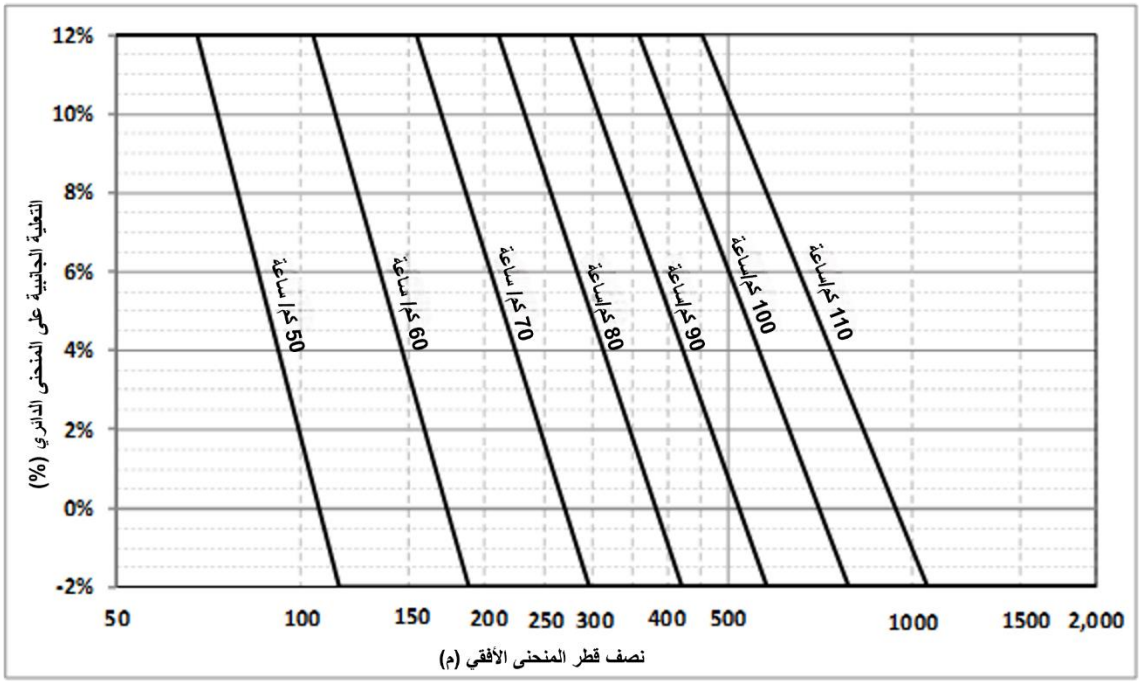
٥-٥-٦-١ التعلية الجانبية في الجزء المُستقيم:

في الأجزاء المُستقيمة، عادة ما يُصمّم سطح الرصف لكل من الاتجاهين (جادتي الطريق) بتعلية جانبية للطريق نحو جانب واحد، بحد أدنى من الميل العرضي يساوي ٢,٠٪ ويفضل ٢,٥٪. ينبغي تطبيق نفس معدل التعلية الجانبية في مسارات المرور الإضافية ومسارات التسارع والتباطؤ.

٥-٥-٦-٢ التعلية الجانبية في المنحنيات الدائرية:

في المنحنيات الدائرية، لأسباب تتعلق بديناميكيات المركبة وتمييزه بشكل أفضل، يُطبّق معدل التعلية الجانبية نحو مركز المنحنى الدائري. الحد الأقصى لمعدل التعلية الجانبية المطبق هو ١٢,٠ ٪، بينما الحد الأدنى لميل التعلية الجانبية ينحصر عند ٢,٠ ٪. يوضح الشكل (٥-٨) معدلات التعلية الجانبية المطلوبة حسب نصف قطر المنحنى الأفقي لجميع السرعات التصميمية. يُوصى بتقريب القيم المأخوذة من الشكل (٥-٨) إلى أقرب ٠,٥ ٪.

بالنسبة للطرق التي تستخدمها المركبات العسكرية بشكل منتظم أو تُخصص في نهاية المطاف لنظام الدفاع الوطني من قبل وزارة الدفاع، فإن الحد الأقصى المرغوب لمعدل التعلية الجانبية هو ٤ ٪. بينما يبلغ الحد الأقصى المطلق لمعدل التعلية الجانبية ٨ ٪.



الشكل (٥–٨) التعلية الجانبية على المنحنى الدائري حسب نصف قطر المنحنى الأفقي (الحد الأقصى لمعدل التعلية الجانبية (e) = 12.0 ٪) للطرق الريفية.

ينبغي أن تكون أنصاف أقطار المنحنيات الدائرية على الجسور أكبر من ٥٥٠ م؛ من أجل تقليل معدل التعلية الجانبية المطبق إلى ٥,٠٪ بحد أقصى.

في الحالات التي تكون فيها قيم أنصاف أقطار المنحنيات الدائرية أكبر من القيم المعروضة في الجدول (٥-٩)، يمكن تطبيق معدل تعلية جانبية عكسي يساوي - ٢,٠ ٪ (باتجاه الحافة الخارجية للمنحنى الدائري كما هو موضح في الشكل (٤-١٣)، إذا كان يمكن تجنب المنطقة ضعيفة الصرف بتطبيق هذا الحل.

الجدول (٥–٩) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار الأفقية لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لنصف قطر المنحنى الدائري لتنفيذ التعلية الجانبية العكسية (م)	
	e = - ٢,٠٠٪	e = - ٢,٥٠٪
٥٠	أكبر من أو يساوي ١٢٠	أكبر من أو يساوي ١٢٠
٦٠	أكبر من أو يساوي ١٩٠	أكبر من أو يساوي ٢٠٠
٧٠	أكبر من أو يساوي ٣٠٠	أكبر من أو يساوي ٣١٠
٨٠	أكبر من أو يساوي ٤٢٠	أكبر من أو يساوي ٤٤٠
٩٠	أكبر من أو يساوي ٥٨٠	أكبر من أو يساوي ٦١٠
١٠٠	أكبر من أو يساوي ٧٩٠	أكبر من أو يساوي ٨٣٠

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لنصف قطر المنحنى الدائري لتنفيذ التعلية الجانبية العكسية (م)	
	e = - ٢,٠٠٪	e = - ٢,٥٠٪
١١٠	أكبر من أو يساوي ١,٠٦٠	أكبر من أو يساوي ١,١٢٥

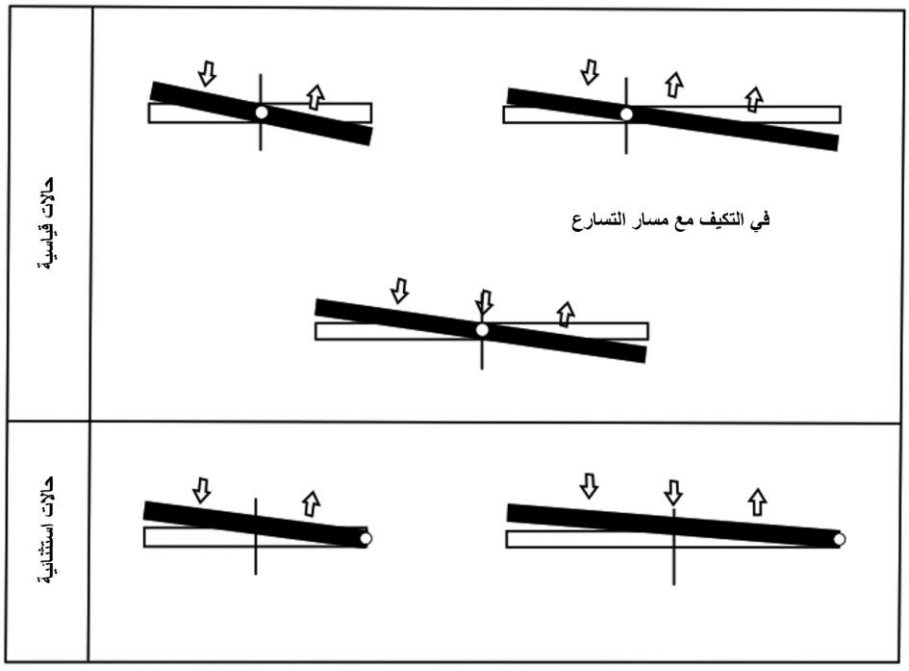
لمنع انزلاق المركبات في المناطق الجبلية، ينبغي أن ينحصر الحد الأقصى للميل المركب (الميل الناتج عن الميل الطولي والتعلية الجانبية للطريق معاً) عند حد أقصى يبلغ ١٢,٠ ٪. ترد الصيغة الرياضية لحساب الميل المركب في القسم الفرعي (٤-٦-٦-١). إضافة إلى ذلك، ترد الصيغة الرياضية والمعلمات الأساسية لحساب الحد الأدنى لطول منحدر التعلية الجانبية في القسم الفرعي (٤-٦-٦-٢).

تصمّم الأكتاف المُعبّدة وتُنفذ بنفس معدل التعلية الجانبية المطبق على مسارات المرور، بينما تصمّم الأكتاف غير المُعبّدة وتُنفذ بتعلية جانبية بمعدل ١٢,٠ ٪ في المنطقة الداخلية للمنحنى في حالة صرف المياه عن الرصف من خلال الكتف غير المُعبّد، خلاف ذلك، تطبق تعلية جانبية بمعدل ٦,٠ ٪. لأجل استعادة المركبة الشاردة بأمان، في حالة خروجها عن الطريق، يعد الكتف غير المُعبّد جزءًا من المنطقة الخالية وبميل أكثر انبساطًا من ٦ أفقي: ١ رأسي (١٧٪) الذي يعد كافيًا عادة.

٤-٦-٥-٣ تحقيق التعلية الجانبية:

يُدار القطاع العرضي للرصف لتحقيق تغير تدريجي في معدل التعلية الجانبية للطريق بشكل أساسي داخل المنحنى الانتقالي (الحلزوني)، بصرف النظر عن النقطة المرجعية لسطح الطريق التي يدور حولها الرصف. في الحالات التي لا تُطبق فيها المنحنيات الانتقالية (انظر القسم الفرعي ٤-٦-٥-٢-٣)، فإن ثلثي (٣/٢) الرصف يدور على الجزء المُستقيم والثلث (٣/١) الآخر داخل المنحنى الدائري. في حالات صعبة معينة، يمكن أن يُدار الرصف على الجزء المُستقيم (في البداية أو في النهاية). ينبغي تجنب دوران الرصف عند الجسور.

على الطرق غير المقسومة، يُدار الرصف حول محور الطريق (الخط المركزي)، بينما يفضل الدوران حول الخط المركزي لكل رصف منفصل على الطرق المقسومة (الشكل ٤-٦-٥-٩). في حالات صعبة معينة، بما في ذلك من أجل التكيف بشكل أفضل مع الظروف المحلية، يمكن تدوير الرصف حول خط الحد الداخلي أو الخارجي للرصف.



الشكل (٤-٦-٥-٩) محور دوران الرصف لتهيئة التعلية الجانبية (FGSV, 2012).

٥-٥-٦-٤ علاقة ميل حواف الرصف وميل محور الطريق:

يجب أن يكون طول منحدر التعلية الجانبية كافيًا، بحيث يفي ميل منحدر التعلية الجانبية بحدود القيم الموضحة في الجدول (٧-٨). يُعرّف ميل منحدر التعلية الجانبية (r) على أنه الفرق في الميل بين محور الطريق وميل خطوط حدود الرصف (الداخلية أو الخارجية). يمكن حساب الحد الأدنى لطول منحدر التعلية الجانبية باستخدام المعادلة التالية:

المعادلة (٥-١)

$$\mathbf{L} = \frac{\mathbf{50 \cdot e \cdot w}}{\mathbf{r}} \boldsymbol{W_n}$$

حيث إن:

L = الحد الأدنى لطول منحدر التعلية الجانبية (م).

e = معدل التعلية الجانبية للمنحنى (٪).

w = عرض طريق السير (م).

r = النسبة المئوية لميل منحدر التعلية الجانبية (٪)، كما هو موضح في الجدول (٥-١٠).

بالنسبة للطرق الريفية، يجب ألا يقل طول منحدر التعلية الجانبية عن ٣٠ م، والطول الموصى به هو ٥٠ م.

لتجنب التعلية الجانبية الحادة، ينبغي ألا تتجاوز القيمة القصوى لميل منحدر التعلية الجانبية القيم الواردة في الجدول (٥-١٠). بالنسبة للمنحنيات الانتقالية الطويلة حيث يكون ميل منحدر التعلية الجانبية (r) أقل من ٠,٣٠ ٪، ينبغي تعديل تحقيق منحدر التعلية الجانبية كما هو موضح على النحو التالي:

- في الجزء بين النقطتين A و C، يجب أن يكون ميل منحدر التعلية الجانبية ٠,٣٠ ٪.
- في القطاع بين النقطتين C و E، يجب أن يكون ميل منحدر التعلية الجانبية أقل من ٠,٣٠ ٪.

الجدول (٥–١٠) ميل منحدر التعلية الجانبية للطرق الريفية (٪) (MoC, 1992).

السرعة التصميمية (كم/س)	ميل منحدر التعلية الجانبية (r) (٪)
٥٠	٠,٦٦
٦٠	٠,٥٩
٧٠	٠,٥٤
٨٠	٠,٥٠
٩٠	٠,٤٧
١٠٠	٠,٤٤
١١٠	٠,٤١

٥-٥-٧ توسيع طريق السير (سطح الرصف):

٥-٥-٧-١ توسيع الطريق عند المنحنيات ذات نصف القطر الصغير:

يلزم توسيع عرض الرصف عند المنحنيات الأفقية وخاصةً المنحنيات ذات نصف القطر الصغير؛ حتى تظل المركبة التصميمية داخل مسار المرور المحدد. يعتمد التوسيع المطلوب على السرعة التصميمية وعرض مسار المرور ونوع المركبة ودرجة المنحنى الأفقي (نصف القطر). ترد تفاصيل التوسيع المطلوب وعناصره الهندسية المطبقة في القسم الفرعي (٤-٦-٦-٣). عادة ما يتم توسيع المسار بشكل خطي ضمن المنحنى الانتقالي. في حالة أطوال المنحنيات الانتقالية القصيرة، يمكن أن يمتد التوسيع بالتساوي إلى الجزء المُستقيم والمنحنى الدائري.

٥-٥-٧-٢ إضافة مسار و توسيع الطريق:

يلزم توسيع الطريق من أجل إنشاء مسارات التجاوز الإضافية وكذلك الجزر المرورية الفاصلة بالطريق.

ينبغي توسيع سطح الرصف لتطبيق كل من مسارات التجاوز ومسارات الانعطاف إلى اليمين واليسار الإضافية (عند التقاطعات) وفق الإرشادات ذات الصلة الواردة في كل من الجزء (١١-٥)، والجزء الفرعي (١٠-٢-٨)، على التوالي.

بالنسبة للطرق التي تستخدمها المركبات العسكرية بشكل منتظم أو تُخصص في نهاية المطاف لنظام الدفاع الوطني من قبل وزارة الدفاع، ولأنصاف أقطار المنحنيات الأفقية الأقل من ٥٠ م، *ينبغي* توسيع الرصف لاستيعاب المركبة التي تلبي الحالة (أ) على الأقل، وذلك وفقًا للجزء (٥-٨).

٥-٦ سمات التصميم الخاصة بمواقع الجسور والأنفاق:

ينبغي تكييف الجسور مع تخطيط الطريق. وفي المناطق التي يلزم فيها إنشاء جسور، مثل معابر الطرق الأخرى أو السكك الحديدية، أو حتى في مناطق عبور الأودية، ينبغي بذل كافة الجهود لتكون المعابر عمودية قدر الإمكان؛ لتقليل أطوال المنشآت وأيضًا للحد من التدخل في البيئة. لهذا السبب، يوصى بزاوية عبور من ٧٢ درجة إلى ١٠٨ درجة.

بالنسبة للجسور المقترحة في منحنى دائري، ينبغي اختيار نصف قطر كبير بما فيه الكفاية بحيث ينحصر معدل التعلية الجانبية عند قيمة قصوى تبلغ ٥,٠ ٪. ينبغي تجنب المنحنيات الانتقالية (الحلزونية) على الجسور. وفي حين أن تغيرات التعلية الجانبية غير مرغوب فيها على الجسور، ينبغي اختيار ميل ثابت كقاعدة.

وفي حال استخدام طريقة المد التدريجي كطريقة لإنشاء الجسر، ينبغي تطبيق الانحناء الثابت للمحاذاة الأفقية والرأسية.

وللصرف المرضي للجسور، ينبغي تطبيق حد أدنى للميل يساوي ٠,٧ ٪ في الجسور الطويلة، ويمكن المزج بين معدل التعلية الجانبية والميل الطولي في الحالات الصعبة حيث لا يمكن تحقيق الحد الأدنى من الميل البالغ ٠,٧ ٪. في هذه الحالات، يجب التحقق من كفاية نظام الصرف للجسر. كما ينبغي تجنب النقاط ذات المناسيب المنخفضة أو المرتفعة (الميل عند هذه النقطة بالتحديد يساوي صفر ٪) ما أمكن، نظرًا لتسببها بحدوث مشاكل في صرف المياه عن الجسر وبالتالي في سلامة الطريق.

وينبغي أن ينفذ التصميم الهندسي في الأنفاق بمحاذاة أفقية ورأسية لها قيم تصميمية تزيد عن الحدود التصميمية بدرجة كافية. ينبغي أن ينحصر الميل عند ٣,٠ ٪. وفي حالات الأنفاق الطويلة (أكثر من ٥٠٠ م)، ينبغي ألا يزيد الميل عن ٢,٥ ٪.

٥-٧ ملحقات الطرق الريفية:

في الطرق الريفية يمكن وضع عدة أنواع من الملحقات على جانب الأكتاف غير المُعبّدة، خارج المنطقة المُعبّدة. وهذه الملحقات قد تشمل، على سبيل المثال لا الحصر، الآتي:

- مرافق الصرف، كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٣٠٢ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي).
- أنظمة تقييد المركبات، كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة).
- المنافع العامة وإنارة الطرق، كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٣٠٦ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - المنافع العامة، وإنارة الطرق والشوارع، وأجهزة التحكم والمراقبة).
- لافتات المرور وعلامات الرصف كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري).

٥-٨ استخدام المركبات العسكرية للطرق:

٥-٨-١ جوانب عامة:

يخضع استخدام المركبات العسكرية الثقيلة للطريق لقيود تشغيلية خاصة. قد تنطبق ثلاث أنواع من قيود المركبات:

الحالة النموذجية (أ): لا توجد قيود على الإطلاق:

يمكن لمركبة مدنية مواجهة مركبات عسكرية دون صعوبات. وتنطبق الحالتان الفرعيتان التاليتان:

١- لا تنطبق أية قيود عندما تواجه مركبتان عسكريتان بعضهما البعض. تحدث هذه الحالة عندما تستخدم المركبات العسكرية بشكل منتظم وغالبًا باستخدام طريق معين.

٢- لا تنطبق أية قيود عندما تواجه مركبة عسكرية مركبة مدنية. تنطبق هذه الحالة عندما ينبغي استخدام الطريق دون إعاقة التدفق المروري للمركبات المدنية ولا يُستخدم الطريق غالبًا من قبل المركبات العسكرية وفقًا لتقدير وزارة الدفاع في المملكة العربية السعودية. في هذه الحالة، فإن تجاوز مركبة مدنية لمركبة عسكرية ينبغي أيضًا أن يتم بدون أي تعارضات مرورية مع بقية حركة المرور.

الحالة النموذجية (ب): تنطبق قيود بين المركبات العسكرية والمركبات المدنية:

تقتضي الحالة (ب) احتمالية تواجه المركبات العسكرية والمدنية، ولكن بحذر. في معظم الحالات، يؤدي هذا المتطلب إلى ضرورة استخدام سرعة المشي من قبل المركبات العسكرية والمدنية على حد سواء وحظر مناورات التجاوز. تنطبق ثلاث حالات فرعية محددة هنا:

١- تنطبق القيود على المركبات العسكرية نفسها. توجد هذه الحالة عندما يُستخدم الطريق عرضيًا من قبل مركبات عسكرية في كلا اتجاهي المرور.

٢- تشير القيود إلى تلك التي بين المركبات العسكرية والمركبات المدنية. وينبغي النظر في هذه الحالة فقط عندما تكون أحجام مرور المركبات المدنية منخفضة نسبيًا أو عندما تواجه المركبات المدنية المركبات العسكرية بصورة عارضة فقط.

٣- تشير القيود إما إلى تلك التي بين المركبات العسكرية فيما بينها أو بين المركبات العسكرية والمدنية نادرًا. بالنسبة لهذه الحالة الفرعية، عادةً ما يعالج إما بالتوسيع المحلي لجزء قصير من المسار، أو إنشاء مسارات التفاف جانبية (turnouts) لمعالجة القضية بشكل مرضٍ من وجهة نظر السلامة المرورية والتشغيل. تُطبّق هذه المعالجات، من توسيع محلي لمسار أو إنشاء مسار التفاف جانبي، كل ٣٠٠ م عادة أو بقدر ما تسمح به مسافة الرؤية المتبادلة بين المركبات المتعاكسة. يجب أن يكون التطبيق بطول ٢٥ م على الأقل.

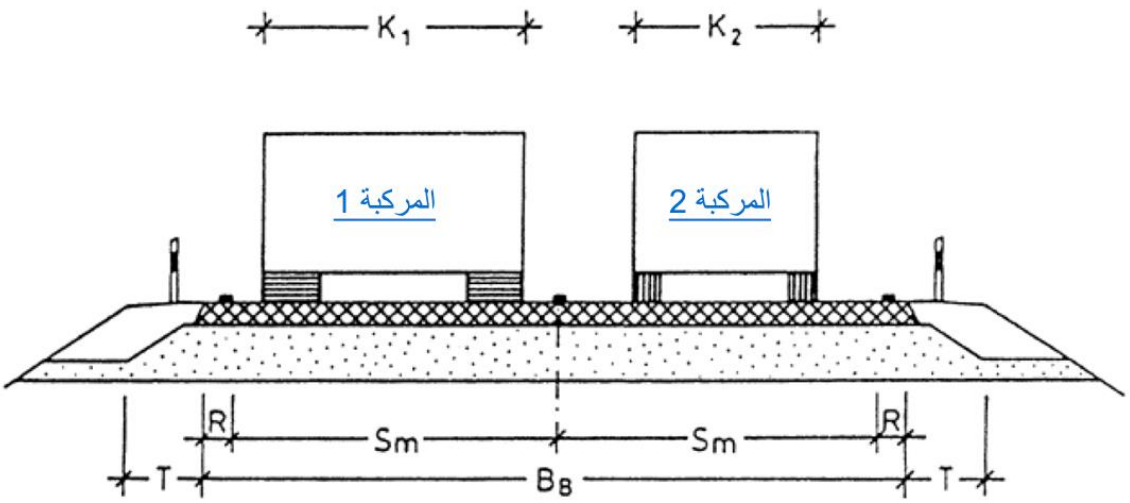
الحالة النموذجية (ج): عدم إمكانية مواجهة مركبة أخرى أو مركبة عسكرية على الإطلاق:

في الحالة (ج)، يمكن استخدام الطريق بواسطة المركبات المدنية عندما لا تكون المركبات العسكرية موجودة أو عندما لا تتجاوز المركبات المدنية عرضًا محددًا.

٥-٨-٢ عرض الرصف:

ينبغي أن يكون عرض رصف الطرق التي تستخدمها المركبات العسكرية بشكل منتظم ٧,٣٠ م، أو عرض رصف يسمح بتواجه مركبة عسكرية بعرض ٣,٧٥ م مع مركبة مدنية بعرض ٢,٦٠ م.

بالنسبة للطرق الريفية ذات المسارين، فإن استخدام الرصف من جانب كل من المركبات العسكرية والمدنية هو مجموع عرض منطقة سير المركبات بالإضافة إلى عرض شريط الحافة (الشكل ٥-١٠).



مفتاح الرسم: K_1، K_2 = فئات عرض المركبة.
S_m = مسار السير.
R = شريط الحافة.
B_B = عرض الرصف.
T = كتف غير مُعبّد.

الشكل (٥–١٠) القطاع العرضي للطريق مع عرض الرصف وعرض التاج.

تُعرض العلاقة بين عناصر القطاع العرضي والرصف وعرض المسار وأنواع استخدام المركبات العسكرية للطريق الريفي في الجدول (٥-١١) والجدول (٥-١٢).

٥-٨-٣ السرعات الآمنة:

تُستوعب السرعات الآمنة عند مواجهة مركبة عسكرية ثقيلة لمركبات مدنية ناتجة عن تطبيق الجدول (٥-١١) والجدول (٥-١٢) كما يلي:

- المركبات المدنية:
  - لا تنطبق أي قيود: يجب مراعاة الحد الأقصى للسرعة القائمة.
  - تطبق القيود: ينبغي فرض سرعة المشي.
- المركبات العسكرية:
  - لا تنطبق أي قيود عندما لا ينطبق مزيج مروري من المركبات العسكرية والمدنية: ٤٠ كم/س خلال النهار و٣٠ كم/س خلال الليل.
  - تطبق القيود: يجب أن تتبع المركبات العسكرية سرعة المشي.

الجدول (٥–١١) فئات عرض المركبة، والخلوص العرضي، وعروض المسارات وعروض أشرطة الحواف.

(١) السرعة الحرجة (كم/س)	(٢) فئة العرض		(٣) خلوص السلامة العرضي	(٤) = (٢) + (٣) عرض مسار السير			(٥) عرض شريط الحافة (م)
				I (م)	II (م)	III (م)	
سرعة المشي	جميع المركبات	٢,٠٠	٠,٠٠	-	٢,٠٠	-	٠,٢٥
يساوي ٥٠			٠,٢٥	٢,٢٥			٠,٢٥
أكبر من ٥٠ إلى ٧٠			٠,٥٠	٢,٥٠			٠,٢٥
أكبر من ٧٠			٠,٧٥	٢,٧٥			٠,٢٥
سرعة المشي		٢,٦٠	٠,٠٠	-	٢,٦٠	-	٠,٢٥
يساوي ٥٠			٠,٢٥	٣,٠٠	-		٠,٢٥
أكبر من ٥٠			٠,٥٠	٣,٢٥	-		٠,٢٥
سرعة المشي	مركبات عسكرية ثقيلة بدون إطارات هوائية *	٢,٧٥	٠,٥٠	-	٣,٢٥	-	٠,٢٥
٤٠ كم/س نهارًا - ٣٠ كم/س ليلاً			١,٢٥	٤,٠٠	-	٣,٧٥	٠,٢٥
سرعة المشي		٣,٠٠	٠,٥٠	-	٣,٥٠	-	٠,٢٥
٤٠ كم/س نهارًا - ٣٠ كم/س ليلاً			١,٢٥	٤,٢٥	-	٤,٠٠	٠,٢٥
سرعة المشي		٣,٢٥	٠,٥٠	-	٣,٧٥	-	٠,٢٥
٤٠ كم/س نهارًا - ٣٠ كم/س ليلاً			١,٢٥	٤,٥٠	-	٤,٥٠	٠,٢٥
سرعة المشي		٣,٥٠	٠,٥٠	-	٤,٠٠	-	٠,٢٥
٤٠ كم/س نهارًا - ٣٠ كم/س ليلاً			١,٢٥	٤,٧٥	-	٤,٥٠	٠,٢٥
سرعة المشي		٣,٧٥	٠,٥٠	-	٤,٢٥	-	٠,٢٥
٤٠ كم/س نهارًا - ٣٠ كم/س ليلاً			١,٢٥	٥,٠٠	-	٤,٧٥	٠,٢٥

مفتاح الرسم: *) إذا نُقلت المركبات العسكرية الثقيلة على شاحنات ذات إطارات هوائية، ينطبق الخلوص العرضي للشاحنات (فئة عرض المركبة = ٢,٦٠ م).

الجدول (٥–١٢) عرض الرصف اللازم للمركبات العسكرية التي تواجه مركبات مدنية.

المركبات التي ووجهت		حالة مواجهة غير مشروطة					حالة مواجهة مقيدة					حالة مواجهة مستحيلة
فئة العرض		الحالة النموذجية (أ)					الحالة النموذجية (ب)					الحالة النموذجية (ج)
K1	K2	٢,٧٥	٣,٠٠	٣,٢٥	٣,٥٠	٣,٧٥	٢,٧٥	٣,٠٠	٣,٢٥	٣,٥٠	٣,٧٥	-
	السرعة [كم/س]											
K1=2.00	سرعة المشي	-	-	-	-	-	٥,٧٥	٦,٠٠	٦,٢٥	٦,٥٠	٦,٧٥	-
	السرعة=٥٠	٦,٧٥	٧,٠٠	٧,٢٥	٧,٥٠	٧,٧٥	-	-	-	-	-	-
	السرعة أكبر من ٥٠ إلى ٧٠	٧,٠٠	٧,٢٥	٧,٥٠	٧,٧٥	٨,٠٠	-	-	-	-	-	-
	السرعة أكبر من ٧٠	٧,٢٥	٧,٥٠	٧,٧٥	٨,٠٠	٨,٢٥	-	-	-	-	-	-
K1=2.50	سرعة المشي	-	-	-	-	-	٦,٢٥	٦,٥٠	٦,٧٥	٧,٠٠	٧,٢٥	-
	السرعة=٥٠	٧,٥٠	٧,٧٥	٨,٠٠	٨,٢٥	٨,٥٠	-	-	-	-	-	-
	السرعة أكبر من ٥٠	٧,٧٥	٨,٠٠	٨,٢٥	٨,٥٠	٨,٧٥	-	-	-	-	-	-
K1=2.75		٨,٥٠	٨,٧٥	٩,٠٠	٩,٢٥	٩,٥٠	٧,٠٠	٧,٢٥	٧,٥٠	٧,٧٥	٨,٠٠	٤,٢٥
K1=3.00		٨,٧٥	٩,٠٠	٩,٢٥	٩,٥٠	٩,٧٥	٧,٢٥	٧,٥٠	٧,٧٥	٨,٠٠	٨,٢٥	٤,٥٠
K1=3.25		٩,٠٠	٩,٢٥	٩,٥٠	٩,٧٥	١٠,٠٠	٧,٥٠	٧,٧٥	٨,٠٠	٨,٢٥	٨,٥٠	٤,٧٥
K1=3.50		٩,٢٥	٩,٥٠	٩,٧٥	١٠,٠٠	١٠,٢٥	٧,٧٥	٨,٠٠	٨,٢٥	٨,٥٠	٨,٧٥	٥,٠٠
K1=3.75		٩,٥٠	٩,٧٥	١٠,٠٠	١٠,٢٥	١٠,٥٠	٨,٠٠	٨,٢٥	٨,٥٠	٨,٧٥	٩,٠٠	٥,٢٥

٦- الشوارع في المناطق الحضرية:

٦-١ مقدمة:

تنقسم الشوارع في المناطق الحضرية إلى أربع فئات مختلفة:

- الشوارع الحضرية السكنية التي تخدم بشكل أساسي الوصول إلى المساكن وعادة ما يُسمح بوقوف السيارات على جانب الطريق. في معظم الحالات، يمكن توفير الشوارع ذات الاتجاه الواحد وتستخدم لافتات التحكم في الأولوية (مثل لافتات إعطاء الأولوية ولافتات قف) للتحكم المروري في التقاطعات.
- الشوارع الحضرية التجميعية والتي تعمل أساسًا لربط الشوارع الحضرية السكنية مع الشوارع الحضرية الرئيسية الأخرى. يكون الوصول إلى استخدامات الأراضي والملكيات المجاورة محدوداً مقارنة بالشوارع السكنية، وبالتالي يكون تدفق المرور أعلى مع السماح بسرعات سير أعلى. في معظم الحالات، تُصمّم الطرق الحضرية التجميعية باتجاهين للسير بدون جزيرة وسطية، بينما يتم استخدام لافتات التحكم في الأولوية للتحكم المروري في التقاطعات، وفي حال ارتفاع أحجام المرور، يمكن تطبيق الإشارات المرورية للتحكم المروري في التقاطعات.
- الشوارع الحضرية الشريانية والتي تعتبر الممرات الرئيسية في المناطق الحضرية، حيث يتم تقديم معظم تدفق المرور. عادةً ما يُحظر الوصول إلى استخدامات الأراضي والملكيات المجاورة، بينما يُسمح بسرعة تشغيل أعلى. في حالات معينة مثل أحجام المرور العالية جدًا، يتم توفير أكثر من مسار مرور لكل اتجاه، وعادةً، في هذه الحالات، يتم توفير جزيرة وسطية مركزية لفصل اتجاهي السير المتعاكسين. في معظم الحالات، تُصمّم الشوارع الحضرية الشريانية باتجاهين للسير مع جزيرة وسطية، بينما يتم تطبيق الإشارات المرورية للتحكم المروري في التقاطعات نظرًا لتدفق المرور المرتفع.
- الطرق الحضرية السريعة وشبه السريعة والتي تخدم بشكل أساسي المرور العابر، هي طرق مقسومة عالية السرعة متعددة المسارات مع تحكم محدود أو كامل في الوصول. عادة ما يكون تدفق المرور مرتفعًا جدًا، ويحظر الوصول إلى استخدامات الأراضي والملكيات المجاورة وبالتالي يسمح بسرعات سير أعلى. تُصمّم الشوارع الحضرية الشريانية دائماً باتجاهين للسير مع جزيرة وسطية، بينما في معظم الحالات يسمح بالوصول الى هذه الطرق من خلال التقاطعات، كما يمكن تطبيق المحوّلات المنفصلة رأسياً في بعض الحالات المعينة. يجب تطبيق الإشارات المرورية للتحكم المروري بجميع التقاطعات وذلك بسبب سرعة السير العالية وكثافة المرور المرتفعة للغاية.

٦-٢ الشوارع السكنية:

٦-٢-١ اعتبارات التصميم العامة:

فيما يلي اعتبارات التصميم العامة التي يجب مراعاتها في تصميم الشوارع السكنية:

- الوصول إلى المسكن هو الوظيفة الرئيسة.
- تقع (هذه الشوارع) داخل المناطق السكنية.
- يُسمح بوقوف المركبات على جانب الطريق.
- يجب ألا تتجاوز ذروة تدفق المرور بالساعة ٣٠٠ مركبة / ساعة.
- توفّر التقاطعات بشكل متكرر (لا يزيد عن ٣٠٠ متر).
- تتراوح السرعة التصميمية بين ٣٠ و٤٠ كم/ساعة.

٦-٢-٢ مبادئ التصميم الأساسية:

يعتمد تصميم الشوارع السكنية على الحيّز اللازم للمركبة التصميمية (مركبة ركاب، حافلة صغيرة، حافلة، إلخ) وليس على ديناميكيات المركبة على المنحنيات.

ينبغي تقليل السرعة المسموح بها إلى ٣٠ حتى ٤٠ كم/ساعة. في بعض الحالات، يمكن تقليل السرعة المسموح بها إلى ٢٠ كم/ساعة.

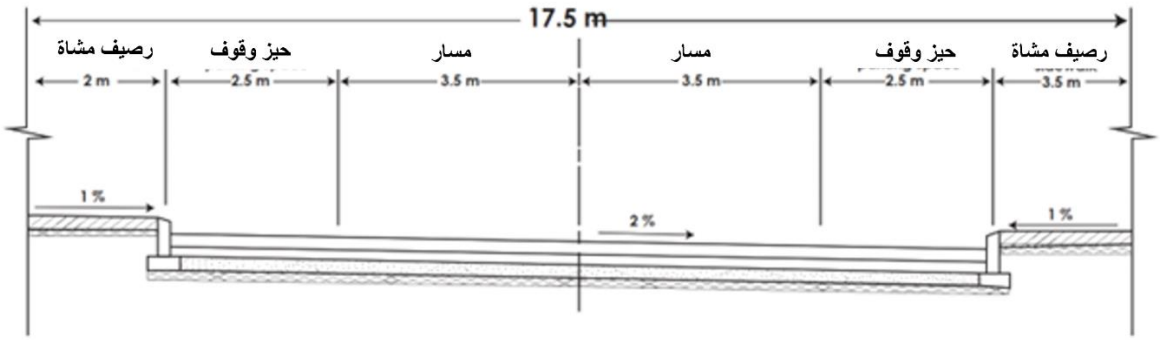
توصف مبادئ التصميم الأساسية مثل عناصر القطاع العرضي ومحاذاة الطريق الأفقية والرأسية وقيم التعلية الجانبية للطريق ومسافات التوقف والتجاوز وتصميم التقاطعات وما إلى ذلك في الأجزاء التالية.

٦-٢-٣ عناصر القطاع العرضي:

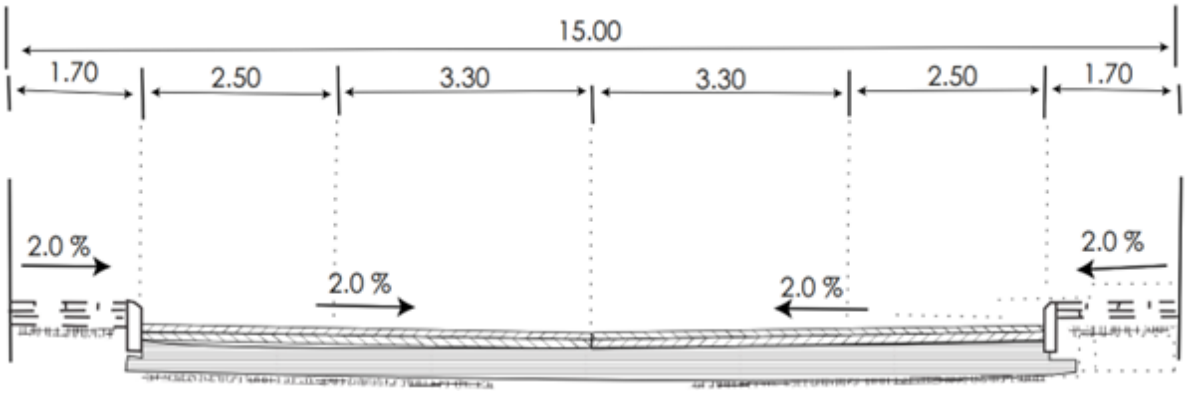
يمكن أن تُحكم أبعاد عناصر القطاع العرضي المطبق في الشوارع السكنية كالآتي:

- ٣,٦٥ متر عرض مسار المرور لحركة مرور المركبات في اتجاه واحد.
- ١,٥٠ متر عرض مسار المشاة دون أي عوائق (يفضل ٢،٤٠ متر).
- ٦,٠٠ م عرض لمرور المركبات في اتجاهين مع نسبة منخفضة من الشاحنات الثقيلة.
- ٦,٦٠ متر ~ ٧,٢٠ متر عرض لحركة المركبات في اتجاهين مع نسبة عالية من الشاحنات الثقيلة
- ٢,١٠ متر عرض لمواقف سيارات الركاب الخاصة الموازية للمسار (يفضل ٢,٥٠ متر).
- ١,٥٠ متر عرض مسار لمرور الدراجات في اتجاه واحد (يفضل ١,٨٠ متر).
- ٢,٤٠ متر عرض مسار لمرور الدراجات في اتجاهين (يفضل ٣,٠٠ متر).

يعرض الشكل (٦-١) والشكل (٦-٢) قطاعات عرضية نموذجية لشارع سكني بمنطقة حضرية مع تعلية جانبية مطبقة على اتجاه واحد، وميل عرضي منعكس مطبق، على التوالي.



الشكل (٦–١) قطاع عرضي نموذجي لشارع سكني بمنطقة حضرية مع تعلية جانبية مطبقة على جانب واحد، بعرض ١٧,٥ مترًا (MoMRAH, 2019).



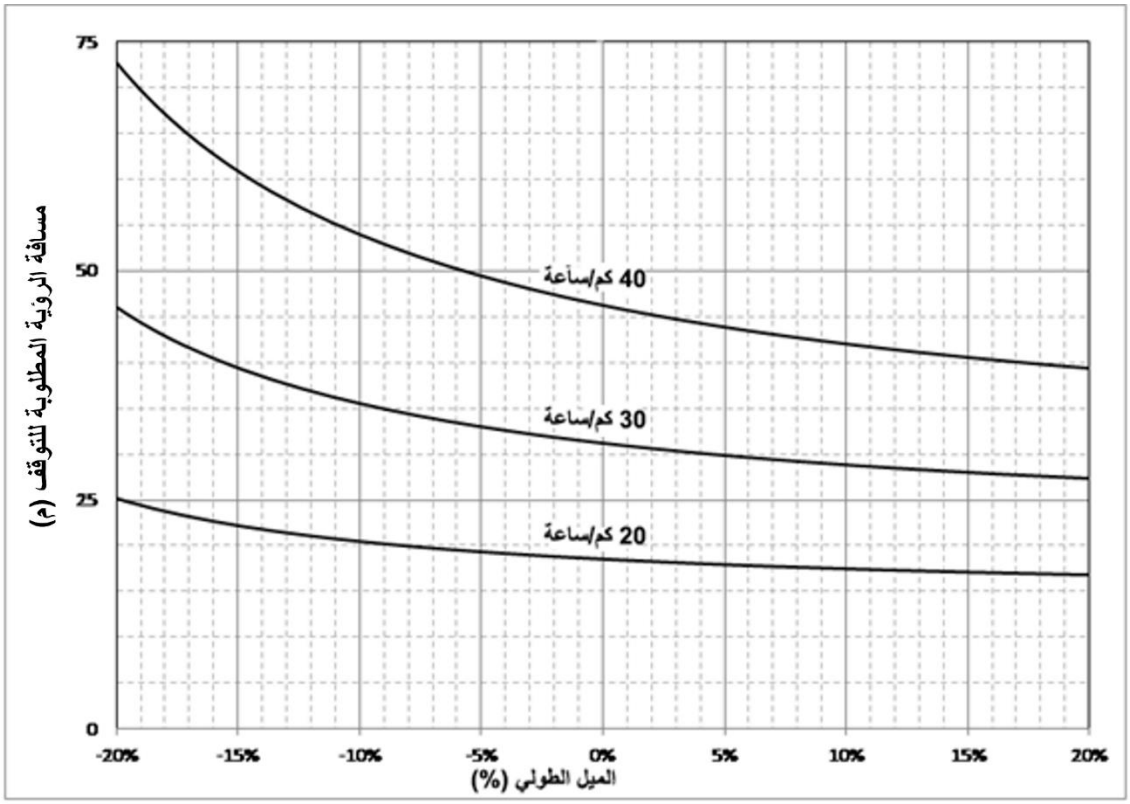
الشكل (٦–٢) قطاع عرضي نموذجي لشارع سكني بمنطقة حضرية مع ميل عرضي منعكس، بعرض ١٥,٠ متر (Riyadh Municipality, ROAD-RIYADH-Appendix Cross-section Elements for Streets and Roads, 2006).

٦-٢-٤ المحاذاة:

٦-٢-٤-١ كفاية الرؤية:

مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف

ينبغي اعتبار مسافة تسمح للسائق بإيقاف المركبة حين مشاهدة الأجسام الموجودة بسطح الطريق الريفي (العوائق)، أثناء القيادة بالسرعة التصميمية المحددة مسبقًا (مسافة الرؤية اللازمة للتوقف). يوضح الشكل (٦-٣) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب الميل الطولي والسرعة التصميمية للشوارع السكنية.



الشكل (٦–٣) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب السرعة التصميمية والميل الطولي للشوارع السكنية.

مسافة الرؤية المتاحة:

تُحسب مسافة الرؤية المتاحة من المحاذاة الأفقية والرأسية، مع الأخذ في الاعتبار -أيضًا- عناصر القطاع العرضي وتشكيل المنطقة المحيطة. وترتبط بالشعاع البصري بين موضع عين السائق وموضع العائق على سطح الطريق. يقع كل من موضع العين وموضع العائق على ارتفاع ١,٠٨ م فوق مسار المرور أو الخط المركزي للرصف.

مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز:

مسافة الرؤية للتجاوز هي مسافة الرؤية الدنيا التي يجب توفرها لتمكين سائق إحدى المركبات من تجاوز مركبة أخرى بأمان وسلاسة، دون التأثير على سرعة المركبة المقابلة التي تسير بالسرعة التصميمية. بالنسبة للشوارع السكنية، بناءً على الطريقة (١) والطريقة (٢) المعروضتين في القسم الفرعي (٤-٦-٢-٣)، تُعرض مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز في الجدول (٦-١).

الجدول (٦–١) مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز حسب السرعة التصميمية للشوارع السكنية (Method 1: AASHTO, 2018; Method 2: TxDOT, 2022).

السرعة التصميمية (كم/ساعة)	مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز (م)	
	الطريقة (١)	الطريقة (٢)
٢٠	١٣٠	١٠٠
٣٠	٢٠٠	١٢٠

السرعة التصميمية (كم/ساعة)	مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز (م)	
	الطريقة (١)	الطريقة (٢)
٤٠	٢٧٠	١٤٠

٦-٢-٤-٢ المحاذاة الأفقية:

في الشوارع السكنية، ليس من الضروري حساب عناصر محاذاة الطريق الأفقية والرأسية من حيث سلوك القيادة لأن السرعات (المسموح بها والتشغيل) منخفضة للغاية. لذلك، يعتمد التصميم على المساحة اللازمة للمركبة التصميمية وليس على ديناميكيات المركبة على المنحنيات.

من ناحية أخرى، يُسرد الحد الأدنى من أنصاف أقطار المنحنى الدائري وعامل الاحتكاك الجانبي لتقديرها في للشوارع السكنية لسرعة تصميمية تتراوح بين ٢٠ و٤٠ كم/ساعة، في الجدول (٦-٢). كي يدرك مستخدمو الطريق المنحنيات الدائرية كعناصر مستقلة داخل المنحنى الأفقي، يجب توفير الحد الأدنى لأطوال المنحنى الدائري وفقًا الجدول (٦-٢).

الجدول (٦–٢) عامل الاحتكاك الجانبي والحد الأدنى لطول ونصف قطر المنحنى الدائري الأفقي حسب السرعة التصميمية للشوارع السكنية.

السرعة التصميمية (كم/س)	عامل الاحتكاك الجانبي	الطول الأدنى للمنحنى الدائري (م)	نصف قطر المنحنى الدائري الأدنى (م)				
			معدل التعلية الجانبية الأقصى (٪)				
			٤,٠٠٪	٦,٠٠٪	٨,٠٠٪	١٠,٠٠٪	١٢,٠٠٪
٢٠	٠,٣٥	١٥	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠
٣٠	٠,٢٨	٢٠	٢٥	٢٥	٢٠	٢٠	٢٠
٤٠	٠,٢٣	٢٥	٥٠	٤٥	٤٥	٤٠	٤٠

تكون المنحنيات الانتقالية غير ضرورية بالنسبة للسرعة التصميمية التي تصل إلى ٣٠ كم/ساعة. في حال توفير منحنيات انتقالية حلزونية بين المقاطع المستقيمة والمنحنيات الدائرية، تُلخّص قيم الحدود الدنيا/القصوى والمُوصى بها لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأطوالها وحدود تطبيقها على المنحنيات الأفقية في كل من الجدول (٦-٣) والجدول (٦-٤)، على التوالي، وينبغي استخدام المنحنيات الانتقالية في حالة المنحنيات الأفقية ذات أنصاف أقطار تساوي أو تقل عن الحدود القصوى لأنصاف الأقطار الموضحة في الجدول نفسه (قيم الحدود الدنيا والمُوصى بها، على الترتيب). تُعرَّف المنحنيات الانتقالية رياضيًا على أنها منحنيات حلزونية (انظر الملحق أ-٢).

الجدول (٦–٣) الحدود الدنيا والقصوى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للشوارع السكنية.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	طول المنحنى الانتقالي الأدنى (م)	نصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي الأقصى (م)
٢٠	١٠	١١	٢٤
٣٠	١٥	١٧	٥٣

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	طول المنحنى الانتقالي الأدنى (م)	نصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي الأقصى (م)
٤٠	٢٠	٢٢	٩٥

الجدول (٦–٤) القيم المُوصى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للشوارع السكنية.

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة المُوصى بها لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	طول المنحنى الانتقالي المُوصى به (م)	الحد المُوصى به لنصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي (م)
٢٠	١٥	١٥	١٠٠
٣٠	٢٥	٢٥	٢٥٠
٤٠	٤٠	٤٠	٤٠٠

٦-٢-٤-٣ المحاذاة الرأسية:

لأغراض تشغيل حركة المرور، خاصة بالنسبة للمركبات الثقيلة، ينبغي ألا تتجاوز الميول الطولية القصوى القيم الواردة في الجدول (٦-٥). نسبةً إلى التأثير الكبير لاختيار الميول الطولية في تصميم الشوارع السكنية على الأداء التشغيلي للمركبات الثقيلة وكذلك على حركة المشاة والدراجات، ينبغي بذل جهد خاص لتقليل تلك الميول إلى ٨,٠٪ (حيثما كان ذلك ممكناً).

الجدول (٦–٥) الميول المُوصى بها حسب السرعة التصميمية للشوارع السكنية.

السرعة التصميمية (كم/س)	الميل (G) المرغوب فيه (٪)	الميل (G) الأقصى المسموح به (٪)
٢٠	١٠,٠	١٦,٠
٣٠	٩,٠	١٤,٠
٤٠	٨,٠	١٢,٠

في بعض الحالات الصعبة وفقط لأجزاء صغيرة من الشارع السكني، يمكن تجاوز الميول الطولية القصوى الموجودة في الجدول (٦-٥).

يجب إضافة منحنيات رأسية عند التغيرات في الميول الطولية في طرق نقل الحركة المرورية. تُقرب منحنيات القمة والقاع من خلال تنفيذ منحنى دائري. تُقرب المنحنيات الدائرية الرأسية بواسطة قطع مكافئ تربيعي (انظر الملحق أ-٣). تُعرض القيم المُوصى بها للمعلمة "K" (أي: طول المنحنى الرأسي لتحقيق تغير بنسبة ١,٠٠ ٪ في الميل الطولي) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية، والقيم الدنيا لأطوال المنحنيات الرأسية في الجدول (٦-٦)، مع الأخذ في الاعتبار أن عين السائق على ارتفاع ١,٠٨ م، في حين أن الأجسام على سطح الطريق (العوائق) على ارتفاع ٠,٦٠ م، لمسافة الرؤية للتوقف وعلى ارتفاع ١,٠٨ متر لمسافة الرؤية للتجاوز، وفق إرشادات (AASHTO).

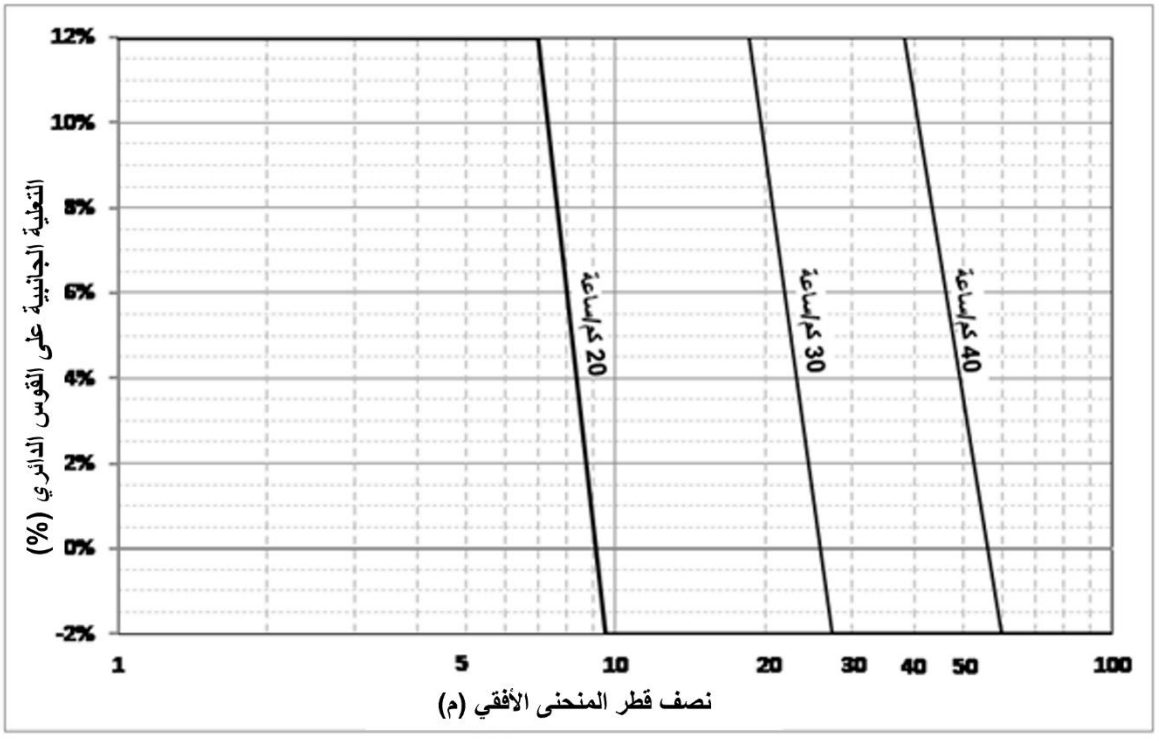
الجدول (٦–٦) القيم المُوصى بها للمعلمة (K) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية حسب السرعة التصميمية للشوارع السكنية.

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة الدنيا للمعلمة K لمنحنى قمة رأسي (م /٪)			القيمة الدنيا للمعلمة K لمنحنى قاع رأسي (م /٪)	طول المنحنى الرأسي الأدنى (م)
	كفاية مسافة الرؤية للتوقف	كفاية مسافة الرؤية للتجاوز			
		الطريقة (١)	الطريقة (٢)		
٢٠	١	٢٠	١٢	٢	١٢
٣٠	٢	٤٦	١٧	٥	١٨
٤٠	٤	٨٤	٢٣	٨	٢٤

يمكن اختيار أنصاف بقيم أصغر للمنحنيات الرأسية للشوارع السكنية التي تكون فيها سيارة الركاب الخاصة المركبة السائدة في المرور.

٦-٢-٤-٤ التعلية الجانبية:

في الأجزاء المستقيمة، ينبغي أن يكون معدل التعلية الجانبية المطبق ٢,٠ % ويفضل ٢,٥ % (التاج العادي)، بينما في المنحنيات الأفقية، يمكن أن ينحصر الحد الأقصى لمعدل التعلية الجانبية عند ١٢,٠٪ باتجاه الحافة الداخلية للقوس الدائري. ي، بينما الحد الأدنى للميل العرضي ينحصر عند ٢,٠٪، يوضح الشكل (٦-٤) معدلات التعلية الجانبية المطلوبة حسب نصف قطر المنحنى الأفقي لجميع السرعات التصميمية، كما يوصى بتقريب القيم المستخرجة من الجدول (٦-٤) إلى أقرب ٠,٥ %.



الشكل (٦–٤) التعلية الجانبية على منحنى دائري حسب نصف قطر المنحنى الأفقي (الحد الأقصى = ١٢,٠٪) للشوارع السكنية.

نظرًا للسرعة التصميمية المنخفضة جدًا المطبقة على الشوارع السكنية، يمكن أن يقتصر الحد الأقصى المفضّل للتعلية الجانبية للطريق على ٤,٠٪، بينما يمكن استخدام معدلات أعلى من ٦,٠ إلى ٨,٠٪ في حالات معينة.

في الحالات التي تكون فيها قيم أنصاف أقطار المنحنيات الدائرية أكبر من القيم المعروضة في الجدول (٦-٧)، يمكن تطبيق معدل تعلية جانبية عكسي يساوي - ٢,٠ ٪ (باتجاه الحافة الخارجية للمنحنى الدائري كما هو موضح في الشكل (٤-١٣))، إذا كان يمكن تجنب المنطقة ضعيفة الصرف بتطبيق هذا الحل.

الجدول (٦–٧) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار الأفقية لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية للشوارع السكنية.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لنصف قطر المنحنى الدائري لتنفيذ التعلية الجانبية العكسية (م)	
	e = - ٢,٠٠٪	e = - ٢,٥٠٪
٢٠	أكبر من ١٠	أكبر من ١٠
٣٠	أكبر من ٣٠	أكبر من ٣٠
٤٠	أكبر من ٦٠	أكبر من ٦٥

توفر الصيغة الرياضية والمعلمات الأساسية لحساب الطول الأدنى لمنحدر التعلية الجانبية في القسم الفرعي (٤-٦-٦-٢).

٦-٢-٥ تصميم التقاطع:

تُستخدم التقاطعات السطحية المحكومة بلافتات اعطاء الأولوية بشكل أساسي لربط الشوارع السكنية مع بعضها البعض. من ناحية أخرى، عند تقاطع الشوارع السكنية الشارع التجميعي الذي يخدم تدفقًا مروريّاً متزايدًا، ينبغي النظر في تطبيق الإشارات المرورية وفقًا للإرشادات الواردة في الجزء ٢,٢. من كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور) وفي الجزء ٥,٥٥ من كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري)، خاصة عند استيفاء الشروط التالية للشارع التجميعي:

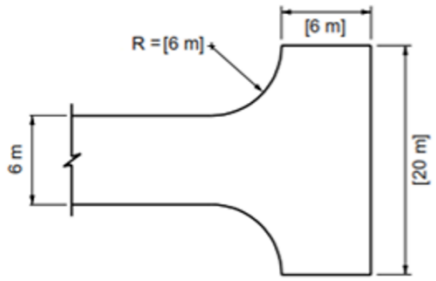
- زيادة السرعة المسموح بها إلى ٥٠ كم/ساعة أو أعلى.
- تدفق مروري أعلى من ٥٠٠٠ مركبة / اليوم.
- انخفاض الرؤية الموفرة، بسبب الظروف المحلية، بمقدار أقل من المطلوب وفقًا للشكل (٦-١١).

لا تكون هناك حاجة عادةً إلى مسارات انعطاف إلى اليسار إضافية في الشوارع السكنية، نظرًا لانخفاض كثافة المرور وسرعات التشغيل عليها.

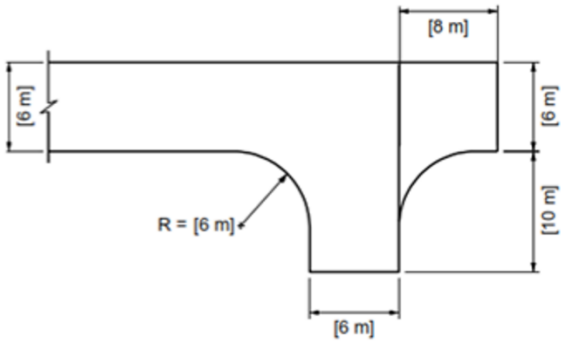
٦-٢-٦ قضايا أخرى مرتبطة بالتصميم:

٦-٢-٦-١ الطرق ذات النهايات المسدودة:

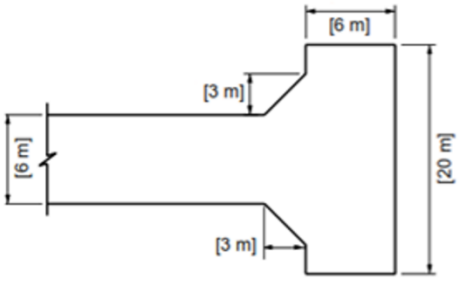
في بعض الحالات، تصمم الشوارع السكنية على بنهايات مسدودة(cul-de-sac)، إذ ينبغي اقتراح شكل هندسي (جيومتري) مناسب لنهاية الطريق المسدودة كمنطقة دوران للمركبات. وبالتالي، يجب أن تحقق تسهيلات الدوران عادة متطلبات التصميم الحضري بالإضافة إلى المتطلبات الهندسية لمناورات دوران المركبات بما في ذلك المركبات الصغيرة حتى ١٠ أمتار (الشكل ٦-٥). يمكن استخدام المسطحات الخضراء الصغيرة والأشجار لإبراز الفرق بين وظيفة الشارع ومنطقة الدوران. يمكن استخدام برامج محددة لإجراء تحليل مسار أثر انعطاف المركبات التصميمية swept path analysis في هذه المناطق.



منطقة الالتفاف القياسية



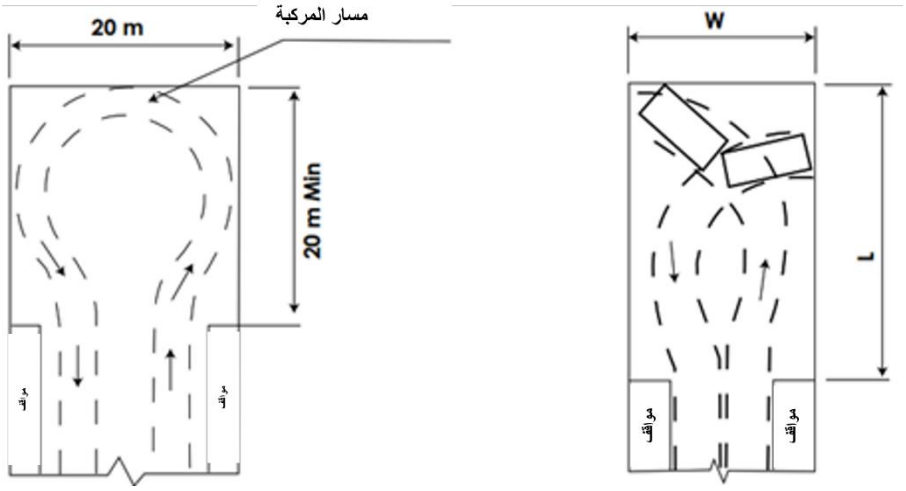
منطقة الالتفاف



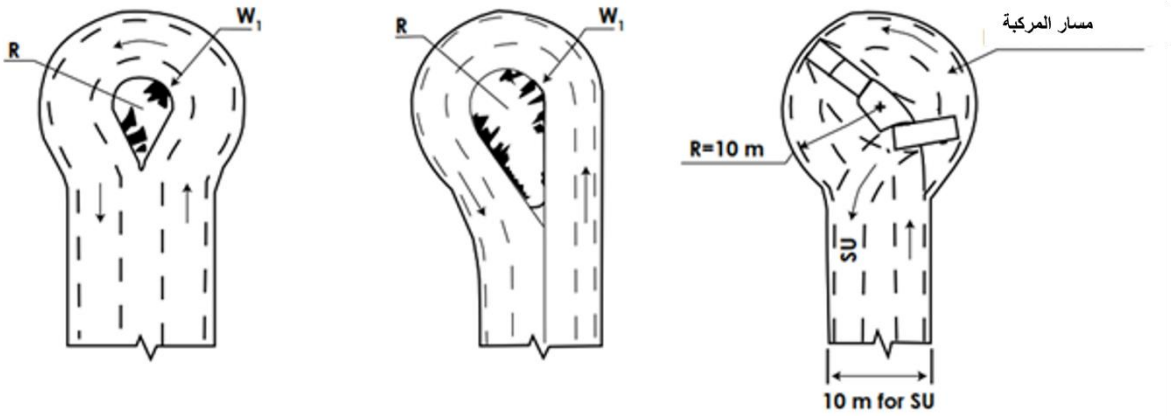
قطع الزوايا القياسي

الشكل (٦–٥) المتطلبات الهندسية (الجيومترية) للدوران بالطرق ذات النهايات المسدودة **(**AASHTO, 2018**)**.

في حالة الحاجة إلى طريق ذي نهاية مسدودة لاستيعاب مناورات الدوران للمركبات الأطول، يمكن استخدام شكل آخر للنهاية المسدودة وفقًا للشكل (٦-٦) والشكل (٦-٧) والإرشادات الواردة في الجدول (٦-٨). في جميع الحالات، يجب إجراء تحليل مسار أثر انعطاف المركبات التصميمية (swept path analysis) باستخدام برنامج محاكاة محدد قائم على الحاسوب.



الشكل (٦–٦) أشكال طريق ذي نهاية مسدودة مربعة (AASHTO, 2018).



الشكل (٦–٧) أشكال طريق ذي نهاية مسدودة دائرية (AASHTO, 2018).

الجدول (٦–٨) الأبعاد الدنيا لتشكيلات الطرق ذات النهاية المسدودة المربعة والدائرية (AASHTO, 2018).

المركبة التصميمية	الأبعاد (متر)			
	طرق ذات نهاية مسدودة مربعة		طرق ذات نهاية مسدودة دائرية	
	W	L	W	R
مركبة ركاب (P)	١٠	٢٠	٦	١٠
شاحنة ذات وحدة واحدة (SU)	١٥	٣٠	١٠	١٥
نصف مقطورة متوسطة (WB12)	-	-	٨	١٣
نصف مقطورة كبيرة (WB15)	-	-	١٠	١٥

٦-٣ الشوارع الحضرية التجميعية:

٦-٣-١ اعتبارات التصميم العامة:

فيما يلي اعتبارات التصميم العامة التي يجب مراعاتها للشوارع التجميعية في المناطق الحضرية:

- الوصول والنقل هما الوظيفتان الرئيستان.
- تقع (هذه الشوارع) عادة داخل المناطق السكنية، ومناطق توفُّر الاستخدامات التجارية، والمكاتب، ومباني الخدمات العامة أيضاً.
- يمنع وقوف المركبات، وقد يسمح بوقوف المركبات على جانب الطريق في بعض الحالات الاستثنائية.
- يجب ألا تتجاوز ذروة تدفق المرور بالساعة ١,٠٠٠ مركبة / ساعة.
- يتوقع تدفق المشاة على طول الطريق، كما توفر معابر المشاة في مناطق محددة.
- يمكن استخدام وسائل النقل العام.
- توفر التقاطعات بشكل متكرر (لا يزيد عن ٣٠٠ متر).
- تتراوح السرعة التصميمية بين ٣٠ و٥٠ كم/ساعة.

٦-٣-٢ مبادئ التصميم الأساسية:

يستند تصميم الشوارع التجميعية في المناطق الحضرية على ديناميات المركبة على المنحنيات.

ينبغي تقليل السرعة المسموح بها إلى ٤٠ حتى ٥٠ كم/ساعة. في بعض الحالات، يمكن تقليل السرعة المسموح بها إلى ٣٠ كم/ساعة.

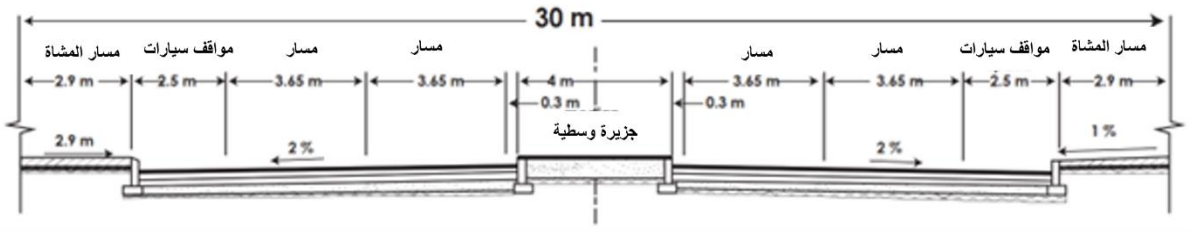
توصف مبادئ التصميم الأساسية مثل عناصر القطاع العرضي ومحاذاة الطريق الأفقية والرأسية وقيم التعلية الجانبية للطريق ومسافات التوقف والتجاوز وتصميم التقاطعات وما إلى ذلك في الأجزاء التالية.

٦-٣-٣ عناصر القطاع العرضي:

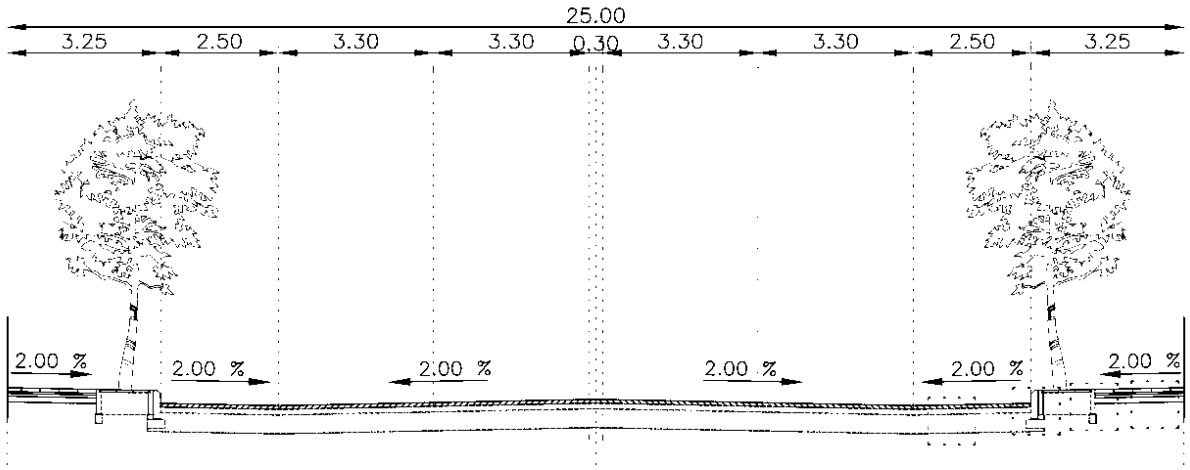
يمكن أن تُحكم أبعاد عناصر القطاع العرضي المطبق في التجميعية في المناطق الحضرية كالآتي:

- ٣,٦٥ متر عرض مسار المرور لحركة مرور المركبات في اتجاه واحد (يفضل ٤,٥٠ متر).
- ١,٥٠ متر عرض مسار المشاة دون أي عوائق (يفضل ٢،٤٠ متر).
- ٦,٦ متر عرض لمرور المركبات في اتجاهين مع نسبة منخفضة من الشاحنات الثقيلة.
- ٧,٢٠ متر عرض لحركة المركبات في اتجاهين مع نسبة عالية من الشاحنات الثقيلة
- ٢,١٠ متر عرض لمواقف سيارات الركاب الخاصة الموازية للمسار (يفضل ٢,٥٠ متر).
- ١,٥٠ متر عرض مسار لمرور الدراجات في اتجاه واحد (يفضل ١,٨٠ متر).
- ٢,٤٠ متر عرض مسار لمرور الدراجات في اتجاهين (يفضل ٣,٠٠ متر).

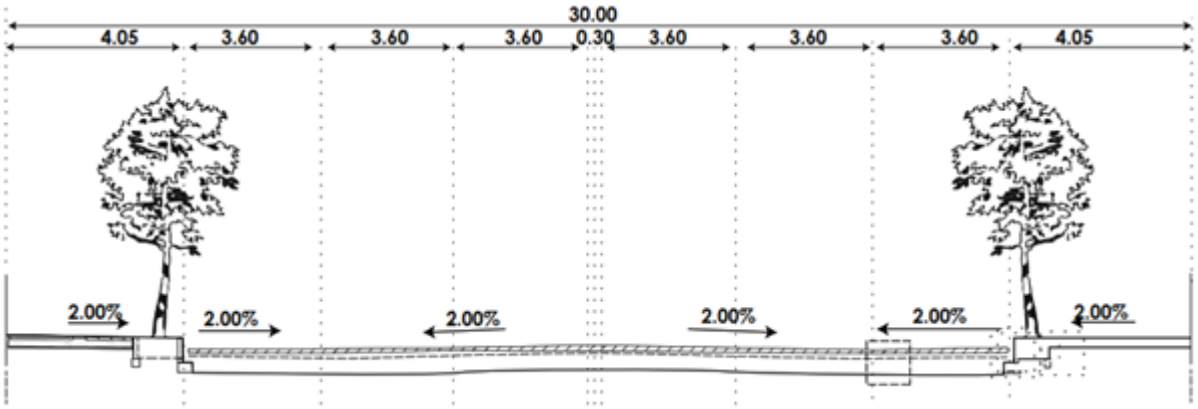
تعرض قطاعات عرضية نموذجية لطريق تجميعي بمنطقة حضرية في الشكل (٦-٨)، والشكل (٦-٩) والشكل (٦-١٠). ينبغي اعتبار القطاعات العرضية ذات أربع مسارات مرورية بدون جزيرة وسطية كحالة استثنائية، لأسباب تتعلق بالسلامة على الطريق، وينبغي أن يخضع اختيارها لإجراء استثناء التصميم.



الشكل (٦–٨) قطاع عرضي نموذجي لطريق حضري تجميعي، مع جزيرة وسطية متضمناً أمكان وقوف السيارات، بعرض ٣٠,٠ مترًا (MoMRAH, 2019).



الشكل (٦–٩) قطاع عرضي نموذجي لطريق حضري تجميعي، بدون جزيرة وسطية متضمناً أماكن وقوف السيارات، بعرض ٢٥,٠ متر (Riyadh Municipality, ROAD-RIYADH-Appendix Cross-section Elements for Streets and Roads, 2006) - حالة استثنائية.



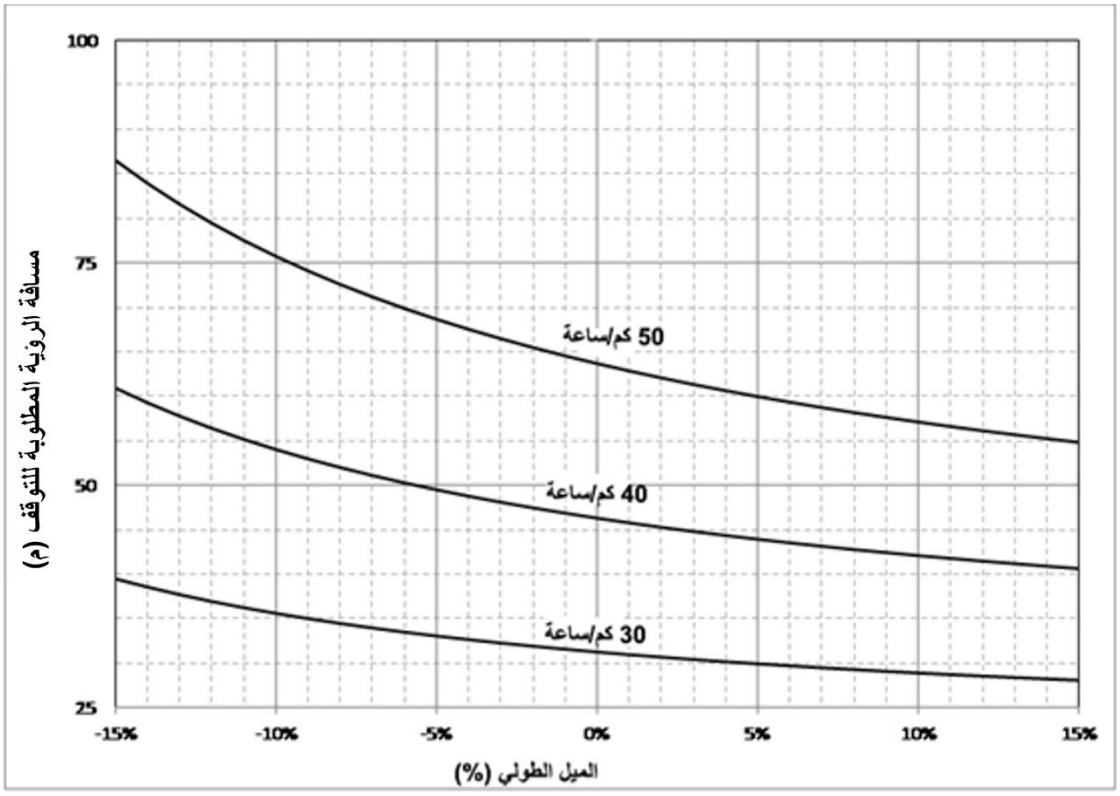
الشكل (٦–١٠) قطاع عرضي نموذجي لطريق حضري تجميعي، بدون جزيرة وسطية وبدون أماكن وقوف السيارات، بعرض ٣٠,٠ متر (Riyadh Municipality, ROAD-RIYADH-Appendix Cross-section Elements for Streets and Roads, 2006). حلات استثنائية.

٦-٣-٤ المحاذاة:

٦-٣-٤-١ كفاية الرؤية:

مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف:

ينبغي اعتبار مسافة تسمح للسائق بإيقاف المركبة حين مشاهدة الأجسام الموجودة بسطح الطريق (العوائق)، أثناء القيادة بالسرعة التصميمية المحددة مسبقًا (مسافة الرؤية اللازمة للتوقف). يوضح الشكل (٦-١١) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب الميل الطولي والسرعة التصميمية للشوارع التجميعية في المناطق الحضرية.



الشكل (٦–١١) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب السرعة التصميمية والميل الطولي للشوارع الحضرية التجميعية.

مسافة الرؤية المتاحة:

تُحسب مسافة الرؤية المتاحة من المحاذاة الأفقية والرأسية، مع الأخذ في الاعتبار -أيضًا- عناصر القطاع العرضي وتشكيل المنطقة المحيطة. وترتبط بالشعاع البصري بين موضع عين السائق وموضع العائق على سطح الطريق. يقع كل من موضع العين وموضع العائق على ارتفاع ١,٠٨ م فوق مسار المرور أو الخط المركزي للرصف.

مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف:

مسافة الرؤية للتجاوز هي مسافة الرؤية الدنيا التي يجب توفرها لتمكين سائق إحدى المركبات من تجاوز مركبة أخرى بأمان وسلاسة، دون التأثير على سرعة المركبة المقابلة التي تسير بالسرعة التصميمية. بالنسبة للشوارع التجميعية في المناطق الحضرية، بناءً على الطريقة (١) والطريقة (٢) المعروضتين في القسم الفرعي (٤-٦-٢-٣)، تُعرض مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز في الجدول (٦-٩).

الجدول (٦–٩) مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز حسب السرعة التصميمية للشوارع التجميعية في المناطق الحضرية (Method 1: AASHTO, 2018; Method 2: TxDOT, 2022).

السرعة التصميمية (كم/ساعة)	مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز (م)	
	الطريقة (١)	الطريقة (٢)
٣٠	٢٠٠	١٢٠
٤٠	٢٧٠	١٤٠
٥٠	٣٤٥	١٦٠

٦-٣-٤-٢ المحاذاة الأفقية:

على الشوارع التجميعية في المناطق الحضرية، يستند التصميم على ديناميات المركبة على المنحنيات. يُسرد الحد الأدنى من أنصاف أقطار المنحنى الدائري وعامل الاحتكاك الجانبي لتقديرها للشوارع التجميعية الحضرية لسرعة تصميمية تتراوح بين ٣٠ الى ٥٠ كم/ساعة، في الجدول (٦-١٠). كي يدرك مستخدمو الطريق المنحنيات الدائرية كعناصر مستقلة داخل المنحنى الأفقي، يجب توفير الحد الأدنى لأطوال المنحنى الدائري وفقًا للجدول (٦-١٠).

الجدول (٦–١٠) عامل الاحتكاك الجانبي والحد الأدنى لطول ونصف قطر المنحنى الدائري الأفقي حسب السرعة التصميمية للشوارع التجميعية في المناطق الحضرية.

السرعة التصميمية (كم/س)	عامل الاحتكاك الجانبي	الطول الأدنى للمنحنى الدائري (م)	نصف قطر المنحنى الدائري الأدنى (م)				
			معدل التعلية الجانبية الأقصى (٪)				
			٤,٠٠٪	٦,٠٠٪	٨,٠٠٪	١٠,٠٠٪	١٢,٠٠٪
٣٠	٠,٢٨	٢٠	٢٥	٢٥	٢٠	٢٠	٢٠
٤٠	٠,٢٣	٢٥	٥٠	٤٥	٤٥	٤٠	٤٠
٥٠	٠,١٩	٣٠	٩٠	٨٠	٧٥	٧٠	٦٥

في حال توفير منحنيات انتقالية حلزونية بين المقاطع المستقيمة والمنحنيات الدائرية، ، تُلخّص قيم الحدود الدنيا/القصوى والمُوصى بها لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأطوالها وحدود تطبيقها على المنحنيات الأفقية في كل من الجدول (٦-١١) و الجدول (٦-١٢)، على التوالي، وينبغي استخدام المنحنيات الانتقالية في حالة المنحنيات الأفقية ذات أنصاف أقطار تساوي أو تقل عن الحدود القصوى لأنصاف الأقطار الموضحة في الجدول نفسه (قيم الحدود الدنيا والمُوصى بها، على الترتيب). تُعرَّف المنحنيات الانتقالية رياضيًا على أنها منحنيات حلزونية (انظر الملحق أ-٢).

الجدول (٦–١١) الحدود الدنيا والقصوى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للشوارع الحضرية التجميعية.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	طول المنحنى الانتقالي الأدنى (م)	نصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي الأقصى (م)
٣٠	٢٠	١٧	٥٣
٤٠	٣٠	٢٢	٩٥
٥٠	٤٥	٢٨	١٤٨

الجدول (٦–١٢) القيم المُوصى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للشوارع الحضرية التجميعية.

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة المُوصى بها لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	طول المنحنى الانتقالي المُوصى به (م)	الحد المُوصى به لنصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي (م)
٣٠	٢٥	٢٥	٢٥٠
٤٠	٤٠	٤٠	٤٠٠
٥٠	٦٥	٦٠	٥٠٠

٦-٣-٤-٣ المحاذاة الرأسية:

لأغراض تشغيل حركة المرور، خاصة بالنسبة للمركبات الثقيلة، ينبغي ألا تتجاوز الميول الطولية القصوى القيم الواردة في الجدول (٦-١٣). نسبةً إلى التأثير الكبير لاختيار الميول الطولية في تصميم الشوارع التجميعية في المناطق الحضرية على الأداء التشغيلي للمركبات الثقيلة وكذلك على حركة المشاة والدراجات، ينبغي بذل جهد خاص لتقليل تلك الميول إلى ٨,٠٪ (حيثما كان ذلك ممكناً).

الجدول (٦–١٣) الميول المُوصى بها حسب السرعة التصميمية للشوارع الحضرية التجميعية.

السرعة التصميمية (كم/س)	الميل (G) المرغوب فيه (٪)	الميل (G) الأقصى المسموح به (٪)
٣٠	٩,٠	١٤,٠
٤٠	٨,٠	١٢,٠
٥٠	٧,٠	١٠,٠

في بعض الحالات الصعبة وفقط لأجزاء صغيرة من الشوارع التجميعية في المناطق الحضرية، يمكن تجاوز الحد الأقصى للميول الطولية الموجود في الجدول (٦-١٣).

يجب إضافة منحنيات رأسية عند التغيرات في الميول الطولية في طرق نقل الحركة المرورية. تُقرب منحنيات القمة والقاع من خلال تنفيذ منحنى دائري. تُقرب المنحنيات الدائرية الرأسية بواسطة قطع مكافئ تربيعي (انظر الملحق أ-٣). تُعرض القيم المُوصى بها للمعلمة "K" (أي: طول المنحنى الرأسي لتحقيق تغير بنسبة ١,٠٠ ٪ في الميل الطولي) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية، والقيم الدنيا لأطوال المنحنيات الرأسية في الجدول (٦-١٤)، مع الأخذ في الاعتبار أن عين السائق على ارتفاع ١,٠٨ م، في حين أن الأجسام على سطح الطريق (العوائق) على ارتفاع ٠,٦٠ م، لمسافة الرؤية للتوقف وعلى ارتفاع ١,٠٨ متر لمسافة الرؤية للتجاوز، وفق إرشادات (AASHTO).

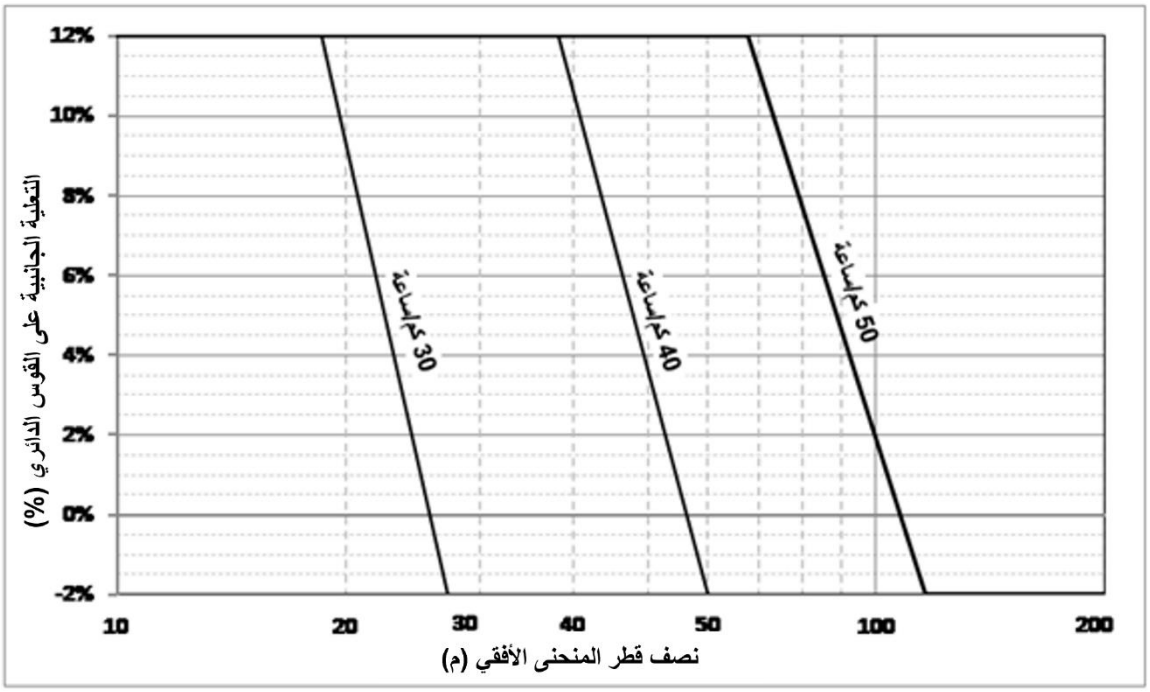
الجدول (٦–١٤) القيم المُوصى بها للمعلمة (K) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية حسب السرعة التصميمية للشوارع الحضرية التجميعية.

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة الدنيا للمعلمة K لمنحنى قمة رأسي (م /٪)			القيمة الدنيا للمعلمة K لمنحنى قاع رأسي (م /٪)	طول المنحنى الرأسي الأدنى (م)
	كفاية مسافة الرؤية للتوقف	كفاية مسافة الرؤية للتجاوز			
		الطريقة (١)	الطريقة (٢)		
٣٠	٢	٤٦	١٧	٥	١٨
٤٠	٤	٨٤	٢٣	٨	٢٤
٥٠	٦	١٣٨	٣٠	١٢	٣٠

يمكن اختيار أنصاف بقيم أصغر للمنحنيات الرأسية للشوارع التجميعية في المناطق الحضرية التي تكون فيها سيارة الركاب الخاصة المركبة السائدة في المرور.

٦-٣-٤-٤ التعلية الجانبية:

في الأجزاء المستقيمة، ينبغي أن يكون معدل التعلية الجانبية المطبق ٢,٠ % ويفضل ٢,٥ %، بينما في المنحنيات الأفقية، يمكن أن ينحصر الحد الأقصى لمعدل التعلية الجانبية عند ١٢,٠٪ باتجاه الحافة الداخلية للقوس الدائري، بينما الحد الأدنى لميل التعلية الجانبية ينحصر عند ٢,٠٪، يوضح الشكل (٦-١٢) معدلات التعلية الجانبية المطلوبة حسب نصف قطر المنحنى الأفقي لجميع السرعات التصميمية، كما يوصى بتقريب القيم المستخرجة من الشكل (٦-١٢) إلى أقرب ٠,٥ %.



الشكل (٦–١٢) التعلية الجانبية على منحنى دائري حسب نصف قطر المنحنى الأفقي (الحد الأقصى e = 12.0%) للشوارع الحضرية التجميعية.

نظرًا للسرعة التصميمية المنخفضة جدًا المطبقة على الشوارع الحضرية التجميعية، يمكن أن يقتصر الحد الأقصى المفضّل للتعلية الجانبية للطريق على ٤,٠٪، بينما يمكن استخدام معدلات أعلى تتراوح من ٦,٠ إلى ٨,٠٪ في حالات معينة.

في الحالات التي تكون فيها قيم أنصاف أقطار المنحنيات الدائرية أكبر من القيم المعروضة في الجدول (٦-١٥) ، يمكن تطبيق معدل تعلية جانبية عكسي يساوي - ٢,٠ ٪ (باتجاه الحافة الخارجية للمنحنى الدائري كما هو موضح في الشكل (٤-١٣)، إذا كان يمكن تجنب المنطقة ضعيفة الصرف بتطبيق هذا الحل.

الجدول (٦–١٥) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار الأفقية لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية للشوارع الحضرية التجميعية.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لنصف قطر المنحنى الدائري لتنفيذ التعلية الجانبية العكسية (م)	
	e = - ٢,٠٠٪	e = - ٢,٥٠٪
٣٠	أكبر من ٣٠	أكبر من ٣٠
٤٠	أكبر من ٦٠	أكبر من ٦٥
٥٠	أكبر من ١٢٠	أكبر من ١٢٠

يتم توفير الصيغة الرياضية والمعلمات الأساسية لحساب الطول الأدنى لمنحدر التعلية الجانبية في القسم الفرعي (٤-٦-٦-٢).

٦-٣-٥ تصميم التقاطع:

٦-٣-٥-١ تقاطعات سطحية مع لافتات التحكم في الأولوية:

تُستخدم التقاطعات السطحية المحكومة بلافتات اعطاء الأولوية بشكل أساسي في الربط بين الشوارع الحضرية التجميعية والشوارع السكنية. في حين أن التقاطعات السطحية المحكومة بالإشارات المرورية تستخدم بشكل أساسي في ربط الشوارع الشريانية مع الشوارع التجميعية من ناحية أخرى، عند التقاطعات السطحية بين الشوارع التجميعية والشوارع السكنية التي تخدم تدفقًا مروريّاً متزايدًا، ينبغي النظر في تطبيق الإشارات المرورية وفقًا للإرشادات الواردة في الجزء ٢,٢. من كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور) وفي الجزء ٥,٥٥ من كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري)، خاصة عند استيفاء الشروط التالية:

- زيادة السرعة المسموح بها إلى ٥٠ كم/ساعة أو أعلى.
- تدفق مروري أعلى من ٥٠٠٠ مركبة / اليوم.
- انخفاض الرؤية الموفرة، بسبب الظروف المحلية، بمقدار أقل من المطلوب وفقًا للشكل (٦-١٦).

لا تكون هناك حاجة عادةً إلى مسارات انعطاف إلى اليسار إضافية في الشوارع السكنية، نظرًا لانخفاض كثافة المرور وسرعات التشغيل عليها.

في حالة تطبيق التقاطعات السطحية المحكومة بلافتات اعطاء الأولوية في الطرق الصناعية، ينبغي الأخذ في الاعتبار حركات الانعطاف إلى اليسار فقط في الحالات التي يكون فيها تدفق المرور محدوداً حتى ٣٠٠٠ مركبة/ اليوم. عند الحاجة إلى الحفاظ على حركات الانعطاف إلى اليسار للحالات التي يكون فيها المرور متزايدًا، يجب النظر في مسار انعطاف إلى اليسار منفصل مع التركيب المتزامن للإشارات المرورية. يتم توفير إرشادات أكثر تحديدًا حسب الحاجة إلى تطبيق التقاطعات المحكومة بالإشارات المرورية (معايير استخدام إشارات المرور – المبرّرات) في الجزء (٥-٥) من كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري).

٦-٣-٥-٢ تقاطعات سطحية المحكومة بإشارات المرور:

يمكن استخدام التقاطعات السطحية المحكومة بإشارات المرور في الشوارع الحضرية التجميعية عند ازدياد التدفق المروري. يتم اشتقاق عدد وطول مسارات انتظار المركبات من تقييم إشارات المرور وفقًا للباب (٢). كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور) وكذلك اعتبارات سلامة الطريق. كما يمكن استخدام أجهزة التحكم المروري وفقًا للجزء (٥-٤). من كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري). عادة، ينبغي تصميم منطقة الاصطفاف بطول كافٍ، أو تعديل برنامج الإشارة المرورية، بحيث يمكن استيعاب المركبات الداخلة للتقاطع في دورة واحدة.

٦-٣-٦ تقاطعات السكك الحديدية والطرق السطحية:

تقاطعات السكك الحديدية والطرق هي تقاطعات (معابر) سطحية حيث يعبر الطريق سكة حديدية في نفس المستوى، وعادة في المناطق الريفية حيث يكون تدفق حركة القطارات محدودًا للغاية. في المناطق الحضرية، نادراً ما يتم تطبيق هذا النوع من التقاطعات بسبب ارتفاع تدفق مرور المركبات والمشاة وراكبي الدراجات. إذا دعت الحاجة الى تأمين تقاطعات السكك الحديدية والطرق السطحية لبعض الحالات الصعبة، فيجب استخدام أجهزة الإنذار/التحكم لتجنب الحوادث. يحتوي هذا النوع من التقاطعات السطحية، في حالتها النشطة، على أجهزة تحذير ومراقبة نشطة مثل الأجراس والأضواء الوامضة والبوابات، بالإضافة إلى أجهزة التحذير الخاملة مثل اللافتات المألوفة على شكل حرف X والتي تعني اعط الطريق للقطار (crossbucks)، لافتات "اعط الطريق" أو لافتات "قف" والعلامات الأرضية. تحدد أجهزة التحذير/التحكم هذه في الجزء (٥-٥) من كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري).

٦-٣-٧ قضايا أخرى مرتبطة بالتصميم:

٦-٣-٧-١ توسيع الطريق عند المنحنيات الأفقية:

تُعرض الإرشادات ذات الصلة بتصميم توسيع الطريق المطلوب عند المنحنيات الأفقية وتفاصيل عناصره الهندسية في القسم الفرعي (٤-٦-٦-٣).

٦-٣-٧-٢ توسيع الطريق عند إضافة أو أسقاط مسارات مرورية:

ينبغي توسيع سطح الطريق التجميعي في حالة توفير مسارات التجاوز والمسارات الإضافية الأخرى، وفق متطلبات التصميم الهندسي لإضافة المسار وتوسيعه الواردة في الباب (١٠).

٦-٤ الشوارع الحضرية الشريانية:

٦-٤-١ اعتبارات التصميم العامة:

فيما يلي اعتبارات التصميم العامة التي يجب مراعاتها للشوارع الشريانية في المناطق الحضرية:

- النقل هو الوظيفة الرئيسية.
- تقع (هذه الشوارع) عادة حيث توفُّر الاستخدامات التجارية، والمكاتب، ومباني الخدمات العامة.
- يمنع وقوف المركبات، وقد يسمح بوقوف المركبات على جانب الطريق في بعض الحالات الاستثنائية.
- تتراوح ذروة تدفق المرور بالساعة بين ٤٠٠ و١٨٠٠ مركبة / ساعة.
- يتوقع تدفق المشاة على طول الطريق، كما توفر معابر المشاة في مناطق محددة.
- يمكن استخدام وسائل النقل العام.
- توفر التقاطعات بشكل متكرر (لا يزيد عن ٣٠٠ متر).
- تتراوح السرعة التصميمية بين ٥٠ و٨٠ كم/ساعة.

٦-٤-٢ مبادئ التصميم الأساسية:

يستند تصميم الشوارع الشريانية في المناطق الحضرية على ديناميات المركبات على المنحنيات.

ينبغي أن تتراوح السرعة المسموح بها بين ٦٠ إلى ٨٠ كم/ساعة. في بعض الحالات، يمكن تقليل السرعة المسموح بها إلى ٥٠ كم/ساعة.

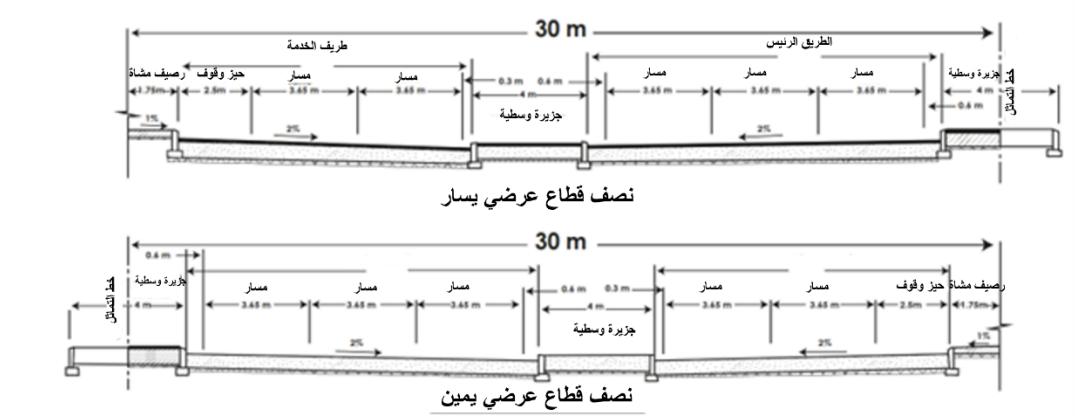
توصف مبادئ التصميم الأساسية مثل عناصر القطاع العرضي ومحاذاة الطريق الأفقية والرأسية وقيم التعلية الجانبية ومسافات التوقف والتجاوز وتصميم التقاطعات وما إلى ذلك في الأجزاء التالية.

٦-٤-٣ عناصر القطاع العرضي:

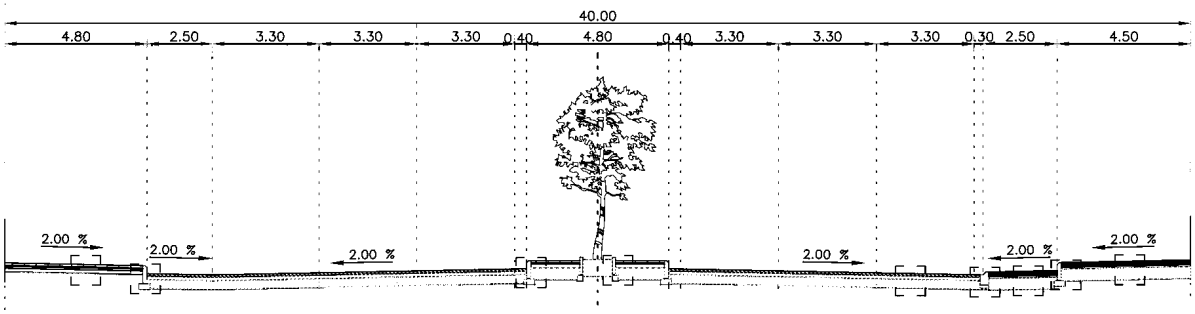
يمكن أن تُحكم أبعاد عناصر القطاع العرضي المطبق في الشوارع الشريانية في المناطق الحضرية كالآتي:

- ٣,٦٥ متر عرض مسار المرور لحركة مرور المركبات في اتجاه واحد (يفضل ٥,٠٠ متر).
- ١,٥٠ متر عرض مسار المشاة دون أي عوائق (يفضل ٢،٤٠ متر).
- ٦,٦ متر عرض لمرور المركبات في اتجاهين مع نسبة منخفضة من الشاحنات الثقيلة.
- ٧,٢٠ متر عرض لحركة المركبات في اتجاهين مع نسبة عالية من الشاحنات الثقيلة
- ٢,١٠ متر عرض لمواقف سيارات الركاب الخاصة الموازية للمسار (يفضل ٢,٤٠ متر).
- ١,٥٠ متر عرض مسار لمرور الدراجات في اتجاه واحد (يفضل ١,٨٠ متر).
- ٢,٤٠ متر عرض مسار لمرور الدراجات في اتجاهين (يفضل ٣,٠٠ متر).

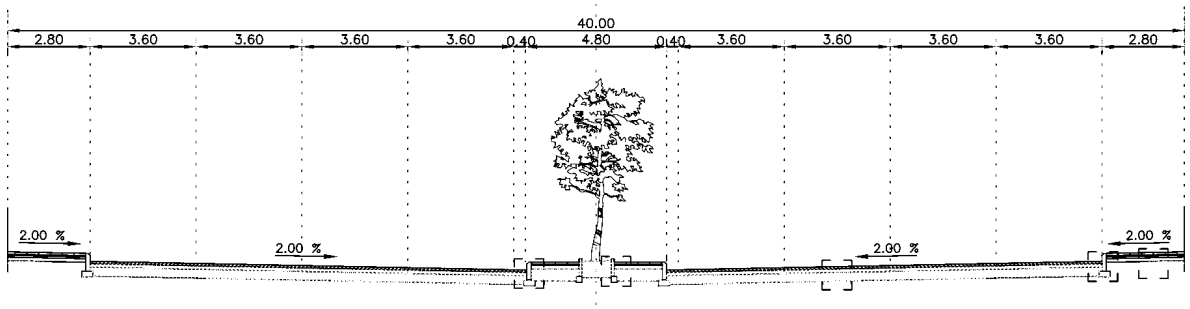
تعرض قطاعات عرضية نموذجية لطريق شرياني في منطقة حضرية (نصف قطاع عرضي أيسر وأيمن) في الشكل (٦-١٣)، والشكل (٦-١٤) والشكل (٦-١٥).



الشكل (٦–١٣) نصف قطاع عرضي نموذجي (أيسر وأيمن) لشارع حضرية شرياني، متضمناً طريق خدمة، بعرض ٦٠,٠ مترًا (MoMRAH, 2019).



الشكل (٦–١٤) قطاع عرضي نموذجي لشارع حضرية شرياني، بدون طريق خدمة متضمناً أماكن وقوف السيارات، بعرض ٤٠,٠ متر (Riyadh Municipality, ROAD-RIYADH-Appendix Cross-section Elements for Streets and Roads, 2006).



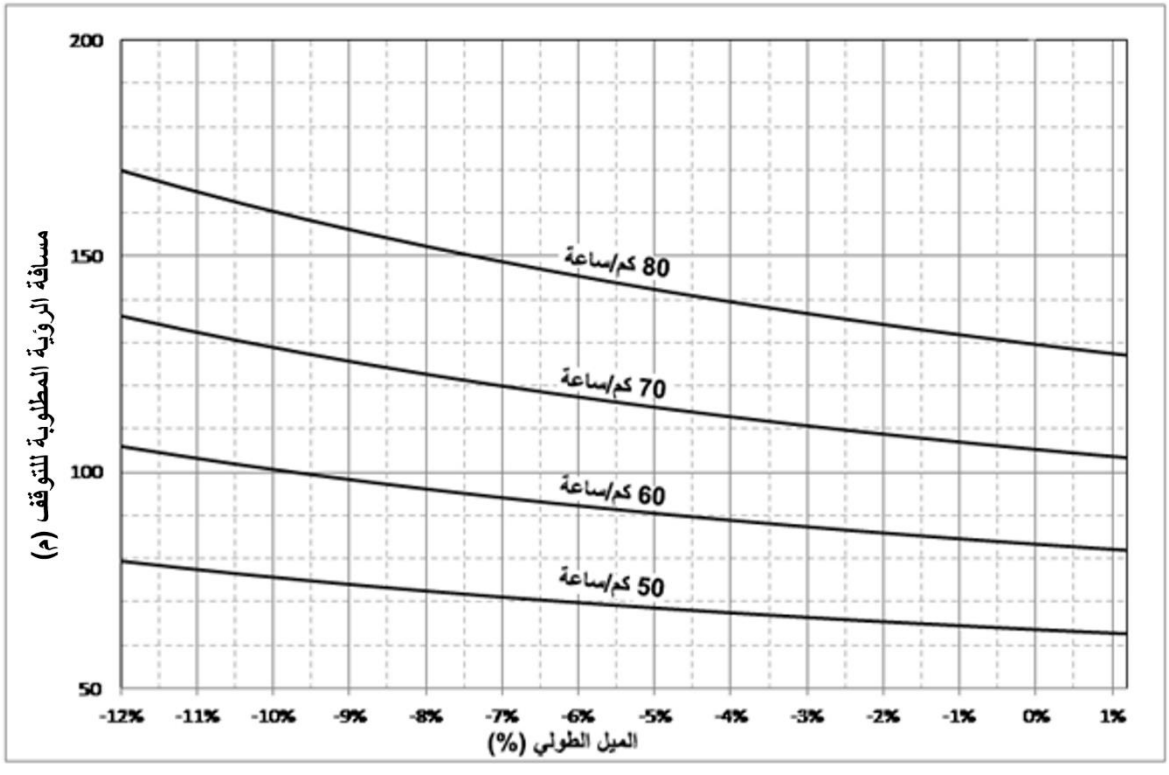
الشكل (٦–١٥) قطاع عرضي نموذجي لشارع حضرية شرياني، بدون طريق خدمة وبدون أماكن وقوف السيارات ، بعرض ٤٠,٠ متر (Riyadh Municipality, ROAD-RIYADH-Appendix Cross-section Elements for Streets and Roads, 2006).

٦-٤-٤ المحاذاة:

٦-٤-٤-١ كفاية الرؤية:

مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف:

ينبغي اعتبار مسافة تسمح للسائق بإيقاف المركبة حين مشاهدة الأجسام الموجودة بسطح الطريق (العوائق)، أثناء القيادة بالسرعة التصميمية المحددة مسبقًا (مسافة الرؤية اللازمة للتوقف). يوضح الشكل (٦-١٦) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب الميل الطولي والسرعة التصميمية للشوارع الشريانية في المناطق الحضرية.



الشكل (٦–١٦) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب السرعة التصميمية والميل الطولي للشوارع الحضرية الشريانية.

مسافة الرؤية المتاحة:

تُحسب مسافة الرؤية المتاحة من المحاذاة الأفقية والرأسية، مع الأخذ في الاعتبار -أيضًا- عناصر القطاع العرضي وتشكيل المنطقة المحيطة. وترتبط بالشعاع البصري بين موضع عين السائق وموضع العائق على سطح الطريق. يقع كل من موضع العين وموضع العائق على ارتفاع ١,٠٨ م فوق مسار المرور أو الخط المركزي للرصف. يتم توفير مزيد من الإرشادات لتقييم مسافة الرؤية المتاحة في القسم الفرعي (٤-٦-٦-٢) من المجلد الحالي.

مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز

مسافة الرؤية للتجاوز هي مسافة الرؤية الدنيا التي يجب توفرها لتمكين سائق إحدى المركبات من تجاوز مركبة أخرى بأمان وسلاسة، دون التأثير على سرعة المركبة المقابلة التي تسير بالسرعة التصميمية. بالنسبة للشوارع الشريانية في المناطق الحضرية، بناءً على الطريقة (١) والطريقة (٢) المعروضتين في القسم الفرعي (٤-٦-٢-٣)، تُعرض مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز في الجدول (٦-١٦).

الجدول (٦–١٦) مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز حسب السرعة التصميمية للشوارع الشريانية في المناطق الحضرية (المصدر: الطريقة (١): AASHTO, 2018، الطريقة (٢): TEXAS, 2022).

السرعة التصميمية (كم/ساعة)	مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز (م)	
	الطريقة (١)	الطريقة (٢)
٥٠	٣٤٥	١٦٠
٦٠	٤١٠	١٨٠
٧٠	٤٨٥	٢١٠
٨٠	٥٤٠	٢٤٥

٦-٤-٤-٢ المحاذاة الأفقية:

على الشوارع الشريانية في المناطق الحضرية، يستند التصميم على ديناميات المركبة على المنحنيات. يُسرد الحد الأدنى من أنصاف أقطار المنحنى الدائري وعامل الاحتكاك الجانبي لتقديرها في للشوارع الحضرية الشريانية للسرعة التصميمية من ٥٠ إلى ٨٠ كم/ساعة في الجدول (٦-١٧). كي يدرك مستخدمو الطريق المنحنيات الدائرية كعناصر مستقلة داخل المنحنى الأفقي، يجب توفير الحد الأدنى لأطوال المنحنى الدائري وفقًا للجدول (٦-١٧).

الجدول (٦–١٧) عامل الاحتكاك الجانبي والحد الأدنى لطول ونصف قطر المنحنى الدائري الأفقي حسب السرعة التصميمية للشوارع الشريانية في المناطق الحضرية.

السرعة التصميمية (كم/س)	عامل الاحتكاك الجانبي	الطول الأدنى للمنحنى الدائري (م)	نصف قطر المنحنى الدائري الأدنى (م)				
			معدل التعلية الجانبية الأقصى (٪)				
			٤,٠٠٪	٦,٠٠٪	٨,٠٠٪	١٠,٠٠٪	١٢,٠٠٪
٥٠	٠,١٩	٣٠	٩٠	٨٠	٧٥	٧٠	٦٥
٦٠	٠,١٧	٣٥	١٣٥	١٢٥	١١٥	١٠٥	١٠٠
٧٠	٠,١٥	٤٠	٢٠٥	١٨٥	١٧٠	١٥٥	١٤٥

السرعة التصميمية (كم/س)	عامل الاحتكاك الجانبي	الطول الأدنى للمنحنى الدائري (م)	نصف قطر المنحنى الدائري الأدنى (م)				
			معدل التعلية الجانبية الأقصى (٪)				
			٤,٠٠٪	٦,٠٠٪	٨,٠٠٪	١٠,٠٠٪	١٢,٠٠٪
٨٠	٠,١٤	٤٥	٢٨٠	٢٥٥	٢٣٠	٢١٠	١٩٥

في حال توفير منحنيات انتقالية حلزونية بين المقاطع المستقيمة والمنحنيات الدائرية، تُلخّص قيم الحدود الدنيا/القصوى والمُوصى بها لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأطوالها وحدود تطبيقها على المنحنيات الأفقية في كل من الجدول (٦-١٨) والجدول (٦-١٩)، على التوالي، وينبغي استخدام المنحنيات الانتقالية في حالة المنحنيات الأفقية ذات أنصاف أقطار تساوي أو تقل عن الحدود القصوى لأنصاف الأقطار الموضحة في الجدول نفسه (قيم الحدود الدنيا والمُوصى بها، على الترتيب). تُعرَّف المنحنيات الانتقالية رياضيًا على أنها منحنيات حلزونية (انظر الملحق أ-٢).

الجدول (٦–١٨) الحدود الدنيا والقصوى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للشوارع الحضرية الشريانية.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	طول المنحنى الانتقالي الأدنى (م)	نصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي الأقصى (م)
٥٠	٤٥	٢٨	١٤٨
٦٠	٦٠	٣٣	٢١٣
٧٠	٨٠	٣٩	٢٩٠
٨٠	١٠٠	٤٤	٣٧٩

الجدول (٦–١٩) القيم المُوصى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للشوارع الحضرية الشريانية.

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة المُوصى بها لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	طول المنحنى الانتقالي المُوصى به (م)	الحد المُوصى به لنصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي (م)
٥٠	٦٥	٦٠	٥٠٠
٦٠	٩٠	٧٠	٨٠٠
٧٠	١١٥	٨٠	١,٠٠٠
٨٠	١٤٠	٩٠	١,٧٠٠

٦-٤-٤-٣ المحاذاة الرأسية:

لأغراض تشغيل المرور، خاصة بالنسبة للمركبات الثقيلة، ينبغي ألا تتجاوز الميول الطولية القصوى القيم الواردة في الجدول (٦-٢٠). نسبةً إلى التأثير الكبير لاختيار الميول الطولية في تصميم الشوارع الحضرية الشريانية على الأداء التشغيلي للمركبات الثقيلة وكذلك على حركة المشاة والدراجات، ينبغي بذل جهد خاص لتقليل تلك الميول إلى حتى ٦,٠٪ (حيثما كان ذلك ممكناً).

الجدول (٦–٢٠) الميول المُوصى بها حسب السرعة التصميمية للشوارع الحضرية الشريانية.

السرعة التصميمية (كم/س)	الميل (G) المرغوب فيه (٪)	الميل (G) الأقصى المسموح به (٪)
٥٠	٧,٠	١٠,٠
٦٠	٦,٠	٨,٠
٧٠	٥,٠	٦,٠
٨٠	٤,٠	٥,٠

في بعض الحالات الصعبة وفقط لأجزاء صغيرة من الشوارع الحضرية الشريانية، يمكن تجاوز الحد الأقصى للميول الطولية في الجدول (٦-٢٠).

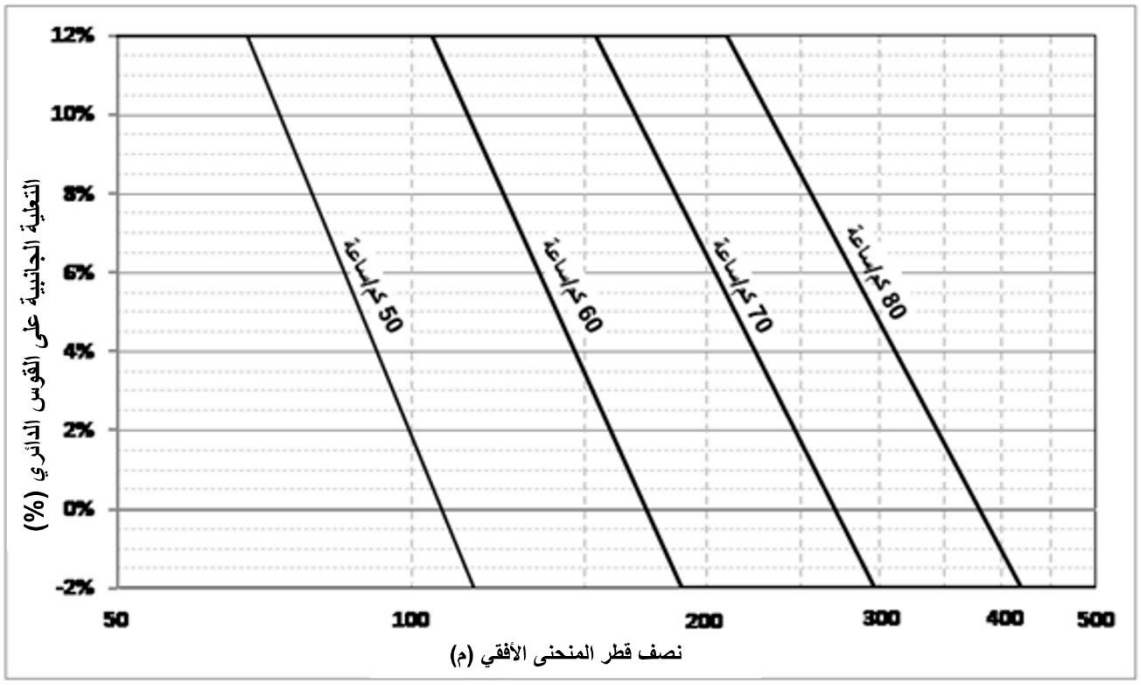
يجب إضافة منحنيات رأسية عند التغيرات في الميول الطولية في طرق نقل الحركة المرورية. تُقرب منحنيات القمة والقاع من خلال تنفيذ منحنى دائري. تُقرب المنحنيات الدائرية الرأسية بواسطة قطع مكافئ تربيعي (انظر الملحق أ-٣). تُعرض القيم المُوصى بها للمعلمة "K" (أي: طول المنحنى الرأسي لتحقيق تغير بنسبة ١,٠٠ ٪ في الميل الطولي) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية، والقيم الدنيا لأطوال المنحنيات الرأسية في الجدول (٥-٦)، مع الأخذ في الاعتبار أن عين السائق على ارتفاع ١,٠٨ م، في حين أن الأجسام على سطح الطريق (العوائق) على ارتفاع ٠,٦٠ م، لمسافة الرؤية للتوقف وعلى ارتفاع ١,٠٨ متر لمسافة الرؤية للتجاوز، وفق إرشادات (AASHTO).

الجدول (٦–٢١) القيم المُوصى بها للمعلمة (K) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية حسب السرعة التصميمية حسب السرعة التصميمية للشوارع الحضرية الشريانية.

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة الدنيا للمعلمة K لمنحنى قمة رأسي (م /٪)			القيمة الدنيا للمعلمة K لمنحنى قاع رأسي (م /٪)	طول المنحنى الرأسي الأدنى (م)
	كفاية مسافة الرؤية للتوقف	كفاية مسافة الرؤية للتجاوز			
		الطريقة (١)	الطريقة (٢)		
٥٠	٦	١٣٨	٣٠	١٢	٣٠
٦٠	١١	١٩٥	٣٨	١٧	٣٦
٧٠	١٧	٢٧٢	٥١	٢٣	٤٢
٨٠	٢٦	٣٣٨	٦٩	٢٩	٤٨

٦-٤-٤-٤ التعلية الجانبية:

في الأجزاء المستقيمة، ينبغي أن يكون معدل التعلية الجانبية المطبق ٢,٠٪ ويفضل ٢,٥٪، بينما في المنحنيات الأفقية، يمكن أن ينحصر الحد الأقصى لمعدل التعلية الجانبية عند ١٢,٠٪ باتجاه الحافة الداخلية للقوس الدائري، بينما الحد الأدنى لميل التعلية الجانبية ينحصر عند ٢,٠٪، يوضح الشكل (٦-١٧) معدلات التعلية الجانبية المطلوبة حسب نصف قطر المنحنى الأفقي لجميع السرعات التصميمية، كما يوصى بتقريب القيم المستخرجة إلى أقرب ٠,٥٪.



الشكل (٦–١٧) التعلية الجانبية على منحنى دائري حسب نصف قطر المنحنى الأفقي (الحد الأقصى **e = 12.0%**) للشوارع الحضرية الشريانية.

نظرًا لانخفاض السرعة التصميمية المطبقة على الطرق شبه السريعة الشريانية مقارنة بالطرق السريعة والطرق، يمكن أن يقتصر الحد الأقصى المفضّل للتعلية الجانبية للطريق على ٦,٠٪، بينما يمكن استخدام معدلات أعلى تتراوح من ٨,٠٪ إلى ١٠,٠٪ في حالات معينة.

في الحالات التي تكون فيها قيم أنصاف أقطار المنحنيات الدائرية أكبر من القيم المعروضة في الجدول (٦-٢٢)، يمكن تطبيق معدل تعلية جانبية عكسي يساوي - ٢,٠ ٪ (باتجاه الحافة الخارجية للمنحنى الدائري كما هو موضح في الشكل (٤-١٣)، إذا كان يمكن تجنب المنطقة ضعيفة الصرف بتطبيق هذا الحل.

الجدول (٦–٢٢) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار الأفقية لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية للشوارع الحضرية الشريانية.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لنصف قطر المنحنى الدائري لتنفيذ التعلية الجانبية العكسية (م)	
	e = - ٢,٠٠٪	e = - ٢,٥٠٪
٥٠	أكبر من ١٢٠	أكبر من ١٢٠
٦٠	أكبر من ١٩٠	أكبر من ٢٠٠
٧٠	أكبر من ٣٠٠	أكبر من ٣١٠
٨٠	أكبر من ٤٢٠	أكبر من ٤٤٠

يتم توفير الصيغة الرياضية والمعلمات الأساسية لحساب الطول الأدنى لمنحدر التعلية الجانبية في القسم الفرعي (٤-٦-٦-٢).

٦-٤-٥ تصميم التقاطع:

٦-٤-٥-١ تقاطعات سطحية مع لافتات التحكم في الأولوية:

لا تُستخدم التقاطعات السطحية المحكومة بلافتات اعطاء الأولوية عادة في الربط بين الشوارع الحضرية الشريانية والتجميعية. قد تطبق هذه التقاطعات السطحية المحكومة بلافتات اعطاء الأولوية في حالات خاصة استثنائية فقط، وعند عند استيفاء الشروط التالية:

- تم تقليل السرعة المسموح بها إلى ٦٠ كم / ساعة أو أقل.
- تدفق مروري أعلى من ٣٠٠٠ مركبة / يوم.
- انخفاض الرؤية الموفرة، بسبب الظروف المحلية، بمقدار أقل من المطلوب وفقًا للشكل (٦-١٦).

في التقاطعات السطحية المحكومة بلافتات اعطاء الأولوية في الشوارع الحضرية الشريانية، يجب حظر حركات الانعطاف إلى اليسار والسماح فقط بحركات الانعطاف إلى اليمين. في حالة الحاجة إلى تأمين حركات انعطاف إلى اليسار، يجب النظر في توفير مسار انعطاف إلى اليسار منفصل مع التركيب المتزامن للإشارات المرورية.

٦-٤-٥-٢ تقاطعات سطحية المحكومة بإشارات المرور:

تستخدم التقاطعات السطحية المحكومة بإشارات المرور بشكل أساسي في الشوارع الشريانية في المناطق الحضرية.

يتم اشتقاق عدد وطول مسارات انتظار المركبات من تقييم إشارات المرور وفقًا للجزء ٢,٢. كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور) وكذلك اعتبارات سلامة الطريق. كما يمكن استخدام أجهزة التحكم المروري وفقًا للقسم ٥,٥. من كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري). عادة، ينبغي تصميم منطقة الاصطفاف بطول كافٍ، أو تعديل برنامج الإشارة المرورية، بحيث يمكن استيعاب المركبات الداخلة للتقاطع في دورة واحدة.

٦-٤-٦ طرق الخدمة الجانبية والفواصل الخارجية:

على طول الطرق الشريانية والحضرية، عادة ما توفر طرق الخدمة الجانبية على أحد جانبي الطريق الرئيس أو كليهما. ينبغي توفير الوصول إلى الملكيات من خلال طرق الخدمة الجانبية هذه، والتي عادة ما تكون موازية للشوارع الحضرية الشريانية. من وجهة نظر تشغيل وسلامة الطريق، يفضل استخدام الطرق ذات الاتجاه الواحد لتقليل التعارض بين المركبات والمشاة في الشوارع المتقاطعة.

يعرف الفصل الخارجي على أنه المنطقة الواقعة بين مسارات المرور الرئيسة بالشارع الحضري الشرياني ومسارات طريق الخدمة الجانبية. بسبب التطور الكثيف على طول الشوارع الحضرية الشريانية، غالبًا ما تكون طرق الخدمة الجانبية ضرورية للحفاظ على الخدمة المحلية وجمع وتوزيع المرور على منحدرات الدخول والخروج من الشوارع الحضرية الشريانية.

٦-٥ الطرق الحضرية السريعة وشبه السريعة:

٦-٥-١ اعتبارات التصميم العامة:

فيما يلي اعتبارات التصميم العامة التي يجب مراعاتها للطرق السريعة/الطرق شبه السريعة في المناطق الحضرية:

- النقل هو الوظيفة الرئيسية.
- حيث توفُّر الاستخدامات التجارية، والمكاتب، ومباني الخدمات العامة.
- تقع (هذه الطرق) عادة على محيط وسط المدينة وتخدم مرور المركبات لمسافات طويلة بسرعات عالية. وهي مرتبطة أساسًا بالطرق الشريانية أو التجميعية لربط شبكتي الطرق الحضرية والطرق الريفية.
- يمنع وقوف المركبات.
- تتجاوز ذروة تدفق المرور بالساعة ١٥٠٠ مركبة / ساعة.
- يحظر سير المشاة.
- يمكن استخدام وسائل النقل العام.
- تربط عادة مع الشوارع الحضرية الشريانية كمحوّلات منفصلة رأسياً، وقد توفر التقاطعات السطحية ف الطرق شبه السريعة.
- تتراوح السرعة التصميمية للطرق السريعة بين ٨٠ إلى ١٠٠ كم/ساعة.
- السرعة التصميمية للطرق شبه السريعة بين ٧٠ إلى ٩٠ كم/ساعة.

٦-٥-٢ مبادئ التصميم الأساسية:

يعتمد تصميم الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة في المناطق الحضرية على ديناميكيات المركبات على المنحنيات.

ينبغي ألا تتجاوز السرعة المسموح بها السرعة التصميمية، وتصل السرعة التصميمية إلى ١٠٠ كم/ساعة للطرق الحضرية السريعة، بينما تصل إلى ٩٠ كم/ساعة للطرق الحضرية شبه السريعة. في بعض الحالات، يمكن تقليل السرعة المسموح بها إلى ٥٠ كم/ساعة.

٦-٥-٣ عناصر القطاع العرضي:

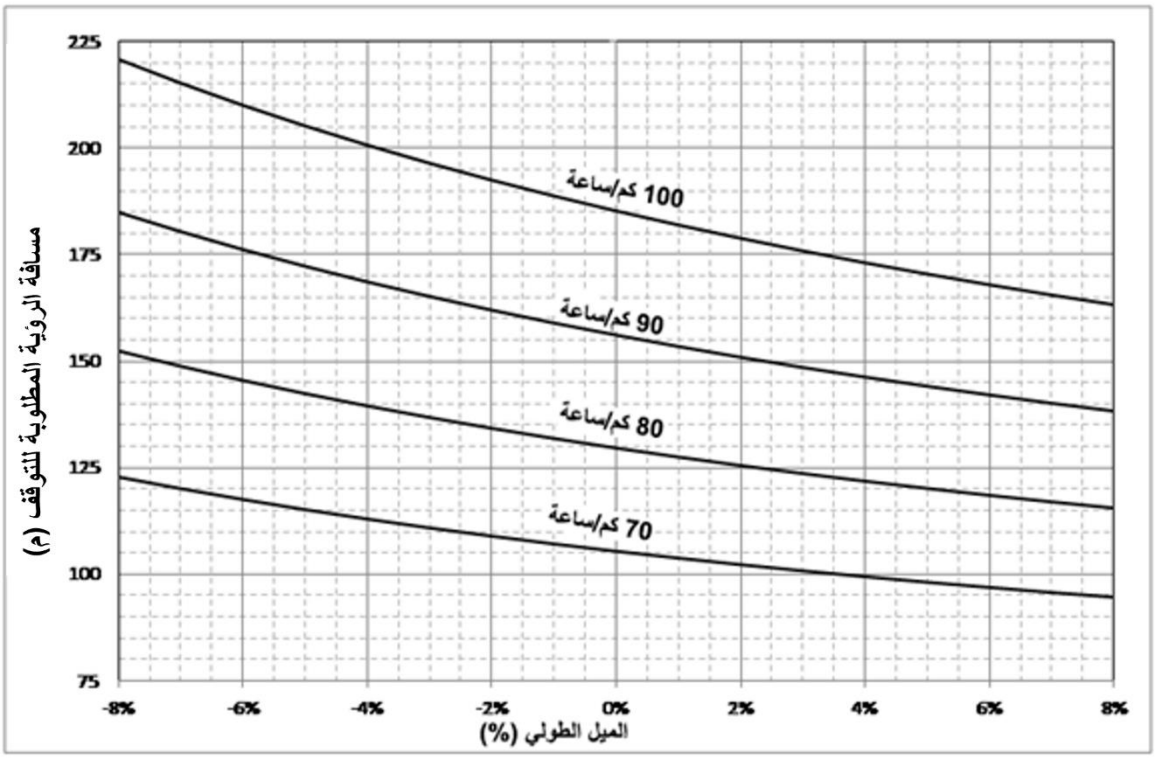
يمكن أن تُحكم أبعاد عناصر القطاع العرضي المطبق في الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة في المناطق الحضرية كالآتي:

- على الطرق السريعة، يفضّل أن تكون مسارات التنقل (المرور) التي تستخدمها الشاحنات الثقيلة في الغالب بعرض ٣,٦٥ متر لضمان التوزيع المتساوي على الطريق. ينبغي أن تكون المسارات الداخلية يسار الطريق، التي لا تستخدمها الشاحنات الثقيلة بشكل متكرر أو يُحظر استخدامها في حالة وجود ثلاث مسارات أو أكثر لكل اتجاه سير، بعرض ٣,٣٠ متر.
- على الطرق شبه السريعة بشكل عام، يمكن أن تكون جميع المسارات بعرض ٣,٣٠ متر (لتقليل تكاليف الإنشاء ومتطلبات المساحة على السواء).
- ينبغي ألا يقل الخلوص الرأسي لتصميم الممّرات العلوية (الطرق العابرة على مستويات رأسية منفصلة عن الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة) عن ٤,٩٠ متر، في حين يمكن اعتبار حيّز الأمان (الحيّز العلوي) لعدم استقرار المركبة، بارتفاع ٠,٣٠ متر. بناءً على ما سبق، ينبغي ألا يقل الخلوص الرأسي الإجمالي على الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة عن ٥,٢٠ متر كما هو مذكور في الجزء الفرعي (٤-٧-١٢). وكقاعدة عامة، ، يعد توفير خلوص رأسي إجمالي ٥,٥٠ متر إلزاميًا وفق متطلبات كود الطرق السعودي.
- ينبغي توفير الأكتاف الصلبة (مُعبّدة)، التي يتم تعيينها أحيانًا على أنها مسارات حالات الطوارئ أو الأعطال في جميع الطرق السريعة والطرق شبه السريعة. ينبغي ألا يقل عرض الكتف الصلب ٣,٠٠ متر في المناطق الحضرية.
- يُسمح بجزر وسطية بعرض أدنى مطلق ٣,٠٠ متر، مع تثبيت حاجز مركزي ذي وجهين وعليه، ينبغي ألا يقل عرض شريط الحافة الداخلية للطريق أو الكتف الصلب المحاذي للجزيرة الوسطية عن ١,٢٠ متر.

٦-٥-٣-١ كفاية الرؤية:

مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف:

ينبغي أن تكون الأجسام الموجودة داخل سطح الطريق ملحوظة من مسافة بعيدة، مما يسمح للسائق بإيقاف المركبة، أثناء القيادة بالسرعة التصميمية المحددة مسبقًا (مسافة الرؤية اللازمة للتوقف). يوضح الشكل (٦-١٨) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف وفق الميل الطولي والسرعة التصميمية. من أجل توفير وقت كافٍ لزمن الإدراك ورد الفعل للسائق، بالإضافة إلى وقت كافٍ لإيقاف المركبة، يلزم عمومًا توفير مسافات رؤية أطول. بصفة عامة، يجب أن تكون مسافات الرؤية أطول بنسبة ٣٠ % على الأقل من الحد الأدنى المطلوب لمسافة الرؤية للتوقف.



الشكل (٦–١٨) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب السرعة التصميمية والميل الطولي للطرق الحضرية السريعة/شبه السريعة.

مسافة الرؤية المتاحة:

تُحسب مسافة الرؤية المتاحة من المحاذاة الأفقية والرأسية، مع الأخذ في الاعتبار -أيضًا- عناصر القطاع العرضي وتشكيل المنطقة المحيطة. وترتبط بالشعاع البصري بين موضع عين السائق وموضع العائق على سطح الطريق. يقع كل من موضع العين وموضع العائق على ارتفاع ١,٠٨ م فوق مسار المرور أو الخط المركزي للرصف. تُحسب مسافة الرؤية المتاحة وفقًا للرسومات التوضيحية والمعادلات المدرجة في القسم الفرعي (٤-٦-٦-٢).

٦-٥-٣-٢ المحاذاة الأفقية:

على الطرق السريعة/شبه السريعة في المناطق الحضرية، ويستند التصميم على ديناميات المركبة على المنحنيات. يُسرد الحد الأدنى من أنصاف أقطار المنحنى الدائري وعامل الاحتكاك الجانبي لتقديرها للطرق الحضرية السريعة للسرعة التصميمية من ٨٠ الى ١٠٠ كم/ساعة والطرق الحضرية شبه السريعة للسرعة التصميمية من ٧٠ الى ٩٠ كم/ساعة، حسب القيم المحدودة في الجدول (٦-٢٣). كي يدرك مستخدمو الطريق المنحنيات الدائرية كعناصر مستقلة داخل المنحنى الأفقي، يجب توفير الحد الأدنى لأطوال المنحنى الدائري وفقًا للجدول (٦-٢٣).

الجدول (٦–٢٣) عامل الاحتكاك الجانبي والحد الأدنى لطول ونصف قطر المنحنى الدائري الأفقي حسب السرعة التصميمية الطرق السريعة/شبه السريعة في المناطق الحضرية.

السرعة التصميمية (كم/س)	عامل الاحتكاك الجانبي	الطول الأدنى للمنحنى الدائري (م)	نصف قطر المنحنى الدائري الأدنى (م)			
			معدل التعلية الجانبية الأقصى (٪)			
			٪٤,٠٠	٪٦,٠٠	٪٨,٠٠	٪١٠,٠٠
٧٠	٠,١٥	٤٠	٢٠٥	١٨٥	١٧٠	١٥٥

السرعة التصميمية (كم/س)	عامل الاحتكاك الجانبي	الطول الأدنى للمنحنى الدائري (م)	نصف قطر المنحنى الدائري الأدنى (م)			
			معدل التعلية الجانبية الأقصى (٪)			
			٤,٠٠٪	٦,٠٠٪	٨,٠٠٪	١٠,٠٠٪
٨٠	٠,١٤	٥٠	٢٨٠	٢٥٥	٢٣٠	٢١٠
٩٠	٠,١٣	٥٥	٣٨٠	٣٤٠	٣٠٥	٢٨٠
١٠٠	٠,١٢	٦٠	٤٩٥	٤٤٠	٣٩٥	٣٦٠

في حال توفير منحنيات انتقالية حلزونية بين المقاطع المستقيمة والمنحنيات الدائرية، تُلخّص قيم الحدود الدنيا/القصوى والمُوصى بها لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأطوالها وحدود تطبيقها على المنحنيات الأفقية في الجدول (٦-٢٤)، بينما تُعرض القيم الموصى بها في الجدول (٦-٢٥). وينبغي استخدام المنحنيات الانتقالية في حالة المنحنيات الأفقية ذات أنصاف أقطار تساوي أو تقل عن الحدود القصوى لأنصاف الأقطار الموضحة في الجدول نفسه (قيم الحدود الدنيا والمُوصى بها، على الترتيب). تُعرَّف المنحنيات الانتقالية رياضيًا على أنها منحنيات حلزونية (انظر الملحق أ-٢).

الجدول (٦–٢٤) الحدود الدنيا والقصوى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للطرق الحضرية السريعة/شبه السريعة.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	طول المنحنى الانتقالي الأدنى (م)	نصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي الأقصى (م)
٧٠	٨٠	٣٩	٢٩٠
٨٠	١٠٠	٤٤	٣٧٩
٩٠	١٢٠	٥٠	٤٧٩
١٠٠	١٤٥	٥٦	٥٩٢

الجدول (٦–٢٥) القيم المُوصى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعةالتصميمية للطرق الحضرية السريعة/شبه السريعة.

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة المُوصى بها لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	طول المنحنى الانتقالي المُوصى به (م)	الحد المُوصى به لنصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي (م)
٧٠	١١٥	٨٠	١,٠٠٠
٨٠	١٤٠	٩٠	١,٧٠٠
٩٠	١٧٠	١٠٠	١,٩٠٠
١٠٠	٢٠٥	١١٥	٢,١٠٠

٦-٥-٣-٣ المحاذاة الرأسية:

لأغراض تشغيل المرور، خاصة بالنسبة للمركبات الثقيلة، ينبغي ألا تتجاوز الميول الطولية القصوى القيم الواردة في الجدول (٦-٢٦). نسبةً إلى التأثير الكبير لاختيار الميول الطولية في تصميم الطرق الحضرية السريعة وشبه السريعة على الأداء التشغيلي للمركبات الثقيلة وكذلك على حركة المشاة والدراجات، ينبغي بذل جهد خاص لتقليل تلك الميول إلى حتى ٤,٠٪ (حيثما كان ذلك ممكناً).

الجدول (٦–٢٦) الميول المُوصى بها حسب السرعة التصميمية للطرق الحضرية السريعة/شبه السريعة.

السرعة التصميمية (كم/س)	الميل (G) المرغوب فيه (٪)	الميل (G) الأقصى المسموح به (٪)
٧٠	٥,٠	٦,٠
٨٠	٤,٠	٥,٠
٩٠	٣,٥	٥,٠
١٠٠	٣,٠	٥,٠

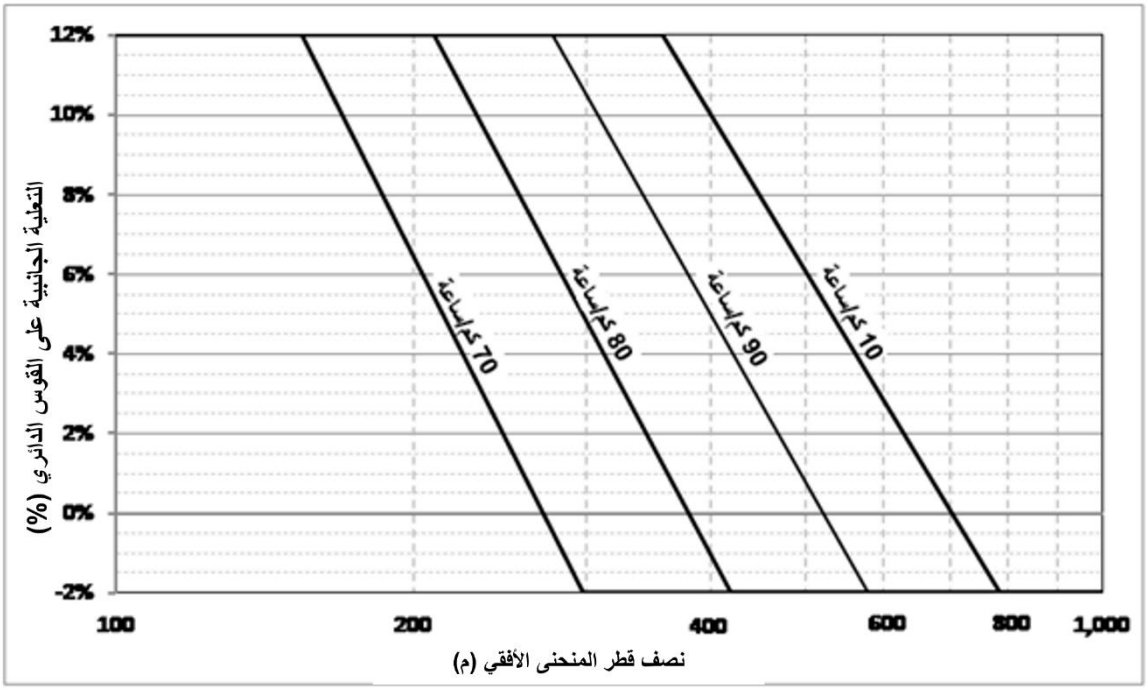
تُدار المنحنيات الرأسية عند نقاط تغيير الميول في القطاعات الطولية للطرق. تُقرب منحنيات القمة والقاع الرأسية من خلال تنفيذ منحنى دائري يُقرب الى منحنى قطع مكافئ تربيعي (انظر الملحق أ-٣). تُعرض القيم الموصى بها لمعدّل تغيُّر الانحناء الرأسي "K" (طول المنحنى الرأسي لتحقيق تغير بنسبة ١,٠٠٪ في الميل الطولي) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية، والقيم الدنيا لأطوال المنحنيات الرأسية في الجدول (٦-٢٧)، مع الأخذ في الاعتبار أن عين السائق على ارتفاع ١,٠٨ م، في حين أن ارتفاع الأجسام على سطح الطريق (العوائق) على ارتفاع ٠,٦٠ م لحساب مسافة الرؤية للتوقف، وعلى ارتفاع ١,٠٨ م لحساب مسافة الرؤية للتجاوز، وفق إرشادات (AASHTO).

الجدول (٦–٢٧) القيم المُوصى بها للمعلمة (K) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية حسب السرعة التصميمية للطرق الحضرية السريعة/شبه السريعة.

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة الدنيا للمعلمة K لمنحنى قمة رأسي (م /%)	القيمة الدنيا للمعلمة K لمنحنى قاع رأسي (م /%)	طول المنحنى الرأسي الأدنى (م)
٧٠	١٧	٢٣	٤٢
٨٠	٢٦	٢٩	٤٨
٩٠	٣٩	٣٨	٥٤
١٠٠	٥٢	٤٥	٦٠

٦-٥-٣-٤ التعلية الجانبية:

في الأجزاء المستقيمة، ينبغي أن يكون معدل التعلية الجانبية المطبق ٢,٠ % ويفضل ٢,٥ %، بينما في المنحنيات الأفقية، يمكن أن ينحصر الحد الأقصى لمعدل التعلية الجانبية عند ١٠,٠٪ باتجاه الحافة الداخلية للقوس الدائري، بينما الحد الأدنى لميل التعلية الجانبية ينحصر عند ٢,٠٪، يوضح الشكل (٦-١٩) معدلات التعلية الجانبية المطلوبة حسب نصف قطر المنحنى الأفقي لجميع السرعات التصميمية، كما يوصى بتقريب القيم المستخرجة إلى أقرب ٠,٥ %.



الشكل (٦–١٩) التعلية الجانبية على منحنى دائري حسب نصف قطر المنحنى الأفقي (الحد الأقصى e = 12.0%) للطرق الحضرية السريعة/شبه السريعة.

في الحالات التي تكون فيها قيم أنصاف أقطار المنحنيات الدائرية أكبر من القيم المعروضة في الجدول (٦-٢٨)، يمكن تطبيق معدل تعلية جانبية عكسي يساوي - ٢,٠ ٪ (باتجاه الحافة الخارجية للمنحنى الدائري كما هو موضح في الشكل (٤-١٣))، إذا كان يمكن تجنب المنطقة ضعيفة الصرف بتطبيق هذا الحل.

الجدول (٦–٢٨) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار الأفقية لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية للطرق الحضرية السريعة/شبه السريعة.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لنصف قطر المنحنى الدائري لتنفيذ التعلية الجانبية العكسية (م)	
	e = - ٢,٠٠٪	e = - ٢,٥٠٪
٧٠	أكبر من ٣٠٠	أكبر من ٣١٠
٨٠	أكبر من ٤٢٠	أكبر من ٤٤٠
٩٠	أكبر من ٥٨٠	أكبر من ٦١٠
١٠٠	أكبر من ٧٩٠	أكبر من ٨٣٠

يتم توفير الصيغة الرياضية والمعلمات الأساسية لحساب الطول الأدنى لمنحدر التعلية الجانبية في القسم الفرعي (٤-٦-٦-٢).

٦-٥-٤ تصميم التقاطع:

٦-٥-٤-١ تقاطعات سطحية مع لافتات التحكم في الأولوية:

لتدفق المرور العالي جدًا والسرعة العالية المسموح بها، لا تُستخدم التقاطعات السطحية المحكومة بلافتات اعطاء الأولوية عادة: وينبغي أن تكون جميع التقاطعات السطحية محكومة بإشارات المرور.

٦-٥-٤-٢ تقاطعات سطحية المحكومة بإشارات المرور:

تستخدم التقاطعات المحكومة بإشارات المرور في الطرق الحضرية شبه السريعة.

يتم اشتقاق عدد وطول مسارات الانتظار للمركبات من تقييم إشارات المرور وفقًا لكود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور) بالإضافة إلى اعتبارات السلامة عادة، ينبغي تصميم منطقة الاصطفاف بطول كافٍ، أو تعديل برنامج الإشارة المرورية، بحيث يمكن استيعاب المركبات الداخلة للتقاطع في دورة واحدة.

يتم وصف التصميم الهندسي للتقاطعات السطحية في الباب (١٠).

٦-٥-٥ تصميم المحوّلات:

تستخدم المحوّلات على الطرق الحضرية السريعة حيث يتم يتحكم في الوصول اليها تحكماً كاملاً، وتستخدم كذلك في الطرق شبه السريعة في بعض الحالات.

تم وصف التصميم الهندسي (الجيومتري) للمحوّلات في الباب (١١).

٦-٥-٦ طرق الخدمة الجانبية والفواصل الخارجية:

على طول الطرق السريعة /الطرق الحضرية شبه السريعة، عادة توفر طرق الخدمة الجانبية على أحد جانبي الطريق الرئيسي أو كليهما. ينبغي توفير الوصول إلى الملكيات من خلال طرق الخدمة الجانبية هذه، والتي عادة ما تكون موازية للطرق الحضرية السريعة/الطرق شبه السريعة. من منظور تشغيل وسلامة الطريق، يفضل استخدام الطرق ذات الاتجاه الواحد لتقليل التعارض بين المركبات والمشاة في الشوارع المتقاطعة.

يتم تعريف الفصل الخارجي على أنه المنطقة الواقعة بين مسارات المرور الرئيسة للطرق الحضرية السريعة/الطرق شبه السريعة وطريق الخدمة الجانبي. بسبب التطور الكثيف على طول الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة الحضرية، غالبًا ما تكون طرق الخدمة الجانبية ضرورية للحفاظ على الخدمة المحلية وجمع وتوزيع المرور على منحدرات الدخول والخروج من الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة الحضرية.

تصمم طرق الخدمة الجانبية كشوارع تجميعية أو شوارع محلية، مع الأخذ في الاعتبار إرشادات التصميم الهندسي ذات الصلة الواردة في هذا المجلد (الباب (٥) للطرق وباب (٦) للطرق الحضرية).

٦-٦ سمات التصميم الخاصة للطرق الحضرية السريعة وشبه السريعة:

٦-٦-١ خصائص التصميم العامة:

تصنف أنواع الطرق السريعة والطرق شبه السريعة في المناطق الحضرية على النحو التالي:

- منخفضة (Depressed).
- مرتفعة (Elevated).
- سطحية (Ground-Level).
- ذات نوع مختلط (Combination-Type).

تستخدم أنواع الطرق المذكورة بما يتلاءم مع الظروف المحلية.

الطرق السريعة /الطرق شبه السريعة في المناطق الحضرية يمكن أن تحمل أحجام مرور عالية، ولكنها تصبح أقل كفاءة عند تضمين أكثر من أربع أو خمس مسارات في اتجاه سير واحد. في حالة الحاجة لتوفير أكثر من أربع مسارات في كل اتجاه، ينبغي النظر في تطبيق تصميم طريق سريع ذي طابع خاص، ويشمل الأنواع التالية:

- طرق سريعة/طرق شبه سريعة ذات جادة طرق بتدفق معاكس (Reverse-Flow Roadways).
- طرق سريعة/طرق شبه سريعة ذات تقسيم مزدوج (Dual-Divided).
- طرق سريعة/طرق شبه سريعة ذات طرق تجميعية-توزيعية (Collector-Distributor Roads).

٦-٦-٢ الطرق السريعة/ شبه السريعة المنخفضة:

٦-٦-٢-١ خصائص عامة:

يمكن استخدام طريق سريع/ طريق شبه سريع منخفض في المناطق الحضرية حيث تكون المساحة المتاحة محدودة. يمكن أن يشغل عرضًا حرجاً لتنفيذ القطاع العرضي للطريق السريع /الطريق شبه السريع الرئيسي مع وجود طرق الخدمة الجانبية الموازية له في معظم طول الطريق. عادة ما تكون ممرات الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة المنخفضة على مستوى أقل من طرق الخدمة الجانبية بعمق تقريبي يزيد عن ٥,٠ متر من أجل الحصول على الخلوص المطلوب لتوسيع طرق الخدمة الجانبية فوق الممر الرئيسي للطريق. كثيرًا ما يراعى خلوص إضافي للسماح بإعادة تأهيل الرصف في المستقبل باستخدام طبقات التكسية ضمن الخلوص الرأسي المطلوب. تمر جميع الطرق الرئيسية فوق الطريق السريع/الطريق شبه السريع المنخفض بينما تعترض الشوارع الثانوية الأخرى بواسطة الطرق الجانبية الموازية أو تنهى عند خط حرم الطريق.

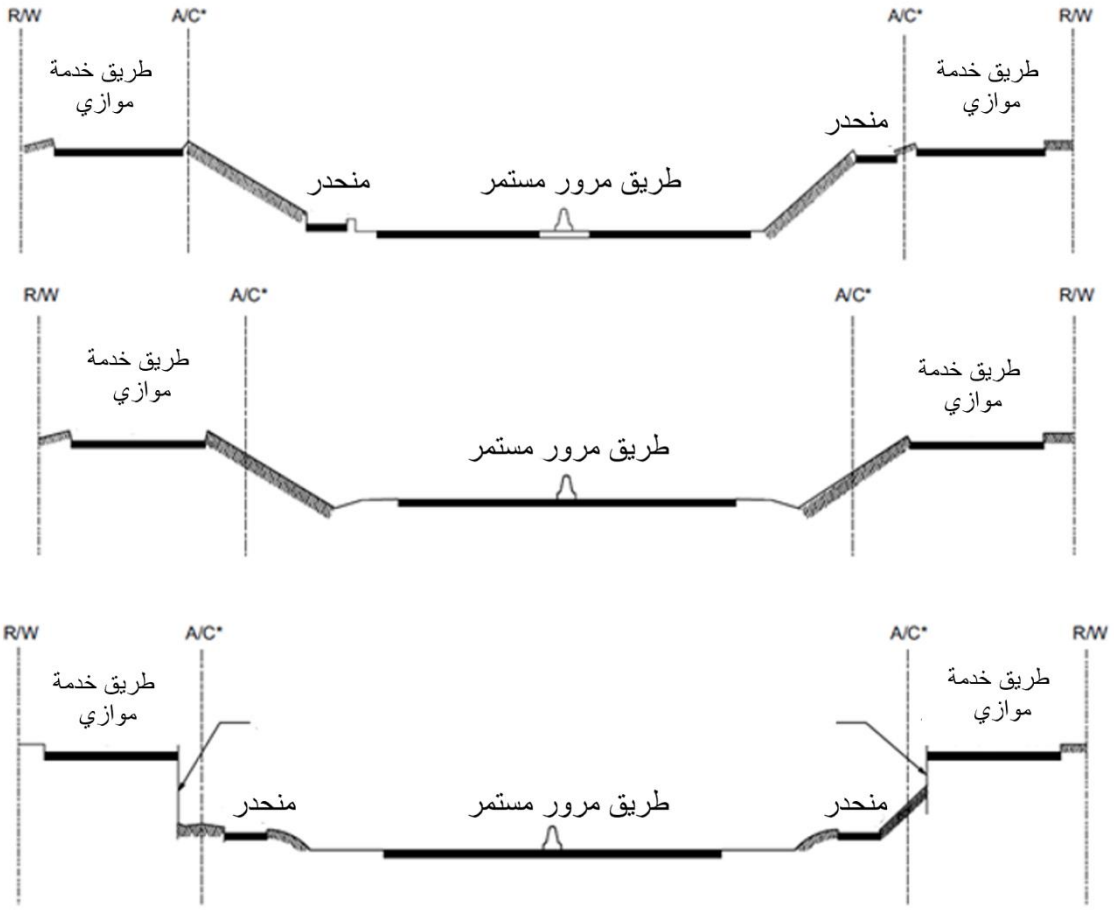
ينبغي النظر في إقامة سياج للهياكل التي تمر فوق الطريق السريع/الطريق شبه السريع المنخفض والجدران الساندة الواقعة بالقرب من الطريق لتقليل احتمالية سقوط الأجسام أو إلقائها على المركبات الموجودة بالأسفل.

في المناطق المطوّرة، قد لا تتاح المساحة كافية لتصميم الطريق السريع /الطريق شبه السريع المنخفض، خاصة عند الحاجة إلى مساحة إضافية للمنحدرات وطرق الخدمة الجانبية. في مثل هذه الحالات قد تكون هناك حاجة إلى جدران ساندة، في حين ينبغي التحقق من مسافة الرؤية مع وجود هذه الجدران. عند المحاذاة المنحنية، ينبغي إزاحة الجدران الساندة والعوائق الجانبية الأخرى بشكل كافٍ عن حافة الرصف لتوفير مسافة رؤية كافية لوقوف المركبة في مسار المرور الأقرب إلى العائق.

٦-٦-٢-٢ القطاعات العرضية النموذجية:

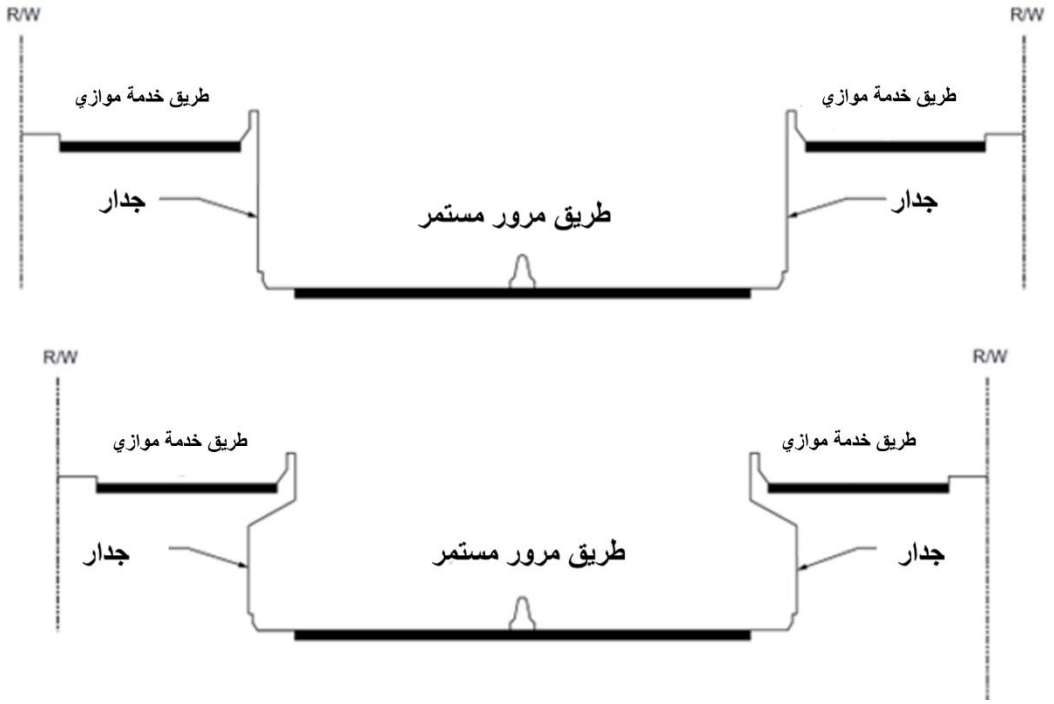
قد تختلف القطاعات العرضية للطرق السريعة/الطرق شبه السريعة المنخفضة اختلافًا كبيرًا عبر المناطق الحضرية والضواحي. في حين يزيد عرض هذه القطاعات العرضية بسبب عدد المسارات المرورية المطلوبة، هناك عامل مهم آخر هو توافر حرم الطريق، والذي يعتمد على نوع وقيمة التطور الحضري، والتضاريس، وظروف التربة والصرف الصحي، تكرار ونوع المحوّلات المستخدمة.

يُظهر الشكل (٦-٢٠) قطاعا عرضيًا نموذجيًا للطرق السريعة/الطرق شبه السريعة المنخفضة، مع منحدرات المحوّل أو بدونها، إما مع الميول الجانبية أو الجدران الساندة. في حالة كون المساحة المتاحة محدودة للغاية، يمكن استخدام القطاعات العرضية النموذجية المقيّدة المعروضة في الشكل (٦-٢١) مع الأخذ في الاعتبار الجدران الساندة أو القسم المتدلي (الكابولي) حيث يكون جزء من طريق الخدمة الجانبي ناتئًا (كابوليّاً) على كتف الطريق السريع/الطريق شبه السريع. في حين أن قيمة هذا البديل سوف تختلف تبعاً للقيود والتصميم المختار، فإن المسافة المتراكمة النموذجية تتراوح من ٣,٠ إلى ٤,٢ متر. قد يكون هذا النوع من التصميم قابلاً للتطبيق في حالات استثنائية لا يمكن فيها تجنب المباني الكبيرة أو العوائق الأخرى. ومن المزايا الخاصة لهذا التصميم فعاليته في احتواء ضوضاء الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة داخل الطريق، وبالتالي حماية المناطق المتاخمة من هذه الضوضاء. وعلى الرغم من أن القطاعات العرضية التقييدية المعروضة مقبولة، فإنه لا ينبغي استخدامها إلا عندما يكون حرم الطريق الإضافي مكلفاً للغاية أو للحفاظ على البيئة المحيطة.



* خط تحكم الوصول – الوضع قد يختلف

الشكل (٦–٢٠) القطاعات العرضية النموذجية للطرق السريعة /الطرق شبه السريعة المنخفضة (AASHTO, 2018).



الشكل (٦–٢١) القطاعات العرضية النموذجية المقيّدة للطرق السريعة/الطرق شبه السريعة المنخفضة (AASHTO, 2018).

٦-٦-٣ الطرق السريعة/ شبه السريعة المرتفعة:

٦-٦-٣-١ الخصائص العامة:

ينشأ الطريق السريع /الطريق شبه السريع مرتفعاً إما على قناطر متعددة الركائز viaduct أو على جسر الطريق الترابي. قد يكون الرفع المستمر للطريق السريع مناسبًا في التضاريس المنبسطة حيث:

- حرم الطريق مقيّد.
- ارتفاع منسوب المياه الجوفية.
- وجود كثيف لمرافق خدمية تحت الأرض.
- الحفاظ على نمطية الشوارع المغلقة.
- ظروف أخرى تجعل إنشاء طريق سريع منخفض غير مرغوب فيه وربما غير ممكن.

يستخدم العديد من أنواع الهياكل للقناطر متعددة الركائز لحمل الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة المرتفعة. يتأثر تصميم هذه القناطر بما يلي:

- متطلبات المرور.
- حرم الطريق.
- الطبوغرافية.
- شروط التأسيس.
- طبيعة التطوّر الحضري.
- الاحتياجات لمحوّل.
- توفُّر المواد.
- اعتبارات اقتصادية.

بسبب هذه الاعتبارات العديدة، قد يكون استخدام القناطر متعددة الركائز الخيار الأصعب من بين جميع أنواع الطرق السريعة /الطرق شبه السريعة لتناسب البيئة بشكل متناغم.

توضع الأعمدة الداعمة للقناطر متعددة الركائز لتوفير خلوص معقول على جانبي الطريق، ومساحة سطحية مناسبة خالية لاستخدامات أخرى. يتميز هذا التصميم بما يلي:

- من الناحية العملية، يمكن ترك جميع الشوارع المتقاطعة مفتوحة، بنفقات إضافية منخفضة أو معدومة.

- حد أدنى للتأثير على المرافق القائمة العابرة لحرم الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة.
- عادة ما يمكن الحفاظ على المرور في الشوارع السطحية المتقاطعة بأقل عدد من التحويلات المرورية المؤقتة أثناء الإنشاء، إن وجدت.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن استخدام المساحة أسفل الهيكل لحركة المرور الخاصة بالشوارع السطحية، مواقف السيارات، أو لخط النقل العام. إذا لم تستخدم منطقة أسفل الهيكل لهذه الأغراض، فقد يكون لها قيمة مستقبلية عالية للمجتمع لأجل التطوير المشترك أو لاستخدامات أخرى.

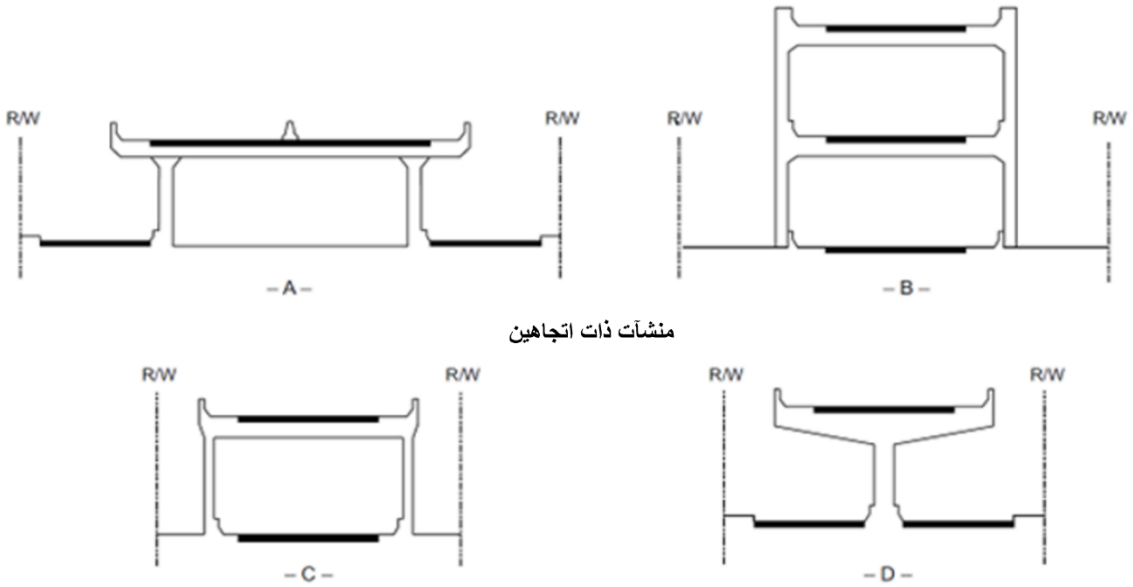
ينبغي أن يكون منسوب الطريق السريع/الطريق شبه السريع المرتفع على جسر ترابي كافياً ليسمح بمرور الطرق السطحية المتقاطعة تحته. تكون الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة الكائنة على جسور ترابية مجدية في الضواحي حيث تتباعد تقاطعات الطرق ويتوفر حرم طريق متّسع وكذلك مواد الردم. عادة، ما ينشأ جزء من طريق سريع/ شبه السريع ذات نوع مختلط (انظر الجزء ٦-٦-٥) بجسر ترابي في مناطق ذات التضاريس التلالية حيث تستخدم مواد حفر الأجزاء المنخفضة لردم جسر الطريق.

٦-٦-٣-٢ قطاع عرضي نموذجي:

يمكن أن يختلف العرض الكلي لأجزاء الطريق للسريع/الطريق شبه السريع المرتفع، وكذلك حرم الطريق، اختلافًا مقدّراً وفقاً لتطوير الطريق نفسه. بالنسبة للطرق السريعة المرتفعة على جسور ترابية، يكون العرض الكلي المطلوب هو نفس العرض الكلي المطلوب للطرق السريعة المنخفضة. قد تنشأ الطرق السريعة المرتفعة على هياكل كابولية أعلى الطرق أو الأرصفة الجانبية الموازية لها.

يوضح الشكل (٦-٢٢) والشكل (٦-٢٣) القطاعات العرضية النموذجية للطرق السريعة/الطرق السريعة المرتفعة. يتم استخدام الأبعاد التالية للتوضيح العام:

- عرض المسار ٣,٦٥ متر للمسارات المستخدمة للمركبات الثقيلة، وعرض المسار ٣,٣٠ متر في حالة كثافة المرور الخفيفة.
- عرض الحاجز parapet ٠,٦ متر.
- عرض الكتف لطريق مكوّن من أربع مسارات ٣,٠ متر للكتف الأيمن وعرض ١,٢ متر للكتف الأيسر، ولطريق مكوّن من ست مسارات أو أكثر، عرض الكتف ٣,٠ متر لكل من الكتفين الأيمن والأيسر.
- الجزيرة الوسطية المركزية بعرض ٢,٥ متر أو ٤,٠ متر.
- الحد الأدنى للإزاحة بين الهيكل وخط المباني ٤,٥ متر ولإزاحة المبنى ٦,٠ مترًا، كما موضّح في الشكل (٦-٢٢).

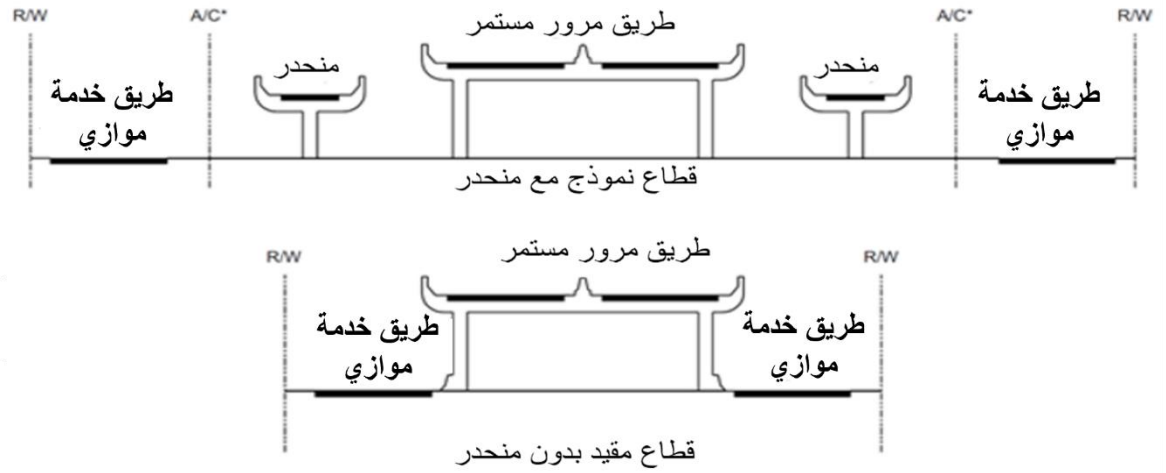


الشكل (٦–٢٢) القطاعات العرضية النموذجية للطريق السريع /الطريق شبه السريع المرتفع على هياكل بدون منحدرات (AASHTO, 2018).

يتيح الجزء الكابولي الموضح في الشكل (٦-٢٢) امكانية توفير طرق سطحية خارج خطوط الأعمدة، ويمكن استخدام المنطقة الواقعة بين الأعمدة لمرور المركبات أو للنقل العام أو لمواقف السيارات. عندما يكون من غير العملي الحصول على عرض من حرم الطريق المطلوب للطريق السريع/الطريق شبه السريع ذي هيكل القناطر متعددة الركائز التقليدي، فقد يكون من العملي تحويل الهيكل العادي ذي الاتجاهين ذي المستوى الواحد إلى هيكل ذي المستويين ذي اتجاهين فوق بعضها البعض. التصميم ذو المستويين الموضح في الشكل (٦-٢٢) ليس نوعًا شائعًا، ولكنه قابل للتكيف مع حرم الطريق الضيق، خاصةً عندما لا تكون هناك حاجة الى منحدرات (أو قليلة). الهياكل ذات المستويين قابلة للتكيف أيضًا عندما لا يكون من العملي مواصلة الطريق السريع/الطريق شبه السريع كهيكل ذي مستوى واحد بسبب المباني العالية أو لأسباب أخرى. قد يكون الهيكل ذو المستويين في مثل هذه المناطق المغلقة هو الحل العملي الوحيد. الهياكل ذات المستويين لها عيب وهو وجود منحدرات طويلة كي تسمح للمركبات بتغيير الارتفاع من الطريق السريع/الطريق شبه السريع الأعلى إلى شوارع المدينة المحلية.

في بعض الأحيان ينشأ طريق سريع مرتفع على هيكلين أحاديي الاتجاه ، كما هو موضح في الشكل (٦-٢٢) ويمكن أن تكون مفصولة بكتلة أو أكثر من المباني. وبالإضافة إلى ذلك، قد يكون الهيكل إما جزءاً مكونًا من عمود واحد أو عمودين، حسب الشوارع الموجودة أسفل الهيكل وضوابط أخرى.

يتمتع الجزء المرتفع على الهيكل بمرونة عالية في ترتيبات حرم الطريق. العنصر الأكثر مرونة هو الفصل الخارجي. في المواقع الضيقة التي لا توفر فيها منحدرات، يمكن وضع طرق الخدمة الجانبية تحت الجزء الكابولي من الهيكل، كما هو موضح في الشكل (٦-٢٣). في هذه المواقع، يوفر الحد الأدنى من إزاحة خط البناء مساحة كافية لطرق الخدمة الجانبية.



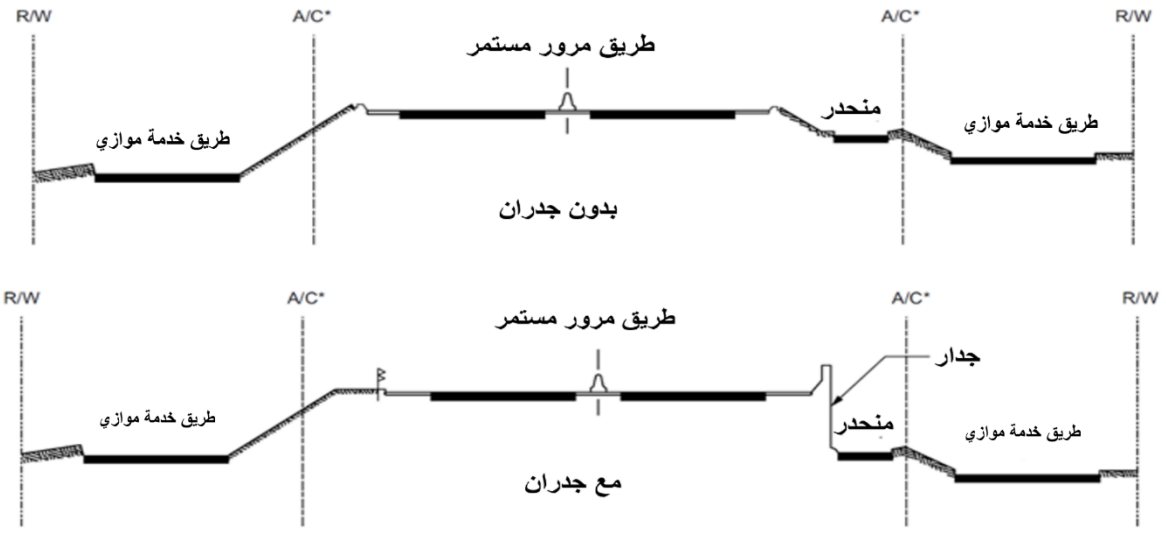
***خط تحكم الوصول - من الممكن أن يختلف الوضع**

الشكل (٦–٢٣) القطاعات العرضية المقيدة النموذجية للطرق السريعة المرتفعة /الطرق شبه السريعة على الهياكل ذات الطرق الموازية (AASHTO, 2018).

يمكن إنشاء الطرق السريعة المرتفعة على جسور ترابية بشرط أن يكون الجسر الترابي مرتفعًا بما يكفي للسماح للطرق العابرة بالمرور تحتها. هذه النوع من الطرق مناسب بشكل خاص عندما تكون التضاريس مسطّحة ويكون حرم الطريق متسعاً بما يكفي للسماح بميول جانبية مستوية يمكن تنسيقها بشكل ممتع.

يعرض الشكل (٦-٢٤) قطاعات عرضية نموذجية مقيّدة للطرق السريعة/الطرق شبه السريعة المرتفعة على جسور ترابية. يوضح الجزء الأيسر من هذه القطاعات العرضية فصل خارجي بدون منحدرات ضمن نفس عرض حرم الطريق.

قد يسمح الفصل الخارجي باستخدام الميول الترابية في مواقع بدون منحدرات، ولكن قد تكون هناك حاجة لجدران ساندة لتوظيف المنحدرات. يمكن تقليل العرض الكلي بحذف طرق الخدمة الجانبية واستخدام الأجزاء المسوّرة بالجدران، وفق العرض النموذجي المستخدم عادة في الهياكل المرتفعة على القناطر متعددة الركائز.



***خط تحكم الوصول - من الممكن أن يختلف الوضع**

الشكل (٦–٢٤) القطاعات العرضية النموذجية المقيدة للطرق السريعة /الطرق شبه السريعة المرتفعة على جسر ترابي (AASHTO, 2018).

٦-٦-٤ الطرق السريعة/ شبه السريعة السطحية (على مستوى الأرض):

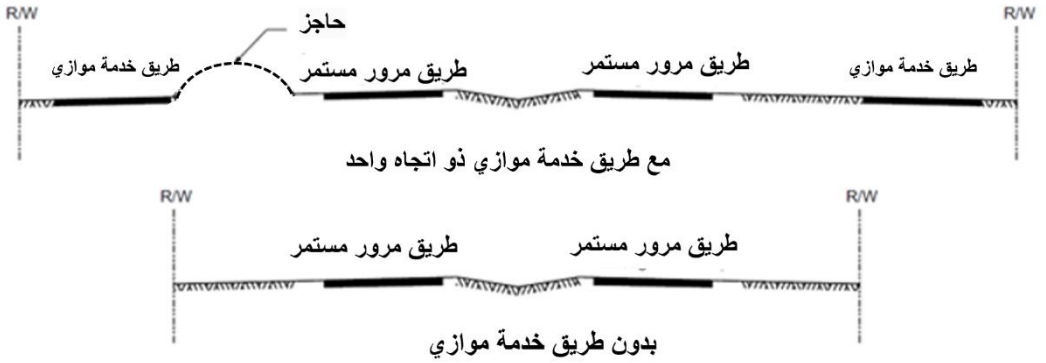
٦-٦-٤-١ الخصائص العامة:

يتم إنشاء العديد من الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة لأجزاء طويلة على مستوى الأرض. غالبًا ما يستخدم هذا التصميم في التضاريس السهلة وبالتوازي مع خطوط السكك الحديدية أو الممرات الهيدروليكية الأخرى (الجداول والأنهار وما إلى ذلك). تعد الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة الموجودة على مستوى الأرض (السطحية) مناسبة أيضًا في مناطق الضواحي حيث تتباعد الطرق على نطاق واسع. أحد الاعتبارات الرئيسية في تصميم الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة على مستوى الأرض هو التغيير في المظهر القطاع الطولي لكل طريق مار فوق أو تحت الطريق السريع/الطريق شبه السريع.

عندما يتبع الطريق السريع على مستوى الأرض (السطحي) شبكة المدينة، فمن المرغوب عادةً توفير طرق خدمة جانبية موازية لها مستمرة ذات اتجاه واحد تخدم الوصول إلى الملكيات الخاصة. عادةً ما يتم استخدام الطرق السريعة على مستوى الأرض في الأجزاء النائية من المناطق الحضرية حيث لا تكون حرم الطريق عالية كما هو الحال في مناطق وسط المدينة. ونتيجة لذلك، يمكن توسيع عناصر العرض المتغيرة للجزر الوسطية والفواصل الخارجية والحدود لتعزيز تصميم جانب الطريق ومظهر الطريق السريع/الطريق شبه السريع.

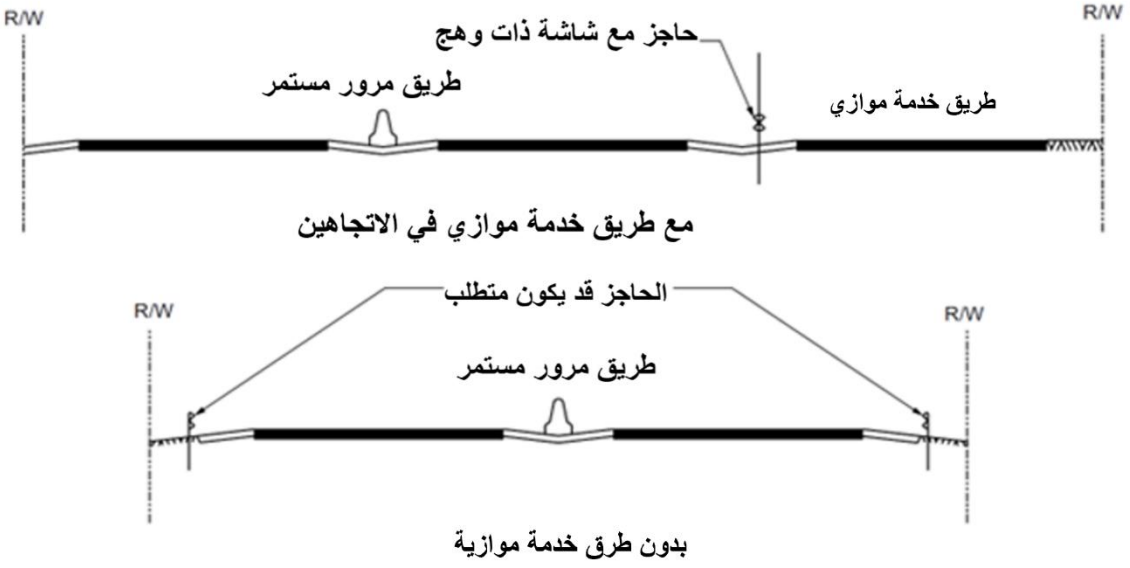
٦-٦-٤-٢ قطاع عرضي نموذجي:

يوضح الشكل (٦-٢٥) قطاعا عرضيًا نموذجيًا لطريق السريع/الطريق شبه السريع السطحية مع طرق خدمة جانبية موازية وبدونها. في حال توفر حرم طريق إضافي، يجب أن تكون الفواصل والحدود الخارجية واسعة بما يكفي لتوفير مساحة خضراء بمظهر جميل ولعزل المنطقة المحيطة عن الطريق سريع/الطريق شبه السريع. في المناطق التي يتم فيها ربط المنحدرات بطرق الخدمة الجانبية، يجب أن يكون عرض الفواصل الخارجية كافياً لإتاحة مساحة كافية للمنحدرات ونهاياتها.



الشكل (٦–٢٥) القطاعات العرضية النموذجية للطرق السريعة /الطرق شبه السريعة السطحية على مستوى الأرض (AASHTO, 2018).

يوضح الشكل (٦-٢٦) القطاعات العرضية النموذجية المقيَّدة للطرق السريعة/الطرق شبه السريعة السطحية على مستوى الأرض. في الحالة العليا، يُضمّن قطاع عرضي نموذجي مقيَّد مع طريق خدمة جانبي ذي اتجاهين أو اتجاه واحد، بينما في الحالة السفلية، يُضمّن قطاع عرضي نموذجي مقيَّد بدون طرق خدمة جانبية. مع القطاعات العرضية التقييدية، عادة ما يتم رصف كل من الجزيرة الوسطية والفاصل الخارجي. على هذه الجزر الوسطية الضيقة، يكون حاجز الجزيرة الوسطية مناسبًا. في حالة تصميم طرق الخدمة الجانبية، من المستحسن أيضًا توفير حاجز في الفاصل الخارجي بدلاً من سياج التحكم في الوصول. لمزيد من الإرشادات، راجع مجلد كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة). في حالة عدم وجود إنارة ذات مصدر ثابت، قد يكون قد يكون من المرغوب فيه أيضًا فحص الوهج في الفاصل الخارجي. يتوفر المزيد من الإرشادات في مجلد كود الطرق السعودي ٣٠٦ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - المنافع العامة، وإنارة الطرق والشوارع، وأجهزة التحكم والمراقبة).



الشكل (٦–٢٦) القطاعات العرضية المقيّدة للطرق السريعة السطحية /الطرق شبه السريعة (AASHTO, 2018).

٦-٦-٥ الطرق السريعة / شبه السريعة ذات النوع المختلط:

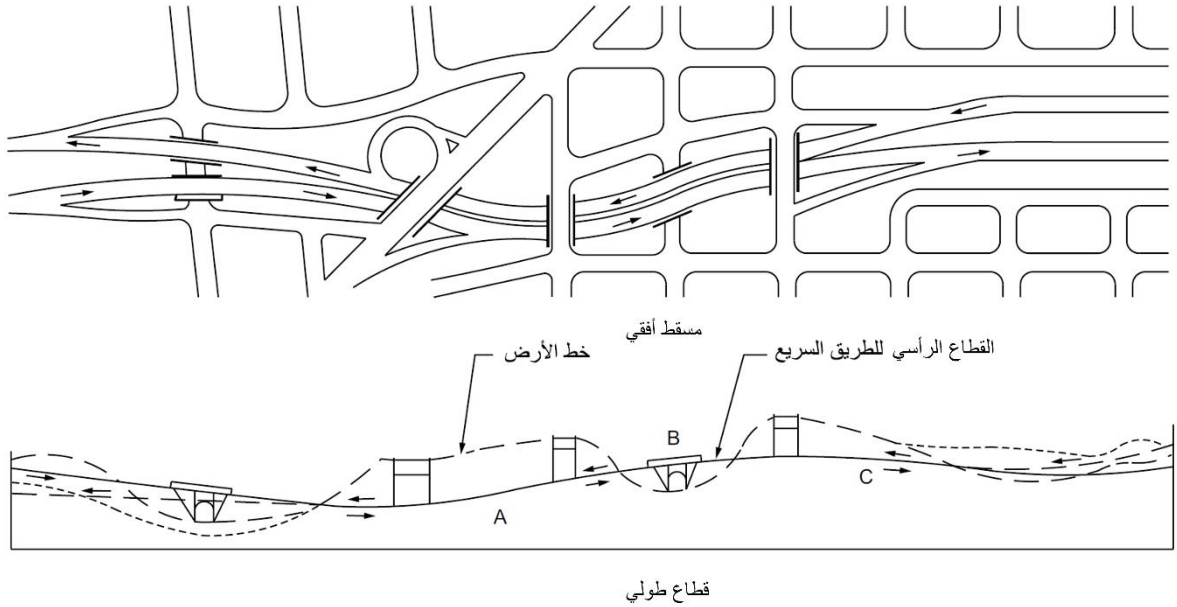
٦-٦-٥-١ الخصائص العامة:

في كثير من الحالات، تتضمن الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة في المناطق الحضرية مزيجًا من التصاميم المنخفضة والمرتفعة والسطحية. تنتج الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة من النوع المختلط عن الاختلافات في القطاع الطولي أو العرضي. تقدم الفقرات التالية اعتبارات عامة فيما يتعلق بهاتين الحالتين الحاكمتين.

٦-٦-٥-٢ التحكم القطاع الطولي:

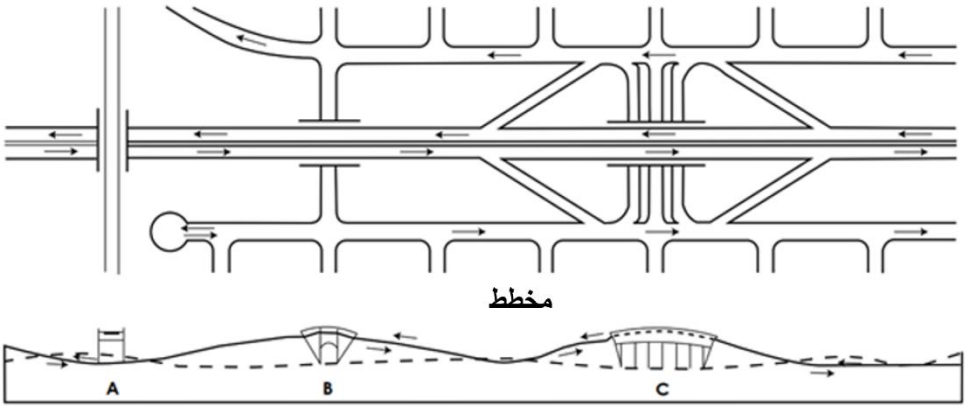
يُعرض التخطيط الأفقي النموذجي والقطاع الطولي للطريق السريع/ شبه السريع من النوع المختلط حسب التضاريس شديدة الانحدار/ الجبلية في الشكل (٦-٢٧). وعادة ما يطوّر أفضل قطاع طولي من خلال توفير معابر سفلية وعلوية لتجاوز بعض الطرق.

يحتوي الطريق بين النقطة (A) والنقطة (C) على قطاع عرضي ثابت مع الجزيرة الوسطية بعرض صغير نسبة للقيود الجانبية وتكلفة الأعمال الترابية. بالقرب من كل طرف من أطراف الرسم التوضيحي، يتنوع القطاع الطولي والقطاع العرضي ليناسب التضاريس ذات الميول الجانبية المنحدرة والعناصر الحاكمة الأقل صرامة، ومع الخطوط المركزية والقطاع الطولي المصممة بشكل مستقل لكل طريق أحادي الاتجاه. وينبغي أخذ هذا النوع من التصميم بالاعتبار، والذي يشبه طابع الطرق السريعة في المناطق الريفية، حيثما يتوفر حرم طريق كافي.



الشكل (٦–٢٧) التحكّم بالقطاع الطولي — طريق سريع / شبه سريع من النوع المختلط في منطقة تضاريس شديدة الانحدار/ جبلية (AASHTO, 2018).

يوضح الشكل (٦-٢٨) تنوّع الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة من النوع المختلط في التضاريس المنبسطة. يتبع القطاع الطولي للطريق مناسيب الأرض الحالية بين هياكل التقاطعات المفصولة رأسياً. يمكن رفع منسوب سطح الطريق السريع/الطريق شبه السريع النهائي ارتفاعاً مناسباً لعبور الطرق المقاطعة الهامة، كما يمكن للطرق المقاطعة العبور أعلى الطريق السريع/الطريق شبه السريع حيثما كان ذلك عملياً (كما هو الحال في (A) في الشكل (٦-٢٨)). يعد تصميم الطريق السريع/الطريق شبه السريع من النوع المختلط مناسبًا للتضاريس المنبسطة حيث تحول ظروف التربة والمياه الجوفية أو المرافق تحت الأرض دون خفض الطريق السريع/الطريق شبه السريع تحت منسوب الأرض الحالية بصورة كبيرة، أو حيث يكون إنشاء الهيكل ذات قناطر الركائز المستمرة مكلفًا للغاية أو غير مقبول. قد يعبر الطريق السريع طريقًا متقاطعًا على جسر ترابي من خلال هيكل معبر سفلي تقليدي (كما هو الحال في النقطة (B) في الشكل (٦-٢٨)) أو باستخدام جسر طويل نسبيًا (كما هو الحال في النقطة (C) في الشكل (٦-٢٨)). العوامل التي تحكم تصميم القطاع الطولي هي توفر مواد الردم وظروف التربة. بالإضافة إلى ذلك، يسمح تصميم الطريق السريع/الطريق شبه السريع من النوع المختلط بتوفير منحدرات متوازية أو قطرية بين التقاطعات المنفصلة رأسياً.



مخطط

قطاع طولي

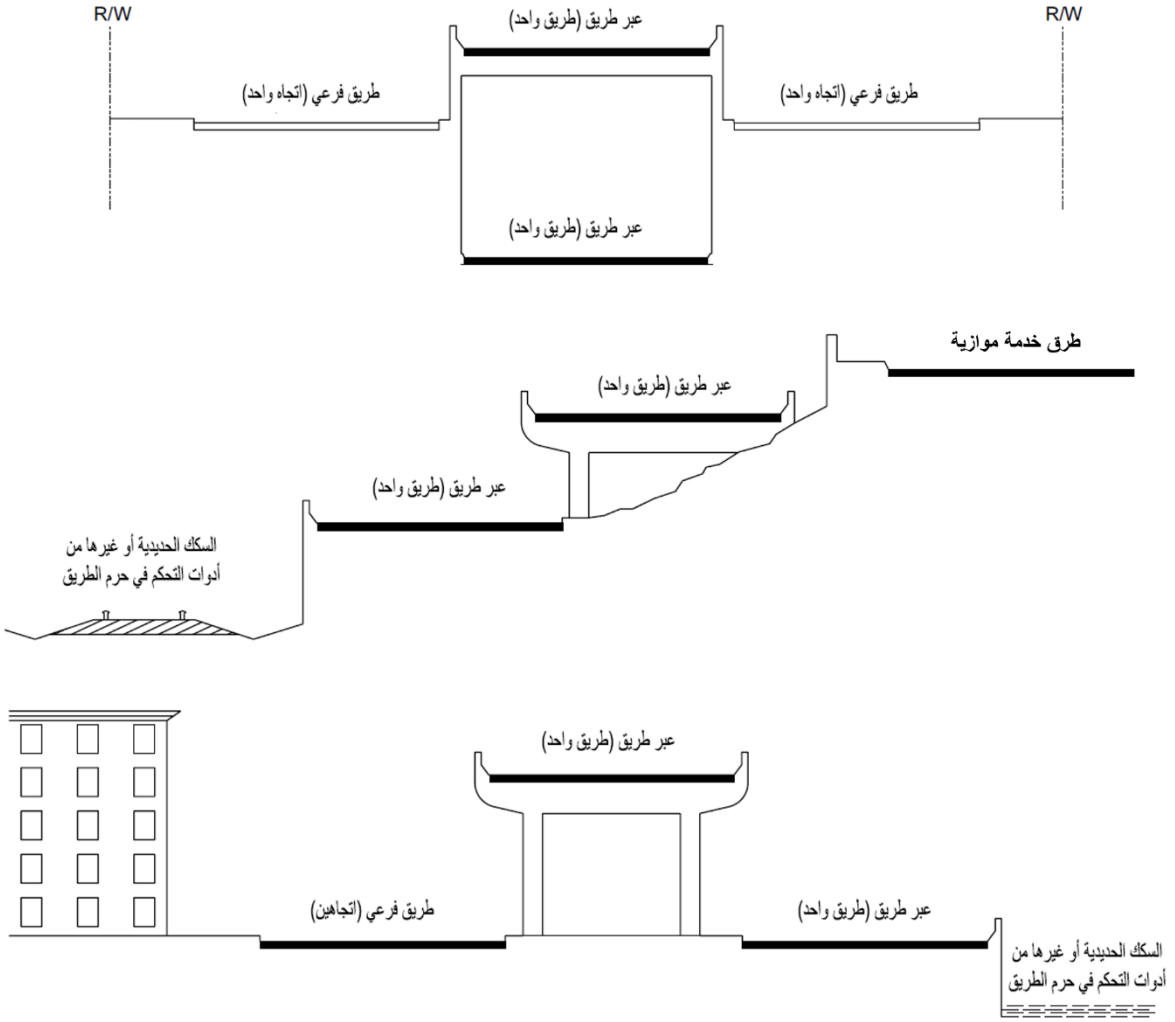
الشكل (٦–٢٨) التحكم بالقطاع الطولي — طريق سريع / طريق شبه سريع من النوع المختلط في تضاريس عادية (AASHTO, 2018).

٦-٦-٥-٣ التحكم في القطاع العرضي:

تعتبر الأمثلة الموجودة في الشكل (٦-٢٩) أيضًا طرقاً سريعة/شبه السريعة من النوع المختلط، لكن المؤثر الرئيسي على التصميم هو القطاع العرضي. هذه التصاميم الخاصة عادة ما تنطبق على أطوال قصيرة نسبياً من الطرق لتلبية ظروف محددة بالقرب من المراكز الحضرية أو على طوبوغرافية الأرض شديدة الانحدار.

يوضح الشكل (٦-٢٩) ثلاث حالات:

- تصميم يقع فيه أحد الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة فوق الآخر، ويكون أحدهما فوق مستوى الأرض الحالية والآخر تحتها.
- تصميم خاص مع أجزاء مرتفعة جزئياً بجدران على مستويات متخالفة بسبب الأرض شديدة الانحدار. يعتمد التصميم المختار على ميل الأرض وظروف التربة وعرض حرم الطريق. قد تكون هناك صعوبة للطرق العابرة بسبب الميول الطولية شديدة الانحدار المحتملة؛ ومع ذلك، فإن المناطق ذات التضاريس من هذه النوع عادة ما يكون فيها عدد قليل من الطرق العابرة.
- تصميم يقع فيه الطريق المستمر على مستوي سطح الارض والآخر مرتفع على قناطر متعددة الركائز. قد يكون هذا التصميم مناسبًا على طول الواجهات المائية أو السكك الحديدية حيث يكون حرم الطريق ضيقًا نسبيًا ولا توجد تقاطعات للطرق.



الشكل (٦–٢٩) التحكم بالقطاع العرضي — الطريق السريع/ شبه السريع من النوع المختلط (AASHTO, 2018).

٦-٦-٦ تصاميم خاصة للطرق السريعة وشبه السريعة:

قد تكون هناك حاجة إلى تصاميم خاصة للطريق السريع/الطريق شبه السريع في بعض المواقع الحضرية. ويرد في الفقرات التالية وصف لثلاث حالات منفصلة:

- طرق سريعة/طرق شبه سريعة ذات طرق بتدفق عكسي.
- طرق سريعة/طرق شبه سريعة ذات تقسيم مزدوج.
- طرق سريعة/طرق شبه سريعة ذات طرق تجميعية-توزيعية.

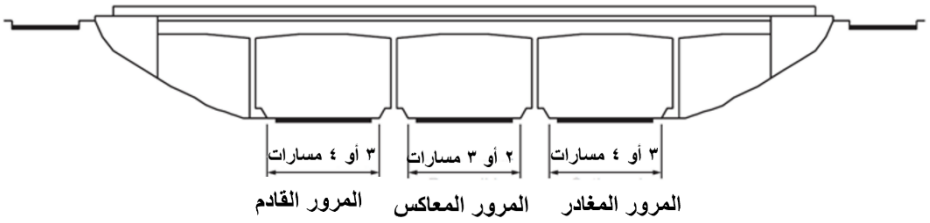
١-٦-٦-٦ طرق التدفق العكسي:

طريق التدفق العكسي (أو التدفق المعاكس) هو طريق منفصل، عادة ما يكون بين المسارات الرئيسة للطريق السريع/الطريق شبه السريع الذي يخدم المرور لاتجاهات التنقل المعاكسة في أوقات مختلفة من اليوم. يحقق ذلك عادةً بوضع مسار منفصل قابل للانعكاس بمنطقة الجزيرة الوسطية، كما هو موضح في الشكل (٦-٣٠)، بينما تظهر الأبعاد النموذجية في الشكل (٦-٣١). تعتبر مسارات التدفق المعاكس مفيدة من حيث إنها توفر فرصة لتشغيل أفضل للمركبات، ولكنها غير مؤاتية بسبب السعة غير المستخدمة في معظم الوقت للأعداد المحدودة من نقاط الوصول. قد تختلف تكاليف إنشاء وصيانة وتشغيل الطرق السريعة/ شبه السريعة ذات مسارات التدفق المعاكس أيضًا اختلافًا مقدّراً عن تكاليف الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة التقليدية.

مكن النظر في إنشاء طريق منفصل ذو تدفق عكسي وفقًا للشروط التالية:

- التوزيع الاتجاهي خلال ساعات الذروة غير متوازن إلى حدٍ كبير (على سبيل المثال، تقسيم بنسبة ٦٥:٣٥ بالمائة) ويشير تحليل السعة إلى الحاجة إلى مرفق تقليدي يزيد عرضه عن ثماني مسارات.
- ضوابط التصميم والقيود المفروضة على حرم الطريق بحيث يكون توفير مرفقين متوازيين أو أكثر بحرم طريق منفصلة أمرًا غير عملي.
- توجه جزء كبير من المرور في الاتجاه السائد خلال ساعات الذروة إلى منطقة بين المنطقة المركزية للمدينة والمنطقة النائية.

في المناطق الحضرية الكبيرة، قد يكون الطلب كبيرًا بما يكفي لتبرير استخدام طريق قابل للانعكاس حصريًا للحافلات أو المركبات الأخرى عالية الإشغال.



القطاع العرضي عند الممر السفلي

الشكل (٦–٣٠) قطاع عرضي نموذجي لتشغيل طريق التدفق العكسي بمعبر سفلي (AASHTO, 2018).



الشكل (٦–٣١) الأبعاد النموذجية لتشغيل طريق التدفق العكسي (AASHTO, 2018).

تحتاج وصلة الخروج من طريق التدفق العكسي لدراسة متأنية لتجنب حالات الاندماج وازدحام المركبات غير المرغوب فيه أثناء تدفقات الذروة. كحد أدنى، يجب تصميم الوصلات عادة بطول ٣٥٠ متر إلى ٦٠٠ متر. ويفضل توفير مسار أو مسارات إضافية بعد نقطة التقاطع إلى مخرج المحوّل التالي لمسافة ٧٥٠ متر إلى ١٠٠٠ متر لتوفير طول اندماج مناسب.

٦-٦-٦-٢ الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة ذات التقسيم المزدوج:

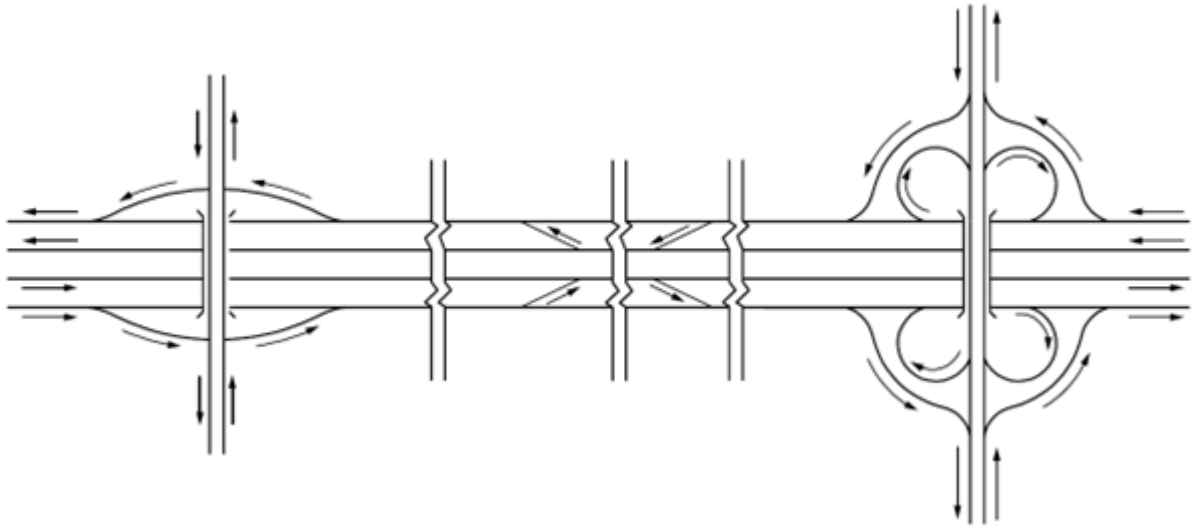
عند الحاجة لتوفير أكثر من ثماني مسارات مستمرة ويكون التوزيع الاتجاهي للمرور متوازنًا بشكل كافٍ بحيث لا يكون طريق التدفق العكسي مناسبًا، يمكن توفير طريق سريع/طريق شبه سريع مزدوج التقسيم بحيث يتم تقسيم كل اتجاه من اتجاهات السير إلى جادة طرق أحادية الاتجاه داخلية وأخرى خارجية (في نفس اتجاه السير الرئيسي) لتوفير تشغيل مروري أمثل. تقع جميع المسارات الأربعة ضمن خطوط التحكم في الوصول. عادة ما تخدم جادة الطريق الخارجية جميع حركات المرور للمحوّل، ولكنها قد تخدم أيضًا جزءًا كبيرًا من المرور العابر. على سبيل المثال، قد يُطلب من جميع الشاحنات استخدام جادة الطرق الخارجية فقط. تخدم جادة الطريق الداخلية المرور العابر، في حين أن المركبات التي تستخدم هذه المسارات معزولة عن حركات التناسج عند المحوّلات المتقاربة.

قد يكون انشاء طرق مزدوجة التقسيم هو الحل الأكثر عملية لتوسيع الطريق السريع الحالي حيث تكون أحجام المرور الحالية كبيرة جدًا بحيث لا يمكن التسامح مع اضطراب المرور أثناء عملية إعادة النشاء الكاملة. إذا كان توقع الحاجة المستقبلية وحجز حرم الطريق الكافي ممكناً، فقد يكون تطوير منشأة مزدوجة التقسيم على مرحلتين عملياً.

- تتضمن عيوب المرافق المزدوجة المقسمة:

- الحاجة إلى عرض إضافي لكتف الطريق.
- التكاليف المتزايدة.
- الأثر المتزايد على المنطقة المحيطة.
- تقليل مرونة توزيع المرور، مما يؤدي إلى التوزيع غير المتساوي بين المسارات.
- الحاجة المتزايدة للصيانة بمعدل أكبر مقارنة بالطرق السريعة/الطرق السريعة المقسمة التقليدية.

يوضح الشكل (٦-٣٢) تخطيطًا نموذجيًا لطريق سريع/شبه سريع مزدوج التقسيم. جميع وصلات المحوّل متصلة بجادة الطريق الخارجية، ويتم توفير منحدرات دخول وخروج بين جادتي الطريق الداخلية والخارجية بحيث يمكن للمرور على جادة الطريق الداخلية الوصول إلى التقاطعات. يجب إبقاء عدد هذه الوصلات عند الحد الأدنى، مع مجموعة واحدة تخدم عدة تقاطعات متتالية.



الشكل (٦–٣٢) طريق سريع/ شبه سريع نموذجي مزدوج التقسيم (AASHTO, 2018).

٦-٦-٦-٣ الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة مع طرق تجميعية-توزيعية:

الترتيب الذي يحتوي على عناصر قطاع عرضي مثل الطريق السريع/الطريق شبه السريع مزدوج التقسيم هو طريق سريع/طريق شبه سريع مع نظام طريق تجميعي-توزيعي (C-D). الغرض من هذا النوع من الطرق (C-D) هو التخلّص من التناسج على الممر الرئيسي لمسارات الطريق السريع/ شبه السريع وتقليل عدد نقاط الدخول والخروج على الممر الرئيسي، مع تلبية الطلب على الوصول من وإلى الطريق السريع. يمكن توفير الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة من النوع (C-D) ضمن محوّل واحد (انظر الجزء الفرعي ١١-٣-٢)، أو محوّلين متجاورين، أو بشكل مستمر من خلال عدة محوّلات لقطاع الطريق السريع/الطريق شبه السريع.

تعرف المسارات الداخلية كممرات رئيسة، في حين يتم تعريف المسارات الخارجية كممرات طريق من النوع (C-D). عادة، تكون أحجام وسرعات المرور على نظام (C-D) أقل مقارنة بالطريق السريع/الطريق شبه السريع المزدوج التقسيم، مع عدد أقل من المسارات. يمكن عمل وصلات بين المسارات الرئيسة وممرات (C-D) بمنحدرات دخول وخروج مشابهة لتلك التي تمت مناقشتها في الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة المزدوجة التقسيم. يمكن أن تكون وصلات المنحدرات هذه أحادية أو ثنائية المسار، وينطبق مبدأ توازن المسار على تصميمها. يجب أن يكون الفصل الخارجي واسعًا قدر الإمكان مع وجود حاجز مناسب. يجب تصميم نهايات (C-D) ووصلات المنحدرات وفقًا للإرشادات الواردة في الجزء (١١-٦). يفضل أن تكون المسافة بين نهاية الوصلة ومنحدر الخروج للمحوّل التالي ٧٥٠ مترًا على الأقل لتوفير طول اندماج مناسب.

٦-٦-٧ مرافق الطرق ذات التصميم الخاص:

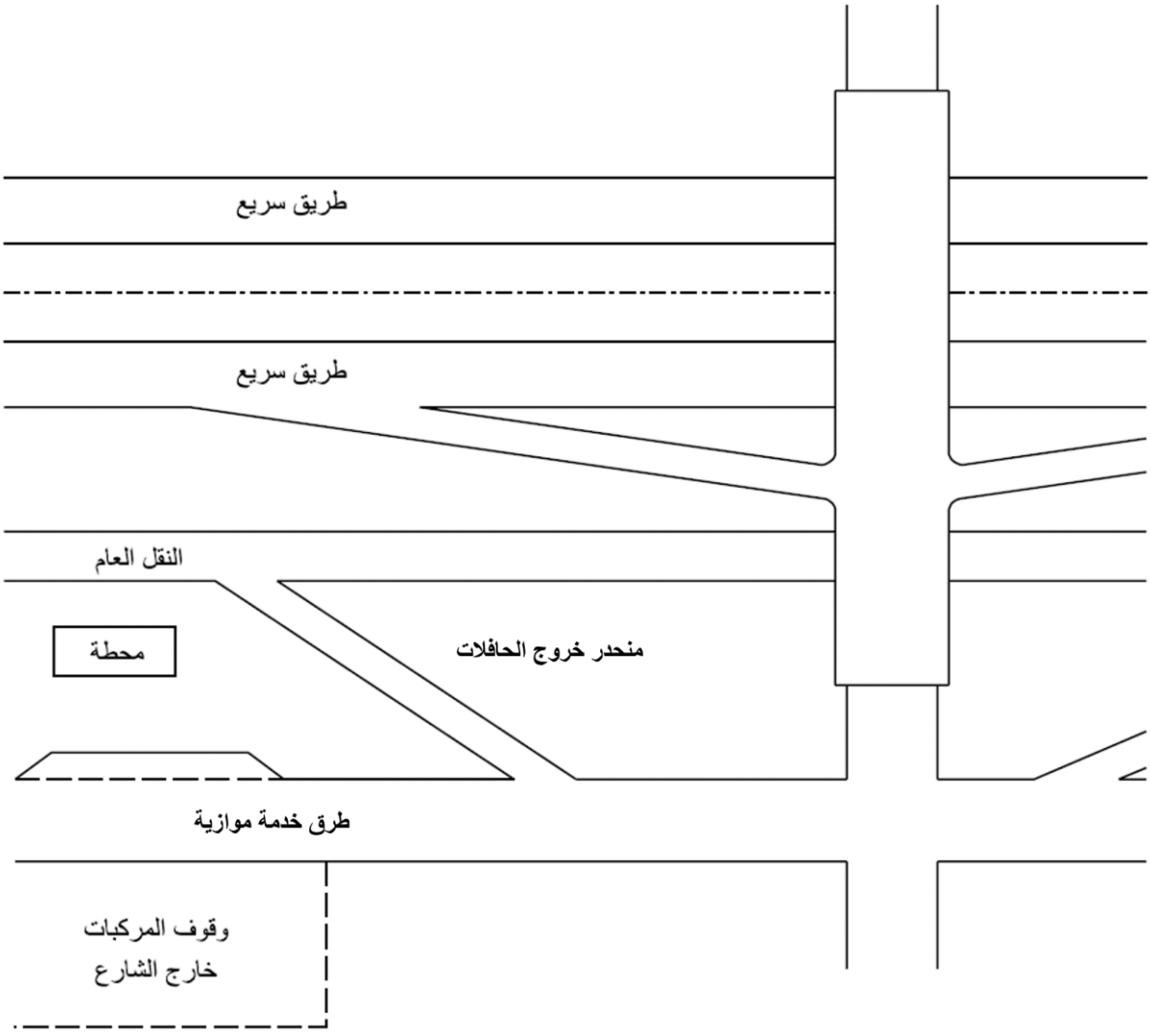
٦-٦-٧-١ اعتبارات عامة:

تعرّف المسارات المُدارة على أنها مرافق طرق ذات تصميم خاص، أو مجموعة من المسارات حيث تنفّذ وتُدار الاستراتيجيات التشغيلية استجابة للظروف المتغيرة لزيادة كفاءة الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة، وزيادة السعة، وإدارة الطلب، وتوليد الإيرادات. تتضمن أمثلة المسارات المُدارة ما يلي:

- مسارات مركبات الإشغال (مشغولية الركاب) العالي (HOV).
- مسارات ذات رسوم الاشغال العالي (Value-priced)
- مسارات مخصصة لمرافق تحصيل رسوم الإشغال العالي (HOT).
- مسارات استخدام حصري أو خاص، مثل المسارات السريعة ومسارات الحافلات ومسارات النقل العام ومسارات قابلة لعكس اتجاه السير.

يعد الجمع بين مرافق النقل الجماعي أو مرافق المسارات المُدارة مع الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة وسيلة لتوفير خدمات النقل المثلى في المدن الكبرى. يمكن تحقيق هذا النوع من التحسين بالاستخدام المشترك لحرم الطريق ليشمل النقل بالسكك الحديدية أو مرافق الطرق المنفصلة للمسارات المُدارة.

عندما يقع النقل العام، سواء الحافلات أو السكك الحديدية، داخل الجزيرة الوسطية للطريق السريع/الطريق شبه السريع، يتم الوصول إلى مركبات النقل العام عمومًا من طرق الخدمة الجانبية عند مواقع المحوّل. يمكن أيضًا تشغيل المسارات القابلة لعكس اتجاه السير، مثل تلك الموجودة في الجزيرة الوسطية للطريق السريع الموضح في الشكل (٦-٣٣)، كمسارات حصرية للحافلات. تقيّد مسارات الحافلات داخل الجزيرة الوسطية بشكل أساسي التشغيل على خطوط نقل المسافات الطويلة أو النوع السريع لأن المنحدرات التي تسمح بالتجميع والتوزيع من الجزيرة الوسطية تكون مكلفة أو غير مرغوب فيها تشغيلياً ومن حيث سلامة الطرق.



الشكل (٦–٣٣) مسار حافلات يقع بين طريق سريع/طريق شبه سريع وطريق خدمة جانبي موازٍ (AASHTO, 2018).

٢-٧-٦-٦ حافلات النقل العام:

لا تزال خدمة النقل السريع بالحافلات محدودة جدًا في المملكة العربية السعودية حاليًا أو غير مطبقة. ومع ذلك، تماشيًا مع رؤية المملكة العربية السعودية ٢٠٣٠ وكذلك مع الاتجاهات الدولية، قد يتغير هذا في السنوات القادمة. في مثل هذه الحالة، ستحتاج العديد من المناطق الحضرية في المملكة العربية السعودية لإنشاء طرق حافلات سريعة تعمل بدون توقف على ممرات الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة بين نقاط نقل الركاب في الضواحي بالقرب من الطريق السريع/الطريق السريع والوجهات داخل المنطقة التجارية المركزية أو إلى مولدات حركة المرور الكثيفة الأخرى. يعتمد عدد الحافلات المشغّلة خلال ساعات الذروة، وتباعد مواقف الحافلات، وتصميم مسارات التفاف الحافلات الجانبية على كفاءة تشغيل الحافلات وتأثيرها على تشغيل الطريق. من المرجح أن تتراكم الحافلات المُشغّلة بفترات تقاطُر قصيرة ونقاط إنزال وإركاب متكررة عند محطات التوقف، وتتداخل مع المرور. من ناحية أخرى، فإن تشغيل الحافلات السريعة مع توقفات قليلة، إن وجدت، على طول الطريق السريع/الطريق شبه السريع، يوفر خدمة نقل فائقة لمناطق الضواحي ويؤثر على تشغيل الطريق السريع/الطريق شبه السريع بشكل أقل.

في حال قُرّر تطبيق نظام النقل السريع في المناطق الحضرية في المملكة العربية السعودية، فينبغي مراعاة الجوانب التالية:

مسارات مركبات الإشغال العالي (HOV) الحصرية:

تُستخدم مسارات مركبات الإشغال (مشغولية الركاب) العالي (HOV) لتقليل زمن الانتقال لوسائل النقل العام. ممر مركبات الإشغال العالي الحصري هو عبارة عن مرفق طرق كامل محجوز في جميع الأوقات لاستخدام الحافلات أو الحافلات فقط، وغيرها من مركبات الإشغال العالي. يوفر هذا المرفق للحافلات مركبات الإشغال العالي، مستوى عالٍ من الخدمة، ويحسن موثوقية الجدول الزمني وسرعات التشغيل، ويقلل وقت السفر للمستخدمين.

محطات توقُّف **الحافلات على الطرق السريعة والطرق شبه السريعة:**

تحدد المسافة بين محطات التوقُّف السرعة الإجمالية للحافلات إلى حد كبير. ينبغي أن تكون محطات التوقُّف على الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة متباعدة للسماح بتشغيل الحافلات بسرعة التدفق الحر السائدة أو بسرعة قريبة منها. ولتحقيق هذا الهدف، من المناسب عادةً وجود مسافة لا تقل عن ٣,٥ كيلومتر بين محطات توقف الحافلات. تقع محطات توقف الحافلات على طول الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة عادةً عند تقاطعات الطرق حيث ينتقل الركاب من وإلى الخطوط الأخرى أو سيارات الركاب الخاصة. يمكن توفير محطات التوقف هذه على مستوى الطريق السريع/الطريق شبه السريع، والذي يصل إليه الركاب عبر درج أو منحدرات أو سلالم متحركة أو مصاعد، أو على مستوى الطريق.

ترتيبات محطة توقف الحافلات:

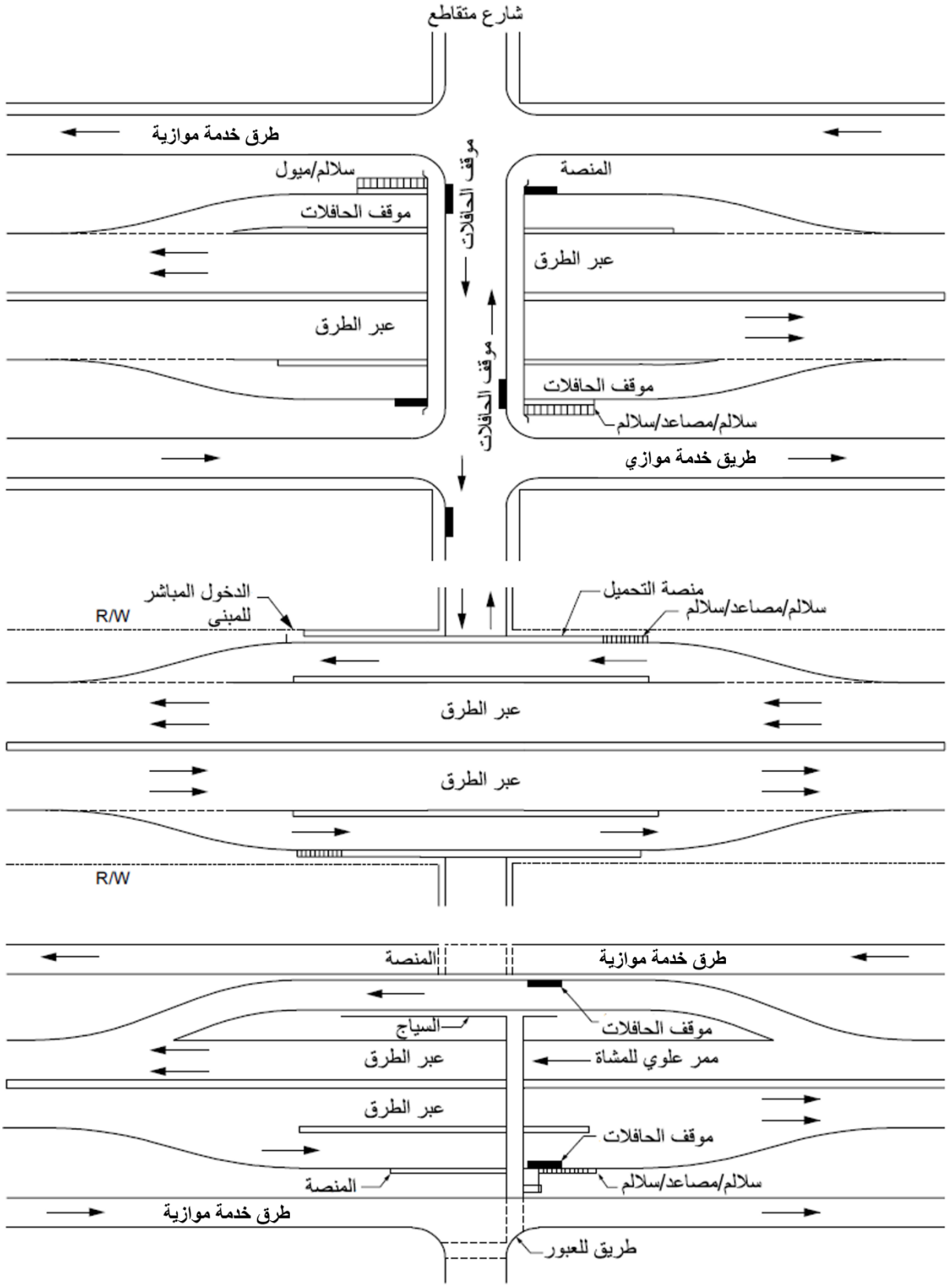
تكمن فائدة محطات توقف الحافلات الواقعة على مستوى الطريق السريع/الطريق شبه السريع في أن الحافلات تستغرق وقتًا أقل للتوقف، وفي الانزال وركوب، وبدء الأنشطة، الا أن الحاجة إلى المزيد من الإنشاءات الخاصة (مسارات الانعطاف الجانبية، والمنحدرات، والسلالم، وما إلى ذلك) تمثّل أحد المآخذ؛ وتقل الحاجة إلى تلك الإنشاءات الخاصة في حال وجود محطات توقف الحافلات على مستوى طرق الخدمة الجانبية الموازية، وكذلك، يمكن الاستغناء عن توفير السلالم أو المنحدرات. ومع ذلك، لابد للحافلات من الاختلاط مع المرور بالمنحدرات وطرق الخدمة الجانبية، وعبور الشارع المتقاطع على نفس المستوى. بشكل عام، تُعد محطات توقف الحافلات على مستوى الشارع مناسبة في مناطق وسط المدينة وبالقرب منها، كما أن محطات توقف الحافلات على مستوى الطريق السريع/الطريق شبه السريع مناسبة في الضواحي والمناطق النائية. يمكن استخدام مزيج من هذين النوعين على أي طريق سريع/طريق شبه سريع واحد. يجب أن تكون الوصلات بين الطريق العابر ومنطقة إنزال/ركوب الحافلات متاحة للأشخاص ذوي الإعاقة ويمكن استخدامها من قبلهم.

محطات توقف الحافلات على مستوى الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة:

تقع محطات الحافلات بشكل منطقي عند تقاطعات الطرق حيث يمكن للركاب استخدام هيكل الفصل الرأسي للوصول من جانبي الطريق السريع/الطريق شبه السريع. تُظهر الصورة العلوية في الشكل (٦-٣٤) ترتيبًا على طريق علوي بدون محوّل منفصل رأسياً. توجد منصات التحميل أسفل الجسر، وبالتالي تحتاج إلى أطوال أكبر أو فتحات إضافية. يتم الوصول بين الطريق السريع/الطريق شبه السريع والطريق العلوي العابر بواسطة سلالم ومنحدرات للركاب. تُظهر الصورة الوسطى في الشكل (٦-٣٤) ترتيبًا مع طريق سفلي بدون محوّل منفصل رأسياً.

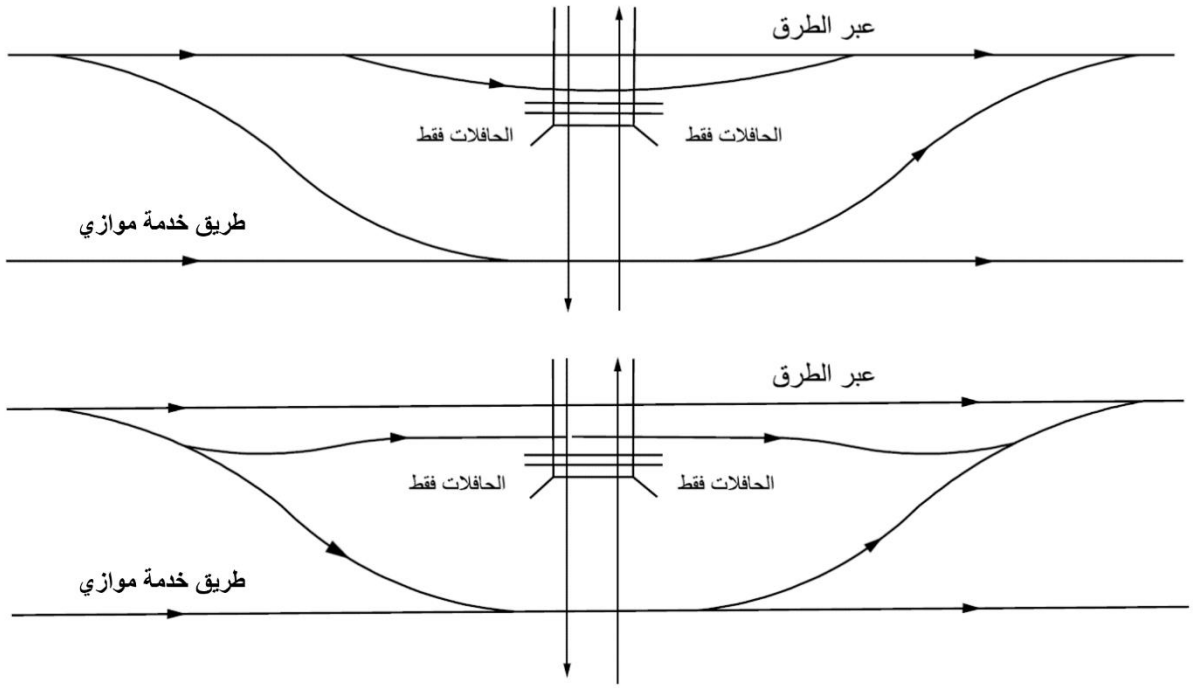
في بعض الأحيان تكون هناك حاجة إلى محطات النقل العام في مواقع أخرى غير الطرق العابرة العلوية/السفلية، كما هو الحال في المناطق النائية أو في المناطق المأهولة. ويفضل أن تكون هذه المحطات مقابلة للشوارع المتقاطعة التي تعترضها طرق الخدمة الجانبية الموازية أو مسارات الركاب الرئيسية. هناك حاجة إلى جسر علوي للمشاة لجعل محطات الحافلات قابلة للاستخدام من جانبي الطريق السريع/الطريق شبه السريع. توضح الصورة السفلية في الشكل (٦-٣٤) مخططين لتخطيطين محتملتين.

في النصف السفلي من الشكل تقع مسارات الالتفاف الجانبية للحافلات على مستوى الطريق السريع/الطريق شبه السريع أسفل جسر المشاة. يمكن للمشاة الوصول إلى مستوى الطريق من خلال السلالم أو المنحدرات أو المصاعد. يتميز التصميم البديل، الموضح في النصف العلوي من الشكل، بوجود منطقة التفاف جانبية على مستوى طريق الخدمة الجانبي الموازي، مما يلغي الحاجة إلى السلالم أو المنحدرات أو المصاعد.



الشكل (٦–٣٤) محطات توقف الحافلات على مستوى الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة (AASHTO, 2018).

الشكل (٦-٣٥) يوضح محطات توقف الحافلات واقعة على مستوى الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة في قسم منخفض مع منحدرات المحوّل على شكل المعيّن متصلة بطرق خدمة جانبية ذات الاتجاه الواحد. تقع محطات توقف الحافلات تحت الطريق العابر. يجب أن تكون الوصلات بين الطريق العابر ومنطقة الركوب/النزول من الحافلات متاحة للأشخاص ذوي الإعاقة ويمكنهم استخدامها.



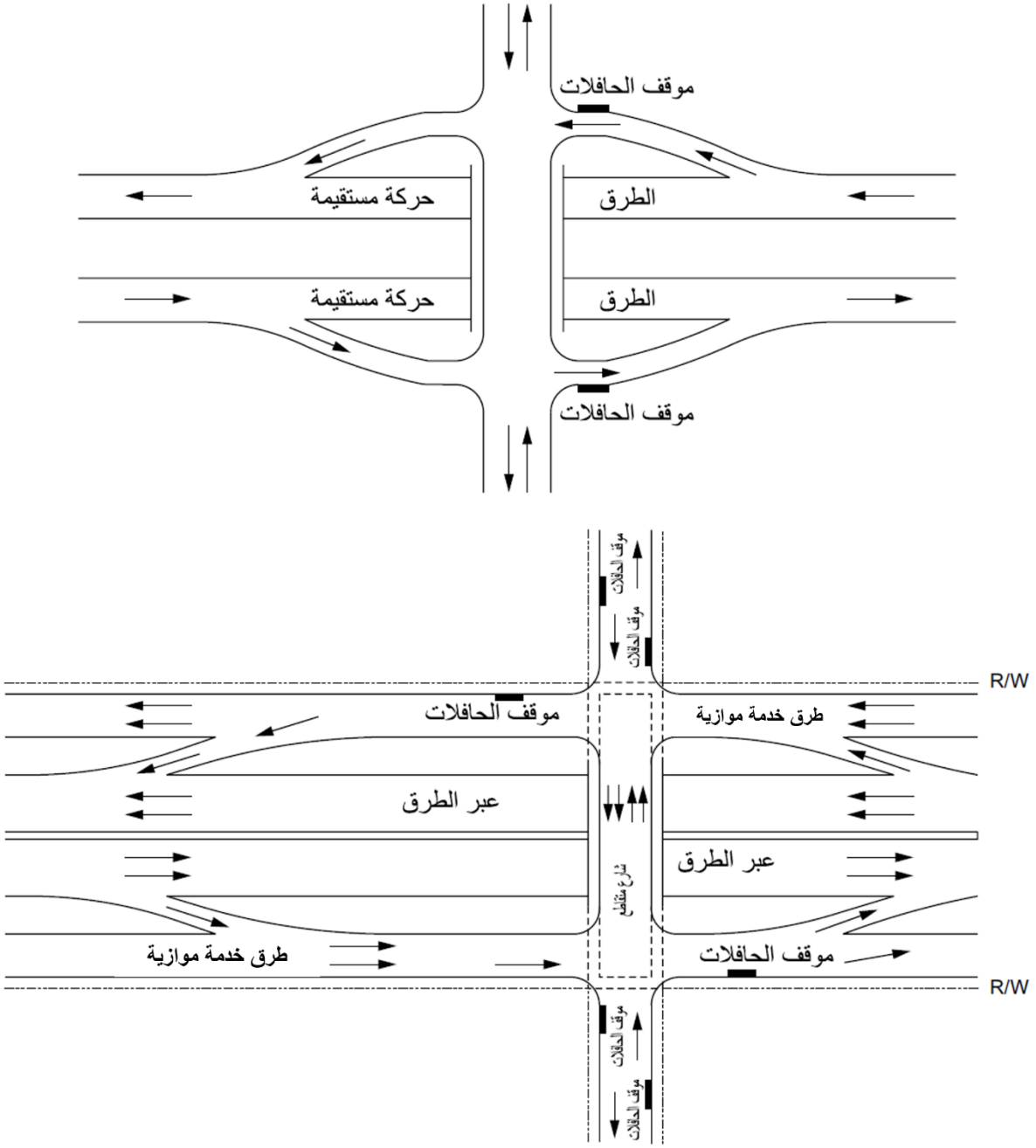
الشكل (٦–٣٥) محطات توقف الحافلات على مستوى الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة في محوّل على شكل المعيّن (AASHTO, 2018).

محطات توقف الحافلات على مستوى الشارع:

يمكن توفير محطات توقف للحافلات على مستوى الشارع عند المحوّلات. على سبيل المثال، عند منحدرات المحوّلات على شكل المعيّن، قد تقع محطة التوقف بجوار ممر المنحدر، أو قد توضع على جادة طريق منفصلة. بشكل عام، تُفضّل محطات توقف الحافلات على مستوى الشوارع المجاورة لمنحدرات الدخول. لابد أن تكون مناطق الركوب والنزول من الحافلات وأي مرافق أخرى لمرتادي الحافلات متاحة للأشخاص ذوي الإعاقة ويمكنهم استخدامها.

يُظهر الشكل (٦-٣٦) مثالين لمحطات توقف الحافلات على مستوى الشارع عند المحوّلات على شكل المعيّن. توضح الصورة العلوية موقعين محتملين لمحطة توقف حافلات عند محلوّل على شكل المعيّن البسيط بدون طرق خدمة جانبية. يمكن أن تقع محطة توقف الحافلات بجوار منحدر الدخول أو الخروج. وينبغي إجراء تحليل تعارض مسارات الانعطاف لتحديد جدوى وملاءمة أي من الخيارين. توضح الصورة السفلية محطة توقف حافلات على مستوى الشارع على طريق خدمة جانبي باتجاه واحد عند محوّل على شكل المعيّن. تستخدم الحافلات المنحدر الخروج للوصول إلى مستوى السطح، منطقة ركوب/نزول الركاب على طريق الخدمة الجانبي، ومواصلة السير عبر منحدر الدخول.

من الصعب توفير محطات توقف الحافلات على مستوى الشارع بشكل فعال داخل محوّل على شكل ورقة البرسيم. وبالتالي، يجب حذفها عند مثل هذه المحوّلات أو أن تُوضع في الشارع المقاطع خارج حدود المحوّل.



الشكل (٦–٣٦) محطات توقف الحافلات على مستوى الطريق المواجه لمحوّل على شكل المعيّن (AASHTO, 2018).

الدرج والمنحدرات والسلالم المتحركة والمصاعد:

مع وجود محطات توقف للحافلات على مستوى الطرق السريعة، هناك حاجة إلى درج أو منحدرات أو سلالم متحركة أو مصاعد أو مجموعات منها لوصول الركاب بين الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة ومستويات الطرق المحلية. لابد أن تكون مرافق النقل العام متاحة للأشخاص ذوي الإعاقة ويمكنهم استخدامها. يجب أن تستوفي المصاعد والسلالم والمنحدرات في محطات النقل العام بمتطلبات إمكانية الوصول وأن تقدم مظهرًا جذابًا. ينصح بتوفير إضاءة كافية، ليلاً ونهاراً. قد يكون من المرغوب فيه أيضًا تغطية السلالم والمنحدرات والمنصّات.

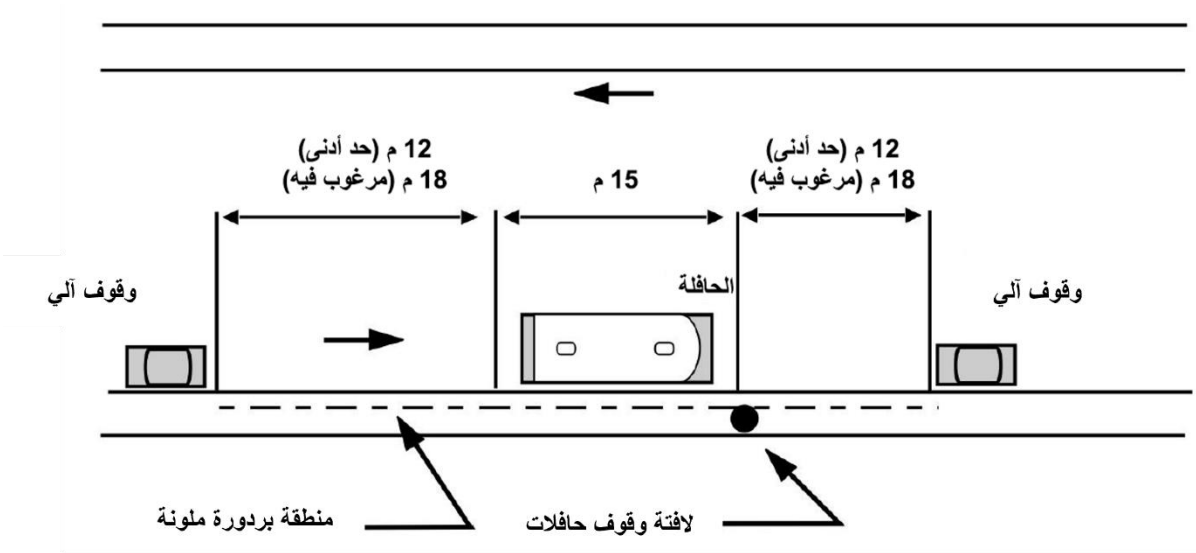
موقع محطات موقف الحافلات على الطرق الحضرية الأخرى:

يعد الموقع المناسب لمحطات توقف الحافلات أمرًا بالغ الأهمية لسلامة الركاب وسائقي السيارات والتشغيل السليم لنظام النقل. تقع محطات توقف لحافلات عمومًا عند التقاطعات حيث تعمل على زيادة إمكانية وصول المشاة إلى أقصى حد من كلا جانبي الشارع وتوفر اتصالاً بمسارات الحافلات المتقاطعة. إن أول قرار تصميم بشأن وضع محطة توقف الحافلات هو تحديد موقعها بالقرب من الجانب (قبل التقاطع)، أو الجانب البعيد (بعد التقاطع)، أو منتصف المبنى. في كثير من الأحيان، تحدد حركة انعطاف الحافلات وموقع المولدات الرئيسية مكان محطة التوقف عند التقاطع أو بالقرب منه.

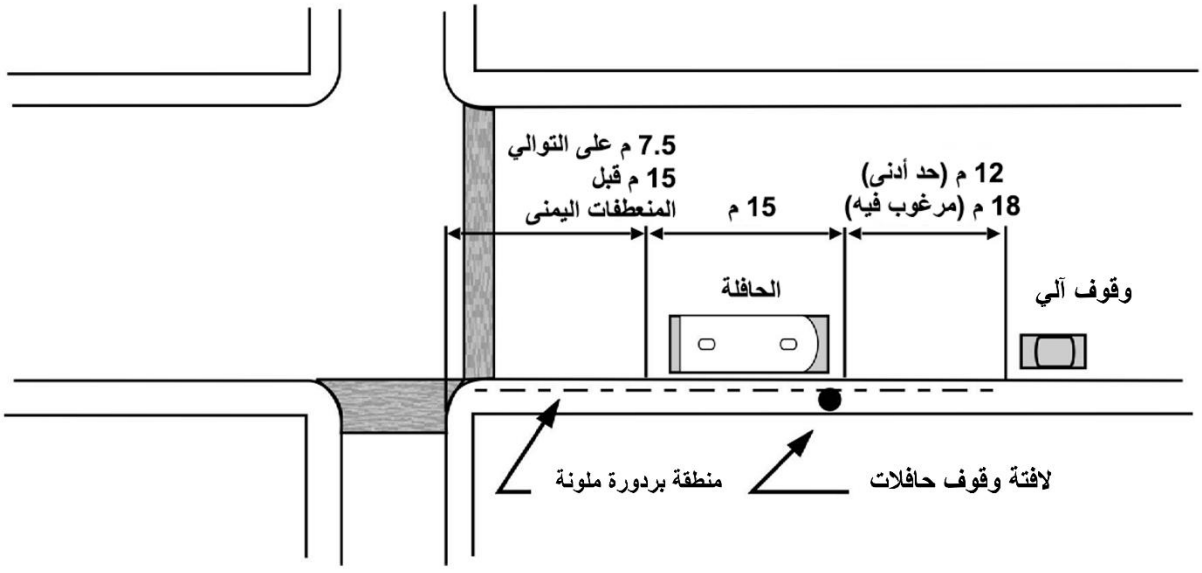
يمكن تصنيف أنواع محطات توقف الحافلات حسب علاقتها أو موقعها إلى تقاطع التنقل:

١- الجانب القريب – مباشرة قبل عبور تقاطع.
٢- الجانب البعيد – مباشرة بعد عبور تقاطع.
٣- منتصف المبنى mid-block – بين تقاطعين.

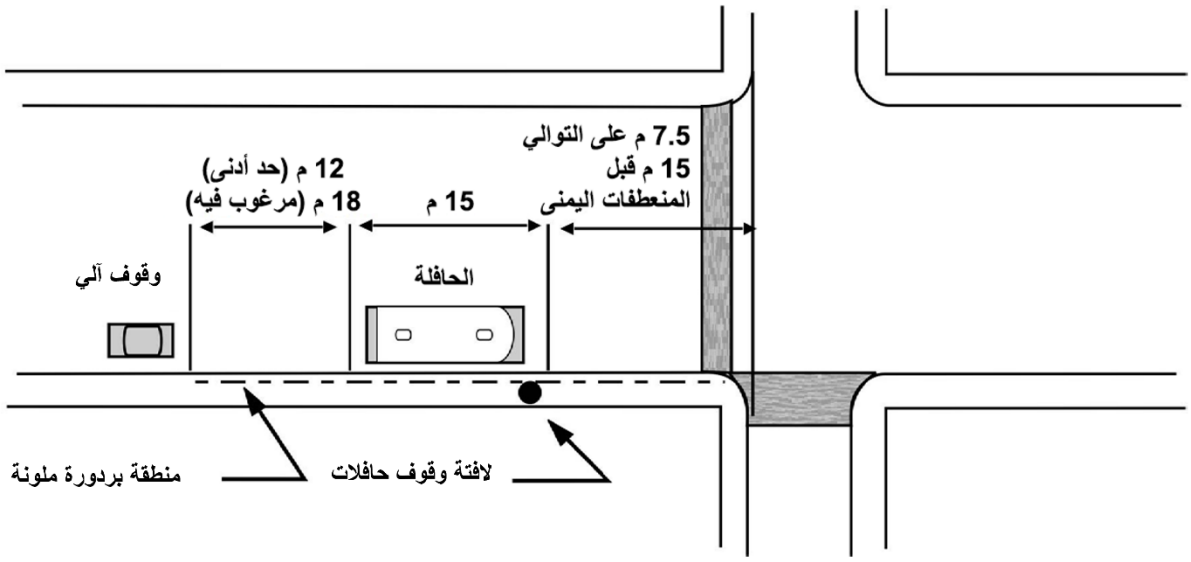
في الأشكال التالية، تعرض مخططات جيومترية لأنواع محطات توقف الحافلات المذكورة أعلاه لحافلة واحدة.



الشكل (٦–٣٧) مخطط لجيومتريّة محطة توقف حافلات عند منتصف مبنى (Sunline Transit Agency, 2006).



الشكل (٦–٣٨) مخطط لجيومتريّة محطة توقف حافلات بالجانب البعيد (Sunline Transit Agency, 2006).



الشكل (٦–٣٩) مخطط لجيومتريّة محطة توقف حافلات بالجانب القريب (Sunline Transit Agency, 2006).

قد تكون محطة موقف الحافلات على الجانب البعيد أفضل حيث:

- تنفذ الحافلات بانتظام العديد من المنعطفات إلى اليسار عند التقاطعات، توفر المحطة على الجانب البعيد نقطة خدمة أكثر ملاءمة بعد هذه المنعطفات.
- وجود مسارات مخصصة للانعطاف لليمين ذات حجم مروري عالي.
- سهولة إعادة دخول الحافلة إلى حركة المرور لتعويض الفجوات الناجمة عن الإشارات المرورية.
- تصبح التقاطعات معقدة بسبب إشارات المرور متعددة الأطوار، ومسارات انعطاف مزدوجة، وما إلى ذلك. وضع محطة موقف الحافلات على الجانب، يمنع الحافلات من المناورات المعقدة وأنشطة الدوران داخل تلك التقاطعات وحولها.

قد تكون محطة موقف الحافلات على الجانب القريب أفضل حيث:

- يستطيع مستخدمو وسائل النقل العام الصعود إلى الحافلات أو النزول منها بالقرب من معابر المشاة والتقاطعات، مما يؤدي في كثير من الأحيان إلى تقليل مسافة السير للوصول إلى خدمات النقل العام.
- قد لا تكون هناك مساحة كافية لتراكم حافلات متعددة في الجانب البعيد. ومن ثم، لتجنب امتداد الحافلات إلى منطقة التقاطع، يصبح وضع محطة موقف الحافلات على الجانب القريب هو الأفضل.

قد تكون محطة موقف الحافلات عند منتصف المبنى أفضل في الحالات التالية:

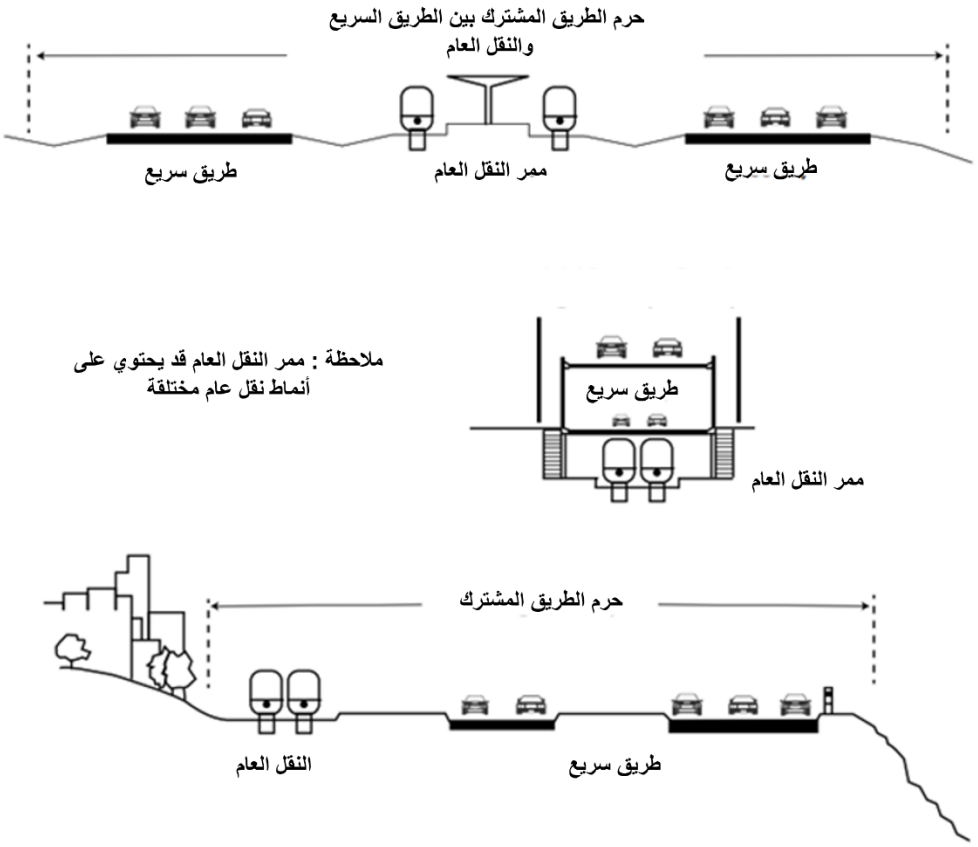
- إنه ببساطة المكان الأكثر أمانًا للتوقف.
- يفضل وجود موقع أقل ازدحاماً بعيداً عن التقاطع.
- تنعطف الحافلة بشكل حاد نسبيًا إلى اليمين ولا يمكنها المناورة للتوقف في الجانب البعيد.
- الامتدادات الطويلة من الطريق لا توفر شوارع متقاطعة أو نقاط توقف مروري مناسبة.

قد تتجاوز الظروف الخاصة هذه القواعد العامة حيث:

- يُظهر نشاط النقل بين مسارين اقترانًا اتجاهيًا قويًا (أي أحجام كبيرة من الشرق إلى الشمال). بعد ذلك، يمكن أن يؤدي وضع محطة توقف حافلات على الجانب القريب وأخرى على الجانب البعيد إلى تقليل نشاط المشاة عبر التقاطع.
- إذا كان مولّد/جاذب رحلة واحدة (مدرسة، مكتب، مركز تسوق، وما إلى ذلك) يؤثّر بشكل كبير على التقاطع، فيجب وضع محطة توقف الحافلات على الجانب الأقرب إلى ذلك المولّد، سواء كان على الجانب القريب أو البعيد.

٦-٦-٧-٣ النقل بالسكك الحديدية الخفيفة:

قد أُدمجت العديد من المناطق الحضرية، أو تخطط لدمج، النقل بالسكك الحديدية الخفيفة في حرم الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة. يوضح الشكل (٦-٤٠) الترتيبات المختلفة لاستخدام الطريق السريع/الطريق شبه السريع المشترك مع النقل العام في نفس حرم الطريق.



الشكل (٦–٤٠) حرم الطريق السريع/ شبه السريع - النقل العام المشترك (AASHTO, 2018).

تتميز مرافق النقل بالسكك الحديدية بقضايا ومعلمات تصميمية عالية التخصص. الترتيب الأكثر شيوعًا هو وضع خط النقل بالسكك الحديدية ضمن داخل الجزيرة الوسطية طريق سريع/طريق شبه سريع منخفض أو سطحي، كما هو موضح في الصورة العلوية في الشكل (٦-٤٠). عندما يتم وضع خط نقل بالسكك الحديدية في الوسط، يتم توفير جزيرة بين خطي السكة الحديد باتجاهين لفصل حركات المشاة عن المرور على الطريق السريع/الطريق شبه السريع. توضح الصورة السفلية في الشكل (٦-٤٠) ترتيبًا حيث تمثّل المعالم الطبوغرافية، مثل النهر الموجود على اليمين، عائقاً طبيعيًا للتطوير على أحد الجانبين. يقع خط النقل لتسهيل الوصول إلى المجتمع على اليسار.

٦-٧ تخطيط وتصميم الشوارع الكاملة:

٦-٧-١ مقدمة:

لقد أصبح من المعترف به بالفعل أن الأشخاص والصناعات يعيدون التفكير في احتياجاتهم وتفضيلاتهم وعاداتهم في مجال النقل. لتحقيق التحول المطلوب في تخطيط النقل واستيعاب جميع وسائل النقل ضمن نظام النقل المتكامل، ينبغي النظر في مجموعة من مفاهيم التخطيط. لقد أدى النظر في حركة الشوارع الكاملة في تخطيط النقل إلى تحديد مجموعة من الأدوات والأولويات التي تؤثر على كيفية تصميم الشوارع. المماثلة للرؤية صفر Vision Zero وحمية الطرق Road Diet وتهدئة المرور Traffic Calming لها أهداف متسقة ومتوافقة تتمثل في توفير دعم متزايد لوسائل التنقل الأخرى وتعزيز السلامة في الشوارع. وبأهداف مماثلة، يتشاركون أيضًا في مجموعة من المعالجات الشائعة للشوارع وأرصفة المشاة والتقاطعات. مجتمعة، تساهم حركة الشوارع الكاملة والحركات المرتبطة بها في اتباع نهج أكثر توجُّاً نحو لنقل متعدد الوسائط، والحياة، لتصميم الشوارع.

٦-٧-٢ مفاهيم الشوارع الكاملة:

تاريخيًا، كانت المدينة تتبنّى المقاطع العرضية القياسية لكل فئة وظيفية من الشوارع. في حين تم الاعتراف بأن المقاطع العرضية كانت "نموذجية" وأن كل شارع له سياق وقيود فريدة من نوعها، كان الغرض العام هو تحديد الخصائص المتسقة للشوارع. من الناحية

العملية، أدى ذلك إلى تحسين الشوارع لوضع السيارة مقارنة بوسائل النقل الأخرى، وكانت النتيجة أن السيارات هي الأولوية المسيطرة. من الناحية النظرية، يستطيع المشاة وراكبو الدراجات وركاب وسائل النقل العام استخدام الشوارع، ولكن يُنظر إلى هذه الوسائل على أنها عرضية ولا تُحظى بالأولوية أو الدعم. والنتيجة غير المقصودة لهذا التحسين المفرط للشوارع أنها يمكن أن تحد من خيارات التنقل بجعل المشي وركوب الدراجات واستخدام وسائل نقل غير مريحة أو غير جذابة أو خطيرة. يمكن أن يطلق على هذه الأنواع من الشوارع اسم "الشوارع غير المكتملة" لأنها لا تستوعب جميع وسائل النقل. لعلاج هذه القضية، نشأت حركة لتشجيع طريقة جديدة لتصميم الطرق تسمى الشوارع الكاملة.

يمنح مفهوم الشوارع الكاملة للمشاة وراكبي الدراجات ووسائل النقل نفس الأولويات في تصميم الشوارع التي كانت للسيارات تقليديًا بحيث يمكن للشارع أن يدعم بشكل روتيني الاستخدامات الآمنة والمريحة لجميع وسائل النقل ضمن نظام متكامل متعدد الوسائط.

تم تصميم عناصر معالجات الشوارع الكاملة لجعل الشارع أكثر دعمًا لجميع وسائل النقل. من خلال العمل ضمن نظام متكامل متعدد الوسائط، فإن المزيج المحدّد من وسائل النقل المناسبة للشارع والمعالجات المستخدمة لجعله شارعًا كاملاً يختلف باختلاف وظيفة الشارع وفئته الوظيفية وخصائصه مثل حرم الطريق، عرض المسار والسرعة والتضاريس.

٦-٧-٣ فوائد شبكة الشوارع الكاملة:

هناك العديد من المزايا لتطوير شبكة الشوارع الكاملة، ويشمل ذلك:

- **التنقل:** تحسين التنقل لكافة المستخدمين، ويشمل ذلك غير السائقين والشباب وكبار السن والمواطنين الذين يواجهون تحديات في التنقل.
- **السلامة:** تحسين السلامة لكافة المستخدمين، بما في ذلك أولئك الذين يمشون أو يركبون الدراجات أو يقودون السيارة أو يركبون وسائل النقل العام بشكل عام. أظهرت الدراسات أن أرصفة المشاة الجانبية تقلل بشكل كبير من خطر حوادث المشاة وأن المدن المصمّمة لركوب الدراجات تعمل على تحسين السلامة لجميع مستخدمي الطريق. غالبًا ما تكون سلامة الفئات السكانية الضعيفة، مثل أطفال المدارس وكبار السن، هي الأولوية القصوى للحكومات المحلية التي تتبنى سياسات الشوارع الكاملة.
- **العدالة:** لا ينبغي أن يعتمد التنقل والحصول على الفرص على امتلاك سيارة.
- **الصحة:** هناك مجموعة من الفوائد الصحية المتعلقة بزيادة المشي وركوب الدراجات. تتيح الشوارع الكاملة لكافة المستخدمين، بدءًا من العائلات التي لديها أطفال صغار وحتى كبار السن، البقاء نشطين. تدعم مراكز السيطرة على الأمراض نظام الشوارع الكاملة كوسيلة للوقاية من السمنة.
- **جودة الحياة:** الشوارع الكاملة تدعم المجتمعات الصالحة للعيش والمشي. عندما يعتمد الناس بشكل أقل على سياراتهم للتنقل، تتوفر فرص أكبر لتفاعل السكان. غالبًا ما تكون الرغبة في توفير وسائل الراحة المجتمعية أحد أهم العوامل المحفزة لاعتماد سياسات الشوارع الكاملة.
- **الحيوية الاقتصادية:** تخلق الشوارع الكاملة أنواعًا من الأماكن التي يسعى العديد من الأشخاص والمؤسسات الآن إلى تحديد مواقعهم فيها. وهذا يساعد المجتمعات على جذب رواد الأعمال والمتقاعدين النشطين والمهنيين الشباب والمؤسسات والخدمات التي تلبي احتياجاتهم. يمكن أن تساعد مناظر الشوارع المحسنة في تنشيط المناطق التجارية، وتوليد المزيد من المرور، وجذب العملاء. انخفاض تكاليف النقل هي فائدة اقتصادية أخرى. توفر الشوارع الكاملة للمستخدمين خيارات، مما يسمح باستبدال رحلات المركبات الآلية بخيارات غير مكلفة مثل المشي أو ركوب الدراجات أو النقل العام.
- **البيئية:** من خلال تقليل استخدام السيارات، تشمل فوائد الشوارع الكاملة الهواء النظيف وتقليل انبعاثات الغازات الدفيئة. اعتمادًا على السياق، قد تؤدي الشوارع الكاملة أيضًا إلى تقليل عرض الطريق أو تحسين المساحات الخضراء ومناظر الشوارع، مما يوفر فرصًا لتقليل الغطاء غير المنفذ، وتقليل جريان مياه الأمطار، وتحسين جودة المياه.

٦-٧-٤ نظرة عامة على مبادئ ومكونات الشوارع الكاملة:

يحتوي القسم الفرعي الحالي على إرشادات حول مجموعة واسعة من معالجات تصميم الشوارع لتزوّد المصمم بالمرونة للتكيف مع سياقات متنوعة. تأتي الشوارع الكاملة بأشكال وأنواع عديدة، ولكنها تلتزم بالمبادئ الشاملة التالية:

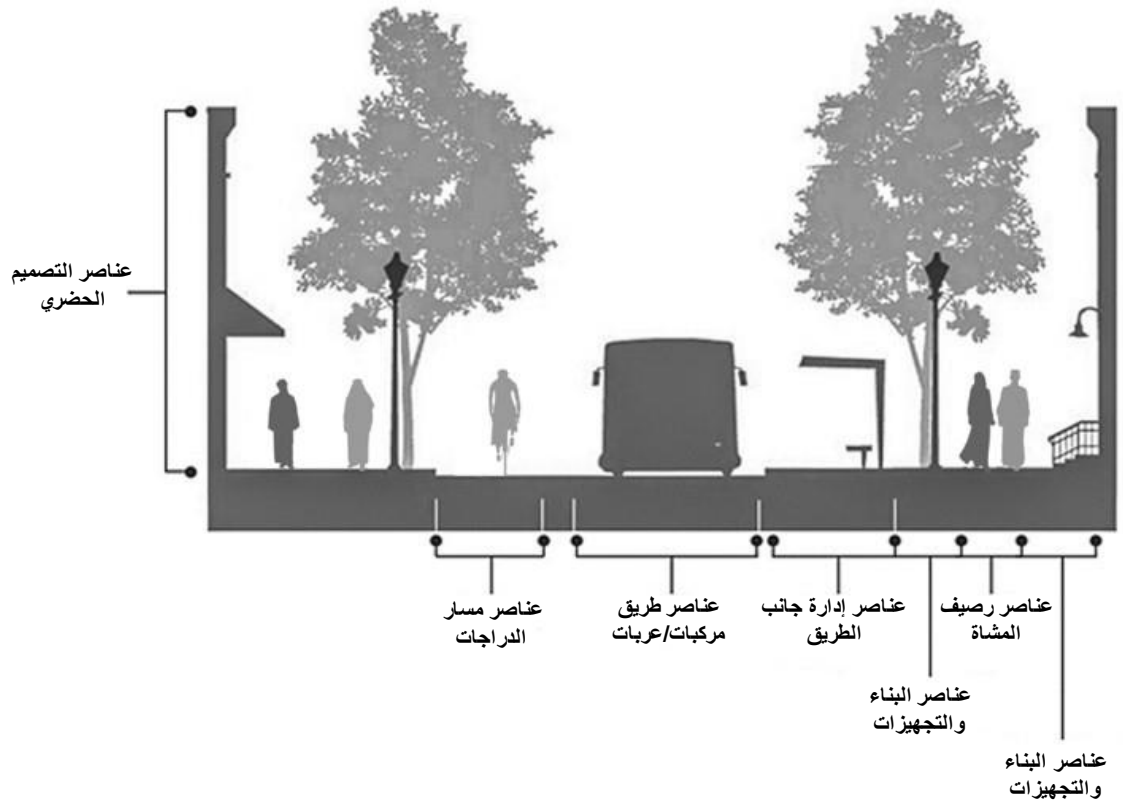
- التصميم لاستيعاب كافة المستخدمين: توفر الشوارع الكاملة المساحة المناسبة لجميع مستخدمي الشوارع للتواجد معاً. ينبغي أن يستوعب تصميم الشوارع المشاة وراكبي الدراجات ومستخدمي وسائل النقل والسيارات والمركبات التجارية.
- التصميم من أجل السلامة: يجب أن تكون سلامة جميع مستخدمي الشوارع، وخاصة المستخدمين الأكثر ضعفاً (الأطفال وكبار السن والمعاقين) والوسائل (المشاة وراكبي الدراجات) ذات أهمية قصوى في أي تصميم للشوارع. يمكن تحسين سلامة الشوارع بشكل كبير من خلال التصميم الهندسي والتشغيل المناسبين.
- إعطاء الأولوية لحركة المشاة: تُبنى الشوارع الكاملة وفقًا لحجم المشاة وتمييز حركاتهم، مع الاعتراف بالدور الحاسم الذي يلعبه المشاة في الحيوية الحضرية إذ أن كافة الرحلات تتضمن عنصرًا للمشاة (على سبيل المثال، المشي من/إلى موقف السيارات والنقل العام).

- استكمال استخدامات الأراضي والبيئة والمجتمع المحيط: الشوارع الكاملة تحترم البيئة المبنية والطبيعية المحيطة.

بناءً على المبادئ الأساسية المذكورة أعلاه، توفر سبعة "مكونات" مفاهيمية للشوارع الكاملة والتي تشكّل حرم الطريق العام:

- المشاة.
- الإنشاء والتأثيث.
- الدرّاجة.
- إدارة الرصيف .
- المركبة.
- التصميم الحضري.
- التقاطعات والمعابر.

يوضح الشكل (٦-٤١) مثالاً للمواقع التقريبية كل مكون من هذه المكونات ضمن حرم الطريق بواسطة كل عنصر من هذه العناصر. تُستخدم هذه العناصر لتسهيل تحديد معالجات التصميم المناسبة لأنواع مختلفة من المشاريع وأنواع الشوارع المختلفة.



الشكل (٦–٤١) نظرة عامة على عناصر الشارع الكامل (City of Philadelphia, 2017).

٦-٧-٥ تخطيط وتصميم الشوارع الكاملة:

يتطلب تخطيط وتصميم الشوارع الكاملة نهجًا وفلسفة تصميمية مختلفة بشكل أساسي. فهو يتطلب فهمًا لاستخدام الأراضي وسياقات النقل الحالية والمستقبلية، وفهمًا لكيفية تأثير معالجات التصميم المختلفة على قدرة الأشخاص على استخدام الشارع بأمان وراحة، سواء سيرًا على الأقدام أو بالدراجة أو عبر وسائل النقل العام. يتطلب تصميم الشوارع (الكاملة) اعتبار هذه المفاهيم جزءًا لا يتجزأ من التصميم منذ البداية، بدلاً من اعتبارها عناصر تصميم "إضافية" أو "خاصة" تضاف ببساطة إلى تصميم الطرق التقليدي. يتعرف هذا النهج القائم على السياق ويضمن التطبيق الأكثر كفاءة وشمولاً وملاءمة لتصميم الشوارع الكاملة على مجموعة واسعة من الشوارع.

ويناقش هذا القسم الفرعي جودة مستويات الخدمة بمختلف وسائل التنقل. تؤكد جودة الخدمة على أن تصاميم الشوارع تؤثر على وظائف الشارع لكل وسيلة، بما في ذلك الوسائل الأخرى غير السيارة. يتطلب تصميم الشوارع الكاملة الابتعاد عن التركيز على الطرق لتحقيق التوازن بين مستوى خدمة سائقي السيارات وجودة الخدمة للمستخدمين الآخرين.

يعتمد تصميم شارع عملي وفعال على الفهم الواضح لتطبيق النهج القائم على السياق في تصميم شوارع كاملة في بيئة معينة. بمجرد فهم سياق المنطقة، يمكن تحديد وظيفة كل شارع ويمكن اختيار مواصفات التصميم لتحقيق التوازن بين استخدام الأراضي وتصميم الشوارع.

تؤثر هذه العلاقة بين استخدام الأراضي وتصميم الشوارع أيضًا على شخصية أو طابع الشارع. ولا تنعكس الشخصية في مسار التنقل بالطريق فحسب، بل أيضًا في الأبعاد الكلية ومعالجات التصميم بدءًا من واجهة المبنى وحتى واجهة المبنى المقابل على طول الشارع. تنعكس الشخصية أيضًا في المسافة بين حافة المبنى أو الشجرة بالشارع أو السيارة المتوقفة. يتأثر هذا الجانب من الشخصية بموقع وجودة عناصر الشارع. كما يمكن تعريف هذا الطابع من خلال صفات الشارع السطحية. إن الطريقة التي يتم بها تطبيق العناصر على الشوارع تخلق طابعها الرسمي وتتكون من صفات مثل الشكل والمواد والألوان والأنسجة والنمط وتجميع عناصر الشارع.

من الممكن أن تشمل عناصر الشارع النموذجية أثاث الشوارع، والوسائط، والإضاءة، والمسطحات الخضراء، وأشجار الشوارع، واللافتات، ومواقف السيارات، وعلامات الرصف، ومواد الرصف. لا توفر هذه العناصر الوظيفة فحسب، بل تساهم أيضًا في تكوين طابع الشارع.

٦-٧-٥-١ أنواع المناطق:

بشكل عام، توجد ثلاث فئات واسعة من أنواع استخدام الأراضي:

- حضري.
- الضواحي.
- ريفي.

يمكن أن يكون سياق استخدام الأراضي الحالي واضحًا ويمكن تمييزه بسهولة، لكن لابد من مراجعة خطط وسياسات استخدام الأراضي والنقل الخاصة بالمنطقة لتحديد التغييرات المتوقعة بمرور الوقت. هذه المراجعة عبارة عن عملية تعاونية مشتركة تتضمن معلومات استخدام الأراضي في المناطق المحلية في عملية تطوير المشروع. عند مراجعة هذه الخطط، ينبغي أن يؤخذ في الاعتبار انتقال المنطقة ريفية إلى منطقة ضواحي أو من منطقة ضواحي إلى حضرية. تمثل السياقات الحضرية والضواحي والمدن الحاجة الأكبر إلى التعامل مع تصميمات الشوارع بشكل مختلف تمامًا عن تصميمات الطرق.

أنواع المناطق الحضرية:

تمثل المناطق الحضرية عادةً مزيجًا كبيرًا من الأنشطة التجارية والسكنية والمدنية للمنطقة. وعادة ما يكون التطوير أكثر شدّة من حيث الكثافة ومزيج الاستخدامات. داخل المناطق الحضرية، غالبًا ما تتناقص كثافة استخدام الأراضي مع المسافة من المركز الحضري. توجد مناطق مفتوحة، ولكنها تقتصر عمومًا على المتنزهات، أو ملاعب المدارس، أو المسطحات الخضراء الكبيرة، أو المناطق المشجرة المرتبطة بالمواقع المؤسسية. تشمل العناصر المشتركة مستوى عالٍ من تفاعل المشاة، حيث تواجه العديد من المباني مباشرة على الرصيف الجانبي. هناك توفر وسائل النقل العام ونشاط الدراجات وأنماط الشوارع الشبكية أو المعدلة. بشكل عام، تشهد المناطق الحضرية نموًا متجددًا في الأنشطة السكنية ومتعددة الاستخدامات، مما يتطلب اهتمامًا أكبر لاستيعاب جميع وسائل النقل.

أنواع مناطق الضواحي:

عادة ما توجد مناطق الضواحي على أطراف المنطقة الحضرية وتتميز بجيوب من التطوير غالبًا ما تكون منفصلة وتحتوي على منشآت متسقة بشكل عام في الارتفاع والجماليات. يمكن أن تختلف مناطق الضواحي بشكل كبير في طابعها، حيث تظهر أكثر ريفية في المناطق البعيدة عن قلب العاصمة وأكثر حضرية في المناطق ذات الكثافة السكانية والتنمية. تقدم مناطق الضواحي تحديات مختلفة عن المناطق الحضرية، ولكنها توفر أيضًا الفرص والحاجة إلى توفير المزيد من الشوارع وشبكات الشوارع، بالإضافة إلى تصميمات أكثر اكتمالاً للشوارع.

أنواع المناطق الريفية:

وتتميز المناطق الريفية بأنها مناطق طبيعية، واستخدامات زراعية، ومحدودة في التنمية، باستثناء المدن أو القرى أو مفترق الطرق. تتميز المناطق الريفية عن أنواع المناطق الأخرى بانفصالها عن المناطق المتطوّرة الأخرى وبقصد أو رغبة السكان في الاحتفاظ بالطابع الطبيعي أو الريفي للمنطقة في المستقبل.

٦-٧-٥-٢ جودة الخدمة:

تعتمد جودة الخدمة على عناصر تصميم الشوارع التي تجعل استخدام المرفق آمنًا ومريحًا لراكبي الدراجات والمشاة ومستخدمي وسائل النقل، وبالتالي تحسين وظائف الشوارع لجميع المستخدمين. أيضًا، تأخذ جودة الخدمة في الاعتبار الطرق التي يتم بها ترتيب

المباني والحركة ومواقف السيارات والمسطحات الخضراء في موقع مجاور وتأثير هذا الموقع على المكان الذي يقع فيه الشارع ضمن سلسلة شبكات الشوارع المستمرة. ينبغي أن تسعى الشوارع جاهدة لتوفير خدمة عالية الجودة لراكبي الدراجات والمشاة ومستخدمي وسائل النقل.

تؤكد جودة الخدمة على سلامة التنقل وإمكانية الوصول إليه، بدلاً من المقياس الكمي لمعدّل الانتقال. لكي يكون المشي وركوب الدراجات والعبور خيارات تنقل جذابة، يجب أن تكون تجربة استخدام وسائل النقل غير الآلية ملائمة ومريحة وآمنة. تنطبق جودة الخدمة على عناصر التصميم المتوفرة على طول الشوارع، ولكن يمكن تقييمها أيضًا في سياق شبكة الشوارع. يضع تخطيط مرافق الشوارع والنقل العام والسكك الحديدية والدراجات والمشاة رؤية لتحسين الشوارع مع الأخذ في الاعتبار المرافق متعددة الوسائط والوصلات بشبكة الشوارع المحيطة. تم تطوير هذه الرؤية من خلال الحوار التعاوني مع السلطات المحلية وتعكس رؤية المجتمع وسياقه لاستخدام الأراضي. غالبًا ما تتضمن مشاريع النقل مفضالات أو حلولاً وسطاً بين عناصر التصميم التي توفر جودة أعلى من الخدمة لمختلف المستخدمين. ولكن في كل حالة، يجب أن يسعى الحل نحو ترابط شبكة شوارع كاملة، ويجب أن يسعى فريق التصميم إلى إدخال تحسين جودة الخدمة لكافة المستخدمين عند تصميم شوارع جديدة أو معدلة. يصف القسم الفرعي التالي أنواع المرافق التي تساهم في جودة الخدمة لراكبي الدراجات والمشاة ومستخدمي وسائل النقل.

٦-٧-٥-٢-١ جودة خدمة الدراجات:

قد يختلف تقديم جودة خدمة الدراجات حسب السياق. إن استخدام الأراضي المحيطة، وسرعة السيارات في الشارع، واتجاه الطريق الذي يربط بين الوجهات، كلها عوامل مهمة في تحديد العناصر المناسبة لمرافق الدراجات. بالإضافة إلى ذلك، هناك أنواع مختلفة من راكبي الدراجات بمستويات مختلفة من الخبرة. على الرغم من أن راكبي الدراجات لديهم الحق القانوني في استخدام مسارات المرور، إلا أن بعض راكبي الدراجات (يقصد في حال استخدامهم مسارات مخصصّة للدرّاجات) سيكونون أكثر راحة من غيرهم الذين يقودون في مرور مختلط. إن إنشاء خيارات نقل قابلة للتطبيق يعني أنه ينبغي توفير مجموعة متنوعة من أنواع المرافق لإنشاء شبكة للدراجات. غالبًا ما يكون إنشاء شبكات ركوب الدراجات عملية تدريجية، ويجب توفير المرافق عند الاقتضاء. العناصر الحاسمة لتحسين جودة خدمة الدراجات هي:

- **مسارات الدراجات:** تعد المسارات المخصصة للدراجات هي الخيار المفضل لتوفير أكبر مجموعة متنوعة من راكبي الدراجات في الشوارع، لا سيما تلك الشوارع ذات الأحجام المرورية والسرعات العالية.
- **المسارات المشتركة:** في الشوارع التي لا يمكن استيعاب مسارات الدراجات فيها، توفر المسارات المشتركة بديلاً لمسارات الدراجات.
- **مسار متعدد الاستخدام:** في الشوارع التي يكون فيها الفصل المادي لمرور الدراجات عن مرور المركبات مناسبًا (مثل المرافق ذات الوصول المنخفض للغاية وعالية السرعة مثل طرق المنتزهات العامة والطرق الريفية المحتملة)، ينبغي النظر في المسارات متعددة الاستخدام.
- **الأكتاف المُعبّدة:** في العديد من المناطق الريفية، تعد الأكتاف المُعبّدة بعرض ١,٥ مترًا هي المعالجة النموذجية لاستيعاب راكبي الدراجات.
- **اللافتات (الأفقية والرأسية):** تعتبر لافتات الدراجات عنصرًا مهمًا لتنبيه سائقي السيارات إلى وجود مرور للدراجات مع توفير المعلومات لراكبي الدراجات.

٦-٧-٥-٢-٢ جودة خدمة المشاة:

تعتبر سلامة المشاة وفصلهم عن المرور عالي السرعة ذات أهمية قصوى في التخطيط لجودة خدمة المشاة. تحتاج الشوارع الكاملة إلى توفير مجموعة من الاستخدامات الخاملة والنشطة بما في ذلك، على سبيل المثال لا الحصر، المشي وانتظار وسائل النقل العام وعبور الشارع. في حين أن المعالجات أو الأبعاد المحددة قد تختلف حسب السياق، فإن الهدف في أي بيئة هو الحصول على شبكة مستمرة للمشاة توفر حيّز مخصص للمشاة وفصله عن المركبات. وفي المناطق الحضرية، توجد هذه الشبكة أو يمكن إنشاؤها. ومع ذلك، في المناطق الريفية، قد لا تكون شبكة المشاة مستمرة أو قد تستخدم أكتاف الطرق ذات المرور العالي. ينبغي تشجيع مرافق المشاة في جميع البيئات، مع المعالجة المحددة بناءً على السياق ونوع الشارع. العناصر الحاسمة لتحسين جودة خدمة المشاة هي:

- **الأرصفة الجانبية**: الأرصفة الجانبية هي الوسيلة الأساسية لتنقل المشاة وهي عنصر حاسم في أي شبكة للمشاة. يجب أن تكون الأرصفة الجانبية جزءًا من شبكة مستمرة، ومتصلة بمعابر المشاة ومفصولة عن المرور بمنطقة عازلة للمشاة.
- **المنطقة العازلة للمشاة buffer**: يعد توفير منطقة عازلة بين المشاة والمرور أمرًا مهمًا لتوفير نوعية جيدة من الخدمة. المنطقة العازلة للمشاة عبارة عن شريط من الأرض يفصل مرور المركبات عن الأرصفة الجانبية أو أي مرفق آخر للمشاة.

- **معابر المشاة**: تعد معابر المشاة (يقصد المنفصلة رأسياً) و/أو معابر المشاة (يقصد السطحية) عنصرًا حاسمًا آخر في أي شبكة للمشاة. إن تصميم الشوارع الكاملة يعني فهم ضرورة تمكين المشاة من عبور الشارع بأمان.
- **اللافتات**: تساعد اللافتات على تحسين سلامة المشاة عن طريق تنبيه سائقي المركبات باحتمال وجود مشاة. يمكن أن تعمل اللافتات أيضًا على تحسين رؤية مرافق المشاة عند معابر المشاة، مثل ممر المشاة المخطّط بعلامات أرضية.
- **مسار متعدد الاستخدام**: المسار متعدد الاستخدامات يفصل مرور المشاة والدراجات عن مرور المركبات في الشوارع ذات الوصول الأقل تكرارًا أو ذات السرعات العالية، مثل طرق المنتزهات العامة أو بعض الطرق الريفية.
- **الأكتاف**: في المناطق الريفية، قد تكون الأكتاف هي المرفق الوحيد للمشاة. تسمح الأكتاف العريضة على الطرق الريفية للمشاة بالتنقل على طول سطح مُعبّد في حيّز منفصل عن المرور.
- **الإنارة**: للسماح بجودة الخدمة للمشاة خلال ساعات المساء، يجب توفير الإضاءة بالقرب من محطات النقل العام أو المناطق التجارية أو المواقع الأخرى التي يحتمل فيها نشاط المشاة ليلاً.
- **متطلبات الأشخاص ذوي الإعاقة**: تعد جودة خدمة المشاة ذات أهمية خاصة للأشخاص ذوي القدرة المحدودة على الحركة. يتطلب الأشخاص ذوو الإعاقة (PwD) عناصر معينة مثل منحدرات البردورة والحد الأدنى من عرض الخلوص لجعل شبكة المشاة في متناول جميع المستخدمين.

٦-٧-٥-٢-٣ جودة خدمة النقل:

يمكن أن تشمل وسائل النقل العام الركاب، أو السكك الحديدية الخفيفة، أو عربات الترام، أو الحافلات. يمكن أن يتخذ النقل العام أشكالًا عديدة، بما في ذلك التشغيل على مسارات تنقل المركبات أو ضمن مسارات مخصصة. يمكن تشغيل بعض وسائل النقل العام، مثل السكك الحديدية الخفيفة، خارج حرم الشارع وتندمج مع الشارع لتحقيق ارتباطات ضرورية. يعد وصول المشاة عنصرًا أساسيًا في نجاح شبكات النقل العام. يعد التنقل السليم للمشاة وراكبي الدراجات بجوار محطات ومواقف النقل العام أمرًا مهمًا لضمان الوصول الآمن والمريح.

يمكن للشوارع المصممة جيدًا للنقل العام أن تشجع المزيد من الناس على الخروج من سياراتهم والصعود إلى الحافلة. توفر هذه الشوارع محطات حافلات يمكن الوصول إليها كما تساعد الحافلات للانخراط في المرور المستمر. لقد أدركت أنظمة النقل العام أن ركوب الدراجات والنقل العام يسيران معًا بشكل جيد. تضمن مفاهيم ومبادرات الشوارع الكاملة الوصول الآمن والمريح إلى وسائل النقل العام لجميع المستخدمين. إن إنشاء محطات حافلات آمنة ومريحة ورحلات نقل عام سلسة ويمكن التنبؤ بها يساعد في جعل النقل العام خيارًا جذابًا. العناصر الحاسمة لتحسين جودة خدمة النقل العام هي:

- **خدمة النقل العام**: يؤثر تكرار خدمة النقل العام بشكل كبير على جودة الخدمة الملموسة. إن نظام النقل العام الذي يتمتع بجدول زمني موثوق به ودقيق لديه القدرة على جذب المزيد من الركاب المختارين وزيادة الطلب على خدمة أكثر تواتراً.
- **مأوى الحافلات**: توفر محطات توقف الحافلات مكانًا محميًا من العناصر لمستخدمي النقل العام لانتظار مركبة النقل العام. يجب أن تتضمن محطات توقف الحافلات أماكن للجلوس، والإضاءة، ومعلومات عن الحافلة.
- **وصلات جيّدة لوسائل النقل العام**: محطات النقل العام هي عنصر واحد فقط في شبكة النقل، وكل مستخدم للنقل العام هو أيضًا أحد المشاة أو راكبي الدراجات في بداية رحلته أو نهايتها. ولهذا السبب، تعد الوصلات لمحطات النقل العام عنصرًا أساسيًا في شبكة النقل الكاملة.
- **الإنارة**: تعمل الإضاءة على تعزيز الرؤية والسلامة في محطة النقل العام، وتعمل أيضًا على تحسين إمكانية قراءة سمات النقل العام مثل الجداول الزمنية. يجب توفير الإضاءة في محطات توقف الحافلات التي تخدمها الطرق في المساء وفي الصباح الباكر.
- **اللافتات**: يعد موقع محطة توقف الحافلات عنصرًا أساسيًا في جودة خدمة النقل العام. يمكن تحديد المسار الذي يخدم محطة التوقف وتقديم أي معلومات إضافية حول المسار والجدول الزمني بتطبيق اللافتات المناسبة.

٦-٧-٥-٣ سياق استخدام الأراضي:

كما ورد سابقاً، كما ذكرنا سابقًا، يكون لنوع المنطقة المجاورة للشارع تأثير أساسي على تصميم الشارع. بالنسبة لكل منطقة، من المهم فهم مجموعة القضايا التي يجب أخذها في الاعتبار في كل منطقة، بالإضافة إلى أهمية النظر في توقعات استخدام الأراضي في المستقبل للمجتمع.

المناطق الحضرية:

تتمتع المناطق الحضرية بكثافة استخدام الشوارع من قبل أوسع مجموعة من المستخدمين. قد يتعين على هذه الشوارع أن تستوعب وسائل نقل مختلفة مع مرافق مخصصة، مسارات منفصلة لراكبي الدراجات، ومواقف للسيارات على الشارع لخدمة المؤسسات المحلية، ومناطق نقل عام، إما مع مسارات تنقل مخصصة أو مناطق تحميل مخصصة وارتباطية متعددة الوسائط. تتطلب المناطق الانتقالية بين الاستخدامات المختلفة اهتمامًا خاصًا. على سبيل المثال، ينبغي لشرائط الزراعة والحواجز الأخرى التي تفصل البردورة (يقصد حافة الرصيف المجاورة لجادة الطريق) عن الرصيف الجانبي (يقصد الحيّز المخصّص للمشاة) أن تستوعب وصول الركاب بأمان في المناطق التي تتوفر فيها مواقف للسيارات في الشارع أو محطة النقل العام. في هذه الأنواع من المناطق، قد توفر منطقة الراحة ذات المناظر الصلبة hardscape معالجة أفضل.

الضواحي:

تقع مناطق الضواحي على أطراف المناطق الحضرية أو قد تنتقل إلى المناطق الحضرية. قد تكون لدى هذه المناطق شبكة شوارع محدودة وتكون أقل كثافة في التطوير، مما يخلق تحديات في توفير وصلات للمشاة وتجهيزات لراكبي الدراجات وكذلك مستخدمي وسائل النقل العام. تعتبر مسارات الدراجات هي المعالجة المفضلة لاستيعاب راكبي الدراجات في شوارع الضواحي ذات الحجم المروري الأكبر والسرعة العالية. على طول المنطقة التجارية المخصصة للسيارات، يمكن أن تمثل المداخل/ الطرق الخاصة في بعض الأحيان أكثر من نصف طول الرصيف الجانبي ضمن المبنى، مما يؤدي إلى تعارض محتمل بين الدراجات والمشاة والسيارات. غالبًا ما يُتوقع أن تنتقل مناطق الضواحي بمرور الزمن إلى ظروف أكثر تحضُّراً. ولذلك، فهي تمثل أعظم الفرص والاحتياجات لإنشاء شبكات شوارع أفضل (من خلال توفير المزيد من الشوارع)، وسرعات مستهدفة أقل، وتصميمات أفضل للشوارع لخدمة المستخدمين الحاليين والمستقبليين، الذين سيقودون سياراتهم، ويمشون، ويركبون الدراجات، ويستخدمون وسائل النقل العام. وينبغي توفير شوارع إضافية وشبكات أفضل مع تطور هذه المناطق للمساعدة في تحقيق هذه الأهداف.

المناطق الريفية:

في حين أنه يمكن التسليم بأن معظم الشوارع (والشوارع الكاملة) تقع في المدن والبلدات، فمن المهم أيضًا النظر في كيفية توفير المرافق المناسبة في البيئات الريفية. قد تتمتع المناطق الريفية بأقل قدر من الارتباط بالشبكة، وبالتالي قد يكون لديها طلب أكبر على المرافق الفردية. غالبًا ما تحتاج مسارات التنقل إلى استيعاب السيارات وراكبي الدراجات ووسائل النقل مع توفير وصول للمشاة على الأكتاف أو بعيدًا عن الشارع. في حين أن المناطق الريفية يمكن أن تشكل تحديات لاستيعاب مجموعة كاملة من المستخدمين، إلا أن توفير أكتاف مُعبّدة أو مسارات متعددة الاستخدام أو مرافق أخرى يمكن أن يلبي في كثير من الأحيان احتياجات المستخدمين بشكل آمن ومريح ويوفر شوارع كاملة. ستكون معالجات التصميم المختلفة مناسبة للسياقات والقيود المختلفة.

٦-٧-٥-٤ أنواع الشوارع:

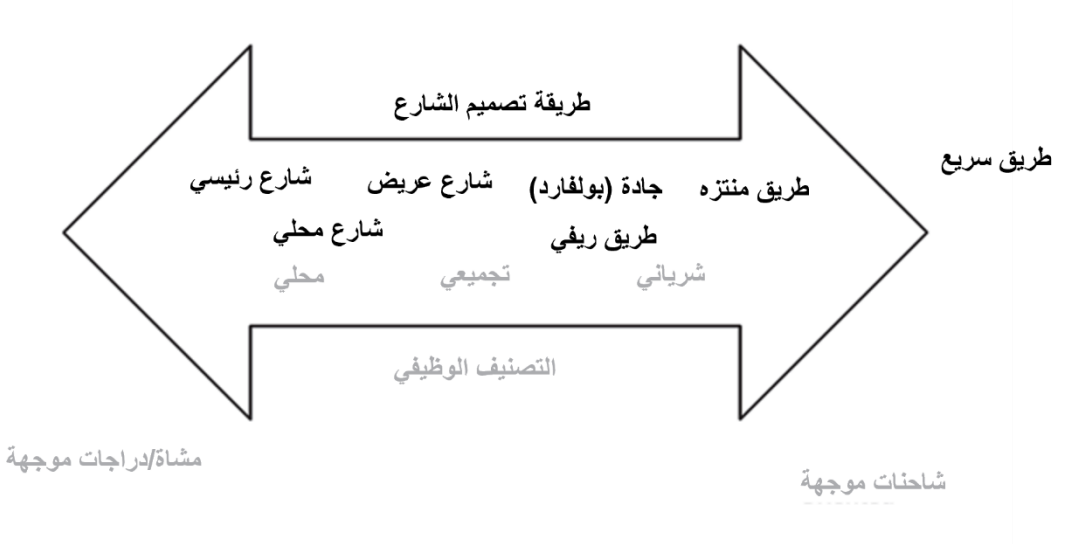
حُدّدت مجموعة متنوعة من أنواع الشوارع وسيتم تطبيقها لتطوير شبكات شوارع كاملة؛ وهي تمثل طيفًا يمتد بين الشوارع الأكثر توجهاً نحو المشاة إلى الشوارع الأكثر توجهاً نحو السيارات، ولكن يمكن وينبغي أن يتضمن كل منها طرقًا لتوفير التنقل الآمن والمريح لسائقي السيارات وراكبي الدراجات والمشاة ومستخدمي وسائل النقل العام. يجب أن تكمل قرارات تصميم الشوارع وقرارات استخدام الأراضي بعضها البعض وتحقق توازنًا لطيفًا بين استخدام الأراضي وتصميم الشوارع. وكما هو موضح في الشكل (٦-٤٢)، فقد تم تحديد أنواع الشوارع التالية لتطبيق الشوارع الكاملة:

- الشارع الرئيسي Main Street.
- الطريق العريض Avenue.
- الجادة Boulevard.
- طريق المنتزهات العامة Parkway.
- الطريق الريفي Rural Road.
- الشارع المحلي/الفرعي Local/Subdivision Street.

حيث إن:

- الطريق العريض هو طريق واسع به أشجار أو مبانٍ شاهقة على كلا الجانبين.
- الجادة عبارة عن شارع أو جادة، لا سيما الشارع الواسع جدًا وتصطف على جانبيه الأشجار. تحتوي العديد من الجادات على قطاع شريط وسطي من العشب وأحيانًا الأشجار.
- طريق المنتزهات العامة هو طريق عريض، مقسوم عادة، به مساحة من العشب والأشجار على كلا الجانبين في المنتصف ويؤدي إلى أو يمر عبر متنزه.
- الشارع الرئيسي أو المحلي في هذا المفهوم هو أي شارع غير سكني أو طريق تجميعي أو طريق شرياني به مجموعة متنوعة من استخدامات الأراضي المجاورة (سكنية أو تجارية أو صناعية عالية الكثافة).
- الشارع المحلي/الفرعي هو أي شارع سكني أو شارع وصول.
- الطريق الريفي في هذا السياق هو أي طريق في منطقة ريفية يمر عبر المستوطنات.

يشير الموقع النسبي لكل نوع شارع في الشكل (٦-٤٢) إلى الوظيفة العامة للشارع ضمن شبكة الشوارع الكاملة. ولذلك، فإن الشارع الرئيسي هو الأكثر توجهاً للمشاة من بين هذه الشوارع، وطريق المنتزهات هو الأكثر توجهاً للسيارات/الشاحنات، وبالرغم من ذلك يوفر عناصر تصميم تعمل على تحسين السلامة والتشغيل لراكبي الدراجات والمشاة ووسائل النقل. في حين أن جميع أنواع الشوارع يجب تصميمها لتوفير الوظائف لجميع المستخدمين، إلا أن التركيز على الوسائط يتغير. تعد الطرق الريفية بمثابة حلقة الوصل الرئيسة والوصول إلى العديد من المدن والمجتمعات. ولذلك، فهي تخدم جميع أنواع مستخدمي الطرق، بما في ذلك راكبي الدراجات والمشاة، وفي بعض الأماكن، وسائل النقل العام الريفي.



الشكل (٦–٤٢) سهم يعرض أنواع الشوارع الكاملة (NCDOT, 2012).

الطريق السريع/الطريق شبه السريع:

لا تعتبر الطرق السريعة والطرق شبه السريعة جزءًا من أنواع الشوارع الكاملة الموضحة مسبقًا. سيركز تخطيط وتصميم هذه المرافق على متطلبات السعة والسلامة لحركة مرور المركبات. ومع ذلك، يجب أن تتضمن الشوارع عند المحوّلات والتقاطعات المفصولة رأسياً عناصر شوارع كاملة، وكذلك المحوّلات، وتقاطعات الطرق شبه السريعة مع الشوارع السطحية، يتم تصميم الجسور المعابر السفلية لاستيعاب راكبي الدراجات والمشاة ومستخدمي النقل بأمان وراحة.

٦-٧-٥-٥ المعايير الوظيفية:

بعد تحديد نوع الشارع المناسب في البداية، يجب تحديد المعايير الوظيفية الأكثر تفصيلاً. تشمل هذه المعايير الوظيفية التصنيف والسرعة المستهدفة والمرور وكثافة الوصول، وكلها تساعد في تحديد القطاع العرضي النهائي.

التصنيف الوظيفي:

التصنيف الوظيفي الذي تم اعتباره لمفهوم الشوارع الكاملة، يتكون من الشوارع الشريانية والشوارع التجميعية والشوارع المحلية كما هو موضح سابقاً في الباب (٢) من المجلد الحالي. عادةً ما تكون الشوارع الشريانية مرافق ذات حجم مروري أكبر تخدم رحلات إقليمية أطول (بالإضافة إلى الرحلات المحلية)، وقد تحتوي على احجام مرورية كبيرة من الشاحنات، وتتصل بمسارات تجميع محلية (يقصد بها شوارع محلية). عادةً ما تحمل الشوارع المحلية أحجامًا مرورية أقل وتوفر في المقام الأول إمكانية الوصول إلى استخدامات الأراضي المجاورة، بينما تربط الشوارع التجميعية بين هذين النوعين الوظيفيين. ولذلك، فإن التصنيفات الوظيفية التقليدية الموضحة في هذا القسم الفرعي تمثل نوعًا واحدًا من معايير التصميم المفيدة التي يجب أخذها في الاعتبار عند تخطيط وتصميم الشوارع الكاملة.

السرعة المستهدفة:

تشير السرعة المستهدفة إلى سرعة السير travel المفضلة في الشارع. تعد السرعة عنصرًا حاسمًا في تحسين سلامة السائقين والدراجات والمشاة في الشارع وعادة ما تكون السرعات المستهدفة للشوارع أقل من تلك التي يتم تطبيقها في معظم تطبيقات تصميم الطرق التقليدية. يجب أن تقتصر السرعة المستهدفة المفضلة على القيم الواردة في الجدول (٦-٢٩).

الجدول (٦–٢٩) السرعات المستهدفة للشوارع الكاملة.

نوع الشارع	السرعة المستهدفة (كم/ساعة)	
	السياق الحضري/الضواحي	السياق الريفي
شارع محلي/فرعي	٢٠ - ٣٠	-
شارع رئيسي/محلي	٣٠ - ٤٠	-
طريق عريض	٣٠ - ٥٠	-
جادة	٤٠ - ٥٠	-
طريق منتزهات	٤٠ - ٥٠	٥٠ - ٦٠
طريق ريفي	-	٤٠ - ٥٠ (٦٠)

حجم المرور:

يمثل حجم المرور مقدار حركة مرور المركبات في الشارع، مع نطاقات منخفضة ومتوسطة وعالية. تتداخل نطاقات الأحجام المرورية للسماح بالمرونة في عدد المسارات المطلوبة بناءً على نوع المنطقة، واستخدام الأرض، ونوع الشارع. تحمل الشوارع ذات المسارين أحجام مرورية منخفضة إلى متوسطة. النطاق العام للتطبيق هو:

- **منخفض:** أقل من ٨,٠٠٠ مركبة في اليوم.
- **متوسط:** بين ٨,٠٠٠ إلى ٢٠,٠٠٠ مركبة في اليوم.
- **مرتفع:** أكثر من ٢٠,٠٠٠ مركبة في اليوم.

كثافة الوصول:

تعد كثافة الوصول مقياسًا نسبيًا لمقدار التطور والتفاعل على طول الشارع. بشكل عام، يعد تباعد الوصول الأكثر كثافة انعكاساً للحاجة إلى سرعات أقل على الطريق. ومع ذلك، يمكن أن تكون هناك استثناءات تتطلب إدارة وصول كثيفة. كما يوفر تباعد الوصول الأكثر كثافة عمومًا مزيدًا من مرونة الشبكة للمشاة وراكبي الدراجات ومستخدمي وسائل النقل العام وسائقي السيارات. هناك مقياسان يمكن استخدامهما لكثافة الوصول:

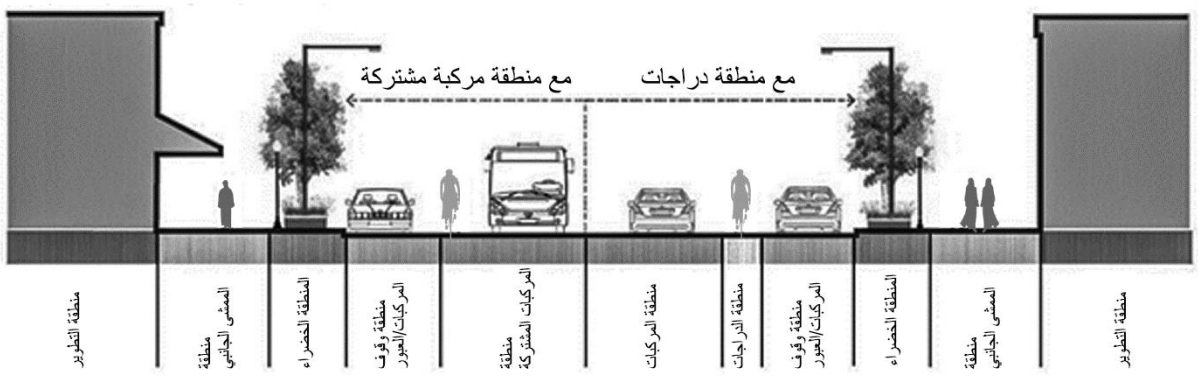
١- تباعد إشارات المرور:
- **منخفض:** ما يصل إلى إشارة واحدة لكل كيلومتر
- **معتدل:** إشارة واحدة إلى إشارتين لكل كيلومتر
- **عالي:** أكثر من إشارتين لكل كيلومتر.

٢- تباعد نقطة الوصول:
- **منخفض:** مسافة أكبر من ٣٠٠ متر بين نقاط الوصول (من حوالي صفر الى ٦ نقاط وصول لكل كيلومتر).
- **معتدل:** مسافة من ١٠٠ متر إلى ٣٠٠ متر بين نقاط الوصول (من حوالي ٦ نقاط إلى ٢٠ نقطة وصول لكل كيلومتر)
- **عالي:** مسافة أقل من ١٠٠ متر بين نقاط الوصول (أكبر من ٢٠ نقطة وصول لكل كيلومتر).

تشمل نقاط الوصول تقاطعات الشوارع ونقاط الوصول التجارية. يجب احتساب نقاط الوصول على جانبي الشارع عند تحديد عدد نقاط الوصول.

٦-٧-٥-٦ القطاعات العرضية للشارع:

توضح الأشكال التالية القطاعات العرضية للشوارع لكل نوع، بينما توفر الأبعاد النموذجية في الجداول التالية. الغرض من الرسوم التوضيحية هو توفير فهم عام للعلاقات المكانية المقصودة لمكونات الشوارع المختلفة لكل نوع شارع.



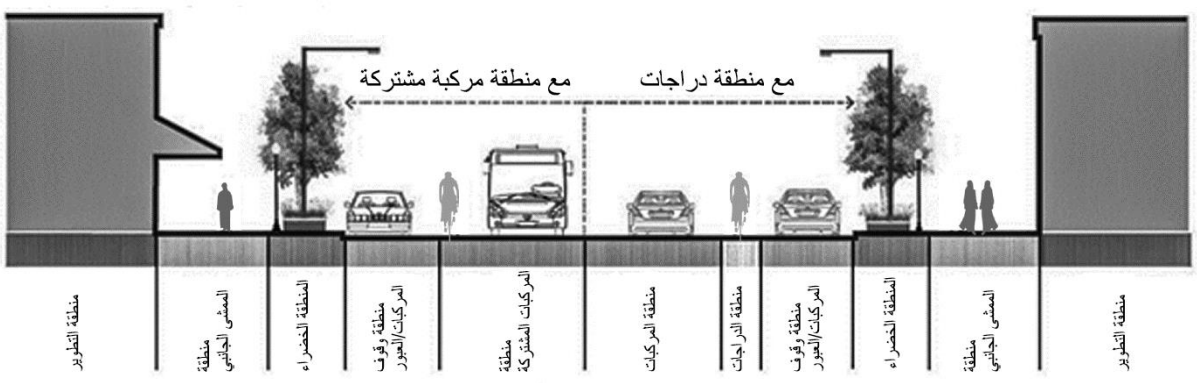
الشكل (٦–٤٣) قطاع عرضي نموذجي لشارع رئيسي في المناطق الحضرية/الضواحي (NCDOT, 2012).

الجدول (٦–٣٠) الأبعاد النموذجية للشارع الرئيسي في المناطق الحضرية/الضواحي (NCDOT, 2012).

نوع المنطقة	الأبعاد النموذجية للشارع الرئيسي الحضري/الضواحي (م)				
	منطقة الرصيف الجانبي	المنطقة الخضراء	منطقة مواقف السيارات/النقل العام	منطقة السيارات/ المركبة المشتركة (عرض المسار)	منطقة الدراجات
منطقة أعمال مركزية	٣,٠~٣,٦	١,٨~٢,٤	٢,٤~٣,٠	٣,٠~٣,٩	١,٥~١,٨
مركز حضري/مركز ضواحي	٢,٤~٣,٦	١,٨~٢,٤	٢,٤~٣,٠	٣,٠~٣,٩	١,٥~١,٨
ممر ضاحية/ سكني حضري/سكني في الضواحي	٢,٤~٣,٠	١,٨~٢,٤	٢,٤~٣,٠	٣,٠~٣,٩	١,٥~١,٨

ملاحظات:

- ينبغي أن تمتد منطقة الرصيف الجانبي عادة إلى مقدمة المباني. أرصفة المشاة الجانبية هي أهم عنصر في الشارع الرئيسي لأن الأولوية للمشاة. لذلك، ينبغي أن يكون عرض الرصيف النموذجي عادة ٣,٠ متر على الأقل، دون عائق.
- قد تشمل المنطقة الخضراء المسطحات الخضراء، والمناظر الصلبة، وأشجار الشوارع، والإضاءة، ومرافق المشاة / الدراجات / وسائل النقل العام. تعد المسطحات الخضراء (مع أشجار الشوارع في المزارع المصممة بشكل مناسب) أمرًا نموذجيًا للوصول إلى مواقف السيارات النقل العام في الشارع.
- من المتوقع وقوف المركبات في الشوارع الرئيسية. قد تختلف أبعاد منطقة مواقف المركبات حسب نوع الموقف المقدم.
- المسارات المشتركة هي المعالجة المفضلة بسبب السرعات المنخفضة. في هذه الحالة، يجب ألا تقل مسارات الطريق عن ٣,٩٠ مترًا للسماح بالمناورة وفتح أبواب المركبة. إذا تم توفير مسار للدراجات، فيجب أن يكون عرضه ١,٨٠ مترًا على الأقل، ويجب تضييق مسار المركبات حتى ٣,٠٠ مترًا.



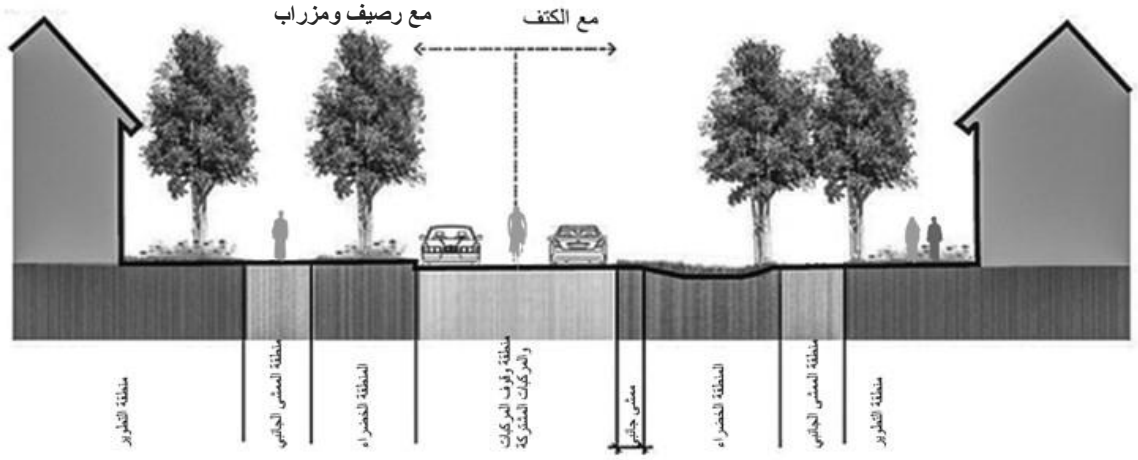
الشكل (٦–٤٤) قطاع عرضي نموذجي لشارع رئيسي ريفي (NCDOT, 2012).

الجدول (٦–٣١) الأبعاد النموذجية للشارع الرئيسي الريفي (NCDOT, 2012).

نوع المنطقة	الأبعاد النموذجية للشارع الرئيسي الريفي (م)				
	منطقة الرصيف الجانبي	المنطقة الخضراء	منطقة مواقف السيارات/النقل العام	منطقة السيارات/ المركبة المشتركة (عرض المسار)	منطقة الدراجات
قرية ريفية	٣,٠~٣,٦	١,٨~٢,٤	٢,٤~٣,٠	٣,٠~٣,٩	١,٢~١,٨
ريفية مطوّرة	٢,٤~٣,٠	١,٨~٢,٤	٢,٤~٣,٠	٣,٠~٣,٩	١,٢~١,٨

ملاحظات:

- ينبغي أن تمتد منطقة الرصيف الجانبي عادة إلى مقدمة المباني. أرصفة المشاة الجانبية هي أهم عنصر في الشارع الرئيسي لأن الأولوية للمشاة. لذلك، ينبغي أن يكون عرض الرصيف النموذجي عادة ٣,٠ متر على الأقل، دون عائق.
- قد تشمل المنطقة الخضراء المسطحات الخضراء، والمناظر الصلبة، وأشجار الشوارع، والإضاءة، ومرافق المشاة / الدراجات / وسائل النقل العام. تعد المسطحات الخضراء (مع أشجار الشوارع في المزارع المصممة بشكل مناسب) أمرًا نموذجيًا للوصول إلى مواقف السيارات النقل العام في الشارع.
- من المتوقع وقوف المركبات في الشوارع الرئيسية. قد تختلف أبعاد منطقة مواقف المركبات حسب نوع الموقف المقدم.
- المسارات المشتركة هي المعالجة المفضلة بسبب السرعات المنخفضة. في هذه الحالة، يجب ألا تقل مسارات الطريق عن ٣,٩٠ مترًا للسماح بالمناورة وفتح أبواب المركبة. إذا تم توفير مسار للدراجات، فيجب أن يكون عرضه ١,٨٠ مترًا على الأقل، ويجب تضييق مسار المركبات حتى ٣,٠٠ مترًا.

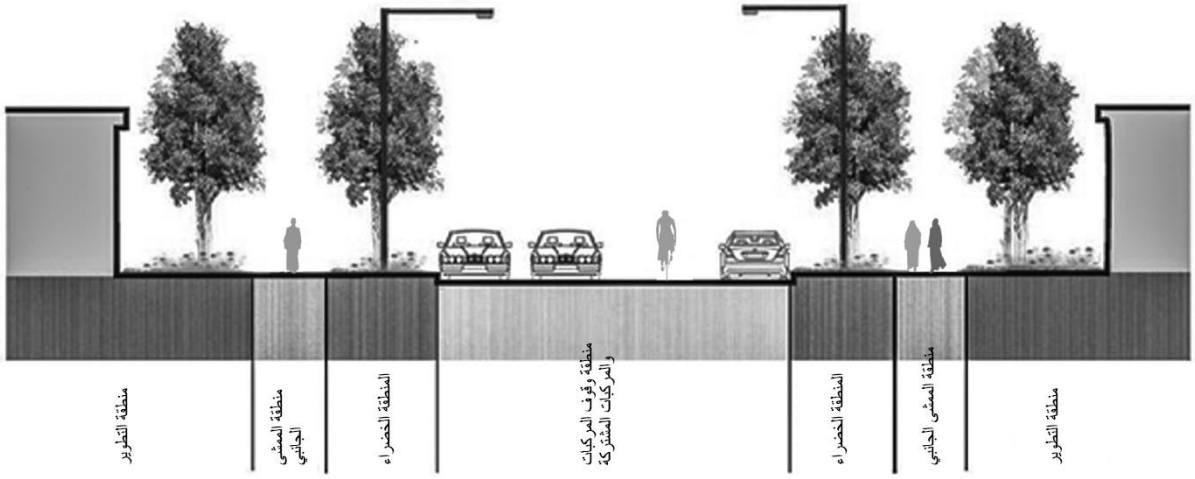


الشكل (٦–٤٥) قطاع عرضي نموذجي لشارع محلي مع استخدام سكني (NCDOT, 2012).

الجدول (٦–٣٢) الأبعاد النموذجية للشارع المحلي مع الاستخدام السكني (NCDOT, 2012).

نوع المنطقة	الأبعاد النموذجية للشارع الرئيسي الحضري/الضواحي (م)					
	العرض الأدنى لطريق المرور	منطقة الرصيف الجانبي	المنطقة الخضراء	منطقة مواقف السيارات	عرض المسار	الكتف
محلي/ حيّ تقليدي	٥,٤٠	١,٨~١,٥	٢,٤~١,٢	طلب منخفض للغاية	٢,٧ حظر وقوف السيارات	١,٨~١,٢
محلي طلب منخفض على مواقف السيارات	٧,٢٠	١,٨~١,٥	٢,٤~١,٢	طلب منخفض	٣,٠	١,٨~١,٢
محلي مواقف السيارات على جانب واحد	٧,٨٠	١,٨~١,٥	٢,٤~١,٢	٢,٥ على جانب واحد	٢,٧ مع مواقف سيارات ٣,٩ بدون مواقف سيارات	١,٨~١,٢
محلي مواقف السيارات على جانبين	١٠,٢٠	١,٨~١,٥	٢,٤~١,٢	٢,٥ على كلا الجانبين	٣,٩~٣,٠	١,٨~١,٢

ملاحظات:
- تم قياس العرض الأدنى لطريق المرور Traveled-way من وجه بردورة الرصيف الى وجه بردورة الرصيف بالجهة المقابلة.
- لا يتم توفير الجزيرة الوسطية عادةً في الشوارع المحلية إلا لأسباب جمالية. إذا تم توفيره، فيتم زيادة عرض المسار بمقدار ٠,٦ ~ ١,٥٠ م.



الشكل (٦–٤٦) قطاع عرضي نموذجي لشارع محلي مع استخدام مكتبي وتجاري وصناعي (NCDOT, 2012).

الجدول (٦–٣٣) الأبعاد النموذجية للشارع المحلي مع الاستخدام المكتبي والتجاري والصناعي (NCDOT, 2012).

نوع المنطقة	الأبعاد النموذجية للشارع الرئيسي الحضري/الضواحي (م)				
	العرض الأدنى لطريق المرور	منطقة الرصيف الجانبي	المنطقة الخضراء	منطقة مواقف السيارات	عرض المسار
مكتب محلي/تجاري مواقف السيارات على جانب واحد	٧,٨٠	١,٨~١,٥	٢,٤~١,٢	٢,٥ على جانب واحد	٢,٧ مع مواقف سيارات ٣,٦ بدون مواقف سيارات
مكتب محلي/تجاري مواقف السيارات على جانبين	١٢,٠٠	٢,٤~١,٨	٢,٤~١,٢	٢,٥ على كلا الجانبين	٣,٦ مع مواقف سيارات على الجانبين
شوارع صناعية محلية مواقف السيارات على جانب واحد	١٠,٢٠	١,٨~١,٥	٢,٤~١,٢	٢,٥ على جانب واحد	٣,٦٠ مع علامات

ملاحظات:
- تم قياس العرض الأدنى لطريق المرور Traveled-way من وجه بردورة الرصيف الى وجه بردورة الرصيف بالجهة المقابلة.
- لا يتم توفير الجزيرة الوسطية عادةً في الشوارع المحلية إلا لأسباب جمالية. إذا تم توفيره، فيتم زيادة عرض المسار بمقدار ٠,٦ ~ ١,٥٠ م.

٦-٨ تدابير تهدئة المرور الهندسية:

يقدم هذا الجزء متطلبات اختيار وتصميم تدابير مناسبة لتهدئة المرور لمعالجة مشاكل السرعة في أجزاء الطرق أو مناطق أوسع.

يتم تناول المجموعات التالية من تدابير تهدئة المرور في هذا الجزء:

- تخفيض عرض الشارع – حمية الطريق (road diet).
- تدابير الانحراف الرأسي.
- تدابير الانحراف الأفقي.

- الرصف ذو النسيج الخشن وأشرطة الدمدمة.
- استخدام أجهزة التحكم في المرور.

٦-٨-١ تخفيض عرض الشارع - حمية الطريق (road diet):

٦-٨-١-١ نظرة عامة:

حمية الطريق هي إعادة تشكيل للطرق والشوارع الحضرية متضمنةً تضييق أو إلغاء مسارات المرور لإبطاء حركة مرور المركبات وزيادة السلامة لجميع مستخدمي الطريق. تزيل تدابير حمية الطريق مسارات المركبات عن الطريق وتعيد تخصيص المساحة الإضافية للاستخدامات الأخرى أو وسائل التنقل، مثل مواقف السيارات، أرصفة المشاة الجانبية، مسارات الدراجات، استخدام النقل العام، مسارات الانعطاف، امتدادات بردورة الرصيف، أو جزر لجوء المشاة. يُحسِّن تطبيق حمية الطريق من التنقل وإمكانية الوصول لجميع المستخدمين، ويشمل ذلك المشاة، راكبي الدراجات، ومرتادي النقل العام.

تعد كثافة المداخل الجانبية والطرق الخاصة ومسارات النقل العام وعدد التقاطعات وتصميمها على طول الممر بالإضافة إلى الخصائص التشغيلية، من الاعتبارات التي يجب تقييمها قبل اتخاذ قرار بتنفيذ نظام حمية الطريق.

يجب ألا يتم تنفيذ تغييرات حمية الطريق على الطريق الحضرية السريعة والطرق الحضرية الشريانية الرئيسة (الطرق شبه السريعة). لتنفيذ حمية الطريق على الشوارع الحضرية الشريانية الثانوية والشوارع الحضرية التجميعية، يجب إجراء دراسة لتقييم أثر المرور، من أجل التحقق من تشغيل مروري مناسب.

٦-٨-١-٢ التصميم الهندسي:

يجب أن يأخذ التصميم الهندسي لنظام حمية الطريق في الاعتبار ما يلي:

- **التصنيف الوظيفي للطريق** (انظر كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط))، والذي يعمل كأساس لوضع معايير التصميم لمشروع نظام حمية الطريق.
- سياقات **استخدام الأراضي**، والتي تشجع معايير التصميم التي تتوافق مع سياق المشروع الأوسع وخصائص المنطقة.
- **أكبر مركبة تصميم** من المحتمل أن تستخدم الطريق بتردد كبير أو مركبة تصميم ذات خصائص خاصة مناسبة لموقع معين في تحديد تصميم السمات الهامة، مثل نصف القطر عند التقاطعات وأنصاف أقطار طرق الانعطاف.
- **قدرات السائق والقيود**. يجب أن يتم وضع تصميم نظام حمية للطرق لتلبية توقعات السائقين.
- **مستخدمو المركبات غير المزوّدة بالمحركات non-motorized**. يجب أن تولّد حمية الطريق فوائد لمستخدمي جميع وسائل النقل. توفر حمية الطريق أيضًا فرصة لإضافة مسارات للدراجات بالطرق التي كان راكبو الدراجات يتشاركون فيها سابقًا مع السيارات أو يتنقلون بين مسارات المرور مع المركبات أو التنقل بين مسارات الطريق وحافة الرصف.
- **السرعة**. تتمتع حمية الطريق باحتمالية تقليل فروق السرعة التشغيلية، ولكنها تميل إلى أن يكون لها تأثير متواضع على متوسط السرعة التشغيلية لممر الطريق (أي حوالي ٥ إلى ٨ كم/ساعة). يجب أن يسعى المصممون إلى تحقيق تناغم السرعة، وهو شرط ينتج عندما:
  - تقع السرعة التصميمية المعينة ضمن نطاق محدد (أي ± ٨ كم/ساعة) من سرعة المئين ٨٥ التشغيلية المرصودة.
  - سرعة المئين ٨٥ التشغيلية تقع ضمن نطاق محدد (أي ± ٨ كم/ساعة) من حد السرعة المعلنة.
  - السرعة التصميمية المستنتجة تساوي أو تزيد عن السرعة التصميمية المحددة.
  - السرعة المعلنة أقل من أو تساوي السرعة التصميمية المحددة.

٦-٨-١-٢-١ عناصر التصميم الهندسي:

يجب أن تتضمن العناصر الأساسية للتصميم الهندسي ما يلي:

- **مسافة الرؤية**. يجب أن تكون مسافة الرؤية للتوقف متاحة في جميع النقاط على الطريق. يجب توفير مسافة رؤية القرار في المواقع المعقدة حيث يتخذ السائقون قرارات فورية، حيث يصعب إدراك المعلومات، أو عندما تكون هناك حاجة إلى مناورات غير متوقعة. قد يكون للتغييرات في موضع المركبة بسبب تغييرات القطاع العرضي بعض التأثير على مسافة الرؤية الأفقية (أي مسافة الرؤية المتاحة أثناء عبور منحنى أفقي، محدودة بسبب عوائق الرؤية داخل المنحنى). سيشمل تحليل مسافة الرؤية الحاسمة لتغييرات نظام حمية الطريق معابر المشاة ومحطات النقل العام والمواقع التي تعمل فيها المركبات المتوقفة في الشارع كإعاقة محتملة للرؤية.
- **إدارة الوصول**. نظرًا للتغيير التشغيلي الذي سيحدث من خلال تقليل المسارات في كل اتجاه من اتجاهات السير، يجب تحليل إدارة الوصول أثناء تغيير نظام الطريق. يجب أن تأخذ إعادة التحليل في الاعتبار ما يلي:
  - تشغيل وكفاءة الطرق المتقاطعة.
  - ضمان عدم إزاحة المداخل الجانبية والطرق الخاصة ذات المرور المرتفع في "الاتجاه الخاطئ".

- الوصول إلى الملكيات.
- مسافة الرؤية بين المركبات والمشاة.
- كيفية استخدام المداخل الجانبية والطرق الخاصة (على سبيل المثال، التراجع مقابل إعادة التوجيه للخارج فقط backing vs. forward-out-only).
- استمرارية أرصفة المشاة.
- متطلبات الوصولية.
- استيعاب مسارات للدراجات.
- تعارض محتمل مع مواقع محطات الحافلات.

٦-٨-١-٢-٢ عناصر القطاع العرضي:

تنطبق المتطلبات التالية على عناصر القطاع العرضي لنظام حمية الطريق (FHWA, 2014):

عرض المسار: عملياً، ينبغي استخدام عرض يتراوح بين ٣,٠٠ متر إلى ٣,٦٥ متر بشكل عام. ينبغي أن يكون عرض المسارات الاضافية (أي مسارات الانعطاف) عند التقاطعات هو نفس عرض المسارات المستمرة، وألا يقل عن ٣ أمتار. ينبغي أن يكون عرض مسار الانعطاف إلى اليسار ذات الاتجاهين المقدم كجزء من تغيير عرض المسار عادة يتراوح بين ٣,٠٠ إلى ٤,٨٥ م. ينبغي أن يتراوح عرض مسار الحافلات على طول هذه الطرق بين ٣,٣٠ إلى ٤,٥٥ م.

الجزيرة الوسطية: العرض التصميمي يعتمد على نوع الطريق وموقعه. عند استخدام الجزيرة الوسطية السطحية، ينبغي توقع حركات العبور والدوران بالجزيرة الوسطية وحولها.

جزر لجوء المشاة: يجب ألا يقل عرضها عن ١,٨ متر في اتجاه سير المشاة ويفضل ٢,٤٥ إلى ٣,٠٠ متر. ينبغي أن تتضمن الجزيرة بلاطات تحذير استشعارية عند التقائها بالطريق.

التعلية الجانبية: بشكل عام، يقع التاج أو النقطة العليا للقطاع العرضي المحوّل عند الخط المركزي، مع ميل الرصف نفسه مثل المسارات المستمرة المجاورة. تبلغ الميول العرضية النموذجية ٢,٠ بالمائة وقد تصل إلى ٢,٥ بالمائة في مناطق هطول الأمطار الغزيرة.

الأكتاف: في معظم تطبيقات نظام حمية الطريق، العرض من وجه بردورة الرصيف الى وجه بردورة الرصيف بالجهة المقابلة والرغبة في تخصيص المساحة للمرور ومسارات الدراجات ومواقف السيارات، كل ذلك يحد من القدرة على توفير الأكتاف. أحيانًا توفر منطقة عازلة مدهونة بين مسارات المرور ومسارات الدراجات، وتوفر هذه المناطق العازلة المدهونة بعض المزايا المماثلة للأكتاف.

مرافق الدراجات: تضمن متطلبات تصميم مرافق الدراجات في الباب (٦).

مواقف السيارات على الشارع: يوفر نظام حمية الطريق فرصة لمواقف السيارات على الشارع بشكل متوازي أو مائل. تضمن متطلبات التصميم لمرافق مواقف السيارات في الشارع في كود الطرق السعودي ٣٠٣ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - مناطق الاستراحة، ومحطات فحص الشاحنات، ومواقف السيارات والمرائب).

مسارات الالتفاف الجانبية للحافلات: يوفر العرض المُعبّد المتاح بتطبيق نظام حمية الطريق حيّزاً للتجهيزات المحتملة لتشغيل الحافلات (على سبيل المثال، التوقف والتحميل والتفريغ) بعيدًا عن مسار التنقل (الطريق) باستخدام مسارات الالتفاف الجانبية للحافلات. ينبغي توفير مواقع توقف الحافلات بطول ١٥ مترًا لكل حافلة. في بعض الحالات، قد يكون هناك مجال لتوفير مستدق للتباطؤ والدخول باستخدام مجموعة من علامات الرصف. الاستدقاق ١:٥ (نسبة الطول : العرض) هو الحد الأدنى المرغوب فيه. عندما تكون محطة توقف الحافلات على الجانب القريب أو البعيد من التقاطع، يكون عرض الشارع المتقاطع مناسبًا بشكل عام للاندماج مرة أخرى في المرور أو الانعطاف إلى محطة الحافلات، على التوالي.

توفر محطات توقف الحافلات الموجودة في الجانب القريب أو البعيد من التقاطعات وصول المشاة من كلا جانبي الشارع ووصلات إلى مسارات الحافلات المتقاطعة. كما أن وجود امتدادات بردورة الرصيف يسهل وصول الركاب.

انتقالات القطاع العرضي: قد تتطلب نقطة البداية ونقطة النهاية لتحويل حمية الطريق انتقالًا من أو إلى قطاع عرضي مختلف. عادةً ما يكون تصميم هذه المواقع دالة في عرض المسار المراد إسقاطه والسرعة المعلنة أو السرعة التصميمية في تلك المواقع. ينبغي أن تكون النسب المستدقة لإضافات المسارات حوالي ١:١٥ (طول : عرض).

أمر مهم آخر يتعلق بانتقالات القطاع العرضي التي تشكل جزءًا من حمية الطريق هو موقع تلك الانتقالات. الهدف عند اختيار موقع نقطة الانتقال هو تقليل تعقيد منطقة الانتقال وعدد القرارات أو التعارض المحتمل التي قد تحدث أثناء اندماج السائق أو تباعده. لهذا السبب، يجب ألا تحدث الانتقالات عند التقاطعات أو المداخل الجانبية والطرق الخاصة المهمة أو بالقرب منها (داخل منطقة التأثير).

من المهم أيضًا إلقاء نظرة على القطاعات العرضية للطريق عند نهاية "حدود المشروع" لتحويل حمية الطريق. الهدف العام هو تقليل عدد الانتقالات ضمن مسافة قصيرة. بمعنى آخر، قد يكون من الأنسب أحيانًا تمديد "حدود المشروع" لتجنب هذه الحالة. ينبغي أيضًا عدم إسقاط المسارات المستمرة كمسار انعطاف عند التقاطع، حيث إن هذا النوع من إسقاط المسار يخالف توقعات السائق وقد يؤدي إلى مناورات غير المناسبة.

٦-٨-١-٢-٣ تصميم التقاطع:

تنطبق المبادئ الأساسية لتصميم التقاطع أيضًا على التقاطعات المتاخمة أو داخل منطقة حمية الطريق. وبالنظر إلى التغيير في القطاع العرضي أثناء تنفيذ نظام حمية الطريق، ينبغي أيضًا الأخذ في الاعتبار المتطلبات التالية (FHWA, 2014):

المسار الأفقي والرأسي لمداخل التقاطع: ينبغي أن تلتقي الطرق المتقاطعة عند زوايا قائمة ويجب أن تكون الميول الطولية منبسطة قدر الإمكان. من المحتمل أن تكون هذه الخصائص محددة مسبقًا في المواقع التي تشهد تغييرًا في حمية الطريق، ولكن ينبغي أن يكون المصممون على دراية بآثارها السلبية على السعة ومسافة الرؤية والسلامة والبحث عن فرص لتنفيذ التدابير المضادة الممكنة.

مسافة رؤية التقاطع: ينبغي فحص مسافة رؤية التقاطع عند كل تقاطع على حدود منطقة حمية الطريق أو داخلها. ينبغي أن يكون لدى سائقي المركبات المقتربة رؤية خالية من العوائق للتقاطع بأكمله بالإضافة إلى أطوال كافية على طول الطريق المتقاطع للسماح بمراقبة وتجنب التعارض المحتمل مع المركبات الأخرى. يجب أن يكون لدى سائقي المركبات المتوقفة رؤية كافية للطريق المتقاطع لتحديد وقت الدخول (باستدارة إلى اليسار أو اليمين) أو عبوره.

مسارات الانعطاف إلى اليمين: ينبغي تقييم أثر التأخير الناجم عن انعطاف المركبات إلى اليمين واتخاذ قرار بشأن الحاجة إلى مسار حصري للانعطاف إلى اليمين. قد تتطلب بعض الحالات حرم طريق أو عرض رصف إضافي. يتحكم حجم مركبات الدوران وأنواع المركبات التي سيتم استيعابها في عرض طرق الدوران. ضع في اعتبارك دائمًا سلامة المشاة عند اتخاذ قرار بشأن إضافة مسار انعطاف الى اليمين عند التقاطعات. إذا كان مسار الانعطاف إلى اليمين عبارة عن تدفق حر، أو خاضع للتحكم بلافتات إعطاء أولوية الطريق، أو إذا كان الانعطاف يمينًا على الاشارة الحمراء مسموحًا به عند التقاطع، فسوف يأثر ذلك على المشاة.

هناك ثلاثة أنواع من التصميمات لطرق الانعطاف الى اليمين عند التقاطعات:

١- الحد الأدنى من حافة الطريق.
٢- تصميم مع جزيرة ركنية مثلثة.
٣- تصميم التدفق الحر باستخدام نصف قطر بسيط أو نصف قطر مركب.

ينبغي على المصمم تحليل مسارات الانعطاف والتعديات المحتملة عندما تستخدم مركبة أكبر التقاطع وتأثيرها على تشغيل المرور والسلامة. اعتمادًا على أحجام الشاحنات، والحجم النموذجي للشاحنات التي تستخدم التقاطع، ومولدات مرور الشاحنات القريبة، ينبغي على الممارسين التفكير في أنصاف أقطار أكبر لاستيعاب كافة مستخدمي الطريق.

الدوّارات: قد يكون الدوّار أحادي المسار مناسب هندسيًا كجزء من نظام حمية الطريق. سيوفر الدوّار فرصًا إضافية لتحسين السلامة بالتخلص من معظم أنواع الحوادث الزاوية angular والواقعية head-Ons، وتقليل سرعات تشغيل التقاطع. للحصول على متطلبات تصميم الدوّارات، انظر الباب (١٠).

اعتبارات التصميم للدراجات: عندما يشتمل نظام حمية الطريق على مسارات للدراجات في الشارع، يجب تعديل تصميمات التقاطع وفقًا لذلك. ينبغي نقل مرفق الدراجات إلى التقاطع وعبره. عند إضافة مسارات الانعطاف إلى اليمين، ستكون هناك حاجة إلى علامات المسارات لتوجيه الدراجات وفصلها عن المركبات التي تنعطف إلى اليمين. تشمل الاعتبارات الإضافية اشتراطات لحركات انعطاف الدراجات الى اليسار، واستخدام صناديق الدراجات، وإشارات المرور الخاصة بالدراجات.

تصميم منحدر البردورة: يجب أن تستوعب مرافق المشاة جميع المستخدمين، ويشمل أولئك الذين يعانون من إعاقات حركية، وبصرية، وإعاقات معرفية، وغيرها. يجب أن تهبط منحدرات البردورة في نطاق عرض تقاطع شارع المشاة الذي تخدمه، وكاملًا خارج مسار سير المركبات الموازي. يجب توفير منحدر مميز لكل اتجاه عبور. يُفضل، حيثما أمكن، محاذاة منحدر البردورة مع اتجاه معبر المشاة. الحفاظ على نصف قطر بردورة الرصيف صغيرًا، مساحة عازلة بين الرصيف الجانبي والبردورة، وإضافة امتدادات البردورات كلها استراتيجيات تساعد على تحقيق منحدرين متميزين للبردورة عند الزاوية.

امتداد البردورات: على الطرق التي بها مواقف مركبات على الشارع، يمكن إضافة امتدادات البردورات عند التقاطعات لتقصير مسافات عبور المشاة وجعل المشاة المنتظرين عند الزاوية أكثر وضوحًا للسائقين. وبالمثل، فإنه يعطي المشاة رؤية أفضل للمرور القادم دون الحاجة إلى الدخول في الطريق. ينبغي استخدام امتدادات البردورات فقط عندما يُسمح بمواقف السيارات على الشارع وينبغي أن تكون أضيق قليلاً من مسار وقوف المركبات، بحيث لا يعرقل الامتداد حركة مرور راكبي الدراجات أو المركبات.

أنصاف قطر الدوران: ينبغي الحفاظ على أقل قيمة نصف قطر بردورة الرصيف ممكنة عملياً من أجل إبطاء سرعة المركبات أثناء الانعطاف. سيؤثر نصف القطر أيضًا على مسافة عبور المشاة، مما يجعلها أقصر مع تصغير أنصاف القطر. قد تؤدي إضافة مواقف السيارات على الشارع أو مسارات الدراجات إلى وجود نصف قطر بردورة رصيف أصغر عند التقاطعات حيث يزداد نصف القطر الفعال لمسار المركبة مع الفصل عن بردورة الرصيف الذي توفره مسارات وقوف السيارات والدراجات.

٦-٨-١-٣ التصميم التشغيلي:

عندما يتخذ قرار بشأن تبنّي نظام حمية الطريق، يجب الأخذ في الاعتبار العوامل التالية المتعلقة بالتصميم التشغيلي (FHWA, 2014). ومع ذلك، سيكون لكل حالة تطبيقية مشاكلها واحتياجاتها الفريدة، مما يتطلب حكمًا وخبرة هندسية.

٦-٨-١-٣-١ تغييرات التحكم في التقاطع:

عند تطبيق نظام حمية الطريق، يجب إعادة تقييم مراحل وتوقيت إشارة المرور عند التقاطعات. ينبغي إجراء تحليل تشغيلي لتقييم مقبولية الآثار المحتملة للقطاع العرضي الحالي والمقترح وإشارات المرور على الشوارع الرئيسة والفرعية وتأخير المركبات والمشاة وأطوال صفوف انتظار المركبات. ينبغي أن يأخذ هذا التقييم في الاعتبار الأثر المحتمل للمركبات الثقيلة. عادة، قد يحتاج المرور على الخط الرئيس إلى زمن إشارة خضراء إضافي بسبب تقليل سعة المسار، خاصة خلال ساعات الذروة، للحفاظ على مستوى خدمة الخط الرئيس. قد يؤدي هذا إلى زيادة التأخير في الشوارع الجانبية خلال تلك الفترات الزمنية.

يجب تعديل موضع رؤوس إشارات المرور عند تغيرات نظام حمية الطريق بحيث تتماشى مع تكوين المسار الجديد.

٦-٨-١-٣-٢ علامات الرصف ولافتات المرور:

ينبغي أن تتماشي اللافتات والعلامات مع متطلبات كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري). فيما يتعلق بتحويلات حمية الطريق، يجب توفير علامات الرصف المناسبة واللافتات، على سبيل المثال، مسارات الانعطاف إلى اليمين، وعبور المشاة، وجزر اللجوء.

ينبغي وضع علامات الرصف في نظام حمية الطريق لخدمة المركبات المتوقفة والمنعطفة بشكل صحيح حتى تتمكن من القيام بمناورات الالتفاف بأمان. يجب الأخذ في الاعتبار الوضع المناسب (على سبيل المثال، عند خط التوقف) ونصف قطر الانعطاف لمركبة التصميم. يمكن أيضًا استخدام خطوط الحافة و/أو علامات الرصف الخاصة بمواقف السيارات في تحويلات نظام حمية الطريق لتوجيه المركبات العابرة. أخيرًا، إذا كانت تحويلات نظام حمية الطريق تتضمن فقط إعادة وضع علامات خطوط المسارات على طول القطاع العرضي للطريق الحالي، فمن المهم للغاية إزالة علامات الرصف القديمة بالكامل (FHWA, 2014).

٦-٨-١-٣-٣ عناصر تصميم التقاطع:

في تحويلات حمية الطريق، يجب تقييم تأثير التأخير الناجم عن انعطاف المركبات يمينًا عند التقاطعات والمسارات الرئيسة، وإذا لزم الأمر، ينبغي إضافة مسارات الانعطاف إلى اليمين. في بعض الحالات، قد تكون هناك حاجة الى عرض إضافي لحرم طريق أو الرصف.

٦-٨-٢ تدابير الانحراف الرأسي:

٦-٨-٢-١ نظرة عامة:

يؤدي الانحراف الرأسي إلى حدوث تغيير في ارتفاع الطريق مما يجبر السائق على الإبطاء من أجل الحفاظ على مستوى مقبول من الراحة.

في الأقسام الفرعية التالية، تحدد متطلبات أربع أنواع من تدابير الانحراف الرأسي:

- مطبات السرعة المحدّبة.
- مطبات السرعة المسطّحة
- معابر المشاة المرتفعة.
- التقاطعات المرتفعة.

٦-٨-٢-٢ مطبات السرعة المحدّبة:

تُعد مطبات السرعة المحدّبة (أو وسائد السرعة) أكثر معالجات الانحراف الرأسي شيوعًا. ينبغي عدم الخلط بين مخففات السرعة bumps ومطبات السرعة humps، المسموح بها فقط في الملكيات الخاصة (مواقف السيارات المرائب والمدارس ومراكز التسوق، وما إلى ذلك) والتي تفرض خفض السرعة بمقدار ٤-١٥ كم / ساعة. لا يُسمح بوجود مطبات السرعة المحدّبة على الطرق العامة. من أجل الموافقة على إنشاء مطبات السرعة المحدّبة، يجب إجراء دراسة مخصصة للسلامة على الطرق للتحقق من مدى فائدة المعالجة للحالة المحددة. يجب توافر جميع المتطلبات الأساسية التالية للسماح بالنظر في تنفيذ مطبات السرعة المحدّبة:

- لابد من تصنيف الطريق كشارع حضري محلي، أو شارع سكني، أو شارع حضري تجميعي (ثانوي). لا يمكن تطبيق الإجراء على الطرق ذات التصنيف الأعلى.
- يجب الا توضع مطبات السرعة المحدّبة داخل الأنفاق والجسور. للجسور على الخصوص، يجب تركيبها قبل بداية الجسر بمسافة ٢٥ مترًا وبعد نهاية الجسر بمسافة ٢٥ مترًا.
- يجب ألا يتجاوز حد السرعة المعلنة ٥٠ كم/ساعة (الموصى بها ٣٠ كم/ساعة).
- تجاوز السرعة التشغيلية حد السرعة المعلنة بأكثر من ١٠ كم/ساعة.
- تجاوز متوسط المرور السنوي اليومي (AADT) ١٠٠٠ مركبة/يوم، أو تجاوزه عند ساعة الذروة ١٠٠ مركبة/ساعة في حالة الطرق المحلية.
- إذا كان الشارع يخدم وسائل النقل العام، فيجب ألا تكون مطبات السرعة المحدّبة ذات النوع المستمر وأن تسمح لمركبات النقل العام بالمرور عبر فواصل المطب مثل تلك الموضحة في الشكل (٦-٤٧). يجب تطويرها كوسائد أو كتل سرعة.
- يجب ألا يكون الشارع طريقاً رئيسيً لخدمات الطوارئ (الشرطة، الإسعاف، الإطفاء، وغيرها).
- في حالة استخدام الطريق أو الشارع بشكل منهجي من قبل راكبي الدراجات أو وسائل التنقل الصغيرة عموماً، يلزم وجود تصميمات خاصة تسمح بوجود ممر خلال المطب بعرض ١,٥ متر على الأقل، ما لم تكن المطبات ذات النوع الجيبي المعتمد لاستخدام أجهزة وسائل التنقل الصغيرة.
- إذا وضع المطب على منحنى أفقي، يجب أن يتجاوز نصف القطر ٧٠ مترًا، خلاف ذلك، يجب تركيب مطبات السرعة المحدّبة بمسافة ٢٠ مترًا قبل البداية وبمسافة ٢٠ مترًا بعد نهاية المنحنى.
- يجب ألا يزيد الميل الطولي للشارع عن ٦٪.

يرتبط تركيب المطبات بالتوافق مع لافتات حد السرعة٣٠ كم/ساعة.



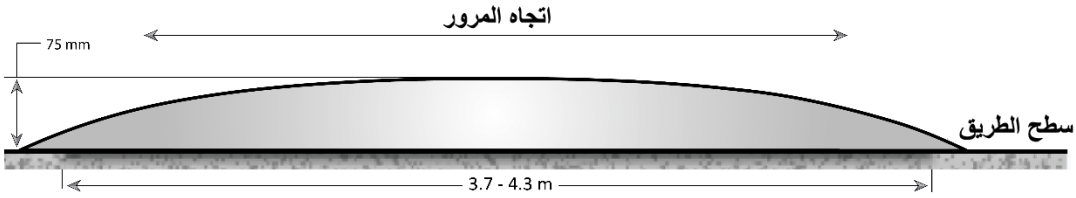
الشكل (٦–٤٧) مطبات السرعة المحدّبة (ITE, 2022).

يصمم مطب السرعة على شكل وسادة بطول ٣,٧٠ م (على شكل القطع المكافئ) أو ٤,٣٠ م (على شكل القطع الجيبي)، وبارتفاع ٧٥ ملم (انظر الشكل (٦-٤٨) والشكل (٦-٤٩)). بالنسبة للإنشاء، قد تكون السماحية المسموح بها بين ٧٠ ملم كحد أدنى إلى ٩٠ ملم كحد أقصى مقبولة في الشوارع ذات حدود السرعة المعلنة من ٤٠ إلى ٥٠ كم/ساعة. يمكن النظر في السماحية حتى ارتفاع ١٠٠ ملم للسرعات المعلنة عند أو أقل من ٣٠ كم/ساعة. يجب استخدام الارتفاعات التي تزيد عن ٧٥ ملم بحذر بسبب مشكلات خلوص المركبة المنخفضة، والتأثيرات على جودة الهواء والتأثير على تلف المركبة.

يظهر الشكل (٦-٤٨) والشكل (٦-٤٩) القطاع الطولي النموذجي لمطب السرعة على شكل القطع المكافئ والجيبي. يوفر تصميم نهج القطع المكافئ المصمم بشكل صحيح منحدرات تتراوح من ٣ إلى ٧,٥ بالمائة ويوفر النهج الجيبي منحدرات من ٣ إلى ٥,٥ بالمائة إضافية إلى الميل الطولي للطريق.

يبلغ الحد الأقصى لعرض الوسادة ١,٨ مترًا. يتيح ذلك لمركبات خدمة الطوارئ الأكبر حجمًا الوقوف عليها بينما يجب أن تجتازها سيارات الركاب الخاصة العادية والشاحنات الخفيفة، نظرًا لوجود مسافة بين الإطارات الداخلية أقل من ١,٥ متر وعادة ما تكون ١,٤ متر. يوصى بأن تكون الفجوة بين الوسائد ٠,٦ متر مما قد يسمح للكراسي المتحركة بالمرور غالباً حيث لا تتوفر أرصفة المشاة الجانبية. قد يختلف عدد الوسائد من ثلاثة إلى أربعة حسب الطريق. في التكوين ذا ثلاث وسائد، تقف مركبات الطوارئ على جانبي الوسادة المركزية (لا يمثل ذلك مشكلة بالنسبة للشوارع المحلية منخفضة الحجم المروري). عادةً ما تكون الشوارع بدون بردورة رصيف بطول ٨,٥ متر والشوارع ببردورة رصيف بطول ٩,٧ متر هي نقاط الانتقال بين ثلاث وأربع وسائد. ومع ذلك، قد يتعامل المصممون مع التكوين المناسب حسب الاقتضاء مع الحفاظ على ١,٨ متر كحد أدنى. عرض الوسادة المركزية وعرض الفجوة ٠,٦

متر على الأقل. بالنسبة للشوارع الضيقة (مثل ٦ أمتار)، قد تكون الوسادتان الخارجيتان من التكوين ذي الثلاث وسائد من ١,٢ إلى ١,٥ متر ويمكن تضييق فجوات قناة التصريف الجانبية إلى ٠,٣ متر. عندما يتم استخدام خط أصفر مزدوج مع تخطيط من أربع وسادات، يمكن زيادة فجوة الخط المركزي حتى ١,٢ متر في العرض، إذا سمحت المساحة بذلك. عادة لا يكون استخدام وسادتين مناسبًا حيث قد يتم حجب مركبات خدمة الطوارئ من استخدام الفجوات بواسطة المركبات المتوقفة (بشكل غير قانوني) (ITE, 2022).



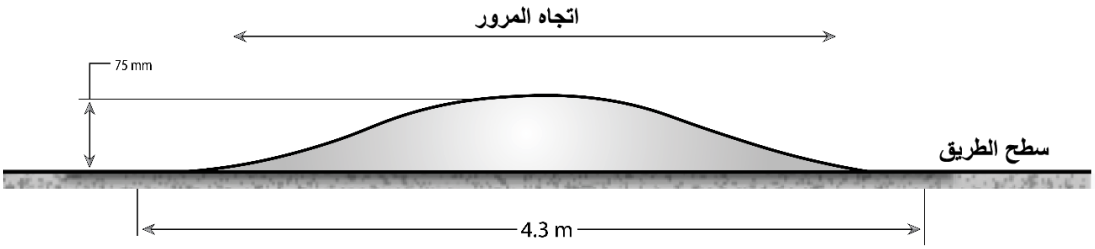
3.7 م تطوير حدبة السرعة المكافئة

المسافة (م)	0.00	0.305	0.610	0.914	1.219	1.524	1.829
الارتفاع النهائي (ملم)	0	23	42	57	68	74	76

3.7 م تطوير حدبة السرعة المكافئة

المسافة (م)	0.00	0.305	0.610	0.914	1.219	1.524	1.829	2.134
الارتفاع النهائي (ملم)	0	20	38	51	61	71	74	76

الشكل (٦–٤٨) مطب سرعة نموذجي على شكل قطع مكافئ (ITE, 2022).



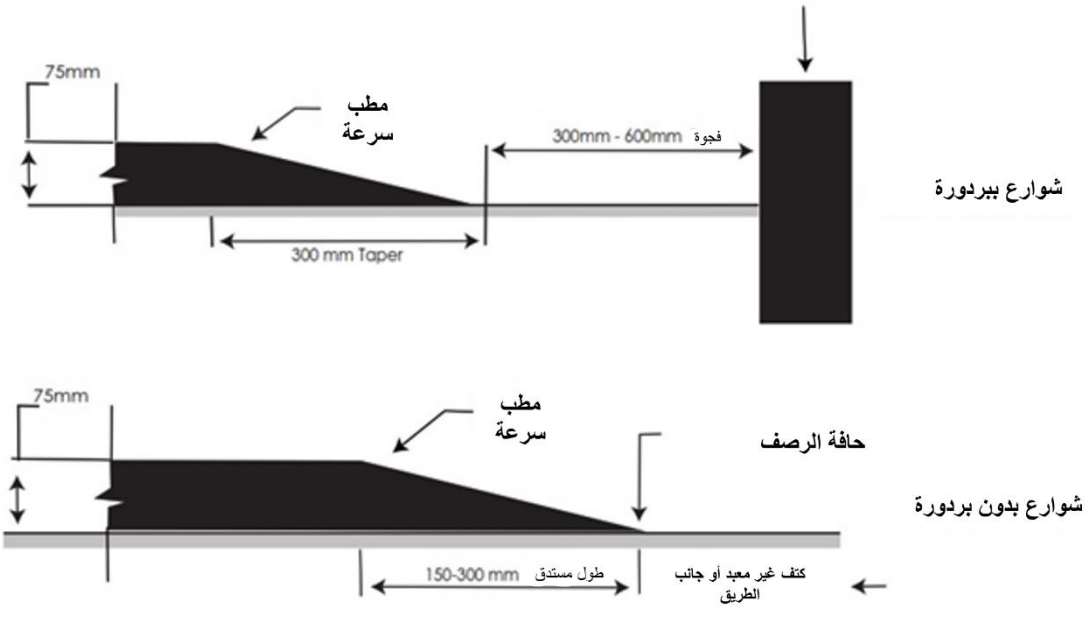
تطوير مطب السرعة الجيبي

المسافة (م)	0.00	0.152	0.305	0.457	0.610	0.762	0.914	1.067	1.219	1.372	1.524	1.676	1.829	1.981	2.134
الارتفاع النهائي (ملم)	0	1	4	8	14	22	30	38	47	55	62	68	72	75	76

الشكل (٦–٤٩) مطب سرعة نموذجي على شكل قطع جيبي (ITE, 2022).

يجب أن تمتد مطبات السرعة المحدّبة بكامل السطح المُعبّد للطريق. إذا تم تثبيتها على طرق ذات أكتاف مُعبّدة، فيجب أن تمتد مطبات السرعة المحدّبة بعرض الكتف لمنع المركبات عن محاولة تجنب المطبات باستخدام منطقة الكتف. قد ينتج عن ذلك وسائد أوسع في مناطق الكتفين هذه.

يجب أن يتراوح الاستدقاق الجانبي للوسائد حتى الفجوات أو الحواف (الشكل ٦-٥٠) من ١٥٠ إلى ٣٠٠ ملم عند أقصى ارتفاع للوسادة. يجب أن تكون فجوات قناة التصريف الجانبية من ٠,٣ إلى ٠,٦ متر بين حافة الوسادة ووجه بردورة الرصيف لاستيعاب الصرف. لا ينبغي توفير فجوات قناة تصريف جانبية أكبر (ما لم يكن مطلوبًا صراحةً للصرف) من أجل تقليل سلوك السائق المسمى "السير على قناة التصريف الجانبية "(ITE, 2022).



الشكل (٦–٥٠) علاجات نموذجية لحواف مطب السرعة (ITE, 2022).

لا ينبغي ببساطة وضع مطبات السرعة المحدّبة فوق الرصف القائم لأن هذا قد يؤدي إلى تقطع وتآكل الحواف الأمامية (مما قد يؤدي أيضًا إلى مخاطر السير). يتم تحقيق إنشاء مطب سرعة أكثر متانة من خلال "قفل" على الرصف عن طريق الطحن أو قطع المنشار للطريق الموجود. وهذا يسمح بالانتقال السلس من الرصف القائم إلى مطب السرعة الجديد. يبلغ عرض المنطقة الرئيسة الموصى بها ٠,٥٠ مترًا، أي بمقدار ٢٥ ملم على الأقل أو على طبقة القاعدة حول محيط الوسائد (ITE, 2022).

تعتمد المسافة بين الانحرافات الرأسية المتتالية على السرعة المرغوبة التي يجب تحقيقها في الشارع ويتم تقديمها في الجدول (٦-٣٤).

الجدول (٦–٣٤) المسافة بين الانحرافات الرأسية (Riyadh Amanah, 2007).

السرعة المرغوبة (كم/ساعة)	المسافة بين الانحرافات الرأسية (م)
١٥ ـ ٢٠	٢٥ ـ ٥٠
٣٠	٥٠ ـ ٨٠
٤٠	٨٠ ـ ١٥٠
٥٠	١٥٠ ـ ٢٥٠

٦-٨-٢-٣ مطبات السرعة المسطّحة:

تشبه مطبات السرعة المسطّحة مطبات السرعة المحدّبة، ولكنها أطول وتتضمن سطحًا مستويًا (هضبة) في الأعلى. يمكن استخدامها في جميع الحالات التي تكون فيها مطبات السرعة المحدّبة مناسبة، ولكن أيضًا في الشوارع التجميعية السكنية (الرئيسة) التي تتميز بسرعات أعلى قليلاً من الشوارع المحلية وفي الشوارع ذات الميول الطولية الأكثر حدة. على غرار مطبات السرعة المحدّبة، من أجل الموافقة على إنشاء مطبات السرعة المسطّحة، يجب إجراء دراسة مخصصة للسلامة على الطرق للتحقق من فوائد المعالجة للحالة المحددة. يجب أن تكون جميع المتطلبات الأساسية التالية ضرورية للسماح بالنظر في تنفيذ مطبات السرعة المسطّحة:

- يجب تصنيف الطريق كشارع حضري محلي أو سكني ، أو شارع حضري تجميعي ثانوي أو حضري تجميعي رئيس. لا يمكن تنفيذ الإجراء في الطرق ذات التصنيف الأعلى.
- يجب الا توضع مطبات السرعة المسطّحة داخل الأنفاق أو على الجسور.
- يجب ألا يتجاوز حد السرعة المعلنة ٦٠ كم/ساعة (الموصى بها ٤٠ كم/ساعة أو أقل).
- يجب ألا يخدم الشارع حجم مروري كبير من وسائل النقل العام.
- يجب ألا يكون الشارع طريقاً رئيساً لخدمات الطوارئ (الشرطة، الإسعاف، الإطفاء، وغيرها).
- إذا وضعت مطبات السرعة المسطّحة على منحنى أفقي، يجب أن يتجاوز نصف القطر ١٠٠ متر.
- يجب ألا يزيد الميل الطولي للشارع عن ٨,٠٪.

يوصى بأن يكون طول مطبات السرعة المسطّحة (الشكل ٦-٥١) من ٦,٧٠ إلى ٧,٠٠ مترًا بما في ذلك هضبة ٣,٠٠ مترًا ومن ١,٨٠ إلى ٢,٠٠ مترًا مسطح أو النهج الجيبي أو المكافئ. يوصى بارتفاع رأسي يبلغ ٧٥ ملم بحد أدنى ٧٠ ملم و ٩٠ ملم كحد أقصى لأي جدول سرعة. لحدود السرعة من ٣٠ إلى ٤٠ كم/ساعة، يُسمح بحد أقصى يصل إلى ١٠٠ ملم. قد تكون منحدرات الاقتراب مستقيمة أو مكافئة أو جيبية (الشكل ٦-٥٢)، أي من الثلاثة مقبول. عندما يزيد ارتفاع مطب السرعة المسطّح عن ٧٥ ملم، يجب تمديد منحدرات الاقتراب بمعدل ٤ إلى ٥ بالمائة تقريبًا. بالنسبة لجدول سرعة ١٠٠ ملم، ستصبح منحدرات الاقتراب ٢,٥ متر لكل منها بطول إجمالي يبلغ ٨,٠ متر (ITE, 2022).

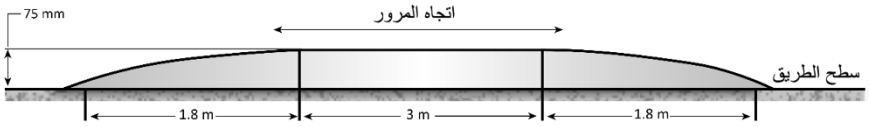
يشبه في تصميمه وتفاصيله مطبات السرعة المحدّبة ذات الفتحات التي تشكل الوسائد. ومع ذلك، فإن طول الانحراف الرأسي أطول ويتم تقليل المشكلات المتعلقة بخدمات الطوارئ والنقل العام وراكبي الدراجات باستخدام نهج تصميم مطب السرعة.



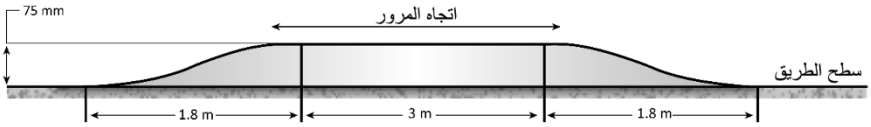
الشكل (٦–٥١) مطب السرعة المسطّح (ITE, 2022).



ملاحظة: الشكل ليس على مقياس الرسم ، نهج مسطح



ملاحظة: الشكل ليس على مقياس الرسم ، نهج مسطح



ملاحظة: الشكل ليس على مقياس الرسم ، نهج مسطح

الشكل (٦–٥٢) الأنواع النموذجية لمنحدرات الاقتراب بمطب السرعة المسطّح (ITE, 2022).

٦-٨-٢-٤ معابر المشاة المرتفعة:

معابر المشاة المرتفعة (الشكل ٦-٥٣) هي سمة هندسية ذات انحراف رأسي تمتد عبر الشارع بأكمله، ويتم دمجها مع معابر المشاة المعلمة وتُستخدم للتأكيد على معبر المشاة.

من أجل الموافقة على إنشاء معبر مشاة مرتفع، يجب إجراء دراسة مخصصة للسلامة على الطرق للتحقق من فوائد المعالجة للحالة المحددة. يجب أن تكون جميع المتطلبات الأساسية التالية مطلوبة للسماح بالنظر في تنفيذ معابر المشاة المرتفعة:

- لابد من تصنيف الطريق كشارع حضري محلي أو سكني ، أو شارع حضري تجميعي ثانوي أو حضري تجميعي رئيس. لا يمكن تنفيذ الإجراء في الطرق ذات التصنيف الاعلى.
- يجب ألا توضع معابر المشاة المرتفعة داخل الأنفاق أو الجسور.
- يجب ألا يتجاوز حد السرعة المعلنة ٥٠ كم/ساعة (الموصى بها ٣٠ كم/ساعة).
- يجب ألا يخدم الشارع احجام مرورية كبيرة من وسائل النقل العام.
- يجب ألا يكون الشارع طريقاً رئيسيً لخدمات الطوارئ (الشرطة، الإسعاف، الإطفاء، وغيرها).
- يجب ألا يزيد الميل الطولي للشارع عن ٨٪.

نظرًا لأن معبر المشاة المرتفع مصمم للمشاة والأشخاص ذوي الإعاقة (PwDs)، يجب أن يكون التصميم مستويًا بين عتبات بردورة الرصيف. يجب التخفيف من صعوبة صرف المياه التي تنشأ عادة بسبب معابر المشاة المرتفعة في منطقة قناة التصريف الجانبية عن طريق وضع المصائد المحسنة و/أو المعابر المطلية بالفولاذ من بردورة الرصيف إلى نهاية منطقة قناة التصريف الجانبية (عادة حوالي ٠,٥٠ متر في منطقة صغيرة- تكوين عبّارة). يتطلب تصميم هذه القنوات الصغيرة النظر في منحدرات خط تدفق الصرف لتجنب مشاكل الصيانة.

بشكل عام، تشبه بعض الخصائص للتصميم الهندسية مطبات السرعة المسطّحة التي يبلغ ارتفاعها ٧٥ ملم وطولها ٦,٧ متر كحد أدنى. يجب تعديل منحدر الاقتراب حيث يتجاوز ارتفاع معبر المشاة المرتفع ٧٥ ملم. وتجدر الإشارة إلى أنه لا ينصح بالمعابر الأعلى من ٧٥ ملم للشوارع التي تزيد سرعتها عن ٤٠ كم/ساعة (ITE, 2022).

يجب أن تكون أسطح معابر المشاة صلبة ومستقرة ومقاومة للانزلاق بدون نتوءات أو تفاوت مفاجئ. يجب أن يتبع الانتقال من منطقة الرصيف الجانبي إلى المعبر متطلبات الأشخاص ذوي الإعاقة لمنحدرات البردورة والتحذير باللمس.

علامات المشاة مطلوبة لهذه المعابر. قد تحتوي أو لا تحتوي على أجهزة أخرى للتحكم المروري مثل الإشارات التنظيمية أو إشارات المرور (انظر كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري)).



الشكل (٦–٥٣) معبر المشاة المرتفع (ITE, 2022).

٦-٨-٢-٥ التقاطعات المرتفعة:

توفر التقاطعات المرتفعة انحرافًا رأسيًا يمتد عبر منطقة التقاطع وجميع مداخله. من أجل الموافقة على إنشاء تقاطع مرتفع، يجب إجراء دراسة مخصصة للسلامة على الطرق للتحقق من فوائد المعالجة للحالة المحددة. يجب أن تكون جميع المتطلبات الأساسية التالية مطلوبة للسماح بالنظر في تنفيذ معابر المشاة المرتفعة:

- لابد من تصنيف كلا الشارعين المتقاطعين على أنهما من فئة شارع حضري محلي أو سكني، أو شارع حضري تجميعي ثانوي أو شارع حضري تجميعي رئيس. لا يمكن تنفيذ الإجراء في الطرق ذات التصنيف الاعلى.
- يجب ألا يتجاوز حد السرعة المعلنة ٥٠ كم/ساعة (الموصى بها ٣٠ كم/ساعة).
- يجب ألا يخدم كلا الشارعين المتقاطعين احجام مرورية كبيرة من وسائل النقل العام.
- يجب ألا يكون كلا الشارعين المتقاطعين طرقًا رئيسة لخدمات الطوارئ (الشرطة، والإسعاف، وخدمة الإطفاء، وغيرها).

قد تختلف التصاميم في الارتفاع، ولكن يجب تعديل منحدرات الاقتراب إلى ارتفاعات ٧٥ ملم مع منحدرات اقتراب ١,٨ متر أو بدلاً من ذلك ١٥٠ ملم مع منحدرات اقتراب ٣ أمتار. يكون جزء المطب مستعرضاً، ويمتد على كلا اتجاهي حركة المركبة عند مداخل التقاطع بشكل مستعرض عبر كل شعب التقاطع. قد تكون منحدرات الاقتراب مكافئة (عند استخدام انتقالات ١,٨ متر) أو مستقيمة (عند استخدام انتقالات أطول). يوفر هذا التطبيق مزايا تشبه المطب عند التقاطعات ويمكن استخدامه في الشوارع المحلية في المراكز التجارية/المؤسسية الحضرية أو المراكز الحضرية/الضواحي حيث قد تكون معابر المشاة كبيرة أو يُتوقع أن تكون كبيرة (لا تُستخدم كثيرًا في المناطق السكنية، ويرجع ذلك أساسًا إلى تكلفة الترميم). نظرًا لأنه يتم رفع التقاطع بأكمله، فقد تتم معالجة مشكلات الصرف في مواضع إعادة التسوية والمصائد (ITE, 2022).



الشكل (٦–٥٤) مثال على التقاطع المرتفع (ITE, 2022).

٦-٨-٣ تدابير الانحراف الأفقي:

٦-٨-٣-١ نظرة عامة:

تعيق الانحرافات الأفقية قدرة السائق على القيادة في خط مستقيم بإحداث تحول أفقي في الطريق. يجبر هذا التحول سائق المركبة على إبطاء المركبة للتنقل بشكل مريح خلال الإجراء (FHWA, 2022):

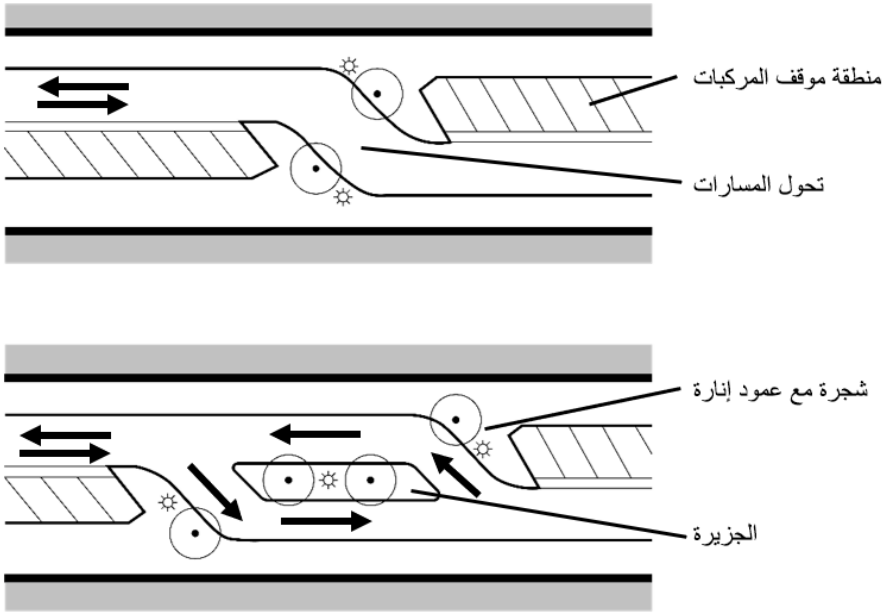
الأنواع التالية من الانحرافات الأفقية شائعة الاستخدام:

- تحولات جانبية ومسارات مداورة chicane.
- تقاطعات معدّلة.
- دوّارات (ويشمل ذلك الدوائر المرورية الصغيرة).

٦-٨-٣-٢ التحولات الجانبية والمسارات المداورة:

التحول الجانبي هو إعادة محاذاة شارع مستقيم يتسبب في تحول مسارات المرور في اتجاه واحد. الغرض الأساسي من التغيير الجانبي هو تقليل سرعة المركبة على طول الشارع. بشكل عام، يفصل التحول الجانبي المرور المعاكس ضمن التحول بمساعدة جزيرة وسطية. رغم أن الجزيرة ليست إلزامية، إلا أنه بدونها يمكن لسائق المركبة عبور الخط المركزي من أجل قيادة المسار الأكثر استقامة، وبالتالي تقليل فعالية تخفيض سرعة التحول الجانبي. المداورة chicane هي تباين في التحول الجانبي الذي يغير محاذاة الشارع أكثر من مرة (FHWA, 2022).

يظهر مفهوم التحول الجانبي، مع وبدون وجود جزيرة وسطية، في الشكل (٦-٥٥).



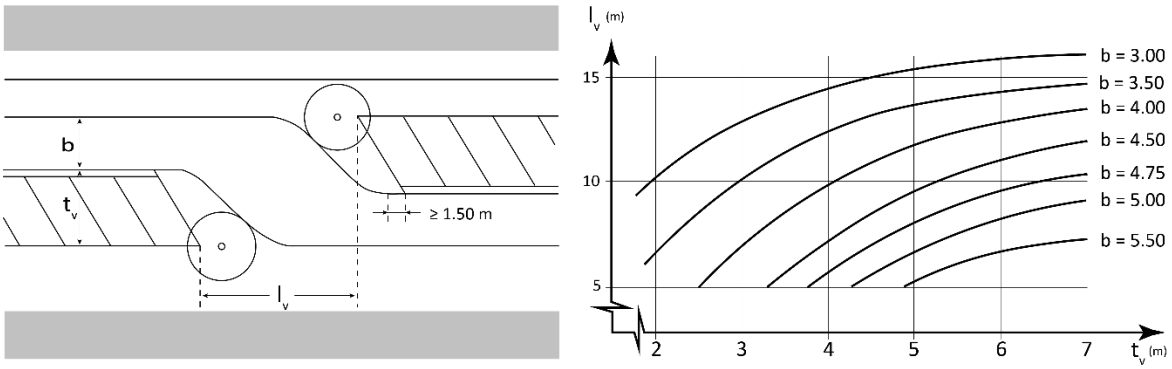
الشكل (٦–٥٥) رسم تخطيطي للتحولات/الانحرافات الجانبية مع وبدون جزيرة وسطية (FGSV, 2006).

يجب أن يستند قرار تنفيذ التحول الجانبي أو المسارات المداورة إلى دراسة مخصصة للسلامة على الطرق للتحقق من فوائد المعالجة للحالة المحددة. يجب أن تكون جميع المتطلبات الأساسية التالية ضرورية للسماح بالنظر في هذا التنفيذ:

- لابد من تصنيف الطريق كشارع حضري محلي أو سكني، أو شارع حضري تجميعي ثانوي أو حضري تجميعي رئيس. لا يمكن تنفيذ الإجراء في الطرق ذات التصنيف الاعلى.
- يجب ألا يتجاوز متوسط المرور السنوي اليومي (AADT) ٣٥٠٠ مركبة/يوم.
- يجب أن تكون المحاذاة الأفقية للشارع مستقيمة أو منحنى بنصف قطر كبير جدًا (يُنظر إليه على أنه مستقيم).
- يجب ألا يتجاوز حد السرعة المعلنة ٥٠ كم/ساعة (الموصى بها ٣٠ كم/ساعة أو أقل).
- يجب ألا يزيد الميل الطولي للشارع عن ٦,٠٪.

لزيادة تعزيز تأثير تخفيض السرعة، إذا لزم الأمر، يمكن الجمع بين التحولات الجانبية والمسارات المداورة مع تدابير الانحراف الرأسي (مطبات السرعة المحدّبة و/أو مطبات السرعة المسطّحة و/أو معابر المشاة المرتفعة)، بشرط استيفاء المتطلبات ذات الصلة (انظر أيضًا الجزء ٦-٨-٢).

من أجل إحداث تأثير كبير على السرعة، يجب أن يكون للتحولات الجانبية والمسارات المداورة عمق انحراف (أي التغيير في الموضع الجانبي لمسار السير) يساوي عرض مسار القيادة أو أكبر منه. بالنسبة للمركبات والشاحنات كمركبات تصميمية، يجب تحديد العلاقة بين طول الانحراف l_v، وعمق الانحراف t_v، وعرض مسار المركبات / المسار b وفقًا لمخطط البيانات الموضح في الشكل (٦-٥٦). بالنسبة لمجموعات الشاحنة والقاطرة ونصف المقطورة لتعبر منطقة المعالجة، يجب تمديد طول الانحراف بنسبة ٥٠٪.



مفتاح الرسم: b = عرض الرصف، l_v = طول الانحراف، t_v = عمق الانحراف

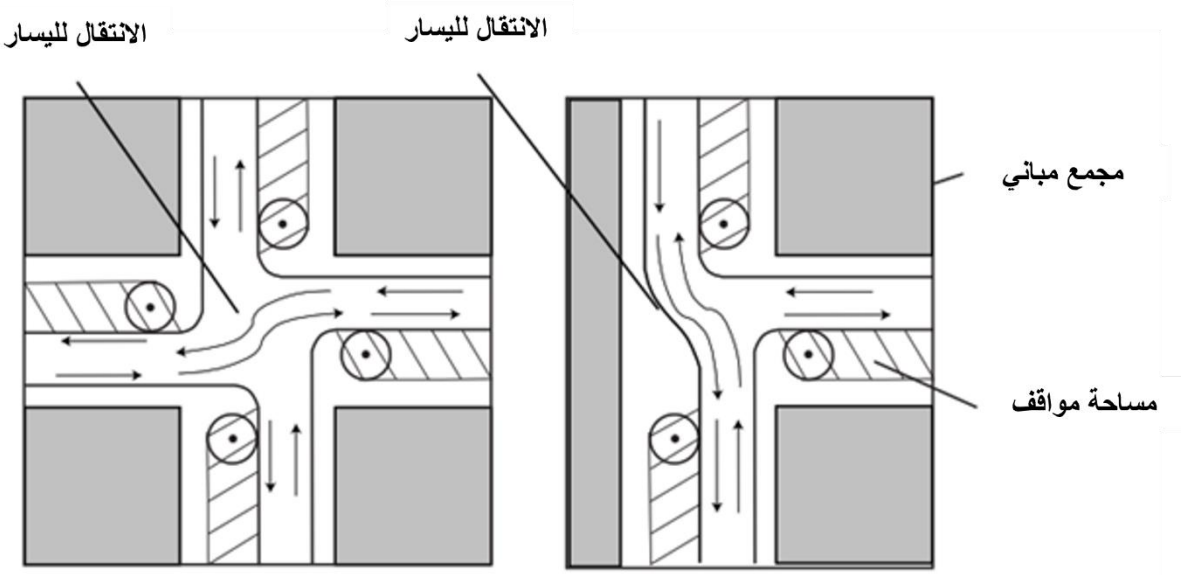
الشكل (٦–٥٦) أبعاد التحولات/الانحرافات الأفقية المؤثرة على السرعة (FGSV, 2006).

تعتمد السرعة التي تستطيع بها الحافلات إدارة الانحراف الأفقي على عمق وطول الانحراف المبينة (الجدول ٦-٣٥).

الجدول (٦–٣٥) سرعات الحافلات الممكنة في الانحرافات الأفقية مع عرض الرصف b = 3.25 م (FGSV, 2006).

العمق t_v / الطول l_v	٢,٠٠ م	٢,٥٠ م	٣,٠٠ م	٣,٥٠ م
١٦ م	٣٠ كم/ساعة	-	-	-
١٨ م	٣٥ كم/ساعة	٣٠ كم/ساعة	٢٠ كم/ساعة	-
٢٠ م	٤٠ كم/الساعة	٣٥ كم/ساعة	٣٠ كم/ساعة	-
٢٢ م	٥٠ كم/ساعة	٤٠ كم/الساعة	٣٥ كم/ساعة	١٥ كم/ساعة
٢٤ م	-	٥٠ كم/ساعة	٤٠ كم/الساعة	٢٥ كم/ساعة
٢٦ م	-	-	٥٠ كم/ساعة	٣٠ كم/ساعة
٢٨ م	-	-	-	٣٥ كم/ساعة
٣٠ م	-	-	-	٤٠ كم/الساعة
٣٢ م	-	-	-	٥٠ كم/ساعة

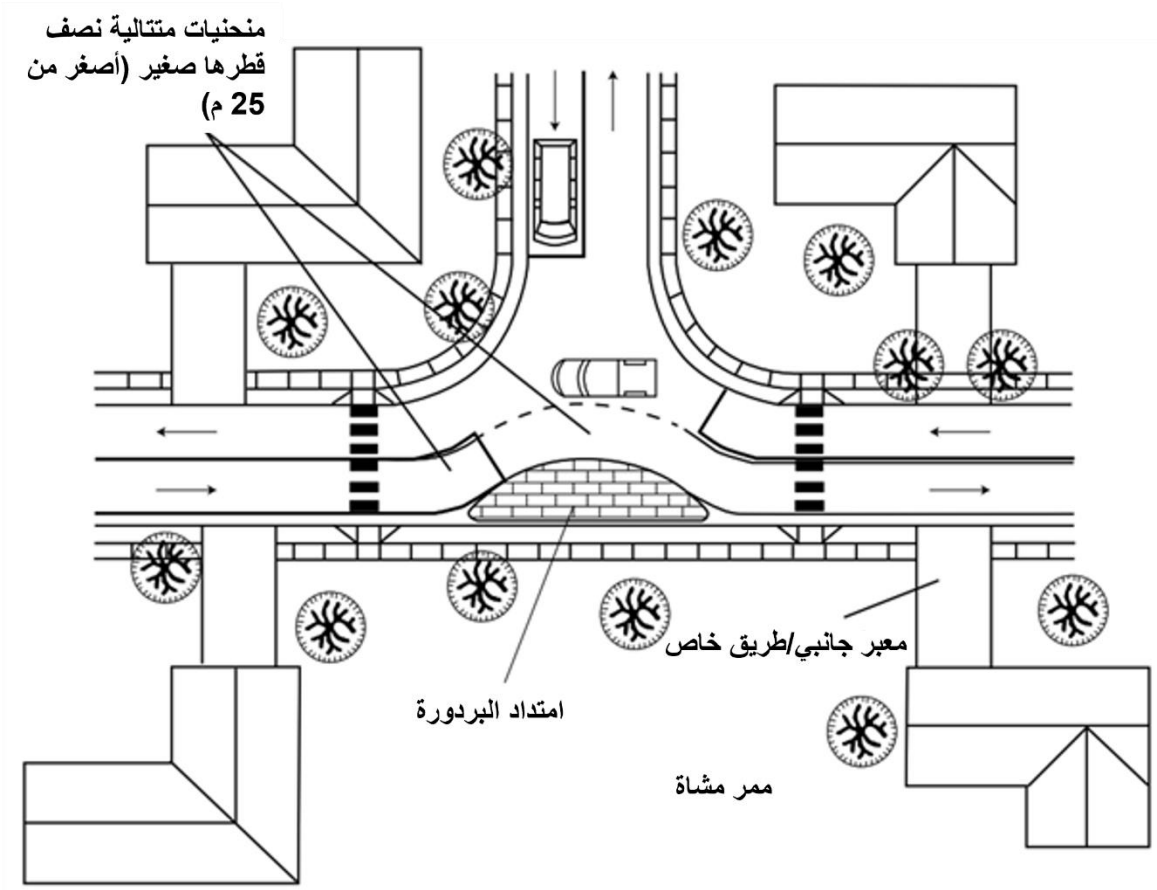
لفرض قاعدة اليمين قبل اليسار عند التقاطعات السطحية، يجب استخدام الانحرافات الأفقية لليسار (التسلل) (انظر الشكل ٦-٥٧). ينتج عن هذا عدد فردي من الانحرافات الأفقية على امتدادات الطريق بين التقاطعات.



الشكل (٦–٥٧) تخطيط الانحرافات الأفقية عند التقاطعات (FGSV, 2006).

٦-٨-٣-٣ التقاطعات المعدّلة:

يتضمن التقاطع المعدل إعادة تشكيل تقاطع حضري (ثانوي) للحصول على مسارات منحنية عبر التقاطع (على سبيل المثال، كما هو موضح في الشكل ٦-٥٨)، وبالتالي تثبيط حركات المركبات السريعة عبر التقاطع. التطبيق الأكثر شيوعًا هو تحويل تقاطع نموذجي ثلاثي الشعب مع طرق مستقيمة إلى شوارع منحنية تلتقي بزوايا قائمة. والنتيجة هي إزالة جميع المسارات المستقيمة عبر التقاطع (FHWA, 2022).



الشكل (٦–٥٨) رسم تخطيطي للتقاطع المعدل (FHWA, 2022).

يجب أن يستند قرار تنفيذ إجراء تعديل التقاطع إلى دراسة مخصصة للسلامة على الطرق للتحقق من فوائد المعالجة للحالة المحددة. أيضا، يجب إجراء دراسة لتقييم الأثر المروري لتحديد ضوابط المرور المناسبة للتقاطع وتحديد صف انتظار المركبات والتأخير للمركبات والمشاة.

يجب أن تكون جميع المتطلبات الأساسية التالية ضرورية للسماح بالنظر في هذا التنفيذ:

- لابد من تصنيف كلا الشارعين المتقاطعين على أنهما من فئة شارع حضري محلي أو سكني، أو شارع حضري تجميعي ثانوي أو شارع حضري تجميعي رئيس. لا يمكن تنفيذ الإجراء في الطرق ذات التصنيف الاعلى.
- يجب ألا يتجاوز حد السرعة المعلنة ٤٠ كم/ساعة (الموصى بها ٣٠ كم/ساعة أو أقل).
- يجب ألا يزيد الميل الطولي للشارعين المتقاطعين عن ٦,٠٪.

٦-٨-٣-٤ أشكال هندسية لجزر وسطية مع مسارات مداورة chicanes:

يجب على سائقي المركبات الذين يقتربون من محلية ما تقليل سرعاتهم الأعلى للتنقل بين المدن إلى حد السرعة الحضرية، ٥٠ كم/ساعة داخل المنطقة المبنية. يجب أن يبين تصميم الانتقال من الطريق المفتوح إلى بداية المنطقة المبنية بوضوح لسائقي المركبات مكان الحاجة إلى تعديل سلوك القيادة وفق الظروف الحضرية.

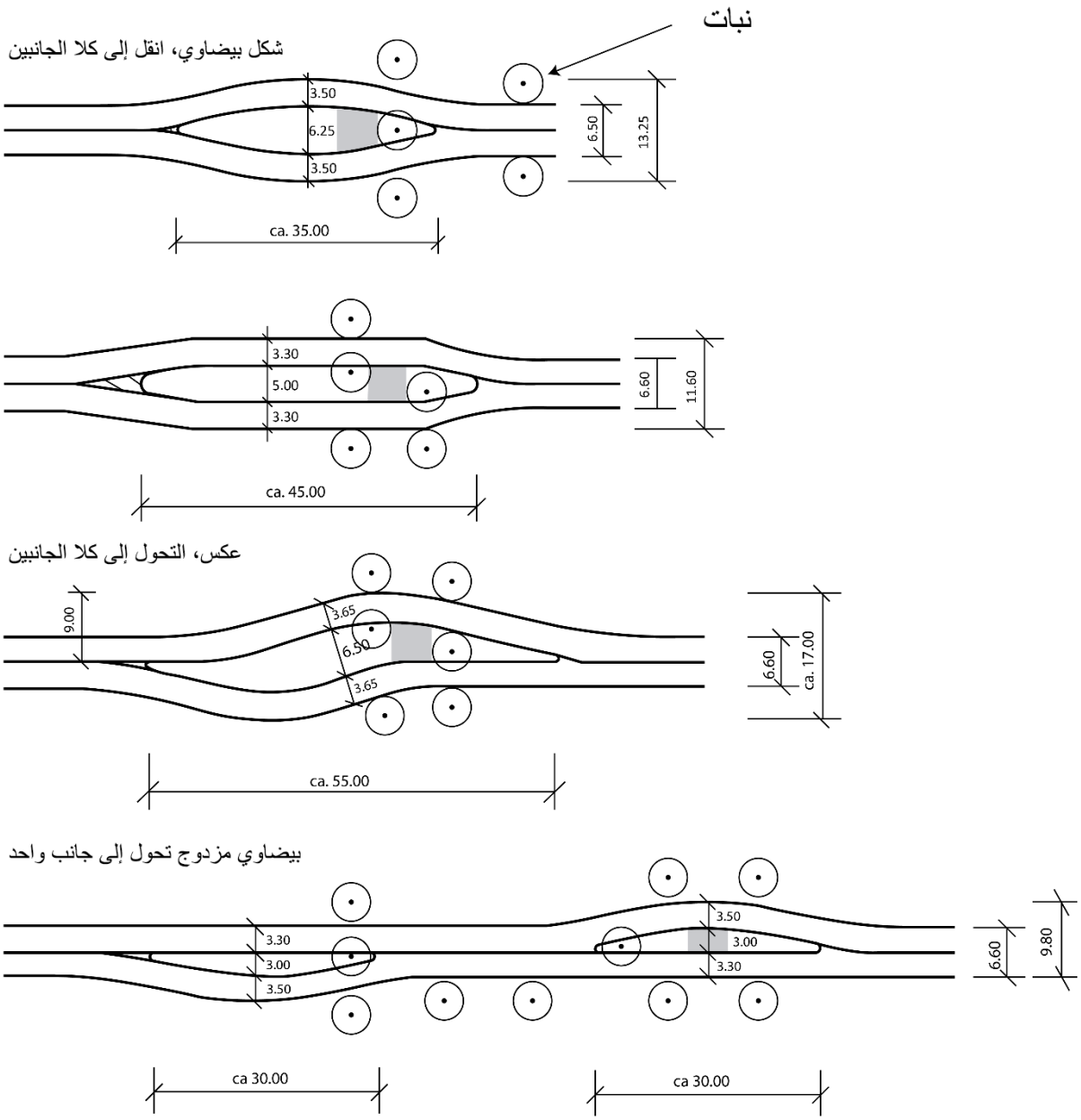
لفرض تخفيض مناسب في السرعة في بداية المنطقة المبنية، توفر التدابير الهندسية التالية:

- إنشاء جزر مركزية مع المسارات المداورة على كلا الجانبين.
- إنشاء دوّار صغير في حالة توفر مساحة.

يتم تحقيق أفضل تأثير من خلال الجزر الوسطية مع المسارات المداورة على كلا الجانبين. يجب ألا يقل عمق المداورة عن ١,٧٥ متر على كل جانب، على الرغم من أنه من الأفضل تصميم عمق المداورة على أنه عرض مسار واحد، مع الأخذ في الاعتبار القيم

القصوى لسرعة ٥٠ كم/ساعة كما هو موضح في الشكل (٦-٥٩). يجب أن يكون عرض الجزيرة الوسطية عند مدخل المحلية ٣,٥٠ مترًا على الأقل.

تعزز الأشجار في الجزر المركزية ملاحظتها وتساعد في تأطير مساحة الشارع. في حالة الجزر عند الاقتراب من محلية ما، من الممكن أن تتجه الأشجار نحو المناطق الخلفية للجزر الأطول (أكبر من أو يساوي ٢٠ مترًا). يجب تقديم الجزيرة الوسطية مع تخفيض السرعة بخطوات، حيثما كان ذلك مناسبًا.



الشكل (٦–٥٩) الأشكال الأساسية للجزر الوسطية مع مسارات المداورة لتهدئة المرور (FGSV, 2006).

٦-٨-٣-٥ الدوّارات والدوائر المرورية الصغيرة:

يمكن الاطلاع على متطلبات التنفيذ والقضايا الخاصة بالتصميم الخاصة بالدوّارات في الباب (١٠).

٦-٨-٤ إجراءات أخرى لتهدئة المرور:

٦-٨-٤-١ الرصف النسيجي:

الرصف النسيجي مناسب للتطبيق في المناطق السكنية، في الشوارع ذات حركة المشاة المرتفعة، حيث يلزم إجراء تخفيض خفيف للسرعة. عادة ما يتم إنشاء الرصف النسيجي باستخدام الأحجار ("الطوب") وهو مناسب بشكل خاص للشوارع القريبة من المدارس. يجب أن يكون التغيير في سطح الطريق (على سبيل المثال، من الأسفلت إلى الأحجار المُعبّدة) على بعد ١٠ أمتار على الأقل قبل منطقة السرعة المنخفضة المطلوبة. (أمانة الرياض، ٢٠٠٧).

يجب أن تكون جميع المتطلبات الأساسية التالية مطلوبة لتنفيذ الرصف النسيجي:

- لابد من تصنيف الشارع كشارع حضري محلي أو سكني. لا يمكن تنفيذ الإجراء في الطرق ذات التصنيف الاعلى.
- يجب ألا يتجاوز حد السرعة المعلنة ٣٠ كم/ساعة.

٦-٨-٤-٢ شرائط الدمدمة المستعرضة:

شرائط الدمدمة المستعرضة هي أنماط مرتفعة أو محززة على سطح الرصف، وتستخدم لتنبيه السائقين بالحاجة إلى الإبطاء أو التوقف، أو للتغييرات القادمة الأخرى التي قد لا يتوقعها السائق الغافل. توضع شرائط الدمدمة هذه في مسار السير بشكل عمودي على اتجاه السير وتصدر صوتًا واهتزازًا لجذب انتباه السائق.

شرائط الدمدمة المستعرضة:

- يجب الا تستخدم داخل المناطق السكنية لتجنب التلوث السمعي.
- يمكن استخدامها على الشوارع الحضرية والريفية التجميعية والطرق الشريانية الثانوية.
- يمكن استخدامها على منحدرات المحوّل أو طرق الخدمة المغادرة من طريق عالي السرعة (على سبيل المثال، الاقتراب من طريق متقاطع عند نهاية منحدر خروج محوّل على شكل المعيّن).

٦-٨-٥ استخدام أجهزة التحكم المروري لتهدئة المرور:

قد يكون تركيب اللافتات وعلامات الرصف أو ترقيتها على طريق متأثر إجراءً فعالاً من حيث التكلفة لتخفيض السرعة. قد تنظر دراسات السلامة على الطرق أيضًا في الإجراءات المضادة countermeasure التالية لتهدئة المرور، في كل من المناطق الحضرية والريفية (FHWA, 2012):

- **إشارات السرعة الآمنة.** يتم تثبيتها مع إشارات تحذير منحنى (إما على نفس العلامة أو على شكل لوحة تكميلية) للتوصية بسرعة آمنة لاجتياز منحنى أفقي (يجب على القارئ الرجوع إلى دليل كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري)).
- **علامات الرصف.** توضح علامة الرصف الخاصة بحد السرعة، السرعة المعلنة. يتم استخدامه للتأكيد على حدد السرعة. تحذر علامة الرصف "أبطئ أمامك منحنى" السائق من منحنى محتمل الخطورة. تهدف علامات الرصف هذه إلى استكمال اللافتات الإرشادية. لأن كلا النوعين من علامات الرصف يتعرضان لتآكل بسبب المرور، فإنهما يتطلبان صيانة دورية لضمان استمرار رؤيتهما.
- **لافتات السرعة المنشطة.** إذا تجاوزت المركبة حد السرعة القانوني، فسيتم تنشيط العلامة الإلكترونية لعرض حد السرعة القانوني. قد يكون هذا أيضًا مصحوبًا بكلمة "أبطئ" أو رسالة أخرى مناسبة.
- **لافتات إلكترونية لإظهار السرعة.** تعرض هذه اللافتات الالكترونية السرعة التي تسير بها المركبات.

٦-٩ مرافق النقل العام:

حيثما يكون هناك طلب على الطرق الشريانية لخدمة مرور سيارات الركاب، فهناك أيضًا طلب محتمل على وسائل النقل العام. مع تزايد استخدام النقل بالسكك الحديدية الخفيفة (Tram) في الشوارع الحضرية وزيادة استخدام الحافلات، غالبًا ما يكون النقل العام اعتبارًا مهمًا في تصميم الشوارع الشريانية في المناطق الحضرية. تعتبر مركبة النقل العام أكثر كفاءة من سيارة الركاب فيما يتعلق بمساحة الشارع المشغولة لكل راكب.

ينبغي الأخذ في الاعتبار احتياجات النقل العام عند تطوير برنامج تحسين الطرق في المناطق الحضرية. يجب الأخذ في الاعتبار مسارات مركبات النقل (ويشمل ذلك المنعطفات ونقاط النقل)، وعدد مركبات النقل العام اللازمة وأماكن تحميل/تفريغ الركاب في تصميم الطرق. تشمل السمات التصميمية والتشغيلية في الشوارع الحضرية التي تتأثر بهذه الاعتبارات ما يلي:

- مواقع مواقف الحافلات (التباعد والموقع حسب التقاطعات ومعابر المشاة).

- تصميم مواقف الحافلات مسارات الالتفاف الجانبية turnouts.
- حجز مسارات الحافلات.
- تدابير خاصة للتحكم المروري.

٦-٩-١ موقع مواقف الحافلات:

يجب وضع محطات توقف الحافلات (أو المحطات) بحيث يمكن للمسافرين الوصول إلى وسائل النقل العام بشكل مريح وآمن ومسافة انتقال قصيرة.

عند وضع مواقف الحافلات، يجب إيلاء اهتمام خاص للرؤية الواضحة، مما يضمن أن جميع مستخدمي الطريق يمكنهم رؤية المحطات والتفاعل معها في الوقت المناسب. لذا، لابد من مراعاة مدى الرؤية لجميع مستخدمي الطريق. يجب على المصممين ضمان الرؤية الجيدة لسائقي الحافلات الذين يدخلون المواقف ويغادرونها بأمان ودعمهم عند الاقتضاء من خلال لوائح فنية أو لوائح المرور. يجب أن تكون محطات توقف الحافلات في الأجزاء المستقيمة من الطريق حيثما أمكن ذلك. إذا كان يجب أن تكون موجودة على منحنيات، فيجب أن يكون نصف قطر المنحنى كافياً للسماح بدخول وخروج بسهولة باستخدام الكراسي المتحركة.

تحدّد مواقع مواقف الحافلات قبل أو بعد التقاطع حسب كل حالة محددة. تشمل العوامل الرئيسية في تحديد ذلك ما يلي:

- امكانية وصول الركاب ومواقع المعابر.
- الموقع والخدمات المحتملة باستخدام محوّلات الحافلات bus interchanges.
- السياق الحضري.
- في حالة استخدام منحدرات الأرصفة الجانبية المخصصة لوصول المعاقين، هل يستطيع السائقون دخول الموقف بدقة.
- ما إذا كانت التحكم بإشارات المرور عند التقاطع المجاور قد يستوعب الأرتال المتخلفة من وسائل النقل العام والخاص.
- مقدار المرور العابر (ويشمل ذلك دخول وخروج الركاب) مع الحفاظ على الأولوية للنقل العام.
- سعة مسارات دخول التقاطعات.
- إمكانية فصل الخدمات الفردية عن عدد من الخطوط.

عندما تكون هناك أولوية مطلقة لوسائل النقل العام عند إشارات المرور، فإن التوقف بعد التقاطع له ميزة أنه يمكن إعطاء إشارة خضراء لحركة المرور العابرة بعد وصول السيارة إلى المحطة وأن نقطة العبور تقع خلف الحافلة المتوقفة. وهذا يمنح المشاة رؤية أفضل للمرور المتدفق في نفس الاتجاه.

عند التوقف أمام التقاطعات المحكومة بإشارات المرور، يمكن إعطاء الحافلة ضوءًا أخضر منفصلاً قبل بقية المرور (مما يوفر "السبق"). وهذا يضمن فرز وسائل النقل العام الخارجة من محطات توقف الحافلات أو مساراتها قبل المركبات التالية. يعد تحديد محطات توقف الحافلات عند مداخل التقاطع مفيدًا إذا:

- منطقة التجمع التي تخدمها المحطة غير متماثلة ومعظم الركاب يمشون إلى المحطة في اتجاه السير.
- يتم نقل العديد من الخدمات في مسار النقل العام على جانب الطريق من خلال بوابة الحافلات.
- امكانية الاستخدام المشترك لمسارات الانعطاف إلى اليمين خفيفة الاستخدام لخدمات محطة وقوف الحافلات.

يجب أن تكون المحطات قريبة قدر الإمكان من التقاطع لتوفير إمكانية وصول أفضل وسهولة عبور الطريق. ومع ذلك، قد تنتج مسافات دنيا عن متطلبات مسارات الانعطاف وكذلك لمنع الازدحام الشديد بعد التقاطعات.

٦-٩-٢ مسارات الحافلات المحجوزة:

يمكن أن توضع مسارات الحافلات المستمرة في وسط الطريق أو على جانبه. توفر مسارات الحافلات المخصصة في منتصف الطريق ميزة عدم حجب بواسطة المركبات المتوقفة بشكل غير قانوني (السكان وحركة التوصيل). يجب أن يكون تدفق المرور في مثل هذه المرافق دون عوائق وآمنة، وحيثما أمكن، لا تتأثر بالمرور العابر (المركبات، راكبو الدراجات، المشاة).يمكن استخدام مسارات الحافلات الدائمة الجانب القريب من الطريق في حالة عدم وجود حركة مرور محلية أو حيث يمكن نقل التحميل والتفريغ إلى مسارات التحميل الخاصة أو مسارات الخدمة الجانبية أو الساحات؛ خلاف ذلك، فإن المركبات المتوقفة بشكل غير قانوني (للوصول المحلي وخدمات التسليم) قد تتسبب في اغلاق مسارات الحافلات.

تُستخدم مسارات الحافلات التي تعمل في أوقات ثابتة (فصل الوسائل حسب الوقت separating modes by time) لتجاوز قوائم الانتظار، كما هو الحال عند التقاطعات، وقد توفر بديلاً ذا قيمة جيدة لمسارات الحافلات المستمرة أو المسارات بأحجام مرورية تصل إلى ١٥٠٠ مركبة في الساعة ومع تكرار خدمة يصل إلى ١٢ مركبة في الساعة على طول الطريق المعني.

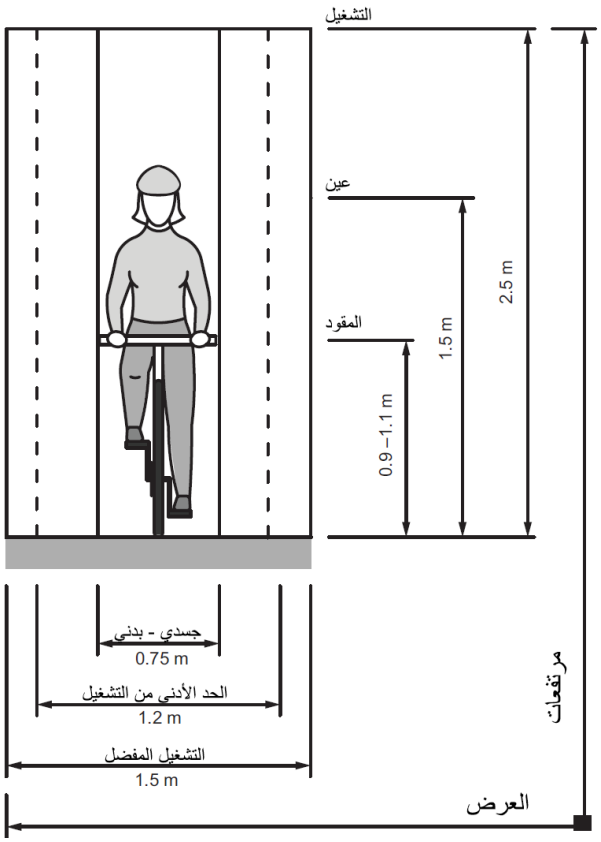
يمكن استخلاص متطلبات تصميم مسارات الحافلات من الأبعاد الأساسية للحافلات المستخدمة. يجب أن يكون مسار الحافلات بعرض ٣,٦٥ م في الحالات العادية وبعرض ٣,٣٠ م في الأماكن المحدودة وبعرض ٣,٠٠ م في الحالات ذات المساحة المحدودة للغاية.

٦-١٠ مرافق الدراجات والمشاة:

٦-١٠-١ مرور الدراجات:

تعتمد متطلبات الدراجات على أهمية وموقع الشارع ضمن شبكة الدرّجات المحلية وبين المدن. يتم تحديد احتياجات راكب الدراجة بشكل أساسي من خلال أهمية وظيفة الارتباط وجوانب السلامة (خاصة عند التقاطعات) ومستوى الأداء المقصود (على سبيل المثال، أوقات الرحلات السريعة أو فرص التجاوز).

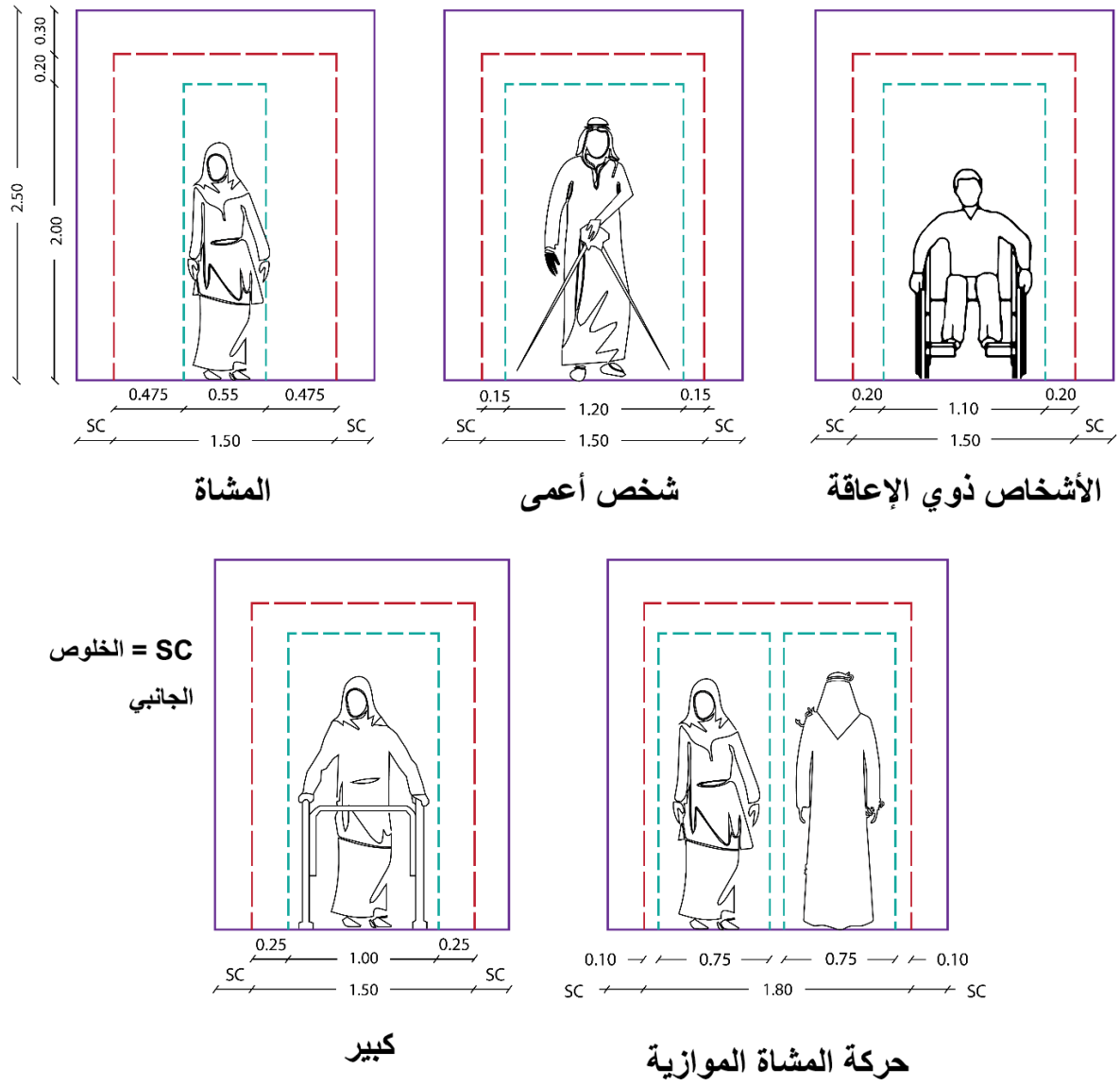
تُشتق مساحة التشغيل الأساسية لمرور الدراجات من العرض والارتفاع الأساسيين لراكب الدراجة وخلوص الحركة المطلوب (الشكل ٦-٦٠).



الشكل (٦–٦٠) الحيّز المطلوب لتشغيل الدراجة (AASHTO, 2012).

٦-١٠-٢ مرور المشاة:

بالنسبة لمرور المشاة، فإن الحاجة إلى الاستخدام الاجتماعي (للسكان، وعروض المتاجر، والعمل في الشارع، واللعب) وإزالة الحواجز تحدث على طول كافة الشوارع الحضرية. تختلف طبيعة تلك الاحتياجات اختلافًا كبيرًا اعتمادًا على الاستخدامات المجاورة وأنواع المباني، وعلى موقع وأهمية مساحة الشارع ضمن شبكة حركة المشاة. تُشتق الأبعاد الأساسية وخلوص السلامة لمرور المشاة من العرض والارتفاع الأساسيين للمشاة والحد الأدنى الضروري لحيّز المناورة (الشكل ٦-٦١).



الشكل (٦–٦١) الأبعاد المرغوبة لحركة المشاة.

تشمل الأبعاد الأساسية للأشخاص ذوي القدرة المحدودة على الحركة متطلبات حيّز حركة الأشخاص الذين يستخدمون العصا أو العكازات، أو الاشخاص المكفوفين الذين يستخدمون العصا، أو برفقة كلب للاسترشاد، أو شخص آخر، أو مشتقة من أبعاد الكراسي المتحركة ومساحة المناورة الخاصة بهم تتوفر في الجدول (٦-٣٦).

الجدول (٦–٣٦) نظرة عامة على متطلبات العرض والطول للأشخاص ذوي القدرة المحدودة على الحركة.

المسافة	العرض (م)	الطول (م)
كفيف بالعصا البيضاء	١,٢٠	-
كفيف مع مرافق	١,٣٠	-
شخص بعصا	٠,٨٥	-
شخص بعكازات	١,٠٠	-
شخص بكرسي متحرك	١,١٠	-
شخص بعربة أطفال	١,٠٠	٢,٠٠
كرسي متحرك مع شخص مرافق	١,٠٠	٢,٥٠

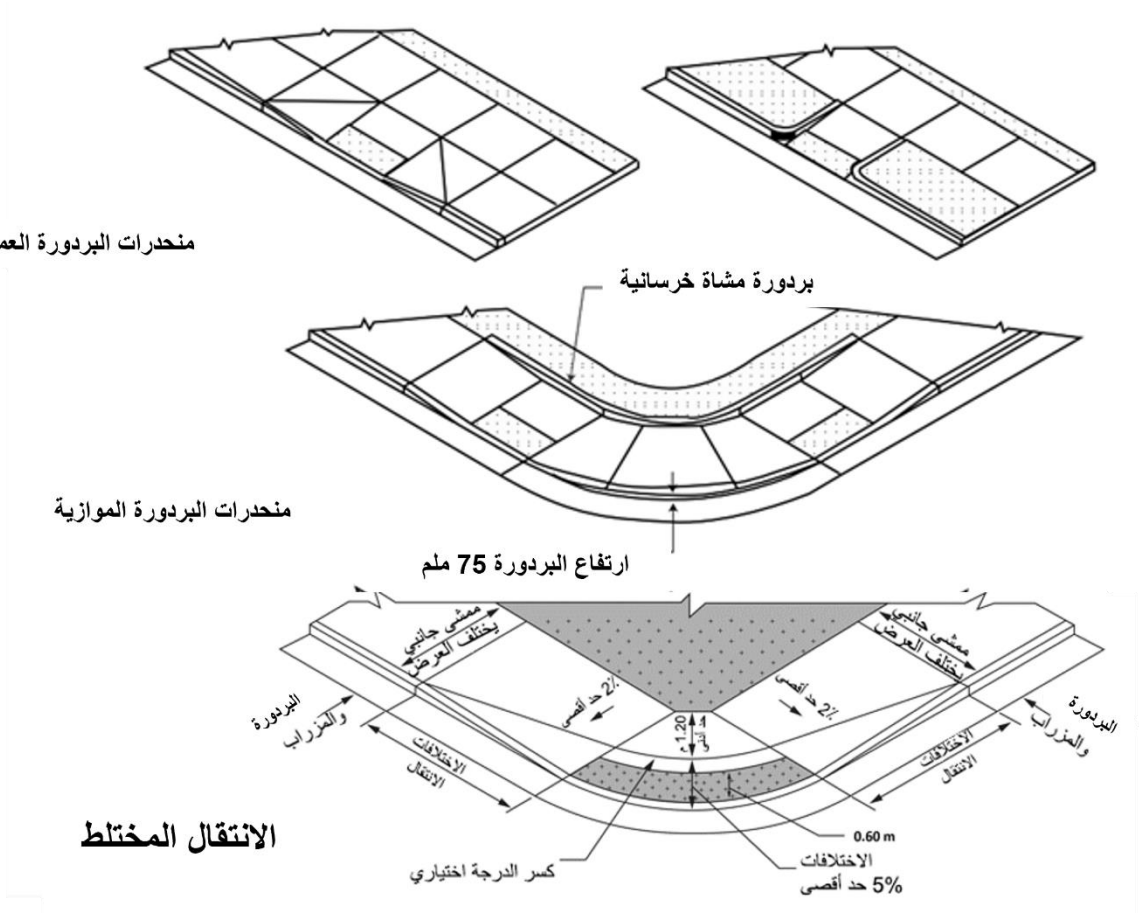
بالنظر إلى القيم المنصوص عليها في الجدول (٦-٣٦)، ينبغي توفير حيّز بعرض لا يقل عن ٢,٥٠ متر للسماح بمرور كرسيين متحركين مع بعضهما البعض في اتجاهين متعاكسين.

من المحتمل أن تؤدي العديد من الإعاقات قدرة محدودة على الحركة. قد يتم تقييد قدرة الأشخاص على الحركة أيضًا بسبب تقدمهم في السن، أو قد يتعرض الأشخاص من أي عمر إلى إعاقة مؤقتة بسبب المرض أو الإصابة. وسوف ترتفع نسبة هؤلاء الأشخاص بين عامة السكان في ضوء الاتجاهات الديمغرافية المستقبلية المتوقعة.

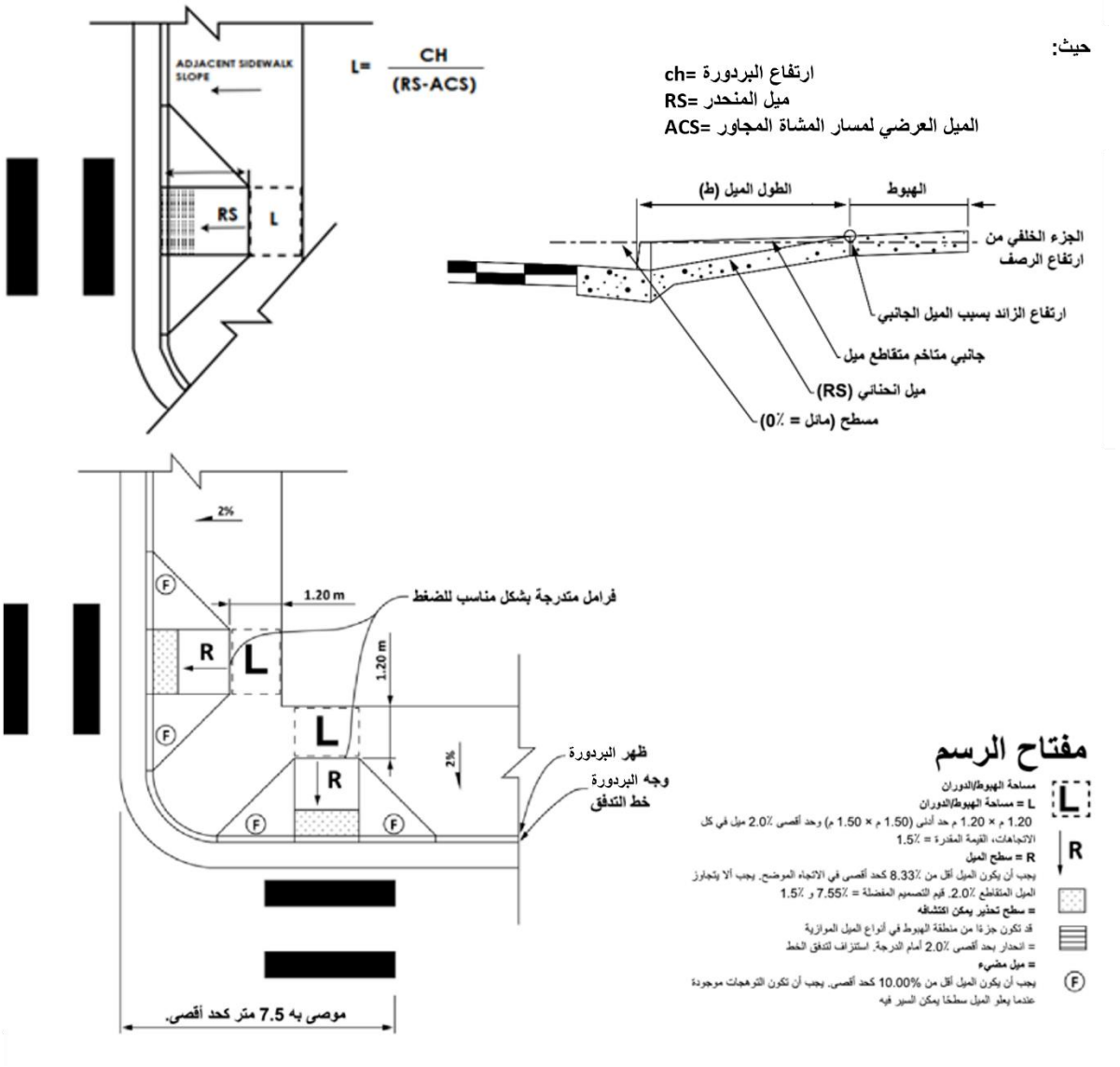
يتعلق التحرر من الحواجز أيضًا بالأشخاص الذين يدفعون الأطفال الصغار أو الرضع في عربات الأطفال. قد تتأثر قدرتهم على الحركة إذا واجهوا صعوبة في الدخول أو الخروج من وسائل النقل العام، أو عندما تسد المركبات المتوقفة أرصفة المشاة.

في المناطق الحضرية حيث تكون حركة المشاة أعلى وتوجد حاجة لإنشاء منحدر البردورة، يجب الأخذ في الاعتبار القيم المحدودة التالية. يجب توفير منحدرات البردورة في أي مكان يوفر فيه ممر عبور للمشاة يمكن الوصول إليه. توفر الأنواع الشائعة من منحدرات البردورة في الشكل (٦-٦٢).

يجب ألا يتجاوز الميل الطولي الاقصى لمنحدر البردورة ٨,٠٪ (١٢:١). في الانبعاج الجانبي من المنحدر (انظر الشكل ٦-٦٣) يمكن زيادة الحد الأقصى للميل الطولي إلى ١٠,٠٪ (١٠:١)، فقط في حالة أن يكون البعد L أعلى من ١,٢ متر. وبخلاف ذلك، يجب ألا يكون الحد الأقصى للميل الطولي للانبعاج الجانبي أكبر من ٨,٠٪ (١٢:١). يجب أن يكون العرض الأدنى لمنحدر البردورة ١,٠ متر.



الشكل (٦–٦٢) أنواع منحدرات البردورة.



الشكل (٦–٦٣) نموذج لمنحدرات البردورة.

٦-١١ ملحقات الشوارع الحضرية:

في الشوارع الحضرية قد توجد العديد من الملحقات في الأرصفة الجانبية. قد تكون هذه الملحقات، على سبيل المثال لا الحصر:

- العناصر الهيدروليكية كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٣٠٢ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي).
- أنظمة تقييد المركبات كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة).
- المرافق العامة وانارة الطرق والشوارع كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٣٠٦ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - المنافع العامة، وإنارة الطرق والشوارع، وأجهزة التحكم والمراقبة).
- إشارات المرور وعلامات الرصف كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري).

٧- الطرق التي يُتحكّم في الوصول إليها:

٧-١ مقدمة:

يقدم هذا الباب الإرشادات، والمواصفات، والمعايير المتعلقة بالتصميم الهندسي لفئات الطرق الريفية السريعة والطرق الريفية شبه السريعة عالية السرعة، ويشمل جميع الطرق المتعددة المسارات المرورية المقسومة بجزيرة وسطية، والمتصلة بشكل أساسي بالمحوّلات المنفصلة رأسياً، والتي تُنشأ في المناطق الريفية خارج النطاق العمراني.

تشير الطرق الريفية السريعة إلى الطرق عالية السرعة المقسومة مع التحكم الكامل في الوصول إليها، بينما تشير الطرق الريفية شبه السريعة إلى الطرق عالية السرعة المقسومة مع التحكم الجزئي في الوصول إليها عبر نقاط وصول محدودة، وفي كثير من الحالات عند التقاطعات الرئيسة.

٧-٢ اعتبارات التصميم العامة:

تُعد الطرق السريعة والطرق شبه السريعة طرق ذات أحجام مرورية عالية، وتُشغّل حصريًا وفقاً لسرعات تصميمية وتشغيلية عالية تتراوح من ٨٠ كم/س إلى ١٣٠ (١٤٠) كم/س، وتُصمّم من أجل أداء تشغيلي بجودة عالية من ناحية التدفق المروري والسلامة على الطريق.

تعني التأثيرات العديدة والمتنوعة المصاحبة لمشاريع الطرق الريفية السريعة/الطرق شبه السريعة أنه يجب مراعاة اعتبارات متنوعة، أي: لا تقتصر فقط على التدفق المروري الآمن والفعال، بل تشمل أيضًا الحفاظ على الموارد الطبيعية والاصطناعية (التي من صنع الإنسان). بالإضافة إلى تأثير إنشاء الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة على المناطق المأهولة بالسكان ومظهر المنطقة. وذلك من خلال تقييم مجموعة من الأهداف أو المعايير، أي:

- سلامة الطرق.
- جودة التدفق المروري.
- التخطيط المكاني واستخدامات الأراضي، وتخطيط المدن، والبيئة، والمنشآت الزراعية.
- التكاليف.

٧-٣ مبادئ التصميم الأساسية:

٧-٣-١ عملية التصميم:

تُصمّم الطرق الريفية السريعة والطرق الريفية شبه السريعة الجديدة، وكذلك أعمال إعادة الإنشاء وإعادة التأهيل وتوسيع الطرق، في عملية تدريجية تمتد عبر مراحل تصميم مختلفة (التصميم المفاهيمي والتصميم الأولي والتصميم النهائي، وما إلى ذلك).تشمل مدخلات التصميم الهندسي للطرق الريفية السريعة وشبه السريعة بشكل عام القياسات والمسوحات الطوبوغرافية وتقارير الاستطلاع من زيارات الموقع ونتائج الاختبارات المعملية والتوصيات بشأن القيم الدنيا لعناصر التصميم الهندسي، ونتائج العد المروري، والتحليل والنمذجة المرورية، والدراسات الهيدرولوجية والهيدروليكية، والدراسة الجيوتقنية، وما إلى ذلك. بينما تشمل المخرجات بشكل عام التقارير والتصاميم والرسومات والتوصيات وجداول الكميات ومقترحات لمخططات بديلة أو إضافية وربما مخرجات أخرى على أساس كل حالة على حدة.

تُختار درجة التفصيل وحجم وحدود الدراسة بما في ذلك المحتويات والمخططات والرسومات؛ لتلبية احتياجات كل مرحلة من مراحل التصميم، مع إبراز الآثار على البيئة بوضوح، بالإضافة إلى المنخفضات/الانحناءات المحلية في التخطيط والقطاع الطولي والأجزاء العرضية.

في مرحلة التصميم النهائي، توصف المحاذاة الأفقية والرأسية النهائية بمزيد من التفصيل. يجب وضع اللمسات النهائية على السرعة التصميمية والقطاع العرضي النموذجي والمعلمات المطبقة ذات الصلة.

٧-٣-٢ فئات الطرق والسرعات التصميمية:

تعد الطرق السريعة والطرق شبه السريعة أعلى فئات الطرق الوظيفية حيث يمثل نقل الحركة المرورية (mobility) هدفًا فريدًا لها داخل شبكة الطرق. من ناحية أخرى، قد يكون لنقل الحركة المرورية خصائص تشغيلية مختلفة. قد يربط بين وجهات واسعة بعيدة عن بعضها البعض ذات أهمية على مستوى المملكة أو قد تدعم احتياجات نقل الحركة المرورية على المستوى الإقليمي بين المقاصد داخل مناطق المملكة. إن احتياجات نقل الحركة المرورية قصير المدى بين المقاصد التي تقع داخل حاضرة مدينة أو بين بلدات متجاورة أو غيرها من مواقع توليد الرحلات المرتفعة التي تحمل أحجامًا مرورية متوسطة إلى كبيرة لا يمكن تخصيصها

إلى الطريق السريع. في هذه الحالات، تُخدم وظيفة الطريق بشكل أفضل من خلال طريق شبه سريع يحتوي في الغالب على تقاطعات منفصلة رأسياً في الغالب على الرغم من أنه في بعض الحالات الاستثنائية يمكن السماح بالتقاطعات السطحية. يُتحكم دائمًا في الوصول إلى الطرق السريعة تحكمًا كاملًا.

كما هو حال الطرق الريفية الأخرى، فإن أفضل وصف للفئات الوظيفية أعلاه هو في تصميم محاذاتها وفق سرعاتها التصميمية. لذا، فإن الطرق السريعة ترتبط بسرعة تصميمية تتراوح من ٩٠ كم/س إلى ١٣٠ (١٤٠) كم/س، بينما ترتبط الطرق شبه السريعة بالمقابل بسرعة تصميمية تتراوح من ٨٠ كم/س إلى ١٢٠ كم/س (انظر القسم الفرعي ٢-٤-٣-٢).

٧-٣-٣ أحجام المرور التصميمية ومستوى الخدمة:

تُحدد أحجام الحركة المرورية ومستويات الخدمة التصميمية للطرق السريعة وشبه السريعة وفقًا للإرشادات ذات الصلة الواردة بمجلد كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط).

٧-٤ القطاعات العرضية:

٧-٤-١ ملاحظات عامة:

يعد اختيار مكونات القطاع العرضي ومواصفات أبعاد القطاعات العرضية للطريق السريع والطريق شبه السريع من الصفات المهمة التي تؤثر على:

- سلامة طرق.
- جودة التدفق المروري.
- متطلبات الإنشاء والتشغيل والصيانة.

تُختار مكونات القطاع العرضي حسب الحجم المروري المتوقع وجودة ومستوى الخدمة المرغوب وفقاً لمتطلبات كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور).

بمجرد اختيار القطاع العرضي النموذجي، تقدم مرحلة تخطيط التصميم إثباتًا على جودة التدفق المروري (أي: مستوى الخدمة) التي يمكن تحقيقها في ظل الظروف الراهنة للطريق والمرور المعينة وفقاً لمتطلبات كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور). قد يلزم إجراء تغييرات، على سبيل المثال، إضافة مسارات على الميول الصاعدة على أجزاء معينة من الطريق السريع/الطريق شبه السريع. قد تتطلّب بعض الحالات المعقدة بشكل خاص، إجراء محاكاة للتدفق المروري باستخدام برامج متخصصة.

أخيرًا، يجب أيضًا التحقق من تناسق مكونات القطاع العرضي وفقاً للمتطلبات التشغيلية لأجزاء الطريق المتتالية المختلفة أو القطاعات المحسّنة أو القطاعات الجديدة، للتأكد من أن خصائص الطريق موحدة قدر الإمكان وأن القطاعات الانتقالية آمنة، ويمكن تمييزها وإدراكها من قبل سائقي المركبات.

٧-٤-٢ مكونات الطريق السريع/الطريق شبه السريع:

٧-٤-٢-١ حيّز الأمان للمرور:

يتضمن حيّز التموضع المكاني الآمن للمركبة أثناء سيرها على الطريق، كلاً من الحيز المشغول بالمركبة التصميمية، وحيز أمان عرضي ورأسي (مناطق عدم الاستقرار)، بالإضافة إلى حيّز أمان علوي إضافي (فوق حدود منطقة عدم الاستقرار).

٧-٤-٢-٢ الخلوص:

يشمل **الخلوص** الإجمالي حيز المرور وحيز الأمان العلوي والعرضي.

العرض القياسي **لحيّز الأمان العرضي (الخلوص الأفقي)** هو ١,٠٠ م. يجب زيادة هذا العرض إلى ١,٢٥ م في حال الكتف غير المُعبّد للطريق السريع/الطريق شبه السريع.

يجب أن يكون **الخلوص الرأسي** لتصميم المعابر العلوية (الطرق التي تمر فوق الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة) ٤,٩٠ م على الأقل.

حيّز الأمان العلوي (الرأسي) لعدم الاستقرار هو الحيز الإضافي المتاح لمركبة متحركة لاستيعاب عدم دقة التحميل وارتداد المركبة على أسطح الطرق غير المنتظمة. يجب ألا يقل الخلوص العلوي عن ٠,٣٠ م.

بناءً على ما ورد أعلاه، يجب ألا يقل الخلوص الرأسي الإجمالي للطرق السريعة/الطرق شبه السريعة عن **٥,٢٠ م**، ويشمل هذا الخلوص ٠,٢٠ م للسماح بإعادة تأهيل الرصف في المستقبل باستخدام طبقات التكسية. يلزم الأخذ بعين الاعتبار أن توفير خلوص رأسي إجمالي يبلغ ٥,٥٠ م إلزامي وفق الاشتراطات النظامية المطبقة على كافة الطرق ومرافقها على شبكة الطرق داخل المملكة العربية السعودية.

يُقاس الخلوص الرأسي الكلي عموديًا على الرصف عند أعلى نقطة له مع الأخذ في الاعتبار وجود معدل تعلية جانبية ويجب تطبيقه ضمن حدود الخلوص المسموح بها.

يجب الحفاظ على الخلوص التصميمي خالياً من العوائق. قد تبرز أجهزة الحماية والأجزاء القابلة للتشوه بسهولة من أثاث أو معدات الطرق إلى داخل الخلوص وتصل حتى مسافة ٠,٥٠ م من الحيز المروري. في الحالات التي تكون فيها المسافات محدودة ولا توجد حلول بديلة لتركيب أجهزة الحماية اللازمة، قد يُسمح ببروز هذه الأجهزة فضمن حيّز الخلوص لمسافة تصل حتى ٠,٢٥ م بعيدًا عن مسارات المرور. قد يُسمح بتموضع الخط المركزي لأعمدة اللافتات الرأسية (بقطر أقل من ٧٦ ملم) عند حد الخلوص. قد يُسمح ببروز البردورات إلى داخل الخلوص حتى حد حيز المرور.

ترد إرشادات خاصة لتصميم قطاعات الأنفاق في كود الطرق السعودي ٣١٠ (تصميم الجسور والأنفاق).

٧-٤-٢-٣ مسارات المرور:

من الأفضل أن يكون عرض مسارات السير (المرور) التي تستخدمها من قبل المركبات الثقيلة في الغالب بعرض ٣,٦٥ م؛ لضمان التوزيع المنتظم على جادة الطريق. في حالة الطرق السريعة ذات أربعة وستة مسارات، فإن هذا يتوافق مع المسار الخارجي الأيمن، بينما في حالة الطرق السريعة ذات ثمانية مسارات، ينبغي تطبيق هذه القيمة على المسارين الخارجيين على الجانب الأيمن للطريق.

ينبغي أن تكون المسارات الداخلية على الجانب الأيسر للطريق، التي لا تستخدمها المركبات الثقيلة بشكل متكرر أو يُحظر استخدامها في حالة وجود ثلاث مسارات أو أكثر لكل اتجاه سير، بعرض ٣,٣٠ م.

بشكل عام، قد تكون جميع المسارات على الطرق شبه السريعة بعرض ٣,٣٠ م (لتقليل تكاليف الإنشاء ومتطلبات الحيز المكاني على السواء) بشرط مراعاة السرعات التصميمية المذكورة أعلاه لهذه الفئة من الطرق.

وفقًا للجزء الفرعي (٧-٧-١)، يمكن أن يكون عرض مسارات الصعود (التسلق) على الميول الصاعدة ٣,٣٠ م.

للحصول على إرشادات حول تصميم القطاعات العرضية لمسارات الاندماج والافتراق عند التقاطعات، ارجع إلى البابين المقابلين (١٠) و (١١). ترد الانتقالات النموذجية من طريق ريفي ذي مسارين (مفرد) إلى طريق ريفي مقسوم ذي أربع مسارات (مزدوج) في الباب (١٢)، وفقًا للشكل (١٢-١).

٧-٤-٢-٤ الأكتاف الصلبة:

ينبغي توفير أكتاف صلبة (مُعبّدة)، التي تُسمى أحيانًا مسارات طوارئ أو أعطال في جميع الطرق السريعة والطرق شبه السريعة. يجب ألا يقل عرض الكتف الصلب عن ٣,٠٠ م في جميع الحالات، بينما في الحالات التي يتجاوز فيها الحجم المروري السّاعي الاتجاهي التصميمي للمركبات الثقيلة (DDHV) ٢٥٠ شاحنة/س، يجب النظر في استخدام كتف مُعبّد أعرض مقداره ٣,٦٠ م.

ينبغي أن يتراوح عرض شريط الحافة الداخلي أو الكتف الصلب المجاور للجزيرة الوسطية عادةً بين ١,٢٠ م و ٢,٤٠ م. يؤدي هذا إلى زيادة مسافة الرؤية عند المنحنيات الأفقية المنعطفة لليسار. كما يعني أنه يمكن لركاب المركبة الخروج من المركبة في الجزيرة الوسطية في حال التوقف الطارئ.

٧-٤-٢-٥ الأكتاف غير المُعبّدة:

تهدف الأكتاف غير المُعبّدة إلى توفير الحيّز اللازم لأجهزة جانب الطريق التالية:

- أنظمة السلامة الخاملة (الحواجز وأعمدة الإنارة الخاملة).
- دعامات جسور اللافتات القنطرية (Gantries).
- اللافتات وغيرها من أجهزة التحكم المروري.
- حيز لإنجاز أعمال التشغيل والصيانة.

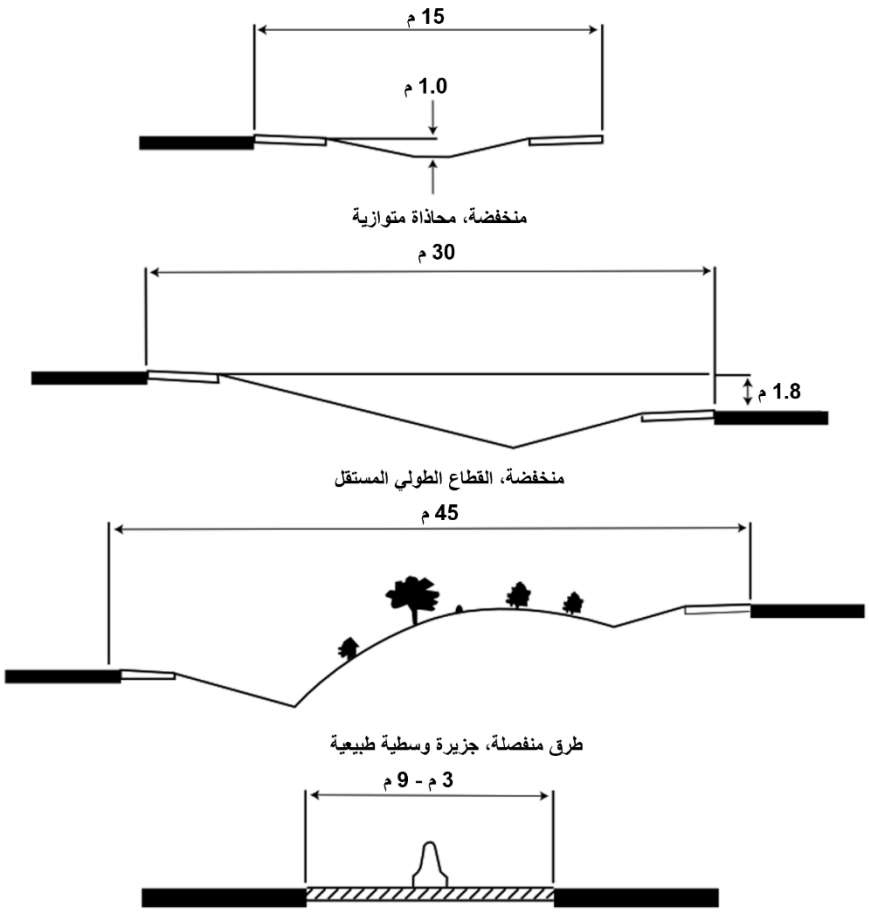
ينبغي تثبيت هذه الأجهزة بشكل صحيح (راجع الجزء (٤-٣) من كود الطرق السعودي ٤٠١ (إنشاء الطرق)). يبلغ العرض الأدنى هذه الأكتاف ١,٥٠ م.

٧-٤-٢-٦ الجزر الوسطية:

تفصل الجزر الوسطية إنشائياً بين اتجاهي الحركة المرورية المتعاكسين. في الجزر الوسطية، يمكن تركيب أجهزة جانب الطريق التالية:

- ركائز ودعامات المنشآت العلوية (الجسور والمعابر العلوية، وما إلى ذلك).
- معدات السلامة الخاملة.
- دعامات جسور اللافتات القنطرية (Gantries).
- أعمدة الإنارة.
- اللافتات.
- مرافق صرف المياه.
- المرافق والمعدات الأخرى (الأسوار، المعدات المضادة للوهج، وما إلى ذلك).
- زراعة المسطحات الخضراء.

قد يصبح الحد الأدنى المطلق لعرض الجزيرة الوسطية ٣,٠٠ م من خلال تركيب حاجز مركزي ذي جانبين، بينما ينبغي إنشاء الجزر الوسطية بأبعد قدر ممكن بناءً على الشكل (٧-١) من خلال تركيب حاجزين منفصلين كل منهما ذي جانب واحد. في الحالات المثالية، مع مراعاة عروض المنطقة الخالية وفقًا لمفهوم النظام الآمن (Safet System Concept) حيث لن تكون هناك حاجة إلى حواجز، ينبغي أن يكون عرض الجزيرة الوسطية ٨٥ م لسرعة ١٢٠ كم/س وعرض ١٠٠ متر لسرعة ١٣٠ كم/س، كما هو مشتق حسب زمن الإدراك ورد الفعل البالغ ٢,٥ ثانية وفقًا لسياسة (AASHTO) التصميمية. تُوصف تفاصيل ومتطلبات تطبيق الحواجز في كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة).



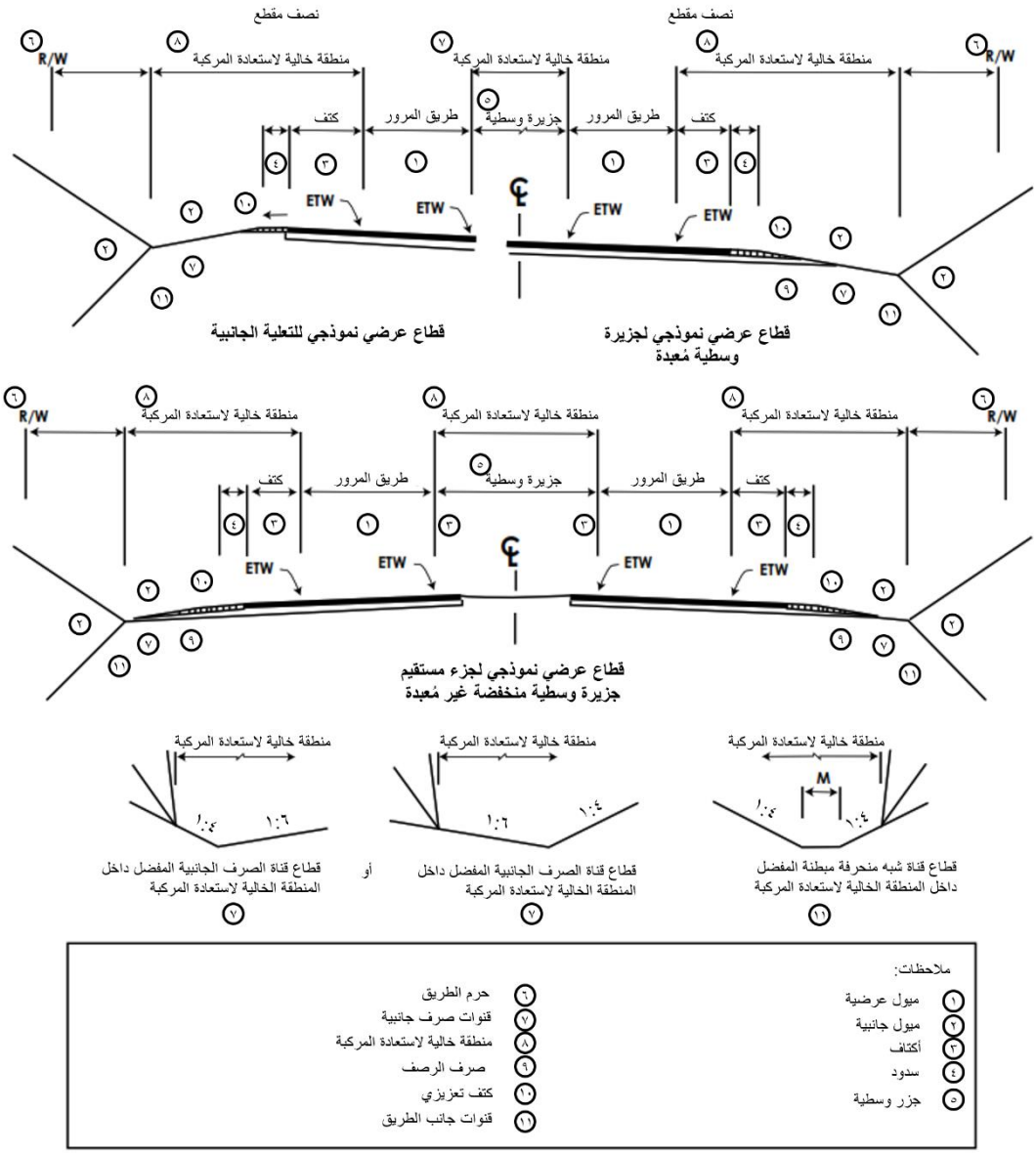
الشكل (٧–١) التكوينات النموذجية للجزر الوسطية بالطرق السريعة/الطرق شبه السريعة (AASHTO, 2018).

٧-٤-٢-٧ الفصل الخارجي:

يُعرَّف الفاصل الخارجي على أنه المنطقة الواقعة بين مسارات السير المستمرة للطريق السريع/الطريق شبه السريع التي تسير المركبات عليها وطريق الخدمة الجانبي الموازي لها. في المناطق الريفية، ينبغي أن يكون الفاصل الخارجي بعرض ١٢ م كحد أدنى مقاساً من حافتي مسارات السير المستمرة.

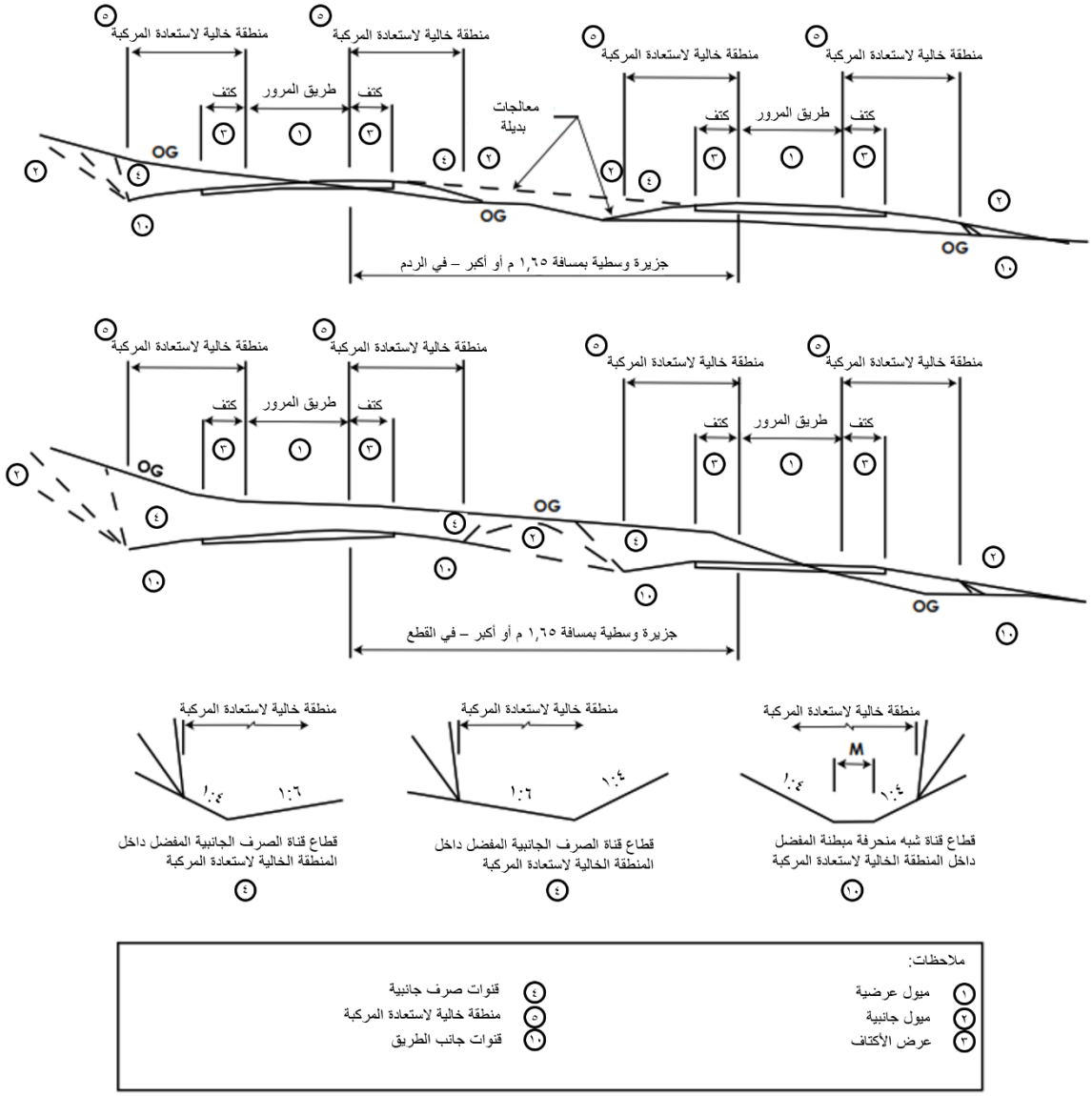
٧-٤-٣ القطاعات العرضية النموذجية:

يُظهر الشكل (٧-٢) القطاعات العرضية النموذجية التي تمثّل العناصر الأساسية للطرق السريعة والطرق شبه السريعة.



مفتاح الرسم: تشير الميول في الشكل إلى البعد الرأسي: البعد الأفقي، CRZ = منطقة خالية لاستعادة المركبة، ETW = حافة طريق السير، R/W: حرم الطريق.

الشكل (٧–٢) القطاعات العرضية النموذجية للطرق السريعة/الطرق شبه السريعة ذات الاتجاهين المفصولين وجميع الجزر الوسطية مُعبّدة أو ضيّقة (CALTRANS, 2019).



مفتاح الرسم: تشير الميول في الشكل إلى البعد الرأسي: البعد الأفقي، CRZ = منطقة خالية لاستعادة المركبة، ETW = حافة طريق السير، R/W: حرم الطريق.

الشكل (٧–٣) القطاعات العرضية النموذجية للطرق السريعة/الطرق شبه السريعة ذات الاتجاهين المفصولين وجميع الجزر الوسطية عريضة (CALTRANS, 2019).

٧-٥ المُحاذاة:

٧-٥-١ ملاحظات عامة:

ينبغي أن تكون أبعاد عناصر التصميم لمحاذاة الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة مبنية على اعتبارات السلامة وديناميكيات المركبات.

يجب تصميم عناصر الطريق السريع/الطريق شبه السريع بطريقة تسمح للمركبات بالسير بأمان وفقاً للسرعة التصميمية في الظروف الرطبة.

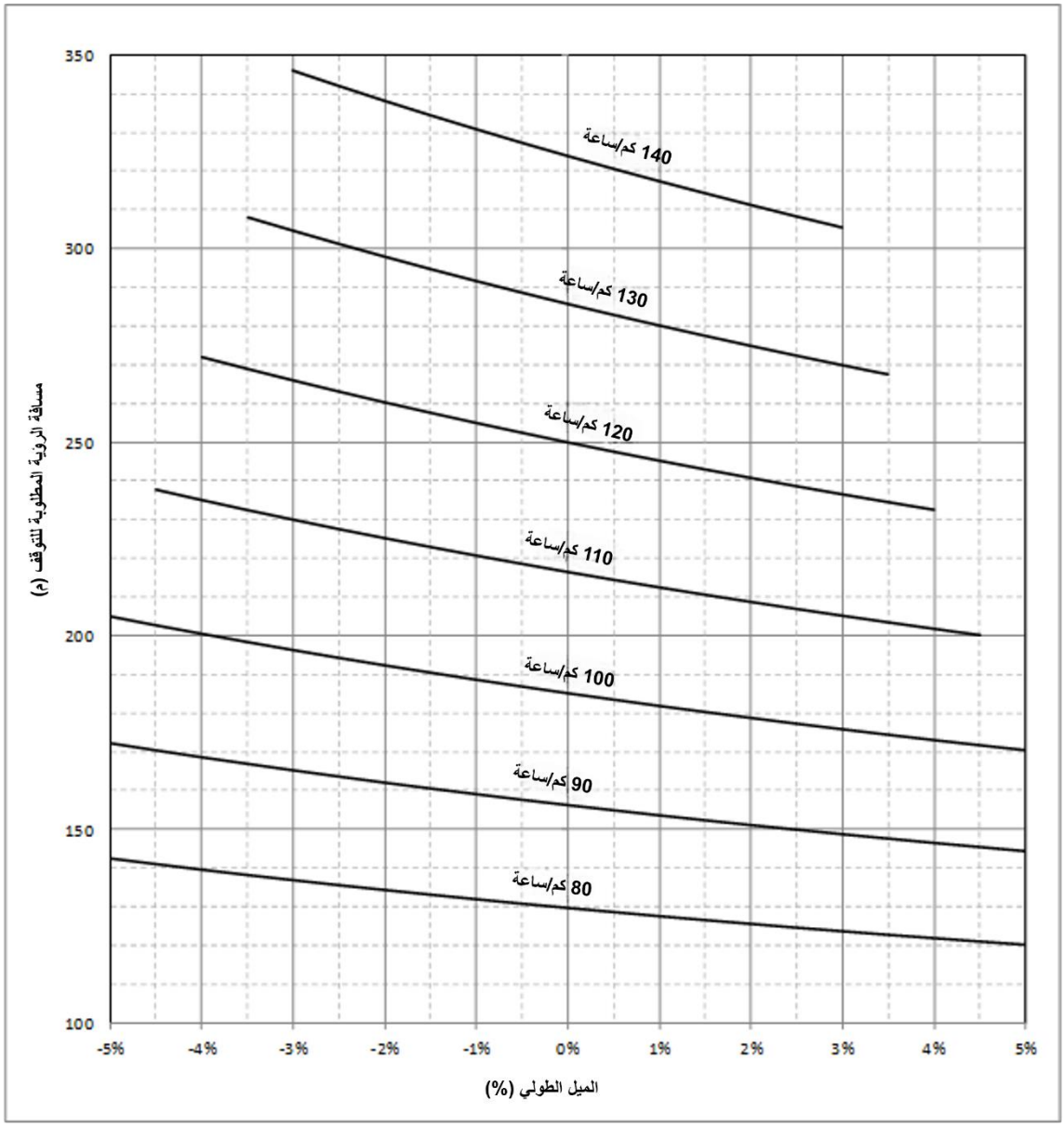
يجب تنسيق تصميم المحاذاة الأفقية والرأسية والقطاعات العرضية للطريق، مع مراعاة تحقيق مبادئ محاذاة الطريق ثلاثية الأبعاد من خلال برنامج حاسوبي متخصص بتصميم الطرق، مع اعتبار خاص لمدى كفاية مسافة الرؤية للتوقف الموفرة.

٧-٥-٢ مسافة الرؤية للتوقف:

لأسباب تتعلق بالسلامة على الطريق وجودة التدفق المروري، من الضروري تلبية مسافة الرؤية للتوقف عبر كامل طول الطريق السريع/الطريق شبه السريع. نظرًا للسرعات العالية المسموح بها في أجزاء الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة، تعد كفاية الرؤية قضية بالغة الأهمية يجب تغطيتها في تصميم الطريق لضمان حصول السائقين على وقت كافٍ لجمع المعلومات، والاستجابة، ومن ثم التوقف أخيرًا قبل الوصول لخطر ما.

٧-٥-٢-١ مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف:

ينبغي أن تكون الأجسام الموجودة داخل سطح الطريق ملحوظة من مسافة بعيدة، مما يسمح للسائق بإيقاف المركبة، أثناء القيادة بالسرعة التصميمية المحددة مسبقًا (مسافة الرؤية اللازمة للتوقف). يوضح الشكل (٧-٤) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف وفق الميل الطولي والسرعة التصميمية. من أجل توفير وقت كافٍ لزمن الإدراك ورد الفعل للسائق، بالإضافة إلى وقت كافٍ لإيقاف المركبة، يلزم عمومًا توفير مسافات رؤية أطول. بصفة عامة، يجب أن تكون مسافات الرؤية أطول بنسبة ٣٠ % على الأقل من الحد الأدنى المطلوب لمسافة الرؤية للتوقف.



الشكل (٧–٤) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب السرعة التصميمية والميل الطولي.

٧-٥-٢-٢ مسافة الرؤية المتاحة:

تُحسب مسافة الرؤية المتاحة وفقًا للرسومات التوضيحية والمعادلات المدرجة في القسم الفرعي (٤-٦-٦-٢) من هذا المجلد.

٧-٥-٢-٣ التحقق من مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف:

من أجل تحسين مستوى السلامة على الطرق، ينبغي فحص كل نقطة من ممر الطريق من حيث مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف لكلا الاتجاهين. يجب أن تكون مسافة الرؤية المتاحة أعلى من مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف على طول كامل الطريق السريع أو الطريق شبه السريع. في بعض الحالات الصعبة التي تكون فيها مسافة الرؤية المتاحة أقل من مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف ولا يمكن تصحيح هذا النقص في مسافة الرؤية بسبب ظروف الموقع أو أي قيود أخرى بالمنطقة المحيطة، يلزم النظر في إمكانية تقليل سرعة السير المسوح بها للطريق.

يجب تجنب وجود أي عوائق لخطوط الرؤية (على سبيل المثال: الميول الجانبية المزروعة بالعشب أو الشجيرات، وحواجز الضوضاء، وأجهزة الحماية، خاصة عند منحدرات الدخول والخروج) إلى مستوى ارتفاع خط النظر في مجال الرؤية، الذي يجب أن يُبقى خاليًا على طول مسار جادة الطريق.

بالنسبة إلى أنصاف الأقطار القريبة من القيم الدنيا، يمكن عادةً تلبية الحد الأدنى لمسافة الرؤية للتوقف على المسار الداخلي للطريق، عند المنحنيات ذات الانعطاف للجهة اليسرى، في حال عدم وجود غطاء نباتي (عشبي) في الجزيرة الوسطية المركزية بالقرب من خط حافة الطريق مع عدم وجود أنظمة تقييد المركبة (حواجز السلامة) المستخدمة بارتفاع يزيد عن ٠,٩٠ م. خلاف ذلك، سيكون من الضروري مراجعة المحاذاة الأفقية للطريق، وتوسيع الجزيرة الوسطية وتحويل العوائق، أو في حالة الطرق السريعة والطرق شبه السريعة التي يُعاد إنشاؤها أو تحسينها، إدخال حد سرعة لهذا الجزء من الطريق (يُطبق بشكل عام فقط في ظل الظروف الرطبة).

٧-٥-٣ المحاذاة الأفقية:

٧-٥-٣-١ الأجزاء المستقيمة:

كما ذكر سابقًا في القسم الفرعي (٥-٥-٣-١) للطرق الريفية، يمكن تصميم الأجزاء المستقيمة وتكييفها بسهولة بالمناطق ذات التضاريس المنبسطة، وكذلك بالقرب من العناصر المستقيمة (الخطية) الأخرى مثل خطوط السكك الحديدية وقنوات الصريف والأسوار، وغيرها. توفر الأجزاء المُستقيمة رؤية جيدة (اتجاهية) نحو التقاطعات السطحية والمحوّلات المنفصلة رأسياً، وينبغي تجنب تصميم الأجزاء المُستقيمة الطويلة، وخاصة ذات الميول الثابتة لعدة أسباب، منها:

- صعوبة متزايدة في التكيف مع التضاريس شديدة الانحدار والجبلية.
- تجعل من الصعب تقدير مسافة وسرعة المركبات التي تسير أمام السائق والتي تتبعها.
- تشجيع السائق على السير بسرعة كبيرة.
- تقليل سلامة الطرق من خلال الرتابة وخطر شعور السائق بالتعب والإرهاق.

للأسباب المذكورة أعلاه، يُفضّل تصميم الأجزاء المُستقيمة في حال الطرق السريعة والطرق شبه السريعة بأطوال لا تتجاوز ٢,٠٠٠ م، وتفادي الأجزاء المُستقيمة الطويلة، ويمكن السماح بزيادة أطوال الأجزاء المُستقيمة في حالات معينة مثل التكيف بشكل أفضل مع التضاريس أو المسطحات الخضراء أو بسبب قيود أخرى. ومن أجل توفير مستوى أعلى من السلامة على الطريق، ينبغي اتّساق المنحنيين الأفقيين قبل وبعد الجزء المُستقيم من خلال اختيار قيم أنصاف أقطار متناسبة (انظر القسم الفرعي ٥-٥-٣-٢).

كما ينبغي تصميم الأجزاء المُستقيمة بأطوال لا تقل عن ٤٠٠ م، في حال الأجزاء المُستقيمة بين المنحنيات الأفقية التي تنعطف في نفس الاتجاه (أي: المنحنيان قبل وبعد الجزء المُستقيم ينعطفان نحو اليمين أو نحو اليسار معاً).

٧-٥-٣-٢ المنحنيات الدائرية:

ينبغي أن تُصمّم المنحنيات الدائرية الأفقية بأنصاف أقطار لتحقيق مستوى أعلى للسلامة على الطريق أثناء حركة المركبات المختلفة بالسرعة المسموح بها كما هي مُحددة لفئة الطريق السريع/الطريق شبه السريع. أيضا، ينبغي اتساق تصميم أنصاف الأقطار مع طوبوغرافية وتضاريس المنطقة.

تُسرد الحدود الدنيا لأنصاف أقطار المنحنيات الدائرية وعامل الاحتكاك الجانبي في الجدول (٧-١). يمكن اختيار أنصاف أقطار ذات قيم أعلى في حال اتساق تصميم محاذاة الطريق السريع/الطريق شبه السريع بشكل أفضل مع التضاريس. من أجل تمكّن مستخدمي الطريق من إدراك المنحنيات الدائرية كعناصر تصميم مستقلة داخل المنحنى، ينبغي تصميم أطوال المنحنيات الدائرية ضمن الحدود الدنيا وفقاً للجدول (٧-١).

الجدول (٧–١) عامل الاحتكاك الجانبي والحد الأدنى لأطوال وأنصاف أقطار المنحنى الدائري حسب السرعة التصميمية للطرق السريعة / الطرق شبه السريعة.

السرعة التصميمية (كم/س)	عامل الاحتكاك الجانبي	الطول الأدنى للمنحنى الدائري (م)	نصف قطر المنحنى الدائري الأدنى (م)		
			معدل التعلية الجانبية الأقصى (%)		
			٪٦,٠٠	٪٨,٠٠	٪١٠,٠٠
٨٠	٠,١٤	٥٠	٢٥٥	٢٣٠	٢١٠
٩٠	٠,١٣	٥٥	٣٤٠	٣٠٥	٢٨٠
١٠٠	٠,١٢	٦٠	٤٤٠	٣٩٥	٣٦٠
١١٠	٠,١١	٦٥	٥٦٥	٥٠٥	٤٥٥
١٢٠	٠,١٠	٧٠	٧١٠	٦٣٠	٥٧٠
١٣٠	٠,٠٩	٧٥	٨٩٠	٧٨٥	٧٠٥
١٤٠	٠,٠٨	٨٠	١,١٠٥	٩٦٥	٨٦٠

٧-٥-٣-٣ المنحنيات الانتقالية:

ينبغي توفير منحنى انتقالي بين الاجزاء المُستقيمة والمنحنيات الدائرية، وبين المنحنيات الدائرية المتتالية إما في نفس الاتجاه (منحنيات مركبة) أو في اتجاهين متعاكسين (منحنيات عكسية). والغرض من المنحنيات الانتقالية هو:

- للسماح بتحقيق التعلية الجانبية بين الجزء المُستقيم والمنحنى.
- توفير إمكانية الدوران التدريجي لعجلة القيادة من قبل السائق في الاتجاه المطلوب.
- ضمان التغيير المستمر في تسارع الطرد المركزي الذي يحدث عند القيادة في منحنى.
- إيجاد محاذاة سلسة ومرضية بصريًا من خلال تحقيق التغيير التدريجي للانحناءات.

تُعرَّف المنحنيات الانتقالية رياضيًا على أنها منحنيات حلزونية (انظر الملحق أ-٢). تُلخّص الحدود الدنيا/القصوى والقيم المُوصى بها لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأطوالها وحدود تطبيقها على المنحنيات الأفقية في كل من الجدول (٧-٢) والجدول (٧-٣)، على التوالي.

الجدول (٧–٢) الحدود الدنيا والقصوى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للطرق السريعة/الطرق شبه السريعة.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	طول المنحنى الانتقالي الأدنى (م)	نصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي الأقصى (م)
٨٠	١٠٠	٤٤	٣٧٩
٩٠	١٢٠	٥٠	٤٧٩
١٠٠	١٤٥	٥٦	٥٩٢
١١٠	١٧٠	٦١	٧١٦
١٢٠	٢٠٠	٦٧	٨٥٢
١٣٠	٢٣٠	٧٢	١,٠٠٠
١٤٠	٢٦٠	٧٨	١,١٦٠

الجدول (٧–٣) القيم المُوصى بها لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للطرق السريعة/الطرق شبه السريعة.

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة المُوصى بها لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	طول المنحنى الانتقالي المُوصى به (م)	الحد المُوصى به لنصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي (م)
٨٠	١٤٠	٩٠	١,٧٠٠
٩٠	١٧٠	١٠٠	١,٩٠٠
١٠٠	٢٠٥	١١٥	٢,١٠٠
١١٠	٢٤٠	١٢٥	٢,٣٠٠
١٢٠	٢٨٠	١٣٥	٢,٦٠٠
١٣٠	٣٢٠	١٤٥	٣,٠٠٠
١٤٠	٣٧٥	١٦٠	٤,٠٠٠

وينبغي تطبيق المنحنيات الانتقالية لكافة المنحنيات الأفقية على الطرق السريعة والطرق شبه السريعة ذات أنصاف أقطار لا تتجاوز (تساوي أو تقل عن) الحدود الموضحة في الجدول (٧-٢).

٧-٥-٤ المحاذاة الرأسية:

٧-٥-٤-١ الميول:

كما هو موصوف -أيضًا- في القسم الفرعي (٥-٥-٤-١)، فإن الميول الأقل تعمل على:

- تحسين مستوى السلامة الموفرة على الطرق (تُستثنى مناطق تداخل الميول مع التغيير في معدلات التعلية الجانبية).
- تحسين جودة التدفق المروري ومستوى الخدمة الموفرة.
- خفض التكاليف التشغيلية، وكذلك التكاليف على مستخدمي الطريق.
- تقليل الانبعاثات والتلوث البيئي.

تحت ظروف معينة، تسمح الميول الأكبر بما يلي:

- أفضل تكيف مع المسطحات الخضراء الطبيعية.
- تدخلات أقل في البيئية.
- تكاليف إنشاء أقل.

بالنسبة لمشاكل التشغيل المروري ولتحسين مستوى سلامة الطريق، يجب ألا تتجاوز الميول القصوى قيم الجدول (٧-٤).

الجدول (٧–٤) الميول المُوصى بها (المرغوبة والمسموح بها) حسب سرعة تصميم الطرق السريع/الطرق شبه السريعة.

السرعة التصميمية (كم/س)	الميول المرغوبة (%)	الميول القصوى المسموح بها (%)
٨٠	٤,٠	٥,٠
٩٠	٣,٥	٥,٠
١٠٠	٣,٠	٥,٠
١١٠	٢,٥	٤,٥
١٢٠	٢,٥	٤,٠
١٣٠	٢,٠	٣,٥
١٤٠	٢,٠	٣,٠

في بعض الحالات الاستثنائية، يمكن تجاوز الحدود القصوى للميول الموضحة في الجدول (٧-٤)، ولكن ينبغي تطبيق الميول المركبة القصوى الواردة في القسم الفرعي (٤-٦-٦-١):

في الأنفاق الطويلة (التي يزيد طولها عن ٤٠٠ م)، ينبغي ألا يتجاوز الميول ٣,٠ %.

في المناطق التي توجد فيها تقاطعات سطحية في الطرق شبه السريعة، ينبغي اختيار ميول أصغر (لا تتجاوز ٤ %).

لتجنب المناطق ذات الصرف الضعيف، في المناطق التي يطبق فيها دوران للرصف (انتقال التعلية الجانبية للطريق)، ينبغي أن تزيد الميول عن ١,٠ % (يفضل ١,٥ %). في حالات صعبة مُعينة، حيث يتعذّر فيها تحقيق الحدود المذكورة أعلاه، ينبغي ألا يقل الميل عن ٠,٧ %. بالنسبة لأجزاء الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة التي يتم صرفها باستخدام نظام المزاريب (gutters)، يُفضّل ألا تقل الميول عن ٠,٧ % لضمان كفاءة صرف المياه.

على الجسور الطويلة (التي لا تقل عن ١٠٠ م) وفي الأنفاق، ينبغي ألا يقل الميل عن ٠,٧ % لأغراض صرف المياه.

٧-٥-٤-٢ منحنيات القمة والقاع الرأسية:

كما هو موضح أيضًا في القسم الفرعي (٥-٥-٤-٢)، تكون المنحنيات الرأسية عند نقاط تغيير الميول في القطاع الطولي للطرق السريعة والطرق شبه السريعة منحنيات دائرية. ينبغي اختيار أنصاف أقطار منحنيات القمة والقاع الرأسية وفق الاعتبارات التالية:

- بالجمع مع عناصر المحاذاة الأفقية، يُنتج ممر طريق ثلاثي الأبعاد متوازن.
- توفير مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف.
- التكيف مع طبوغرافية وتضاريس المنطقة.
- حماية البيئة.

تُدَوَّر المنحنيات الرأسية عند القمة والقاع من خلال تنفيذ منحنى دائري؛ يُحسب تقريبًا كمنحنى قطع مكافئ تربيعي (انظر الملحق أ-٣).

تُعرض القيم المُوصى بها للمعلمة "K" (أي: طول المنحنى الرأسي لتحقيق تغير بنسبة ١,٠٠ % في الميل الطولي) في الجدول (٧-٥) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية، والقيم الدنيا لأطوال المنحنيات الرأسية، مع الأخذ في الاعتبار أن عين السائق على ارتفاع ١,٠٨ م، في حين أن الأجسام على سطح الطريق (العوائق) على ارتفاع ٠,٦٠ م، وفق إرشادات (AASHTO) والإرشادات الواردة في القسم الفرعي (٤-٦-٤-٣).

الجدول (٧–٥) القيم المُوصى بها للمعلمة (K) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية حسب السرعة التصميمية.

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة الدنيا للمعلمة K لمنحنى قمة رأسي (م /%)	القيمة الدنيا للمعلمة K لمنحنى قاع رأسي (م /%)	طول المنحنى الرأسي الأدنى (م)
٨٠	٢٦	٢٩	٤٨
٩٠	٣٩	٣٨	٥٤
١٠٠	٥٢	٤٥	٦٠
١١٠	٧٤	٥٤	٦٦
١٢٠	٩٥	٦٣	٧٢
١٣٠	١٢٣	٧٣	٧٨
١٤٠	١٦١	٨٤	٨٤

تَضمن قيم المعلمة (K) الدنيا لمنحنيات القمة الرأسية، توفر مسافات الرؤية المطلوبة للتوقف للسائقين، في حال كانت المحاذاة الأفقية في أجزاء مستقيمة من الطريق. في حال كانت المنحنيات الأفقية على الأجزاء المنحنية من الطريق واستخدم فيها قيم أقل من الحد الأدنى للمعلمة (K) الموضحة في الجدول (٧-٥)، يجب إثبات كفاية مسافة الرؤية للتوقف (مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف) في هذه الحالة من خلال إجراء تحليل مكاني باستخدام أحد البرنامج الحاسوبية المتخصصة.

تَضمن قيم معدّل المعلمة (K) الدنيا لمنحنيات القاع الرأسية توفر مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حتى تحت المنشآت الهندسية (معابر علوية، وما إلى ذلك). من أجل اتساق تصميم محاذاة الطريق، ينبغي ألا تقل أنصاف أقطار منحنيات القاع عن أنصاف أقطار منحنيات القمة التي تسبقها، حيثما أمكن ذلك.

٧-٥-٥ المحاذاة ثلاثية الأبعاد:

يجب التحقق من المحاذاة ثلاثية الأبعاد لأجزاء الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة بالجمع بين التصميم والميل الطولي، مع مراعاة الأساليب الموضحة في الجزء الفرعي (٥-٥-٥). بالنسبة للطرق السريعة/الطرق شبه السريعة خاصة، بسبب الجزيرة الوسطية المطبقة لفصل اتجاهي السير المتعاكسين، يجب إيلاء عناية خاصة لمناطق تتواجد فيه المنحنيات الأفقية ومنحنيات القمة الرأسية معاً، لضمان كفاية مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف للمركبات التي تسير في المسارات المرورية اليسرى (السريعة). ينبغي التحقُّق من وضوح الرؤية هذه من خلال برنامج حاسوبي متخصص بتصميم الطرق ذا قدرة على الإشراف ثلاثي الأبعاد وفحص الرؤية ثلاثية الأبعاد للتحقق من مدى كفاية مسافة الرؤية للتوقف.

في منحنى القمة الرأسي، قد يكون من الضروري تحريك بداية المنحنى الأفقي قبل بداية منحنى القمة الرأسي، لضمان إدراك المنحنى الأفقي. وترد قيم الإزاحة الضرورية في الجدول (٧-٦).

وتجدر ملاحظة أن المناطق المخفية بصرياً الناتجة عن منحنى قمة رأسي أو ميل عكسي وفقًا للشكل (٥-٧) تنطبق أيضًا على الطرق السريعة ويجب أخذها في الاعتبار.

الجدول (٧–٦) الإزاحة المطلوبة لبداية منحنى القاع الرأسي قبل بداية المنحنى الأفقي (الجزء المُستقيم – المنحنى الانتقالي - المنحنى الدائري) (FGSV, 2008).

منحنى قمة		معلمة المنحنى الانتقالي A (م)							
المعلمة K (م /%)	نصف القطر Hk (م)	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٠٠	٣٥٠	٤٠٠	٤٥٠	٥٠٠
٣٠	٣,٠٠٠	٢٥	٤٥	٦٥	٨٥	١٠٠	١٢٠	١٣٥	١٥٥
٤٠	٤,٠٠٠		٣٥	٥٥	٧٥	٩٥	١١٥	١٣٠	١٥٠
٥٠	٥,٠٠٠		٢٥	٥٠	٧٠	٩٠	١١٠	١٢٥	١٤٥
٦٠	٦,٠٠٠			٤٠	٦٠	٨٥	١٠٥	١٢٠	١٤٠
٧٠	٧,٠٠٠			٣٠	٥٥	٧٥	٩٥	١١٥	١٣٥
٨٠	٨,٠٠٠			٢٠	٤٥	٧٠	٩٠	١١٠	١٣٠
٩٠	٩,٠٠٠				٤٠	٦٥	٨٥	١٠٥	١٢٥
١٠٠	١٠,٠٠٠			الإزاحة غير مطلوبة	٣٠	٥٥	٨٠	١٠٠	١٢٠
١١٠	١١,٠٠٠				٢٠	٤٥	٧٠	٩٥	١١٥
١٢٠	١٢,٠٠٠					٤٠	٦٥	٩٠	١١٠
١٣٠	١٣,٠٠٠					٣٠	٥٥	٨٠	١٠٥
١٤٠	١٤,٠٠٠					٢٠	٥٠	٧٥	١٠٠
١٥٠	١٥,٠٠٠						٤٠	٧٠	٩٥
١٦٠	١٦,٠٠٠						٣٠	٦٠	٩٠

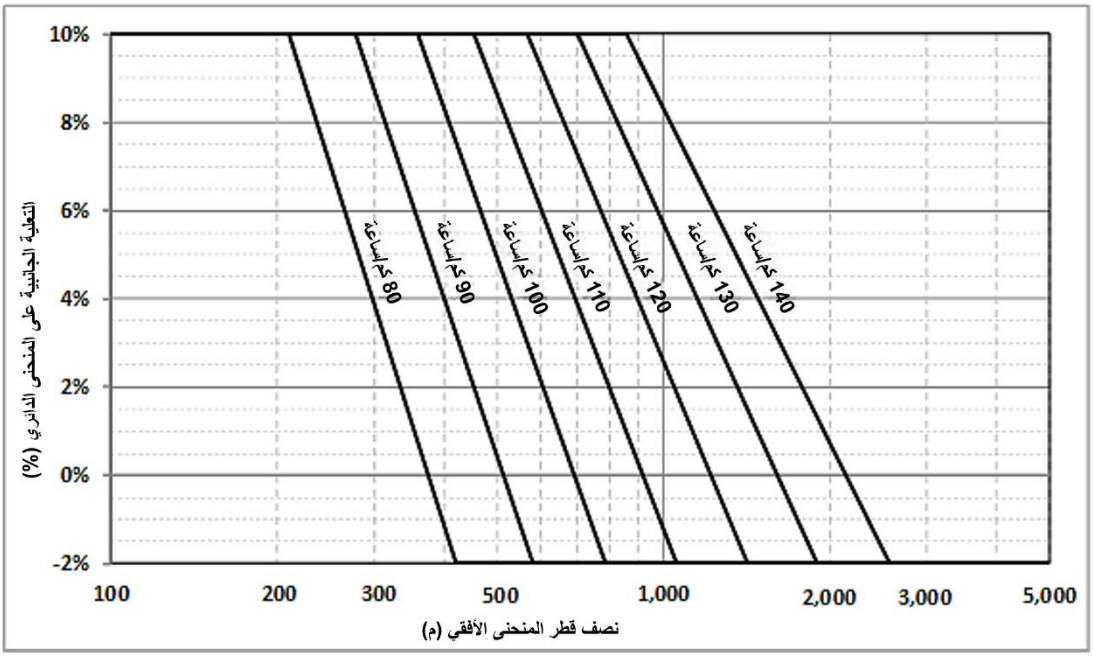
٧-٥-٦ التعلية الجانبية:

٧-٥-٦-١ التعلية الجانبية في جزء مُستقيم:

في الأجزاء المُستقيمة، تُصمم جادة الطريق بتعلية جانبية من جانب واحد بنسبة ٢,٠٪ على الأقل، ويفضل ٢,٥٪ ، باتجاه الحافة الخارجية للمنحنى. أيضًا، ينبغي تطبيق نفس معدل التعلية الجانبية لمسارات الطريق المستمرة على كل من المسارات الإضافية ومسارات الاندماج والافتراق والأكتاف الصلبة (المُعبّدة). تُنشأ الأكتاف غير المُعبّدة بمعدل تعلية جانبية يساوي ١٢,٠٪ في الجوانب الداخلية حيث تراكم مياه الصرف، خلاف ذلك، تُطبق تعلية جانبية بنسبة ٦,٠٪ .

٧-٥-٦-٢ التعلية الجانبية في المنحنيات الدائرية:

في المنحنيات الدائرية، لأسباب تتعلق بديناميكيات المركبة ولتمييزها بشكل أفضل، يُطبّق معدل التعلية الجانبية باتجاه مركز المنحنى الدائري. ينبغي أن يكون الحد الأقصى لمعدل التعلية الجانبية المطبق في الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة هو ١٠,٠٪، بينما الحد الأدنى لميل التعلية الجانبية ينحصر عند ٢,٠٪. يوضح الشكل (٧-٥) معدلات التعلية الجانبية المطلوبة حسب نصف قطر المنحنى الدائري لجميع السرعات التصميمية. يوصى بتقريب القيم المستخرجة إلى أقرب ٠,٥٪.



الشكل (٧–٥) التعلية الجانبية على المنحنى الدائري حسب نصف قطر المنحنى الأفقي (معدل التعلية الجانبية الأقصى 10.0 = (e) %).

ينبغي ألا تقل أنصاف أقطار المنحنيات على الجسور عن ١,٥٠٠ م لجميع الطرق السريعة والطرق شبه السريعة؛ من أجل تقليل معدل التعلية الجانبية المطبق إلى ٥,٠٪ بحد أقصى.

في الحالات التي تكون فيها قيم أنصاف أقطار المنحنيات الأفقية أعلى من القيم المعروضة في الجدول (٧-٧) ، يمكن تطبيق ميل تعلية جانبية عكسي يساوي - ٢,٠٪ (باتجاه الحافة الخارجية للقوس الدائري كما هو موضح في الشكل ٤-١٣)، إذ يمكن تجنب المنطقة سيئة التصريف بتطبيق هذا النهج.

الجدول (٧–٧) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار الأفقية لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لنصف قطر المنحنى الأفقي لتطبيق التعلية الجانبية العكسية (م)	
	e = - ٢,٠٠٪	e = - ٢,٥٠٪
٨٠	أكبر من أو يساوي ٤٢٠	أكبر من أو يساوي ٤٤٠
٩٠	أكبر من أو يساوي ٥٨٠	أكبر من أو يساوي ٦١٠
١٠٠	أكبر من أو يساوي ٧٩٠	أكبر من أو يساوي ٨٣٠
١١٠	أكبر من أو يساوي ١,٠٦٠	أكبر من أو يساوي ١,١٢٥
١٢٠	أكبر من أو يساوي ١,٤٢٠	أكبر من أو يساوي ١,٥١٥
١٣٠	أكبر من أو يساوي ١,٩٠٥	أكبر من أو يساوي ٢,٠٥٠
١٤٠	أكبر من أو يساوي ٢,٥٧٥	أكبر من أو يساوي ٢,٨١٠

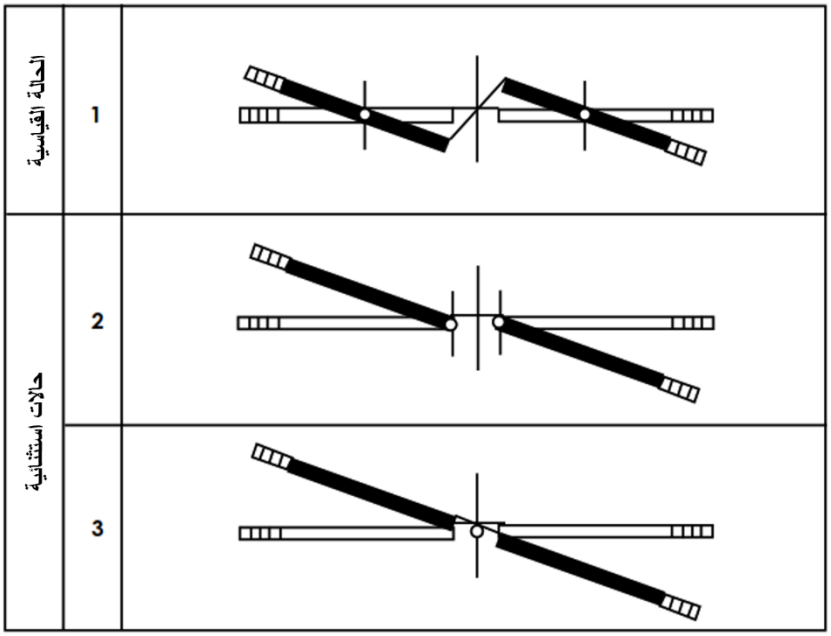
لمنع انزلاق المركبات في ظل الظروف الجوية السيئة في المناطق الجبلية، ينبغي أن ينحصر الحد الأقصى للميل المركب (الميل الناتج عن الميل الطولي والتعلية الجانبية للطريق معاً) عند حد أقصى يبلغ ١٢,٠٪. وترد الصيغة الرياضية لحساب الميل المركب في الجزء الفرعي (٤-٥-٥).

٧-٥-٦-٣ منطقة دوران التعلية الجانبية:

يُدار القطاع العرضي للرصف لتحقيق تغيير تدريجي في معدل التعلية الجانبية بشكل أساسي داخل المنحنى الانتقالي، بصرف النظر عن النقطة المرجعية التي يدور حولها سطح الطريق. في الحالات التي لا تُطبّق فيها منحنيات انتقالية (انظر القسم ٧-٥-٣-٣)، فإن ثلثي (٣/٢) الرصف يدور على الجزء المُستقيم للطريق والثلث (٣/١) الآخر داخل المنحنى. في بعض الحالات الصعبة، يمكن تدوير الرصف على الجزء المُستقيم. ينبغي تجنب دوران الرصف عند الجسور.

على طول هذا الجزء، يتم تعلية كل من حواف جادة الطريق والرصف حول "محور دوران" معين. على الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة، يتم تغيير الميل العرضي بشكل عام عن طريق تدوير الرصف حول محاور جادتي الطريق (الشكل ٧-٦، الحالة ١).

في حالات استثنائية - على سبيل المثال: في الأنفاق، وفي الحالات التي تنخفض فيها الرؤية عند الجزر الوسطية المركزية أو في الجسور لتجنب تأثير سن المنشار (sawtooth effect)، يمكن تدوير جادتي الطريق حول حواف جادتي الطريق الداخلية عند الجزيرة الوسطية المركزية أو حول خط الوسط للطريق (الشكل ٧-٦، الحالتان ٢ و ٣).



الشكل (٧–٦) محاور دوران مسار المركبات في قطاعات تطوير التعلية الجانبية للطريق (FGSV, 2008).

٧-٥-٦-٤ علاقة ميل حواف الرصف وميل محور الطريق:

يجب أن يكون طول منحدر التعلية الجانبية كافيًا، بحيث يفي ميل منحدر التعلية الجانبية بحدود القيم الموضحة في الجدول (٨-٧). يُعرّف ميل منحدر التعلية الجانبية (r) على أنه الفرق في الميل بين محور الطريق وميل خطوط حدود الرصف (الداخلية أو الخارجية). يمكن حساب الحد الأدنى لطول منحدر التعلية الجانبية للطريق باستخدام المعادلة التالية:

المعادلة (٧-١)

$$L = \frac{50 \cdot e \cdot w}{r}$$

حيث إن:

L = الحد الأدنى لطول منحدر التعلية الجانبية (م).

e = معدل التعلية الجانبية للمنحنى (%).

w = عرض طريق السير (م)

r = النسبة المئوية لميل منحدر التعلية الجانبية (%)، كما هو موضح في الجدول (٧-٨).

بالنسبة للطرق السريعة والطرق شبه السريعة، يجب ألا يقل طول منحدر التعلية الجانبية عن ٥٠ م.

لتجنب التعليات الجانبية الحادة، ينبغي ألا تتجاوز القيمة القصوى لميل منحدر التعلية الجانبية القيم الواردة في الجدول (٧-٨). بالنسبة للمنحنيات الانتقالية الطويلة حيث يكون ميل منحدر التعلية الجانبية (r) أقل من ٠,٣٠٪، ينبغي تعديل تحقيق منحدر التعلية الجانبية كما هو موضح على النحو التالي (انظر الشكل ٧-٧):

- في القطاع بين النقطتين A و C، يجب أن يكون ميل منحدر التعلية الجانبية ٠,٣٠٪.
- في القطاع بين النقطتين C و E، يجب أن يكون ميل منحدر التعلية الجانبية أقل من ٠,٣٠٪.

الجدول (٧–٨) ميل منحدر التعلية الجانبية للطرق السريعة والطرق شبه السريعة (%) (MoC, 1992).

السرعة التصميمية (كم/س)	ميل منحدر التعلية الجانبية (r) (%)
٨٠	٠,٥٠
٩٠	٠,٤٧
١٠٠	٠,٤٤
١١٠	٠,٤١
١٢٠	٠,٣٨
١٣٠	٠,٣٦
١٤٠	٠,٣٤

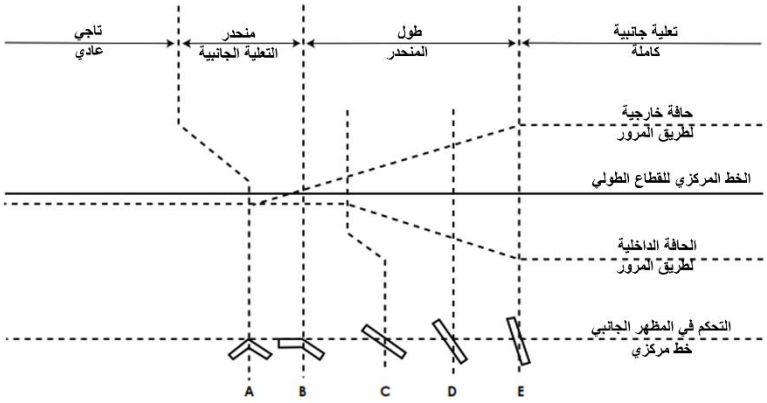
ترد الأشكال الأساسية لدوران الرصف في المناطق الانتقالية لجادتي الطريق المنفصلتين في الشكل (٧-٧).

٧-٥-٦-٥ التعلية الجانبية عند المنحنيات الأفقية المكسورة الظهر:

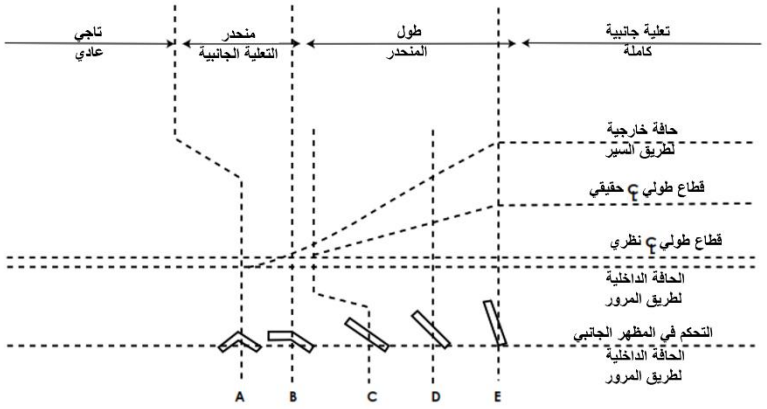
تحدث المحاذاة الأفقية المكسورة الظهر عندما يتصل منحنيان متجاوران في نفس الاتجاه بواسطة جزء مستقيم قصير. ينبغي تجنب المحاذاة الأفقية مكسورة الظهر، ولكن عندما يكون استخدامها ضروريًا، يجب إيلاء اهتمام خاص بالتعلية الجانبية للطريق بين المنحنيين.

مسافة التحكم هي مجموع طولي منحدر التعلية الجانبية للمنحنيين الدائريين المكسوري الظهر معًا. هناك ثلاثة خيارات لتصميم التعلية الجانبية:

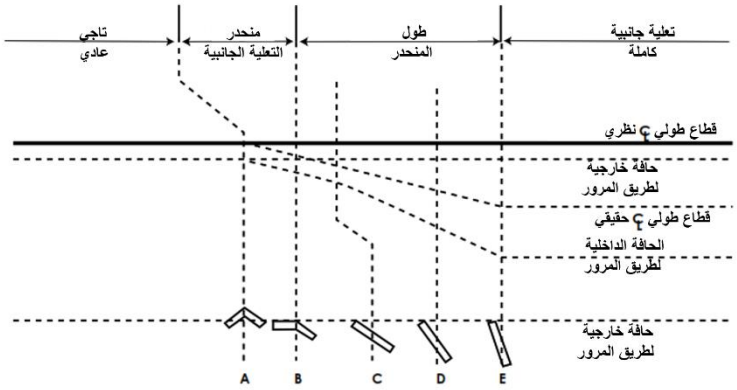
- في الحالة التي تكون فيها المسافة بين المنحنيين الدائريين أقل من ١,٥ مرة مسافة التحكم، يجب استمرار التعلية الجانبية من المنحنى الأول إلى المنحنى الثاني. إذا كان نصفا قطر المنحنيين مختلفين، فإن معدلات التعلية الجانبية ستكون مختلفة.
- في الحالة التي تكون فيها المسافة بين المنحنيين الدائريين بين ١,٥ و ٢,٥ مرة مسافة التحكم، ينبغي استخدام معدل تعلية جانبية منبسط نسبيًا بين المنحنيين.
- في الحالة التي تكون فيها المسافة بين المنحنيين الدائريين أكبر من ٢,٥ مرة مسافة التحكم، فينبغي عدم تطبيق تعلية جانبية مستمرة بين المنحنيين. ينبغي الوصول إلى قطاع تاجي طبيعي بين المنحنيين، مع تطبيق تعلية جانبية لكل منحنى بشكل مستقل.



طريق مرور تاجي يدور حول الخط المركزي



طريق مرور تاجي يدور حول الخط المركزي



طريق مرور تاجي يدور حول الخط المركزي

الشكل (٧–٧) النماذج الأساسية لتدوير الرصف في المناطق الانتقالية (AASHTO, 2018).

٧-٥-٧ توسيع طريق السير:

١-٧-٥-٧ توسيع الطريق عند المنحنيات الأفقية:

يبلغ الحد الأدنى لنصف قطر المنحنى الأفقي الذي يمكن تطبيقه على الطرق السريعة والطرق شبه السريعة ٢٠٠ م. ولأنصاف الأقطار هذه، ليس من الضروري تطبيق أي توسيع إضافي عند المنحنيات الأفقية.

٧-٥-٧-٢ توسيع الطريق عند إضافة أو أسقاط مسارات مرورية:

سيكون من الضروري توسيع جادة الطريق مع منطقة مُستدّقة لحواف جادة الطريق (الداخلية أو الخارجية) في الحالات التالية:

- تغيير القطاع العرضي للطريق (على سبيل المثال، قبل الجسور أو الأنفاق).
- إنشاء مسار إضافي.
- عند إنشاء مسار اندماج أو افتراق.

٧-٥-٧-٣ التحول في عرض الجزيرة الوسطية:

عندما يكون عرض الجزيرة الوسطية مختلفًا لجزئين متجاورين من أجزاء طريق، يجب أن يؤدي الانتقال السلس بين عرضي الجزيرة الوسطية إلى تعديل الفرق بينهما. على منحنى أفقي، يمكن تضييق الجزيرة الوسطية أو توسيعها بشكل منتظم لتعديل الفرق. على الجزء المُستقيم، ينبغي تطبيق الانتقال حول خط الوسط أو حافة الجزيرة الوسطية. وللحصول على مظهر جيد، ينبغي أن تكون مسافة الانتقال أطول ما يكون، وينبغي حدوثها داخل منحنى أفقي.

٧-٥-٧-٤ الوصلات المؤقتة:

غالبًا ما يكون لمشروع جديد مسار سير أو كتف عرضه أوسع قليلاً من جزء الطريق السريع/ الطريق شبه السريع القائم. لتوفير انتقال سلس من القطاع القائم إلى القطاع الجديد من الطريق، يجب أن يكون طول منطقة الانتقال بالأمتار أطول بمقدار ٢,٢٥ مرة على الأقل من السرعة التصميمية مقاسة بالكيلومتر/ساعة.

٧-٦ سمات تصميم خاصة في مناطق الجسور والأنفاق:

ينبغي تكييف الجسور والأنفاق مع تخطيط الطريق. في المناطق التي تتطلب إنشاء جسور، مثل: معابر طرق أخرى منفصلة رأسياً أو ممرات اسكك حديدية، أو حتى مناطق عبور الأودية والجداول المائية، ينبغي أن يضمن تخطيط الطريق أن تكون تلك المعابر عمودية على الطريق قدر الإمكان، وذلك من أجل تقليل أطوال منشآت الجسور والأنفاق، وأيضًا قد يمكن تحقيق تدخلات منخفضة في البيئية. لهذا السبب، يوصى بزاوية عبور تتراوح بين ٧٢ درجة و ١٠٨ درجة.

في حال الجسور المقترحة على منحنيات أفقية، ينبغي اختيار نصف قطر للمنحنى يكون كبيرًا بما يكفي ليمكن حصر معدل التعلية الجانبية عند قيمة قصوى قدرها ٥,٠٪ (انظر القسم الفرعي ٧-٥-٦-٢). كما ينبغي تجنب المنحنيات الانتقالية عند الجسور، حيث تتغير معدلات التعلية الجانبية على المنحنى الانتقالي وهي سمة غير مرغوبة. وكقاعدة، ينبغي اختيار ميل طولي ثابت في الجسور.

وفي حال استخدام طريقة إنشاء الجسور بالتقدم التدريجي، ينبغي تطبيق انحناء ثابت للمحاذاة الأفقية والرأسية.

لتصريف مياه الأمطار بصورة مرضية، ينبغي استخدام ميول طولية قدرها ٠,٧ %، كحد أدنى، في الجسور الطويلة. كما ينبغي تجنب نقاط المناسيب المنخفضة أو العالية ما أمكن (تكون الميول عند هذه النقطة بالتحديد ٠ %)، نظرًا لتسببها في حدوث مشاكل في الجريان السطحي لمياه الأمطار.

في الأنفاق، ينبغي إعداد التصميم الهندسي في المحاذاة الأفقية والرأسية باستخدام بيانات تصميم كافية. ينبغي أن يكون الميل محصورًا عند ٣,٠ %. وفي حالة الأنفاق الأطول (يتجاوز طولها ٥٠٠ م)، ينبغي ألا يتجاوز الميل ٢,٥ %. ويستثنى من هذه القاعدة أجزاء الأنفاق القصيرة (لا يتجاوز طولها ٢٠٠ م) من هذه الاشتراطات، ولكن يجب مراعاة عدم تجاوز الميل ٦,٠ % كحد أقصى (مثل: منحدرات الدخول والخروج في الأنفاق).

يمكن الحصول على مزيد من الإرشادات حول تصميم الجسور والأنفاق في كود الطرق السعودي ٣١٠ (تصميم الجسور والأنفاق).

٧-٧ اعتبارات فنية خاصة بالتصميم والتشغيل:

٧-٧-١ مسارات صعود (تسلق) الشاحنات:

٧-٧-١-١ ملاحظات عامة:

تؤثر أجزاء الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة ذات الميول الحادة تأثيرًا كبيرًا على جودة التدفق المروري، وبالتالي على السلامة في الطريق. إن إضافة مسارات صعود (تسلق) في مثل هذه الميول الصاعدة يعمل على:

- الفصل بين حركتي المرور السريعة والبطيئة.
- تحسين جودة التدفق المروري.

- تحسين مستوى السلامة المُوفّرة على الطريق وتقليل عدد الحوادث.

مسارات الصعود (التسلق) هي مسارات تُضاف لجادة الطريق في الميول الصاعدة للفصل بين حركتي المرور السريعة والبطيئة.

٧-٧-١-٢ معايير الاستخدام:

تُعد المعلمات التالية من المتطلبات الأساسية لتصميم مسارات الصعود (التسلق):

- الأحجام المرورية.
- تكوين المرور (أنواع المركبات).
- القطاع العرضي النموذجي.
- توالي الميول الصاعدة (على الأجزاء الطويلة).
- مستوى الخدمة المستهدف.

قد تكون مسارات الصعود ضرورية في الحالات التي تتجاوز فيها الميول ٢,٠٪. ولكنها ضرورية عندما ينخفض مستوى الخدمة على الميل الصاعد إلى ما دون المستوى "د" (D) وفقًا للملحق (ب) من كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور).

علاوة على ذلك، يجب النظر في إضافة مسارات الصعود في حالة استيفاء شرط أو أكثر من الشروط التالية:

- انخفاض مستوى الخدمة على مَيل صاعد لما دون مستوى الخدمة "ج" (C).
- انخفاض مستوى الخدمة على مَيل صاعد بمقدار مستوى واحد عن مستوى الخدمة للجزء السابق له من الطريق السريع/الطريق شبه السريع.
- الفوائد الاقتصادية تفوق التكاليف الإضافية.

٧-٧-١-٣ تصميم مسارات الصعود (التسلق):

يجب ألا يقل طول مسار الصعود (التسلق) عن ١,٥٠٠ م على الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة. وإذا لزم الأمر، ينبغي أن يُمدّد لمسافة إضافية قبل الميل الصاعد أو بعده.

في حالة وجود مسارين للصعود (للتسلق) متتاليين بينهما مسافة فاصلة تقل عن ٢,٥٠٠ م، ينبغي دمجهما ليكونا مساراً واحداً متصلاً، وذلك لتحسين ظروف التشغيل ومستوى السلامة على الطريق. كما ينبغي تجنب إنهاء مسارات الصعود (التسلق) عند المحوّلات.

يُصمّم توسيع جادة الطريق في مسارات الصعود (التسلق) في المشاريع الجديدة أو مشاريع إعادة الإنشاء أو مشاريع التحسين للطرق السريعة/الطرق شبه السريعة، وفقًا للشكل (٧-٨).

يجب ألا يقل طول الحافة اليمنى المُستدقّة لجادة للطريق عن ٢٠٠ م. وفي حالات استثنائية، حيث يقع مدخل للطريق على ميل صاعد، يمكن إضافة مسار الصعود كامتداد لمسار التسارع.

يجب ألا يقل عرض مسار الصعود عن ٣,٣٠ م.

يمكن أيضًا إضافة مسارات الصعود على الميول الصاعدة للطرق المكونة من ثلاثة مسارات.

ينبغي إنهاء مسارات الصعود داخل جادة الطريق السريع/الطريق شبه السريع ذات الحركة المستمرة، حين تكون الرؤية واضحة ولمسافة كافية.

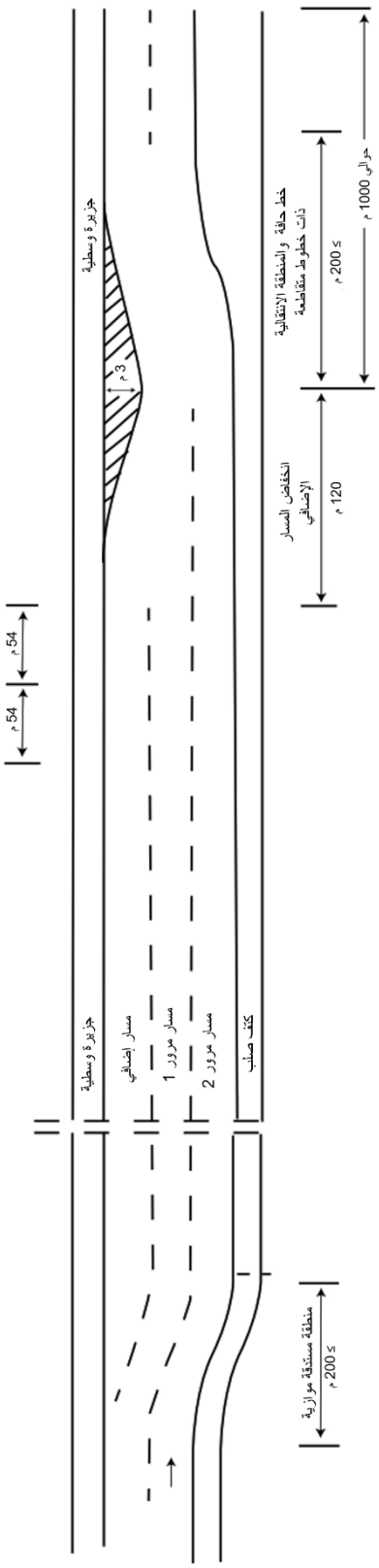
في مشاريع الطرق السريعة/ الطرق شبه السريعة الجديدة، تبين المنطقة المستدقة لمسارات الصعود باستخدام خطوط أرضية متقاطعة قُطريًا على طول المنطقة المستدقة بطول ١٢٠ م.

٧-٧-٢ تخفيض عدد المسارات:

عند تحسين جزء معين من طريق سريع/طريق شبه سريع مع زيادة عدد المسارات في الوقت نفسه، فإن التغيرات في القطاع العرضي للطريق تصبح ضرورية لتحقيق الانتقال من الجزء المُحسّن إلى الجزء القديم وبالعكس. يمكن تحقيق تكامل مثل هذه التغيرات في القطاع العرضي إما على شكل مسارات تسارع أو تباطؤ (انظر الباب (١١)) أو على شكل تخفيض عدد المسارات.

في المناطق التي تتصف بأحجام مرورية مرتفعة تتجاوز ٣٠,٠٠٠ مركبة لكل ٢٤ ساعة لكل اتجاه، قد يؤدي تخفيض عدد المسارات إلى انخفاض مستوى السلامة على الطريق. لهذا السبب، ينبغي عدم تطبيقها إلا في الحالات الحرجة والضرورية التي لا يمكن اجتنابها. ينبغي تطبيق تخفيض عدد المسارات على جزء الطريق المفتوح، وليس قبل أو عند منشآت الجسور والأنفاق. كما ينبغي أيضًا تجنب تخفيض عدد المسارات عند المحوّلات.

حيثما أمكن، ينبغي تطبيق تخفيض عدد المسارات على أجزاء الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة التي توفر رؤية أمامية واضحة (على سبيل المثال، في الأجزاء المُستقيمة، وفي الميول المنبسطة، وما إلى ذلك).



الشكل (٧–٨) تصميم نموذجي لمسار صعود (تسلق) للطرق السريعة (FGSV, 2008).

٣-٧-٧ فتحات الجزيرة الوسطية المركزية:

فتحات الجزيرة الوسطية هي المناطق التي يمكن فيها نقل حركة المرور عبر الجزيرة الوسطية المركزية خلال فترات الإنشاء. يمكن تطبيق حواجز سلامة متنقلة محددة (بوابات حواجز الجزيرة الوسطية) في هذه المناطق. يمكن إيجاد فتحات للاستخدام المستقبلي عند إنشاء طريق سريع/طريق شبه سريع جديد أو إعادة إنشاء طريق سريع/طريق شبه سريع قائم، أو يمكن إيجادها على أجزاء الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة المستخدمة عندما تدعو الحاجة. بالإضافة إلى ذلك، هناك حاجة إلى فتحات للاستخدام المؤقت لقضايا الصيانة أو إعادة الإنشاء.

يوصى بأنه ينبغي وضع الفتحات قبل:

- محوّلات الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة.
- جسور الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة فوق الوديان (التي يزيد طولها عن ١٠٠ م).
- أجزاء الطريق التي تختلف فيها المحاذاة الرأسية لكلا جادتي الطريق بشكل كبير.
- أنفاق الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة.

في حالة الأنفاق، ينبغي إيجاد فتحات قبل مدخل النفق للسماح لمركبات التشغيل أو الطوارئ بالانتقال من اتجاه إلى الآخر.

في حالات استثنائية، على سبيل المثال في الأجزاء التي تتصف بأحجام مرورية عالية، قد يكون من المناسب تحديد فتحات الجزيرة الوسطية قبل المحوّلات أو على مسافات منتظمة (أكبر من ٥ كم) على جزء الطريق المفتوح.

ينبغي تجنب فتحات الجزيرة الوسطية المركزية على أو تحت المنشآت وفي محيط المحوّلات ومناطق الاستراحة.

يجب أن توضع فتحات الجزيرة الوسطية فقط في الأماكن التي لا يتجاوز فيها الفرق بين التعلية الجانبية لجادة الطريق والجزيرة الوسطية المُعبّدة ٩,٠٪.

في الحالات التي تقع فيها فتحات الجزيرة الوسطية المركزية في منحنى دائري وحيث يكون لأحد جادتي الطريق ميل عرضي باتجاه داخل المنحنى، قد يكون من الضروري توفير مرافق هيدروليكية خاصة.

٨-٧ ملحقات الطرق الريفية السريعة/شبه السريعة:

في الطرق الريفية السريعة/شبه السريعة يمكن وضع مختلف الملحقات على الأكتاف غير المُعبّدة، خارج المنطقة المُعبّدة، وفي الجزيرة الوسطية. وهذه الملحقات قد تشمل، على سبيل المثال لا الحصر، الآتي:

- مرافق الصرف، كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٣٠٢ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي).
- أنظمة تقييد المركبات، كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة).
- المنافع العامة وإنارة الطرق، كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٣٠٦ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - المنافع العامة، وإنارة الطرق والشوارع، وأجهزة التحكم والمراقبة).
- لافتات المرور وعلامات الرصف كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري).

٨-تصميم الطرق منخفضة الحجم المروري وطرق الوصول:

٨-١ مقدمة:

يقدم هذا الباب الإرشادات، والمواصفات، والمعايير المتعلقة بالتصميم الهندسي للطرق منخفضة الحجم المروري وطرق الوصول في المناطق الريفية والحضرية والضواحي والمناطق الترفيهية والمناطق الصناعية والزراعية، ذات متوسط مرور سنوي يومي (AADT) أقل من ٢,٠٠٠ مركبة/يوم، ويشمل كذلك الطرق منخفضة الحجم المروري للغاية ذات متوسط مرور سنوي يومي (AADT) أقل من ٤٠٠ مركبة/يوم، المتصلة بالتقاطعات السطحية، والتي تُنشأ في المناطق الحضرية أو خارج النطاق العمراني، بسرعة تصميمية تصل إلى ٧٠ كم/س للطرق المُعبدة، وبسرعة تصميمية تتراوح من ٢٠ كم/س إلى ٥٠ كم/س للطرق غير المُعبدة.

٨-٢ مبادئ التصميم الأساسية:

٨-٢-١ عملية التصميم:

كما سبق ذكره في الباب (٥)، تُصمّم الطرق الريفية الجديدة (بما في ذلك الطرق الريفية منخفضة الحجم المروري)، وكذلك أعمال إعادة الإنشاء وإعادة التأهيل وتوسيع الطرق، في عملية تدريجية تمتد عبر مراحل تصميم مختلفة (التصميم المفاهيمي والتصميم الأولي والتصميم النهائي، وما إلى ذلك). ترد سمات التصميم الخاصة المرتبطة بإعادة تأهيل الطرق (3R) وإعادة إنشائها (4R) في الباب (١٢) من هذا المجلد.

يمكن أن تشمل مدخلات التصميم الهندسي للطرق منخفضة الحجم المروري وطرق الوصول بشكل عام القياسات والمسوحات الطوبوغرافية وتقارير الاستطلاع من زيارات الموقع ونتائج الاختبارات المعملية والاستقصاءات الجيوتقنية والمسوحات المرورية والتوصيات بشأن القيم الدنيا لسمات التصميم الهندسي، ونتائج تحليل المرور ونمذجته والدراسات الهيدرولوجية والهيدروليكية والجيوتقنية، وما إلى ذلك. بينما تشمل المخرجات بشكل عام التقارير والتصاميم والرسومات والتوصيات وجداول الكميات والمقترحات لمخططات بديلة أو إضافية والتصاميم التفصيلية وربما مخرجات أخرى على أساس كل حالة على حدة.

يجب أن تتناسب درجة التفصيل وأبعاد وحدود الدراسة مع احتياجات كل مرحلة من مراحل التصميم، بما في ذلك المحتويات والمخططات والرسومات، مع جعل التأثيرات على سياق الطريق واضحة الفهم، وكذلك استثناءات التصميم المحلية والتعديلات اللازمة في المحاذاة الأفقية والرأسية للطريق والقطاعات العرضية.

الطرق منخفضة الحجم المروري وطرق الوصول تجعل من الضروري استخدام نهج تصميم هندسي آخر غير المستخدم عادةً للطرق الرئيسة، مثل: الطرق الريفية الواردة في الباب (٥)، والطرق الحضرية الواردة في الباب (٦)، والطرق السريعة والطرق شبه السريعة الواردة في الباب (٧)، من أجل تصميم الطرق منخفضة الحجم المروري لتصبح فعالة من حيث التكلفة. وبالتالي، يتيح هذا الباب من المجلد الحالي للمصممين تطبيق قيم ومواصفات محدودة لتصميم الطرق ذات الحجم المروري المنخفض والمنخفض جدًا، والتي تكون أقل تقييدًا من تلك المستخدمة عمومًا على الطرق ذات الاحجام المرورية الكبيرة. تُظهر اعتبارات السلامة وتقييم المخاطر أنه يمكن تطبيق مواصفات التصميم الأقل تقييدًا على الطرق منخفضة الحجم المروري دون آثار كبيرة على تكرار الحوادث أو شدتها. ينطبق محتوى هذا الباب على كل مشاريع إنشاء الطرق الجديدة ومشاريع إعادة إنشاء الطرق ومشاريع إعادة تأهيل الطرق القائمة.

يهدف هذا الباب بشكل أساسي إلى مساعدة المصمم المطلع من خلال إرشادات توجيهية ذات صلة للوصول لمدى من قيم موصى بها للأبعاد الحرجة لعناصر التصميم الرئيسة. ينبغي تعزيز وتشجيع المرونة في استخدام محتوى هذا الباب بحيث يمكن تطوير تصاميم مستقلة وفعالة تتناسب مع حالات وظروف محلية معينة.

٨-٢-٢ فئات الطرق:

لضمان مستويات عالية من سلامة الطرق وزيادة جودة التدفق المروري، يجب أن تتوافق الطرق منخفضة الحجم المروري مع الفئات الوظيفية الأخرى الموضحة في الجزء (٢-٣)، فالطرق التجميعية الصغيرة (مع متوسط مرور سنوي يومي (AADT) أقل من ٢,٠٠٠ مركبة/يوم) والطرق المحلية تنتمي بشكل أساسي إلى الطرق منخفضة الحجم المروري. هناك فئتان رئيستان للطرق منخفضة الحجم المروري:

- الطرق ذات الأحجام المرورية المنخفضة للغاية حيث يكون متوسط المرور السنوي اليومي (AADT) التصميمي في سنة الأساس أقل من ٤٠٠ مركبة/يوم.
- الطرق ذات الأحجام المرورية المنخفضة حيث يكون متوسط المرور السنوي اليومي (AADT) التصميمي في سنة الأساس أكبر من ٤٠٠ مركبة/يوم ولكن أقل من ٢,٠٠٠ مركبة/يوم.

نظرًا لأن متوسط المرور السنوي اليومي (AADT) التصميمي يُعرَّف بأنه الحد الأقصى المتوقع لمتوسط المرور السنوي اليومي (AADT) للعمر التصميمي للطريق منخفض الحجم المروري. بافتراض نمو مستمر وعمر تصميمي قدره ٢٠ عامًا، سيحدث هذا عادةً في العام العشرين بعد سنة الإنشاء (سنة الأساس).

يمكن تعديل القيم المحدودة لمعلمات التصميم للطرق الريفية منخفضة الحجم المروري للغاية (متوسط المرور السنوي اليومي (AADT) أقل من ٤٠٠ مركبة/يوم) إلى الظروف المحلية إذا لزم الأمر، كما هو موضح في الفقرات التالية.

ترتبط الطرق منخفضة الحجم المروري وطرق الوصول في البيئات الريفية والحضرية بالفئات الوظيفية الخاصة التالية:

- **طريق وصول ريفي رئيس**

يوفر الوصول إلى الممتلكات المجاورة عبر الطرق المحلية الأخرى أو المرافق من النوع الأعلى أو من خلال ربط الخدمات بينها. يمكن أن يعمل كطريق بسرعات عالية نسبيًا. وهو عادة طريق مُعبد ولكن قد يكون أيضًا غير مُعبد.

- **طريق وصول ريفي فرعي**

يوفر الوصول حصريًا إلى الممتلكات المجاورة. والعديد منها هي طرق مغلقة النهايات وغير نافذه. والسرعات فيها منخفضة بشكل عام. وفي بعض الأحيان قد تُطور كطرق ذات مسار واحد إما مُعبد أو غير مُعبد. ويجب أن تكون قابلة لوصول الحافلات المدرسية ومركبات الإطفاء ومركبات الطوارئ الأخرى.

- **طريق وصول ريفي صناعي أو تجاري**

يخدم هذا الطريق أعمال التطوير التي قد تولد حركة شاحنات ضخمة أو غيرها من المركبات الثقيلة. وهو عبارة عن طريق قصير جدًا ولا يخدم، عمومًا، الحركة المرورية المستمرة. قد يكون طريقًا مُعبدًا أو غير مُعبد.

- **طريق وصول ريفي زراعي**

يسهل وصول المركبات الزراعية إلى الحقول والعمليات الزراعية (أعرض من شاحنة نموذجية بعرض ٢,٦ م). عادة ما يكون طريقًا غير مُعبد.

- **طريق وصول ريفي ترفيهي**

يخدم استخدامات الأراضي المتخصصة مثل المتنزهات، ومواقع الجذب السياحية، ومنحدرات إطلاق القوارب، إلخ، وقد تحمل أحجامًا مرورية موسمية كبيرة تتكون من مركبات بيوت متنقلة، ومركبات تخييم، وسيارات ركاب تقطر قواربًا وغيرها من المقطورات. قد تستوعب مدى واسعًا من السرعات وقد تكون الرحلات طويلة جدًا. قد يكون طريقًا مُعبدًا أو غير مُعبد.

- **طريق وصول ريفي لمواقع استعادة الموارد**

طريق محلي يخدم مناجم التعدين وحقول النفط وعمليات الموارد الأخرى. في بعض الحالات، تكون حركة المركبات على هذه الطرق عبر الاتصالات اللاسلكية بين السائقين، وبالتالي يمكن تصميم هذه الطرق كطرق ذات مسار واحد. وهي في الغالب طرق غير مُعبدة.

- **شارع وصول حضري رئيس**

وهو يوفر الوصول إلى الممتلكات أو الخدمات التي يمر عبرها بين الشوارع المحلية أو مرافق من نوع أعلى. وهو يقترب من حالة الطريق التجميعي الفرعي، وينبغي مراعاة الأدوار التشغيلية المحددة للمشاة والوسائط الأخرى في التصميم.

- **شارع وصول حضري سكني**

يوفر الوصول إلى مساكن فردية أو متعددة العوائل في المناطق المبنية. رغم ندرة استخدامه من قبل المركبات الثقيلة، إلا أنه ينبغي مراعاة استخدامه من قبل الحافلات المدرسية ومركبات الطوارئ أو الصيانة في التصميم.

- **شارع وصول حضري صناعي أو تجاري**

تتمثل مهمته الرئيسة في توفير وصول المركبات الثقيلة من موقع صناعي أو تجاري إلى شبكة الطرق المحلية أو الإقليمية. وشوارع الوصول هذه قصيرة ويمكن تطويرها على أنها شوارع مُعبدة أو غير مُعبدة.

- **شارع وصول لمرافق حضرية أخرى**

تتضمن هذه الفئة طرق الوصول الحضرية الزراعية والترفيهية وطرق الوصول لاستعادة الموارد. رغم أنها ذات سياق حضري، لكن يجب تصميمها كنظيراتها من طرق الوصول في المناطق الريفية.

تُحدّد السمات العامة والخاصة لتصميم الطرق منخفضة الحجم المروري أو منخفضة الحجم المروري للغاية وطرق الوصول، المذكورة أعلاه، بشكل مفصَّل في الفقرات التالية.

٨-٢-٣ سمات تصميم الطرق:

٨-٢-٣-١ الوظائف الرئيسة للطرق منخفضة الحجم المروري:

كما ذكر سابقًا، هناك وظيفتان رئيستان ينبغي مراعاتهما في التصميم الهندسي للطرق منخفضة الحجم المروري وطرق الوصول:

وظيفة الوصول:

تُصمّم الطرق منخفضة الحجم المروري وطرق الوصول لتوفير الوصول إلى مختلف استخدامات الأراضي والأنشطة المرتبطة بالوصول، مثل الانعطاف والتوقف ومواقف المركبات وسلامة المشاة، وما يرتبط بها من حركات منخفضة السرعة (وظيفة الوصول/الأنشطة). يُتيح توفير الوصول لكل من المركبات والمشاة الدخول إلى/من الأراضي المجاورة. على هذا النحو، يجب توخي الحذر للحفاظ على سرعات منخفضة لهذه الفئة من الطرق من أجل سلامة المشاة بطيئي الحركة، والمرور المُنعطف حيثما توجد.

وظيفة نقل الحركة المرورية:

قد تُصمّم هذه الطرق لنقل الحركة المرورية المستمرة عبر مسافات طويلة نسبيًا بسرعة وفعالية وكفاءة، وبالتالي قد تنطبق عليها سرعات أعلى بسبب المسارات الأخرى المرتبطة بها والتي تكون الحركة المرورية فيها هي المهيمنة، ويقتصر الوصول وعبور المشاة على مواقع محدودة ومحددة بوضوح على فترات متباعدة على نطاق واسع.

٨-٢-٣-٢ نوع رصف الطبقة السطحية:

بالنسبة للطرق منخفضة الحجم المروري وطرق الوصول، يمكن تصميم القطاعات العرضية النموذجية كطرق مُعبدّة (بطبقة سطحية ذات رصف مرن أو صلب)، أو كطرق غير مُعبّدة (بطبقة سطحية حصوية). تختلف عوامل الاحتكاك للطرق المُعبّدة وغير المُعبّدة اختلافًا كبيرًا، وهذا يؤثر على المسافة المطلوبة للتوقف بأمان والسرعة الآمنة لمناورة المنحنيات. وبالتالي، تختلف المواصفات الهندسية حسب نوع سطح الطريق.

٨-٢-٣-٣ أعمال الإنشاء وتكلفتها:

نظرًا لانخفاض الحركة المرورية التي تخدمها الطرق منخفضة الحجم المروري وطرق الوصول، ينبغي أن تظل تكلفة الإنشاء منخفضة قدر الإمكان. في هذا السياق، يجب اختيار السرعة التصميمية وخصائص التصميم الهندسي، خاصة في المناطق التلالية والجبلية، لتقليل أعمال الإنشاء المطلوبة مع مراعاة ما يلي:

- يجب أن يكون الحد الأقصى لارتفاع القطع (الحفر) والردم صغيرًا بدرجة كافية، وبالتالي تكون الأعمال الترابية الناتجة محدودة.
- ينبغي تحقيق موازنة كميات الأعمال الترابية للحفر والردم اللازمة لإنشاء الطرق.
- ينبغي أن تتبع الميول طبوغرافية التضاريس الطبيعية قدر الإمكان.
- يمكن تصميم المحاذاة الأفقية والرأسية للطريق لتتلاءم مع طبيعة التضاريس قدر الإمكان.

دائمًا ما تكون مواصفات التصميم في التضاريس التلالية والجبلية أقل منها للتضاريس المنبسطة، ولكن هذا التخفيض ضروري بشكل أساسي للحد من أعمال الحفر. إن اتباع الخطوط الكنتورية عن كثب سيجعل مسار الطريق أطول، لكن الميول وأعمال الحفر ستكون أقل حدة. ينبغي بذل كل جهد للحفاظ على معايير ومواصفات التصميم القياسية للطرق منخفضة الحجم المروري مهما كانت طبيعة التضاريس المعينة التي تواجهها.

٨-٢-٤ السرعات التصميمية:

تكمن الغاية عند تصميم أي طريق ريفي من صنف وظيفي معين في تحديد السرعة التصميمية التي تخدم التشغيل الآمن لهذا الطريق. بناءً على السرعة التصميمية هذه، تُحدد القيم المُحَدِّدة لمواصفات التصميم، مع مراعاة ديناميكيات القيادة أيضًا. لذلك ترتبط الطرق منخفضة الحجم المروري وطرق الوصول بالسرعات التصميمية التالية:

- سرعة تصميمية من ٤٠ كم/س إلى ٧٠ كم/س للطرق المُعبّدة.
- سرعة تصميمية من ٣٠ كم/س إلى ٥٠ كم/س للطرق غير المُعبّدة.

في حين ترتبط الطرق ذات الحجم المروري المنخفض للغاية بالسرعات التصميمية التالية:

- سرعة تصميمية من ٣٠ كم/س إلى ٥٠ كم/س للطرق المُعبّدة.
- سرعة تصميمية من ٢٠ كم/س إلى ٤٠ كم/س للطرق غير المُعبّدة.

٨-٣ القطاعات العرضية:

٨-٣-١ ملاحظات عامة:

بالنسبة للطرق الريفية منخفضة الحجم المروري وطرق الوصول، ينبغي اختيار معايير ومواصفات تصميم مكونات القطاع العرضي وأبعاد عناصره المختلفة، لتكون أقل من تلك المستخدمة لتصميم الطرق الريفية ذات المسارين (المفردة) الموضحة في الباب (٥). ينبغي أيضًا التحقق من اتساق الأجزاء المتتالية في حال تطبيق قطاع عرضي مختلف لتحقيق التوحيد النسبي بينها. كما ينبغي تصميم المقاطع الانتقالية للطريق لتكون متسقة ويمكن تمييزها وتحديدها بسهولة من قبل سائقي المركبات واستخدام وسائل وتجهيزات التحكم المروري من لافتات وعلامات/خطوط أرضية لتوفير بيئة أمنة للطريق.

٨-٣-٢ مكونات القطاع العرضي:

عناصر التصميم الرئيسة لتقييم القطاع العرضي النموذجي المستخدم للطرق الريفية منخفضة الحجم المروري هي:

- ينبغي تحديد عرض المسار ليكون بعرض يتراوح من ٢,٥٠ م إلى ٣,٠٠ م في الطرق منخفضة الحجم المروري، بينما يمكن استخدام ٢,٠٠ م حتى ٢,٥٠ م للطرق المنخفضة الحجم المروري للغاية.
- ينبغي تحديد عرض كتف الطريق (المُعبّد أو غير المُعبّد) ليكون بعرض ٠,٥ م في الطرق منخفضة الحجم المروري، بينما لا يلزم وجود كتف للطرق المنخفضة الحجم المروري للغاية.
- ينبغي أن تكون كميات الاعمال الترابية للطريق (القطع والردم) أقل ما يمكن من أجل تقليل تكلفة الإنشاء. بالنظر إلى هذا المبدأ الرئيس، فإن جسور الطرق (embankments) المنخفضة (المقاطع الناتجة من أعمال الحفر والردم) يجب أن تقتصر ميولها العرضية على ٢ أفقي:١ رأسي. بالنسبة لجسور الطرق المرتفعة، يمكن استخدام ميول عرضية أكثر انحدارًا (٣ أفقي:٢ رأسي)، أما بالنسبة لأعمال القطع الأعلى، ينبغي إجراء تحليلات جيوتقنية بسبب اختلاف مواد الإنشاء في الموقع (التربة، وأشباه الصخور، والصخور، إلخ).
- في مناطق الحفر، ينبغي توفير خنادق غير مبطنة على شكل حرف (V) بالإنجليزية بحد أدنى للعمق لا يقل عن ٠,٦ م. يمكن تطبيق أنواع مختلفة من التشكيلات الجانبية الهيدروليكية مثل الخندق العمودي أو شبه المنحرف المبطّن وفقًا لمتطلبات كود الطرق السعودي ٣٠٢ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي).

يمكن استخدام حواجز السلامة للطرق منخفضة الحجم المروري المصممة لسرعة أعلى وفقًا لمتطلبات كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة).

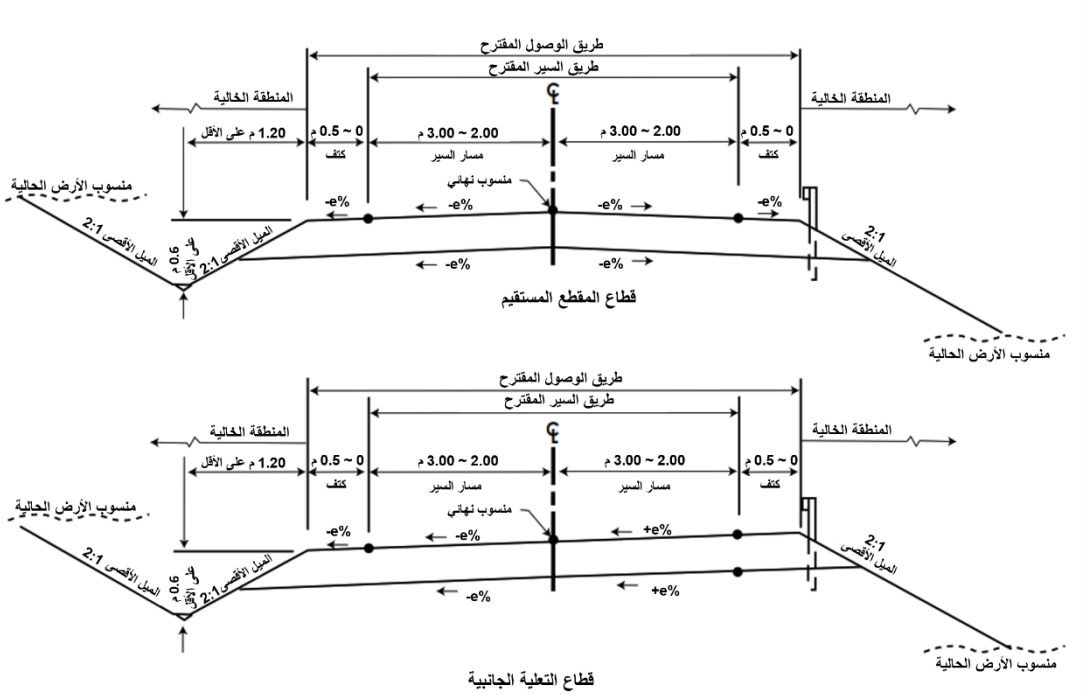
يُصمّم هيكل الرصف المطلوب وفقًا لمتطلبات كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف).

٨-٣-٣ الخلوص الأفقي والرأسي بالقطاع العرضي:

ينبغي ألا يقل إجمالي الخلوص الرأسي في الطرق الريفية منخفضة الحجم المروري عن ٤,٥٠ م. قد ينحصر الخلوص الإجمالي عند ٣,٠٠ م في حالة الطرق الريفية منخفضة الحجم المروري للغاية حيث يتوفر مسار طريق بديل يلبي المتطلبات المذكورة أعلاه. ومع ذلك، يمكن اختيار خلوص رأسي بقيمة أعلى، كلما أمكن ذلك. وكمبدأ أساسي لتصميم القطاع العرضي للطرق، يكون توفير خلوص رأسي إجمالي قدره **٥,٥٠ م** إلزاميًا. يمكن إبقاء الخلوص الأفقي/العرضي للطرق الريفية منخفضة الحجم المروري عند أدنى مستوى ممكن، وحتى صفر، ولكن يفضل ألا تقل المسافة عن ٠,٥ م من خط الحافة.

٨-٣-٤ القطاعات العرضية النموذجية:

تُعرض القطاعات العرضية النموذجية للمقاطع المستقيمة وذات التعلية الجانبية، للطرق الريفية منخفضة الحجم المروري في الشكل (٨-١).



الشكل (٨–١) القطاع العرضي النموذجي للطرق الريفية منخفضة الحجم المروري (المصدر: رسومات ولاية تينيسي القياسية - وزارة النقل).

ينطبق الجدول (٨-١) على الشوارع الحضرية منخفضة الحجم المروري:

الجدول (٨–١) إرشادات العرض الكلي الطريق في حال الإنشاء الجديد للشوارع الحضرية السكنية ذات المسارين.

كثافة التطوير	الوحدات السكنية لكل فدان إجمالي *	عدد القنوات **	إجمالي عرض الطريق (م) مع توفُّر مواقف السيارات على:	
			كلا الجانبين	جانب واحد فقط
منخفضة	أقل من أو تساوي ٢,٠	٢	٦,١ ~ ٦,٧	٥,٥
متوسطة	٢,٠ إلى ٦,٠	٣	٧,٩ ~ ٨,٥	٧,٣
مرتفعة	٦,٠ إلى ١٠,٠	٤	٩,٢ ~ ٩,٨	٨,٥
مرتفعة جداً	أكبر من أو تساوي ١٠,٠	٤	١٠,٤ ~ ١١,٦	٩,٨

ملاحظات:

* تشمل المساحة بالفدان الإجمالية الأراضي المستخدمة للطريق أو الأزقة ومسارات المشاة والدراجات، أو حقوق الارتفاق، أو المتنزهات أو المدارس أو مرافق الحي الأخرى؛ استخدم متوسط الكثافة لكلا جانبي الشارع.

** يمثل عدد القنوات عدد مسارات الحركة المرورية والمواقف؛ بالنسبة للتطوير منخفض الكثافة ومتوسط الكثافة، فإن احتمالية مواقف السيارات وحجم الحركة المرورية منخفضة وقد تتوقف المركبات المتوقفة من حين لآخر في مسار مخصص للحركة المرورية، حسب الحاجة.

وتجدر الإشارة إلى أن الطرق منخفضة الحجم المروري المحددة قد تكون أوسع أو أضيق بناءً على الاعتبارات والعوامل الخاصة بالموقع.

على الجسور، يمكن توفير الجسور ذات المسار الواحد على الطرق ذات المسار الواحد وذات المسارين بأحجام مرورية تصميمية أقل من ١٠٠ مركبة/يوم. الحد الأدنى لعرض الجسر ذي المسار الواحد ٤,٥ م. وينبغي تجنب الجسور ذات المسار الواحد التي يزيد عرضها عن ٥,٠ م نظرًا لأن السائقين قد يخلطون بينها وبين الجسور ذات المسارين.

٨-٤ المحاذاة:

٨-٤-١ ملاحظات عامة:

تُصمّم الطرق الريفية منخفضة الحجم المروري فيما يتعلق بعناصر التخطيط، والقطاع الطولي، والتعلية الجانبية، وغيرها، وفق اعتبارات السلامة وبشكل أساسي على ديناميكيات المركبات للحصول على تصميم وسرعات تشغيلية أعلى. بالإضافة إلى ذلك، تراعى خصائص المركبة التصميمية لسرعات تشغيل أقل (تصل إلى ٣٠ كم/س) وخاصة في المنحنيات الحادة (منعطفات دبوس الشعر) في المناطق الجبلية والميول الشديدة.

ينطبّق معياران رئيسان فيما يتعلق باعتبارات السلامة للطرق منخفضة الحجم المروري:

- الفروق الكبيرة في تكاليف الإنشاء والصيانة.
- التأثيرات المقدّرة لتكرار حوادث المرور أو شدتها.

تعد العوامل الأخرى خلاف العاملين المذكورين أعلاه، مثل مستوى الخدمة، الوفورات في زمن الانتقال، ذات أهمية ثانوية في تصميم الطرق منخفضة الحجم المروري وطرق الوصول.

فيما يتعلق بالطرق منخفضة الحجم المروري للغاية، ينطبق تقييم المخاطر التالي:

- بالنسبة للمرافق الحضرية أو بشكل عام المرافق ذات السرعة المنخفضة، فإن التصميم الذي لا ينتج عنه أكثر من حادث مروري إضافي واحد لكل كيلومتر من طول الطريق كل ٦ إلى ١٠ سنوات يعد خطراً مقبولاً.
- بالنسبة للمرافق الريفية أو بشكل عام المرافق ذات السرعة العالية، فإن التصميم الذي لا ينتج عنه أكثر من حادث مروري إضافي واحد لكل كيلومتر من طول الطريق كل ١٠ إلى ١٥ سنوات يعد خطراً مقبولاً.

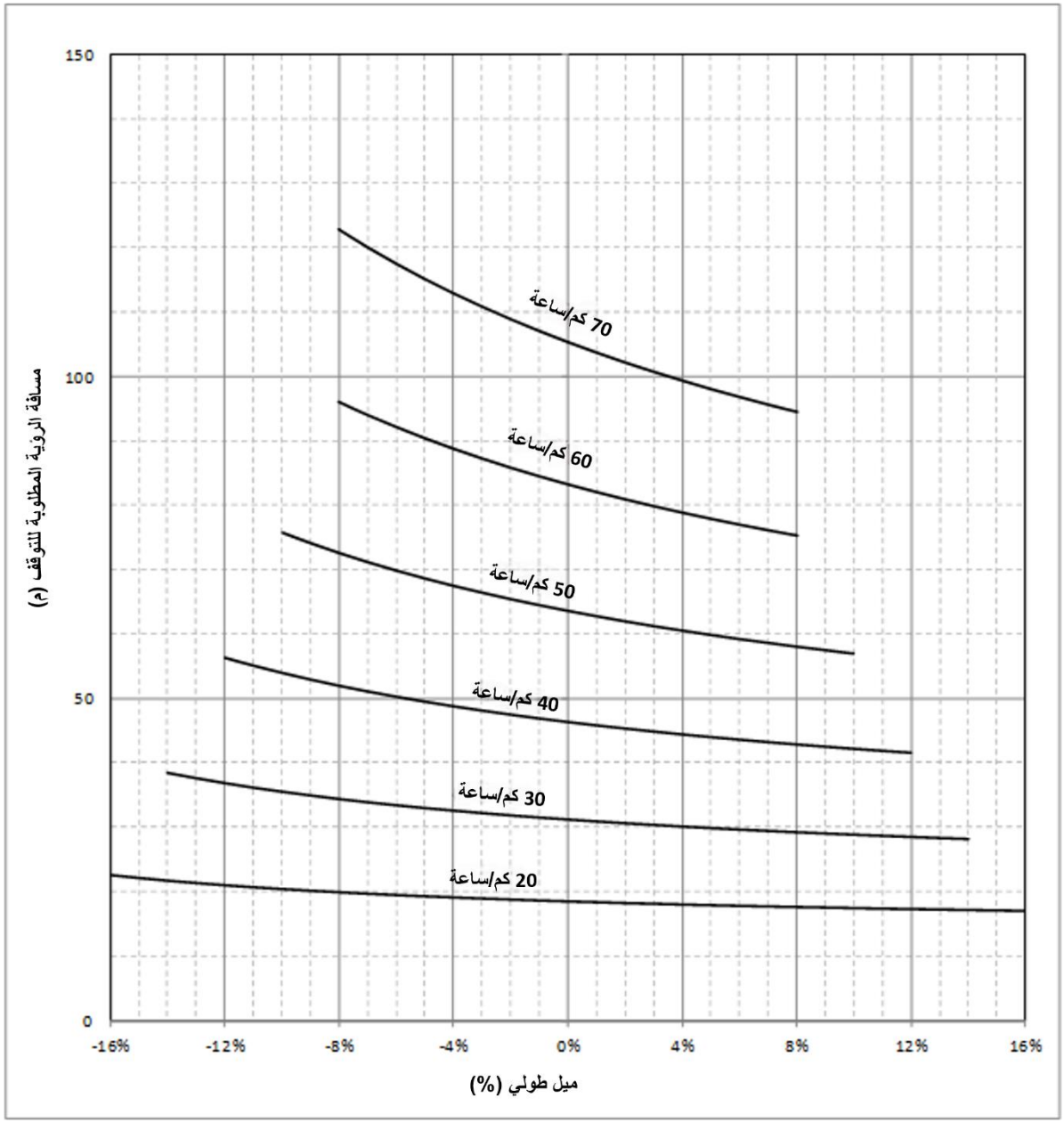
يُتوقّع أن تساعد العتبات أعلاه المصمم في ممارسة حكم هندسي مناسب في اختيار أي قيمة تصميمة تتوافق مع متطلبات الطرق منخفضة الحجم المروري وتلك المنخفضة الحجم المروري للغاية، سواء كانت تلك القيمة قيمة حدودية أم لا.

٨-٤-٢ مسافة الرؤية:

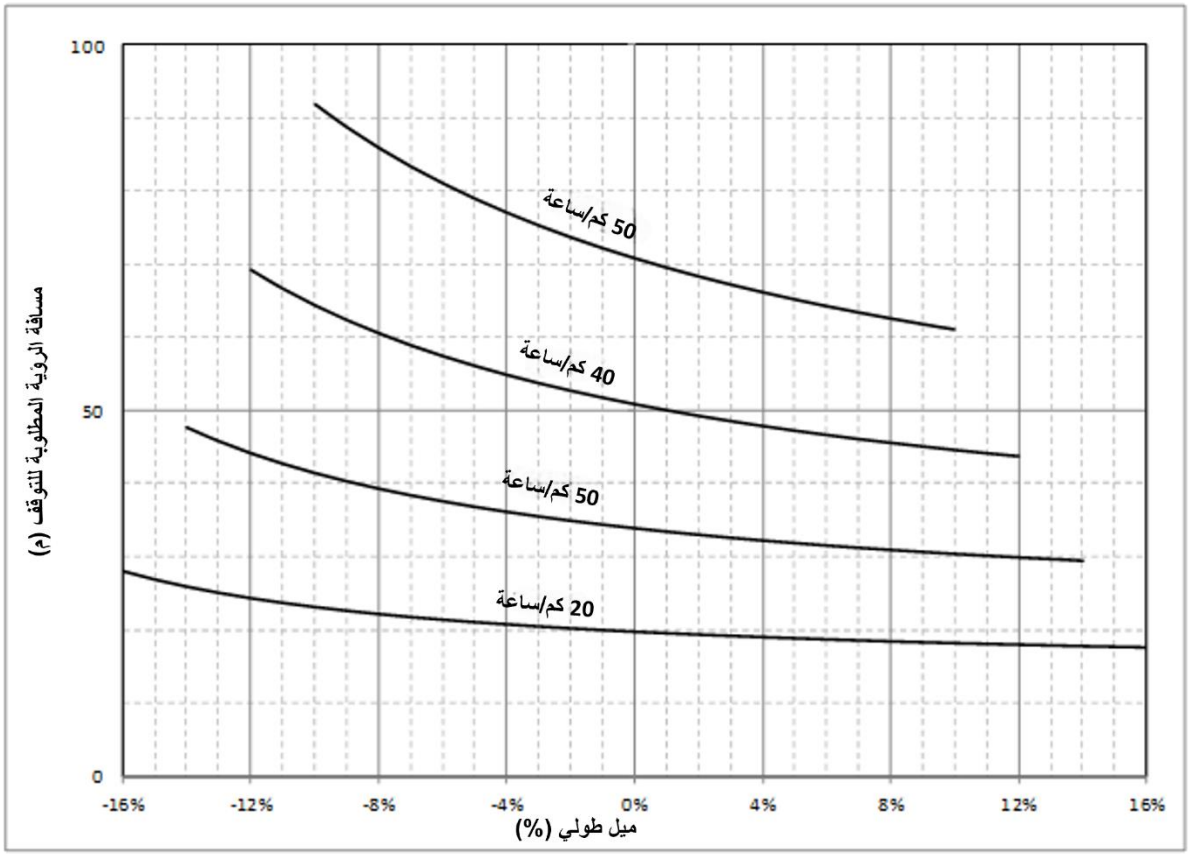
تعد مسافة الرؤية الكافية (مسافة الرؤية للتوقف ومسافة الرؤية للتجاوز) على الطرق منخفضة الحجم المروري أيضًا عاملاً مهمًا بشكل خاص، لذا يجب على المصمم التحقق من توفر مسافة الرؤية للتوقف الكافية على كامل طول المحاذاة، كما ينبغي توفر مسافة الرؤية للتجاوز على جزء من المحاذاة وفقاً لظروف الموقع وقيود طبوغرافية المنطقة. ينبغي توفر مسافة الرؤية للتجاوز بنسبة لا تقل عن ٢٠ % من كامل طول الطريق في التضاريس الجبلية، وبنسبة لا تقل عن ٥٠ % في التضاريس العادية.

مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف:

ينبغي أن تكون الأجسام الموجودة داخل سطح الطريق ملحوظة من مسافة بعيدة، مما يسمح للسائق بإيقاف المركبة، أثناء القيادة بالسرعة التصميمية المحددة مسبقًا (مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف). بالنسبة للطرق غير المُعبّدة، يكون الاحتكاك عادة أقل بكثير منه في الطرق المُعبّدة. أُفترض أن هذا الانخفاض يساوي ٨٠ % في الطرق غير المُعبّدة مقارنةً بالطرق المُعبّدة، ولكن هذا يعتمد على مدى تماسك الطبقة السطحية الركامية ودرجة جفافها دون وجود حصى متخلخل. يوضح الشكل (٨-٢) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف وفقاً للميل الطولي والسرعة التصميمية للطرق الريفية المُعبّدة منخفضة الحجم المروري، بينما ينبغي استخدام الشكل (٨-٣) للطرق غير المُعبّدة.



الشكل (٨–٢) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب السرعة التصميمية والميل الطولي للطرق الريفية المُعبّدة منخفضة الحجم المروري.



الشكل (٨–٣) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف مع مراعاة السرعة التصميمية والميل الطولي للطرق الريفية غير المُعبّدة منخفضة الحجم المروري.

مسافة الرؤية المتاحة:

ينبغي حساب مسافة الرؤية المتاحة من خلال المحاذاة الأفقية والرأسية، وأيضًا مع مراعاة عناصر القطاع العرضي وتكوين المنطقة المحيطة. وترتبط بالأشعة البصرية بين موضع عين السائق وموضع العائق على سطح الطريق. يقع كل من موضع العين وموضع العائق على ارتفاع ١,٠٨ م فوق مسار المرور أو الخط المركزي للرصف.

مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز:

مسافة الرؤية للتجاوز هي مسافة الرؤية الدنيا التي يجب توفرها لتمكين سائق مركبة من تجاوز مركبة أخرى بأمان وراحة، دون التأثير على سرعة المركبة في الاتجاه المعاكس التي تسير بالسرعة التصميمية. يجب التحقق من توفر مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز في الطرق منخفضة الحجم المروري وفقًا للطريقتين (١) و (٢) الواردة في الجزء (٤-٦-٢-٣) الموضحة في الجدول (٨-٢).

الجدول (٨–٢) مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية المُعبّدة وغير المُعبّدة منخفضة الحجم المروري (Method 1: AASHTO, 2018; Method 2: TxDOT, 2022).

السرعة التصميمية (كم/س)	مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز (م)	
	الطريقة (١)	الطريقة (٢)
٢٠	١٣٠	١٠٠
٣٠	٢٠٠	١٢٠
٤٠	٢٧٠	١٤٠
٥٠	٣٤٥	١٦٠
٦٠	٤١٠	١٨٠
٧٠	٤٨٥	٢١٠

٨-٤-٣ المحاذاة الأفقية:

بالنسبة للطرق الريفية منخفضة الحجم وللتصميم وسرعة التشغيل الأعلى، من الضروري حساب حدود قيم المحاذاة الأفقية والرأسية من حيث سلوك القيادة، بينما في الطرق الريفية منخفضة السرعات ينبغي النظر في القضايا الحرجة فيما يتعلق بالمركبة التصميمية. من ناحية أخرى، يمكن تطبيق نوعين مختلفين من الرصف (الأسطح المعبدة وغير المعبدة) وبالتالي فإن حدود نصف قطر المنحنى الدائري المحسوبة بناءً على عامل الاحتكاك الجانبي ستكون مختلفة في كلتا الحالتين.

بالنسبة للطرق غير المُعبّدة، يكون الاحتكاك عادة أقل بكثير منه في الطرق المُعبّدة. أُفترض أن هذا الانخفاض يساوي ٨٠ % في الطرق غير المُعبّدة مقارنةً بالطرق المُعبّدة، ولكن هذا يعتمد على مدى تماسك الطبقة السطحية الركامية ودرجة جفافها دون وجود حصى متخلخل. السطح ضعيف الارتباط مع العديد من الحبيبات السائبة له قيمة احتكاك منخفضة جدًا ويجب مراعاة ذلك في التصميم.

هنالك عنصر آخر ذو علاقة بديناميكيات المركبة، وهو أقصى معدل تعلية جانبية مُطبّق، والذي يجب أن يكون محصورًا عند ١٢ % للطرق المُعبّدة، بينما يجب تقليله إلى ٨ % في الطرق غير المُعبّدة.

تُعرض قيم الاحتكاك الجانبي والحد الأدنى لأنصاف أقطار المنحنيات الدائرية وأطوالها للطرق المُعبّدة وغير المُعبّدة في الجدول (٨-٣) والجدول (٨-٤)، على التوالي.

الجدول (٨–٣) عامل الاحتكاك الجانبي والطول الأدنى للمنحنى الدائري وأنصاف الأقطار حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية منخفضة الحجم المروري المُعبّدة.

السرعة التصميمية (كم/س)	عامل الاحتكاك الجانبي	الطول الأدنى للمنحنى الدائري (م)	الحد الأدنى لأنصاف أقطار المنحنيات الدائرية (م)				
			الحد الأقصى لمعدل التعلية الجانبية (%)				
			٤,٠٠٪	٦,٠٠٪	٨,٠٠٪	١٠,٠٠٪	١٢,٠٠٪
٢٠	٠,٣٥	١٥	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠
٣٠	٠,٢٨	٢٠	٢٥	٢٥	٢٠	٢٠	٢٠
٤٠	٠,٢٣	٢٥	٥٠	٤٥	٤٥	٤٠	٤٠
٥٠	٠,١٩	٣٠	٩٠	٨٠	٧٥	٧٠	٦٥
٦٠	٠,١٧	٣٥	١٣٥	١٢٥	١١٥	١٠٥	١٠٠
٧٠	٠,١٥	٤٠	٢٠٥	١٨٥	١٧٠	١٥٥	١٤٥

الجدول (٨–٤) عامل الاحتكاك الجانبي والطول الأدنى للمنحنى الدائري وأنصاف الأقطار حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية منخفضة الحجم المروري غير المُعبّدة.

السرعة التصميمية (كم/س)	عامل الاحتكاك الجانبي	الطول الأدنى للمنحنى الدائري (م)	الحد الأدنى لأنصاف أقطار المنحنيات الدائرية (م)		
			الحد الأقصى لمعدل التعلية الجانبية (%)		
			٤,٠٠٪	٦,٠٠٪	٨,٠٠٪
٢٠	٠,٢٨	١٥	١٠	١٠	١٠
٣٠	٠,٢٢	٢٠	٣٠	٣٠	٢٥
٤٠	٠,١٨	٢٥	٦٠	٥٥	٥٠
٥٠	٠,١٥	٣٠	١٠٥	٩٥	٩٠

بالنسبة للسرعة التصميمية التي تصل إلى ٣٠ كم/ساعة، فإن المنحنيات الانتقالية (الحلزونية) ليست ضرورية. في حال توفير منحنيات انتقالية بين الأجزاء المستقيمة والمنحنيات الدائرية فإن الحدود الدنيا/القصوى والقيم الموصى بها لمعلّمات المنحنى الانتقالي وأطوال المنحنيات الانتقالية هي كما مُلخصة في كل من الجدول (٨-٥) والجدول (٨-٦)، على التوالي. تُعرف منحنيات الانتقال رياضيًا وفقًا للملحق (أ-٢).

الجدول (٨–٥) الحدود الدنيا لمعلّمات المنحنى الانتقالي والحدود القصو لأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية منخفضة الحجم المروري (المُعبّدة وغير المُعبّدة).

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	الحد الأدنى لطول المنحنى الانتقالي (م)	الحد الأقصى لنصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي (م)
٢٠	١٥	١١	٢٤
٣٠	٢٠	١٧	٥٣
٤٠	٣٠	٢٢	٩٥
٥٠	٤٥	٢٨	١٤٨
٦٠	٦٠	٣٣	٢١٣
٧٠	٨٠	٣٩	٢٩٠

الجدول (٨–٦) القيم الموصى لمعلّمات المنحنى الانتقالي وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية منخفضة الحجم المروري (المُعبّدة وغير المُعبّدة).

السرعة التصميمية (كم/س)	قيمة معلّم المنحنى الانتقالي "A" الموصى بها (م)	الطول الموصى به للمنحنى الانتقالي (م)	نصف القطر الموصى به لتطبيق المنحنى الانتقالي (م)
٢٠	١٥	١٥	١٠٠
٣٠	٢٥	٢٥	٢٥٠
٤٠	٤٠	٤٠	٤٠٠
٥٠	٦٥	٦٠	٥٠٠
٦٠	٩٠	٧٠	٨٠٠
٧٠	١١٥	٨٠	١,٠٠٠

٨-٤-٤ المحاذاة الرأسية:

لأغراض تشغيل حركة المرور، خاصة بالنسبة للمركبات الثقيلة، ينبغي ألا تتجاوز الميول القصوى القيم الواردة في الجدول (٨-٧). بالنظر إلى أن الميول المُختارة في تصميم الطرق منخفضة الحجم المروري عند السرعات التصميمية المنخفضة قد يكون لها تأثير كبير على الأداء التشغيلي للمركبات الثقيلة، ينبغي بذل جهد خاص لتقليل تلك الميول قدر الإمكان (إن أمكن حتى ٨,٠ % كحد أعلى). في تصميم الطرق غير المُعبّدة، ينبغي تقليل الميل الطولي المرغوب والحد الأقصى المسموح به إلى ما نسبته ٧٥ % إلى ٨٠ % من تلك للطرق المُعبّدة.

الجدول (٨–٧) الميول الموصى بها حسب السرعة التصميمية للطرق المنخفضة الحجم المروري المُعبّدة.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد المرغوب فيه للميل الطولي (G) (%)	الحد الأقصى المسموح به للميل الطولي G (%)
٢٠	١٠,٠	١٦,٠
٣٠	٩,٠	١٤,٠
٤٠	٨,٠	١٢,٠
٥٠	٧,٠	١٠,٠
٦٠	٦,٠	٨,٠
٧٠	٥,٠	٦,٠

في حالات صعبة معينة وفقط لأجزاء صغيرة من الطرق الريفية المنخفضة الحجم المروري، يمكن تجاوز الحد الأقصى للميول الطولية الموضحة في الجدول (٨-٧).

من الضروري أن تكون التغيرات في ميول القطاعات الطولية للطرق الريفية المنخفضة الحجم المروري منحنية. تُقرب منحنيات القمة والقاع الرأسية من خلال تنفيذ منحنى دائري. تُقرب المنحنيات الرأسية الدائرية باستخدام منحنى القطع المكافئ التربيعي (انظر الملحق أ-٣). تُعرض القيم الموصى بها لمعدّل تغيُّر الانحناء الرأسي "K" (طول المنحنى الرأسي لتحقيق تغير بنسبة ١,٠٠٪ في الميل الطولي) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية، والقيم الدنيا لأطوال المنحنيات الرأسية للطرق المُعبّدة وغير المُعبّدة في الجدول (٨-٨)، مع الأخذ في الاعتبار أن عين السائق على ارتفاع ١,٠٨ م، في حين أن الأجسام على سطح الطريق (العوائق) على ارتفاع ٠,٦٠ م لمسافة الرؤية للتوقف وعلى ارتفاع ١,٠٨ م لمسافة الرؤية للتجاوز، وفق إرشادات (AASHTO). بالنسبة للطرق غير المُعبّدة، يلزم زيادة مسافة الرؤية للتوقف (انظر الجزء الفرعي ٨-٤-٥) بسبب الاحتكاك الطولي المحدود المطبق وكذلك زيادة القيم الموصى بها لمعدَّل تغيُّر الانحناء (K) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية الموضحة في الجدول (٨-٧).

في حال الطرق منخفضة الحجم المروري للغاية، يمكن اختيار أنصاف أقطار رأسية أصغر.

الجدول (٨–٨) القيم المُوصى بها لمعدَّل تغيُّر الانحناء (K) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية المنخفضة الحجم المروري (الطرق المُعبّدة وغير المُعبّدة).

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة الدنيا للمعلّم K لمنحنى القمة الرأسي (م /%)				القيمة الدنيا للمعلّم K لمنحنى القاع الرأسي (م/%)		الطول الأدنى للمنحنى الرأسي (م)
	كفاية مسافة الرؤية للتوقف		كفاية مسافة الرؤية للتجاوز		طريق مُعبّد	طريق غير مُعبّد	
	طريق مُعبّد	طريق غير مُعبّد	الطريقة (١)	الطريقة (٢)			
٢٠	١	١	٢٠	١٢	٢	٢	١٢
٣٠	٢	٢	٤٦	١٧	٥	٥	١٨
٤٠	٤	٥	٨٤	٢٣	٨	١٠	٢٤
٥٠	٦	٩	١٣٨	٣٠	١٢	١٥	٣٠
٦٠	١١	١٤	١٩٥	٣٨	١٧	٢٠	٣٦
٧٠	١٧	٢٢	٢٧٢	٥١	٢٣	٢٧	٤٢

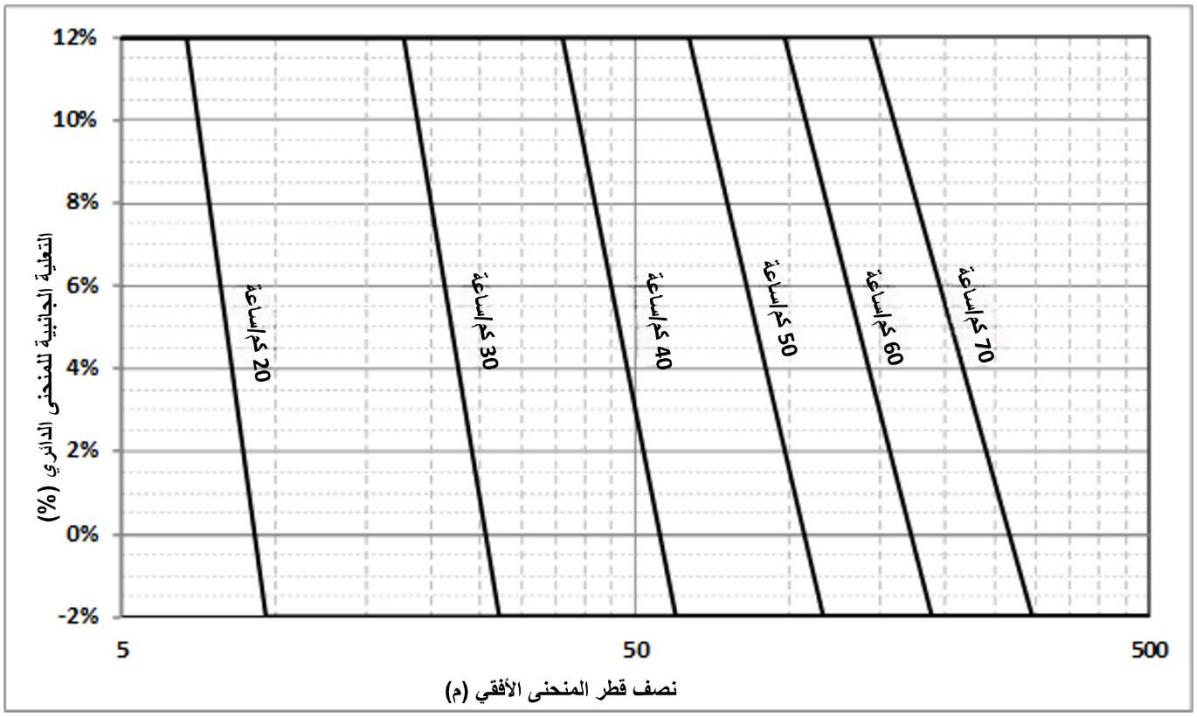
٨-٤-٥ المحاذاة ثلاثية الأبعاد:

المحاذاة ثلاثية الأبعاد لها تأثير كبير على سلوك السائق ومستوى السلامة على الطريق، خاصة بالنسبة للمحاذاة المصممة لسرعة أعلى. المحاذاة ثلاثية الأبعاد مرضية بشكل عام، عندما تكون الانحناءات في المحاذاة الأفقية والمحاذاة الرأسية للطريق تقريبًا في نفس النقطة، ويكون عدد نقاط الانعطاف في تخطيط الطريق وقطاعه الطولي متوائمة. ينبغي التحقُّق من وضوح رؤية الطريق من خلال برنامج تصميم طرق متخصص ذا قدرة على الاستشراف والمشاهدة ثلاثية الأبعاد وفحص رؤية عناصر الطريق الثلاثية الأبعاد للتحقق من مدى كفاية مسافة الرؤية للتوقف.

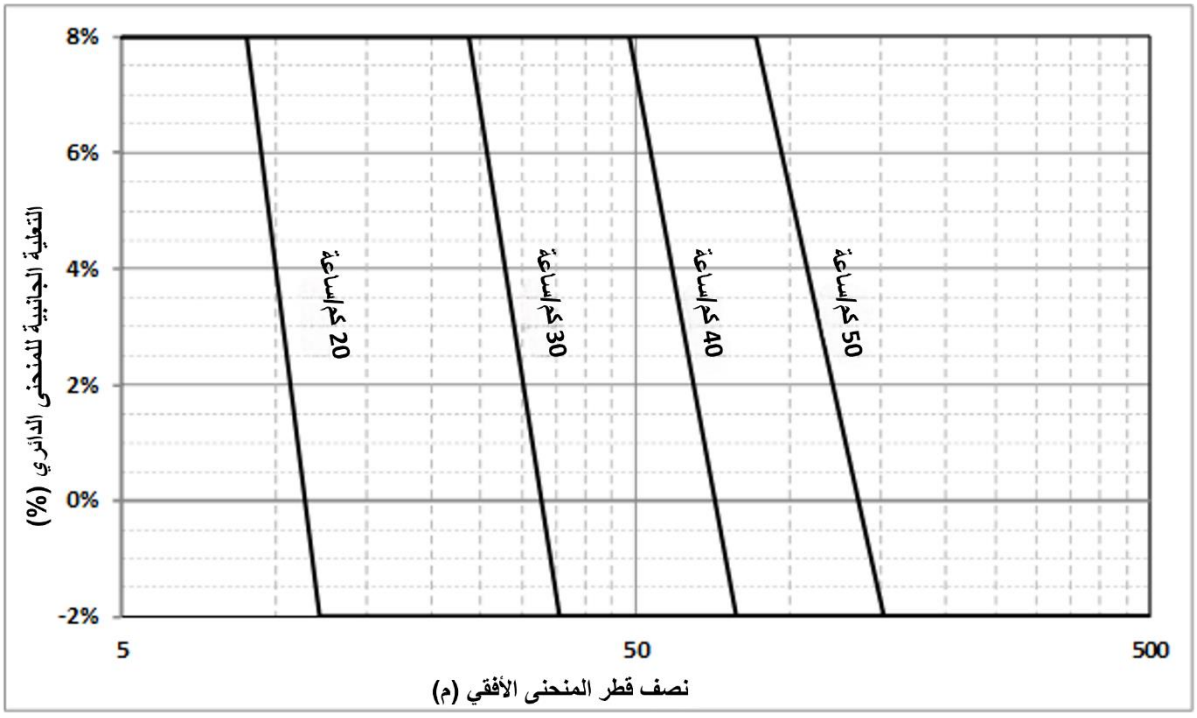
لتحسين تصميم الطرق من حيث المحاذاة ثلاثية الأبعاد، ينبغي مراعاة الإرشادات ذات الصلة في الجزء الفرعي (٥-٥-٥).

٨-٤-٦ التعلية الجانبية:

في الأجزاء المستقيمة، ينبغي أن يكون معدل التعلية الجانبية المطبق ٢,٠٪ ويفضل ٢,٥٪ للطرق المُعبّدة، بينما على الطرق غير المُعبّدة يجب زيادته إلى ٤,٠٪. في المنحنيات الأفقية، يمكن أن ينحصر الحد الأقصى لمعدل الميل العرضي عند ١٢,٠٪ باتجاه الحافة الداخلية للمنحنى الدائري للطرق المُعبّدة و٨,٠٪ للطرق غير المُعبّدة. بينما ينحصر الحد الأدنى لميل التعلية الجانبية عند ٢,٠٪ باتجاه الحافة الداخلية للمنحنى الدائري للطرق المُعبّدة و٤,٠٪ للطرق غير المُعبّدة. يوضح الشكل (٨-٤) معدلات التعلية الجانبية المطلوبة حسب نصف قطر المنحنى الدائري لجميع مستويات السرعة التصميمية للطرق المُعبّدة، بينما يمكن استخدام الشكل (٨-٥) للطرق غير المُعبّدة، كما يفضل تقريب القيم المأخوذة من كلا الشكلين إلى أقرب ٠,٥٪.



الشكل (٨–٤) التعلية الجانبية على المنحنى الدائري حسب أنصاف أقطار المنحنى الأفقي (الحد الأقصى للتعلية الجانبية = (e) 12.0%) للطرق الريفية المُعبّدة المنخفضة الحجم المروري.



الشكل (٨–٥) التعلية الجانبية (m) على المنحنى الدائري حسب أنصاف أقطار المنحنى الأفقي (الحد الأقصى للتعلية الجانبية (e) 8.0% =) للطرق الريفية غير المُعبّدة المنخفضة الحجم المروري.

في الحالات التي يكون فيها نصف قطر المنحنى الدائري أعلى من القيم المعروضة في الجدول (٨-٩)، يمكن تطبيق معدل تعلية جانبية عكسية يساوي (- ٢,٠ %) أو (- ٢,٥ %) للطرق المُعبّدة و (- ٤,٠ %) للطرق غير المُعبّدة (باتجاه الحافة الخارجية للمنحنى الدائري كما هو موضح في الشكل ٤-١٣)، في حالة وجود منطقة ذات تصريف ضعيف في هذا الحل.

الجدول (٨–٩) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار الأفقية لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية للطرق الريفية منخفضة الحجم المروري (غير المُعبّدة).

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لنصف قطر المنحنى الدائري لتطبيق التعلية الجانبية العكسية (م)		
	السطح المُعبّد		السطح غير المُعبّد
	e = - 2.00%	e = - 2.50%	e = - 4.00%
٢٠	أكبر من ١٠	أكبر من ١٠	أكبر من ١٥
٣٠	أكبر من ٣٠	أكبر من ٣٠	أكبر من ٤٠
٤٠	أكبر من ٦٠	أكبر من ٦٥	أكبر من ٨٠
٥٠	أكبر من ١٢٠	أكبر من ١٢٠	أكبر من ١٥٥
٦٠	أكبر من ١٩٠	أكبر من ٢٠٠	أكبر من ٢٤٠
٧٠	أكبر من ٣٠٠	أكبر من ٣١٠	أكبر من ٣٩٠

ترد الصيغة الرياضية والمعلمات الأساسية لحساب الحد الأدنى لطول منحدر التعلية الجانبية في القسم الفرعي (٤-٦-٦-٢).

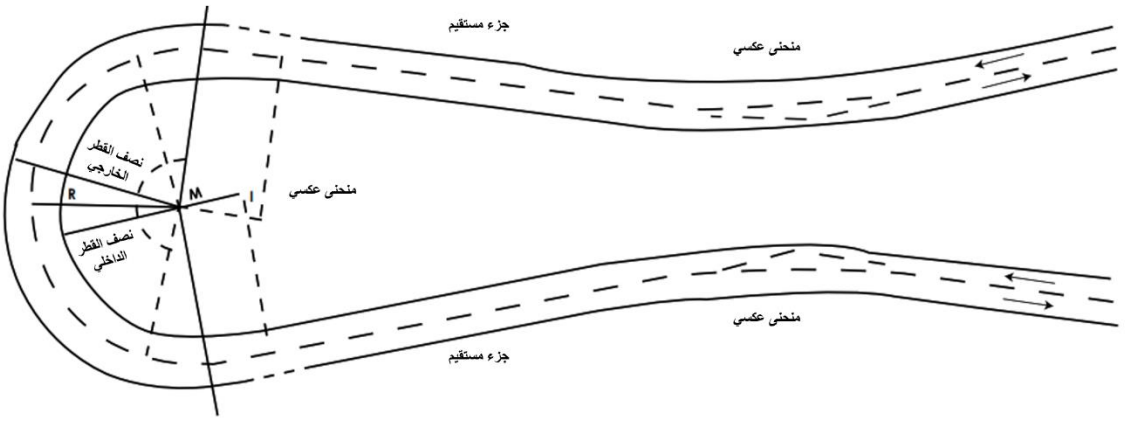
٨-٤-٧ توسيع طريق السير:

عادة لا تكون هناك حاجة لتوسيع الطريق الريفي المنخفض الحجم المروري لإضافة مسارات صعود (تسلق) أو تجاوز أو مسارات للانعطاف إلى اليسار واليمين في التقاطعات السطحية. في حال الحاجة إلى تصميم مسار للصعود أو للتجاوز لتحسين مستوى سلامة الطريق، فتحدد عناصره الهندسية طبقًا للقسمين (٧-٧-١) و (٥-٤-٦)، على الترتيب. وترد الإرشادات ذات الصلة بتصميم مسارات الانعطاف لليسار واليمين في الباب (١٠).

من ناحية أخرى، يعد توسيع مسارات المرور في المنحنيات شائعًا جدًا في الطرق الريفية المنخفضة الحجم المروري، خاصة في حالات السرعة التصميمية المنخفضة حيث يكون نصف قطر المنحنى الدائري المطبق صغيرًا جدًا. لتحديد اتساع المنحنى المطلوب، ينبغي اختيار مركبة تصميمية ومن ثم اتباع المعادلات الرياضية الواردة في القسم الفرعي (٤-٦-٦-٣). ينبغي إيلاء اهتمام خاص لتصميم المنحنيات الحادة (المنحنيات على شكل دبوس الشعر) عند المناطق الجبلية شديدة الميول حسب الإرشادات المذكورة في الجزء الفرعي التالي.

٨-٤-٨ المنحنيات الحادة على شكل دبوس الشعر:

في المناطق الجبلية حيث توجد لميول طولية حادة، لا مفر في بعض الأحيان من استخدام الانحناءات القاسية على شكل دبوس الشعر. المنحنى الذي على شكل دبوس الشعر هو منحنى على المسار الأفقي للطريق بزاوية داخلية حادة للغاية، مما يجعل من الضروري أن تنعطف المركبة القادمة أكثر من ١٨٠ درجة. يوضح الشكل (٨-٦) العناصر الهندسية للمنحنى.



الشكل (٨–٦) مخطط نموذجي لمنحنى على شكل دبوس الشعر بالمناطق الجبلية شديدة الميول.

لتصميم المحاذاة الأفقية لطريق بمنحنيات على شكل دبوس الشعر، تُحدّد عناصر المنحنى كنصف قطر المنحنى الرئيس والمنحنيات العكسية وطول الجزء المستقيم بناءً على ظروف الموقع مبدئياً، وبشكل يتلاءم مع المواصفات الهندسية المطلوبة.

قد يكون هناك سلسلة من المنحنيات التي على شكل دبوس شعر في محاذاة طريق واحدة. ينبغي أن تكون المسافة بين طرفي المنحنيين العكسيين للمنحنى الذي على شكل دبوس شعر المتجاورين كبيرةً ما أمكن ذلك. يوصى بتباعد منحنيي دبوس الشعر المتجاورين قدره ٢٠٠ م على الأقل. قد تبدو هذه القيمة مرتفعة للغاية بالنسبة لأنواع التضاريس الجبلية الوعرة، حيث يمكن تقليل هذا التباعد بين المنحنيين المتجاورين، ولكن بمسافة لا تقل عن ٦٠ م.

معلمات التصميم قبل وبعد المنحنى الذي على شكل دبوس شعر تتبع قيم التصميم المقدمة للطرق المنخفضة الحجم المروري الواردة أعلاه في الباب الحالي. تختلف قيم التصميم ضمن مسار المنحنى الذي على شكل دبوس شعر وتعرض القيم المُوصى بها في الجدول (٨-١٠).

الجدول (٨–١٠) معلمات التصميم المُوصى بها لمنحنى رئيس على شكل دبوس شعر.

المعلمة	القيمة المحدودة
السرعة التصميمية	٢٠ كم/س
نصف القطر الداخلي الأدنى	لسيارات الركاب = ٥,٠ م
	للشاحنات/الحافلات = ٨,٠ م
نصف القطر الخارجي الأدنى	لسيارات الركاب = ١٢,٠ م
	للشاحنات/الحافلات = ٢٠,٠ م
الميل الطولي الأقصى داخل المنحنى	٤,٠٪
التعلية الجانبية القصوى على المنحنى	٦,٠٪
توسيع جادة الطريق	اعتماداً على المركبة التصميمية

في منطقة المنحنى الرئيس، يعد التوسيع المطلوب لجادة الطريق من أهم مواصفات التصميم. ينبغي حساب التوسيع وفقًا للمركبة التصميمية، بينما ينبغي إجراء تحليل انتشار مسار انعطاف المركبة التصميمية باستخدام أحد برنامج المحاكاة المتخصصة المُستندة

على برنامج الرسم بالحاسب (CAD). بالنظر إلى المعلمات الأساسية للمركبة ذات المحورين، يمكن استخدام المنهجية والمعادلات التالية لتحديد عرض الطريق المطلوب داخل المنحنى الرئيس الذي على شكل دبوس شعر.

الجدول (٨–١١) معادلات تحديد أبعاد الانحناءات الأولية لمنحنى على شكل دبوس شعر في حالة التجاوز المتزامن بين مركبتين ذات محورين متعاكستين في الاتجاه (SN 640 198a-Courbes, Lacets; VSS, 2019).

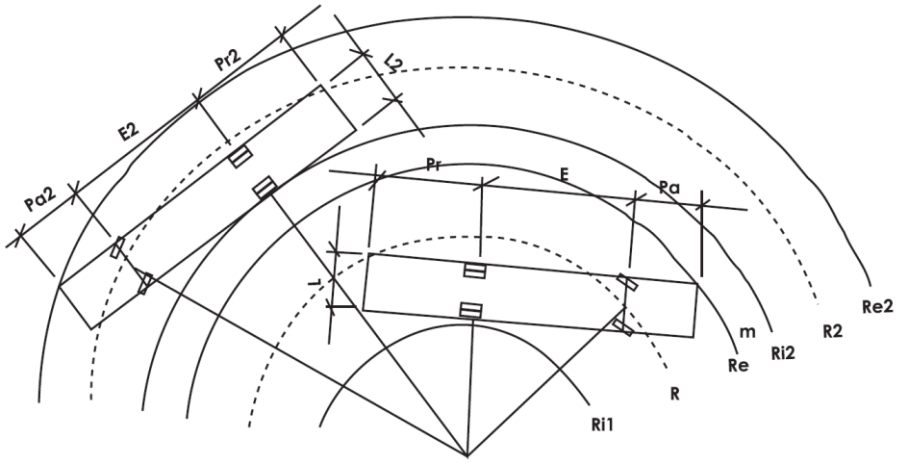
الخطوات	وفقًا للإرشادات السويسرية SNV ٦٤٠١٩٨a
١	$R_{i1} = \sqrt{R^2 - E^2} - \frac{L}{2}$
٢	$R = R_H = \sqrt{(R_{i1} + L)^2 + E^2}$
٣	$R_e = \sqrt{(R_{i1} + L)^2 + (E + P_a)^2}$
٤	$R_{i2} = R_e + m \quad (\mathrm{m} = 0.54\ \mathrm{m})$
٥	$R_2 = \sqrt{(R_{i2} + \frac{L_2}{2})^2 + E_2^2}$
٦	$R_{e2} = R_a = \sqrt{(R_{i2} + L_2)^2 + (E_2 + P_{a2})^2}$
٧	رسم عناصر هندسية متصلة (منحنيات و/أو خطوط مستقيمة) بين تاج المنحنى الذي على شكل دبوس شعر وخطوط الدخول/الخروج المستقيمة.
٨	محاكاة تحليل انتشار مسار الانعطاف وتعديل قيمة خلوص الأمان في نهاية المطاف "m". تتكرر الخطوات من ٤ إلى ٨ في هذه الحالة.
٩	النهاية

ملاحظات:

SPA = تحليل انتشار مسار الانعطاف.

D = المسافة بين مسارات الدخول/الخروج متبوعة بنقطة مركز المحور الأمامي للمركبة الداخلية.
m = خلوص الأمان.
L = عرض الحافلة.
L_2 = عرض المركبة.
E = قاعدة العجلات.
P_a = الامتداد الأمامي
R_e = نصف القطر الخارجي
R_i = نصف القطر الداخلي

يُظهر الشكل (٨-٧) التخطيط المستوي لعناصر التصميم الأولية، بينما ترد في الجدول (٨-١١) المعادلات المقابلة التي تستخدمها المواصفات السويسرية للأبعاد الأولية للمنحنى على شكل دبوس الشعر في حال التجاوز المتزامن بين مركبتين ذات محورين متعاكستين في الاتجاه. يجب إجراء تحليل انتشار مسار الانعطاف لتأكيد مخرجات هذه المعادلات.



الشكل (٨–٧) حالة التجاوز المتزامن بين مركبتين ذات محورين متعاكستين في الاتجاه على المنحنى (SN 640 198a- Courbes, Lacets; VSS, 2019).

يمكن أخذ أبعاد المركبات ذات المحورين من الأرقام الواردة في الملحق (أ-٤) بالمجلد الحالي.

٨-٥ التقاطعات:

تُستخدم التقاطعات السطحية المحكومة بلافتات إعطاء الأولوية بشكل أساسي في الطرق الريفية المنخفضة الحجم المروري. مسارات الانعطاف الإضافية لليسار (أو مسارات الانعطاف الأيمن) ليست مطلوبة عادة في الطرق الريفية المنخفضة الحجم المروري، نظرًا لانخفاض الأحجام المرورية وسرعات التشغيل. في حالة الحاجة إلى تصميم مسار إضافي للانعطاف إلى اليسار (أو مسار إضافي للانعطاف لليمين)، بغرض تحسين مستوى سلامة الطريق، تُعرض الإرشادات والتفاصيل المتعلقة بتصميم التقاطعات السطحية وعناصرها الهندسية في الباب (١٠).

٨-٦ اعتبارات السلامة:

نظرًا لانخفاض السرعة التصميمية والتشغيلية المطبقة في الطرق المنخفضة الحجم المروري، فإن قضايا سلامة الطرق محدودة مقارنة بفئات الطرق الأخرى. يُقيم المستوى المقدم من سلامة الطرق وفقًا لمتطلبات كود الطرق السعودي ٦٠٣ (سلامة الطرق). لا يُنصح بالإنفاق على تحسينات الطرق في المواقع التي يُرجح أن يكون فيها تأثير هذه التحسينات ضئيلًا على تكرار الحوادث أو شدتها.

يمكن استخدام أساليب إدارة سلامة الطرق والتنبؤ بالحوادث في الطرق المنخفضة الحجم المروري والمنخفضة الحجم المروري للغاية. لوحظ أن هذه الأساليب المستخدمة في جميع أنحاء العالم تؤكد أنه من المتوقع وقوع حوادث أقل على هذه الطرق حيث يكون متوسط المرور السنوي اليومي (AADT) أقل من ٢,٠٠٠ مركبة/يوم. ومع ذلك، فإن تقليل الحوادث على الطرق المنخفضة الحجم المروري باستخدام هذه الطرق محدود ويجب أن يركز بشكل أساسي على الطرق حيث يكون متوسط المرور السنوي اليومي (AADT) أعلى من ٢,٠٠٠ مركبة/يوم. راجع أيضًا الجزء (٨-٤-١) فيما يتعلق بنهج النظام الآمن للطرق المنخفضة الحجم المروري.

٨-٧ ملحقات الطرق المنخفضة الحجم المروري:

يمكن تزويد الطرق المنخفضة الحجم المروري بالعديد من الملحقات التي يمكن أن توضع على الأكتاف غير المُعبّدة (خارج المنطقة المُعبّدة) لتحسين بيئة الطريق، وقد تشمل، ولكن لا تقتصر على، الآتي:

- مرافق الصرف كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٣٠٢ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي).
- أنظمة تقييد المركبات كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة).
- المنافع العامة وإنارة الطرق كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٣٠٦ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - المنافع العامة، وإنارة الطرق والشوارع، وأجهزة التحكم والمراقبة).

- لافتات المرور وعلامات/خطوط الرصف كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري).

٩- تصميم طرق المركبات الثقيلة والطرق الصناعية:

٩-١ الاعتبارات العامة:

الطرق الصناعية هي طرق خاصة تُنشأ بغرض توفير الوصول إلى منطقة صناعية محددة ضمن نظام الطرق الشريانية أو التجميعية. توفر الطرق الصناعية التجميعية الوصول المباشر إلى المجمعات الصناعية وترتبط بالطرق الصناعية التجميعية والمحلية الأخرى. تمثل الطرق الصناعية فئة منفصلة لخدمة المرافق الصناعية فقط، وتتميز تدفقات المرور بهذه الطرق الصناعية بتركيبة عالية من الشاحنات. يقدم هذا الباب الإرشادات، والمواصفات، والمعايير المتعلقة بالتصميم الهندسي للطرق الصناعية ذات الحركة المرورية التي تكون فيها المركبات الثقيلة بنسبة عالية (نسبة الشاحنات تتجاوز ١٥٪ وقد تصل ٨٠٪ أو أكثر)، في المناطق الحضرية أو الريفية، أو داخل المناطق الصناعية. في بعض الحالات، قد يؤدي ذلك، على سبيل المثال، إلى اعتبار مسارات الشاحنات بتكوين مروري تصل فيه نسبة الشاحنات إلى ٢٥٪ أو أكثر، وذلك عندما يكون متوسط المرور السنوي اليومي (AADT) حوالي ١٠٠,٠٠٠ مركبة/يوم، أو ببساطة، عندما يصل عدد الشاحنات إلى ٥,٠٠٠ شاحنة/يوم. تتراوح السرعة التصميمية في الطرق المخصصة للشاحنات من ٢٠ كم/س إلى ٥٠ كم/س داخل المناطق الحضرية أو داخل المناطق الصناعية، بينما يمكن تطبيق سرعة تصميمية تصل حتى ٩٠ كم/س في المناطق الريفية.

٩-٢ مبادئ التصميم الرئيسة:

٩-٢-١ عملية التصميم:

تُصمّم الطرق الصناعية الجديدة، وكذلك أعمال إعادة الإنشاء وإعادة التأهيل وأعمال التوسيع، في عملية تدريجية تمتد عبر مراحل تصميم مختلفة (التصميم المفاهيمي والتصميم الأولي والتصميم النهائي، وما إلى ذلك). تُقدم سمات التصميم الخاصة المرتبطة بمشاريع إعادة تأهيل الطرق الريفية والحضرية (3R) وإعادة إنشائها (4R) في الباب (١٢) من هذا المجلد.

تشمل مدخلات التصميم الهندسي للطرق الصناعية بشكل عام القياسات والمسوحات الطوبوغرافية وتقارير الاستطلاع من زيارات الموقع ونتائج الاختبارات المعملية، والتوصيات بشأن القيم الدنيا لعناصر التصميم الهندسي، ونتائج التعداد المرورية، وتحليل حركة المرور والنمذجة لشبكة الطرق، والدراسات الهيدرولوجية والهيدروليكية، بالإضافة إلى الدراسات الجيوتقنية، وما إلى ذلك. بينما تشمل المخرجات بشكل عام التقارير الفنية، والتصاميم والرسومات، والتوصيات، وجداول الكميات، والمقترحات لبدائل إضافية أخرى، وربما مخرجات أخرى على أساس كل حالة على حدة.

يجب أن تتناسب درجة التفاصيل وأبعاد وحدود الدراسة مع احتياجات كل مرحلة من مراحل التصميم، بما في ذلك المحتويات والمخططات والرسومات، مع تقديم فهم واضح للتأثيرات على سياق الطريق الحالي والمستقبلي، وكذلك استثناءات التصميم المحلية والتعديلات اللازمة في التخطيط والقطاع الطولي والقطاع العرضي للطريق.

يجب أن تُقيّم تصاميم مسارات الشاحنات (المؤدية إلى المرافق الصناعية)، يتم في واحدة من حالتين، تبنّي مسارات مخصصة للشاحنات فقط في مرافق الطرق القائمة التي يُتحكم في الوصول إليها كلياً أو جزئياً، والتي تشمل الطرق السريعة والطرق شبه السريعة أو المرافق التي لا يُتحكم في الوصول إليها. أما الحالة الثانية فهي تصميم مرافق طرق خاصة بالشاحنات فقط.

لضمان تصميم طرق صناعية بشكل صحيح ودعم تطوير الصناعات المرتبطة بها، وضعت الأهداف التالية:

- عدم وجود عقبات أمام النقل التجاري من أي نوع.
- تمكن الموظفين من الوصول إلى مكان عملهم بسهولة وأمان باستخدام أي وسيلة نقل.
- معلمات وعناصر التصميم الهندسي المختارة تلبي أي احتياجات خاصة أو معينة لتطوير المرافق المحددة.
- توفير خدمات الطوارئ المناسبة.
- إدراج المسطحات الخضراء المناسبة والاحتفاظ بالموجود منها في التصميم.

وبشكل محدد فيما يتعلق بسلامة الطريق، يجب أن يأخذ تصميم الطريق في اعتباره بعناية الأحجام المرورية على الطريق المتولدة من عدد وحجم وطبيعة الوحدات الصناعية التي ستُخدم خارج الطريق. ولإيجاد بيئة آمنة بالطرق الصناعية، ينبغي حظر وصول المركبات والمشاة المباشر من الوحدات الصناعية الفردية أو استخدامات الأراضي التجارية المجاورة لمرافق مسارات الطرق الخاصة بالشاحنات، كلما كان ذلك ممكناً.

يقدم هذا الفصل إرشادات عن تصميم الطرق الصناعية كمرحلة تالية لعمليات التخطيط والدراسات الأولية الواردة في لكود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط) وكود الطرق السعودي ٢٠٣ (الدراسات الأولية)، على التوالي. تتيح هذه الإرشادات للمصممين تطبيق قيم ومواصفات محدودة لتصميم الطرق الصناعية، والتي تُصمّم عادةً باستخدام قيم معلمات هندسية أقل من فئات الطرق الأخرى، بينما في بعض الحالات التصميمية المحددة (أنصاف الأقطار في التقاطعات، ومناطق الطرق غير النافذة/المسدودة) التي ينبغي تصميمها مع مراعاة خصائص المركبة التصميمية.

٩-٢-٢ فئات الطرق الصناعية:

لضمان مستويات أفضل من سلامة الطرق وجودة التدفق المروري، يجب أن تمتثل الطرق الصناعية للفئات الوظيفية الموضحة في الجزء (٢-٣). قد تكون الطرق الصناعية طرقًا حضرية أو ريفية بحجم مروري للمركبات الثقيلة يتجاوز ١٥٪، وتنتمي في الأساس لإحدى الفئات الوظيفية التالية:

- الشوارع الحضرية المحلية (بما في ذلك الطرق داخل المناطق الصناعية).
- الشوارع الحضرية التجميعية.
- الشوارع الحضرية الشريانية.
- الطرق الريفية منخفضة الحجم المروري وطرق الوصول.
- الطرق الريفية الأخرى.

يُعرف متوسط المرور السنوي اليومي التصميمي (AADT) بأنه الحد الأقصى المتوقع لمتوسط المرور السنوي اليومي للعمر التصميمي للطريق الصناعي، وهو عادة ما يحدث عند العام العشرين بعد سنة الإنشاء (سنة الأساس). ينطبق نفس النهج المتبع لتحديد متوسط المرور السنوي اليومي التصميمي للطرق التجميعية.

٩-٢-٣ السرعات التصميمية:

الغاية عند تصميم الطرق الصناعية من فئة تصميمية معينة هو لتحديد سرعة تصميمية مناسبة تخدم التشغيل الآمن لهذا الطريق الريفي أو الحضري المحدد. بناءً على هذه السرعة التصميمية، تُحدد القيم المُحَدِّدة لمعلمات التصميم، مع الأخذ في الاعتبار -أيضًا- ديناميكيات القيادة. لذلك ترتبط الطرق الصناعية بسرعة تصميمية كالتالي:

- من ٢٠ كم/س حتى ٥٠ كم/س في المناطق الحضرية وداخل المناطق الصناعية.
- من ٤٠ كم/س إلى ٩٠ كم/س في المناطق الريفية.

٩-٣ الجوانب التصميمية المتعلقة بالمركبات الثقيلة:

ينبغي تصميم الطرق الصناعية في البيئات الحضرية لتوفير تنقل الشاحنات وإمكانية الوصول والحركة الداخلية، بينما ينبغي أن توفر البيئات الريفية تنقل الشاحنات بشكل أساسي. نظرًا لأن عرض الشاحنة يبلغ حوالي ٣,٠ م (بما في ذلك المرايا الجانبية)، فمن المهم توفير عرض مسار مناسب للسماح للشاحنة بالسير دون التعدي على مسار مرور مجاور حيث قد تصطدم بمركبة أخرى أو تُجبرها على اتخاذ مناورة مراوغة خطيرة.

يعد عرض مسار المرور أحد الاعتبارات التشغيلية الرئيسة للشاحنات في الطرق الصناعية. تتطلب الشاحنات مسارات مرور عريضة بما يكفي للتنقل والمناورة بأمان عبر المناطق المختلفة. توفر الطرق ذات التصنيف الأعلى عمومًا إمكانية التنقل للشاحنات، والوصول إلى نظام الطرق السريعة/الطرق شبه السريعة الإقليمية، ولها أحجام مرورية مرتفعة ووصولًا محدودًا الى استخدامات الأراضي المجاورة. عادةً ما تحتوي تصنيفات الطرق الأقل على أحجام مرورية أقل، ولكنها تتضمن عادةً وصولاً أكبر إلى استخدامات الأراضي المجاورة.

يعتمد تحديد عرض المسار على عدة عوامل، ويشمل ذلك ما إذا كان المسار المعني ضمن المسارات الداخلية أم الخارجية لجادة الطريق. في البيئات الحضرية، قد تكون مسارات المرور الخارجية (تلك الأقرب إلى البردورة) عبارة عن مسارات لمواقف السيارات، أو مسارات للحافلات، أو مسارات للدراجات، أو مزيج منها.

مسارات المرور الداخلية هي الأقرب إلى الجزيرة الوسطية، وقد تتضمن مسارات انعطاف، أو مسارات مستمرة للأمام، أو مزيج منهما. تعد مسارات المرور الخارجية هي الموقع المفضل لحركة مرور الشاحنات والحافلات لأن هذه المركبات تميل إلى السير بسرعة أبطأ ووتيرة تسارع أقل مقارنة ببقية المركبات الخفيفة، إضافة لوجود نقاط عمياء أساسية على الجانب الأيمن من المركبة.

ينبغي اعتبار متطلبات تصميم التقاطع وأنصاف الأقطار والعروض وفقًا للمركبة التصميمية مع مراعاة الإرشادات الواردة في الباب (١٠) من المجلد الحالي. كما ينبغي استخدام برامج حاسوبية محددة لتحليل مسار الانعطاف المتوقع للمركبات التصميمية في هذه المناطق.

بينما يمكن تطوير إرشادات إجرائية لتوفير التوجيه العام لتصميم التقاطعات للشاحنات، فيجب إنجاز التخطيط النهائي والتصميم العام الأفضل للتقاطع من قبل مصممين ذوي خبرة. قد تختلف الاعتبارات الهندسية من تقاطع لآخر، مثل: الزاوية التي تتقاطع عندها الطرق، ووجود مباني متاخمة لحرم الطريق، واستخدام مسارات للانعطاف إلى اليمين. وقد يؤثر وجود كل من استخدامات الأراضي المحيطة، وأنماط التطوير الحالية والمستقبلية، وأيضًا عوامل أخرى على قرارات محددة حول تصميم التقاطع.

بينما يمكن تطوير المبادئ التوجيهية الإجرائية لتوفير التوجيه العام لتصميم التقاطعات للشاحنات، يجب أن يستمر التصميم النهائي وأفضل تصميم عام للتقاطع من قبل المصممين ذوي الخبرة. ستختلف الاعتبارات الهندسية الأساسية مثل الزاوية التي تتقاطع عندها

الطرق، ووجود المباني المتاخمة لحق الطريق، واستخدام الممرات اليمنى من التقاطع إلى التقاطع. يمكن أن يؤثر استخدام الأراضي المحيطة وأنماط التنمية الحالية وعوامل أخرى أيضًا على قرارات محددة حول تصميم التقاطع.

٩-٤ تصميم القطاع العرضي:

٩-٤-١ ملاحظات عامة:

بالنسبة للطرق الصناعية، ينبغي أن يكون اختيار مكونات القطاع العرضي ومواصفات أبعاد كل عنصر أعلى من تلك المستخدمة في الطرق الحضرية والريفية، اعتمادًا على المركبة التصميمية والنسبة المئوية للمركبات الثقيلة وفقاً لمتوسط المرور السنوي اليومي. كما ينبغي التحقق من التوافق بين مكونات القطاعات العرضية وأجزاء الطريق المتتالية المختلفة للتأكد من توافر اتساق نسبي بينها. وينبغي تحديد نقاط الانتقال وتصميمها وفقا لذلك لتوفير مستويات أمان عالية.

بالنسبة للمرافق التي يُتحكم في الوصول إليها تحكمًا كاملًا أو محدودًا، فتنطبق ثلاث خيارات تصميمية (FDOT, 2014).

- **الخيار (١):** مسارات ذات اتجاهين مخصصة للشاحنات داخل منطقة الجزيرة الوسطية أو الجزء الداخلي من جادة الطريق مع وجود التدفق المروري المختلط على طول الجزء الخارجي جادة الطريق في كل اتجاه.
- **الخيار (٢):** مسارات ذات اتجاهين للتدفق المروري المختلط داخل منطقة الجزيرة الوسطية أو الجزء الداخلي من جادة الطريق مع وجود مسارات مخصصة للشاحنات على طول الجزء الخارجي جادة الطريق في كل اتجاه.
- **الخيار (٣):** مسارات مخصصة للشاحنات منفصلة رأسياً عن مسارات المرور المختلطة من خلال هيكل إنشائي مرفوع ومستمر.

٩-٤-٢ مكونات القطاع العرضي:

تتكون العناصر التصميمية الرئيسة لتقييم القطاع العرضي النموذجي المستخدم للطرق الصناعية من مسارات مرورية، وأشرطة حواف الطريق، وأخيرًا جزيرة وسطية واكتاف غير مُعبدّة.

ينبغي أن تكون مسارات المرور، ومسارات التسارع والتباطؤ، ومسارات الانعطاف إلى اليمين وإلى اليسار بعرض ٣,٦٥ م على الأقل. يجب أن يكون عرض الكتف المُعبّد التوجيهي خارج مسارات المرور محددًا بعرض ٠,٥٠ م إلى ٠,٧٥ م للحفاظ على سرعة السير منخفضة قدر الإمكان. في حال وجود جزيرة وسطية مرتفعة أو جزيرة وسطية مركب عندها حواجز أمان، يجب ألا يقل العرض الإجمالي المُعبّد لكل جادة طريق عن ٦,٠٠ م.

ينبغي تجنب استخدام البردورات المرتفعة وأرصفة المشاة الجانبية في المناطق الريفية، بينما في المناطق الحضرية والمناطق الصناعية ينبغي ألا يقل عرضها عن ٢,٠٠ م. عند استخدام أنظمة تقييد المركبات (انظر كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة))، فينحصر ارتفاعها عند ٠,٠٧ م.

ينبغي أن تكون الجزيرة الوسطية قابلة للاجتياز (علامات/خطوط أرضية فقط). في حال تطبيق جزيرة وسطية مرتفعة، يجب ألا يقل عرض الجزيرة الوسطية عن ٢,٥٠ م، وعادة ما تكون بدون غطاء نباتي. قد تشمل الجزر الوسطية المرتفعة أنظمة تقييد المركبات ولافتات المرور والأجهزة المضادة للوهج. يُوصى أيضًا بجزر وسطية أعرض من ٢,٥٠ م لأغراض الصيانة.

الأكتاف غير المُعبدة الموضوعة خارج المنطقة المُعبدة للطريق الصناعي، تدعم وضع مختلف ملحقات الطريق (أجهزة التحكم المروري وأعمدة الإنارة وأنظمة تقييد المركبات، وما إلى ذلك). ولتوفير مستوى أعلى للسلامة على الطرق واستيعاب المركبات المنحرفة عن الطريق، وفي الوقت نفسه، لتوفير حيز مناسب لأعمال الصيانة على جانب الطريق، ينبغي أن تتمتع الأكتاف بقدر كاف من الاستقرار في التربة وألا يقل عرضها عن ٢,٠٠ م. كما يجب تطبيق نظام صرف ملائم في مناطق أعمال القطع/الحفر (انظر كود الطرق السعودي ٣٠٢ – (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي).

ينبغي استخدام حواجز السلامة للطرق الصناعية المصممة لسرعات أعلى وفقًا لمتطلبات كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة).

تُصمّم طبقة الرصف المطلوبة وفقًا لكود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف).

٩-٤-٣ الخلوص الأفقي والرأسي للقطاع العرضي:

٩-٤-٣-١ أبعاد المركبة التصميمية:

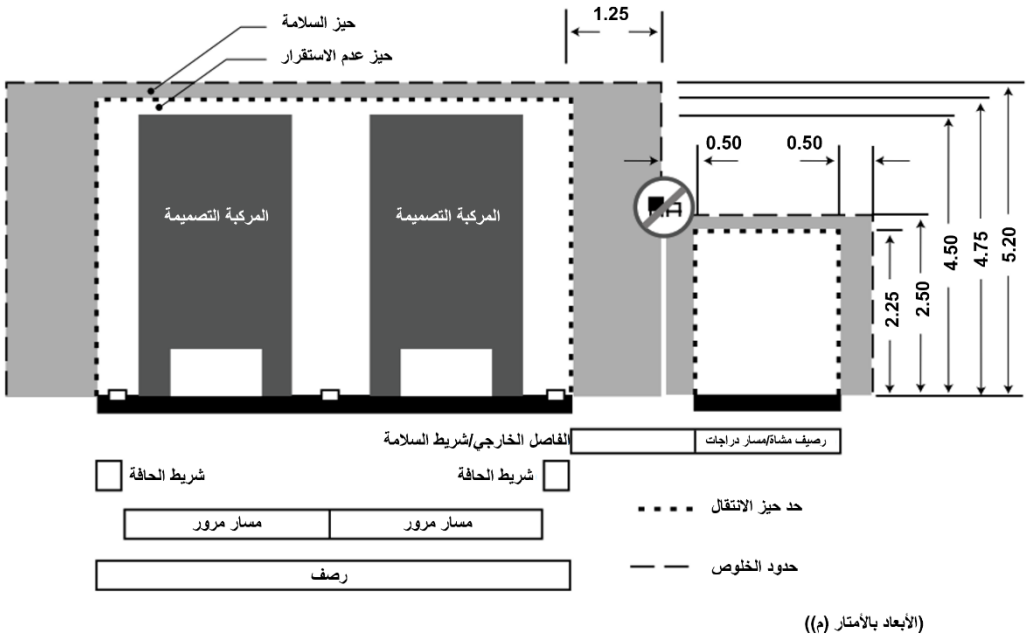
في المناطق الصناعية، ينبغي مراعاة اختيار المركبة التصميمية بما يتناسب مع احتياجات النقل الحالية والمستقبلية، لتحديد ما إذا كان ينبغي اختيار مركبة تصميمية أكبر. تُعرض أبعاد المركبة الأساسية في الجزء الفرعي (٣-٤-٣) من المجلد الحالي.

٩-٤-٣-٢ الأبعاد الأساسية لتسيير المرور:

يتضمن حيّز التموضع المكاني الآمن للمركبة أثناء سيرها على الطريق، كل من الحيّز المشغول بالمركبة التصميمية، وحيّز أمان جانبي ورأسي نتيجة عدم استقرار المركبة (منطقة عدم الاستقرار)، بالإضافة إلى حيّز أمان علوي إضافي (أعلى حدود منطقة عدم الاستقرار).

يجب ألا يقل العرض القياسي لحيّز الأمان الجانبي (الخلوص الجانبي) عن ٠,٧٥ م على جانبي المرور، يجب زيادة هذا العرض إلى ١,٢٥ م في حالة السرعة التصميمية التي تتجاوز ٧٠ كم/س.

يجب ألا يقل ارتفاع حيّز الأمان العلوي الإضافي (الخلوص العلوي) عن ٠,٣٠ م، على ألا يقل إجمالي الخلوص الرأسي عن ٥,٢٠ م، ويشمل هذا الخلوص ٠,٢٠ م للسماح بإعادة تأهيل الرصف في المستقبل، كما هو مبيّن في الشكل (٩-١). ومع ذلك، يمكن اختيار خلوص رأسي بقيمة أعلى. كمبدأ أساسي لتصميم القطاع العرضي للطرق الريفية أو الحضرية ضمن هذا المجلد، يلزم توفير خلوص رأسي إجمالي يبلغ ٥,٥٠ م وفق الاشتراطات النظامية المطبقة على كافة الطرق ومرافقها على شبكة الطرق داخل المملكة العربية السعودية.

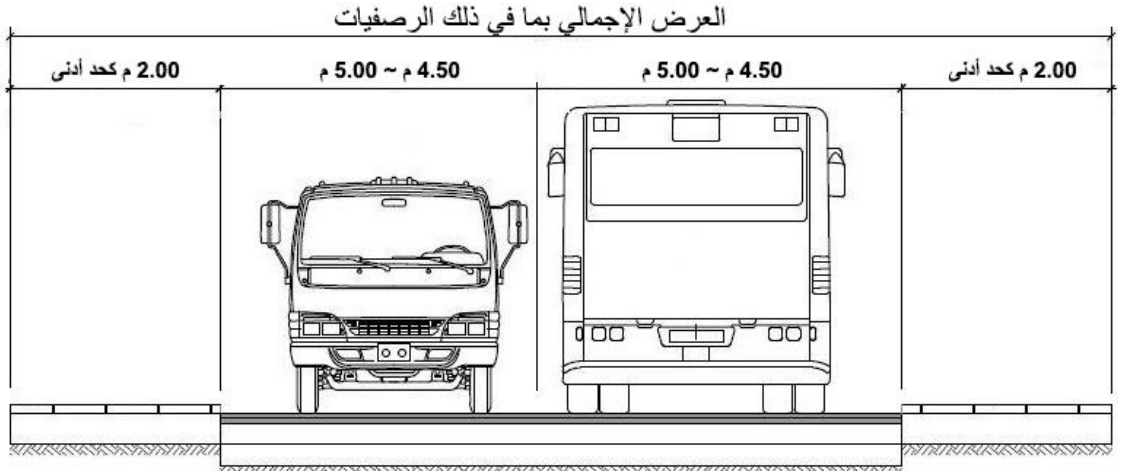


الشكل (٩–١) الأبعاد الأساسية للخلوص المروري للطرق الصناعية (For Industrial Highways FGSV, 2012).

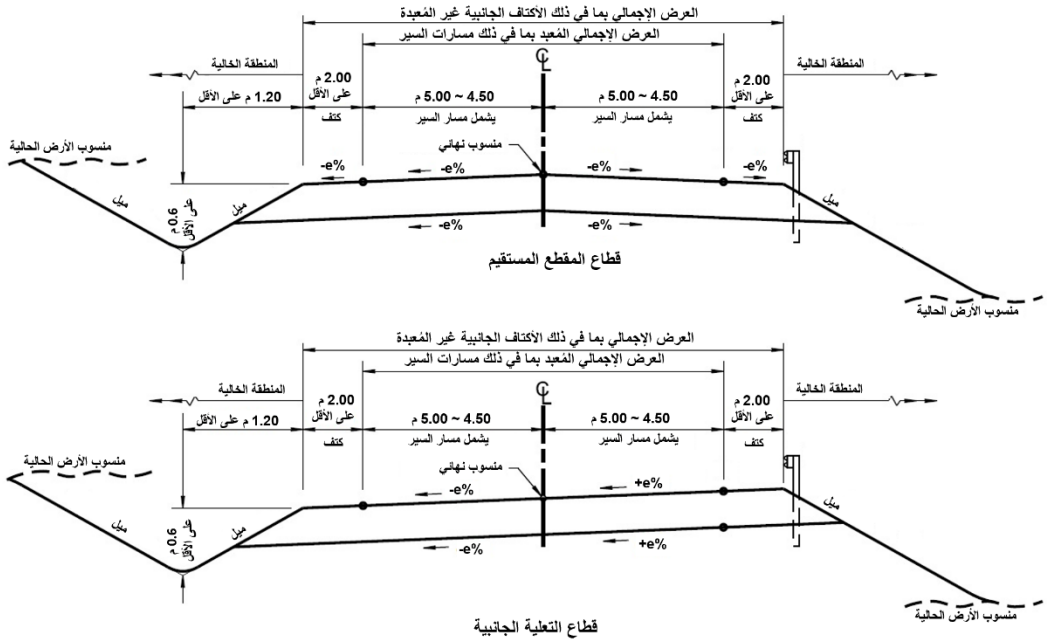
يجب الحفاظ على الخلوص الأفقي والرأسي للقطاع العرضي خالياً من العوائق. يُسمح بوضع اللافتات الرأسية على حدود خلوص القطاع العرضي. يُسمح بوضع العناصر الواقية والأجسام القابلة للتشكيل بسهولة داخل حيّز الأمان الجانبي (الخلوص الأفقي للقطاع العرضي) بمسافة لا تقل عن ٠,٥٠ م بعيدًا عن مسارات المرور.

٩-٥ القطاعات العرضية النموذجية:

تُعرض القطاعات العرضية النموذجية للأجزاء المستقيمة والتعلية الجانبية للطرق الصناعية في البيئة الحضرية والريفية في الشكل (٩-٢) والشكل (٩-٣)، على التوالي.

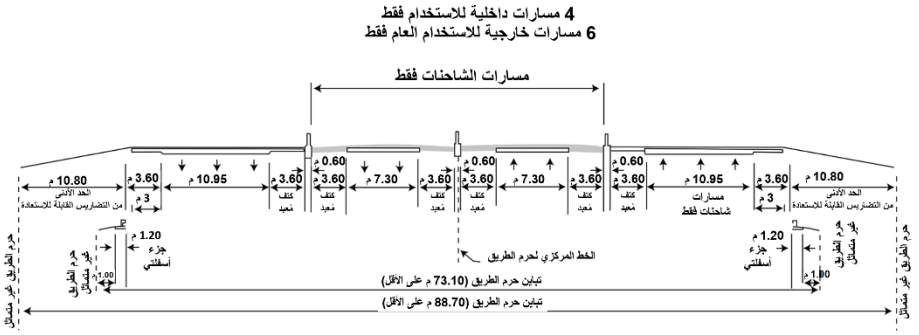


الشكل (٩–٢) القطاع العرضي النموذجي للطرق الصناعية في البيئة الحضرية.



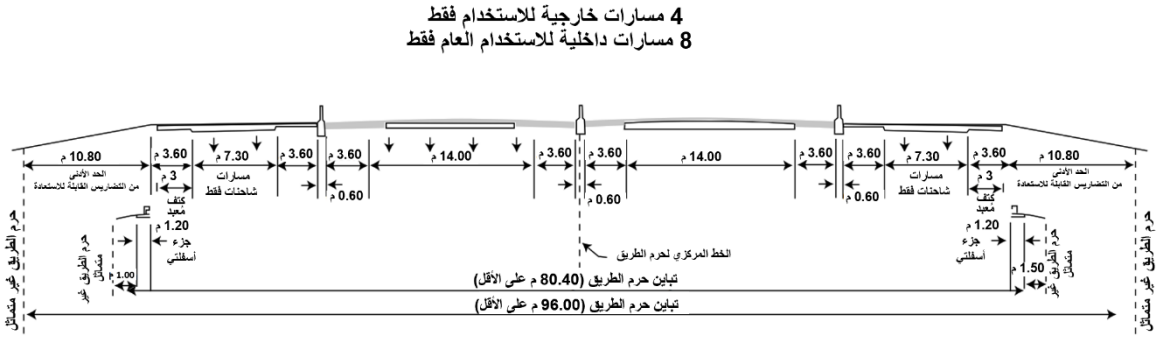
الشكل (٩–٣) القطاع العرضي النموذجي للطرق الصناعية في البيئة الريفية.

في حالة المرافق التي يُتحكم في الوصول إليها كلياً أو جزئيًا، يوضح الشكل (٩-٤) قطاعات عرضية نموذجية مع فصل الجزيرة الوسطية للخيار (١) من الجزء الفرعي (٩-٤-١).

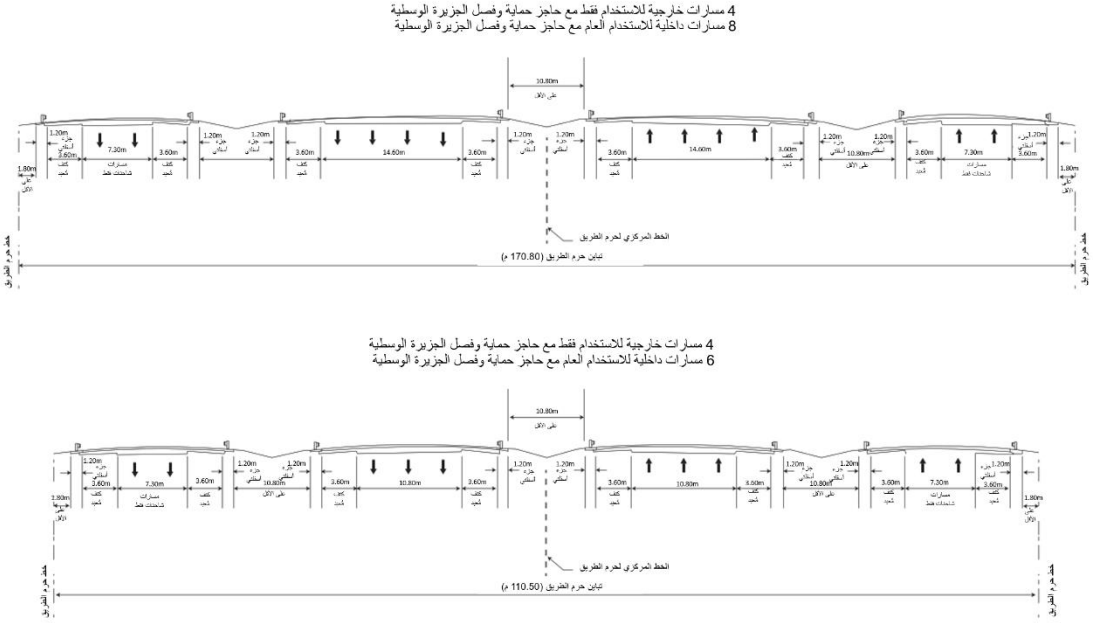


الشكل (٩–٤) قطاع عرضي نموذجي للمسارات الخاصة بالشاحنات فقط داخل الجزيرة الوسطية بدون فصل الجزيرة الوسطية (FDOT, 2014).

في حالة المرافق التي يُتحكم في الوصول إليها كلياً أو جزئيًا، يوضح الشكل (٩-٥) والشكل (٩-٦) القطاعات العرضية النموذجية للخيار (٢) من الجزء الفرعي (٩-٤-١).

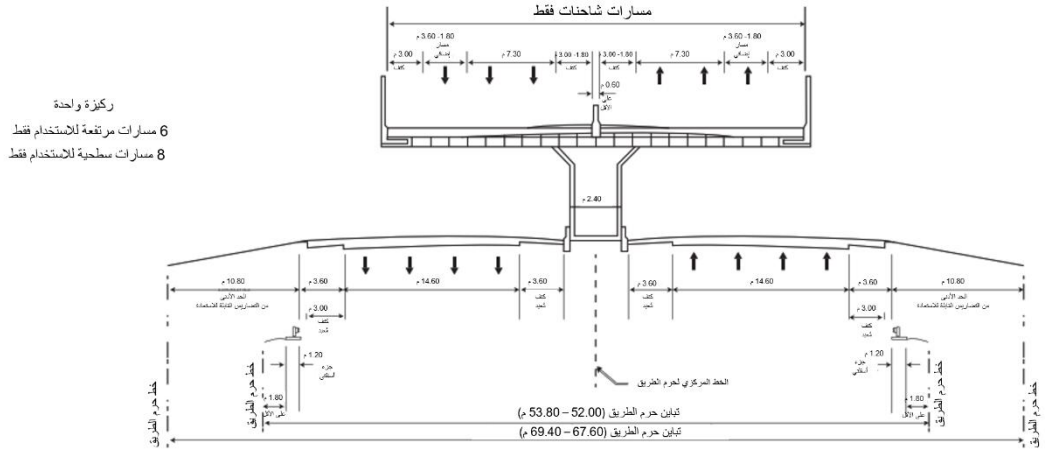


الشكل (٩–٥) قطاع عرضي نموذجي للمسارات الخارجية الخاصة بالشاحنات فقط مع الفصل الإنشائي (FDOT, 2014).



الشكل (٩–٦) قطاع عرضي نموذجي للمسارات الخارجية الخاصة بالشاحنات فقط مع الفصل المادي الخارجي (FDOT, 2014).

يُظهر الشكل (٩-٧) قطاعا عرضيًا نموذجيًا بالنسبة للمسارات المنفصلة رأسياً والمخصصة للشاحنات فقط.



الشكل (٩–٧) قطاع عرضي نموذجي لمسارات الشاحنة فقط المنفصلة رأسياً المُنشأة على ركيزة واحدة (FDOT, 2014).

٩-٦ المحاذاة:

٩-٦-١ المحاذاة الأفقية:

في المناطق الصناعية، حيث تزداد الحركة المرورية للمركبات الثقيلة، يعتمد التصميم على خصائص المركبة وديناميكيات المركبة في المنحنيات. تُحدّد قيم أنصاف أقطار المنحنيات الدائرية وعوامل الاحتكاك الجانبي للطرق الصناعية وفقاً للسرعات التصميمية التي تتراوح من ٢٠ كم/س إلى ٩٠ كم/س حسب القيم الواردة في الجدول (٩-١). من أجل أن يتمكّن مستخدمو الطريق من إدراك المنحنيات الدائرية كعناصر تصميم مستقلة داخل المنحنى، ينبغي توفير الحدود الدنيا لأطوال المنحنيات الدائرية وفقًا للجدول (٩-١).

الجدول (٩–١) عامل الاحتكاك الجانبي والطول الأدنى وأنصاف أقطار المنحنيات الدائرية الأفقية حسب السرعة التصميمية للطرق الصناعية.

السرعة التصميمية (كم/س)	عامل الاحتكاك الجانبي (f_R)	الطول الأدنى المنحنى الدائري (م)	الحد الأدنى لأنصاف أقطار المنحنيات الدائرية (م)		
			الحد الأقصى لمعدل التعلية الجانبية (%)		
			٤,٠٠٪	٦,٠٠٪	٨,٠٠٪
٢٠	٠,٣٥	١٥	١٠	١٠	١٠
٣٠	٠,٢٨	٢٠	٢٥	٢٥	٢٠
٤٠	٠,٢٣	٢٥	٥٠	٤٥	٤٥
٥٠	٠,١٩	٣٠	٩٠	٨٠	٧٥
٦٠	٠,١٧	٣٥	١٣٥	١٢٥	١١٥
٧٠	٠,١٥	٤٠	٢٠٥	١٨٥	١٧٠
٨٠	٠,١٤	٤٥	٢٨٠	٢٥٥	٢٣٠

السرعة التصميمية (كم/س)	عامل الاحتكاك الجانبي (f_R)	الطول الأدنى المنحنى الدائري (م)	الحد الأدنى لأنصاف أقطار المنحنيات الدائرية (م)		
			الحد الأقصى لمعدل التعلية الجانبية (%)		
			٤,٠٠٪	٦,٠٠٪	٨,٠٠٪
٩٠	٠,١٣	٥٠	٣٨٠	٣٤٠	٣٠٥

في حال توفير منحنى انتقالي للربط بين المقاطع المستقيمة والمنحنيات الدائرية، تُلخّص الحدود الدنيا لمعلّمات المنحنى الانتقالي وطوله في الجدول (٩-٢)، بينما يعرض الجدول (٩-٣) القيم الموصى بها. وفي الجدولين نفسهما تُعطى القيم الدنيا والموصى بها لحد نصف القطر اللازم لتطبيق المنحنى الانتقالي، على الترتيب. تُعرَّف المنحنيات الانتقالية رياضيًا وفقًا للملحق (أ-٢).

الجدول (٩–٢) الحدود الدنيا لمعلّمات المنحنى الانتقالي والحد الأعلى لأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للطرق الصناعية.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لمعلّمة المنحنى الانتقالي "A" (م)	الحد الأدنى لطول المنحنى الانتقالي (م)	الحد الأعلى لنصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي (متر)
٢٠	١٥	١١	٢٤
٣٠	٢٠	١٧	٥٣
٤٠	٣٠	٢٢	٩٥
٥٠	٤٥	٢٨	١٤٨
٦٠	٦٠	٣٣	٢١٣
٧٠	٨٠	٣٩	٢٩٠
٨٠	١٠٠	٤٤	٣٧٩
٩٠	١٢٠	٥٠	٤٧٩

الجدول (٩–٣) القيم الموصى بها لمعلّمات المنحنى الانتقالي والحد الأعلى لأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية للطرق الصناعية.

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة الموصى بها لمعلّمة المنحنى الانتقالي "A" (م)	الطول الموصى به للمنحنى الانتقالي (م)	الحد الأعلى الموصى به لنصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي (م)
٢٠	١٥	١٥	١٠٠
٣٠	٢٥	٢٥	٢٥٠
٤٠	٤٠	٤٠	٤٠٠

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة الموصى بها لمعلّمة المنحنى الانتقالي "A" (م)	الطول الموصى به للمنحنى الانتقالي (م)	الحد الأعلى الموصى به لنصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي (م)
٥٠	٦٥	٦٠	٥٠٠
٦٠	٩٠	٧٠	٨٠٠
٧٠	١١٥	٨٠	١,٠٠٠
٨٠	١٤٠	٩٠	١,٧٠٠
٩٠	١٧٠	١٠٠	١,٩٠٠

٩-٦-٢ المحاذاة الرأسية:

لأغراض تشغيل الحركة المرورية، خاصة في حالة الطرق الصناعية حيث تكون الحركة المرورية للمركبات الثقيلة مرتفعة، ينبغي ألا تتجاوز الميول القصوى القيم الواردة في الجدول (٩-٤). بالنظر إلى الميول المُختارة في تصميم الطرق الصناعية قد يكون لها تأثير كبير على الأداء التشغيلي للمركبات الثقيلة، ينبغي بذل جهد خاص لتقليل تلك الميول إلى أقل مقدار ممكن (إذا أمكن حتى ٥,٠٪).

الجدول (٩–٤) الميول الطولية الموصى بها حسب السرعة التصميمية للطرق الصناعية.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأقصى المرغوب فيه للميل (G) (%)	الحد الأقصى المسموح به للميل (G) (%)
٢٠	٥,٠	٨,٠
٣٠	٥,٠	٨,٠
٤٠	٤,٠	٧,٠
٥٠	٣,٠	٦,٠
٦٠	٣,٠	٦,٠
٧٠	٣,٠	٥,٠
٨٠	٢,٠	٥,٠
٩٠	٢,٠	٤,٠

في بعض الحالات الصعبة وفقط لأجزاء صغيرة من الطرق الصناعية، يمكن تجاوز الحد الأقصى للميول الطولية الواردة في الجدول (٩-٤).

تُصمّم المنحنيات الرأسية عند نقاط تغيير الميول في القطاعات الطولية للطرق الصناعية. تُقرب منحنيات القمة والقاع الرأسية من خلال تنفيذ منحنى دائري يُقرب الى منحنى قطع مكافئ تربيعي (انظر الملحق أ-٣). تُعرض القيم الموصى بها لمعدّل تغيُّر الانحناء الرأسي "K" (طول المنحنى الرأسي لتحقيق تغير بنسبة ١,٠٠٪ في الميل الطولي) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية، والقيم الدنيا لأطوال المنحنيات الرأسية في الجدول (٩-٥)، مع الأخذ في الاعتبار أن عين السائق على ارتفاع ١,٠٨ م، في حين أن ارتفاع الأجسام على سطح الطريق (العوائق) على ارتفاع ٠,٦٠ م لحساب مسافة الرؤية للتوقف، وعلى ارتفاع ١,٠٨ م لحساب مسافة الرؤية للتجاوز، وفق إرشادات (AASHTO) والإرشادات الواردة في الجزء (٤-٦-٤-٣).

الجدول (٩–٥) القيم الموصى بها لمعدَّل تغيُّر الانحناء (**K**) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية حسب السرعة التصميمية للطرق الصناعية.

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة الدنيا للمعلّم K لمنحنى قمة رأسي (م /%)			القيمة الدنيا للمعلّم K لمنحنى قاع رأسي (م/%)	الحد الأدنى لطول المنحنى (م)
	كفاية مسافة الرؤية للتوقف	كفاية مسافة الرؤية للتجاوز			
		الطريقة (١)	الطريقة (٢)		
٢٠	١	٢٠	١٢	٢	١٢
٣٠	٢	٤٦	١٧	٥	١٨
٤٠	٤	٨٤	٢٣	٨	٢٤
٥٠	٦	١٣٨	٣٠	١٢	٣٠
٦٠	١١	١٩٥	٣٨	١٧	٣٦
٧٠	١٧	٢٧٢	٥١	٢٣	٤٢
٨٠	٢٦	٣٣٨	٦٩	٢٩	٤٨
٩٠	٣٩	٤٣٨	٩١	٣٨	٥٤

٩-٦-٣ المحاذاة ثلاثية الأبعاد:

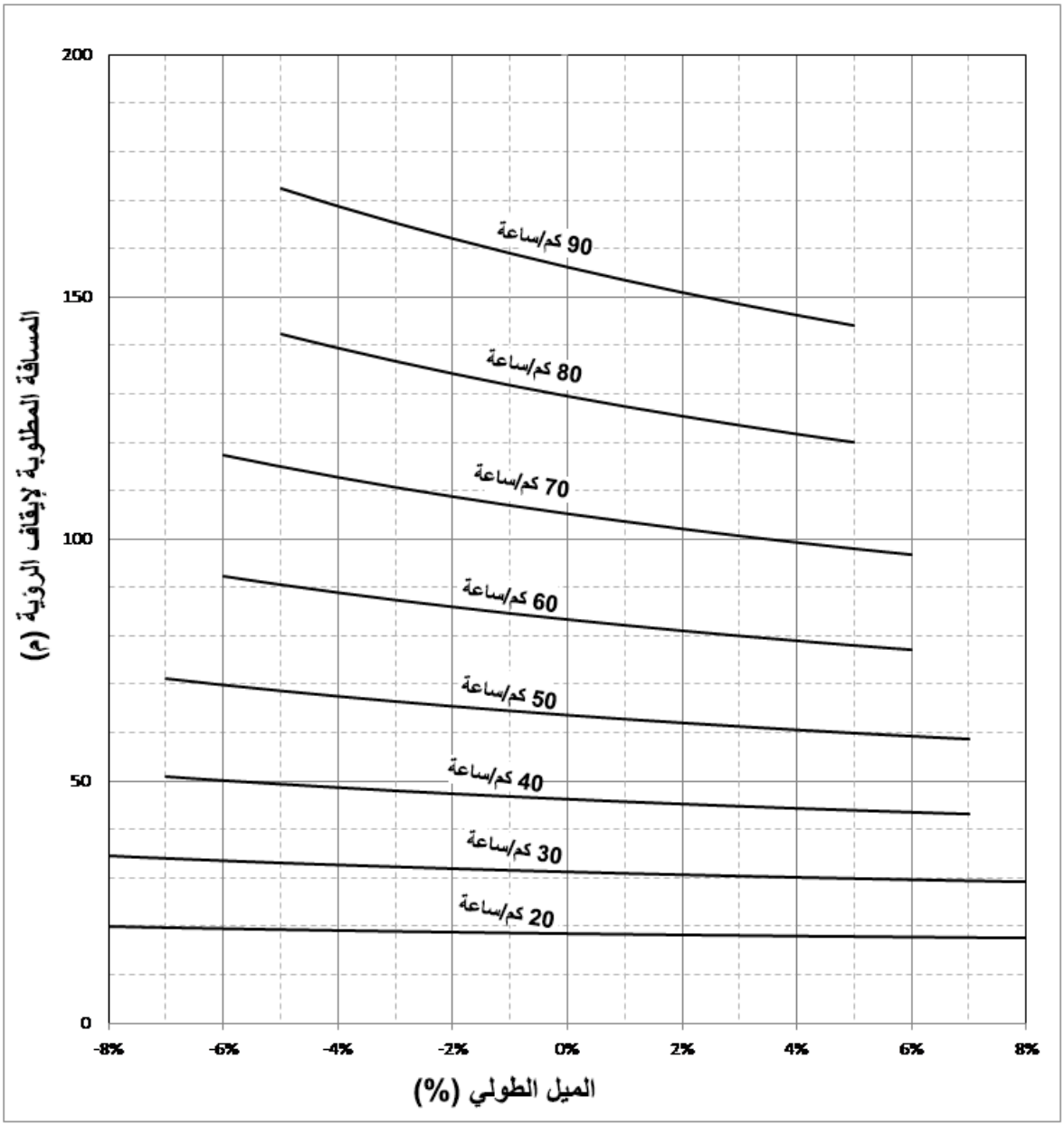
المحاذاة ثلاثية الأبعاد لها تأثير كبير على سلوك السائق ومستوى السلامة على الطريق، خاصة بالنسبة للمحاذاة المصممة لسرعة أعلى. المحاذاة ثلاثية الأبعاد مرضية بشكل عام، عندما تكون الانحناءات في المحاذاة الأفقية والمحاذاة الرأسية للطريق تقريبًا في نفس النقطة، ويكون عدد نقاط الانعطاف في تخطيط الطريق وقطاعه الطولي متوائمة. ينبغي التحقُّق من وضوح رؤية الطريق من خلال برنامج تصميم طرق متخصص ذا قدرة على الاستشراف والمشاهدة ثلاثية الأبعاد وفحص رؤية عناصر الطريق الثلاثية الأبعاد للتحقق من مدى كفاية مسافة الرؤية للتوقف.

لتحسين تصميم الطرق الصناعية من حيث المحاذاة ثلاثية الأبعاد، ينبغي مراعاة الإرشادات ذات الصلة في الجزء الفرعي (٥-٥-٥).

٩-٦-٤ مسافة الرؤية للتوقف:

مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف

ينبغي توفير مسافة تسمح للسائق بإيقاف المركبة حين مشاهدة أجسام موجودة على سطح الطريق (العوائق)، أثناء القيادة بالسرعة التصميمية المحددة مسبقًا (مسافة الرؤية اللازمة للتوقف). يوضح الشكل (٩-٨) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف وفق الميل الطولي والسرعة التصميمية للطرق الصناعية.



الشكل (٩–٨) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف وفق السرعة التصميمية والميل الطولي للطرق الصناعية.

مسافة الرؤية المتاحة:

ينبغي حساب مسافة الرؤية المتاحة من خلال المحاذاة الأفقية والرأسية، وأيضًا مع مراعاة عناصر القطاع العرضي وتكوين المنطقة المحيطة. وترتبط بالأشعة البصرية بين موضع عين السائق وموضع العائق على سطح الطريق. يقع كل من موضع العين وموضع العائق على ارتفاع ١,٠٨ م فوق مسار المرور أو الخط المركزي للرصف.

مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز:

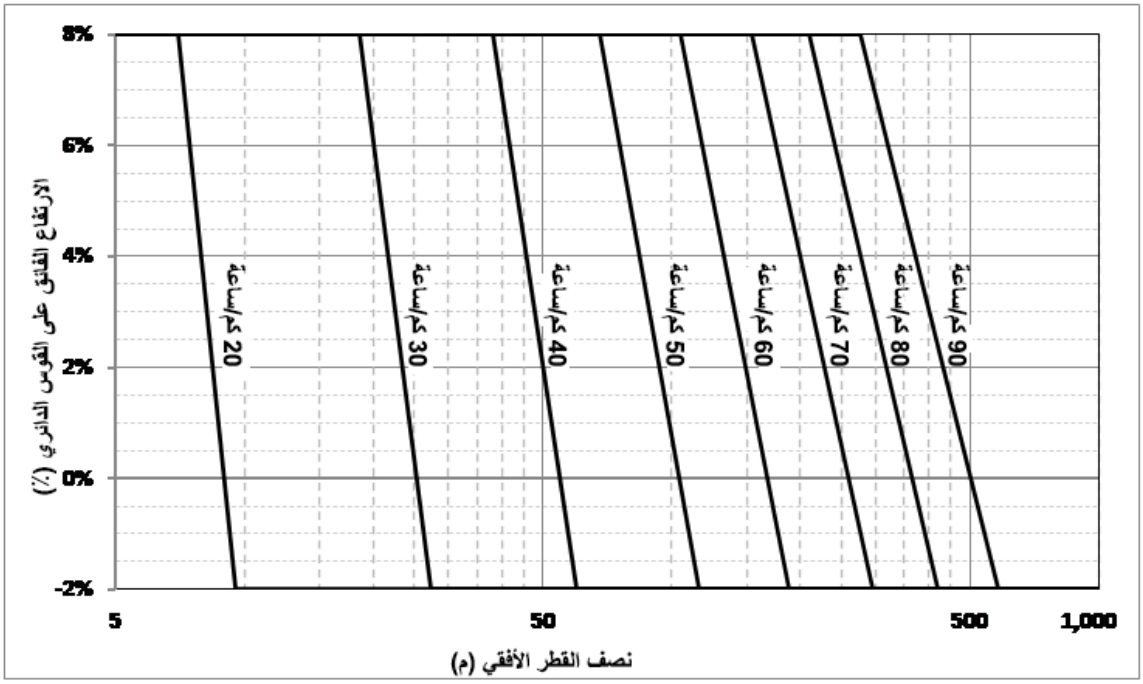
مسافة الرؤية للتجاوز هي مسافة الرؤية الدنيا التي يجب توفرها لتمكين سائق مركبة من تجاوز مركبة أخرى بأمان وراحة، دون التأثير على سرعة المركبة في الاتجاه المعاكس التي تسير بالسرعة التصميمية. يجب التحقق من توفر مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز في الطرق الصناعية وفقًا للطريقتين (١) و (٢) الواردة في القسم الفرعي (٤-٦-٢-٣) الموضحة في الجدول (٩-٦).

الجدول (٩–٦) مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز حسب السرعة التصميمية للطرق الصناعية (Source: Method 1: AASHTO, 2018; Method 2: TxDOT, 2022).

السرعة التصميمية (كم/س)	مسافة الرؤية المطلوبة للتجاوز (م)	
	الطريقة (١)	الطريقة (٢)
٢٠	١٣٠	١٠٠
٣٠	٢٠٠	١٢٠
٤٠	٢٧٠	١٤٠
٥٠	٣٤٥	١٦٠
٦٠	٤١٠	١٨٠
٧٠	٤٨٥	٢١٠
٨٠	٥٤٠	٢٤٥
٩٠	٦١٥	٢٨٠

٩-٦-٥ التعلية الجانبية:

في الأجزاء المستقيمة، ينبغي أن يكون معدل التعلية الجانبية المطبق ٢,٠ % ويفضل ٢,٥ %، بينما في المنحنيات الأفقية، يمكن أن ينحصر الحد الأقصى لمعدل التعلية الجانبية عند ٨,٠ % باتجاه الحافة الداخلية للمنحنى الدائري، بينما ينحصر الحد الأدنى لميل التعلية الجانبية عند ٢,٠ %. يوضح الشكل (٦-١٢) معدلات التعلية الجانبية المطلوبة حسب نصف قطر المنحنى الدائري لجميع السرعات التصميمية. يفضل تقريب القيم المأخوذة من الشكل (٩-٩) إلى أقرب ٠,٥ %. رغم أن الحد الأقصى للتعلية الجانبية الموصى به المستخدم في شوارع المدن ينحصر عند ٤,٠ %، إلا أنه يمكن استخدام معدلات أعلى بنسبة ٦,٠ % في حالات معينة.



الشكل (٩–٩) التعلية الجانبية على المنحنى الدائري حسب نصف قطر المنحنى الأفقي (الحد الأقصى للتعلية الجانبية = ٨,٠٪) للطرق الصناعية.

بالنسبة للحالات التي يكون فيها نصف قطر المنحنى الدائري أعلى من القيم المعروضة في الجدول (٩-٧)، يمكن تطبيق معدل تعلية جانبية عكسي يساوي (- ٢,٠ %) أو (- ٢,٥ %) (باتجاه الحافة الخارجية للمنحنى الدائري كما هو موضح في الشكل (٤-١٣). هذا الحل يعالج المناطق ذات الصرف السيئ أيضًا.

الجدول (٩–٧) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار الأفقية لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية للطرق الصناعية.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لنصف قطر المنحنى الأفقي لتطبيق التعلية الجانبية العكسية (م)	
	e = - ٢,٠٠٪	e = - ٢,٥٠٪
٢٠	أكبر من ١٠	أكبر من ١٠
٣٠	أكبر من ٣٠	أكبر من ٣٠
٤٠	أكبر من ٦٠	أكبر من ٦٥
٥٠	أكبر من ١٢٠	أكبر من ١٢٠
٦٠	أكبر من ١٩٠	أكبر من ٢٠٠
٧٠	أكبر من ٣٠٠	أكبر من ٣١٠
٨٠	أكبر من ٤٢٠	أكبر من ٤٤٠
٩٠	أكبر من ٥٨٠	أكبر من ٦١٠

وفرت الصيغة الرياضية والمعلمات الأساسية لحساب الحد الأدنى لطول منحدر التعلية الجانبية في القسم الفرعي (٤-٦-٦-٢).

٩-٦-٦ توسيع طريق المرور (سطح الرصف) :

٩-٦-٦-١ توسيع الطريق عند المنحنيات الأفقية:

تُعرض الإرشادات ذات الصلة بتصميم توسيع الطريق المطلوب عند المنحنيات الأفقية في القسم الفرعي (٤-٦-٦-٣).

٩-٦-٦-٢ إضافة مسارات وتوسيعها:

بالنسبة للتوسيع اللازم لمسار انعطاف منفصل لليمين أو لليسار في التقاطعات، ترد المعلومات ذات الصلة في القسم (١٠-٢-٨).

٩-٧ تصميم التقاطع:

٩-٧-١ التقاطعات المحكومة بلافتات إعطاء الأولوية:

تُستخدم التقاطعات السطحية المحكومة بلافتات إعطاء الأولوية بشكل أساسي في تقاطعات الطرق التجميعية والطرق المحلية وداخل المناطق الصناعية بالمناطق الريفية، بينما تستخدم التقاطعات السطحية المحكومة بإشارات مرورية بشكل أساسي في الطرق ذات السرعات التصميمية الأعلى، خاصة في تقاطعات الطرق الشريانية مع الطرق التجميعية. من ناحية أخرى، عند التقاطعات السطحية والتي تخدم تدفقًا مروريًا متزايدًا، ينبغي النظر في تطبيق الإشارات المرورية وفقًا للإرشادات الواردة في الجزء (٢-٢) من كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور) وفي الجزء (٥-٥٥) من كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري)، خاصة عند استيفاء الشروط التالية:

- زيادة السرعة المسموح بها إلى ٥٠ كم/س أو أعلى.
- تدفق مروري أعلى من ٥,٠٠٠ مركبة / اليوم.
- انخفاض الرؤية الموفرة، بسبب الظروف المحلية، بمقدار أقل من المطلوب وفقًا للشكل (٩-٨).

في حال تطبيق التقاطعات السطحية المحكومة بلافتات إعطاء الأولوية في الطرق الصناعية، ينبغي مراعاة حركات الانعطاف إلى اليسار فقط في الحالات التي يكون فيها التدفق المروري محدودًا حتى ٣,٠٠٠ مركبة/يوم. في حال الحاجة إلى الحفاظ على حركات الانعطاف إلى اليسار للحالات التي يكون فيها الحجم المروري متزايدًا، يجب النظر في مسار منفصل للانعطاف إلى اليسار مع التركيب المتزامن للإشارات المرورية. ترد إرشادات أكثر تحديدًا فيما يتعلق بمتطلبات تطبيق التقاطعات المحكومة بإشارات مرورية (معايير استخدام إشارات المرور – المبرّرات) في الجزء (٥-٥٥) من كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري).

٩-٧-٢ التقاطعات السطحية المحكومة بإشارات مرورية:

يمكن استخدام التقاطعات السطحية المحكومة بإشارات مرورية في الطرق الصناعية بالمناطق الحضرية عند ازدياد التدفق المروري. يُشتق عدد وطول مسارات اصطفاف المركبات من تقييم إشارات المرور وفقًا للجزء (٢-٢) من كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور) وكذلك اعتبارات السلامة. كما يمكن استخدام أجهزة التحكم المروري وفقًا للجزء (٥-٥) من كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري). عادة، ينبغي تصميم منطقة الاصطفاف بطول كافٍ، أو تعديل برنامج الإشارة المرورية، بحيث يمكن استيعاب المركبات الداخلة للتقاطع في دورة واحدة.

٩-٨ اعتبارات تصميمية خاصة:

في حين أن الحركة الداخلية للشاحنات هو مبدأ تصميمي مهم، ينبغي أن تستوعب الطرق الصناعية أيضًا احتياجات المشاة، وراكبي الدراجات، وركاب حافلات النقل العام، بشكل آمن ومريح ومتوازن. لا توجد حلول قياسية لحل تعارض الشاحنات مع وسائل النقل الأخرى، لذا يجب تقييم كل حالة بشكل منفصل وعلى حدة.

٩-٨-١ خدمات المشاة:

تعد أرصفة ومعابر المشاة وجزر الحماية والجزر الوسطية وامتدادات البردورات وغيرها من مرافق المشاة، من العناصر التصميمية التي تسهّل حركة المشاة في البيئات الحضرية. يمكن لهذه المرافق أن تعرقل وتعيق حركة الشاحنات بطريقة غير مباشرة. إن وجود تقاطعات أوسع تلبّي حركات انعطاف الشاحنات، قد يوجد معابر أطول للمشاة تحتاج لوقت أطول لعبور التقاطعات، وقد لا يكون من الممكن توفير امتدادات البردورات المناسبة. على الطرق الأوسع، قد يلزم تصميم جزر وسطية كملاذ للمشاة مع بردورات منخفضة قابلة للاجتياز (للتسلق)، ويجب أن يكون المشاة على دراية بالمركبات الكبيرة المنعطفة إلى الطريق الذي يعتزمون عبوره.

٩-٨-٢ خدمات الدراجات:

تتطلب الدراجات في الطرق الصناعية أيضًا اهتمامًا خاصًا عند التقاطعات، كما يجب على المصممين إدراك أن رؤية سائق الشاحنة محدودة عند الانعطاف يمينًا عند التقاطعات. يعد هذا اعتبارًا مهمًا بشكل خاص إذ يمكن للشاحنات التعدي على مسار الدراجات أثناء الانعطاف إلى اليمين، لذا يجب مراعاة تصميم مسارات مخصصة لانعطاف الشاحنات نحو اليمين لأن وجود مثل هذه المسارات تسمح لراكبي الدراجات بتعديل سير الدراجة والانتقال إلى يسار المسار المخصص لانعطاف الشاحنات وتقليل احتمالية حدوث تعارض الشاحنات والدراجات.

٩-٨-٣ خدمات النقل العام:

من منظور تشغيلي، فإن الحركة الداخلية لحافلات النقل العام في الطرق الصناعية متوافق بشكل عام مع الحركة الداخلية للشاحنات. على غرار الشاحنات، تتطلب الحافلات مسارات أوسع وأنصاف أقطار أكبر لحركات الانعطاف إلى اليمين. ومع ذلك، يجب مراعاة التعارض المحتمل مع الشاحنات عند وصول الركاب إلى محطات الحافلات وفي مواقع معابر المشاة.

يجب مراعاة الوصول السهل والمريح للمشاة أينما توجد محطات حافلات ومناطق عمليات الشاحنات. في الطرق الصناعية، يجب أن تكون محطات النقل العام على مسافة قصيرة سيرًا على الأقدام من مراكز التوظيف الرئيسة والمناطق الأخرى التي قد تولد أحجاماً كبيرةً من حركة ركاب النقل العام المحتملين. يجب تحديد موقع محطات النقل العام لتحقيق التوازن بين الوصول الجيد للركاب وسلامة المشاة. يجب أن تقلل مواقع التوقف من احتمالية المشي على الطرق، وتقليل مسافة المشي للركاب وتجنب حركات المشاة غير الضرورية.

يجب أيضًا مراعاة استخدامات الأراضي المجاورة عند موازنة الاحتياجات بين حركة الشاحنات وتلك الخاصة بالمشاة، وراكبي الدراجات، ومركبات النقل العام وركابها. يُفضل تحديد مسارات المشاة والدراجات الأقرب إلى استخدامات الأراضي بأعلى كثافة للموظفين وراكبي الدراجات. حيثما كان ذلك ممكناً، يجب أن تكون محطات النقل العام موجودة عند المداخل الرئيسة للمجمعات الصناعية والسكنية والمراكز التجارية.

٩-٨-٤ مرافق طريق الشاحنات ذات الأغراض الخاصة:

ترد الإرشادات الخاصة بمناطق الاستراحة للشاحنات، ومحطات فحص الشاحنات ومرافق الطرق لمواقف الشاحنات في كود الطرق السعودي ٣٠٣ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - مناطق الاستراحة، ومحطات فحص الشاحنات، ومواقف السيارات والمرائب).

٩-٩ ملحقات الطرق الصناعية:

يمكن وضع مختلف ملحقات الطرق الصناعية في الأرصفة الجانبية خارج المنطقة المُعبدة. وهذه الملحقات قد تشمل، على سبيل المثال لا الحصر، ما يلي:

- العناصر الهيدروليكية كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٣٠٢ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي).
- أنظمة تقييد المركبات كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة).
- المنافع العامة وإنارة الطرق والشوارع كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٣٠٦ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - المنافع العامة، وإنارة الطرق والشوارع، وأجهزة التحكم والمراقبة).
- إشارات المرور وعلامات/خطوط الرصف كما هو موضح في كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري).

١٠- التقاطعات السطحية:

١٠-١ عام:

يصف هذا الباب متطلبات التصميم الهندسي للتقاطعات السطحية، بينما يصف الباب (١١) المتطلبات الهندسية (الجيومترية) للمحوّلات المنفصلة رأسياً بما في ذلك منحدرات الدخول والخروج. الإرشادات المتعلقة بالتصميم الهندسي (الجيومتري) للتقاطعات السطحية المعروضة في هذا الفصل، تغطي كل من حالات التقاطعات الريفية والحضرية، سواء كانت محكومة أو غير محكومة بإشارات مرورية. يتم توفير الإرشادات المتعلقة بالحاجة إلى تطبيق التقاطعات المحكومة بالإشارات المرورية (معايير استخدام إشارات المرور - المُبرّرات) في الجزء (٥-٢) من كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري)، بينما ضمنت الإرشادات المتعلقة بأطوار وتوقيتات إشارات المرور للتقاطعات السطحية في الملحق أ من كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور).

١٠-١-١ خصائص التقاطعات:

يشمل التقاطع السطحي المناطق اللازمة لجميع وسائل النقل التي تستخدم هذه المنطقة مثل:

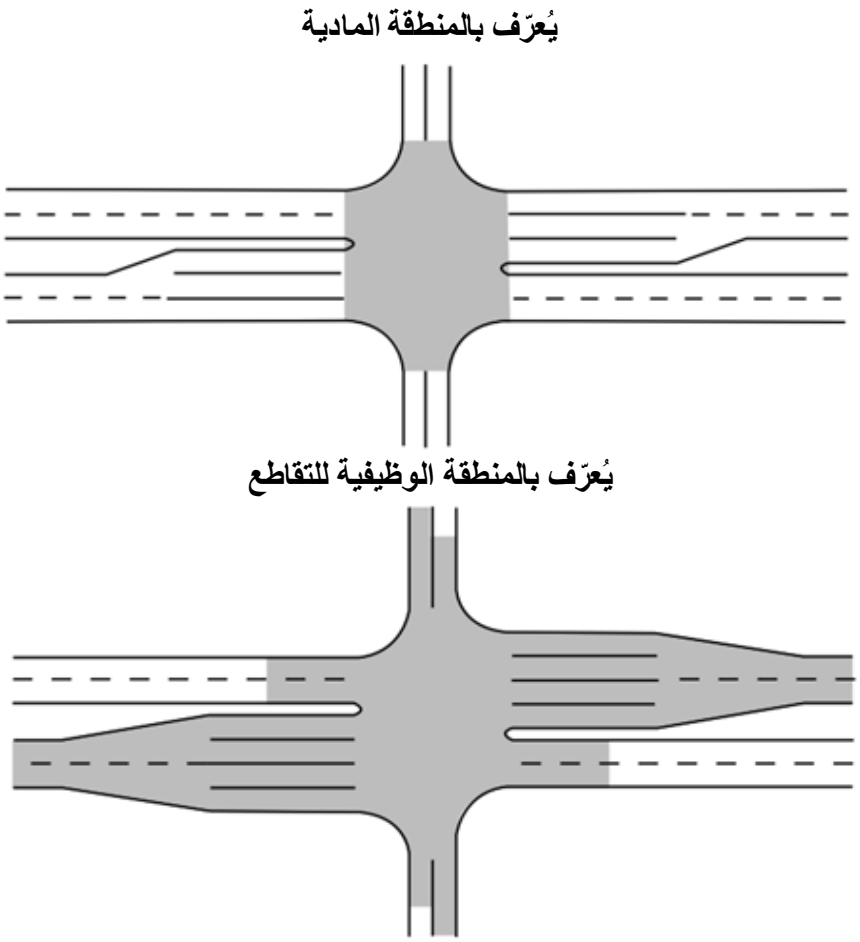
- الدراجات النارية.
- سيارات الركاب الخاصة والمركبات الصغيرة.
- الدراجات.
- المشاة.
- الشاحنات الثقيلة.
- النقل العام.

وبالتالي، فإن تصميم التقاطع لا يعالج فقط سطح الطريق، ولكن يشمل أرصفة المشاة الجانبية المجاورة، ومنحدرات المشاة، ومرافق الدراجات، والمسارات الاضافية، والجزر الوسطية وجزر لجوء المشاة. تعتبر التقاطعات من السمات الرئيسية لتصميم الطرق في النواحي التالية:

١- التركيز على نشاط استخدام الأراضي: غالبًا ما تحتوي الأرض القريبة من التقاطعات على تركيز لوجهات السير التي يمكن الوصول إليها من خلال وسائل نقل متعددة.
٢- نقاط التعارض: غالبًا ما يتقاطع المشاة وراكبو الدراجات والمركبات عند التقاطع حيث تتعارض حركات السير والانعطاف. يشار إلى تقاطعات الحركات هذه بالمصلح "نقاط التعارض"، ويمكن تصنيفها بشكل أكبر حسب نوع المناورة ودرجة الخطورة المقابلة.
٣- التحكم المروري: يمكن تخصيص حركة مستخدمي التقاطع من خلال أجهزة التحكم المروري مثل لافتات إعطاء الاولوية ولافتات قف وإشارات المرور.
٤- السعة: غالبًا ما يحد التحكم المروري عند التقاطعات من عدد المستخدمين الذين يمكن استيعابهم خلال فترة زمنية معينة على الطرق المتقاطعة. تضمن الإرشادات ذات الصلة في كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط).
٥- السرعة التصميمية: ينبغي توفير التقاطعات السطحية في الحالات التي لا تتجاوز فيها السرعة التصميمية للطريق الرئيسي ١٠٠ كم/ساعة (١١٠ كم/ساعة في حالات استثنائية). بالنسبة للسرعة التصميمية التي تزيد عن ١٠٠ كم/ساعة، ينبغي النظر في تصميم المحوّلات المنفصلة رأسياً وفقًا للباب (١١).
٦- المركبات التصميمية: ينبغي للتقاطعات استيعاب كافة أنواع المركبات المتوقع مرورها بالتقاطع.

١٠-١-٢ المنطقة الوظيفية بالتقاطع:

يحدد التقاطع من خلال كل من المنطقة الوظيفية والمنطقة المادية، كما هو موضح في الشكل (١٠-١). تمتد المنطقة الوظيفية للتقاطع من المنطقة المادية في اتجاه المنبع (جانب تدفق المرور بالتقاطع) والمقصد (جانب تفريغ التقاطع) وتشمل أي مسارات إضافية وجزر فصل اتجاهات المرور (channelization).



الشكل (١٠–١) المنطقة الوظيفية والمادية للتقاطع (AASHTO, 2018).

١٠-١-٣ أهداف التصميم:

عند تصميم أي تقاطع، بغض النظر عن نوعه أو موقعه، لابد من تحقيق المبادئ التالية:

- تقليل سرعات المركبات عبر التقاطع، حسب الاقتضاء.
- توفير العدد المناسب من المسارات وتخصيصها لتحقيق السعة الكافية، الحجم المروري للمسار، واستمراريته.
- فصل اتجاهات المرور بالجزر والعلامات وتحديد المسارات المقصودة.
- توفير التجهيزات والتسهيلات المناسبة لحركة المركبات التصميمية.
- تلبية احتياجات المشاة وراكبي الدراجات.
- توفير مسافة الرؤية الكافية ووضوح رؤية التقاطع.

يؤثر كل عنصر موصوف أعلاه على الكفاءة التشغيلية وإمكانية وقوع الحوادث عند التقاطعات.

١٠-١-٤ أنواع التقاطع:

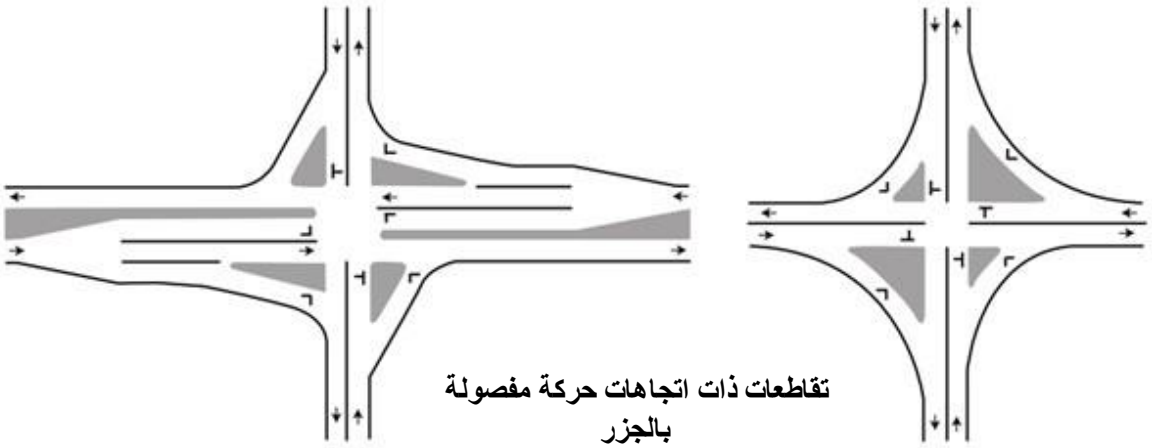
الأنواع الأساسية للتقاطعات هي تقاطعات ذات ثلاث شعب أو على شكل حرف (T)، تقاطعات ذات أربع شعب، وتقاطعات ذات شعب متعددة (تزيد عن أربع شعب)، والدوارّات. يتضمن التصنيف الإضافي للتقاطعات اختلافات أخرى غير الأنواع الأساسية للتقاطع مثل تقاطعات ذات اتجاهات حركة غير مفصولة بالجزر (unchannelized)، وتقاطعات منبعجة أو موسّعة (flared)، وتقاطعات ذات اتجاهات حركة مفصولة بالجزر (channelized) كما هو موضح في الشكل (١٠-٢).

في كل موقع معين، يتم تحديد نوع التقاطع بشكل أساسي من خلال:

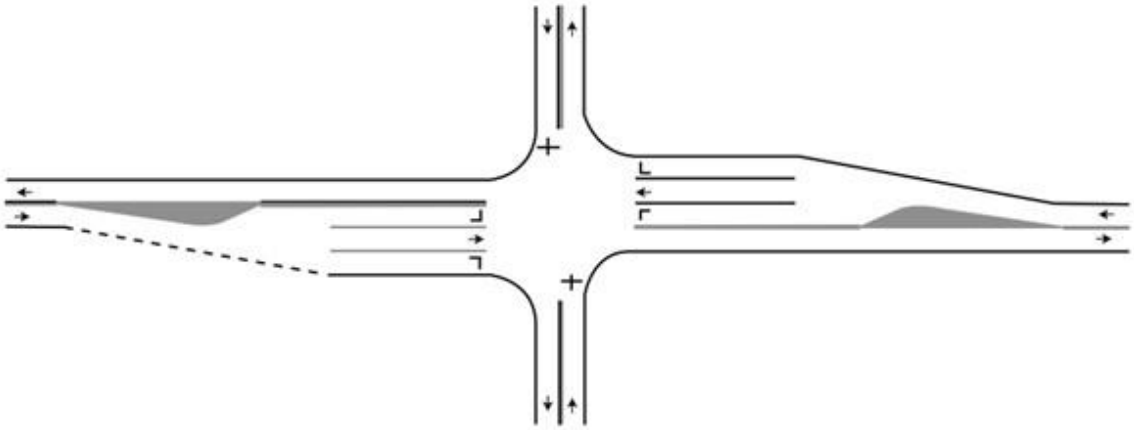
- عدد الشعب المتقاطعة.

- التضاريس.
- قيود حرم الطريق.
- احتياجات كافة المستخدمين.
- خصائص الطرق المتقاطعة.
- أحجام المرور وأنماطه، والسرعات.
- نوع التشغيل المرغوب.

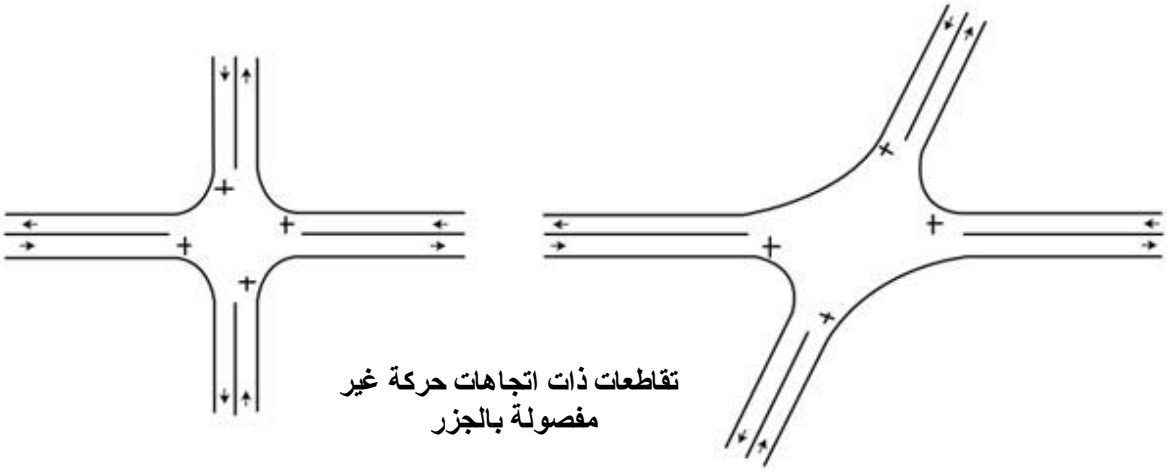
يحتاج تصميم التقاطع إلى نهج متوازن لاستيعاب وسائل النقل المتوقعة مع الأخذ في الاعتبار السياق والمجتمع الذي يقع فيه المشروع.



تقاطعات ذات اتجاهات حركة مفصولة بالجزر



تقاطعات منبعجة أو موسّعة



تقاطعات ذات اتجاهات حركة غير مفصولة بالجزر

الشكل (١٠–٢) الأنواع العامة للتقاطعات السطحية (AASHTO, 2018).

١٠-٢ التقاطعات ذات الثلاث والأربع شعب:

١٠-٢-١ تأسيس التحكُّم على التقاطع:

يجب أن يؤخذ التصنيف الوظيفي لكل طريق متقاطع (طريق شرياني، طريق تجميعي، طريق محلي، إلخ) في الاعتبار عند تصميم وتحديد نوع التقاطع وفصل اتجاهات الحركة (بجزر أو بدون جزر لفصل اتجاهات الحركة، محكوم أو غير محكوم بإشارات مرور، وغيرها). يجب الأخذ في الاعتبار المبادئ التالية:

١- النظر في التقاطع بين طريقين شريانيين ليكون تقاطعاً محكوماً بالإشارات المرورية ومفصول اتجاهات الحركة بالجزر، عندما يكون متوسط المرور السنوي اليومي (AADT) أكبر من ٥,٠٠٠ لكلا الطريقين.
٢- ينبغي للتقاطع بين طريق شرياني وطريق تجميعي أن يكون مفصول اتجاهات الحركة بالجزر وتقاطعاً محكوماً بالإشارات المرورية عند أحجام المرور الأعلى أو محكوماً بلافتات قف على الطريق التجميعي لأحجام المرور الأقل.
٣- يمكن للتقاطع بين طريق شرياني وآخر محلي أن يكون مفصول اتجاهات الحركة بالجزر اعتمادًا على السرعة وأحجام المرور مع التحكم بلافتات قف على الطريق المحلي. ينبغي تجنب هذا النوع من التقاطع كلما أمكن ذلك.
٤- يمكن للتقاطع بين طريقين تجميعيين أن يكون مفصول اتجاهات الحركة بالجزر ومحكوماً بالإشارات المرورية عند احجام المرور الأعلى أو محكوم بلافتات قف على الطريق التجميعي ذي الحجم المروري الأقل.
٥- يجب أن يكون تقاطع الطريق التجميعي مع الطريق المحلي محكوماً بلافتات قف على الطريق المحلي.
٦- يجب أن يكون تقاطع اثنين من الشوارع السكنية المحلية محكوماً بلافتات قف على الشارع ذي الحجم المروري الأقل أو محكوم بلافتات قف على جميع اتجاهات شعب التقاطع.

يتم توفير إرشادات أكثر تحديدًا بالحاجة إلى تطبيق التقاطعات المحكومة بالإشارات المرورية (معايير استخدام إشارات المرور – المبرّرات) في الجزء (٥-٢) من كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري).

١٠-٢-٢ بيانات تصميم التقاطع:

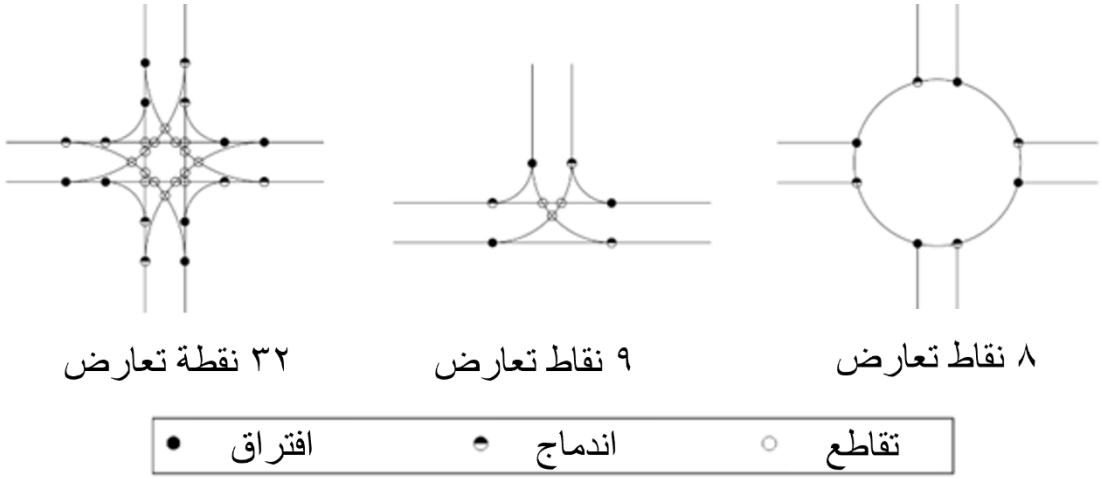
يجب أن يحقق تصميم كل تقاطع توازنًا مناسبًا بين الاحتياجات المتنافسة للمشاة وراكبي الدراجات والمركبات والنقل العام فيما يتعلق بالسلامة والكفاءة التشغيلية، والراحة، والسهولة، والرفاهية. يجب الأخذ في الاعتبار أربعة عناصر أساسية في تصميم التقاطع:

١- العوامل البشرية مثل عادات القيادة، وتوقع مستخدم الطريق، ووقت القرار ورد الفعل، وسلوك المشاة وراكبي الدراجات، وما إلى ذلك.
٢- اعتبارات المرور مثل التصميم والسعات الفعلية لجميع وسائل النقل، وحجم وخصائص تشغيل المركبات والوسائط، وسرعات المركبات، واستخدام النقل، ومواقع التوقف، وغيرها.
٣- العناصر المادية مثل مرافق المشاة وراكبي الدراجات والنقل العام، والمسار الأفقي والرأسي للطريق عند التقاطع، وزاوية التقاطع، والمسارات الاضافية، وأجهزة التحكم المروري، ومعدات الإضاءة، ومعابر المشاة (مع التخطيط الأرضي وبدونه) وما إلى ذلك.
٤- العوامل الاقتصادية مثل تكلفة التحسينات والفوائد المتوقعة وتكلفة وفعالية التحكم في نقاط الوصول إلى المباني السكنية أو التجارية المتاخمة واستهلاك الطاقة وما إلى ذلك.

ضوابط التصميم المرتبطة بالعوامل البشرية، ونمو المرور واحتياجات المرفق والجدوى الاقتصادية لتقاطعٍ ما، والتي يؤثر على التصميم الهندسي للتقاطعات السطحية معطاة في الأجزاء التالية.

١٠-٢-٣ المناورات ونقاط التعارض في التقاطعات:

عمليات الاندماج والافتراق والتجاوز والتناسج هي مناورات قد تحدث داخل التقاطع. يحدث التعارض عند التقاطعات عندما تقوم المركبة بمناورة ويفترق مسارها، أو يندمج أو يتقاطع مع مسار مركبة أخرى أو أحد المشاة. يجب تحسين سلامة وتشغيل التقاطعات عن طريق تقليل نقاط التعارض باستخدام التوجيه وإشارات المرور. الشكل (١٠-٣) يوضح عدد ونوع نقاط تعارض المركبات عند التقاطعات النموذجية رباعية الشعب وثلاثية الشعب والدوّارات. يجب أيضًا الأخذ في الاعتبار نقاط التعارض عند تحديد المسارات على طول الطريق.



الشكل (١٠–٣) نقاط التعارض عند أنواع تقاطعات مختلفة (AASHTO, 2018).

١٠-٢-٤ المركبة التصميمية وأنصاف أقطار الانعطاف:

يجب أن تكون نصف قطر الانعطاف والأبعاد الأخرى كافية لتلبية متطلبات دوران المركبات التي تستخدم التقاطع. يجب فحص امتدادات نصف قطر الانعطاف من خلال تحليل مسار أثر انعطاف المركبة التصميمية، إما عن طريق استخدام مسارات الدوران المتوفرة في الملحق (أ-٤)، أو باستخدام برنامج متخصص من برامج (CAD). يجب تصميم التقاطعات بحيث تستوعب ما لا يقل عن مسارات ونصف قطر دوران شاحنة وحدة مفردة (SU). سيحدد المصمم والسلطة المختصة مركبة تصميمية أخرى بناءً على بيانات المرور إذا لزم الأمر.

كأساس لاختيار المركبة التصميمية عند التقاطع، يمكن استخدام الجدول التالي.

الجدول (١٠–١) اختيار المركبة التصميمية القصوى عند التقاطعات السطحية.

الدوران نحو		المركبة التصميمية (القصوى)
من	إلى	
طرق سريعة/ طرق شبه سريعة	مرافق اخرى	WB-20
طريق ريفي/حضري شرياني	طريق ريفي/حضري شرياني طريق ريفي/حضري تجميعي ريفي محلي حضري محلي (سكني) طريق صناعي	WB-20 WB-15 WB-15 SU-12 WB-20
طريق ريفي/حضري تجميعي	طريق ريفي/حضري شرياني طريق ريفي/حضري تجميعي ريفي محلي حضري محلي (سكني) طريق صناعي	WB-20 WB-15 WB-15 SU-12/SU-9 WB-20
ريفي/حضري محلي	طريق ريفي/حضري شرياني طريق ريفي/حضري تجميعي ريفي محلي حضري محلي (سكني) طريق صناعي	WB-15 WB-15 WB-15 SU-9/P WB-15

الدوران نحو		المركبة التصميمية (القصوى)
من	إلى	
طريق صناعي	طريق ريفي/حضري شرياني طريق ريفي/حضري تجميعي ريفي محلي حضري محلي (سكني) طريق صناعي	WB-15 WB-15 SU-12 SU-9 WB-15

١٠-٢-٥ عناصر تصميم التقاطع:

تشمل عناصر تصميم التقاطع:

- مسافة الرؤية للعبور والتوقف.
- المحاذاة الرأسية.
- زوايا التقاطع وأنصاف الأقطار.
- مسارات الانعطاف.
- جزر وعلامات فصل اتجاهات المرور وتحديد مساراتها.
- فتحات الجزيرة الوسطية.
- تطوير جانب الطريق.
- التعلية الجانبية.

يجب تنسيق جميع هذه العناصر للتأكد من أن السائق يمكنه فهم التقاطع واجتيازه بسهولة، وتقليل عدد نقاط التعارض المحتملة إلى الحد الأدنى، وتأمين جميع تحرُّكات المركبات والمشاة، بالإضافة الى اشتراطات صرف المياه وأجهزة التحكم المروري.

يتم توفير مواصفات التباعد بين التقاطعات المتتالية والمسافات المتعلقة بالمسارات في الجزء الفرعي (٤-٥-٤).

١٠-٢-٦ مسافة الرؤية عند التقاطع:

١٠-٢-٦-١ الاعتبارات العامة:

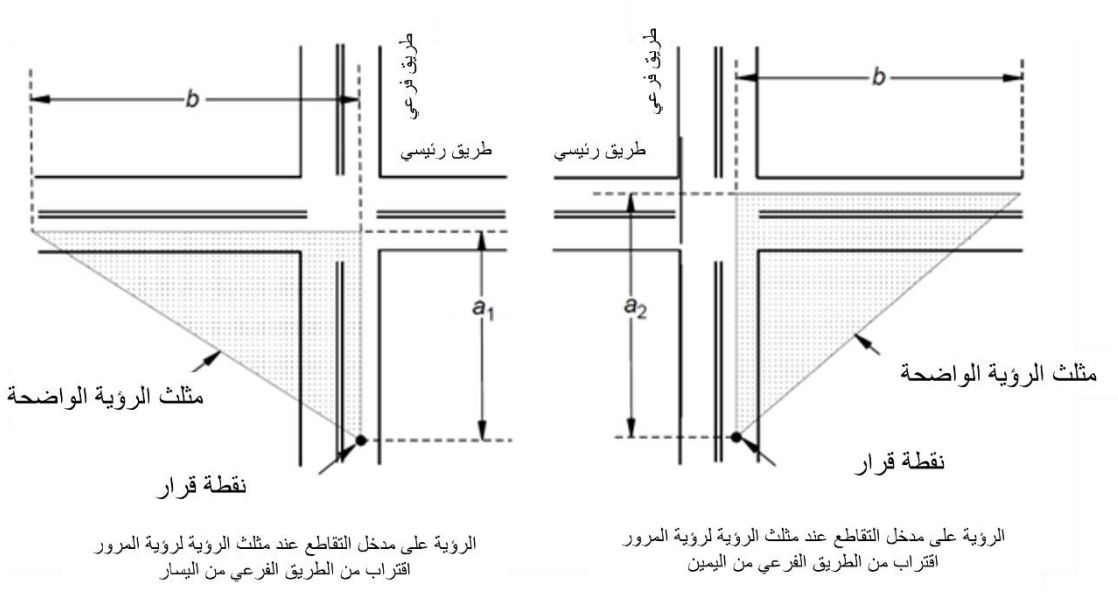
يتم توفير مسافة الرؤية للتوقف بشكل مستمر على طول كل طريق حتى يتمكن السائقون من رؤية الطريق أمامهم بما يكفي للسماح بالتوقف. يعد توفير مسافة الرؤية للتوقف في جميع المواقع على طول كل طريق، ويشمل ذلك مداخل التقاطع، أمرًا أساسيًا لتشغيل التقاطع.

ينبغي أن يتمتع سائق المركبة التي تقترب من التقاطع برؤية خالية من العوائق للتقاطع بأكمله. عند التقاطعات غير المحكومة أو المداخل الفرعية المحكومة بلافتة قف، ينبغي أن تكون مسافة الرؤية على طول الطريق المتقاطع كافية للسماح للسائق على الطريق الفرعي بتوقع التصادمات المحتملة وتجنبها. إذا كانت مسافة الرؤية المتاحة لمركبة تدخل أو تعبر التقاطع مساوية على الأقل لمسافة الرؤية للتوقف المناسبة للطريق الرئيسي، فسيكون لدى السائقين مسافة رؤية كافية لتوقع التصادمات وتجنبها.

قد تكون هناك حاجة إلى مسافة رؤية أقل عند الدوّارات أو التقاطعات المحكومة بالإشارات المرورية أو التقاطعات المحكومة بلافتة قف بجميع الاتجاهات. ترتبط مسافة الرؤية المطلوبة في ظل الافتراضات المختلفة للظروف المادية وسلوك السائق ارتباطًا مباشرًا بنوع التحكم المروري، والمناورات المسموح بها، وسرعات المركبة، والمسافات الناتجة خلال زمن الإدراك - رد الفعل والمكابح.

١٠-٢-٦-٢ مثلثات الرؤية عند مدخل التقاطع:

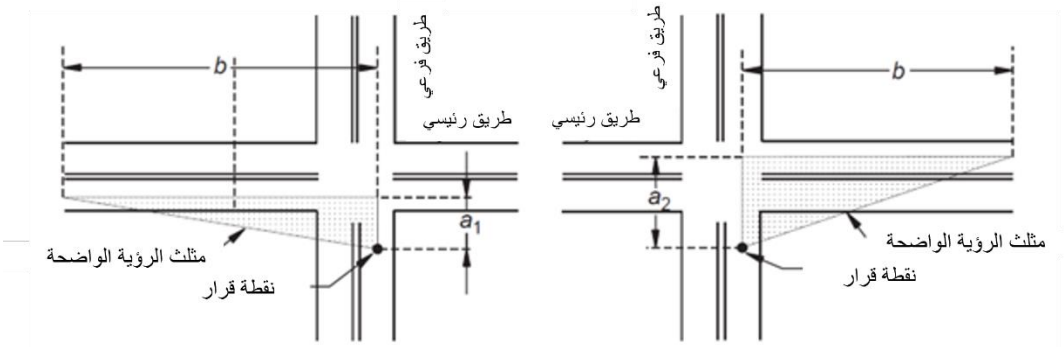
يجب أن يحتوي كل ربع من التقاطع على منطقة مثلثة خالية من العوائق التي قد تعيق رؤية السائق المقترب للمركبات التي يمكن أن تحدث تعارضاً. يوضح (١٠-٤) مثلثات الرؤية النموذجية الواضحة إلى يسار وإلى يمين المركبة التي تقترب من تقاطع غير متحكم فيه أو تقاطع يمكن التحكم فيه. المسافة من الطريق الرئيسي، على طول الطريق الثانوي، موضحة بالمسافة a1 إلى اليسار وa2 إلى اليمين كما هو موضح في الشكل (١٠-٤). المسافة a2 تساوي المسافة a1 زائد عرض المسار (المسارات) الخارج من التقاطع على الطريق الرئيسي إلى اليمين. يجب أن تتضمن المسافة a2 أيضًا عرض أي جزيرة وسطية موجودة على الطريق الرئيسي ما لم يكن الجزيرة الوسطية عريضةً بدرجة كافية لتسمح للمركبة بالتوقف قبل الدخول أو عبور الطريق بعد الجزيرة الوسطية.



الشكل (١٠–٤) مثلثات الرؤية عند المدخل من مثلثات الرؤية - التحكم بإعطاء الاولوية (AASHTO, 2018).

١٠-٢-٦-٣ مثلثات الرؤية عند مغادرة التقاطع:

يوفر النوع الثاني من مثلث الرؤية الواضحة مسافة رؤية كافية للسائق المتوقف على طريق ثانوي للخروج من التقاطع والدخول أو عبور الطريق الرئيسي. يُظهر الشكل (١٠-٥) مثلثات رؤية المغادرة النموذجية على يسار ويمين موقع مركبة متوقفة على الطريق الثانوي.



الشكل (١٠–٥) مثلثات رؤية المغادرة - التحكم في التوقف (AASHTO, 2018).

١٠-٢-٦-٤ أبعاد مثلثات الرؤية:

تختلف الأبعاد الموصى بها لمثلثات الرؤية باختلاف نوع التحكم المروري المستخدم عند التقاطع، لان أنواع التحكم المختلفة تفرض قيودًا قانونية مختلفة على السائقين، وبالتالي ينتج عنها سلوك مختلف للسائق. فيما يلي عرض لإجراءات تحديد مسافات الرؤية عند التقاطعات وفقًا لأنواع مختلفة من التحكم المروري، على النحو التالي:

- الحالة (أ) – تقاطعات بدون تحكم مروري.
- الحالة (ب) – تقاطعات مع التحكم بالتوقف على الطريق الثانوي.
  - الحالة ب-١ – انعطاف الى اليسار من الطريق الثانوي.
  - الحالة ب-٢ – انعطاف الى اليمين من الطريق الثانوي.
  - الحالة ب-٣ – مناورة عبور من طريق ثانوي.
- الحالة "ج" – تقاطعات مع التحكم بإعطاء الأولوية على الطريق الثانوي.

- الحالة ج-١ – مناورة عبور من طريق ثانوي.
- الحالة ج-٢ – انعطاف الى اليسار أو اليمين من الطريق الثانوي.

- الحالة "د" ـــ تقاطعات مع التحكم بإشارة المرور.
- الحالة "هـ" – تقاطعات مع التحكم بالتوقف الكامل.
- الحالة "و" – انعطاف الى اليسار من الطريق الرئيسي.
- الحالة "ز" – الدوّارات.

الحالة أ – تقاطعات بدون تحكُّم:

بالنسبة إلى التقاطعات التي لا يتم التحكم فيها بواسطة لافتات إعطاء الاولوية أو لافتات التوقف أو إشارات المرور، يجب أن يكون سائق المركبة التي تقترب من التقاطع قادراً على رؤية المركبات التي يحتمل أن تكون متعارضة في الوقت الكافي للتوقف قبل الوصول إلى التقاطع. يحدد موقع نقطة القرار (عين السائق) لمثلثات الرؤية عند كل مدخل من خلال نموذج مشابه لنموذج مسافة الرؤية للتوقف، مع افتراضات مختلفة قليلاً. يوفر طول مثلث الرؤية لهذه الحالة في الجدول (١٠-١). عندما تتجاوز الميول الطولية في منطقة التقاطع ٣,٠٪، يجب تعديل ساق مثلث الرؤية الواضح بضرب مسافة الرؤية المناسبة من الجدول (١٠-٢) بعامل الضبط المناسب حسب الجدول (١٠-٣). لا حاجة لمثلث رؤية مغادرة مثل الموضح في الشكل (١٠-٥) في تقاطع بدون تحكم لأن مثل هذه التقاطعات في العادة تكون ذات أحجام مرورية منخفضة للغاية.

الحالة (ب) - تقاطعات مع التحكُّم بالتوقف على الطريق الثانوي:

بالنسبة للتقاطع مع التحكم في التوقف على الطريق الثانوي، يجب الأخذ في الاعتبار مثلثات الرؤية لثلاث مواقف:

- الحالة ب-١ - انعطاف الى اليسار من طريق الثانوي.
- الحالة ب-٢ - انعطاف الى اليمين من طريق الثانوي.
- الحالة ب-٣ - عبور الطريق الرئيسي من طريق ثانوي.

تعد معايير مسافة رؤية التقاطع للتقاطعات المحكومة بالتوقف أطول من مسافة الرؤية للتوقف للسماح تشغيل التقاطع بسلاسة. يمكن لمشغلي المركبات الصغيرة على الطرق الثانوية الانتظار حتى يتمكنوا من المضي قدمًا بأمان دون إجبار مركبة على الطريق الرئيسي على التوقف.

الحالة ب-١ - الانعطاف الى اليسار من الطريق الثانوي:

يجب توفير مثلثات رؤية المغادرة للمرور الذي يقترب من اليمين أو اليسار، مثل تلك الموضحة في الشكل (١٠-٥)، للانعطاف لليسار من الطريق الثانوي إلى الطريق الرئيسي لجميع مداخل التقاطع المحكومة بلافتات التوقف في كل الاتجاهات. طول ساق مثلث رؤية المغادرة على طول الطريق الرئيسي في كلا الاتجاهين، كما هو موضح بالمسافة (ب) في الشكل (١٠-٥)، وهي مسافة رؤية التقاطع الموصى بها لهذه الحالة. يجب أن تكون قمة (نقطة القرار) لمثلث رؤية المغادرة على الطريق الثانوي على مسافة ٤,٥ مترًا من حافة الطريق الرئيسي.

يجب أن تكون مسافة رؤية التقاطع في كل اتجاه مساوية للمسافة المقطوعة عند السرعة التصميمية للطريق الرئيسي خلال فترة زمنية مساوية للفجوة الزمنية المطبقة الموضحة في الجدول (١٠-٤). الفجوات الزمنية للمركبة المتوقفة للانعطاف يساراً الى طريق ذي مسارين بدون جزيرة وسطية وميول طولية للطريق الداخل بنسبة ٣,٠٪ أو أقل. تنطبق الفجوات الزمنية على تحديد مسافة الرؤية إلى اليمين في مناورات الانعطاف إلى اليسار. يجب تعديل القيم المعروضة في الجدول (١٠-٤) على النحو التالي:

- للطرق متعددة المسارات أو الجزر الوسطية:
  - بالنسبة إلى الانعطافات لليسار إلى طرق ذات اتجاهين مع أكثر من مسارين، ويشمل ذلك مسارات الانعطاف، أضف ٠,٥ ثانية لسيارات الركاب الخاصة أو ٠,٧ ثانية للشاحنات لكل مسار إضافي، من اليسار، أكثر من مسار واحد، ليتم عبوره بواسطة المركبة المنعطفة.
  - يجب تحويل عرض الجزيرة الوسطية إلى عدد مكافئ من المسارات في تطبيق معيار ٠,٥ ثانية و ٠,٧ ثانية الموضحين أعلاه. على سبيل المثال، الجزيرة الوسطية ٥,٥ متر يعادل مسارًا ونصفًا ويتطلب ٠,٧٥ ثانية إضافية لعبور الراكب و١,٠٥ ثانية إضافية لعبور الشاحنة.
- منحدرات مداخل الطرق الثانوية:
  - إذا كانت الميول الطولية للمداخل الصاعدة التي تتجاوز ٣,٠٪، فقم بإضافة ٠,٢ ثانية لكل نسبة مئوية يتجاوز بها الميل الطولي صفر بالمائة. على سبيل المثال، إذا كانت الميول الطولية لمدخل الطريق الثانوي لمثل هذا

التقاطع يقع على ميل طولي صاعد بنسبة ٤,٠٪، فيجب زيادة الفجوة الزمنية المحددة لتصميم مسافة رؤية التقاطع للانعطافات لليسار بمقدار ٠,٨ ثانية.

مسافة رؤية التقاطع على طول الطريق الرئيسي (المسافة "ب" في الشكل (١٠-٥)) بالمعادلة التالية:

المعادلة (١٠-١)

$$ISD = 0.278 \cdot V_{major} \cdot t_g$$

حيث إن:

ISD = مسافة رؤية التقاطع (م)

V_{major}= السرعة التصميمية للطريق الرئيسي (كم/ساعة)

t_g = الفجوة الزمنية لمركبة على الطريق الثانوي لدخول الطريق الرئيسي (ثانية).

يتم توفير قيم تصميم مسافة رؤية التقاطع للحالة ب-١ في الجدول (١٠-٢).

الحالة ب-٢ – الانعطاف الى اليمين من الطريق الثانوي:

يجب توفير مثلث رؤية المغادرة للمركبة التي تقترب من اليسار مثل ذلك الموضح في الشكل (١٠-٥) للانعطاف لليمين من الطريق الثانوي إلى الطريق الرئيسي. يتم تحديد مسافة رؤية التقاطع للانعطافات لليمين بنفس الطريقة المتبعة في الحالة ب-١، باستثناء أنه يجب تعديل الفجوات الزمنية (t_g) وتقليلها بمقدار ١,٠ ثانية. تعرض قيم الفجوة الزمنية المطبقة للحالة ب-٢ في الجدول (١٠-٤). يجب تعديل القيم المعروضة في الجدول (١٠-٤) على النحو التالي:

- منحدرات مداخل الطرق الثانوية
  - إذا كانت الميول الطولية للمداخل الصاعدة التي تتجاوز ٣,٠٪، فقم بإضافة ٠,١ ثانية لكل نسبة مئوية يتجاوز بها الميل الطولي صفر بالمائة. على سبيل المثال، إذا كانت الميول الطولية لمدخل الطريق الثانوي لمثل هذا التقاطع يقع على ميل طولي صاعد بنسبة ٤,٠٪، فيجب زيادة الفجوة الزمنية المحددة لتصميم مسافة رؤية التقاطع للانعطافات لليسار بمقدار ٠,٤ ثانية.

الحالة ب-٣ - مناورة عبور من الطريق الثانوي:

في معظم الحالات، توفر مثلثات رؤية المغادرة للانعطافات لليسار واليمين إلى الطريق الرئيسي، كما هو موضح في الحالتين ب-١ و ب-٢، وكذلك مسافة رؤية كافية لمركبات الطرق الثانوية لعبور الطريق الرئيسي. ومع ذلك، في الحالات التالية، يُنصح بالتحقق من توفر مسافة الرؤية لمناورات العبور:

- حيث لا يُسمح بالانعطاف إلى اليسار أو إلى اليمين أو كليهما بأسلوب معين وتكون مناورة التجاوز هي المناورة القانونية الوحيدة
- حيث ستقطع المركبة العابرة العرض المكافئ لأكثر من ست مسارات أو
- حيث تعبر احجام مرورية كبيرة من الشاحنات الثقيلة الطريق والمنحدرات شديدة الانحدار التي قد تبطئ المركبة بينما لا يزال الجزء الخلفي منها في التقاطع موجود على طريق المغادرة السريع على الجانب البعيد من التقاطع.

المعادلة (١٠-١) المستخدمة لمسافة رؤية التقاطع في الحالة ب-١ تُستخدم أيضًا في الحالة ب-٣ لمناورة العبور مع اختلاف الفجوات الزمنية (t_g) هي نفسها لتلك الخاصة بالحالة ب-٢. عند تقاطعات الطرق المقسومة، اعتمادًا على المقادير النسبية لعرض الجزيرة الوسطية وطول المركبة التصميمية، قد يلزم الأخذ في الاعتبار مسافة رؤية التقاطع لعبور كلا جادتي الطريق المقسوم أو لعبور جادة الطريق القريبة فقط والتوقف في الجزيرة الوسطية قبل المتابعة. يتم تطبيق معاملات الضبط لعرض الجزيرة الوسطية والميول الطولية كما هو موضح في الحالة ب-١.

تعرض قيم الفجوات الزمنية لاستخدامها في تحديد مسافة رؤية التقاطع لمناورات التجاوز في الجدول (١٠-٤).

الجدول (١٠–٢) مسافة رؤية تقاطع التصميم في الحالات (أ) و (ب) و "و" (م) - (AASHTO, 2018).

السرعة التصميمية (كم/ساعة)	مسافة رؤية التقاطع التصميمية (م)			
	الحالة (أ)	الحالة ب-١	الحالتين ب-٢ و ب-٣	الحالة "و"
٢٠	٢٠	٤٥	٤٠	٣٥
٣٠	٢٥	٦٥	٥٥	٥٠
٤٠	٣٥	٨٥	٧٥	٦٥
٥٠	٤٥	١٠٥	٩٥	٨٠
٦٠	٥٥	١٣٠	١١٠	٩٥
٧٠	٦٥	١٥٠	١٣٠	١١٠
٨٠	٧٥	١٧٠	١٤٥	١٢٥
٩٠	٩٠	١٩٠	١٦٥	١٤٠
١٠٠	١٠٥	٢١٠	١٨٥	١٥٥
١١٠	١٢٠	٢٣٠	٢٠٠	١٧٠

ملاحظة:

مسافة رؤية التقاطع الموضحة مخصصة للظروف المثالية (ميول طولية أقل من ٣,٠٪، لا توجد الجزيرة الوسطية مطبقة على طريق رئيسي إلخ). بالنسبة للظروف الأخرى، يجب تعديل الفجوة الزمنية وإعادة حساب مسافة الرؤية.

الجدول (١٠–٣) عوامل الضبط لمسافة رؤية التقاطع للحالتين (أ) و "ج" - (AASHTO, 2018).

الميل الطولي للمدخل (%)	السرعة التصميمية (كم/ساعة)									
	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠	٩٠	١٠٠	١١٠
- ٦,٠٪	١,١	١,١	١,١	١,١	١,١	١,١	١,٢	١,٢	١,٢	١,٢
- ٥,٠٪	١,٠	١,٠	١,١	١,١	١,١	١,١	١,١	١,١	١,١	١,١
- ٤,٠٪	١,٠	١,٠	١,٠	١,١	١,١	١,١	١,١	١,١	١,١	١,١
- ٣,٠٪ إلى + ٣,٠٪	١,٠	١,٠	١,٠	١,٠	١,٠	١,٠	١,٠	١,٠	١,٠	١,٠
٤,٠٪	١,٠	١,٠	١,٠	١,٠	٠,٩	٠,٩	٠,٩	٠,٩	٠,٩	٠,٩
٥,٠٪	١,٠	١,٠	١,٠	٠,٩	٠,٩	٠,٩	٠,٩	٠,٩	٠,٩	٠,٩

الميل الطولي للمدخل (%)	السرعة التصميمية (كم/ساعة)									
	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠	٩٠	١٠٠	١١٠
٦,٠٪	١,٠	١,٠	٠,٩	٠,٩	٠,٩	٠,٩	٠,٩	٠,٩	٠,٩	٠,٩

الجدول (١٠–٤) الفجوة الزمنية للحالات ب-١ و ب-٢ و ب-٣ و ج-٢ و "و" - (AASHTO, 2018).

المركبة التصميمية	الفجوة الزمنية (t_g) حسب السرعة التصميمية للطريق الرئيسي (ثانية)			
	الحالة ب-١	الحالتين ب-٢ و ب-٣	الحالة ج-٢	الحالة "و"
مركبة ركاب (P)	٧,٥	٦,٥	٨,٠	٥,٥
شاحنة ذات وحدة واحدة (SU)	٩,٥	٨,٥	١٠,٠	٦,٥
الشاحنة المركبة	١١,٥	١٠,٥	١٢,٠	٧,٥

الحالة "ج" - تقاطعات مع التحكُّم بإعطاء الاولية على الطريق الثانوي:

بالنسبة للتقاطع مع التحكم في الاولوية على الطريق الثانوي، يجب الأخذ في الاعتبار مثلثات الرؤية في حالتين:

- الحالة ج-١ - مناورة عبور من الطريق الثانوي.
- الحالة ج-٢ – مناورات انعطاف الى اليسار واليمين.

الحالة ج-١ - مناورة عبور من الطريق الثانوي:

يُعطى طول ساق مثلث رؤية الاقتراب على طول الطريق الثانوي لاستيعاب مناورة العبور من مدخل محكوم بإعطاء الاولوية (المسافة a1 في الشكل (١٠-٤) في الجدول (١٠-٥). ترتكز المسافات في الجدول (١٠-٥) على نفس الافتراضات مثل تلك الخاصة بالحالة (أ) فيما عدا أنه بناءً على الملاحظات الميدانية، يُفترض أن تتباطأ مركبات الطرق الثانوية التي لا تتوقف إلى ٦٠ بالمائة من السرعة التصميمية للطرق الثانوية بدلاً من ٥٠ بالمائة.

يجب توفير وقت سير كافٍ لمركبة الطريق الرئيسي للسماح لمركبة الطريق الثانوي بالتالي:

- للانتقال من نقطة القرار إلى التقاطع، مع التباطؤ بمعدل ١,٥ م/ ثانية^2 إلى ٦٠ بالمائة من سرعة تصميم الطريق الثانوي ثم
- لعبور التقاطع وتفريغه بنفس السرعة.

مسافة رؤية التقاطع على طول الطريق الرئيسي لاستيعاب مناورة العبور (المسافة (b) في الشكل (١٠-٤)) بالمعادلات التالية:

المعادلة (١٠-٢)

$$t_g = t_a + \frac{w + L_a}{0.167 \cdot V_{minor}}$$

المعادلة (١٠-٣)

$$b = 0.278 \cdot V_{major} \cdot t_g$$

حيث إن:

b = طول ساق مثلث الرؤية على طول الطريق الرئيسي (م)

V_{major}= السرعة التصميمية للطريق الرئيسي (كم/ساعة)

V_{minor}= السرعة التصميمية للطريق الثانوي (كم/ساعة)

t_g= زمن التنقل للوصول إلى الطريق الرئيسي وتفريغه (ثانية)

t_a= زمن التنقل للوصول إلى الطريق الرئيسي من نقطة اتخاذ القرار لمركبة لا تتوقف حسب الجدول (١٠-٥) (ثانية)

L_a= طول المركبة التصميمية (م)

w = عرض التقاطع المراد عبوره (م).

يوفر قيم زمن التنقل لمدخل الطريق الثانوي والطريق الرئيسي في الجدول (١٠-٤)، بينما يوفر طول ساق مثلث الرؤية على طول الطريق الرئيسي في الجدول (١٠-٥). القيم الموضحة في هذه الجداول تخص مركبة ركاب خاصة تعبر طريقًا مكونًا من مسارين بدون الجزيرة الوسطية ومنحدرات مدخل بنسبة ٣,٠٪ أو أقل. في حالات أخرى، يجب تعديل هذه القيم على النحو التالي:

بالنسبة إلى منحدرات المداخل للطريق الثانوي التي تتجاوز ٣,٠٪، اضرب المسافة أو الزمن في هذا الجدول في عامل الضبط المناسب من الجدول (١٠-٣).

الجدول (١٠–٥) مناورات العبور لمداخل الطرق المحكومة بإعطاء الاولوية وطول جزء الطريق الثانوي (م) وزمن التنقل (ثانية) - (AASHTO, 2018).

السرعة التصميمية (كم/ساعة)	مدخل الطريق الثانوي		الطريق الرئيسي
	طول الساق (م)	زمن التنقل t_a (ثانية)	مدة الرحلة t_g (ثانية)
٢٠	٢٠	٣,٢	٧,١
٣٠	٣٠	٣,٦	٦,٥
٤٠	٤٠	٤,٠	٦,٥
٥٠	٥٥	٤,٤	٦,٥
٦٠	٦٥	٤,٨	٦,٥
٧٠	٨٠	٥,١	٦,٥
٨٠	١٠٠	٥,٥	٦,٥
٩٠	١١٥	٥,٩	٦,٨
١٠٠	١٣٥	٦,٣	٧,١
١١٠	١٥٥	٦,٧	٧,٤

ملاحظات:

١- ينطبق زمن التنقل t_a على المركبات التي تتباطأ قبل عبور التقاطع، ولكنها لا تتوقف.

٢- يكون زمن التنقل t_g مساويًا أو يتجاوز الفجوة الزمنية المناسبة لعبور الطريق الرئيسي من مدخل محكوم بالتوقف، كما هو موضح في المعادلة (١٠-٢) .

الحالة ج-٢ – مناورات الانعطاف الى اليسار واليمين:

يجب أن يكون طول ساق مثلث رؤية المدخل على طول الطريق الثانوي لاستيعاب الانعطافات لليمين دون توقف (المسافة a1 فيا لشكل (١٠-٤) ٢٥ متر. تفترض هذه المسافة أن السائقين الذين ينعطفون يمينًا ويسارًا دون توقف سوف يتباطؤون إلى سرعة دوران تبلغ ١٦ كم/ساعة. المسافة a2 للانعطافات لليسار أطول من المسافة a1 للانعطافات لليمين كما هو محدد في القسم الفرعي (١٠-٢-٦-٢).

ساق مثلث رؤية المدخل على طول الطريق الرئيسي (المسافة (ب) في الشكل (١٠-٤) هي نفسها لساق لمثلث رؤية المغادرة للطريق الرئيسي لتقاطع يتم محكوم بالتوقف في الحالتين ب-١ و ب-٢. ومع ذلك، يجب زيادة الفجوات الزمنية بمقدار ٠,٥ ثانية كما هي موضحة في الجدول (١٠-٤). تعرض الأطوال المناسبة لساق مثلث الرؤية في الجدول (١٠-٦) لسيارات الركاب الخاصة.

يجب أيضًا توفير مثلثات رؤية المغادرة مثل تلك المقدمة للمداخل المحكومة بالتوقف (انظر الحالات ب-١ وب-٢ وب-٣ أعلاه) وللمداخل المحكومة بإعطاء الاولوية لاستيعاب مركبات الطريق الثانوي التي تتوقف عند لافتة إعطاء الطريق لتجنب التعارض مع مركبات الطريق الرئيسي. ومع ذلك، نظرًا لأن مثلثات رؤية المدخل لمناورات الدوران في المداخل المحكومة بأولوية إعطاء الطريق أكبر من مثلثات رؤية المغادرة المستخدمة في التقاطعات المحكومة بالتوقف، فلا يلزم إجراء فحص محدد لمثلثات رؤية المغادرة عند التقاطعات بدون تحكم.

الجدول (١٠–٦) مسافة رؤية تقاطع التصميمية في الحالتين "ج-١" و "ج-٢" (م) - (AASHTO, 2018).

سرعة تصميم الطرق الرئيسي (كم/ساعة)	الحالة ج-١ طول ساق مثلث الرؤية على طول الطريق الرئيسي (م)					الحالة ج-٢ طول الساق (م)
	سرعة تصميم الطريق الثانوي (كم/ساعة)					
	٢٠	٣٠ - ٨٠	٩٠	١٠٠	١١٠	
٢٠	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠	٤٥	٤٥
٣٠	٦٠	٥٥	٦٠	٦٠	٦٥	٧٠
٤٠	٨٠	٧٥	٨٠	٨٠	٨٥	٩٠
٥٠	١٠٠	٩٥	٩٥	١٠٠	١٠٥	١١٥
٦٠	١٢٠	١١٠	١١٥	١٢٠	١٢٥	١٣٥
٧٠	١٤٠	١٣٠	١٣٥	١٤٠	١٤٥	١٦٠
٨٠	١٦٠	١٤٥	١٥٥	١٦٠	١٦٥	١٨٠
٩٠	١٨٠	١٦٥	١٧٥	١٨٠	١٩٠	٢٠٥
١٠٠	٢٠٠	١٨٥	١٩٠	٢٠٠	٢١٠	٢٢٥
١١٠	٢٢٠	٢٠٠	٢١٠	٢٢٠	٢٣٠	٢٤٥

الحالة "د" - تقاطعات مع التحكُّم بإشارات مرور:

عند التقاطعات المزودة بإشارات مرورية، يجب أن تكون أول مركبة متوقفة عند المدخل مرئية لسائق أول مركبة متوقفة عند بقية المداخل الأخرى. يجب أن يكون للمركبات المنعطفة لليسار مسافة رؤية كافية لاختيار الفجوات في المرور القادم لإكمال الانعطافات لليسار. بصرف النظر عن ظروف الرؤية هذه، لا توجد بشكل عام لا توجد حاجة لمثلثات رؤية للمدخول او المغادرة أو مثلثات رؤية

أخرى للتقاطعات المحكومة بالإشارات المرورية. قد تكون إشارات المرور تدبيرًا مضادًا مناسبًا لتفادي حوادث التقاطعات ذات حجم المروري الكبير مع مسافة رؤية محدودة والتي شهدت نمطًا من حوادث التصادم المتعلقة بمسافة الرؤية.

ومع ذلك، إذا كان سيتم وضع إشارة المرور في تشغيل وميض في اتجاهين في ظل ظروف خارج الذروة أو ليلاً، فيجب توفير مثلثات رؤية المغادرة المناسبة للحالة (ب)، إلى اليسار واليمين على حد سواء، لمدخل الطريق الثانوي.

الحالة هـ - تقاطعات مع التحكُّم بالتوقف في جميع الاتجاهات:

عند التقاطعات المزودة بنظام التحكم في التوقف في جميع الاتجاهات، يجب أن تكون أول مركبة متوقفة عند أحد المداخل مرئية لسائقي المركبات المتوقفة الأولى في كل من المداخل الأخرى. لا توجد معايير أخرى لمسافة الرؤية تنطبق على التقاطعات من هذا النوع، وفي الواقع، قد يكون هو الخيار الأفضل في عدد محدود من التقاطعات حيث لا يمكن الوصول إلى مسافة الرؤية لأنواع التحكم الأخرى. ومع ذلك، إذا كانت الأحجام المرورية المتوقعة تشير إلى أن التقاطع قد يحتاج إلى إشارات المرور في غضون بضع سنوات، فيجب الأخذ في الاعتبار توفير مسافات الرؤية للحالة (د). لا تختلف مسافات الرؤية في الحالة "د" بشكل ملحوظ عن مسافات رؤية الحالة "هـ" باستثناء توفير تجهيزات لتشغيل وميض ثنائي الاتجاه عند الإشارة المستقبلية.

الحالة "و" – الانعطاف الى اليسار من الطريق الرئيسي:

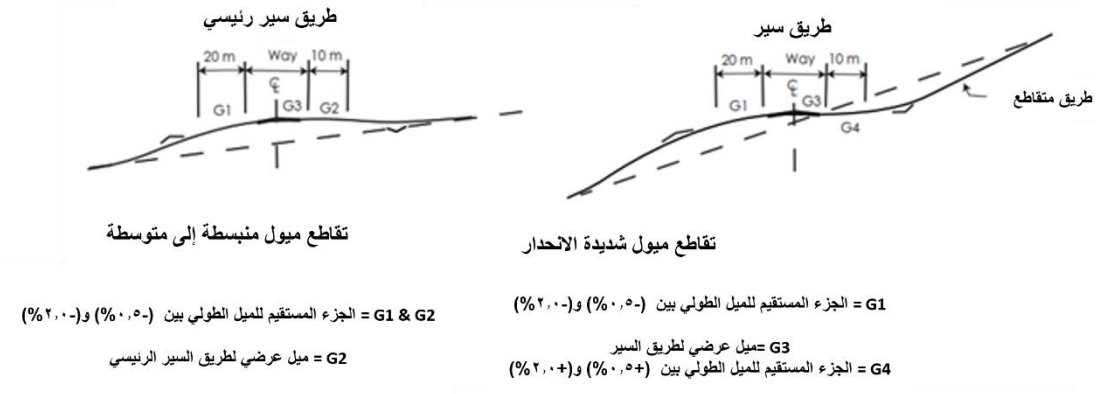
جميع المواقع على طول طريق رئيسي حيث يُسمح للمركبات بالانعطاف يسارًا في اتجاه معاكس للمرور، ويشمل ذلك التقاطعات المداخل الجانبية والطق الخاصة، يجب أن يكون لها مسافة رؤية كافية لاستيعاب مناورة الانعطاف إلى اليسار. يحتاج السائقون المنعطفون إلى اليسار إلى مسافة رؤية كافية لتحديد زمن الانعطاف يسارًا عبر المسار (المسارات) المستخدمة من قبل المرور المعاكس. يجب أن يعتمد تصميم مسافة الرؤية على انعطاف مركبة متوقفة يساراً ، لأن المركبة التي تنعطف يسارًا دون توقف ستحتاج إلى مسافة رؤية أقل. تعرض قيم الفجوة الزمنية للانعطاف إلى اليسار من الطريق الرئيسي في الجدول (١٠-٤)، بينما تحدد مسافة رؤية التقاطع على طول الطريق الرئيسي لاستيعاب الانعطافات لليسار لسيارات الركاب الخاصة في الجدول (١٠-٢).

١٠-٢-٦-٥ المحاذاة الرأسية:

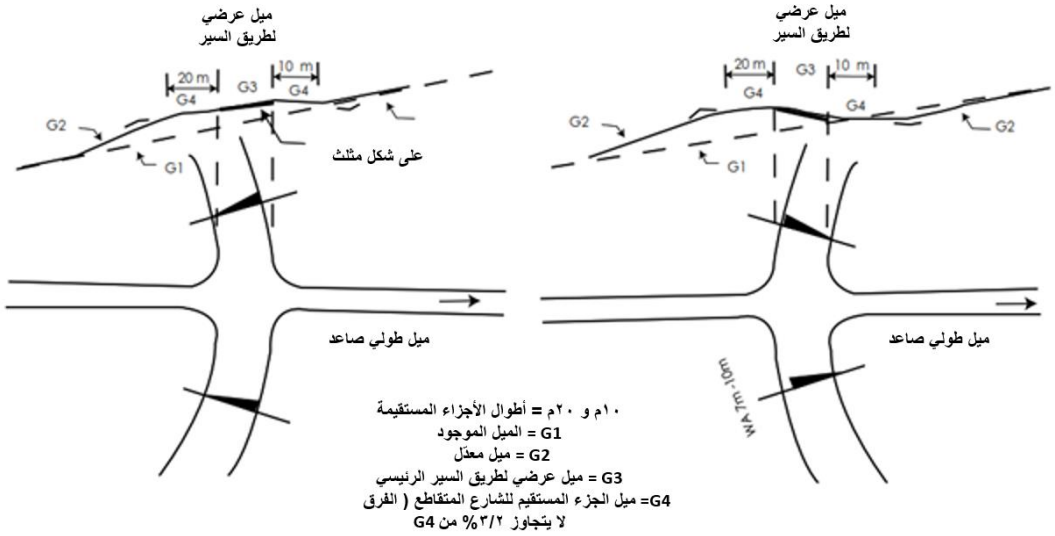
يجب أن يتطابق الميل الطولي للطريق الثانوي المقاطع مع الميل العرضي للطريق الرئيسي. يظهر الشكل (١٠-٦) والشكل (١٠-٧) المعالجة المناسبة للميول الطولية للطرق الثانوية. على وجه الخصوص:

- في التضاريس المستوية والتلالية، ينبغي الاخذ في الاعتبار قسم بميل طولي يتراوح بين (- ٠,٥٪) و (- ٢,٠٪) في تصميم القطاع الطولي للطريق المتقاطع، لمسافة لا تقل عن ١٠ أمتار صعودًا ولا تقل عن ٢٠ مترًا هبوطاً.
- في التضاريس الجبلية وشديدة الانحدار، ينبغي الاخذ في الاعتبار قسم بميل طولي يتراوح بين (- ٠,٥٪) و (- ٢,٠٪) في تصميم القطاع الطولي للطريق المتقاطع، لمسافة لا تقل عن ٢٠ أمتار هبوطاً، وقسم بميل طولي يتراوح بين (+ ٠,٥٪) و (+ ٢,٠٪) لمسافة لا تقل عن ١٠ أمتار صعودًا.

لابد من فحص الميول الطولية للطريق الثانوي للتأكد من توفر مسافة الرؤية للعبور الكافية. بالنسبة للطريق الرئيسي، يُقترح أن تكون الميول الطولية القصوى ٥,٠٪، بينما يمكن استخدام ميول طولية أعلى في حالات التضاريس الصعبة. يجب أيضًا فحص جوانب حافة الكتف للتأكد من عدم وجود مناطق منبسطة حيث لن يتم تصريف سطح الطريق.



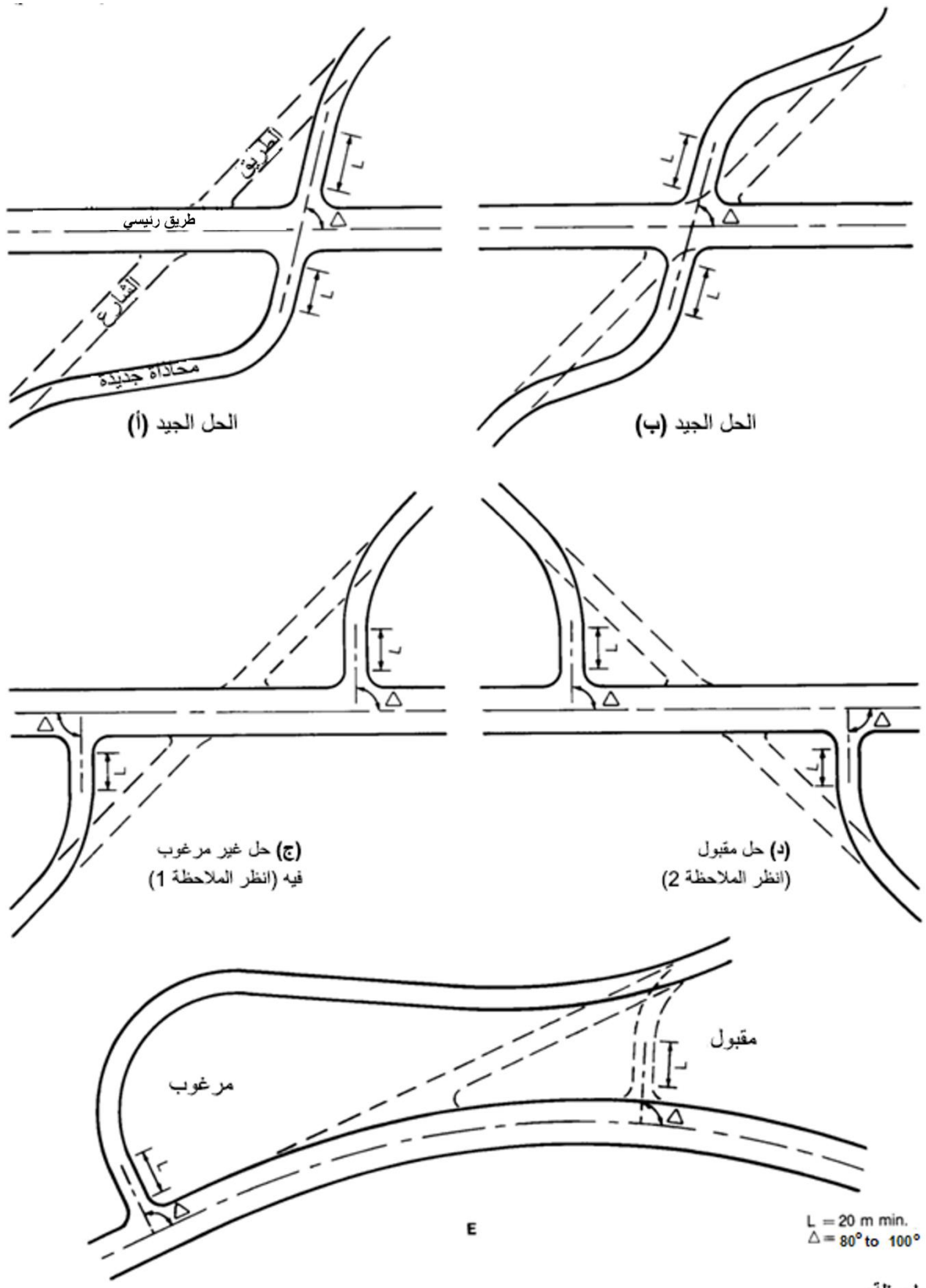
الشكل (١٠–٦) ضبط الميل الطولي للطريق المتقاطع.



الشكل (١٠–٧) المحاذاة الرأسية والأفقية مدمجة عند التقاطعات.

١٠-٢-٦-٦ زوايا التقاطع:

التقاطعات ذات الثلاثة شعب على شكل حرف (T) وذات الأربعة شعب على شكل حرف (X)، يجب أن تكون زواياها من ٨٠ درجة إلى ١٠٠ درجة (يفضل ٩٠ درجة) كما هو موضح في الشكل (١٠-٨). عندما يعبر طريق قائم أو طريق جديد طريقًا رئيسيًا بزاوية أكثر حدة، يجب تعديل المحاذاة الأفقية الثانوي كما هو موضح في نفس الشكل.



ملحوظة:

1. يتطلب الانعطاف يسارًا بعد الانعطاف يمينًا مما يخلق فرصة لحدوث تصادم خلفي.

2. **لا يمكن استخدام الحل (د) إلا إذا كان الحلان (أ) و (ب) غير ممكنين.**

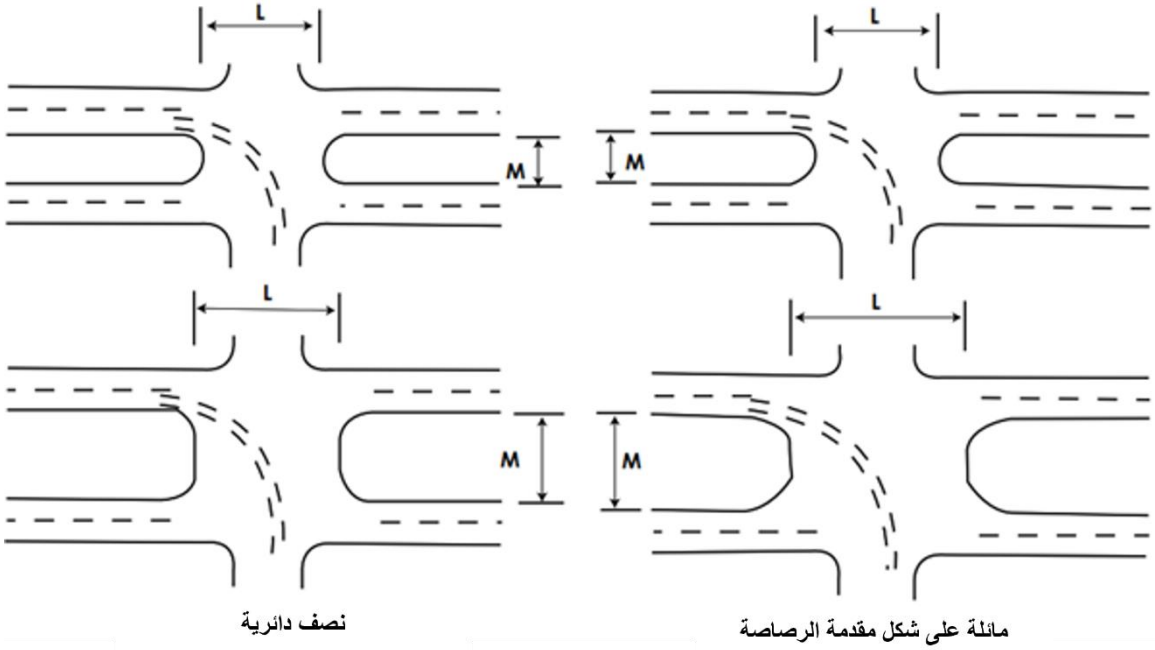
الشكل (١٠–٨) إعادة المحاذاة عند التقاطعات.

١٠-٢-٧ أنصاف أقطار منحنيات التقاطع:

يجب أن يكون نصف القطر الأيسر والأيمن للتصميم على زوايا التقاطع كبيرًا بما يكفي لاستيعاب حركات انعطاف المركبة التصميمية. يجب فحص أبعاد نصف قطر الدوران من خلال تحليل مسار أثر انعطاف المركبات التصميمية swept path، إما عن طريق استخدام مسارات الدوران المتوفرة في الملحق (أ-٤)، أو باستخدام برنامج متخصص من برامج (CAD).

الانعطاف نحو اليسار/فتحات الجزيرة الوسطية:

يُظهر الشكل (١٠-٩) طول فتحة الجزيرة الوسطية للانعطافات لليسار، بينما يورد الجدول (١٠-٧). الحد الأدنى لنصف القطر وطول فتحة الجزيرة الوسطية (L) وفق معالجة نهاية الجزيرة على شكل نصف دائرة وبرأس مائل على شكل مقدمة (أنف) الرصاصة حسب قيم مختلفة من عرض الجزر (W). تتطلب الجزر الوسطية بالنهايات المائلة على شكل مقدمة الرصاصة فتحات أصغر من الجزر الوسطية بالنهايات نصف الدائرية.



الشكل (١٠–٩) طول فتحة الجزيرة الوسطية للمنعطفات الى اليسار.

الجدول (١٠–٧) الحد الأدنى لطول فتحة الجزيرة الوسطية "L" (م) - (MoC, 1992).

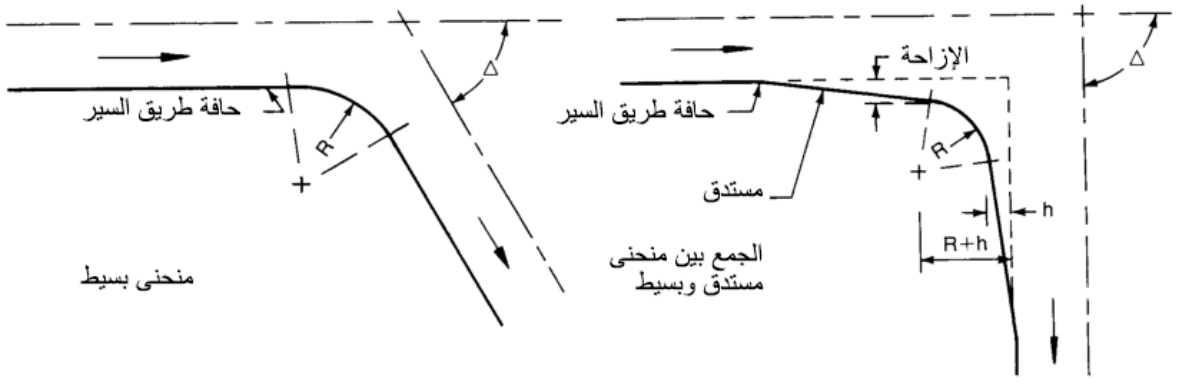
عرض الجزيرة الوسطية M (م)	المركبات (P) و (SU)		المركبات (WB-12) و (WB-15)	
	نصف دائرية	مائلة على شكل مقدمة الرصاصة	نصف دائرية	مائلة على شكل مقدمة الرصاصة
١	٢٩,٠	٢٩,٠	٤٤,٠	٣٦,٥
٢	٢٨,٥	٢٣,٠	٤٣,٥	٣٤,٥
٣	٢٧,٠	١٨,٥	٤٢,٠	٣١,٥
٤	٢٦,٠	١٦,٠	٤١,٠	٢٩,٥
٥	٢٥,٠	١٥,٠	٤٠,٠	٢٨,٠

عرض الجزيرة الوسطية M (م)	المركبات (P) و (SU)		المركبات (WB-12) و (WB-15)	
	نصف دائرية	مائلة على شكل مقدمة الرصاصة	نصف دائرية	مائلة على شكل مقدمة الرصاصة
٦	٢٤,٠	١٣,٥	٣٩,٠	٢٥,٥
٨	٢٢,٥	١٢,٠	٣٧,٠	٢٢,٠
١٠	٢٠,٥	١٢,٠	٣٥,٠	٢٠,٠
١٢	١٨,٠	١٢,٠	٣٠,٠	١٧,٠
١٥	١٥,٠	١٢,٠	٢٨,٥	١٢,٠
٢٠	١٢,٠	١٢,٠	٢٥,٠	١٢,٠
٣٠	١٢,٠	١٢,٠	١٥,٠	١٢,٠

الانعطاف نحو اليمين:

الشكل (١٠-١٠) يظهر الانعطاف لليمين على حافة الطريق بتوفير منحنى واحد أو مزيجًا من المنحنى المستدق والمنحنى الفردي. في المناطق الحضرية، يُستخدم نصف قطر منحنى بسيط يبلغ ٤,٥ متر بشكل شائع لتقاطع شارع سكني مع شارع سكني آخر أو طريق تجميعي أو طريق شرياني، بينما يستخدم نصف قطر منحنى بسيط يبلغ ٧,٥ متر بشكل شائع لتقاطع طرق شريانية أو في المواقع التي تُعتبر طرق شاحنات أو حافلات. عند تقاطعات شارعين باتجاه واحد، يمكن استخدام نصف قطر حاد جدًا يتراوح من ٠,٥ إلى ١,٥ متر في الزوايا التي يُحظر فيها الانعطافات.

الجدول (١٠-٨) يوفر الحد الأدنى نصف قطر حافة الطريق المطلوب بحيث لا تتعدى المركبات التي تنعطف في الزاوية اليمنى على المسارات المجاورة. لزوايا دوران أقل من ٦٠ درجة، يفضل استخدام منحنى بسيط. بالنسبة إلى زوايا الدوران التي تزيد عن ٦٠ درجة، يفضل استخدام منحنى مستدق ومنحنى بسيط نظرًا لاقترابه من مسار دوران المركبة التصميمية ويتطلب حرم طريق أقل من منحنى بسيط بنصف قطر كبير.



ملاحظة: Δ= زاوية الدوران، R = نصف القطر، h= الإزاحة، R+h = مجموع مؤشرتين

الشكل (١٠–١٠) الحد الأدنى لنصف قطر الانعطاف لليمين عند حافة الطريق.

الجدول (١٠–٨) الحد الأدنى من العناصر الهندسية للانعطافات لليمين بالتقاطعات.

زاوية الدوران Δ (بالدرجات المئوية)	المركبة التصميمية	منحنى بسيط R(بالمتر)	مستدق مع منحنى بسيط		
			نصف قطر (متر)	الإزاحة ح (م)	نسبة الاستدقاق
٣٠	SU	٣٠,٠	-	-	-
	WB-12	٤٥,٠	-	-	-
	WB-15	٦٠,٠	-	-	-
٦٠	SU	١٨,٠	-	-	-
	WB-12	٢٧,٠	-	-	-
	WB-15	-	٣٠,٠	١,٠	١٥:١
٩٠	SU	١٥,٠	١٢,٠	٠,٦	١٠:١
	WB-12	-	١٣,٥	١,٢	١٠:١
	WB-15	-	١٨,٠	١,٢	١٥:١
١٢٠	SU	-	٩,٠	١,٠	١٠:١
	WB-12	-	١٠,٥	١,٥	٨:١
	WB-15	-	١٣,٥	١,٢	١٥:١
١٥٠	SU	-	٩,٠	١,٢	٨:١
	WB-12	-	٩,٠	١,٨	٨:١
	WB-15	-	١٠,٥	٢,١	٦:١

طريق الانعطاف لليمين المنفصل بالجزر:

طريق الانعطاف لليمين هو طريق منفصل لحركات الانعطافات لليمين كما هو موضح في الشكل (١٠-١٠). قد يكون نصف القطر كما هو بالنسبة للانعطافات بزاوية قائمة، أو أكبر.

الدوران للخلف عند التقاطعات:

إذا سُمح بالدوران للخلف عند التقاطعات وإذا كانت شعب المدخل طرق متعددة المسارات، فيجب أن يكون العرض المكون من الجزيرة الوسطية بالإضافة إلى عرض الطريق المتقابل واسعًا بما يكفي حتى تتمكن المركبة التصميمية من الدوران للخلف من مسار الانعطاف لليسار دون إجراء أي مناورات دعم (دوران ثلاثي النقاط). إذا تعذر الحصول على عرض كافٍ، يجب تثبيت لافتات ممنوع الدوران الى الخلف.

١٠-٢-٨ مسارات الانعطاف الاضافية:

يجب استخدام تحليل سعة التقاطع وفقًا لمجلد كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط) لتحديد عدد مسارات الانعطاف لليمين ولليسار وعدد المسارات المستمرة. يجب استخدام مسارات التسارع والتباطؤ مع مسارات الانعطاف هذه لتحسين السعة وتقليل وقوع الحوادث عند التقاطع.

الشكل (١٠-١١)، والشكل (١٠-١٢)، والشكل (١٠-١٣)، أمثلة لمسارات انعطاف على الطرق متعددة المسارات، بينما يقدم الشكلان (١٠-١٥) و(١٠-١٤) أمثلة على توفير مسارات انعطاف لليسار حصرية وتوفير المساحة اللازمة لاستيعاب حركات الانعطاف لليسار

من مفترق طرق إلى طريق ثنائي الاتجاه. في المناطق الريفية، لا يجوز استخدام الحواجز المتوسطة المرتفعة ما لم يكن الطريق مقسوما متعدد المسارات والسرعة التصميمية أقل من ٨٠ كم/ساعة.

يجب أن تكون مسارات الانعطاف بعرض ٣,٠٠ متر على الأقل ويفضل أن يكون عرضها ٣,٥٠ متر. عندما تُطبق بردورات رصيف مرتفعة بالقرب من مسار الانعطاف، يجب زيادة هذه العروض بمقدار ٠,٥٠ متر على الأقل. العرض الأدنى للجزيرة الوسطية هو ٥,٠٠ م.

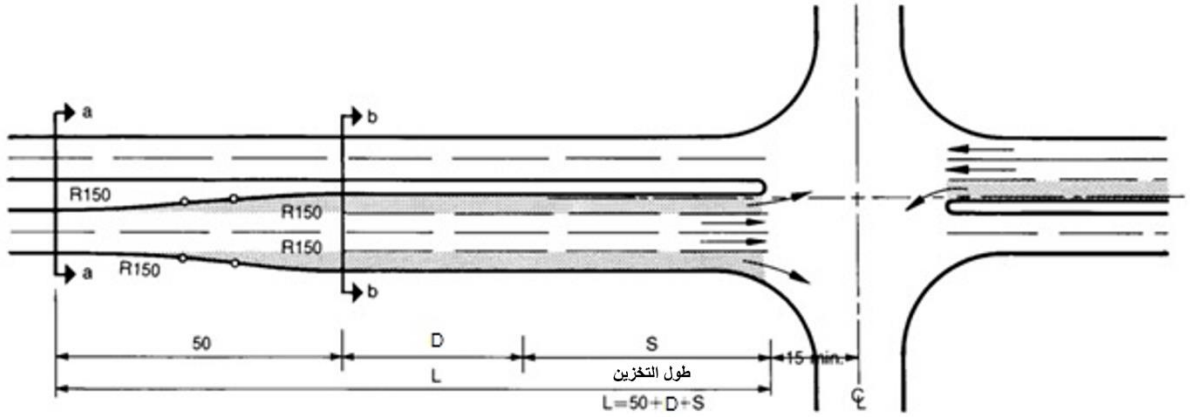
يعتمد طول مسارات الانعطاف على الطول المطلوب لتغيير السرعة وعدد المركبات المراد تخزينها. يعتمد طول التخزين على عدد المركبات التي من المحتمل أن تتراكم في دقيقتين، وعلى النحو المحدد من تحليل السعة الوارد في مجلد كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط).

يظهر طول مسارات التباطؤ (D) في الأشكال أدناه. يختلف طول التباطؤ حسب سرعة المدخل ونوع التقاطع. قد يتعين ازاحة مسارات المرور المستمر جانبياً لاستيعاب مسارات الانعطاف عند التقاطعات. يجب استخدام أطوال التحولات المستدقة المبينة في الجدول (١٠-٩) لتقليل التغيرات المفاجئة في محاذاة المسار داخل التقاطع.

لا يجوز إسقاط المسارات داخل التقاطع، بل يجب استمرارها عبر التقاطع كما هو موضح في الشكل (١٠-١٤) والشكل (١٠-١٥). يجب أن تبدأ اسقاطات المسارات بعد ٣٠ مترًا على الأقل من مركز التقاطع.

الجدول (١٠–٩) الطول الأدنى المستدق.

السرعة التصميمية (كم/ساعة)	الطول الأدنى للمستدق (متر)
٥٠	٧٥
٦٠	٩٠
٧٠	١٠٥
٨٠	١٢٠
٩٠	١٣٠
١٠٠	١٤٠
١١٠	١٥٠



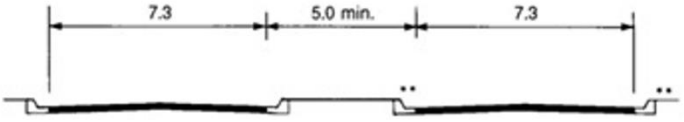
ريفي

سرعة التصميم كم/ساعة	70	80	90	100
D	60	80	100	120
S	طول التخزين المطلوب			

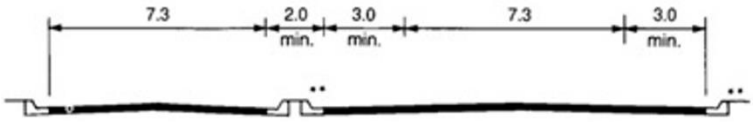
حضري

سرعة التصميم كم/ساعة	50	60	70	80
D	0	0	60	80
*S حد أدنى.	25	40	60	80

جميع الأبعاد بالأمتار.

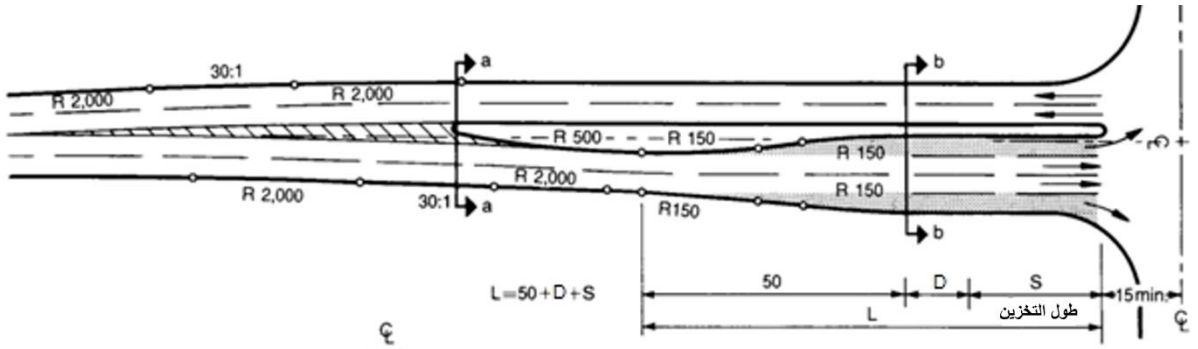


القطاع العرضي a-a



القطاع العرضي a-a

الشكل (١٠–١١) مسارات انعطاف على طريق متعدد المسارات مقسوم.



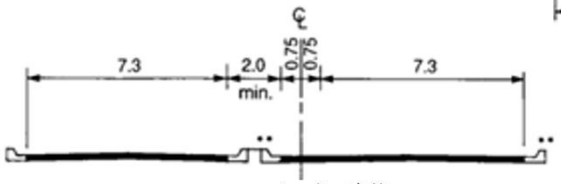
ريفي

سرعة التصميم كم/ساعة	70	80	90	100
D	60	80	100	120
S	طول التخزين المطلوب			

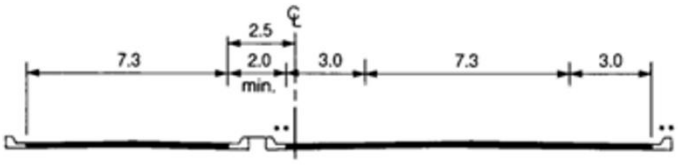
حضري

سرعة التصميم كم/ساعة	50	60	70	80
D	0	0	60	80
*S حد أدنى.	25	40	60	80

جميع الأبعاد بالأمتار.

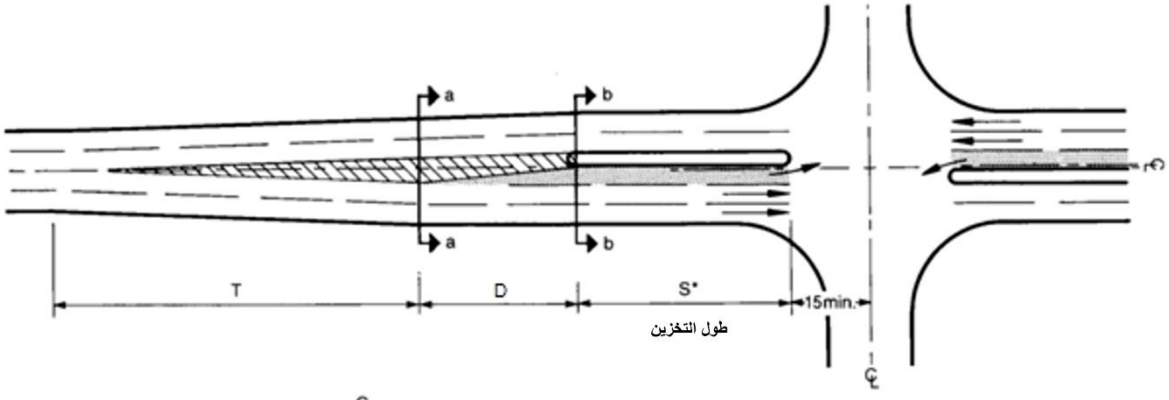


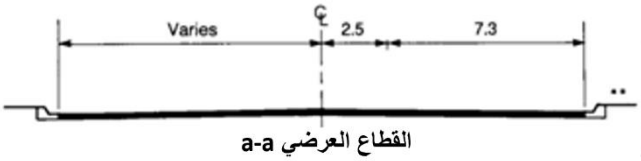
القطاع العرضي a-a



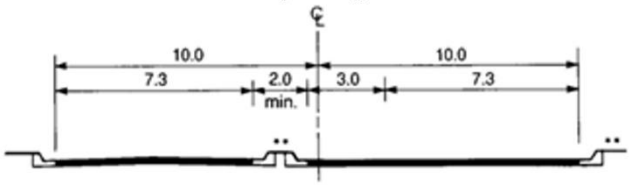
القطاع العرضي b-b

الشكل (١٠–١٢) جزيرة وسطية مبتدعة ومسارات انعطاف على طريق متعدد المسارات غير مقسوم.





القطاع العرضي a-a



القطاع العرضي b-b

ريفي

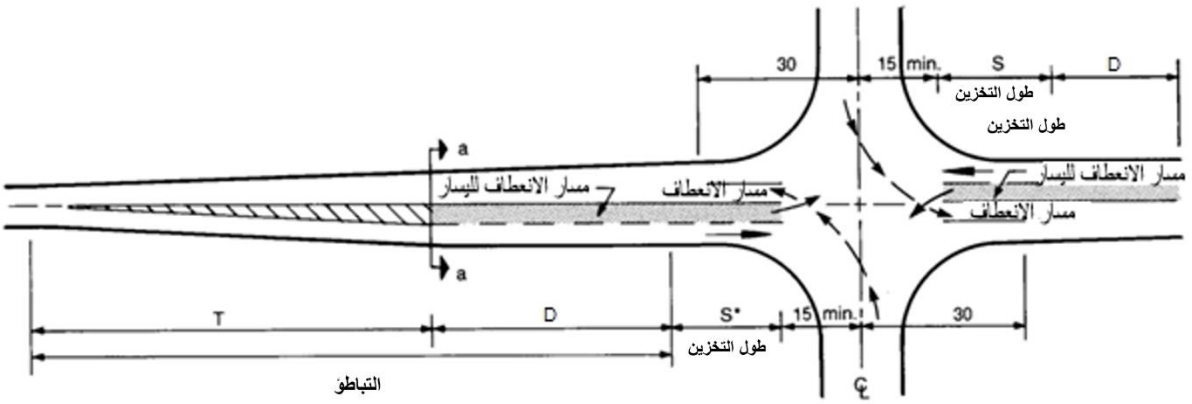
سرعة التصميم كم/ساعة	110	100	90	80	70
D	90	80	70	60	55
T	150	140	130	120	105

حضري

سرعة التصميم كم/ساعة	80	70	60	50
D	40	30	30	30
S* حد أدنى.	120	105	90	75

جميع الأبعاد بالأمتار.

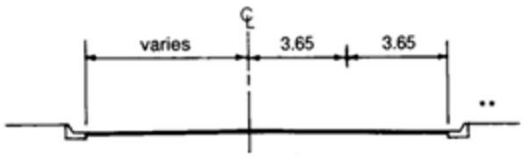
الشكل (١٠–١٣) جزيرة وسطية مبتدعة ومسار انعطاف لليسار على طريق متعدد المسارات غير مقسوم.



مسار الانعطاف لليسار

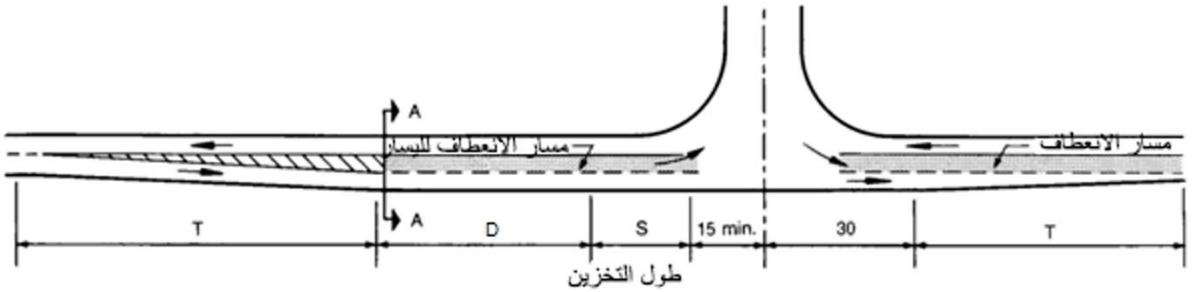
سرعة التصميم كم/ساعة	T	D
50	75	45
60	90	50
70	105	55
80	120	60
90	130	70
100	140	80
110	150	90
120	160	100
130	170	110

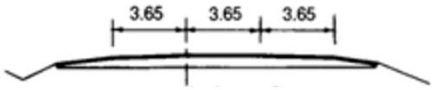
جميع الأبعاد بالأمتار.



القطاع العرضي b-b

الشكل (١٠–١٤) مسار الانعطاف لليسار ومسار دوران على طريق ذي المسارين.





القطاع العرضي A-A

سرعة التصميم كم/ساعة	T	D
50	75	45
60	90	50
70	105	55
80	120	60
90	130	70
100	140	80
110	150	90
120	160	100
130	170	110

جميع الأبعاد بالأمتار.

الشكل (١٠–١٥) مسار انعطاف لليسار ومسار دوران عند تقاطع "T" ثنائي المسارات.

ملاحظات بشأن الشكل (١٠-١١)، والشكل (١٠-١٢)، والشكل (١٠-١٣)، والشكل (١٠-١٤)، والشكل (١٠-١٥):

*إذا كان طول التخزين المحسوب وفقًا لمجلد كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط) أطول من القيم المذكورة في الشكل (١٠-١١) والشكل (١٠-١٢)، والشكل (١٠-١٣)، فالأفضلية للطول الأكبر. بالنسبة للشكل (١٠-١٤)، والشكل (١٠-١٥)، يُحسب طول التخزين وفقًا لمجلد كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط).

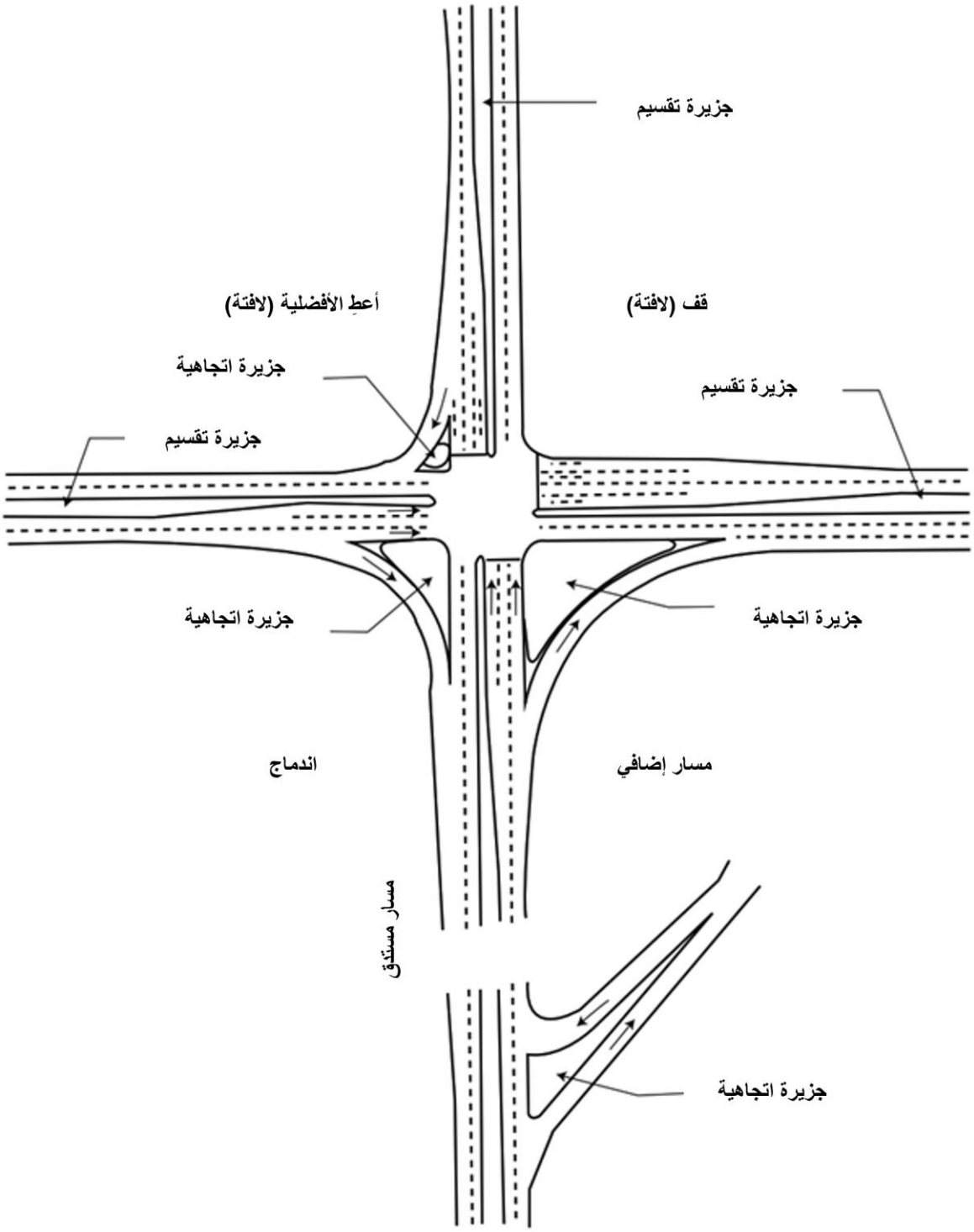
** يسمح بالبردورات فقط إذا كانت السرعة التصميمية أقل أو تساوي ٨٠ كم/ساعة.

١٠-٢-٩ فصل اتجاهات الحركة بالجزر والعلامات الأرضية:

تُفصل اتجاهات المرور (وتُوجّه) إلى مسارات محددة للسير باستخدام علامات الرصف أو الجزر المرتفعة. يسهّل هذا الفصل الحركة الآمنة والمنظمة لكل من المركبات والمشاة. يمكن استخدام فصل اتجاهات الحركة لتحسين التقاطعات القائمة. يوضح الشكل (١٠-٢٢) الأنواع التالية من التحسينات:

- فصل التعارضات.
- السيطرة على زوايا التعارض المحتملة.
- تقليل مساحات الرصف الكبيرة بشكل مفرط.
- تنظيم تدفق المرور ويدل للاستخدام السليم للتقاطع.
- تفضيل حركات الدوران السائدة.
- حماية المشاة.
- حماية دوران وعبور المركبات.
- توفير موقع مناسب وآمن لأجهزة التحكم المروري.
- توفير نقاط مرجعية.
- عدم تشجيع الحركات المحظورة.
- التحكم في السرعة
- حماية راكبي الدراجات.
- التحكم أو تقييد الوصول.
- تقييد المرور العابر أو المستمر.

الجزر الاتجاهية والجزر التقسيمية هما نوعان من فصل اتجاهات الحركة بالتقاطعات. هذه موضحة في الشكل (١٠-١٦).



الشكل (١٠–١٦) أنواع الجزر لفصل اتجاهات الحركة بالتقاطعات.

١- الجزر الاتجاهية ذات شكل مثلث وتستخدم لتوجيه حركات الانعطاف.

٢- الجزر التقسيمية وتستخدم لفصل اتجاهات المرور المتعاكسة، وتوفير الحماية لمسارات الانعطاف لليسار، وتحديد المرور إلى مسارات المدخل بزاوية قائمة عند التقاطعات المائلة.

يمكن إنشاء جزر التوجيه باستخدام بردورات مرتفعة أو علامات مرورية تتكون من خطوط وعلامات رصف مرتفعة، فيمكن استخدامها بشكل فردي أو تدمج مع بعضها. ومع ذلك، لا يجوز استخدام البردورات المرتفعة عندما تكون السرعة التصميمية أكبر من ٨٠ كم/ساعة.

يجب أن تكون الجزر ذات اتساع كافي لجذب انتباه السائقين. يجب أن تكون جزر البردورات المرتفعة باتساع ٨ أمتار على الأقل بينما يجب أن تكون الجزر المطلية بعرض ٥ أمتار على الأقل. يجب أن تكون الجزر التقسيمية بعرض ١,٥ متر على الأقل بأطوال تتراوح بين ٦ أمتار للمناطق الحضرية و٣٠ مترًا للمناطق الريفية. عندما تقع جزيرة على منحنى قمة رأسي عمودي أو منحنى أفقي، يجب تمديد طرف المدخل من الجزيرة لتكون مرئية للسائقين حال دخولهم التقاطع.

يوفر الشكلان (١٠-١٧) والشكل (١٠-١٨) التوضيح الهندسي (الجيومتري) المناسب للجزر الاتجاهية. يوفر الشكل (١٠-١٩) معالجة خاصة لمسارات الانعطاف لليسار بمواقع ذات جزر وسطية واسعة، لتحسين مسافة الرؤية للسائقين حال انعطافهم لليسار.

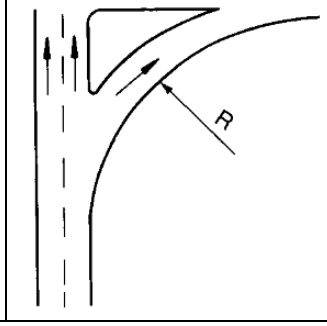
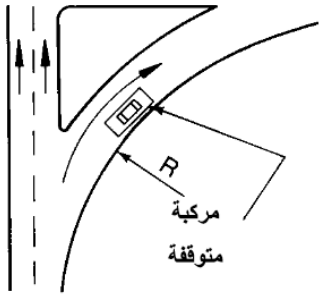
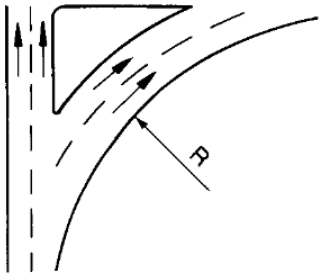
عند تصميم الجزر الاتجاهية للطرق ذات الانعطافات لليمين، يجب أن يكون عرض الرصف واسعًا بما يكفي لاستيعاب المركبة التصميمية. يختلف هذا العرض باختلاف نصف قطر الانعطاف للحافة الداخلية لطريق الانعطاف لليمين. يوفر الجدول (١٠-١٠) العرض المطلوب لثلاث حالات:

- تشغيل مسار واحد (الحالة الأولى).
- تشغيل مسار واحد مع تأمين تجاوز مركبة متوقفة (الحالة الثانية).
- تشغيل مسارين (الحالة الثالثة).

ينبغي استيفاء عرض الرصف لمتطلبات الحالة الثانية على الأقل (مفضل) ويجب ألا يقل عن الحالة الأولى (حد أدنى).

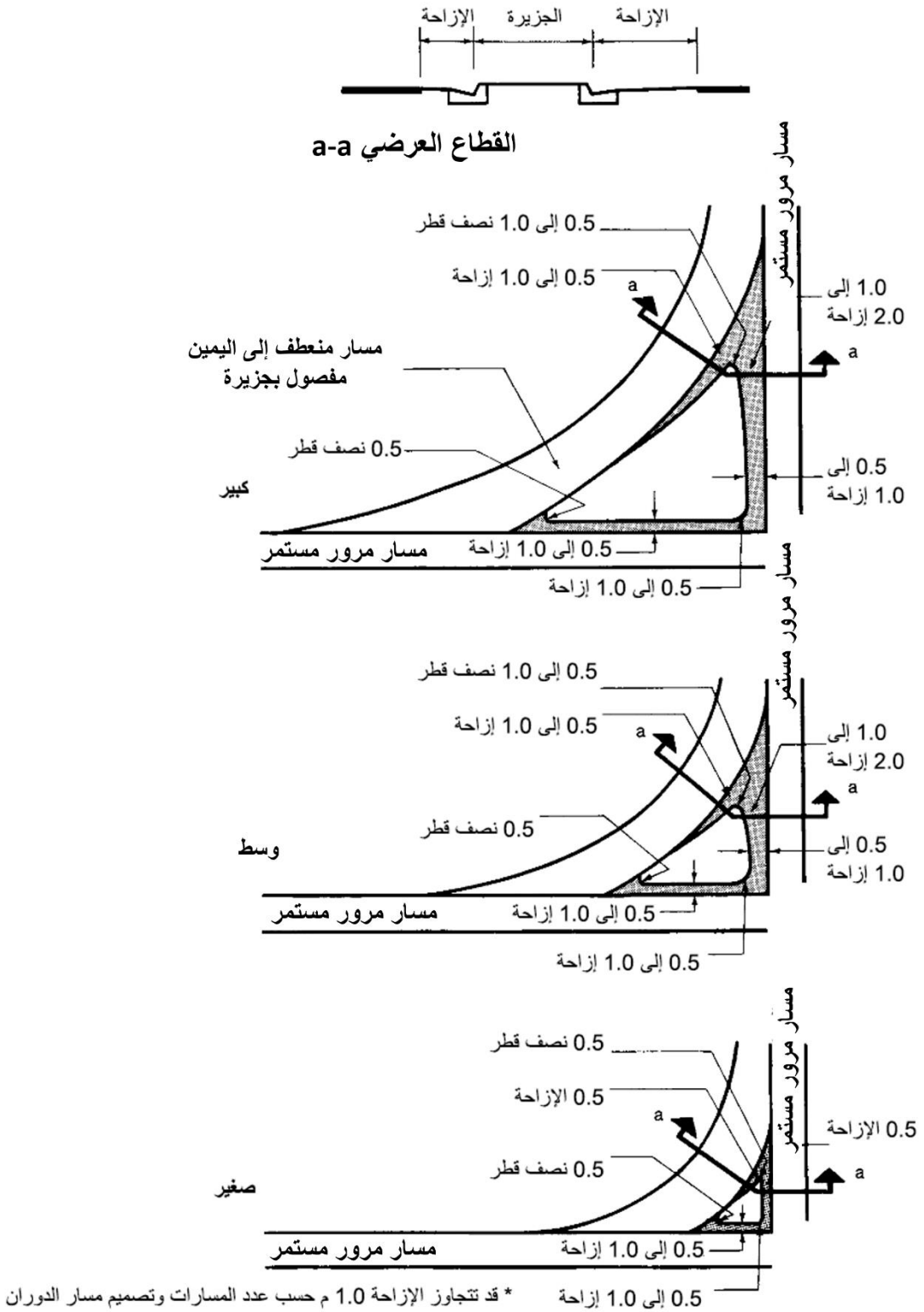
تنطبق المفاهيم الأساسية لفصل اتجاهات المرور بالجزر كذلك على التقاطعات عند أطراف منحدر المحوّل. يجب تضمين فصل اتجاهات المرور بالجزر وأي اساليب أخرى لإحباط حركات الانعطاف الخاطئة بالمنحدرات. يعطي الكل (١٠-٢٥) تخطيطًا نموذجيًا لمحوّل على شكل المعيّن البسيط. لإعاقة الانعطافات لليسار في الاتجاه الخاطئ، يجب تمديد الجزر الجزيرة الوسطية إلى نقطة تجعل نصف قطر الدوران قصيراً جدًا حتى لا تتمكن المركبات من الانعطاف الخاطئ. يجب استخدام أنصاف أقطار قصيرة لتثبيط الانعطافات الصحيحة في الاتجاه الخاطئ على المنحدرات. يجب استخدام أساليب مماثلة لمنع حركات الاتجاه الخاطئ على أنواع أخرى من المحوّلات المنفصلة رأسياً.

الجدول (١٠–١٠) حدود عرض طرق الانعطاف لليمين المفصولة بالجزر (م).

عرض الرصف (م)									
نصف قطر الحافة الداخلية (م)	الحالة الأولى تشغيل مسار واحد باتجاه واحد بدون تأمين تجاوز			الحالة الثانية تشغيل مسار واحد باتجاه واحد مع تأمين تجاوز مركبة متوقفة			الحالة الثالثة تشغيل مسارين باتجاه واحد		
	تصميم أحوال المرور.								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
١٥	٥,٥٠	٥,٥٠	٧,٠٠	٧,٠٠	٧,٧٥	٩,٠٠	٩,٥٠	١٠,٧٥	١٣,٠٠
٢٥	٤,٥٠	٥,٠٠	٥,٥٠	٦,٢٥	٦,٧٥	٧,٧٥	٨,٥٠	٩,٥٠	١١,٥٠
٣٥	٤,٥٠	٥,٠٠	٥,٥٠	٦,٠٠	٦,٥٠	٧,٥٠	٨,٥٠	٩,٢٥	١٠,٥٠
٤٥	٤,٢٥	٤,٧٥	٥,٢٥	٦,٠٠	٦,٥٠	٧,٢٥	٨,٢٥	٩,٠٠	١٠,٠٠
٦٠	٤,٢٥	٤,٧٥	٥,٠٠	٥,٧٥	٦,٥٠	٧,٢٥	٨,٢٥	٩,٠٠	٩,٧٥
٨٠	٤,٠٠	٤,٧٥	٥,٠٠	٥,٧٥	٦,٢٥	٧,٠٠	٨,٠٠	٨,٧٥	٩,٥٠
١٠٠	٤,٠٠	٤,٧٥	٥,٠٠	٥,٥٠	٦,٢٥	٦,٧٥	٨,٠٠	٨,٧٥	٩,٢٥
١٢٥	٤,٠٠	٤,٥٠	٤,٧٥	٥,٢٥	٦,٠٠	٦,٧٥	٨,٠٠	٨,٥٠	٩,٠٠
١٥٠	٣,٧٥	٤,٥٠	٤,٧٥	٥,٠٠	٦,٠٠	٦,٥٠	٧,٧٥	٨,٥٠	٨,٧٥
المماس	٣,٧٥	٤,٥٠	٤,٥٠	٤,٧٥	٥,٧٥	٦,٥٠	٧,٥٠	٨,٢٥	٨,٢٥
									

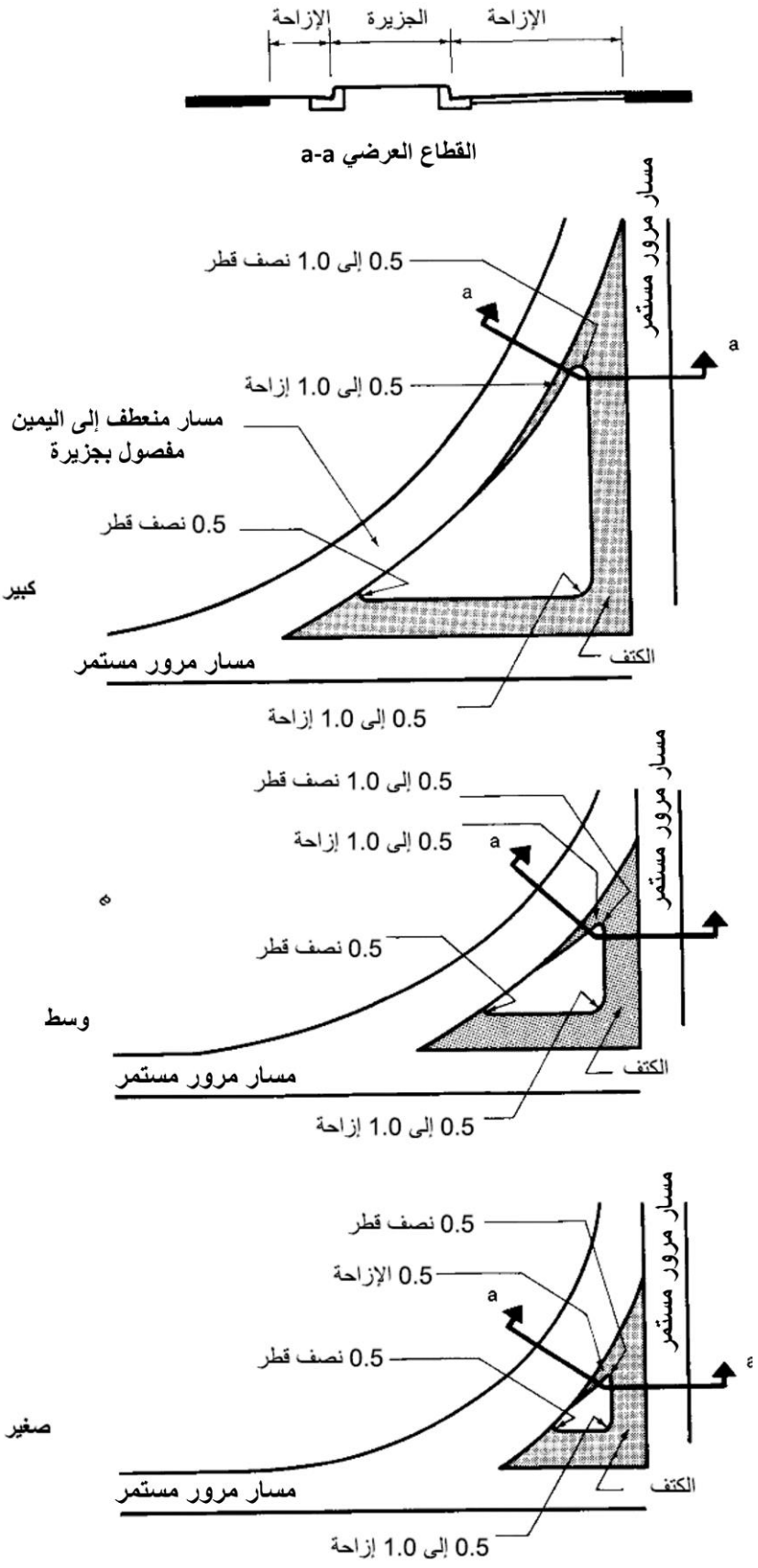
ملاحظات:

- إذا تم استخدام بردورات حاجزة على جانب واحد، أضف ٠,٥ متر للحالتين الأولى والثالثة.
- إذا تم استخدام بردورات حاجزة على كلا الجانبين، أضف ١,٠ متر للحالتين الأولى والثالثة و ٠,٥ متر للحالة الثانية.
- إذا كان هناك كتف مستقر؛ يُخصم عرض الكتف في الحالة الثانية، ولكن يبقى الحد الأدنى لعرض الرصف كما هو في الحالة الأولى؛ ويُخصم ٠,٥ متر حيث يكون الكتف ١,٠ متر أو أكبر في الحالة الثالثة.
- ظروف المرور أ: المركبات الغالبة (P)، ولكن بعض الاعتبار للشاحنات (SU).
- حالة المرور ب: المركبات (SU) كافية، ولكن بعض الاعتبار للمركبات نصف المقطورة.
- حالة المرور ج: المركبات نصف مقطورة أو مركبات (WB) كافية.

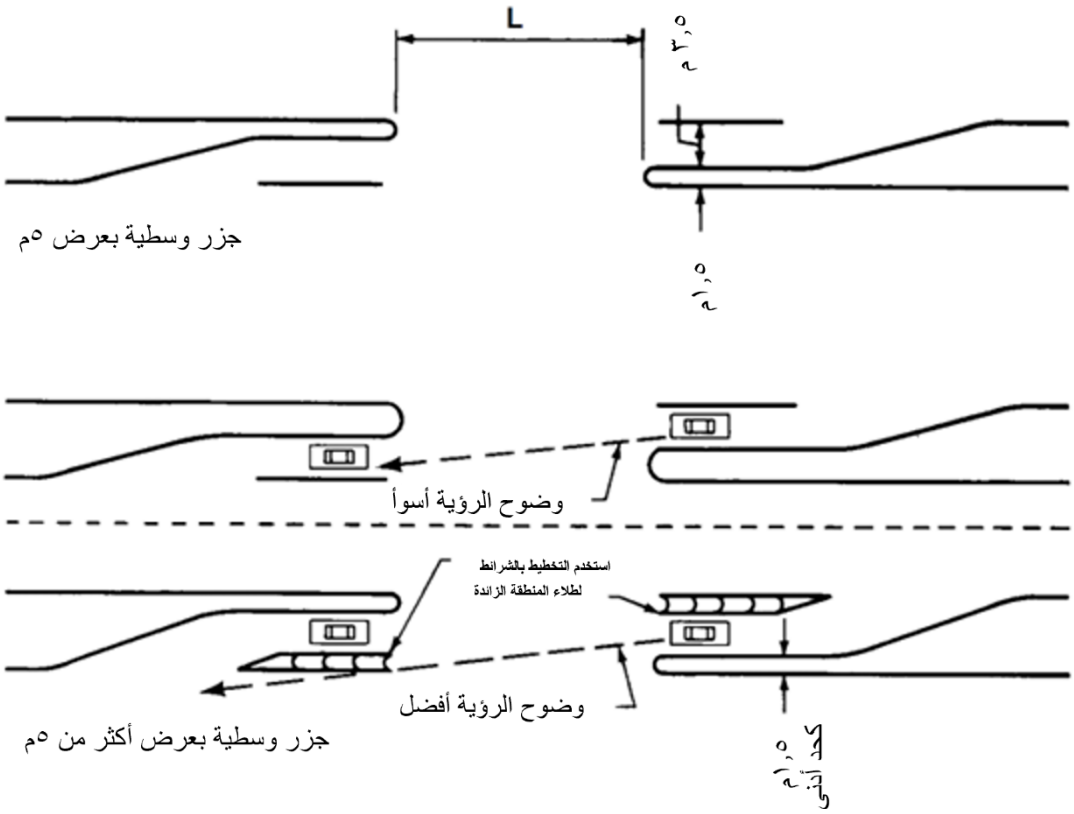


خطوط مدهونة، أسطح بألوان متباينة، أشرطة الدمدمة، وما إلى ذلك.

الشكل (١٠–١٧) الجزر الاتجاهية مع بردورات بدون كتف.



الشكل (١٠–١٨) الجزر الاتجاهية مع بردورات وكتف خارجي.



الشكل (١٠–١٩) فصل اتجاهات الحركة بالجزر والعلامات لتحسين مسافة الرؤية للانعطاف الى اليسار.

١٠-٢-١٠ مسارات التسارع بالجزيرة الوسطية:

مسار التسارع بالجزيرة الوسطية هو مسار اضافي على جانب الجزيرة الوسطية يسمح للمركبات المنعطفة يسارًا من الطريق الثانوي بالتسارع على طول الطريق المقسوم قبل الاندماج إلى اليمين في مسار المرور المستمر. يمكن تعريفه كذلك كمسار انعطاف لليسار وتسارع. يمكن استخدام مسار التسارع بالجزيرة الوسطية عند التقاطعات غير المحكومة بإشارات مرور على الطرق متعددة المسارات المقسومة، والتي تواجه نسبة عالية من حوادث التصادم الخلفي، أو تصادم بزاوية، أو تصادم الجانب بالجانب المتعلقة بفرق السرعة الناتج عن المركبات المنعطفة لليسار إلى الطريق.

يجب أن تكون مسارات التسارع بالجزيرة الوسطية عادة طويلة بما يكفي للسماح لجميع المركبات المنعطفة بالتسارع إلى ٧٠ بالمائة على الأقل من سرعة تصميم الطريق الرئيسي. يضمن أطول مسار التسارع بالجزيرة الوسطية الموصى به في الجدول (١٠-١١).

الجدول (١٠–١١) الطول الفعّال الموصى به لمسار التسارع بالجزيرة الوسطية باستثناء المستدق (AT, 2019).

سرعة تصميم الطرق V (كم/ساعة)	سرعة الاندماج المفترضة (كيلومتر/ ساعة)	طول مسار التسارع بالجزيرة الوسطية النموذجي الأدنى (م)	طول مسار التسارع بالجزيرة الوسطية المرغوب (م)
٨٠	٦٠	٢٠٠	٢٣٠
٩٠	٦٧	٢٦٠	٢٩٥
١٠٠	٧٤	٣٤٥	٣٩٥

سرعة تصميم الطرق V (كم/ساعة)	سرعة الاندماج المفترضة (كيلومتر/ ساعة)	طول مسار التسارع بالجزيرة الوسطية النموذجي الأدنى (م)	طول مسار التسارع بالجزيرة الوسطية المرغوب (م)
١١٠	٨١	٤٣٠	٤٩٠
١٢٠	٨٨	٥٤٥	٦٢٠
١٣٠	٩٢	٦١٠	٦٩٥

وينبغي استخدام الطول المرغوب حيثما كان ذلك مناسباً. يمكن استخدام طول مسار التسارع النموذجي الأدنى إذا كانت هناك قيود خاصة بالموقع أو إذا كان تدفق المرور محدودًا دون القيم التالية:

- متوسط المرور السنوي اليومي للطريق الرئيسي (للاتجاهين) أقل من ١٠٠٠٠ (مركبة/ اليوم).
- متوسط المرور السنوي اليومي للطريق الثانوي المتقاطع (للاتجاهين) أقل من ١٠٠٠ (مركبة/ اليوم).
- متوسط المرور السنوي اليومي للمركبات الكبيرة التي تنعطف يسارًا من الطريق المتقاطع أقل من ٢٠ (مركبة/ اليوم).

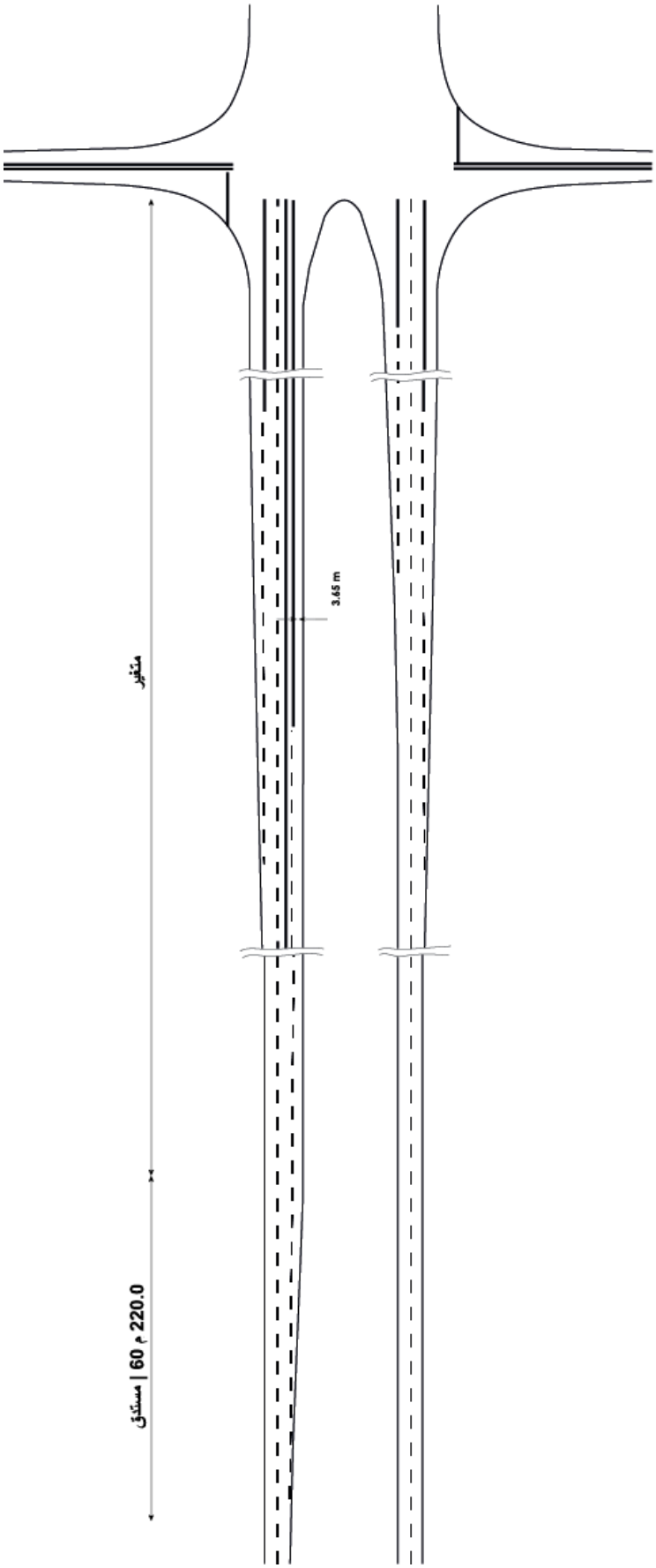
إذا كان طول مسار التسارع بالجزيرة الوسطية مقيدًا بأقل من الحد الأدنى بسبب القيود المادية أو غيرها، فقد يتم طلب استثناء التصميم وفقًا للإجراء الموصوف في الباب (١٣).

في حالة الميول الطولية أقل من أو تساوي ٣,٠٪، يمكن استخدام الجدول (١٠-١١) لتحديد متوسط طول التسارع. بالنسبة للميول الطولية الأعلى من ٣,٠٪، يجب تعديل متوسط طول التسارع لاستيعاب تأثيرات الميل الطولي وفقًا للجدول (١٠-١٢).

الجدول (١٠–١٢) مضاعف تعديل الميول الطولية الأعلى من ٣٪ (AT, 2019).

سرعة تصميم الطرق V (كم/ساعة)	الميل الطولي (%)	صاعد	هابط
٨٠	من ٣,٠٪ إلى ٥,٠٪	١,٤	٠,٦٥
٩٠		١,٤	٠,٦
١٠٠		١,٥	٠,٦
١١٠		١,٥	٠,٦
١٢٠		١,٥	٠,٦
١٣٠		١,٦	٠,٦
٨٠	أكثر من ٥,٠٪	١,٥	٠,٥٥
٩٠		١,٦	٠,٥٥
١٠٠		١,٧	٠,٥
١١٠		٢,٠	٠,٥
١٢٠		٢,١٥	٠,٥
١٣٠		٢,٣	٠,٥

يجب أن يكون عرض مسار التسارع بالجزيرة الوسطية ٣,٦٥ متر. ومن المقرر استخدام مستدق بطول ٢٢٠ متر مع ميل ١:٦٠ في نهاية مسار التسارع بالجزيرة الوسطية لربطها بالمسار المستمر. يجب استخدام عرض الكتف القياسي ٢,٠ متر للمسار المتوازية ذات مسار التسارع الموازي بالجزيرة الوسطية الكامل وطول الاستدقاق. يوفر تخطيط نموذجي لمسار التسارع بالجزيرة الوسطية كما في الشكل (١٠-٢٠).



الشكل (١٠–٢٠) التخطيط النموذجي لمسار التسارع بالجزيرة الوسطية على الطريق المقسوم بأربعة مسارات (AT, 2019).

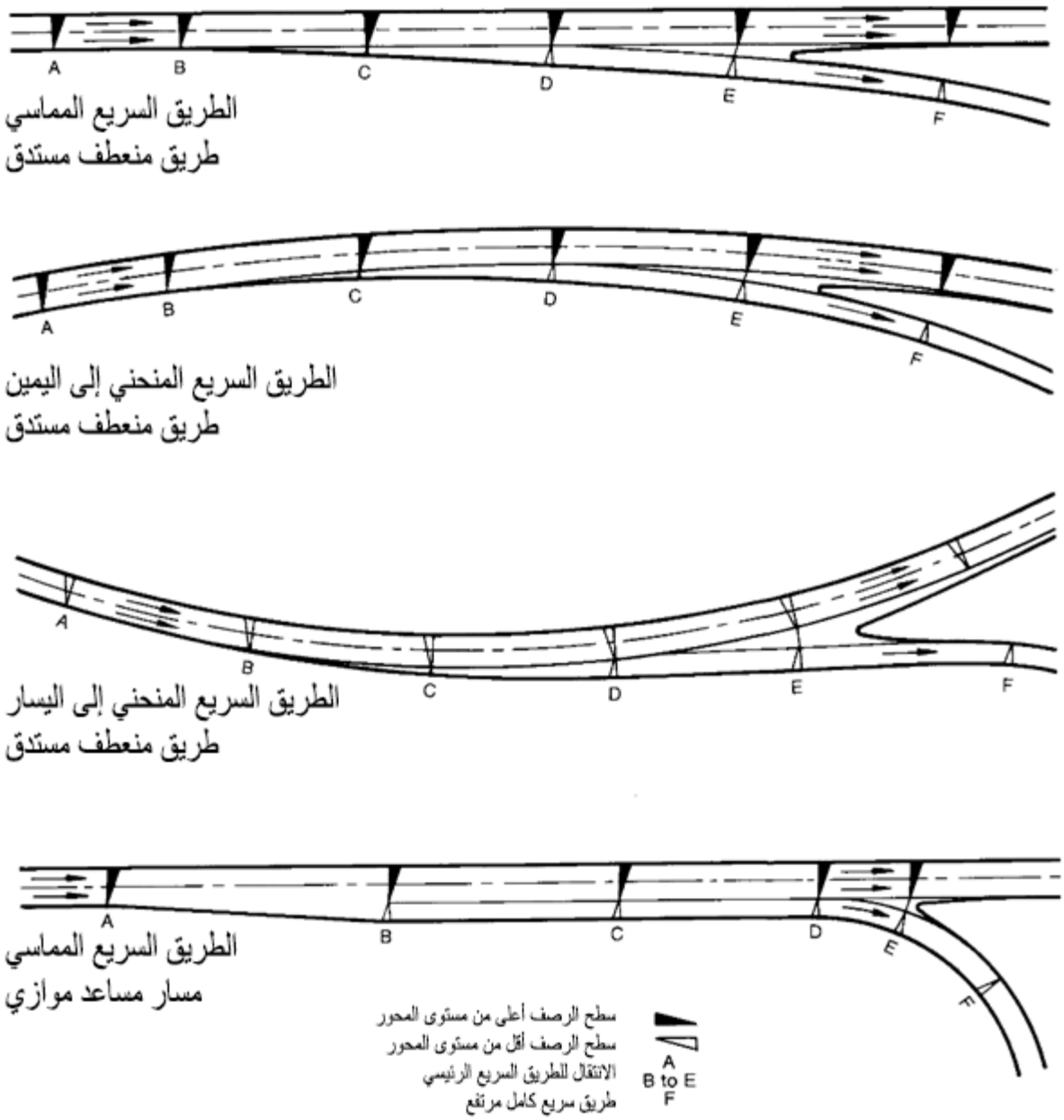
١٠-٢-١١ التعلية الجانبية:

يوصى بإبقاء أقل معدل تعلية جانبية ممكن على التقاطعات بحد أقصى لا يتجاوز ٦,٠٪ للتعلية الجانبية المطبقة. يمكن استخدام معدلات أعلى تتراوح من ٨,٠ إلى ١٠,٠٪ في حالات معينة، على سبيل المثال، حيث تكون قيمة نصف قطر المنحنى الدائري المطبق على الطريق الرئيسي قريبةً جدًا من القيم المحدودة المقبولة المسموح بها الواردة في جداول ذات الصلة بالمحاذاة الأفقية.

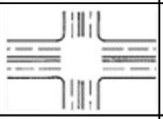
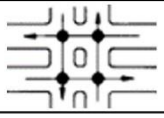
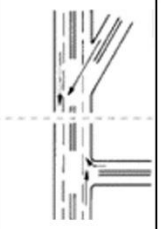
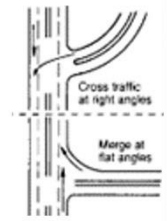
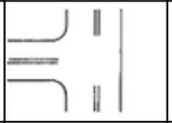
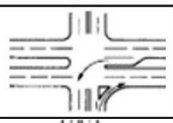
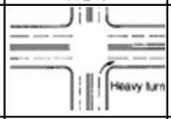
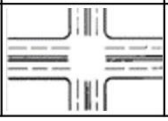
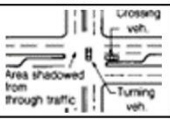
يمكن أن يكون معدل التعلية الجانبية لطرق الانعطاف لليمين ولليسار المفصولة بالجزر هو نفس المعدل للطرق الأخرى سواء الأجزاء المستقيمة أو المنحنية (انظر الجزء الفرعي ٤-٦-٦). يظهر تحقيق هذه التعلية الجانبية تخطيطيًا في الشكل (١٠-٢١). يجب أن يتوافق الحد الأقصى للفرق الجبري بين الميل العرضي للمسار المستمر والتعلية الجانبية لطريق الانعطاف لليمين مع الجدول (١٠-١٣). من خلال معرفة سرعة طريق الانعطاف لليمين عند مدخل التقاطع والميل العرضي للمسارات المستمرة، من الممكن تحديد التعلية الجانبية في نقاط مختلفة على طول طريق الانعطاف. بعد تحديد التعلية الجانبية، يجب رسم خطوط تدفق قناة التصريف الجانبية وتعديلها لضمان صرف المياه المناسب. تُضمّن المزيد من إرشادات صرف المياه في كود الطرق السعودي ٣٠٢ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها – الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي).

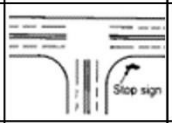
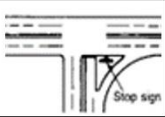
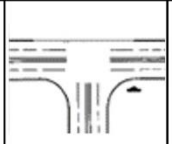
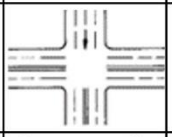
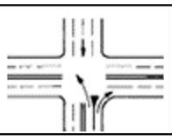
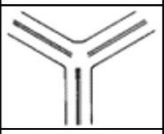
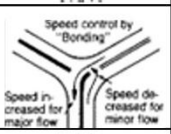
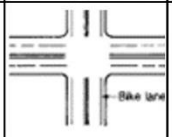
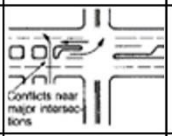
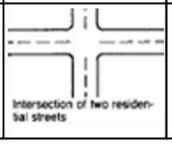
الجدول (١٠–١٣) الحد الأقصى للفرق الجبري في التعلية الجانبية للرصف عند نهايات طريق الانعطاف.

السرعة التصميمية لمنحنى الخروج أو الدخول (كم/ساعة)	أقصى فرق جبري للتعلية الجانبية بين طريق المرور وطريق الانعطاف (%)
ما يصل إلى ٣٠	٦,٠٪
من ٣٠ إلى ٥٠	٥,٠٪
أعلى من ٥٠	٤,٠٪



الشكل (١٠–٢١) تحقيق انتقال التعلية الجانبية في المسارات الإضافية.

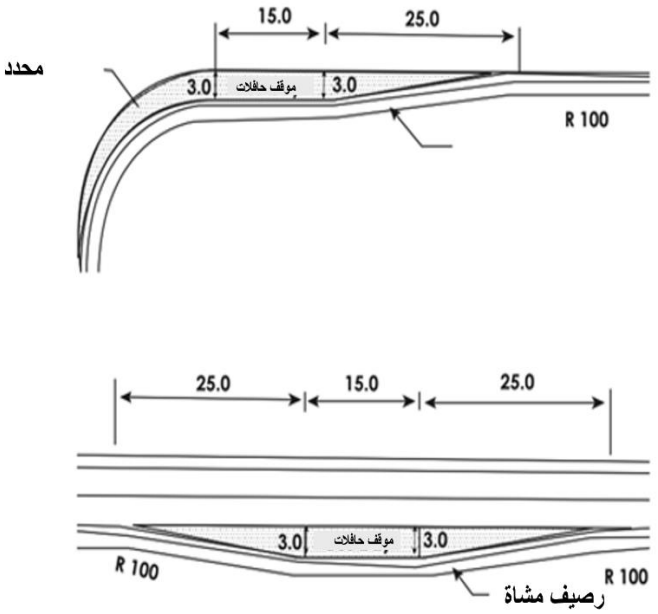
الرقم	قبل	بعد إضافة مسار الانعطاف	الهدف
1			فصل تعارض الحركة المرورية
2			التحكم في الزوايا
3			تضييق مناطق الرصف العريضة
4			ضبط التدفق المروري واستخدام التقاطعات
5			تفضيل حركات الانعطاف السائدة
6			حماية المشاة
7			حماية حركات المنعطفة والمتقاطعة

الرقم	قبل	بعد إضافة مسار الانعطاف	الهدف
8			توفير المواقع المنعزلة لأجهزة التحكم المروري
9			توفير نقاط مرجعية
10			تثبيط حركات الانعطاف الممنوعة
11			التحكم في السرعة
12			تحذير راكبي الدراجات الهوائية والنارية
13			التحكم أو منع الوصول
14			منع حركات المرور المستمر

الشكل (١٠–٢٢) فصل اتجاهات المرور بالجزر والعلامات لتحسين عمليات التقاطع.

١٠-٢-١٢ مسارات وقوف وانتظار الحافلات:

يجب أن تقع مسارات وقوف وانتظار الحافلات على طول الطريق بالجانب الخارجي أو المتاخم للجزيرة الاتجاهية من أجل التحميل والتفريغ الآمن للركاب. توضح مسارات وقوف وانتظار الحافلات في الشكل (١٠-٢٣).



الشكل (١٠–٢٣) مسارات وقوف وانتظار الحافلات.

١٠-٢-١٣ التباعد بين التقاطعات:

عام:

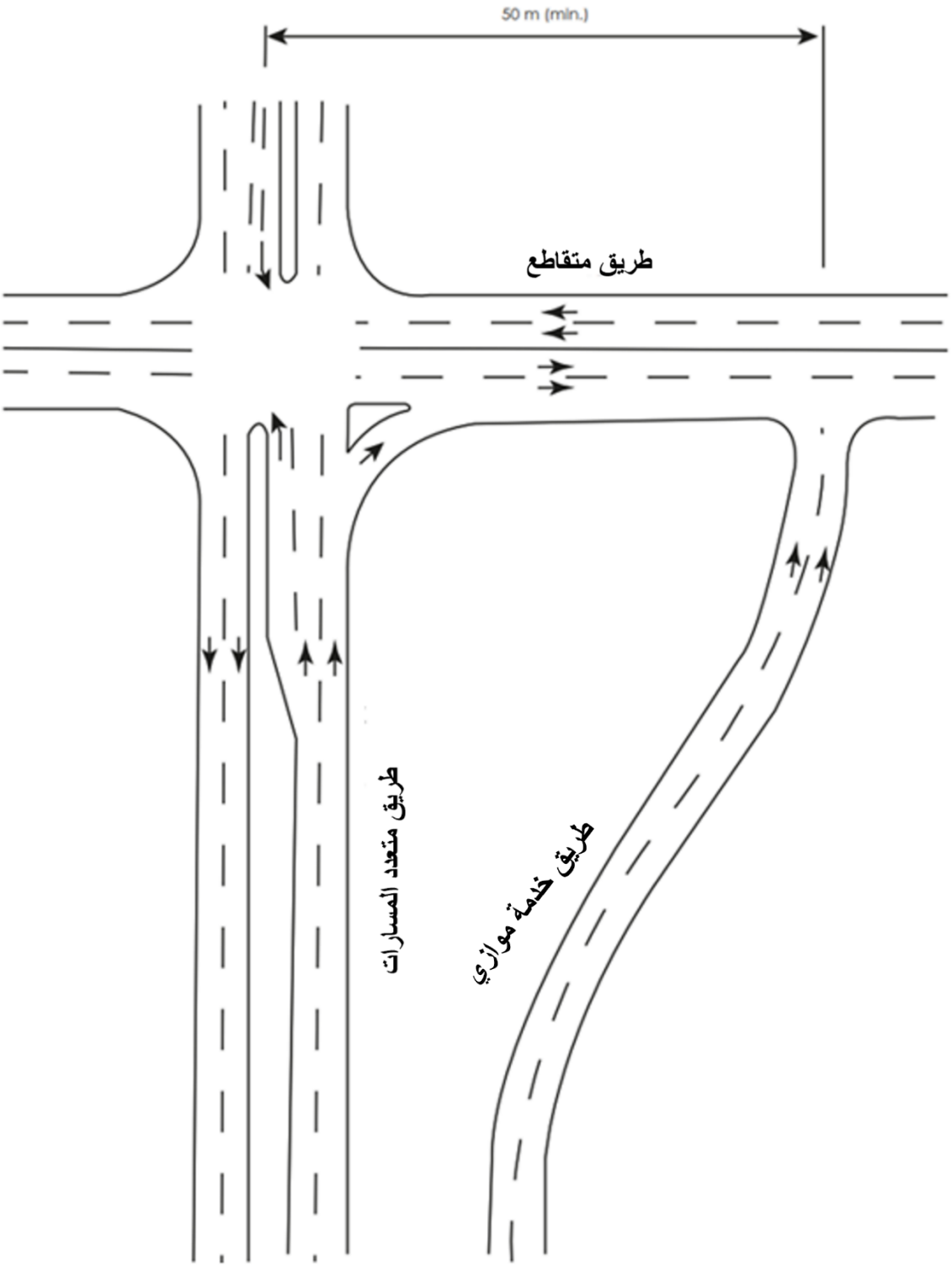
لابد أن تختلف المسافة بين التقاطعات وفقًا للتصنيف الوظيفي للطريق. على الطرق المحلية والتجميعية، يمكن أن يكون أدنى تباعد بين التقاطعات ١٥٠ مترًا إذ أن وظيفة هذه الطرق هي خدمة الأراضي المتاخمة إلى جانب المرور. على الطرق الشريانية، يصبح التباعد بين التقاطعات أكثر أهمية لتوفي حركة مناسبة للمركبات مع حد أدنى من الانقطاعات بسبب حركة المرور المقاطعة والإشارات المرورية. يجب أن تكون التقاطعات المحكومة بالإشارات المرورية على تباعد لا يقل عن ٥٠٠ متر ويجب أن تكون متباعدة على مسافات متساوية حال استخدام التنسيق التقدمي لإشارات المرور (progressive signalization).

التباعد بين تقاطعات طرق الخدمة الجانبية والمحوّلات أو التقاطعات الأخرى:

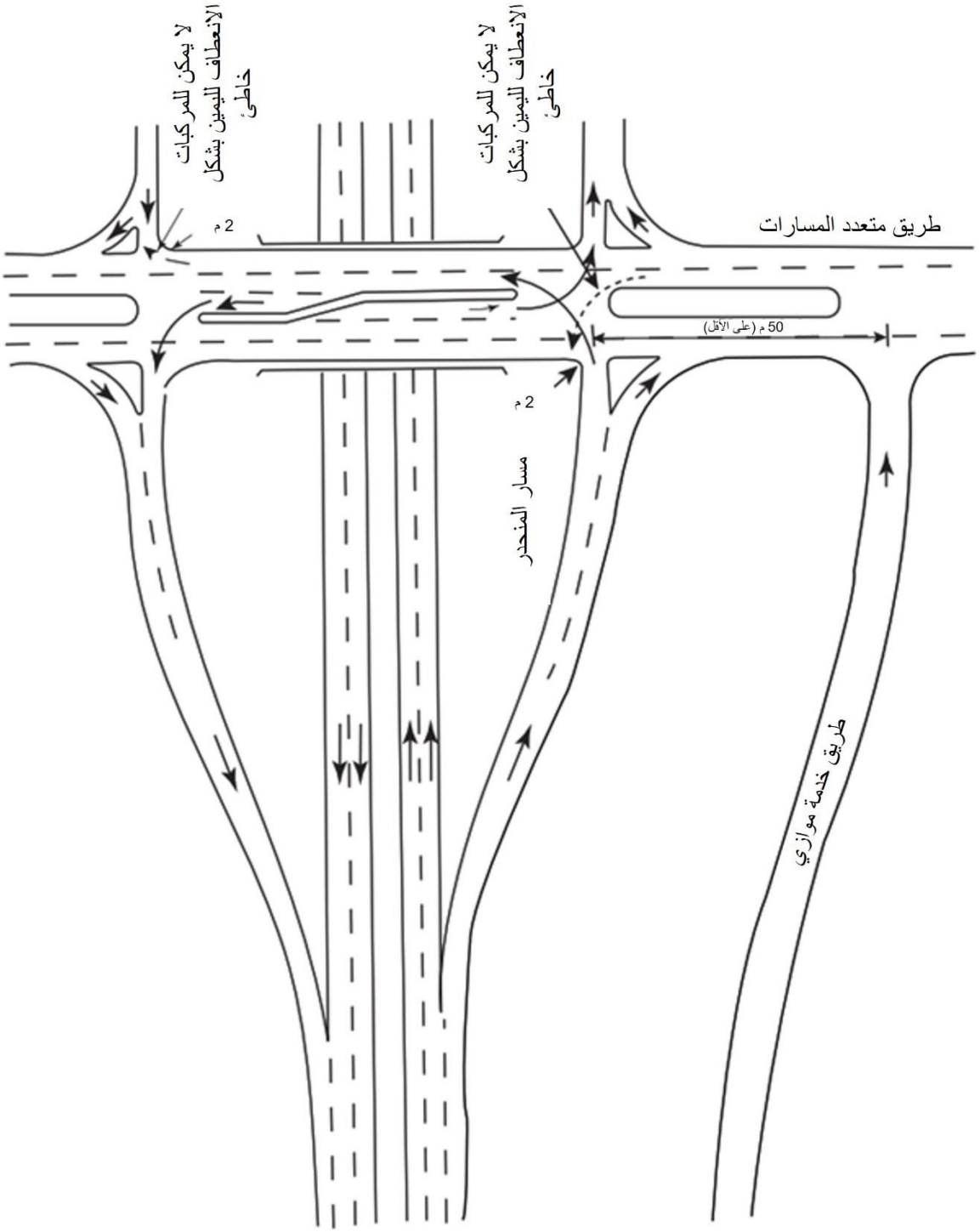
تنشئ طرق الخدمة الجانبية (frontage roads) مشكلة عندما تتقاطع مع الطرق الرئيسية. بشكل عام، تُفصل طرق الخدمة الجانبية عن الطرق متعددة المسارات عن طريق شريط حاجز ضيق (الفصل الخارجي). وهذا يؤدي إلى نشؤ تقاطعين (انظر الشكل (١٠-٢٤) و الشكل (١٠-٢٥):

- تباعد طريق خدمة جانبي عن طريق متقاطع وفقاً للشكل (١٠-٢٤).
- تباعد طريق متقاطع عن طريق متعدد المسارات (الشكل١٠-٢٤) أو عن نهاية منحدر من طريق متعدد المسارات (الشكل ١٠-٢٥).

عندما لا تُوفّر مسافة كافية بين هذه التقاطعات، تحدث مشاكل مع حركات الانعطاف وإشارات المرور. لذلك، يجب أن يكون تقاطع طريق الخدمة الجانبي والطريق المتقاطع على مسافة ٥٠ مترًا على الأقل من تقاطع الطريق متعدد المسارات أو نهاية المنحدر كما هو موضح في الشكل (١٠-٢٤) و الشكل (١٠-٢٥).



الشكل (١٠–٢٤) تباعد نهاية طريق الخدمة الجانبي عن المحوّل.



الشكل (١٠–٢٥) فصل اتجاهات المرور بالجزر عند المحوّلات وتباعد طرق الخدمة الجانبية من المحوّل.

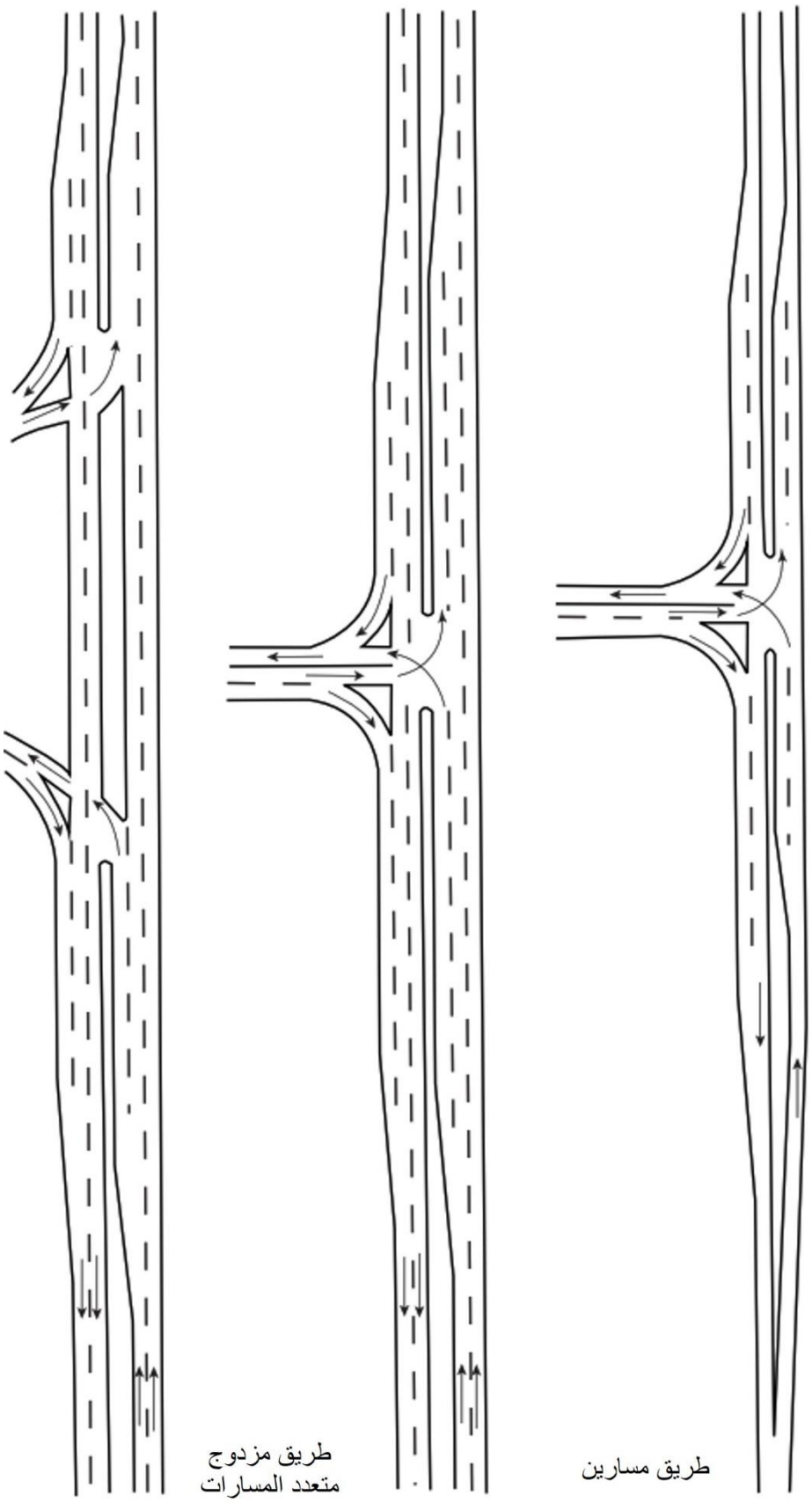
١٠-٢-١٤ وصلات التقاطع للتطوير على جانب الطريق:

هنالك مجموعة أخرى من التقاطعات التي تتكون من وصلات الطرق الجانبية العامة والتجارية/الخاصة من خلال. تنطبق مبادئ تصميم التقاطع الأساسية كذلك على هذه الوصلات بشأن مسافة الرؤية المناسبة وأنصاف أقطار الدوران.

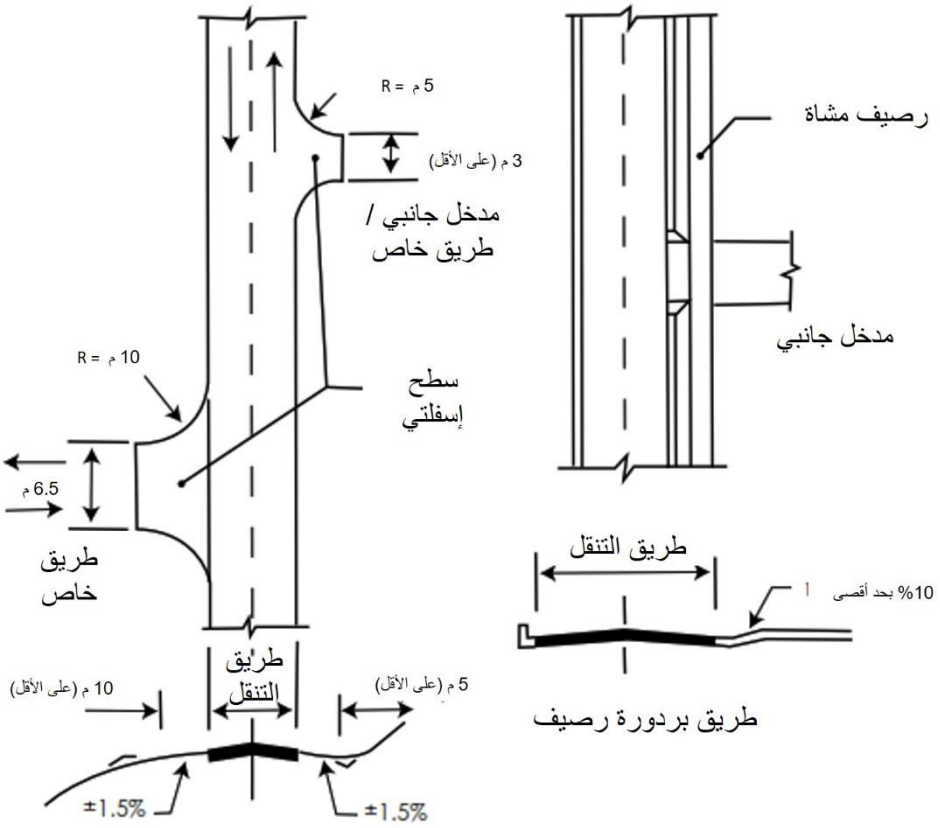
يجب أن تتضّمن الوصلة العامة مداخل طرق جانبية للمباني العامة والحدائق ومناطق الاستراحة. يجب أن تتضّمن الوصلة التجارية / الخاصة بوابات دخول للمجمعات الصناعية ومحطات الخدمة ومراكز التسوق والمؤسسات الصغيرة.

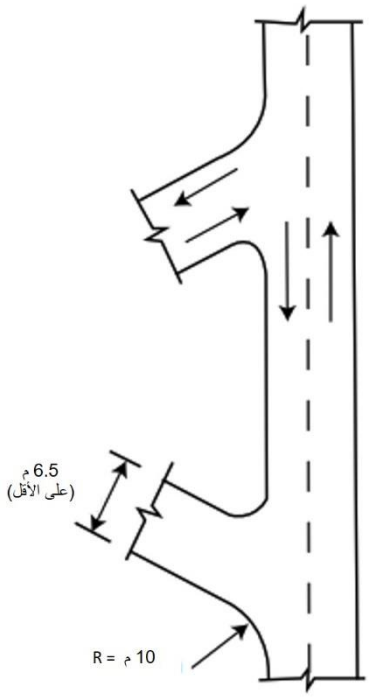
على طول الطرق شبه السريعة والطرق الشريانية المقسومة متعددة المسارات عالية السرعة (٩٠ كم/ساعة أو أكثر)، يجب أن تحتوي الوصلات العامة والوصلات التجارية على مخارج ومداخل تتكون من استدقاقات كافية (tapers)، ومسارات تسارع وتباطؤ، ومنحنيات دوران تدريجي تلبي متطلبات الجزء (١١-٥). على طول الطرق الأخرى، كذلك، يجب أن تحقق الوصلات العامة والتجارية الاستدقاقات ومسارات التسارع والتباطؤ وأنصاف أقطار الدوران الواردة في الجزء (١١-٥). يجب أن يكون للطريق مسارات انعطاف لليسار وتسارع بالجزيرة الوسطية. هذه موضحة في الشكل (١٠-٢٦).

لا تجوز ارتباطات الطرق الخاصة بالطرق شبه السريعة والطرق الشريانية متعددة المسارات عالية السرعة. يُسمح بهذا النوع من الارتباط على الطرق الشريانية ذات السرعة المنخفضة، الطرق التجميعية، والطرق المحلية. تعرض وصلة بطريق خاص في الشكل (١٠-٢٧). يُسمح بوصلات المداخل/ الطرق الخاصة للطرق التجميعية والطرق المحلية. يظهر هذا النوع من الارتباط في الشكل (١٠-٢٧).



الشكل (١٠–٢٦) الوصلات العامة والتجارية.





الشكل (١٠–٢٧) الوصلات الخاصة.

١٠-٣ تقاطعات الدوّار:

١٠-٣-١ مبادئ التصميم العامة:

مبادئ التصميم العامة لتصميم الدوَّار، بغض النظر عن فئة الدوَّار أو الموقع، ينبغي أن:

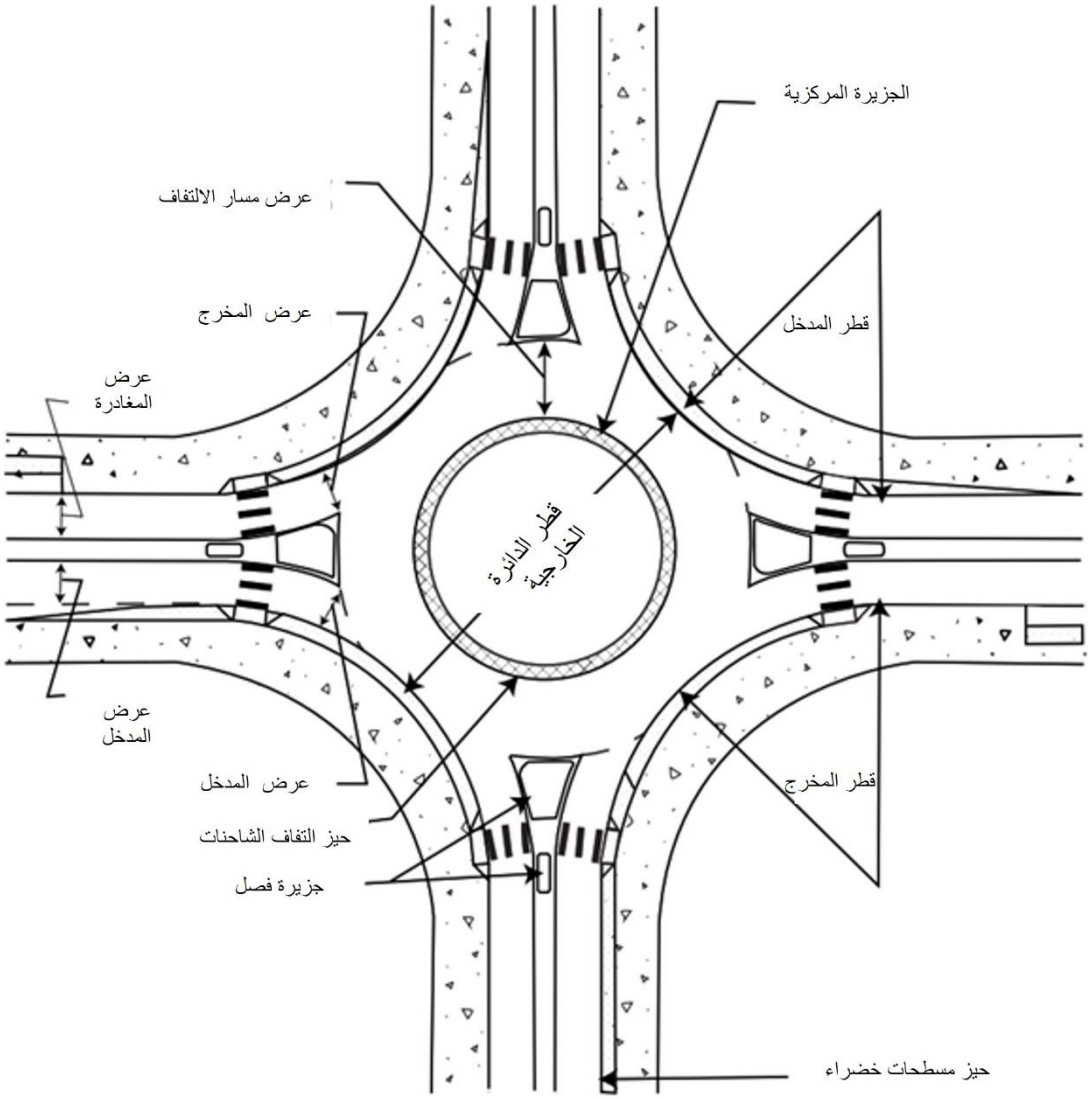
- تُؤمّن سرعات دخول بطيئة وسرعات ثابتة داخل الدوّار باستخدام الانحراف deflection.
- توفّر العدد المناسب من المسارات وتخصيص المسار، لتحقيق السعة الكافية، وحجم مرور المسار، واستمراريته.
- توفّر فصل سلس لمسارات بالجزر وبديهي للسائقين يؤدي إلى استخدام المركبات بشكل طبيعي للمسارات المقصودة.
- تُؤمّن تجهيزات وتسهيلات مناسبة للمركبات التصميمية.
- توفّر تصميم يلبي احتياجات المشاة وراكبي الدراجات.
- تُؤمّن مسافة الرؤية الكافية ووضوح رؤية الدوّار.

يؤثر كل عنصر موصوف أعلاه على الكفاءة التشغيلية واحتمال وقوع حوادث عند الدوَّار. يتوجّب على المصممين موازنة الاحتياجات المتنافسة وقد يحتاجون إلى ضبط التصميم لخدمة جميع المستخدمين بشكل مناسب.

١٠-٣-٢ العناصر الهندسية:

يقدم الشكل (١٠-٢٨) نظرة عامة على العناصر الهندسية (الجيومترية) الأساسية للدوَّار وهي:

- الجزيرة المركزية: الجزيرة المركزية هي المنطقة المرتفعة في وسط الدوَّار الذي يدور حولها المرور. لا تحتاج الجزيرة المركزية بالضرورة إلى أن تكون دائرية الشكل.
- الجزيرة الفاصلة: الجزيرة الفاصلة هي منطقة مرتفعة أو مطلية على نهج مستخدم لفصل المرور الداخل عن المرور الخارج، ولحرف المركبات الداخلة وابطائها، في حين تسمح كذلك للمشاة لعبور الطريق في خطوتين.
- طريق الالتفاف: طريق الالتفاف هو المسار المنحني الذي تستخدمه المركبات للسير في اتجاه عكس عقارب الساعة حول الجزيرة المركزية.
- حيز الالتفاف: حيّز الالتفاف هو جزء من الجزيرة المركزية محازي لطريق الالتفاف يمكن للمركبات اجتيازه بسهولة إذا على الدوَّارات الصغيرة، لزم الأمر، لاستيعاب تتبع العجلات للمركبات الكبيرة.
- معابر المشاة/الدراجات سهلة الوصول: ينبغي توفير معابر مشاة يسهل الوصول إليها في جميع الدوَّارات. يتم تعيين موقع العبور مرة أخرى وفقاً لخط المدخل، ويتم خفض الجزر الفاصلة للسماح للمشاة وكراسي المعاقين المتحركة وعربات الأطفال والدراجات بالمرور.
- شريط التنسيق: يتم توفير شرائط التنسيق في معظم الدوّارات لفصل حركة مرور المركبات والمشاة، وتقودهم إلى مواقع معابر المشاة المحددة. يمكن لشرائط التنسيق كذلك تحسين جماليات التقاطع بشكل كبير.



الشكل (١٠–٢٨) العناصر الهندسية (الجيومترية) الأساسية للدوَّار (AASHTO, 2018).

يورد الجدول (١٠-١٤) نطاقات نموذجية لقيم الأقطار الداخلية للعديد من تكوينات الدوَّار، بافتراض زوايا ٩٠ درجة بين المداخل وما لا يزيد عن أربعة شعب.

الجدول (١٠–١٤) النطاقات النموذجية لقيم القطر الإجمالي لمختلف تكوينات الدوَّار وحجم المرور اليومي المخدوم (NCHRP, 2010).

تكوين الدوَّار	السرعة التصميمية النموذجي (كيلو متر/الساعة)	نطاق القطر الإجمالي النموذجي (م)	أحجام المرور المخدومة اليومية النموذجية (مركبة / يوم)
دوّار صغير	٢٠~٣٠	من ١٥ إلى ٣٠	ما يصل إلى ١٥,٠٠٠
دوّار بمسار واحد	٣٠~٤٠	من ٣٠ إلى ٥٥	ما يصل إلى ٢٠,٠٠٠

تكوين الدوَّار	السرعة التصميمية النموذجي (كيلو متر/الساعة)	نطاق القطر الإجمالي النموذجي (م)	أحجام المرور المخدومة اليومية النموذجية (مركبة / يوم)
دوَّار صغير متعدد المسارات (٢ مسارات)	٤٠~٥٠	من ٤٥ إلى ٧٠	ما يصل إلى ٤٥,٠٠٠
دوَّار صغير متعدد المسارات (٣ مسارات)	٤٥~٥٥	من ٦٠ إلى ٩٠	ما يصل إلى ٦٥,٠٠٠

١٠-٣-٣ المركبات التصميمية للدوَّارات:

عامل مهم آخر يؤثر على تخطيط الدوَّار هو الحاجة إلى استيعاب أكبر مركبة من المحتمل أن تستخدم التقاطع. ستحدد متطلبات مسار انعطاف لهذه المركبة، والتي يطلق عليها فيما يلي اسم المركبة التصميمية، العديد من أبعاد الدوَّار. قبل البدء في عملية التصميم، لابد أن يكون المهندس على دراية بالمركبة التصميمية وأن يمتلك قوالب دوران المركبة المناسبة الواردة في الملحق (أ-٤)، أو باستخدام برنامج متخصص من برامج (CAD) مسار أثر انعطاف المركبات التصميمية.

عادة، المركبات (WB -١٥) هي أكبر المركبات على طول الطرق التجميعية للمناطق الحضرية والطرق الشريانية. قد تحتاج الشاحنات الكبيرة، مثل مركبات (WB -٢٠)، إلى معالجة عند التقاطعات في المناطق الريفية. وغالبًا ما يتم اختيار المركبات ذات التصميم الأصغر عند تقاطعات الطرق المحلية. كحد أدنى، ينبغي النظر في مركبات الإطفاء ومركبات النقل ومركبات التوصيل من نوع الشاحنات ذات الوحدة الواحدة (SU) في المناطق الحضرية، ومن المستحسن أن يتم استيعاب هذه المركبات دون استخدام حيّز الشاحنات apron.

عندما يتم استخدام الدوَّار بشكل منهجي من قبل المركبات العسكرية، يجب توخي الحذر من أن يكون عرض طريق الالتفاف أكبر من ٨,٥٠ متر، بشرط ألا تتطلب وزارة الدفاع عروضًا أوسع.

١٠-٣-٤ الدوّارات أحادية المسار ومتعددة المسارات:

بمجرد تحديد القطر الإجمالي، وموقع الدوّار، ومحاذاة المدخل، يمكن تطوير التصميم بشكل كامل بحيث يتضمن تحديد عرض المدخل، عرض طريق الالتفاف، والشكل الهندسي (الجيومتري) الأولي للدخول والخروج.

الجزر الفاصلة:

يجب توفير الجزر الفاصلة (وتسمى أيضًا جزر الفصل أو الجزر التقسيمية أو الجزر الوسطية) على جميع تقاطعات الدوّار أحادية المسار ومتعددة المسارات. الغرض من ذلك:

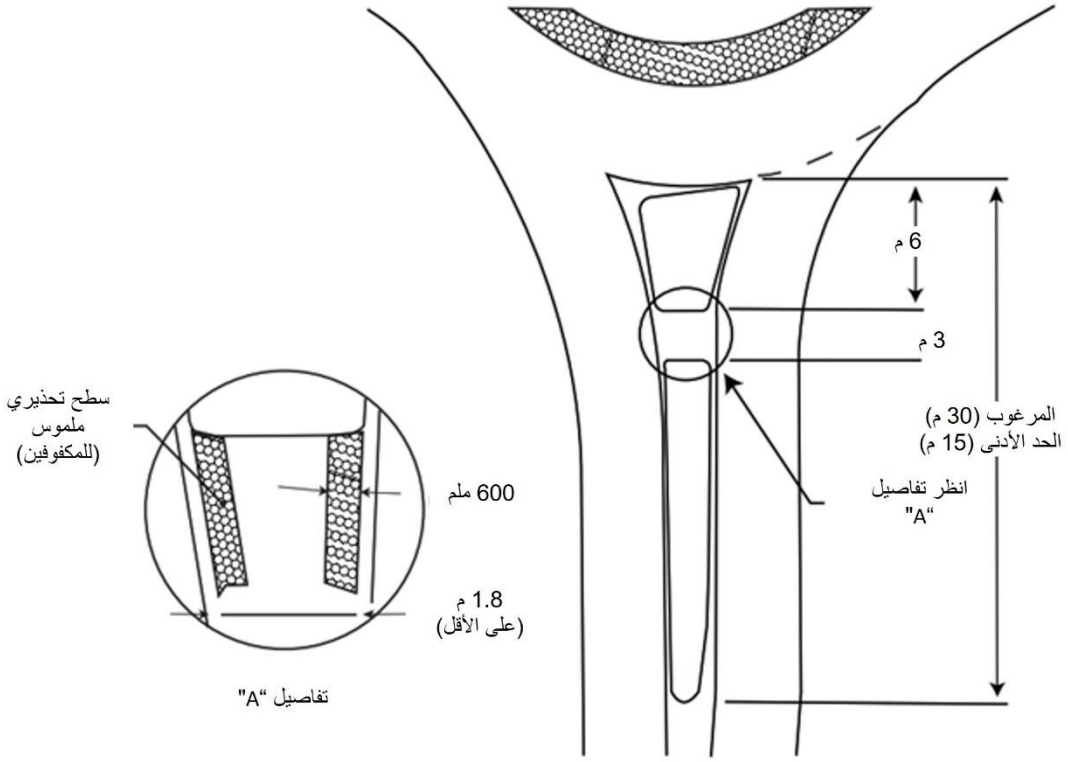
- توفير ملجأ للمشاة.
- المساعدة في التحكم في السرعات.
- توجيه المرور إلى الدوّار.
- الفصل المادي بين اتجاهات دخول وخروج المرور.
- ردع الحركات الخاطئة.
- استخدامها كمكان للعلامات الرأسية.

ينبغي أن يكون الطول الكلي للجزيرة المرتفعة raised عمومًا ١٥ مترًا على الأقل، بينما يكون الطول ٣٠ مترًا مرغوبًا فيه، لتوفير حماية كافية للمشاة ولتنبيه السائقين المقتربين إلى جيومتريّة الدوَّار. على الطرق ذات السرعة العالية، غالبًا ما تكون أطوال الجزر الفاصلة التي تبلغ ٤٥ مترًا أو أكثر مفيدة. بالإضافة إلى ذلك، يجب أن تمتد الجزيرة الفاصلة إلى ما بعد نهاية منحنى الخروج لمنع المرور الخارج من عبور مسار المرور الداخل عن طريق الخطأ. ينبغي أن يكون عرض الجزيرة الفاصلة ١,٨ متر بحد أدنى عند معابر المشاة لتوفير ملجأ مناسب للمشاة، بما في ذلك مستخدمي الكراسي المتحركة أو يدفعون عربة أطفال أو يمشون مع دراجة.

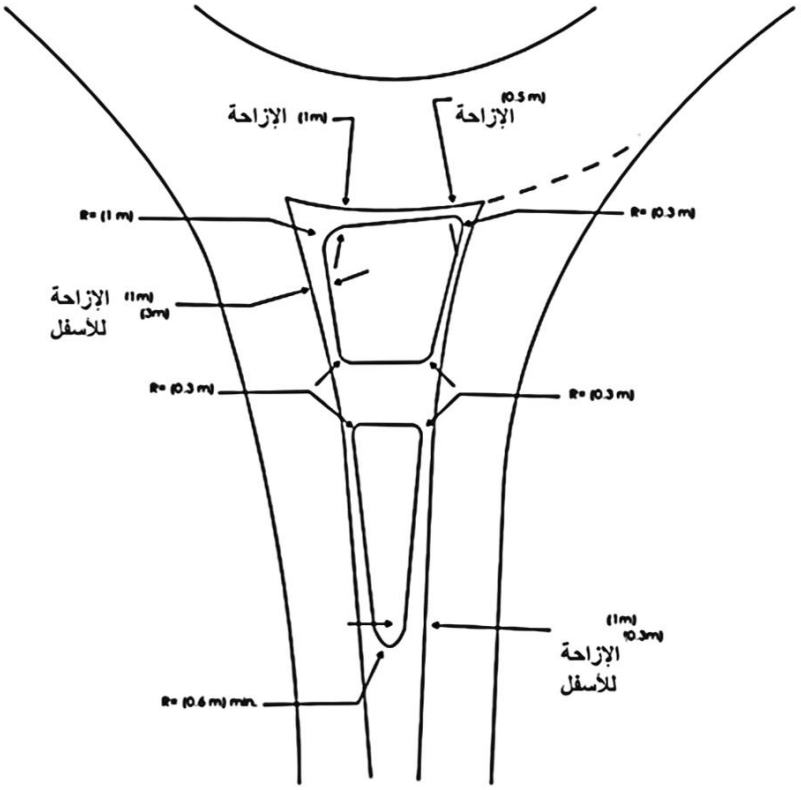
يوضح الشكل (١٠-٢٩) الحد الأدنى لأبعاد الجزيرة الفاصلة عند الدوَّار أحادي المسار، بما في ذلك مكان عبور المشاة. تؤدي الزيادة في عرض الجزيرة الفاصلة إلى فصل أكبر بين اتجاهات المرور الداخلة والخارجة وتزيد من الزمن اللازم السائقين عند مدخل الدوّار للتمييز بين المركبات المتجهة للمخرج وتلك المتجهة لطريق الالتفاف. وبهذه الطريقة، يمكن أن تساعد الجزر الفاصلة الأكبر في تقليل ارتباك سائقي المركبات عند المدخل. يُظهر الشكل (١٠-٣٠) الحد الأدنى النموذجي لأنصاف أقطار مقدمة الجزيرة الفاصلة وامتدادات الإزاحة من طرق الدخول والخروج.

عرض المدخل:

يتراوح العرض الدخول النموذجي للمداخل أحادية المسار من ٤,٢ متر إلى ٥,٥ متر، والتي غالبًا ما يتم توسيعها عن عرض شعب مدخل الدوّار اتجاه المنبع. ومع ذلك، قد تكون القيم الأعلى أو الأقل من هذا النطاق مناسبة للمركبة التصميمية الخاصة بالموقع ومتطلبات السرعة لمسارات المركبات الحرجة. عرض دخول ٤,٦ م هو قيمة بدء شائعة للدوّار أحادي المسار. ينبغي إجراء تحليل مسار أثر انعطاف المركبات التصميمية swept path analysis مع الأخذ في الاعتبار المركبة التصميمية باستخدام حزم البرامج المتخصصة لتحديد عرض الدخول المناسب في جميع مداخل الدوّار.



الشكل (١٠–٢٩) الحد الأدنى لأبعاد الجزيرة الفاصلة (NCHRP, 2010).



الشكل (١٠–٣٠) الحد الأدنى النموذجي لأنصاف أقطار مقدمة الجزيرة الفاصلة والإزاحات (NCHRP, 2010).

القطر الإجمالي:

القطر الإجمالي هو المسافة (القطر) من جانبي الدائرة المحاطة ببردورة الرصيف الخارجي (أو الحافة) لطريق الالتفاف، كما هو موضح سابقًا بالشكل (١٠-٢٨).

في الدوّارات أحادية المسار، يعتمد اتّساع الدائرة المحاطة إلى حد كبير على متطلبات الدوران للمركبة التصميمية. يجب أن يكون القطر كبيرًا بما يكفي لاستيعاب المركبة التصميمية مع الحفاظ على انحناء (منحنيات) الانحراف الكافي لضمان سرعات تنقل آمنة للمركبات الصغيرة. يجب أن يكون القطر الإجمالي عادةً ٣٢ مترًا على الأقل لاستيعاب مركبة تصميم (WB -١٥). يمكن استخدام الدوّارات الصغيرة لبعض تقاطعات الطرق المحلية أو الطرق التجميعية، حيث قد تكون المركبة التصميمية حافلة أو شاحنة أحادية الوحدة. بالنسبة للمواقع التي يجب أن تستوعب مركبة تصميمية (WB -٢٠) وأكبر، ستكون هناك حاجة إلى قطر اجمالي أكبر، عادة في نطاق ٤٠ إلى ٤٦ م. في الحالات التي تحتوي على أكثر من أربعة شعب، قد تكون الأقطار الإجمالية الأكبر مطلوبة. عادة ما تكون هناك حاجة إلى حيّز التفاف للشاحنات من اجل الحفاظ على القطر الإجمالي المعقول أثناء استيعاب المركبات التصميمية الأكبر.

في الدوّارات متعددة المسارات، عادة ما يتم تحديد حجم الدوّار عن طريق موازنة الحاجة إلى تحقيق الانحراف مع توفير المحاذاة الكافية لمسارات المركبات الطبيعية. عادة، يتطلب تحقيق هدفي التصميم الحرجين قطرًا أكبر قليلاً من المستخدم في تقاطعات الدوّارات أحادية المسار. بوجهٍ عام، يتراوح القطر الإجمالي للدوّار متعدد المسارات من ٤٦ إلى ٧٦ مترًا. بالنسبة للدورات ذات المسارين، تكون نقطة البداية الشائعة من ٤٩ إلى ٥٥ مترًا. قد تتطلب الدوّارات ذات المداخل المكوّنة من ثلاثة أو أربع مسارات أقطارًا أكبر تتراوح من ٥٥ إلى ١٠٠ متر لتحقيق التحكم في السرعة والمحاذاة بشكل مقبول. عادة ما تكون هناك حاجة إلى حيّز التفاف للشاحنات للحفاظ على قطر إجمالي معقول أثناء استيعاب المركبات التصميمية الأكبر.

للاختيار الأولي لقيمة القطر الإجمالي باستخدام الجدول (١٠-١٤)، يجب أن تؤخذ في الاعتبار مركبة التصميمية للتقاطع وسياق الموقع.

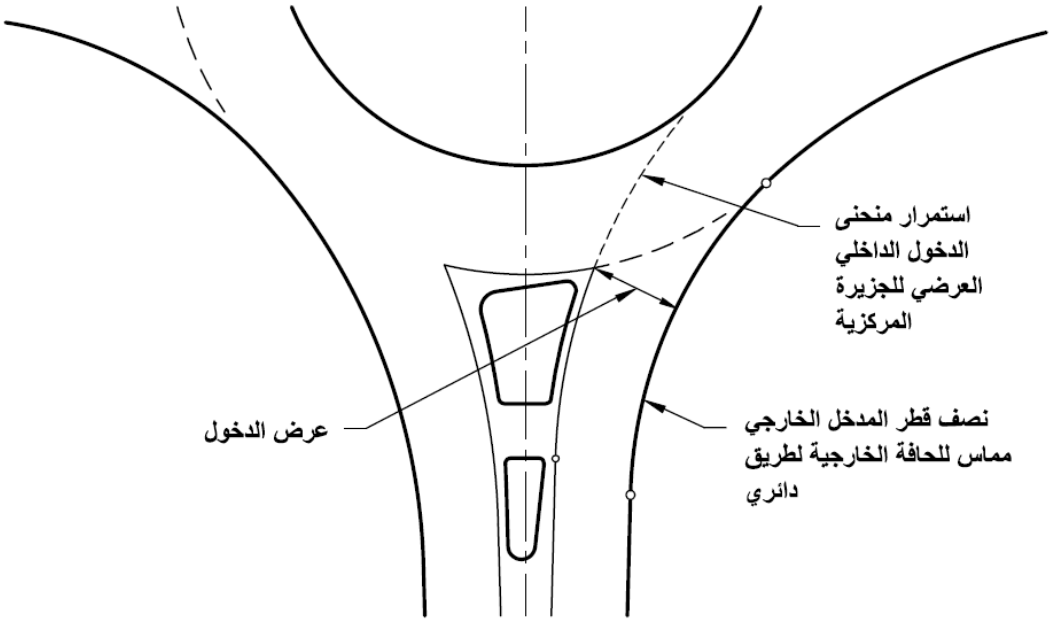
الجزيرة المركزية:

الجزيرة المركزية للدوّار هي المنطقة المرتفعة، والتي لا يمكن عبورها بشكل رئيسي ويحيط بها طريق الالتفاف. ويمكن أن تشمل كذلك حيّز لالتفاف الشاحنة يمكن عبوره. عادة ما تزرع بالمسطّحات الخضراء لتعزيز إدراك السائق للدوّار عند اقترابه منه. وتفضل الجزر المركزية المرتفعة للدوّارات أحادية المسار على الجزر المركزية المنخفضة، حيث يصعب على السائقين الاقتراب من الجزر المركزية المنخفضة وقد يصبح صرف المياه مشكلة.

يعتمد تحديد اتّساع الجزيرة المركزية على القطر الإجمالي وعرض طريق الالتفاف المطلوب. عادة ما تحتاج الدوّارات في البيئات الريفية إلى جزر مركزية أكبر من الدوّارات الحضرية لتعزيز رؤيتها، واستيعاب المركبات التصميمية الأكبر، وتمكين تصميم هندسي (جيومتري) أفضل لمدخل الدوّار للانتقال من السرعات العالية، وأكثر تسامحًا للمركبات المقتربة.

تصميم الدخول:

مثلما هو موضح في الشكل (١٠-٣١)، يكون الدخول محاطًا ببردورة أو بحافة رصف تتألف من منحنى أو أكثر من المنحنيات المؤدية إلى طريق الالتفاف. في الدوّارات أحادية المسار، يكون منحنى أحادي للدخول مناسبًا عادةً؛ بالنسبة للمداخل على الطرق ذات السرعة العالية، قد يؤدي استخدام المنحنيات المركبة على النحو المنصوص عليه في الشكل (١٠-٥٣) إلى تحسين التوجيه وتقليل سرعة الدخول.



الشكل (١٠–٣١) تصميم مدخل الدوّار أحادي المسار (NCHRP, 2010).

يعد نصف قطر رصيف الدخول عاملاً مهمًا في تحديد تشغيل الدوّار لأنه يؤثر على كل من السعة والسلامة. ويكون لأنصاف أقطار منحنيات الدخول الكبيرة بشكل مفرط إمكانية نشوء سرعات دخول أعلى من المرغوب. تتراوح أنصاف أقطار رصيف الدخول في الدوّارات الحضرية أحادية المسار عادة من ١٥ إلى ٣٠ مترًا. يجب أن توفر التصميم الهندسي لمدخل الدوّار انحناءًا أفقيًا مناسبًا لتوجيه السائقين إلى طريق الالتفاف على يمين الجزيرة المركزية.

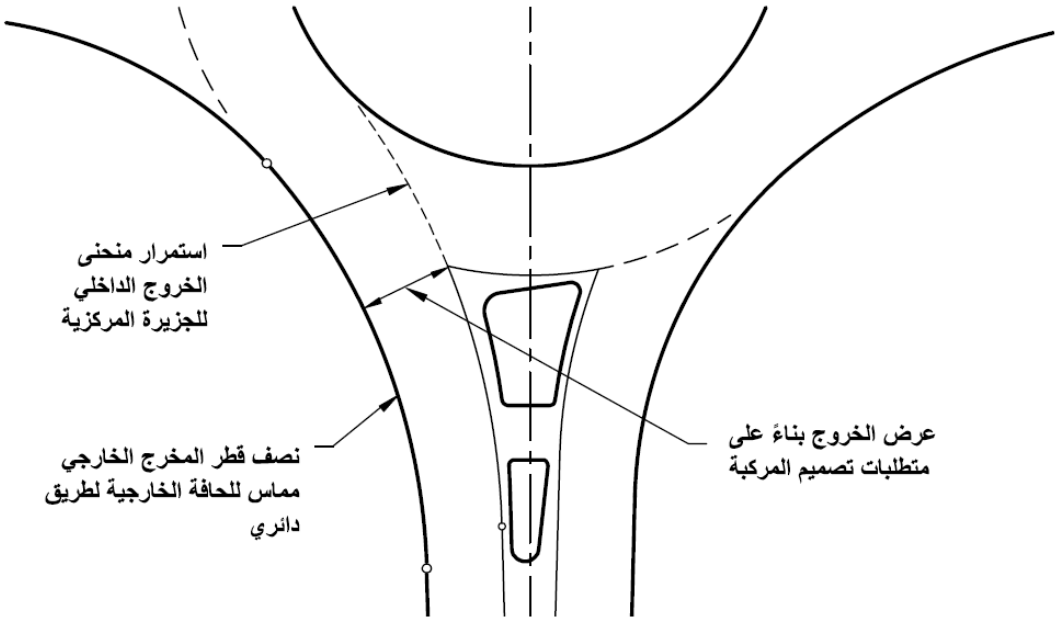
تصميم الخروج:

عادة ما تكون أنصاف أقطار الخروج أكبر من أنصاف أقطار الدخول من أجل تقليل احتمالية الازدحام والحوادث عند المخارج. ومع ذلك، فإن هذا يوازن الحاجة إلى الحفاظ على سرعات منخفضة من خلال معبر المشاة عند الخروج. بشكل عام، يجب ألا يقل نصف قطر منحنى الخروج عن ١٥ مترًا، مع كون القيم من ٣٠ إلى ٦٠ مترًا أكثر شيوعًا. يظهر الشكل (١٠-٣٢) تخطيط نموذجي لمخرج دوّار أحادي المسار.

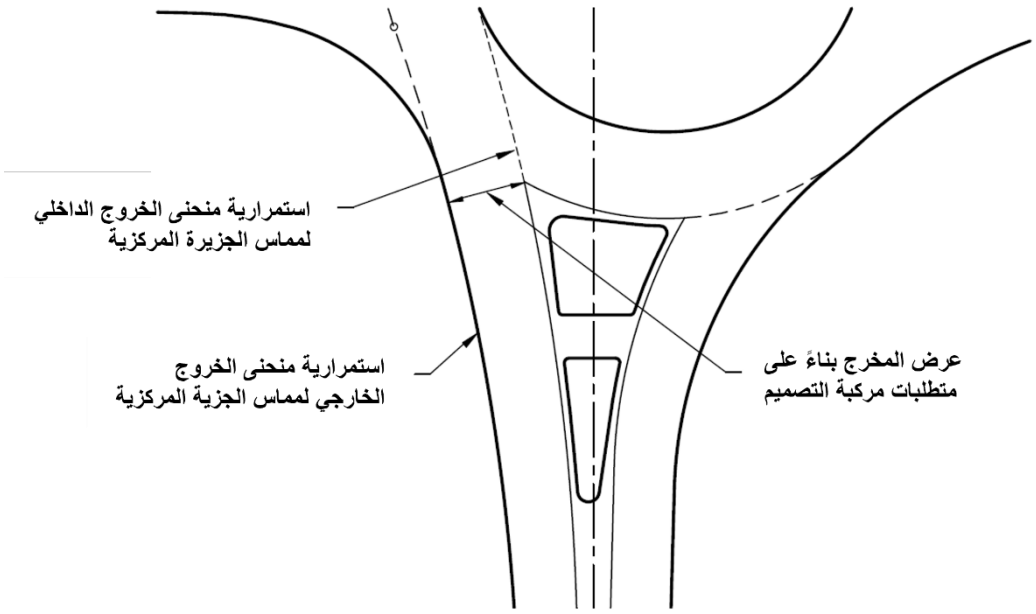
بالنسبة للتصاميم التي تستخدم محاذاة نهج الإزاحة لليسار (offset-left approach alignment)، يمكن أن يحتاج تصميم الخروج إلى أنصاف أقطار أكبر بكثير، تتراوح بين ١٠٠ متر إلى ٢٥٠ متر أو أكثر. قد تكون أنصاف أقطار الخروج الأكبر مرغوبة كذلك في المناطق ذات أحجام مرور الشاحنات العالية لتوفير سهولة التنقل للشاحنات وتقليل احتمالية سير المقطورات على بردورة

الرصيف الخارجي. قد توفر هذه الأقطار سرعة مقبولة من خلال منطقة عبور المشاة بالنظر إلى أن خصائص التسارع للمركبات ستؤدي إلى حد عملي للسرعات التي يمكن تحقيقها عند الخروج. يوضّح في الشكل (١٠-٣٣) تصميم مخرج ذي نصف قطر كبير أو النوع المماسي.

في الدوّارات أحادية المسار في البيئات الحضرية، يجب تصميم المخارج لفرض سرعات مسار الخروج المنخفضة لزيادة السلامة للمشاة الذين يعبرون تيار المرور الخارج. ينبغي النظر في نشاط المشاة في جميع المخارج إلا إذا كانت مرافق المشاة المنفصلة (مسارات منفصلة رأسياً، وما إلى ذلك) أو غيرها من القيود تستبعد احتمال أي نشاط للمشاة في المستقبل المنظور.



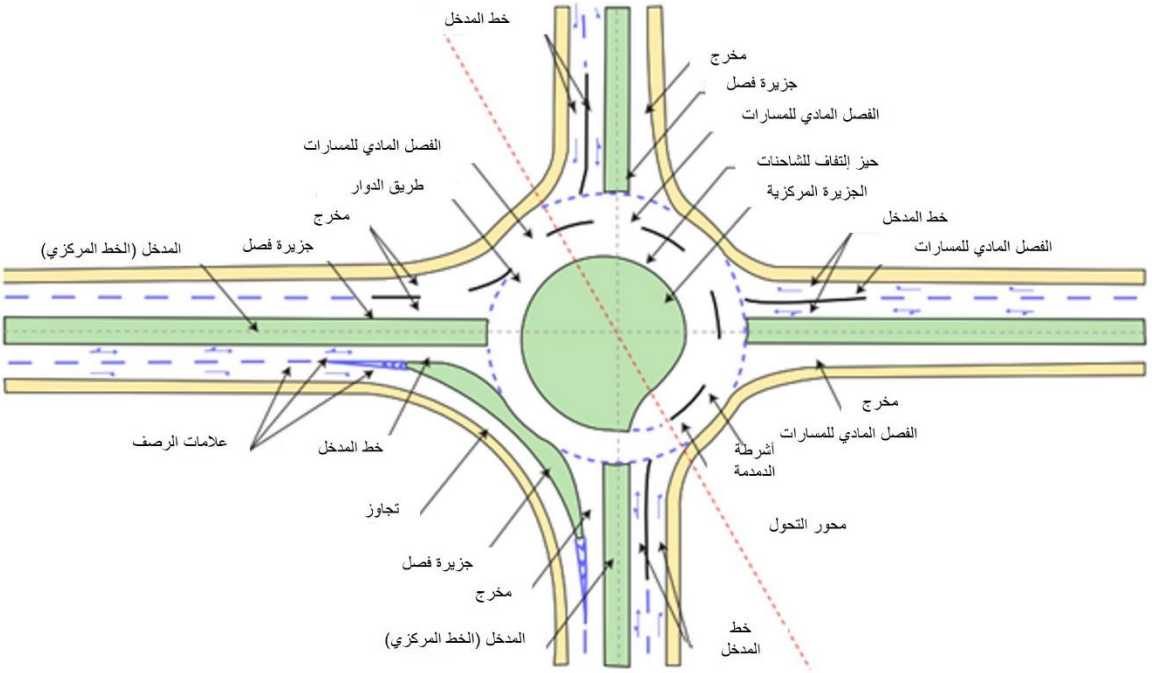
الشكل (١٠–٣٢) تصميم مخرج منحني لدوّار أحادي المسار (NCHRP, 2010).



الشكل (١٠–٣٣) تصميم مخرج بقطر كبير لدوّار أحادي المسار (NCHRP, 2010).

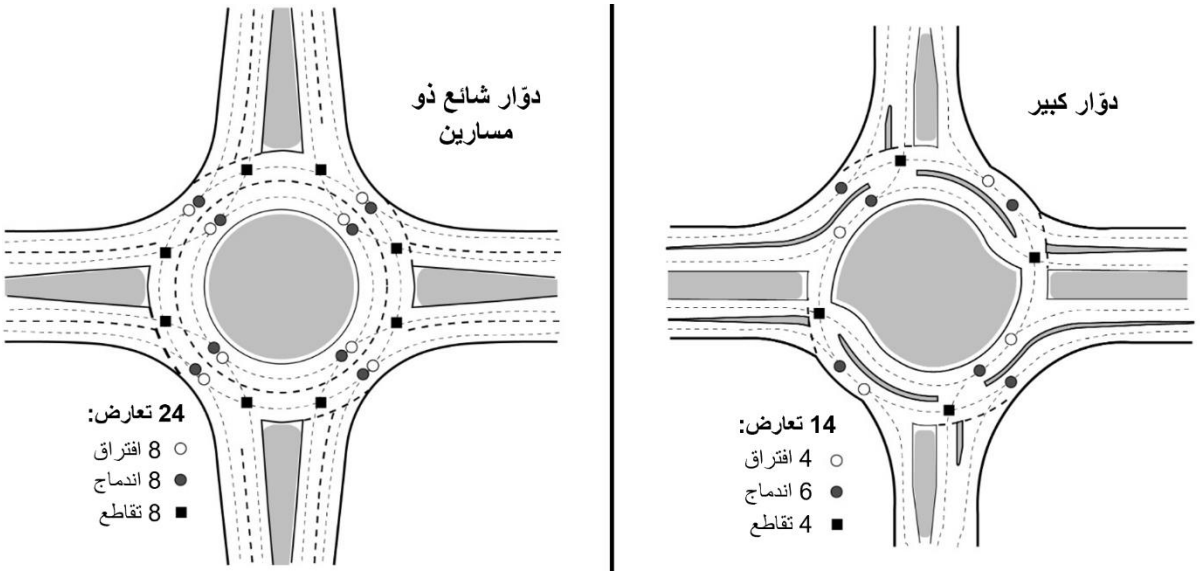
١٠-٣-٥ الدوّارات الكبيرة Turbo:

يتم توفير نسخة معدّلة من الدوّار متعدد المسارات، والمعروفة باسم الدوّارات الكبيرة، في العقود الأخيرة بالعديد من البلدان (انظر الشكل ١٠-٣٤).



الشكل (١٠–٣٤) الدوّارات الكبيرة (Petru & Krivda, 2021).

تتميز الدوّارات الكبيرة بنفس خصائص تشغيل الدوّارات الحديثة، ولكنها تستخدم أشكالًا هندسية مختلفة بشكل ملحوظ لمعالجة التعارض المرتبط بأنواع الحوادث الشائعة في الدوّارات متعددة المسارات. تتطلب جيومتريّة الطرق الحلزونية والمسارات المنفصلة للدوّارات الكبيرة من السائقين اختيار المسار المناسب قبل الدخول إلى الدوّارات من أجل مغادرة الدوّارات في الاتجاه المطلوب. يُبين الشكل (١٠-٣٥) أن الدوّارات الكبيرة تزيل التعارض المرتبطة بأنواع التصادم الشائعة في الدوّارات متعددة المسارات.



الشكل (١٠–٣٥) تكرار نقطة التعارض للدوّار متعددة المسارات والكبيرة (FHWA, 2019).

١٠-٣-٥-١ التصميم الهندسي:

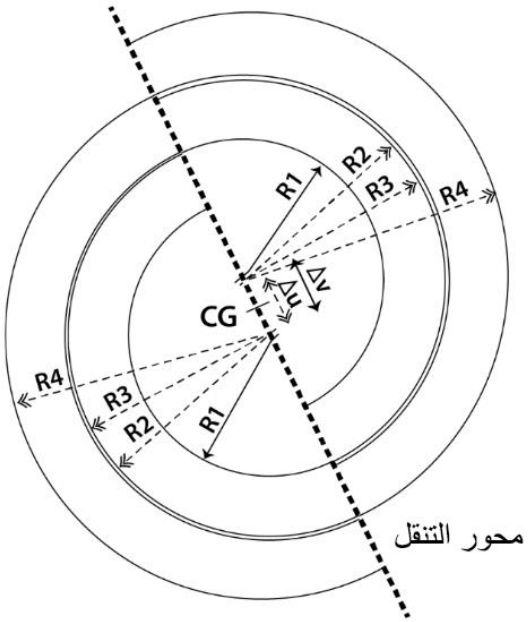
يخضع التصميم الهندسي للدورات الكبيرة للمحاذاة الأفقية لأثر انعطاف المركبات التصميمية swept path وتحليل المسار الأسرع لسيارة الركاب الخاصة. تتكون عملية التصميم الهندسي من تكرار مجموعات مختلفة من قيم نصف القطر الداخلي وعناصر القطاع العرضي والمنحنيات الحلزونية داخل كتلة الدوّار الكبير. يختار المصممون قيم نصف القطر الداخلي، وعرض المسار، وإزاحة خط الحافة، وعرض حاجز فصل المسار، ثم يصممون أنصاف الأقطار التي تنتج المنحنيات الحلزونية المطلوبة. يقوم المصممون بإجراء تحليلات مسار أثر انعطاف المركبات التصميمية المحددة. إذا كان هناك انتهاك في تحليلات مسار أثر الانعطاف (يترك مسار العجلة للمركبة التصميمية مسار التنقل المعين)، يقوم المصممون بضبط نصف القطر الداخلي و/أو العناصر القطاعية حسب الحاجة ويتم إعادة تصميم كتلة الدوّار الكبير.

نصف القطر الداخلي:

يُعتبر نصف القطر الداخلي في الشكل (١٠-٣٦)، R1، بمثابة نصف قطر الجزيرة المركزية، ونصف قطر مسار التنقل الداخلي، وهو القيمة الأساسية لبقية الأشكال الهندسية في الدوّار الكبير. من حيث المبدأ، كلما كان نصف القطر الداخلي أصغر، انخفضت السرعة التي ستسير بها المركبة في الدوّار.

كتلة **الدوّار الكبير:**

تعمل الدوّارات الكبيرة على إنشاء مسار سلس وحلزوني للمركبة عن طريق تحويل مراكز أنصاف الأقطار التي تحدد مواقع المسارات الداخلية والخارجية على طول محور الانتقال. ويشار إلى مزيج هذه الدوائر ومحور الانتقال باسم كتلة الدوّار الكبير (turbo block). الشكل (١٠-٣٦) هو مثال على كتلة دوّار كبير أساسي رباعي الشعب ثنائي المسارات.



الشكل (١٠–٣٦) الرسم. عينة لكتلة الدوّار الكبير(FHWA, 2019).

يعتمد اتجاه محور الانتقال على مداخل الدوّار الرئيسية (تلك التي تحتوي على مسارين) ويجب أن توفر انحناءًا مماثلًا لكافة حركات المركبات.

كتلة الدوّار الكبير في الشكل (١٠-٣٦) تحتوي على أربعة أنصاف أقطار ، حيث:

- R1 تقع على الحافة الداخلية للمسار الداخلي.
- R2 تقع على الحافة الخارجية للمسار الداخلي.
- R3 تقع على الحافة الداخلية للمسار الخارجي.

- R4 تقع على الحافة الخارجية للمسار الخارجي.

الفرق بين R1 و R2 هو عرض المسار الداخلي بالإضافة إلى عرض خط الحافة الداخلي وخط الحافة الذي يحدد حاجز فصل المسار المرتفع. الفرق بين R2 وR3 هو عرض حاجز فصل المسار. الفرق بين R3 وR4 هو عرض المسار الخارجي بالإضافة إلى عرض خط الحافة الذي يحدد حاجز فصل المسار المرتفع وخط الحافة الخارجي. عند الاجتماع في محور الانتقال، يجب أن يُضم R1 في النهاية إلى R2 ويجب أن يُضم R3 في النهاية إلى R4.

عناصر القطاع العرضي:

تعتمد عروض عناصر القطاع العرضي للدوّار الكبير، وتحديدًا عروض المسارات، على اختيار المركبة التصميمية ونصف القطر الداخلي (R1). عادة، يكون المسار الداخلي للدوّار الكبير أوسع من المسار الخارجي لتوفير مساحة أكبر للمركبة التصميمية للمناورة حول مسار نصف القطر الأصغر. يتطلب تعريف عناصر القطاع العرضي التالية:

١- إزاحة خط الحافة الداخلية – المسافة من الحافة الداخلية للمسار الداخلي إلى الجزيرة المركزية، بما في ذلك علامة رصف خط الحافة الداخلية.
٢- عرض المسار الداخلي – عرض المسار الداخلي.
٣- إزاحة الخط الداخلي للفاصل – المسافة من الحافة الخارجية للمسار الداخلي إلى حاجز فصل المسار المرتفع، بما في ذلك علامة رصف الحافة الخارجية.
٤- عرض الفاصل المرتفع – عرض حاجز فصل المسار المرتفع.
٥- إزاحة الخط الخارجي للفاصل – المسافة من الحافة الداخلية للمسار الخارجي إلى حاجز فصل المسار المرتفع، بما في ذلك علامة رصف الحافة الداخلية.
٦- عرض المسار الخارجي – عرض المسار الخارجي.
٧- إزاحة خط الحافة الخارجي – المسافة من الحافة الخارجية للمسار الخارجي إلى حافة الدوّار، بما في ذلك علامة رصف خط الحافة الخارجي.

يعتبر العرض المجمع للعناصر ١ و٢ و٣ عرض الطريق الداخلي، بينما يمثل العرض المجمع للعناصر ٥، ٦، و٧ عرض الطريق الخارجي. تحدد هذه القيم، مجتمعة مع نصف القطر الداخلي، R2 و R3 و R4 بالإضافة إلى إزاحة كتلة الدوّار الكبير. تستند قيم التصميم، الواردة في الجدول (١٠-١٥) إلى شاحنة ذات محورين مع تصميم نصف مقطورة بثلاثة محاور.

الجدول (١٠–١٥) قيم التصميم القياسية للدوّار الكبير الأساسي (FHWA, 2019).

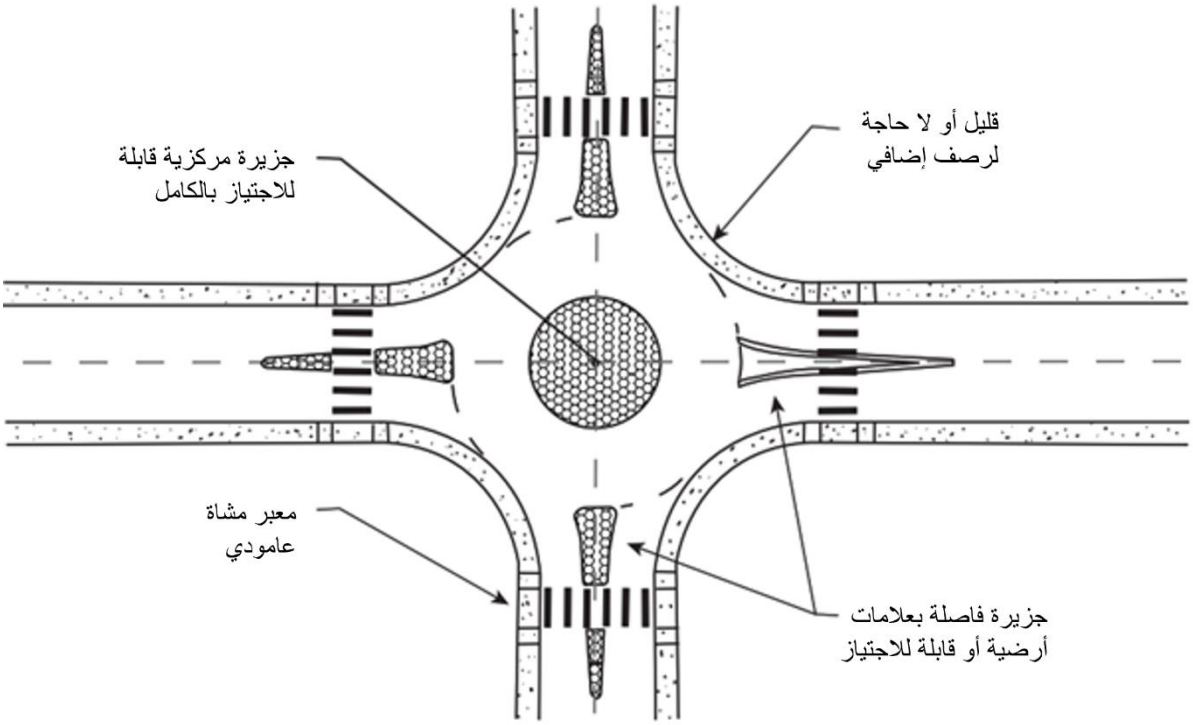
الميزة	الدوّار الكبير القياس بالأمتار			
	"صغير"	"عادي"	"متوسط"	"كبير"
نصف القطر الداخلي للمسار الداخلي (R1)	١٠,٥	١٢	١٥	٢٠
نصف القطر الخارجي للمسار الداخلي (R2)	١٥,٨٥	١٧,١٥	٢٠,٠٠	٢٤,٩٠
نصف القطر الداخلي للمسار الخارجي (R3)	١٦,١٥	١٧,٤٥	٢٠,٣٠	٢٥,٢٠
نصف القطر الخارجي للمسار الخارجي (R4)	٢١,١٥	٢٢,٤٥	٢٥,٢٠	٢٩,٩٠
العرض داخل الطريق	٥,٣٥	٥,١٥	٥,٠٠	٤,٩٠
العرض، خارج الطريق	٥,٠٠	٥,٠٠	٤,٩٠	٤,٧٠
العرض داخل المسار	٤,٧٠	٤,٥٠	٤,٣٥	٤,٢٥

الميزة	الدوّار الكبير القياس بالأمتار			
	"صغير"	"عادي"	"متوسط"	"كبير"
العرض خارج المسار	٤,٣٥	٤,٣٥	٤,٢٥	٤,٠٥
حاجز فصل المسار بين مسارات القيادة	٠,٣٠	٠,٣٠	٠,٣٠	٠,٣٠
تحول مراكز القوس الداخلي على طول محور الترجمة	٥,٧٥	٥,٣٥	٥,١٥	٥,١٥
تحول مراكز القوس الخارجي على طول محور الانتقال	٥,٠٥	٥,٠٥	٤,٩٥	٤,٧٥
عرض منطقة التجاوز (حيّز الشاحنات)	٥,٠٠	٥,٠٠	٥,٠٠	٥,٠٠
سرعة المسار الاسرع لمركبة ركاب بالكيلومتر/ساعة	٣٧-٤١	٣٧-٣٩	٣٨-٣٩	٤٠

١٠-٣-٦ الدوّارات المصغّرة Mini:

الدوّارات الصغيرة هي دوّارات صغيرة مع جزيرة مركزية يمكن عبورها بالكامل. وهي الأكثر استخدامًا في البيئات الحضرية منخفضة السرعة بمتوسط سرعات تشغيل تصل إلى ٢٠ كم/ساعة حتى ٥٠ كم/ساعة. الشكل (١٠-٣٧) يعرض سمات تقاطعات الدوّار المصغرة النموذجية.

الدوّارات المصغّرة غير مكلفة نسبيًا لأنها تتطلب عادةً الحد الأدنى من الرصف الإضافي على الطرق المتقاطعة والتوسع الطفيف عند حواجز الزاوية. يوصى بها في الغالب عندما يكون التصميم التقليدي للدوّار أحادي المسار مستبعدًا بسبب قيود حرم الطريق غير الكافية لاستيعاب المركبة التصميمية. نظرًا لصغر الحجم، يُنظر إلى الدوّارات المصغّرة على أنها ملائمة للمشاة مع مسافات عبور قصيرة وسرعات أقل للمركبة عند الدخول والخروج. يتم توفير جزيرة مركزية يمكن عبورها بالكامل لاستيعاب المركبات الكبيرة وتخدم واحدة من السمات المميزة للدوّار المصغّر.



الشكل (١٠–٣٧) ملامح نموذجية للدوّار المصغّر (NCHRP, 2010).

١٠-٣-٦-١ مواصفات التصميم العامة للدوّارات المصغّرة:

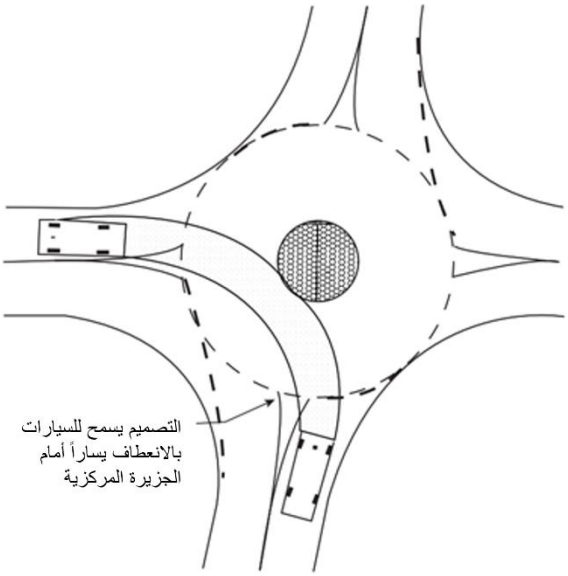
يتم استخدام العديد من نفس المبادئ في تصميم الدوّارات المصغّرة كما هو الحال في الدوّارات كاملة الحجم. وتشمل الاعتبارات الرئيسية فصل حركة المركبات بالجزر، وتصميم مسارات المركبات، ورؤية التقاطع. وبالنظر إلى أن الجزيرة المركزية للدوّار المصغّر يمكن عبورها بالكامل، فإن التصميم العام ينبغي أن يوفر الفصل بالجزر التي توجه السائقين بشكل طبيعي إلى المسار المقصود.

غالبًا ما يُنظر إلى الدوّار المصغر كبديل للدوّار الأكبر أحادي المسار بسبب الرغبة في تقليل التأثيرات خارج منطقة تغطية التقاطع الحالية. وبالتالي، فإن خطوط بردورة التقاطع الحالية هي نقطة انطلاق نموذجية لتحديد القطر الإجمالي للدوّار المصغّر. يجب أن تكون الدوّارات المصغرة كبيرة قدر الإمكان ضمن قيود التقاطع. ومع ذلك، يجب ألا يتجاوز القطر الإجمالي المصغر حوالي ٣٠ مترًا. فوق ٣٠ م، عادة ما يكون القطر الإجمالي كبيرًا بما يكفي لاستيعاب المركبات التصميمية التي تسير حول جزيرة مركزية مرتفعة. توفر الجزيرة المركزية التي يمكن عبورها بالكامل أوضح إشارة للمستخدم إلى أن التقاطع عبارة عن دوّار مصغّر.

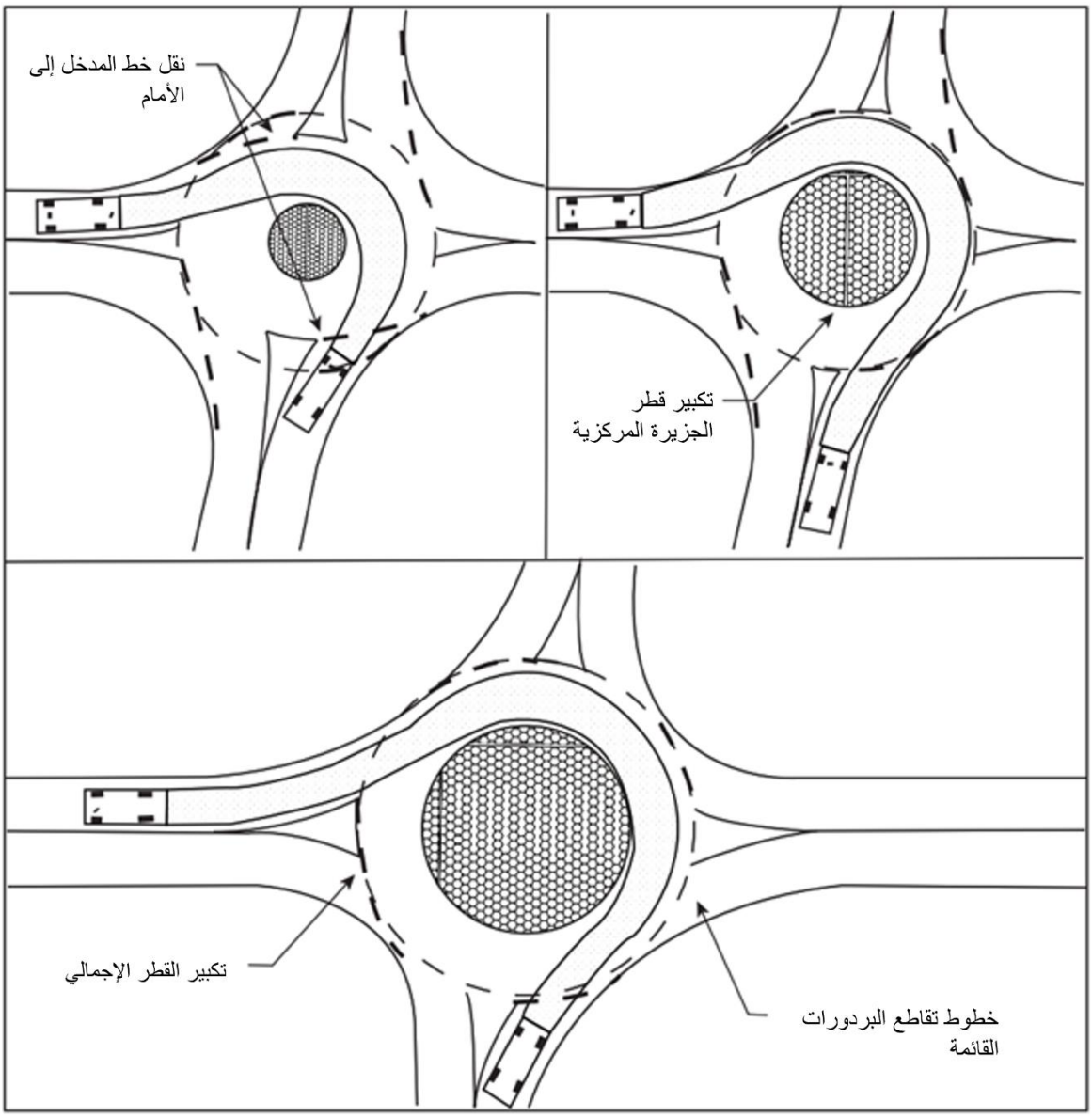
يوضح الشكل (١٠-٣٨) حالة معينة حيث يسمح التصميم لسيارات الركاب الخاصة بالانعطاف يسارًا أمام الجزيرة المركزية. في هذه الحالة، فإن الجمع بين زاوية انحراف التقاطع، وصغر حجم الجزيرة المركزية، وصغر حجم الجزر الفاصلة، والعرض الكبير لطريق الالتفاف يجعل من المريح للسائق أن ينعطف يسارًا أمام الجزيرة المركزية بدلاً من السير حولها. تم توضيح ثلاث تحسينات محتملة في التصميم في الشكل (١٠-٣٩). ويشمل هذا ما يلي:

- تقدم خط "اعط الطريق" إلى الأمام (الحالة اليسرى العليا).
- توسيع الجزيرة المركزية وتقليل عرض طريق الالتفاف معاً (الحالة اليمنى العليا).
- تكبير القطر الإجمالي (الحالة السفلي).

بالنسبة للتقاطعات ذات الانحراف المفرط أو محاذاة نهج الإزاحة، يعد استخدام الدوّار المصغّرة المزدوجة خيارًا آخر لتوفير فصل بالجزر مناسب للمركبة من خلال التقاطع.



الشكل (١٠–٣٨) تصميم يسمح الانعطافات لليسار أمام الجزيرة المركزية (NCHRP, 2010).



الشكل (١٠–٣٩) تحسينات التصميم الممكنة لحل الانحناء أمام الجزيرة المركزية المصغرة (NCHRP, 2010).

١٠-٣-٦-٢ الجزر الفاصلة:

كما هو الحال مع الدوّارات الاكبر، تستخدم الجزر الفاصلة بشكل عام في تقاطعات الدوّارات المصغّرة لمحاذاة المركبات، وتشجيع الانحراف والدوران السليم، وتوفير ملجأ للمشاة. تكون الجزر الفاصلة مرتفعة أو يمكن اجتيازها أو سطحية اعتمادًا على اتّساع الجزيرة وما إذا كانت هناك حاجة لتكون من نوع يمكن اجتيازه لمسار أثر انعطاف الشاحنات. بشكل عام، تُستخدم الجزر المرتفعة حيثما أمكن ذلك، ولا يشجّع استخدام الجزر السطحية بشكل عام. المبادئ العامة لاختيار نوع الجزيرة الفاصلة في ظل ظروف الموقع المختلفة هي:

يجب النظر في جزيرة مرفوعة إذا:

- يمكن لجميع لمركبات التصميمية التنقل في الدوّارات دون السير فوق منطقة الجزيرة الفاصلة.
- تتوفر مساحة كافية لتزويد جزيرة بمساحة لا تقل عن ٤,٦ متر مربع.
- يتواجد المشاة عند التقاطع بتردد منتظم.

يجب النظر في جزيرة يُمكن اجتيازها بالكامل إذا:

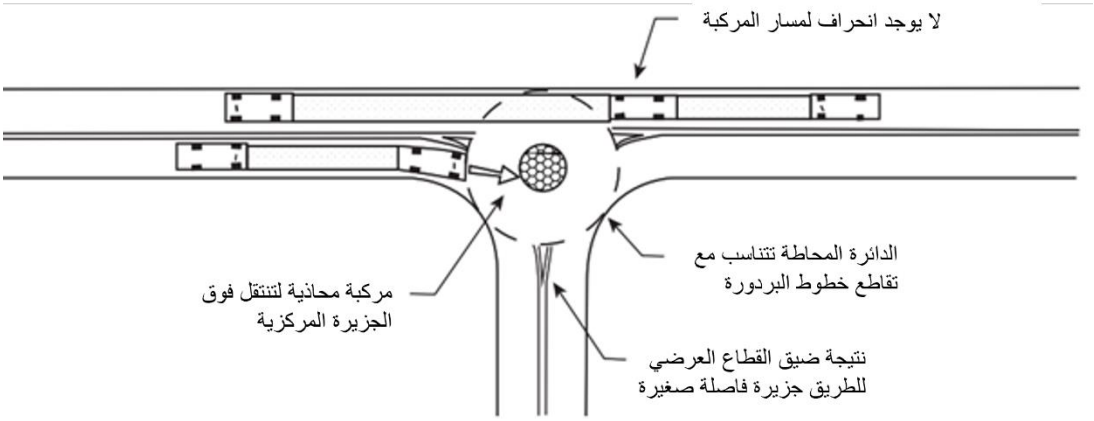
- لزم تنتقل بعض المركبات التصميمية فوق منطقة الجزيرة الفاصلة مع أحجام مرور الشاحنات ثانوية.
- تتوفر مساحة كافية لتأمين جزيرة بمساحة لا تقل عن ٤,٦ ^{٢}.

يجب النظر في جزيرة سطحية (مطلية) إذا:

- من المتوقع أن تنتقل المركبات عبر منطقة الجزيرة الفاصلة بتكرار نسبي للتنقل في التقاطع.
- لا يمكن تحقيق جزيرة لا تقل مساحتها عن ٤,٦ م^{٢}.
- التقاطع لديه سرعات مركبة منخفضة.

١٠-٣-٦-٣ اعتبارات التصميم في تقاطعات الدوّار ثلاثية الشعب:

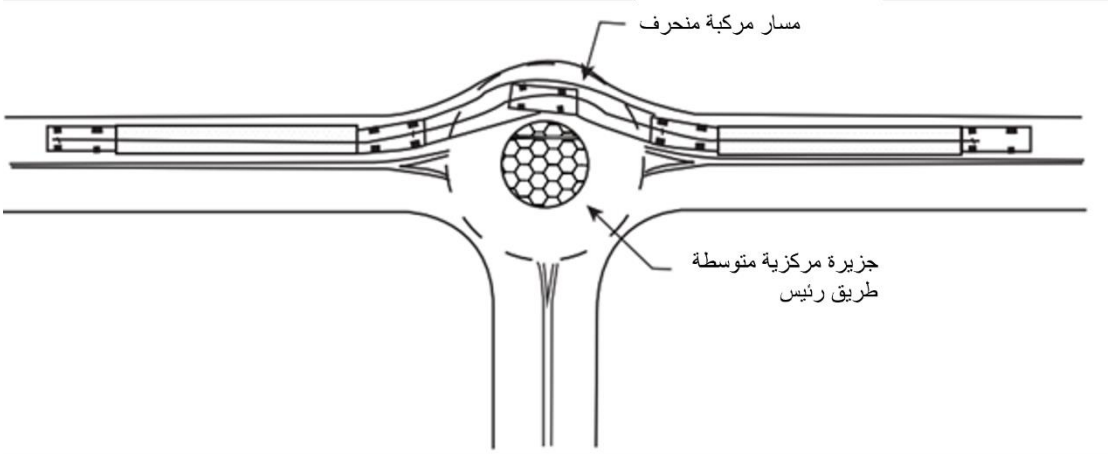
يمكن أن تمثل تقاطعات T النموذجية مع شعب مداخل متعامدة تحديات لتحقيق الانحراف ضمن حرم الطريق. يوضح الشكل (١٠-٤٠) الطريقة الأبسط والأقل تكلفة لتحقيق دوّار مصغّر عند تقاطع على شكل حرف T قياسي. تقع الدائرة المحاطة للدوّار داخل خطوط الرصف الحالية، والتي لا تتطلب أي حرم طريق إضافي أو تعديلات خارج منطقة التقاطع الحالية. ومع ذلك، فإن الجانب السلبي لمثل هذا التصميم هو أنه يتم توفير انحراف ضئيل أو معدوم على طول الجزء العلوي من T للسائق الذي يتحرك من اليمين إلى اليسار. ولذلك، فإن هذا النوع من التصميم هو الأنسب للمواقع التي تكون فيها السرعات منخفضة بالفعل أو حيث يمكن توفير تدابير تهدئة المرور التكميلية قبل دخول الدوّارات.



الشكل (١٠–٤٠) دوّار مصغّر داخل منطقة التقاطع الحالية (NCHRP, 2010).

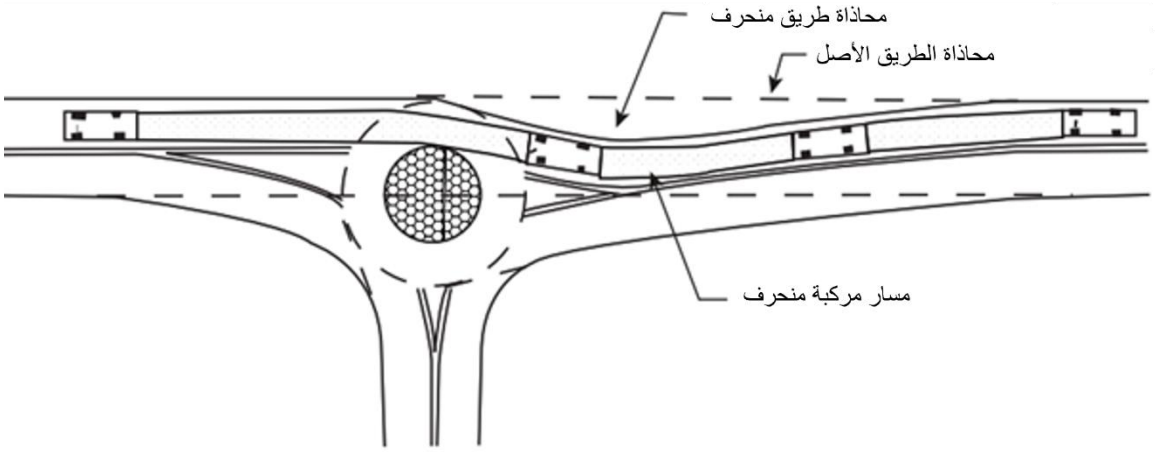
يجب توخي الحذر في تصميم الجزيرة الفاصلة لتوفير انحراف كافٍ للمرور التي تنتقل من اليسار إلى اليمين عبر الجزء العلوي من T لتوجيهها إلى تقاطعات الدوّار حول الجزيرة المركزية بدلاً من السير فوقها ببساطة.

يتمثل الخيار المفضل للدوّارات المصغرة عند تقاطع T في انحراف خط بردورة الرصيف الخارجي عند الجزء العلوي من T لتوفير انحراف لجميع الحركات، مثلما هو موضح في الشكل (١٠-٤١). قد يسمح ذلك الخيار كذلك بقطر إجمالي أكبر قليلاً، مما سيزيد من المرونة للمركبات الأكبر. ستؤدي التعديلات على خطوط بردورة الرصيف إلى ارتفاع تكاليف هذا البديل وقد تتطلب أيضًا حرم مرور إضافي.



الشكل (١٠–٤١) الدوّارات المصغرة مع الجزيرة المركزية متمركزة على طول الطريق الرئيسي (NCHRP, 2010).

هنالك خيار ثالث يحقق الانحراف لجميع الحركات من خلال إزاحة الدائرة المحاطة بطول محور الشارع الثانوي، مثلما هو موضح في الشكل (١٠-٤٢). من المحتمل أن يتطلب هذا الخيار تعديل جميع خطوط البردورة وقد يتطلب إعادة محاذاة إضافية لشعب المداخل اتجاه منبع المرور. يجب توخي الحذر لإزاحة الجزيرة المركزية بما فيه الكفاية لتحقيق انحراف فعلي. من غير المحتمل أن توفر الإزاحات الثانوية التي تقل عن متر واحد انحرافًا كافيًا، في حين قد يكون من الصعب أيضًا إدراكها من جانب السائقين.



الشكل (١٠–٤٢) الدوّارات المصغرة مع دائرة محاطة أُزيحت على طول محور الشارع الثانوي (NCHRP, 2010)

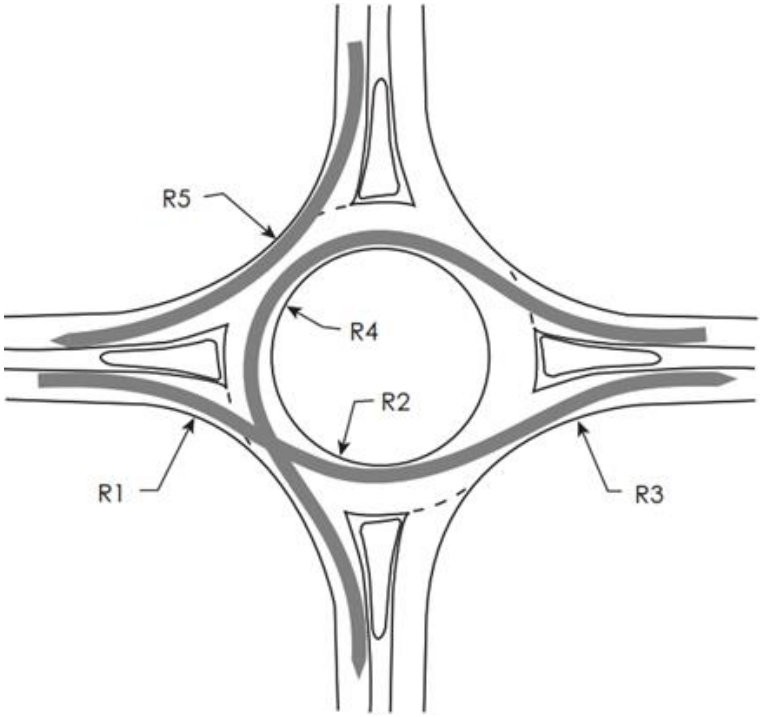
١٠-٣-٧ المسار الاسرع:

أسرع مسار تسمح به جيومتريّة الدوّارات ويحدد سرعة اجتيازه لتلك الحركة المحددة إلى الدوّار وعبره والخروج منه. يتم رسم أسرع مسار لمركبة تعبر المدخل، حول الجزيرة المركزية، والخروج من المخرج المناسب. يجب رسم أسرع المسارات لجميع مداخل الدوّار وجميع الحركات، بما في ذلك حركات الانعطاف لليسار وحركات الانعطاف لليمين.

يوضح الشكل (١٠-٤٣) أنصاف أقطار المسار الحرج الخمسة التي يجب التحقّق منها لكل مدخل.

- R_1، نصف قطر مسار الدخول، هو الحد الأدنى لنصف القطر على المسار المستمر الأسرع قبل خط المدخل.
- R_2، نصف قطر مسار الالتفاف، هو الحد الأدنى لنصف القطر على المسار المستمر الأسرع حول الجزيرة المركزية.
- R_3، نصف قطر مسار الخروج، هو الحد الأدنى لنصف القطر على المسار المستمر الأسرع إلى المخرج.
- R_4، نصف قطر مسار الانعطاف لليسار، هو نصف القطر الأدنى على مسار حركة الانعطاف لليسار المتعارضة.
- R_5، نصف قطر مسار الانعطاف لليمين، هو الحد الأدنى لنصف القطر على المسار الاسرع للمركبة المنعطفة لليمين.

من المهم ملاحظة أن أنصاف أقطار مسار المركبات هذه تختلف عن نصف قطر الرصيف. تمثل أنصاف أقطار R_1 إلى R_5 المقاسة في هذا الإجراء خط وسط المركبة في مسارها عبر الدوّار. تُضمّن إرشادات حول إنشاء أسرع المسارات فيما بعد.



الشكل (١٠–٤٣) أنصاف أقطار مسار المركبات (NCHRP, 2010).

يتم توفير سرعات تصميم الدخول النظرية القصوى الموصى بها للدوّارات في فئات حسب مواقع التقاطعات المختلفة كما في الجدول (١٠-١٦).

الجدول (١٠–١٦) سرعات الدخول التصميمية القصوى الموصى بها في الدوّارات (NCHRP, 2010).

تكوين الدوّار	سرعات الدخول التصميمية النظرية القصوى الموصى بها (كم/ ساعة)
دوّار صغير	٣٠
دوّار بمسار واحدة	٤٠
دوّار متعددة المسارات	من ٤٠ إلى ٥٠

يجب توخي الحذر عند تصميم الدوّارات متعددة المسارات بسبب نقاط التعارض الناشئة وما ينتج عنها من زيادة في عدد الحوادث. في كثير من الحالات، قد يكون الدوّار متعدد المسارات المحكوم بإشارات المرور هو الحل الأنسب.

١٠-٣-٧-١ إنشاء مسارات المركبات:

لتحديد سرعة الدوّار، يجب رسم أسرع مسار تسمح به الجيومتريّة. هذا المسار هو أكثر مسار سلس ومسطَّح ممكن لمركبة واحدة، في غياب أي مرور آخر وتجاهل جميع علامات المسارات، لاجتياز المدخل، وحول الجزيرة المركزية، والخروج من المخرج. وتُحدد

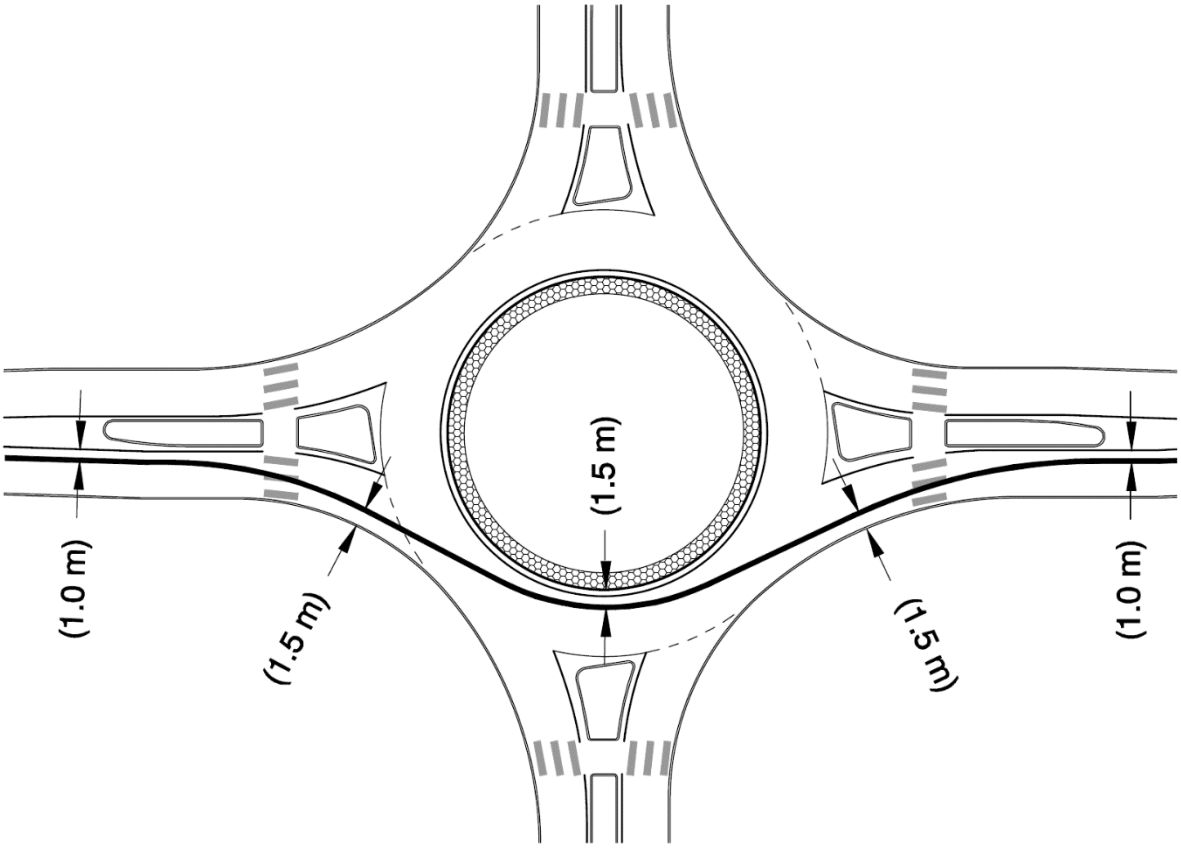
سرعة تصميم الدوّار من أصغر دائرة نصف قطرها على طول المسار الاسرع المسموح به. عادة ما يحدث أصغر نصف قطر على طريق الالتفاف حيث تنحني المركبة إلى اليسار حول الجزيرة المركزية.

من المفترض أن تكون المركبة بعرض ٢,٠ متر وتحافظ على حد أدنى للخلوص يبلغ ٠,٥ متر من خط وسط الطريق أو بردورة الرصيف الخرسانية ومباشرة مع خط حافة مطلي. وهكذا، يُرسم الخط المركزي لمسار المركبة مع المسافات التالية إلى السمات الهندسية المحددة:

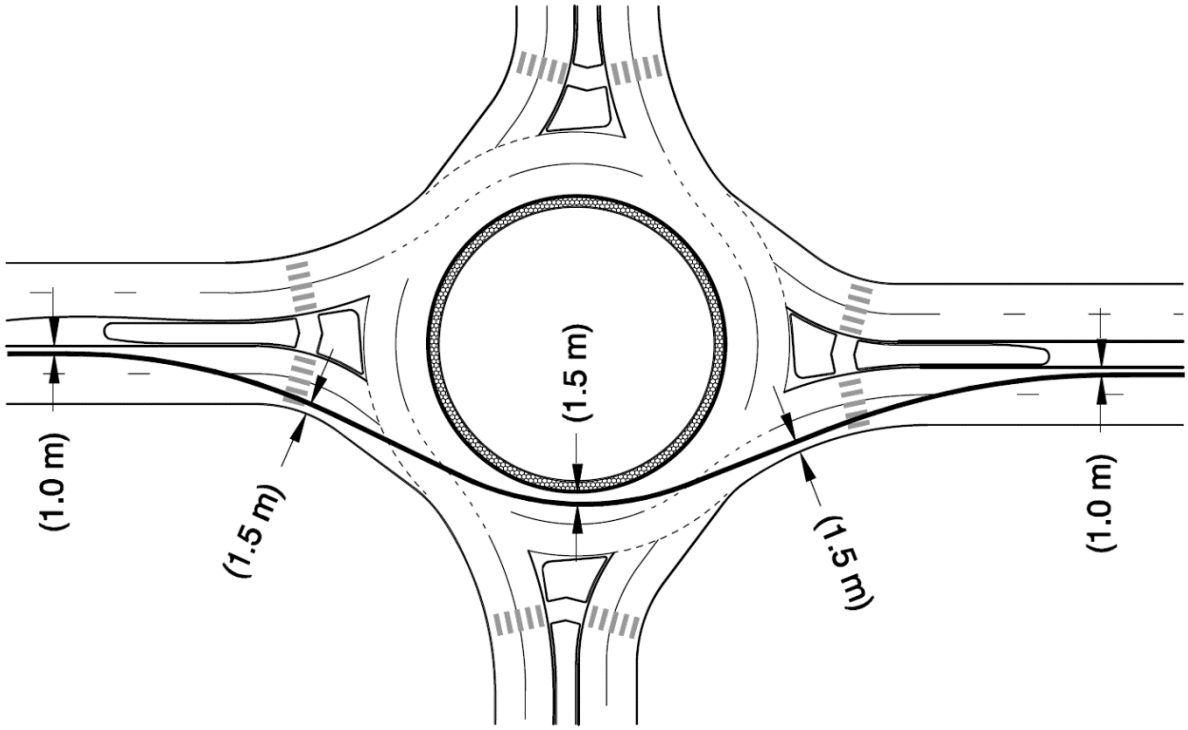
- المسافة ١,٥ متر من بردورة الرصيف الخرسانية.
- المسافة ١,٥ متر من خط وسط الطريق.
- المسافة ١,٠ متر من خط الحافة المطلية.

يوضح الشكلان (١٠-٤٤) و(١٠-٤٥) إنشاء المسار الاسرع للمركبات في مسار الدوّار أحادي المسار ومتعدد المسارات، على التوالي. يقدم الشكل (١٠-٤٦) مثالاً على النهج الذي يكون فيه مسار الانعطاف لليمين أكثر أهمية من الحركة المستمرة. يجب رسم المسار الأسرع والتحقق من جميع مداخل تقاطعات الدوّار.

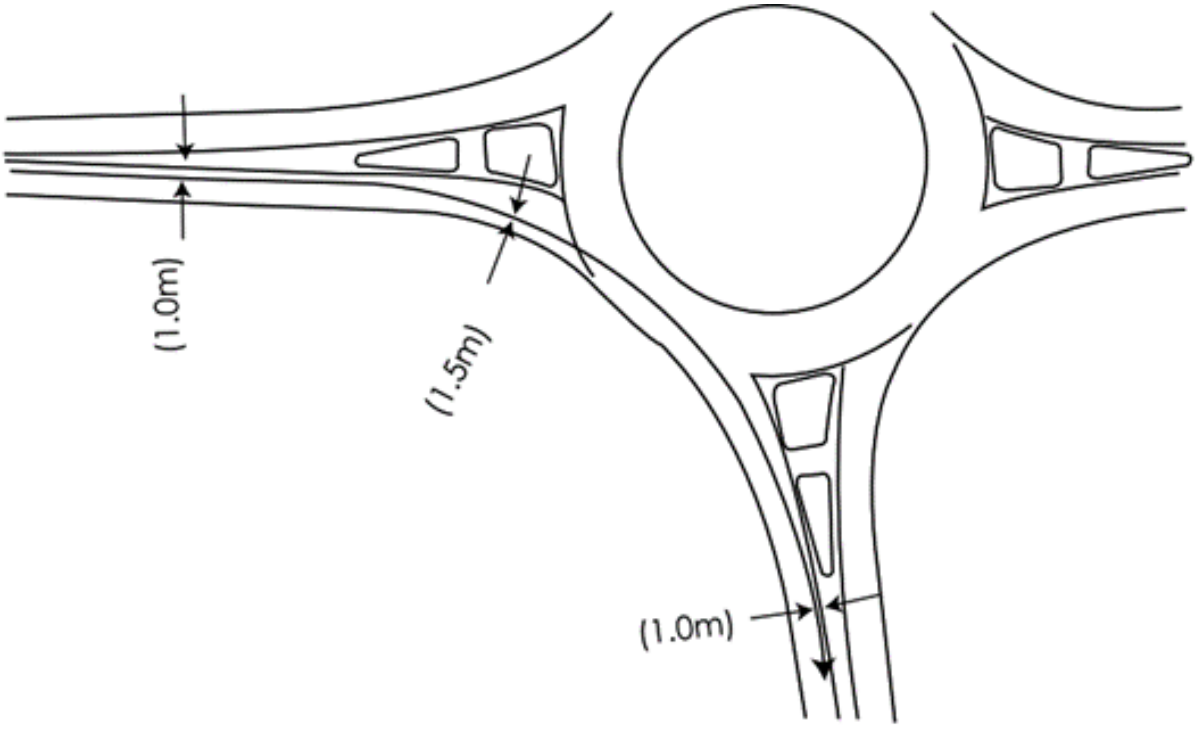
نصف قطر مسار الدخول R_1، هو مقياس للانحراف المفروض على المركبة قبل دخول تقاطعات الدوّار. مقدرة الدوّار على التحكم في السرعة عند الدخول هي بمثابة مؤشّر لتحديد السلامة المحتملة للدوّار وما إذا كان من المرجح أن يعطي السائقون أولوية الطريق للمركبات على طريق الالتفاف. توفر إرشادات إضافية لرسم وقياس نصف قطر R_1 في الشكل (١٠-٤٧). تنبغي أن يبدأ إنشاء المسار الأسرع قبل ٥٠ مترًا على الأقل من خط المدخل باستخدام الإزاحة المناسبة المحددة أعلاه. يجب قياس نصف قطر R١ كأصغر منحنى دائري مناسب على مسافة لا تقل عن ٢٠ إلى ٢٥ مترًا بالقرب من خط المدخل.



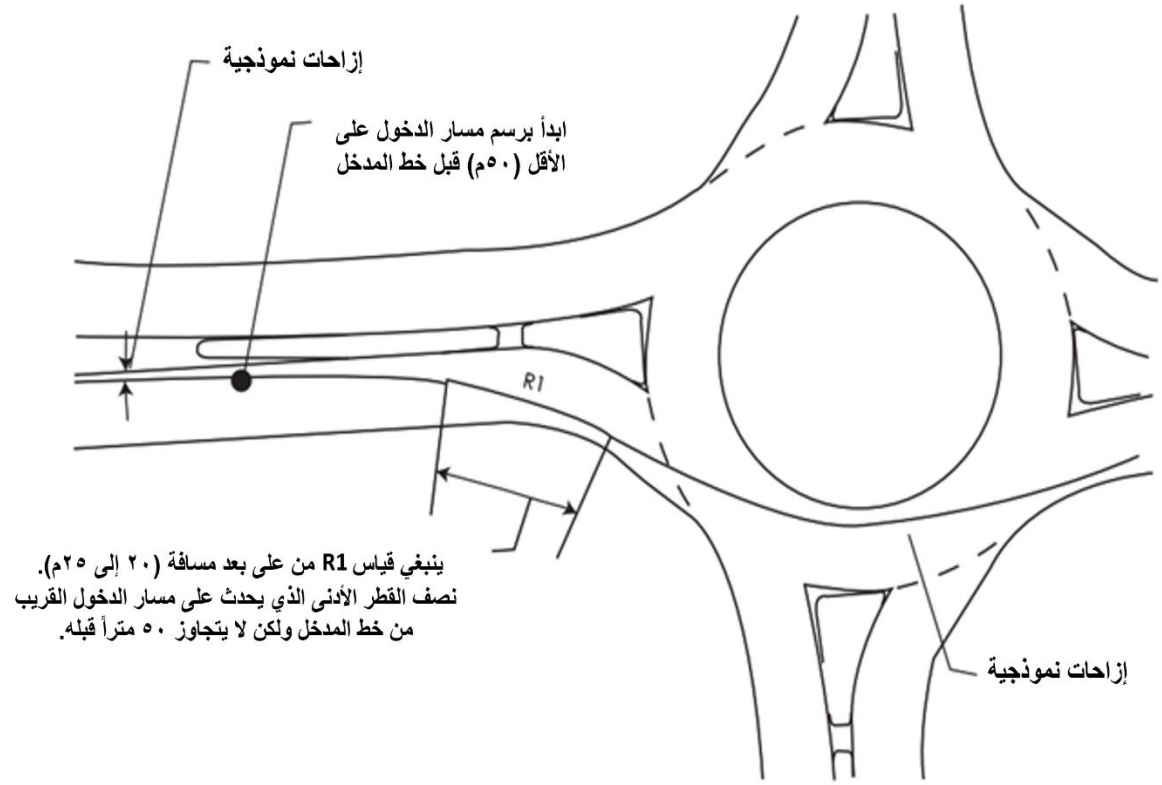
الشكل (١٠–٤٤) المسار الاسرع للمركبة عبر الدوّار أحادي المسار (NCHRP, 2010).



الشكل (١٠–٤٥) المسار الاسرع للمركبة عبر الدوّار متعدد المسارات (NCHRP, 2010).



الشكل (١٠–٤٦) مثال على حركة انعطاف لليمين حرجة (NCHRP, 2010).



الشكل (١٠–٤٧) إرشادات لرسم وقياس نصف قطر مسار الدخول (NCHRP, 2010).

١٠-٣-٧-٢ تقدير سرعة المركبة:

تم توثيق العلاقة بين سرعة التنقل والانحناء الأفقي في سياسة الاتحاد الأمريكي لمسؤولي الطرق والنقل الحكوميين بشأن التصميم الهندسي للطرق والشوارع، الإصدار السابع، ٢٠١٨. طالما أن نفس عوامل الاحتكاك الجانبي المطبقة في الجزء الفرعي (٤-٦-٢)، فيمكن استخدام المعادلات ١٠-٤ و١٠-٥ لتوفير علاقة مبسطة بين السرعة ونصف القطر، مع الأخذ في الاعتبار أن قيم التعلية الجانبية الأكثر شيوعًا التي تمت مواجهتها هي + ٠,٠٢ و- ٠,٠٢، المناظرة لـ ٢٪ ميل عرضي.

$$\mathbf{V = 8.76 \cdot R^{0.3861}} \text{ for e = + 2.0 \%} \qquad \textbf{المعادلة (١٠-٤)}$$

$$\mathbf{V = 8.62 \cdot R^{0.3861}} \text{ for e = -2.0 \%} \qquad \textbf{المعادلة (١٠-٥)}$$

حيث إن:

V= السرعة المتوقعة (كم/ساعة)

R = نصف قطر المنحنى (متر)

e = معدل التعلية الجانبية (%).

١٠-٣-٨ مسافة الرؤية في الدوّارات:

على غرار تطبيق أشكال التقاطعات الأخرى، تحتاج الدوّارات إلى نوعين من مسافة الرؤية ليتم توفيرها بشكل كافٍ:

- مسافة الرؤية للتوقف.
- مسافة الرؤية للتقاطع.

ينبغي مراجعة التصميم لتوفير مسافة الرؤية للتوقف في كل نقطة داخل الدوّار وعلى كل مدخل ومخرج بحيث يمكن للسائق أن يتفاعل مع الاجسام داخل الطريق. يجب كذلك التحقق من مسافة رؤية التقاطع لأي تصميم للدوّار بحيث تتوفر مسافة كافية للسائقين لإدراك وجود المركبات المعارضة والتفاعل معها.

بشكل عام، لا يوصى بتوفير أكثر من الحد الأدنى لمسافة الرؤية عند التقاطع عند كل مدخل للدوّار. يمكن أن تؤدي مسافة الرؤية المفرطة في التقاطع إلى سرعات أعلى للمركبة التي قد تؤدي إلى زيادة الحوادث التي تشمل سائقي المركبات وراكبي الدراجات والمشاة. ويُمكن أن يكون تنسيق الجزيرة المركزية فعال في تقييد مسافة الرؤية إلى الحد الأدنى المطلوب.

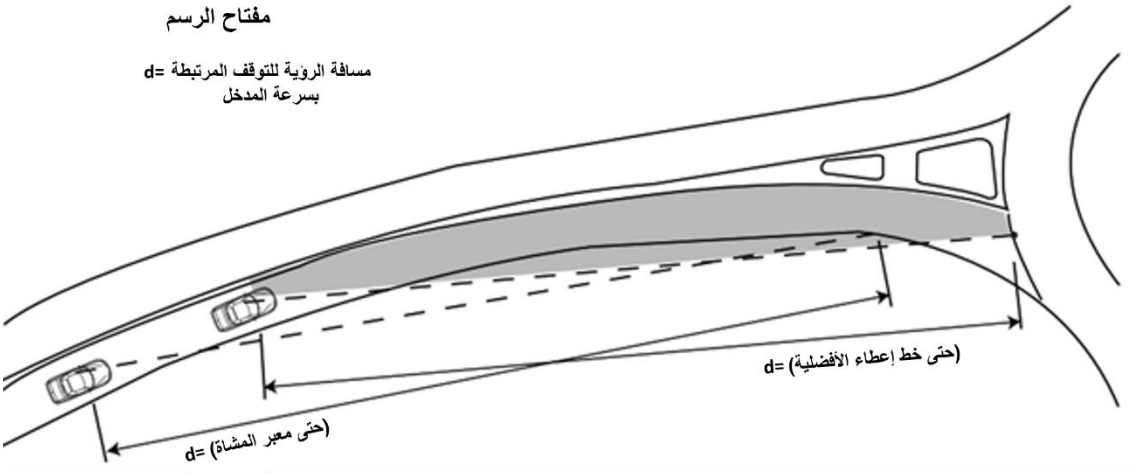
١٠-٣-٨-١ مسافة الرؤية للتوقف في الدوّارات:

يجب توفير مسافة الرؤية للتوقف عند كل نقطة داخل الدوّار وعند كل مدخل ومخرج ويمكن تحديدها وفقًا للمعادلة ١٠-٤ والشكل (٤-٩) الموضحة في الباب (٤).

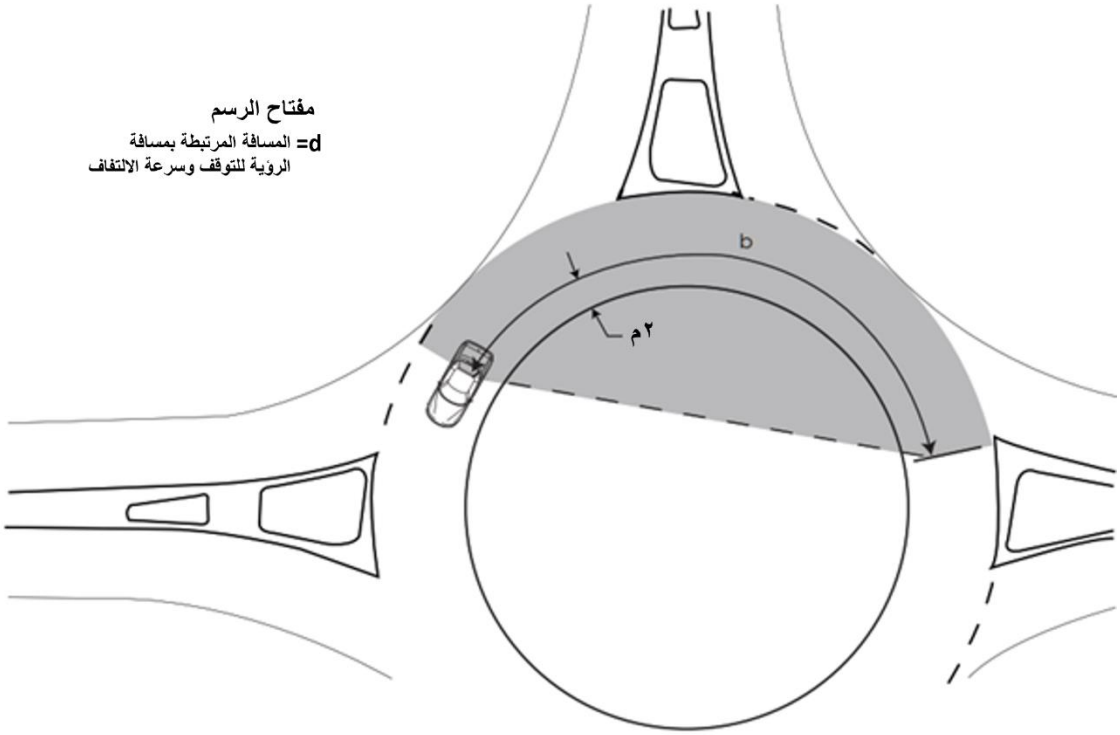
في تقاطعات الدوّار، يجب فحص ثلاثة أنواع على الأقل من المواقع الحرجة:

- مسافة الرؤية بمدخل الدوّار (الشكل ١٠-٤٨)،
- مسافة الرؤية على طريق الالتفاف: (الشكل ١٠-٤٩)،
- مسافة الرؤية حتى مكان معبر المشاة عند المخرج (الشكل ١٠-٥٠)

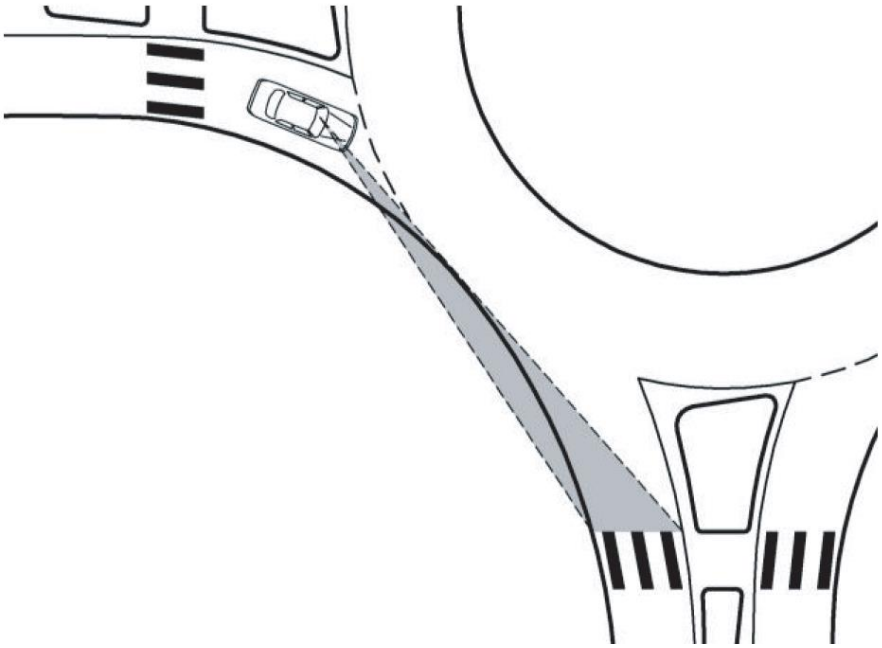
يمكن كذلك التحقق من مسافة الرؤية الأمامية عند الدخول؛ ومع ذلك، من المقرر تحقيق ذلك عادةً من خلال توفير مسافة رؤية كافية للتوقف على طريق الالتفاف نفسه.



الشكل (١٠–٤٨) مسافة الرؤية للتوقف بالمدخل (NCHRP, 2010).



الشكل (١٠–٤٩) مسافة الرؤية للتوقف على طريق الالتفاف (NCHRP, 2010).



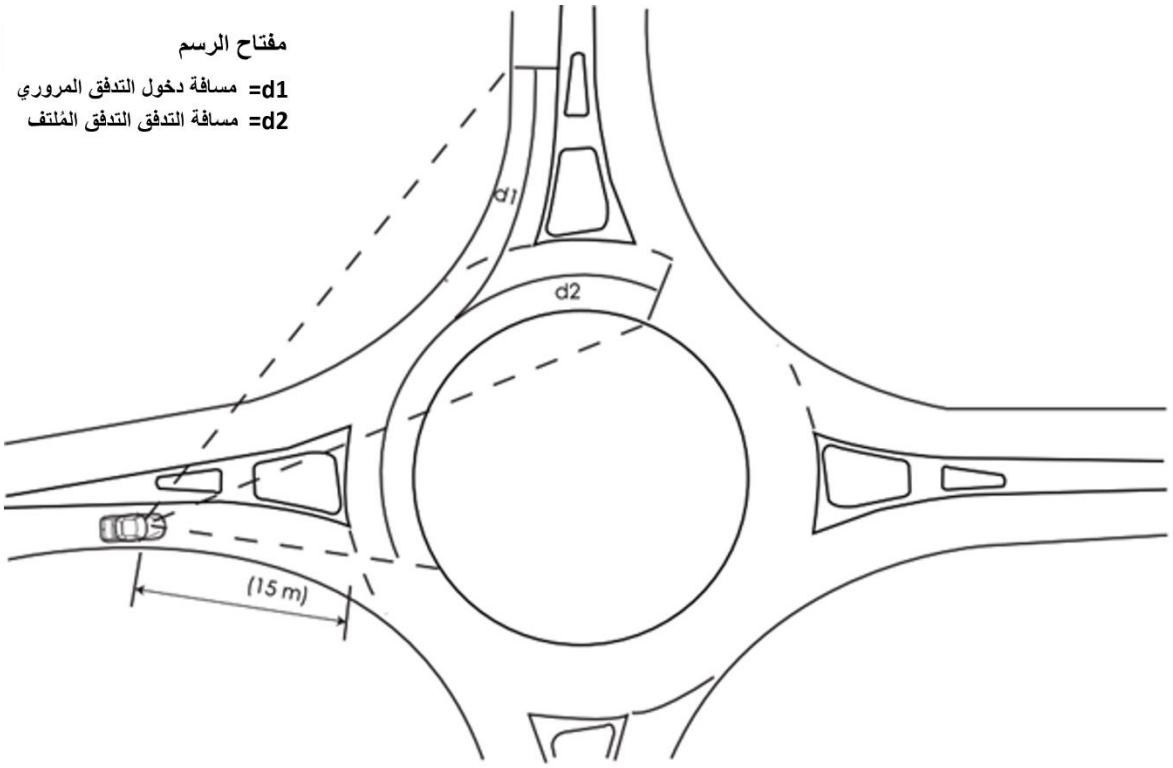
الشكل (١٠–٥٠) مسافة الرؤية حتى معبر المشاة عند المخرج (NCHRP, 2010).

١٠-٣-٨-٢ مسافة الرؤية للتقاطع في الدوّارات:

مسافة رؤية التقاطع هي المسافة المطلوبة للسائق ضمن حرم الطريق لإدراك وجود المركبات المعارضة والتفاعل مها. يتم تحقيق مدى رؤية التقاطع من خلال إنشاء مثلثات رؤية تسمح للسائق برؤية المركبات التي يحتمل أن تكون معارضة والتفاعل معها بأمان. في الدوّارات، المواقع الوحيدة التي تتطلب تقييم مسافة رؤية التقاطع هي المداخل.

تُقاس مسافة رؤية التقاطع تقليدياً بتحديد مثلث الرؤية. يقيّد هذا المثلث طول الطريق الذي يعرّف حدًا بعيدًا عن التقاطع على كل من مدخلي الدوّار المتعارضين، وخط يصل بين هذين الحدين. بالنسبة للدوّارات، ينبغي افتراض أن هذه الأجزاء تتبع انحناء الطريق، وبالتالي يجب عدم قياس المسافات كخطوط مستقيمة، ولكن كمسافات على طول مسار المركبة.

تُقاس مسافة رؤية التقاطع باستخدام ارتفاع مفترض لعين السائق يبلغ ١,٠٨ متر وارتفاع مفترض لعائق يبلغ ١,٠٨ متر. يعرض الشكل (١٠-٥١) مخططًا يوضح طريقة تحديد مسافة رؤية التقاطع. وكما يتضح في الشكل، فإن مثلث مسافة الرؤية له مدخلان متعارضتان يجب فحصهما بشكل مستقل.



الشكل (١٠–٥١) مدى الرؤية للتقاطع (NCHRP, 2010).

طول ساق الدخول لمثلث الرؤية:

يجب أن يقتصر طول ساق الدخول لمثلث الرؤية على ١٥ مترًا. إذا كانت ساق الدخول لمثلث الرؤية أكبر من ١٥ مترًا، فقد يكون من المستحسن إضافة أعمال التنسيق لتقييد مسافة الرؤية إلى الحد الأدنى من المتطلبات.

طول ساق التعارض لمثلث الرؤية:

تواجه مركبة تقترب من مدخل الدوّار مركبات متعارضة على طريق الالتفاف وعلى المدخل العلوي المباشر. يتم حساب طول ساق التعارض باستخدام المعادلة التالية:

المعادلة (١٠-٦)

$$d_1 = d_2 = 0.278 \cdot V_{major} \cdot t_c$$

حيث إن:

d_1= طول ساق الدخول من مثلث الرؤية (م)

d_2= طول ساق الالتفاف من مثلث الرؤية (م)

V_{major}= سرعة الحركة المتعارضة كما هو موضح أدناه (كم/ساعة)

t_c= (زمن) التقاطر الحرج لدخول الطريق الرئيسي، يساوي ٥,٠ ثانية.

يجب التحقق من تدفقين متعارضين للمرور عند كل مدخل:

١- تدفق الدخول والذي يتكون من المركبات من اتجاه المنبع مباشرة. ويمكن تقريب سرعة هذه الحركة بأخذ متوسط سرعة الدخول النظرية (R1) وسرعة الالتفاف (R2) كما هو محسوب في القسم الفرعي (١٠-٣-٧-٢).
٢- تدفق الالتفاف، ويتكون من المركبات التي تدخل الدوار قبل اتجاه المنبع مباشرة. يمكن تقريب هذه السرعة من خلال حساب سرعة المركبات التي تنعطف يسارًا كما حُسبت في القسم الفرعي (١٠-٣-٧-٢) (المسار بنصف القطر R4).

١٠-٣-٩ معالجات مداخل الدوّار عالية السرعة:

غالبًا ما يكون للدوّارات الموجودة على الطرق الريفية اعتبارات تصميم خاصة لأن السرعات عند مدخلها أعلى من الطرق الحضرية أو المحلية، ولا يتوقع السائقون مواجهة انقطاعات السرعة. يتمثل الشاغل الرئيسي للسلامة في المناطق الريفية في توعية السائقين بالدوّار بمسافة كبيرة لأجل التباطؤ بشكل مريح إلى السرعة المناسبة. عادة ما يستخدم تصميم الدوّار في بيئة عالية السرعة كافة أساليب الدوّار في بيئة منخفضة السرعة، مع التركيز بشكل أكبر على العناصر التالية.

كفاية الرؤية عند دخول الدوّار:

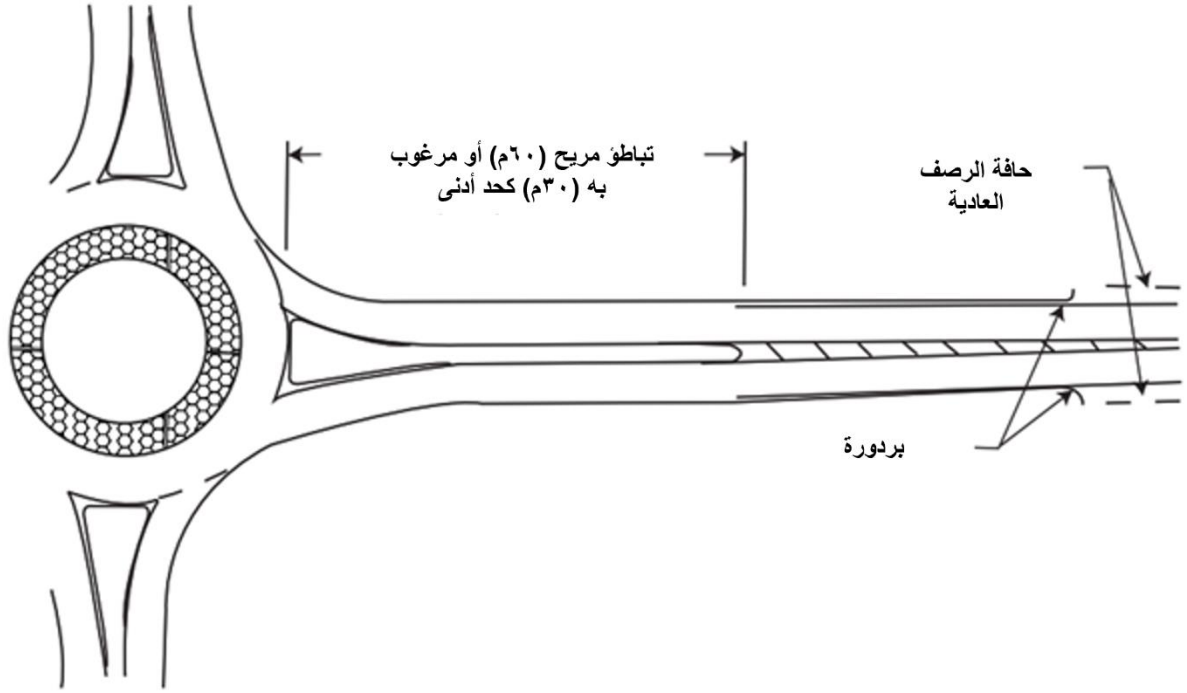
ومن السمات الهامة التي تؤثر على السلامة عند التقاطعات الريفية وضوح التقاطع نفسه. حيثما أمكن، يجب إنشاء المحاذاة الهندسية (الجيومترية) لشعب مداخل الدوّار لزيادة وضوح الجزيرة المركزية وشكل الدوّار إلى أقصى حد. عندما لا يمكن توفير وضوح الرؤية الكافية من خلال المحاذاة الهندسية، يجب النظر في تدابير إضافية (اللافتات وعلامات الرصف واشارات التحذير الضوئية المسبقة وما إلى ذلك) وفقًا لمجلد كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري).

إنشاء حافة البردورات:

على الطريق الريفي المفتوح، يمكن أن تكون التغييرات في القطاع العرضي للطريق وسيلة فعالة لمساعدة السائقين المقتربين على إدراك الحاجة إلى تقليل سرعتهم. إن عرض الكتف الضيق والقيود على الحواف الخارجية للرصف، يعطي السائقين بصفة عامة شعورًا بأنهم يدخلون إلى إعداد أكثر تحكمًا، مما يتسبب في إبطائهم بشكل طبيعي. وبالتالي، عند تركيب الدوّار على طريق ريفي مفتوح، يجب توفير حواجز عند الدوّار وعلى المداخل، ويجب الأخذ في الاعتبار تقليل عرض الكتف.

الجزر الفاصلة:

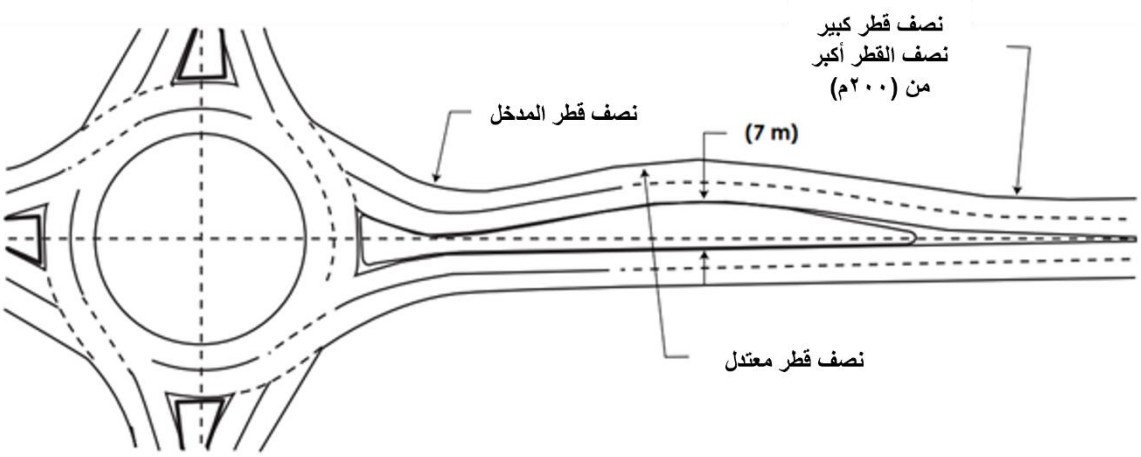
تدبير آخر فعال للقطاع العرضي للحد من السرعات عند مدخل الدوّار هو استخدام جزر فاصلة لمسافات أطول عند المداخل. يجب أن تمتد الجزر الفاصلة بشكل عام لخط المدخل باتجاه المنبع حتى النقطة التي من المتوقع أن يبدأ فيها السائقون الداخلون في التباطؤ بشكل مريح. يوصى بطول ٦٠ مترًا للمداخل عالية السرعة، بينما ينبغي ألا يقل الطول الأدنى المطبق عن ٣٠ مترًا. يوفر الشكل (١٠-٥٢) رسم تخطيطي لمثل هذا التصميم للجزيرة الفاصلة.



الشكل (١٠–٥٢) معالجة بجزيرة فاصلة ممتدة (NCHRP, 2010).

منحنيات المدخل:

تتمثل إحدى طرق تخفيض السرعة التي تقلل من حوادث الاصطدام عند الدوّار مع تقليل حوادث المركبات الفردية إلى الحد الأدنى في استخدام المنحدرات المتتالية بالمداخل كما هو موضح في الشكل (١٠-٥٣). يوفر هذا الشكل سمات التصميم الهندسي النموذجية لتصميم الدوّار الريفي مع سلسلة من ثلاث منحنيات قبل خط المدخل. كما هو موضح في الشكل (١٠-٥٣)، يجب أن تكون منحنيات المدخل هذه ذات أنصاف أقطار أصغر على التوالي لتقليل الانخفاض في السرعة التصميمية بين المنحنيات المتعاقبة. عادة ما يتيح إزاحة مسارات المدخل التقاطع جانبيًا بحوالي ٧,٠ متر الحصول على انحناء كافٍ مع الحفاظ على أطوال المنحنى إلى الحد الأدنى.



الشكل (١٠–٥٣) استخدام المنحنيات المتعاقبة على مداخل الدوّار عالية السرعة (NCHRP, 2010).

بالنسبة للدوّار الذي تم تطويره في المناطق الريفية، يمكن استخدام أنصاف الأقطار المقدمة في الجدول (١٠-١٧).

الجدول (١٠–١٧) أنصاف أقطار نموذجية واسعة ومعتدلة مطبقة كمنحنيات متتالية على مداخل عالية السرعة (FDOT, 2022).

الاقتراب من سرعة الطريق الريفي (كم/س)	نصف القطر النموذجي (م)	
	كبير	معتدل
٨٠	٣٣٠	١٨٠
٩٠	٤٢٠	٢٤٠
١٠٠	٥٤٠	٢٨٥
١١٠	٦٦٠	٣٣٠

١٠-٣-١٠ المسطحات الخضراء بالدوّار:

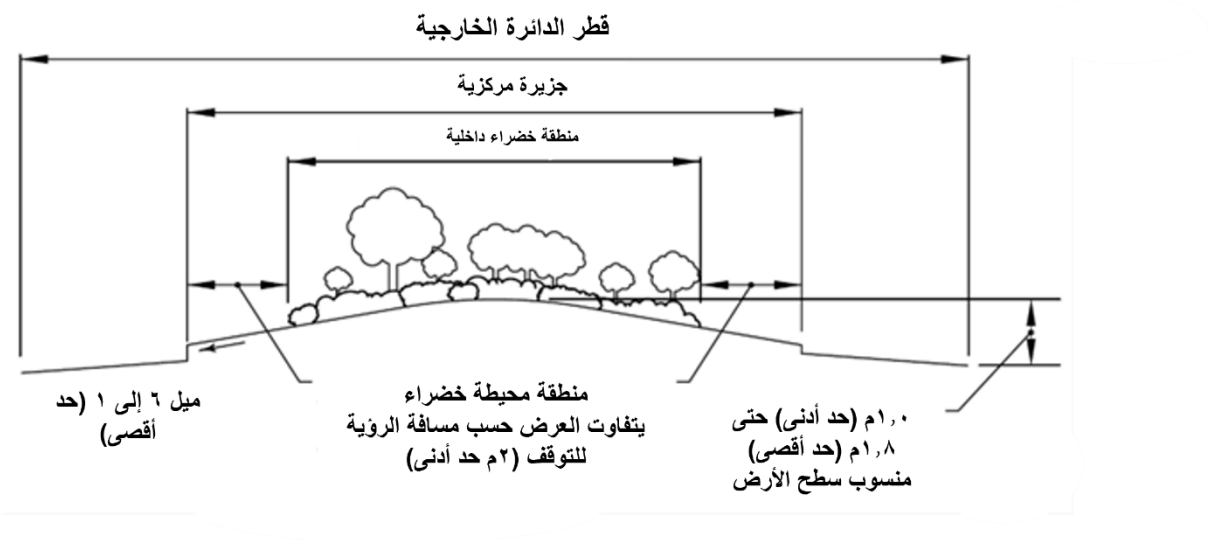
المسطحات الخضراء هي واحدة من السمات المميزة التي تعطي الدوّارات ميزة جمالية على التقاطعات التقليدية. المسطحات الخضراء في الجزيرة المركزية، والجزر الفاصلة (عند الاقتضاء)، وعلى طول المداخل يمكن أن تفيد السلامة العامة وتعزيز المجتمع على السواء. لتحديد نوع وكمية المسطحات الخضراء أو غيرها من المواد لإدراجها في تصميم الدوّارات، ينبغي الاخذ في الاعتبار الصيانة، ومسافة الرؤية، ومناطق الزراعة المتاحة. الأهداف والاعتبارات الأساسية لإدراج فن (مهارات) تنسيق المسطحات الخضراء في تصميم الدوّارات هي:

- جعل الجزيرة المركزية أكثر وضوحاً، وبالتالي تحسين السلامة.
- تحسين جماليات المنطقة مع استكمال الشوارع المحيطة قدر الإمكان.
- اتخاذ القرارات المتعلقة بوضع الأجسام الثابتة (على سبيل المثال، الأشجار، أو الأعمدة، أو الجدران أو السكك الحديدية أو النُصُب أو الصخور الكبيرة) الحساسة لبيئة السرعة التي يقع فيها الدوّارات.
- تجنب حجب شكل الدوّارات أو اللافتات عن السائق.
- الحفاظ على مسافة الرؤية الكافية
- الإشارة بوضوح للسائقين أنهم لا يستطيعون المرور مباشرة عبر التقاطع.
- عدم تشجيع حركة المشاة عبر الجزيرة المركزية.
- مساعدة المشاة من ضعاف البصر على تحديد موقع أرصفة ومعابر المشاة.

قد تعزز المسطحات الخضراء على الجزيرة المركزية سلامة التقاطع من خلال:

- جعل التقاطع نقطة محورية.
- تعزيز السرعات المنخفضة.
- كسر وهج المصابيح الأمامية للمركبات القادمة.

يجب اختيار عناصر المسطحات الخضراء بحيث يتم المحافظة على مسافة الرؤية عند الاقتضاء. على العكس من ذلك، يجب كذلك أن تكون المسطحات الخضراء في موقع استراتيجي للحد من مقدار مسافة الرؤية الزائدة للمساعدة في تشجيع السرعات البطيئة. هذا يؤدي عادة إلى أنواع مختلفة من المسطحات الخضراء التي يجري النظر فيها للجزء الداخلي والخارجي من الجزيرة المركزية. من المستحسن إنشاء جزيرة مركزية مقبّبة أو مرتفعة لزيادة وضوح التقاطع عند المداخل. يُقترح أن يكون فرق الارتفاع بين مستوى الأرض عند القطر الإجمالي وأعلى نقطة على أرض منطقة المسطحات الخضراء الداخلية من ١,٠ إلى ١,٨ متر، كما هو موضح في الشكل (١٠-٥٤). إضافة إلى ذلك، يجب ألا يتجاوز منحدر الجزيرة المركزية نسبة ١:٦ (أفقي:رأسي) حتى تتمكّن المركبات المنحرفة عن الطريق من استعادة توازنها.



الشكل (١٠–٥٤) قطاع طولي للمسطحات الخضراء بالجزيرة المركزية (NCHRP, 2010).

١٠-٤ اعتبارات تصميم الدراجات والمشاة:

١٠-٤-١ راكبو الدراجات:

عندما تدخل مرافق الدراجات في التقاطع، ينبغي تضمينها في تصميم التقاطع. تتوافق سمات التقاطع مع مرافق الدراجات فيما يلي:

- اعتبارات خاصة بمسافة الرؤية.
- طرق أوسع لاستيعاب المسارات على الشارع on-street lanes.
- علامات مسار خاصة لتوجيه الدراجات وفصلها عن المركبات المنعطفة لليمين.
- تسهيلات لحركات الدراجات المنعطفة لليسار.
- تصميمات خاصة لإشارات المرور (مثل الكشف عن الدراجات عند الإشارات المشغلة حثّياً بالاستشعار أو مدلول الإشارة المنفصلة لراكبي الدراجات).

تُضمّن مزيد من الإرشادات في القسم الفرعي (٤-٨-٢-١) والجزء الفرعي (٦-١٠-١) وفي هذا المجلد.

١٠-٤-٢ المشاة:

تشمل مرافق المشاة ما يلي:

- أرصفة المشاة.
- معابر المشاة.
- سمات التحكم المروري.
- منحدرات البردورة للأشخاص ذوي الإعاقة التي هي أيضا مفيدة للأشخاص المصاحبين لعربات الأطفال، والأمتعة.

وينبغي النظر في كل من معابر المشاة المعلّمة وغير المعلّمة (marked and unmarked) في تصميم التقاطع. في حالة وجود ارصفة مشاة، يشكل الخط المسقط للرصيف عبر الشارع المتقاطع معبراً للمشاة، حتى في حالة عدم وجود علامات مسار. عند تصميم مشروع يتضمن حواجز وبردورات مجاورة لاستيعاب حركة المشاة، يجب إيلاء الاهتمام المناسب لموقع وتصميم المنحدرات وأجهزة التحكم المروري لاستيعاب احتياجات الأشخاص ذوي الإعاقات المتنوعة، مثل الحركة والرؤية والسمع والإعاقات الإدراكية.

تُضمّن مزيد من الإرشادات في القسم الفرعي (٤-٨-٢-٢) والجزء الفرعي (٦-١٠-٢) وفي هذا المجلد.

١٠-٥ الاعتبارات النقل العام:

عادة ما تنطوي عمليات النقل العام بالطرق على تشغيل الحافلات، التي تشترك في نفس الخصائص الرئيسية للمركبات التي سبق وصفها. بالإضافة إلى ذلك، قد تنطوي عمليات النقل العام في بعض الأحيان على محطة في

منطقة التقاطع، مما يخلق تعارض محتمل مع تدفق مرور المشاة والدراجات والمركبات. يجب أن تكون محطات النقل العام متصلة فعليًا بمرافق المشاة لخدمة القادمين والمغادرين من رعاة النقل العام. بالإضافة إلى ذلك، في حالة وجود السكك الحديدية الخفيفة أو الترولي أو أي نقل عام آخر، يجب الأخذ في الاعتبار سماتها المادية والتشغيلية الفريدة.

تُضمّن الإرشادات المتعلقة باعتبارات النقل العام عند التقاطعات في الجزء الفرعي (٤-٨-١) والجزء (٦-٩) في هذا المجلد.

١٠-٦ تصميم التقاطع البديل:

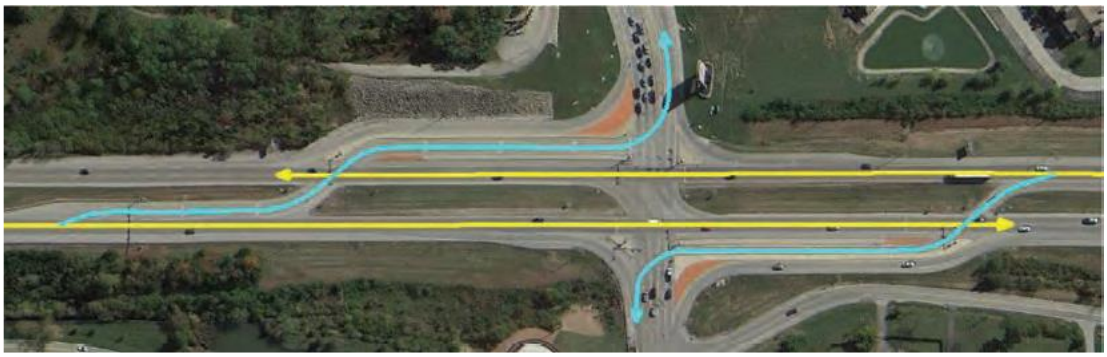
اكتسب استخدام التقاطعات البديلة شعبية متزايدة في السنوات الأخيرة، بسبب تزايد الطلب على المرور. يستلزم مفهوم التصميم إعادة توجيه بعض حركات المرور، الانعطافات لليسار على وجه الخصوص، بغرض تقليل نقاط التعارض. وفي هذا الصدد، وفي ظل سيناريوهات محددة للمرور وللموقع، تفوق التقاطعات البديلة نظيراتها التقليدية من حيث الكفاءة التشغيلية والسلامة.

١٠-٦-١ حركة الانعطاف لليسار المنُزاحة (أو المُرحَلة) Displaced Left Turn:

تقاطعات الانعطاف لليسار المنزاح (أو المُرحّل)، والمعروفة كذلك باسم تقاطعات التدُّفق المستمر (CFI) أو تقاطعات حركة الانعطاف لليسار المحوّلة (XDL)، التي تقلل من نقاط التعارض في منطقة التقاطع الرئيسية عن طريق توجيه الت تنعطف يساراً للعبور في موقع قبل التقاطع الرئيسي باتجاه المنبع.

في التقاطعات التقليدية، نظرًا لأن حركات الانعطاف لليسار وحركات المرور المستمر (العابر) المتعاكسة تحدث في وقت واحد عند التقاطع الرئيسي، تتكون تقاطعات التدُّفق المستمر (CFIs) من أجزاء ذات حركات أقل للسماح بتدفق المزيد من المرور بشكل مستمر. يتم إجراء مناورات الانعطاف لليسار على طول الطريق الرئيسي من خلال إدخال فتحة للانعطاف لليسار موضوعة على يسار حركة المرور القادمة.

يُعرض في الشكل (١٠-٥٥) تصميم تقاطع الانعطاف لليسار المُنزاح (أو المُرحّل).



الشكل (١٠–٥٥) تصميم تقاطع حركة الانعطاف لليسار المُنزاحة (أو المُرحّلة) (NCHRP, 2020).

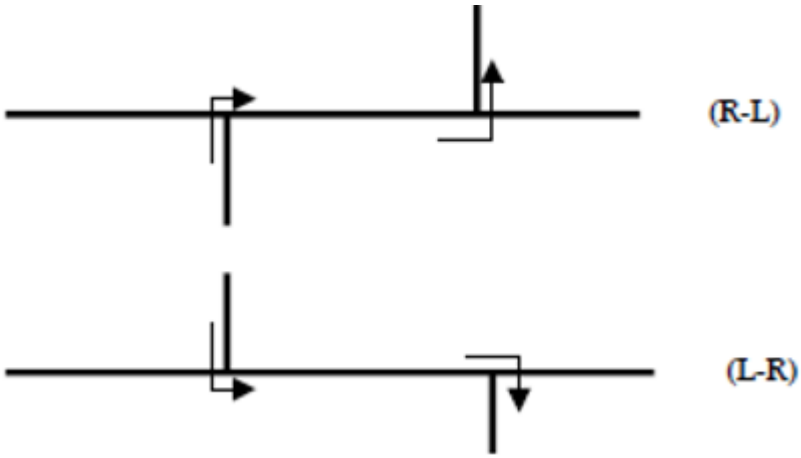
يعمل تصميم تقاطع الانعطاف لليسار المُنزاح (أو المُرحّل) بالكامل كمجموعة من إشارات المرور ذات الطوريْن. خلال الطور الأول، تتقاطع حركة المرور المنعطفة لليسار من الطريق الرئيسي مع حركة المرور المعاكسة وفي نفس الوقت، يتم خدمة حركات الطريق السريع الثانوي. يخدم طور الإشارة الثاني حركة المرور المستمر وكذلك حركات الانعطاف لليسار المحمية التي تدخل الطريق الثانوي. ونتيجة لذلك، من المحتمل أن تتوقف المركبات التي تنعطف يسارًا من الطريق الرئيسي مرتين؛ مرةً بإشارة المرور عند منتصف الجزيرة الوسطية midblock لعبور حركة المرور المقابلة للطريق الرئيسي، و/أو مرة أخرى عند التقاطع الرئيسي لعبور المركبات الداخلة التي تنعطف يسارًا من الطريق الثانوي.

اعتمادًا على أحجام حركة المرور المقدمة وفقًا للمعلومات الواردة من كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور) والمسافة بين منطقة الانعطاف لليسار والتقاطع الرئيسي، قد يؤدي تنسيق الإشارة إلى تحسين حركات الانعطاف لليسار.

قد تكون التقاطعات ذات أحجام المرور المستمرة والمنعطفة اليسرى العالية، مواقع مناسبة لهذا النوع من التقاطعات. ومع ذلك، ينبغي النظر في الآثار المحتملة على المشاة وراكبي الدراجات. نظرًا لعدم السماح بالدوران للخلف عند تقاطعات الانعطاف لليسار المُنزاح (أو المُرحّل)، يجب تصميم أنواع التقاطعات هذه في المناطق ذات الطلب المنخفض على الدوران للخلف.

١٠-٦-٢ التقاطعات المُباعدة Staggered:

إن التقاطع على شكل حرف (T) المرّحل (المعروف باسم التقاطع المُباعد أو المدّرج) هو تقاطع سطحي حيث يتم تقسيم التقاطع التقليدي ذي الأربعة شعب إلى تقاطعين ذي ثلاثة شعب (انظر الشكل ١٠-٥٦). عند تصميم تقاطع ذي أربع شعب، فإن حركة المرور عند أي من مداخل التقاطع ستتعارض مع كل من حركة المرور المعاكسة والمتقاطعة. ومع ذلك، بالمقارنة مع التقاطع ذي الثلاث شعب، يتم التخلص من المرور المعاكس بمدخل التقاطع الثانوي. ولذلك فإن استخدام تقاطعين منفصلين بثلاثة شعب يؤدي إلى حدوث تعارض مروري محتمل فقط على الطرق الثانوية مع الطرق الرئيسية.



الشكل (١٠–٥٦) التقاطعات المُباعدة (NCDOT, 2020).

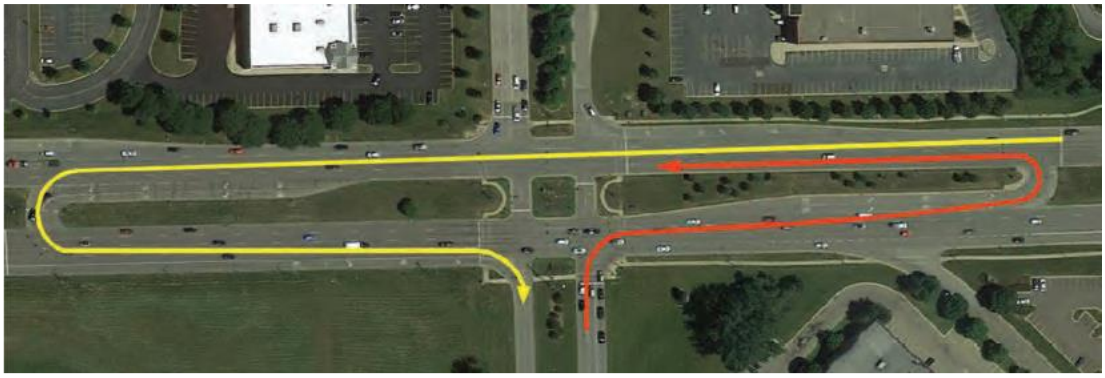
عادةً ما تكون التقاطعات المباعدة محكومة بلافتة "قف" عند الطرق الثانوية عندما يكون الطلب المروري منخفضًا نسبيًا. عندما يكون الطلب المروري أعلى، يمكن النظر في تركيب الإشارة المرورية عند أحد التقاطعات أو كليهما للتحكم في حركة المرور. تتوفر معلومات أكثر تحديدًا فيما يتعلق بالحاجة إلى تطبيق التقاطعات المحكومة بالإشارات المرورية (معايير استخدام إشارة المرور – المبرّرات) في الجزء (٥-٢) من كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري).

إن مفتاح التقاطع المباعد هو الإزاحة الفعلية أو المسافة من تقاطع إلى آخر؛ تزيد المسافة الأقصر من احتمالية تصرف كلا التقاطعين كواحد. يوصى بأن تكون الإزاحة بين الطريقين الثانويين من ٣٠ متر إلى ١٠٠ متر لأن التقاطعات ذات الإزاحات الصغيرة يبدو أنها توفر سلامة أقل على الطريق فيما يتعلق بالتقاطعات ذات الأربع شعب، في حين يبدو أن للمسافة التي تزيد عن ١٠٠ متر بعض العيوب من حيث متوسط التأخير على التقاطع المعاكس.

١٠-٦-٣ تقاطع الدوران للخلف بالجزيرة الوسطية Median U-Turn :

١٠-٦-٣-١ عام:

تُعرف التقاطعات الدوران للخلف بالجزيرة الوسطية (MUTs) أيضًا باسم المنعطفات المستمرة، ومعابر الدوران للخلف بالجزيرة الوسطية، ودوّارات الجادة، ويسار الجادة boulevard. يعمل تقاطع الدوران للخلف بالجزيرة الوسطية (MUT) (الشكل ١٠-٥٧) على التخلص من جميع تعارضات الانعطاف لليسار (لكل من الطرق الرئيسية والثانوية) في منطقة التقاطع الرئيسية عن طريق إعادة توجيه المركبات للقيام بالدوران للخلف من أجل الانعطاف يسارًا.



الشكل (١٠–٥٧) تصميم تقاطعات الدوران للخلف بالجزيرة الوسطية (NCHRP, 2020).

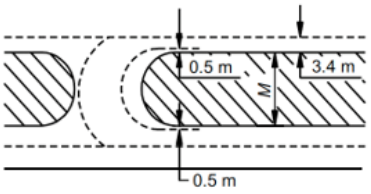
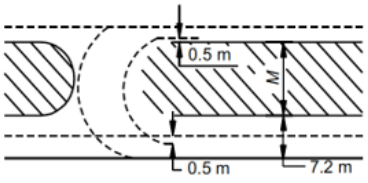
يعتمد عرض الجزيرة الوسطية لتقاطع الدوران للخلف (MUT) على المركبة التصميمية والمحاذاة المفضلة للمركبة التصميمية أثناء تحولها إلى حركة المرور المعاكسة. يتم إعطاء الحد الأدنى من عرض الجزيرة الوسطية لاستيعاب الدوران للخلف بواسطة لمركبات التصميمية المختلفة التي تتحول من المسار المجاورة للجزيرة الوسطية الجدول (١٠-١٨).

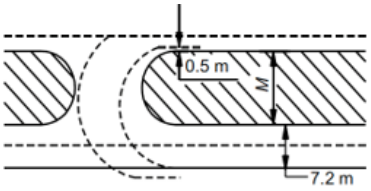
من خلال نقل حركات الانعطاف لليسار لتقاطع معين لتقاطعات الدوران للخلف بالجزيرة الوسطية الواقعة خارج ذلك التقاطع، يمكن الوصول إلى التحسينات من حيث التشغيل والسلامة، ومن حيث تقليل نقاط التعارض. ومع ذلك، ينبغي النظر في الآثار المحتملة على المشاة وراكبي الدراجات.

قد يقع تقاطع الدوران للخلف بالجزيرة الوسطية أيضًا على الطريق الثانوي. في هذه الحالة، السائقون الذين يريدون الانعطاف يسارًا من الطريق الرئيسي، يتجهون أولاً يمينًا على الطريق الثانوي ثم يتجهون يسارًا عبر التقاطع بالجزيرة الوسطية. المركبات التي تهدف إلى الانعطاف يسارًا من الطريق الثانوي إلى الطريق الرئيسي، تتقدم عبر التقاطع، وتدور للخلف، وتتجه يمينًا على الطريق الرئيسي.

يمكن كذلك تصميم تقاطع الدوران للخلف بالجزيرة الوسطية على الطرق الثانوية مع الدوّارات.

الجدول (١٠–١٨) العرض الأدنى للجزيرة الوسطية لاستيعاب الدوران للخلف (م) - (AASHTO, 2018).

نوع المناورة		الحد العرض الأدنى للجزيرة الوسطية (م) حسب المركبة التصميمية					
		الذروة	WB-12	SU-9	الحافلة	SU-12	WB-20
		طول المركبة التصميمية (متر)؛					
		٥,٧	١٤,٠	٩,٠	١٢,٠	١٢,٠	٢٢,٤
مسار داخلي لمسار داخلي		٩	١٨	١٩	١٩	٢٣	٢١
مسار داخلي لمسار خارجي		٥	١٥	١٥	١٦	١٩	١٧

نوع المناورة		الحد العرض الأدنى للجزيرة الوسطية (م) حسب المركبة التصميمية					
		الذروة	WB-12	SU-9	الحافلة	SU-12	WB-20
		طول المركبة التصميمية (متر)؛					
		٥,٧	١٤,٠	٩,٠	١٢,٠	١٢,٠	٢٢,٤
مسار داخلي للكتف		٢	١٢	١٢	١٢	١٦	١٤

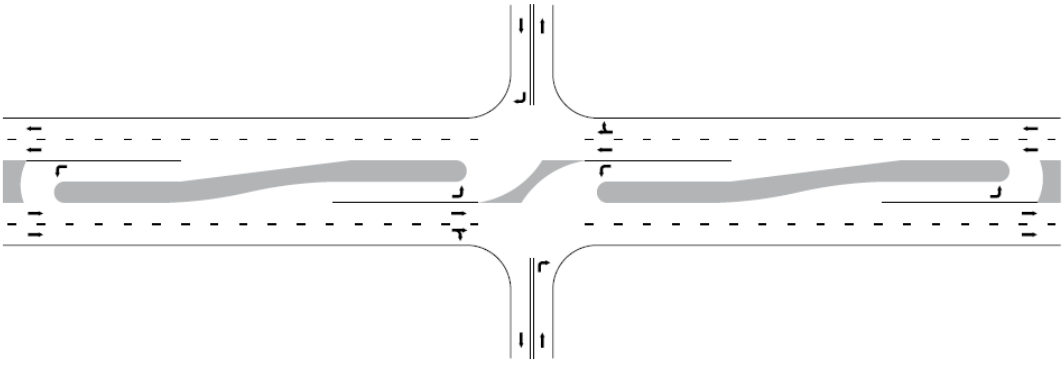
١٠-٦-٣-٢ التقاطع مقيد العبور للدوران للخلف Restricted Crossing U-Turn:

يُظهر الشكل (١٠-٥٨) مجموعة متنوعة من تقاطعات (MUT)، المعروفة باسم تقاطع العبور المقيد للدوران للخلف (RCUT)، أو تقاطع Superstreet، أو تقاطع على شكل حرف (J) (بدون إشارة مرورية).

تعمل تقاطعات (RCUT) على إعادة توجيه كل من حركات الانعطاف إلى اليسار والحركات المستمرة من الطريق الثانوي إلى تقاطع في اتجاه واحد، يقع في جزيرة وسطية لطريق مقسوم. لا تزال المركبات التي تنعطف يسارًا من الطريق الرئيسي والطريق المقسوم تستخدم التقاطع الرئيسي.

وينبغي النظر في الآثار المحتملة على المشاة وراكبي الدراجات.

تأتي تكوينات (RCUT) عمومًا جنبًا إلى جنب مع الطرق الرئيسية ذات حجم المرور الكبير في مناطق الضواحي والريف حيث تدخل أحجام المرور المنخفضة نسبيًا من الطريق الثانوي.



الشكل (١٠–٥٨) الشكل تصميم التقاطع مقيد العبور بفتحات دوران للخلف (AASHTO, 2018).

١٠-٦-٣-٣ اعتبارات الجزيرة الوسطية:

من أجل استيعاب الدوران للخلف، فإن العرض النموذجي للجزر الوسطية هو ١٨ مترًا.

بالنسبة لمعدلات عرض الجزيرة الوسطية الأضيق، يمكن استيعاب حركات الدوران للخلف باستخدام حيّز ممرات مُعبّدة موّسعة aprons (نتوءات أو "عوارض ") تُوفّر في منطقة الكتف مقابل التقاطع بالجزيرة الوسطية.

قد تطبّق مسارات الدوران للخلف بالجزيرة الوسطية بشكل عام عند التقاطعات مع الاتي:

- ارتفاع الحركات المستمرة على الطريق الرئيسي.
- حركات الانعطاف لليسار المنخفضة إلى المتوسطة من الطريق الرئيسي.

- الانعطاف لليسار المنخفضة إلى المتوسطة من الطريق الثانوي.
- أي كمية من أحجام المرور المستمرة على الطريق السريع الثانوي.

ينبغي تجنب استخدام مسارات الدوران للخلف بالجزيرة الوسطية بشكل عام بالمواقع كالاتي:

- يلزم وجود وصلات مع مسارات الدراجات على طول الطريق الثانوي ما لم يكن من الممكن تصميم مسار مناسب للحركة.
- توجد أحجام عالية للانعطاف يسارًا، نظرًا لأن التنقل خارج الاتجاه قد تحقق ويمكن أن يؤدي احتمال خلق صف انتظار عند موقع مسار الدوران للخلف بالجزيرة الوسطية إلى تعويض الفوائد المتراكمة من تقييد حركة الانعطاف يسارًا من التقاطع الرئيسي.

يتم تحديد مسافة تقاطع الدوران للخلف من التقاطع الأساسي من خلال عدد من العوامل، مثل سرعات المركبة، وأحجام المرور لتخزين صف الانتظار، والمركبة التصميمية ونوع التحكم في حركة التقاطع.

بشكل عام، يجب أن يتطلب التقاطع المحكوم بإشارة مرورية مسافة أقصر إلى التقاطع، على اعتبار أن تغيير طور الإشارة يسمح بوجود فجوات في حركة المرور. في هذه الحالة، يجب أن يكون زمن السفر الأقصر للمركبات المنعطفة يساراً والمستمرة مفيدًا بشكل خاص لراكبي الدراجات الذين يحاولون الانعطاف إلى اليسار أو الاستمرار. ينبغي الأخذ نعين الاعتبار المعلومات المقدمة فيما يتعلق بالتقاطعات المحكومة بالإشارات المرورية في كود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور) بالإضافة إلى اعتبارات السلامة. كما يمكن استخدام أجهزة التحكم المروري وفقًا لكود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري).

في حالات التقاطعات غير المحكومة بإشارات مرورية، يجب أن تكون هناك مسافة أطول إلى التقاطع، مما يؤدي، مع ذلك، إلى أوقات سفر أطول للمركبات المنعطفة يساراً والمستمرة.

ومع ذلك، في كلتا الحالتين، يجب توفير حيّز تخزين كافي (طول تخزين) لتفادي صف انتظار المركبات وتكدُّسها. يجب أن يوفر التصميم أيضًا مسافة رؤية كافية لسائقي المركبات حال دورانهم للخلف ودخولهم التقاطع على السواء.

وبشكل أكثر تحديدًا، يجب أن يطبق ما يلي على تصميم طرق الدوران للخلف بالجزيرة الوسطية:

- يجب أن يستوعب التصميم المركبة التصميمية.
- يجب تصميم أطوال التباطؤ والتخزين وفقًا لحجم المرور التصميمي وسمات التحكم المروري المتوقعة.
- يجب توفير تباعد مناسب بين تقاطع الدوران للخلف والتقاطع الرئيسي.
- في حالة كون المركبة التصميمية عبارة عن شاحنة مكونة من قاطرة ومقطورة، يجب استخدام الجزيرة الوسطية عرضها ١٨ مترًا على طريق شريان رباعي المسارات. في حالة وجود مساحة محدودة للانعطاف، يجب إضافة رصف إضافي خارج مسار التنقل للسماح للمركبة التصميمية لإكمال المناورة.

بالإضافة إلى ذلك، فإن تشغيل التقاطعات المحكومة بالإشارات المرورية مع طرق الدوران للخلف بالجزيرة الوسطية يستلزم ما يلي:

- تشغيل إشارة ذات طوريْن يوفر طول دورة إشارة أقصر، مع تقليل التأخير المركبات المستمرة وتحسين تنسيق الإشارة على طول طريق المرور .يجب على المركبات التي تنعطف يسارًا أن تقطع مسافة أطول لتحقيق الانعطاف، مع تحقيق التوازن بين عدد من الفوائد التشغيلية للمركبات العابرة.
- وضع لافتات مناسبة لتحديد الدوران للخلف بالجزيرة الوسطية وتقييد حركات الانعطاف إلى اليسار عند التقاطع.
- توفير مساحة تخزين إضافية لحركة الدوران للخلف.
- تنسيق توقيت إشارة المرور مع التقاطعات المحكومة بالإشارات المرورية المجاورة.

تتمثل الفوائد الرئيسية المرتبطة باستخدام تقاطع الدوران للخلف بالجزيرة الوسطية في تقليل اصطدامات الانعطاف لليسار بشكل كبير إلى جانب تقليل أصغر في اصطدامات الاندماج والافتراق. تتراوح معدلات تقليل حوادث التصادم النموذجية عند مقارنتها بالتقاطعات التقليدية من ٢٠ بالمائة إلى ٥٠ بالمائة.

بالإضافة إلى ذلك، من المتوقع أيضًا انخفاض إجمالي زمن السفر والتوقف على الخط الرئيسي للمركبات العابرة. ومع ذلك، سجلت نتائج متباينة فيما يتعلق بمحطة التوقف العامة.

يزيد استخدام الجزيرة الوسطية من المسافة التي يعبرها المشاة. لذلك، يجب تضمين عرض جزيرة وسطية لا يقل عن ١,٨ متر لاستيعاب المشاة، حيث تكون هناك حاجة إلى فترات عبور للمشاة متعددة المراحل. ينبغي النظر في توفير قيود إضافية على باقي المناطق والقيود المفروضة على الوصول ضمن المواقع التي يتم فيها استخدام أوسع تقاطع الدوران للخلف بالجزيرة الوسطية.

تشمل التدابير الضرورية الأخرى اللافتات والإنفاذ وتثقيف السائقين لتوجيههم إلى الاستخدام المناسب لهذا التكوين وردعهم عن القيام بانعطافات غير قانونية.

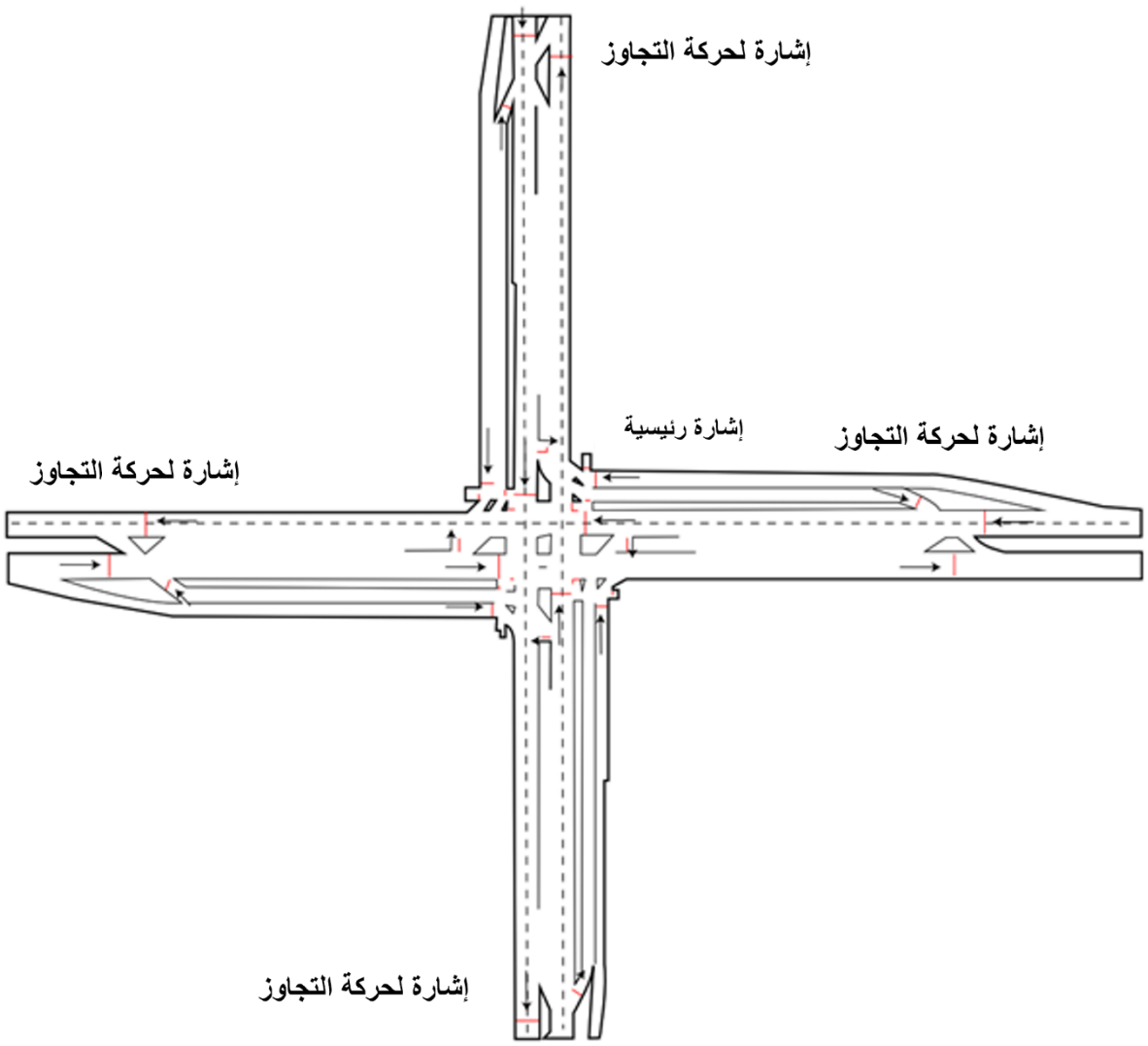
٤-٦-١٠ تقاطع التدفق المتوازي PFI (Parflow):

من أجل إنجاز مناورات الانعطاف إلى اليسار المطلوبة، يقوم تصميم (PFI) بدمج التقاطع الرئيسي مع تقاطع جانبي bypass. تقع مسارات التجاوز الجانبي bypass turn lanes على يسار المسارات المستمرة المعاكسة (الشكل ١٠-٥٩).

إن الحركة المتزامنة لحركات الانعطاف لليسار مع حركات الطريق الثانوي العابرة تجعل من الممكن تشغيل تقاطعات (PFIs) كمجموعة من الإشارات المرورية ذات الطوريْن.

تتميز تقاطعات (PFIs) بكفاءة متزايدة، والتي يتم تحقيقها من خلال ترتيب الانعطافات لليسار التي يتعين القيام بها قبل التقاطع الرئيسي باستخدام طريق خدمة جانبي على طول الطريق الثانوي. على عكس العديد من تصميمات التقاطعات غير التقليدية، يوفر تقاطع (PFI) انعطافات مباشرة لليسار تقريبًا من نفس موقع منطقة التوقف مثل التصميم التقليدي.

أثناء تصميمات تقاطع (PFI)، ينبغي أخذ التأثيرات المحتملة على المشاة وراكبي الدراجات في الاعتبار.



الشكل (١٠–٥٩) تصميم تقاطع التدفق المتوازي (Dhatrak et al., 2010).

١٠-٧ تقاطعات السكك الحديدية والطرق السطحية:

المجموعة الثالثة من التقاطعات السطحية هي تقاطعات السكك الحديدية والطرق.

يُسمح بتقاطعات السكك الحديدية والطرق فقط على الطرق المحلية أو الطرق التجميعية أو في حالات استثنائية فقط على الطرق الشريانية. في حالات احجام مرور المركبات والقطارات العالية، يجب النظر في التقاطعات المنفصلة رأسياً للسكك الحديدية والطرق كخيار تصميمي. يجب أن تكون جميع تقاطعات السكك الحديدية والطرق السريعة / الطرق شبه السريعة تقاطعات منفصلة رأسياً.

يجب أن تكون زاوية تقاطع السكك الحديدية والطرق من ٨٠ درجة إلى ١٠٠ درجة. يجب أن يستمر العرض الكامل للطريق عبر تقاطع السكك الحديدية (بما في ذلك الأكتاف).

تتبع مسافة الرؤية لتقاطع السكك الحديدية والطرق نفس مبادئ تقاطعات الطرق السطحية كما هو مُضمّن في الشكل (٤-٩). يجب أن تكون مسافة الرؤية المرغوبة عند التقاطع كافية بحيث تتمكّن المركبة التي تدخل تقاطع السكك الحديدية من التوقف في الوقت المناسب بعد رؤية القطار الداخل للتقاطع. لتلبية هذا الشرط، يجب أن يكون ساقا المثلث الأدنى للرؤية على النحو التالي:

١- مسافة على طول الطريق مقاسة من التقاطع، مساوية للمسافة المقابلة للحد الأدنى لمسافة الرؤية للتوقف لسرعة تصميم الطريق كما هو موضح في الجدول (١٠-١٩).

٢- مسافة على طول مسار السكك الحديدية، مقاسة من التقاطع، مساوية للمسافة التي يقطعها القطار خلال الفاصل الزمني المطلوب لإيقاف مركبة الطريق.

٣- مسافة الرؤية التي تلبي هذه المتطلبات في جهات التقاطع الأربع.

بالنسبة لمسافة الرؤية المذكورة أعلاه، يجب تركيب أجهزة التحكم المروري للسكك الحديدية، وفي حال عدم إمكانية تحقيق مسافة الرؤية، يجب . لا يُسمح بوضع علامات تجارية أو غيرها من العوائق على بعد ١٠٠ متر من تقاطع السكك الحديدية والطرق. يجب أن تكون أجهزة تحذير السلامة المرتبطة بهذه التقاطعات مرئية بوضوح. تُضمّن المزيد من الإرشادات في مجلد كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحّد لوسائل التحكم المروري).

الجدول (١٠–١٩) مسافة الرؤية المطلوبة لتقاطعات السكك الحديدية والطرق الريفية غير المحكومة بإشارات مرور (MoC, 1992).

السرعة التصميمية للطريق (كيلو متر/الساعة)	المسافة المقطوعة بالقطار حسب السرعة الموضحة خلال الزمن المستغرق لتوقف المركبة (م)				خط الرؤية الواضح المطلوب للقطار (م)			
	سرعة القطار (كيلومتر/ ساعة)				سرعة القطار (كيلومتر/ ساعة)			
	٣٠	٨٠	١٠٠	١٥٠	٣٠	٨٠	١٠٠	١٥٠
٦٠	٦٥	١٧٠	٢١٠	٣٢٠	١١٠	١٩٠	٢٣٠	٣٣٠
٨٠	٨٥	٢٣٠	٢٨٠	٤٢٠	١٧٠	٢٧٠	٣٢٠	٤٥٠
١٠٠	١٠٠	٢٧٠	٣٤٠	٥٠٠	٢٣٠	٣٤٠	٣٩٠	٥٤٠

١١-تصميم المحوّلات (التقاطعات المنفصلة رأسياً):

١١-١ المفاهيم والمبرّرات:

يمكن أن يكون التقاطع المنفصل رأسياً (المحوّل) حلاً مفيدًا وقابلًا للتكيف لتحسين العديد من ظروف التقاطع إما عن طريق تقليل الاختناقات المرورية الحالية أو عن طريق تقليل تكرار الحوادث. ومع ذلك، فإن ارتفاع تكلفة إنشاء المحوّل يحد من استخدامه الا في الحالات التي يمكن فيها تبرير النفقات الإضافية. من الصعب تعداد الشروط أو المبرّرات المحددة التي تبرر المحوّل عند تقاطع معين، وفي بعض الحالات، لا يمكن ذكرها بشكل قاطع. بسبب مجموعة واسعة من ظروف الموقع، والمرور، وأنواع الطرق، وتخطيطات المحوّل، قد تختلف المسوّغات التي تبرّر المحوّل في كل موقع. ينبغي أخذ الشروط أو أو المبرّرات الستة التالية في الاعتبار عند تحديد ما إذا كان التبادل مبرّرًا في موقع معين:

١- **تخصيص التصميم**: العزم على تطوير طريق (طريق سريع) مع التحكم الكامل في الوصول بين نهايات محددة يصبح مبرّرًا لتوفير المحوّلات لجميع الطرق الرئيسية أو الثانوية. الشاغل الرئيسي هو التدفق المستمر على الطريق الرئيسي. إذا كان المرور على الطريق الثانوي سيعبر الطريق السريع، فسيتم توفير محوّل.
٢- **الحد من الاختناقات أو الازدحام الموضعي**: عدم كفاية السعة عند التقاطع وعدم القدرة على توفير السعة الأساسية مع تقاطع سطحي يصبح مبرّرًا لتوفير المحوّل.
٣- **الحد من تكرار وشدة الحوادث**: بعض التقاطعات السطحية لديها تكرار غير متناسب للحوادث الخطيرة. إذا كان من المرجح أن تكون الطرق غير المكلفة لتقليل حوادث الاصطدام غير فعالة أو غير عملية، فقد يكون هناك ما يبرر المحوّل.
٤- **تضاريس الموقع:** في بعض الحالات، تكون تصميم التقاطعات المنفصلة رأسياً هي النوع الوحيد من التقاطع الذي يمكن انشاؤها اقتصاديًا. قد يكون من المستحيل تطوير أي نوع آخر من التقاطعات لتلبية معايير التصميم المناسبة بسبب التضاريس في الموقع أو تكون تكلفة إنشاؤه مساوية أو أكبر من تكلفة تصميم المحوّل.
٥- **فوائد مستخدمي الطريق**: تُعتبر تكاليف مستخدمي الطريق الناجمة عن التأخيرات في التقاطعات السطحية المزدحمة في كثير من الحالات مرتفعة للغاية ويمكن أن تكون مبررًا للمحوّل. وتتمثل هذه التكاليف فيما يلي:
   أ- استخدام الوقود والزيت
   ب- اهتراء الإطارات والإصلاحات.
   ج- تأخير لسائقي السيارات.
   د- الأعطال الناتجة عن تغيرات السرعة والتوقف والانتظار.

   تكون تكاليف مستخدمي الطريق في كثير من الحالات أعلى من الفوائد المستمدة من إنشاء محوّل. تشير العلاقة بين فوائد مستخدمي الطريق وتكلفة التحسين إلى وجود مبرر اقتصادي لهذا التحسين.
٦- **مبرّر المرور:** قد يكون مبرّر المرور لمعالجة المحوّل هو الأكثر واقعية من أي مبرّر آخر. تعتبر المحوّلات مرغوبة عند معابر الطرق ذات احجام المرور العالية بسبب القضاء على التعارض.

١١-٢ سمات التصميم الأساسية:

١١-٢-١ عام:

يجب تصميم المحوّل لتجنب سلوك السائق غير المنتظم وغير الآمن ولأقصى قدر من السلامة التشغيلية للمرور محدد. يمكن القيام بذلك من خلال تطبيق بعض مبادئ تصميم المحوّل الأساسي والوضع اللافتات المرورية المناسب المتوافق مع المرور المتوقع واستخدام الأراضي المجاورة وتضاريس الموقع.

١١-٢-٢ مبادئ التصميم الأساسية:

لتصميم المحوّل الصحيح ينبغي النظر في المبادئ العامة التالية:

١- توفير الانتظام والاتساق في سمات التصميم.
٢- يجب أن تكون مخارج المنحدر من الطريق الرئيسي من اليمين فقط. المخارج من اليسار ممنوعة.
٣- يجب أن تكون مداخل المنحدر إلى الطريق الرئيسي على اليمين.
٤- ويكون هناك مخرج واحد لكل اتجاه من الطريق الرئيسي ويجب أن يكون أي تقسيم إضافي للمرور يجب أن يكون على مسافة تتجاوز المخرج بما لا تقل عن تلك التي المقطوعة في ٦,٠ ثانية بالسرعة التصميمية.
٥- يفضل أن تكون السرعة التصميمية للمنحدر الذي يقع خلف المخرج من ٥٠ بالمائة إلى ٦٧ بالمائة من السرعة التصميمية للطريق.
٦- توفير منحدرات الرجوع أو لحركات المرور التكميلية على نفس المحوّل.

٧- في المناطق الريفية، عادة ما يتم نقل الطريق المتقاطع عبر الطريق الرئيسي.
٨- استخدم ميول طويلة مسطحة لتقليل التدخل على البيئة المحيطة.
٩- وضع لافتات المرور هو جانب مهم من المحوّلات ويجب أن يتم تصميمه بالتزامن مع التصميم الهندسي (الجيومتري). يتوفر المزيد من مجلد كود الطرق السعودي ٦٠٢ (الدليل الموحّد لوسائل التحكم المروري).
١٠- يجب ألا تقل زاوية انحراف التقاطع للطرق المتقاطعة عن ٧٢ درجة.

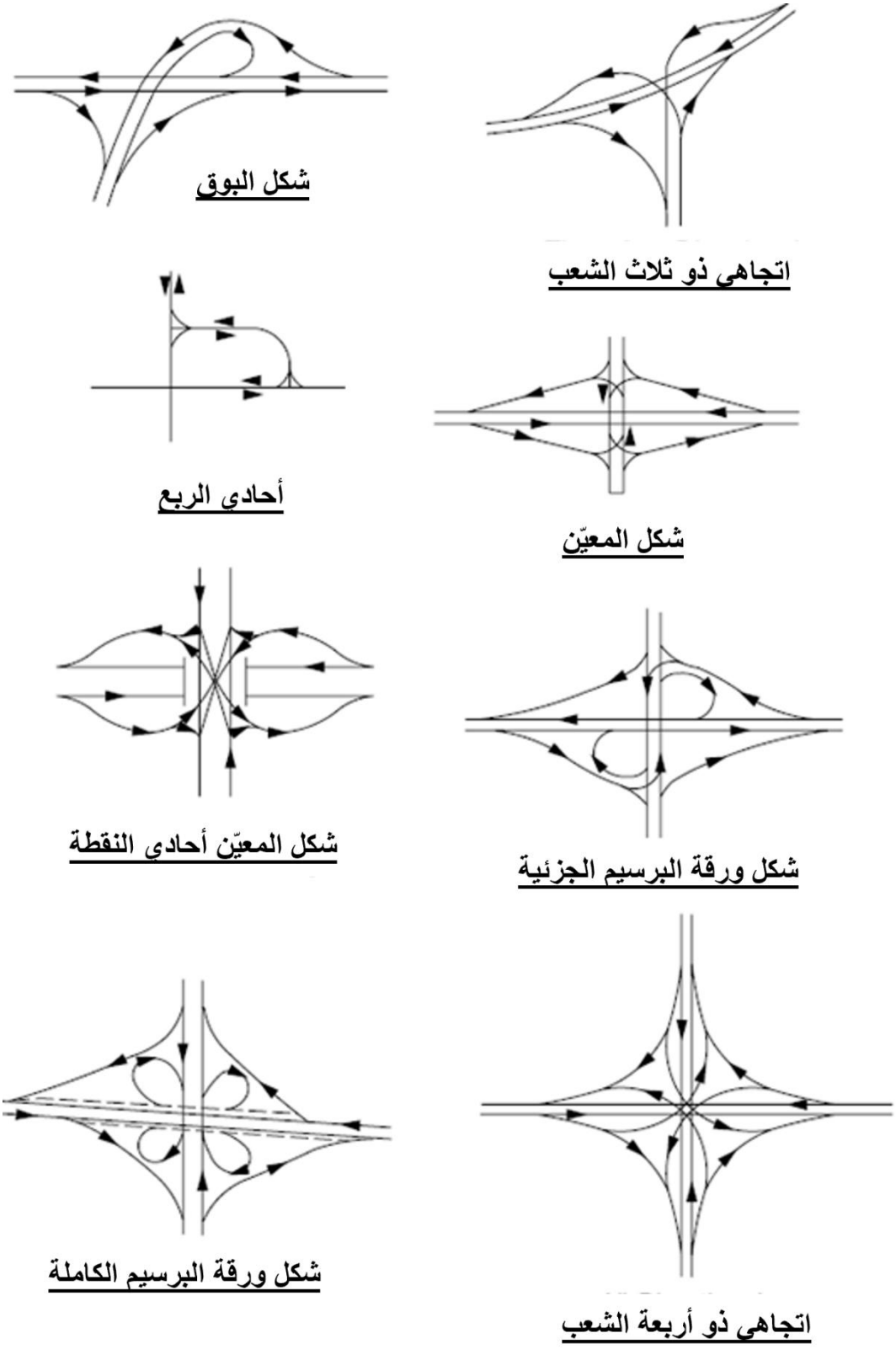
١١-٣ أنواع المحوّلات:

١١-٣-١ أشكال المحوّل الأساسية:

:تختلف أنماط التصميم للمحوّلات مع كل محوّل؛ ونادراً ما يكون التصميم المناسب لموقع ما قابلاً للتكيف مع المرور وظروف تضاريس الموقع في موقع آخر. التوحيد في تصميم أو توحيد تخطيط المحوّل كلما كان ذلك ممكنا أمر مرغوب فيه للغاية. وقد تطورت أنماط محددة من تصاميم المحوّل بحيث تكون مناسبة للاستخدام في معظم الظروف. الأنماط أو الأنواع الشائعة هي:

- على شكل المعيّن.
- على شكل البوق.
- على شكل ورقة البرسيم الكاملة.
- على شكل ورقة البرسيم الجزئية.
- اتجاهي ذو ثلاث شعب.

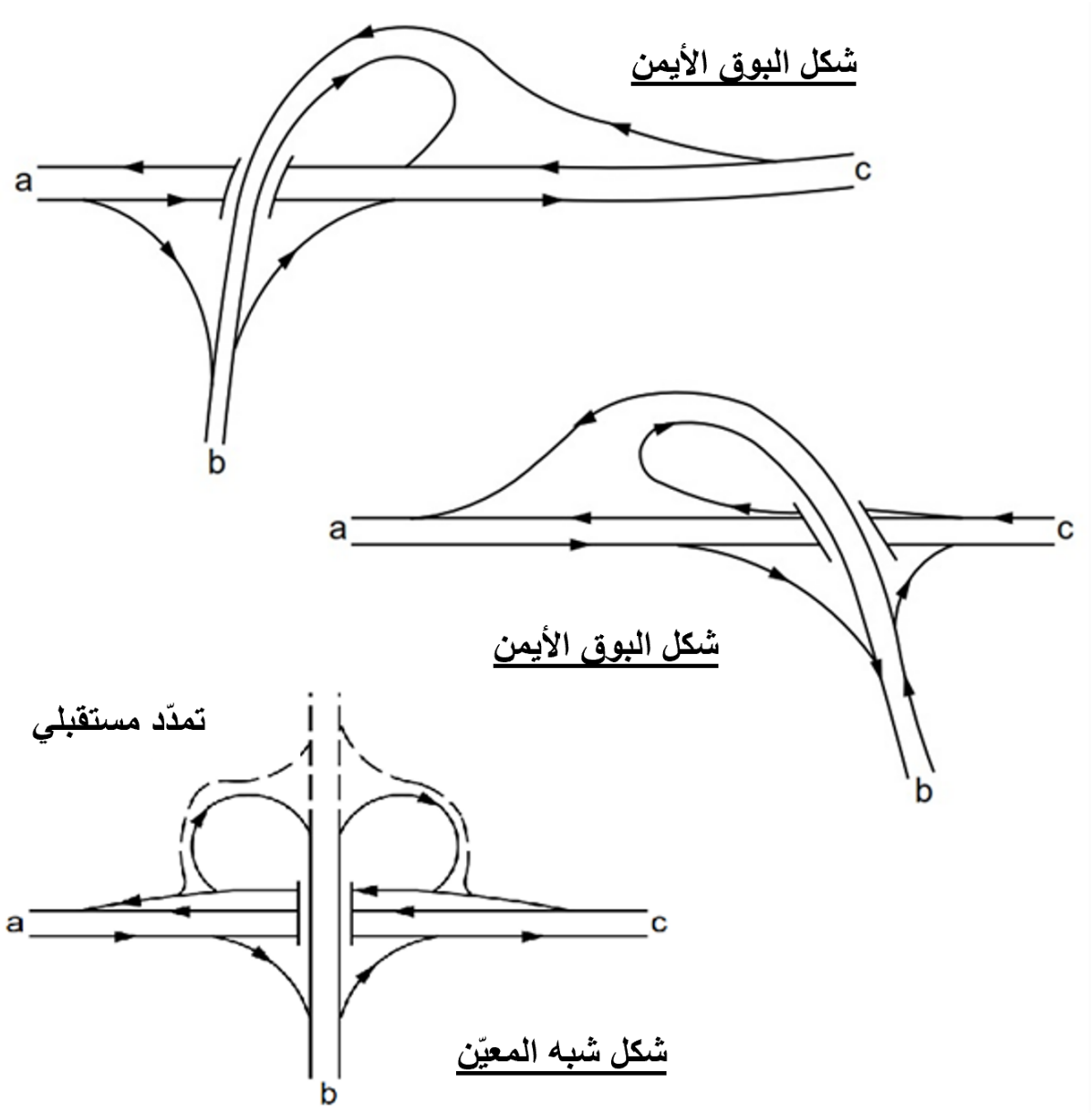
يعتمد اختيار أحد هذه الأنواع لموقع معين على المرور، والتضاريس، واستخدام الأراضي، والتكلفة. تظهر تكوينات المحوّل الأساسية في الشكل (١١-١). قد تختلف جميع التكوينات كثيرًا بسبب اختلاف خصائص التصميم، في حين أن هناك الكثير من مجموعات أنواع المحوّل التي يصعب تعيينها بأسماء منفصلة.



الشكل (١١–١) تكوينات المحوّل (AASHTO, 2018).

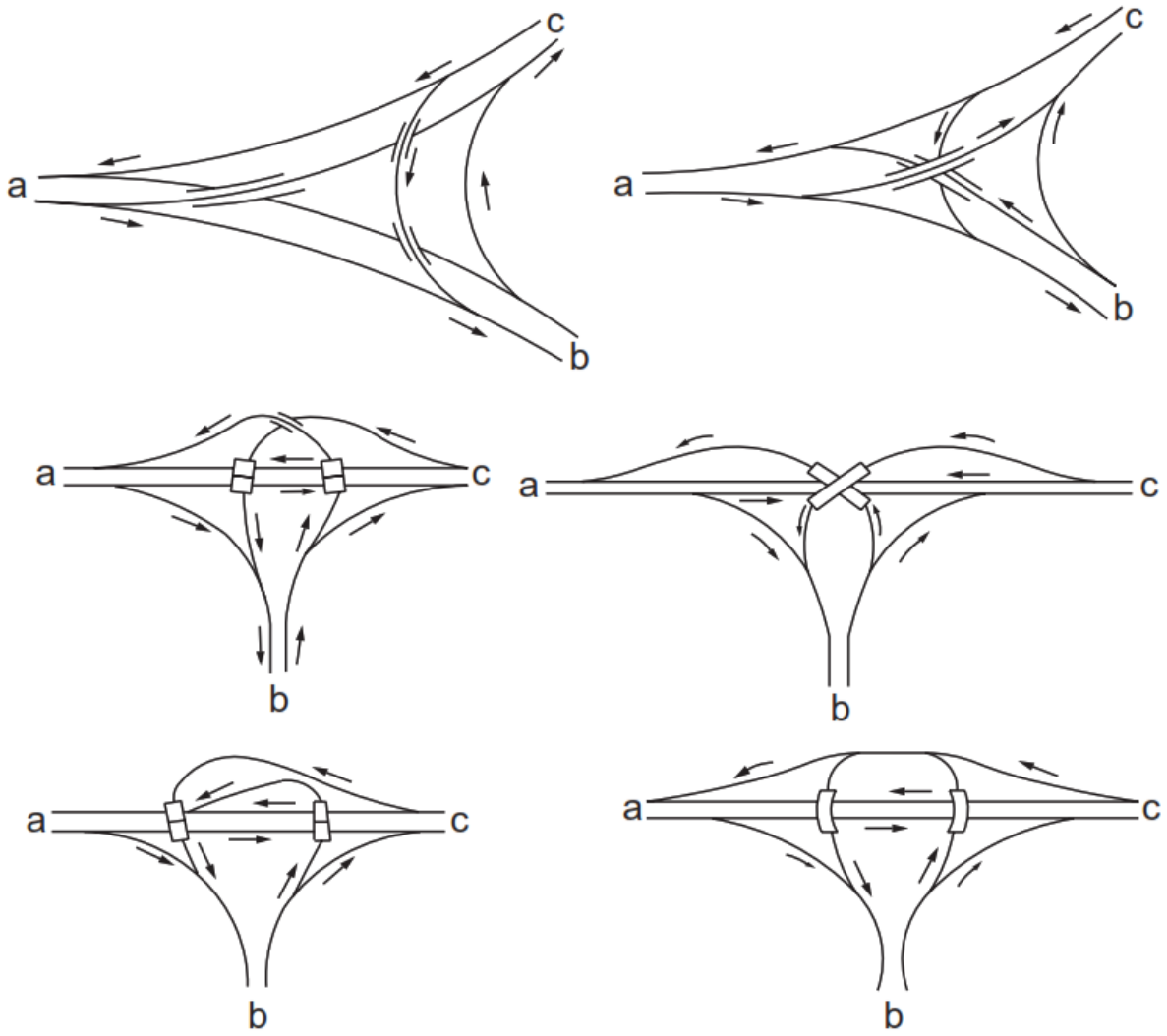
١١-٣-٢ تصميم ذو ثلاث شعب:

ينشأ المحوّل ثلاثي الشعب المفصول رأسياً من تقاطع طريقين على مستويات مختلفة، حيث ينتهي أحدهما داخل منطقة التقاطع. يوضح الشكل (١١-٢) محوّلاً على شكل البوق الذي يستخدم على نطاق واسع كمحوّل ثلاثي الشعب مع فصل رأسي لمستوى واحد. تكون حركات المرور المستمر، من النقاط (أ) إلى (ج)، في محاذاة مباشرة مع الطريق الرئيسي. معيار اختيار أي من التصميمين هو أحجام المرور النسبية لحركات الانعطاف إلى اليسار، حيث إن المحاذاة الأكثر مباشرة تفضل الحجم المروري الاعلى والحلقة loop تفضل الحجم المروري الأقل. تعتبر المنحنيات ذات الانتقالات الحلزونية (المنحنيات الانتقالية) فعالة في تطوير الشكل المرغوب للمنحدرات.



الشكل (١١–٢) محوّل ثلاثي الشعب مع هياكل أحادية (AASHTO, 2018).

يوضح الشكل (١١-٣) تقاطعات على شكل (T) وعلى شكل (Y) عالية الجودة توفر جميع الحركات بدون حلقات، في حين يلزم وجود أكثر من هيكل واحد أو هيكل واحد ثلاثي المستويات. تعد هذه التكوينات أكثر تكلفة من التكوينات ذات الهياكل الفردية ولا يتم تبريرها إلا عندما تكون أحجام المرور المخدومة عالية لجميع الحركات.



الشكل (١١–٣) محوّل ثلاثي الشعب مع هياكل متعددة (AASHTO, 2018).

١١-٣-٣ تصميم ذو أربع شعب:

يمكن تجميع المحوّلات ذات الأربعة شعب تحت التكوينات التالية:

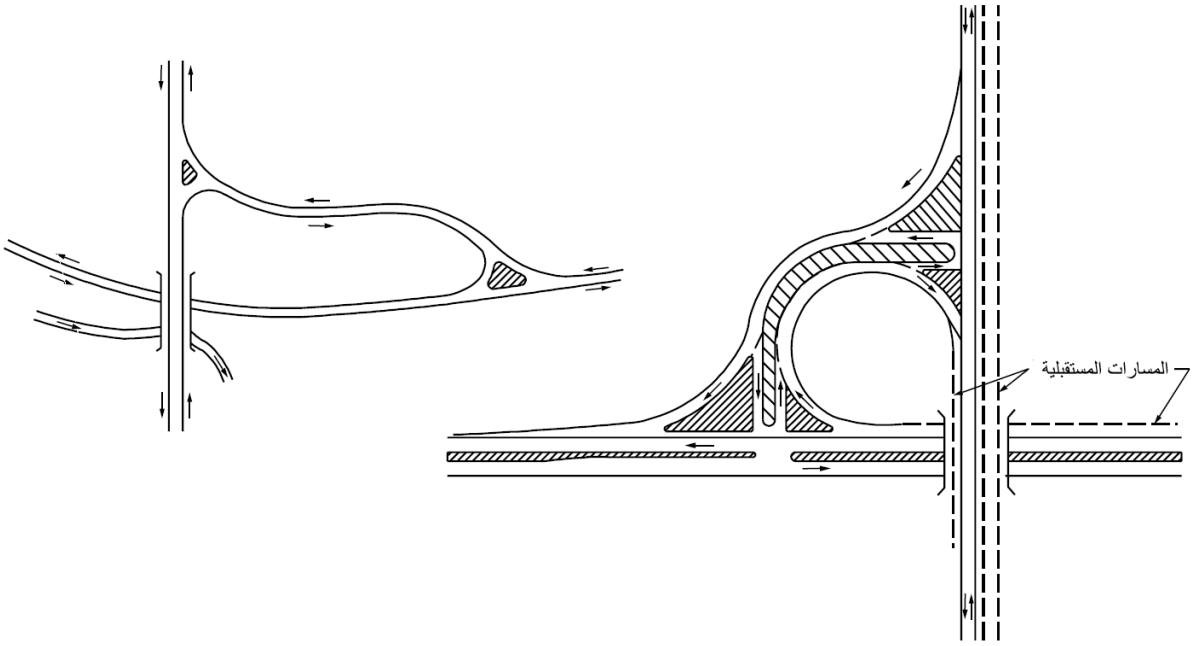
- محوّلات بمنحدرات في ربع واحد.
- محوّلات على شكل المعين الكامل.
- محوّلات الدوّار.
- محوّلات على شكل المعين أحادية النقطة SPDIs.
- محوّلات على شكل المعين المتباعدة diverging.
- المحوّلات على شكل ورقة البرسيم الكاملة أو الجزئية (بما في ذلك منحدرات في اثنين أو ثلاثة أرباع).
- المحوّلات الاتجاهية (المباشرة). Directional.

طبق التقاطعات ذات المنحدرات في ربع واحد فقط على تقاطعات الطرق ذات أحجام حركة المرور المنخفضة. عندما يتم توفير فصل رأسي عند التقاطع بسبب التضاريس، على الرغم من أن أحجام المرور لا تبرر الهيكل، يمكن عادةً توفير منحدر واحد ثنائي الاتجاه لجميع حركة المرور المنعطفة. قد تكون نهايات المنحدر عبارة عن تقاطعات (T) بسيطة. في بعض الحالات، يمكن إنشاء تقاطع رباعي واحد كخطوة أولى في برنامج التنفيذ المرحلي. في هذه الحالة، ينبغي تصميم المنحدرات الأولية كجزء من التطوير النهائي.

يوضح الشكل (١١-٤) حالتين مختلفتين لمحوّل الربع الواحد:

- يشير الشكل الأيسر إلى التقاطع بين طريقين ريفيين في منطقة جبلية حيث تم تحديد الشكل المطول للمنحدر إلى حد كبير من خلال التضاريس.

يشير الشكل الأيمن إلى تقاطع تم تصميمه كمرحلة مبكرة من التنفيذ المرحلي. في التنفيذ المستقبلي، يمكن تكيفه بسهولة ليصبح جزءًا من محوّل على شكل ورقة البرسيم الكاملة أو الجزئية دون إصلاح كبير.



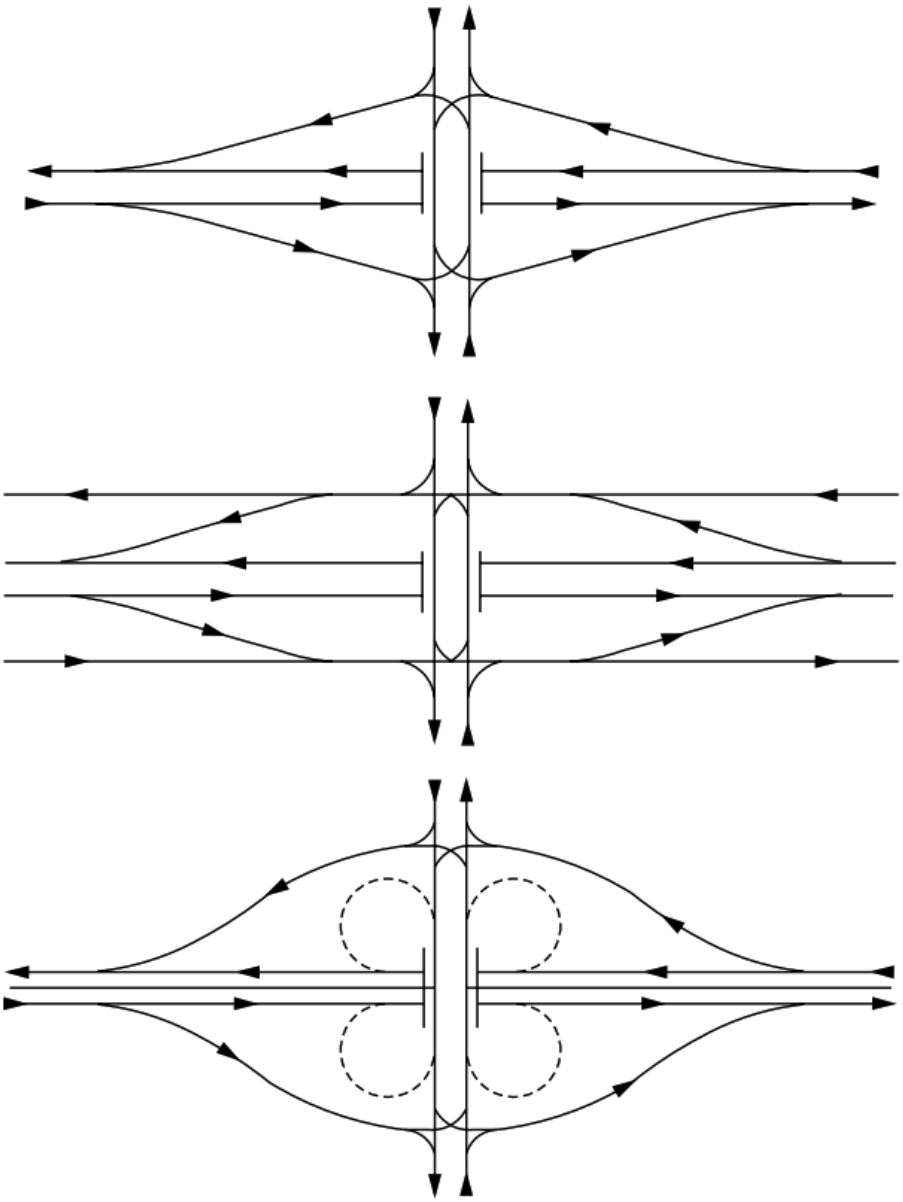
الشكل (١١–٤) محوّلات رباعية الشعب، المنحدرات في ربع واحد (AASHTO, 2018).

١١-٣-٣-١ محوّلات على شكل المعّين:

أبسط تكوين للمحوّل وربما الأكثر شيوعًا هو شكل المعيّن. يتم تشكيل محوّل على شكل معّين كامل عندما يتم توفير منحدر قطري أحادي الاتجاه في كل ربع. تتم محاذاة المنحدرات مع نهية المنحدرات ذات التدفق الحر على الطريق الرئيسي، ويتم توفير تقاطع سطحي بين المنحدرات والطريق المتقاطع. يتمتع المحوّل على شكل المعّين بالمزايا التالية مقارنةً بالمحوّل على شكل ورقة البرسيم الجزئية:

- يمكن لجميع حركة المرور الدخول والخروج من الطريق الرئيسي بسرعات عالية نسبيًا.
- تتطلب مناورات الانعطاف إلى اليسار القليل من الحركة الإضافية.
- هناك حاجة إلى شريط ضيق نسبيًا من حرم الطريق، وفي بعض الأحيان لا يزيد عن الحد المطلوب للطريق وحده.

يوضح الشكل (١١-٥) الترتيبات التقليدية لمحوّلات على شكل المعّين. المحوّلات على شكل المعّين قابلة للتطبيق في كل من المناطق الريفية والحضرية. وهي قابلة للتكيف بشكل خاص مع تقاطعات الطرق الرئيسية-الطرق الثانوية حيث تكون الانعطافات لليسار عند المنحدر على الطريق الثانوي مناسبة ويمكن التعامل معها بأقل قدر من التداخل مع المرور الذي يقترب من التقاطع من أي اتجاه. تحتاج المحوّلات على شكل المعّين عادةً إلى التحكم المروري، أو إشارات مرور، أو دوّار حيث يحمل الشارع المتقاطع أحجامًا مرورية متوسطة إلى كبيرة. يمكن تحديد سعة المنحدرات وقدرة الشارع المتقاطع من خلال نهايات المنحدرات التي يتم التحكم فيها بالإشارات المرورية. ينبغي تصميم التقاطع السطحي ليمنع المركبات المخزنة من الامتداد بعيدًا على طول المنحدرات أو إلى الطريق.



الشكل (١١–٥) المحوّلات على شكل المعين، الترتيبات التقليدية (AASHTO, 2018).

١١-٣-٣-٢ محوّلات على شكل المعين أحادية النقطة:

يوضح الشكلان (الشكل ١١-٦) و(١١-٧) المحوّلات على شكل المعين ذات النقطة الواحدة (SPDIs)، والمعروفة أيضًا بالتقاطعات الحضرية ذات النقطة الواحدة (SPUIs)، في حال حرم الطريق الواسع والمقيد. تتمثل الميزات الأساسية لـ SPDI في أنه يتم التحكم في جميع حركات الانعطاف الأربعة بواسطة إشارة مرور واحدة وأن الانعطافات لليسار المتعارضة تعمل على يسار بعضها البعض.

عادة ما تتميز المحوّلات على شكل المعين أحادية النقطة بضيق حرم الطريق، وارتفاع تكاليف الإنشاء، وسعة أكبر من المحوّلات على شكل المعين التقليدية. يمكن إنشاء هذه المحوّلات إما مع أو بدون طرق الخدمة الجانبية. وهي مناسبة في المقام الأول للمناطق الحضرية حيث يكون حرم الطريق مقيدًا، ولكن قد تنطبق كذلك على السياق الريفي حيث يكون من غير المرغوب فيه استخدام حرم الطريق المجاور بسبب القيود البيئية أو الجغرافية أو غيرها.

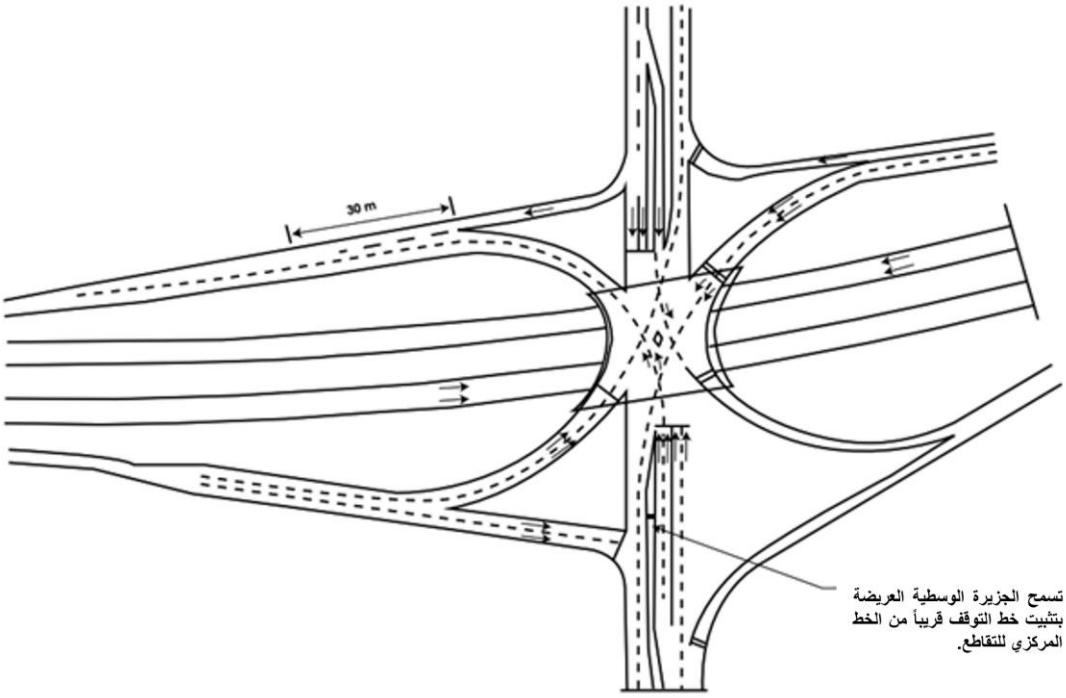
تقدم المحوّلات على شكل المعين أحادية النقطة المزايا التالية:

- الإنشاء في حرم طريق ضيّق نسبياً ، مما يؤدي إلى تخفيضات كبيرة محتملة في التكاليف.
- المركبات المنعطفة يساراً المتعاكسة تمر إلى يسار بعضها البعض بدلاً من اليمين، حتى لا تتقاطع مساراتها.

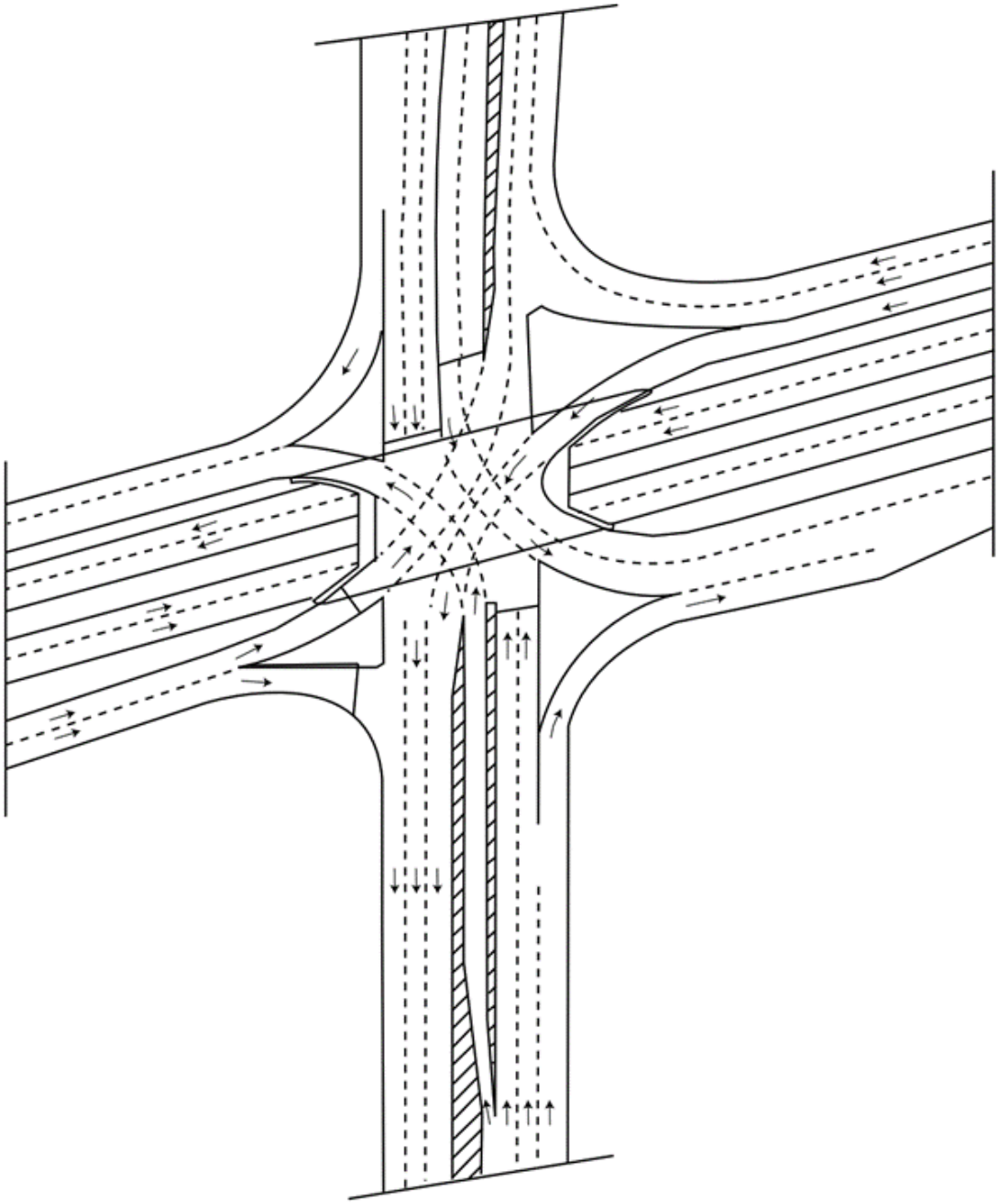
- تكون حركات الانعطاف لليمين من منحدرات الخروج عادةً ذات تدفق حر، أو تحكم بلافتة "أعط الطريق"، ولا تمر سوى حركات الانعطاف لليسار عبر التقاطع المزود بإشارات المرور.
- يوجد به تقاطع واحد فقط، مقابل تقاطعين لمحوّل على شكل المعين.
- تشغيل إشارة مرورية واحدة على تقاطع الطرق قد يؤدي إلى تقليل التأخير عبر منطقة التقاطع مقارنة لمحوّل على شكل المعين.
- تكون زاوية الانعطاف ونصف قطر المنحنى لحركات الانعطاف إلى اليسار عبر التقاطع أكثر استواءً بشكل ملحوظ من التقاطعات التقليدية، وبالتالي تتحرك المنعطفات إلى اليسار بسرعات أعلى. تتراوح زاوية الانعطاف إلى اليسار عادةً من ٤٥ درجة إلى ٦٠ درجة مع نصف قطر لا يقل عن ٤٥ إلى ٦٥ مترًا.

وقد تؤدي العمليات المذكورة أعلاه إلى سعة أعلى من المحوّلات على شكل المعين التقليدية الضيّقة.

العيب الرئيسي للمحوّلات على شكل المعين أحادية النقطة SPDIs هو ارتفاع تكاليف الانشاء المرتبطة بالجسور. تحتاج للمحوّلات على شكل المعين أحادية النقطة SPDI العلوية إلى جسور طويلة لتغطي التقاطع الكبير الموجود بالأسفل. لا يعد الهيكل ذو الامتدادين two-span خيارًا للتصميم لأن العمود المركزي قد يتعارض مع حركات المرور. يبلغ طول الجسور العلوية ذات الامتداد الواحد عادة ٦٥ مترًا، في حين يتجاوز طول الجسور ذات الثلاثة امتدادات ١٢٠ مترًا.



الشكل (١١–٦) محوّل سفلي على شكل معين أحادي النقطة (AASHTO, 2018).



الشكل (١١–٧) تكوين نموذجي لمحوّلات سفلي على شكل معين أحادية النقطة حسب حرم الطريق الواسع والمقيد (AASHTO, 2018).

١١-٣-٣-٣ محوّلات على شكل المعيّن افتراقية (DDI) :

يعد المحوّل على شكل المعيّن الافتراقي (DDI)، المعروف أيضًا باسم المحوّل على شكل المعيّن المزدوج (DCD)، أحد أشكال المحوّل على شكل المعيّن التقليدي وهو موضح في الشكل (١١-٨). يستخدم المحوّل على شكل المعيّن الافتراقي تقاطعات من نوع التقاطع الاتجاهي لتحويل المرور على الطريق المتقاطع إلى الجانب الأيسر بين نهايات المنحدر داخل المحوّل. يؤدي عبور المرور المستمر إلى الجانب الآخر المعاكس إلى استبدال تعارض حركات الانعطاف لليسار مع حركات الاندماج/ الافتراق في نفس الاتجاه ويلغي الحاجة إلى إشارة مرورية حصرية لحركات الانعطاف لليسار من وإلى نهايات المنحدر. يتم ربط كافة الوصلات من المنحدرات من وإلى الشارع المتقاطع خارج التقاطعات التوجيهية، ويمكن التحكم في هذه الوصلات من خلال برامج إشارات ثنائية الطور، أو التحكم بلافتة "قف" أو "اعط الطريق"، أو أن تكون ذات تدفق حر.

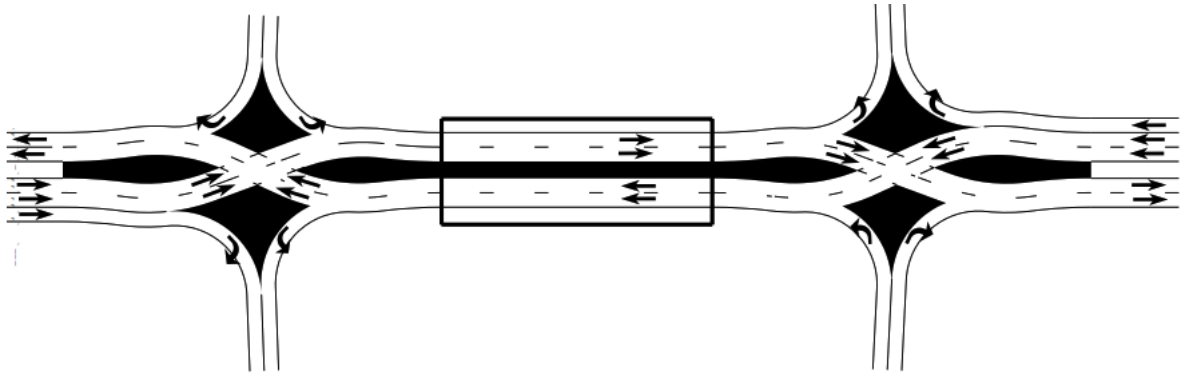
يوفر محوّلات (DDI) المزايا التالية مقارنة بالمحوّل على شكل المعين التقليدي:

- من خلال السماح لتقاطعات نهاية المنحدر بالعمل مع برامج إشارات مرور بسيطة على طورين، يوفر التصميم مرونة لاستيعاب أنماط المرور المختلفة.
- يحتوي على عدد أقل بكثير من نقاط التعارض بين المركبة والمركبة، وبين المركبة والمشاة، والمركبة والدراجة، مقارنة بالمحوّل على شكل المعين التقليدي.
- تكون سعة حجم الانعطاف لليسار عند (DDI) أعلى بشكل عام، وهناك حاجة إلى اطوار إشارة مرورية أقل وأقصر لاستيعاب الحركات الآلية وغير الآلية.
- قد تكون العمليات الإجمالية لمحوّل DDI أكبر مقارنةً بالمحوّل على شكل المعين التقليدي المحكوم بإشارة مرور بسبب طول الدورة الأقصر، وتقليل الزمن الضائع لكل طور مرحلة، وتقليل التوقفات والتأخير، وأطوال صف انتظار المركبات الأقصر.
- يعمل DDI أيضًا على تقليل عدد وشدة نقاط التعارض لكل من مستخدمي المركبات الآلية وغير الآلية.
- تكون مسافات العبور للمشاة أقصر نسبيًا وعادةً ما تتضمن حركة مرور تدخل من اتجاه واحد فقط في كل مرة.
- توفر خصائص القطاع العرضي لمحوّل DDI خيارات متعددة لتسهيل حركات المشاة والدراجات بشكل مريح، كما أن جيومتريّة التقاطعات التوجيهية لها فائدة إضافية تتمثل في تقليل سرعات المركبات عبر التقاطع، مما يؤدي إلى تأثير تهدئة حركة المرور الذي قد يقلل من حوادث الاصطدام.

من عيوب تصميم محوّلات (DDI) عدم القدرة على توجيه الشاحنات كبيرة الحجم أو النقل السريع للحافلات من منحدر الخروج مباشرة عبر التقاطع وإلى منحدر المدخل.

في المحوّل على شكل المعين التقليدي القائم حيث هناك حاجة إلى سعة إضافية، قد يكون من المفيد تحويله إلى المحوّل على شكل المعيّن الافتراقي (DDI). قد يكون التعديل التحديثي إلى DDI أقل تكلفة من الخيارات التي تتضمن توسيع الطرق المتقاطع بالقرب من المحوّل (بما في ذلك توسيع الجسر) وإضافة ممرات إضافية إلى المنحدرات.

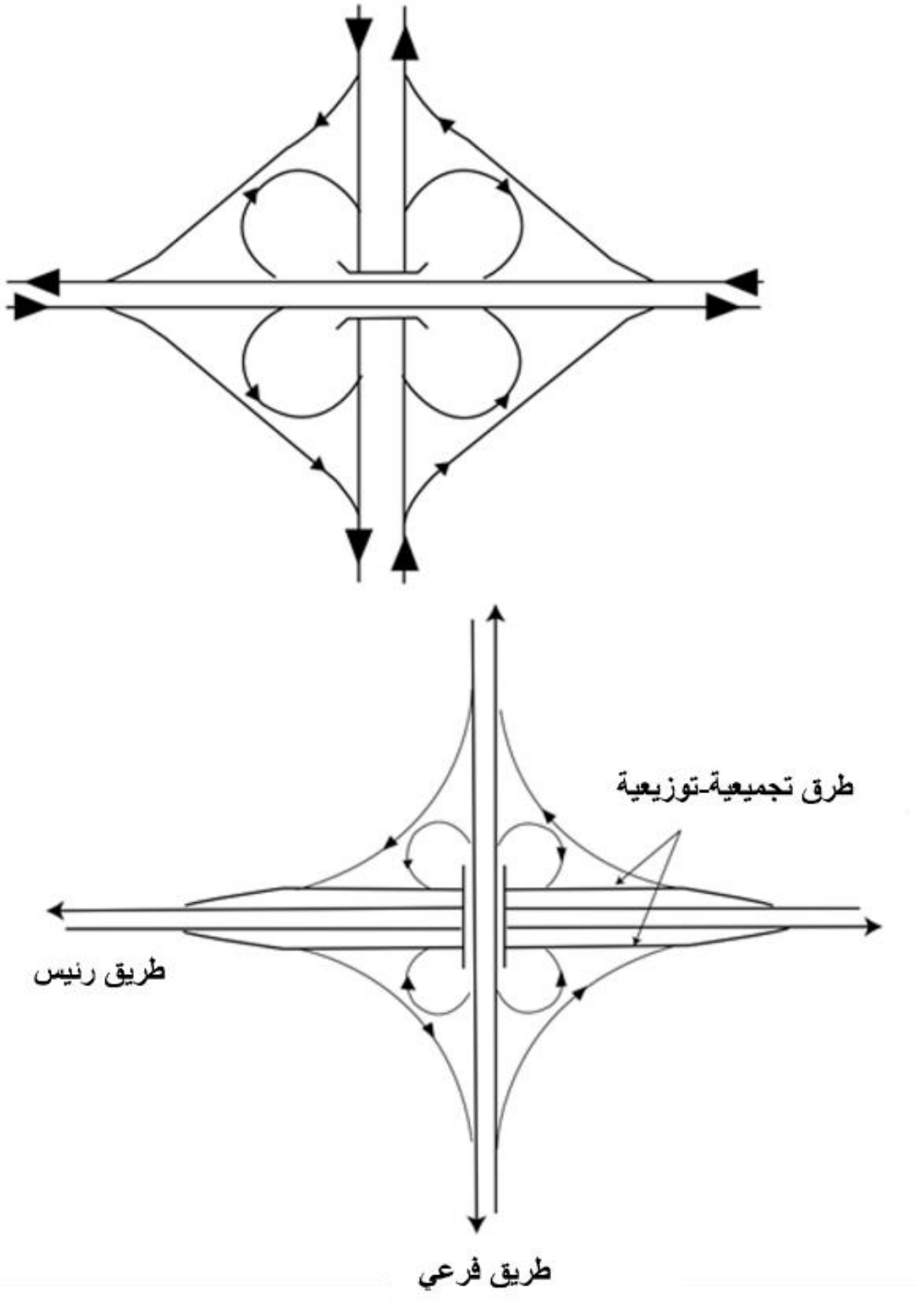
قد يتم تصميم DDI بحيث يكون الطرق المتقاطع إما ممرًا سفليًا أو جسرًا علويًا. يعد التباعد بين تقاطعات المنحدر أيضًا أحد الاعتبارات الرئيسية حيث سيؤثر ذلك على تصميم الإشارة المرورية والتشغيل على ممر الطرق المتقاطع.



الشكل (١١–٨) المحوّلات على شكل المعين الافتراقية (AASHTO, 2018).

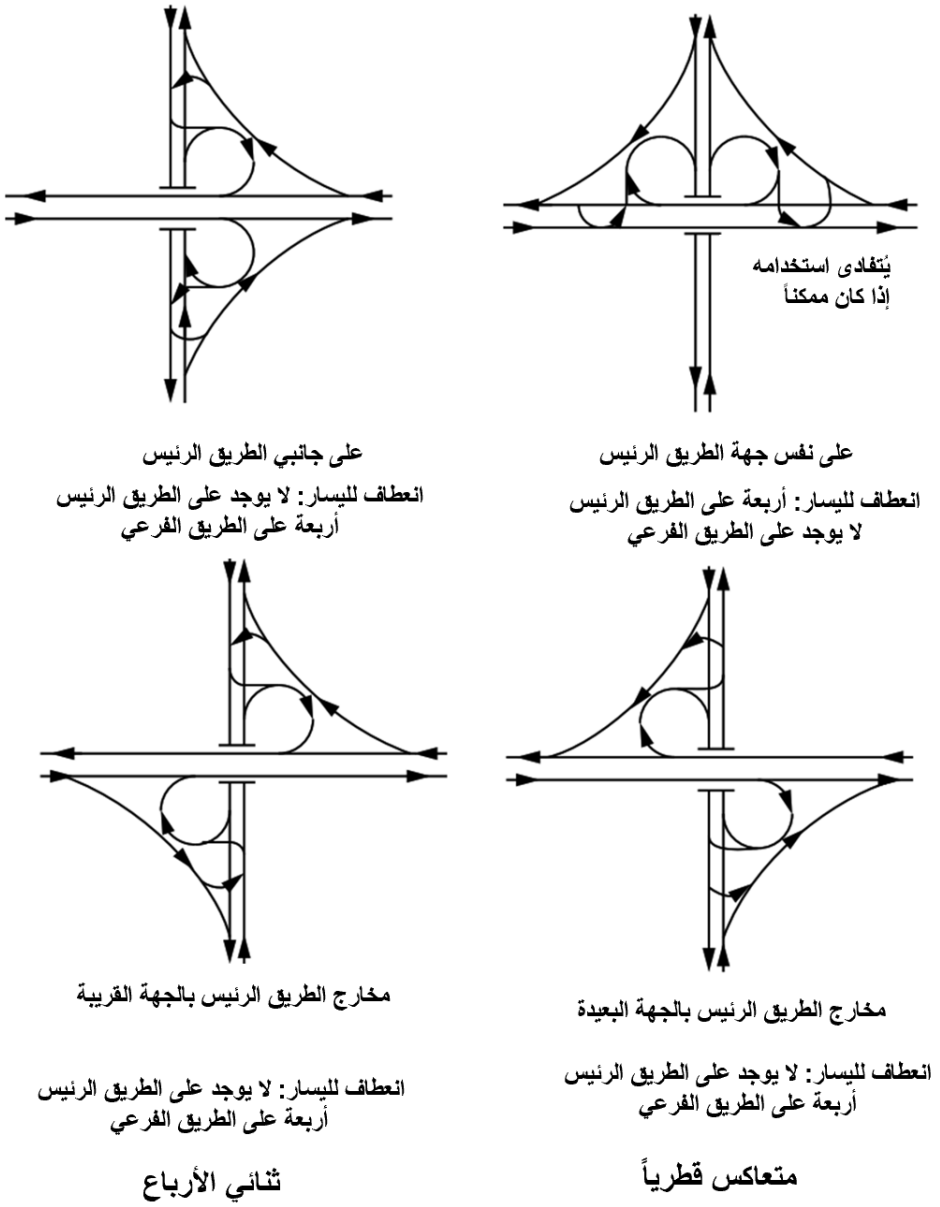
١١-٣-٣-٤ المحوّلات على شكل ورقة البرسيم:

المحوّلات على شكل ورقة البرسيم عبارة عن تقاطعات رباعية الشعب تستخدم منحدرات حلقية لاستيعاب حركات الانعطاف لليسار. ويشار إلى المحوّلات مع الحلقات في جميع الأرباع الأربعة باسم "المحوّلات عل شكل ورقة البرسيم الكاملة"، عدا ذلك، يشار إليها باسم " المحوّلات عل شكل ورقة البرسيم الجزئية". قد لا يكون هناك ما يبرر " المحوّل عل شكل ورقة البرسيم الكاملة" في التقاطعات بين الطرق الرئيسية والثانوية حيث، مع توفير حلقتين فقط، يمكن الحفاظ على حرية للمرور على الطريق الرئيسي من خلال تقاطع سطحي.



الشكل (١١–٩) محوّل على شكل ورقة البرسيم الكاملة مع وبدون طرق توزيعية (TxDOT, 2022).

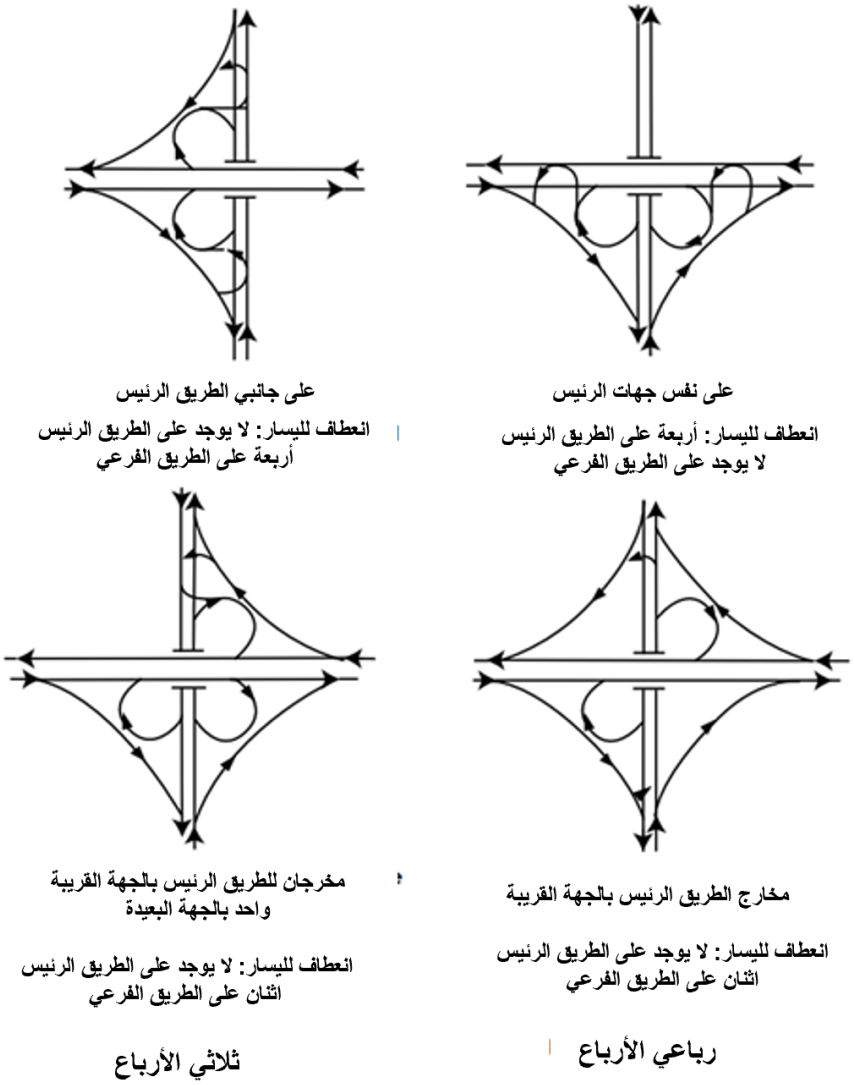
تتمثل العيوب الرئيسية للمحوّل على شكل ورقة البرسيم في مسافة التنقل الإضافية للمرور المنعطفة يسارًا، ومناورة التناسج المتولدة، وطول التناسج القصير جدًا المتاح عادةً، ومساحات حرم الطريق الكبيرة نسبيًا المطلوبة. عندما لا يتم استخدام طرق التجميع-التوزيع، تشمل العيوب الأخرى التناسج على الطريق الرئيسي، والمخرج المزدوج على الطريق الرئيسي، وصعوبات في وضع لافتة للمخرج الثاني. ونظرًا لأن المحوّلات على شكل ورقة البرسيم أكثر اتساعًا بكثير من المحوّلات على شكل المعيّن، فهي أقل شيوعًا في المناطق الحضرية وتتكيف بشكل أفضل مع مناطق الضواحي أو المناطق الريفية حيث تتوفر المساحة.



الشكل (١١–١٠) حالات مختلفة لترتيبات منحدر المحوّل على شكل ورقة البرسيم الجزئية – ربعان ومنحدر قطري مقابل (AASHTO, 2018).

ينبغي الموازنة بين مزايا السرعة المتزايدة ومساوئ زيادة زمن السفر والمسافة وحرم الطريق. بالإضافة إلى ذلك، قد لا تتمكن الشاحنات الكبيرة من العمل بكفاءة على منحنيات أنصاف أقطار أصغر. مع الأخذ في الاعتبار جميع العوامل، فإن الحجم العملي للحلقات يحل في أنصاف أقطار تقريبية تتراوح من ٣٠ إلى ٥٠ مترًا للحركات البسيطة على الطرق بسرعات تصميمية تبلغ ٨٠ كم/ساعة أو أقل، ومن ٥٠ إلى ٧٥ مترًا للحركات الأكثر أهمية على الطرق ذات السرعات التصميمية الأعلى. هناك حاجة إلى مسار إضافي مستمر للتباطؤ والتسارع والتناسج بين المنحدرات داخل وخارج الحلقة. عادةً ما تكون هناك حاجة إلى عرض أو طول إضافي للهيكل لهذا المسار.

يتم توفير محوّلات على شكل ورقة البرسيم الكاملة مع وبدون طرق التجميع-التوزيع في الشكل (١١-٩)، في حين يتم توضيح مخططات لترتيبات على شكل أوراق البرسيم الجزئية، (مع منحدرات وحلقات) في ربيعين، ثلاثة وجميع الأرباع الأربعة، في الشكل (١١-١٠) و الشكل (١١-١١). في شكل أوراق البرسيم الجزئية، قد توفر ظروف الموقع إمكانية اختيار الأرباع للاستخدام (توفير المنحدرات والحلقات). ومع ذلك، في موقع محوّل معيّن، قد تكون التضاريس والثقافة هي العوامل التي تحدد الأرباع التي يمكن تطوير المنحدرات والحلقات فيها.

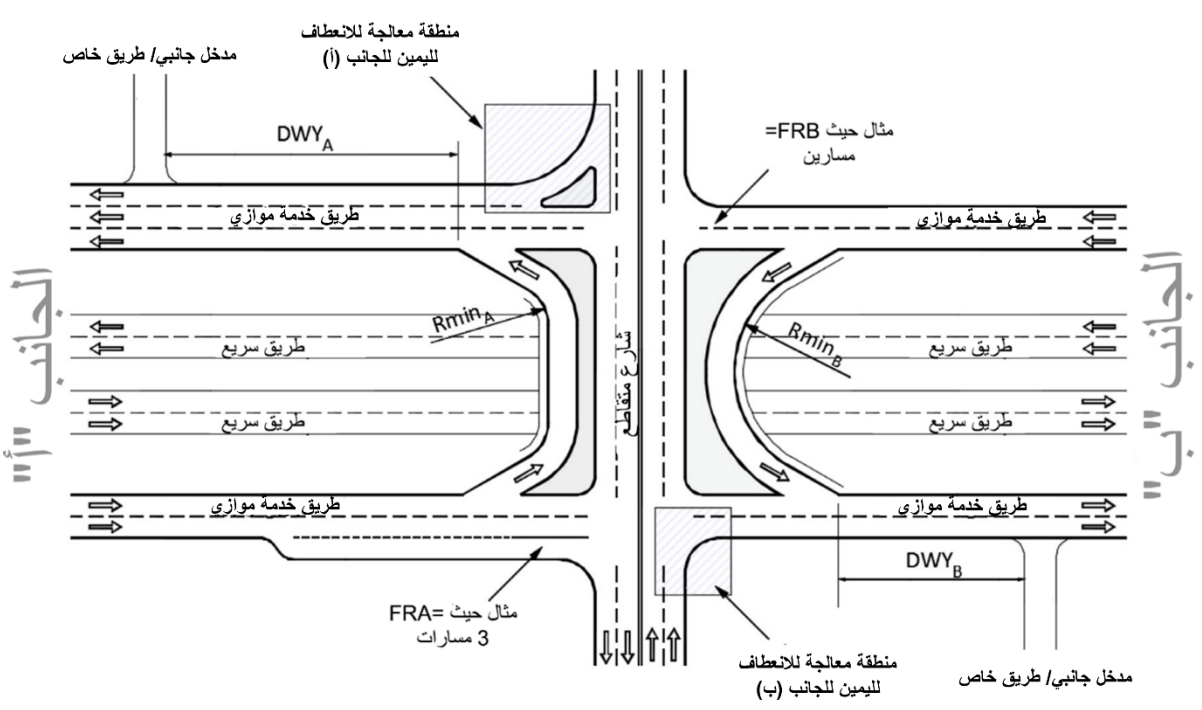


الشكل (١١–١١) حالات مختلفة لترتيبات منحدر المحوّل على شكل ورقة البرسيم الجزئية – (اثنان) وثلاثة وأربعة أرباع (AASHTO, 2018).

١١-٣-٤ الدورانات في المحوّلات على شكل المعيّن:

تسمح الدورانات في المحوّلات على شكل المعيّن للمركبات التي تسير على طريق خدمة جانبي موازي لطريق رئيسي أحادي الاتجاه بالوصول إلى طريق خدمة جانبي أحادي الاتجاه في اتجاه السير المعاكس عبر الدوران للخلف قبل تقاطعات نهاية منحدرات المحوّل. يزيل هذا الاسلوب مناورتين محتملتين للانعطاف إلى اليسار من التقاطعات السطحية المجاورة. إن توفير الدوران لطريق الخدمة

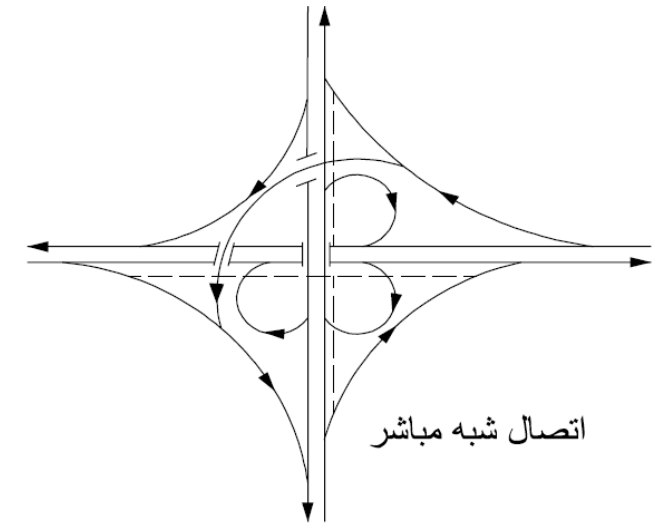
الجانبي بالمحوّل له فوائد تشغيلية ناتجة عن تحويل المركبات التي عادة ما تشغل التقاطع. يعرض الشكل (١١-٢) رسامً توضيحاً لتكوين الدوران وخصائص الموقع المؤثرة.

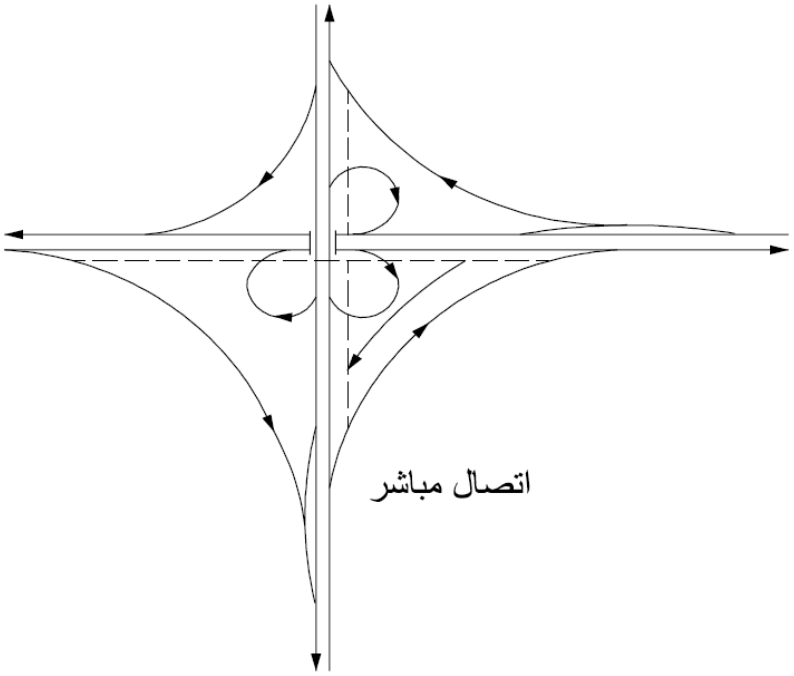


الشكل (١١–١٢) تكوين الدوران في المحوّل وخصائص الموقع المؤثرة (TxDOT, 2022).

١١-٣-٥ المحوّلات الاتجاهية:

تُستخدم الوصلات المباشرة أو شبه المباشرة لحركات الانعطاف المهمة لتقليل مسافة التنقل، وزيادة السرعة والسعة، والقضاء على التناسج وتجنب الحاجة إلى التنقل خارج الاتجاه أثناء القيادة على حلقةٍ ما. يمكن تحقيق مستويات أعلى من الخدمة على الوصلات المباشرة، وفي بعض الحالات، على المنحدرات شبه المباشرة بسبب السرعات العالية نسبيًا وإمكانية تصميم أفضل للمنحدر. يوضح الشكل (١١-١٣) محوّل اتجاهي بوصلات شبه مباشرة ومباشرة مع مناطق التناسج، بينما يوضح الشكل (١١-١٤) محوّلات اتجاهية بدون مناطق تناسج.

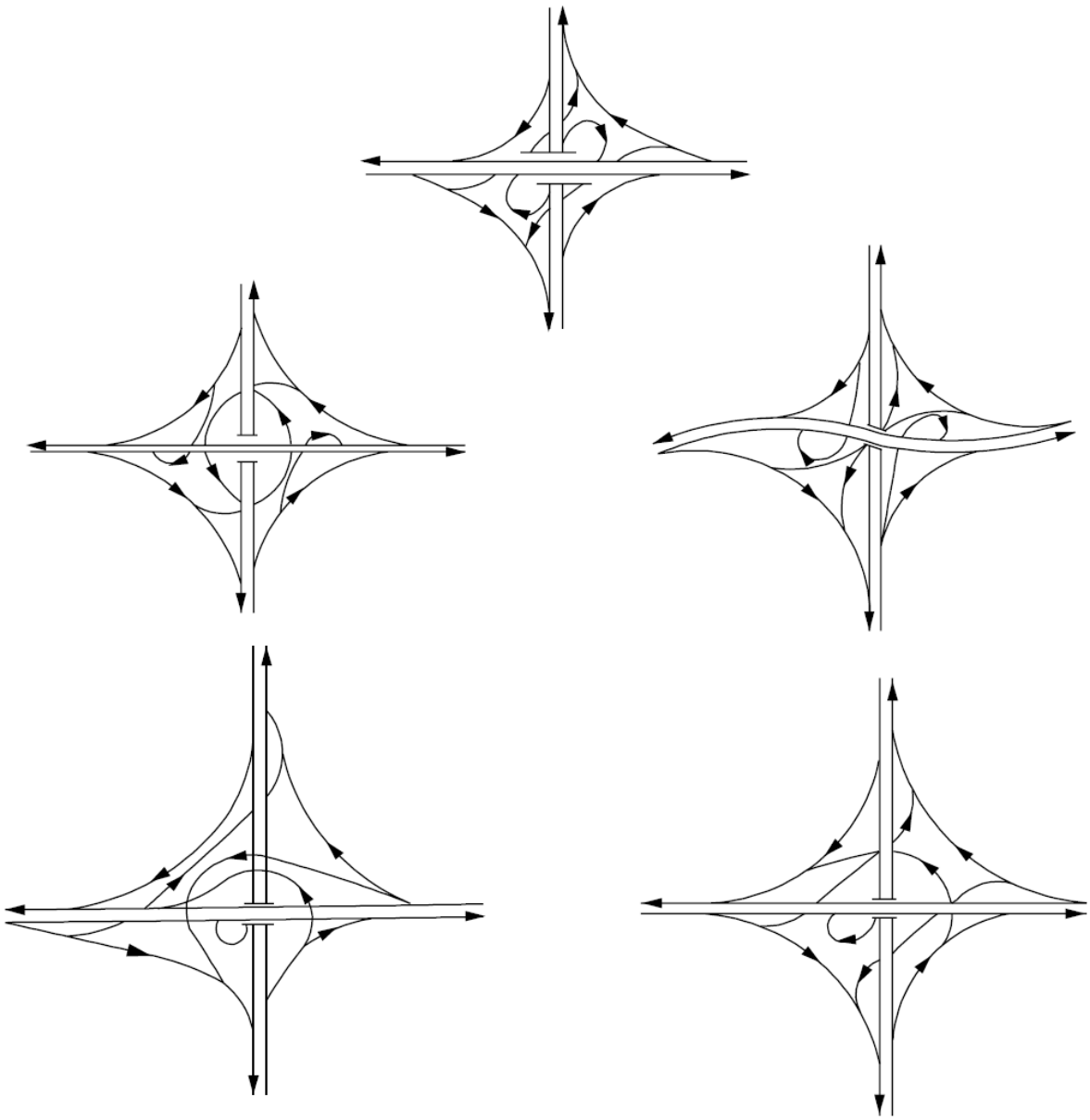




الشكل (١١–١٣) المحوّلات الاتجاهية مع مناطق التناسج (AASHTO, 2018).

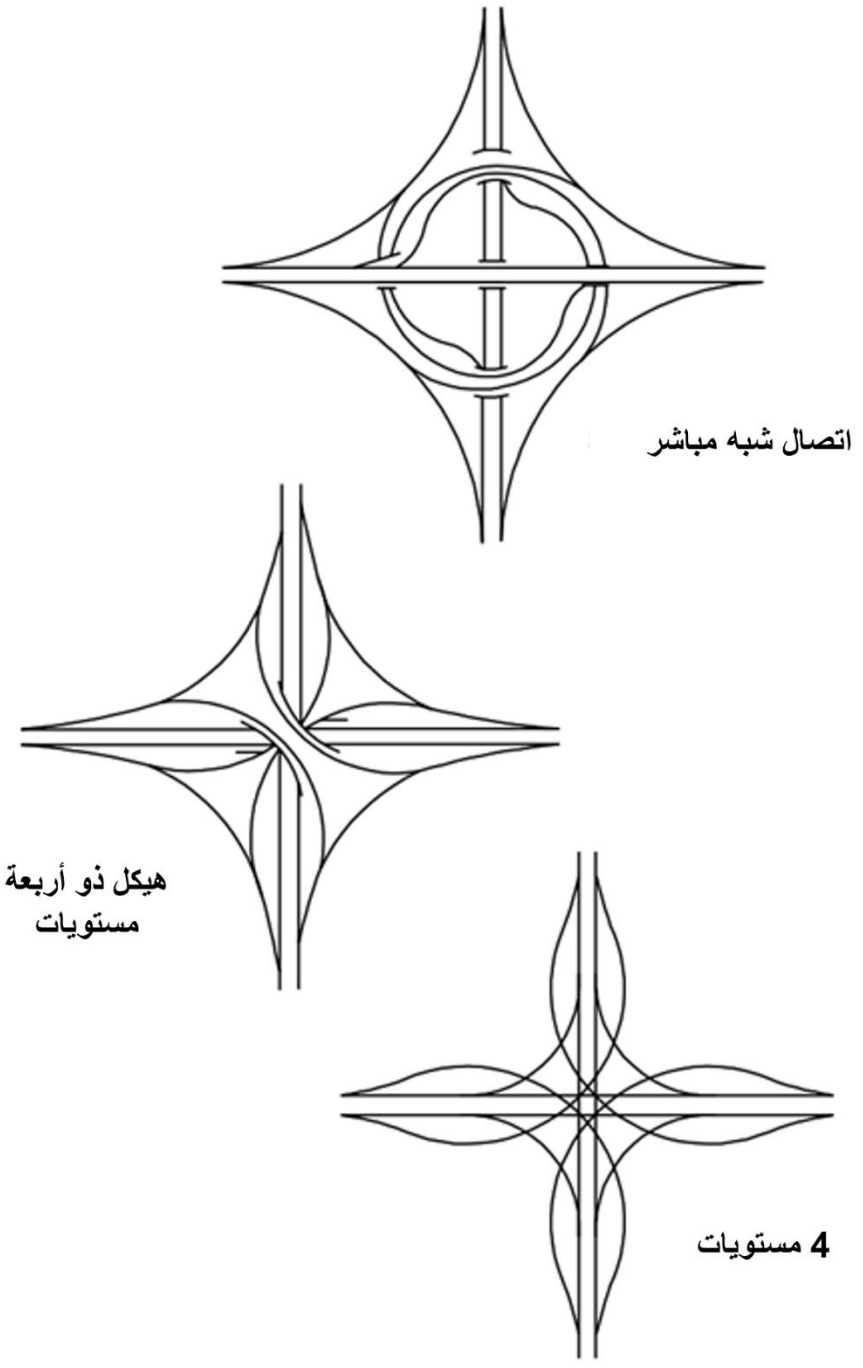
يتم تعريف الوصلة المباشرة على أنها منحدر لا ينحرف بشكل كبير عن اتجاه التنقل المقصود. يتم تصميم الوصلات المباشرة عمومًا بسرعات تصميم أعلى من الوصلات شبه المباشرة. تعرف الوصلة شبه المباشرة على أنها منحدر حيث يخرج السائق إلى اليمين أولاً، ويتجه بعيدًا عن اتجاه التنقل المقصود، ويعود للخلف تدريجيًا، ثم يمر حول منحدرات المحوّل الأخرى قبل دخول الطريق الآخر.

هناك العديد من التكوينات للمحوّلات الاتجاهية التي تستخدم مجموعات مختلفة من الوصلات المباشرة وشبه المباشرة، ومنحدرات الحلقة. قد يكون أي منها مناسبًا لمجموعة معينة من الشروط، ولكن يتم استخدام عدد محدود فقط من الأنماط بشكل عام.



الشكل (١١–١٤) المحوّلات الاتجاهية بدون تناسج (AASHTO, 2018).

يُفضل عمومًا المحوّلات ذات الاتجاه الكامل حيث يتقاطع طريقان سريعان/طرق سريعة بأحجام مرور عالية. نظرًا لأن حركات المرور بينهما تكون حرة التدفق، فإن تكوين المحوّل ذات الاتجاه الكامل، يوفر وصلات منحدرة مباشرة أو شبه مباشرة من طريق سريع/شبه سريع إلى آخر. يعد إنشاء المحوّلات ذات الاتجاه الكامل أمرًا مكلفًا نسبة لزيادة عدد وطول المنحدرات وزيادة عدد معابر الجسور، ولكنها توفر السعة عالية للمرور المستمر والمنعطف على السواء. يوضح الشكل (١١-١٥) بعض الحالات للمحوّلات ذات الاتجاه الكامل مع هياكل متعددة المستويات.



الشكل (١١–١٥) المحوّلات ذات الاتجاه الكامل مع هياكل متعددة (**AASHTO, 2018**).

١١-٤ تحديد تكوين المحوّل:

في كل من المناطق الريفية والحضرية، يتم اختيار تكوينات المحوّل في المقام الأول على أساس الطلب على الخدمة. عندما تكون الطرق المتقاطعة طرقًا سريعة، قد تكون هناك حاجة إلى محوّلات اتجاهية لأحجام مرور انعطاف عالية.

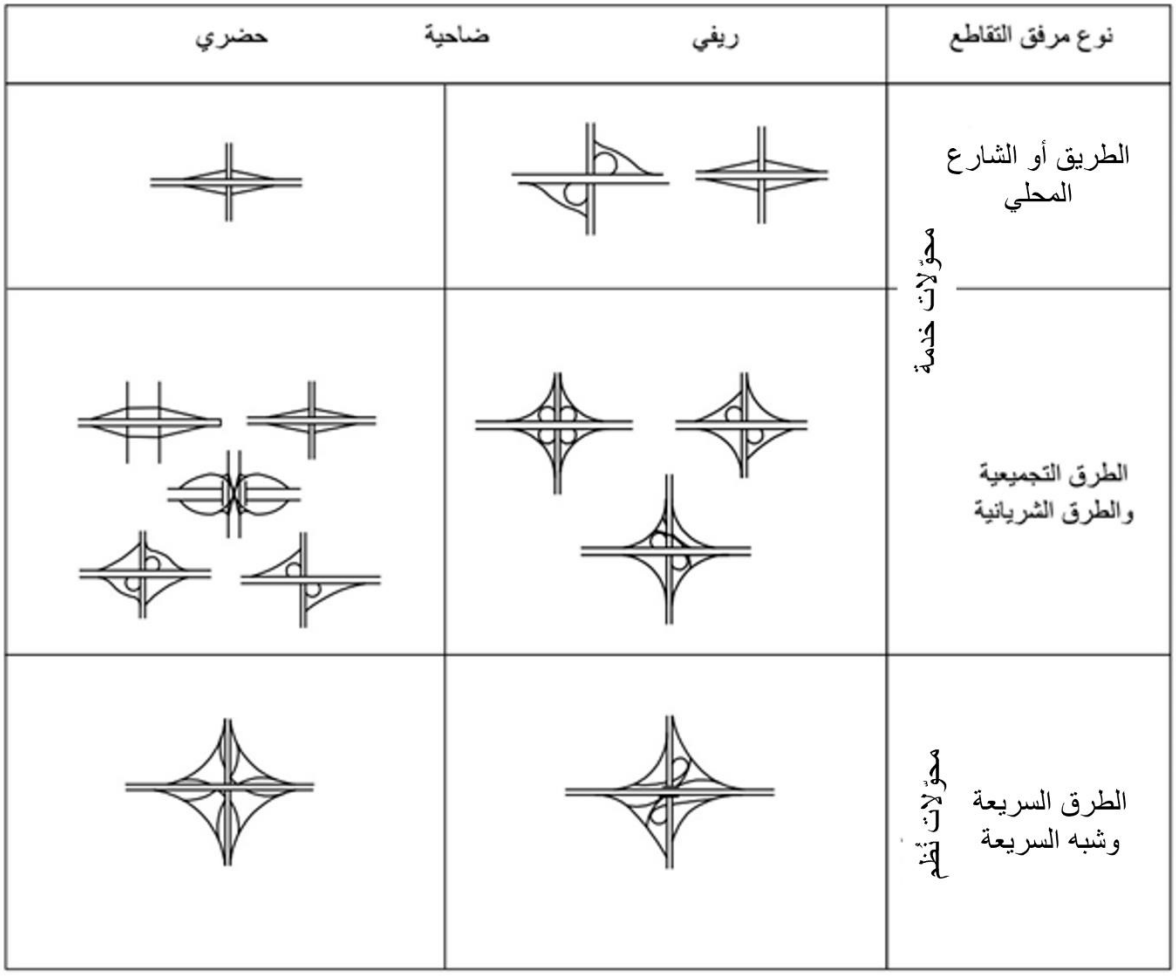
قد يكون الجمع بين المنحدرات الاتجاهية وشبه الاتجاهية والحلقية مناسبًا حيث تكون أحجام المرور المنعطف مرتفعة لبعض الحركات ومنخفضة للحركات الأخرى. عندما يتم الجمع بين المنحدرات الحلقية والمنحدرات المباشرة وشبه المباشرة في التصميم، فمن المستحسن أن ترتّب الحلقات بطريقة يتم فيها تجنب قطاعات التناسج. لاختيار نوع التبادل، يمكن النظر في الأفكار التالية:

- تعتبر المحوّلات على شكل ورقة البرسيم هو الحد الأدنى من التصميم الذي يمكن استخدامه عند تقاطع اثنين من مرافق ذات وصول خاضع للتحكّم بالكامل أو حيث يُحظر الانعطاف إلى اليسار عند المنحدر.
- المحوّل على شكل المعين البسيط هو تكوين المحوّل الأكثر شيوعًا لتقاطع طريق رئيسي مع مرفق ثانوي.

بمجرد إعداد العديد من البدائل لتصميم النظام، يمكن مقارنتها بالمبادئ التالية:

- السعة.
- استمرارية الطريق.
- توحيد أنماط الخروج
- مخارج فردية قبل هيكل الفصل.
- مع أو بدون التناسج، (٦) مواقع ممكنة لوضع الإشارات.
- التكلفة.
- توافر حرم الطريق.
- إمكانية إنشاء المرحلة.
- التوافق مع البيئة

يمكن الإبقاء على أكثر البدائل المرغوبة لتطوير الخطة. يصور الشكل (١١-١٦) المحوّلات القابلة للتكيف على الطرق السريعة فيما يتعلق بتصنيفات المرافق المتقاطعة في السياقات الريفية والضواحي والحضرية.

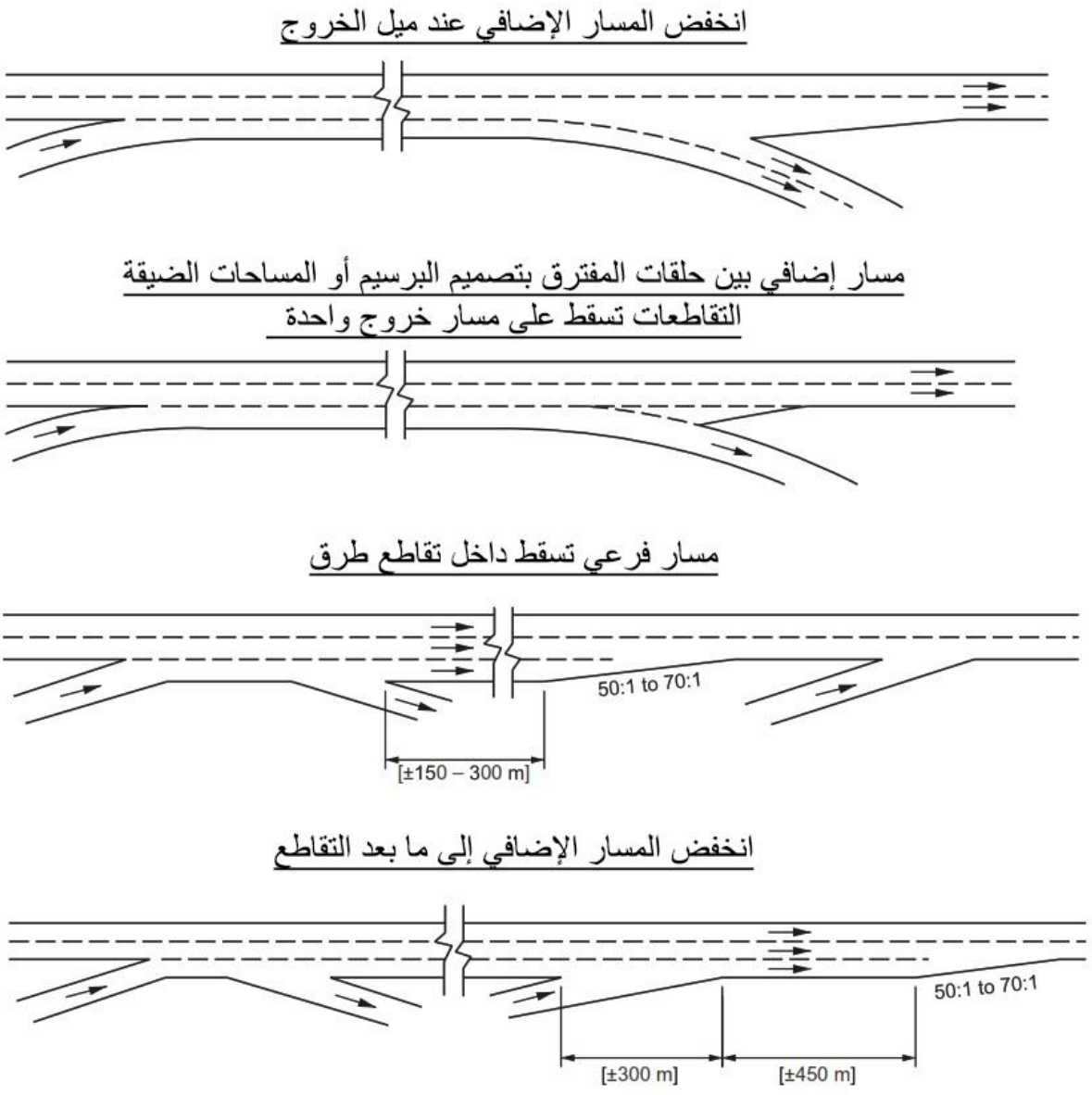


الشكل (١١–١٦) قابلية تكيف المحوّلات على الطرق السريعة حسب أنواع المرافق المتقاطعة (AASHTO, 2018).

١١-٥ مواصفات التصميم:

١١-٥-١ المسارات الأحادية الاضافية:

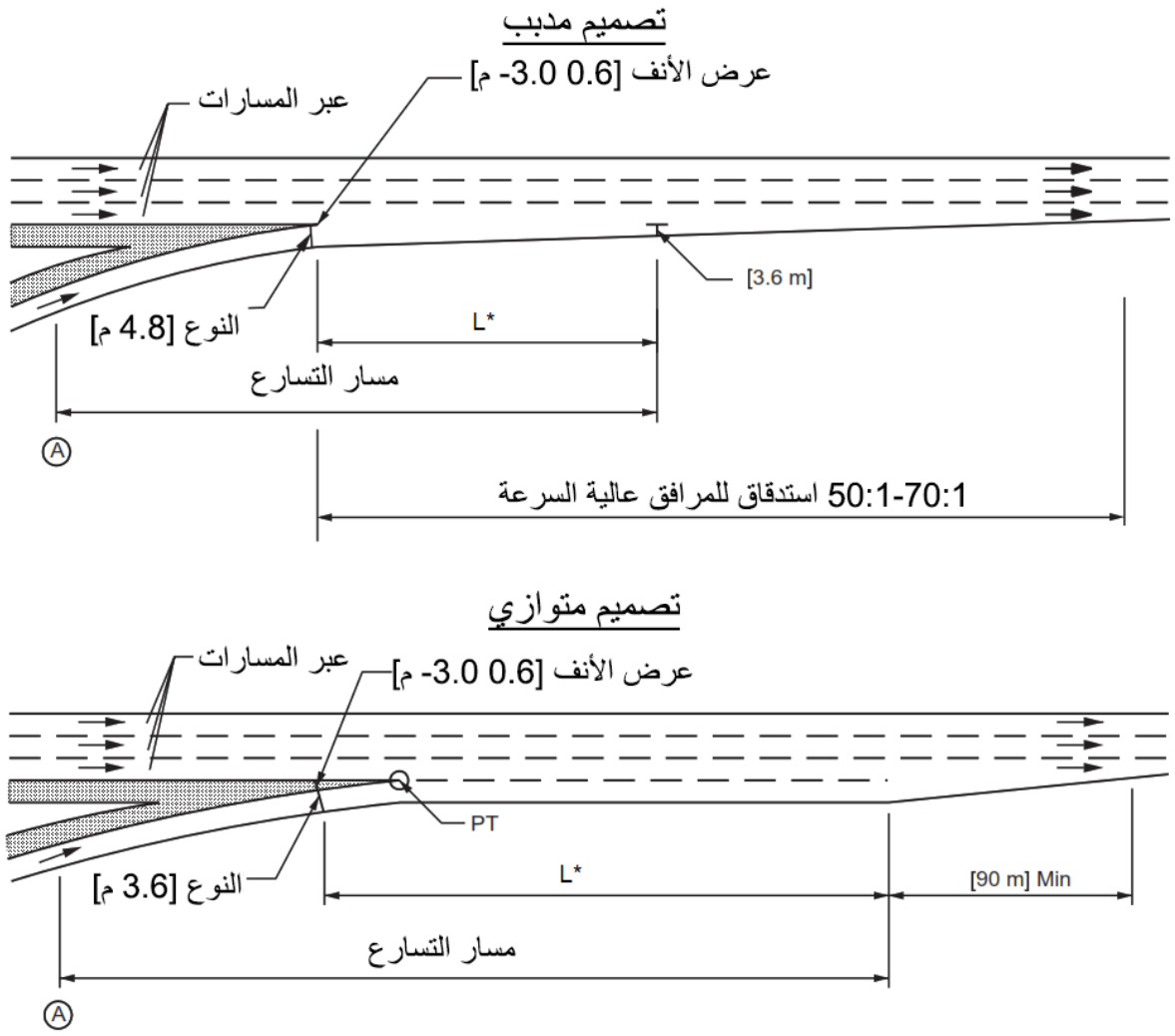
من عوامل التصميم الحاسمة للمحوّلات هو طول وهندسة تصميم المسارات الاضافية. يعرض الشكل (١١-١٧) الطرق البديلة لتقليل المسارات الاضافية، في حين يعرض التصميم الهندسي للمسارات الأحادية أو المتعددة الاضافية بعد الدخول والخروج (مسارات التسارع والتباطؤ) كما في الشكل (١١-١٨)، والشكل (١١-١٩)، والشكل (١١-٢٠)، والشكل (١١-٢١).



الشكل (١١–١٧) طرق بديلة لتقليل المسارات الاضافية (AASHTO, 2018).

بالنسبة للمسارات الأحادية الاضافية، يوفّر الحد الأدنى لطول التباطؤ لمنحدرات المحوّل بالميول الطولية الأقل من ٣,٠٪ كما في الجدول (١١-١)، في حين توفّر عوامل ضبط مسار تغيير السرعة للدرجات الأعلى في الجدول (١١-٣).

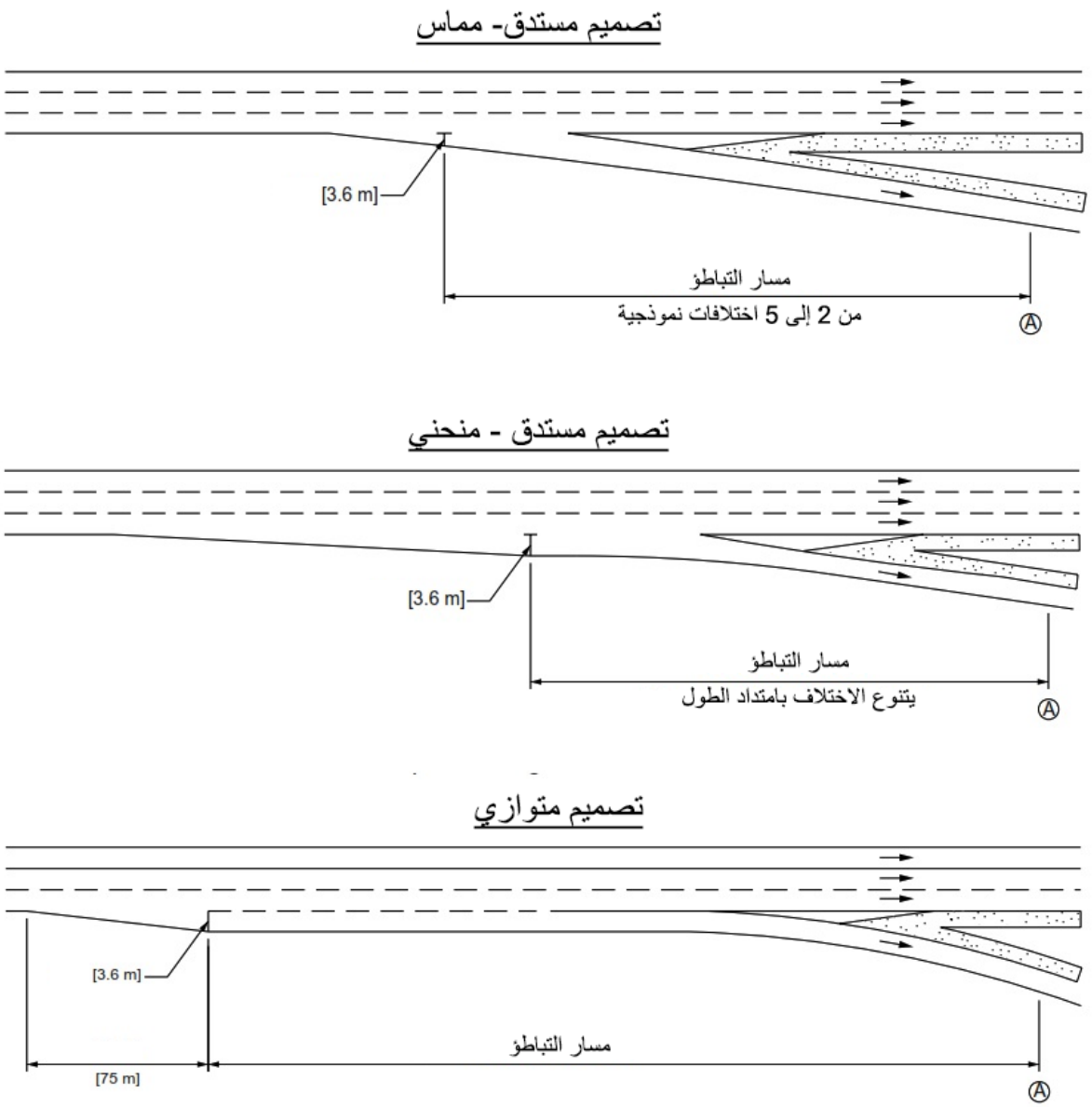
من ناحية أخرى، يوفّر الحد الأدنى لطول التسارع لمنحدرات المحوّل بالميول الطولية الأقل من ٣,٠٪ كما في الجدول (١١-٢)، بينما توفر عوامل ضبط مسار تغيير السرعة بالميول الطولية الأعلى كما في الجدول (١١-٤). في جميع الحالات، يقتصر طول الاستدقاق على ٩٠ مترًا، بينما يمكن توفير أطوال مستدقة أعلى.



حيث L* هو طول قبول الفجوة التي ينبغي أن يكون الحد الأدنى من ٩٠ إلى ١٥٠ م.

على الطرق الجديدة، ينبغي تفضيل التصميم الموازي نظرًا لأدائه العالي من ناحية السلامة.

الشكل (١١–١٨) المسارات الأحادية الاضافية بعد المدخل (AASHTO, 2018).



الشكل (١١–١٩) المسارات الأحادية الاضافية قبل المخرج (AASHTO, 2018).

الجدول (١١–١) الحد الأدنى لأطوال مسارات التباطؤ عند نهاية منحدرات الخروج بميول طولية منبسطة أقل من ٣,٠٪ (AASHTO, 2018).

طول مسار التباطؤ (م) حسب السرعة التصميمية لسمة التحكُّم على المنحدر (كم/ساعة)								
السرعة التصميمية للطريق V (كيلو متر / الساعة)	شروط التوقف	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠
٥٠	٧٥	٧٠	٦٠	٤٥	-	-	-	-
٦٠	٩٥	٩٠	٨٠	٦٥	٥٥	-	-	-
٧٠	١١٠	١٠٥	٩٥	٨٥	٧٠	٥٥	-	-
٨٠	١٣٠	١٢٥	١١٥	١٠٠	٩٠	٨٠	٥٥	-
٩٠	١٤٥	١٤٠	١٣٥	١٢٠	١١٠	١٠٠	٧٥	٦٠
١٠٠	١٧٠	١٦٥	١٥٥	١٤٥	١٣٥	١٢٠	١٠٠	٨٥
١١٠	١٨٠	١٨٠	١٧٠	١٦٠	١٥٠	١٤٠	١٢٠	١٠٥
١٢٠	٢٠٠	١٩٥	١٨٥	١٧٥	١٧٠	١٥٥	١٤٠	١٢٠
١٣٠	٢١٥	٢١٠	٢٠٥	١٩٥	١٨٥	١٧٠	١٥٥	١٣٥

الجدول (١١–٢) الحد الأدنى لأطوال مسارات التسارع عند نهاية منحدرات الخروج بميول طولية منبسطة أقل من ٣,٠٪ (AASHTO, 2018).

طول مسار التسارع (م) حسب السرعة التصميمية لسمة التحكُّم على المنحدر (كم/ساعة)								
السرعة التصميمية للطريق V (كيلو متر / الساعة)	شروط التوقف	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠
٥٠	٦٠	٥٠	٣٠	-	-	-	-	-
٦٠	٩٥	٨٠	٦٥	٤٥	-	-	-	-
٧٠	١٥٠	١٣٠	١١٠	٩٠	٦٥	-	-	-
٨٠	٢٠٠	١٨٠	١٦٥	١٤٥	١١٥	٦٥	-	-
٩٠	٢٦٠	٢٤٥	٢٢٥	٢٠٥	١٧٥	١٢٥	٣٥	-
١٠٠	٣٤٥	٣٢٥	٣٠٥	٢٨٥	٢٥٥	٢٠٥	١١٠	٤٠
١١٠	٤٣٠	٤١٠	٣٩٠	٣٧٠	٣٤٠	٢٩٠	٢٠٠	١٢٥
١٢٠	٥٤٥	٥٣٠	٥١٥	٤٩٠	٤٦٠	٤١٠	٣٢٥	٢٤٥
١٣٠	٦١٠	٥٨٠	٥٥٠	٥٣٠	٥٢٠	٥٠٠	٣٧٥	٣٠٠

الجدول (١١–٣) عوامل ضبط مسار تغير السرعة كدالة في الميول الطولية – مسارات التباطؤ (AASHTO, 2018).

السرعة التصميمية للطريق V (كيلو متر / الساعة)	نسبة الطول بسبب الميل الطولي لسرعة تصميم منحنى انعطاف (كم/ساعة)			
	صعود		هبوط	
	٣,٠ إلى ٤,٠٪	٥,٠ إلى ٦,٠٪	٣,٠ إلى ٤,٠٪	٥,٠ إلى ٦,٠٪
جميع السرعات	٠,٩٠	٠,٨٠	١,٢٠	١,٣٥

الجدول (١١–٤) عوامل ضبط مسار تغير السرعة كدالة في الميول الطولية – مسارات التسارع (AASHTO, 2018).

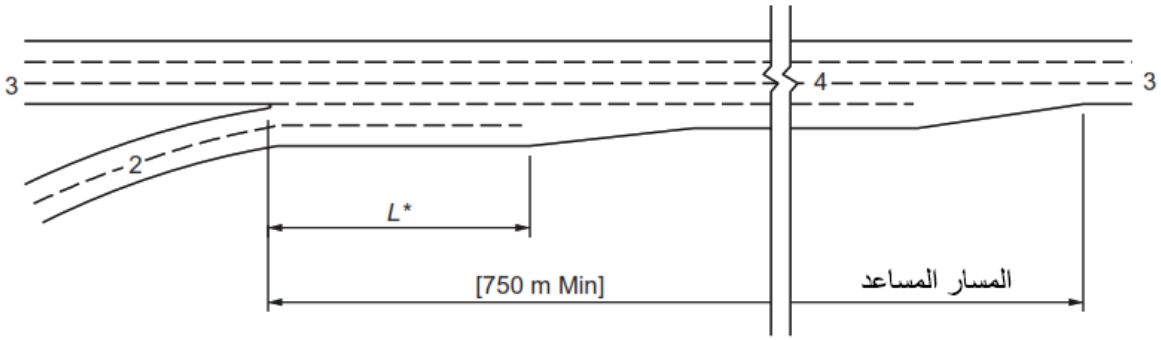
نسبة الطول بسبب الميل الطولي لسرعة تصميم منحنى انعطاف (كم/ساعة)						
السرعة التصميمية للطريق V (كيلو متر / الساعة)	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠	جميع السرعات
	صعود ٣,٠ إلى ٤,٠٪					هبوط ٣,٠ إلى ٤,٠٪
٥٠	١,٢	١,٣	-	-	-	٠,٧٠
٦٠	١,٣	١,٤	١,٤	-	-	٠,٧٠
٧٠	١,٣	١,٤	١,٤	١,٥	-	٠,٦٥
٨٠	١,٤	١,٥	١,٥	١,٥	١,٦	٠,٦٥
٩٠	١,٤	١,٥	١,٥	١,٥	١,٦	٠,٦٠
١٠٠	١,٥	١,٥	١,٧	١,٧	١,٨	٠,٦٠
١١٠	١,٥	١,٦	١,٧	١,٧	١,٨	٠,٦٠
١٢٠	١,٥	١,٦	١,٧	١,٧	١,٨	٠,٦٠
١٣٠	١,٦	١,٧	١,٨	١,٨	١,٨	٠,٦٠
السرعة التصميمية للطريق V (كيلو متر / الساعة)	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠	جميع السرعات
	صعود ٥,٠ إلى ٦,٠٪					هبوط ٥,٠ إلى ٦,٠٪
٥٠	١,٤	-	-	-	-	٠,٦٠
٦٠	١,٥	١,٥	-	-	-	٠,٦٠
٧٠	١,٥	١,٦	١,٧	-	-	٠,٦٠
٨٠	١,٥	١,٧	١,٩	١,٨	-	٠,٥٥
٩٠	١,٦	١,٨	٢,٠	٢,١	٢,٢	٠,٥٥
١٠٠	١,٧	١,٩	٢,٢	٢,٤	٢,٥	٠,٥٠
١١٠	٢,٠	٢,٢	٢,٦	٢,٨	٣,٠	٠,٥٠

١٢٠	٢,١٥	٢,٣٥	٢,٨	٣,٢	٣,٥	٠,٥٠
١٣٠	٢,٣	٢,٥	٣,٠	٣,٢	٣,٥	٠,٥٠

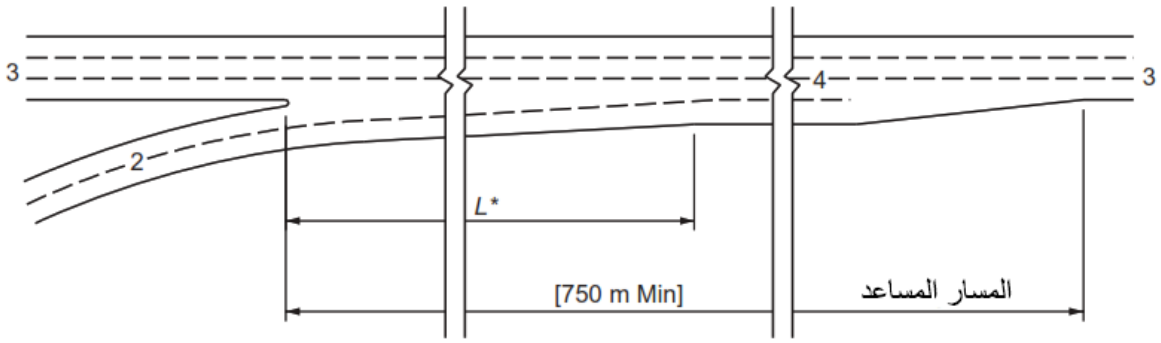
١١-٥-٢ المسارات المتعددة الاضافية:

بالنسبة للمسارات المتعددة الاضافية، ويجب ألا يقل طول التباطؤ عن ٧٥٠ مترًا، بما في ذلك الحد الأدنى لطول الاستدقاق المنفصل لكل مسار يساوي ٩٠ مترًا، بينما يجب أن تقتصر المسافة بين مستدقين متتاليين على ٤٥٠ مترًا. (انظر الشكل (١١-٢١)). يجب أن يكون للقسم المستدق ميل بين ١٥:١ حتى ٢٥:١.

من ناحية أخرى، يجب ألا يقل طول التسارع كذلك عن ٧٥٠ مترًا، بما في ذلك الحد الأدنى لطول الاستدقاق المنفصل لكل مسار يساوي ٩٠ مترًا (انظر الشكل (١١-٢٠)).



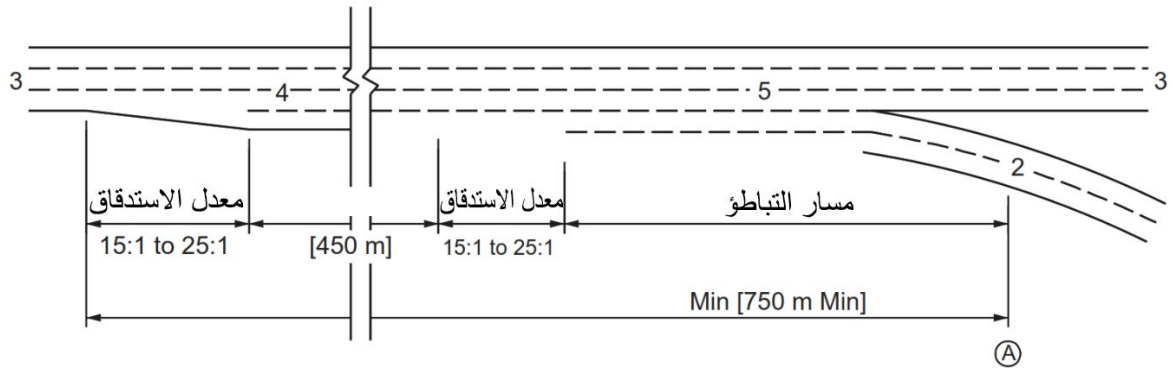
تصميم متوازي (مفضل)



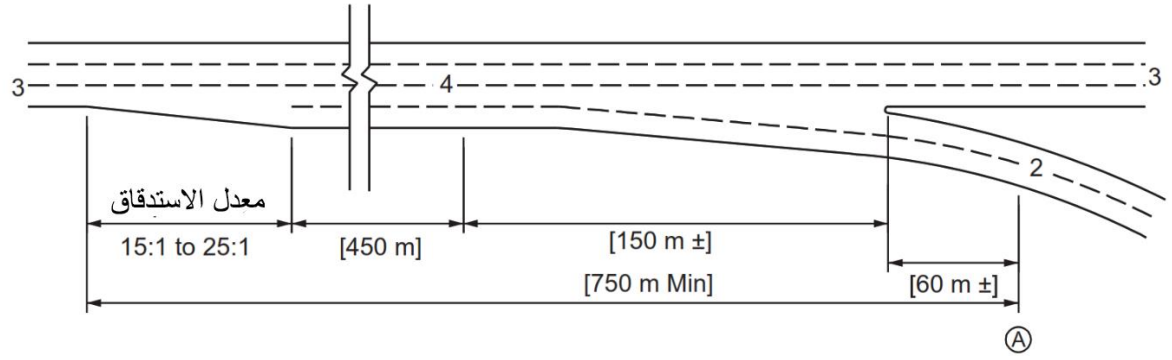
تصميم مدبب

حيث L* هو طول قبول الفجوة التي ينبغي أن يكون الحد الأدنى من ٩٠ إلى ١٥٠ متر، في حين أن القيم المقترحة أعلى وتصل إلى ٦٠٠ متر لظروف الحجم الكبير.

الشكل (١١–٢٠) المسارات المتعددة الاضافية بعد المدخل (AASHTO, 2018).



تصميم متوازي (مفضل)

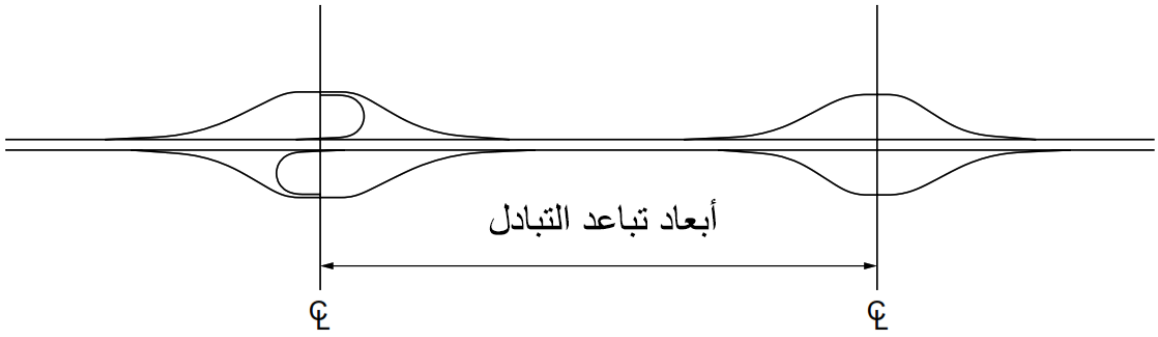


تصميم مدبب

الشكل (١١–٢١) المسارات المتعددة الاضافية قبل المخرج (AASHTO, 2018).

١١-٥-٣ مسافة التباعد بين المحوّلات:

يوصى بأن تكون المسافة بين المحوّلات المتتابعة أكثر من ٥,٠ كم في المناطق الريفية للطرق السريعة و٣,٠ كم الطرق شبه السريعة. في المناطق الحضرية، يمكن أن تقتصر هذه المسافة على ١,٥ كم أو أقل اعتمادًا على متطلبات الارتباط ببقية شبكة الطرق الحضرية ومتطلبات المرور.



الشكل (١١–٢٢) تباعد المحوّلات (AASHTO, 2018).

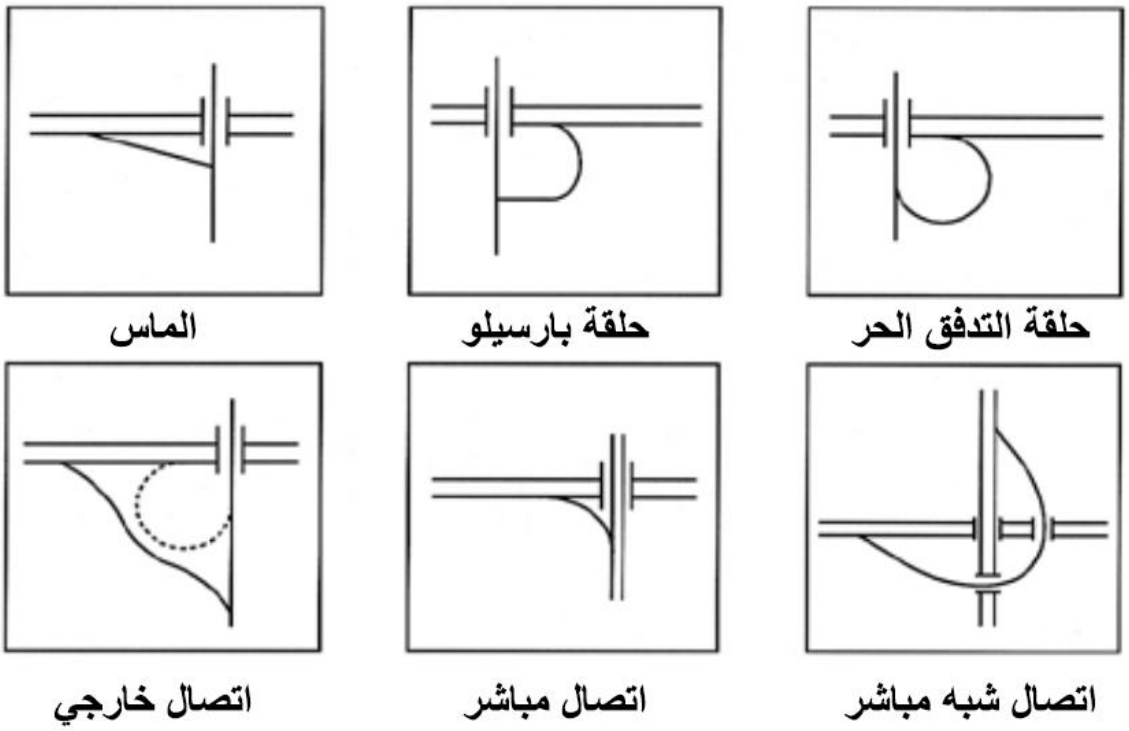
١١-٦ تصميم المنحدر (منحدر الدخول والخروج) :

١١-٦-١ عام:

تُضمّن الإرشادات المتعلقة بمواقع نهاية المنحدر وتباعده بينها، في الجزء الفرعي (٤-٥-٤) من المجلد الحالي. كما تُضمّن ميزات التصميم الهندسي المتعلقة بالتقاطعات السطحية عند نهاية المنحدر، في الباب (١٠)، وتُضمّن إرشادات أكثر تحديدًا بشأن مجموعات المنحدرات الموجودة في تتابع قريب، في الجزء الفرعي (١١-٦-٣). تُضمّن الجوانب الأخرى المتعلقة بالمنحدرات مثل سعة المنحدرات ومستوى الخدمة في مجلد كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط)، وتُضمّن قضايا الصرف في مجلد مجلد كود الطرق السعودي ٣٠٢ (الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي).

١١-٦-٢ تكوينات المنحدر النموذجية:

توفّر تكوينات المنحدر النموذجية في الشكل (١١-٢٣).



الشكل (١١–٢٣) تكوينات المنحدر النموذجية (FHWA, 1997).

١١-٦-٣ المسافة بين نهايات المنحدر المتعاقبة:

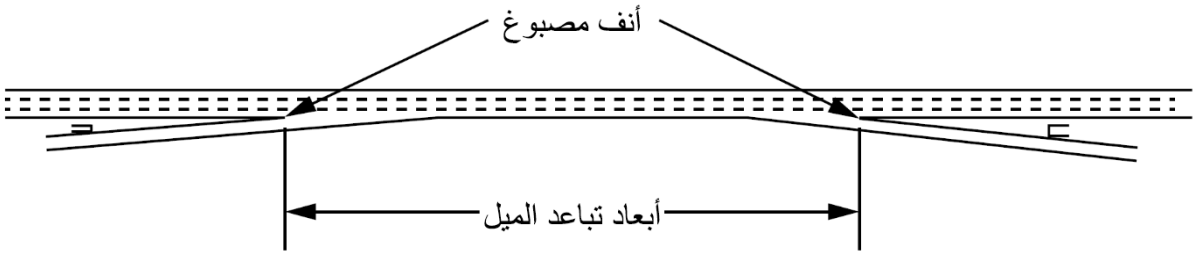
في العديد من الحالات وخاصة على الحضرية الطرق السريعة / شبه السريعة، غالباً ما تقع نهايتين أو أكثر من نهايات المنحدر في تتابع قريب. في هذه الحالات، ينبغي توفير مسافة معقولة بين نهايات المنحدر المتعاقبة لتوفير طول التناسج الكافي. يعتمد التباعد بين نهايات المنحدر الخارجية المتعاقبة على تصنيف التقاطعات المعنية، ووظيفة أزواج المنحدرات (الدخول أو الخروج)، وإمكانات التناسج.

مجموعات زوج المنحدر الممكنة هي خمسة:

- مدخل يتبعه مدخل (EN-EN)،
- مخرج يتبعه مخرج (EX-EX)،
- مخرج يتبعه مدخل (EX-EN)،
- مدخل يتبعه مخرج (EN-EX) (تناسج)، وكذلك
- طرق الانعطاف.

الحد الأدنى الموصى به لتباعد نهايات المنحدر لمختلف مجموعات المنحدرات المطبقة على تصنيفات المحوّل موضح في الجدول (١١-٥). وتستند قيم تباعد نهايات المنحدر الأدنى الموصى بها إلى الخبرة التشغيلية والحاجة إلى المرونة والتوقيع المناسب وتمثل نقطة بداية معقولة أثناء التخطيط والتصميم المبكر. يجب التحقق من هذه القيم وفقًا للإجراء الموضح في في مجلد كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط).

الطول L المبين في الجدول (١١-٥)، يقاس بين المناطق المدهونة كما هو مبيّن في الشكل (١١-٢٤) مع تعريف بعد تباعد المنحدر.

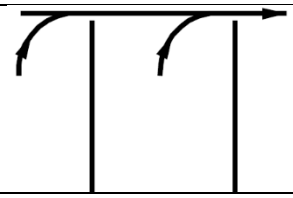
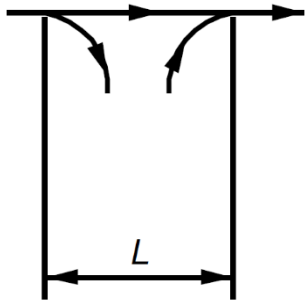
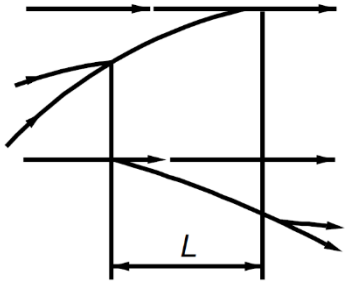
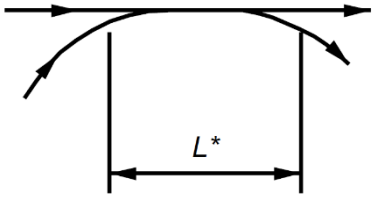


الشكل (١١–٢٤) أبعاد تباعد المنحدر (**AASHTO, 2018**).

قد تكون احتياجات تباعد نهايات المنحدر أكبر بالنسبة للظروف التي تتضمن منحدرات متعددة المسارات مثل وصلات الطريق إلى الطريق السريع. تم توفير مسافات تباعد المنحدرات والجدوى الهندسية المحتملة لأبعاد تباعد المنحدرات المحددة لمحوّلات بنوع الخدمة البسيطة لكل مجموعة من مجموعات أزواج المنحدرات الموضحة في الجدول (١١-٥).

الجدول (١١–٥) الحد الأدنى الموصى به من لتباعد نهايات المنحدر (AASHTO, 2018).

الحد الأدنى للأطوال المقاسة بين نهايات المنحدر المتعاقبة (م)		
المحطات المنحدرة المتعاقبة	**نوع المنحدر**	**الحد الأدنى للطول**
	طريق سريع كامل	٣٠٠

	CDR		٢٤٠
	طريق سريع كامل		١٥٠
	CDR		١٢٠
	محوّل نظام		٢٤٠
	محوّل خدمة		١٨٠
 * لا ينطبق على ميول حلقات المفارق بتصميم ورقة البرسيم	محوّل نظام لخدمة	طريق سريع كامل	٦٠٠
		CDR	٤٨٠
	محوّل خدمة للنظام	طريق سريع كامل	٤٨٠
		CDR	٣٠٠
ملاحظات: EN – مدخل، CDR – طريق تجميعي-توزيعي ، EX - مخرج			

١١-٦-٤ السرعة التصميمية:

ومن المرغوب فيه أن تقارب سرعات تصميم المنحدرات سرعة التشغيل المنخفضة الحجم على الطرق المتقاطعة. يمكن اختيار سرعات تصميم أقل، ولكنها تقتصر على القيم المنخفضة الواردة في الجدول (١١-٦).

الجدول (١١–٦) قيم استرشادية لسرعة تصميم المنحدر حسب سرعة تصميم الطريق (AASHTO, 2018).

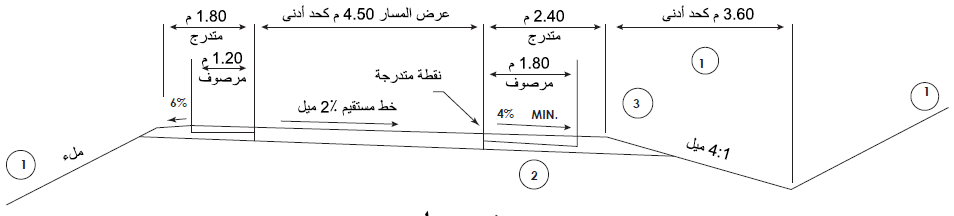
السرعة التصميمية للطريق V (كيلو متر / الساعة)	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠	٩٠	١٠٠	١١٠	١٢٠	١٣٠
السرعة التصميمية للمنحدر (كيلو متر/الساعة)									
علوي (٨٥٪)	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠	٩٠	١٠٠	١١٠	١٢٠

السرعة التصميمية للطريق V (كيلو متر / الساعة)	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠	٩٠	١٠٠	١١٠	١٢٠	١٣٠
السرعة التصميمية للمنحدر (كيلو متر/الساعة)									
أوسط (٧٠٪)	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٦٠	٧٠	٨٠	٩٠	١٠٠
منخفض (٥٠٪)	٢٠	٣٠	٤٠	٤٠	٥٠	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠

١١-٦-٥ القطاع العرضي النموذجي للمنحدر:

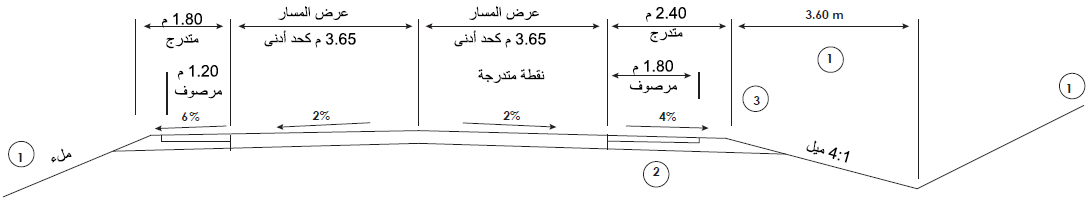
توفّر قطاعات عرضية نموذجية لتصميم المنحدر في الشكل (١١-٢٥). ويمكن استخدام منحدر أحادي المسار عندما يكون حجم الذروة في الساعة (PHV) أقل من ١٣٥٠ مركبة/ساعة ويكون طول المنحدر أقل من ٥٠٠ متر. بالنسبة لأطوال المنحدرات التي تزيد عن ٥٠٠ متر، ينبغي النظر في المنحدرات ذات المسارين ذات الاتجاه الواحد، بينما بالنسبة لحجم الذروة في الساعة (PHV) التي تزيد عن ١٣٥٠ مركبة/ساعة، يجب دراسة المنحدرات ذات المسارين، بغض النظر عن طول المنحدر.

ميول مسار واحد



جزء عادي

ميول مسارين



جزء عادي

1- يجب أن تحكم خطط الدرجات الكنتورية الميول والأبعاد خارج نقطة الكتف.
2- يجب رصف الكتف القابل للاستخدام داخل التبادل.
3- الرجوع إلى كود الطرق السعودي 304 للحصول على تفاصيل وضع الدرابزين.

الشكل (١١–٢٥) القطاعات العرضية النموذجية للمنحدرات (Commonwealth of Kentucky, 2017).

١١-٦-٦ المحاذاة الأفقية:

الحد الأدنى لنصف قطر القوس الدائري المطبق على تصميم منحدرات المحوّلات، وكذلك عامل الاحتكاك الجانبي، مدرج في الجدول (١١-٧) للتعلية الجانبية المطبق من ٤,٠٪ إلى ١٢,٠٪، ونطاق السرعة التصميمية من ٢٠ كم/ ساعة إلى ١٢٠ كم/ ساعة.

الجدول (١١–٧) عامل الاحتكاك الجانبي والحد الأدنى لطول ونصف قطر المنحنى الدائري الأفقي حسب السرعة التصميمية لمنحدرات المحوّل.

السرعة التصميمية (كم/س)	عامل الاحتكاك الجانبي	الطول الأدنى للمنحنى الدائري (م)	نصف قطر المنحنى الدائري الأدنى (م)				
			معدل التعلية الجانبية الأقصى (٪)				
			٤,٠٠٪	٦,٠٠٪	٨,٠٠٪	١٠,٠٠٪	١٢,٠٠٪
٢٠	٠,٣٥	١٥	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠
٣٠	٠,٢٨	٢٠	٢٥	٢٥	٢٠	٢٠	٢٠
٤٠	٠,٢٣	٢٥	٥٠	٤٥	٤٥	٤٠	٤٠
٥٠	٠,١٩	٣٠	٩٠	٨٠	٧٥	٧٠	٦٥
٦٠	٠,١٧	٣٥	١٣٥	١٢٥	١١٥	١٠٥	١٠٠
٧٠	٠,١٥	٤٠	٢٠٥	١٨٥	١٧٠	١٥٥	١٤٥
٨٠	٠,١٤	٤٥	٢٨٠	٢٥٥	٢٣٠	٢١٠	١٩٥
٩٠	٠,١٣	٥٠	٣٨٠	٣٤٠	٣٠٥	٢٨٠	٢٦٠
١٠٠	٠,١٢	٦٠	٤٩٥	٤٤٠	٣٩٥	٣٦٠	٣٣٠
١١٠	٠,١١	٦٥	٦٤٠	٥٦٥	٥٠٥	٤٥٥	٤١٥
١٢٠	٠,١	٧٠	٨١٠	٧١٠	٦٣٠	٥٧٠	٥٢٠

ينبغي توفير منحنى انتقالي بين الاجزاء المُستقيمة والمنحنيات الدائرية، وبين المنحنيات الدائرية المتتالية إما في نفس الاتجاه (منحنيات مركبة) أو في اتجاهين متعاكسين (منحنيات عكسية). تُعرَّف المنحنيات الانتقالية رياضيًا على أنها منحنيات حلزونية (انظر الملحق أ-٢). تُلخّص قيم الحدود الدنيا/القصوى والمُوصى بها لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأطوالها وحدود تطبيقها على المنحنيات الأفقية في كل من الجدول (١١-٨) والجدول (١١-٩)، على التوالي. وينبغي استخدام المنحنيات الانتقالية في حالة المنحنيات الأفقية ذات أنصاف أقطار تساوي أو تقل عن الحدود القصوى لأنصاف الأقطار الموضحة في الجدول نفسه (قيم الحدود الدنيا والمُوصى بها، على الترتيب).

الجدول (١١–٨) الحدود الدنيا والقصوى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية لمنحدرات المحوّل.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	طول المنحنى الانتقالي الأدنى (م)	نصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي الأقصى (م)
٢٠	١٥	١١	٢٤
٣٠	٢٠	١٧	٥٣

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	طول المنحنى الانتقالي الأدنى (م)	نصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي الأقصى (م)
٤٠	٣٠	٢٢	٩٥
٥٠	٤٥	٢٨	١٤٨
٦٠	٦٠	٣٣	٢١٣
٧٠	٨٠	٣٩	٢٩٠
٨٠	١٠٠	٤٤	٣٧٩
٩٠	١٢٠	٥٠	٤٧٩
١٠٠	١٤٥	٥٦	٥٩٢
١١٠	١٧٠	٦١	٧١٦
١٢٠	٢٠٠	٦٧	٨٥٢

الجدول (١١–٩) القيم المُوصى لمعلّمات المنحنيات الانتقالية وأنصاف الأقطار لتطبيق المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية لمنحدرات المحوّل.

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة المُوصى بها لمعلّم المنحنى الانتقالي "A" (م)	طول المنحنى الانتقالي المُوصى به (م)	الحد المُوصى به لنصف القطر لتطبيق المنحنى الانتقالي (م)
٢٠	١٥	١٥	١٠٠
٣٠	٢٥	٢٥	٢٥٠
٤٠	٤٠	٤٠	٤٠٠
٥٠	٦٥	٦٠	٥٠٠
٦٠	٩٠	٧٠	٨٠٠
٧٠	١١٥	٨٠	١,٠٠٠
٨٠	١٤٠	٩٠	١,٧٠٠
٩٠	١٧٠	١٠٠	١,٩٠٠
١٠٠	٢٠٥	١١٥	٢,١٠٠
١١٠	٢٤٠	١٢٥	٢,٣٠٠
١٢٠	٢٨٠	١٣٥	٢,٦٠٠

١١-٦-٧ الميول الطولية:

ينبغي أن تكون الميول الطولية منخفضة قدر الإمكان. توضّح الميول الطولية المرغوبة والحد الأقصى المسموح به حسب سرعة تصميم المنحدر في الجدول (١١-١٠).

الجدول (١١–١٠) الميول المُوصى بها حسب السرعة التصميمية لمنحدرات المحوّل.

السرعة التصميمية (كم/س)	الميل (G) المرغوب فيه (٪)	الميل (G) الأقصى المسموح به (٪)
٢٠ ـ ٣٠	٦,٠	٨,٠
٤٠ ـ ٥٠	٥,٠	٧,٠
٦٠	٤,٠	٦,٠
٧٠ أو أعلى	٣,٠	٥,٠

١١-٦-٨ المنحنيات الرأسية:

تتشابه القيم المحدودة لتصميم المنحدر مع تلك المتوفرة لأجزاء الطرق. تعرض القيم الدنيا للمعلمة (K) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية وكذلك القيم الدنيا لطول المنحنى الرأسي لمنحدرات المحوّل في الجدول (١١-١١).

الجدول (١١–١١) القيم المُوصى بها للمعلمة (**K**) لمنحنيات القمة والقاع الرأسية حسب السرعة التصميمية لمنحدرات المحوّل.

السرعة التصميمية (كم/ساعة)	القيمة الدنيا للمعلمة K لمنحنى قمة رأسي (م /٪)	القيمة الدنيا للمعلمة K لمنحنى قاع رأسي (م /٪)	طول المنحنى الرأسي الأدنى (م)
٢٠	١	٢	١٢
٣٠	٢	٥	١٨
٤٠	٤	٨	٢٤
٥٠	٦	١٢	٣٠
٦٠	١١	١٧	٣٦
٧٠	١٧	٢٣	٤٢
٨٠	٢٦	٢٩	٤٨
٩٠	٣٩	٣٨	٥٤
١٠٠	٥٢	٤٥	٦٠
١١٠	٧٤	٥٤	٦٦
١٢٠	٩٥	٦٣	٧٢

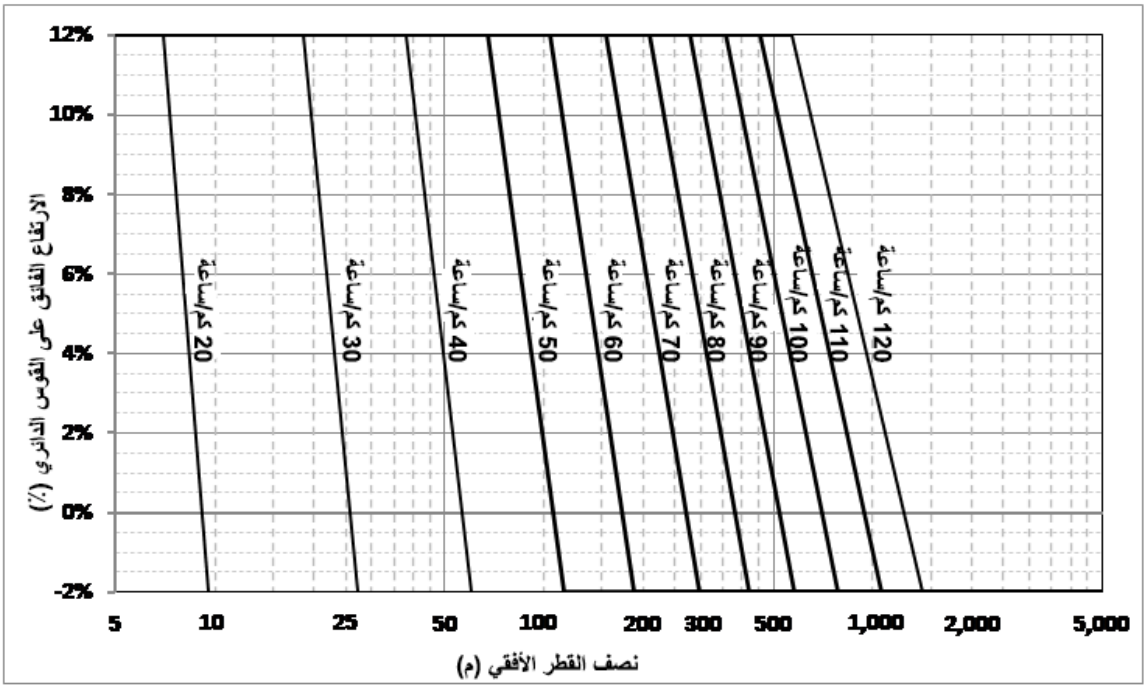
١١-٦-٩ التعلية الجانبية:

الأجزاء المستقيمة

على الأجزاء المستقيمة، عادة ما يُصمم رصف كل مسار مع ميل عرضي إلى جانب واحد، مع قيمة دنيا تساوي ٢,٠ أو يفضل ٢,٥٪ (التاج العادي).

الأقواس **الدائرية:**

في المنحنيات الدائرية، لأسباب تتعلق بديناميكية المركبة ولتحديدها بشكل أفضل، يتم تطبيق معدل التعلية الجانبية باتجاه داخل القوس الدائري. الحد الأقصى لمعدل التعلية الجانبية المطبق على منحدرات المحوّل هو ١٢,٠٪، بينما يقتصر الحد الأدنى لمنحدر التعلية الجانبية على ٢,٠٪. يوضح الشكل (١١-٢٦) معدلات التعلية الجانبية المطلوبة حسب نصف قطر المنحنى الدائري لمنحدرات المحوّل لجميع السرعات التصميمية. يوصى بتقريب القيم المأخوذة من الشكل (١١-٢٦) إلى أقرب ٠,٥٪.



الشكل (١١–٢٦) التعلية الجانبية على المنحنى الدائري حسب نصف قطر المنحنى الأفقي للمنحنى على منحدرات المحوّل (الحد الأقصى e = 12.0%).

بالنسبة للحالات التي يكون فيها نصف قطر المنحنى الدائري أعلى من القيم الواردة في الجدول (١١-١٢)، يمكن تطبيق ميل عرضي عكسي يساوي - ٢,٠٪ أو -٢,٥٪ (باتجاه الحافة الخارجية للقوس الدائري كما هو موضح في الشكل (٤-١٣))، إذا كان من الممكن تجنب منطقة ذات صرف ضعيف باستخدام هذا الحل.

الجدول (١١–١٢) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار الأفقية لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية.

السرعة التصميمية (كم/ساعة)	الحد الأدنى لنصف قطر المنحنى الدائري لتنفيذ التعلية الجانبية العكسية (م)	
	e = - ٢,٠٠٪	e = - ٢,٥٠٪
٢٠	أكبر من ١٠	أكبر من ١٠
٣٠	أكبر من ٣٠	أكبر من ٣٠
٤٠	أكبر من ٦٠	أكبر من ٦٥
٥٠	أكبر من ١٢٠	أكبر من ١٢٠
٦٠	أكبر من ١٩٠	أكبر من ٢٠٠

السرعة التصميمية (كم/ساعة)	الحد الأدنى لنصف قطر المنحنى الدائري لتنفيذ التعلية الجانبية العكسية (م)	
	e = - ٢,٠٠٪	e = - ٢,٥٠٪
٧٠	أكبر من ٣٠٠	أكبر من ٣١٠
٨٠	أكبر من ٤٢٠	أكبر من ٤٤٠
٩٠	أكبر من ٥٨٠	أكبر من ٦١٠
١٠٠	أكبر من ٧٩٠	أكبر من ٨٣٠
١١٠	أكبر من ١,٠٦٠	أكبر من ١,١٢٥
١٢٠	أكبر من ١,٤٢٠	أكبر من ١,٥١٥

لمنع انزلاق المركبات، يقتصر الحد الأقصى للانحدار المركب (تكوين الميل الطولي والتعلية الجانبية) على حد أقصى يبلغ ١٢,٠٪. لحساب الحد الأدنى لطول منحدر التعلية الجانبية، توفّر الصيغة ذات الصلة والمعلمات الأساسية في القسم الفرعي (٤-٦-٦-٢).

تُصمّم الأكتاف المُعبّدة بنفس معدل التعلية الجانبية مثل إحدى مناطق التنقل، بينما تُصمّم الأكتاف غير المُعبّدة بتعلية جانبية تساوي ١٢,٠٪ في المنطقة الداخلية للمنحنى عندما يتم تصريف الرصف من خلال الكتف غير المُعبّد، وبخلاف ذلك تطبّق تعلية جانبية بمعدل ٦,٠٪. لاستعادة المركبة لتوازنها بشكل آمن في حالة الخروج عن الطريق، يعتبر الكتف غير المُعبّد جزءً من المنطقة الخالية مع تطبيق ميل منبسط يزيد عن ١:٦ (أفقي: رأسي) (يعادل ١٧٪) مناسبًا بشكل طبيعي.

١١-٧ سمات تصميم المحوّل الأخرى:

١١-٧-١ مرافق المشاة وراكبي الدراجات:

ينبغي النظر في التجهيزات الخاصة بالمشاة والدراجات بالمحوّلات في وقت مبكر في تطوير تكوينات المحوّل. يمكن أن يؤدي استخدام الأراضي ذات الكثافة السكانية العالية بالقرب من التقاطع إلى حدوث تحركات كثيفة للمشاة، مما يؤدي إلى حدوث تعارض بين المركبات والمشاة.

يمكن تعزيز حركة المشاة والدراجات عبر التقاطعات من خلال توفير أرصفة أو مسارات منفصلة عن حركة مرور المركبات. عند توفير الأرصفة أو المسارات، يجب وضعها بعيدًا عن الطريق قدر الإمكان وأن تكون واسعة بما يكفي لاستيعاب الأعداد المتوقعة من المشاة أو الدراجات. لتحقيق أقصى قدر من الاستخدام، يجب أن يُوفّر الرصيف أو المسار الأكثر مباشرة للمشاة بالمحوّل مع الحد الأدنى من التغيير في المحاذاة الرأسية.

حيثما يعبر مستخدمو المركبات غير الآلية منحدر المحوّل، ينبغي توفير مسافة رؤية كافية حتى يتمكن السائقون من اكتشاف وجود المشاة وراكبي الدراجات، ويتمكّن المستخدمون كذلك من ملاحظة الفجوات في التدفق المروري. لتوفير رؤية أفضل في الليل، ينبغي أن تتمتع معابر ورصيف/مسار بالمنحدر، بإضاءة علوية. عندما تكون هناك أعداد كبيرة من المشاة وراكبي الدراجات الهوائية مع عدم وجود فجوات كافية في التدفق المروري للسماح للمستخدمين بعبور المنحدر، ينبغي النظر في تطبيق إشارات المرور ذات التحكّم الحثّي actuated، أو الممر العلوي/السفلي. يتم توفير المعلومات حول هذه القضية في كود الطرق السعودي ٢٠٢ (عملية التخطيط).

١١-٧-٢ المسارات المُدارة ومرافق النقل العام:

وينبغي النظر في استيعاب المسارات المدارة ومرافق النقل العام ووسائل النقل متعددة عند وضع أو تعديل تكوينات المحوّل. ينبغي معالجة الأنواع والترتيبات المختلفة للمسارات المدارة ومرافق النقل العام وتنسيقها مع التقاطعات. تشمل بعض اعتبارات التصميم العامة للمسارات المُدارة ومرافق النقل العام ما يلي:

- معالجات المسار.
- عرض المسار والكتف الجزيرة الوسطية.
- موقع وأنواع المداخل والمخارج.
- مرافق النقل.

١١-٧-٣ تطوير التسوية السطحيّة:

يتم تحديد التسوية grading عند التقاطع من خلال الاحتياجات الأفقية والرأسية والقطاعات العرضية وصرف المياه للطرق والميول العرضية. لا ينبغي التعامل مع كل طريق أو منحدر كوحدة منفصلة وتسويته وفقاً لقطاع عرضي محدد بغض النظر عن علاقته بالطرق المجاورة والتضاريس المحيطة. وبدلاً من ذلك، ينبغي تصميم منطقة الإنشاء بأكملها كوحدة واحدة لتقليل تكاليف الإنشاء والصيانة، وزيادة الرؤية، وتعزيز مظهر المنطقة. في بعض الأجزاء، كما هو الحال في القطاعات الضيقة بين الطرق المتقاربة، قد تؤثر المنحدرات وعناصر التحكم في التسوية على وتصميم محاذاة الطريق الأفقية والرأسية. تُضمّن الإرشادات ذات الصلة بقضايا الصرف في كود الطرق السعودي ٣٠٢ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي).

١٢-إعادة التأهيل وإعادة الإنشاء وممرات نقل المرور:

١٢-١ معايير تصميم إعادة تأهيل الطرق غير السريعة (R٣) :

١٢-١-١ الغرض:

لا تنطبق المبادئ التوجيهية الواردة في هذا الجزء الفرعي للتطبيق إلا على مشاريع إعادة التأهيل (3R)، أي: المشاريع التي يقتصر نطاقها على إعادة إنشاء طبقات سطح الطرق، أو الترميم، أو إعادة التأهيل (بما في ذلك التحسينات المحددة فيما سيرد ذكره). لا تنطبق المبادئ التوجيهية الواردة في هذا الجزء على مشاريع إنشاء طرق جديدة أو مشاريع إعادة إنشاء طرق قائمة.

تشمل مشاريع إعادة التأهيل (3R) جميع فئات الطرق ما عدا الطرق السريعة/شبه السريعة، والتي تهدف لإطالة عمر الخدمة وتعزيز مستوى السلامة على الطرق. يمكن أن يشتمل نطاق مشاريع إعادة التأهيل (3R) على الاعمال التالية:

- إعادة إنشاء الطبقة السطحية للطريق وإصلاح الطريق.
- ترقية عناصر التصميم الهندسي للطريق.
- تحسين مستوى السلامة الحالي على الطرق.

لا تشمل مشاريع إعادة التأهيل (3R) إضافة مسارات مرور مستمرة التي تؤدي إلى زيادة السعة المرورية للطريق، ولكن قد تشمل، على سبيل المثال لا الحصر، الأعمال التالية:

- ترقية السمات الهندسية (الجيومترية)، مثل: توسيع الطريق عند المنحنيات الأفقية.
- أعمال إعادة تحديد المحاذاة الأفقية للطريق الثانوية.
- تحسينات الجسور لتلبية المواصفات الحالية للمتطلبات الإنشائية.

طور هذا الباب لإتاحة مزيد من المرونة في تصميم مشاريع إعادة التأهيل (3R)، مع ضمان فعالية التصميم من حيث التكلفة ومزيد من الامتثال لمواصفات التصميم المُحدّثة وتعزيز السلامة.

١٢-١-٢ خصائص التصميم:

قد تتضمن مشاريع إعادة التأهيل (3R) العديد من الخصائص التصميمية المختلفة بما في ذلك، على سبيل المثال لا الحصر:

- إعادة تأهيل الرصف أو إعادة إنشاء طبقة سطح الطريق.
- تحسين عناصر التصميم الهندسي للطريق.
- تحسين عناصر القطاع العرضي النموذجي (أي: عروض المسارات، وعرض الكتف، وما إلى ذلك).
- وضع حواجز للسلامة على الطريق.
- تحسين عناصر خارج القطاع العرضي النموذجي (أي: وضع سياج، التغيير على ميول الحفر أو جسر الطريق، استعمال الجدران، وما إلى ذلك).
- تحسين السلامة على الطريق.

تصميم الرصف

يشمل إعادة تأهيل الرصف جميع الأعمال المتعلقة بتصميم الرصف التي تُجرى لإطالة عمر الخدمة لطريق قائم. قد يشمل ذلك، على سبيل المثال لا الحصر، الأعمال التالية:

- إنشاء طبقة أسفلتيه إضافية أو أي أعمال أخرى ضرورية لتحقيق الكفاية الإنشائية و/أو الوظيفية للرصف.
- إعادة إنشاء طبقة سطح الطريق لتحسين القدرة الإنشائية وتحسين قابلية الخدمة.
- إعادة إنشاء أو تعزيز طبقات الأساس وما تحت الأساس.
- إنشاء نظام صرف تحت الأرض.

ضُمن مزيد من الإرشادات المتعلقة بإعادة تأهيل الرصف في كود الطرق السعودي ٣٠٨ (تصميم الرصف).

التصميم الهندسي للطريق

عندما تتوافق سمات الطريق القائم مع قيم التصميم الواردة في الأبواب ذات الصلة من المجلد الحالي، قد يختار المصمم الاحتفاظ بعناصر التصميم القائمة. كما يمكن الإبقاء على انحراف طفيف لا يتجاوز ١٠ بالمائة عن القيم المحددة، وذلك تفادياً لتسبب أي تغيير

في المحاذاة الأفقية أو الرأسية للطريق القائم في حدوث ازدياد كبير في تكلفة الإنشاء، بسبب الارتفاع الإضافي للجدران أو الهياكل الجديدة أو الأعمال الترابية العالية المطلوبة. ومع ذلك، عندما لا تفي سمات الطريق القائم بهذه القيم، يجب على المصمم الترقية إلى القيم المحددة المنصوص عليها في الأبواب ذات الصلة فيما يتعلق بتصنيف الطريق الوظيفي. ينبغي على المصمم اختيار قيم أعلى لتكون متسقة مع أجزاء الطرق المجاورة أو لتوفير تحسينات تشغيلية في مواقع محددة.

قد يكون هنالك تغييرات ثانوية أو معدومة على المحاذاة الأفقية والرأسية لمشروع إعادة التأهيل (3R). ومع ذلك، في حالة ازدياد تكرار الحوادث أو شدتها حسب سجل الحوادث للطريق في مواقع محددة، ينبغي النظر في إدخال تحسينات ثانوية على المنحنيات الأفقية (زيادة طفيفة لأنصاف الأقطار أو معدل التعلية الجانبية) أو غيرها من التحسينات في العناصر الهندسية (الجيومترية). لا تعد هذه الأنواع من التحسينات المعزولة والمتفرقة على محاذاة الطريق القائم تغييرات جوهرية، وبالتالي يمكن تضمينها للنظر فيها ضمن مشاريع إعادة التأهيل (3R). تعد التغييرات الجوهرية، مثل تحسينات المحاذاة الأفقية و/أو الرأسية، من القضايا التي يجب النظر فيها ضمن مشاريع إعادة الإنشاء (4R) الواردة في الباب التالي.

بالنسبة للطرق التي لا تستوفي الحد الأدنى من مواصفات التصميم الهندسي (الجيومتري) (الجيومتري)، ينبغي إجراء تقييم لفحص مواقع الحوادث ذات التكرار العالي (ومواقع الحوادث المحتملة) لتحديد ما إذا كان يمكن إجراء تعديل فعال من حيث التكلفة على محاذاة الطريق. يتوفر مزيد من الإرشادات فيما يتعلق بتقييم السلامة على الطرق وفحص مواقع الحوادث في كود الطرق السعودي ٦٠٣ (سلامة الطرق).

توسيع المسار:

يجب النظر في زيادة عروض المسارات إلى ٣,٦٥ م ضمن مشاريع إعادة التأهيل (3R) في حال ازدياد متوسط المرور السنوي اليومي مع وجود نسبة عالية من المركبات الثقيلة (الشاحنات). يمكن العثور على الإرشادات المتعلقة بمتوسط المرور السنوي اليومي في كود الطرق السعودي ٢٠١ (عملية التخطيط) وكود الطرق السعودي ٦٠١ (هندسة المرور).

١٢-١-٣ تحسينات السلامة:

يجب تحديد تحسينات السلامة المناسبة وإدراجها ضمن مشاريع إعادة التأهيل (3R). يعد سجل الحوادث وأحجام المرور من العوامل المهمة التي يجب مراعاتها عند تقييم فعالية-التكلفة لتحسينات السلامة المحتملة. يمكن أن تقلل تحسينات السلامة منخفضة التكلفة من تكرار الحوادث و/أو شدتها على كافة فئات الطرق. يتوفر مزيد من الإرشادات فيما يتعلق بتحسينات السلامة على الطرق في كود الطرق السعودي ٦٠٣ (سلامة الطرق).

١٢-١-٤ الجسور والعبَّارات:

في الحالات التي لا يوجد فيها عرض جسر كافٍ، أو وجود بلاطة سطح متهالكة، أو وجود هيكل إنشائي قدرته على تحمل الأحمال غير آمنة، قد يكون هناك حاجة إلى اعمال إنشائية إضافية. إذا كان التحسين الإنشائي ضروريًا، فقد يكون من المناسب النظر في عرض أكبر للجسر إذا كانت التقديرات المرورية المستقبلية تشير الحاجة إلى إجراء تحسين إضافي على الطريق في المستقبل.

وفي حال ما إذا كان ينبغي إدخال تحسينات على العبّارات لاستعادة نظام صرف سليم، ينبغي إجراء تحسينات ذات صلة في العناصر الهندسية (الجيومترية) للطريق (أي: زيادة عرض الطريق أو عرض الكتف، وزيادة القطاع الطولي للطريق، وما إلى ذلك) تبعًا للمتطلبات الهيدروليكية وفقًا لكود الطرق السعودي ٣٠٢ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي).

١٢-١-٥ الطرق الريفية ثلاثية المسارات:

الطريق الريفي المكون من ثلاث مسارات هو طريق ريفي بمسارين واتجاهين (طريق مفرد) يُضاف فيه أحيانًا مسار ثالث للتجاوز للسماح بتجاوز المركبات الأبطأ وتشتيت رتل المركبات التي تسير خلف مركبات بطيئة، كما هو موضح في الجزء الفرعي (٥-٤-٦).

يُفر مسار التجاوز الإضافي في الاتجاهين بالتناوب من اتجاه واحد للسير إلى الاتجاه الآخر ضمن جزء من الطريق مما يسمح بفرص التجاوز في كلا الاتجاهين. يمكن إدخال مشروع طريق ريفي من ثلاث مسارات على طريق بمسارين (مفرد) حيث يوجد قدر كبير من حركة مرور المركبات البطيئة، ومسافة رؤية محدودة للتجاوز، وشيوع حوادث التصادم وجهًا لوجه، أو تجاوز حجم المرور الحالي سعة الطريق ثنائي المسارات (مما يوجد حاجة إلى توفير فرص التجاوز للمركبات على أساس أكثر تكرارًا).يمكن أن يكون توسيع رصف الطريق القائم متماثلًا حول خط الوسط المركزي أو على جانب واحد من الطريق اعتمادًا على توفر حرم الطريق وظروف الإنشاء وسهولته.

بعض القضايا التي يجب مراعاتها عند تصميم مشروع ترقية الطرق الريفية المفردة إلى طرق مكونة من ثلاثة حارات يمكن أن تشمل، على سبيل المثال لا الحصر:

- تحليل اعتبارات عرض حرم الطريق القائم لتحديد جدوى الترقية إلى طريق ثلاثي المسارات.
- النظر في توفير ممر للانعطاف يسارًا أو يمينًا عند التقاطعات السطحية عند حدود الطريق الذي تمت ترقيته الى ثلاث مسارات، خاصة إذا كانت هناك متطلبات محددة تتعلق بمتوسط المرور السنوي اليومي في هذه المواقع.
- النظر في توفير أكتاف أوسع في المناطق التي توجد بها مداخل وطرق خاصة بكثافة عالية.
- الأخذ في الاعتبار التشغيل المروري، بما في ذلك متوسط المرور السنوي اليومي للشاحنات عند إنهاء مسارات التجاوز على ميول طولية صاعدة حادة. تنسيق مسارات التجاوز مع مسارات الصعود (التسلق) يتطلَب تحسين الخصائص التشغيلية.
- تجنب إنهاء مسار التجاوز في منحنى قمة رأسي أو داخل منحنى أفقي حيث تكون مسافة الرؤية المتاحة محدودة ونهاية المنطقة المُستدقّة غير مرئية عند بدايتها.
- النظر في تطبيق مسارات الانعطاف إلى اليسار واليمين، والعناصر الهندسية (الجيومترية) الأخرى للتقاطع عند تقييم إنهاء مسار تجاوز عند تقاطع. إذا كان إنهاء مسار التجاوز عند التقاطع سيؤدي إلى نشوء حركة تناسج مرورية كبيرة، عندها ينبغي النظر في تمديد طول مسار التجاوز إلى ما بعد التقاطع.

٢-١٢ معايير تصميم مشاريع (4R) لإعادة تحديد محاذاة الطريق وإعادة إنشائه:

١-٢-١٢ نظرة عامة:

يصف هذا القسم الارشادات ومعايير التصميم القابلة للتطبيق فقط على مشاريع تغيير محاذاة الطريق وإعادة إنشائه (4R) لعدة أصناف وظيفية مختلفة من الطرق بما في ذلك:

- الشوارع الحضرية.
- طرق الضواحي.
- الطرق الريفية ثنائية المسارات (مفردة).
- الطرق الريفية متعددة المسارات (مزدوجة).
- الطرق السريعة/شبه السريعة.

لأغراض هذا القسم، تُعرّف مشاريع إعادة تحديد محاذاة الطريق وإعادة إنشائه (4R) على أنها مشاريع إما لتوفير محاذاة جديدة للطريق، أو إعادة إنشاء الطريق أو لترقية محاذاة طريق قائم لتلبية متطلبات تصميم هندسي (جيومتري) محددة. بالإضافة إلى العمل الموصوف في مشاريع إعادة إنشاء سطح الطريق والترميم وإعادة التأهيل (3R)، تتضمن أعمال إعادة إنشاء الطريق بشكل عام التغييرات الجوهرية ذات الصلة بتغيير الطابع الهندسي (الجيومتري) للطريق، على سبيل المثال لا الحصر:

- توسيع الطريق بإضافة مسارات جديدة للمرور المستمر.
- تغيير جوهري في المحاذاة الأفقية أو الرأسية للطريق.
- تحسين جوهري في الهيكل الإنشائي للرصف لتحسين الخدمة على المدى الطويل.
- استبدال جسر أو عبّارة.

٢-٢-١٢ الشوارع الحضرية:

تشير الشوارع الحضرية إلى الطرق في المناطق المطورة التي توفر الوصول إلى الملكيات المجاورة وكذلك حركة مرور المركبات. يُتحكم في الوصول إلى هذه المرافق من خلال مواقع المداخل/الطرق الخاصة والجزر الوسطية والتقاطعات مع طرق أخرى. يمكن أن تكون سمات التصميم الأساسية في الشوارع الحضرية لإعادة تحديد المحاذاة/إعادة الإنشاء (4R) كما يلي:

عناصر التصميم الهندسي:

تُوفر متطلبات عناصر التصميم الهندسي الأساسية للشوارع الحضرية الشريانية والتجميعية والشوارع السكنية في الباب (٦)، يمكن الحفاظ على انحراف طفيف بنسبة حوالي ١٠٪ عن القيم المحدودة المُعطاة في الباب (٦)، في حال أن أي تغيير في عناصر التصميم الهندسي للطرق القائمة (الأفقية أو الرأسية) سيترتب عليه زيادة كبيرة في التكلفة.

الجزيرة الوسطية وفتحاتها:

تعد الجزر الوسطية من عناصر التصميم المرغوبة في الشوارع الحضرية التي تحتوي على أربع مسارات مرورية أو أكثر. تتمثل الوظائف الأساسية للجزر الوسطية في توفير ما يلي:

- حيز تخزين للمركبات المنعطفة لليسار.
- فصل تدفقات المرور المتعاكسة.
- التحكم في الوصول من والى مداخل/طرق الوصول الجانبية والتقاطعات.

يجب أن تتبع عناصر التصميم الهندسي (الجيومتري) للجزر الوسطية وفتحاتها في الطرق الحضرية الإرشادات المقدمة في الجزء الفرعي (٤-٥-٤).

التقاطعات:

يؤثر عدد التقاطعات وتصميمها وتباعدها على سعة الشارع الحضري وسرعته ومستوى السلامة الموفر عليه. وترد في الباب (١٠) إرشادات تفصيلية عن التصميم الهندسي للتقاطعات.

٣-٢-١٢ طرق الضواحي:

يشير مصطلح "طرق ضواحي" عادة إلى طرق عالية السرعة (الحد الأقصى للسرعة أو سرعة تشغيلية تتجاوز ٧٠ كم/س)، تعمل كطرق انتقالية بين الطرق الحضرية منخفضة السرعة والطرق الريفية عالية السرعة. عادة ما تتراوح أطوال طرق الضواحي من ١ كم إلى ٥ كم وبها مداخل/طرق خاصة بكثافة منخفضة إلى متوسطة (حوالي ٥ إلى ٢٠ مدخل لكل كيلومتر). بسبب موقعها، تتميز طرق الضواحي بخصائص ريفية (الحفاظ على سرعات عالية) وخصائص حضرية (استخدام البردورات والمزاريب الجانبية لتسهيل الصرف). يمكن أن تكون سمات التصميم الأساسية في طرق الضواحي لمشاريع إعادة تحديد المحاذاة/إعادة الإنشاء (4R) كما يلي:

عناصر التصميم الهندسي (الجيومتري):

عادة ما تتبع عناصر التصميم الهندسي الأساسية لطرق الضواحي القيم المحدودة المُعطاة للشوارع الحضرية الشريانية كما هو موضح في الجزء (٤-٦).

التحكم في الوصول:

إحدى دواعي القلق لطرق الضواحي هو وجود العدد الكبير من نقاط الوصول بسبب التطوير التجاري، والتي توجد تعارضًا بين حركة المرور الخارجة والداخلة من جانب والحركة المستمرة للأمام من الجانب الآخر. كما تزداد احتمالية وقوع حوادث جسيمة بسبب التفاوت في السرعات، وذلك لعدم توقع سائقي المركبات الذين يسيرون بسرعات عالية أن يتباطؤوا أو يتوقفوا وبالتالي تُنتهك توقعاتهم. يجب أن يركز تصميم إعادة تحديد المحاذاة/إعادة الإنشاء (4R) على تقليل عدد نقاط الوصول وزيادة تدابير التحكم في الوصول عن طريق فصل حركات المرور المتعارضة باستخدام مسارات منفصلة للانعطاف الى اليسار أو إلى اليمين.

الجزر الوسطية وفتحاتها:

تعد الجزر الوسطية من عناصر التصميم المرغوبة في طرق الضواحي المكونة من أربع مسارات أو أكثر لتوفير حيز تخزين للمركبات المنعطفة يساراً. تتشابه الأنواع والتصميم الهندسي (الجيومتري) للجزر الوسطية المستخدمة على طرق الضواحي مع تلك المطبقة على الطرق الحضرية وينبغي أن تتبع الإرشادات الواردة في الجزء الفرعي (٤-٥-٤) وفي الباب (١٠) لفتحات الجزر الوسطية.

التقاطعات:

نظرًا لسرعات التشغيل العالية على طرق الضواحي (عادة ما تتجاوز ٧٠ كم/س)، يجب أن تتبع عناصر تصميم التقاطعات السطحية تلك المعطاة للطرق الريفية. وترد في الباب (١٠) إرشادات عن التصميم الهندسي للتقاطعات. قد تتطلب قيود توفير حيز مكاني بسبب محدودية حرم الطريق في مناطق الضواحي تقليل القيم المحدودة للتقاطعات الريفية السطحية.

٤-٢-١٢ الطرق الريفية ثنائية المسارات (المفردة):

تشير الطرق الريفية ثنائية المسارات (المفردة) إلى الطرق في المناطق الريفية ذات المسار المروري الواحد في كل اتجاه. عادة ما يُتحكم في الوصول إلى هذه المرافق، في حين لا يتم فصلها عادة بأي نوع من حواجز الجزيرة الوسطية. يمكن أن تكون سمات التصميم الأساسية في الطرق الريفية ذات المسارين لمشاريع إعادة تحديد المسار وإعادة الإنشاء (4R) على النحو التالي:

عناصر التصميم الهندسي:

تُوفر متطلبات عناصر التصميم الهندسي الأساسية للطرق الريفية ذات المسارين في الباب (٥)، ويمكن الحفاظ على انحراف طفيف بنسبة حوالي ١٠ بالمائة عن القيم المحدودة المُعطاة في الباب (٥)، في حال أن أي تغيير في عناصر التصميم الهندسي للطرق القائمة (الأفقية أو الرأسية) سيترتب عليه زيادة كبيرة في التكلفة.

التحكم في الوصول:

ينبغي أن تكون اضافة مداخل/طرق الوصول الجانبية على طول الطرق الريفية ذات المسارين وفقًا للإرشادات الواردة في الجزء (٤-٥).

مسافة الرؤية للتجاوز:

تعد مسافة الرؤية معلمة بالغة الأهمية يجب تطبيقها على الأقل بنسبة ٢٠ بالمائة من الطول الإجمالي للطريق الريفي ذي المسارين (المفرد). ينبغي توفير ما لا يقل عن الحد الأدنى من مسافة الرؤية للتجاوز حيثما كان ذلك عمليًا، لأن المسافات الأقل من الحد الأدنى تقلل من مستوى السلامة على الطريق. ويجب توفير قيم محدودة لمسافة الرؤية الكافية وفقاً للإرشادات الواردة في القسم الفرعي (٤-٦-٢-٣). قد يكون توفير مسارات الصعود (التسلق)/التجاوز بديلاً أكثر اقتصاداً في التضاريس التلالية أو الجبلية، من بديل توفير محاذاة رأسية للطريق مع مسافة رؤية كافية. يجب استقصاء كلا البديلين ضمن مشاريع إعادة تحديد المحاذاة/إعادة الإنشاء (4R).

التقاطعات:

يعد توفير مسافة رؤية كافية من أكثر القضايا أهمية في تصميم التقاطعات السطحية على طول الطرق الريفية ذات المسارين (المفردة). عند التقاطعات، ينبغي مراعاة تجنب كل من الميول الطولية الحادة في المحاذاة الرأسية للطريق، ومسافة الرؤية الأفقية أو الرأسية المحدودة. ينبغي ألا يقع التقاطع بعد منحنى قمة رأسي قصير أو منحنى أفقي حاد. وترد في الباب (١٠) الإرشادات ذات الصلة بالتصميم الهندسي للتقاطعات.

٥-٢-١٢ الطرق الريفية متعددة المسارات (المزدوجة):

تشير الطرق الريفية متعددة المسارات (المزدوجة) إلى الطرق في المناطق الريفية ذات مسارين أو أكثر في كل اتجاه. يُتحكم في الوصول إلى هذه المرافق، في حين يمكن أن تكون غير مقسومة أو مقسومة بجزيرة وسطية منخفضة أو جزيرة وسطية سطحية. توفر الطرق الريفية متعددة المسارات بدون جزيرة وسطية مستوىً مُتدنيًا من السلامة على الطرق، وبالتالي يجب أن توفر مشاريع إعادة تحديد المحاذاة/إعادة الإنشاء (4R) جزراً وسطية مركزية مرتفعة على الأقل. يمكن استخدام الجزر الوسطية المنخفضة حيث يكون الحيز المكاني المتوفر بين جادتي الطريق كبيرًا بما يكفي للتركيب السليم لأنظمة تقييد المركبات وفقًا لكود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة).

عناصر التصميم الهندسي

تُوفر متطلبات عناصر التصميم الهندسي الأساسية للطرق الريفية متعددة المسارات (المزدوجة) في الباب (٥)، ويمكن الحفاظ على انحراف طفيف بنسبة حوالي ١٠ بالمائة عن القيم المحدودة المُعطاة في الباب (٥)، في حال أن أي تغيير في عناصر التصميم الهندسي للطرق القائمة (الأفقية أو الرأسية) سيترتب عليه زيادة كبيرة في التكلفة.

التحكم في الوصول

بالنسبة للطرق الريفية متعددة المسارات (المزدوجة) التي أُنشئت في المناطق المطورة أو النامية، قد يكون من المستحسن التحكم في الوصول إلى المسارات الرئيسة من خلال نزع الملكيات الواقعة في حرم الطريق أو عن طريق تصميم طرق خدمة جانبية موازية

للمسارات الرئيسة. ينبغي أن يكون تصميم مداخل/طرق الوصول الخاصة على طول الطرق الريفية متعددة المسارات (المزدوجة) وفقًا للإرشادات الواردة في الجزء (٤-٥).

الجزر الوسطية وفتحاتها

تعد الجزر الوسطية من عناصر التصميم المرغوبة في الطرق الريفية متعددة المسارات (المزدوجة) لتوفير حيز تخزين للمركبات المنعطفة يساراً. إذا كان ذلك عمليًا، فينبغي استخدام جزر وسطية عريضة (بعرض يتجاوز ٢٥ م تقريبًا) من أجل:

- توفير حيز تخزين كافٍ للمركبات المكونة من قاطرة ومقطورة عند فتحات الجزر الوسطية.
- حجب وهج مصابيح المركبات الأمامية.
- توفير مظهر مبهج.
- تقلل من فرص الاصطدام المباشر وجهًا لوجه.
- توفير منطقة تخزين محمية للمركبات التي تقطع الطريق، بما في ذلك المركبات المكونة من قاطرة ومقطورة.

ينبغي أن تتبع أنواع وعناصر التصميم الهندسي (الجيومتري) الجزر الوسطية المستخدمة على الطرق الريفية متعددة المسارات (المزدوجة) الإرشادات المقدمة في القسم الفرعي (٧-٤-٢-٦) وفي الباب (١٠) لفتحات الجزر الوسطية في الباب (١٠).

التقاطعات:

نظرًا لسرعات التشغيل العالية على الطرق الريفية متعددة المسارات (عادة ما تتجاوز ٧٠ كم/س) ، فإن توفير مسافة رؤية كافية من أكثر القضايا أهمية في تصميم التقاطعات السطحية على طول محاذاة الطريق. عند التقاطعات، ينبغي مراعاة تجنب الميول الطولية الحادة في المحاذاة الرأسية للطريق، ومسافة الرؤية الأفقية أو الرأسية المحدودة. ينبغي ألا يقع التقاطع بعد منحنى قمة رأسي قصير أو منحنى أفقي حاد. وترد في الباب (١٠) الإرشادات ذات الصلة بالتصميم الهندسي للتقاطعات.

ترقية الطرق الريفية من مسارين إلى أربع مسارات:

ينبغي أن تتضمن ترقية الطريق المكون من مسارين (المفرد) إلى طريق مكون من أربع مسارات إضافة جزيرة وسطية عندما يكون ذلك ممكنًا. إذا كان محاذاة طريق ريفي مفرد قائم تمر عبر تضاريس تلالية أو جبلية أو كانت هناك ظروف مقيدة لحرم الطريق، فيمكن النظر في الترقية إلى طريق ذي أربع مسارات غير مقسوم لتحسين فرص التجاوز والتشغيل المروري. تُوفر عناصر التصميم الهندسي للطرق الريفية رباعية المسارات في الباب (٥). في الحالات التي يُقترح فيها وضع جزيرة وسطية وستظل قاعدة الطريق القائم في مكانها، يمكن تطبيق أعمال مشاريع إعادة إنشاء طبقة سطح الطريق/إعادة التأهيل (3R) على الطرق القائمة، في حين ينبغي تطبيق أعمال مشاريع إعادة تحديد المحاذاة/إعادة الإنشاء (4R) في حال تمديد الطريق أو تغيير محاذاته.

الانتقال من طريق ريفي ذي مسارين إلى آخر ذي أربع مسارات:

تُعرض طرق الانتقال النموذجية من طريق ريفي ذي مسارين إلى طريق مقسوم ذي أربع مسارات في

الطرق السريعة . تعتمد معايير التصميم الهندسي للطريق الانتقالي على أعلى سرعة تصميمية للطريقين. يُحسب الحد الأدنى لطول الانتقال لتقليل عدد المسارات من مسارين (للطريق المفرد) إلى مسار واحد، من المعادلة التالية كما هو موضح في الشكل (١٢-١):

المعادلة (١٢-١) $$\mathbf{L = 0.62 \cdot W \cdot S}$$

حيث إن:

L = الحد الأدنى لطول الانتقال (م).

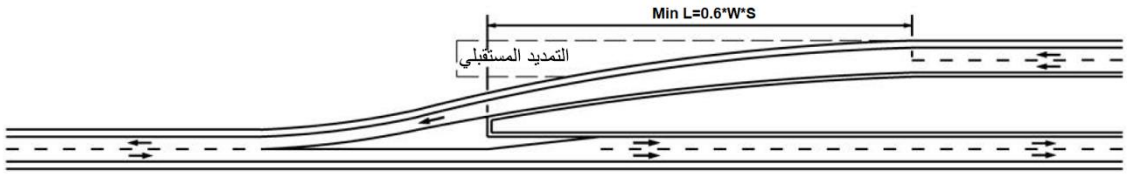
W = عرض إزاحة المسار (م).

S = أعلى سرعة معلنة للطريقين (كم/س).

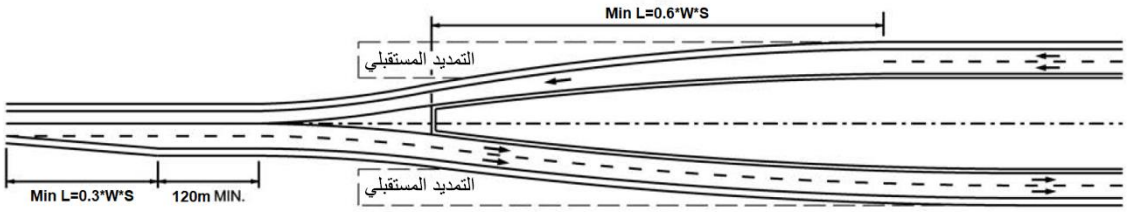
من ناحية أخرى، يمكن أن يكون الحد الأدنى لطول المنطقة المُستدقّة من أجل إضافة مسار واحد في الطريق المفرد ليصبح مسارين، هو نصف الطول المُعطى في المعادلة (١٢-١).

يجب أن يكون الانتقال مرئيًا للسائق الذي يقترب من أي من الاتجاهين وينبغي عدم السماح بفتحات الجزر الوسطية ضمن مسافة ٤٠٠ م من المنطقة الانتقالية. ينبغي أن تكون مناطق الانتقال بعيدة عن أي عوائق مثل الجسور ذات العرض المقيد أو المعابر السفلية أو الأجسام الثابتة الأخرى.

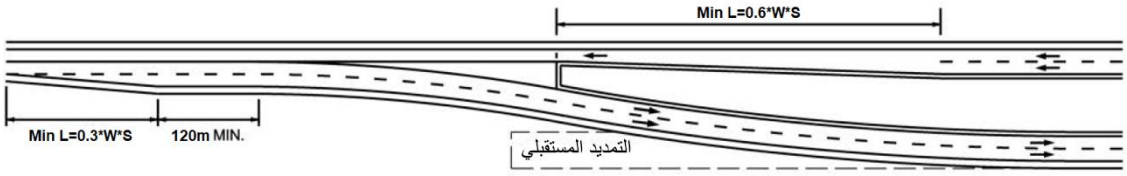
عند تحويل طريق قائم مكوَّن من مسارين (مفرد) إلى طريق مقسوم مكوَّن من أربع مسارات (مزدوج)، يمكن الحفاظ على محاذاة الطريق القائم (الأفقية والرأسية) ولا يمكن تطبيق سوى أعمال مشاريع إعادة إنشاء طبقة سطح الطريق/إعادة التأهيل (3R). يمكن الحفاظ على أي منشآت قائمة على مسارات الطريق ذات عروض تقل عن المواصفات التصميمية، في حال أن أي تغيير سيؤدي إلى ازدياد كبير في التكلفة.



نهج منحني **للجزء الحالي ذي الحرتين**



تم توسيعه بشكل متماثل حول cl من **جزء ذي مسارين موجود**



نهج الظل **لجزء المسارين الحاليين**

ملحوظة:
الأبعاد المعروضة تستند إلى أقسام الطرق السريعة النموذجية.
لا يُقصد بذلك إظهار تفاصيل خطوط أو علامات الرصف.

L = طول الاستدقاق (م)
W = عرض الإزاحة (م)
S = السرعة المنشورة (كم/ساعة)

الشكل (١٢–١) الانتقال النموذجي من طريق ذي مسارين إلى طريق مقسوم ذي أربع مسارات (TxDOT, 2022).

٦-٢-١٢ الطرق السريعة **والطرق شبه السريعة:**

تشير الطرق السريعة والطرق شبه السريعة إلى الطرق التي تحتوي على جادة طرق منفصلة بمسارين أو أكثر في كل اتجاه. تهدف كل من الطرق السريعة والطرق شبه السريعة إلى توفير مستوى عالٍ من السلامة على الطريق وكفاءة تشغيلية لخدمة أحجام مرورية كبيرة تسير بسرعات عالية.

عناصر التصميم الهندسي:

تُوفر متطلبات عناصر التصميم الهندسي الأساسية للطرق الحضرية السريعة والطرق شبه السريعة في الباب (٦)، بينما تُوفر متطلبات عناصر التصميم الهندسي الأساسية للطرق الريفية السريعة والطرق شبه السريعة في الباب (٧). يمكن الحفاظ على انحراف طفيف بنسبة حوالي ١٠ بالمائة عن القيم المحدودة المُعطاة في الباب (٦) والباب (٧)، في حال أن أي تغيير في عناصر التصميم الهندسي للطرق القائمة (الأفقية أو الرأسية) سيترتب عليه زيادة كبيرة في التكلفة.

التحكم في الوصول:

يُحظر الوصول إلى الطرق السريعة (تحكم كامل في الوصول)، بينما يمكن توفير وصول محدود في الطرق شبه السريعة. في الطرق شبه السريعة، يوفر الوصول المحدود فقط من خلال منحدرات خروج ودخول أو طريق خدمة جانبي. ينبغي أن تكون الإرشادات الخاصة بالوصول إلى الطرق شبه السريعة وفقًا للإرشادات الواردة في الجزء (٤-٥).

المحوّلات (التقاطعات المنفصلة رأسياً):

نظرًا لسرعات التشغيل العالية والتحكم الكامل أو المحدود في الوصول للطرق السريعة والطرق شبه السريعة، لا يُسمح بالتقاطعات السطحية فيها. يوفر الفصل الرأسي بين الطرق المتقاطعة واستخدام محوّلات أكبر قدر من الكفاءة والسلامة والتدفق المروري والسعة. وترد الإرشادات ذات الصلة بالتصميم الهندسي (الجيومتري) للمحوّلات في الباب (١١).

١٢-٣ معايير تصميم ممرات نقل الحركة المرورية (Mobility corridors) (5R) :

١٢-٣-١ نظرة عامة:

تهدف ممرات نقل الحركة المرورية، (طرق نقل الحركة المرورية) إلى تجديد أو إعادة إنتاج فرص نقل جديدة طويلة الأجل. قد تشمل فرص النقل هذه وسائط متعددة مثل السكك الحديدية، والمنافع العامة، والشحن، ونقل الركاب. يهدف هذا الجزء إلى توفير إرشادات توجيهية عامة فيما يتعلق بجانب الطرق من ممرات نقل الحركة المرورية هذه. يمكن توقع تحديث هذه الإرشادات التوجيهية مع اكتساب الخبرة في تخطيط وتصميم وإنشاء وتشغيل مرافق النقل هذه.

نقل الحركة المرورية هو التشغيل الأساسي لهذه الطرق. ومرافق طرق نقل الحركة المرورية مخصصة للتنقل لمسافات طويلة، وبالتالي فإن الوصول محظور بالكامل ولا يُوفر إلا من خلال وصلات منحدرات. لن يُسمح بالوصول على طول هذه المنحدرات المتصلة بطريق نقل الحركة المرورية. نظرًا لأن هذه الطرق مخصصة لنقل الحركة المرورية، فإن السرعات التصميمية تتراوح من ١٤٠ إلى ١٦٠ كم/س. في حين أن سرعات التشغيل الأعلى قد لا تكون مناسبة في بعض الحالات (مثل منطقة حضرية متطورة)، يمكن تطبيق السرعات التصميمية الأعلى، وينبغي أخذها في الاعتبار، كلما كان ذلك معقولًا.

فيما يتعلق بالمرافق التي يمكن أن تكون يومًا ما جزءًا من طريق نقل حركة رئيس، يوصى بشدة بتصميم هذه المرافق في البداية لاستيعاب سرعة تصميمية تبلغ ١٦٠ كم/س. على الرغم من أن المرفق قد تُحدد عليه السرعة المعلنة مبدئيًا عند ١٤٠ كم/س، إلا أن مواصفات تصميم السرعة الأعلى ستسمح بقدر أكبر من المرونة، من حيث تعظيم الاستخدام المستقبلي للطريق.

١٢-٣-٢ معايير تصميم الطريق:

في هذا الجزء الفرعي، تُوفر معايير التصميم الأساسية فيما يتعلق بطرق نقل الحركة المرورية.

١٢-٣-٢-١ عروض المسارات وعددها:

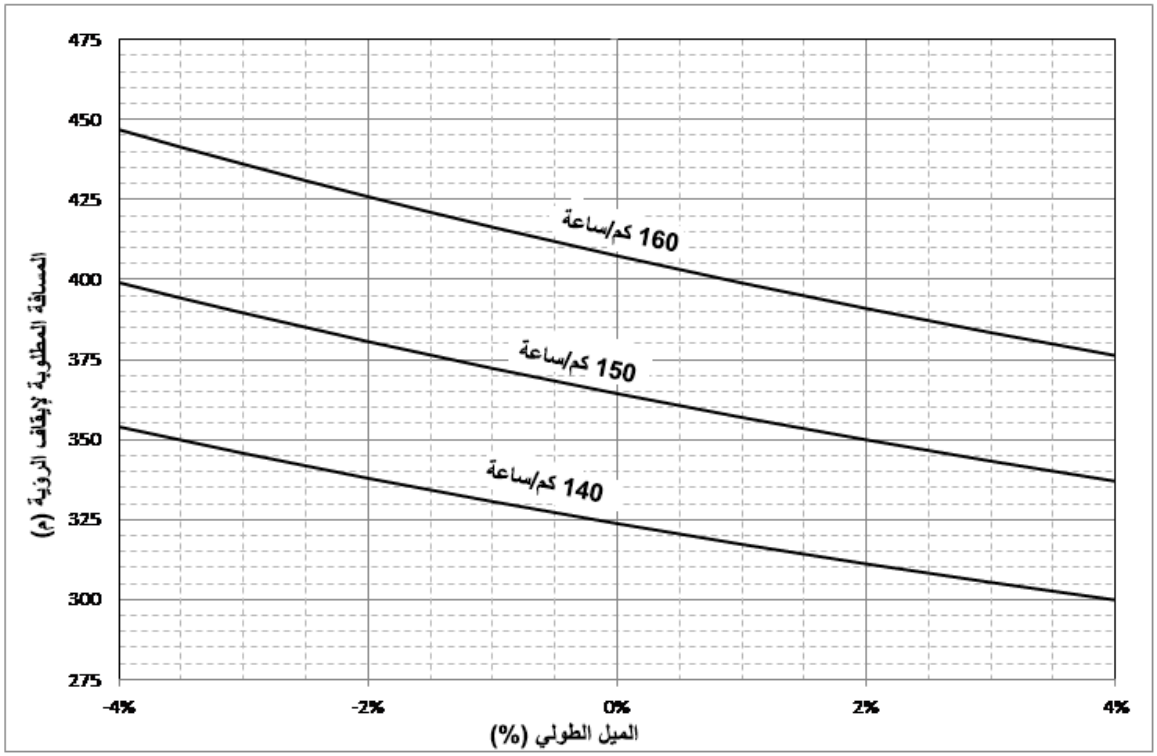
يبلغ عرض المسار المعتاد الأدنى لممرات نقل الحركة المرورية ٣,٦٥ م. ويُحدد عدد المسارات المطلوبة لاستيعاب أحجام المرور المستقبلية وفقًا لكود الطرق السعودي ٢٠٣ (الدراسات الأولية).

١٢-٣-٢-٢ الأكتاف:

العرض الأدنى للكتف هو ٣,٦٥ م. وينطبق هذا العرض على كل من الكتفين الداخلي والخارجي، بغض النظر عن عدد المسارات الرئيسة. ينبغي أن تكون الأكتاف مُعبّدة باستمرار وأن تُصان.

١٢-٣-٢-٣ مسافة الرؤية للتوقف:

تُحسب مسافة الرؤية للتوقف لطرق نقل الحركة المرورية باستخدام نفس المنهجية الموصوفة في الباب (٤). الشكل (١٢-٢) يوضح مسافة التوقف المطلوبة حسب الميل الطولي والسرعة التصميمية لطرق نقل الحركة المرورية. من أجل توفير زمن كافٍ لإدراك السائق ورد فعله (زمن الإدراك-رد الفعل)، بالإضافة إلى زمن كافٍ لإيقاف المركبة، يلزم عمومًا اختيار أطوال رؤية أطول مقارنة بالطرق الأخرى. ومن ثم، يجب أن تكون أطوال الرؤية أطول بنسبة ٣٠ % على الأقل من مسافة التوقف المطلوبة.



الشكل (١٢–٢) مسافة الرؤية المطلوبة للتوقف حسب السرعة التصميمية والميل الطولي لطرق نقل الحركة المرورية.

١٢-٣-٢-٤ المحاذاة الأفقية:

يجب أن تستند أبعاد عناصر التصميم الهندسي (الجيومتري) للمحاذاة الأفقية لممرات نقل الحركة المرورية إلى اعتبارات السلامة وديناميكيات المركبة.

يجب تصميم عناصر ممرات نقل الحركة المرورية بطريقة تسمح للمركبات بالسير بأمان عند السرعة التصميمية في الظروف الرطبة.

المقاطع المستقيمة:

كما سبق ذكره في الجزء الفرعي (٧-٥-٢)، يوصى بأن يقتصر طول المقاطع المستقيمة في حالات الطرق السريعة/شبه السريعة وبالتالي لطرق نقل الحركة المرورية على ٢,٠٠٠ م. للتكيف بشكل أفضل مع المسطحات الخضراء أو بسبب قيود أخرى، يمكن تطبيق أطوال وصلات مستقيمة أطول في حالات معينة. ينبغي أن يكون الحد الأدنى لطول الوصلة المستقيمة بين المنحنيات الأفقية المتتالية في نفس الاتجاه (المنعطفة إلى اليسار أو إلى اليمين) ٤٠٠ متر.

المنحنيات الدائرية:

ينبغي أن توفر أنصاف أقطار المنحنيات الدائرية مستوى أمان متزايد، أثناء حركة المركبة بالسرعة المسموح بها على النحو المحدد في فئة الطرق السريعة/شبه السريعة ذات الصلة. أيضًا، ينبغي أن تتناغم أنصاف الأقطار مع طبوغرافية المنطقة.

يُسرد الحد الأدنى من أنصاف أقطار المنحنى الدائري وعامل الاحتكاك الجانبي لتقديرها في الجدول (١٢-١). يمكن اختيار أنصاف الأقطار ذات القيمة الأعلى في حال كانت محاذاة الطرق السريعة/شبه السريعة تتكيف بشكل أفضل مع التضاريس. كي يدرك مستخدمو الطريق المنحنيات الدائرية كعناصر مستقلة داخل المنحنى الأفقي، يجب توفير الحد الأدنى لأطوال المنحنى الدائري وفقًا للجدول (١٢-١).

الجدول (١٢–١) عامل الاحتكاك الجانبي والحد الأدنى لطول المنحنى الدائري وأنصاف الأقطار حسب السرعة التصميمية لطرق نقل الحركة المرورية.

السرعة التصميمية (كم/س)	عامل الاحتكاك الجانبي	الحد الأدنى لطول المنحنى الدائري (م)	الحد الأدنى لأنصاف أقطار المنحنيات الدائرية (م)			
			الحد الأقصى لمعدل التعلية الجانبية (%)			
			٤,٠٠ %	٦,٠٠ %	٨,٠٠ %	١٠,٠٠ %
١٤٠	٠,٠٨	٨٠	١٢٩٠	١١٠٥	٩٦٥	٨٦٠
١٥٠	٠,٠٧	٨٥	١٦١٥	١٣٦٥	١١٨٥	١٠٤٥
١٦٠	٠,٠٦	٩٠	٢٠٢٠	١٦٨٠	١٤٤٠	١٢٦٠

المنحنيات الانتقالية:

تُوفر منحنيات انتقالية (حلزونية) بين المقاطع المستقيمة والمنحنيات الدائرية، وكذلك بين المنحنيات الدائرية المتتالية في نفس الاتجاه. في حال توفير منحنيات انتقالية حلزونية بين المقاطع المستقيمة والمنحنيات الدائرية، تُلخص القيم الدنيا للمعامل للمنحنى الانتقالي وطول المنحنى الانتقالي في الجدول (١٢-٢)، بينما تُقدم القيم الموصى بها في الجدول (١٢-٣). ويبين الجدول ذاته الحد الأعلى لنصف القطر الذي يحتم ضرورة استخدام منحنى انتقالي (القيم الدنيا والقيم الموصى بها على التوالي). تُعرف المنحنيات الانتقالية رياضيًا وفقًا للملحق (أ-٢).

الجدول (١٢–٢) المعلمات الدنيا للمنحنيات الانتقالية والحد الأعلى لنصف قطر استخدام المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية لطرق لنقل الحركة المرورية.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى من معلمة المنحنى الانتقالي (A) (م)	الحد الأدنى لطول المنحنى الانتقالي (م)	الحد الأعلى لنصف القطر لاستخدام منحنى انتقالي (م)
١٤٠	٢٦٠	٧٨	١,١٦٠
١٥٠	٣٠٠	٨٤	١,٣٣١
١٦٠	٣٤٠	٩٠	١,٥١٥

الجدول (١٢–٣) المعلمات الموصى بها للمنحنيات الانتقالية والحد الأعلى لنصف قطر استخدام المنحنيات الانتقالية حسب السرعة التصميمية لطرق لنقل الحركة المرورية.

السرعة التصميمية (كم/س)	القيمة الموصى بها لمعلمة المنحنى الانتقالي (A) (م)	الطول الموصى به للمنحنى الانتقالي (م)	الحد الموصى به لنصف القطر لاستخدام منحنى انتقالي (م)
١٤٠	٣٧٥	١٦٠	٤,٠٠٠
١٥٠	٤٢٥	١٧٠	٥,٠٠٠
١٦٠	٤٨٠	١٨٠	٦,٠٠٠

١٢-٣-٢-٥ المحاذاة الرأسية:

الميول الطولية:

تتطلب التفاوتات غير المرغوبة في السرعة بين أنواع المركبات المختلفة وضع حدود لقيم الميول الطولية. لا تتأثر سيارات الركاب الخاصة بشكل كبير بالميول الطولية الأشد انحدارًا من ٣,٠٪، في حين أن الميول الطولية التي تزيد عن ٢,٠٪ قد تؤثر على سرعة الشاحنات حسب طول المنحدر الطولي. ولتجنب حدوث مثل هذه القضايا ومن أجل ترقية وتحسين مستوى السلامة على الطريق، يجب ألا تتجاوز الميول الطولية القصوى القيم الواردة في الجدول (١٢-٤).

الجدول (١٢–٤) الميول الطولية الموصى بها (المرغوبة والمسموح بها) حسب السرعة التصميمية لطرق نقل الحركة المرورية.

السرعة التصميمية (كم/س)	الميل (G) المرغوب فيه (٪)	الميل (G) الأقصى المسموح به (٪)
١٤٠	٢,٠	٣,٠
١٥٠	٢,٠	٣,٠
١٦٠	٢,٠	٣,٠

في حالات استثنائية، يمكن تجاوز الحد الأقصى للميول الطولية المذكورة في الجدول (١٢-٤)، ولكن على ألا تتجاوز ٤,٠ %، ولطول محدود فقط.

القيم الدنيا لمنحنيات القمة والقاع الرأسية:

يجب إضافة منحنيات رأسية عند التغيرات في الميول الطولية في طرق نقل الحركة المرورية. تُقرب منحنيات القمة والقاع من خلال تنفيذ منحنى دائري. تُقرب المنحنيات الدائرية الرأسية بواسطة قطع مكافئ تربيعي (انظر الملحق أ-٣). الجدول (١٢-٥) يوضح القيم الدنيا للمعلمة (K) لمنحنيات القمة والقاع والقيم الدنيا لأطوال المنحنيات.

الجدول (١٢–٥) القيم الموصى بها للمعلمة (**K**) لمنحنيات القمة والقاع حسب السرعة التصميمية لطرق نقل الحركة المرورية

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لقيمة K لمنحنى القمة [m/ %]	الحد الأدنى لقيمة K لمنحنى القاع [m/ %]	الطول الأدنى للمنحنى [م]
١٤٠	١٦١	٨٤	٨٤
١٥٠	٢٠٢	٩٥	٩٠
١٦٠	٢٥٥	١٠٨	٩٦

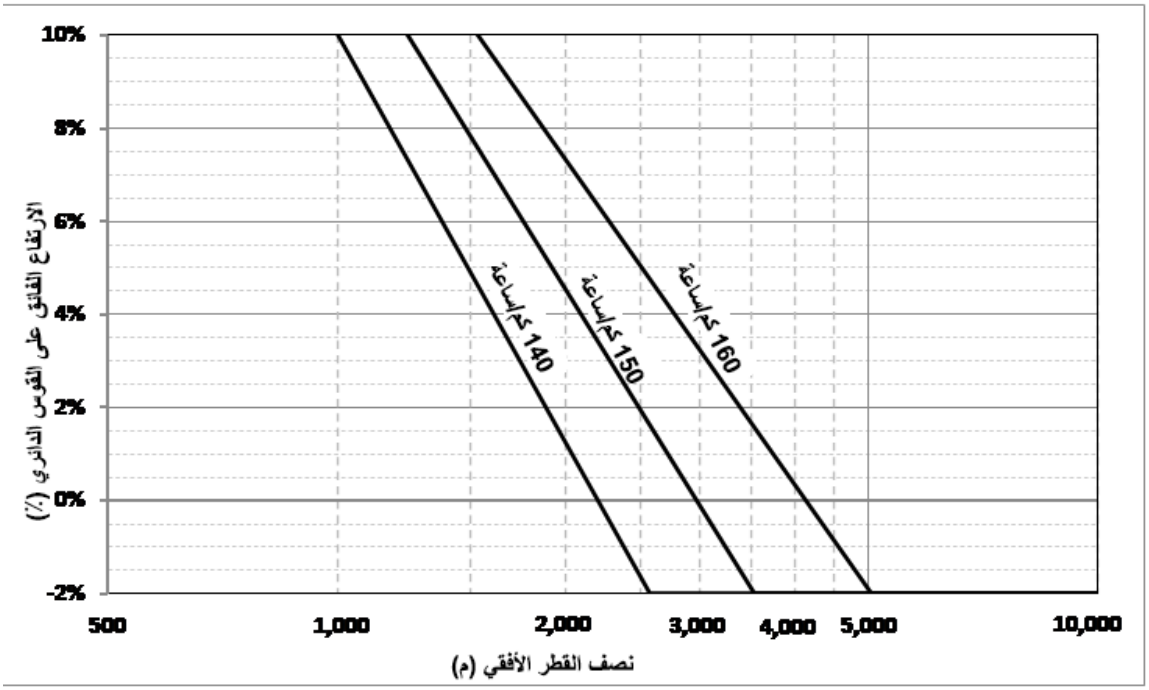
١٢-٣-٢-٦ التعلية الجانبية:

على المقاطع المستقيمة:

عادة ما يُصمم رصف كل جادة طريق في وصلة مستقيمة بحيث يكون الميل العرضي للتعلية الجانبية إلى جانب واحد، مع قيمة دنيا للميل العرضي تساوي ٢,٠٪ أو يفضل ٢,٥٪ (القمة الطبيعية). لتسهيل صرف المياه، ينبغي أن تحتوي طرق نقل الحركة المرورية التي تحتوي على ثلاث مسارات أو أكثر المائلة في نفس الاتجاه على ميول عرضية تزداد مع زيادة المسافة من خط القمة. في هذه الحالات، يمكن أن يكون أول مسارين مجاورين لخط القمة أقل انحدارًا من الميل الطبيعي، بشكل نمطي عند ١,٥٪ ولكن ليس أقل من ١,٠٪. يجب زيادة الميل العرضي لكل زوج متتالٍ من المسارات (أو لمسار واحد إذا كان هو المسار الخارجي) بعيدًا عن القمة بنسبة ٠,٥٪ إلى ١,٠٪ من الميل العرضي للمسار المجاور. ينبغي ألا يتجاوز الميل العرضي ٤,٠٪ في المقاطع المستقيمة. وفي الجسور التي تحتوي على ثلاث مسارات أو أكثر في اتجاه واحد، يجب الحفاظ على ميل عرضي ثابت قدره ٢,٥ %، والانتقال إليها ومنها قبل وبعد الجسر وفقًا لذلك.

على المنحنيات الدائرية:

في المنحنيات الدائرية، لأسباب تتعلق بالديناميكيات ولتحديدها بشكل أفضل، يُطبّق معدل التعلية الجانبية نحو داخل المنحنى الدائري. الحد الأقصى لمعدل التعلية الجانبية المطبق على طرق نقل الحركة المرورية هو ١٠,٠ %، في حين أن الحد الأدنى لميل التعلية الجانبية يقتصر على ٢,٠ %. الشكل (١٢-٣) يوضح التعلية الجانبية المطلوبة حسب نصف قطر المنحنى الأفقي لجميع السرعات التصميمية. يوصى بتقريب القيم المأخوذة حتى أقرب ٠,٥ %.



الشكل (١٢–٣) التعلية الجانبية على منحنى دائري حسب نصف قطر المنحنى الأفقي على طرق نقل الحركة المرورية (الحد الأقصى لقيمة **e = 10.0** %).

بالنسبة للحالات التي يكون فيها نصف قطر المنحنى الأفقي أكبر من القيم المعروضة في الجدول (١٢-٦)، يمكن تطبيق ميل عكسي يساوي (-٢,٠٪) أو (-٢,٥٪) (نحو الحافة الخارجية للمنحنى الدائري)، إذا كان من الممكن تجنب منطقة ذات صرف ضعيف باستخدام هذا الحل.

الجدول (١٢–٦) الحد الأدنى لنصف القطر الأفقي لتطبيق التعلية الجانبية العكسية حسب السرعة التصميمية لطرق نقل الحركة المرورية.

السرعة التصميمية (كم/س)	الحد الأدنى لنصف قطر المنحنى الأفقي لتنفيذ التعلية الجانبية العكسية (م)	
	e = - 2.00 %	e = - 2.50 %
١٤٠	أكبر من أو يساوي ٢,٥٧٥	أكبر من أو يساوي ٢,٨١٠
١٥٠	أكبر من أو يساوي ٣,٥٤٥	أكبر من أو يساوي ٣,٩٤٠
١٦٠	أكبر من أو يساوي ٥,٠٤٠	أكبر من أو يساوي ٥,٧٦٠

لمنع انزلاق المركبات في الظروف الجوية السيئة بالمناطق الجبلية، ينبغي أن يقتصر الحد الأقصى للميل المركب (تركيبة الميل الطولي والتعلية الجانبية) على حد أقصى يبلغ ١٢,٠٪. يوفر الجزء الفرعي (٤-٥-٥) صيغة معادلة للميل المركب.

١٢-٣-٣ معايير تصميم جانب الطريق:

١٢-٣-٣-١ الجزيرة الوسطية والمنطقة الخالية الجانبية:

الجزر الوسطية

قد يصبح الحد الأدنى المطلق لعروض الجزر الوسطية ٣,٠٠ م من خلال استخدام حاجز مركزي ذي جانبين، بينما ينبغي إنشاء جزر وسطية أوسع قدر الإمكان استنادًا على الشكل (٧-١) من خلال استخدام حاجزين منفصلين كل منهما ذي جانب واحد. في الحالات المثالية، مع مراعاة عروض المناطق الخالية وفقًا لمفهوم النظام الآمن حيث لن تكون هناك حاجة إلى حواجز، يجب أن يكون عرض الجزيرة الوسطية ١٠٠ م لسرعة تصميمية قدرها ١٤٠ كم/س و ١١٥ م لسرعة تصميمية قدرها ١٦٠ كم/س، كما هو مشتق لزمن إدراك-رد فعل قدره ٢,٥ ثانية وفقًا لسياسة تصميم (AASHTO). وصفت تفاصيل الحاجة للحواجز واستخدامها في كود الطرق السعودي ٣٠٤ (تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة).

المناطق الخالية الجانبية

يجب أن تقتصر المنطقة الخالية خارج طريق نقل الحركة المرورية على ٢٥ م في حالة السرعة التصميمية التي تساوي ١٤٠ كم/س و ٣٠ م للسرعة التصميمية التي تساوي ١٦٠ كم/س.

١٢-٣-٣-٢ الميول الجانبية:

من أجل السلامة، من المستحسن تصميم مناطق مسطحة نسبيًا مجاورة لجادة طرق نقل الحركة المرورية لتوفير الحيز ذي الصلة للمركبات الخارجة عن السيطرة لاستعادتها أو جعل التباطؤ متحكم به. لهذا السبب، يجب أن تقتصر معدلات ميول الردم على (١ رأسي: ٦ أفقي) لجسور الطرق (embankments) التي يزيد ارتفاعها عن ٥,٠ م، بينما يجب تطبيق الميول (١ رأسي: ٨ أفقي) في جسور الطرق التي يقل ارتفاعها عن ٥,٠ م. قد تتطلب التضاريس الصعبة بشكل خاص (التلالية أو الجبلية) انحرافًا عن هذه القيم. عندما تكون الظروف مواتية، من المستحسن استخدام ميول طولية أكثر انبساطًا لتعزيز سلامة جانب الطريق.

١٢-٣-٤ المنحدرات والوصلات المباشرة:

تُصمم المنحدرات والوصلات المباشرة لطرق نقل الحركة المرورية وفقًا للقواعد التالية، مع مراعاة معايير التصميم المُعطاة في الباب (١١).

١٢-٣-٤-١ السرعة التصميمية:

ينبغي أن يكون للمنحدرات علاقة بين السرعة التصميمية للمنحدر والسرعة التصميمية لطريق نقل الحركة المرورية. ينبغي تصميم جميع المنحدرات والمُوصّلات المباشرة لتمكين المركبات الداخلة والخارجة من مغادرة أو دخول المسارات المرورية الرئيسة لطريق نقل الحركة المرورية عند ٨٥ % (مرغوب فيه) إلى ٧٠ % (الحد الأدنى المعتاد) من السرعة التصميمية لطريق نقل الحركة المرورية، مع تقريبها للأعلى إلى أقرب ١٠ كم/س. في بعض الحالات الصعبة التي لا يمكن فيها تحقيق الحد المذكور أعلاه، ينبغي أن يقتصر الحد الأدنى المطلق على ٥٠ %. ينبغي بذل كل جهد ممكن لتحقيق السرعة التصميمية للمنحدرات/الموصلات المرغوبة.

١٢-٣-٤-٢ عرض المسار وعرض الكتف:

ينبغي أن يكون للمنحدرات والموصلات المباشرة عرض مسار يساوي ٤,٠٠ م، بينما يجب أن يقتصر عرض كل من الكتف الداخلي والكتف الخارجي على ١,٢٠ م.

١٢-٣-٤-٣ أطوال مسارات التسارع والتباطؤ:

يجب أن توفر مسارات التسارع والتباطؤ الحيز المكاني اللازم للمركبات الداخلة والخارجة للاندماج في مسارات المرور الرئيسة لطريق نقل الحركة المرورية. لذلك، يجب أن يقتصر الطول المطبق لمسارات التسارع والتباطؤ حسب السرعة التصميمية للمنحدر

وطريق نقل الحركة المرورية على القيم المُعطاة في الجدول (١٢-٧) والجدول (١٢-٨). يجب أن يكون طول المنطقة المُستدقّة ٦٠ م في جميع الحالات.

الجدول (١٢–٧) القيم المحدودة لطول مسارات التباطؤ في المنحدرات والموصلات المباشرة في طرق نقل الحركة المرورية (باستثناء المنطقة المُستدقّة).

السرعة التصميمية لطريق نقل الحركة المرورية (كم/س)	السرعة التصميمية للمنحدر أو الوصلة المباشرة (كم/س)							
	٧٠	٨٠	٩٠	١٠٠	١١٠	١٢٠	١٣٠	١٤٠
١٤٠	١٩٠	١٧٠	١٥٠	١٢٥	١٠٠	٧٠	٣٥	-
١٥٠	٢٣٠	٢١٠	١٩٠	١٦٥	١٣٥	١٠٥	٧٥	٤٠
١٦٠	٢٧٠	٢٥٠	٢٣٠	٢٠٥	١٧٥	١٤٥	١١٥	٨٠

الجدول (١٢–٨) القيم المحدودة لطول مسارات التسارع في المنحدرات والموصلات المباشرة في طرق نقل الحركة المرورية (باستثناء المنطقة المُستدقّة).

السرعة التصميمية لطريق نقل الحركة المرورية (كم/س)	السرعة التصميمية للمنحدر أو الوصلة المباشرة (كم/س)							
	٧٠	٨٠	٩٠	١٠٠	١١٠	١٢٠	١٣٠	١٤٠
١٤٠	٣٨٠	٣٤٠	٣٠٠	٢٥٠	١٩٥	١٣٥	٧٠	-
١٥٠	٤٥٥	٤١٥	٣٧٥	٣٢٥	٢٧٠	٢١٠	١٤٥	٧٥
١٦٠	٥٣٥	٤٩٥	٤٥٥	٤٠٥	٣٥٠	٢٩٠	٢٢٥	١٥٥

١٢-٣-٤-٤ المسافة بين المنحدرات المتتالية:

يجب تحديد الحد الأدنى للمسافة المقبولة بين المنحدرات المتتالية وفقًا للتوجيهات التصميمية المعروضة في الجزء (١١-٦-٣)، عند عمليات الاندماج والافتراق والتناسج التي تتم بين المنحدرات. كما يجب -أيضًا- مراعاة المسافات المناسبة لوضع اللافتات.

١٢-٣-٤-٥ اعتبارات التصميم الأخرى:

المحاذاة الأفقية:

توفر قيم التصميم المحدودة لعناصر المحاذاة الأفقية في الجزء (١١-٦).

المحاذاة الرأسية:

توفر قيم التصميم المحدودة لعناصر المحاذاة الرأسية في الجزء (١١-٦).

الميول العرضية:

توفر قيم التصميم المحدودة للميل العرضي في الجزء (١١-٦).

١٣-إجراء استثناء التصميم:

١٣-١ عام:

عندما يقترح المصمم نهج تصميم أو جانب تصميم بديل، في شكل انحراف أو تراخي عن الأحكام الإلزامية الواردة بهذا المجلد، يجب تبريرها بوضوح وتوثيقها وتقديمها لاحقًا لاعتمادها، كطلب استثناء تصميم مستند على الظروف الخاصة التي حُددت في كل حالة. يهدف إجراء استثناء التصميم إلى توثيق القيود الاجتماعية، أو الاقتصادية، أو المادية، أو البيئية، المتزامنة مع التشغيل المروري الآمن والفعال، التي تحول عن تطبيق معايير أو مواصفات محددة لتصميم الطريق. تنطبق استثناءات التصميم على مشاريع الطرق الجديدة وأيضًا القائمة، باستثناء أعمال الصيانة الوقائية.

يكون استثناء التصميم مطلوبًا عندما يُتفق على أن واحدًا أو أكثر من المعلمات والمعايير الحاكمة للتصميم المقترح لا يمكنها تلبية القيم الدنيا أو القصوى المحددة في الإرشادات الحالية (في هذا المجلد). فعلى سبيل المثال، ينبغي أن تكون السرعة التصميمية أكبر من السرعة التصميمية الدنيا لنوع المرفق أو السرعة المعلنة المقدرة التي لا تُتجاوز بأكثر من ١٠ كم/س، وبالتالي، قد لا تكون هناك حاجة إلى استثناء للتصميم إذا كان العنصر يحقق السرعة المعلنة. يمكن الموافقة على استثناء التصميم عندما يكون من الممكن تبرير وتوثيق أنه من خلال اعتماد قيمة غير القيم الدنيا أو القصوى المقابلة على النحو الموصوف في الإرشادات الحالية لنفس السرعة التصميمية، فسيكون البديل المقترح هو الأمثل.

قد تكون استثناءات التصميم مناسبة في مجموعة متنوعة من الحالات، ومع ذلك ينبغي عدم النظر إلى هذه الاستثناءات على أنها تغير نطاق المشروع، أو تلغي غايةً أو هدفًا أساسيًا، أو تُدهور الغرض من المشروع، أو تمرر خيارًا تصميميًا أو حلًا يؤدي الى تصميم غير آمن، من حيث الموافقة على حالات غير آمنة. يجب تقديم طلبات استثناء التصميم للموافقة عليها من قبل الجهات المسؤولة بما يتوافق مع المتطلبات الإجرائية المنصوص عليها في الجزء (٢-٣)، "الانحراف-و-التخفيف"، من كود الطرق السعودي ١٠١.

١٣-٢ معايير استثناء التصميم:

بالنسبة لمشاريع الطرق ذات السرعة التصميمية التي تساوي أو تزيد عن ٨٠ كم/س، يجب طلب استثناء تصميم على المعلمات الحاكمة التالية (راجع قوائم تدقيق استثناء التصميم في الأشكال ١٣-١، ١٣-٢، و١٣-٣) إذا كانت لا تفي بالقيم المقترحة في هذا المجلد:

- السرعة التصميمية.
- عرض المسار.
- عرض الكتف.
- نصف قطر المنحنى الأفقي.
- مسافة الرؤية للتوقف للمنحنيات الأفقية ومنحنيات القمة الرأسية.
- الميول الطولية القصوى.
- الخلوص الرأسي.

بالنسبة لمشاريع الطرق التي تقل فيها السرعة التصميمية عن ٨٠ كم/س، يجب طلب استثناء التصميم بشكل أساسي بسبب الانحرافات عن السرعة التصميمية. ومع ذلك، فإن المعلمات الحاكمة المذكورة أعلاه تنطبق كذلك هنا.

١٣-٣ طلب استثناء التصميم:

ينبغي توثيق الانحرافات أو التراخي في جوانب التصميم الهندسي بمجرد تحديد الحاجة إلى استثناء التصميم. يجب تقديم استثناء التصميم للموافقة عليه من قبل الجهة المسؤولة، بما في ذلك "الهيئة العامة للطرق"، وكذلك الجهات والهيئات والوزارات الأخرى (وزارة النقل والخدمات اللوجستية، وزارة الشؤون البلدية والقرية والإسكان، أمانات المناطق، الهيئات الملكية، المركز الوطني لسلامة الطرق، المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي، الهيئة السعودية للمدن الصناعية ومناطق التقنية، هيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، وغيرها).

يجب توثيق طلب استثناء التصميم في نموذج طلب استثناء تصميم مصحوبًا بقائمة تدقيق عملية استثناء التصميم والرسومات الداعمة اللازمة. من المستحسن كذلك تضمين أي مستندات إضافية داعمة (على سبيل المثال، سجل الحوادث، وما إلى ذلك).

يتكون نموذج طلب استثناء التصميم من الأقسام التالية:

- بيانات المشروع: يوضح هذا القسم المعلومات التي تجعل من الممكن تقييم التصميم المقترح مقابل القيم الحاكمة ذات الصلة في هذا المجلد.
- أساس الاستثناء: يصف هذا القسم الحاجة ويقدم مبررًا لاستثناء التصميم، استنادًا إلى ما يلي:

- وصف القطاع العرضي، وعناصر التصميم الهندسي ، والتحكم في الوصول، وما إلى ذلك للطريق القائم داخل وخارج حدود المشروع.
- وصف أي خطط مستقبلية لترقية هذا الطريق إما في نفس الموقع أو في منطقة متاخمة، وما يرتبط بها من تأثير مروري.
- شرح المبررات الفنية لعدم معقولية أو جدوى الامتثال لخصائص السلامة والأداء التشغيلي المحددة في المتطلبات الحاكمة المنصوص عليها في هذا المجلد، وكذلك وصف البدائل الأخرى التي نُظر فيها قبل اتخاذ قرار بمتابعة إجراء استثناء التصميم.
- وصف كيف يرتبط سجل الحوادث باستثناء التصميم المقترح. تقييم سجل الحوادث الحالي لمدة ٣ سنوات (العدد والشدة والسبب والمقارنة بالمتوسط على مستوى المملكة العربية السعودية، وما إلى ذلك). وشرح كيفية ارتباط سجل الحوادث بقرار طلب استثناء التصميم.
- وصف أي تدابير مقترحة للتخفيف من عناصر التصميم التي تقل عن المواصفات الحاكمة.

تعرض الأشكال (١٣-١) و (١٣-٢) و (١٣-٣) هيكلًا إرشاديًا لقائمة تدقيق استثناء التصميم ونموذج الطلب، على التوالي.

يجب التوقيع على طلب استثناء التصميم هذا من قبل مهندس محترف ومعتمد، وأن يكون وفقًا للمتطلبات المتضمنة بالجزء (٢-٣) من كود الطرق السعودي ١٠١.

قائمة مراجعة عملية استثناء التصميم

التاريخ _____

المشروع _____

مهندس تصميم _____

التصنيف الوظيفي _____

السرعة المنشورة _____

التضاريس _____

معايير التحكم التي تتطلب مراجعة لاستثناء التصميم	**التصميم المقترح**	**SHC 301**	**الاستثناء مطلوب (y/n)**
سرعة التصميم	_____	_____	_____
عرض المسار	_____	_____	_____
عرض الكتف	_____	_____	_____
نصف قطر المنحنى الأفقي	_____	_____	_____
إيقاف مدى الرؤية للمنحنيات الأفقية ومنحنيات القمة الرأسية	_____	_____	_____
الدرجة القصوى	_____	_____	_____
الفسحة الرأسية	_____	_____	_____

الشكل (١٣–١) قائمة تدقيق عملية استثناء تصميم (Texas DOT, 2022)

طلب استثناء التصميم

التاريخ

المشروع

الموقع

موقع معايير التصميم المعنية

بيانات المشروع

معدل حركة المرور اليومية الحالي (سنة)	تصميم معدل حركة المرور اليومية (سنة)
٪ شاحنات	
سرعة التصميم	
تم نشر حد السرعة	
التصنيف الوظيفي	
قيمة كود الطرق السعودي 301	
القيمة المقترحة	
التكلفة الإجمالية المقدرة للمشروع	
تكلفة إضافية لتلبية الحد الأدنى من المتطلبات	

الشكل (١٣–٢) نموذج طلب استثناء تصميم - الصفحة الأولى (Texas DOT, 2022).

أساس الاستثناء

وصف المقطع العرضي، والهندسة، والتحكم في الوصول، وما إلى ذلك للطريق الموجود داخل حدود المشروع

وصف أي خطط مستقبلية لتطوير هذا الطريق سواء في أو بالقرب من المشروع

شرح السبب المعقول أو المجدي لتلبية خصائص السلامة والأداء التشغيلي المحددة في متطلبات التحكم كود الطرق السعودي 301. وصف البدائل الأخرى التي تم النظر فيها لاتخاذ القرار لمتابعة استثناء التصميم.

وصف كيفية ارتباط محفوظات الأعطال باستثناء التصميم المقترح. الاطلاع على سجل الأعطال الحالي لمدة 3 سنوات (العدد، والخطورة، والسبب، والمقارنة بالمتوسط على مستوى الولاية، إلخ). شرح كيفية ارتباط محفوظات الأعطال بقرار طلب استثناء تصميم.

وصف أي تدابير مقترحة للتخفيف من عناصر التصميم التي تقل عن المعايير

الشكل (١٣–٣) نموذج طلب استثناء تصميم - الصفحة الثانية (Texas DOT, 2022).

المراجع:

AASHTO (2012). *Guide for the Development of Bicycle Facilities. Fourth Edition,* Washington, DC: American Association of State Highway and Transponacion Officials.

AASHTO (2018). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets - Seventh Edition,* Washington DC, USA: American Association of State Highway and Transportation Officials.

ALABAMA (2021). Department of Transportation, *Access Management Manual*.

Alberta Transportation. Design Bulletin #100/2019

California (2019). Department of Transportation, *Highway Design Manual*, Seventh Edition.

Dhatrak, A., E. Praveen, and B. Joe (2010). Performance Analysis of Parallel Flow Intersection and Displaced Left-Turn Intersection Designs. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2171. 33-43. 10.3141/2171-04.

FDOT (2020). Florida Department of Transportation, *Context Classification Guide*.

FDOT (2022). Florida Department of Transportation, *Design Manual*.

FGSV (2006). *Guidelines for the Design of Urban Roads RASt 06 (in German),* Germany: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV).

FGSV (2008). *Guidelines for the Design of Freeways RAA 08 (in German),* Germany: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV).

FGSV (2012). Guidelines for the design of Rural Highways *RAL 12 (in German),* Germany: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV).

FGSV (2019). Recommendations for the Design of Tunnels 80/100 *EABT 80/100 (in German),*

Germany: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV).

FGSV (2021). Guidelines for Highway Drainage *(in German) Vol. 539,* Germany: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV).

FHWA (2009). *Technical Manual for Design and Construction of Road Tunnels-Civil Elements,* US Department of Transportation, Federal Highway Administration, National Highway Institute.

FHWA (2019). Advancing Turbo Roundabouts in the United States: Synthesis Report. Washington.

FHWA (1997) Rural Public Transportation Technologies: User Needs and Applications. Washington.

Government of Abu Dhabi (2016). *Road Geometric Design Manual*.

INDIANA (2013). Department of Transportation, Design *Manual*.

ITE (2022). *A Guide to Speed Reduction Techniques: Planning and Design of Speed Humps, Speed Tables, and Other Related Measures,* Washington DC, USA: Institute of Transportation Engineers (ITE).

Kentucky (2017). Commonwealth of Kentucky, Transportation Cabinet, Highway Design Guidance Manual.

Ministry of Communications (1992). *Highway Design Manual - Volume 1 Highway Development,* Kingdom of Saudi Arabia: MoC.

Ministry of Communications (1992). *Highway Design Manual - Volume 2 – Design of Roadways,* Kingdom of Saudi Arabia: MoC.

Ministry of Communications (1992). *Highway Design Manual - Volume 3 - Structural Design Specifications,* Kingdom of Saudi Arabia: MoC.

Ministry of Communications (1992). *Highway Design Manual - Volume 4 - Standard Drawings,* Kingdom of Saudi Arabia: MoC.

MoMRAH, 2019. Road Engineering Design Manual, Riyadh, KSA: Ministry of Municipal, Rural Affairs and Housing.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2020). Alternative Intersection Design and Selection. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/25812.

NCDOT (2020). *Operational Applications of Signalized Offset T-Intersections*, State of North Carolina, United States.

NCDOT (2021). *Roadway Design Manual, Design Exception Preparation Guidelines*, State of North Carolina, United States.

NCDOT (2012). *Complete Streets Planning and Design Guidelines*, State of North Carolina, United States.

Petru, J., & Krivda, V. (2021). An analysis of turbo roundabouts from the perspective of sustainability of road transportation. Sustainability

Philadelphia (2017), Complete Streets Design Handbook, United States.

Qatar (2015). Highway Design Manual

Republic of Malawi (2020). Low Volume Roads Manual, Volume 2, Geometric Design and Road Safety, Ministry of Transport and Public Works.

Riyadh Amanah (2007). Traffic Calming Measures Guide in Riyadh City, s.l.: Ministry of Municipal & Rural Affairs Riyadh Region Amanah.

State of Tennessee Standard Drawings – Department of Transportation

Stover, V. G., and F. J. Koepke. (2002). Transportation and Land Development, Second Edition, Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C.

Sunline Transit Agency (2006). Thousand Palms, CA, *Transit Facilities Design Manual*.

TEXAS (2022). Department of Transportation, *Roadway Design Manual*

VSS 40198a (2019). *Hairpin Bends*, *(in German and French),* Switzerland: Society of Swiss Highway Experts.

الملحق أ - التكوينات الهندسية:

أ-١ تكوين مسارات المرور على الطرق الريفية:

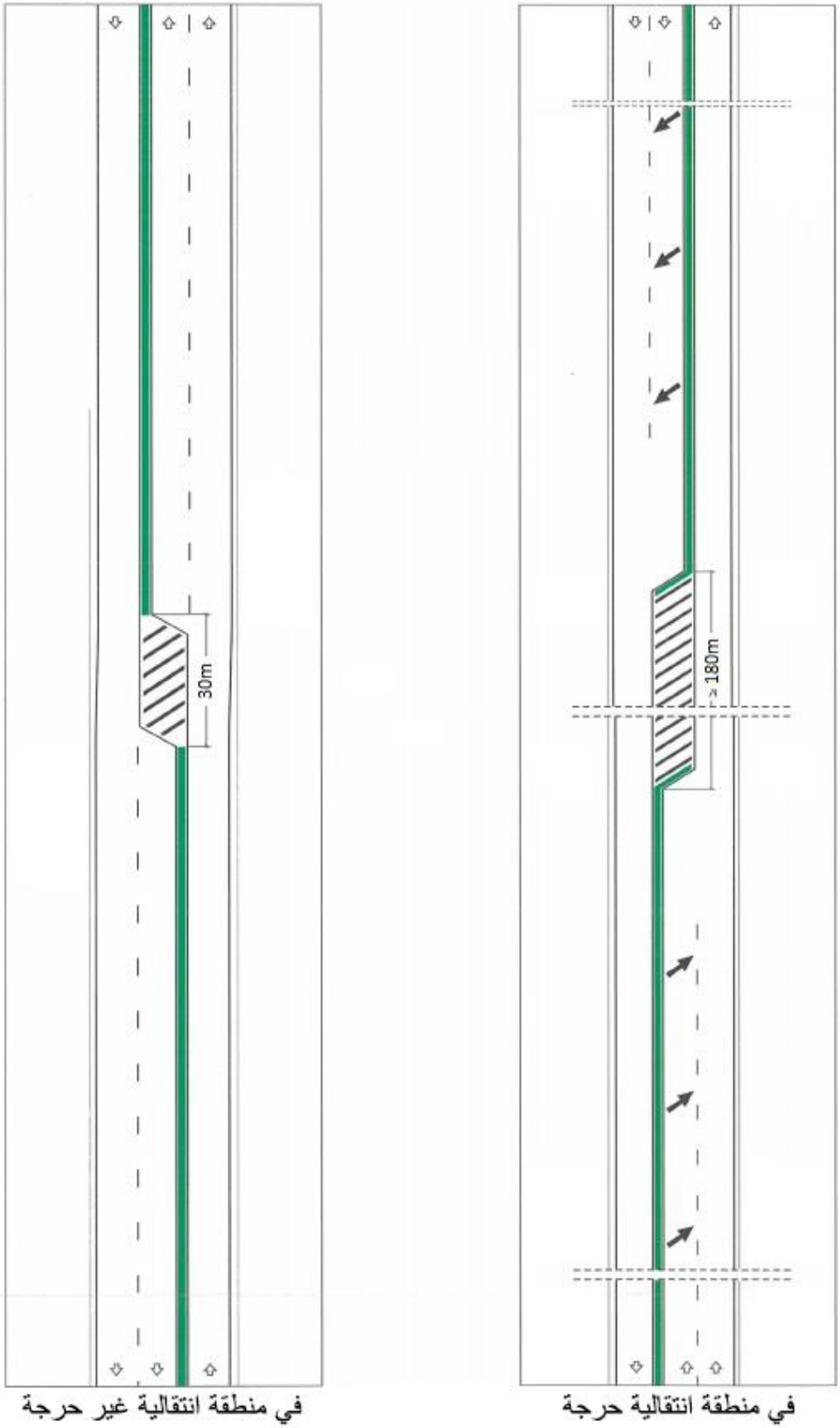
أ-١-١ المرور على الطرق الريفية ثلاثية المسارات:

للفصل بين الاتجاهين المتعاكسين، يتم تطبيق جزيرة المرور بعرض ١,٠٠ متر على طول الطرق الريفية المستمرة ذات المسارات الثلاث. يتم توفير الترتيب العام واللافتات الأفقية والرأسية المقترحة في الشكل (أ-١). يجب أن يكون طول الأجزاء المحظورة من مناطق الرصف ١٨٠ مترًا على الأقل في المناطق الحرجة (حيث يتم إسقاط المسارات الموسعة)، بينما يمكن تقليل طول المناطق غير الحرجة إلى ٣٠ مترًا (حيث يتم إنشاء المسارات الموسعة). يجب أن تكون هذه التغييرات في القطاع العرضي مرئية بوضوح لأسباب الاعتراف. يجب إدراك المناطق الحرجة من خلال ٣ أسهم منحرفة موضوعة في وسط المسار على بعد ٦٠ مترًا في اتجاه المرور.

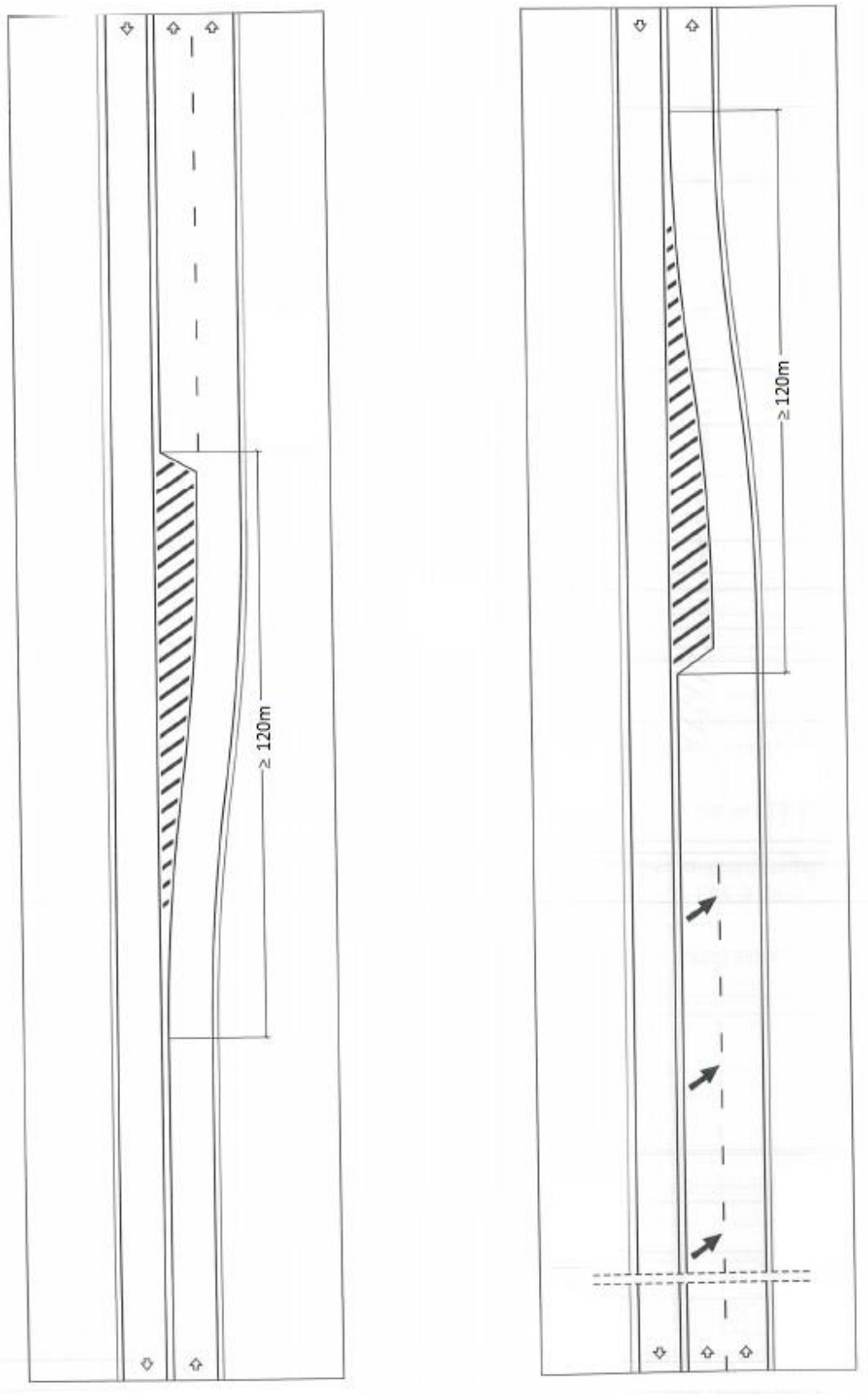
أ-١-٢ المرور على الطرق العرضية ذات الثلاثة مسارات الريفية:

يتم فصل مسارات التجاوز في الطرق الريفية العرضية المكونة من ثلاث مسارات (المصممة كمسار إضافية في جزء من الطريق لإجراء التجاوز)، عن الاتجاه المعاكس بواسطة خط تقسيم مستمر مزدوج بعرض ٠,٥٠ متر. يتم توفير الترتيب العام واللافتات الأفقية والرأسية المقترحة في الشكل (أ-٢). يجب أن يكون طول سطح الطريق في بداية ونهاية الممر العابر ١٢٠ مترًا على الأقل. يجب أن تكون هذه التغييرات في القطاع العرضي مرئية بوضوح.

يجب إدراك اسقاط مسارات المرور من خلال ٣ أسهم منحرفة موضوعة في وسط المسار على بعد ٦٠ مترًا في اتجاه المرور.



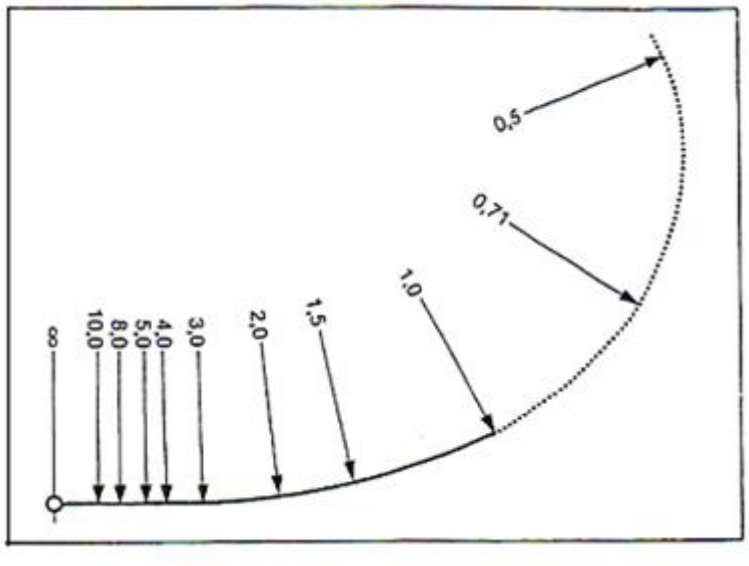
الشكل (أ–١) الترتيب العام لمسارات المرور في الطرق الريفية ذات المسارات الثلاث المستمرة.



الشكل (أ–٢) الترتيب العام لمسارات المرور في الطرق الريفية ذات الثلاث مسارات العرضية (FGSV, 2012).

أ-٢ جيومترية المنحنيات الحلزونية:

جميع المنحنيات الحلزونية (clothoids) متشابهة من وجهة نظر هندسية. لهذا السبب في جميع المنحنيات الحلزونية يتم تطبيق نفس زوايا الاتجاه ونفس قيم العلاقات R/A = r/a، وما إلى ذلك في نفس النقطة. وتسمى هذه النقاط بالنقاط المميزة. يتم تعريفها بوضوح بواسطة نصف قطر r لوحدة المنحنيات الحلزونية (a = ١) لجميع الوحدات الحلزونية (انظر الكل (أ-٣) والجدول (أ-١)).

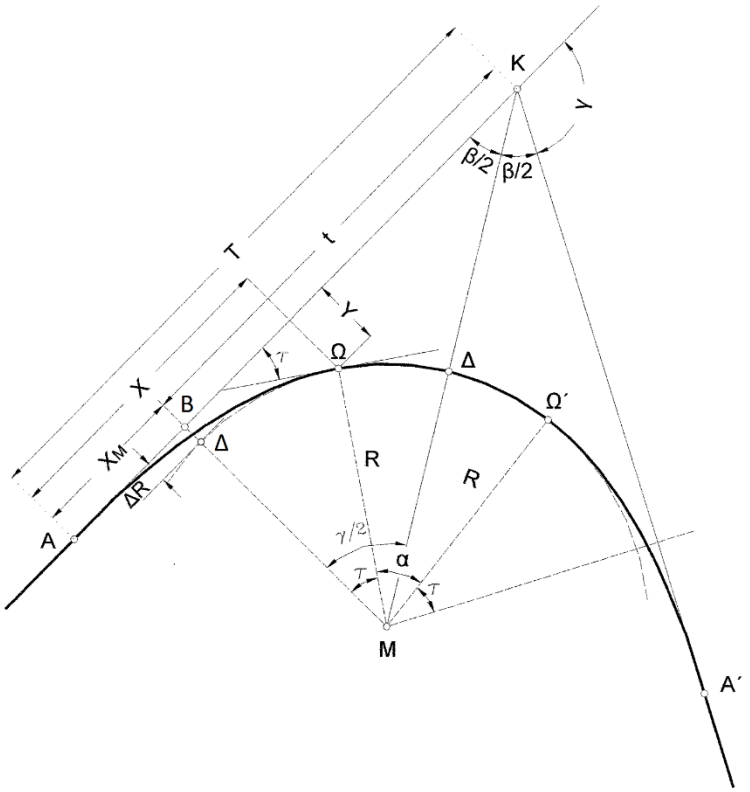


الشكل (أ–٣) النقاط المميزة المنحنيات الحلزونية.

الجدول (أ–١) قيم النقطة الحرجة المحددة للمنحنيات الحلزونية.

النقطة الحرجة r	τ (gon)	τ (rad)	A (m)		R(بالمتر)		L (m)	
1	31.8310	0.50000	1.00 · R	1.00 · R	1.00 · L	1.00 · A	1.00 · R	1.00 · A
1.5	14.1471	0.22222	0.67 · R	0.67 · R	2.25 · L	1.50 · A	0.45 · R	0.67 · A
2	7.9577	0.12500	0.50 · R	0.50 · R	4.00 · L	2.00 · A	0.25 · R	0.50 · A
3	3.5368	0.05556	0.33 · R	0.33 · R	9.00 · L	3.00 · A	0.11 · R	0.33 · A
4	1.9894	0.03125	0.25 · R	0.25 · R	16.00 · L	4.00 · A	0.06 · R	0.25 · A
5	1.2732	0.02000	0.20 · R	0.20 · R	25.00 · L	5.00 · A	0.04 · R	0.20 · A
6	0.8842	0.01389	0.17 · R	0.17 · R	36.00 · L	6.00 · A	0.03 · R	0.17 · A
∞	0.0000	0.00000	0.00	0.00	∞	∞	0.00	0.00
$\frac{R}{A}$	$\frac{100}{r^2 \cdot \pi}$	$\frac{1}{2 \cdot r^2}$	$\frac{R}{r}$	r · L	r · A	$r^2 \cdot L$	$\frac{A}{r}$	$\frac{R}{r^2}$

لهندسة المنحنى الأفقي مع المنحنيات الحلزونية المتماثلة، يُطبّق الشكل (أ-٤).



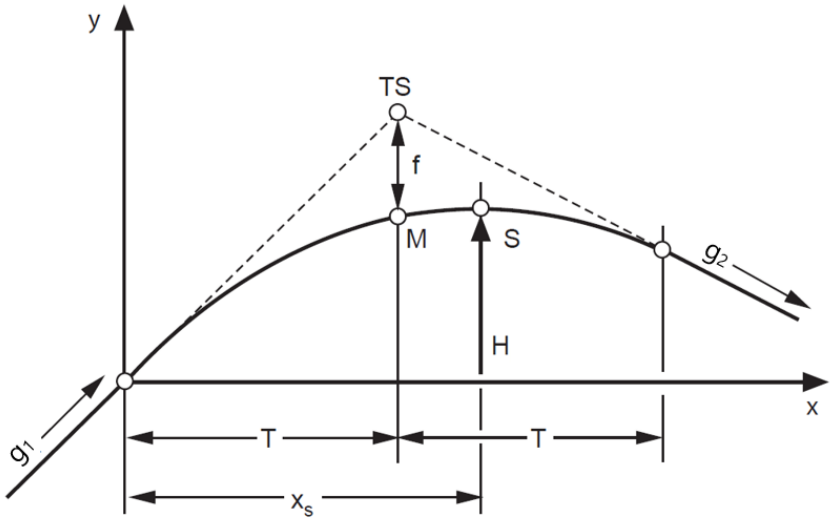
الشكل (أ–٤) جيومترية المنحنى الأفقي مع المنحنيات الحلزونية المتماثلة المطبقة.

الجدول (أ–٢) معادلات للمنحنى الأفقي مع المنحنيات الحلزونية المتماثلة المطبقة.

معادلات المنحنى الأفقي مع المنحنيات الحلزونية المتماثلة المطبقة	
$\delta = \frac{(R + \Delta R)}{cos\left(\frac{\gamma}{2}\right)} - R$	$L = \frac{A^2}{R}$ (المعادلة الفيزيائية للقماش)
$t = (R + \Delta R) \cdot tan\left(\frac{\gamma}{2}\right)$	$\tau_{rad} = \frac{L}{20R}$ $\tau_{gon} = \frac{L}{20R} \cdot \frac{200}{\pi}$
$X - R * \sin(\tau) = X_M$ $X_M = \frac{X}{2}$ المعادلة المقربة	$X = L_s - \frac{{L_s}^3}{40 \cdot R^2} + \frac{{L_s}^5}{3456 \cdot R^4}$ L ≈ X المعادلة المستديرة
$\alpha_{rad} = \gamma_{rad} - \frac{L}{R}$ $\alpha_{gon} = \gamma_{rad} - \frac{L}{R} \cdot \frac{200}{\pi}$	$Y = \frac{{L_s}^2}{6 \cdot R} - \frac{{L_s}^4}{336 \cdot R^3} + \frac{{L_s}^6}{42240 \cdot R^5}$ $Y = \frac{{L_s}^2}{6 \cdot R}$ المعادلة المقربة
$\Delta R + X_M = Y_M$	$X_M + t = T$

معادلات المنحنى الأفقي مع المنحنيات الحلزونية المتماثلة المطبقة	
$\Delta R = Y - R * (1 - \cos(\tau))$	$\alpha_{rad} * R = L_{curve}$
المعادلة المقربة $\Delta R = \frac{L^2}{24 \cdot R}$	$L_{curve} = R \cdot a_{gradian} \cdot \frac{\pi}{200}$

أ-٣ العمليات الحسابية في منحنيات القمة والقاع الرأسية:



الشكل (أ–٥) تقريب منحنيات القمة والقاع الرأسية (FGSV, 2012).

بالنسبة لحسابات تقريب المنحنيات الرأسية للارتفاع والانخفاض، يتم تطبيق المعادلات التالية:

$$H = ١٠٠٠ \cdot K$$

$$x_s = g_١ \cdot K$$

$$g(x) = g_١ + \frac{x}{K}$$

$$y(x) = \frac{g_١}{١٠٠} \cdot x + \frac{x^٢}{٢٠٠٠ \cdot K}$$

$$T = \frac{K}{٢} \cdot (g_٢ - g_١)$$

$$f = \frac{T^٢}{٢٠٠٠ \cdot K} = \frac{T}{٤٠٠} \cdot (g_٢ - g_١) = \frac{K}{٨٠٠} \cdot (g_٢ - g_١)^٢$$

حيث إن:

H = نصف القطر أو المنحنيات الرأسية للارتفاع والانخفاض (م)

K = طول المنحنى الرأسي لتحقيق تغيير بنسبة ١,٠٠٪ في الميل الطولي (م)

T = طول الجزء المستقيم (م)

f = المسافة بين نقطة التقاطع TS ومركز المنحنى (م)

g_1, g_2 = الدرة على نقطة المماس (%)

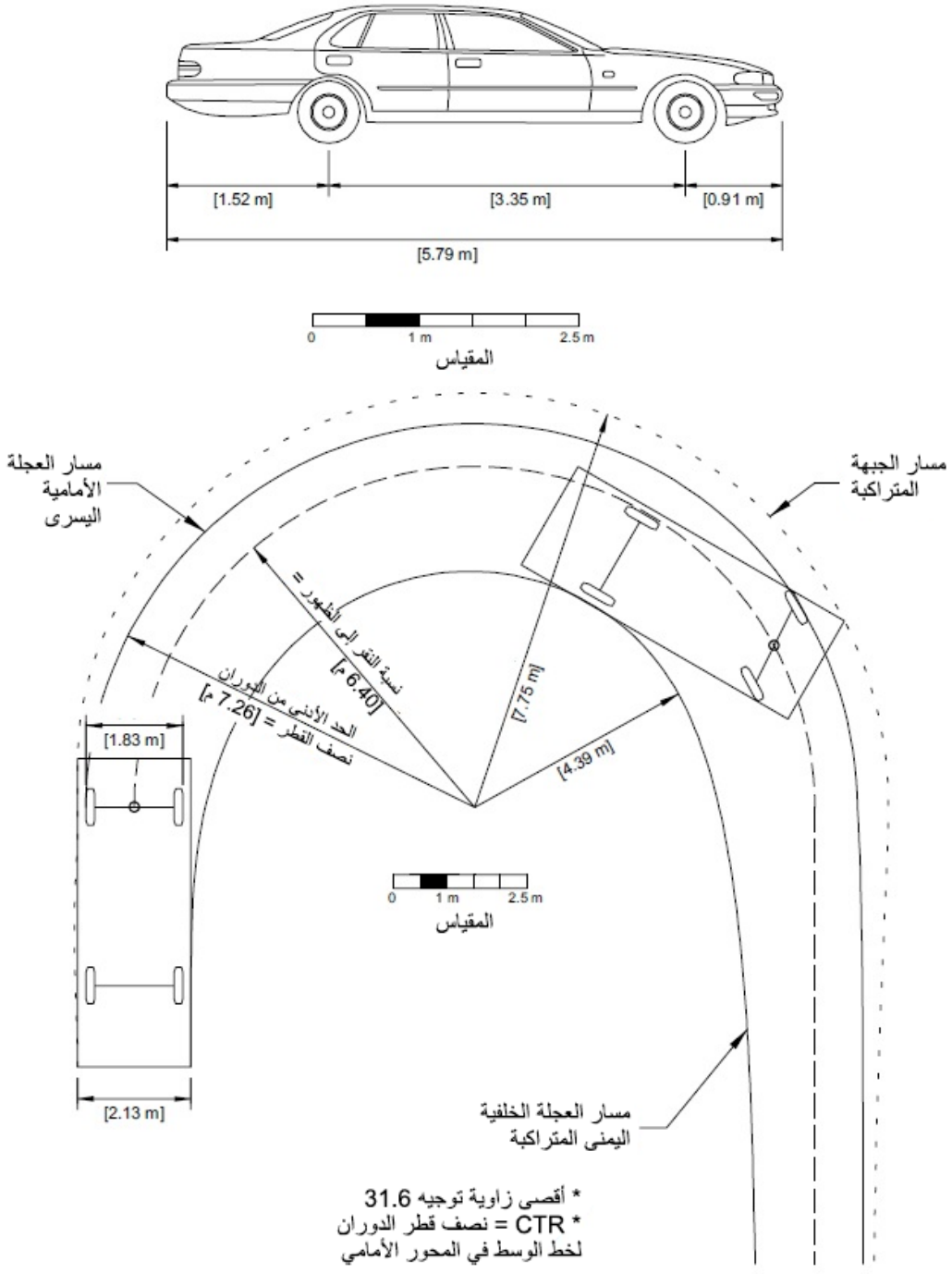
g_x = الميل الطولي عند النقطة العشوائية للمنحنى (%)

$y(x)$ = إحداثي النقطة العشوائية (م)

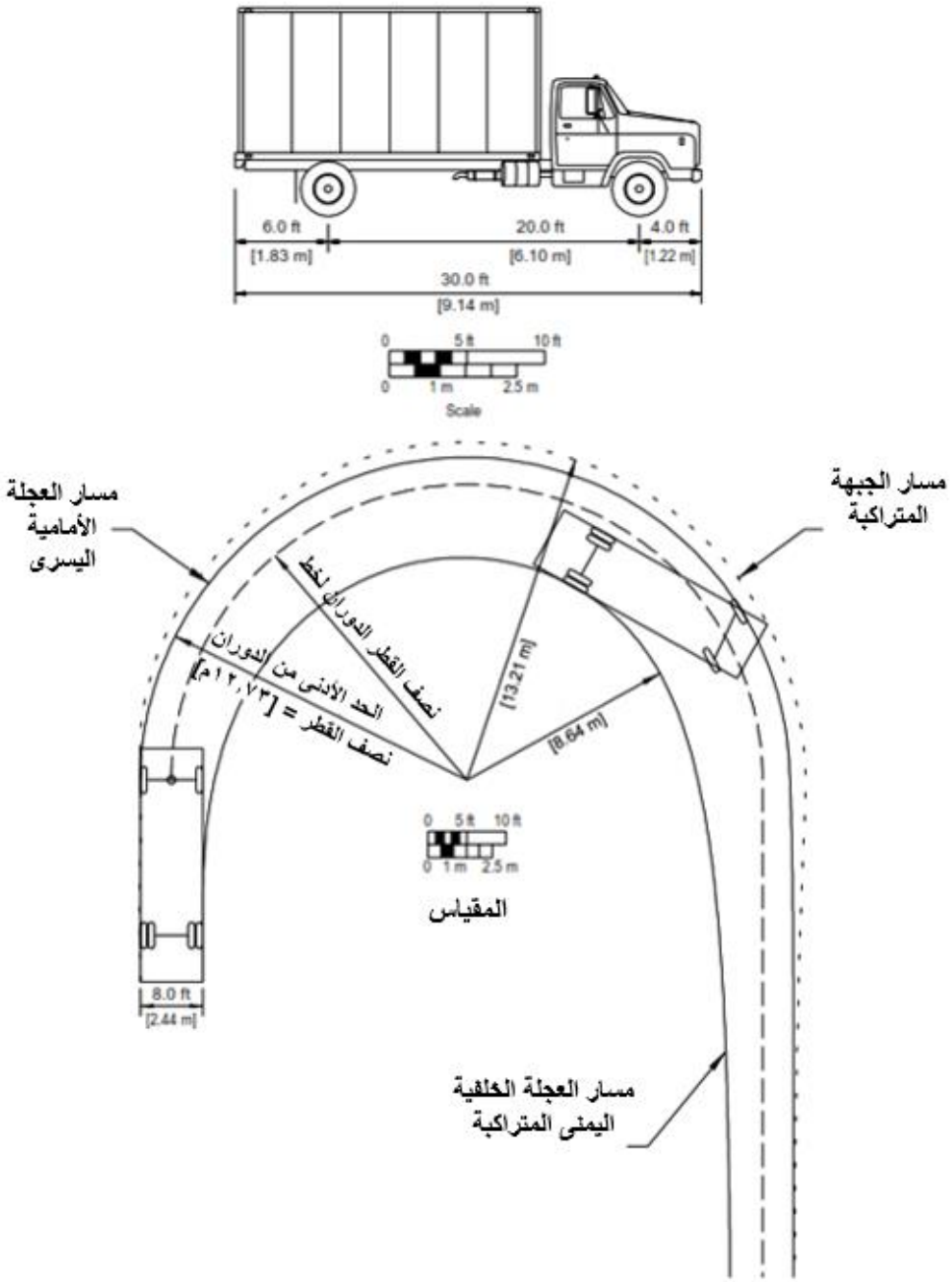
Abscissa of the crown (m) = x_s

M = مركز المنحنى S = التاج TS=نقطة التقاطع.

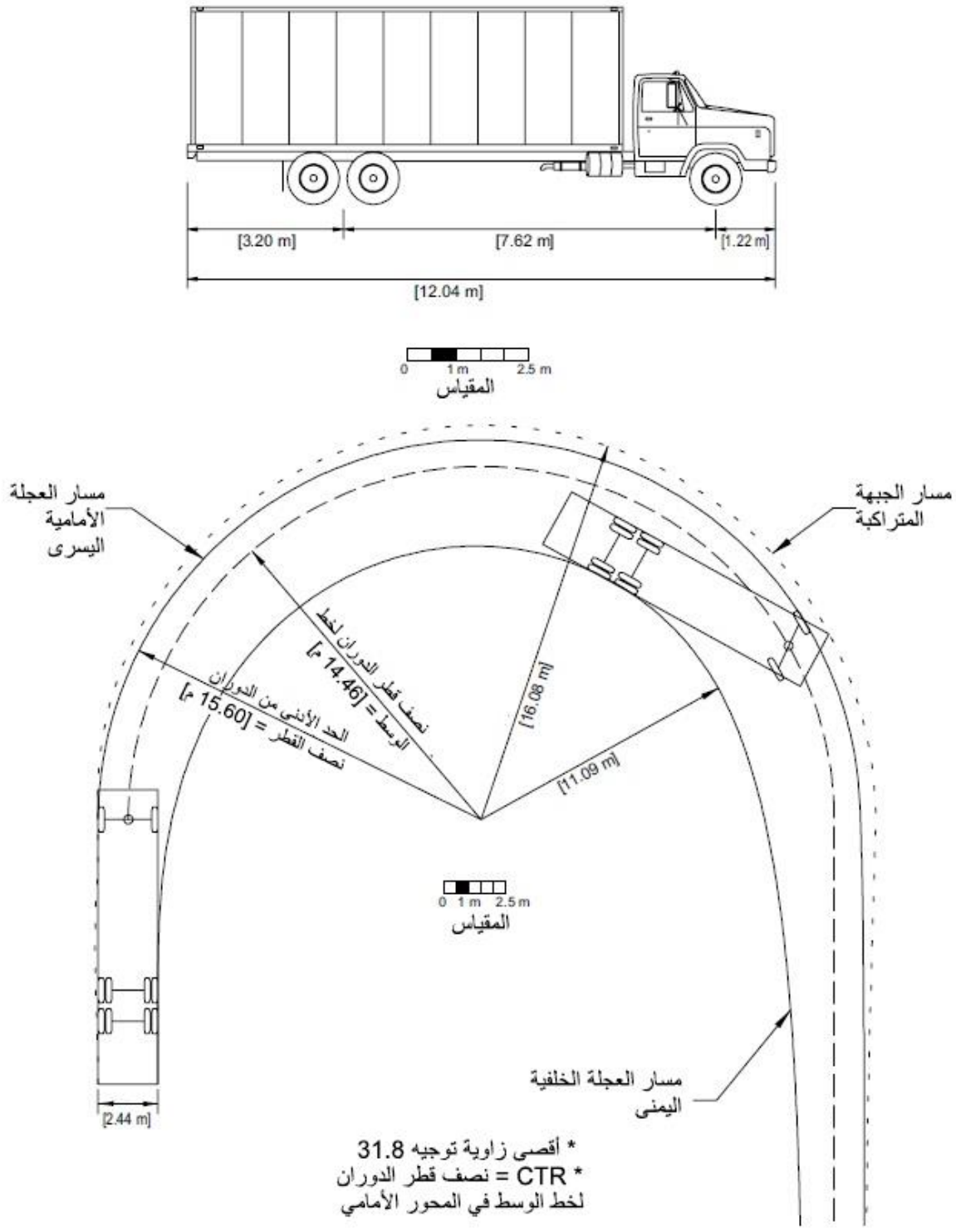
أ-٤ الحد الأدنى من مسارات الدوران:



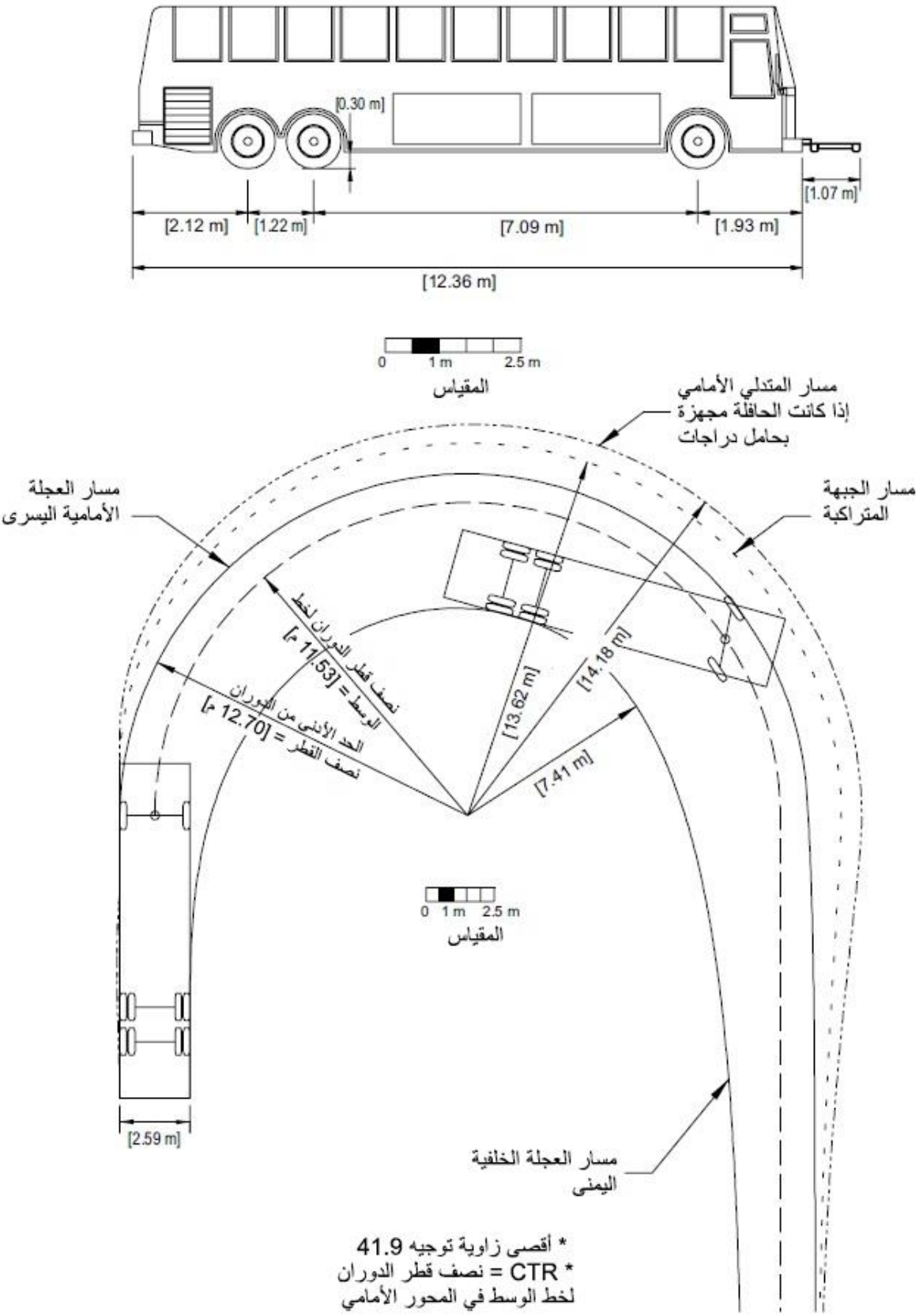
الشكل (أ–٦) الحد الأدنى لمسار الدوران لمركبة تصميم سيارة الركاب الخاصة (AASHTO, 2018) (P).



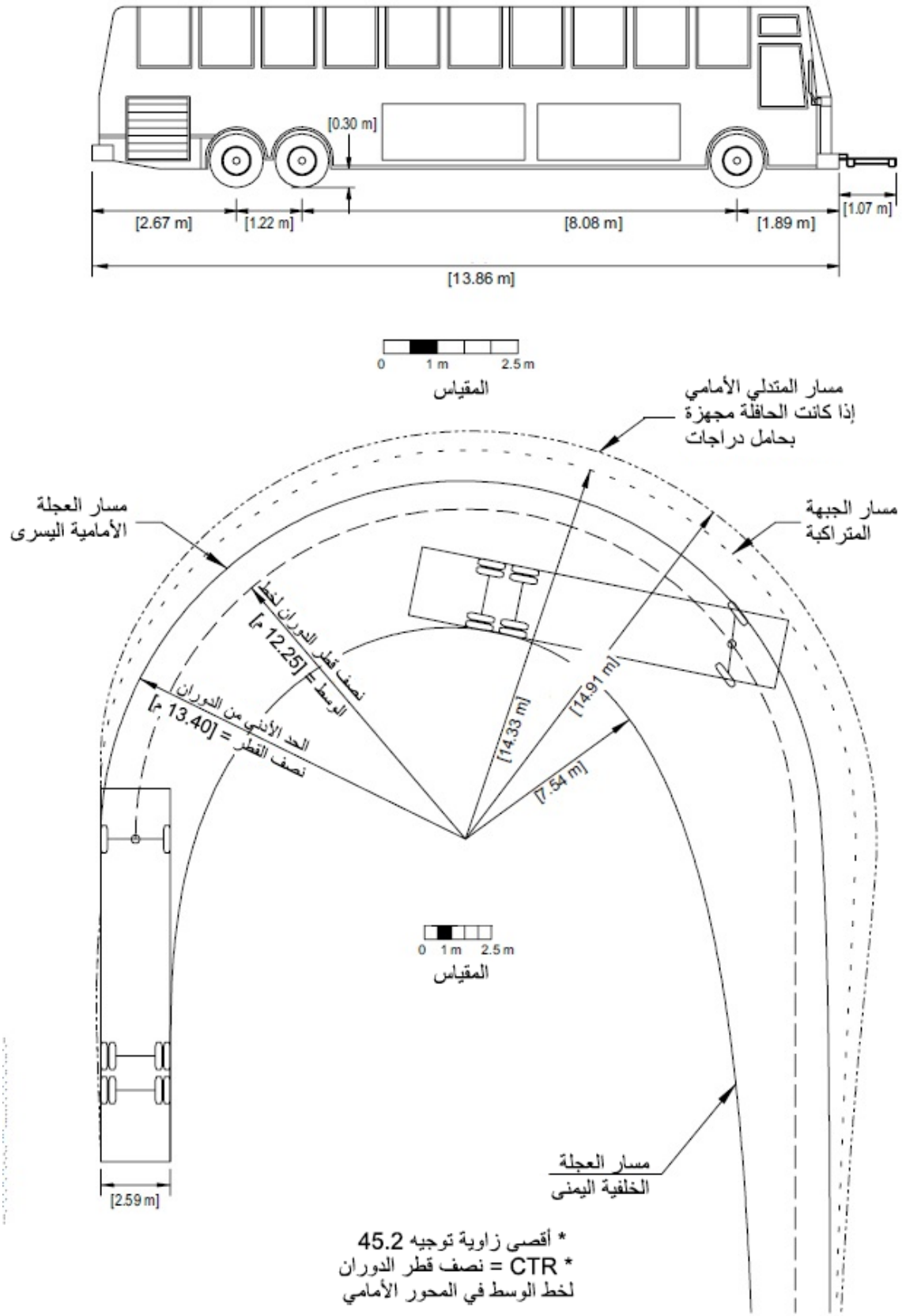
الشكل (أ–٧) الحد الأدنى لمسار الدوران للشاحنة أحادية الوحدة (SU-9) المركبة التصميمية (AASHTO, 2018).



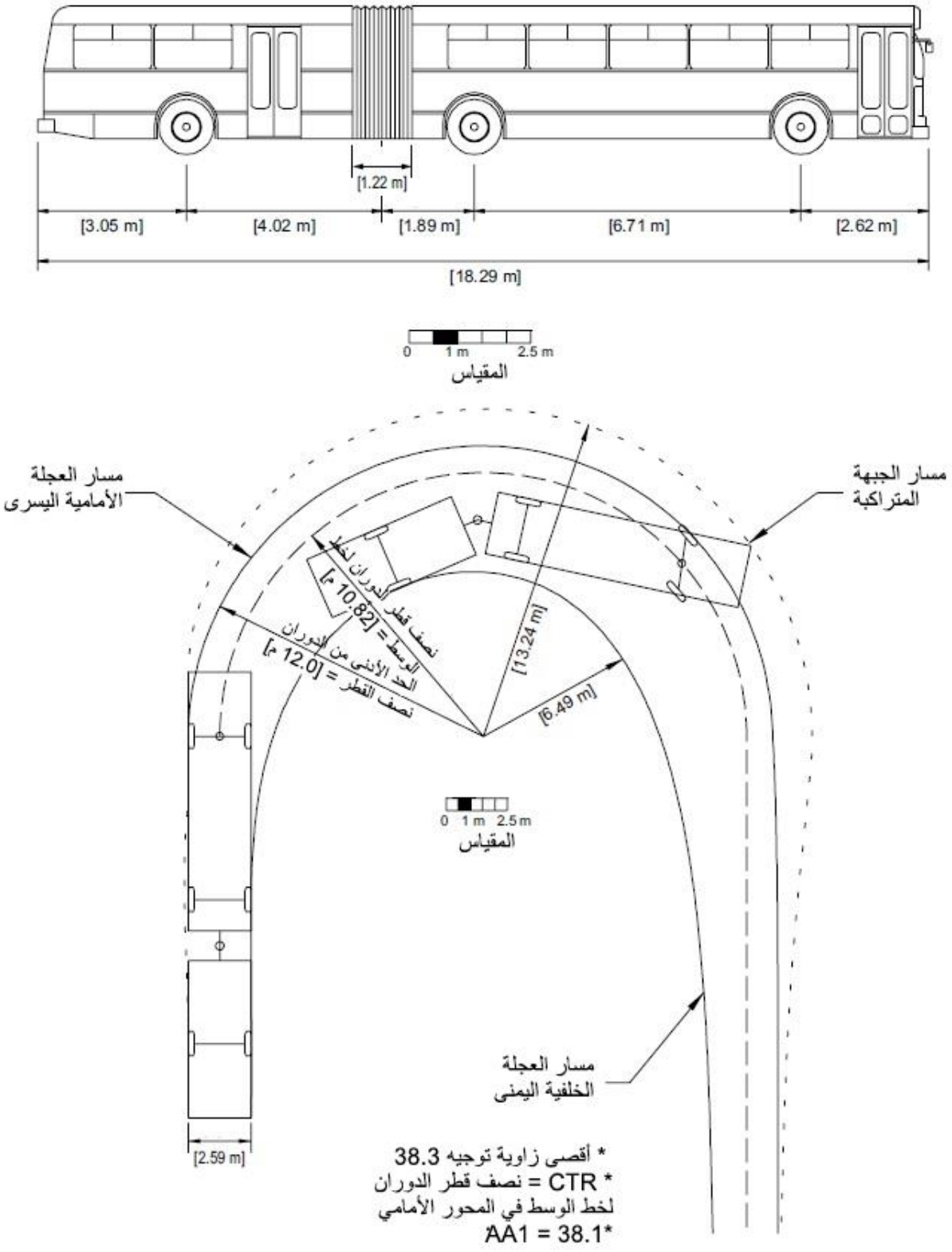
الشكل (أ–٨) الحد الأدنى لمسار الدوران للشاحنة أحادية الوحدة (SU-12) المركبة التصميمية (AASHTO, 2018).



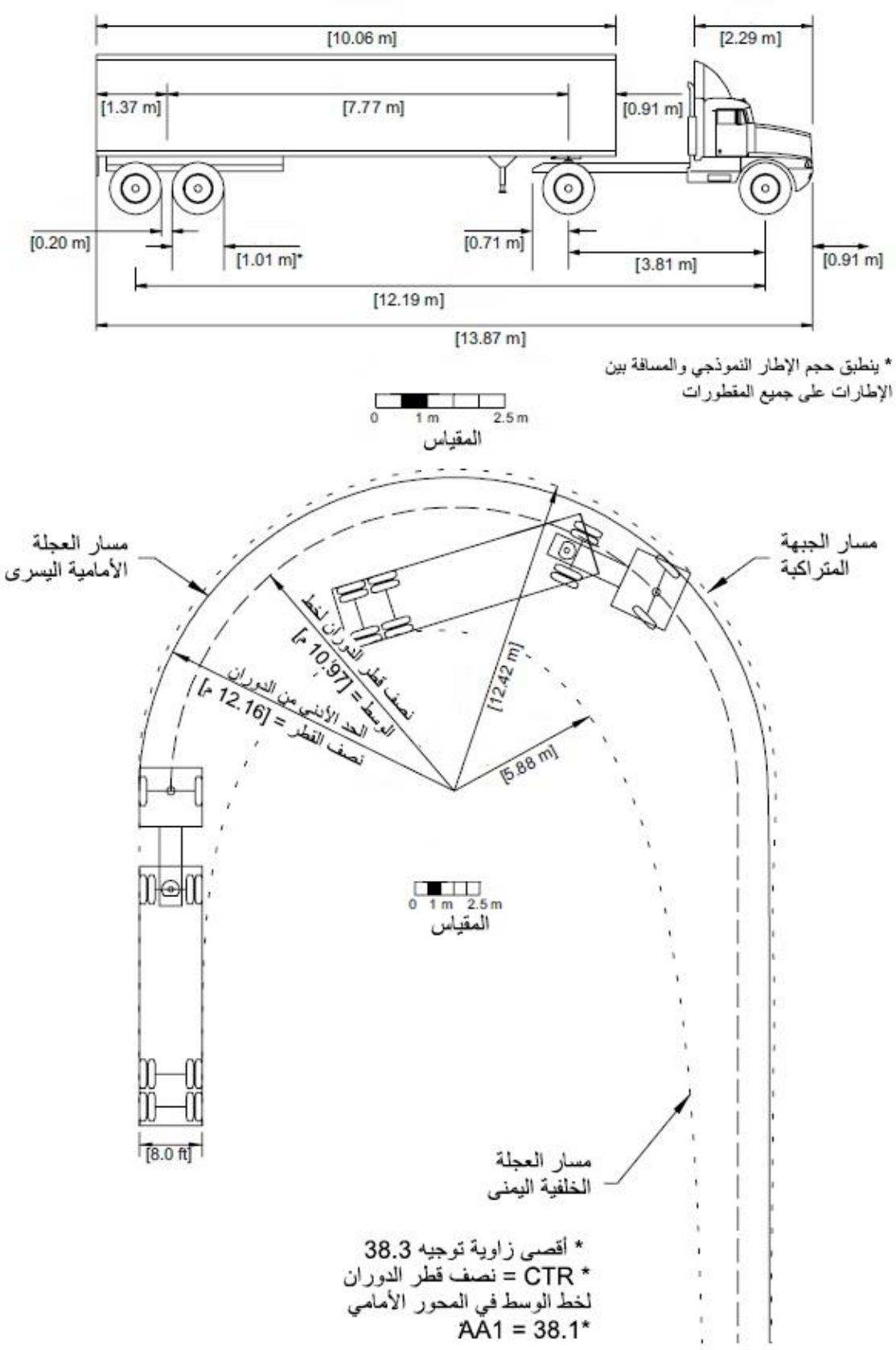
الشكل (أ–٩) الحد الأدنى لمسار الدوران للحافلات بين المدن (BUS -12) المركبة التصميمية (AASHTO, 2018) .



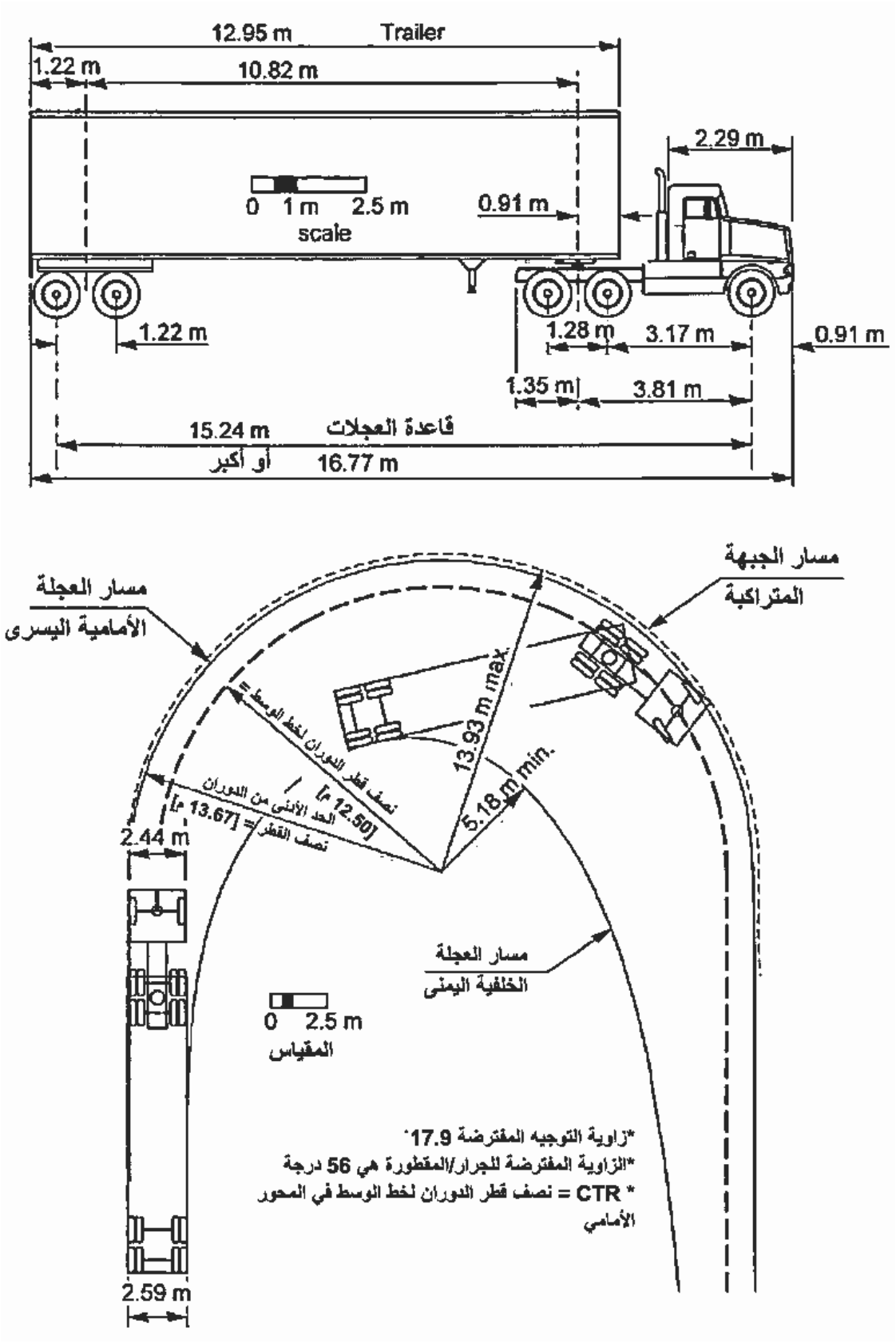
الشكل (أ–١٠) الحد الأدنى لمسار الدوران للحافلات بين المدن (BUS -14) المركبة التصميمة (AASHTO, 2018).



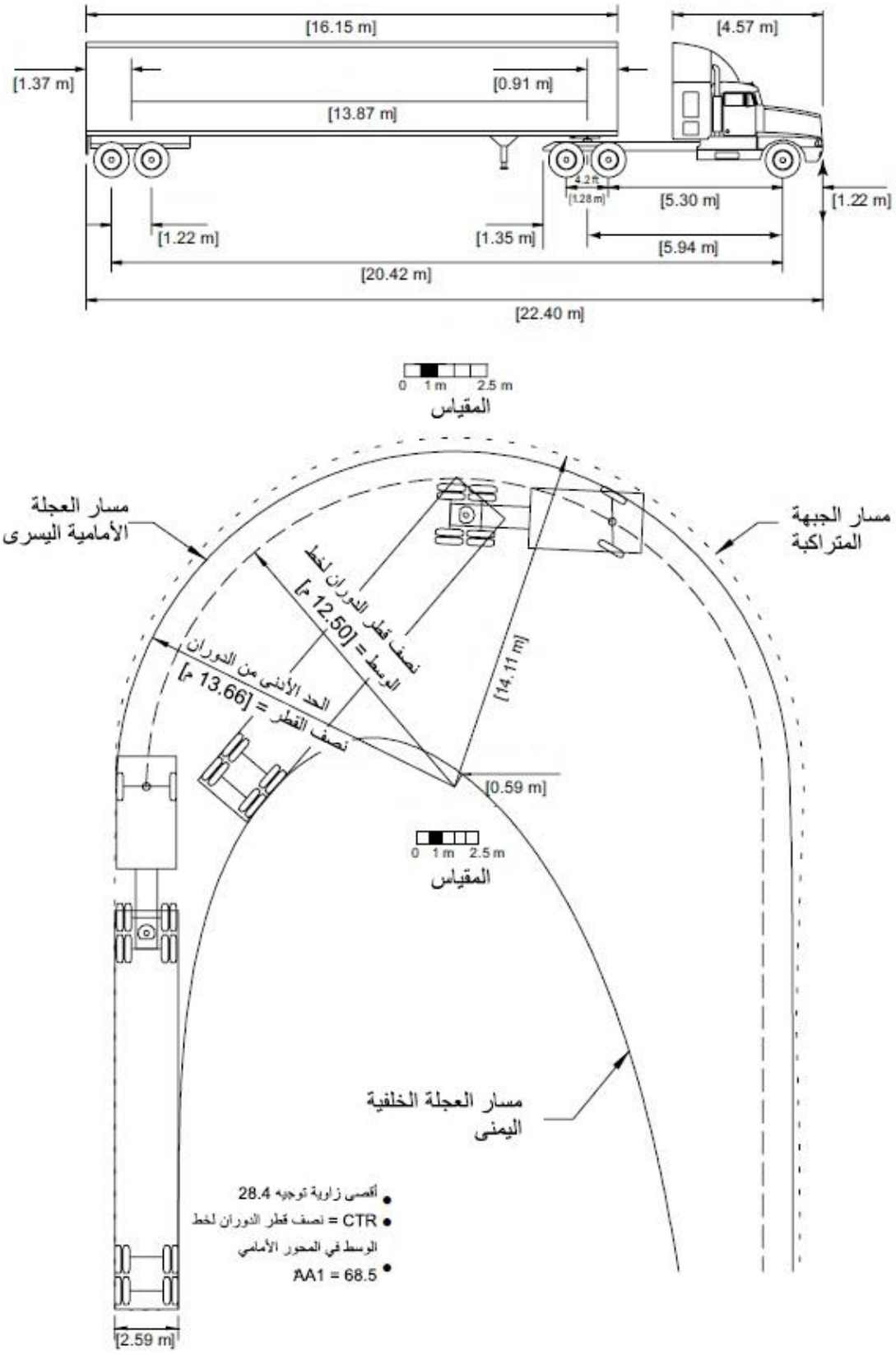
الشكل (أ–١١) الحد الأدنى لمسار الدوران للحافلة المفصلية (A - BUS) المركبة التصميمية (AASHTO, 2018).



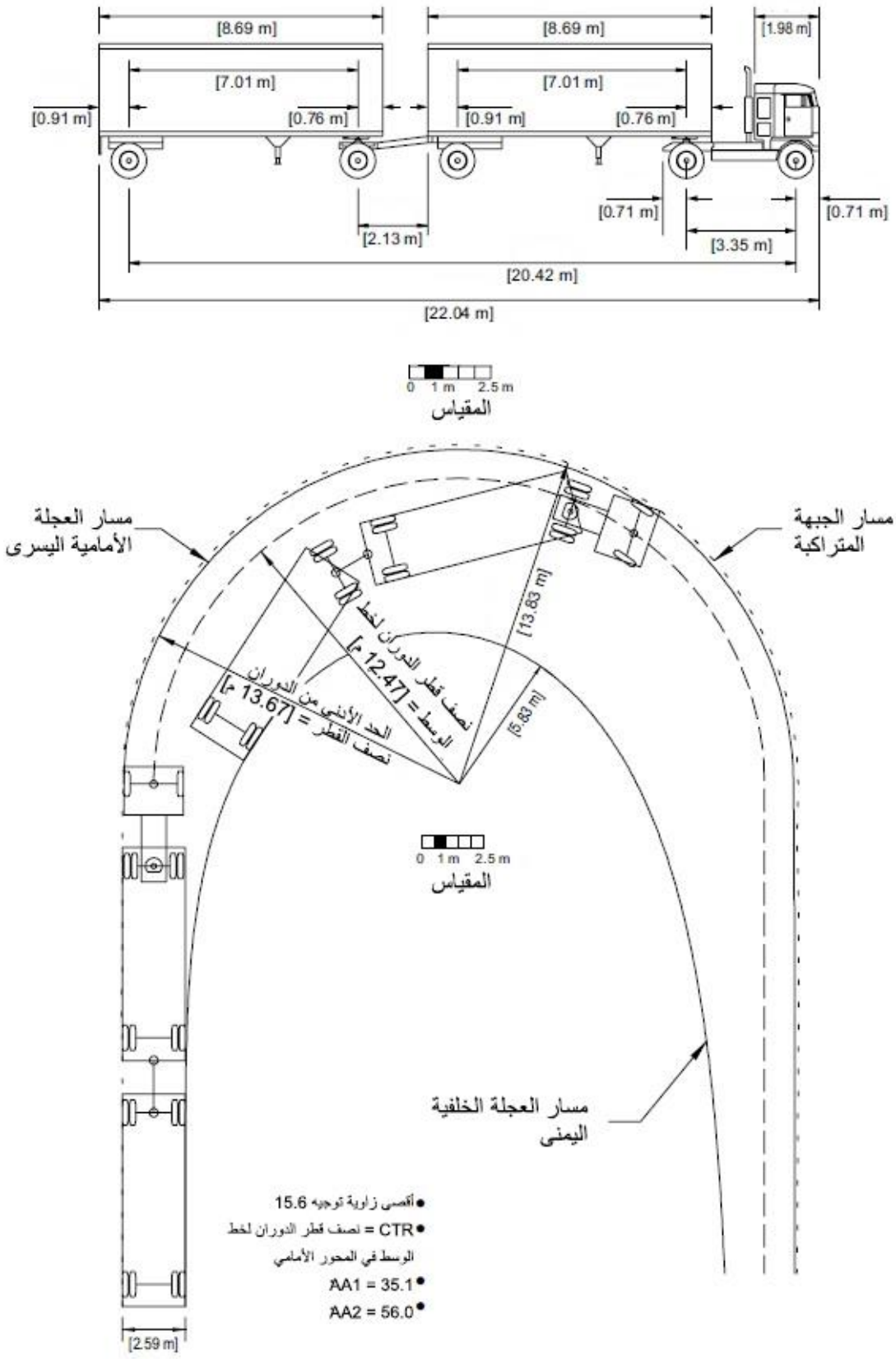
الشكل (أ–١٢) الحد الأدنى لمسار الدوران لمركبة تصميم نصف مقطورة وسيطة (WB-12) (AASHTO, 2018).



الشكل (أ–١٣) الحد الأدنى لمسار الدوران لمركبة تصميم نصف مقطورة وسيطة (WB -15) (AASHTO, 2018).



الشكل (أ–١٤) الحد الأدنى لمسار الدوران لمركبة تصميم نصف مقطورة (WB -20) (AASHTO, 2018).



الشكل (أ–١٥) الحد الأدنى لمسار الدوران لمركبة تصميم تركيبة المقطورة المزدوجة (WB -20D) (AASHTO, 2018) .

الملحق ب - مسرد المصطلحات:

(3R) - مشاريع 3R هي تلك التي تلبي احتياجات الرصف و/أو تعالج أوجه القصور، وتتبع إلى حد كبير المحاذاة الأفقية والرأسية الحالية؛ لتحقيق الأغراض الأساسية لإعادة إنشاء الطبقة السطحية أو الترميم أو إعادة التأهيل.

(4R) - عادة ما تمثل مشاريع 4R أعلى نوع من التصميم لأن هذه إما طرق جديدة أو مقاطع طرق أعيد إنشاؤها بالكامل تقريبًا.

(5R) - تشير مشاريع 5R إلى ممرات التنقل المصممة خصيصًا لتوليد أو انتاج فرص نقل جديدة وطويلة الأجل للغاية، وقد تشمل وسائل متعددة مثل السكك الحديدية والمنافع والشحن والركاب. قد تحدث هذه الوسائل داخل محاذاة ممر واحد.

وصول - منح الإذن أو الحق أو الإمكانية للدخول أو الاقتراب أو الاستخدام.

تقاطع بديل – تقاطع ينشأ عن طريق إعادة توجيه حركة واحدة أو أكثر (غالبًا إلى اليسار) من أماكنها المعتادة إلى تقاطعات ثانوية.

الاتحاد الأمريكي لمسؤولي الطرق والنقل الحكوميين – منظمة لمهندسي الطرق تطور المواصفات، وتنشر المواصفات وبروتوكولات الاختبار والأدلة؛ لتستخدمها وكالات النقل في جميع أنحاء الولايات المتحدة الأمريكية.

شرياني - شارع مزود بإشارة مرور ومخصص أساسًا للمرور في المقام الأول، ويوفر بشكل ثانوي الوصول إلى الملكيات المجاورة.

شارع عريض – طريق واسع تحُفُّه الأشجار، أو المباني العالية على كلا الجانبين.

دراجة هوائية - مركبة ذات عجلتين مترادفتين تدفعها قوة بشرية، وعادةً ما يركبها شخص واحد.

جادّة (بوليفارد) – شارع أو طريق مشجّر، خاصة شارع واسع جدًا ومبطن بالأشجار. تحتوي العديد من الجادَّات على جزيرة وسطية من العشب وأحيانًا الأشجار.

طريق دوَّار - جادة طريق داخل تقاطع دائري يسير فيه المرور في اتجاه عكس اتجاه عقارب الساعة حول جزيرة في وسط التقاطع الدائري.

مدينة أو قرية - قسم فرعي يتكون من مجموعة من المنازل و/أو المزارع، يستخدم لتعيين أو تحديد موقع العمل المقترح.

طريق تجميعي - مصطلح يشير إلى طريق في المناطق الريفية يربط المدن الصغيرة والطرق المحلية بشبكة الطرق، وفي المناطق الحضرية يوفر الوصول إلى الأراضي وحركة المرور داخل المناطق السكنية والتجارية ومناطق الأعمال، ويربط الطرق المحلية بشبكة الطرق.

تصنيف السياق - وصف سياق استخدام الأراضي والنقل حيث يوجد طريق. صُممت الطرق لتتناسب مع الخصائص والاشتراطات التي تحددها معايير تصنيف السياق المناسبة.

قطاع عرضي- قطع عمودي للطريق بزوايا قائمة على الخط المركزي للطريق، بما يشمل عناصر الطريق مثل: الأبعاد الرأسية والأفقية والمسارات وأكتاف الطريق والمناسيب والميول وهيكل الرصيف وسمك الطبقة.

شارع عير نافذ – شارع محلي مفتوح من طرف واحد فقط، ويتوافر فيه مكان للدوران للخلف.

طريق منخفض - طريق يقع مساره تحت مستوى الأرض المجاورة.

فئة التصميم - يتمثل في تصنيف الطرق لأغراض التصميم الهندسي (الجيومتري) وفقًا لمستوى خدمة المرور التي توفرها لمستخدمي الطرق. ويتوافر أربع فئات تصميم معترف بها وفقًا للظروف الريفية والحضرية، وهي على التوالي: الطرق السريعة(freeways) ، والطرق شبه السريعة(expressways) ، والطرق الشريانية(arterials) ، والطرق التجميعية(collectors) ، والطرق المحلية (local).

معايير التصميم - المعايير، إلى جانب العوامل الخاضعة للحكم المستخدمة في التصميم.

استثناء التصميم – حالة التصميم الذي لا تفي بالإرشادات الحالية، وتتطلب موافقة محددة من جانب الجهة المختصة.

السرعة التصميمية - السرعة التي تُختار لأغراض التصميم وربط السمات الهندسية للطريق وقياس جودة الخدمة التي يقدمها الطريق.

مركبة تصميمية - ١. مركبة ذات وزن تمثيلي وأبعاد وخصائص تشغيلية تُستخدم لوضع ضوابط تصميم الطرق؛ لاستيعاب المركبات من الفئات المحددة. ٢. أطول مركبة يسمح بها قانون سلطة الطريق على ذلك الطريق.

طريق مقسم - طريق به جزيرة وسطية يفصل بين المرور في اتجاهين معاكسين.

سائق - أي شخص يقود سيارة، أو مركبة أخرى (بما في ذلك الدراجة).

عبء السائق - عدد وتعقيد ونوع التقييمات والقرارات التي يجب على سائق مركبة اتخاذها؛ لتشغيل المركبة بأمان في بيئة مادية ومرورية محددة.

طريق مرفوع - طريق يُنشأ فوق قطاع ردم أو هيكل إنشائي فوق مستوى الأرض المجاورة.

نصف قطر الدخول - الحد الأدنى لنصف قطر الانحناء المقيس على طول الرصيف الأيمن عند دخول الدوار. قد تقلل أنصاف الأقطار الأصغر من السعة، في حين أن أنصاف الأقطار الأكبر قد تسبب انحرافًا غير كافٍ في الدخول.

عرض الدخول - المسافة العمودية من البردورة اليمنى للمدخل إلى تقاطع خط الحافة اليسرى والدائرة المنقوشة للدوار.

نصف قطر الخروج - الحد الأدنى لنصف قطر الانحناء المقاس على طول الرصيف الأيمن عند الخروج من الدوار. يجب أن تكون أنصاف أقطار الخروج أكبر من أنصاف أقطار الدخول.

عرض الخروج - المسافة العمودية من خط البردورة اليمنى للمخرج إلى تقاطع خط الحافة اليسرى والدائرة المنقوشة للدوار.

طريق شبة سريع - طريق شرياني مفصول الاتجاهين وعالي السرعة للمرور العابر، ويضم نقاطًا محدودة للدخول إليه أو الخروج منه وتقاطعات على مستويات مختلفة عند التقاطعات الرئيسة.

طريق - طريق مقسم يُتحكَّم في الوصول إليه بالكامل، ويضم ما لا يقل عن مسارين (وأكثر من مسارين في الغالب) في كل اتجاه.

التصنيف الوظيفي - تجميع الشوارع والطرق في فئات، أو أنظمة وفقًا لطبيعة الخدمة التي تهدف إلى تقديمها.

التصميم الهندسي (الجيومتري) - ترتيب العناصر المرئية للطريق، مثل: المحاذاة والقطاع الطولي ومسافات الرؤية والعرض والميول وما إلى ذلك.

تقاطع سطحي - تقاطع حيث تنضم جميع الطرق، أو تتقاطع في نفس المستوى.

طريق - مصطلح عام للإشارة إلى طريق عام لأغراض سير المركبات، ويشمل المنطقة داخل حرم الطريق بأكملها.

المحاذاة الأفقية – التصميم الهندسي (الجيومتري) الأفقي للطريق.

منحنى أفقي - منحنى دائري أو انتقالي يمكن من خلاله للطريق تغيير الاتجاه إلى اليمين أو إلى اليسار.

مُحوّل – نظام من الطرق المتصلة ينظم المرور بين طريقين أو أكثر لا يتقاطعان في نفس المستوى.

تقاطع (Intersection) – نقطة يتقاطع فيها طريقان أو أكثر، أو يلتقيان عند نفس المستوى؛ حيث تتنقل المركبات بين الطرق من خلال حركات الانعطاف، وحيث ينظَّم حق الطريق -عادةً- من خلال استخدام أجهزة تحكم مروري.

هيئة إنشاء الطرق في المملكة العربية السعودية - أي جهة في المملكة العربية السعودية مختصة أو تطرح منافسات لإنشاء وإعادة إنشاء وإعادة تأهيل وصيانة وتشغيل طريق (الهيئة العامة للطرق، وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان، الأمانات، الهيئات الملكية).

شاحنة خفيفة (بيك أب) - مركبة بمحرك مصممة؛ لنقل البضائع والمواد التي لا يتجاوز وزنها ٣,٥٠٠ كجم.

شارع محلي أو طريق محلي - الطرق التي توفر وصولًا كبيرًا إلى الملكيات المجاورة، ومتوسط حجم مرور منخفض، ومتوسط أطوال رحلات قصير. قد تشتمل الطرق والشوارع المحلية على طرق ريفية ثانوية، والشوارع الثانوية في الأحياء الحضرية وفي الضواحي، والطرق الممهدة أو غير المحسنة.

الجزيرة الوسطية - حاجز أو جزيرة تتمركز عادةً في خط الوسط، وتهدف للفصل بين اتجاهات الطريق المتعاكسة.

تنقل - جودة أو حالة الحركة من خلال وسيلة نقل معينة أو مجموعة من الأوضاع (السير، أو ركوب الدراجة أو السيارة الخاصة أو سيارة الأجرة أو الحافلة أو السكك الحديدية العادية أو النقل السريع بالسكك الحديدية أو الطيران، أو الطيران الخاص أو أي وسيلة أخرى) لتلبية الاحتياجات أو الأهداف الشخصية.

مركبة آلية - كل مركبة تُشغَّل بواسطة محرك أو مكينة داخل نفسها.

دراجة نارية - مركبة ذاتية الحركة مزودة بعجلتين مترادفتين ولا يمكن أن يركبها أكثر من شخصين.

سرعة التشغيل - هي سرعة تشغيل مركبة نموذجية، أو حركة المرور ككل. يمكن تحديد سرعة التشغيل بمعرفة قيم السرعة، مثلًا: متوسط السرعة، أو الخطوة، أو المئين ٨٥.

الفاصل الخارجي - جزء من طريق شرياني بين مسارات السير للطريق وشارع أو طريق خدمة.

طريق متنزه - طريق واسع، مقسم عادة، مع مساحة من العشب والأشجار على كلا الجانبين، وفي الوسط يؤدي إلى أو يمر عبر متنزه.

سيارة ركاب - مركبة آلية، بخلاف الدراجات النارية، مصممة لنقل ١٠ ركاب أو أقل وتستخدم لنقل الأشخاص.

مُترجّل (مشاة) – أي شخص يسير على قدميه أو يستخدم كرسيًا متحركًا أو دراجة نارية للتنقل أو وسيلة نقل ذات عجلات مدفوعة بالطاقة البشرية، بخلاف الدراجة .

زمن الإدراك ورد الفعل - الزمن اللازم لسائق مركبة لرؤية إشارة المرور (الإدراك)، ثم البدء في تنفيذ الاستجابة المناسبة (رد الفعل).

شاحنة صغيرة - مركبة شحن ذات محورين مع ما مجموعه أربعة إطارات. بشكل عام، يشمل هذا التصنيف الشاحنات الصغيرة والشاحنات ذات السطحة والمركبات الخفيفة الأخرى ذات المحورين، مع إطارات مفردة على المحور الخلفي مصممة لنقل البضائع .

طريق رئيس - طريق يوجد عادة في المناطق الحضرية التي يبلغ عدد سكانها ١٠٠,٠٠٠ نسمة أو أكثر.

القطاع الطولي - قطاع طولي لطريق.

النقل العام - خدمة النقل العام للجمهور على أساس منتظم باستخدام المركبات التي تنقل أكثر من شخص واحد بأجرة -غالبًا، ولكن ليس على سبيل الحصر- عبر مسار أو مسارات محددة من نقطة ثابتة إلى أخرى. قد تُحدَّد مسارات وجداول هذه الخدمة مسبقًا من جانب المُشغل، أو يمكن تحديدها مُسبقًا من خلال ترتيب تعاوني. وتشمل الفئات الفرعية خدمات النقل العام لذوي الاحتياجات الخاصة (paratransit)والنقل الجماعي المتاحة للجمهور.

منحدر - ١. طريق مخصص يقدم اتصالاً بين طريقين آخرين؛ عادةً ما يكون أحد الطريقين على الأقل اللذين يربطهما المنحدر مرفق عالي السرعة مثل: طريق سريع، أو طريق متعدد المسارات، أو طريق تجميعي-توزيعي. ٢. ممر مشاة مائل يربط بين مرافق المشاة على مناسيب مختلفة.

مركبة ترفيهية - مركبة ذات هيكل خفيف أو متوسط، وتعليق مصمم للمعيشة الترفيهية أو السحب.

منطقة سكنية - ذلك الجزء من بلدية، أو منطقة واقعة تحت تأثير البلدية التي تكون فيها الاستخدامات المهيمنة للأراضي عبارة عن تطوير سكني، ولكن يمكن تضمين منطقة أعمال صغيرة.

حرم الطريق (ROW) - العرض الكامل بين حدود شريط من الأرض المشغولة أو التي يعتزم أن يشغلها طريق، أو رصيف، أو ممر، أو سكة حديد، أو خط نقل كهربائي، أو خط أنابيب نفط، أو غاز، أو خط مياه، أو مجاري عاصفة صحية، أو استخدامات أخرى مماثلة.

سرعة التشغيل - مقياس متوسط السرعة على مقطع محسوبًا على أساس المسافة المقطوعة مقسومة على زمن التشغيل.

النهج الآمن - يهدف نهج النظام الآمن إلى الحد من أعداد الوفيات والإصابات الخطيرة لجميع مستخدمي نظام النقل، من خلال نموذج شامل للعديد من العناصر التي تتكاتف للحماية من نتائج الحوادث المأساوية.

طريق ثانوي - طريق ذو أهمية وطنية أقل من الطريق الرئيس، ولكنه الطريق الذي يهدف إلى نقل كميات كبيرة من المرور بسرعة عالية بين المراكز السكانية التي يبلغ عدد سكانها ٥٠,٠٠٠ نسمة أو أكثر.

نصف مقطورة - أي مقطورة مصممة لتكون مقترنة بمركبة آلية؛ بحيث يستند جزء منها على المركبة الآلية، وتتحمل المركبة الآلية جزءًا كبيرًا من وزن المقطور ووزن حمولتها.

أرصفة المشاة والمسارات - مقطع مرتبط بطريق يُوفر بصورة أساسية لاستخدام المشاة ويستبعد الأشكال الأخرى من المرور مثل المركبات الآلية وما إلى ذلك.

الشاحنات ذات الوحدة الواحدة - مركبة ذات وحدة واحدة، أطول من سيارة الركاب، بما في ذلك الشاحنات ومركبات التخييم والمركبات الترفيهية ومنازل السيارات المتنقلة وما إلى ذلك، بغض النظر عن عدد الإطارات أو المحاور أو تكوين المحور.

طول الحلق - المسافة من حافة الطريق المقطوع على طول الطريق الرئيس إلى نقطة التعارض الأولى على مدخل جانبي أو طريق.

مقطورة - مركبة مصممة لنقل الأشخاص أو الممتلكات وتجرها مركبة بمحرك لا تحمل أي جزء من وزن وحمولة المقطورة.

شاحنة – مركبة نقل ثقيل تشارك بشكل أساسي في نقل البضائع والمواد أو في تقديم خدمات أخرى بخلاف النقل العام.

حيز شاحنة - الجزء القابل للتسلق من الجزيرة الوسطية المجاورة للطريق الدائري. وهو مطلوب لاستيعاب مسار عجلة المركبات الطويلة أو المركبات ذات الحجم المفرط/المركبات ذات الوزن الزائد. عادة ما تكون خرسانية بلون مغاير لتمييز الحيز عن مسار المركبات المعتاد.

تركيبة شاحنات - جرار شاحنة ونصف مقطورة، إما بمقطورة كاملة أو بدونها، أو شاحنة مع مقطورة كاملة واحدة أو أكثر.

جرار شاحنات - مركبة مصممة لسحب مركبات أخرى، ولكن ليس لحمولة أخرى غير جزء من وزن المركبة والحمولة المسحوبة.

المنطقة الحضرية - منطقة تحتوي على أو مخصصة لاحتواء تطوير استخدام أراضي مبنية.

نظام تقييد المركبات (بعد الحادث) - أنظمة السلامة الخاملة الموضوعة على مناطق الطرق؛ بهدف احتواء المركبات المتورطة في في حوادث مغادرة الطريق و/أو إعادة توجيهها بسلاسة إلى الطريق.

جسر قنطرة متعددة الركائز (Viaduct) - نوع معين من الجسور في طريق مرتفع طويل، يتكون عادة من سلسلة من المسافات القصيرة المدعومة على أقواس أو ركائز أو أعمدة.

مستخدمو الطرق المعرضون للخطر– مستخدمو الطريق الذين من المرجح أن يتعرضوا لإصابات خطيرة في حادث، بمن في ذلك: (المشاة، وراكبو الدراجات، وراكبو الدراجات النارية، ومستخدمو الكراسي المتحركة).

الملحق ج - الاختصارات والرموز:

AADT	متوسط المرور السنوي اليومي
AASHTO	الاتحاد الأمريكي لموظفي الطرق والنقل
CAD	التصميم بمساعدة الحاسوب
CFI	تقاطع التدفق المستمر
CRZ	منطقة إخلاء واضحة
DHV	مقدار التصميم بالساعة
ETW	حافة مسارات التنقل
FDOT	وزارة النقل في فلوريدا (الولايات المتحدة الأمريكية)
GVM	الوزن الإجمالي للمركبة
HOV	مركبة مرتفعة الإشغال
MoMRAH	وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان
MoC	وزارة الاتصالات (أعيد تسميتها إلى وزارة النقل، ثم وزارة النقل والخدمات اللوجستية)
MoTLS	وزارة النقل والخدمات اللوجستية
MUT	تقاطع جزيرة وسطية للدوران للخلف
PFI	تقاطع التدفق الموازي
PSD	مسافة الرؤية للتجاوز
PTW	عجلة ثنائية تعمل بالطاقة
PwD	الأشخاص ذوي الإعاقة
RCUT	منعطف عبور للخلف مقيد
ROW	حرم الطريق
SEE	التأثير الاجتماعي والاقتصادي والبيئي
SER	الطرق المجهزة لمراعاة السلامة

SPA	تحليل مسار أثر انعطاف المركبات التصميمية swept path analysis
SSD	مسافة الرؤية للتوقف
SU	شاحنات أحادية الوحدة
XDL	التقاطعات اليسرى النازحة

الملحق د – الوحدات:

وحدات النظام الدولي		الوحدات البريطانية	
الطول			
nm	نانومتر		
µm	ميكرومتر		
mm	ملليمتر	in	بوصة
cm	سنتيمتر	ft	قدم
m	متر	yd	ياردة
km	كيلو متر	mi	ميل
المساحة			
mm^2	مليمتر مربع (ملم٢)	$in2in^2$	بوصة مربعة
cm^2	سنتيمتر مربع	$ft2ft^2$	قدم مربعة
m^2	متر مربع	yd^2	ياردة مربعة
ha	هكتار		
km^2	كيلومتر مربع		
الحجم			
mm^3	ملليمتر مكعب		
cm^3	سنتيمتر مكعب	in^3	بوصة مكعبة
m^3	متر مكعب	ft^3	قدم مكعب
l	لتر		
ML	ملليمتر		
الوزن			
mg	ملليجرام		
gr	جرام		
kg	كيلو جرام	lb	رطل
t	طن		
القوة			
N	نيوتن	lbf	قوة الرطل
kN	كيلو نيوتن	kip	كيلو رطل

الضغط			
Pa	باسكال	psi	رطل لكل بوصة مربعة
		pcf	رطل لكل قدم مكعب
KPa	كيلو باسكال		
MPa	ميجاباسكال		
الوقت			
s	ثانية		
min	دقيقة		
h	ساعة		
d	يوم		
week	أسابيع		
month	شهر		
yr	سنة		
درجة الحرارة			
C°	درجة مئوية	F°	درجة فهرنهايت
الزوايا			
°	درجة		
g	جراد		
التوصيل الحراري			
W/m•K	واط لكل متر كلفن	BTU/h·ft·°F	وحدة حرارية بريطانية لكل ساعة-قدم-فهرنهايت
السعة الحرارية			
J/kg·K	جول لكل كيلو جرام كلفن	BTU/lb·°F	وحدة حرارية بريطانية لكل ساعة رطل - فهرنهايت
غير ذلك			
km/h	كيلومترات لكل ساعة	mph (mi/h)	ميل في الساعة
m/s	متر في الثانية		

m/s^2	متر في الثانية المربعة		
m^3/s	متر مكعب في الثانية		
cm/min	سنتيمتر في الدقيقة		
mm^2/s	مليمتر مربع لكل ثانية		
Hz	هرتز		
kHz	كيلو هرتز		
MHz	ميجا هرتز		
GHz	جيجا هرتز		
dB	ديسيبل		
kJ	كيلوجول		
J	جول		
V	فولت		
W	واط		
C	كولوم		
Ω	أوم		
Ω·m	أوم . متر		
h/º	درجة لكل ساعة		
lm	لومن		
lx	لوكس		
cd	كانديلا		
cd/m^2	كانديلا لكل متر مربع		
$mcd/m^2/lx$	مللي كانديلا لكل متر مربع لكل لكس		
nit	نيت (كانديلا لكل متر مربع)		
l/m^2	لتر لكل متر مربع		

kg/m^2	كيلو جرام لكل متر مربع		
gr/m^2	جرام لكل متر مربع		
t·km	طن. كيلو متر		
ميجاباسكال	ملي باسكال ثانية		
Pa·s	باسكال ثانية		
cPs	سنتي بواز		
cST	سنتي ستوك		
Kg/ha	كيلوجرام لكل هكتار		
KPa/m	كيلوباسكال في المتر		
mg/l	ملليجرام/ لتر		
kg/m^3	كيلو جرام لكل متر مكعب	pci	رطل لكل بوصة مكعبة
		pcf	رطل لكل قدم مكعب
t/m^3	طن لكل متر مكعب		
kN/m	كيلو نيوتن لكل متر		
kg·cm	كيلو جرام - سم		
l/min	لتر في الدقيقة		
MPa/m	ميجا باسكال/ متر		
Pa·s	باسكال ثانية		
$kN-m/m^3$	كيلو نيوتن متر لكل متر مكعب	$ft-lbf/ft^3$	قدم- رطل لكل قدم مكعب
m/km	متر /كيلومتر	ft/mi	قدم لكل ميل
		in/mi	بوصة لكل ميل
mm/km	ميلليمتر/ كيلومتر		
mm/m	ميلليمتر/ متر		
rad/s	راديان في الثانية		

kg/cm^2	كيلو جرام لكل سنتيمتر مربع		
με	ميكروسترين		
		in/in/ºF	بوصة لكل بوصة لكل درجة فهرنهايت

غير ذلك	
pass/trip	عدد الركاب لكل رحلة
PC	سيارة ركاب
pc/hr	سيارات ركاب في الساعة
pc/h/ln	مركبات ركاب في الساعة لكل مسار
pc/km	مركبة ركاب لكل كيلومتر
pc/km/ln	مركبات ركاب لكل كيلومتر لكل مسار
pc/pm/pl	مركبات الركاب في الميل لكل مسار
pcu/h	سيارات ركاب في الساعة
ped	المشاة
s/veh	الثواني لكل مركبة
veh	المركبة
veh/d	مركبة لكل يوم
veh/km	مركبة لكل كيلومتر
veh/km/ln	مركبة لكل كيلومتر لكل مسار
veh/h	مركبة لكل ساعة
veh/h/ln	مركبة في الساعة لكل مسار
veh/ln/cycle	مركبة في المسار لكل دورة
veh- km	مركبة كيلو متر
vpmpl	مركبة في الساعة لكل مسار
rpm	دورة في الدقيقة
ppm	أجزاء في المليون
pphm	جزء لكل مائة مليون
dpi	نقطة لكل بوصة
SAR	ريال سعودي
SAR/veh-km	ريال سعودي لكل مركبة - كيلومتر

SAR/VKT	ريال سعودي لكل مركبة لكل كيلومتر تقطعها
SAR/h	ريال سعودي في الساعة
mmhos/cm	ملليموزلكل سم



كـــود الطـرق السعودي

تصميم الطرق والجسور والأنفاق
كود الطرق السعودي ٣٠١ - التصميم الهندسي للطرق

٢٠٢٣
الإصدار الأول