

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور

آیین نامه طرح هندسی راه آهن (تجدیدنظر اول)

ضابطه شماره ۲۸۸

آخرین ویرایش: ۱۴۰۳-۰۳-۰۳

وزارت راه و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه، مسکن

و شهرسازی

bhrc.ac.ir

شرکت ساخت و توسعه

زیربناهای حمل و نقل کشور

cdtic.ir

معاونت تولیدی، فنی و زیربنایی

امور نظام فنی و اجرایی

nezamfanni.ir

۱۴۰۳

شماره: ۱۴۰۳/۳۰۰۸۴۴	بخشنامه به دستگاه های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران
تاریخ: ۱۴۰۳/۰۶/۲۵	
موضوع: آیین نامه طرح هندسی راه آهن (تجدید نظر اول)	

به استناد ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه های توسعه کشور، ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و تبصره (۲) ماده (۴) «نظام فنی و اجرایی یکپارچه کشور» موضوع مصوبه شماره ۲۵۲۵۴/ت/۵۷۶۹۷ هـ مورخ ۱۴۰۰/۰۳/۰۸ هیات محترم وزیران، به پیوست «آیین نامه طرح هندسی راه آهن (تجدید نظر اول)» با شماره ضابطه ۲۸۸، به صورت لازم الاجرا ابلاغ می شود.

از تاریخ ۱۴۰۳/۱۰/۰۱ برای همه قراردادهایی که از محل وجوه عمومی یا به صورت مشارکت عمومی و خصوصی منعقد می شوند اجرای مفاد این دستورالعمل الزامی است.

برای قراردادهایی که بعد از تاریخ ۱۴۰۳/۱۰/۰۱ منعقد می شوند، بخشنامه شماره ۱۰۱/۱۱۳۴۴۵ مورخ ۱۳۸۳/۰۶/۲۴ فاقد اعتبار است.

امور نظام فنی و اجرایی، دریافت کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را اعلام خواهد کرد.

سید حمید پور محمدی

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی معاونت تولیدی، فنی و زیربنایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است. باوجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، از شما خواننده‌ی گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را به صورت

زیر گزارش فرمایید:

۱- در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir

۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.

۳- به بخش نظرخواهی این ضابطه مراجعه فرمایید.

۴- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۵- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۶- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال کنید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه - مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی

Email: nezamfanni @chmail.ir

web: nezamfanni.ir

پیشگفتار تجدید نظر اول

سازمان برنامه و بودجه کشور به عنوان متولی توسعه پایدار کشور و نظام فنی و اجرایی یکپارچه، به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه و آیین‌نامه و سند اجرایی آن، با کمک دستگاه‌های اجرایی و توان متخصصان دانشگاهی و حرفه‌ای کشور، به تهیه و ابلاغ ضوابط و مقررات و مستندات لازم در این حوزه می‌پردازد.

استفاده از ضوابط و معیارها در مراحل پیدایش، مطالعه (مطالعات امکان‌سنجی)، طراحی (پایه و تفصیلی)، اجرا، راه اندازی و تحویل و بهره‌برداری طرح‌های عمرانی به لحاظ فنی و اقتصادی، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های بهره‌برداری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تدوین این ضوابط و معیارها مستلزم انجام پژوهش‌های علمی و تخصصی به دست نیروی انسانی متخصص و کارآمد و در راستای سیاست‌ها و برنامه‌های بالا دستی و اولویت‌دار است.

با توجه به تنوع و گستردگی طرح‌های عمرانی، طی سال‌های اخیر سعی شده است در تهیه و تدوین این‌گونه مدارک علمی، از مراکز تحقیقاتی دستگاه‌های اجرایی ذی‌ربط استفاده شود. در این راستا آیین‌نامه طرح هندسی راه‌آهن در سال ۱۳۸۳ در معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری تدوین و توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور در قالب نشریه شماره ۲۸۸ منتشر و ابلاغ شد.

پس از گذشت قریب به ۲۰ سال از انتشار این نشریه، تحولات بسیار در صنعت حمل‌ونقل کشور و نیز توسعه قابل‌ملاحظه در کمیت و کیفیت خطوط ریلی کشور صورت پذیرفته و به تبع آن نیازهای صنعت ریلی کشور از منظر طرح هندسی راه‌آهن تغییر کرده است. به‌علاوه با توسعه دانش فنی در دو دهه اخیر در زمینه راه‌آهن، امکان بهینه‌سازی خطوط ریلی میسر شده است. در این راستا، نشریه ۲۸۸ با توجه به نیازهای کشور و با لحاظ کردن دانش فنی موجود توسط شرکت ساخت و توسعه زیربناهای حمل‌ونقل کشور، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و با همکاری شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران، جامعه مهندسان مشاور، دانشگاه‌های مطرح کشور همچنین هدایت و راهبری امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور به‌روزرسانی شد.

علیرغم تلاش، دقت و وقت زیاد صرف شده، این مجموعه مصون از وجود اشکال و ابهام در مطالب آن نیست. لذا در راستای تکمیل و پربار شدن این ضابطه، از کارشناسان محترم درخواست می‌شود موارد اصلاحی را به امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور ارسال کنند. کارشناسان سازمان پیشنهادهای دریافت شده را بررسی کرده و در صورت نیاز به اصلاح در متن نشریه/ضابطه، با هم‌فکری نمایندگان جامعه فنی کشور و کارشناسان مجرب مرتبط، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و از طریق پایگاه اطلاع‌رسانی نظام فنی و اجرایی کشور برای بهره‌برداری عموم، اعلام خواهند کرد. به همین منظور و برای تسهیل در پیدا کردن آخرین ضوابط ابلاغی معتبر، در بالای صفحات، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده است که در صورت هرگونه تغییر در مطالب هر یک از صفحات، تاریخ آن نیز اصلاح خواهد شد. از این‌رو همواره مطالب صفحات دارای تاریخ جدیدتر معتبر خواهد بود.

حمید امانی همدانی

سرپرست معاونت تولیدی، فنی و زیربنایی

تابستان ۱۴۰۳

تهیه، بازنگری و کنترل «آیین‌نامه طرح هندسی راه‌آهن» [نشریه شماره ۲۸۸]

اعضای گروه تهیه‌کننده (به ترتیب الفبا):

خسرو آذری	جواد زرگرجوهری
منوچهر احتشامی	علی اصغر خجسته
علیرضا امیدوار	میرمحمود ظفری
بهنام امینی	عبدالعلی غفاری‌پور
حمید بهبهانی	طاهر فتح‌اللهی
بهناز پورسید	حسین قهرمانی
علی تبار	اسماعیل قهرمانی‌گرگری
فرهاد جعفری	کاوه معتمدی
عبدالرضا رضایی ارجرودی	گرشاسب نریمانی

اعضای گروه بازنگری (به ترتیب الفبا):

محمدحسن اسماعیلی	دانشگاه اصفهان	دکترای راه‌آهن
امین باقری	مهندسیین مشاور پژوهش‌های ساختمانی ایران	کارشناس ارشد راه‌آهن
اکبر حاجی‌اسداللهی	سازمان حمل و نقل ریلی شهرداری تبریز	کارشناس ارشد سازه
حسن خسروی	شرکت ساخت و توسعه زیربنای حمل و نقل کشور	کارشناسی ارشد عمران (راه‌آهن)
میثم خلخالی	شرکت ساخت و توسعه زیربنای حمل و نقل کشور	کارشناس ارشد عمران (راه و ترابری)
جبارعلی ذاکری سردرودی	دانشگاه علم و صنعت ایران	دکتری راه‌آهن
روشن طالبی	شرکت مهندسیین مشاور ریل بندر	کارشناس ارشد راه‌آهن
مسعود فتحعلی	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	دکتری عمران پسادکتری راه‌آهن
فرامرز فراهی	مهندسیین مشاور ایران استن	کارشناس ارشد عمران
حسین کلانتر	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	کارشناس ارشد عمران (راه‌آهن)
سیدجواد میرمحمدصادقی	دانشگاه علم و صنعت ایران	دکتری راه‌آهن
مهدی معظمی گودرزی	شرکت ساخت و توسعه زیربنای حمل و نقل کشور	کارشناس ارشد راه‌آهن

دکتری عمران (ژئوتکنیک)	شرکت ساخت و توسعه زیربنای حمل و نقل کشور	احمد رضا غلامی نژاد
دکتری سازه	سازمان حمل و نقل ریلی شهرداری تبریز	جعفر واحدی

اعضای گروه کنترل (به ترتیب الفبا):

معاون ساخت و توسعه راه آهن، بنادر و فرودگاه‌ها شرکت ساخت و توسعه زیربنای حمل و نقل کشور	عباس خطیبی
مدیرکل دفتر مهندسی و نظارت بر تأسیسات زیربنایی شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران	وحید علیقارداشی
عضو هیئت علمی و رئیس بخش حمل و نقل ریلی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	مسعود فتحعلی
مدیرکل ساخت و توسعه راه آهن منطقه دو شرکت ساخت و توسعه زیربنای حمل و نقل کشور	محمد منجمی
مدیرکل فنی و بررسی طرح‌های راه آهن شرکت ساخت و توسعه زیربنای حمل و نقل کشور	محسن نوروزی

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان برنامه و بودجه کشور):

سرپرست امور نظام فنی و اجرایی	سعید وکیلی
معاون امور نظام فنی و اجرایی	علیرضا توتونچی
رئیس گروه امور نظام فنی و اجرایی	طاہر فتح‌الہی
کارشناس امور نظام فنی و اجرایی	سجاد حیدری حسنکلو

پیشگفتار سال ۱۳۸۳

بهره‌گیری از ضوابط، معیارها و استانداردهای ملی در تمامی مراحل طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی با رویکرد کاهش هزینه، زمان و ارتقای کیفیت، از اهمیتی ویژه برخوردار بوده و در نظام جدید فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور، مورد تاکید جدی قرار گرفته است.

بر اساس مفاد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، موظف به تهیه و ابلاغ ضوابط، مشخصات فنی، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای مورد نیاز طرح‌های عمرانی می‌باشد. با توجه به تنوع و گستردگی طرح‌های عمرانی، طی سالهای اخیر سعی شده است در تهیه و تدوین اینگونه مدارک علمی، از مراکز تحقیقاتی دستگاههای اجرایی ذیربط استفاده شود. در این راستا مقرر شده است، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری در تدوین ضوابط و معیارهای بخش راه و ترابری عهده دار این مهم باشد.

شبکه حمل و نقل ریلی کارآمد یکی از اساسی‌ترین نیازهای توسعه پایدار در دنیا می‌باشد. احداث راه‌آهن باعث تقویت منابع اقتصادی ملی شده و با صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش اثرات مخرب زیست محیطی، دولت‌ها را در رسیدن به اهداف توسعه پایدار کمک می‌کند.

با گذشت بیش از ۲۵ سال از پیروزی انقلاب اسلامی و تلاش متخصصان و متعهدان صنعت حمل و نقل ریلی، تجربیات ارزشمندی در زمینه این صنعت مهم حاصل شده است که قابل تبدیل به مجموعه‌هایی به عنوان مرجع راهنما در امر طرح راه‌آهن می‌باشد. در این راستا، تدوین آیین‌نامه طرح هندسی راه‌آهن با استفاده از استانداردهای معتبر موجود همانند، AREMA، UIC، GOST، دستورالعمل فنی کامپساکس و استفاده از تجربیات متخصصین، مجموعه حاضر تهیه و تدوین شده است. امید است که با توجه به اهمیت مجموعه حاضر به عنوان یک سرمایه ملی، تمامی طراحان، صاحب‌نظران، محققان، دانش پژوهان و دست اندرکاران صنعت حمل و نقل ریلی با بذل نظرات راهگشای خود، تکمیل این مجموعه را تضمین فرمایند.

در پایان از معاونت محترم آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری و شرکت مهندسیین مشاور مترا که در تهیه و تدوین این مجموعه ما را یاری نموده‌اند و همچنین از شرکت‌های مهندسیین مشاور رهاب، مهندسیین مشاور ایران استن و مرکز تحقیقات راه‌آهن که در بررسی و اظهار نظر این مجموعه، با ما همکاری نموده‌اند و کارشناسان مشروح زیر تشکر و قدردانی می‌نماید.

آقای مهندس خسرو آذری	آقای مهندس جواد زرگر جواهری
آقای مهندس منوچهر احتشامی	آقای مهندس علی اصغر خجسته
آقای مهندس علیرضا امیدوار	آقای مهندس میرمحمود ظفری
آقای دکتر بهنام امینی	آقای مهندس عبدالعلی غفاری پور
آقای دکتر حمید بهبهانی	آقای مهندس طاهر فتح الهی
خانم مهندس بهناز پورسید	آقای دکتر حسین قهرمانی
آقای مهندس علی تبار	آقای مهندس اسماعیل قهرمانی گرگری
آقای مهندس فرهاد جعفری	آقای مهندس کاوه معتمدی
آقای مهندس عبدالرضا رضایی ارجودی	آقای مهندس گرشاسب نریمانی

امید است در آینده شاهد توفیق روزافزون این کارشناسان، در خدمت به جامعه فنی مهندسی کشور باشیم

معاون امور فنی

پاییز ۱۳۸۳

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
ج-۱	پیشگفتار
أ	فهرست مطالب
ز	فهرست شکل‌ها
ط	فهرست جدول‌ها
۱	فصل ۱- کلیات
۳	۱-۱- مقدمه
۳	۱-۲- فرآیند عمومی مطالعات طرح هندسی مسیر راه‌آهن
۶	۱-۳- هدف و دامنه کاربرد
۷	۱-۴- تعاریف
۱۰	۱-۵- طبقه‌بندی خطوط ریلی
۱۱	۱-۶- حریم راه‌آهن
۱۲	۱-۷- سایر مراجع
۱۴	۱-۸- علائم اختصاری
۱۷	فصل ۲- پلان مسیر
۱۹	۲-۱- مقدمه
۱۹	۲-۲- برابندی
۱۹	۲-۲-۱- برابندی تعادلی
۲۲	۲-۲-۲- اعمال محدودیت برابندی
۲۳	۲-۲-۳- کمبود برابندی
۲۳	۲-۲-۳-۱- خطوط پیوسته
۲۳	۲-۲-۳-۲- نقاط ویژه
۲۳	۲-۲-۴- اضافه برابندی
۲۴	۲-۲-۵- تغییرات برابندی
۲۵	۲-۲-۵-۱- شیب برابندی
۲۵	۲-۲-۵-۲- نرخ تغییرات برابندی (تغییرات برابندی در واحد زمان)
۲۵	۲-۲-۵-۳- نرخ تغییرات کمبود برابندی (تغییرات کمبود برابندی در واحد زمان)

۲۶	۲-۳-قوس دایره‌ای
۲۶	۲-۳-۱- شعاع قوس
۲۷	۲-۳-۲- طول قوس دایره و فاصله مستقیم بین قوس‌های متوالی
۲۷	۲-۴-قوس‌های پیوندی
۲۸	۲-۴-۱- طول قوس پیوندی
۲۸	۲-۴-۲- روابط قوس پیوندی حلزونی
۳۰	۲-۴-۳- روابط قوس سهمی درجه ۳
۳۲	۲-۵-ضوابط هندسی مرتبط با انحراف از خط اصلی
۳۳	فصل ۳- نیم‌رخ‌های طولی مسیر
۳۵	۳-۱-مقدمه
۳۵	۳-۲-حداکثر شیب و فراز مسیر
۳۷	۳-۳-حداقل شیب طولی راه‌آهن
۳۷	۳-۴-پاره خط پروژه
۳۸	۳-۵-قوس‌های قائم (خم‌ها)
۳۹	۳-۶-مشخصات قوس‌های قائم (خم‌ها)
۴۰	۳-۷-نیم‌رخ طولی مسیر در مناطق خاص
۴۱	فصل ۴- نیم‌رخ‌های عرضی
۴۳	۴-۱-مقدمه
۴۳	۴-۲-قواره
۴۷	۴-۳-نیم‌رخ عرضی روسازی
۴۷	۴-۳-۱- نیم‌رخ عرضی روسازی راه‌آهن یک‌خطه
۴۸	۴-۳-۲- نیم‌رخ عرضی روسازی راه‌آهن دوخطه یا چندخطه
۵۰	۴-۴-نیم‌رخ عرضی زیرسازی
۵۰	۴-۴-۱- خاکریزی
۵۱	۴-۴-۲- خاکبرداری (برش)
۵۳	فصل ۵- طرح هندسی ایستگاه‌ها
۵۵	۵-۱-کلیات
۵۵	۵-۲-اجزاء ایستگاه

۵۵	خطوط ایستگاهی	۵-۲-۱-
۵۶	دستگاه خطوط	۵-۲-۲-
۶۰	انواع ایستگاه	۵-۳-۱-
۶۰	ایستگاه سبقت و تلاقی	۵-۳-۱-
۶۰	ایستگاه بین‌راهی	۵-۳-۲-
۶۱	توقفگاه و نیم‌ایستگاه	۵-۳-۳-
۶۲	ایستگاه تشکیلاتی	۵-۳-۴-
۶۲	ایستگاه گار	۵-۳-۵-
۶۲	ایستگاه بسته	۵-۳-۶-
۶۲	ایستگاه صنعتی و تجاری	۵-۳-۷-
۶۲	طرح هندسی خطوط ایستگاه	۵-۴-۱-
۶۳	فواصل بین ادوات تقاطع و انشعاب و خطوط ایستگاهی	۵-۴-۱-
۶۶	تغییر ناگهانی کمبود بر بلندی	۵-۴-۲-
۶۶	کنترل پدیده قفل‌شدگی بین واگن‌های مجاور	۵-۴-۳-
۶۷	نقطه امان	۵-۴-۴-
۶۸	طول مفید خطوط	۵-۴-۵-
۶۸	طرز قرارگیری خطوط در ایستگاه‌ها	۵-۵-۱-
۶۸	مسیرهای یک‌خطه	۵-۵-۱-
۶۹	مسیرهای دوخطه	۵-۵-۲-
۷۰	شماره‌گذاری خطوط	۵-۶-۱-
۷۰	مسیرهای یک‌خطه	۵-۶-۱-
۷۰	مسیرهای دوخطه	۵-۶-۲-
۷۱	حریم و حدود ایستگاه	۵-۷-۱-
۷۱	حریم ایستگاه	۵-۷-۱-
۷۱	حدود ایستگاه	۵-۷-۲-
۷۱	وضعیت ایستگاه بر روی پلان و نیم‌رخ طولی	۵-۸-۱-
۷۲	وضعیت ایستگاه بر روی پلان مسیر	۵-۸-۱-
۷۲	محل ایستگاه و فاصله بین ایستگاه‌ها	۵-۸-۱-۱-

۷۲	قرارگیری ایستگاه در قوس	۲-۱-۸-۵
۷۳	شعاع قوس	۳-۱-۸-۵
۷۳	بربلندی	۴-۱-۸-۵
۷۴	قوس‌های پیوندی	۵-۱-۸-۵
۷۴	شیب عرضی زیرسازی و روسازی	۶-۱-۸-۵
۷۴	وضعیت ایستگاه‌ها بر روی نیم‌رخ طولی مسیر	۲-۸-۵
۷۴	ضوابط شیب‌بندی خطوط ایستگاه‌ها	۱-۲-۸-۵
۷۶	شیب و فراز قبل از ایستگاه	۲-۲-۸-۵
۷۷	شیب و فراز پس از ایستگاه	۳-۲-۸-۵
۷۷	۵-۹-هندسه سکوی ایستگاه‌ها	
۸۱	فصل ۶- تقاطع‌ها با مسیر ریلی	
۸۳	۶-۱-معرفی	
۸۳	۶-۲-تقاطع غیرهم‌سطح راه و راه‌آهن	
۸۴	۶-۳-تقاطع هم‌سطح راه و راه‌آهن	
۸۷	۶-۴-تقاطع لوله‌های تأسیسات با راه‌آهن	
۸۸	۶-۵-جاده‌های دسترسی	
۸۸	۶-۵-۱-جاده دسترسی ایستگاه	
۸۹	۶-۵-۲-جاده دسترسی خدمات	
۹۰	۶-۶-سایر تقاطع‌ها	
۹۱	فصل ۷- ملاحظات مرتبط با ابنیه فنی	
۹۳	۷-۱-کلیات	
۹۳	۷-۲-ملاحظات طرح هندسی مرتبط با تونل‌ها	
۹۳	۷-۲-۱-مقطع تونل	
۹۴	۷-۲-۲-قوس افقی و قائم در تونل	
۹۵	۷-۲-۳-شیب طولی تونل	
۹۶	۷-۲-۴-پوشش تونل	
۹۶	۷-۲-۵-مباحث هندسی مرتبط با ایمنی	
۹۷	۷-۲-۵-۱-پیاده‌رو	

۹۸	خروجی اضطراری	-۲-۵-۲-۷
۹۸	جان پناه	-۳-۵-۲-۷
۹۸	۷-۳-ملاحظات طرح هندسی پل ها و آبروها	
۹۹	ملاحظات طرح هندسی پل ها	-۱-۳-۷
۹۹	عرض پل	-۱-۱-۳-۷
۹۹	قوس افقی و قائم بر روی پل	-۲-۱-۳-۷
۱۰۱	ارتفاع و دهانه پل	-۳-۱-۳-۷
۱۰۱	جانمایی پل ها	-۴-۱-۳-۷
۱۰۱	نرده های محافظ پل	-۵-۱-۳-۷
۱۰۱	ملاحظات طرح هندسی آبروها	-۲-۳-۷
۱۰۲	ورودی و خروجی آبرو	-۱-۲-۳-۷
۱۰۲	امتداد و شیب طولی آبروها	-۲-۲-۳-۷
۱۰۳	طول آبرو	-۳-۲-۳-۷
۱۰۳	قطر آبرو	-۴-۲-۳-۷
۱۰۳	۷-۴-ملاحظات طرح هندسی جوی (کانال)	
۱۰۳	طرح هیدرولیکی	-۱-۴-۷
۱۰۴	طرح مسیر و شیب طولی جوی	-۲-۴-۷
۱۰۴	انواع مقطع کانال	-۳-۴-۷
۱۰۴	مقطع مثلثی شکل	-۱-۳-۴-۷
۱۰۴	مقطع دوزنقه ای شکل	-۲-۳-۴-۷
۱۰۴	مقطع مستطیل شکل	-۳-۳-۴-۷
۱۰۵	تخلیه آب های ورودی به حریم	-۴-۴-۷
۱۰۵	تخلیه آب های ورودی به حریم در خاکبرداری	-۱-۴-۴-۷
۱۰۵	تخلیه آب های ورودی به حریم در خاکریز	-۲-۴-۴-۷
۱۰۶	۷-۵-ملاحظات طرح هندسی ابنیه فنی ویژه	
۱۰۶	دیوارهای حائل	-۱-۵-۷
۱۰۶	گالری ها	-۲-۵-۷
۱۰۶	گالری بهمن گیر	-۱-۲-۵-۷

۱۰۷	گالری زیر بستر رودخانه	۲-۲-۵-۷
۱۰۷	گالری ضد ریزش	۳-۲-۵-۷
۱۰۷	حفاظت در برابر ماسه‌های روان	۳-۵-۷
۱۰۸	حفاظت در برابر جریان آب	۴-۵-۷
۱۰۸	استفاده از دیوارهای عمود بر جریان (اپرون)	۱-۴-۵-۷
۱۰۸	تقویت پاشنه و دیوارسازی	۲-۴-۵-۷
۱۱۱	پیوست الف - کلیات مطالعات شبیه‌سازی بهره‌برداری	
۱۱۳	۱- مقدمه	
۱۱۳	۲- اهداف شبیه‌سازی بهره‌برداری حرکت قطار	
۱۱۴	۳- کلیات شبیه‌سازی بهره‌برداری حرکت قطار	
۱۱۷	پیوست ب - راهنمای طراحی سیستم زهکشی در خطوط راه آهن	
۱۱۹	ب-۱- راهنمای طراحی سیستم زهکشی در خطوط راه آهن	
۱۱۹	ب-۲- دوره بازگشت سیلاب	
۱۱۹	ب-۳- تخمین ظرفیت موردنیاز	
۱۲۰	ب-۳-۱- محاسبه دبی اوج رواناب به روش تجزیه و تحلیل آماری	
۱۲۰	ب-۳-۲- محاسبه دبی اوج رواناب به روش استدلالی	
۱۲۳	ب-۴- طراحی سیستم زهکشی	
۱۲۳	ب-۴-۱- طراحی ابعادی زهکش سطحی روباز	
۱۲۴	ب-۴-۱-۱- تعیین سرعت آب و مقدار ضریب زبری	
۱۲۵	ب-۴-۱-۲- محاسبه شیب زهکش	
۱۲۶	ب-۴-۱-۳- انتخاب مقدار اولیه برای اندازه زهکش	
۱۲۸	ب-۴-۱-۴- کنترل ظرفیت موردنیاز زهکش	
۱۲۸	ب-۴-۱-۵- مرحله پنجم - کنترل سرعت آب در کانال	
۱۲۸	ب-۴-۱-۶- مرحله ششم - کنترل لزوم ایجاد پوشش برای دیواره‌های کانال	
۱۲۸	ب-۴-۲- طراحی ابعادی زهکش غیر هم‌سطح بسته (مدفون)	
۱۳۵	پیوست ج - محدودیت‌های مرتبط با مقادیر حداکثر (حدود استثنایی)	
۱۳۷	ج-۱- مقادیر حداکثر (حدود استثنایی)	

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱ جایگاه سند بهره‌برداری ریلی در مطالعات طرح‌های احداث راه‌آهن (مطالعات توجیه نهایی).....	۵
شکل ۲-۱ تعامل میان برنامه بهره‌برداری، نیروی کشش و هندسه مسیر.....	۵
شکل ۱-۲ تعادل نیروهای وارد بر وسیله نقلیه در قوس.....	۲۰
شکل ۲-۲ الف) نمای کلی یک قوس دایره مشتمل بر قوس‌های پیوندی حلزونی ب) نمای بزرگ‌شده قوس پیوندی.....	۳۱
شکل ۳-۲ پارامترهای هندسی انحراف از خط اصلی (فاصله‌ها بر حسب متر و پارامترها با اندیس <i>var</i>).....	۳۲
شکل ۱-۳ طول پاره‌خط پروژه.....	۳۸
شکل ۲-۳ پاره‌خط میانی افقی بین دو نقطه انتهایی خم‌های دنبال هم.....	۳۸
شکل ۳-۳ اجزاء خم.....	۳۹
شکل ۱-۴ قواره ناوگان در خط مستقیم (ابعاد به میلی‌متر).....	۴۵
شکل ۲-۴ قواره ساختمان در خط مستقیم (ابعاد به میلی‌متر).....	۴۶
شکل ۳-۴ نیم‌رخ عرضی راه‌آهن بالاستی یک‌خطه (ابعاد به سانتی‌متر).....	۴۹
شکل ۴-۴ نمونه نیم‌رخ‌های عرضی راه‌آهن بدون بالاست یک‌خطه (ابعاد به سانتی‌متر).....	۴۹
شکل ۵-۴ نیم‌رخ عرضی راه‌آهن بالاستی دوخطه.....	۵۰
شکل ۶-۴ فاصله آزاد بین پای خاکریزی بستر تا پای خاکبرداری.....	۵۲
شکل ۱-۵ انواع انشعاب.....	۵۸
شکل ۲-۵ انواع تقاطع و چلیپا.....	۵۸
شکل ۳-۵ انواع متداول ادوات تقاطع و انشعاب قابل‌استفاده در راه‌آهن ایران.....	۵۹
شکل ۴-۵ ایستگاه‌های تلاقی.....	۶۰
شکل ۵-۵ ایستگاه‌های بین‌راهی.....	۶۱
شکل ۶-۵ کروکی توقفگاه و نیم‌ایستگاه‌ها.....	۶۱
شکل ۷-۵ ترکیب قوس دایره و مسیر مستقیم بدون بریلندی (نمونه یک انشعاب استاندارد).....	۶۳
شکل ۸-۵ برخی از حالت‌های ایجاد تغییر ناگهانی انحنای افقی.....	۶۳
شکل ۹-۵ فاصله بین دو خط موازی با اتصال انشعاب.....	۶۴
شکل ۱۰-۵ استقرار انشعاب‌ها در دو سوی مختلف.....	۶۵
شکل ۱۱-۵ استقرار انشعاب‌ها در یک طرف خط.....	۶۵
شکل ۱۲-۵ استقرار انشعاب‌ها در دو سوی خط.....	۶۵

- شکل ۵-۱۳ حالات استقرار انشعاب‌های موازی در یک خط..... ۶۶
- شکل ۵-۱۴ نقطه امان و طول مفید خطوط..... ۶۸
- شکل ۵-۱۵ فاصله مفید علائمی سوزن تا سوزن..... ۶۸
- شکل ۵-۱۶ خطوط قبول و اعزام در مسیر یک‌خطه..... ۶۹
- شکل ۵-۱۷ ایستگاه تشکیلاتی در مسیر یک‌خطه..... ۶۹
- شکل ۵-۱۸ خطوط سبقت در مسیرهای دوخطه..... ۶۹
- شکل ۵-۱۹ شکلی خاص از استقرار خطوط سبقت در مسیرهای دوخطه..... ۷۰
- شکل ۵-۲۰ ابعاد یک سکو و محدوده‌های آن..... ۷۸
- شکل ۵-۲۱ جهت شیب ۲ درصدی به سمت مرکز سکو..... ۸۰
- شکل ۶-۱ فضای لازم برای عبور قطار از زیر پل..... ۸۴
- شکل ۶-۲ علائم راهنمایی استاندارد در تقاطعات..... ۸۶
- شکل ۶-۳ برش عرضی تقاطع جاده با راه آهن و حداکثر اختلاف شیب میان جاده در دو طرف خط ریلی..... ۸۷
- شکل ۷-۱ نمونه‌هایی از مقاطع تونل‌های راه آهن..... ۹۴
- شکل ۷-۲ کاهش شیب مجاز برحسب طول تونل..... ۹۵
- شکل ۷-۳ مقطع عرضی نمونه پل راه آهن یک‌خطه و دوخطه..... ۱۰۰
- شکل ۷-۴ جوی بالای ترانشه برای جمع‌آوری آب‌های وارده به حریم (واحدها به متر)..... ۱۰۵
- شکل ۷-۵ دیوار بهمن‌گیر..... ۱۰۷
- شکل ۷-۶ حفاظت در برابر جریان رودخانه (واحدها به متر)..... ۱۰۸
- شکل ۷-۷ دیوارسازی در کنار مسیل (واحدها به متر)..... ۱۰۹
- شکل أ-۱ خروجی و ورودی محاسبات شبیه‌سازی بهره‌برداری حرکت قطار..... ۱۱۵
- شکل ب-۱ تله معمولی نصب‌شده در زهکشی با بار رسوب زیاد..... ۱۳۳

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱ طبقه‌بندی خطوط راه‌آهن.....	۱۱
جدول ۲-۱ خلاصه علائم اصلی اختصاری مرتبط با طرح هندسی خطوط ریلی.....	۱۴
جدول ۱-۲ مقادیر برابندی تعادلی برحسب شعاع قوس و سرعت تعادلی (میلی‌متر).....	۲۱
جدول ۲-۲ مقادیر حدی مجاز برای پارامترهای کمبود برابندی و اضافه برابندی.....	۲۴
جدول ۳-۲ مقادیر حدی مجاز برای پارامترهای مرتبط با تغییرات برابندی.....	۲۶
جدول ۴-۲ مقادیر مجاز حداقل طول قوس دایره و طول مستقیم بین دو قوس متوالی.....	۲۷
جدول ۱-۳ حداکثر شیب و فراز توصیه شده در طراحی مسیر ریلی (در هزار).....	۳۵
جدول ۲-۳ حداقل طول پاره‌خط پروژه.....	۳۷
جدول ۳-۳ مقدار طراحی برای حداقل شعاع قوس قائم (متر).....	۳۸
جدول ۱-۴ مقدار تعریض قواره ساختمان و ناوگان در محل قوس‌ها.....	۴۴
جدول ۲-۴ مقدار تعریض زیرسازی و شانه بالاست در قوس‌ها.....	۴۸
جدول ۱-۵ سرعت مجاز انواع انشعاب‌ها.....	۶۴
جدول ۲-۵ حداقل فاصله مستقیم موردنیاز بین قوس‌های با شعاع کم برای جلوگیری از پدیده قفل‌شدگی.....	۶۷
جدول ۳-۵ حداکثر شیب ایستگاه برحسب شیب مبنای مسیر در شرایط استثنایی (در هزار).....	۷۵
جدول ۴-۵ حداکثر شیب طولی مجاز در ایستگاه‌ها (در هزار).....	۷۶
جدول ب-۱ ضریب رواناب C برای مناطق ساخته نشده برای دوره بازگشت ۵ تا ۱۰ سال.....	۱۲۲
جدول ب-۲ ضریب رواناب C برای مناطق ساخته شده برای دوره بازگشت ۵ تا ۱۰ سال.....	۱۲۲
جدول ب-۳ ضریب تبدیل (Cf) برای دوره‌های بازگشت مختلف.....	۱۲۳
جدول ب-۴ حداکثر سرعت مجاز آب در خاک‌های مختلف.....	۱۲۴
جدول ب-۵ ضریب زبری مانینگ برای انواع کانال‌ها.....	۱۲۵
جدول ب-۶ محاسبه (A) برای اندازه‌های مختلف کانال.....	۱۲۷
جدول ب-۷ حداکثر سرعت مجاز برای انواع مختلف روکش کانال.....	۱۲۸
جدول ب-۸ ظرفیت انواع لوله در اندازه‌های مختلف.....	۱۳۰
جدول ب-۹ مقادیر $K = k \times i$ برای شیب‌های مختلف.....	۱۳۲

فصل ۱

کلیات

۱-۱- مقدمه

قبل از طراحی یک مسیر راه‌آهن، موضوعاتی از قبیل هدف از طراحی و احداث، نمود و سیمای خط، امکان‌پذیری، تحلیل اقتصادی طرح و ایمنی مسیر باید مورد بررسی قرار گیرد. هدف از طراحی و احداث مسیر ریلی، با تاکید بر برآورد تقاضای مورد انتظار از منطقه طرح شامل حمل بار، مسافر و یا ترکیبی از آن‌ها تعیین می‌شود. در این مرحله میزان توانایی خط راه‌آهن در جذب بار و مسافر، روش‌های بالا بردن گرایش بار و مسافر به مسیر ریلی و میزان توانایی رقابت با سایر سامانه‌های رقیب ریلی بررسی می‌شود. نمود و سیمای خط به بررسی و ارزیابی تاثیرات احداث خط ریلی از لحاظ فرهنگی، سیاسی، اجتماعی، نظامی و زیست‌محیطی بر منطقه اجرای طرح می‌پردازد. امکان‌پذیری عبارت است از بررسی امکان ایجاد و اجرای طرح مناسب از لحاظ امکانات و فناوری موجود و یا از لحاظ شرایط توپوگرافی و اقلیمی منطقه به گونه‌ای که پاسخگوی الزامات تعیین شده برای خط ریلی نیز باشد. الزامات تعیین شده در واقع قیدهایی هستند که در مراحل تعیین هدف، نمود و سیمای خط برای مسیر ریلی مشخص شده است و نیز با توجه به خصوصیات و شرایط حریم خط‌آهن ارزیابی می‌شود. عامل اقتصاد از این نظر که چه طرحی برای پروژه موردنظر مقرون به صرفه است و چه درآمدهایی از احداث خط برای سرمایه‌گذاران به وجود می‌آید، پیگیری می‌شود. در نهایت، ایمنی به عنوان یکی از مهمترین عوامل در احداث خط‌آهن باید مورد توجه قرار گرفته و تضمین کننده قابلیت اجرای طرح باشد. مجموعه این عوامل در چارچوب مطالعات احداث راه‌آهن مورد نظر انجام شده و اجرای آن در قالب یک برنامه‌ریزی زمانی و مالی مشخص مصوب می‌شود. در این میان، بحث مسیر یا طرح هندسی راه‌آهن جایگاه بسیار مهمی را در مطالعات طرح‌های احداث راه‌آهن دارد.

۱-۲- فرآیند عمومی مطالعات طرح هندسی مسیر راه‌آهن

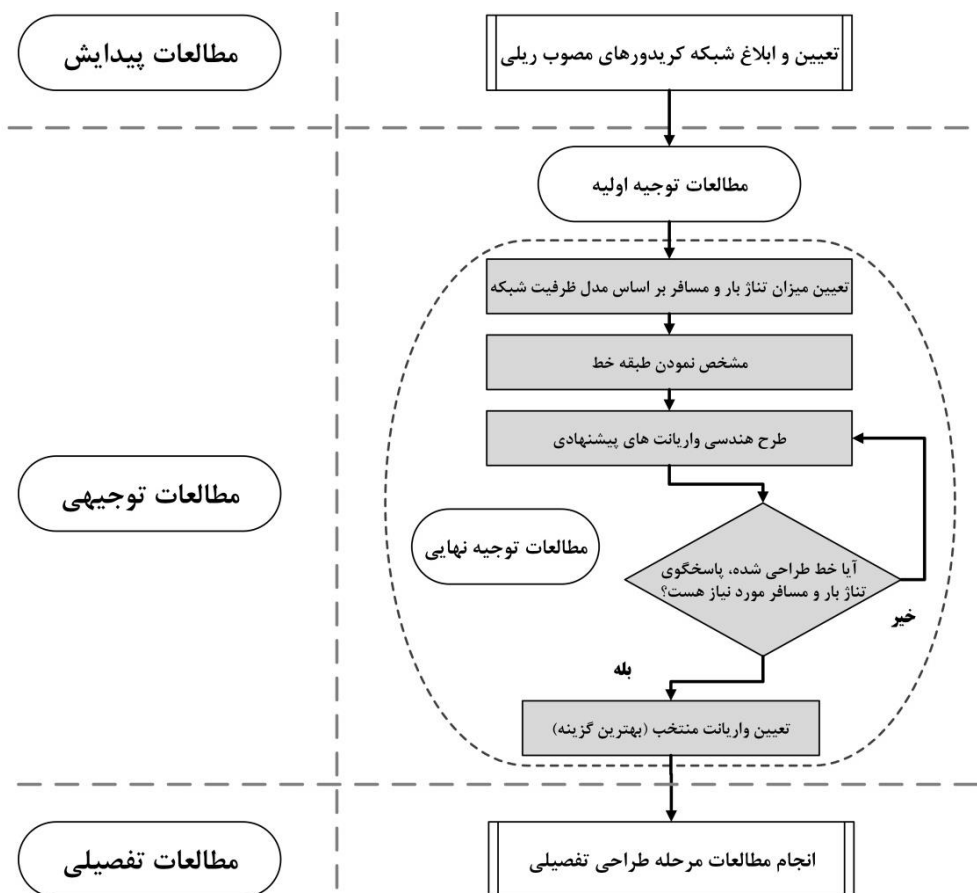
طرح هندسی مسیر راه‌آهن به عنوان یکی از رئوس اصلی مطالعات طرح‌های احداث راه‌آهن (ذیل شرح خدمات اعلام شده در نشریه شماره ۴۱۱ سازمان برنامه و بودجه کشور) تعریف می‌شود که باید توسط طراح انجام شده و به کارفرما جهت تصویب ارائه شود. مطابق شرح خدمات مطالعات طرح‌های احداث راه‌آهن همچنین، لازم است مطالعات در سایر بخش‌ها از جمله مطالعات اجتماعی، مطالعات بهره‌برداری، مطالعات ژئوتکنیک و زیرسازی، مطالعات ابنیه فنی، مطالعات زیست‌محیطی و سایر موارد مطابق دستورالعمل‌ها، نشریات و رویه‌های مربوطه پیگیری شود. ضروری است کنترل هرگونه تعامل مطالعات در بخش‌های ذکر شده با مطالعات طرح هندسی به نحو مقتضی در دستور کار گروه طراحی خط ریلی قرار گیرد. این موضوع در قالب دو دوره مطالعات توجیهی طرح (شامل سه مرحله پیدایش در صورت نیاز،^۱ توجیه اولیه و توجیه

^۱ این مرحله به نوعی اعمال سیاست‌های کلی بر اساس اسناد بالادستی کشور در خصوص احداث، توسعه، بازسازی و بهسازی شبکه خطوط ریلی کشور است که دستگاه اجرایی می‌تواند در صورت نیاز، نسبت به تهیه آن اقدام نماید. به طور اصولی، بهتر است که مطالعات طرح از مرحله پیدایش (شناسایی) شروع شود، ولی شروع آن از مرحله توجیه اولیه نیز بلامانع است. طرح جامع حمل و نقل کشور در صورت تصویب می‌تواند جایگزین این مرحله در نظر گرفته شود.

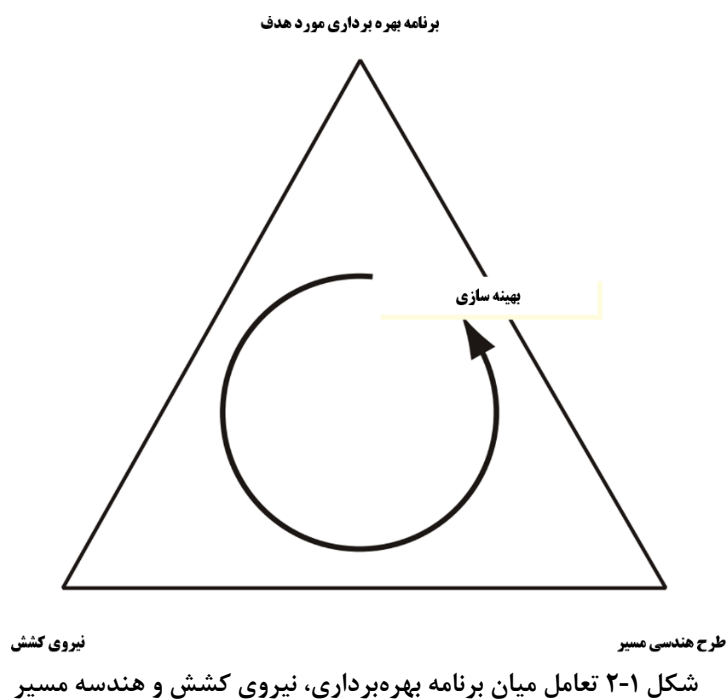
نهایی) و دوره اجرا (شامل مطالعات طراحی تفصیلی طرح) انجام می‌شود که جزییات آن در نشریه ۴۱۱ سازمان برنامه و بودجه کشور به تفصیل توضیح داده شده است.

طراحی هندسی راه آهن در مقایسه با طرح هندسی راه، دارای یک سری ویژگی‌های خاص و محدودیت‌های بیشتر است که شناخت و آگاهی کامل از آن‌ها ضروری است. از جمله این ویژگی‌ها می‌توان به چگونگی حرکت قطار بر روی ریل، وزن بالا و طول زیاد قطارهای تشکیل شده، محدودیت‌های نیروی کشش و تأثیر مسیر و روسازی بر طراحی هندسی اشاره نمود. بنابراین در نظر گرفتن شبیه‌سازی حرکت قطارها طی تدوین سند بهره‌برداری ریلی در جریان مطالعات طرح هندسی راه آهن ضروری می‌باشد که جایگاه این مطالعات در مرحله توجیه نهایی طرح، در تعامل بین مرحله توجیه اولیه و مرحله طراحی تفصیلی قرار می‌گیرد. بر اساس الگوی ارائه شده در شکل ۱-۱، در مطالعات توجیه نهایی مسیر، ابتدا باید تناژ بار و مسافر، بر اساس مدل شبکه خطوط ریلی برآورد شود. در ادامه، بر اساس افق طرح و الزامات بالادستی موجود، طبقه خط ریلی تعیین و هندسه مسیر بر اساس آن طراحی شود. سپس شبیه‌سازی سیر ناوگان انجام و گراف‌های سیر از آن مستخرج خواهد شد. پس از شبیه‌سازی مسیر، باید به این سؤال پاسخ داد که آیا ظرفیت مسیر پاسخگوی میزان تناژ بار و مسافر است؟ در صورتی که پاسخ مثبت باشد، طرح هندسی ارائه شده مورد پذیرش قرار گرفته و مطالعات طراحی تفصیلی قابل انجام خواهد بود. در غیر این صورت باید طرح هندسی مسیر به نحو مقتضی اصلاح و بررسی‌ها دوباره تکرار شود.

مطابق شکل ۱-۲، سه عامل نیروی کشش، نیازمندی‌های بهره‌برداری و طرح هندسی مسیر بر یکدیگر تأثیرگذار هستند. ارتباط این سه عامل یک مسئله بهینه‌سازی را تشکیل می‌دهد. منظور از نیروی کشش نوع قطارها و لکوموتیوهای است که قرار است در مسیر مورد استفاده قرار گیرد. منظور از نیازمندی‌های بهره‌برداری نوع خدمت و برنامه زمان‌بندی قطارها در آن مسیر می‌باشد (مواردی چون ظرفیت مورد نیاز در مسیر، سرفاصله زمانی، سرعت قطارها، حجم بار و مسافر مورد نیاز جهت جابجایی). در نهایت طرح هندسی مسیر باید در اندرکنش با ناوگان و برنامه بهره‌برداری مورد هدف کنترل شود. بدین منظور باید پس از ارائه طراحی هندسی در مرحله مطالعات توجیه اولیه طرح، سندی با عنوان سند بهره‌برداری نیز تهیه شود. در گام بعدی سند مذکور باید بر اساس نتایج حاصل از هرگونه تغییر در طرح هندسی یا نیروی کشش بازنگری شود. در پیوست الف کلیاتی در خصوص فرآیند مطالعات شبیه‌سازی بهره‌برداری با هدف ارزیابی تأثیر هندسه مسیر بر بهره‌برداری و ظرفیت خط ریلی ارائه شده است.



شکل ۱-۱ جایگاه سند بهره‌برداری ریلی در مطالعات طرح‌های احداث راه‌آهن (مطالعات توجیه نهایی)



۱-۳- هدف و دامنه کاربرد

در این آیین نامه به تفصیل اجزای اصلی یک طرح هندسی مسیر راه آهن شامل کلیات (فصل جاری به انضمام پیوست الف)، مشخصات مسیر در پلان (فصل دوم)، نیم‌رخ‌های طولی (فصل سوم)، نیم‌رخ‌های عرضی (فصل چهارم)، ایستگاه‌ها (فصل پنجم)، تقاطع‌های مسیر (فصل ششم) و ملاحظات مرتبط با ابنیه فنی (فصل هفتم به انضمام پیوست ب) ارائه شده است.

هدف این آیین نامه ارائه ضوابط مورد نیاز جهت طرح هندسی راه آهن به منظور سیر ایمن قطار بر روی یک مسیر ریلی است که در مراحل مختلف مطالعات طرح احداث راه آهن تعیین و تصویب شده باشد. برای خطوطی که مطالعات آن انجام شده، ولی مرحله اجرایی پروژه تکمیل نشده است، انطباق با مفاد این ضابطه ضروری است. همچنین برای اجرای پروژه‌هایی که از زمان تصویب مطالعات آن‌ها بیش از ۱۰ سال می‌گذرد، به‌روزرسانی مطالعات (انجام مجدد مطالعات با توجه به داده‌های به‌روز شده) طبق این آیین نامه ضروری است.

دامنه کاربرد این نشریه کلیه خطوط ریلی احداث شده با روسازی بالاستی و بدون بالاست، در حال احداث یا برنامه‌ریزی شده جهت ساخت در آینده در شبکه خطوط ریلی ایران با سرعت سیر حداکثر ۲۰۰ کیلومتر بر ساعت است. باید توجه شود که برای خطوط با سرعت بیش از ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت (با عنوان خطوط پرسرعت) و نیز خطوط راه آهن‌های درون‌شهری، رعایت الزامات خاص طرح هندسی مطابق آخرین ضوابط ابلاغی مرتبط، ضروری می‌باشد. همچنین مطالب این آیین نامه صرفاً برای خطوط با عرض استاندارد و ناوگان ریلی منطبق با ضوابط اتحادیه بین‌المللی راه آهن‌ها^۱ تدوین شده است و شامل مسائل مربوط به فن‌آوری‌های ویژه واگن‌سازی نظیر واگن‌های کج شونده^۲ نمی‌شود. نوع کشنده پیش‌فرض در این نشریه لکوموتیو دیزل است، مگر آن‌که در مواردی نوع کشنده دیگری قید شده باشد.

در طرح هندسی مسیر باید سازگاری خوبی بین کارایی دینامیکی قطار، نگهداری و تعمیر خط و ناوگان و نیز هزینه‌های احداث زیرساخت ایجاد شود. بنابراین توصیه می‌شود که از مقادیر استاندارد (معمول)^۳ برای طرح هندسی مسیر بهره گرفته شود و از استفاده غیرضروری از مقادیر حداکثر (استثنایی)^۴ مشخص شده در این آیین نامه به‌ویژه برای پارامترهای مختلف در یک موقعیت خودداری شود. توضیحات بیشتر در این زمینه در بخش تعاریف و نیز در پیوست ج نشریه ارائه شده است.

^۱UIC

^۲Tilting

^۳Normal limits

^۴Exceptional limits

۱-۴- تعاریف^۱

تعاریف مربوط به اصطلاحات و واژگان به کار گرفته شده در این آیین‌نامه به شرح زیر است:

بار محوری: حد بالای برآیند بارهای قائم وارده از یک جفت چرخ هم‌محور هر وسیله نقلیه عبوری در وضعیت ایستا بدون در نظر گرفتن اثرات دینامیکی است و از تقسیم بیش‌ترین وزن ناخالص وسیله نقلیه ریلی بر تعداد محورهای مربوطه به دست می‌آید.^۲

سرعت طرح: بیشترین سرعت ایمن وسائط نقلیه ریلی است که برای طراحی هندسی خط‌آهن در نظر گرفته می‌شود.

سرعت بهره‌برداری:^۳ سرعتی است که در دوره بهره‌برداری از مسیر، قطار به صورت عملیاتی می‌تواند سیر کند و با توجه به مطالعات شبیه‌سازی حرکت قطار در طول مسیر تعیین می‌شود.

سرعت حداکثر: بیشترین سرعت بهره‌برداری قطارهای تندرو عبوری است.

سرعت حداقل: کمترین سرعت بهره‌برداری قطارهای کندرو عبوری است.

سرعت تعادلی: در صورتی که قطاری با سرعتی از محل قوس عبور نماید که در آن، برآیند نیروهای وزن و گریز از مرکز، عمود بر صفحه مماس گذرنده از تاج دو ریل باشد، سرعت مذکور، سرعت تعادلی نام دارد.

سرعت تجاری: متوسط سرعت سیر یک قطار بین دو نقطه مبدأ و مقصد با احتساب زمان‌های توقف در ایستگاه‌ها، پشت چراغ علائم، مسدودی و سایر می‌باشد.

سرعت مداوم (پایدار): حداقل سرعتی است که یک لکوموتیو می‌تواند در حالت اعمال حداکثر توان داشته باشد.

بار ناخالص سالانه: وزن ناخالص ناوگان عبوری از یک محور در یک سال است که شامل وزن ناخالص رفت و برگشت ناوگان باری، مسافری و عملیاتی می‌باشد.

ترافیک مختلط: ترافیکی است که شامل قطارهای مسافری و باری به صورت ترکیبی باشد.

راه‌آهن پرسرعت: خطی است که از روی آن قطارهای مسافری با سرعت بالاتر از ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت عبور می‌کنند.

راه‌آهن اختصاصی (صنعتی): خطی است که معادن و کارخانجات بزرگ تولیدی را به شبکه راه‌آهن متصل می‌کند.

قطعه (بلاک): فاصله بین دو نقطه جدایش در خطوط راه‌آهن که فقط یک ناوگان می‌تواند، در آن قرار گیرد قطعه (بلاک) نام دارد. نقاط جدایش می‌تواند شامل ایستگاه‌ها، چراغ‌های راهنما، ایستگاه‌های اضطراری و ... باشد.

قطعه (بلاک) بحرانی: قطعه‌ای است که دارای بیشترین زمان رفت و برگشت یک قطار باری باشد.

^۱ برای تعریف واژه‌هایی که بین راه و راه‌آهن مشترک است به نشریه شماره ۱-۸۰۰ سازمان برنامه و بودجه مراجعه شود

^۲ بار محوری مبنای انجام محاسبات ابنیه فنی (نظیر پل‌ها و تونل‌ها)، زیرسازی و روسازی در نشریات ۱۳۹ (آیین‌نامه بارگذاری پل‌ها) و ۲۷۹ (مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه‌آهن) سازمان برنامه و بودجه کشور تعیین شده است.

^۳ در این نشریه، سرعت بهره‌برداری معادل سرعت گراف در نظر گرفته می‌شود.

ظرفیت خط! حداکثر تعداد زوج قطار باری و مسافری که در یک شبانه‌روز می‌تواند از روی قطعه بحرانی عبور کند.

قابلیت عبور خط: حداکثر بار خالص و تعداد مسافری است که در یک سال و در یک جهت می‌تواند جابجا شود.

زوج قطار: اصطلاحاً به مجموعه یک رفت و برگشت قطار گفته می‌شود.

پاره خط پروژه: طول خط پروژه بین دو نقطه تغییر شیب در نیم‌رخ طولی مسیر می‌باشد.

طول مفید خطوط ایستگاه: طولی از خطوط ایستگاهی است که هنگام توقف قطار بر روی آن، مانعی برای عبور ناوگان از خطوط مجاور ایجاد نشود.

بربلندی^۱: اختلاف تراز بین ریل بیرونی و ریل درونی در یک قوس بربلندی نام دارد.

بربلندی تعادلی: میزان بربلندی در یک سرعت مشخص که به‌طور کامل نیروی گریز از مرکز قطار را خنثی می‌سازد. در این حالت مؤلفه‌های نیروی گریز مرکز و وزن در صفحه خط، متعادل هستند.

کمبود بربلندی: در صورت عبور قطار با سرعتی بیشتر از سرعت تعادلی از محل قوس، کمبود بربلندی نتیجه می‌شود.

اضافه بربلندی: در صورت عبور قطار با سرعتی کمتر از سرعت تعادلی از محل قوس، اضافه بربلندی نتیجه می‌شود.

سیمافور: میله فلزی قائمی است که به فاصله حدود ۲۰۰ تا ۲۵۰ متری از انشعاب ورودی ایستگاه قرار گرفته و حالت‌های مختلف آن بیانگر مجوز ورود یا عدم ورود قطار به ایستگاه می‌باشد.

تقاطع: محل عبور راه‌آهن با راه‌آهن، راه، لوله‌های نفت، گاز و سایر موارد می‌باشد که به دو طبقه هم‌سطح و غیرهم‌سطح تقسیم می‌شود.

قواره ساختمان: فضای بازی است که اجزای ساختمان‌ها و ابنیه فنی مجاور مسیر، نباید از آن تجاوز نماید.

قواره ناوگان (بار): فضای بازی است که وسایل و تجهیزات مربوط به ناوگان ریلی شامل تجهیزات واگن‌ها یا بار داخل آن‌ها، نباید از آن تجاوز کنند.

حریم: طبق مفاد ماده ۱۳۶ قانون مدنی، حریم، مقداری از زمین‌های اطراف ملک و قنات و نهر و امثال آن را دانسته‌اند که کمال انتفاع از آن ضرورت دارد.

جاده دسترسی: راهی است که امکان تردد وسایل نقلیه جاده‌ای در امتداد خط راه‌آهن را فراهم می‌کند تا فعالیت‌های جاری تعمیر و نگهداری و سرویس‌دهی به خط ریلی در شرایط اضطراری و شرایط بحران انجام پذیرد.

^۱ در صورتی که ظرفیت مسیر به صورت یک خطه جوابگوی بار و مسافر پیش‌بینی شده نباشد، باید تدابیری برای افزایش ظرفیت آن اتخاذ شود (مانند احداث ایستگاه‌های جدید، دو خطه نمودن در برخی قسمت‌ها، دوخطه نمودن کل مسیر و ...).

^۲ دور

^۳ گاباری

پل: سازه‌ای است که امکان عبور راه‌آهن از روی راه، آبراهه، دره، مسیل، رودخانه، خط انتقال انرژی، خط لوله و یا سایر خطوط راه‌آهن را فراهم می‌سازد.

آبرو: به پل‌های با دهانه کمتر از ۶ متر که با هدف انتقال آب ساخته می‌شود، آبرو گفته می‌شود.

فراز آب: ارتفاع جریان آب بالادست از کف آبرو می‌باشد.

پایاب: عمق جریان آب پایین دست آبرو می‌باشد.

شیب و فراز: مفهوم شیب به معنای سرازیری^۱ و مفهوم فراز به معنای سربالایی^۲ می‌باشد و به صورت کاهش یا افزایش تراز ارتفاعی به طول افقی مشخصی از مسیر گفته می‌شود.

شیب مبنا: شیبی است به طول نامحدود که وزن قطار با سرعت مداوم، بر طبق آن محاسبه می‌شود.

فراز حاکم (مبنا)^۳ مسیر: فرازی است که معیار تعیین حداقل نیروی کشش مورد نیاز مسیر و یا حداکثر وزن مجاز قطارهای عبوری (با سرعت پایدار) از مسیر می‌باشد.

فراز حاکم (مبنا) بلاک: فرازی است که معیار تعیین حداقل نیروی کشش مورد نیاز بلاک و یا حداکثر وزن مجاز قطارهای عبوری (با سرعت پایدار) از بلاک می‌باشد.

فراز کشش دوگانه: در نقاطی که از لحاظ توپوگرافی محدودیت وجود داشته باشد و نتوان فراز حاکم را پیاده نمود، به اجبار فرازی بزرگتر از فراز حاکم اجرا می‌شود که به آن فراز کشش دوگانه گفته می‌شود. قطار برای عبور از روی این فرازها علاوه بر لکوموتیو اصلی باید از لکوموتیوهای کمکی استفاده نماید.

فراز شتاب جنبشی^۴: فرازی است که مقدار آن بیشتر از فراز حاکم است، ولی وضعیت سیر در آن بلاک به گونه‌ای است که ناوگان با اینرسی حرکتی خود می‌تواند از محل فراز عبور نماید. این فراز بیشتر از فراز حاکم، البته با طولی به اندازه کافی کوچک است و قطار می‌تواند با انرژی جنبشی خود و بدون استفاده از کشش دوگانه از این فراز عبور نماید.

شیب مضر: هنگامی که قطار در یک شیب طولانی حرکت می‌کند، بعد از گذشت مدتی سرعت آن به حداکثر سرعت مجاز می‌رسد. برای جلوگیری از تجاوز سرعت از حدود مجاز آن، باید سرعت قطار را توسط ترمزها کاهش داد. در چنین شیبی، انرژی جنبشی قطار توسط کفشک‌های ترمز و چرخ‌ها تبدیل به حرارت شده و به دلیل ترمزگیری‌های مداوم ناوگان و زیرساخت دچار زوال زودرس می‌شوند. چنین شیبی را شیب مضر می‌نامند.

مناطق هموار (پستی و بلندی کم): مناطقی است که شیب زمین در آن کمتر از ۳ درصد باشد.

مناطق تپه‌ماهوری (پستی و بلندی زیاد): مناطقی است که شیب زمین بین ۳ تا ۷ درصد باشد.

^۱ Falling Gradient

^۲ Raising Gradient

^۳ Rulling Gradient

^۴ Momentum

مناطق کوهستانی (پستی و بلندی بسیار زیاد): مناطقی است که شیب زمین بیش از ۷ درصد باشد.

انشعاب استاندارد: در آن، یک خط به دو مسیر تقسیم شده و خط اصلی، مستقیم باقی می ماند

انشعاب ساده متقارن: در آن، یک خط به دو مسیر تقسیم شده و هر دو خط اصلی و فرعی به سمت خارج انحنا دارند

انشعاب مضاعف یک طرفه: در آن، یک خط به سه خط تقسیم می شود و خط اصلی مستقیم و بقیه خطوط در یک طرف آن واقع می شوند.

انشعاب مضاعف دو طرفه: در آن، یک خط به طور متقارن به سه خط تبدیل می شود، یک خط مستقیم در وسط و دو خط متقارن در دو طرف.

تقاطع هم گذر لوزی: دو خط یکدیگر را بدون هیچ گونه تغییر مسیری قطع می کنند.

تقاطع چلیپای ساده: در آن دو خط یکدیگر را قطع کرده و تغییر مسیر فقط از یک خط به خط دیگر امکان پذیر است.

تقاطع چلیپای مضاعف: در آن دو خط یکدیگر را قطع کرده و تغییر مسیر از یک خط به خط دیگر در هر دو جهت امکان پذیر است.

تغییر خط ساده بین دو خط موازی: جهت اتصال دو خط موازی به یکدیگر به گونه ای که تنها در ۲ جهت از ۴ جهت حرکت، قابلیت تغییر مسیر به خط دیگر وجود داشته باشد.

تغییر خط مضاعف بین دو خط موازی^۱ (قیچی): جهت اتصال دو خط موازی به یکدیگر به گونه ای که از هر چهار جهت امکان تغییر مسیر به خط مقابل وجود داشته باشد.

حد استاندارد (معمول): مقداری است که اندازه یک پارامتر طرح هندسی به طور معمول از آن تجاوز نمی کند.

حد حداکثر (استثنایی):^۲ محدودیتی شدید برای یک پارامتر طرح هندسی است که نباید از آن فراتر رفت و متضمن دو معنی متفاوت ایمنی یا راحتی سفر می باشد. به طور کلی استفاده از مقادیر استثنایی منوط به دریافت تایید دستگاه بهره بردار است.

۱-۵- طبقه بندی خطوط ریلی

خطوط شبکه راه آهن کشور و خطوط جدید، برحسب حداکثر سرعت ناوگان عبوری، به چهار طبقه A, B, C, D و همچنین برحسب بار ناخالص عبوری سالیانه مربوط به سال دهم بهره برداری، به چهار طبقه ۱، ۲، ۳ و ۴ تقسیم می شوند. این طبقه بندی در جدول ۱-۱ خلاصه شده است.

^۱ یا کراس اور ساده

^۲ یا کراس اور دو گانه

^۳ در پیوست ج، محدودیت های مرتبط با استفاده از مقادیر حداکثر (حدود استثنایی) توضیح داده شده است.

جدول ۱-۱ طبقه‌بندی خطوط راه‌آهن

کمتر از ۸۰ (D)	۸۰-۱۲۰ (C)	۱۲۰-۱۶۰ (B)	۱۶۰-۲۰۰ (A)	سرعت (کیلومتر بر ساعت)
				بار ناخالص عبوری سالیانه در سال دهم بهره‌برداری (میلیون تن)
D _۱	C _۱	B _۱	A _۱	بیش از ۱۵ (۱)
D _۲	C _۲	B _۲	A _۲	۱۰-۱۵ (۲)
D _۳	C _۳	B _۳	A _۳	۵-۱۰ (۳)
D _۴	C _۴	B _۴	A _۴	کمتر از ۵ (۴)

تبصره ۱: خطوط صنعتی و تجاری منشعب از ایستگاه‌های راه‌آهن که دارای بار ناخالص عبوری سالیانه کمتر از ۲ میلیون تن و سرعت کمتر از ۶۰ کیلومتر در ساعت می‌باشند به‌عنوان «خط فرعی» و با علامت E مشخص می‌شوند.

تبصره ۲: تمامی خطوطی که بار ناخالص عبوری سالیانه در سال دهم بهره‌برداری در آن‌ها از ۱۵ میلیون بیشتر باشد، باید زیرسازی آن‌ها به‌صورت دو خطه احداث شود.

تبصره ۳: برای خطوط پرسرعت، به‌کارگیری ضوابط خاص طرح هندسی مسیر راه‌آهن‌های پرسرعت (از جمله توصیه‌های نشریه ۳۹۴ سازمان برنامه و بودجه کشور) ضروری می‌باشد.

تبصره ۴: برای خطوط درون‌شهری، به‌کارگیری ضوابط خاص طرح هندسی مسیر راه‌آهن‌های درون‌شهری ابلاغ شده توسط سازمان برنامه و بودجه کشور شامل نشریه ۸۰۵-۱ (ضوابط طراحی خطوط قطار شهری و حومه (جلد اول - ضوابط طرح هندسی)) و نشریه ۸۰۳ (راهنمای طراحی دپو و پارکینگ قطار شهری و حومه) ذیل شرح خدمات مطالعات تفصیلی حمل‌ونقل همگانی و امکان‌سنجی حمل‌ونقل ریلی شهری و حومه (نشریه شماره ۷۷۷) ضروری است.

۱-۶- حریم راه‌آهن

در تعیین حریم راه‌آهن باید قوانین زیر و سایر قوانین مرتبط با آن رعایت شود:

- ماده ۱۳ قانون کیفر بزه‌های مربوط به راه‌آهن (مصوب ۱۳۲۰): بر اساس این ماده حریم خط راه‌آهن ۱۷ متر در طرفین محور خط می‌باشد (در مسیرهای چند خطه مقدار ۱۷ متر باید از محور بیرونی‌ترین خط محاسبه شود).
- ماده ۱۷ قانون اصلاح قانون ایمنی راه‌ها و راه‌آهن (مصوب ۱۳۷۹): ایجاد هرگونه ساختمان، دیوارکشی و تأسیسات در شعاع ۱۰۰ متری از انتهای حریم راه‌آهن‌های کشور بدون کسب مجوز ممنوع می‌باشد.
- آیین‌نامه اجرایی تبصره (۱) ماده (۱۷) اصلاحی قانون ایمنی راه‌ها و راه‌آهن مصوب ۱۳۷۹: اراضی واقع در نوار به عرض ۳۰ متری (نوار تأسیساتی)، از ابتدای محدوده ۱۰۰ متری، بلافاصله پس از حریم قانونی راه و راه‌آهن، فقط

دارای کاربری تأسیسات زیربنایی خواهند بود. مستحذات مجاز در این محدوده (نوار با کاربری تأسیسات زیربنایی) عبارت‌اند از:

- ✓ شبکه‌های تأسیسات زیربنایی نظیر خطوط آب، برق، فاضلاب، گاز، نفت، مخابرات و امثال آن
- ✓ افزایش حریم راه‌ها و ایجاد تأسیسات وابسته به آن نظیر پارکینگ با رعایت حقوق مکتسبه تأسیسات زیربنایی

با استناد به قوانین فوق حریم راه آهن در دو بخش حریم قانونی و محدوده های نظارتی راه آهن طبقه‌بندی می‌شود. حریم قانونی راه آهن در خطوط تک خطه به فاصله ۱۷ متر در هر یک از طرفین محور خط و در خطوط دو یا چند خطه به فاصله ۱۷ متر از محور خط کناری به طرف خارج خط می‌باشد، مشروط بر اینکه حد نهایی خاکریز یا برش، ابنیه، گذرگاه‌ها، ساختمان‌ها، تأسیسات جانبی و تأسیسات تثبیت شن‌های روان از این مقدار تجاوز ننماید که در این صورت حریم راه آهن همان حد نهایی خاکریز، برش، ابنیه یا تأسیسات خواهد بود.

پس از حریم قانونی (۱۷ متری) راه آهن، محدوده‌های نظارتی به عمق یک‌صد متر پیش‌بینی شده است که به دو قسمت مجزا به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

- قسمت اول تحت عنوان محدوده تأسیساتی به عرض ۳۰ متر (محدوده ۱۷ تا ۴۷ متری از محور خط) صرفاً به تأسیسات زیربنایی اختصاص یافته و هرگونه اقدام خارج از این کاربری ممنوع است.
 - قسمت دوم پس از حریم قانونی و نوار تأسیساتی راه آهن (فاصله ۴۷ تا ۱۱۷ متری) است و هرگونه احداث بنا در این محدوده با اطلاع قبلی و با صدور مجوز بلامانع است.
- حریم راه و راه آهن باید مطابق قانون ایمنی راه و راه آهن و آئین‌نامه اجرائی آن، بر اساس آخرین مصوبات ابلاغی، رعایت شود.

۱-۷- سایر مراجع

در متن این نشریه به ضوابطی در سایر نشریات و دستورالعمل‌های سازمان برنامه و بودجه کشور، سازمان ملی استاندارد ایران و مقررات راه آهن به شرح زیر ارجاع داده شده است که رعایت آن‌ها براساس سطح ابلاغ شده و لحاظ آخرین تجدیدنظرها و اصلاحیه‌ها الزامی می‌باشد:

- نشریه ۱۳۹: آیین‌نامه بارگذاری پل‌ها
- نشریه ۲۶۷-۱: آیین‌نامه ایمنی راه‌های کشور، جلد اول، مبانی طرح راه ایمن
- نشریه ۲۷۹: مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه آهن
- نشریه ۲۹۳-۱: نقشه‌های همسان آبروهای راه آهن تا دهانه ۱۰ متر
- نشریه ۲۹۵: نقشه‌های همسان پل‌ها و عرشه پل‌های راه آهن دهانه ۱۰ تا ۲۵ متر
- نشریه ۳۰۱: مشخصات فنی عمومی روسازی راه آهن

- نشریه ۳۰۸: راهنمای طراحی دیوارهای حائل
- نشریه ۳۵۵: دستورالعمل نظارت بر اجرای روسازی راه آهن
- نشریه ۳۸۹: آیین نامه طرح و محاسبه پل های بتن آرمه
- نشریه ۳۹۴: دستورالعمل طراحی و نظارت بر روسازی راه آهن سریع السیر
- نشریه ۴۱۱: شرح خدمات همسان مطالعات طرح های احداث راه آهن
- نشریه ۴۳۶: آیین نامه طرح پل های راه و راه آهن در برابر زلزله
- نشریه ۵۱۶: راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری آبسکن های رودخانه ای
- نشریه ۶۸۴: راهنمای طراحی و اجرای پوشش داخلی تونل های راه و راه آهن
- نشریه ۷۷۷: شرح خدمات مطالعات تفصیلی حمل و نقل همگانی و امکان سنجی حمل و نقل ریلی شهری و حومه
- نشریه ۸۰۰-۱: آیین نامه راه های ایران (آرا)، آیین نامه طرح هندسی راه های برون شهری
- نشریه ۸۰۳: راهنمای طراحی دپو و پارکینگ قطار شهری و حومه
- نشریه ۸۰۵-۱: ضوابط طراحی خطوط قطار شهری و حومه (جلد اول - ضوابط طرح هندسی)
- نشریه ۸۶۳: دستورالعمل انتخاب روسازی خطوط راه آهن (بالاستی- بدون بالاست)
- استاندارد ملی ایران (۱۱۹۱۰): راه آهن- ایستگاه های مسافری- ارتفاع سکوها- مقررات حاکم بر تعیین موقعیت لبه های سکو نسبت به خط
- استاندارد ملی ایران (۱۱۹۴۰): راه آهن- ایمنی در تونل های راه آهن
- استاندارد ملی ایران (۱۱۹۳۲): راه آهن- نتایج اعمال گاباری سینماتیک تعریف شده در استانداردهای سری UIC۵۰۵ در طراحی خطوط تماس
- استاندارد ملی ایران (۱۲۹۰۳): راه آهن- تدابیر لازم جهت محافظت پل های راه آهن در برابر برخورد وسایل نقلیه جاده ای و محافظت از خط در برابر ورود وسایل نقلیه جاده ای
- استاندارد ملی ایران (۱۴۸۵۶): راه آهن- اقدامات ایمنی در تقاطع های هم سطح در خطوط با سرعت بهره برداری ۱۲۰ تا ۲۰۰ کیلومتر بر ساعت
- استاندارد ملی ایران (۱۷۴۴۶): راه آهن- تاثیر اعمال گاباری های سینماتیکی تعریف شده در استانداردهای سری UIC۵۰۵ بر موقعیت سازه ها و ابنیه نسبت به خطوط ریلی و موقعیت خطوط نسبت به یکدیگر
- استاندارد ملی ایران (۱۷۸۴۰): راه آهن- تقاطع هم سطح- علائم و علامت های جاده ای
- استاندارد ملی ایران (۱-۱۸۰۹۱): سیستم های حمل و نقل ریلی درون شهری و حومه- نشانه ها و تابلوها
- مقررات عمومی سیر و حرکت راه آهن

۱-۸- علائم اختصاری

مفاهیم و پارامترهای به کار رفته در روابط محاسباتی طراحی هندسی مسیر خطوط ریلی، از علائم اختصاری مخصوصی برخوردارند. ممکن است این علائم در متون فنی دارای تفاوت‌های جزئی باشند که برای این آیین‌نامه به صورت جدول ۲-۱ تعریف می‌شوند.

جدول ۲-۱ خلاصه علائم اصلی اختصاری مرتبط با طرح هندسی خطوط ریلی

واحد سنجش	تعریف	نماد	ردیف
$\frac{m}{s^2}$	شتاب جانبی خنثی نشده	a_q	۱
m	طولی از خط موجود که باید منحرف شود	AB_{var}	۲
m	طول نیم‌ساز قوس قائم (خم)	B_V	۳
m	طول مستقیم بین قوس‌های معکوس خط انحرافی	C_{var}	۴
$\frac{mm}{m}$	شیب بریلندی	$\frac{dd}{dl}$	۵
$\frac{mm}{s}$	تغییرات بریلندی در واحد زمان	$\frac{dd}{dt}$	۶
$\frac{mm}{s}$	تغییرات کمبود بریلندی در واحد زمان	$\frac{dl}{dt}$	۷
mm	بریلندی (دور)	d	۸
m	فاصله بین دو انشعاب	D	۹
m	حداکثر فاصله انحراف از مسیر اصلی	D_{var}	۱۰
mm	بریلندی تعادلی	d_{eq}	۱۱
cm	اضافه عرض زیرسازی در قوس‌ها	e	۱۲
cm	اضافه عرض اعمالی در پل‌ها	e_b	۱۳
mm	اضافه بریلندی	E	۱۴
m	طول نیم‌ساز قوس افقی	E_s	۱۵
$\frac{m}{s^2}$	شتاب گرانش	g	۱۶
%	شیب یا فراز طولی	G	۱۷
%	شیب قطعه میانی جهت شتاب‌گیری قطار	G_c	۱۸
%	شیب متوسط خطوط ایستگاهی	G_{stat}	۱۹
cm	ضخامت طرح زیربالاست	h	۲۰
cm	ضخامت طرح بالاست	H	۲۱
mm	کمبود بریلندی	I	۲۲
m	طول قطعه مستقیم پل	L_b	۲۳
m	طول قوس دایره	L_c	۲۴

واحد سنجش	تعریف	نماد	ردیف
m	طول نیمی از انحراف در امتداد مسیر اصلی	L_{var}	۲۵
m	طول مستقیم بین دو قوس متوالی افقی	L_i	۲۶
m	حداقل طول دستیابی به سرعت مداوم (پایدار)	L_p	۲۷
m	حداقل طول بین قوس‌های قائم با تغییر جهت شیب و فراز	L_r	۲۸
m	طول قوس پیوندی	L_s	۲۹
m	فاصله بین دو تغییر ناگهانی کمبود بریلندی	L_{si}	۳۰
-	تعداد قطار (تام)	n_i	۳۱
m	شعاع قوس افقی	R	۳۲
m	شعاع قوس قائم	R_v	۳۳
m	شعاع قوس‌های خط انحراف	R_{var}	۳۴
m	فاصله بین دو خط موازی	S	۳۵
m	طول بخش مستقیم انحراف	S_{var}	۳۶
m	طول مماس قوس افقی	T_s	۳۷
m	طول مماس قوس قائم (خم)	T_v	۳۸
m	طول مماس انحراف	T_{var}	۳۹
$\frac{km}{hr}$	سرعت طرح	V_d	۴۰
$\frac{km}{hr}$	سرعت مداوم (پایدار)	V_{ct}	۴۱
$\frac{km}{hr}$	سرعت تعادلی	V_{eq}	۴۲
$\frac{km}{hr}$	سرعت قطار (تام)	V_i	۴۳
$\frac{km}{hr}$	سرعت متوسط بهره‌برداری	V_m	۴۴
$\frac{km}{hr}$	حداکثر سرعت بهره‌برداری	V_{max}	۴۵
$\frac{km}{hr}$	حداقل سرعت بهره‌برداری	V_{min}	۴۶
cm	مقدار تعریض قواره در محل قوس‌ها	w	۴۷
kN	وزن قطار (تام)	w_i	۴۸
%	اختلاف شیب طولی متوالی	Δ_i	۴۹
mm	تغییر ناگهانی کمبود بریلندی	ΔI	۵۰
-	مقدار حدی یا مجاز	O_{lim}	۵۱

فصل ۲

پلان مسير

۲-۱- مقدمه

- طراحی پلان مسیر شامل مشخصات مسیر ریلی در پلان از جمله برابندی، قوس دایره، قوس پیوندی و مسیر مستقیم می‌باشد که در این فصل به آن پرداخته شده است. در این خصوص لازم است موارد به شرح زیر مدنظر قرار داده شود:
- امتداد افقی مسیر، بهتر است در حد امکان با پستی و بلندی و عوارض طبیعی زمین، هماهنگ باشد. مسیری که به‌طور یکنواخت و هماهنگ با خطوط تراز طرح می‌شود از مسیری که دارای قسمت‌های مستقیم همراه با شیب و فراز تند باشد بهتر است.
 - تا حد امکان سعی شود از قوس‌های با شعاع زیاد استفاده شده و از به‌کار بردن قوس‌های با شعاع حداقل، به جز در موارد استثنائی اجتناب شود.
 - از تغییر جهت ناگهانی در امتداد افقی مسیر باید احتراز شود. برای این منظور باید در یک قوس از دو قوس پیوندی در خلاف جهت یکدیگر و بین دو قوس، از خط مستقیم به طول کافی استفاده شود.
 - نقشه اولیه مسیر افقی باید با نیم‌رخ طولی، هماهنگ شده و بازنگری شود.
 - مبنای محاسبه برابندی و کنترل‌های مربوطه، سرعت بهره‌برداری است.
 - مبنای محاسبه طول قوس پیوندی، سرعت طراحی است.

۲-۲- برابندی

حرکت قطار در یک قوس باعث ایجاد نیروی گریز از مرکز می‌شود. برای تأمین ایمنی و راحتی حرکت قطار و کاهش سایش ریل‌ها در قوس باید ریل بیرونی بالاتر از ریل درونی قرار گیرد تا بخشی از نیروی گریز از مرکز با مؤلفه وزن قطار در امتداد برابندی خنثی شود. بر این اساس به تفاوت تراز ارتفاعی سطح ریل‌ها در مسیر قوس برابندی گفته می‌شود.

۲-۲-۱- برابندی تعادلی

میزان برابندی که به‌طور کامل نیروی گریز از مرکز را در یک سرعت مشخص خنثی می‌سازد، برابندی تعادلی نامیده می‌شود. در این حالت مؤلفه‌های نیروی گریز مرکز و وزن در صفحه خط، متعادل هستند. در شکل ۱-۲ نیروهای وارد به یک ناوگان به جرم (m) در حین عبور از یک قوس با برابندی (d) نشان داده شده است که در آن نیروی گریز از مرکز (N) نیروی عکس‌العمل سطح می‌باشد. برابندی تعادلی (d_{eq}) مطابق با رابطه ۱-۲ محاسبه می‌شود. برای سرعت‌ها و شعاع‌های مختلف بر اساس رابطه ۱-۲، مقادیر برابندی تعادلی در جدول ۱-۲ ارائه شده است.

$$d_{eq} = 11/8 \frac{V_{eq}^2}{R} \quad 1-2$$

که در آن:

d_{eq} : برابندی تعادلی بر حسب میلی متر

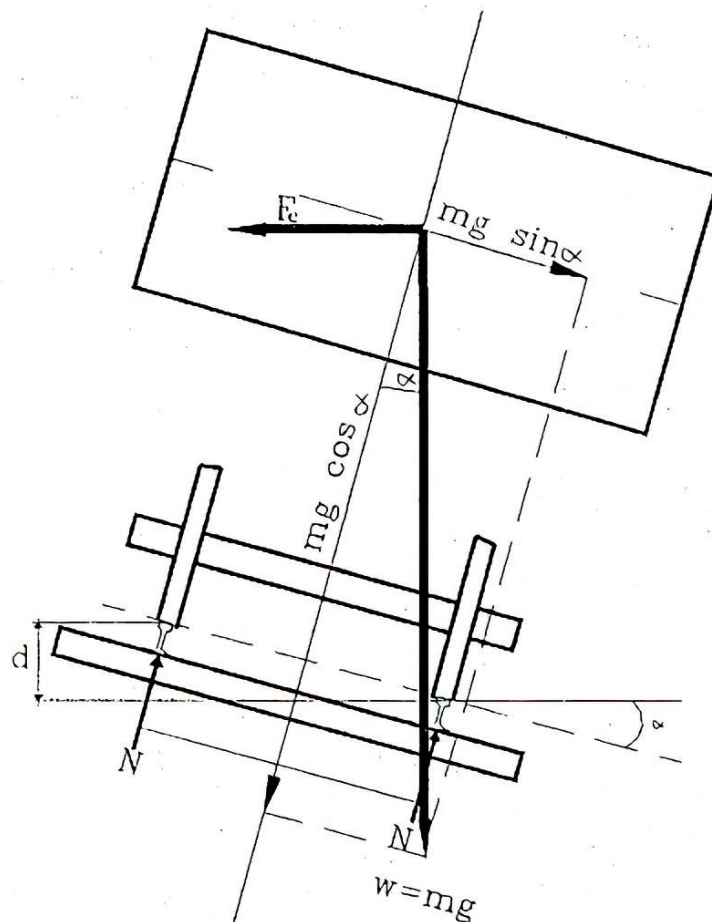
R : شعاع قوس بر حسب متر

V_{eq} : سرعت تعادلی بر حسب کیلومتر بر ساعت است.

اگر انواع مختلف قطارها با سرعت یکسانی از قوس عبور می کردند، در این حالت سرعت تعادلی ثابت و شرایط مطلوب برای حرکت نرم قطارها با حداقل سایش ریلها در برابندی تعادلی حاصل می شد. ولی انواع مختلف ترافیک ریلی با سرعت های متفاوتی از یک قوس عبور می کنند و در اثر عبور قطارهای کندرو، سایش بیش از حد در ریل داخلی و در اثر عبور قطارهای تندرو، سایش بیش از حد در ریل خارجی ایجاد می شود. از آنجایی که در خطوط با ترافیک مختلط، انواع مختلف قطارها با سرعت های متفاوتی از قوسها عبور می کنند، برای محاسبه سرعت تعادلی باید از سرعت بهره برداری میانگین (V_m) مطابق رابطه ۲-۲ استفاده نمود:

$$V_m^2 = \frac{\sum n_i w_i V_i^2}{\sum n_i w_i} \quad 2-2$$

که در آن n_i تعداد قطارهایی است که با سرعت بهره برداری (V_i) و وزن (w_i) بدون تغییر برابندی، از قوس عبور می کنند.



شکل ۱-۲ تعادل نیروهای وارد بر وسیله نقلیه در قوس

جدول ۱-۲ مقادیر بر بلندی تعادلی بر حسب شعاع قوس و سرعت تعادلی (میلی متر)

۲۰۰	۱۹۰	۱۸۰	۱۷۰	۱۶۰	۱۵۰	۱۴۰	۱۳۰	۱۲۰	۱۱۰	۱۰۰	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	سرعت (کیلومتر بر ساعت)	شعاع قوس (متر)
۴۷	۴۳	۳۸	۳۴	۳۰	۲۷	۲۳	۲۰	۱۷	۱۴	۱۲	۱۰	۸	۶			۱۰۰۰۰	
۵۲	۴۷	۴۲	۳۸	۳۴	۳۰	۲۶	۲۲	۱۹	۱۶	۱۳	۱۱	۸	۶	۵		۹۰۰۰	
۵۹	۵۳	۴۸	۴۳	۳۸	۳۳	۲۹	۲۵	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۷	۵		۸۰۰۰	
۶۷	۶۱	۵۵	۴۹	۴۳	۳۸	۳۳	۲۸	۲۴	۲۰	۱۷	۱۴	۱۱	۸	۶		۷۰۰۰	
۷۹	۷۱	۶۴	۵۷	۵۰	۴۴	۳۸	۳۳	۲۸	۲۴	۲۰	۱۶	۱۳	۱۰	۷	۵	۶۰۰۰	
۹۵	۸۵	۷۷	۶۸	۶۰	۵۳	۴۶	۴۰	۳۴	۲۹	۲۴	۱۹	۱۵	۱۲	۹	۶	۵۰۰۰	
۱۱۸	۱۰۷	۹۶	۸۵	۷۶	۶۶	۵۸	۵۰	۴۲	۳۶	۳۰	۲۴	۱۹	۱۴	۱۱	۷	۴۰۰۰	
	۱۴۲	۱۲۸	۱۱۴	۱۰۱	۸۹	۷۷	۶۶	۵۷	۴۸	۳۹	۳۲	۲۵	۱۹	۱۴	۱۰	۳۰۰۰	
			۱۳۷	۱۲۱	۱۰۶	۹۲	۸۰	۶۸	۵۷	۴۷	۳۸	۳۰	۲۳	۱۷	۱۲	۲۵۰۰	
					۱۳۳	۱۱۶	۱۰۰	۸۵	۷۱	۵۹	۴۸	۳۸	۲۹	۲۱	۱۵	۲۰۰۰	
					۱۴۸	۱۲۸	۱۱۱	۹۵	۷۹	۶۶	۵۳	۴۲	۳۲	۲۴	۱۶	۱۸۰۰	
						۱۴۵	۱۲۵	۱۰۶	۸۹	۷۴	۶۰	۴۷	۳۶	۲۷	۱۸	۱۶۰۰	
							۱۴۲	۱۲۱	۱۰۲	۸۴	۶۸	۵۵	۴۱	۳۰	۲۱	۱۴۰۰	
								۱۴۲	۱۱۹	۹۸	۸۰	۶۳	۴۸	۳۵	۲۵	۱۲۰۰	
									۱۴۳	۱۱۸	۹۶	۷۶	۵۸	۴۲	۳۰	۱۰۰۰	
										۱۳۱	۱۰۶	۸۴	۶۵	۴۷	۳۳	۹۰۰	
										۱۴۸	۱۲۰	۹۵	۷۲	۵۳	۳۷	۸۰۰	
											۱۳۷	۱۰۸	۸۲	۶۱	۴۲	۷۰۰	
												۱۲۶	۹۶	۷۱	۵۰	۶۰۰	
													۱۱۶	۸۵	۶۰	۵۰۰	
													۱۴۵	۱۰۶	۷۴	۴۰۰	
														۱۴۲	۹۸	۳۰۰	
															۱۱۸	۲۵۰	

۲-۲-۲- اعمال محدودیت بر بلندی

مقدار بر بلندی باید با در نظر گرفتن ملاحظات زیر تعیین شود:

- میزان مجاز بر بلندی متأثر از مشخصات ناوگان و نیز اثر قواره ناوگان بر سازه‌های اطراف نیز هست که این مهم باید هنگام طراحی مسیر مد نظر قرار گیرد.
- بر بلندی زیاد در قوس‌های با شعاع پایین، خطر خروج قطارهای کندرو از خط را به دلیل کاهش بسیار زیاد بار قائم چرخ وارد شده به ریل بیرونی (به ویژه در شرایط پیچش در خط) افزایش می‌دهد.
- بر بلندی زیاد (بالتر از ۱۵۰ میلی‌متر) باعث جابجایی بار و آزدگی مسافری در صورت توقف قطار یا حرکت با سرعت پایین در موقعیت قوس (مقادیر بالای اضافه بر بلندی) می‌شود. بنابراین ممکن است ناپایداری واگن‌های عبوری و بارهای ویژه با مرکز ثقل بالا را به دنبال داشته باشد.
- بر بلندی زیاد موجب افزایش اضافه بر بلندی در قوس‌هایی می‌شود که تفاوت زیادی را در سرعت قطارهای تندرو و کندرو داشته باشند.
- محدودیت‌های پیچش خط تابعی از مقدار بر بلندی اعمال شده می‌باشد، بنابراین اعمال مقادیر بالای بر بلندی ضرورت سایر اقدامات از جمله در نظر گرفتن پیچش کمتر به منظور اطمینان از ایمنی را به دنبال دارد. موضوعی که رعایت سطوح بالای استانداردهای نگهداری خط را الزامی می‌کند.
- بر بلندی زیاد در نقاط ویژه مانند پل‌ها، تونل‌ها، تقاطعات هم‌سطح و نیز محدوده‌های ایستگاهی (مشمول بر خطوط ایستگاهی و دستگاه خطوط)، باعث افزایش هزینه‌های نگهداری و تعمیر و کاهش کیفیت خط می‌شود. بنابراین محدودسازی بر بلندی در این نقاط توصیه می‌شود. در صورت قرارگیری قوس در موقعیت ویژه، لازم است اثر اعمال بر بلندی بر ایمنی و کیفیت سیر ناوگان مورد ارزیابی قرار گیرد.^۱ بدین منظور طراح باید اثرات دینامیکی ناوگان در اثر سیر از موقعیت‌های فوق را بررسی و بر بلندی بهینه را طراحی و پیشنهاد نماید. در صورتی که از لحاظ اجرایی اعمال بر بلندی نسبت به یک ریل دارای محدودیت باشد، می‌توان بر بلندی را نسبت به محور مرکزی خط اعمال نمود.
- مقدار بر بلندی استاندارد باید به ۱۲۰ میلی‌متر و مقدار بر بلندی استثنایی باید به ۱۵۰ میلی‌متر محدود شود. این مقادیر برای نقاط ویژه به ترتیب برابر ۹۰ میلی‌متر (شرایط استاندارد) و ۱۰۰ میلی‌متر (شرایط استثنایی) می‌باشند.

^۱ در موقعیت سوزن‌ها، اجرای بر بلندی مجاز نیست.

۳-۲-۲-۲ - کمبود بر بلندی

۱-۳-۲-۲-۲ - خطوط پیوسته

در سرعت‌های بیشتر از سرعت تعادلی، کمبود بر بلندی وجود خواهد داشت. کمبود بر بلندی (I) در هر قوس، برای مقادیر مفروض شعاع قوس (R) و بر بلندی واقعی (d) از رابطه ۳-۲ به دست می‌آید:

$$I = 11/8 \frac{V_{max}^2}{R} - d \leq I_{lim} \quad 3-2$$

که در آن:

V_{max} : سرعت حداکثر بر حسب کیلومتر بر ساعت

I_{lim} : کمبود بر بلندی مجاز بر حسب میلی‌متر (جدول ۲-۲) است.

در اثر کمبود بر بلندی، شتاب جانبی خنثی نشده‌ای (a_q) در صفحه خط وجود خواهد داشت که از رابطه ۴-۲ به دست می‌آید:

$$a_q = \frac{V_{max}^2}{12/96R} - \frac{gd}{1500} \approx \frac{I}{153} \leq (a_q)_{lim} \cong \frac{gI_{lim}}{1500} \quad 4-2$$

که در آن:

$(a_q)_{lim}$: شتاب جانبی خنثی نشده مجاز بر حسب متر بر مجذور ثانیه (جدول ۲-۲)

g : شتاب جاذبه بر حسب متر بر مجذور ثانیه است.

در تعیین مقادیر I_{lim} و $(a_q)_{lim}$ عواملی از قبیل تنش‌ها، ایمنی، جنبه‌های اقتصادی نگهداری و راحتی و سلامتی سفر موثر است.

۲-۳-۲-۲-۲ - نقاط ویژه

نکات مربوط به کمبود بر بلندی در خطوط پیوسته، در مورد سوزن‌ها و انشعابات، درزهای انبساط، تقاطعات واقع در قوس‌ها و سایر نقاط ویژه نیز صادق است. از آنجاکه اندازه نیروهای دینامیکی در این نقاط نسبت به خطوط پیوسته بحرانی‌تر است، طراحی آن‌ها باید بر اساس کمبود بر بلندی مجاز محدودتری انجام شود (جدول ۲-۲). در صورت قرارگیری این نقاط در محل قوس‌ها توصیه می‌شود بر بلندی اجرایی بر اساس کمبود بر بلندی، طراحی و اجرا شود. در این زمینه، رعایت الزامات بند ۲-۴-۵ در موقعیت انشعابات و محدوده‌های ایستگاهی نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

۴-۲-۲-۲ - اضافه بر بلندی

در سرعت‌های کمتر از سرعت تعادلی، اضافه بر بلندی وجود خواهد داشت. اضافه بر بلندی (E) در هر قوس، برای مقادیر مفروض شعاع قوس (R) و بر بلندی واقعی (d) از رابطه ۵-۲ به دست می‌آید:

$$E = d_a - 11/8 \frac{V_{min}^2}{R} \leq E_{lim} \quad ۵-۲$$

که در آن:

V_{min} : سرعت حداقل برحسب کیلومتر بر ساعت

E_{lim} : اضافه بر بلندی مجاز برحسب میلی متر (جدول ۲-۲) است.

مقدار (E) در تنش های ریل داخلی ناشی از حرکت قطارهای باری که بارهای محوری سنگین تری دارد، موثر است.

جدول ۲-۲ مقادیر حدی مجاز برای پارامترهای کمبود بر بلندی و اضافه بر بلندی

(A),(B) ۱۲۰-۲۰۰		(C) ۸۰-۱۲۰		(D) <۸۰		طبقه خط سرعت (کیلومتر بر ساعت)
حداکثر	استاندارد	حداکثر	استاندارد	حداکثر	استاندارد	مقادیر
۱۲۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۰	۸۰	۶۰	I_{lim} (میلی متر)
۰/۸۰	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۵۳	۰/۵۳	۰/۴۰	$(a_q)_{lim}$ (متر بر مجذور ثانیه) (خطوط پیوسته)
۸۰	۶۰	۸۰	۶۰	۸۰	۶۰	I_{lim} (میلی متر)
۰/۵۳	۰/۴۰	۰/۵۳	۰/۴۰	۰/۵۳	۰/۴۰	$(a_q)_{lim}$ (متر بر مجذور ثانیه) (نقاط ویژه)
۹۰	۷۰	۷۰	۵۰	۵۰	۳۰	E_{lim} (میلی متر)

۵-۲-۲- تغییرات بر بلندی

تغییرات بر بلندی که در قوس پیوندی انجام می گیرد، معمولاً به دو صورت تغییرات بر بلندی نسبت به طول (شیب بر بلندی) و تغییرات بر بلندی نسبت به زمان عبور مطرح می باشد. به علاوه، تغییرات کمبود بر بلندی نسبت به زمان عبور نیز از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

۲-۲-۵-۱- شیب برابندی

تغییرات برابندی باید به طور یکنواخت در طول قوس پیوندی از مقدار صفر در نقطه آغاز قوس، شروع شود و در نقطه تلاقی قوس با قوس دایره، به مقدار حداکثر خود که برابندی طراحی شده برای قوس دایره است، برسد. تغییرات برابندی در طول $\left(\frac{dd}{dl}\right)$ باید در حدی باشد که شتاب جانبی وارد به وسایل نقلیه از حد معینی تجاوز نکند و حرکت مناسب قطار تأمین شود. مقدار حداکثر شیب تغییرات برابندی در طول $\left(\frac{dd}{dl}\right)_{lim}$ باید برای شرایط استاندارد به ۲/۲۵ میلی‌متر بر متر و برای شرایط استثنایی به ۲/۵۰ میلی‌متر بر متر محدود شود (جدول ۲-۳).

۲-۲-۵-۲- نرخ تغییرات برابندی (تغییرات برابندی در واحد زمان)

در صورتی که شیب افزایش برابندی ثابت باشد، تغییرات برابندی نسبت به زمان از رابطه ۲-۶ به دست می‌آید:

$$\frac{dd}{dt} = \frac{d V_{max}}{3/6 L_S} \leq \left(\frac{dd}{dt}\right)_{lim} \quad ۲-۶$$

که در آن:

V_{max} : سرعت حداکثر بر حسب کیلومتر بر ساعت

L_S : طول قوس پیوندی (معادل طول تغییرات برابندی) بر حسب متر

$\left(\frac{dd}{dt}\right)_{lim}$: تغییرات مجاز برابندی در واحد زمان بر حسب $\frac{mm}{s}$ (جدول ۲-۳) است.

۲-۲-۵-۳- نرخ تغییرات کمبود برابندی (تغییرات کمبود برابندی در واحد زمان)

در قوس‌های پیوندی با شیب برابندی ثابت، تغییرات کمبود برابندی در واحد زمان از رابطه ۲-۷ به دست می‌آید:

$$\frac{dl}{dt} = \frac{I V_{max}}{3/6 L_S} \leq \left(\frac{dl}{dt}\right)_{lim} \quad ۲-۷$$

که در آن:

V_{max} : سرعت حداکثر بر حسب کیلومتر بر ساعت

L_S : طول قوس پیوندی بر حسب متر

^۱ در چنین شرایطی، طول تغییرات برابندی با طول قوس پیوندی با یکدیگر برابر می‌باشد. در شرایط استثنایی ممکن است لازم باشد که تغییرات برابندی در طول قوس دایره‌ای یا مسیر مستقیم نیز در نظر گرفته شود. در این حالت، قوس پیوندی و تغییرات برابندی باید به بخش‌هایی (با خصوصیات ثابت) تقسیم شده و جداگانه ارزیابی شوند. در چنین شرایطی نظارت‌های دقیق اجرایی علاوه بر شرایط طراحی استثنایی باید در نظر گرفته شود.

^۲ برای سرعت‌های بهره‌برداری کمتر یا مساوی ۵۰ کیلومتر بر ساعت، به دلیل تاثیر کم عوامل دینامیکی اندرکنش خط و قطار، می‌توان شیب برابندی را ۳/۳۳ میلی‌متر بر متر در نظر گرفت.

$\left(\frac{dl}{dt}\right)_{lim}$: تغییرات مجاز کمبود بر بلندی در واحد زمان بر حسب $\frac{mm}{s}$ (جدول ۲-۳) است.

جدول ۲-۳ مقادیر حدی مجاز برای پارامترهای مرتبط با تغییرات بر بلندی

پارامتر	واحد	استاندارد	حداکثر
شیب بر بلندی $\left(\frac{dd}{dt}\right)_{lim}$	$\frac{mm}{m}$	۲/۲۵	۲/۵
نرخ تغییرات بر بلندی $\left(\frac{dd}{dt}\right)_{lim}$	$\frac{mm}{s}$	۵۰	۷۰
نرخ تغییرات کمبود بر بلندی $\left(\frac{dl}{dt}\right)_{lim}$	$\frac{mm}{s}$	۵۵	۱۰۰

۲-۳- قوس دایره‌ای

در پلان مسیر راه آهن، تغییر در امتداد خط با به کارگیری قوس‌های دایره‌ای با شعاع‌های مختلف صورت می‌گیرد. این شعاع‌ها با توجه به عوارض پستی و بلندی منطقه عبور و سرعت طرح انتخاب می‌شود. برای اتصال و تغییر شعاع از ناحیه با امتداد مستقیم (با شعاع بی‌نهایت) به قوس دایره با شعاع مشخص، لازم است از قوس‌های پیوندی استفاده نمود که دو نوع از مهم‌ترین آن‌ها قوس حلزونی و قوس سهمی درجه ۳ است. قوس پیوندی بر اساس سرعت طرح و شعاع قوس دایره طراحی می‌شود.

۲-۳-۱- شعاع قوس

ایمنی و راحتی حرکت در قوس‌های دایره‌ای افقی، بستگی به شعاع آن دارد. بنابراین باید تا حد امکان، بیشترین شعاع قوس افقی با توجه به محدودیت‌های طرح هندسی مسیر انتخاب شود. برای خطوط اصلی، حداقل مجاز شعاع قوس افقی مسیر برابر ۷۰۰ متر توصیه می‌شود و در شرایط معمول نباید از ۵۰۰ متر کمتر در نظر گرفته شود. چرا که شعاع قوس افقی تابعی از پارامترهای زیر است:

- حداکثر و حداقل سرعت قطارهای عبوری
- بر بلندی اعمالی
- مقادیر مجاز کمبود یا اضافه بر بلندی

با منظور کردن ترکیب‌های مختلف حداکثر سرعت قطارهای عبوری (V_{max}^2) و حداکثر کمبود بر بلندی مجاز (I_{lim}) یا حداکثر شتاب جانبی خنثی نشده مجاز ($(a_q)_{lim}$)، حداقل شعاع قوس افقی باید بر اساس رابطه ۲-۸ محاسبه شود.

^۱ ممکن است در شرایط استثنایی، حداقل شعاع قوس افقی به ۳۰۰ متر محدود شود که البته بر سرعت مجاز عبوری قطارها تاثیر زیادی گذاشته و نیازمند تایید کارفرما و بهره‌بردار می‌باشد.

$$R_{min} = \frac{11/8 V_{max}^2}{d + I_{lim}} \cong \frac{V_{max}^2}{\cdot/0.85d + 12/96(a_q)_{lim}} \quad 8-2$$

اگر برابندی اعمالی (d) از حداکثر اضافه برابندی مجاز (E_{lim}) بیشتر باشد، بیشترین شعاع قوس افقی بر اساس کمترین سرعت قطارهای عبوری باید بر اساس رابطه ۹-۲ کنترل شود.

$$R_{max} = \frac{11/8 V_{min}^2}{d - E_{lim}} \quad 9-2$$

۲-۳-۲ طول قوس دایره و فاصله مستقیم بین قوس‌های متوالی

وجود طول مستقیم مابین قوس‌های متوالی (حتی در صورت وجود قوس پیوندی) ضروری است. طول خط مستقیم بین دو قوس متوالی (L_i) مطابق جدول ۴-۲ محاسبه می‌شود. به طور کلی مقادیر ارائه شده در این جدول، به حداقل طول ناحیه با برابندی ثابت که بین دو ناحیه با برابندی متغیر قرار می‌گیرد، اشاره دارد. بنابراین علاوه بر طول خط مستقیم بین دو قوس (بین دو ناحیه انتقال با برابندی متغیر)، از این مقادیر برای محاسبه حداقل طول قوس دایره‌ای (L_c) با برابندی ثابت نیز استفاده می‌شود.

جدول ۴-۲ مقادیر مجاز حداقل طول قوس دایره و طول مستقیم بین دو قوس متوالی

حد استثنایی (متر)	حد معمول (متر)	سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)
$\frac{V}{10}$	۳۰	$V_d \leq 80$
$\frac{V}{5}$	$\frac{V}{2}$	$80 < V_d \leq 200$

۲-۴-۲ قوس‌های پیوندی

در کلیه خطوط راه‌آهن، باید از قوس‌های پیوندی، برای اتصال قطعات مستقیم به قوس‌های دایره‌ای افقی و یا اتصال قوس‌های افقی با شعاع‌های مختلف استفاده شود. قوس پیوندی باید به‌گونه‌ای باشد که خمیدگی (انحنای آن به‌صورت مستقیم با نسبت طول افزایش یابد. در قوس‌های بدون برابندی در خطوط غیر اصلی، اجرای قوس پیوندی، امکان گردش تدریجی لکوموتیو و واگن‌ها را فراهم ساخته و از واژگون شدن در اثر شتاب دورانی جلوگیری می‌نماید. در قوس‌های با برابندی در خطوط اصلی، اجرای قوس پیوندی، علاوه بر موضوع فوق‌الذکر، امکان اجرای تدریجی برابندی در طول قوس پیوندی و حرکت نرم قطار در هنگام گذر از قطعه مستقیم به داخل قوس را فراهم می‌سازد. به طور معمول برای قوس‌های پیوندی در راه‌آهن از قوس‌های پیوندی حلزونی^۱ و در مواردی با تقریب از قوس‌های سهمی درجه ۳ استفاده می‌شود که ایجاد تغییر خطی انحنای آن را به بهترین شکل ممکن می‌سازد.

^۱ با نام‌های کلوتوئید یا اسپیرال نیز شناخته می‌شود.

۲-۴-۱- طول قوس پیوندی

طول قوس پیوندی بستگی به سرعت و بریلندی قوس دارد. این طول باید همواره معادل طول تغییرات بریلندی در نظر گرفته شود. طول قوس پیوندی باید به نحوی انتخاب شود که حدود مجاز ارائه شده در جدول ۲-۲ در خصوص شیب بریلندی، نرخ تغییرات بریلندی و نرخ تغییرات کمبود بریلندی به قرار رابطه‌های ۲-۱۰ تا ۲-۱۲ رعایت شوند که تمامی پارامترهای آن قبلاً تعریف شده است. در این روابط طول قوس پیوندی بر حسب متر است و باید به نزدیک‌ترین مضرب صحیح ۲۰ متر بالاتر از طول محاسبه شده، گرد شود.

$$L_s \geq d \left(\frac{dd}{dl} \right)_{lim}^{-1} \quad ۱۰-۲$$

$$L_s \geq \frac{d V_{max}}{۳/۶} \left(\frac{dd}{dt} \right)_{lim}^{-1} \quad ۱۱-۲$$

$$L_s \geq \frac{I V_{max}}{۳/۶} \left(\frac{dl}{dt} \right)_{lim}^{-1} \quad ۱۲-۲$$

۲-۴-۲- روابط قوس پیوندی حلزونی

روابط طراحی و محاسبات قوس پیوندی حلزونی بر این اساس به دست آمده است که شعاع انحنای قوس پیوندی در هر نقطه (۲)، با طول قوس در آن نقطه (L)، رابطه معکوس دارد و به عبارت دیگر حاصل ضرب آن‌ها مقداری ثابت است. معمولاً مقدار ثابت طرف دوم با a_s^2 نشان داده می‌شود که پارامتر a_s معرف اندازه منحنی پیوندی است. بنابراین معادله عمومی قوس پیوندی حلزونی مطابق رابطه ۲-۱۳ خواهد بود:

$$L \cdot r = a_s^2 = \text{مقدار ثابت} \quad ۱۳-۲$$

در شکل ۲-۲ علائم و مشخصه‌های قوس پیوندی حلزونی مشخص شده که تعریف مهمترین آن‌ها به شرح زیر است:

TS: نقطه شروع قوس پیوندی (تغییر از مسیر مستقیم به قوس پیوندی)

SC: نقطه شروع قوس دایره (تغییر از قوس پیوندی به قوس دایره)

CS: نقطه پایان قوس دایره (تغییر از قوس دایره به قوس پیوندی)

ST: نقطه پایان قوس پیوندی (تغییر از قوس پیوندی به مسیر مستقیم)

PI: نقطه راس قوس اتصال (در محل تقاطع مماس‌ها)

a: زاویه بین مماس در *TS* و وتر از *TS* به هر نقطه از قوس پیوندی

A: زاویه بین مماس در *TS* و وتر از *TS* به *SC*

b: زاویه در هر نقطه از قوس پیوندی بین مماس در آن نقطه و وتر از *TS*

B: زاویه در *SC* بین وتر از *TS* و مماس در *SC*

c: وتر از هر نقطه از پیوندی تا *TS*

C : وتر از TS به SC

d : درجه انحنای هر نقطه از پیوندی

D : درجه انحنای قوس دایره‌ای

I : زاویه انحراف کل قوس پیوندی

I_s : زاویه مرکزی قوس دایره

L : طول پیوندی از TS تا هر نقطه معین روی پیوندی

L_s : طول کل شاخه پیوندی از TS تا SC (به دست آمده از بخش ۲-۴-۱)

ΔR یا δ : مقدار انتقال (عقب‌نشینی) قوس دایره برای اتصال به قوس پیوندی

r : شعاع دایره معادل هر نقطه معین از قوس پیوندی

R : شعاع قوس دایره

u : فاصله روی مماس از TS تا تقاطع با مماس از طریق هر نقطه داده شده در پیوندی

U : فاصله روی مماس از TS تا تقاطع با مماس از طریق SC . مماس پیوندی بلندتر

V : فاصله روی مماس هر نقطه تا تقاطع با مماس TS

V : فاصله روی مماس SC تا تقاطع با مماس TS . مماس پیوندی کوتاه‌تر

y و x : مختصات هر نقطه بر روی قوس پیوندی

Y و X : مختصات آخرین نقطه قوس حلزونی

K : فاصله مماس از TS تا TC منتقل شده

θ : زاویه خط مماس نظیر طول L

θ_s : زاویه قوس پیوندی حلزونی نظیر طول L_s

T_s : طول کل خط مماس. فاصله از TS تا PI

E_s : طول نیم‌ساز (فاصله خارجی قوس از نقطه انحراف مسیر تا قوس در امتداد نیم‌ساز)

روابط محاسبه پارامترهای هندسی مهم در قوس پیوندی حلزونی به شرح ۲-۱۴ تا ۲-۲۳ است (زاویه θ برحسب رادیان

سنجیده می‌شود):

$$x = L - \frac{L^5}{40 R^2 L_s^3}$$

۱۴-۲

$$X = L_s - \frac{L_s^3}{40 R^2}$$

۱۵-۲

$$y = \frac{L^r}{\epsilon RL_s} \quad ۱۶-۲$$

$$Y = \frac{L_s^r}{\epsilon R} \quad ۱۷-۲$$

$$\theta_s = \frac{L_s}{rR} \quad ۱۸-۲$$

$$\theta = \frac{L^r}{rRL_s} = \theta_s \left(\frac{L}{L_s} \right)^r \quad ۱۹-۲$$

$$K = X - R \sin \theta_s = \frac{L_s}{r} \quad ۲۰-۲$$

$$\delta = Y - R(1 - \cos \theta_s) = \frac{1}{\epsilon} Y = \frac{L_s^r}{r\epsilon R} \quad ۲۱-۲$$

$$E_s = (R + \delta) \sec \frac{I}{r} - R \quad ۲۲-۲$$

$$T_s = K + (R + \delta) \tan \frac{I}{r} = \frac{L_s}{r} + (R + \delta) \tan \frac{I}{r} \quad ۲۳-۲$$

۲-۴-۳- روابط قوس سهمی درجه ۳

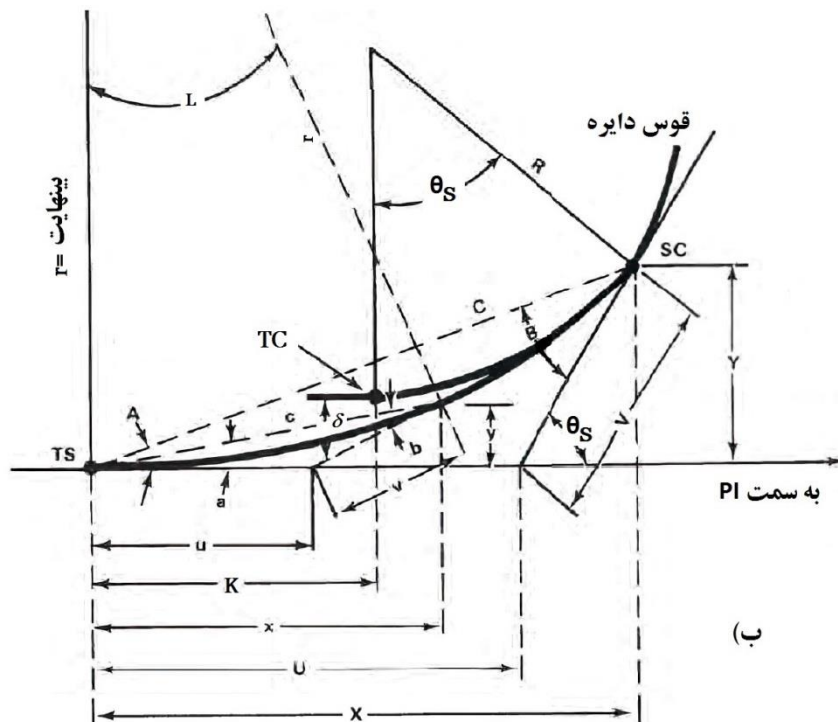
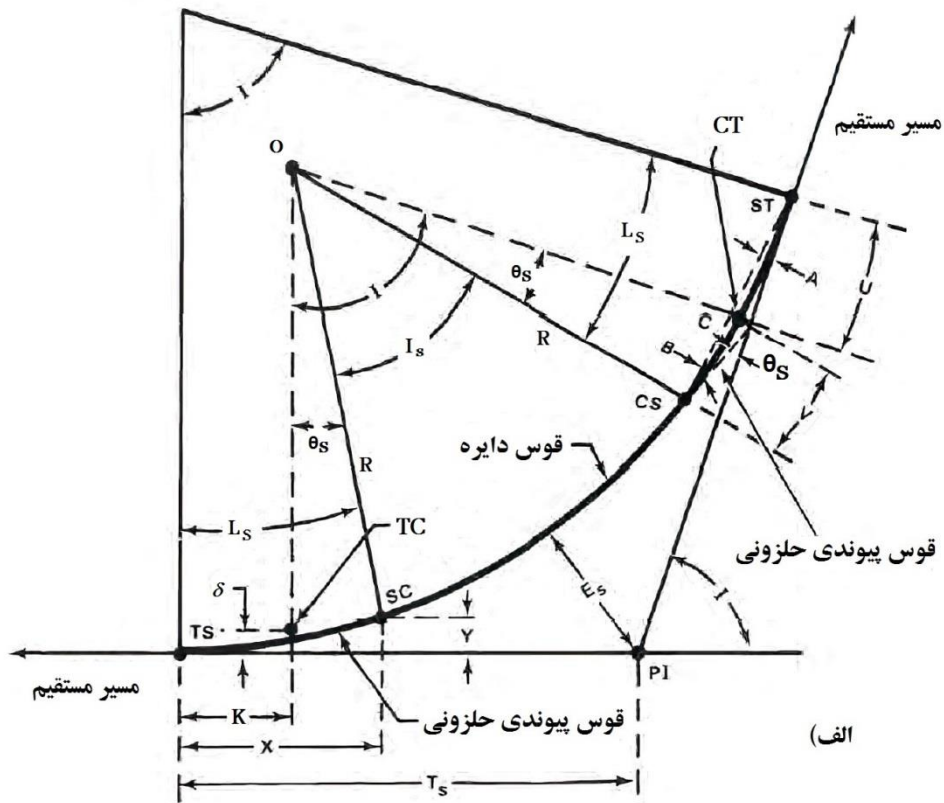
در قوس‌های پیوندی، می‌توان با تقریب کافی^۱ به جای منحنی حلزونی از منحنی سهمی درجه ۳ با طول کم مطابق رابطه ۲۴-۲ استفاده نمود که پارامترهای آن مشابه قوس پیوندی حلزونی می‌باشد.

$$y = \frac{x^3}{\epsilon R L_s} \quad ۲۴-۲$$

بنابراین می‌توان قوس سهمی درجه ۳ و قوس حلزونی را معادل در نظر گرفت. برای قوس سهمی درجه ۳ با طول کم، مقادیر محاسباتی قوس نظیر T_s ، E_s ، δ ، K و θ_s مشابه قوس پیوندی حلزونی (روابط ۱۸-۲ تا ۲۳-۲) به دست می‌آید و بنابراین از تکرار روابط صرف نظر می‌شود.

^۱ در حالتی که مقدار $\left(\frac{L_s}{rR} \right)^r$ خیلی کمتر از یک باشد (شرط آن زمانی است که $\frac{R}{r\delta} < L_s$ باشد)، یک سهمی درجه ۳ با طول کم خواهیم داشت و به دو دلیل اصلی زیر تقریب کافی وجود دارد:

- می‌توان عبارت اول از بسط سری توانی حاکم بر معادله سهمی درجه ۳ را با توجه به امکان چشم‌پوشی از مقادیر عبارت‌های بعدی لحاظ نمود.
- طول قوس انتقالی و تصویر آن روی امتداد مستقیم با یکدیگر مساوی خواهند شد.



شکل ۲-۲ الف) نمای کلی یک قوس دایره مشتمل بر قوس های پیوندی حلزونی ب) نمای بزرگ شده قوس پیوندی

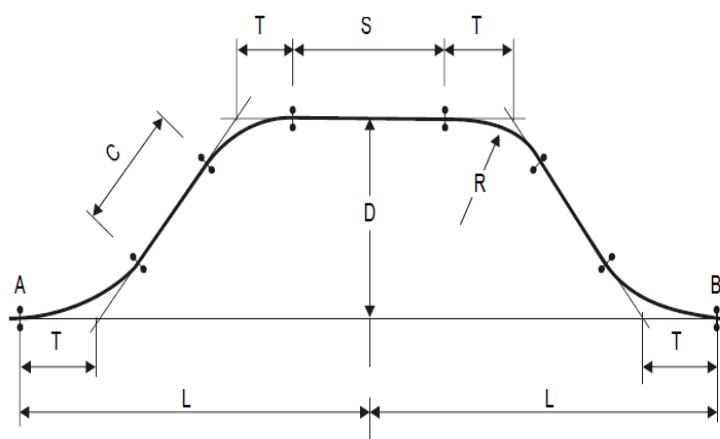
۲-۵- ضوابط هندسی مرتبط با انحراف از خط اصلی

در روند بهسازی یا بازسازی خطوط ممکن است نیاز به انحراف خط اصلی، با ایجاد خط انحرافی، ضروری شود. این خط باید قابلیت سیر ناوگان با کمترین تأخیر و با رعایت حداقل‌های ایمنی را دارا باشد. خط انحرافی به دو طبقه موقت و نیمه‌دائمی تقسیم می‌شود. انحراف موقت آن است که بیش از ۱۰ روز مورد نیاز نخواهد بود. قبل از ورود به یک انحراف موقت، همه قطارها باید متوقف شوند و با سرعت ۱۰ کیلومتر در ساعت حرکت کنند. انحراف نیمه‌دائمی، خطی است که باهدف ویژه‌ای برای تسهیل در بازسازی خط و یا پلهایی که برای مدت‌زمانی بیشتر از ده روز در حال استفاده هستند، ساخته می‌شود. مسیر انحرافی باید قبل از باز شدن برای عبور و مرور توسط لکوموتیو/واگن‌ها تثبیت و کنترل شود. در هر دو نوع خط انحرافی موقت و نیمه‌دائمی شعاع قوس ترجیحاً نباید از ۳۰۰ متر کمتر باشد. همچنین شیب انحراف نباید از مقدار ۱ در ۸۰ تندتر باشد. در زمین‌های با توپوگرافی دشوار ممکن است طراح مجبور به طراحی شعاع کمتری برای خط انحراف باشد، در چنین شرایطی با اعمال تمهیدات خاص نباید شعاع از ۱۵۰ متر کمتر باشد. هندسه مسیر انحراف باید از روابط ۲-۲۵ و ۲-۲۶ و شکل ۲-۳ تبعیت نماید.

$$L_{var} = \sqrt{C_{var}^2 + 4RD_{var} - D_{var}^2} + \frac{S_{var}}{2} \quad 2-25$$

$$T_{var} = \frac{RD_{var}}{L_{var} - \frac{S_{var}}{2} + C_{var}} \quad 2-26$$

که در آن، AB_{var} طولی از خط موجود که باید منحرف شود، L_{var} طول نیمی از انحراف در امتداد مسیر اصلی، D_{var} حداکثر فاصله انحراف از مسیر اصلی، S_{var} طول بخش مستقیم انحراف، C_{var} طول مستقیم بین قوس‌های معکوس، R_{var} شعاع قوس‌های انحراف و T_{var} طول مماس انحراف می‌باشد.



شکل ۲-۳ پارامترهای هندسی انحراف از خط اصلی (فاصله‌ها بر حسب متر و پارامترها با اندیس var)

فصل ۳

نیمرخ‌های طولی مسیر

۳-۱- مقدمه

به‌طور معمول در خطوط ریلی، طراحی هندسی قائم مسیر نسبت به طراحی هندسی افقی دارای پیچیدگی کمتری است. با این وجود، لحاظ مشخصات مناسب هندسی در طراحی نیم‌رخ‌های (یا پروفیل) طولی منتج به یک طرح بهینه می‌شود و از این رو از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. به‌طور معمول شیب و فراز خطوط ریلی به دو دلیل اصلی، بسیار محدودتر از سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای می‌باشد. اولین دلیل اصطکاک محدود در دسترس در سطح تماس چرخ و ریل و دومین علت میزان بسیار کوچک‌تر نسبت توان به وزن آلات ناقله ریلی نسبت به خودرو است. نیم‌رخ‌های طولی مسیر نیز از دو مولفه اصلی خطوط مستقیم و قوس‌ها مشابه هندسه افقی تشکیل می‌شود. در این رابطه تفاوت‌هایی در ترکیب بین دو هندسه نام برده وجود دارد که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ترسیم نیم‌رخ طولی مسیر خطوط ریلی، تراز ارتفاعی محور خط، مبنا قرار می‌گیرد و رقوم ارتفاعی از سطح روی ریل سنجیده می‌شود.

۳-۲- حداکثر شیب و فراز مسیر

شیب و فراز خطوط راه‌آهن باید با رویکردی بهینه از یک طرف بر اساس مطالعات بهره‌برداری و از طرف دیگر با نگاه اقتصادی به منظور بهینه‌کردن هزینه احداث خط ریلی در نظر گرفته شود. شیب و فراز طراحی شده برای مسیر (G) باید بر اساس نوع کاربری (باری، مسافری و مختلط)، فرآیند بهره‌برداری و درجه اهمیت خط در مطالعات بهره‌برداری مورد ارزیابی قرار گیرد. بدین ترتیب که باید اطلاعات کاملی از مشخصات ناوگان و نوع ترافیک در دسترس باشد. با داشتن این اطلاعات می‌توان میزان توانایی قطار را برای حرکت در شیب‌های مختلف آزمایش و مقدار فراز مناسب برای خط مربوطه را محاسبه نمود. همچنین وضعیت توپوگرافی منطقه در جریان انتخاب شیب و فراز مسیر بسیار مهم است. به‌طور کلی مطلوب آن است که طراحی مسیر با شیب کمتر از ۶ در هزار انجام پذیرد. توصیه می‌شود در طراحی مسیر ریلی مقادیر حداکثر شیب و فراز مطابق جدول ۳-۱ در نظر گرفته شود.

جدول ۳-۱ حداکثر شیب و فراز توصیه شده در طراحی مسیر ریلی (در هزار)

۶	حد مطلوب
۱۲/۵	حد معمول
۱۵	حد استثنایی*
۲۵	کوهستانی با شرایط بسیار سخت*
* به‌طور معمول با استفاده از یک کشنده مجاز نیست و بهره‌برداری در آن بلاک با دو کشنده انجام می‌شود.	

مقادیر ارائه شده در جدول ۱-۳ فقط جنبه راهنما و توصیه داشته و طراح ممکن است حسب شرایط، مقادیری بیشتر از مقادیر پیشنهادی را در نظر بگیرد. نمونه‌های بسیاری از خطوط موجود نیز شیب‌هایی تندتر از مقادیر ارائه شده دارند. در هر حال نتایج مطالعات شبیه‌سازی بهره‌برداری بر شیب و فراز طراحی شده مسیر حاکم خواهد بود. ابتدا نیم‌رخ طولی مسیر بر اساس مقادیر پیشنهادی در جدول ۱-۳ طراحی می‌شود. سپس نیم‌رخ طولی مسیر به‌عنوان یکی از ورودی‌های مطالعات شبیه‌سازی بهره‌برداری مسیر (به پیوست الف رجوع شود) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. پروفیل مذکور در مطالعات شبیه‌سازی بر اساس ویژگی‌های وسیله نقلیه از جمله توانایی ترمز و شتاب‌گیری و طول قطار ارزیابی خواهد شد. در صورتی که شیب و فراز مسیر طراحی شده پاسخگوی الزامات شبیه‌سازی مسیر نباشد، طراح مسیر موظف به بازنگری طرح خواهد بود. پس از انجام مطالعات شبیه‌سازی بهره‌برداری مسیر، شیب و فرازهای زیر باید بر روی پلان و پروفیل مشخص شود (در کل مسیر و به تفکیک برای هر بلاک):

- فراز حاکم
- فراز کشش دوگانه (در صورت وجود)
- فراز شتاب جنبشی (در صورت وجود)
- شیب مضر

اگر در مطالعات شبیه‌سازی، شرایط فراز کشش دوگانه یا فراز شتاب جنبشی در مورد بخشی از مسیر احراز شود، طراح مسیر باید با بازنگری مجدد پروفیل و تغییر فرازهای مسیر، این فرازها را حذف نماید. در صورتی که به‌ناچار فراز کشش دوگانه در مسیر ایجاد شود، باید در ایستگاه‌های قبل از فراز مذکور حتماً امکان اضافه کردن لکوموتیو کمکی (برای هل دادن و یا کشیدن) به قطار ایجاد شود که در این خصوص باید با بهره‌بردار نیز هماهنگی‌های لازم انجام پذیرد. همچنین در صورتی که به‌ناچار فراز شتاب جنبشی در مسیر ایجاد شود، باید فراز مذکور به‌گونه‌ای تنظیم شود که امکان عبور قطار با حداقل سرعت مورد نیاز ایجاد شود. وضعیت سیر در بلاکی که فراز شتاب جنبشی در آن وجود دارد، به‌گونه‌ای است که ناوگان با اینرسی حرکتی خود می‌تواند از محل فراز مذکور عبور نماید. به‌عنوان نمونه در محل دره‌ها یک فراز بلافاصله در پشت سر یک شیب قرار می‌گیرد. در چنین وضعیتی در صورتی که سیستم علائم محدودکننده سرعت وجود نداشته باشد، قطار در انتهای شیب باید سرعت مشخصی را داشته باشد تا بتواند تا انتهای فراز را طی نماید. در چنین شرایطی مفهوم حداقل سرعت سیر قطار مطرح که باید در قالب علائم به لکوموتیوران اعلام شود.

در طراحی نیم‌رخ طولی مسیر، حتی‌الامکان باید طول و اندازه شیب‌ها به‌گونه‌ای تنظیم شود که شرایط شیب مضر رخ ندهد. این موضوع باید پس از تهیه پروفیل اولیه و انجام شبیه‌سازی بهره‌برداری توسط طراح بازنگری شود. در هر حالت در نظر گرفتن مسائل مربوط به تأمین ترمز در انتخاب شیب مبنا الزامی است. در صورت استفاده از شیب مبنا در قوس‌ها و یا تونل‌های مسیر، شیب مبنا باید به میزان مقاومت قوس و یا تونل کاهش یابد.

به هنگام دوخطه نمودن مسیرهای موجود، بهتر است شیب مبنا از شیب مبنای خط موجود تبعیت نماید. در صورت انجام محاسبات فنی و اقتصادی و داشتن توجیه اقتصادی می‌توان در این خطوط، از شیب مبنای بیشتری استفاده نمود.

در مواردی که به‌صورت موضعی، شیب مسیر بیش از شیب مبنا انتخاب شود، باید عبور قطار با حداکثر وزن در نظر گرفته‌شده، از روی این بخش مسیر با سرعت حداقل پایدار یا بیش از آن، امکان‌پذیر باشد.

برای خطوطی که نیروی کشش از نوع کشنده برقی مسافری است، شیب و فراز مسیر می‌تواند در حال معمول تا ۳۵ درهزار و در شرایط استثنایی تا ۵۰ درهزار در نظر گرفته شود. برای خطوط باری برقی، شیب و فراز مسیر باید توسط طراح، مطالعه و پیشنهاد شود، در عین حال مقدار آن در حالت معمول تا ۳۰ درهزار توصیه می‌شود. در خطوط برقی باید علاوه بر شبیه‌سازی سیر قطارها، شبیه‌سازی برق نیز با توجه به هندسه مسیر و قدرت کشنده‌های الکتریکی انجام پذیرد.

۳-۳- حداقل شیب طولی راه‌آهن

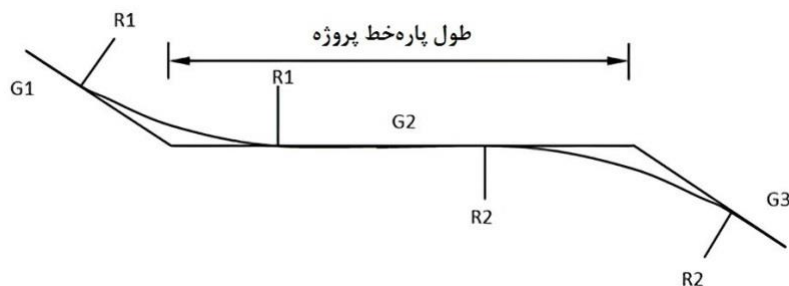
به‌منظور دفع آب‌های سطحی، حداقل شیب طولی ۳/۵ در هزار توصیه می‌شود. در موارد خاص که شیب عرضی کافی راه‌آهن در خاکریزی باشد، می‌توان راه‌آهن را بدون شیب طولی در نظر گرفت. در سایر موارد از جمله موقعیت ابنیه فنی نظیر پل و تونل و نیز موقعیت ایستگاه‌ها، شیب طولی حداقل بر اساس ملاحظات زهکشی به‌گونه‌ای توسط طراح در نظر گرفته می‌شود که آب‌های سطحی بتوانند به‌درستی به خارج از خط هدایت شوند.

۳-۴- پاره‌خط پروژه

توصیه می‌شود در هنگام طراحی، طول پاره‌خط‌های پروژه تا آنجا که ممکن است، طولانی پیش‌بینی‌شده، اختلاف جبری دو شیب طولی (متوالی) به حداقل ممکن برسد (شکل ۳-۱). همچنین توصیه می‌شود در طراحی پاره‌خط پروژه از ترکیب شیب‌های افقی در میان شیب و فرازهای تند در طرح استفاده شود. در هر حالت در صورتی که در مطالعات شبیه‌سازی این‌گونه نتیجه شود که ترتیب شیب و فرازهای مسیر با نظام بهره‌برداری مسیر در تضاد است و باعث ایجاد اشکال در ظرفیت مورد نیاز بلاک می‌شود، طرح باید بر اساس الزامات بهره‌برداری اصلاح شود. حداقل طول پاره‌خط پروژه در شرایط مطلوب برابر طول مفید خطوط قبول و اعزام ایستگاه‌های مسیر توصیه می‌شود. این طول بر اساس طبقه‌بندی خطوط نباید از مقادیر جدول ۳-۲ کمتر انتخاب شود.

جدول ۳-۲ حداقل طول پاره‌خط پروژه

طبقه‌بندی خطوط	حداقل طول با شیب یکنواخت (متر)
خطوط با طبقه‌بندی A و B	۴۰۰
خطوط با طبقه‌بندی C	۳۰۰
خطوط با طبقه‌بندی D	۲۰۰
خطوط با طبقه‌بندی E	۱۰۰



شکل ۱-۳ طول پاره خط پروژه

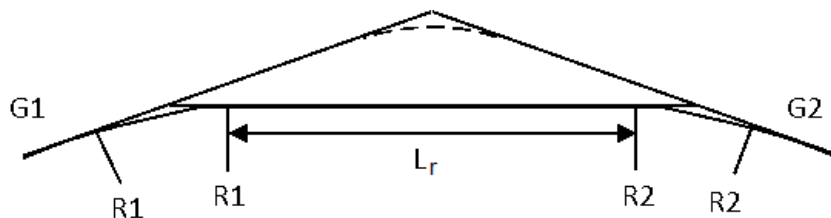
۳-۵- قوس‌های قائم (خم‌ها)

در صورتی که اختلاف جبری شیب (فراز) دو پاره خط پروژه در محل تلاقی آن‌ها با یکدیگر بیشتر از ۲ در هزار باشد، پاره‌خط‌های پروژه باید توسط قوس‌های قائم (خم‌ها) به یکدیگر متصل شود.^۱ شعاع قوس‌های قائم بر اساس جدول ۳-۳ محاسبه می‌شود. شعاع خم‌های محاسباتی نباید کمتر از ۲۰۰۰ متر در نظر گرفته شود.

جدول ۳-۳ مقدار طراحی برای حداقل شعاع قوس قائم (متر)

حد استثنایی		حد معمول	حد مطلوب
$R_V = 0.15 V_d^2$	قوس قائم محدب	$R_V \geq 0.35 V_d^2$	$R_V \geq 0.40 V_d^2$
$R_V = 0.13 V_d^2$	قوس قائم مقعر		
R_V شعاع خم بر حسب متر و V_d سرعت طرح بر حسب کیلومتر بر ساعت است.			

تغییر شیب‌ها از فراز به شیب و برعکس آن بدون در نظر گرفتن خط واسط افقی مطابق رابطه ۱-۳ مجاز نمی‌باشد^۲ (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳ پاره خط میانی افقی بین دو نقطه انتهایی خم‌ها با تغییر جهت شیب و فراز

^۱ به صورت معمول، قوس‌های قائم به صورت دایره‌ای یا سهمی درجه ۲ و بدون ناحیه انتقال طرح می‌شوند.

^۲ مقدار حداقل طول میانی بین قوس‌های قائم در این شرایط بر اساس معیار راحتی سفر در نظر گرفته می‌شود.

$$L_r = \cdot / \Delta V_d$$

۱-۳

که در آن:

L_r : حداقل طول بین قوس‌های قائم با تغییر جهت شیب و فراز

V_d : سرعت طرح برحسب کیلومتر بر ساعت است.

تداخل قوس‌های قائم با ادوات تقاطع و انشعاب مجاز نیست. همچنین تداخل قوس‌های قائم با قوس‌های افقی مجاز نیست. تحت شرایط استثنایی و کنترل شرایط سیر مطلوب ناوگان، تعبیه قوس قائم باید فقط در بخش دایره‌ای قوس‌ها (پیش‌بینی خم‌ها در محل قوس‌های پیوندی مجاز نیست) صورت گیرد. در این حالت توصیه می‌شود شعاع قوس قائم از مقدار $(0/6 V_d^2)$ بزرگ‌تر باشد.

توصیه می‌شود حتی‌الامکان از طراحی قوس قائم در محل پل‌ها نیز اجتناب شود. در صورتی که طراح ناچار به در نظر گرفتن این موضوع شود، باید طراحی پل بر اساس قوس قائم انجام پذیرد! ضروری است سایر مسائل مرتبط با در نظر گرفتن قوس قائم در محل پل نظیر کنترل طرح زهکشی، ملاحظات اجرایی ویژه و الزامات خاص نگهداری و تعمیر توسط طراح بررسی شود. تداخل قوس قائم با قوس افقی در موقعیت پل مجاز نیست.

۳-۶- مشخصات قوس‌های قائم (خم‌ها)

حداقل طول افقی خم با استفاده از رابطه ۲-۳ محاسبه می‌شود:

$$T_V = \frac{R_V \Delta_i}{2000}$$

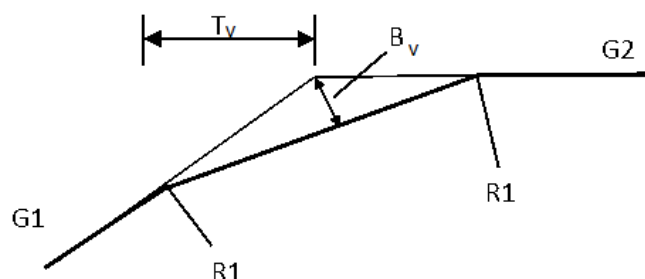
۲-۳

که در آن:

T_V : نصف طول افقی خم برحسب متر (شکل ۳-۳)

Δ_i : اختلاف جبری دو شیب طولی متوالی برحسب در هزار

R_V : شعاع خم برحسب متر است.



شکل ۳-۳ اجزاء خم

^۱ در جریان طراحی پل ضروری است تاثیر اندرکنش خط و پل تحت تاثیر بارهای اضافی ناشی از قوس قائم کنترل شود.

طول نیم‌ساز خم (B_V) (شکل ۳-۳) با رابطه ۳-۳ محاسبه می‌شود. در صورتی که طول نیم‌ساز خم، کوچک‌تر از ۱ سانتی‌متر باشد و یا اختلاف دو شیب دنبال هم، کمتر از ۲ در هزار باشد، می‌توان از پیش‌بینی خم صرف‌نظر نمود.

$$B_V = \frac{T_V^2}{2 R_V} \quad ۳-۳$$

۳-۷- نیم‌رخ طولی مسیر در مناطق خاص

تعبیه برش (ترانشه) در مناطق برف‌گیر ممکن است موجب از بین رفتن شرایط ایمن بهره‌برداری قطار شده و بر این اساس ضروری است تمهیدات خاص مرتبط نظیر پیش‌بینی گالری توسط طراح در نظر گرفته شود. همچنین پیش‌بینی برش در مناطق کویری متأثر از ماسه‌های روان، مجاز نیست. تراز تمام‌شده خاکریز برای خطوط طبقه A_1 ، A_2 ، B_1 و C_1 باید حداقل ۷۰ سانتی‌متر بیشتر از حداکثر تراز بارش برف قرار گیرد. برای طبقات دیگر خطوط، این مقدار می‌تواند تا ۵۰ سانتی‌متر کاهش یابد. در خطوط طبقه E تراز تمام‌شده خاکریز، می‌تواند برابر حداکثر تراز بارش برف باشد. در خاکریزهای موجود که مطابق معیارهای یادشده احداث نشده باشد، باید تمهیدات اضافی برای حفاظت خط از برف در نظر گرفته شود. حداکثر تراز بارش برف برای خطوط طبقه A_1 ، A_2 ، B_1 و C_1 در یک دوره ۵۰ ساله و برای طبقات دیگر خطوط در یک دوره ۳۰ ساله محاسبه می‌شود. در مناطق مستعد ماسه‌های روان، ارتفاع خاکریز باید حداقل ۹۰ سانتی‌متر بالاتر از خط زمین در نیم‌رخ طولی، در نظر گرفته شود.

فصل ۴

نیمرخ‌های عرضی

۴-۱- مقدمه

نیمرخ عرضی راه‌آهن قبل از ساخت، توسط طراح تهیه‌شده و پس از ساخت مسیر موردنظر به‌صورت چون‌ساخت تدقیق می‌شود. نیمرخ‌های عرضی بسته به موقعیت قرارگیری در مسیر (مسیر مستقیم، قوس یا موقعیت ابنیه فنی) متفاوت است. نیمرخ‌های عرضی راه‌آهن در ادامه و در بخش‌های قواره^۱ (ساختمان و ناوگان)، نیمرخ عرضی روسازی و نیمرخ عرضی زیرسازی تشریح می‌شوند.

۴-۲- قواره

در دو طرف خط ریلی، فضایی باز برای تأمین ایمنی عبور ناوگان ریلی در نظر گرفته می‌شود که به آن قواره یا گاباری گفته می‌شود. در راه‌آهن دو نوع قواره وجود دارد:

- قواره ساختمان: حد مقطع عرضی عمود بر محور خط که اجزا ساختمان‌ها نباید به داخل آن تجاوز کند.
 - قواره ناوگان^۲: حد مقطع عرضی عمود بر محور خط که اجزا ناوگان نباید از داخل آن به بیرون تجاوز کند.
- قواره ساختمان و ناوگان باید براساس الزامات بهره‌بردار، مشخصات ناوگان و شرایط خط در زمان طراحی تعیین شود. در طراحی قواره باید علاوه بر تضمین ایمنی سیر ناوگان در تطابق با خطوط کناری، سکوی ایستگاهی، ابنیه فنی و تجهیزات زیربنایی، سازگاری با ناوگان بین‌المللی مجاز به سیر در شبکه ریلی کشور و توافقی‌های دو یا چندجانبه بین کشوری نیز در چارچوب قوانین ملی در نظر گرفته شود.

قواره ناوگان شامل دو نوع قواره استاتیکی (در حال سکون) و قواره دینامیکی (در حال حرکت) ناوگان می‌باشد که بر اساس مدارک ارائه‌شده توسط سازنده ناوگان تهیه می‌شود. حد فضای آزاد (اختلاف میان قواره ساختمان و ناوگان)، حداقل رواداری لازم جهت رعایت میان ناوگان و ساختمان است و در مواردی که امکان ایجاد فاصله بیشتر میان ناوگان و سازه وجود دارد، طراح باید فاصله حداکثری را در نظر گیرد. در طراحی قواره ناوگان، باید علاوه بر لحاظ عوامل حرکت دینامیکی بدنه واگن نظیر شرایط تعلیق و حرکت بوژی‌ها، مواردی از قبیل رواداری‌های اجرا و نگهداری خط، اثرات ناشی از قوس و برابندی و نیز فضای عبور ناوگان در نظر گرفته شود. در مورد قواره ساختمان نیز باید مواردی نظیر فضای لازم برای سازه‌های جنبی، رواداری‌های اجرایی سازه‌های جنبی، مباحث تهویه و روشنایی در محدوده ابنیه فنی و اجرای تمهیدات

^۱ یا گاباری

^۲ یا قواره بار

کاهش صدا و ارتعاش در صورت نیاز در محدوده‌های شهری یا تاریخی در نظر گرفته شود. جزئیات بیشتر مرتبط با طراحی قواره‌های ریلی در استانداردهای ملی ایران به شماره‌های ۱۱۹۳۲ و ۱۷۴۴۶ قابل پیگیری است.

مقاطع پیش‌فرض قواره‌های ناوگان و ساختمان برای یک خط ریلی به ترتیب مطابق شکل ۴-۱ و شکل ۴-۲ ارائه شده است. مقادیر این قواره‌ها در محل قوس باید مطابق جدول ۴-۱، به مقدار (W) از طرفین تعریض شود. در محل بریلندی، قواره عمود بر محور خط و سطح دو ریل مدنظر است. تعریض قواره ساختمان، از ۶ متری شروع قوس اتصال آغاز و در فاصله ۱۰ متری شروع قوس اصلی (شعاع ثابت) به حداکثر مقدار خود می‌رسد. در ایستگاه‌ها به دلیل نبود قوس‌های اتصال، تعریضی در فاصله ۱۰ متری پیش از شروع قوس آغاز و در شروع قوس به حداکثر مقدار خود می‌رسد.

افزایش فضای آزاد ابنیه فنی در موقعیت انشعاب‌های ایستگاه‌های راه‌آهن باید مورد توجه قرار گیرد. نشانه‌های حد فضای آزاد (نقاط امان) بین دو خط مجاور در نقطه‌ای که فاصله محور به محور دو خط مستقیم به ۴ متر می‌رسد، نصب می‌شود. در قوس‌ها، این مقدار برابر با $(4 + W_1 + W_2)$ می‌باشد. W_1 و W_2 ، اندازه افزایش حد فضای آزاد ابنیه فنی برای دو خط مورد نظر می‌باشد.

به‌منظور تأمین فضای کافی در طول خطوط در نزدیکی ابنیه فنی بزرگ برای عملیات نگهداری و همچنین در مدت ساخت، هیچ یک از قسمت‌های ابنیه فنی بزرگ از قبیل پل‌های روگذر جاده‌ای، دیوارهای حائل و ساختمان‌ها نباید در خطوط مستقیم از محور خط، کمتر از ۲/۸ متر فاصله داشته باشد. در قوس‌ها این فاصله بر اساس مقادیر جدول ۴-۱ افزایش می‌یابد. به‌منظور کاهش خطر وارد شدن آسیب به سیستم کشش برقی به‌وسیله اشیایی که ممکن است از قطار به خارج پرتاب شوند و نیز آسان شدن عملیات نگهداری در امتداد خط، همچنین استفاده از جرثقیل‌ها و غیره، تیرک‌های سیستم کشش برقی باید نسبت به محور خط در خطوط مستقیم بیش از ۳ متر فاصله آزاد داشته باشد. این فاصله در قوس‌ها بر اساس جدول ۴-۱ باید افزایش یابد. در طرح ابنیه فنی جدید، در هر حالتی باید توجه به اضافه نمودن تعداد خط‌ها در آینده داشت. زمانی که فضای لازم برای یک خط جدید، در نظر گرفته می‌شود، فضای مزبور باید به‌صورتی طراحی شود که این فضا تا حد توان، بین دو ایستگاه در یک طرف خط قرار گیرد.

جدول ۴-۱ مقدار تعریض قواره ساختمان و ناوگان در محل قوس‌ها

تعریض قواره (W) (سانتی‌متر)	شعاع قوس (متر)
۰	$400 \leq$
۷	۳۹۹~۳۰۰
۸	۲۹۹~۲۵۰
۱۰	۲۴۹~۲۰۰
۱۵	۱۹۹~۱۵۰

^۱ برای تعریف «نقطه امان» به بخش ۴-۴-۵ مراجعه شود.

۴-۳- نیمرخ عرضی روسازی

در این بخش مشخصات مربوط به نیمرخ‌های عرضی خطوط بالاستی برای روسازی یک‌خطه و دوخطه ارائه شده است. همچنین نمونه‌هایی از نیمرخ‌های عرضی یک‌خطه به صورت درجا^۱ و پیش‌ساخته^۲ به عنوان دو طبقه اصلی خطوط بدون بالاست (دال خط) ارائه شده است. در خصوص خطوط بدون بالاست تنوع بسیار زیادی بر اساس نوع سیستم روسازی انتخابی وجود دارد که باید محاسبات و مقطع آن توسط طراح ارائه شود و نمونه‌های اشاره شده جنبه راهنما دارد. توضیحات تکمیلی در خصوص انواع و مشخصات هندسی روسازی‌های بدون بالاست در نشریه‌های ۳۰۱ و ۸۶۳ سازمان برنامه و بودجه کشور نیز ارائه شده است.

۴-۳-۱- نیمرخ عرضی روسازی راه‌آهن یک‌خطه

نمونه نیمرخ‌های عرضی مسیر یک‌خطه بالاستی در مسیر مستقیم و قوس در شکل ۴-۳ و نمونه نیمرخ‌های عرضی مسیر یک‌خطه بدون بالاست در مسیر مستقیم برای دو طبقه اجرا شده به صورت درجا و پیش‌ساخته در شکل ۴-۴ ارائه شده است. در طراحی نیمرخ عرضی روسازی بالاستی مسیر یک‌خطه موارد زیر لازم به توجه است:

- پهنای بالای روسازی در راه‌آهن یک‌خطه معمولاً در بازه ۳/۲۰ تا ۳/۵۰ متر است (برای خطوط طبقه E یا خطوط بدون جوش سراسری، می‌توان پهنای بالای روسازی را تا ۳ متر نیز کاهش داد)
- طول تراورس (معمولاً ۲/۶۰ متر)
- شانه بالاست در خطوط مستقیم و وجه درونی قوس حداقل برابر با ۴۰ سانتی‌متر می‌باشد. پهنای شانه بالاست در خطوط مستقیم و در وجه بیرونی قوس‌های با شعاع بیش از ۳۰۰۰ متر، حداقل ۴۰ سانتی‌متر و برای قوس‌های با شعاع کمتر از ۳۰۰۰ متر، حداقل برابر ۵۰ سانتی‌متر می‌باشد.
- شیب طرفین بالاست نباید بیشتر از ۱ به ۱/۵ (۱ عمودی، ۱/۵ افقی) در نظر گرفته شود.
- پهنای بستر روسازی در خطوط مستقیم و در محل قوس‌های با شعاع بیشتر از ۳۰۰۰ متر حداقل برابر با ۷ متر در نظر گرفته شود. این پهنا در شرایط استثنایی (مثلاً در خطوط فرعی، صنعتی، تجاری و یا معدنی) می‌تواند تا ۶ متر نیز کاهش داده شود. در محل قوس‌ها با شعاع کمتر از ۳۰۰۰ متر، باید اضافه عرض (e) در وجه بیرونی قوس‌ها لحاظ شود. این تعریض باید به صورت تدریجی و در طول قوس پیوندی و حداقل در طول ۳۰ تا ۶۰ متر انجام شود. مقدار اضافه عرض در جدول ۴-۲ ارائه شده است.
- شیب عرضی بستر روسازی در خطوط مستقیم و در قوس‌ها، به صورت دو طرفه و مقدار آن ۳ درصد در نظر گرفته شود.

^۱In-situ

^۲Pre-cast

جدول ۲-۴ مقدار تعریض زیرسازی و شانه بالاست در قوس‌ها

شعاع قوس (متر)	< ۱۵۰۰	۱۵۰۰ ~ ۳۰۰۰	۳۰۰۰ <
مقدار تعریض (e) (سانتی‌متر)	۵۰	۲۵	۰

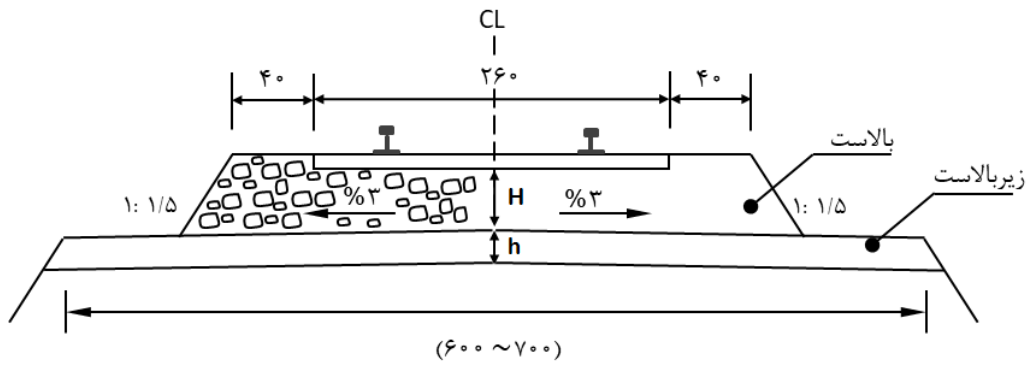
در طراحی نیم‌رخ عرضی روسازی بدون بالاست موارد زیر لازم به توجه است:

- ابعاد ارائه شده در شکل ۴-۴ تنها به منظور ایجاد تصویر کلی است و طراح باید با توجه به شرایط طرح و نوع روسازی منتخب بدون بالاست (پیش‌ساخته یا درجا)، ابعاد نهایی را سازگار با آیین‌نامه‌های طراحی، تهیه نماید.
- با توجه به ابعاد کمتر روسازی‌های بدون بالاست نسبت به روسازی بالاستی، این موضوع می‌تواند در جریان طرح هندسی مسیر، ملاحظات مرتبط با قواره (برای مثال در موقعیت تونل‌ها یا پل‌ها) یا سایر موارد به منظور بهینه کردن هزینه‌های اقتصادی طرح در نظر گرفته شود. بدیهی است هرگونه پیشنهادی در این زمینه توسط طراح باید به تایید کارفرما برسد.
- شیب عرضی سطح دال خط (توصیه به شیب حداقل ۱ درصد جهت زهکشی آب روی سطح دال) رعایت شود که بر اساس شرایط طراحی می‌تواند یک‌طرفه یا دوطرفه در نظر گرفته شود.
- شیب طولی سطح دال خط باید حداقل برابر با ۲ در هزار در نظر گرفته شود.
- در مقطع عرضی دال خط باید حداقل فاصله میان پاشنه ریل و دال بتنی جهت انجام عملیات جوشکاری و یا بستن درز اتصالی تعبیه شود (این فاصله باید بیشتر از ۵ سانتی‌متر باشد).

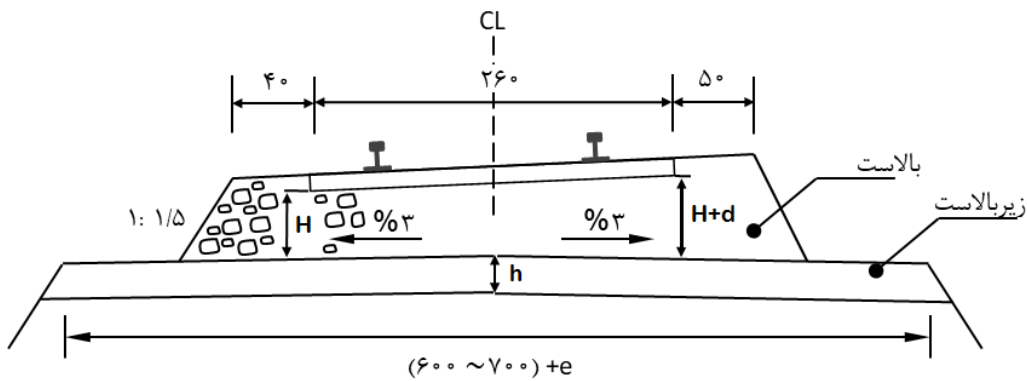
۲-۳-۴- نیم‌رخ عرضی روسازی راه آهن دوخطه یا چندخطه

- مشخصات هندسی نیم‌رخ عرضی روسازی بالاستی در راه آهن دوخطه، مشابه راه آهن یکخطه می‌باشد. عرض بستر روسازی ۱۱/۷۰ متر و شامل موارد زیر است (شکل ۴-۵):
- فاصله محور خط تا انتهای بستر روسازی که ۳/۵ متر می‌باشد، در شرایط استثنایی این فاصله می‌تواند ۳ متر انتخاب شود.
 - فاصله محور به محور دو خط مجاور که مقدار آن بستگی به متراژ ساختمانی، فضای لازم برای مانور، فضای لازم برای تعمیرات، فضای لازم برای نگهداری خط، نحوه قرارگیری دکل‌های شبکه بالاسری، تأثیر آیرودینامیکی حرکت دو قطار بر همدیگر و سرعت حرکت دارد، نباید کمتر از ۴/۷ متر منظور شود.
 - برای قوس‌های با شعاع کمتر از ۳۰۰۰ متر، پیش‌بینی اضافه عرض پهنای بالای روسازی (e) ضروری است. مقدار اضافه عرض لازم، مشابه خطوط یکخطه تعیین می‌شود. شیب عرضی بستر روسازی، در تمامی خطوط دوخطه

به صورت دوطرفه بوده و مقدار آن ۳ درصد است. اجزای پهنای بستر روسازی، در خطوط چند خطه مشابه خطوط دوخطه بوده و فاصله محور به محور از مقادیر ذکر شده انتخاب شود.

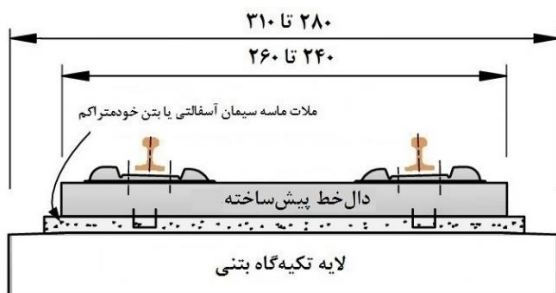


الف: در مسیر مستقیم



ب: در قوس

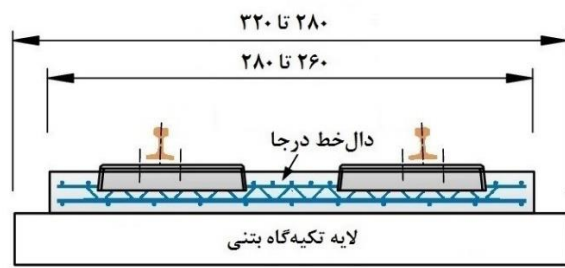
شکل ۳-۴ نیمرخ عرضی راه آهن بالاستی یک خطه (ابعاد به سانتی‌متر)



سطح تمام شده بستر

ب

ب: خط بدون بالاست پیش ساخته

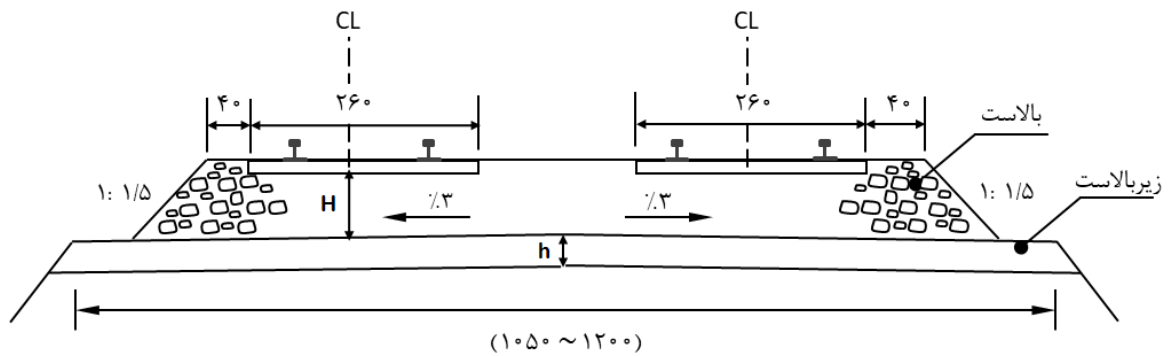


سطح تمام شده بستر

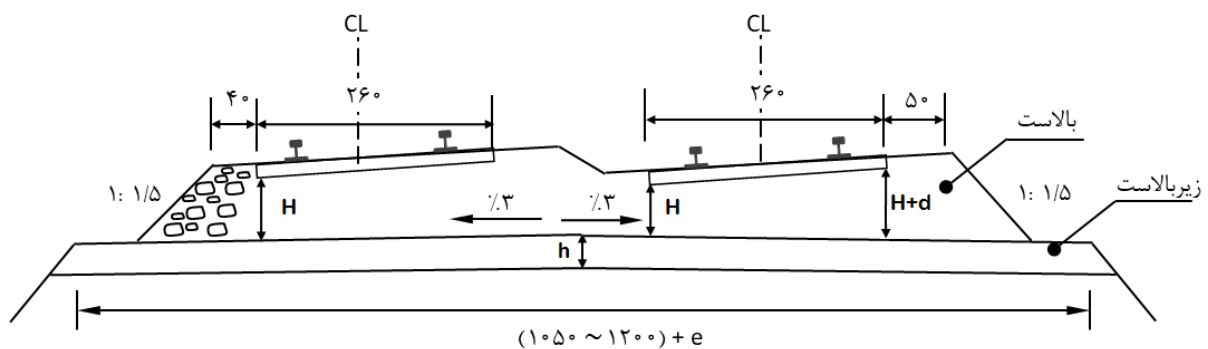
الف

الف: خط بدون بالاست درجا

شکل ۴-۴ نمونه نیمرخ‌های عرضی راه آهن بدون بالاست یک خطه (ابعاد به سانتی‌متر)



الف: در مسیر مستقیم



ب: در قوس

شکل ۴-۵ نیم‌رخ عرضی راه آهن بالاستی دوخطه

۴-۴-۴ نیم‌رخ عرضی زیرسازی

الزامات و ملاحظات ارائه شده در این بخش باید هماهنگ با نشریه شماره ۲۷۹ سازمان برنامه و بودجه کشور (مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه آهن)، توسط طراح مد نظر قرار گیرد.

۴-۴-۴-۱ خاکریزی

نیم‌رخ عرضی بستر زیرسازی از لبه خارجی با شیب مناسب به زمین طبیعی می‌رسد. مقدار این شیب باید بر اساس ضوابط فنی و اقتصادی تعیین شود. به‌طور کلی توصیه می‌شود که در رسیدن شیب‌های عرضی مختلف به یکدیگر، تیزگوشگی‌ها به گردگوشگی تبدیل شود و شیب‌های تندتر از ۱ به ۲ (۱ عمودی و ۲ افقی) به کار نرود. در خطوط فرعی یا خطوطی که به معادن اختصاص دارد، شیب خاکریزی بستر نباید از ۲ به ۳ (۲ عمودی و ۳ افقی) تجاوز کند. حداکثر

^۱ مقادیر پیشنهادی برای شیب خاکریزهای تا حداکثر ۶ متر برابر ۱ به ۳ تا ۱ به ۲ و برای خاکریزهای بالاتر از ۶ تا ۱۰ متر بین ۱ به ۵ تا ۱ به ۳

شیب خاکریزی، به‌ویژه برای ارتفاع بالاتر از ۶ متر، باید بر اساس محاسبات پایداری و با در نظر گرفتن علائم زیر تعیین شود.

- خواص مکانیکی خاک‌هایی که برای اجرای خاکریز استفاده می‌شود (تراکم‌پذیری، مقاومت نسبت به فرسایش).
 - شیب بستر طبیعی خاکریزی (ضرورت کندن شیار و پلکانی کردن بستر قبل از احداث خاکریزی)
 - ایمنی و حریم راه‌آهن
 - زیبایی
 - هزینه اجرای خاکریز
- برای افزایش ضریب ایمنی می‌توان از روش‌های مختلف پایدارسازی خاک جهت تثبیت خاکریز استفاده کرد.^۱

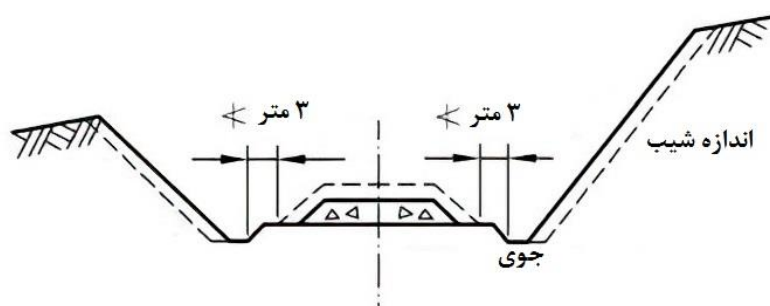
۴-۴-۲- خاکبرداری (برش)

چنانچه راه‌آهن در برش قرار داشته باشد، پس از جوی کناری، شیروانی خاکبرداری آغاز می‌شود که در نقطه انتهایی خود دیگر بار به زمین طبیعی می‌رسد. برای تعیین شیب خاکبرداری می‌توان راه‌حل‌هایی در نظر گرفت که از نظر اقتصادی مناسب‌تر باشد. در عین حال باید ضوابط مهندسی زمین‌شناسی، ژئوتکنیک و ایمنی در جریان انتخاب مدنظر طراح باشد. در برش‌های تا عمق ۱۰ متر، فاصله آزاد بین پای خاکریزی بستر تا پای خاکبرداری باید شامل حداقل ۳ متر (مقدار توصیه شده ۵ متر) به‌اضافه یک جوی با ابعاد مناسب باشد (شکل ۴-۶). ابعاد جوی باید بر اساس مطالعات زهکشی تعیین شود. در برش‌های عمیق، مقادیر این حداقل در ادامه پیشنهاد شده است. همچنین طراح باید کنترل‌های لازم در زمینه حریم راه‌آهن (مطابق بند ۱-۶ این آیین‌نامه) را مد نظر قرار دهد و در صورت عدم تطابق با حریم اعلام شده، راه‌حل‌های مناسب را پیشنهاد نماید.

- برای عمق‌های ۱۰ تا ۱۵ متر، حداقل فاصله آزاد ۶ متر
- برای عمق‌های ۱۵ تا ۲۵ متر، حداقل فاصله آزاد ۷/۵ متر
- برای عمق‌های بیش از ۲۵ متر، یک‌سوم عمق و حداکثر ۱۵ متر

^۱ از جمله میخ‌کوبی خاک، دیواره‌های تور سنگی (گابیون) و اصلاح شیب خاک

^۲ ترانسه



شکل ۴-۶ فاصله آزاد بین پای خاکریزی بستر تا پای خاکبرداری

زمانی که ارتفاع خاکبرداری (برش) کمتر از ۶ تا حداکثر ۱۰ متر باشد، می‌توان خاکبرداری را به صورت یکسره و بدون پله اجرا نمود. با افزایش ارتفاع خاکبرداری و تجاوز آن از ۱۰ متر، بهتر است شیروانی به شکل پلکانی اجرا شود. در حالت کلی عرض پله‌ها، ارتفاع بین پله‌ها و شیب شیروانی حداقل پله‌ها، بستگی به مشخصات لایه‌های زمین دارد و می‌تواند مقدار یکنواختی نباشد.

برای پرهیز از انباشتگی فوق‌العاده مصالح ریزش در مجاورت خط، بهتر است ارتفاع پله اول را کمتر در نظر گرفت. شیب طولی و عرضی پله‌ها، باید طوری باشد که تخلیه متناسب آب بارندگی را امکان‌پذیر نماید. عرض پله‌ها، به‌ویژه پله اول، بهتر است به میزانی باشد که ریزش‌ها را بتوان به‌وسیله ماشین‌های راهسازی تخلیه نمود. بدین منظور، در نظر گرفتن حداقل عرض ۳ متر (مقدار توصیه‌ای ۶ متر) ضروری است. در صورت لزوم باید آب بارش بالای شیروانی از طریق جوی محافظ تعبیه شده، تخلیه شود.

فصل ۵

طرح هندسی ایستگاهها

۵-۱- کلیات

به منظور افزایش ایمنی حرکت قطارها و تأمین ظرفیت حمل و نقل، باید مسیرهای راه آهن به قطعه (بلاک) هایی تقسیم شود. قطعه بین دو نقطه جدایی قرار می گیرد و بر روی آن فقط یک قطار می تواند حرکت نماید. ایستگاه‌ها، ایستگاه‌های اضطراری و چراغ‌های الکتریکی، جزء نقاط جدایی می باشند. در این بخش ضوابط مربوط به طرح هندسی ایستگاه‌های راه آهن ارائه می شود. ضوابط تکمیلی مربوط به ایستگاه‌ها در مقررات عمومی سیر و حرکت راه آهن نیز ارائه شده است و ضروری است الزامات و ملاحظات مربوط به آن، در دستور کار طراح خط قرار گیرد.

۵-۲- اجزاء ایستگاه

ایستگاه محوطه‌ای است که مجموعه‌ای از خطوط، دستگاه خطوط، ساختمان‌های اداری، مسکونی و سکوه‌های بار و مسافر در آن قرار دارد. ایستگاه، محل توقف، تنظیم، قبول، اعزام، مانور، تلاقی و سبقت قطارها و سایر وسایط نقلیه ریلی می باشد. امور مربوط به قبول و تحویل بار و سوار و پیاده شدن مسافران نیز در ایستگاه انجام می گیرد. ایستگاه‌ها برحسب موقعیت و میزان فعالیت، درجه بندی شده و دارای حریم و حدود مشخص و معین می باشند.

۵-۲-۱- خطوط ایستگاهی

انواع خطوط مورد استفاده در ایستگاه‌ها به شرح زیر می باشد که بسته به درجه اهمیت ایستگاه و طبقه آن برخی از این خطوط باید در آن پیش بینی شود:

خطوط اصلی ایستگاه‌ها: خطوط اصلی ایستگاه‌ها خطوطی است که در امتداد خطوط قطعه می باشد.

خطوط فرعی ایستگاه‌ها: سایر خطوط داخلی ایستگاه، خطوط فرعی نامیده می شود.

خطوط انشعاب: خطوطی هستند که از خطوط ایستگاه منشعب می شوند.

خطوط قبول و اعزام: خطوطی است که پذیرش و اعزام قطارها از طریق آن انجام می گیرد. این خطوط برای قبول قطارهای ورودی به ایستگاه و اعزام قطارها از ایستگاه مورد استفاده قرار می گیرند.

خط تأمین: خطی است که در دنباله انتهای خطوط طرفین ایستگاه به منظور قبول تلاقی همزمان در سیستم علائم الکتریکی احداث می شود و شرایط خط فرار را نیز دارا است.

خط فرار: خطی است که صرفاً وسایط نقلیه در حال فرار به آن هدایت می شوند و همیشه باید آزاد بوده و در انتهای آن شن و ماسه انباشته شده یا تجهیزات توقف ناوگان نصب شود و طول آن نباید از ۱۸ متر کمتر باشد.

خطوط دنباله مانوری: امکان عملیات مانور و تفکیک واگن را فراهم می‌سازد. در ایستگاه‌هایی که نیاز به عملیات مانور و تفکیک واگن دارند، پیش‌بینی این خطوط برای ایمنی تردد قطارها و جلوگیری از اشغال خط اصلی الزامی است.

خطوط توقفگاه (پارکینگ): این خطوط برای توقف ناوگان (به منظور تغییر آرایش قطار، انتظار برای تخلیه و بارگیری، انتظار برای تعمیرات و سایر موارد) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

خطوط انبار: خطوطی است که در جوار انبار کالا، توشه و محوطه‌های روباز به منظور تخلیه و بارگیری، احداث می‌شود.

خطوط مثلث: خطوط مثلث شکلی است که برای تغییر جهت کشنده‌ها و سایر ناوگان ریلی استفاده می‌شود.

خطوط دوار: خطوط دایره‌ای شکلی است که برای تغییر جهت قطارها و سایر وسایل نقلیه به کار گرفته می‌شود.

خطوط تأسیسات: خطوطی است که امور جاری اختصاصی راه‌آهن از قبیل تعمیر واگن‌ها، کشنده‌ها، آبگیری، سوخت‌گیری و ریل‌گذاری از طریق آن صورت می‌گیرد.

خطوط صنعتی و تجاری: خطوطی است که بنا بر تقاضای مؤسسات دولتی یا صنعتی و زراعی از خطوط داخلی ایستگاه، منشعب می‌شود. انشعاب خطوط صنعتی و تجاری از خطوط اصلی، مجاز نیست.

۵-۲-۲- دستگاه خطوط^۲

ادواتی است که برای تغییر مسیر ناوگان ریلی و یا قطع یک مسیر توسط مسیر دیگر به کار گرفته می‌شود و از این رو به ادوات تقاطع و انشعاب نیز معروف است. دستگاه خطوط مشتمل بر سه گروه اصلی به قرار زیر است:

- انشعاب^۳: شامل انشعاب استاندارد، انشعاب ساده متقارن، انشعاب مضاعف یک‌طرفه و و انشعاب مضاعف دوطرفه
- تقاطع: که نوع ساده آن تقاطع هم‌گذر لوزی است.
- چلیپا^۴: ترکیبی از یک یا چند انشعاب و تقاطع است که از جمله انواع آن، چلیپای ساده، چلیپای مضاعف، کراس‌اور ساده و کراس‌اور مضاعف^۵ است.

تعاریف مربوط به هریک از انواع دستگاه خطوط در فصل اول نشریه (بند ۱-۴) ارائه شده است. همچنین طرح کلی انواع برشمرده شده انشعاب، تقاطع و چلیپا در شکل ۵-۱ و شکل ۵-۲ مشاهده می‌شود. در فصل هشتم نشریه ۳۰۱ سازمان برنامه و بودجه کشور، انواع مختلف دستگاه خطوط و اجزای آن به تفصیل معرفی شده است. در ادامه، انواع متداول ادوات تقاطع و انشعاب قابل‌استفاده در خطوط راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران و مشخصات آن‌ها در شکل ۵-۳ نشان داده شده

^۱ کلیات و الزامات مربوط به خط مثلث و خط دوار در بند ۸-۷ نشریه ۳۰۱ بیان شده است.

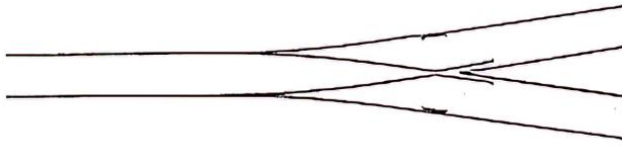
^۲ ادوات تقاطع و انشعاب

^۳ به دوراهه یا سوزن نیز معروف است. باید توجه داشت که سوزن جزء متحرک دستگاه خطوط از جمله انشعاب و تکه مرکزی جزء ثابت میانی دستگاه خطوط است. ولی در بسیاری از موارد سوزن و انشعاب معادل هم در نظر گرفته می‌شوند.

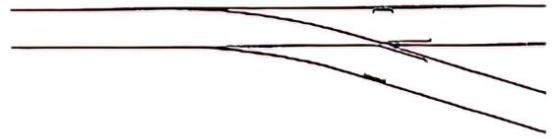
^۴ تقاطع-انشعاب

^۵ قیچی

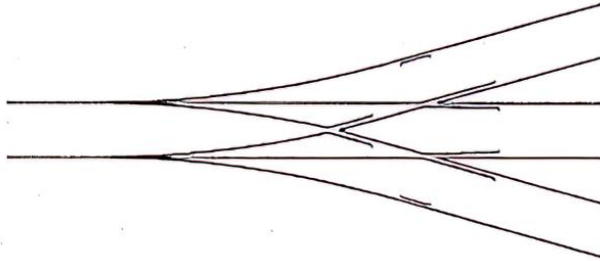
است. نوع ادوات مورد استفاده، به سرعت طراحی و مشخصات فنی خط بستگی دارد. ضروری است در شرایط معمول از ادوات استاندارد و متعارف تقاطع و انشعاب بهره گرفته شود. استفاده از ادوات نامتعارف در شرایط استثنایی تنها با هماهنگی و تایید کارفرما/بهره‌بردار امکان‌پذیر است.



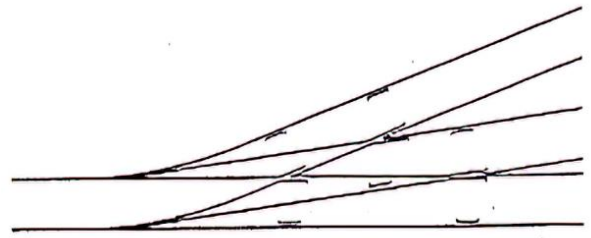
ب: انشعاب ساده متقارن



الف: انشعاب استاندارد

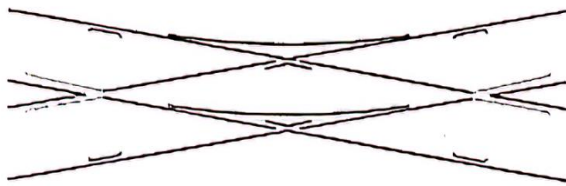


د: انشعاب مضاعف دوطرفه

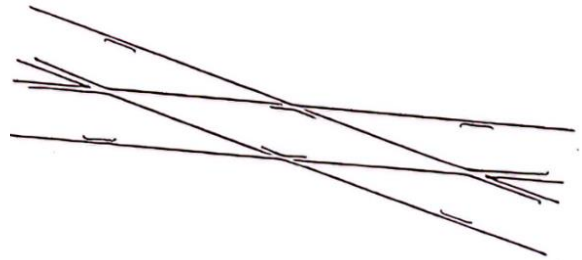


ج: انشعاب مضاعف یک طرفه

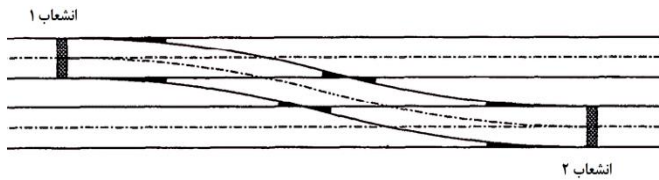
شکل ۱-۵ انواع انشعاب



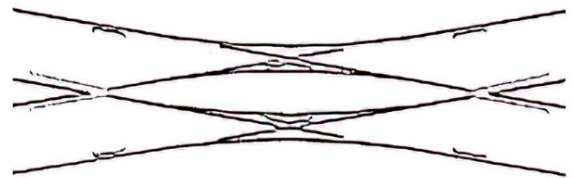
ب: تقاطع چلیپای ساده



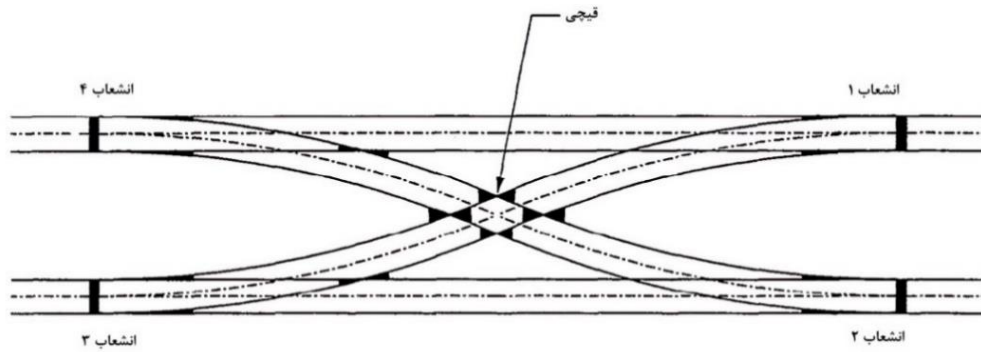
الف: تقاطع همگذر لوزی



د: کراس اور ساده

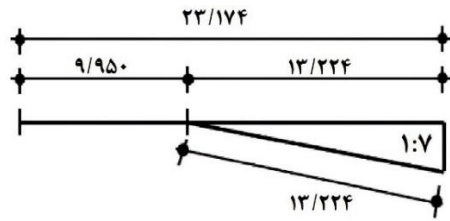


ج: تقاطع چلیپای مضاعف

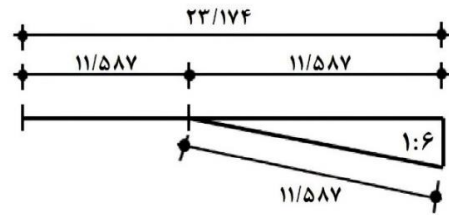


ه: کراس اور دوگانه (قیچی)

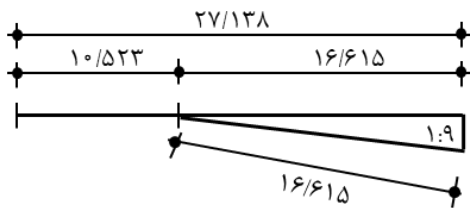
شکل ۲-۵ انواع تقاطع و چلیپا



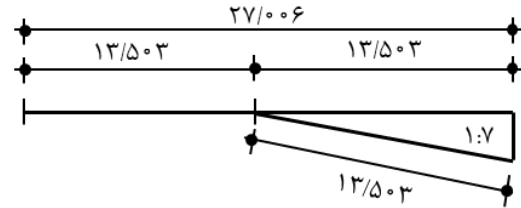
ب: انشعاب ۱۴۰ - ۱:۷



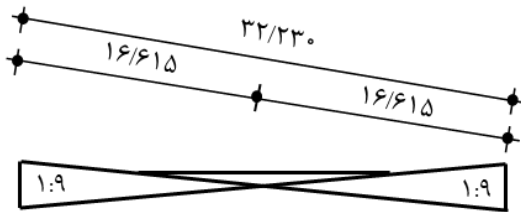
الف: انشعاب ۱۴۰ - ۱:۶



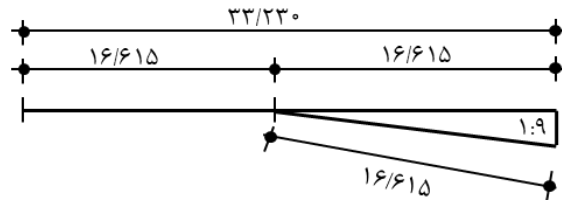
د: انشعاب ۱۹۰ - ۱:۹



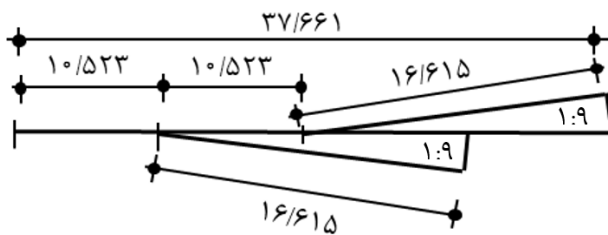
ج: انشعاب ۱۹۰ - ۱:۷



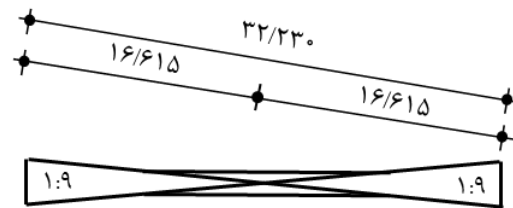
و: چلیپای ساده ۱۹۰ - ۱:۹



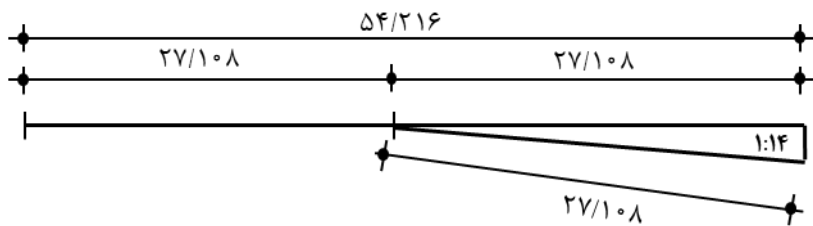
ه: انشعاب ۳۰۰ - ۱:۹



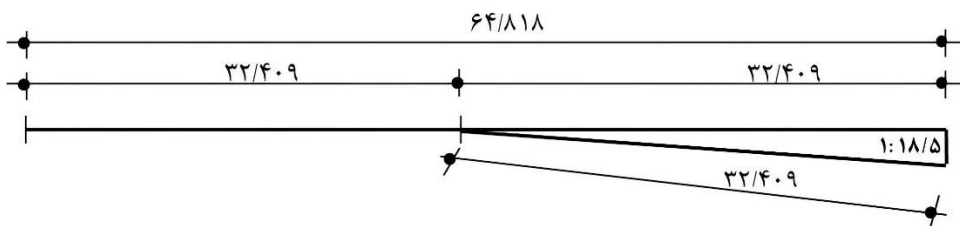
ح: سه راهه ۱۹۰ - ۱:۹



ز: چلیپای مضاعف ۱۹۰ - ۱:۹



ط: انشعاب ۷۶۰ - ۱:۱۴



ی: انشعاب ۱۲۰۰ - ۱:۱۸/۵

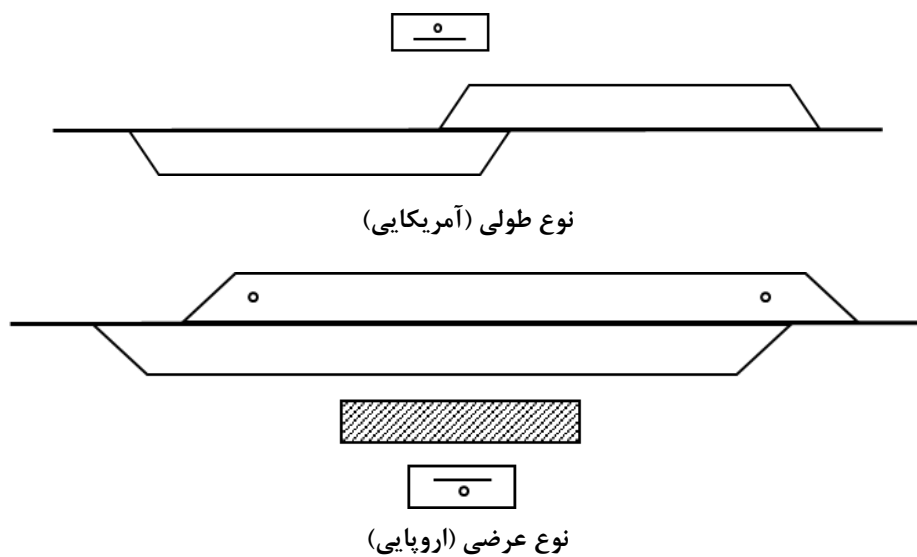
شکل ۳-۵ انواع متداول ادوات تقاطع و انشعاب قابل استفاده در راه آهن ایران

۵-۳- انواع ایستگاه

به طور کلی ایستگاه‌ها از نظر شکل هندسی به دو نوع عرضی (اروپایی) و طولی (آمریکایی) تقسیم می‌شوند. در ایستگاه‌های عرضی، خطوط قبول یا اعزام قطارها به موازات و در مقابل یکدیگر قرار می‌گیرد، ولی در ایستگاه‌های طولی، خطوط قبول یا اعزام قطارها به سمت بلاک‌ها جابجا شده است. در ادامه، انواع ایستگاه‌ها از نظر نوع کاربرد تشریح شده است.

۵-۳-۱- ایستگاه سبقت و تلاقی

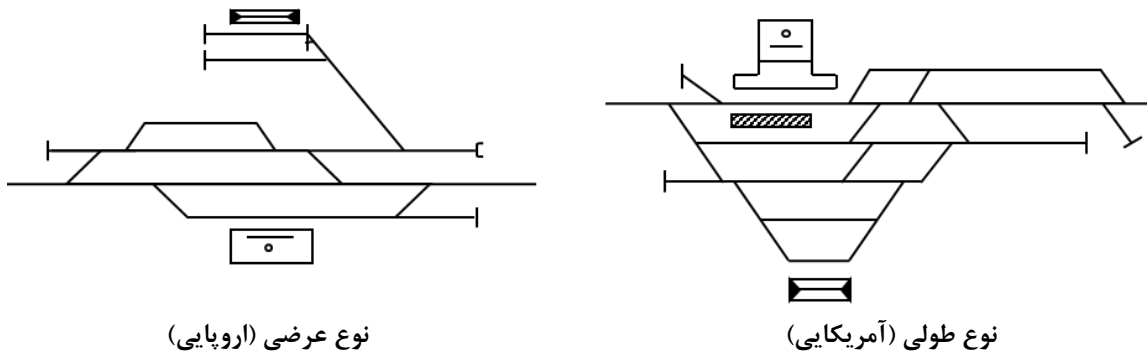
ایستگاه سبقت و تلاقی یا ایستگاه درجه سه، ایستگاهی است که به منظور بالا بردن ظرفیت ترافیکی خط برای سبقت و تلاقی قطارها احداث شده و حجم فعالیت در آن بسیار کمتر از ایستگاه‌های تشکیلاتی یا بین راهی است. ساده‌ترین ایستگاه تلاقی در شکل ۴-۵ نشان داده شده است.



شکل ۴-۵ ایستگاه‌های تلاقی

۵-۳-۲- ایستگاه بین‌راهی

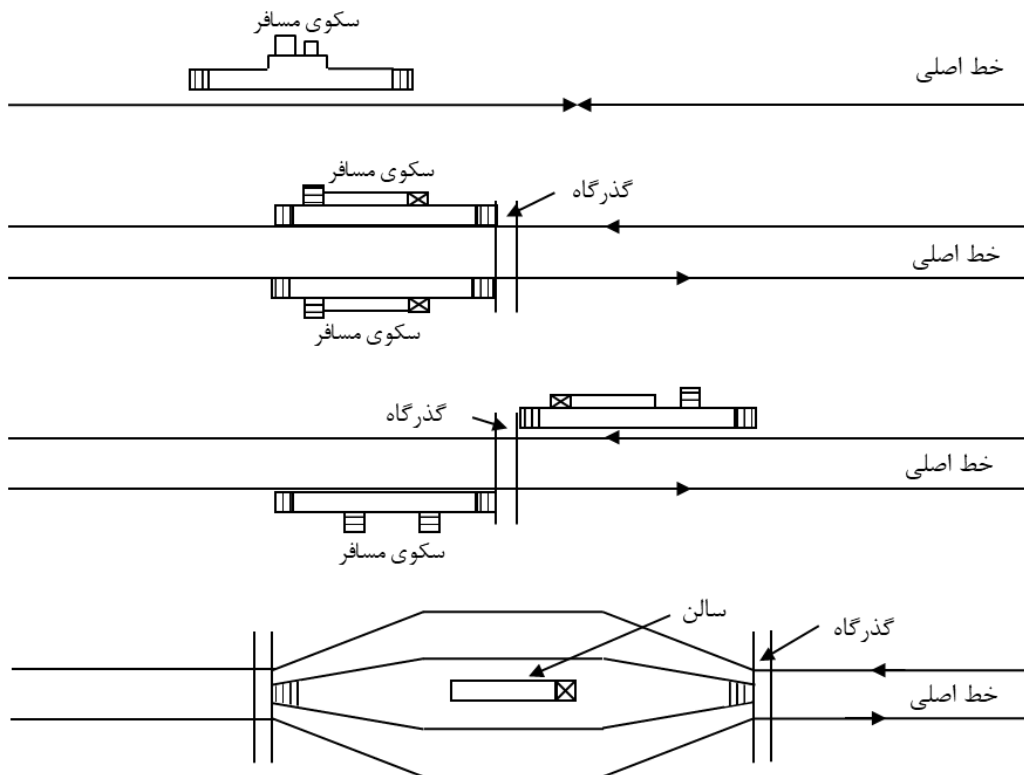
ایستگاه بین راهی یا ایستگاه درجه دو، در این نوع ایستگاه‌ها عملیات تلاقی، سبقت، مانور، بارگیری و تخلیه واگن‌ها، قبول و تحویل توشه مسافران انجام می‌پذیرد. کروکی این نوع ایستگاه‌ها در شکل ۵-۵ نشان داده شده است.



شکل ۵-۵ ایستگاه‌های بین‌راهی

۵-۳-۳- توقفگاه و نیم‌ایستگاه

در صورت نیاز می‌توان میان ایستگاه‌های بین‌راهی، توقفگاه‌هایی برای سوار و پیاده شدن مسافر ایجاد نمود. در بعضی از توقفگاه‌ها، علاوه بر سوار و پیاده شدن مسافر، می‌توان قبول و تحویل توشه را نیز پیش‌بینی نمود که اصطلاحاً به آن‌ها، نیم‌ایستگاه می‌گویند. توقفگاه‌ها و نیم‌ایستگاه‌ها فاقد دوراهه‌ها و شبکه خطوط هستند. در شکل ۵-۶ انواع توقفگاه‌ها در خطوط مختلف نشان داده شده است.



شکل ۵-۶ کروکی توقفگاه و نیم‌ایستگاه‌ها

۵-۳-۴- ایستگاه تشکیلاتی

به منظور تنظیم برنامه کاری رانندگان لکوموتیوها و مأمورین بهره‌برداری قطارها، ایمنی سیر و حرکت و پیشگیری از خرابی‌های احتمالی قطار و لکوموتیو، در فاصله‌های معین، ایستگاه‌های تشکیلاتی (ایستگاه درجه یک) پیش‌بینی می‌شود. این ایستگاه‌ها در ابتدا و انتهای راه‌آهن‌ها، محل تغییر شیب مبنای مسیرها و همچنین مناطقی که دو و یا چند مسیر راه‌آهن را قطع می‌کنند و گروه‌های راه‌آهن یکدیگر را تشکیل می‌دهند، ایجاد می‌شوند. به عبارت دیگر ایستگاه تشکیلاتی، ایستگاهی است که به تناسب جمعیت و موقعیت صنعتی و اقتصادی منطقه حتی‌المکان در مجاورت شهرها احداث شده که برای تنظیم و تشکیل قطارها دارای دسته مانور مستقل بوده و مجموعه‌ای از فعالیت‌های دپو، پست بازدید و سایر تأسیسات فنی راه‌آهن در آن انجام می‌شود.

۵-۳-۵- ایستگاه گار

در راه‌آهن ایران به ایستگاه تشکیلاتی مهم و اصلی، گار گفته می‌شود. در این ایستگاه، وسعت فعالیت و تعدد خطوط بالایی وجود دارد و نه تنها عملیات مربوط به اعزام، تنظیم و تشکیل قطارها و فعالیت‌های تخلیه و بارگیری در آن به صورت مضاعف انجام می‌شود، بلکه در مواقع ایجاد حوادث به واسطه امکانات در اختیار، در کمک‌رسانی شرکت می‌کند.

۵-۳-۶- ایستگاه بسته

ایستگاهی است که سوزن‌ها و علائم آن به صورت موقت، بنا به مقتضیات و دستور راه‌آهن برچیده شده و قطارها در آن توقف نمی‌کنند.

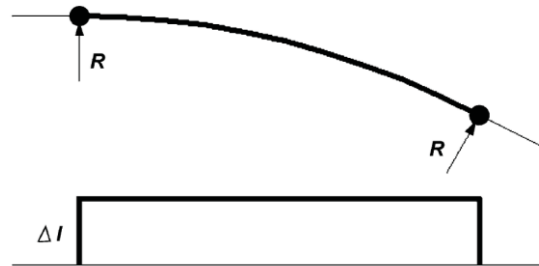
۵-۳-۷- ایستگاه صنعتی و تجاری

ایستگاهی‌هایی هستند که در خطوط فرعی راه‌آهن قرار داشته و به تقاضای شرکت‌های دولتی و خصوصی برای جابه‌جایی بار و مصارف صنعتی-تجاری ساخته شده‌اند.

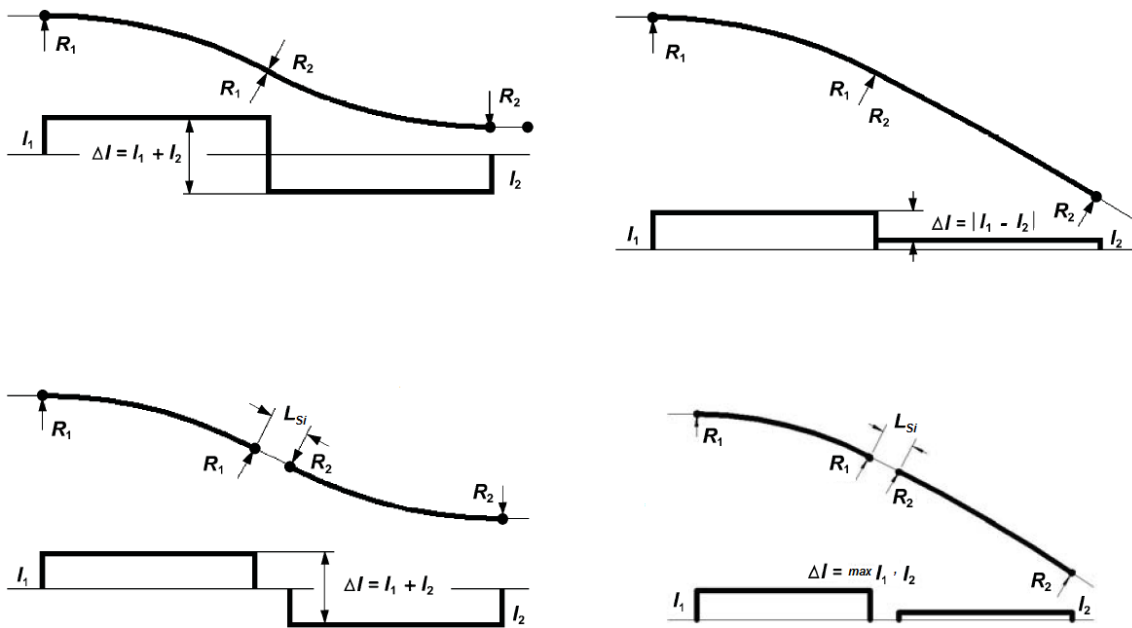
۵-۴- طرح هندسی خطوط ایستگاه

ملاحظات این بخش در راستای تکمیل ضوابط طرح هندسی پلان و پروفیل در محدوده خطوط و دستگاه خطوط واقع در ایستگاه‌ها ارائه می‌شود. در موقعیت دستگاه خطوط و در مواردی در محدوده خطوط ایستگاهی، تغییر ناگهانی انحنا افقی با لحاظ سرعت‌های پایین سیر رخ می‌دهد. این موضوع در شرایطی ایجاد می‌شود که بهره‌گیری از قوس‌های پیوندی امکان‌پذیر نباشد. نمونه‌هایی از این تغییر ناگهانی را می‌توان در شکل ۵-۷ و شکل ۵-۸ مشاهده کرد. برای تغییر ناگهانی انحنا افقی، باتوجه به کمبود برابندی ناگهانی القا شده، باید کنترل‌هایی به شرح زیر لحاظ شوند:

- کنترل فواصل بین دو تغییر ناگهانی کمبود بریلندی (L_{Si})
- کنترل تغییر ناگهانی کمبود بریلندی (ΔI)
- کنترل پدیده قفل‌شدگی^۱ بین واگن‌های مجاور



شکل ۵-۷ ترکیب قوس دایره و مسیر مستقیم بدون بریلندی (نمونه یک انشعاب استاندارد)



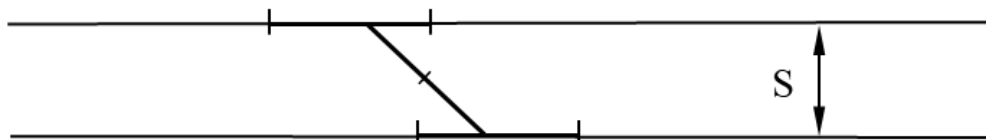
شکل ۵-۸ برخی از حالت‌های ایجاد تغییر ناگهانی انحنای افقی

^۱ به پدیده بافرلاکینگ معروف است.

۵-۴-۱- فواصل بین ادوات تقاطع و انشعاب و خطوط ایستگاهی

حداقل فاصله بین دو خط موازی (S)، که در شکل ۵-۹ نشان داده شده است، باید با توجه به عوامل زیر تعیین شود:

- حد فضای آزاد ساختمان و حد فضای آزاد ناوگان
- فضای مورد نیاز برای عملیات مانور
- فضای مورد نیاز برای عملیات تعمیرات جزئی واگن‌ها
- فضای مورد نیاز برای عملیات نگهداری خط
- نحوه قرارگیری دکل‌های شبکه بالاسری خط برقی
- تأثیر آیرودینامیکی دو قطار مجاور بر یکدیگر



شکل ۵-۹ فاصله بین دو خط موازی با اتصال انشعاب

فاصله بین دو خط، در ابتدا برای خطوط مستقیم تعیین شده و در قوس‌ها به میزان اضافه عرض لازم، افزایش می‌یابد. فاصله بین دو خط اصلی ایستگاه، باید ۵ متر در نظر گرفته شود. در شرایط استثنایی این فاصله دست‌کم باید ۴/۷ متر انتخاب شود. توصیه می‌شود فاصله بین محورهای سایر خطوط ایستگاه (خطوط فرعی) ۵/۴ متر و در شرایط استثنایی و با تایید دستگاه بهره‌بردار برابر ۵ متر منظور شود. در صورت پیش‌بینی آبروهای تخلیه آب‌های سطحی، فاصله بین محورهای سایر خطوط ایستگاه، باید حداقل ۶/۵ متر لحاظ شود. در صورت طراحی ایستگاه برای مسیرهای برقی، فاصله بین خطوط، با در نظر داشتن شرایط ایستگاه و نحوه استقرار دکل‌های شبکه بالاسری انتخاب می‌شود.

سرعت ناوگان در انشعاب اتصالی بین دو خط موازی، همان سرعت مجاز هر یک از سوزن‌ها بوده و نباید از مقادیر

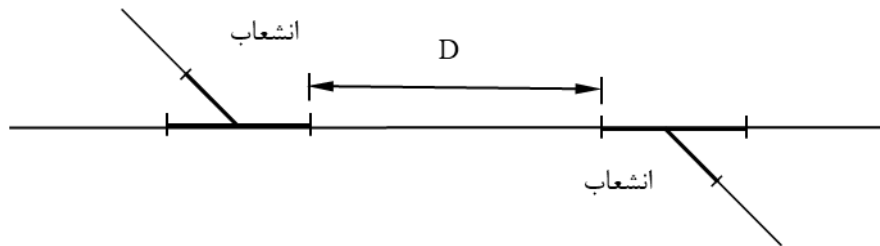
جدول ۵-۱ تجاوز کند.

جدول ۵-۱ سرعت مجاز انواع انشعاب‌ها

سرعت مجاز خط انشعابی (کیلومتر بر ساعت)	نوع دوراها	
	شعاع (متر)	زاویه سوزن
۴۰	۱۹۰	۱:۷
۴۰	۱۹۰	۱:۹
۵۰	۳۰۰	۱:۹
۸۰	۷۶۰	۱:۱۴

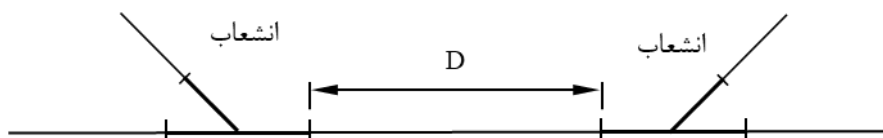
استقرار انشعابها نسبت به یکدیگر در طرح خطوط، مطابق یکی از چهار حالت زیر می‌تواند صورت گیرد:

حالت اول: در این حالت انشعابها در دو سوی خط و دو جهت مخالف هم، مطابق شکل ۵-۱۰ قرار می‌گیرد. در این حالت فاصله (D) در صورت به‌کارگیری ریل‌های ۱۸ متری، می‌تواند ۱۸ متر و یا نصف ریل ۱۸ متری یعنی ۹ متر باشد. این فاصله در خطوط قبول و اعزام نباید کمتر از ۶ متر انتخاب شود.



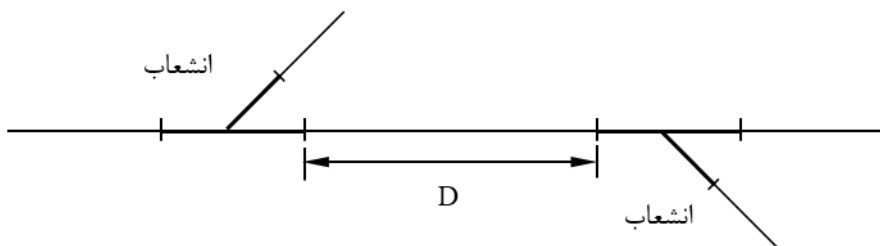
شکل ۵-۱۰ استقرار انشعابها در دو سوی مختلف

حالت دوم: در این حالت انشعابها مطابق شکل ۵-۱۱ در یک سوی خط قرار دارند. در این حالت نیز، (D) می‌تواند ۱۸ متر یا ۹ متر و همچنین ۶ متر باشد. این فاصله در نزدیکی دیوها و کارخانجات صنعتی به‌طور استثنائی می‌تواند حذف شود که در این صورت انشعاب نباید مجهز به علائم الکتریکی باشد.



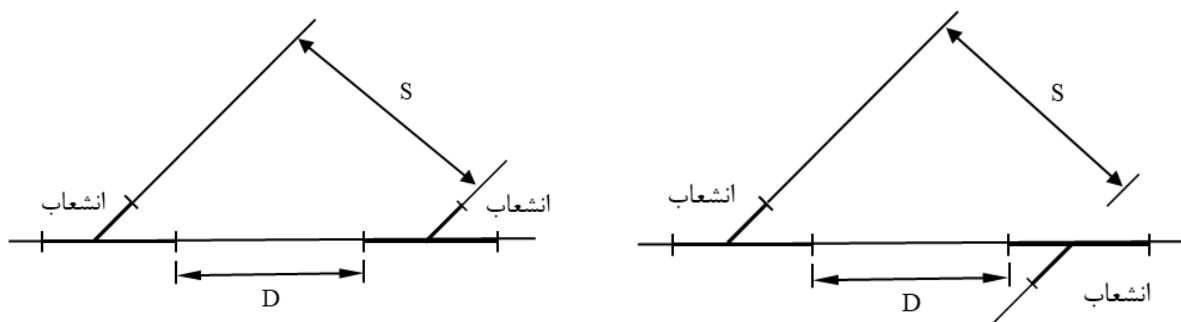
شکل ۵-۱۱ استقرار انشعابها در یک طرف خط

حالت سوم: مطابق شکل ۵-۱۲ انشعابها در دو سوی خط و هم‌جهت قرار دارند. در این حالت، فاصله (D) می‌تواند روی خطوط قبول و اعزام ۱۸، ۹ یا ۶ متر باشد. در حالت استثنائی در دیوها و کارخانجات صنعتی، می‌توان این فاصله را حذف نمود.



شکل ۵-۱۲ استقرار انشعابها در دو سوی خط

حالت چهارم: مطابق شکل ۵-۱۳ انشعاب‌ها موازی و در یک یا دو سوی خط می‌باشند که در این حالت، فاصله (D) بر اساس فاصله دو خط موازی (S) محاسبه می‌شود. فاصله (S) معمولاً ۵ متر منظور می‌شود.



شکل ۵-۱۳ حالات استقرار انشعاب‌های موازی در یک خط

۵-۴-۲- تغییر ناگهانی کمبود بر بلندی

تغییر ناگهانی کمبود بر بلندی (ΔI) زمانی رخ می‌دهد که تغییر ناگهانی انحنا بدون لحاظ قوس پیوندی به وجود آید که باعث ایجاد اختلال در رفتار دینامیکی وسائط نقلیه ریلی می‌شود. موضوعی که در موقعیت انشعابات و محدوده‌های ایستگاهی به چشم می‌خورد. با توجه به سرعت‌های پایین عبوری قطارها از موقعیت‌های ایستگاهی و دستگاه خطوط، حداکثر مقدار مجاز این معیار باید مطابق بند ۲-۲-۳-۲ (جدول ۲-۲ با لحاظ نقاط ویژه) در شرایط استاندارد تا ۶۰ میلی‌متر و در شرایط استثنایی تا ۸۰ میلی‌متر لحاظ شود. ضروری است در کنترل این معیار در حالت‌های ترکیبی مطابق شکل ۵-۸، کمبود بر بلندی تجمیعی مبنا قرار داده شود. با استناد به این محدودیت، سرعت مجاز عبوری از ادوات تقاطع و انشعاب تعیین می‌شود که برای برخی از سوزن‌های متداول راه‌آهن ایران مطابق جدول ۵-۱ ارائه شد.

۵-۴-۳- کنترل پدیده قفل‌شدگی بین واگن‌های مجاور

بر اساس این پدیده، مقدار بیرون زدگی واگن‌های مجاور یک قطار با محدودیت ناشی از هندسه مسیر (شعاع قوس‌های پایین) مواجه می‌شوند. این پدیده ایمنی خط را تحت تاثیر قرار می‌دهد و ممکن است به خروج از خط منجر شود. قفل‌شدگی با استناد به هندسه واگن‌های باری و مسافری نظیر فاصله محور به محور یک بوژی، فاصله بوژی‌های یک واگن و میزان بیرون زدگی جانبی تعیین می‌شود. بر این اساس، با در نظر گرفتن فرضیات زیر^۱ می‌توان حداقل مقادیر جدول ۵-۲ را مد نظر قرار داد. بدیهی است در شرایط بهره‌گیری از مشخصات هندسی محدودتر ناوگان عبوری، کنترل‌های مربوطه توسط طراح باید انجام پذیرد و عدم وقوع این پدیده کنترل شود.

^۱ مطابق ضوابط فنی تعامل‌پذیری زیرساخت (TSI INF 2022) و سازگار با استاندارد (EN13803-2017)

- واگن مرجع مسافری: طول ۲۶/۴۰، فاصله مرکز به مرکز بوژی ۱۹ و فاصله مرکز بوژی تا تامپون ۳/۷۰ متر
- واگن مرجع باری: طول ۱۸، فاصله مرکز به مرکز بوژی ۱۲ و فاصله مرکز بوژی تا تامپون ۳ متر

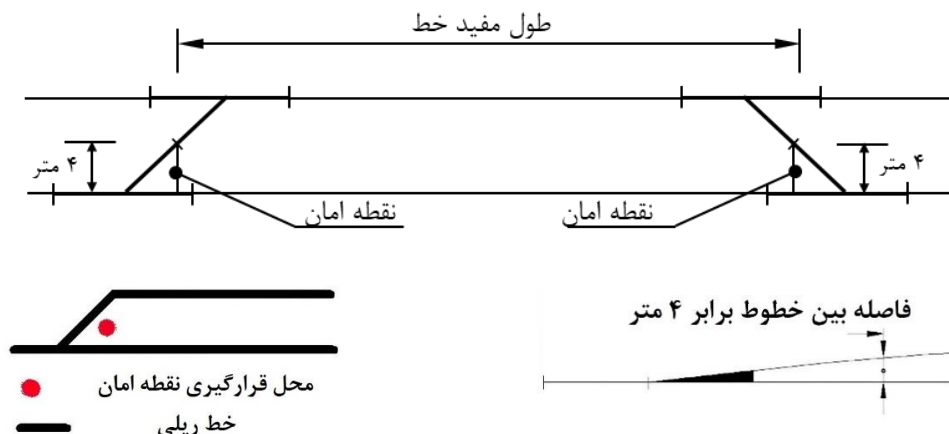
جدول ۵-۲ حداقل فاصله مستقیم موردنیاز بین قوس‌های با شعاع کم برای جلوگیری از پدیده قفل‌شدگی

شعاع مسیر	واگن‌های مسافری (متر)	واگن‌های باری (متر)
شعاع ۱۵۰ متر- مسیر مستقیم- شعاع ۱۵۰ متر	۱۰/۷۸	۶/۷۹
شعاع ۱۶۰ متر- مسیر مستقیم- شعاع ۱۶۰ متر	۹/۴۸	۶/۰۱
شعاع ۱۷۰ متر- مسیر مستقیم- شعاع ۱۷۰ متر	۸/۳۰	۵/۲۰
شعاع ۱۸۰ متر- مسیر مستقیم- شعاع ۱۸۰ متر	۷/۲۰	۴/۲۵
شعاع ۱۹۰ متر- مسیر مستقیم- شعاع ۱۹۰ متر	۶/۰۰	۳/۰۱
شعاع ۲۰۰ متر- مسیر مستقیم- شعاع ۲۰۰ متر	۴/۵۰	۰
شعاع ۲۱۰ متر- مسیر مستقیم- شعاع ۲۱۰ متر	۲/۱۱	۰
شعاع ۲۱۳ متر- مسیر مستقیم- شعاع ۲۱۳ متر	۰	۰

۵-۴-۴- نقطه امان

نقطه امان مطابق شکل ۵-۱۴، آخرین نقطه امن توقف قطارها، واگن‌ها یا سایر وسائط نقلیه ریلی بین دو خط مجاور (منتهی به دوراهه) است که حد آن با علامت مخصوصی مشخص می‌شود. در ایستگاه‌های مجهز به علائم الکتریکی نقطه امان توسط چراغ‌های علائم الکتریکی نصب شده بین خطوط ایستگاه مشخص می‌شود. بر اساس قواره ناوگان، نقطه امان خطوط راه‌آهن ایران، در فاصله ۴ متری بین خطوط مجاور تعریف می‌شود. فاصله مذکور مربوط به خطوط مستقیم است و این فاصله باید در قوس‌ها بر اساس اعداد درج شده در آیین‌نامه (مطابق بند ۴-۲) افزایش یابد. فاصله امان تا امان خطوط ایستگاه مطابق شکل ۵-۱۴ به‌عنوان طول مفید خط شناخته می‌شود.

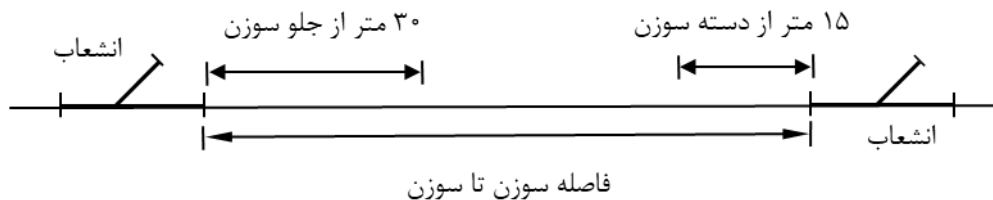
^۱ به دگاژ معروف است.



شکل ۵-۱۴ نقطه امان و طول مفید خطوط

۵-۴-۵- طول مفید خطوط

طول مفید خطوط بر اساس نیروی محرکه قطار، شیب و نوع خط (یک خطه یا دو خطه، کشش دیزلی یا برقی) انتخاب می‌شود. این طول باید دست کم ۸۵۰ متر انتخاب شود و در شرایط خاص می‌توان تا ۷۲۰ متر نیز کاهش داد. در سوزن‌های با شعاع ۳۰۰ و ۱۹۰ متر، فاصله مفید علائمی برابر با کسر مجموع فاصله ۳۰ متر از جلوی سوزن و ۱۵ متر از انتهای دسته سوزن، از کل طول سوزن تا سوزن خط مطابق شکل ۵-۱۵ می‌باشد.



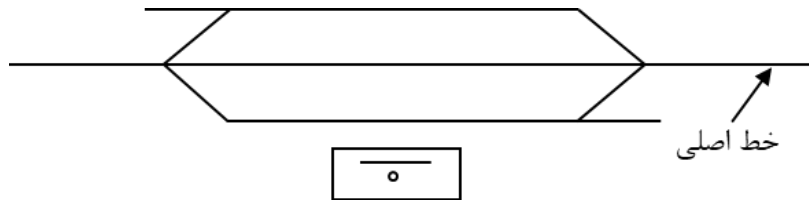
شکل ۵-۱۵ فاصله مفید علائمی سوزن تا سوزن

۵-۵-۵- طرز قرارگیری خطوط در ایستگاه‌ها

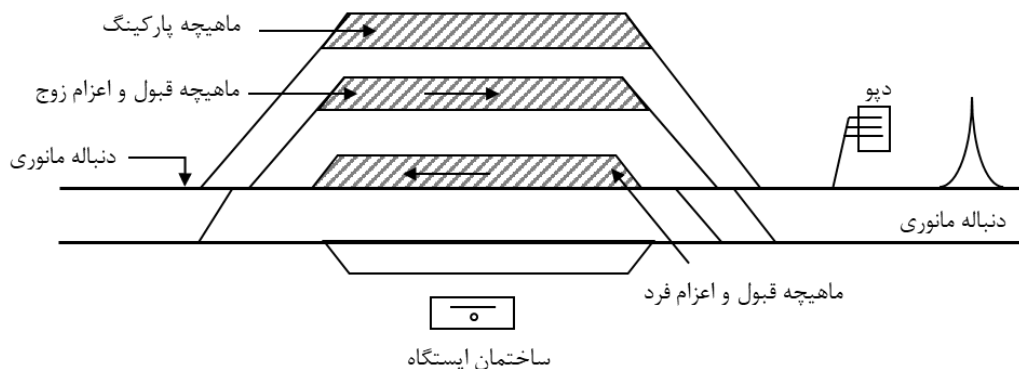
۱-۵-۵- مسیرهای یک خطه

خطوط قبول و اعزام در ایستگاه‌های بین‌راهی، به منظور تلاقی، باید در دو سوی خط اصلی مطابق شکل ۵-۱۶ پیش‌بینی شود. در ایستگاه‌های بین‌راهی، به کارگیری خطوط قبول و اعزام در یک طرف خط اصلی، به دلیل مشکل سبقت‌گیری قطار مسافری از قطارهای باری، توصیه نمی‌شود. در ایستگاه‌های تشکیلاتی به‌خصوص در ایستگاه‌هایی که در آن‌ها سه مسیر

راه آهن یا بیشتر یکدیگر را قطع می نمایند، خطوط باید به صورت ماهیچه طراحی شوند. ماهیچه های قبول و اعزام باید با استفاده از دنباله مانوری از ماهیچه های توقف (پارکینگ) جدا شود. در شکل ۵-۱۷ یک ایستگاه تشکیلاتی نمونه نشان داده شده است.



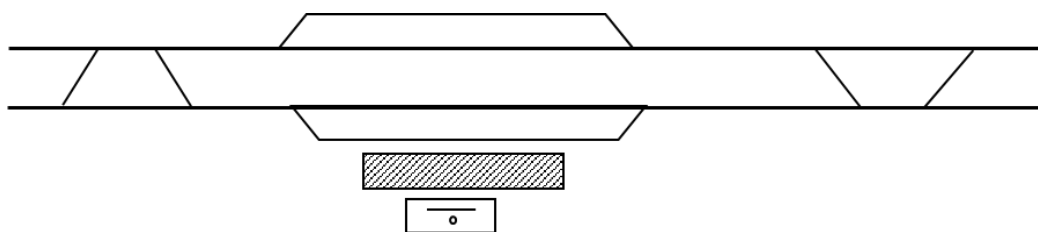
شکل ۵-۱۶ خطوط قبول و اعزام در مسیر یک خطه



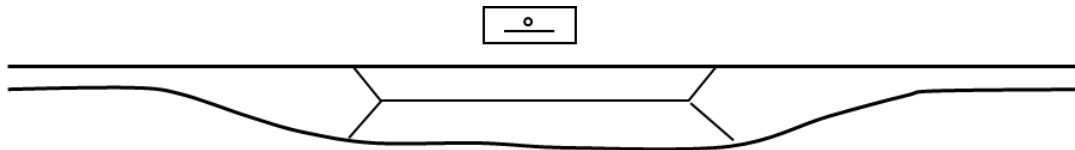
شکل ۵-۱۷ ایستگاه تشکیلاتی در مسیر یک خطه

۵-۵-۲- مسیره های دوخطه

سبقت قطارهای مسافری از قطارهای باری در مسیره های دوخطه مطابق شکل ۵-۱۸ در ایستگاه های بین راهی صورت می گیرد. با داشتن توجیه فنی و اقتصادی، ایستگاه های بین راهی را می توان به صورت خاص مطابق شکل ۵-۱۹ طراحی نمود. انتخاب شکل ایستگاه با توجه به مطالعات توجیهی صورت می گیرد. رعایت کلیه مواردی که در ایستگاه های تشکیلاتی یک خطه اشاره شد، در ایستگاه های مسیره های دوخطه نیز ضروری است.



شکل ۵-۱۸ خطوط سبقت در مسیره های دوخطه



شکل ۵-۱۹ شکلی خاص از استقرار خطوط سبقت در مسیرهای دو خطه

۵-۶- شماره گذاری خطوط

۵-۶-۱- مسیرهای یک خطه

شماره گذاری خطوط در ایستگاه‌های بین‌راهی طبق مقررات عمومی حرکت، به شرح زیر می‌باشد:

خطوط واقع در محوطه هر ایستگاه، به ترتیب از اولین خط مجاور ساختمان ایستگاه شماره گذاری می‌شود. چنانچه در سمت پشت ایستگاه خطوطی باشد، شماره آن بعد از آخرین خط جلوی ایستگاه خواهد بود. شماره گذاری خطوط ایستگاه‌های تشکیلاتی با خطوط قبول و اعزام، مطابق دستور فوق انجام می‌پذیرد. در صورتی که ایستگاه تشکیلاتی دارای چند ماهیچه باشد، ماهیچه قطارهای زوج و فرد باید از یکدیگر جدا باشد، شماره گذاری از کنار ساختمان ایستگاه بسته به فرد یا زوج بودن ماهیچه با شماره‌های ف ۱، ف ۲، ف ۳ و ... و یا ز ۱، ز ۲، ز ۳ و ... صورت می‌گیرد. در محوطه توقف و تفکیک واگن‌ها، شماره گذاری خطوط از کنار ساختمان ایستگاه به ترتیب پ ۱، پ ۲، پ ۳ و ... می‌باشد. به‌عنوان مثال، دنباله مانوری فرد با شماره "د ف ۱" و دنباله مانوری جهت مخالف با شماره "د ز ۲" شماره گذاری می‌شود.

۵-۶-۲- مسیرهای دو خطه

در ایستگاه‌های بین‌راهی، خطوطی که در امتداد خط اصلی می‌باشند بسته به زوج و فرد بودن خط، با شماره "۱" و "۲" شماره گذاری می‌شوند. خطوطی که در جبهه "خط ۱" (خط اصلی فرد) قرار می‌گیرند با شماره‌های ۳، ۵، ۷ و ... و خطوطی که در جبهه "خط ۲" (خط اصلی زوج) قرار می‌گیرند با شماره‌های ۴ و ۶ و ... شماره گذاری می‌شوند.

در ایستگاه‌های تشکیلاتی، بسته به تخصیص ماهیچه مربوطه برای قطارهای زوج یا فرد، شماره گذاری آن‌ها از جبهه ساختمان با شماره‌های ف ۱، ف ۲ و ... و یا ز ۱، ز ۲ و ... شماره گذاری می‌شوند. شماره گذاری خطوط توقف و دنباله‌های مانوری، همانند ایستگاه‌های تشکیلاتی در مسیرهای یک خطه می‌باشد.

۵-۷- حریم و حدود ایستگاه

۵-۷-۱- حریم ایستگاه

در ایستگاه‌ها به لحاظ احداث تأسیسات، لازم است تا حریم به نسبت خطوط بلاک افزایش یابد. به هنگام تهیه نقشه ایستگاه، حریم آن باید توسط طراح و با توجه به استقرار تأسیسات مانند ساختمان ایستگاه، انبار کالا، انبار توشه، دنباله مانوری، منازل سازمانی، پست برق و غیره، برآورد شود. توصیه می‌شود در ایستگاه‌های مسیرهای یک‌خطه، حریم از محور خط اصلی به طرف ساختمان ایستگاه، حداقل ۵۰ متر و از محور اصلی به طرف مقابل ساختمان، حداقل ۳۰ متر منظور شود. در مواردی که تونل در مجاورت ایستگاه قرار دارد، شروع تونل نباید بلافاصله پس از سوزن خروجی باشد و توصیه می‌شود به‌اندازه طول مفید خطوط قبول و اعزام ایستگاه‌ها، میان خروجی ایستگاه و ورودی تونل فاصله رعایت شود. تعبیه نمودن هرگونه سازه مهم و یا تجهیزات در فاصله مشخصی از انتهای بخش زیرسازی خط فرار مجاز نمی‌باشد. مقدار حداقل این فاصله باید بر اساس حداکثر سرعت یک قطار بدون دیزل با بیشترین مقدار بار که از محل توقف خود فرار کرده است، در محل خط فرار محاسبه شود. در محدوده فوق باید دسترسی تجهیزات امداد رسانی (حضور جرثقیل، ماشین‌های جاده‌ای و سایر موارد) وجود داشته باشد. در کلیه ایستگاه‌های درجه ۳ می‌توان از خط تأمین به‌عنوان خط فرار نیز استفاده نمود. در احداث خطوط تأمین، اجرای روسازی به طول حداقل ۱۸ متر و همچنین اجرای زیرسازی به طول حداقل ۴۰ متر پس از آن لازم است. پیشنهاد می‌شود برای خط تأمین حداقل فاصله ۵۰ متر طولی از انتهای زیرسازی تا ابنیه و مستحدثاتی مانند پایه‌های روشنایی و نورافکن‌ها رعایت شود. در مورد استفاده از خط فرار نباید هیچ ابنیه‌ای در راستای طولی و در محدوده گاباری واگن و دیزل از خط وجود داشته باشد.

۵-۷-۲- حدود ایستگاه

حدود ایستگاه (بعد ایستگاه در طول مسیر)، به شرح زیر تعیین می‌شود:

- در ایستگاه‌هایی که مجهز به علائم الکتریکی می‌باشند از علامت سه نمای ورودی طرفین ایستگاه.
- در ایستگاه‌هایی که دارای سیمافور می‌باشند، از سیمافور ورودی طرفین ایستگاه.
- سایر ایستگاه‌ها از تابلو حدود ایستگاه که در دو طرف ایستگاه نصب شده است.

۵-۸- وضعیت ایستگاه بر روی پلان و نیم‌رخ طولی

طراحی ایستگاه‌ها باید با در نظر گرفتن افزایش ظرفیت و توسعه خطوط راه‌آهن صورت گیرد.

۵-۸-۱- وضعیت ایستگاه بر روی پلان مسیر

۵-۸-۱-۱- محل ایستگاه و فاصله بین ایستگاهها

محل ایستگاه در پلان باید با توجه به شرایط بهره‌برداری، ارائه خدمات بار و مسافر و پستی و بلندی زمین انتخاب شود. فاصله بین ایستگاهها باید به اندازه‌ای باشد که جوابگوی حمل بار و مسافر مورد نیاز باشد. محل ایستگاههای سبقت در طراحی مسیرهای دوخطه متناسب با حجم بار و مسافر، انتخاب می‌شود. ایستگاههای مجاور با ایستگاههای تشکیلاتی، باید طوری انتخاب شود که زمان سیر در آن قطعات (بلاکها) چهار دقیقه کمتر از قطعه‌های (بلاکهای) معمولی باشد. در مسیرهای یک‌خطه که تلاقی قطارها در ایستگاهها پیش‌بینی می‌شود، فاصله بین ایستگاهها باید طوری تنظیم شود که دوره گراف حرکت (زمان رفت و برگشت در هر قطعه (بلاک) به اضافه زمان توقف) در همه قطعه‌ها مساوی یا نزدیک به هم باشد. در صورتی که ایستگاه برای استفاده از قطارهای طویل طراحی می‌شود، وضعیت ایستگاه باید طوری انتخاب شود که توقف این قطارها در ایستگاه بدون وجود مشکلی امکان‌پذیر باشد.

۵-۸-۱-۲- قرارگیری ایستگاه در قوس

در انتخاب محلی ایستگاه، باید سعی شود تا حد امکان ایستگاهها در خطوط مستقیم احداث شود. در شرایط خاص، محل ایستگاهها را می‌توان در روی قوس‌های ساده منظور نمود. البته این موضوع باعث کاهش دید راهبر قطار و افزایش فاصله بین سکو و ورودی واگن قطار^۱ می‌شود.

در صورتی که استقرار ایستگاه در قوس افقی ناگزیر باشد، باید الزامات ذیل مد نظر قرار گیرد:

- حتی‌الامکان محدوده سوزن‌بندی ابتدا و انتهای ایستگاه در محدوده خط مستقیم (بدون قوس) قرار گیرد.
- استقرار سوزن‌ها در قوس در شرایط معمول مجاز نیست. تحت شرایط استثنایی، استقرار سوزن در قوس تنها با اخذ مجوز از کارفرما / بهره‌بردار مجاز می‌شود.
- قرارگیری سوزن بر روی پل مجاز نیست. در شرایط استثنایی با تایید کارفرما/بهره‌بردار و لحاظ تاثیر تشدید نیروهای دینامیکی و اثرات ایمنی وارد شده بر روی آبرو تحت قرارگیری سوزن توسط طراح، سوزن می‌تواند بر روی آبروهای زیرخاکی با دهانه کوچک (دهانه تا سه متر، به گونه‌ای که حداقل دو متر خاکریزی بر روی آبرو اجرا شود) قرار گیرد.
- استقرار ایستگاهها در قوس‌های پی‌درپی، فقط در ایستگاههای نوع طولی (آمریکایی) مجاز است.
- در محل سکوی قطارهای مسافری، توصیه می‌شود از قوس‌هایی با شعاع بیش از ۱۰۰۰ متر استفاده شود تا فاصله بین قطار و سکو ناچیز بماند. در شرایط استثنایی، شعاع قوس نباید از ۵۰۰ متر کمتر در نظر گرفته شود.

^۱ این فاصله به گپ معروف است.

در صورتی که فاصله میان سکو و قطار زیاد باشد، باید نسبت به ثبت هشدارهای لازم در سکوها برای آگاهی مسافران جهت پیاده و سوار شدن اقدام کرد و نظارت لازم برای حل مشکلات ایمنی نظیر نصب دوربین یا ادوات پرکننده فاصله^۱ را انجام داد.

- مقدار بر بلندی باید برای خطوطی که برای توقف قطار جهت تخلیه مسافر و یا بار باشد، برابر با صفر در نظر گرفته شود.

- کنترل پدیده قفل‌شدگی آیین واگن‌های مجاور (مطابق بند ۵-۴-۳)

- در نظر گرفتن الزامات قوس پیوندی در خطوط ایستگاه (مطابق بند ۵-۸-۱-۵)

۵-۸-۱-۳- شعاع قوس

حداقل شعاع خطوط اصلی ایستگاه نباید از حداقل شعاع موجود در مسیر، کمتر باشد. شبکه انشعاب‌بندی ایستگاه‌ها، باید در مسیر مستقیم قرار گیرد. برای خطوط فرعی و محوطه‌های عملیاتی ایستگاهی، حداقل شعاع قوس افقی برابر ۳۰۰ متر توصیه شده و در شرایط معمول نباید از ۱۹۰ متر کمتر در نظر گرفته شود. در بنادر و مناطق صنعتی، تحت شرایط استثنایی (با توجه به نوع ناوگان و تایید کارفرما و بهره‌بردار)، این شعاع می‌تواند تا ۱۴۰ متر کاهش یابد. در چنین شرایطی ضروری است کنترل پدیده قفل‌شدگی بین واگن‌های مجاور مطابق بند ۵-۴-۳ توسط طراح انجام پذیرد.

۵-۸-۱-۴- بر بلندی

پیش‌بینی بر بلندی در خطوط اصلی ایستگاه‌ها باید مطابق ضوابط ذکر شده در فصل دوم صورت گیرد. پیش‌بینی بر بلندی در سایر خطوط ایستگاه‌ها الزامی نیست. در صورتی که ایستگاه در محل قوس واقع شود، مقدار بر بلندی باید برای خطوطی که برای توقف قطار جهت تخلیه مسافر و یا بار باشد، برابر با صفر در نظر گرفته شود. در صورتی که خط عبوری مانند خط سبقت باشد، تعبیه بر بلندی مطابق محاسبات خطوط بلاک با حداکثر مقدار ۷۰ میلی‌متر انجام می‌گیرد.

^۱ گپ فیلر

^۲ به پدیده بافرلاکینگ معروف است.

^۳ مطابق بند ۲-۴-۱ ضوابط نشریه ۳۰۱ سازمان برنامه و بودجه کشور، در قوس‌های با شعاع زیر ۲۵۰ متر لازم است اضافه عرض خط پیش‌بینی و تمهیدات لازم برای کاهش میزان سایش در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که اعمال اضافه عرض خط در خطوط با ریل‌های شیاردار (قاشقی) مجاز نیست.

۵-۱-۸-۵- قوس‌های پیوندی

قوس‌های پیوندی در خطوط اصلی ایستگاه‌ها باید دارای تمام شرایط ذکر شده در فصل دوم باشد. استفاده از قوس‌های پیوندی در خطوط فرعی ایستگاه، در صورت تایید بهره‌بردار الزامی نیست. اما توصیه می‌شود طول قوس پیوندی در خطوط فرعی برابر با حداکثر مقدار ممکن با توجه به ملاحظات اقتصادی در نظر گرفته شود.

۵-۱-۸-۶- شیب عرضی زیرسازی و روسازی

شیب عرضی بستر روسازی در محل خطوط ایستگاه برابر ۱ درصد در نظر گرفته می‌شود. همچنین باید برای خطوط ایستگاهی، سیستم مناسب جمع‌آوری آب جهت تخلیه آب‌های سطحی به‌گونه‌ای طرح شود که ضمن تامین الزامات زهکشی، ملاحظات و الزامات ضخامت مجاز بالاست زیر تراورس (برای خطوط بالاستی) را در نظر داشته باشد.

۵-۱-۸-۲- وضعیت ایستگاه‌ها بر روی نیم‌رخ طولی مسیر

انتخاب شیب طولی محل استقرار ایستگاه، باید طی مطالعات شبیه‌سازی بهره‌برداری و با تحلیل شرایط حرکت قطار و محاسبه نیروهای محرک و مقاوم صورت گیرد. حالت مطلوب این است که مقدار شیب و فراز در محل محوطه ایستگاه نزدیک به صفر در نظر گرفته شود. چرا که قطار در حال توقف دارای توان کمتری بوده و در صورت شیب‌دار بودن ممکن است فرار کند (نیروی باد نیز به این اتفاق می‌افزاید). همچنین علت نزدیک به صفر در نظر گرفتن فراز نیز ایجاد توان لازم در لکوموتیو برای از جا کندن قطار متوقف در زمان عزیمت از ایستگاه است. یک مقدار حداقلی شیب یا فراز در محل ایستگاه باید جهت زهکشی در نظر گرفته شود. توصیه می‌شود مقدار حداقلی شیب و فراز برای تسهیل زهکشی برابر ۱ در هزار لحاظ شود.

۵-۱-۸-۱- ضوابط شیب‌بندی خطوط ایستگاه‌ها

در انتخاب شیب کلی حاکم بر محل استقرار ایستگاه و خطوط آن موارد زیر باید در نظر گرفته شود:

۱. شیب ایستگاه باید طوری انتخاب شود که واگن‌های متوقف بر روی خطوط نتوانند خود به خود به حرکت درآیند (فرار قطار رخ ندهد).
۲. در خطوطی از ایستگاه که کشنده از قطار جدا می‌شود، اجرای شیب بالاتر از ۲/۵ در هزار مجاز نمی‌باشد.
۳. شیب ایستگاه باید طوری باشد که قطار متوقف در آن، بتواند دوباره توسط لکوموتیو به حرکت درآمده و به مسیر خود ادامه دهد. برای تأمین این شرط، باید شیب میانگین محل استقرار قطار در ایستگاه مطابق با رابطه ۵-۱ انتخاب شود:

$$G_{stat} = 1/35G - 3/5$$

که در آن G_{stat} شیب میانگین محل استقرار قطار در ایستگاه و G شیب مبنای مسیر می‌باشد.

۴. شیب ایستگاه باید طوری باشد که توقف قطار بر روی این شیب به وسیله لکوموتیو و با استفاده از ترمز مستقل آن امکان‌پذیر باشد. برای تأمین این شرط، لازم است تا شیب میانگین محل استقرار قطار در ایستگاه مطابق رابطه ۲-۵ باشد:

$$G_{stat} = 0/45G + 1/5 \quad 2-5$$

با استفاده از رابطه‌های ۱-۵ و ۲-۵، بزرگ‌ترین شیب G_{stat} برحسب مقادیر مختلف شیب مبنا محاسبه شده و در جدول ۳-۵ ارائه شده است. لازم به ذکر است که این شیب میانگین برای خطوط ایستگاه‌هایی مد نظر است که هیچ عملیات مانور یا تفکیک و تشکیل قطار در آن انجام نمی‌شود.

۵. استقرار انشعابات (دو راهه‌ها) روی شیب‌های ارائه شده در جدول ۳-۵ بلامانع است.

۶. حداکثر شیب مجاز خطوط مختلف ایستگاه‌ها و خطوط مختلف مرتبط با ایستگاه برحسب نوع بهره‌برداری از آن‌ها باید با رعایت موارد مندرج در جدول ۴-۵ انتخاب شود.

جدول ۳-۵ حداکثر شیب ایستگاه برحسب شیب مبنای مسیر در شرایط استثنایی (در هزار)

شیب مبنای مسیر (G)	۴	۵	۶	۹	۱۰	۱۲/۵ و بالاتر
شیب میانگین ایستگاه (G_{stat})	۱/۵	۳	۴	۵/۵	۶	۷

جدول ۴-۵ حداکثر شیب طولی مجاز در ایستگاهها (در هزار)

ردیف	اسم منطقه جدایش و قسمت‌های آن	پستی و بلندی زمین	
		کم	زیاد
۱	ایستگاه‌های بین‌راهی، ایستگاه‌های تلافی و ایستگاه‌های سبقت (نوع اروپایی)	توصیه: صفر حداکثر: ۱/۵	حداکثر: ۲/۵
۲	ایستگاه‌های تلافی، ایستگاه‌های سبقت، ایستگاه‌های بین‌راهی با موافقت راه‌آهن (نوع طولی آمریکایی)	توصیه: صفر حداکثر: ۱/۵	بخش‌هایی از ایستگاه که در آن جدا شدن لوکوموتیو از قطار و مانور پیش‌بینی نشود: مطابق جدول ۵-۳ (حداکثر ۷) در سایر بخش‌های ایستگاه: ۲/۵
۳	ایستگاه‌های تلافی، ایستگاه‌های سبقت از کلیه انواع آمریکایی و اروپایی با داشتن توجیه اقتصادی و مجوز جهت اطمینان از اینکه عملیات مانور و جدا شدن لوکوموتیو از قطار انجام نمی‌گیرد.	توصیه: صفر حداکثر: ۱/۵	مطابق ردیف ۱ و ۲ کل ایستگاه را می‌توان در شیب‌های حداکثر و با کشش دوگانه احداث کرد.
۴	خطوط قبول و اعزام ایستگاه‌ها در محدوده طول مفید خطوط که در آنجا جدا شدن لوکوموتیو از قطار و انجام مانور پیش‌بینی می‌شود.	حداکثر ۱/۵ *	حداکثر ۲/۵
۵	توقفگاه‌های قطارهای مسافری	شیب‌هایی که امکان حرکت مجدد قطار مسافری را فراهم سازد.	
۶	خطوط توقف قطارهای مسافری و خطوط ایستگاه‌های فنی - مسافری	توصیه: صفر حداکثر مقدار مجاز: ۱/۵	
۷	خطوط انبار، خطوط توقف واگن‌های بدون لوکوموتیو، خطوط سرویس‌دهی و توقف لوکوموتیو	توصیه: صفر حداکثر: ۱/۵	حداکثر ۲/۵
۸	خطوط داخل ساختمان‌ها	صفر	
۹	خطوط متصل به محوطه کانتینرها، انبارهای سوخت، محوطه‌های شستشو واگن‌های مخزن‌دار، محوطه‌های بارگیری و غیره	مقدار حداکثر: مطابق مقدار حاصل از شبیه‌سازی بهره‌برداری بر روی شیب‌هایی که نیروی کشش لوکوموتیو توان حرکت دادن وزن مربوطه را داشته باشد. توصیه: کمتر از ۷	
۱۰	خطوط تردد لوکوموتیوها به صورت انفرادی	توصیه: ۱۲/۵	
۱۱	محدوده سوزن‌بندی ایستگاه‌ها	شیب‌هایی که در ردیف‌های ۱ و ۲ و ۳ آمده است	
۱۲	دنباله‌های مانوری خارج از محدوده ایستگاه	صفر و یا سرازیری ۲/۵ در هزار	در سربالایی‌ها تا ۲ در هزار
۱۳	ماهیچه مانور که عملیات تفکیک واگن‌ها را از دنباله مانوری انجام می‌دهند.	مطابق با ردیف ۱۲	

۵-۸-۲-۲- شیب و فراز قبل از ایستگاه

در شرایطی که خط پروژه در جهت ورود به ایستگاه در فراز مینا باشد (به بیان دیگر، خروج از ایستگاه به سمت مقابل در شیب تند قرار گرفته باشد)، باید شرایط توقف قطار در محل ورودی ایستگاه پشت چراغ سه‌نما (به علت اشغالی خطوط ایستگاه یا هر دلیل فنی دیگر) و تضمین حرکت مجدد آن مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور توصیه می‌شود در محل ورودی ایستگاه پشت چراغ سه‌نما، یک طول به اندازه طول مفید خط قبول و اعزام ایستگاه به میزان شیبی که قطار متوقف

بتواند مجدداً در آن آغاز به حرکت نماید، تعبیه شود. توصیه می‌شود حداکثر شیب طولی این قطعه (G_C) بیشتر از ۷ در هزار انتخاب نشده و مشخصات آن بر اساس مطالعات شبیه‌سازی بهره‌برداری قطارها کنترل شود.

۵-۸-۲-۳- شیب و فراز پس از ایستگاه

از آنجایی که در فاصله‌ای از مسیر پس از خروجی ایستگاه، قطار از حالت توقف به حالت حرکت و رسیدن به سرعت ثابت تغییر وضعیت می‌دهد (وضعیت شتاب‌گیری)، مقدار شیب و فراز پس از ایستگاه تأثیر به‌سزایی در کیفیت سیر قطار، توانایی نیروی کشش و استهلاک ادوات روسازی و ناوگان دارد. میزان تأثیرگذاری شیب و فراز پس از ایستگاه بر کیفیت سیر ناوگان باید به‌دقت در مطالعات شبیه‌سازی بهره‌برداری مورد ارزیابی قرار گیرد. در هر حالت توصیه می‌شود از تعبیه فرازهای تند بلافاصله پس از خروجی ایستگاه اجتناب شود. در صورت وجود فرازهای تند همچون فراز مبنای طراحی بعد از ایستگاه، توصیه می‌شود یک قطعه میانی با طول ۷۰۰ متر و با شیب طولی ۵ تا حداکثر ۷ در هزار (G_C) پس از شیب ایستگاه طوری انتخاب شود که قطار قبل از رسیدن به فراز تند، به حداقل سرعت مداوم یا پایدار (V_{ct}) برسد.

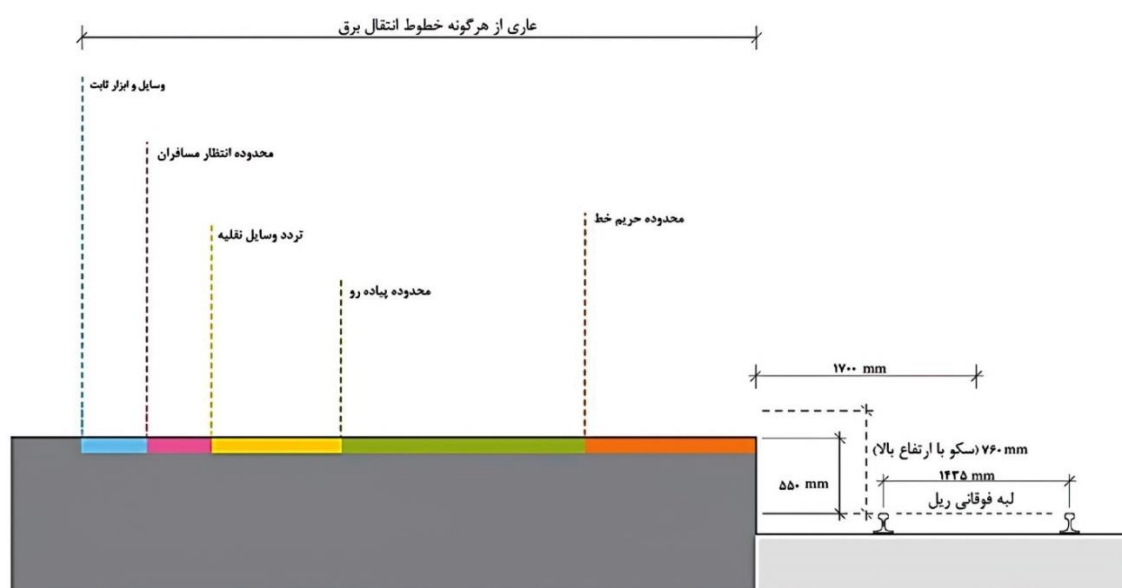
۵-۹- هندسه سکوی ایستگاه‌ها

سکوی ایستگاه‌ها باید در قالب مطالعات ترافیک مسیر طراحی شده و بر اساس آن، ابعاد سکو و سایر پارامترهای هندسی مشخص شود. به‌طور کلی انواع مختلف سکو بر اساس نوع کاربری و نوع سیستم قطار قابل پیاده‌سازی است که از جمله می‌توان به سکوی‌های جانبی، سکوی‌های مرکزی (جزیره‌ای) و سکوی‌های با کاربرد چندگانه در مقیاس روزمینی و زیرزمینی اشاره کرد. در مطالعات ترافیکی باید ضوابط زیر در تعیین هندسه سکو ایستگاه‌ها در نظر گرفته شود:

- طول سکو باید پس از بررسی ترافیک و بر اساس مسیر، مسافت و نوع قطارهای حال و آینده در نظر گرفته شود. در حالت کلی طول سکوها باید متناسب با متداول‌ترین قطارها و تردها طراحی شود.
- ابعاد سکوی‌های باری باید بر اساس نوع بار، تعداد واگن‌ها و تجهیزات تخلیه و بارگیری در نظر گرفته شود.
- طول متوسط سکوی‌های مسافری بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ متر متغیر است که باید توسط طراح بر اساس نوع قطار (محلی، منطقه‌ای یا مسافت طولانی) تعیین شود.
- مطابق شکل ۵-۲۰، در طراحی سکو باید فاصله عرضی مرکز خط تا لبه سکو و نیز ارتفاع سکو از سطح حرکت روی ریل‌ها (بر اساس قواره ساختمان)، توسط طراح در نظر گرفته شود. برای این منظور باید از قواره ساختمان اشاره شده در فصل چهارم (طراحی نیم‌رخ‌های عرضی) بهره گرفته شود. همچنین ضروری است از الزامات ضابطه ۱۱۹۱۰ استاندارد ملی ایران^۱ برای قطارهای مسافری استفاده شود. مطابق این استاندارد، ارتفاع اسمی لبه سکو

^۱ راه‌آهن- ایستگاه‌های مسافری- ارتفاع سکوها- مقررات حاکم بر تعیین موقعیت لبه‌های سکو نسبت به خط

از سطح حرکت روی ریل‌ها ۵۵۰ (ارتفاع متوسط) یا ۷۶۰ میلی‌متر (ارتفاع بالا) در نظر گرفته شده است که بستگی به نوع آلات ناقله که ممکن است در سکو متوقف شده باشد، دارد.^۱ در محدوده ارتفاعی ۵۵۰ تا ۷۶۰ میلی‌متر، فاصله عرضی مرکز خط تا لبه سکوی مسافری در خطوط مستقیم ۱۶۵۰ میلی‌متر و در خطوط باری ۱۷۵۰ میلی‌متر می‌باشد. در شرایط بهره‌برداری ترکیبی (باری و مسافری) و نیز ایستگاه‌های قطارهای حومه‌ای، طراحی سکو با ارتفاع ۵۵۰ میلی‌متر و فاصله عرضی مرکز خط تا لبه سکو ۱۷۰۰ میلی‌متر می‌باشد. برای قوس‌ها باید تاثیر هندسه قوس و فاصله ایجاد شده ناشی از آن در نظر گرفته شود. در محل سکوی قطارهای باری، ضروری است طرح هندسی سکو بر اساس وضعیت تخلیه و بارگیری با توجه به دسترسی‌ها و تجهیزات مورد نیاز و یا عبور قطارهای باری، توسط طراح مد نظر قرار داده شود.



شکل ۵-۲۰ ابعاد یک سکو و محدوده‌های آن

- طراح باید عرض سکو را با در نظر گرفتن یک خطه یا دو خطه بودن سکو و پارامترهای حداکثر سرعت مجاز سیر قطار روی خط مجاور سکو، زمان پیاده‌روی مسافران، تعداد مسافران، احتمال تردد وسایل نقلیه روی سکو (برای مثال چرخ‌دستی‌های حمل بار یا وسایل برف‌روب، جاروهای مکانیزه و ماشین‌های مکانیزه شستشوی سکو) و همچنین تجهیزات ثابت نصب‌شده بر روی سکو، محاسبه نماید. مطابق شکل ۵-۲۰ طراح باید در روی سکو، پنج محدوده شامل حریم خط، مسیر پیاده‌رو، مسیر تردد وسایل حمل و نقل روی سکو (نظیر چرخ‌دستی)، انتظار

^۱ طراحی سکوهایی با ارتفاع بسیار بالا یا پایین، محدود است. البته در قواره ساختمان ارائه شده در فصل چهارم (شکل ۴-۲ را مشاهده کنید) و نیز در استاندارد ۱۱۹۱۰ ملی ایران، امکان لحاظ ارتفاع‌های کمتر (برای مثال ۳۲۰ میلی‌متر) یا بیشتر (برای مثال ۹۶۰ میلی‌متر) با توجه به نوع ناوگان حاکم بر طرح در نظر گرفته شده است.

مسافران و تجهیزات ثابت نصب‌شده بر روی سکو را در نظر گرفته و ابعاد آن را روی نقشه مشخص نماید. این محدوده‌ها باید در زمان اجرا به طریقی (از جمله علائم رنگی و یا سایر روش‌ها) از یکدیگر تفکیک شوند، به گونه‌ای که مسافران بتوانند با چشم غیرمسلح این محدوده‌ها را از یکدیگر تشخیص دهند.

- حداقل عرض محدوده حریم خط برحسب حداکثر سرعت سیر قطار، باید به شرح زیر در نظر گرفته شود:

✓ سرعت قطار بین ۰ تا ۱۴۰ کیلومتر بر ساعت: ۱ متر

✓ سرعت قطار بیشتر از ۱۴۰ تا ۲۰۰ کیلومتر بر ساعت: ۱/۵ متر

- عرض منطقه پیاده‌رو باید حداقل برابر ۲ متر در نظر گرفته شود.

- حداقل عرض محدوده انتظار، به تعداد مسافران روی سکو (جهت سوارشدن) وابسته است. این پارامتر باید در مطالعات ترافیکی مسیر محاسبه شود. حداقل عرض محدوده انتظار مسافر باید به شرح زیر در نظر گرفته شود:

✓ برای سکوهایی با طول کمتر از ۲۰۰ متر: حداقل عرض باید به مقداری باشد که به ازای هر مسافر ایستاده ۱ مترمربع فضا تأمین شود.

✓ برای سکوهایی با طول بیشتر از ۲۰۰ متر: حداقل عرض برابر است با مقدار حداقل فضای لازم جهت تأمین ۱ مترمربع فضای ایستادن برای هر مسافر به علاوه ۰/۵ متر عرض اضافی به ازای هر ۱۰۰ مسافر ایستاده روی سکو

✓ ورودی‌های سکوها تأثیر زیادی بر طراحی عرض سکو دارد.

- عرض اضافه‌شده بر اساس تردد وسایل نقلیه روی سکو: در صورت وجود، ۱ متر به عرض سکو اضافه می‌شود.

- عرض اضافه‌شده بر اساس اشیاء و وسایل جانبی در ایستگاه: برای وسایل با طول ۱ متر یا کمتر حداقل فاصله تا لبه داخلی سکو ۱/۲ متر، برای وسایل با طول ۱ تا ۱۰ متر، ۱/۶ متر و برای وسایل با طول بیشتر از ۱۰ متر، ۲ متر عرض اضافه می‌شود.

- سکو باید به گونه‌ای طراحی شود که همواره مسیری بدون مانع (برای معلولین و افراد کم‌توان) در اختیار قرار دهد. بهره‌گیری از ضوابط دسترس‌پذیری برای افراد کم‌توان در ایستگاه‌های راه‌آهن مطابق استانداردهای مربوطه ضروری است و باید در طراحی پارامترهای برشمرده شده هندسه سکو لحاظ شود.

- در هنگام بازسازی سکوها، باید شیب عرضی ۰/۲٪ نسبت به مسیر در نظر گرفته تا مانع جاری شدن آب در مسیر شود. مطابق شکل ۵-۲۱، زهکشی آبی که در وسط سکو انجام می‌شود باید به خوبی مدیریت شده تا از تجمع آب در مکانی که مسافران قرار دارند، جلوگیری شود. تأمین گرمایش روی سکو نیز، از تشکیل یخ و در نتیجه خطر سرخوردن مسافران در زمستان می‌کاهد.



شکل ۵-۲۱ جهت شیب ۲ درصدی به سمت مرکز سکو

- برای خطوط برقی، علاوه بر الزامات فضای هندسی برشمرده شده، مقررات ایمنی ناشی از برق‌رسانی نیز باید در حین ساخت در مجاورت راه‌آهن رعایت شود. برای این منظور، فواصل ساختمان‌ها از خطوط برقی باید توسط طراح کنترل شود. همچنین هنگامی که فاصله کمی بین سقف سکو و کابل برق وجود دارد، اقدامات ایمنی برقی خاصی باید اتخاذ شود.

فصل ۶

تقاطع‌ها با مسیر ریلی

۶-۱- معرفی

مسیر راه‌آهن، در امتداد خود راه‌های روستایی، فرعی، اصلی، اتوبان، خطوط لوله نفت و گاز، خطوط انتقال نیرو یا مسیرهای راه‌آهن را تلاقی می‌کند. جهت تأمین ایمنی عبور و جلوگیری از هرگونه برخورد و سانحه، تدابیری برای این تقاطع‌ها باید اتخاذ شود. در مورد تقاطع راه با راه‌آهن، ضوابط نشریه ۲۶۷-۱ سازمان برنامه و بودجه کشور نیز باید ملاک عمل قرار گیرد. همچنین الزامات و ملاحظات اشاره شده در استانداردهای ملی ایران به شماره‌های ۱۷۸۴۰؛ ۱۲۹۰۳ و ۱۴۸۵۶^۱ باید در نظر گرفته شوند.

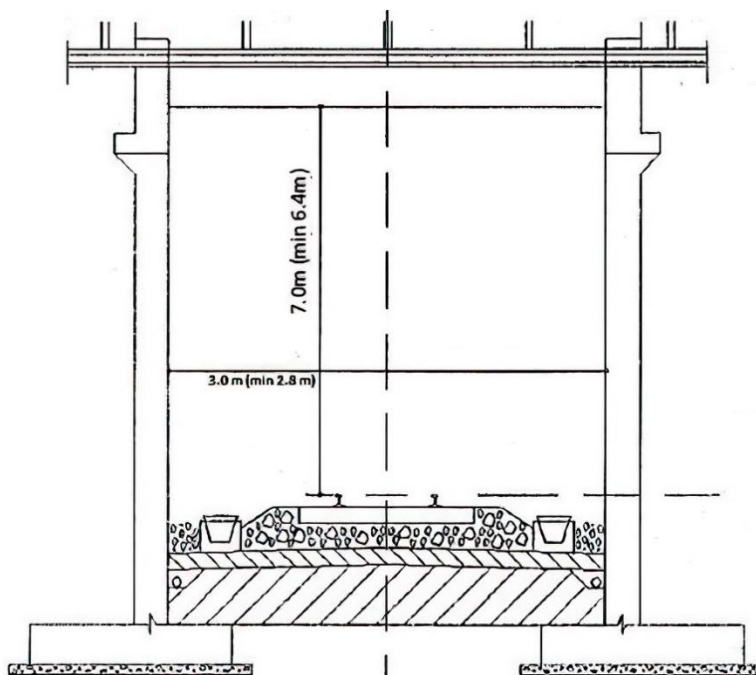
۶-۲- تقاطع غیرهم‌سطح راه و راه‌آهن

تقاطع راه و راه‌آهن، محلی حادثه‌آفرین و خطرناک است. به همین دلیل لازم است این تقاطع‌ها به صورت غیرهم‌سطح احداث شود. کلیه تقاطع‌های راه‌های اصلی با راه‌آهن باید به صورت تقاطع غیرمسطح در نظر گرفته شود. روگذر یا زیرگذر بودن تقاطع غیرهم‌سطح با توجه به شرایط توپوگرافی منطقه و مشخصات فنی راه و راه‌آهن انتخاب می‌شود. اغلب به لحاظ محدودیت شیب طولی مسیر راه‌آهن، راه مسیر خود را تغییر داده و روگذر یا زیرگذر احداث می‌شود، به طوری که از مسیر راه‌آهن تبعیت می‌کند. بنابراین روگذر کردن راه در تقاطع با راه‌آهن ارجحیت دارد. در چنین شرایطی، باید هندسه پلان و نیم‌رخ راه در محل تقاطع به گونه‌ای طرح شود که در جریان معمول حرکت وسائط نقلیه جاده‌ای کمترین محدودیت را ایجاد نموده و عبور روان و ایمن مرتبط را تضمین نماید. در طراحی یک تقاطع غیرهم‌سطح باید حد فضای آزاد دینامیکی ناوگان عبوری با در نظر گرفتن شرایط عبور ناوگان با شرایط حد فضای آزاد بحرانی به عنوان حداقل فضای لازم جهت عبور قطار، توسط طراح کنترل شود. در طراحی تقاطع غیرهم‌سطح همچنین باید فضایی به عنوان مسیر پیاده‌رو در نظر گرفته شود. شکل ۶-۱ یک شمای کلی برای عبور خط ریلی از زیر پل را نشان می‌دهد.

^۱ راه‌آهن- تقاطع هم‌سطح- علائم و علامت‌های جاده‌ای

^۲ راه‌آهن- تدابیر لازم جهت محافظت پل‌های راه‌آهن در برابر برخورد وسایل نقلیه جاده‌ای و محافظت از خط در برابر ورود وسایل نقلیه جاده‌ای

^۳ راه‌آهن- اقدامات ایمنی در تقاطع‌های هم‌سطح در خطوط با سرعت بهره‌برداری ۱۲۰ تا ۲۰۰ کیلومتر بر ساعت



شکل ۱-۶ فضای لازم برای عبور قطار از زیر پل

۶-۳- تقاطع هم سطح راه و راه آهن

مطابق ضوابط نشریه ۲۶۷-۱ (آیین نامه ایمنی راه های کشور)، تقاطع هم سطح راه و راه آهن در آزادراهها، بزرگراهها و راه های اصلی مجاز نمی باشد. توصیه می شود در راه های فرعی نیز از تقاطع هم سطح استفاده نشود، ولی از آن جا که تقاطع های هم سطح قدیمی به ویژه در محل معابر فرعی و خلوت (کم ترافیک) وجود دارد، مسئله ایمنی این تقاطع ها قابل طرح است. تصادف مربوط به تقاطع راه و راه آهن گرچه به لحاظ کمیت، حتی در وضع نادر می باشد، ولی پیامد شدیدی دارد. بنابراین ضرورت دارد که محل این تقاطع های هم سطح مورد توجه خاص قرار گیرد.

بهسازی و ایمن کردن تقاطع راه و راه آهن در مرحله اول، شامل اصلاح راستای راه (اصلاح پلان و نیمرخ طولی) در محدوده تقاطع هم سطح، تأمین فاصله دید، نصب علائم تکمیلی و نصب چراغ چشمک زن و راه بندهای معمولی یا خودکار توسط مسئول بهره برداری راه آهن است. برای طرح تقاطع به آیین نامه طرح هندسی راه های ایران (نشریه ۴۱۵) مراجعه شود. در مرحله بعدی و نهایی باید تقاطع را به زیرگذر یا روگذر تبدیل کرد.

بنابراین در شرایط استثنایی در صورت ترافیک کم و اقتصادی نبودن احداث تقاطع غیر هم سطح در مرحله اول، با اخذ مجوز از نهادهای ذیربط و با لحاظ ملاحظات به شرح زیر می توان تقاطع راه و راه آهن را به صورت هم سطح در نظر گرفت:

- در صورت تعبیه تقاطع هم سطح راه با راه آهن باید طرح هندسی پلان و نیمرخ راه در محل تقاطع به گونه ای باشد که توجه راننده به عوامل دیگر و شرایط محیط معطوف نشده و غفلت از وجود راه آهن اتفاق نیفتد.

- زاویه تقاطع راه با راه‌آهن، بهتر است قائم بوده و نباید از ۳۰ درجه کمتر باشد. بهتر است محل تقاطع در قسمت مستقیم راه واقع شود تا هم رانندگان و هم لکوموتیوران دید خوبی روی تقاطع داشته باشند. در شرایط خاصی که این امکان میسر نباشد، تأمین شرایط دید کافی از نظر پلان و نیم‌رخ طولی باید کاملاً رعایت و تأمین شود.
- طرح هندسی تقاطع راه با راه‌آهن، معمولاً با نصب علامت‌های کنترل ترافیک همراه است. بر این اساس باید از انواع علائم شامل تابلوهای راهنمایی، علامت‌های افقی (خط نوشته‌های سطح جاده)، چراغ‌های راهنمایی چشمک‌زن و دروازه‌های کنترل ترافیک (به‌صورت دستی یا خودکار) استفاده نمود. بهره‌گیری از سیستم‌های هوشمند در این زمینه می‌تواند به صورت موثری مورد استفاده قرار گیرد.
- سیستم کنترل تقاطع باید توسط طراح برای تقاطع تعبیه شود. نوع و عملکرد این سیستم بر اساس عوامل مختلفی نظیر طبقه عملکردی راه، حجم ترافیک راه و راه‌آهن، حداکثر سرعت قطار در محل تقاطع، سرعت مجاز وسایل نقلیه، آمار تصادفات در محل تقاطع، دید با وضع موجود در محل تقاطع، طرح هندسی تقاطع و ملاحظات اقتصادی تعیین می‌شود. حداقل علائم لازم جهت تعبیه در محل تقاطع راه و راه‌آهن باید مطابق با شکل ۶-۲ در نظر گرفته شود.
- نیم‌رخ عرضی تقاطع راه با راه‌آهن باید تا حد امکان مسطح و ملایم باشد. ایجاد سطح هموار و مسطح باعث افزایش فاصله دید و ترمزگیری یا شتاب‌گیری به‌موقع راننده خودرو و لکوموتیوران خواهد شد. حداکثر اختلاف میان شیب و فراز جاده در دو طرف تقاطع با خط ریلی باید مطابق شکل ۶-۳ رعایت شود. ضمن آن که ملاحظات زهکشی مربوط به آن باید مد نظر طراح قرار داشته باشد.



ج: تقاطع راه آهن بدون راه بند



ب: تقاطع راه آهن با راه بند



الف: تقاطع با راه آهن



و: تقاطع مسیر قطار شهری



ه: تقاطع با راه آهن دو خطه



د: تقاطع جاده و راه آهن با راه بند نصب در

۳۰۰ متری



ح: تقاطع جاده و راه آهن بدون راه بند نصب در ۳۰۰ متری



ز: تقاطع جاده و راه آهن در ۳۰۰ متری

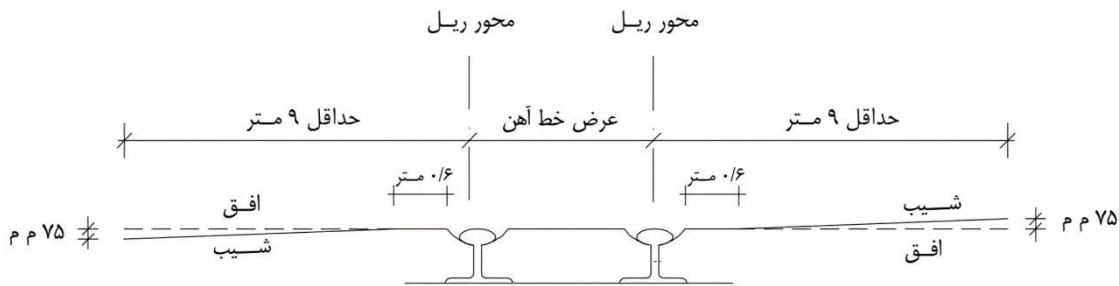


ی: تقاطع جاده و راه آهن در ۱۰۰ متری



ت: تقاطع جاده و راه آهن در ۲۰۰ متری

شکل ۲-۶ علائم راهنمایی استاندارد در تقاطعات



شکل ۶-۳ برش عرضی تقاطع جاده با راه آهن و حداکثر اختلاف شیب میان جاده در دو طرف خط ریلی

۶-۴- تقاطع لوله‌های تأسیسات با راه آهن

در این نوع تقاطع‌ها اغلب مسیر راه آهن به صورت روگذر عبور می‌کند و به دو صورت امکان عبور از روی پل و یا به صورت غلاف‌گذاری لوله‌های نفت و گاز عمل می‌شود و در موارد نادر و در تقاطع با شرایط توپوگرافی ویژه، امکان دارد عبور خط لوله از بالای مسیر راه آهن صورت گیرد. در هر دو حالت، مطالعات ایمنی عبور قطارها باید به دقت انجام و هماهنگی‌های لازم با نهادهای ذیربط به عمل آمده و مشخصات فنی و دستورالعمل‌های لازم آن رعایت شود.

عبور خطوط لوله از زیر خطوط ریلی، صرف نظر از نوع ماده‌ای که از داخل لوله انتقال می‌یابد، با لحاظ نمودن ضوابط مربوطه به شرح زیر مجاز می‌باشد:

- جهت عبور عرضی لوله از زیر خط، اجرای غلاف محافظ لوله اجباری است. این غلاف‌ها باید در کل عرض خط، امتداد یابند. اجرای خطوط لوله بدون غلاف محافظ، مجاز نمی‌باشد.
- کلیه تجهیزات عبوری از زیر خط باید تحت بار مرده خط و بار زنده قطار طراحی شوند.
- خطوط لوله‌ای که از فاصله کمتر از ۸ متری از محور خط عبور می‌نمایند باید همراه با پوشش اجرا شوند. کلیه لوله‌های فولادی باید با پوشش مناسب و با حفاظت کاتدی مراقبت شوند.
- خطوط لوله، باید تا حد امکان به صورت عمود بر خطوط ریلی اجرا شوند.
- محل تقاطع خطوط لوله و خطوط ریلی، باید حداقل ۱۷ متر از ابتدا و انتهای پل، محور کالورت و یا انشعاب‌ها نسبت به محور لوله، فاصله داشته باشند.
- محل تقاطع خطوط ریلی و خطوط لوله، نباید در محدوده حریم انشعاب‌ها قرار گیرد. حریم انشعاب، به میزان ۶ متر از سر تیغه و ۶ متر از آخرین تراورس بلند انتهای انشعاب است.
- توصیه می‌شود خطوط لوله حاوی سوخت مایع، در مقاطعی که خط ریلی بر روی خاکریز قرار گرفته است، از زیر خط عبور نماید.
- اجرای غلاف محافظ لوله در عمق کمتر از ۲ متری نسبت به پاشنه ریل مجاز نمی‌باشد. در حالتی که تجهیزات ریلی دیگری در عمق خط مدفون باشند، عمق این لوله‌ها باید با رعایت عدم تداخل با سایر تجهیزات ریلی تعیین شود.

- خطوط لوله که در امتداد طول خط و با فاصله کمتر از ۱۷ متری آکس خط ریلی قرار گرفته‌اند باید دارای پوشش حداقل لایه خاک به ضخامت ۱۸۰ سانتی‌متر باشند.
- اجرای خطوط لوله روی پل‌های خطوط ریلی مجاز نمی‌باشد.
- چنانچه گفته شد عبور خطوط باید حتی‌الامکان از زیر خطوط ریلی صورت پذیرد. در صورت عدم امکان اجرای لوله به صورت فوق، عبور خطوط لوله از روی خط ریلی، باید با لحاظ نمودن تمهیدات ذیل صورت پذیرد:
- سازه حامل خطوط لوله در بالای خط ریلی باید به گونه‌ای نصب و اجرا شود که از هرگونه احتمال برخورد با تجهیزات ریلی، خرابکاری توسط افراد و سایر عوامل اجتناب شود. در این خصوص رعایت ضوابط حد فضای آزاد خطوط ریلی نیز الزامی است.
- رواداری قائم تاج ریل نسبت به پایین‌ترین تراز سازه عبوری از بالای خط، نباید کمتر از ۷ متر (در شرایط استثنایی ۶/۸۰ متر) باشد.
- پایه‌های سازه حامل باید خارج از حریم قانونی راه‌آهن واقع شوند.
- تمهیدات لازم جهت جلوگیری از نشت مواد از لوله‌های تاسیساتی باید پیش‌بینی شود.
- در صورت نشت مواد از لوله‌های تاسیساتی، تمهیدات لازم جهت جلوگیری از ریختن مواد بر روی خطوط آهن یا در حریم قانونی راه‌آهن پیش‌بینی شود.

۶-۵- جاده‌های دسترسی

۶-۵-۱- جاده دسترسی ایستگاه

- جاده‌های دسترسی ایستگاه باید به گونه‌ای طراحی شوند که امکان دسترسی مناسب و خوانا به ایستگاه از مسیرهای جاده‌ای اصلی فراهم باشد. در طراحی یک جاده دسترسی باید توضیحات تکمیلی به شرح زیر مدنظر قرار گیرد:
- به منظور رعایت اصول پدافند غیرعامل و حفظ الزامات مدیریت بحران در طراحی راه‌های دسترسی به ایستگاه‌های راه‌آهن، مقتضی است راه دسترسی ایستگاه با حداقل استاندارد راه‌های درجه دو آسفالت‌ه ایجاد شود.
 - علامت‌گذاری و نصب تابلوهای دسترسی (مطابق با آیین‌نامه‌های راهنمایی و رانندگی) در طراحی و اجرای این راه‌ها ضروری است.
 - روشنایی جاده دسترسی ایستگاه باید به نحو مناسبی تامین شود.
 - تابلوهای هدایت و معرفی ایستگاه در ابتدای مسیر جاده دسترسی به ایستگاه (محل انشعاب از مسیر جاده‌ای اصلی) نصب شود.
 - نقاط ورود و خروج وسیله نقلیه مشخص باشد.
 - نقاط دور زدن و پارک کردن وسیله نقلیه (در صورت نیاز) مشخص باشد.
 - کلیه الزامات مرتبط با قواره خط ریلی باید در ارتباط با جاده رعایت شود.

۶-۵-۲- جاده دسترسی خدمات

جاده‌های دسترسی خدمات باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که امکان دسترسی به زیرساخت‌ها و تجهیزات مهم راه‌آهن شامل سیگنال‌های مسیر، ایستگاه‌های فرعی، اتاقک‌های نگهبانان و سایر موارد را میسر نمایند. جاده‌های دسترسی باید برای نوع ترافیکی که از جاده دسترسی استفاده می‌کند، طراحی شود. نوع ترافیک و حداقل بار طراحی باید به طراح از قبل اعلام شود. در طراحی یک جاده دسترسی خدمات باید توضیحات تکمیلی به شرح زیر مدنظر قرار گیرد:

- عرض و طرح هندسی جاده دسترسی برای عبور کامیون‌هایی که از جاده دسترسی تردد می‌کنند، مناسب باشد. در صورتی که محدودیت فضا وجود نداشته باشد، بهتر است عرض جاده برابر با ۴ متر انتخاب شود.
- ارتفاع جاده دسترسی باید به‌گونه‌ای باشد، که یک کامیون با ارتفاع ۴/۳ متر بتواند در آن تردد نماید. با توجه به این موضوع حداقل فضای میان سطح جاده و هر وسیله‌ای باید حداقل ۴۶۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود. در صورتی که چنین موضوعی ممکن نباشد، مقدار فضای کمتر از عدد فوق باید توسط نماینده بهره‌بردار تأیید شده و در نقاطی که ارتفاع مذکور رعایت نشده است، از علائم اختصاصی استفاده شود.
- کلیه الزامات مرتبط با قواره خط ریلی باید در ارتباط با جاده رعایت شود.
- هنگامی که شرایط بستر خط ریلی به‌گونه‌ای باشد که باید با توسعه یک خاکریز ریلی یا ترانشه موجود، یک جاده دسترسی ایجاد شود، باید توجه ویژه‌ای به اثرات پایداری بستر در زمین‌های موجود از جمله پایداری و زهکشی آب‌های زیرسطحی در نظر گرفته شود. تحقیقات ژئوتکنیک همچنین باید ارزیابی مربوط به سازه‌های اطراف مانند فونداسیون دکل‌ها و تجهیزات خطوط انتقال جریان محدوده جاده دسترسی را انجام دهد و تمهیدات لازم جهت هرگونه تغییرشکل و یا جابجایی احتمالی را مدنظر قرار دهد. گزارش ژئوتکنیک شامل توصیه‌هایی در مورد زهکشی، سازه‌های نگهبان و دیوارهای بتنی حفاظتی می‌باشد.
- سیل برای جاده دسترسی جدید باید برای دوره متوسط بازگشت ۵۰ ساله طراحی شود. جاده‌های دسترسی جدید در محل تقاطع دو خط راه‌آهن موجود نباید مانع یا تأثیر منفی بر سیستم زهکشی موجود داشته باشد. در صورت لزوم، باید از هر فرصتی برای بهبود شرایط زهکشی مسیر موجود در هنگام ساخت جاده دسترسی استفاده شود. برای خطوط جدید، طراحی زهکشی جاده‌های دسترسی باید در سیستم زهکشی محل تقاطع دو خط راه‌آهن یکپارچه شود. جمع‌آوری و دفع رواناب از جاده‌های دسترسی باید در یک سیستم زهکشی محل تقاطع دو خط راه‌آهن موجود یا جدید ادغام شود. رواناب نباید به خطوط ریلی مجاور یا سایر زیرساخت‌های ریلی هدایت شود.
- برای احداث جاده دسترسی جدید ممکن است نیاز به عبور از آبروهای موجود مسیر باشد. بسته به نزدیکی به خطوط ریلی مجاور، افزایش سطح سازه آبرو (جهت ساخت جاده دسترسی) می‌تواند به‌صورت گسسته یا پیوسته (متصل به سازه آبرو قبلی) انجام پذیرد. در هر حالت ایجاد یک سازه جدید یا بسط یک سازه موجود باید به شکلی انجام شود که مانع یا محدودکننده مساحت مفید آبرو در سازه موجود نشود و همچنین تأثیر منفی بر جریان آب نگذارد.

۶-۶- سایر تقاطع‌ها

روگذر و زیرگذر برای عابرین پیاده، حیوانات، مسائل زیست‌محیطی و تعبیه راه دسترسی به طرفین خط نیز طراحی می‌شوند. رعایت موارد زیر برای روگذرها و زیرگذرها ضروری است:

- عرض روگذر پیاده باید حداقل ۱/۸ متر باشد. برای تعیین عرض و ارتفاع زیرگذر پیاده، در هر مورد، تحلیل جداگانه‌ای صورت می‌گیرد تا از دید کافی در زیرگذر اطمینان حاصل شود.
- زیرگذر مال‌رو به‌طور معمول دارای عرض و ارتفاعی به میزان ۳ متر است. زیرگذر معمولاً مستقیم و طول سازه از دو طرف دیده می‌شود. با رعایت حداقل ابعاد می‌توان از بعضی آبروها نیز استفاده نمود.
- محل عبور تجهیزات، گله و حیوانات وحشی در صورت نیاز، باید در طرح هندسی مسیر در نظر گرفته شود که پیش‌بینی آن به لحاظ مسائل زیست‌محیطی الزامی است.

فصل ۷

ملاحظات مرتبط با اینیه فنی

۷-۱- کلیات

در این فصل، ضوابط مربوط به فصل مشترک تونل‌ها و ابنیه فنی و سازه‌های متداول برای تخلیه آب‌های سطحی با طرح هندسی خطوط راه‌آهن ارائه شده است.

۷-۲- ملاحظات طرح هندسی مرتبط با تونل‌ها

در برخی موارد پیش‌بینی تونل در قسمتی از مسیر مورد مطالعه، از منظر فنی و اقتصادی ضروری تشخیص داده می‌شود. انتخاب تونل می‌تواند به خاطر صرفه اقتصادی، کاهش طول مسیر، رعایت شیب مجاز، عبور بهتر در ارتفاعات و حفاظت در دامنه‌های برف‌گیر و بهمن‌گیر و محل‌های با خطر لغزش و ریزش باشد. این موضوع در راه‌آهن به علت انعطاف‌پذیری کمتر و ایمنی بیشتر، معمول‌تر است. برای کاهش هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در تونل، بهتر است روسازی داخل تونل از نوع بدون بالاست انتخاب شود. طراح باید ضوابط نشریه شماره ۸۶۳ سازمان برنامه و بودجه کشور را در زمینه انتخاب نوع سیستم روسازی در داخل تونل‌ها، در نظر داشته باشد.

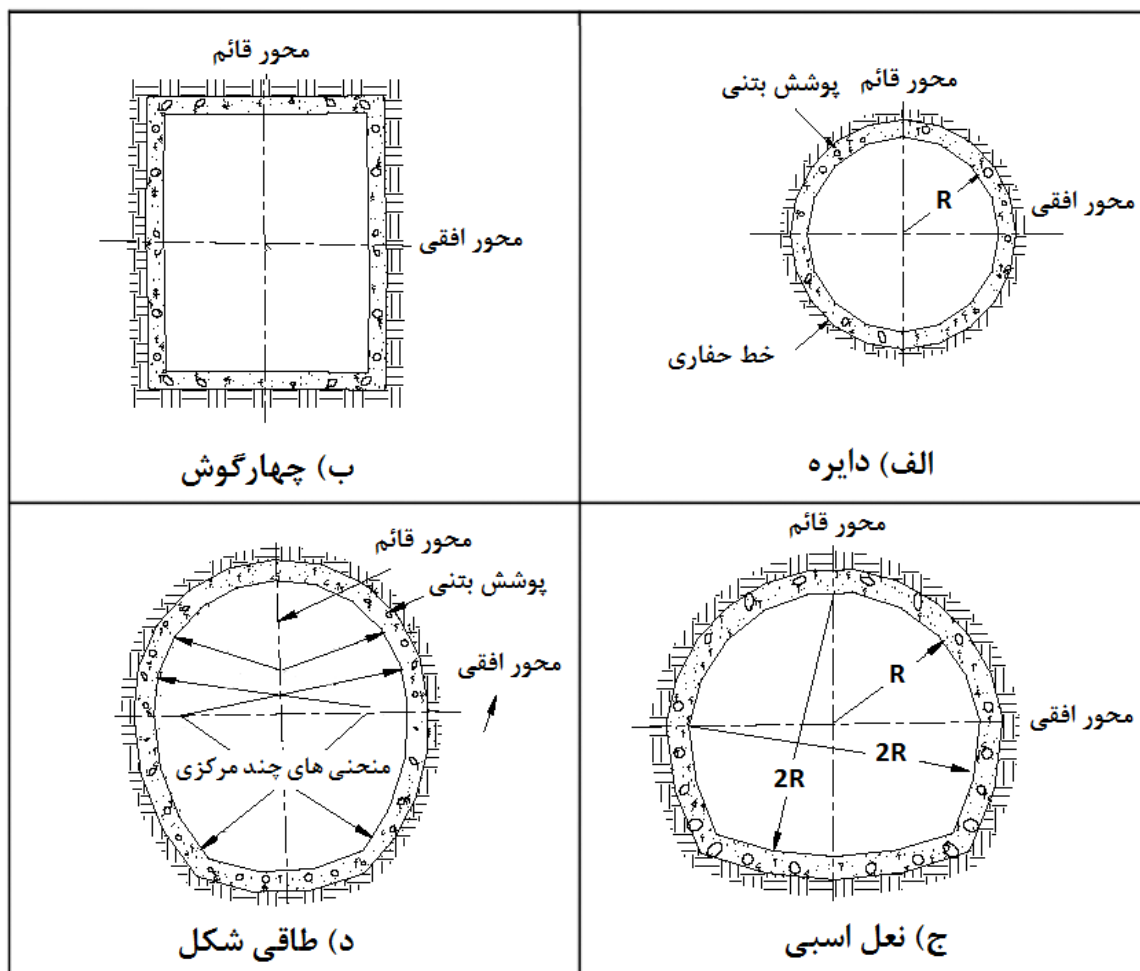
۷-۲-۱- مقطع تونل

برای تونل‌های راه‌آهن، مقاطع مختلف هندسی نظیر دایره‌ای، چهارگوش، نعل‌اسبی^۱ و طاقی^۲ می‌توان در نظر گرفت (شکل ۷-۱). انتخاب مقطع تونل به عوامل متعددی بستگی دارد که از جمله مهمترین آن‌ها می‌توان به نوع (تک خطه یا دوخطه) و موقعیت مسیر، طول و عمق تونل، وضعیت زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی منطقه احداث تونل، شرایط هیدرولیکی و سطح آب زیرزمینی، روش احداث و نوع حفاری، ماشین‌آلات در دسترس و ملاحظات اقتصادی اشاره نمود. ضروری است در مطالعات شبیه‌سازی بهره‌برداری، تأثیرات مقطع تونل بر شیب و فراز مسیر و هندسه خط، با تأکید بر مقاومت آیرودینامیکی ورود قطار به داخل تونل و عبور قطارها از کنار یکدیگر ارزیابی شود. نمونه مقاطع مختلف تونل‌های راه‌آهن در نشریه ۶۸۴ سازمان برنامه و بودجه کشور^۳ ارائه شده است. ضروری است هندسه تمام شده مقطع تونل‌های جدید به گونه‌ای در نظر گرفته شود که مطابق فصل چهارم این آیین‌نامه، حداقل فضای آزاد را تأمین نماید. تامین حداقل فاصله ۳۰۰ میلی‌متری بین قواره ساختمان و دیواره تمام شده تونل مشتمل بر تجهیزات (مطابق شکل ۴-۲) ضروری است. در تونل‌های دو یا چند خطه، فاصله محور به محور دو خط مجاور باید با فاصله محور به محور خطوط اصلی در بیرون تونل (حالت معمول ۵ متر و حالت استثنایی ۴/۷ متر)، یکسان در نظر گرفته شود.

^۱Horse shoe

^۲Poly centric

^۳ به فصل دوم نشریه ۶۸۴ با عنوان انتخاب مسیر و مشخصات هندسی تونل‌های راه‌آهن مراجعه شود.



شکل ۷-۱ نمونه‌هایی از مقاطع تونل‌های راه آهن

۷-۲-۲- قوس افقی و قائم در تونل

ضروری است در حالت معمول، موقعیت تونل در طراحی هندسی مسیر راه آهن در مسیر مستقیم در نظر گرفته شود. از جمله دلایل این امر می‌توان به کوتاه شدن طول تونل، صرفه جویی در بهره‌برداری، دید مناسب‌تر، تسهیل در احداث، کاهش خطاهای اجرایی و تهویه مناسب‌تر اشاره کرد. در صورت اجبار به در نظر گرفتن قوس افقی در تونل، ضروری است ضمن لحاظ شعاع قوس‌های بالاتر از ۷۰۰ متر^۱ از تعبیه قوس‌های پی‌درپی و معکوس به دلیل افزایش مشکلات و خطاهای اجرایی احداث تونل و نیز افزایش هزینه‌های نگهداری و تعمیر خط اجتناب شود. همچنین سایر ملاحظات ناشی از اعمال قوس افقی نظیر کنترل قواره ناوگان و ساختمان، افزایش مقاومت قوس، تشدید مقاومت آیرودینامیکی و ملاحظات تهویه باید توسط طراح ارزیابی و کنترل شود.

^۱مقادیر حداقل پارامترهای هندسی در داخل تونل‌ها باید بر مبنای حدود معمول مجاز در نظر گرفته شود.

همچنین تعبیه قوس قائم در موقعیت تونل‌ها، در حالت معمول، توصیه نمی‌شود. در صورت اجبار به در نظر گرفتن قوس قائم، ضمن لحاظ شعاع قوس‌های بالاتر از حدود معمول مجاز، باید از تداخل آن با قوس افقی اجتناب شود. همچنین سایر ملاحظات ناشی از اعمال قوس قائم نظیر حدود قواره، مقاومت آیرودینامیک، زهکشی و تهویه باید توسط طراح ارزیابی و کنترل شود.

۷-۲-۳- شیب طولی تونل

به‌طور معمول، شیب طولی مجاز حاکم بر تونل‌ها با توجه به کاهش چسبندگی حرکتی (به دلیل شرایط به‌طور معمول مرطوب) و افزایش مقاومت آیرودینامیکی عبور وسائط نقلیه ریلی کمتر از مسیر معمولی در نظر گرفته می‌شود. در مقابل، شیب تندتر باعث کوتاه شدن طول و در نتیجه هزینه کمتر می‌شود، اما محدودیت شدیدی بر بار قطار و در نتیجه ظرفیت و سرعت ایجاد می‌کند و منجر به مصرف انرژی بیشتر می‌شود. همچنین هزینه‌های نگهداری نیز با شیب تندتر افزایش می‌یابد. بنابراین ضروری است در مطالعات شبیه‌سازی بهره‌برداری، تاثیرات تونل بر شیب و فراز مسیر و هندسه خط، توسط طراح در نظر گرفته شود و شیب بهینه با رویکرد فنی و اقتصادی انتخاب شود. اگر طول تونل از ۳۰۰ متر بیشتر باشد، شیب حداکثر مجاز باید مطابق شکل ۷-۲ از ۱۵ در هزار کاهش می‌یابد. برای تونل‌های بلندتر از ۲۰۰۰ متر، مبنای انتخاب شیب طولی باید بر اساس مطالعات شبیه‌سازی بهره‌برداری در نظر گرفته شود.

برای زهکشی آب‌های سطحی لازم است شیب طولی در داخل تونل به‌گونه‌ای باشد که کلیه آب‌های ورودی از یک یا دو طرف تونل به خارج هدایت شود. توصیه می‌شود شیب طولی تونل از ۳/۵ در هزار در حالت معمول و ۲ در هزار در حالت استثنایی کمتر نباشد. در تونل‌های طویل همچنین باید تمهیداتی اندیشیده شود تا از جمع‌آوری آب در مسیر تونل (با لحاظ ملاحظات پروفیل طولی) جلوگیری شده و در صورت نیاز، با بهره‌گیری از روش‌های مناسب نظیر پمپاژ یا چاه‌های جذبی، آب به خارج از خط منتقل شود.



شکل ۷-۲ کاهش شیب مجاز بر حسب طول تونل

۷-۲-۴- هندسه پوشش تونل

طراحی پوشش تونل و تعیین ضخامت آن با توجه به شکل مقطع و ویژگی‌های لایه‌های زمین صورت می‌گیرد. پوشش تونل باید پایداری لازم را در برابر نیروهای خارجی، با ضریب اطمینان مناسب داشته باشد.

۷-۲-۵- مباحث هندسی مرتبط با ایمنی

در صورتی که قطار به هر دلیلی در داخل تونل متوقف شود، تمهیدات موجود در قطار و تونل باید به گونه ای باشد که افراد سوار قادر باشند قطار را ترک نموده و به مکان ایمن یا خروجی‌های اضطراری، دست پیدا کنند.^۱ چرا که مدت زمان موردنیاز برای مداخله و امدادسانی در تونل‌های راه‌آهن درمواقع اضطراری به‌طور معمول بسیار بیشتر از زمان خودنجاتی مورد انتظار (به‌صورت میانگین در محدوده ۱۵ تا ۳۰ دقیقه) است.

برای دستیابی به این هدف، تونل‌ها باید دارای پیاده‌روی مرتبط با خروجی‌های اضطراری یا مکان‌های امن، جان‌پناه، علائم راهنما جهت فرار و نیز روشنایی اضطراری قابل اطمینان و کافی باشند. همچنین ارزیابی تهویه مناسب تونل در طول مدت زمان خودنجاتی، جهت ایجاد شرایط قابل تحمل برای افراد داخل تونل، باید مد نظر قرار داشته باشد. تمامی الزامات برشمرده شده باید در چارچوب برنامه اضطراری تهیه شده در قالب مطالعات ایمنی تونل‌ها، با تاکید بر تونل‌های با طول بیش از ۱۰۰۰ متر، در نظر گرفته شود. اگرچه نیاز به برنامه اضطرار برای تونل‌های کوتاه‌تر نیست، اما ارزیابی شرایط مورد نیاز و زمان کافی برای اجازه دادن به خودنجاتی، تخلیه مسافران و کارکنان قطار و مداخله خدمات واکنش اضطراری برای تونل‌های کوتاه‌تر باید انجام پذیرد. برای تونل‌های بسیار طولانی (با توجه به اهمیت و شرایط تونل)، ضروری است تمهیدات اضافی برای تضمین دستیابی به سطح استاندارد ایمنی مورد انتظار به‌ویژه در شرایط وقوع بحران در نظر گرفته شود. در موارد مشترک طرح هندسی تونل‌ها و ایمنی (برای مثال در محدوده پیاده‌رو، جان‌پناه و خروجی‌های اضطراری تونل‌ها)، توصیه می‌شود مطالعات موردنیاز با بهره‌گیری از ضوابطی نظیر (IRS70779-9)^۲، (NFPA130)^۳ و (TSI)^۴ مدنظر طراح قرار داشته باشد. همچنین بهره‌گیری از استانداردهای ملی ایران (۱۱۹۴۰)^۵ در زمینه ایمنی تونل‌های راه‌آهن و (۱-۱۸۰۹۱)^۶ در زمینه طرح نشانه‌ها و تابلوها ضروری است. برخی توصیه‌های مربوط به الزامات هندسی مشترک با مطالعات ایمنی تونل‌های راه‌آهن در ادامه ارائه شده است.

^۱ مفهوم خودنجاتی یا (self-rescue)

^۲ IRS 70779-9, Safety in Railway Tunnels

^۳ NFPA 130, Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems

^۴ Technical Specification for Interoperability on Safety in Railway Tunnels

^۵ استاندارد ملی ایران (۱۱۹۴۰): راه‌آهن- ایمنی در تونل‌های راه‌آهن

^۶ استاندارد ملی ایران (۱-۱۸۰۹۱): سیستم های حمل و نقل ریلی درون شهری و حومه- نشانه‌ها و تابلوها

۷-۲-۵-۱- پیاده‌رو

هر بخش از تونل یا سازه که جهت دسترسی افراد پیاده و یا برای خروج، تخلیه و دسترسی اضطراری مورد استفاده قرار گیرد، به‌عنوان مسیر پیاده‌رو شناخته شده و ضوابط این بخش در مورد آن صادق است. ضروری است مسیر پیاده‌رو بتواند شرایط مطلوب زیر را تأمین نماید:

- یک سطح ایمن، پیوسته و غیرلغزنده را جهت عبور افراد پیاده فراهم آورد و در مواقع اضطراری ایجاد بحران، توانایی خروج ایمن و مؤثر مسافری و خدمه قطار و تأمین نیازهای نیروهای امداد جهت امدادسانی را دارا باشد. همچنین بتواند نیازهای مرتبط با فعالیت‌های گروه‌های تعمیر و نگهداری خط ریلی و تجهیزات مرتبط با آن در زمان بهره‌برداری را تأمین نماید.
- عرض مسیر پیاده‌رو باید حداقل ۰/۸ متر بوده و ارتفاع مسیر پیاده‌رو باید ۲/۳ متر در نظر گرفته شود. حداقل ارتفاع مؤثر مسیر پیاده‌رو باید از سطح تراز ریل بیشتر باشد. توصیه می‌شود مسیر پیاده‌رو بر اساس تراز ارتفاعی کف قطار و تراز ریل به‌گونه‌ای در نظر گرفته شود که پیاده شدن مسافران و نیز دسترسی به خط در مواقع اضطرار را تسهیل نموده و در عین حال، باعث کاهش آسیب‌دیدگی احتمالی افراد در اثر افتادن از مسیر پیاده‌رو شود. در حالتی که تراز مسیر پیاده‌رو از سطح خط ریلی بیشتر از ۷۶۰ میلی‌متر باشد، ضروری است تمهیداتی نظیر تعبیه نرده برای حفظ ایمنی مسافران در شرایط اضطراری در نظر گرفته شود. در صورت نیاز به تغییر در تراز ارتفاعی مسیر پیاده‌رو، مقدار شیب نباید بیشتر از ۱:۱۲ باشد.
- علامت‌های فرار باید روی دیوارهای کناری نصب شوند و حداکثر فاصله این علامت‌ها ۵۰ متر توصیه می‌شود.
- در کل امتداد تونل، باید مسیر پیاده‌رو به‌گونه‌ای ساخته شود که مانعی جهت تردد در آن وجود نداشته باشد. در صورت وجود مانع، طول آن نباید بیشتر از ۲ متر بوده و نباید عرض مؤثر پیاده‌رو را از ۰/۷ متر کمتر کند. در چنین شرایطی باید در اطراف مانع، نرده در نظر گرفته شود. تراز نصب نرده‌ها در محدوده ۰/۸ تا ۱/۱ متر بالاتر از سطح پیاده‌رو توصیه می‌شود.
- برای تونل‌های بلندتر از ۱۰۰۰ متر، ضروری است سمتی که مسیر پیاده‌رو ساخته می‌شود، دارای روشنایی کافی^۱ باشد. تأمین روشنایی می‌تواند با نصب چراغ‌هایی بالاتر از تراز کف پیاده‌رو (که تداخلی با فضای مؤثر عبور افراد نداشته باشد) یا در موقعیت نرده‌ها انجام پذیرد. یک منبع تغذیه جایگزین باید برای یک دوره زمانی مناسب، پس از خرابی منبع تغذیه اصلی، در دسترس باشد. زمان مورد نیاز باید با سناریوهای تخلیه تعریف شده در برنامه اضطراری مطابقت داشته باشد.
- در تونل‌های تک‌خطه، مسیر پیاده‌رو باید حداقل در یک‌طرف (در سمت جان‌پناه) و در تونل‌های دوخطه، در هر دو طرف تونل ساخته شود. در شرایط خاص، می‌توان مسیر پیاده‌رو تونل‌های دوخطه را در قسمت میانی در نظر گرفت، مشروط بر آن‌که حداقل عرض ۱۱۲۰ میلی‌متر برای آن در نظر گرفته شود.

^۱ برای بهره‌گیری از گروه‌های نگهداری و تعمیر یا استفاده در مواقع اضطراری که حداقل آن ۱ لوکس توصیه می‌شود.

۷-۲-۵-۲- خروجی اضطراری

برای تونل‌های با طول بیش از ۱۰۰۰ متر، ضروری است جانمایی و ابعاد ایمن خروجی‌های اضطراری بر اساس مطالعات ایمنی تونل تامین شود (مقدار توصیه شده حداقل عرض موثر ۱/۵ متر و حداقل ارتفاع موثر ۲/۲۵ متر). برای فواصل بیشتر، طراح باید نگاه ویژه‌ای را در زمینه ایجاد خروجی‌های اضطراری یا تامین مکان‌های امن مقاوم در برابر شرایط بحرانی نظیر آتش‌سوزی، مد نظر داشته باشد.

۷-۲-۵-۳- جان‌پناه

در فواصل زمانی که قطارها از روی ریل عبور می‌کنند، تدابیری برای ایمنی گروه‌های نگهداری و تعمیر در نظر گرفته می‌شود. چرا که در هنگام حضور دسته‌جات کارگری درون تونل، ممکن است تنش روانی و فیزیکی شدید ناشی از عبور قطارها روی دهد. برای این منظور با توجه به شرایط بهره‌برداری حین عملیات نگهداری و تعمیر و نیز شرایط تونل (طول تونل، قواره تونل، یک یا دوخطه بودن، پیاده‌رو و خروج اضطراری)، جان‌پناهایی به شکل فرورفتگی‌های کنار دیواره‌های تونل ایجاد می‌شوند تا امکان استقرار سریع کارگران و همچنین قرار دادن ابزار و تجهیزات نگهداری و تعمیر را تامین کنند. فاصله و ابعاد جان‌پناه در صورت نیاز وابسته به شرایط طراحی تونل است و باید توسط طراح در نظر گرفته شود.^۱ توصیه می‌شود جانمایی جان‌پناه به صورت ضربدیری در دو طرف دیواره تونل ایجاد شود.

۷-۳- ملاحظات طرح هندسی پل‌ها و آبروها

پل سازه‌ای است که امکان عبور راه‌آهن از روی راه، آبراهه، دره، مسیل، رودخانه، خطوط انتقال انرژی و تأسیسات زیربنایی و یا سایر خطوط راه‌آهن را فراهم می‌سازد. پل‌های با دهانه کوچک (معمولاً کمتر از ۶ متر) تحت عنوان آبرو بررسی می‌شوند. همچنین وجه تمایز پل‌ها و آبروها به‌طور عمده در امکان خاکریزی روی اکثر آبروها است که در پل‌ها به جهت زیبایی و حفاظت اراضی و کاهش هزینه انجام نمی‌شود. در انتخاب پل یا آبرو به هزینه ساخت، نگهداری، خسارت به املاک مجاور، ایمنی ترافیک و نکات زیست‌محیطی باید توجه شود. طراح باید ضوابط نشریه شماره ۸۶۳ سازمان برنامه و بودجه کشور را در زمینه انتخاب نوع سیستم روسازی بر روی پل‌ها، در نظر داشته باشد. همچنین بهره‌گیری از ضوابط و الزامات نشریه شماره ۱-۲۹۳ سازمان برنامه و بودجه کشور در زمینه طرح پل‌ها و آبروهای تا دهانه ۱۰ متر، نشریه

^۱ برای نمونه، در تونل‌های تک‌خطه محورهای قدیمی راه‌آهن، فاصله جان‌پناه حداکثر به ۵۰ متر محدود و به صورت ضربدیری اجرا شده است. برای تونل‌های تک‌خطه جدید با قواره مناسب‌تر، فاصله پیشنهادی ۷۵ متر و به صورت ضربدیری می‌باشد.

^۲ نقشه‌های همسان آبروهای راه‌آهن تا دهانه ۱۰ متر

شماره ۲۹۵ سازمان برنامه و بودجه کشور در زمینه طرح پل‌های راه‌آهن دهانه ۱۰ تا ۲۵ متر و آیین‌نامه‌ها و مراجع فنی استفاده شده در آن نشریات از جمله نشریات ۱۳۹۲، ۳۸۹۳ و ۴۶۳۴ سازمان برنامه و بودجه کشور ضروری است.

۷-۳-۱- ملاحظات طرح هندسی پل‌ها

۷-۳-۱-۱- عرض پل

مقطع عرضی نمونه پل‌های یک‌خطه و دوخطه، در شکل ۷-۳ نشان داده شده است. به‌منظور سهولت استفاده از ماشین‌های مکانیزه در نگهداری خط و منظور نمودن فضای کافی جهت عبور کابل‌ها از روی پل، حداقل فاصله بین محور خط و نرده‌ها در خطوط مستقیم باید در حالت معمول ۳ متر و در شرایط استثنایی ۲/۸۰ متر باشد. فاصله محور به محور دو خط مجاور در روی پل مشابه این فاصله در بیرون پل در نظر گرفته می‌شود که مقدار آن در شرایط معمول ۵ متر و در شرایط استثنایی ۴/۷ متر است. تعبیه پیاده‌رو مناسب جهت دسترسی افراد پیاده و یا برای خروج، تخلیه و دسترسی اضطراری بر روی پل‌ها باید مدنظر طراح قرار داشته باشد.

۷-۳-۱-۲- قوس افقی و قائم بر روی پل

در حالت معمول، موقعیت پل در طراحی هندسی مسیر راه‌آهن باید در مسیر مستقیم در نظر گرفته شود. در صورت اجبار به در نظر گرفتن قوس افقی بر روی پل، ضروری است از قوس‌های با شعاع بالاتر از ۷۰۰ متر بهره گرفته شود و از قوس‌های پی‌درپی و معکوس اجتناب شود. همچنین سایر ملاحظات ناشی از اعمال قوس افقی از جمله کنترل قواره ناوگان و ساختمان، افزایش مقاومت قوس و ملاحظات زهکشی باید توسط طراح کنترل شود. چنانچه در قوس‌ها، پل از قطعات مستقیم ساخته شود، عرض پل باید برای تأمین انحنای خط افزایش یابد. اضافه عرض مورد نیاز از رابطه ۷-۱ محاسبه می‌شود.

$$e_b = \frac{L_b^2}{8R}$$

۷-۱

که در آن:

^۱ نقشه‌های همسان پل‌ها و عرشه پل‌های راه‌آهن دهانه ۱۰ تا ۲۵ متر

^۲ آیین‌نامه بارگذاری پل‌ها

^۳ آیین‌نامه طرح و محاسبه پل‌های بتن‌آرمه

^۴ آیین‌نامه طرح پل‌های راه و راه‌آهن در برابر زلزله

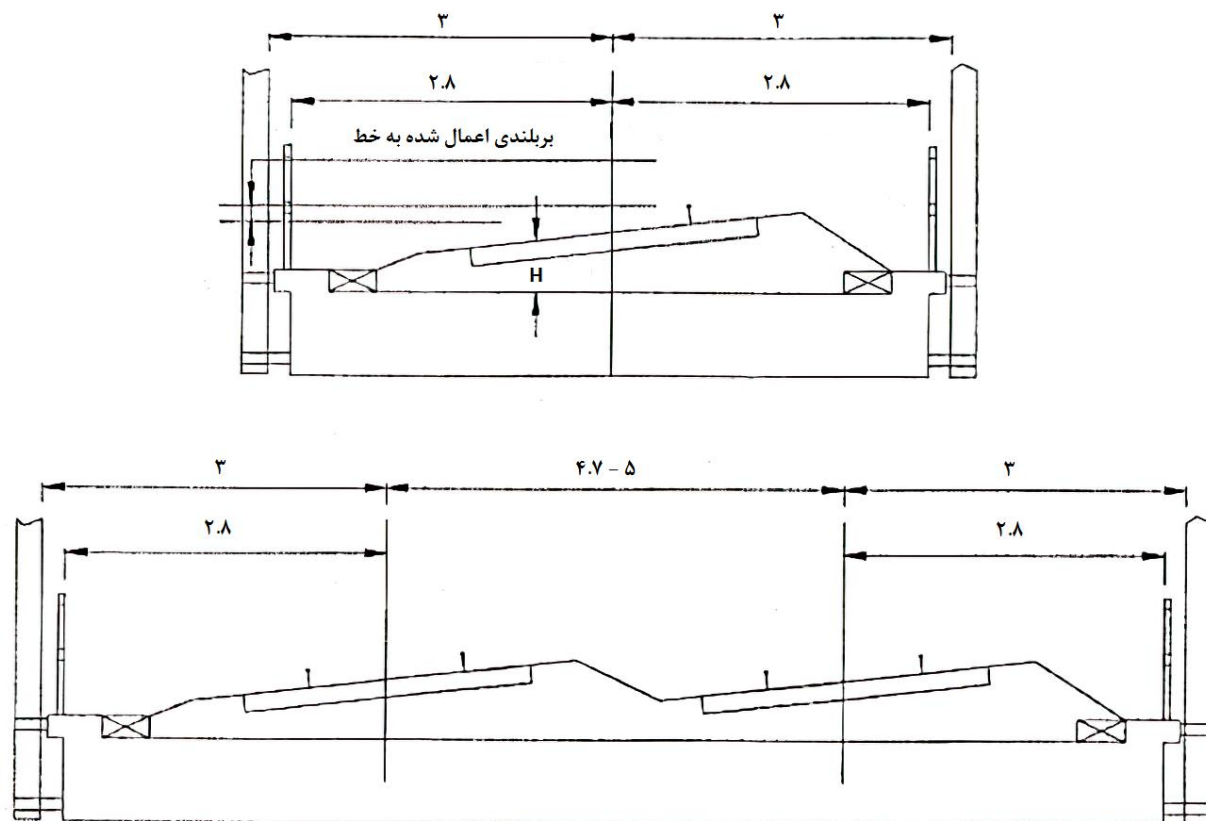
^۵ مقادیر حداقل پارامترهای هندسی بر روی پل‌ها باید بر مبنای حدود معمول مجاز در نظر گرفته شود.

e_b : اضافه عرض عرشه پل به متر

L_b : طول قطعه مستقیم به متر

R : شعاع قوس به متر است.

همانطور که پیش تر (فصل سه) بیان گشت، توصیه می شود حتی الامکان از طراحی قوس قائم در محل پل ها نیز اجتناب شود. در صورتی که طراح ناچار به در نظر گرفتن این موضوع شود، باید طراحی پل بر اساس قوس قائم انجام پذیرد.^۱ ضروری است سایر مسائل مرتبط با در نظر گرفتن قوس قائم در محل پل نظیر کنترل طرح زهکشی، ملاحظات اجرایی ویژه و الزامات خاص نگهداری و تعمیر توسط طراح بررسی شود. تداخل قوس قائم با قوس افقی در موقعیت پل مجاز نیست.



شکل ۳-۷ مقطع عرضی نمونه پل راه آهن یک خطه و دو خطه

^۱ در جریان طراحی پل ضروری است تاثیر اندرکنش خط و پل تحت تاثیر بارهای اضافی ناشی از قوس قائم کنترل شود.

۷-۳-۱-۳- ارتفاع و دهانه پل

در پل‌های چنددهانه، معمولاً دهانه ۳ متری یا بیشتر انتخاب می‌شود. ارتفاع پل‌هایی که بر روی راه‌آهن احداث می‌شوند، باید طوری انتخاب شود که ضوابط مربوط به فضای آزاد در فصل چهارم و ضوابط مربوط به تقاطع‌ها در فصل ششم را تأمین نماید. ارتفاع پل‌های راه‌آهن که بر روی راه یا آزادراه احداث می‌شوند باید منطبق با آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها انتخاب شود. دهانه و ارتفاع پل‌هایی که روی رودخانه یا مسیل احداث می‌شوند، برحسب دبی اوج سیلاب و مطالعات هیدرولوژی تعیین شود. فاصله آزاد بین سطح سیلاب طرح و پایین‌ترین قسمت سازه پل باید به اندازه‌ای باشد که شرایط ایمن پل فراهم شود. بر این اساس، باید مطالعات شبیه‌سازی هیدرولیکی پل انجام شود. توصیه می‌شود فاصله سطح سیلاب طرح و پایین‌ترین قسمت سازه پل، برای طراحی مقدماتی پل‌ها، ۰/۶ متر در نظر گرفته شود. دوره بازگشت سیلاب در طرح پل‌های راه‌آهن در شرایط معمولی ۱۰۰ سال در نظر گرفته می‌شود. لازم به ذکر است که طراحی پل‌ها با عرشه مستغرق مجاز نمی‌باشد.

۷-۳-۱-۴- جانمایی پل‌ها

جانمایی پل‌ها باید با در نظر گرفتن مسائل فنی و اقتصادی صورت گیرد. پل‌های روی رودخانه دائمی، باید تا حد امکان در محلی جانمایی شوند که رودخانه مستقیم و دارای کناره‌های پایدار باشد. در غیر این صورت، باید تمهیدات لازم برای حفاظت پل و دیواره‌ها در مقابل فرسایش و آب‌شستگی اندیشیده شود.

۷-۳-۱-۵- نرده‌های محافظ پل

پیش‌بینی نرده‌های محافظ برای پل‌ها با ارتفاع زیاد الزامی است. ارتفاع نرده برای پل‌ها با طول کلی بیش از ۳۰ متر، ۱/۱ متر انتخاب می‌شود. پل روگذر خطوط برقی که جاده از بالای خط عبور می‌کند، باید به نرده و جان‌پناه مناسب مجهز شود.

۷-۳-۲- ملاحظات طرح هندسی آبروها

ابعاد آبرو با توجه به دبی اوج سیلاب طرح و مطالعات هیدرولوژی تعیین می‌شود. طراحی آبروها با عرشه مستغرق مجاز نمی‌باشد، ولی در شرایط خاص می‌توان آبرو را با ورودی (مدخل) مستغرق طراحی کرد. طراحی هیدرولیکی آبروها و بررسی تأثیر آن بر هندسه مسیر الزامی است. در طراحی آبروها باید دبی اوج رواناب سطحی، دوره بازگشت سیلاب طرح، فراز آب و پایاب با در نظر گرفتن شرایط راه‌آهن تعیین شود. ابعاد تقریبی آبرو پیش از طراحی هیدرولیکی بر مبنای دبی اوج تخمین زده می‌شود. سپس از نظر هیدرولیکی، کنترل جریان در ورودی یا خروجی آبرو مشخص شده و ابعاد قطعی آبرو تعیین می‌شود. جزئیات تکمیلی مرتبط با موضوع، در پیوست ب این آیین‌نامه اشاره شده است. با توجه به اهمیت خطوط

ریلی و پرهزینه بودن تعمیرات و احداث خطوط انحرافی، دوره بازگشت سیلاب در طرح آبروها باید حداقل ۵۰ سال در نظر گرفته شود. در طراحی آبروها با رعایت جنبه اقتصادی، بهتر است طراحی دهانه آبروها با در نظر گرفتن امکان عبور آب آورده‌ها انجام پذیرد. آب آورده‌ها می‌تواند مواد آبرفتی، گیاهی و امثال آن باشد که گاهی موجب انسداد دهانه می‌شود. اگر تأمین دهانه کافی آبرو برای عبور آب آورده‌ها، اقتصادی نباشد، باید ابنیه کنترلی در بالادست آبرو ایجاد و به راه‌های دسترسی مجهز شود.

۱-۲-۳-۷- ورودی و خروجی آبرو

منظور از طراحی ورودی آبرو تعیین اجزاء و نوع ساختمان آن است که این سطح مقطع و ساختار ورودی از عوامل مؤثر در حوضچه بالادست می‌باشد. برای افزایش ظرفیت آبرو، اقتصادی بودن و پایدار نگهداشتن سرعت ورودی از ورودی گرد، اریب و پهن استفاده می‌شود. دیوار پیشانی و بالی شکل برای افزایش ظرفیت هیدرولیکی، حفاظت خاکریز، کاهش فرسایش شیروانی‌ها و پایداری سازه‌های آبرو قابل استفاده است. زاویه دیوار بالی شکل مستقیم برای جلوگیری از شسته شدن خاکریزی در انتهای آن (در اثر گرداب) ۳۰ تا ۷۵ درجه و رقوم بالای آن برابر رقوم بالای دیوار پیشانی در نظر گرفته می‌شود. برای ایمنی و بازسازی طرح در صورت امکان و اقتضای اقتصادی می‌توان از ورودی و پایانه پیش ساخته به جای دیوار پیشانی و بالی استفاده کرد. برای آبروهای دایره‌ای با قطر ۱/۵ متر یا بیشتر و لوله‌ای با قطر معادل دایره‌ای می‌توان از ورودی قیفی شکل یا دیواره پیشانی استفاده کرد. برای آبروهای دایره‌ای با دهانه به قطر ۳۰ تا ۲۱۰ سانتی‌متر و آبروهای لوله‌ای معادل بهتر است از ورودی و پایانه پیش ساخته شیپوری استفاده شود.

طراحی خروجی آبروها بر اساس حداکثر سرعت جریان آب صورت می‌گیرد. در مواردی که سرعت زیاد موجب شسته شدن بستر و شیب‌های کانال پایین دست شود، می‌توان با تغییر شیب آبرو از سرعت آن کاست. در مواردی که سرعت خروجی با تغییر شیب کاهش قابل توجهی نیابد از انواع حفاظت‌ها یا از بین برنده انرژی خروجی استفاده شود. اگر سرعت خروجی زیاد باشد با ارزیابی اثرات آن در املاک پائین باید راه‌حل‌های جلوگیری از فرسایش ناشی از آن بررسی شود در کانال‌های با مقطع منظم و شیب‌های جانبی تند منتهی به آبرو بهتر است از دیوار بالی شکل مستقیم استفاده شود.

۲-۲-۳-۷- امتداد و شیب طولی آبروها

مسیر آبرو باید مستقیم و با شیب طولی ثابت باشد. در حالات خاص و عدم فرسایش مسیر آبرو، می‌توان از امتداد غیرمستقیم نیز استفاده کرد. در این صورت، مسیر شکستگی باید گرد شده و قابل دسترسی باشد. بستر آبرو باید بر بستر جریان آب، منطبق باشد. در موارد خاص می‌توان:

- در شیب‌های ملایم که احتمال ته‌نشینی رسوب می‌رود، ورودی آبرو را بالاتر گرفت که مقدار آن به ابعاد آبرو و مقدار رسوب بستگی دارد. در این حالت رسوبات قبل از آبرو جمع و در فرصت‌های مناسب تخلیه می‌شوند.

- در بستر با شیب تند، شیب آبرو را ملایم‌تر از شیب بستر گرفت. تأمین سرعت لازم برای حمل مواد ته‌نشینی در شیب مورد نظر، ضروری است. در پایین‌دست، تمهیدات لازم برای هدایت آب و حفظ بستر به عمل می‌آید. استفاده از این روش، صرفه‌جویی قابل‌ملاحظه‌ای در بردارد.
- در خاکریزی بلند، چنانچه نشست بیشتری در وسط نسبت به طرفین باشد، خیزی (برآمدگی) در نظر گرفته می‌شود. برای جلوگیری از شسته شدن خروجی آبرو نیز تدابیری مانند سرریز خروجی در نظر گرفته می‌شود.

۷-۳-۲-۳- طول آبرو

- طول آبرو بستگی به ارتفاع و عرض پای خاکریز و ارتفاع آبرو و زاویه افقی با محور مسیر (زاویه کجی) دارد. در آبرو لوله‌ای به موارد زیر نیز باید توجه داشت:
- در خاکریزهای با ارتفاع ۴ متر یا کمتر، طول محاسباتی با در نظر گرفتن شرایط اجرایی اعمال شود.
- برای خاکریزهای با ارتفاع بیش از ۴ متر، برای هر ۳ متر افزایش ارتفاع، ۰/۳ متر و حداکثر ۲ متر طول اضافی در دو طرف در نظر گرفته شود.
- در مواردی که خاکریزی، بلند پله‌ای باشد، افزایش طول آبرو بر اساس ارتفاع پایین‌ترین پله تعیین می‌شود.

۷-۳-۲-۴- قطر آبرو

به‌منظور نگهداری و پاک‌سازی داخل آبروها، حداقل قطر آبروها ۱ متر در نظر گرفته می‌شود.

۷-۴- ملاحظات طرح هندسی جوی (کانال)

جوی یا کانال، یک مسیر هدایت آب با سطح آزاد است. طراحی و اجرای نهرهای طبیعی، نهرهای ترمیم‌شده و جوی کنار راه‌آهن باید طبق ضوابط این بخش از آیین‌نامه انجام شود. برای هدایت آب‌های سطحی توسط آبروها و لوله‌های با مقطع نیمه‌پر نیز ضوابط این بخش از آیین‌نامه حکم‌فرماست. در طراحی کانال‌های باز علاوه بر اصول هیدرولیکی، باید اقتصادی بودن طرح، چشم‌انداز مناسب عدم خسارت و آسیب به راه‌ها، املاک مجاور و محیط‌زیست در نظر گرفته شود.

۷-۴-۱- طرح هیدرولیکی

جوی باید ظرفیت لازم برای عبور دبی سیلاب طرح را داشته باشد. طرح هیدرولیکی یک جوی، شامل تعیین ظرفیت هیدرولیکی برای هدایت دبی سیلاب و تعیین نوع پوشش جوی برای جلوگیری از فرسایش آن است. ظرفیت هیدرولیکی یک کانال باز، به ابعاد، شکل، شیب طولی، پوشش و زبری آن بستگی دارد. در پیوست ب راهنمای طراحی هیدرولیکی کانال‌ها ارائه شده است.

۷-۴-۲- طرح مسیر و شیب طولی جوی

مسیر و شیب طولی با توجه به شرایط محل، طوری طرح می‌شود که اهداف پیش‌بینی شده را به بهترین وجه تأمین کند. در طراحی مسیر و شیب طولی جوی، در صورت امکان از تغییرهای ناگهانی اجتناب می‌شود. تغییر شکل ناگهانی مسیر جوی، موقعیت مناسبی برای حمله جریان آب به محیط فراهم می‌کند. افزایش ناگهانی شیب جوی موجب شسته شدن کف و دیواره‌ها و کاهش ناگهانی شیب، موجب ته‌نشینی و رسوب‌گذاری می‌شود. سرعت مناسب آب در یک جوی، امکان شسته شدن و ته‌نشینی مواد را از بین می‌برد. این سرعت به عواملی از قبیل ابعاد جوی، شیب طولی، دبی جریان، پوشش جوی و مواد رسوبی آب بستگی دارد.

۷-۴-۳- انواع مقطع کانال

شکل مقطع کانال برحسب هدف، زمین طبیعی، سرعت و مقدار جریان می‌تواند مثلثی، مستطیلی یا دوزنقه‌ای باشد.

۷-۴-۳-۱- مقطع مثلثی شکل

کانال مثلثی، عمدتاً برای جریان و سرعت کم از قبیل جوی‌های حاشیه و نهرهای کنار خط، طراحی می‌شود. نهرهای مثلثی شکل، مستعد فرسایش است و در مواردی که سرعت جریان از سرعت مجاز (به پیوست ب رجوع شود) تجاوز کند، مقطع کانال، احتیاج به پوشش خواهد داشت.

۷-۴-۳-۲- مقطع دوزنقه‌ای شکل

معمولی‌ترین شکل کانال برای آب‌های سطحی با دبی زیاد و سرعت متوسط، مقطع دوزنقه‌ای شکل است. کانال‌های دوزنقه‌ای به آسانی به وسیله ماشین‌آلات راه‌سازی ساخته می‌شوند و غالباً اقتصادی‌ترین مقطع هستند. چنانچه دبی آب‌های سطحی زیاد باشد بهتر است حداقل عرض کف کانال به لحاظ اجرا و نگهداری، ۴ متر، برای عمق جریان آب ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود.

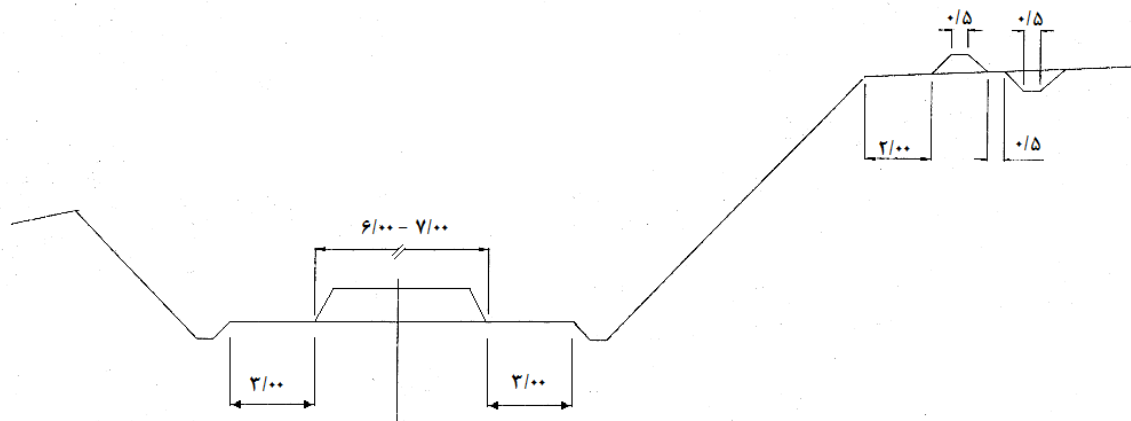
۷-۴-۳-۳- مقطع مستطیل شکل

در طرح کانال‌ها می‌توان از مقطع مستطیل شکل برای هدایت جریان آب‌های سطحی با دبی زیاد و محدودیت حریم استفاده نمود. قسمتی از هزینه تمام‌شده کانال‌های با مقطع مستطیل شکل، با کاهش حریم خط و حجم خاکبرداری کانال جبران می‌شود.

۴-۴-۷- تخلیه آب‌های ورودی به حریم

۱-۴-۴-۷- تخلیه آب‌های ورودی به حریم در خاکبرداری

برای تخلیه آب‌هایی که از اراضی بالادست خاکبرداری به طرف حریم سرازیر می‌شوند، از جوی‌های بالای شیروانی (مطابق شکل ۴-۷) استفاده می‌شود. جوی‌های با شیب تند که در آن‌ها خطر آب‌شستگی وجود دارد، بهتر است پوشش‌دار باشند. برای جوی‌های با شیب تندتر از ۱ به ۴ می‌توان از پوشش‌های پیش‌ساخته استفاده کرد. بهتر است در محل‌های مناسب، رواناب سطحی جمع‌آوری شده توسط جوی‌های بالای شیروانی به وسیله شوت به جوی‌های مربوطه هدایت و تخلیه شوند. محل شوت‌ها در قسمت‌های پست خاکبرداری در نظر گرفته می‌شود. شوت‌ها می‌توانند لوله‌ای، ناودانی و یا مجاری پوشش شده باشند. می‌توان از شوت‌های لوله‌ای فلزی برای هر نوع شیب جانبی مانند شیب جانبی ۱ به ۴ یا تندتر نیز استفاده کرد. حداقل قطر لوله برای شوت‌های فلزی لوله‌ای ۲۰۰ میلی‌متر است. در طرح شوت‌ها بهتر است از تغییر ناگهانی در مسیر و شیب طولی اجتناب شود.



شکل ۴-۷ جوی بالای ترانشه برای جمع‌آوری آب‌های وارده به حریم (واحدها به متر)

۲-۴-۴-۷- تخلیه آب‌های ورودی به حریم در خاکریز

باید از تجمع آب‌های کف راه در خاکریزی‌ها اجتناب شود و در حالات خاص، آب‌های احتمالی با شوت‌های پوشش‌دار به جوی‌های مربوطه هدایت شوند.

۷-۵- ملاحظات طرح هندسی ابنیه فنی ویژه

۷-۵-۱- دیوارهای حائل

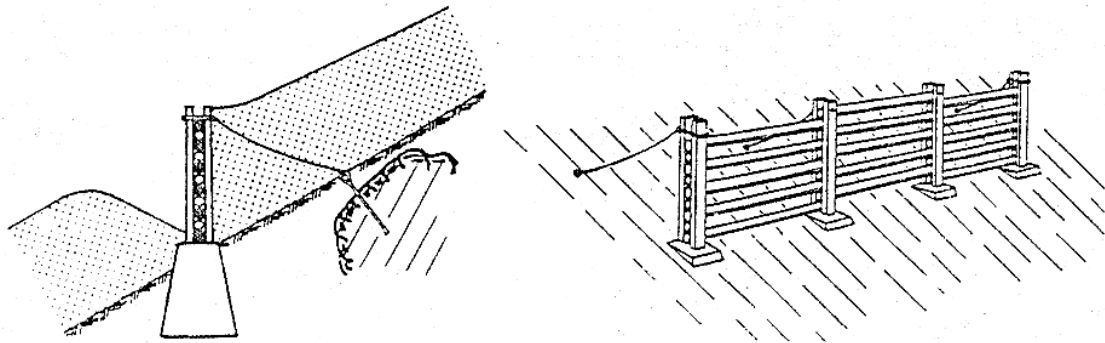
بهره‌گیری از ضوابط و الزامات نشریه شماره ۳۰۸ سازمان برنامه و بودجه کشور در زمینه طراحی دیوارهای حائل ضروری است. دیوار حائل برای پایدار نگاه داشتن دیواره خاک شیروانی خاکریزی یا خاکبرداری و تحمل سربار ناشی از راه‌آهن یا تأسیسات دیگر روی آن به کار می‌رود. دیوار حائل با حذف یا کاهش شیب شیروانی‌ها به کم شدن فضای اشغالی و زیبایی طرح کمک می‌کند. بسته به محدودیت‌های اجرایی، مصالح موجود، اهمیت و نوع تأسیسات واقع بر روی خاک، شرایط اقلیمی و درنهایت اقتصاد طرح می‌توان از دیواره‌های حائل مختلفی مانند دیوار وزنی، طره‌ای، پیش‌ساخته و خاک مسلح استفاده کرد. دیوارهای حائل باید با ضرایب اطمینان مناسبی در برابر بارهای وارده و نیروهای داخلی لغزش و واژگونی ناشی از آن‌ها، طبق آیین‌نامه‌های مربوطه طراحی شود. انتخاب نوع دیوار و طراحی آن در بخش مطالعات سازه، ژئوتکنیک و زیرسازی خطوط ریلی قرار می‌گیرد. زهکشی آب پشت دیوار باید با دقت صورت گیرد و مسیر تخلیه آب در نیم‌رخ عرضی مشخص شود. موقعیت آبروهای مسیر بالادست باید طوری انتخاب شود که از آب‌شستگی دیوار جلوگیری شود.

۷-۵-۲- گالری‌ها

در مواقعی که راه‌آهن از قسمت‌های بهمن‌گیر یا ریزشی عبور می‌کند و یا مجبور به عبور از بستر رودخانه است از گالری‌ها استفاده می‌شود. گالری‌ها از لحاظ هندسی مشابه تونل‌ها می‌باشند.

۷-۵-۲-۱- گالری بهمن‌گیر

ترانشه‌های برف‌گیر اغلب با کولاک و برف سنگین یا بهمن، خیلی زود پر و مسدود می‌شوند. ولی اگر استفاده از سازه‌های ساده‌تر مانند دیوارهای بهمن‌گیر شکل ۷-۵ مقذور نباشد از گالری بهمن‌گیر استفاده می‌شود که از لحاظ هندسی کاملاً مشابه تونل‌ها ولی بار آن سبک‌تر و طول آن کوتاه‌تر است. این سازه نیاز به تهویه نداشته و در سمت دره می‌تواند نورگیر نیز باشد و در هر حال به علت ارتفاع کم خاک، روی آن باید زهکشی کافی داشته باشد.



شکل ۷-۵ دیوار بهمن گیر

۷-۵-۲- گالری زیر بستر رودخانه

اگر عبور راه آهن از زیر رودخانه ضروری باشد از این گالری استفاده می شود. جریان آب رودخانه قبل از رسیدن به گالری، به کمک دیوارهای هدایت آب طرفین، جمع آوری و کنترل می شود. ارتفاع و طول این دیوار باید با توجه به ارتفاع آب و شرایط رودخانه تعیین شود تا از ورود آب به گالری جلوگیری شود. طبیعی است محیط گالری زیر رودخانه باید عایق بندی مناسبی داشته باشد تا از نفوذ آب به داخل گالری ممانعت نماید.

۷-۵-۳- گالری ضد ریزش

گالری ضد ریزش، برای جلوگیری از ریزش کوه بر روی خطوط ریلی ایجاد می شود. این گالری از لحاظ هندسی کاملاً مشابه تونل ها ولی بار آن سبک تر و طول آن کوتاه تر است. این سازه نیاز به تهویه نداشته و در سمت دره می تواند نورگیر نیز باشد و در هر حال به علت ارتفاع کم خاک، روی آن باید زهکشی کافی داشته باشد.

۷-۵-۳- حفاظت در برابر ماسه های روان

ضروری است تمهیدات کافی برای حفاظت خط از حمله ماسه های روان توسط طراح در نظر گرفته شود. تمهیدات مقابله با ماسه های روان به سه محدوده اصلی مبداء، مسیر و مقصد ماسه های روان و چهار روش گیاهی، شیمیایی، مکانیکی و راهکارهای نوین طبقه بندی می شوند که راهکار بهینه باید بر اساس منطقه طرح و با هماهنگی کارفرما و بهره بردار انتخاب شود. ضروری است ضوابط مربوط به انتخاب نوع روسازی مناسب در مناطق کویری مستعد حمله ماسه های روان مطابق نشریه ۸۶۳ سازمان برنامه و بودجه کشور در نظر گرفته شود. از جمله تمهیدات حفاظت در برابر ماسه های روان می توان به روش های زیر اشاره نمود:

- مسیر در وضعیت مناسب تری قرار داده شده و تراز ریل، بالاتر انتخاب شود. قرارگیری مسیر در موقعیت برداشت و رسوب گذاری ماسه های روان مجاز نیست.

- با روش‌های مختلف از جمله توسعه فضای سبز و استفاده از گونه‌های گیاهی منطبق با شرایط اقلیمی (مانند گز و طاق)، مالچ پاشی و سایر موارد، اقدام به تثبیت ماسه‌های روان نمود.
- از دیوارک‌های بادشکن برای جلوگیری از ورود ماسه روان به روی خط استفاده شود.
- از روش‌های نوین نظیر روسازی‌های دال خط ویژه استفاده شود.
- در مناطقی که شدت ورود ماسه‌های روان به روی خط بالا باشد، ممکن است نیاز به استفاده از گالری مطرح شود.

۴-۵-۷- حفاظت در برابر جریان آب

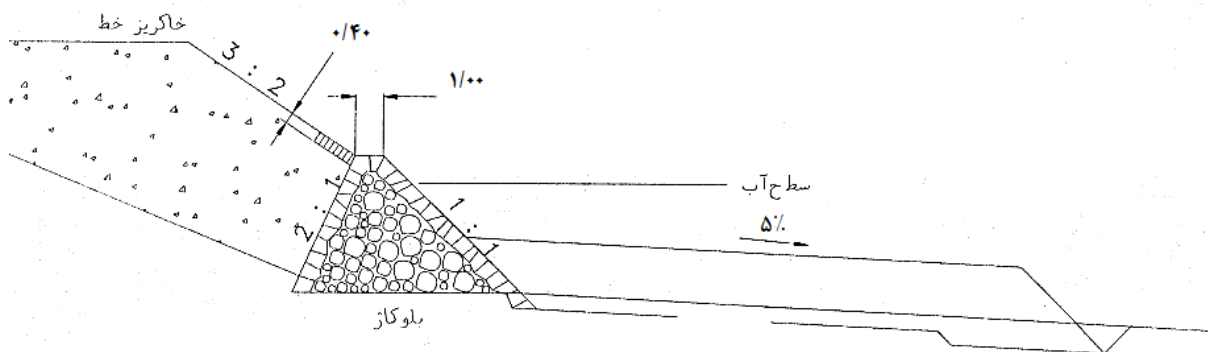
برای حفاظت خط از جریان آب رودخانه یا مسیل کناری و جلوگیری از آب‌شستگی پای خاکریز، باید تمهیداتی مانند روش‌های زیر صورت پذیرد.

۱-۴-۵-۷ استفاده از دیوارهای عمود بر جریان (اپرون)

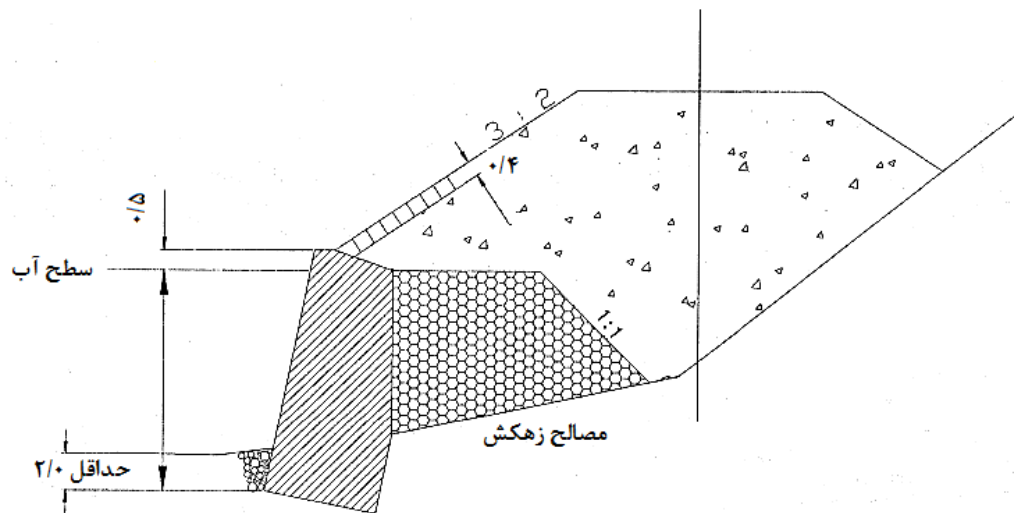
یک نمونه از این حفاظت در شکل ۶-۷ نشان داده شده است. این نوع سازه با کاهش سرعت آب رودخانه از آب‌شستگی جلوگیری و از خاکریز حفاظت می‌کند.

۲-۴-۵-۷ تقویت پاشنه و دیوارسازی

در کنار مسیل‌های غیردائمی می‌توان با تقویت و ایجاد دیوار، خط را از خطر آب‌شستگی محفوظ داشت. این دیوارها از لحاظ مصالح (از جمله مصالح بنایی و گابیون) و شکل، انواع مختلفی دارند. شکل ۷-۷ یک نمونه از این دیوارها را نشان می‌دهد. رعایت ضوابط مربوط به طراحی دیوارهای حائل (نشریه ۳۰۸)، راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری آبشکن‌های رودخانه‌ای (نشریه ۵۱۶) و سایر ضوابط مرتبط در طراحی این دیوارها بر اساس سطح ابلاغ نشریه ضروری است.



شکل ۶-۷ حفاظت در برابر جریان رودخانه (واحدها به متر)



شکل ۷-۷ دیوارسازی در کنار مسیل (واحدها به متر)

پیوست الف

کلیات مطالعات شبیه‌سازی بهره‌برداری

(ارزیابی تأثیر هندسه مسیر بر بهره‌برداری و ظرفیت)

أ-۱- مقدمه

در طراحی هندسی مسیر راه آهن، ضروری است که ضوابط فنی آیین نامه‌ای از یک طرف و رویکرد بهینه سازی اقتصادی از طرف دیگر به صورت یکپارچه در نظر گرفته شود. به گونه‌ای که انتظارات مدنظر بهره بردار با رویکرد بهینه فنی و اقتصادی برآورده می‌شود. برای دستیابی به این هدف، ضروری است شبیه سازی بهره برداری قطارهای عبوری از روی خط طراحی شده با لحاظ حداکثر ظرفیت مورد نیاز، مطالعه شود. این مطالعه به کمک عبور قطارهای تشکیل شده به صورت مجازی از مسیر طراحی شده انجام می‌پذیرد و معیارهای بهره برداری مرتبط بر اساس نتایج شبیه سازی کنترل می‌شود. تهیه سند مطالعات شبیه سازی بهره برداری برای هر خط جدید الاحداث الزامی است. همچنین در خطوط ارتقا یافته، باید این مطالعات در زمان بهسازی و بازسازی انجام گرفته تا با استناد به آن، گلوگاه‌های مسیر شناسایی و رفع شود.

أ-۲- اهداف شبیه سازی بهره برداری حرکت قطار

شبیه سازی بهره برداری قطارها به منظور کنترل الزامات زیر (الزامات بهره برداری) انجام می‌شود:

- ۱- بررسی اثرات ناشی از احداث هر یک از گزینه‌های مسیر روی شبکه سراسری راه آهن از نظر ظرفیت حمل و غیره.
- ۲- بررسی اینکه بهره بردار با توجه به ناوگانی که در اختیار دارد؛ با چه سرعتی می‌تواند از مسیر طراحی شده عبور نماید. آیا این سرعت پاسخگوی نیازهای بهره بردار هست یا خیر. در صورتی که جواب منفی است، شیب و فراز مسیر طراحی شده به چه میزان باید اصلاح شود تا انتظار بهره بردار تأمین شود؟ طراحی مسیر باید به گونه‌ای باشد که قابلیت عبور بار و مسافر را در یک دوره عمر (حداقل ۲۰ سال) تأمین نماید.
- ۳- بررسی ظرفیت مسیر (میزان بار و مسافر) از طریق محاسبه زمان سیر و مقایسه آن با میزان تقاضا و اظهار نظر در مورد یک یا دو خطه بودن مسیر در هر یک از گزینه‌های مورد مطالعه.
- ۴- بررسی نوع ناوگان مناسب برای مسیر طراحی شده در صورت وجود گزینه‌های مختلف در تهیه ناوگان و نیروی کشش و همچنین بررسی تأثیر متقابل ناوگان و مسیر طراحی شده و تعدیل اثرات مخرب آن‌ها بر یکدیگر با ارائه طرح هندسی مناسب. به عنوان نمونه، در صورتی که نیم‌رخ طولی مسیر برای ناوگان مناسب نباشد، ترمزگیری و شتاب‌گیری متوالی قطار منجر به فرسودگی سریع‌تر ناوگان و روسازی شده و هزینه‌های نگهداری و تعمیر را افزایش خواهد داد.
- ۵- تعیین طول حداکثری استفاده از شیب‌های تند متوالی که بر چگونگی سیر ناوگان ریلی تأثیرگذار خواهد بود. مهم‌ترین موضوع مرتبط با این الزام، میزان شتاب‌گیری قطار در نقاط مختلف شیب مسیر است که نباید از حدی بیشتر شود. در صورت تجاوز شتاب حرکتی قطار در محل شیب، باید با استفاده از ترمزهای قطار، شتاب کاهنده‌ای به قطار در حال شتاب‌گیری وارد نمود تا تعادلی میان حرکت قطار برقرار شود. بر این اساس باید در مطالعات

شبیه‌سازی قطار، شیب مسیر با توجه به توان ترمزگیری و شتاب سیر مجاز قطار در مسیر لحاظ شده و ارزیابی شود.

۶- تعیین حداقل طول مستقیم میان دو قوس یا حداقل طول پاره‌خط پروژه که باید به یک مقدار حداقل محدود شود. دو گروه عوامل تأثیرگذار بر روی این طول حداقل شامل عوامل مرتبط با ایمنی سیر و بهره‌برداری هستند، که مقدار حداکثر طول حاصل از دو معیار فوق بر طرح حاکم خواهد بود.

۷- کنترل جانمایی شیب و فرازها در پاره‌خط پروژه که تأثیر آن بر نظام بهره‌برداری باید گزارش شود.

۸- کنترل و اعلام‌نظر در خصوص حداکثر شیب و فراز بعد از ایستگاه‌ها و حداقل طول مجاز و بهینه این شیب که بر اساس آن، توان کلیه کشنده‌های موجود در شبکه در عبور از شیب و فراز تند پس از ایستگاهی تعیین می‌شود.

۹- سرعت طرح، مهم‌ترین عامل در طراحی و مبنای محاسبات هندسی مسیر (نظیر حداقل شعاع قوس و طول قوس پیوندی) و تعیین‌کننده نیروهای دینامیکی در ابنیه فنی می‌باشد. سرعت طرح در انتخاب سیستم علائم و ناوگان عبوری نیز مؤثر می‌باشد.

۱۰- اعلام‌نظر و کنترل شیب و فراز مسیر طراحی‌شده، بررسی تأثیر شیب و فرازهای پیاپی بدون در نظر گرفتن شیب افقی در حداقل‌ها و همچنین بررسی جانمایی شیب و فرازها و ارزیابی اثر آن در وضعیت سیر ناوگان. در حالت کلی افزایش طول یک فراز باعث کاهش ظرفیت یک بلاک خواهد شد. همچنین در خصوص شیب مسیر نیز این پارامتر می‌تواند هم بر کاهش و یا افزایش زمان مسیر بلاک مؤثر باشد. در نتیجه توصیه می‌شود حتی‌الامکان طراح از تعبیه شیب‌های تند متوالی و یا فرازهای متوالی پرهیز نماید.

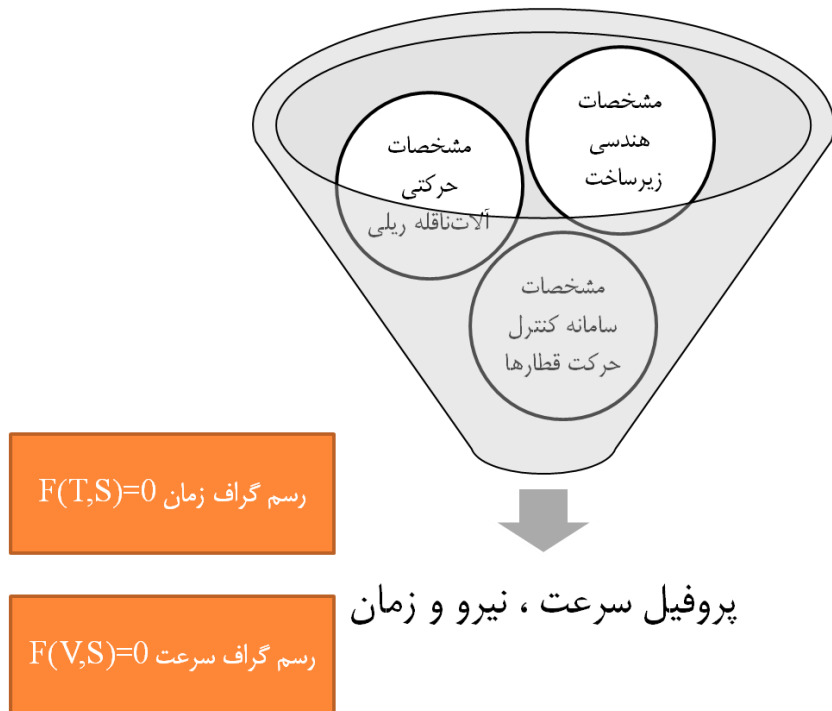
۱۱- مشخص کردن شیب و فرازهای زیر در کل مسیر و به تفکیک بلاک‌ها، کنترل و اظهار نظر درباره آن‌ها:

- فراز حاکم
- فراز کشش دابل (در صورت وجود)
- فراز مومنتم (در صورت وجود)
- شیب‌های مضر (در صورت وجود)

۳-۱- کلیات شبیه‌سازی بهره‌برداری حرکت قطار

همان‌گونه اشاره شد، کنترل الزامات و تدقیق طرح هندسی با مطالعات شبیه‌سازی حرکت قطار انجام می‌گیرد. در راستای تشریح تأثیر پارامترهای بهره‌برداری راه‌آهن بر طرح هندسی خط، سه مرحله عمده طی خواهد شد. در گام اول، مشخصات ناوگان کشنده و نیروهای مقاوم طولی وارد به قطار بررسی خواهد شد (برای ارزیابی حرکت قطار نیاز به شناخت نیروهای مقاوم و محرک وارد به آن وجود دارد). در مرحله دوم، عملیات شبیه‌سازی انجام می‌گیرد. در گام سوم، با استفاده از نتایج شبیه‌سازی بهره‌برداری صورت گرفته، انتظارات مدنظر بهره‌بردار بررسی شده و نیم‌رخ طولی و عرضی مسیر با توجه

به مسائل فوق الذکر اصلاح می شود. طرح نهایی مسیر پس از انجام اصلاحات لازم، ارائه شده و مسیر برای اجرا آماده می شود. فرآیند محاسبات اشاره شده به صورت کلی در شکل ۱-ا ارائه شده است.



شکل ۱-ا خروجی و ورودی محاسبات شبیه سازی بهره برداری حرکت قطار

منظور از شبیه سازی حرکت قطار، بررسی نحوه حرکت قطار در شیب و فرازهای پی در پی، به دست آوردن نیروهای شتاب دهنده و ترمزگیری از طریق حل معادلات حرکت، محاسبه زمان سیر و در نهایت رسم پروفیل های سرعت- مکان، زمان سیر- مکان و نیروی کشش (یا ترمز)- مکان می باشد.

قطار طی حرکت در بلاک های دارای فراز، قادر است سرعت خود را تا جایی افزایش دهد که نیروی شتاب دهنده با مقاومت فراز برابر و حرکت با سرعت ثابت آغاز شود. به عبارت دیگر، نیروی کشش قطار تا حدی که برابر نیروهای مقاوم شود، کاهش می یابد. در بلاک های دارای نشیب، نیروی حاصل از شیب به صورت شتاب دهنده عمل نموده و سبب افزایش سرعت قطار می شود. با این حال در برخی موارد نظیر نشیب های تند و در حالی که مجموع نیروهای مقاوم منفی است، علیرغم خلاص حرکت کردن (صفر شدن نیروی کشش) قطار تمایل به افزایش سرعت دارد. در این موارد با اعمال نیروی ترمز، از افزایش سرعت جلوگیری می شود. شبیه سازی بهره برداری حرکت قطار از قوانین حرکت نیوتن پیروی می نماید. به شکل ساده، رابطه شبیه سازی به شرح ۱-ا قابل بیان می باشد:

$$\sum F_{Traction} - \sum F_{Resistance} = m_{train} \times a_{train} \quad ۱-ا$$

در این رابطه:

$\sum F_{traction}$ مجموع نیروهای محرک قطار (کیلونیوتن)

$\sum F_{resistance}$ مجموع نیروهای مقاوم قطار (کیلونیوتن)

m_{train} تناژ (جرم) ناخالص قطار (کیلوگرم)

a_{train} شتاب قطار (متر بر مجذور ثانیه) است که جهت محاسبه پروفیل سرعت مد نظر قرار می گیرد.

پیوست ب

راهنمای طراحی سیستم زهکشی در

خطوط راه آهن

ب-۱- راهنمای طراحی سیستم زهکشی در خطوط راه آهن

سیستم زهکشی و هدایت آب‌های سطحی شامل پل‌ها، آبروها، کانال‌های زهکشی و سیستم‌های زهکشی طولی و عرضی خطوط ریلی باید به گونه‌ای طراحی شود تا کمترین انسداد در آن رخ دهد. به عبارتی عملکرد آن باید به گونه‌ای باشد که آب به صورت دائم در جریان بوده و سیستم زهکشی برای کنترل موارد پیش‌بینی نشده به طور مناسب طراحی شود. اطمینان از عملکرد مناسب سیستم زهکشی یکی از مواردی است که در برنامه نگهداری و تعمیر خطوط ریلی باید بدان پرداخته شود. به عنوان مثال استفاده از یک کانال یا زهکش مشابه آن در کنار خط ریلی، که برای تخلیه رواناب سطحی تعبیه می‌شود، می‌تواند محل انباشت آبرفت در زمان سیلاب شده و در صورت لایروبی نکردن در درازمدت محل نفوذ آب به بستر خط ریلی و سازه‌های باربر مجاور کانال شده و در نهایت منجر به خرابی سریع‌تر سیستم شود. بر این اساس توصیه می‌شود در صورت امکان از زهکشی‌های سطحی (کانال‌های روباز) به جای زهکشی‌های زیرسطحی استفاده شود زیرا به راحتی دیده شده و نگهداری آن‌ها به مراتب ساده‌تر است.

ب-۲- دوره بازگشت سیلاب

دوره بازگشت سیلاب (زمان احتمالی تکرار سیلاب) شاخص اهمیت ابنیه فنی و مقدار پذیرش خطر و خرابی می‌باشد. دوره بازگشت در طراحی هیدرولیکی پل‌ها و آبروها و زهکش‌ها ۱۰۰ سال و در حالات خاص یا ابنیه فنی فرعی ۵۰ سال در نظر گرفته می‌شود.

ب-۳- تخمین ظرفیت موردنیاز

یکی از مراحل مهم در طراحی زهکش‌ها تخمین ظرفیت موردنیاز است، در این گام هرگونه محدودیت، نوع و چیدمان سیستم زهکشی پیشنهادی باید شناسایی شود. به طور کلی، مقدار آبی که زهکش برای پاسخگویی به آن طراحی می‌شود، شامل موارد زیر مطابق رابطه ب-۱ است:

$$Q = Q_R + Q_S + Q_C \quad \text{ب-۱}$$

که در آن:

Q : دبی اوج جریان (مترمکعب/لیتر بر ثانیه)،

Q_R : مقدار رواناب جمع‌آوری شده (مترمکعب/لیتر بر ثانیه)،

Q_S : مقدار آب تراوش یافته از زیرسازی (مترمکعب/لیتر بر ثانیه)،

Q_C : مقدار آب جمع‌آوری شده توسط زهکشی از سایر سیستم‌های زهکش متصل به آن (مترمکعب/لیتر بر ثانیه) است.

مقدار Q در اصل بیانگر مقدار بیشینه دبی جریانی است که زهکش تنها در یک بازه زمانی کوتاه باید پاسخگوی آن باشد. این پارامتر با توجه به فراوانی بارش باران با استفاده از روش‌های محاسباتی که در ادامه آمده است، محاسبه می‌شود. شایان ذکر است در زهکش‌های سطحی مقادیر Q_C و Q_S را می‌توان برابر با صفر در نظر گرفت. بر اساس توضیحات فوق، دبی سیلاب طرح (دبی اوج رواناب) حداکثر مقدار رواناب گذرنده از یک مقطع در واحد زمان، در حین بارندگی یا پس از آن است. دبی اوج به حداکثر شدت بارندگی با تداوم زمان تمرکز و دوره بازگشت طرح، مساحت حوضه آبریز، جنس و پوشش اراضی بستگی دارد که روش‌های محاسبه آن در ادامه ارائه شده است.

ب-۳-۱- محاسبه دبی اوج رواناب به روش تجزیه و تحلیل آماری

در صورتی که در محل طرح، آمار هیدرولوژی مناسب از لحاظ کیفی و کمی موجود باشد، ساده‌ترین راه تخمین سیلاب طرح، برازش و تجزیه و تحلیل آماری دبی‌های حداکثر می‌باشد و می‌توان دبی سیلاب را با دوره بازگشت مدنظر تخمین زد.

ب-۳-۲- محاسبه دبی اوج رواناب به روش استدلالی

روش استدلالی یکی از ساده‌ترین روش‌های تجربی است که دبی اوج رواناب را با استفاده از پارامترهای آب و هوایی نظیر شدت بارندگی و پارامترهای حوضه آبریز مانند مساحت، برآورد می‌کند. بر این اساس حداکثر نرخ تخلیه یک سیلاب با مقدار دوره بازگشت مشخص در یک زهکش (دبی اوج جریان) را می‌توان از رابطه ب-۲ محاسبه نمود:

$$Q = F \times C \times I \times A \quad \text{ب-۲}$$

که در آن؛

Q : دبی اوج جریان (مترمکعب بر ثانیه)،

F : ضریب تبدیل به واحد مورد استفاده (اگر واحد مساحت حوضه کیلومترمربع باشد برابر با ۰/۲۷۸ و اگر واحد مساحت هکتار باشد برابر با ۰/۰۲۷۸ است)

C : ضریب رواناب که تابعی از پوشش حوضه است

I : شدت متوسط بارندگی برحسب میلی‌متر بر ساعت (این پارامتر از روی منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی ایستگاه‌های باران‌سنجی منطقه و با توجه به دوره بازگشت سیلاب و زمان تمرکز حوضه تعیین می‌شود)

A : مساحت حوضه آبریز برحسب کیلومترمربع یا هکتار

در روش استدلالی، دوره بازگشت سیلاب طرح با دوره بازگشت بارندگی برابر است و شدت بارندگی برای تمام سطح حوضه آبریز یکسان فرض شده است که این فرض کاربرد این روش را محدود می‌سازد و بهتر است فقط برای حوضه‌های

^۱ عبارت است از زمان لازم برای اینکه دورترین قطره آب رواناب سطحی یک حوضه به نقطه تمرکز برسد. زمان تمرکز حاصل جمع زمان جریان در روی زمین و زمان جریان در کانال باز تا دهانه آبرو یا پل می‌باشد.

آبریز کوچک و ساده (توصیه کوچکتر از ۱/۳ کیلومتر مربع) به کار رود. اگر حوضه آبریز نسبتاً کوچک باشد و کانال اصلی از چند انشعاب تغذیه شود، بهتر است روش استدلالی را برای هریک از انشعابها جداگانه به کار گرفت و سپس جریان کانال اصلی را از جمع جریان آب انشعابها به دست آورد. دبی جریان کانال اصلی را می توان از هیدروگراف سیل نیز، در صورت وجود به دست آورد. برای به دست آوردن نتایج معقول از روش استدلالی، باید در تطبیق فرضیات و انتخاب پارامترها دقت نمود.

ضریب رواناب (C)، نسبت رواناب سطحی به کل نزولات جوی است. بخشی از نزولات جوی به صورت نفوذ در خاک، تبخیر، تعرق و جمع شدن در گودال های سطحی حوضه آبریز تلف می شود. جدول ب-۱ مقادیر ضرایب رواناب در مناطق ساخته نشده را در دوره بازگشت ۵ تا ۱۰ سال به دست می دهد که مجموع عوامل پستی و بلندی اراضی حوضه (میزان شیب)، جنس اراضی (میزان نفوذپذیری)، میزان پوشش گیاهی حوضه (ایجاد مانع در مسیر جریان آب) و میزان چاله در حوضه (تأخیر در جریان آب) می باشد. برای مناطق ساخته شده، این ضریب در جدول ب-۲ آمده است. برای دوره های بازگشت بیشتر، باید ضریب رواناب (C) را در ضرایب تبدیل (C_f) ارائه شده در ب-۳ ضرب نمود. به هر حال مقدار این حاصل ضرب نباید از یک تجاوز کند. لازم به ذکر است استفاده از روش استدلالی برآورد رواناب اوج برای حوضه های دارای مساحت بیش از ۲ کیلومتر مربع، دارای تقریب زیاد است و برای حوضه های بزرگ استفاده از دو روش زیر توصیه می شود:

۱- آنالیز آماری دبی سیلاب

۲- استفاده از مدل های بارش-رواناب

اگر حوضه آبریز از پوشش های سطحی مختلف تشکیل شده باشد، ضریب رواناب را می توان از رابطه ب-۳ به دست آورد.

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots}{A_1 + A_2 + \dots} \quad \text{ب-۳}$$

که در آن؛

C: ضریب متوسط رواناب برای کل حوضه آبریز

C_i: ضریب رواناب هر بخش از حوضه آبریز

A_i: مساحت هر بخش از حوضه آبریز

^۱ به منحنی تغییرات دبی بر حسب زمان برای یک حوضه آبریز، هیدروگراف گفته می شود

جدول ب-۱ ضریب رواناب C برای مناطق ساخته نشده برای دوره بازگشت ۵ تا ۱۰ سال

مشخصه حوضه	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
پستی و بلندی اراضی	۰/۰۲ - ۰/۰۸	۰/۰۲ - ۰/۱۴	۰/۲۰ - ۰/۲۸	۰/۲۸ - ۰/۳۵
	اراضی نسبتاً هموار با شیب ۰ تا ۵ درصد	اراضی تپه ماهوری با شیب ۵ تا ۱۰ درصد	اراضی کوهستانی، شیب متوسط ۱۰ تا ۳۰ درصد	اراضی با شیب تند، شیب متوسط بالای ۳۰ درصد
جنس اراضی	۰/۰۴ - ۰/۰۶	۰/۰۶ - ۰/۰۸	۰/۰۸ - ۰/۱۲	۰/۱۲ - ۰/۱۶
	اراضی ماسه‌ای با عمق زیاد، خاک‌های با میزان نفوذ خوب و نفوذ زیاد	اراضی لوم ماسه‌ای، لوم لایی، ماسه‌ای	اراضی خاک رسی یا لومی، خاک‌های با میزان نفوذ کم	اراضی با پوشش خاکی کم یا بدون آن، خاک‌های با میزان نفوذ قابل اغماض
پوشش گیاهی اراضی	۰/۰۴ - ۰/۰۶	۰/۰۶ - ۰/۰۸	۰/۰۸ - ۰/۱۲	۰/۱۲ - ۰/۱۶
	اراضی جنگلی با پوشش حدود ۹۰٪	اراضی زراعی با پوشش حدود ۵۰٪	اراضی چمنی با پوشش کمتر از ۲۰٪	اراضی لخت یا با پوشش خیلی پراکنده
میزان چاله در حوضه آبریز	۰/۰۴ - ۰/۰۶	۰/۰۶ - ۰/۰۸	۰/۰۸ - ۰/۱۰	۰/۱۰ - ۰/۱۲
	میزان گودال‌های سطحی خیلی زیاد، اراضی بزرگ سیلابی، باتلاقی و حوضچه	میزان گودال‌های سطحی قابل ملاحظه دریاچه و اراضی باتلاقی	میزان گودال‌های سطحی کم، فاقد اراضی باتلاقی یا حوضچه‌های آب	میزان گودال‌های سطحی قابل اغماض فاقد اراضی باتلاقی

جدول ب-۲ ضریب رواناب C برای مناطق ساخته شده برای دوره بازگشت ۵ تا ۱۰ سال

نوع منطقه ساخته شده	ضریب رواناب (C)
صنعتی	
مناطق با تراکم کم	۰/۵۰ - ۰/۸۰
قبرستان‌ها - پارک‌ها	۰/۱۰ - ۰/۲۵
زمین‌های بازی	۰/۲۰ - ۰/۴۰
محوطه ایستگاه راه‌آهن	۰/۲۰ - ۰/۴۰
بیابان	۰/۱۰ - ۰/۳۰
فضای سبز	
خاک‌های ماسه‌ای با شیب ۰ تا ۲ درصد	۰/۰۵ - ۰/۱۰
خاک‌های ماسه‌ای با شیب ۲ تا ۷ درصد	۰/۱۰ - ۰/۱۵
خاک‌های ماسه‌ای با شیب بیش از ۷ درصد	۰/۱۵ - ۰/۲۰
راه‌ها	
آسفالتی	۰/۷۰ - ۰/۹۵
بتنی	۰/۸۰ - ۰/۹۵
شنی	۰/۷۰ - ۰/۸۵
پیاده‌رو	۰/۷۵ - ۰/۸۵
پشت‌بام‌ها	۰/۷۵ - ۰/۹۵

جدول ب-۳ ضریب تبدیل (C_f) برای دوره‌های بازگشت مختلف

احتمال	ضریب تبدیل (C_f)	دوره بازگشت
٪۴	۱/۱	۲۵
٪۲	۱/۲	۵۰
٪۱	۱/۲۵	۱۰۰

ب-۴- طراحی سیستم زهکشی

ابعاد اجزای سیستم زهکشی باید با در نظر گرفتن دو معیار تعیین شود. معیار اول این که اجزای زهکشی باید بتوانند حداقل موردنیاز جریان را از خود عبور دهند و معیار دوم اینکه ابعاد این اجزاء به گونه‌ای باشد که عملیات تعمیر و نگهداری آن‌ها به سهولت قابل انجام باشد. توصیه می‌شود تا حد امکان از کانال‌های با بیشترین ابعاد استفاده شود تا حتی در صورت رسوب‌گذاری، کماکان کارایی خود را داشته باشند. همچنین تا حد امکان از لوله‌های بزرگ‌تر استفاده شود که کمتر مسدود شده و تمیز کردن آن راحت‌تر باشد. به‌عنوان نمونه، ممکن است لوله با قطر ۲۰۰ میلی‌متر برای عبوردهی جریان اوج کفایت لازم را داشته باشد، اما برای سهولت نگهداری و مسدودی کمتر، لازم باشد که از لوله ۳۰۰ میلی‌متری استفاده شود. دو روش برای تعیین مشخصات ابعادی سیستم‌های زهکشی شامل الگوبرداری از تجربه مشابه محلی در محدوده طرح و یا روش محاسبه با استفاده از دبی اوج جریان مورد انتظار وجود دارد. اگر سیستمی از نوع و اندازه مشابه در گذشته در محدوده طرح با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته باشد، می‌توان از آن در طرح سیستم زهکش جدید الگوبرداری نمود. این امر مشروط بر این است که مکان جدید تحت شرایط مشابه مکانی قرار داشته باشد، که سیستم زهکشی اصلی (که از آن الگوبرداری شده است) برای آن طراحی شده باشد. همچنین ظرفیت‌های اوج مورد انتظار در طرح سیستم جدید باید با سیستم الگوبرداری شده یکسان باشد. در صورت یکسان نبودن ظرفیت اوج مورد انتظار، باید ظرفیت الگوبرداری شده بر اساس این عامل به‌روز شود. لازم به توضیح است که هر طرحی که با استفاده از تجربه گذشته یا دانش محلی ساخته شده باشد، باید قبل از نصب سیستم توسط مهندس طراح بررسی و ارزیابی شده باشد. روش دیگر محاسبه ابعاد اجزای زهکشی، استفاده از محاسبه دبی اوج جریان مورد انتظار است. برای استفاده از این روش مطابق توضیحات بخش قبل، دبی اوج جریان محاسبه و با دو مقدار Q_C و Q_S جمع می‌شود.

ب-۴-۱- طراحی ابعادی زهکش سطحی روباز

ابعاد و اندازه اجزای زهکش‌های سطحی روباز در ۶ مرحله به شرح زیر تعیین می‌شود:

ب-۴-۱-۱- مرحله اول - تعیین سرعت آب و مقدار ضریب زبری

بر اساس نوع خاک، مقدار حداکثر سرعت مجاز آب در آن خاک باید از جدول ب-۴ انتخاب شود. این مقادیر تنها به عنوان راهنما ارائه شده است و در مناطق مستعد مشکلات فرسایش، باید از نتایج مطالعات ژئوتکنیک استفاده شود. همچنین مقدار ضریب زبری (ضریب مانینگ) باید از جدول ب-۵ انتخاب شود.

جدول ب-۴ حداکثر سرعت مجاز آب در خاک‌های مختلف

سرعت (متر بر ثانیه)	نوع کانال
۰/۴۵	ماسه ریزدانه
۰/۶۰	لای
۰/۷۵	شن ریزدانه
۰/۹۰	رس سخت
۱/۲۰	شن درشت
۱/۵۰	سنگ سخت، شیل

جدول ب-۵ ضریب زبری مانینگ برای انواع کانال‌ها

ضریب زبری	مصالح کانال
کانال‌های بسته	
۰/۰۱۲	لوله یا جعبه بتنی
۰/۰۲۰	لوله‌های فولادی کاریوگیت یا مارپیچ
۰/۰۱۲	لوله رسی
۰/۰۱۰	لوله سیمانی دارای الیاف
۰/۰۰۹	لوله p.v.c
۰/۰۰۹-۰/۰۱۱	لوله فولادی
کانال‌های باز با پوشش سطحی	
۰/۰۱۳-۰/۰۱۷	آستر (روکش) بتنی
۰/۰۱۷-۰/۰۲۰	کانال‌هایی که کف شن و دیواره‌ها پوشش بتنی دارد
۰/۰۲۳-۰/۰۳۳	کانال‌هایی که کف شن و دیواره‌ها پوشش سنگی دارد
۰/۰۱۶	آسفالت زبر
۰/۰۱۳	آسفالت هموار
کانال‌های بدون پوشش سطحی - سطح زمین یکنواخت	
۰/۰۱۶-۰/۰۱۸	کانال صاف
۰/۰۲۲-۰/۰۲۷	دارای چمن با ارتفاع کم
۰/۰۲۲-۰/۰۲۵	ماسه‌ای
کانال‌های بدون پوشش سطحی - سطح زمین غیریکنواخت	
۰/۰۲۲-۰/۰۲۵	بدون پوشش گیاهی
۰/۰۳۰-۰/۰۳۵	چمن به همراه مقداری علف هرز
۰/۰۳۰-۰/۰۳۵	علف‌های هرز متراکم
۰/۰۲۵-۰/۰۳۰	کانال‌هایی که کف شن و دیواره‌ها صاف هستند
۰/۰۳۰-۰/۰۴۰	کانال‌هایی که کف سنگ‌فرش و دیواره‌ها صاف هستند
سنگی	
۰/۰۳۵-۰/۰۴۰	صاف و یکنواخت
۰/۰۴۰ - ۰/۰۴۵	دنداندار و نامنظم

ب-۴-۱-۲- مرحله دوم - محاسبه شیب زهکش

حداقل شیب باید برابر ۱ در ۲۰۰ (یعنی ۱ متر به صورت عمودی برای هر ۲۰۰ متر به صورت افقی) برای طراحی زهکش در نظر گرفته شود. توصیه می‌شود مقدار شیب بیشتر از ۱ در ۱۰۰ در نظر گرفته شود تا تمیزی کانال به صورت خودبه‌خود توسط جریان آب انجام گیرد. البته در زهکش‌های سطحی می‌توان از شیب‌های کمتر نیز استفاده نمود. در این حالت،

احتمال انسداد وجود دارد که رفع آن در زهکش سطحی به راحتی قابل انجام است. لازم به ذکر است که هرچه شیب زهکش کمتر شود، به دلیل افزایش رسوب، تمایل به مسدود شدن زهکش بیشتر می شود. در نتیجه، مراحل نگهداری زهکش نیز افزایش می یابد. شیب مورد نیاز زهکش ها باید در مراحل مطالعات اولیه زهکشی تعیین شود.

ب-۴-۱-۳- مرحله سوم - انتخاب مقدار اولیه برای اندازه زهکش

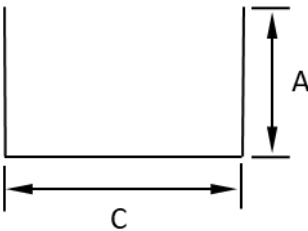
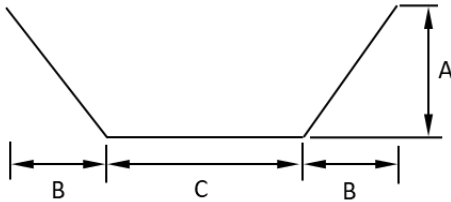
با استفاده از مقدار شیب و ضریب زبری در دو مرحله قبل، و انتخاب یک ابعاد اولیه برای زهکش، ظرفیت زهکش فرض شده توسط رابطه ب-۴ و یا رابطه ساده شده آن (مطابق رابطه ب-۵) محاسبه می شود.

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{0.67} \times S^{0.5} \quad \text{ب-۴}$$

که در آن (Q) دبی جریان یا ظرفیت بر حسب مترمکعب بر ثانیه، (n) ضریب زبری (از جدول ب-۵)، (A) مساحت مقطع عرضی کانال انتخاب شده، (R) شعاع هیدرولیک که برابر است با نسبت (A) به سطحی از کانال که در تماس با آب است و (S) شیب زهکش است. اگر $X = A \times R^{0.67}$ در نظر گرفته شود، رابطه ب-۴ را می توان به صورت رابطه ب-۵ بیان کرد. مقادیر مختلف X در جدول ب-۶ ارائه شده است.

$$Q = \frac{1}{n} \times X \times S^{0.5} \quad \text{ب-۵}$$

جدول ب- ۶ محاسبه (A) برای اندازه‌های مختلف کانال

کانال نوع ۲ - مربعی				کانال نوع ۱ - دوزنقه‌ای			
							
X	شعاع هیدرولیکی (m)	محیط اشباع (m)	محیط (m)	ابعاد کانال (mm)			
				C	B	A	شماره
۰/۰۱۲	۰/۰۸۶	۰/۷۰۰	۰/۰۶۰	۳۰۰	-	۲۰۰	۱
۰/۰۲۰	۰/۱۰۶	۰/۸۵۰	۰/۰۹۰	۴۵۰	-	۲۰۰	۲
۰/۰۲۴	۰/۱۱۵	۰/۸۶۰	۰/۱۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۳
۰/۰۲۹	۰/۱۱۸	۱/۰۲۱	۰/۱۲۰	۳۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۴
۰/۰۳۳	۰/۱۲۸	۱/۰۱۶	۰/۱۳۰	۴۵۰	۲۰۰	۲۰۰	۵
۰/۰۳۴	۰/۱۲۹	۱/۰۵۰	۰/۱۳۵	-	-	۳۰۰	۶
۰/۰۴۲	۰/۱۴۷	۱/۰۲۱	۰/۱۵۰	۳۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۷
۰/۰۵۲	۰/۱۵۷	۱/۱۴۹	۰/۱۸۰	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۸
۰/۰۵۷	۰/۱۵۰	۱/۳۵۰	۰/۲۰۳	۴۵۰	-	۴۵۰	۹
۰/۰۵۹	۰/۱۶۷	۱/۱۷۱	۰/۱۹۵	۴۵۰	۲۰۰	۳۰۰	۱۰
۰/۰۶۷	۰/۱۶۳	۱/۳۸۲	۰/۲۲۵	۳۰۰	۴۵۰	۳۰۰	۱۱
۰/۰۷۰	۰/۱۷۳	۱/۲۹۹	۰/۲۲۵	۴۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۲
۰/۰۷۷	۰/۱۸۲	۱/۳۲۱	۰/۲۴۰	۶۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۱۳
۰/۰۸۵	۰/۱۷۶	۱/۵۳۲	۰/۲۷۰	۴۵۰	۴۵۰	۳۰۰	۱۴
۰/۰۸۶	۰/۱۸۰	۱/۵۰۰	۰/۲۷۰	۶۰۰	-	۴۵۰	۱۵
۰/۰۸۸	۰/۱۸۶	۱/۴۴۹	۰/۲۷۰	۶۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۶
۰/۱۰۳	۰/۱۸۷	۱/۶۸۲	۰/۳۱۵	۶۰۰	۴۵۰	۳۰۰	۱۷
۰/۱۱۴	۰/۲۰۴	۱/۶۲۱	۰/۳۳۰	۹۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۱۸
۰/۱۲۳	۰/۲۲۰	۱/۵۳۲	۰/۳۳۸	۴۵۰	۳۰۰	۴۵۰	۱۹
۰/۱۲۵	۰/۲۰۶	۱/۷۴۹	۰/۳۶۰	۹۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۲۰
۰/۱۵۰	۰/۲۲۵	۱/۸۰۰	۰/۴۰۵	۹۰۰	-	۴۵۰	۲۱
۰/۱۵۴	۰/۲۳۵	۱/۷۲۳	۰/۴۰۵	۴۵۰	۴۵۰	۴۵۰	۲۲
۰/۱۵۷	۰/۲۴۱	۱/۶۸۲	۰/۴۰۵	۶۰۰	۳۰۰	۴۵۰	۲۳
۰/۱۷۴	۰/۲۸۱	۱/۴۴۱	۰/۴۰۵	۹۰۰	۴۵۰	۳۰۰	۲۴
۰/۱۸۸	۰/۲۵۲	۱/۸۷۳	۰/۴۷۳	۶۰۰	۴۵۰	۴۵۰	۲۵
۰/۲۲۷	۰/۲۷۲	۱/۹۸۲	۰/۵۴۰	۹۰۰	۳۰۰	۴۵۰	۲۶
۰/۲۶۰	۰/۲۸۰	۲/۱۷۳	۰/۶۰۸	۹۰۰	۴۵۰	۴۵۰	۲۷
۰/۳۳۲	۰/۳۱۳	۲/۲۹۷	۰/۷۲۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۲۸
۰/۴۴۰	۰/۳۴۷	۲/۵۹۷	۰/۹۰۰	۹۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۲۹

*توجه: کانال‌های کوچک‌تر خیلی سریع توسط رسوبات ساخته شده مسدود می‌شوند.

ب-۴-۱-۴-۴ - مرحله چهارم - کنترل ظرفیت موردنیاز زهکش

پس از مشخص شدن ظرفیت زهکش بر اساس ابعاد فرض شده در گام قبل، باید ظرفیت محاسبه شده با ظرفیت موردنیاز مستخرج از معادله ب-۱ مقایسه شود. اگر ظرفیت زهکش طراحی شده (در گام سوم) به میزان قابل توجهی بیشتر یا کمتر از ظرفیت موردنیاز حاصل از معادله ب-۱ باشد، باید دوباره ابعاد جدیدی برای زهکش فرض نمود و مراحل ۳ و ۴ را تا زمانی که ابعاد زهکش فرض شده تقریباً برابر یا کمی بیشتر از ظرفیت موردنیاز باشد، تکرار نمود.

ب-۴-۱-۴-۵ - مرحله پنجم - کنترل سرعت آب در کانال

پس از به دست آوردن ظرفیت موردنیاز، باید کنترل نمود که سرعت آب در کانال کمتر از حداکثر سرعت مجاز آب ذکر شده در جدول ب-۴ باشد. سرعت آب در کانال با استفاده از رابطه ب-۶ محاسبه می شود:

$$V = \frac{Q}{A} \quad \text{ب-۶}$$

که در آن (V) سرعت آب در کانال برحسب متر بر ثانیه، (Q) دبی جریان موردنیاز (ظرفیت موردنیاز) برحسب مترمکعب بر ثانیه که با استفاده از معادله ب-۲ محاسبه می شود و (A) مساحت کانال انتخاب شده (مترمربع) می باشد.

ب-۴-۱-۴-۶ - مرحله ششم - کنترل لزوم ایجاد پوشش برای دیواره های کانال

در بعضی موارد، ممکن است سرعت حرکت آب در داخل کانال بیشتر از سرعت مجاز حرکت آب باشد و امکان افزایش ابعاد زهکش برای رفع این مشکل وجود نداشته باشد. در این حالت می توان با در نظر گرفتن پوشش مناسب برای دیواره های کانال و در نتیجه تغییر مقدار ضریب زبری مانینگ، مقدار ظرفیت کانال را افزایش یا کاهش داد. در این حالت نوع پوشش دیواره های کانال باید به گونه ای انتخاب شود که سرعت مجاز به دست آمده، بزرگ تر از مقدار محاسبه شده در مرحله ۵ باشد. جدول ب-۷ مقدار حداکثر سرعت مجاز برای انواع مختلف پوشش دیواره های تونل را نمایش می دهد.

جدول ب-۷ حداکثر سرعت مجاز برای انواع مختلف روکش کانال

سرعت (متر بر ثانیه)	نوع روکش
۱/۸	پوشیده شده با چمن
۳-۲/۵	سنگ های با قطر ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی متر
۵	تخته سنگ با قطر ۲۵۰ میلی متر
۶	سنگ های محکم بسته شده
۳	آسفالت
۶	بتن

ب-۴-۲-۴ - طراحی ابعادی زهکش غیر هم سطح بسته (مدفون)

جریان آبی که توسط یک سیستم زهکشی مدفون باید هدایت شود، دارای سه منبع اصلی زیر است:

- رواناب سطحی (Q_R)
- آب سایر سیستم‌ها (Q_C)
- آب تراوش یافته از بستر (Q_S)

مقدار رواناب سطحی (Q_R) از روش‌هایی که در بخش قبل توضیح داده شد، تعیین می‌شود. تعیین مقدار آب تراوش یافته (Q_S) دشوار است. اگر سیستم زهکشی باید دارای قابلیت زهکشی نمودن آب‌های زیرزمینی نیز باشد، بررسی دقیق هیدرولوژیکی/ژئوتکنیکی موردنیاز است. حجم آب حاصل از سایر سیستم‌ها (Q_C)، از ظرفیت خروجی سیستمی که سیستم جدید به آن وصل می‌شود، تخمین زده می‌شود. مقدار (Q_C) برای یک سیستم زهکش موجود (با داشتن پارامترهای قطر، نوع و شیب لوله) که قرار است به سیستم زهکش جدید (سیستم زهکش در دست طراحی) متصل شود، با استفاده از معادله مانینگ (رابطه ب-۴) تخمین زده می‌شود. (Q_C) را می‌توان با استفاده از جدول ب-۸ نیز به دست آورد. پس از مشخص شدن Q_R ، Q_S و Q_C و جایگزینی در رابطه ب-۱، حداکثر دبی جریان اوج (Q) تعیین می‌شود. در نهایت، اندازه زهکش موردنیاز از جدول ب-۸ استخراج خواهد شد. در جدول ب-۸ منظور از فلزی، لوله فولادی موجدار و منظور از بتنی، لوله بتنی است. همچنین مقادیر ضریب زبری مانینگ به شرح زیر در نظر گرفته شده است:

- لوله بتنی: ۰/۰۱۱
- لوله سیمانی دارای الیاف: ۰/۰۱۰
- پی وی سی: ۰/۰۰۹
- لوله فولادی با قطر ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر: ۰/۰۱۲
- لوله فولادی با قطر ۳۷۵ میلی‌متر: ۰/۰۱۳
- لوله فولادی با قطر ۴۵۰ میلی‌متر: ۰/۰۱۴
- لوله فولادی با قطر ۶۰۰ میلی‌متر: ۰/۰۱۵

جدول ب-۸ ظرفیت انواع لوله در اندازه‌های مختلف

قطر لوله (میلی‌متر)	جنس	شیب زهکش (طول معادل ۱ متر تغییر ارتفاع)	حداکثر جریان (لیتر بر ثانیه)	قطر لوله (میلی‌متر)	جنس	شیب زهکش (طول معادل ۱ متر تغییر ارتفاع)	حداکثر جریان (لیتر بر ثانیه)
۱۰۰	لوله سیمانی دارای الیاف	۱۰۰	۱۱۴/۱	۳۰۰	بتنی	۱۰۰	۶/۷
		۲۰۰	۸۰/۷			۲۰۰	۴/۷
		۳۰۰	۶۵/۹			۳۰۰	۳/۸
۱۰۰	فلزی	۱۰۰	۱۳۸/۵	۳۷۵	پی وی سی	۱۰۰	۵/۵
		۲۰۰	۹۷/۹			۲۰۰	۳/۹
		۳۰۰	۷۹/۵			۳۰۰	۳/۲
۱۵۰	لوله سیمانی دارای الیاف	۱۰۰	۲۲۷/۷	۴۵۰	بتنی	۱۰۰	۶/۰
		۲۰۰	۱۶۱/۰			۲۰۰	۴/۳
		۳۰۰	۱۳۱/۴			۳۰۰	۳/۵
۱۵۰	فلزی	۱۰۰	۱۷۵/۱	۵۲۵	لوله سیمانی دارای الیاف	۱۰۰	۱۹/۷
		۲۰۰	۱۲۳/۸			۲۰۰	۱۳/۹
		۳۰۰	۱۰۱/۱			۳۰۰	۱۱/۴
۱۶۰	بتنی	۱۰۰	۲۰۷/۰	۶۰۰	پی وی سی	۱۰۰	۱۶/۴
		۲۰۰	۱۴۶/۶			۲۰۰	۱۱/۶
		۳۰۰	۱۱۹/۵			۳۰۰	۹/۵
۲۰۰	لوله سیمانی دارای الیاف	۱۰۰	۳۷۰/۳	۷۲۵	بتنی	۱۰۰	۱۷/۹
		۲۰۰	۲۶۱/۸			۲۰۰	۱۲/۷
		۳۰۰	۲۱۳/۸			۳۰۰	۱۰/۳
۲۰۰	فلزی	۱۰۰	۲۶۴/۵	۸۵۰	پی وی سی	۱۰۰	۲۶/۱
		۲۰۰	۱۸۷/۰			۲۰۰	۱۸/۴
		۳۰۰	۱۵۲/۷			۳۰۰	۱۵/۰
۲۲۵	بتنی	۱۰۰	۳۳۶/۶	۹۰۰	فلزی	۱۰۰	۳۵/۱
		۲۰۰	۲۳۸/۰			۲۰۰	۲۵/۰
		۳۰۰	۱۹۴/۳			۳۰۰	۲۰/۴
۲۲۵	لوله سیمانی دارای الیاف	۱۰۰	۵۵۸/۷	۱۰۰۰	بتنی	۱۰۰	۵۸/۳
		۲۰۰	۳۹۵/۰			۲۰۰	۴۱/۲
		۳۰۰	۳۲۲/۵			۳۰۰	۳۳/۶
۲۵۰	فلزی	۱۰۰	۵۰۷/۹	۱۱۰۰	پی وی سی	۱۰۰	۵۳/۰
		۲۰۰	۳۵۹/۱			۲۰۰	۳۷/۴
		۳۰۰	۲۹۳/۲			۳۰۰	۳۰/۶
۲۵۰	لوله سیمانی دارای الیاف	۱۰۰	۷۹۷/۷	۱۲۰۰	پی وی سی	۱۰۰	۸۵/۸
		۲۰۰	۵۶۴/۰			۲۰۰	۶۰/۶
		۳۰۰	۴۶۰/۵			۳۰۰	۴۹/۵
۳۰۰	لوله سیمانی دارای الیاف	۱۰۰	۴۹۸/۵	۱۳۰۰	بتنی	۱۰۰	۱۲۵/۶
		۲۰۰	۳۵۲/۵			۲۰۰	۸۸/۸
		۳۰۰	۲۸۷/۸			۳۰۰	۷۲/۵
۳۰۰	فلزی	۱۰۰	۷۲۵/۱	۱۴۰۰	پی وی سی	۱۰۰	۱۰۴/۶
		۲۰۰	۵۱۲/۷			۲۰۰	۷۴/۰
		۳۰۰	۴۱۸/۶			۳۰۰	۶۰/۴

ب-۴-۲-۱- انواع زهکش های مدفون

زهکش های مدفون در دو مدل لوله ای (شکاف دار و بدون شکاف) و زهکش سنگدانه ای به شرح زیر قابل طراحی هستند: **زهکش لوله ای**: زهکش های لوله ای در دو نوع شکاف دار و بدون شکاف هستند. اندازه لوله بر اساس مشخصات جریان شامل (Q) ، زبری (n) و شیب (S) از جدول ب-۸ تعیین می شود. هنگام انتخاب اندازه لوله مورد نیاز باید توجه داشت که مقدار شیب لوله از ۱ در ۳۰۰ کمتر نشود (همان گونه که قبلاً عنوان شد، شیب ۱ در ۱۰۰ مناسب ترین شیب به جهت ایجاد شرایط تمیز شدن خودکار لوله و در نتیجه کاهش هزینه های نگهداری است). همچنین جهت سهولت نگهداری، حداقل قطر لوله ۲۰۰ میلی متر باید انتخاب شود. اندازه لوله از طریق مقایسه مقدار دبی جریان اوج (Q) که در بخش قبل روش محاسبه آن عنوان شد، با مقادیر جدول ب-۸ به دست می آید. شیب مناسب و مصالح لوله انتخاب شده و سپس قطر لوله مورد نیاز جهت ایجاد ظرفیت لازم انتخاب می شود.

زهکش های سنگدانه ای: زهکش های سنگدانه ای فقط برای استفاده در جاهایی که انتظار می رود مقدار جریان کم یا تراوش جهت زهکشی مدنظر باشد، مناسب است. در صورت پیش بینی جریان بزرگ تر، لوله شکاف دار به سیستم اضافه می شود و تخلیه مطابق روشی که در زهکش لوله ای توضیح داده شد، اندازه گیری می شود. نمونه های زهکش های سنگدانه ای، زهکش بستر و زهکش فرانسوی است. ظرفیت زهکش های سنگدانه ای با استفاده از معادله دارسی مشخص می شود.

$$Q = k \times i \times A$$

ب-۷

که در آن:

 Q : جریان (مترمکعب بر ثانیه) k : نفوذپذیری کل i : شیب هیدرولیک A : سطح مقطع (مترمربع)

نفوذپذیری ماسه خالص می تواند از ۰/۰۱ تا ۱/۰ متر بر ثانیه باشد. مصالح به کاررفته در زهکش های سنگدانه ای، دارای قطر اسمی ۲۰ میلی متر یا قطر ۵۳ میلی متر (بالاست) هستند، نفوذپذیری این سنگدانه ها به شرح زیر می باشد:

سنگدانه ۲۰ میلی متر: $k = ۰/۱۵$ متر بر ثانیهسنگدانه ۵۳ میلی متر: $k = ۰/۴۰$ متر بر ثانیه

در رابطه ب-۷، اگر $K = k \times i$ لحاظ شود، می توان آن را به صورت رابطه ب-۸ نوشت. در جدول زیر مقادیر (K) برای استفاده در رابطه ب-۸ برای تعیین ظرفیت زهکش های سنگدانه ای آورده شده است.

$$Q = K \times A$$

ب-۸

جدول ب-۹ مقادیر $K = k \times i$ برای شیب‌های مختلف

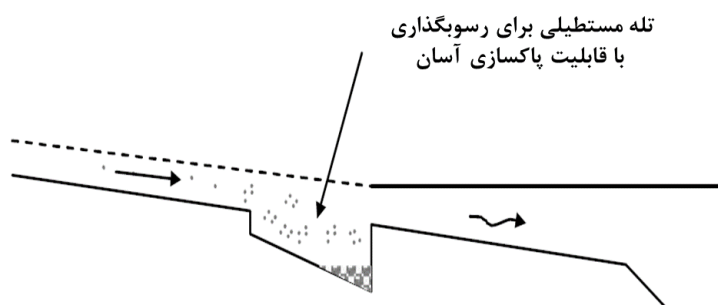
K (m/s)		شیب
سنگدانه به قطر ۵۳ میلی‌متر	سنگدانه به قطر ۲۰ میلی‌متر	
۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۱۵۰	۱ در ۱۰۰
۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۰۷۵	۱ در ۲۰۰
۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۵۰	۱ در ۳۰۰
۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۰۳۸	۱ در ۴۰۰
۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۳۰	۱ در ۵۰۰

ب-۴-۲-۲- اجزای سیستم زهکش‌های مدفون

پس از انتخاب ساختار و ظرفیت موردنیاز زهکشی، لازم است اجزای مختلف موردنیاز جهت ساخت زهکش مدفون تعیین و نهایی شود. اجزای زهکش مدفون شامل لوله‌ها، ژئوتکستایل، فیلتر سنگدانه‌ای، سامپ‌ها، ورودی‌ها و خروجی‌ها هستند.

- **لوله‌ها:** بسته به نوع سیستم جمع‌آوری و انتقال آب، ممکن است از نوع شکاف‌دار و یا بدون شکاف و از مصالح مختلف بتنی، فولادی و یو پی وی سی استفاده شود. حداقل قطر آن‌ها ۲۰۰ میلی‌متر است. هنگام انتخاب لوله، ترکیبات شیمیایی آب محیط نیز باید در نظر گرفته شود (یعنی آب، اسیدی یا قلیایی است). لوله باید متناسب با وضعیت خوردگی آب، تأمین شود.
- **ژئوتکستایل:** هدف اصلی ژئوتکستایل مورداستفاده در زهکشی زیرسطحی، عمل به‌عنوان یک فیلتر است که مانع گرفتگی زهکش شود. انتخاب یک ژئوتکستایل مناسب باید بر اساس شرایط ژئوتکنیک انجام شود. برای زهکشی‌های زیرسطحی، ژئوتکستایل انتخاب‌شده باید مشخصاتی چون نفوذپذیری خوب به‌وسیله مصالح پارچه‌گون (ژئوفایبر)، کیفیت فیلتر خوب، مقاومت در برابر گرفتگی توسط فیلتر شن‌ریزه‌ها و قابلیت کشش و شکل‌پذیری بر اساس شکل زهکش را دارا باشد.
- **فیلترهای سنگدانه‌ای:** سنگدانه‌های مورداستفاده به‌طور کلی از قطر اسمی ۲۰ تا ۵۳ میلی‌متر (بالاست) استفاده می‌شود. سنگدانه‌های بزرگ‌تر (۱۰۰ - ۱۵۰ میلی‌متر) نیز برای زهکشی‌های با سنگدانه بزرگ‌تر استفاده می‌شود.
- **سامپ‌ها (ورودی‌های مشبک آب):** سامپ یا ورودی‌های مشبک آب، نقاط دسترسی (ورودی) برای آب‌های سطحی و همچنین محل ورود برای نگهداری و تعمیر سیستم زهکشی هستند. فواصل نصب آن‌ها بستگی به شرایط زهکشی ضعیف یا خوب دارد.

- ورودی و خروجی: انواع مختلفی از ورودی و خروجی وجود دارد. برخی از نمونه‌های بارز ورودی‌ها و خروجی‌ها عبارت‌اند از: سنگ‌فرش، کیسه‌های شن و ماسه، سبد سیم (به‌عنوان مثال گابیون‌ها)، تشک‌های توری، بتن‌های از پیش‌ساخته و بتن‌های در محل ساخته‌شده. هدف اصلی محافظت‌کننده‌های ورودی و خروجی، کاهش فرسایش است. در جایی که سرعت خروجی زیاد پیش‌بینی شود، باید یک نوع مصالح برای اتلاف انرژی نصب شود. همچنین در جایی که بار رسوب آبی که از سیستم زهکشی تخلیه می‌شود زیاد است، باید یک تله (چاله) برای رسوبات نصب شود (شکل ب-۱ را ببینید).



شکل ب-۱ تله معمولی نصب‌شده در زهکشی با بار رسوب زیاد

پیوست ج

محدودیت‌های مرتبط با مقادیر

حداکثر (حدود استثنایی)

ج-۱- مقادیر حداکثر (حدود استثنایی)

مقادیر حداکثر (حدود استثنایی)، دارای دو معنی متفاوت تضمین‌کننده ایمنی یا راحتی سفر می‌باشند.

به طور کلی استفاده از مقادیر استثنایی منوط به دریافت تایید دستگاه بهره‌بردار است.

برای پارامترهای مربوط به ایمنی (شامل شعاع قوس افقی، برابندی، کمبود برابندی، شیب برابندی، سرعت و طول تغییرات برابندی که در این آیین‌نامه معادل طول پیوندی در نظر گرفته می‌شود)، این حدود باید به عنوان مقدار مطلق آن پارامتر در نظر گرفته شود.

برای پارامترهای غیرمرتبط با ایمنی (شامل تغییرات برابندی در واحد زمان، تغییرات کمبود برابندی در واحد زمان، طول مستقیم بین دو قوس متوالی افقی بجز در شرایط پدیده قفل‌شدگی، طول بین قوس‌های قائم، شعاع قوس قائم، اضافه برابندی)، مقادیر در نظر گرفته شده با لحاظ معیار تامین راحتی سفر محدود شده است که نیاز به نگهداری خط را افزایش می‌دهد. بر این اساس در شرایط ویژه می‌توان از این حدود عبور کرد، به شرط آن‌که از هیچ حد ایمنی تجاوز نشود.

توضیح ۱: مقادیر حداکثر مرتبط با ایمنی، برای اکثر پارامترها منجر به کاهش سطح راحتی سفر نیز می‌شوند. این حدود استثنایی هستند و باید فقط در شرایط خاص یا پس از تحلیل‌های مرتبط با ایمنی استفاده شوند.

توضیح ۲: استفاده از مقادیر در شرایط استثنایی، پیچیدگی‌ها و نظارت دقیق اجرایی و نیز افزایش هزینه‌های نگهداری خط به‌ویژه تحت تاثیر هندسه نامطلوب مسیر و کیفیت پایین تجهیزات را به‌دنبال دارد. بنابراین طراح باید از استفاده غیرضروری از مقادیر حداکثر برای سرعت‌های مجاز، یا با رعایت حدود مجاز استاندارد یا با لحاظ یک حاشیه اطمینان در تعامل با سرعت طرح، خودداری نماید. همچنین از استفاده از حدود استثنایی به‌ویژه برای پارامترهای مختلف در یک موقعیت در طول مسیر باید اجتناب شود.

توضیح ۳: استفاده از مقادیر حداکثر در شرایطی مجاز است که استفاده از مقادیر استاندارد، هزینه‌های غیر قابل قبول در دستیابی به حداکثر سرعت مورد نظر را به‌دنبال داشته باشد. با این حال طراح باید تمام تلاش خود را برای طرح هندسی مسیر با رعایت حداکثر حاشیه نسبت به حدود استثنایی ارائه نماید. این موضوع برای ارتقای خطوط موجود به منظور دستیابی به سرعت‌های بالاتر و جلوگیری از تحمیل هزینه‌های غیر قابل قبول نیز حاکم است.

توضیح ۴: استفاده از حدود استثنایی باید در تعامل با وسائط نقلیه ریلی و به گونه‌ای در نظر گرفته شود که پایداری ناوگان و معیارهای ایمنی وسائط نقلیه ریلی را برآورده نماید.

توضیح ۵: مدیریت نگهداری و تعمیر خط باید با لحاظ این حدود استثنایی در صورت استفاده در طراحی هندسی مسیر، به صورت ویژه در نظر گرفته شده و ممکن است منجر به بازرسی‌های اضافی از خط شود.

توضیح ۶: حدود اشاره شده متضمن ایمنی و راحتی سفر، برای شرایط عادی بهره‌برداری تعریف شده است. برای شرایط بهره‌برداری خاص از جمله تعیین رفتار دینامیکی وسائط نقلیه ریلی (با پایش پیوسته پاسخ‌های وسیله نقلیه)، عبور

از این حدود (به‌ویژه از نگاه کمبود بر بلندی) با نظر مدیر زیرساخت می‌تواند در نظر گرفته شود. در عین حال حاشیه‌های ایمنی مرتبط در این شرایط می‌تواند با بهره‌گیری از تمهیدات اضافی نظیر تحکیم لایه بالاست، پایش کیفیت هندسی خط و سایر موارد تضمین شود.

خواننده گرامی

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با گذشت بیش از پنجاه سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر هشتصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. ضابطه حاضر در راستای موارد یادشده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال های اخیر در سایت اینترنتی nezamfanni.ir قابل دستیابی می باشد.

**Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization**

Railway Geometric Design Code

(First Revision)

IR-Code 288

Last Edition: 05-23-2024

**Deputy of Technical, Infrastructure
and Production Affairs**

Department of Technical & Executive
affairs

nezamfanni.ir

**The Ministry of Road & Urban
Development**

Construction and Development
of Transportation Infrastructures

Company
cdtic.ir

Road, Housing and
Urban Development

Research Center
bhrc.ir

2024

در این ضابطه

با عنوان « آیین‌نامه طرح هندسی راه‌آهن (تجدیدنظر اول) » به تفصیل اجزای اصلی یک طرح هندسی مسیر راه‌آهن شامل کلیات (فصل اول به انضمام پیوست الف)، مشخصات مسیر در پلان (فصل دوم)، نیم‌رخ‌های طولی (فصل سوم)، نیم‌رخ‌های عرضی (فصل چهارم)، ایستگاه‌ها (فصل پنجم)، تقاطع‌های مسیر (فصل ششم) و ملاحظات مرتبط با ابنیه فنی (فصل هفتم به انضمام پیوست ب) ارائه شده است.