شهرسبز

پیشگام در آموزش و نوآوری

www.shahresabz.com

info@shahresabz.com

میدان ونک، بزرگراه حقانی، مسیر غرب به شرق، بعد از تقاطع بزرگراه شهید مدرس، خروجی کتابخانه ملی، باغ کتاب تهران

جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی
معاونت حمل و نقل

آیین‌نامه طراحی معابر شهری

سال ۱۳۹۹

بخش ۲

پلان و نیمرخ‌های طولی

جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی

آیین‌نامه طراحی معابر شهری

بخش دوم: پلان و نیمرخ‌های طولی

تهیه‌کننده: معاونت حمل‌ونقل وزارت راه و شهرسازی

مجری: معاونت پژوهشی دانشگاه تهران

تاریخ: تیر ماه ۱۳۹۹

بسم الله الرحمن الرحيم
ولله غيب السموات والأرض

خواننده گرامی

وزارت راه و شهرسازی با استفاده از نظرات کارشناسان برجسته، اقدام به تهیه «آیین‌نامه طراحی معابر شهری» کرده و آن را جهت استفاده جامعه مهندسین کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهای مفهومی و فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست. از این رو از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هر گونه ایراد و اشکال، مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- شماره بخش، شماره بند و صفحه مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان کنید.

۳- در صورت امکان، اصلاحات مورد نظر را به منظور جایگزینی، ارسال نمایید.

۴- اطلاعات خود را به منظور تماس احتمالی ذکر کنید.

کارشناسان این امر، نظرها و پیشنهادهای دریافتی را به دقت مطالعه کرده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر خوانندگان محترم قدردانی می‌شود.

اطلاعات تماس:

تهران، میدان آرژانتین، بلوار آفریقا، اراضی عباس آباد، ساختمان شهید دادمان، وزارت راه و شهرسازی جمهوری اسلامی ایران.
کد پستی: ۱۵۱۹۶۶۰۸۰۲
تلفن: ۹-۸۸۸۷۸۰۳۱-۰۲۱

Email: info@mrud.ir
https://www.mrud.ir

تاریخ : ۱۳۹۹/۰۹/۲۲
شماره: ۱۲۵۱۰۵/۳۰۰صادره
پیوست : ندارد

جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی
معاون شهرسازی و معماری و دبیر شورای عالی شهرسازی و معماری ایران

موضوع: اعلام و ابلاغ مصوبه شورایعالی شهرسازی و معماری ایران
آیین نامه طراحی معابر شهری

با سلام و احترام

به استحضارمیرساند: شورایعالی شهرسازی ومعماری ایران درجلسه مورخ ۹۹/۴/۲ پیرو مصوبات جلسات مورخ ۷۳/۹/۷ و ۹۴/۱۱/۱۹ خود و در اجرای مصوبه مورخ ۹۴/۸/۱۳ هیات محترم وزیران مبنی بر لزوم به روزرسانی " **آئین نامه طراحی راه های شهری** " توسط وزارت راه و شهرسازی ، آئین نامه اصلاح شده پیشنهادی معاونت حمل و نقل وزارت راه و شهرسازی (و معاونت پژوهشی دانشگاه تهران) را پیرو تصویب درجلسه مورخ ۹۹/۴/۲ شورایعالی ترافیک شهرهای کشور مورد بررسی قرارداد و ضمن تصویب نهایی مقررنمود سند مذکور با اعمال اصلاحات مندرج در صورتجلسه مورخ ۹۸/۱۱/۳۰ کمیته فنی شماره ۵ شورا (کمیته فنی طرح های فرادست وکلان مقیاس) توسط دبیرشورایعالی به مراجع ذیربط ابلاغ شود. همچنین مقررشد معاونت حمل ونقل وزارت راه و شهرسازی تدابیر لازم جهت انتشار عمومی آئین نامه مصوب را اتخاذ نماید.

لذا دراجرای ماده۴۲آیین‌نامه نحوه بررسی وتصویب طرحهای توسعه وعمران مصوب مورخ۱۳۹۹/۰۴/۰۲ شورایعالی شهرسازی و معماری ایران پیرامون **آیین نامه طراحی معابر شهری**، به پیوست آیین نامه مذکوردر۱۲ بخش درقالب یک حلقه لوح فشرده جهت اجرا ابلاغ می‌گردد.

آیین نامه حاضر درراستای انجام تکالیف قانونی وزارت راه وشهرسازی باتوجه به ابلاغی شماره ۵۱۰۲۴/۱۱۹۵۱۲ مورخ ۹۴/۹/۱۰هیات محترم وزیران درخصوص به روزرسانی آیین نامه طراحی راههاوخیابانهای شهری(مصوب ۷۳/۹/۷ شورایعالی شهرسازی ومعماری ایران) باعنوان **آیین نامه طراحی معابر شهری**توسط معاونت حمل ونقل وزارت متبوع تدوین وپس ازتصویب دریکصدو پنجاه وچهارمین ویکصدوپنجاه وپنجمین جلسه شورایعالی هماهنگی ترافیک شهرهای کشور ، در جلسات مورخ ۱۳۹۴/۱۱/۱۹ و ۱۳۹۹/۰۴/۰۲ شورایعالی شهرسازی و معماری ایران مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت .

ضمناً لازم می داند به دلیل اهمیت موضوع و ضرورت تحقق اهداف مورد پیگیری آئین نامه (از جمله به روزرسانی رویکردها، مفاهیم و نحوه طراحی خیابان،بهبود کیفیت طرح ها بااعمال سیاست ها، خط مشی های اساسی و اصلاح الگوهای مربوط به حمل و نقل شهری، وفراهم ساختن یک مرجع واحد مورد استناد) برلزوم اجرای مصوبه شورایعالی شهرسازی ومعماری (مبتنی برنظرات صورتجلسه مورخ ۹۸/۱۱/۳۰کمیته فنی آن شورایعالی) تصریح وتاکید شود:

آدرس :میدان آرژانتین، بلوار آفریقا،اراضی عباس آباد،ساختمان شهید دادمان،وزارت راه وشهرسازی(کدپستی:۱۵۱۹۶۶۰۸۰۲) تلفن:۹-۸۸۸۷۸۰۳۱
دورنگار: دبیرخانه وزارتی: ۸۸۸۷۸۰۴۵، دبیرخانه مرکزی:۸۸۶۴۶۳۳۳ (نامه های فاقد مهر برجسته‌ی وزارت راه و شهرسازی از درجه اعتبار ساقط می باشد)

تاریخ : ۱۳۹۹/۰۹/۲۲
شماره: ۱۲۵۱۰۵/۳۰۰صادره
پیوست : ندارد

جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی
معاون شهرسازی و معماری و دبیر شورای عالی شهرسازی و معماری ایران

۱ – تمامی نهادهای ذیربط در امر تهیه، بررسی وتصویب و اجرای طرح های توسعه شهری مکلف به رعایت این آئین نامه بوده و لازم است تمهیدات حقوقی، قراردادی، مالی و اعتباری و اجرایی لازم برای تحقق آن را فراهم آورند.

۲ – جایگاه این آئین نامه در نظام فنی و اجرایی کشور ظرف مدت ۳ ماه پس از ابلاغ آن توسط دبیرخانه شورای عالی شهرسازی و معماری، با هماهنگی های لازم با دفتر نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه، تعیین خواهد شد.

۳ – بازنگری وبروزرسانی آئین نامه با ارائه پیشنهادازجانب معاونت هماهنگی امورعمرانی وزارت کشور،معاونت حمل ونقل یامعاونت شهرسازی معماری وزارت راه وشهرسازی به دبیرخانه شورایعالی شهرسازی ومعماری صورت خواهد گرفت.

٤ – نظر به اهمیت **نظام مدیریت اجرایی و پایش و بهنگام سازی** آئین نامه،این نظام مبتنی بر الزامات ساختاری و فرایندهای اجرا و کنترل آئین نامه(چه کنشگرانی با چه نقش و وظیفه ای طی چه فرایندی عمل نمایند) در سه سطح الف : تهیه طرح های شهرسازی و ترافیکی(طرح های جامع ترافیک،طرح های توسعه شهری)، ب: پروژه های اجرایی مثل طراحی تقاطع ها و اجرایی کردن طرح های توسعه شهری و طرح های جامع ترافیکی، و پ: پایش ونظارت و ارزیابی اقدامات ظرف مدت۶ ماه توسط معاونت حمل ونقل وزارت راه وشهرسازی تهیه و برای اخذ مصوبه تکمیلی ازشورایعالی شهرسازی و معماری به دبیرخانه این شورا ارائه خواهد شد.

۵ – نظر به اهمیت حرکت پیاده درشهرهای امروز ووجود برخی کاستی ها و ناهماهنگی های موجود در طراحی و احداث و بهره برداری پیاده راه های شهری، وزارت کشور و شهرداری ها ، حداکثرظرف مدت یک سال درساختار تشکیلاتی خود بخش ویژه ای به عنوان متولی مدیریت این سهم از جابه جایی ها در شهرها را پیش بینی و اجرایی خواهند نمود.

۶ – با توجه به تصویب آئین نامه درشورایعالی شهرسازی ومعماری وشورایعالی هماهنگی ترافیک شهرهای کشور ضروری است مراتب ازطریق این دوشورا موردنظارت وپیگیری قرارگیرد.براین اساس دبیرخانه شورایعالی شهرسازی ومعماری با همکاری معاونت هماهنگی امور عمرانی وزارت کشور ومعاونت حمل ونقل وزارت راه وشهرسازی، گزارش تحقق این ابلاغیه (وموانع احتمالی) را، متناسب با زمانبندی احکام آن، به شورایعالی شهرسازی و معماری ارائه خواهد کرد.

با ابلاغ این آئین نامه، آئین نامه قبلی (مصوب ۷۳/۹/۷ شورای عالی شهرسازی و معماری) لغو و آئین نامه جدید جایگزین آن خواهد شد. بر این اساس تعاریف واژه های تخصصی بکار رفته در این آئین نامه نیز جایگزین تعاریف گذشته شده و از این پس ملاک عمل خواهند بود. خواهشمند است دستور فرمایید مراتب به نحو شایسته به تمامی مراجع ذیربط انعکاس یابد.

فرزانه صادق مالواجرد

آدرس :میدان آرژانتین، بلوار آفریقا،اراضی عباس آباد،ساختمان شهید دادمان،وزارت راه وشهرسازی(کدپستی:۱۵۱۹۶۶۰۸۰۲) تلفن:۹-۸۸۸۷۸۰۳۱
دورنگار: دبیرخانه وزارتی: ۸۸۸۷۸۰۴۵، دبیرخانه مرکزی:۸۸۶۴۶۳۳۳ (نامه های فاقد مهر برجسته‌ی وزارت راه و شهرسازی از درجه اعتبار ساقط می باشد)

پیشگفتار وزیر راه و شهرسازی و رئیس شورای عالی شهرسازی و معماری ایران

شبکه معابر شهری از جمله فضاهایی است که به سبب وجود نقش‌های عملکردی مختلف، نحوه طراحی آن از اهمیت بالایی برخوردار است. در سال‌های گذشته «آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری» مصوب سال ۱۳۷۳ شورای عالی شهرسازی و معماری ایران به عنوان یک مرجع واحد و مبنای مشخص به منظور طراحی و ارزیابی طرح‌های مرتبط با شبکه معابر شهری نظیر طرح‌های توسعه و عمران (جامع) شهری، طرح‌های هادی، تفصیلی و ... مورد استفاده و استناد قرار می‌گرفت. تناسب محتوایی این آیین‌نامه با اقتضائات زمان خود از یک طرف و نیازهای عصر حاضر جوامع شهری از طرف دیگر سبب شده تا با توجه به گونه‌های مختلف حمل‌ونقل پایدار و لزوم تغییر نگرش در طراحی شبکه معابر شهری، به‌روزرسانی این آیین‌نامه به عنوان مبنایی برای طراحی‌های آینده در دستور کار قرار بگیرد. در نظر گرفتن نیاز همه کاربران شبکه معابر، بازیابی نقش اجتماعی این فضاهای شهری، اولویت‌دهی به کاربران آسیب‌پذیر نظیر عابران پیاده و دوچرخه‌سواران، اهمیت حمل‌ونقل همگانی و کاهش وابستگی به خودروی شخصی تنها بخشی از مسائل اساسی در به‌روزرسانی «آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری» بر اساس اصول توسعه پایدار بوده است.

هیأت وزیران در جلسه ۱۳۹۴/۸/۱۳ به استناد اصل یکصد و سی و چهارم قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران با پیشنهاد به‌روزرسانی «آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری» بر اساس اصول حمل‌ونقل پایدار موافقت کرد. دستگاه مجری این مصوبه «وزارت راه و شهرسازی»، دستگاه همکار «وزارت کشور» و دستگاه ناظر «کمیسیون خاص امور کلان‌شهرها» معرفی شد.

خلاصه آن چه که به عنوان اهداف اصلی از تهیه نسخه بازنگری شده «آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری» دنبال شده عبارت است از:

- به‌روزرسانی مفاهیم، رویکردها و شیوه‌های طراحی معابر شهری بر اساس اصول حمل‌ونقل پایدار
- بازنگری در ضوابط طراحی شبکه معابر شهری با رویکرد انسان محوری
- توجه به نقش‌های مختلف معابر شهری شامل نقش‌های ترافیکی، اجتماعی و زیست محیطی
- ایجاد یکپارچگی در شبکه‌های ارتباطی شهرها و استفاده بهینه از شیوه‌های مختلف سفر شامل پیاده، دوچرخه، حمل‌ونقل همگانی و خودروی شخصی
- فراهم کردن یک مرجع واحد، کاربردی و بومی به منظور یکپارچه‌سازی طرح‌ها و ارزیابی‌ها
- آموزش روش‌های جدید طراحی معابر شهری به طراحان و جامعه حرفه‌ای

طبق بند ۴ از ماده ۲ قانون تأسیس شورای عالی شهرسازی و معماری ایران، نسخه بازنگری شده «آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری» تحت عنوان «آیین‌نامه طراحی معابر شهری» و به عنوان بخشی از آیین‌نامه‌های شهرسازی در تاریخ ۱۳۹۹/۰۴/۰۲ به تصویب شورای مذکور رسید.

محمد اسلامی

پیشگفتار معاون حمل‌ونقل وزارت راه و شهرسازی

معابر شهری به عنوان عنصری که بیشترین سهم را در میان انواع فضاهای همگانی شهری به خود اختصاص داده و بخش مهمی از ساختار فضایی شهر را شکل می‌دهند، از اهمیت زیادی در طراحی و توسعه شهرها برخوردار هستند. معابر از همان زمان شکل‌گیری، مرکز حیات اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی شهرها بوده‌اند، ولی این نقش‌ها در ادامه با فراگیر شدن مدرنیسم، تغییر کرده و تا حدودی از بین رفته است. این تغییر با در نظر گرفتن خطوط عبور متعدد و عریض برای خودروها و فضایی اندک برای حرکت عابران پیاده به عنوان مبنای طراحی معابر در سر تا سر جهان در نظر گرفته شد. به این ترتیب، بسیاری از خیابان‌های شهری در درجه اول به دالانی برای جابجایی و حضور انواع وسایل نقلیه به ویژه سواری شخصی تبدیل شدند. اتخاذ همین رویکرد در طراحی معابر شهرهای کشورمان در سال‌های گذشته، موجب کم رنگ شدن نقش اجتماعی و پیاده مداری خیابان‌ها، عدم توجه کافی به حمل‌ونقل همگانی و به خطر افتادن ایمنی عابران پیاده و دوچرخه سواران شده است. نگرش پیشین، یعنی تأمین عرضه متناسب با تقاضای استفاده از خودروی شخصی، موجب توجه بیش از حد به این شیوه سفر در شهرهای کشور شده است.

پیامدهای منفی حاصل از برنامه‌ریزی و طراحی خودرو محور معابر و تلاش‌های انجام شده برای مقابله با مشکلات ناشی از این شیوه طراحی، منجر به ظهور مباحث نوین حمل‌ونقل شهری پایدار و به تبع آن تغییر اولویت شیوه‌های سفر در سال‌های اخیر شده است. رویکردهای جدید برنامه‌ریزی، در طراحی شبکه معابر شهری نیز منعکس شده و منجر به توسعه خیابان‌های دوستدار پیاده، دوچرخه و حمل‌ونقل همگانی در کشورهای توسعه یافته شده و حرکت سواری‌های شخصی را محدود کرده است. از این رو، با توجه به تغییر نگرش جهانی نسبت به موضوع طراحی معابر شهری و تأکید متخصصان این حوزه بر لزوم پیاده‌سازی اصول حمل‌ونقل پایدار در طراحی‌ها، موضوع بازنگری «آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری» بر اساس اصول حمل‌ونقل پایدار از اواخر سال ۱۳۹۶ در دستور کار وزارت راه و شهرسازی قرار گرفت و انجام آن به معاونت پژوهشی دانشگاه تهران واگذار شد.

پیش‌نویس اولیه این آیین‌نامه در اردیبهشت ۱۳۹۸ ارائه شد. پس از آن با برگزاری جلسات متعدد کارشناسی و مدیریتی در حوزه معاونت حمل‌ونقل وزارت راه و شهرسازی، کمیته فنی شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای کشور، کمیته فنی شورای عالی شهرسازی و معماری ایران و همچنین اخذ نظرات مجامع دانشگاهی، جامعه مهندسین مشاور و شهرداری‌های شهرهای مختلف، پیش‌نویس این آیین‌نامه مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت.

یکی از چالش‌های اصلی در طراحی شبکه معابر شهری، حل تعارض میان نقش ترافیکی و نقش اجتماعی معبر است. لذا تدوین مرجعی واحد بر اساس دیدگاه‌های متخصصان حوزه‌های شهرسازی و حمل‌ونقل شهری، می‌تواند راه حلی کارآمد در جهت حل این مشکل باشد. از این رو در مراحل مختلف تدوین نسخه بازنگری شده آیین‌نامه، جلسات متعددی با حضور کارشناسان این دو حوزه برگزار شد و پس از دریافت و اعمال نظرات آنها، محتوای نهایی آیین‌نامه به دست آمد. در نهایت، نسخه بازنگری شده با عنوان «آیین‌نامه طراحی معابر شهری» در یکصد و پنجاه و چهارمین و یکصد و پنجاه و پنجمین جلسه شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای کشور مصوب شد و سپس در جلسه مورخ ۱۳۹۹/۰۴/۰۲ به تصویب شورای عالی شهرسازی و معماری ایران رسید.

در نسخه جدید این آیین‌نامه که همچون نسخه پیشین در دوازده بخش تدوین شده، توجه به اصول حمل‌ونقل پایدار مورد تأکید قرار گرفته است. بخش اول این آیین‌نامه، تحت عنوان «مبانی»، در واقع توضیح مفصلی از تغییر رویکردهای به وجود آمده در زمینه طراحی معابر شهری، مطابق با آخرین تحقیقات و دستاوردها است که مبنایی برای تدوین سایر بخش‌های این آیین‌نامه بوده و در آن اصول کلی و حاکم بر طراحی‌ها و معیارها، تشریح شده است. با توجه به اهمیت مباحث مربوط به شیوه سفر همگانی، بخش جدیدی با عنوان «حمل‌ونقل همگانی» ارائه شده است. همچنین مطابق با نسخه قبلی، بخش‌های جداگانه‌ای به شیوه‌های سفر پیاده و دوچرخه اختصاص یافته است. لازم به ذکر است که با توجه به اهمیت شیوه‌های سفر غیر موتوری و حفظ ایمنی کاربران این شیوه‌ها، بخش جداگانه‌ای، تحت عنوان «آرام‌سازی ترافیک» به نسخه جدید آیین‌نامه اضافه شده است. در نهایت دوازده، بخش آیین‌نامه با عناوین «مبانی»، «پلان و نیمرخ‌های طولی»، «اجزای نیمرخ‌های عرضی»، «تندراه‌ها و تبادل‌های شهری»، «خیابان‌های شهری»، «آرام‌سازی ترافیک»، «تقاطع‌ها»، «حمل‌ونقل همگانی»، «حمل‌ونقل و کاربری زمین»، «مسیرهای پیاده»، «مسیرهای دوچرخه» و «تجهیزات ایمنی» تدوین شده است.

بر اساس مطالب ارائه شده در بخش‌های مختلف آیین‌نامه، طراحان باید استفاده همه کاربران معبر اعم از عابران پیاده، دوچرخه‌سواران، استفاده‌کنندگان از حمل‌ونقل همگانی، شخصی و خودروهای باری را در نظر بگیرند و نه تنها حرکت خودرو که جابجایی افراد و توزیع بار در شبکه را نیز مد نظر قرار دهند.

در طراحی معابر شهری، ضمن رعایت ضوابط و استانداردهای این آیین‌نامه باید به کمک ایده‌های خلاقانه، سازگار، مقرون به صرفه و انعطاف‌پذیر، بین ابعاد مختلف زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی طرح، توازن ایجاد شود و نیازهای استفاده‌کنندگان مختلف پوشش داده شود. از طرفی تدوین دستورالعمل‌های محلی به اقتضای شرایط هر منطقه با رعایت مفاهیم و معیارهای ارائه شده، می‌تواند مد نظر قرار گیرد. جهت پوشش کامل برخی مفاهیم در بخش‌های مختلف به مراجع و مستندات مربوطه نیز ارجاع داده شده است.

جامعه هدف این آیین‌نامه، طراحان و مهندسان مشاور عهده‌دار تهیه طرح‌های شهرسازی در تمام سطوح و مقیاس‌های مختلف، مراجع بررسی، تأیید، تصویب و اجرای طرح‌های توسعه شهری نظیر طرح‌های توسعه و عمران (جامع)، طرح‌های هادی، طرح‌های تفصیلی، طرح‌های بازآفرینی شهری، طرح‌های بهسازی و نوسازی، طرح‌های آماده‌سازی، طرح‌های جزئیات شهرسازی، احداث معابر جدید، بازسازی و نوسازی معابر موجود، طرح‌های اصلاح ترافیکی، طرح‌های اثرسنجی ترافیکی، طرح‌های ساختمانی (از نظر نحوه اتصال به معابر شهری) در محدوده و حریم شهرها و طرح‌های انواع شهرک‌های مسکونی، تفریحی و صنعتی هستند.

امید است تدوین «آیین‌نامه طراحی معابر شهری» گامی مؤثر در راستای تحقق اهداف حمل‌ونقل پایدار بوده و به تغییر شیوه طراحی خیابان‌ها و تندراه‌های شهری و توسعه معابر انسان محور در شهرهای ایران بینجامد.

در پایان از زحمات سرکار خانم دکتر فرزانه صادق مالواجرد (معاون شهرسازی و معماری وزارت راه و شهرسازی)، جناب آقای مهندس مهدی جمالی‌نژاد (معاون عمران و توسعه امور شهری و روستایی وزارت کشور)، جناب آقای دکتر مهرداد تقی‌زاده (معاون سابق حمل‌ونقل وزارت راه و شهرسازی) و تیم تحقیقاتی دانشگاه تهران که در تهیه «آیین‌نامه طراحی معابر شهری» همکاری نموده‌اند، قدردانی کرده و توفیق روز افزون ایشان را از خداوند منان خواستارم.

شهرام آدم نژاد غیور

سازمان اجرایی تهیه «آیین‌نامه طراحی معابر شهری»

مجری:

شهاب‌الدین کرمانشاهی	دانشگاه تهران	دکتری برنامه‌ریزی حمل‌ونقل
علیرضا رامندی	دانشگاه تهران	کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل
مهدی بشیری‌نیا	دانشگاه تهران	دکتری برنامه‌ریزی حمل‌ونقل
حسین دشتستانی‌نژاد	دانشگاه تهران	دکتری برنامه‌ریزی حمل‌ونقل
کیوان آقا بیک	دانشگاه تهران	دکتری برنامه‌ریزی حمل‌ونقل
هانی ژاله دوست	دانشگاه تهران	کارشناسی ارشد راه و ترابری
علی اکبر لبافی	دانشگاه تهران	کارشناسی ارشد راه و ترابری
مریم مؤمنی	دانشگاه تهران	کارشناسی ارشد مدیریت شهری
مینو حریرچیان	دانشگاه تهران	کارشناسی ارشد طراحی شهری
محیا آزادی	دانشگاه تهران	کارشناسی ارشد طراحی شهری
حمید شمعانیان اصفهانی	دانشگاه تهران	کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل
مارال اسماعیلی	دانشگاه تهران	کارشناسی ارشد طراحی شهری

دستگاه کارفرما:

محسن صادقی	وزارت راه و شهرسازی	دکتری راه و ترابری
سعید توفیق‌نژاد	وزارت راه و شهرسازی	کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل
حامد خرمی	وزارت راه و شهرسازی	کارشناسی ارشد راه و ترابری
مهدی شکرگزار	وزارت راه و شهرسازی	کارشناسی ارشد راه و ترابری
زهره فدایی	وزارت راه و شهرسازی	کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل

دستگاه نظارت:

غلامرضا کاظمیان	وزارت راه و شهرسازی	دکتری برنامه‌ریزی شهری
پوریا محمدیان	وزارت کشور	دکتری مدیریت راهبردی
فرشاد غیبی	وزارت کشور	کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل

قدردانی: به این وسیله از زحمات آقای مهندس محمدرضا مس‌چی و آقای مهندس مهدی معینی کربکندی که با ارائه نقطه نظرات سازنده خود به قوام بخش دوم آیین‌نامه کمک کرده‌اند، قدردانی می‌شود.

فهرست مطالب

۱- معرفی اجزای نیمرخ‌های طولی ۱

۱-۱- تعریف‌ها ۱
۱-۲- نقشه پلان هندسی ۲
۱-۳- قوس افقی ساده ۳
۱-۴- قوس افقی مرکب ۴
۱-۵- قوس افقی اتصال ۵
۱-۶- نقشه نیمرخ طولی ۶
۱-۷- قوس قائم ۷

۲- فاصله دید ۹

۲-۱- تعریف‌ها ۹
۲-۲- کلیات ۹
۲-۳- فاصله دید توقف ۱۰
۲-۴- فاصله دید انتخاب ۱۳
۲-۵- فاصله دید سبقت ۱۴

۳- پلان ۱۵

۳-۱- تعریف‌ها ۱۵
۳-۲- تعادل وسیله نقلیه در قوس‌های افقی ۱۵
۳-۳- بربلندی و شعاع در قوس‌های افقی ۱۸
۳-۴- طول تأمین بربلندی ۲۴
۳-۴-۱- طول حذف شیب مخالف ۲۴
۳-۴-۲- طول رسیدن به بربلندی ۲۵
۳-۵- نحوه اعمال بربلندی ۳۱
۳-۶- طول منحنی کلوتوئید ۳۶
۳-۷- تعریض سواره‌رو در قوس‌های افقی ۳۹
۳-۸- فاصله موانع کناری در قوس‌های افقی ۴۶
۳-۹- ضوابط کلی ۴۹

۴- نیمرخ طولی ۵۲

۴-۱- تعریف‌ها ۵۲
۴-۲- کلیات ۵۳
۴-۳- حداکثر شیب طولی ۵۳

۴-۴- حداکثر طول شیب‌های تند ۵۵
۴-۵- حداقل شیب طولی ۵۶
۴-۶- خروجی اضطراری ۵۶
۴-۶-۱- محل خروجی اضطراری ۵۶
۴-۶-۲- انواع خروجی اضطراری ۵۷
۴-۶-۳- معیارهای طراحی ۵۸
۴-۷- طراحی قوس قائم محدب ۶۰
۴-۸- طراحی قوس قائم مقعر ۶۱
۴-۹- تخلیه آب‌های سطحی در قوس‌های قائم ۶۴
۴-۱۰- شیب در تقاطع ۶۴
۴-۱۱- ارتفاع آزاد ۶۵
۴-۱۲- ضوابط کلی ۶۵
۵- سایر عوامل تعیین‌کننده ۶۶
۵-۱- هماهنگی پلان و نیمرخ طولی ۶۶
۵-۲- علائم و تابلوها ۶۸
۵-۳- چراغ راهنما ۷۰
۵-۴- تخلیه آب‌های سطحی ۷۱
۵-۵- تأسیسات شهری ۷۵
۵-۶- کنترل ترافیک حین اجرا ۷۵
منابع و مراجع ۷۷
واژگان فارسی به انگلیسی ۷۸
واژگان انگلیسی به فارسی ۸۰

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱- مشخصات هندسی قوس افقی ساده..... ۴
شکل ۱-۲- مشخصات هندسی قوس افقی مرکب دو مرکزی..... ۵
شکل ۱-۳- مشخصات هندسی قوس افقی اتصال..... ۶
شکل ۱-۴- مشخصات هندسی قوس قائم ساده..... ۸
شکل ۱-۵- مشخصات هندسی قوس قائم مرکب..... ۸
شکل ۳-۱- نیروهای وارد بر وسیله نقلیه در قوس‌های افقی..... ۱۶
شکل ۳-۲- شیوه‌های مختلف اعمال بربلندی..... ۳۲
شکل ۳-۳- حالت‌های مختلف نحوه اعمال بربلندی در معابر دارای میانه..... ۳۳
شکل ۳-۴- نحوه تغییر مقطع عرضی و اعمال بربلندی قبل از قوس‌های ساده..... ۳۴
شکل ۳-۵- نحوه تغییر مقطع عرضی و اعمال بربلندی قبل از قوس‌های مرکب..... ۳۵
شکل ۳-۶- عرض اشغال انواع وسایل نقلیه در قوس‌های افقی..... ۴۰
شکل ۳-۷- عرض اشغال پیش‌آمدگی جلو انواع وسایل نقلیه در قوس‌های افقی..... ۴۱
شکل ۳-۸- اضافه عرض ناشی از احتمال انحراف از خط عبور در قوس‌های افقی..... ۴۲
شکل ۳-۹- اجزای اضافه عرض سواره‌رو در قوس‌های افقی..... ۴۳
شکل ۳-۱۰- فاصله موانع از محور معبر در قوس‌های افقی..... ۴۸
شکل ۳-۱۱- روش تأمین حداقل فاصله موانع کناری در قوس‌های افقی..... ۴۹
شکل ۴-۱- مقطع طولی متداول‌ترین انواع خروجی‌های اضطراری..... ۵۷
شکل ۴-۲- ایجاد محدودیت دید در قوس قائم محدب..... ۶۰
شکل ۴-۳- ایجاد محدودیت دید در قوس قائم مقعر..... ۶۲
شکل ۴-۴- ایجاد محدودیت دید در قوس‌های قائم زیرگذر..... ۶۳
شکل ۵-۱- نمونه‌های وجود ناهماهنگی بین پلان و نیمرخ طولی..... ۶۷
شکل ۵-۲- نمونه‌های وجود هماهنگی بین پلان و نیمرخ طولی..... ۶۸
شکل ۵-۳- استفاده از آبروی U شکل برای جمع‌آوری آب‌های سطحی معابر..... ۷۱
شکل ۵-۴- استفاده از جدول و آبروی مثلثی شکل برای جمع‌آوری آب‌های سطحی معابر..... ۷۲
شکل ۵-۵- استفاده از لوله‌های زیر زمینی و مجراهای قائم برای جمع‌آوری آب‌های سطحی معابر..... ۷۲
شکل ۵-۶- فاصله طولی مجاری قائم جمع‌آوری آب‌های سطحی از یکدیگر..... ۷۳

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱- فاصله دید توقف در معابر دارای شیب طولی کمتر از ۳ درصد..... ۱۱
جدول ۲-۲- فاصله دید توقف (بر حسب متر) در معابر دارای شیب طولی ۳ درصد و بیشتر..... ۱۲
جدول ۲-۳- فاصله دید انتخاب بر اساس سرعت طرح..... ۱۳
جدول ۲-۴- فاصله دید سبقت بر اساس سرعت طرح..... ۱۴
جدول ۳-۱- حداکثر ضریب اصطکاک مجاز در شبکه معابر شهری..... ۱۷
جدول ۳-۲- حداکثر بربلندی مجاز در قوس‌های افقی (بر حسب درصد)..... ۱۹
جدول ۳-۳- حداقل شعاع قوس‌های افقی در شبکه معابر شهری (بر حسب متر)..... ۲۰
جدول ۳-۴- حداقل بربلندی مورد نیاز بر اساس سرعت طرح و شعاع در قوس افقی (بر حسب درصد)..... ۲۲
جدول ۳-۵- حداقل طول مورد نیاز برای حذف شیب مخالف در صورت استفاده از قوس اتصال تدریجی (بر حسب متر)..... ۲۵
جدول ۳-۶- ضریب اصلاحی تعداد خطوط دوران یافته..... ۲۶
جدول ۳-۷- حداکثر شیب طولی نسبی قابل قبول برای لبه روسازی بر اساس سرعت طرح..... ۲۷
جدول ۳-۸- حداقل طول رسیدن به بربلندی بر اساس سرعت طرح و تعداد خطوط دوران (بر حسب متر)..... ۲۸
جدول ۳-۹- حداکثر شعاع قوس افقی برای استفاده از قوس اتصال تدریجی..... ۳۶
جدول ۳-۱۰- طول مطلوب برای منحنی کلوتوئید بر اساس سرعت طرح معبر..... ۳۸
جدول ۳-۱۱- حداکثر میزان بربلندی به منظور حفظ حداکثر شیب طولی نسبی در قوس اتصال (برحسب درصد)..... ۳۹
جدول ۳-۱۲- حداقل اضافه عرض در قوس‌های افقی معابر دوخطه برای گردش تریلی (بر حسب متر)..... ۴۴
جدول ۳-۱۳- اصلاح اضافه عرض در قوس‌های معابر دوخطه برای گردش وسایل نقلیه غیر از تریلی (بر حسب متر)..... ۴۵
جدول ۳-۱۴- حداقل فاصله لبه موانع کناری از وسط خط عبور سمت راست در قوس‌های افقی (بر حسب متر)..... ۴۷
جدول ۳-۱۵- حداقل فاصله مستقیم بین دو قوس هم‌جهت متوالی در تندراه‌های شهری..... ۵۰
جدول ۴-۱- حداکثر شیب طولی مجاز در تندراه‌های شهری (بر حسب درصد)..... ۵۴
جدول ۴-۲- حداکثر شیب طولی مجاز در خیابان‌های شریانی (بر حسب درصد)..... ۵۴
جدول ۴-۳- حداکثر شیب طولی مجاز در خیابان‌های جمع‌وپخش کننده (بر حسب درصد)..... ۵۴
جدول ۴-۴- حداکثر طول مجاز برای شیب‌های طولی تند در صورت وجود محدودیت‌های اجرایی..... ۵۵
جدول ۴-۵- ضریب مقاومت مصالح استفاده شده در قسمت متوقف‌کننده خروجی اضطراری..... ۵۸
جدول ۴-۶- حداقل ضریب نرمی قوس قائم محدب (K)..... ۶۱
جدول ۴-۷- حداقل ضریب نرمی قوس قائم مقعر (K)..... ۶۲

۱- معرفی اجزای نیمرخ‌های طولی

۱-۱- تعریف‌ها

پلان: تصویر امتداد معبر بر صفحه افقی.

محور معبر: خطی در پلان که مشخصات هندسی امتداد معبر را نشان داده و مبنای تعیین فاصله‌هاست.

نیمرخ طولی: خطی (خط پروژه) در صفحه قائم که مشخصات هندسی کف تمام شده معبر را نشان داده و مبنای تعیین ارتفاع است.

قوس افقی: قوسی که در پلان معبر استفاده می‌شود.

قوس ساده: قوس افقی دایره‌ای شکل.

قوس مرکب: ترکیب دو یا چند قسمت دایره‌ای مماس بر یکدیگر.

قوس اتصال: قسمتی از منحنی کلوتوئید که در فاصله بین یک قوس دایره‌ای و یک امتداد مستقیم یا در فاصله بین دو قوس دایره‌ای واقع می‌شود.

قوس قائم: قوسی که به منظور تغییر تدریجی شیب طولی به کار رفته و معمولاً قسمتی از یک سهمی درجه ۲ است.

قوس قائم مرکب: از ترکیب دو سهمی درجه ۲ مماس بر یکدیگر تشکیل شده و به آن قوس قائم نامتقارن نیز گفته می‌شود.

رأس قوس: نقطه تلاقی دو امتداد مستقیم مماس بر قوس.

بربلندی: شیب عرضی که به منظور رعایت ایمنی در قسمت‌های قوسی معبر و به طرف مرکز قوس در نظر گرفته می‌شود.

کلوتوئید: یکی از انواع قوس‌های اتصال که با تغییرات تدریجی در شعاع انحنا باعث ایجاد ایمنی و راحتی در رانندگی در قوس‌های افقی می‌شود.

۱-۲- نقشه پلان هندسی

مشخصات هندسی پلان معبر روی نقشه‌ای به نام «پلان هندسی» تعیین می‌شود. پلان هندسی باید چنان کامل باشد که بتوان از طریق آن شکل کامل مسیر را با تمام جزئیات هندسی آن، به دقت یک سانتی متر، به روی زمین پیاده کرد. برای این کار، لازم است که کلیه نقاط تعیین‌کننده شکل هندسی معبر به صورت ریاضی، با استفاده از فاصله، زاویه و مختصات نقاط، بر روی پلان مشخص شوند.

محور معبر با استفاده از نقاط تعیین‌کننده شکل هندسی روی زمین پیاده شده و سایر نقاط نسبت به محور معبر مشخص می‌شوند. برای این کار باید نقاط خارج از محور معبر، به کمک دو فاصله زیر روی پلان مشخص شوند:

- فاصله نقطه تا محور معبر
- فاصله تصویر نقطه روی محور معبر از مبدأ فاصله‌ها

معمولاً برای هر معبر، یک محور در نظر گرفته می‌شود. اما هر جا سادگی پلان و پیاده کردن آن ایجاب کند می‌توان بیشتر از یک محور در نظر گرفت. توصیه می‌شود که برای هر یک از سواره‌روهای آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها محور جداگانه‌ای منطبق بر خط پروژه آن‌ها، در نظر گرفته شود. محل‌های زیر برای محور معبر پیشنهاد می‌شوند:

- خط ممتد وسط خیابان، در خیابان‌های شهری بدون میانه
- وسط سواره‌روهای هر جهت از تندراه‌های شهری
- خط‌کشی جداکننده خط عبور سمت چپ و خط عبور وسط، در سواره‌روی هر جهت از تندراه‌های شهری شش‌خطه
- خط ممتد سمت راست رابط‌ها

کلیه نقاط مهم محور معبر باید روی پلان مشخص شود و موقعیت هندسی آن‌ها با استفاده از فاصله، زاویه و مختصات تعیین شود. این نقاط عبارت است از:

- نقطه شروع مسیر
- نقطه انتهای مسیر

- نقطه شروع قوس‌های افقی، با علامت اختصاری BC
- نقطه خاتمه قوس‌های افقی، با علامت اختصاری EC
- نقطه تماس قوس‌های افقی با یکدیگر، با علامت اختصاری PCC
- نقطه رأس قوس‌های افقی، با علامت اختصاری PI
- نقطه تلاقی محورهای مسیرهای مختلف، با ذکر نام دو مسیر و کیلومتراژ نقطه تلاقی بر روی هر دو محور

در پلان هندسی، اطلاعات زیر به صورت جدول ارائه می‌شود:

- مختصات هندسی نقاط ذکر شده در بالا
- مختصات مرکز دایره قوس‌های افقی
- زاویه تغییر جهت امتدادها بر حسب درجه یا گراد، با علامت اختصاری Δ
- طول مماس بر قوس‌های افقی، با علامت اختصاری T
- شعاع قوس‌های افقی ساده و مرکب، با علامت اختصاری R
- طول قوس‌های افقی ساده و مرکب، با علامت اختصاری L_c
- طول قوس‌های افقی اتصال، با علامت اختصاری S
- فاصله نقطه وسط قوس افقی از نقطه رأس آن، با علامت اختصاری E

۱-۳- قوس افقی ساده

یک قوس افقی ساده قسمتی از یک دایره است که بر دو امتداد مماس باشد. مشخصات هندسی این قوس‌ها در شکل ۱-۱ بیان شده است. در کلیه موارد که ضرورتی به استفاده از قوس‌های مرکب یا تدریجی وجود ندارد، باید از قوس ساده استفاده شود.

$$L = \frac{\pi}{۱۸۰}\Delta R$$

$$T = R\tan\frac{\Delta}{۲}$$

$$L_c = ۲R\sin\frac{\Delta}{۲}$$

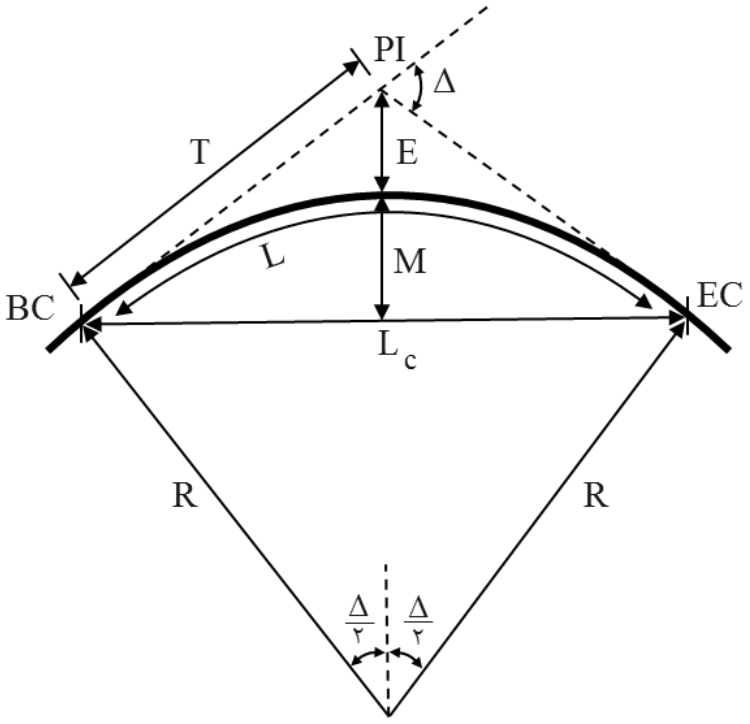
$$E = R\left(\frac{۱-\cos\frac{\Delta}{۲}}{\cos\frac{\Delta}{۲}}\right)$$

$$M = R\left(۱-\cos\frac{\Delta}{۲}\right)$$

BC: نقطه شروع قوس

EC: نقطه خاتمه قوس

PI: نقطه رأس قوس



شکل ۱-۱- مشخصات هندسی قوس افقی ساده

۱-۴- قوس افقی مرکب

قوس افقی مرکب، قوسی متشکل از دو یا چند قسمت از دایره‌های مختلف مماس بر یکدیگر است. قوس‌های مرکب قابلیت تطابق‌پذیری بالایی دارند. از این رو، برای انطباق قسمت‌های مختلف معبر با ناهمواری‌های موجود (طبیعی یا انسان ساخت) از این قوس‌ها استفاده می‌شود. با این حال، به طور کلی استفاده از قوس افقی مرکب در معابر شهری توصیه نمی‌شود. در استفاده از قوس‌های مرکب دو مرکزی، رعایت موارد زیر ضروری است:

- در تندراه‌ها، نسبت شعاع بزرگ‌تر به شعاع کوچکتر نباید بیشتر از ۱/۵ باشد.
- حداکثر نسبت شعاع بزرگ‌تر به شعاع کوچکتر برای رابطها برابر با ۲ است.
- در خیابان‌های شهری، نسبت شعاع بزرگ‌تر به شعاع کوچکتر نباید بیشتر از ۲ باشد.

نمونه‌ای از یک قوس مرکب دو مرکزی و مشخصات هندسی آن، در شکل ۱-۲ نشان داده شده است.

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$$

$$T_1 = \frac{R_2 - R_1 \cos\Delta + (R_1 - R_2)\cos\Delta_2}{\sin\Delta}$$

$$T_2 = \frac{R_1 - R_2 \cos\Delta + (R_1 - R_2)\cos\Delta_1}{\sin\Delta}$$

$$L_1 = \frac{\pi}{180}\Delta_1 R_1$$

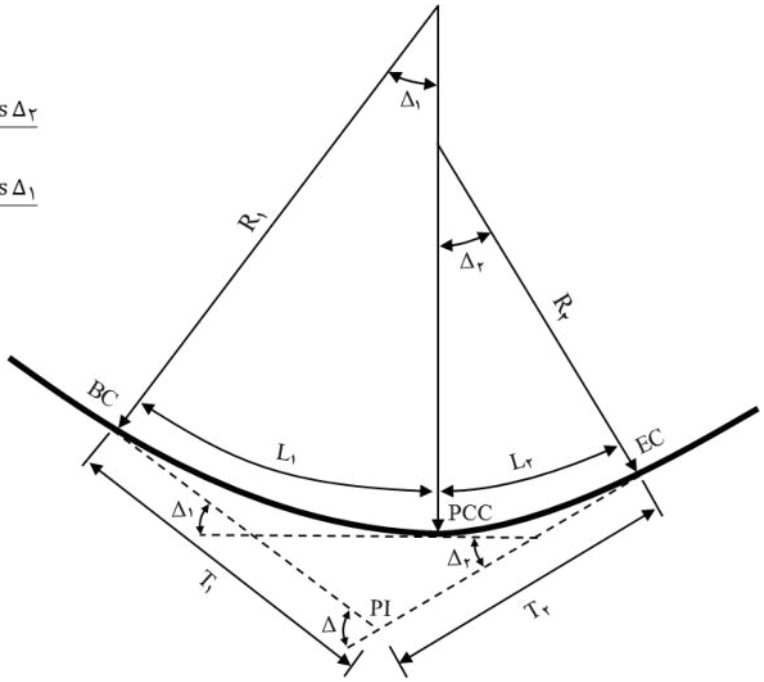
$$L_2 = \frac{\pi}{180}\Delta_2 R_2$$

BC: نقطه شروع قوس

EC: نقطه خاتمه قوس

PI: نقطه رأس قوس

PCC: نقطه تماس قوس‌ها با یکدیگر



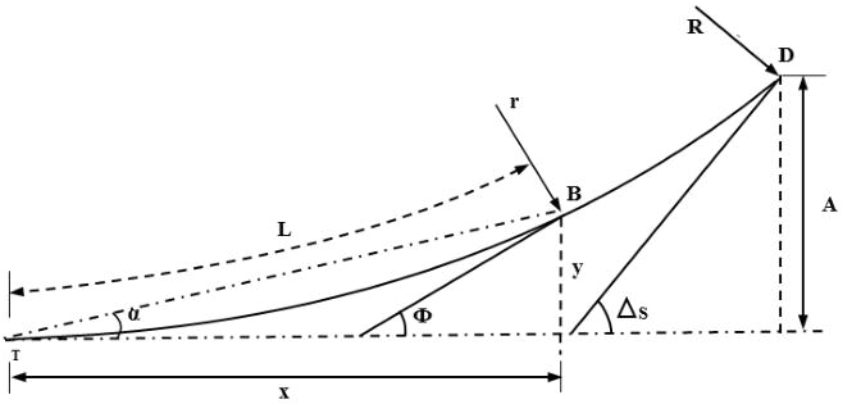
شکل ۱-۲- مشخصات هندسی قوس افقی مرکب دو مرکزی

۱-۵- قوس افقی اتصال

قوس اتصال، قسمتی از منحنی کلوتوئید است که بین دایره و امتداد مستقیم معبر قرار می‌گیرد تا تغییر شعاع به صورت تدریجی انجام شود. شعاع قوس اتصال در نقطه تماس با امتداد مستقیم، بسیار زیاد است و به تدریج کاهش می‌یابد تا در نقطه تماس با قسمت دایره‌ای، با شعاع دایره برابر شود (شکل ۱-۳).

با در نظر گرفتن قوس اتصال، در فاصله بین دایره و امتداد مستقیم، تغییر انحنا به طور تدریجی صورت گرفته و امتداد معبر شکسته به نظر نمی‌آید. علاوه بر این، در تغییر جهت‌ها، قوس اتصال به مسیر طبیعی حرکت وسایل نقلیه نزدیکتر است و وجود آن در معابر کم عرض به سهولت حرکت وسایل نقلیه کمک می‌کند. اگر شیب عرضی معمول، در طول قوس اتصال، به تدریج به بربلندی مورد نیاز در قوس تبدیل شود، باعث زیبایی معبر نیز خواهد شد.

توصیه می‌شود که در طراحی قوس تندراه‌ها و رابط‌های طویل (بیشتر از ۵۰۰ متر) از قوس اتصال استفاده شود. استفاده از قوس اتصال در خیابان‌های شهری و همچنین برای رابط‌های کوتاه (کمتر از ۵۰۰ متر) ضروری نیست.



T: نقطه ابتدایی قوس کلوتوئید

TA: مماس اصلی

D: نقطه برخورد کلوتوئید به دایره

B: یک نقطه دلخواه روی کلوتوئید به فاصله L از ابتدا

r: شعاع قوس در نقطه دلخواه B

Φ: زاویه خط مماس به منحنی در نقطه دلخواه B نسبت به خط مماس ابتدایی

α: زاویه انحراف منحنی کلوتوئید در نقطه دلخواه B

Δs: زاویه خط مماس به منحنی در انتهای قوس نسبت به خط مماس ابتدایی

L: طول منحنی کلوتوئید از ابتدا تا نقطه دلخواه B

A: پارامتر منحنی کلوتوئید

شکل ۱-۳- مشخصات هندسی قوس افقی اتصال

۱-۶- نقشه نیمرخ طولی

نیمرخ طولی، مقطع طولی معبر در امتداد حرکت وسایل نقلیه است. معمولاً، به منظور سادگی نقشه‌ها، محل آن منطبق بر محور معبر در نظر گرفته می‌شود. اما این انطباق ضروری نیست. در خیابان‌های دارای میانه، ممکن است با انطباق نیمرخ طولی بر محور معبر، تهیه نقشه‌ها و اجرای خیابان مشکل شود. در این صورت، می‌توان از انطباق تصویر افقی خط پروژه با محور معبر صرف نظر کرد. ولی به هر حال باید تصویر خط پروژه در نقشه پلان هندسی با عنوان «خط پروژه» مشخص شود.

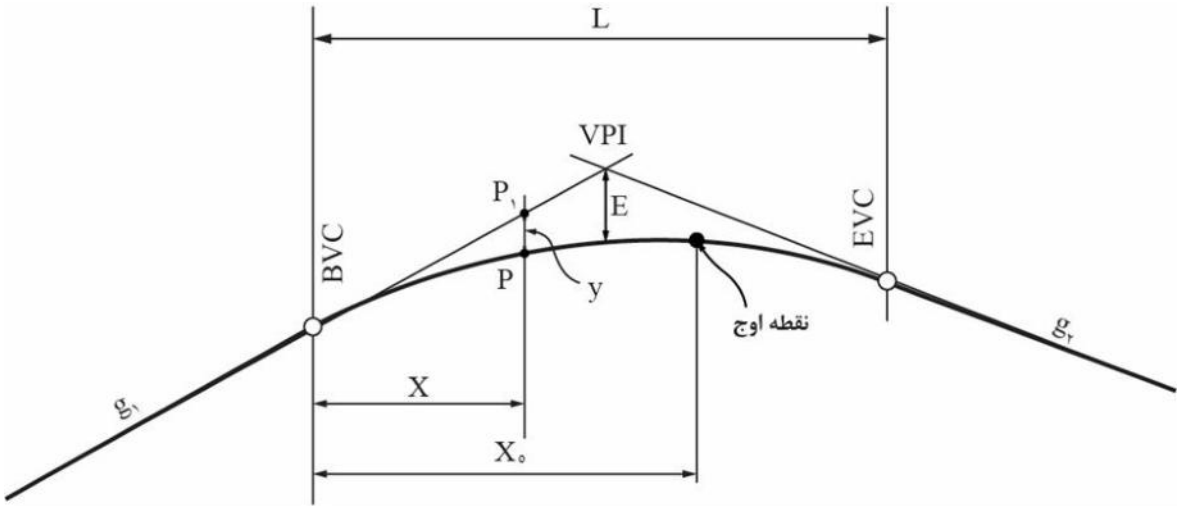
در نقشه‌های نیمرخ طولی، باید ارتفاع‌ها با مقیاس ده برابر طول‌ها نشان داده شوند. مقیاس طول‌ها باید برابر با مقیاس نقشه پلان هندسی باشد. فاصله و ارتفاع نقاط و همچنین شیب‌ها و تغییر شیب‌ها باید به صورت عددی مشخص شوند. فاصله‌ها و ارتفاع‌ها باید بر حسب متر و با دو رقم اعشار در زیر نیمرخ طولی نوشته شوند. درصد شیب‌های طولی باید با دو رقم اعشار در بالای خط پروژه و در محل شیب‌ها، مشخص شوند.

در نقشه نیمرخ طولی، موارد زیر باید به کمک فاصله و ارتفاع مشخص شوند:

- شروع خط پروژه
- خاتمه خط پروژه
- نقاط شکستگی شیب‌های طولی
- شروع قوس قائم، با علامت اختصاری BVC
- خاتمه قوس قائم، با علامت اختصاری EVC
- رأس قوس قائم، با علامت اختصاری VPI
- شیب‌های طولی، با علامت «+» برای سربالایی‌ها و با علامت «-» برای سرپایینی‌ها
- طول قوس‌های قائم، با علامت اختصاری L
- ضریب نرمی قوس‌های قائم، با علامت اختصاری K
- مقدار تغییر شیب قوس‌های قائم، بر حسب درصد و با دو رقم اعشار، با علامت اختصاری A

۱-۷- قوس قائم

به منظور ایجاد ایمنی، راحتی سرنشینان وسایل نقلیه و زیبایی بصری معبر، شیب‌های طولی باید به صورت تدریجی و ملایم تغییر کنند. به همین دلیل، از منحنی‌هایی با عنوان «قوس قائم» استفاده می‌شود. طول قوس قائم بر حسب میزان تغییر شیب طولی و فاصله دید توقف (به علت عدم وجود مسئله سبقت از مسیر مقابل در معابر شهری) تعیین می‌شود. قوس‌های قائم به دو دسته ساده و مرکب تقسیم می‌شوند (شکل ۱-۴ و شکل ۱-۵). قوس قائم مرکب (نامتقارن) از ترکیب دو سهمی متفاوت و مماس تشکیل شده است. در نیمرخ طولی خطوط اصلی، نباید از قوس قائم مرکب استفاده شود. ولی استفاده از این نوع قوس در طراحی خطوط کمکی و شانه بلامانع و کاراست. در صورتی که میزان تغییر شیب طولی ۰/۵ درصد و کمتر باشد، طراحی منحنی قوس قائم در محل تغییر شیب ضروری نیست. در این شرایط، نقطه تغییر شیب به صورت یک شکستگی در نیمرخ طولی مشخص می‌شود.



g: شیب‌های طولی امتداد اول و دوم

BVC: نقطه شروع قوس قائم

EVC: نقطه خاتمه قوس قائم

VPI: نقطه رأس قوس قائم

L: طول قوس قائم

K: ضریب نرمی قوس قائم

A: اختلاف جبری شیب طولی دو امتداد

$$K = \frac{L}{A}$$

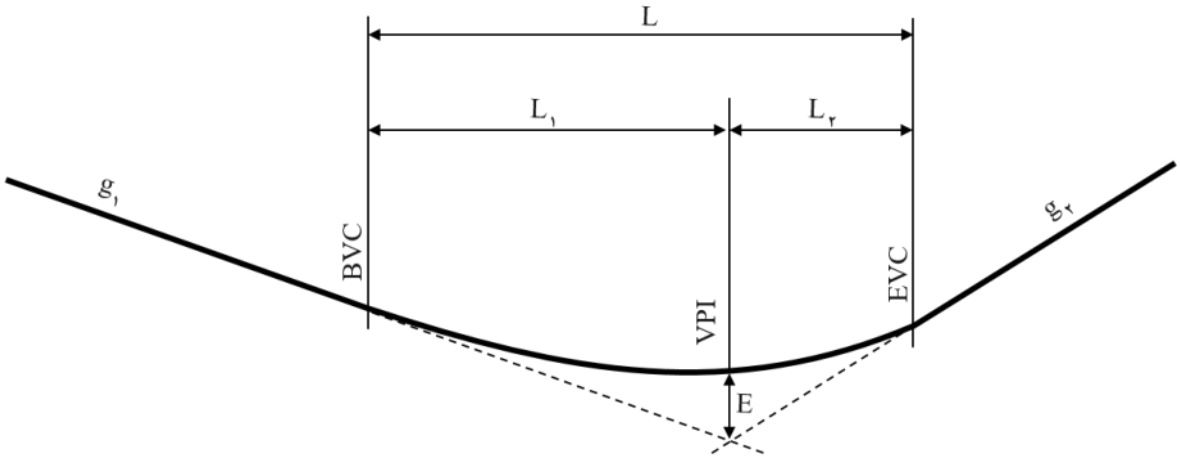
$$A = |g_2 - g_1| \times 100$$

$$e = \frac{AL}{800}$$

$$y = \left(\frac{X}{L/2}\right)^2 e = 4e\left(\frac{X}{L}\right)^2$$

$$X_0 = (g_1)K$$

شکل ۱-۴- مشخصات هندسی قوس قائم ساده



شکل ۱-۵- مشخصات هندسی قوس قائم مرکب

۲- فاصله دید

۲-۱- تعریف‌ها

فاصله دید: فاصله‌ای که در هر نقطه از معبر برای وسیله نقلیه قابل رؤیت است.

فاصله دید توقف: حداقل فاصله لازم برای توقف ایمن وسیله نقلیه در هنگام مواجه شدن با خطرات و موانع احتمالی در معبر.

فاصله دید انتخاب: حداقل فاصله دید لازم برای انتخاب نوع عکس‌العمل در شرایط ایمن و با سرعت مناسب.

فاصله عکس‌العمل: مسافتی که از لحظه مشاهده شرایط پیش‌بینی نشده تا لحظه شروع عکس‌العمل، طی می‌شود.

فاصله ترمزگیری: مسافتی که از لحظه شروع ترمزگیری تا توقف کامل، طی می‌شود.

فاصله دید سبقت: کمترین فاصله‌ای که به رانندگان امکان می‌دهد تا با سرعت مناسب و در شرایط ایمن سبقت بگیرند.

۲-۲- کلیات

رانندگان وسایل نقلیه مختلف، هنگام روبه‌رو شدن با شرایط پیش‌بینی نشده، باید قادر به انتخاب و عکس‌العمل به موقع باشند. به طور مثال، در شرایط خطر باید بتوانند پیش از برخورد، وسیله نقلیه را متوقف کنند و یا برای تعیین مسیر، جهت و سرعت وسیله نقلیه را تغییر دهند. اطلاعات مورد نیاز باید در فاصله زمانی کافی و قبل از رسیدن به محل انتخاب، به راننده داده شود تا فرصت کافی برای درک آن‌ها، انتخاب نوع عکس‌العمل و انجام عکس‌العمل انتخاب شده، داشته باشد. فاصله دید مناسب از دو جنبه مورد بررسی قرار می‌گیرد:

۱ـ حداقل فاصله مورد نیاز برای توقف وسایل نقلیه

۲ـ حداقل فاصله مورد نیاز برای انتخاب در موقعیت‌های پیچیده

۲-۳- فاصله دید توقف

فاصله دید توقف، حداقل فاصله لازم برای توقف ایمن وسیله نقلیه در هنگام مواجه شدن با خطرات و موانع احتمالی در معبر است. این فاصله از مجموع دو فاصله زیر حاصل می‌شود:

۱ـ **فاصله عکس‌العمل**: مسافتی که از لحظه مشاهده شرایط پیش‌بینی نشده تا لحظه شروع عکس‌العمل، طی می‌شود.

۲ـ **فاصله ترمزگیری**: مسافتی که از لحظه شروع ترمزگیری تا توقف کامل، طی می‌شود.

در شرایط عادی و هنگام روبرو شدن با خطرهایی که راننده انتظار آنها را دارد، مدت زمان تصمیم‌گیری بین ۰/۴ تا ۰/۷ ثانیه است. این مدت زمان به دلیل خستگی راننده و نامساعد بودن شرایط محیطی (وجود نور و صدای مزاحم) بیشتر می‌شود. در مقابل، رانندگانی که زمان تصمیم‌گیری آنها در شرایط عادی حدود ۱/۵ ثانیه است، در صورت متمرکز شدن، زمان تصمیم‌گیری آنها به حدود ۰/۳ ثانیه کاهش می‌یابد.

در طراحی، فاصله زمانی ۲/۵ ثانیه، برای عکس‌العمل، مناسب در نظر گرفته شده و فاصله عکس‌العمل با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

رابطه ۲-۱	$d_D = ۰/۷\ V\ t$
d_D = فاصله عکس‌العمل (متر) V= سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت) t = زمان عکس‌العمل (به صورت پیش فرض برابر با ۲/۵ ثانیه برای توقف)	

فاصله ترمزگیری، بر اساس سرعت طرح، شتاب وسیله نقلیه و شیب طولی معبر، با استفاده از رابطه ۲-۲ تعیین می‌شود.

فاصله دید توقف، از مجموع فاصله عکس‌العمل و ترمزگیری به دست می‌آید. این فاصله، بر اساس سرعت طرح، با فرض شیب طولی کمتر از ۲ درصد، در جدول ۲-۱ ارائه شده است.

در سرپایینی‌ها، به دلیل وجود اختلاف ارتفاع منفی، دید قائم نسبت به موانع، بهتر است. در سربالایی‌ها، به دلیل شتاب کاهش سرعت وسایل نقلیه، فاصله ترمزگیری کمتر است. ولی در مجموع، فاصله دید توقف در سرپایینی بیشتر از سربالایی خواهد بود.

رابطه ۲-۲

$$d_B = \frac{V^2}{254\left[\left(\frac{a}{9/81}\right) \pm G\right]}$$

d_B = فاصله ترمزگیری (متر)

V = سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)

a = شتاب کاهنده ترمزگیری (به صورت پیش‌فرض برابر با ۳/۴ متر بر مجذور ثانیه)

G = شیب طولی (با علامت مثبت برای سربالایی و منفی برای سرپایینی)

جدول ۲-۱- فاصله دید توقف در معابر دارای شیب طولی کمتر از ۳ درصد

سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)	**فاصله عکس‌العمل** (متر)	**فاصله ترمزگیری** (متر)	**فاصله دید توقف** (متر)
۲۰	۱۳/۹	۴/۶	۲۰
۳۰	۲۰/۹	۱۰/۳	۳۵
۴۰	۲۷/۸	۱۸/۴	۵۰
۵۰	۳۴/۸	۲۸/۷	۶۵
۶۰	۴۱/۷	۴۱/۳	۸۵
۷۰	۴۸/۷	۵۶/۲	۱۰۵
۸۰	۵۵/۶	۷۳/۴	۱۳۰
۹۰	۶۲/۶	۹۲/۹	۱۶۰
۱۰۰	۶۹/۵	۱۱۴/۷	۱۸۵
۱۱۰	۷۶/۵	۱۳۸/۸	۲۲۰
۱۲۰	۸۳/۴	۱۶۵/۲	۲۵۰

چنانچه شیب طولی معبر ۳ درصد و بیشتر باشد، برای تعیین فاصله دید توقف وسایل نقلیه سبک از جدول ۲-۲ استفاده می‌شود. برای تعیین فاصله دید توقف برای سایر مقادیر شیب طولی از رابطه ۲-۱ و رابطه ۲-۲ استفاده شود.

جدول ۲-۲- فاصله دید توقف (بر حسب متر) در معابر دارای شیب طولی ۳ درصد و بیشتر

سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)	**مقدار شیب سربالایی** (درصد)			**مقدار شیب سرپایینی** (درصد)		
	۳	**۶**	**۹**	**۳**	**۶**	**۹**
۲۰	۱۹	۱۸	۱۸	۲۰	۲۰	۲۰
۳۰	۳۱	۳۰	۲۹	۳۲	۳۵	۳۵
۴۰	۴۵	۴۴	۴۳	۵۰	۵۰	۵۳
۵۰	۶۱	۵۹	۵۸	۶۶	۷۰	۷۴
۶۰	۸۰	۷۷	۷۵	۸۷	۹۲	۹۷
۷۰	۱۰۰	۹۷	۹۳	۱۱۰	۱۱۶	۱۲۴
۸۰	۱۲۳	۱۱۸	۱۱۴	۱۳۶	۱۴۴	۱۵۴
۹۰	۱۴۸	۱۴۱	۱۳۶	۱۶۴	۱۷۴	۱۸۷
۱۰۰	۱۷۴	۱۶۷	۱۶۰	۱۹۴	۲۰۷	۲۲۳
۱۱۰	۲۰۳	۱۹۲	۱۸۶	۲۲۷	۲۴۳	۲۶۲
۱۲۰	۲۳۴	۲۲۳	۲۱۴	۲۶۳	۲۸۱	۳۰۴

در سرپایینی، فاصله ترمزگیری وسایل نقلیه سنگین بیشتر از وسایل نقلیه سبک است. از این رو، مقادیر موجود در جدول ۲-۲ برای تعیین فاصله‌های دید توقف وسایل نقلیه سنگین در سرپایینی کفایت نمی‌کند. از طرف دیگر، ارتفاع چشم رانندگان وسایل نقلیه سنگین نسبت به سطح معبر بیشتر از محل چشم رانندگان سواری است. بنابراین، اگر فاصله دید قائم برای رانندگان سواری مناسب باشد، این فاصله برای رانندگان وسایل نقلیه سنگین نیز کافی است. ولی این موضوع در فاصله دید قوس‌های افقی، تأثیر قابل توجهی ندارد.

توصیه می‌شود که اگر در حاشیه داخلی یک قوس افقی، در انتهای یک سرپایینی تند و طولانی (شیب بیشتر از ۳ درصد و طول بیشتر از ۱ کیلومتر)، مانع دید (ساختمان یا شیروانی) وجود دارد، فاصله دید توقف، به میزان ۲۰ درصد بیشتر از مقادیر جدول ۲-۲ در نظر گرفته شود.

۲-۴- فاصله دید انتخاب

فاصله دید توقف به راننده متمرکز در شرایط عادی فرصت می‌دهد تا در برخورد با خطر مورد انتظار ولی ناگهانی، وسیله نقلیه خود را متوقف کند. اما، این فاصله برای شرایط پیچیده‌ای که راننده باید برای انتخاب نوع عکس‌العمل، اطلاعات دریافتی را تحلیل کند، معمولاً کافی نیست. بنابراین، در شرایطی که اطلاعات دریافتی قاطع و آشکار نبوده و یا عکس‌العمل‌های غیر منتظره لازم است، فاصله دید توقف کافی نیست و باید از فاصله دید انتخاب استفاده شود.

فاصله دید انتخاب همانند فاصله دید توقف از مجموع فاصله عکس‌العمل و فاصله ترمزگیری به دست می‌آید. فاصله عکس‌العمل در محاسبه فاصله دید انتخاب نیز مطابق با رابطه ۲-۱ خواهد بود، با این تفاوت که زمان عکس‌العمل (t) در این حالت برای توقف وسایل نقلیه برابر با ۹ ثانیه و برای تغییر سرعت و تغییر خط برابر با ۱۴ ثانیه است. فاصله ترمزگیری نیز با استفاده از رابطه ۲-۲ محاسبه می‌شود. فاصله دید انتخاب برای شرایط ذکر شده، بر اساس سرعت‌های طرح مختلف در جدول ۲-۳ ارائه شده است.

از فاصله دید انتخاب در تعیین محل نصب علائم و تابلوهای کنترل ترافیک و همچنین در تعیین فاصله دید لازم برای تشخیص دماغه خروجی‌ها و مواردی که راننده ناچار به تغییر خط است، بر اساس سرعت طرح مورد نظر، استفاده شود (جدول ۲-۳). در صورتی که به دلیل محدودیت‌های فیزیکی، تأمین فاصله دید انتخاب امکان‌پذیر نباشد، باید از تابلوهای هدایت‌کننده یا پیش آگهی استفاده شود.

جدول ۲-۳- فاصله دید انتخاب بر اساس سرعت طرح

سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)	**فاصله دید انتخاب به منظور توقف** (متر)	**فاصله دید انتخاب به منظور تغییر سرعت و تغییر خط** (متر)
۵۰	۱۵۵	۱۹۵
۶۰	۱۹۵	۲۳۵
۷۰	۲۳۵	۲۷۵
۸۰	۲۸۰	۳۱۵
۹۰	۳۲۵	۳۶۰
۱۰۰	۳۷۰	۴۰۰
۱۱۰	۴۲۰	۴۳۰
۱۲۰	۴۷۰	۴۷۰

۲-۵- فاصله دید سبقت

فاصله دید سبقت کمترین فاصله‌ای است که به رانندگان امکان می‌دهد تا با سرعت مناسب و در شرایط ایمن سبقت بگیرند. اکیداً توصیه می‌شود که در طراحی کلیه معابر شهری با سرعت مجاز بیشتر از ۴۰ کیلومتر بر ساعت از در نظر گرفتن مقاطع دوخطه دوطرفه که سبقت در آنها مجاز است، پرهیز شود. در صورت ضرورت و نیاز به سبقت با استفاده از خطوط عبور جهت مقابل، می‌توان از جدول ۲-۴ جهت تعیین فاصله دید سبقت برای سرعت طرح‌های مختلف استفاده کرد.

جدول ۲-۴- فاصله دید سبقت بر اساس سرعت طرح

سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)	**فاصله دید سبقت** (متر)
۳۰	۱۲۰
۴۰	۱۴۰
۵۰	۱۶۰
۶۰	۱۸۰
۷۰	۲۱۰
۸۰	۲۴۵
۹۰	۲۸۰
۱۰۰	۳۲۰
۱۱۰	۳۵۵

۳- پلان

۳-۱- تعریف‌ها

شیب عرضی: شیب سطح معبر در جهت عمود بر امتداد محور آن.

شیب عرضی معمول: شیب عرضی به منظور تخلیه آب‌های سطحی (برابر با ۲± درصد).

شیب عرضی مخالف: شیب عرضی در جهت مخالف بربلندی در قوس.

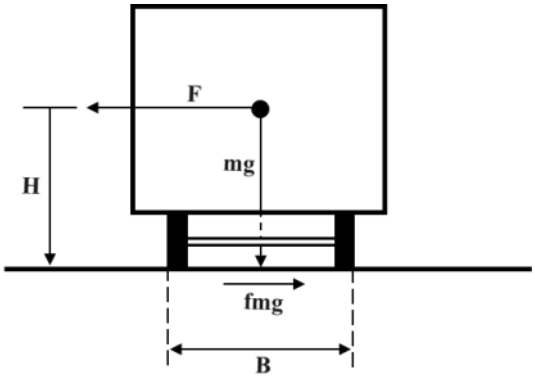
شعاع حداقل قوس: کمترین شعاع مجاز و ایمن برای یک قوس افقی.

حداکثر نیروی عرضی مجاز: حداکثر نیروی ناشی از گریز از مرکز که در قوس‌ها به وسیله نقلیه وارد می‌شود، بدون آن که ایمنی معبر کاهش پیدا کند.

۳-۲- تعادل وسیله نقلیه در قوس‌های افقی

در قوس‌های افقی، نیروی گریز از مرکز سعی دارد که وسیله نقلیه را به طرف خارج از قوس پرتاب کند. اصطکاک بین لاستیک و روسازی، با نیروی گریز از مرکز و وزن وسیله نقلیه، با لنگر ناشی از آن مقابله می‌کند. اگر مقدار نیروهای مقاوم، معادل با نیروهای گریز از مرکز باشد، تعادل وسیله نقلیه حفظ می‌شود. در حالت تعادل بدون وجود بربلندی در قوس، راننده وسیله نقلیه تحت تأثیر دو نیروی مخالف قرار گرفته و بر اساس مقدار این نیروها (سرعت حرکت و شعاع قوس) احساس ناراحتی می‌کند.

نیروی گریز از مرکز به مرکز ثقل وسیله نقلیه وارد می‌شود و نیروی مقاوم اصطکاک در سطح معبر به وجود می‌آید. در نتیجه، لنگری ایجاد می‌شود که سعی دارد وسیله نقلیه را به طرف خارج قوس واژگون کند. لنگر ناشی از وزن وسیله نقلیه با این لنگر، مقابله می‌کند. هر چه مرکز ثقل وسیله نقلیه بلندتر باشد، مقدار لنگر واژگون‌کننده بیشتر و هر چه عرض وسیله نقلیه بیشتر باشد، مقدار لنگر مقاوم بیشتر است (شکل ۳-۱).



$$F = \frac{mv^2}{R}$$

شکل ۳-۱- نیروهای وارد بر وسیله نقلیه در قوس‌های افقی

برای حفظ تعادل وسیله نقلیه در قوس‌های افقی، بدون در نظر گرفتن بربلندی، باید دو شرط زیر برقرار باشد:

رابطه ۳-۱	$\frac{V^2}{127 f} \leq R$
رابطه ۳-۲	$\frac{2 H V^2}{127 B} \leq R$
R = شعاع قوس (متر) B = عرض وسیله نقلیه (فاصله بین لبه خارجی چرخ‌های دو طرف در تماس با سطح معبر (متر)) H = ارتفاع مرکز ثقل وسیله نقلیه تا سطح معبر (متر) V = سرعت وسیله نقلیه (کیلومتر بر ساعت) f = ضریب اصطکاک بین سطح روسازی و لاستیک	

حداکثر ضریب اصطکاک در محاسبات مربوط به تعادل وسیله نقلیه در قوس افقی و تعیین شعاع و بربلندی با توجه به سه عامل زیر تعیین می‌شود (جدول ۳-۱):

۱ـ سرعت طرح مطلوب

۲ـ حداکثر نیروی عرضی قابل تحمل برای راننده، بدون بر هم خوردن تعادل و آرامش

۳ـ عدم واژگونی وسایل نقلیه سنگین و بلند

جدول ۳-۱- حداکثر ضریب اصطکاک مجاز در شبکه معابر شهری

سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)	حداکثر ضریب اصطکاک
۲۰	۰/۳۵
۳۰	۰/۲۸
۴۰	۰/۲۳
۵۰	۰/۱۹
۶۰	۰/۱۷
۷۰	۰/۱۵
۸۰	۰/۱۴
۹۰	۰/۱۳
۱۰۰	۰/۱۲
۱۱۰	۰/۱۱
۱۲۰	۰/۰۹

برای جلوگیری از واژگون شدن وسایل نقلیه، ضریب اصطکاک، تحت هیچ شرایطی نباید از مقدار تعیین کننده B/2H بیشتر در نظر گرفته شود. این نسبت برای وسایل نقلیه باری و سنگین نظیر تانکرها (از ۰/۲۴ تا ۰/۳۰) تعیین‌کننده است.

برای حفظ تعادل وسایل نقلیه در قوس‌های افقی از طریق ترکیب بربلندی و اصطکاک جانبی ۵ روش زیر وجود دارد:

- **روش اول:** در این روش، بربلندی و اصطکاک جانبی به صورت خطی با معکوس شعاع قوس متناسب هستند. به این ترتیب در این روش، تعادل وسایل نقلیه در قوس‌های افقی، همواره یا تنها با استفاده از بربلندی و یا تنها بر اساس نیروی اصطکاک جانبی حفظ خواهد شد.

- **روش دوم:** در این روش، تعادل وسایل نقلیه در قوس‌های افقی، ابتدا از طریق نیروی اصطکاک جانبی و سپس بربلندی حفظ می‌شود. به این ترتیب که قوس‌های دارای شعاع بزرگ بدون در نظر گرفتن بربلندی و تنها از طریق اصطکاک، طراحی می‌شوند. با کوچک شدن شعاع قوس و رسیدن نیروی اصطکاک جانبی به مقدار حدی و بیشینه خود، برای قوس‌های تند با فرض وجود اصطکاک جانبی در مقدار بیشینه از بربلندی نیز کمک گرفته خواهد شد تا این که در نهایت، میزان بربلندی نیز به مقدار حدی و بیشینه خود برسد.

- **روش سوم:** این روش مشابه با روش دوم است با این تفاوت که در این روش، تعادل وسایل نقلیه در قوس‌های افقی، ابتدا از طریق بربلندی و سپس نیروی اصطکاک جانبی حفظ می‌شود. به این ترتیب که قوس‌های دارای شعاع بزرگ بدون در نظر گرفتن اصطکاک و تنها از طریق بربلندی طراحی می‌شوند. با کوچک شدن شعاع قوس و رسیدن میزان بربلندی به مقدار حدی و بیشینه خود، برای قوس‌های تند با فرض وجود بربلندی در مقدار بیشینه از نیروی اصطکاک جانبی نیز کمک گرفته خواهد شد تا این که در نهایت، این نیرو نیز به مقدار حدی و بیشینه خود برسد.

- **روش چهارم:** این روش نیز مشابه روش سوم است با این تفاوت که به جای سرعت طرح بر اساس سرعت مجاز تنظیم می‌شود. در این روش، برای غلبه بر نواقص روش سوم، از بربلندی در سرعت‌های پایین‌تر از سرعت طرح استفاده می‌شود. به این ترتیب، با استفاده از سرعت مجاز، قبل از رسیدن به میزان بربلندی بیشینه و در قوس‌های ملایم (با شعاع بزرگ)، تعادل وسایل نقلیه برقرار شده و میزان بربلندی با سرعت کمتری به مقدار بیشینه خود خواهد رسید.

- **روش پنجم:** این روش در واقع، ترکیبی از روش اول و چهارم است. برای قوس‌های دارای شعاع خیلی زیاد تا متوسط، میزان بربلندی به دست آمده از روش چهارم مناسب است. چرا که در چنین قوس‌هایی به واسطه استفاده از بربلندی برای غلبه بر شتاب و نیروی جانبی در محدوده سرعت متوسط، خطر از دست رفتن کنترل رانندگان در قوس، بسیار اندک است. در حالی که در سرعت های بالاتر، برای حفظ تعادل وسیله نقلیه در قوس، نیروی اصطکاک جانبی کمک خواهد کرد. از سوی دیگر، روش اول نیز که در بازه قابل توجهی از شعاع قوس‌ها از میزان بربلندی بیشینه استفاده نمی‌کند، دارای مطلوبیت است. به این ترتیب در روش پنجم، ارتباط بین شعاع قوس، میزان بربلندی و نیروی اصطکاک جانبی به صورت یک منحنی سهمی شکل است که مزایای هر دو روش اول و چهارم را خواهد داشت.

۳-۳- بربلندی و شعاع در قوس‌های افقی

معمولاً شیب عرضی به منظور تخلیه آب‌های سطحی در معابر در نظر گرفته می‌شود. مقدار این شیب در عرض معبر برابر با ۲± درصد بوده و «شیب عرضی معمول» نامیده می‌شود. شیب عرضی در طراحی قوس‌های افقی نیز کاربرد دارد. به کمک ایجاد شیب عرضی به سمت مرکز قوس (بربلندی)، از مقدار نیروی گریز از مرکز وارد شده به وسایل نقلیه کم می‌شود. در صورتی که شیب عرضی معبر در محل قوس، به سمت مرکز قوس نباشد، اصطلاحاً «شیب عرضی مخالف» نامیده می‌شود.

اگر میزان بربلندی معبر برابر با e (به سمت مرکز قوس) و وزن وسیله نقلیه برابر با w باشد، از نیروی گریز از مرکز وارد بر وسیله نقلیه به مقدار we کاسته می‌شود. رابطه تعادل وسایل نقلیه در قوس‌های افقی دارای بربلندی به صورت رابطه ۳-۳ است.

بربلندی قوس‌های افقی، بر اساس شرایط اقلیمی، طبقه‌بندی عملکردی معبر و سهم وسایل نقلیه کم‌سرعت و سنگین تعیین می‌شود (جدول ۳-۲). حداقل شعاع قوس‌های افقی در شبکه معابر شهری نیز بر اساس سرعت طرح و میزان بربلندی، در جدول ۳-۳ ارائه شده است.

رابطه ۳-۳ $\frac{V^2}{127\,(e+f)} \le R$
e = مقدار بربلندی قوس R = شعاع قوس (متر) V = سرعت وسیله نقلیه (کیلومتر بر ساعت) f = ضریب اصطکاک بین سطح روسازی و لاستیک

جدول ۳-۲- حداکثر بربلندی مجاز در قوس‌های افقی (بر حسب درصد)

شرایط اقلیمی	تندراه و رابط	خیابان شریانی	خیابان جمع‌وپخش کننده و محلی
سردسیر با زمستان‌های پر برف	۶	۶	شیب عرضی معمول
معتدل	۸	۶	شیب عرضی معمول
گرمسیر	۱۰	۶	شیب عرضی معمول

مطابق با جدول فوق، بربلندی را می‌توان در تندراه‌ها و رابط‌ها بیشتر در نظر گرفت. چرا که تندراه‌ها با کاربری‌های اطراف خود فاصله داشته و تغییر ارتفاع لبه آنها مشکلی برای دسترسی به کاربری‌های اطراف ایجاد نمی‌کند. ولی در نظر گرفتن مقادیر بربلندی زیاد برای خیابان‌های شهری ممکن است برای دسترسی به ساختمان‌ها و محوطه‌های اطراف خیابان مشکل ایجاد کرده و زیبایی بصری آن را تحت تأثیر قرار دهد.

در مواردی که احتمال تراکم و حرکت وسایل نقلیه با سرعت کم در معابر و رابط‌ها وجود دارد، حداکثر میزان بربلندی برابر با ۶ درصد در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۳-۳- حداقل شعاع قوس‌های افقی در شبکه معابر شهری (بر حسب متر)

سرعت طرح (km/h) / بربلندی (٪)	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰
۲- تا ۰	۱۰	۲۸	۶۰	۱۱۶	۱۸۹	۲۹۷	۴۲۰	۵۸۰	۷۸۷	۱۰۵۸	۱۶۱۹
۰ تا ۲	۹	۲۴	۵۱	۹۴	۱۵۰	۲۲۷	۳۱۵	۴۲۵	۵۶۲	۷۳۳	۱۰۳۰
۲/۲	۹	۲۴	۵۰	۹۳	۱۴۸	۲۲۵	۳۱۱	۴۲۰	۵۵۴	۷۲۲	۱۰۱۲
۲/۴	۹	۲۴	۵۰	۹۲	۱۴۶	۲۲۲	۳۰۷	۴۱۴	۵۴۷	۷۱۱	۹۹۴
۲/۶	۹	۲۴	۵۰	۹۲	۱۴۵	۲۱۹	۳۰۴	۴۰۹	۵۳۹	۷۰۰	۹۷۷
۲/۸	۹	۲۳	۴۹	۹۱	۱۴۴	۲۱۷	۳۰۰	۴۰۴	۵۳۲	۶۹۰	۹۶۰
۳/۰	۹	۲۳	۴۹	۹۰	۱۴۲	۲۱۵	۲۹۷	۳۹۹	۵۲۵	۶۸۰	۹۴۴
۳/۲	۹	۲۳	۴۹	۸۹	۱۴۱	۲۱۲	۲۹۳	۳۹۴	۵۱۸	۶۷۱	۹۲۹
۳/۴	۹	۲۳	۴۸	۸۸	۱۳۹	۲۱۰	۲۹۰	۳۸۹	۵۱۱	۶۶۱	۹۱۴
۳/۶	۹	۲۳	۴۸	۸۸	۱۳۸	۲۰۸	۲۸۷	۳۸۴	۵۰۵	۶۵۲	۸۹۹
۳/۸	۹	۲۳	۴۷	۸۷	۱۳۷	۲۰۶	۲۸۳	۳۸۰	۴۹۸	۶۴۴	۸۸۵
۴/۰	۹	۲۳	۴۷	۸۶	۱۳۵	۲۰۳	۲۸۰	۳۷۵	۴۹۲	۶۳۵	۸۷۲
۴/۲	-	۲۲	۴۷	۸۵	۱۳۴	۲۰۱	۲۷۷	۳۷۱	۴۸۶	۶۲۷	۸۵۹
۴/۴	-	۲۲	۴۶	۸۵	۱۳۳	۱۹۹	۲۷۴	۳۶۷	۴۸۰	۶۱۹	۸۴۶
۴/۶	-	۲۲	۴۶	۸۴	۱۳۲	۱۹۷	۲۷۱	۳۶۲	۴۷۴	۶۱۱	۸۳۳
۴/۸	-	۲۲	۴۶	۸۳	۱۳۰	۱۹۵	۲۶۸	۳۵۸	۴۶۹	۶۰۳	۸۲۱
۵/۰	-	۲۲	۴۵	۸۲	۱۲۹	۱۹۳	۲۶۵	۳۵۴	۴۶۳	۵۹۵	۸۱۰
۵/۲	-	۲۲	۴۵	۸۲	۱۲۸	۱۹۱	۲۶۳	۳۵۱	۴۵۸	۵۸۸	۷۹۸
۵/۴	-	۲۲	۴۵	۸۱	۱۲۷	۱۸۹	۲۶۰	۳۴۷	۴۵۳	۵۸۱	۷۸۷
۵/۶	-	۲۲	۴۵	۸۰	۱۲۶	۱۸۸	۲۵۷	۳۴۳	۴۴۷	۵۷۴	۷۷۶
۵/۸	-	۲۱	۴۴	۸۰	۱۲۵	۱۸۶	۲۵۵	۳۳۹	۴۴۲	۵۶۷	۷۶۶
۶/۰	-	۲۱	۴۴	۷۹	۱۲۴	۱۸۴	۲۵۲	۳۳۶	۴۳۷	۵۶۰	۷۵۶
۶/۲	-	-	۴۴	۷۹	۱۲۳	۱۸۲	۲۵۰	۳۳۲	۴۳۳	۵۵۴	۷۴۶
۶/۴	-	-	۴۳	۷۸	۱۲۲	۱۸۱	۲۴۷	۳۲۹	۴۲۸	۵۴۷	۷۳۶
۶/۶	-	-	۴۳	۷۷	۱۲۰	۱۷۹	۲۴۵	۳۲۶	۴۲۳	۵۴۱	۷۲۷

سرعت طرح (km/h) / بربلندی (٪)	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰
۶/۸	–	–	۴۳	۷۷	۱۱۹	۱۷۷	۲۴۳	۳۲۲	۴۱۹	۵۳۵	۷۱۷
۷/۰	–	–	۴۲	۷۶	۱۱۸	۱۷۶	۲۴۰	۳۱۹	۴۱۴	۵۲۹	۷۰۸
۷/۲	–	–	۴۲	۷۶	۱۱۸	۱۷۴	۲۳۸	۳۱۶	۴۱۰	۵۲۳	۷۰۰
۷/۴	–	–	۴۲	۷۵	۱۱۷	۱۷۳	۲۳۶	۳۱۳	۴۰۶	۵۱۸	۶۹۱
۷/۶	–	–	۴۲	۷۴	۱۱۶	۱۷۱	۲۳۴	۳۱۰	۴۰۲	۵۱۲	۶۸۳
۷/۸	–	–	۴۱	۷۴	۱۱۵	۱۷۰	۲۳۱	۳۰۷	۳۹۸	۵۰۷	۶۷۵
۸/۰	–	–	۴۱	۷۳	۱۱۴	۱۶۸	۲۲۹	۳۰۴	۳۹۴	۵۰۱	۶۶۷
۸/۲	–	–	–	۷۳	۱۱۳	۱۶۷	۲۲۷	۳۰۱	۳۹۰	۴۹۶	۶۵۹
۸/۴	–	–	–	۷۲	۱۱۲	۱۶۵	۲۲۵	۲۹۸	۳۸۶	۴۹۱	۶۵۱
۸/۶	–	–	–	۷۲	۱۱۱	۱۶۴	۲۲۳	۲۹۵	۳۸۲	۴۸۶	۶۴۴
۸/۸	–	–	–	۷۱	۱۱۰	۱۶۲	۲۲۱	۲۹۳	۳۷۹	۴۸۱	۶۳۷
۹/۰	–	–	–	۷۱	۱۰۹	۱۶۱	۲۱۹	۲۹۰	۳۷۵	۴۷۶	۶۳۰
۹/۲	–	–	–	۷۰	۱۰۹	۱۶۰	۲۱۷	۲۸۷	۳۷۲	۴۷۲	۶۲۳
۹/۴	–	–	–	۷۰	۱۰۸	۱۵۸	۲۱۶	۲۸۵	۳۶۸	۴۶۷	۶۱۶
۹/۶	–	–	–	۶۹	۱۰۷	۱۵۷	۲۱۴	۲۸۲	۳۶۵	۴۶۳	۶۰۹
۹/۸	–	–	–	۶۹	۱۰۶	۱۵۶	۲۱۲	۲۸۰	۳۶۱	۴۵۸	۶۰۳
۱۰/۰	–	–	–	۶۸	۱۰۵	۱۵۵	۲۱۰	۲۷۸	۳۵۸	۴۵۴	۵۹۷

«-»: قوس افقی با سرعت طرح کم و بربلندی زیاد، غیر مجاز است.

در شرایطی که به دلیل وجود فضای کافی، می‌توان شعاع قوس را بیشتر از مقدار حداقل در نظر گرفت، از جدول ۳-۴ برای تعیین حداقل میزان بربلندی مورد نیاز استفاده می‌شود. در برخی موارد، برای حفظ تعادل وسایل نقلیه لازم است تا شیب عرضی مخالف در قسمت‌های قوسی برابر با شیب عرضی موافق در نظر گرفته شده و مقطع معبر به یک سطح شیب‌دار یکدست به سمت مرکز قوس تبدیل شود. این موارد با علامت «+» در جدول ۳-۴ مشخص شده‌اند.

جدول ۳-۴- حداقل بربلندی مورد نیاز بر اساس سرعت طرح و شعاع در قوس افقی (بر حسب درصد)

سرعت طرح (km/h) / شعاع قوس (m)	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰
۱۰	❊	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
۱۵	❊	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
۲۰	❊	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
۲۵	❊	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–
۳۰	❊	❊	–	–	–	–	–	–	–	–	–
۳۵	❊	❊	–	–	–	–	–	–	–	–	–
۴۰	❊	❊	۸/۵	–	–	–	–	–	–	–	–
۴۵	❊	❊	۵/۰	–	–	–	–	–	–	–	–
۵۰	❊	❊	۲/۲	–	–	–	–	–	–	–	–
۵۵	❊	❊	+	–	–	–	–	–	–	–	–
۶۰	❊	❊	❊	–	–	–	–	–	–	–	–
۶۵	❊	❊	❊	–	–	–	–	–	–	–	–
۷۰	❊	❊	❊	۹/۱	–	–	–	–	–	–	–
۷۵	❊	❊	❊	۷/۳	–	–	–	–	–	–	–
۸۰	❊	❊	❊	۵/۶	–	–	–	–	–	–	–
۸۵	❊	❊	❊	۴/۲	–	–	–	–	–	–	–
۹۰	❊	❊	❊	۲/۹	–	–	–	–	–	–	–
۹۵	❊	❊	❊	+	–	–	–	–	–	–	–
۱۰۰	❊	❊	❊	+	–	–	–	–	–	–	–
۱۱۰	❊	❊	❊	+	۸/۸	–	–	–	–	–	–
۱۲۰	❊	❊	❊	❊	۶/۶	–	–	–	–	–	–
۱۳۰	❊	❊	❊	❊	۴/۸	–	–	–	–	–	–
۱۴۰	❊	❊	❊	❊	۳/۳	–	–	–	–	–	–
۱۵۰	❊	❊	❊	❊	+	–	–	–	–	–	–
۱۶۰	❊	❊	❊	❊	+	۹/۱	–	–	–	–	–
۱۷۰	❊	❊	❊	❊	+	۷/۷	–	–	–	–	–
۱۸۰	❊	❊	❊	❊	+	۶/۵	–	–	–	–	–
۱۹۰	❊	❊	❊	❊	❊	۵/۳	–	–	–	–	–

سرعت طرح (km/h) / شعاع قوس (m)	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰
۲۰۰	❋	❋	❋	❋	❋	۴/۳	–	–	–	–	–
۲۲۰	❋	❋	❋	❋	❋	۲/۶	۸/۹	–	–	–	–
۲۴۰	❋	❋	❋	❋	❋	+	۷/۰	–	–	–	–
۲۶۰	❋	❋	❋	❋	❋	+	۵/۴	–	–	–	–
۲۸۰	❋	❋	❋	❋	❋	+	۴/۰	۹/۸	–	–	–
۳۰۰	❋	❋	❋	❋	❋	❋	۲/۸	۸/۳	–	–	–
۳۵۰	❋	❋	❋	❋	❋	❋	+	۵/۳	–	–	–
۴۰۰	❋	❋	❋	❋	❋	❋	+	۳/۰	۷/۷	–	–
۴۵۰	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	+	۵/۵	–	–
۵۰۰	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	+	۳/۸	۸/۱	–
۶۰۰	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	+	۴/۹	۹/۹
۷۰۰	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	+	۲/۶	۷/۲
۸۰۰	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	+	۵/۲
۹۰۰	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	+	۳/۶
۱۰۰۰	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	+	۲/۴
۱۲۰۰	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	+
۱۴۰۰	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	+
۱۶۰۰	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	+
۱۸۰۰	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋
۲۰۰۰	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋
۲۵۰۰	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋
۳۰۰۰	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋

«❋»: در قوس افقی با شعاع زیاد، شیب عرضی معمول برای برقراری تعادل وسایل نقلیه کافی است.
«+»: در قوس افقی با شعاع نسبتاً زیاد، به شیب عرضی ۲ درصد برای تعادل وسایل نقلیه نیاز است.
«–»: قوس افقی با سرعت طرح زیاد و شعاع کم، غیر مجاز است.

توصیه می‌شود که در طراحی خیابان‌های شهری، نیمرخ عرضی معابر در قوس‌ها تغییر نکرده و «شیب عرضی معمول» حفظ شود. چرا که تغییر جهت در شیب عرضی، از نظر تخلیه آب‌های سطحی، یخ زدن سطح معبر و دسترسی به کاربری‌های پیرامونی، مشکلاتی را ایجاد می‌کند. از طرف دیگر، به منظور کنترل سرعت در خیابان‌های شهری، بهتر است، قوس‌های افقی با حداقل شعاع ممکن، طراحی شوند.

۳-۴- طول تأمین بربلندی

برای رعایت ایمنی وسایل نقلیه و زیبایی بصری، تغییرات لازم در شیب عرضی، بهتر است به صورت ملایم و تدریجی در طولی از معبر، قبل و بعد از قوس‌های افقی، انجام شود. این طول، تحت عنوان «طول تأمین بربلندی» شناخته می‌شود. طول تأمین بربلندی، از دو قسمت زیر تشکیل شده است:

- طول مورد نیاز برای حذف شیب مخالف
- طول مورد نیاز برای رسیدن به بربلندی مورد نظر

۳-۴-۱- طول حذف شیب مخالف

طول حذف شیب مخالف، طولی از معبر است که در آن شیب عرضی مخالف با بربلندی مورد نظر، حذف شده و به صفر می‌رسد. این طول مطابق با رابطه ۳-۴ محاسبه شده و قبل از قوس افقی در قسمت مستقیم معبر اعمال می‌شود.

رابطه ۳-۴	$L_0 = \frac{e_0}{e} L$
L_0 = حداقل طول مورد نیاز برای حذف شیب مخالف (متر) L = حداقل طول مورد نیاز برای رسیدن به بربلندی مورد نظر (متر) e = میزان بربلندی (درصد) e_0 = میزان شیب عرضی موجود در معبر (درصد)	

در صورتی که برای تأمین بربلندی از قوس اتصال تدریجی (منحنی کلوتوئید) استفاده شود، در محاسبه طول مورد نیاز برای حذف شیب مخالف، پارامتر طول مورد نیاز برای رسیدن به بربلندی (L) با طول قوس اتصال تدریجی (L_s) جایگزین خواهد شد. به این ترتیب و با توجه به حداقل طول منحنی کلوتوئید، مقادیر حداقل طول مورد نیاز برای حذف شیب مخالف مطابق با جدول ۳-۵ خواهد بود.

جدول ۳-۵- حداقل طول مورد نیاز برای حذف شیب مخالف در صورت استفاده از قوس اتصال تدریجی (بر حسب متر)

سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)	میزان بربلندی قوس (درصد)				
	۲	۴	۶	۸	۱۰
۲۰	۱۱	-	-	-	-
۳۰	۱۷	۸	-	-	-
۴۰	۲۲	۱۱	۷	-	-
۵۰	۲۸	۱۴	۹	-	-
۶۰	۳۳	۱۷	۱۱	۸	-
۷۰	۳۹	۱۹	۱۳	۱۰	-
۸۰	۴۴	۲۲	۱۵	۱۱	-
۹۰	۵۰	۲۵	۱۷	۱۳	۱۰
۱۰۰	۵۶	۲۸	۱۹	۱۴	۱۱
۱۱۰	۶۱	۳۱	۲۰	۱۵	۱۲
۱۲۰	۶۷	۳۳	۲۲	۱۷	۱۳

۳-۴-۲- طول رسیدن به بربلندی

طول رسیدن به بربلندی، طولی از معبر است که در آن شیب عرضی معبر از مقدار صفر به مقدار بربلندی می‌رسد. معمولاً، بخشی از این طول قبل از قوس افقی و بخشی از آن در طول قوس افقی اعمال می‌شود. حداقل طول مورد نیاز برای رسیدن به بربلندی، بر اساس اختلاف نسبی شیب طولی محور دوران معبر و لبه روسازی، مطابق با رابطه ۳-۵ قابل محاسبه است.

رابطه ۳-۵

$$L = \frac{w \times n \times b_n \times e}{\Delta}$$

L = حداقل طول مورد نیاز برای رسیدن به بربلندی (متر)

w = عرض هر خط عبور (متر)

n = تعداد خطوط دوران یافته

b_n = ضریب اصلاحی تعداد خطوط دوران یافته

e = میزان بربلندی (درصد)

Δ = حداکثر شیب طولی نسبی لبه روسازی (درصد)

در معابر جدا نشده که دوران در آنها حول خط مرکزی انجام می‌شود، تعداد خطوط دوران یافته (n) برابر با نصف کل خطوط عبور است. در حالتی که دوران، حول خط مبنای دیگری انجام شود، از عرضی که به اندازه میزان بربلندی، دوران یافته است، به جای حاصلضرب «w × n» استفاده می‌شود.

در صورتی که تعداد خطوط دوران یافته بیشتر از یک خط باشد، باید از مقادیر ارائه شده در جدول ۳-۶ به عنوان ضریب اصلاحی برای تعدیل تعداد خطوط دوران یافته استفاده شود. مقادیر موجود در این جدول بر اساس رابطه ۳-۶ محاسبه شده است.

جدول ۳-۶- ضریب اصلاحی تعداد خطوط دوران یافته

تعداد خطوط دوران یافته (n)	ضریب اصلاحی (b_n)
۱/۰	۱/۰۰
۱/۵	۰/۸۳
۲/۰	۰/۷۵
۲/۵	۰/۷۰
۳/۰	۰/۶۷
۳/۵	۰/۶۴

رابطه ۳-۶

$$b_n = \frac{۱ + ۰/۵ \left(n - ۱ \right)}{n}$$

b_n = ضریب اصلاحی تعداد خطوط دوران یافته

n = تعداد خطوط دوران یافته

به منظور ایجاد راحتی در رانندگی و همچنین پرهیز از تغییرات ظاهری شدید در شیب عرضی معبر، پارامتر حداکثر شیب طولی نسبی قابل قبول بین محور دوران و لبه روسازی برای سرعت طرح ۸۰ کیلومتر بر ساعت، برابر با ۰/۵ درصد (۱ به ۲۰۰) در نظر گرفته می‌شود. مقدار این پارامتر برای سایر سرعت‌های طرح در جدول ۳-۷ ارائه شده است.

جدول ۳-۷- حداکثر شیب طولی نسبی قابل قبول برای لبه روسازی بر اساس سرعت طرح

سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)	**حداکثر شیب طولی نسبی (Δ)** (درصد)
۲۰	۰/۸۰
۳۰	۰/۷۵
۴۰	۰/۷۰
۵۰	۰/۶۵
۶۰	۰/۶۰
۷۰	۰/۵۵
۸۰	۰/۵۰
۹۰	۰/۴۷
۱۰۰	۰/۴۴
۱۱۰	۰/۴۱
۱۲۰	۰/۳۸

بر اساس روابط و جداول بالا و با فرض عرض ۳/۶ متر برای هر خط عبور، مقدار حداقل طول مورد نیاز برای رسیدن به بربلندی در معابر دوخطه و چهارخطه مطابق با جدول ۳-۸ است. مقدار طول مورد نیاز به منظور رسیدن به بربلندی برای خطوط عبور با عرض‌های متفاوت از طریق نسبت خطی مقادیر موجود در این جدول، قابل محاسبه خواهد بود.

در صورتی که برای اتصال بخش مستقیم مسیر به قوس افقی، از قوس اتصال تدریجی استفاده شود، تغییر شیب عرضی از شیب صفر به شیب بربلندی در طول قوس اتصال تدریجی اعمال می‌شود. بنابراین، حداقل طول قوس اتصال تدریجی، برابر با طول رسیدن به بربلندی در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۳-۸- حداقل طول رسیدن به بربلندی بر اساس سرعت طرح و تعداد خطوط دوران (بر حسب متر)

بربلندی (درصد)	تعداد خطوط دوران	**سرعت طرح** (کیلومتر بر ساعت)									
		۲۰	**۳۰**	**۴۰**	**۵۰**	**۶۰**	**۷۰**	**۸۰**	**۹۰**	**۱۰۰**	**۱۱۰**	**۱۲۰**
۱/۵	۱	۷	۷	۸	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۲	۱۳	۱۴
۱/۵	۲	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱
۲/۰	۱	۹	۱۰	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۸	۱۹
۲/۰	۲	۱۴	۱۴	۱۵	۱۷	۱۸	۲۰	۲۲	۲۳	۲۵	۲۶	۲۸
۲/۲	۱	۱۰	۱۱	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۱
۲/۲	۲	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۲۰	۲۲	۲۴	۲۵	۲۷	۲۹	۳۱
۲/۴	۱	۱۱	۱۲	۱۲	۱۳	۱۴	۱۶	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۳
۲/۴	۲	۱۶	۱۷	۱۹	۲۰	۲۲	۲۴	۲۶	۲۸	۲۹	۳۲	۳۴
۲/۶	۱	۱۲	۱۲	۱۳	۱۴	۱۶	۱۷	۱۹	۲۰	۲۱	۲۳	۲۵
۲/۶	۲	۱۸	۱۹	۲۰	۲۲	۲۳	۲۶	۲۸	۳۰	۳۲	۳۴	۳۷
۲/۸	۱	۱۳	۱۳	۱۴	۱۶	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۳	۲۵	۲۷
۲/۸	۲	۱۹	۲۰	۲۲	۲۳	۲۵	۲۷	۳۰	۳۲	۳۴	۳۷	۴۰
۳/۰	۱	۱۴	۱۴	۱۵	۱۷	۱۸	۲۰	۲۲	۲۳	۲۵	۲۶	۲۸
۳/۰	۲	۲۰	۲۲	۲۳	۲۵	۲۷	۲۹	۳۲	۳۴	۳۷	۴۰	۴۳
۳/۲	۱	۱۴	۱۵	۱۶	۱۸	۱۹	۲۱	۲۳	۲۵	۲۶	۲۸	۳۰
۳/۲	۲	۲۲	۲۳	۲۵	۲۷	۲۹	۳۱	۳۵	۳۷	۳۹	۴۲	۴۵
۳/۴	۱	۱۵	۱۶	۱۷	۱۹	۲۰	۲۲	۲۴	۲۶	۲۸	۳۰	۳۲
۳/۴	۲	۲۳	۲۴	۲۶	۲۸	۳۱	۳۳	۳۷	۳۹	۴۲	۴۵	۴۸
۳/۶	۱	۱۶	۱۷	۱۹	۲۰	۲۲	۲۴	۲۶	۲۸	۲۹	۳۲	۳۴
۳/۶	۲	۲۴	۲۶	۲۸	۳۰	۳۲	۳۵	۳۹	۴۱	۴۴	۴۷	۵۱
۳/۸	۱	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۳	۲۵	۲۷	۲۹	۳۱	۳۳	۳۶
۳/۸	۲	۲۶	۲۷	۲۹	۳۲	۳۴	۳۷	۴۱	۴۴	۴۷	۵۰	۵۴
۴/۰	۱	۱۸	۱۹	۲۱	۲۲	۲۴	۲۶	۲۹	۳۱	۳۳	۳۵	۳۸
۴/۰	۲	۲۷	۲۹	۳۱	۳۳	۳۶	۳۹	۴۳	۴۶	۴۹	۵۳	۵۷
۴/۲	۱	۱۹	۲۰	۲۲	۲۳	۲۵	۲۷	۳۰	۳۲	۳۴	۳۷	۴۰
۴/۲	۲	۲۸	۳۰	۳۲	۳۵	۳۸	۴۱	۴۵	۴۸	۵۲	۵۵	۶۰
۴/۴	۱	۲۰	۲۱	۲۳	۲۴	۲۶	۲۹	۳۲	۳۴	۳۶	۳۹	۴۲
۴/۴	۲	۳۰	۳۲	۳۴	۳۷	۴۰	۴۳	۴۸	۵۱	۵۴	۵۸	۶۳

بربلندی (درصد)	تعداد خطوط دوران	سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)										
		۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰
۴/۶	۱	۲۱	۲۲	۲۴	۲۵	۲۸	۳۰	۳۳	۳۵	۳۸	۴۰	۴۴
۴/۶	۲	۳۱	۳۳	۳۵	۳۸	۴۱	۴۵	۵۰	۵۳	۵۶	۶۱	۶۵
۴/۸	۱	۲۲	۲۳	۲۵	۲۷	۲۹	۳۱	۳۵	۳۷	۳۹	۴۲	۴۵
۴/۸	۲	۳۲	۳۵	۳۷	۴۰	۴۳	۴۷	۵۲	۵۵	۵۹	۶۳	۶۸
۵/۰	۱	۲۳	۲۴	۲۶	۲۸	۳۰	۳۳	۳۶	۳۸	۴۱	۴۴	۴۷
۵/۰	۲	۳۴	۳۶	۳۹	۴۲	۴۵	۴۹	۵۴	۵۷	۶۱	۶۶	۷۱
۵/۲	۱	۲۳	۲۵	۲۷	۲۹	۳۱	۳۴	۳۷	۴۰	۴۳	۴۶	۴۹
۵/۲	۲	۳۵	۳۷	۴۰	۴۳	۴۷	۵۱	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۴
۵/۴	۱	۲۴	۲۶	۲۸	۳۰	۳۲	۳۵	۳۹	۴۱	۴۴	۴۷	۵۱
۵/۴	۲	۳۶	۳۹	۴۲	۴۵	۴۹	۵۳	۵۸	۶۲	۶۶	۷۱	۷۷
۵/۶	۱	۲۵	۲۷	۲۹	۳۱	۳۴	۳۷	۴۰	۴۳	۴۶	۴۹	۵۳
۵/۶	۲	۳۸	۴۰	۴۳	۴۷	۵۰	۵۵	۶۰	۶۴	۶۹	۷۴	۸۰
۵/۸	۱	۲۶	۲۸	۳۰	۳۲	۳۵	۳۸	۴۲	۴۴	۴۷	۵۱	۵۵
۵/۸	۲	۳۹	۴۲	۴۵	۴۸	۵۲	۵۷	۶۳	۶۷	۷۱	۷۶	۸۲
۶/۰	۱	۲۷	۲۹	۳۱	۳۳	۳۶	۳۹	۴۳	۴۶	۴۹	۵۳	۵۷
۶/۰	۲	۴۱	۴۳	۴۶	۵۰	۵۴	۵۹	۶۵	۶۹	۷۴	۷۹	۸۵
۶/۲	۱	۲۸	۳۰	۳۲	۳۴	۳۷	۴۱	۴۵	۴۷	۵۱	۵۴	۵۹
۶/۲	۲	۴۲	۴۵	۴۸	۵۲	۵۶	۶۱	۶۷	۷۱	۷۶	۸۲	۸۸
۶/۴	۱	۲۹	۳۱	۳۳	۳۵	۳۸	۴۲	۴۶	۴۹	۵۲	۵۶	۶۱
۶/۴	۲	۴۳	۴۶	۴۹	۵۳	۵۸	۶۳	۶۹	۷۴	۷۹	۸۴	۹۱
۶/۶	۱	۳۰	۳۲	۳۴	۳۷	۴۰	۴۳	۴۸	۵۱	۵۴	۵۸	۶۳
۶/۶	۲	۴۵	۴۸	۵۱	۵۵	۵۹	۶۵	۷۱	۷۶	۸۱	۸۷	۹۴
۶/۸	۱	۳۱	۳۳	۳۵	۳۸	۴۱	۴۵	۴۹	۵۲	۵۶	۶۰	۶۴
۶/۸	۲	۴۶	۴۹	۵۲	۵۶	۶۱	۶۷	۷۳	۷۸	۸۳	۹۰	۹۷
۷/۰	۱	۳۱	۳۴	۳۶	۳۹	۴۲	۴۶	۵۰	۵۴	۵۷	۶۱	۶۶
۷/۰	۲	۴۷	۵۰	۵۴	۵۸	۶۳	۶۹	۷۶	۸۰	۸۶	۹۲	۹۹
۷/۲	۱	۳۲	۳۵	۳۷	۴۰	۴۳	۴۷	۵۲	۵۵	۵۹	۶۳	۶۸
۷/۲	۲	۴۹	۵۲	۵۶	۶۰	۶۵	۷۱	۷۸	۸۳	۸۸	۹۵	۱۰۲
۷/۴	۱	۳۳	۳۶	۳۸	۴۱	۴۴	۴۸	۵۳	۵۷	۶۱	۶۵	۷۰

بربلندی (درصد)	تعداد خطوط دوران	**سرعت طرح** (کیلومتر بر ساعت)									
		۲۰	**۳۰**	**۴۰**	**۵۰**	**۶۰**	**۷۰**	**۸۰**	**۹۰**	**۱۰۰**	**۱۱۰**	**۱۲۰**
۷/۴	۲	۵۰	۵۳	۵۷	۶۱	۶۷	۷۳	۸۰	۸۵	۹۱	۹۷	۱۰۵
۷/۶	۱	۳۴	۳۶	۳۹	۴۲	۴۶	۵۰	۵۵	۵۸	۶۲	۶۷	۷۲
۷/۶	۲	۵۱	۵۵	۵۹	۶۳	۶۸	۷۵	۸۲	۸۷	۹۳	۱۰۰	۱۰۸
۷/۸	۱	۳۵	۳۷	۴۰	۴۳	۴۷	۵۱	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۴
۷/۸	۲	۵۳	۵۶	۶۰	۶۵	۷۰	۷۷	۸۴	۹۰	۹۶	۱۰۳	۱۱۱
۸/۰	۱	۳۶	۳۸	۴۱	۴۴	۴۸	۵۲	۵۸	۶۱	۶۵	۷۰	۷۶
۸/۰	۲	۵۴	۵۸	۶۲	۶۶	۷۲	۷۹	۸۶	۹۲	۹۸	۱۰۵	۱۱۴
۸/۲	۱	۳۷	۳۹	۴۲	۴۵	۴۹	۵۴	۵۹	۶۳	۶۷	۷۲	۷۸
۸/۲	۲	۵۵	۵۹	۶۳	۶۸	۷۴	۸۱	۸۹	۹۴	۱۰۱	۱۰۸	۱۱۷
۸/۴	۱	۳۸	۴۰	۴۳	۴۷	۵۰	۵۵	۶۰	۶۴	۶۹	۷۴	۸۰
۸/۴	۲	۵۷	۶۰	۶۵	۷۰	۷۶	۸۲	۹۱	۹۷	۱۰۳	۱۱۱	۱۱۹
۸/۶	۱	۳۹	۴۱	۴۴	۴۸	۵۲	۵۶	۶۲	۶۶	۷۰	۷۶	۸۱
۸/۶	۲	۵۸	۶۲	۶۶	۷۱	۷۷	۸۴	۹۳	۹۹	۱۰۶	۱۱۳	۱۲۲
۸/۸	۱	۴۰	۴۲	۴۵	۴۹	۵۳	۵۸	۶۳	۶۷	۷۲	۷۷	۸۳
۸/۸	۲	۵۹	۶۳	۶۸	۷۳	۷۹	۸۶	۹۵	۱۰۱	۱۰۸	۱۱۶	۱۲۵
۹/۰	۱	۴۰	۴۳	۴۶	۵۰	۵۴	۵۹	۶۵	۶۹	۷۴	۷۹	۸۵
۹/۰	۲	۶۱	۶۵	۶۹	۷۵	۸۱	۸۸	۹۷	۱۰۳	۱۱۰	۱۱۹	۱۲۸
۹/۲	۱	۴۱	۴۴	۴۷	۵۱	۵۵	۶۰	۶۶	۷۰	۷۵	۸۱	۸۷
۹/۲	۲	۶۲	۶۶	۷۱	۷۶	۸۳	۹۰	۹۹	۱۰۶	۱۱۳	۱۲۱	۱۳۱
۹/۴	۱	۴۲	۴۵	۴۸	۵۲	۵۶	۶۲	۶۸	۷۲	۷۷	۸۳	۸۹
۹/۴	۲	۶۳	۶۸	۷۳	۷۸	۸۵	۹۲	۱۰۲	۱۰۸	۱۱۵	۱۲۴	۱۳۴
۹/۶	۱	۴۳	۴۶	۴۹	۵۳	۵۸	۶۳	۶۹	۷۴	۱۱۸	۱۲۶	۱۳۶
۹/۶	۲	۶۵	۶۹	۷۴	۸۰	۸۶	۹۴	۱۰۴	۱۱۰	۸۴	۹۱	۹۹
۹/۸	۱	۴۴	۴۷	۵۰	۵۴	۵۹	۶۴	۷۱	۷۵	۸۰	۸۶	۹۳
۹/۸	۲	۶۶	۷۱	۷۶	۸۱	۸۸	۹۶	۱۰۶	۱۱۳	۱۲۰	۱۲۹	۱۳۹
۱۰/۰	۱	۴۵	۴۸	۵۱	۵۵	۶۰	۶۵	۷۲	۷۷	۸۲	۸۸	۹۵
۱۰/۰	۲	۶۸	۷۲	۷۷	۸۳	۹۰	۹۸	۱۰۸	۱۱۵	۱۲۳	۱۳۲	۱۴۲

۳-۵- نحوه اعمال بربلندی

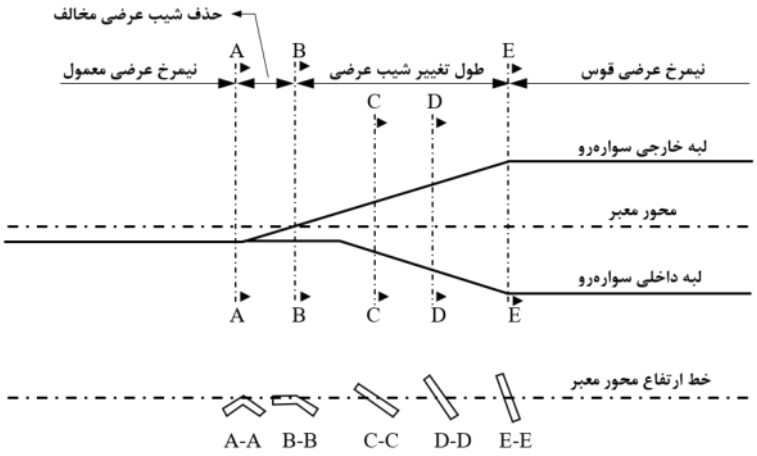
سه شیوه مختلف برای تغییر شیب عرضی قبل و بعد از قوس‌های افقی وجود دارد. در شیوه اول ارتفاع خط پروژه (محور معبر) ثابت بوده و برای تأمین بربلندی قوس، لبه خارجی روسازی، بالاتر و لبه داخلی، پایین‌تر اجرا می‌شود (حالت «الف» در شکل ۳-۲). این شیوه از نظر محاسبه و اجرا ساده‌ترین و معمول‌ترین شیوه است. در صورتی که افزایش ارتفاع لبه خارجی روسازی و کاهش ارتفاع لبه داخلی، از نظر زیبایی بصری و دسترسی به کاربری‌ها، مشکل ایجاد نکند (تندراه‌های شهری)، تغییر شیب‌های عرضی باید به این شیوه انجام شود.

در شیوه دوم، ضمن ثابت بودن ارتفاع لبه داخلی، ارتفاع خط پروژه افزایش داده شده و نیمرخ عرضی معبر حول لبه داخلی آن دوران می‌کند (حالت «ب» در شکل ۳-۲). شیوه سوم، مشابه شیوه دوم است با این تفاوت که در این شیوه ارتفاع لبه خارجی ثابت بوده، ارتفاع خط پروژه کاهش یافته و نیمرخ عرضی معبر حول لبه خارجی آن دوران می‌کند (حالت «ج» در شکل ۳-۲).

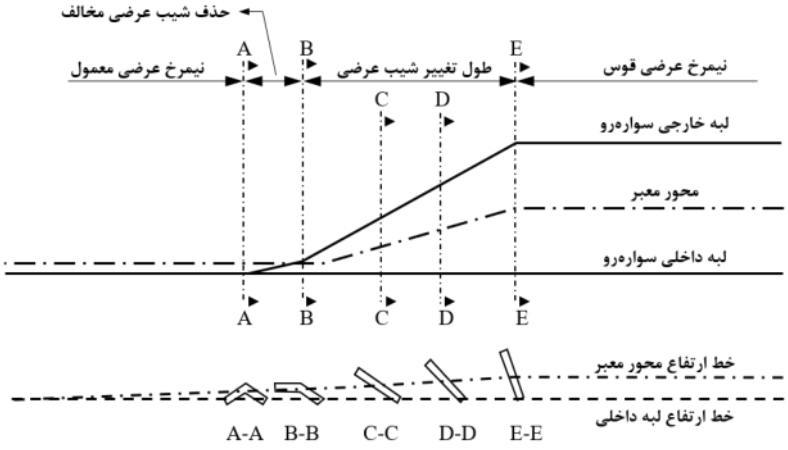
در خیابان‌های شهری، ممکن است تغییر ارتفاع یکی از لبه‌های معبر عملی نباشد. در این صورت، ارتفاع خط پروژه (محور معبر)، در محدوده قوس افقی، به اندازه لازم، تغییر می‌کند تا پس از اعمال بربلندی قوس، اختلاف ارتفاع لبه‌های روسازی از حدود قابل قبول (با توجه به کاربری‌های اطراف) بیشتر نشود.

در انتخاب روش اعمال بربلندی، باید به نحوه تخلیه آب‌های سطحی، زیبایی بصری معبر، اجتناب از شیب‌های بحرانی و متناسب بودن لبه روسازی با توسعه‌های اطراف توجه شود. معمولاً در مواردی که محل لبه داخلی روسازی برای کانال تخلیه آب‌های سطحی در نظر گرفته شده، شیوه دوم و در مواردی که تأکید بر ظاهر و زیبایی معبر است، از شیوه سوم استفاده می‌شود.

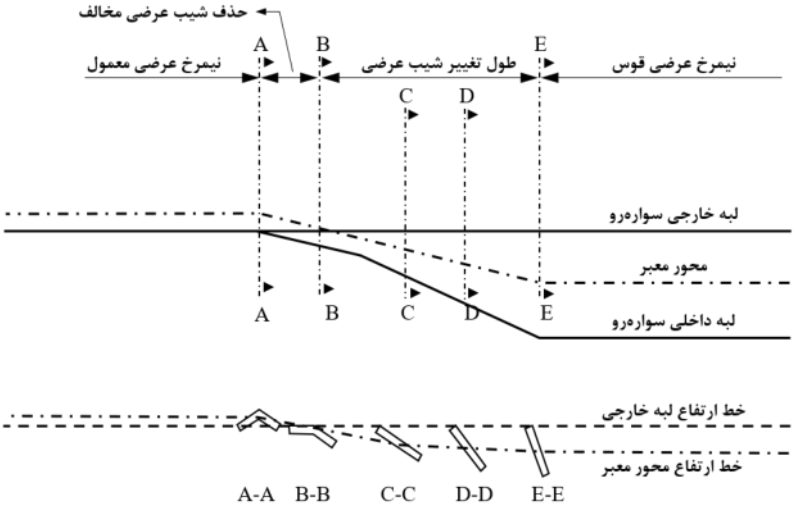
اعمال بربلندی در خیابان‌های واقع در بافت‌های تاریخی چنانچه باعث آسیب به این بافت‌ها و خیابان‌ها شود، مجاز نیست.



الف- گردش حول محور معبر



ب- گردش حول لبه داخلی معبر



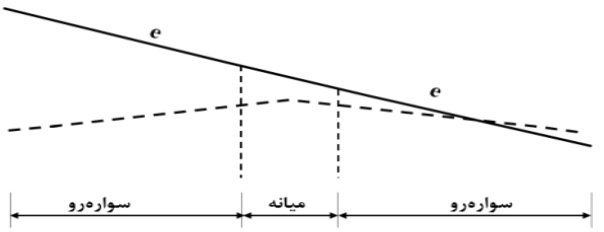
ج- گردش حول لبه خارجی معبر

شکل ۳-۲- شیوه‌های مختلف اعمال بربلندی

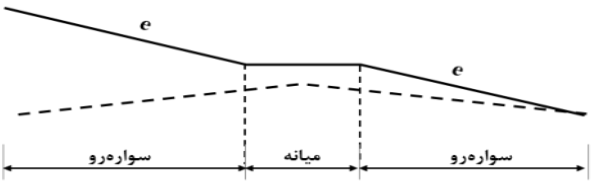
در معابر دارای میانه، با توجه به مقطع عرضی، سه حالت به منظور اعمال بربلندی در قوس‌های افقی قابل استفاده است (شکل ۳-۳). در حالت اول، بربلندی مورد نیاز قوس در تمام عرض معبر (شامل میانه) اعمال می‌شود (حالت «الف» در شکل ۳-۳). این حالت برای معابر دارای میانه کم عرض (کمتر از ۴ متر) مناسب است.

در حالت دوم، میانه بدون شیب عرضی بوده و بربلندی مورد نیاز قوس برای هر یک از نیمرخ‌های عرضی طرفین میانه، اعمال می‌شود (حالت «ب» در شکل ۳-۳). این حالت، برای میانه‌های با عرض ۴ تا ۱۰ متر توصیه می‌شود. لازم به ذکر است که در این حالت طول تأمین بربلندی برای هر یک از جهت‌های ترافیکی معبر به صورت جداگانه محاسبه و در نظر گرفته خواهد شد.

در حالت سوم، نیمرخ‌های عرضی طرفین میانه، هر یک به صورت جداگانه دوران داده شده و در نتیجه در محل تلاقی این نیمرخ‌ها، اختلاف ارتفاع به وجود می‌آید. این اختلاف ارتفاع توسط یک شیب عرضی یکنواخت در جهت خلاف مرکز قوس جبران می‌شود (حالت «ج» شکل ۳-۳). این حالت برای میانه‌های عریض (بیشتر از ۱۰ متر) مناسب بوده و لازم است طول تأمین بربلندی برای هر یک از جهت‌های ترافیکی به صورت جداگانه محاسبه شود.



الف- میانه کم عرض (کمتر از ۴ متر)

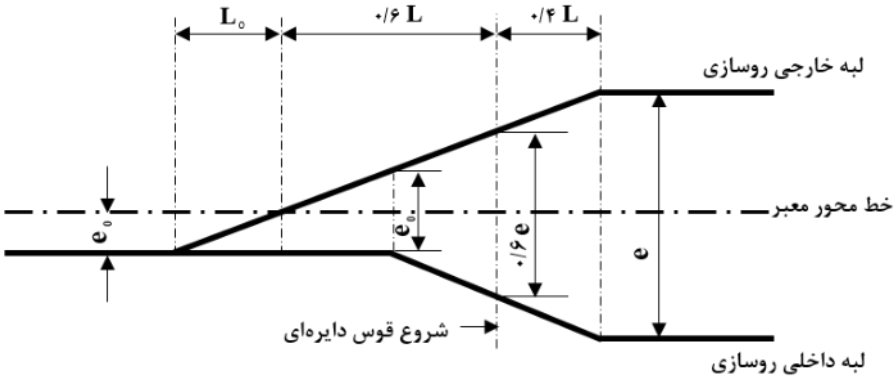


ب- میانه متوسط (۴ تا ۱۰ متر)

ج- میانه عریض (بیشتر از ۱۰ متر)

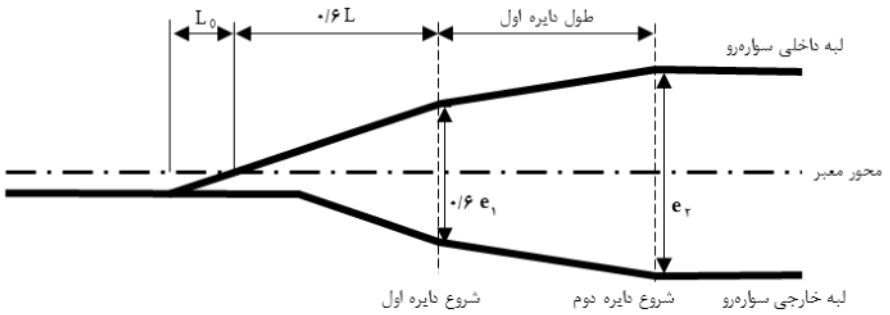
شکل ۳-۳- حالت‌های مختلف نحوه اعمال بربلندی در معابر دارای میانه

در صورت عدم وجود قوس اتصال، ایجاد تمام طول تأمین بربلندی قبل از شروع دایره قوس، موجب می‌شود که به صورت نامطلوب، شیب عرضی معبر قبل از رسیدن به قوس، به بربلندی مورد نظر نزدیک باشد. برعکس، اگر تمام طول تأمین بربلندی بعد از شروع دایره قوس قرار گیرد، قسمت‌هایی از قوس دارای شیب عرضی مخالف و نامناسب خواهد بود. به همین دلایل، بهتر است شیب عرضی در نقطه شروع قوس برابر با ۰/۶ بربلندی مورد نظر، فرض شود. به این ترتیب، تمام طول لازم برای حذف شیب عرضی مخالف و همچنین ۶۰ درصد طول لازم برای رسیدن به بربلندی مورد نظر، قبل از شروع قوس و بقیه طول تأمین بربلندی در قسمت دایره‌ای قوس قرار می‌گیرد. البته تحت هیچ شرایطی شیب عرضی در شروع یا خاتمه قوس دایره‌ای نباید کمتر از ۵۰ درصد و بیشتر از ۶۰ درصد بربلندی مورد نظر در قوس باشد (شکل ۳-۴).

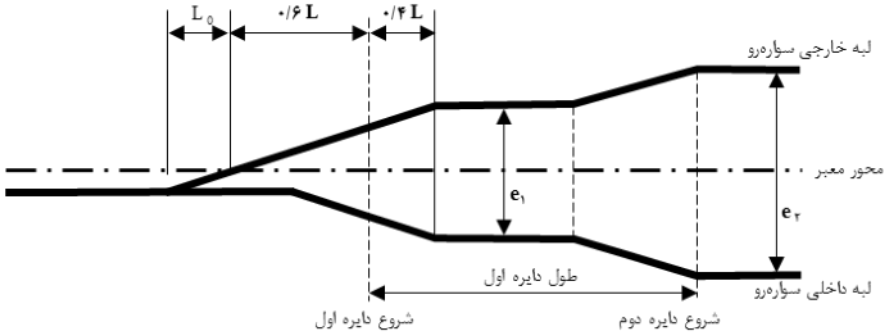


شکل ۳-۴- نحوه تغییر مقطع عرضی و اعمال بربلندی قبل از قوس‌های ساده

در قوس‌های مرکب، اگر طول دایره‌ای که بربلندی کمتری دارد، ۱۰۰ متر یا کمتر باشد، تغییر شیب عرضی بین دو دایره، باید به صورت یکنواخت و در تمام طول این دایره، اعمال شود. در غیر این صورت، تمام طول تأمین بربلندی قبل از رسیدن به دایره با بربلندی بیشتر قرار می‌گیرد (شکل ۳-۵).



الف- طول دایره اول ۱۰۰ متر یا کمتر



ب- طول دایره اول بیشتر از ۱۰۰ متر

شکل ۳-۵- نحوه تغییر مقطع عرضی و اعمال بربلندی قبل از قوس‌های مرکب

در قوس‌های معکوس، باید بین دو دایره، یک قسمت مستقیم برای تغییر جهت بربلندی در نظر گرفته شود. طول این قسمت نباید تحت هیچ شرایطی از ۰/۶ مجموع طول‌های لازم برای تأمین بربلندی دو دایره، کمتر باشد، تا بتوان ۶۰ درصد بربلندی هر دایره را در محل شروع آن تأمین کرد. در این شرایط، بربلندی یک دایره حذف و بلافاصله بربلندی دایره دیگر در جهت مخالف شروع می‌شود. به این ترتیب، مقطع معبر در این فاصله، دارای شیب عرضی معمول نبوده و در مقطعی، فاقد شیب عرضی خواهد بود که از نظر تخلیه آب‌های سطحی، مناسب نیست. از این رو، توصیه می‌شود تا حد امکان از قوس‌های معکوس استفاده نشود.

به منظور ایجاد شرایط مطلوب‌تر برای جمع‌آوری آب‌های سطحی و همچنین افزایش فرصت رانندگان برای تغییر جهت، بهتر است فاصله مستقیم بین دو قوس معکوس از مقدار حداقل مطلق فوق، بیشتر باشد. در حالت مطلوب، بهتر است که مقطع عرضی در فاصله دو قوس معکوس به مقطع عرضی با شیب معمول برسد و سپس تغییر جهت دهد. بر این مبنا، حداقل مطلق و حداقل مطلوب طول مستقیم لازم بین دو قوس معکوس با استفاده از روابط زیر تعیین می‌شود.

رابطه ۳-۷	$L_1 = ۰/۰۹ \left(e_1 + e_2\right) V$
رابطه ۳-۸	$L_2 = ۰/۱۵ \left(e_1 + e_2\right) V$
L_1 = حداقل مطلق طول قسمت مستقیم بین دو قوس معکوس (متر) L_2 = حداقل مطلوب طول قسمت مستقیم بین دو قوس معکوس (متر) e_1 = بربلندی دایره اول (درصد) e_2 = بربلندی دایره دوم (درصد) V = سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)	

۳-۶- طول منحنی کلوتوئید

منحنی کلوتوئید معمولاً برای طراحی قوس اتصال تدریجی به کار می‌رود. برای اتصال دو قوس افقی با اختلاف شعاع نسبتاً زیاد از قوس اتصال تدریجی استفاده می‌شود. همچنین، این منحنی برای بهبود ایمنی در محل اتصال قسمت مستقیم معبر به قوس‌های افقی دایره‌ای با شعاع کم (مطابق با جدول ۳-۹) به کار می‌رود. تأثیر استفاده از این منحنی برای قوس‌های افقی با شعاع زیاد (بیشتر از مقادیر جدول ۳-۹) ناچیز است.

جدول ۳-۹- حداکثر شعاع قوس افقی برای استفاده از قوس اتصال تدریجی

سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)	**حداکثر شعاع قوس دایره‌ای ساده** (متر)
۲۰	۲۵
۳۰	۵۵
۴۰	۹۵
۵۰	۱۵۰
۶۰	۲۱۵
۷۰	۲۹۰
۸۰	۳۸۰
۹۰	۴۸۰
۱۰۰	۶۰۰
۱۱۰	۷۲۰
۱۲۰	۸۶۰

حداقل طول منحنی کلوتوئید برای تأمین راحتی و ایمنی رانندگان وسایل نقلیه با استفاده از رابطه ۳-۹ و رابطه ۳-۱۰ (هر کدام که بزرگ‌تر بود) محاسبه می‌شود.

رابطه ۳-۹	$L_{s,min} = \sqrt{۲۴ \times P_{min} \times R}$
رابطه ۳-۱۰	$L_{s,min} = ۰/۰۲۱۴ \frac{V^{۳}}{RC}$
$L_{s,min}$ = حداقل طول منحنی کلوتوئید (متر) P_{min} = حداقل میزان انحراف منحنی از خط مستقیم (برابر با ۰/۲ متر) R = شعاع قوس دایره‌ای (متر) V = سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت) C = حداکثر نرخ تغییرات شتاب جانبی (برابر با ۱/۲ متر بر مکعب ثانیه)	

باید توجه داشت که قوس‌های اتصال تدریجی نباید آنقدر طولانی باشند که منجر به کاهش وضوح قوس و گمراه شدن رانندگان در تشخیص مسیر مستقیم و قوس افقی شوند. از این رو، لازم است تا برای طول منحنی کلوتوئید نیز محدودیت وجود داشته باشد. حداکثر طول این منحنی با استفاده از رابطه ۳-۱۱ قابل محاسبه است.

رابطه ۳-۱۱	$L_{s,max} = \sqrt{۲۴ \times P_{max} \times R}$
$L_{s,max}$ = حداکثر طول منحنی کلوتوئید (متر) P_{max} = حداکثر میزان انحراف منحنی از خط مستقیم (برابر با ۱/۰ متر) R = شعاع قوس دایره‌ای (متر)	

تعیین طول مطلوب برای منحنی کلوتوئید از مسائل مهمی است که بر کنترل وسایل نقلیه و حفظ ایمنی رانندگان در قوس‌های افقی تأثیرگذار است. این طول برای سرعت‌های طرح مختلف مطابق با جدول ۳-۱۰ تعیین می‌شود. البته در استفاده از این جدول باید به رابطه ۳-۹ و رابطه ۳-۱۰ در رعایت حداقل طول منحنی و رابطه ۳-۱۱ در رعایت حداکثر طول منحنی توجه شود.

جدول ۳-۱۰- طول مطلوب برای منحنی کلوتوئید بر اساس سرعت طرح معبر

سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)	طول مطلوب منحنی (متر)
۲۰	۱۰
۳۰	۱۵
۴۰	۲۰
۵۰	۳۰
۶۰	۳۵
۷۰	۴۰
۸۰	۴۵
۹۰	۵۰
۱۰۰	۵۵
۱۱۰	۶۰
۱۲۰	۷۰

در صورتی که برای اتصال بخش مستقیم معبر به قوس افقی، از قوس اتصال تدریجی استفاده شود، تغییر شیب عرضی از صفر به میزان بربلندی مورد نیاز در طول قوس اتصال تدریجی انجام می‌شود. بنابراین، در چنین شرایطی، توصیه می‌شود که حداقل طول منحنی کلوتوئید برابر با حداقل طول مورد نیاز برای رسیدن به بربلندی در نظر گرفته شود. در این صورت ممکن است شیب طولی نسبی لبه روسازی افزایش یابد. افزایش این شیب نسبی به میزان کم، تأثیر چندانی بر ظاهر معبر و راحتی رانندگان ندارد. از طرف دیگر، ضرایب اصلاحی مربوط به تعداد خطوط دوران یافته (جدول ۳-۶)، افزایش شیب طولی نسبی لبه روسازی را تا میزان ۵۰ درصد بیشتر از مقادیر مجاز ذکر شده (جدول ۳-۷)، جبران خواهند کرد.

در صورتی که میزان بربلندی از مقادیر موجود در جدول ۳-۱۱ بیشتر بوده و از قوس اتصال تدریجی برای تأمین این بربلندی استفاده شود، میزان شیب طولی نسبی لبه روسازی بیشتر از ۵۰ درصد از مقادیر مجاز خود (جدول ۳-۷) افزایش خواهد یافت. در این صورت لازم است تا به شکل ظاهری معبر در طول قوس اتصال و تند نبودن پروفیل طولی لبه روسازی توجه ویژه شود.

جدول ۳-۱۱- حداکثر میزان بربلندی به منظور حفظ حداکثر شیب طولی نسبی در قوس اتصال (برحسب درصد)

سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)	تعداد خطوط دوران یافته		
	۱	۲	۳
۲۰	۳/۷	۱/۹	۱/۳
۳۰	۵/۲	۲/۶	۱/۷
۴۰	۶/۵	۳/۲	۲/۲
۵۰	۷/۵	۳/۸	۲/۵
۶۰	۸/۳	۴/۲	۲/۸
۷۰	۸/۹	۴/۵	۳/۰
۸۰	۹/۳	۴/۶	۳/۱
۹۰	۹/۸	۴/۹	۳/۳
۱۰۰	۱۰/۲	۵/۱	۳/۴
۱۱۰	۱۰/۴	۵/۲	۳/۵
۱۲۰	۱۰/۶	۵/۳	۳/۵

۳-۷- تعریض سواره‌رو در قوس‌های افقی

وسایل نقلیه هنگام عبور از قوس‌های افقی به سه دلیل زیر به اضافه عرض نیاز دارند:

۱) وسایل نقلیه، اجسامی صلب هستند و از شکل قوس پیروی نمی‌کنند. به همین دلیل، عرض اشغال وسیله نقلیه در قوس‌های افقی از عرض فیزیکی آن بیشتر است. این عرض به شعاع قوس و طول و عرض وسیله نقلیه وابسته بوده و مطابق با رابطه ۳-۱۲ محاسبه می‌شود (شکل ۳-۶).

رابطه ۳-۱۲

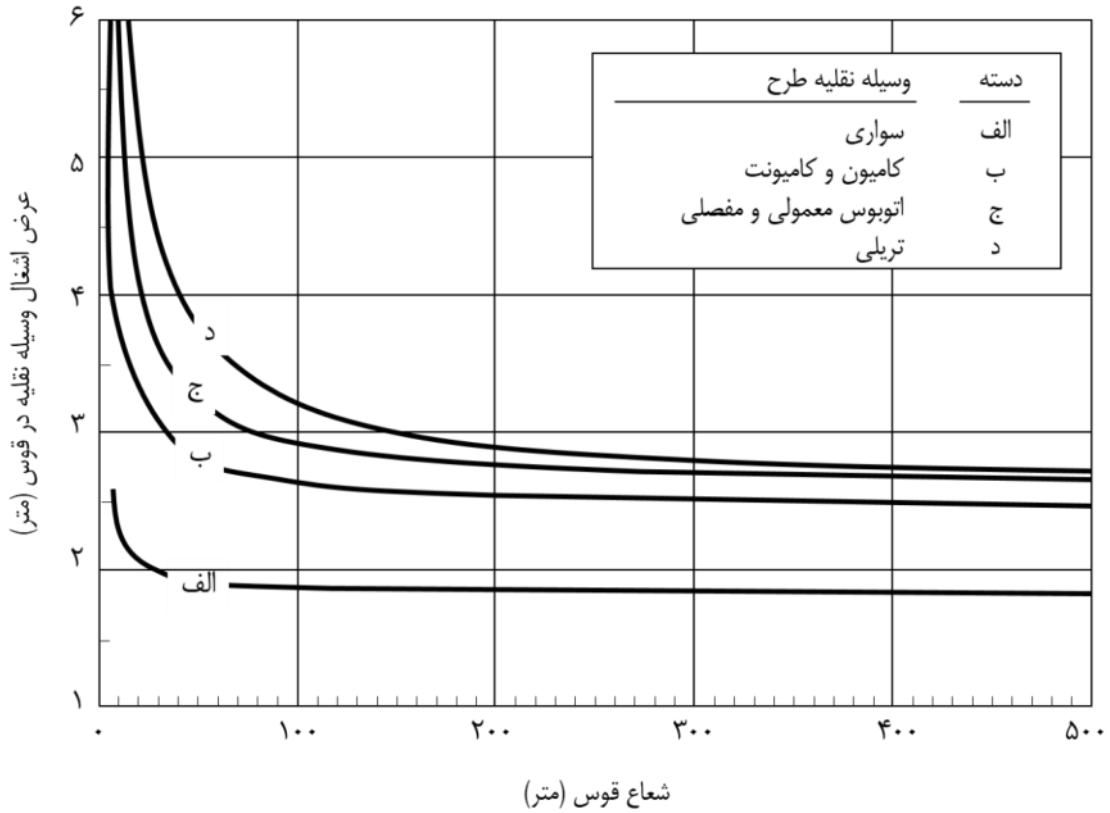
$$U = U_0 + R - \sqrt{R^2 - L^2}$$

U = عرض اشغال وسیله نقلیه در قوس افقی (متر)

U_0 = عرض فیزیکی وسیله نقلیه (متر)

R = شعاع قوس افقی (متر)

L = طول فیزیکی وسیله نقلیه (فاصله بین محورهای جلو و عقب) (متر)



شکل ۳-۶- عرض اشغال انواع وسایل نقلیه در قوس‌های افقی

۲) با توجه به شعاع، پیش‌آمدگی جلوی وسیله نقلیه در قوس‌های افقی، به مقداری اضافه عرض نیاز دارد (رابطه ۳-۱۳ و شکل ۳-۷). البته در تعیین اضافه عرض سواره‌روی قوس‌های افقی با سرعت طرح ۱۵ کیلومتر بر ساعت و کمتر، چنانچه پیش‌آمدگی جلو با موانع واقع در کنار سواره‌رو (نظیر درخت و علائم و تابلوهای راهنما) برخورد نکند، می‌توان پیش‌آمدگی جلو را در نظر نگرفت.

رابطه ۳-۱۳

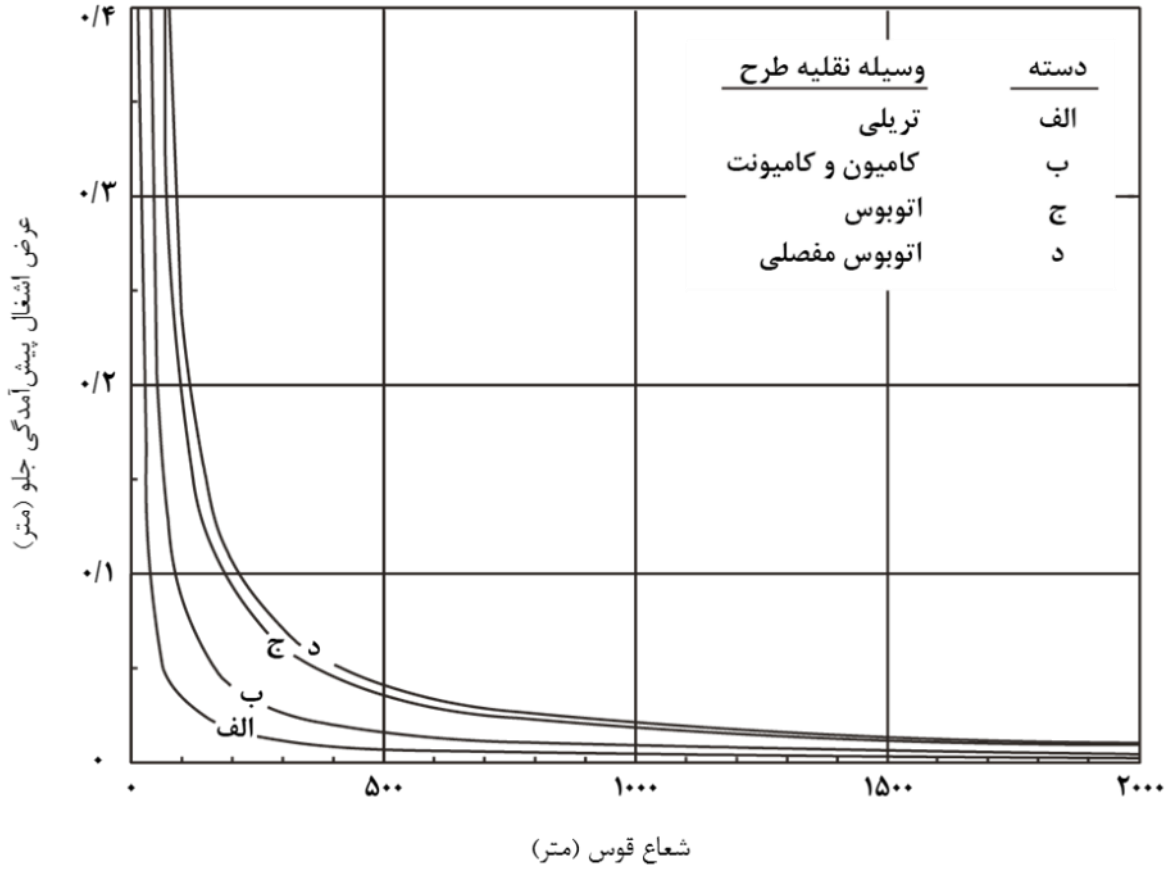
$$F_A = \sqrt{R^2 + A(2L + A)} - R$$

F_A = عرض اشغال پیش‌آمدگی جلو وسیله نقلیه در قوس‌های افقی (متر)

A = طول فیزیکی پیش‌آمدگی جلوی وسیله نقلیه (متر)

R = شعاع قوس افقی (متر)

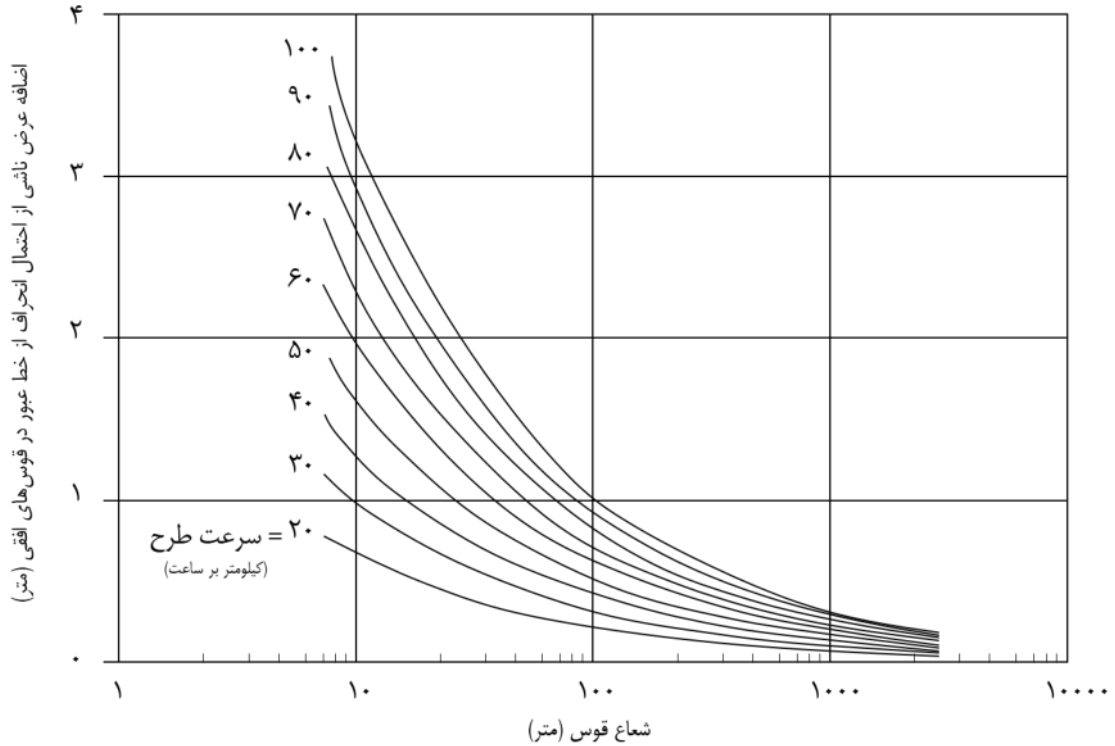
L = طول فیزیکی وسیله نقلیه (فاصله بین محورهای جلو و عقب) (متر)



شکل ۳-۷- عرض اشغال پیش‌آمدگی جلو انواع وسایل نقلیه در قوس‌های افقی

۳) هدایت وسیله نقلیه در قوس‌ها مشکل‌تر از قسمت‌های مستقیم معبر است. برای در نظر گرفتن این تفاوت، باید عرض بیشتری در قوس‌ها در نظر گرفته شود که به سرعت طرح و شعاع قوس وابسته است (رابطه ۳-۱۴ و شکل ۳-۸).

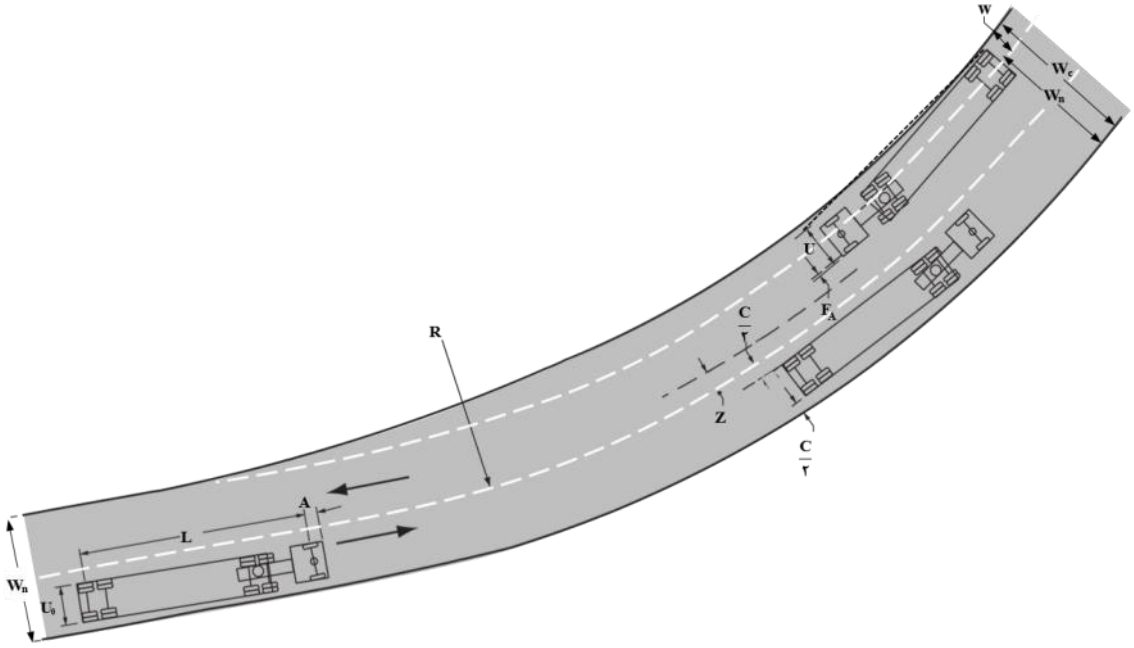
رابطه ۳-۱۴	$Z = \frac{V}{۱۰\sqrt{R}}$
Z = اضافه عرض ناشی از احتمال انحراف از خط عبور در قوس افقی (متر) V = سرعت طرح قوس (کیلومتر بر ساعت) R = شعاع قوس (متر)	



شکل ۳-۸- اضافه عرض ناشی از احتمال انحراف از خط عبور در قوس‌های افقی

به منظور محاسبه مقدار کل اضافه عرض در قوس‌های افقی از روابط زیر استفاده می‌شود.

رابطه ۳-۱۵	$W_c = N(U + C) + (N - ۱)F_A + Z$
رابطه ۳-۱۶	$w = W_c - W_n$
W_c = حداقل عرض سواره‌رو در قوس افقی (متر) N = تعداد خطوط عبور U = عرض اشغال وسیله نقلیه در قوس (متر) C = فاصله آزاد جانبی وسیله نقلیه (به صورت پیش فرض برابر با ۰/۵ متر) F_A = عرض اشغال پیش‌آمدگی جلو وسیله نقلیه در قوس (متر) Z = اضافه عرض ناشی از احتمال انحراف از خط عبور در قوس (متر) w = اضافه عرض سواره‌رو در قوس (متر) W_n = عرض سواره‌رو در قسمت‌های مستقیم معبر (متر)	



شکل ۳-۹- اجزای اضافه عرض سواره‌رو در قوس‌های افقی

مقادیر حداقل اضافه عرض در قوس‌های افقی معابر دوخطه برای گردش تریلی، مطابق با جدول ۳-۱۲ تعیین می‌شود. مقادیر موجود در این جدول برای سایر وسایل نقلیه، مطابق با جدول ۳-۱۳ اصلاح می‌شود. اضافه عرض محاسبه شده تا مقدار ۰/۵ متر قابل صرف نظر کردن است.

جدول ۳-۱۲- حداقل اضافه عرض در قوس‌های افقی معابر دوخطه برای گردش تریلی (بر حسب متر)

شعاع قوس (متر)	عرض سواره‌رو: ۷/۲ متر						عرض سواره‌رو: ۶/۶ متر						عرض سواره‌رو: ۶/۰ متر					
	سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)						سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)						سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)					
	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰
۳۰۰۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶
۲۵۰۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۷
۲۰۰۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۷	۰/۷
۱۵۰۰	۰/۰	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۸
۱۰۰۰	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۰/۹
۹۰۰	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۰/۹	۰/۹
۸۰۰	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۱/۰
۷۰۰	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۱/۰	۱/۰	۱/۰
۶۰۰	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۱	۱/۱
۵۰۰	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۰/۹	۱/۰	۱/۰	۱/۱	۱/۱	۱/۲	۱/۲
۴۰۰	۰/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۰/۹	۱/۰	۱/۰	۱/۱	۱/۱	۱/۲	۱/۲	۱/۳	۱/۳	۱/۴
۳۰۰	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۱	۱/۱	۱/۲	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۴	۱/۴	۱/۵	۱/۶	۱/۶
۲۵۰	۰/۹	۱/۰	۱/۰	۱/۱	۱/۱	–	۱/۲	۱/۳	۱/۳	۱/۴	۱/۴	–	۱/۵	۱/۶	۱/۶	۱/۷	۱/۷	–
۲۰۰	۱/۱	۱/۲	۱/۳	۱/۳	–	–	۱/۴	۱/۵	۱/۶	۱/۶	–	–	۱/۷	۱/۸	۱/۹	۱/۹	–	–
۱۵۰	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۱/۸	–	–	۱/۸	۱/۹	۲/۰	۲/۱	–	–	۲/۱	۲/۲	۲/۳	۲/۴	–	–
۱۴۰	۱/۶	۱/۷	–	–	–	–	۱/۹	۲/۰	–	–	–	–	۲/۲	۲/۳	–	–	–	–
۱۳۰	۱/۸	۱/۸	–	–	–	–	۲/۱	۲/۱	–	–	–	–	۲/۴	۲/۴	–	–	–	–
۱۲۰	۱/۹	۲/۰	–	–	–	–	۲/۲	۲/۳	–	–	–	–	۲/۵	۲/۶	–	–	–	–
۱۱۰	۲/۱	۲/۲	–	–	–	–	۲/۴	۲/۵	–	–	–	–	۲/۷	۲/۸	–	–	–	–
۱۰۰	۲/۳	۲/۴	–	–	–	–	۲/۶	۲/۷	–	–	–	–	۲/۹	۳/۰	–	–	–	–
۹۰	۲/۵	–	–	–	–	–	۲/۸	–	–	–	–	–	۳/۱	–	–	–	–	–
۸۰	۲/۸	–	–	–	–	–	۳/۱	–	–	–	–	–	۳/۴	–	–	–	–	–
۷۰	۳/۲	–	–	–	–	–	۳/۵	–	–	–	–	–	۳/۸	–	–	–	–	–

«-» : قوس افقی با شعاع کم و سرعت طرح زیاد، مجاز نیست.

جدول ۳-۱۳- اصلاح اضافه عرض در قوس‌های معابر دوخطه برای گردش وسایل نقلیه غیر از تریلی (بر حسب متر)

شعاع قوس (متر)	کامیونت	کامیون	اتوبوس
۳۰۰۰	-۰/۴	-۰/۳	-۰/۳
۲۵۰۰	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۳
۲۰۰۰	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۴
۱۵۰۰	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۴
۱۰۰۰	-۰/۵	-۰/۴	-۰/۴
۹۰۰	-۰/۵	-۰/۴	-۰/۴
۸۰۰	-۰/۵	-۰/۴	-۰/۴
۷۰۰	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵
۶۰۰	-۰/۶	-۰/۵	-۰/۵
۵۰۰	-۰/۶	-۰/۵	-۰/۵
۴۰۰	-۰/۷	-۰/۶	-۰/۶
۳۰۰	-۰/۸	-۰/۷	-۰/۷
۲۵۰	-۰/۹	-۰/۸	-۰/۸
۲۰۰	-۱/۱	-۱/۰	-۰/۹
۱۵۰	-۱/۳	-۱/۲	-۱/۱
۱۴۰	-۱/۴	-۱/۲	-۱/۲
۱۳۰	-۱/۵	-۱/۳	-۱/۲
۱۲۰	-۱/۶	-۱/۴	-۱/۳
۱۱۰	-۱/۷	-۱/۵	-۱/۴
۱۰۰	-۱/۸	-۱/۶	-۱/۵
۹۰	-۲/۰	-۱/۸	-۱/۶
۸۰	-۲/۲	-۱/۹	-۱/۸
۷۰	-۲/۵	-۲/۲	-۲/۰

برای تعیین اضافه عرض لازم در قوس‌های افقی معابر سه‌خطه و چهارخطه، مقادیر به دست آمده از جداول فوق به ترتیب ۱/۵ برابر و ۲ برابر می‌شود.

از روش ارائه شده در این بخش فقط برای تعیین اضافه عرض لازم برای خطوط اصلی استفاده می‌شود. برای اطلاعات بیشتر در مورد عرض خطوط گردش در تقاطع‌ها به بخش هفتم، «تقاطع‌ها» و در مورد عرض سواره‌روی رابط‌ها به بخش چهارم، «تندراه‌ها و تبادل‌های شهری» مراجعه شود.

تعریض سواره‌رو در قوس‌های افقی باید به صورت تدریجی و ملایم انجام شود. رعایت موارد زیر در محل تعریض سواره‌رو ضروری است:

- تعریض سواره‌رو در قوس‌های ساده باید از سمت لبه داخلی قوس انجام شود.
- تعریض سواره‌رو در قوس اتصال (کلوتوئید)، می‌تواند تنها از سمت لبه داخلی و یا نیمی از سمت لبه داخلی و نیمی از سمت لبه خارجی انجام شود.
- بهتر است تعریض سواره‌رو به صورت همزمان با تغییر شیب عرضی انجام شود. البته در صورت لزوم، طول تعریض می‌تواند کمتر از طول تأمین بربلندی باشد.
- توصیه می‌شود طول تغییر عرض سواره‌رو حداقل ۳۰ متر و در شرایط مطلوب برابر با ۶۰ متر در نظر گرفته شود.
- اتصال لبه قسمت تعریض شده به لبه قسمت معمولی نباید با خط مستقیم باشد. برای اعمال تعریض، باید لبه داخلی قوس با استفاده از قوس‌های دایره‌ای ساده، مرکب یا تدریجی چنان طراحی شود که نقطه شروع قوس لبه داخلی به اندازه طول لازم برای تغییر عرض، جلوتر از نقطه شروع قوس روی محور معبر باشد.
- در قوس ساده، می‌توان یک دوم تا دو سوم طول تأمین اضافه عرض را در امتداد مستقیم و مابقی را در طول قوس اعمال کرد (مشابه طول تأمین بربلندی). در صورت وجود قوس اتصال، تأمین اضافه عرض در طول قوس اتصال انجام می‌شود.

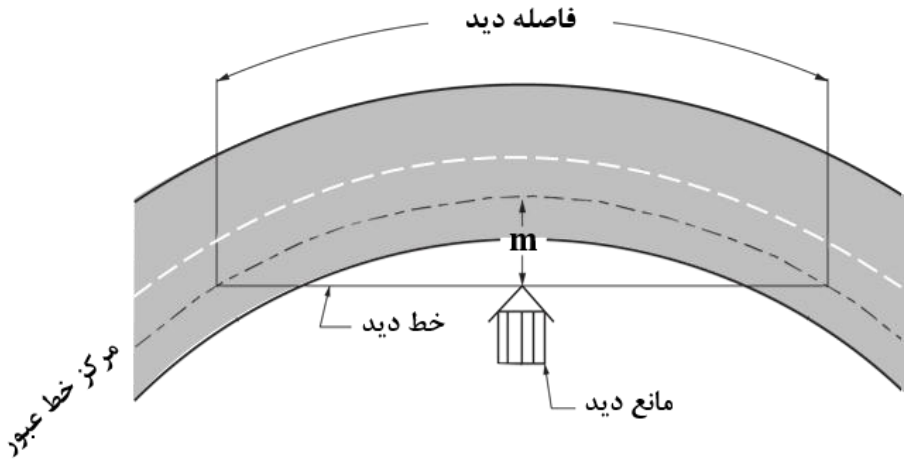
۳-۸- فاصله موانع کناری در قوس‌های افقی

موانع دید واقع در کناره سواره‌رو ممکن است دید راننده را به خصوص در قوس‌ها محدود کنند. ساختمان، دیوار، درخت، شیروانی و حفاظ، معمولی‌ترین موانع محدودکننده دید رانندگان هستند. این موانع در صورت واقع شدن در بخش داخلی قوس‌های افقی، در دید راننده اختلال ایجاد می‌کنند (شکل ۳-۱۰). حداقل فاصله موانع کناری از وسط خط عبور سمت راست بر اساس سرعت طرح قوس افقی، با استفاده از رابطه ۳-۱۷ محاسبه و در جدول ۳-۱۴ ارائه شده است.

جدول ۳-۱۴- حداقل فاصله لبه موانع کناری از وسط خط عبور سمت راست در قوس‌های افقی (بر حسب متر)

سرعت طرح (km/h) / شعاع قوس (m)	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰
۲۵	۵/۸	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۳۰	۴/۹	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۴۰	۳/۷	۷/۵	*	*	*	*	*	*	*	*
۵۰	۳/۰	۶/۱	۱۰/۲	*	*	*	*	*	*	*
۱۰۰	–	۳/۱	۵/۲	۸/۹	*	*	*	*	*	*
۱۵۰	–	۲/۱	۳/۵	۶/۰	۹۰/۱	*	*	*	*	*
۲۰۰	–	۱/۶	۲/۶	۴/۵	۶/۸	۱۰/۵	*	*	*	*
۲۵۰	–	–	۲/۱	۳/۶	۵/۵	۸/۴	۱۲/۷	*	*	*
۳۰۰	–	–	۱/۸	۳/۰	۴/۶	۷/۰	۱۰/۶	*	*	*
۴۰۰	–	–	–	۲/۳	۳/۴	۵/۳	۸/۰	۱۱/۲	۱۵/۰	*
۵۰۰	–	–	–	۱/۸	۲/۷	۴/۲	۶/۴	۹/۰	۱۲/۰	۱۶/۲
۶۰۰	–	–	–	۱/۵	۲/۳	۳/۵	۵/۳	۷/۵	۱۰/۰	۱۳/۵
۷۰۰	–	–	–	–	۲/۰	۳/۰	۴/۶	۶/۴	۸/۶	۱۱/۶
۸۰۰	–	–	–	–	۱/۷	۲/۶	۴/۰	۵/۶	۷/۵	۱۰/۱
۹۰۰	–	–	–	–	۱/۵	۲/۳	۳/۵	۵/۰	۶/۷	۹/۰
۱۰۰۰	–	–	–	–	–	۲/۱	۳/۲۰	۴/۵	۶/۰	۸/۱
۱۲۰۰	–	–	–	–	–	۱/۸	۲/۷	۳/۸	۵/۰	۶/۸
۱۴۰۰	–	–	–	–	–	۱/۵	۲/۳	۳/۲	۴/۳	۵/۸
۱۶۰۰	–	–	–	–	–	–	۲/۰	۲/۸	۳/۸	۵/۰
۱۸۰۰	–	–	–	–	–	–	۱/۸	۲/۵	۳/۴	۴/۵
۲۰۰۰	–	–	–	–	–	–	۱/۶	۲/۳	۳/۰	۴/۰
۲۵۰۰	–	–	–	–	–	–	–	۱/۸	۲/۴	۳/۲
۳۰۰۰	–	–	–	–	–	–	–	۱/۵	۲/۰	۲/۷

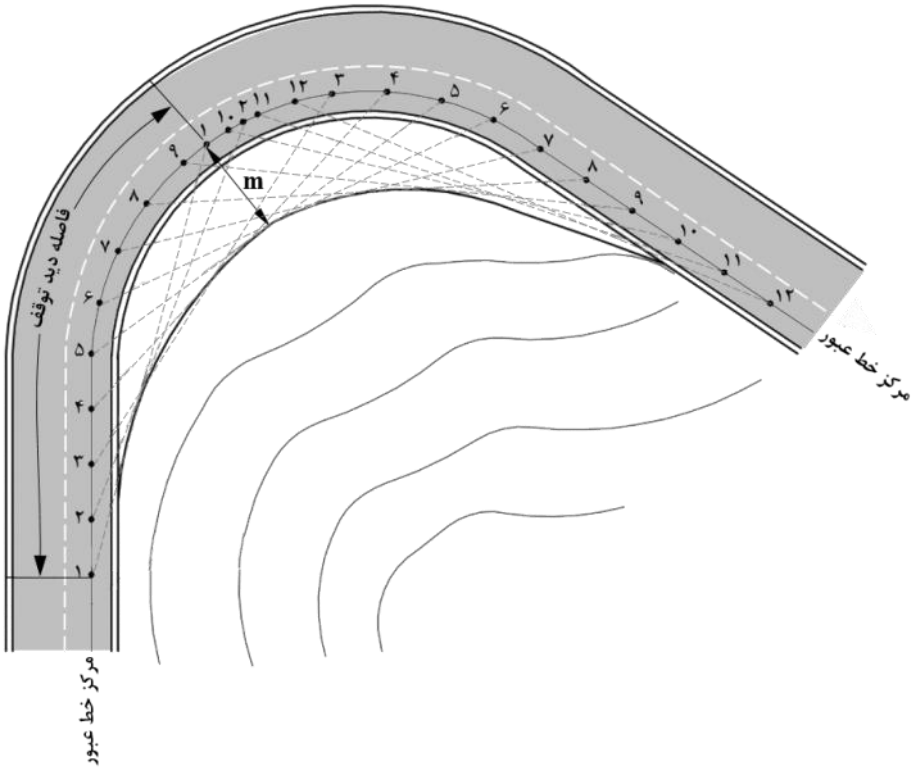
«-»: به علت شعاع قوس زیاد و سرعت طرح کم، رعایت فاصله جانبی لزومی ندارد.
«*»: طراحی قوس افقی با شعاع کم و سرعت طرح زیاد، غیر مجاز است.



شکل ۳-۱۰- فاصله موانع از محور معبر در قوس‌های افقی

رابطه ۳-۱۷	$m = R\left[1 - \cos\left(\frac{28/65\ S}{R}\right)\right]$
m = حداقل فاصله لبه مانع از وسط خط عبور سمت راست (متر) R = شعاع قوس افقی وسط خط عبور سمت راست (متر) S = فاصله دید توقف (متر)	

در شکل ۳-۱۱ روش پیاده‌سازی و رعایت حداقل فاصله جانبی موانع کناری در محدوده یک قوس افقی نمایش داده شده است. محدوده مشخص شده در شکل، باید تا ارتفاع ۰/۶ متر از سطح سواره‌رو، عاری از موانع دید باشد. در صورتی که تأمین حداقل فاصله موانع کناری، امکان‌پذیر نباشد، باید با استفاده از راهکارهای جایگزین نظیر افزایش شعاع قوس یا کاهش سرعت مجاز، حرکت وسایل نقلیه در قوس، ایمن‌سازی شود.



شکل ۳-۱۱- روش تأمین حداقل فاصله موانع کناری در قوس‌های افقی

با رعایت حداقل شعاع قوس، حداقل عرض پیاده‌رو و عدم ایجاد پوشش گیاهی و درخت در قوس‌های تند، محدوده دید مورد نیاز در انواع خیابان‌های شهری تأمین خواهد شد.

۳-۹- ضوابط کلی

در طراحی پلان معابر، علاوه بر رعایت ضوابط ذکر شده برای هر یک از اجزا، تناسب و هماهنگی بین آنها نیز باید رعایت شود. رعایت ضوابط کلی زیر برای روانی جریان ترافیک و کارآمدی معابر الزامی است.

- امتداد افقی مسیر، بهتر است تا حد امکان با توپوگرافی و عوارض طبیعی زمین هماهنگ باشد. مسیری که به طور یکنواخت و هماهنگ با خطهای تراز طبیعی زمین طراحی می‌شود، نسبت به مسیری که دارای بخش‌های مستقیم و طولانی است و یکباره به سربالایی و سرپایینی می‌رسد، برتری دارد.

- سرعت طرح در قسمت‌های مختلف معبر نباید به طور ناگهانی تغییر کند. حداکثر میزان تغییر سرعت طرح در دو قطعه متوالی برابر با ۱۵ کیلومتر بر ساعت تعیین می‌شود.

- از طراحی یک قوس تند (با شعاع حداقلی) در انتهای یک امتداد مستقیم طولانی خودداری شود. در صورت لزوم، بهتر است بین قوس تند و امتداد مستقیم، یک یا چند قوس ملایم‌تر ایجاد شود.

- از طراحی یک قوس تند (با شعاع حداقلی) در انتهای یک سرپایینی تند خودداری شود.

- از طراحی قوس‌های تند (با شعاع حداقلی) به صورت پی در پی که به مسیر، حالت مارپیچ می‌دهند، خودداری شود.

- بهتر است شعاع قوس‌های متوالی در حد امکان به صورت مشابه و نزدیک به هم در نظر گرفته شود.

- حداقل طول قوس افقی برای تغییر جهت مسیر تا ۵ درجه، برابر با ۱۵۰ متر است و به ازای افزایش هر یک درجه به زاویه تغییر جهت، حداقل ۳۰ متر به این طول اضافه می‌شود. اگر زاویه تغییر جهت ۰/۵ درجه یا کمتر باشد، در نظر گرفتن قوس افقی الزامی نیست. به طور کلی، طول قوس در تندراه‌های شهری نباید از سه برابر سرعت طرح کمتر باشد.

- باید از تغییر جهت ناگهانی امتداد معبر خودداری شود. توصیه می‌شود که فاصله مستقیم بین دو قوس معکوس متوالی در خطوط اصلی تندراه‌ها، حداقل برابر با مسافت پیموده شده با سرعت طرح در مدت ۷ ثانیه (به صورت مطلوب ۱۰ ثانیه) در نظر گرفته شود. حداقل فاصله مستقیم بین دو قوس هم‌جهت متوالی نیز بر اساس سرعت طرح، مطابق با جدول ۳-۱۵ تعیین می‌شود.

جدول ۳-۱۵- حداقل فاصله مستقیم بین دو قوس هم‌جهت متوالی در تندراه‌های شهری

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	**حداقل فاصله مستقیم بین دو قوس هم‌جهت متوالی** (متر)
۷۰	۲۰۰
۸۰	۳۰۰
۹۰	۴۵۰
۱۰۰	۵۰۰
۱۱۰	۶۰۰
۱۲۰	۷۵۰

- عرض سواره‌رو و تعداد خطوط عبور نباید به صورت ناگهانی تغییر کند. حداقل طول لازم برای کاهش خطوط عبور در خیابان‌های شهری مطابق با رابطه ۳-۱۸ و در تندراه‌های شهری از طریق رابطه ۳-۱۹ تعیین می‌شود.

رابطه ۳-۱۸	$L = ۰/۶۲\ wv$
رابطه ۳-۱۹	$L = \frac{wv^{۲}}{۱۵۵}$
L = حداقل طول کاهش عرض (متر) V = سرعت مجاز (کیلومتر بر ساعت) W = مقدار کاهش عرض (متر)	

- حداقل طول افزایش خطوط عبور یا عرض سواره‌رو برابر با نصف طول کاهش آن (روابط بالا) در نظر گرفته می‌شود.

- حداقل طول مورد نیاز برای تغییر عرض سواره‌رو در محدوده تقاطع‌ها، کمتر از مقادیر روابط بالا در نظر گرفته می‌شود.

- حداقل طول مورد نیاز برای تغییر عرض سواره‌رو در صورت وجود محدودیت دید، بیشتر از مقادیر روابط بالا در نظر گرفته می‌شود.

- در طراحی قوس‌های افقی مرکب، باید حداکثر نسبت شعاع دایره بزرگ به شعاع دایره کوچک برابر با ۱/۵ در نظر گرفته شود. در غیر این صورت، باید از یک قوس اتصال یا یک قوس واسط بین دو قوس دایره‌ای ساده استفاده شود.

- در حد امکان باید از طراحی تقاطع یا ایجاد اتصال در قوس‌های افقی (به علت هزینه و فضای زیاد مورد نیاز برای ایجاد فواصل و مثلث دید مناسب) خودداری شود.

- بهتر است پل‌های روگذر یا زیرگذر در محدوده قوس‌های افقی در حد فاصل دو قوس معکوس و در محدوده تغییر شیب عرضی قرار نگیرند.

- برای اجرای بربلندی و قوس افقی در پل‌ها باید توجه داشت که آب جمع شده بر روی پل، زودتر از سایر قسمت‌های معبر یخ می‌زند و این موضوع ممکن است باعث ایجاد لغزندگی سطح معبر و تصادف وسایل نقلیه شود. از این رو، توصیه می‌شود در حد امکان از قرار دادن پل‌های بزرگ در قوس افقی و به ویژه در محل تغییر بربلندی اجتناب شود.

- در بخش ابتدایی تونل‌های یک‌طرفه بهتر است از در نظر گرفتن قوس افقی تا صد متر قبل از محل شروع آن اجتناب شود. توصیه می‌شود از قوس‌های با شعاع بزرگ به منظور اجتناب از هدایت محور تونل در جهت طلوع و یا غروب آفتاب و ممانعت از خیرگی چشم در انتهای تونل استفاده شود.

۴- نیمرخ طولی

۴-۱- تعریف‌ها

شیب طولی: شیب سطح تمام شده و خط پروژه معبر در امتداد محور آن.

طول شیب طولی: طولی از معبر که در آن، شیب طولی تغییر نمی‌کند.

حداکثر و حداقل شیب طولی: بیشترین و کمترین شیب طولی مجاز برای خط پروژه.

ارتفاع آزاد: فاصله قائم بین بلندترین نقطه کف تمام شده معبر و پایین‌ترین نقطه زیر سقف سازه واقع شده روی معبر.

توپوگرافی هموار: زمین محدوده عبور معبر، نسبتاً هموار بوده و شیب طولی زمین و معبر، حداکثر به ۳ درصد می‌رسد.

توپوگرافی تپه ماهور: زمین محدوده عبور معبر، پستی و بلندی ملایمی داشته و خط بزرگ‌ترین شیب زمین، معمولاً دارای شیب ۳ تا ۷ درصد است.

توپوگرافی کوهستانی: محدوه عبور معبر، شامل دامنه کوه، تپه‌های بلند و دره‌های گود بوده و خط بزرگ ترین شیب زمین، دارای شیب بیشتر از ۷ درصد است. در این شرایط، شیب طولی معبر، در موارد متعدد و در طول‌های قابل ملاحظه‌ای، به حداکثر مجاز می‌رسد.

طول بحرانی شیب طولی: طولی از معبر با شیب ثابت و مشخص که در آن سرعت وسایل نقلیه سنگین از حد معینی، کمتر نشود.

قوس قائم محدب: یک نوع قوس قائم به شکل کوژ و برآمده.

قوس قائم مقعر: یک نوع قوس قائم به شکل کاسه‌ای و گود.

۴-۲- کلیات

شبکه معابر شهر باید به گونه‌ای طراحی شود که کمترین شیب طولی ممکن را داشته باشد. چرا که میزان شیب طولی معبر در حرکت و عملکرد انواع وسایل نقلیه به ویژه وسایل نقلیه سنگین، عابران پیاده و دوچرخه سواران تأثیر دارد. این تأثیرات را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

- با توجه به آن که شیب طولی مسیرهای پیاده و دوچرخه معمولاً از شیب در معابر شهری تبعیت می‌کنند، افزایش میزان شیب طولی، حرکت عابر پیاده و دوچرخه‌سوار را با مشکل مواجه می‌کند. برای اطلاعات بیشتر از مقادیر مجاز شیب طولی در مسیر عابر پیاده و دوچرخه‌سوار به بخش دهم «مسیرهای پیاده» و بخش یازدهم «مسیرهای دوچرخه» مراجعه شود.

- در سربالایی‌های تند و طولانی با توجه به نسبت وزن به نیروی محرکه، مقدار شیب طولی و طول شیب، حرکت وسایل نقلیه سنگین دچار مشکل شده، گلوگاه ایجاد شده و ظرفیت معبر کاهش می‌یابد. ولی وسایل نقلیه سواری می‌توانند بدون کاهش قابل ملاحظه سرعت، سربالایی‌هایی با شیب تا ۵ درصد را طی کنند.

- آلودگی صوتی ناشی از حرکت وسایل نقلیه سنگین در سربالایی‌ها افزایش می‌یابد. تفاوت سروصدای وسایل نقلیه سنگین در سربالایی‌ها و سرپایینی‌ها به ۲۰ دسی‌بل می‌رسد.

- مصرف سوخت و آلودگی هوای ناشی از ترافیک و ازدحام در سربالایی‌ها افزایش می‌یابد.

- شروع به حرکت وسایل نقلیه، هنگام برف و یخبندان در سربالایی، مشکل است. از این رو، مقدار شیب طولی در مناطق سردسیر، کمتر در نظر گرفته می‌شود.

- احتمال تصادف وسایل نقلیه در شیب‌های تند افزایش می‌یابد.

۴-۳- حداکثر شیب طولی

عوامل مؤثر در تعیین حداکثر شیب طولی شامل طبقه عملکردی معبر، سرعت طرح و توپوگرافی زمین هستند. به منظور مشخص شدن تغییرات شیب در معابر، توپوگرافی زمین به سه دسته کلی، شامل زمین‌های هموار، تپه ماهور و کوهستانی تقسیم می‌شود.

حداکثر شیب طولی مجاز، برای انواع معابر و بر اساس سرعت‌های طرح مختلف با شرایط متفاوت توپوگرافی در جدول ۴-۱ تا جدول ۴-۳ بیان شده است.

جدول ۴-۱- حداکثر شیب طولی مجاز در تندراه‌های شهری (بر حسب درصد)

سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)	نوع پستی و بلندی		
	هموار	تپه ماهور	کوهستانی
۷۰	۴	۵	۶
۸۰	۴	۵	۶
۹۰	۴	۵	۶
۱۰۰	۳	۴	۶
۱۱۰	۳	۴	۵
۱۲۰	۳	۴	-

«-» : طراحی تندراه با سرعت ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت در مناطق کوهستانی غیر مجاز است.

جدول ۴-۲- حداکثر شیب طولی مجاز در خیابان‌های شریانی (بر حسب درصد)

سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)	نوع پستی و بلندی		
	هموار	تپه ماهور	کوهستانی
۴۰	۷	۱۰	۱۲
۵۰	۷	۹	۱۱
۶۰	۷	۸	۱۰
۷۰	۶	۷	۹

جدول ۴-۳- حداکثر شیب طولی مجاز در خیابان‌های جمع‌وپخش کننده (بر حسب درصد)

سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)	نوع پستی و بلندی		
	هموار	تپه ماهور	کوهستانی
۴۰	۹	۱۲	۱۳
۵۰	۹	۱۱	۱۲

در خیابان‌های محلی، حداکثر شیب طولی را نباید بیشتر از ۸ درصد در نظر گرفت. با این حال، در مواردی که تأمین این میزان شیب در خیابان، به دلیل شرایط خاص توپوگرافی زمین و یا هزینه‌های اقتصادی، میسر نیست، می‌توان شیب طولی را حداکثر برابر با ۱۵ درصد در نظر گرفت.

۴-۴- حداکثر طول شیب‌های تند

مقدار حداکثر شیب طولی مجاز معبر به تنهایی عامل کنترل‌کننده نیست، بلکه لازم است که علاوه بر مقدار شیب، طول آن نیز در نظر گرفته شود. به این منظور، پارامتری با عنوان «طول بحرانی شیب» تعریف شده است. تعیین این طول به گونه‌ای است که کاهش سرعت وسایل نقلیه سنگین در آن از حد معینی بیشتر نشود. مقدار مجاز کاهش سرعت، نسبت به سرعت متوسط ترافیک، برابر با ۱۵ کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته می‌شود. بر این اساس در صورتی که به علت محدودیت‌های اجرایی، امکان رعایت حداکثر شیب طولی وجود نداشته باشد، در طول‌های محدود، مطابق با جدول ۴-۴، می‌توان از شیب‌های طولی تندتر نیز استفاده کرد.

جدول ۴-۴- حداکثر طول مجاز برای شیب‌های طولی تند در صورت وجود محدودیت‌های اجرایی

شیب طولی (درصد)	**حداکثر مجاز طول شیب** (متر)
۴	۶۰۰
۵	۴۵۰
۶	۳۵۰
۷	۳۰۰
۸	۲۵۰
۹	۲۰۰
۱۰ و بیشتر	۱۵۰

۴-۵- حداقل شیب طولی

باید به منظور جریان یافتن آب‌های سطحی در کنار جدول‌ها یا داخل آبروها و جمع‌آوری مناسب آنها، یک مقدار حداقل برای شیب طولی معابر در نظر گرفته شود. این مقدار در خیابان‌های دارای آبروهای مناسب و استاندارد برابر با ۰/۳ درصد و در سایر معابر برابر با ۰/۵ درصد است.

۴-۶- خروجی اضطراری

در سرپایینی‌های طولانی با شیب زیاد، امکان عملکرد نامناسب سیستم ترمز وسایل نقلیه سنگین و در نتیجه عدم کنترل این وسایل وجود دارد. در چنین شرایطی، در نظر گرفتن خروجی اضطراری به منظور کاهش سرعت و در نهایت، توقف وسایل نقلیه، می‌تواند به ایمنی کاربران معبر کمک کند.

۴-۶-۱- محل خروجی اضطراری

محل احداث خروجی اضطراری، با توجه به طول، شیب طولی، سرعت و موقعیت سرپایینی‌ها تعیین می‌شود. استفاده از این خروجی‌ها در صورت بیشتر بودن شیب طولی از مقادیر حداکثر مجاز یا طولانی بودن سرپایینی‌ها با شیبی در حدود مقادیر مجاز در مناطق کوهستانی ضروری است. علاوه بر این، از روش تعیین دمای سیستم ترمز وسایل نقلیه سنگین نیز می‌توان برای تعیین محل خروجی‌های اضطراری استفاده کرد. در این روش، دمای سیستم ترمز در هر نیم کیلومتر، اندازه‌گیری می‌شود. طولی از معبر که دمای سیستم ترمز، کمتر از ۲۶۰ درجه سانتیگراد باشد، ایمن است. شروع خروجی اضطراری با توجه به سایر شرایط، باید بعد از محلی باشد که دمای سیستم ترمز از ۲۶۰ درجه سانتیگراد بیشتر شود.

بهتر است خروجی اضطراری قبل از شروع قوس‌های افقی تند که برای عبور وسایل نقلیه سنگین ایمن نیست، احداث شود.

خروجی اضطراری معمولاً در سمت راست معبر قرار می‌گیرد. در معابر چندخطه جدا شده، در صورتی که در سمت راست معبر محل مناسبی برای این خروجی‌ها وجود نداشته باشد، می‌توان آنها را در سمت چپ قرار داد.

۴-۶-۲- انواع خروجی اضطراری

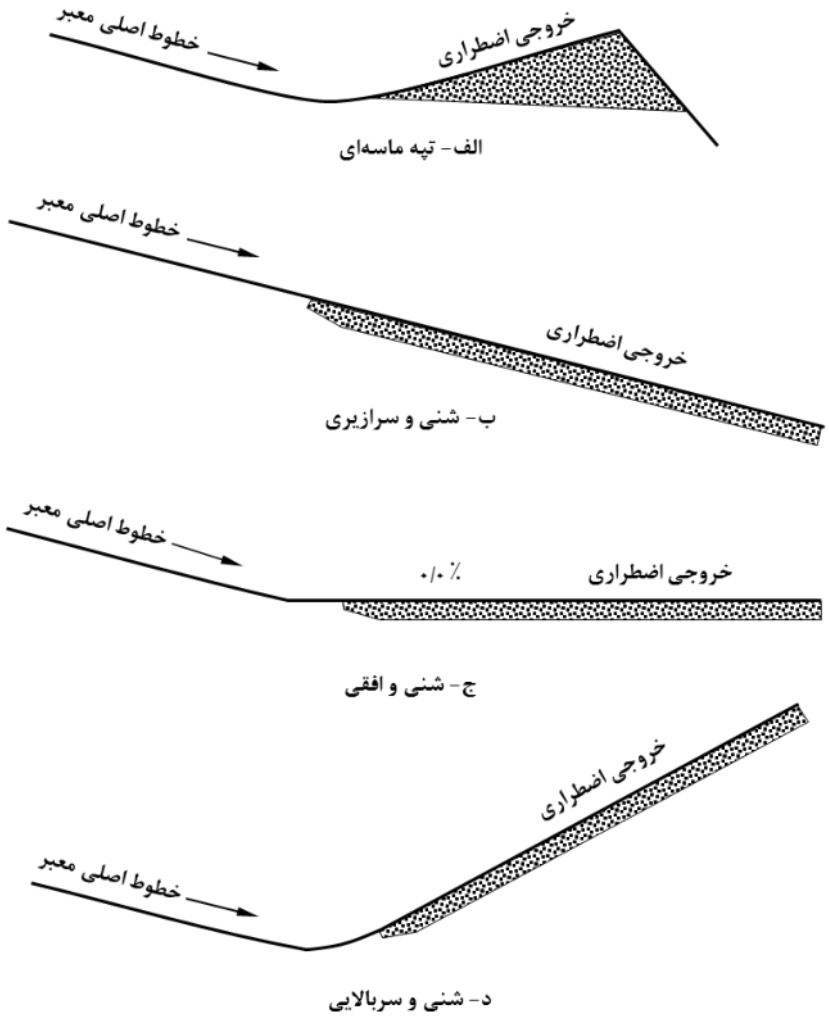
خروجی‌های اضطراری به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

۱- وزنی

۲- شنی

۳- تپه ماسه‌ای

از انواع خروجی‌های اضطراری تپه ماسه‌ای و شنی بیشتر از نوع وزنی استفاده می‌شود. نوع تپه ماسه‌ای به صورت سربالایی و نوع شنی در سه حالت سربالایی، افقی و سرپایینی ساخته می‌شود (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱- مقطع طولی متداول‌ترین انواع خروجی‌های اضطراری

نوع شنی از سنگ‌های گردگوشه یک اندازه که در مسیر خروجی ریخته شده تشکیل می‌شود. این نوع خروجی اضطراری اغلب در مجاورت معبر و به موازات آن، قرار می‌گیرد. نوع تپه ماسه‌ای، شامل ماسه نرم و خشک است که در مسیر خروجی اضطراری قرار گرفته و حداکثر طول آن، ۱۲۰ متر است. وسیله نقلیه با رسیدن به ماسه، در آن فرو رفته و متوقف می‌شود. مشکل این نوع خروجی اضطراری، توقف سریع وسیله نقلیه و امکان صدمه زدن به راننده و یا وسیله نقلیه در اثر پرتاب شدن بار و سرنشین است.

۴-۶-۳- معیارهای طراحی

حداقل طول خروجی‌های اضطراری مطابق با رابطه زیر محاسبه می‌شود:

رابطه ۴-۱ $L = \frac{V^2}{254(R \pm G)}$
L = حداقل طول قسمت متوقف‌کننده (متر) V = سرعت ورود وسیله نقلیه (کیلومتر بر ساعت) G = شیب قسمت متوقف‌کننده R = ضریب مقاومت مصالح قسمت متوقف‌کننده (جدول ۴-۵)

جدول ۴-۵- ضریب مقاومت مصالح استفاده شده در قسمت متوقف‌کننده خروجی اضطراری

جنس مصالح	ضریب مقاومت مصالح
آسفالت	۰/۱۲
شن	۰/۱۵
خاک	۰/۳۷
سنگ شکسته، نکوبیده و خشک	۰/۵۰
شن رودخانه‌ای نکوبیده و خشک	۱/۰۰
ماسه نرم و خشک	۱/۵۰
شن یکدست درشت و گردگوشه	۲/۵۰

توجه به موارد زیر در طراحی و ساخت خروجی‌های اضطراری الزامی است:

- به منظور توقف ایمن وسیله نقلیه، طول خروجی اضطراری باید بتواند انرژی حرکتی آن را جذب کند.

- مسیر خروجی اضطراری معمولاً مستقیم و یا با انحنای خیلی کم (شعاع زیاد) است که راننده بتواند به راحتی وسیله نقلیه را کنترل کند.

- عرض خروجی اضطراری، برابر با ۴ متر برای خروج یک وسیله نقلیه، ۸ متر برای دو وسیله و برابر با ۹ تا ۱۲ متر، برای خروج بیشتر از دو وسیله در نظر گرفته می‌شود.

- حداقل ضخامت لایه شنی در خروجی‌های اضطراری برابر با ۱۰۰ سانتی‌متر بوده و بهتر است که عمق لایه، به تدریج اضافه شود. به این ترتیب که عمق لایه شنی در شروع خروج اضطراری، برابر با ۷/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود و بعد از ۳۰ تا ۶۰ متر طول به عمق نهایی می‌رسد.

- توصیه می‌شود به منظور جلوگیری از یخ زدن و شسته شدن مصالح موجود در خروجی اضطراری، زهکشی و تخلیه آب‌های سطحی خروجی، مورد توجه قرار گیرد و از ورود سایر آب‌های سطحی به آن جلوگیری شود.

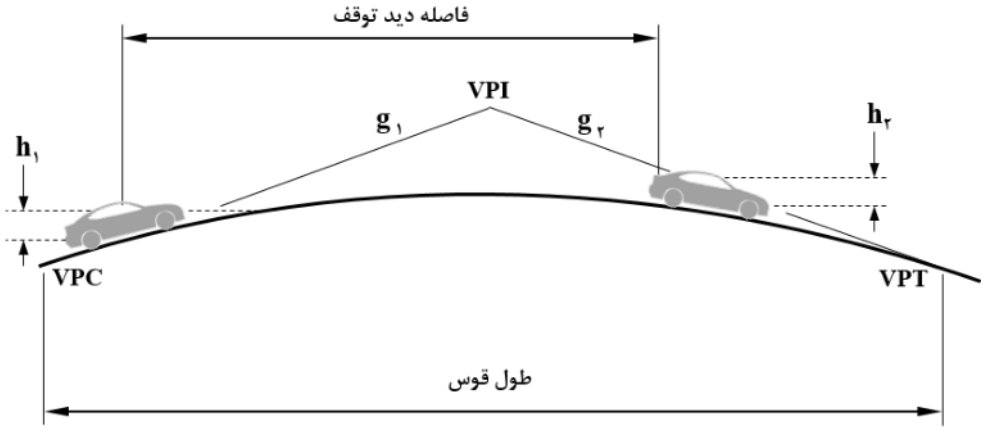
- بهتر است تمام طول خروجی اضطراری برای راننده وسیله نقلیه، قابل رؤیت باشد. زاویه انحراف برای خروج اضطراری، باید حداکثر برابر با ۵ درجه باشد. برای ورود به خروجی اضطراری، بهتر است یک خط عبور اضافی پیش‌بینی شود. هر دو چرخ محور جلوی وسیله نقلیه باید با هم وارد قسمت متوقف کننده شوند. بهتر است فاصله قسمت متوقف‌کننده از خطوط اصلی به اندازه‌ای باشد که سنگ‌های پرتاب شده، به مسیر اصلی وارد نشوند.

- اتصال به خروجی اضطراری، باید به گونه‌ای با علائم و تابلوهای راهنما مشخص شود که راننده وسیله نقلیه، فرصت کافی برای عکس‌العمل داشته باشد و امکان استفاده از آن را از دست ندهد. علاوه بر این، برای کنترل ورود سایر وسایل نقلیه به خروجی اضطراری، باید از تابلوها و علائم راهنما استفاده شود. همچنین، توصیه می‌شود به منظور افزایش قابلیت تشخیص در شب، محل خروجی اضطراری از روشنایی مناسبی برخوردار باشد.

- چنانچه به هر دلیلی، وسیله نقلیه در طول و انتهای خروجی اضطراری متوقف نشود، پیش‌بینی توقف کامل آن به نحوی که موجب فرو ریختن بار و صدمه به راننده نشود، ضروری است. به این منظور، پیش‌بینی یک شیب شنی تند ۲ به ۳ (۲ واحد ارتفاع به ۳ واحد طول) با ارتفاع ۰/۶ تا ۱/۵ متر و یا استفاده از ضربه‌گیر در انتهای خروجی الزامی است.

۴-۷- طراحی قوس قائم محدب

ایجاد قوس‌های قائم محدب معمولاً باعث محدود شدن دید رانندگان وسایل نقلیه می‌شود (شکل ۴-۲). طول این قوس‌ها باید به اندازه‌ای باشد که حداقل فاصله دید توقف برای رانندگان فراهم شود. اگر فاصله دید توقف در قوس‌های قائم محدب فراهم شود، نرمی قوس برای تأمین راحتی سرنشینان و زیبایی بصری معبر نیز کافی خواهد بود.



شکل ۴-۲- ایجاد محدودیت دید در قوس قائم محدب

رابطه ۴-۲	$L = K\,A$
L = حداقل طول قوس قائم محدب (متر) K = ضریب نرمی قوس (متر) (طول لازم برای یک درصد تغییر شیب طولی، مطابق با جدول ۴-۶) A = مقدار جبری تغییر شیب طولی (درصد)	

رابطه ۴-۳	$K = \dfrac{S^2}{100\left(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2}\right)^2}$
K = ضریب نرمی قوس قائم محدب (متر) h_1 = ارتفاع چشم راننده سواری (برابر با ۱/۰۸ متر) h_2 = ارتفاع مانع فیزیکی (برابر با ۰/۶ متر) S = فاصله دید توقف (متر)	

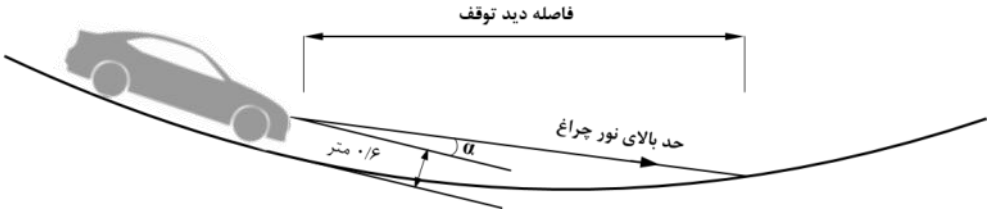
جدول ۴-۶- حداقل ضریب نرمی قوس قائم محدب (K)

سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)	ضریب نرمی قوس (متر)
۲۰	۱
۳۰	۲
۴۰	۴
۵۰	۷
۶۰	۱۱
۷۰	۱۷
۸۰	۲۶
۹۰	۳۹
۱۰۰	۵۵
۱۱۰	۷۴
۱۲۰	۹۵

در خیابان‌های محلی، مقدار ضریب نرمی قوس قائم محدب نباید از ۴ متر کمتر در نظر گرفته شود. به دلیل رعایت زیبایی بصری معبر، طول قوس‌های قائم در هیچ شرایطی نباید از ۰/۶ سرعت طرح معبر (بر حسب کیلومتر بر ساعت) یا ۳۰ متر (هر کدام بیشتر بود) کمتر باشد.

۴-۸- طراحی قوس قائم مقعر

چهار عامل اصلی شامل طول نور چراغ وسایل نقلیه، راحتی سرنشینان، تخلیه آب‌های سطحی و ملاحظات زیبایی بصری در تعیین طول قوس‌های قائم مقعر تأثیرگذار هستند. قوس قائم مقعر، طول روشن شده توسط نور چراغ وسایل نقلیه در شب را محدود می‌کند (شکل ۴-۳). به همین دلیل در صورت کافی نبودن روشنایی در محیط قوس، اگر طول لازم برای تأمین دید توسط چراغ وسایل نقلیه فراهم شود، شرط لازم برای سایر عوامل نیز برقرار خواهد شد. حداقل طول قوس‌های مقعر، همانند قوس‌های محدب با استفاده از رابطه ۴-۲ محاسبه می‌شود. مقادیر ضریب نرمی مربوط به این نوع قوس‌ها (K) نیز بر اساس سرعت طرح در جدول ۴-۷ بیان شده است.



شکل ۴-۳- ایجاد محدودیت دید در قوس قائم مقعر

جدول ۴-۷- حداقل ضریب نرمی قوس قائم مقعر (K)

سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)	**ضریب نرمی قوس** (متر)
۲۰	۳
۳۰	۶
۴۰	۹
۵۰	۱۳
۶۰	۱۸
۷۰	۲۳
۸۰	۳۰
۹۰	۳۸
۱۰۰	۴۵
۱۱۰	۵۵
۱۲۰	۶۳

رابطه ۴-۴

$$K = \frac{S^2}{200\,(h + S\tan\alpha)}$$

K = ضریب نرمی قوس قائم مقعر (متر)

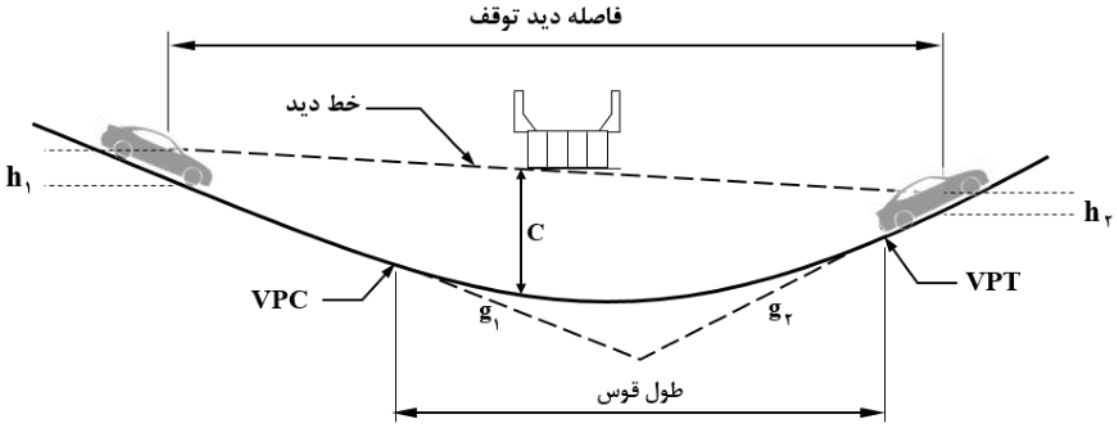
h = ارتفاع چراغ جلوی سواری (برابر با ۰/۶ متر)

S = فاصله دید توقف (متر)

α = زاویه پخش نور چراغ جلوی سواری

در خیابان‌های محلی، مقدار ضریب نرمی قوس قائم مقعر نباید از ۴ متر کمتر در نظر گرفته شود. در صورتی که محوطه قوس قائم مقعر دارای روشنایی کافی باشد، می‌توان از ضریب نرمی ۲ متر نیز برای طراحی قوس در این خیابان‌ها استفاده کرد.

مبنای کنترل طول قوس قائم مقعر در زیرگذرها، مطابق با شکل ۴-۴، فاصله دید توقف است. در این شکل، مقدار C برابر با فاصله قائم بین بلندترین نقطه کف تمام شده معبر و پایین‌ترین نقطه زیر سقف سازه پل است که با عنوان «ارتفاع آزاد» شناخته می‌شود. در این حالت، طول قوس قائم مقعر با استفاده از رابطه ۵-۴ محاسبه می‌شود.



شکل ۴-۴- ایجاد محدودیت دید در قوس‌های قائم زیرگذر

رابطه ۵-۴

$$L = \frac{AS^{۲}}{۸۰۰\left[C - \left(\frac{h_{۱}+h_{۲}}{۲}\right)\right]}$$

L = حداقل طول قوس قائم مقعر در زیرگذرها (متر)

A = مقدار جبری تغییر شیب طولی (درصد)

S = فاصله دید توقف (متر)

C = ارتفاع آزاد زیرگذر (متر)

$h_{۱}$ = ارتفاع چشم راننده کامیون (برابر با ۲/۴ متر)

$h_{۲}$ = ارتفاع مانع فیزیکی (برابر با ۰/۶ متر)

به دلیل رعایت زیبایی بصری معبر، طول قوس‌های قائم در هیچ شرایطی نباید از ۰/۶ سرعت طرح معبر (بر حسب کیلومتر بر ساعت) یا ۳۰ متر (هر کدام بیشتر بود) کمتر باشد.

۴-۹- تخلیه آب‌های سطحی در قوس‌های قائم

در قوس‌های قائم، به علت تغییر جهت شیب طولی، باید به مسئله هدایت آب‌های سطحی توجه ویژه شود. باید نقطه تغییر شیب طولی (بلندی یا گودی) تعیین شده و با توجه به شیب‌های عرضی، مسیر جریان آب در سطح معبر مشخص شود.

وضعیت جمع‌آوری آب‌های سطحی وقتی بحرانی‌تر می‌شود که قوس‌های افقی و قائم با یکدیگر ترکیب شوند. در این شرایط، هم شیب طولی و هم شیب عرضی، تغییر جهت داده و هر یک از آنها در نقطه‌ای صفر می‌شوند. اگر نقطه صفر شیب طولی در نزدیکی نقاطی قرار گیرد که شیب عرضی کافی نیست، آب‌های سطحی به خوبی تخلیه نمی‌شود.

در نقاطی که لبه معبر دارای جدول است و همچنین در نقاطی که شیب عرضی تغییر جهت می‌دهد، طول قوس‌های قائم نباید زیاد باشد. در غیر این صورت، شیب طولی معبر در نقاطی، کمتر از حداقل مطلوب (۰/۵ درصد) بوده و تخلیه آب‌های سطحی دچار مشکل می‌شود. به همین دلیل در مواردی که مقدار ضریب نرمی قوس‌های قائم بزرگ‌تر از ۵۱ است، باید وضعیت تخلیه آب‌های سطحی بیشتر بررسی شده و مشکلات احتمالی آن پیش‌بینی شود.

وجود قوس‌های قائم محدب در پل‌ها و تونل‌ها بلامانع است. ولی طراحی قوس قائم مقعر در پل‌ها، تونل‌ها و سایر ابنیه فنی به علت بروز مشکل در جمع‌آوری آب‌های سطحی مجاز نیست. چرا که حتی ایجاد دریچه در نقطه گودی، مشکل را کاملاً حل نکرده و در بارندگی‌های برف و باران، دریچه‌ها بسته خواهند شد.

۴-۱۰- شیب در تقاطع

شیب در تقاطع‌ها باید در حد امکان، ملایم و کم در نظر گرفته شود. رعایت این موضوع در مناطق سردسیر و دارای برف و یخبندان‌های طولانی، اهمیت بیشتری دارد. اگر تقاطع دارای خط مخصوص گردش به چپ است، باید سعی شود که شیب طولی انتهای صف، کمتر از ۳ درصد باشد.

به منظور تخلیه بهتر آب‌های سطحی، توصیه می‌شود که حداقل شیب در سطح تقاطع‌ها بیشتر از حداقل شیب طولی معابر شهری (۰/۵ درصد) در نظر گرفته شود. چرا که، در محدوده تقاطع‌ها نیمرخ‌های دو معبر مختلف با یکدیگر ترکیب شده و شیب‌های عرضی از حداقل‌های لازم کمتر است. به همین دلیل شیب یک درصد به عنوان شیب مطلوب برای تقاطع‌ها توصیه می‌شود.

۴-۱۱- ارتفاع آزاد

حداقل ارتفاع آزاد، به منظور عبور وسایل نقلیه سنگین، برای تندراه‌های شهری برابر با ۵/۰ و برای خیابان‌های شهری برابر با ۴/۵ متر تعیین می‌شود.

مقادیر ارتفاع آزاد یاد شده در رابطه با پل‌های عابر پیاده و سازه‌های خرپایی، باید به میزان حداقل ۳۰ سانتی‌متر افزایش داشته باشد.

در طراحی معابر جدید باید در نظر داشت که به علت تجدید روسازی‌ها در آینده، ممکن است ارتفاع کف تمام شده معبر بالا آمده و در نتیجه، ارتفاع آزاد از حداقل لازم کمتر شود. برای جلوگیری از این موضوع باید حداقل ۱۰ سانتی‌متر به مقادیر حداقل‌های بالا اضافه شود.

۴-۱۲- ضوابط کلی

- توصیه می‌شود از یک خط با شیب یکنواخت و تغییرات تدریجی، ملایم و هماهنگ با عملکرد معبر و نوع پستی و بلندی زمین، برای طراحی نیمرخ طولی یک معبر استفاده شود.

- از ایجاد سرپایینی‌های موجدار با طول زیاد که موجب افزایش سرعت وسایل نقلیه سنگین می‌شود، پرهیز شود.

- توصیه می‌شود از به کار بردن قوس قائم مقعر در مقاطع خاکبرداری شده، به دلیل بروز مشکل در جمع‌آوری آب‌های سطحی، اجتناب شود.

- به علت کم شدن سرعت وسایل نقلیه سنگین، ظرفیت معبر در سربالایی‌ها کاهش یافته و معمولاً در سربالایی‌های تند و طولانی، گلوگاه ایجاد می‌شود. بنابراین، باید ظرفیت معبر در سربالایی‌های دارای شیب بیشتر از ۳ درصد، کنترل شود و سطح خدمت این قطعات از «D» پایین‌تر نباشد.

- حداکثر شیب طولی در تونل‌های با طول بیشتر از ۵۰۰ متر برابر با ۲ درصد و در تونل‌های با طول کوتاه‌تر از ۵۰۰ متر برابر با ۴ درصد و در حالت مطلوب برابر با ۱/۵ درصد در نظر گرفته می‌شود.

۵- سایر عوامل تعیین‌کننده

۵-۱- هماهنگی پلان و نیمرخ طولی

پلان و نیمرخ طولی اجزای ماندگار معبر هستند. تغییر و اصلاح آنها در خارج شهرها مشکل و پر هزینه و در داخل شهرها تقریباً غیر ممکن است. بنابراین، طراحی معابر و انتخاب اجزای پلان و نیمرخ‌های طولی باید به دقت و با مطالعه کافی صورت گیرد. به علاوه، پلان و نیمرخ طولی خیابان‌های شهری در ساختار معماری، بافت، جهت، هویت و وحدت فضاهای شهری تأثیر دارد. پلان و نیمرخ طولی باید هماهنگ با هم و متناسب با نقش‌های مختلف معبر و محیط‌های شهری طراحی شوند.

هرگاه طراحی امتدادهای افقی و قائم به طور توأمان انجام شود، ایمنی معبر بیشتر، سرعت یکنواخت‌تر و ظاهر معبر خوش منظرتر می‌شود. تقریباً همواره می‌توان این اقدام را بدون هزینه اضافی انجام داد.

دست‌یابی به ترکیب مناسب امتداد افقی و قائم، با مطالعات فنی و در نظر گرفتن کنترل‌های کلی زیر امکان‌پذیر است:

- باید از ایجاد قوس افقی تند در نزدیکی قله قوس‌های قائم محدب اجتناب شود. چرا که قوس محدب دید را محدود کرده و راننده ممکن است نتواند قوس افقی را ببیند. برای جلوگیری از محدودیت دید، بهتر است شروع قوس افقی قبل از شروع قوس قائم محدب بوده و شعاع قوس افقی و طول قوس قائم در حد امکان بیشتر از مقادیر حداقل در نظر گرفته شود.

- باید از ایجاد قوس افقی تند در نزدیکی نقطه گودی قوس‌های قائم مقعر اجتناب شود. چرا که اولاً معبر شکسته به نظر آمده و از زیبایی بصری آن کاسته می‌شود. ثانیاً، ممکن است وسایل نقلیه در سرپایینی سرعت گرفته و در قوس افقی، کنترل خود را از دست بدهند. ثالثاً، در این شرایط مزاحمت نور چراغ‌های مقابل نیز شدید است.

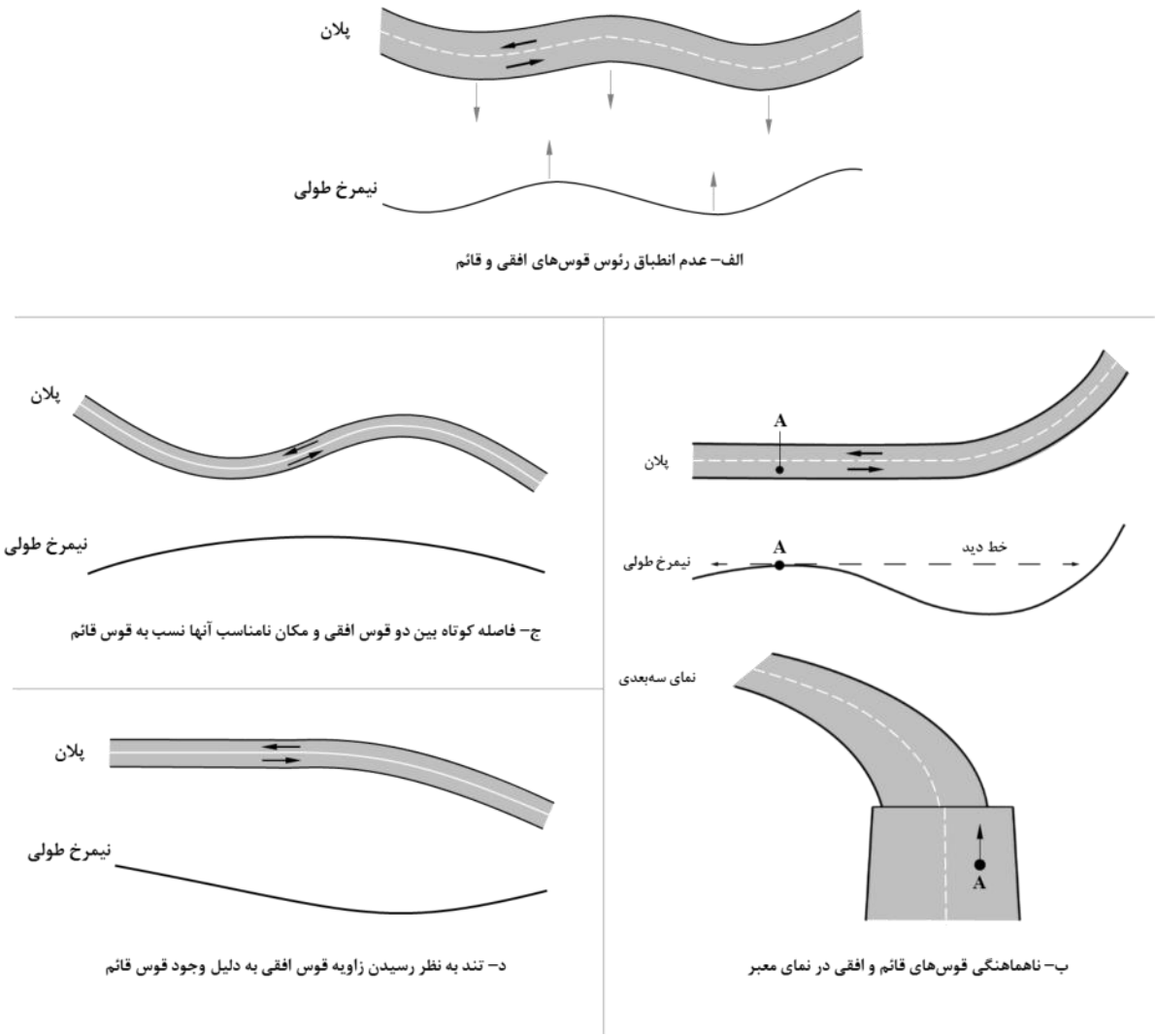
- در معابر جداشده به وسیله میانه، بهتر است راستای افقی و قائم در هر جهت حرکت، به نحوی طراحی شود که هیچ گونه تأثیری در عملکرد جریان ترافیک جهت مقابل نداشته و در تشخیص راستای مسیر، خطا و خطر احساس نشود.

- توصیه می‌شود، در مناطق مسکونی، راستای افقی و قائم به گونه‌ای طراحی شود که از تأثیرات صوتی و بصری مخرب معبر بر بافت اطراف کاسته شود. در این راستا می‌توان از عایق‌های صوتی، درختان و پوشش گیاهی در اطراف معبر استفاده کرد.

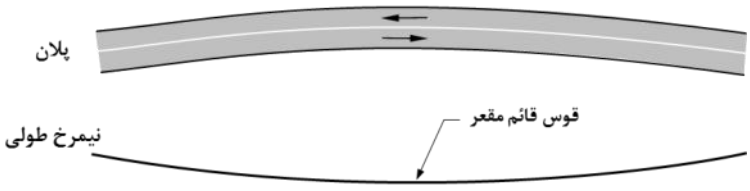
- خیابان‌های شهری باید از شیب‌های ملایم زمین تبعیت کنند. در خیابان‌های شهری، باید از وجود شیب طولی تند در قسمت‌های مستقیم طولانی پرهیز شود.

- بخش عمده‌ای از زندگی شهری در خیابان‌ها شکل می‌گیرد. بنابراین، طراحی مناظر زیبا، اطراف خیابان‌ها در دید پیاده‌ها و سرنشینان وسایل نقلیه، کیفیت زندگی شهری را بالا برده و به آسایش تردد در خیابان‌های شهری می‌افزاید.

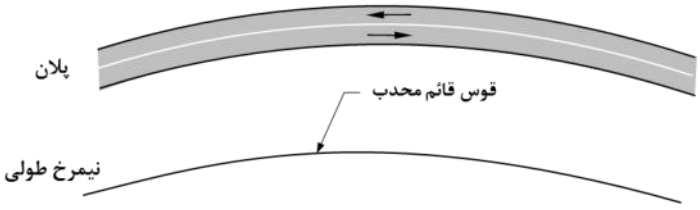
- طراحی پلان خیابان‌های شهری باید بر مبنای پایین نگه داشتن سرعت وسایل نقلیه انجام شود. به همین دلیل، سواره‌رو در خیابان‌های شهری نباید دارای قسمت‌های مستقیم طولانی و بدون تقاطع باشد.



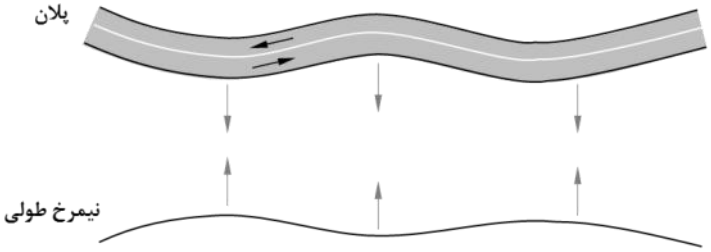
شکل ۵-۱- نمونه‌های وجود ناهماهنگی بین پلان و نیمرخ طولی



الف- مطابقت قوس قائم مقعر با قوس افقی



ب- مطابقت قوس قائم محدب با قوس افقی



ج- مطابقت رئوس قوس‌های قائم و افقی

شکل ۵-۲- نمونه‌های وجود هماهنگی بین پلان و نیمرخ طولی

۵-۲- علائم و تابلوها

تابلو و خط‌کشی، تکمیل‌کننده طرح هندسی بوده، برای تأمین ایمنی به کار گرفته شده و جانمایی آن باید هماهنگ با مشخصات هندسی پلان و نیمرخ طولی معبر انجام شود. تهیه نقشه موقعیت تابلوها، تجهیزات سیستم‌های هوشمند، خط‌کشی‌ها و علائم کنترل و هدایت ترافیک، جزئی از طرح هندسی است. در تهیه نقشه موقعیت تابلوها باید موارد زیر در نظر گرفته شود:

- تابلوها و علائم عمودی کنترل ترافیک باید به اندازه کافی جلوتر از محل مورد نظر نصب شوند تا رانندگان برای تصمیم‌گیری و عکس‌العمل فرصت کافی داشته باشند. برای تعیین این فاصله، باید از فاصله‌های دید تصمیم‌گیری استفاده شود.

- برای نصب تابلوهای بالاسری، در حد امکان باید از سازه‌ها و پل‌های متقاطع موجود روی معبر استفاده شده و از ایجاد سازه‌های جدید برای نگهداشتن این تابلوها پرهیز شود. در غیر این صورت، در نصب این سازه‌ها باید به حداقل‌های تعیین شده برای ارتفاع آزاد توجه شود.

- از خط‌کشی برای مشخص کردن محور سواره‌رو، لبه سواره‌رو، پیاده‌گذر، ورودی‌ها و خروجی‌ها، خط ایست، خطوط گردش، مرز خطوط عبور و پارک حاشیه‌ای استفاده می‌شود.

- برای اطلاعات بیشتر در زمینه جانمایی و طراحی علائم و تابلوها به «دستورالعمل علائم ترافیکی افقی در معابر شهری» و «دستورالعمل علائم ترافیکی عمودی در معابر شهری»، مصوب شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای کشور مراجعه شود.

برای رعایت حال افراد دارای معلولیت، توجه به موارد زیر در جانمایی علائم و تابلوها الزامی است:

- کلیه اماکن، فضاهای شهری و قسمت‌هایی از ساختمان‌های عمومی که برای استفاده ویژه افراد دارای معلولیت، طراحی و تجهیز شده‌اند، باید به وسیله علائم ویژه افراد دارای معلولیت مشخص شوند. این علائم باید واضح، فاقد انعکاس نور و در تضاد با زمینه باشند.

- علائم هشداردهنده باید در موقعیت‌های خطرساز و در مجاورت موانع نصب شوند. همچنین، درهای شیشه‌ای و حفاری‌های دائم یا موقت باید به طور واضح علامت‌گذاری شوند.

- علائم راهنمایی، تابلوهای اطلاع‌رسانی، کروکی‌ها، نقشه‌ها و مانند آن باید در ارتفاع قابل دسترس برای افراد با صندلی چرخ‌دار قرار داده شوند. همچنین بر روی این علائم و تابلوها باید امکان لمس خط بریل برای افراد دارای محدودیت بینایی در نظر گرفته شود.

- برای اطلاعات بیشتر در زمینه طراحی علائم و تابلوهای ویژه افراد دارای معلولیت به «ضوابط و مقررات شهرسازی و معماری برای افراد دارای معلولیت»، مصوب شورای عالی شهرسازی و معماری ایران مراجعه شود.

۵-۳- چراغ راهنما

برای تقاطع‌های دارای چراغ راهنما باید نقشه‌ای برای تعیین موقعیت و جزئیات چراغ و تجهیزات سیستم‌های هوشمند تهیه شود. ضوابط تأثیرگذار در طراحی پلان و نیمرخ طولی، مربوط به چراغ راهنما به شرح زیر است:

- رانندگان وسایل نقلیه باید بتوانند حداقل دو چراغ راهنما را به طور مداوم، از فاصله مناسب (مطابق با رابطه ۵-۱) ببینند. در صورت عدم امکان تأمین فاصله مناسب، باید با استفاده از تابلوها و علائم هشداردهنده، محل چراغ راهنما برای رانندگان مشخص شود.

رابطه ۵-۱	$D = ۳۰ + ۳\left(V - ۳۰\right)$
D = حداقل فاصله دید چراغ راهنما (متر) V = سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)	

- اگر فاصله عرضی (افقی) مرکز حباب‌های دو چراغ راهنما از ۳ متر کمتر باشد، از این نظر، نمی‌توان آنها را دو چراغ مجزا در نظر گرفت.

- حداقل یک چراغ راهنما باید بعد از خط ایست نصب شود تا رانندگان وسایل نقلیه متوقف شده بتوانند حداقل یک چراغ راهنما را از محل توقف خود ببینند.

- ارتفاع آزاد واقع بین پایین‌ترین نقطه قاب چراغ راهنمای بالاسری و کف معبر باید بیشتر از حداقل ارتفاع آزاد معبر و کمتر از ۶/۰ متر باشد.

- ارتفاع وسط قاب چراغ راهنمای جانبی نباید از ۲/۵ متر کمتر و از ۴/۰ متر بیشتر باشد. این ارتفاع از کف پیاده‌رو یا سکوی واقع در میانه اندازه‌گیری می‌شود.

- تا آنجا که ممکن است، باید پایه‌های چراغ راهنما دورتر از لبه سواره‌رو واقع شود. بین سطح پایه چراغ راهنما و نمای جدول باید حداقل ۰/۵ متر فاصله وجود داشته باشد.

۵-۴- تخلیه آب‌های سطحی

تعیین نحوه جمع‌آوری آب‌های سطحی و همچنین طراحی تأسیسات لازم برای دفع این آب‌ها، جزئی از طرح هندسی معبر است. متداول‌ترین شیوه جمع‌آوری آب‌های سطحی در خیابان‌های شهری، سیستم آبروهای روباز بوده است (شکل ۵-۳). این سیستم کارآیی لازم را نداشته و از نظر ایمنی پیاده و سواره و بهداشت و زیبایی محیط قابل قبول نیست.

شکل ۵-۳- استفاده از آبروی U شکل برای جمع‌آوری آب‌های سطحی معابر

نوع دیگری از مجاری روباز که در کنار معبر ساخته می‌شود، مجاری روباز مثلثی است (شکل ۵-۴). آبروهای مثلثی محل تجمع خاک و آشغال خیابان است. این آبروها، به علت گرفتگی همیشگی، کارآیی نداشته و از نظر زیبایی و بهداشت محیط قابل قبول نیستند. استفاده از آبروهای مثلثی نیز در نقاط مختلف دنیا منسوخ شده است.

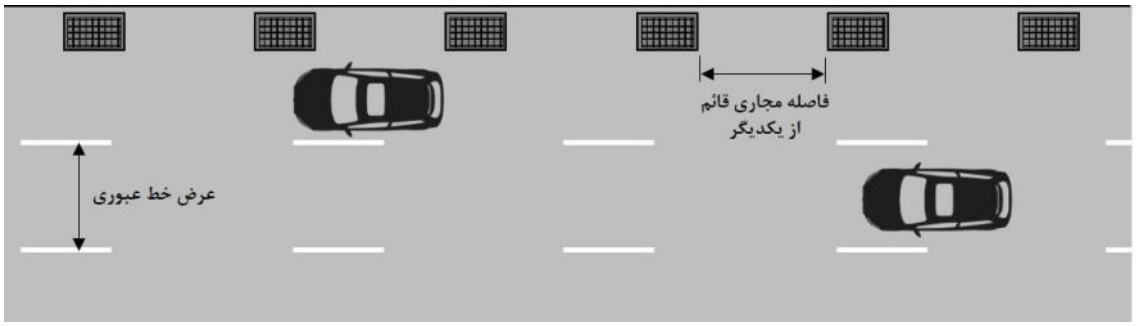
شکل ۵-۴- استفاده از جدول و آبروی مثلثی شکل برای جمع‌آوری آب‌های سطحی معابر

سیستمی که باید جانشین مجاری روباز شود، سیستمی است که در آن آب بارش در کنار جدول خیابان و در روی سطح معبر جاری شده و از طریق مجراهای قائم به لوله‌های زیرزمینی منتقل می‌شود (شکل ۵-۵). جنس معمول این لوله‌ها بتنی، سفالی و پلاستیکی و قطر متداول آنها بین ۰/۳ تا ۱/۰ متر است. این لوله‌ها آب جمع‌آوری شده را به محل‌های تخلیه هدایت می‌کنند. مواد جامدی که آب با خود حمل می‌کند، توسط دریچه واقع در محل ورود آب به چاهک، گرفته شده و یا در حوضچه واقع در انتهای مجراهای قائم، ته‌نشین می‌شود. مواد ته‌نشین شده در این قسمت را می‌توان با وسایل مکانیکی یا دستی تخلیه کرد.

شکل ۵-۵- استفاده از لوله‌های زیر زمینی و مجراهای قائم برای جمع‌آوری آب‌های سطحی معابر

برای تخلیه مناسب آب‌های سطحی، عرض آبی که در بارندگی‌ها در کنار جدول جاری شده و قسمتی از سطح معبر را می‌گیرد، باید برای بارندگی با دوره بازگشت یک‌ساله محاسبه شود. فاصله مجاری قائم انتقال آب از یکدیگر (شکل ۵-۶) باید با توجه به حداکثرهای زیر تعیین شود.

- در خیابان‌های محلی و جمع‌وپخش کننده:
  - خیابان‌های چهارخطه یا بیشتر: تمام عرض خط سمت راست
  - خیابان‌های سه‌خطه یا کمتر: نصف عرض خط سمت راست
- در خیابان‌های شریانی:
  - دارای پارک حاشیه‌ای: تمام عرض خط سمت راست
  - بدون پارک حاشیه‌ای: نصف خط سمت راست
- در تندراه‌های شهری:
  - تمام عرض شانه



شکل ۵-۶- فاصله طولی مجاری قائم جمع‌آوری آب‌های سطحی از یکدیگر

ظرفیت هیدرولیکی دریچه مجراهای قائم انتقال آب باید کنترل شود. مواد زاید جمع شده روی دریچه این مجراها، قسمتی از سطح آن را مسدود می‌کند. به همین دلیل، مساحت سطح دریچه باید دو برابر مقدار هیدرولیکی محاسبه شده در نظر گرفته شود. محاسبات هیدرولیکی سطح دریچه‌ها برای دوره بازگشت دوساله انجام می‌شود.

در صورت تغییر جهت شیب عرضی معبر، باید عبور جریان آب از یک طرف به طرف دیگر بررسی شود. وجود چنین جریان‌هایی ممکن است در معابر پر سرعت (۶۰ کیلومتر و بیشتر)، ایجاد خطر کند. وسایل نقلیه‌ای که با سرعت زیاد حرکت می‌کنند، هنگام عبور از جریان کم عمق آب سطحی به علت نبودن اصطکاک بین چرخ و روسازی، ممکن است کنترل خود را از دست بدهند. بنابراین در طراحی تندراه‌ها و خیابان‌های شریانی باید موارد زیر برای تخلیه مناسب آب‌های سطحی رعایت شود:

- باید جریان حرکت آب از عرض سواره‌رو، با توجه به شیب‌های طولی و عرضی، بررسی شده و بر اساس آن محل مناسب برای دریچه‌های تخلیه آب تعیین شود.
- باید در محل شروع تغییر جهت شیب عرضی، دریچه‌ای وجود داشته باشد تا قسمت عمده آب جمع شده، قبل از عبور از عرض خیابان، تخلیه شود.

علاوه بر انتقال آب باران از طریق مجراهای قائم به لوله‌های زیرزمینی، می‌توان آب‌های سطحی را به حاشیه نرم و نفوذپذیر معبر هدایت کرده و سپس با استفاده از لوله‌های زیرزمینی به محل تخلیه منتقل کرد. در این راستا می‌توان از روش‌های زیر استفاده کرد:

- برداشتن جدول و هدایت جریان طبیعی آب به حاشیه نفوذپذیر معبر
- استفاده از روسازی نفوذپذیر در محل پارکینگ‌های حاشیه‌ای
- ایجاد شکاف‌هایی در جداول اطراف معبر و هدایت کانالیزه شده آب از آبروها به درخت کاری حاشیه

به طور کلی، حوزه آبگیر خیابان‌های شهری محدود به سطح این معابر نیست. خیابان‌ها به عنوان زهکش‌های شهر عمل کرده و محل تجمع آب‌های بارشی هستند که به حوزه‌های آبگیر اطراف آنها می‌رسد. در مطالعات آبشناسی سطح معبر، حوزه‌های آبگیری که به معبر مرتبط می‌شوند باید شناسایی و حجم آب آنها برآورد شود. سیستم تخلیه آب‌های سطحی معابر باید بر اساس برآورد آینده حوزه‌های آبگیر آن، با توجه به پیش‌بینی سطوح غیر قابل نفوذ ناشی از آبادانی‌ها، طراحی شود.

برای طراحی معابر روی رودخانه‌ها و مسیل‌ها و یا در کنار آن‌ها، باید نیمرخ سطح آب برای طغیان‌های صدساله تعیین شود. پایین‌ترین نقطه سازه پل باید حداقل ۱/۰ متر بالاتر از بلندترین دو ارتفاع زیر باشد:

- سطح برآورد شده طغیان صدساله
- بالاترین ارتفاع سیلاب ثبت شده

معابر شهری، در صورت منطبق بودن با مسیر شریان‌های طبیعی (نهرها و رودها) و رعایت شیب طولی مناسب جهت تخلیه آب‌های سطحی، به هنگام وقوع سیلاب‌ها و در شرایط اضطراری می‌توانند به تخلیه آب کمک کنند. همچنین در صورت مجهز بودن به سیستم زیر ساخت سبز، حجم آب جاری شده در هنگام وقوع سیلاب کاهش پیدا کرده و بخشی از آن جذب روسازی و لایه‌های زیرین معبر خواهد شد.

برای اطلاعات بیشتر در زمینه طراحی مسیرها در اطراف رودخانه‌ها و مسیل‌ها به نشریه ۷۸۲ سازمان برنامه و بودجه، «دستورالعمل ناحیه‌بندی استقرار کاربری در حریم کیفی منابع آب سطحی» مراجعه شود.

۵-۵- تأسیسات شهری

در نوسازی و توسعه خیابان‌های موجود باید کلیه خطوط تأسیسات شهری شامل موارد زیر، روی پلان اجرایی نشان داده شود:

- خطوط زیرزمینی آب، برق، تلفن، گاز و نفت
- خطوط ارتباطات نظیر فیبر نوری
- محل تیرهای برق و تلفن
- مجاری زیرزمینی تخلیه آب‌های سطحی و فاضلاب

بهتر است مجاری تخلیه آب‌های سطحی و فاضلاب روی نیمرخ طولی معبر نیز مشخص شود.

۵-۶- کنترل ترافیک حین اجرا

در احداث معابر در بافت‌های پر تراکم شهری، ممکن است مسائل مربوط به کنترل ترافیک در حین اجرای پروژه، سبب تغییر طراحی نیمرخ طولی، مقطع عرضی و یا حتی مسیر شود. نحوه تنظیم ترافیک در حین اجرای پروژه‌ها، باید در نقشه‌های اختصاصی به نام «نقشه‌های کنترل ترافیک موجود» نشان داده شود. تهیه چنین نقشه‌هایی برای طراحی کلیه معابر در بافت‌های شهری پر تراکم، الزامی بوده و شامل مطالعه موارد زیر است:

- حرکت ایمن پیاده و دوچرخه
- حرکت ایمن وسایل نقلیه
- دسترسی به ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی
- دسترسی به کاربری‌های پیرامونی
- افزایش حجم ترافیک در تقاطع‌های اطراف
- تغییر مسیر و تعیین مسیرهای انحرافی
- تعیین ساعات کاری مجاز برای عملیات اجرایی
- تغییر موقت عملکرد تسهیلات کنترل ترافیک
- وضعیت روشنایی
- وضعیت پارکینگ‌های حاشیه‌ای

در تهیه نقشه‌های کنترل ترافیک باید اصول زیر رعایت شود:

- اگر مسیر پیاده و دوچرخه قطع می‌شود، باید یک مسیر جایگزین ایمن و پیوسته در نظر گرفته شود.
- اگر دسترسی به ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی در حین انجام عملیات اجرایی قطع می‌شود، برای تأمین دسترسی موقت به آن‌ها، باید مسیرهای انحرافی در نظر گرفته شود.
- مسیر انحرافی برای ترافیک موتوری نباید از نظر زیست محیطی مشکل ایجاد کند.
- شرایط هندسی و ترافیکی مسیر انحرافی باید برای ترافیک مورد نظر، مناسب باشد.
- کاهش تعداد خطوط عبور یا عرض روسازی باید به صورت تدریجی و در طول کافی صورت گیرد.
- به منظور حفظ ایمنی و دید وسایل نقلیه در شب باید از شبرنگ و چراغ چشمک‌زن استفاده شود.
- محل مخروط‌ها، بشکه‌ها، علائم خطر، تابلوها، نرده‌ها و راه‌بندها باید با توجه به سرعت وسایل نقلیه و فاصله مناسب برای عکس‌العمل رانندگان تعیین شود.

منابع و مراجع

۱. وزارت مسکن و شهرسازی، (۱۳۷۵). آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری، "بخش ۲: پلان و نیمرخ‌های طولی".

۲. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، (۱۳۹۱). آیین‌نامه طرح هندسی راه‌های ایران، "نشریه ۴۱۵".

۳. سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری، (۱۳۹۶). "الزامات، راهبردها و چارچوب‌های کلی حفاظت و احیا بافت‌های تاریخی کشور".

۴. شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای کشور، (۱۳۹۷). "دستورالعمل علائم ترافیکی افقی در معابر شهری".

۵. شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای کشور، (۱۳۹۷). "دستورالعمل علائم عمودی ترافیکی در معابر شهری".

۶. وزارت راه و شهرسازی، (۱۳۹۸). "ضوابط و مقررات شهرسازی و معماری برای افراد دارای معلولیت".

7. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), (2018). “Policy on Geometric Design of Highways and Streets”, 7th Edition, Washington D.C.

8. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), (2011). “Policy on Geometric Design of Highways and Streets”, 6th Edition, Washington D.C.

9. Washington State Department of Transportation (WSDOT), (2018). “Design Manual”, Washington.

10. California Department of Transportation (Caltrans), (2016). “Highway Design Manual (HDM)”, 6th Edition, California.

11. Austroad, (2016). “Guide to Road Design: Geometric Design”, Australia.

12. National Association of City Transportation Offices (NACTO), (2017). “Urban Street Stormwater Guide”, 1st Edition, New York.

واژگان فارسی به انگلیسی

آبرو	Culvert
اتصال	Connection
ارتفاع آزاد	Vertical Clearance
آزادراه	Freeway
افزایش خط عبور	Lane Addition
افقی	Horizontal
آلودگی	Pollution
انحنا	Curvature
ایمنی	Safety
باران و برف، نزولات جوی	Precipitation
بارش	Rainfall
بتن	Concrete
بحرانی	Critical
بربلندی	Superelevation
بستر معبر	Roadway
پل	Bridge
پلان، مسیر افقی	Horizontal Alignment
پیاده‌رو	Sidewalk
پیش‌آمدگی جلو	Front Overhang
پیش‌آمدگی عقب	Rear Overhang
تابلوها	Signs
تابلوهای بالاسری	Overhead Signs
تبادل	Interchange
تراکم	Density
تصادف	Crash
تعریض	Widening
تغییر تدریجی	Transition
تقاطع	Intersection
تلاقی	Crossing
تمرکز	Concentration
تندراه	Highway
جدول	Curb
جدول آبرو	Curb and Gutter
جمع‌آوری و تخلیه آب‌های سطحی	Drainage
حجم ترافیک	Traffic Volume
خروجی	Exit
خروجی اضطراری	Escape Ramp
خط پروژه	Grade Line
خط‌کشی	Marking
خیابان	Street
خیابان جمع‌وپخش کننده	Collector Street
خیابان شریانی	Arterial Street
خیابان محلی	Local Street
دسترسی	Access
دماغه خروجی	Exit nose
دوچرخه	Bicycle
دوره	Period
دیوار	Wall

رابط	Ramp
راننده	Driver
زمان عکس‌العمل	Reaction Time
ساخت / ساختمان	Construction
سرعت	Speed
سرعت حرکت	Running Speed
سرعت طرح	Design Speed
سرعت عملی	Operating Speed
سرعت مجاز	Speed Limit
سطح	Surface
سواری	Passenger Car
سیلاب	Flood
شانه	Shoulder
شتاب کاهش سرعت	Deceleration Rate
شعاع	Radius
شیب طولی	Grade
شیب عرضی	Cross Slope
ضربه‌گیر	Crash Cushion
ضریب اصطکاک	Friction Factor
طبقه‌بندی	Classification
طرح هندسی	Geometric Design
ظرفیت	Capacity
عابر پیاده	Pedestrian
عرضی	Transversal
فاصله دید	Sight Distance
فاصله دید انتخاب	Decision Sight Distance
فاصله دید توقف	Stopping Sight Distance
فاصله دید سبقت	Passing Sight Distance
قوس اتصال	Spiral Curve
قوس افقی	Horizontal Curve
قوس قائم	Vertical Curve
کامیون	Single-Unit Truck (Three Axle)
کامیونت	Single-Unit Truck
لوازم کنترل ترافیک	Traffic Control Devices
مایل	Skew
مجرا	Conduit
مجزا	Seperated
محدب	Crest
مسیر (راستا)	Alignment
معبر	Highway & Street
مقعر	Sag
میانه	Median
نیمرخ طولی	Longitudinal Profile
ورودی	Entrance

واژگان انگلیسی به فارسی

Access	دسترسی
Alignment	مسیر (راستا)
Arterial Street	خیابان شریانی
Bicycle	دوچرخه
Bridge	پل
Capacity	ظرفیت
Classification	طبقه‌بندی
Collector Street	خیابان جمع‌وپخش کننده
Concentration	تمرکز
Concrete	بتن
Conduit	مجرا
Connection	اتصال
Construction	ساخت/ ساختمان
Crash	تصادف
Crash Cushion	ضربه‌گیر
Crest	محدب
Critical	بحرانی
Cross Slope	شیب عرضی
Crossing	تلاقی
Culvert	آبرو
Curb	جدول
Curb and Gutter	جدول آبرو
Curvature	انحنا
Deceleration Rate	شتاب کاهش سرعت
Decision Sight Distance	فاصله دید انتخاب
Density	تراکم
Design Speed	سرعت طرح
Drainage	جمع‌آوری و تخلیه آب‌های سطحی
Driver	راننده
Entrance	ورودی
Escape Ramp	خروجی اضطراری
Exit	خروجی
Exit nose	دماغه خروجی
Flood	سیلاب
Freeway	آزادراه
Friction Factor	ضریب اصطکاک
Front Overhang	پیش‌آمدگی جلو
Geometric Design	طرح هندسی
Grade	شیب طولی
Grade Line	خط پروژه
Highway	تندراه
Highway & Street	معبر
Horizontal	افقی
Horizontal Alignment	پلان، مسیر افقی
Horizontal Curve	قوس افقی
Interchange	تبادل
Intersection	تقاطع
Lane Addition	افزایش خط عبور

Shoulder	شانه
Sidewalk	پیاده‌رو
Sight Distance	فاصله دید
Signs	تابلوها
Single-Unit Truck	کامیونت
Single-Unit Truck (Three Axle)	کامیون
Skew	مایل
Speed	سرعت
Speed Limit	سرعت مجاز
Spiral Curve	قوس اتصال
Stopping Sight Distance	فاصله دید توقف
Street	خیابان
Superelevation	بربلندی
Surface	سطح
Traffic Control Devices	لوازم کنترل ترافیک
Traffic Volume	حجم ترافیک
Transition	تغییر تدریجی
Transversal	عرضی
Vertical Clearance	ارتفاع آزاد
Vertical Curve	قوس قائم
Wall	دیوار
Widening	تعریض

Local Street	خیابان محلی
Longitudinal Profile	نیمرخ طولی
Marking	خط‌کشی
Median	میانه
Operating Speed	سرعت عملی
Overhead Signs	تابلوهای بالاسری
Passenger Car	سواری
Passing Sight Distance	فاصله دید سبقت
Pedestrian	عابر پیاده
Period	دوره
Pollution	آلودگی
Precipitation	باران و برف، نزولات جوی
Radius	شعاع
Rainfall	بارش
Ramp	رابط
Reaction Time	زمان عکس‌العمل
Rear Overhang	پیش‌آمدگی عقب
Roadway	بستر معبر
Running Speed	سرعت حرکت
Safety	ایمنی
Sag	مقعر
Seperated	مجزا

Deputy of Transportation
Ministry of Roads & Urban Development
Islamic Republic of Iran

Urban Highways and Streets Design Guide

Section 2: Plan and Longitudinal Profiles

2020