جمهوری اسلامی ایران
وزارت برنامه و بودجه

معیارهای طرح هندسی تقاطعها

نشریه شماره ۸۷

معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

جمهوری اسلامی ایران
وزارت برنامه و بودجه

معیارهای طرح هندسی تقاطعها

نشریه شماره ۸۷

معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

۱۳۶۷

انتشارات وزارت برنامه و بودجه ۶۷/۰۰/۲۰

فهرستبرگه

ایران . وزارت برنامه و بودجه . دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

معیارهای طرح هندسی تقاطعها / معاونت فنی ، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی . ــ تهران : وزارت برنامه و بودجه ، مرکز مدارک اقتصادی ــ اجتماعی و انتشارات ، ۱۳۶۷ .

۲۸۳ ص. : مصور . ــ (دفتر تحقیقات و معیارهای فنی : نشریه شماره۸۷)

(انتشارات وزارت برنامه و بودجه : ۶۷/۰۰/۲۰)

کتابنامه : ص.۲۸۳

۱ . راهها ــ طرح و نقشه . ۲ . راهسازی ــ استانداردها . الف . ایران . وزارت برنامه و بودجه . مرکز مدارک اقتصادی ــ اجتماعی و انتشارات . ب . عنوان . ج . سلسله انتشارات : ایران . وزارت برنامه و بودجه . دفتر تحقیقات و معیارهای فنی . نشریه شماره ۸۷ .

ش.۸۷ ۹الف/۳۶۸ TA

معیارهای طرح هندسی تقاطعها (نشریهٔ شمارهٔ ۸۷)

تهیه کننده : دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

ناشر : وزارت برنامه و بودجه . مرکز مدارک اقتصادی ــ اجتماعی و انتشارات

ویرایش : قائم مقامی : حروفچینی : شجاعی : امور گرافیک : الله‌داد

چاپ اول : ۱۳۶۷ ، ۷۰۰ نسخه

چاپ و صحافی : چاپخانه وزارت برنامه و بودجه

همهٔ حقوق برای ناشر محفوظ است .

تکثیر تمام یا بخشی از این اثر ، به صورت حروفچینی و چاپ مجدد ، چاپ افست ، پلی‌کپی ، فتوکپی و انواع دیگر چاپ و تکثیر ، به هر منظور و به هر تعداد ، پیش از گرفتن اجازه کتبی از ناشر ، اکیدا ممنوع است . نقل مطالب به صورت معمول در مقاله‌های تحقیقاتی ، با ذکر نام کامل ناشر و نشریه ، آزاد است . متخلفان ، تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت .

بسم الله الرحمن الرحیم

پیشگفتار

یکی از مهمترین مراحل مطالعه و تعیین مسیر یک راه، بررسی طرحبندی آن است که در آن، جزئیات مسیر از نظر امتدادهای قائم و افقی، شیبها و قوسها، عرض و تعداد خطوط، فواصل دید، گنجایش راه و غیره مورد مطالعه قرار می‌گیرد و ارتباط این راه با راههایی که آن را قطع می‌کنند، بررسی می‌شود و بالاخره مسیر انتخاب شده با شرایط پستی و بلندی و جغرافیایی منطقه‌ای که راه از آن عبور می‌کند، تطبیق داده می‌شود.

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی براساس شرح وظایف خود، و به‌منظور هماهنگ کردن ضوابط طراحی طرح هندسی راهها، اقدام به تهیه این مشخصات فنی نموده‌است.

این نشریه، یکی از چهار نشریه‌ای است که با عنوانهای زیر منتشر می‌شود:

۱. معیارهای طرح هندسی راههای روستایی
۲. معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی
۳. معیارهای طرح هندسی تقاطعها
۴. چکیده‌ای از معیارهای طرح هندسی راهها و تقاطعها

این نشریه براساس الگوی اشتو (AASHTO) و با درنظر گرفتن سایر منابع و شرایط ویژه کشور ایران تهیه شده‌است.

تهیه این مجموعه به عهده آقایان دکتر خسرو اویسی، دکتر کامبیز بهنیا، دکتر امیرمحمد طباطبایی و آقای مهندس قباد نقش‌تبریزی بوده‌است و آقای مهندس مرتضی قاسم‌زاده از دفتر تحقیقات و معیارهای فنی ضمن همکاری، هماهنگی آن را به‌عهده داشته‌اند.

این دفتر از اظهارنظرهای فنی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، موءسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، دانشگاه تهران، دانشگاه پلی‌تکنیک تهران، وزارت راه و ترابری، آقای مهندس کیومرث صدیق وزیری، جامعه مشاوران ایران، آقای مهندس محیط کرمانی، آقای دکتر علی‌اصغر اردکانیان، آقای مهندس منوچهر احتشامی، آقای مهندس محمدرضا صفویان، و بویژه از هدایتهای فنی و همکاری صمیمانه آقای مهندس حسن طالعی سپاسگزاری می‌نماید.

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

بسمه تعالی

جمهوری اسلامی ایران
وزارت برنامه وبودجه

به:	دستورالعمل شماره ۸۰۸-۵۶/۹۴۴۶-۱ مورخ ۶۷/۷/۲۴
موضوع: معیارهای طرح تقاطعهای همسطح وغیرهمسطح	کد

تذکر:

باستناد ماده ۲۳ قانون برنامه وبودجه کشور وآئین‌نامه استانداردهای اجرائی طرحهای عمرانی این دستورالعمل از نوع گروه دو مذکور درماده هفت آئین‌نامه در یک صفحه صادر میگردد.

تاریخ مندرج درماده ۸ آئین‌نامه درمورد این دستورالعمل ۶۷/۹/۱۵ میباشد.

به پیوست نشریه شماره ۸۷ دفتر تحقیقات‌ومعیارهای‌فنی این وزارت تحت عنوان " معیارهای طرح تقاطعهای همسطح وغیرهمسطح " ابلاغ می‌شود.

دستگاههای اجرایی ومهندسان مشاور میتوانند مفاد نشریه مذکور وضوابط ومعیارهای مندرج درآن راضمن تطبیق باشرایط‌کار خود درطرحهای عمرانی مورد استفاده‌قراردهند

مسعود روغنی زنجانی
وزیربرنامه‌وبودجه

مقدمه

فن راهسازی جدید نتیجه توسعه و پیشرفت تدریجی حاصل از کوشش در برآوردن نیازهای فزاینده آمد و شد و دانش وسیع به‌دست آمده از تجربه و تحقیق می‌باشد. طرح هندسی راه (طرح عوامل قابل رؤیت آن) در تجربه‌های اولیه به میزان قابل‌ملاحظه‌ای متکی‌به شرایط محلی بود تا به‌آن وسیله، راه انتخاب شود. این روش برای تأمین نیازهای آمد و شد آن دوران، رضایتبخش می‌نمود.

افزایش روزافزون تعداد خودروها، تغییر مشخصات اینها، بهتر شناختن منش رانندگان در مقابل خودروهای (رانندگان) دیگر و افزایش میزان تصادفات موجب شد که طرح هندسی راه به شیوه‌ای صورت گیرد که بیشترین ایمنی و حداکثر بهره‌وری را دارا باشد. فزونی دانش در دیگر مراحل طرح و پیشرفتهای به‌دست آمده در روشهای اجرا، فن، ماشین‌آلات و مصالح موجب شده که طرحهای غیرعملی گذشته، اکنون کاملا "قابل اجرا باشد. بایدتوجه کرد که انتخاب موقعیت راه و طرح آن باید به گونه‌ای صورت گیرد که آمد و شد آینده را نیز جوابگو باشد. در طرح یک راه باید، علاوه بر ایمنی و فایده، صرفه و زیبایی نیز در نظر گرفته شود. این نحوه عمل موجب توسعه معیارها و جزئیاتی در طرح‌هندسی راه خواهد شد که به‌بهترین وجه با عملکرد خودروهای موجود مطابقت داشته، و پیش‌بینی‌های لازم را تا حد امکان برای خودروهای آینده نیز در بر داشته باشد.

محتوای این نشریه محدود به عوامل طرح هندسی راهها، که از طرح سازه راه جداست، می‌باشد. در نظر بوده‌است که این دفتر دستورالعمل کاملی در زمینه طرح هندسی راههای برونشهری باشد و تمام عوامل و کنترلهای کلی را ــ بجز آنها که مشخصا " به‌شرایط درونشهری مربوط می‌شوند ــ شامل گردد.

این تذکر لازم است که این معیارها براساس الگوی اشتو[1] و با در نظر گرفتن شرایط ویژه ایران تدوین شده‌است.

---

۱. منبع شماره ۱. منابع این "معیارها" در پایان همین نشریه داده شده‌است.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
بخش یکم ـ اصول و مبانی و اجزای طرح تقاطعها	۱۳
۱. قوسهای تقاطع	۱۴
۱ـ۱. طرح حداقل برای تیزترین گردش	۱۴
۱ـ۱ـ۱. کلیات	۱۴
۱ـ۱ـ۲. انتخاب طرح حداقل برای شرایط معین	۱۴
۱ـ۱ـ۳. گردش با زاویه غیرقائم	۲۲
۱ـ۲. طرح حداقل برای خطوط گردش	۲۵
۱ـ۲ـ۱. گردش قائم با جزیره هدایت‌کننده	۲۵
۱ـ۲ـ۲. گردش غیرقائم با جزایر هدایت‌کننده	۲۷
۱ـ۳. رابطه سرعت و شعاع قوس	۲۹
۱ـ۴. قوسهای انتقالی (اتصال تدریجی) و مرکب	۲۹
۱ـ۴ـ۱. طول کلوتوئید	۳۱
۱ـ۴ـ۲. قوسهای مرکب دایره‌ای	۳۳
۱ـ۴ـ۳. کاربرد قوسهای مرکب در دهانه‌های خطوط گردش	۳۵
۲. عرض خطوط گردش	۳۹
۲ـ۱. عرض روسازی	۳۹
۲ـ۲. فاصله آزاد کناره خارجی روسازی	۴۶
۳. خطوط تغییر سرعت	۴۷
۳ـ۱. کلیات	۴۷
۳ـ۲. امتداد و عملکرد خطوط تغییر سرعت	۴۸
۳ـ۲ـ۱. خطوط کاهش سرعت	۴۸
۳ـ۲ـ۲. خطوط افزایش سرعت	۵۱
۳ـ۳. خط لچکی (خط با عرض متغیر)	۵۳
۳ـ۴. عرض خط تغییر سرعت	۵۳
۳ـ۵. طول خط تغییر سرعت	۵۵

عنوان	صفحه
۳–۵–۱ . طول خطوط کاهش سرعت	۵۵
۳–۵–۲ . خط افزایش سرعت	۵۷
۳–۵–۳ . روش اندازه‌گیری	۵۹
۳–۵–۴ . اثر عوامل دیگر	۶۱
۴ . بربلندی قوسها در تقاطعها	۶۵
۴–۱ . *میزان بربلندی*	۶۵
۴–۲ . *تأمین بربلندی*	۶۶
۴–۳ . *بربلندی در محل انشعابات خطوط گردش*	۶۸
۴–۳–۱ . روش کلی	۶۸
۴–۳–۲ . کنترل خط تغییر شیب	۷۰
۴–۳–۳ . انتقال بر بلندی و کنترل خط شیب	۷۱
۵ . فاصله دید برای خطوط گردش	۷۲
۵–۱ . حداقل فاصله دید توقف	۷۲
۵–۱–۱ . کنترل قائم	۷۲
۵–۱–۲ . کنترل افقی	۷۴
۶ . جزایر و معابر (خطوط عبور مجزا)	۷۴
۶–۱ . *انواع جزایر*	۷۷
۶–۱–۱ . جزایر هدایت‌کننده	۷۷
۶–۱–۲ . جزایر تقسیم‌کننده	۷۷
۶–۱–۳ . جزایر پناه‌دهنده	۷۹
۶–۲ . *اندازه و مشخصات جزایر*	۸۱
۶–۳ . *مشخص‌کردن انتهای تقرب*	۸۲
۶–۴ . *طرح دهانه‌های ورودی و خروجی*	۸۶
۶–۴–۱ . دهانه‌های خروجیها	۸۶
۶–۴–۲ . دهانه‌های ورودیها	۹۰
۷ . وسایل کنترل آمد و شد	۹۲
۸ . تقاطعهای همسطح با خطوط راه‌آهن	۹۲
بخش دوم–تقاطعهای همسطح	۹۴
۱ . مقدمه	۹۴
۲ . امتداد و نیمرخ تقاطعها	۹۴
۳ . فاصله دید در تقاطعها	۹۷
۳–۱ . *تقاطعهای بدون چراغ راهنمایی یا علامت ایست*	۹۷
۳–۱–۱ . حالت یکم – تأمین امکان تطبیق سرعت خودرو	۹۷

صفحه

عنوان

۹۹
۳ـ۱ـ۲ . حالت دوم ـ تأمین امکان توقف خودروها
۱۰۰ ۳ـ۱ـ۳ . حالت سوم ـ تأمین امکان عبور از عرض راه اصلی برای خودروهای در حال توقف در پشت علامت ایست راه فرعی
۱۰۱ ۳ـ۲ . تأثیر اریب و شیب در فاصله دید
۱۰۱ ۳ـ۲ـ۱ . تأثیر اریب
۱۰۴ ۳ـ۲ـ۲ . تأثیر شیب

۱۰۴ ۴ . تقاطعهای انتهای شیبراهه‌ها در تقاطعهای مبدل لوزوی
۱۰۴ ۴ـ۱ . فاصله دید در امتداد راه متقاطع

۱۰۶ ۵ . بریدگی میانه‌ها
۱۰۷ ۵ـ۱ . ضوابط حداقل طرح برای گردش به‌چپ
۱۰۷ ۵ـ۱ـ۱ . شعاع کنترل‌کننده برای گردش حداقل
۱۰۷ ۵ـ۱ـ۲ . شکل انتهای میانه
۱۰۷ ۵ـ۱ـ۳ . حداقل طول بریدگی
۱۱۱ ۵ـ۱ـ۴ . اثر اریب در بریدگی میانه
۱۱۱ ۵ـ۲ . ضوابط طرح بیش از حداقل برای گردش به‌چپ
۱۱۶ ۵ـ۳ . طرح برای آمد و شد متلاقی
۱۱۶ ۵ـ۴ . طرح برای دورزدن‌ها
۱۱۶ ۵ـ۴ـ۱ . طرح حداقل
۱۱۶ ۵ـ۴ـ۲ . طرح ویژه برای دور زدن

۱۱۹ ۶ . خطوط میانی
۱۱۹ ۶ـ۱ . خط میانی با عرض متغیر (لچکی)
۱۱۹ ۶ـ۲ . عرض و طول خط اضافه شده میانی
۱۲۷ ۶ـ۳ . انتهای میانه‌های باریک‌شده
۱۲۷ ۶ـ۴ . جزایر تقسیم راه و جداکننده‌ها
۱۲۷ ۶ـ۵ . طول دهانه میانه

۱۲۷ ۷ . انواع و نمونه‌های تقاطعهای همسطح
۱۲۸ ۷ـ۱ . تقاطعهای سه‌شاخه (سه راهی) T و Y شکل
۱۲۸ ۷ـ۱ـ۱ . تقاطعهای ساده ـ معمولی و لاله‌ای
۱۳۰ ۷ـ۱ـ۲ . تقاطعهای هدایت‌کننده ـ با خطوط گردش مجزا و جزایر جداکننده
۱۳۲ ۷ـ۱ـ۳ . تقاطعهای هدایت کننده، با راههای گردش دو سویه
۱۳۴ ۷ـ۱ـ۴ . تقاطعهای هدایت کننده، با استاندارد بالا
۱۳۸ ۷ـ۱ـ۵ . مثالهایی از سه‌راهیهای موجود

عنوان	صفحه
۷–۲. تقاطعهای چهار شاخه (چهارراه)	۱۴۱
۷–۲–۱. چهارراههای ساده، معمولی و تعریض شده (لاله‌ای)	۱۴۱
۷–۲–۲. چهارراههای هدایت کننده، با راههای گردش و جزایر تقسیم کننده	۱۵۱
۷–۲–۳. چهارراه هدایت کننده، با استاندارد بالا	۱۵۲
۷–۲–۴. نمونه‌هایی از چهارراههای موجود	۱۵۶
۷–۳. تقاطعهای چندین شاخه	۱۵۶
۷–۴. اثر چراغ راهنما	۱۶۶
۸. تقاطعهای میدانی (فلکه‌ها)	۱۶۸
۸–۱. کلیات	۱۶۸
۸–۲. مزایا و معایب فلکه‌ها	۱۶۸
۸–۲–۱. مزایا	۱۶۸
۸–۲–۲. معایب	۱۶۸
۸–۳. طرح و اجزای فلکه	۱۶۹
۸–۳–۱. سرعت آمد و شد در فلکه	۱۶۹
۸–۳–۲. طول قطعه ضربدری	۱۷۱
۸–۳–۳. جزیره مرکزی	۱۷۲
۸–۳–۴. روسازی فلکه	۱۷۳
۸–۳–۵. ورودیها و خروجیها	۱۷۳
۸–۳–۶. جزایر جهت‌دهنده	۱۷۵
۸–۳–۷. مقطع عرض روسازی	۱۷۵
۸–۳–۸. فاصله دید و شیب	۱۷۵
۸–۳–۹. جداول و شانه‌ها	۱۷۵
۸–۳–۱۰. منظره‌سازی	۱۷۷
۸–۳–۱۱. علایم کنترل آمد و شد	۱۷۷
۸–۴. انواع و نمونه‌هایی از تقاطع میدانی (فلکه)	۱۷۷
بخش سوم – تقاطعهای غیرهمسطح	۱۸۰
۱. مقدمه	۱۸۰
۱–۱. انواع کلی مبدّلها	۱۸۱
۱–۲. مزایا	۱۸۴
۱–۳. معایب	۱۸۴
۲. کاربرد تقاطعهای غیر همسطح و مبدّلها	۱۸۵
۲–۱. آمد و شد	۱۸۵
۲–۱–۱. نوع آمد و شد	۱۸۶
۲–۲. شرایط محل	۱۸۶

عنوان	صفحه
۲ـ۳. نوع راه و اجزای تقاطع	۱۸۷
۲ـ۴. ایمنی	۱۸۷
۲ـ۵. توسعه مرحله‌ای	۱۸۷
۲ـ۶. عوامل اقتصادی	۱۸۸
۳. شرایط احداث مبدلها	۱۸۸
۴. ابنیه مربوط به تقاطعهای غیرهمسطح	۱۹۰
۴ـ۱. انواع پلهای هوایی	۱۹۰
۴ـ۲. روگذر ـ زیرگذر	۱۹۱
۴ـ۳. عرض پل و فواصل آزاد افقی	۱۹۳
۴ـ۳ـ۱. راههای زیرگذر	۱۹۴
۴ـ۳ـ۲. راههای روگذر	۱۹۷
۴ـ۴. فاصله آزاد قائم (ارتفاع آزاد زیرپلها)	۲۰۲
۵. تقاطعهای غیرهمسطح بدون شیبراهه	۲۰۴
۶. مبدلها	۲۰۵
۶ـ۱. راههای متقارب به پل	۲۰۵
۶ـ۱ـ۱. امتداد، نیمرخ و مقطع عرضی	۲۰۵
۶ـ۲. فاصله دید	۲۰۷
۶ـ۳. شیبراهه‌ها	۲۰۸
۶ـ۳ـ۱. انواع شیبراهه	۲۰۸
۶ـ۳ـ۲. فاصله بین آستانه‌های دو شیبراهه متوالی	۲۱۲
۶ـ۳ـ۳. سرعت طرح	۲۱۲
۶ـ۳ـ۴. قرارگیری و شکل	۲۱۳
۶ـ۳ـ۵. فاصله دید	۲۱۶
۶ـ۳ـ۶. موقعیت آستانه و فاصله دید	۲۱۶
۶ـ۳ـ۷. طرح شیبها و نیمرخ طولی	۲۱۷
۶ـ۳ـ۸. مقطع عرضی و شیبهای عرضی	۲۲۰
۶ـ۳ـ۹. طرح آستانه شیبراهه‌ها	۲۲۱
۶ـ۳ـ۱۰. قطعات با آمد و شد ضربدری	۲۲۵
۷. تسطیح و توسعه چشم‌انداز	۲۳۲
۷ـ۱. طرح تسطیح	۲۳۲
۷ـ۲. بذرپاشی و کاشت گیاهان	۲۳۳

عنوان	صفحه
۸. انواع و نمونه‌هایی از مبدلها	۲۳۴
۸–۱. طرحهای مربوط به تقاطعهای دارای سه شاخه راه	۲۳۴
۸–۲. طرحهای با چهار شاخه متقاطع	۲۴۴
۸–۲–۱. مبدلهای با شیبراهه‌های واقع در یک ربع بخش	۲۴۴
۸–۲–۲. مبدلهای لوزوی	۲۴۷
۸–۲–۳. مبدلهای شبدری	۲۵۴
۸–۲–۴. مبدلهای با اتصالهای مستقیم و نیمه مستقیم	۲۶۷
۸–۳. طرحهای مخصوص	۲۷۹
۸–۳–۱. مبدلهای فلکه‌ای	۲۷۹
۸–۳–۲. جداکننده‌های چندطبقه	۲۸۳

بخش یکم

اصول و مبانی و اجزای طرح تقاطعها

بنابر تعریف ، تقاطع منطقه‌ای است که دو یا چند راه (یا خیابان) به‌هم وصل می‌شوند و یا یکدیگر را قطع می‌کنند و در آن پیش‌بینی‌های لازم ،چه از لحاظ راههای ارتباطی و چه از نظر تسهیلات جانبی ، در نظر گرفته شده‌است .هر راه که از تقاطع منشعب می‌شود و قسمتی از تقاطع را تشکیل می‌دهد ،شاخه تقاطع نامیده می‌شود . متداولترین نوع تقاطع ، چهارراه است .

تقاطع یکی از قسمتهای مهم راه است که شکل و طرح آن به مقدار قابل توجهی در بازدهی، عملکرد ، ایمنی ، سرعت ، هزینه بهره‌برداری و گنجایش راه موءثر می‌باشد . در تقاطع ، ممکن است آمد و شد به‌صورت عبور مستقیم ، گردش، تبادل آمد و شد بین راهها و غیره باشد . تبادل آمد و شد به شیوه‌های مختلفی تأمین می‌شود که در طرح در نظر گرفته شده‌است .

تقاطعها به سه گروه اصلی ، به شرح زیر ،تقسیم می‌شوند : تقاطعهای همسطح ، تقاطعهای غیرهمسطح مبدل (با تبادل آمد و شد) و تقاطعهای غیرهمسطح غیرمبدل ، شامل زیرگذرها و روگذرها (بدون تبادل آمد و شد) . این قسمتها به‌طور جداگانه در مبحثهای تقاطعهای همسطح و تقاطعهای غیر همسطح مورد بررسی قرار گرفته است . پاره‌ای از اجزای طرح ، بویژه اجزای مربوط به گردشها ، میان تقاطعهای همسطح و تقاطعهای غیرهمسطح مشترک است . قسمت مشترک در این مبحث آمده‌است و دیگر اجزای طرح که مشترک نیست و جزئیات و انواع آن در رابطه با تقاطعهای همسطح و غیرهمسطح در مبحثهای مربوط بررسی خواهد شد . طرح اجزای زیرگذرها و روگذرها در معیارهای طرح مربوط به تقاطعهای غیرهمسطح آمده‌است .

در این مبحث ، مشخصات مکانیکی داده شده (یا مفروض) خودرو و خصوصیات اکثر رانندگان طرح هندسی تقاطع برمبنای ابعاد خودرو مورد نظر با استاندارد حداقل و استاندارد مطلوب داده شده‌است . در نشریه‌حاضر فقط اجزایی که در طرح‌هندسی تقاطع موءثر است‌مانند امتداد ، فاصله دید ، عرض روسازی ، بربلندی و غیره مورد مطالعه قرار گرفته است .

۱. قوسهای تقاطع

۱ـ۱. *طرح حداقل برای تیزترین گردش*

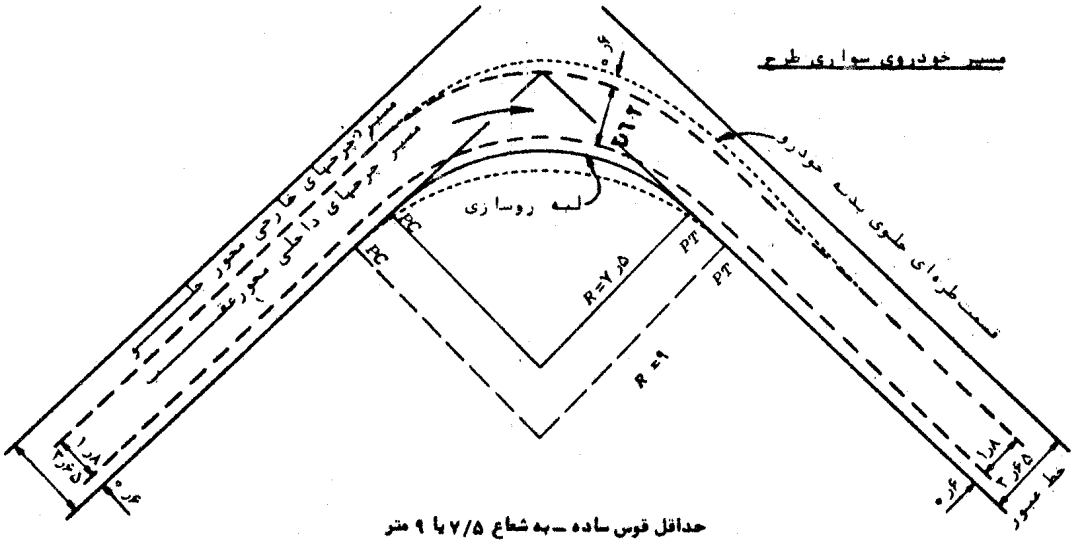
۱ـ۱ـ۱. کلیات

در مواردی که هدف، تأمین گردش خودرو در کمترین فضای ممکن می‌باشد، مانند تقاطعهای بدون خط گردش مجزا، مسیر گردش حداقل خودرو مبنای طرح قرار خواهد گرفت. این اطلاعات برای هر چهار نوع خودرو طرح در "معیارهای طرح هندسی راههای اصلی" داده شده‌است. مسیر گردش حداقل برای این چهار نوع خودرو و همچنین مسیر چرخهای خارجی محور جلو و مسیر چرخهای داخلی محور عقب و قسمت طره‌ای جلوی بدنه خودرو نیز در نشریه مربوط به معیارهای طرح راههای اصلی داده شده‌است. مسیرهای ذکر شده کوتاهترین مسیر در سرعت کم (کمتر از ۱۵ کیلومتر در ساعت) است که کمی بیشتر از مسیر حداقل ممکن تمام خودروهای آن گروه می‌باشد. البته در مسیرهای مذکور مقدار فاصله حداقلی برای خطای کم راننده درنظر گرفته شده‌است. تقاطعی که بر مبنای مسیرهای ذکر شده طرح شده‌باشد، به‌عنوان طرح هندسی با حداقل ابعاد، قابل قبول است. در طرح هندسی لبه روسازی برای گردش حداقل، فرض بر آن است که خودرو در شروع و انتهای مماس پیچ‌قوس در داخل خط عبور، به‌طور صحیح قرار گرفته است؛ یعنی اینکه خودرو در آغاز و پایان قوس در ۰/۶۰ متری لبه روسازی قرار دارد. در شکلهای ۱، ۲ و ۳، ابعاد هندسی روسازی با فرض شرایط بالا داده شده است. در این طرحها مسیر چرخهای داخلی خودرو بر روی رویه قرار گرفته، و فاصله آزاد چرخهای خودرو طرح تا لبه روسازی برابر با ۰/۶۰ متر یا بیشتر بوده، و در هیچ نقطه‌ای کمتر از ۰/۲۲ متر نیست.

برای گردش به راست و گردش به چپ، مسیر چرخهای داخلی با هم کمی متفاوت است ولی این تفاوت ناچیز بوده، و در طرح هندسی تأثیر ندارد. ابعاد مسیرهای گردش به‌راست برای گردش به چپ نیز صادق است.

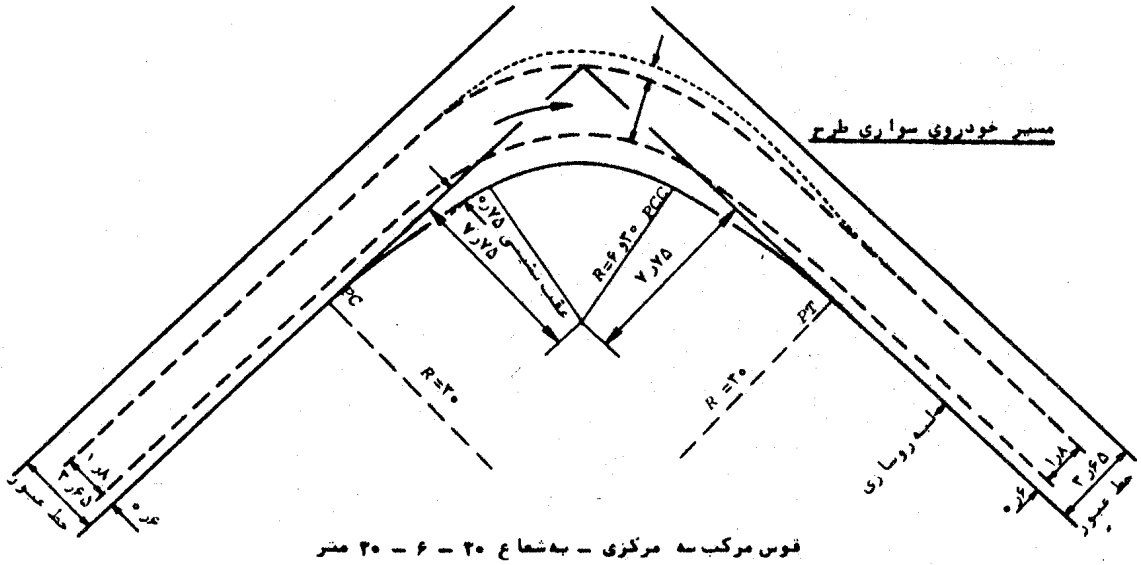
۱ـ۱ـ۲. انتخاب طرح حداقل برای شرایط معین

طرحهای داده‌شده در شکلهای ۱ تا ۳، طرحهایی است که برای گردش خودروهای مختلف طرح با تیزترین گردش داده شده‌است. طرحهای ممکن، محدود به طرحهای یاد شده نیست و می‌توان ترکیب قوسهای مختلفی را به‌دست آورد که دارای همان نتایج و عملکرد قابل قبول مشابه طرحهای بالا باشد. قبل از هر چیز، طراح مایل است بداند که از طرحهای بالا (شکلهای ۱ تا ۳) کدام را برای طرح یک خط‌گردش (به راست یا چپ) در حداقل فضای ممکن، انتخاب نماید. انتخاب هریک از طرحهای یاد شده تابع نوع و ابعاد خودروی است که می‌خواهد گردش کند. این انتخاب تابع چگونگی رعایت استانداردها و معیارهای مذکور نیز هست. این امر، به نوبت خود، ممکن است تابع عوامل دیگری مانند نوع و مشخصات شاخه‌های تقاطع، مقدار آمد و شد، نسبت درصد خودروهای بزرگ درآمد و شدی که می‌خواهد گردش نماید و بالاخره اثر این خودروها بر جریان آمد و شد نیز باشد. به‌عنوان مثال، اگر تقریبا "تمام آمد



حداقل قوس ساده ــ به شعاع ۷/۵ یا ۹ متر

(الف)



قوس مرکب سه مرکزی ــ به شعاع ۲۰ ــ ۶ ــ ۲۰ متر

(ب)

شکل ۱. طرح حداقل برای سواری ــ قوس لبه روسازی برای گردش ۹۰ درجه

***یادآوری:** در تمام نمودارها واحد ارقام متر است، مگر اینکه واحد دیگری ذکر شده باشد.*

و شد گردنده از نوع سواری باشد، طرح تقاطع برای خودروهای بزرگ غیرضروری و اتلاف سرمایه است، به‌شرط آنکه برای کامیون‌های بزرگ که انتظار می‌رود به‌ندرت و به‌تعداد محدود در تقاطع مذکور گردش نمایند، امکان گردش- حتی با منحرف شدن و وارد شدن به خطوط عبور مجاور- وجود داشته باشد (البته بدون ایجاد اختلال زیاد در سایر آمد و شدها). بنابراین، لازم است که طراح، مسیرهای احتمالی و مقدار انحرافاتی (به‌خط مجاور) را که ممکن است در اثر گردش یک خودرو بزرگتر از خودرو طرح به‌وجود آید، تجزیه و تحلیل کند. در شکل ۴، مسیرهای گردش خودروهای از نوع استاندارد کامیون، تریلی متوسط و تریلی بزرگ بر روی یک‌مسیر گردش به‌راست که لبه داخلی روسازی آن برای سواری طرح شده‌است (سه‌قوس مرکب به شعاعهای ۳۰ و ۶ و ۳۰ متر که قوس وسطی دارای ۰/۶ متر عقب‌نشینی است)، نشان داده شده‌است.

در شکل ۴ (الف) سه مسیر از قسمت طره‌ای جلوی خودرو در موقع گردش به شرح زیر نشان داده شده‌است:

مسیر ۱. مسیری است که کامیون طرح، بدون آنکه از خط عبور خود در جاده خروجی* خارج شود، با کوچکترین شعاع ممکن گردش می‌کند و در جاده متقاطع ورودی انحراف پیدا می‌نماید (خط نشان داده شده، مسیر قسمت طره‌ای جلوی بدنه خودرو است).

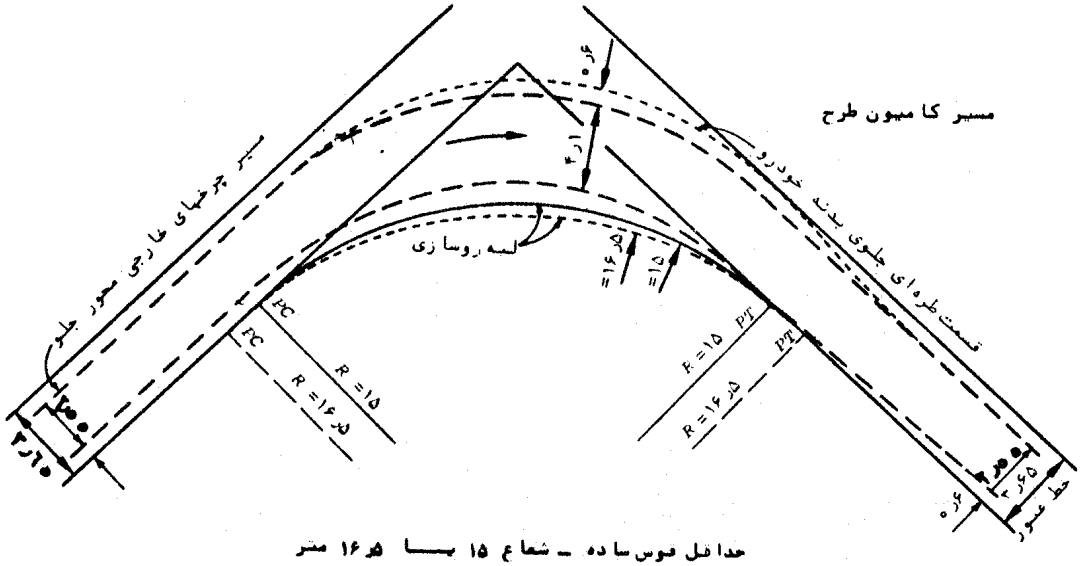
مسیر ۲، برعکس مسیر ۱، مسیری است که کامیون طرح در جاده‌ٔ خروجی تا آن اندازه منحرف می‌شود که با کوچکترین گردش بتواند دقیقا "وارد خط عبور مورد نظر در جاده متقاطع ورودی گردد.

مسیر ۳. حد واسط مسیرهای ۱ و ۲ است و در آن، خودرو طوری گردش می‌کند که مقدار انحراف آن در خطوط مجاور، هم در جاده خروجی و هم در جاده متقاطع ورودی، تقریبا" مساوی باشد.

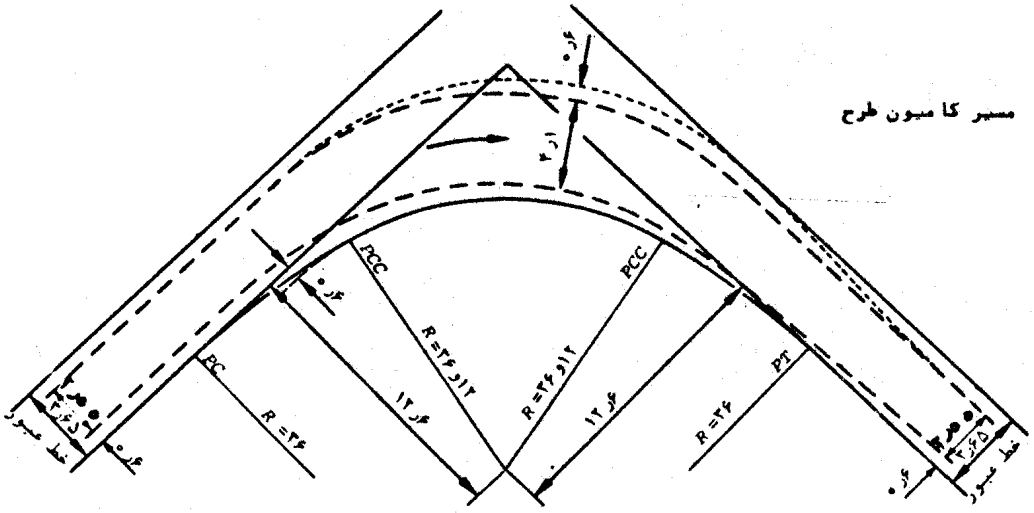
همان‌طوری که در شکل ۴ (الف) نشان داده شده‌است، قسمت طره‌ای جلوی کامیون طرح، در گردش به‌طرف راست در مسیر ۱ حدود ۶٫۳۵ متر از لبه روسازی در راه‌متقاطع فاصله پیدا می‌کند (یعنی به اندازه‌ٔ ۲٫۷۰=۳٫۶۵ - ۶٫۳۵ متر وارد خط مجاور می‌شود) و در مسیر ۲ برای آنکه وارد خط عبور مورد نظر در شاخه تقاطع (جاده سمت راست) شود، باید حدود ۸٫۵ متر در جاده خروجی از لبه سمت راست روسازی دور شود و در صورتی‌که بخواهد از مسیر ۳ استفاده کند، مقدار انحراف در هر دو جاده (خروجی و ورودی) حدود ۱٫۱۵ (۳٫۶۵ - ۴٫۸۰) متر خواهد بود. گردشهای بالا به‌خوبی نشان می‌دهند که در تقاطعی‌که برای خودرو سواری طرح شده‌است، کامیون طرح می‌تواند با مقداری انحراف به خطوط مجاور گردش نماید، به‌فرض آنکه راه حداقل دو خطه باشد؛ البته، این گردش ممکن است باعث اختلال و یا سد شدن سایر آمد و شدها گردد. نوع گردش انتخاب شده به‌وسیله راننده و مقدار

---

* منظور از جاده خروجی، راهی است که خودرو قصد ترک آن را دارد؛ جاده متقاطع ورودی، جاده‌ای است که خودرو به‌آن وارد می‌شود.

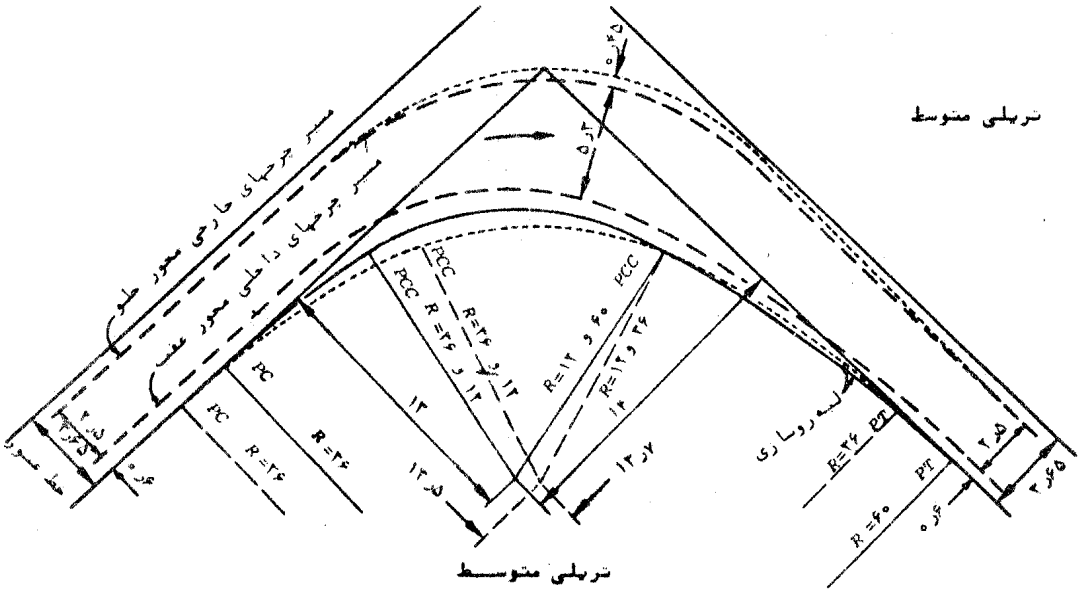


حداقل قوس ساده ـ شعاع ۱۵ تا ۱۶٫۵ متر
(الف)



قوس مرکب سه مرکزی به شعاعهای ۳۶، ۱۲، ۳۶ متر

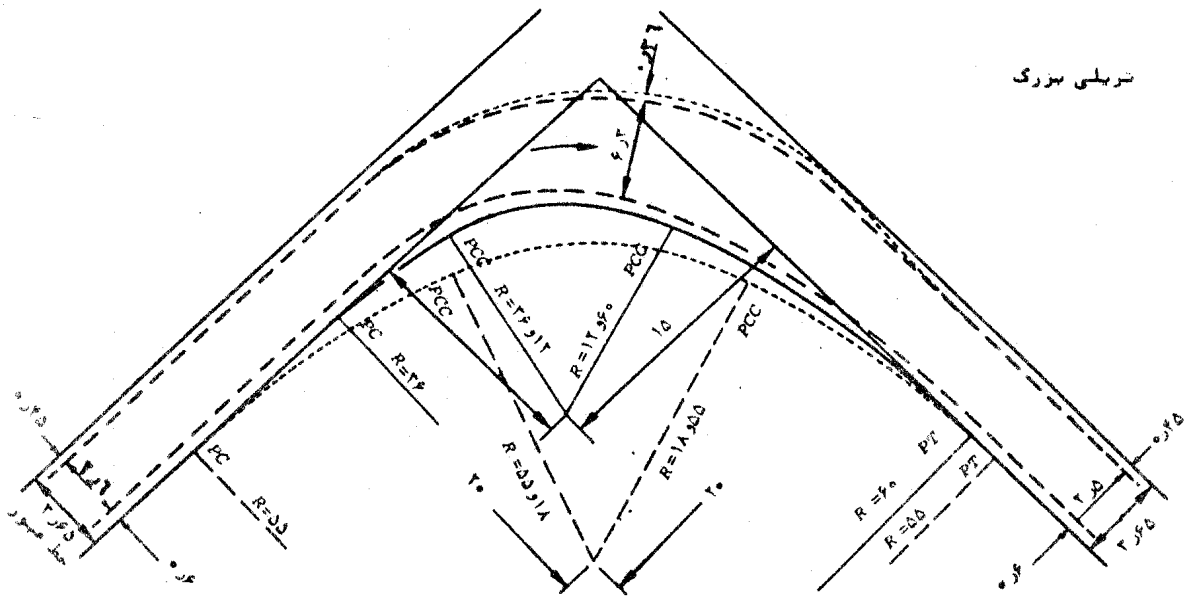
شکل ۲ . طرح حداقل‌برای کامیون و سواری ـ قوس لبه روسازی برای گردش ۹۰ درجه



تریبلی متوسط

قوس مرکب سه مرکزی به شعاع ۳۶، ۱۲، ۶۰ و عقب‌نشستگی ۰/۶ و ۱/۸ یا
به شعاع ۳۶،۱۲،۳۶۰ و عقب‌نشستگی ۱/۵

(الف)



تریبلی متوسط

قوس مرکب سه مرکزی به شعاع ۳۶، ۱۲، ۶۰ و عقب‌نشستگی ۰/۶ و ۳/۰ یا
به شعاع ۵۵،۱۸،۵۵ و عقب‌نشستگی ۱/۸

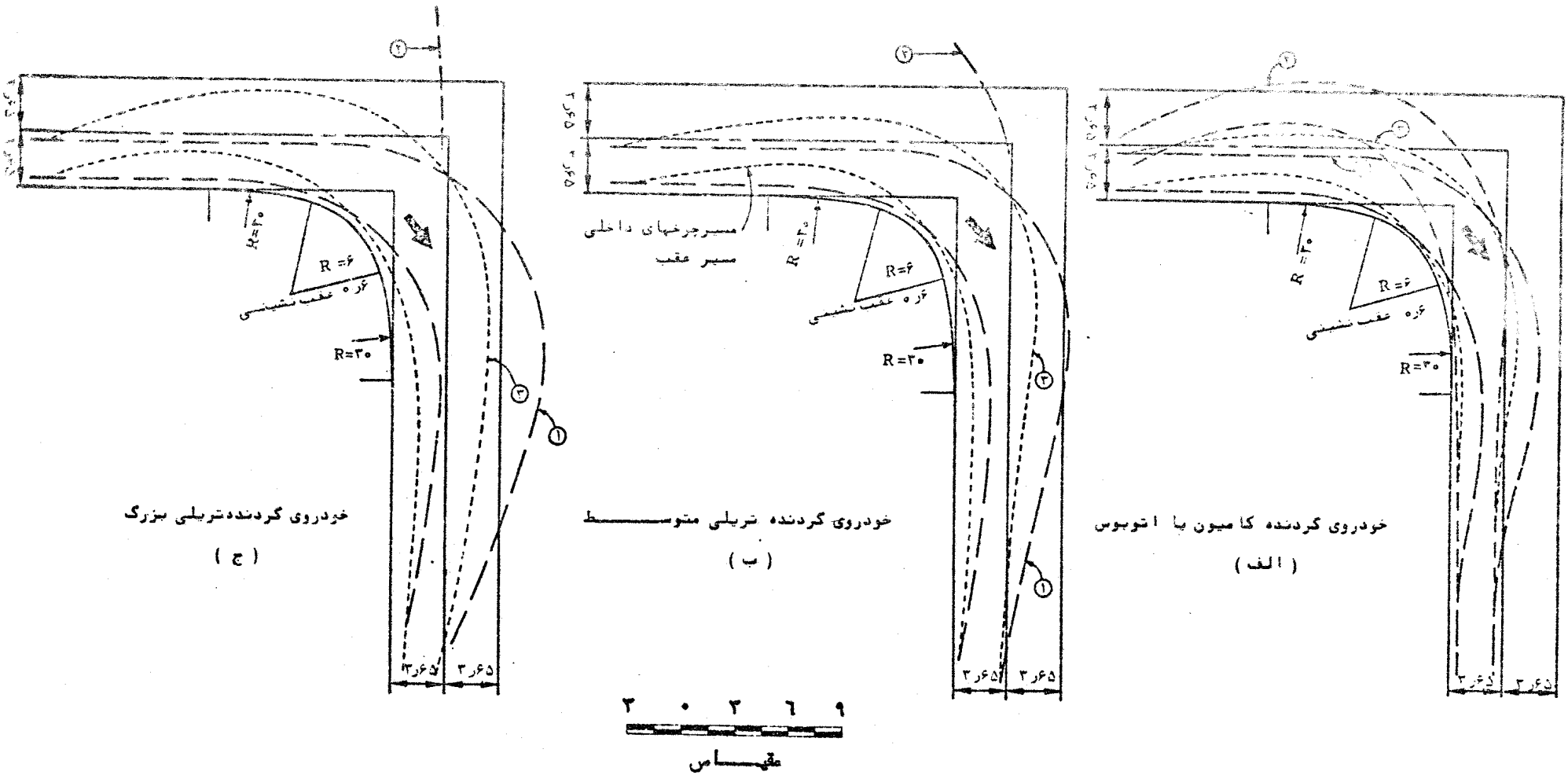
(ب)

شکل ۳. طرح حداقل برای تریبلی ــ قوس لبه روسازی برای گردش ۹۰ درجه

تجاوز به خط مجاور، تابع وضع کلی آمد و شد به‌هنگام گردش می‌باشد. همان‌طوری که در بالا شرح داده شد، انحراف ممکن است در جاده خروجی در موقع نزدیک شدن به تقاطع، و یا برعکس در جاده‌ای که خودرو وارد آن می‌شود، انجام گیرد و یا حد میانی این دو حالت باشد، یعنی مقداری از انحراف در جاده خروجی انجام شود و مقداری هم در جاده ورودی. اگر شاخه خروجی که در آن، خودرو به‌طرف تقاطع در حرکت است راه اصلی با مقدار آمد و شد زیاد باشد و شاخه‌ای که گردش در آن انجام می‌گیرد، راه فرعی با آمد و شد کم، انتخاب مسیر منطقیترین نوع گردش است؛ البته، به این شرط که جاده فرعی دارای عرض کافی باشد. اگر شاخه خروجی که خودرو در آن گردش می‌نماید، جاده فرعی با عرض کافی و با آمد و شد کم باشد و شاخه‌ای که در آن گردش انجام می‌پذیرد، جاده اصلی با آمد و شد زیاد، منطقیتر است که راننده گردش ۲ را انتخاب کند. اگر هر دو شاخه تقاطع از نظر عرض و مقدار و چگونگی آمد و شد در لحظه گردش، مشابه باشند، به احتمال زیاد، راننده نحوه عمل بین روشهای ۱ و ۲ را انتخاب خواهدنمود. شکلهای ۴ـ ب و ۴ـ ج نشان می‌دهد که تریلیهای متوسط و بزرگ نیز قادر خواهندبود در یک تقاطع ۹۰ درجه که لبه داخلی روسازی آن برای سواری طرح شده، و عرض شاخه‌های تقاطع معادل دو خط عبور یا بیشتر باشد، گردش نمایند. ولی در این حالت، برعکس حالت قبل، رانندگان تریلی آزادی عمل زیادی برای انتخاب روشهای مختلف گردش خواهند داشت. در این حالت، مقدار انحراف از حالت قبل (گردش کامیون طرح) بیشتر خواهد بود. همان‌طوری که در شکل ۵ نشان داده شده‌است، هنگامی که لبه داخلی قوس تقاطع برای کامیون طرح شده باشد (قوس مرکب سه مرکزی به شعاعهای ۳۶ و ۱۲ و ۳۶ متر)، تریلی متوسط با کمی انحراف به‌راحتی می‌تواند در آن گردش نماید و مقدار انحراف آن برای روشهای گردش ۱ و ۳، به‌فرض آنکه عرض خط عبور ۳٫۶۵ متر باشد، به‌ترتیب ۰/۶ و ۰/۴۵ متر خواهدبود. تریلی بزرگ نیز می‌تواند در تقاطع مذکور به‌راحتی گردش کند؛ مقدار انحراف این تریلی برای روشهای گردش ۱ و ۳ به‌ترتیب برابر ۲/۱ و ۱/۲ متر خواهد بود (شکل ۵ـ ب).

با تجزیه و تحلیل روشهای گردش بالا و مسیرهای مربوط، و با توجه به دیگر مشخصات و اطلاعات، طراح می‌تواند حداقل ابعاد طرح را تعیین نماید. کاربرد حداقل طرح برای گردشها، حتی برای راههای برونشهری، گوناگون است. ممکن است، حداقل ابعاد طرح برای گردش برای شرایطی مناسب باشد که به‌طور کلی سرعت کم، ارزش زمین زیاد و مقدار عبور گردشی کم باشد. انتخاب نوع وسیله طرح، به قضاوت طراح پس از تجزیه و تحلیل تمام شرایط و بررسی اثر خودرو بزرگتر بستگی دارد. به‌طور خلاصه، حداقل سه استاندارد طرح لبه روسازی برای گردش به شرح زیر است:

طرح برای سواری (شکل ۱): این طرح در تقاطعهای راههای کم آمد و شد فرعی که حداقل تعداد گردش انتظار می‌رود، یا در تقاطع یک راه محلی با یک راه اصلی در شرایطی که گردش گهگاه اتفاق می‌افتد و یا در تقاطع دو راه فرعی با آمد و شد کم به‌کار می‌رود. یادآوری می‌شود که بهتر است در صورت امکان در تمام موارد بالا تقاطع بر مبنای کامیون (شکل ۲) طرح شود.

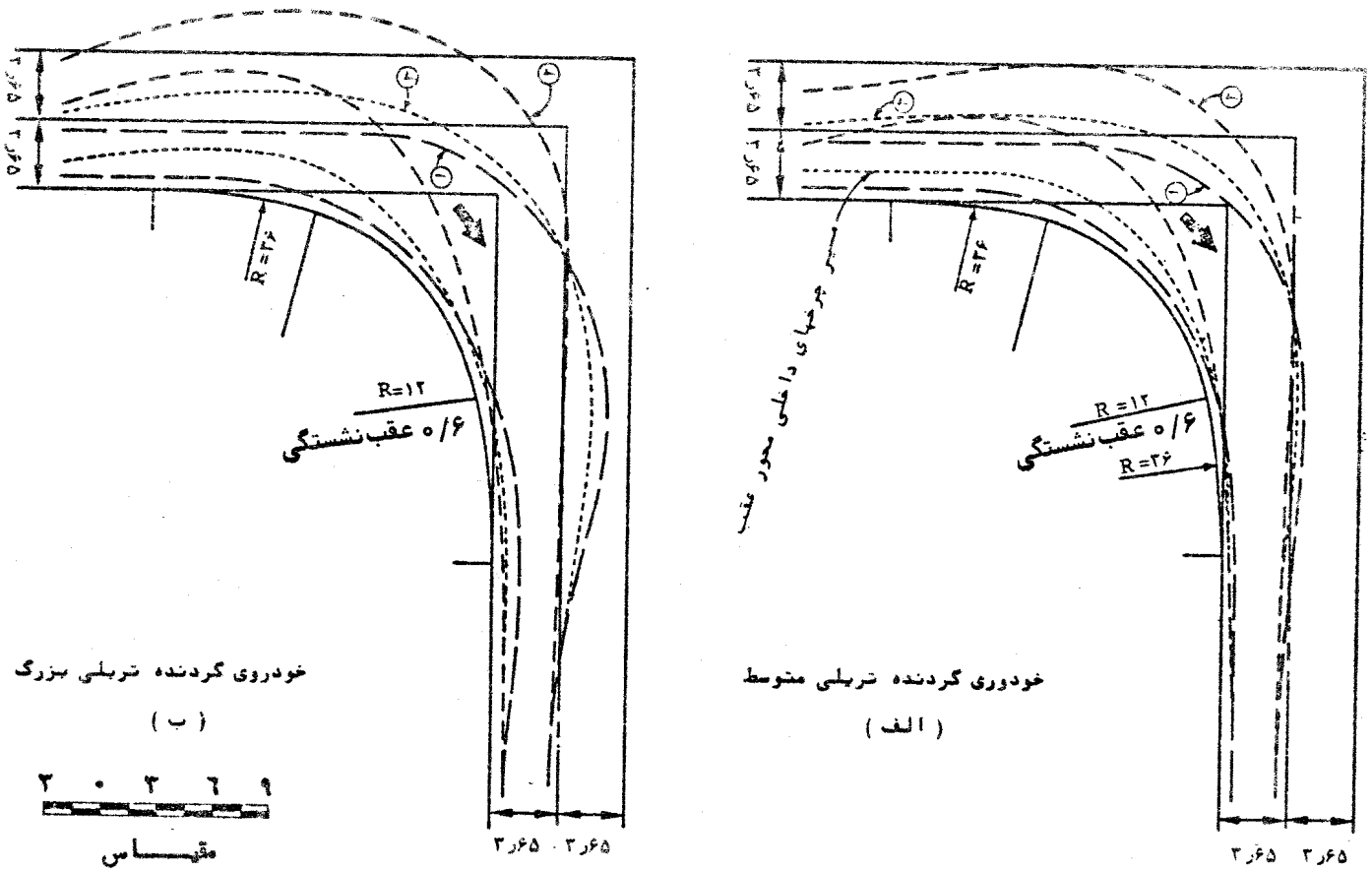


۱. ـــــ مسیری که خودرو، بدون آنکه از خط عبور راه خروجی خارج شود، با شعاع حداقل گردش کرده و در جاده تقاطع انحراف پیدا می‌کند.

۲. ـــــ مسیری که خودرو در جاده خروجی آن‌قدر انحراف پیدا می‌کند که با شعاع گردش حداقل بتواند وارد خط عبور مورد نظر از جاده تقاطع گردد.

۳. ـــ ـــ مسیر گردش خودرو، به‌طوری که مقدار انحراف آن به خط مجاور، چه در راه خروجی و چه در راه متقاطع، مساوی باشد.

شکل ۴. طرح حداقل برای قوس لبه روسازی برای سواری و مسیرهای لازم خودروهای بزرگتر.



۱. ـــــ ـــــ مسیری است که خودرو، بدون آنکه از خط عبور راه خروجی خارج شود، با شعاع حداقل گردش نموده و در جاده تقاطع انحراف پیدا می‌نماید.

۲. ـــــ ـــــ مسیری است که خودرو در جاده خروجی آن اندازه انحراف می‌نماید که با شعاع گردش حداقل بتواند وارد خط عبور مورد نظر از جاده تقاطع گردد.

۳. ـ ـ ـ ـ مسیر گردش خودرو، به‌طوری که مقدار انحراف آن به خطوط مجاور، چه در راه خروجی و چه در راه متقاطع، تقریبا" برابر است.

شکل ۵. طرح حداقل برای قوس لبه رویاری برای کامیون طرح و اتوبوس و مسیرهای لازم برای خودروهای بزرگتر

طرح برای کامیون (شکل ۲) : به‌طور کلی ،این طرح به‌عنوان طرح حداقل برای تمام راههای برونشهری (بجز در موارد بالا) پیشنهاد می‌گردد .ولی با این حال ،بهتر است که در راههای اصلی ، تقاطعهای با گردش‌مهم ــ بویژه آنها که گذرگاه نسبت درصد زیادی از کامیونها هستند ــ با شعاعهای بزرگتر ، یا با خطوط تغییر سرعت و یا با هردوی آنها طرح گردند .

طرح برای تریلی (شکل ۳) : این‌طرح در مواردی به‌کار برده‌می‌شود که خودروهای بزرگ تقریبا" هم‌اندازه تریلی طرح به‌طور مکرر در تقاطع گردش می‌کنند .پس از انتخاب طرح تقاطع بر مبنای تریلی ، هنگامی‌که نسبت درصد خودروهای سواری در آمد و شد گردنده قابل توجه باشد ، بهتر است که طرح سه قوس مرکب متقارن (خط چین در شکل ۳) انتخاب شود . از آنجایی که این طرح (بویژه در مواردی که در بیش از یکی از چهار گردش به راست تقاطع همسطح به‌کار می‌رود) سطح رویه بزرگی را ایجاب می‌کند که ممکن است کنترل آمد و شد در آن مشکل باشد ، بهتر است که خطوط گردش مجزا (هدایت‌کننده) به‌کار برده شود . در این حالت ، شعاع گردش کمی بزرگتر انتخاب می‌شود (به بحث طرح خطوط‌گردش که در قسمتهای بعدی آمده‌است ، مراجعه شود) .

طرح حداقل و یا حدود حداقل برای خطوط‌گردش ـ در تقاطعهای‌با خطوط‌گردش مجزا ، غالبا" ضرورت دارد ،بویژه در شرایطی‌که حرکتهای برخوردزا باید کنترل شود ، یا در شرایطی که نصب چراغ راهنمایی ضروری است و یا در تقاطعهای فرعی در مواردی که گردش به تعداد کمی صورت می‌گیرد . همچنین ، طرح حداقل ممکن است در راههای با حریم محدود ، که در آنها سرعت بالا یا مقدار آمد و شد زیاد است ، به‌کار رود . در این مورد ، باید خط تغییر سرعت به‌کار برده شود .

به‌کار بردن جدول در لبه‌روسازی قوسهای‌تیز تقاطع ،گردش خودرو را دچار محدودیت می‌کند . خودرو طرح در موقع گردش در قوس با شعاع حداقل باید بادقت عمل کند تا با جدول برخورد ننماید . به این دلیل ، بهتر است در شرایطی که جدول در لبه روسازی قوسها به‌کار برده می‌شود ، شعاع قوس کمی بیشتر از حداقل پیشنهادی انتخاب گردد .

۱ــ۱ــ۳ . گردش با زاویه غیرقائم

طرح حداقل لبه‌روسازی تقاطعهای با زاویه غیرقائم به همان روش ارائه شد ، برای تقاطعهای قائم بسط داده شده‌است . به‌منظور یافتن کمترین شعاع گردش ، ابتدا مسیر خودرو طرح در تیزترین گردشها رسم می‌شود و سپس ، قوس یا ترکیب چند قوس بر مسیر چرخهای داخلی عقب خودرو طرح انطباق داده می‌شود . طرح حداقل پیشنهادی برای هریک از انواع خودروهای‌طرح با تیزترین گردش در حالت زوایای مختلف در جدول ۱ داده شده‌است .

جدول ۱ . حداقل لبه روسازی برای پیچهای تقاطع

خودروی طرح	زاویه گردش (درجه)	شعاع قوس ساده (متر)	قوس مرکب سه مرکزی متقارن		قوس مرکب سه‌مرکزی نامتقارن	
			شعاع (متر)	عقب‌نشستگی	شعاع (متر)	عقب‌نشستگی
سواری	۳۰	۱۸	—	—	—	—
کامیون		۳۰	—	—	—	—
تریلی‌متوسط		۴۵	—	—	—	—
تریلی‌بزرگ		۶۰	—	—	—	—
سواری	۴۵	۱۵	—	—	—	—
کامیون		۲۲,۵	—	—	—	—
تریلی‌متوسط		۳۶	—	—	—	—
تریلی‌بزرگ		۵۰	۶۰،۳۰،۶۰	۰/۹	—	—
سواری	۶۰	۱۲	—	—	—	—
کامیون		۱۸	—	—	—	—
تریلی‌متوسط		۲۷	—	—	—	—
تریلی‌بزرگ		—	۶۰،۲۲/۵،۶۰	۱/۷	۷۵،۲۲/۵،۶۰	۱/۸،۰/۶
سواری	۷۵	۱۰/۵	۳۰،۷/۵،۳۰	۰/۶	—	—
کامیون		۱۶/۵	۳۶،۱۳/۵،۳۶	۰/۶	—	—
تریلی‌متوسط		۲۵	۳۶،۱۳/۵،۳۶	۱/۵	۶۰،۱۳/۵،۳۶	۲/۰،۰/۶
تریلی‌بزرگ		—	۴۵،۱۵،۴۵	۱/۸	۷۰،۱۵،۴۵	۳/۰،۰/۶
سواری	۹۰	۹	۳۰ ،۶ ،۳۰	۰/۷۵	—	—
کامیون		۱۵	۳۶،۱۲،۳۶	۰/۶	—	—
تریلی‌متوسط		—	۳۶،۱۲،۳۶	۱/۵	۶۰،۱۲،۳۶	۱/۸،۰/۶
تریلی‌بزرگ		—	۵۵،۱۸،۵۵	۱/۸	۶۰،۱۲،۳۶	۳/۰،۰/۶
سواری	۱۰۵	—	۳۰ ،۶ ،۳۰	۰/۷۵	—	—
کامیون		—	۳۰،۱۰/۵،۳۰	۰/۹	—	—
تریلی‌متوسط		—	۳۰،۱۰/۵،۳۰	۱/۵	۶۰،۱۰/۵،۳۰	۲/۵،۰/۶
تریلی‌بزرگ		—	۵۵،۱۳/۵،۵۵	۲/۵	۶۳،۱۲،۴۵	۳/۰،۰/۶
سواری	۱۲۰	—	۳۰ ،۶ ،۳۰	۰/۶	—	—
کامیون		—	۳۰ ،۹ ،۳۰	۰/۹	—	—
تریلی‌متوسط		—	۳۶ ،۹ ،۳۶	۱/۸	۵۵ ،۹ ،۳۰	۲/۷،۰/۶
تریلی‌بزرگ		—	۵۵،۱۲،۵۵	۲/۵	۶۶،۱۰/۵،۴۵	۳/۶،۰/۶
سواری	۱۳۵	—	۳۰ ،۶ ،۳۰	۰/۴۵	—	—
کامیون		—	۳۰ ،۹ ،۳۰	۱/۲	—	—
تریلی‌متوسط		—	۳۶ ،۹ ،۳۶	۲/۰	۵۵،۷/۵،۳۰	۳/۹،۰/۹
تریلی‌بزرگ		—	۴۸ ،۱۰/۵،۴۸	۲/۷	۵۶ ،۹ ،۴۰	۴/۲،۰/۹
سواری	۱۵۰	—	۲۲/۵،۵/۵،۲۲/۵	۰/۶	—	—
کامیون		—	۳۰ ،۹ ،۳۰	۱/۲	—	—
تریلی‌متوسط		—	۳۰ ،۹ ،۳۰	۱/۸	۴۸،۷/۵،۲۷	۳/۳،۰/۹
تریلی‌بزرگ		—	۴۸،۱۰/۵،۴۸	۲/۱	۵۵ ،۹ ،۳۶	۴/۲،۰/۹
سواری	۱۸۰	—	۱۵،۴/۵،۱۵	۰/۱۵	—	—
کامیون		—	۳۰ ،۹ ،۳۰	۰/۴۵	—	—
تریلی‌متوسط		—	۳۰ ،۶ ،۳۰	۲/۸۵	۴۵ ،۶ ،۲۵	۳/۹،۱/۸
تریلی‌بزرگ		—	۴۰ ،۷/۵،۴۰	۲/۸۵	۵۵۷/۵،۳۰	۳/۹،۱/۸

برای ایجاد سهولت در کار، زاویه تقاطع به‌وسیله "زاویه گردش" مشخص می‌شود که عبارت از زاویه‌ای است که خودرو به‌هنگام گردش طی می‌کند؛ به‌عبارت دیگر، زاویه گردش برابر مقدار انحراف از مسیر اولیه است. برای زاویه گردش کمتر از ۹۰ درجه، شعاع لازم برای انطباق مسیر حداقل خودرو طرح بزرگتر از شعاعهای پیشنهادی برای تقاطعهای قائم می‌باشد. در این موارد، این شعاع بزرگتر مقدار ناچیزی به سطح روسازی و یا عرض خطوط گردش اضافه می‌کند. برای زاویه گردش بیشتر از ۹۰ درجه، شعاعها کاهش می‌یابد اما مقدار عقب‌نشینی قوس میانی زیاد می‌شود.

طرح حداقل پیشنهادی برای زوایای مختلف گردش در جدول ۱ داده شده‌است.

ترکیبهای دیگری از قوسها را می‌توان یافت که نتایج و عملکرد قابل قبولی داشته باشند. به‌کار بردن خط‌لچکی با قوس‌ساده یکی از روشهای دیگر طرح لبه روسازی برای گردش در تقاطعهاست. در شرایطی که لازم است سطح تقاطع حداقل ممکن باشد، بسته به نوع و اندازه خودرو گردنده و مقدار رعایت معیارها، طراح می‌تواند هریک از طرحهای داده شده در جدول ۱ را انتخاب نماید. معیارهای مختلفی که قبلا "باعنوان "انتخاب طرح حداقل برای شرایط معین ردیف ۱–۱–۲" شرح داده شده نیز در اینجا صادق است.

در تقاطعهای ۹۰ درجه که لبه داخلی روسازی برای سواری طرح شده‌است، تمام کامیونها می‌توانند با تجاوز به خط مجاور، گردش کنند. واضح است که در تقاطعهای با زوایای گردش کمتر از ۹۰ درجه که لبه داخلی روسازی آنها برای سواری طرح شده‌است، کامیونها می‌توانند با تجاوز کمتری به خط عبور مجاور (نسبت‌به زاویه گردش ۹۰ درجه) گردش کنند. برای زوایای گردش بیشتر از ۹۰ درجه، طرح حداقل خودرو سواری باید طوری تنظیم و اصلاح گردد که اطمینان حاصل شود کامیونهای گردنده در داخل دو خط عبور باقی خواهند ماند. در این مورد، برای زاویه گردش ۱۲۰ درجه و بیشتر، می‌توان همان ابعاد سه قوس مرکب که برای طرح گردش سواری در نظر گرفته شده‌است (۳۰–۶–۳۰ متر) به‌کار برد، ولی مقدارعقب‌نشستگی قوس میانی باید از ۰/۷۵ متر تا ۳ متر برای زاویه گردش ۱۸۰درجه (دور زدن) افزایش داده شود. به‌طور کلی، اگر امکانات اجازه دهد، بهتر است حتی برای راههای فرعی، طرح برمبنای کامیون طراحی شود. در طرح حداقل برمبنای کامیون، تریلیهای متوسط و بزرگ نیز می‌توانند با کمی انحراف به خط مجاور، گردش نمایند.

طرح تقاطع برای زاویه گردش بیش از ۹۰ درجه ممکن است به‌طور غیرضروری موجب ایجاد سطح بزرگ روسازی شود که قسمتهایی از آن غالبا "بدون استفاده باقی خواهد ماند، به‌علاوه، سبب گیج شدن رانندگان و بروز خطراتی برای عابران خواهدشد. این اشکال با به‌کار بردن سه قوس مرکب غیر متقارن و با یک‌قوس با شعاع بزرگتر همراه با یک جزیره، به‌مقدار قابل ملاحظه‌ای رفع خواهد شد. در صورت‌امکان، در تقاطع راههای اصلی که زاویه گردش بیش از ۱۲۰ درجه است، خطوط گردش مجزا برای گردش به راست در نظر گرفته می‌شود.

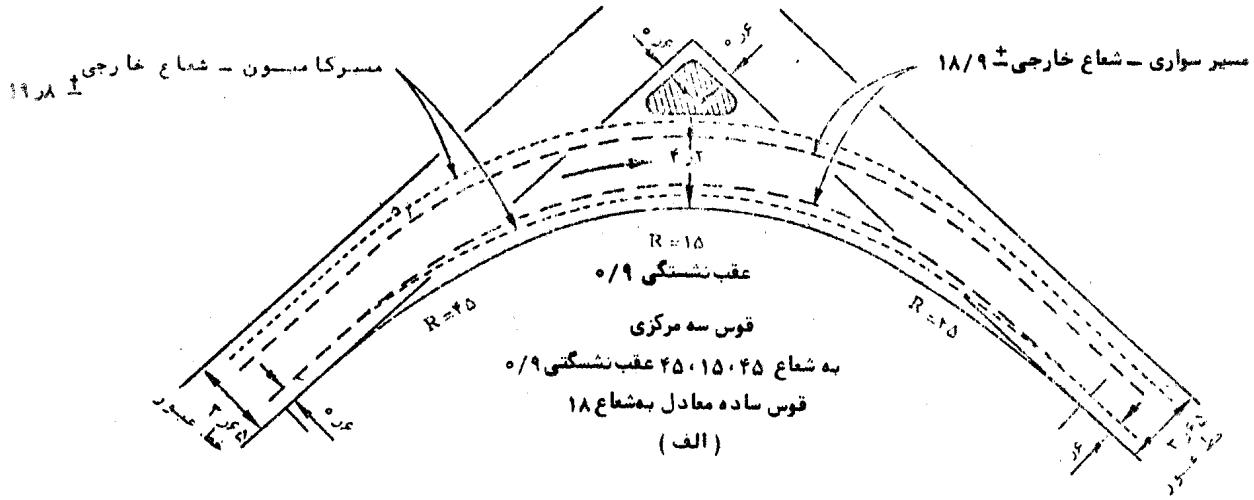
۱ـ۳. *طرح حداقل برای خطوط‌گردش*

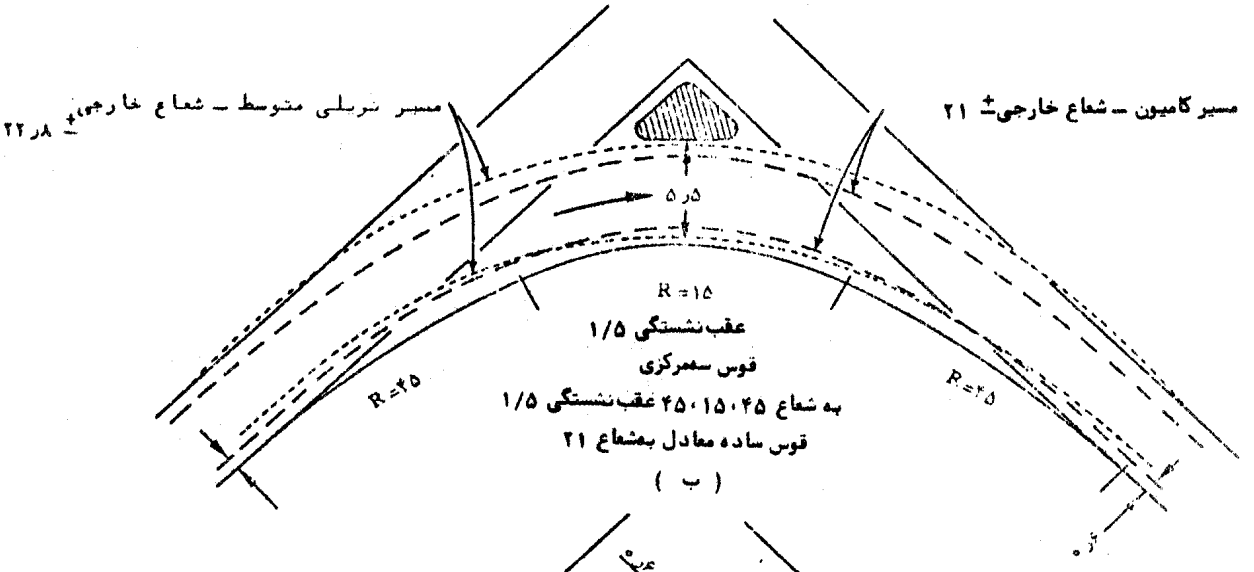
اگر در یک تقاطع، لبه داخلی روسازی در گردش به راست برای تریلی طرح شده، و یا طرح برمبنای سواری با سرعت گردش ۲۵ کیلومتر در ساعت یا بیشتر در نظر گرفته شده باشد، سطح رویه در تقاطع بیش از اندازه افزایش می‌یابد، به‌طوری که کنترل و هدایت صحیح آمد و شد با اشکال روبه‌رو خواهد شد. برای رفع این اشکال، یک جزیره (معمولا "مثلثی شکل) در گوشه تقاطع احداث می‌شود تا به کمک آن، یک خط عبور مجزا برای خودروهای گردنده به‌وجود آید.

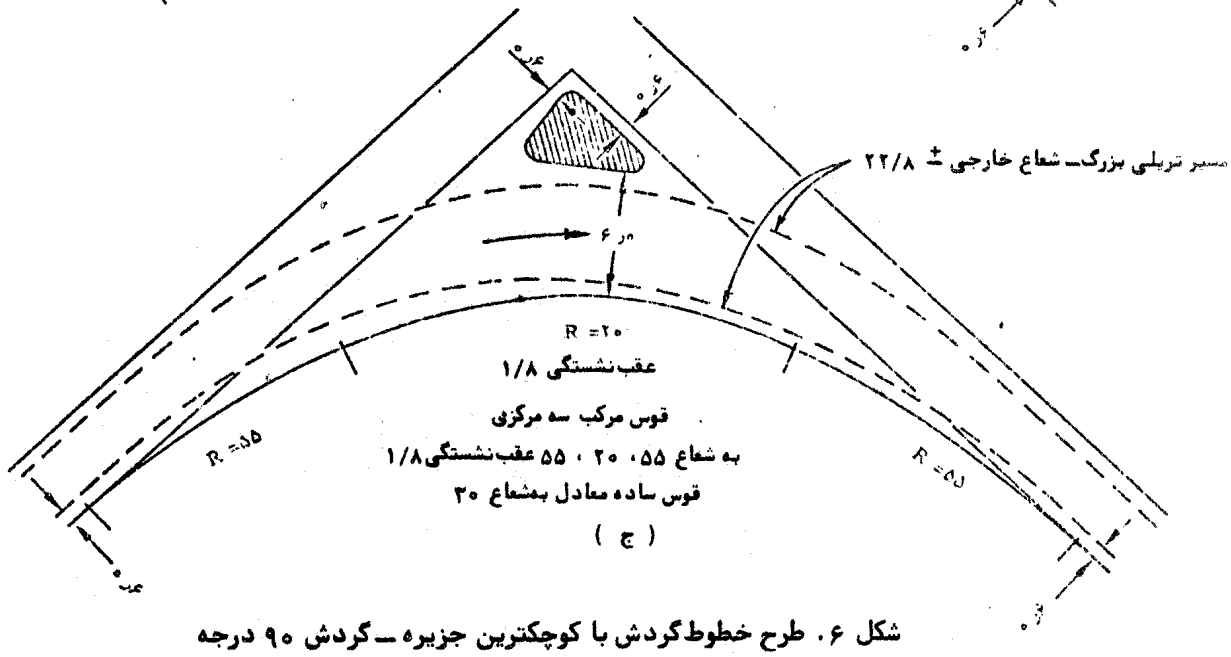
۱ـ۳ـ۱. گردش قائم با جزیره هدایت‌کننده

در طرح حداقل خطوط‌گردش، اجزای اصلی کنترل‌کننده عبارتند از امتداد لبه داخلی روسازی و عرض خطوط‌گردش که برای گردش خودروی طرح با سرعت کم در نظر گرفته شده‌است. با به‌کار بردن شعاع بیش از طرح حداقل، سطح روسازی وسیعی بین دوشاخه راه به‌وجود می‌آید، به‌طوری که می‌توان یک جزیره هدایت‌کننده (معمولا "مثلثی شکل) در آن قرار داد. ایجاد چنین جزیره‌ای باعث هدایت بهتر آمد و شد عبوری و گردنده می‌شود و در ضمن، محل مناسبی برای نصب علایم راهنمایی و پناه پیاده به‌وجود می‌آید. چون ابعاد این جزیره نباید خیلی کوچک باشد، لذا اندازه آن یکی از عوامل کنترل‌کننده طرح خواهد بود. کوچکترین سطحی که برای جزیره در نظر گرفته می‌شود، نباید از حدود ۵ متر مربع (ترجیحا "۷ متر مربع) کمتر باشد. اضلاع کوچکترین جزیره مثلثی نباید پس از گرد کردن گوشه‌ها از ۲٫۵ متر (ترجیحا "۳٫۶ متر) کمتر باشد. برای نصب علایم و یا برف‌روبی آسانتر، بهتر است جزایر بزرگتری درنظر گرفته شود. لبه داخلی روسازی‌خطوط‌گردش‌باید طوری طرح شود که ایجاد یک جزیره کوچک، پیش‌بینی عرض کافی برای خطوط گردش را ممکن سازد. عرض خطوط‌گردش باید کافی باشد، به‌گونه‌ای که خودرو طرح‌بتواند با فاصله آزاد ۰/۶متر از لبه‌های‌طرفین، در آن گردش کند. به‌طور کلی، عرض خط‌گردش نباید از ۴٫۲ متر کمتر باشد. در شکل ۶، طرح‌حداقل برای خطوط‌گردش به‌راست با زاویه ۹۰ درجه نشان داده شده‌است. برای طرح حداقل برمبنای حداقل ابعاد جزیره و حداقل عرض خط‌گردش (۴٫۲ متر)، شعاع‌داخلی لبه روسازی خط‌گردش باید حداقل یک‌قوس دایره‌ای به‌شعاع ۱۸ متر باشد (در شکل نشان‌داده‌نشده‌است) و یا، همان‌طوری که در شکل ۶ـالف نشان داده شده‌است، از یک قوس مرکب سه مرکزی به شعاعهای ۴۵ـ۱۵ـ۴۵ متر، که قوس وسطی آن دارای ۰/۹ متر عقب‌نشستگی‌است، تشکیل شود. در این‌طرح، نه‌تنها خودرو سواری می‌تواند با سرعت ۲۵ کیلومتر در ساعت گردش کند، بلکه کامیون طرح با شعاع گردش ۱۹ متر نیز می‌تواند در آن گردش کرده و چرخهای آن فاصله ۰/۳ متر از طرفین را تا لبه روسازی حفظ کند.

با افزایش عرض خط گردش تا ۴/۸ متر و به‌کار بردن همان قوسهای بالا، اما با مقدار عقب‌نشستگی ۱/۵متر برای قوس میانی، طرح مطلوبتری به‌دست می‌آید (شکل ۶ـب). این طرح به کامیون اجازه خواهد داد که با شعاع ۲۱ متر و با فاصله آزاد بیشتری نسبت به حالت قبل، گردش نماید. در این طرح، تریلی بزرگ نیز با کمی انحراف در خط عبوری گردش خواهد کرد.







شکل ۶. طرح خطوط گردش با کوچکترین جزیره ـ گردش ۹۰ درجه

در محلهایی که تعداد قابل توجهی تریلی (بویژه تریلی بزرگ) گردش می‌کنند، طرح نشان داده شده در شکل ۶ـج باید به‌کار برده شود.

در تمام حالات، جزیره هدایت‌کننده باید در ۰/۶ متری امتداد لبه روسازی خط عبوری قرار گرفته باشد (همان‌طوری‌که در شکل نشان داده شده‌است). در مواردی‌که ابعاد جزیره در حدود حداقل است، جزیره را باید با جدول محدود مشخص کرد. در مناطق برونشهری، جداول باید از نوع قابل عبور باشند تا خطر کمتری برای خودروهای عبوری پدید آید و در ضمن، فضای بیشتری برای گردش خودروهای بزرگ ایجاد شود (به شکل ۲۴ و بحث مربوط به آن نگاه کنید)

در هر سه‌طرح حداقل شکل ۶، قوس سه مرکزی مرکب متقارن پیشنهاد شده‌است، اما قوسهای مرکب غیرمتقارن، بویژه در طرح برای گردش کامیون و تریلی را نیز می‌توان به‌کار برد. با وجودی‌که برای هریک از طرحهای شکل ۶ یک قوس ساده معادل نیز ذکر شده‌است، لیکن به‌کار بردن آن در طرحهای ۶ـب و ۶ـج ممکن است باعث شود که خودرو طرح به‌هنگام گردش به شانه‌ها و یا جزیره تجاوز کند.

۱ـ۲ـ۲. گردش غیرقائم با جزایر هدایت‌کننده

ابعاد طرح حداقل برای گردش راویه حاده که با همان روش گردش زاویه قائمه تعیین‌شده، در جدول ۲ داده شده‌است. منحنیهای طرح لبه داخلی روسازی، عرض خط گردش و اندازه تقریبی جزایر هدایت‌کننده برای سه رده آمد و شد انتخابی داده شده‌است. سه رده مذکور در زیر جدول یاد شده شرح داده شده‌اند. ممکن است برای یک تقاطع معین، طراح از بین سه طرح حداقل پیشنهادی، یکی را بسته به نوع و ابعاد خودرو، مقدار آمد و شد پیش‌بینی شده و شرایط فیزیکی محل انتخاب کند.

در جدول یاد شده، ابعاد طرح برای گردش کمتر از ۷۵ درجه داده نشده‌است. خطوط گردش با زاویه باز (کمتر از ۷۵ درجه) به شعاعهای بزرگی نیاز دارد و جزء طرح حداقل محسوب نمی‌شود. این نوع خطوط گردش، به طرح ویژه‌ای نیاز دارند که با شرایط آمد و شد و شرایط محل مطابقت داشته‌باشد. برای ابعاد جزایر هدایت‌کننده کنترل می‌شود، به‌شرط آنکه گردش در قوسی به شعاع بیش از شعاع حداقل انجام گیرد. برای زاویه گردش ۱۲۰ درجه یا بیشتر، تیزترین مسیر گردش خودرو انتخابی، و ترتیب و قراردهی منحنیهای لبه داخلی روسازی که بر مسیرهای مذکور منطبق باشد، معمولاً کنترل‌کننده طرح بوده و باعث ایجاد جزایر هدایت‌کننده با ابعاد بزرگتر از ابعاد حداقل می‌شود؛ به‌عبارت دیگر، برای زاویه گردش ۷۵ تا ۱۲۰ درجه، اندازه حداقل جزیره هدایت‌کننده عامل کنترل‌کننده است، درصورتی‌که برای زوایای گردش ۱۲۰ درجه یا بیشتر، منحنیهای لبه داخلی روسازی خطوط گردش عامل کنترل‌کننده می‌باشد.

جدول ۲ . مقادیر حداقل طرح برای خطوط گردش

زاویه گردش (درجه)	ردهبندی طرح *	قوس مرکب سه مرکزی		عرض خط عبور (متر)	اندازه تقریبی جزیره (متر مربع)
		شعاعها (متر)	عقب نشستگی		
۷۵	الف	۴۵ – ۷/۵ – ۴۵	۱/۰	۴/۲۰	۶
	ب	۴۵ – ۷/۵ – ۴۵	۱/۵	۵/۵۰	۵
	ج	۵۵ – ۲۷ – ۵۵	۱/۰	۶/۰	۵
۹۰	الف	۴۵ – ۱۵ – ۴۵	۰/۹	۴/۲۰	۵
	ب	۴۵ – ۱۵ – ۴۵	۱/۵	۵/۵۰	۸
	ج	۵۵ – ۲۰ – ۵۵	۱/۸	۶/۰	۱۲/۵
۱۰۵	الف	۳۶ – ۱۲ – ۳۶	۰/۶	۴/۵	۷
	ب	۳۰–۱۰/۵–۳۰	۱/۵	۶/۶	۵
	ج	۵۵–۱۳/۵–۵۵	۲/۴	۹/۰	۶
۱۲۰	الف	۳۰ – ۹ – ۳۰	۰/۷۵	۴/۸	۱۲
	ب	۳۰ – ۹ – ۳۰	۱/۵	۷/۲	۹
	ج	۵۵ – ۱۲ – ۵۵	۲/۵۵	۱۰/۲	۲۲
۱۳۵	الف	۳۰ – ۹ – ۳۰	۰/۷۵	۴/۸	۴۶
	ب	۳۰ – ۹ – ۳۰	۱/۵	۷/۸	۳۷
	ج	۴۸–۱۰/۵–۴۸	۲/۷	۱۰/۵	۶۴
۱۵۰	الف	۳۰ – ۹ – ۳۰	۰/۷۵	۴/۸	۱۴۰
	ب	۳۰ – ۹ – ۳۰	۱/۸	۹/۰	۱۱۷
	ج	۴۸–۱۰/۵–۴۸	۲/۲	۱۱/۵	۱۷۲

* ردهبندی طرح به شرح زیر است :

الف) طرح برای سواری و عبور گهگاه کامیون طرح ، اما با محدودیت در فاصله آزاد جانبی در موقع گردش

ب) طرح برای کامیون و عبور گهگاه تریلی بزرگ ،اما با تجاوز به خط عبور مجاور درموقع گردش

ج) طرح برای تریلی بزرگ

۱ـ۳. *رابطه سرعت و شعاع قوس*

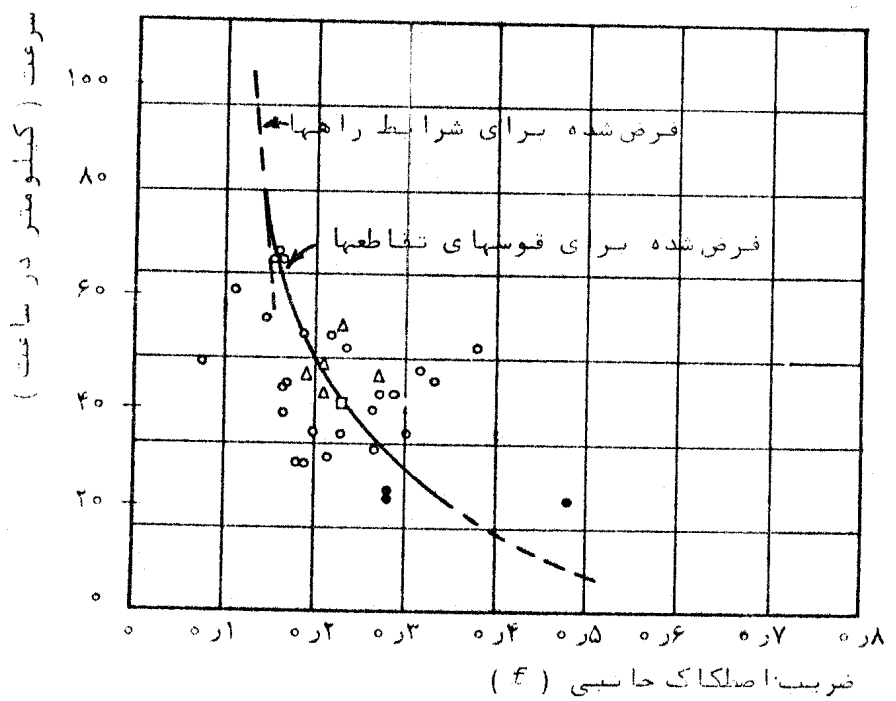
در تقاطعهایی که با ابعاد حداقل طرح شده‌اند، وسایل نقلیه باید با سرعت‌کم (حدود ۱۵ کیلومتر در ساعت) گردش نمایند. با وجودی که طرح تقاطعها برای سرعت گردش بیشتر مطلوبتر و غالبا "نیز عملی است، اما به‌دلایل اقتصادی و ایمنی، در اکثر موارد تقاطعهای همسطح برونشهری برای سرعتهای کم طرح می‌شوند. سرعتی که منحنیهای تقاطع برمبنای آن طرح می‌گردند عملا "تابع سرعت آمد و شد راه‌عبوری، نوع تقاطع و مقدار آمد و شد عبوری و گردنده‌است. به‌طور کلی، سرعت مطلوب گردش برای طرح، سرعت متوسط‌آمد و شد راه تقرب (راه عبوری) است. طرح برمبنای سرعتهای‌بالا باعث پیدایش مانع بسیار ناچیزی در حرکت و یکنواختی آمد و شد است و امکان دارد برای بعضی از شیبراهه‌های تقاطعهای غیرهمسطح مبدل یا برای تقاطعهای همسطح برای گردشهایی که با عابران پیاده و سایر جریانهای آمد و شد برخوردی ندارد، قابل توجیه باشد.

به‌دلیل انواع علایم هشداردهنده و همچنین پیش‌بینی شرایط بحرانیتر در تقاطعها، شعاعهای قوسهای‌گردش در تقاطع کمتر از شعاع قوسهای راههای آزاد با همان‌سرعت طرح در نظر گرفته می‌شوند. رانندگان معمولا" ،در قوسهای تقاطعها نسبت به راه‌آزاد با همان شعاع قوس با سرعت بیشتر حرکت می‌کنند، یعنی، در تقاطعها رانندگان نیروی گریز از مرکز بیشتری را نسبت به راه‌آزاد قبول می‌کنند.

رابطه بین سرعت و ضریب اصطکاک جانبی در قوسهای تقاطع، در شکل ۷ داده شده است. برمبنای حداقل بربلندی‌پیشنهادی در قوسها و بااستفاده از شکل۷، حداقل‌شعاع ایمنی برای قوسهای تقاطع به‌ازای سرعتهای‌مختلف طرح در جدول۳ داده‌شده‌است. (حداقل شعاعهای داده شده در جدول ۳ در گوشه سمت چپ شکل ۸ با خط‌پر ضخیم نشان داده شده‌است.)

۱ـ۴. *قوسهای انتقالی (اتصال تدریجی) و مرکب*

به‌هنگام گردش در تقاطعهای همسطح و غیرهمسطح مبدل، مانند راههای آزاد، رانندگان یک مسیر انتقالی (شبیه کلوتوئید) را طی خواهند نمود. اگر تقاطع برای مسیر طبیعی انتقالی مذکور طرح نشده باشد، اکثر رانندگان از مسیر طرح شده منحرف می‌شوند و به تشخیص خود یک مسیر انتقالی را طی خواهند کرد. این عمل، گاهی اوقات با انحراف به خطوط مجاور و یا شانه‌ها همراه است. بهترین منحنی برای انطباق بر مسیر طبیعی خودرو، قوسهای اتصالی و یا کلوتوئیدی است که ممکن است بین امتداد مستقیم و یک‌قوس دایره و یا بین دو قوس دایره با اختلاف شعاع قابل ملاحظه قرار داده شود. در عمل، می‌توان از قوسهای مرکب به‌جای قوسهای اتصالی استفاده کرد. یکی دیگر از مزایای استفاده از قوسهای اتصالی، تأمین تغییر شیب عرضی معمولی جاده به بربلندی مورد نیاز در خطوط گردش می‌باشد.



علایم :

ـ هر علامت نشان دهنده نتیجه یک تقاطع است ،

ـ تعداد سواری انتخاب شده در هر محل:

○ کمتر از ۵۰

● ۵۰ تا ۱۰۰

△ ۱۵۰ تا ۳۰۰

□ ۵۰۰ یا بیشتر

شکل ۷. رابطه بین سرعت و ضریب اصطکاک جانبی در قوسهای تقاطعها

جدول ۳. حداقل شعاع برای قوسهای تقاطع

سرعت گردش طرح (کیلومتر در ساعت)	۲۵	۳۰	۴۰	۵۰	۵۵	۶۰
ضریب اصطکاک جانبی	۰/۳۲	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۱۶
حداقل بربلندی فرض شده	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۹
جمع	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۵
حداقل شعاع پیشنهادی برای طرح (متر)	۱۵	۲۷	۴۵	۷۰	۹۵	۱۲۵
سرعت متوسط حرکت مربوط به شعاع پیشنهادی (کیلومتر در ساعت)	۲۲/۵	۲۷	۳۶	۴۴	۴۷	۵۱

۱-۴-۱. طول کلوتوئید

طول قوس کلوتوئید برای تقاطعها به همان روش راهها تعیین می‌گردد، در قوسهای تقاطع، طول کلوتوئید ممکن است از قوس مشابه در راهها کمتر باشد، به‌دلیل آنکه در شرایط تقاطع، رانندگان تغییر جهت شدیدتری را قبول خواهند کرد؛ یعنی، به‌طور کلی، شدت تغییر شتاب گریز از مرکز (c) در قوسهای تقاطع ممکن است از مقدار c برای راهها (که از ۰/۳ تا ۰/۹ متر بر مکعب ثانیه متغیر است) بیشتر باشد. فرض بر آن است که مقدار c برای قوسهای تقاطعها بین ۰/۷۵ متر بر مکعب ثانیه (سرعت گردش ۸۰ کیلومتر در ساعت) تا ۱/۲ متر بر مکعب ثانیه (سرعت گردش ۳۰ کیلومتر در ساعت) متغیر است. با به‌کار بردن این مقادیر در رابطه شورت* (به طرح هندسی راهها رجوع شود) طول کلوتوئید برای قوسهای تقاطع محاسبه شده و نتایج آن در جدول ۴ آورده شده است. حداقل طول کلوتوئید داده شده در این جدول برای کمترین شعاع گردش است که برمبنای سرعت طرح حاصل شده است. برای شعاعهای بزرگتر از حداقل، می‌توان طول کلوتوئید را مقداری کاهش داد.

---

* Shortt

جدول ۴. طول حداقل کلوتوئید برای قوسهای تقاطع

سرعت گردش طرح (کیلومتر در ساعت)	۳۰	۴۰	۵۰	۵۵	۶۰	۷۰
حداقل شعاع (متر)	۲۷	۴۵	۷۰	۹۵	۱۲۵	۱۶۰
مقدار c فرض شده (متر بر مکعب ثانیه)	۱/۲۰	۱/۱۲	۱/۰۵	۰/۹۸	۰/۹	۰/۸۲
طول کلوتوئید محاسبه شده (متر)	۲۱	۲۶	۳۲	۴۱	۴۷	۵۷
طول حداقل پیشنهادی کلوتوئید (متر)	۲۰	۲۵	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰
مقدار عقب‌نشستگی قوس دایره از راستای مستقیم (متر)	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۷۰	۰/۷۵	۰/۹۰

همچنین ممکن است قوس‌کلوتوئید بین دو قوس‌دایره‌ای با اختلاف شعاع زیاد نیز به‌کار برده شود. در این حالت، طول کلوتوئید را می‌توان از جدول ۴ با به‌کار بردن شعاعی برابر شعاع قوسی که انحنای آن برابر اختلاف انحنای دو قوس دایره‌ای مورد نظر می‌باشد، به‌دست آورد.

مثلا"، برای اتصال به‌وسیله کلوتوئید دوقوس دایره‌ای که شعاعهای آنها ۲۵۰ متر (انحنای ۷ درجه) و ۸۰ متر (انحنای ۲۲ درجه) است، به روش زیر عمل می‌شود. اختلاف انحنای دو قوس مذکور برابر ۱۵= ۷ – ۲۲ درجه است و این انحنا مربوط به قوسی‌به شعاع ۱۱۵ متر می‌باشد. در جدول ۴، شعاع ۱۱۵ متر بین شعاعهای ۹۵ و ۱۲۵ متر قرار دارد و در نتیجه، حداقل طول کلوتوئید پیشنهادی ۴۴ متر است.

همان‌طور که در زیر شرح داده می‌شود، قوسهای مرکب در تقاطعهایی که شعاع یک قوس بیش از دو برابر شعاع قوس دیگر است، باید یک کلوتوئید یا یک قوس دایره‌ای با شعاع بین شعاع دو قوس مذکور، در میان آن دو قوس قرار داده شود. در این موارد، اگر طول کلوتوئید تعیین شده کمتر از ۳۰

متر باشد ، پیشنهاد می‌شود که حداقل همان طول ۳۰ متر برای کلوتوئید به‌کار برده شود .

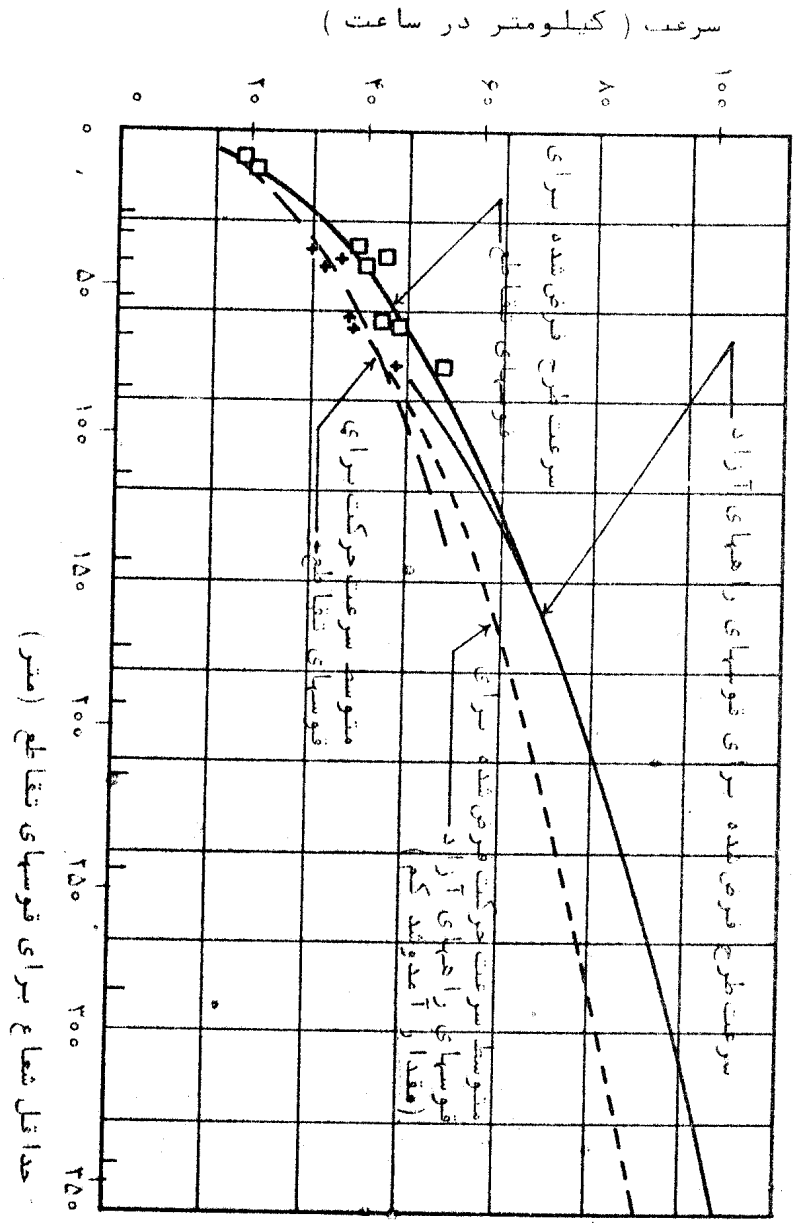
۱ـ۴ـ۲ . قوسهای مرکب دایره‌ای

قوسهای مرکب دایره‌ای در تأمین شکل مطلوب خطوط گردش در تقاطعهای همسطح و شیبراهه‌های تقاطعهای غیرهمسطح بسیار موءثر و مفیدمی‌باشند . با این‌حال ،هنگامی‌که قوسهای دایره‌ای با شعاعهای بسیار متفاوت به‌یکدیگر متصل‌می‌شوند ،تغییر امتدادمسیر ناگهانی به‌نظر می‌آید و مسیر عبور خودروها در آن به‌طور دقیق بر قوسهای خطوط‌گردش منطبق نخواهدبود ،مگر آنکه راننده فشار زیادی بر فرمان خودرو وارد آورد .

به‌طور کلی ، در قوسهای مرکب برای راههای آزاد نباید نسبت شعاع قوس بزرگتر به شعاع قوس کوچکتر از ۱/۵ بیشتر شود . برای قوسهای مرکب در تقاطعها ، که رانندگان تغییر بیشتری را در سرعت و جهت قبول می‌کنند ، نسبت این دو شعاع می‌تواند تا دو افزایش داده‌شود . اثر به‌کار بردن یک قوس مرکب با نسبت شعاعهای ۲ در تقاطعها مطابق با اثر به‌کار بردن یک قوس مرکب با نسبت شعاعهای ۱/۵ در راههای آزاد است . در هر دو مورد ، اختلاف متوسط سرعت حرکت در قوس پخ و قوس تیزتر حدود ۸ کیلومتر در ساعت است . مشاهدات و بررسیهای کلی بر روی شیبراهه‌هایی که از قوسهای با شعاعهای متفاوت تشکیل شده‌اند و شعاع یکی دوبرابر دیگری است ، نشان داده است که عملکرد و ظاهر شیبراهه‌ها معمولا "قابل قبول می‌باشد .

در صورت امکان ، قوسها باید با اختلاف شعاع کمتری به‌کار برده شوند ، و مطلوب آن است‌که نسبت دو شعاع از ۱/۷۵ بیشتر نشود . در مواردی‌که نسبت دو شعاع بیش‌از ۲ است باید یک کلوتوئید و یا یک قوس دایره‌ای با طول مناسب بین دو قوس قرار داده شود . در تقاطعها ، و در حالت قوسهای بسیار تیز ، رعایت نسبت شعاع ۲ برابر برای تأمین مسیر حداقل خودرو عملی نیست . در این موارد ، هدف ، انطباق بهتر قوسهای مرکب بر مسیر حداقل خودرو طرح است و این امر ممکن است موجب شود که قوسهای دارای شعاعهای بسیار متفاوت به‌کار برده شوند (مانند شکلهای ۱ تا ۳ و ۶) .قوسهای تشکیل‌دهنده قوس مرکب نباید خیلی کوتاه باشند زیرا تأثیر خود را که تأمین تدریجی تغییر مسیر مستقیم و یا قوس با شعاع زیاد به قوس تیزتر است از دست خواهند داد . در چند قوس متوالی که شعاع‌قوسها به‌ترتیب کاهش‌می‌یابد ،طول هر قوس باید به‌اندازه کافی‌باشد تا راننده بتواند سرعتش را به‌مقدار قابل قبولی کاهش دهد . شدت کاهش سرعت در تقاطعها نباید از ۵ کیلومتردر ساعت در ثانیه بیشتر باشد . البته کاهشی به میزان ۳/۵ کیلومتر در ساعت در ثانیه بهتر است .

برمبنای اصول بالا و به‌کار بردن متوسط سرعت‌حرکت داده شده در شکل ۸ ، طولهای حداقل در جدول ۵ داده شده‌اند . این اعداد برمبنای مقدار کاهش سرعت ۵ و ۳/۵ کیلومتر در ساعت در ثانیه می‌باشند . کاهش سرعت ۳/۵ کیلومتر در ساعت در ثانیه احتیاج به ترمزگیری کمتری دارد .



شکل ۸ - حداقل شعاع برای قوسهای تقاطع

مقدار برلندی فرض‌شده :

سرعت‌طرح (کیلومتر در ساعت)	:	۲۵	۳۲	۴۰	۴۸	۵۵	۶۵	۷۰
مقدار برلندی (e)	:	۰ر۰	۰ر۰۲	۰ر۰۴	۰ر۰۶	۰ر۰۸	۰ر۰۹	۰ر۱۰

جدول ۵. طول قوس دایره برای یک قوس مرکب (در تقاطع) در شرایطی که قبل از یک قوس با شعاع دو برابر و بعد از آن یک قوس با شعاع نصف قرار دارد.

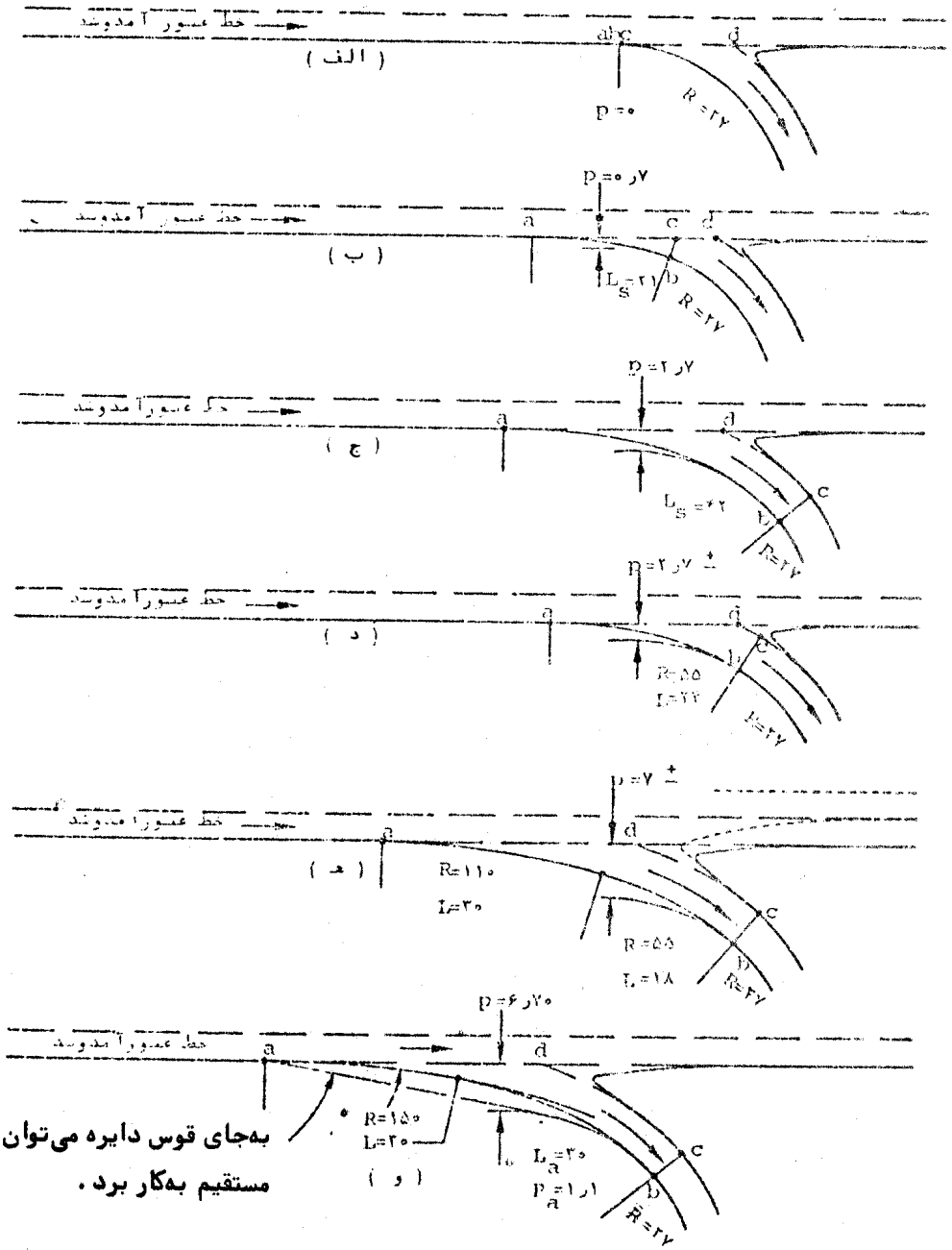
شعاع (متر)	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۲۰	۱۵۰ یا بیشتر
طول قوس دایره‌حداقل (متر)	۱۲	۱۵	۱۸	۲۴	۳۰	۳۶	۴۲
مطلوب	۱۸	۲۱	۲۷	۳۶	۴۲	۵۴	۶۰

باوجودی که ابعاد قوسهای مرکب مذکور با فرض حرکت خودرو از قوس باز به‌طرف قوس تیزتر بسط داده شده‌است، این ابعاد برای شرایطی که خودرو از قوس تیز به‌طرف قوس باز در حال افزایش سرعت است نیز مصداق دارد.

۱-۴-۳. کاربرد قوسهای مرکب در دهانه‌های خطوط‌گردش

بخش مهمی از طرح‌تقاطع تهیه یک‌امتداد مناسب لبه روسازی در محلی است‌که خطوط‌گردش‌از روسازی راه عبوری جدا شده و یا به‌آن وصل می‌شوند. حرکت خودرو به سادگی و راحتی هنگامی حاصل می‌شود که لبه‌امتداد روسازی به‌صورت کلوتوئید و یا قوسهای مرکب طرح شده و دارای شکل و طول کافی باشد به طوری که کاهش ناگهانی سرعت ضرورت نداشته باشد و در ضمن اجازه‌تأمین بربلندی را قبل از رسیدن به حداکثر انحنا بدهد و خودرو قادر باشد مسیر طبیعی گردش را طی کند.

در شکلهای ۹ و ۱۰ به‌ترتیب برای سرعت‌طرح گردش ۳۰ و ۵۰ کیلومتر در ساعت، انواع طرحهای انتقالی برای راه خروجی از یک‌راه عبوری نشان داده‌شده‌است. با افزایش مقدار p (مقدارعقب‌نشستگی کوچکترین قوس گردش یا لبه‌روسازی راه عبوری)، راه گردش (خطوط‌گردش) ملایمتر و بهتری به‌دست می‌آید. یک قوس‌کلوتوئید با طول حداقل (جدول ۴) که لبه روسازی راه عبوری را به قوس خطوط‌گردش وصل می‌کند (شکل ۹-ب)، به‌مراتب از یک قوس ساده (شکل ۹-الف) از نظر راحتی مسیر گردش بهتر است. این قوس کلوتوئید کوتاه برای تأمین بربلندی در نقطه گردش کافی نیست، به‌دلیل آنکه گوشه روسازی کمکی (سطح a-b-c) برای این‌منظور بسیار کوچک است. با دو برابر کردن طول حداقل کلوتوئید (شکل ۹-ج)، مقدار p به ۲/۷ متر افزایش یافته و مسیر حرکت بهتری حاصل‌می‌شود و سطح abcd، نسبت به حالت‌قبلی، برای تأمین بربلندی به‌مقدار زیادی افزایش می‌یابد. با به‌کار گرفتن یک قوس با طول دوبرابر طول حداقل همراه با قوس گردش، تقریبا "نتایجی مشابه بالا به‌دست می‌آید. این روش همیشه به‌خوبی روش قبلی نیست (شکل ۹-د).



به‌جای قوس دایره می‌توان خط‌لچکی مستقیم به‌کار برد .

یادآوری : ابتدای ورودیها نیز مشابه بالا است ، بجز آنکه عقب‌نشستگی دماغه کاهش داده شده با آنکه حذف می‌گردد .

شکل ۹ . کاربرد قوسهای انتقال و قوسهای مرکب در دهانه خطوط گردش برای سرعت طرح ۳۵ کیلومتر در ساعت .

با به‌کار بردن سه‌قوس‌مرکب (شکل ۹ــ هـ) نتایج مطلوبتری برای امتداد لبه‌روسازی به‌دست می‌آید. در این حالت، قبل از قوس اصلی به شعاع ۲۷/۵ متر، قوسهای به شعاع ۵۵ متر و ۱۱۰ متر و تقریبا" با طولهای حداقل (طبق جدول ۵) قرار داده شده‌است. همان‌طور که باعقب‌نشستگی p (تقریبا" معادل ۷ متر) نشان داده‌شده‌است، این ترتیب احتیاج به سطح روسازی زیادی دارد.

این طرح به‌دلیل تأمین گردش تدریجی و خارج شدن از جریان آمد و شد عبوری و ایجاد یک سطح انتقالی که طی آن می‌توان قسمت اعظم بربلندی را تأمین نمود، بر مثالهای قبلی ترجیح دارد. در شکل ۹ــ هـ، یک طرح مشابه طرح مذکور که در آن از یک قوس دایره‌ای با شعاع بزرگ و یک کلوتوئید که این‌قوس را به قوس با شعاع حداقل وصل می‌نماید، نشان داده شده‌است. شعاع انتخابی برای قوس اولیه، مربوط به‌سرعت طرح حدود ۷۰ کیلومتر در ساعت یا ۴۰ کیلومتر در ساعت بیش از سرعت طرح حداقل قوس‌تقاطع (شعاع ۲۷/۵متر) می‌باشد. انتهای قوس با شعاع بزرگتر (قوس باز) یا ابتدای قوس کلوتوئید در جایی قرار دارد که مقدار تعریض روسازی تقریبا" برابر عرض یک خط عبور است.

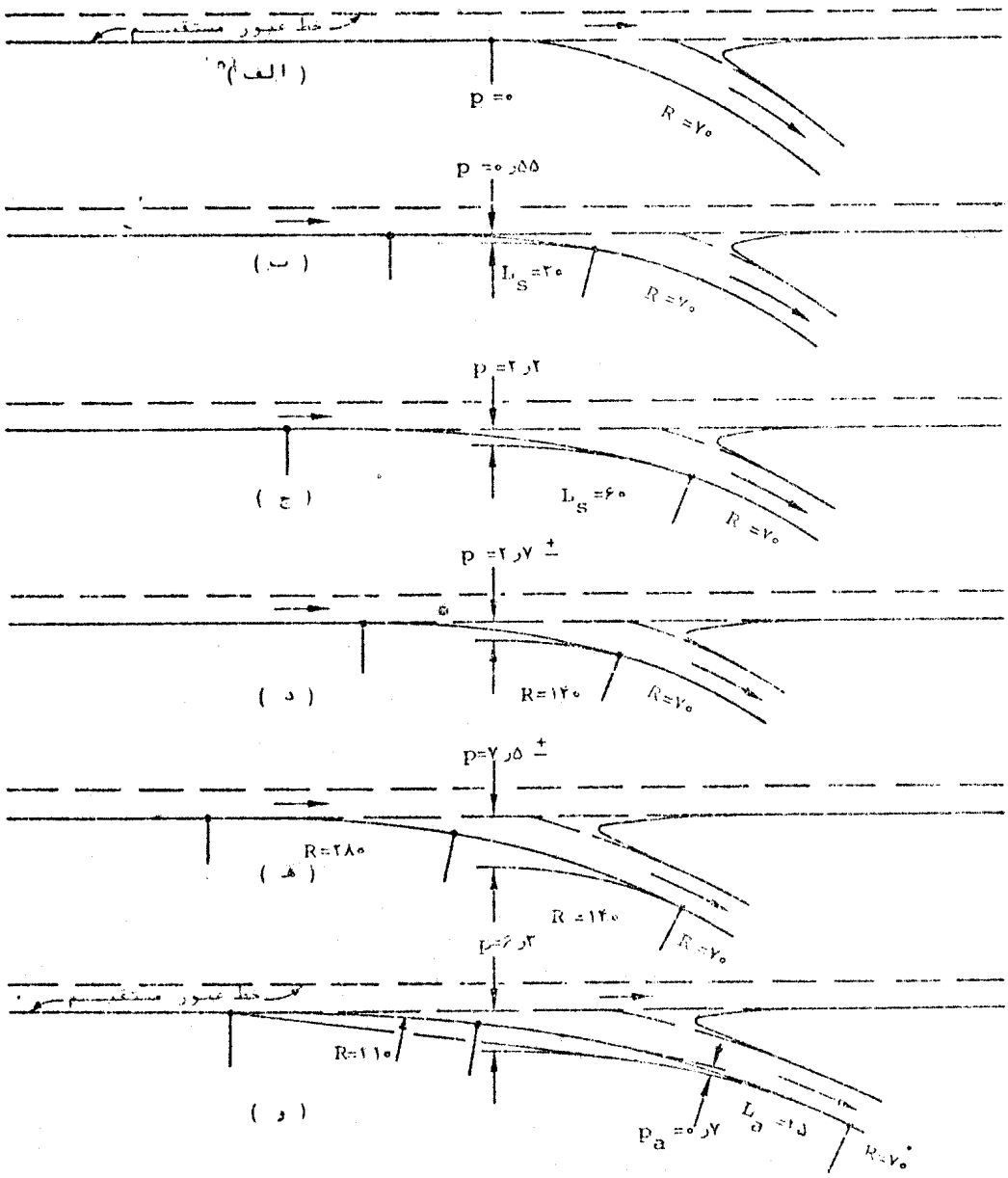
درشکلهای ۹ــهـ و ۹ــ و، نوع‌قرارگیری امتدادی که طراح باید برای محلهایی در نظر بگیرد که مقدار نسبتا" زیاد گردش و یا کامیون در آمد و شد وجود دارد، نشان داده شده‌است. اگر تهیه چنین طرحی عملی نباشد، طرحهای مشابه طرحهای شکل ۹ــ ج و ۹ــ د را باید به‌کار برد. از به‌کار بردن طرح با یک قوس ساده دایره‌ای (شکل ۹ــ الف) باید خودداری شود.

به‌طور کلی، اصول و کلیات شرح داده شده در بالا در مورد طرح شکل ۱۰ که در آن، شعاع حداقل (۷۰ متر) است، نیز صادق می‌باشد.

شکلهای ۹ و ۱۰ طرح راههای خروجی است، اما طرح مشابه آن برای راههای ورودی نیز صادق است با این تفاوت که لبهٔ دماغه تقرب به لبهٔ دماغه واگرا تغییر نام می‌دهد و این دماغه‌نسبت به هیچ‌یک از دو لبه‌روسازی عقب‌نشستگی ندارد.

در طرح آورده شده در شکلهای ۹ و ۱۰، فرض بر آن است که قسمتی یا تمام تغییر سرعت ضروری در خطوط راه عبوری انجام می‌گیرد. همچنین، طرح ارائه شده برای اتصال یک‌خط عبورکمکی موازی یا خط‌تغییر سرعت نیز صادق است. اگر خط‌خارجی یک خط‌کاهش سرعت باشد، روسازی‌لچکی بعد از دماغه، به‌صورت خط‌چین نشان داده شده در شکل ۹ــ هـ در خواهد آمد که به لبهٔ روسازی خط‌عبوری در نقطه c وصل می‌شود. طرح خطوط‌تغییر سرعت در قسمتهای بعدی این *معیارها* خواهد آمد.

به‌جای استفاده از شعاع بزرگتر و یا قوس انتقالی در قوس مرکب، روش دیگر طرح دهانه خطوط‌گردش استفاده از یک خط‌لچکی مستقیم است که به یک قوس دایره‌ای با مقداری‌عقب‌نشستگی



یادآوری :

ابتدای ورودیها نیز مشابه بالا است ، بجز آنکه عقب‌نشستگی دماغه کاهش داده شده و یا آنکه حذف می‌گردد .

شکل ۱۰. کاربرد قوسهای انتقال و قوسهای مرکب در دهانه خطوط گردش برای سرعت طرح ۵۰ کیلومتر در ساعت .

وصل‌می‌شود (شکل ۹ـ و) . این روش‌به روسازی‌بیشتری نیاز دارد اما خروج و کاهش‌سرعت تدریجی‌تری را تأمین می‌نماید . خطوط‌لچکی در همین **معیارها** مورد بررسی قرار خواهد گرفت .

۲ . عرض خطوط گردش

۲ـ۱ . عرض روسازی

عرض روسازی خطوط گردش تابع نوع خودرو و مقدار آمد و شد در آن است . خطوط‌گردش، بسته به طرح هندسی کلی تقاطع ،ممکن است یکطرفه یا دوطرفه طرح شوند . عرض روسازی خطوط‌گردش براساس شرایط‌آمد و شد زیر رده‌بندی شده‌است :

حالت یکم . گردش یکخطه یکطرفه ، بدون امکان سبقت گرفتن

حالت‌دوم . گردش بدوخطه یکطرفه ، با امکان سبقت‌گرفتن از یک‌خودرو از حرکت بازمانده.

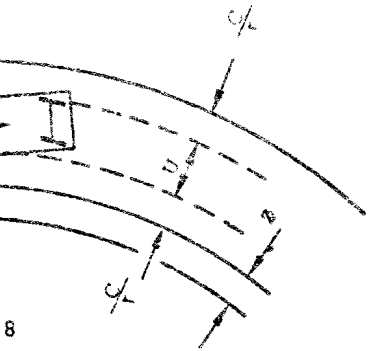
حالت‌سوم . گردش دوخطه ، یکطرفه یا دوطرفه

عرضهای داده شده در حالت یکم معمولا "برای گردشهای فرعی و مقدار متوسط آمد و شد گردش به‌کار می‌رود که طول خط گردش نسبتا "کوتاه است . احتمال از کار افتادن یک خودرو در این حالت کم است لیکن ترجیح داده می‌شود که یک لبه روسازی ، جدول قابل عبور داشته باشد و یا آنکه شانه‌ها با روسازی همسطح باشند .

در حالت دوم ، عرض طوری تعیین می‌گردد که گردش خودرو با سرعت کم و با محدودیت در فاصله آزاد ، به‌هنگام گذشتن از کنار یک وسیله نقلیه از حرکت بازمانده امکانپذیر باشد . این عرض برای گردش در شرایط‌آمد و شد متوسط تا زیاد ،که مقدار آن از گنجایش‌یگ خط‌ارتباطی بیشتر نباشد ، قابل استفاده است . در این حالت ، در صورت از حرکت باژماندن یک خودرو ، آمد و شد می‌تواند با کاهش سرعت انجام پذیرد .اکثر شیبراهه‌ها و خطوط‌ارتباطی در تقاطعهای با آمد و شد هدایت شده، از این گروه هستند .

حالت سوم در مواردی به‌کار می‌رود که گردش به‌صورت دوطرفه انجام می‌شود و یا در مواردی که گردش به‌صورت یکطرفه ، لیکن به‌علت آمد و شد زیاد در دو خط‌صورت می‌گیرد . عرض روسازی در هریک از حالات بالا تابع اندازهٔ‌خودرو طرح و شعاع خطوط‌گردش است . انتخاب خودرو طرح بر مبنای اندازه و نسبت درصد نوع خودروها صورت می‌گیرد . عرض روسازی با افزایش اندازهٔ‌خودرو و کاهش شعاع انحنا افزایش می‌یابد .

در شکل ۱۱ ، عرض روسازی برای حالات مختلف گردش نشان داده شده‌است . پارامترهای داده شده در شکل ۱۱ را می‌توان با استفاده از نموگرامهای شکل ۱۲ تعیین نمود . با استفاده از اصول و پارامترهای داده شده در شکلهای ۱۱ و ۱۲ ،عرض روسازی برای شعاعهای مختلف و انواع خودروهای طرح تعیین و محاسبه گردیده که نتایج آن در جدول ۶ آورده شده‌است .

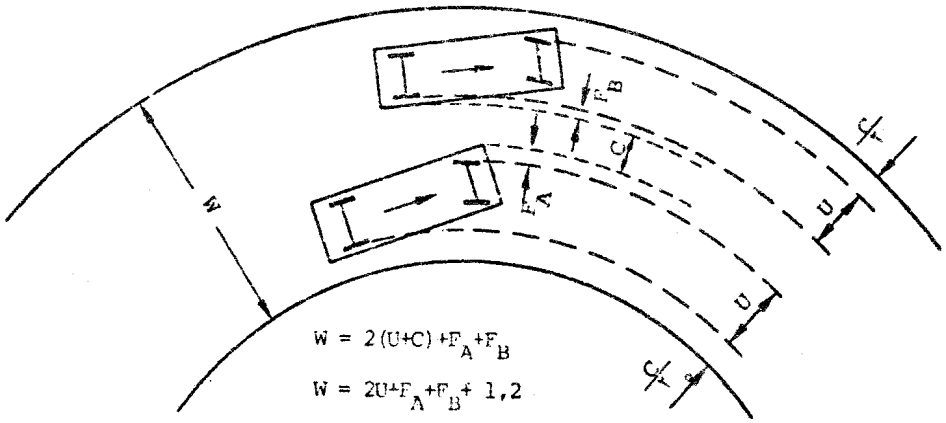


$W = U+C+Z$

یا $W = U + 1,8$

خط گردش یکخطه یکطرفه بدون امکان سبقت گرفتن

حالت یکم



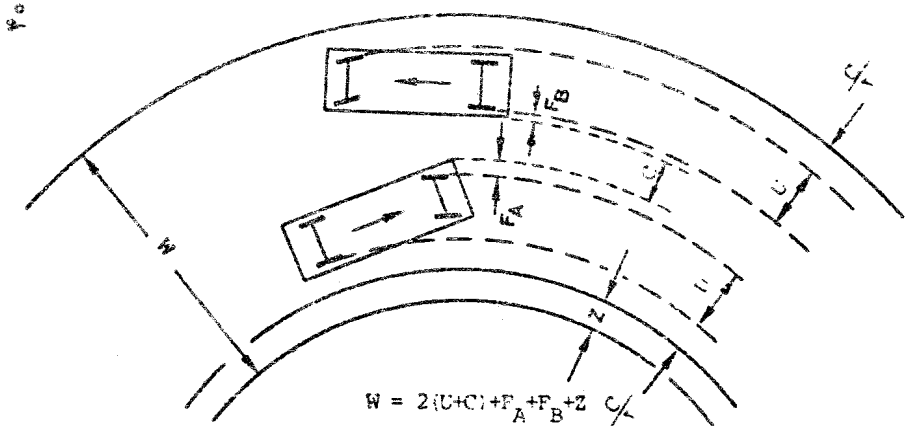
$W = 2(U+C)+F_A+F_B$

$W = 2U+F_A+F_B+1,2$

خط گردش یکخطه یکطرفه با امکان سبقت گرفتن از یک خودروی از حرکت بازمانده

حالت دوم

از آنجایی‌که عبور از یک خودروی از حرکت بازمانده با سرعت کم انجام گیرد، $Z=20$ و مقدار C نصف مقدار مشابه در حالات یکم و سوم می‌باشد یعنی $C = 0,5$ متر



$W = 2(U+C)+F_A+F_B+Z$

یا $W = 2U+F_A+F_B+3$

خط گردش دوخطه یکطرفه یا دو طرفه

حالت سوم

U = عرض متوسط چرخهای خودرو (خارج تا خارج تایر) ـ متر

F_A = عرض طره‌ای قسمت جلوی بدنه خودرو ـ متر

F_B = عرض طره‌ای قسمت عقب بدنه خودرو ـ متر

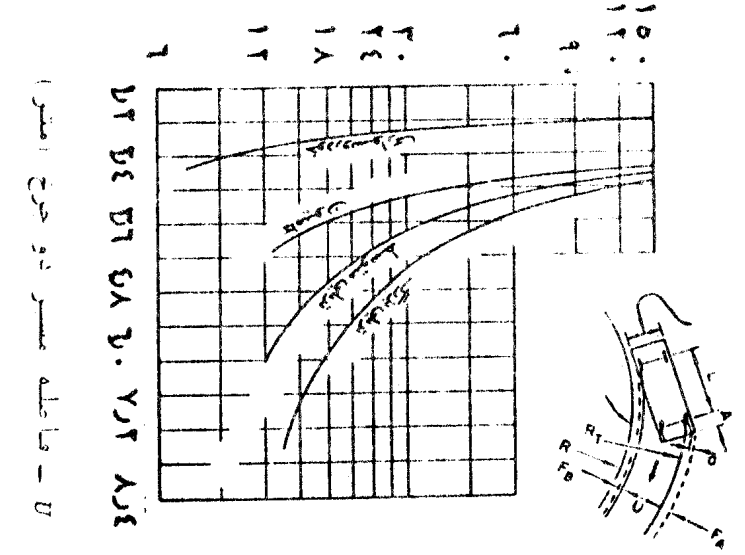
C = کل فاصله‌آزاد جانبی برای هر خودرو ـ متر

Z = اضافه عرض لازم برای مشکل بودن رانندگی درفوس ـ متر

یادآوری: در حالات دوم و سوم، اگر خودروهای عبوری از دو نوع باشند مقدار 2U به $U_1 + U_2$ تغییر می‌کند.

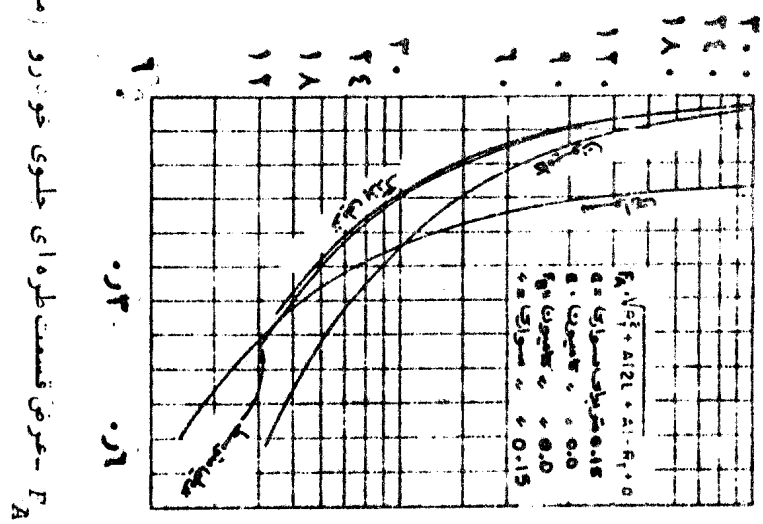
شکل ۱۹ . عرض روسازی خطوط گردش در تقاطعها (مبنای محاسبات)

R_T - شعاع گردش چرخ خارجی محور جلو (متر)



U - فاصله مسیر دو چرخ (متر)

R_T -- شعاع گردش چرخ خارجی محور جلو (متر)



F_A - عرض قسمت طره‌ای جلوی خودرو (متر)

شکل ۱۲. مسیر دوچرخ و عرض قسمت طره‌ای برای خودروی طرح در تقاطعها

بنابراین ، در محاسبه عرض روسازی برای خطوط گردش ، ترکیبی از خودروهای مختلف در نظر گرفته می‌شود . در جدول ۷ مقادیر عرض روسازی برای خطوط گردش در سه حالت معقول ترکیب آمد و شد آورده شده‌است . شرایط آمد و شدی که گردش می‌نماید به‌شرح زیر رده‌بندی می‌گردد :

الف) غالب خودروها از نوع سواری بوده و تعداد کمی کامیونهای تک واحدی وجود دارد . مقادیر طرح داده شده در جدول ۷ کمی از مقادیر مشابه برای خودرو طرح سواری در جدول ۶ بزرگتر است .

ب) تعداد کامیونهای تک واحدی به حدی است که طرح براساس آن انجام می‌گیرد ، لیکن تعداد کمی هم تریلی در آمد و شد وجود دارد . در حالات یکم و سوم برای خودرو طرح کامیون ، مقادیر دو جدول ۷ و ۶ یکسان است . ولی در حالت دوم ، مقادیر جدول ۷ از مقادیر جدول ۶ به‌دلایلی که بعداً" شرح داده می‌شود ، کمتر است .

ج) تعداد تریلیها (متوسط یا بزرگ) به اندازه‌ای است که طرح براساس آن انجام می‌پذیرد . مقادیر جدول ۷ در حالات یکم و سوم همان مقادیر مربوط به تریلی متوسط در جدول ۶ است . در حالت دوم ، مقادیر نسبت به جدول ۶ کمی کاهش داده شده‌است .

شرایط آمد و شد "الف" ، "ب" و "ج" کلی و بدون مشخص کردن مقدار آمد و شد و نسبت درصد دقیق انواع خودروها تعریف شده‌است و این بدان دلیل است که نمی‌توان رابطه دقیقی بین عرض روسازی و نسبت درصد خودروهای مختلف تعیین کرد . به‌طورکلی ، در شرایط آمد و شد "الف" ، نسبت درصد کامیون کم است و به‌ندرت کامیونهای بزرگ وجود دارند . در شرایط آمد و شد "ب" ، تعداد کامیونها بیشتر است (حدود ۵ تا ۱۰ درصد) و در شرایط آمد و شد "ج" ، کامیونها و تریلیهای بزرگ زیادند .

برای محاسبه عرض روسازی در حالت دوم ، خودروهای کوچکتری نسبت به حالت سوم در ترکیب آمد و شد منظور شده‌است و دلیل این امر این است که تکرار شرایط مورد نظر در حالت دوم (یعنی از حرکت باز ایستادن خودرو) بسیار به‌ندرت اتفاق می‌افتد . از طرف دیگر ، خودرو از حرکت باز ایستاده می‌تواند در کنار راه توقف نماید و در نتیجه فاصله آزاد بیشتری برای عبور سایر خودروها باقی می‌ماند . خودروهایی که با فاصله آزاد کامل می‌توانند از خطوط گردش (با طرح داده شده در جدول ۷) استفاده نمایند ، به شرح زیر هستند :

جدول ۶. عرض روسازی محاسبه شده برای خطوط گردش و انواع خودروهای طرح (برای طرح از جدول ۷ استفاده شود)

شعاع داخلی روسازی (متر)	حالت یکم گردش یکخطه یکسویه بدون امکان سبقت			حالت دوم گردش یکخطه یکسویه با امکان سبقت از خودروی حرکت بازمانده از همان نوع			حالت سوم گردش دوخطه یکسویه یا دوسویه (یک نوع وسیله نقلیه در هر دو خط)		
	عرض روسازی برای خودرو طرح (متر)								
	سواری	کامیون	تریلی متوسط	تریلی بزرگ	سواری	کامیون	تریلی متوسط	تریلی بزرگ	سواری	کامیون	تریلی متوسط	تریلی بزرگ
۱۵	۴/۰	۵/۵۰	۶/۷	۷/۹	۶/۱	۸/۸	۱۱/۰	۱۳/۳	۷/۹	۱۰/۷	۱۲/۸	۱۵/۲
۲۲/۵	۴/۰	۵/۲۰	۵/۸	۶/۷	۵/۸	۸/۲	۹/۵	۱۱/۰	۷/۶	۱۰/۱	۱۱/۳	۱۲/۸
۳۰	۴/۰	۴/۹	۵/۵	۶/۴	۵/۸	۷/۶	۸/۸	۱۰/۴	۷/۶	۹/۵	۱۰/۷	۱۲/۲
۴۵	۳/۶۵	۴/۹	۵/۲	۵/۸	۵/۵	۷/۳	۸/۲	۸/۸	۷/۳	۹/۱	۱۰/۱	۱۰/۷
۶۰	۳/۶۵	۴/۹	۴/۹	۵/۲	۵/۵	۷/۰	۷/۶	۸/۲	۷/۳	۸/۸	۹/۵	۱۰/۱
۹۰	۳/۶۵	۴/۵	۴/۹	۵/۲	۵/۵	۶/۷	۷/۳	۷/۶	۷/۳	۸/۵	۹/۱	۹/۵
۱۲۰	۳/۶۵	۴/۵	۴/۹	۴/۹	۵/۲	۶/۷	۷/۰	۷/۳	۷/۰	۸/۵	۸/۸	۹/۱
۱۵۰	۳/۶۵	۴/۵	۴/۵	۴/۹	۵/۲	۶/۷	۷/۰	۷/۳۰	۷/۰	۸/۵	۸/۸	۹/۱
امتداد مستقیم	۳/۶۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۵/۲	۶/۴	۶/۸	۶/۸	۷/۰	۸/۲	۸/۲	۸/۲

جدول ۷. عرض طرح روسازیها برای خطوط گردش

شعاع لبه داخلی روسازی (متر)	عرض روسازی								
	حالت یکم گردش یکخطه یکسویه با امکان سبقت			حالت دوم گردش یکخطه یکسویه بدون سبقت			حالت سوم گردش دوخطه یکسویه یا دو سویه		
	شرایط آمد و شد طرح								
	الف	ب	ج	الف	ب	ج	الف	ب	ج
۱۵	۵/۵۰	۵/۵۰	۷/۰۰	۷/۰۰	۷/۶۰	۸/۸۰	۹/۴۵	۱۰/۶۵	۱۲/۸۰
۲۲/۵	۴/۹۰	۵/۲۰	۵/۸۰	۶/۴۰	۷/۰۰	۸/۲۰	۸/۸۵	۱۰/۰۵	۱۱/۳۰
۳۰	۴/ ۵۰	۴/۹۰	۵/۵۰	۶/۱۰	۶/۷۰	۷/۶۰	۸/۵۵	۹/۴۵	۱۰/۶۵
۴۵	۴/۲۵	۴/۹۰	۵/۲۰	۵/۸۰	۶/۴۰	۷/۳۰	۸/۲۰	۹/۱۵	۱۰/۰۵
۶۰	۳/۹۵	۴/۹۰	۴/۹۰	۵/۸۰	۶/۴۰	۷/۰۰	۸/۲۰	۸/۸۵	۹/۴۵
۹۰	۳/۹۵	۴/۵۵	۴/۹۰	۵/۵۰	۶/۱۰	۶/۷۰	۷/۸۰	۸/۵۵	۹/۱۵
۱۲۰	۳/۹۵	۴/۵۵	۴/۹۰	۵/۵۰	۶/۱۰	۶/۷۰	۷/۹۰	۸/۵۵	۸/۸۵
۱۵۰	۳/۶۵	۴/۵۵	۴/۵۵	۵/۵۰	۶/۱۰	۶/۷۰	۷/۹۰	۸/۵۵	۸/۸۵
امتداد مستقیم	۳/۶۵	۴/۵۵	۴/۵۵	۵/۲۰	۵/۸۰	۶/۴۰	۷/۶۰	۸/۲۵	۸/۲۵
	اصلاح عرض با توجه به نوع لبه‌های روسازی								
شانه بدون روکش	هیچ			هیچ			هیچ		
جدول قابل عبور	هیچ			هیچ			هیچ		
جدول غیرقابل عبور: یک‌طرف دوطرف	۰/۳ متر اضافه شود ۰/۶ متر اضافه شود			هیچ ۰/۳ متر اضافه شود			۰/۳ متر اضافه شود ۰/۶ متر اضافه شود		
شانه‌های تثبیت شده در یک طرف و یا دو طرف	هیچ			به‌اندازه عرض شانه از عرض کم شود. حداقل عرض روسازی نظیر حالت یکم است			در صورتی که عرض شانه ۱/۲ متر یا بیشتر باشد، ۰/۶ متر از عرض روسازی کم شود.		

شرایط آمد و شد	الف	ب	ج
حالت یکم	سواری	کامیون	تریلی متوسط
حالت دوم	سواری ــ سواری	سواری ــ کامیون	کامیون ــ کامیون
حالت سوم	سواری ــ کامیون	کامیون ــ کامیون	تریلی متوسط ــ تریلی متوسط

ترکیب مثلا "کامیون ــ سواری" برای حالت دوم بدین معنی است که عرض خط عبور برای گذشتن یک خودرو سواری از یک کامیون از حرکت بازمانده، و یا برعکس، کافی است. در جدول بالا، فاصله آزاد کامل در نظر گرفته شده‌است (c ــ مراجعه شود به شکل ۱۱). در صورت کاهش سرعت گردش و دقت بیشتر و رعایت فاصله آزاد کمتر، خودروهای بزرگتری نیز می‌توانند از خطوط عبور گردش که برای خودروهای طرح کوچکتر در نظر گرفته شده‌است، استفاده نمایند. در جدول زیر، خودروهای بزرگتری که می‌توانند در خطوط گردش با عرض کمتر از آنچه در جدول ۷ داده شده است، به فرض فاصله آزاد کمتر (حدود $\frac{1}{2}$ مقدار c در مورد شعاع قوسهای کوچک و تا مقدار c برای شعاع بزرگ) عبور نمایند، آورده شده‌است.

شرایط آمد و شد	الف	ب	ج
حالت یکم	تریلی متوسط	تریلی متوسط	تریلی بزرگ
حالت دوم	سواری ــ کامیون	سواری ــ تریلی متوسط	کامیون ــ تریلی متوسط
حالت سوم	کامیون ــ تریلی متوسط	تریلی متوسط ــ تریلی متوسط	تریلی بزرگ ــ تریلی بزرگ

همان‌طور که در پایین جدول ۷ آورده شده‌است، مقادیر عرضهای داده شده در این جدول باید در رابطه‌با چگونگی و کیفیت لبه روسازی اصلاح گردد. اگر شانه‌های مجاور روسازی به‌اندازه‌کافی تثبیت شده‌باشند و جدول غیرقابل عبور در لبه روسازی وجود نداشته باشد، خطوط‌گردش طرح شده برای یک خودرو معین می‌تواند مورد استفاده خودروهای بزرگتر قرار گیرد. در این حالت، عرض روسازی ممکن است کمی باریکتر از مقادیر داده شده در جداول بالا در نظر گرفته شود. در مواردی‌که جدول بلند غیرقابل عبور در لبه روسازی وجود دارد، احساس محدودیت در رانندگی پدید می‌آید و در نتیجه خودروهای بزرگتر که ندرتا "گردش می‌کنند، فضای لازم برای‌گردش را نخواهند داشت و

در این حالت ،لاجرم باید عرض روسازی داده شده در جدول ۷ کمی افزایش داده شود . در حالتی‌که شانه‌های اطراف مقاوم‌اند (تثبیت شده و یا روسازی شده) ،مقادیر عرض روسازی در حالات دوم و سوم کاهش داده می‌شوند . در حالت دوم ، عرض روسازی را می‌توان به‌اندازه عرض شانه‌های تثبیت شده تا مقدار عرض روسازی در حالت یکم کاهش داد . در حالت سوم ، کاهش روسازی می‌تواند تا ۰/۶ متر باشد . هر نوع جدول بین روسازی و شانه‌ها باید قابل عبور باشد . عرض روسازی تعیین شده در حالت یکم حداقل ممکن است و ، حتی اگر دارای شانه‌های قابل عبور باشد ، نباید کاهش داده شود . در شرایطی که جداول غیرقابل عبور در دو طرف روسازی وجود دارد ، عرض روسازی باید در حالات یکم و سوم به‌اندازه ۰/۶ متر ،و در حالت دوم به‌مقدار ۰/۳ متر افزایش داده شود . در شرایطی که جدول غیرقابل عبور فقط در یک طرف روسازی وجود دارد ، باید عرض روسازی در حالات یکم و سوم حدود ۰/۳ متر اضافه‌گردد و در حالت‌دوم افزایش عرض ضرورت ندارد . در مثال زیر طرز استفاده‌از جدول ۷ شرح داده می‌شود . برای شرایط‌داده شده‌ای در یک تقاطع ، مقدار آمد و شد گردش طوری است که خط گردش باید برای عبور خودروها با امکان سبقت از یک خودرو از حرکت بازمانده طرح گردد. (حالت دوم) ۱۰ تا ۱۲ درصد وسایل نقلیه کامیون است و امکان عبور تریلی نیز وجود دارد (شرایط آمد و شد "ج") . در این تقاطع ، با توجه به شعاع لبه داخلی خط‌گردش که ۴۵ متر می‌باشد ، عرض روسازی معادل ۷/۳۰ متر تعیین می‌گردد . اگر جدول غیرقابل عبور وجود داشته باشد ، باید عرض روسازی به‌اندازه ۰/۳۰ متر افزایش داده شود (یعنی عرض کل ۷/۶۰) ؛ در صورتی که شانه مقاوم قابل عبور به‌عرض ۱/۲۰ متر موجود باشد به‌همان مقدار باید از عرض روسازی کم گردد (یعنی ۶/۱۰= ۱/۲۰ – ۷/۳۰ متر) .

۲–۲ . *فاصله آزاد کناره خارجی روسازی*

عرض خطوط‌گردش شامل روسازی به‌اضافه شانه‌ها ، یا هم ارز فاصله آزاد جانبی کناره خارجی روسازی می‌باشد . در انواع تقاطعها ، عرض شانه مورد نیاز ، از حداقل به‌کار برده شده در ابنیه فنی تا عرض لازم در مقاطع عرضی راههای آزاد ، متغیر است و حالات کلی آن به شرح زیر می‌باشد :

در تقاطعهای با آمد و شد هدایت شده (با خطوط گردش مجزا) ، شانه برای خطوط‌گردش معمولا "غیرضروری است . در شرایطی که جزایر هدایت‌کننده – با و یا بدون جدول – در جوار خطوط گردش موجود باشند ، فاصله‌آزاد جانبی لازم در بیشتر موارد به‌خودی خود تأمین است .

گردش در تقاطعهای هدایت شده کوتاه است و در نتیجه ، تأمین فضا برای ذخیره خودروها غیرضروری است .

در جدول ۸ خلاصه‌ای از مقادیر طرح خطوط‌گردش داده شده‌است . عرضهای داده شده در این جدول مربوط به قسمت قابل استفاده شانه‌هاست .

درراههای گردش بدون جدول ، یاباجدول قابل‌عبور ،بهتراست شانه‌های کناری ازهمان نوع ومقطع راه‌عبوری باشد . در مواردی که نرده ایمنی به‌کار برده می‌شود ، عرض مشخص شده باید از سطح داخلی نرده ایمنی اندازه‌گیری شود ،وعرض سطح شیب‌بندی شده باید معادل ۰/۶متر بیشتر باشد . درشرایط خودرو سواری و حالت آمد و شد کم ،بهتر است که شانه‌های سمت راست به‌اندازه حداقل۱/۲ متر روسازی شده یا تثبیت گردند .

جدول ۸. عرض شانه یا هم ارز فاصله آزادجانبی لبه خارجی روسازی راههای گردش (تمام ابعاد در مواردی که فاصله دید کافی نیست ، باید افزایش داده شود)

شرایط خط گردش	طرح	عرض شانه یا فاصله آزاد جانبی کناره خارجی وروسازی	
		سمت چپ	سمت راست
همسطح زمین- طول کوتاه- معمولا" در محدوده تقاطعها با خطوط‌گردش مجرا	حداقل مطلوب	۰/۶ ۱/۲	۰/۶ ۱/۲
همسطح زمین- طول متوسط تا بلند یا در ترانشه یا بر روی خاکریز	حداقل مطلوب	۱/۲ ۱/۸ - ۳/۰	۱/۸ ۲/۴-۲/۶
زیرگذرها : روگذرها :		به استاندارد تقاطعهای غیرهمسطح مراجعه شود	

۳. خطوط تغییر سرعت

۳-۱. کلیات

معمولا" رانندگانی که راه‌خود را در یک‌تقاطع ترک می‌کنند ،باید قبل از گردش، سرعت خود را کاهش دهند . به‌همین ترتیب رانندگانی که از یک خط گردش وارد یک راه اصلی می‌شوند ، سرعت خود را افزایش می‌دهند تا به سرعت آمد و شد در راه اصلی برسند .اگر کاستن یا افزودن سرعت خودروهایی که وارد جریان آمد و شد شده و یا از آن خارج‌می‌شوند مستقیما" در داخل راه اصلی انجام‌گیرد،موجب اختلال در آمد و شد عبوری راه اصلی می‌شود و غالبا" نیز خطرناک است . برای از بین بردن و یا به حداقل رساندن جنبه‌های غیرمطلوب این عمل ، به‌کار بردن خطوط کاهش یا افزایش سرعت ، راه‌حلی مناسب در سرگراهها ، آزاد راهها و در اکثر راههای اصلی است .

خطوط افزایش یا کاهش سرعت که ممکن است عرض یکنواختی نیز نداشته باشند عبارتند از

یک روسازی اضافه شده تا رانندگان بتوانند طی آن سرعت خود را بین سرعت آمد و شد راه اصلی و خطوط گردش تغییر دهند. بهتر است خطوط تغییر سرعت (افزایش یا کاهش) دارای عرض و طول کافی باشند تا راننده بتواند خودرو خود را در آن جای داده، وسپس سرعت خود را به مقدار لازم کاهش و یا افزایش دهد. خطوط کاهش و افزایش سرعت بسته به طرح تقاطع و شرایط آمد و شد، ممکن است در رابطه با هم طرح گردند. این خطوط ممکن است به‌عنوان قسمتی از تقاطع همسطح طرح شوند ولی اهمیت آنها در شیبراهه‌هایی است که به یک راه اصلی با سرعت حرکت زیاد متصل می‌شوند. لزوم ساختن خطوط تغییر سرعت تابع عوامل متعددی از قبیل سرعت، مقدار آمد و شد، گنجایش، رده‌بندی و نوع راه اصلی، طرح هندسی تقاطع، آمار تصادفات در محل مورد نظر و غیره است.

خطوط کاهش سرعت، بویژه در راههای با سرعت زیاد، همیشه مفیدند. در صورتی که خط کاهش سرعت وجود نداشته باشد، راننده‌ای که می‌خواهد آمد و شد راه عبوری را ترک نماید، چاره‌ای جز کاستن سرعت خودرو خود در راه اصلی (قبل از گردش) ندارد. در این حالت، ترمز نگرفتن بموقع راننده خودرو عقبی که انتظار این کاهش سرعت را ندارد، موجب بروز تصادف می‌گردد.

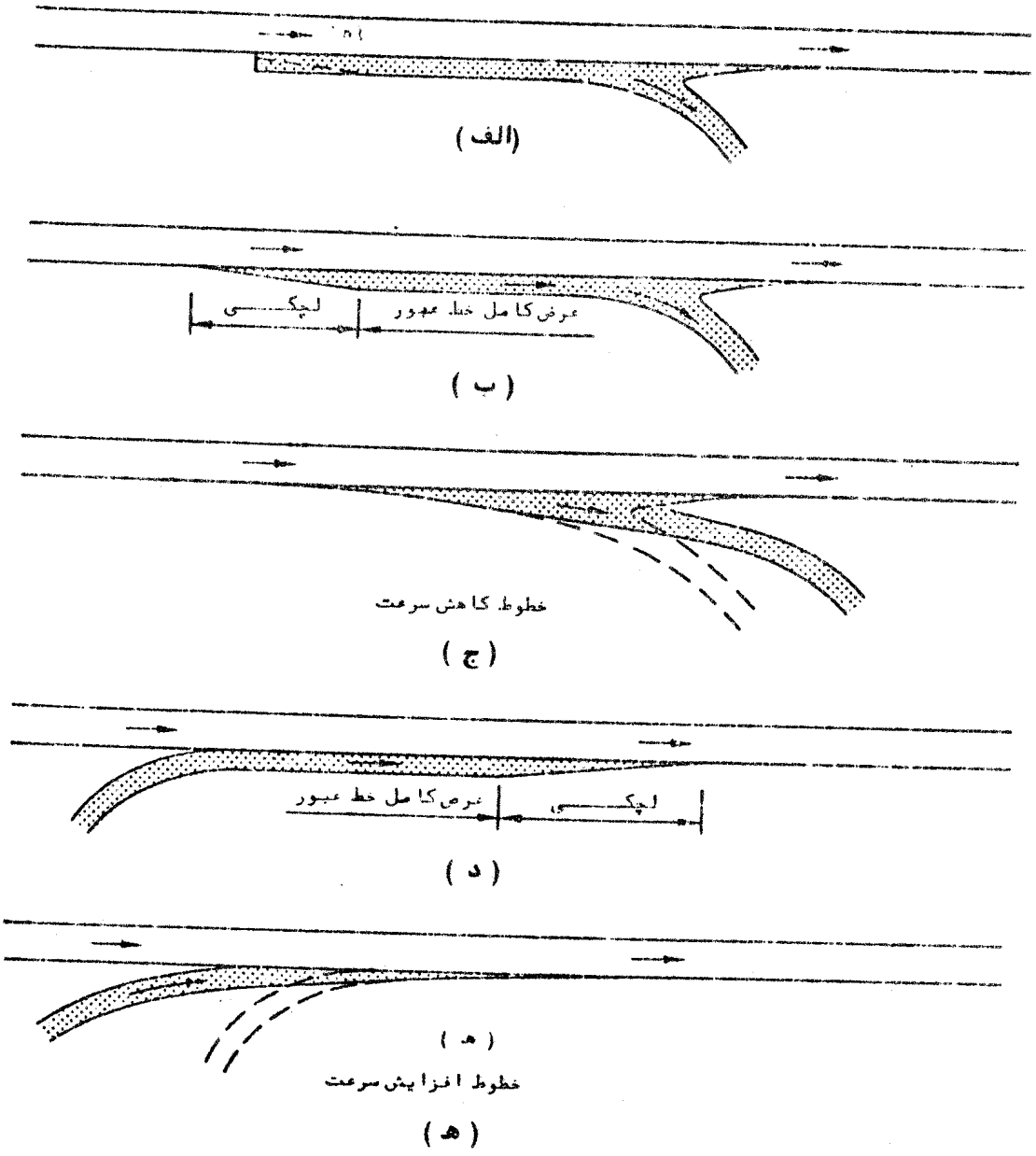
در تقاطعهای با علامت "ایست" خط افزایش سرعت همیشه ضروری نیست زیرا راننده می‌تواند در فرصت مناسب بدون ایجاد اختلال درآمد و شد عبوری گردش نماید و به آمد و شد راه اصلی وارد شود. ولی در مورد تقاطعهای بدون علامت "ایست" و یا حتی در تقاطعهای با علامت "ایست" در شرایطی که آمد و شد عبوری زیاد است و فرصت برای گردش بدون ایجاد اختلال در آمد و شد عبوری موجود نیست، پیش‌بینی خط افزایش سرعت مفید و موءثر است.

۳ـ۲. *امتداد و عملکرد خطوط تغییر سرعت*

خطوط تغییر سرعت بسته به امتداد راه اصلی، تعداد تقاطعها، و فاصله لازم برای تأمین تغییر سرعت بین راه اصلی و سرعت در خطوط گردش، ممکن است شکلهای مختلفی داشته باشد (شکل ۱۳).

۳ ـ ۲ ـ ۱. خطوط کاهش سرعت

خطوط کاهش سرعت باید طوری طرح شوند که محل خروج از راه اصلی برای راننده مشخص باشد. این عمل می‌تواند به روشهای مختلف از قبیل یک افزایش عرض ناگهانی (و مشخص) روسازی و یا یک شروع زاویه‌ای به‌جای یک منحنی تدریجی انجام پذیرد که افزایش عرض در آن تدریجا "صورت می‌گیرد و در نتیجه ممکن است اشتباها "راننده آمد و شد عبوری وارد آن شود. سه شکل کلی برای خطوط کاهش سرعت به‌صورت ساده در شکل ۱۳ نشان داده شده‌است. در شکل ۱۳ـ الف، خط کاهش سرعت (خط پر) به‌صورت ناگهانی و با عرض برابر و یا کمتر از عرض لازم برای خط عبور شروع می‌شود. قسمت اولیه این خط کاهش سرعت برای استفاده آمد و شد نیست بلکه هدف از آن، مشخص کردن نقطه شروع خط کاهش سرعت برای رانندگانی که می‌خواهند گردش کنند. بدین‌منظور، برای صرفه‌جویی در هزینه، می‌توان به‌جای رعایت عرض کامل، عرض خط کاهش‌سرعت را ۱/۲ تا ۱/۸ متر انتخاب نمود (خط چین نشان داده شده در شکل ۱۳ـ الف).



شکل ۱۳. شکلهای مختلف خطوط تغییر سرعت (شماتیک)

شکل دیگر خط‌کاهش سرعت ، در نظر گرفتن یک خط با عرض متغیر (لچکی) قبل از خط عبور با عرض کامل است (شکل ۱۳ــ ب) . آن قسمت از خط لچکی که دارای عرض متغیری است ، جزء خط کاهش سرعت محسوب می‌شود . در این طرح ، سطح قسمت غیرقابل استفاده روسازی در ابتدای خط کاهش سرعت نسبت به طرح قبلی کاهش یافته و مسیر حرکت خودرو مشخصتر است . باوجودی که در این طرح ، ابتدای خط‌کاهش سرعت در مقایسه با حالت قبل به‌خوبی مشخص نیست ولی این اشکال را می‌توان با به‌کار بردن روسازی با رنگ متفاوت و یا خط‌کشی کاملا "رفع کرد . خطوط کاهش سرعتی که به یک مسیر قوس معکوس نیاز دارد (مانند شکلهای ۱۲ــ الف و ۱۳ــ ب) ،به‌دلیل آنکه مسیر واقعی خودرو بر روی آن قرار نمی‌گیرد و عملا "قسمتی از آن بدون استفاده می‌ماند ، تا اندازه‌ای غیر موءثر است . یک خروجی سریع از یک منحنی تدریجی یا یک خط لچکی کاهش سرعت مستقیم که با امتداد لبه روسازی خط‌عبور مستقیم زاویه ۴ تا ۵ درجه می‌سازد ، ایجاد می‌گردد . در شرایطی که مقدار آمد و شد خروجی قابل ملاحظه است به‌طوری که ایجاد شیبراهه خروجی دوخطه ضرورت پیدا می‌کند ، و یا در شرایطی که تعداد کامیونها بسیار زیاد است ، یک خط موازی اضافی که به شیبراهه متصل باشد ، ضروری است . این عمل باعث کاهش مقدار آمد و شد در خط خارجی راه‌عبوری می‌شود و در نتیجه رانندگان بهتر خواهند توانست محل شیبراهه خروجی و علایم مربوط‌را تشخیص دهند .

اکثر رانندگان در شرایطی که در انتخاب مسیر حرکت خود آزادند ، ترجیح می‌دهند مسیر مستقیم را به‌جای مسیر با قوس معکوس انتخاب نمایند و مستقیما "وارد شیبراهه شوند و از خط اضافی کاهش سرعت استفاده نکنند . به‌هر حال ، در شرایطی که مقدار آمد و شد زیاد است ، رانندگان تمایل بیشتری دارند که از تمام خط کاهش سرعت که به‌دنبال منحنی معکوس است ، استفاده کنند . در شکل ۱۳ــ ج ،طرح یک خط کاهش سرعت که با مسیر مستقیم خودرو تطابق دارد و از نظر رانندگان ارجح است ،نشان داده شده‌است . در شرایطی که اختلاف سرعت آمد و شد راه‌عبوری و راه گردش‌کننده‌زیاد است ــ همان‌طور که در شکل با خط پر نشان داده شده‌است ــ خط‌کاهش سرعت ممکن است تا مقداری بعد از دماغه خروجی شیبراهه ادامه داشته باشد و در نتیجه ، قسمتی از خط‌کاهش سرعت کاملا " از روسازی راه عبوری جدا می‌شود . در این حالت ، قوس تیز گردش در فاصله بیشتری با لبه روسازی قرار دارد و در نتیجه ، سطح مورد نیاز برای ساختن خط‌کاهش سرعت از دو حالت قبلی (شکل ۱۳ــ الف و ۱۳ــ ب) بیشتر خواهد بود . در حالتی که اختلاف سرعت دو جریان آمد و شد راه عبوری و خط گردش زیاد نیست ،قوس تیز گردش می‌تواند.در محل دماغه و یا قبل از آن شروع‌شود (خط‌چین نشان داده شده در شکل ۱۳ــ ج) و در نتیجه ،در این حالت ،سطح مورد نیاز حدودا "برابر و یا کمی بیشتر از دو حالت قبل خواهد بود .

خطوط‌کاهش سرعت که در قوس راهها قرار می‌گیرند ، شکل هدایت‌کننده پیدا می‌کند (شکل ۱۴) . اگر راه اصلی به‌طرف چپ گردش‌کند و خروجی در سمت راست قرار داشته باشد ، خط‌کاهش سرعت باید طوری طرح شود که رانندگان به‌خوبی خروجی و مسیر راه اصلی را از یکدیگر تمیز دهند . در صورتی که خروجی مشابه خروجیها در مسیر مستقیم طرح شود ، ممکن است آمد و شد عبوری راه

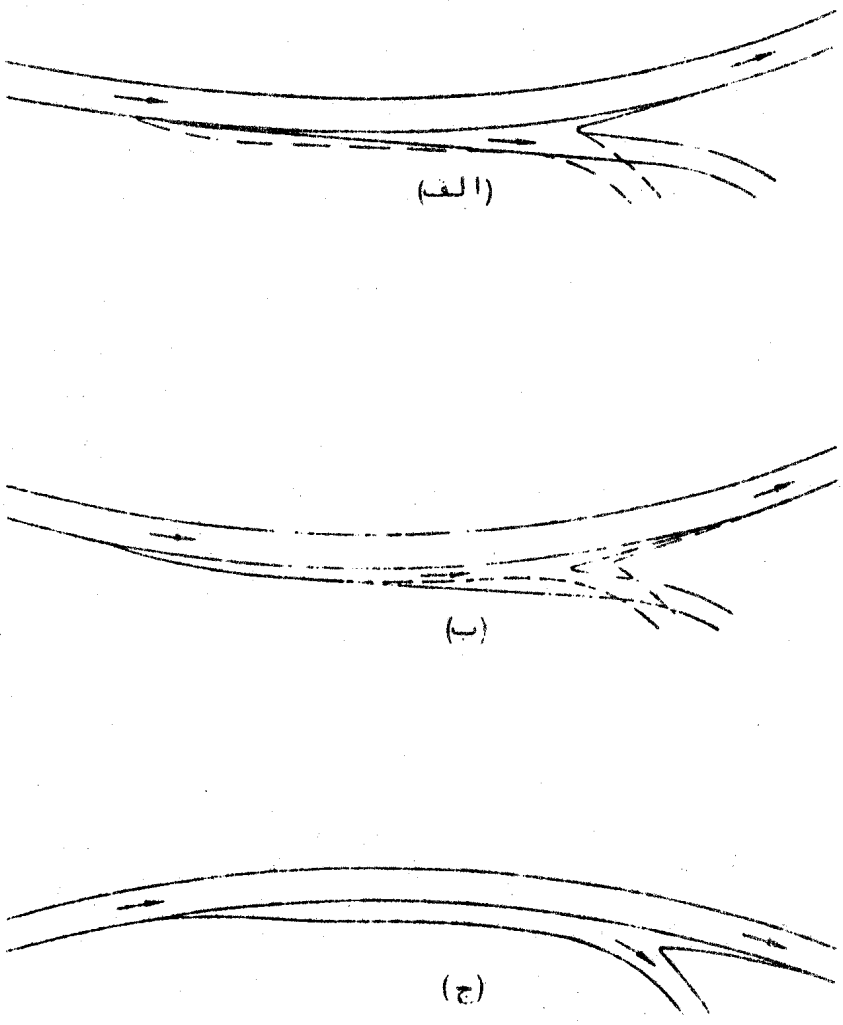
اصلی وارد شیبراهه شود. باید سعی کرد خط کاهش سرعت، پس از قرار گرفتن آمد و شد به‌طور کامل در قوس، آغاز شود. برای تأمین بربلندی برای خط عبور راه اصلی در قوس، یک شکستگی در مقطع روسازی در لبهٔ روسازی خط عبور اصلی به‌وجود می‌آید و در نتیجه، خط کاهش سرعت باید به‌اندازهٔ کافی عریض باشد تا شدت تغییر در شیب مقطع عرضی روسازی در حد قابل قبولی باقی بماند. در شرایطی که طول زیادی برای این منظور لازم است، یا آنکه مقدار بربلندی در راه اصلی از ۵٪ بیشتر می‌شود، شکل مطلوب خط کاهش سرعت، مشابه طرحی خواهد بود که در شکل ۱۴ــ ب با خط‌پر نشان داده شده‌است. در این طرح، تأمین بربلندی به‌صورت مؤثرتری امکانپذیر است. در شرایطی که راه اصلی به‌سمت راست گردش‌می‌کند و خروجی نیز در همان‌سمت قرار دارد، خط کاهش سرعت داده شده در شکل ۱۴ــ ج مناسب است. در این حالت، چون بربلندی در راه اصلی و شیبراهه همجهت می‌باشد، تأمین و اجرای بربلندی به‌راحتی امکانپذیر است.

خطوط کاهش سرعت هدایت‌کننده (مانند شکلهای ۱۳ــ ج و ۱۴) در بعضی موارد و هنگامی که دید کم است، موجب هدایت آمد و شد عبوری به داخل خط کاهش سرعت می‌شود. به‌این دلیل، سیستم علامت‌گذاری کافی و خطکشی و ایجاد تمایز در رنگ روسازیها ضروری است. دماغه جداکننده خط گردش و خطوط عبور راه اصلی باید نسبت به لبه روسازی راه‌اصلی دارای عقب‌نشستگی باشد؛ بهتر است این مقدار عقب‌نشستگی برابر عرض‌شانه باشد تا هنگامی‌که خودرو عبوری اشتباها "وارد خط کاهش سرعت می‌شود بتواند با حداقل خطر و کمترین اختلال در آمد و شد، به مسیر راه اصلی باز گردد. از این‌رو، سطح روسازی در راه اصلی باید معادل مقدار عقب‌نشستگی دماغه‌افزایش داده‌شود. این افزایش عرض باید مسافتی بعد از دماغه ادامه داشته‌باشد تا خودرو فرصت لازم برای ورودبه مسیر اصلی خود را بیابد.

۳ــ۲ــ۲. خطوط افزایش سرعت

اصول و معیارهای طرح خطوط افزایش سرعت، مشابه طرح خطوط کاهش سرعت است. دو حالت کلی خطوط افزایش سرعت در شکلهای ۱۳ــ د و ۱۳ــ هـ نشان داده شده‌است. هنگامی که مقدار آمد و شد نسبتا "کم است، معمولا "خودروهای ورودی مسیر مستقیمی را طی خواهند کرد و بخشی از آنها، بدون آنکه قسمت قابل توجهی از خط افزایش سرعت را مورد استفاده قرار دهند، وارد راه اصلی می‌شوند. هر اندازه مقدار آمد و شد بیشتر باشد، نسبت درصد بیشتری از خط افزایش سرعت به‌طور کامل مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

خط افزایش سرعت، مشابه آنچه در شکل ۱۳ــ هـ داده شده‌است، تطابق بیشتری با مسیر عبور خودروها دارد؛ قسمت اعظم خط مذکور مورد استفاده رانندگان قرار می‌گیرد. به کار بردن خطوط افزایش سرعت، علاوه بر افزایش سرعت، برای تأمین فاصله‌ای است که طی آن، راننده خودرو فرصت یافتن فاصله کافی در آمد و شد راه اصلی را به‌دست آورد و در آن فاصله وارد جریان آمد و شد اصلی



شکل ۱۴ . خطوط کاهش سرعت برای راههای در قوس

شود. بنابراین، خط افزایش سرعت باید تا حد امکان مجاور خط عبور راه اصلی باشد و روسازی آن متصل به روسازی راه اصلی در نظر گرفته شود. در انتهای خط افزایش سرعت نباید مانعی مانند جدول بین شانه‌ها و روسازی وجود داشته باشد تا درصورتی که خودروی نتواند در طول خط افزایش سرعت وارد جریان آمد و شد اصلی شود، به شانه وارد گردد. خطوط افزایش سرعت که در قوس وارد راه اصلی می‌گردند، دارای طرحی مشابه خطوط کاهش سرعت در قوسها (شکل ۱۴) هستند، فقط با این اختلاف که دماغه شیبراهه در خطوط افزایش سرعت نه تنها به عقب نشستگی ندارد، بلکه سعی می‌شود عرض آن در محل ورود به راه اصلی کاهش داده شود تا آمد و شد ورودی به صورت یکخطه وارد راه اصلی شود (شکل ۲۷ ـ الف).

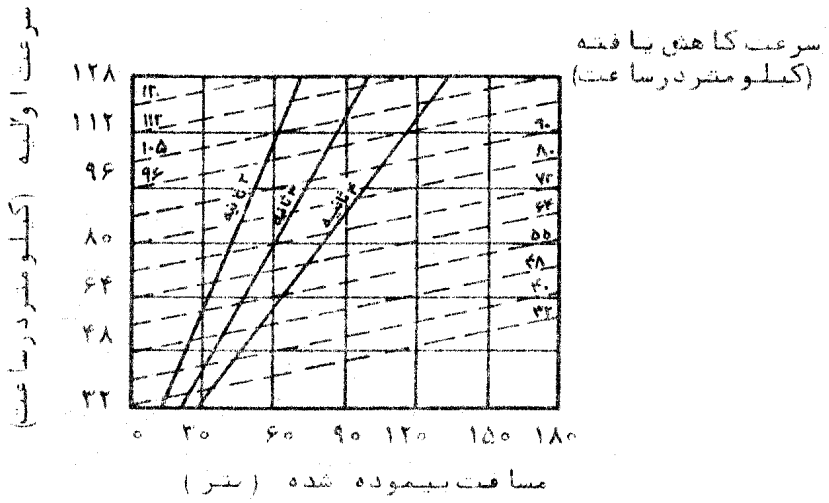
۳ـ۳. خط لچکی (خط با عرض متغیر)

خط لچکی مربوط به خط افزایش سرعت هدایت‌کننده، که قبلا "شرح داده شد، به‌طور تدریجی به‌گونه‌ای با روسازی خط عبور راه اصلی متصل شده که ممکن است محل انتهای خط لچکی به‌طور وضوح مشخص نباشد. در صورتی که در خط کاهش سرعت، خط لچکی باید طوری طرح شود که محل شروع آن کاملا" برای رانندگانی که می‌خواهند از راه اصلی خارج شوند، مشخص باشد. در انواع دیگر خطوط کاهش سرعت، هنگامی که تعریض به‌طریق دیگری غیر از افزایش یکباره عرض روسازی (قسمتی و یا برابر تمام عرض خط) انجام می‌گیرد، طرح خط لچکی باید به‌گونه‌ای باشد که حرکت و گردش خودروهای خروجی را در شرایط ایمنی کافی تأمین نماید. طول و شکل خط لچکی باید باعث تشویق رانندگان به استفاده از آن به‌هنگام خروج از راه اصلی شود.

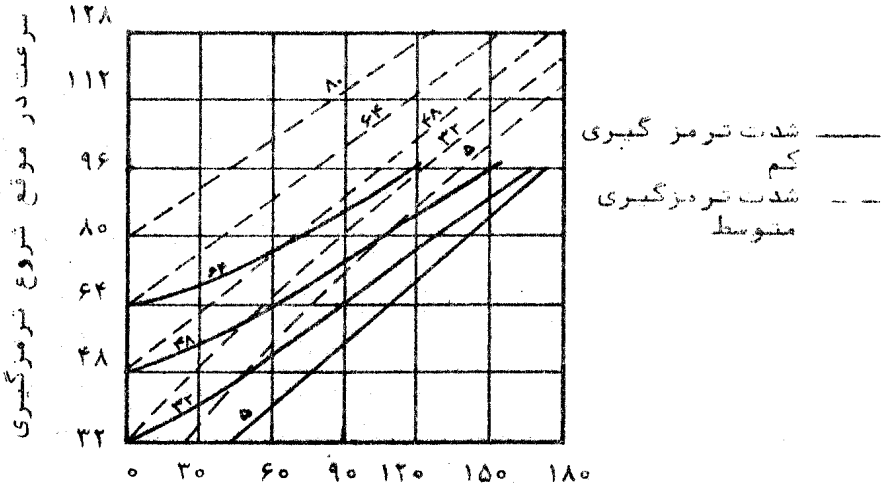
بررسی انجام شده درباره راههای دوخطه دوطرفه نشان داده‌است که بسته به مقدار آمد و شد، خودرو در حال سبقت در مدت ۲/۷ تا ۴/۱ ثانیه از یک خط به خط مجاور تغییر محل می‌دهد. بنابراین، زمان لازم برای تغییر محل خودرو در روی خط اصلی به‌خط تغییر سرعت، ۳ تا ۴ ثانیه فرض شده‌است که زمان ۳/۵ ثانیه برای طرح خط لچکی خط تغییر سرعت، زمان مناسبی است. طول خط لچکی (T) که با فرض بالا و با توجه به سرعت طرح و سرعت متوسط حرکت محاسبه شده، در جدول ۹ نشان داده شده‌است. طولهای مذکور به‌تنهایی برای تغییر سرعت کافی نیست و باید در رابطه با خط تغییر سرعت با عرض کامل، در نظر گرفته شود. در این مورد، می‌توان یک خط لچکی مستقیم به‌کار برد زیرا زاویه آن به‌قدری کوچک است که مسیر واقعی چرخ عملا" با لبه خط لچکی تطابق دارد.

۳ ـ ۴. عرض خط تغییر سرعت

مانند سایر خطوط عبور، عرض یکنواخت خط تغییر سرعت، مشابه شکلهای ۱۳ـالف، ۱۳ـب و ۱۳ـ د، نباید از ۳/۳ متر و ترجیحا" از ۳/۶۵ متر کمتر باشد. در خط کاهش سرعت از نوع شکل ۱۳ـج عرض معینی وجود ندارد. به‌کار بردن یک شانه با عرض کامل در طول خط تغییر سرعت، مطلوب ولی غیرضروری است. در حالت اخیر باید از یک شانه تثبیت شده با عرض کمتر استفاده شود. جداول غیرقابل عبور لبه خارجی خطوط عبور کمکی باید حداقل ۰/۳ متر و ترجیحا" ۰/۶ متر عقب‌نشستگی داشته باشد.



الف : فواصل پیموده شده در مدت برداشتن پا از روی پدال گاز (بدون ترمزگیری)



ب : مسافت پیموده شده در موقع ترمزگیری (متر)

شکل ۱۵ . فواصل پیموده‌شده در موقع برداشتن پا از روی پدال گاز
و ترمزگیری برای خودرو سواری

جدول ۹ . طول خط لچکی برای خطوط تغییر سرعت

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۵۰	۶۵	۸۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰
متوسط سرعت (کیلومتر در ساعت)	۴۵	۵۸	۷۰	۸۸	۹۳	۹۸	۱۰۳
حداقل طول لچکی (متر)	۴۴	۵۶	۶۸	۷۵	۹۰	۹۴	۹۹
طول لچکی گرد شده (متر)	۴۵	۵۵	۷۰	۷۵	۹۰	۹۵	۱۰۰

۳ ـ ۵ . *طول خط تغییر سرعت*

۳ـ۵ـ۱ . طول خطوط کاهش سرعت

طول خط کاهش سرعت تابع سه عامل زیر است :

الف) سرعت خودرو هنگام ورود به خط کمکی

ب) سرعت خودرو در انتهای خط کاهش سرعت و هنگام خروج آن

ج) روش کاهش سرعت و عوامل مربوط به آن .

به‌منظور طرح ، فرض می‌شود که خودروهایی که وارد خط کاهش سرعت می‌شوند ، با سرعتی حدود سرعت متوسط راه (در مقدار آمد و شد پایین) حرکت می‌کنند . مقدار سرعت متوسط با توجه به سرعت طرح راه از جدول ۶ تعیین می‌شود . برای راهنمایی و آگاه کردن تعداد محدودی رانندگان که با سرعتهای زیاد حرکت می‌کنند باید علایم راهنمایی در فاصله کافی قبل از شروع خط کاهش سرعت نصب گردد تا راننده قبل از رسیدن به خط تغییر سرعت ، از سرعت خود بکاهد . سرعت متوسط حرکت ، که تابعی از شعاع گردش است و از شکل ۸ و جدول ۳ تعیین می‌شود ، سرعتی منطقی برای طرح خط کاهش سرعت است . بنابراین ، اختلاف متوسط سرعت در راه اصلی و سرعت خودروهای خروجی در محل قوس انتهای خط کاهش سرعت ، مبنای محاسبه طول خط کاهش سرعت قرار می‌گیرد .

طول خط کاهش سرعت با استفاده از جدول ۲ از استاندارد راههای اصلی و جدول ۳ و شکل ۱۵ ، تعیین می‌شود و نتایج برای طرح در شکل ۱۶ و در جدول ۱۰ آورده شده‌است .

طولهای محاسبه‌شده در بالا برای خودرو سواری است . کامیونها به‌طول کاهش سرعت بیشتری از مقادیری که در این جداول نشان داده‌شده‌است ، نیاز دارند ، لیکن استفاده از خطوط طویلتر به‌ندرت قابل توجیه است چون سرعت کامیونها از سرعت متوسط سواریها کمتر است .

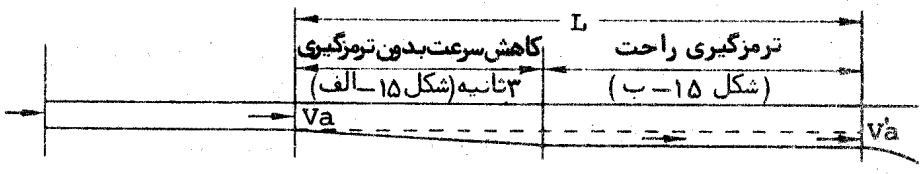
سرعت طرح راه (کیلومتر در ساعت) (V)	متوسط سرعت حرکت (کیلومتر در ساعت) (Va)	طول خط کاهش سرعت (L) (متر)							
		برای سرعت طرح خروجی (V') (کیلومتر در ساعت)							
		شرایط توقف	۲۵	۳۲	۴۰	۴۸	۵۵	۶۵	۷۲	۸۰
		برای سرعت متوسط خروجی (V'a) (کیلومتر در ساعت)							
		۰	۲۳	۲۹	۳۵	۴۲	۴۸	۵۸	۶۵	۷۰
۵۰	۴۵	۷۲	۵۶	۴۹	۴۳	—	—	—	—	—
۶۵	۵۸	۹۶	۹۰	۸۱	۷۲	۵۶	۴۷	—	—	—
۸۵	۷۰	۱۳۲	۱۲۳	۱۱۷	۱۰۸	۹۶	۸۷	۶۹	۵۳	—
۹۵	۸۳	۱۶۲	۱۵۲	۱۴۹	۱۴۰	۱۳۱	۱۲۵	۱۰۴	۹۱	۷۳
۱۰۵	۸۸	۱۷۴	۱۶۵	۱۶۲	۱۴۹	۱۴۶	۱۳۱	۱۱۶	۱۰۱	۸۵
۱۱۰	۹۳	۱۸۷	۱۸۰	۱۷۴	۱۶۸	۱۵۵	۱۴۹	۱۳۱	۱۱۹	۱۰۴
۱۱۵	۹۸	۲۰۱	۱۹۲	۱۸۶	۱۸۰	۱۷۱	۱۶۲	۱۴۳	۱۳۴	۱۱۹
۱۳۰	۱۰۲	۲۱۳	۲۰۷	۲۰۱	۱۹۵	۱۸۶	۱۷۷	۱۶۲	۱۴۹	۱۳۷

V = سرعت طرح راه

Va = متوسط سرعت حرکت در راه

V' = سرعت طرح قوس خروجی

V'a = متوسط سرعت حرکت در قوس خروجی



شکل ۱۶ . تعیین طول خط کاهش سرعت

مقادیر ستون‌سوم جدول ۱۰، طول لازم برای توقف کامل خودرو است. ممکن است این شرایط در اکثر تقاطعهای راه اصلی یا یک راه فرعی که در آن، آمد و شد قبل از گردش و یا قبل از قطع کردن راه اصلی باید توقف کامل نماید، پیش‌آید. همچنین، این مقادیر را می‌توان برای تقاطعهای با چراغ راهنمایی و یا خط عبور مجاور میانه به‌کار برد.

۳-۵-۲. خط افزایش سرعت

معمولا "خطوط افزایش سرعت با یک خط لچکی دارای تغییر عرض یکنواخت، ۵۰ به ۱ در آزاد راهها و ۲۰ به ۱ تا ۵۰ به ۱ در دیگر راههای اصلی، طرح می‌شوند، ولی بعضی از طراحان ترجیح می‌دهند که خط افزایش سرعت دارای عرض ثابتی باشد و در انتهای آن، خط لچکی با تغییر عرض بیشتر در نظر گرفته شود.

طول خط افزایش سرعت برمبنای سه عامل زیر محاسبه می‌گردد:

الف) سرعت خودرو به‌هنگام ورود به راه اصلی

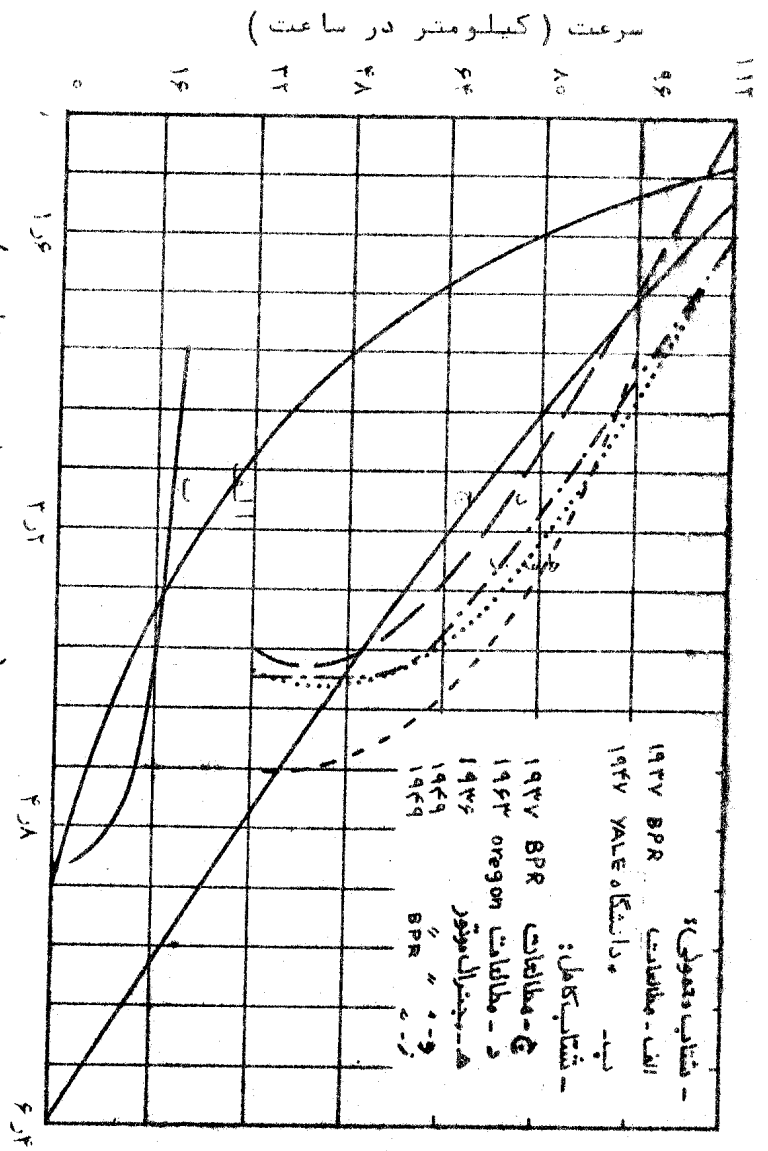
ب) سرعت خودرو به‌هنگام ورود به خط افزایش سرعت

ج) روش افزایش سرعت و پارامترهای مربوط به آن

همچنین طول خط افزایش سرعت ممکن است تابع مقدار نسبی آمد و شد در راه اصلی و خط گردش باشد. در راههای با آمد و شد زیاد، خط افزایش سرعت طویل مطلوبتر است تا آنکه خودرو ورودی بتواند بدون توقف نامطلوب در انتهای خط افزایش سرعت، وارد جریان آمد و شد راه اصلی شود. معمولا "راننده به‌حرکت خودرو در خط افزایش سرعت ادامه می‌دهد تا فرصت مناسبی برای ورود به آمد و شد راه اصلی پیدا نماید.

مطلوب آن است که خودرو ورودی، از خط افزایش سرعت، با سرعتی برابر متوسط سرعت راه اصلی وارد جریان آمد و شد عبوری شود و طرح بر این مبنا اجرا شود. راننده معمولا "با سرعتی در حدود متوسط سرعت حرکت آمد و شد در قوس گردش (در محل اتصال به خط افزایش سرعت)، که خود تابعی از شعاع قوس گردش است، وارد خط افزایش سرعت می‌شود. این سرعت متوسط حرکت را می‌توان از شکل ۸ و جدول ۳ به‌دست آورد. اختلاف بین متوسط سرعت حرکت در قوس ورودی و در راه اصلی مبنای محاسبه طول خط افزایش سرعت است.

اطلاعات به‌دست‌آمده از مطالعات مختلف در مورد شدت افزایش سرعت خودرو سواری (شتاب) در شکل ۱۷ نشان داده شده‌است. مشابهت نزدیکی میان نتایج به‌دست آمده از مطالعات مختلف در مورد شدت متوسط حداکثر افزایش سرعت وجود دارد. این شدت افزایش با بالا رفتن سرعت، کاهش می‌یابد و شتاب در سرعت ۵۰ کیلومتر در ساعت برابر ۴ کیلومتر در ساعت در هر ثانیه و در سرعت ۱۱۰ کیلومتر در ساعت برابر ۱/۶ کیلومتر در ساعت در هر ثانیه است. راننده معمولا " بجز در مواقع



شکل ۱۷. شدت افزایش سرعت (شتاب) برای خودرو سواری

اضطراری ، در قسمتی از طول خط افزایش سرعت با متوسط حداکثر شتاب مذکور ، حرکت خواهد کرد . مقدار واقعی تغییر افزایش سرعت (شتاب) تابع خصوصیات رانندگی افراد بوده و در رانندگان مختلف بسیار متفاوت است .

خلاصه نتایج مطالعات مختلف بر روی شدت افزایش سرعت (شتاب) در شکل ۱۷ نشان داده شده‌است .

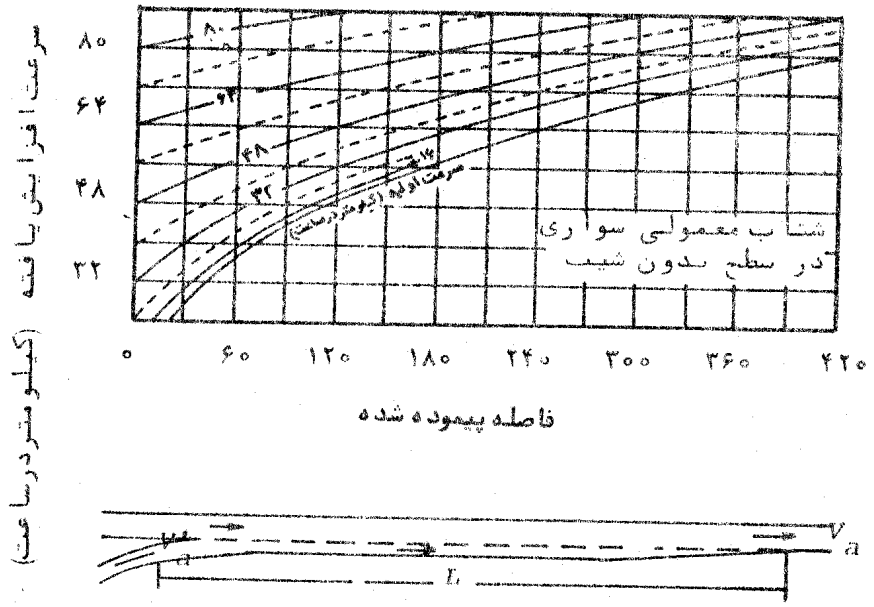
تجربه نشان داده است‌که اگر خودرو ورودی با سرعتی در حدود ۱۰ کیلومتر در ساعت کمتر از سرعت آمد و شد راه عبوری وارد آن شود ، در آمد و شد عبوری اختلال و ناراحتی پدید نمی‌آید ؛ بنابراین ، سرعت مذکور مبنای طرح خط‌افزایش سرعت قرار داده می‌شود . در قسمت پایین شکل ۱۸ ، طول محاسبه شده براساس سرعت اولیه ،برابر سرعت متوسط حرکت در قوس گردش و سرعت ورودی به خط عبور اصلی ، ۱۰ کیلومتر در ساعت کمتر از متوسط سرعت حرکت آمد و شد عبوری نشان داده شده است . مقادیر مذکور پس از گرد شدن به‌عنوان مبنای طرح خط‌افزایش سرعت در جدول ۱۰ آمده‌است .

طول خط‌افزایش سرعت برمبنای خودرو سواری طرح شده‌است . کامیونها و اتوبوسها به طول بیشتری برای افزایش سرعت نیاز دارند و تأمین طول مذکور عملی نیست . ورود کندتر کامیونها و اتوبوسها در راه عبوری ، غیرقابل اجتناب بوده و کلا" از نظر عموم قابل قبول است .

معمولا" در ورود به خطوط عبوری ، خط افزایش سرعت همراه با علامت "ایست" پیشنهاد نمی‌شود . هنگامی که علامت "ایست" در تقاطعهای برون‌شهری (با حداقل معیار) به‌کار برده می‌شود ، ایجاد خط‌تغییر سرعت‌مناسب نیست .بیشتر رانندگان به‌هنگام رسیدن به‌علامت ایست در یک تقاطع، ترجیح می‌دهند که توقف نموده و منتظر فرصت برای پیدا کردن فاصله‌ای در بین آمد و شد عبوری شوند و سپس مستقیما "وارد خط‌عبور اصلی گردند . در نتیجه ، رانندگان عملا "به‌ندرت از خط‌افزایش سرعت استفاده خواهند کرد . معمولا "در تقاطعهای مهم برون‌شهری ،هنگامی‌که سرعت و مقدار آمد و شد ایجاد خط‌افزایش‌سرعت را ضروری می‌سازد ،بهتر است که یک طرح با شعاع بیشتر از شعاع حداقل با یک جزیره هدایت کننده برای آمد و شد راست‌گرد در حال ورود به آمد و شد عبوری در نظر گرفته شود . این در صورتی است که خط‌گردش به‌راست دارای علامت ایست نباشد . در این حالت ، آمد و شد چپ‌گرد و یا آمد و شدی که راه اصلی را قطع می‌نماید ممکن است علامت ایست داشته باشد . در این موارد ، برای آمد و شد راستگرد ، علامت "عبور با احتیاط" در نظر گرفته می‌شود . بنابراین ، نتیجه گرفته می‌شود که خط افزایش سرعت ، برای حرکت خودرو از حالت ایستاده در تقاطعهای برونشهری ضروری نبوده و لذا این مقادیر در جدول ۱۰ آورده نشده‌است .

۳–۵–۳ . روش اندازه‌گیری

از دید نظری ، خط‌کاهش سرعت محاسبه شده باید از نقطه‌ای که عرض خط‌کمکی به‌اندازه عرض کامل



سرعت طرح راه (کیلومتر در ساعت)	سرعت بازیافته (Va) (کیلومتر در ساعت)	L = طول خط افزایش سرعت (L) (متر) برای قوسهای ورودیها با سرعت طرح (کیلومتر در ساعت):							
		شرایط توقف	۲۵	۳۰	۴۰	۵۰	۵۵	۶۵	۷۰	۸۰
		و سرعت اولیه (V'a) (کیلومتر در ساعت).								
		۰	۲۳	۲۷	۳۵	۴۳	۴۷	۵۹	۶۲	۷۰
۵۰	۳۷	۵۸	—	—	—	—	—	—	—	—
۶۵	۵۰	۱۱۵	۱۱۵	۷۵	۶۵	۴۰	—	—	—	—
۸۰	۶۲	۲۳۰	۲۳۰	۱۹۰	۱۷۵	۱۵۰	۱۱۵	۵۰	—	—
۹۵	۷۵	۳۵۰	۳۵۰	۳۲۵	۳۰۰	۲۸۰	۲۴۰	۱۸۰	۱۲۰	۵۰
۱۱۰	۸۵	۴۸۰	۴۸۰	۴۶۰	۴۳۰	۴۰۵	۲۷۵	۳۱۰	۲۵۰	۱۷۵

شکل ۱۸ . تعیین طول خط افزایش سرعت

خط عبور می‌گردد ، در نظر گرفته شود . گرچه این نحوهٔ محاسبه مطلوب است ، لیکن ممکن است منجر به‌طولی شودکه ایجاد آن عملی نباشد . امکان دارد فرض شود که در طول خط لچکی ، آماده شدن برای خروج از راه عبوری قبل از رسیدن به‌خط کاهش سرعت و کاسته شدن سرعت در اثر برداشتن پا از روی پدال گاز (بدون ترمز گرفتن) باعث کاهش طول خط کاهش سرعت می‌شود . بنابراین ، فرض می‌شود که خط لچکی (یا قسمتی از آن) جزء طول کل خط کاهش سرعت است . به همین دلیل ، در محاسبه طول خط افزایش سرعت ، طول خط لچکی ممکن است قسمتی از طول کل خط افزایش سرعت فرض شود .

هنگامی‌که خط تغییر سرعت ، یک خط موازی اضافه شده‌است ، طول کل آن (جدول ۱۰) از انتهای باریک خط لچکی تا محلی اندازه گرفته می‌شود که خط تغییر سرعت به قوس خط گردش وصل می‌شود (مانند فاصله بین نقاط ۱ و ۲ در شکل ۱۳ــ ب و بین نقاط ۵ و ۶ در شکل ۱۳ــ د) . خطوط کاهش سرعتی که یکباره با عرض مساوی ــ قسمتی و یا تمام عرض خط ــ شروع می‌شود ، از ابتدای خط کمکی اندازه گرفته می‌شود (شکل ۱۳ــ الف) .

هنگامی که خطوط تغییر سرعت هدایت‌کننده به‌طور بسیار تدریجی (تدریجی‌تر از خط لچکی معمولی) به‌خط عبوری وصل می‌شود ، طول آن از نقطه‌ای که عرض خط لچکی به حدود ۰/۹ تا ۱/۲ متر (۱/۵ یا ۱/۸ متر مطلوبتر است) می‌رسد ، اندازه‌گرفته می‌شود (نقاط ۳ و ۸ در شکلهای ۱۳ ــ ج و ۱۳ــ هـ) . در شرایط خاص ــ مانند بزرگراهها که سرعت در آنها بالا است ــ ممکن است طول خط تغییر سرعت ، از محلی که عرض خط تغییر سرعت برابر عرض کامل خط عبور می‌شود ، اندازه گرفته شود . در این صورت ، طول کل برابر عدد نشان داده شده در جدول ۱۰ به‌اضافه طول خط لچکی خواهد بود . این افزایش‌طول در خطوط عبور بدون‌شیب باعث خواهد شد که خودرو عبوری برای تغییر سرعت خود آزادی عمل و فرصت بیشتری داشته باشد .

۳ــ۵ــ۴ . اثر عوامل دیگر

خط تغییر سرعت برمبنای مفروضات زیر طرح می‌شود :

الف) خطوط عبور تقریبا "بدون شیب هستند

ب) مقدار لازم بر بلندی تأمین شده‌است

ج) مقدار آمد و شد به‌حدی نیست که باعث ایجاد اختلال در حرکت شود .

اگر شرایط بالا موجود نباشد ، ممکن است به اصلاح طول خطوط تغییر سرعت نیاز باشد .

جدول ۱۰ . طول خطوط تغییر سرعت راههای اصلی (شیب کم ۲% یا کمتر)

سرعت طرح خط منحنی گردش (کیلومتر در ساعت)		حالت توقف	۲۵	۳۵	۴۰	۵۰	۵۵	۶۵	۷۰	۸۰
شعاع حداقل منحنی (متر)			۱۵	۲۷	۴۵	۷۰	۹۰	۱۳۰	۱۶۵	۲۱۰
سرعت طرح راه (کیلومتر ساعت)	طول خط لچکی (متر)	طول کلی خط کاهش سرعت با خط لچکی (متر)								
۶۰	۵۵		۹۰	۸۵	۷۵	۶۵	۵۰	—	—	—
۸۰	۷۰		۱۳۰	۱۲۰	۱۱۵	۱۰۵	۱۰۰	۸۵	—	—
۱۰۰	۸۵		۱۶۰	۱۶۰	۱۵۰	۱۴۵	۱۳۵	۱۰۵	۹۵	—
۱۲۰	۹۵		۲۰۰	۱۹۰	۱۸۵	۱۸۰	۱۷۵	۱۴۵	۱۳۵	۱۲۰
۱۳۰	۱۰۰		۲۱۵	۲۰۵	۲۰۰	۲۰۰	۱۸۵	۱۶۰	۱۴۵	۱۳۵
سرعت طرح راه (کیلومتر ساعت)	طول خط لچکی (متر)	طول کلی خط افزایش سرعت با خط لچکی								
۶۰	۵۵		—	۸۰	۶۵	۶۰	—	—	—	—
۸۰	۷۰		—	۲۱۵	۱۹۰	۱۸۵	۱۵۰	۱۲۰	—	—
۱۰۰	۸۵		—	۳۸۵	۳۷۰	۳۲۰	۲۹۰	۳۲۵	۲۲۵	۱۵۶
۱۱۰	۸۰		—	۴۷۰	۴۵۵	۴۲۵	۴۰۵	۳۷۵	۵۰۵	۲۵۰

یادآوری : استفاده از خطوط با عرض متغیر یکنواخت ۱:۵۰ در محلهایی که طول خط افزایش سرعت از ۳۹۰ متر تجاوز می‌کند ، یا سرعت طرح از ۱۱۰ کیلومتر در ساعت بیشتر است و یا درهرمحل مناسب دیگری که فضای کافی موجود باشد ، توصیه می‌گردد .

۱. شیب

فاصله کاهش‌سرعت در نشیب بیشتر و در فراز کمتر است؛ در صورتی‌که فاصله افزایش سرعت در نشیب کمتر و در فراز بیشتر می‌باشد. خلاصه نتایج به‌دست آمده برای محاسبه طول خط تغییر سرعت در شیب، در مقایسه با مقادیر مشابه در سطح افقی، در جدول ۱۱ داده شده‌است. نسبت به‌دست آمده از این جدول، در طولهای داده شده در جدول ۱۰ ضرب می‌شود تا طول خط تغییر سرعت در شیب به‌دست آید. به‌عنوان مثال، در یک راه با آمد و شد زیاد و سرعت طرح ۱۰۰ کیلومتر در ساعت با خط گردش با سرعت طرح ۵۰ کیلومتر در ساعت و ۵% نشیب، طول خط کاهش سرعت برابر ۱۸۲= ۱/۳۵ × ۱۳۵ متر و طول خط افزایش سرعت برابر ۱۴۵= ۰/۵ × ۲۹۰ متر می‌باشد، برای همان شرایط ولی با ۵% فراز، طول خط کاهش سرعت ۱۰۸= ۰/۸ × ۱۳۵ متر است درصورتی که طول خط افزایش سرعت‌برابر ۵۵۱=۱/۹ ×۲۹۰ متر می‌باشد. این‌طول به‌خودرو فرصت‌خواهد داد که با سرعتی حدود ۱۰ کیلومتر در ساعت کمتر از سرعت متوسط حرکت در راه اصلی، وارد آمد و شد عبوری شود.

۲. بربلندی

طول و شکل‌خط‌تغییر سرعت ممکن است در اثر بربلندی تغییر کند. در قسمتهای بعد، این عامل با عنوان بربلندی شرح داده خواهد شد.

۳. مقدار آمد و شد

به‌طور کلی، طول افزایش سرعت داده شده در جدول ۱۰ در مقدار آمد و شد زیاد، بویژه در ساعات شلوغی آمد و شد، به‌خصوص برای یک خودرو سرعت گرفته که منتظر یافتن فرصتی برای ورود به آمد و شد عبوری است، ممکن است مشکل باشد. هنگامی که خودرو ورودی به انتهای خط‌افزایش سرعت می‌رسد، و بدون توجه به تراکم آمد و شد عبوری، مجبور به حرکت و نفوذ به داخل آمد و شد راه اصلی است، شرایط خطرناکی به‌وجود می‌آید. این اشکال را می‌توان با حذف جدول غیرقابل عبور در انتهای خط لچکی خط افزایش سرعت و یا تثبیت شانه‌های روسازی برای عبور احتمالی خودروی که نتوانسته است در فرصت مناسب وارد آمد و شد راه اصلی شود، تا اندازه‌ای کاهش داد.

در راههای با آمد و شد زیاد، موءثر بودن خط‌افزایش سرعت تابع فاصله موجود برای ورود خودرو به داخل آمد و شد عبوری (طول خط همگرا)، و همچنین طول کل خط‌افزایش سرعت، می‌باشد. طول خط همگرا، آن قسمت از خط‌افزایش سرعت است‌که مجاور و متصل به‌خط عبور راه اصلی می‌باشد. بسته به طرح خط افزایش سرعت، این طول ممکن است شامل تمام و یا قسمت کوچکی از خط‌افزایش سرعت گردد.

همان‌گونه که در استاندارد راههای اصلی زیر عنوان گنجایش تقاطعها تذکر داده شد، جمع مقدار آمد و شد در خط عبوری و شیبراهه یکخطه نمی‌تواند از ۱۰۰۰ یا ۱۲۰۰ معادل‌سورای در ساعت در شرایط سرعت خیلی پایین، و یا حدود ۱۵۰۰ معادل سواری، اگر طرح راه طوری است که خودروهای

جدول ۱۱ . نسبت طول خطوط تغییر سرعت در شیب به‌طول این خطوط در سطح افقی

سرعت طرح راه (کیلومتردرساعت)	خطوط کاهش سرعت نسبت طول در شیب به طول در سطح افقی* برای :	
تمامی سرعتها	۳ تا ۴% فراز : ۰/۹	۳ تا ۴% نشیب : ۱/۲
تمامی سرعتها	۵ تا ۶% فراز : ۰/۸	۵ تا ۶% نشیب : ۱/۳۵

سرعت طرح راه (کیلومتردر ساعت)	خطوط افزایش سرعت نسبت طول در شیب به طول در سطح افقی* برای : سرعت طرح قوس خطوط گردش (کیلومتر در ساعت)				
	۳۰	۵۰	۶۵	۸۰	تمامی سرعتها
	۳ تا ۴% فراز				۳ تا ۴% نشیب :
۶۵	۱/۳	۱/۳	—	—	۰/۷
۸۰	۱/۳	۱/۴	۱/۴	—	۰/۶۵
۹۵	۱/۴	۱/۵	۱/۵	۱/۶	۰/۶
۱۱۰	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۱/۸	۰/۶
	۵ تا ۶% فراز				۵ تا ۶% نشیب :
۶۵	۱/۵	۱/۵	—	—	۰/۶
۸۰	۱/۵	۱/۷	۱/۹	—	۰/۵۵
۹۵	۱/۷	۱/۹	۲/۲	۲/۵	۰/۵
۱۱۰	۲/۰	۲/۲	۲/۶	۳/۰	۰/۵

* برای به‌دست آوردن طول خط تغییر سرعت در شیب ، کافی است نسبتهای به‌دست آمده‌درجدول در طولهای مربوط به حالت افقی ضرب شود (جدول ۱۰) .

عبوری بتوانند با سرعتی حداقل برابر ۵۵ کیلومتر در ساعت وارد آمد و شد راه اصلی شوند ، بیشتر باشد . اگر ورود به آمد و شد اصلی با سرعتی حدود ۵۵ تا ۶۰ کیلومتر در ساعت عملی باشد ، شرایط آمد و شد مشابه شرایط جریان ضربدری است و در نتیجه ، طول خط همگرا باید حدود ۹۰ تا ۱۸۰ متر باشد . اگر طول خط همگرا کمتر از مقدار بالا در نظر گرفته شود ، خودروهای ورودی قادر خواهند بود فقط با سرعتی کمتر از سرعت بالا وارد خط عبوری شوند .

به‌کار بردن علایم کافی در تقاطعها ، بویژه در شرایط آمد و شد زیاد ، کمک بسیار بزرگی به بهبود آمد و شد خواهد بود . علایم در قبل از شیبراهه خروجی ، رانندگان را از نزدیک شدن به شیبراهه خروجی مطلع ساخته و باعث خواهند شد که خودورهایی که می‌خواهند از راه عبوری بیرون بروند ، وارد خط سمت راست شوند و آمد و شد عبوری به‌طرف خط سمت چپ متمایل می‌شوند . علایم در قبل از ورودیها باعث خواهدشد که آمد و شد عبوری از خط مجاور خط کمکی ، برای استفاده و ورود آمد و شد ورودی ، فاصله بگیرند و در نتیجه ، مقدار بیشتری از آمد و شد می‌توانند وارد راه اصلی شود .

۴ . بربلندی قوسها در تقاطعها

۴ـ۱ . *میزان بربلندی*

عوامل کلی کنترل حداکثر بربلندی در راهها برای قوسهای تقاطعها نیز مصداق دارند (نگاه کنید به : معیارهای طرح هندسی راههای اصلی) . مقدار حداکثر بربلندی معمولا "بین ۶% تا ۱۲% متغیر است . در مناطقی که شرایط جوی اجازه دهد ، ممکن است مقادیر تا ۱۲% یا ۱۴% برای بربلندی اتصالات یکسویه در نظر گرفته شود . در مناطق برفگیر و یخبندان ، بیشترین بربلندی مجاز ۶% تا ۸% است .

در طرح تقاطعها ، عملا "می‌توان تعداد محدودی قوس از نظر طول و شعاع ، به کار برد . در یک تقاطع ، راننده (در شرایطی که سرعتش تحت تأثیر سایر خودروها قرار نگیرد) ، معمولا "انتظار قوس تندی را دارد و نسبت به راههای آزاد با همان شعاع ، اصطکاک جانبی بیشتری را قبول می‌کند . در شرایطی‌که آمد و شدهای‌دیگر نیز وجود دارد ، چون راننده باید از آمد و شد خطوط عبوری جدا شده و یا وارد آن شود ، ممکن است در تقاطع ، نسبت‌به راه‌آزاد با همان‌شعاع ، با سرعت‌کمتری حرکت‌نماید. باوجودی‌که بیشتر گردشها در شرایطی انجام می‌شود که آمد و شدهای‌دیگری نیز وجوددارد ، ولی برای رعایت ایمنی‌باید شرایط مربوط به مقدار آمد و شد بسیار کم را نیز در طرح در نظر گرفت . بهتر است بیشترین بربلندی ممکن ، در قوسهای تقاطعها ، بویژه در قوسهای تند در نشیب ، در نظر گرفته شود . لیکن ، اشکال اجرایی تأمین بربلندی بدون‌تغییر شیب‌عرضی ناگهانی در آستانه خطوط گردش ، عمدتا" به‌دلیل شعاع کم‌قوس و کوتاه بودن طول آن ، اغلب موجب‌عدم امکان‌تأمین بربلندی مطلوب می‌شود . این امر موجب شده‌است که در قوسهای با شعاع حداقل (جدول ۳) بربلندی کمتری به‌کار برده شود .

قوسهای با انحنای تدریجی ، با استفاده از قوسهای مرکب یا کلوتوئید و یا هر دوی آنها (شکلهای ۹ و ۱۰ و مباحث مربوط به آنها) ، تأمین بربلندی مطلوب را ممکن می‌سازد .

در مواردی‌که شعاع قوس به‌کار رفته بزرگتر از شعاع‌حداقل لازم برای سرعت طرح است ، مقدار بربلندی باید کمتر ازمقدار بیشینه‌باشد تا بین‌قوسهای‌تیز و قوسهای بازتر ، طرح متعادلی حاصل شود . مقادیر بربلندی طرح برای قوسهای واقع در تقاطع ، که به همان روش محاسبه بربلندی در راههای آزاد به‌دست می‌آید ، در جدول ۱۲ داده شده‌است . چون تغییر سرعت در قوس ، به‌دلیل متغیر بودن مقدار آمد و شد ، زیاد است ، در جدول مذکور برای هر ترکیب‌سرعت طرح و شعاع قوس ، چندین مقدار بربلندی پیشنهاد شده‌است تا طراح محل بربلندی مطلوب را بنا بر شرایط‌آمد و شد انتخاب نماید . بهتر است که برای بربلندی ، مقادیر بالای $\frac{1}{2}$ یا $\frac{1}{3}$ حدود مندرج در جدول مذکور انتخاب شود . به‌عنوان مثال ، برای شعاع قوس ۷۰ متر و سرعت طرح ۵۰ کیلومتر در ساعت ، بهتر است مقدار بربلندی به‌جای ۶ تا ۱۲ درصد (جدول ۱۲) ، عددی‌بین ۹ تا ۱۲ درصد ($\frac{1}{2}$ بالای حدود مندرج در جدول) و یا ۱۰ تا ۱۲ درصد ($\frac{1}{3}$ بالای حدود مندرج در جدول) انتخاب‌شود . برای هدایت آبهای سطحی ، حداقل ۲٪ شیب عرضی ضروری است .

۴-۲ . تأمین بربلندی

اصول و معیارهای تأمین بربلندی برای راهها *(معیارهای طرح هندسی راههای اصلی)* ، برای قوسهای تقاطعها نیز صادق است . عوامل اصلی کنترل‌کننده مقدار تغییر شیب عرضی روسازی ، راحتی رانندگی و زیبایی چشم‌انداز راه است . در نیمرخ طولی راه عبوری ، شیب یک لبه روسازی نسبت به محور نباید از ۱ به ۲۰۰ برای سرعت طرح ۸۰ کیلومتر در ساعت ، و ۱ به ۱۵۰ برای سرعت طرح ۵۰ کیلومتر در ساعت ، بیشتر باشد . دو مقدار بالا برای نصف‌عرض روسازی‌یک راه دوخطه ، معادل تغییر شیب عرضی ۴٪ و ۶٪ در هر ۳۰ متر طول است .

مقادیر بالا برای تغییر شیب مطلوب است ولی در قوسهای تقاطعها ممکن است مقادیر بیشتر تا ۸٪ نیز به‌کار برده شود ، بدون آنکه تغییر زیادی در شکل ظاهری راه و یا اشکالی در عملکرد آمد و شد پدید آید . تغییر زیاد شیب عرضی (تاب روسازی) معمولا "باید در روسازیهای باریک و قوسهای تیز ، در شرایطی که پیچش سطح روسازی به‌سان مسیرهای مستقیم و قوسهای بزرگ احساس نمی‌شود ، به‌کار برده شود .

تغییر شیب‌عرضی در تقاطعها برای سرعتهای ۲۵ تا ۳۰ کیلومتر در ساعت ۶/۵ درصد در هر ۲۵ متر ، و برای سرعت ۵۵ کیلومتر در ساعت ۴ درصد در هر ۲۵ متر است (۴ درصد مقداری است که در راههای معمولی به‌کار برده می‌شود) .

مقادیر میزان تغییر بربلندی در هر ۲۵ متر و ۱۰ متر طول ، در جدول ۱۳ آورده شده‌است . مقدار بربلندی ممکن است تا ۲۵٪± مقادیر جدول تغییر کند . مقادیر کمتر مربوط به روسازیهای عریض و مقادیر بیشتر مربوط به روسازیهای با عرض بسیار کم است .

یاد آوری : بهتر است که مقدار بربلندی ، مقادیر بیشتر از $\frac{1}{2}$ یا $\frac{1}{3}$ حدود مندرج در جدول انتخاب شود . در مناطق برفی و یخبندان مقدار حداکثر بربلندی ۶ یا ۸٪ است .

جدول ۱۲ . مقدار بربلندی در قوسهای تقاطعها

شعاع قوس (متر)	حدود مقادیر بربلندی (درصد) برای قوسهای تقاطعها در سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)					
	۲۵	۳۵	۴۰	۵۰	۵۵	۶۰
۱۵	۲ تا ۱۲%	—	—	—	—	—
۲۷	۲ تا ۷	۲ تا ۱۲%	—	—	—	—
۴۵	۲ تا ۵	۲ تا ۸	۴ تا ۱۲%	—	—	—
۷۰	۲ تا ۴	۲ تا ۶	۳ تا ۸	۶ تا ۱۲%	—	—
۹۵	۲ تا ۳	۲ تا ۴	۳ تا ۶	۵ تا ۹	۸ تا ۱۲%	—
۱۳۰	۲	۲ تا ۳	۳ تا ۵	۴ تا ۷	۶ تا ۹	۹ تا ۱۲%
۱۸۰	۲	۲ تا ۴	۲ تا ۴	۳ تا ۵	۵ تا ۷	۷ تا ۱۲
۳۰۰	۲	۲ تا ۳	۲ تا ۳	۳ تا ۴	۴ تا ۵	۵ تا ۶
۴۵۰	۲	۲	۲	۲ تا ۳	۳ تا ۴	۴ تا ۵
۶۰۰	۲	۲	۲	۲	۲ تا ۳	۳ تا ۴
۹۰۰	۲	۲	۲	۲	۲	۲ تا ۳

یادآوری: بهتر است که مقدار بربلندی، مقادیر بیشتر از $\frac{1}{2}$ یا $\frac{1}{3}$ حدود مندرج در جدول انتخاب شود . در مناطق برفی و یخبندان، مقدار حداکثر بربلندی ۶ یا ۸% است .

جدول ۱۳ . مقدار تغییرشیب عرضی طرح برای قوسها در تقاطع

سرعت طرح (کیلومتردرساعت)	۲۵ تا ۳۰	۴۰	۵۰	۵۵ یا بیشتر
مقدار تغییر بربلندی (درصد):				
در هر ۲۵ متر	%۶/۵	%۶	%۵	%۴
در هر ۱۰ متر	%۲/۶	%۲/۴	%۲	%۱/۶

در عمل ،معمولا "اول نیمرخ طولی یک لبه روسازی راه گردش تعیین می‌شود و سپس نیمرخ طولی لبه دیگر با توجه به بربلندی مورد نظر (درهر نقطه) مشخص می‌گردد . طرح نیمرخ طولی شیبراهه‌ها در معیارهای طرح تقاطعهای غیرهمسطح آورده شده‌است .

۴-۳. بربلندی در محل *انشعابات خطوط گردش*

ایجاد بربلندی متناسب با انحنا و سرعت به ندرت در محل انشعاب خطوط گردش در شرایط زیر امکانپذیر است :

الف) یک قوس تقاطع با شعاع زیاد باعث افزایش کمی در عرض خط گردش نسبت به خط عبور عبور مستقیم شود ؛

ب) شیب عرض روسازی خط عبور باید حفظ شود ؛ و

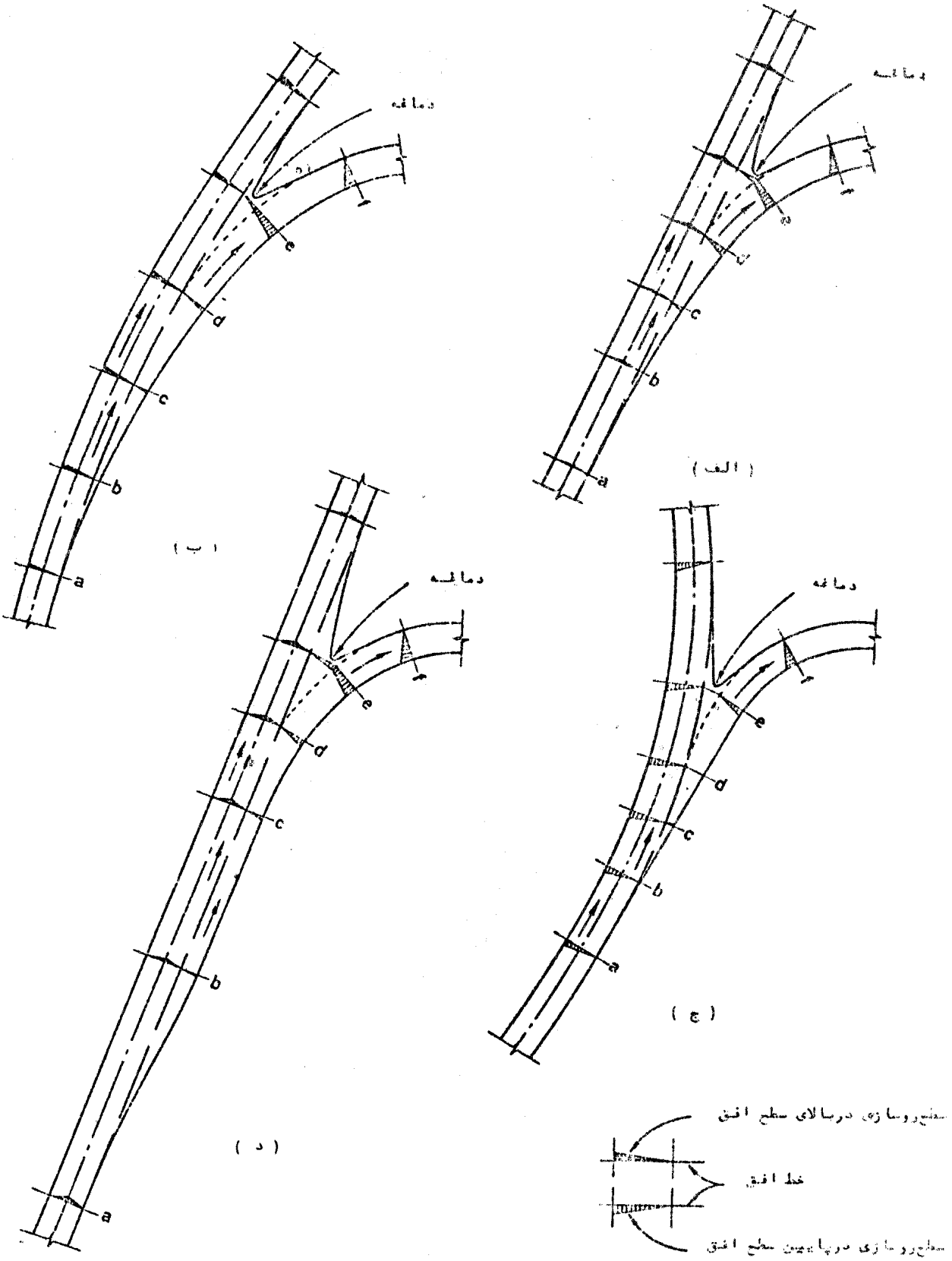
ج) محدودیتی بین مقدار اختلاف شیب عرضی خط عبور و خط گردش وجود دارد .

اختلاف قابل توجه میان شیب عرضی خط عبور و خط گردش ممکن است باعث شود خودروهایی که از روی خط تغییر شیب ــ که بین خط عبور و خط کمکی به‌وجود آمده‌است ــ عبور می‌نمایند ، کنترل خود را از دست بدهند و درنتیجه از ایمنی کاسته شود . هنگامی که خودرو ، بویژه کامیونهای مرتفع) ،از روی خط تغییر شیب عرضی با سرعتی بیش از حداقل و با زاویه ۱۰ تا ۴۰ درجه عبور می‌کند ، تعادلش را از دست می‌دهد و ممکن است واژگون شود .

۴-۳-۱. روش کلی

در طراحی یک خروجی از یک راه اصلی ،ممکن است نیمرخ طولی و نیمرخ عرضی خطوط عبوری ثابت و بدون تغییر در نظر گرفته شوند . هنگامی که خط خروجی از خطوط عبور اصلی جدا می‌شود ، ارتفاع لبه قوس (یا خط مسیر مستقیم) مقطع روسازی تعریض شده را ،فقط می‌توان به‌طور تدریجی از لبه روسازی خط عبوری تغییر داد . کمی پس از آنکه عرض روسازی خط گردش کامل شد ، یک دماغه که عالبا "دارای جدول است ، دو روسازی (خط عبور مستقیم و خط گردش) را از هم جدا می‌کند . در مواردی که قوس خروجی نسبتا "تیز و بدون خط لچکی و یا خط انتقالی است ،در فاصله کمی که قبل از دماغه وجود دارد مقدار کمی از بربلندی را می‌توان تأمین نمود . بسته به طول خط گردش ، قسمت اعظم بربلندی را می‌توان بعد از دماغه تأمین نمود . در مواردی که قوس گردش به‌تدریج از خط عبوری جدا می‌شود ، تأمین بربلندی به‌طور مطلوبی امکانپذیر است .

در شکل ۱۹ ، روش ایجاد بربلندی خطوط گردش به طور ساده نشان داده شده است . شکل ۱۹ــ الف ،تغییرات شیب عرضی را در شرایطی که خط گردش از یک قطعه مستقیم راه عبوری جدا می‌شود ،نشان می‌دهد .از نقطه a تا b ،شیب عرضی معمولی خط عبور اصلی تا لبه خط کمکی ادامه دارد . عرض خط کمکی در نقطه b در حدود ۰/۳ تا ۰/۹ متر است .بعد از نقطه b ،عرض خط کمکی برای شروع



شکل ۱۹. طرز تأمین بربلندی در دهانه خطوط گردش

افزایش شیب عرضی در آن خط کافی خواهد بود (مثلا "نقطه c) . در نقطه d که عرض خط گردش کامل شده است ، می‌توان شیب عرضی را به‌مقدار بیشتری افزایش داد . مقدار بربلندی در نقطهٔ c (در مجاورت دماغه) ، با استفاده از شیبدار کردن سطح روسازی بین کناره چپ خط گردش و لبه سمت راست خط عبوری افزایش می‌یابد . بعد از دماغه (مثلا "نقطه f) ، شیب روسازی تا جایی که امکانپذیر است با شدت بیشتری افزایش داده می‌شود تا کل مقدار بربلندی تأمین شود .

شکل ۱۹ــ ب نشان‌دهندهٔ طرز تأمین بربلندی در شرایطی است که خط عبور اصلی و خط گردش در یک جهت می‌گردند . در این حالت ، مقدار مطلوب بربلندی در خط گردش که معمولا " بیشتر از مقدار بربلندی در خطوط عبوری است ، به‌راحتی در طول نسبتا "کوتاهی قابل تأمین است . در نقطه b ، شیب عرضی معمولی خط عبوری ، تا لبهٔ خارجی روسازی خط کمکی ادامه دارد . در نقاط c و d مقدار بیشتری بربلندی اعمال شده است تا در حدود نقاط e یا f مقدار بربلندی تأمین شود .

شرایط تقریبا "نامطلوب زمانی به‌وجود می‌آید که خط عبوری و خط گردش در دو جهت مخالف گردش نمایند (مشابه شکل ۱۹ــ ج) . بسته به مقدار بربلندی خط عبور اصلی ، ممکن است شیب دادن به خط گردش در خلاف جهت خط عبوری ، به‌دلیل شکل ظاهری ، ایمنی و کیفیت رانندگی ، عملی نباشد . روش متداول تأمین بربلندی آن است که شیب عرضی خط عبوری به‌طور کامل b تا نقطه در روسازی خط کمکی ادامه یابد . تا نقطه c نیز شرایط بالا تداوم دارد ، بجز آنکه شیب عرضی در خط کمکی کمی کاهش داده می‌شود . در نقطه d ، شکست بین شیب عرضی دو روسازی خط عبوری و خط کمکی مشخص‌تر شده ، به‌طوری‌که ، خط کمکی در این قسمت تقریبا "افقی است . در محل دماغه ، مقداری از بربلندی ، با ایجاد یک‌خط (شکست) تغییر شیب عرضی و یا دو خط تغییر شیب در جلوی دماغه ، تأمین می‌شود . قسمت اعظم بربلندی باید بعد از دماغه تأمین شود

در خطوط تغییر سرعت موازی خط عبور اصلی (مشابه شکل ۱۹ــ د) ، قسمتی از تغییر شیب عرضی در این قطعه (قسمت موازی) قابل تأمین است . معمولا "بیش از نصف کل مقدار بربلندی تا نقطه d تأمین می‌شود و کل مقدار بربلندی مطلوب در دماغه و یا کمی بعد از آن قابل تأمین است .

طرح و اصول داده‌شده در شکل ۱۹ برای دهانه‌شیبراهه‌های خروجی ، نیز ، مستقیما "برای دهانه شیبراهه‌های ورودی به‌کار برده می‌شود ، با این اختلاف که جزئیات محل انتهای پیوستن دو آمد و شد کمی با جزئیات دماغه در شرایط شیبراهه‌های خروجی متفاوت است .

۴ــ۳ــ۲ . کنترل خط تغییر شیب

کنترل طرح در خط تغییر شیب عرضی روسازی (غیر از خط تغییر شیب معمولی در محور راه) عبارت است از اختلاف جبری شیب عرضی دو روسازی مجاور . هنگامی که شیب عرضی هر دو روسازی از خط

تغییر شیب به‌طرف پایین است ، اختلاف جبری دو شیب مذکور جمع قدر مطلق آن دو خواهد بود ، و در صورتی که هر دو شیب در یک‌جهت باشند ،جمع جبری بالا معادل اختلاف دو شیب است .اختلاف جبری مطلوب دو شیب در خط تغییر شیب ۴% یا ۵% است لیکن در شرایط سرعت کم و یا تعداد کم کامیون ، این مقدار ممکن است تا ۸% افزایش داده شود. مقدار حداکثر پیشنهادی برای تفاوت جبری شیب عرضی روسازی در خط تغییر شیب به شرح جدول ۱۴ می‌باشد.

جدول ۱۴. مقدار حداکثر تفاوت جبری در شیب عرضی روسازی در دهانه راههای گردش

سرعت طرح قوس خروجی یا ورودی (کیلومتر در ساعت)	حداکثر تفاوت جبری شیب عرضی در محل خط تغییر شیب عرضی (%)
۲۵ و ۳۰	۸ – ۵
۴۰ و ۵۰	۶ – ۵
۶۰ و بیشتر	۵ – ۴

۴–۳–۳. انتقال بربلندی و کنترل خط شیب

رسیدن به مقدار بربلندی در طول یک روسازی کمکی ،به‌تدریج تعریض‌می‌شود و در طول تمام مسیر خط گردش نباید ناگهانی باشد. طرح باید براساس مقدار بربلندی و کنترل تغییر شیب عرضی داده شده در جدول ۱۲ تا ۱۴ باشد. طرح شکل ۱۹–الف که در آن ، قوس محدودکننده گردش به شعاع ۷۰ متر مربوط‌به سرعت طرح ۵۰ کیلومتر در ساعت است ، به‌طور مثال در نظر گرفته می‌شود . از جدول ۱۲ ، حداکثر مقدار بربلندی در این قوس ممکن است بین ۶ و ۱۲% گرفته شده و ترجیحا "کمتر از ۸ یا ۱۰% نباشد . تغییر شیب‌عرضی در طول روسازی خط‌کمکی و در روسازی مجرای خط‌گردش نباید بیشتر از ۲% در طول ۱۰ متر باشد . اگر شیب عرضی روسازی خطوط عبور ۱%، و فاصله بین b و c و همچنین c و d ، ۱۵ متر باشد ،مقدار شیب عرضی آزمایشی ۱% در نقطه b ، ۴% در نقطه c و ۷% در نقطه d خواهد بود. در این حالت ، خط تغییر شیب عرضی مورد نظر (جدول ۱۴) با اشکال تأمین می‌شود،زیرا در مقطع بحرانی نقطه d ، اختلاف جبری دو شیب عرضی%۶ = ۱ – ۷ است . اگر نقاط d به e و e به f معادل ۷/۵ متر از هم فاصله داشته باشند ، مقدار شیب عرضی روسازی ۸/۵% در نقطه e و ۱۰% در نقطه f است. شیب عرضی روسازی در جلوی دماغه (نقطه e) می‌تواند مقداری متوسط مثلا "۴% داشته باشد . در آزمایش دوم ، با به‌کار بردن حداکثر شیب عرضی ۹%، ممکن است تنظیم بربلندی بهتر انجام گیرد .

این روش اعمال بربلندی در یک نقطه معین ، قدم اول طرح است . بهترین روش عملی ، رسم نیمرخهای طولی هر دو لبه روسازی راه گردش ،و لبه و محور روسازی خط عبوری در یک نقشه با مقیاس بزرگ می‌باشد . ارتفاع لبه روسازی که بدین‌ترتیب به‌دست می‌آید ، به‌عنوان بلندی معیار برای رسم

نیمرخ طولی لبه روسازی خطوط گردش در نظر گرفته‌می‌شود. با رسم نیمرخ‌طولی لبه‌های روسازی‌خطوط گردش، لبه و محور راه عبوری در یک نقشه با مقیاس قائم بزرگ، نتایج بسیار خوبی به دست می‌آید. در نقشه‌های مذکور، خطوط نیمرخهای رسم شده باید صاف و یکنواخت و بدون هیچ کجی باشد.

۵. فاصله دید برای خطوط گردش

در هر راه آزاد و یا تقاطع لازم است که فاصله دید در تمام نقاط به اندازه کافی باشد تا راننده‌ای که با سرعت طرح در حرکت است، قادر باشد خودرو خود را قبل از رسیدن به یک مانع احتمالی غیرمنتظره که در مسیر حرکتش قرار دارد، متوقف نماید. بیشتر راههای گردش، یکطرفه طرح می‌شوند و در این حالت باید فاصله دید توقف رعایت شود. در گردشهای دوخطه دو سویه، فاصله دید سبقت مبنای طرح نیست زیرا این‌گونه خطوط کوتاهند و در طول آنها باید سبقت گرفتن ممنوع باشد.

۵–۱. حداقل فاصله دید توقف

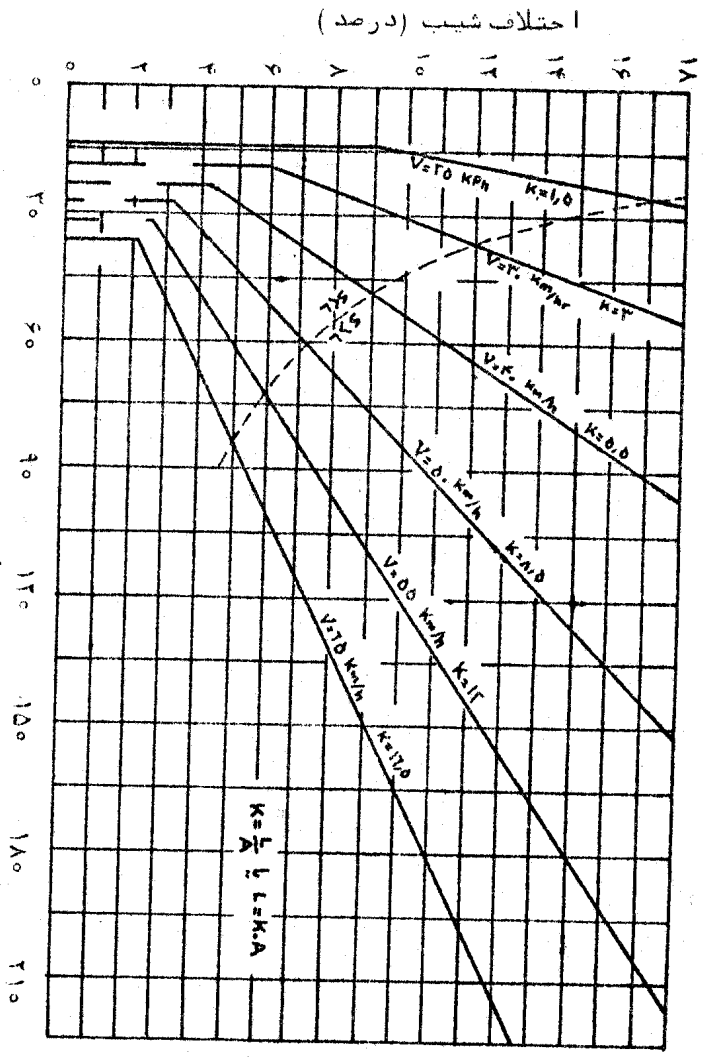
کمترین فاصله دید توقف که در دستورالعمل طرح هندسی راههای اصلی برای شرایط راههای آزاد محاسبه شده‌است، برای راههای‌گردش با همان سرعت طرح نیز درست است. با به‌کار بردن ۲/۵ ثانیه برای زمان تصمیم‌گیری و واکنش لازم برای ترمزگیری برای تمام خودروهای طرح، و ضریب اصطکاک ۰/۴۲ تا ۰/۳۷ برای سرعت طرح ۲۵ تا ۳۵ و ضریب اصطکاک ۰/۳۴ برای سرعت طرح ۵۵ کیلومتر در ساعت، مقادیر جدول ۱۵ برای فاصله دید توقف به‌دست می‌آید. فاصله دید از چشم راننده به‌ارتفاع ۱/۱۵ متر از سطح راه تا شیئی که به ارتفاع ۰/۱۵ متر در سطح راه قراردارد، اندازه‌گیری می‌شود.

جدول ۱۵. حداقل فاصله دید توقف برای خطوط گردش

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۲۵	۳۰	۴۰	۵۰	۵۵	۶۰	۶۵
حداقل فاصله دید توقف (متر)	۲۴	۳۶	۴۸	۶۰	۷۲	۷۷	۸۳

۵–۱–۱. کنترل قائم

حداقل طول قوس قائم، مشابه حالت راهها، برمبنای فاصله دید از چشم‌راننده به ارتفاع ۱/۱۵ متر از سطح راه تا شیئی به ارتفاع ۰/۱۵ متر واقع در سطح راه، تعیین می‌شود. طول قوس کوژ داده شده در ***معیارهای طرح راههای اصلی***، مستقیما "در اینجا نیز به‌کار برده می‌شود. رابطه بین سرعت طرح، تفاوت جبری دو شیب و حداقل طول قوس قائم برای تأمین فاصله دید کافی در کوژ در شکل ۲۰ داده شده‌است. این‌شکل برمبنای مقدار گرد شده k است. مقدار k برحسب متر نباید از ۰/۵۶ سرعت طرح برحسب کیلومتر در ساعت کمتر باشد. ضریب k برای هر سرعت طرح، مقدار ثابتی است و حداقل طول



شکل ۲۰، کنترل طرح برای قوس قائم کوژ در راههای گردش (مقادیر برای قوس کاس نیز درست است)

قوس قائم در کوژ برای فاصله دید حداقل توقف برحسب متر برابر است با $K=LA$ که A تفاوت جبری دو شیب به درصد است. K مقادیر زیر را دارد:

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت):	۲۵	۳۰	۴۰	۵۰	۵۵	۶۵
K :	۱/۵	۳	۵/۵	۸/۵	۱۲	۱۶/۵

به‌طور نظری، در سرعتهای طرح کمتر از ۶۵ کیلومتر در ساعت، طول قوس قائم در کاس که بر مبنای دید نور چراغ خودرو تعیین می‌شود، از طول قوس قائم در کوژ بیشتر است. حداقل طول قوس قائم در کاس که با قراردادن حداقل فاصله دید توقف (جدول ۱۵) از رابطه مربوط به آن در عنوان قوسهای قائم در کاس به‌دست می‌آید، حدود ۲۵ تا ۶۰٪ از طول قوس قائم کوژ (شکل ۲۰) بیشتر است. از آنجایی که سرعت طرح مربوط به اکثر خطوط گردش به‌وسیله قوس افقی کنترل می‌شود و این قوسها نسبتاً "تند هستند، امتداد نور چراغ خودرو که به‌موازات محور طولی آن است، کنترل‌کنندهٔ طرح می‌باشد. بنابراین، برای خطوط گردش، طول قوس قائم در کاس را می‌توان برابر طول قوس قائم در کوژ (شکل ۲۰) انتخاب نمود. در محلهایی که این امکان وجود دارد، بهتر است طول قوس قائم در کاس و کوژ بزرگتر از کمترین حداقل انتخاب شود.

۵-۱-۲. کنترل افقی

در طرح خطوط گردش، فاصله دید در امتداد افق حداقل دارای همان اهمیت فاصله دید قائم است. خط دید در سمت قوس داخلی خط گردش (خط بدون مانع)، باید طوری باشد که فاصله دید اندازه‌گیری شده در امتداد مسیر خودرو، مساوی یا بیشتر از حداقل فاصله توقف (جدول ۱۵) باشد. موانع احتمالی در امتداد دید، ممکن است دیوار پل، ستون، دیوار، سطح جانبی برش خاکریز و یا کنج یک ساختمان باشد. حداقل فاصله آزاد جانبی و لبه داخلی روسازی تا مانع دید، برای شعاعهای مختلف قوس لبه داخلی روسازی و سرعت طرح، در شکل ۲۱ داده شده‌است. فرض بر آن است که موقعیت چشم راننده و مانع در ۱/۸ متری لبه داخلی روسازی قرار داشته باشد؛ در ضمن، فاصله دید در امتداد این قوس اندازه‌گیری می‌شود.

فاصله دید جانبی داده شده در شکل ۲۱ هنگامی به‌کار برده می‌شود که قوس افقی بزرگتر از حداقل فاصله دید توقف باشد. در شرایطی که طول قوس از فاصله دید کوچکتر است، فاصله آزاد جانبی داده‌شده در شکل ۲۱، فاصله دید بیشتری از حداقل لازم را به‌وجود می‌آورد. در این حالت، بهترین روش تعیین حداقل فاصله آزاد جانبی، کشیدن نقشه (پلان) خطوط گردش و قرار دادن موانع در آن است (مانند شکل ساده ۲۱). فاصله آزاد جانبی که بدین‌گونه به‌دست می‌آید، در نقاط مختلف کنترل می‌شود.

۶. جزایر و معابر (خطوط عبور مجزا)

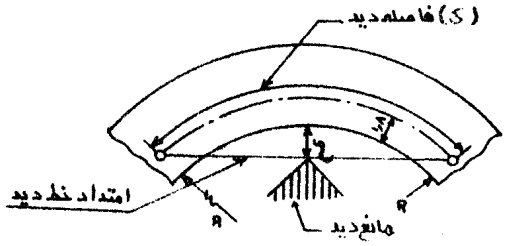
تقاطعهای همسطح با سطح بزرگ روسازی، مانند آن دسته از تقاطعها که شعاع بزرگی در گوشه‌ها دارند

● = حداکثر مقدار R برای سرعت طرح

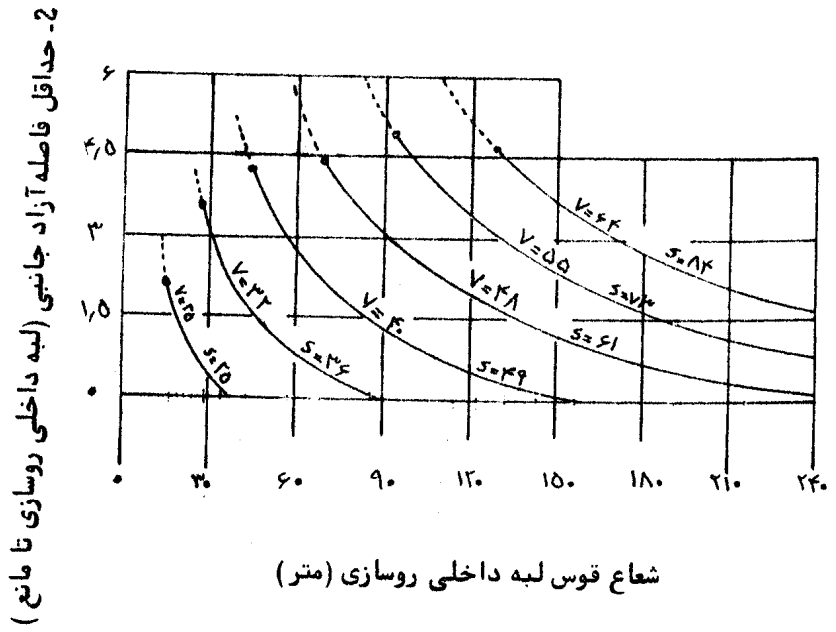
V = سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)

S = فاصله دید توقف به متر ــ اندازه‌گیری شده از ۱/۸ متری لبه روسازی

$$\zeta = [(R+1/8)\ \text{vers}.\ \frac{28/65\ S}{R+1/8}] - 1/8$$



$$S = \frac{R+1/8}{28/65}\ \cos^{-1}\frac{R-\zeta}{R+1/8}$$



شکل ۲۱. فاصله آزاد جانبی تا مانع در قوسهای افقی برای تأمین فاصله دید توقف حداقل

و آنها که از تقاطع دو راه با زاویه حاده حاصل می‌شوند، موجب ایجاد حرکتهای کنترل نشده خودروها و افزایش فاصله پیاده‌رو برای عابر پیاده می‌شوند؛ ضمنا" ، مقداری‌از سطح‌روسازی نیز غیرقابل‌استفاده خواهد ماند. حتی در تقاطعهای ساده ممکن است سطح بزرگی وجود داشته باشد که در آن، بعضی از خودروها احتمالا" از مسیر اصلی خود منحرف و گمراه شوند. با به‌کار بردن جزیره در این تقاطعها، برخوردها اکثرا" کاهش می‌یابد. تقاطعهای همسطحی که در آنها آمد و شد به‌وسیله جزایر به مسیرهای معینی هدایت می‌شود، تقاطعهای هدایت‌کننده نامیده می‌شوند.

یک جزیره سطح معینی است که بین خطوط عبور آمد و شد قرار دارد و یا برای پناه عابران پیاده به‌کار برده می‌شود. به‌طور کلی، یک جزیره دارای تنها یک نوع شکل فیزیکی نیست و ممکن است از یک‌سطح محدود به جدول غیرقابل عبور، یک سطح روسازی‌محدود و مشخص با خطکشی و یا شکلهای دیگر تشکیل شده‌باشد.

به‌طور کلی، جزیره در تقاطعهای هدایت‌کننده به یک و یا چند دلیل زیر به‌کار برده می‌شود:

الف) جدا کردن برخوردهای آمد و شد

ب) کنترل زاویه برخورد دو جریان آمد و شد

ج) کاهش سطح روسازی اضافی

د) نظم دادن به آمد و شد و مشخص کردن روش صحیح استفاده از تقاطع

هـ) ایجاد یک خط‌گردش ویژه برای یک گردش با میزان آمد و شد زیاد

و) محافظت عابران پیاده

ز) محافظت و ذخیره کردن خودروهایی که می‌خواهند گردش کرده، یا راه عبوری را قطع کنند.

ح) تأمین فضا برای وسایل کنترل‌کننده آمد و شد

به‌طور کلی، جزایر یا مثلثی شکل و یا طویل هستند و در سطوحی قرار دارند که معمولا" برای عبور خودروها مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. ابعاد این جزایر تابع نوع و شکل تقاطع موردنظر است. طرح و محل‌جزایر باید طوری‌باشد که برای خودروها خطر ایجاد نکند و ساختن و نگهداری آن نسبتا" ارزان باشد. جزایر ممکن است از نظر عملکرد به سه گروه تقسیم شوند:

یکم. *جزایر هدایت‌کننده*، که برای هدایت و کنترل جریانهای آمد و شد (معمولا" گردشها) به‌کار می‌روند.

دوم. *جزایر تقسیم‌کننده*، که از آنها برای تقسیم جریان آمد و شد یکسویه یا دوسویه استفاده می‌شود.

سوم. *جزایر پناه‌دهنده*، که به منظور تأمین فضا برای عابران پیاده به‌کار می‌روند. بیشتر جزایر برای تأمین دو و یا تمام این منظورها به‌کار می‌روند.*

---

* برای جزئیات بیشتر نگاه کنید به:

US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Manual on Uniform Traffic Control (Washington D.C.: 1971).

۶ـ۱ . انواع جزایر

۶ـ۱ـ۱ . جزایر هدایت‌کننده

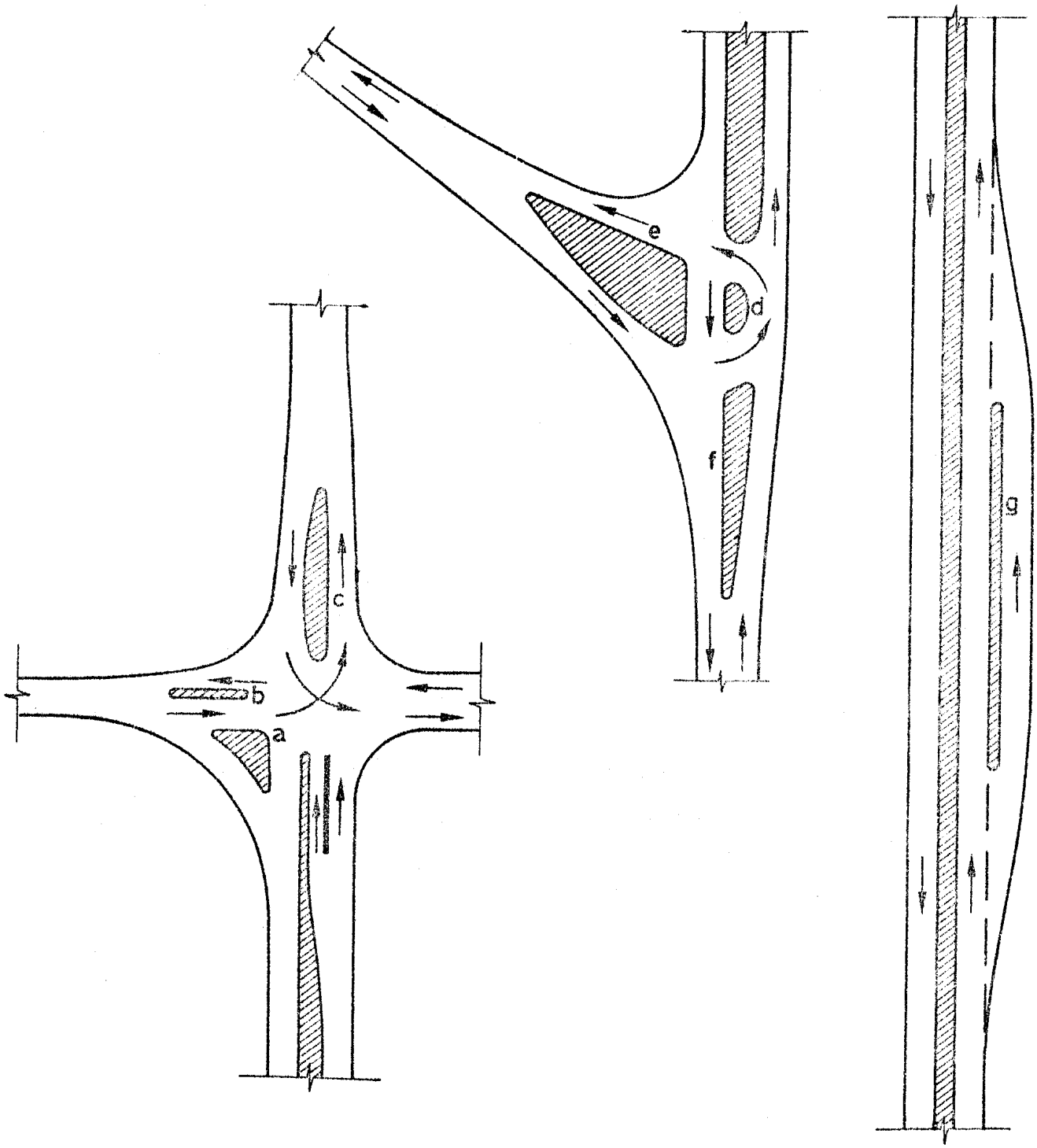
جزایر هدایت‌کننده آمد و شد باید رانندگان را به مسیر موردنظرشان هدایت نماید . با تبدیل سطوح غیرقابل استفاده به جزایر هدایت‌کننده و در نتیجه معین شدن مسیر گردش، جریانهای آمد و شد گمراه‌کننده که ممکن است دراثر وجود سطح بزرگ روسازی در تقاطع به‌وجود آید ، حذف می‌شود . بنابر شرایط و ابعاد تقاطع ، جزایر هدایت‌کننده دارای شکلها و ابعاد مختلف هستند که برخی از آنها در شکل ۲۲ نشان داده‌شده‌است . مثلث ،یکی از شکلهای متداول جزایر است که آمد و شد گردش به‌راست را از جریان آمد و شد مستقیم جدا می‌کند (جزیره a در شکل ۲۲) . در شکل ۲۲ ، جزایر مرکزی b و c برای هدایت خودروهایی به‌کار می‌روند که قصد دور زدن یا گردش دارند .

جزایر هدایت‌کننده باید طوری قرار داده‌شوند که مسیر مناسب خودروها به‌خوبی و در اولین نگاه مشخص شده و به‌راحتی قابل تعقیب باشد . در محلهایی که جزایر آمد و شد ، گردش را از آمد و شد عبوری جدا می‌کند ،شعاع قسمت قوسی آن باید مساوی و یا بیشتر از حداقل‌شعاع لازم برای سرعت موردنظر باشد .رانندگان در مسیر حرکت‌خود نباید به‌طور ناگهانی با سطح بزرگی از روسازی غیرقابل استفاده مواجه شوند . قبل از اینکه خودروها در مسیر حرکتشان به اولین جزایر هدایت‌کننده برسند ، خطوط عبور باید به‌وسیله خطکشی به تدریج مشخص شده‌باشد تا خودروها با سرعت مطلوب به مسیر مورد نظرشان هدایت گردند .

در تقاطعهایی که دارای چندین مسیر گردش برای هدایت گردشهای مختلف هستند ، ممکن است به سه‌جزیره و یا بیشتر نیاز باشد .تعداد جزایر هدایت‌کننده که در یک‌تقاطع به‌کار برده‌می‌شود ، عملا "محدوداست .یک گروه جزیره که برای مشخص کردن چندین راه گردش یکطرفه طرح می‌شوند ،ممکن است برعکس هدف موردنظر ،باعث‌اشتباه و سردرگمی رانندگان‌شوند و موجب ورود خودروها در خلاف جهت یک خط گردش یکطرفه گردند . البته ، چنین طرحی ممکن است فقط برای رانندگانی گیج‌کننده باشد که برای اولین بار از چنین تقاطعی استفاده می‌کنند ، در هر صورت ، بهتر است به‌جای جزایر کوچک ، از تعداد کمتری‌جزایر بزرگتر استفاده شود .به‌طور کلی ، در مواردی که مقدار آمد و شد عبوری و گردشی زیاد است ، به‌کار بردن جزایر مزایای زیادی دارد . تجربه نشان داده است که در تقاطعهای فرعی در راههای دو خطه دوطرفه ، اهمیت بعضی از جزایر مورد تردید است و در بعضی موارد ،بویژه در مناطق برونشهری ، به‌کار بردن جزایر کوچک باعث کاهش ایمنی شده‌است . به‌طور کلی ، کاربرد جزایر در مناطق برونشهری ، محدود به راههای چند خطه و تقاطعهای مهم در راههای دوخطه است . در مناطق‌برونشهری و یانزدیک آن‌که سرعت‌زیاد نیست و رانندگان انتظار روبه‌روشدن با محدودیتهای بیشتری در طول راه را دارند ، کاربرد جزایر نتایج خوبی داده است .

۶ـ۱ـ۲ . جزایر تقسیم‌کننده

جزایر تقسیم‌کننده اغلب در تقاطعهای راههای دوگانه (راههای جدا شده) به کار برده می‌شوند . این



شکل ۲۲ . شکل و نوع جزایر مرکزی

جزایر ،نزدیک شدن به تقاطع را به رانندگان خبر داده ، و موجب تنظیم آمد و شد در ورود به تقاطع می‌شوند . بویژه ، در کنترل آمد و شد گردش به چپ در تقاطعهای اریب و در محلهایی که خطوط مخصوص گردش به راست وجود دارد این جزایر مزایای زیادی دارند . تعدادی از انواع جزایر تقسیم‌کننده که باعث جدا کردن دو جریان آمد و شد مخالف می‌شود ، در شکل ۲۲ (جزایر b ، c ، e و f) نشان داده شده‌است .

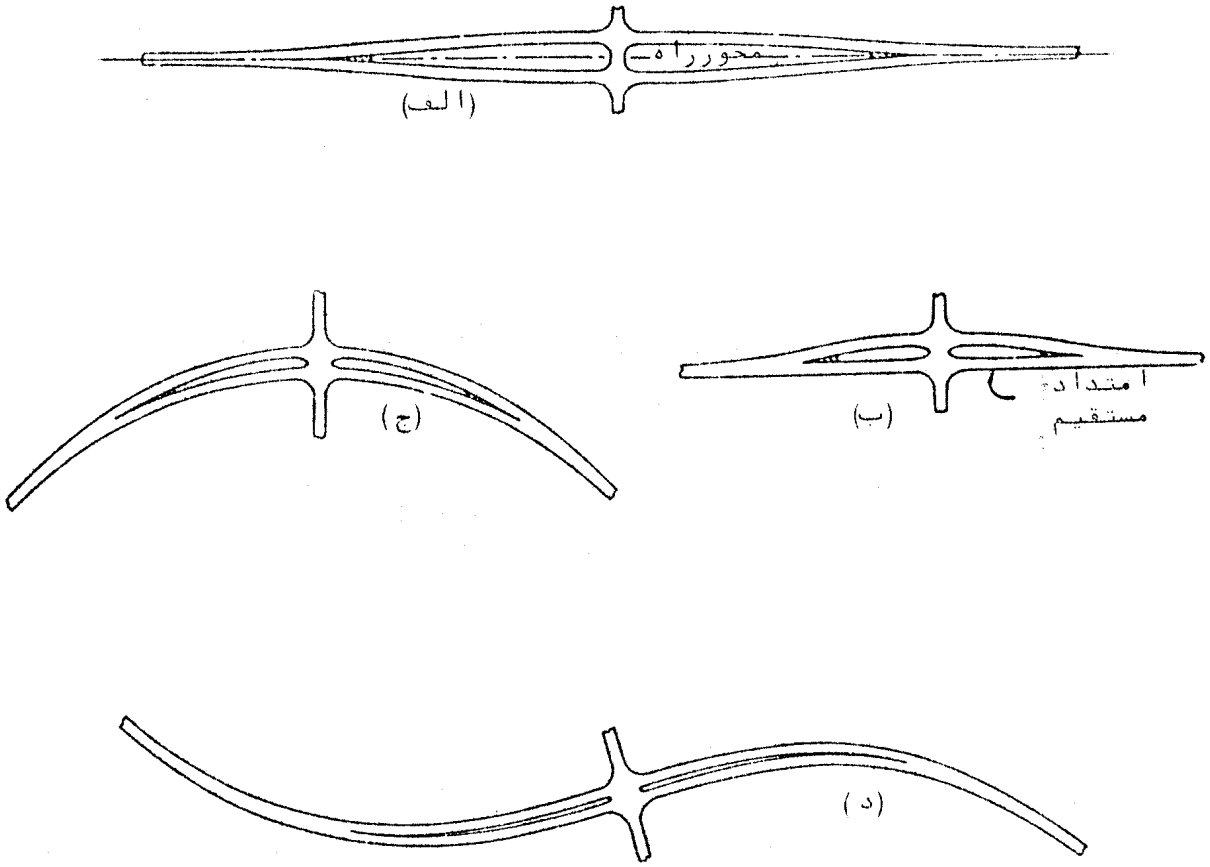
در محلهایی که این جزایر در یک تقاطع برای جدا کردن دو جریان آمد و شد غیر همجهت در یک راه چهارخطه ، یا یک راه دوخطه اصلی با آمد و شد زیاد (بویژه در مواقعی که امکان تعریض راه در آینده وجود دارد) ، به‌کار برده می‌شوند ، باید در هر طرف جزیره جداکنند ، دو خط با عرض کامل در نظر گرفته‌شود . در سایر شرایط می‌توان از خطوط عبور باریکتری استفاده‌کرد . برای آمد و شد متوسط، عرض روسازی داده شده برای حالت دوم (خط عبور ، یک خط یکطرفه با امکان سبقت از یک خودرو از حرکت بازمانده) در جدول ۷ مناسب است . برای آمد و شد کم و در محلهایی که به جزایر کوچک نیاز است ، می‌توان عرض روسازی در هرطرف جزیره را معادل حالت اول جدول ۷ انتخاب نمود .

هنگامی‌که راهی برای استفاده از جزایر تقسیم‌کننده ، تعریض‌شده‌است (شکل ۲۳) ، طرح تقاطع باید طوری باشدکه مسیر صحیح حرکت به‌راحتی برای راننده آشکار باشد . بیشتر راهها در مسیرمستقیم قرار دارند و برای ایجاد جزایر تقسیم‌کننده باید از قوس معکوس استفاده شود . در مناطق برونشهری که معمولا "سرعت زیاد است ، مطلوب آن است که انحنای قوس معکوس از یک درجه بیشتر نباشد . در راههای با آمد و شد کم می‌توان قوسهای باانحنای بیشتر (ولی نه‌بیشتر از ۱/۵ یا ۲ درجه) نیز به‌کار برد . معمولا "خطوط عبور در هر دوجهت حرکت ،کم و بیش به‌صورت قرینه نسبت به محور راه ، به‌سمت خارج خواهد بود (شکل ۲۳ـ الف) . همچنین ، ممکن است تعریض در یک جهت حرکت انجام گیرد و خطوط عبور جهت دیگر بدون تغییر از تقاطع عبور کند (شکل ۲۳ـ ب) . این‌ترتیب در راههای دوخطه دوطرفه که قرار است در آینده به راه جدا شده (میانه‌دار) تبدیل شود ، به‌کار می‌رود و عبور مستقیم قسمتی از مسیر عبوری را در طرح آینده تشکیل می‌دهد .

تعریض در قطعه مستقیم راه ، حتی با قوسهای بزرگ ، ممکن است ظاهری کج داشته باشد . مواقعی که راه در قوس یا در قسمت تعریض‌شده قرار دارد باید از انحنای قوس برای تقسیم خطوط عبور بدون استفاده از قوس معکوس ، استفاده نمود (شکلهای ۲۳ـ ج و ۲۳ـ د) .

۶ـ۱ـ۳ . جزایر پناه‌دهنده

جزیره پناه‌دهنده و یا جزیره پناه پیاده جزایری است که برای محافظت عابران پیاده هنگام عبور از تقاطع ، در محل و یا نزدیکی خط عابر پیاده درنظر گرفته‌می‌شود . جزایر پناه‌دهنده برای عبور عابران پیاده از یک راه عریض یا برای سوار و پیاده کردن مسافران وسایل حمل و نقل همگانی در راههای درونشهری به‌کاربرده‌می‌شود . در مناطق برونشهری و همچنین درونشهری اکثر جزایر طرح‌شده به‌منظور



شکل ۲۳ . امتداد قرارگیری جزایر جداکننده

هدایت آمد و شد ،برای حفاظت و پناه عابران پیاده نیز به‌کار می‌رود . جزایرa وb وc وe و fدر شکل ۲۲ ، مثالهایی برای این نوع جزایر هستند . اصول کلی طرح جزایر ، در مورد جزایر پناه‌دهنده نیز مستقیما" به‌کار برده می‌شود ، با این استثنا که به‌کار بردن جداول غیرقابل عبور در جزایر پناه پیاده ضروری است .

۶ـ۲ . اندازه و مشخصات جزایر

شکل و اندازهٔ جزایر از یک‌تقاطع به تقاطع دیگر متغیر است (شکل ۲۲) . تغییرات دیگری در تقاطعهای چندین شاخه و تقاطعهای با زاویه حاده به‌وجود می‌آید (در شکل نشان داده نشده‌است) . جزایر باید به اندازه کافی بزرگ باشند تا بتوانند توجه راننده را جلب کنند ؛ مساحت کوچکترین جزیره باید حداقل برابر ۴/۵ و ترجیحا" ۶ متر مربع باشد ؛ به همین ترتیب ، ضلع جزایر مثلثی پس از قوس گوشه آن نباید از ۲/۵ متر و ترجیحا" از ۳/۵ متر کمتر باشد .

جزایر دراز یا جزایر تقسیم‌کننده ، نباید دارای عرضی کمتر از ۱/۲ متر و طولی کمتر از ۳/۵ تا ۶ متر باشند . در موارد خاصی که فضا محدود است ، پهنای جزایر دراز (مانند gوb در شکل ۲۲) را می‌توان تا ۶/۰متر (حداقل مطلق) کاهش‌داد . طول جزایر هدایت‌کننده در تقاطعهای منروی در راههای با سرعت‌بالا باید حداقل‌برابر ۳۰ متر و ترجیحا" حدود ۱۰۰متر باشد . در مواقعی که جزایر را نمی‌توان دراز طرح نمود ، نزدیک شدن به آن را باید با وسایل مختلف از قبیل مضرس کردن روسازی ، خطکشی و غیره مشخص‌کرد . در شرایطی‌که جزایر مذکور در بالای یک‌قوس قائم و در امتداد یا نزدیکی یک قوس افقی قرار دارند ، باید انتهای آنها که روبه تقرب آمد و شد است آن‌قدر ادامه داده شود تا رانندگان به‌راحتی قادر به دیدن آن باشند .

جزایر بسته به اندازه ، عملکرد و محل ، ممکن است به‌طریق مختلفی مشخص شوند . در طرح جزایر ، نوع منطقه‌ای که تقاطع در آن قرار دارد (منطقه برونشهری یا درونشهری) ، عامل مهم است . از نظر فیزیکی ، جزایر را می‌توان به سه گروه تقسیم نمود :

گروه یکم . جزایر بلند جدول‌دار

گروه دوم . جزایر مشخص شده به وسیله خطکشی و یا میخکوبی در سطح روسازی

گروه سوم . جزایر با سطح روسازی نشده که به‌وسیله لبه روسازی محدود شده‌اند و ممکن است با علایم مشخص‌کننده و یا با بالا آوردن سطح جزیره نیز مشخصتر گردند .

جزایر با جدول مرتفع (گروه یکم در بالا) ، متداولترین و موءثرترین نوع جزایر هستند . در مناطق برونشهری که به‌کار بردن جدول متداول نیست ، این طرح به جزایر کوچک و متوسط محدود است . جزایر طرح‌شده در سطح‌روسازی (گروه دوم در بالا) ، در مناطق درونشهری که سرعت کم و فضا محدود است ، به‌کار برده‌می‌شود . در مناطق برونشهری ، این نوع جزایر موقعی به‌کار برده می‌شوند که تعمیرات و نگهداری و برف‌روبی ، به‌کاربردن جدول را غیرمطلوب می‌سازد و یا در محلهایی مورد استفاده قرار

می‌گیرند که سرعت‌زیاد خودرو به‌کار بردن جدول‌بلند را ناایمن می‌نماید. این نوع جزایر در راههای کم آمد و شد که اضافه هزینه جدول اقتصادی نیست و یا در جایی‌که جزایر آن‌قدر بزرگ نیستند که به وسیله لبه روسازی مشخص شوند، نیز، به‌کار برده می‌شوند.

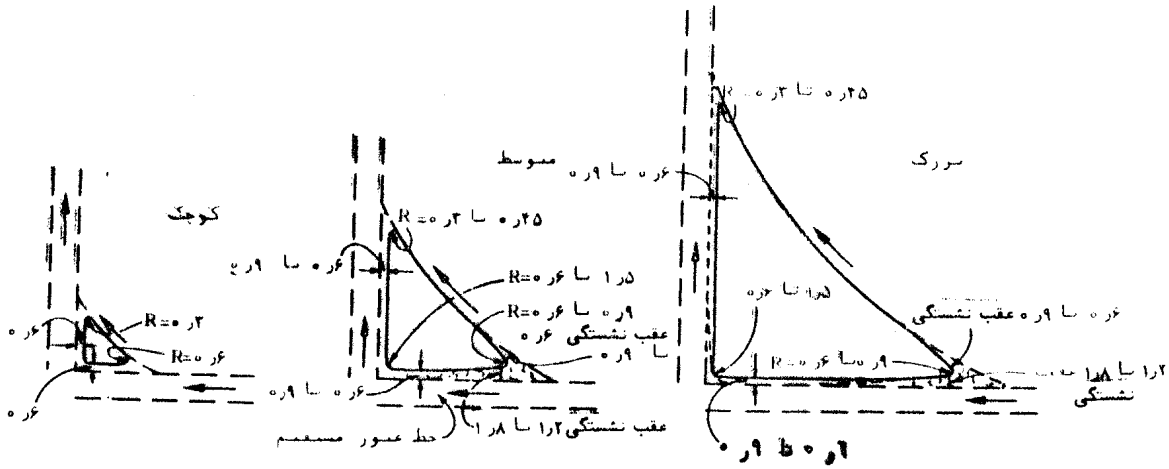
جزایر گروه سوم در جزایر بزرگ و یا متوسط هستند و در اکثر راههای برونشهری که فضا برای به‌کار بردن قوسهای با شعاع بزرگ کافی است، به‌کار برده می‌شوند.

در اغلب موارد، سطح جزایر دارای پوشش گیاهی است. درختکاری در جزایر به شرطی مجاز است که دید را محدود نکند. مطلوبترین پوشش برای سطح جزایر، پوشش گیاهی است به شرطی که با سطح روسازی اختلاف رنگ داشته باشد. سطح جزایر کوچک ممکن است بلندتر از سطح روسازی در نظر گرفته شود؛ هنگامی که شیب روسازی به‌طرف خارج راه است، سطح جزایر بزرگ باید گود در نظر گرفته شود تا آب برف و باران ــ بویژه در مناطق برفی و یخبندان ــ وارد روسازی راه نشود. در مناطقی که پوشش گیاهی به‌دلیل شرایط جوی امکانپذیر نیست، بهتر است سطح جزایر کوچک با یک نوع روسازی پوشیده شود.

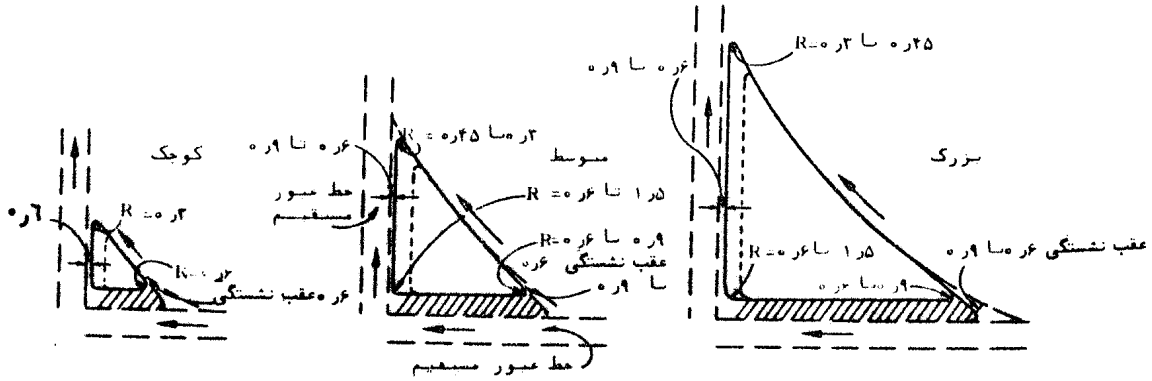
۶ــ۳. *مشخص کردن انتهای تقرب*

غالبا"، کناره‌های جزایر کوچک با جدول ساخته می‌شود. ممکن است حدود جزایر بزرگ به‌طور واضح به‌وسیله رنگ و یا اختلاف رنگ پوشش گیاهی، خاکریز بلند، بوته یا علایم یا هر ترکیب مشابه دیگری مشخص گردد (شکل ۱ در معیارهای طرح راههای اصلی) در مناطق برونشهری، جداول جزایر باید اکثرا"از نوع قابل عبور باشد، بجز در مواردی که نیاز خاصی به جدول غیرقابل عبور (بلند) است، مانند محل‌عبور عابر پیاده و یا محل ابنیه فنی. در موارد خاص، جداول غیرقابل عبور مشابه‌طرحهای شکلهای ۱ــ الف و ۱ــ ج در ***معیارهای طرح راههای اصلی*** و ترجیحا" با ارتفاع ۱۵ تا ۱۸ سانتیمتر یا کمتر، مناسب می‌باشد. در محلهایی‌که امکان خطر هست و یا در جزایر یا راههای چندشاخه که سرعت آمد و شد نزدیک‌شونده بالاست، جداول‌بسیار قابل‌رویت (از نوع شکل ۲ ***معیارهای طرح راههای اصلی***) برتری و مزایای بیشتری دارند.

حدود و محل قرارگیری جزایر به‌وسیله لبه‌روسازی خطوط عبوری و خطوط گردش، با فاصله آزاد جانبی (اگر لازم باشد) تا کناره جزایر، مشخص می‌شود. برای افزایش دید و سادگی اجرا، گوشه‌های جزایر گرد و یا شیبدار ساخته می‌شود. مقدار عقب‌نشستگی لبه جزایر از خطوط عبور آمد و شد، تابع نوع لبه و عوامل دیگری مانند اختلاف رنگ جزیره با روسازی، طول لچکی یا خط‌کمکی قبل از جزیره و سرعت آمد و شد می‌باشد. چون رانندگان در مسیر عبوری به‌طور تقریبا "ناگهانی با جزایر روبه‌رو می‌شوند، بنابراین جداول جزایر، حتی در مواردی که از نوع قابل عبورند، باید نسبت به لبه خطوط عبوری عقب‌نشستگی داشته باشند. عقب‌نشستگی جداول قابل عبور جزایر در خطوط گردش ضروری نیست، مگر آنکه عقب‌نشستگی دماغه جزایر (ترجیحا "به‌مقدار ۰/۶ تا ۰/۹ متر) برای‌کاهش‌صدمه‌پذیری،



(الف) جزایر جدول‌دار ـ بدون شانه



(ب) جزایر جدول‌دار ـ با شانه

رنگ‌آمیزی ، سطح با رنگ متمایز یا میخهای کفی و غیره

شانه

یادآوری: طرح بالا برای جزایر بدون جدول نیز صادق است که در این‌حالت ، عقب‌نشستگی جزایر مطلوب است اما می‌توان از آن صرف‌نظر کرد .

شکل ۲۴ . طرح جزئیات جزیره مثلثی شکل

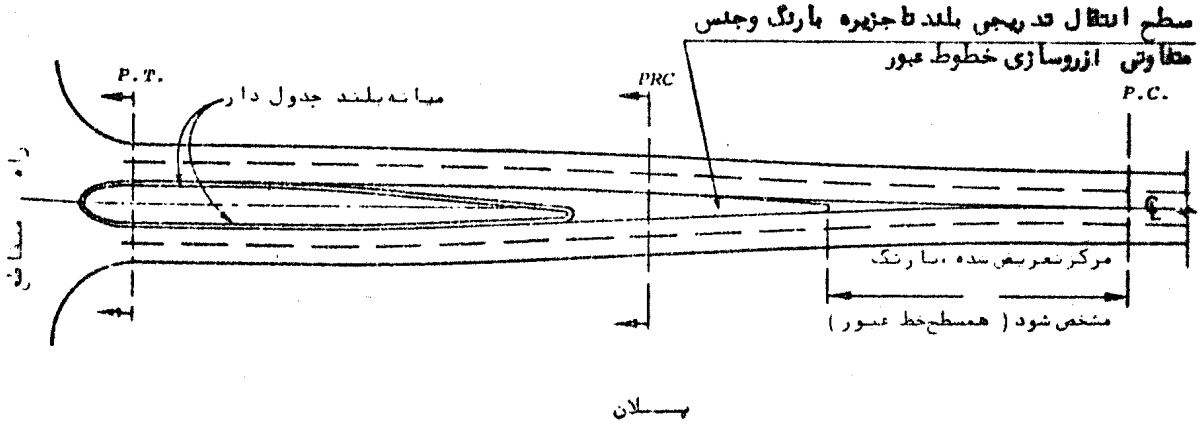
لازم باشد . عقب‌نشستگی جداول غیرقابل عبور از لبه‌خطوط عبوری و خطوط گردش ضروری است . جزایر، در محلهایی که شانه‌های روسازی در داخل تقاطع نیز ادامه دارد ، خارج از لبه روسازی قرار داده می‌شوند و نیازی نیست که نسبت به لبه شانه‌ها عقب‌نشستگی داشته باشند .

جزئیات جزیره مثلثی در شکل ۲۴ داده شده‌است . گوشه سمت راست پایین هر جزیره برای حالتی طرح شده‌است که آمد و شد به آن نزدیک‌می‌شود (گوشه تقرب) . در این شکل ،سه‌اندازه کوچک ، متوسط و بزرگ جزایر برای دو حالت‌کلی لبه خطوط عبوری آمد و شد داده شده‌است : یکم ــ هنگامی‌که لبه جزیره به‌وسیله عقب نشستگی نسبت به لبه روسازی خط عبوری مشخص می‌شود ؛ و دوم ــ هنگامی‌که لبه جزیره در خارج از شانه‌های روسازی که تا داخل تقاطع ادامه یافته‌اند ،قرار داده شده‌است . جزایر کوچک‌آنهایی هستندکه‌حدود حداقل ابعادی رادارند که‌قبلا "شرح داده‌شده‌است . جزایربزرگ ،جزایری هستند که ضلع جانبی آنها حداقل ۳۰ متر باشد . تمام جزایر نشان داده شده در شکل ۲۴ ،در گوشه‌ای که آمد و شد به‌آن نزدیک می‌شود (گوشه تقرب آمد و شد) با شعاع ۰/۶ تا ۰/۹ متر ، و در گوشه‌ای‌که آمد و شد از آن دور می‌شود (آخرین گوشه‌ای که آمد و شد از آن رد می‌شود) با شعاع حداقل (حدود ۰/۳ متر) گرد شده‌اند . گوشه‌های پایین سمت چپ (گوشه تقریبا "قائمه) با شعاع ۰/۶ تا ۱/۵ متر گرد شده‌است .

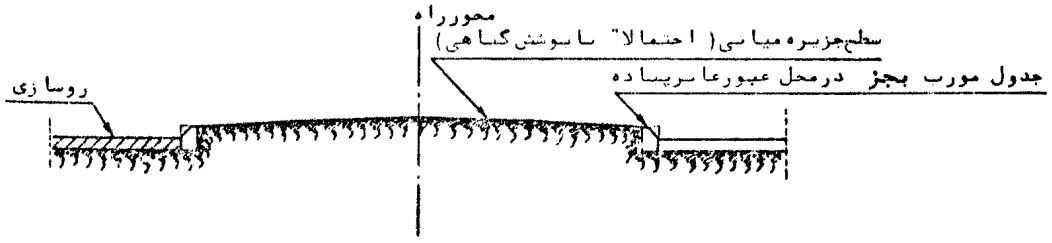
قسمت بالای شکل ۲۴ ، جزایر مجاور خطوط عبوری را نشان می‌دهد . در جایی که روسازی خطوط‌آمد و شد نزدیک شونده بدون جدول است ، مقدار عقب‌نشستگی لبه جزیره باید حداقل ۰/۶تا ۰/۹ متر باشد . در جایی که روسازی خطوط عبور نزدیک شونده دارای جدول قابل عبور است ،می‌توان همان جدول را در جزیره مشابه ، در ضلع مجاور خط عبوری و در شرایطی به‌کار برد که طول جدول به اندازه کافی بزرگ است (تا بتوان عقب‌نشستگی در گوشه‌جزیره را به‌طور لچکی و به‌تدریج تأمین‌نمود). جداول بلند (غیرقابل عبور) باید بدون توجه به‌اندازه جزیره نسبت به لبه روسازی خط عبوری عقب‌نشستگی داشته باشد تا رانندگان احساس محدودیت نکرده و تصور نکنند که یک مانع جانبی وجود دارد . در شرایطی که جزایر متوسط و بزرگ جدول ندارند ، وجود عقب‌نشستگی بهتر است لکن الزامی نیست .

گوشه تقرب آمد و شد باید برای رانندگان کاملا "مشخص‌بوده ،و از نظر فیزیکی و ظاهری حتما" از مسیر خودروها دور باشد تا رانندگان منحرف نشوند و از جزیره فاصله نگیرند . عقب‌نشستگی گوشه تقرب‌آمد و شد باید از عقب‌نشستگی ضلع جانبی‌جزیره بیشترباشد . در صورت‌امکان ،جمع عقب‌نشستگی گوشه جزیره از لبه‌روسازی خط عبوری باید ۱/۲ تا ۱/۸ متر و از لبه روسازی خطوط‌گردش ۰/۶ تا ۰/۹ متر باشد . در مواردی‌که قبل از جزیره ،خط‌کاهش سرعت و یا روسازی عریض شده تدریجی وجود دارد، مقداری عقب‌نشستگی باید ایجاد شود .

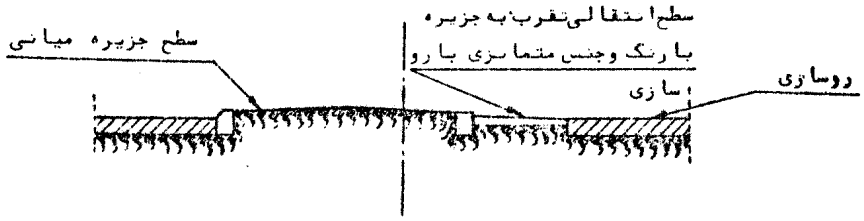
در جایی که شانه راه در داخل تقاطع نیز ادامه دارد ، جزیره را می‌توان در لبه شانه‌ها قرار



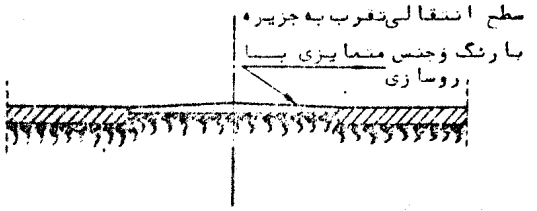
پـــلان



مقطـــع در P.T.



مقطع بین P.R.C. و P.T.



مقطع در P.R.C.

تقاطع عرضی

شکل ۲۵ . طرح جزایر تقسیم کننده

داد (قسمت پایین شکل ۲۴) . در مواردی که سرعت زیاد است و قبل از جزایر ، روسازی کمکی وجود دارد ، ممکن است بهتر باشد که گوشه جزایر بزرگ به مقدار ۰/۶ تا ۱/۲ متر نسبت به لبه خارجی شانه‌ها عقب‌نشستگی داشته‌باشد . چه در شب و چه در روز ، باید نزدیک شدن به جزایر را به رانندگان اطلاع داد . خطکشی و زبر و مضرس کردن روسازی در قبل از رسیدن به گوشه تقرب‌جزیره (همان‌طوری‌که در شکل نشان داده شده) مزایای زیادی دارد . برای مشخصترکردن جزیره باید تا آنجا که ممکن است دیگر وسایل افزایش دید را ، مانند جداول شب‌نما ، علایم منور و یا شب‌نما ، در نزدیکی گوشه تقرب جزیره ، یا علایم شب‌نما در بالای سطح جزیره به‌کار برد . جداول‌تمام جزایر مجاور خط عبور آمد و شد باید با خط‌زرد ممتد شب‌نما مشخص شوند . وجود علایم اخطاری و مشخص‌کننده در جزایر میانه ، که معمولا "در امتداد مسیر آمد و شد نزدیک شونده هستند ، ضروری است . در مناطق برونشهری ، قبل از جزیره میانه باید خطکشی وسط به‌تدریج عریض شود (شکل ۲۵) . این خطکشی ، ترجیحا" باید رنگ و شکل متفاوتی از روسازی خطوط عبور داشته ، و یا دارای سطح مضرسی باشد . این قسمت باید تا سرحد امکان دراز باشد . در شکل ۲۵ ، جزئیات مربوط به مقطع عرضی و شکل منطقه انتقالی قبل از جزیره میانه نشان داده شده‌است . جدول گوشه تقرب جزیره باید دارای حداقل ۰/۶ یا ترجیحا" ۱/۲ متر عقب‌نشستگی از لبه معمولی (میانه)روسازی باشد و این مقدار عقب‌نشستگی ، به‌هنگام نزدیک شدن به تقاطع به‌طور تدریجی کاهش داده‌شود . انتهای جزیره در طرف راه قطع‌کننده ، مشابه انتهای میانه طرح می‌گردد .

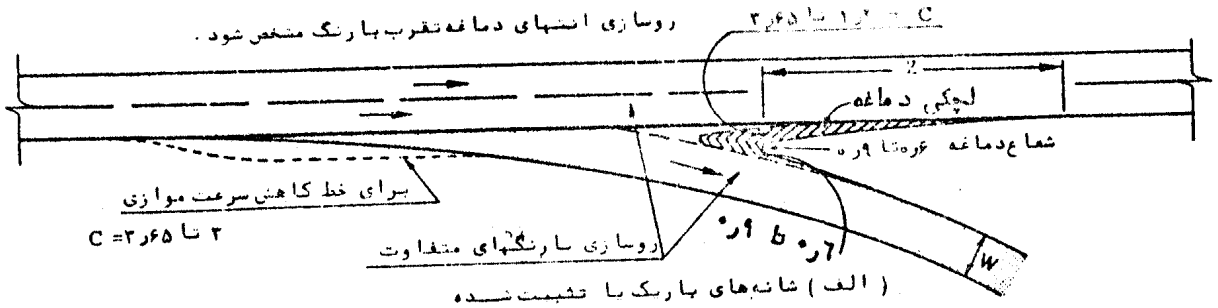
به‌طورکلی ، اصول و طرح انتهای جزایر مثلثی و میانی ، که در بالا شرح داده شد ، برای جزایر دیگر نیز صادق است . در هر حال ، خطکشی روسازی یا بالا آوردن تدریجی روسازی از گوشه تقرب جزیره ممکن است برای جزایر دوم به بعد ، در جایی که تقاطع دارای چندین جزیره است ، ضروری نباشد . اصول و طرح داده شده در بالا فقط برای گوشه تقرب جزایری مصداق دارد که آمد و شد نزدیک‌شونده اول به آن می‌رسد .

۶–۴ . طرح دهانه‌های ورودی و خروجی

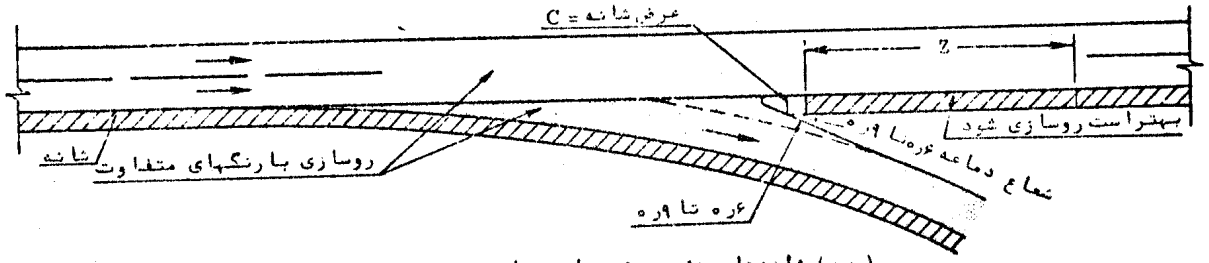
راههای دو شاخه ، در محلهای تقسیم جریان و به‌هم پیوستن دو جریان آمد و شد در شرایط سرعت حرکت بالا ، و برای ایمنی آمد و شد ، محتاج به طرح ویژه‌ای می‌باشند . این شرایط در دهانه خروجیها و ورودیهای راههای با سرعت بالا ، در تقاطعهای با جریان هدایت شده (در خطوط مجزا) در مقیاس بزرگ و در دو شاخه راههای اصلی با تقاطعهای مبدل جهت دهنده ، وجود دارد . اصول کلی طرح انتهای جزایر ، که قبلا "شرح داده شده‌است ، در اینجا نیز مصداق دارد ، ولی همان‌طور که در شکلهای ۲۶ و ۲۷ نشان داده‌شده‌است ، جنبه‌های دیگری از عملکرد آمد و شد و طرح باید موردتوجه قرار گیرد .

۶–۴–۱ . دهانه‌های خروجیها

در شکل ۲۶ ، طرح انواع مختلف دهانه‌های خروجی نشان داده شده‌است . در یک خروجی از یک راه شامل یک‌خط تغییر سرعت (شکل ۲۶–الف) ، باید دماغه از لبه روسازی خط عبور عقب‌نشستگی داشته

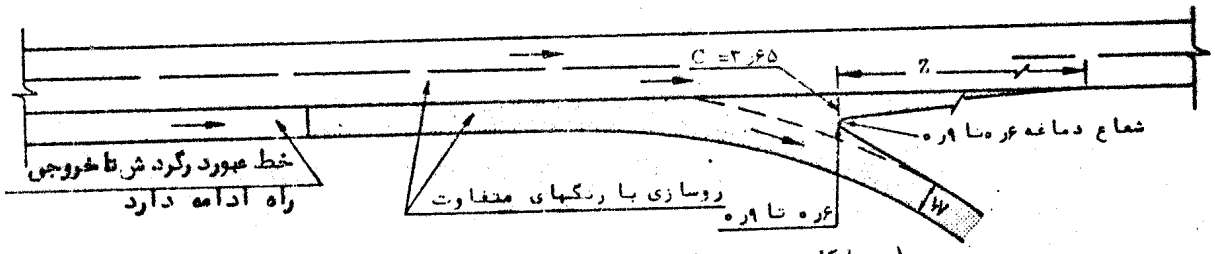


(الف) شانه‌های بارنگ یا تشبیت شده

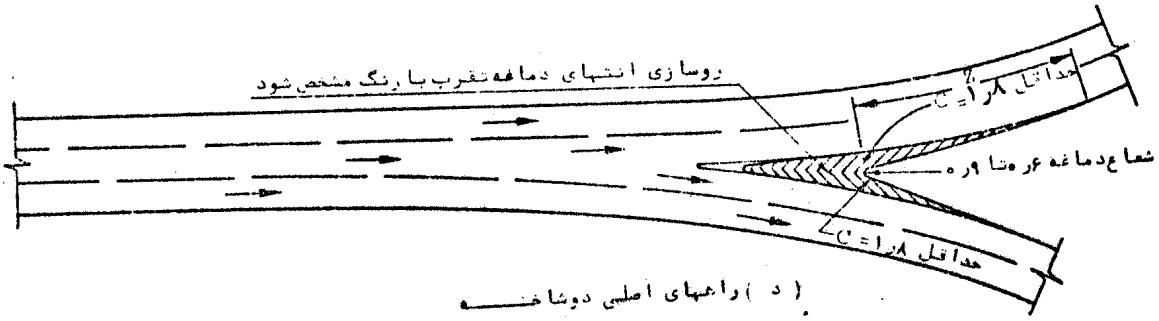


(ب) شانه‌های تشبیت شده یا روسازی شده

خط لچکی خروجی وخط کاهش سرعت



(ج) کاهش در تعداد خطوط عبور مستقیم



(د) راههای اصلی دوشاخه

طرح دهانه های خروجی

شکل ۲۶. طرح دهانه خروجیها

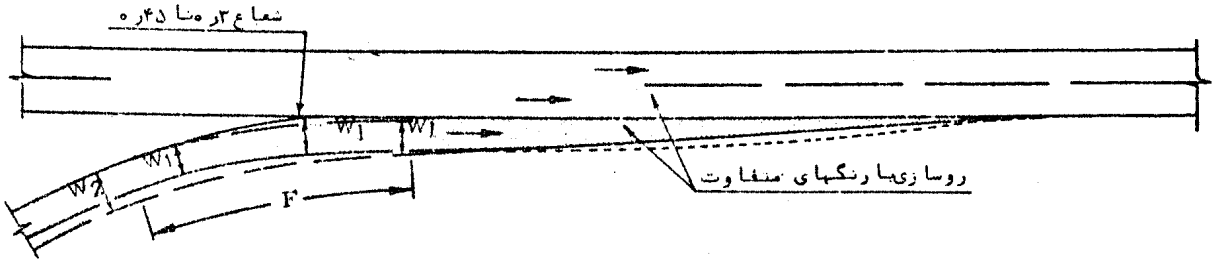
باشد تا خطر کمتری متوجه خودروهای نزدیک‌شونده شود. بعد از دماغه نیز باید یک خط لچکی تدریجی تعبیه شود تا امکان برگشت ایمن خودروهایی که سهواً به روسازی کمکی وارد می‌شوند، به راه عبوری موجود باشد. در این شرایط، بهتر است که در طرح دهانه‌ها برای دید مشخصتر و بهتر، دماغه جدول‌دار به‌کار برده شود، حتی اگر خطوط عبوری جدول نداشته باشند. در شرایطی که دماغه جدول‌دار به‌کار برده نمی‌شود، جزئیات طرح لچکی و عقب‌نشستگی دماغه باید همچنان رعایت شود. گوشه دماغه‌ها باید به‌طور مناسب با شعاع ۰/۶ تا ۰/۹ متر گرد شود.

مقدار عقب‌نشستگی دماغه از لبه روسازی خطوط عبوری (مقدار ح در شکل ۲۶ـ الف) تابع طول و شکل روسازی کمکی که قبل از دماغه واقع است، می‌باشد. در یک خط خروجی جهت‌دار (مانند خط ممتد نشان داده شده در شکل)، حدود ۱/۲ تا ۳/۶۵ متر عقب نشستگی به‌کار برده میشود. هر قدر خروجی تدریجیتر، روسازی کمکی بزرگتر، زاویهٔ خروجی بازتر، راه خروجی عریضتر و تعداد رانندگان ناآشنا به محل بیشتر باشد، باید عقب‌نشستگی بیشتری در نظر گرفته شود. به‌طور کلی، عقب‌نشستگی انتخاب‌شده (بین ۱/۲ تا ۳/۶۵ متر) به قضاوت طراح و مسیر واقعی عبور خودرو بستگی دارد. در یک تقاطع با خطوط گردش مجزا که شعاعهای گردش برای سرعتهای کم طرح شده‌اند، مقدار عقب‌نشستگی ۰/۶ تا ۱/۲ متر کافی است، ولی در دهانه یک شیبراهه، مقدار عقب‌نشستگی دماغه باید بیشتر باشد. برای طرحهای خط کاهش سرعت با عرض یکنواخت (مانند خط چین نشان داده شده در شکل ۱۶ـ الف)، مقدار عقب‌نشستگی دماغه نسبت به لبه روسازی خط عبوری باید حدود عرض خط اضافه شده (یعنی ۳ تا ۳/۶۵ متر) باشد.

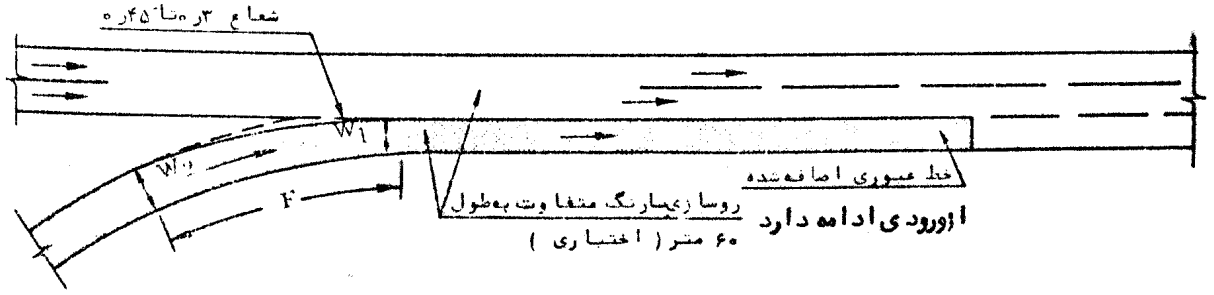
هنگامی که راه عبوری دارای شانه‌های روسازی شده یا تثبیت شده‌ای است که تا بعد از دماغه تقرب نیز ادامه دارند (مانند شکل ۱۶ـ ب)، عقب‌نشستگی لازم را برای دماغه نسبت به روسازی خط عبوری، شانه‌ها تأمین می‌کنند و احتیاج به عقب‌نشستگی بیشتر نیست.

مقدار ۰/۶ تا ۰/۹ متر عقب‌نشستگی دماغه نسبت به لبه روسازی راه گردش برای بیشتر طرحهای نشان داده شده در شکلهای ۲۶ـ الف، ۲۶ـ ب و ۲۶ـ ج کافی است. با افزایش اهمیت راه گردش، مقدار عقب‌نشستگی تا ۱/۸ متر یا بیشتر نیز به‌کار برده می‌شود (شکل ۲۶ـ د). در بزرگراههای ۶ خطه که سه خط عبور یک‌طرف به دو راه دو خطه تقسیم می‌شود (شکل ۲۶ ـ د)، مقدار عقب‌نشستگی دماغه نسبت به هر دو راه باید حداقل معادل نصف عرض یک خط عبور، یعنی ۱/۸ متر باشد.

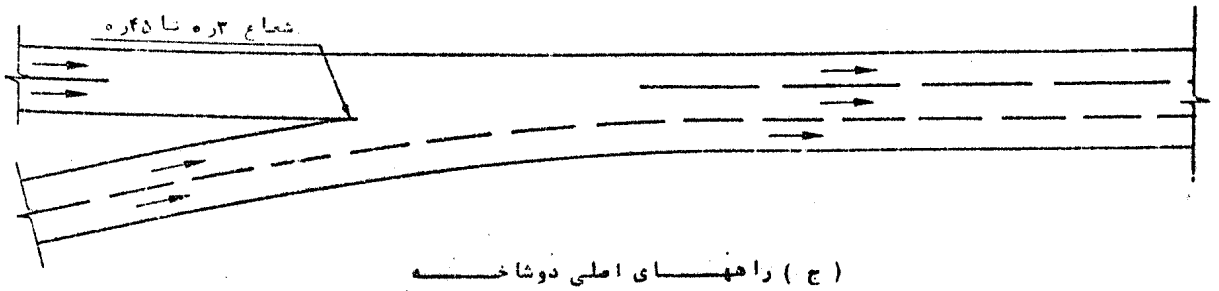
طول لچکی دماغه (z) در مجاورت خط عبوری باید کافی باشد تا راننده‌ای که اشتباهاً به راست منحرف شده و وارد خط لچکی شده‌است به دماغه برخورد نکند و بدون آنکه وارد شانه‌ها شود، به خط عبوری اصلی بازگردد. در مباحث لچکی خط تغییر سرعت نشان داده شد که زمان لازم برای آنکه یک راننده از یک خط عبور به‌طور عرضی عبور نماید (یعنی تغییر خط دهد)، حدود ۱/۱ ثانیه



(الف) خط لچکی ورودی و خط کاهش سرعت



(ب) افزایش در تعداد خطوط عبور آمدوشد



(ج) راههای اصلی دوشاخه

شکل ۲۷. طرح دهانه ورودیها

برای هر متر تغییر محل جانبی است . با توجه به اینکه علایم هشدار دهنده معمولا "در محل دماغه‌ها نصب شده‌اند و احتمال دارد که راننده منحرف شده سرعت خود را کم کند ، می‌توان فرض کرد که قبل از رسیدن به دماغه ، نصف حرکتهای اصلاحی راننده انجام گرفته است . براین اساس ، طول حداقل خط لچکی دماغه از رابطه $z = \frac{1000}{3600} v \times 1/1 \times \frac{c}{2}$ و یا $z = 0/15\ v'c$ به‌دست می‌آید . در رابطه ، v' سرعت متوسط راه عبوری (کیلومتر در ساعت) است . مقادیر (گرد شده) حداقل طول خط لچکی دماغه در جدول ۱۶ داده شده است .

جدول ۱۶ . حداقل طول خط لچکی واقع در دنبال دماغه عقب نشسته سمت خط آمد و شد اصلی

سرعت طرح راه معبر (کیلومتر در ساعت)	طول خط لچکی (z) به‌ازای هر متر عقب‌نشستگی دماغه (c) در شرایط نشان داده شده در شکل ۲۶
۵۰	۷
۶۰	۸/۵
۸۰	۱۱
۱۰۰	۱۳/۵
۱۲۰	۵/۵
۱۳۰	۱۶

هنگامی‌که تعداد خطوط عبور در بعد از شیبراهه کاهش‌می‌یابد (شکل ۲۶ ــ ج) ، طول بازیافت بعد از دماغه باید به‌مراتب بیشتر از حالتی‌باشد که تعداد خطوط عبور بدون تغییر می‌ماند . در این حالت ، طول بازیافت باید مانند یک خط‌افزایش سرعت طرح گردد (طبق جدول ۱۰) . این طول باید معادل طول خط‌افزایش سرعتی که برای سرعت طرح راه اصلی و یک خط‌گردش برای سرعت ۳۰ تا ۵۰ کیلومتر در ساعت طرح می‌گردد ، باشد .

طرحهای نشان داده شده در شکلهای ۲۶ــ الف ، ۲۶ــ ب و ۲۶ــ ج ، برای راههای خروجی واقع در سمت چپ راه عبوری صادق است .

۶ ــ ۴ ــ ۲ . دهانه‌های ورودیها

انتهای همگرای جزایر در دهانه راه گردش باید تاحد امکان کوچک باشد . در شرایطی که از جدول استفاده می‌شود ، گوشه همگرای جزیره باید با شعاع ۰/۳ تا ۰/۴۵ متر گرد شود . در صورت امکان ، روسازی راه ورودی باید تقریبا " به موازات راه عبوری باشد (شکل ۲۷ــ الف) . این امر در تقاطعهای کوچک با خطوط‌گردش مجزا ، به‌دلیل کافی نبودن طول و شعاع خطوط‌گردش ، ممکن است عملی نباشد .

در شکل ۲۷ـالف ، یک طرح ورودی با خط افزایش سرعت از نوع جهت دهنده (خط پر) ، و از نوع موازی راه‌عبوری (خط چین) داده شده‌است . در شرایطی که عرض راه گردش معادل مقادیر "حالت یکم" در جدول ۷ است (راه گردش یکخطه ـ یکسویه ـ بدون امکان سبقت گرفتن) ، عرض W_1 به‌طور یکنواخت تا انتهای نقطه همگرا ادامه دارد . در شرایطی‌که عرض راه گردش معادل مقادیر "حالت دوم" در جدول ۷ است (راه گردش یکخطه ـ یکسویه ـ با امکان سبقت گرفتن از خودرو از حرکت بازمانده) ، بهتر است عرض W_2 کم‌کم کاهش داده شود تا در محل دماغه برابر عرض یکخط عبور (W_1) باشد . دراین شرایط، ورود به جریان آمد و شد راه اصلی به‌طور یکخطه صورت می‌گیرد و امکان تداخل ناگهانی خودروهای ورودی به جریان آمد و شد عبوری در بعد از نقطه همگرا کاهش می‌یابد . این کاهش عرض با تنظیم لبه روسازی سمت چپ (یا سمت راست) راه گردش عملی است .

کاهش عرض راه گردش باید در فاصله کافی انجام شود تا تمام رانندگان فرصت داشته باشند حرکتهای جانبی خود را تنظیم کنند . مقدار تغییر مکان جانبی که در محاسبه خط‌لچکی خطوط تغییر سرعت به‌کار برده شده‌است ، در اینجا نیز مصداق دارد ؛ یعنی ، زمان لازم برای هر متر تغییر مکان جانبی (در این حالت کاهش عرض) ۱/۱ ثانیه است . بنابراین ، در یک ورودی ، حداقل طول لازم برای کاهش عرض روسازی از یکی از دو رابطه زیر تعیین می‌شود .

$$F = \frac{1000}{3600}\, v'.1,1.(W_2 - W_1) \qquad \text{(الف)}$$

$$F = 0,3.v'.(W_2 - W_1) \qquad \text{(ب)}$$

F = حداقل طول لازم برای کاهش عرض راه گردش (متر)

v' = سرعت متوسط آمد و شد در راه گردش (کیلومتر در ساعت)

$W_2 - W_1$ = مقدار کاهش عرض (متر)

با به‌کار بردن سرعت‌متوسط ۳۰ کیلومتر در ساعت برای طرح‌حداقل و سرعت متوسط ۵۰ کیلومتر در ساعت برای طرح بهینه ، مقادیر گرد شده F برای کاهش‌عرضهای مختلف در جدول ۱۷ داده شده است .

جدول ۱۷ . حداقل طول لازم برای تأمین کاهش عرض ورودیها

طرح	طول لازم برای تأمین کاهش عرض (متر)						
	مقدار کاهش عرض (متر)						
	۱/۰	۱/۵	۲	۲/۵	۳	۳/۵	۳/۶۵
حداقل	۹	۱۴	۱۸	۲۳	۲۷	۳۲	۳۳
بهینه	۱۵	۲۳	۳۰	۳۸	۴۵	۵۳	۵۵

در شرایطی‌که مقدار آمد و شد ورودی به گنجایش یک خط عبور نزدیک می‌شود ، یا هنگامی‌که جمع مقدار آمد و شد ورودی و آمد و شد عبوری به‌حد گنجایش راه‌عبوری می‌رسد ،باید از محل اتصال راه ورودی به راه عبوری ،یک خط عبور به راه عبوری اضافه شود (شکل ۲۷ ــ ب) . طرح راه ورودی و دماغه همگرا باید طوری باشدکه آمد و شد ورودی‌مستقیما "به داخل خط اضافه‌شده هدایت شود . عرض راه عبوری در محل‌دماغه همگرا باید به حد W_1 کاهش داده‌شود . مقادیر داده شده در جدول ۱۷ برای تأمین این کاهش عرض صادق است .

هنگامی که دو راه دوخطه به هم پیوسته و تشکیل یک راه سه خطه می‌دهد ، طرح محل اتصال مشابه شکل ۲۷ ــ ج می‌باشد . برای سرعتهای زیاد آمد و شد ، پیوستن دو راه باید به‌طور تدریجی و با زاویه باز انجام گیرد و کاهش عرض چهار خط به سه خط عبور باید به نسبت ۵۰ به ۱ باشد .

در شرایطی که در سمت راست راه عبوری شانه‌های روسازی شده تا نقطه همگرا وجود دارد ، جزئیات محل همگرا مشابه‌شکل ۲۷ است ،بجزآنکه لبه خارجی شانه‌ها جایگزین لبه‌سمت راست روسازی راه عبوری می‌شود . امتداد و کاهش عرض راه گردش در دهانه ورودیها همان است که در شکل نشان داده شده‌است اما برابر عرض شانه‌ها ، دارای عقب‌نشستگی نسبت به روسازی خط عبوری است .

۷. وسایل کنترل آمد و شد

نوع و محل وسایل کنترل آمد و شد باید به موازات طرح‌تقاطع مشخص و معین شود . در معیارهای طرح یکنواخت‌کردن وسایل کنترل آمد و شد ،معیارهای‌یکنواخت برای‌طرح و استفاده از این‌گونه‌وسایل داده شده‌است که جزایر و نحوهٔ مشخص کردن انتهای آنها را نیز شامل می‌شود .

۸. تقاطعهای همسطح با خطوط راه‌آهن

طرح هندسی تقاطعهای همسطح با خطوط راه‌آهن به وسایل هشداردهنده و وسایل حفاظتی مربوط می‌شود . در مواردی‌که از علایم استفاده‌می‌شود ،تقاطع راه و راه‌آهن باید تقریبا "با زاویه قائم صورت گیرد . در مواردی که از چراغهای راهنمایی و دروازه استفاده می‌شود نیز ، تا حد امکان ، زاویه تقاطع نباید تنگ باشد .راه نباید در تقاطع و حوالی آن شیب داشته باشد و سطح سواره‌رو و شانه‌ها باید در تمام عرض دارای روسازی مقاوم در برابر عوامل جوی باشد . وسایل حفاظتی باید از فاصله‌ای که حداقل برابر فاصله دید توقف‌است ،قابل دیدن باشد . در تقاطعهای بدون چراغ راهنمایی یا دروازه باید فاصلهٔ حداقل مثلث دید کناری شامل طولی از راه برابر با حداقل فاصله دید توقف برای سرعت طرح ، و فاصله‌ای در طول راه‌آهن باشد که مقدار آن به متر از ۲ برابر سرعت قطار برحسب کیلومتر در ساعت برای راههای با سرعت‌طرح ۶۰ کیلومتر در ساعت ،و ۳ برابر سرعت‌قطار برای راههای با سرعت طرح ۱۰۰ کیلومتر در ساعت کمتر نباشد . در مواردی‌که تأمین چنین فواصلی امکان نداشته باشد ،لازم است که بر کنترل سرعت خودروها در راه تأکید شود و برای کاستن سرعت خودرو از مثلث دید آزاد

استفاده گردد؛ ولی البته سرعت خودرو هیچگاه نباید از ۲۵ و ترجیحا" ۳۰ کیلومتر در ساعت کمتر باشد. در چنین مواردی، مثلث گوشه دید باید دارای اضلاعی برابر با ۲۴ تا ۳۶ متر در طول راه، و ۱/۱ تا ۱/۳ برابر سرعت قطار برحسب کیلومتر در ساعت در طول راه‌آهن باشد.

راننده یک خودرو متوقف شده در محل تقاطع، باید دید کافی از مسیر راه‌آهن داشته باشد تا بتواند در شرایط ایمنی از آن بگذرد. عمل عبور از تقاطع باید قبل از رسیدن قطار انجام گیرد. برای خودروهایی که باید از حالت توقف خارج شده، و خط راه‌آهن را قطع کنند، فاصله دید در طول راه‌آهن به متر نباید از ۲/۵ برابر سرعت قطار به کیلومتر در ساعت برای خودرو طرح کامیون، و ۳/۳ برابر سرعت قطار به کیلومتر برای خودرو طرح تریلی بزرگ کمتر باشد.

بخش دوم

تقاطعهای همسطح

۱. مقدمه

تقاطعها در اکثر راهها به صورت همسطح طرح و اجرا می‌شوند. تقاطعهای همسطح باید طوری طرح شوند که آمد و شدهای گردنده و مستقیم را امکانپذیر کنند. در شکل ۱، انواع کلی تقاطعهای همسطح و نامهای آنها داده‌شده‌است. اشکال‌هندسی کلی تقاطعها عبارتند از: سه راه (T یا Y شکل)، چهارراه، تقاطع چند راهه، میدان یا فلکه[1]. در میان شکلهای کلی تقاطعها رده‌بندیهای دیگری، مانند هدایت شده[2]، لاله‌ای[3] و هدایت نشده[4]، انجام می‌گیرد.

در انتخاب نوع یک تقاطع، عوامل متعددی موءثرند که مهمترین آنها مشخصه طرح راه است (به *معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی* مراجعه شود) که از آن میان، می‌توان مقدار آمد و شد ساعت طرح، مشخصات ترکیب آمد و شد و سرعت طرح را نام برد. مشخصات آمد و شد و سرعت طرح در بیشتر جزئیات طرح موءثر هستند، در صورتی‌که مقدار آمد و شد، بیشتر در انتخاب نوع تقاطع تأثیر می‌گذارد.

در طرح تقاطع باید تا حد امکان سعی شود که تقاطع دارای ظاهری زیبا و چشم‌اندازی بدیع بوده، و با محیط اطراف هماهنگ باشد.

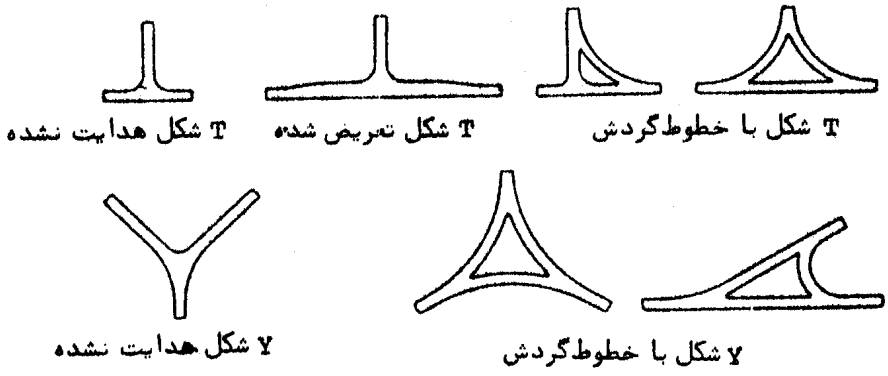
۲. امتداد و نیمرخ تقاطعها

تقاطعها نقاط برخورد راهها هستند و در آنها امکان خطر بیشتر است. بنابراین، امتداد و شیب راهها باید این امکان را به راننده بدهد که به‌راحتی و با دید کامل بتواند حرکتهای لازم را برای عبور از تقاطع با ایمنی کافی و حداقل برخورد با سایر خودروها انجام دهد. به همین سبب، امتداد راه در محلّ تقاطع باید تا آنجا که ممکن است، مستقیم و کم شیب باشد.

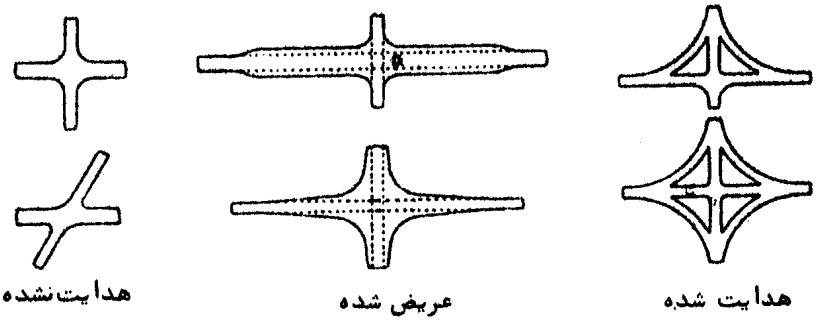
در اکثر موارد، امتداد و شیب راهها در محل تقاطعها به‌وسیله شرایط محلی و پستی و بلندی منطقه معین می‌شود. ولی غالبا "می‌توان امتداد و شیب را طوری تغییر داد که باعث افزایش ایمنی شود. در شکل ۲، اصلاح امتداد راهها در محل تقاطع برای بهترساختن مقدار دید نشان داده‌شده‌است.

---

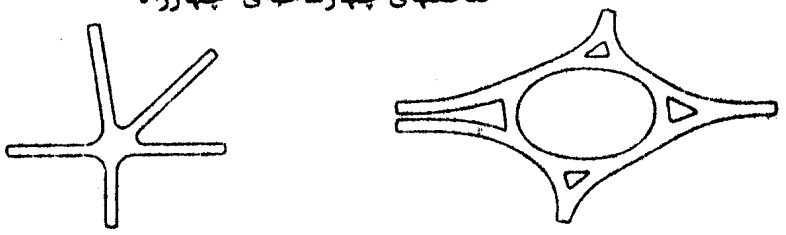
1. Rotary
2. Chanalized
3. Flared
4. Unchanalized



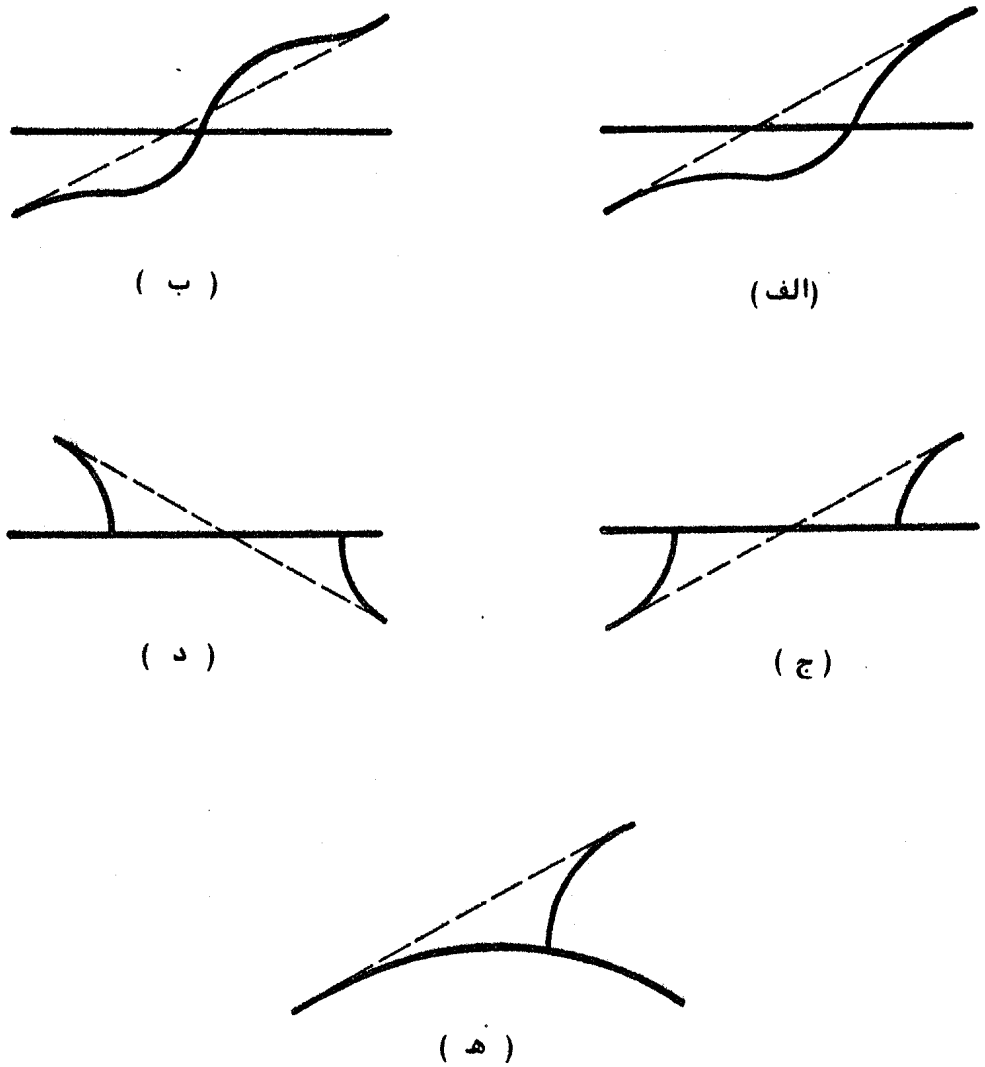
تقاطعهای سه‌شاخه‌ای "سه‌راه"



تقاطعهای چهارشاخه‌ای "چهارراه"



شکل ۱. انواع کلی تقاطعهای همسطح



شکل ۲. اصلاح امتداد راه در محل تقاطع

امتداد تقاطع راهها باید تا حد امکان به‌طور مستقیم و با کمترین شیب ممکن صورت گیرد و فاصله دید نیز برابر یا بیشتر از حداقل‌لازم برای‌شرایط‌تقاطع باشد. برخورد و تلاقی راهها باید با زاویه قائم و یا زاویه‌ای‌نزدیک به آن صورت‌گیرد. زاویه تقاطع بزرگتر از ۶۰ درجه، کمتر موجب کاهش دید است وغالبا "تصحیح‌امتداد‌مجدد برای رسانیدن آن‌به۹۰درجه‌ضرورتی نمی‌یابد. شیبراهه‌هایی که در محل‌تقاطع توسط‌خودروهای متوقف شده مورداستفاده قرار می‌گیرند باید تا حد امکان کم بوده، و خود راه به‌صورت افقی باشد؛ به هر صورت، مقدار شیب نباید از ۶% تجاوز کند و بهتر است از ۳% کمتر باشد. معمولا"، خط‌شیب‌راه اصلی در طول تقاطع اعمال می‌شود و شیب‌راه دیگر براساس آن تنظیم می‌گردد.

۳. فاصله دید در تقاطعها

در تقاطعها باید در امتداد هر دو راه و نیز گوشه‌های تقاطع، دید کافی وجود داشته باشد تا رانندگان خودروهای متلاقی، یکدیگر را بموقع ببینند و بدین‌ترتیب از بروز تصادف جلوگیری به‌عمل آید (شکل ۳). مقدار فاصله دید به نوع وسیله کنترل‌کننده جریان آمد و شد بستگی دارد. هرگاه در مواردی تأمین فاصله دید کافی امکان نداشته باشد، باید سرعتهای نزدیک شدن به تقاطع کنترل شوند و مقدار آن، با توجه به فاصله‌دید موجود، به مقداری مناسب کاهش داده شود.

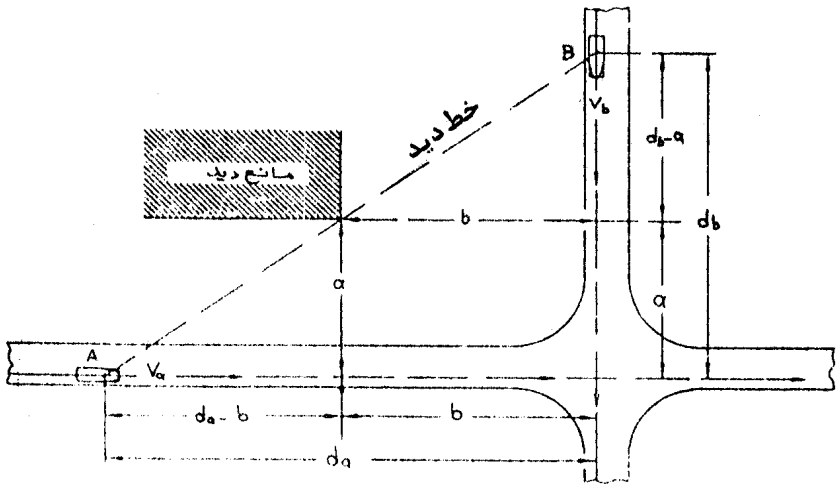
۳-۱. تقاطعهای بدون چراغ‌راهنمایی یا علامت ایست

۳-۱-۱. حالت یکم - تأمین امکان تطبیق سرعت خودرو

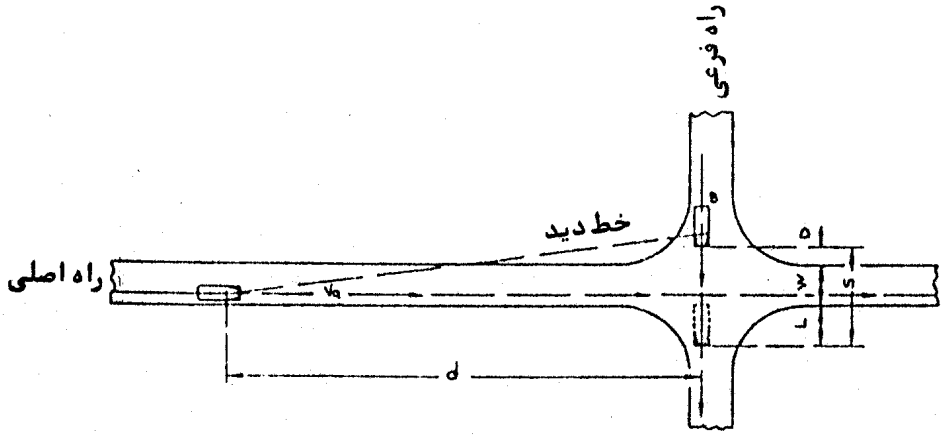
در شرایطی‌که تقاطعی دارای چراغ‌راهنما و یا علامت ایست نیست، راننده خودرویی‌که به‌تقاطع نزدیک می‌شود باید فرصت کافی داشته‌باشد تا پس‌از دیدن مانعی در محل تقاطع، سرعت خودرو خود را به مقدار لازم و قبل از رسیدن به تقاطع تنظیم کند و یا کاهش‌دهد. حداقل زمان لازم برای راننده که مانع را ببیند و اقدام به ترمز گرفتن نماید ۲ ثانیه، و مدت ترمزگیری ۱ ثانیه فرض می‌شود. باتوجه‌به فرضهای بالا، طول ضلعی از مثلث دید که در امتداد هریک از راهها واقع است باید حداقل برابربا مقادیری باشد که در جدول ۱ داده شده‌است، تا راننده بتواند پس‌از مشاهده علامت و یا مانع و قبل از رسیدن به تقاطع، سرعت خود را تنظیم کند.

جدول ۱.

سرعت نزدیک شدن (کیلومتر درساعت)	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۱۰
فاصله (متر)	۲۵	۳۲	۴۰	۵۰	۶۶	۸۵	۹۵



حالت یکم و دوم : بدون علامت ایست و یا چراغ راهنمایی در تقاطع



حالت سوم : با علامت ایست در راه فرعی

شکل ۳. فاصله دید در تقاطعها

باتوجه به جدول ۱ و قسمت بالای شکل ۳ ،اگر سرعت در راه " A " برابر ۸۰ کیلومتردرساعت و در راه" B " برابر ۵۰ کیلومتر در ساعت باشد ،مثلث دید بین نقاط در راههای A و B باید به‌ترتیب ۶۶/۵ متر در امتداد راه A و ۴۰ متر در امتداد راه B باشد (یعنی : d_a = ۶۶/۵ و d_b =۴۰ متر) .

چون طولهای داده شده در جدول ۱ ، معادل $\frac{1}{2}$ تا $\frac{2}{3}$ فواصل دید توقف ایمن می‌باشند ،باید در مورد راههای با آمد و شد کم در محلهایی اعمال شوند که تغییر مکان موانع دید مستلزم هزینه زیاد است .

۳ـ۱ـ۲ . حالت دوم ـ تأمین امکان توقف خودروها

در این حالت نیز ، که مانند حالت قبل برای تقاطعهای بدون چراغ راهنما و یا علامت ایست به‌کار می‌رود ،طول ضلعی از مثلث‌دید که در امتداد هریک از راهها واقع است باید حداقل برابر با مقادیری باشد که در جدول ۲ داده شده‌است ، تا رانندگان بتوانند پس از مشاهده علامت و قبل از رسیدن به تقاطع ، خودرو خود را در صورت لزوم متوقف کنند .

جدول ۲

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۵۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۱۰
فاصله (متر)	۶۰	۸۰	۱۰۵	۱۶۰	۱۸۵

فواصل داده شده در جدول ۲ برای طرح تقاطعها و برداشتن موانع دید ،به‌مراتب از مقادیر جدول ۱ مناسبتر هستند و تا حدامکان باید سعی کرد که در شرایطی‌که تقاطع چراغ راهنما و یا علامت ایست ندارد ، برای فواصل دید از ارقام جدول ۲ استفاده شود .

هنگامی‌که مانعی (که قابل‌تغییر هم نیست) باعث کاهش‌دید به مقادیری کمتر از فواصل داده شده در جدول ۲ (یا ۱) شود ،می‌توان باکاهش به‌موقع سرعت خودروهای یک‌راه (شاخه تقاطع) ،عبور ایمن از تقاطع را تأمین نمود . به فرض ، اگر خودروهای یکی از شاخه‌ها مجاز باشند که با سرعت طرح به تقاطع نزدیک شوند ، با توجه به این سرعت طرح و فاصله مانع از هر دو راه ، می‌توان سرعت در شاخه دیگر را به شرحی که در زیر می‌آید ، کاهش داد .

با مراجعه به قسمت بالای شکل ۳ ، فرض می‌شود که سرعت v_a و a و b (فواصل مانع ازراهها) معلوم است . هنگامی‌که خودروA در فاصله d_a (حداقل‌فاصله توقف خودرو A) از تقاطع قرار دارد و

رانندگان خودروهای A و B قادر به دیدن یکدیگر هستند ، با استفاده از تشابه مثلثها ، فاصله d_b (فاصله خودرو B تا تقاطع) از رابطه زیر تعیین می‌شود :

$$d_b = \frac{ad_a}{d_a - b}$$

حال ، باید سرعت بحرانی خودرو B طوری تعیین شود که فاصله توقف آن برابر d_b باشد ؛ بنابراین ، باید علامت کاهش سرعت در محلی از جاده B قرار داده شود که خودرو B در فاصله d_b از تقاطع ، دارای سرعت v_b باشد (سرعت ایمن برای عبور از تقاطع در جاده B) . با محاسبات مشابه می‌توان فاصله‌ای را که مانع باید عقب برده شود تعیین کرد (در این حالت ، a و b مجهول است) تا سرعتهای مورد نظر برای عبور از تقاطع در راههای A و B تأمین شود .

۳–۱–۳ . حالت سوم – تأمین امکان عبور از عرض راه اصلی برای خودروهای در حال توقف در پشت علامت ایست راه فرعی

در مواردی‌که آمد و شد راه فرعی توسط علامت ایست کنترل می‌شود ، راننده خودرو متوقف‌شده باید بتواند طول کافی از راه اصلی را ببیند تا قبل از رسیدن خودرو که پس از شروع به حرکت دیده‌است ، امکان عبور از تقاطع راه را داشته‌باشد . فاصله دید لازم براساس فاصله چشم راننده از سطح‌راه (یعنی ، ۱/۱۰ متر تا ۱/۳۵ متر) اندازه‌گیری می‌شود .

مقدار فاصله دید لازم در امتداد راه اصلی از رابطه زیر تعیین می‌شود :

$$d = \frac{۱}{۳/۶} V(J + t_a)$$

d = حداقل فاصله دید در امتداد راه اصلی از محل تقاطع (متر)

v = سرعت طرح در راه اصلی (کیلومتر در ساعت)

J = جمع زمان تصمیم‌گیری برای‌حرکت و اقدام به حرکت‌کردن (ثانیه – معمولا " ۲ ثانیه فرض می‌شود)

t_a = زمان لازم برای شتاب گرفتن و پیمودن فاصله S برای عبور از راه اصلی (فاصله B برای حالت سوم در قسمت پایین شکل ۳ نشان داده شده‌است) .

زمان J زمانی است بین لحظه‌ای که راننده برای عبور از راه اصلی ، به دو طرف نگاه می‌کند تا لحظه حرکت‌خودرو . این مقدار زمان برای رانندگان مختلف متفاوت‌است ولی برای طرح ، اختیار مقدار ۲ ثانیه مناسب می‌باشد . در مناطق شهری و اطراف آن که رانندگان با علامتهای متعدد ایست در تقاطعهای متوالی روبه‌رو می‌شوند ، این مقدار را می‌توان تا یک ثانیه نیز کاهش داد .

فاصله Sاز رابطه زیر تعیین می‌شود: (شکل ۳ـ حالت سوم)

$$S = D + W + L$$

D = فاصله جلوی خودرو متوقف شده با لبه روسازی راه اصلی؛ معمولا "این فاصله برای طرح Dبرابر با ۳ متر فرض می‌شود.

W = عرض روسازی راه اصلی در محل تقاطع، که برابر است با ۳/۶۵ متر در تعداد خطوط عبور به اضافه عرض جزیره وسط (در صورتی که جزیره وسط وجود داشته باشد).

L = طول کلی خودرو (مراجعه شود به طول خودرو طرح)

مقدار t_a برحسب S برای خودروهای مختلف طرح در شکل ۴ نشان داده شده‌است. برمبنای فرضهای بالا و با استفاده از مقادیر شکل ۴، نتایج حداقل فاصله دید مورد نیاز به‌منظور طرح در شکل ۵ آورده شده‌است. با استفاده از این شکل، با داشتن تعداد خطوط عبور راه اصلی (تعداد خطوط در هر دو طرف آمدو شد) و نوع خودرو طرح و سرعت طرح در راه اصلی، می‌توان حداقل فاصله دید در امتداد راه اصلی را برای عبور یک‌خودرو از راه اصلی که موقتا "در حال‌توقف در پشت علامت ایست می‌باشد، به‌دست آورد. مقادیر مذکور به‌صورت دیگری در جدول ۳ به منظور طرح داده شده‌است.

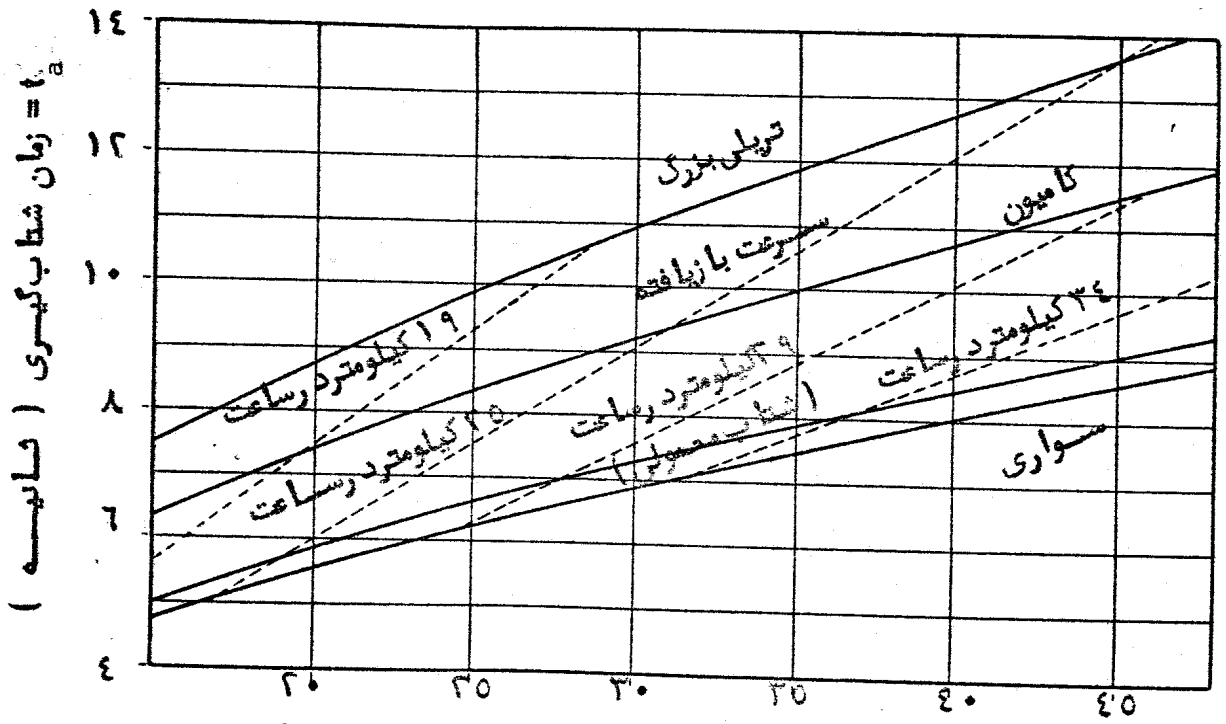
راههایی که میانه آنها برابر با طول وسیله نقلیه یا پهنتر از آن است، امکان قطع دومرحله‌ای راه را به خودرو می‌دهد. عرض میانه‌های باریکتر، جزء عرض کل راه منظور می‌شود که خودرو باید در یک مرحله از آن بگذرد. درمواردی که فاصله دید از ارقام داده شده بالا کمتر است، به‌منظورحفظ شرایط ایمنی، ممکن است سرعت نزدیک شدن به تقاطع را در راه اصلی تا مقدار لازم کاهش داد (با علایم هشدار دهنده) و یا از چراغهای راهنما در راه اصلی استفاده کرد. مثلا"، در شرایطی که فاصله دید در امتداد راه اصلی از مقدار محاسبه شده در شکل ۵ کمتر است، می‌توان فاصله دید موجود در امتداد راه اصلی را مستقیما "وارد شکل ۵ نمود و از روی آن سرعت در راه اصلی را محاسبه کرد و سپس، با نصب علایم هشداردهنده، سرعت خودروهای راه اصلی را تا مقدار محاسبه شده اخیر کاهش داد.

۳ـ۲. تأثیر اریب و شیب در فاصله دید

فاصله دید لازم در حالت‌راههایی که به‌طور مورب و یا با شیب یکدیگر را قطع می‌کنند، باید با توجه به شرایط بالا اصلاح شود.

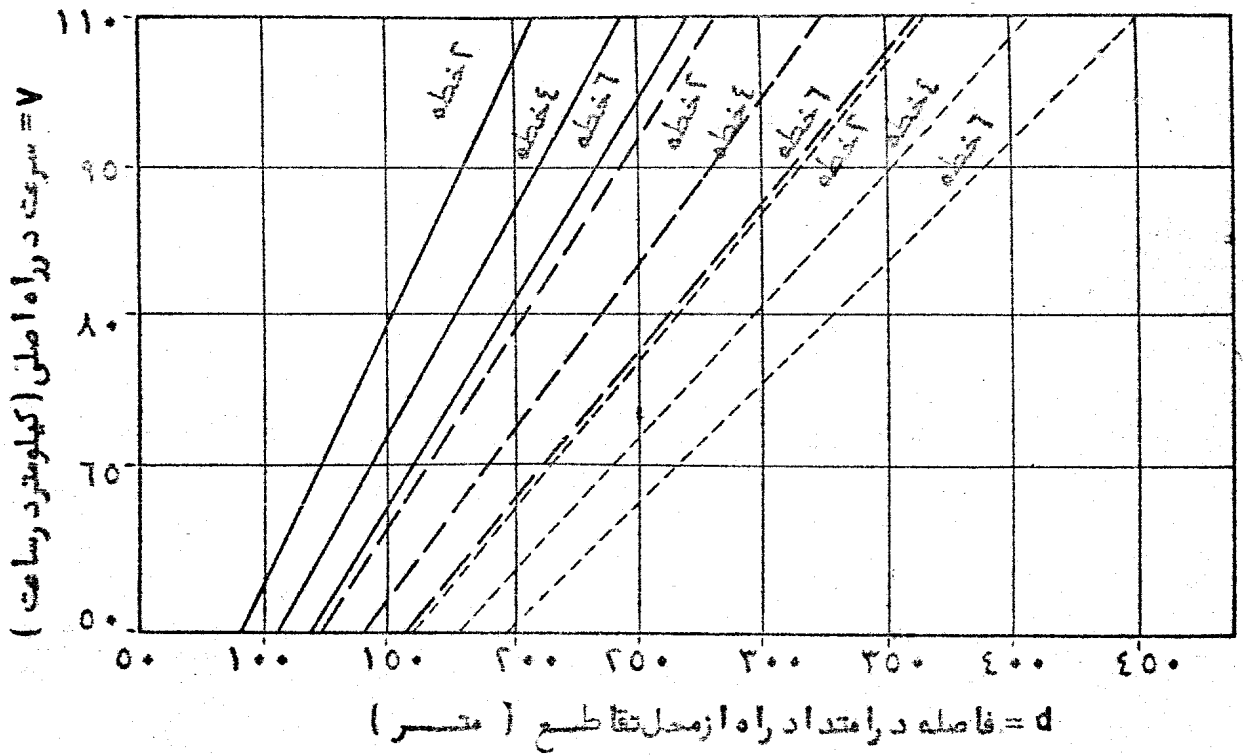
۳ـ۲ـ۱. تأثیر اریب

برای محاسبه فاصله دید لازم در امتداد راه اصلی در حالت راههایی که به‌طور مورب (غیر از قائم) یکدیگر را قطع می‌کنند، باید از شکل ۶ استفاده نمود؛ روش محاسبه، مشابه روش تقاطعهای قائم است. بهتر است فواصل مثلث دید حالت یکم، در مورد تقاطعهای مورب به‌کار برده نشود. در حالت سوم، فاصله دید لازم در امتداد راه اصلی، از شکل ۵ قابل محاسبه نیست و باید مستقیما " از همان رابطه



یادآوری: این منحنی برای شرایطی است که جاده تقریبا " شیب ندارد

شکل ۴. فاصله دید در تقاطعها (حالت سوم)



شکل ۵ . فاصله دید مورد نیاز در امتداد راه اصلی (حالت سوم)

جدول ۳. فاصله دید لازم (در طول راه اصلی) برای خودرو متوقف شده، برای عبور از عرض راه

نوع خودرو طرح که از عرض راه اصلی عبور می‌کند	فاصله دید برحسب متر برای هر ۱۵ کیلومتر در ساعت سرعت طرح راه اصلی برای عرض راههای مختلف		
	۲ خطه	۴ خطه	۶ خطه
سواری	۳۰	۳۵	۴۰
کامیون	۴۰	۴۵	۵۰
تریلی بزرگ	۵۵	۶۰	۶۵

$d=\frac{۱}{۳/۶}(۲+t_a)$ و زمان t_a در شکل ۴ محاسبه شود. در این حالت، همان‌طور که در شکل ۶ نشان داده شده‌است، فاصله S در حالت اریب بیشتر از حالت تقاطعهای قائم است. در حالت اریب، عرض روسازی در مسیری که خودرو متوقف شده در پشت‌علامت ایست باید به‌هنگام عبور از راه اصلی طی نماید، برابر $\frac{W}{\sin\alpha}$ است که در این رابطه، W عرض روسازی راه اصلی و α زاویه تقاطع است.

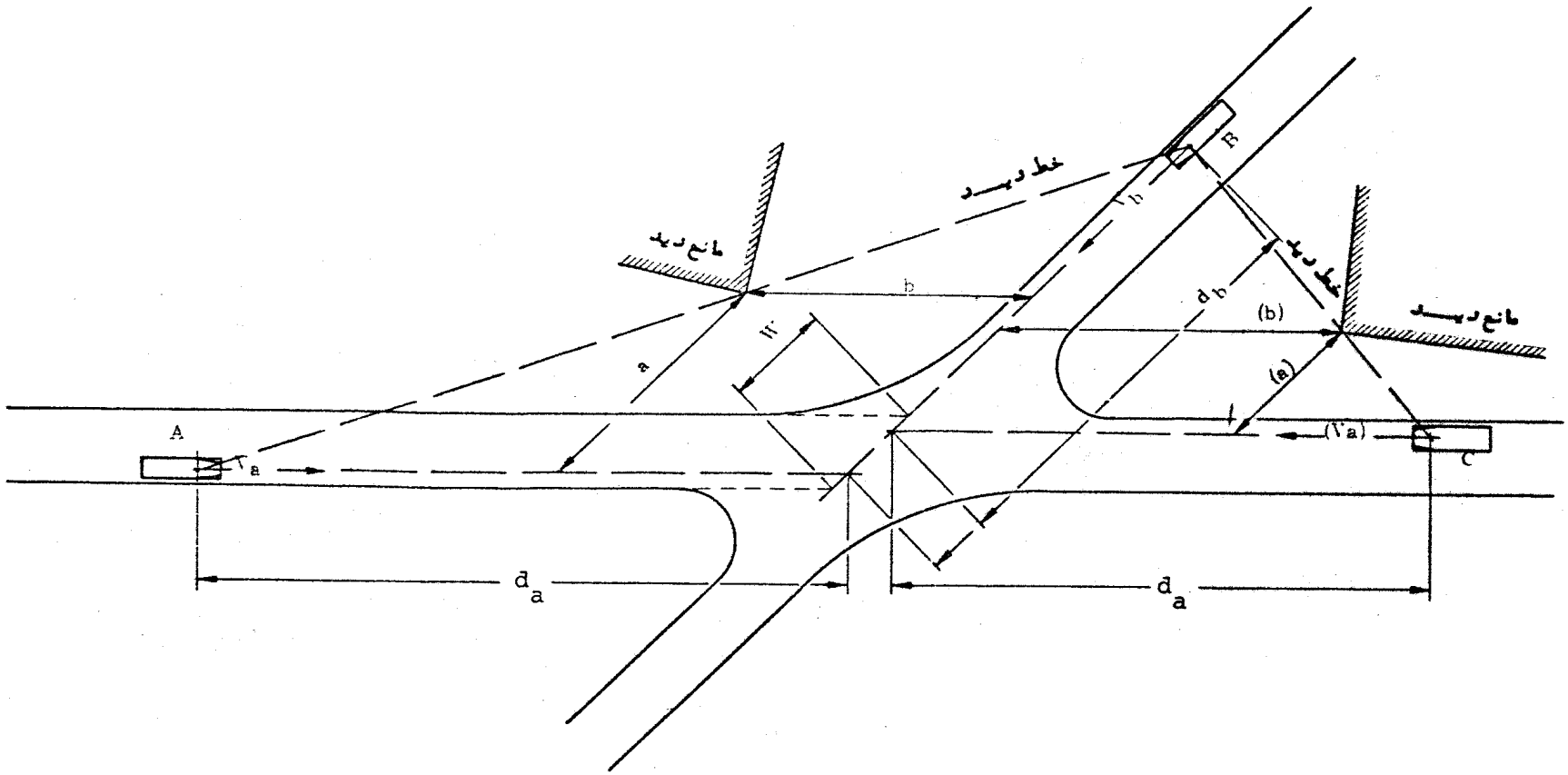
۳-۲-۲. تأثیر شیب

در حالتی که راه فرعی، سرپایینی به شیب ۴% باشد، فاصله دید لازم در امتداد راه اصلی حدود ۲۰% کمتر از فاصله دید لازم در راه افقی است. در حالتی که راه فرعی، سربالایی به شیب ۴% باشد، فاصله دید لازم حدود ۲۰% برای خودرو طرح سواری و کامیون و ۶۰% برای خودرو طرح تریلی بزرگ بیشتر از فاصله دید لازم در راه افقی است.

۴. تقاطعهای انتهای شیبراهه‌ها در تقاطعهای مبدل لوزوی

۴-۱. *فاصله دید در امتداد راه متقاطع*

با وجودی‌که طرح انتهای شیبراهه ممکن است مانند تقاطعهای معمولی انجام‌گیرد، اما به دلیل یکطرفه بودن شیبراهه و وجود ساختمان پل که معمولاً باعث کاهش دید می‌شود، در طرح آن باید عوامل خاصی را در نظر گرفت. در حالت شیبراهه، معمولاً بیشتر خودروها گردش به چپ می‌کنند و در این حالت، فاصله طی شده از حالت عبور مستقیم از راه اصلی بیشتر است، مثلث دید افقی و انحنای قوس قائم باید موردبررسی قرارگیرد تا اطمینان حاصل شود که مسافت دید در امتداد راه متلاقی (قطع‌کننده) به‌اندازه کافی است تا خودروی که در حال توقف در انتهای شیبراهه قرار دارد، امکان گردش به چپ را در شرایط کامل ایمنی داشته باشد. بهترین روش برای انجام این کنترل، استفاده از روش ترسیمی است. فواصل لازم باید به ترتیبی باشد که در جدول ۴ آمده‌است.



شکل ۶. فاصله دید در تقاطع (اثر اریب)

در قوسهای قائم ، معمولا " فواصل دید توقف حداقل مبنای طرح از مقادیر فواصل دید داده شده برای خودرو طرح سواری بیشتر است . در مواردی که چنین نیست ، باید یا طول قوسهای قائم افزایش داده شود و یا انتهای شیبراهه‌ها مقدار بیشتری از آنچه لازم است ، جلوتر از پل قرار گیرند . در پاره‌ای موارد ممکن است لازم شود که محل پل اصلاح شود تا فاصله آزاد جانبی افزایش یابد ؛ در موارد دیگر ، ممکن است استفاده از چراغهای راهنما لازم شود . جزئیات طرح باید به‌گونه‌ای باشد که از ورودیهای غیرمجاز جلوگیری به‌عمل آورد .

جدول ۴ . فاصله دیدلازم در امتداد راه‌متلاقی (قطع‌کننده) در انتهای‌شیبراهه‌های مبدلهای لوزوی

سرعت طرح در راه متلاقی (کیلومتر در ساعت)	فاصله دید لازم برای خودرو طرح که بتواند از شیبراهه به راه متلاقی (قطع‌کننده) گردش به چپ نماید (متر)*		
	نوع خودرو طرح مفروض در انتهای شیبراهه		
	سواری	کامیون	تریلی بزرگ
۱۱۰	۲۲۵	۳۲۰	۴۳۵
۱۰۰	۲۰۰	۲۹۰	۳۹۵
۸۰	۱۶۰	۲۳۵	۳۱۵
۶۰	۱۱۵	۱۷۰	۲۳۰
۵۰	۹۵	۱۴۰	۱۹۰

* فاصله دید براساس ارتفاع چشم‌راننده از سطح‌راه (۱/۱۰ متر برای سواری و ۱/۸۰ متر برای‌خودرو طرح کامیون و تریلی بزرگ) و ارتفاع شئ ، برابر با ۱/۳۵ متر می‌باشد .

استفاده از روسازی با کناره‌های زاویه‌دار در تقاطع و وجود جزایر ، جداکننده‌ها و علایم می‌تواند سبب راهنمایی آمد و شد به مسیرهای مناسب گردد . در حالاتی‌که امکان تقسیم راه قطع‌کننده موجود است ، می‌توان به نحو موءثر از یک میانه استفاده نمود .

۵. بریدگی میانه‌ها

در معیارهای طرح راههای اصلی ، میانه‌ها به‌طور کامل مورد مطالعه قرار گرفته‌اند ؛ در اینجا مقدار بریدگی میانه ، عرض و شکل انتهای آن در محل تقاطعها با توجه به مقدار آمد و شد مستقیم وگردنده شرح داده خواهدشد . معمولا " ، در راههای جداشده که مقدارآمد و شد کم و متوسط ، و مقدار آمد و شد گردنده نیز کم است ، استفاده از یک میانه ساده و با حداقل بریدگی برای تقاطعهای غیراصلی کافی است . در حالاتی‌که آمد و شد راهی موردنظر است که یک راه با آمد و شد و سرعت زیاد را قطع کرده ،

و یا به‌آن گردش می‌کند ، باید از میانه‌های با بریدگی متوسط استفاده‌کرد که شکل و ابعاد آنها به‌گونه‌ای است که اجازه گردش را بدون تجاوز به خطوط مجاور و یا اخلال در دیگر حرکتهای آمد و شد می‌دهد.

۵–۱ . *ضوابط حداقل طرح برای گردش به چپ*

۵–۱–۱ . شعاع کنترل‌کننده برای گردش حداقل

در معیارهای طرح و اصول و مبانی تقاطعها ، تیزترین مسیر برای گردش به چپ چهار نوع خودرو طرح برای سرعت کم و بدون احتیاج به عقب و جلو کردن و یا دور گرفتن زیاد نشان داده شده‌است . برای بریدگی میانه‌ها ، قوسهای ساده که منطبق بر این مسیرهاست و امتدادهای مماس به کناره‌های میانه و محور راه قطع کننده ، شکل و طول حداقل دهانه‌های میانه را مشخص می‌کنند . شعاع انحناهای کنترل کننده مفید در جدول ۵ داده شده‌است .

جدول ۰۵

شعاع انحنای کنترل (متر)	۱۲	۱۵	۲۲/۵
خودروهای طرحی که قابل جادادن هستند :			
عمدتا "	سواری	کامیون	تریلی متوسط
ندرتا "	کامیون	تریلی متوسط	تریلی بزرگ

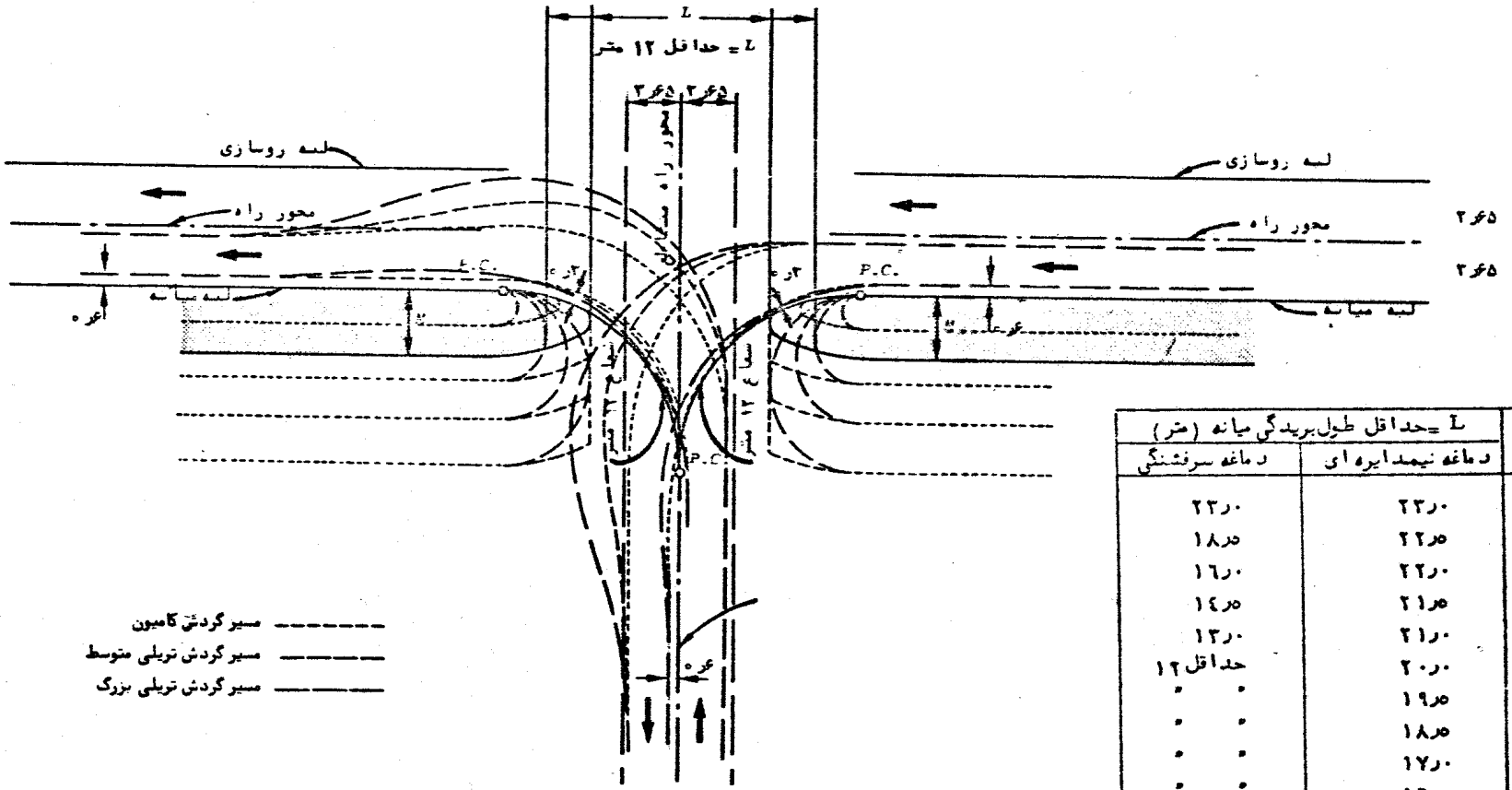
شعاعهای حداقل ذکر شده دربالا برای خودرودهای مختلف در شکلهای ۷ تا ۹ داده شده‌است .

۵–۱–۲ . شکل انتهای میانه

شکل انتهای میانه ممکن است نیمدایره و یا سرفشنگی باشد که در شکلهای ۷ تا ۹ نشان‌داده‌شده‌است . شکل سرفشنگی برای میانه‌های با عرض ۲/۴ متر یا بیشتر ، مناسبتر است زیرا این نوع میانه انطباق بیشتری با مسیر خودروها دارد و مستلزم سطح روسازی کمتری در تقاطع و همچنین طول‌بریدگی کمتری است .

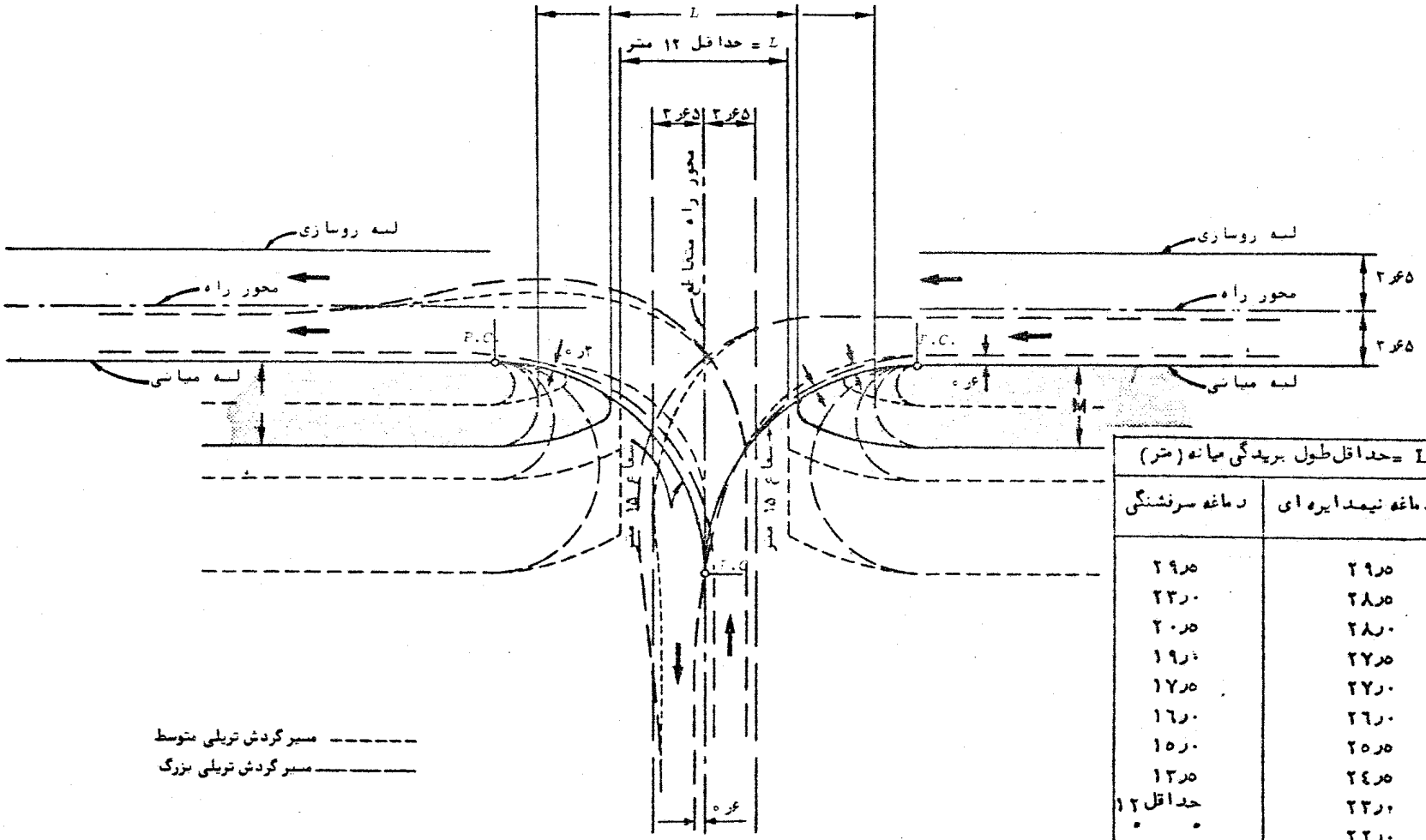
۵–۱–۳ . حداقل طول بریدگی

در حالتی که راه قطع‌کننده ، جدا شده نیست باید طول بریدگی میانه حداقل برابر با عرض سواره‌رو راه قطع‌کننده (روسازی به‌علاوه شانه‌ها) باشد و ضمنا "از عرض روسازی راه قطع‌کننده به‌علاوه ۲/۴۰ متر نیز کمتر نباشد . در مواردی که راه قطع‌کننده جدا شده‌است ، باید طول بریدگی حداقل برابر مجموع عرض روسازی راه متلاقی به‌علاوه عرض میانه به‌اضافه ۲/۴۰ متر باشد .



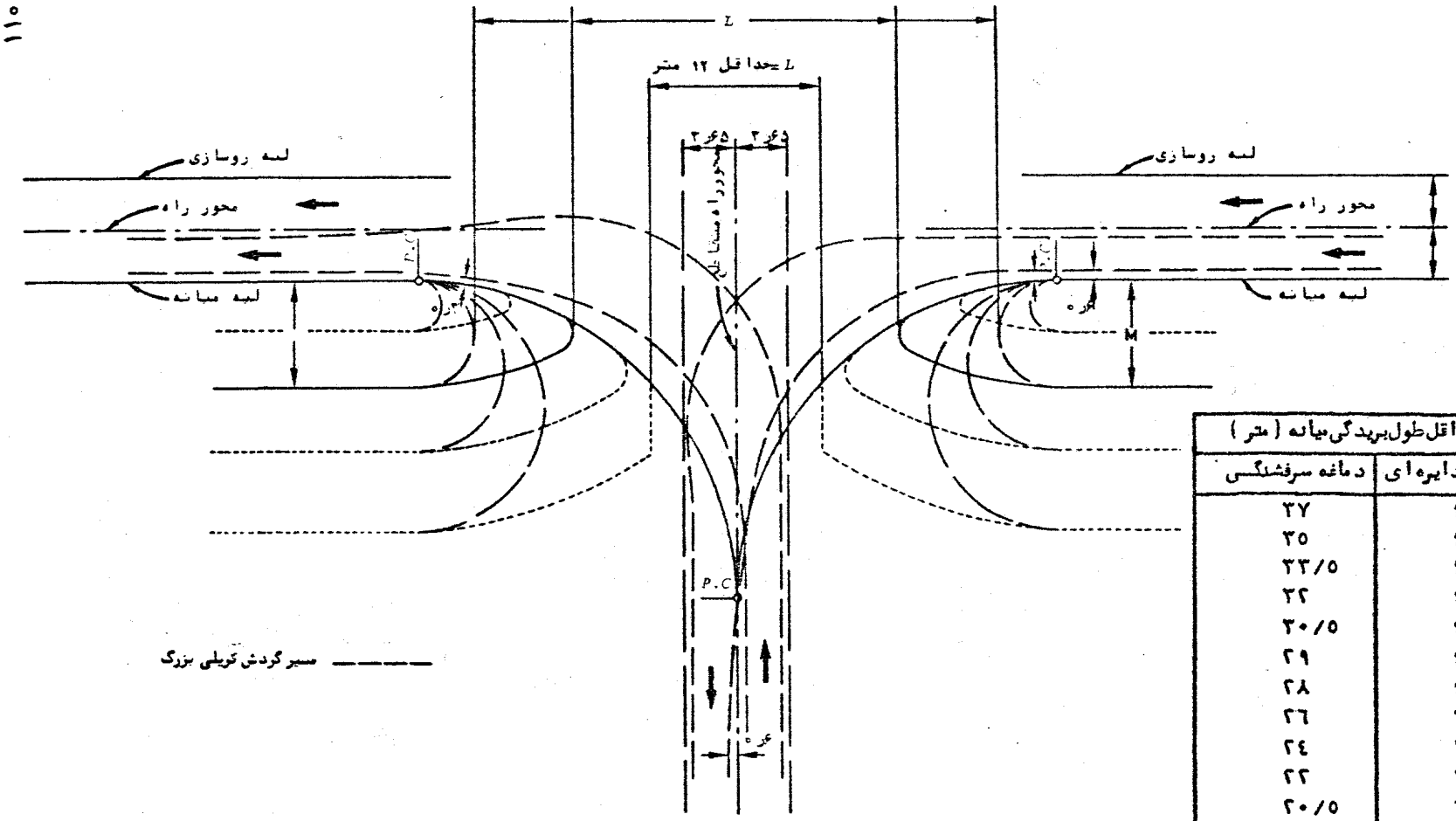
عرض میانه M	L = حداقل طول بریدگی میانه (متر)	
	دماغه نیمدایره ای	دماغه سرفشنگی
۱٫۲	۲۳٫۰	۲۳٫۰
۱٫۸	۲۲٫۵	۱۸٫۵
۲٫۴	۲۲٫۰	۱۶٫۰
۳٫۰	۲۱٫۵	۱۴٫۵
۳٫۶	۲۱٫۰	۱۳٫۰
۴٫۲	۲۰٫۰	حداقل ۱۲
۴٫۸	۱۹٫۵	" "
۶٫۰	۱۸٫۵	" "
۷٫۲	۱۷٫۰	" "
۸٫۴	۱۶٫۰	" "
۹٫۶	۱۴٫۵	" "
۱۰٫۸	۱۳٫۵	" "
۱۲٫۰	حداقل ۱۲	" "
۱۵٫۰	" "	" "
۱۸٫۰	" "	" "

شکل ۷. طرح حداقل بریدگی میانه ـ طرح برای سواری: شعاع کنترل ۱۲ متر



عرض میانه M	L =حداقل طول بریدگی میانه (متر)	
	دماغه نیمدایره ای	دماغه سرنشنگی
۱٫۲	۲۹٫۵	۲۹٫۵
۱٫۸	۲۸٫۵	۲۳٫۰
۲٫۴	۲۸٫۰	۲۰٫۵
۳٫۰	۲۷٫۵	۱۹٫۰
۳٫۶	۲۷٫۰	۱۷٫۵
۴٫۲	۲۶٫۰	۱۶٫۰
۴٫۸	۲۵٫۵	۱۵٫۰
۶٫۰	۲۴٫۵	۱۳٫۵
۷٫۲	۲۳٫۰	حداقل ۱۲
۸٫۴	۲۲٫۰	" "
۹٫۶	۲۱٫۰	" "
۱۰٫۸	۱۹٫۵	" "
۱۲٫۰	۱۸٫۵	" "
۱۵٫۰	۱۵٫۰	" "
۱۸٫۰	حداقل ۱۲	" "
۲۱٫۰	" "	

شکل ۸. طرح حداقل بریدگی میانه ــ طرح برای کامیون: شعاع کنترل ۱۵ متر



شکل ۹. طرح حداقل بریدگی میانه ــ طرح برای تریلی متوسط: شعاع کنترل ۲۲/۵ متر

عرض میانه M	L = حداقل طول بریدگی میانه (متر)	
	دماغه نیمدایره‌ای	دماغه سرفشنگی
۱/۲	٤٤٫٥	۳۷
۱/۸	٤٤	۳٥
۲/٤	٤۳٫٥	۳۳/٥
۳/۰	٤۳٫٥	۳۲
۳/٦	٤۲	۳۰/٥
٤/۲	٤۱٫٥	۲۹
٤/۸	٤۱٫۰	۲۸
٦/۰	۳۹٫٥	۲٦
۷/۲	۳۸٫٥	۲٤
۸/٤	۳۷	۲۲
۹/٦	۳٦	۲۰/٥
۱۰/۸	۳٤٫٥	۱۹
۱۲/۰	۳۰٫٥	۱۷/٥
۱۸/۰	۲۷	۱۲ حد اقل
۲٤/۰	۲۱	" " "
۳۰/۰	۱٥	" " "
۳۳/۰	۱۲ حداقل	" " "
۳٦/۰	" " "	" " "

ارجح است‌که طول بریدگی ،امکان گردش حداقل خودرو کنترل‌کننده طرح را فراهم آورد ؛ از به‌کار بردن میانه با بریدگی بیشتر از ۲۵ تا ۳۰ متر باید پرهیز شود .

طول لازم برای بریدگی میانه‌های واقع در تقاطعهای‌با زاویه ۹۰ درجه باید به‌ترتیب جدول ۶ باشد تا خودروهای طرح قادر به انجام تندترین گردشها باشند .

۵–۱–۴ . اثر اریب در بریدگی میانه

طول بریدگی برای تقاطعهای مورب بیشتر است . در شکل ۱۰ ، حداقل طول بریدگی برای تقاطعهای اریب و شکلهای مختلف‌انتهای میانه داده شده‌است . انتهای میانه دایره‌ای شکل (A در شکل ۱۰) به طول بریدگی میانه بسیار بزرگی نیاز دارد و در ضمن ، مقدار هدایت‌کنندگی آن برای خودروهایی که با زاویه کمتر از ۹۰ درجه گردش به چپ می‌کنند ، کم است .

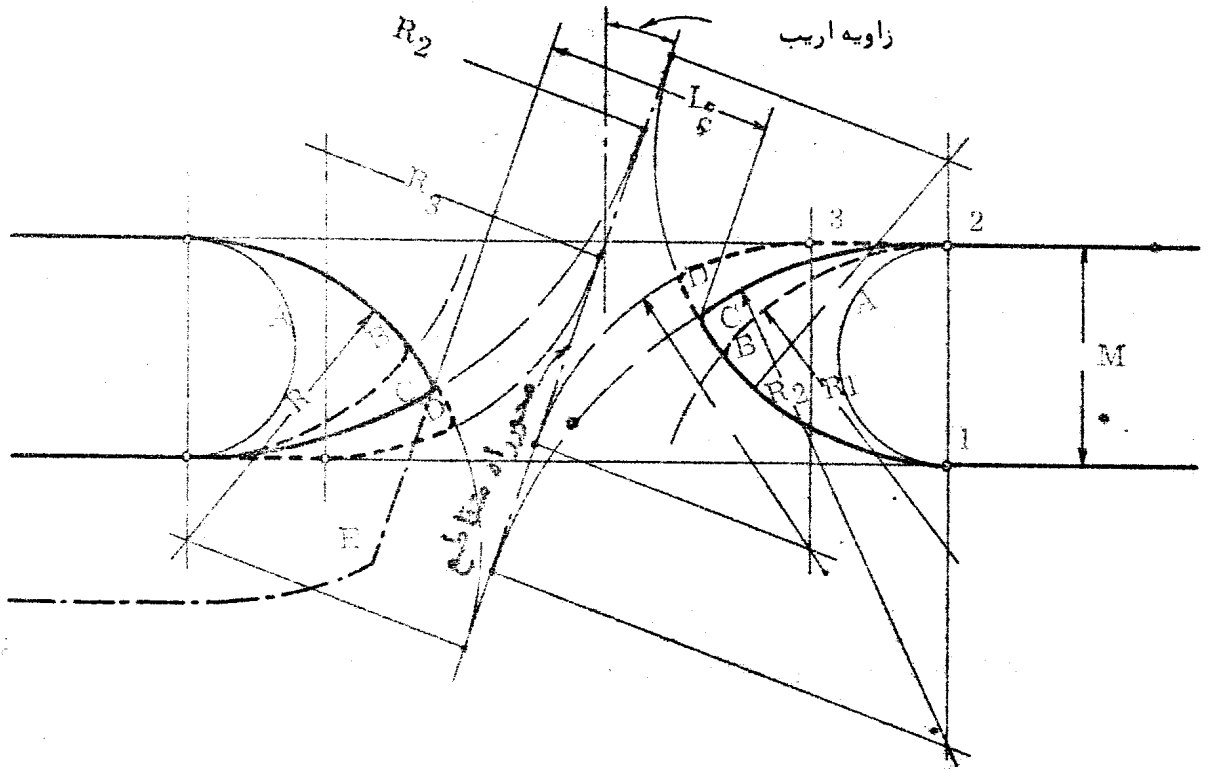
انتهای میانه سرفشنگی (B در شکل ۱۰) قرینه با قوسهای کناری به شعاع برابر با شعاع کنترل‌کننده R (مماس در نقاط ۱ و ۲) ، مانند طرحهای‌داده‌شده درشکلهای۷تا۹ ،نیز برای خودروهای چپگرد با زاویه کمتر از ۹۰ درجه ،درجه هدایت‌کنندگی کم دارد .انتهای میانه سرفشنگی غیرقرینه (C) با شعاعهای R و R_2 درجه هدایت‌کنندگی حداکثر داشته ، و نسبت به طرحهای A و B ،به روسازی کمتری نیاز دارند . شعاع R همان شعاع کنترل کننده گردش است و شعاع دوم R_2 که از شعاع R بزرگتر است با تماس در نقطه ۲ و همچنین تماس بر محور راه متقاطع ، تعیین می‌گردد .

انتهای سرفشنگی غیرقرینه D را نیز می‌توان با به‌کار بردن شعاع‌کنترل R برای هردو گردش با نقاط تماس (P.T) در روی لبه میانه در نقاط ۱ و ۳ که روبه‌روی هم نیستند ، طرح نمود .

در جدول ۷ ، مقادیر طرح برای حداقل بریدگی میانه با شعاع کنترل R=۱۵ متر برای زوایای مختلف اریب تقاطع داده شده‌است (شکل ۸) .

۵–۲ . *ضوابط طرح بیش از حداقل برای گردش به چپ*

چون گردش تریلیها در مسیرهای دارای شعاع انحنای ۱۵ تا ۲۲/۵ متر سبب‌تجاوز تریلی به خطوط عبوری مجاور می‌شود ، باید برای تریلی متوسط حداقل ۲۵/۵ متر شعاع انحنا و برای تریلی بزرگ حداقل ۲۸/۵ متر شعاع انحنا به‌کار برده شود . شکل ۱۱ ، یک ترتیب مطلوب شامل دو قوس را نشان می‌دهد که قوس بزرگتر در کنار میانه و قوس‌کوچکتر (مثلا "به‌شعاع ۱۵ متر) در راه متلاقی قرار دارد ؛ انتهای میانه با سر فشنگی شکل ، شعاع کمی دارد . در مواردی که شعاع بزرگتر برابر یا بیشتر از ۳۰ متر است ، چنین طرحی قادر است فضای لازم برای پناه دادن حداقل یک خودرو سواری را با فاصله کافی از آمد و شد اصلی و راه قطع‌کننده تأمین‌کند ؛ برای میانه‌های‌با عرض ۹ متر یا بیشتر ، فضای حفاظتی لازم برای خودروهای بزرگتر نیز تأمین می‌شود . یک روش مطلوب دیگر ، استفاده از



یادآوری: برای ابعاد حداقل طول دهانه میانه به جدول ۱ مراجعه شود .

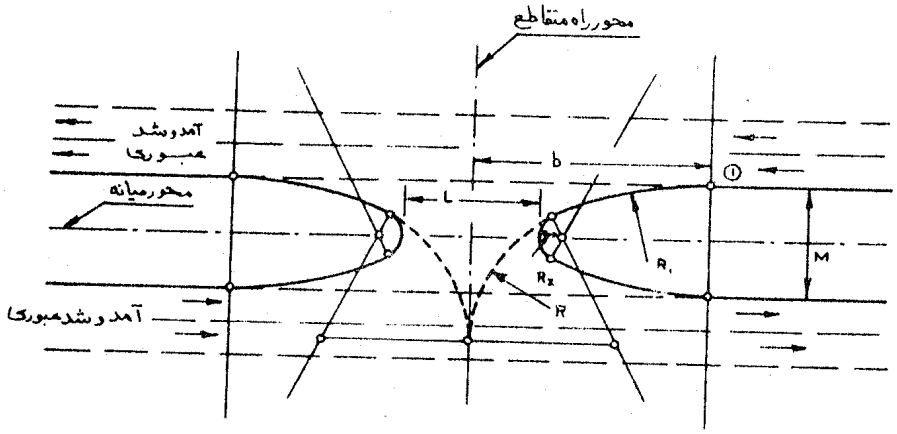
شکل ۱۰ . طرح حداقل دهانه میانه ــ اثر اریب

جدول ۶. حداقل طول بریدگی میانه

عرض میانه	حداقل طول بریدگی میانه برای شعاع کنترل: (متر)					
	R= ۱۲		R = ۱۵		R=۲۲/۵	
	**C	*B	C	B	C	B
۱/۲	۲۳	۲۳	۲۹/۵	۲۹/۵	۴۴/۵	۳۷
۱/۸	۲۲/۵	۱۸/۵	۲۸/۵	۲۳	۴۴	۳۵
۲/۴	۲۲	۱۶	۲۸	۲۰/۵	۴۳/۵	۳۳/۵
۳	۲۱	۱۴/۵	۲۷/۵	۱۹/۵	۴۲/۵	۳۲
۲/۶	۲۰/۵	۱۳	۲۷	۱۷/۵	۴۲	۳۰/۵
۴/۸	۱۹/۵	۱۲	۲۵/۵	۱۵	۴۱	۲۸
۶	۱۸	۱۲	۲۴/۵	۱۳/۵	۳۹/۵	۲۶
۷/۲	۱۷	۱۲	۲۳	۱۲	۳۸	۲۴
۸/۴	۱۶	۱۲	۲۲	۱۲	۳۷	۲۲/۵
۹/۶	۱۴/۵	۱۲	۲۰/۵	۱۲	۳۶	۲۰/۵
۱۰/۸	۱۳/۵	۱۲	۱۹/۵	۱۲	۳۵	۱۹
۱۲	۱۲	۱۲	۱۸	۱۲	۳۰/۵	۱۷/۵
۱۸	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۲۷	۱۲
۲۴	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۲۱	۱۲
۳۰	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۵	۱۲
۳۶	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲

* = میانه با انتهای سرفشنگی

** = میانه با انتهای نیمدایره



$R = ۱۵$ متر

$R_z = \frac{M}{5}$

عرض میانه (متر)	ابعاد (متر) در شرایط زیر:					
	R = ۲۷		R = ۴۵		R = ۷۰	
	L	b	L	b	L	b
۶	۱۷/۵	۲۰	۲۰	۲۴	۲۱/۵	۲۷/۵
۹	۱۴/۵	۲۰/۵	۱۷/۵	۲۶	۱۹	۳۱
۱۲	۱۲	۲۱/۵	۱۵	۲۷/۵	۱۷/۵	۳۳
۱۵	—	—	۱۳/۵	۲۹	۱۵/ ۵	۳۵
۱۸	—	—	—	—	۱۴	۳۷
۲۱	—	—	—	—	۱۲/۵	۳۹

شکل ۱۱. ضوابط طرح بیش از حداقل بریدگی میانه (نوع دماغه سرفشنگی)

جدول ۷. اثر اریب بر طرح حداقل بریدگی میانه ـ مقادیر تیپ برمبنای شعاع کنترل ۱۵ متر
(به شکل ۱۰ نگاه کنید)

زاویه اریب (درجه)	عرض میانه	طول بریدگی میانه در ماغه سرفشنگی			R شعاع برای طرح C (متر)
		نیمدایره (A)	قرینه (B)	غیرقرینه (C)	
	۳	۲۷	۱۹	—	—
	۶	۲۴	۱۳	—	—
	۹	۲۱	حداقل ۱۲	—	—
	۱۲	۱۸	" ۱۲	—	—
	۱۵	۱۵	" ۱۲	—	—
	۱۸	۱۲	" ۱۲	—	—
۱۰	۳	۳۲	۲۴	۲۳	۲۱
	۶	۲۹	۱۸	۱۶	۲۰/۵
	۹	۲۵	۱۴	حداقل ۱۲	۲۰
	۱۲	۲۲	حداقل ۱۲	" ۱۲	۱۹/۵
	۱۵	۱۸	" ۱۲	" ۱۲	۱۸/۵
	۱۸	۱۴	" ۱۲	" ۱۲	۱۸
۲۰	۳	۳۷	۳۰	۲۷	۲۹/۵
	۶	۳۳	۲۳	۲۰	۲۸
	۹	۲۹	۱۸	۱۵	۲۶
	۱۲	۲۵	۱۵	حداقل ۱۲	۲۵
	۱۵	۲۱	حداقل ۱۲	" ۱۲	۲۳
	۱۸	۱۶	" ۱۲	" ۱۲	۲۱/۵
۳۰	۳	۴۱	۳۵	۳۲	۴۳
	۶	۳۷	۲۸	۲۳	۳۰
	۹	۳۲	۲۳	۱۸	۳۷
	۱۲	۲۷	۱۹	۱۳	۳۴
	۱۵	۲۳	۱۶	حداقل ۱۲	۳۰
	۱۸	۱۸	۱۲	" ۱۲	۲۷
۴۰	۳	۴۵	۳۹	۳۶	۶۴
	۶	۴۰	۳۲	۲۷	۵۹
	۹	۳۵	۲۷	۲۱	۵۳
	۱۲	۳۰	۲۳	۱۶	۴۸
	۱۵	۲۵	۲۰	" ۱۲	۴۲
	۱۸	۲۰	۱۶	" ۱۲	۳۷

یک خط با عرض متغیر برای میانه و یک کمان با شعاع ۱/۵ متر یا بیشتر در محل راه قطع کننده‌است (شکل ۱۲) . فضایی که به‌ترتیب بالا به‌دست می‌آید ، برای حداقل یک خودرو طرح با فاصله‌ٔکافی از آمد و شد اصلی و قطع کننده کافی‌است . میانه‌های با حداقل عرضهای ۶،۵/۱۰، ۶/۶۰ و ۷/۲۰ متر ، به‌ترتیب برای خودروهای سواری ، کامیون و تریلی متوسط و تریلی بزرگ فضای حفاظتی لازم را تأمین می‌نماید . این طرح گردش به چپ همزمان را از هر دو جهت که خودروها از سمت راست یکدیگر حرکت می‌کنند ، ممکن می‌سازد .

۵–۳ . *طرح برای آمد و شد متلاقی*

در مواردی که استفاده از چراغهای راهنما موجه نیست ولی مقدار آمد و شد در راه جدا شده به‌اندازه‌ای است که عبور از عرض هر دو طرف راه را در یک مرحله غیرممکن می‌سازد و همچنین آمد و شد راه متلاقی نیز کم و بیش با اهمیت است ، عرض میانه راه جدا شده باید به‌اندازه‌ای باشد که‌حداقل یک خودرو بتواند در بریدگی میانه و با فاصله کافی از آمد و شد خطوط اصلی راه متوقف شود . عرض کنترل میانی با طول هریک از خودروهای طرح– یعنی ۱۵،۹۰۵/۷ و ۱۶/۵ متر– برابر است .

۵ – ۴ . *طرح برای دورزدن‌ها*

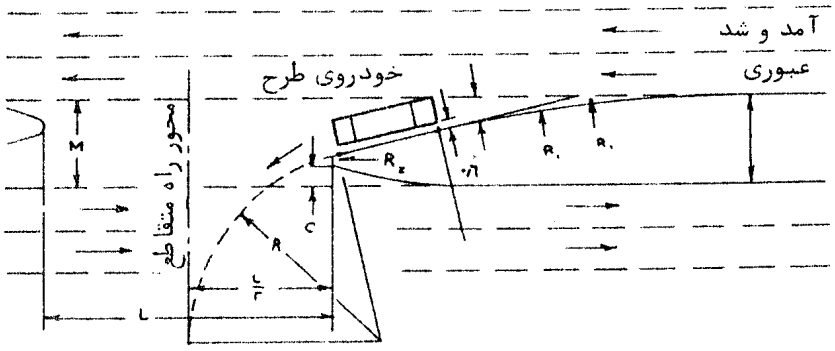
۵ – ۴ – ۱ . طرح حداقل

گاه در میانه ، بریدگیهای مجزایی برای دور زدن قبل و یا بعد از تقاطعها در نظر گرفته می‌شود تا عمل‌دور زدن در فاصله کافی از تقاطع انجام پذیرد . این بریدگیها برای حرکات اصلاح کننده و نیز برای خدمات‌محلی به‌کار می‌روند . حداقل فواصل مناسب بین بریدگیهای میانه برابر با ۸۰۰ تا ۴۰۰ متر است ، ولی تعداد آنها باید تابع نیازهای محلی باشد . در شکل ۱۳ ، حداقل عرض میانه برای راههای ۴ خطه ، به‌منظور دور زدن از بریدگی میانه ، نشان داده شده‌است ؛ جدول ۸ نیز نمونه‌هایی از عرض میانه را برای دور زدن خودروهای مختلف طرح نشان می‌دهد .

در محل بریدگی میانه‌های با عرض بیشتر از ۴/۵ متر ، نوع سر فشنگی برای انتهای میانه رجحان‌دارد . حداقل طول بریدگی میانه برای خودرو سواری برابر با ۶ متر و برای سایر خودروهای طرح (شامل تریلیها) برابر ۹ متر است . در مواردی‌که مقدار آمد و شد موجود ، اجرای طرح تسهیلات لازم را برای دورزدن در راههای دارای میانه باریک ایجاب نماید ، چنین گردشهایی با استفاده‌از اتصالات دسته کوزه‌ای که به حاشیه‌ها می‌رسند ، صورت می‌گیرد . استفاده از این نوع طرحها برای گردش به‌چپ می‌تواند خطرات ناشی از کاهش سرعت برای دور زدن در خطوط‌آمد و شد اصلی را به حداقل برساند .

۵–۴–۲ . طرح ویژه برای دور زدن

در جاده‌های دارای آمد و شد و سرعت زیاد که ایجاد فضا برای دور زدن ضروری است ، می‌توان از طرحهای داده شده در شکل ۱۴ استفاده کرد .



با فرض: $R = 15$ ، $R_2 = 0{,}6$

ابعاد برای:												
			تریلی، بزرگ			تریلی، متوسط			کامیون			سواری			متر)
α درجه	R_1 متر	L متر	α درجه	R_1 متر	L متر	α درجه	R_1 متر	L متر	α درجه	R_1 متر	L متر	α درجه	R_1 متر	L متر	
۵٫۲	۵٫۷	۶٫۳										۶٫۲	۹۵	۲۶٫۰	
۵٫۵	۶٫۱	۶٫۷										۹٫۶	۹۵	۲۴٫۵	
۶٫۱	۶٫۷	۷٫۳							۶٫۹	۹۵	۲۶٫۰	۱۷٫۰	۶۰	۲۰٫۵	
۶٫۷	۷٫۳۰	۷٫۹	۹٫۷	۹۵	۲۶٫۰	۶٫۴	۹۵	۲۶٫۰	۱۱٫۰	۹۵	۲۲٫۰				
۷٫۳۰	۷٫۹	۸٫۵	۷٫۹	۹۵	۲۵٫۰	۸٫۸	۹۵	۲۵٫۰	۱۵٫۵	۹۵	۲۱٫۵				
۷٫۹	۸٫۵	۹٫۱	۱۰٫۰	۹۵	۲۴٫۵	۱۱٫۲	۹۵	۲۴٫۰	۲۰٫۲	۵۰	۱۹٫۰				
۸٫۵	۹٫۱	۹٫۷	۱۲٫۴	۹۵	۲۳٫۰	۱۳٫۷	۹۵	۲۲٫۵							
۹٫۱	۹٫۷	۱۰٫۳	۱۴٫۶	۹۵	۲۲٫۰	۱۶٫۳	۷۵	۲۱٫۵							
۹٫۷	۱۰٫۳	۱۱٫۰	۱۷٫۰	۷۰	۲۰٫۵										

شکل ۱۲. ضوابط طرح بیش از حداقل برای بریدگی میانه (تیپ میانه محافظ گردش به چپ)

جدول ۰۸

عرض میانه (متر)	حرکات ممکن	نوع خودروهایی که در بریدگی میانی پناه داده می‌شوند
۱۸	دور زدن از خط داخلی به خط داخلی تقریبا" برای تمامی خودروها امکان دارد	تمام خودروها
۱۲	دور زدن از خط داخلی به خط داخلی برای خودروهای سواری امکان دارد ، برخی کامیونها از خط خارجی به خط خارجی دور می‌زنند و کامیونهای بزرگ حین دور زدن به شانه راه تجاوز می‌کنند .	سواری و کامیون
۱۰	دور زدن از خط داخلی به خط داخلی برای خودرو سواری ممکن است ، برخی کامیونها می‌توانند با تجاوز به شانه دور بزنند .	سواری و کامیون
۶	دور زدن از خط داخلی به خط خارجی امکان دارد . دور زدن کامیونهای بزرگ بدون عقب زدن امکان ندارد .	فقط سواری

۶. خطوط میانی

در تقاطعهای همسطح یک‌خط میانی به‌عنوان خط کاهش سرعت و ذخیره آمد و شد برای ترک راه جدا شده و گردش به‌چپ، یا به‌عنوان خط افزایش سرعت برای خودروهای چپگرد که به راه جدا شده وارد می‌شوند، در نظر گرفته می‌شود (شکل ۱۵). در نظر گرفتن دو خط میانی برای گردشهای خروجی از متداولترین روشهای طرح است (شکل ۱۵ـ الف). گاه نیز ممکن است یک تقاطع دارای چهار خط میانی باشد، دو خط برای کاهش سرعت و دو خط برای افزایش سرعت. در سه‌راهیها، طرح شامل یک خط افزایش سرعت و یک خط کاهش سرعت است. با توجه به آمد و شد کلی و بسته به شرایط آمد و شد در تقاطع، ممکن است این خطوط به‌وسیله چراغ راهنما یا علامت ایست کنترل شوند و یا اینکه به هیچ یک نیازی نداشته باشند.

۶ـ۱. خط میانی با عرض متغیر (لچکی)

هنگامی که مقدار آمد و شد زیاد و سرعتها بالاست، طول خط میانی با عرض متغیر، ۵۰ تا ۱۰۰ متر می‌باشد. در بخش اول این دستورالعمل، طول خط میانی با عرض متغیر برحسب سرعت آورده شده. در شرایطی که هم سرعت و هم آمد و شد کم است، طول خطوط تغییر سرعت با عرض متغیر بین ۲۵ تا ۴۰ متر کفایت می‌کند. در شکل ۱۶، طرح حداقل خط میانی با عرض متغیر داده شده‌است.

۶ـ۲. عرض و طول خط اضافه شده میانی

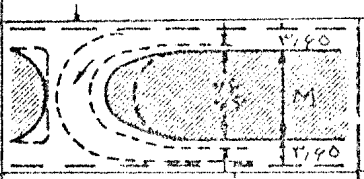
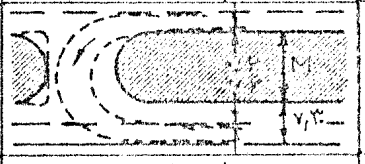
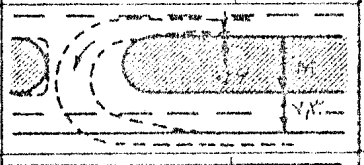
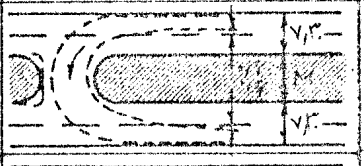
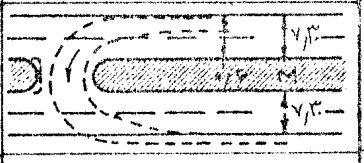
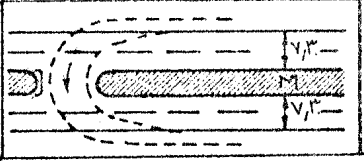
عرض خط عبور اضافه شده‌میانی بدون جزایر جداکننده (شکلهای ۱۷ و ۱۸) باید حداقل ۳ متر و ترجیحاً ۳/۶۵ متر باشد. خطوط عبور اضافی را نباید به‌وسیله جدول از خطوط اصلی آمد و شد جدا کرد. در تقاطعهای هدایت شده تحت کنترل چراغ راهنما، ممکن است دو خط عبور اضافی میانی در کنار یکدیگر وجود داشته باشند که در این صورت، عرض آنها در مجموع ۷/۵ تا ۸ متر خواهد بود.

بدون در نظر گرفتن قسمت لچکی، طول خط عبور اضافی میانی در حالت خروجی قابل توجه، باید معادل طول خطوط کاهش‌سرعت داده‌شده در جدول ۸ بخش اول این ***معیارهای طرح*** (حالت توقف) باشد. بیشتر خطوط اضافی باید به‌اندازه کافی طویل باشند تا بیشترین تعداد خودروهای مترصد انجام حرکت گردش به‌چپ را در خود جا دهند. در این شرایط، طولهای ذخیره به شرح جدول ۹ است.

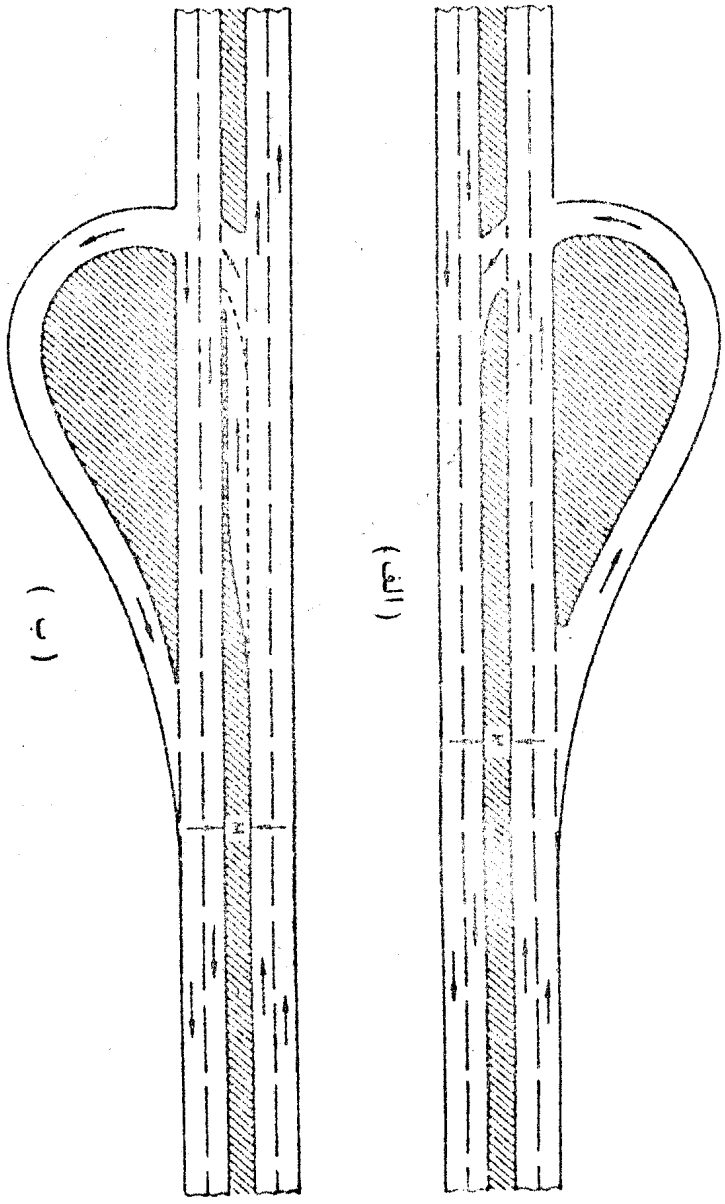
جدول ۹. طول خطوط اضافی مخصوص گردش به چپ برای ذخیره خودروهای مترصد انجام حرکت گردش به چپ

تعداد خودرو چپگرد در ساعت	۳۰	۶۰	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰
طول تقریبی ذخیره لازم (متر)	۷/۵	۱۵	۳۰	۵۲/۵	۷۵

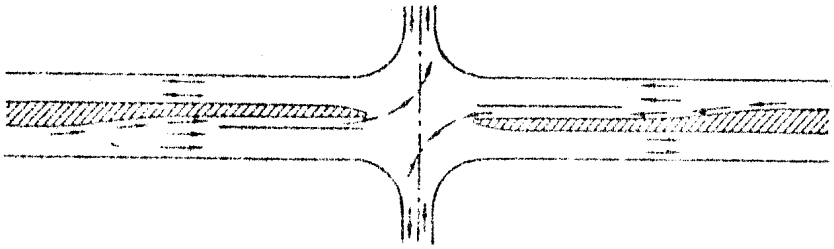
در حالت سرعتهای کم و تقاطعهای مکرر، طول کل خطوط اضافی را می‌توان با جمع کردن حداقل طول لچکی (۲۵ تا ۴۰ متر) و طولهای ذخیره بالا به‌دست آورد.

طریقه دور زدن		m = حداقل عرض میانه (متر) برای خودرو طرح:			
		سواری	تریلی متوسط	کامیون	تریلی بزرگ
		طول خودرو طرح			
		۵/۸	۱۵/۲	۹/۱	۱۶/۸
از خط داخلی به خط داخلی		۹/۷	۱۸/۳	۱۹/۵	۲۱/۳
از خط داخلی به خط خارجی		۶/۱	۱۴/۶	۱۵/۸	۱۷/۸
از خط داخلی به شانه		۳/۰	۱۱/۶	۱۲/۸	۱۴/۶
از خط خارجی به خط خارجی		۲/۴	۱۱/۰	۱۲/۲	۱۴/۰
از خط خارجی به شانه		۰	۷/۹	۹/۱	۱۱/۰
از شانه به شانه		۰	۶/۱	۶/۱	۷/۹

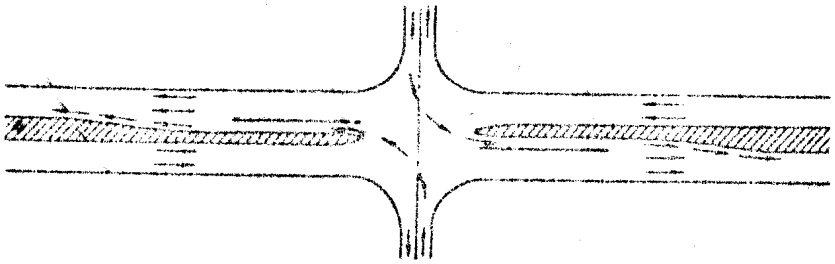
شکل ۱۳. طرح حداقل برای دور زدن



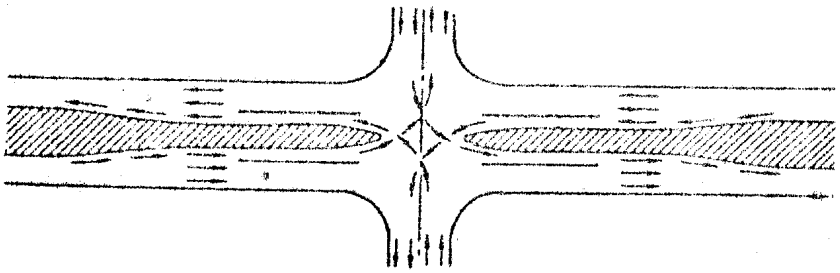
شکل ۱۴ . طرح دور زدن ویژه با میانه‌های باریک



(الف) خطوط مجاور میانه برای گردشهای خروجی

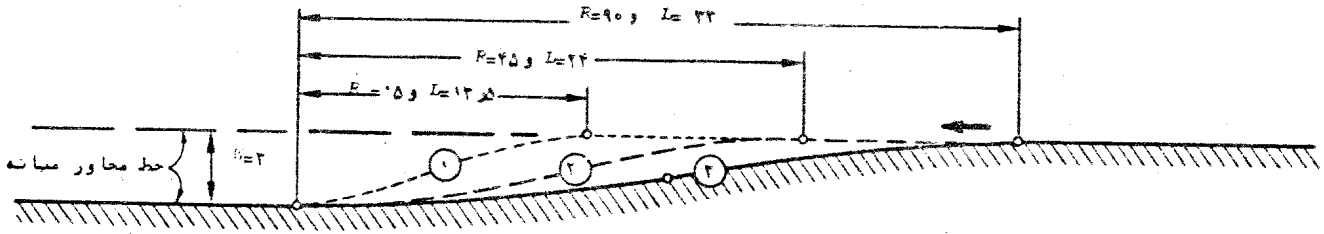


(ب) خطوط مجاور میانه برای گردشهای ورودی



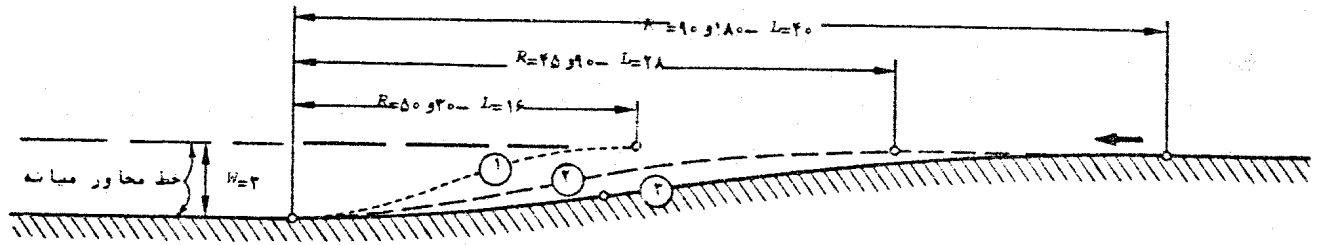
(ج) خطوط مجاور میانه برای گردشهای ورودی و خروجی

شکل ۱۵ . ترتیب قرار گرفتن خطوط مجاور میانه



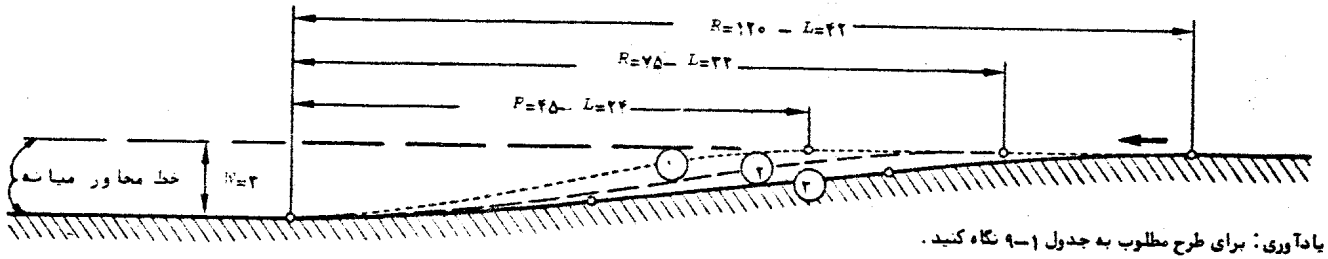
قوس معکوس متقارن

(الف)



قوس معکوس نامتقارن

(ب)

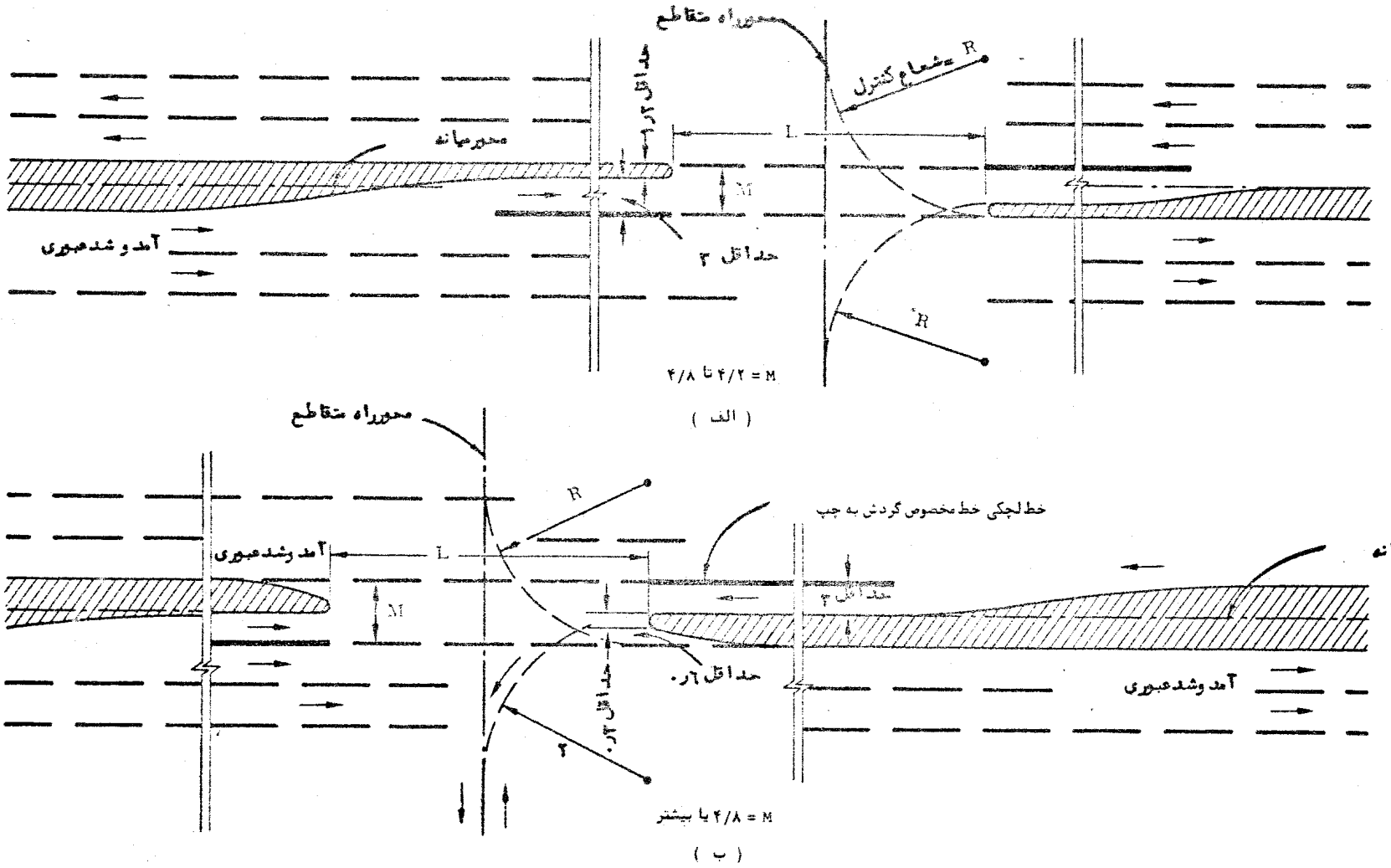


یادآوری: برای طرح مطلوب به جدول ۱ـ۹ نگاه کنید.

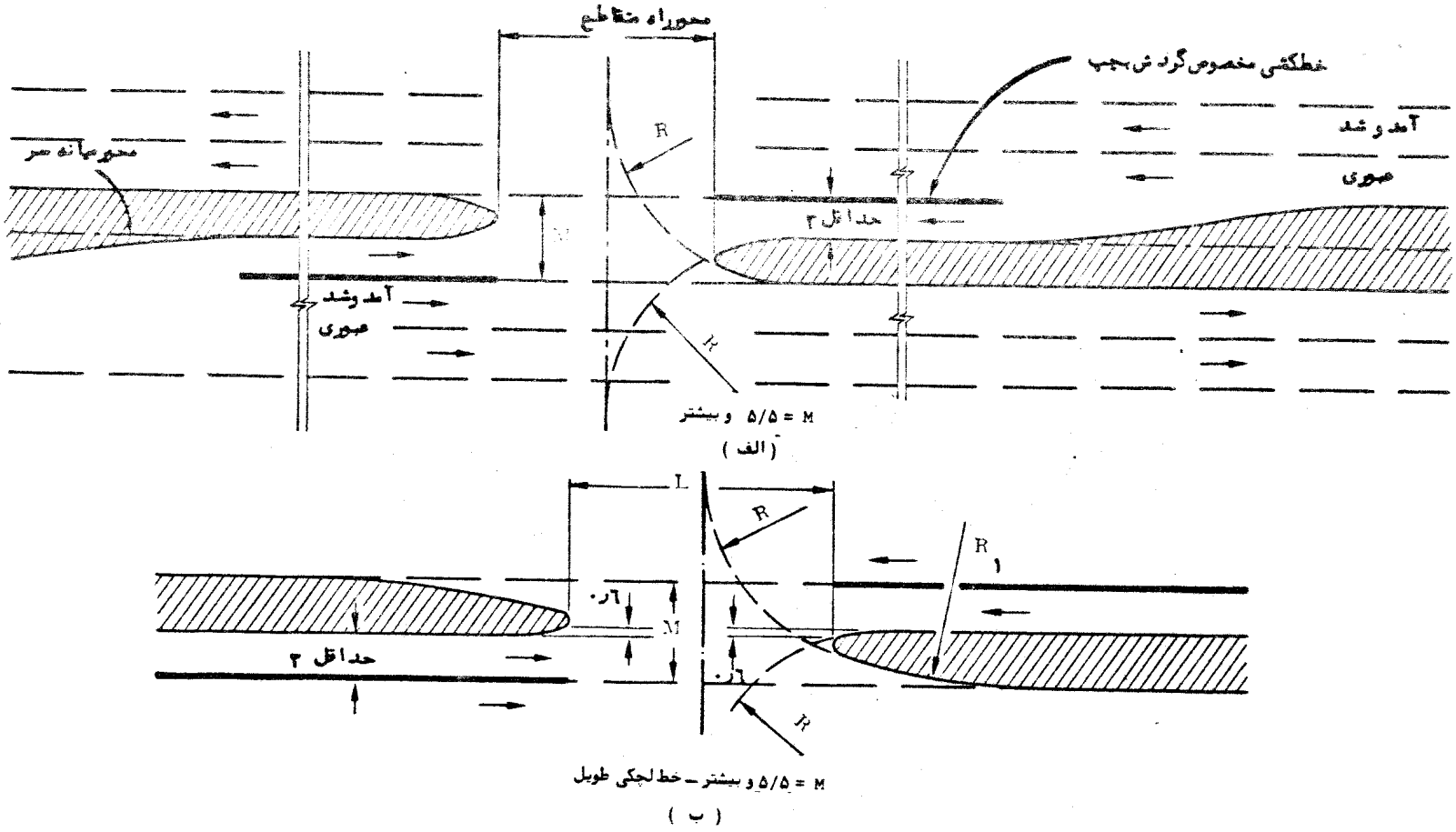
لچکی نیمه مستقیم

(ج)

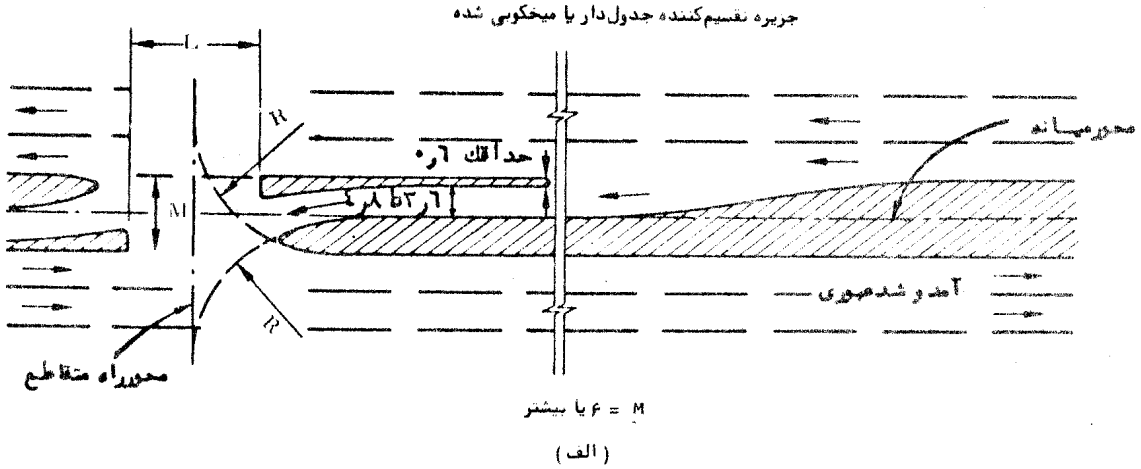
شکل ۱۶ . طرح حداقل خط لچکی مجاور میانه



شکل ۱۷ . طرح حداقل خط مجاور میانه



شکل ۱۸. طرح خط مجاور میانه ـ دماغهٔ سرفشنگی



شکل ۱۹ . طرح خط مجاور میانه ، با جزایر تقسیم‌کننده

۶ـ۳. انتهای میانه‌های باریک شده

طرحهای انتهای میانه‌های باریک شده مجاور خطوط عبور اضافی در شکلهای ۱۷ تا ۱۹ آورده شده‌است. در انتهای باریک شده میانه‌ها همیشه از جدول استفاده می‌شود. در این قسمت انتهایی، میانه ۱/۲۰ تا ۱/۸۰ متر عرض دارد؛ این در صورتی است که عرض خود میانه باریک شده ۴/۸ تا ۶ متر باشد. در صورتی که عرض میانه ۵/۴۰ متر یا بیشتر باشد، برای قسمت انتهایی آن نیز، برای بهبود شرایط ایمنی، عرض بیشتری باید در نظر گرفته شود. در شرایط خاصی که عرض میانی فقط ۳ تا ۳/۶ متر است، خط عبور اضافی از طریق طرح انتهایی میانه به‌صورت میخکوبی، نوار رنگ و یا جدول به عرض ۰/۶ متر حاصل می‌شود. در هر صورت، در شرایط تقاطع در راههای برونشهری سریع، عرض میانه نباید از ۴/۸۰ متر کمتر باشد.

۶ـ۴. جزایر تقسیم راه و جداکننده

مجزا نمودن خط عبور اضافی سمت چپ از لبه طرف چپ مجاور خط آمد و شد اصلی، به وسیله خطکشی یا روکشهای به رنگهای مختلف، یا هر دو، صورت می گیرد. روش بهتر مجزا نمودن، استفاده از میخکوبی یا علایم زمینی دیگر است که با رنگ روکش اسفالت در تضاد باشند. این علایم می‌توانند دارای برجستگی نیز باشند. استفاده از جداول و جزایر برجسته فقط برای تقاطعهایی توصیه می‌شود که در آنها سرعت کم است و یا ایجاد پناهگاه برای عابران پیاده ضروری است. بهتر است عرض این نوع جزایر از ۰/۶ متر بیشتر باشد. انواع جزایر تقسیم راه و جداکننده در شکلهای ۱۷ تا ۱۹ نشان داده شده‌است.

۶ـ۵. طول دهانه میانه

طول دهانه میانه در جوار یک خط عبور اضافی میانی، به‌صورت دیگر انواع میانه طرح می‌شود (شکلهای ۷ تا ۹). در این طرح، عرض میانه باریک شده به‌صورت یک عامل کنترل است. جزایر جداکننده نیز خود عامل کنترل کننده هستند.

۷. انواع و نمونه‌های تقاطعهای همسطح

انواع کلی تقاطعهای همسطح عبارتند از سه راه (T یا Y شکل)، چهار راه، چندراه و فلکه (میدان). نوع تقاطع در یک محل خاص عملا "تابع تعداد شاخه‌های تقاطع، عوارض طبیعی زمین و چگونگی آمد و شد مورد نظر می‌باشد. عامل تعیین‌کننده در تقاطعهای فلکه‌ای، جلوگیری از توقف آمد و شد و در نتیجه، تأمین آمد و شد پیوسته و مداوم پیرامون فلکه است. تقاطعهای فلکه‌ای به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

هر یک از انواع تقاطعهایی که در بالا ذکر شد، ممکن است از نظر شکل، نحوه هدایت آمد و شد و هدف از به‌کارگیری، با تقاطع مشابه خود تفاوت زیادی داشته باشد. پس از مشخص شدن نوع

کلی تقاطع ،طرح مطلوب با به‌کار بردن مستقیم اصول و معیارهای کنترل طرح داده‌شده در مباحث قبل به‌دست می‌آید. هر نوع تقاطع به‌طور مجزا مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد و تغییرات احتمالی آن شرح داده می‌شود. نشان دادن کلیه انواع ممکن تقاطعها و تغییرات آنها عملی نیست ،ولی آنچه به‌طور کلی در اینجا شرح داده شده‌است ، تقریبا "انواع کلی تقاطعها را شامل می‌شود. با وجودی که اکثر مثالهای داده‌شده در مورد تقاطعهای درونشهری است ولی اصول و معیارهای کلی آن در مورد تقاطعهای برونشهری نیز صادق است. تغییرات جزئی در اثر نظام کنترل آمد و شد در طرح تقاطع به‌وجود می‌آید. انواع کنترل آمد و شد را می‌توان به‌گروههای زیر تقسیم نمود:

- آمد و شد بدون توقف
- آمد و شد با ایست در راه فرعی
- ایست در چهار طرف تقاطعها
- چراغ راهنما با دوره ثابت و با دوره متغیر

در این مبحث ، ابتدا تقاطعهای ساده و سپس تقاطعهای پیچیده‌تر بررسی می‌شود. مقدار آمد و شد ، سرعت و مشخصات راه و یا راهها عوامل اصلی در تعیین نوع تقاطعها هستند. همچنین ، در این مبحث ، از شرایطی که در آن هر نوع تقاطع ممکن است مناسب باشد ، سخن گفته شده‌است.

۷ـ۱. *تقاطعهای سه‌شاخه (سه راهی): T و Y شکل*

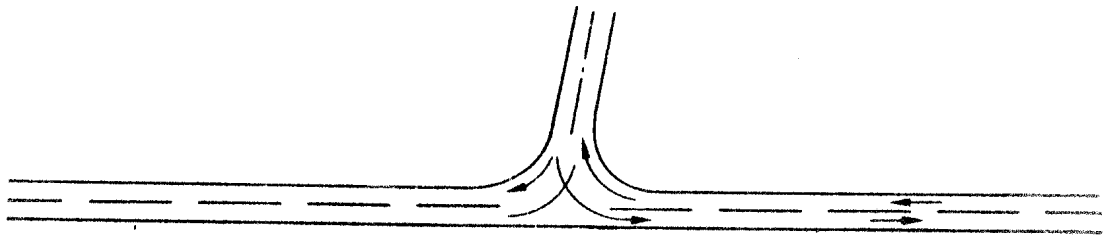
شکل کلی انواع سه‌راهیهای T و Y شکل در شکلهای ۲۰ تا ۲۴ نشان داده شده‌است. اکثر سه‌راهیهای نشان داده شده دارای کمی اریب هستند ، اما اصول و طرح کلی داده شده برای سه راهیهای T و Y شکل مصداق دارد.

۷ـ۱ـ۱. تقاطعهای ساده: معمولی[1] و لاله‌ای[2]

متداولترین نوع سه‌راهیهای T و Y شکل ،در شکل ۲۰ـالف نشان داده شده‌است. عرض متداول روسازی هر دو راه (بجز در قوس) بدون تغییر باقی می‌ماند. اگر زاویه اریب زیاد نباشد ، این نوع تقاطع هدایت نشده (بدون خطوط گردش مجزا) برای تقاطع راههای فرعی ، راههای محلی و حتی تقاطعهای اصلی با یک راه فرعی مناسب است. در مناطق برونشهری ، این نوع تقاطع معمولا "در راههای دوخطه با آمد و شد کم به‌کار برده می‌شود. در مناطق درونشهری و نزدیک مناطق تجمع ، این نوع تقاطع ممکن است برای آمد و شد بیشتر و راههای چندخطه نیز مناسب باشد. در شرایط سرعت زیاد و تعداد قابل توجه حرکات گردشی که سبب کاهش ایمنی می‌شود ، ممکن است یک سطح اضافی روسازی شده (لاله‌ای) برای حرکت و گردش خودروها در نظر گرفته شود (شکلهای ۲۰ـب ، ۲۰ـج و ۲۰ـد). لاله‌ای کردن تقاطع باعث کاهش خطر خودروهای گردنده و افزایش گنجایش می‌شود. تقاطعهای موجود را می‌توان به راحتی لاله‌ای (تعریض) نمود (شکلهای ۲۰ـب و ۲۰ـج).

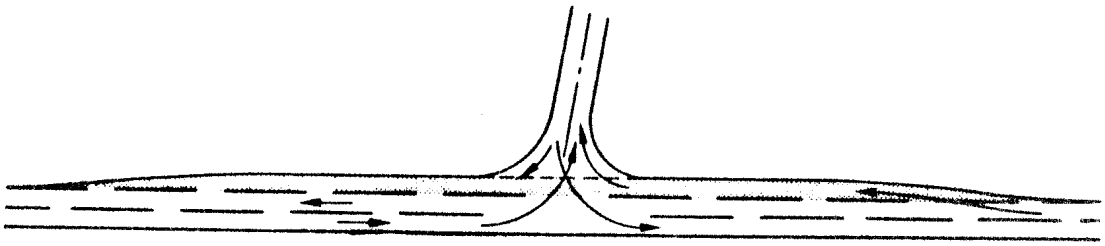
---

1. Plain
2. flared



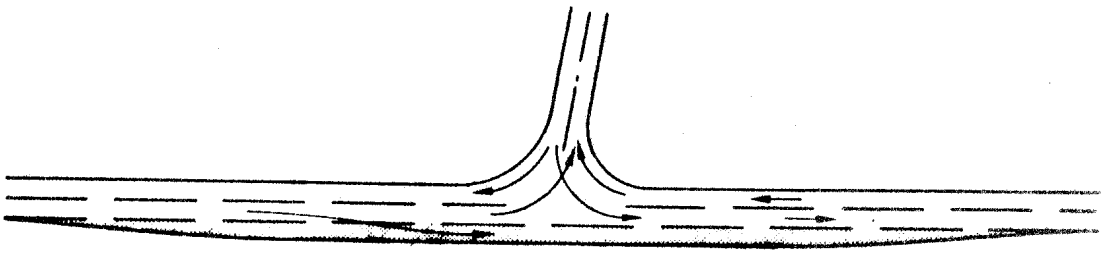
ساده

(الف)



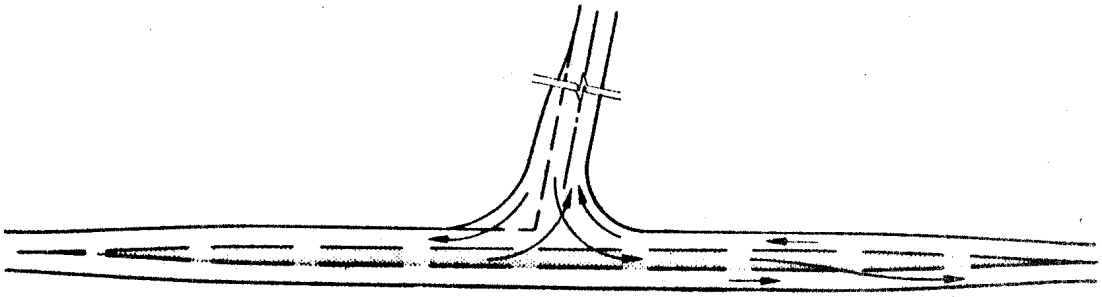
خط عبور اضافه شده در مجاور راه متقاطع

(ب)



خط عبور اضافه شده در طرف مقابل راه متقاطع

(ج)



خط عبور اضافه شده در وسط

(د)

شکل ۲۰ . تقاطع T یا Y شکل ، بدون راه گردش مجزا (ساده و لاله‌ای)

شکل ۲۰ـ ب یک خط عبور اضافه شده را با رنگ و احتمالا "جنس متمایز نشان می‌دهد که در راه عبوری (در طرف راه متقاطع) ایجاد شده‌است. این خط اضافه شده به‌عنوان خط تغییر سرعت برای گردشها و خروج از راه عبوری به‌کار می‌رود. کاربرد این طرح برای شرایطی است که مقدار گردش به راست (از راه عبوری به راه فرعی) زیاد، و مقدار گردش به چپ کم باشد.

در شکل ۲۰ـ ج، یک خط در راه عبوری، در طرف مقابل راه متقاطع، اضافه شده‌است. این طرح در محلهایی به‌کار برده می‌شود که مقدار گردش به چپ (از راه عبوری به راه فرعی) زیاد، و مقدار گردش به راست (از سمت راست شکل به‌طرف بالا) کم است.

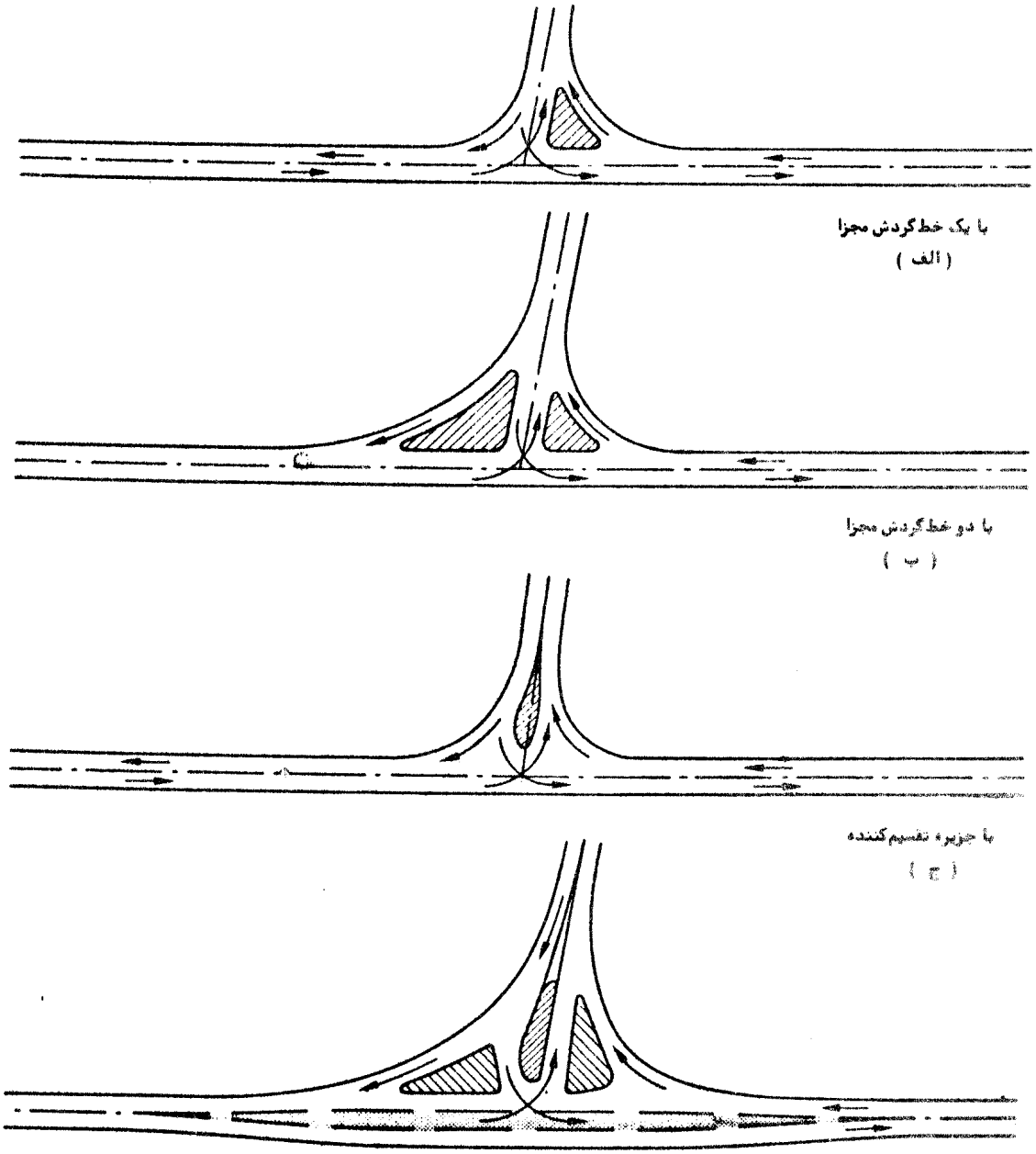
شکل ۲۰ـ د طرحی را نشان می‌دهد که در آن، یک خط در محور راه عبوری قرار داده شده است. کاربرد این طرح مشابه شکل ۲۰ـ ج است، با این تفاوت که در این طرح، خط اضافه شده برای منظوری که طرح شده‌است، بیشتر از طرح شکل ۲۰ـ ج مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

راننده‌ای که می‌خواهد از راه عبوری به راه متقاطع گردش به‌چپ نماید، طبیعتا" به سمت مرکز متمایل می‌شود و در نتیجه، رانندگان آمد و شد عبوری تمایل‌پیدا می‌کنند که از سمت راست خودروی که سرعتش کاهش‌یافته و یا متوقف‌شده‌است، سبقت بگیرند. این‌چنین شرایط برای خودروهایی که از راه فرعی به راه عبوری گردش به چپ می‌کنند نیز وجود دارد.

طرح دیگر برای تعریض (لاله‌ای کردن) تقاطع، اضافه کردن یک خط اضافی در هر سمت‌راه عبوری است (در شکل نشان داده‌نشده‌است) که در این حالت، راه عبوری در محل تقاطع به یک راه چهارخطه تبدیل می‌شود. این طرح ممکن است برای محلهایی به‌کار برده شود که مقدار آمد و شد از گنجایش راه دوخطه در تقاطع بیشتر است و یا در محلهایی که نصب چراغ راهنما ضروری است (معمولا" در محدوده‌های برونشهری). (باید یادآوری شودکه گنجایش یک‌راه در تقاطع کاهش می‌یابد.) برای چنین شرایطی، درمنطقه‌برونشهری بهتراست راه دوخطه در محل‌تقاطع به راه دوگانه تبدیل شود (شکل ۲۳ـ الف). برای افزایش‌گنجایش تقاطع و گردش بهتر خودروها، علاوه بر لاله‌ای کردن راه عبوری، می‌توان راه‌متقاطع را در یک یا دوطرف تعریض کرد (مانند تعریض سمت چپ در شکل ۲۰ـ د).

۷ـ۱ـ۲. تقاطع هدایت‌کننده، با خطوط‌گردش مجزا و جزایر جداکننده

در تقاطعهای مهم یا تقاطعهای فرعی با زاویه حاده، در راه متقاطع غالبا "جزیره به‌کار برده می‌شود. در شرایطی که طرح بیش از حداقل مسیر گردش قابل توجیه است، برای کاهش سطح روسازی در تقاطع، خطوط‌گردش به‌راست مجزا تعبیه‌می‌شود. ممکن است در یک ربع تقاطع برای تأمین زیاد گردش به‌راست یک راه گردش منفرد به‌کار برده شود (شکل ۲۱ـ الف)، ویا حتی در تقاطعی که مقدار گردش کم است‌اما زاویه تقاطع (زاویه گردش) بسیار تیز است، ممکن است یک راه گردش مجزا ضروری باشد.



شکل ۲۱ . تقاطع T یا Y شکل ، هدایت کننده

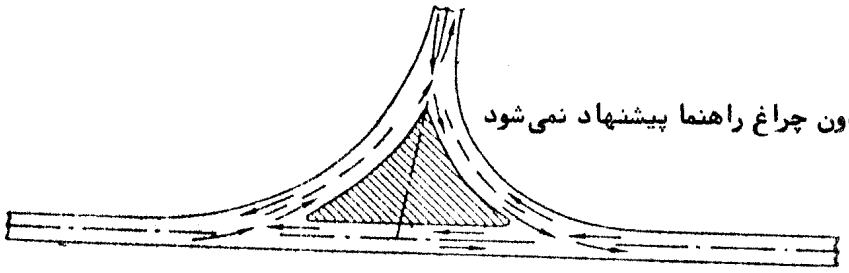
شکل ۲۱ــ ب ، تقاطعی را با دو راه مجزا برای گردش به راست نشان می‌دهد . این طرح برای شرایطی به‌کار برده می‌شود که برای این گردشها باید سرعت یا مسیر گردش بالاتر از طرح حداقل تأمین گردد . این طرح در عملکرد و بهبود گردش به چپ تأثیری ندارد . در راههای دوخطهٔ دو طرفه در شرایطی که خط مخصوص گردش به راست قابل توجیه است ، معمولا "عریض کردن راه عبوری (در امتداد خطوط نشان داده شده در شکلهای ۲۰ــ ج و ۲۰ــ د) نیز عملی است . برای آمد و شد ورودی به راه عبوری ،راه گردش به‌راست باید تا حد امکان باریک در نظر گرفته‌شود تا از ورود نامناسب و انحراف به چپ خودروهای ورودی به راه عبوری جلوگیری گردد .

شکل ۲۱ــ ج یک‌تقاطع هدایت‌کننده را نشان می‌دهدکه با قرار دادن یک جزیره جداکننده در راه متقاطع تشکیل شده‌است . برای انطباق با مسیر گردش خودروهای چپگرد ، انتهای جزیره تقسیم‌کننده در شکل ۲/۴ تا ۳/۶ متری لبه روسازی خط راه عبوری قرار داده می‌شود . برای مقدار متوسط و زیاد آمد وشد (نسبت به‌گنجایش راه) ، بهتر است راه عبوری تعریض (لاله‌ای) شود (شکلهای ۲۰ــ ج و ۲۰ــ د) .

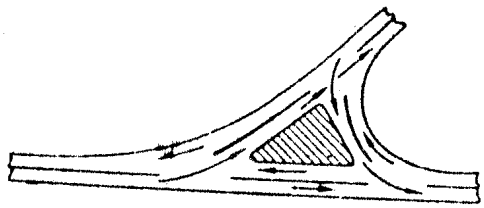
در شکل ۲۱ــ د ، طرح یک تقاطع با یک جزیره جداکننده و راههای مجزای گردش به‌راست نشان داده می‌شود . این طرح برای راههای مهم با مقدار آمد و شد متوسط تا زیاد (مثلا " حدود ۵۰۰ وسیله نقلیه در ساعت پر آمد و شد) و تعداد زیاد گردش، به‌کار برده می‌شود . در این طرح ، تمام گردشهای تقاطع در خطوط مجزا انجام می‌گیرد . جزایر جدا کننده در شکلهای ۲۱ــ ج و ۲۱ــ د ، در محلهای متفاوتی نسبت‌به محور راه قرار دارند که در هر کدام از آنها می‌توان طرح دیگر را نیز از نظر محل جزیره به‌کار برد .

۷ــ۱ــ۳ . تقاطع هدایت کننده ، با راههای گردش دو سویه

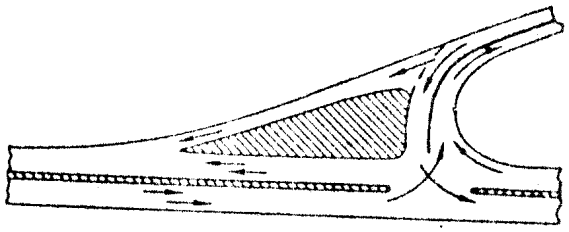
شکل ۲۲ــ الف یک تقاطع T یا Y شکلی را نشان می‌دهد که در آن ، به‌کمک یک جزیره بزرگ مثلثی‌شکل ، راههای گردش دو طرفه ایجاد شده است . این طرح به هر دو خودرو چپگرد و راستگرد اجازه می‌دهد که با سرعتی بالاتر از سرعت حداقل حرکت کنند . در این طرح ، حرکتها نسبت به طرحهای قبلی جهتدارترند و طول مسیر کوتاهتر است . جنبه‌های نامطلوب این طرح آن است که خودروهای چپگرد ،به‌هنگام عبور از مسیر طبیعی‌خود ،خط مورد استفاده آمد و شد مقابل را به‌نحوی قطع می‌کنند که عملا "در هر دو محل ورود و خروج ، رودرروی خودروهای مقابل قرار می‌گیرند (نقاط a، b و c) .این عبور در محل تقاطع در چنین زاویه‌بازی در هر سرعتی به‌جز در سرعت کم خطر دارد . طرح شکل ۲۲ــ الف (در تقاطعهای بدون چراغ‌راهنما) ممکن است قابل انطباق با محلهایی باشد که آمد و شد کم و زمین مسطح است . نصب تابلوی ایست درنقطه d مطلوب است . این طرح کلی در مورد تقاطعهای با چراغ راهنما دارای مزایای زیادی است که در رابطه با شکل ۲۲ــ د شرح داده می‌شود .



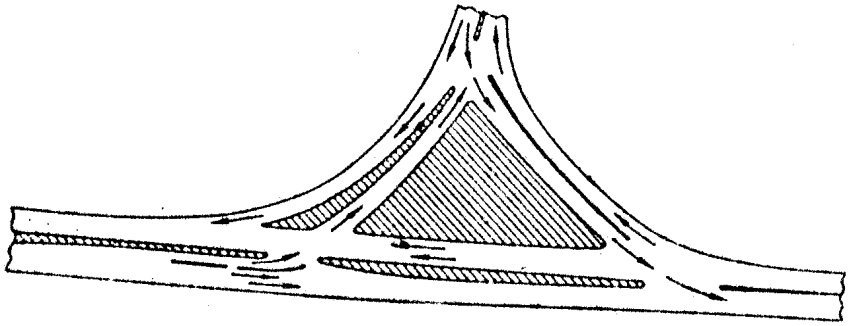
(الف)



(ب)



(ج)



(د)

شکل ۲۲ . تقاطعهای T یا Y شکل ، هدایت‌کننده

جنبه‌های غیرایمن این طرح با تغییر امتداد راه گردش کاهش می‌یابد (شکل ۲۲ـ ب) . در این طرح ،شعاع گردش در دهانه‌ها کاهش داده‌شده (حدود ۶۰ یا ۷۵متر) ، خط‌لچکی به‌کار برده‌نشده و راه گردش(f ـ e در شکل) تابع قسمتهای دیگر است . جزیره مثلثی باید تا حد امکان بزرگ در نظر گرفته شود (ضلع جانبی معمولا "حداقل بیش از ۳۰ متر و ترجیحا "بیش از ۶۰ متر) . تعبیه تابلوی توقف در محل e ضروری است .

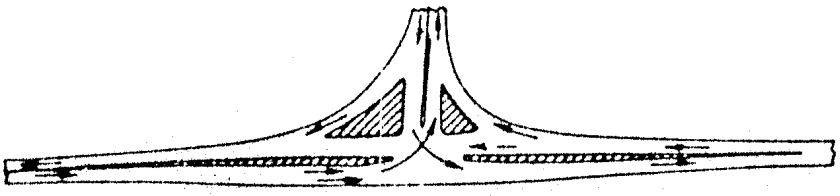
شکل ۲۲ـ ج ،تقاطع با زاویه حاده‌ای را نشان می‌دهد که یک راه گردش آن یکطرفه است. این طرح ممکن است در راههای دو خطه دوطرفه (جدا نشده) نامطلوب باشد ، به دلیل آنکه آمد و شد چپگرد راه عبوری ممکن است اشتباها "وارد راه گردش یک طرف ذکر شده‌بود . این اشکال در شرایطی که راه عبوری دوگانه است ، به‌دلیل وجود میانه وسط راه عبوری ، وجود ندارد . در تقاطعهای فرعی (کم‌اهمیت) ، راه گردش یکطرفه بهتر است مانند خط‌چین نشان داده شده در شکل ، حذف شود .

شکل ۲۲ـ د ، طرح تقاطع یک‌راه چند خطه را نشان می‌دهدکه در آن مقدار آمد و شد گردنده زیاد است . در تقاطعهای با آمد و شد زیاد می‌توان راههای گردش را دوخطه در نظر گرفت . در این طرح باید :

- چراغهای راهنما در نقاط g و h (و در صورت امکان j) هماهنگ گردند ؛
- معمولا "در محلهای g و j ، خط عبور میانه مخصوص گردش به چپ در نظر گرفته شود ؛
- جزیره مثلثی شکل به ابعاد بزرگ (عموما "با ضلع جانبی ۶۰ متر یا بیشتر) برای تأمین‌محل ذخیره کافی برای خودروهای متوقف‌شده در نظر گرفته شده‌باشد تا از ورود صف خودروهای متوقف شده به محل تقاطع قبلی خودداری شود . در این طرح باید دقت شود که تعادل و هماهنگی بین مقدار آمد و شد و گنجایش قسمتهای مختلف وجود داشته باشد . یادآوری می‌شود که این طرح جانشین یک تقاطع مبدل نیست ولی می‌تواند بهتر از انواع معمولی تقاطعهای همسطح آمد و شد را هدایت‌کند و از خود عبور دهد مشروط بر آنکه به‌طور صحیح طراحی شده‌باشد . این طرح در محلهایی که مقدار آمد و شد راه‌عبوری بیش از ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت و مقدار گردش به‌چپ در تقاطع g و h بیش از ۲۰۰ خودرو در ساعت است ، دارای مزایای زیادی است .

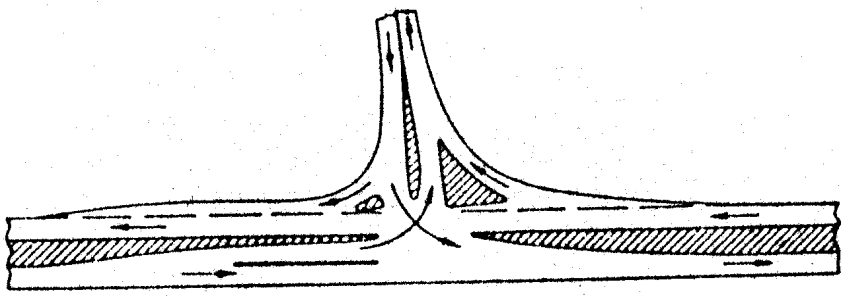
۷ـ۱ـ۴ . تقاطعهای هدایت‌کننده ، با استاندارد بالا

شکلهای ۲۳ و ۲۴ تقاطعهای دارای درجه بالای هدایت‌کنندگی را نشان می‌دهد . این طرح عموما " در راههای با مقدار زیاد آمد و شد عبوری و گردنده قابل توجیه است . طرح شکل ۲۳ عموما "برای دهانه شیبراهه‌های تقاطعهای مبدل نیمه‌شبدری مناسب‌است . شکل ۲۳ـالف طرح تقاطع یک‌راه دوخطه‌ای‌است که در آن ،مقدار آمد و شد در حدود گنجایش است . روسازی راه دوخطه عبوری در محل تقاطع به‌چهار خط با جزیره جداکننده تعریض شده ، و در نتیجه در هر طرف ، یک خط برای آمد و شد عبوری ویک‌خط برای آمد و شد گردنده درنظر گرفته شده‌است . در راه متقاطع ،تمام گردشها در خطوط عبور مجزا انجام می‌گیرد .



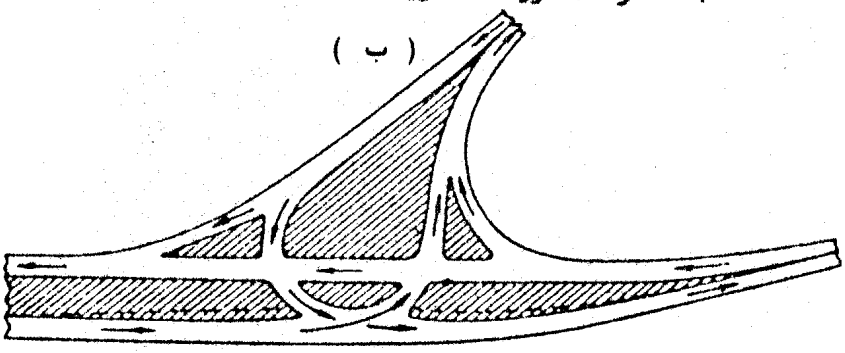
با جزایر تقسیم کننده و راههای گردش

(الف)



با خطوط عبور مجاور میانه

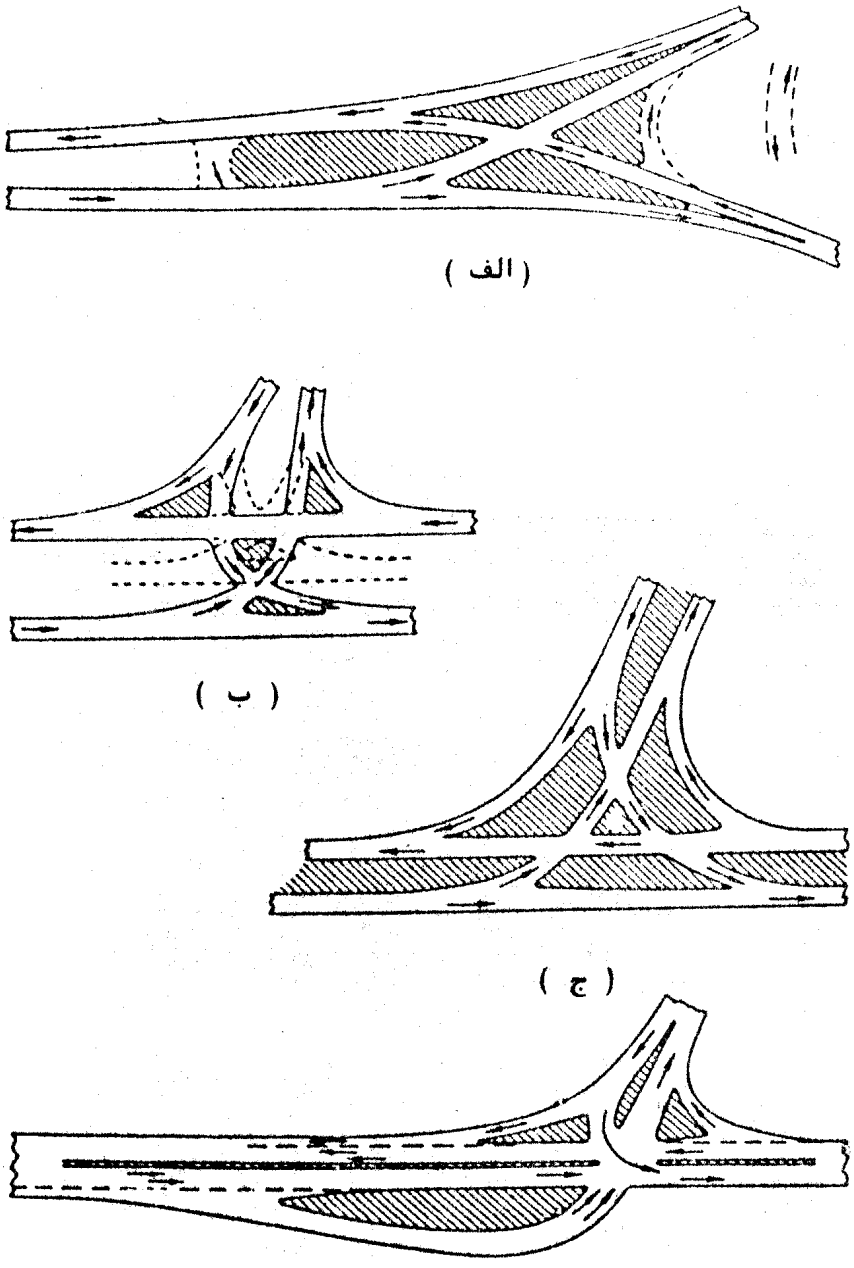
(ب)



پیازی شکل

(ج)

شکل ۲۳. تقاطعهای T یا Y شکل، هدایت‌کننده با استاندارد بالا



شکل ۲۴ . تقاطعهای T یا Y شکل ، هدایت‌کننده با استاندارد بالا

طرح داده شده در شکل ۲۳ـ ب برای یک راه جدا شده (میانه‌دار) با مشخصات بزرگراه با یک میانه به عرض حدود ۴/۵ تا ۹ متر مناسب است. برای هر مسیر حرکت آمد و شد، یک خط عبور یا یک مسیر مجزا در نظر گرفته شده‌است. خطوط عبور مجاور میانه برای حرکتهای گردش به‌چپ از راه‌عبوری به‌اندازه‌ای زیاد است که باید چراغ راهنمای سه‌مرحله‌ای تعبیه شود؛ خط میانه را می‌توان به عرض دو خط عبور درنظر گرفت (شکل ۳۸ـ الف).

شکل ۲۳ـ ج یک تقاطع پیازی شکل[1] را نشان می‌دهد که در آن، عرض میانه راه عبوری ۱۲متر یا بیشتر است. این طرح مناسب محلهایی است که حریم راه کافی و سرعت بالاست و مقدار آمد و شد چپگرد به‌اندازه‌ای نیست که‌به تعبیه چراغ راهنما نیاز باشد. در این طرح، شعاع داخلی قسمت پیازی شکل باید ۲۵ متر یا بیشتر بوده، و به هیچ‌وجه از ۱۵ متر کمتر در نظر گرفته نشود؛ در صورت لزوم می‌توان خطوط میانه را مانند خط چین نشان داده شده در شکل نیز در نظر گرفت. این طرح برای راههای دوخطه نیز، با جدا کردن دو سوی آمد و شد در محل تقاطع، مناسب است (راه نشان داده شده در سمت راست شکل).

شکل ۲۴ـ الف یک تقاطع Y شکل هدایت‌کننده‌ای را (با خطوط گردش مجزا) نشان می‌دهد که در آن، راه نسبتا" مهم یکدیگر را در زاویه حاده قطع می‌نمایند. چه راههای قطع‌کننده جدا شده باشند و چه جدا نشده، چه تقاطع دارای تابلوی "ایست" باشد و چه چراغ راهنما، این طرح مناسب است. آمد و شد چپگرد تا اندازه‌ای از تقاطع اصلی دور می‌شود و در نقطه a دور می‌زند. آمد و شد راستگرد (مکمل a)، مستقیمتر و معمولا" با طرح بیش از طرح حداقل در نقطه b انجام می‌گیرد. عرض میانه در نقطه a باید حداقل ۱۲ متر باشد تاآنکه خودرو سواری بتواند از خط مجاور میانه به خط مجاور میانه طرف دیگر دور بزند. این عرض برای دور زدن کامیون باید حداقل ۲۲/۵ متر باشد (به طرح حداقل لبه روسازی برای گردش ۱۸۰ درجه در جدول ۱ و مبحث طرح دور زدن ـ گردش ۱۸۰ درجه ـ در این بخش مراجعه شود).

در شرایطی‌که تأمین چنین‌عرضی برای میانه عملی نیست، گردشهای a و b باید به‌وسیله ایجاد یک راه دوطرفه مجزا، دور از محل تقاطع اصلی (مانند محل c) تأمین شود (مانند محل c در شکل).

شکل ۲۴ـ ب مشابه طرح پیازی شکل داده شده در شکل ۲۳ـ ج است. دو راه گردش به چپ طوری طرح شده‌است که همدیگر را در داخل میانه قطع کنند. در این طرح، عرض میانه باید حداقل ۲۵ متر باشد. جریان گردش به چپ (از بالا به‌طرف راست) در دو محل تلاقی باید به‌وسیله تابلوی "ایست" کنترل شود. در شرایطی که مقدار آمد و شد آن‌قدر هست که نیاز به چراغ راهنما باشد، طرح مذکور برای میانه‌های باریکتر نیز (خط چین نشان داده شده در شکل) مناسب‌است.

---

1. Bulb-Type

نوع دیگر این طرح کلی در شکل ۲۴ـ ج نشان داده شده‌است. در این طرح، تلاقی دو جریان گردش به چپ در میانه صورت نمی‌گیرد بلکه در یک طرف راه جدا شده انجام می‌پذیرد. عملکرد این طرح مشابه طرح قبلی است و بحث کلی بالا نیز در این مورد صادق است. برای میانه عرض ۱۲ متر یا بیشتر مطلوب است، ولی عرض ۶ متر یا ۴/۵ متر با خطوط عبور مجاور میانه نیز قابل قبول است. با ایجاد فاصله کافی بین راههای‌گردش و یک جزیره بزرگ در نقطه d و هماهنگ کردن چراغها در سه‌نقطه تلاقی جریان آمد و شد، مقدار زیادی آمد و شد از این تقاطع قابل عبور است.

شکل ۲۴ـ د طرح ویژه‌ای را برای تقاطعهای T و Y شکل در راههای چندخطه نشان می‌دهد. آمد و شد چپگرد راه عبوری به سمت راست هدایت شده، سپس راه عبوری را قطع کرده و مستقیما" وارد راه متقاطع می‌شود. این طرح مناسب شرایطی است که راه متقاطع دارای ساعت شلوغی با مقدار آمد و شد فوق‌العاده زیاد در مدت کوتاهی باشد، مانند محل یک مرکز صنعتی، زمین ورزش، تفریحگاه و غیره. مقدار آمد و شد ورودی و خروجی راه متقاطع عموما "کم است (بجز ساعت شلوغ) وبدین‌دلیل، تعبیه چراغ راهنمای نیمه‌متغیر* (نیمه خودکار) ممکن است مناسب باشد که در این‌صورت، در ساعت شلوغ آمد و شد راه متقاطع، چراغ راهنمای گفته شده با دوره تناوب ثابت عمل خواهد نمود. بسته به عرض روسازی و زمانبندی چراغ راهنما، این طرح ممکن است مقدار گردش به‌چپ (e به g) در حدود ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت، و کل آمد و شدی حدود ۵۰۰ تا ۲۵۰۰ وسیله نقلیه در نقطه h را از خود عبور دهد. این به‌شرطی انجام می‌گیرد که در موقعی که آمد و شد e به g حداکثر است، مقدار آمد و شد g به f از ۱۰۰ وسیله نقلیه در ساعت کمتر باشد. این طرح برای شرایطی بسیار مناسب است که مقدار زیاد آمد و شد ایجاد یک تقاطع غیرهمسطح مبدل را ضروری می‌سازد ولی به‌دلیل کوتاه بودن دوره‌ٔزمانی آمد و شد زیاد مثلا" ، (آمد و شد فصلی) ، ایجاد تقاطع غیرهمسطح قابل توجیه نیست.

۷ـ۱ـ۵ـ مثالهایی از سه‌راهیهای موجود

در شکلهای ۲۵ تا ۳۴، نمونه‌هایی از تقاطعهای T و Y شکل نشان داده شده‌است. این طرحها فقط برای نشان دادن نمونه‌هایی از تقاطعهای موجود ارائه می‌شود و ممکن است در آنها ابعاد و یا عوامل زیادی کمتر از حد استاندارد طرح شده‌باشد و به‌همین‌دلیل، آنها را نباید بدون مطالعه و اصلاح مورد استفاده قرار داد.

در این شکل، طرح یک تقاطع T شکل با یک جزیره تقسیم‌کننده بزرگ که در موقعیت میانه راه قطع‌کننده قرار دارد، نشان داده شده‌است. این طرح مشابه طرح شکل ۲۱ـ ج است. فضای لازم برای قرار دادن جزیره با تعریض (لاله‌ای کردن) روسازی راه متقاطع و به‌کار بردن شعاع بیش از طرح حداقل

*** چراغ راهنمای متغیر یا خودکار (اتوماتیک) دارای سیستمی است که به‌طور خودکار برای جهتی که آمد وشد وجود دارد، سبز می‌شود؛ سیستم نیمه‌خودکار به این معنی است که فقط برای تعدادی از شاخه‌های تقاطع (ونه تمام آنها) چراغهای خودکار وجود دارد.**

(۲۵ متر و ۳۳ متر) تأمین شده‌است. به‌نظر می‌رسد که این طرح برای مقدار آمد و شد نشان داده شده کافی است. سیستم کنترل آمد و شد در این تقاطع، از یک تابلوی "ایست" برای آمد و شد ورودی از راه متقاطع تشکیل شده‌است.

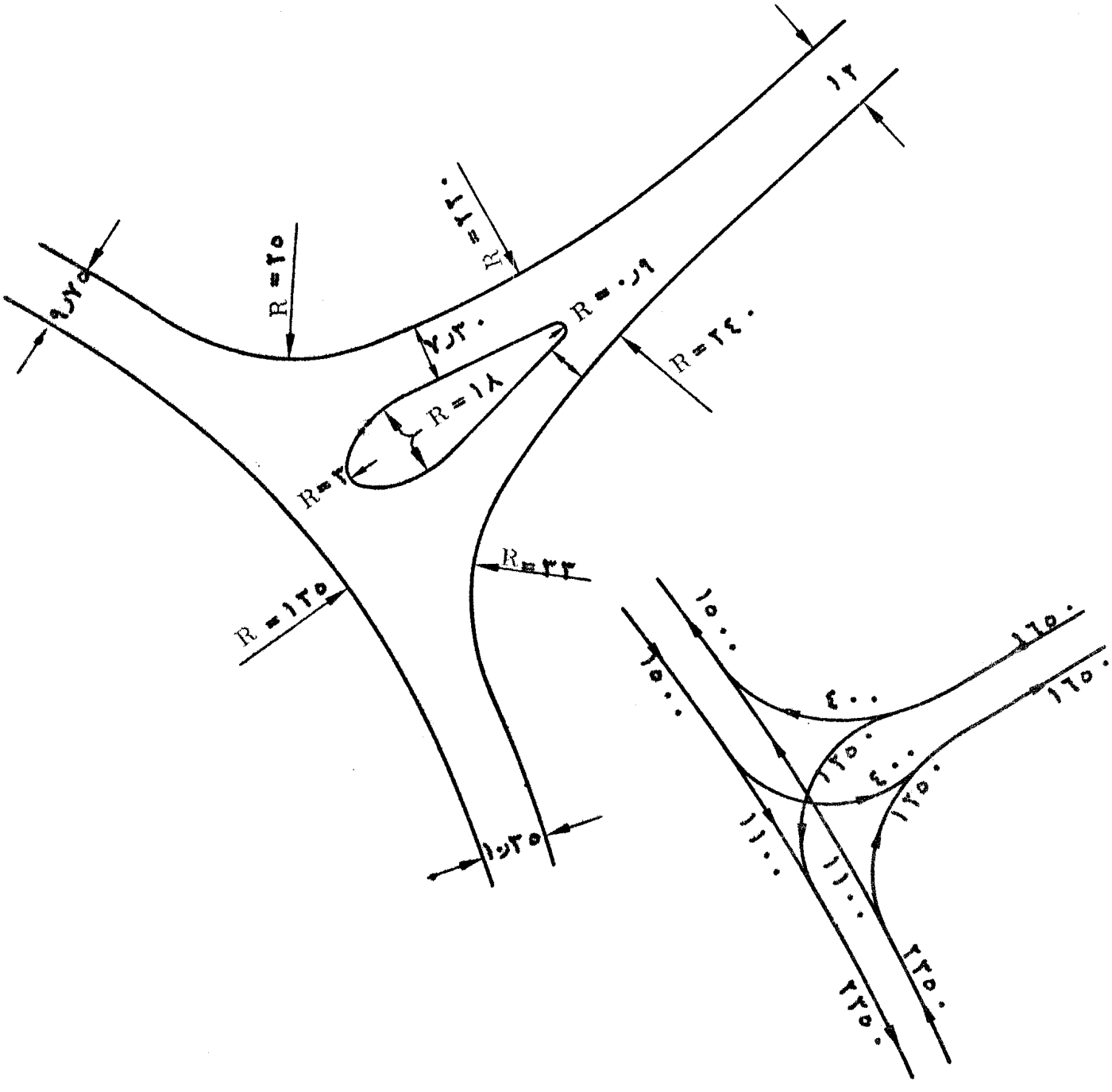
این طرح مشابه طرح قبلی و طرح یک تقاطع T شکل واقع در یک منطقه کوهستانی است، لیکن دارای یک راه گردش به‌راست اضافی بین شاخهٔ سمت چپ بالا و شاخهٔ پایین تقاطع، برای مقدار نسبتاً زیاد آمد و شد راستگرد می‌باشد. شعاع سایر خطوط گردش به‌راست برابر با ۱۲ متر در نظر گرفته شده است. در این طرح، شاخه‌های عریض تقاطع، فضای لازم برای ایجاد جزایر تقسیم‌کننده بزرگ را تأمین کرده‌است. این طرح برای شرایطی مناسب است که در آن، آمد و شد در یک چهارم سمت چپ پایین تقاطع از آمد و شد سمت راست پایین به‌مراتب زیادتر است. سرعتهای تقرب در شاخه‌های تقاطع در حدود ۷۰ کیلومتر در ساعت است. در این تقاطع، به‌دلیل سرعت و شیب زیاد، نصب تابلوهای بزرگ راهنما و خطکشیهای هشدار دهنده در شاخه‌های پایین تقاطع ضروری است. سیستم کنترل آمد و شد در این تقاطع از یک تابلو "ایست" تشکیل شده‌است که در راه قطع‌کننده قرار دارد.

یک سه‌راهی برونشهری ــ در این طرح، راه دوخطه اصلی در محل تقاطع به راه جدا شده تبدیل شده‌است. در این تقاطع، یک خط گردش به‌راست با شعاع ۶۰ متر در ربع سمت راست بالا و یک خط عبور گردش به‌چپ مجزا در شاخه سمت چپ تقاطع برای مقدار نسبتاً زیاد آمد و شد در نظر گرفته شده‌است. راه بالایی در شیب قرار دارد و، همان‌طور که دیده می‌شود، یک خط ویژه برای عبور کامیون در نظر گرفته شده‌است. یک علامت "ایست" آمد و شد ورودی به راه عبوری را کنترل می‌کند.

یک تقاطع T شکل واقع در منطقه برونشهری درختکاری‌شده ــ هر دو راه متقاطع راههای دوخطه هستند که در محل تقاطع تعریض شده‌اند و با ایجاد میانه به راه جدا شده تبدیل گردیده‌اند. در هر سه شاخه تقاطع، شیب کمتر از ۰/۰۱ است. در طرح، یک خط گردش به چپ برای گردش آمد و شد راه عبوری، و قوسهای مرکب لبه‌روسازی برای گردشهای به‌راست در نظر گرفته شده‌است. تقاطع دارای سیستم روشنایی است و در راه قطع‌کننده، علامت "ایست" در نظر گرفته شده‌است.

یک تقاطع Y شکل با راههای جدا شده ــ فاصله دید برای آمد و شد شاخه سمت راست بالا به وسیله یک زیرگذر راه‌آهن محدود شده‌است. این طرح، قبلاً که بدون راههای جداکننده و چراغ راهنما بود، تصادفهای زیادی را موجب می‌شد. از زمانی که تقاطع به‌صورت هدایت‌کننده (راههای جداشده) درآمده و چراغ راهنما نصب شده‌است، مقدار تصادفات بسیار کاهش یافته است. تقاطع دارای سیستم روشنایی و چراغ راهنمای سه‌زمانه خودکار است.

یک تقاطع Y شکل برونشهری ــ راه‌عبوری (دوخطه دوطرفه) در محل تقاطع به راههای جدا شده تبدیل شده‌است. گردشهای به‌چپ محدودی که در شاخه پایین سمت راست وجود دارد، از طریق



متوسط آمد و شد روزانه در سال ۱۹۶۲

شکل ۲۵. تقاطع سه راهی موجود، T شکل با جزیره تقسیم‌کننده

دورزدن در محل بریدگی ایجاد شده در میانه در فاصله دوری از تقاطع ، صورت می‌گیرد .

یک تقاطع T شکل واقع در پیچ یک راه عبوری ــ راه دوخطه عبوری به‌تدریج به راه جدا شده با میانه ۱۵ متر تعریض‌شده‌است .گردشهای به چپ در قوسهای پیازی شکل به شعاعهای ۱۵ متر انجام می‌گیرد . در این طرح ، مقدار زیادی به آمد و شد راستگرد شاخه سمت چپ پایین اولویت داده شده است . فاصلهٔ دید بسیار خوب بوده ، و سرعت تقرب ۶۵ کیلومتر در ساعت است . سیستم کنترل این تقاطع شامل یک علامت "ایست" برای گردش به چپ از شاخه سمت چپ پایین به شاخه بالایی است .

یک‌تقاطع T شکل با راههای جدا شده (هدایت‌کننده) برای آمد و شد زیاد ــ راه‌عبوری اساسا" ۴ خطه و راه متقاطع دوخطه است‌که در محل تقاطع باایجاد میانه به راههای جدا شده تبدیل شده‌اند . تقاطع در محل مسطحی قرار دارد .

این تقاطع دارای چراغ راهنمای سه زمانه است و در محلهای گردش به راست نیز تابلوی "گردش به راست با احتیاط‌آزاد" نصب شده‌است .

یک تقاطع Y شکل و یا T مورب با راههای مجزا برای گردشها با استاندارد بالا ــ قوسها با شعاعهای بزرگ طرح شده‌اند و شعاع قوسهای گردش به‌چپ برای سرعتهای تا ۶۵ کیلومتر در ساعت مناسب است . آمد و شد راستگرد بدون توقف عبور می‌کند . آمد و شد چپگرد و آمد و شد عبوری در قسمت بالا به‌وسیله چراغ راهنمای خودکار کنترل می‌شوند .

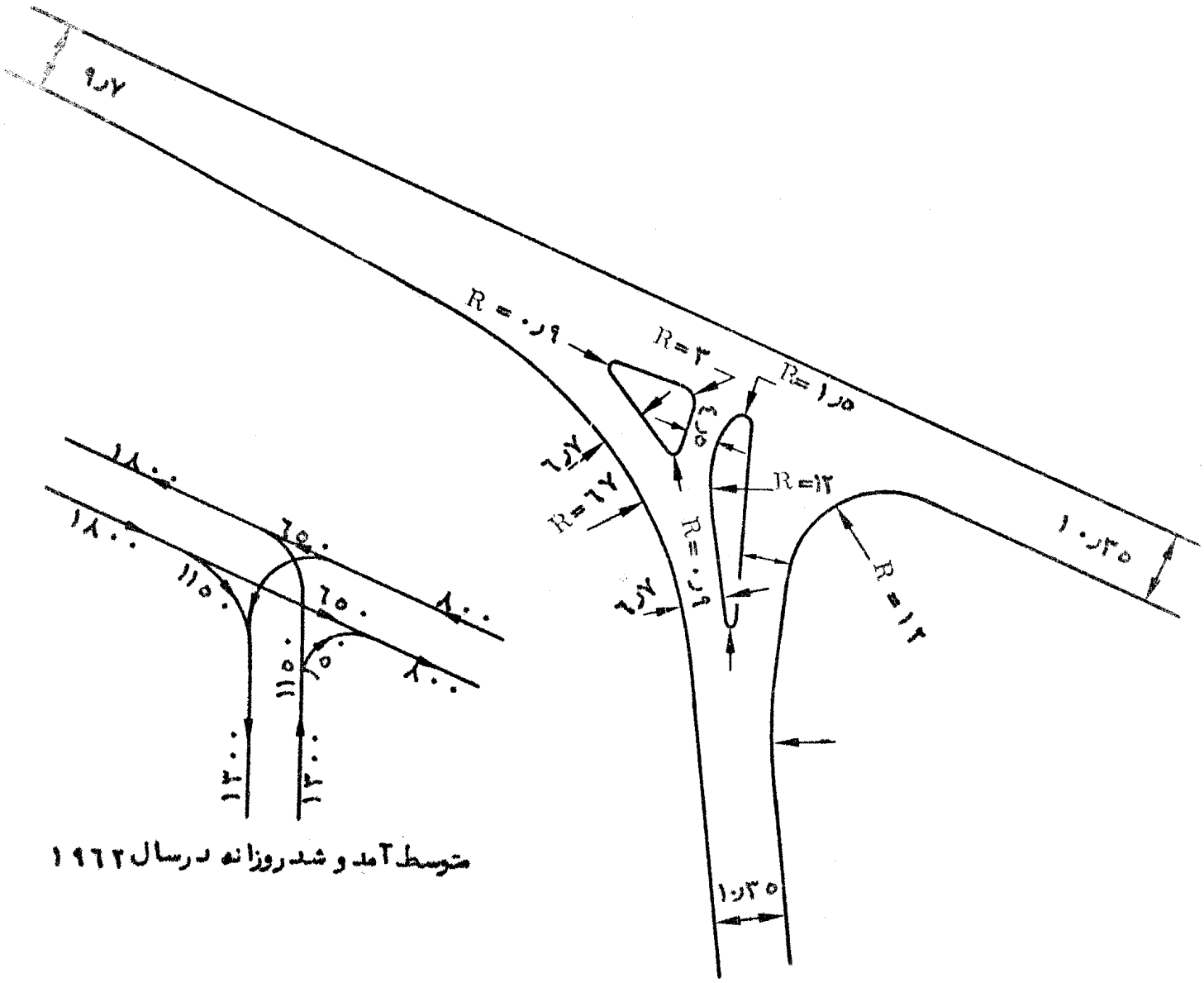
یک تقاطع پیازی شکل در منطقه برونشهری ــ در این تقاطع ، یک راه دوخطه ، یک راه چهار خطه جدا شده با میانه ۱۷ متر را قطع می‌کند . گردش به‌راست‌ها به‌وسیله قوسهای با استاندارد بالا تأمین شده‌اند . در راه جدا شده عبوری ، قطعه با آمد و شد ضربدری (به‌طول ۶۰ متر) برای آمد و شد چپگرد ، تعریض شده‌است .

۷ــ۲ . تقاطعهای چهارشاخه (چهار راه)

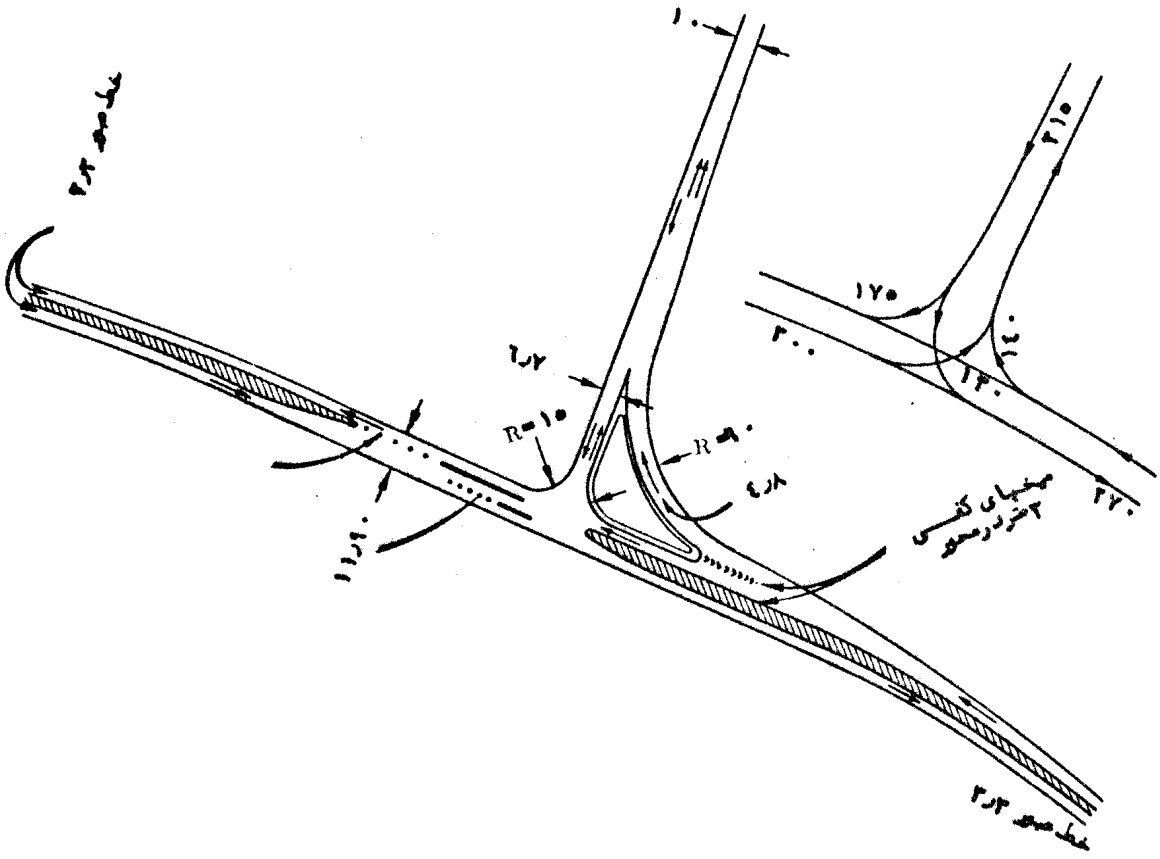
در شکلهای ۳۵ تا ۳۸ ، انواع کلی چهارراهها نشان داده شده‌است . اصول و معیارهای کلی طرح ، ترتیب و محل جزایر ، روسازیهای کمکی و عوامل متعدد دیگری که در طرح تقاطعهای T و Y شکل شرح داده شده ، برای چهارراهها نیز صادق است .

۷ــ۲ــ۱ . چهارراههای ساده ، معمولی و تعریض شده (لاله‌ای)

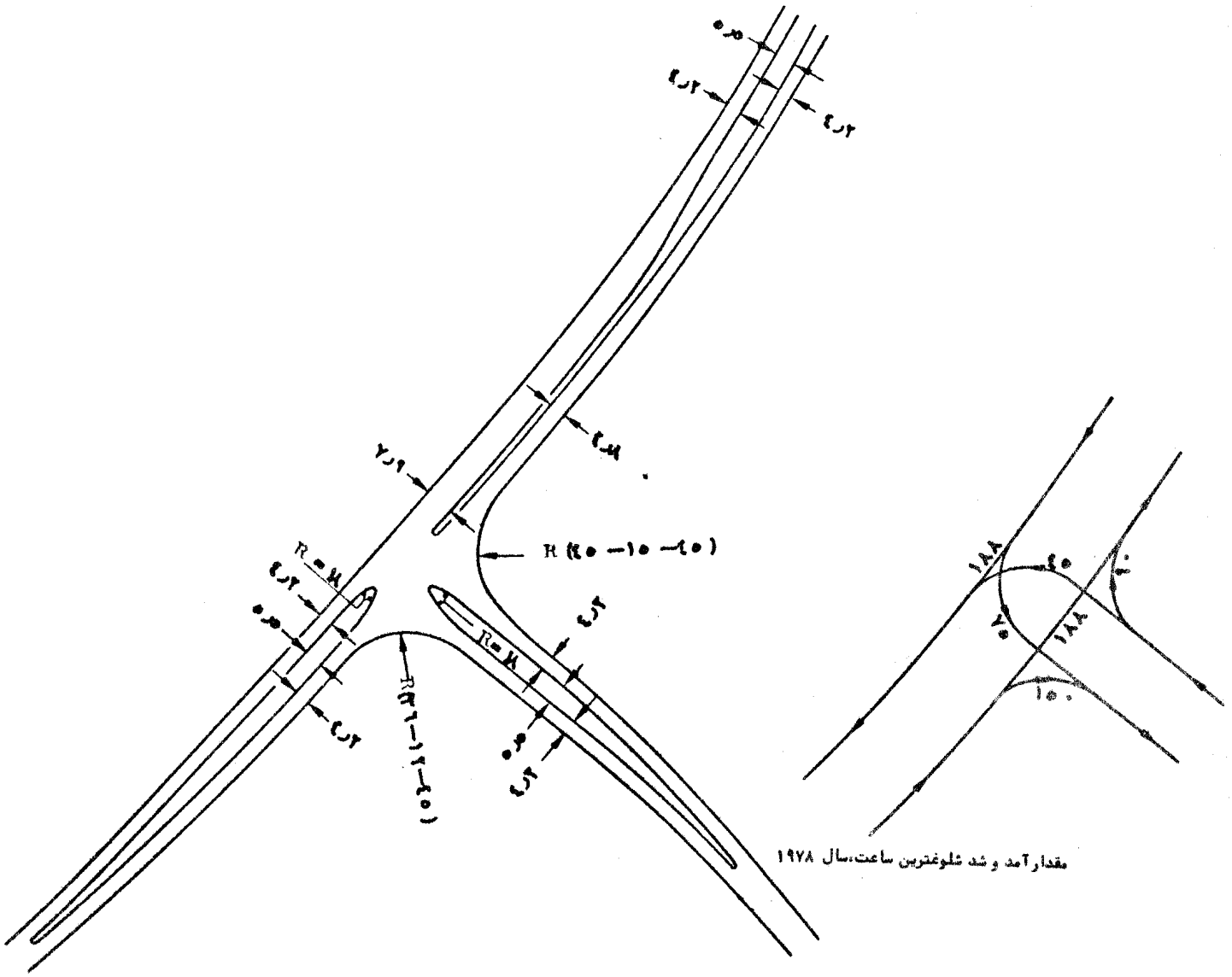
شکل ۳۵ــ الف ساده‌ترین شکل یک چهارراه را نشان می‌دهد . این طرح برای تقاطعهای فرعی و محلی و نیز راههای‌فرعی که یک راه اصلی با مقدار کم آمد و شد گردنده (و زاویه اریب کم) را قطع می‌نماید ، مناسب است .



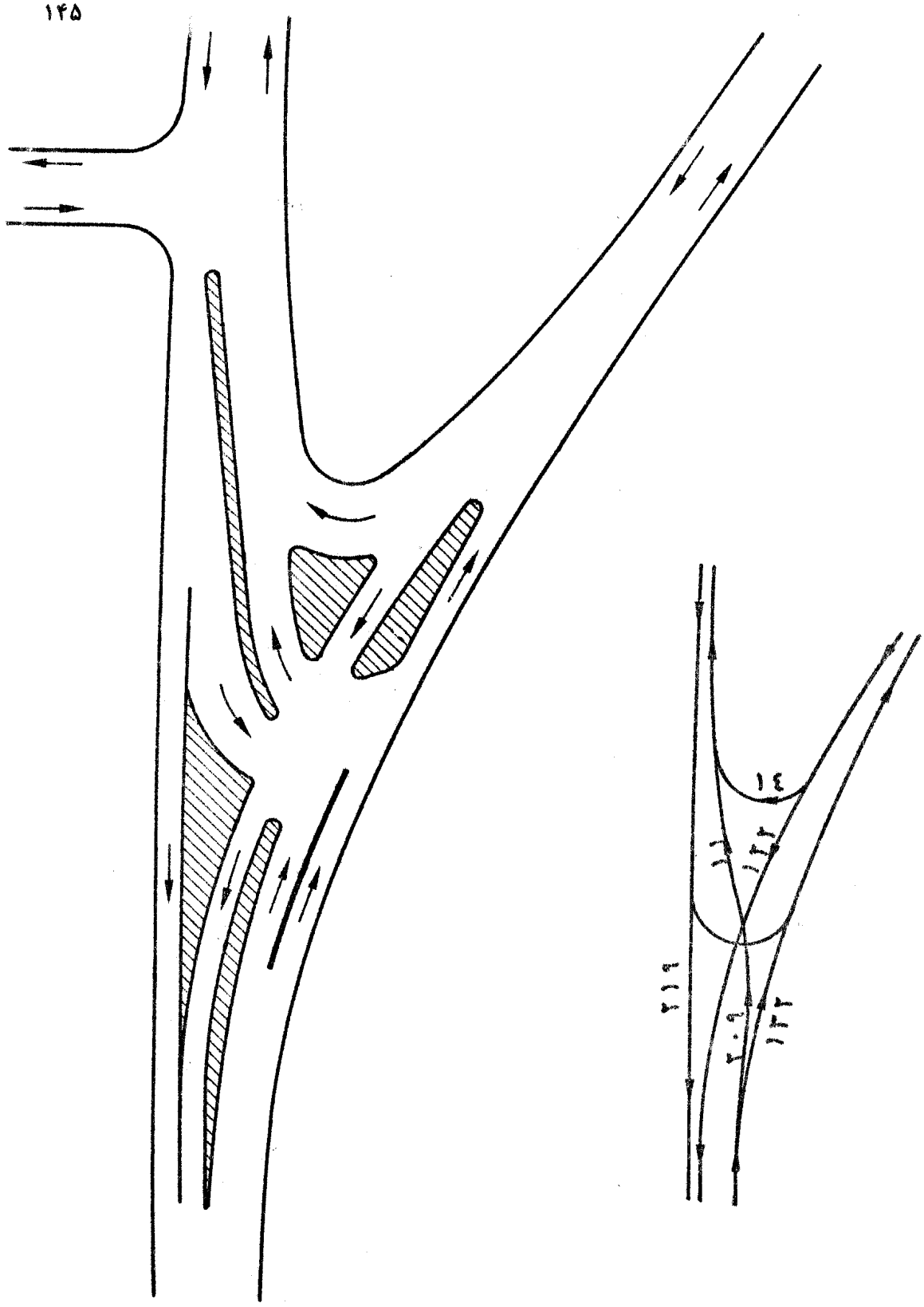
شکل ۲۶ . تقاطع سه راهی موجود ، T شکل هدایت کننده



شکل ۲۷ . تقاطع سه‌راهی موجود ،T شکل هدایت‌کننده

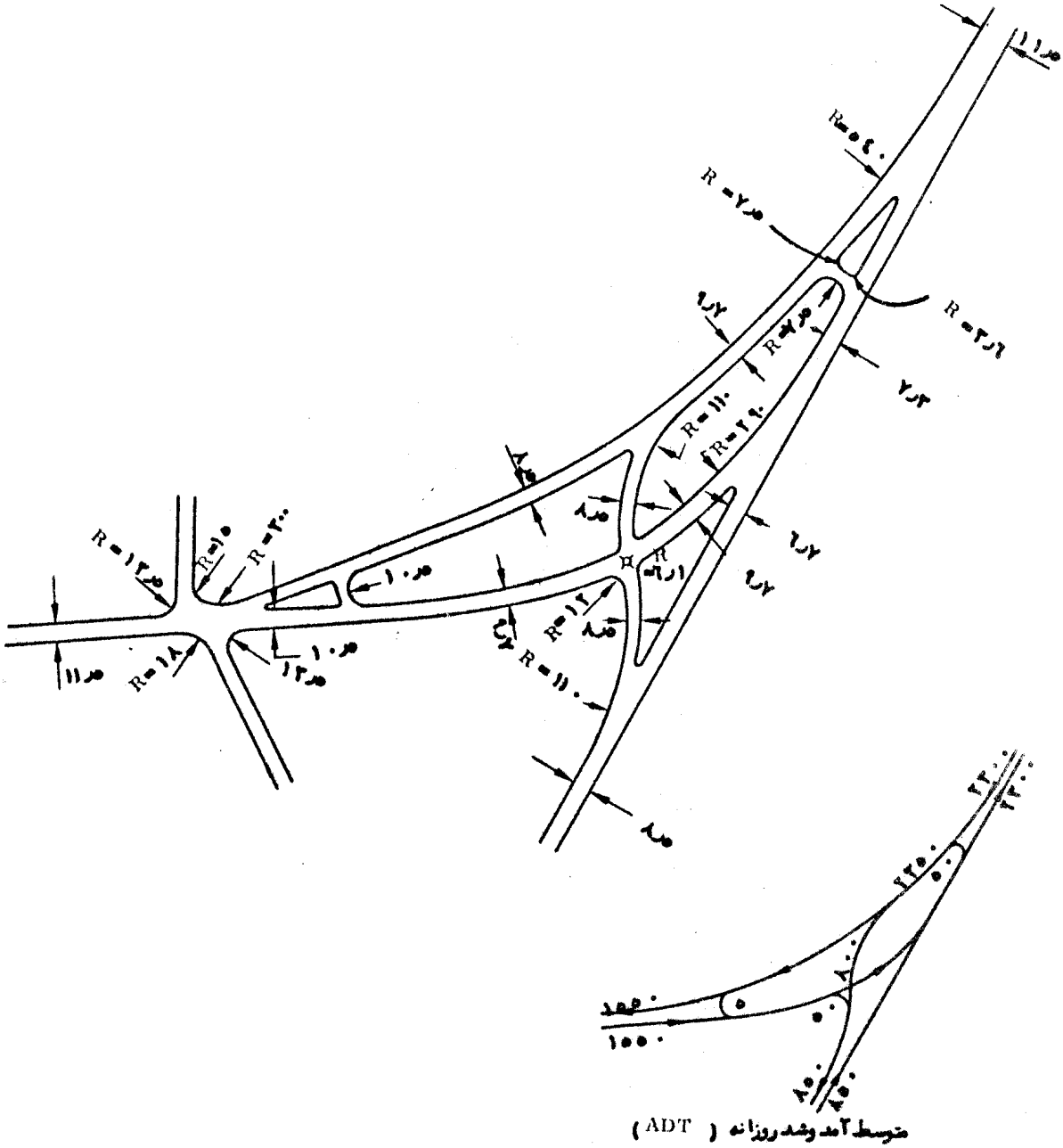


شکل ۲۸ . تقاطع سه‌راهی موجود ، T شکل هدایت‌کننده با جوایر تقسیم‌کننده

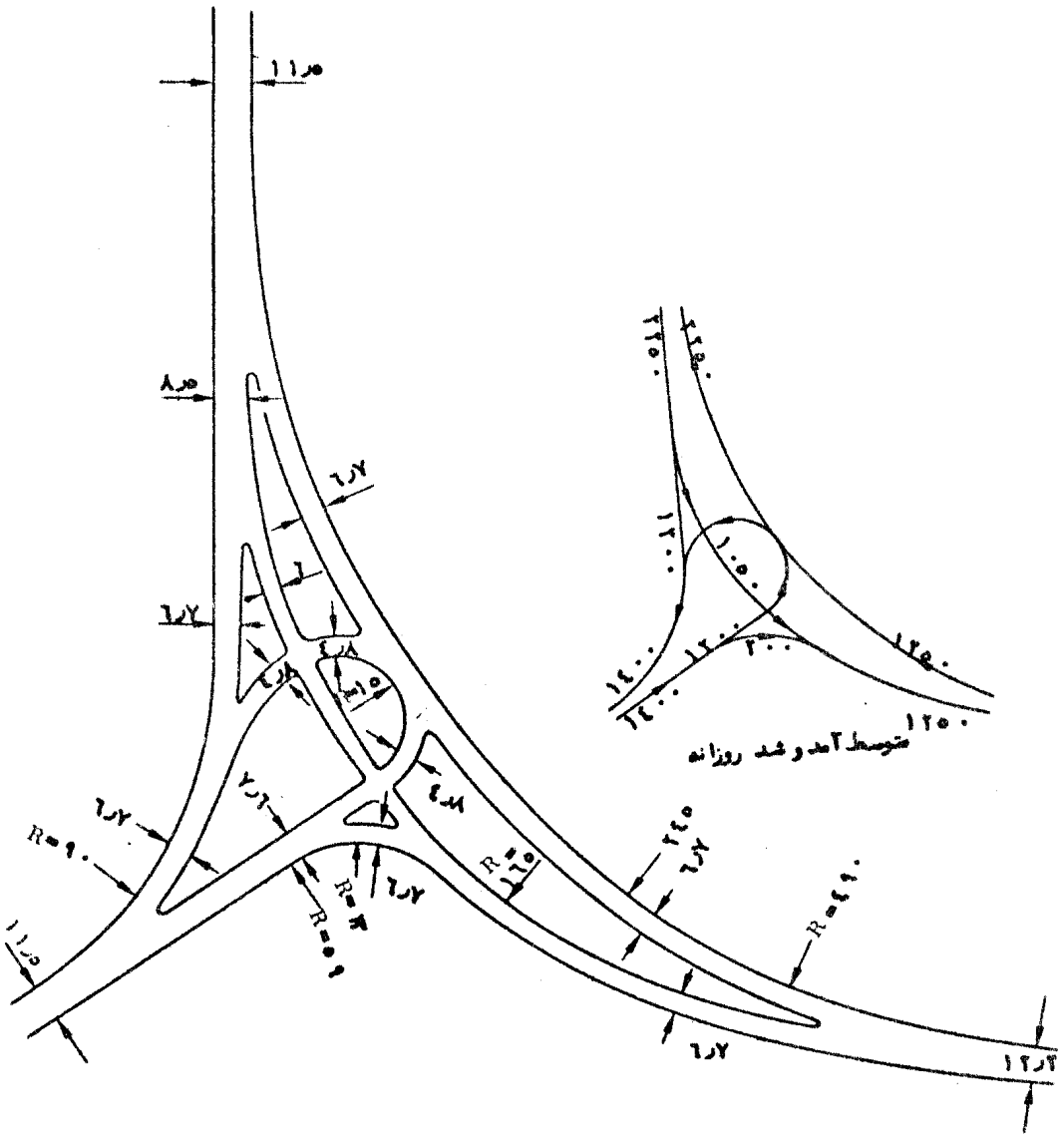


مقدار آمد و شد در شلوغترین ساعت

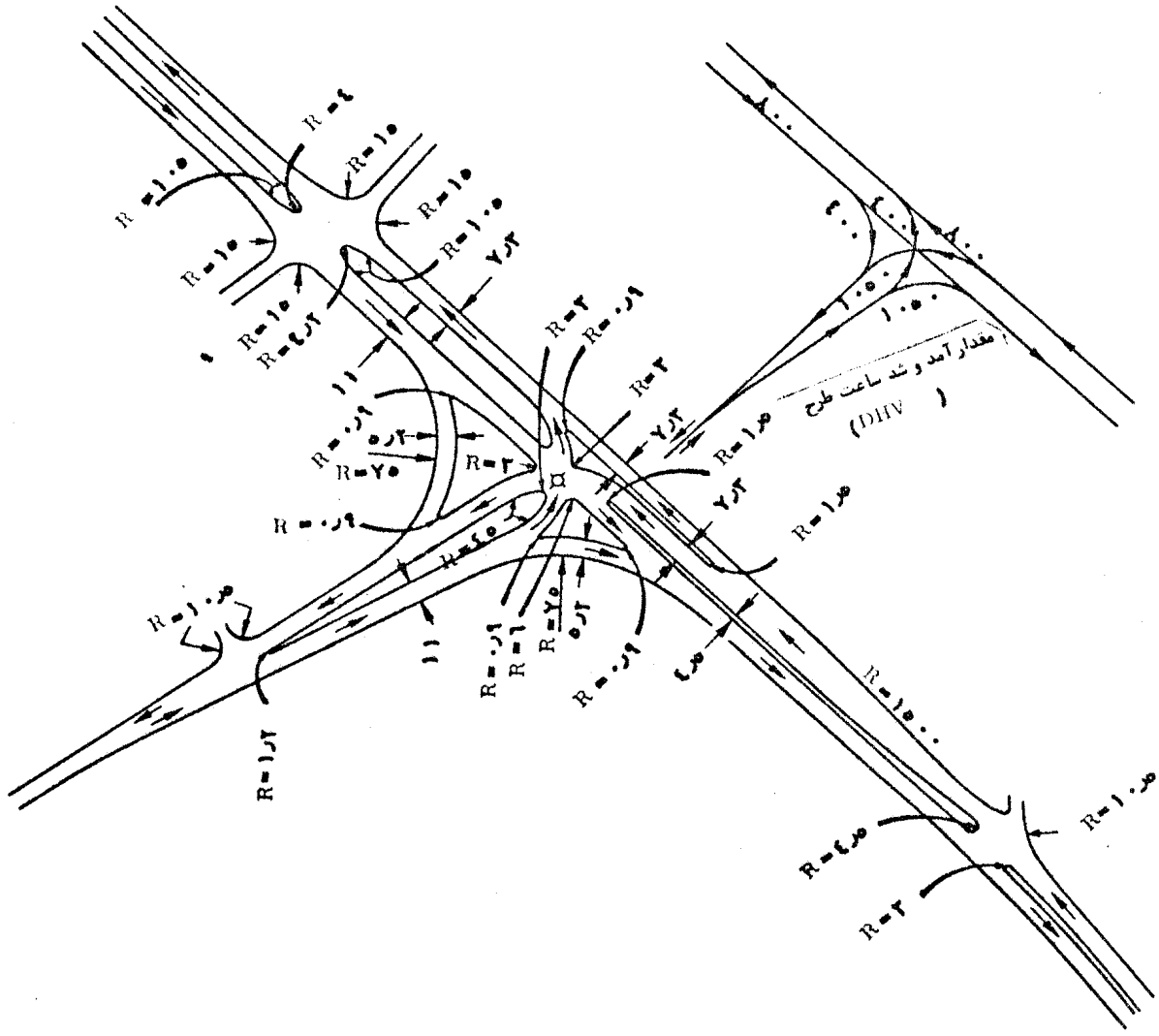
شکل ۲۹ . تقاطع سه‌راهی موجود ــ Y شکل هدایت‌کننده



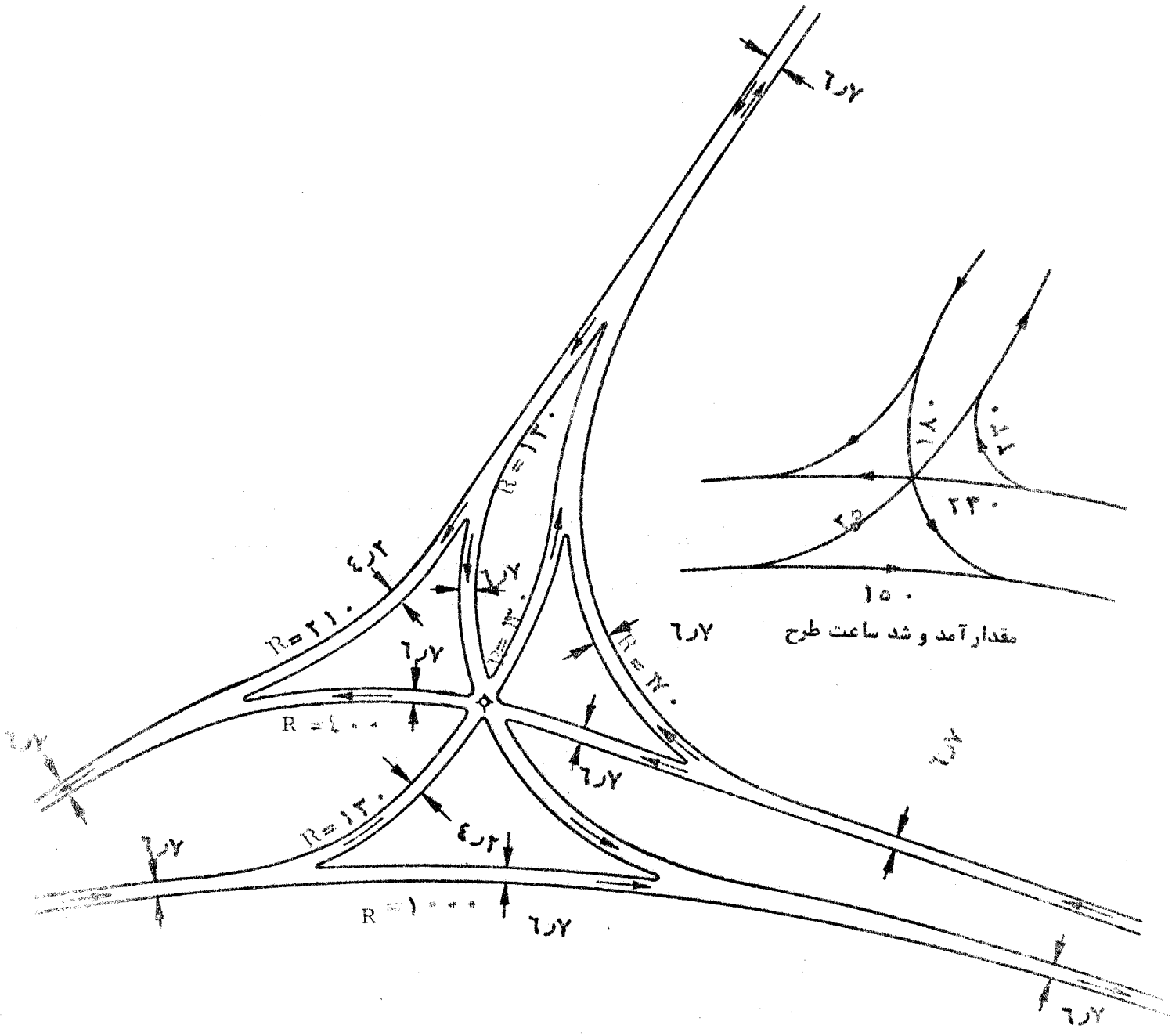
شکل ۳۰. تقاطع سه‌راهی موجود ، هدایت‌کننده ، ۷ شکل



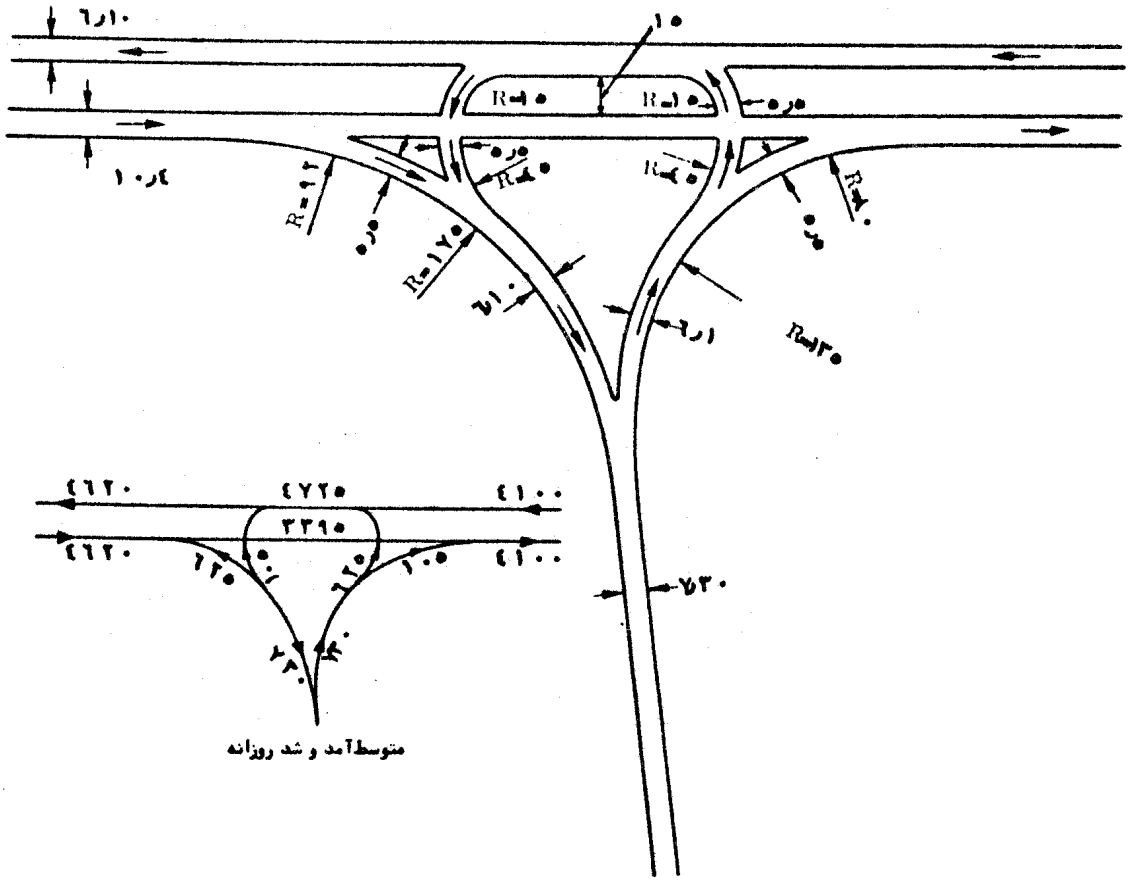
شکل ۳۱. تقاطع سه‌راهی موجود، هدایت‌کننده، لاله‌ای شکل



شکل ۳۲. تقاطع سه‌راهی موجود، هدایت‌کننده، راه جداشده



شکل ۲۳. تقاطع سه‌راهی موجود ، هدایت‌کننده ، راه جدا شده



شکل ۳۴. تقاطع سه‌شاخه موجود، هدایت‌کننده، پیازی شکل

شکل ۳۵ـ ب طرح یک‌چهارراه تعریض شده (لاله‌ای) را نشان می‌دهد که در آن، گنجایش آمد و شد عبوری و گردنده در محل تقاطع، به‌دلیل تعریض روسازی افزایش داده شده‌است. خط عبور کمکی در هر طرف خطوط عبوری این امکان را به‌وسایل‌نقلیه می‌دهد که به‌راحتی از کنار خودروهایی که سرعت خود را برای گردش کاهش داده‌اند، عبور کند. بسته به مقدار آمد و شد و نوع کنترل آن، طرح تعریض با اضافه نمودن یک خط عبور سواری کمکی (مانند راه افقی نشان داده شده در شکل)، یا با تعریض تدریجی روسازی (لچکی، مانند راه متقاطع در شکل) انجام می‌گیرد. تعریض معمولا "در شاخه‌های روبه‌رو به‌طور یکسان انجام می‌گیرد. در شرایطی که آمد و شد در راه اصلی زیاد است (در حدود گنجایش)، یا آنکه آمد و شد در راه اصلی و راه متقاطع به مقداری است که نصب چراغ راهنما را لازم می‌سازد، ایجاد خط عبور کمکی موازی ضروری است. طول خط کمکی باید طوری باشد که امکان تغییر (کاهش یا افزایش) سرعت را به خودرو بدهد. این طول، بدون خط لچکی، معمولا "بیش از ۵۰ متر برای شاخه‌های نزدیک شونده به تقاطع و ۶۰ متر برای شاخه‌های دور شونده از آن می‌باشد.

شکل ۳۵ـ ج طرح یک تقاطع تعریض شده‌ای است که در آن، آمد و شد نزدیک شونده به تقاطع با خطکشی روسازی و میانه جدا شده‌است. این طرح برای راههای دوخطه که سرعت در آنها زیاد بوده، و در نتیجه گردش به چپ ناامن است، مناسب می‌باشد. در پهنترین نقطه، خطکشی روسازی باید حداقل ۳/۶ متر پهنا داشته باشد و خطوط عبور در دو طرف آن باید حدود ۰/۵ تا ۱ متر پهنتر از خطوط عبور معمولی باشند؛ بدین‌ترتیب، عرض کل روسازی در محلی که تعریض حداکثر است، حدود ۱۲ متر می‌باشد. این طرح برای آمد و شد چپگرد از طرح داده شده در شکل ۳۵ـ ب مناسبتر و ایمنتر است. یادآوری می‌شود که کاربرد جدول به جای خطکشی دارای عملکرد بهتری است ولی در شرایطی که مسئله برف روبی و نگهداری وجود دارد و یا آنکه ممکن است جدول به‌علت سرعت زیاد خودروها در راه اصلی (بویژه راههای برونشهری) خطرناک باشد، بهتر است از خطکشی استفاده شود.

۷ـ۲ـ۲. چهارراههای هدایت‌کننده، با راههای گردش و جزایر تقسیم‌کننده

در شکل ۳۶، شکلهای متداول این نوع تقاطعها با خطوط جداکننده ساده نشان داده شده‌است. در تقاطعهای غیرفرعی، راههای گردش به راست غالبا "به‌صورتی هستند که در شکل ۳۶ـ الف نشان داده شده‌است؛ این راهها برای گردشهای زیاد، یا در محلهایی که خودروهای بزرگ از تقاطع عبور می‌کنند و در تقاطعهای فرعی در ربعی که زاویه گردش خیلی بیشتر از ۹۰ درجه است، به‌کار برده می‌شوند.

شکل ۳۶ـ ب یک‌تقاطع غیرقائم با اریب‌بیش از ۴۵ درجه و با راههای‌گردنده مجزای دوخطه در یک ربع تقاطع (در طرف زاویه حاده) را نشان می‌دهد. نقاط متعدد برخورد همراه با زاویه اریب بزرگ ممکن‌است این نوع تقاطع را غیر ایمن سازد. در شرایطی که مقدار اریب زیاد است، باید امتداد یک و یا هر دو راه قطع‌کننده اصلاح شود تا از زاویه اریب کاسته شود؛ در مواردی که جا به‌اندازه کافی وجود دارد نیز می‌توان تقاطع را به‌صورت Y شکل با خط گردش مضاعف ساده طرح کرد (مانند شکل ۲۵ـ الف).

شکل ۳۶ـ ج تقاطعی را با راههای‌گردش به‌راست در چهار ربع تقاطع نشان می‌دهد. این طرح برای محلهایی مناسب است‌که زمین به حد کافی در دسترس است و مقدار آمد و شد گردنده، بویژه در مناطق شهری و اطراف آن که عابر پیاده وجود دارد، زیاد است. در شرایطی که یکی (یا بیشتر) از حرکتهای آمد و شد راستگرد به راه مجزا نیاز دارد، معمولا "روشازی برای آمد و شد چپگرد باید تعریض شود؛ در این‌صورت، بهتر است طرح تقاطع به‌صورت شکلهای ۳۵ـ ب، ۳۵ـ ج و ۳۵ـ هـ عملی شود.

شکل ۳۶ـ د تقاطعی را با جزایر جداکننده در راه متقاطع نشان می‌دهد. این طرح برای آمد و شدهای مختلف مناسب است و گنجایش مورد نیاز باافزایش عرض روسازی در تقاطع تأمین می‌شود.

شکل ۳۶ـ هـ طرح مناسبی برای تقاطعهای‌مختلف (بجز فرعی) راهی که آمد و شد آن در حدود گنجایش است و یا برای شرایطی مناسب است که مقدار آمد و شد متوسط بوده، اما سرعت زیاد است. راه اصلی (دوخطه) در محل تقاطع به راه چهارخطه با جزایر جداکننده تبدیل شده‌است. با روسازیهای اضافی، محل برای تغییر سرعت و گردش و محل ذخیره برای خودروهای گردنده تأمین شده‌است.

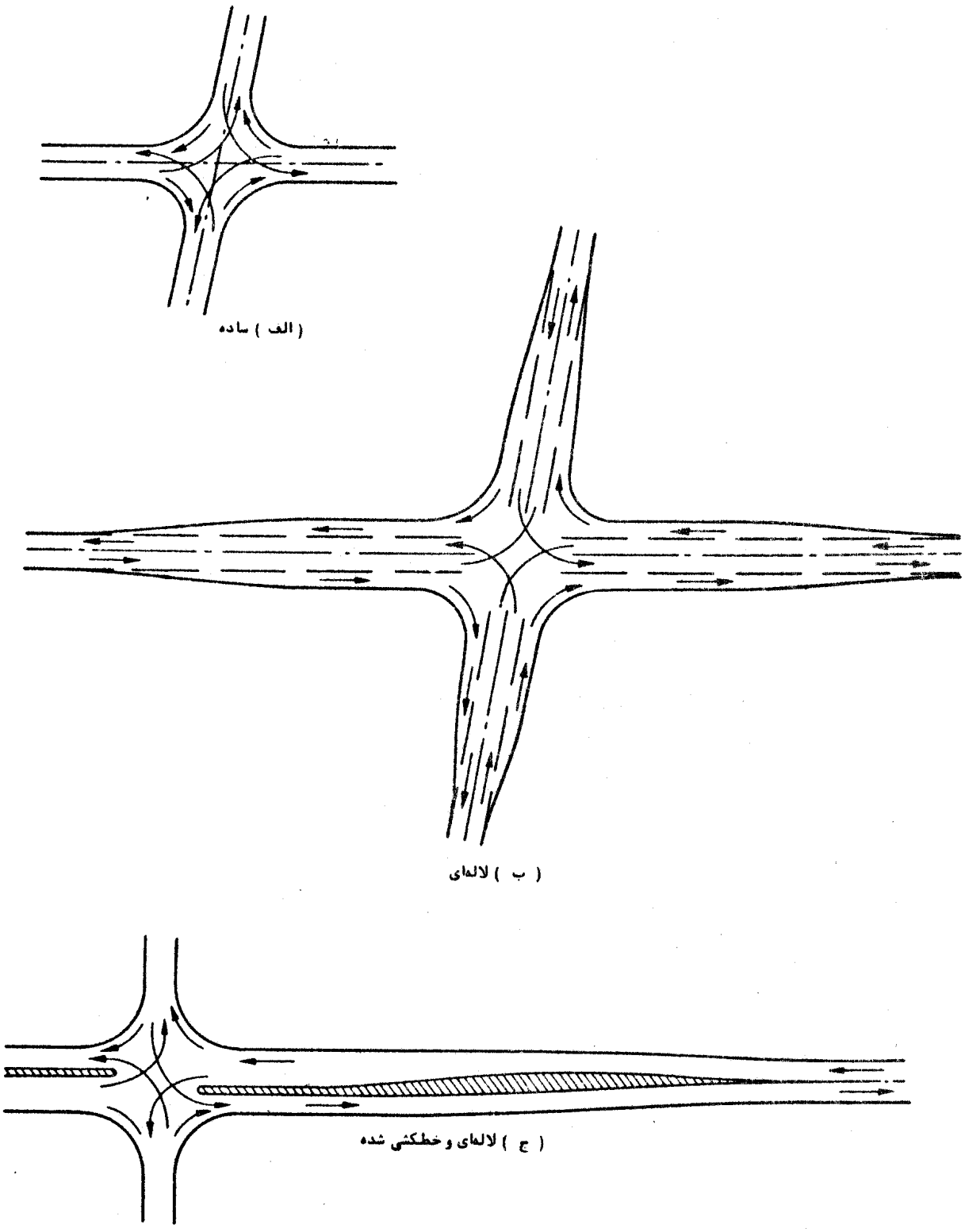
۷ـ۲ـ۳. چهارراه هدایت‌کننده، با استاندارد بالا

شکل ۳۷ـ الف تقاطعی را نشان می‌دهد که در آن، آمد و شد گردنده در ربع تقاطع سمت راست پایین قابل‌توجه است و در نتیجه، یک خط مجاور میانه و یک خط گردش به راست مجزا در نظر گرفته‌شده‌است. سایر گردشها در این تقاطع فرعی است.

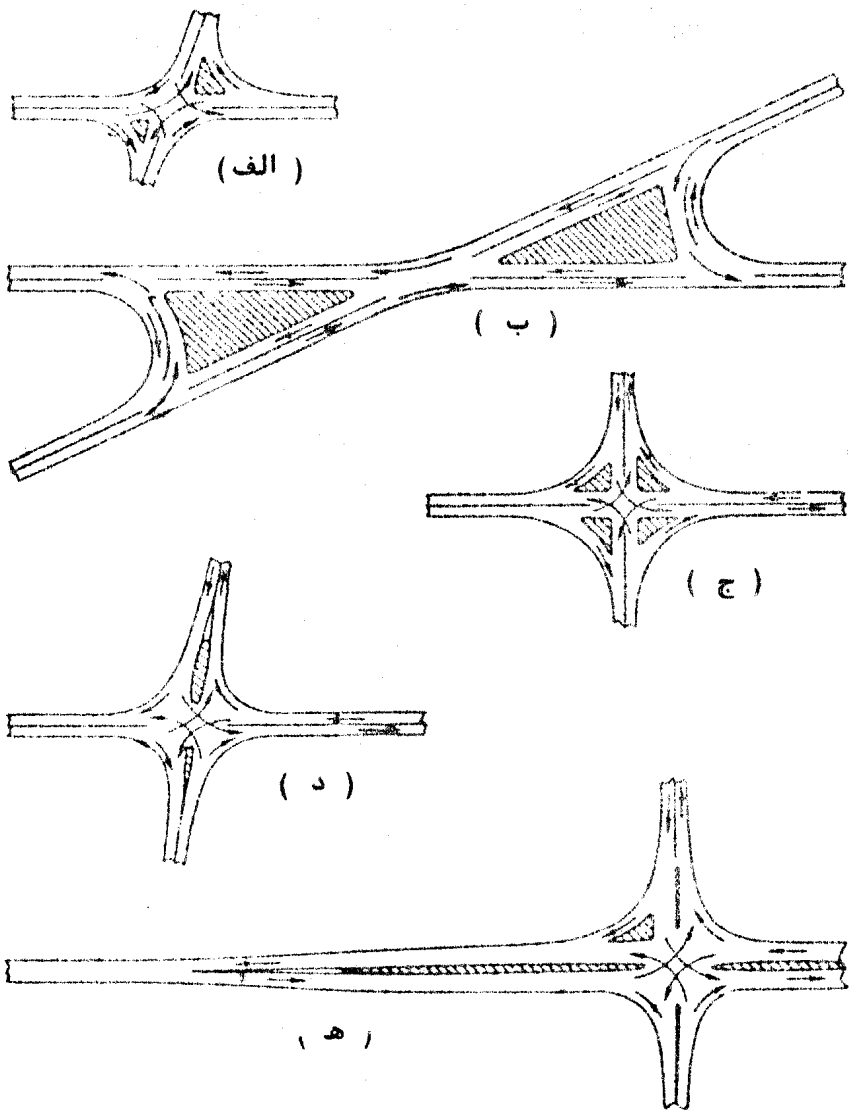
شکل ۳۷ـ ب طرح یک تقاطع را برای یک بزرگراه و سایر راههای جدا شده با سرعت بالا در یک تقاطع مهم نشان می‌دهد.

راههای گردش به راست با خطوط تغییر سرعت و خطوط مجاور میانه برای آمد وشد چپگرد، عملکرد بسیار مناسبی در این طرح دارند و گنجایش آنها نیز زیاد است و در ضمن، حرکت سریع آمد و شد را در راه عبوری تأمین می‌کنند.

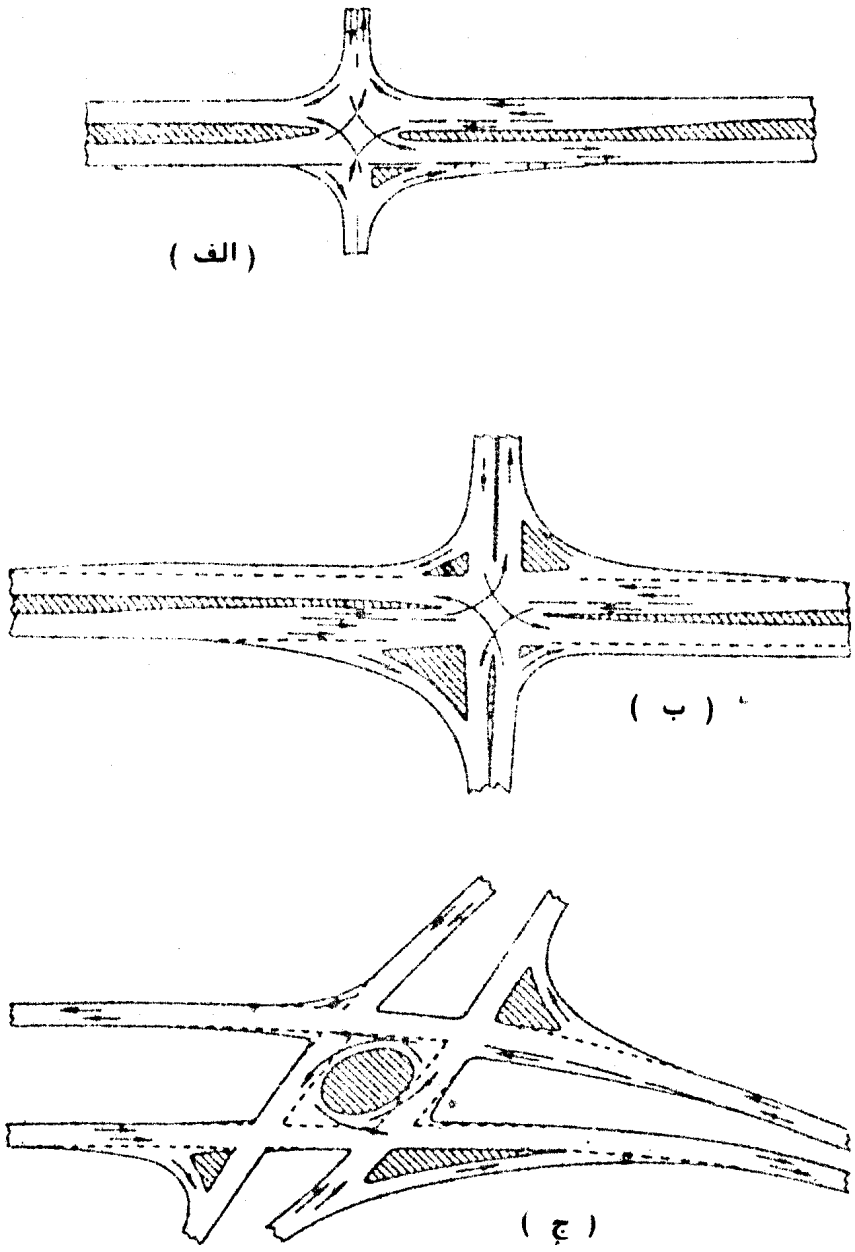
شکل ۳۷ـ ج طرح یک تقاطع را با خطوط عبور کاملا "مجزا برای تمام شاخه‌های تقاطع که دارای یک جزیره میانی هستند، نشان می‌دهد در هریک از راهها، راههای عبور هرطرف باید حداقل ۲۵متر از هم فاصله داشته‌باشند. جزیره میانی باید نسبت به روسازی خطوط عبور اصلی و خطوط مجاور میانی به‌طور مناسبی عقب‌نشستگی داشته‌باشد و شعاع‌قوسها در هر طرف نباید کمتر از ۹ متر باشد. این طرح برای تقاطعهای مهم در راههای اصلی جدا شده که حریم راه به‌اندازه کافی زیاد بوده و میانه‌ها عریض هستند، یا برای آنکه بتوان راههای آمد و شد دو طرف را به اندازه کافی و به شکلی خوشایند از هم جدا نمود، مناسب است. در این طرح، آمد و شد را می‌توان با علامت "ایست" و یا چراغ راهنما کنترل کرد.



شکل ۳۵. تقاطع چهارراه، هدایت نشده، ساده و لاله‌ای



شکل ۳۶. تقاطع چهارراه، هدایت شده



شکل ۳۷. تقاطع چهارراه، هدایت شده با استاندارد بالا

شکل ۳۸ـالف طرح یک تقاطعی را نشان می‌دهد که در آن ، راه ویژه گردش به‌چپ دو خطه برای یکی از حرکتهای چپگرد وجود دارد . این طرح ، برای طرفی که مقدار آمد و شد زیاد است ، به چراغ راهنما با چراغ مخصوص گردش به چپ نیاز دارد

این طرح برای آن دسته از مناطق درونشهری و یا اطراف‌شهری بسیار مناسب است که در آنها مقدار گردش به‌چپ در یک ربع تقاطع زیاد است . دو خط مجاور میانی باید از طریق جزیره جداکننده طویل یا خطکشی از مسیر آمد و شد عبوری جدا شوند . خطکشی راه و شکلهای متفاوت روسازی و علایم باید طوری باشد که از ورود آمد و شد عبوری به خطوط مجاور میانی جلوگیری کند .

شکل ۳۸ـب طرح تقاطعی است که در آن ، آمد و شد عبوری و آمد و شد گردنده در یک ربع تقاطع به‌طور غیرمعمولی زیاد است . در این طرح ، محلهای تلاقی هر سه نقطه برخورد آمد و شد باید حداقل ۶۰ متر و ترجیحا " ۹۰متر یا بیشتر از هم فاصله داشته باشند . یک خط میانی باید برای هدایت آمد و شد چپگرد به داخل ربع سمت چپ بالای تقاطع ایجاد شود . این طرح ممکن است در شرایطی به‌کار برده شود که ساختن تقاطع غیرهمسطح به‌دلیل مسطح بودن منطقه تقاطع و وجود نسبت درصد زیاد وسایل نقلیه سنگین و ، یا دلایل دیگر ، غیرعملی باشد . با افزایش مقدار آمد و شد گردنده در ربعهای دیگر تقاطع ، ممکن است ایجاد یک راه قطری دیگر مفید باشد . در این حالت ، ساختن تقاطع غیرهمسطح به‌جای تقاطع مذکور تقریبا "اجتناب‌ناپذیر است .

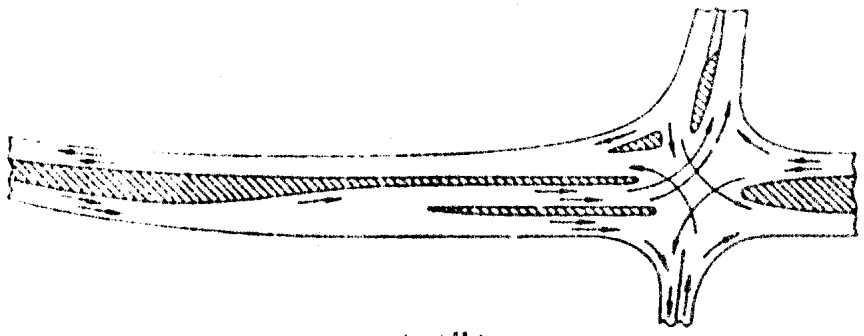
۷ـ۲ـ۴ . نمونه‌هایی از چهارراههای موجود

درشکلهای ۳۹ تا ۴۶ ، نمونه‌هایی از چهارراههای موجود نشان داده شده‌است . در این شکلها ، ابعاد هندسی اجزای تقاطع و مقدار آمد و شدی که تقاطع برای آن طرح شده ، نشان داده شده‌است .

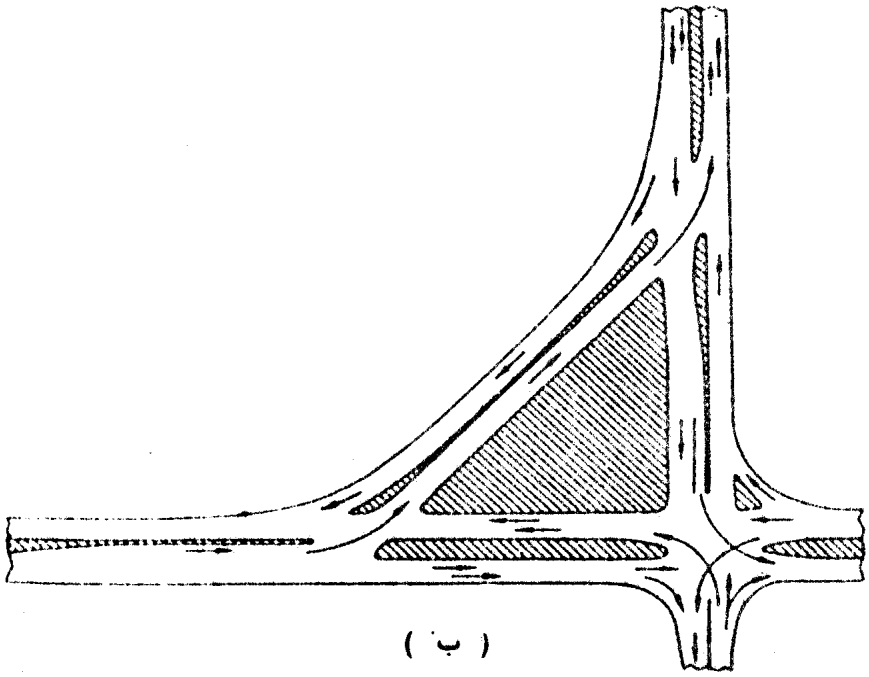
۷ـ۳ . *تقاطعهای چندشاخه*

تقاطعهای چندشاخه به تقاطعهایی گویند که بیش از چهارشاخه (پنج‌شاخه یا بیشتر) داشته باشند . در صورت امکان باید از ایجاد چنین تقاطعهایی پرهیز نمود ؛ اما ، در شرایطی که آمد و شد کم است و کنترل آمد و شد با علامت "ایست "صورت می‌گیرد ، ممکن است ایجاد تقاطعهای‌چندشاخه مناسب باشد . در تقاطعهای غیرفرعی با اصلاح امتداد بعضی از شاخه‌ها ممکن است تعداد شاخه‌های تقاطع کاهش داده شود و در نتیجه ، به ایمنی و بهبود وضع کلی آمد و شد کمک گردد . این عمل را می‌توان با تغییر امتداد یک و یا چند شاخه از تقاطع و ایجاد یک تقاطع دیگر در مجاورت تقاطع اصلی و یا با یکطرفه کردن یک و یا چند شاخه از تقاطع (یکطرفه از محل تقاطع به طرف خارج از تقاطع) انجام داد (مانند طرحهای شکل ۴۷) .

شکل ۴۷ـالف ساده‌ترین شکل کاربرد اصول بالا برای کاهش تعداد شاخه‌های تقاطعهای

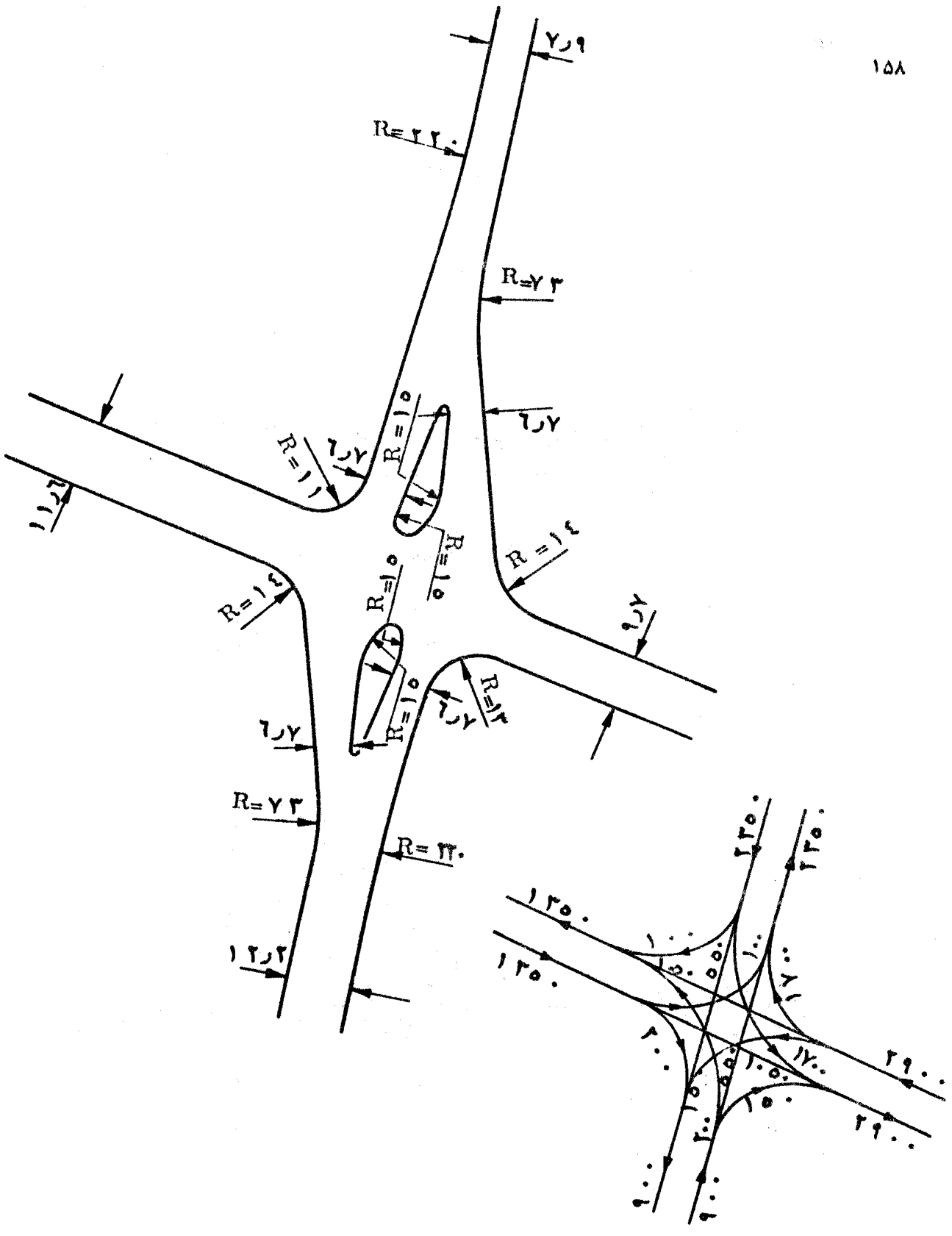


(الف)



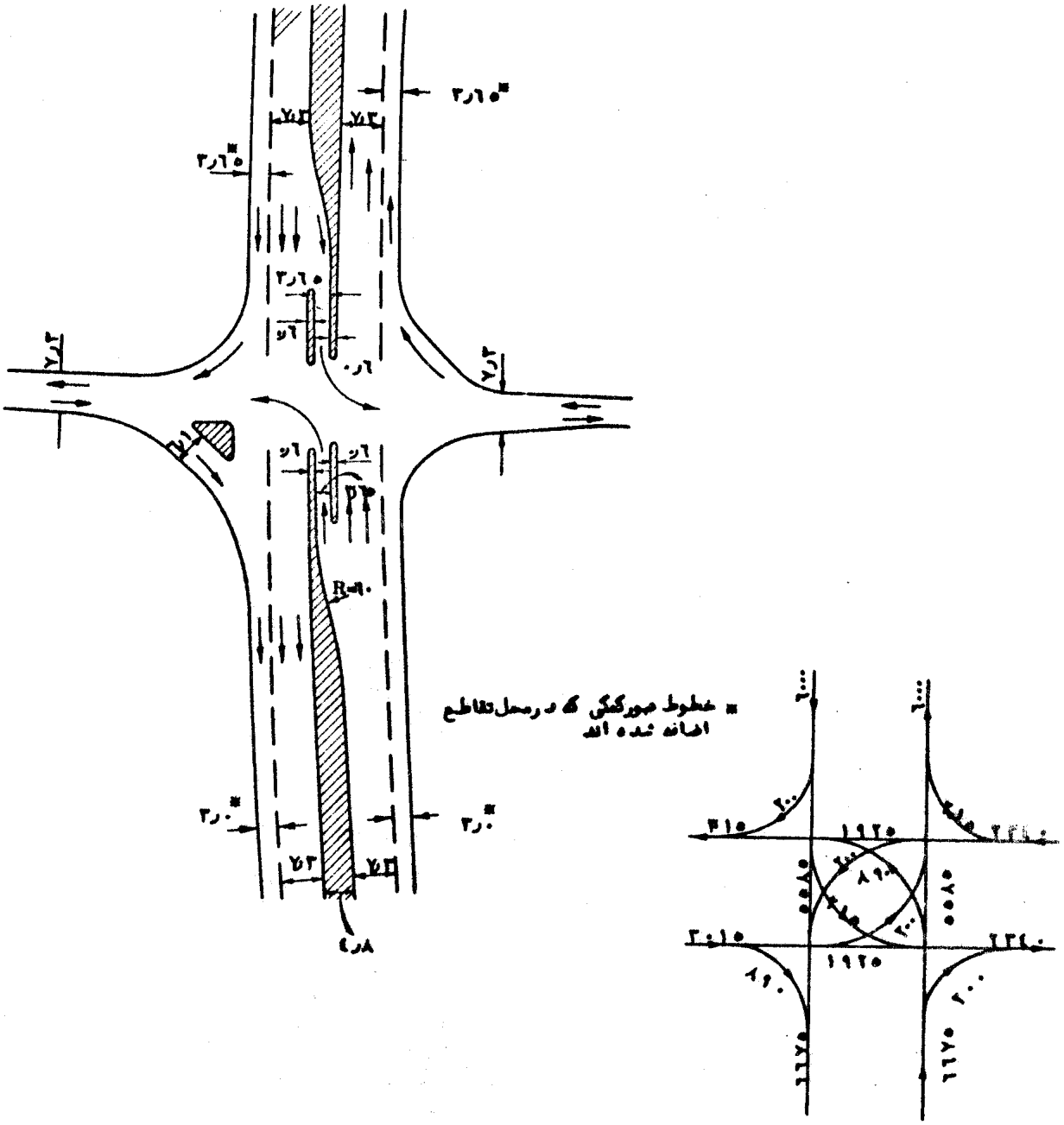
(ب)

شکل ۳۸. تقاطع چهارراه، هدایت شده، با استاندارد بالا

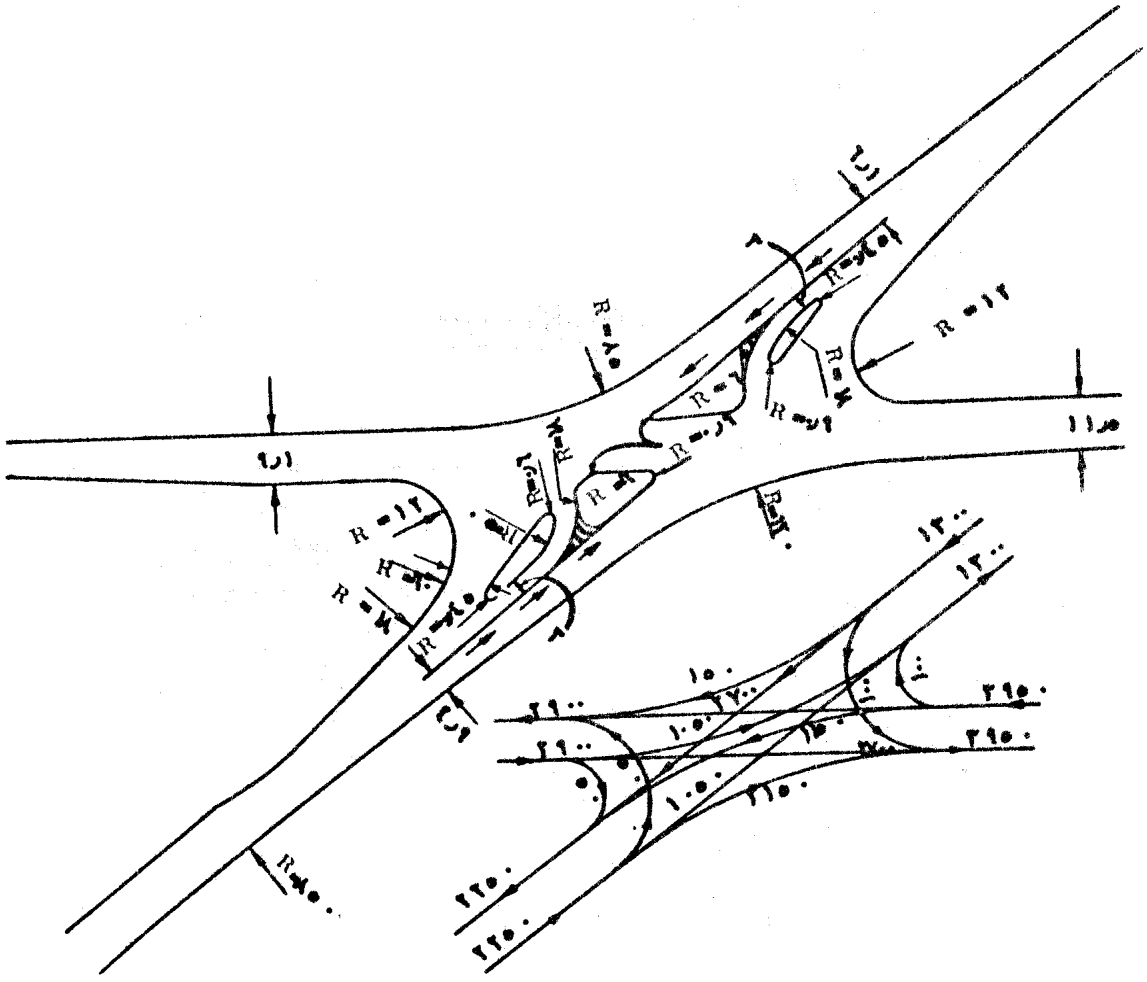


متوسط آمد و شد روزانه

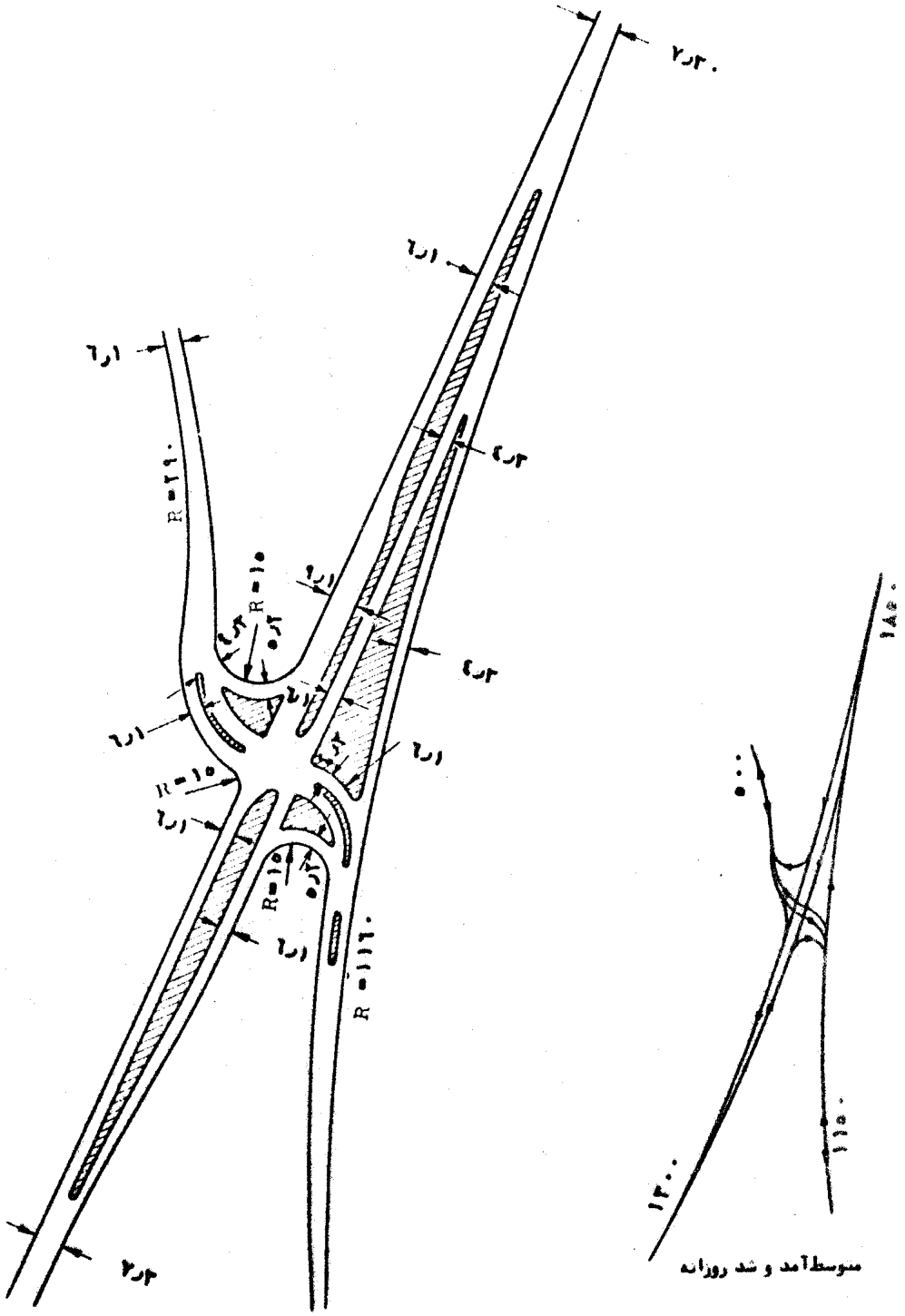
شکل ۳۹. چهارراه موجود، هدایت‌کننده، با جزایر تقسیم‌کننده



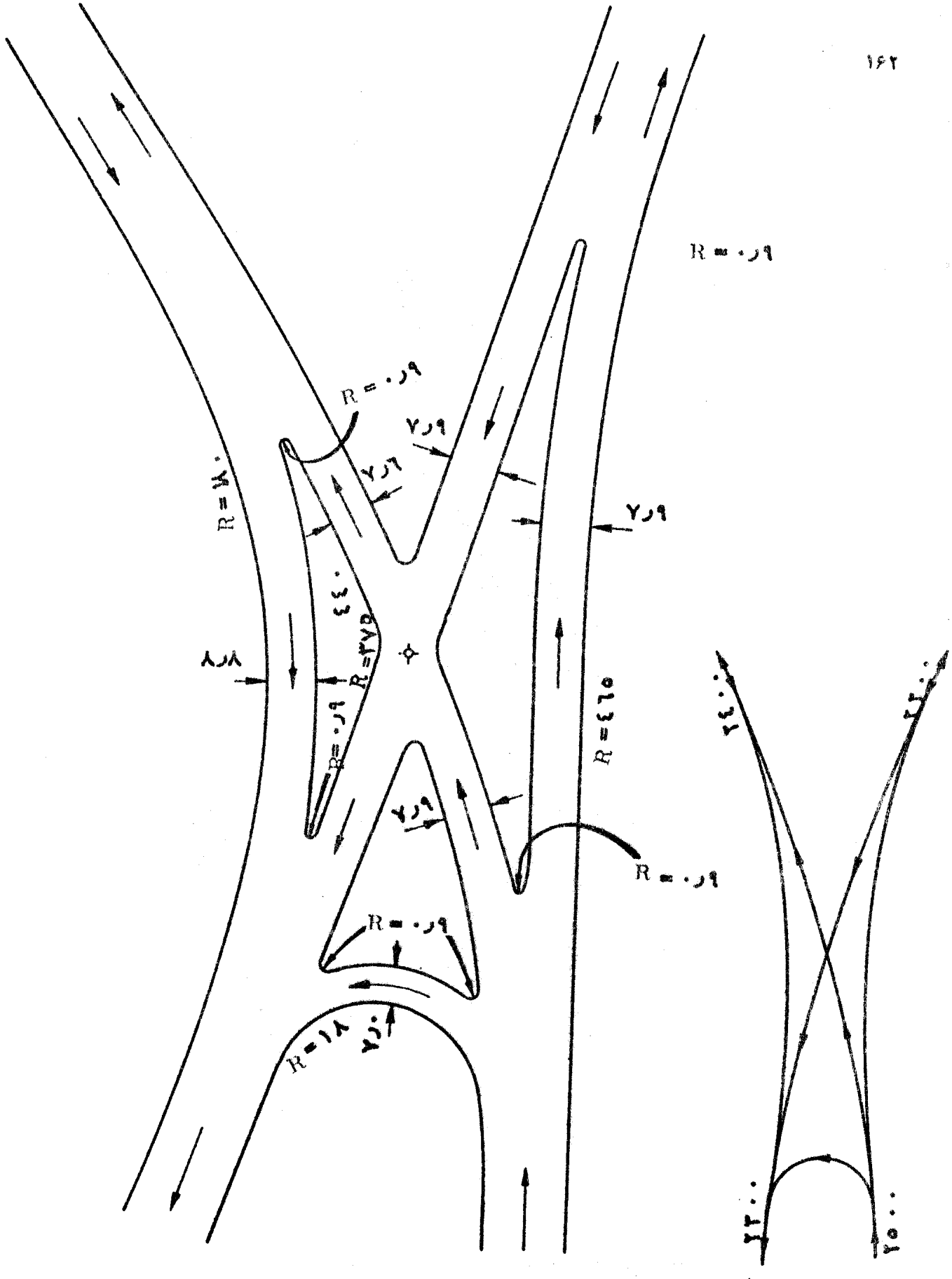
شکل ۴۰. چهارراه موجود، هدایت‌کننده، با خطوط عبوری مجاور میانی



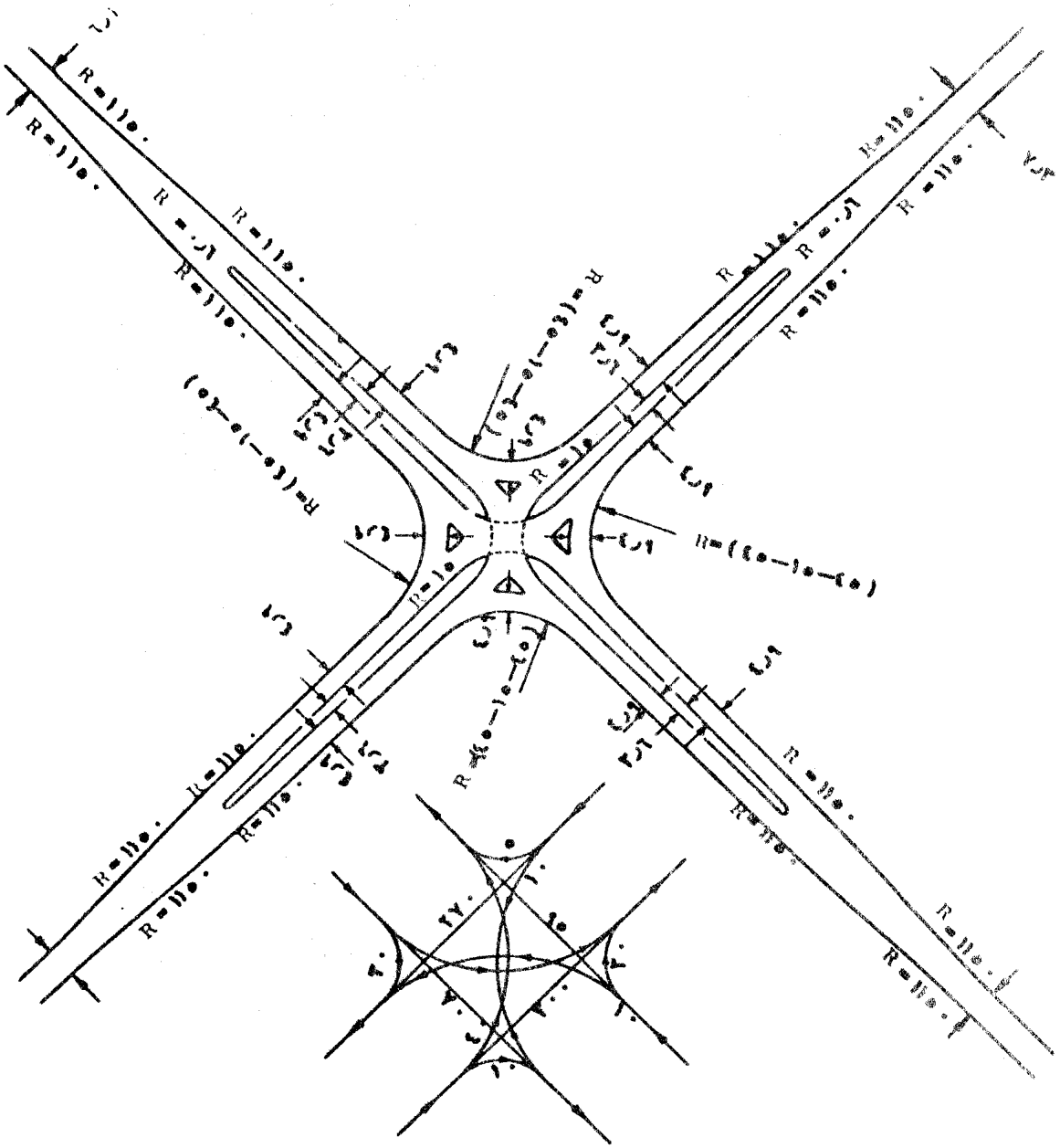
شکل ۴۱. چهارراه موجود، هدایت‌کننده، راههای دوخطه



شکل ۴۲. چهارراه موجود، هدایت‌کننده، **راههای دوخطه**

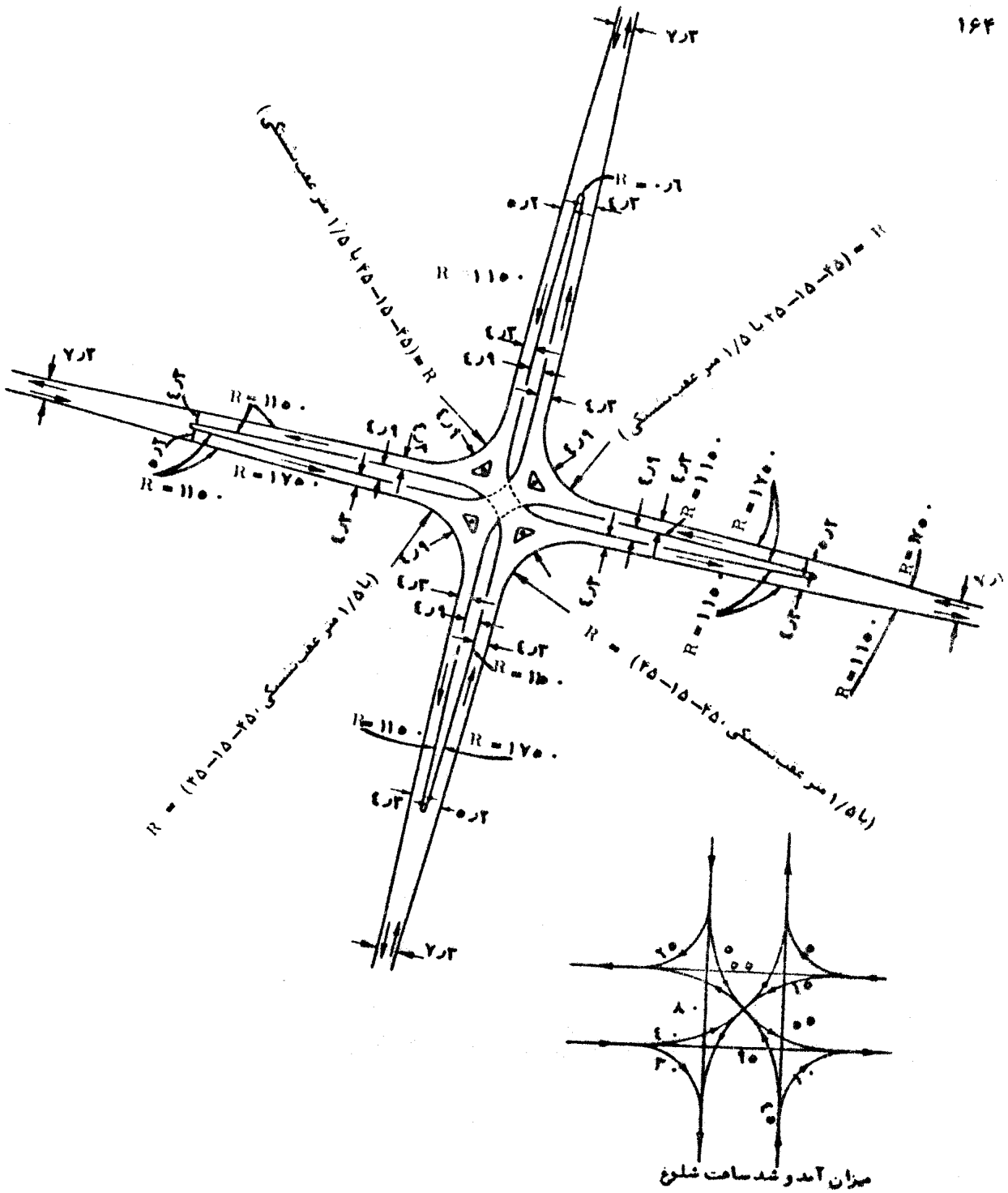


شکل ۴۲. چهارراه موجود، هدایت‌کننده

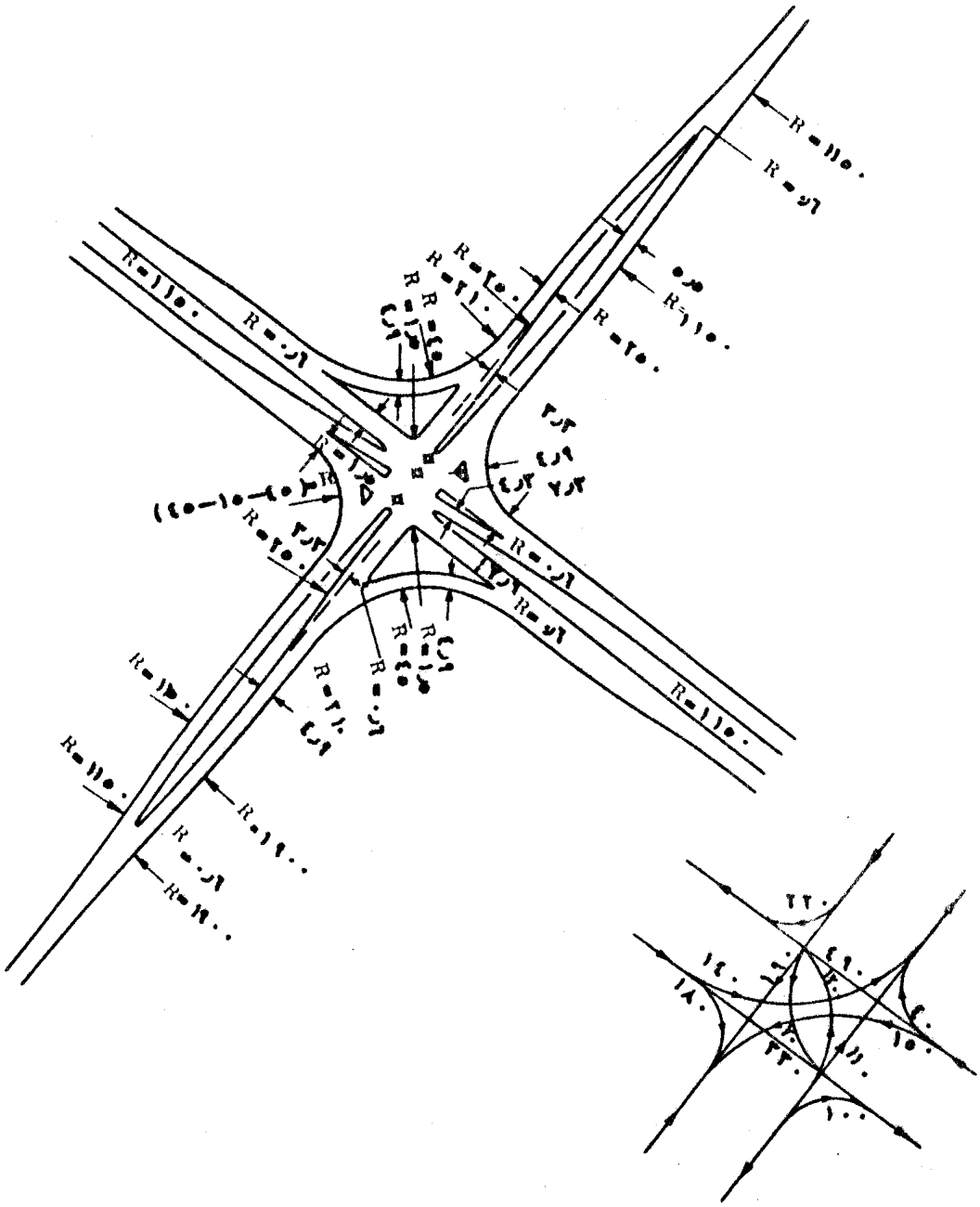


مقدار آمد و شد ساعت شلوغ

شکل ۴۴. چهاراه موجود، هدایت‌کننده، با جزایر تقسیم‌کننده



شکل ۴۵. چهارراه موجود، هدایت‌کننده، با جزایر تقسیم‌کننده



مقدار آمد و شد ساعت شلوغ

شکل ۴۶. چهارراه موجود، هدایت‌کننده، راههای جدا شده

چند شاخه را نشان می‌دهد. در این طرح، شاخه قطری در فاصله کافی از محل تقاطع اصلی به‌طرف راه بالایی تغییر مسیر داده‌می‌شود، به‌طوری‌که تقاطع شش‌شاخه به یک چهارراه و یک سه‌راه تبدیل می‌گردد.

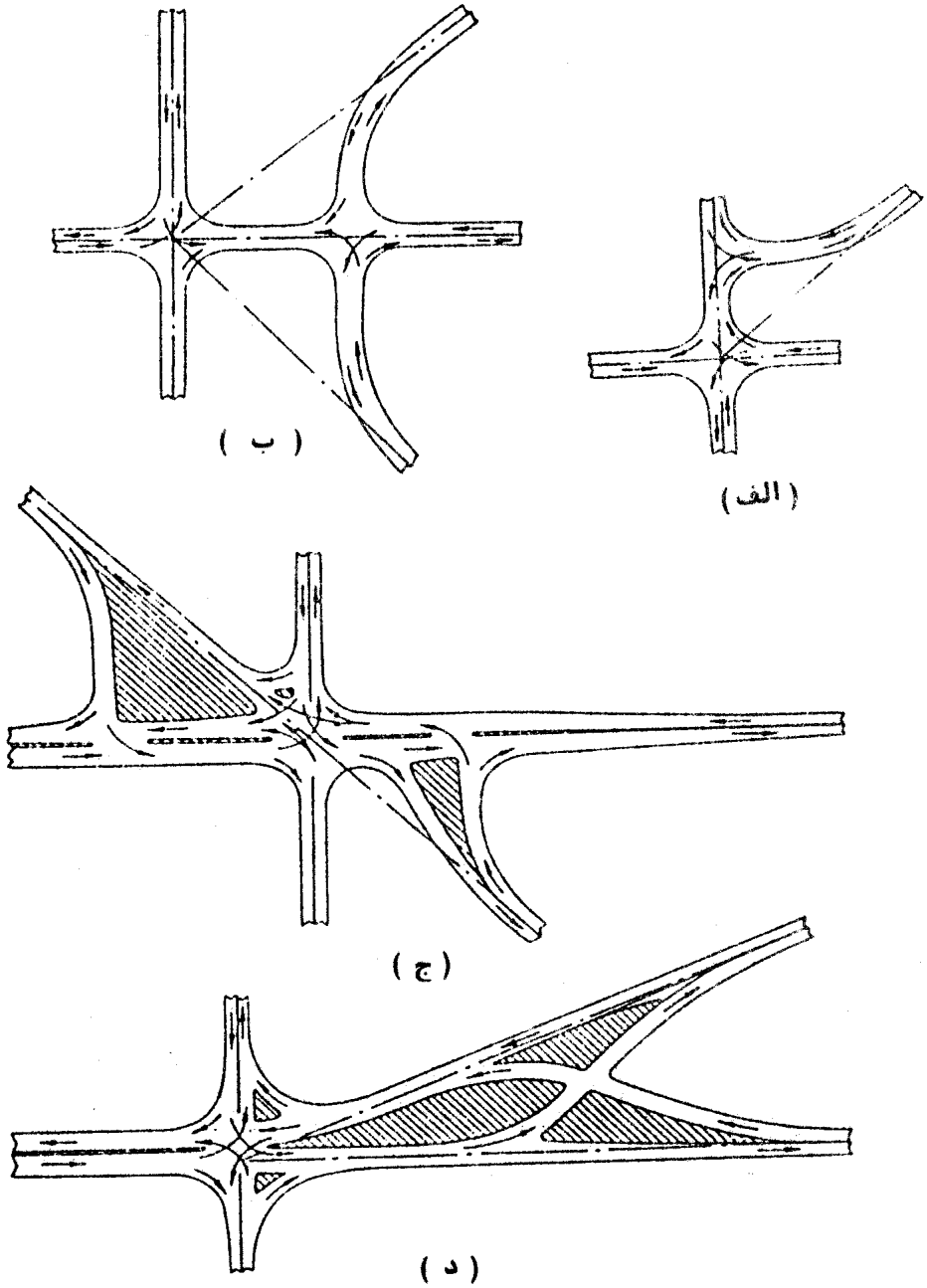
شکل ۴۷ـ ب یک تقاطع شش‌شاخه را نشان می‌دهد که امتداد دوشاخه از آن‌طوری تغییر داده شده‌است که در فاصله حدود ۱۰۰ متری تقاطع اولیه، یک چهارراه جدید به‌وجود آمده‌است. این طرح برای شرایطی مناسب است که راه پایین به بالا (در سمت چپ) اصلیترین راه باشد. در صورتی که راه چپ به راست اصلیترین راه باشد، بهتر است که دو راه قطری تقاطع به‌طرف راه فرعی خم شوند به طوری که دو سه راهی جدید در راه فرعیتر (راه بالا به پایین)، یکی در بالا و دیگری در پایین تقاطع اولی، به‌وجود آید. بدین‌ترتیب، تقاطع ۶ شاخه اولی به یک چهارراه و دو سه‌راه در امتداد راه فرعی، تبدیل شده‌است. طرحهای نشان داده شده در شکلهای ۴۷ـ الف و ۴۷ـ ب ساده‌ترین طرحها هستند و ممکن است راههای ویژه گردش، جزایر جداکننده و غیره ـ با توجه به موقعیت و نیاز ـ در طرح درنظر گرفته شود.

شکل ۴۷ـ ج یک‌تقاطع شش‌شاخه را نشان‌می‌دهد که در آن، شاخه‌های قطری به‌طرف شاخه‌های قطری به‌طرف شاخه‌های‌افقی تغییر مسیر داده‌شده و مسیرهای رفت و برگشت با کمک‌جزایر هدایت‌کننده از هم جدا شده‌اند. در این طرح، شاخه‌های قطری برای خروج آمد و شد از تقاطع در نظر گرفته شده‌اند و آمد و شد نزدیک شونده به تقاطع به تقاطعهای فرعی که در دو طرف تقاطع اصلی به‌وجود آمده‌اند، هدایت شده‌است. در مناطق درونشهری، طرحهای مشابه بالا همراه با هماهنگ کردن چراغهای راهنما در هر سه تقاطع، عملکرد مطلوبی داشته‌است.

شکل ۴۷ـ د تقاطع پنج شاخه‌ای را نشان می‌دهد که در آن، دو شاخه از تقاطع که زاویه بین آنها کوچک است به‌کمک جزایر هدایت‌کننده در هم ادغام شده و یک راه جدا شده را در محل تقاطع به‌وجود آورده‌اند.

۴ـ۷. اثر چراغ راهنما

بیشتر تقاطعهایی که قبلا "مورد بحث قرار گرفته‌اند، هم به‌وسیله علامت "ایست" و هم به‌وسیله چراغ راهنما قابل کنترل هستند. در تقاطعهایی که به چراغ راهنما نیازی ندارند، معمولا "عرض روسازی (تعداد خطوط عبور) تا محل تقاطع تغییر نمی‌کند ولی ممکن است در مواردی به خط تغییر سرعت، خطوط میانی و یا روسازی لچکی نیاز باشد. در شرایطی که آمد و شد آن‌قدر هست که به چراغ راهنما نیاز باشد، معمولا "باید یک یا دو خط عبور به تعداد خطوط عبور در محل‌تقاطع اضافه‌شود. در شرایطی که مقدار آمد و شد در شاخه‌های تقاطع به حدود گنجایش شاخه تقاطع (گنجایش در شرایط‌آمد و شد پیوسته در یک قطعه معمولی راه بدون تقاطع) می‌رسد، برای عبور این آمد و شد در محل تقاطع باید تعداد خطوط عبور در محل تقاطع را به دو برابر افزایش داد.



شکل ۴۷. تقاطع چند راهه

طرح صحیح یک تقاطع که به سیستم چراغ راهنما نیاز دارد ،فقط با تجزیه و تحلیل توأم طرح هندسی و گنجایش و مقدار آمد و شد ساعت طرح و سیستم کنترل ، امکانپذیر است .

۸. تقاطعهای میدانی (فلکه‌ها)

۸–۱. کلیات

فلکه یکی از شکلهای خاص تقاطعهای همسطح است . معیارها و اصول کلی طرح در بخش اول این دستورالعمل شرح داده شده‌است و در اینجا فقط اجرای خاص مربوط به فلکه مورد بررسی قرار خواهد گرفت . در شکل ۴۸ ، اجرای فلکه آورده شده‌است .

۸–۲. مزایا و معایب فلکه‌ها

فلکه (یا تقاطع میدانی) نسبت به تقاطعهای همسطح با همان حدود گنجایش مزایای زیادی دارد ،ولی در عین‌حال دارای معایبی است که کاربرد آن را محدود می‌کند .

۸–۲–۱. مزایا

الف) در فلکه‌ها آمد و شد به‌طور یکنواخت برای تمام جهات ، بدون توقف و با سرعت کم انجام می‌گیرد و معمولا "در مقدار کم آمد و شد تأخیر ناچیز است .

ب) در فلکه‌ها برخورد مستقیم وجود ندارد و حرکتها با آمد و شد ضربدری انجام می‌گیرد و آمد و شد ورودی و خروجی با راویه کوچکی انجام می‌شود . تصادفها و برخوردهایی که در فلکه‌ها پیش می‌آید ، شدید نیست و مقدار صدمه به خودروها معمولا "کم است .

ج) تمام گردشها (به چپ و به‌راست) به‌وسیله آمد و شد ضربدری به‌راحتی و با پیمودن مسافت بیشتری (نسبت به تقاطعهای معمولی) انجام می‌شود .

د) طرح فلکه ، بویژه برای تقاطعهای چندین شاخه (پنج شاخه و بیشتر) مناسب است .

هـ) هزینه احداث فلکه‌ها نسبت‌به تقاطعهای غیرهمسطحی که تمام گردشها را تأمین می‌کند کمتر است ؛ البته ، گنجایش فلکه‌ها نیز معمولا "از تقاطعهای غیرهمسطح کمتر است .

۸–۲–۲. معایب

الف) گنجایش یک‌فلکه معمولا "از یک‌تقاطع همسطح با راهها و جزایر جداکننده بیشتر نیست . در بعضی موارد که فلکه‌ها به تقاطع همسطح با راههای جداکننده و جزایر هدایت‌کننده تغییر شکل داده شده ، عملکرد آمد و شد بهبود یافته است .

ب) یک فلکه در شرایطی که مقدار آمد و شد در دو شاخه (یا بیشتر) از آن به‌طور همزمان به حدود گنجایش می‌رسد ، عملکرد خوبی ندارد (بویژه در شاخه‌های ۴ خطه یا بیشتر) .

ج) یک فلکه معمولا " به فضا و هزینه بیشتری نسبت به تقاطعهای معمولی نیاز دارد .

د) به‌علت فضای بزرگ مورد نیاز برای طرح یک فلکه ، معمولا "ایجاد فلکه در محلهای شلوغ عملی نیست .

هـ) ایجاد فلکه به زمین مسطح بزرگی نیاز دارد و بنابراین ، در بعضی از مناطق ،به‌دلیل شرایط پستی و بلندی ، ایجاد فلکه امکانپذیر نیست .

و) ایجاد فلکه برای محلهایی که تعداد عابران پیاده زیاد است ، مناسب نیست . در بعضی از فلکه‌ها ، عبور و مرور عابران پیاده به‌وسیله چراغ راهنما در شاخه‌های فلکه کنترل می‌شود ؛ در این حالت ، خاصیت اصلی فلکه که تضمین پیوستگی حرکت پیوسته آمد و شد (بدون چراغ راهنما) است ،از بین می‌رود .

ز) در شرایطی که راههای تقاطع دارای سرعت طرح بالایی هستند ، فلکه باید بسیار بزرگ طرح شود تا آمد و شد ضربدری در بین شاخه‌های مختلف به راحتی انجام شود . فلکه‌های بزرگ باعث افزایش طول مسیر خودروها ـ بویژه خودروهای چپگرد ـ می‌شوند و زمان گرفته‌شده برای طی این افزایش طول مسیر ممکن است از مقدار تأخیر در تقاطعهای دارای راههای جدا شده مشابه بیشتر باشد .

ح) برای عملکرد صحیح ،فلکه به علایم متعددی نیاز دارد که مناسب روز و شب باشد . ممکن است در بعضی موارد ، این علایم راهنما رانندگانی را که به فلکه آشنا نیستند ، سر در گم کند ، سیستم روشنایی در فلکه مطلوب است و منظره‌سازی فلکه و اطراف آن نیز کار لازمی است . هزینه‌های یاد شده برای ایجاد فلکه ،روشنایی ،علایم ،منظره‌سازی و غیره ، باید با هزینه ایجاد تقاطع معمولی با راههای جداکننده که دارای عملکرد مشابهی است ، مقایسه شود و مناسبترین راه‌حل انتخاب گردد .

ت) ساختن فلکه به‌صورت مرحله‌ای در سالهای مختلف عملی نیست و طرح نهایی باید در همان ابتدا اجرا شود .

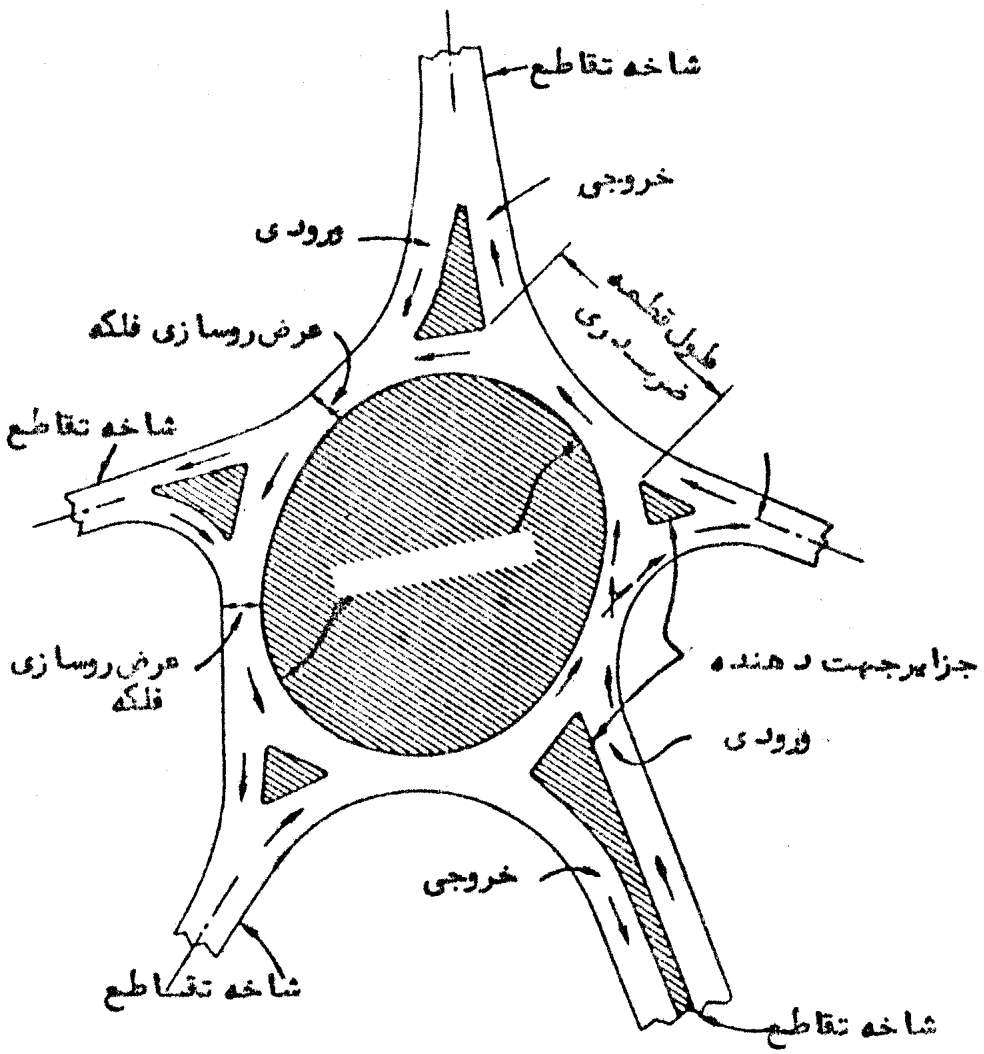
۸ـ۳ـ طرح *اجزای* فلکه

به‌طور کلی ، فلکه برای انواع وسایل نقلیه و انواع راهها قابل انطباق و طرح است . به‌نظر می‌رسد که جمع کل آمد و شدی که می‌تواند از یک فلکه عبور کند ، حدود ۳۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت برای فلکه‌های با استاندارد بالاست .

شکل کلی فلکه را نمی‌توان به‌صورت استاندارد معینی درآورد ، بلکه هر نوع فلکه باید به‌طور مستقل طراحی شود . اصول و معیارهایی که در بخش اول این دستورالعمل آورده‌شده‌اند ، درمورد اجزای فلکه مصداق دارند ؛ در زیر ، اجزایی که در بخش اول مورد بحث قرار نگرفته‌اند ، شرح داده می‌شوند:

۸ـ۳ـ۱ . سرعت آمد و شد در فلکه

در فلکه‌ها ،وسایل نقلیه باید با سرعتهای تقریبا "یکنواخت حرکت کنند تا بتوانند حرکتهای ضربدری، همگرا و واگرا را در محلهای تلاقی شاخه‌های فلکه انجام دهند ؛ ابتدا باید سرعت طرح فلکه انتخاب شود و سپس اجزای مختلف برمبنای سرعت انتخاب‌شده طرح شوند . سرعت طرح باید با توجه به سرعت راههایی انتخاب‌شود که به فلکه ختم می‌شوند . از نظر ایمنی ،کاهش زیاد سرعت آمد و شد راه در محل تقاطع صحیح نیست و ، از طرف دیگر ، انتخاب سرعت بالا برای طرح فلکه موجب بزرگ شدن ابعاد فلکه و در نتیجه افزایش هزینه آن می‌شود و ضمنا " افزایش طول مسیر حرکت آمد و شد در فلکه را نیز به همراه دارد .



شکل ۴۸ . اجزای تقاطع فلکه‌ای

تجربه نشان داده است که در مناطق درونشهری ، برای راههای با سرعت طرح تا ۶۵ کیلومتر در ساعت ، سرعت طرح ۲۵ تا ۴۰ کیلومتر در ساعت برای فلکه مناسب است .

برای راههای برونشهری با سرعت طرح ۵۰ تا ۶۵ کیلومتر در ساعت ، سرعت طرح فلکه درحدود سرعت متوسط حرکت آمد و شد یعنی حدود ۴۵ تا ۵۵ کیلومتر در ساعت و یا کمی کمتر یعنی در حدود ۴۰ تا ۵۰ کیلومتر در ساعت مناسب است .

برای راههای دارای سرعت طرح بیش از ۶۵ کیلومتر در ساعت ، سرعت طرح فلکه نسبت به سرعت طرح راه ، ناگزیر باید کمتر انتخاب شود تا اندازهٔ فلکه بیش از حد بزرگ نشود . به همین دلیل است که کاربرد فلکه برای راههای جدید که سرعت طرح بالایی دارند ، بسیار محدود شده است .

۸–۳–۲ . طول قطعه ضربدری

همان طور که در شکل ۴۸ نشان داده شده است ، طول قطعه ضربدری عبارت است از فاصله بین دو انتهای جزایر جهت دهنده . طول هر قطعه با آمد و شد ضربدری در فلکه باید مستقلا "محاسبه شود . جزئیات محاسبه طول قطعه ضربدری و مقدار آمد و شد آن در *معیارهای تعیین گنجایش راهها*[1] داده شده است .

در جدول ۱۰ ، رابطه بین طول قطعه ، متوسط سرعت حرکت و مقدار آمد و شد ضربدری داده شده است . عرض قطعه با آمد و شد ضربدری در قسمتهای بعدی آورده شده است .

جدول ۱۰ . رابطه بین مقدار آمد و شد ضربدری و طول قطعه برای سرعتهای مختلف

طول قطعه با آمد و شد ضربدری (متر)	مقدار آمد و شد ضربدری* (وسیله نقلیه در ساعت)	
	متوسط سرعت حرکت ۵۰ کیلومتر در ساعت	متوسط سرعت حرکت ۶۵ کیلومتر در ساعت
۳۰	۷۵۰	۳۵۰
۶۰	۱۱۰۰	۶۰۰
۹۰	۱۳۵۰	۷۵۰
۱۲۰	۱۶۰۰	۹۰۰
۱۵۰	۱۷۵۰	۱۰۵۰
۱۸۰	۱۹۰۰	۱۲۰۰

* معمولا "برای طرح فلکه‌ها ، سرعت حرکت ۵۰ کیلومتر در ساعت انتخاب می‌شود .

1. Highway Capacity Manual, Special Report 74

متوسط سرعت حرکت در فلکه در شرایطی که مقدار آمد و شد در حدود گنجایش است متفاوت می‌باشد ولی حدود آن غالبا" ۳۰ کیومتر در ساعت است .

از جدول ۱۰ اهمیت طول قطعه ضربدری در رابطه‌با گنجایش قطعه به‌خوبی پیداست . به‌عنوان مثال ، یک‌قطعه با آمد و شد ضربدری به‌طول ۱۸۰ متر ، گنجایشی حدود ۲ تا ۳ برابر یک قطعه ضربدری به‌طول ۳۰ متر دارد .

علاوه بر اصول و معیارهای بالا ، طول قطعه دارای آمد و شد ضربدری باید به‌گونه‌ای طرح شود که یک خودرو بتواند در آمد و شد کم بر سرعت طرح ، تغییر مسیر لازم‌را در طول‌قطعه ضربدری بدهد (حرکت جانبی در حدود ۶ متر و یا به‌مدت ۴ ثانیه) . حداقل طول لازم قطعه دارای آمد و شد ضربدری به منظور تأمین فرصت کافی برای انجام حرکت جانبی ذکر شده ، در جدول ۱۱ داده شده است . در این جدول ، حداقل طول پیشنهادی برای قطعه دارای آمد و شد ضربدری ، برابر فاصله‌ای‌است که خودرو با سرعت طرح در مدت ۴ ثانیه طی می‌کند .

جدول ۱۱ . حداقل طول پیشنهادی برای قطعات دارای آمد و شد ضربدری در فلکه‌ها

سرعت طرح فلکه (کیلومتر در ساعت)	حداقل طول قطعه دارای آمد و شد ضربدری (متر)
۴۰	۴۵
۵۰	۵۵
۶۰	۶۷
۶۵	۷۳

۸-۳-۳ . جزیره مرکزی

شکل و طرح جزیره مرکزی به‌وسیله سرعت طرح فلکه ، تعداد و محل شاخه‌های تقاطع و طول لازم برای قطعه دارای آمد و شد ضربدری تعیین می‌شود . برای هر شاخه ورودی و خروجی به فلکه ، می‌توان موقعیت و محلهای مختلفی را انتخاب کرد که در نتیجه ، بنا به نحوه انتخاب این محلها ، شکل و طرح جزیره مرکزی تعیین می‌شود . جزیره مرکزی باید طوری طرح شود که فلکه دارای حداقل قطعات با آمد و شد ضربدری باشد ؛ در ضمن ، شعاع قوسها باید به‌گونه‌ای باشد که تأمین حرکت آمد و شد با سرعت‌طرح پیشنهادی برای فلکه عملی باشد . موقعیت محل فلکه در تعیین شکل فلکه نیز موءثر است .

جزیره مرکزی را می‌توان دایره‌ای شکل انتخاب نمود که در این صورت ، سطح جزیره حداقل ممکن است . جزیره دایره‌ای شکل برای شرایطی مناسب است که طول قطعات دارای آمد و شد ضربدری

تقریبا "با هم برابر بوده، و مقدار آمد و شد شاخه‌های مختلف نیز تقریبا "یکسان است. ولی غالبا" انتخاب شکل دایره‌ای، به‌دلیل برابر نبودن مقدار آمد و شد ساعت طرح در شاخه‌های مختلف و با عوامل دیگر، امکان‌پذیر نیست و جزیره مرکزی شکلی غیر از دایره دارد.

۸-۳-۴. روسازی فلکه

روسازی فلکه، روسازی یکطرفه‌ای است که در قسمت‌بیرونی فلکه قرار دارد. این روسازی در محل برخورد ورودیها و خروجیها عریضتر می‌شود ولی معمولا "حداقل عرض روسازی در تمام قطعات دارای آمد و شد ضربدری برابر است. این حداقل عرض، "عرض روسازی فلکه" نامیده می‌شود (شکل ۴۸). در شرایطی که در ساعت شلوغ آمد و شد، مقدار آمد و شد در قطعات مختلف متفاوت است، طول قطعات دارای آمد و شد ضربدری ممکن است مساوی نباشد. ترکیب طول قطعه ضربدری و عرض روسازی فلکه، گنجایش فلکه را تعیین می‌کند (به دستورالعمل تقاطعهای غیرهمسطح مراجعه شود).

عرض روسازی فلکه باید حداقل برابر عرض روسازی دو خط عبور ۳/۶۵ متری باشد. معمولا"، حداقل عرض باید برابر یا بیشتر از حاصل‌جمع نصف عرض پهنترین شاخه فلکه به‌علاوه ۳/۶۵ متر (عرض یک‌خط عبور) باشد. حداکثر عرض روسازی فلکه در مناطق برونشهری معمولا "برابر با عرض چهار خط عبور انتخاب می‌شود، زیرا عرض بیشتر باعث سرگردانی خودروها و کاهش ایمنی در ساعات خلوت است و در ضمن، با افزایش تعداد خطوط به بیش از ۴ خط، افزایش نسبی گنجایش تقاطع ناچیز است.

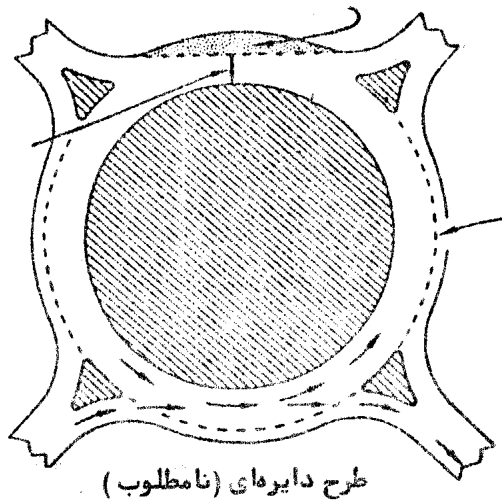
مقدار C (مخرج رابطه تعیین تعداد خطوط عبور در قطعات‌ضربدری) که برای راههای مختلف بین ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ خودرو معادل سواری در ساعت است، برای فلکه‌ها حدود ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ معادل سواری می‌باشد. در فلکه‌هایی که استاندارد بالایی دارند و تعداد وسایل نقلیه سنگین در آن بسیار کم است، می‌توان مقدار C را تا ۱۲۰۰ معادل خودرو سواری انتخاب کرد. در شکل ۴۹، دو طرح قطعات دارای آمد و شد ضربدری در فلکه‌ای نشان داده شده‌است که جزیره مرکزی آن دایره‌ای شکل است.

امتدادهای روسازی فلکه باید طوری باشد که وسایل نقلیه بتوانند به راحتی و بدون روبه‌رو شدن با یک قوس معکوس تیز، از یک طرف به طرف دیگر بروند و خودروهای راستگرد در قطعه ضربدری از مسیر خود استفاده کنند. به‌طور مثال، در شکل ۴۹-الف به‌دلیل طرح نامطلوب امتداد حرکت آمد و شد، قسمتی از روسازی فلکه عملا "مورد استفاده خودروها قرار نمی‌گیرد.

۸-۳-۵. ورودیها و خروجیها

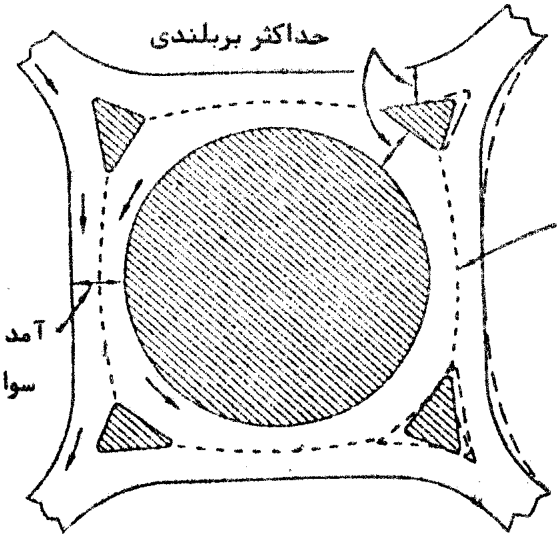
سرعت آمد و شد ورودیها باید از نظر ایمنی حدود سرعت آمد و شد فلکه باشد. خروجیها باید سرعت طرحی حداقل برابر سرعت طرح فلکه داشته باشند. در صورت امکان، برای خروج سریع خودروها از فلکه، بهتر است سرعت طرح خروجیها بیشتر از سرعت طرح فلکه انتخاب شود.

این سطح به مقدار کمی مورد استفاده خودروها قرار گرفته‌است



طرح دایره‌ای (نامطلوب)

(الف)



طرح با محیط خارجی مربعی شکل

(ب)

شکل ۴۹. شکل قطعات دارای آمد و شد ضربدری در فلکه‌ها

۸–۳–۶. جزایر جهت‌دهنده

عملکرد جزایر جهت‌دهنده برای هدایت آمد و شد در محل خروجیها و ورودیهاست. ابعاد و طرح هندسی جزایر جهت‌دهنده در بخش اول این دفتر آورده شده‌است.

۸–۳–۷. مقطع عرض روسازی

مقاطع عرضی که در بخش اول این دفتر برای خطوط گردش در محل تقاطعها آورده شده‌است، برای فلکه‌ها نیز به‌کار برده می‌شود. در شکل ۵۰، روش متداول اعمال شیبهای عرضی در فلکه‌ها نشان داده شده‌است.

در جدول زیر، مقادیر حداکثر تغییر شیب در نقطه شکست (تاج) شیب عرضی دو طرف روسازی برای سرعتهای طرح فلکه آورده شده‌است.

سرعت طرح روسازی فلکه (کیلومتر در ساعت)	حداکثر اختلاف جبری دوشیب عرضی در محل تاج مقطع روسازی
۴۰ تا ۵۰	۶% تا ۷%
۵۵ تا ۶۵	۵% تا ۶%

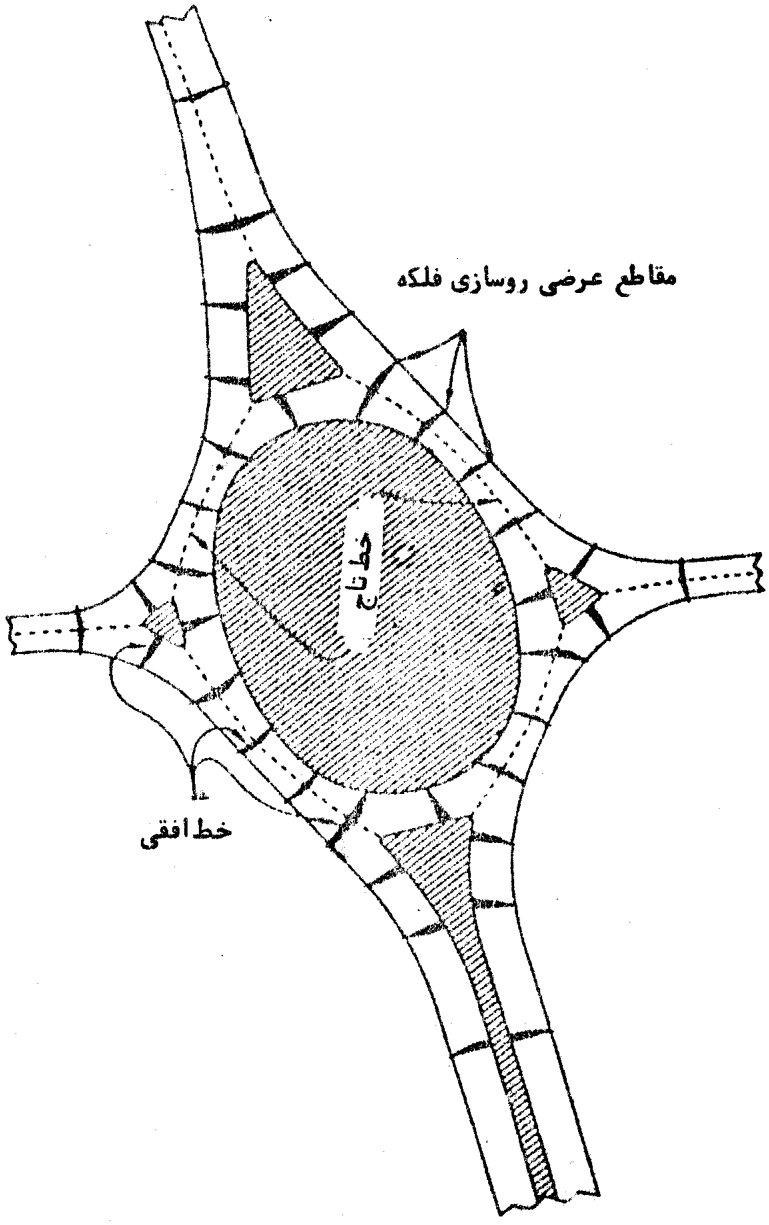
۸–۳–۸. فاصله دید و شیب

فاصله دید در هر شاخه تقاطع تا نقطه شروع جزایر هدایت‌کننده باید حداقل برابر فاصله توقف خودرو طرح در سرعت طرح همان شاخه باشد. بهتر است که فاصله دید در هر شاخه از ۱۸۰ متر کمتر نباشد و برای شاخه‌های با سرعت طرح بالا حتی کمی بیش از ۱۸۰ متر در نظر گرفته شود.

شیبها در تمام قسمتهای فلکه باید حداقل ممکن انتخاب شوند؛ مطلوب آن است که حداکثر شیب از ۳% تجاوز نکند.

۸–۳–۹. جداول و شانه‌ها

در تمام فلکه‌ها، جزیره مرکزی و جزایر هدایت‌کننده برای هدایت آمد و شد، هدایت آب، افزایش دید و عوامل دیگر، باید جدول داشته باشند. جزایر هدایت‌کننده که برای هدایت مسیرهای آمد و شد در محل ورودیها و خروجیها به‌کار برده می‌شوند باید به‌خوبی قابل رویت بوده تا آنجا که ممکن است، قابل‌عبور باشند بجز در محل عبور عابر پیاده که باید غیرقابل‌عبور (بلند) انتخاب شوند. محیط خارجی فلکه نیازی به جدول ندارد و در صورت امکان، بهتر است برای ایستادن خودروهایی که در جستجوی مسیر خود هستند، شانه داشته باشد.



شکل ۵۰. شیبهای عرضی در تقاطع فلکه‌ای

۸ـ۳ـ۱۰ . منظره سازی

محدوده و جزیره میانی باید ظاهری زیبا داشته باشد و با محیط اطراف خود هماهنگ باشد . چمن و سبزه‌کاری و درختکاری (درختهایی‌که باعث کاهش‌دید نمی‌شوند) در جزیره مرکزی و جزایر هدایت‌کننده و اطراف فلکه باعث‌افزایش زیبایی فلکه‌می‌شوند و ،همچنین ، رانندگان را از نزدیک شدن به فلکه آگاه می‌سازند .

۸ـ۳ـ۱۱ . علایم کنترل آمد و شد

علایم اخباری و هدایت‌کننده که از رنگهای منعکس‌کننده نور ساخته می‌شود تا هم در روز و هم در شب قابل استفاده باشد ، برای کنترل آمد و شد فلکه ضروری است . در صورت امکان ، بهتر است علایم راهنمایی در شب روشن شوند .

۸ـ۴ . انواع و نمونه‌هایی از تقاطع میدانی (فلکه)

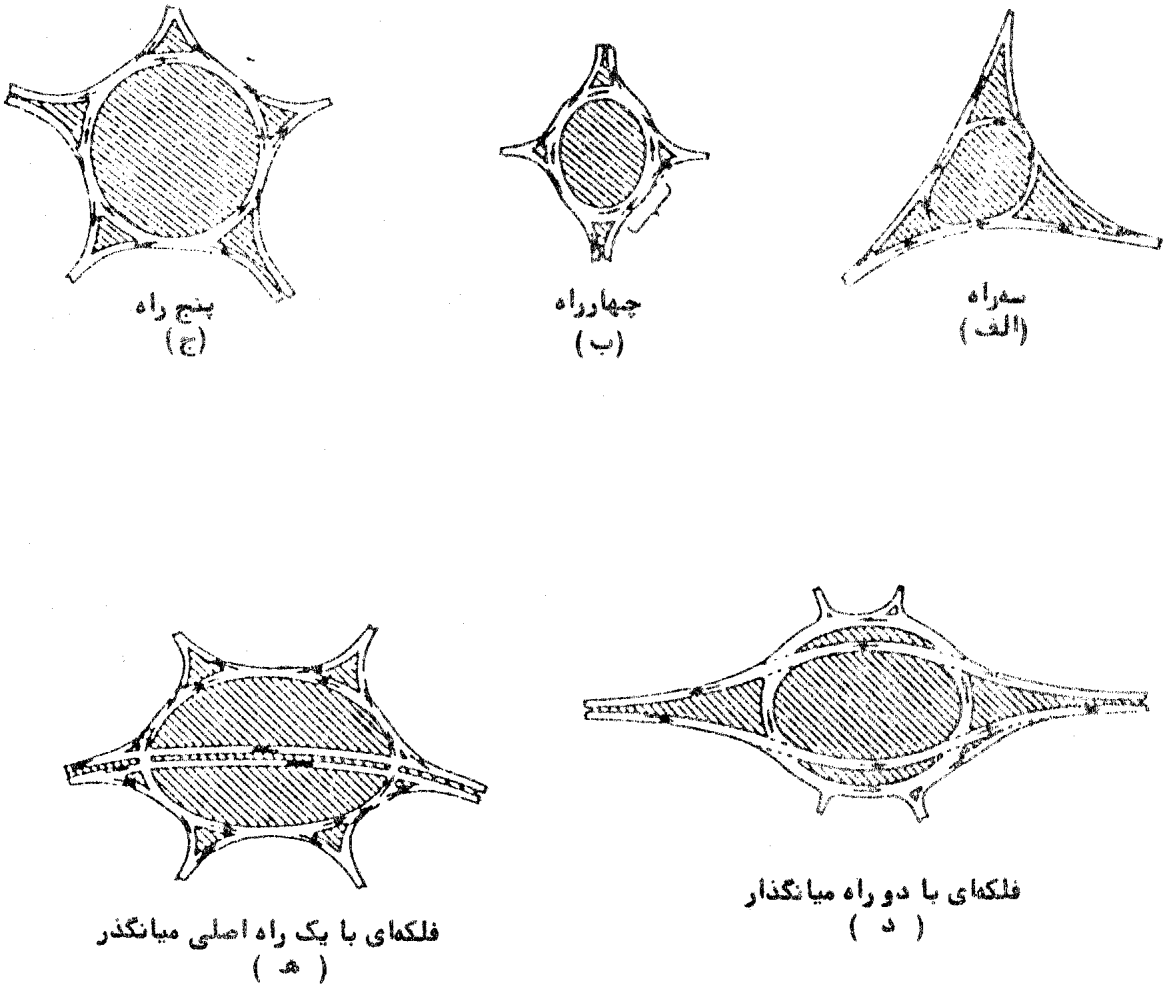
شکل ۵۱ انواع کلی شکل فلکه‌ها ،و شکل ۵۲ طرح یک‌فلکه موجود را نشان می‌دهد . شکل ۵۱ـالف طرح یک فلکه سه‌شاخه را نشان می‌دهد که به‌دلیل کاهش سرعت آمد و شد و افزایش فاصله طی شده توسط خودروها (در مقایسه با تقاطعهای دیگر) ، به‌ندرت به‌کار برده می‌شود .

شکل ۵۱ـب یک فلکه چهار شاخه را نشان می‌دهد . در انواع این‌فلکه ، معمولا "برای افزایش مقدار آمد و شد ،جزیره میانی در امتداد راه اصلی طویلتر طرح می‌شود . از به‌کار بردن قوس معکوس در لبه خارجی روسازی فلکه (خط‌چین نشان داده شده در شکل) باید اجتناب شود .

شکل ۵۱ـج طرح یک فلکه پنج‌شاخه را نشان می‌دهد . در این شکل ، جزیره مرکزی دایره‌ای است ، با وجودی که در عمل شرایط محل و آمد و شد ، جزیره مرکزی غیر دایره‌ای طویلی را ایجاب می‌کند .

شکل ۵۱ـد طرحی را نشان‌می‌دهد که ترکیبی از اصول و معیارهای‌فلکه و تقاطع هدایت‌کننده است . آمد و شد عبوری راه اصلی از میان فلکه می‌گذرد ، بدون آنکه وارد قطعات دارای‌آمد و شد ضربدری شود ؛ آمد و شد گردشی و آمد و شد راههای فرعی وارد راه بیرونی فلکه می‌شوند . تمام آمد و شد عبوری راههای فرعی و آمد و شد چپگرد باید آمد و شد عبوری راه اصلی را به کمک علامت "ایست" و یا چراغ راهنما قطع کنند . این طرح قادر است بااستفاده از چراغ راهنمای دو مرحله‌ای ، آمد و شد زیادی را از خود عبور دهد .

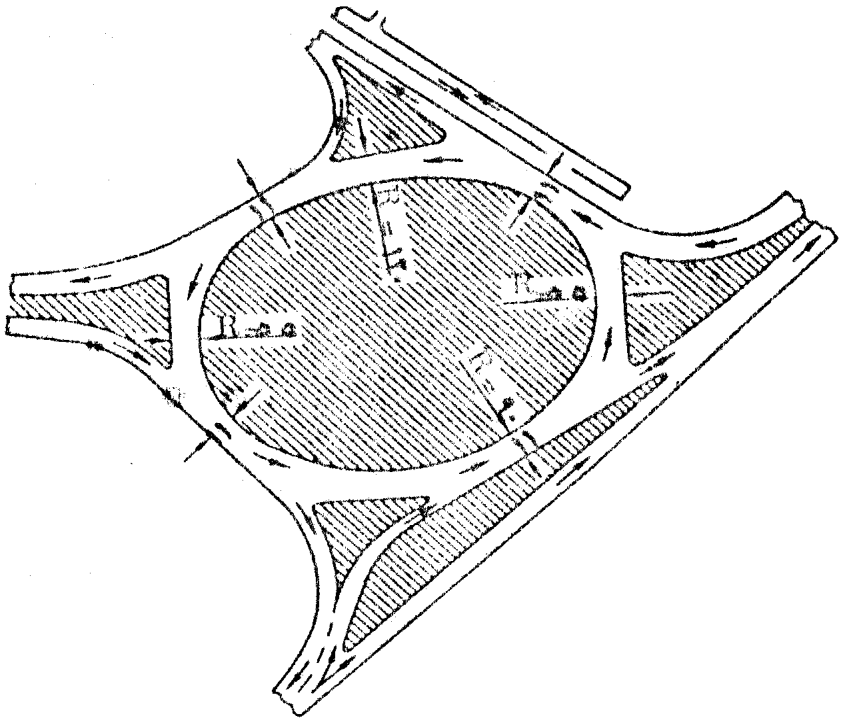
شکل ۵۱ـه طرحی را نشان می‌دهد که در آن ، راه عبوری اصلی مستقیما " از میان جزیره مرکزی عبور کرده‌است . تمام آمد و شد گردنده از راه اصلی به راههای فرعی ، از طریق گردش به راست به روسازی خطوط عبوری فلکه ، و تمام آمد و شد راههای فرعی وارد روسازی فلکه می‌گردد . مانند طرح



شکل ۵۱. نمونه‌هایی از تقاطع میدانی (فلکه)

بالا ، سیستم کنترل با علامت ایست و یا چراغ راهنما ضروری است .

شکل ۵۲ یک فلکه چهار شاخه را با یک راه کناری نشان می‌دهد که در یک منطقه کنار شهری قرار دارد . قوسهای تیز داده شده برای سرعتهای طرح ۴۰ تا ۵۰ کیلومتر در ساعت طرح شده‌است . طول قطعات‌دارای آمد و شد ضربدری از ۸۰ متر تا ۹۵ متر است ؛ این‌قطعات به‌گونه‌ای طرح شده‌اند که حداکثر استفاده از تمام روسازی بشود . شیب در اکثر نقاط از ۱٪ کمتر است . سرعت خروجی از فلکه برای راه سمت چپ ۸۰ کیلومتر در ساعت و برای راههای دیگر ۵۵ کیلومتر در ساعت در نظر گرفته شده‌است . سرعت آمد و شد راههای ورودی به فلکه به ۴۰ کیلومتر در ساعت محدود شده‌است .



شکل ۵۲. تقاطع چهارشاخه فلکه‌ای موجود با راه کناری

بخش سوم

تقاطعهای غیرهمسطح

۱. مقدمه

اگر تقاطع دو راه به‌صورت غیرهمسطح باشد، مقدار آمد و شدی که از آن می‌تواند عبور کند ممکن است برابر یا در حدود مجموع گنجایشهای دو راه متقاطع باشد. به‌کار بردن تقاطعهای غیرهمسطح به آمد و شد امکان می‌دهد که جریان پیوسته داشته باشد. استفاده از خطوط اتصالی برای گردشهای عبوری به راست و به چپ و به‌کار بردن تسهیلات لازم برای کاهش یا افزایش سرعت خودروها دور از خطوط آمد و شد اصلی، عبور کلیه آمد و شدها را از تقاطع با کمترین اختلال میسر می‌سازد.

تقاطع غیرهمسطح، نوع مبدل و طرح آن به عوامل زیادی بستگی دارد، لیکن مشخصه‌های طرح راه عوامل اصلی کنترل‌کننده هستندکه در *معیارهای طرح هندسی راههای اصلی* و فرعی آورده شده‌اند. حجم ساعت طرح، خصوصیات و ترکیب آمد و شد و سرعت‌طرح مهمترین عوامل در طرح‌تقاطعها هستند. در نظر گرفتن این عوامل مهم در طرح تقاطعها موجب می‌شود که گنجایش تقاطع برای عبور ایمن آمد و شد کافی باشد.

وضعیت پستی و بلندی زمین و وسعت حریم راه موجود غالبا "موءثرترین عوامل کنترل‌کننده در انتخاب نوع مبدل هستند. مثلا"، در یک مورد ممکن است که وضعیت پستی و بلندی زمین برای به کار بردن نوع معینی از تقاطع غیرهمسطح و شیبراهه‌های تکمیلی مطلوب باشد؛ در مورد دیگر، ممکن است برای یک گذر عبر همسطح و شیبراهه‌های اتصالی آن، عملیات خاکی قابل توجهی لازم باشد. وسعت حریم راه موجود نیز ممکن است یک عامل کنترل‌کننده اصلی باشد. معمولا"، طرحهای مختلفی در نظر گرفته می‌شود تا در آنها هزینه حریم راه اضافی در برابر هزینه اجرا متعادل شود. به‌منظور سادگی و ایمنی عمل، مبدلها باید با ابعاد عملی و کافی طرح شوند. به‌کار بردن امتدادهای با شیب زیاد و قوسهای با شعاع تند برای گردشها که موجب حرکات نامنظم می‌شوند، نه‌تنها از نظر رانندگی خطرناک و ناراحت‌کننده است بلکه گنجایش مبدل را نیز محدود می‌کند. ابعاد یک مبدل نباید بیش‌از حد بزرگ یا بیش از حد کوچک اختیار شود.

در طرح تقاطعهای غیرهمسطح و مبدلها، برای تعیین نوع تقاطع، لازم است که نوع و مقدار آمد و شد، وضعیت پستی و بلندی زمین اندازه حریم راه موجود، و هزینه‌ها، به‌طور همزمان در نظر گرفته شود. در این معیارها، این عوامل و دیگر عوامل مربوط به طرح مبدلها که در *معیارهای طرح هندسی تقاطعهای همسطح* مورد بحث قرار نگرفته‌اند، شرح داده شده‌است. در این *معیارها*، مبحثی نیز در باره انواع مبدلها و نمونه‌هایی از مبدلهای موجود در دنیا آورده شده‌است.

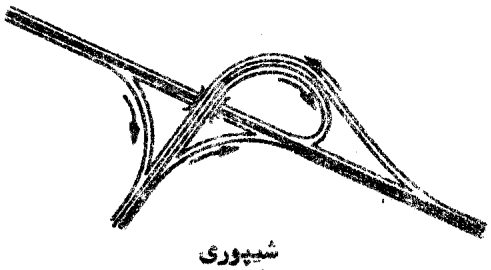
۱ـ۱. انواع کلی مبدلها

در مبدلها و طرحهای مختلف شیبراهه‌ها در تقاطعهای غیرهمسطح، چندین شکل اصلی برای انجام گردشها وجود دارد. کاربرد آنها در یک محل معین توسط تعداد شاخه‌های راههای متقاطع، مقدار پیش‌بینی شده آمد و شد عبوری و گردش‌کننده و ذوق و سلیقه طراح تعیین می‌شود. اگرچه هر مبدل باید به‌طور مجزا و با توجه به شرایط مربوط به خود طرح شود، لیکن مطلوب آن است که مبدلهای موجود در طول یک راه دارای یک شکل کلی باشند تا رانندگان به طرح کلی مبدل و محل نقاط خروج عادت کنند. این به آن معنا نیست که مثلا "کلیه مبدلها باید از نوع لوزوی یا همگی از نوع شبدری باشند، بلکه منظور آن است که کلیه شیبراهه‌ها باید شکلی هماهنگ داشته‌باشند. به‌عنوان مثال، اگر اغلب شیبراهه‌های مبدلهای یک راه از نوع لوزوی هستند، باید سعی شود که کلیه مبدلهای واقع در طول این راه طوری طرح شوند که قبل از رسیدن به پل هوایی، یک خروجی در سمت راست داشته باشند. در مواردی که به‌علت مسائل اقتصادی، وضعیت پستی و بلندی زمین و یا سایر عوامل، اجبارا "باید از شیبراهه‌های دارای طرح ناهماهنگ استفاده شود، امکان دارد علامتگذاری خاصی لزوم پیدا کند.

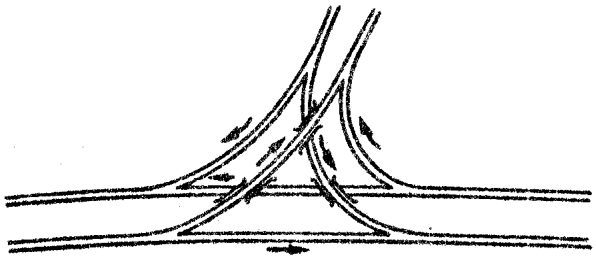
براساس تعداد راههای وارد به تقاطعهای همسطح، این تقاطعها به انواع مختلف تقسیم می‌شوند. این گونه قسمت‌بندی در مورد مبدلها نیز مورد استفاده است ولی علاوه بر آن، بهتر است که مبدلها براساس طرح شیبراهه‌هایشان نیز توصیف شوند. استفاده از اسامی متداول کاربرد زیادی دارد، و اغلب مهندسان به آن آشنا هستند. شکل ۱ انواع مبدلهای متداول و اصلی را نشان می‌دهد. هریک از این انواع ممکن است با انجام تغییراتی به‌کار روند؛ همچنین، طرحهایی وجود دارند که از ترکیب این مبدلها ایجاد می‌شوند. در پاره‌ای از مبدلها، امکان تأمین کلیه گردشهای ممکن وجود ندارند. در برخی دیگر از مبدلها، برای اینکه بتوانیم کلیه حرکات گردشی لازم را تأمین نماییم، مجبوریم در بعضی از حرکات گردشی از گردشهای به‌صورت همسطح استفاده کنیم.

در شکلهای ۱ـالف و ۱ـب، دو نوع مبدل متداول برای یک تقاطع سه‌راهی نشان داده شده است. طرح نشان داده شده در شکل ۱ـالف برای تقاطع T شیپوری شکل و طرح نشان داده شده در شکل ۱ـب، برای تقاطع Y جناقی شکل مناسب است. در حالت اخیر، خطوط گردش همان خطوط یکطرفه راههای متقاطع هستند. این نوع تقاطع را می‌توان تقاطع جهتی نامید زیرا گردشها مستقیما" به طرف مقصد هدایت می‌شوند.

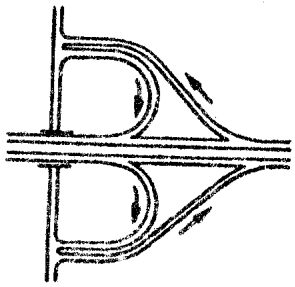
در مبدل شبدری کامل که در شکل ۱ـد نشان داده شده‌است، کلیه گردشها، بدون هیچ‌گونه توقف، به‌وسیله شیبراهه‌های یکطرفه برای هر نوع گردش، تأمین شده‌است؛ البته، گردش به چپ مستقیم امکان‌پذیر نیست و رانندگانی که قصد گردش به چپ را دارند باید ابتدا از نقطه تقاطع راه عبوری بگذرند و سپس با یک گردش به راست، و طی چرخشی در حدود ۲۷۰ درجه، به راه مورد نظر برسند. این مشخصه یک مبدل شبدری است. مبدل نیمه شبدری به مبدلهایی گفته می‌شود که در آنها کلیه گردشها به‌وسیله شیبراهه‌های یکطرفه تأمین نمی‌شود و همه شیبراهه‌ها به‌طور کامل وجود ندارند. در



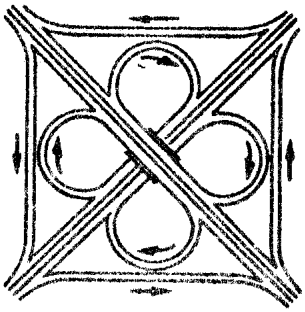
شیپوری
(الف)



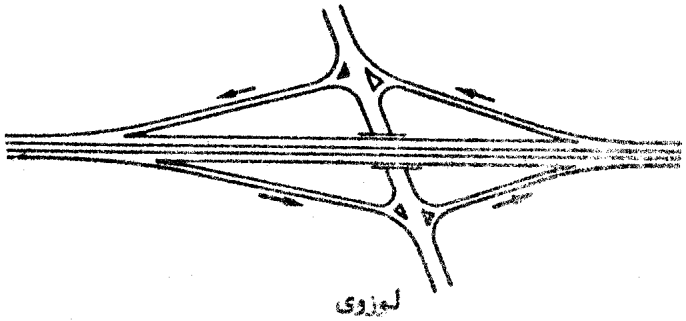
جناقی
(ب)



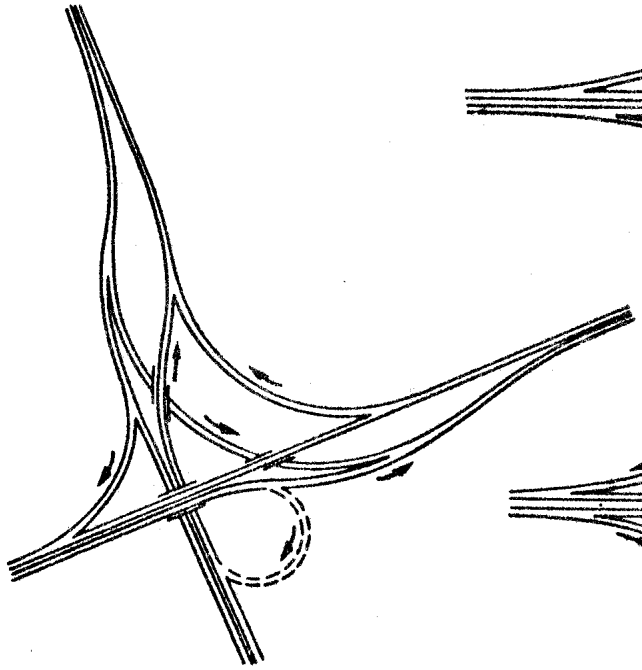
نیمه‌شبدری
(ج)



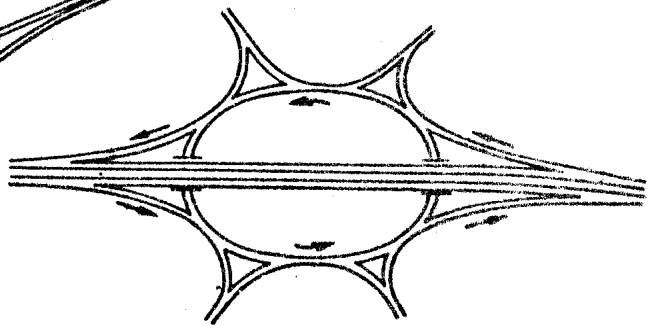
شبدری کامل
(د)



لوزی
(هـ)



جهتی
(و)



فلکه‌ای
(ز)

شکل ۱. انواع عمده تقاطعهای غیرهمسطح مبدل

شکل ۱ــ ج ، یک مبدل نیمه‌شبدری نشان داده شده‌است که در آن ، شیبراهه‌ها در دو ربع تقاطع قرار گرفته‌اند؛ در این تقاطع ، کلیه گردشها تأمین شده‌است ولی بعضی از گردشهای به‌چپ در روی راه فرعی و به‌طور همسطح انجام می‌شود .از مبدل شبدری کامل که تأمین‌کننده کلیه گردشها بدون هیچ‌گونه توقف است هنگامی استفاده می‌شود که شرایط‌راهمای متقاطع چنین ضرورتی را ایجاب کند .

مبدلهای لوزوی کامل یا مبدلهایی که شیبراهه‌های آنها موازی است (شکل ۱ــ هـ) ، چهار شیبراهه یکطرفه دارند . این نوع مبدلها برای تقاطعهایی مناسبند که یکی از راهها اصلی و دیگری غیر اصلی است و مقدار حریم راه نیز محدود است .معمولا" ، شیبراهه‌ها در امتداد راه اصلی در نظر گرفته می‌شوند و ممکن است به‌صورت قوس و یا تقریبا "به‌موازات راه اصلی باشند .محل تقاطع این شیبراهه‌ها با راه غیراصلی به‌صورت تقاطع T یا Y شکل و همسطح هستند که یک گردش به راست و یک گردش به‌چپ دارند . در صورتی که در محل تقاطع شیبراهه‌ها با راه اصلی ، فقط یک گردش به راست با زاویه کوچک به‌وجود می‌آید . مبدلهای لوزوی را می‌توان برای مقادیر متفاوت آمد و شد به‌کار برد . این نوع مبدل، برای راههای با آمد و شد کم برونشهری که راه اصلی را قطع می‌کنند ، کم هزینه‌ترین و منطقیترین نوع تقاطع است . با تعریض راه قطع‌کننده در محل مبدل ، یا تعریض انتهای شیبراهه‌ها و یا تعریض هر دو می‌توان از این‌نوع مبدل برای آمد و شدهای زیاد استفاده کرد؛همچنین ،این نوع مبدل برای مواردی مناسب است که یکی از راهها با چراغ راهنمایی کنترل می‌شود .

در شکل ۱ــ و ، که یک مبدل جهتی است ، شیبراهه‌ای که در وسط قرار دارد یک حرکت گردش به چپ با اتصال مستقیم را نشان می‌دهد که به‌طور کلی از جهت حرکت مورد نظر دور نمی‌شود . در کلیه مبدلها ، اتصالات بیرونی گردشهای به‌راست معمولا "اتصالات مستقیم هستند . اصطلاح مبدلهای جهتی به مبدلهایی اطلاق می‌شود که در آنها ، شیبراهه‌های یک یا چند گردش به‌چپ به‌صورت جهتی باشند .تأمین کلیه اتصالات برای گردشهای به‌چپ به‌صورت جهتی ،به‌ندرت عملی یا لازم‌است؛غالبا" یکی از این نوع شیبراهه‌ها (جهتی) با انواع دیگر شیبراهه‌هایی که عمل اتصال مستقیم را انجام می‌دهند (مانند شیبراهه‌ای که در شکل ۱ــ و با خط‌چین نشان داده شده‌است) ، توأما "در یک مبدل به‌کار می‌روند . در مواردی که در تقاطعهای چهارراهی از شیبراهه‌های جهتی استفاده می‌شود ، الزاما" باید از بیش از یک پل هوایی و یا از یک پل چندطبقه استفاده شود .

طرح شکل ۱ــ ز یک مبدل فلکه‌ای را نشان می‌دهد که برای تقاطعهای چندراهه بسیار مناسب است . در این نوع تقاطع ،راه اصلی عبور مستقیم از کلیه راههای دیگر جداست . سایر راههای متقارب و همچنین شیبراهه‌ها توسط فلکه‌ای به یکدیگر متصل می‌شوند . حرکت در خطوط مبدلهای فلکه‌ای با تقاطعهای فلکه‌ای همسطح ، خیلی متفاوت نیست و عوامل کنترل‌کننده طرح این‌قبیل تقاطعها که در معیارهای طرح تقاطعهای همسطح آورده شده ، در این مورد نیز قابل استفاده است .

۱ ـ ۲. مزایا

مزایای اصلی مبدلها به شرح زیر است:

الف) گنجایش خطوط عبوری در داخل مبدل را می‌توان به‌حد گنجایش خطوط عبوری در خارج از مبدل رساند.

ب) ایمنی آمد و شد عبوری و حرکتهای گردش به چپ افزایش می‌یابد. حرکتهای گردش به راست نظیر همان حرکتهایی است که در مورد تقاطعهای همسطح انجام می‌شود، با این تفاوت که این عمل با اتصالات بهتری صورت می‌گیرد و باعث افزایش ایمنی می‌شود.

ج) توقفها و تغییر سرعت دادنهای مربوط به حرکت عبوری حذف می‌شود. اگر چه معمولاً رانندگانی که قصد گردش به‌چپ یا راست را دارند باید از سرعت خود بکاهند، لیکن مقدار این کاهش سرعت در مورد مبدلهایی که به‌طور مناسب طرح شده‌اند، زیاد نیست. در مجموع، تأمین جریان آمد و شد به‌صورت یکنواخت سبب می‌شود که مقدار زیادی در وقت و هزینه مربوط به خودروها صرفه‌جویی شده و به‌طور قابل ملاحظه‌ای به‌راحتی و آسودگی رانندگی اضافه شود.

د) تقاطعهای غیرهمسطح ازنظر طرح قابلیت انعطاف‌زیادی دارند و می‌توان از آنها تقریباً در همه تقاطعها با هر زاویه و یا هر وضعیت استفاده کرد. استفاده از یک مبدل سبب حذف شیبهای تند و یا پر پیچ و خم در راه عبوری می‌شود.

هـ) معمولاً، مبدلها برای اجرای مرحله‌ای مناسب هستند. ابتدا می‌توان پلی با یک یا چند شیبراهه احداث‌نمود تا یک‌واحد کاملی را تشکیل دهد و سپس، در مراحل بعدی، می‌توان شیبراهه‌های دیگری را به آن افزود. در طرح اولیه مبدلهای جهتی، ممکن است یک یا چند پل و برخی از خطوط گردش حذف شوند و بعداً بسته به ضرورت، افزوده گردند.

و) تقاطعهای غیرهمسطح بخش اصلی راههای درجه یک، یعنی آزاد راهها و تند راهها را تشکیل می‌دهند.

۱ ـ ۳. معایب

معایب عمده مبدلها مربوط به هزینه‌ها و نیاز به حریم وسیع راه است. این معایب عبارتند از:

الف) به‌کار بردن تقاطعهای غیرهمسطح و مبدل پرهزینه است. مخارج طراحی، حریم، احداث و نگهداری تقاطعهای غیرهمسطح، بجز چند مورد استثنایی، بیشتر از مخارج کارهای مشابه در حالت تقاطعهای همسطح است.

ب) مبدلها از نظر آمد و شد وسایل نقلیه کاملاً بی‌عیب و نقص نیستند. شکل این تقاطعها،

بویژه در مواردی که هیچ‌یک از شیبراهه‌های مکمل وجود نداشته باشد ، ممکن است برای رانندگانی که کاملا "به‌آنها آشنا نیستند گیج‌کننده باشد؛ لیکن ، با افزایش تجربه رانندگان در زمینه استفاده از مبدلها ، نتیجه بهتری از آنها به‌دست می‌آید .

ج) در مورد زیرگذر تقاطعهای غیرهمسطح نمی‌توان از روش اجرای مرحله‌ای استفاده کرد . بنابراین ،همواره رجحان دارد که عرض نهایی قسمتهای زیرین تأمین شود .در مورد زیرگذرها معمولا " اقتصادی آن است که اگر استفاده از تنها یک پل در نظر است ، پل با عرض کامل احداث شود . در مواردی که نهایتا "باید دو پل روگذر به‌موازات یکدیگر احداث شوند و ضمنا "وجود یکی از این پلها تا چندین سال کفایت می‌کند ، به‌کار بردن روش اجرای مرحله‌ای ممکن است اقتصادیتر باشد .

د) ممکن است به کار بردن یک‌تقاطع غیرهمسطح سبب شود که در نیمرخ طولی یکی از راهها و یا هر دو راه ، بویژه در مناطق هموار ، نقاط‌کوژ و کاس غیرمطلوب به‌وجود آید .

هـ) در مواردی که پنج شاخه راه یا بیشتر یکدیگر را قطع می‌کنند ، نمی‌توان به‌سادگی از یکی از انواع ساده مبدلها استفاده‌کرد .ممکن است در یک چنین مواردی لازم باشد که برخی از راهها را در خارج از محل تقاطع به‌یکدیگر متصل نمود و یا از مبدلهای دارای پلهای هوایی چندطبقه استفاده‌کرد .

۲ . کاربرد تقاطعهای غیرهمسطح و مبدلها

سه نوع کلی تقاطع وجود دارد که عبارتند از تقاطعهای همسطح ، تقاطعهای غیرهمسطح بدون شیبراهه و مبدلها . هریک از اینها موارد استفاده‌ای دارند ، لیکن محدوده استفاده هیچ یک کاملا " قابل تعریف نیست . غالبا " ، انتخاب نهایی نوع تقاطع ، نتیجهٔ‌نوعی توافق است که پس‌از در نظر گرفتن مقدار و ترکیب آمد و شد ، هزینه ، نوع عوارض زمین و مقدار حریم راه موجود ، حاصل می‌شود .

۲-۱ . آمد و شد

جریان آمد و شد عبوری با بازدهی گوناگون در انواع مختلف تقاطعها انجام می‌شود . در مواردی‌که آمد و شد در راه قطع‌کننده در مقایسه با راه اصلی اندک باشد ، جریان آمد و شد عبوری راه اصلی در یک تقاطع همسطح با اختلال کمی انجام می‌شود ، بویژه در حالتی که زمین مسطح است . جریان آمد و شد در راه غیر اصلی قطع‌کننده با تأخیر صورت می‌گیرد ، لیکن جریان آمد و شد راه اصلی بدون مشکل یا تأخیر انجام می‌شود . در مواردی که مقدار آمد و شد راه غیر اصلی به‌اندازه‌ای است که استفاده از چراغ راهنما را توجیه می‌کند تا جریان یافتن آمد و شد از محل تقاطع امکان‌پذیر شود ، آمد و شد در کلیه جهات با دشواری و تأخیر انجام خواهد گرفت . در این حالت ، هنگامی که مقدار آمد و شد راه اصلی و راه قطع‌کننده تقریبا " برابر باشند،لازم است حدود ۵۰%آمد و شد متوقف شود .

در مواردی که تقاطع غیرهمسطح است ، جریان آمد و شد عبوری بدون اشکال یا تأخیر انجام

می‌شود مگر در حالتی که شیب‌راههای متقارب زیاد، طول آنها بلند و نسبت درصد کامیونهای سنگین زیاد باشد. به استثنای موارد زیر، وجود شیبراهه در مبدلها تأثیر بسیار زیادی بر جریان آمد و شد عبوری ندارد. این‌موارد عبارتند از حالتی‌که گنجایش شیبراهه کافی نیست یا خطوط تغییر سرعت کوتاه هستند، و یا سواره‌روهای تکمیلی برای گردشها تأمین نشده‌اند و در نتیجه، جریان آمد و شد عبوری تحت تأثیر خودروهایی قرار می‌گیرد که قصد گردش به چپ را به‌طور مستقیم دارند.

بجز در آزاد راهها، معمولا" از مبدلها فقط در مواردی استفاده می‌شود که نتوان به آسانی از تقاطعهای همسطح، که هزینه کمتری دارند، برای عبور جریان آمد و شد راه قطع‌کننده و آمد و شدهای گردش‌کننده استفاده کرد. مسئله‌سردرگمی برخی از رانندگان در مبدلها ناگزیر به‌نظر می‌رسد، لیکن چنین مشکلاتی در مقایسه با مزایایی مانند کاهش مقدار تأخیرها، توقفها و تصادفات بسیارناچیزاست. با توسعه‌مبدلها و افزایش تجربه رانندگان در استفاده از آنها و همچنین با بهبود طرح مبدلها وافزایش علایم و وسایل کنترل‌کننده، مقدار این سردرگمی کاهش می‌یابد.

۲-۱-۱. نوع آمد و شد

مبدلها برای هر نوع آمد و شدی قابل استفاده هستند. در مواردی که نسبت درصد کامیونهای سنگین در جریان آمد و شد زیاد است، استفاده از مبدلها بسیار مطلوب است. کامیونهای سنگین به علت قابلیت سرعت‌گیری کمی که در مقایسه با خودروهای سواری دارند، در اثر کم کردن سرعت و یا متوقف شدن تأثیر قابل توجهی در کاهش گنجایش تقاطعهای همسطح دارند.

۲-۲. شرایط محل

به‌کار بردن مبدلها برای مناطق تپه ماهوری بسیار مناسب است و غالبا" راههای عبوری را می‌توان در مقایسه با تقاطعهای همسطح با استاندارد بالایی طرح کرد. همچنین ممکن است این‌گونه مناطق موجب طرح شیبراهه‌های ساده شوند، بسته به شکل منطقه، برخی‌از شیبراهه‌ها ممکن است شیب زیادی داشته باشند، یا بیش از حد طویل شوند و یا هر دو اشکال را باهم داشته باشند.

در مناطق‌مسطح، طراحی مبدلها ساده است ولی ممکن‌است شیبهای تندی پیدا کنند. مبدلهای واقع در مناطق مسطح به زیبایی مبدلهایی که به‌خوبی با مناطق تپه ماهوری تطبیق داده شده‌اند، نیستند.

حریم راه لازم برای مبدلها به مقدار زیاد به تعداد گردشهایی بستگی دارد که برای آنها باید از شیبراهه‌های مجزا استفاده شود. غالبا" فضایی که برای نیمه مبدلها لازم است، به‌اندازه یک تقاطع فلکه‌ای بزرگ نیست. به‌علاوه، فضای لازم برای یک مبدل، تابع نوع راه، وضعیت پستی و بلندی زمین و معیارهای کلی مبنای طرح مبدل است.

۲ـ۳. نوع راه و اجزای تقاطع

مبدلها برای هر نوع راه و برای هر سرعت طرحی مناسب هستند. با افزایش سرعت طرح، به مقدار خطرات ناشی از متوقف شدن و انجام گردشهای مستقیم در تقاطعها افزوده می‌شود. بنابراین، راههای با سرعت طرح‌بالا، در مقایسه با راههایی که همان مقدار آمد و شد را دارند ولی سرعت حرکت در آنها کمتر است، باید زودتر مجهز به مبدل شوند. شیبراهه‌های راههای با سرعت طرح بالا باید طوری باشند که گردش با سرعت زیاد را امکان‌پذیر کنند.

مبدلها اجزای اصلی بزرگراهها و آزادراهها هستند. در محل‌تقاطع رآهههای‌دارای ورودی‌محدود شده با کلیه راههای قطع‌کننده مهم، از تقاطعهای غیرهمسطح استفاده می‌شود. به راههای دیگر که اهمیت زیادی ندارند، اجازه قطع آزادراه داده نمی‌شود. نوع مبدل به وضعیت پستی و بلندی زمین، نحوه توسعه مناطق واقع در طول راه و شرایط‌حریم راه بستگی دارد، ولی بدطور کلی، نوع مبدل برای تسریع ورود و خروج از آزادراه، به‌ترتیب شیبراهه‌ها نیز بستگی دارد. ممکن است اتصالات شیبراهه‌ها به راههای ارتباطی نیاز داشته باشد. در هر یک از تقاطعهای غیرهمسطح می‌توان از شکلی از مبدل استفاده کرد که منطبق با اتصالات مورد نیاز آزاد راه باشد.

در انتخاب نوع تقاطع، لازم است مقدار و وسعتی که خدمات محلی باید به‌وسیله آن تأمین شود، در نظر گرفته شود. خدمات محلی در انواع معینی از تقاطعهای همسطح به‌آسانی قابل تأمین است، در صورتی‌که در پاره‌ای از انواع مبدلها باید برای این منظور از اجزای اضافی بیشتری استفاده شود.

۲ـ۴. ایمنی

بسیاری از انواع‌تصادف مربوط به تقاطعهای‌همسطح هستند و تمام آنها را نمی‌توان با طرح مناسب حذف نمود. از طرف دیگر، به‌کار بردن تقاطع غیرهمسطح موجب حذف کلیه عواملی خواهد شد که در جریان آمد و شدهای اصلی امکان تصادف را ایجاد می‌کنند. استفاده از مبدلها موجب کاهش یا حذف تداخل بین آمد و شدهای عبوری و آمد و شدهای گردنده می‌شود؛ حرکتهای همگرا و واگرای آمد و شدها جایگزین این برخوردها می‌شود. حذف تداخل بین خودروهایی که قصد گردش به‌چپ دارند با خودروهایی که در جهت مقابل در حرکت هستند، موجب کاهش تعداد تصادفات می‌شود. همچنین، در مقایسه با تقاطعهای همسطح، خودروهایی که قصد گردش به راست را دارند، از ایمنی بیشتری برخوردار خواهند بود زیرا در مبدلها برای این منظور از شیبراهه‌های با استاندارد بالاتری استفاده می‌شود.

۲ـ۵. توسعه مرحله‌ای

در مواردی‌که توسعه نهایی تقاطع غیرهمسطح مستلزم ایجاد دو پل هوایی مجزا و موازی است ولی بدکار گرفتن یکی از این پلها برای چندین سال کفایت می‌کند، استفاده از روش توسعه مرحله‌ای می‌تواند راه‌حلی اقتصادی باشد و به‌طور موءثری مورداستفاده قرار بگیرد. در مواردی که توسعه نهایی مشتمل بر

یک پل است ، روش توسعه مرحله‌ای غیراقتصادی است ، لیکن شیبراهه‌ها را می‌توان به‌صورت مرحله‌ای اجرا کرد . در این حالت می‌توان مثلا" شیبراهه‌های یک یا دو ربع مبدل را در مرحله اول ساخت و در مراحل بعدی ، شیبراهه‌های ربعهای دیگر را اجرا کرد . در مواردی که احداث تقاطع به‌صورت مرحله‌ای در نظر است ، ابتدا باید حریم لازم را تأمین نمود تا توسعه نهایی دچار اشکال نشود .

۲ـ۶ . عوامل اقتصادی

مخارج اولیه ـ مبدلها پرهزینه‌ترین نوع تقاطع هستند . مجموع هزینه‌های مربوط به پلها ، شیبراهه‌ها ، راههای اصلی ،تسطیح و منظره‌سازی یک‌منطقه وسیع و تغییرات لازم احتمالی در راهها و اجزای موجود معمولا" از هزینه یک تقاطع همسطح بیشتر است . مبدلهای جهتی شامل بیش از یک پل هوایی هستند و معمولا" هزینه آنها بیشتر از هزینه هر نوع مبدل دیگر است .

مخارج نگهداری ـ هریک از انواع مبدل مستلزم صرف هزینه قابل توجهی برای نگهداری است . مبدلها دارای روسازیها و محلهای دارای شیبهای متفاوت وسیعی هستند که مخارج نگهداری آنها ، به‌علاوه مخارج‌نگهداری از پلهای‌هوایی ،علایم ،چشم‌انداز و غیره ،بیشتر از مخارج نگهداری تقاطعهای همسطح است . غالبا" ، مبدلها دارای هزینه و استفاده از روشنایی نیزهستند .

هزینه خودروها ـ در تحلیل کامل برای استفاده از مبدلها . در مقایسه با سایر انواع تقاطعها، لازم است که هزینه مربوط به خودروها نیز محاسبه شود . اگرچه این اختلاف هزینه در مورد یک خودرو ممکن است ناچیز به‌نظر بیاید ،ولی وقتی که این اختلاف هزینه برای تمام آمد و شد درنظر گرفته شود، ممکن است مزیت‌یکی از انواع تقاطعها را در مقایسه با انواع‌دیگر ،نشان بدهد . در مورد مقادیر متوسط تا زیاد آمد و شد ، مجموع هزینه‌های مربوط به خودروها در یک تقاطع مبدل معمولا" کمتر از یک تقاطع همسطح است ، بویژه در حالتی که مقدار آمد و شد عبوری زیاد باشد .

۳. شرایط احداث مبدلها

به‌طوری که بحث شد ، به‌کار گرفتن مبدل برای بسیاری از مسائل تقاطعها راه‌حل مفیدی است ، ولی به دلیل دارا بودن هزینه اولیه زیاد ، استفاده از به‌کار بردن مبدل برای حذف تنگناهای آمد و شد یا تصحیح شرایط خطرناک موجود محدود به مواردی است‌که بتوان این مخارج را توجیه کرد . تعیین دقیق شرایطی که استفاده از یک مبدل در یک تقاطع را قابل توجیه می‌سازد مشکل و ، در پاره‌ای موارد ، غیرممکن است . عواملی که باید برای یک تصمیمگیری اصولی در نظر گرفته شود ،علاوه بر شرایط موجود ، عبارتند از :

الف) توسعه راه به یک آزاد راه ـ تصمیمگیری‌دراین مورد که یک‌راه موجود بین دو نقطه معین باید به‌صورت راهی با ورودی کاملا" محدود توسعه یابد ، از شرایط لازم برای به‌کار بردن تقاطعهای غیرهمسطح یا مبدلها در کلیه تقاطعهای این راه است .اگرچه محدود کردن ورودیها ، به‌کار بردن میانه

و حذف محل توقف خودروها و آمد و شد عابران پیاده از نظر ایمنی بسیار مهم است ، ولی مهمترین عامل برای افزایش ایمنی در آزادراهها استفاده از تقاطعهای غیرهمسطح می‌باشد . پس از آنکه در مورد توسعه راهی به‌صورت آزادراه تصمیمگیری شد ،باید تعیین شود که از راههایی که این راه را قطع می‌کنند کدام باید به آزاد راه ختم شود ،کدام را باید تغییر مسیر داد و برای کدام راه باید از تقاطع غیرهمسطح استفاده کرد .

ب) حذف تنگناها یا شلوغیهای نقطه‌ای ـ نبود گنجایش کافی در تقاطع راههای پرآمد و شد، سبب شلوغی بیش از حد یک یا کلیه راههای منتهی به تقاطع می‌شود . ناتوانی یک تقاطع همسطح برای تأمین گنجایش لازم ، به‌کار بردن یک تقاطع غیرهمسطح را توجیه می‌کند .

ج) حذف نقاط خطرناک ـ در پاره‌ای از تقاطعهای همسطح ،تعداد تصادفات شدید زیاد است . در صورتی که با استفاده از روشهای کم‌هزینه‌تر بتوان از وقوع این تصادفات جلوگیری کرد ، احتمالا" به‌کار بردن یک تقاطع غیرهمسطح یا مبدل قابل توجیه می‌شود . تقاطعهایی که امکان تصادف در آنها زیاد است ، اغلب در راههای کم آمد و شد واقع در مناطق مسکونی برونشهری با تراکم کم ، که سرعت در آنها بالاست ، وجود دارند . در چنین مناطقی ، معمولا" می‌توان تقاطعهای غیرهمسطح را در مقایسه با مناطق شهری ، با هزینه کمتری احداث کرد ؛ بهای حریم راه زیاد نیست ، و این توسعه کم هزینه با حذف تعدادی از تصادفات شدید ، می‌تواند قابل توجیه باشد . البته ، وجود تصادفات شدید در تقاطع راههای پرآمد و شد نیز به‌کاربردن مبدلها را توجیه‌می‌کند . علاوه‌بر ایمنی بیشتر ، مبدلها سبب تسریع تمام گردشها نیز می‌شوند .

د) وضعیت پستی و بلندی محل ـ در پاره‌ای از محلها به‌کاربردن تقاطع غیرهمسطح ممکن است تنها راه‌حلی باشد که از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه است . وضعیت پستی و بلندی زمین محل ممکن است به‌گونه‌ای باشد که ایجاد هرنوع تقاطع دیگر ازنظر تأمین استانداردهای لازم غیرممکن باشد و یا از نظر هزینه برابر یا بیشتر شود .

هـ) منافع استفاده‌کنندگان از راه ـ در تقاطعهای همسطح شلوغ ، هزینه‌های استفاده‌کنندگان از راه زیاد است . هزینه‌های مربوط به سوخت ، استهلاک لاستیک ، روغن ، تعمیرات ، اتلاف وقت ، تصادف و غیره در تقاطعهایی که مستلزم تغییر سرعت ، توقف و صبر کردن هستند ، از تقاطعهایی که آمد و شد پیوسته و بدون انقطاع را امکانپذیر می‌کنند ،بسیار بیشتر است . به‌طور کلی ، در مبدلها ، در مقایسه با تقاطعهای همسطح ، مسافت بیشتری برای عبور از تقاطع طی می‌شود ، ولی هزینه طی این مسافت بیشتر ، از صرفه‌جوییهای ناشی از کاهش توقفها و اتلاف‌وقتها به‌مراتب کمتر است .

به‌طور کلی ،درمورد بهسازی هرنوع تقاطع ،رابطه بین منافع استفاده‌کنندگان از راه باهزینه‌های بهسازی نشان می‌دهد که انجام بهسازی از نظر اقتصادی قابل توجیه هست یا نه . برای آسانی ، این

رابطه به‌صورت نسبت منافع سالانه به مخارج سالانه بهسازی بیان می‌شود. منافع سالانه تفاوت بین هزینه‌های استفاده‌کنندگان از راه در شرایط موجود، و هزینه‌های استفاده‌کنندگان از راه پس از انجام بهسازی است. هر اندازه این نسبت بزرگتر باشد، به‌کار بردن مبدل از لحاظ منافع استفاده‌کنندگان از راه از نظر اقتصادی موجه‌تر خواهد بود. مقایسه این نسبتها برای راه‌حلهای مختلف، عامل مهمی در تعیین نوع و وسعت بهسازی است. در مواردی که مقایسه اقتصادی راه‌حلهای مختلف منظورنظر نیست و فقط توجیه اقتصادی یک طرح مطرح است، این نسبت باید از یک بیشتر باشد.

و) مقدار آمد و شد ــ توجیه استفاده‌از یک مبدل از نظر مقدار آمد و شد، ملموسترین توجیه است زیرا به‌عنوان مثال، توجیه از نظر تعداد تصادفات مستلزم انجام تحلیلی است که به زمان زیاد نیاز دارد و از آنجا که تعداد تصادفات را نمی‌توان با دقت مطلوبی پیش‌بینی کرد، همیشه تردیدهایی وجود خواهد داشت.

با وجود آنکه نمی‌توان مقدار معینی از آمد و شد را در یک تقاطع مشخص کرد که توجیه‌کننده استفاده از یک مبدل باشد، باز هم مقدار آمد و شد عامل مهمی است، بویژه هنگامی که این مقدار توأم با توزیع و تأثیر رفتار آمد و شد باشد. اگرچه کاملا "روشن نیست که براساس مقدار آمد و شد بتوان توجیهی به‌دست آورد ولی مقدار آمد و شد بیش از گنجایش یک تقاطع همسطح یقینا "استفاده از مبدل را توجیه می‌کند.

۴. ابنیه مربوط به تقاطعهای غیرهمسطح

انواع پل هوایی برای جدا کردن دو راه متقاطع به‌صورت غیرهمسطح و یا یک راه و یک راه‌آهن به‌کار می‌رود. اگرچه بسیاری از جنبه‌های سازه‌ای مربوط به طرح باید در نظر گرفته شود، ولی در این قسمت بحث فقط محدود به خصوصیات طرح‌هندسی پلهای‌مربوط به تقاطع غیرهمسطح است. برخی از جنبه‌های طرح سازه‌ای الزاما "مربوط به تأثیر آنها در طرح هندسی است. درست است که این بحث بیشتر مربوط به تقاطعهای غیرهمسطح راهها می‌شود، ولی اغلب این خصوصیات طرح هندسی در مورد تقاطعهای غیرهمسطح با راه‌آهن نیز قابل استفاده است.

۴ـ۱. انواع پلهای هوایی

بهترین‌نوع پلی که برای‌تقاطع غیرهمسطح مناسب‌است، پلی است که احساس محدودیت را در رانندگان به‌حداقل برساند. پلی که این مشخصه را دارد، فواصل آزاد جانبی زیادی را در هر دو راه غیرهمسطح تأمین می‌کند و کلیه ستونها، پایه پلها، دیوارها و غیره به‌قدر کافی از سواره‌رو فاصله دارد. در حالتی که رانندگان عملا "نیازی به توجه زیاد به پل ندارند، رفتارشان مشابه یا تقریبا "مشابه رفتاری است که در سایر نقاط‌واقع در طول راه دارند. به‌هر حال، تغییرات ناگهانی سرعت و جهت معمولا "غیرقابل تحمل است.

پل یک تقاطع غیرهمسطح باید منطبق بر امتدادهای طبیعی راههای‌منتهی به تقاطع، نیمرخ

طولی و نیمرخ عرضی باشد. در واقع، پل باید طوری طرح شود که منطبق با راه باشد، نه آنکه راه با پل انطباق داشته باشد.

برای راههای روگذر، پلهای دارای دال مسطح مناسبترین پلها هستند زیرا ستونها واقع در زیر و خارج از دید می‌باشند. فاصله آزاد قائم نامحدود است و فاصله آزاد جانبی تنها توسط محل جداول و نرده‌ها کنترل می‌شود. مقدار ارتفاع و دهانه پل باید طوری باشد که احساس محدودیت را به حداقل برساند. به‌طور کلی، پلهای با دال مسطح در مقایسه با سایر انواع پلها به نگهداری کمتری نیاز دارند و تعریض آنها مسئله ویژه‌ای را به‌وجود نمی‌آورد.

در مورد راههای زیرگذر، مطلوبترین پل از نظر حرکت خودروها پلی است که دهانه آن برابر با تمام دهانه مقطع عرضی راه باشد (یعنی از بالا تا بالای شیروانیها، اگر راه در برش واقع شده باشد). به کار بردن یک چنین دهانه‌هایی معمولا "عملی نیست و در صورتی که محل ستونها و پایه‌ها به لبه سواره‌روها نزدیکتر باشد، مقدار قابل توجهی از هزینه احداث پل کاسته می‌شود. در راههای جدا شده، ستون یا پایه‌های میانی باید فقط در مواردی به‌کار برده شود که عرض میانه برای تأمین فاصله آزاد کافی است.

پل یک تقاطع غیرهمسطح باید طرح خوشایندی داشته باشد و ابعاد آن طوری انتخاب شود که با محل مطابقت کند. معمولا "، می‌توان بدون صرف هزینه زیاد یک پل خوش‌منظره طرح کرد، مشروط بر آنکه دقت کافی به‌عمل آید.

۴-۳. روگذر- زیرگذر

در مورد هر تقاطع غیرهمسطح باید مطالعات زیادی انجام گیرد تا معلوم شود که راه اصلی باید از رو یا از زیر عبور کند. در اغلب موارد، این انتخاب توسط عواملی مانند وضعیت پستی و بلندی زمین و نوع راه تعیین می‌شود. ممکن است لازم باشد که چند طرح اولیه تقریبا " کامل شود تا بتوان در مورد مطلوبترین طرح کلی تصمیمگیری کرد. در این قسمت، کلیاتی در مورد خصوصیات روگذرها و زیرگذرها آورده شده‌است، ولی این‌گونه راهنماییهای کلی کافی نیست و تقاطع در هرمورد باید به‌طور دقیق و کامل مورد بررسی قرار گیرد.

در هر محل، شرایط تعیین‌کننده این موضوع که کدام یک از راهها باید از رو عبور داده شود، معمولا "به یکی از سه گروه زیر تقسیم می‌شود:

یکم- وضعیت پستی و بلندی زمین عامل کنترل‌کننده است و طرح باید کاملا "منطبق بر آن باشد.

دوم- وضعیت پستی و بلندی زمین مستلزم به‌کار بردن ترتیب خاصی نیست.

سوم- امتداد و شیب یکی از راهها به‌اندازه‌ای از اهمیت برخوردار است که می‌تواند امتداد و شیب راه دیگر را تحت تأثیر قرار دهد و احتمالا "سبب انتخاب ترتیبی شود که با آنچه که با وضعیت پستی و بلندی زمین بهتر منطبق است مغایرت دارد.

به‌عنوان یک قاعده کلی ، طرحی که با وضعیت پستی و بلندی زمین بهتر منطبق است ، خوش منظره‌ترین ترتیب‌بوده و از نظر اجرا و نگهداری‌نیز اقتصادیترین است . مهمترین استثنا بر این قاعده ، حالتی است‌که راه اصلی از اهمیتی برخوردار است که وضعیت پستی وبلندی زمین و شرایط راه غیراصلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد . در مواردی که وضعیت پستی و بلندی زمین عامل کنترل‌کننده نیست (نظیر مناطق مسطح) ، باید عوامل موءثر ثانوی ، مانند شیبها و طول شیبراهه‌ها مورد مطالعه قرار گیرند . در این گونه موارد ، احتمالا "امتداد هریک از راهها نقاط‌کوژ یا کاسی خواهند داشت . علاوه بر آنچه گفته شد ، لازم است نکات کلی دیگری نیز بررسی شود . این نکات عبارتند از:

الف) طرح باید اقتصادی باشد . برای این منظور نه‌تنها امتداد راههای قطع‌کننده ، بلکه شیبراهه‌ها نیز باید بر وضعیت پستی و بلندی زمین منطبق باشند .

ب) در مورد راههایی که از زیر می‌گذرند ، به‌علت دیدن راه بالایی ، نوعی پیش‌آگاهی در مورد وجود تقاطع به‌دست می‌آید که از بودن اتصالات مربوط به تقاطع خبر می‌دهد .

ج) سرنشینان‌خودروهایی که در راه‌بالایی حرکت‌می‌کنند دید بهتری به اطراف‌تقاطع دارند و نسبت به خودروهایی که در راه زیری در حرکت هستند ، احساس محدودیت کمتری می‌کنند .

د) در مواردی که مقدار آمد و شد گردش‌کننده زیاد است ، وقتی که راه اصلی در زیر قرار دارد شیبراهه‌ها نیمرخ‌طولی مناسبتری خواهندداشت زیرا شیب شیبراهه‌ها به کاهش‌سرعت خودروهایی که راه‌اصلی را ترک‌می‌کنند و افزایش‌سرعت خودروهایی که قصد ورود به راه اصلی را دارند کمک‌می‌کند .

ه) در مواردی‌که مزیت عمده‌ای در به‌کار بردن زیرگذر یا روگذر نباشد ، ترتیبی‌باید انتخاب شود که فاصله دید بیشتری در راه اصلی (ترجیحا "فاصله دید سبقت ایمن در راه ۲ خطه) را تأمین می‌کند .

و) معمولا "روگذرها امکان اجرای مرحله‌ای را ، هم برای راه و هم برای پل ، بهتر فراهم می‌کنند و سرمایه‌گذاری اولیه را کمتر از بین می‌برند .

ز) با قرار دادن راه اصلی در رو و تغییر ندادن شیبراه غیراصلی ، مسائل مربوط‌به رهگشی را می‌توان کاهش داد . در برخی موارد ، تنها به‌علت مسائل رهگشی ممکن است لازم باشد که راه اصلی را به‌جای قرار دادن در زیر راه غیراصلی ، از بالای آن عبور دهیم .

ح) در مواردی که وضعیت پستی و بلندی زمین عامل کنترل‌کننده ثانوی است ، باید راه زیرگذر و راه روگذر با توجه به هزینه ساختمان پل تعیین شوند .

ط) در مواردی‌که راه اصلی را می‌توان نزدیکتر به سطح زمین موجود احداث کرد ،بهتر است راه اصلی از زیر عبور داده شود . اگر عرض راهها با یکدیگر اختلاف زیادی داشته باشند ، به‌کار بردن این‌ترتیب موجب اقتصادیتر شدن طرح می‌شود .از آنجا که راه غیراصلی معمولا "با استاندارد پایین‌تری طرح می‌شود ، شیبهای آن می‌تواند تندتر و فاصله دید آن کوتاهتر باشد ؛ در نتیجه ، با عبور راه غیر-اصلی از رو ،حجم عملیات‌خاکی ،سطح روسازی ،عرض پل و طول راه روگذر در تقاطع ،کمتر خواهد بود .

ی) غالبا "،انتخاب زیرگذر در یک‌نقطه معین نه‌تنها براساس شرایط موجود درآن محل ،بلکه براساس طرح کلی راه انجام می‌شود .

ک) در مواردی‌که یک راه جدید راه موجودی را قطع می‌کند که مقدار آمد و شد آن زیاد است ، عبور راه جدید از رو اختلال کمتری را در راه موجود موجب می‌شود و نیازی به استفاده از راه انحرافی نخواهد بود .

ل) در حالتی که راه از رو عبور می‌کند ، محدودیتی در مورد فاصله آزاد قائم وجود ندارد .

۴-۳. عرض پل و فواصل آزاد افقی

راههایی که شانه‌های عریض ، آبروهای عریض و شیبهای شیروانی ملایم دارند ، ایمنتر هستند و احساس آزادی بیشتری به رانندگان می‌دهند . تیرها ، پیاده‌روها ، ستونهای پلها و جانپناههایی که نزدیک روسازی قرار دارندعوامل بالقوه خطر هستند و موجب‌می‌شوند که رانندگان به‌طرف داخل متمایل شوند . بسیاری از رانندگان در محلهایی که محدودیتهایی وجود دارد یا از مسیر خود منحرف می‌شوند و یا به طور ناگهانی تغییر سرعت می‌دهند . از این‌رو ، عرض آزاد در پلها باید تا حد امکان زیاد اختیار شود (ترجیحا "برابر با عرض روسازی و شانه‌ها) تا به‌رانندگان احساس وجودفضای آزاد بدهد .ازطرف‌دیگر ، پلهای طویل پرهزینه هستند و لازم است که در مورد آنها رابطه متعادلی انتخاب شود .

در پلهای طویل ، بویژه در پلهای با دهانه بزرگ که مخارج هر متر مربع آن بیشتر از پلهای با دهانه کوچک است ، ممکن است عرضهای کمتری از مقادیر مطلوب قابل قبول باشند زیرا محدودیتهای عرض تا حدودی با آگاهی رانندگان از کاهش‌عرض و دقت و هشیاری آنان جبران می‌شود .وجود عواملی مانند جانپناه پل ،تغییرات اطراف راه یا تغییر روسازی‌که سبب ظاهری متفاوت می‌شود ،باعث هوشیاری رانندگان است . روشنایی پلها در شب نیز واکنش خوبی را از جانب رانندگان سبب می‌شود . از طرف دیگر ، پلهای کوتاه نسبتا "کم‌خرج‌تر هستند و توجیه کمتری برای استفاده از روسازی باریک در روی آنها وجود دارد .

در تعیین ابعاد ، محل و طرح کلی پل و اجزای اطراف راه به‌منظور تعیین عرض سواره‌رو در رو یا زیر یک تقاطع غیرهمسطح ، هدف باید تأمین شرایطی باشد که موجب شود رانندگان واکنشی نظیر

آنچه که در سایر قسمتهای راه دارند ،نشان دهند . عرضها نباید آن‌قدر زیاد باشند که بدون آنکه ارزش زیادی از نظر سودمندی و ایمنی داشته‌باشند ، هزینه پلها را بالا ببرند . از آنجا که عوامل کنترل‌کننده ابعاد تا حدودی با آنچه گفته شد متفاوت هستند ، عرض زیرگذرها و روگذرها به‌طور جداگانه مورد بحث قرار گرفته‌است .

۴–۳–۱ . راههای زیرگذر

معمولا" ، در زیر گذرها نهایت‌مطلوب آن است‌که عرض کل سواره‌رو در طول‌پل تأمین شده باشد . نتایج کلی به نوع پل و رابطه بین شیب‌راه زیرگذر با مناطق اطراف بستگی دارد . پایه‌های کناری پل و دیواره‌های موازی راه زیرین موجب‌ایجاد احساس محدودیت زیادی‌می‌شود ،ولی استفاده از آنها به‌علت محدودیت حریم راه ضروری است . صرف‌نظر از نوع پل به‌کار رفته ، نیمرخ راهی که در زیرگذر به‌صورت یک فرورفتگی تند است موجب می‌شود که احساس محدودیت خیلی بیشتر از نیمرخ راهی شود که در زیرگذر به‌صورت مستقیم قرار دارد .

به‌نظر می‌رسد که مهمترین بعد ، همان فاصله آزاد جانبی بین لبه خط‌آمد و شد اصلی و قسمت داخلی دیوار یا ستون باشد . حداقل فاصله آزاد کناری ، همان عرض متداول شانه است . در صورتی که موانع ارتفاعی بلند واقع در کنار راه در فاصله بیش از ۱/۸۰ متری از کنار راه قرار گرفته باشند ، تأثیر بسیار کمی در رفتار جریان آمد و شد خواهند داشت . بنابراین ، بجز در مورد راههای محلی با آمد و شد کم ، باید حداقل فاصله‌ای برابر با ۱/۸۰ متر بین لبه روسازی تا پایه یا ستون یا هر وسیله محافظ دیگر مانند نرده ایمنی و جدول غیرقابل عبور ، در سمت راست جریان آمد و شدی وجود داشته‌باشد که عرض متداول شانه آن کمتر از ۱/۸۰ متر است . در برخی موارد ، به‌منظور تأمین فاصله دید ، فاصله‌آزاد بیشتری در قسمت داخلی قوسها لازم است .

معمولا" ، در مناطق برون‌شهری از جداول پیوسته در مجاورت خطوط‌آمد و شد اصلی استفاده نمی‌شود . در مواردی که در سمت راست راهی که به تقاطع می‌رسد جداول قابل عبور وجود دارد ، باید این جداول بدون هیچ‌گونه تغییری در طول پل ادامه یابند . بهتر است که در سمت ورودی زیرگذرها ، در محلی که پایه‌های کناری یا ستونها نزدیک به لبه شانه‌ها قرار دارند ، از نرده‌های ایمنی استفاده شود و این ستونها فاصله آزادی برابر یا بیشتر از ۲/۴۰ متر از لبه روسازی خط‌آمد و شد عبوری دارند ، بهتر است که نرده‌های ایمنی در زیر پل نیز ادامه داشته باشند .

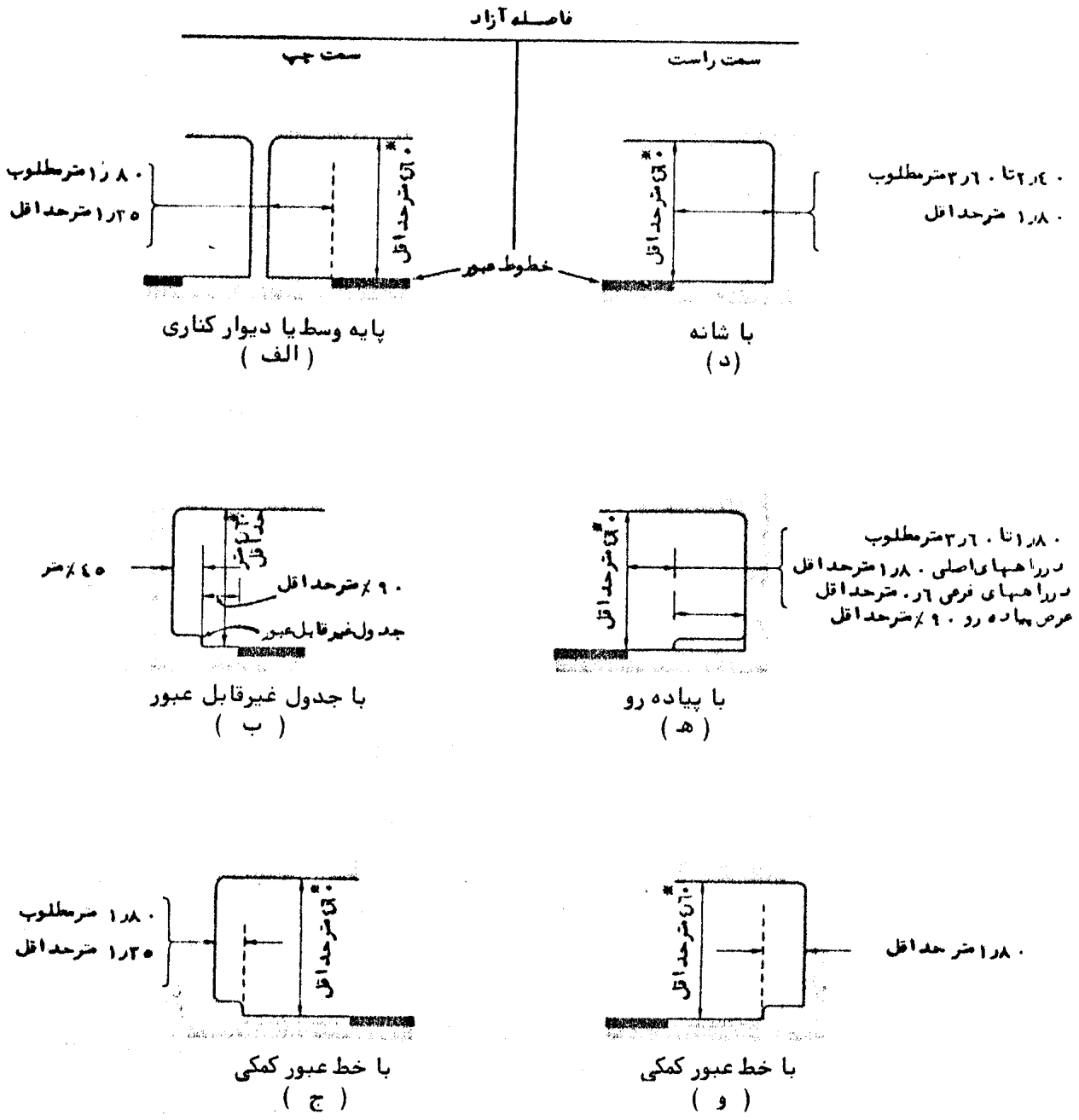
در مواردی که در طول یک راه زیرگذر از پیاده‌رو استفاده می‌شود (شکل ۲ هـ) ، بهتر است که عرض کامل شانه تأمین شود و دهانه پل به‌اندازه عرض پیاده‌رو افزایش یابد . حداقل عرض پیاده‌روهای واقع در زیرگذرها ممکن است حتی به ۰/۹ متر نیز برسد ، ولی در مواردی که مقدار آمد وشد عابران پیاده قابل‌توجه است ،بهتر است‌که حداقل عرض پیاده‌رو به ۱/۲۰ تا ۱/۸۰ متر محدودشود . پیاده‌روها باید همسطح جداول و بالاتر از سطح سواره‌رو باشند ، یا اگر همسطح سواره‌رو هستند با یک جدول یا

نرده محافظت شوند. در مواردی که افزایش دهانه پل به‌اندازه عرض پیاده‌رو قابل توجیه نیست، فاصله عقب‌نشستگی از لبه‌روسازی تا جدول پیاده‌رو باید حداقل ۱/۸۰ متر در راههای اصلی با سرعت زیاد، و حداقل ۰/۶۰ متر در راههای کم اهمیت‌تر باشد (شکل ۲ـ هـ).

در پاره‌ای از مبدلها ممکن‌است در طول زیرگذر، برای خطوط تغییرسرعت یا حرکتهای‌ضربدری، فضای بیشتری لازم باشد. به‌ندرت، انتهای شیبراهه‌ها آن‌قدر دور از تقاطعهای غیرهمسطح قرار دارند که فاصله کافی برای تغییر سرعت بین خروجی یا ورودی یک شیبراهه و پل تأمین شود. در مواردی‌که در هر دو طرف یک راه متقاطع شیبراهه وجود دارد، لزوم خط تغییر سرعت و فضای لازم برای حرکات ضربدری، به‌کار بردن یک خط‌کمکی را در زیرگذر توجیه می‌کند؛ غالبا"، فایده استفاده از این خط کمکی برای جریان آمد و شد، هزینه‌های اضافی ناشی از افزایش دهانه را توجیه می‌نماید. از آنجا که رانندگان ضمن حرکت در خطوط‌کمکی حواسشان را بیشتر جمع کرده، و به‌طور کلی با سرعتهایی کمتراز سرعت خودروهای جریان آمد و شد عبوری حرکت می‌کنند، فاصله آزاد جانبی تا محل یک‌پایه یا ستون می‌تواند قدری کمتر از فاصله مربوط به خط‌جریان آمد و شد عبوری باشد. همان‌طور که در شکل۲ـ و نشان داده شده‌است، فاصله آزاد تا دیوار یا ستون پایه پل باید حداقل ۱/۸۰ متر باشد. در پاره‌ای‌از موارد، خطوط‌کمکی دارای‌جدول هستند. این جداول باید در کنار خط و در طول پل ادامه‌داشته باشند.

یک فاصله آزاد مهم مربوط به بنا برای راههای جدا شده یا راههای یکطرفه زیرگذرها، فاصله بین لبه‌سمت چپ روسازی جریان آمد و شد عبوری و طرف‌داخلی ستون‌میانی یا پایه سمت چپ است. شرایط کلی معمولا" مشابه‌است ولی برخی از جنبه‌های فاصله آزاد سمت چپ با فاصله آزاد سمت راست تفاوت دارد. رانندگانی‌که در خط سمت‌چپ حرکت می‌کنند از رانندگانی که در خط سمت راست حرکت می‌کنند، سرعت بیشتری دارند، بویژه در مواردی‌که از سایر خودروها درحال سبقت‌گرفتن هستند و باید فضای‌بیشتری داشته باشند؛ بنابراین، برای این رانندگان باید عرض‌آزاد بیشتری موجود باشدتا احساس محدودیت نکنند. از طرف دیگر، رانندگان، به‌علت آنکه در سمت چپ خودرو قرار دارند، از نظر داشتن دید و توان داوری در موردفواصل آزاد بین خودرو و موانع واقع در سمت چپ در موقعیت بهتری قرار دارند؛ ضمنا"، به‌علت داشتن سرعت بالاتر و انجام عملیات سبقت هوشیارترند. وجود یک مانع واقع در سمت چپ، به‌اندازه وجود یک مانع قائم در سمت راست، موجب انحراف ناگهانی رانندگان نمی‌شود.

غالبا"، راههای چهار و شش‌خطه جدا شده، در سمت چپ یا سمت میانه، شانه قابل استفاده با عرض کامل ندارند. در راههای جدا شده پر آمد و شد، بویژه در راههای دارای هشت خط عبور یا بیشتر، باید فضای لازم برای یک شانه سمت چپ در نظر گرفته شود. در چنین راههایی، راننده‌ای که در سمت‌چپ حرکت می‌کند، در صورت نیاز به توقف اضطراری، به‌دشواری می‌تواند خود را در شرایط ایمنی به‌شانه سمت راست برساند. همان‌طور که در شکل ۲ـ د نشان داده شده‌است، شانه سمت‌چپ به عرض ۱/۸۰ متر یا بیشتر بدون تغییر باید در طول زیرگذر ادامه یابد.



برای روکش اسفالت آینده باید از ۱۰ سانتیمتر تا ۱۵ سانتیمتر به‌اندازه بالا اضافه شود

شکل ۲. فاصله‌های آزاد در زیر گذرها

در راههای بدون شانه سمت چپ، بهتر است که در زیرگذرها مقدار حداقل فاصله آزاد سمت چپ برابر فاصله آزاد سمت راست اختیار شود، ولی چون رانندگان در سمت چپ خودرو قرار دارند، مقدار کمتر فاصله آزاد در سمت چپ نیز قابل قبول است (شکلهای ۲ـالف، ۲ـب، و ۲ـج). فاصله آزاد از لبه سمت چپ روسازی جریان آمد و شد عبوری تا ستون یا پایه میانی باید حداقل برابر ۱/۳۵ متر و ترجیحا" ۱/۸۰ متر باشد (شکل ۲ـالف).

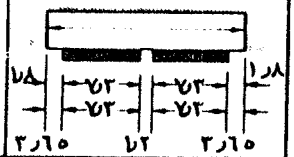
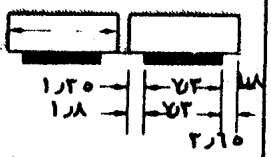
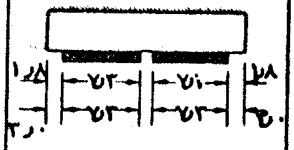
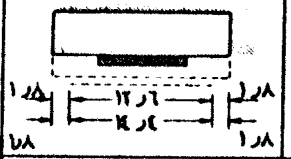
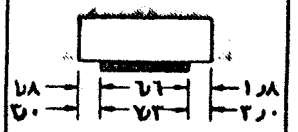
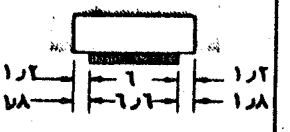
در میانه‌های به عرض ۳/۶۰ متر یا بیشتر، غالبا" از ستونهای میانی دو زیرگذرها استفاده می‌شود. گاهی، در مناطق برونشهری، میانه‌ها دارای جداول قابل عبور در حاشیه خود هستند که در چنین مواقع، این جداول باید در طول زیرگذر ادامه داده شوند. به‌علاوه، در مجاورت ستونها ممکن است از جدول غیرقابل عبور استفاده شود، ولی معمولا" به‌کار بردن نرده‌های ایمنی، به‌علت آنکه در شب و در سایر مواقعی که دید کافی نیست، مشخص هستند، رجحان دارد. در مواردی که فاصله آزاد سمت چپ از ۱/۸۰ متر کمتر است، باید از نرده‌های ایمنی استفاده شود. سمت داخلی نرده ایمنی باید حداقل برابر ۱/۳۵ متر نسبت به لبه‌روسازی عقب‌نشستگی داشته باشد. انتهای نرده‌ها در سمتی که خودروها به پل نزدیک می‌شوند نباید به‌طور ناگهانی قطع شود، بلکه باید به‌طور تدریجی از روسازی به‌طرف نقطه‌ای به‌فاصله ۲/۴۰ تا ۳/۰۰ متر از لبه سمت چپ روسازی ادامه داده شود تا به‌خودروهایی امکان انحراف بدهد که ممکن است با ستون میانی تصادف کنند.

در موارد معدودی که لازم است از یک خط‌کمکی در سمت چپ استفاده شود، فاصله جانبی نیز مانند فاصله جانبی مربوط به سمت چپ خط‌جریان آمد و شد عبوری باید حداقل برابر با ۱/۳۵ متر و ترجیحا" برابر با ۱/۸۰ باشد.

عرض کل یک زیرگذر (دهانه پل زیرگذر) برابر است با مجموع عرض روسازی و عرض مربوط به فواصل آزاد. در شکل ۳ حداقل عرض انواع مختلف زیرگذر به‌طور خلاصه آورده شده‌است.

۴ـ۳ـ۲. راههای روگذر

به‌طور کلی، روگذرها به‌اندازه زیرگذرهای با عرض یکسان و بویژه زیرگذرهای به‌صورت تونل واقع در انتهای سراشیبی، موجب احساس محدودیت در رانندگان نمی‌شوند. ولی رانندگان در روگذرها و زیرگذرها با یک محدودیت ظاهری ناشی از نزدیکی لبه‌روسازی روبه‌رو می‌شوند که سبب انحراف جانبی آنها می‌شود. در یک زیرگذر، رانندگان ممکن است تحت تأثیر احساس محدودیت ناشی از نزدیک‌شدن به‌مجرایی که از آن باید عبور کنند، قرار گیرند و درنتیجه در جهت جانبی منحرف شوند. در روگذرها نیز رانندگان، به‌دلیل آنکه باید به‌بالای خاکریز یک روگذر صعود کنند که بالاتر از سطح زمین موجود قرار دارد، ممکن است احساس محدودیت مشابهی بکنند، بویژه اگر شانه‌های راه باریک و شیب‌راه زیاد باشد. به‌طورکلی، فواصل آزاد و عرضهای مربوط به زیرگذرها در روگذرها نیز قابل استفاده است ولی در زیرگذرها، به‌علت احساس محدودیت بیشتر، اتخاذ فواصل آزاد دست بالاتر مطلوبتر است.

نوع راه زیرگذر		* اجرای راه		عرض زیرگذر (متر)			
		تک دهانه	دو دهانه	تک دهانه		دو دهانه	
				حداقل	مطلوب	حداقل	مطلوب
۵	راه چهارخطه دوگانه			۱۹ر۲	۲۶ر۴	۱۰ر۳	۱۲ر۶
۱۰	راه اصلی دوخطه تعریض شده در زیر پل و محل تقاطع			۱۹ر۲	۲۱ر۶		
۱۱	راه اصلی دوخطه پیش‌بینی شده برای توسعه بعدی			۱۶ر۲	۱۸		
۶	راه دو خطه بدون پیش‌بینی برای توسعه بعدی			۱۰ر۲	۱۳ر۲		
۹	راه محلی دو خطه باریک			۷ر۴	۱۰ر۲		

* اندازه‌های بالایی ، اندازه‌های حداقل و اندازه‌های پایینی ، اندازه‌های مطلوب هستند (بدون خطوط عبور کمکی و پیاده‌روها)

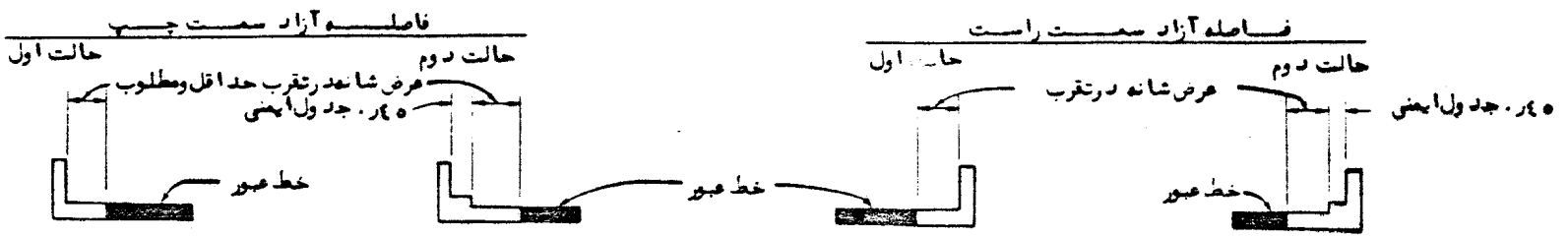
شکل ۰۳ عرض در زیرگذرها

بعضی تفاوتها بین فواصل آزاد پلهای کوتاه و طویل قابل‌توجیه است. این تفاوتها تا حدودی به درجه راهی که پل بر روی آن واقع است بستگی دارد. در پلهای کوتاه، عرض کامل راه در طول پل ادامه داده می‌شود. به‌استثنای راههای کم آمد و شد، عرض معمول راه که شامل شانه‌های قابل استفاده هم هست، باید در طول کلیه پلهای به‌طول ۱۵ متر یا کمتر ادامه داده شود. بهتر است که این عرض تا طول ۴۵ متر ادامه‌یابد. عرض کامل راه شامل شانه‌های قابل استفاده در بزرگراهها و سایر راههای مهم باید در طول پلهای با طول کمتر از ۷۵ متر (که در طول جانپناه یا نرده اندازه‌گیری می‌شود)، ادامه داده شود. پلهایی که طول آنها از مقادیر بالا بیشتر است، پلهای بلند محسوب می‌شوند. به‌علت هزینه زیاد این‌گونه پلها، در مورد آنها حداقل فاصله آزاد جدول نرده در نظر گرفته می‌شود.

در پاره‌ای شرایط ویژه، وقتی مقدار آمد و شد زیاد است و دهانه‌ها نسبتاً "کوتاه هستند، ممکن است به‌کار بردن شانه‌های کامل در پلهای طویل قابل توجیه باشد. در مواردی که نسبت حجم ساعت طرح (DHV) به‌گنجایش طرح برابر ۰/۷۵ یا بیشتر است، ترجیح دارد که عرض کامل راه در طول پلهای طویل ادامه داده‌شود. ولی انجام این کار، به‌علت هزینه‌زیاد پل، از نظر اقتصادی، همیشه قابل‌توجیه نیست (مانند مواردی که احتمالاً "طول یک یا چند دهانه از طول اقتصادی معمول بیشتر باشد). برای نشان‌دادن اینکه هزینه واحد سطح یک پل به‌اندازه‌ای زیاد است که استفاده از شانه‌های با عرض کامل را از نظر اقتصادی غیرعملی می‌سازد، طول دهانه پل یک معیار منطقی است. با تعیین چنین معیاری برای راه موردنظر، تعریف پلهای "طویل" در قطعات پرآمد و شد مشخص می‌شود. بنابراین، در مورد پلهای با مقدار آمد و شد بیش از نسبت ۰/۷۵ و با یک یا چند دهانه بلندتر از *دهانه معیار*، هر پل را باید به‌طورجداگانه مورد تحلیل قرار داد تا معلوم شودکه آیا برای پلهای طویل عرض راه بیشتر از عرض حداقل از نظر اقتصادی قابل توجیه هست یا نه. در مورد آزاد راهها و سایر راههای با اهمیت، دهانه معیار برابر با ۶۰ متر است. در مورد سایر راهها ممکن است مقادیر کمتری به‌کار رود. در شکل ۴، فواصل آزاد مربوط به همه پلهایی که در بالا شرح داده شده، نشان داده شده‌است.

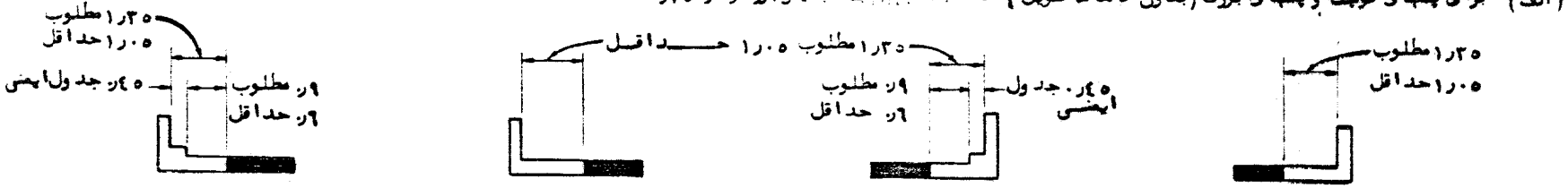
فواصل آزاد مربوط به راههای کم آمد و شد برای خطوط گردش نیز قابل استفاده هستند. در شکل، این فواصل مربوط به سمت راست هستند ولی برای سمت چپ نیز می‌توانند به‌کار روند. در خطوط گردش یا جداول قابل عبور ممتد در طول لبه سواره‌رو، جداول باید در طول روگذر نیز ادامه داده شوند و باید حداقل ۰/۷۵ متر و ترجیحاً "۱ متر بین لبه جدول و لبه نرده یا جانپناه، فاصله آزاد باشد. در حالت خاصی که خط گردش به‌اندازه کافی عریض است و اجازه سبقت گرفتن از یک خودرو متوقف را می‌دهد، حداقل فاصله آزاد ممکن است ۰/۴۵ متر اختیار شود.

در مواردی‌که قبل از رسیدن به روگذر، در طول راه جدولی وجود نداشته باشد، معمولاً "عرض روسازی از جدول تا جدول در روگذر، بیشتر از عرض روسازی راه اختیار می‌شود. در این حالت، روسازی با عرض‌متغیری به‌دست می‌آید و برای آن باید پیش‌بینیهای لازم انجام‌گیرد تا خطرات احتمالی کاهش داده‌شودو استفاده صحیح از این‌تغییر عرض تشویق شود. در پلهای طویل، و در پاره‌ای موارد در پلهای



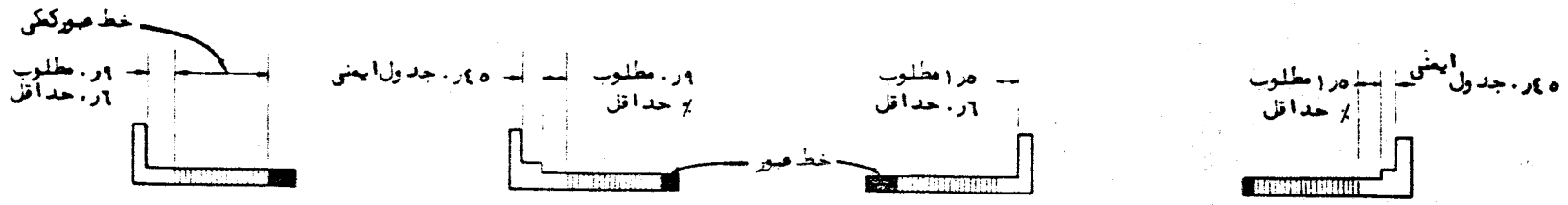
برای راههای کم آمد و شد ۰٫۷۵ حداقل و ۱٫۰ مطلوب

(الف) برای پلهای کوچك و پلهای بزرگ (بدون دهانه طویل) که نسبت DHV به گنجایش بزرگتر از ۰٫۷۵ است



برای راههای کم آمد و شد ۰٫۳ کمتر

(ب) برای پلهای بزرگ با دهانه طویل و یا پلهای بزرگ که نسبت DHV به گنجایش کمتر از ۰٫۷۵ باشد



(ج) برای پلهای بزرگ و کوچك با خط عبور کمکی

شکل ۴. فواصل آزاد در روگذرها

کوتاه، در محدوده عرض متداول شانه راه و قبل از روگذر، جداول پل تعبیه می‌شوند. انتهای این جداول غیرقابل عبور که به‌طرف خودروهای نزدیک‌شونده (یا نرده‌ایمنی معادل) قرار دارند باید در طول شانه راه تا قبل از رسیدن به روگذر ادامه داده شود و با یک انحنای تدریجی از طرف سواره‌روبه طرف لبه خارجی شانه ادامه یابد تا هم دید افزایش یابد و هم خودروهایی را که خارج از موقعیت در حرکت هستند آگاه سازد که منحرف شده‌اند تا به مسیر معین بازگردند. در مواردی که لازم است در سمت مجاور پل امکان زهکشی فراهم شود، باید سطح بین لبه خط‌آمد و شد عبوری و جدول قوس‌دار پوشش شود. این پوشش باید به‌صورت عمود بر خط‌آمد و شد عبوری شروع شود تا برای خوروها از نظر استفاده از آن، جذابیتی نداشته باشد. جداول واقع در انتهای دیگر روگذر را می‌توان یکدفعه قطع کرد و یا اگر از نظر زهکشی لازم باشد، به‌صورت قوسی شکل احداث نمود. عرض‌اضافی روسازی در انتهای روگذر باید تا بعد از پل ادامه یابد و بعد به‌طور تدریجی کاهش داده شود (شکل لچکی) تا رانندگانی که سهوا "منحرف شده و روی اضافه عرض روسازی حرکت می‌کنند، بتوانند مجددا "به خط اصلی بازگردند.

در بسیاری از روگذرها، در طول شانه‌ها از نرده‌های ایمنی استفاده می‌شود. این نرده‌ها باید یا در امتداد نرده پل (در مواردی که از جداول غیرقابل عبور استفاده نمی‌شود) و یا در طول جدول (در مواردی که از این جداول استفاده می‌شود) تعبیه شوند. اینکه نرده ایمنی راه در امتداد نرده پل باشد، از نظر زیبایی ظاهر بسیار خوب است، ولی در مواردی که رانندگان مجبور به استفاده از شانه باشند وجود جدول در سمت داخلی نرده خطرناک است. قوس دادن انتهای جلویی جدول به‌طرف خارج و زیر نرده ایمنی به زهکشی سطحی کمک می‌کند و احتمال خطر را کاهش می‌دهد ولی آن را کاملا" از بین نمی‌برد. به‌علاوه، باید در نظر داشت که عابران پیاده مجبورند که در سمت‌داخل نرده بمانند. قرارگیری نرده‌ایمنی در امتداد لبه جدول غیرقابل عبور مطلوب‌است و خطرات‌احتمالی برای خودروها و عابران پیاده را از بین می‌برد ولی همیشه‌احتمال شکسته شدن نرده‌های قابل روءیت در دو انتهای پل وجود خواهد داشت.

در مواردی که از جداول ایمنی استفاده نمی‌شود، رجحان دارد که نرده‌های ایمنی به جانپناه مهار شود. اگر پیاده‌رو ایمنی به‌کار می‌رود، نرده‌های ایمنی باید منطبق با لبه جدول باشد. نرده‌های ایمنی شانه‌ها باید با انتقال تدریجی عرض باریک شده‌ء و ترجیحا "با شیبی برابربا ۱:۱۵ تا ۱:۲۰(۱۵ تا ۲۰ متر طول به ازای هر متر باریک شدن) از عرض کامل شانه تا عرض باریک شده پل ادامه داده شود.

در مواردی که از دو پل روگذر استفاده می‌شود، باید قبل از رسیدن به پل از یک نرده ایمنی در سمت چپ یا سمت‌میانه استفاده شود. طول پیشنهادی برای این نرده ایمنی برابر ۳۰ تا ۶۰ متر برای میانه‌های به عرض ۱۲ متر یا بیشتر، و حداقل ۳۰ متر برای میانه‌های باریکتر از ۱۲ متر است. برای میانه‌های به عرض ۶ متر یا کمتر معمولا "از یک پل استفاده می‌شود.

عرض راه در روگذرها (عرض دال ، لبه تا لبه جانپناه یا نرده) مجموع عرض روسازی و فواصل آزاد است . حداقل عرض روگذرها برای انواع مختلف راهها (بجز پیاده‌روها و خطوط کمکی) به‌طور خلاصه در شکل ۵ آورده شده‌است . ابعاد نشان داده شده در این شکل شامل عرض پیاده‌روها و خطوط کمکی نیستند . در مواردی که این اجزای مقطع عرضی باید به‌کار روند ، عرض آنها باید به مقادیر نشان داده شده اضافه شود .

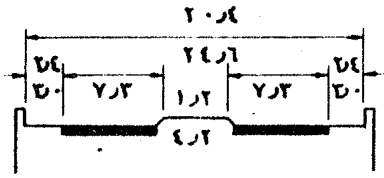
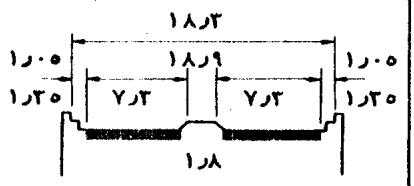
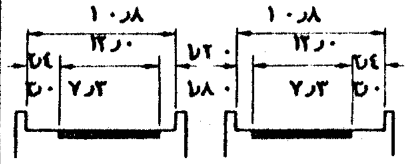
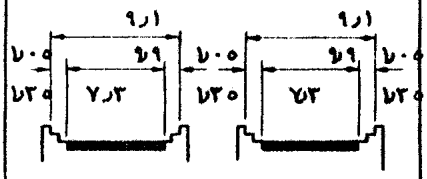
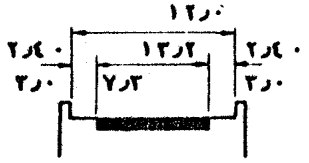
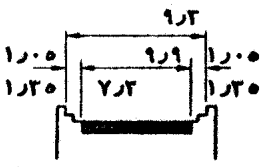
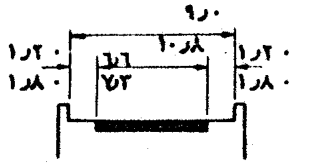
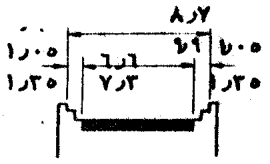
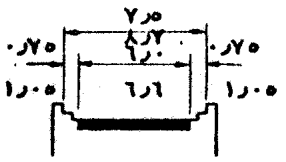
عرض پلهای دارای شش و هشت خط عبور باید شامل فواصل آزادی که در شکلهای ۵ ـ الف و ۵ـ ب نشان داده شده‌است ، باشد ؛ فقط در مورد پلهای هشت‌خطه ، فاصله آزاد سمت چپ باید با عرض شانه راه قبل از رسیدن به روگذر برابر باشد .

۴ـ۴. فاصله آزاد قائم (ارتفاع آزاد زیرپلها)

در تمام پلها ، فاصله آزاد قائم باید حداقل ۴/۲۰ متر باشد . این ارتفاع آزاد باید برای تمام عرض زیرگذر ـ شامل خطوط آمد و شد ، خطوط کمکی و قسمتهای مربوط به فواصل آزاد جانبی تا جداول ، دیوارها یا ستونها و شانه‌ها ـ موجود باشد (شکل ۲) . برای حفظ فاصله آزاد قائم حداقل (یعنی ۴/۲۰ متر) در طول زمان ، باید اضافه ارتفاعی حداقل برابر ۰/۱۵ متر به پیش‌بینی روکشهای آتی سطح راه درنظر گرفته شود .

در نظر گرفتن فواصل آزادقائم بیش‌از ۴/۲۰ متر ـ مثلا " ۴/۵۰ یا ۴/۸۰متر ـ در شرایطی قابل توجیه است که هزینه‌ها افزایش نیابد و نیمرخهای طولی راه خیلی تغییر نکند . در این صورت ، لازم است تقاطع غیرهمسطح منفرد باشد و به‌موازات راه مورد نظر ، هیچ راه دیگری در یک فاصله‌منطقی با ارتفاع آزاد بیش از ۴/۲۰ متر موجود نباشد . دراین حالت ، کامیونی که به‌علت بار بلند خود با محور ویژه حرکت می‌کند ، مجبور به طی مسافت زیادی خواهد بود . این امر می‌تواند هزینه اضافی اولیه و هزینه اضافی مربوط به دیگر خودروها را در نتیجه ارتفاع بیشتر زیر پل ، توجیه کند . به‌طور کلی ، فواصل آزاد قائم باید برای هر راه به‌طور جداگانه و بسته به مورد همان راه بررسی و تعیین شوند .

فواصل آزاد کمتر از ۴/۲۰ متر (مثلا " ۳/۷۵ متر) نیز ممکن است در برخی راهها که فقط خودروهای سواری از آنها عبور می‌کنند و فقط در صورت وجود راهی در نزدیکی و به موازات این راه با حداقل فاصله آزاد قائم ۴/۲۰ متر ، به‌کار روند . پارک‌وی‌هایی که راه سرویس‌رو دارند و یا اینکه راه یا خیابانی در مجاورت آنها وجود دارد ، از این گونه راهها هستند . فاصله آزاد قائم برابر با ۳/۷۵ متر معمولا " برای بیشتر کامیونهایی‌که اجازه عبور از پارک‌وی به آنها داده‌می‌شود ، کفایت می‌کند . در مواردی که در یک راه ، تقاطعهای غیرهمسطح خیلی نزدیک به یکدیگر قرار دارند (مانند پارک‌وی‌های واقع در مناطق درونشهری) ، علاوه بر کاهش هزینه تقاطعهای غیرهمسطح ، صرفه‌جویی زیادی حاصل می‌شود ؛ به‌عنوان مثال ، در حالتی که نیمرخ طولی یک پارک‌وی در رقومی پایین‌تر از سطح زمین طبیعی واقع شده

	نوع روگذر	عرض راه در روی پل [1]	
		پلهای کوتاه	پلهای طویل
۵	راه اصلی چهارخطه با یک پل		
۸	راه اصلی چهارخطه با دو پل مجزا		
۷	راه اصلی دوخطه		
۶	راه دوخطه با مشخصات راه محلی		
۹	راه با آمد و شد کم		

۱. اندازه‌های بالایی حداقل و اندازه‌های پایینی مطلوب هستند. هر جا که لازم است باید عرض خط عبورکمکی و عرض پیاده‌روها به‌اندازه‌های داده شده اضافه شوند. یادآوری می‌شود که طرحهای مختلف ــ با جداول ایمنی و بدون‌آنها ــ در شکل ۴ نشان داده شده‌است.

شکل ۵. عرض در روگذرها

باشد، بالاتر آوردن این نیمرخ به‌اندازه ۰/۴۵ متر موجب می‌شود که هزینه احداث راه کاهش یابد و شیب شیروانیها ملایمتر و خوش‌منظرتر شود. در مواردی که فاصله آزاد قائم کمتر از ۴/۲۰ متر در نظر گرفته می‌شود، باید توجه داشت که در هر صورت این فاصله از حداکثر ارتفاع مجاز خودروها کمتر نشود. هرگاه پلی قوسی شکل باشد، فاصله آزاد قائم در وسط بیشتر از حداقل فاصله آزاد در کناره‌های خارجی روسازی خواهد بود. در چنین مواردی، حداقل در یکی از خطوط روسازی باید فاصله آزاد قائم ترجیحا "برابر یا بیشتر از ۴/۲۰ متر باشد.

در طرح تقاطعهای غیرهمسطح، در مواردی که یک یا هر دو روسازی دارای بربلندی است، یا راه شیب دارد و یا تقاطع به‌صورت مورب است، به‌کار بردن فاصله آزاد قائم حداقل در لبه یا نقاط بحرانی معمولا "موجب به‌دست آوردن فاصله آزاد قائم بیشتری در بالای سایر قسمتهای روسازی می‌شود که برای عبور گهگاه خودروهای بلند این امکان را فراهم می‌آورد که بتوانند از خطوط معینی عبور کنند.

در مواردی که شانه راه در زیرگذر ادامه دارد باید حداقل فاصله آزاد قائم در تمام عرض شانه برابر یا بیشتر از ۴/۲۰ متر باشد. در مورد بیشتر پلها، فاصله آزاد قائم در پایه‌ها تقریبا " برابر فاصله آزاد قائم در سایر قسمتهای روسازی است ولی در پلهای قوسی شکل، به‌کار بردن حداقل فاصله آزاد قائم در لبه‌های روسازی، فاصله آزاد قائم کمتری در محل پایه‌ها به‌دست می‌دهد. در موارد خاص و در راههای محلی که این نوع بناها به‌کار می‌رود، فاصله آزاد قائم شانه‌ها در محل پایه‌ها را می‌توان کمتر از ۴/۲۰ متر اختیار کرد؛ به هر حال، این فاصله نباید از ارتفاع حداکثر مجاز خودروها کمتر باشد.

۵. تقاطعهای غیرهمسطح بدون شیبراهه‌ها

تقاطعهای غیرهمسطح در موارد زیادی بدون شیبراهه هستند. ممکن است خطوط گردش داشته یا نداشته باشند. اگرچه تأثیر مشترک عواملی مانند مقدار احتمالی آمد و شد گردش‌کننده، سرویس، مخارج و شرایط محل، برای تصمیمگیری در مورد حذف یا به‌کار بردن شیبراهه‌ها در نظر گرفته می‌شوند ولی معمولا " مقدار آمد و شد گردش‌کننده، عامل تعیین کننده است.

آزاد راهها غالبا "راههای زیادی را قطع می‌کنند که ممکن است نگهداری برخی از آنها با وجود آمد و شد کم به عللی لازم باشد. در مواردی که نشود برای تغییر مسیر این‌گونه راهها طرح مناسبی به دست آورد، می‌توان از تقاطعهای غیرهمسطح بدون شیبراهه استفاده کرد. رانندگانی که بخواهند به راه وارد یا از آن خارج شوند، باید از سایر راههای موجود استفاده کنند و برای ورود به (یا خروج از) آزاد راه، از دیگر محلها بگذرند. در پاره‌ای موارد، بویژه در مناطق برونشهری، ممکن است این خودروها مجبور شوند که فواصل بسیار زیادی را برای این‌منظورها طی کنند. به‌رغم اینکه این شیبراهه‌ها احتمالا" مورد استفاده تعداد قابل ملاحظه‌ای از خودروها قرار می‌گیرند، گاه ممکن است که حذف شوند. این عمل به این منظور انجام می‌شود که از به‌کار بردن مبدلهای بسیار نزدیک به یکدیگر که موجب بروز

مشکلاتی در علامت‌گذاری و بهره‌برداری از راه می‌شود ، پرهیز گردد ، در آمد و شد راه اصلی که مقدار آن قابل توجه است اختلالی پیش نیاید و با متمرکز کردن آمد و شد گردش‌کننده در محلهایی که به‌کار بردن سیستم شیبراهه در آنها مناسبتر است ،ایمنی و تحرک افزایش‌یابد .از طرف دیگر ، باید از تمرکز بیش از حد گردشها در یک محل اجتناب شود و ترجیحا "چند مبدل مورد استفاده قرار گیرد .

در مناطق دارای پستی و بلندی زیاد ، ممکن است به‌دلیل شرایط محل در یک تقاطع ، به کار بردن یک‌تقاطع غیرهمسطح مناسبتر از یک‌تقاطع همسطح باشد .اگر اتصالات شیبراهه‌ها مشکل یا پرهزینه باشند ممکن است بتوان آنها را در محل‌پل حذف‌کرد و گردشها را به کمک‌سایر راههای قطع‌کننده،درمحل دیگری تأمین نمود .

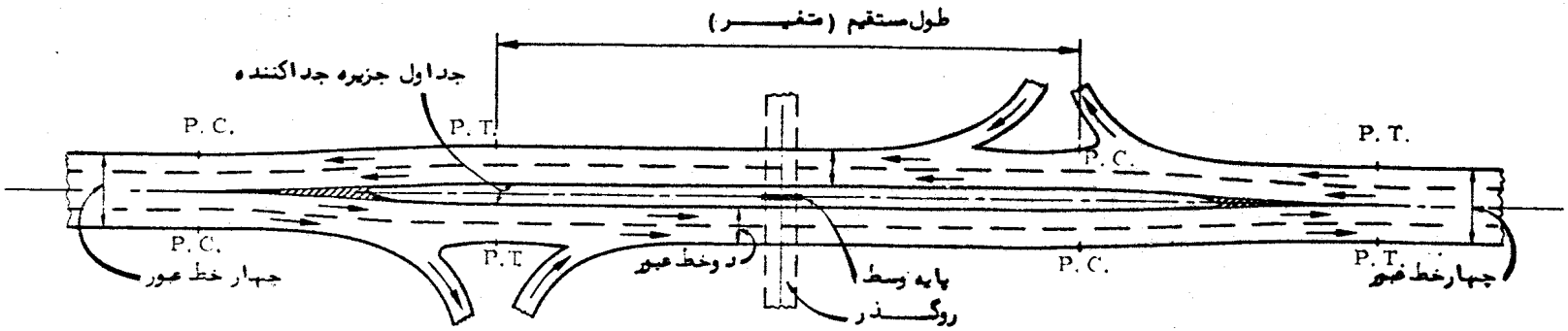
۶. مبدلها

۶–۱. *راههای متقارب به پل*

۶–۱–۱. امتداد ، نیمرخ و مقطع عرضی

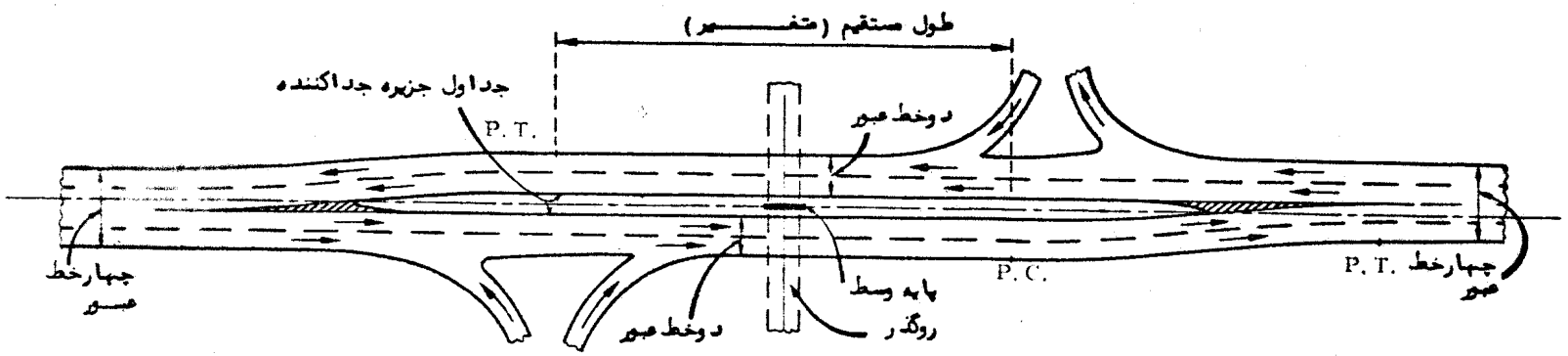
آمد و شدی که از یک مبدل عبور می‌کند باید از ایمنی و امکاناتی مشابه با آنچه که در راه مربوطه فراهم است ، برخوردار باشد . بنابراین ، در محل تقاطعها باید *معیارهای* مربوط به سرعت طرح ، قرارگیری ، نیمرخ و مقطع عرضی ، مانند *معیارهای* راه مربوطه باشد ، هرچند که ممکن است تأمین این *معیارها* مشکل باشد .وجود پل عامل‌خطر است و استفاده از *معیارهای* هندسی پایین این خطرات را تشدید می‌کند . مطلوب آن است که *معیارهای* هندسی تقاطعهای‌غیرهمسطح ، بالاتر از *معیارهای* راه مربوطه باشد تا هر گونه محدودیتی‌که ممکن است به‌علت وجود پایه‌ها ، ستونها ، جداول و نرده‌ها احساس شود ،جبران گردد. بهتر است که امتداد و نیمرخ طولی خطوط آمد و شد عبوری در یک مبدل ، نسبتا "مسطح و دارای دید خوب باشد . در برخی از موارد ، ممکن است بتوان تنها یکی از راههای قطع‌کنندد را در امتداد مستقیم و بدون شیب طرح کرد . مطلوب آن است که راه اصلی برای این منظور انتخاب‌شود .

عوامل کلی کنترل‌کننده امتدادهای قائم و افقی و ترکیب آنها که در *معیارهای طرح هندسی راههای اصلی* و فرعی آورده شده‌است در اینجا نیز معتبر هستند و باید دقیقا "رعایت شوند . بویژه،از به‌کاربردن قوسهای افقی یا قائم نسبتا" تیز باید پرهیز شود ؛ اگر به کاربردن قوسهای افقی‌که در نقاط گاس یا کوژ تند و یا در نزدیکی آنها شروع می‌شوند نیز باید پرهیز شود . شیب راههای متقاطع درمحل مبدلها باید حداقل‌باشد و در هیچ شرایطی از مقادیر حداکثر مجاز راه تجاوز نکند . از به‌کار بردن شیبهایی که موجب کاهش سرعت کامیونها می‌شود و یا صعود از آنها در یخبندان دشوار است ، باید پرهیز نمود . کاهش سرعت خودروهای سنگین در فرازهای بلند موجب تشویق به‌سبقت می‌شود و این عمل در مجاورت ورودی و خروجی شیبراهه‌ها خطرناک است . همچنین ، خودروهای کند موجب‌می‌گردند که سایر خودروهایی که به راه وارد شده و یا آن را ترک می‌کنند ،تشویق شوند که جریان آمد و شد این خودروها را قطع کنند .



تعریض متقارن حول محور راه: انحراف خطوط عبور از مسیر اولیه، هم قبل از محل تقاطع و هم بعد از آن صورت می‌گیرد.

(الف)



تعریض با عقب‌نشینی از محور تقاطع: انحراف خطوط عبور از مسیر اولیه فقط بعد از تقاطع صورت می‌گیرد.

(ب)

شکل ۶. تعریض در محل تقاطع برای ایجاد جزیره جداکننده میانی

در مبدلها نیز کم و زیاد کردن عرض‌خطوط‌آمد و شد به‌منظور تأمین عرض جزایر تقسیم‌کننده، مشابه روشی انجام می‌گیرد که برای سایر تقاطعها اعمال می‌شود. برای این منظور می‌توان طرحهای مختلفی را به‌کار برد و برخی از حالتهای متداولتر در شکل ۶ نشان داده شده‌است. در شکل ۶ـ الف، یک جزیره تقسیم‌کننده متقارن متداول برای یک راه چهارخطه جدا نشده نشان داده شده‌است؛ آمد و شد در هریک از جهات مستلزم طی دو قوس معکوس است. در شکل ۶ـ ب، یک جزیره تقسیم‌کننده در یک راه چهارخطه جدا نشده نشان داده شده‌است که محور راه نسبت به محور مبدل، خروج از مرکز دارد؛ در این حالت، آمد و شد هریک از دو جهت می‌تواند بدون طی قوس وارد مبدل شود و پس از گذشتن از محلهای نسبتا "خطرناک (پل و شیبراهه‌ها)، با یک قوس معکوس به‌امتداد اصلی راه بازگردد. این روش در مورد راههای چهارخطه موجود قابل استفاده نیست، مگر آنکه راه در مجاورت مبدل از نو احداث شود تا خروج از مرکز لازم تأمین گردد.

۶ـ۲. *فاصله دید*

فاصله دید در تقاطعهای غیرهمسطح باید حداقل‌برابربافاصله دید توقف و ترجیحا "بیشتر از آن باشد. طرح قرارگیری قائم‌راه، مشابه سایر نقاط راه است ولی در برخی موارد، در حالت قوس قائم کاس در زیرگذرها، استثنا وجود دارد. طول قوسهای قائم کاس در *معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی* آورده شده‌است. به‌طور کلی، این طولها در تقاطعهای غیرهمسطح ـ حتی در مواردی که شیبهای بیش از مقادیر حداکثر مربوط به سرعت طرح هستند ـ عملی است و وجود پل باعث نمی‌شود که فاصله دیدبه‌مقداری‌کمتر از حداقل لازم برای توقف کاهش یابد. این مطلب حتی در مواردی صادق است‌که فاصلهٔ‌دید براساس ارتفاع چشم برابر با ۱/۸۰ متر (ارتفاع چشم راننده کامیونها) و ارتفاع مانع برابر با ۰/۴۵ متر اندازه‌گیری می‌شود.

در برخی شرایط ممکن است لازم باشدکه مقدار فاصله دید در یک قوس قائم کاس واقع در یک زیرگذر ـ مانند یک زیرگذر دوخطه بدون‌شیبراهه که درآن، وجود فاصله دید سبقت مطلوب است ـ کنترل شود. این کنترل را می‌توان به‌طریق ترسیمی با استفاده از نیمرخ طولی، و یا با محاسبه انجام داد، ولی روش ترسیمی بهتر است. رابطه کلی عبارت است از:

حالت یکم ـ فاصله دید بزرگتر از طول قوس قائم است

$$(S > L)$$

$$L = 2S - \frac{800\left[C - \left(\frac{H_1 + H_2}{2}\right)\right]}{A}$$

حالت دوم ـ فاصله دید کمتر از طول قوس قائم است

$$(S < L)$$

$$L = \frac{S^2 A}{800\left[C - \left(\frac{H_1 + H_2}{2}\right)\right]}$$

در این روابط:

L = طول قوس قائم (متر)

S = فاصله دید (متر)

A = تفاضل جبری دو شیب (نسبت درصد)

C = فاصله آزاد قائم (متر)

H_1 = ارتفاع چشم از سطح راه (متر)

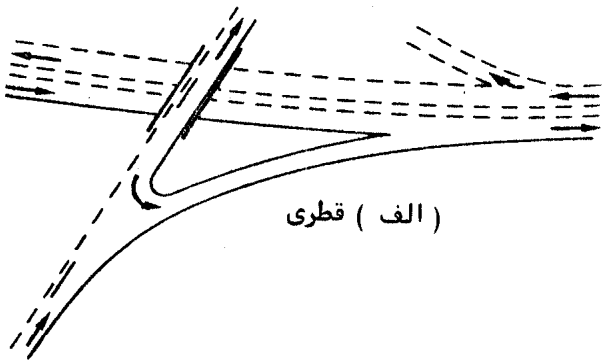
H_2 = ارتفاع مانع از سطح راه (متر)

محدودیتهای فاصله دید افقی ناشی از ستونها و پایه‌ها در قوسها معمولا "از محدودیتهای قائم مسائل پیچیده‌تری به‌وجود می‌آورند. انحناهای حداکثر مربوط به سرعتهای طرح در ***معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی*** آورده شده‌است. به‌کار بردن این انحناهای حداکثر، فاصله دید توقف حداقل را برای فواصل آزاد جانبی متداول ستونها و پایه‌های زیرگذرها تأمین نمی‌کند. در روگذرها نیز برای تیزترین قوس مربوط به سرعت طرح عقب‌نشستگی عملی معمول نرده پلها موجب کمبود فاصله دید می‌شود. این موضوع بر لزوم به‌کار بردن انحناهای کمتر از مقادیر حداکثر در مبدلها تأکید می‌کند. در مواردی‌که نتوان از قوسهای‌کم انحنا استفاده کرد، باید فاصله آزاد جانبی تا پایه‌ها، ستونها یا نرده‌ها به‌مقدار لازم افزایش داده شود تا فاصله دید مناسب تأمین شود، حتی اگر این امر مستلزم افزایش دهانه پل باشد.

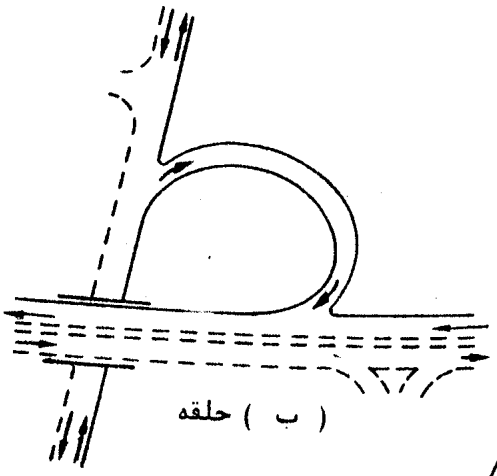
۶ـ۳. *شیبراهه‌ها*

۶ـ۳ـ۱. انواع شیبراهه‌ها

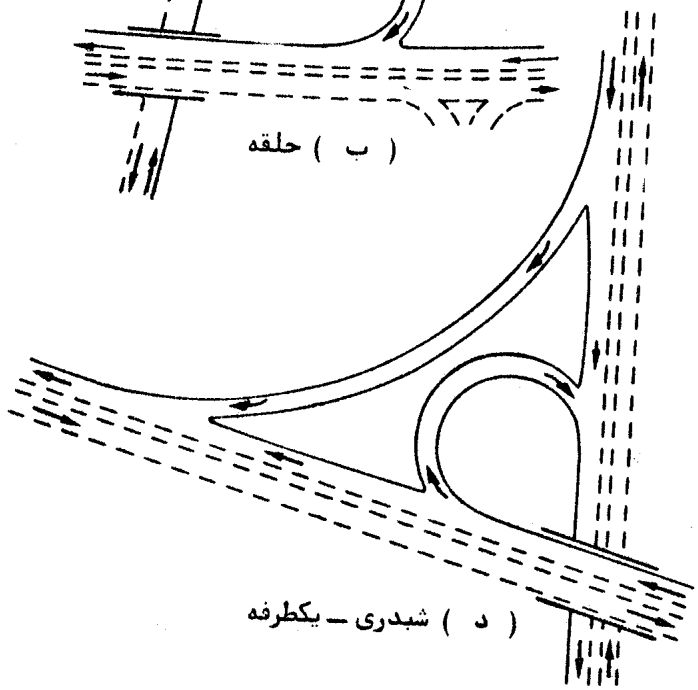
اصطلاح شیبراهه شامل کلیه انواع، طرحها و ابعاد مختلف خطوط‌گردشی است که دو یا چند راه را در یک مبدل به یکدیگر وصل می‌کند. اجزای شیبراهه‌ها عبارتند از یک ورودی یا خروجی در هر شاخه راه و یک راه ارتباطی که معمولا "به صورت قوس‌دار و شیبدار است. به‌طور کلی، معیارهای قرارگیری قائم و افقی شیبراهه‌ها پایین‌تر از معیارهای راههای متقاطع است، ولی در برخی موارد ممکن است معیارهای برابر باشند. در شکل ۷، انواع مختلف شیبراهه‌ها و مشخصات آنها نشان داده شده‌است. در این مورد، طرحهای بیشماری به‌کاربرده‌می‌شوند ولی هرکدام را می‌توان به‌یکی از انواعی‌که در شکل‌نشان‌داده شده‌است، مربوط‌کرد. شیبراهه‌های قطری (شکل ۷ـ الف) تقریبا "همواره یکطرفه هستند ولی معمولا" در محل راه قطع‌کننده، هم امکان گردش به راست و هم امکان گردش به چپ دارند. به‌طور کلی، هر شیبراهه یک راه یکطرفه است؛ استثنا بر این قاعده فقط مربوط به حالتی است که در شکل ۷ـ ج نشان داده شده‌است که شیبراهه دوطرفه می‌باشد. هرچند شیبراهه نشان‌داده‌شده در شکل ۷ـ الف به‌صورت یک‌قوس ممتد است ولی ممکن است این‌نوع شیبراهه به‌صورت‌مستقیم یا جناقی و دارای یک‌قوس معکوس باشد. مبدلهای نوع لوزوی به‌طور کلی چهار شیبراهه قطری دارند.



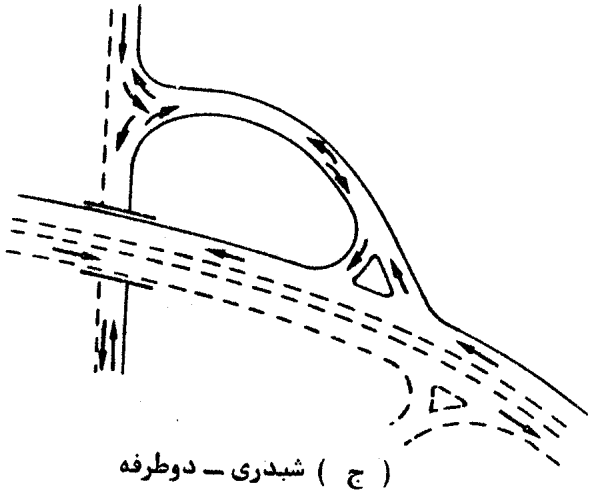
(الف) قطری



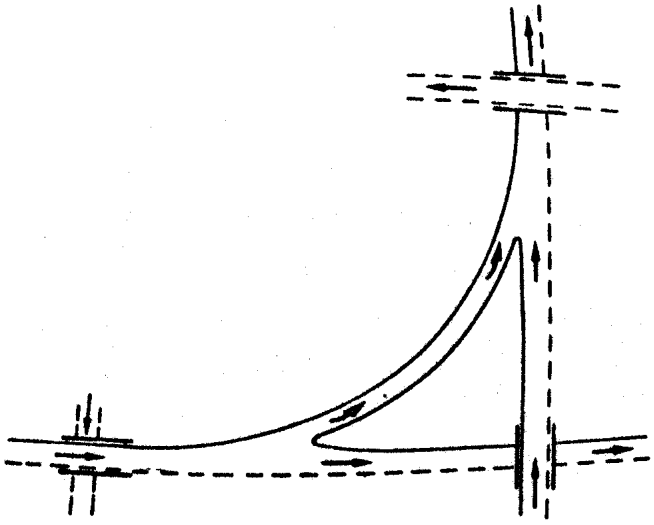
(ب) حلقه



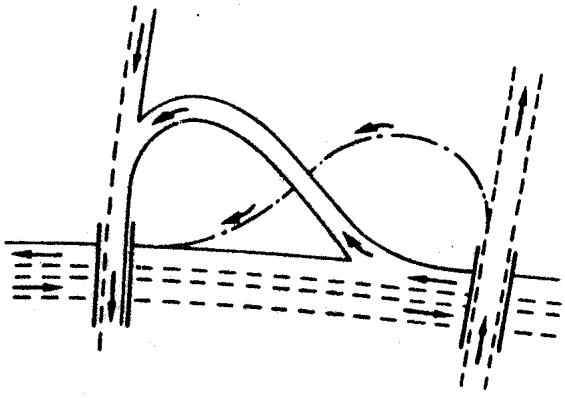
(د) شبدری ــ یکطرفه



(ج) شبدری ــ دوطرفه



(و) اتصال مستقیم (جهتی)



(ه) اتصال نیمه مستقیم (نیمه جهتی)
دسته‌کوزه‌ای

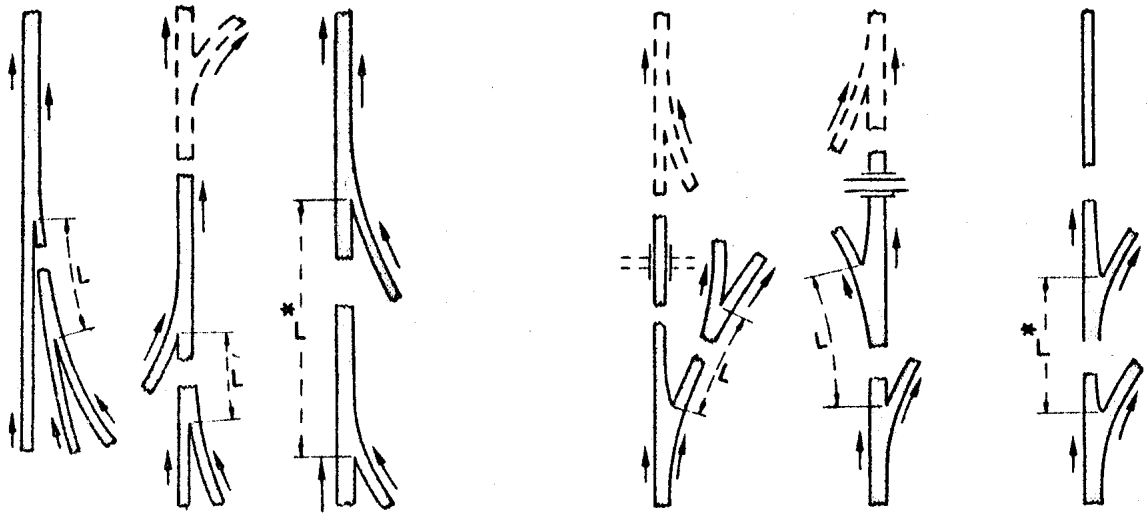
شکل ۷. انواع کلی شیبراهه

ممکن است حلقه‌ها در هر انتها اجازه یک گردش را بدهند (گردش به چپ یا به راست) و یا امکان هر دو گردش (هم به چپ و هم به راست) را فراهم آورند. در شکل ۷ـ ب، حالتی نشان داده شده‌است که فقط یک‌نوع گردش در هر دو انتهای شیبراهه امکان دارد. با حلقه‌ای به این شکل، حرکات گردش به چپ بدون تقاطع همسطح با آمد و شد مقابل انجام می‌شود؛ در عوض، رانندگانی که قصد گردش به‌چپ دارند، پس از گذشتن از مبدل به سمت راست می‌پیچند و پس از یک گردش ۲۷۰ درجه‌ای وارد راه دیگر می‌شوند. مسافتی که در حلقه طی می‌شود از سایر انواع شیبراهه‌ها بیشتر است.

در شکل ۷ـ د، ترکیب یک حلقه و یک شیبراهه قطری یا یک اتصال خارجی برای یک چهارم مبدل نشان‌داده شده‌است؛ شکل اصلی مبدل، شبدری است. در مواردی که دو شیبراهه ترکیب می‌شوند تا یک راه اتصالی دوخطه را تشکیل‌دهند (شکل۷ـج) شکل کلی شبدری به‌جا می‌ماند ولی بین آسنابه، شیبراهه‌ها حالت مجزای خود را از دست می‌دهند. این‌گونه شیبراهه به‌صورت یک شکل حلقوی دارای انحناست و بخش اتصالی بیرونی انحنای معکوس دارد. در مواردی که آمد و شد مربوط به بخش اتصالی بیرونی، آمد و شد عمده است، می‌توان شکل شیبراهه را به‌منظور تطبیق با آمد و شد تغییر داد (شکل ۹ـ الف).

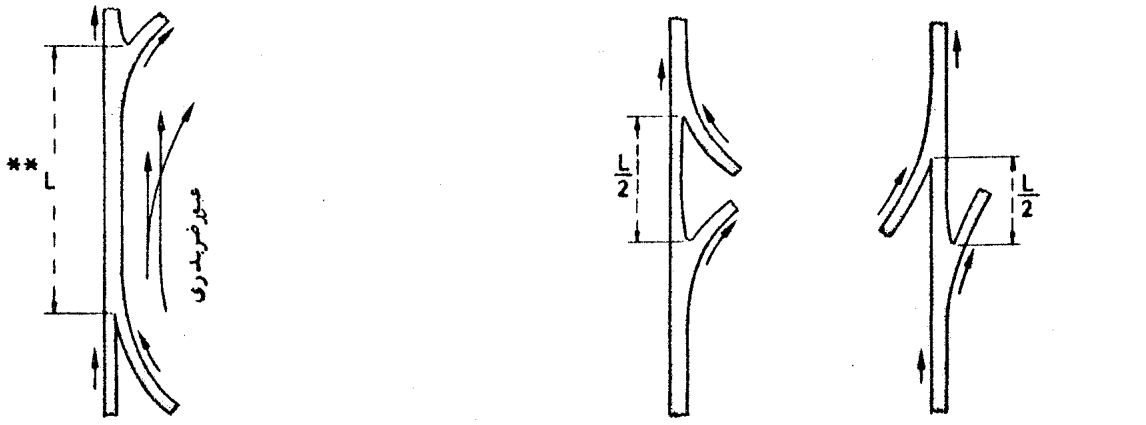
رانندگانی که در یک اتصال نیمه‌مستقیم (خط‌پر در شکل ۷ـ ه) قصد گردش به چپ دارند، ابتدا از جهت موردنظر دور می‌شوند و سپس تدریجا "گردش کرده و از سمت‌چپ یا راست وارد راه دیگر می‌گردند. در اتصال نیمه‌مستقیم دیگر که مسیر آن با خط‌چین نشان داده شده‌است، ابتدا رانندگان از سمت چپ خارج شده و پس از گردش به سمت چپ برمی‌گردند و وارد راه دیگر می‌شوند. همچنین، از اتصال نیمه‌مستقیم می‌توان برای گردش به راست استفاده کرد ولی در مواردی که برای این منظور امکان استفاده از شیبراهه‌های قطری وجود داشته‌باشد، دلیلی ندارد که از اتصالات نیمه‌مستقیم استفاده شود. این‌نوع شیبراهه اصطلاحا" به شیبراهه *دسته‌کوزه‌ای* موسوم است. طول این نوع شیبراهه‌از اتصال حلقوی معادل کمتر، و از اتصال مستقیم بیشتر است. حداقل یکی از راههای آمد و شد عبوری باید حدود ۱۵۰ متر یا بیشتر در جهت جانبی باز شود که این کار مستلزم دو پل جداگانه است؛ در صورتی که هر دو راه باز نشوند باید حداقل از سه پل و یا یک پل سه‌طبقه استفاده کرد.

در اتصالات مستقیم، برای حرکت گردش به چپ رانندگان از سمت چپ راه را ترک می‌کنند و مستقیم به سمت چپ گردش نموده و از سمت چپ وارد راه دیگر می‌شوند (شکل ۷ـ و). اتصالات قطری و بیرونی بدون قوس معکوس اتصالات مستقیمی برای حرکات گردش به راست هستند. در شیبراهه‌های جهتی برای گردش به چپ، طول لازم برای گردش کردن کمتر از هر نوع شیبراهه گردش به چپ دیگر است، ولی چون باید دو پل یا بیشتر به‌کار برده شود، هزینه اولیه آن بیشتر می‌شود. اتصالات مستقیم گردش به‌چپ مستلزم جدا کردن نسبتا" زیاد راههای آمد و شد عبوری است (شکل ۷ـ ه)؛ در غیر این‌صورت، باید از طرحی که در سمت چپ پایین شکل ۱ نشان داده شده‌است، استفاده شود.



(الف) خروجیهای متوالی

(ب) ورودیهای متوالی



(ج) خروج ــ ورود متوالی

(د) ورود ــ خروج متوالی

* طول L بهاندازه طول معین شده در جدول زیر است ، ولی نباید از طول لازم برای تغییر خط عبور و یا تغییر سرعت کمتر باشد

** طول L بهاندازه طول معین شده در جدول زیر است ، ولی نباید از طول لازم برای قطعه عبور صبدری کمتر باشد .

فاصله بین آستانه‌های دو شیبراهه متوالی

سرعت طرح به کیلومتر	۵۰ یا کمتر ۰	۶۵ تا ۸۰	۹۵ تا ۱۰۵	۱۳۰
سرعت متوسط حرکت بهکیلومتر	۳۷ تا ۴۵	۵۷ تا ۷۰	۸۳ تا ۹۳	۱۰۰
فاصله به متر				
حداقل	۶۰	۱۲۰	۱۵۰	۲۷۰
مطلوب	۱۲۰	۲۱۰	۲۷۰	۳۶۰

شکل ۸. ترتیب قرار گرفتن دو شیبراهه متوالی

شکلهای مختلف شیبراهه‌های یک تقاطع یا انواع مختلف مبدلها از ترکیبات مختلف این نوع شیبراهه تشکیل می‌شوند؛ به‌عنوان مثال، مبدل شیپوری شامل یک حلقه، یک شیبراهه نیمه‌مستقیم و دو شیبراهه مستقیم گردش به راست یا شیبراهه قطری است.

۶-۳-۲. فاصله بین آستانه‌های دوشیبراهه متوالی

در مبدلها غالبا" دو یا چند آستانه شیبراهه‌های نزدیک یکدیگر در طول خطوط‌آمد و شد عبوری وجود دارند. در پاره‌ای از طرحهای مبدلها، یک شیبراهه به شیبراهه‌های مجزا تقسیم می‌شود و یا ممکن است دو شیبراهه به یکدیگر متصل شده و تشکیل یک شیبراهه را بدهند. در شکل ۸، فاصله حداقل و فاصله مطلوب بین آستانه‌های دو شیبراهه متوالی نشان داده شده‌است. در بیشتر موارد، طول لازم برای خطوط‌تغییر سرعت، کنترل‌کننده این فاصله است. فواصل نشان داده شده در جدول، برمبنای مدت زمان ۵ تا ۱۰ ثانیه برای تصمیمگیری و حرکت براساس آن، محاسبه شده‌است. غالبا"، در راههای برونشهری باید مقادیر مطلوب نشان داده شده در شکل ۸ را به‌عنوان مقادیر حداقل در نظر گرفت و ترجیحا"، به‌منظور تأمین فواصل کافی برای دادن اطلاعات به رانندگان از طریق نصب علایم، مقادیر زیادتری به‌کار برد. فاصله حداقل پیشنهادی برای علامت‌گذاری برابر با ۳۰۰ متر بین خروجیهای یک آزادراه (شکلهای میانی و سمت راست ۸ــ الف)، و ۱۸۰ متر بین خروجی یک آزاد راه و خروجی یک‌راه ارتباطی است (شکل سمت چپ ۸ ــ الف).

۶-۳-۳. سرعت طرح

بسیار به‌ندرت ممکن است شیبراهه‌هایی به‌کار گرفته شوند که در آنها سرعت حرکت خودروها در حدود سرعت حرکت در راه اصلی باشد؛ البته بهتر است که سرعت خودروها در شیبراهه‌ها تا حد امکان زیاد باشد تا اعمال کاهش و افزایش سرعت به‌هنگام خروج از راه اصلی و ورود به شیبراهه، و خروج از شیبراهه و ورود به راه اصلی، به‌آسانی انجام شود. در نتیجه، می‌توان گفت که سرعت طرح شیبراهه‌ها تابع سرعت طرح راههای اصلی متقاطع است.

رابطه بین سرعت طرح و سرعت گردش در *معیارهای طرح هندسی راههای اصلی* و فرعی آورده شده‌است. سرعت طرح شیبراهه‌ها باید حداقل برابر با سرعت متوسط‌حرکت راههای دارای آمد و شد متوسط باشد، ولی محدودیتهای محلی و عوامل اقتصادی سبب می‌شود که سرعت طرح شیبراهه کمتر باشد. در برخی موارد، استفاده از سرعت طرح پایین برای شیبراهه‌ها قابل توجیه است. منظره پل تقاطع، شیبراهه‌های آن، علائم مربوطه و غیره سبب می‌شود که رانندگانی که قصد گردش کردن دارند متوجه‌شوند و از سرعت‌خود بکاهند؛ معمولا" کاستن سرعت قبل از رسیدن به محل تقاطع آغاز می‌شود. بیشتر رانندگان، در صورتی که مقدار لازم تغییر سرعت بسیار زیاد نباشد و بتوانند طول شیبراهه را با سرعت معقولی بپیمایند، تمایل به کاهش سرعت دارند. ممکن است شیبراهه‌هایی که طول حرکت در آنها بیش از حد زیاد است (نظیر حلقه‌های بزرگ)، از نظر رانندگان نامطلوبتر از شیبراهه‌های با طول متوسط‌جلوه کند که لازم است سرعت در آنها قدری بیشتر کاهش داده شود.

در جدول ۱، مقادیر راهنما برای سرعت طرح شیبراهه‌ها به‌صورت تابعی از سرعت طرح راه، داده شده‌است.

جدول ۱. مقادیر راهنما برای سرعت طرح شیبراهه‌ها

سرعت طرح راه (کیلومتر در ساعت)	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۲۰	۱۳۰
سرعت طرح شیبراهه (کیلومتر در ساعت):						
مطلوب	۳۰	۵۰	۷۰	۹۰	۹۵	۱۰۵
حداقل	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۵۵	۶۵
شعاع حداقل قوس مربوطه (متر):						
مطلوب	۳۰	۸۰	۱۵۰	۲۵۰	۳۱۵	۳۸۰
حداقل	۲۵	۳۰	۴۵	۷۰	۹۰	۱۳۰

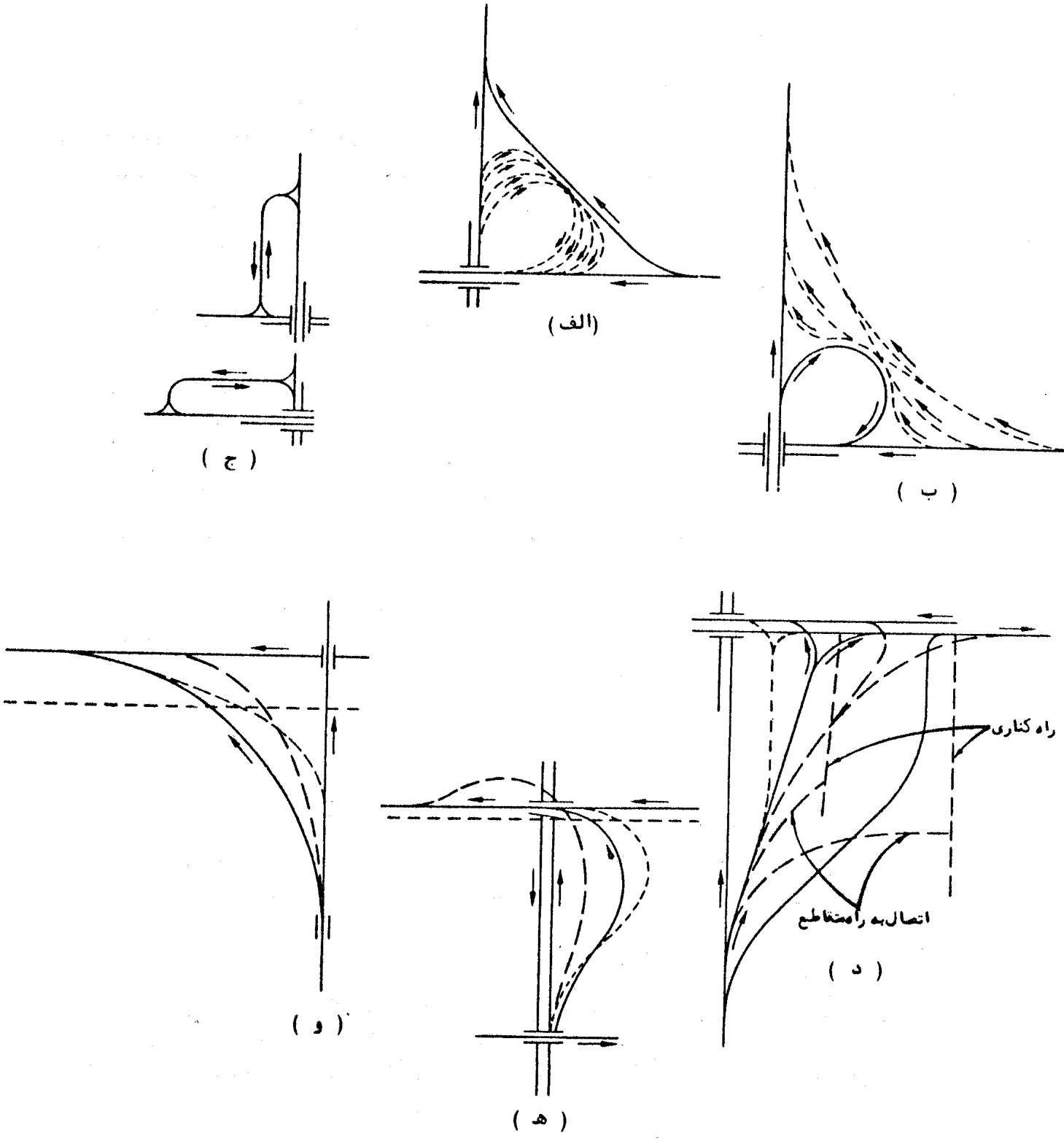
معمولا"، سرعت طرح راههای متقاطع یکسان نیست. بهتر است سرعت طرح شیبراهه‌ها مربوط به سرعت طرح راه سریعتر باشد؛ در غیر این‌صورت، شیبراهه‌های مختلف باید در رابطه با سرعت طرح راهی طرح گردند که به آن متصل می‌شوند (جدول ۱)، و شیبراهه‌های میانی نیز براساس مقدار متوسط سرعت مناسب طرح شوند.

۶-۳-۴. قرارگیری و شکل

حداقل شعاع- عوامل و فرضیات مربوط به حداقل شعاع قوسهای خطوط گردش برای سرعتهای مختلف در بخش *اصول و مبانی طرح تقاطعها* در همین مجموعه بحث شده‌است و مقادیر داده شده در جدول ۳ و شکل ۸ بخش ذکر شده مستقیما" در طرح قوسهای شیبراهه نیز قابل استفاده است.

قوسهای مرکب و انتقالی- استفاده از قوسهای مرکب و انتقالی سودمند است زیرا این قوسها شکل مطلوب را به شیبراهه‌ها می‌دهند، با شرایط محل وفق دارند و بر مسیر حرکت طبیعی خودروها منطبق هستند. نتیجه‌گیریهایی که در بخش *اصول و مبانی طرح تقاطعها* در مورد قوسهای خطوط گردش به‌دست آمده‌اند، در مورد شیبراهه‌ها نیز کلا" کاربرد دارند. در جداول ۴ و ۵ این بخش، حداقل طول قوس انتقال (کلوتوئید) و حداقل طول کمان دایره برای قوسهای مرکب نشان داده شده‌است.

شکل شیبراهه‌ها- شکل کلی یک شیبراهه به نوع شیبراهه انتخاب شده بستگی دارد که قبلا" در شکل ۷ نشان داده شد. ممکن است شکل دقیق شیبراهه تحت تأثیر ترکیب آمد و شد، مقدار آمد و شد، سرعت طرح، وضعیت پستی و بلندی زمین، زاویه تقاطع راهها، نوع آستانه شیبراهه‌ها و غیر قرار بگیرد.



شکل ۹. شکل شیبراهه‌ها

همان‌طوری که در شکل ۹ـ الف و ۹ـ ب نشان داده شده‌است ، ممکن است بتوان از چندین شکل مختلف برای حلقه و اتصال‌بیرونی یک‌مبدل شبدری استفاده‌کرد . شکل‌حلقه ،به استثنای آستانه‌های آن ،ممکن است کمانی از دایره یا سایر شکلهای‌متقارن یا نیمه‌متقارن باشد ، به‌گونه‌ای که در شکل ۹ـ الف با منحنیهای خط‌چین نشان داده شده‌است ؛ ممکن است حلقه یا شکلی غیرمتقارن داشته باشد (ترکیب هر دو منحنی خط‌چین در دو طرف نقطه‌مشترک مرکزی در شکل ۹ـ الف) . ترتیب غیرمتقارن درمواردی مناسب است‌که دو راه متقاطع از اهمیت‌یکسانی برخوردار نیستند و آستانه‌های‌شیبراهه‌ها برای سرعتهای مختلف طرح می‌شوند و شیبراهه‌ها به‌صورت بخشی از مناطق تغییر سرعت به‌کار می‌روند . ممکن است به علت وضعیت حریم راه ، شرایط‌نیمرخ و فاصله دید و موقعیت شیبراهه‌ها شکلهای مشابهی لازم شود .

به‌طوری که در شکل ۹ـ ب نشان داده شده‌است ، امتداد مطلوب برای یک اتصال بیرونی ،یک منحنی پیوسته است که این ترتیب ، حریم راه بسیار بزرگی را ایجاب می‌کند . ترتیب مطلوب دیگر طرحی است که در آن ، یک امتداد مستقیم مرکزی با قوسهای آستانه (خطوط b و c) به‌کار می‌رود . طرحهای بیشماری ازنظر انتخاب زاویه و امتداد اتصالات بیرونی وجود دارد . در مواردی که اهمیت حلقه از اتصال بیرونی بیشتر است ،می‌توان برای اتصال بیرونی از قوس معکوس استفاده کرد تا حریم راه به‌طوری که با خط d نشان داده شده‌است ، کاهش یابد . برای بدست آوردن یک شکل عملی ، هر ترکیبی از b و c و d ممکن است به‌کار رود .

به‌طور کلی ، روش نشان داده شده در شکلهای ۹ـ الف و ۹ـ ب که حلقه و اتصال بیرونی از یکدیگر جدا هستند ، روش مطلوب است ، ولی در مواردی که حرکات جزئی و مسائل اقتصادی مطرح است می‌توان بخشی از دو شیبراهه را با یکدگیر ترکیب کرد تا یک روسازی واحد دوخطه به‌دست آید . در مواردی که این روش به‌کار برده می‌شود ، آمد و شد دوجهت باید با استفاده از یک جدول غیرقابل عبور یا نرده ایمنی از یکدیگر جدا شود . ترتیب نشان داده شده در شکل ۹ـ ج نشان‌دهنده یک‌حالت جدی شیبراهه‌های شبدری است که می‌تواند در مواردی به‌کار برده شود که مشکلات حریم راه باعث می‌شود محل یک شیبراهه نزدیک و به موازات یکی از راههای اتصالی باشد . ممکن است که این‌گونه شیبراهه به‌اندازه کافی بلند اختیار شود تا با حداقل حریم در روی یکی از راههای تقاطع ،اثر اختلاف رقوم آستانه‌ها کاهش یابد . واضح است که ایراد این نوع طرح ، مسیرهای غیرمستقیم لازم و شعاعهای کم‌انحنای آستانه‌هاست .

ممکن است شیبراهه‌هایی که در مبدلهای لوزوی به‌کار می‌روند ، بسته به خصوصیات آمد و شد گردش‌کننده و محدودیتهای‌حریم راه ،شکلهای مختلفی داشته باشند . شیبراهه ، ممکن است یک امتداد مستقیم قطری با منحنیهای اتصال باشد (خط‌پر در شکل ۹ـ د) . ممکن است شیبراهه ، برای آسانی گردشهای به‌راست ، به‌صورت یک قوس پیوسته به سمت راست ، با یک انشعاب به سمت چپ برای گردش به چپ باشد . در مناطق دارای حریم راه محدود در طول راه اصلی ، ممکن است لازم باشد که از قوس معکوس با بخشی از شیبراهه به‌صورت موازی با خط‌آمد و شد عبوری ، استفاده شود (خط‌چین در شکل ۹ـ د) .

ممکن‌است نوعی از شیبراهه‌های‌مبدل لوزوی که به *اتصالات ضربدری* موسوم است ،عمل اتصال را با راه کناری موازی انجام دهد؛ در شکل ، دو نوع آن با خط‌چین نشان داده شده‌است . در مواردی که از این روش استفاده می‌شود ، مطلوب آن است که راه کناری یکطرفه باشد . اتصالات ضربدری به راههای کناری دوطرفه مستلزم تدابیر خاصی در آستانه‌های راه کناری است زیرا امکان دارد در ورود به خطوط‌آمد و شد عبوری ، اشتباهاتی از رانندگان سر بزند .

در پاره‌ای موارد ، شکل اتصالات نیمه‌مستقیم (شکل ۹ــ هـ) به مقدار فاصله جانبی روسازیهای راه با آمد و شد عبوری یکطرفه ، موقعیت آستانه‌ها در رابطه با پل ، و مقداری که روسازی پل تعریض شده‌است ،بستگی دارد ؛در غیر این‌صورت ، شعاع قوس لازم برای تأمین سرعت مطلوب گردش برای‌یک حرکت‌گردش به‌چپ‌مهم ،ممکن است دربرخی از موارد ،تعیین‌کننده فاصله‌جانبی لازم برای‌خط‌آمد و شد عبوری باشد . در مواردی که اتصال نیمه‌مستقیم از سمت راست جدا شده و از سمت راست نیز وارد می‌شود ، می‌توان خطوط‌آمد و شد عبوری را به فاصله کمی از یکدیگر قرار داد (شکل ۹ــ هـ) ، ولی پل باید بیشتر به‌صورت اریب قرار گیرد .بحث مربوط به اتصالات مستقیم (شکل ۹ــ و) نیز مشابه اتصالات غیرمستقیم است .وضعیت زاویه‌ای یا انحنا ممکن است تا حدودی به‌وسیله نسبت‌سرعتهای طرح راههای متقاطع و نزدیکی سواره‌روهای دیگر و یا به‌وسیله ضرورتهای طرح پل مشخص شود .

۶ــ۳ــ۵ . فاصله دید

حداقل فاصله دید توقف برای خطوط‌گردش که در جدول ۱۵ بخش *اصول و مبانی طرح تقاطعها* آورده شده‌است ، مستقیما "می‌تواند برای شیبراهه مبدلها به‌کار رود . در مواردی که امکان داشته باشد ، باید فواصل دید بیشتری در نظر گرفته شود .

در شکل ۲۰ بخش *اصول و مبانی طرح تقاطعها* ، طول منحنیهای قائم کوژ در رابطه با تفاضل جبری دو شیب ، و در شکل ۲۱ همین بخش، فواصل آزاد جانبی تا موانع کنار راه با توجه به شعاع قوسهای افقی براساس‌حداقل فواصل‌دیددادهشده‌است .این منحنیها را می‌توان برای طرح شیبراهه‌هـــا به‌کار برد ،ولی در بسیاری از موارد لازم است که برای کنترل فواصل دید در قوسهای قائم و افقی ،به جای این شکلها از روشهای‌ترسیمی استفاده‌شود .طرحهای دارای قوسهای قائم غیر از سهمی ، قوسهای کوتاهتر از فواصل دید و یا قوسهای مرکب با طول محدود را نمی‌توان مستقیما "با این نمودارها کنترل کرد .

۶ــ۳ــ۶ . موقعیت آستانه و فاصله دید

ابعاد ، شکل و موقعیت یک شیبراهه را می‌توان توسط‌نیازهای آمد و شد در آستانه شیبراهه ، بویژه در آستانه شیبراهه راه قطع‌کننده در مبدلهای از نوع لوزوی ،تعیین کرد . در این حالت ، ممکن است‌ازنظر ایمنی لازم باشد که آمد و شد متوقف شود ، بویژه‌آمد و شدی که برای گردش به چپ باید یک یا چنـــد خط یا راه مربوط به‌آمد و شد متقارب از سمت‌چپ را قطع کند و با آمد و شد متقارب سمت راست‌ادغام

شود. در طول راه قطع‌کننده، فاصله دید از خودرو متوقف‌شده باید به‌اندازه کافی باشد تا رانندگان بتوانند موقعیت را درک کرده و از حالت توقف خارج شوند و عملیات را در شرایط ایمنی و قبل از رسیدن خودروی که پس از آغاز حرکت راننده، در راه قطع‌کننده ظاهر شده‌است، به پایان برسانند. برای این حالت، ممکن است مقدار حداقل‌فاصله دید توقف راه کافی‌نباشد. مقدار فواصل دید در بخش *معیارهای طرح هندسی تقاطعهای همسطح* محاسبه و تعیین شده‌است.

در مواردی‌که طرح موردنظر منتج به موقعیت آستانه شیبراهه‌ای می‌شود که به‌علت کافی نبودن فاصله دید، ناامن است، طرح شیبراهه باید تغییر داده‌شود. معمولا" این‌کار با دورتر قرار دادن آستانه شیبراهه از پل تقاطع غیرهمسطح- در محلی که اگر راه قطع‌کننده از روی راه اصلی عبور می‌کرد، ممکن بود یک قوس قائم کاس ایجاد شود- امکان‌پذیر است. همچنین، این رواداری از این‌جهت لازم است که آمد و شد راه قطع‌کننده در یک قوس قائم کاس ممکن است در نشیب باشد. طرح باید بویژه از نظر طرح جانپناه نیز کنترل‌گردد تا اطمینان حاصل شود که هیچ مانعی در برابر خط دید بحرانی وجود ندارد.

در مواردی که اقدامات ایمنی گفته شده عملی نباشد، ممکن است لازم باشد که از سرعت آمد و شد در راه قطع‌کننده کاسته شود یا اینکه سرعت با استفاده از چراغ راهنما کنترل گردد.

در مواردی که راه قطع‌کننده به‌صورت زیرگذرراه اصلی را قطع می‌کند و در این حالت، ستونها یا پایه پلها مانعی احتمالی در برابر دید به‌وجود می‌آورد، باید پیش‌بینیهای احتیاطی مشابهی انجام گیرد.

۶-۲-۷. طرح شیبها و نیمرخ طولی

شیبها و طولهای شیب شیبراهه‌ها باید تا آنجا که ممکن است کم باشد تا تلاش لازم در حین رانندگی برای گذر از یک راه به راه دیگر به حداقل برسد. غالبا"، شیبراهه‌ها قوسی شکل هستند و شیب زیاد آنها سبب اختلال در جریان آمد و شد می‌شود. کاهش سرعت خودروها در فراز یک شیبراهه به اندازه کاهش سرعت در یک راه با آمد و شد عبوری اشکالی ندارد؛ البته، در صورتی که سرعت آن‌قدر کاهش نیابد که موجب ازدحام راه عبوری شود.

معمولا"، حداقل یکی از راههای متقاطع در یک مبدل معیار طرح بالایی دارد و برای پرهیز از تناقض باید شیب شیبراهه‌ها به ۴ تا ۶ درصد محدود شود. در مناطق برفگیر و یخبندان، شیب شیبراهه‌ها نباید از ۵ درصد تجاوز کند. در مواردی که نسبت کامیونهای سنگین یا اتوبوسها درآمد و شد شیبراهه بالاست، شیب شیبراهه باید محدود به ۳ یا ۴ درصد شود، مگر آنکه مقدار آمد و شد در شیبراهه کم باشد. در پاره‌ای از موارد، ممکن است لازم باشد که شیبراهه‌هایی با شیب ۸ تا ۱۰ درصد بکار برده شود، ولی این موارد باید موارد خاصی تلقی شوند که شیبهای زیاد تنها به‌علت محدودیت

شرایط محل یا به‌علت آمد و شد کم مورد استفاده قرار گرفته است. به‌طور کلی، تأمین فاصله دید، از کنترل یک شیب معین بیشتر اهمیت دارد و در طرح باید به آن اولویت داده شود. معمولا" این دو عامل کنترل‌کننده با یکدیگر سازگارند.

در شیبراهه‌های یکطرفه باید تمایزی بین فراز و نشیب قائل شد. برای طرح شیبراهه‌های با سرعت بالا مقادیری که در بالا آورده شد، قابل اعمال است، ولی اگر آستانه شیبراهه‌ها مناسب باشد، به‌کار بردن شیبهای ۷ تا ۸ درصد در طول کم اجازه حرکت ایمن را می‌دهد، بدون آنکه سبب کاهش زیادی در سرعت خودروهای سواری شود. فرازهای با شیب تا ۵ درصد و در طول کم موجب اختلال بیش از اندازه در حرکت کامیونها و اتوبوسها نمی‌شوند. شیبراهه‌های یکطرفه واقع در نشیب با شیبهای تا ۸ درصد نیز موجب بروز خطرات ناشی از سرعت زیاد نمی‌گردند. در بیشتر موارد، محدودیتهای مربوط به شرایط برفی و یخبندان، صرف‌نظر از جهت شیب، عامل کنترل‌کننده مقدار شیب است.

بحث بالا نشان می‌دهد که مقدار شیب شیبراهه، به‌طور مستقیم به‌سرعت طرح بستگی ندارد، ولی به‌طور کلی، سرعت طرح نشانه‌ای از معیارهای به‌کار گرفته شده است. مقدار شیب یک شیبراهه با سرعت طرح بالا باید از مقدار شیب شیبراهه‌ای که برای سرعت طرح پایین‌تر در نظر گرفته شده‌است، کمتر باشد. به‌عنوان یک قاعده کلی، مطلوب آن است که مقدار شیب فراز شیبراهه‌های با سرعتهای طرح مختلف به‌مقادیر داده شده در جدول ۲ محدود شود. حداکثر شیب، شیبراهه‌ها در نشیب نیز باید مطابق‌همین جدول باشد؛ در مواردخاص می‌توان مقدار شیب را تا ۲٪ بیشتر از این مقادیر اختیار کرد.

جدول ۲. رابطه بین حداکثر شیب شیبراهه و سرعت طرح

سرعت طرح (کیلومتر در سرعت)	۸۰–۷۲	۶۴–۵۶	۴۸–۴۰	۳۲–۲۴
حداکثر شیب (٪)	۵–۳	۶–۴	۷–۵	۸–۶

قوسهای قائم – در شکل ۲۰ در بخش *اصول و مبانی طرح تقاطعها*، حداقل طول قوسهای قائم کوژ خطوط گردش، براساس فاصله دید توقف برای سرعتهای طرح مختلف، به‌طور خلاصه آورده شده است. این مقادیر برای آستانه شیبراهه‌ها، برای مقدار متوسط سرعت‌طرح شیبراهه و راه، قابل استفاده هستند.

نیمرخ طولی شیبراهه معمولا" به شکل S است. تغییرات عمده شیب توسط دو قوس قائم – یک

کاس در آستانه پایینی شیبراهه و یک کوژ در آستانه بالایی ــ به‌وجود می‌آید. داشتن دید به شرایط آستانه‌ها بستگی دارد. رانندگانی که در یک شیبراهه در نشیب وارد راه عبوری می‌شوند، دید خوبی از آمد و شد راه عبوری دارند. رانندگانی که راه عبوری را ترک می‌کنند تا وارد شیبراهه شوند، ممکن است دیدشان از قوس افقی شیبراهه، به‌علت وجود قوس قائم کوژ، محدود باشد. این قوس قائم اولیه باید طوری طرح شود که رانندگان به وضوح متوجه شروع قوس افقی بحرانی بشوند. در مواردی که این امر امکانپذیر نباشد، طول قوس قائم باید از مقدار لازم برای فاصله دید توقف بیشتر باشد.

قوس قائم کوژ یک شیبراهه واقع در نشیب باید برای رانندگانی که شیبراهه را ترک می‌کنند، دید کافی به راه عبوری و محل ادغام آمد و شدها فراهم کند. در بیشتر موارد، طرح قوسهای قائم کوژ برمبنای فاصله دید توقف، این شرط را برآورده می‌سازد. در شرایطی که راه عبوری در نشیب با شیبراهه کناری به سرعت متقارب می‌شود و احتمالاً "در ترکیب با یک انحنای افقی دارای بربلندی نیز قرار دارد، مقادیر حداقل کافی نخواهد بود و دید کافی از راه عبوری وجود نخواهد داشت.

نیمرخ طولی شیبراهه در محل گردش ورودی باید کلاً "تا فاصله‌ای به‌موازات نیمرخ طولی خط آمد و شد عبوری باشد. این عمل به آمد و شد شیبراهه امکان می‌دهد که راه عبوری دید کافی داشته باشد؛ بنابراین، تردید رانندگان برای وارد شدن به راه عبوری کاهش می‌یابد. این نوع ترتیب بویژه برای اتصالات مستقیم مطلوب است که از سمت چپ وارد جریان آمد و شد عبوری می‌شوند. همچنین، این روش در مواردی نیز مطلوب است که خودروها احتمال متوقف‌شدن دارند، مانند مواقعی که باید برای وارد شدن به‌جریان آمد و شد عبوری و یا برای گردش به‌چپ منتظر فرصت باشند. در حالت اخیر باید فضای لازم برای حداقل یک و ترجیحاً "چند خودرو تأمین شود. در بیشتر موارد، تأمین این فضا با صرف مخارج اندک و تنظیم امتداد و نیمرخ طولی شیبراهه امکانپذیر است، ولی در برخی از موارد، به طول و روسازی بیشتری نیاز است؛ در مناطق محدود، این امر ممکن است منجر به شیبهای تند شود.

رانندگانی که می‌خواهند از یک شیبراهه وارد راه عبوری شوند، باید در طولی از شیبراهه و آستانه آن که برای افزایش سرعت لازم است، دید کافی به راه مقابل داشته باشند. این طول، فاصله میان انتهای تندترین قوس شیبراهه و نقطه‌ای خواهد بود که محل پدیدار شدن علامتی است که نشان می‌دهد شیبراهه به پایان می‌رسد. یک قوس قائم با این طول باید به‌اندازه کافی پخ باشد و طوری انتخاب شود که روسازی شیبراهه نسبت به روسازی راه عبوری پایین‌تر از ۱/۱۰ متر واقع نگردد؛ آن قسمت از شیبراهه که از راه عبوری پایین‌تر از ۱/۱۰ متر است، نباید بخشی از خط افزایش سرعت محسوب شود.

۶–۳–۸. مقطع عرضی و شیبهای عرضی

عرض روسازی– مقادیر نشان داده شده در جدول ۷ بخش *اصول و مبانی طرح تقاطعها* برای عرض روسازی‌خطوط‌گردش در طرح‌شیبراهه‌ها قابل استفاده‌است. در پاره‌ای موارد که لازم است طرح برمبنای یک خودرو معین – به‌جای ترکیب خودروهای طرح– صورت گیرد، می‌توان مقادیر داده شده در جدول همین بخش را به‌کار برد.

شانه‌ها و جداول – مقادیر عرض حداقل و مطلوب شانه‌ها و فواصل آزاد افقی خطوط‌گردش،به طور خلاصه در جدول ۸ بخش *اصول و مبانی طرح تقاطعها* آورده‌شده‌است. بویژه در مبدلهای با آمد و شد زیاد وجود شانه‌ها ضرورت دارد تا دور از خطوط‌آمد و شد، فضایی برای توقف خودروها فراهم شود، تأثیر توقف خودروها بر جریان آمد و شد به حداقل برسد و بالاخره، فضایی موجود باشد تا رانندگانی که احتمالا "مسیر خود را اشتباه می‌کنند، از آن استفاده نمایند. از شانه معمولا" در سمت راست شیبراهه‌های یکطرفه استفاده می‌شود. غالبا"، استفاده از جدول در شیبراهه‌ها موجب تسهیل طرح زهکشی (دفع آبهای سطحی) می‌شود. به‌کار بردن سیستم زهکشی در جداول موجب به حداقل رسیدن فرسایش شیروانیها می‌شود و به‌استقرار نگهداری پوشش‌محافظتی زمین کمک می‌کند. به‌کار بردن جدول در سمت داخلی قوس شیبراهه‌ها از خراب شدن لبه‌روسازی جلوگیری می‌کند و در نتیجه، هزینه نگهداری را کاهش می‌دهد. به‌طور کلی، در شیبراهه‌ها استفاده از جداول قابل عبور مطلوبتر است، مگر در شیبراهه‌های واقع در پلهای طویل که در آنها لازم است از جداول غیرقابل عبور حفاظتی استفاده شود. ممکن است در مورد جداول غیرقابل عبور لازم باشد که روسازی شیبراهه عرض بیشتری داشته باشد (جدول ۷ بخش یکم).

به‌طور کلی، راهها بدون جدول طرح می‌شوند، مگر در قسمتهایی که در طول بناهای راه قرار دارند؛ شیبراهه‌ها نیز باید به همین ترتیب طرح شوند. در مواردی که مزایای گفته شده در بالا حاصل نشود، می‌توان از شیبراهه‌های بدون جدول با مقطع عرضی مناسب استفاده کرد. به‌طور کلی، باید شیبراهه‌های بدون جدول دارای شانه‌ای در سمت راست در جهت حرکت و یا روسازی تعریض شده‌ای با عرض معادل‌باشند. در پاره‌ای موارد، در آستانه شیبراهه‌ها از جدول استفاده‌می‌شود، ولی این جداول در بخش میانی شیبراهه‌ها حذف می‌شوند. در برخی موارد دیگر ممکن است از شیبراهه‌هایی استفاده شود که هم جدول و هم شانه دارند.

ترتیبات اصلی شانه در شیبراهه‌ها به شرح زیر است:

یکم– در شیبراهه‌های دارای آمد و شد زیاد، به‌کار بردن تنها یک شانه قابل استفاده بدون جدول در سمت راست مطلوب است. بجز در شیبراهه‌های دوطرفه، شانه‌های با عرض کامل در هر دو سمت شیبراهه استفاده می‌شود.

دوم– در حلقه‌ها و اتصالات مستقیم با قوسهای پیوسته در یک‌جهت، در سمت خارجی یا سمت دارای رقوم بالاتر، از یک‌شانه تثبیت‌شده استفاده‌می‌شود. در مواردی‌که‌از جدول استفاده نمی‌شود،

این شانه به سهولت برای توقفهای اضطراری مورد استفاده قرار می‌گیرد ، ولی در مواردی که شیبراهه در فراز قرار دارد و شانه در سمت دارای رقوم بالاتر است ، رسیدن به آن توسط خودروهایی که به دلایلی ازکار می‌افتند و می‌خواهند در شانه توقف کنند ، مشکل خواهد بود .

سوم ــ همچنین ، در حلقه‌ها و اتصالات مستقیم با قوسهای پیوسته در یک‌جهت ، می‌توان از یک جدول در سمت خارجی قوس و از یک‌شانه تثبیت شده در سمت داخلی یا سمت دارای رقوم کمتر استفاده کرد ؛ این‌جدول به‌صورت موءثری حد سمت دارای رقوم بیشتر روسازی را مشخص می‌کند و شانه واقع در سمت دارای رقوم کمتر نیز در مواقع اضطراری به‌آسانی قابل دسترسی است . غالبا" ، رانندگان به‌طور مرتب در گوشه‌ها میانبر زده و از روی شانه‌ها عبور می‌کنند . این نقاط باید در شرایط خوب نگه داشته شوند .

چهارم ــ در سمت‌داخلی قوسهای شیبراهه‌های یکطرفه ،از جدول قابل‌عبور و شانه‌های روسازی شده استفاده می‌شود . در این حالت ، شانه‌ها در سمت دارای رقوم کمتر مقطع عرضی با بربلندی قرار دارند و دسترسی به آنها آسان است ، ولی امکان دارد که برخی از رانندگان در عبور از آنها برای رفتن بر روی شانه اکراه داشته باشند .

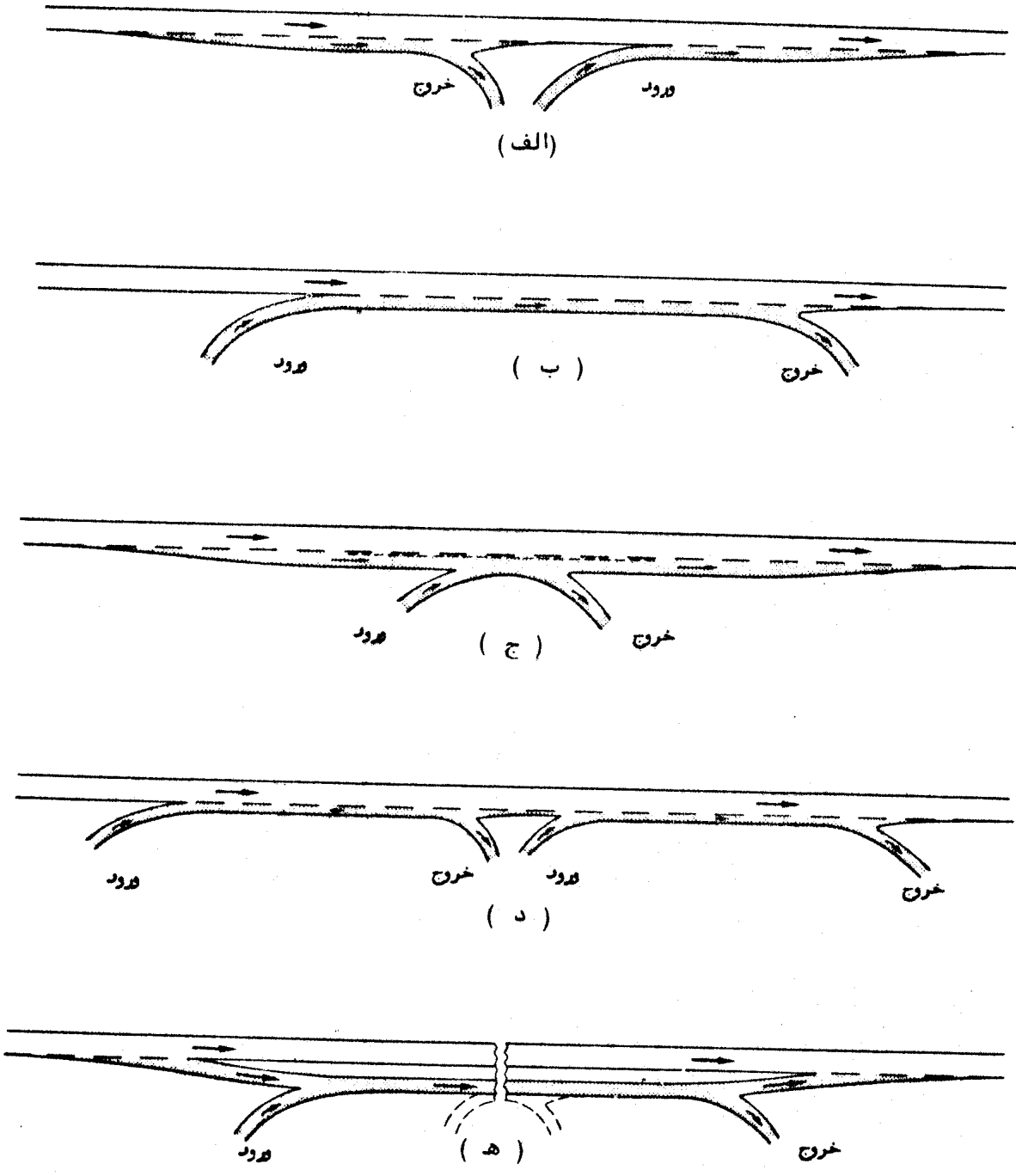
پنجم ــ شیبراهه‌های واقع در قوسهای معکوس‌معمولا" بدون‌جدول به‌کار می‌روند . برای گردشهای با یک خط، رجحان دارد که از شانه در سمت راست جهت آمد و شد استفاده شود .

۶ــ۳ــ۹ . طرح آستانه شیبراهه‌ها

آستانه یک شیبراهه به شکل یک تقاطع همسطح از نوع T یا Y است . در مبدلهای با *معیار* طرح بالا یا در مواردی که از شیبراهه‌های تکمیلی استفاده می‌شود ، آستانه‌ها عمل ادغام یا جدا کردن جریانهای آمد و شد را انجام می‌دهند . در مبدلهای از نوع نیمه شبدری یا لوزوی ، آستانه شیبراهه‌ها در راه غیر اصلی که گردشهای به‌چپ مستقیما" به راه عبوری انجام می‌شود ، به‌صورت تقاطع (معمولا" هدایت شده) است .

خطوط تغییر سرعت ــ عملکرد ، شکل ، عرض ، طول و روش اندازه‌گیری خطوط کاهش و افزایش سرعت در بخش *اصول و مبانی طرح تقاطعها* آورده شده‌است .

ترکیب خطوط کاهش و افزایش سرعت ــ ممکن است خطوط کاهش و افزایش سرعت ، در ارتباط با یکدیگر ، برای ترتیبات معینی از خروجیها و ورودیها به‌کار روند (شکل ۱۰) . مطلوب آن است که خروجی آستانه‌قبل از ورودی‌آستانه قرار داده‌شود (شکل ۱۰ــ الف) . در عکس این‌حالت (شکل ۱۰ــ ب)، خطوط کاهش و افزایش سرعت بر روی یکدیگر قرار می‌گیرند . در این حالت ، خط اضافی برای تغییر سرعت و حرکات‌ضربدری بین آمد و شد ورودی و خروجی است . این نوع ترکیب خطوط کاهش و افزایش



شکل ۱۰. خطوط کاهش و افزایش سرعت به‌طور توأم در آستانه شیبراهه‌ها

سرعت در مبدلهای شبدری و نیز در مواردی معمول و متداول است که آستانه ورودی شیبراهه یک مبدل در فاصله کوتاهی بعد از آستانه خروجی شیبراهه یک مبدل دیگر قرار داشته باشد.

در مواردی که یک ورودی نزدیک به یک خروجی قرار دارد، نه تنها خطوط تغییر سرعت با یکدیگر ترکیب می‌شوند، بلکه ممکن است ادامه این خط در طول راه و در هر طرف اتصال، لازم باشد (شکل ۱۰ـ ج). تأثیر نامساعد برآمد و شد عبوری در قطعات با آمد و شد ضربدری را می‌توان با به‌کار بردن یک جزیره جهت‌دهنده به حداقل رساند (خط چین در شکل). جزایر جهت‌دهنده باید با جدول طرح شوند و ترجیحاً از نوع غیرقابل عبور باشند و حداقل ۰/۳۰ متر و ترجیحاً به‌اندازه عرض یک شانه کامل، عقب داشته باشند. وجود خروجیها و ورودیهای نزدیک به یکدیگر در طول یک راه ممکن است موجب به‌کار بردن خطوط کاهش سرعت و خطوط افزایش سرعت شود (شکل ۱۰ـ د). این خط کمکی برای این نیست که به‌عنوان یک خط عادی آمد و شد مورد استفاده قرار گیرد، بلکه به‌منظور تغییر سرعت، انجام حرکتهای ضربدری، و انجام حرکتهای لازم برای آمد و شدی که وارد یا خارج می‌شود، به‌کار می‌رود؛ احتمالاً، چنین ترتیبی بیشتر در طول آزادراههای درونشهری یا مجاورشهری وجود دارد تا در مناطق برونشهری.

راههای جمع‌کننده و توزیع‌کننده آمد و شد ـ در مواردی که سرعت، بالا یا مقدار آمد و شد زیاد است و یا هر دوحالت با هم وجود دارد، ممکن است ترتیبات نشان داده‌شده در شکلهای ۱۰ـ ب، ۱۰ـ ج و ۱۰ـ د نامطلوب یا غیرکافی باشند. در چنین مواردی، اختلالی ناشی از حرکتهای ضربدری و ورود و خروج خودروها در یک طول نسبتاً زیاد را می‌توان با به‌کار بردن یک خط یکطرفه مجزا از بین برد (شکل ۱۰ـ هـ). چنین خطی به راه جمع‌کننده و توزیع‌کننده آمد و شد موسوم است و به‌دلیل حذف حرکات ضربدری از خطوط عبوری، مزایای زیادی دارد. از نظر عملی، این طرح بر انواع طرحهای دیگر رجحان دارد. همچنین، این ترتیب این مزیت را دارد که می‌توان آستانه خروجی شیبراهه‌ها را در بعد از پلها قرار داد که بدین‌صورت، ترجیحاً تمام خروجیهای یک آزاد راه ترتیب یکنواختی پیدا می‌کنند. از آنجا که این روش مستلزم احداث پلهای طویلتر و روسازی بیشتر است، هزینه زیادتری را دربر خواهد داشت.

فاصله بین خروجی آستانه و پل ـ آستانه یک شیبراهه نباید نزدیک به یک پل تقاطع غیر همسطح باشد. هرگاه آستانه شیبراهه خروجی بعد از پل واقع شود، باید به‌اندازه کافی از پل فاصله داشته باشد تا به رانندگانی که قصد خروج دارند اجازه دهد پس از گذشتن از پل، محل خروجی را ببینند و حرکات لازم برای گردش به خارج را انجام دهند. همچنین، این فاصله به رانندگانی که قصد ورود به راه عبوری را دارند کمک می‌کند تا هم دید خوبی از سمت چپ و هم طول کافی از راه عبوری داشته باشند. ممکن است این رانندگان بتوانند طولی از راه عبوری واقع در پشت محدوده پل را ببینند، ولی به‌عنوان یک قاعده کلی، کوژ نیمرخ روگذر و ستونها، پایه‌ها و دیوارهای یک زیرگذر، برای رانندگان مانعی در برابر دیدن جریان آمد و شدی که باید با آن ادغام شوند، به‌وجود می‌آورد.

اگر چه معیار مستقیمی برای ارزیابی عوامل مختلف موءثر وجود ندارد، ولی شرایط لازم برای تعیین فاصله بین یک پل و دماغهٔ تقارب سمت دورتر، مشابه شرایطی است که در بخش *اصول و مبانی طرح تقاطعها* برای طول لچکی خطوط کاهش سرعت آمده است. یک مقدار منطقی برای فاصله بین یک پل و یک دماغه خروجی، برابر حدود ۱/۵ برابر حداقل طول گرد شدهٔ لچکی تغییر سرعت پیشنهاد شده است (جدول ۹ بخش یکم). در طرح شیبراهه‌ها، این فواصل تقریبی مطلوب هستند، ولی عوامل غیر قابل انعطافی نیستند. معمولا"، شکل کلی شیبراهه عامل کنترل‌کننده‌ای برای تطابق با حریم راه یا وضعیت پستی و بلندی زمین است. ایمنی و راحتی آمد و شد عبوری و گردش‌کننده، با افزایش فاصله بین پل و آستانه خروجی شیبراهه بالا می‌رود، ولی به‌کار بردن فواصل طولانی در پاره‌ای ترتیبات شیبراهه‌ها موجب می‌شود که خودروهای گردش‌کننده مسافتهای بیشتری را بپیمایند. در مواردی که فاصله پل از آستانه، از مقادیر حداقل پیشنهادی کمتر است، باید علایم هشدار دهنده مناسبی وجود داشته باشد تا خودروها سرعت خود را کم کنند.

ضرورتی ندارد که آستانه شیبراهه‌ها در سمت جلو تقاطعهای غیرهمسطح به‌اندازه آستانه‌های واقع در سمت دورتر پل با پل فاصله داشته باشند. در این مورد، وجود پل در دیدن آستانه توسط رانندگانی که در طول راه عبوری در حرکت هستند، و یا توسط رانندگانی که در شیبراهه قرار دارند و برای ورود به راه عبوری نیاز دارند که فاصله‌ای دورتر از محل ورودی را در طول راه عبوری ببینند، تأثیری ندارد. در مواردی که یک شیبراهه ورودی در سمت قبل از پل برای آمد و شد با سرعت کم به کار می‌رود، لازم است از یک خط‌افزایش سرعت استفاده شود. در این حالت، محل آستانه شیبراهه باید طوری باشد که فاصله لازم برای خط‌تغییر سرعت را بین آستانه و پل تأمین کند و یا خط‌افزایش سرعت در طول پل ادامه داده شود. در مواردی که آستانه‌ها نزدیک به پل قرار دارد، کافی بودن فاصله دید باید کنترل شود زیرا ممکن است خط‌دید افقی در اثر وجود پایه یا جانپناه محدود شود.

جزئیات مربوط به طرح آستانه‌های ورودی و خروجی ــ مطالبی که در بخش *اصول و مبانی طرح تقاطعها* در مورد طرح آستانه‌های خطوط گردش آورده شده‌است، مستقیما" در مورد شیبراهه‌ها قابل اعمال است. این موارد عبارتند از کنترلهای مربوط به قوسهای انتقال، قوسهای مرکب، طولها، طرح آستانه‌ها، و بربلندی (به شکلهای ۹، ۱۰، ۱۹، ۲۶ و ۲۷ بخش یکم مراجعه شود).

کنترل آمد و شد ــ در راههای مهم، شیبراهه‌ها طوری طرح می‌شوند که حرکات ادغام و یا جدا شدن آمد و شدها تسهیل شود. در راههای غیراصلی، برخی از گردشهای به‌چپ مستقیما" و به صورت همسطح انجام می‌شود. این امر در مبدلهای لوزوی یا مبدلهای نیمه‌شبدری وجود دارد (شکلهای ۲۳ تا ۳۴). در این‌گونه موارد، آستانه شیبراهه‌ها در راه غیراصلی به‌صورت تقاطعهای همسطح T یا Y شکل است. بهتر است راههای گردش به‌چپ که راه عبوری را ترک می‌کنند، خطوط میانه داشته باشند. حرکات گردش به‌چپ از شیبراهه‌ها معمولا" باید با علامت "ایست" کنترل شود. حرکات گردش به‌راست از شیبراهه‌ها به راه قطع‌کننده چند خطه باید در یک خط‌افزایش سرعت یا یک خط‌لچکی با طول کافی

صورت گیرند ، و یا به‌وسیله علامت "ایست" کنترل شوند . شیبراهه‌های منتهی به یک علامت "ایست" باید عمود یا تقریبا "عمود بر راه و تا حد امکان افقی باشند و فضای‌کافی برای جادادن چندین خودرو را داشته باشند .

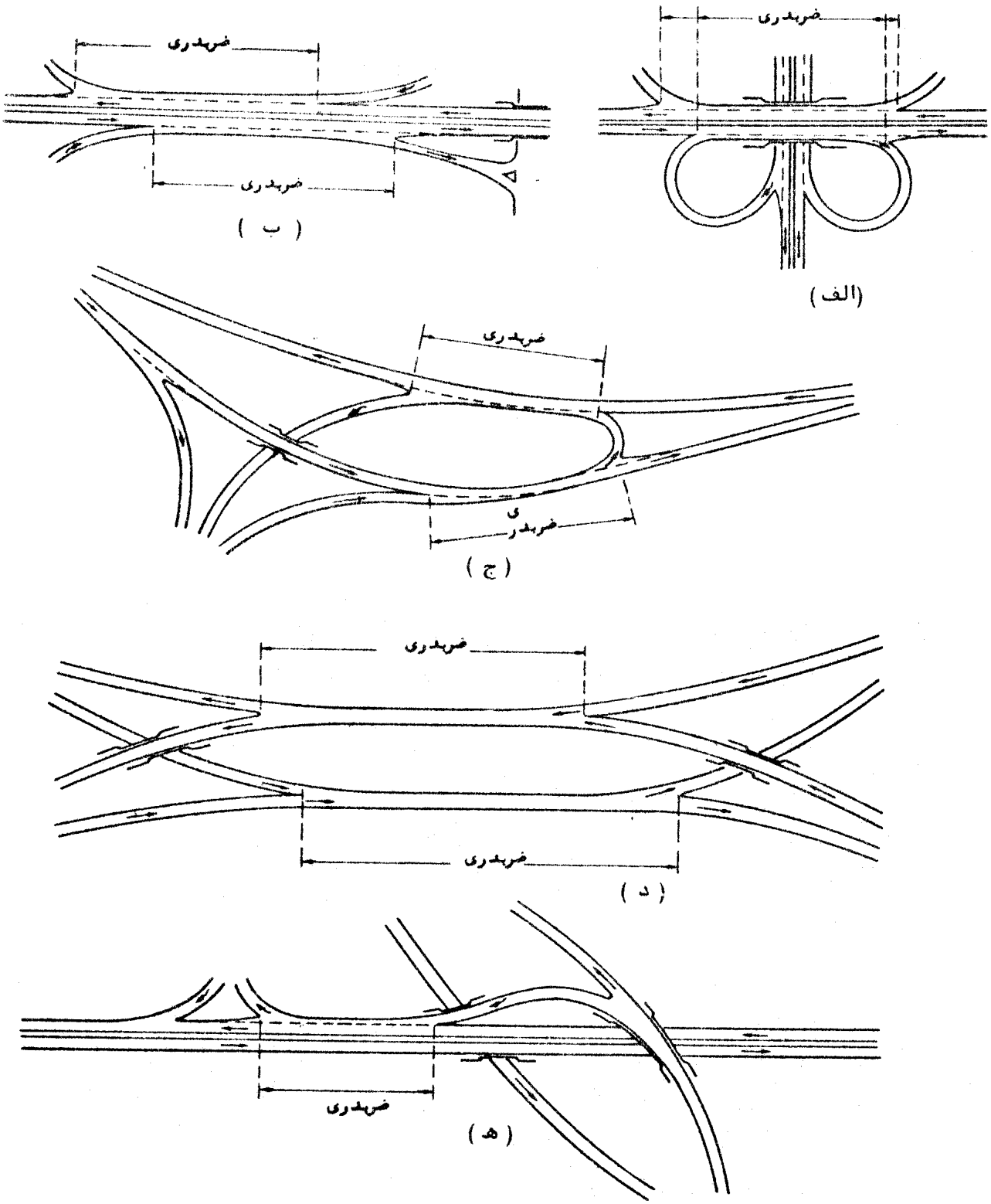
در مواردی که مقدار آمد و شد عبوری و گردش‌کننده قابل توجه است ، ممکن است لازم باشد که در آستانه شیبراهه‌ها در راه غیراصلی ،چراغ راهنما به‌کار برده شود . در این‌گونه موارد ،تقاطعهایی که در آستانه شیبراهه‌ها به‌وجود می‌آیند ، مانند تقاطعهای همسطح T یا Y شکل ، با چراغ راهنما طرح و بهره‌برداری می‌شوند . در راههای با سرعت بالا باید از به‌کار بردن چراغ راهنما خودداری کرد و استفاده از آن را محدود به راههای غیراصلی نمود که سایر تقاطعهای آن به‌صورت همسطح هستند و کنترل‌برخی از تقاطعهای آن با چراغ راهنما انجام می‌شود . در مناطق شهری و یا نزدیک آنها،استفاده از چراغ‌راهنما در آستانه شیبراهه‌ها یا خیابانهایی که آزادراه را به‌صورت زیرگذر یا روگذر قطع می‌کنند ، کاربرد بسیار دارد . در این محلها ، معمولا "تعداد گردشها زیاد و هزینه حریم راه قابل توجه است ؛ بنابراین در این‌گونه موارد ، استفاده از شیبراهه‌های لوزوی یا آستانه‌های دارای معیار بالا در تنه راه و آستانه‌های مجهز به چراغ‌راهنما در راه قطع‌کننده می‌تواند منجر به صرفه‌جوییهای قابل ملاحظه شود .

۶–۳–۱۰ . قطعات با آمد و شد ضربدری

قطعات با آمد وشد ضربدری که بیشتر در مبدلها به‌کار می‌روند ، موجب می‌شوند که جریانهای آمد و شد یکطرفه با استفاده از حرکات همگرا یا واگرا عبور کنند . ترکیبات معینی از مقدار آمد و شد ضربدری و طول و عرض خط مربوط به آمد و شد ضربدری می‌تواند به‌صورت رضایتبخشی عمل کند . استفاده از قطعات با آمد و شد ضربدری موجب ساده شدن طرح و اقتصادیتر شدن مبدل می‌شود . از طرف دیگر ، آمد و شد ضربدری متراکم سبب اصطکاک قابل توجه و کاهش سرعت جریان آمد و شد می‌شود . به‌علاوه، برای مقدار آمد و شدی که بدون ایجاد ازدحام می‌تواند در یک قطعه با آمد و شد ضربدری انجام شود ، حدی وجود دارد .

در شکل ۱۱ ،موارد استفاده از قطعات با آمد و شد ضربدری در مبدلها نشان داده شده‌است . مبدلهای شبدری با شیبراهه‌های واقع در بخشهای مجاور یکدیگر ، همواره حرکات ضربدری را ایجاب می‌کند (شکل ۱۱–الف) . برای هریک از جهات حرکت ، حرکات ضربدری بین آمد و شد مربوط به حلقه که از سمت جلوتر از پل وارد راه می‌شوند ، وآمد و شدی که راه را از خروجی بعد از پل ترک می‌کنند ،وجود دارد . غالبا" ،لازم است که برای عبور دادن آمد وشد راه عبوری وآمد و شد ضربدری، از یک خط کمکی در طول راه بین حلقه‌های ورودی و خروجی استفاده شود . این خط کمکی ،به عنوان یک خط تغییر سرعت برای افزایش یا کاهش سرعت آمد و شد گردش‌کننده نیز به‌کار می‌رود .

همچنین ، ممکن است حرکات ضربدری بین شیبراهه‌های قطری ، در حالتی که مبدلها نزدیک به یکدیگر قرار دارند ، انجام شود (شکل ۱۱–ب) استفاده از قطعات با آمد و شد ضربدری برای



شکل ۱۱. قطعات آمد و شد ضربدری

مبدلهایی لازم است که حرکات گردشی جزئی از سمت راست وارد راه شده، و به فاصله کمی از آن از سمت چپ خارج می‌شوند (یا برعکس). در شکل ۱۱ـ ج، چنین ترتیبی برای مبدل Y شکل نشان داده شده‌است.

در برخی موارد، ممکن است حرکات ضربدری بین جریانهای اصلی آمد و شد انجام شود (شکل ۱۱ـ د).

حرکات‌ضربدری در مبدلهای‌با اتصالات‌مستقیم یا نیمه‌مستقیم نیز وجود دارد (شکل ۱۱ـ ه)، هرچند که معمولا "از شیبراهه‌های با معیار بالا به منظور حذف حرکات ضربدری استفاده می‌شود. یک مبدل فلکه‌ای که یک فلکه با دو یا چند تقاطع غیرهمسطح است، حرکات ضربدری را در راه اصلی‌حذف می‌کند، ولی حرکات ضربدری قابل ملاحظه‌ای در حرکات عبوری و گردش‌کننده راه غیراصلی به‌وجود می‌آورد.

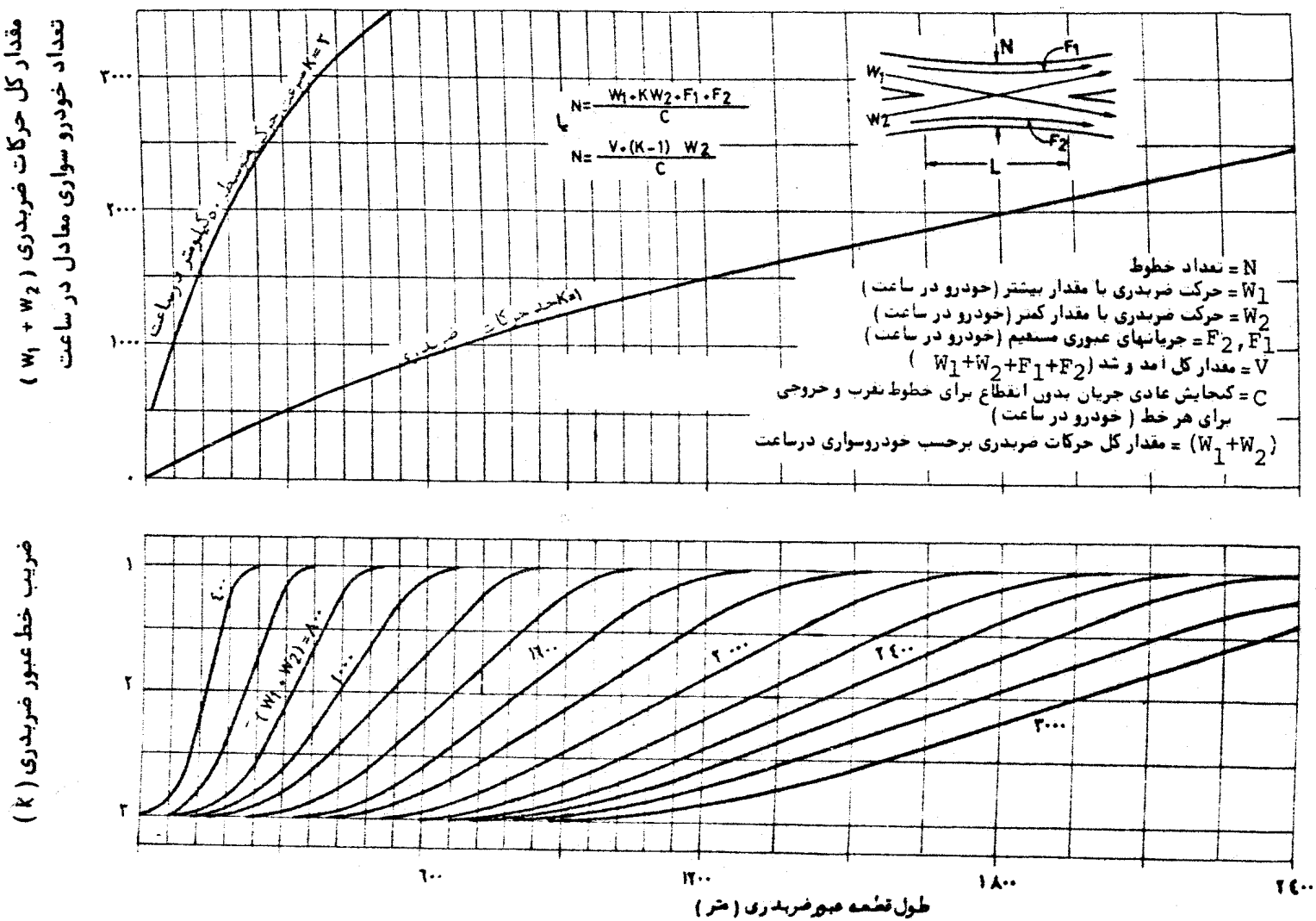
قطعات با آمد و شد ضربدری بر این اساس طرح، کنترل و تنظیم می‌شوند که گنجایش طرح حداقل، برابر با میزان آمد و شد طرح باشد. گنجایش یک قطعه با آمد و شد ضربدری تابع چندین عامل است که مهمترین این عوامل عبارتند از طول، تعداد خطوط، سرعت حرکت و مقدار آمد و شد مربوط‌به هریک از حرکات مجزا. رابطه بین این عوامل در شکلهای ۱۲ و ۱۳ نشان داده شده‌است و پیشنهاد می‌شود که این شکلها مبنای طرح قرار گیرند. شکل ۱۲ باید در مواردی مورد استفاده قرار گیرد که قطعه با آمد و شد ضربدری در خطوط با آمد و شد عبوری یک راه اصلی برونشهری واقع است. شکل ۱۳ مربوط‌به قطعات با آمد و شد ضربدری است‌که در غیر از خطوط‌آمد و شد عبوری راههای اصلی برونشهری ـ مانند یک‌تقاطع فلکه‌ای با جزیره مرکزی بزرگ ـ یا در راههای جمع‌کننده و توزیع‌کننده آمد و شد قرار دارد.

به‌طورکلی، در یک‌طرح، تمام عوامل متغیر بجز N (تعداد خطوط) معلوم هستند. N بااستفاده از رابطه‌ای محاسبه‌می‌شود که در شکلهای ۱۲ و ۱۳ نشان داده‌شده‌است و تمام عوامل به‌غیر از K معلوم هستند. مقدار K از نمودار موجود در زیر این شکلها با در دست داشتن طول قطعه آمد و شد ضربدری (L) و مجموع مقدار آمد و شدهای ضربدری ($W_1 + W_2$) به‌دست می‌آید. برای اطمینان یافتن لازم است کنترل شود که طول واقعی قطعه با آمد و شد ضربدری از طول حداقل برای K=۳ که اجازه حرکت خودروها را با سرعت ۶۵ کیلومتر در ساعت در شکل ۱۲ و سرعت ۵۰ کیلومتر در ساعت در شکل ۱۳ می‌دهد، بیشتر باشد. این طول مستقیما" از منحنی K=۳ که در آباک بالایی نشان داده شده است، به‌دست می‌آید. ضمنا"، اگر طول قطعه با آمد و شد ضربدری آن‌قدر زیاد باشد که نقطه مربوطه در آباک بالایی (نقطه‌ای که از تقاطع محورهای ($W_1 + W_2$) و L به‌دست می‌آید) در زیر منحنی مربوط‌به K=۱ واقع شود، معلوم می‌شود که آمد و شد ضربدری عامل موءثری در طرح نیست.

مقدار کل حرکات ضربدری ($W_1 + W_2$)
تعداد خودرو سواری معادل در ساعت

ضریب خط عبور ضربدری (K)

شکل ۱۲. خصوصیات عملکرد قطعات عبور ضربدری برای راههای اصلی برونشهری



شکل ۱۳. خصوصیات عملکرد قطعات عبور ضربدری برای راههای غیر از راههای اصلی برونشهری

در شکل ۱۲ مثالی آورده شده‌است . اگر لازم باشد که مقدار کل آمد و شد ($W_1 + W_2$)برابر با ۱۶۰۰ معادل خودرو سواری در ساعت ، از یک خط با آمد و شد ضربدری به‌طول ۶۳۰ متر عبور داده شود ،مقدار K از آباک پایینی به‌ترتیب زیر به‌دست می‌آید : ابتدا باید خطی‌قائم از نقطه L_1=۶۳۰متر رسم شود تا منحنی W_1+W_2=۱۶۰۰ را در نقطه‌ای قطع کند ؛ از این نقطه خطی افقی رسم می‌شود تا محورهای قائم را در نقطه‌ای قطع کند ؛ این نقطه جواب مسئله است و K=۲/۷ به‌دست می‌آید . منحنی بالایی در شکل ۱۲ نشان می‌دهد که برای مقدار $W_1 + W_2$داده شده ، طول حداقلی برابر با ۳۰۰ متر لازم است که بسیار بیشتر از طول واقعی است .

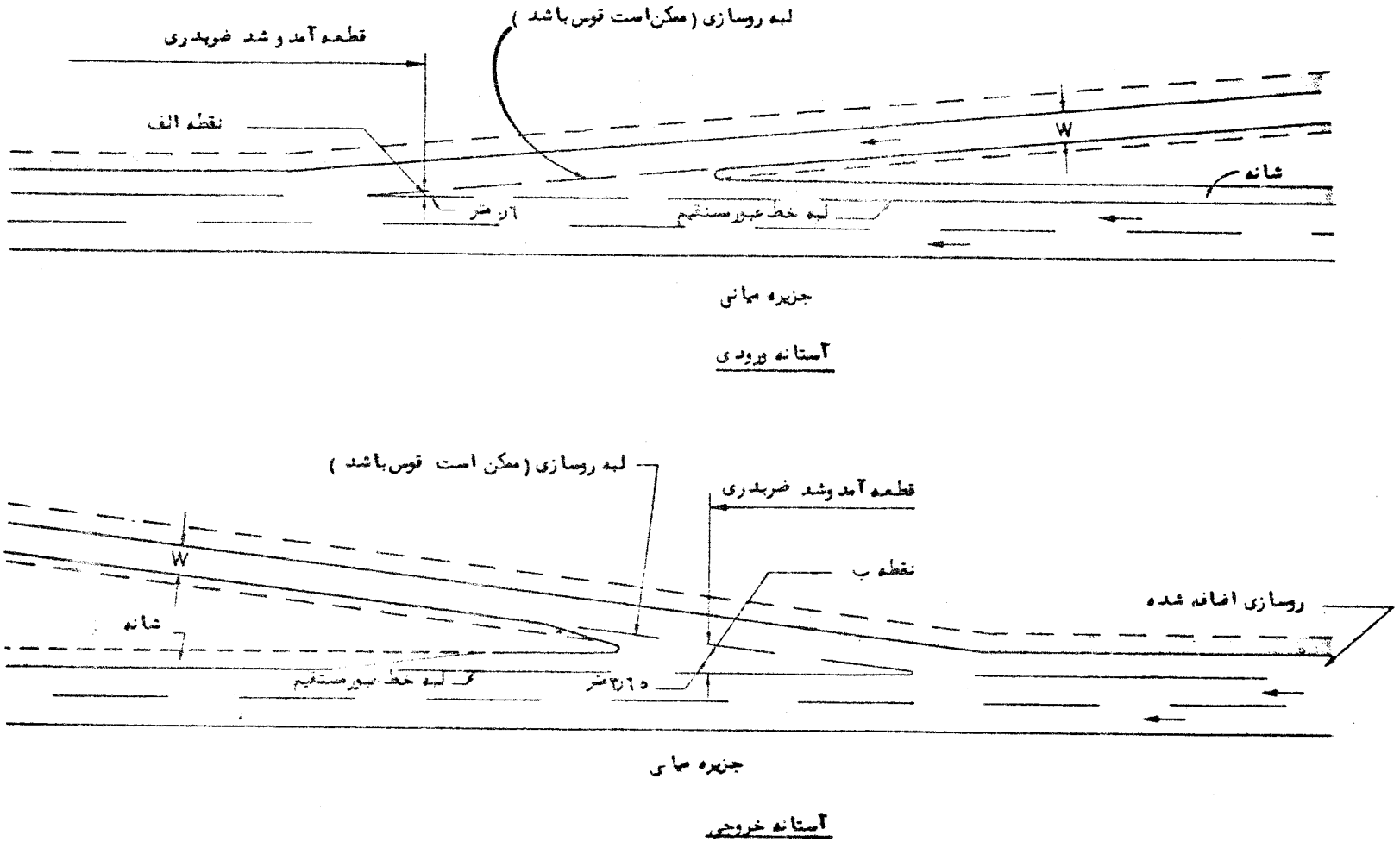
پیشنهاد می‌شود که در شکل ۱۲ برای راههای اصلی برون‌شهری ، که حرکات ضربدری مستقیما" در امتداد روسازی راه عبوری انجام می‌شود ، مقدار C از ۱۰۰۰ معادل خودرو سواری در ساعت بیشتر اختیار نشود . مقدار C برابر با ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ معادل خودرو سواری در ساعت باید در رابطه با شکل ۱۳ به‌کار رود که حرکات ضربدری در خارج از روسازی راه عبوری ، یا در روسازی راه عبوری با قطعات با آمد و شد ضربدری واقع در مناطق شهری یا مجاور شهری انجام می‌گیرد . مقدار C برای تقاطعهای فلکه‌ای ، بسته به مورد ، بین ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ معادل خودرو سواری در ساعت متغیر است (نگاه کنید به : بخش دوم ، *تقاطعهای همسطح*) .

در موارد خاصی‌که چندین قطعه با آمد و شد ضربدری وجود دارد ، می‌توان به منابع مربوطه ، مانند کتاب *معیارهای گنجایش راهها* مراجعه کرد .

مانند هر جزئی از راه ، استفاده مناسب از قطعات با آمد و شد ضربدری به نحوه علامتگذاری و خطکشی روسازی آن بستگی دارد . در موقع طرح هندسی ، طراح باید نیازهای مربوط به علایم و و خطکشی را در نظر بگیرد .

در شکلهای ۱۲ و ۱۳ ، طول قطعات با آمد و شد ضربدری (L) همان فاصله‌بین نقاط پایانه هستند که برمبنای دماغه‌های دارای جدول که به‌اندازه عرض کامل شانه عقب‌نشستگی ندارند ، تهیه و ارائه شده‌اند .

یک روش *معیار* برای تعیین نقاط پایانه که در تمام موارد اندازه‌گیریهای رضایتبخشی به دست می‌دهد ، در شکل ۱۴ نشان داده شده‌است . نقطه "الف" در انتهای آمد و شد همگرا نقطه‌ای است که لبه‌های خط راههای با آمد و شد همگرا به‌اندازه ۰/۶ متر از یکدیگر فاصله دارند . عرض خط شیبراهه (W) ، عرض شانه‌های سمت چپ یا راست را دربر نمی‌گیرد و معمولا "برابر ۴/۸۰ تا ۵/۴۰ متر برای شیبراهه‌های یکخطه است . در مواردی که هریک از راههای همگرا در قوس قرار دارد ، باید تصویر لبه خط در امتداد قوس باشد . نقطه "ب" در انتهای آمد و شد واگرای قطعه با آمد و شد ضربدری به‌صورت مشابه تعیین می‌شود ، بجز آنکه این نقطه مربوط به محلی است که لبه‌های خط راههای واگرا به‌اندازه ۳/۶۰متر از یکدیگر فاصله‌دارند . عرض خط شیبراهه (W) مانند مواردی است‌که در قبل بیان‌شده‌است .



شکل ۱۴. نقطه شروع برای اندازه‌گیری طول قطعه آمد و شد ضربدری

روشی که شرح داده شد برای راههای جدول‌دار و راههای با شانه قابل استفاده است ،و امکان دارد برای تعیین طول قطعات با آمد و شد ضربدری در انشعابات اصلی یا شیبراهه‌های یکخطه به‌کار رود .

مبدلهایی که در آنها حرکات ضربدری انجام نمی‌شود بهتر از مبدلهای با حرکات ضربدری عمل‌می‌کنند ،ولی هزینه احداث آنها بیشتر است .برای‌پرهیز از حرکات‌ضربدری باید از تعدادبیشتری پل یا از پلهای بزرگتر و پیچیده‌تر و تعدادی اتصالات مستقیم استفاده شود . برای انتخاب راه‌حلهای مختلف باید هم هزینه کل احداث مبدل و هم مقدار آمد و شد معینی که قادر به عبور است ، هر دو، در نظر گرفته شوند .

۷ . تسطیح و توسعه چشم‌انداز

تسطیح در یک مبدل عمدتا "توسط امتدادها ، نیمرخهای طولی ، مقاطع عرضی و نیازهای مربوط‌به زهکشی راههای متقاطع و شیبراهه‌ها تعیین می‌شود . هیچ‌یک از راههای عبوری یا شیبراهه‌ها نباید به صورت یک‌واحد مجزا در نظر گرفته شود و به‌صورت یک مقطع عرضی *معیار* ، و بدون توجه به ارتباط‌آن با راههای‌مجاور و وضعیت پستی و بلندی زمین طبیعی ،تسطیح‌شود . برعکس، محل کلا "باید به‌صورت یک واحد طرح شود تا هزینه‌های احداث و نگهداری به‌حداقل برسد ، بیشترین دید به‌دست آید و ظاهر محل خوشایند باشد . در پاره‌ای موارد ، مانند قطعات باریک بین روسازی قطعات همگرا ، عوامل کنترل‌کننده شیب شیروانیها و تسطیح ممکن است بر طرح امتداد و نیمرخ طولی تأثیر داشته باشند .

۷ـ۱ . طرح تسطیح

در مبدلها ، ارتفاع برشها و خاکریزها ، عرض راهها و شیب شیروانیها به‌قدری متفاوت و متغیرند که تجسم کل محل با استفاده از نیمرخهای طولی و مقاطع عرضی متداول در راهها بسیار مشکل و سخت است . با تهیه یک نقشه تسطیح از محل ـ مثلا "نقشه‌ای که لبه روسازیها ، جداول ، بناها ، محورهای کنترل ، دیوارها ، دریچه‌های زهکشی و غیره را با جزئیات زیادی نشان بدهد و شامل خطوط‌تراز محل پس‌از احداث مبدل باشد ـ می‌توان به نتایج رضایتبخش‌تر و سریعتر رسید . خطوط‌تراز پیشنهادی به صورت متصل به خطوط تراز موجود نشان داده شده ، و برای تمایز آنها از یکدیگر از خطوط‌متفاوتی استفاده می‌شود . معمولا" ، خطوط‌تراز زمین با دست رسم می‌شوند تا به‌آسانی از خطوط بکنواخت‌تری که نشان‌دهنده شیروانیهای تسطیح شده و روسازی هستند ، تمیز داده شوند .نقشه تسطیح،در حقیقت، یک منظره سه‌بعدی از تقاطع است که امتدادها ، نیمرخهای طولی ، شیروانیها ، زهکشی ، پلها ، و سایر اجزای طرح را به‌یکدیگر مرتبط می‌سازد . یک نقشه کامل شده از این نوع (به‌استثنای یک مدل واقعی) بهترین وسیله برای تجسم و تحلیل طرح به‌صورت یکپارچه است .

یک نقشه تسطیح با مقیاس بزرگ برای تعیین دقیق خطوط‌تراز به‌فاصله ۰/۵ یا حتی ۰/۲۵ متر ،نقشه اجرایی مطلوبی است . با کمک این نقشه می‌توان تمام ترازهای لازم برای تسطیح را به‌سرعت

تعیین و میخکوبی کرد و در نتیجه، از مراجعات مکرر به بسیاری از مقاطع عرضی با شیبهای متغیر شیروانی پرهیز نمود. همچنین، با استفاده از این نقشه می‌توان محل دهانه‌های سیستم زهکشی را تعیین کرد و سطوح مربوط به هر دهانه را اندازه‌گیری نمود و سپس، نیمرخ زهکشها را برای تعیین سریع برشها، خاکریزها و عمق آبروها به‌دست آورد.

بهتر است مقاطع عرضی از نظر ایمنی، زیبایی و هزینه‌های نگهداری به‌صورت مقطعی گرد شوند. این امر، بویژه در مبدلها که حریم راه عریض است و مقدار آمد و شد عبوری و حرکات گردش‌کننده ممکن است زیاد باشد، از اهمیت بسیار برخوردار است. کلیه برشها باید داری روزنه باشند تا راهها یا شیبراهه‌های مجاور دیده شوند، و مبدل هم ظاهر خوبی داشته باشد. به‌عنوان مثال، اگر وضعیت پستی و بلندی زمین طوری است که بخشی از یک شیبراهه در برش واقع می‌شود، نباید پشته یا تپه‌ای بین آن و یک راه مجاور برجا بماند. معمولا" ،زمین بین یک راه با رقوم زیادتر و یک راه با رقوم کمتر باید شیب ملایم و تدریجی و زیبا داشته باشد، مگر در مواردی که به‌علت وجود زمین سنگی، وضعیت پستی و بلندی خاص یا حفظ نباتات محلی، باید ترتیب دیگری به‌کار رود.

۷-۲. *بذرپاشی و کاشت گیاهان*

بذرپاشی و کاشت گیاهان باید در طرح اولیه در نظر گرفته شود. ممکن است این کارها جزو کارهای تسطیح یا روسازی باشد و یا بعدا" برای حفظ سرمایه‌گذاری، در اسرع وقت تأمین شود. کوتاهی در به کار بردن پوشش گیاهی موجب ایجاد هزینه‌هایی در اثر فرسایش یا ریزش می‌شود. روشهای مختلفی برای حفاظت شیروانیها وجود دارد و برای آگاهی در این زمینه باید به منابع مربوطه مراجعه کرد. این روشها در این قسمت شرح داده نشده، ولی به برخی از اشکالات موجود اشاره شده‌است.

انتخاب نوع گیاهان باید باتوجه به رشد نهایی آنها انجام شود. انتخاب نامناسب ممکن است موجب کاهش فاصله دید افقی در قوسها شود و اختلال زیادی در فاصله دید جانبی بین خطوط مجاور یکدیگر به‌وجود آورد. حتی پوششهای گیاهی کم ارتفاع نیز می‌توانند فاصله دید قائم در شیبراهه‌های واقع در قوس را به‌شدت کاهش دهند.

از بوته‌ها یا درختها می‌توان برای مشخص کردن حاشیه مسیرها استفاده کرد تا رانندگان از وجود موانع مقابل آگاه‌شوند. به‌عنوان مثال، وجود بوته‌های کوتاه در انتهای یک جزیره جهت‌دهنده یا دماغه تقارب از فاصله قابل ملاحظه‌ای دیده می‌شود و توجه رانندگان را به لزوم یک گردش جلب می‌کند. نوع این بوته‌ها نباید طوری باشد که در اثر برخورد خودروها با آنها خسارتهایی ایجاد کند یا جلوی دید علایم یا وسایل هشداردهنده را بگیرد.

درختها نباید نزدیک به خطوط آمد و شد کاشته شوند، بلکه باید ترجیحا" حداقل ۷/۵۰ متر از لبه روسازی راه‌عبور و ۶/۰ متر از لبه‌روسازی شیبراهه‌ها فاصله داشته‌باشند. شاخه‌های مشرف درختها

سبب اختلال می‌شود و ریزش‌برگ درختها بر روی روسازی ، بویژه هنگامی که سطح راه خیس است ، ممکن است خطرآفرین باشد .

۸ . انواع و نمونه‌هایی از مبدلها

طرح مبدلها با در نظر گرفتن توأم نیازهای آمد و شد ، شرایط محل ، معیارها و عوامل کنترل‌کننده راههای متقاطع و خطوط گردش و عوامل اقتصادی انجام می‌شود . نشان دادن کلیه طرحهای مختلف مبدلها غیرعملی است ، ولی در این قسمت انواع کلی مبدلها به‌همراه نمونه‌هایی آورده شده‌است .

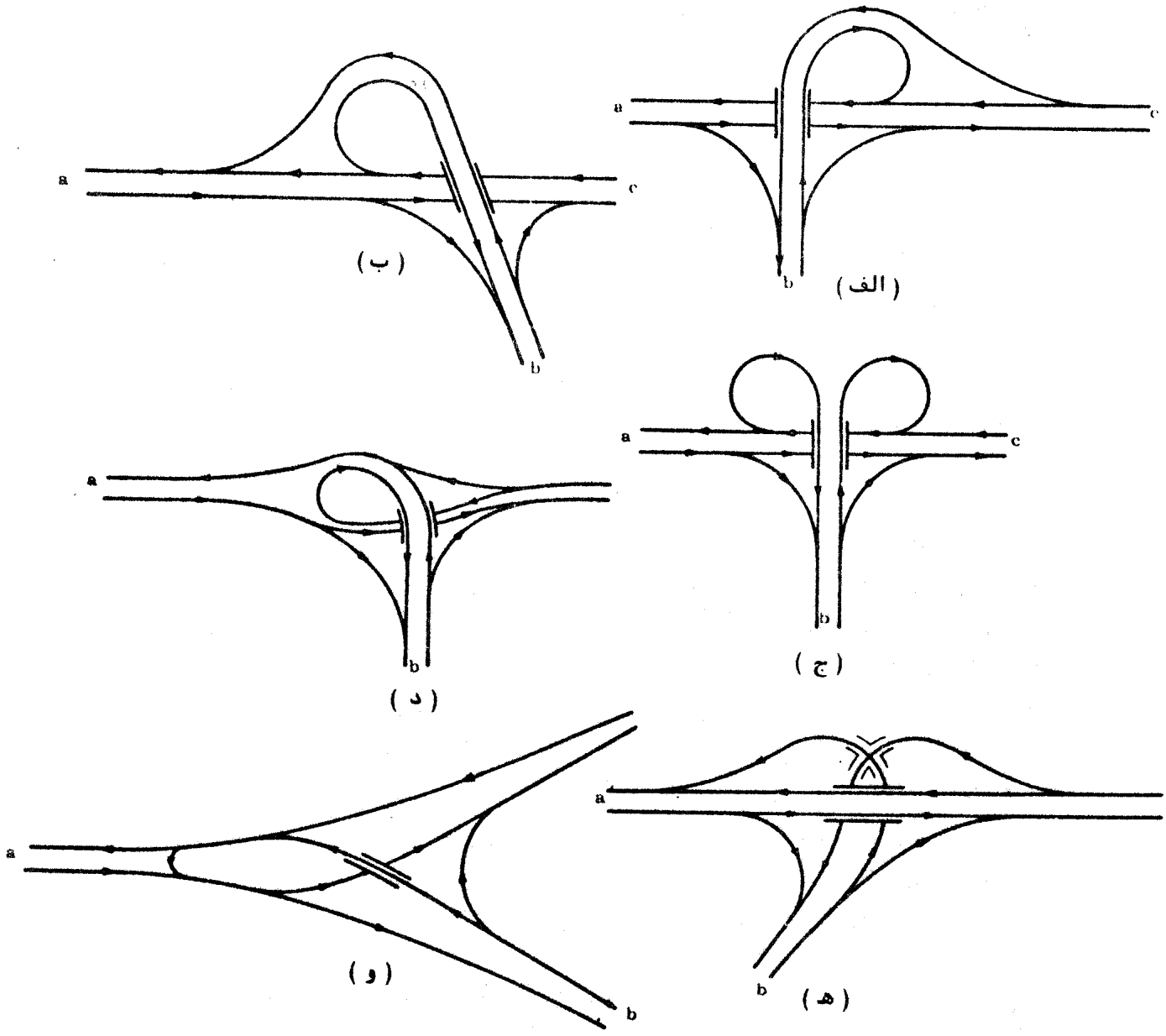
انواع اصلی مبدلها در شکل ۱ نشان داده‌شده‌است . هریک از این مبدلها ممکن است تفاوتهای زیادی از نظر شکل و هدف داشته باشند . انواع ترکیبات زیادی نیز وجود دارد که نامگذاری جداگانه آنها مشکل است . عامل مهم در طرح مبدلها ترکیب یک یا چند نوع اصلی شیبراهه‌هایی که در شکل ۷ نشان داده شده با یکدیگر ، عامل مهمی در طرح مبدلهاست . طرح هریک از شیبراهه‌ها برای تأمین یک حرکت معین ، منعکس‌کننده وضعیت پستی و بلندی زمین محل ، فرهنگ منطقه ، مقدار هزینه و درجه مطلوب انعطاف‌پذیری در آمد و شد خودروها است . عامل اخیر باید متغیر اصلی در طرح باشد،ولی غالبا "جنبه‌های عملی ، هزینه و شرایط محل عوامل موءثر در انتخاب نوع شیبراهه‌ها می‌باشند .

برای آسانی ، انواع و نمونه‌های مبدلها با نامهای کلی تقاطعهای با سه یا چهارراه و طرحهای خاص و با دو یا چند بنا مشخص گردیده‌است .انواع کلی مبدلها با استفاده از نقشه‌های ساده شده نشان داده شده‌است .

۸–۱ . طرحهای مربوط به تقاطعهای دارای سه شاخه راه

یک مبدل واقع در یک تقاطع دارای سه شاخه راه شامل یک یا چند پل هوایی و کلا "خطوط یکطرفه برای تمام حرکات آمد و شد است . در مواردی که دو شاخه از سه شاخه متقاطع یک راه عبوری را تشکیل می‌دهند و زاویه تقاطع تند نیست ، مبدل T شکل به‌کار می‌رود . هرگاه هر سه شاخه متقاطع دارای خصوصیات راه عبوری بوده ، یا زاویه تقاطع با شاخه سوم کوچک باشد ، مبدل را می‌توان از نوع Y شکل در نظر گرفت . معمولا " ، ضرورت یا اهمیتی ندارد که انواع T و Y از یکدیگر تفکیک شوند . صرف‌نظر از زاویه تقاطع ، خصوصیات راه عبوری هریک از انواع اصلی مبدلها ممکن است برای شرایط متفاوتی قابل استفاده باشد .

در شکل ۱۵ ،انواع مبدلهای T و Y شکل با یک پل نشان داده شده‌است . در شکلهای۱۵–الف و ۱۵–ب ، نوع بسیار متداول مبدل T شکل که به مبدل شیپوری موسوم است ، نشان داده شده‌است . حرکات آمد و شدهای‌عبوری (a – c) در امتداد مستقیم انجام می‌شود .یکی از معیارهای مطلوب برای انتخاب یکی از انواع طرحها ، مقدار نسبی حرکات گردش به‌چپ است . در شکل ۱۵–الف ، اولویت به حرکت c–b ، و در شکل ۱۵–ب به حرکت b–a داده شده‌است . برای آمد و شدهای سنگینتر ،از



شکل ۱۵. انواع مختلف مبدلهای سه‌راهی ــ با یک پل

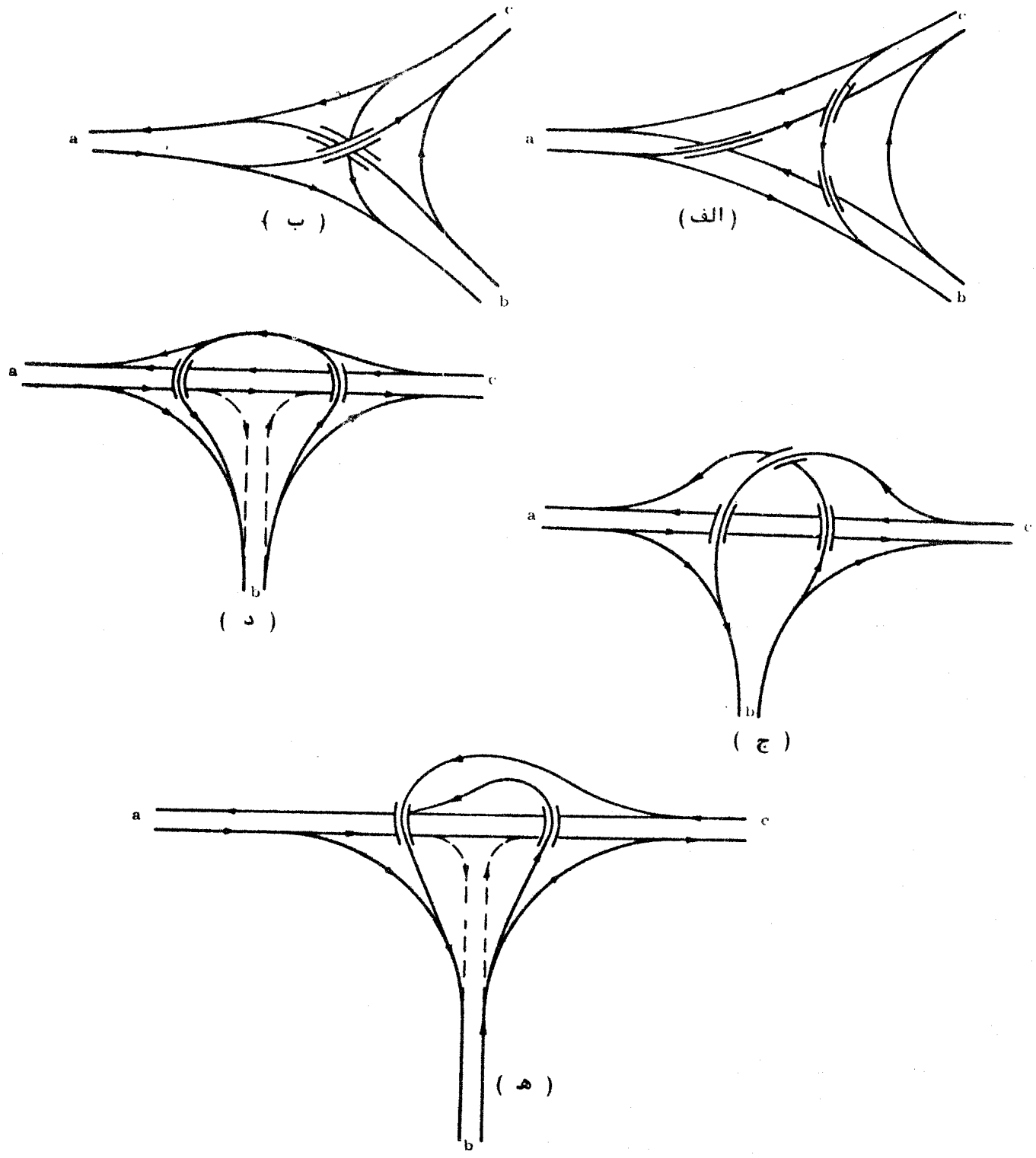
اتصالات نیمه مستقیم و برای آمد و شدهای کمتر، از حلقه استفاده می‌شود (البته، در صورتی کـــه وضعیت محل این اجازه را بدهد) . قطع آمد و شد با زاویه ۹۰ درجه، در مقایسه با تقاطع مـورب در جهت اتصالات نیمه‌مستقیم (شکل ۱۵ــ ب) ، کمتر مطلوب است . در مقایسه با تقاطع قائم ، تقاطع‌مورب مستلزم طـی مسافت کوتاهتر و قوس گردش پخ‌تر برای آمد و شد زیاد چپگرد است و برای هر دو گردش به‌چپ، زاویه گردش کوچکتر است .

شکل ۱۵ــ ج طرحی است که در آن برای انجام هر دو حرکت گردش به‌چپ حلقه‌هایی وجود دارد . از نظر آمد و شد طرح، شکل ۱۵ــ ج به‌خوبی طرحهای شکل ۱۵ــ الف و ۱۵ــ ب نیست چون هر دو گردش به‌چپ با استفاده از حلقه و با قطع مسیرهای یکدیگر انجام می‌شود . از شکل ۱۵ــ ج می‌توان برای مبدلهایی استفاده کرد که مقدار گردش به چپ در آنها زیاد نیست ، ولی در مواردی که بتوان با توجه به وضعیت محل از طرحهای شکل ۱۵ــ الف یا ۱۵ــ ب استفاده کرد ، دلیلی برای استفاده از این طرح وجود ندارد . در شرایط برابر ، هزینه‌احداث تقریبا "یکسان است . طرح نشان داده شده در شکل ۱۵ــ ج در مواردی‌بسیار مناسب است که طرح اولیه نهایتا "به یک‌مبدل شبدری توسعه پیدا خواهدکرد .

در طرح‌شکل ۱۵ــ د راههای‌عبوری یکطرفه طوری از یکدیگر جدا شده‌اند که بتوان‌حلقه مربوط به حرکات c-b را بین آنها قرار داد . حرکت b-a کاملا "جهت‌دار است (گردش به‌چپ از خروجی چپ)،و ضمن آنکه حرکت c-b با استفاده از یک حلقه انجام می‌شود ، خارج شدن از راه عبوری نیز به نحو مطلوب از سمت‌چپ انجام می‌گیرد .گاهی ممکن است جدا کردن راههای عبوری در این نوع مبدل سبب پیدایش یک امتداد نامطلوب برای راه عبوری شود . این طرح را می‌توان معکوس کرد تا اتصال مستقیم برای حرکت c-b و حلقه برای حرکت b-a به‌وجود آید .

شکل ۱۵ ــ هر یک مبدل T شکل با اتصالات نیمه مستقیم برای دو حرکت گردش به‌چپ b - a و c-b را نشان می‌دهد که این حرکات یکدیگر را به‌صورت همسطح قطع می‌کنند . در این شکل ، مسافت اضافی اندکی بیشتر است . این طرح در مواردی به‌کار می‌رود که حرکات گردش جزئی است و یـا شلوغی گردشهای به‌چپ در ساعات مختلفی وجود دارد (مانند ورود به یک کارخانه) .

در شکل ۱۵ــ و یک نوع مبدل Y شکل نشان داده شده‌است که کاربرد بسیار دارد . این نوع مبدل ،راه‌عبوری و خطوط گردش با معیار بالایی را برای کلیه آمد و شدها ،بجزگردش به‌چپ مربوط بـه زاویه تند (حرکت c-b) ، فراهم می‌آورد . در طرحهای مطلوب ، حرکت c-b در محل مبدل حذف می‌شود و معمولا "این حرکت توسط‌راه دیگری در سمت راست تأمین می‌گردد . در مواردی که مقدار آمد و شد حرکت c-b کم است ، می‌توان برای این منظور از یک گردش U شکل در سمت چپ استفاده کرد، ولی به‌طور کلی شعاع گردش محدود است و موجب حرکات ضربدری نامطلوب با آمد و شد عبوری b-a و a-c می‌شود . وجود آمد و شد زیاد برای حرکت c-b باعث می‌شود که برای این منظور اجبارا " از یک مبدل با چندین پل و یا یک پل چندطبقه استفاده شود (شکلهای ۱۶ــ الف و ۱۶ــ ب) .



شکل ۱۶. انواع مختلف مبدلهای سه راهی ، با دو پل یا بیشتر

شکل ۱۶ مبدلهای Tو Y شکل با استاندارد بالا را نشان می‌دهد که در هریک از آنها از بیش از یک پل و یا از یک پل چند طبقه استفاده شده است و امکان کلیه حرکات بدون حلقه فراهم می‌باشد. این نوع مبدل از انواع دارای یک پل هزینه بیشتری دارد و استفاده از آن فقط در مواردی قابل توجیه است که مقدار آمد و شد در تمام جهات زیاد است.

به طور کلی، تمام حرکات در شکل ۱۶ـ الف کاملا "جهت‌دار هستند. این وضعیت مستلزم احداث سه پل منفرد است. این طرح مشابه شکل ۱۵ـ و می‌باشد، ولی شامل یک خط جهت‌دار با معیار بالا برای حرکت c-b است که برای آن دو بنای دیگر و فضای بیشتر ضرورت دارد. در این طرح حرکات ضربدری وجود ندارد.

طرح شکل ۱۶ـ ب مشابه طرح شکل ۱۶ الف است، با این تفاوت که به جای سه پل دو طبقه، از یک پل سه طبقه استفاده شده‌است. هیچ‌یک از این دو طرح از نظر عملکرد بر دیگری برتری ندارد؛ هزینه نسبی آن نیز به وضعیت پستی و بلندی زمین و هزینه مربوط به حریم راه بستگی دارد. مقایسه کامل این دو طرح از نظر مخارج مستلزم یک تحلیل کامل است، ولی معمولا "اختلاف زیاد نخواهد بود. در برخی موارد، معلوم شده که استفاده از پلهای پیچیده سه‌طبقه کم هزینه‌تر است.

شکل ۱۶ـ ج یک مبدل T شکل با یک طرح دسته کوزه‌ای مضاعف را نشان می‌دهد. این مبدل مستلزم سه پل است که یک پل برای یک خط عبور واقع بر روی یک خط عبور دیگر به‌کار می‌رود، و دو پل برای یک خط عبور واقع بر روی دو خط عبور دیگر (یا برعکس). از این مبدل در مواردی استفاده می‌شود که لازم است یک راه مهم با کمترین انحراف از تقاطع عبور داده شود و ضمنا "راه قطع‌کننده نیز از اهمیتی برخوردار است. آمد و شد راه قطع‌کننده، که در مقایسه با آمد و شد راه عبوری اهمیت کمتری دارد، باید مسافتی طی کند تا عبور غیرهمسطح را انجام دهد. به‌طور کلی، این عمل مستلزم احداث شیبراهه‌های دارای ابعاد بزرگ خواهد بود که برای معیار بالا مناسب است. آمد و شد مربوط به حرکت b-a از سمت راست وارد راه عبوری می‌شود و آمد و شد مربوط به حرکت c-b از سمت چپ خارج می‌شود؛ این از خصوصیات مطلوب است. در مقایسه با مبدلهای جهت‌دار که در شکلهای ۱۶ـ الف و ۱۶ـ ب نشان داده شده‌است، طول مسافت طی‌شده در این مبدل بیشتر است؛ هزینه اولیه نیز ممکن است به‌علت نیاز به‌پلهای بزرگتر، بیشتر باشد. شکل این مبدل را می‌توان طوری طرح کرد که دو شیبراهه گردش به چپ و راه عبوری در یک‌نقطه قرار گیرند و در نتیجه، به‌جای سه پل مجزا، از یک پل سه‌طبقه استفاده شود.

شکل ۱۶ـ د طرح دیگری را با دوپل نشان می‌دهد که هریک از این پلها آمد و شد یک‌شیبراهه یکطرفه دسته کوزه‌ای را از روی راه عبوری یا از زیر آن عبور می‌دهد. این طرح با طرح شکل ۱۶ـ ج از آن نظر تفاوت دارد که در این طرح تنها دو پل وجود دارد و دو حرکت گردش به‌چپ در یک قطعه با آمد و شد ضربدری، به‌جای آنکه غیرهمسطح باشند، با یکدیگر ترکیب می‌شوند. کیفیت عملکرد این

نوع طرح به تأمین یک فطعه مناسب برای آمد و شد ضربدری این دو حرکت بستگی دارد ، مگر آنکه بیشترین مقدار آمد و شد این دو حرکت در ساعات مختلف باشد . در مواردی که مقدار گردشها خیلی زیاد نیست ، برای کاهش هزینه ممکن است بتوان راه c-a را با شیبراهه دارای آمد و شد ضربدری ترکیب کرد تا هریک از پلها از روی فقط یک خط عبور بگذرند . در این طرح امکان دارد که اگر قرار دادن دو خط گردش بدراست در محل خود ،به‌علت وضعیت محل ، بیش از حد پرهزینه باشد ، بتوان این دو خط را در سمت داخل قرار داد .

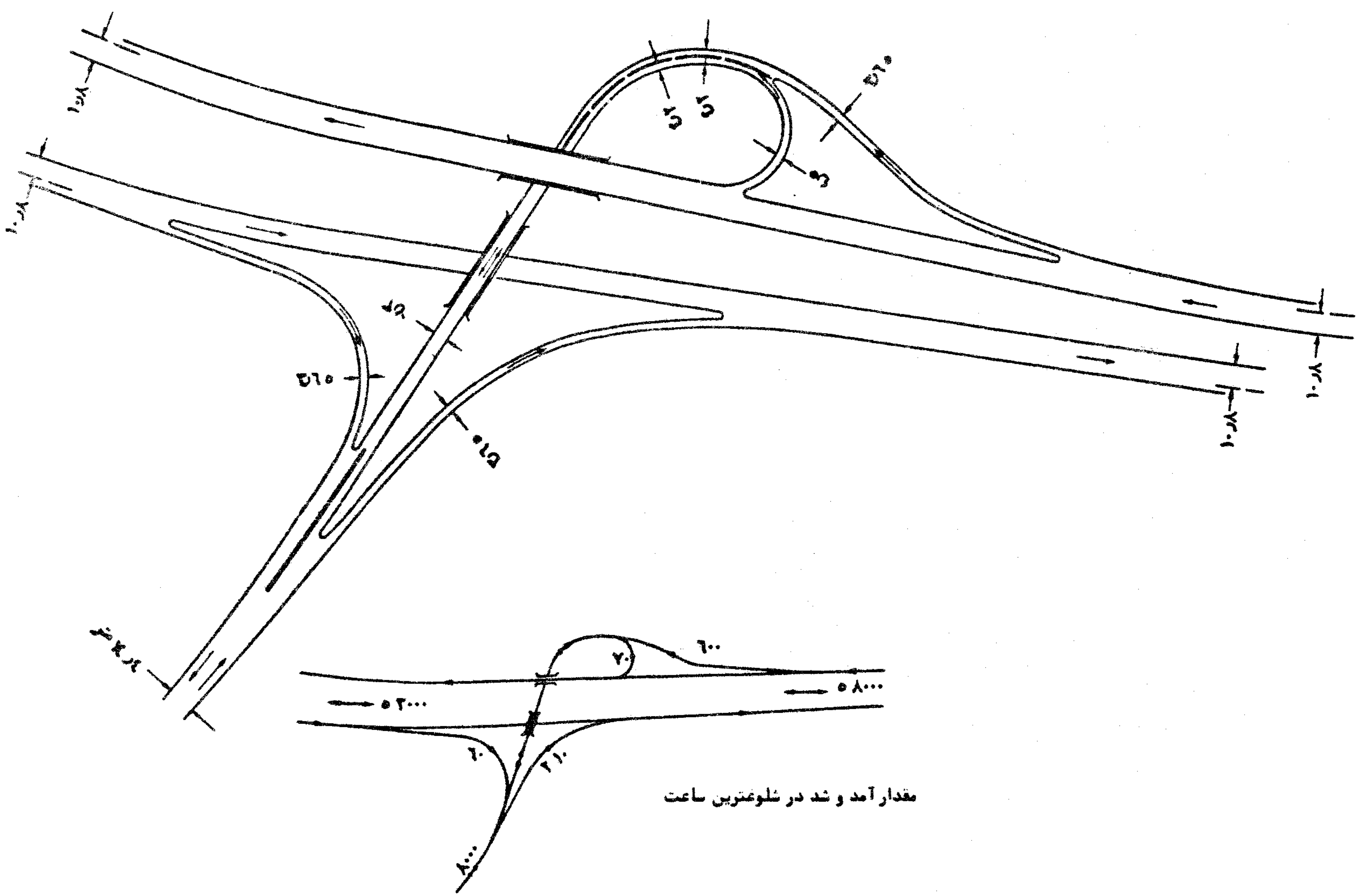
شکل ۱۶ــ هـ طرح دیگری از شکل کلی مبدل نشان داده شده در شکلهای ۱۶ــ ج و ۱۶ــ د است ؛ برای هریک از گردشهای به‌چپ خطی جداگانه در نظر گرفته‌شده‌است که این‌برخلاف شکل ۱۶ــ د می‌باشد که در آن ، این حرکات در یک قطعه با آمد و شد ضربدری با یکدیگر ترکیب شده‌اند . پلهای هوایی باید به‌اندازه کافی از یکدگیر فاصله داشته باشند تا بتوان شیبراهه b-a را بین آنها قرار داد و نیاز به پل سوم (مانند شکل ۱۶ــ ج) را حذف نمود .

در شکل ۱۷ یک مبدل شیپوری در انشعاب بین یک آزاد راه و یک راه اصلی محلی واقع دریک منطقه برونشهری نشان داده شده‌است . ویژگی منحصر به‌فرد این طرح آن است که به‌علت شیب بسیار تند زمین طبیعی در سمت چپ ، راه محلی از روی یکی از خطوط عبور و از زیر خط دیگر می‌گذرد . این امر تندی قوس حلقه را نیز توجیه می‌کند . این نوع طرح اولویت را به‌آمد و شدهای بیشتر می‌دهد که با اتصالات نیمه مستقیم تأمین می‌شود ، در حالی که آمد و شد کمتر توسط حلقه انجام می‌گیرد .

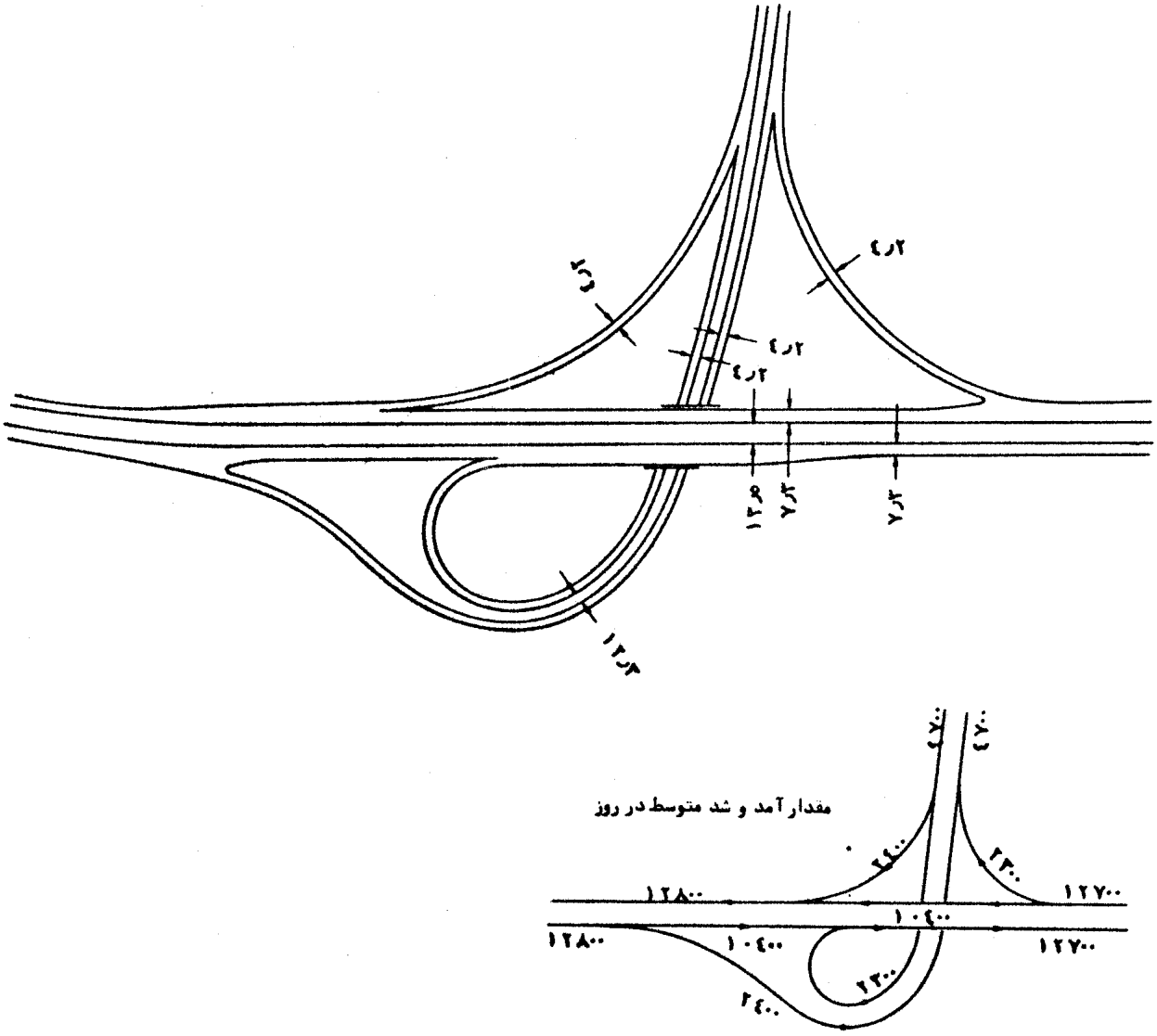
در شکل ۱۸ ، یک مبدل شیپوری بین دو آزاد راه واقع در یک منطقه برونشهری نشان داده شده‌است . راه عبوری دو شهر مهم را به‌یکدیگر متصل می‌کند . شاخه دیگر راه به یک مرکز صنعتی بزرگ و یک فرودگاه بزرگ متصل است . آمد و شد حداکثر هر دو آزاد راه به‌طور همزمان به‌وقوع می‌پیوندد که منجر به مقدار آمد و شد لحظه‌ای برابر با ۱۹۰۰ خودرو در ساعت در خط طرح می‌شود .

در شکل ۱۹ ، یک مبدل بین دو آزاد راه واقع در یک منطقه برونشهری نشان داده شده‌است . استفاده از خطوط جهت‌دهنده‌ای که شعاع انحناهای آنها زیاد است ، اجازه می‌دهد که کلیه حرکات با سرعت تا ۹۵ کیلومتر در ساعت انجام شود . علت آمد و شد کم ، که نشان داده شده‌است ، این است که خطوط ارتباطی در هر دو جهت تکمیل نشده‌اند . راه کناری یک راه دوطرفه است که اتصالات کوتاهی با خطوط مبدل دارد و این امر یک ویژگی نامطلوب است ،زیرا امکان ورود ممنوع و حرکت کردن به‌سمت عقب به‌طرف خطوط با سرعت زیاد مبدل را فراهم می‌آورد . برای آمد وشدی که از سمت شاخه بالایی به مبدل نزدیک می‌شود ، انشعاب اصلی و ورودی آستانه شیبراهه بعد از آن بسیار نزدیک به یکدیگر قرار دارند .

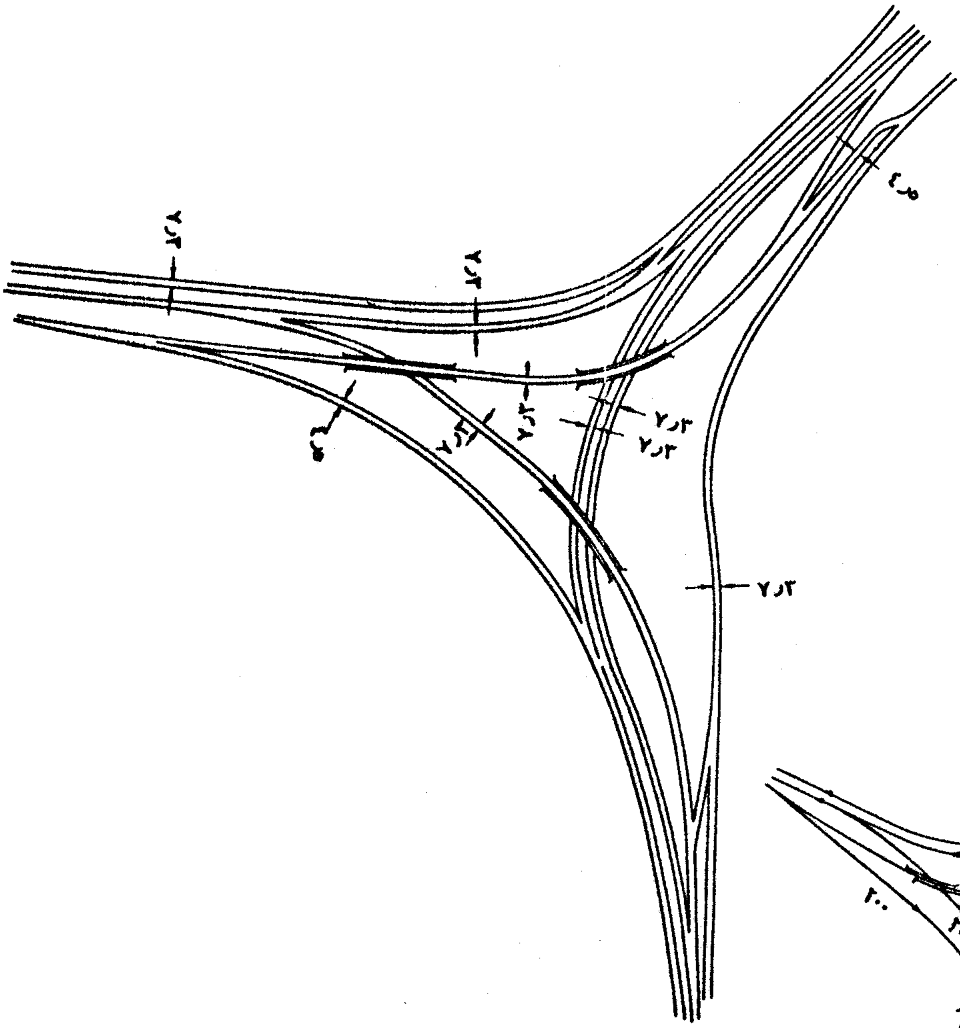
در شکل ۲۰ ، یک مبدل T شکل جهتی (مستقیم)کامل واقع در یک منطقه برونشهری‌نشان داده

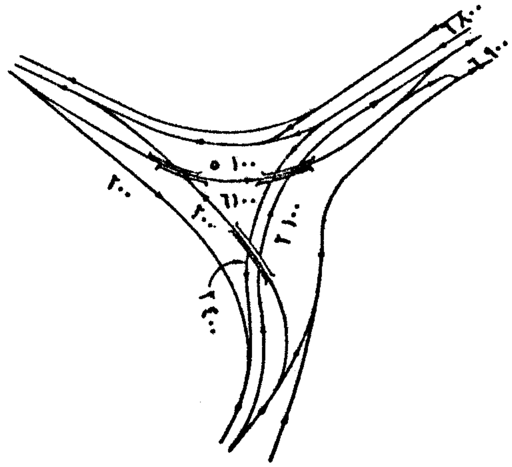


شکل ۱۷ . مبدل سه‌راهی ، نوع شیپوری (ت)



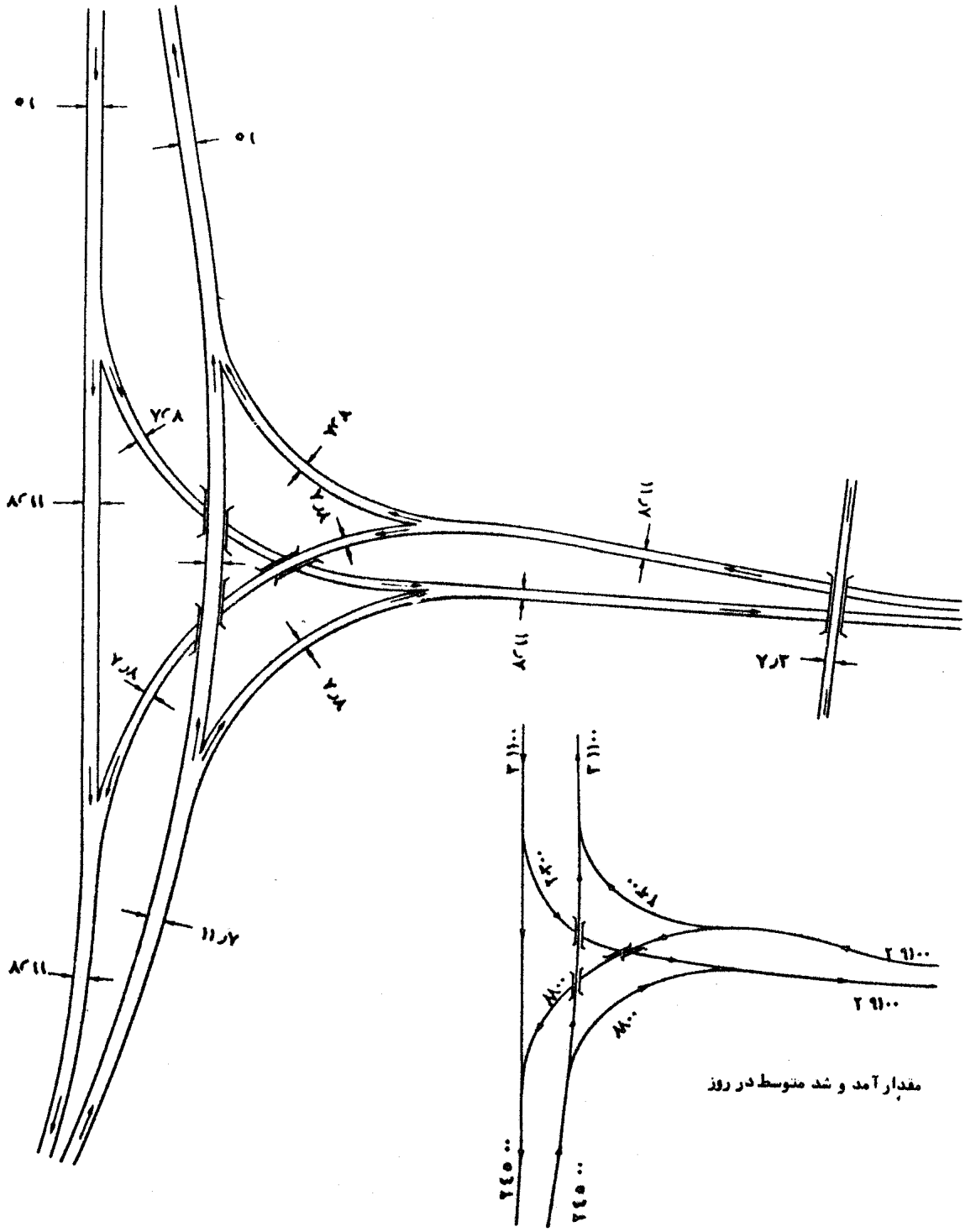
شکل ۱۸. مبدل سه راهی، نوع شیپوری (T)





مقدار آمد و شد متوسط در روز

شکل ۱۹. مبدل سه راهی ، طرح نیمه جهتی (نیمه‌مستقیم)



شکل ۲۰. مبدل سه راهی، طرح جهتی (مستقیم)

شده‌است . شاخه‌های پایینی و سمت راست مبدل ، آزاد راههای شش خطه و شاخه بالایی ، آزاد راه هشت‌خطه است . خطوط گردش با انحناهای دارای شعاع زیاد طرح شده‌اند تا سرعتهای گردش تا ۹۵ کیلومتر در ساعت عملی باشد . کلیه خطوط گردش به‌عرض خطوط دوخطه هستند .

در شکل ۲۱ ، یک مبدل سه‌راهه کاملا "جهتی (مستقیم) بین دو آزاد راه واقع در یک منطقه برونشهری نشان داده شده‌است . این مبدل در یک منطقه با پستی و بلندی زیاد واقع است و موجب شده‌که استفاده از یک پل سه‌طبقه اقتصادیتر از یک‌مبدل شیپوری باشد . برای کلیه گردشها به‌استثنای حرکات جزئی بین دوشاخه پایینی که برای آن از یک شیبراهه یکخطه به عرض ۴/۲۰ متر استفاده شده است ، برای کلیه گردشها شیبراهه دوخطه به‌کار رفته است . حداکثر شیب شیبراهه‌های دوخط برابر با ۳/۴% می‌باشد ؛ حداکثر شیب برای شیبراهه‌های با آمد و شد کم نیز ۵/۴% در نظر گرفته شده‌است .

در شکل ۲۲ ، یک مبدل سه راهه بین دو راه اصلی واقع در یک منطقه برونشهری نشان داده شده‌است . مقدار زیاد آمد و شد ، استفاده از خطوط جهت‌دهنده را توجیه می‌کند . در این طرح ، از یک مبدل سه‌راهه استفاده‌شده‌است که عرض تمام راههای آن برابر با ۷/۳۰ متر است تا امکان عبور دوخطه را فراهم آورند . میانه تعریض شده‌است تا اجازه‌دهد با استفاده از خطوط دارای‌شعاع انحناهای مختلف، اختلاف بین رقوم دو خط تأمین شود . در خط‌آمد و شد از سمت راست پایینی تا سمت چپ بالایی ، از قوس معکوس استفاده می‌شود تا عرض میانه به حد لازم باریک شود . این طرح آمد و شد با سرعت تا ۷۰ کیلومتر در ساعت را در کلیه خطوط امکانپذیر می‌کند .

۸–۲ . *طرحهای با چهار شاخه متقاطع*

مبدلهای دارای چهارشاخه متقاطع را می‌توان به چهار نوع کلی رده‌بندی کرد که عبارتند از :

۱) مبدلهای با شیبراهه‌های واقع در یک ربع بخش(مبدلهای با شیبراهه‌های واقع در دو یا سه ربع بخش، با عنوان نیمه شبدری مورد بحث قرار گرفته‌اند) .

۲) مبدلهای لوزوی

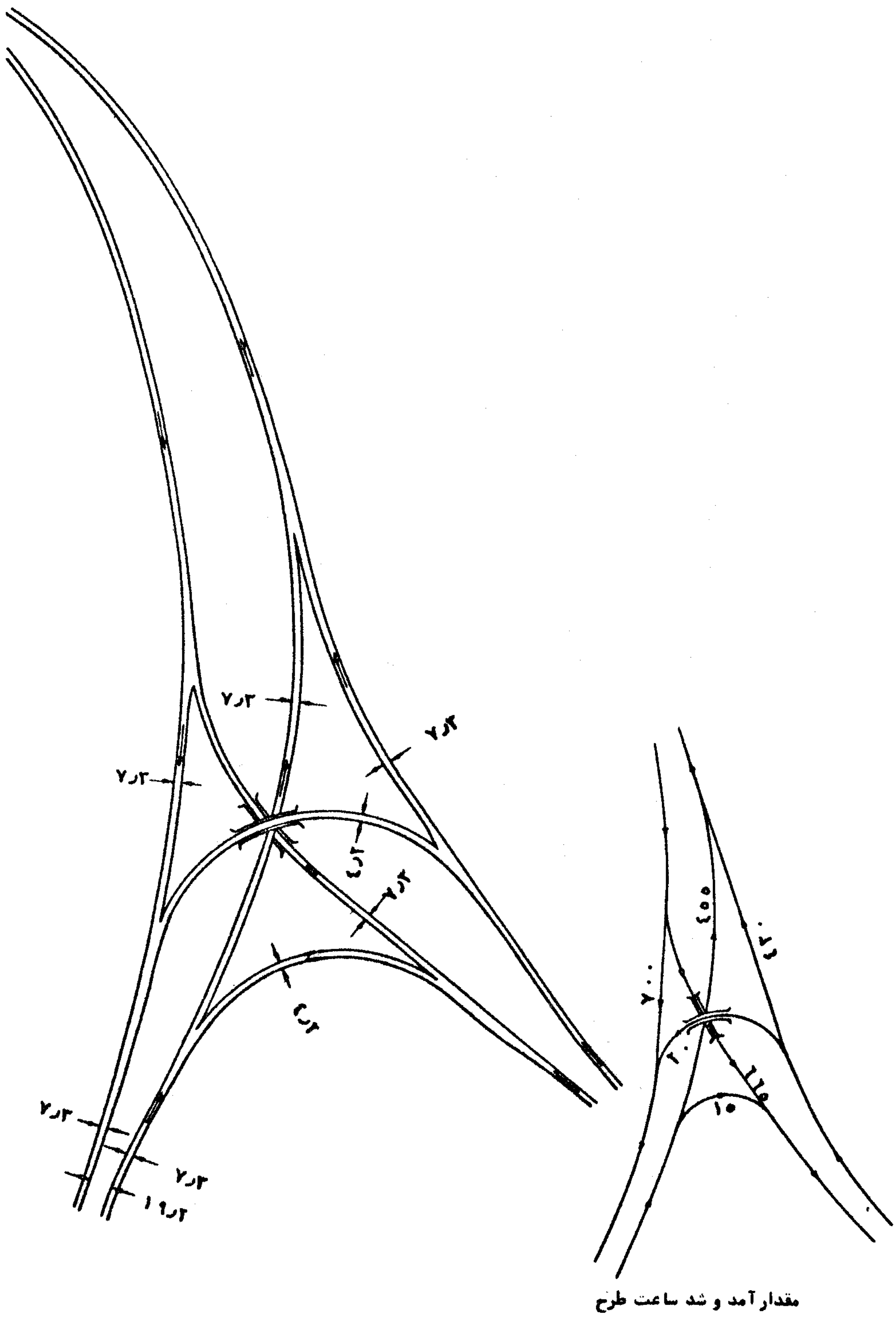
۳) مبدلهای شبدری (کامل یا نیمه)

۴) مبدلهای با اتصالات مستقیم یا نیمه‌مستقیم

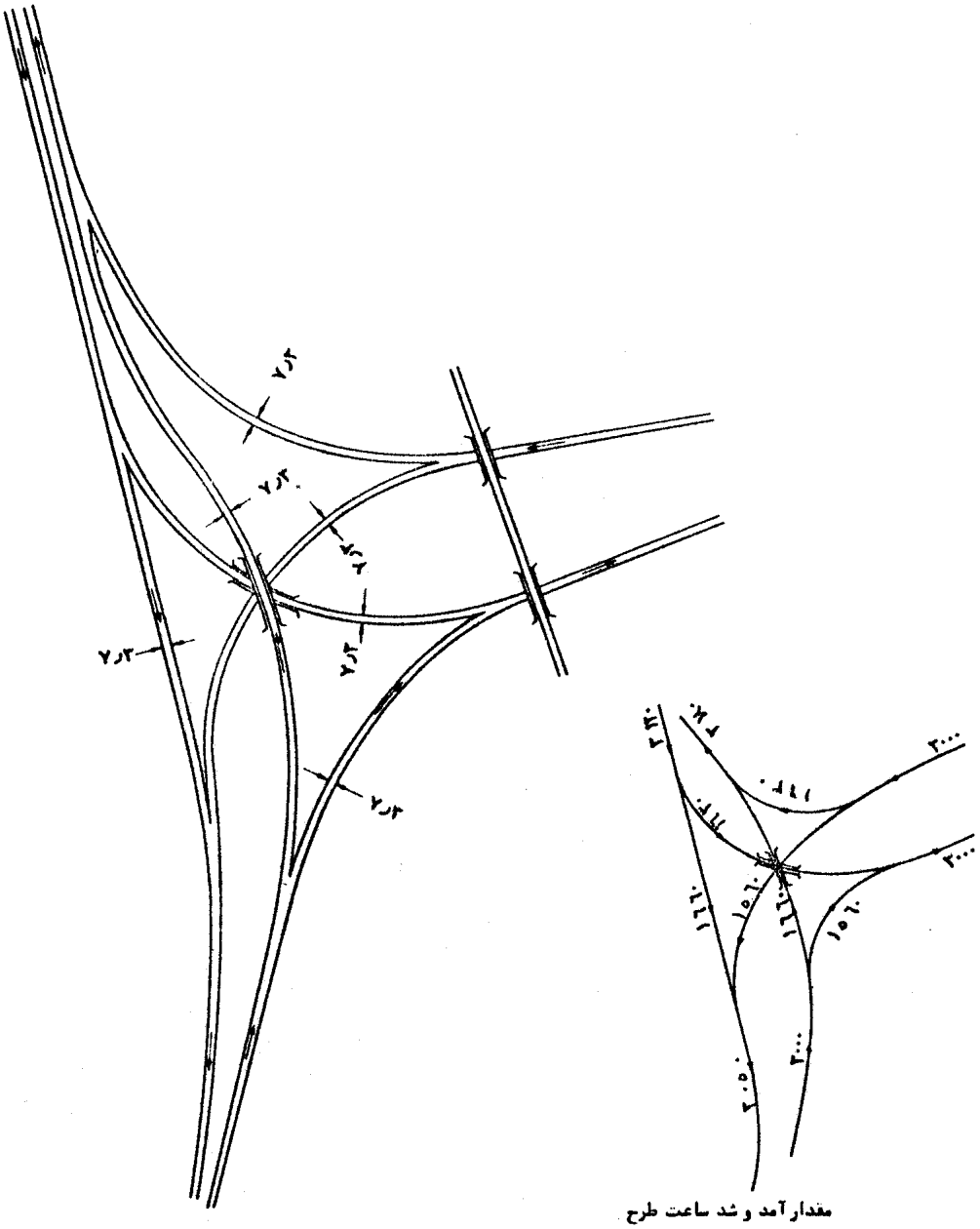
در زیر ، مشخصات عملکرد و موارد استفاده هر گروه به‌طور جداگانه مورد بحث قرار گرفته‌است . در مورد هریک از انواع مبدلها ، مثالهای واقعی موجود در هر قسمت آورده شده‌است .

۸–۲–۱ . مبدلهای با شیبراهه‌های واقع در یک ربع بخش

از مبدلهای با شیبراهه‌های واقع در تنها یک‌ربع بخش مبدل ، در حالت تقاطع راههای کم آمد و شد استفاده می‌شود . در مواردی که مقدار کم آمد و شد استفاده از پل را توجیه نمی‌کند ولی تقاطع راهها به‌سبب وضعیت‌پستی و بلندی زمین به‌صورت غیرهمسطح انجام می‌شود ، معمولا "استفاده از یک شیبراهه



شکل ۲۱. مبدل سه راهی ، طرح جهتی (مستقیم) با یک پل سه‌طبقه



شکل ۲۲ . مبدل سه‌راهی ، طرح جهتی (مستقیم) با یک پل سه‌طبقه

دوطرفه با طرح نزدیک به حداقل تقریبا "برای کلیه گردشهای آمد و شد کفایت خواهد کرد . ممکن است آستانه شیبراهه‌ها به‌صورت تقاطع ساده T شکل باشد . محلهایی که در آنها طرحهایی از این دست به کار می‌رود ، معمولا "بسیار محدود هستند .

به‌علت وضعیت پستی و بلندی زمین ، فرهنگ منطقه و یا سایر عوامل کنترل‌کننده ، ممکن است در پاره‌ای از مبدلها لازم شود که توسعه شیبراهه‌ها به یک ربع بخش مبدل محدود گردد . به‌رغم اینکه مقدار آمد و شد ممکن است استفاده از یک سیستم گردش گسترده‌تری را توجیه کند .

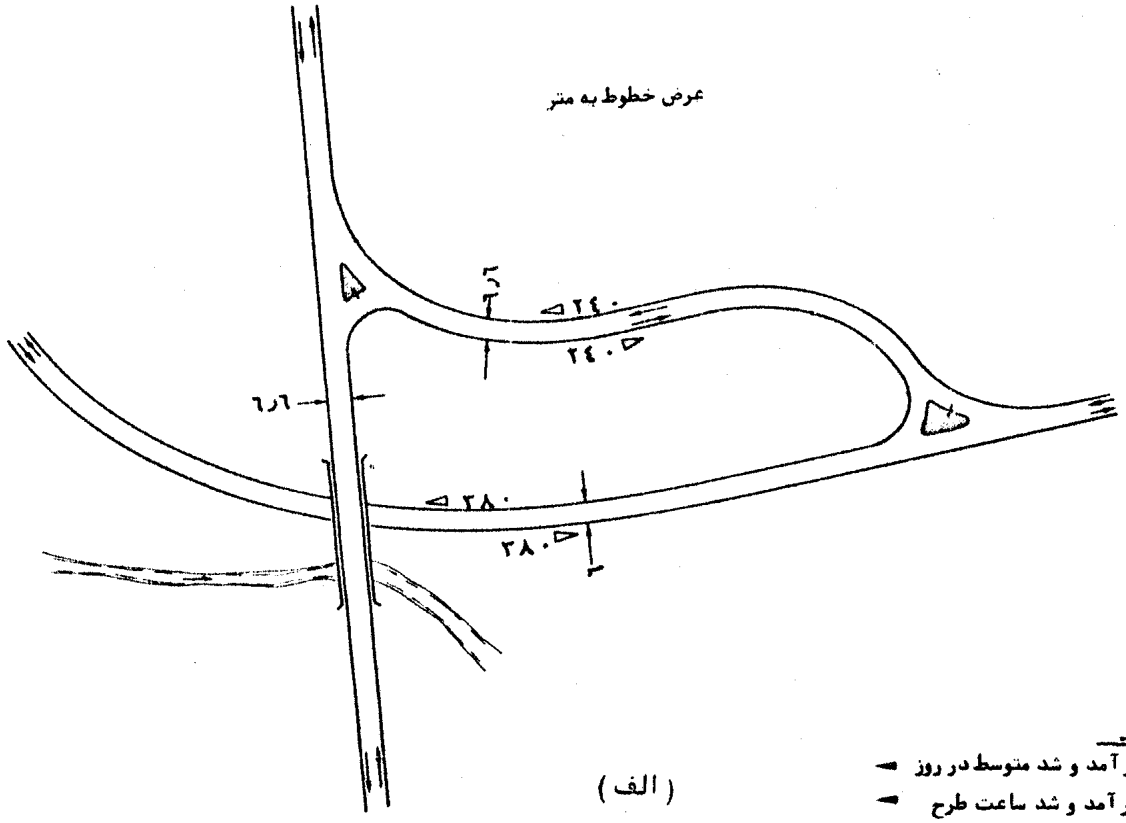
در موارد دیگر ، ممکن است از مبدل با شیبراهه‌های واقع در یک ربع بخش آن ، به‌عنوان قدم اول برای یک برنامه مرحله‌ای استفاده شود . در این حالت ، شیبراهه‌های اولیه باید به‌صورت بخشی از توسعه نهایی طرح شوند .

شکل ۲۳ـ الف نمونه‌ای از یک مبدل با شیبراهه‌های واقع در یک ربع بخش را نشان می‌دهد که در یک تقاطع واقع در یک منطقه کوهستانی برونشهری واقع است . به‌علت وضعیت پستی و بلندی زمین شیبراهه شکل طویل شده دارد . آستانه‌های شیبراهه در هر طرف جزایر مثلثی شکل ، روسازیهای دوطرفه به‌عرض ۶/۶۰ متر با شعاع انحنای کوچک دارند . آمد و شد وارد شونده به هریک از دو راه عبوری با علامت "ایست" کنترل می‌شود ؛ گرچه مقدار آمد و شد کم است ، ولی آمد و شد گردش‌کننده نسبت درصد قابل توجهی از آمد و شد عبوری را تشکیل می‌دهد .

شکل ۲۳ـ ب، نمونه‌ای از یک مبدل با شیبراهه‌های واقع در یک ربع بخش را در یک منطقه برونشهری ، با شیبراهه‌های یکطرفه و آستانه‌های جهت‌دهنده نشان می‌دهد . عرض خطوط آستانه شیبراهه برابر با ۶/۰ متر است . در هر آستانه سه جزیره وجود دارد و مسیرهای گردش به چپ راههای عبوری را قطع می‌کنند . مقدار آمد و شد گردش‌کننده و آمد و شد راه قطع‌کننده کم ، و مقدار آمد و شد راه جدا شده متوسط است . از آنجا که انتظار می‌رود مقدار آمد و شد در آینده افزایش یابد ، توسعه آتی بخشهای دیگر مبدل در نظر گرفته شده‌است . سرعت متوسط راه جدا شده و راه زیرگذر به‌ترتیب برابر با ۸۰ و ۵۰ کیلومتر در ساعت است .

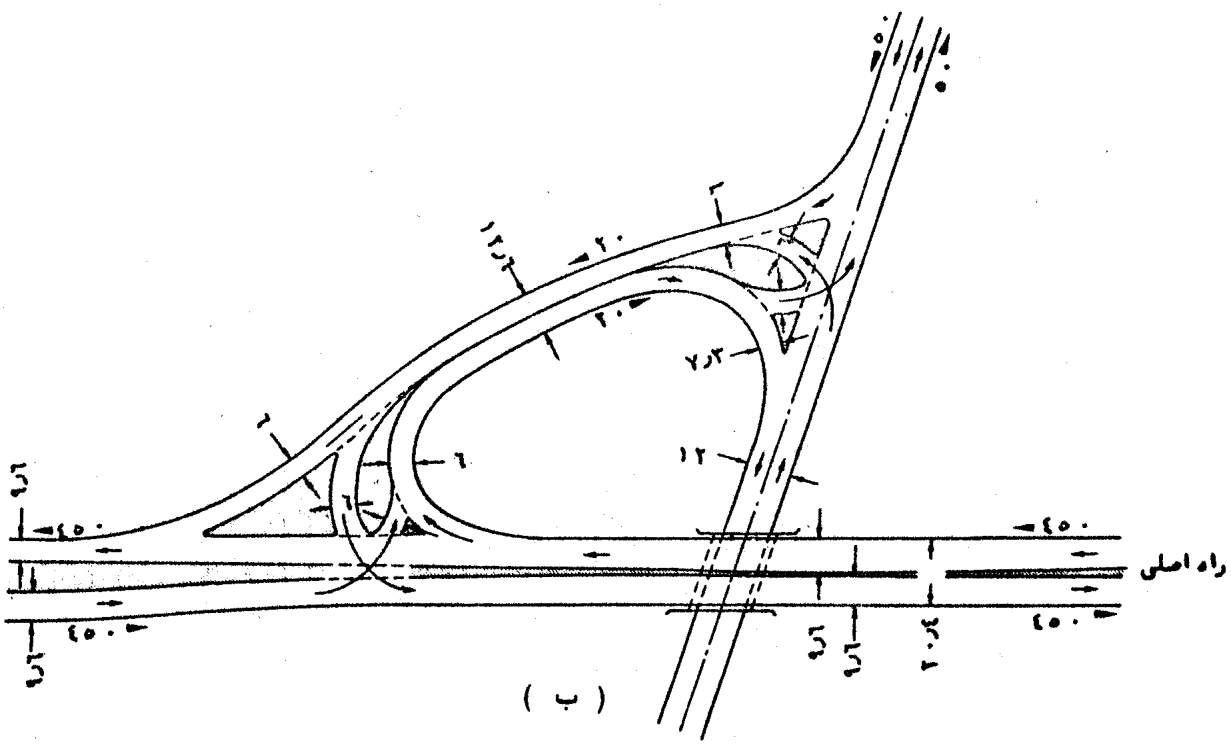
۸ـ۲ـ۲ . مبدلهای لوزوی

با استفاده از شیبراهه‌های قطری یکطرفه ، یک مبدل لوزوی کامل در هریک از ربع بخشهای مبدل به‌وجود می‌آید . شیبراهه‌ها طوری قرار داده می‌شوند که آستانه‌های آنها زاویه پخی با یکی از راههای عبوری بسازد وگردشهای به‌چپ همسطح ، محدود به راه دیگر (راه غیراصلی) شود . مبدل لوزوی ، در مقایسه با مبدل نیمه‌شبدری معادل ، مزایای زیادی دارد . تمام آمد و شد می‌تواند با سرعت نسبتا "زیاد به راه اصلی وارد شده و یا از آن خارج شود . حرکات گردش به‌چپ با طی مسافتهای نسبتا "کوتاه عملی هستند . حریم راه مورد نیاز کم است و گاهی اندازه حریم خود راهها تقریبا "کفایت می‌کند .



(الف)

آمد و شد
مقدار آمد و شد متوسط در روز
مقدار آمد و شد ساعت طرح



(ب)

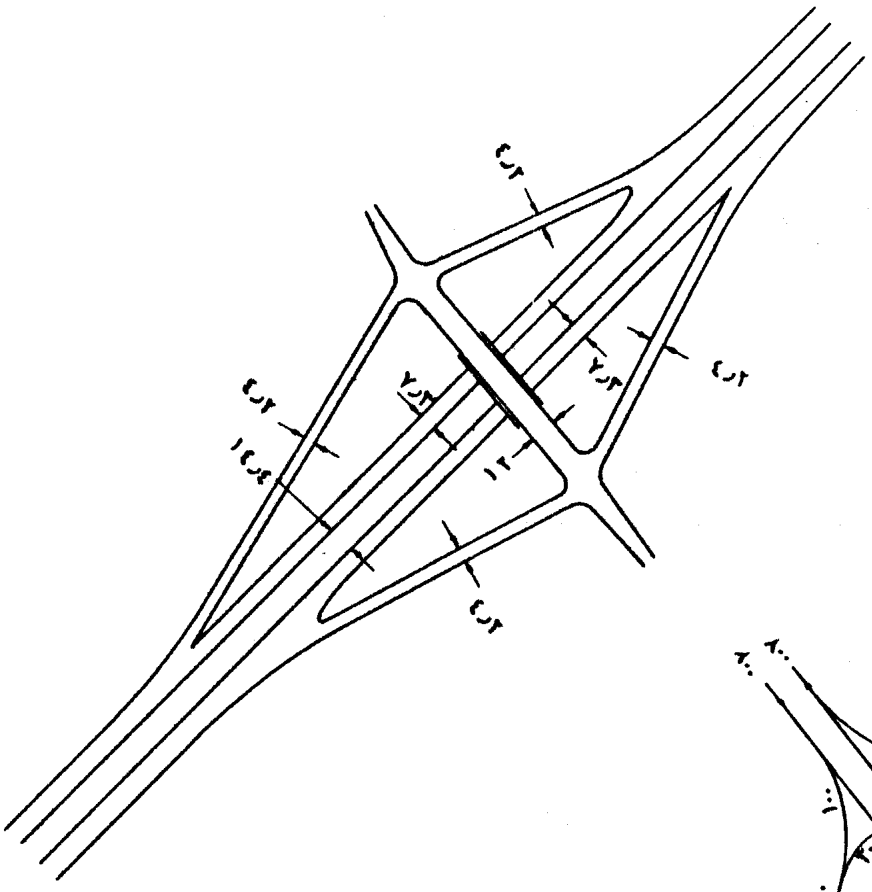
شکل ۲۳ . مبدل چهارراهی ، شیبراهه‌ها در یک ربع بخش

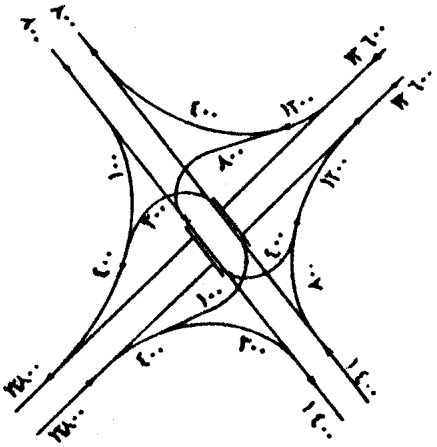
مبدلهای لوزوی، هم در مناطق شهری و هم در مناطق برونشهری کاربرد دارند. این نوع مبدل بویژه برای تقاطع راههای اصلی ـ فرعی مناسب است که گردشهای به‌چپ می‌تواند به‌صورت همسطح در راه فرعی و بدون خطر و مشکل زیادی انجام شود. تقاطعهای راه غیر اصلی با آستانه شیبراهه‌ها مانند هر تقاطع همسطح T شکل است. (برای طرح این‌گونه تقاطع، به بخش تقاطعهای همسطح مراجعه کنید). به‌هر حال، چون این تقاطعها دارای چهار شاخه هستند که دو شاخه آن یکطرفه است، مسائلی از نظر کنترل آمد و شد به‌منظور جلوگیری از ورودهای اشتباهی از راه قطع کننده دربر دارد. در طرح مبدلهای لوزوی باید برای کاهش احتمال ورود اشتباهی توسط رانندگان بسیار دقت شود. در بیشتر موارد، برای جلوگیری از استفاده نادرست از شیبراهه‌ها باید علائم اضافی در طرح مبدلها به‌کار برده شوند، در مواردی که حجم آمد و شد در آستانه شیبراهه‌ها با راه غیراصلی آن قدر هست که نصب چراغهای راهنما ضرورت یابد، باید روسازی شیبراهه‌ها و راه قطع کننده در محل مبدل تعریض شود. در بیشتر موارد، استفاده از یک شیبراهه یکخطه برای آمد و شدی که از راه اصلی خارج می‌شود کافی است، ولی ممکن است لازم شود که این شیبراهه‌ها در آستانه با راه غیراصلی به دو یا سه خط ذخیره تعریض گردد تا گنجایش لازم برای شرایط تقاطع همسطح به‌وجود آید. در مناطق برونشهری، معمولا "عبور دادن بیش از ۸۰۰ وسیله نقلیه در روز از هریک از شیبراهه‌های مبدل لوزوی عملی نیست.

در شکل ۲۴، نمونه‌ای از یک مبدل لوزوی کوچک واقع در یک منطقه برونشهری نشان داده‌شده است. این مبدل، یک آزاد راه چهارخطه را به یک راه محلی متصل می‌کند. عرض شیبراهه‌ها برابر ۴/۲۰ متر است و طرح برای مقدار متوسط آمد و شد مناسب است. آستانه‌های راه قطع کننده غیر جهت‌دهنده هستند، ولی برای گردشهای به‌چپ تعریض شده‌اند. به‌علت قرار داشتن راه قطع کننده در سطح افقی، فاصله دید در طول آن از محلی که خودروها در آستانه شیبراهه‌ها متوقف می‌شوند، خوب است.

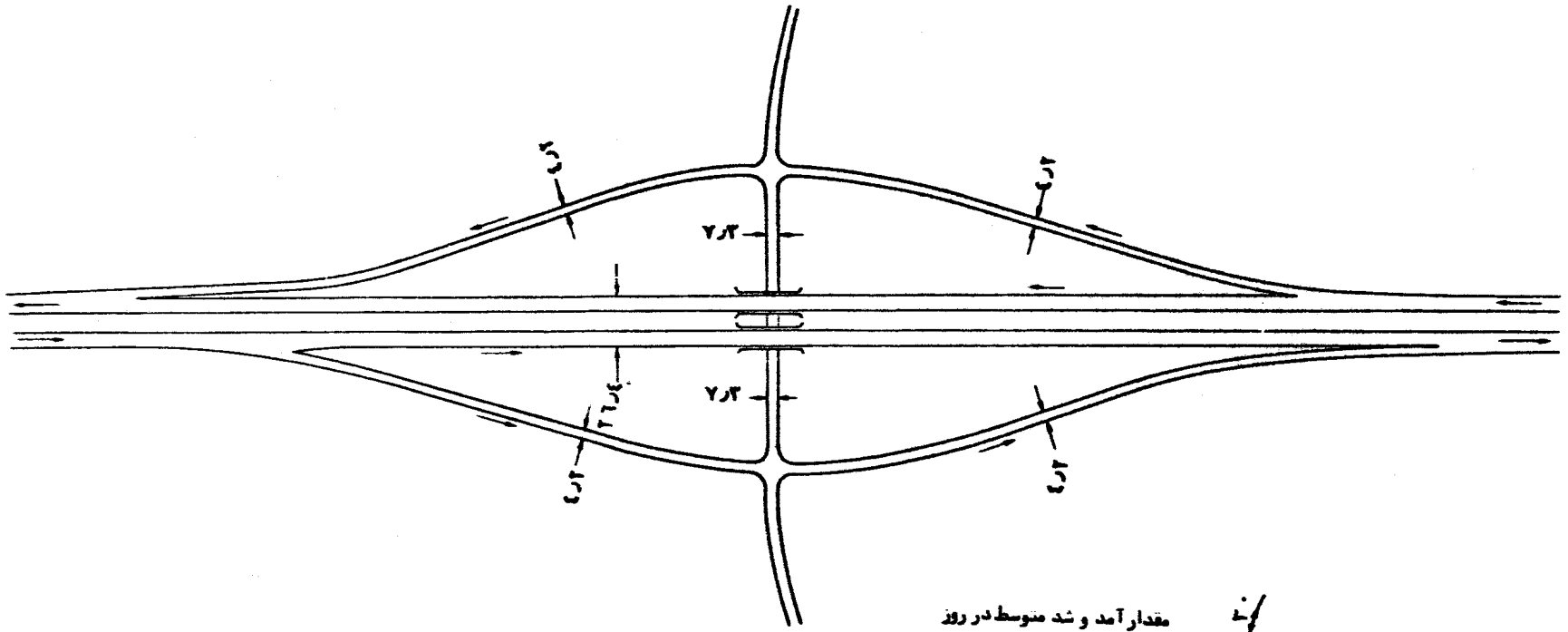
شکل ۲۵ نمونه‌ای از یک تقاطع لوزوی خوب طراحی شده را که در یک منطقه برونشهری واقع است، نشان می‌دهد. فاصله دید، نیمرخ طولی و انحنای شیبراهه‌ها منطبق بر معیارهای مطلوب هستند و فاصله دید در طول راه قطع کننده و از داخل پل متوسط است. شیبراهه‌های ورودی قطعات طویلی دارند که تقریبا "موازی و هم رقوم خطوط عبوری هستند. این امر سبب تسهیل ادغام آمد و شد با آمد و شد آزادراه است. عرض شیبراهه‌ها ۴/۲۰ متر، و عرض شانه‌های سمت راست آن ۳/۰ متر است که ۱/۸۰ متر آن روسازی شده‌است. مقدار کم آمد و شد اتخاذ تدابیر حداقل را در آستانه‌های قطع کننده توجیه می‌کند. در این شرایط، برای جا دادن خودروهای گردش‌کننده، شعاعهای انحنای برابر با ۱۵ متر به‌کار رفته است.

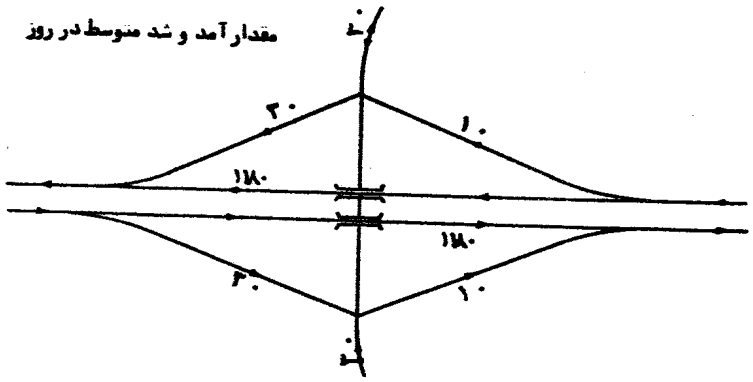
شکل ۲۶ نمونه دیگری از یک مبدل لوزوی چهارشاخه را نشان می‌دهد. در این شکل، یک آزاد راه چهارخطه جدا شده از زیر یک راه فرعی دوخطه ـ که در محل مبدل تعریض شده تا خطوط پناهی



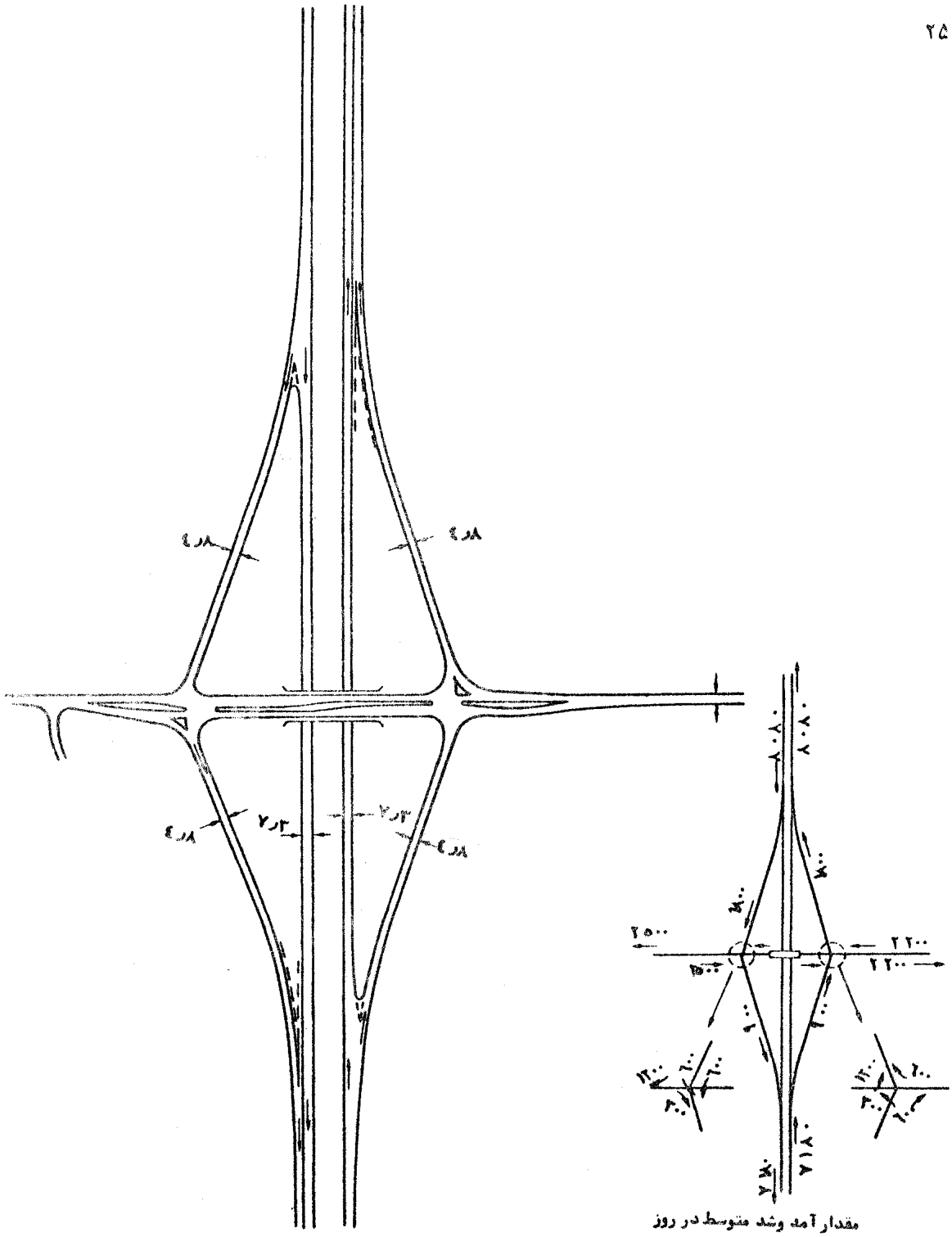


شکل ۲۴ . مبدل چهارراهی ، لوزوی

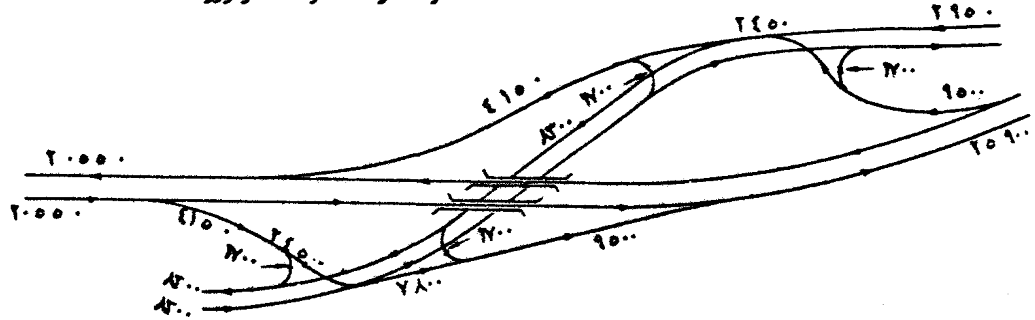


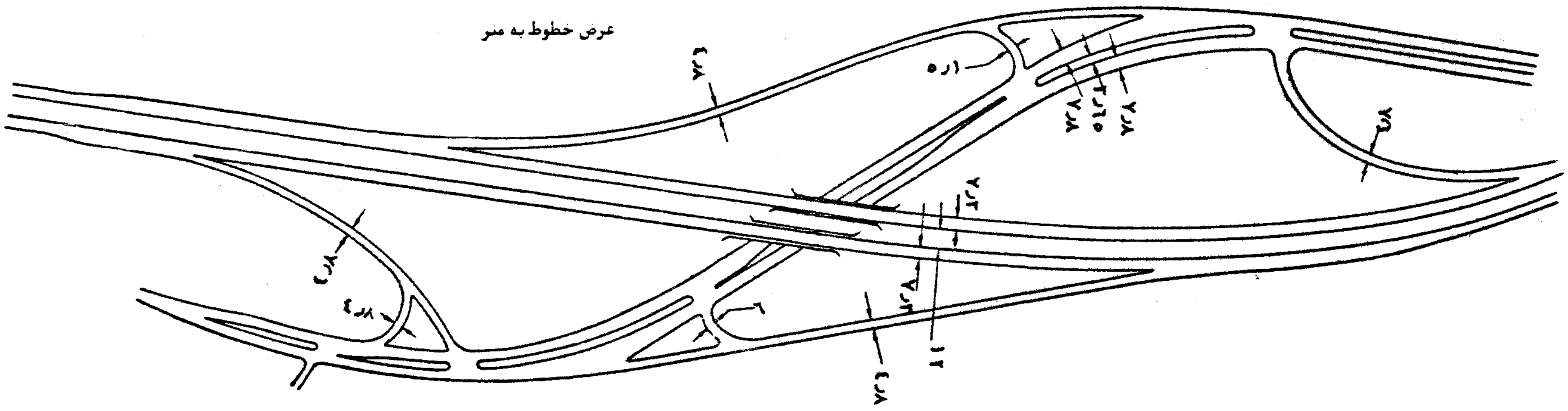


شکل ۲۵. مبدل چهارراهی، لوزوی



شکل ۲۶ ، مبدل چهارراهی ، اوزوی





شکل ۲۷ . مبدل چهارراهی ، لوزوی

برای خودروهایی که قصد گردش به‌چپ را دارند به‌وجود آورد ــ نشان داده شده‌است . آزاد راه برای سرعت ۱۱۰ کیلومتر در ساعت ، و راه فرعی برای سرعت ۸۰ کیلومتر در ساعت طرح شده‌است . عملکرد این مبدل رضایتبخش است ، گرچه مطلوبتر آن است که فاصله دید در طول راه فرعی افزایش یابد . شیبراهه‌ها بر روی خاکریز با شیب شیروانیهای زیاد قرار دارند که موجب کاهش جلوه کلی راه شده ، و ممکن است مسائل نگهداری در بر داشته باشد .

در شکل ۲۷ ، نمونه‌ای از یک مبدل لوزوی نشان داده شده که در یک دره باریک واقع است . راه غیراصلی در طول چندین کیلومتر به‌موازات آزاد راه امتداد دارد و سپس به‌طور مورب از زیر آن عبور می‌کند . این عبور طرح یک قوس معکوس را ایجاب می‌کند . فاصله دید از آستانه شیبراهه‌های واقع بر راه غیراصلی ، به‌علت قوس معکوس و زاویه مورب ، آخرین مسئله است . آستانه‌های راه قطع‌کننده ، از نوع جهت‌دهنده هستند و حداقل شعاع را برای گردش دارند . راه قطع‌کننده ، یک راه جدا شده چهار خطه با سرعت طرح برابر با ۶۵ کیلومتر در ساعت ، و با میانه جدول‌دار به‌عرض ۹/۰ متر است . عملکرد این مبدل رضایتبخش است .

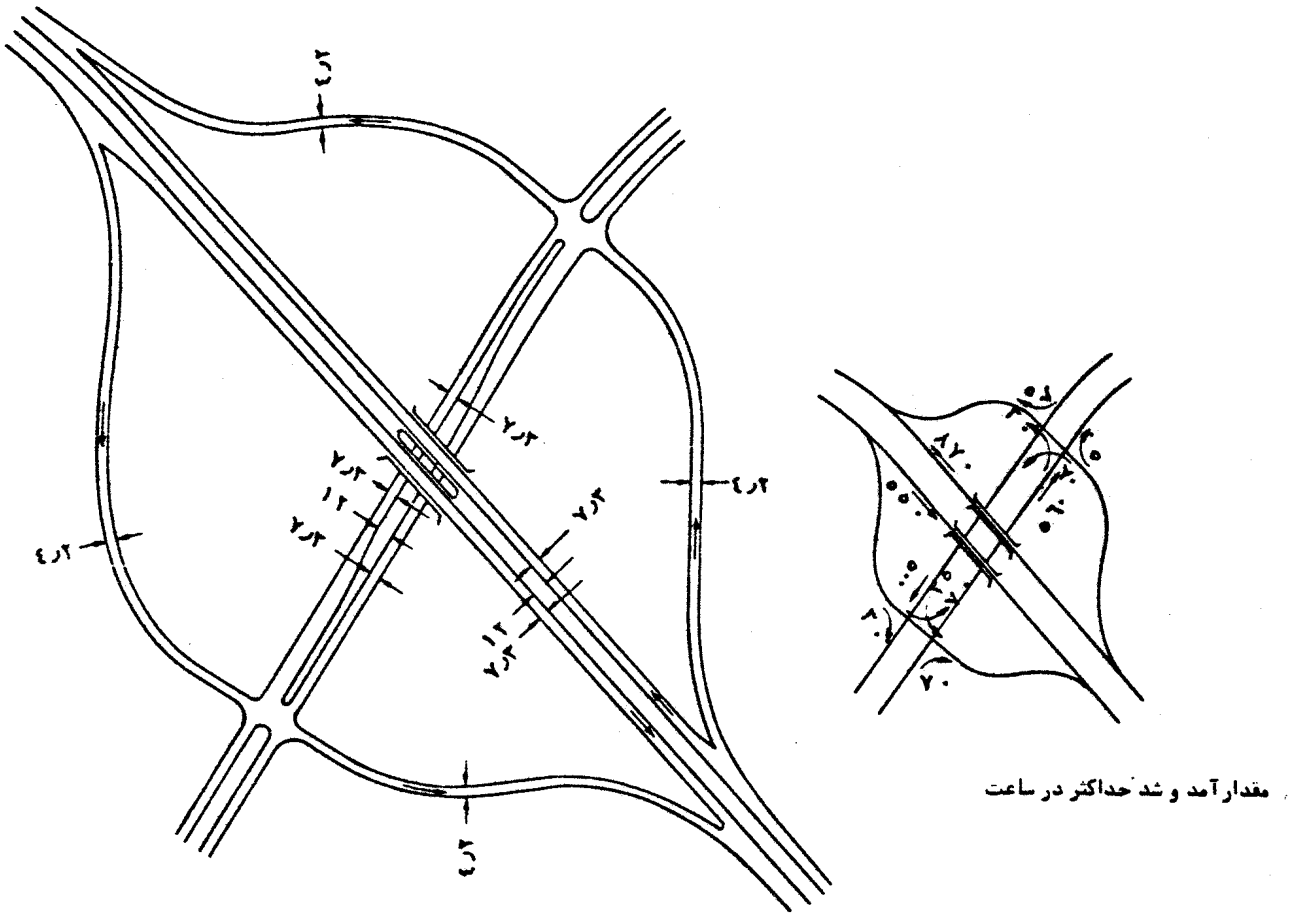
شکل ۲۸ نمونه‌ای از یک‌مبدل لوزوی را نشان‌می‌دهد که تدابیر لازم برای احداث آتی شیبراهه‌های حلقوی در تمام ربع بخشهای آن درنظر گرفته شده‌است . زمانی که مقدار آمد و شد به‌اندازه‌ای باشد که اضافه کردن شیبراهه‌های حلقوی را توجیه کند ، شیبراهه‌های لوزوی نیز اصلاح می‌شوند تا مبدل به یک مبدل شبدری کامل تبدیل شود .

تمام شیبراهه‌ها به عرض ۴/۲۰ متر با شیب کمتر از ۱ درصد هستند . راه غیراصلی ، یک راه جدا شده چهارخطه با خطوط‌گردش به‌چپ در آستانه شیبراهه‌های‌لوزوی است . کنترل جریان آمد و شد فقط شامل علایم "ایست" برای آمد و شد شیبراهه‌های خروجی از آزاد راه است .

۸ــ۲ــ۳ . مبدلهای شبدری

یک مبدل شبدری در مواردی به‌وجود می‌آید که در هر یک از ربع بخشهای مبدل از یک حلقه و یک خط اتصال بیرونی استفاده‌شود . مبدل شبدری تنها مبدل با چهار شاخه متقاطع است که آستانه‌های گردش به‌چپ با تقاطع همسطح ندارد . استفاده از آن برای رانندگان بسیار ساده و قابل فهم است و به‌طور کلی ، درمواردی به‌خوبی کاربرد دارد که هر دو راه‌متقاطع در محل‌مبدل دارای خطوط‌جدا شده هستند . معایب عمده مبدل شبدری ، لزوم طی مسافتهای زیاد برای گردش به‌چپ ، حرکات ضربدری لازم و نیاز به حریم راه نسبتا "وسیع است ، بویژه اگر با معیار بالا طرح شود .

مقدار مسافت طی شده در یک حلقه ، در مقایسه با مسافت لازم برای گردش به‌چپ مستقیم در یک تقاطع همسطح ، با افزایش سرعت طرح به‌سرعت اضافه می‌شود . مسافت اضافی در یک حلقه طرح‌شده برای سرعت طرح ۳۰ کیلومتر در ساعت (با شعاع‌انحنای ۳۰ متر) تقریبا "حدود ۱۸۰ متر ، برای سرعت

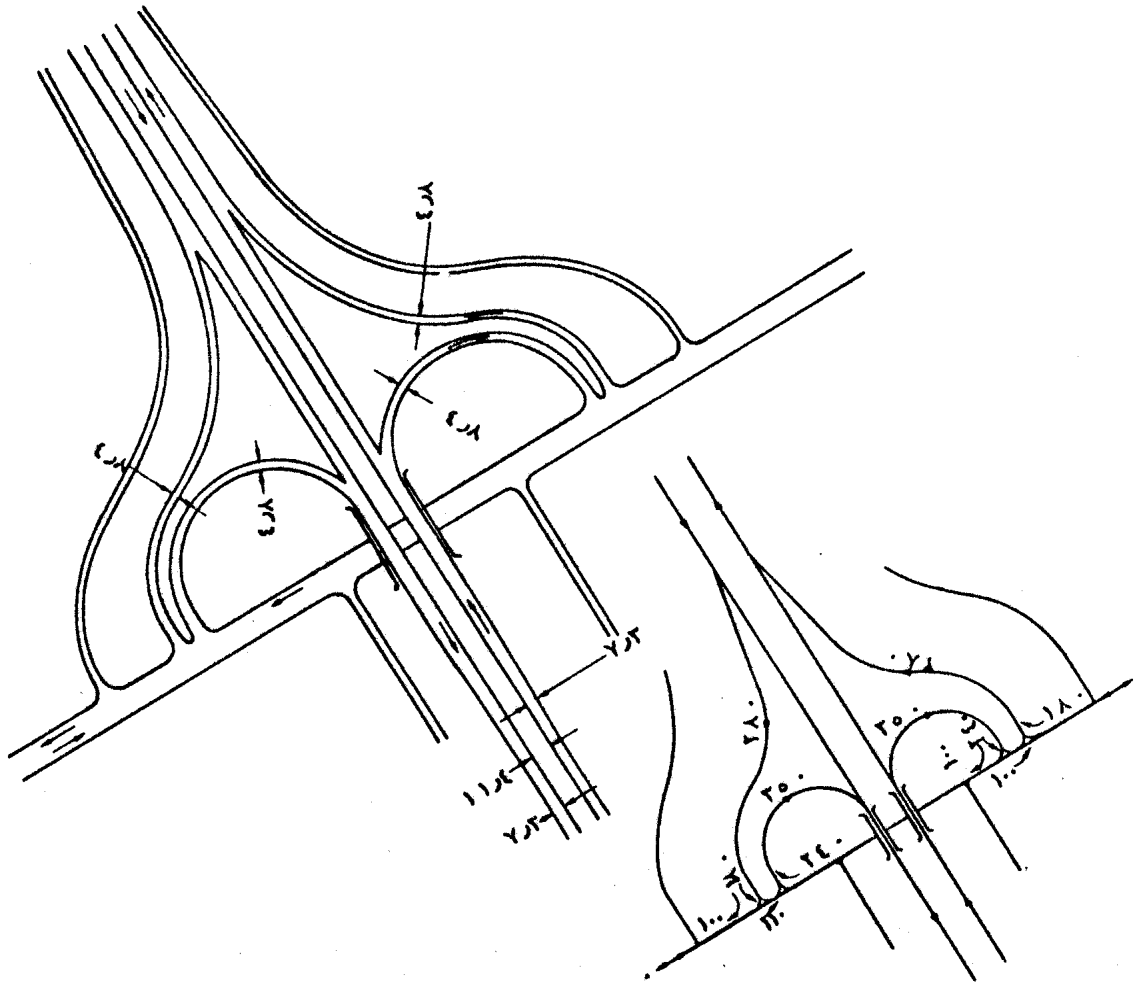


شکل ۲۸. مبدل چهارراهی، لوزوی، اجزای مرحله‌ای

طرح ۴۰ کیلومتر در ساعت (با شعاع انحنای ۴۵ متر) حدود ۳۰۰ متر، و برای سرعت طرح ۵۰ کیلومتر در ساعت (با شعاع انحنای ۷۰ متر) حدود ۴۵۰ متر است. بنابراین، برای افزایش هر ۱۰ کیلومتر در ساعت، مسافت طی شده اضافی حدود ۵۰ درصد افزایش می‌یابد و مساحت حریم راه حدود ۱۳۰درصد اضافه می‌شود. زمان طی مسافت در حلقه‌ها تقریبا "به‌طور مستقیم با سرعت طرح تغییر می‌کند. برای افزایش سرعت برابر با ۸ کیلومتر در ساعت در سرعت طرح حلقه، زمان طی مسافت ۲۰ تا ۳۰ درصد (یا تقریبا "۷ ثانیه) اضافه می‌شود، در واقع، این افزایش زمان طی مسافت، اگر کل حرکات در نظر گرفته شود، به‌علت کاهش و افزایش سرعت در خارج از محدوده حلقه، قدری کمتر است. (درهر حال، زمان طی مسافت از طریق یک حلقه ممکن است خیلی کمتر از زمانی باشد که برای گردش به چپ مستقیم با تأخیر در قطع همسطح راه لازم است.) مزیت مربوط به افزایش سرعت باید با معایب مربوط به افزایش طول و زمان طی مسافت و افزایش مقدار حریم راه سنجیده شود. با در نظر گرفتن تمام عوامل، تجربه نشان می‌دهد که مقدار عملی شعاع حلقه‌ها در حدود ۳۰ تا ۴۵ متر برای گردشهای جزئی در راههای با سرعت‌طرح کم، و ۴۵ تا ۷۰ متر برای گردشهای‌مهمتر در راههای با سرعت طرح زیاد است. با این شعاعهای انحنا لازم است که از یک خط ممتد اضافی برای کاهش یا افزایش سرعت و حرکات ضربدری بین شیبراهه‌های ورودی و خروجی استفاده شود.

مبدلهای شبدری شامل حرکات ضربدری است که در قسمت *قطعات با آمد و شد ضربدری* مورد بحث قرار گرفت. در مواردی که مقدار گردشهای به‌چپ نسبتا "کم است، این حرکات نمی‌تواند قابل ایراد باشد، ولی زمانی‌که مجموع آمد و شد دو حلقه متصل‌به یکدیگر به ۱۰۰۰ خودرو در ساعت نزدیک می‌شود، مقدار اختلال به‌سرعت افزایش‌می‌یابد و سبب کاهش سرعت آمد و شد عبوری می‌شود. معمولا" صرف‌نظر از عرض روسازی، یک شیبراهه به‌ندرت با بیش از یک ردیف خودروها عمل می‌کند؛ با توجه به این موضوع، گنجایش طرح شیبراهه‌ها محدود به ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ وسیله نقلیه در ساعت است که مقدار بیشتر فقط مربوط به مواردی است که کامیون در جریان آمد و شد وجود نداشته، و سرعت طرح شیبراهه برابر یا بیشتر از ۵۰ کیلومتر در ساعت باشد. بنابراین، مقدار گنجایش شیبراهه‌ها یک عامل مهم در طرح مبدلهای شبدری است. گرچه می‌توان با به‌کاربردن دقت فراوان حلقه‌هایی طرح کرد که دو خط عبور داشته باشند، ولی به‌علت نیاز این حلقه، به حریم راه بسیار وسیع، هزینه زیاد اجرا و لزوم طی مسافتهای زیاد، به‌کار بردن آنها فقط محدود به موارد خاص است.

مبدلهای شبدری با شیبراهه‌های تکمیلی و کامل، همواره یا ضرورت ندارد و یا به‌علت شرایط محل قابل اجرا نیستند. در یک‌تقاطع راه اصلی با یک‌راه غیراصلی، می‌توان‌با به‌کار بردن شیبراهه‌های تنها دو ربع بخش و محدود کردن گردش به چپ مستقیم به راه غیراصلی، آزادی کاملی به آمد و شد راه اصلی داد. در طرح نیمه شبدری، به‌کار بردن شیبراهه‌های دارای ترتیب معین مزایای عملی قابل توجهی دارد که قبلا" در قسمت‌مربوط‌به ترتیبات شیبراهه مبدلهای نیمه شبدری موردبحث قرار گرفته است.



شکل ۲۹. مبدل چهارراهی، شیبراهـه‌ها و حلقه‌ها در دو ربع بخش، در یک طرف راه غیراصلی

ترتیبات، شکلها و ویژگیهای مختلف مبدلهای شبدری در نمونه‌های واقعی که در زیر می‌آید، نشان داده شده‌است. ابتدا، نمونه‌هایی از طرح مبدلهای نیمه شبدری با دو و سه ربع بخش معرفی می‌شود و سپس، مثالهایی از مبدلهای شبدری کامل ارائه می‌گردد.

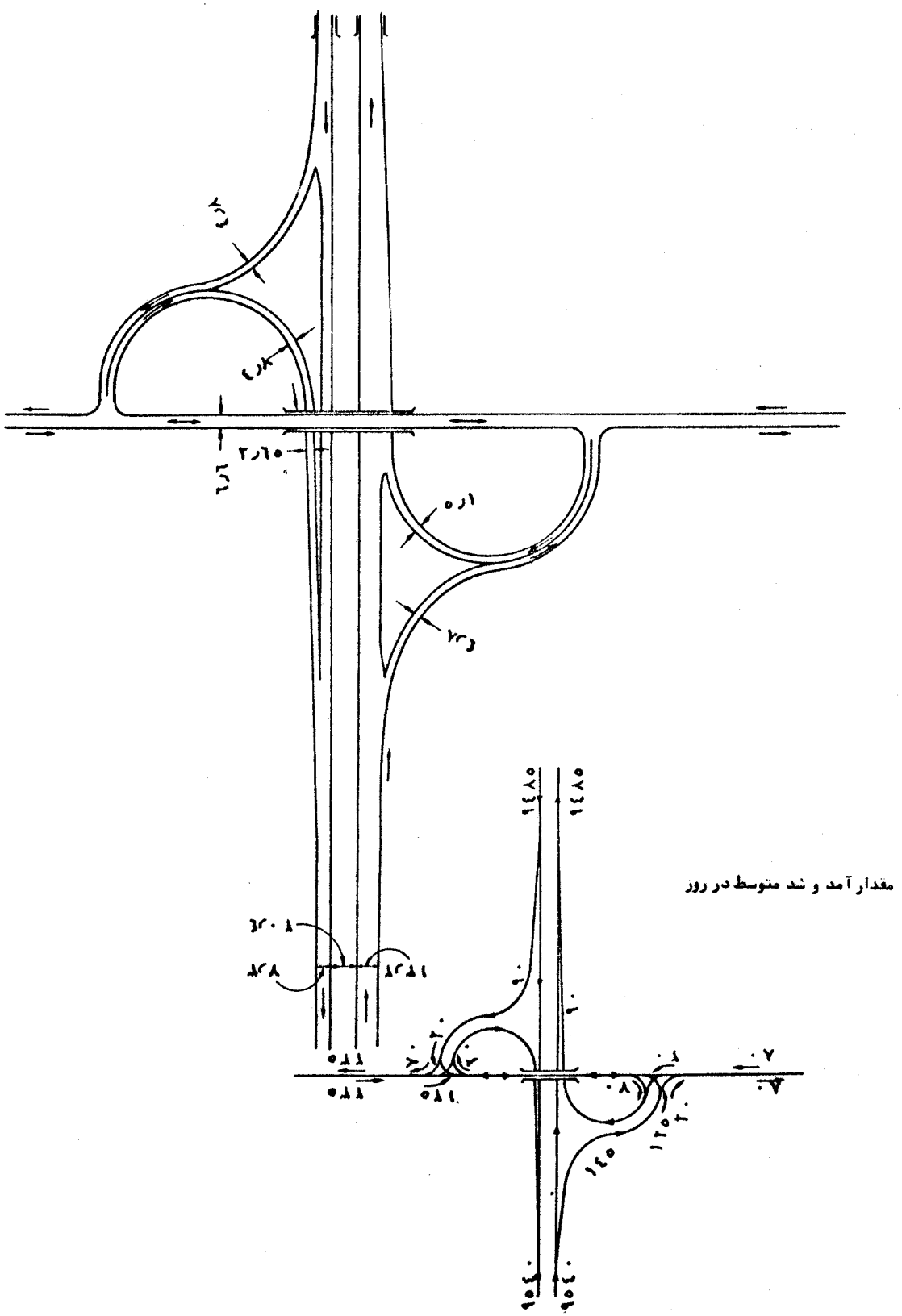
شکل ۲۹ نمونه‌ای از یک مبدل نیمه شبدری با شیبراهه‌های واقع در تنها دو ربع بخش واقع در یک جهت یک راه غیراصلی را نشان می‌دهد. راه روگذر، یک راه چهار خطه جدا شده و راه زیرگذر، یک راه چهارخطه به‌علاوه یک خط پنجم برای گردشهای به‌چپ است. این خط پنجم که در میانه راه قرار دارد، امکان گردشهای به‌چپ را بدون ایجاد مزاحمت برای آمد و شد راه عبوری فراهم می‌کند. آستانه شیبراهه‌های راه غیراصلی به‌صورت تعریض شده برای خودروهایی است که قصد گردش به راست را دارند. این طرح مبدل بر مبدل شبدری کامل از این‌نظر برتری دارد که حرکات ضربدری در راه اصلی پدید نمی‌آورد.

شکل ۳۰ نمونه‌ای از یک‌مبدل نیمه شبدری با شیبراهه‌های واقع در دو ربع بخش مقابل‌یکدیگر را نشان می‌دهد. آزاد راه چهار خطه جدا شده که برای سرعت ۱۱۰ کیلومتر در ساعت طرح شده‌است، از زیر یک راه دوخطه می‌گذرد. حداقل سرعت طرح شیبراهه‌ها برابر با ۴۰ کیلومتر در ساعت است. خطوط کاهش‌سرعت و شیبراهه‌های حلقوی طوری قرار گرفته‌اند که تمام طول مسافت موجود برای خطوط افزایش سرعت به‌کار رود. در این مبدل نیز آمد و شد راه اصلی به حرکات ضربدری برخورد نمی‌کند.

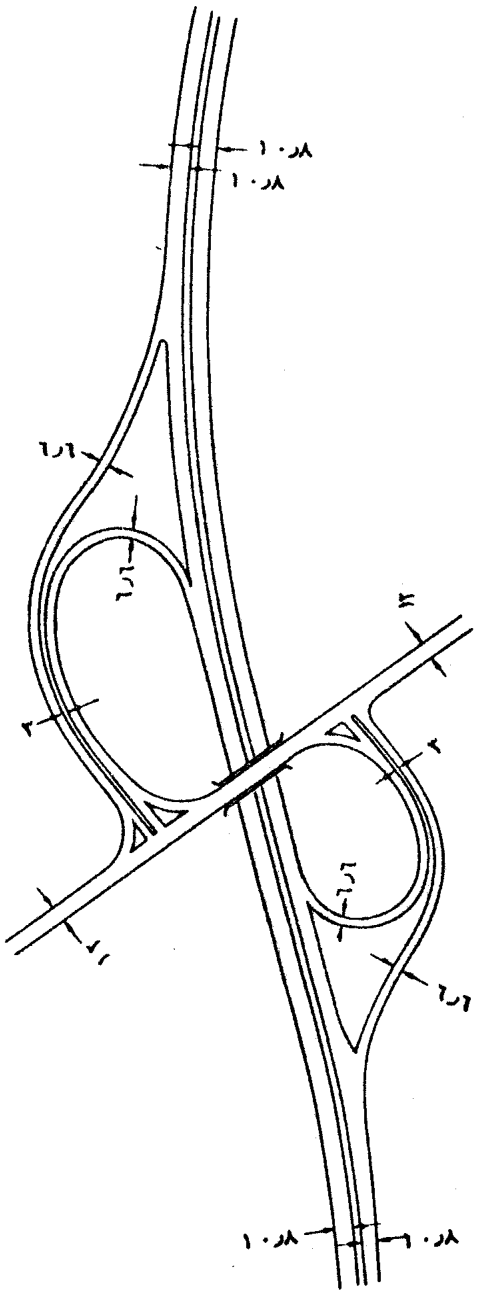
شکل ۳۱ نمونه‌ای از یک‌مبدل نیمه‌شبدری با شیبراهه‌های واقع در دو ربع بخش مقابل یکدیگر را نشان می‌دهد که طوری قرار گرفته‌اند که حداقل راه کناری در راه قطع‌کننده مورد نیاز است. در این مبدل، یک‌راه دوخطه از روی یک آزاد راه شش‌خطه عبور می‌کند و شیبراهه‌ها به‌عرض ۶/۶۰متر هستند. برای دو حلقه، شعاع انحنای حداقلی برابر با ۵۵ متر تأمین شده و فضای داخل حلقه‌ها دست نخورده باقی مانده‌است.

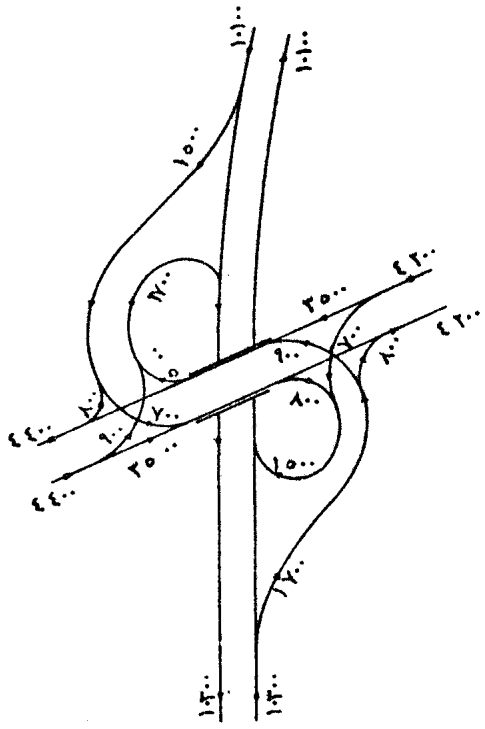
شکل ۳۲ نمونه‌ای از یک مبدل نیمه‌شبدری با شیبراهه‌های واقع در دو ربع بخش مقابل یکدیگر را نشان می‌دهد. در این مبدل یک راه اصلی از روی یک آزاد راه چهارخطه عبور می‌کند. گردشهای به‌چپ مستقیم محدود به راه غیراصلی است که آستانه شیبراهه‌ها با جزایر جهت‌دهنده هدایت شده هستند و آمد و شد گردش‌کننده را کنترل‌می‌کنند. تقاطع شیبراهه‌ها با راه غیراصلی واقع در ربع بخش پایینی سمت‌راست مجهز به چراغ راهنماست. اتصالات‌خارجی طوری طرح‌شده‌اند که آمد و شد می‌تواند با سرعت بالا با آمد و شد آزاد راه ادغام شود. در مقایسه با مثال قبل، حلقه‌ها شعاع انحنای قدری بزرگتر دارند و برای سرعت برابر با ۵۰ کیلومتر در ساعت طرح شده‌اند.

شکل ۳۳ نمونه‌ای از یک مبدل نیمه‌شبدری را نشان می‌دهد که شیبراهه‌های قطری در تمام ربع بخشها قرار دارند. در دو ربع بخش مقابل یکدیگر شیبراهه‌های حلقوی قرار گرفته‌اند. طرح این گونه مبدل این مزیت را دارد که گردشهای به‌چپ از راه قطع‌کننده به شیبراهه‌ها لزومی ندارد.



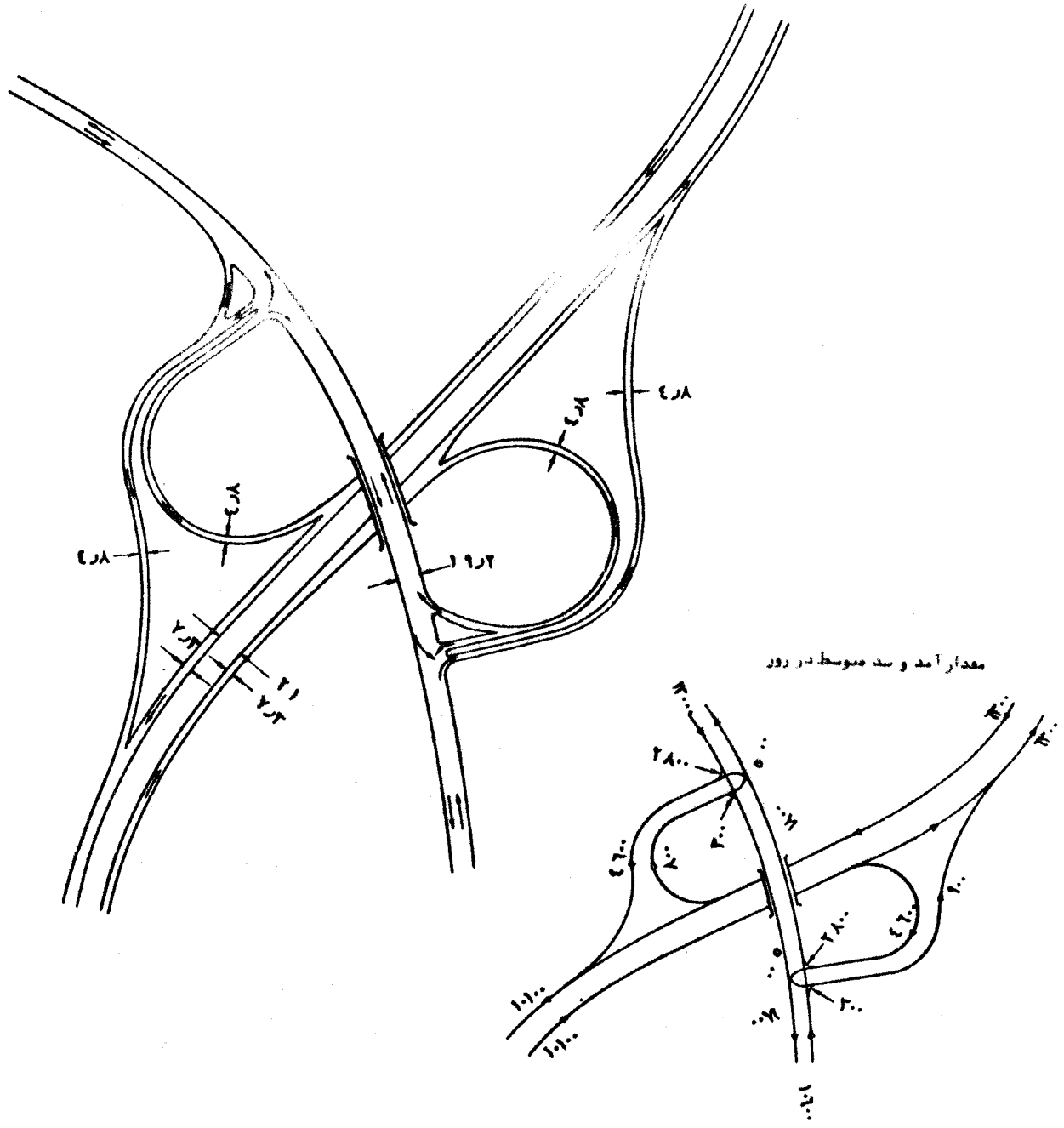
شکل ۳۰. مبدل چهارراهی ، شیبراهه‌ها و حلقه‌ها در دو ربع بخش، به حالت ضربدری در مقابل یکدیگر



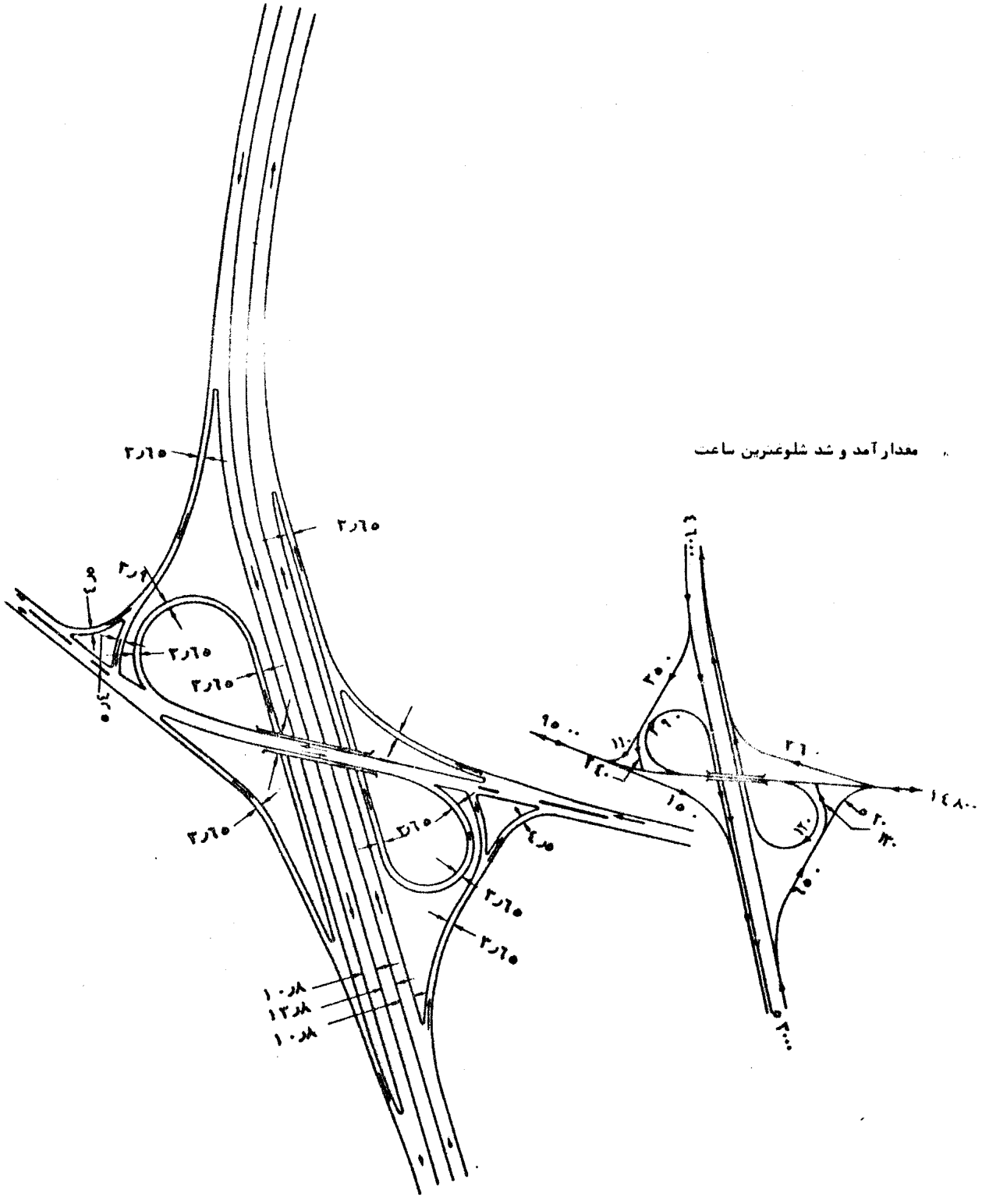


مقدار آمد و شد متوسط در روز

شکل ۳۱. مبدل چهارراهی ، شیبراهه‌ها و حلقه‌ها در دو ربع بخش، به حالت ضربدری در مقابل یکدیگر



شکل ۳۲. مبدل چهارراهی، شیبراهه‌ها و حلقه‌ها در دو ربع بخش، به حالت ضربدری در مقابل یکدیگر



شکل ۳۳. مبدل چهارراهی، شیبراهه‌ها در چهارربع بخش، حلقه‌ها در دو ربع بخش، نیمه شبدری

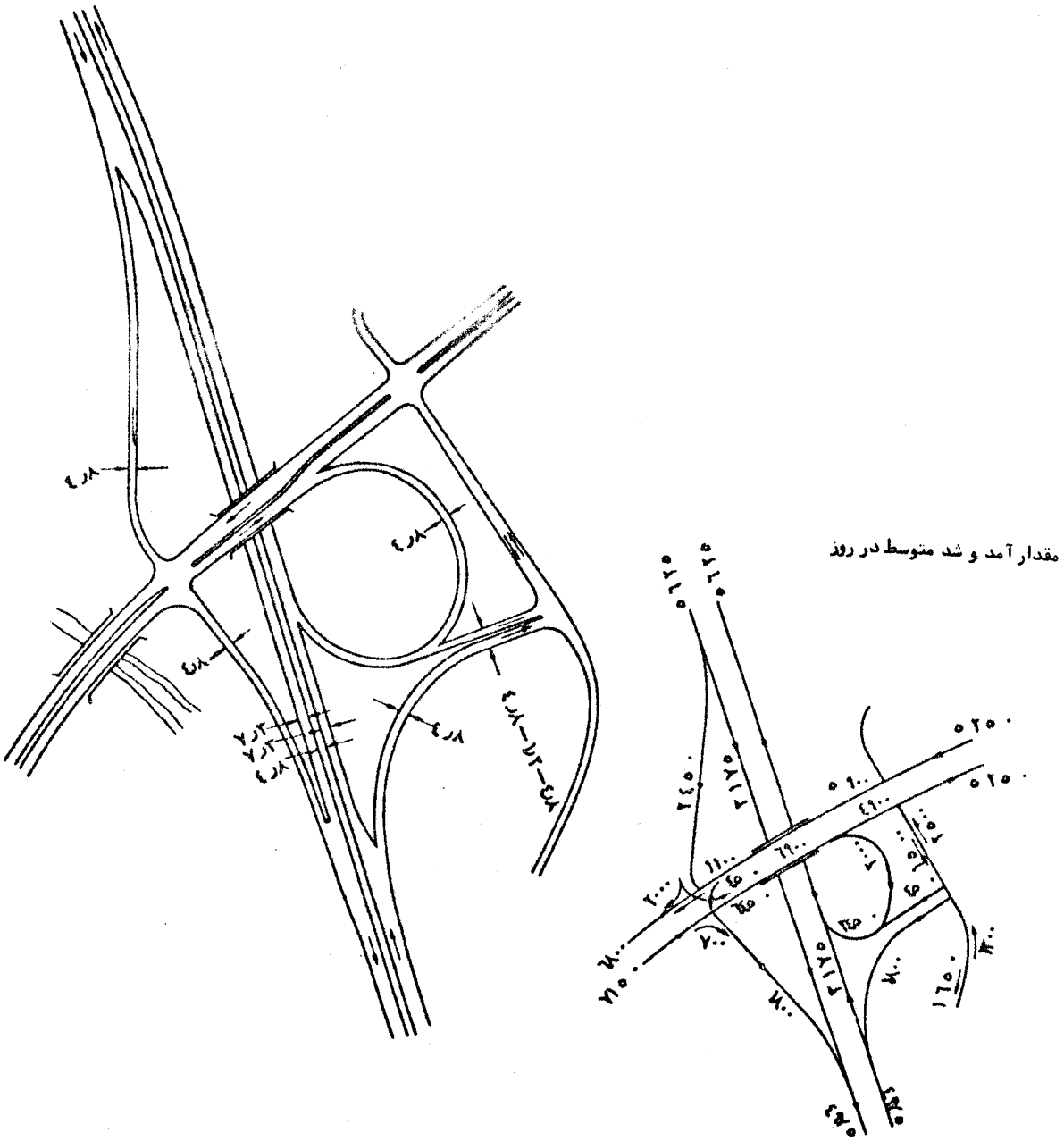
هر طرح دیگر با دو شیبراهه حلقوی و چهار شیبراهه قطری مستلزم آن است که گردشهای به چپ از راه غیراصلی به یک شیبراهه انجام شود. به‌منظور انجام گردشهای به‌چپ از آزاد راه به راه قطع‌کننده دوخطه با آمد و شد زیاد، از جزایر مثلثی شکل هدایت‌کننده استفاده شده‌است. در طرح این مبدل، امکان جریان بدون اختلال حرکات‌گردش به راست از آزاد راه به راه قطع‌کننده فراهم است و برای ذخیره خودروهایی که قصد گردش به چپ را دارند، فضای کافی وجود دارد.

در این‌مبدل، شیبراهه‌های حلقوی به‌صورت راههای‌مجزایی از زیر پل اضافه‌شده عبور می‌کنند و بنابراین، آمد و شد شیبراهه با آمد و شد اتصال‌بیرونی قبل از واردشدن به‌آزاد راه ادغام می‌شوند. این عمل مستلزم صرف هزینه اضافی قابل ملاحظه‌ای است لیکن نقاط تصادم را در آزاد راه کاهش می‌دهد.

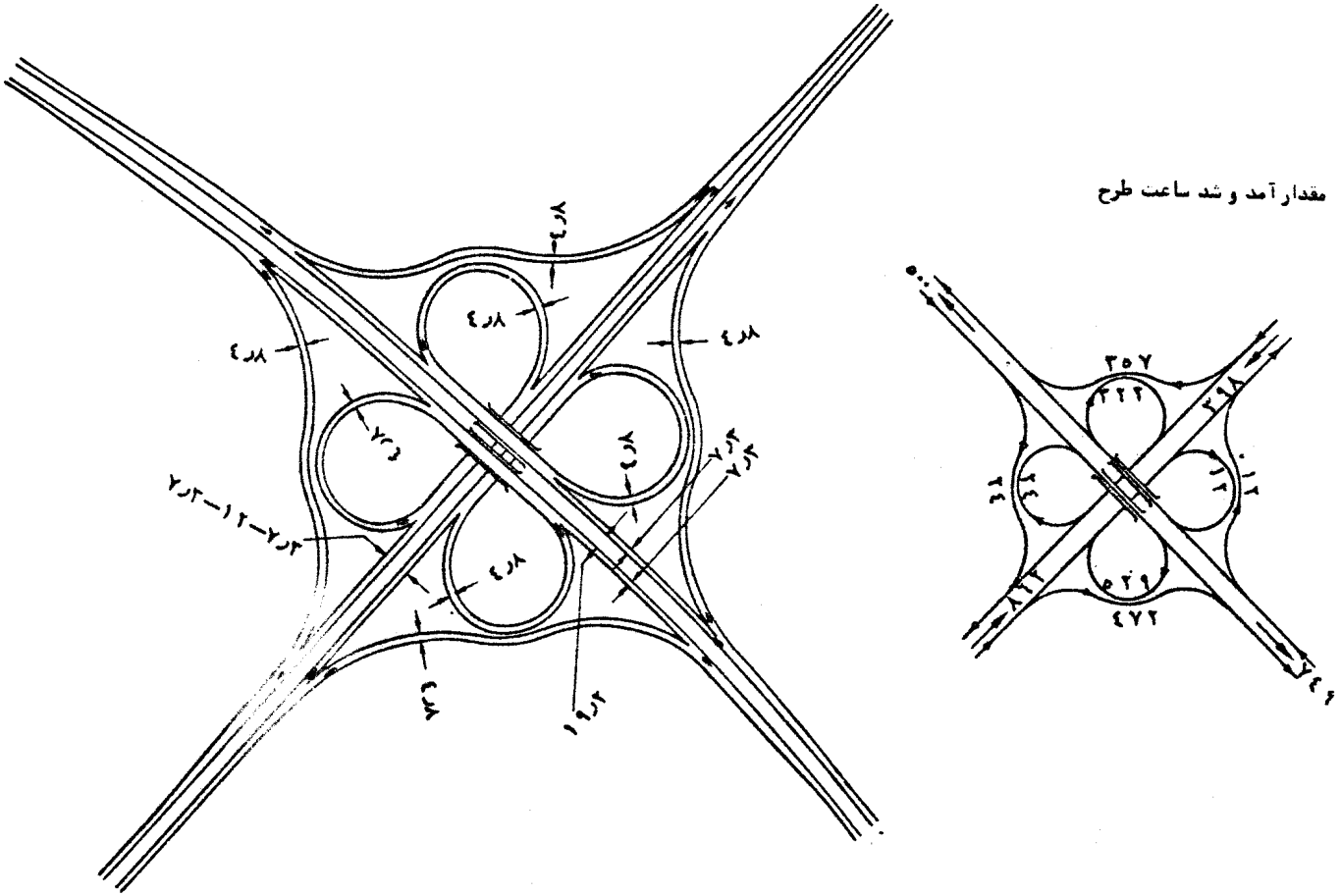
شکل ۳۴ نمونه‌ای از یک مبدل با چهار شاخه را نشان می‌دهد که شامل یک مبدل نیمه‌لوروی و یک‌ربع بخش‌شبدری است. این‌مبدل در نزدیکی یک منطقه شهری قرار دارد و بین یک آزاد راه با سرعت طرح ۱۱۰ کیلومتر در ساعت و یک راه با سرعت طرح ۷۰ کیلومتر در ساعت واقع شده‌است. به راه غیر اصلی کنترل شده دسترسی نیست. سرعت طرح شیبراهه‌ها برابر با ۴۰ کیلومتر در ساعت است. شکل خاص‌این مبدل ناشی از وضعیت پستی و بلندی زمین و شرایط محل است. به‌طور کلی، عملکرد این مبدل رضایتبخش است، ولی چون مقدار تصادف این مبدل در راه قطع‌کننده بیشتر از مقدار پیش‌بینی شده بود، لازم شد که برای کنترل آمد و شد راه قطع‌کننده از چراغ راهنما استفاده شود.

شکل ۳۵ نمونه‌ای از یک مبدل شبدری را نشان می‌دهد که بین دو آزاد راه واقع است. شیبراهه‌های واقع در دو ربع بخش مقابل یکدیگر آمد و شد ساعت طرح نسبتاً زیادی دارند. مقدار آمد و شد دو شیبراهه دیگر کمتر است. شیب شیبراهه‌های حلقوی بین ۳ و ۴ درصد و شیب اتصالات بیرونی بین ۲ و ۳/۵ درصد است. مقدار سرعت طرح برای راه عبوری برابر با ۱۱۰ کیلومتر در ساعت و برای شیبراهه‌ها بین ۵۰ تا ۸۰ کیلومتر در ساعت است. به‌منظور کاهش‌مقدار لازم حریم راه، اتصالات بیرونی انحناهای معکوس دارند.

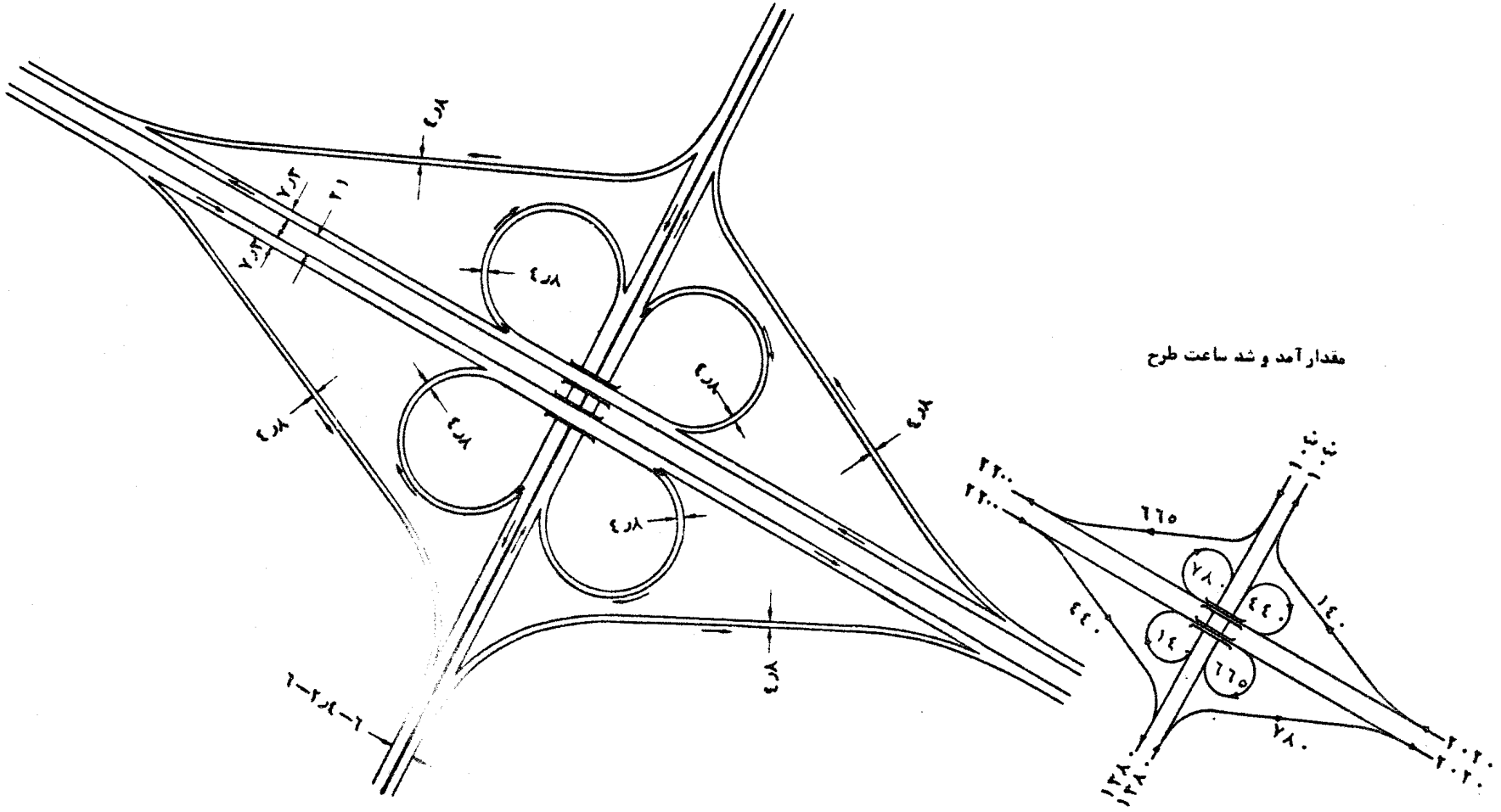
شکل ۳۶ نمونه‌ای از یک مبدل شبدری کامل را نشان می‌دهد که یک آزاد راه چهارخطه از روی یک راه چهارخطه جداشده عبور می‌کند. برخلاف مثال قبل که اتصالات‌خارجی دارای انحناهای معکوس بودند، در اینجا از یک قطعه مستقیم با یک قوس در هر انتها تشکیل می‌شوند. این روش برای ادغام یا جدا شدن با سرعت زیاد آمد و شد آزاد راه به ــ یا از ــ اتصالات بیرونی که مستلزم قوسهای پخ است، مناسب می‌باشد؛ در صورتی که آستانه‌ها در راه چهارخطه که سرعت طرح آن پایین‌تر است، انحناهای نسبتاً "تندی دارند. قطعات با آمد و شد ضربدری به‌طول حدود ۱۸۰ متر در آزاد راه و به طول حدود ۲۱۰ متر در راه چهارخطه، ظاهراً "برای مقدار زیاد آمد و شد ضربدری ــ ۱۲۲۰ خودرو در ساعت در آزاد راه و ۱۱۰۰ خودرو در ساعت در راه چهارخطه ــ کفایت می‌کند. لازم است دقت شود



شکل ۳۴. مبدل چهارراهی، مختلط نیمه‌شبدری و نیمه‌لوزوی



شکل ۳۵. مبدل چهارراهی ، شبدری کامل ، شیبراهه‌ها و حلقه‌ها در چهار ربع نخس



شکل ۳۶. مبدل چهارراهی ، شبدری کامل ، شیبراهه‌ها و حلقه‌ها در چهاربع بخش

که شعاع انحنای کلیه حلقه‌ها برابر با ۶۹ متر است که برای سرعتهای تا ۵۰ کیلومتر در ساعت مناسب می‌باشد.

شکل ۳۷ نمونه‌ای از یک مبدل شبدری را نشان می‌دهد که بین یک آزاد راه و یک بزرگراه با ورودی محدود شده، در مجاورت یک منطقه کنار شهری در حال توسعه قرار دارد. راههای جمع کننده و توزیع کننده آمد و شد در طول آزاد راه، برای حرکات ضربدری احتمالی زیاد در نظر گرفته شده‌اند. مقدار لازم حریم راه برای این مبدل با راههای جمع کننده و توزیع کننده آمد و شد و شیبراهه‌های حلقوی، کمتر از مقدار لازم برای این مبدل با شیبراهه‌های دارای شعاع انحناهای بزرگتر است. شیبها نسبتا" کم است و حداکثر آن برابر ۳ درصد می‌باشد.

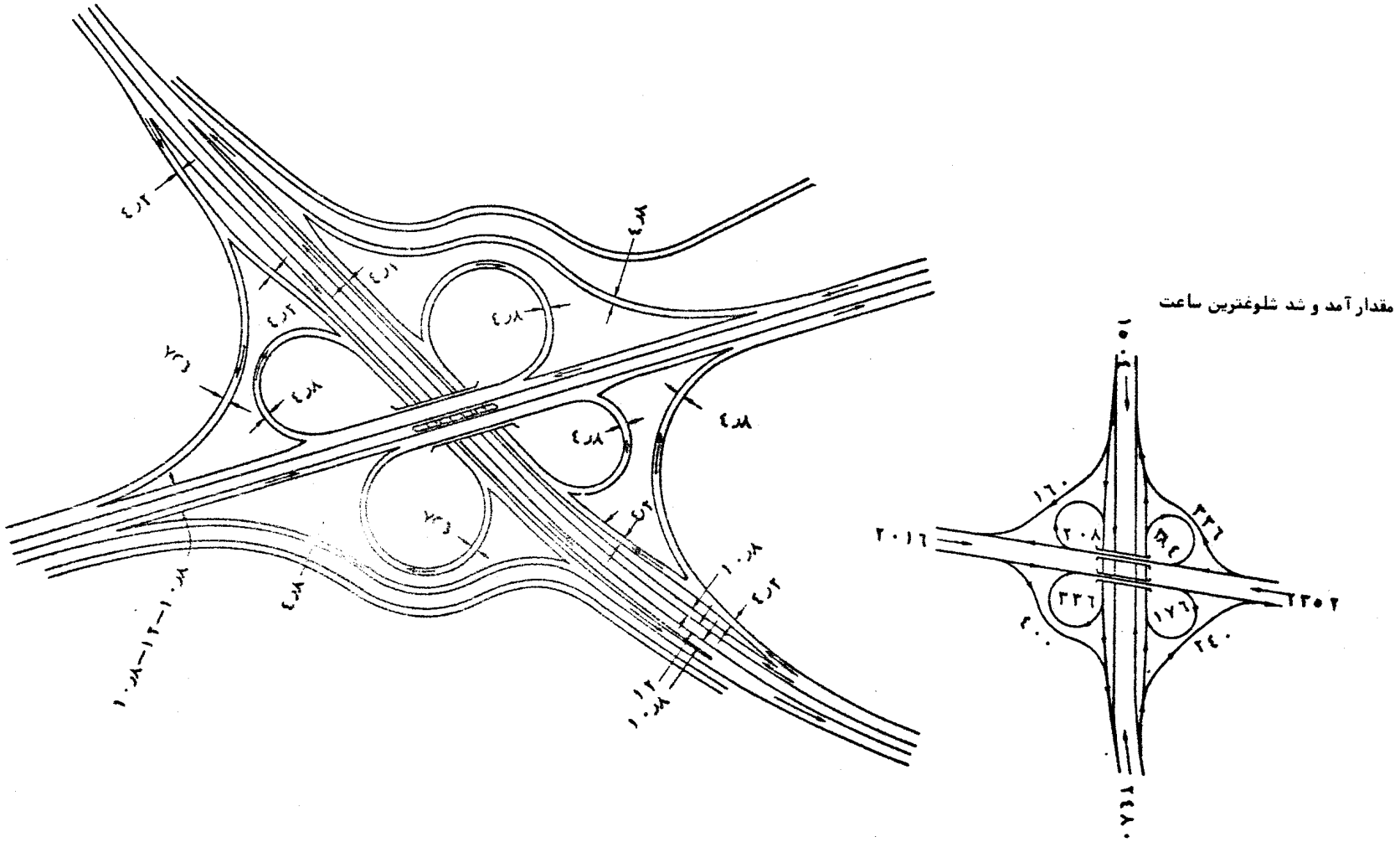
شکل ۳۸ نمونه‌ای از یک مبدل نیمه‌شبدری را در یک منطقه برونشهری نشان می‌دهد. ابتدا، از شیبراهه‌های قطری در هر چهار ربع بخش مبدل و از شیبراهه‌های حلقوی در دو ربع بخش سمت چپ استفاده شده‌است تا آمد و شد فصلی از یک منطقه ییلاقی را از خود عبور دهد. وجود حلقه‌ها باعث می‌شود که گردشهای به‌چپ برای آمد و شد به این منطقه حذف گردند، ولی این امر منجر به قطعات با آمد و شد ضربدری در خطوط عبوری می‌شود. فضای کافی در دو ربع بخش سمت راست برای افزودن دو شیبراهه حلقوی به شعاع ۶۰ متر در نظر گرفته شده‌است؛ البته، زمانی که آمد و شد به اندازه‌ای باشد که استفاده از شیبراهه‌های حلقوی در سمت راست را توجیه کند. با به‌کار بردن یک تقاطع با زاویه قائم برای دو اتصال بیرونی واقع در سمت چپ که مقدار آمد و شد آنها کم است ــ به‌جای استفاده از اتصالات دارای سرعت طرح بالا برای راه غیر اصلی ــ در مقدار حریم راه مورد نیاز صرفه‌جویی شده‌است.

نبود میانه احتمال ورود نادرست به حلقه‌ها را ایجاد می‌کند در مبدلهای شبدری کامل، راه قطع کننده باید یک جداکننده میانی داشته باشد تا از حرکات خطر آفرین جلوگیری شود.

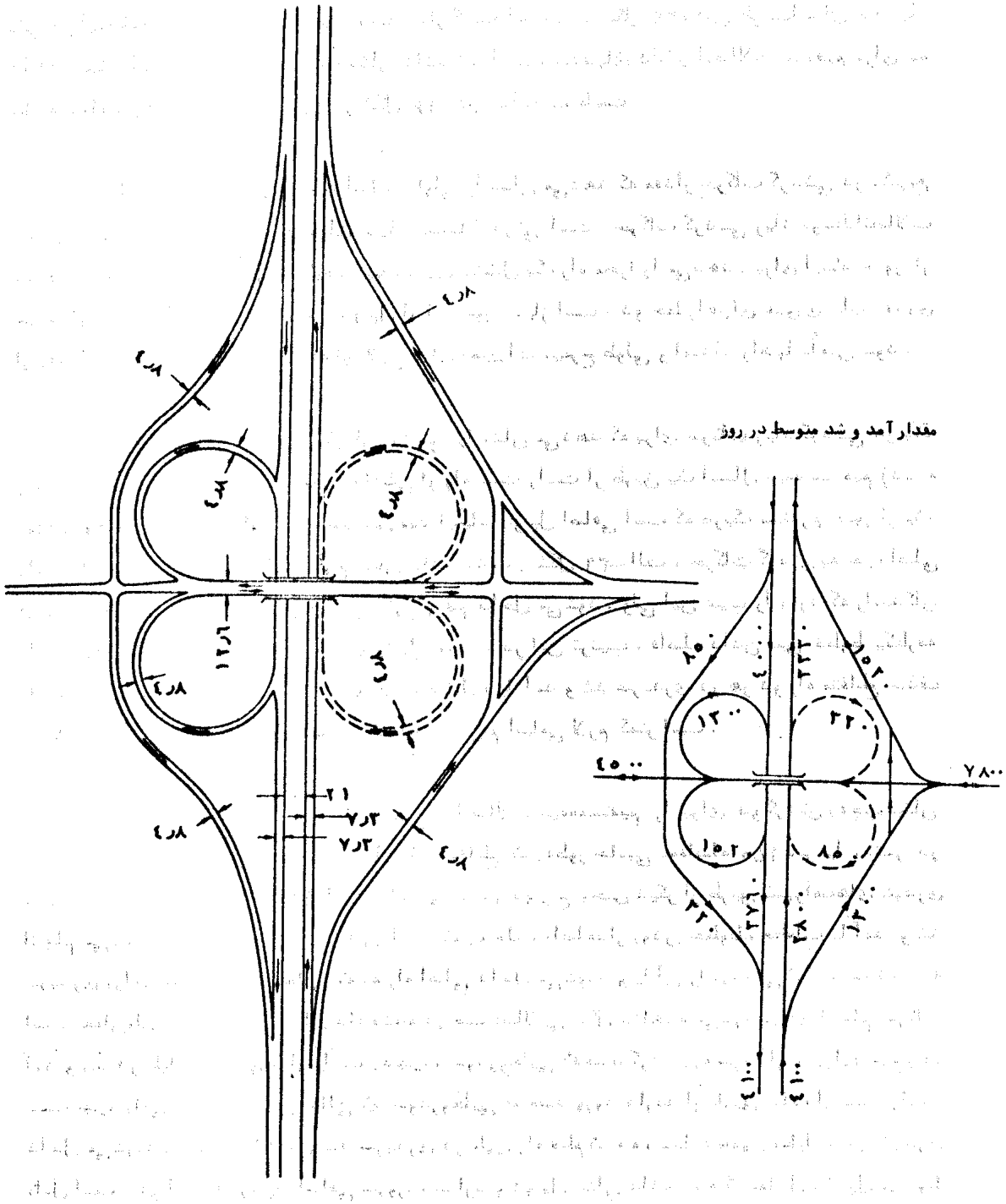
۸ــ۲ــ۴. مبدلهای با اتصالات مستقیم و نیمه‌مستقیم

از اتصالات نیمه مستقیم برای گردشهای مهم، کاهش مسافتی که باید طی شود، افزایش سرعت و گنجایش، حذف قطعات دارای آمد و شد ضربدری و پرهیز از گم کردن جهت حین حرکت در یک حلقه، استفاده می‌شود. در مقایسه با شیبراهه‌های حلقوی، اتصالات مستقیم و، در برخی موارد، شیبراهه‌های غیر مستقیم ــ به‌علت سرعت نسبتا" زیادتر و احتمالا" آستانه‌های با طرح بهتر ــ می‌توانند آمد و شد بیشتری را عبور دهند. در بیشتر موارد، آستانه شیبراهه‌های مستقیم به‌صورت انشعابات اصلی برای دو خط گردش طرح می‌شوند (شکلهای ۲۶ــ د و ۲۷ــ ج بخش *اصول و مبانی طرح تقاطعها*). در چنین حالتی، گنجایش شیبراهه ممکن است به گنجایش یک راه عبوری با تعداد خطوط معادل آن برسد.

در مناطق برونشهری، برای به‌کار بردن اتصالات مستقیم در بیش از یک یا دو ربع بخش مبدل، به‌ندرت از نظر مقدار آمد و شد توجیهی وجود دارد. بقیه حرکات گردش به چپ، معمولا" با استفاده



شکل ۳۷. مبدل چهارراهی ، شبدری کامل ، با راههای جمع‌کننده و توزیع‌کننده



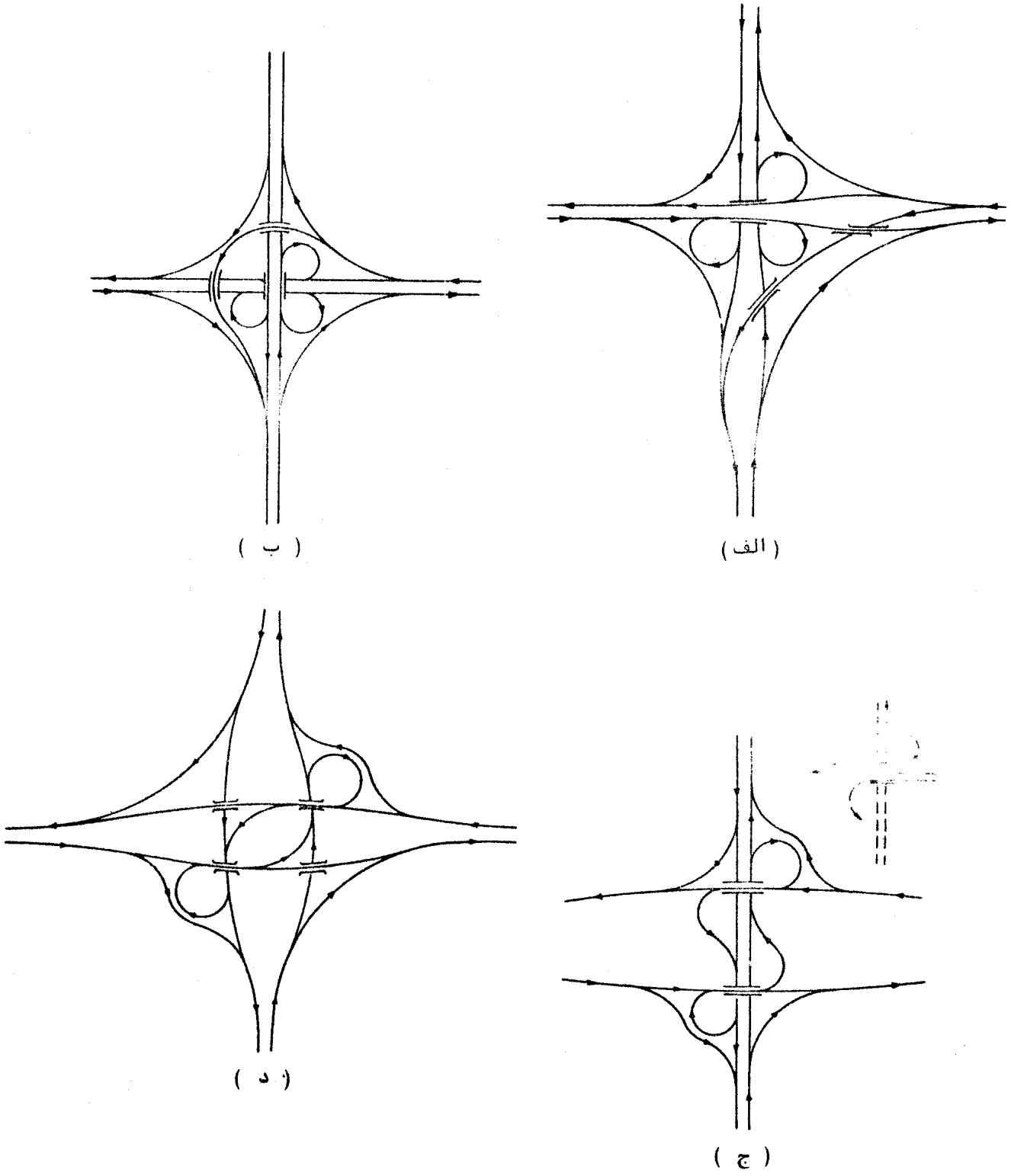
شکل ۳۸. مدل چهارراهی ، شیدری برای اجرای مرحله‌ای

از حلقه‌ها و یا تقاطعهای همسطح، به طور رضایتبخشی انجام می‌شود. برای چنین مبدلی حداقل دوپل لازم است. شکلهای عملی بسیار زیادی برای مبدلهای با اتصالات مستقیم یا نیمه‌مستقیم وجود دارد. ولی در اینجافقط شکلهای اصلیتر موردبحث قرار گرفته است. در شکل ۳۹، این طرحها برای مبدلهای دارای چهارشاخه به‌صورت ساده شده نشان داده شده‌است. مبدلهای دارای اتصالات مستقیم برای سه شاخه متقاطع (از نوع T و Y شکل) در شکل ۱۶ نشان داده شده‌است.

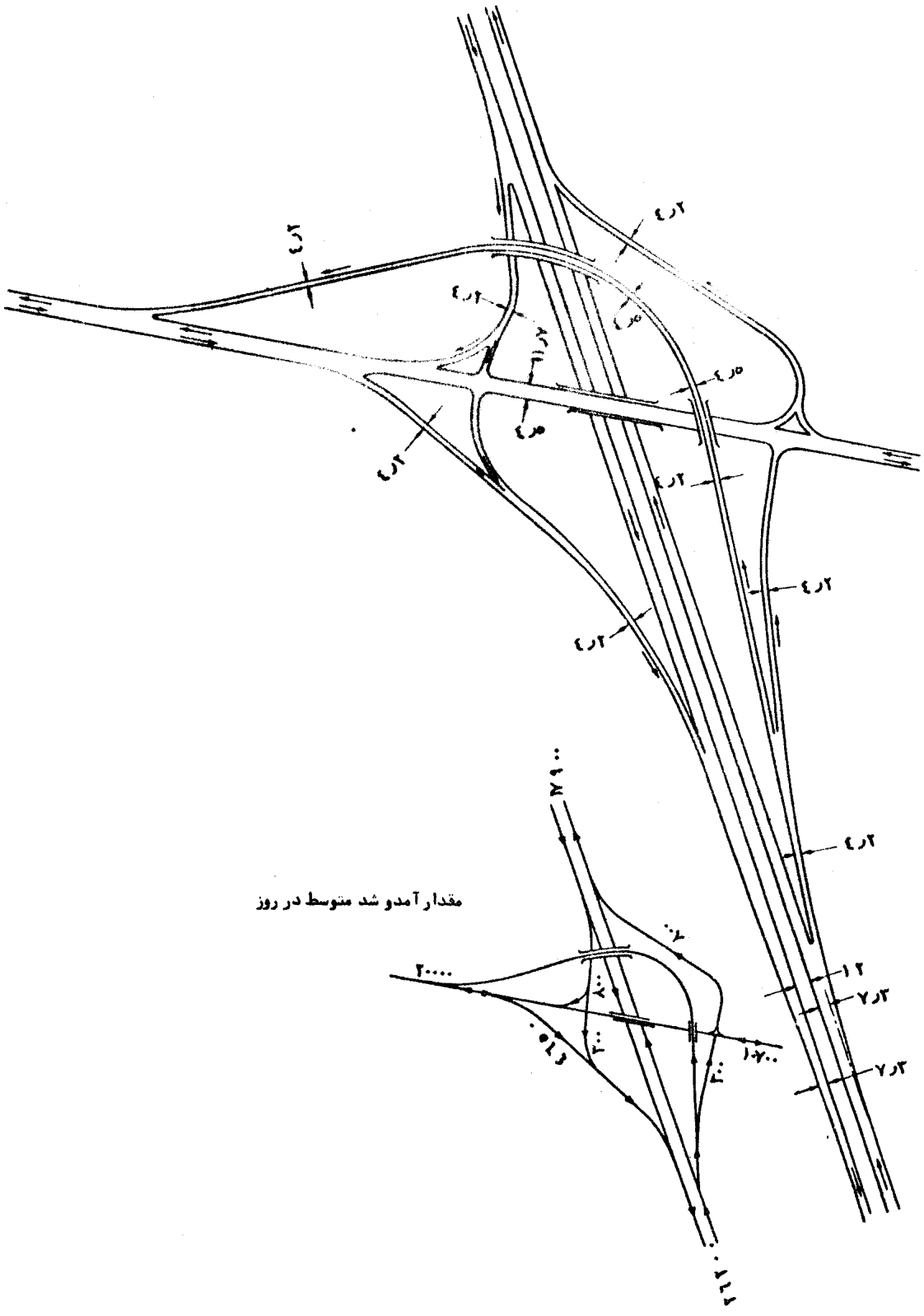
شکل ۳۹ـ الف طرح‌برای شرایط متداولی را نشان می‌دهد که مقدار حرکات گردشی در یک‌ربع بخش خیلی زیاد، و تعداد گردشهای دیگر نسبتا" جزئی است. حرکات گردشی زیاد توسط اتصالات مستقیم انجام می‌شود که در یک‌طرف نیمه‌شبدری تشکیل یک راه مجزا را می‌دهد. برای اینکه عبور از هریک از خطوط یکطرفه عملی شود، دو پل اضافی مورد نیاز است. دو خط‌راههای عبوری باید قدری از یکدیگر فاصله داشته باشند تا فضای لازم برای تغییرات نیمرخ طولی و امتداد راهها تأمین شود.

شکل ۳۹ـ ب نمونه‌ای دیگر از ترتیبی را نشان می‌دهد که برای حرکات زیاد گردشی در یک ربع بخش به‌کار می‌رود. گردش به‌چپ اصلی از راه سمت راست از طریق یک اتصال نیمه مستقیم (دسته کوزه‌ای) انجام می‌شود. این طرح نیز نیازمند ایجاد دو پل اضافی است که هریک مستلزم عبور از یک راه جدا شده می‌باشد. برخلاف طرح نشان داده شده در شکل ۳۹ـ الف، حرکات گردش به چپ اصلی از سمت راست آمد و شد عبوری، هم خارج و هم داخل می‌شود، ولی این عیب را دارد که رانندگان باید مسافتهای بیشتر و قوسهای تندی را طی کنند. در این ترتیب، فاصله دادن بین خطوط یکطرفه راه عبوری ضرورت ندارد. در هر دو طرح، قطعات با آمد و شد ضربدری در هر دو راه متقاطع حذف شده‌است. در مقایسه با مبدل شبدری متداول، حریم اضافی لازم کمتر است.

شکل ۳۹ـ ج نمونه‌ای از یک مبدل با اتصالات نیمه‌مستقیم را برای دو گردش به‌چپ نشان می‌دهد که بین دو خط یکطرفه یکی از راههای متقاطع که به‌طور جانبی به‌فاصله ۱۵۰ متر یا بیشتر در محل تقاطع قرار دارند، واقع شده‌است. آمد و شد در دو ربع بخش دیگر از طریق شیبراهه‌های شبدری انجام می‌شود. مزیت این طرح در این است که به علت فاصله‌دار بودن خطوط، قطعات با آمد و شد ضربدری برای کلیه آمد و شدهایی که به راه اصلی داخل می‌شوند و یا آن را ترک می‌کنند، حذف شده است. همان‌طورکه در نمودار نشان داده‌شده در قسمت‌بالایی شکل مشاهده می‌شود، برای انجام حرکات آمد و شد در طول راه عبوری از راست به‌چپ، خودروهایی که قصد گردش به‌چپ دارند برای خروج در سمت چپ باقی می‌مانند، در حالی که خودروهایی که قصد ورود دارند از طریق حلقه از سمت راست داخل می‌شوند. قطعات با آمد و شد ضربدری در طول راه قطع‌کننده، مشابه همین قطعات در شبدری کامل است. در این طرح، پل اضافی ضرورت ندارد و دو پل نشان داده شده که معادل یک پل مربوط به یک‌راه با میانه باریک هستند، مانند پلهایی عمل می‌کنند که غالبا" در راههای جدا شده با میانه‌های عریض به‌کار می‌روند.



شکل ۳۹. طرح کلی مبدلهای جهتی با اتصالات مستقیم و نیمه‌مستقیم در تقاطعهای چهارراهی



شکل ۴۰. مبدل جهتی ، مبدل لوزوی با یک شیبراهه نیمه مستقیم

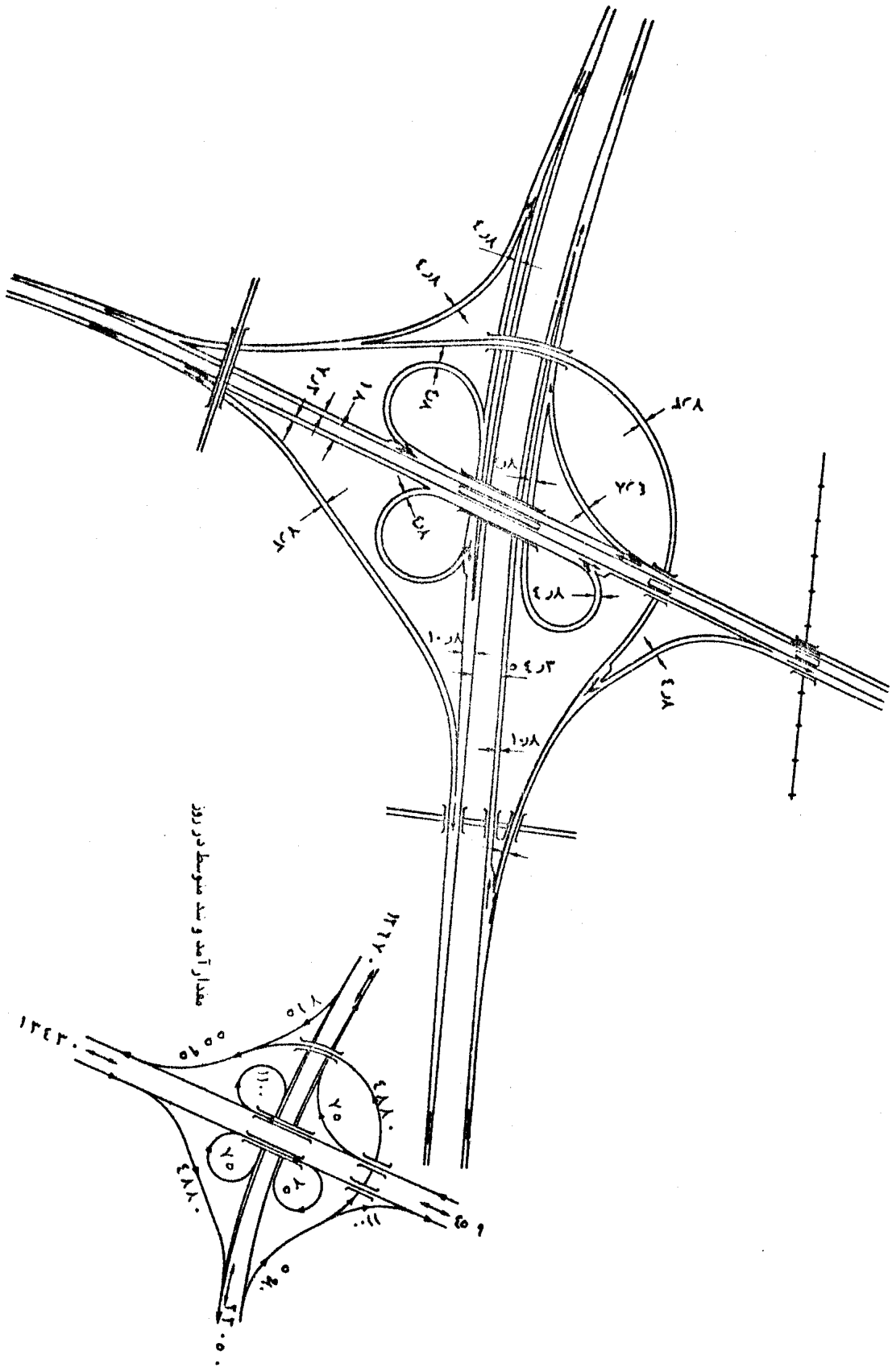
شکل ۳۹ـ د نمونه‌ای از یک مبدل را نشان می‌دهد که اتصالات مستقیم برای گردش به چپ، بین خطوط یکطرفه فاصله‌دار هریک از راهها قرار دارند. این‌طرح مستلزم ایجاد چهار پل است؛ یعنی، یک پل برای هریک از خطوط یکطرفه. همه آمد و شدهای ضربدری، با استفاده از شیبراهه‌های شبدری برای حرکات دیگر، حذف شده‌است. در این طرح، فضای لازم برای جایگزین کردن شیبراهه‌های حلقوی با شیبراهه‌های دسته‌کوزه‌ای وجود دارد، ولی این امر موجب به‌وجود آمدن دوقطعه با آمد و شد ضربدری می‌شود.

طرحهای دیگری برای مبدلها وجود دارد که کلیه حرکات گردشی می‌تواند با اتصالات مستقیم یا غیرمستقیم انجام شود. معمولا"، این نوع مبدلها مستلزم ایجاد بیش از چهار پل یا یک پل چند طبقه‌اند؛ حالت‌حدی مبدلهایی‌هستند که در آنها از هشت‌پل ساده و یا از یک‌پل چهار طبقه استفاده می‌شود. معمولا"، این طرحها برای مناطق برونشهری مناسب نیستند.

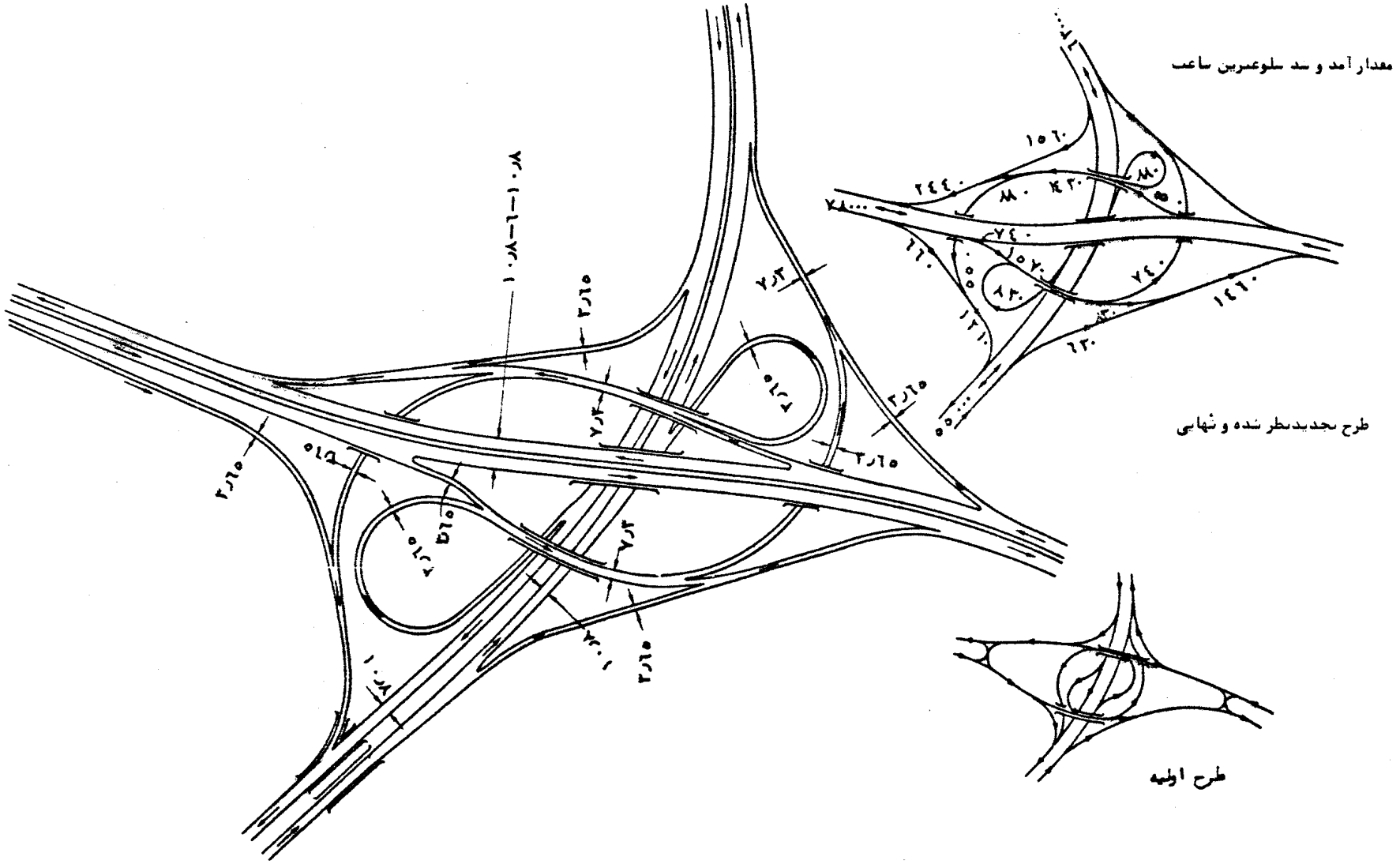
شکل ۴۰ نمونه‌ای‌از یک‌مبدل را نشان می‌دهد که یک شیبراهه جهتی برای عبور آمد و شد زیاد چپگرد به‌آن اضافه شده‌است. همچنین، از شیبراهه‌های با شعاع انحنای‌زیاد برای تسهیل آمد و شد زیاد راستگرد دارای سرعت بالا استفاده شده‌است. این طرح مستلزم ایجاد دو پل بیشتر از یک مبدل لوزوی است. سه آستانه راههای قطع‌کننده با خطوط مجزای گردش به راست و گردش به‌چپ هدایت شده‌اند.

شکل ۴۱ نمونه‌ای از یک مبدل شبدری را نشان می‌دهد که بین دوآزاد راه قراردارد و در آن، به‌جای شیبراهه حلقوی در ربع بخش واقع در سمت‌چپ بالایی، از یک اتصال نیمه‌مستقیم استفاده شده است. این مبدل در کنار یک منطقه مجاور شهری واقع شده‌است که به‌سرعت در حال توسعه است و پیش‌بینی می‌شود که مقدار آمد و شد آن در آینده زیاد باشد. چون شاخه‌های راههای بالایی و پایینی هنوز در طول کافی تکمیل نشده‌اند، آمد و شد نسبتا" زیادی ندارند. شیبراهه‌های واقع در طول راه در جهت چپ به‌راست، طوری با یکدیگر ترکیب شده‌اند که آمد و شد آنها با آمد و شد بزرگراه در یک نقطه در قسمت سمت‌چپ بالایی ادغام می‌شود. خط‌گردش نیمه‌مستقیم، حرکت خودروها را با سرعتی امکان‌پذیر می‌کند که‌به مقدار سرعت‌مربوط‌به راههای اصلی نزدیک می‌شود. در مقایسه با سایر حرکات، برای تکمیل این‌حرکت از یک‌شیبراهه دوخطه با معیار بالا و باشعاع انحنای بیشتر نیز استفاده‌شده‌است. علت پیچیدگی این طرح بودن یک خط‌راه‌آهن در فاصله کم و وجود دو راه مهم محلی است که یکی از آنها از مرکز مبدل تغییر مسیر داده‌است. برای عبور از راه محلی، از یک پل اضافی استفاده شده‌است تا دو شیبراهه جهتی برای سرعت بالا به‌وجود آید. عملکرد این مبدل عالی بوده‌است.

شکل ۴۲ نمونه‌ای از یک مبدل واقع در یک منطقه مجاور شهری را نشان می‌دهد که در محل تقاطع دوآزاد راه با آمد و شد زیاد قرار دارد. این مبدل، تجدید شده مبدلی است که طرح ساده آن نشان داده‌شده‌است. دو پل اولیه در محل اصلاح‌شده باقی گذاشته شده‌اند تا برای حرکات گردشی



شکل ۴۱. مبدل جهتی، مبدل شبدری با یک شبیراهه جهتی، با اتصال مستقیم



شکل ۴۲. مبدل جهتی با دو شیبراهه نیمه‌مستقیم

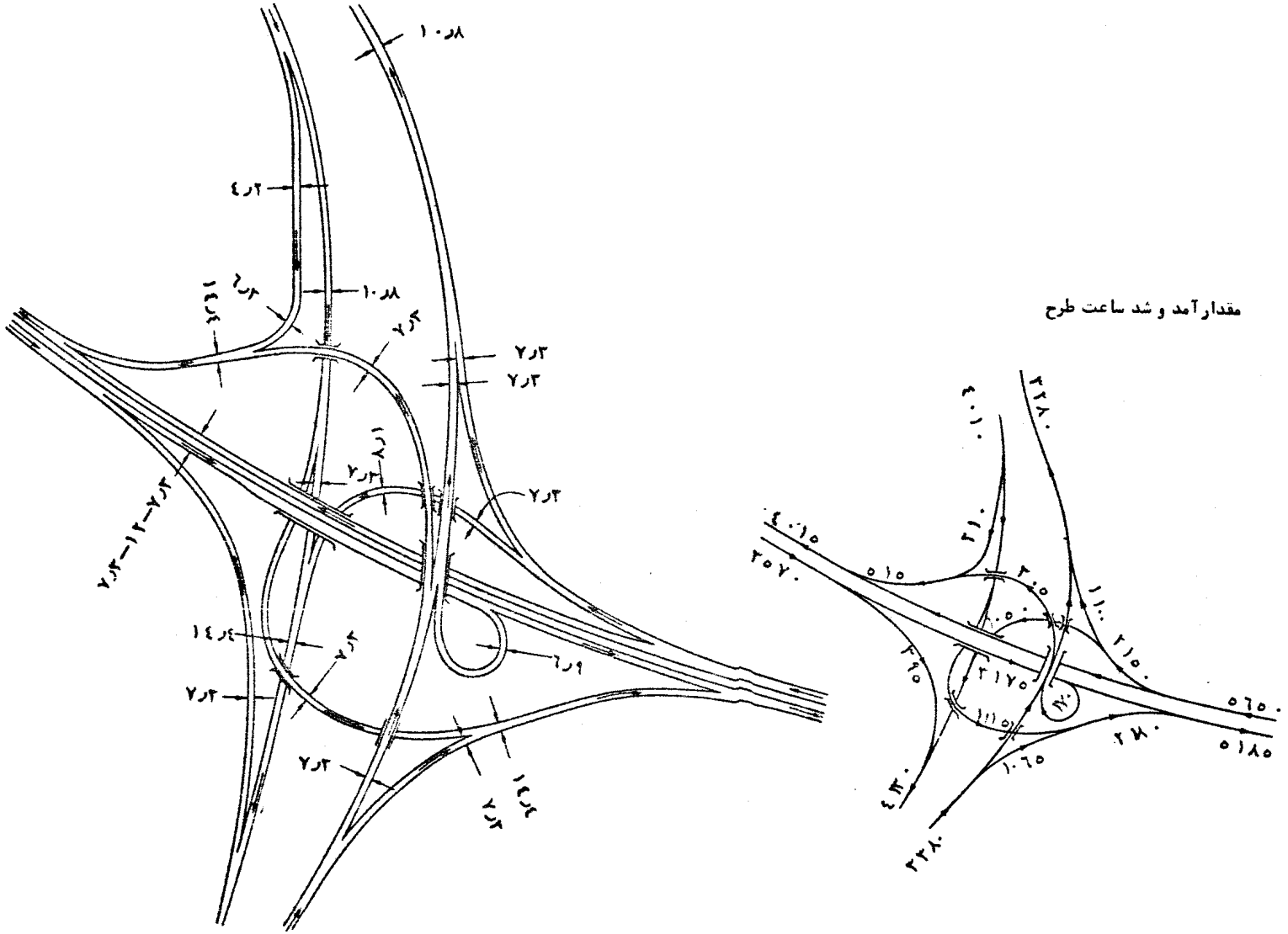
به‌کار روند ،و آزادراه واقع در جهت‌چپ به‌راست بااستفاده از سه‌پل دوطبقه به مسیر جدیدی هدایت شده‌است . مبدل اولیه ، به‌علت وجود قطعات با آمد و شد ضربدری با طول کم ، مشکلات عملی داشته است .به‌جای اتصالات نیمه‌مستقیم در طرح اولیه ،از شیبراهه‌های حلقوی استفاده شده که موجب حذف قطعات با آمد و شد ضربدری نامناسب و بهبود عملکرد مبدل شده است .

شکل ۴۳ نمونه‌ای از یک مبدل واقع شده بین دو آزاد راه را نشان می‌دهد.کلیه حرکات گردش به‌چپ به‌صورت نیمه‌مستقیم هستند ، مگر یکی از شیبراهه‌های حلقوی که آمد و شد سبکتری را عبور می‌دهد . میانه‌ٔراه واقع در جهت پایین به بالا ، به‌فاصله حدود ۱۵۰ متر تعریض شده‌است . وضعیت پستی و بلندی زمین طوری است که یکی از سواره‌روهای این راه از زیر و دیگری از روی آزاد راه دیگر عبور می‌کند .

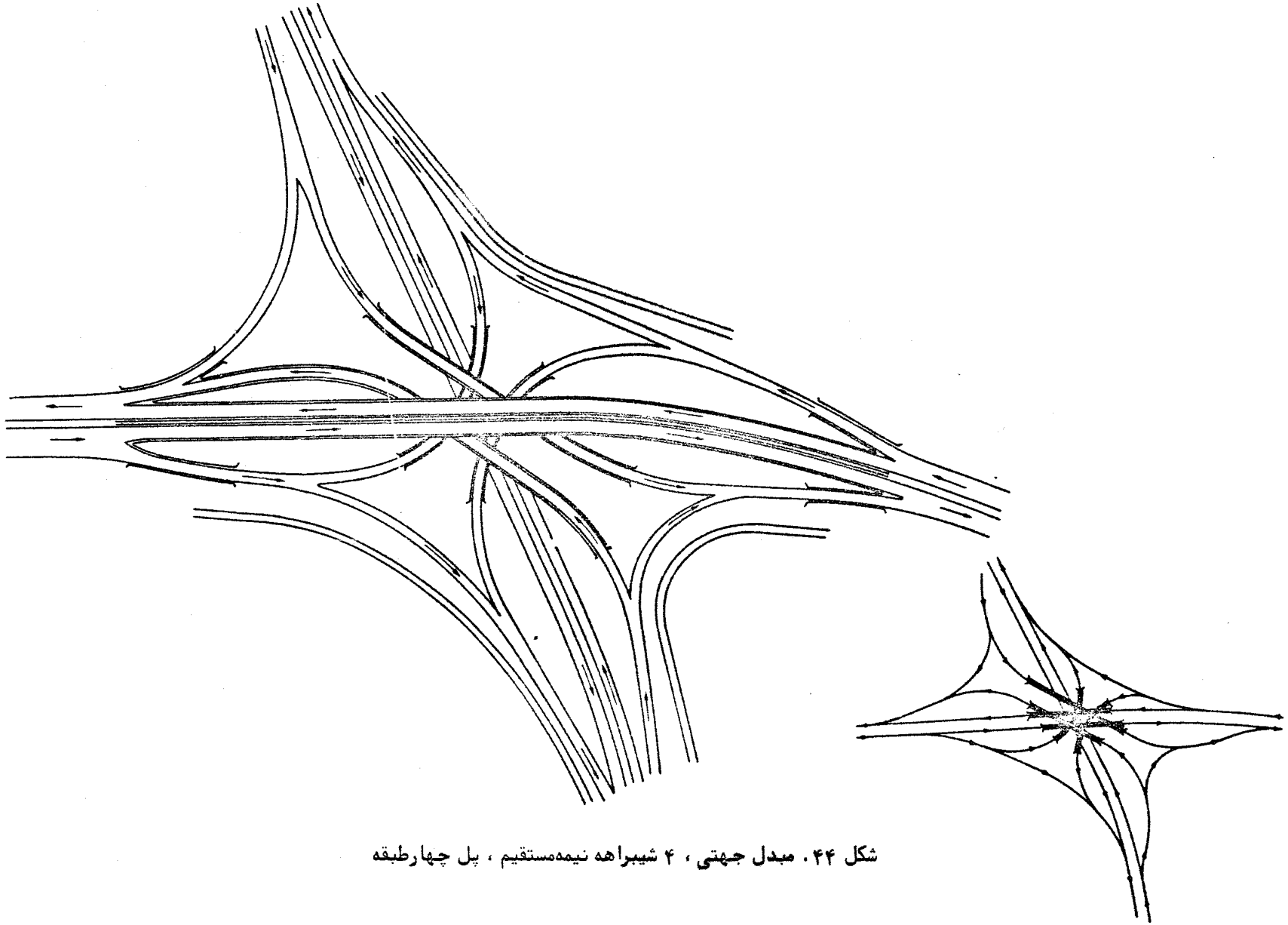
آزاد راه واقع شده در جهت راست به چپ ، راه موجودی است که آمد و شد آن زیاد است . ابتدا چندین شیبراهه مبدل ساخته شد و به عنوان راه انحرافی برای آمد و شد موجود به‌کار رفت ؛ در نتیجه ، تعداد راههای موقتی لازم برای احداث خطوط‌آزاد راه جدید به حداقل رسانده شده‌است .

زمینهای اطراف مبدل‌به مناطق‌مسکونی و صنایع سبک اختصاص دارد . سرعت طرح شیبراهه‌های جهتی برابر با ۶۵ کیلومتر در ساعت است ، مگر شیبراهه بین شاخه‌های واقع در سمت راست و سمت پایین مبدل . سرعت طرح شیبراهه اخیر برابر با ۵۰ کیلومتر در ساعت و حداکثر سرعت اعلام شده۴۰ کیلومتر در ساعت است . این شیبراهه ، به‌علت وجود یک امتداد مستقیم واقع در نشیب منتهی به‌یک قوس با انحنای زیاد به سمت چپ ، اشکالاتی را در ابتدای استفاده از مبدل ایجاد می‌کرد ؛ بعدا" ، این وضعیت با نصب علایم اضافی و نرده ایمنی بهبود یافت . آزاد راه واقع در جهت چپ به راست ، یک راه چهارخطه بود که خطوط دیگر به آن اضافه شده‌است . عملکرد کلی این مبدل بسیار خوب بوده است .

شکل۴۴ نمونه‌ای از یک‌مبدل جهتی چهارطبقه را نشان می‌دهد که در یک منطقه مجاور شهری قرار دارد و کلیه گردشهای آن بدون شیبراهه‌های حلقوی و بدون قطعات با آمد و شد ضربدری صورت می‌گیرد .مزیت این‌طرح در این است که کلیه گردشها برای خروج و ورود از سمت راست انجام می‌شود ، و در هریک از سواره‌روهای یکطرفه هریک از شاخه راهها فقط یک‌خروجی و ورودی وجوددارد . این طرح مستلزم ایجاد یک پل چهارطبقه پرهزینه است که فقط در محل تقاطع آزاد راهها با راههای پر آمد و شد و در محلهایی قابل توجیه است که وضعیت پستی و بلندی زمین منطبق بر اختلاف سطح زیاد سواره‌روهاست . در رابطه با کارایی این مبدل ،مقدار لازم حریم راه نسبتا" کم است . شیبراهه‌های این مبدل سرعتهای بالای ۶۵ کیلومتر در ساعت را امکان‌پذیر می‌کند که ناگزیر شیب خطوط عبوری محدود به ۴/۵ درصد و ۳/۶ درصد می‌شود .



شکل ۴۳. مبدل جهتی، با سه شیبراهه نیمه‌مستقیم



شکل ۴۴. مبدل جهتی ، ۴ شیبراهه نیمه‌مستقیم ، پل چهارطبقه

شکل ۴۵ نمونه‌ای از یک مبدل جهتی بدون شیبراهه‌های حلقوی و بدون حرکات ضربدری را نشان می‌دهد. این نوع مبدل جریان آمد و شد عبوری را، به‌جای پل چهار طبقه‌ای که در مثال بالا به آن اشاره شد، از طریق هشت پل دوطبقه عبور می‌دهد. در این طرح، آمد و شد خطوط عبوری هر چهار جهت باید مسافتهای بیشتری را طی کند. کلیه گردشها به‌صورت مستقیم انجام می‌شود.

در مرحله‌نهایی درنظر است که شاخه راه‌سمت چپ با هشت خط، و سه شاخه دیگر راه با شش خط احداث شوند. کلیه خطوط‌گردش و عبوری برای آمد و شد با سرعت بالا طرح شده‌اند. به‌کار بردن شعاع انحنای حداقل برابر با ۶۰۰ متر در خطوط‌اصلی و ۳۵۰ متر در خطوط‌گردش، سرعت تا ۱۱۰ کیلومتر در ساعت را در خطوط عبوری و ۹۵ کیلومتر در ساعت را در خطوط‌گردش، امکانپذیر می‌کند.

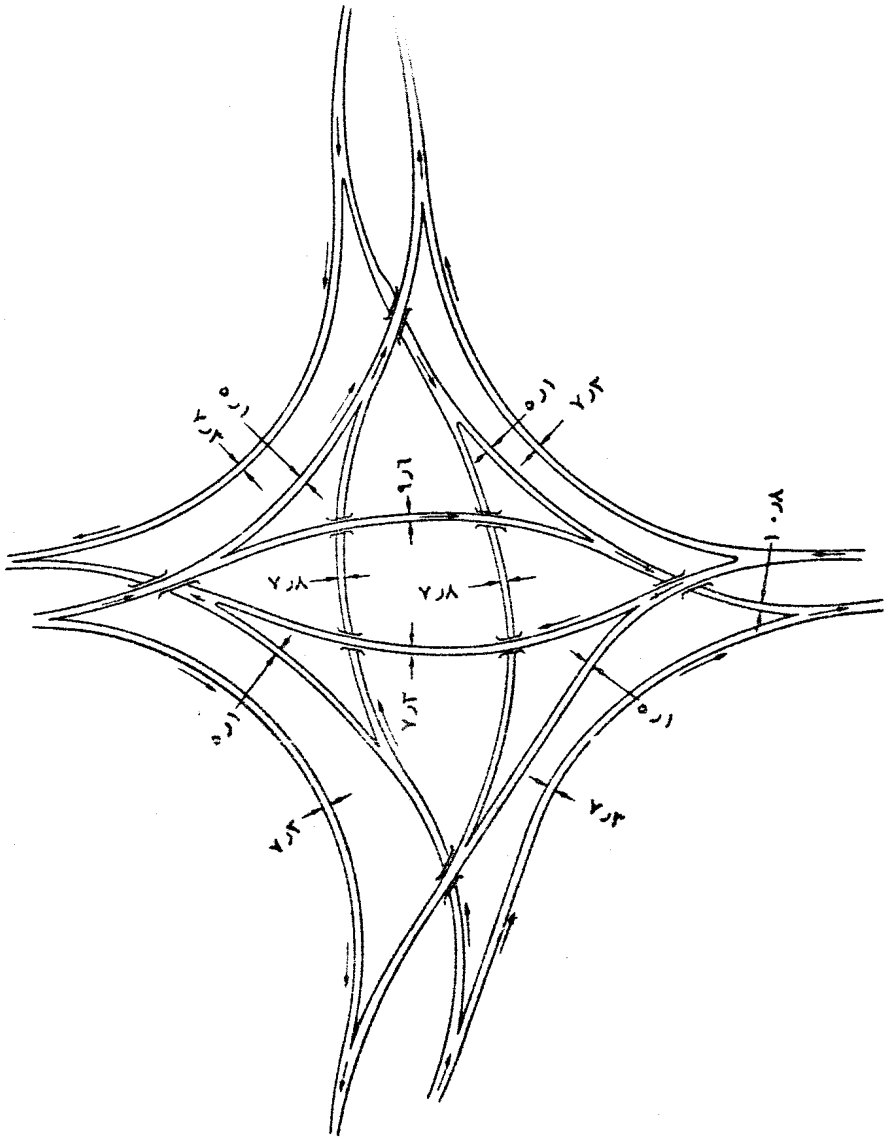
به‌طور کلی، عملکرد این مبدل رضایتبخش بوده‌است ولی در این طرح، رانندگان کاملا" متکی به علایم هستند زیرا طرح کلی مبدل نسبتا "غیرمعمول بوده، و خطوط‌گردش تا حدودی در اثر وجود برشها، خاکریزها و پلها مبهم است. این ابهام، بویژه برای حرکت گردش به‌چپ از شاخه راه پایینی به شاخه راه سمت‌چپ شدیدتر است زیرا امکان رد شدن از خروجی گردش به‌چپ وجود دارد که بخشی از آن، به‌علت وجود دماغه یک پل، از نظر پنهان است. این مشکل را می‌توان با فراهم آوردن دورنمای بهتری از شیبراهه کاهش داد.

۸-۳. *طرحهای مخصوص*

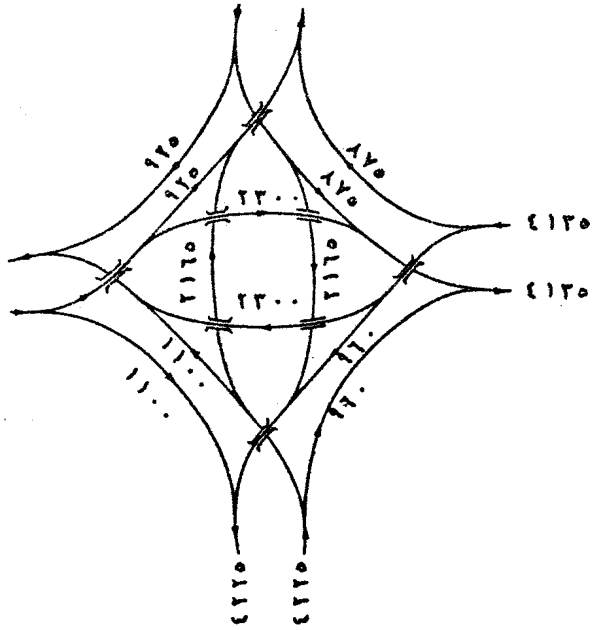
۸-۳-۱. مبدلهای فلکه‌ای

مبدل فلکه‌ای ممکن است یکی از راههای متقاطع را به‌صورت روگذر یا زیرگذر قطع کند. با استفاده از دو پل و چهار شیبراهه قطری، یک مبدل کامل به‌دست می‌آید. آمد و شدی که از راه اصلی خارج و یا به‌آن وارد می‌شود، این کار را مستقیما "مانند مبدلهای لوزوی انجام می‌دهد. خصوصیات طرح، عملکرد، و ظرفیت یک مبدل فلکه‌ای اصولا "مشابه‌یک فلکه همسطح است (به بخش ***تقاطعهای همسطح*** نگاه کنید). مبدلهای فلکه‌ای در مواردی مناسب هستند که تعداد شاخه راههای قطع‌کننده برابر یا بیشتراز پنج شاخه باشد و به‌استثنای آمد و شد عبوری در راه اصلی، کلیه حرکات را بتوان توسط قطعات با آمد و شد ضربدری به‌صورت‌مناسبی انجام داد. مبدلهای‌فلکه‌ای در مواردی‌که سرعتها در راههای‌قطع‌کننده بالاست، مناسب نیستند. معمولا"، مبدلهای فلکه‌ای نباید فضایی بیشتر از مبدلهای شبدری اشغال کنند.

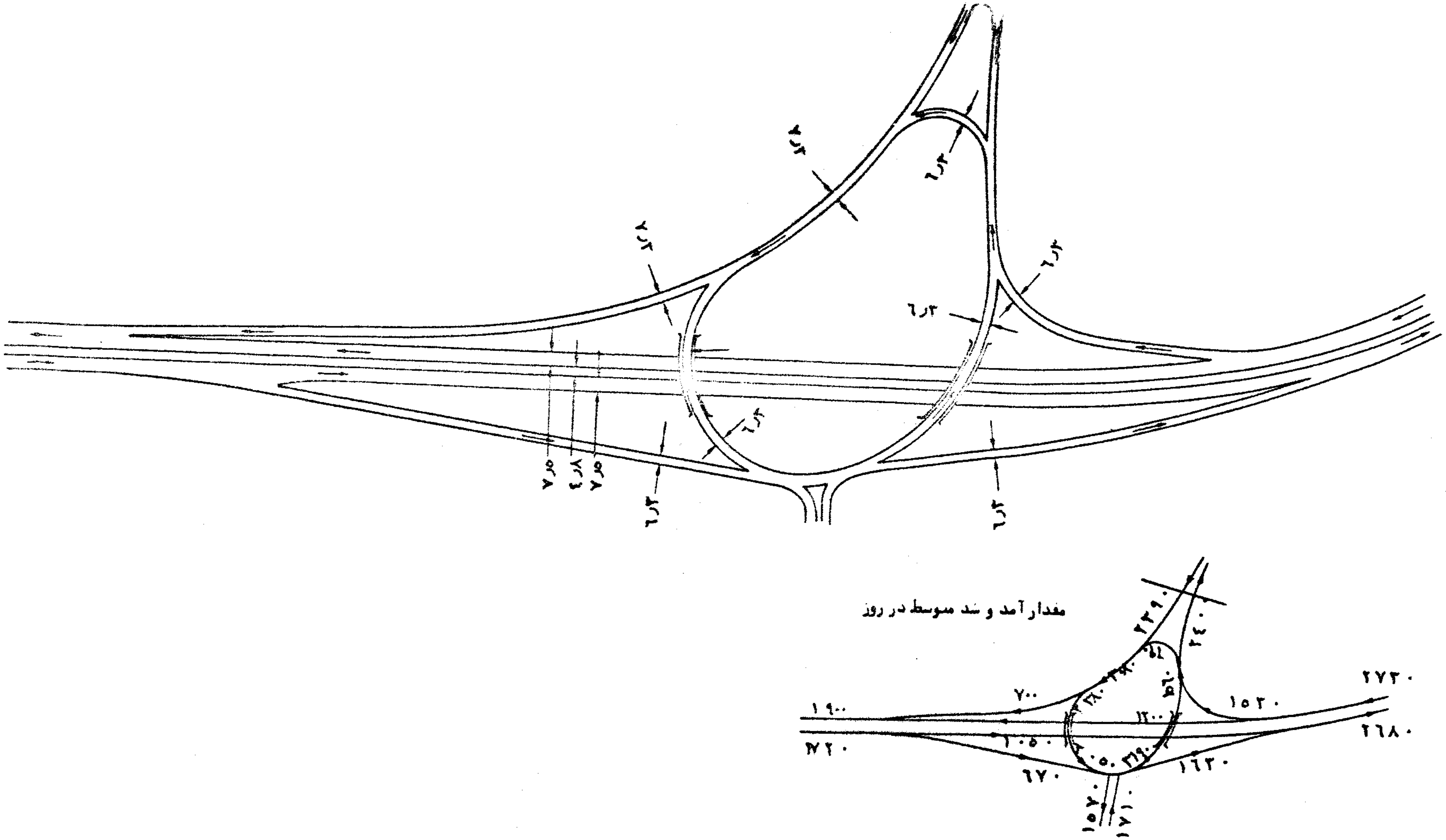
شکل ۴۶ یک مبدل فلکه‌ای را که در یک منطقه مجاور شهری واقع است، نشان می‌دهد. علت انتخاب شکل خاص‌آن، محدودیت مربوط‌به حریم راه بوده‌است. در ابتدا، این مبدل به‌عنوان یک مبدل با سه شاخه راه طرح شد. شاخه پایینی که بخشی از طرح اولیه مبدل نبود، بعدا" در حین اجرا به‌آن اضافه‌شد. قطعه با آمد و شد ضربدری بین این شاخه و شیبراهه‌های ورودی‌به (و خروجی از) آزاد راه براساس‌طرح حداقل است، ولی در ساعات‌شلوغ با سرعتهای‌کم به‌صورت رضایتبخشی عمل می‌کند.



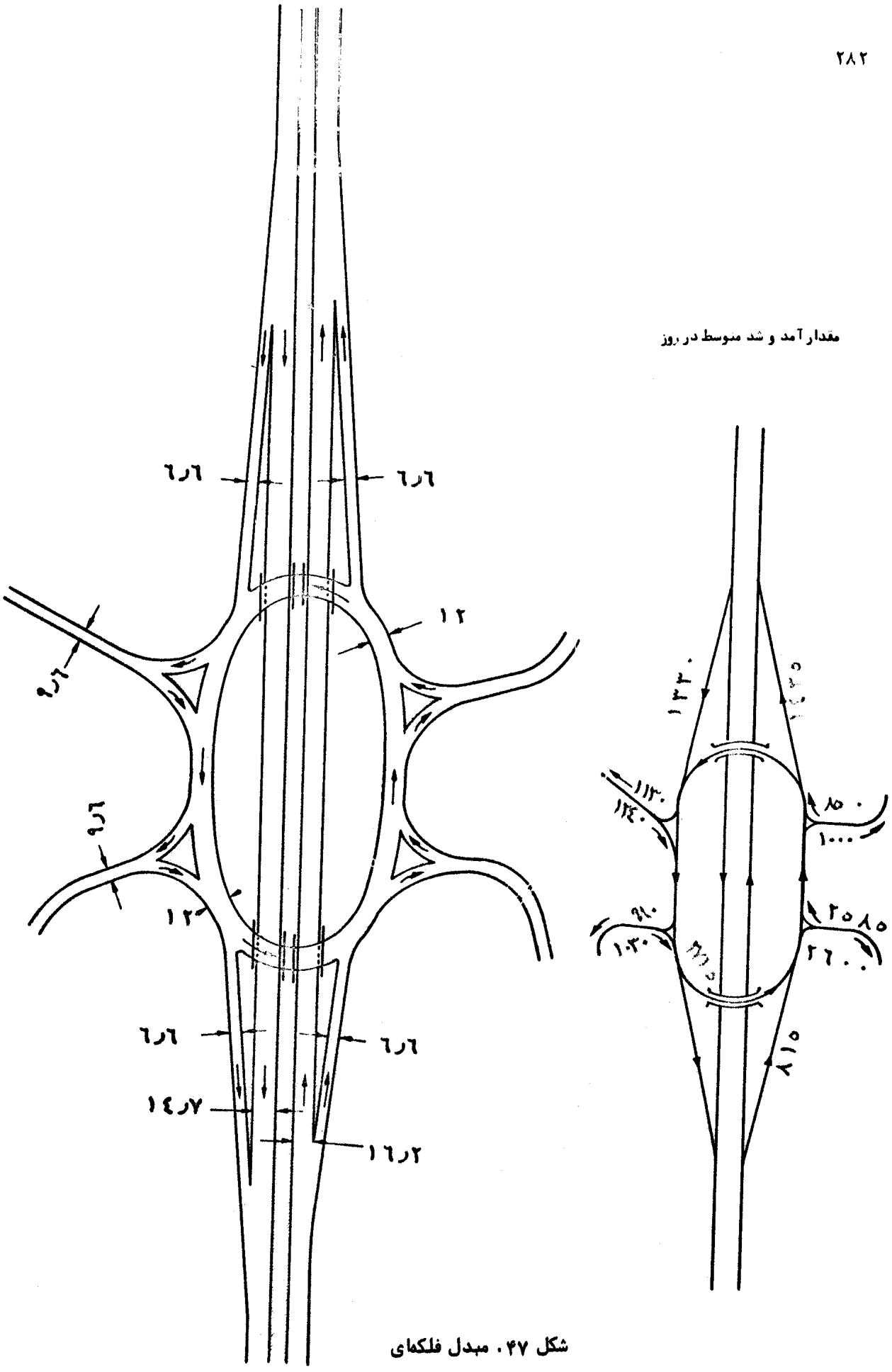
مقدار آمد و شد ساعت طرح



شکل ۴۵. مبدل جهتی کامل ، کلیه شیبراهـه‌ها مستقیم و نیمه‌مستقیم هستند



شکل ۴۶. مبدل فلکه‌ای



شکل ۴۷. مبدل فلکه‌ای

اگر توسعه‌های آتی در طول شاخه پایینی انجام گیرد ، ممکن است آمد و شد ضربدری در بخش پایینی مبدل بحرانی شود .

خط دور فلکه همسطح زمین است و فاصله دید خوبی دارد تا کاربرد مبدل را تسهیل کند . مبدل منظره‌سازی شده‌است تا ظاهری خوب داشته باشد .

شکل ۴۷ یک مبدل فلکه‌ای با شش شاخه راه نشان می‌دهد . آمد و شد زیاد عبوری آزاد راه از زیر دو پل مبدل فلکه‌ای عبور داده می‌شود . چهار شیبراهه قطری یکطرفه امکان ورود و خروج با سرعت زیاد را برای اتصال آزاد راه به خط دور فلکه فراهم می‌آورد . شیبراهه‌ها عمل خطوط تغییر سرعت را بین آزاد راه با سرعت بالا و فلکه با سرعت کم ، انجام می‌دهند . شیبراهه‌های کاهش سرعت در فراز و شیبراهه‌های افزایش‌سرعت در نشیب قرار دارند . ظاهرا "، بسیاری از قطعات با آمد و شد ضربدری طول کمی دارند ، ولی برای مقادیر نشان داده شده آمد و شد ، مبدل به‌طور رضایتبخشی عمل می‌کند .

۸–۳–۲ . جداکننده‌های چندطبقه

بجز مبدلهای فلکه‌ای ، می‌توان ترتیبات بسیاری برای تقاطعهای با پنج‌شاخه راه یا بیشتر به کار برد . این کار مستلزم طرح خاصی برای انطباق با شرایط خاص فیزیکی و شرایط آمد و شد است و معمولا " ، احداث چندپل یا پلهای چندطبقه و تعدادی اتصالات مستقیم یا نیمه‌مستقیم را ایجاب می‌کند . همچنین ، تقاطعهایی که در نزدیکی یکدیگر قرار دارند ممکن است دارای مبدلهایی باشند که بر روی یکدیگر قرار می‌گیرند و درنتیجه ، به‌ترتیبات پیچیده‌ای نیازمند شوند . شرایطی که استفاده از یک چنین مبدلهایی را توجیه می‌کند ، همواره فقط در مناطق شهری اتفاق می‌افتد و در نتیجه ، موضوع مناسبی برای بحث بیشتر در اینجا نیست ؛ برای کسب اطلاعات بیشتر باید به کتابهای مربوط مراجعه شود .

۱. بی.سی.ای.او.ام (BCEOM) ، مهندسین مشاور . دستورالعمل معیارهای طرح هندسی آزاد راهها . گزارش موقت تهیه شده توسط مهندسین مشاور BCEOM برای وزارت راه و ترابری ، ۱۳۵۷.

۲. ــــــــــــــــــــــــ . دستورالعمل معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی . گزارش موقت تهیه شده توسط مهندسین مشاور BCEOM برای وزارت راه و ترابری ، ۱۳۵۷.

۳. سازمان برنامه و بودجه؛ و وزارت راه . ابلاغیه‌های فنی شماره‌ٔ ۱ تا ۱۶ ، ۱۳۳۴–۱۳۳۸.

4. American Association of State Highways and Transportation Officials(AASHTO). *A Policy on Geometric Design of Rural Highways*. Fifth Printing. Washington,D.C.: 1969.

5. American Association of State Highways and Transportation Officials(AASHTO). *A Policy on Geometric Design of Urban Highways and Arterial Streets*. Washington,D.C.: 1973.

6. American Association of State Highways and Transportation Officials(AASHTO). *Geometric Design Guide for Local Roads and Streets*. Washington,D.C.: 1971.

7. American Association of State Highways and Transportation Officials(AASHTO). *Geometric Design Standards for Highways Other than Freeways*. Washington,D.C.: 1969.

8. National Academy of Sciences. Highway Research Board(TRB). *Highway Capacity Manual*. Special Report 87. Washington,D.C: 1965.

9. International Bank for Reconstruction and Development.Department of Technical Operation. *A Guide to Highway Design Standards*. June, 1957.

10. National Association of Australian State Roads Authorities (NAASRA). *Interim Guide to the Geometric Design of Rural Roads*. Sydney: 1980.

11. National Academy of Sciences. Transportation Research Board (TRB). *Geometric Design Standards for Low-Volume Roads*. Compendium 1. Washington,D.C.: 1978.

12. UNESCO. *Low-Cost Roads: Design, Construction, and Maintenance*. London: Butterworth, 1971.

دعوت به همکاری

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی وزارت برنامه و بودجه که مسئولیت تهیه و تدوین آیین‌نامه‌ها، ضوابط، معیارها و مشخصات فنی حاکم بر پروژه‌های عمرانی کشور را به‌عهده دارد، از کلیه محققان و متخصصان رشته‌های فنی تقاضا دارد، نظریه‌های اصلاحی و پیشنهادهای خود را در مورد این نشریه، و نشریه‌های دیگر این دفتر (که نام آنها در پایان این نشریه چاپ شده است) ارائه فرمایند، تا در چاپهای بعدی از آن بهره گیریم.

ضمناً، به‌منظور ارج‌نهادن به کوششهای محققان، و فراهم نمودن زمینه رشد فعالیتهای تحقیقاتی، و ارتقا و نیز هماهنگ نمودن اطلاعات فنی کشور، این دفتر شروع به جمع‌آوری ثمره زحمات محققان نموده‌است تا، پس از بررسی، در قالب دستورالعملهای فنی، برای استفاده علاقه‌مندان و دست‌اندرکاران به‌چاپ برساند. بدین‌منظور، ضمن دعوت از کلیه محققان به‌همکاری، تقاضا می‌شود چنانچه در زمینه‌های فنی، دارای نظریه، مقاله، جزوه، رساله یا کارهای تحقیقاتی دیگر هستند، یک نسخه را با ذکر نشانی و شماره تلفن، به‌دفتر تحقیقات و معیارهای فنی وزارت برنامه و بودجه بفرستند یا شخصاً به دفتر یاد شده تحویل فرمایند تا پس از ارزیابی، امکانات مورد نیاز برای تکمیل و چاپ تحقیق در اختیارشان قرار گیرد.

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

۲۶	جوشکاری در درجات حرارت پایین	چاپ‌دوم	۱۳۶۲
۲۷	مشخصات فنی عمومی لوله‌کشی آب سرد و گرم و فاضلاب ساختمان	اسفند ماه	۱۳۵۲
۲۸	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی بخش ملاتها	اردیبهشت ماه	۱۳۵۳
۲۹	بررسی نحوه توزیع منطقی تختهای بیمارستانها در کشور	خرداد ماه	۱۳۵۳
۳۰	مشخصات فنی عمومی برای طرح و اجرای انواع شمعها و سپرها	چاپ‌دوم	۱۳۶۵
۳۱	تجزیه‌وتحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی بخش اندودها ،قرنیزها و بندکشی	تیر ماه	۱۳۵۳
۳۲	شرح قیمتهای واحد تیپ برای کارهای لوله کشی آب و فاضلاب ساختمان	تیر ماه	۱۳۵۳
۳۳	مشخصات فنی عمومی راههای اصلی	از اعتبار ساقط است	
۳۴	مشخصات فنی عمومی اسکلت فولادی ساختمان	از اعتبار ساقط است	
۳۵	مشخصات فنی عمومی کارهای بتنی	از اعتبار ساقط است	
۳۶	مشخصات فنی عمومی کارهای زیربنایی	از اعتبار ساقط است	
۳۷	مجموعه استاندارد نقشه کشی	آبان ماه	۱۳۵۳
۳۸	مشخصات فنی عمومی اندود کاری	از اعتبار ساقط است	
۳۹	شرح قیمتهای واحد تیپ برای کارهای تاسیسات حرارتی و تهویه مطبوع	از اعتبار ساقط است	
۴۰	مشخصات فنی عمومی در و پنجره	از اعتبار ساقط است	
۴۱	مشخصات فنی عمومی شیشه کاری در ساختمان	از اعتبار ساقط است	
۴۲	مشخصات فنی عمومی کاشیکاری و کف پوش در ساختمان	از اعتبار ساقط است	
۴۳	تجزیه و تحلیل هزینه‌کارهای ساختمانی وراهسازی بخش عایقکاری ، فرش کف ،کاشیکاری ، سرامیک کاری	اسفند ماه	۱۳۵۳
۴۴	استاندارد پیشنهاد لوله‌های سخت پی ،وی ،سی در لوله‌کشی آب آشامیدنی	اردیبهشت ماه	۱۳۵۴
۴۵	استاندارد پیشنهادهای لوله‌های سخت پی ،وی ،سی در مصارف صنعتی	اردیبهشت‌ماه	۱۳۵۴
۴۶	زلزله ۱۶ اسفند ۱۳۵۳ سرخون " بندرعباس"	خرداد ماه	۱۳۵۴
۴۷	استاندارد پیشنهادی اتصالهای لوله‌های تحت فشار پی ،وی ،سی	تیر ماه	۱۳۵۴
۴۸	مشخصات فنی عمومی راههای فرعی درجه یک و دو	از اعتبار ساقط است	
۴۹	بحثی پیرامون فضا در ساختمانهای اداری	تیر ماه	۱۳۵۴
۵۰	گزارش شماره ۱ مربوط به نمودارهای شتاب نگار در ایران	تیر ماه	۱۳۵۴
۵۱	مشخصات فنی عمومی کارهای نصب ورقهای پوششی سقف	از اعتبار ساقط است	
۵۲	شرح قسمتهای واحد تیپ برای کارهای تاسیسات برق	از اعتبار ساقط است	

۵۲	زلزله‌های سال ۱۹۷۱ کشور ایران	شهریور ماه	۱۳۵۴
۵۳	راهنمای طرح و اجرای عملیات نصب لوله‌های سخت پی ،وی ،سی در لوله‌کشی آب سرد	مهر ماه	۱۳۵۴
۵۵	مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی	آذر ماه	۱۳۵۴
۵۶	راهنمای طرح و اجرای عملیات نصب لوله‌های سخت پی ،وی ،سی	آبان ماه	۱۳۵۴
۵۷	شرایط لازم برای طرح و محاسبه ساختمانهای بتن آرمه	آذر ماه	۱۳۵۴
۵۸	گزارش شماره ۲ مربوط به نمودارهای شتاب نگار در ایران	آذر ماه	۱۳۵۴
۵۹	شرح قیمتهای واحد تیپ برای خطوط انتقال آب	از اعتبار ساقط است	
۶۰	شرح قیمتهای واحد تیپ برای شبکه توزیع آب	از اعتبار ساقط است	
۶۱	طرح و محاسبه قابهای شیبدار و قوسی فلزی	اردیبهشت ماه	۱۳۵۵
۶۲	نگرشی بر کارکردها و نارساییهای کوی نهم آبان	خرداد ماه	۱۳۵۵
۶۳	زلزله‌های سال ۱۹۶۹ کشور ایران	مرداد ماه	۱۳۵۵
۶۴	مشخصات فنی عمومی درزهای انبساط	از اعتبار ساقط است	
۶۵	نقاشی ساختمانها " آیین کاربرد "	از اعتبار ساقط است	
۶۶	تحلیلی بر روند دگرگونیهای سکونت در شهرها	آذر ماه	۱۳۵۵
۶۷	راهنمایی برای اجرای ساختمان بناهای اداری	بهمن ماه	۱۳۵۵
۶۸	ضوابط تجزیه و تحلیل قیمتهای واحد اقلام مربوط به خطوط انتقال آب	اردیبهشت ماه	۱۳۵۶
۶۹	زلزله‌های سال ۱۹۶۸ کشور ایران	خرداد ماه	۱۳۵۶
۷۰	مجموعه مقالات سمینار سنتو (پیشرفتهای اخیر در کاهش خطرات زلزله)	تیرماه	۱۳۵۶
۷۱	محافظت ابنیه فنی آهنی فولادی در مقابل خورندگی	مرداد ماه	۱۳۵۶
۷۲	راهنمایی برای تجزیه قیمتهای واحد کارهای تاسیساتی	مرداد ماه	۱۳۵۶
۷۳	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی (بخش عملیات خاکی با وسایل مکانیکی)		۱۳۶۵
۷۴	ضوابطی برای طرح و اجرای ساختمانهای فولادی	چاپ دوم	۱۳۶۲
۷۵	برنامه کامپیوتری مربوط به آنالیز قیمت کارهای ساختمانی و راهسازی	مهر ماه	۱۳۵۶
۷۶	مجموع راهنمای تجزیه قیمتهای واحد برای کارهای ساختمانی و راهسازی "قسمت اول"	آذر ماه	۱۳۵۶
۷۷	زلزله ۴ مارس ۱۹۷۷ کشور رومانی	دی ماه	۱۳۵۶
۷۸	راهنمای طرح ساختمانهای فولادی	چاپ دوم	۱۳۶۲
۷۹	خدمات نقشه برداری	درمرحله تجدید نظر	
۸۰	راهنمای ایجاد بناهای کوچک در مناطق زلزله خیز	اسفند ماه	۱۳۶۰
۸۱	سیستم گازهای طبی در بیمارستانها ــ محاسبات و اجرا	مهر ماه	۱۳۶۱

۸۲	راهنمای اجرای سقفهای تیرچه و بلوک	چاپ دوم	۱۳۶۴
۸۳	نقشه‌های تیپ پلها و آبروها تا دهانه ۸ متر	چاپ دوم	۱۳۶۶
۸۴	طراحی ساختمان برای اشخاص دارای معلولیت از روی صندلی چرخدار	خرداد ماه	۱۳۶۳
۸۵	معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی		۱۳۶۵
۸۶	معیارهای طرح هندسی راههای روستایی		۱۳۶۴
۸۷	معیارهای طرح هندسی تقاطعها (همسطح و غیرهمسطح)		۱۳۶۷
۸۸	چکیده‌ای از طرح هندسی راهها و تقاطعها		۱۳۶۴
۸۹	مشخصات فنی تاسیسات برقی بیمارستانها	درمرحله تجدیدنظر	
۹۰	دیوارهای سنگی	اسفند ماه	۱۳۶۲
۹۱	الفبای کالبدی معماری سنتی	در مرحله چاپ	
۹۲	جزئیات اجرایی ساختمانهای آجری	تیرماه	۱۳۶۳
۹۳	ساختمان مرکز بهداشت قم (گزارش فنی)	آبان ماه	۱۳۶۳
۹۴	ویژگیها و مشخصات فنی انواع تیرچه‌های پیش ساخته خرپایی روس طرح و محاسبه و جداول محاسباتی		۱۳۶۷
۹۵	مشخصات فنی نقشه برداری	در مرحله تجدید نظر	
۹۶	جداول طراحی ساختمانهای بتن فولادی به روش حالت حدی		۱۳۶۵
۹۷	ضوابط طراحی فضاهای آموزشگاههای فنی و حرفه‌ای		۱۳۶۵
۹۸	ضرایب و جداول تبدیل واحدها و مقیاسها		۱۳۶۶
۹۹	وسایل کنترل ترافیک	درمرحله‌تجدیدنظر	
۱۰۰	بلوک بتنی و کاربرد آن در دیوار	درمرحله‌تجدیدنظر	
۱۰۱	مشخصات فنی عمومی راهها		۱۳۶۴
۱۰۲	مجموعه نقشه‌های تیپ تابلیه پلها (پیش ساخته ،پیش تنیده و درجا) تا دهانه ۲۰متر		۱۳۶۶
۱۰۳	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (منابع آب و خاک و نحوه بهره‌برداری در گذشته و حال)	در مرحله چاپ	
۱۰۴	ضوابط و معیارهای فنی شبکه آبیاری و زهکشی (هیدرولیک کانالها)		۱۳۶۷
۱۰۵	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری (هیدرولیک لوله‌ها و مجاری)		۱۳۶۷
۱۰۶	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری (نقشه‌های تیپ)	در مرحله چاپ	
۱۰۷	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری (نقشه‌های تیپ)		
۱۰۸	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری (مشخصات فنی عمومی)		

۱۰۹ ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری (خدمات‌فنی دوران بهره‌برداری و نگهداری)

۱۱۰ مشخصات فنی عمومی اجرایی تأسیسات برق ساختمان — در مرحله تجدیدنظر

۱۱۱ محافظت ساختمان در برابر حریق — در مرحله چاپ

- مجموعه برگردان مقاله‌های برگزیده از سمینارهای بین‌المللی تونلسازی (تونلسازی ۸۵)
- مجموعه سخنرانیهای دومین سمینار تونلسازی
- بتن در مناطق گرمسیر (اولین سمینار بندرسازی) — ۱۳۶۵
- مجموعه مقاله‌های ارائه شده به چهارمین سمپوزیوم آئرودینامیک و تهویه تونلهای راه (انگلستان ۱۹۸۲) — ۱۳۶۵
- مجموعه مقاله‌های ارائه شده به کنفرانس محافظت ساختمانها در برابر حریق (۲۹–۳۰ تیرماه ۱۳۶۵) — ۱۳۶۵