جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه کشور

پیش نویس غیر قابل استناد

آیین‌نامه طرح هندسی راه‌آهن

(تجدیدنظر اول)

نشریه شماره ۲۸۸

آخرین ویرایش: ۳۰-۰۸-۱۴۰۲

معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

nezamfanni.ir

وزارت راه و شهرسازی

شرکت ساخت و توسعه زیربناهای حمل و نقل کشور

cdtic.ir

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

bhrc.ac.ir

۱۴۰۲

پیش نویس غیر قابل استناد

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی 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، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

ازاین‌رو، از شما خواننده‌ی گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را به‌صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت‌نام 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 به‌صورت خلاصه بیان دارید.

۶- در صورت امکان متن اصلاح‌شده 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 اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

Email: nezamfanni @mporg.ir **web: nezamfanni.ir**

پیش نویس غیر قابل استناد

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیشگفتار	**۱-ج**
فهرست مطالب	**أ**
فهرست شکل‌ها	**ز**
فهرست جدول‌ها	**ط**
فصل ۱- کلیات	**۱**
۱-۱- مقدمه	۳
۱-۲- فرآیند عمومی مطالعات طرح هندسی مسیر راه‌آهن	۳
۱-۳- هدف و دامنه کاربرد	۶
۱-۴- تعاریف	۷
۱-۵- طبقه‌بندی خطوط ریلی	۱۰
۱-۶- حریم راه‌آهن	۱۱
۱-۷- سایر مراجع	۱۲
۱-۸- علائم اختصاری	۱۳
فصل ۲- پلان مسیر	**۱۷**
۲-۱- مقدمه	۱۹
۲-۲- برلندی	۱۹
۲-۲-۱-برلندی تعادلی	۱۹
۲-۲-۲-اعمال محدودیت برلندی	۲۲
۲-۲-۳-کمبود برلندی	۲۳
۲-۲-۳-۱- خطوط پیوسته	۲۳
۲-۲-۳-۲- نقاط ویژه	۲۳
۲-۲-۴-اضافه برلندی	۲۳
۲-۲-۵-تغییرات برلندی	۲۴
۲-۲-۵-۱- شیب برلندی	۲۴
۲-۲-۵-۲- نرخ تغییرات برلندی (تغییرات برلندی در واحد زمان)	۲۵
۲-۲-۵-۳- نرخ تغییرات کمبود برلندی (تغییرات کمبود برلندی در واحد زمان)	۲۵

پیش نویس غیر قابل استناد

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

پیش نویس غیر قابل استناد

۵-۲-۱-خطوط ایستگاهی ۵۵
۵-۲-۲-دستگاه خطوط ۵۶
۵-۳-انواع ایستگاه ۵۹
۵-۳-۱-ایستگاه سبقت و تلاقی ۵۹
۵-۳-۲-ایستگاه بین‌راهی ۵۹
۵-۳-۳-توقفگاه و نیم‌ایستگاه ۶۰
۵-۳-۴-ایستگاه تشکیلاتی ۶۱
۵-۳-۵-ایستگاه گار ۶۱
۵-۳-۶-ایستگاه بسته ۶۱
۵-۳-۷-ایستگاه صنعتی و تجاری ۶۱
۵-۴-طرح هندسی خطوط ایستگاه ۶۱
۵-۴-۱-فواصل بین ادوات تقاطع و انشعاب و خطوط ایستگاهی ۶۳
۵-۴-۲-تغییر ناگهانی کمبود بربلندی ۶۵
۵-۴-۳-کنترل پدیده قفل‌شدگی بین واگن‌های مجاور ۶۵
۵-۴-۴-نقطه امان ۶۶
۵-۴-۵-طول مفید خطوط ۶۷
۵-۵-طرز قرارگیری خطوط در ایستگاه‌ها ۶۷
۵-۵-۱-مسیرهای یک‌خطه ۶۷
۵-۵-۲-مسیرهای دوخطه ۶۸
۵-۶-شماره‌گذاری خطوط ۶۹
۵-۶-۱-مسیرهای یک‌خطه ۶۹
۵-۶-۲-مسیرهای دوخطه ۶۹
۵-۷-حریم و حدود ایستگاه ۶۹
۵-۷-۱-حریم ایستگاه ۶۹
۵-۷-۲-حدود ایستگاه ۷۰
۵-۸-وضعیت ایستگاه بر روی پلان و نیم‌رخ طولی ۷۰
۵-۸-۱- وضعیت ایستگاه بر روی پلان مسیر ۷۰
۵-۸-۱-۱- محل ایستگاه و فاصله بین ایستگاه‌ها ۷۰

پیش نویس غیر قابل استناد

۵-۸-۱-۲- شعاع قوس ۷۱
۵-۸-۱-۳- بربلندی ۷۱
۵-۸-۱-۴- قوس‌های پیوندی ۷۱
۵-۸-۱-۵- شیب عرضی زیرسازی و روسازی ۷۲
۵-۸-۲- وضعیت ایستگاه‌ها بر روی نیم‌رخ طولی مسیر ۷۲
۵-۸-۲-۱- ضوابط شیب‌بندی خطوط ایستگاه‌ها ۷۲
۵-۸-۲-۲- شیب و فراز قبل از ایستگاه ۷۳
۵-۸-۲-۳-شیب و فراز پس از ایستگاه ۷۳
۵-۹- هندسه سکوی ایستگاه‌ها ۷۵
فصل ۶- تقاطع‌ها با مسیر ریلی ۷۹
۶-۱- معرفی ۸۱
۶-۲- تقاطع غیرهم‌سطح راه و راه‌آهن ۸۱
۶-۳- تقاطع هم‌سطح راه و راه‌آهن ۸۲
۶-۴- تقاطع لوله‌های تأسیسات با راه‌آهن ۸۴
۶-۵- جاده‌های دسترسی ۸۵
۶-۶- سایر تقاطع‌ها ۸۶
فصل ۷- ملاحظات مرتبط با ابنیه فنی ۸۹
۷-۱- کلیات ۹۱
۷-۲- ملاحظات طرح هندسی مرتبط با تونل‌ها ۹۱
۷-۲-۱- مقطع تونل ۹۱
۷-۲-۲- قوس افقی و قائم در تونل ۹۲
۷-۲-۳- شیب طولی تونل ۹۳
۷-۲-۴- پوشش تونل ۹۴
۷-۲-۵- مباحث هندسی مرتبط با ایمنی ۹۴
۷-۲-۵-۱- پیاده‌رو ۹۵
۷-۲-۵-۲- خروجی اضطراری ۹۶
۷-۲-۵-۳- جان‌پناه ۹۶
۷-۳- ملاحظات طرح هندسی پل‌ها و آبروها ۹۶

پیش نویس غیر قابل استناد

۷-۳-۱- ملاحظات طرح هندسی پل‌ها ۹۷
۷-۳-۱-۱- عرض پل ۹۷
۷-۳-۱-۲- قوس افقی و قائم بر روی پل ۹۷
۷-۳-۱-۳- ارتفاع و دهانه پل ۹۹
۷-۳-۱-۴- جانمایی پل‌ها ۹۹
۷-۳-۱-۵- نرده‌های محافظ پل ۹۹
۷-۳-۲- ملاحظات طرح هندسی آبروها ۹۹
۷-۳-۲-۱- ورودی و خروجی آبرو ۱۰۰
۷-۳-۲-۲- امتداد و شیب طولی آبروها ۱۰۰
۷-۳-۲-۳- طول آبرو ۱۰۱
۷-۳-۲-۴- قطر آبرو ۱۰۱
۷-۴- ملاحظات طرح هندسی جوی (کانال) ۱۰۱
۷-۴-۱- طرح هیدرولیکی ۱۰۱
۷-۴-۲- طرح مسیر و شیب طولی جوی ۱۰۱
۷-۴-۳- انواع مقطع کانال ۱۰۲
۷-۴-۳-۱- مقطع مثلثی شکل ۱۰۲
۷-۴-۳-۲- مقطع ذوزنقه‌ای شکل ۱۰۲
۷-۴-۳-۳- مقطع مستطیل شکل ۱۰۲
۷-۴-۴- تخلیه آب‌های ورودی به حریم ۱۰۲
۷-۴-۴-۱- تخلیه آب‌های ورودی به حریم در خاکبرداری ۱۰۲
۷-۴-۴-۲- تخلیه آبهای ورودی به حریم در خاکریز ۱۰۳
۷-۵- ملاحظات طرح هندسی ابنیه فنی ویژه ۱۰۳
۷-۵-۱- دیوارهای حائل ۱۰۳
۷-۵-۲- گالری‌ها ۱۰۴
۷-۵-۲-۱- گالری بهمن‌گیر ۱۰۴
۷-۵-۲-۲- گالری‌های زیر بستر رودخانه ۱۰۵
۷-۵-۳- حفاظت در برابر ماسه‌های روان ۱۰۵
۷-۵-۴- حفاظت در برابر جریان آب ۱۰۵

پیش نویس غیر قابل استناد

۷-۵-۴-۱- استفاده از دیوارهای عمود بر جریان به جهت کاهش سرعت جریان و حفاظت خاکریز (اپرون) ۱۰۵
۷-۵-۴-۲- تقویت پاشنه و دیوارسازی ۱۰۶
پیوست الف **۱۰۷**
أ-۱- مقدمه ۱۰۹
أ-۲- اهداف شبیه‌سازی بهره‌برداری حرکت قطار ۱۰۹
أ-۳- کلیات شبیه‌سازی بهره‌برداری حرکت قطار ۱۱۰
پیوست ب **۱۱۳**
ب-۱- راهنمای طراحی سیستم زهکشی در خطوط راه‌آهن ۱۱۵
ب-۲- دوره بازگشت سیلاب ۱۱۵
ب-۳- تخمین ظرفیت موردنیاز ۱۱۵
ب-۳-۱- محاسبه دبی اوج رواناب به روش تجزیه و تجلیل آماری ۱۱۶
ب-۳-۲- محاسبه دبی اوج رواناب به روش استدلالی ۱۱۶
ب-۴- طراحی سیستم زهکشی ۱۱۹
ب-۴-۱- طراحی ابعادی زهکش سطحی روباز ۱۱۹
ب-۴-۲- طراحی ابعادی زهکش غیر هم‌سطح بسته (مدفون) ۱۲۴
پیوست ج **۱۳۱**
ج-۱- مقادیر حداکثر (حدود استثنایی) ۱۳۳

پیش نویس غیر قابل استناد

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ جایگاه سند بهره‌برداری ریلی در مطالعات طرح‌های احداث راه‌آهن (مطالعات توجیه نهایی)..... ۵
شکل ۱-۲ تعامل میان برنامه بهره‌برداری، نیروی کشش و هندسه مسیر..... ۵
شکل ۲-۱ تعادل نیروهای وارد بر وسیله نقلیه در قوس..... ۲۰
شکل ۲-۲ الف)نمای کلی یک قوس دایره مشتمل بر قوس های پیوندی حلزونی ب)نمای بزرگ‌شده قوس پیوندی..... ۳۱
شکل ۲-۳ پارامترهای هندسی انحراف از خط اصلی (فاصله‌ها بر حسب متر و پارامترها با اندیس *var*)..... ۳۲
شکل ۳-۱ طول پاره‌خط پروژه..... ۳۸
شکل ۳-۲ پاره‌خط میانی افقی بین دو نقطه انتهایی خم‌های دنبال هم..... ۳۹
شکل ۳-۳ اجزاء خم..... ۳۹
شکل ۴-۱ قواره ناوگان در خط مستقیم (ابعاد به میلی‌متر)..... ۴۵
شکل ۴-۲ قواره ساختمان در خط مستقیم (ابعاد به میلی‌متر)..... ۴۶
شکل ۴-۳ نیم‌رخ عرضی راه‌آهن بالاستی یک‌خطه (ابعاد به سانتی‌متر)..... ۴۹
شکل ۴-۴ نمونه نیم‌رخ‌های عرضی راه‌آهن بدون بالاست یک‌خطه (ابعاد به سانتی‌متر)..... ۴۹
شکل ۴-۵ نیم‌رخ عرضی راه‌آهن بالاستی دوخطه..... ۵۰
شکل ۴-۶ فاصله آزاد بین پای خاکریزی بستر تا پای خاکبرداری..... ۵۱
شکل ۵-۱ انواع انشعاب..... ۵۷
شکل ۵-۲ انواع تقاطع و چلیپا..... ۵۷
شکل ۵-۳ انواع اصلی ادوات تقاطع و انشعاب قابل‌استفاده در راه‌آهن ایران..... ۵۸
شکل ۵-۴ ایستگاه‌های تلاقی..... ۵۹
شکل ۵-۵ ایستگاه‌های بین‌راهی..... ۶۰
شکل ۵-۶ کروکی توقفگاه و نیم‌ایستگاه‌ها..... ۶۰
شکل ۵-۷ ترکیب قوس دایره و مسیر مستقیم بدون بربلندی (نمونه یک انشعاب استاندارد)..... ۶۲
شکل ۵-۸ برخی از حالت‌های ایجاد تغییر ناگهانی انحنای افقی..... ۶۲
شکل ۵-۹ فاصله بین دو خط موازی با اتصال انشعاب..... ۶۳
شکل ۵-۱۰ استقرار انشعاب‌ها در دو سوی مختلف..... ۶۴
شکل ۵-۱۱ استقرار انشعاب‌ها در یک‌طرف خط..... ۶۴
شکل ۵-۱۲ استقرار انشعاب‌ها در دو سوی خط..... ۶۴

پیش نویس غیر قابل استناد

شکل ۵-۱۳ حالات استقرار انشعاب‌های موازی در یک خط ۶۵
شکل ۵-۱۴ نقطه امان و طول مفید خطوط ۶۷
شکل ۵-۱۵ فاصله مفید علائمی سوزن تا سوزن ۶۷
شکل ۵-۱۶ خطوط قبول و اعزام در مسیر یک‌خطه ۶۸
شکل ۵-۱۷ ایستگاه تشکیلاتی در مسیر یک‌خطه ۶۸
شکل ۵-۱۸ خطوط سبقت در مسیرهای دوخطه ۶۸
شکل ۵-۱۹ شکلی خاص از استقرار خطوط سبقت در مسیرهای دوخطه ۶۸
شکل ۵-۲۰ ابعاد یک سکو و محدوده‌های آن ۷۶
شکل ۵-۲۱ جهت شیب ۲ درصدی به سمت مرکز سکو ۷۷
شکل ۶-۱ فضای لازم برای عبور قطار از زیر پل ۸۲
شکل ۶-۲ علائم راهنمایی استاندارد در تقاطعات ۸۳
شکل ۶-۳ برش عرضی تقاطع جاده با راه آهن و حداکثر اختلاف شیب میان جاده در دو طرف خط ریلی ۸۴
شکل ۷-۱ نمونه‌هایی از مقاطع تونل‌های راه‌آهن ۹۲
شکل ۷-۲ کاهش شیب مجاز برحسب طول تونل ۹۳
شکل ۷-۳ مقطع عرضی نمونه پل راه‌آهن یک‌خطه و دوخطه ۹۸
شکل ۷-۴ جوی بالای ترانشه برای جمع‌آوری آب‌های وارده به حریم (واحدها به متر) ۱۰۳
شکل ۷-۵ دیوار بهمن‌گیر ۱۰۴
شکل ۷-۶ حفاظت در برابر جریان رودخانه (واحدها به متر) ۱۰۶
شکل ۷-۷ دیوارسازی در کنار مسیل (واحدها به متر) ۱۰۶
شکل أ-۱ خروجی و ورودی محاسبات شبیه‌سازی بهره‌برداری حرکت قطار ۱۱۱
شکل ب-۱ تله معمولی نصب‌شده در زهکشی با بار رسوب زیاد ۱۲۹

پیش نویس غیر قابل استناد

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱ طبقه‌بندی خطوط راه‌آهن ۱۱
جدول ۱-۲ خلاصه علائم اصلی اختصاری مرتبط با طرح هندسی خطوط ریلی ۱۴
جدول ۲-۱ مقادیر بربلندی تعادلی برحسب شعاع قوس و سرعت تعادلی (میلی‌متر) ۲۱
جدول ۲-۲ مقادیر حدی مجاز برای پارامترهای کمبود بربلندی و اضافه بربلندی ۲۴
جدول ۲-۳ مقادیر حدی مجاز برای پارامترهای مرتبط با تغییرات بربلندی ۲۵
جدول ۲-۴ مقادیر مجاز حداقل طول قوس دایره و طول مستقیم بین دو قوس متوالی ۲۷
جدول ۳-۱ حداکثر شیب و فراز توصیه شده در طراحی مسیر ریلی (درهزار) ۳۵
جدول ۳-۲ حداقل طول پاره‌خط پروژه ۳۷
جدول ۳-۳ مقدار طراحی برای حداقل شعاع قوس قائم (متر) ۳۸
جدول ۴-۱ مقدار تعریض قواره ساختمان و ناوگان در محل قوس‌ها ۴۴
جدول ۴-۲ مقدار تعریض زیرسازی و شانه بالاست در قوس‌ها ۴۸
جدول ۵-۱ سرعت مجاز انواع انشعاب‌ها ۶۳
جدول ۵-۲ حداقل فاصله موردنیاز بین قوس‌های با شعاع کم برای جلوگیری از پدیده قفل‌شدگی ۶۶
جدول ۵-۳ حداکثر شیب ایستگاه برحسب شیب مبنای مسیر (درهزار) ۷۴
جدول ۵-۴ حداکثر شیب طولی مجاز در ایستگاه‌ها (درهزار) ۷۴
جدول ب-۱ ضریب رواناب C برای مناطق ساخته نشده برای دوره بازگشت ۵ تا ۱۰ سال ۱۱۸
جدول ب-۲ ضریب رواناب C برای مناطق ساخته شده برای دوره بازگشت ۵ تا ۱۰ سال ۱۱۸
جدول ب-۳ ضریب تبدیل (Cf) برای دوره های بازگشت مختلف ۱۱۹
جدول ب-۴ حداکثر سرعت مجاز آب در خاک‌های مختلف ۱۲۰
جدول ب-۵ ضریب زبری مانینیگ برای انواع کانال‌ها ۱۲۱
جدول ب-۶ محاسبه "X" برای اندازه‌های مختلف کانال ۱۲۳
جدول ب-۷ حداکثر سرعت مجاز برای انواع مختلف روکش کانال ۱۲۴
جدول ب-۸ ظرفیت انواع لوله در اندازه‌های مختلف ۱۲۶
جدول ب-۹ مقادیر K = k.i برای شیب‌های مختلف ۱۲۸

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

فصل ۱

کلیات

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

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 به‌وجود 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 به‌عنوان یکی از رئوس اصلی مطالعات طرح‌های احداث راه‌آهن (ذیل شرح خدمات اعلام‌شده 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 حوزه‌ها 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 حوزه‌های ذکر شده با مطالعات طرح هندسی به نحو مقتضی در دستورکار گروه طراحی خط ریلی قرار گیرد. این موضوع در قالب دو دوره مطالعات توجیهی طرح (شامل سه مرحله پیدایش در صورت

پیش نویس غیر قابل استناد

نیاز[۱]، توجیه اولیه و توجیه 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 راه‌آهن در مقایسه با طرح هندسی راه، دارای یک سری ویژگی‌های خاص و محدودیت های 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 تشکیل‌شده، محدودیت‌های نیروی کشش و تأثیر مسیر و روسازی بر طراحی هندسی اشاره نمود. بنابراین درنظر گرفتن شبیه‌سازی حرکت قطارها طی تدوین سند بهره‌برداری ریلی در جریان مطالعات طرح هندسی راه‌آهن 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؟ درصورتی‌که پاسخ مثبت باشد، طرح هندسی ارائه‌شده 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.

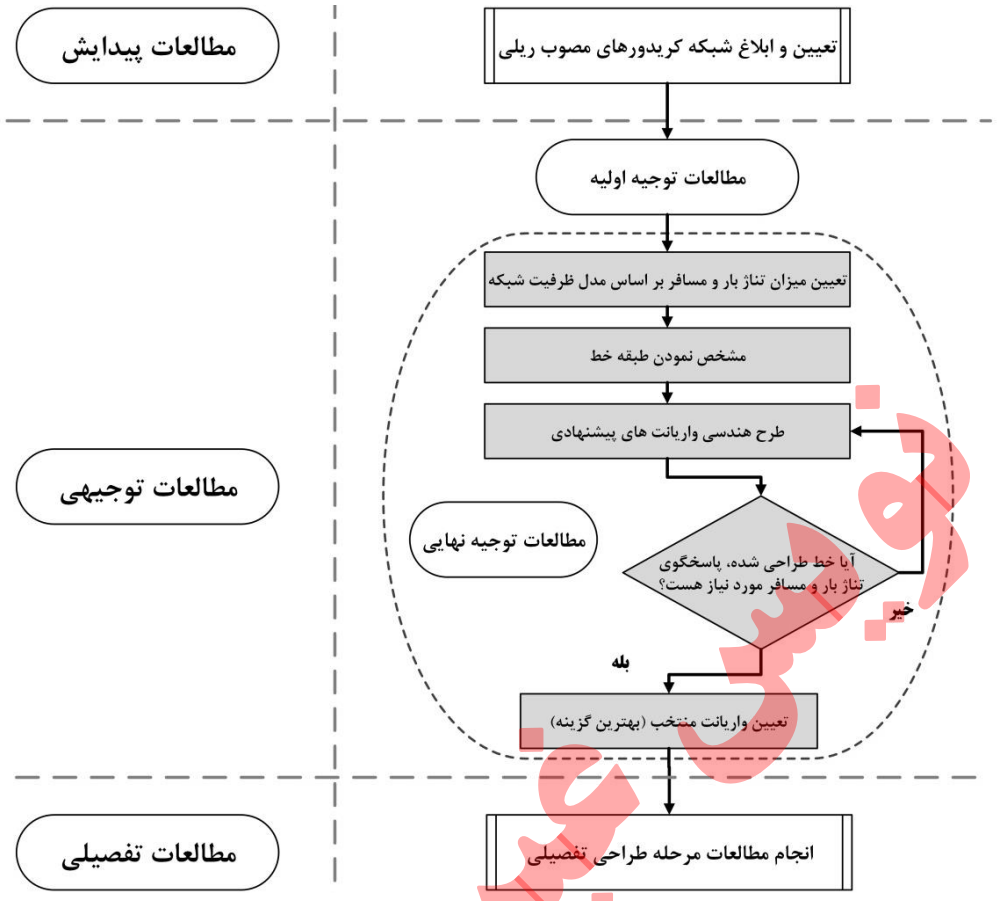
مطابق شکل ۱-۲، سه عامل نیروی کشش، نیازمندی‌های بهره‌برداری و طرح هندسی مسیر بر یکدیگر تأثیرگذار هستند. ارتباط این سه عامل یک مسئله بهینه‌سازی را تشکیل می‌دهد. منظور از نیروی کشش نوع قطارها و لکوموتیوهایی است که قرار است در مسیر مورداستفاده قرار گیرد. منظور از نیازمندی‌های بهره‌برداری نوع خدمت و برنامه زمان‌بندی قطارها در آن مسیر می‌باشد (مواردی چون ظرفیت مورد نیاز در مسیر، سرفاصله زمانی[۲]، 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.

---

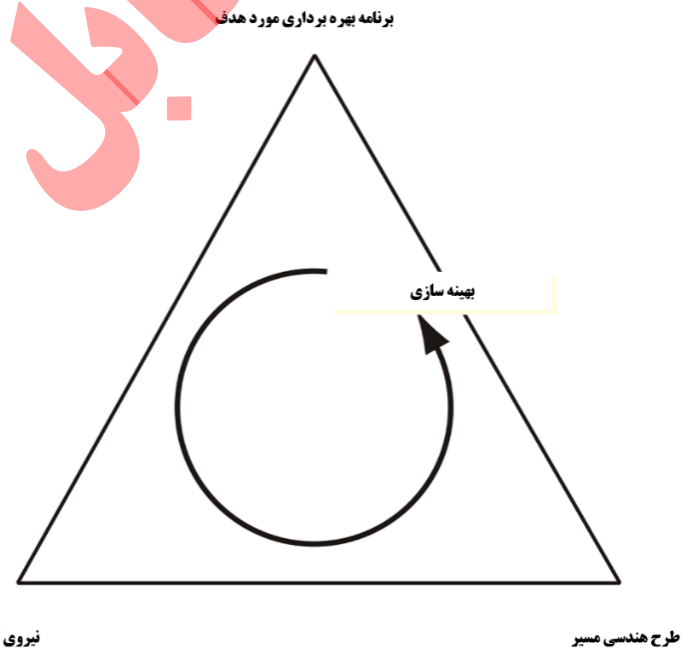
[۱] این مرحله به‌نوعی اعمال سیاست‌های کلی بر اساس اسناد بالادستی کشور در خصوص احداث، توسعه، بازسازی و بهسازی شبکه خطوط ریلی کشور است که دستگاه اجرایی می‌تواند در صورت نیاز، نسبت به تهیه آن اقدام نماید. به طور اصولی، بهتر است که مطالعات طرح از مرحله پیدایش (شناسایی) شروع شود، ولی شروع آن از مرحله توجیه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

[۲] هدوی

پیش نویس غیر قابل استناد



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



شکل ۱-۲ تعامل میان برنامه بهره‌برداری، نیروی کشش و هندسه مسیر

پیش نویس غیر قابل استناد

۱-۳- هدف و دامنه کاربرد

در این آیین‌نامه به‌تفصیل اجزای اصلی یک طرح هندسی مسیر راه‌آهن 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 آیین‌نامه ارائه ضوابط مورد نیاز جهت طرح هندسی راه‌آهن به منظور سیر ایمن قطار بر روی یک مسیر ریلی است که در مراحل مختلف مطالعات طرح احداث راه‌آهن 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 آیین‌نامه ضروری است.

دامنه کاربرد این نشریه کلیه خطوط ریلی احداث شده با روسازی بالاستی و بدون‌بالاست، 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 راه‌آهن‌های درون‌شهری، رعایت الزامات خاص طرح هندسی مطابق آخرین ضوابط ابلاغی مرتبط، ضروری می‌باشد. همچنین مطالب این آیین‌نامه صرفاً برای خطوط با عرض استاندارد و ناوگان ریلی منطبق با ضوابط اتحادیه بین‌المللی راه‌آهن‌ها[1] تدوین شده است و شامل مسائل مربوط به فن‌آوری‌های ویژه واگن‌سازی نظیر واگن‌های کج شونده[2] 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 می شود که از مقادیر استاندارد (معمول)[3] برای طرح هندسی مسیر بهره گرفته شود و از استفاده غیرضروری از مقادیر حداکثر (استثنایی)[4] مشخص شده در این آیین‌نامه 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.

[1] UIC
[2] tilting
[3] normal limits
[4] exceptional limits

پیش نویس غیر قابل استناد

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 به‌دست می‌آید[۲].

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

سرعت بهره‌برداری[۳]: سرعتی است که در دوره بهره‌برداری از مسیر، قطار به‌صورت 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: درصورتی‌که 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 به‌صورت 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.

پیش نویس غیر قابل استناد

ظرفیت خط[۱]: 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.

پاره‌خط 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[۲]: 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: درصورت عبور قطار با سرعتی بیشتر از سرعت تعادلی از محل قوس، کمبود بربلندی نتیجه می‌شود.

اضافه بربلندی: درصورت 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 حالت-های 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[۳] **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.

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.

---

[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] دِوِر

[۳] گاباری

پیش نویس غیر قابل استناد

آبرو: به پل‌های با دهانه کمتر از ۶ متر گفته می‌شود.

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

پایاب: عمق جریان آب پایین‌دست آبرو می‌باشد.

شیب و فراز: مفهوم شیب به معنای سرازیری[1] و مفهوم فراز به معنای سربالایی[2] می‌باشد و به‌صورت 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) مسیر[3]: 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[4]: فرازی است که مقدار آن بیشتر از فراز حاکم است، ولی وضعیت سیر در آن بلاک به‌گونه‌ای است که ناوگان با اینرسی حرکتی خود می‌تواند از محل فراز عبور نماید. این فراز بیشتر از فراز حاکم، البته با طولی به‌اندازه کافی کوچک است و قطار می‌تواند با انرژی جنبشی خود و بدون استفاده از کشش دوگانه از این فراز عبور نماید.

شیب مضر: هنگامی‌که 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: مناطقی است که شیب زمین در آن کمتر از ۳ درصد باشد.

مناطق تپه‌ماهوری: مناطقی است که شیب زمین بین ۳ تا ۷ درصد باشد.

مناطق کوهستانی: 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 می‌ماند

---

[1] Falling Gradient
[2] Raising Gradient
[3] Rulling Gradient

[4] مومنتم

پیش نویس غیر قابل استناد

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 یک‌طرفه: در آن، یک خط به سه خط تقسیم می‌شود و خط اصلی مستقیم و بقیه خطوط در یک‌طرف آن واقع می‌شوند.

انشعاب مضاعف دوطرفه: در آن، یک خط به‌طور متقارن به سه خط تبدیل می‌شود، یک خط مستقیم در وسط و دو خط متقارن در دو طرف.

تقاطع هم‌گذر لوزی: دو خط یکدیگر را بدون هیچ‌گونه تغییر مسیری قطع می‌کنند.

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

تغییر خط ساده بین دو خط موازی[۱]: جهت اتصال دو خط موازی به یکدیگر به‌گونه‌ای 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[۲] **(قیچی)**: جهت اتصال دو خط موازی به یکدیگر به‌گونه‌ای 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 نمی‌کند.

حد حداکثر (استثنایی)[۳]: محدودیتی شدید برای یک پارامتر طرح هندسی است که نباید از آن فراتر رفت و متضمن دو معنی متفاوت ایمنی یا راحتی سفر می‌باشد.

۱-۵- طبقه‌بندی خطوط ریلی

خطوط شبکه راه‌آهن کشور و خطوط جدید، برحسب حداکثر سرعت ناوگان عبوری، به چهار طبقه A، B، C و D همچنین برحسب بار ناخالص عبوری سالیانه مربوط به سال دهم بهره‌برداری، به چهار طبقه ۱، ۲، ۳ و ۴ تقسیم می‌شوند. این طبقه‌بندی در جدول ۱-۱ خلاصه شده است.

---

[۱] یا کراس‌اور ساده

[۲] یا کراس‌اور دوگانه

[۳] در پیوست ج، محدودیت‌های مرتبط با استفاده از مقادیر حداکثر (حدود استثنایی) توضیح داده شده است.

پیش نویس غیر قابل استناد

جدول ۱-۱ طبقه‌بندی خطوط راه‌آهن

سرعت (کیلومتر بر ساعت) / بار ناخالص عبوری سالیانه در سال دهم بهره‌برداری(میلیون تن)	۱۶۰-۲۰۰ (A)	۱۲۰-۱۶۰ (B)	۸۰-۱۲۰ (C)	کمتر از ۸۰ (D)
بیش از ۱۵ (۱)	A1	B1	C1	D1
۱۰-۱۵ (۲)	A2	B2	C2	D2
۵-۱۰ (۳)	A3	B3	C3	D3
کمتر از ۵ (۴)	A4	B4	C4	D4

توضیح 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.

توضیح 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.

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

توضیح 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. مستحدثات 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

پیش نویس غیر قابل استناد

✓ افزایش حریم راه‌ها و ایجاد تأسیسات وابسته به آن نظیر پارکینگ با رعایت حقوق مکتسبه تأسیسات زیربنایی

با استناد به قوانین فوق حریم راه‌آهن در دو بخش حریم قانونی و محدوده های نظارتی راه‌آهن طبقه‌بندی می‌شود. حریم قانونی راه‌آهن در خطوط تک خطه به فاصله ۱۷ متر در هریک 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 راه‌آهن همان حد نهایی خاکریز، برش، ابنیه یا تأسیسات خواهد بود.

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

- قسمت اول تحت عنوان محدوده تاسیساتی به عرض ۳۰ متر (محدوده ۱۷ تا ۴۷ متری از محور خط) صرفاً به تأسیسات زیربنایی اختصاص‌یافته و هرگونه اقدام خارج از این کاربری ممنوع است.
- قسمت دوم پس از حریم قانونی و نوار تأسیساتی راه‌آهن (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 راه‌آهن باید مطابق قانون ایمنی راه و راه‌آهن 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 راه‌آهن 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 راه‌آهن
- نشریه ۲۹۳-۱: نقشه‌های همسان آبروهای راه‌آهن تا دهانه ۱۰ متر
- نشریه ۲۹۵: نقشه‌های همسان پل‌ها و عرشه پل‌های راه‌آهن دهانه ۱۰تا ۲۵ متر
- نشریه ۳۰۱: مشخصات فنی عمومی روسازی راه‌آهن
- نشریه ۳۰۸: راهنمای طراحی دیوارهای حائل
- نشریه ۳۵۵: دستورالعمل نظارت بر اجرای روسازی راه‌آهن
- نشریه ۳۸۹: آیین‌نامه طرح و محاسبه پل‌های بتن‌آرمه

پیش نویس غیر قابل استناد

- نشریه ۳۹۴: دستورالعمل طراحی و نظارت بر روسازی راه‌آهن سریع‌السیر
- نشریه ۴۱۱: شرح خدمات همسان مطالعات طرح‌های احداث راه‌آهن
- نشریه ۴۳۶: آیین‌نامه طرح پل‌های راه و راه‌آهن در برابر زلزله
- نشریه ۶۸۴: راهنمای طراحی و اجرای پوشش داخلی تونل‌های راه و راه‌آهن
- نشریه ۷۷۷: شرح خدمات مطالعات تفصیلی حمل‌ونقل همگانی و امکان‌سنجی حمل‌ونقل ریلی شهری و حومه
- نشریه ۱-۸۰۰: آیین‌نامه راه‌های ایران (آرا)، آیین‌نامه طرح هندسی راه‌های برون‌شهری
- نشریه ۸۰۳: راهنمای طراحی دپو و پارکینگ قطار شهری و حومه
- نشریه ۱-۸۰۵: ضوابط طراحی خطوط قطار شهری و حومه (جلد اول -ضوابط طرح هندسی)
- نشریه ۸۶۳: دستورالعمل انتخاب روسازی خطوط راه‌آهن (بالاستی-بدون‌بالاست)
- استاندارد ملی ایران (۱۱۹۱۰): راه‌آهن- ایستگاه‌های مسافری- ارتفاع سکوها- مقررات حاکم بر تعیین موقعیت لبه‌های سکو نسبت به خط
- استاندارد ملی ایران (۱۱۹۴۰): راه‌آهن- ایمنی در تونل‌های راه‌آهن
- استاندارد ملی ایران (۱۱۹۳۲): راه‌آهن- نتایج اعمال گاباری سینماتیک تعریف شده در استانداردهای سری UIC505 در طراحی خطوط تماس
- استاندارد ملی ایران (۱۲۰۹۳): راه‌آهن- تدابیر لازم جهت محافظت پل‌های راه آهن در برابر برخورد وسایل نقلیه جاده‌ای و محافظت از خط در برابر ورود وسایل نقلیه جاده ای
- استاندارد ملی ایران (۱۴۸۵۶): راه‌آهن- اقدامات ایمنی در تقاطع‌های هم‌سطح در خطوط با سرعت بهره‌برداری ۱۲۰ تا ۲۰۰ کیلومتر بر ساعت
- استاندارد ملی ایران (۱۷۴۴۶): راه‌آهن- تاثیر اعمال گاباری‌های سینماتیکی تعریف شده در استانداردهای سری UIC505 بر موقعیت سازه‌ها و ابنیه نسبت به خطوط ریلی و موقعیت خطوط نسبت به یکدیگر
- استاندارد ملی ایران (۱۷۸۴۰): راه‌آهن- تقاطع هم‌سطح- علائم و علامت‌های جاده‌ای
- استاندارد ملی ایران (۱-۱۸۰۹۱): سیستم های حمل ونقل ریلی درون شهری و حومه- نشانه‌ها و تابلوها
- مقررات عمومی سیر و حرکت راه‌آهن

۱-۸- علائم اختصاری

مفاهیم و پارامترهای به‌کار 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 ۱-۲ تعریف می‌شوند.

پیش نویس غیر قابل استناد

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

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

پیش نویس غیر قابل استناد

ردیف	نماد	تعریف	واحد سنجش
۳۱	n_i	تعداد قطار (iام)	-
۳۲	R	شعاع قوس افقی	m
۳۳	R_v	شعاع قوس قائم	m
۳۴	R_{var}	شعاع قوس‌های خط انحراف	m
۳۵	S	فاصله بین دو خط موازی	m
۳۶	S_{var}	طول بخش مستقیم انحراف	m
۳۷	T_s	طول مماس قوس افقی	m
۳۸	T_V	طول مماس قوس قائم (خم)	m
۳۹	T_{var}	طول مماس انحراف	m
۴۰	V_d	سرعت طرح	$\frac{km}{hr}$
۴۱	V_{ct}	سرعت مداوم (پایدار)	$\frac{km}{hr}$
۴۲	V_{eq}	سرعت تعادلی	$\frac{km}{hr}$
۴۳	V_i	سرعت قطار (iام)	$\frac{km}{hr}$
۴۴	V_m	سرعت متوسط بهره‌برداری	$\frac{km}{hr}$
۴۵	V_{max}	حداکثر سرعت بهره‌برداری	$\frac{km}{hr}$
۴۶	V_{min}	حداقل سرعت بهره‌برداری	$\frac{km}{hr}$
۴۷	w	مقدار تعریض قواره در محل قوس‌ها	cm
۴۸	w_i	وزن قطار (iام)	kN
۴۹	Δ_i	اختلاف شیب طولی متوالی	‰
۵۰	ΔI	تغییر ناگهانی کمبود بربلندی	mm
۵۱	$()_{lim}$	مقدار حدی یا مجاز	-

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

فصل ۲

پلان مسیر

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

۲-۱- مقدمه

طراحی پلان مسیر شامل مشخصات مسیر ریلی در پلان ازجمله بربلندی، 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.

۲-۲- بربلندی

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 بربلندی خنثی شود. بر این اساس به تفاوت تراز ارتفاعی سطح ریل‌ها در مسیر قوس بربلندی گفته می‌شود.

۲-۲-۱- بربلندی تعادلی

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

$$d_{eq} = 11.8 \frac{{V_{eq}}^2}{R} \qquad ۲-۱$$

که در آن:

d_{eq}: بربلندی تعادلی برحسب میلی‌متر

R: شعاع قوس برحسب متر

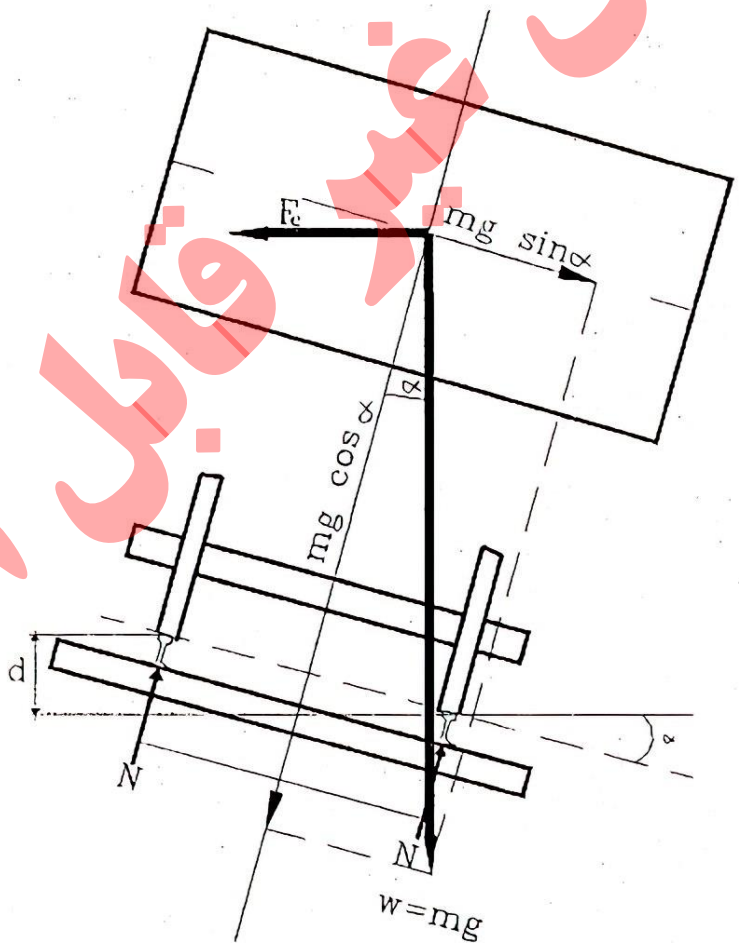
پیش نویس غیر قابل استناد

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

اگر انواع مختلف قطارها با سرعت یکسانی از قوس عبور می‌کردند، در این حالت سرعت تعادلی ثابت و شرایط مطلوب برای حرکت نرم قطارها با حداقل سایش ریل‌ها در بربلندی تعادلی حاصل می‌شد. ولی انواع مختلف ترافیک ریلی با سرعت‌های متفاوتی از یک قوس عبور می‌کنند 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 می‌شود. از آنجایی که در خطوط با ترافیک مختلط، انواع مختلف قطارها با سرعت‌های متفاوتی از قوس‌ها عبور می‌کنند، برای محاسبه سرعت تعادلی باید از سرعت بهره‌برداری میانگین (V_m) مطابق رابطه ۲-۲ استفاده نمود:

$$V_m^2 = \frac{\sum n_i w_i V_i^2}{\sum n_i w_i} \qquad ۲-۲$$

که در آن n_i، تعداد قطارهایی است که با سرعت بهره‌برداری (V_i) و وزن (w_i) بدون تغییر بربلندی، از قوس عبور می‌کنند.



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

پیش نویس غیر قابل استناد

جدول ۲-۱ مقادیر بربلندی تعادلی برحسب شعاع قوس و سرعت تعادلی (میلی‌متر)

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

پیش نویس غیر قابل استناد

۲-۲-۲- اعمال محدودیت بربلندی

مقدار بربلندی باید با درنظر گرفتن ملاحظات زیر تعیین شود:

- میزان مجاز بربلندی 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.
- بربلندی 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.
- بربلندی زیاد (بالاتر از ۱۵۰ میلی‌متر) باعث جابجایی بار و آزردگی مسافرین در صورت توقف قطار یا حرکت با سرعت پایین در موقعیت قوس (مقادیر بالای اضافه بربلندی) می‌شود. بنابراین ممکن است ناپایداری واگن‌های عبوری و بارهای ویژه با مرکز ثقل بالا را به دنبال داشته باشد.
- بربلندی زیاد موجب افزایش اضافه بربلندی در قوس‌هایی می‌شود که تفاوت زیادی را در سرعت قطارهای تندرو و کندرو داشته باشند.
- محدودیت‌های پیچش خط تابعی از مقدار بربلندی اعمال شده می‌باشد، بنابراین اعمال مقادیر بالای بربلندی 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.
- بربلندی زیاد در نقاط ویژه مانند پل‌ها، تونل‌ها، تقاطعات همسطح و نیز محدوده‌های ایستگاهی (مشتمل بر خطوط ایستگاهی و دستگاه خطوط)، باعث افزایش هزینه‌های نگهداری و تعمیر و کاهش کیفیت خط می‌شود. بنابراین محدودسازی بربلندی در این نقاط توصیه می‌شود. در صورت قرارگیری قوس در موقعیت ویژه، لازم است اثر اعمال بربلندی بر ایمنی و کیفیت سیر ناوگان مورد ارزیابی قرار گیرد[1]. بدین منظور طراح باید اثرات دینامیکی ناوگان در اثر سیر از موقعیت‌های فوق را بررسی و بربلندی بهینه را طراحی و پیشنهاد نماید. درصورتی‌که از لحاظ اجرایی اعمال بربلندی نسبت به یک ریل دارای محدودیت باشد، می‌توان بربلندی را نسبت به محور مرکزی خط اعمال نمود.
- مقدار بربلندی استاندارد باید به ۱۲۰ میلی‌متر و مقدار بربلندی استثنایی باید به ۱۵۰ میلی‌متر محدود شود. این مقادیر برای نقاط ویژه به‌ترتیب برابر ۹۰ میلی‌متر (شرایط استاندارد) و ۱۰۰ میلی‌متر (شرایط استثنایی) می‌باشند.

[1] استقرار سوزن‌ها در قوس در شرایط معمول مجاز نیست. تحت شرایط استثنایی، استقرار سوزن در قوس تنها با اخذ مجوز از کارفرما مجاز می‌شود. همچنین در موقعیت سوزن‌ها، اجرای بربلندی مجاز نیست.

پیش نویس غیر قابل استناد

۲-۲-۳- کمبود بربلندی

۲-۲-۳-۱- خطوط پیوسته

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

$$I = 11.8 \frac{V^2_{max}}{R} - d \leq I_{lim} \qquad ۲-۳$$

که در آن:

V_{max}: سرعت حداکثر برحسب کیلومتر بر ساعت

I_{lim}: کمبود بربلندی مجاز برحسب میلی‌متر (جدول ۲-۲) است.

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

$$a_q = \frac{V^2_{max}}{12.96R} - \frac{gd}{1500} \approx \frac{I}{153} \leq (a_q)_{lim} \cong \frac{gI_{lim}}{1500} \qquad ۲-۴$$

که در آن:

$(a_q)_{lim}$: شتاب جانبی خنثی نشده مجاز برحسب متر برمجذور ثانیه (جدول ۲-۲)

g: شتاب جاذبه برحسب متر برمجذور ثانیه است.

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

۲-۲-۳-۲- نقاط ویژه

نکات مربوط به کمبود بربلندی در خطوط پیوسته، در مورد سوزن‌ها و انشعابات، درزهای انبساط، تقاطعات واقع در قوس‌ها و سایر نقاط ویژه نیز صادق است. ازآنجاکه اندازه نیروهای دینامیکی در این نقاط نسبت به خطوط پیوسته بحرانی‌تر است، طراحی آن‌ها باید بر اساس کمبود بربلندی مجاز محدودتری انجام شود (جدول ۲-۲). در صورت قرارگیری این نقاط در محل قوس‌ها توصیه می‌شود بربلندی اجرایی بر اساس کمبود بربلندی، طراحی و اجرا شود.

۲-۲-۴- اضافه بربلندی

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

$$E = d - 11.8 \frac{V^2_{min}}{R} \leq E_{lim} \qquad ۲-۵$$

که در آن:

پیش نویس غیر قابل استناد

V_{min}: سرعت حداقل برحسب کیلومتر بر ساعت

E_{lim}: اضافه بربلندی مجاز برحسب میلی‌متر (جدول ۲-۲) است.

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

جدول ۲-۲ مقادیر حدی مجاز برای پارامترهای کمبود بربلندی و اضافه بربلندی

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

۲-۲-۵- تغییرات بربلندی

تغییرات بربلندی که در قوس پیوندی انجام می‌گیرد، معمولاً به دو صورت تغییرات بربلندی نسبت به طول (شیب بربلندی) و تغییرات بربلندی نسبت به زمان عبور مطرح می‌باشد. به‌علاوه، تغییرات کمبود بربلندی نسبت به زمان عبور نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

۲-۲-۵-۱- شیب بربلندی

تغییرات بربلندی باید به‌طور 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 بربلندی طراحی‌شده برای قوس دایره است، برسد[۱]. تغییرات بربلندی در طول $\left(\frac{dd}{dl}\right)$ باید در حدی باشد که شتاب جانبی وارد به وسائل نقلیه از حد معینی تجاوز نکند و حرکت مناسب قطار

[۱] در چنین شرایطی، طول تغییرات بربلندی با طول قوس پیوندی با یکدیگر برابر می‌باشد. در شرایط استثنایی ممکن است لازم باشد که تغییرات بربلندی در طول قوس دایره‌ای یا مسیر مستقیم نیز درنظر گرفته شود. در این حالت، قوس پیوندی و تغییرات بربلندی 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.

پیش نویس غیر قابل استناد

تأمین شود. مقدار حداکثر شیب تغییرات برلندی 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[۱] (جدول ۲-۳).

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

درصورتی‌که شیب افزایش برلندی ثابت باشد، تغییرات برلندی نسبت به زمان از رابطه ۲-۶ به‌دست می‌آید:

$$\frac{dd}{dt} = \frac{d\ V_{max}}{3.6\ L_s} \leq \left(\frac{dd}{dt}\right)_{lim} \qquad ۲\text{-}۶$$

که در آن:

V_{max}: سرعت حداکثر برحسب کیلومتر بر ساعت

L_s: طول قوس پیوندی (معادل طول تغییرات برلندی) بر حسب متر

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

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

در قوس‌های پیوندی با شیب برلندی ثابت، تغییرات کمبود برلندی در واحد زمان از رابطه ۲-۷ به‌دست می‌آید:

$$\frac{dI}{dt} = \frac{I\ V_{max}}{3.6\ L_s} \leq \left(\frac{dI}{dt}\right)_{lim} \qquad ۲\text{-}۷$$

که در آن:

V_{max}: سرعت حداکثر برحسب کیلومتر بر ساعت

L_s: طول قوس پیوندی بر حسب متر

$\left(\frac{dI}{dt}\right)_{lim}$: تغییرات مجاز کمبود برلندی در واحد زمان برحسب $\frac{mm}{s}$ (جدول ۲-۳) است.

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

پارامتر	واحد	استاندارد	حداکثر
شیب برلندی $\left(\frac{dd}{dl}\right)_{lim}$	$\frac{mm}{m}$	۲.۲۵	۲.۵
نرخ تغییرات برلندی $\left(\frac{dd}{dt}\right)_{lim}$	$\frac{mm}{s}$	۲۸	۳۵
نرخ تغییرات کمبود برلندی $\left(\frac{dI}{dt}\right)_{lim}$	$\frac{mm}{s}$	۲۵	۷۰

[۱] برای سرعت‌های بهره‌برداری کمتر یا مساوی ۵۰ کیلومتر بر ساعت، به دلیل تاثیر کم عوامل دینامیکی اندرکنش خط و قطار، می‌توان شیب برلندی را ۳.۳۳ میلیمتر بر متر در نظر گرفت.

پیش نویس غیر قابل استناد

۲-۳- قوس دایره‌ای

در پلان مسیر راه‌آهن، تغییر در امتداد خط با به‌کارگیری 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[۱]. چرا که شعاع قوس افقی تابعی از پارامترهای زیر است:

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

با منظور کردن ترکیب‌های مختلف حداکثر سرعت قطارهای عبوری (V^2_{max}) و حداکثر کمبود برلندی 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.

$$R_{min} = \frac{11.8\ V^2_{max}}{d + I_{lim}} \cong \frac{V^2_{max}}{0.085d + 12.96(a_q)_{lim}} \qquad ۲-۸$$

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

$$R_{max} = \frac{11.8\ V^2_{min}}{d - E_{lim}} \qquad ۲-۹$$

[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.

پیش نویس غیر قابل استناد

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 ۲-۴ محاسبه می‌شود. به طور کلی مقادیر ارائه‌شده در این جدول، به حداقل طول ناحیه با بربلندی ثابت که بین دو ناحیه با بربلندی متغیر قرار می‌گیرد، اشاره دارد. بنابراین علاوه بر طول خط مستقیم بین دو قوس (بین دو ناحیه انتقال با بربلندی متغیر)، از این مقادیر برای محاسبه حداقل طول قوس دایره‌ای (L_c) با بربلندی ثابت نیز استفاده می‌شود.

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

سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)	حد معمول* (متر)	حد استثنایی (متر)
$V_d \leq 80$	$\frac{V}{3}$	$\frac{V}{10}$
$80 < V_d \leq 200$	$\frac{V}{2}$	$\frac{V}{5}$
* نباید از ۳۰ متر کمتر در نظر گرفته شود.		

۲-۴- 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 (انحنا) آن به‌صورت مستقیم با نسبت طول افزایش یابد. در قوس‌های بدون بربلندی 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 بربلندی در خطوط اصلی، اجرای قوس پیوندی، علاوه بر موضوع فوق‌الذکر، امکان اجرای تدریجی بربلندی 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 انحنا را به بهترین شکل ممکن می سازد.

۲-۴-۱- طول قوس پیوندی

طول قوس پیوندی بستگی به سرعت و بربلندی قوس دارد. این طول باید همواره معادل طول تغییرات بربلندی درنظر گرفته شود. طول قوس پیوندی باید به نحوی انتخاب شود که حدود مجاز ارائه‌شده در جدول ۲-۲ درخصوص

[۱] با نام‌های کلوتوئید یا اسپیرال نیز شناخته می‌شود.

پیش نویس غیر قابل استناد

شیب بربلندی، نرخ تغییرات بربلندی و نرخ تغییرات کمبود بربلندی به قرار رابطه‌های ۲-۱۰ تا ۲-۱۲ رعایت شوند که تمامی پارامترهای آن قبلا تعریف شده است. در این روابط طول قوس پیوندی بر حسب متر است و باید به نزدیک‌ترین مضرب صحیح ۲۰ متر بالاتر از طول محاسبه‌شده، گرد شود.

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

$$L_s \geq \frac{d\ V_{max}}{3.6}\left(\frac{dd}{dt}\right)^{-1}_{lim} \qquad ۲-۱۱$$

$$L_s \geq \frac{I\ V_{max}}{3.6}\left(\frac{dI}{dt}\right)^{-1}_{lim} \qquad ۲-۱۲$$

۲-۴-۲- روابط قوس پیوندی حلزونی

روابط طراحی و محاسبات قوس پیوندی حلزونی بر این اساس به‌دست‌آمده است که شعاع انحنای قوس پیوندی در هر نقطه (r)، با طول قوس در آن نقطه (L)، رابطه معکوس دارد و به‌عبارت‌دیگر حاصل‌ضرب 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:

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

در شکل ۲-۲ علائم و مشخصه‌های قوس پیوندی حلزونی مشخص‌شده 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

پیش نویس غیر قابل استناد

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 (به‌دست‌آمده از بخش ۲-۴-۱)

δ یا ΔR: مقدار انتقال (عقب‌نشینی)[1] 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

x , y: مختصات هر نقطه بر روی قوس پیوندی

X , Y : 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[2] (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):

$$x = L - \frac{L^5}{40R^2L_s^2} \qquad ۲\text{-}۱۴$$

$$X = L_s - \frac{L_s^3}{40R^2} \qquad ۲\text{-}۱۵$$

$$y = \frac{L^3}{6RL_s} \qquad ۲\text{-}۱۶$$

$$Y = \frac{L_s^2}{6R} \qquad ۲\text{-}۱۷$$

[1] offset

[2] بیسیکتریس

پیش نویس غیر قابل استناد

$$\theta_s = \frac{L_s}{2R} \quad (۲-۱۸)$$

$$\theta = \frac{L^2}{2RL_s} = \theta_s \left(\frac{L}{L_s}\right)^2 \quad (۲-۱۹)$$

$$K = X - R\,Sin\theta_s = \frac{L_s}{2} \quad (۲-۲۰)$$

$$\delta = Y - R\,(1 - Cos\theta_s) = \frac{1}{4}Y = \frac{L_s^2}{24R} \quad (۲-۲۱)$$

$$E_s = (R + \delta)Sec\frac{I}{2} - R \quad (۲-۲۲)$$

$$T_s = K + (R + \delta)Tan\frac{I}{2} = \frac{L_s}{2} + (R + \delta)Tan\frac{I}{2} \quad (۲-۲۳)$$

۲-۴-۳- روابط قوس سهمی درجه ۳

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

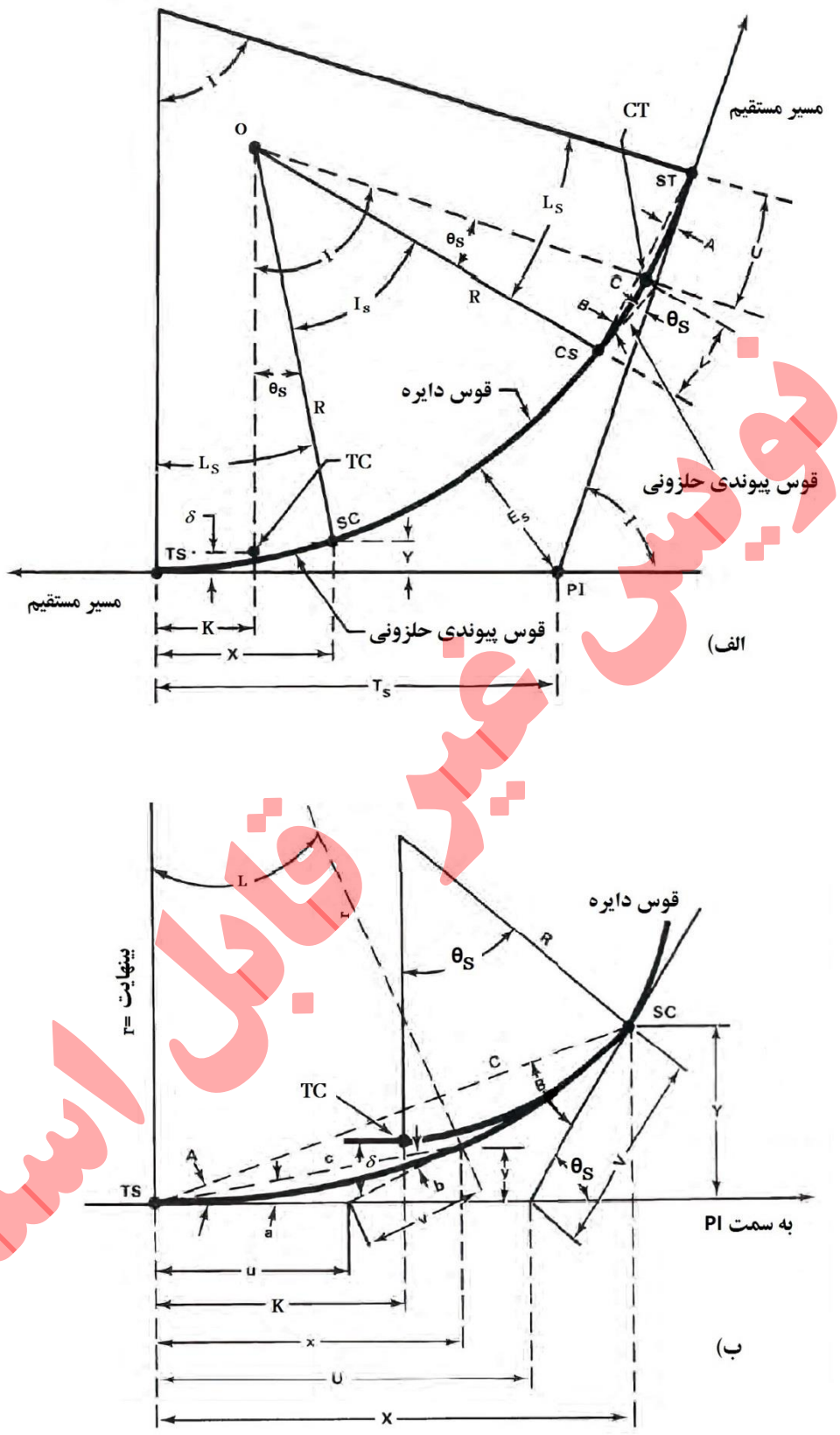
$$y = \frac{x^3}{6\,R\,L_s} \quad (۲-۲۴)$$

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 ۲-۱۸ تا ۲-۲۳) به‌دست می‌آید و بنابراین از تکرار روابط صرف نظر می‌شود.

پیش نویس غیر قابل استناد

[۱] در حالتی که مقدار $\left(\frac{L_s}{2\,R}\right)^2$ خیلی کمتر از یک باشد (شرط آن زمانی است که $L_s < \frac{R}{3.5}$ 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 بزرگ‌شده قوس پیوندی

پیش نویس غیر قابل استناد

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

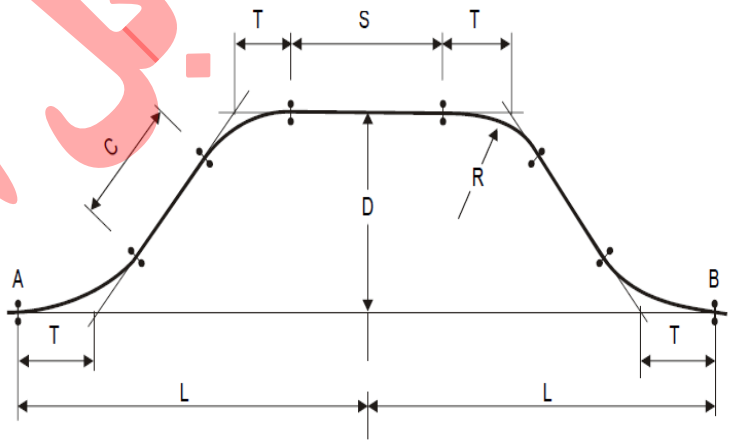
در روند بهسازی یا بازسازی خطوط ممکن است نیاز به انحراف خط اصلی، با ایجاد خط انحرافی[۱]، ضروری شود. این خط باید قابلیت سیر ناوگان با کمترین تأخیر و با رعایت حداقل‌های ایمنی را دارا باشد. خط انحرافی به دو طبقه موقت و نیمه‌دائمی تقسیم می‌شود. انحراف موقت آن است که بیش از ۱۰ روز مورد نیاز نخواهد بود. قبل از ورود به یک انحراف موقت، همه قطارها باید متوقف شوند و با سرعت ۱۰ کیلومتر در ساعت حرکت کنند. انحراف نیمه دائمی، 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 نیمه دائمی 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.

$$L_{var} = \sqrt{{C_{var}}^2 + 4RD_{var} - D_{var}^2} + \frac{S_{var}}{2} \qquad ۲۵\text{-}۲$$

$$T_{var} = \frac{RD_{var}}{L_{var} - \frac{S_{var}}{2} + C_{var}} \qquad ۲۶\text{-}۲$$

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*)

[۱] واریانت

پیش نویس غیر قابل استناد

فصل ۳

نیم‌رخ‌های طولی مسیر

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

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 درنظر گرفته شود. شیب و فراز طراحی‌شده 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 درهزار 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 (درهزار)

حد مطلوب	۶
حد معمول	۱۲.۵
حد استثنایی*	۱۵
کوهستانی با شرایط بسیار سخت*	۲۵
* به‌طور معمول با استفاده از یک کشنده مجاز نیست و بهره‌برداری در آن بلاک با دو کشنده انجام می‌شود.	

پیش نویس غیر قابل استناد

مقادیر ارائه‌شده در جدول ۳-۱ 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 ارائه‌شده دارند. درهرحال نتایج مطالعات شبیه‌سازی بهره‌برداری بر شیب و فراز طراحی‌شده مسیر حاکم خواهد بود. ابتدا نیم‌رخ طولی مسیر بر اساس مقادیر پیشنهادی در جدول ۳-۱ 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. درصورتی‌که شیب و فراز مسیر طراحی‌شده 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. درصورتی‌که به‌ناچار فراز کشش دوگانه در مسیر ایجاد شود، باید در ایستگاه‌های قبل از فراز مذکور حتماً امکان اضافه‌کردن 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 درصورتی‌که 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 درصورتی‌که 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.

پیش نویس غیر قابل استناد

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 درنظر 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 درنظر گرفته می‌شود که آب‌های سطحی بتوانند به‌درستی به خارج از خط هدایت شوند.

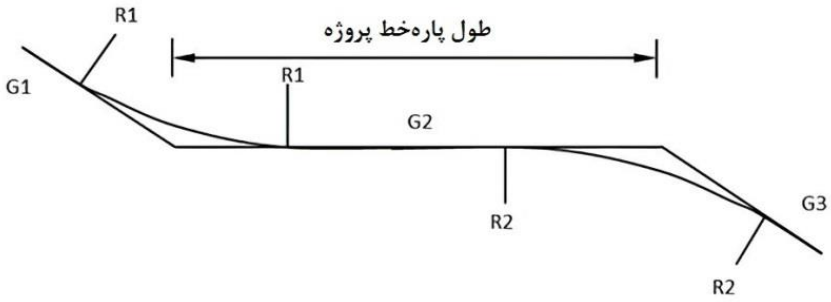
۳-۴- پاره‌خط پروژه

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 درصورتی‌که 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

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۳-۱ طول پاره‌خط پروژه

۳-۵- قوس‌های قائم (خم‌ها)

درصورتی‌که اختلاف جبری شیب (فراز) دو پاره‌خط پروژه در محل تلاقی آن‌ها با یکدیگر بیشتر از ۲ درهزار باشد، پاره‌خط‌های پروژه باید توسط قوس‌های قائم (خم‌ها) به یکدیگر متصل شود[1]. شعاع قوس‌های قائم بر اساس جدول ۳-۳ محاسبه می‌شود.

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

حد معمول	حد استثنایی	با اخذ مجوز از بهره‌بردار و سازنده ناوگان	
$R_V \geq 0.40\ V_d^2$ $R_V \geq 2000\ m$	$R_V \geq 0.25\ V_d^2$ $R_V \geq 2000\ m$	قوس قائم محدب	$R_V = 0.15\ V_d^2$ $R_V \geq 500\ m$
		قوس قائم مقعر	$R_V = 0.13\ V_d^2$ $R_V \geq 500\ m$
R_V شعاع خم برحسب متر و V_d سرعت طرح برحسب کیلومتر بر ساعت است.			

مقدار حداقل طول میانی بین قوس‌های قائم باید با لحاظ راحتی سفر در نظر گرفته شود. بدین منظور، حداقل مطلق فاصله مورد انتظار بین خم‌ها باید از رابطه ۳-۱ محاسبه شود.

$$L_r = 0.57\ V_d \qquad ۳-۱$$

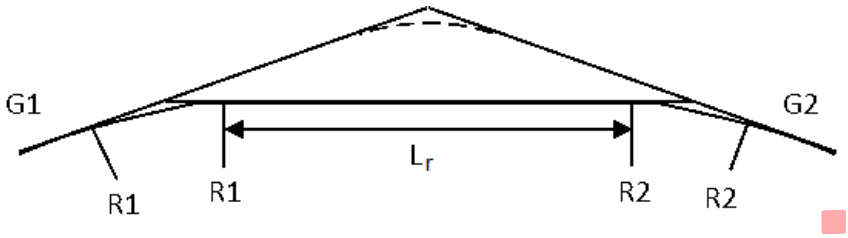
که در آن:

L_r: حداقل طول بین قوس‌های قائم

V_d: سرعت طرح برحسب کیلومتر بر ساعت است.

[1] به صورت معمول، قوس‌های قائم به صورت دایره‌ای یا سهمی درجه ۲ و بدون ناحیه انتقال طرح می‌شوند.

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



شکل ۳-۲ پاره‌خط میانی افقی بین دو نقطه انتهایی خم‌های دنبال هم

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.

۳-۶- مشخصات قوس‌های قائم (خم‌ها)

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

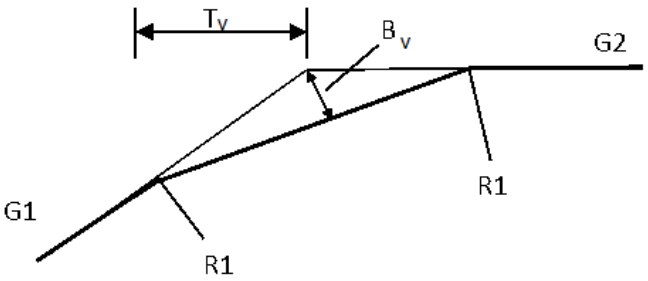
$$T_V = \frac{R_V\ \Delta_i}{2000}$$ ۳-۲

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

پیش نویس غیر قابل استناد

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

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

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 متاثر از ماسه‌های روان، مجاز نیست. تراز تمام‌شده خاکریز برای خطوط طبقه *A1, A2, B1, C1* 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 *A1, A2, B1, C1* 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.

پیش نویس غیر قابل استناد

فصل ۴

نیم‌رخ‌های عرضی

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

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، سکوهای ایستگاهی، ابنیه فنی و تجهیزات زیربنایی، سازگاری با ناوگان بین‌المللی مجاز به سیر در شبکه ریلی کشور و توافق‌های 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 بربلندی 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 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.

---

[۱] یا گاباری

[۲] یا قواره بار

پیش نویس غیر قابل استناد

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 بربلندی، 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 موردتوجه قرار گیرد. نشانه‌های حد فضای آزاد (نقاط امان[1]) 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 موردنظر می‌باشد.

به‌منظور تأمین فضای کافی در طول خط، در نزدیکی ابنیه فنی بزرگ، برای عملیات نگهداری و همچنین در مدت ساخت خطوط، ابنیه فنی بزرگ از قبیل پل‌های روگذر، جاده‌ها و غیره 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.

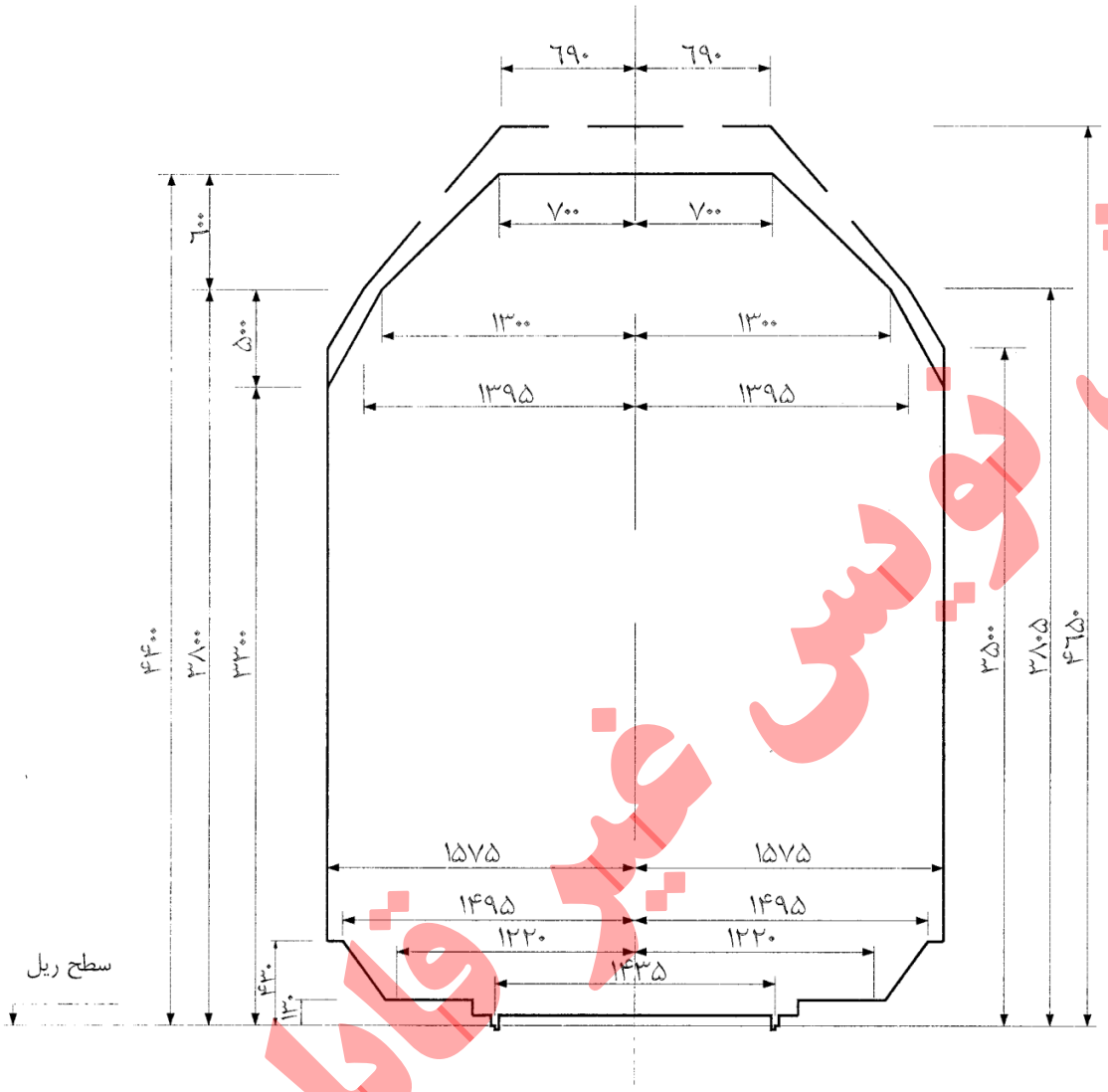
به‌منظور کاهش خطر وارد شدن آسیب به سیستم کشش برقی به‌وسیله اشیایی که ممکن است از قطار به خارج پرتاب شوند و نیز آسان شدن عملیات نگهداری در امتداد خط، همچنین استفاده از جرثقیل‌ها و غیره، تیرک‌های سیستم کشش برقی باید نسبت به محور خط در خطوط مستقیم بیش از ۳ متر فاصله آزاد داشته باشد. این فاصله در قوس‌ها 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

شعاع قوس (متر)	تعریض قواره (W) (سانتی‌متر)
≤۴۰۰	۰
۳۹۹~۳۰۰	۷
۲۹۹~۲۵۰	۸
۲۴۹~۲۰۰	۱۰
۱۹۹~۱۵۰	۱۵

[1] برای تعریف «نقطه امان» به بخش ۵-۴-۴ مراجعه شود.

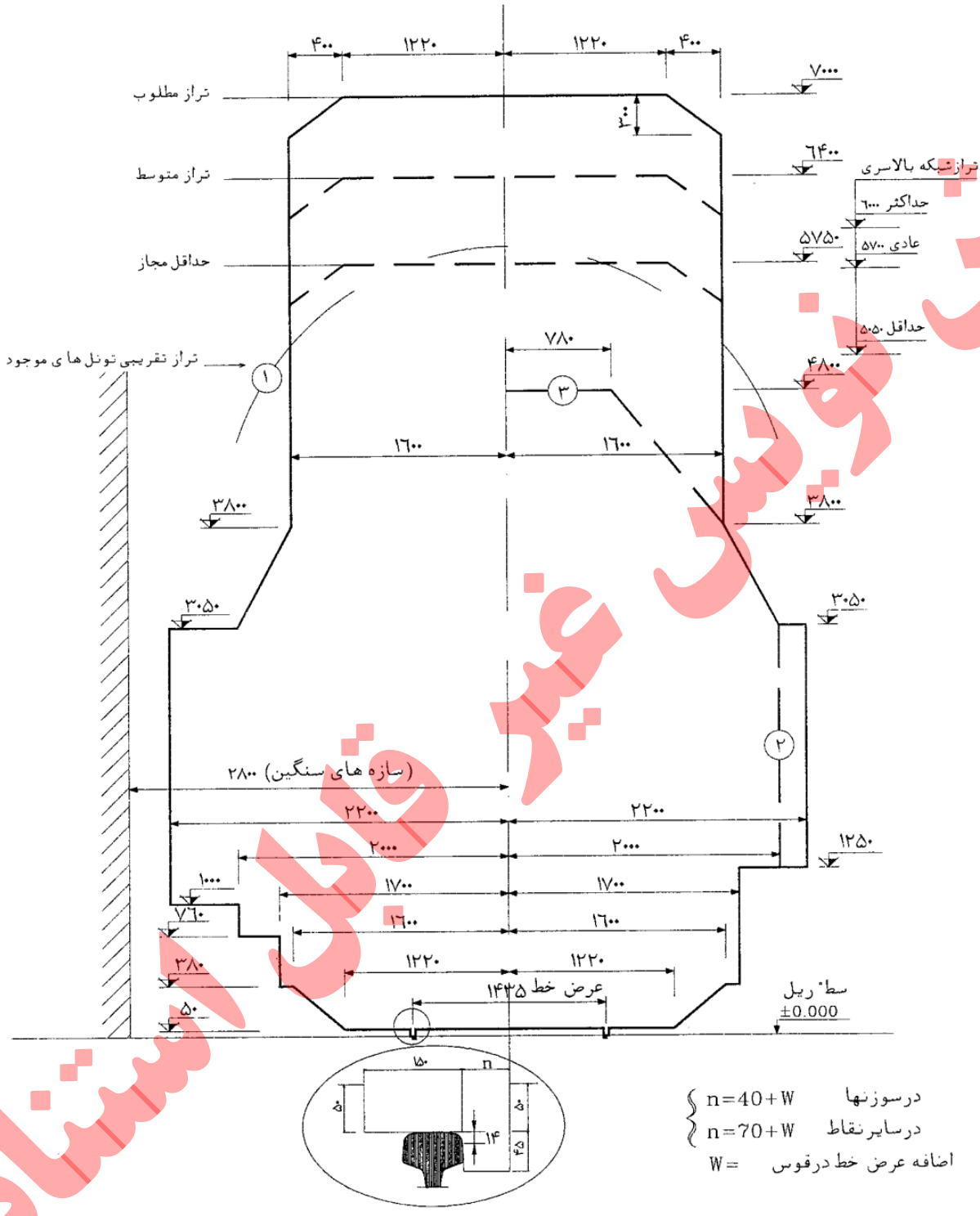
پیش نویس غیر قابل استناد



- - - سطح خط‌چین بالایی باید برای خطوط جدید در نظر گرفته شود.

شکل ۴-۱ قواره ناوگان در خط مستقیم (ابعاد به میلی‌متر)

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۴-۲ قواره ساختمان در خط مستقیم (ابعاد به میلی‌متر)

پیش نویس غیر قابل استناد

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 یک خطه به‌صورت درجا[1] و پیش‌ساخته[2] به عنوان دو طبقه اصلی خطوط بدون‌بالاست (دال‌خط) ارائه شده است. در خصوص خطوط بدون‌بالاست 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 بدون‌بالاست 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 بدون‌بالاست در مسیر مستقیم برای دو طبقه اجرا شده به‌صورت 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 به‌صورت 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، به‌صورت دو طرفه و مقدار آن ۳ درصد در نظر گرفته شود.

[1] In-situ
[2] Pre-cast

پیش نویس غیر قابل استناد

جدول ۴-۲ 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 بدون‌بالاست موارد زیر لازم به توجه است:

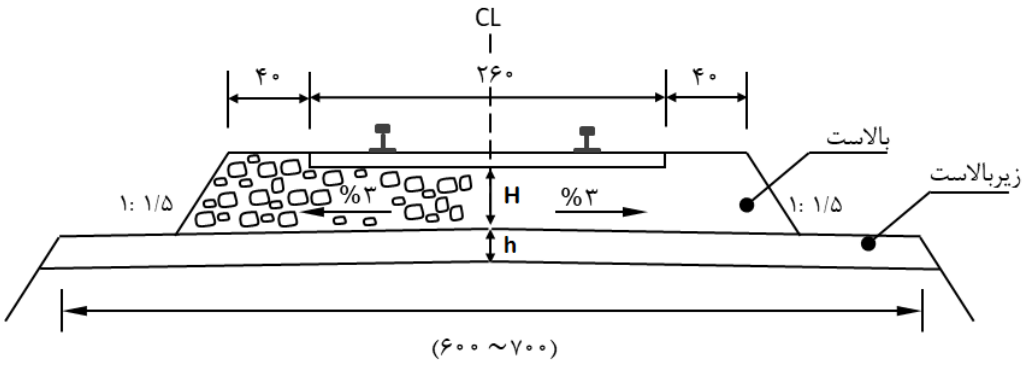
- ابعاد ارائه شده در شکل ۴-۴ تنها به‌منظور ایجاد تصویر کلی است و طراح باید باتوجه به شرایط طرح و نوع روسازی منتخب بدون‌بالاست (پیش‌ساخته یا درجا)، ابعاد نهایی را سازگار با آیین‌نامه‌های طراحی، تهیه نماید.
- با توجه به ابعاد کمتر روسازی‌های بدون‌بالاست نسبت به روسازی بالاستی، این موضوع می‌تواند در جریان طرح هندسی مسیر، ملاحظات مرتبط با قواره (برای مثال در موقعیت تونل‌ها یا پل‌ها) یا سایر موارد به‌منظور 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 دال‌خط (توصیه به شیب حداقل ۱ درصد جهت زهکشی آب روی سطح دال) رعایت شود.
- شیب طولی سطح دال‌خط باید حداقل برابر با ۲ درهزار در نظر گرفته شود.
- در مقطع عرضی دال‌خط 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).

۴-۳-۲- نیم‌رخ عرضی روسازی راه‌آهن دوخطه یا چندخطه

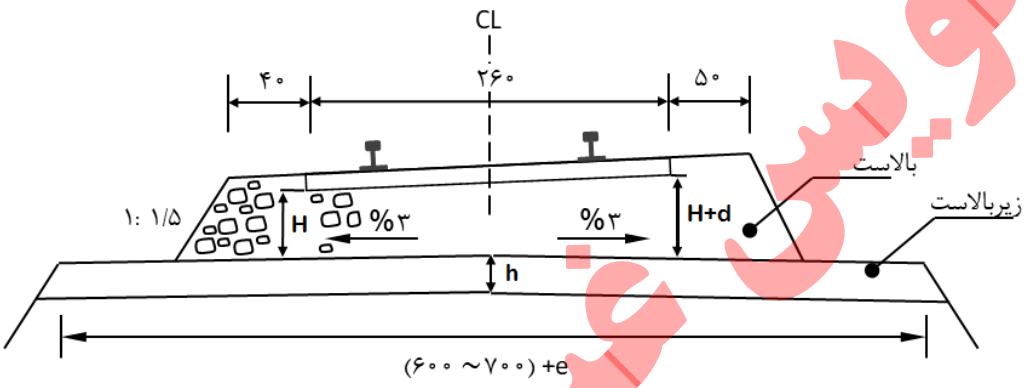
مشخصات هندسی نیم‌رخ عرضی روسازی بالاستی در راه‌آهن دوخطه، مشابه راه‌آهن یک‌خطه می‌باشد. عرض بستر روسازی ۱۱/۷۰ متر و شامل موارد زیر است (شکل ۴-۵):

- 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 به‌صورت 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 خطوط نباید کمتر از مقادیر ذکرشده انتخاب شود.

پیش نویس غیر قابل استناد

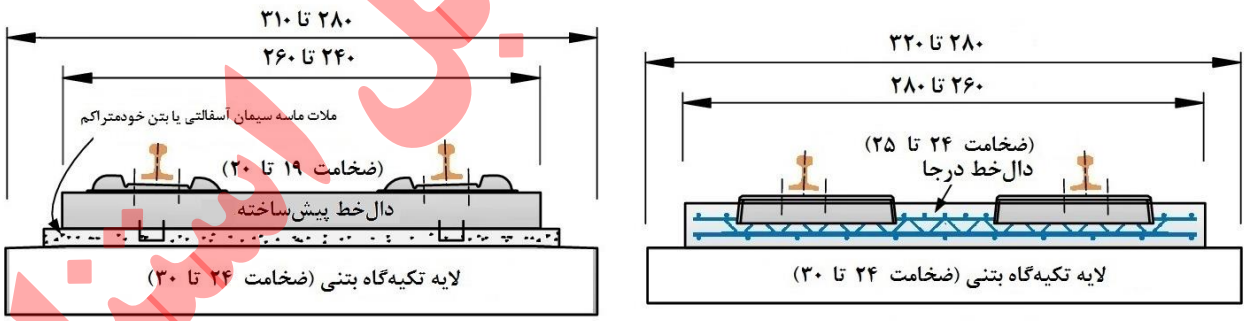


الف : در مسیر مستقیم



ب: در قوس

شکل ۴-۳ نیمرخ عرضی راه‌آهن بالاستی یک‌خطه (ابعاد به سانتی‌متر)

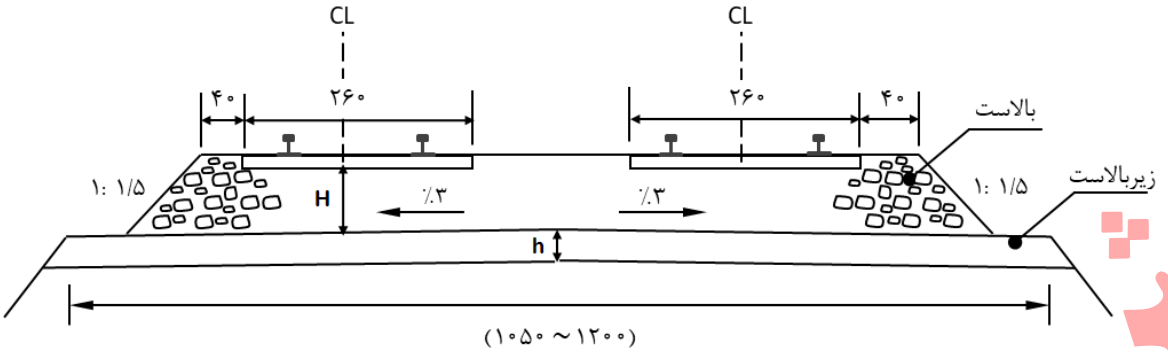


الف: خط بدون بالاست درجا

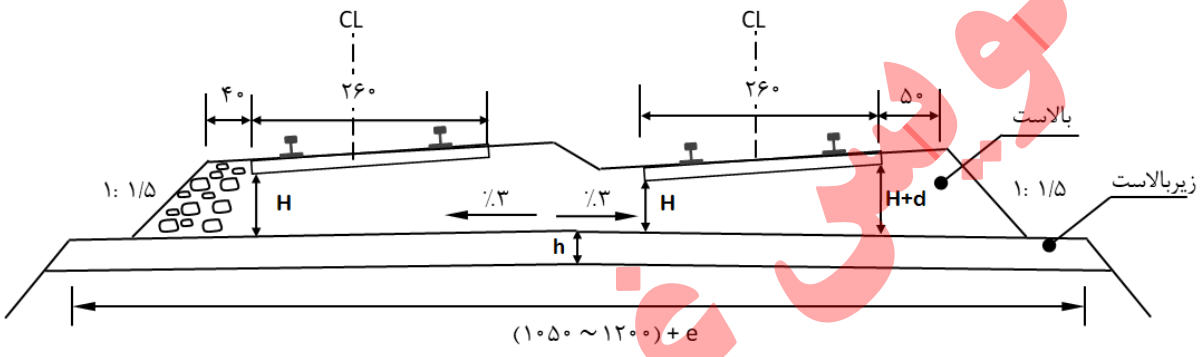
ب: خط بدون بالاست پیش‌ساخته

شکل ۴-۴ نمونه نیمرخ‌های عرضی راه‌آهن بدون بالاست یک‌خطه (ابعاد به سانتی‌متر)

پیش نویس غیر قابل استناد



الف : در مسیر مستقیم



ب: در قوس

شکل ۴-۵ نیم‌رخ عرضی راه‌آهن بالاستی دوخطه

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 راه‌آهن)، توسط طراح مد نظر قرار گیرد.

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 یک به ۲ (۱ عمودی و ۲ افقی) به‌کار 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 شیب خاکریزی، به‌ویژه برای ارتفاع بالاتر از ۱۰ 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).

پیش نویس غیر قابل استناد

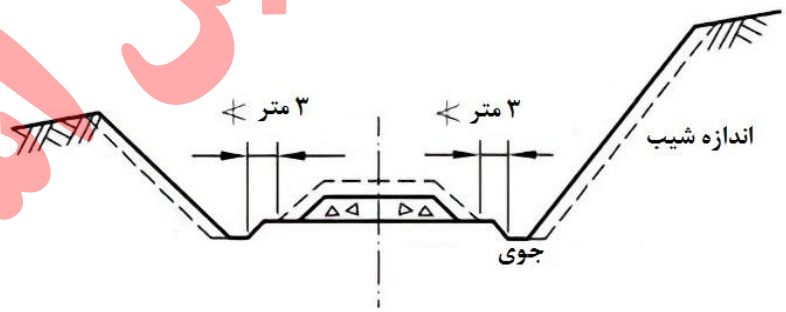
- شیب بستر طبیعی خاکریزی (ضرورت کندن شیار و پلکانی کردن بستر قبل از احداث خاکریزی)
- ایمنی و حریم راه‌آهن
- زیبایی
- هزینه اجرای خاکریز

برای افزایش ضریب ایمنی می‌توان از روش‌های مختلف پایدارسازی خاک جهت تثبیت خاکریز استفاده کرد[1].

۴-۴-۲- خاکبرداری[2] (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



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

[1] از جمله میخ‌کوبی خاک، دیواره‌های تور سنگی (گابیون) و اصلاح شیب خاک

[2] ترانشه

پیش نویس غیر قابل استناد

زمانی که ارتفاع خاکبرداری (برش) کمتر از ۶ تا حداکثر ۱۰ متر باشد، می‌توان خاکبرداری را به‌صورت یکسره و بدون پله[۱] 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 حدفاصل 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، درنظر 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.

پیش نویس غیر قابل استناد

[۱] برم

فصل ۵

طرح هندسی ایستگاه‌ها

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

۵-۱- کلیات

به‌منظور افزایش ایمنی حرکت قطارها و تأمین ظرفیت حمل و نقل، باید مسیرهای راه‌آهن به قطعه(بلاک)هایی تقسیم شود. قطعه بین دو نقطه جدایی قرار می‌گیرد و بر روی آن فقط یک قطار می‌تواند حرکت نماید. ایستگاه‌ها، ایستگاه‌های اضطراری و چراغ‌های الکتریکی، جزء نقاط جدایی می‌باشند. در این بخش ضوابط مربوط به طرح هندسی ایستگاه‌های راه‌آهن ارائه می‌شود. ضوابط تکمیلی مربوط به حوزه ایستگاه‌ها در مقررات عمومی سیر و حرکت راه‌آهن 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 سکوهای بار و مسافر در آن قرار دارد. ایستگاه، محل توقف، تنظیم، قبول، اعزام، مانور، تلاقی و سبقت قطارها و سایر وسایط نقلیه ریلی می‌باشد. امور مربوط به قبول و تحویل بار و سوار و پیاده شدن مسافران نیز در ایستگاه انجام می‌گیرد. ایستگاه‌ها برحسب موقعیت و میزان فعالیت، درجه‌بندی شده و دارای حریم و حدود مشخص و معین می‌باشند.

۵-۲-۱- خطوط ایستگاهی

انواع خطوط مورداستفاده در ایستگاه‌ها به شرح زیر می‌باشد که بسته به درجه اهمیت ایستگاه و طبقه آن برخی از این خطوط باید در آن پیش‌بینی شود:

خطوط اصلی ایستگاه‌ها: خطوط اصلی ایستگاه‌ها خطوطی است که در امتداد خطوط قطعه می‌باشد.

خطوط قبول و اعزام: خطوطی است که پذیرش و اعزام قطارها از طریق آن انجام می‌گیرد، در مواردی که ایستگاه‌ها مجهز به علائم الکتریکی باشند، خطوط قبول و اعزام از اهمیت بسیار زیادی برخوردار هستند.

خطوط تأمین: خطوطی است که امنیت ورود همزمان دو قطار به ایستگاه را تأمین می‌کند.

خطوط فرار: خطوطی است که ناوگان در حال فرار به آن هدایت می‌شود. این خطوط باید همواره آزاد بوده و در انتهای آن شن و ماسه انباشته یا تجهیزات توقف ناوگان[1] نصب شود.

خطوط دنباله مانوری: خطوطی است که 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 برای مانور، الزامی است.

[1] بافر استاپ

پیش نویس غیر قابل استناد

خطوط توقفگاه: خطوطی است که عملیات تفکیک واگن و انتظار اعزام، در آن صورت می‌گیرد.

خطوط انبار: خطوطی است که در جوار انبار کالا، توشه و محوطه‌های روباز به‌منظور تخلیه‌وبارگیری، 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[۱]

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[۲]: شامل انشعاب استاندارد، انشعاب ساده متقارن، انشعاب مضاعف یک‌طرفه و و انشعاب مضاعف دوطرفه
- تقاطع: که نوع ساده آن تقاطع هم‌گذر لوزی است.
- چلیپا[۳]: ترکیبی از یک یا چند انشعاب و تقاطع است که از جمله انواع آن، چلیپای ساده، چلیپای مضاعف، کراس‌اور ساده و کراس‌اور مضاعف[۴] 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 که در این‌جا از تکرار آن خودداری می‌شود. در ادامه، انواع اصلی ادوات تقاطع و انشعاب قابل‌استفاده در خطوط راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران و مشخصات آن‌ها در شکل ۵-۳ نشان داده شده است. نوع ادوات مورداستفاده، به سرعت طراحی و مشخصات فنی خط بستگی دارد.

---

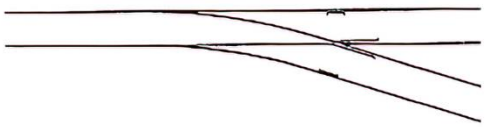
[۱] ادوات تقاطع و انشعاب

[۲] 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 درنظر گرفته می‌شوند.

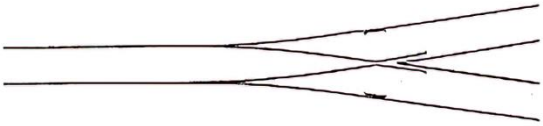
[۳] تقاطع-انشعاب

[۴] قیچی

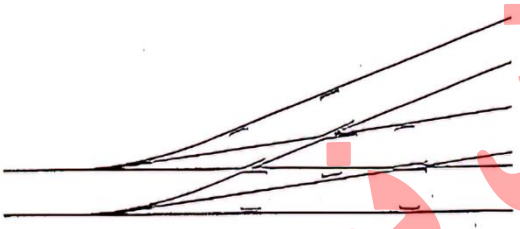
پیش نویس غیر قابل استناد



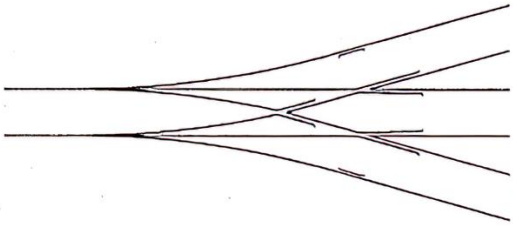
الف : انشعاب استاندارد



ب: انشعاب ساده متقارن

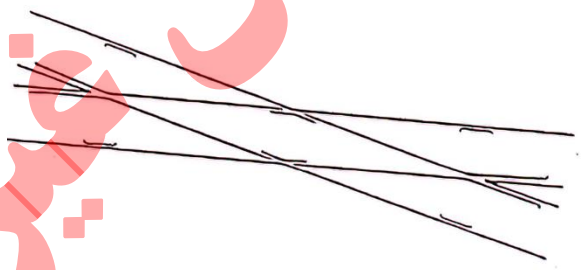


ج: انشعاب مضاعف یک‌طرفه

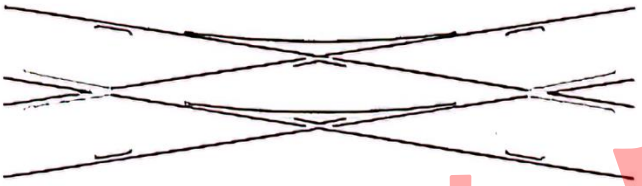


د: انشعاب مضاعف دوطرفه

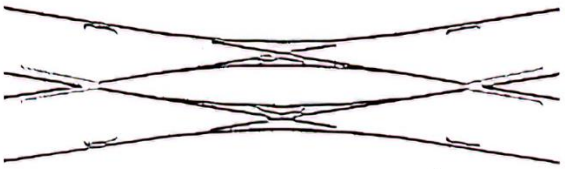
شکل ۵-۱ انواع انشعاب



الف : تقاطع همگذر لوزی

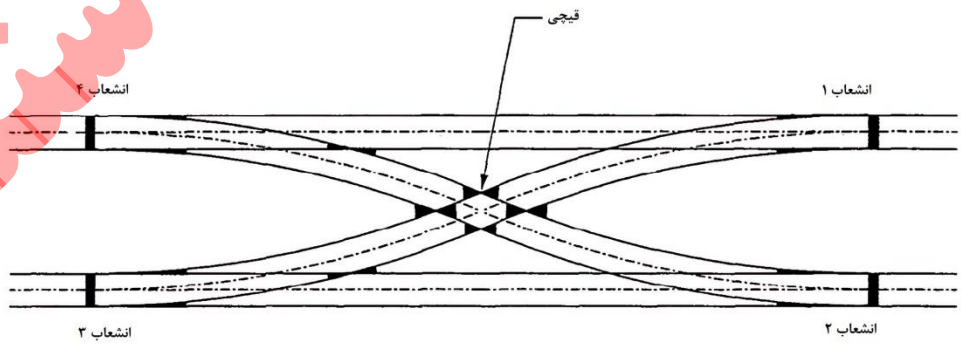


ب: تقاطع چلیپای ساده



ج: تقاطع چلیپای مضاعف

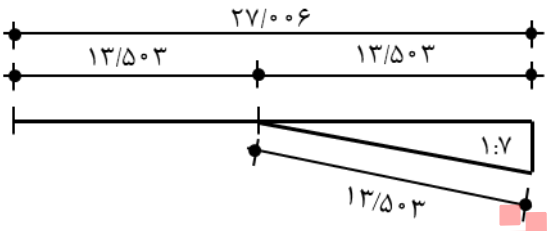
د: کراس‌اور ساده



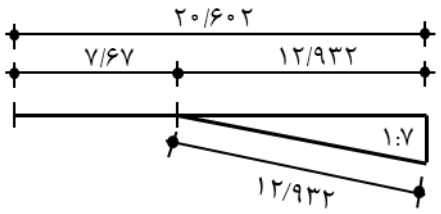
د: کراس‌اور دوگانه (قیچی)

شکل ۵-۲ انواع تقاطع و چلیپا

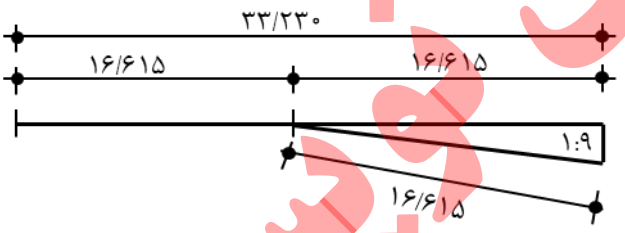
پیش نویس غیر قابل استناد



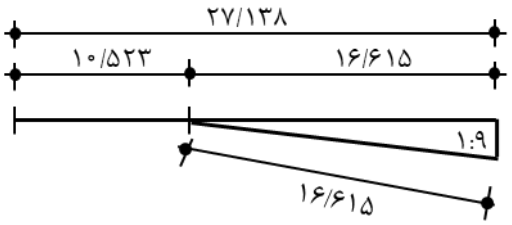
الف : انشعاب ۱۹۰– ۱:۷



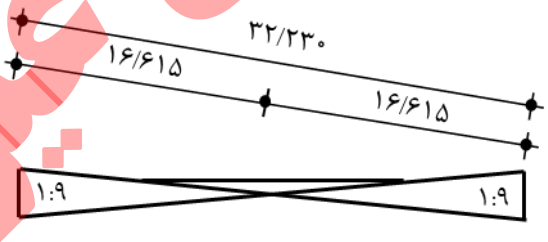
ب: انشعاب ۱۴۰– ۱:۷



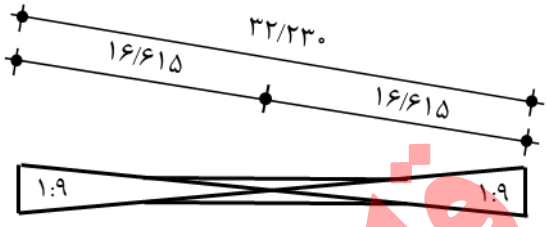
ج: انشعاب ۳۰۰– ۱:۹



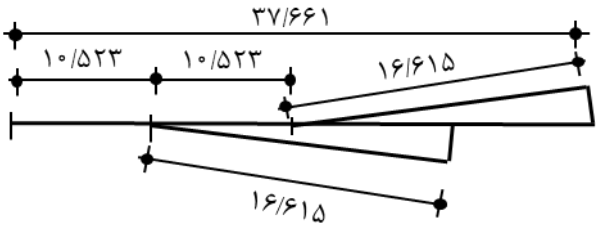
د: انشعاب ۱۹۰– ۱:۹



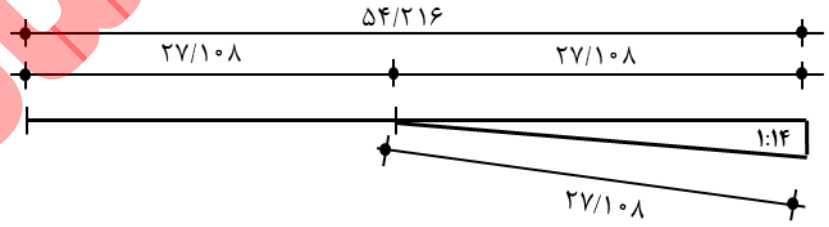
ه : چلیپای ساده ۱۹۰ – ۱:۹



و: چلیپای مضاعف ۱۹۰ – ۱:۹



ح: سه راهه ۱۹۰– ۱:۹



ت: انشعاب ۷۶۰– ۱:۱۴

شکل ۵–۳ انواع اصلی ادوات تقاطع و انشعاب قابل‌استفاده در راه‌آهن ایران

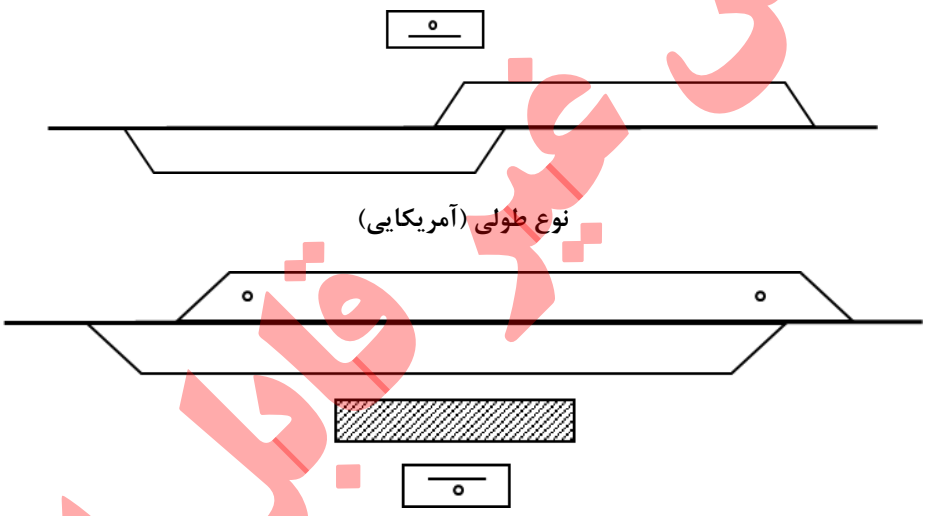
پیش نویس غیر قابل استناد

۵-۳- انواع ایستگاه

به‌طورکلی ایستگاه‌ها از نظر شکل هندسی به دو نوع عرضی (اروپایی) و طولی (آمریکایی) تقسیم می‌شوند. در ایستگاه‌های عرضی، خطوط قبول یا اعزام قطارها به‌موازات 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

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



نوع طولی (آمریکایی)

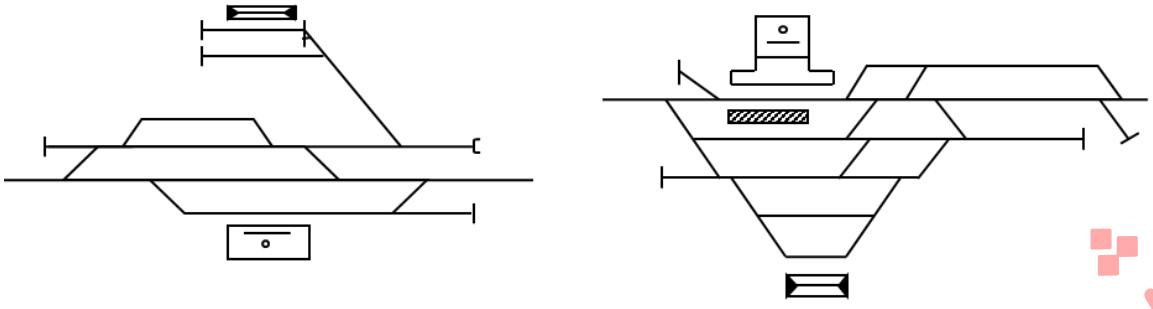
نوع عرضی (اروپایی)

شکل ۵-۴ ایستگاه‌های تلاقی

۵-۳-۲- ایستگاه بین‌راهی

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.

پیش نویس غیر قابل استناد

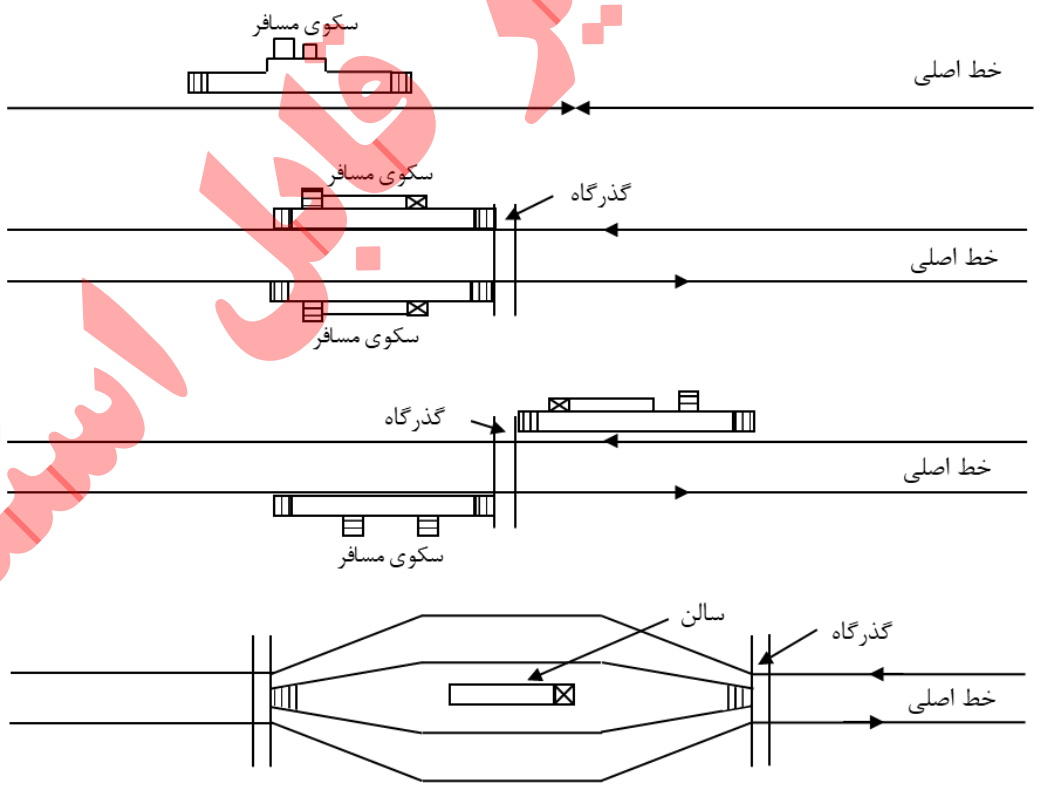


نوع طولی (آمریکایی) نوع عرضی (اروپایی)

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

پیش نویس غیر قابل استناد

۵-۳-۴- ایستگاه تشکیلاتی

به‌منظور 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 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. به‌عبارت‌دیگر ایستگاه تشکیلاتی، ایستگاهی است که به‌تناسب جمعیت و موقعیت صنعتی و اقتصادی منطقه حتی‌المکان در مجاورت شهرها احداث‌شده 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 درجه یک 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 به‌صورت مضاعف انجام می‌شود، بلکه در مواقع ایجاد حوادث به‌واسطه 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

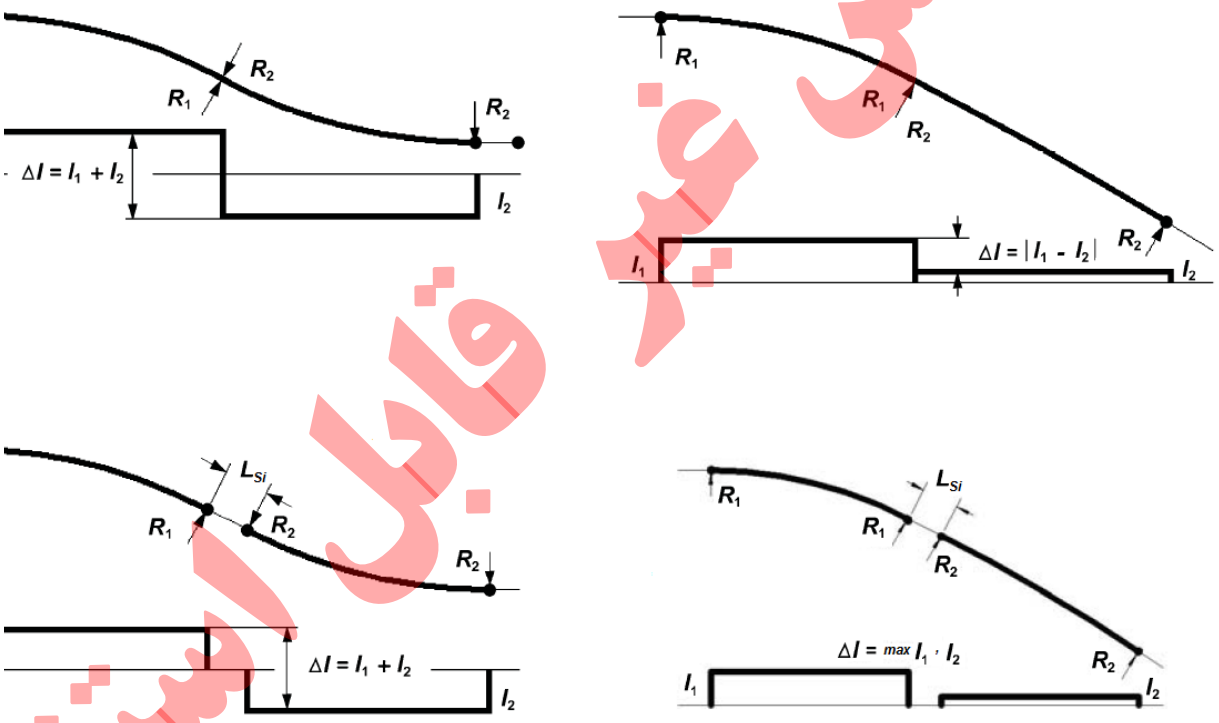
ملاحظات این بخش در راستای تکمیل ضوابط طرح هندسی پلان و پروفیل در محدوده خطوط و دستگاه خطوط واقع در ایستگاه‌ها ارائه می‌شود. در موقعیت دستگاه خطوط و در مواردی در محدوده خطوط ایستگاهی، تغییر ناگهانی انحنای افقی با لحاظ سرعت‌های پایین سیر رخ می‌دهد. این موضوع در شرایطی ایجاد می‌شود که بهره‌گیری از قوس‌های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

- کنترل فواصل بین دو تغییر ناگهانی کمبود بربلندی (L_{si})

پیش نویس غیر قابل استناد

- کنترل تغییر ناگهانی کمبود بربلندی (ΔI)
- کنترل پدیده قفل‌شدگی[1] بین واگن‌های مجاور

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



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

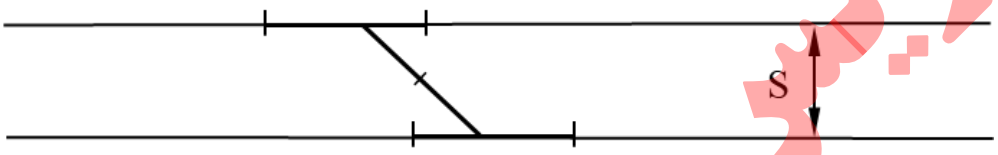
[1] به پدیده بافرلاکینگ معروف است.

پیش نویس غیر قابل استناد

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 تعیین‌شده و در قوس‌ها به میزان اضافه عرض لازم، افزایش می‌یابد. فاصله بین دو خط اصلی ایستگاه، دست‌کم باید ۴/۷ متر انتخاب شود. فاصله بین محورهای سایر خطوط ایستگاه (به‌جز خطوط اصلی) نباید کمتر از ۵/۴ 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.

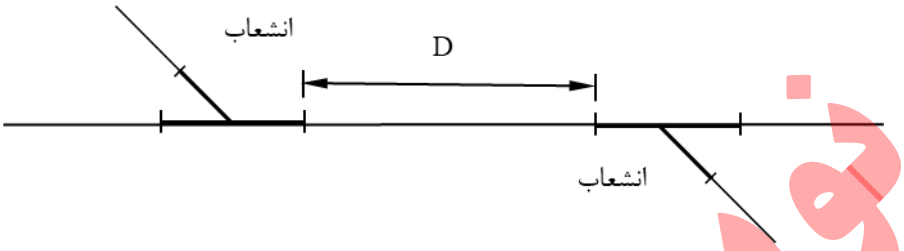
جدول ۵-۱ سرعت مجاز انواع انشعاب‌ها

سرعت مجاز (کیلومتر بر ساعت)	نوع دوراهه	
	شعاع (متر)	شیب قطعه مرکزی
۴۰	۱۹۰	۱:۷
۴۰	۱۹۰	۱:۹
۵۰	۳۰۰	۱:۹
۸۰	۷۶۰	۱:۱۴

پیش نویس غیر قابل استناد

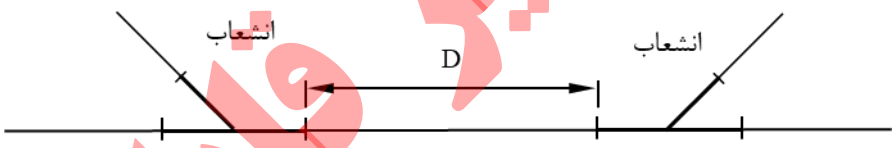
استقرار انشعاب‌ها نسبت به یکدیگر در طرح خطوط، مطابق یکی از چهار حالت زیر می‌تواند صورت گیرد:

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.



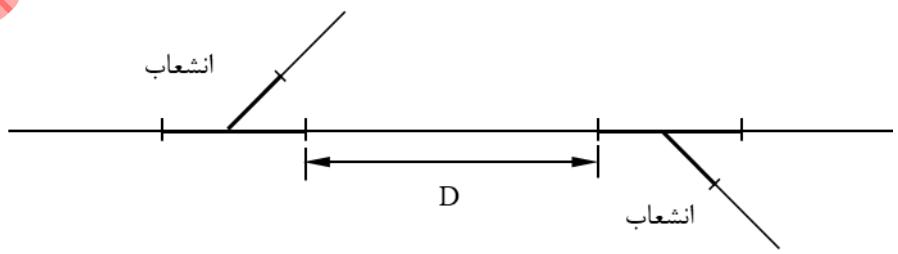
شکل ۵-۱۰ استقرار انشعاب‌ها در دو سوی مختلف

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



شکل ۵-۱۱ استقرار انشعاب‌ها در یک‌طرف خط

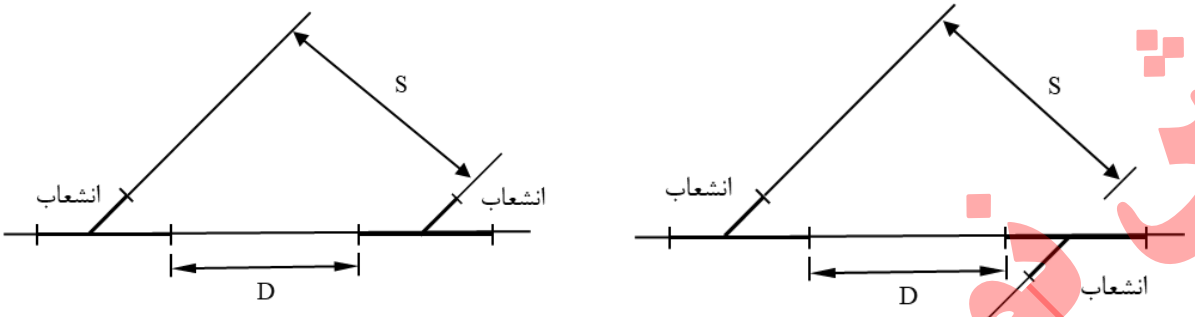
حالت سوم: مطابق شکل ۵-۱۲ انشعاب‌ها در دو سوی خط و هم‌جهت قرار دارند. در این حالت، فاصله (D) می‌تواند روی خطوط قبول و اعزام ۱۸، ۹ یا ۶ متر باشد. در حالت استثنایی در دپوها و کارخانجات صنعتی، می‌توان این فاصله را حذف نمود.



شکل ۵-۱۲ استقرار انشعاب‌ها در دو سوی خط

پیش نویس غیر قابل استناد

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 بربلندی

تغییر ناگهانی کمبود بربلندی (ΔI) زمانی رخ می‌دهد که تغییر ناگهانی انحنا بدون لحاظ قوس پیوندی به‌وجود آید که باعث ایجاد اختلال در رفتار دینامیکی وسائط نقلیه ریلی می‌شود. موضوعی که در موقعیت انشعابات و محدوده‌های ایستگاهی به‌چشم 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 بربلندی تجمیعی مبنا قرار داده شود. لازم به ذکر است که با استناد به این محدودیت، سرعت مجاز عبوری از ادوات تقاطع و انشعاب تعیین می‌شود که برای برخی از سوزن‌های رایج 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. قفل شدگی 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[1]، می‌توان مقادیر

[1] مطابق ضوابط فنی تعامل‌پذیری زیرساخت (TSI INF 2022) و سازگار با استاندارد (EN13803-2017)

پیش نویس غیر قابل استناد

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 تضمین شود.

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

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

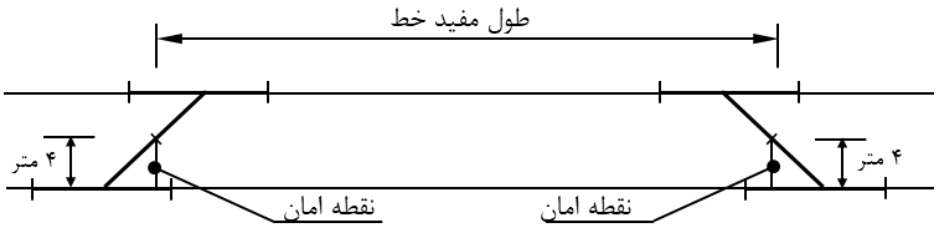
شرایط مسیر	واگن‌های مسافری (متر)	واگن‌های باری (متر)
شعاع ۱۵۰ متر- مسیر مستقیم- شعاع ۱۵۰ متر	۱۰/۷۸	۶/۷۹
شعاع ۱۶۰ متر- مسیر مستقیم- شعاع ۱۶۰ متر	۹/۴۸	۶/۰۱
شعاع ۱۷۰ متر- مسیر مستقیم- شعاع ۱۷۰ متر	۸/۳۰	۵/۲۰
شعاع ۱۸۰ متر- مسیر مستقیم- شعاع ۱۸۰ متر	۷/۲۰	۴/۲۵
شعاع ۱۹۰ متر- مسیر مستقیم- شعاع ۱۹۰ متر	۶/۰۰	۳/۰۱
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[1] 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. 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.

[1] به دگاژ معروف است.

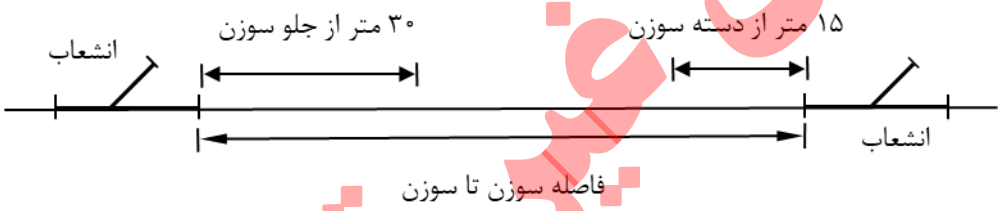
پیش نویس غیر قابل استناد



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 (یک‌خطه یا دوخطه، کشش دیزلی یا برقی) انتخاب می‌شود. این طول باید دست‌کم 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

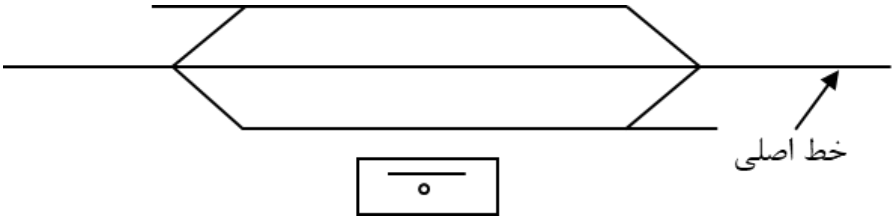
۵-۵- طرز قرارگیری خطوط در ایستگاه‌ها

۵-۵-۱- مسیرهای یک‌خطه

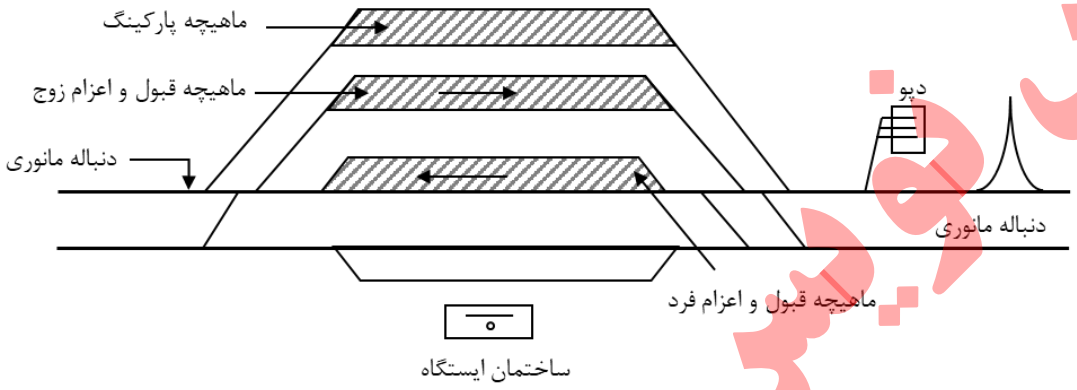
خطوط قبول و اعزام در ایستگاه‌های بین‌راهی، به‌منظور تلاقی، باید در دو سوی خط اصلی مطابق شکل ۵-۱۶ پیش‌بینی شود. در ایستگاه‌های بین‌راهی، به‌کارگیری خطوط قبول و اعزام در یک‌طرف خط اصلی، به دلیل مشکل سبقت‌گیری قطار مسافری از قطارهای باری، توصیه نمی‌شود. در ایستگاه‌های تشکیلاتی به‌خصوص در ایستگاه‌هایی که در آن‌ها سه مسیر راه‌آهن یا بیشتر یکدیگر را قطع می‌نمایند، خطوط باید به‌صورت ماهیچه[1] طراحی شوند. ماهیچه‌های قبول و اعزام باید با استفاده از دنباله مانوری از ماهیچه‌های توقف (پارکینگ) جدا شود. در شکل ۵-۱۷ یک ایستگاه تشکیلاتی نمونه نشان داده شده است.

[1] مجموعه خطوط هم‌نام

پیش‌نویس غیر قابل استناد



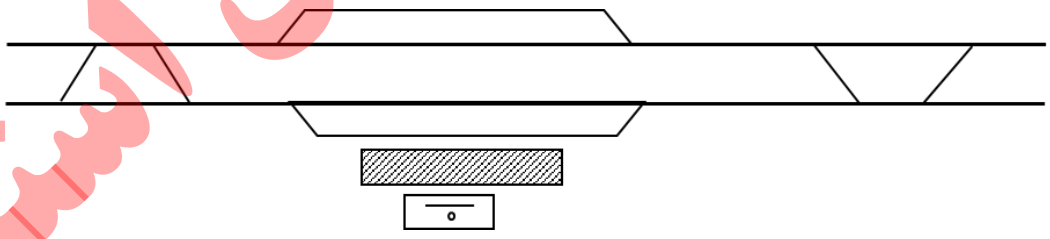
شکل ۵-۱۶ خطوط قبول و اعزام در مسیر یک‌خطه



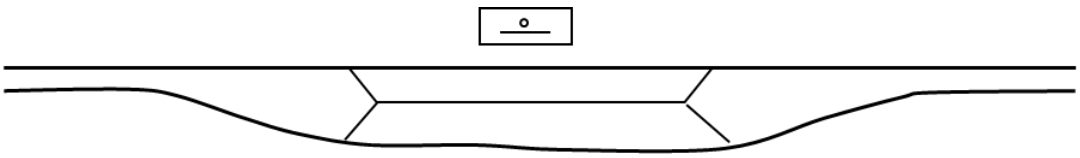
شکل ۵-۱۷ ایستگاه تشکیلاتی در مسیر یک‌خطه

۵-۵-۲- مسیرهای دوخطه

سبقت قطارهای مسافری از قطارهای باری در مسیرهای دوخطه مطابق شکل ۵-۱۸ در ایستگاه‌های بین‌راهی صورت می‌گیرد. با داشتن توجیه فنی و اقتصادی، ایستگاه‌های بین‌راهی را می‌توان به‌صورت خاص مطابق شکل ۵-۱۹ طراحی نمود. انتخاب شکل ایستگاه با توجه به مطالعات توجیهی صورت می‌گیرد. رعایت کلیه مواردی که در ایستگاه‌های تشکیلاتی یک‌خطه اشاره شد، در ایستگاه‌های مسیرهای دوخطه نیز ضروری است.



شکل ۵-۱۸ خطوط سبقت در مسیرهای دوخطه



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

پیش نویس غیر قابل استناد

۵-۶- شماره‌گذاری خطوط

۵-۶-۱- مسیرهای یک‌خطه

شماره‌گذاری 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 شماره‌گذاری می‌شود. چنانچه در سمت پشت ایستگاه خطوطی باشد، شماره آن بعد از آخرین خط جلوی ایستگاه خواهد بود. شماره‌گذاری خطوط ایستگاه‌های تشکیلاتی با خطوط قبول و اعزام، مطابق دستور فوق انجام می‌پذیرد. درصورتی‌که ایستگاه تشکیلاتی دارای چند ماهیچه باشد، ماهیچه قطارهای زوج و فرد باید از یکدیگر جدا باشد، شماره‌گذاری از کنار ساختمان ایستگاه بسته به فرد یا زوج بودن ماهیچه با شماره‌های ف۱، ف۲، ف ۳ و .... و یا ز ۱، ز ۲ ، ز ۳ و ... صورت می‌گیرد. در محوطه توقف و تفکیک واگن‌ها، شماره‌گذاری خطوط از کنار ساختمان ایستگاه به ترتیب پ۱، پ ۲، پ ۳ و ... می‌باشد. به‌عنوان‌مثال، دنباله مانوری فرد با شماره "د ف ۱" و دنباله مانوری جهت مخالف با شماره "د ز ۲ " شماره‌گذاری می‌شود.

۵-۶-۲- مسیرهای دوخطه

در ایستگاه‌های بین‌راهی، خطوطی که در امتداد خط اصلی می‌باشند بسته به زوج و فرد بودن خط، با شماره "۱ و ۲" شماره‌گذاری می‌شوند. خطوطی که در جبهه "خط ۱" (خط اصلی فرد) قرار می‌گیرند با شماره‌های ۳، ۵، ۷ و ... و خطوطی که در جبهه "خط۲" (خط اصلی زوج) قرار می‌گیرند با شماره‌های ۴ و ۶ و ... شماره‌گذاری می‌شوند.

در ایستگاه‌های تشکیلاتی، بسته به تخصیص ماهیچه مربوطه برای قطارهای زوج یا فرد، شماره‌گذاری آن‌ها از جبهه ساختمان با شماره‌های ف۱، ف۲ و ... و یا ز۱، ز۲ و ... شماره‌گذاری می‌شوند. شماره‌گذاری خطوط توقف و دنباله‌های مانوری، همانند ایستگاه‌های تشکیلاتی در مسیرهای یک‌خطه 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 به‌طرف ساختمان ایستگاه، حداقل ۵۰ متر و از محور اصلی به‌طرف 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.

پیش نویس غیر قابل استناد

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 امدادرسانی (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. 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 به‌اندازه‌ای 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. درصورتی‌که 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.

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

پیش نویس غیر قابل استناد

فاصله بین سکو و ورودی واگن قطار[۱] می‌شود. استقرار ایستگاه‌ها در قوس‌های پی‌درپی، فقط در ایستگاه‌های نوع طولی (آمریکایی) مجاز می‌باشد.

۵-۸-۱-۲- 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 مجاز 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[۲]. در چنین شرایطی ضروری است کنترل پدیده قفل‌شدگی بین واگن‌های مجاور مطابق بند ۵-۴-۳ توسط طراح انجام پذیرد.

۵-۸-۱-۳- برلندی

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

۵-۸-۱-۴- قوس‌های پیوندی

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

---

[۱] این فاصله به گپ معروف 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. درصورتی‌که 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 پر کننده گپ (Gap Filler) را انجام داد.

[۲] مطابق بند ۲-۴-۱ ضوابط نشریه ۳۰۱ سازمان برنامه و بودجه کشور، در قوس‌های با شعاع زیر ۲۵۰ متر لازم است اضافه عرض‌خط 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.

پیش نویس غیر قابل استناد

۵-۸-۱-۵- 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.

۵-۸-۲- 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.

۵-۸-۲-۱- 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 ۱-۵ انتخاب شود:

$$G_{stat} = 1.35G - 3.5 \qquad ۱-۵$$

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 به‌وسیله 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:

$$G_{stat} = 0.45G + 1.5 \qquad ۲-۵$$

پیش نویس غیر قابل استناد

با استفاده از رابطه‌های ۵-۱ و ۵-۲، بزرگ‌ترین شیب G_{stat} برحسب مقادیر مختلف شیب مبنا محاسبه‌شده و در جدول ۵-۳ 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 ۵-۳ 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 ۵-۴ انتخاب شود.

۵-۸-۲-۲- شیب و فراز قبل از ایستگاه

در شرایطی که خط پروژه در جهت ورود به ایستگاه در فراز مبنا 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 به‌اندازه 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 درهزار انتخاب نشده و مشخصات آن بر اساس مطالعات شبیه‌سازی بهره‌برداری قطارها کنترل شود.

۵-۸-۲-۳- شیب و فراز پس از ایستگاه

ازآن‌جایی‌که در فاصله‌ای از مسیر پس از خروجی ایستگاه، قطار از حالت توقف به حالت حرکت و رسیدن به سرعت ثابت تغییر وضعیت می‌دهد (وضعیت شتاب گیری)، 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 قرارگیرد. 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 درهزار (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.

پیش نویس غیر قابل استناد

جدول ۵-۳ حداکثر شیب ایستگاه برحسب شیب مبنای مسیر (درهزار)

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 ۵-۴ حداکثر شیب طولی مجاز در ایستگاه‌ها (درهزار)

ردیف	اسم منطقه جدایش و قسمت‌های آن	پستی و بلندی زمین		
		کم	زیاد	بسیار زیاد
۱	ایستگاه‌های بین‌راهی، ایستگاه‌های تلاقی و ایستگاه‌های سبقت (نوع اروپایی)	توصیه: صفر حداکثر:۱/۵	حداکثر: ۲/۵	
۲	ایستگاه‌های تلاقی، ایستگاه‌های سبقت، ایستگاه‌های بین‌راهی با موافقت راه‌آهن، (نوع طولی آمریکایی)	توصیه: صفر حداکثر: ۱/۵	بخش‌هایی از ایستگاه که درآن جدا شدن لکوموتیو از قطار و مانور پیش‌بینی نشود: مطابق جدول ۵-۳ (حداکثر ۷) و در سایر بخش‌های ایستگاه: ۲/۵	
۳	ایستگاه‌های تلاقی، ایستگاه‌های سبقت از کلیه انواع آمریکایی و اروپایی با داشتن توجیه اقتصادی و مجوز جهت اطمینان از اینکه عملیات مانور و جدا شدن لکوموتیو از قطار انجام نمی‌گیرد.	مطابق ردیف ۱	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 لکوموتیو از قطار و انجام مانور پیش‌بینی می‌شود.	حداکثر ۱/۵ *	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 لکوموتیو، خطوط سرویس‌دهی و توقف لکوموتیو	توصیه : صفر حداکثر: ۱/۵	حداکثر ۲/۵	
۸	خطوط داخل ساختمان‌ها	صفر		
۹	خطوط رابط متصل به محوطه کانتینرها، انبارهای سوخت، محوطه‌های شستشو واگن‌های مخزن‌دار، محوطه‌های بارگیری و غیره	توصیه: کمتر از ۳۰ مقدار حداکثر: مطابق مقدار حاصل از شبیه‌سازی بهره‌برداری بر روی شیب‌هایی که نیروی کشش لکوموتیو توان حرکت دادن وزن مربوطه را داشته باشد.		
۱۰	خطوط رابط جهت تردد لکوموتیوها به‌صورت انفرادی	حداکثر ۳۰		
۱۱	سوزن‌بندی گلوگاه‌های ایستگاه‌ها	شیب‌هایی که در ردیف‌های ۱ و ۲ و ۳ آمده است		
۱۲	سوزن‌های رابط کنترل و بعضی از دو راهه‌ها که بعد از گلوگاه ایستگاه قرار دارند.	روی هر شیب زیر شیب حداکثر		
۱۳	گلوگاه‌های ماهیچه مانور که عملیات تفکیک واگن‌ها را از دنباله مانوری انجام می‌دهند.	گلوگاه را در جهت سرازیری به طرف خطوط مانور با شیب زیر ۳۰ در هزار ایجاد می‌کنند.		
۱۴	دنباله‌های مانوری خارج از گلوگاه ایستگاه	صفر و یا سرازیری ۲/۵ در هزار	در سربالایی‌ها تا ۲ در هزار	

* در این حالت باید پروفیل خط قبول و اعزام به‌صورت مقعر (کاسه‌ای شکل) طراحی شود.

تبصره: بدیهی است که در هر حالت مقدار حداقل حاصل از بندهای ۱ تا ۶ باید در طراحی ملاک عمل قرار گیرد.

پیش نویس غیر قابل استناد

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، سکوهای مرکزی (جزیره‌ای) و سکوهای 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 ترددها طراحی شود.
- ابعاد سکوهای باری باید بر اساس نوع بار، تعداد واگن‌ها و تجهیزات تخلیه و بارگیری در نظر گرفته شود.
- طول متوسط سکوهای 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 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[۲]. در محدوده ارتفاعی ۵۵۰ تا ۷۶۰ میلی‌متر، حداقل فاصله عرضی مرکز خط تا لبه سکو برای خطوط مستقیم 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.
- طراح باید عرض سکو را با در نظر گرفتن یک‌خطه یا دوخطه 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

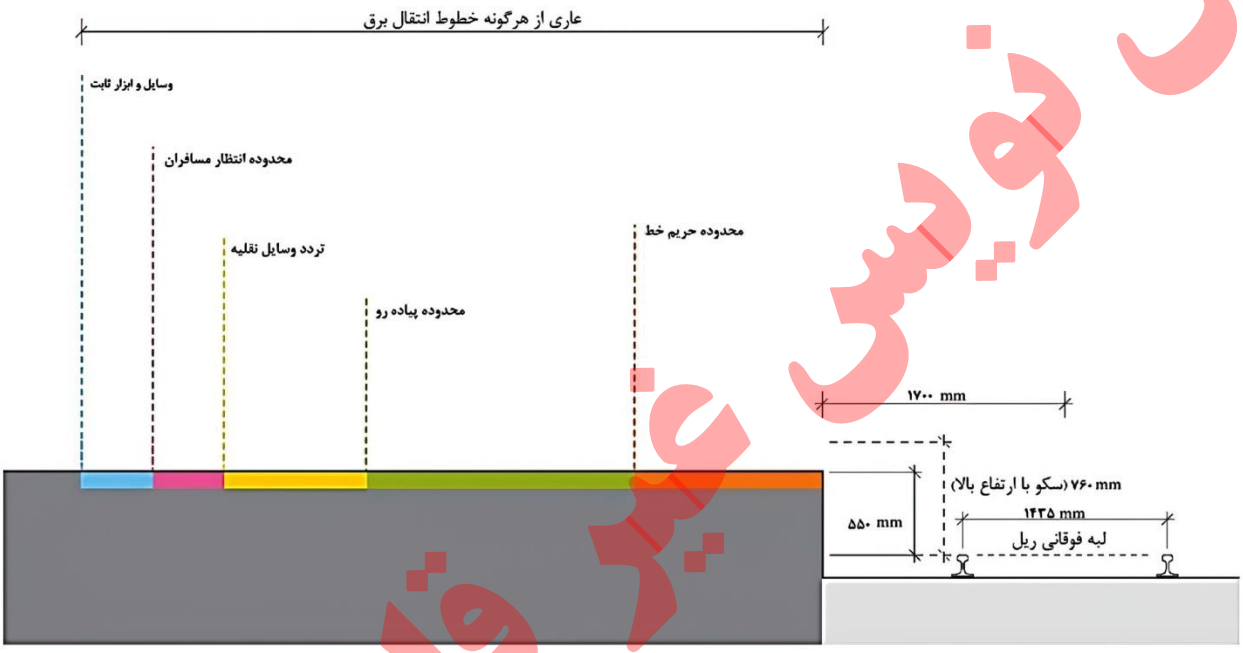
---

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

[۲] طراحی سکوهای 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.

پیش نویس غیر قابل استناد

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 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، به‌گونه‌ای که مسافران بتوانند با چشم غیرمسلح این محدوده‌ها را از یکدیگر تشخیص دهند.



شکل ۵-۲۰ ابعاد یک سکو و محدوده‌های آن

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

پیش نویس غیر قابل استناد

- ✓ برای سکوهای با طول بیشتر از ۲۰۰ متر: حداقل عرض برابر است با مقدار حداقل فضای لازم جهت تأمین ۱ مترمربع فضای ایستادن برای هر مسافر به‌علاوه 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، ۲متر عرض اضافه می‌شود.
- سکو باید به‌گونه‌ای 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 ۲٪ نسبت به مسیر درنظر گرفته تا مانع جاری شدن آب در مسیر شود. مطابق شکل ۵-۲۱، زهکشی آبی که در وسط سکو انجام می‌شود باید به‌خوبی مدیریت شده تا از تجمع آب در مکانی که مسافران قرار دارند، جلوگیری شود. تأمین گرمایش روی سکو نیز، از تشکیل یخ و درنتیجه 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 هنگامی‌که فاصله کمی بین سقف سکو و کابل برق وجود دارد، اقدامات ایمنی برقی خاصی باید اتخاذ شود.

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

فصل ۶

تقاطع‌ها با مسیر ریلی

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

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[۱]، ۱۲۹۰۳[۲] و ۱۴۸۵۶[۳] 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 به‌صورت تقاطع غیرمسطح درنظر 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، به‌طوری‌که 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 به‌گونه‌ای 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 به‌عنوان حداقل فضای لازم جهت عبور قطار، توسط طراح کنترل شود. در طراحی تقاطع غیرهم‌سطح همچنین باید فضایی به‌عنوان مسیر پیاده‌رو در نظر گرفته شود. شکل ۶-۱ یک شمای کلی برای عبور خط ریلی از زیر پل را نشان می‌دهد.

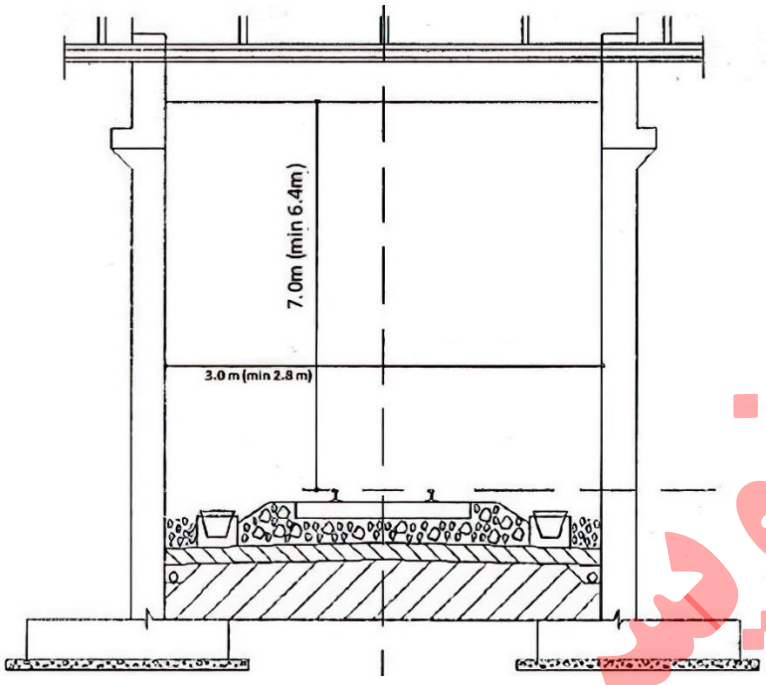
---

[۱] راه‌آهن- تقاطع هم‌سطح- علائم و علامت‌های جاده‌ای

[۲] راه‌آهن- تدابیر لازم جهت محافظت پل‌های راه آهن 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

پیش نویس غیر قابل استناد



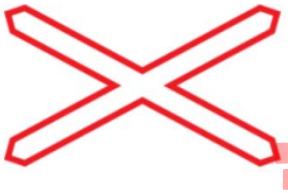
شکل ۶-۱ فضای لازم برای عبور قطار از زیر پل

۶-۳- تقاطع هم‌سطح راه و راه‌آهن

در شرایط استثنایی در صورت ترافیک کم و اقتصادی نبودن احداث تقاطع غیر هم‌سطح با اخذ مجوز از نهادهای ذیربط و با لحاظ ملاحظات به شرح زیر می‌توان تقاطع راه و راه‌آهن را به صورت هم‌سطح در نظر گرفت:

- در صورت تعبیه تقاطع هم‌سطح راه با راه‌آهن باید طرح هندسی پلان و نیم‌رخ راه در محل تقاطع به‌گونه‌ای باشد که توجه راننده به عوامل دیگر و شرایط محیط معطوف نشده و غفلت از وجود راه‌آهن 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.
- 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.

پیش نویس غیر قابل استناد

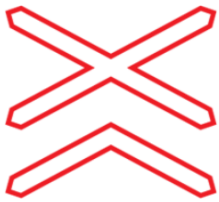


الف: تقاطع با راه‌آهن

ب: تقاطع راه‌آهن با راه‌بند

ج: تقاطع راه‌آهن بدون راه‌بند

د: تقاطع جاده و راه‌آهن با راه‌بند نصب در ۳۰۰ متری

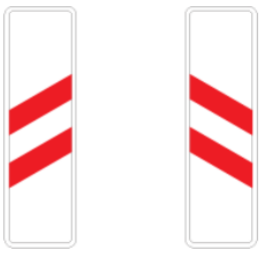


ه: تقاطع با راه‌آهن دوخطه

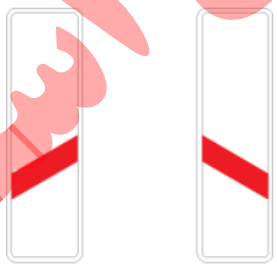
و: تقاطع مسیر قطار شهری

ز: تقاطع جاده و راه‌آهن در ۳۰۰ متری

ح: تقاطع جاده و راه‌آهن بدون راه‌بند نصب در ۳۰۰ متری



ت: تقاطع جاده و راه‌آهن در ۲۰۰ متری

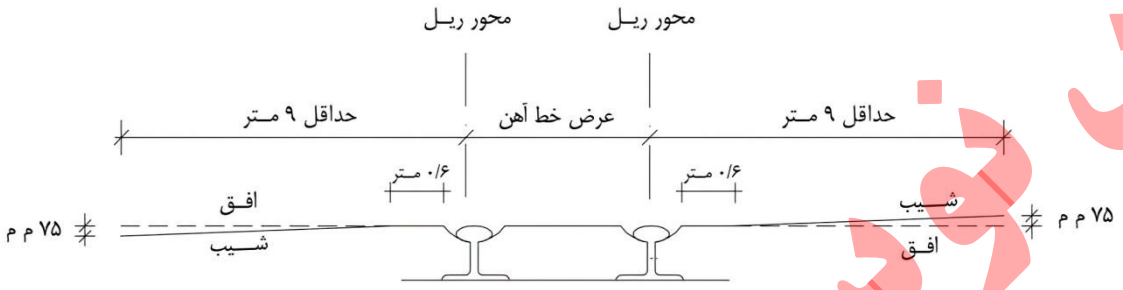


ی: تقاطع جاده و راه‌آهن در ۱۰۰ متری

شکل ۶-۲ علائم راهنمایی استاندارد در تقاطعات

پیش نویس غیر قابل استناد

- 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 آن‌که ملاحظات زهکشی مربوط به آن باید مد نظر طراح قرار داشته باشد.



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 راه‌آهن

در این نوع تقاطع‌ها اغلب مسیر راه‌آهن به‌صورت روگذر عبور می‌کند و به دو صورت امکان عبور از روی پل و یا به‌صورت 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 راه‌آهن صورت گیرد. در هر دو حالت، مطالعات ایمنی عبور قطارها باید به‌دقت انجام و هماهنگی‌های لازم با نهادهای ذیربط به‌عمل‌آمده و مشخصات فنی و دستورالعمل‌های لازم آن رعایت شود.

عبور خطوط لوله از زیر خطوط ریلی، صرف‌نظر 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 می‌نماید 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 به‌صورت 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.

پیش نویس غیر قابل استناد

- 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 به‌صورت 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 به‌گونه‌ای نصب شود که از هرگونه احتمال برخورد تجهیزات ریلی با وسایل نقلیه ریلی، خرابکاری توسط افراد و سایر عوامل اجتناب شود. پوشش مناسبی مطابق نظر کارفرما باید برای خطوط لوله تعبیه 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 خطوط قرارگرفته در تراز بالای خط ریلی، باید خارج از خط ریلی و یا در فاصله بیشتر از ۶ متری نسبت به محور خط باشد (بزرگ‌ترین عدد باید ملاک قرار گیرد).

۶-۵- جاده‌های دسترسی

جاده‌های دسترسی 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. شایان ذکر است، در طراحی یک جاده دسترسی باید توضیحات تکمیلی به شرح زیر مدنظر قرار گیرد:

- نقاط ورود و خروج وسیله نقلیه مشخص باشد.
- نقاط دور زدن و پارک کردن وسیله نقلیه (در صورت نیاز) مشخص باشد.
- عرض و طرح هندسی جاده دسترسی برای عبور کامیون‌هایی که از جاده دسترسی تردد می‌کنند، مناسب باشد. درصورتی‌که 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.

پیش نویس غیر قابل استناد

درصورتی‌که چنین موضوعی ممکن نباشد، مقدار فضای کمتر از عدد فوق باید توسط نماینده بهره‌بردار تأییدشده 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.
- هنگامی‌که 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 ازجمله 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.
- روشنایی جاده دسترسی و همچنین نصب علائم راهنمایی و رانندگی (در صورت لزوم) به نحو مناسبی پیگیری شود.

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.

پیش نویس زیر قابل استناد

- زیرگذر مال‌رو به‌طورمعمول 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.

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

فصل ۷

ملاحظات مرتبط با ابنیه فنی

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

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 بدون‌بالاست 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

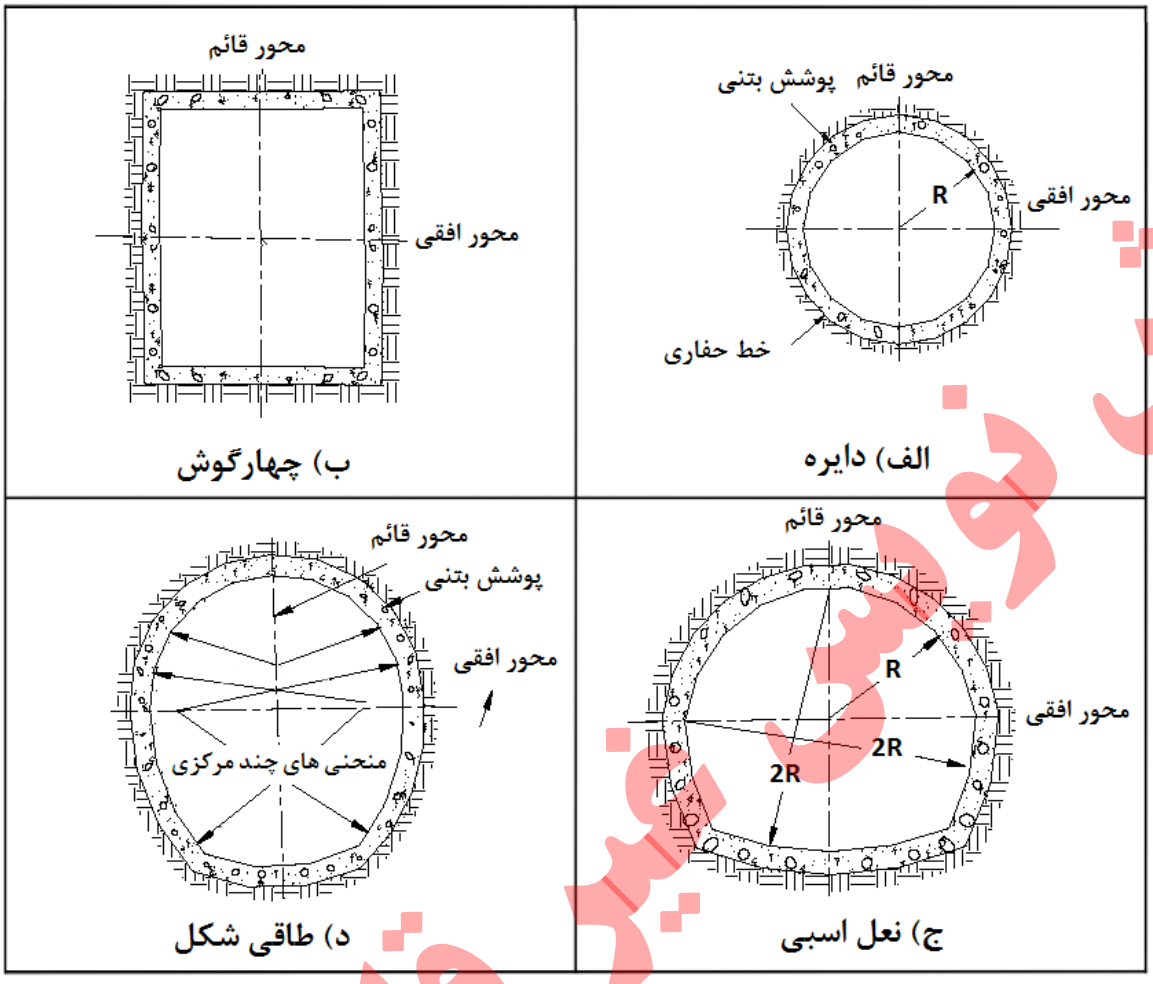
برای تونل‌های راه‌آهن، مقاطع مختلف هندسی نظیر دایره‌ای، چهارگوش، نعل‌اسبی[1] و طاقی[2] می‌توان درنظر گرفت (شکل ۷-۱). انتخاب مقطع تونل به عوامل متعددی بستگی دارد که از جمله مهمترین آن‌ها می‌توان به نوع (تک خطه یا دوخطه) و موقعیت مسیر، طول و عمق تونل، وضعیت زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی منطقه احداث تونل، شرایط هیدرولیکی و سطح آب زیرزمینی، روش احداث و نوع حفاری، ماشین‌آلات دردسترس و ملاحظات اقتصادی اشاره نمود.

ضروری است در مطالعات شبیه‌سازی بهره‌برداری، تأثیرات مقطع تونل بر شیب و فراز مسیر و هندسه خط، با تاکید 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[3] ارائه شده است. ضروری است هندسه تمام شده مقطع تونل‌های جدید به‌گونه‌ای 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.

[1] Horse shoe
[2] Poly centric

[3] به فصل دوم نشریه ۶۸۴ با عنوان انتخاب مسیر و مشخصات هندسی تونل‌های راه‌آهن مراجعه شود.

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۷-۱ نمونه‌هایی از مقاطع تونل‌های راه‌آهن

۷-۲-۲- قوس افقی و قائم در تونل

ضروری است در حالت معمول، موقعیت تونل در طراحی هندسی مسیر راه‌آهن در مسیر مستقیم درنظر 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 درنظر گرفتن قوس افقی در تونل، ضروری است ضمن لحاظ شعاع قوس‌های بالاتر از ۷۰۰ متر[1]، 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.

[1] مقادیر حداقل پارامترهای هندسی در داخل تونل‌ها باید برمبنای حدود معمول مجاز درنظر گرفته شود.

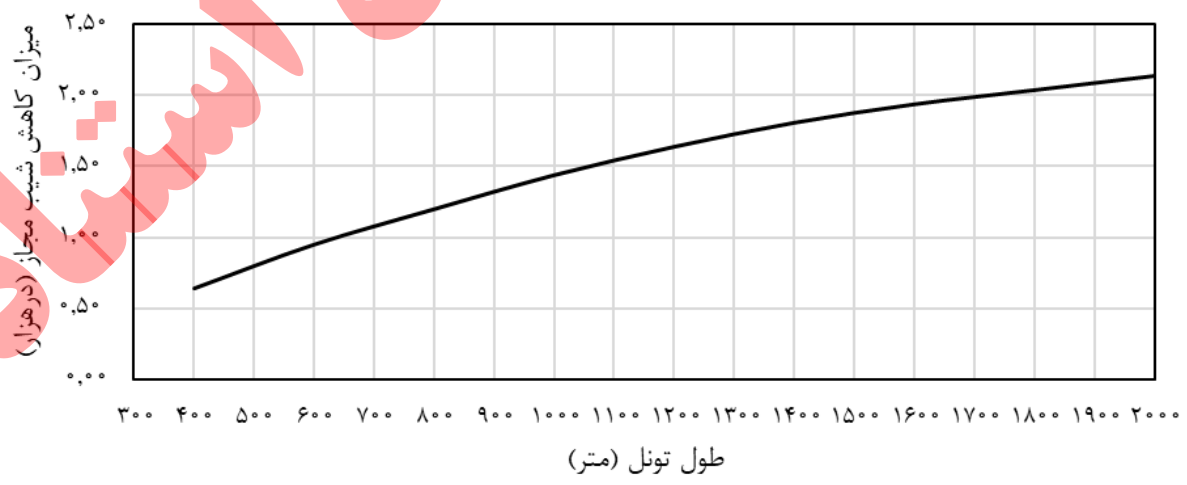
پیش نویس غیر قابل استناد

همچنین تعبیه قوس قائم در موقعیت تونل‌ها، در حالت معمول، توصیه نمی‌شود. در صورت اجبار به درنظر 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 (به‌دلیل شرایط به‌طور معمول مرطوب) و افزایش مقاومت آیرودینامیکی عبور وسائط نقلیه ریلی کمتر از مسیر معمولی درنظر گرفته می‌شود. در مقابل، شیب تندتر باعث کوتاه شدن طول و در نتیجه هزینه کمتر می‌شود، اما محدودیت شدیدی بر بار قطار و درنتیجه 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 درنظر 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 درنظر 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 درهزار در حالت معمول و ۲ درهزار 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 برحسب طول تونل

پیش نویس غیر قابل استناد

۷-۲-۴- 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 به‌گونه 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 امدادرسانی 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)

[2] IRS 70779-9, Safety in Railway Tunnels

[3] NFPA 130, Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems

[4] 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 ونقل ریلی درون شهری و حومه- نشانه‌ها و تابلوها

پیش نویس غیر قابل استناد

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 مسافرین و خدمه قطار و تأمین نیازهای نیروهای امداد جهت امدادرسانی 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 درنظر گرفته شود. حداقل ارتفاع موثر مسیر پیاده‌رو باید از سطح تراز ریل بیشتر باشد. توصیه می‌شود مسیر پیاده‌رو بر اساس تراز ارتفاعی کف قطار و تراز ریل به‌گونه‌ای درنظر 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. درصورت 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 موثر 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[1] باشد. تامین روشنایی می‌تواند با نصب چراغ‌هایی بالاتر از تراز کف پیاده‌رو (که تداخلی با فضای موثر 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.

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

پیش نویس غیر قابل استناد

- 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.

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 توصیه‌شده 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. برای این منظور در تونل‌های بلند، جان‌پناه‌هایی 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 هر دو جان‌پناه نباید از ۱۰۰۰ متر بیشتر درنظر گرفته شود و توصیه می‌شود جانمایی جان‌پناه به‌صورت ضربدری 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[1] سازمان برنامه و بودجه کشور در زمینه طرح پل‌ها و آبروهای تا دهانه ۱۰ متر،

[1] نقشه‌های همسان آبروهای راه‌آهن تا دهانه ۱۰ متر

پیش نویس غیر قابل استناد

نشریه شماره ۲۹۵[۱] 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 ۱۳۹[۲]، ۳۸۹[۳] و ۴۶۳[۴] 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 درنظر گرفته شود. در صورت اجبار به درنظر گرفتن قوس افقی بر روی پل، ضروری است از قوس‌های با شعاع بالاتر از ۷۰۰ متر [۵] بهره گرفته شود و از قوس‌های پی‌درپی و معکوس اجتناب شود. همچنین سایر ملاحظات ناشی از اعمال قوس افقی ازجمله 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.

$$e_b = \frac{L_b^2}{8\,R} \qquad ۷\text{-}۱$$

که در آن:

---

[۱] نقشه‌های همسان پل‌ها و عرشه پل‌های راه‌آهن دهانه ۱۰تا 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 برمبنای حدود معمول مجاز درنظر گرفته شود.

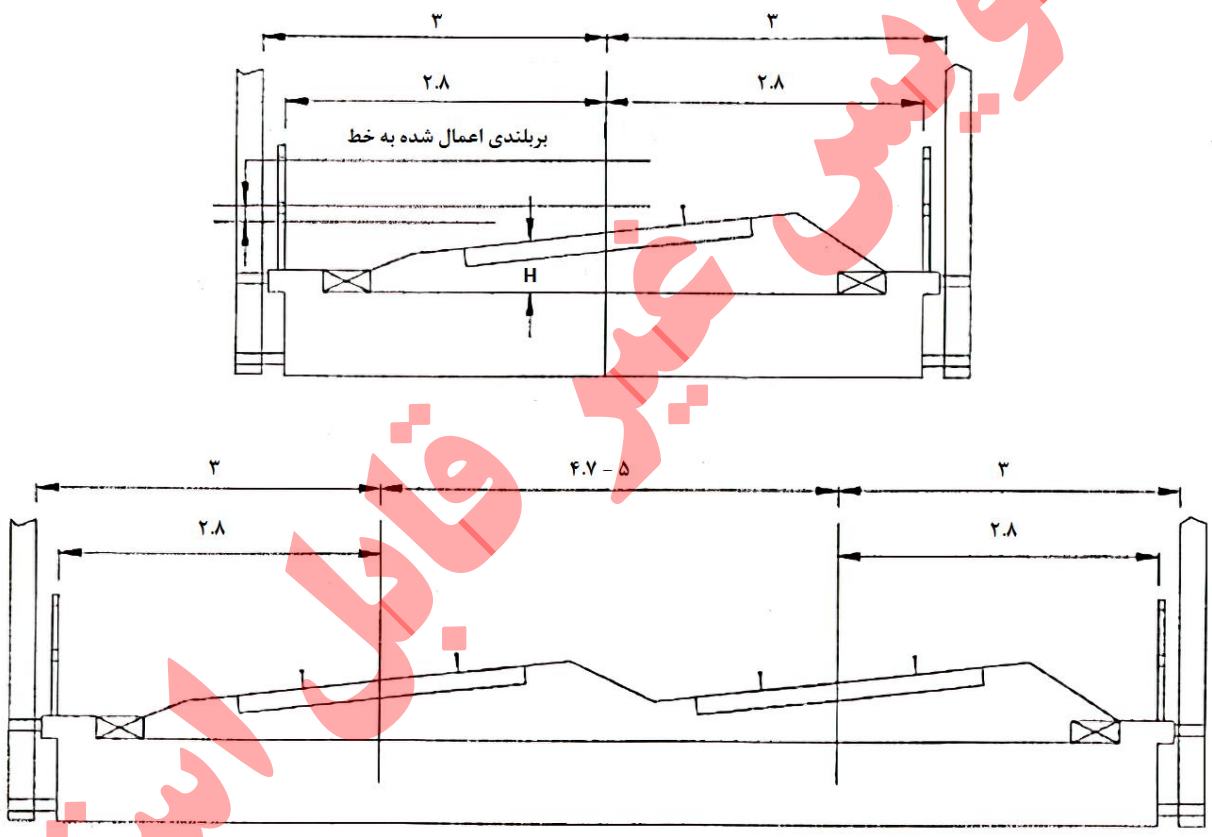
پیش نویس غیر قابل استناد

e_b: اضافه عرض عرشه پل به متر

L_b: طول قطعه مستقیم به متر

R: شعاع قوس به متر است.

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[1]. 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 ۷-۳ مقطع عرضی نمونه پل راه‌آهن یک‌خطه و دوخطه

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

پیش نویس غیر قابل استناد

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 به‌اندازه‌ای 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 درنظر 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 حدامکان 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 مشخص‌شده 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

پیش نویس غیر قابل استناد

گرفتن امکان عبور آب‌آورده‌ها انجام پذیرد. آب‌آورده‌ها می‌تواند مواد آبرفتی، گیاهی و امثال آن باشد که گاهی موجب انسداد دهانه می‌شود. اگر تأمین دهانه کافی آبرو برای عبور آب‌آورده‌ها، اقتصادی نباشد، باید ابنیه کنترلی در بالادست آبرو ایجاد و به راه‌های دسترسی مجهز شود.

۷-۳-۲-۱- 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 سازه‌ای آبرو قابل‌استفاده 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 پیش‌ساخته به‌جای 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 پیش‌ساخته 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 پایین‌دست شود، می‌توان با تغییر شیب آبرو از سرعت آن کاست. در مواردی که سرعت خروجی با تغییر شیب کاهش قابل‌توجهی 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.

۷-۳-۲-۲- 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 قابل‌دسترسی 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.

پیش نویس غیر قابل استناد

- 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 آئین‌نامه 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 پیش‌بینی‌شده 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

پیش نویس غیر قابل استناد

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 ذوزنقه‌ای باشد.

۷-۴-۳-۱- مقطع مثلثی شکل

کانال مثلثی[۱]، 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 ذوزنقه‌ای شکل

معمولی‌ترین شکل کانال برای آب‌های سطحی با دبی زیاد و سرعت متوسط، مقطع ذوزنقه‌ای شکل است. کانال‌های ذوزنقه‌ای به‌آسانی به‌وسیله 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.

۷-۴-۴- تخلیه آب‌های ورودی به حریم

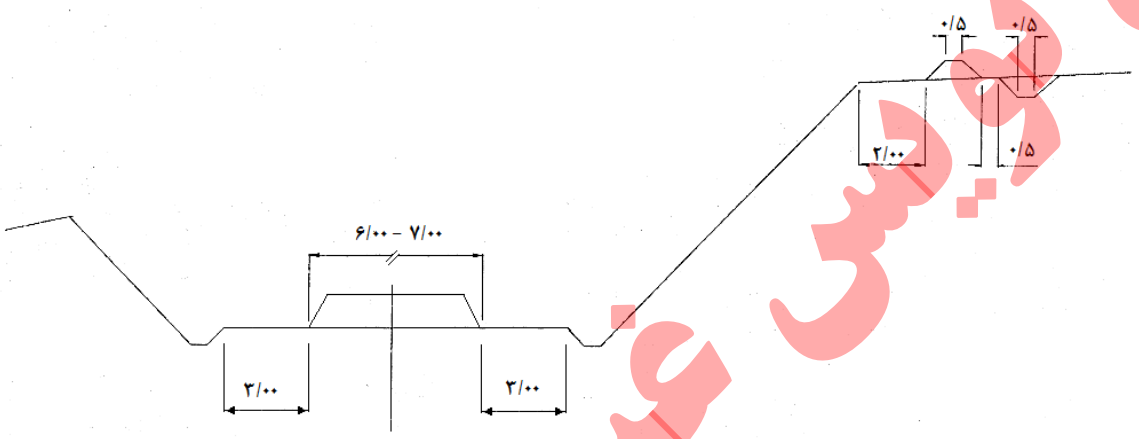
۷-۴-۴-۱- تخلیه آب‌های ورودی به حریم در خاکبرداری

برای تخلیه آب‌هایی که از اراضی بالادست خاکبرداری به‌طرف حریم سرازیر می‌شوند، از جوی‌های بالای شیروانی (مطابق شکل ۷-۴) استفاده می‌شود. جوی‌های با شیب تند که در آن‌ها خطر آب‌شستگی وجود دارد، بهتر است

[۱] یا V شکل

پیش نویس غیر قابل استناد

پوشش‌دار باشند. برای جوی‌های با شیب تندتر از ۱ به ۴ می‌توان از پوشش‌های پیش‌ساخته استفاده کرد. بهتر است در محل‌های مناسب، رواناب سطحی جمع‌آوری‌شده توسط جوی‌های بالای شیروانی به‌وسیله 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 ۷-۴ جوی بالای ترانشه برای جمع‌آوری آب‌های وارده به حریم (واحدها به متر)

۷-۴-۴-۲- 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[1] 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 به‌کار می‌رود. دیوار حائل با حذف یا کاهش شیب شیروانی‌ها به کم شدن فضای

[1] راهنمای طراحی دیوارهای حائل

پیش نویس غیر قابل استناد

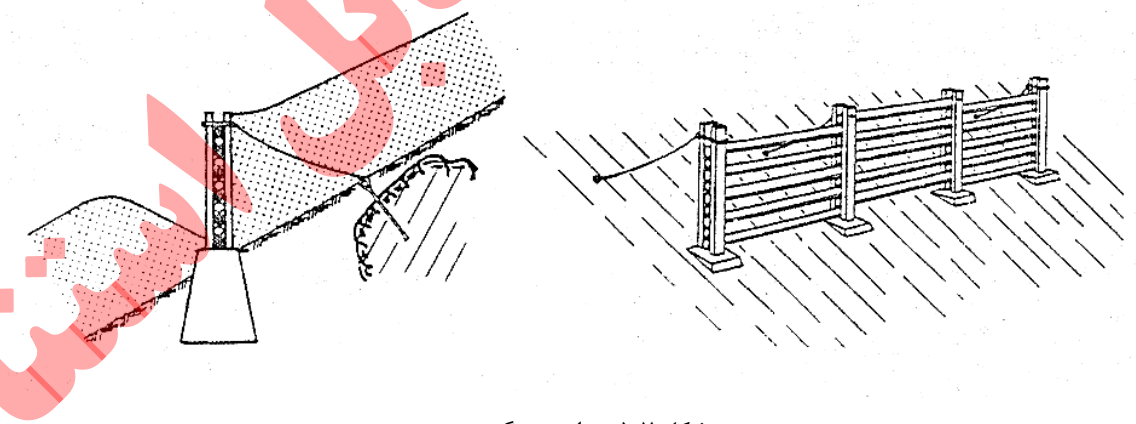
اشغالی و زیبایی طرح کمک می‌کند. بسته به محدودیت‌های اجرایی، مصالح موجود، اهمیت و نوع تأسیسات واقع بر روی خاک، شرایط اقلیمی و درنهایت اقتصاد طرح می‌توان از دیواره‌های حائل مختلفی مانند دیوار وزنی، طره‌ای، پیش‌ساخته و خاک مسلح استفاده کرد. دیوارهای حائل باید با ضرایب اطمینان مناسبی در برابر بارهای وارده و نیروهای داخلی لغزش و واژگونی ناشی از آن‌ها، طبق آیین‌نامه‌های مربوطه طراحی شود. انتخاب نوع دیوار و طراحی آن در حوزه 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 ازلحاظ 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 مقدور نباشد از گالری بهمن‌گیر استفاده می‌شود که ازلحاظ 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 درهرحال به علت ارتفاع کم خاک، روی آن باید زهکشی کافی داشته باشد.



شکل ۷-۵ دیوار بهمن‌گیر

پیش نویس غیر قابل استناد

۷-۵-۲-۲- گالری‌های زیر بستر رودخانه

اگر عبور راه‌آهن از زیر رودخانه ضروری باشد از این گالری استفاده می‌شود. جریان آب رودخانه قبل از رسیدن به گالری، به کمک دیوارهای هدایت آب طرفین، جمع‌آوری و کنترل می‌شود. 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 عایق‌بندی مناسبی داشته باشد تا از نفوذ آب به داخل گالری ممانعت نماید.

۷-۵-۳- حفاظت در برابر ماسه‌های روان

ضروری است تمهیدات کافی برای حفاظت خط از حمله ماسه‌های روان توسط طراح در نظر گرفته شود. تمهیدات مقابله با ماسه‌های روان به سه محدوده اصلی مبدا، مسیر و مقصد ماسه‌های روان و چهار روش گیاهی، شیمیایی، مکانیکی و راهکارهای نوین طبقه‌بندی می‌شوند که راهکار بهینه باید بر اساس منطقه طرح و با هماهنگی کارفرما و بهره‌بردار انتخاب شود. ضروری است ضوابط مربوط به انتخاب نوع روسازی مناسب در مناطق کویری مستعد حمله ماسه‌های روان مطابق نشریه ۸۶۳ سازمان برنامه و بودجه کشور در نظر گرفته شود. از جمله تمهیدات حفاظت در برابر ماسه‌های روان می‌توان به روش‌های زیر اشاره نمود:

- مسیر در وضعیت مناسب‌تری قرار داده‌شده و تراز ریل، بالاتر انتخاب شود. قرارگیری مسیر در موقعیت برداشت و رسوب‌گذاری ماسه‌های روان مجاز نیست.
- با روش‌های مختلف ازجمله توسعه فضای سبز و استفاده از گونه‌های گیاهی منطبق با شرایط اقلیمی(مانند گز و طاق)، مالچ پاشی و سایر موارد مورد تایید، 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.

۷-۵-۴- 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.

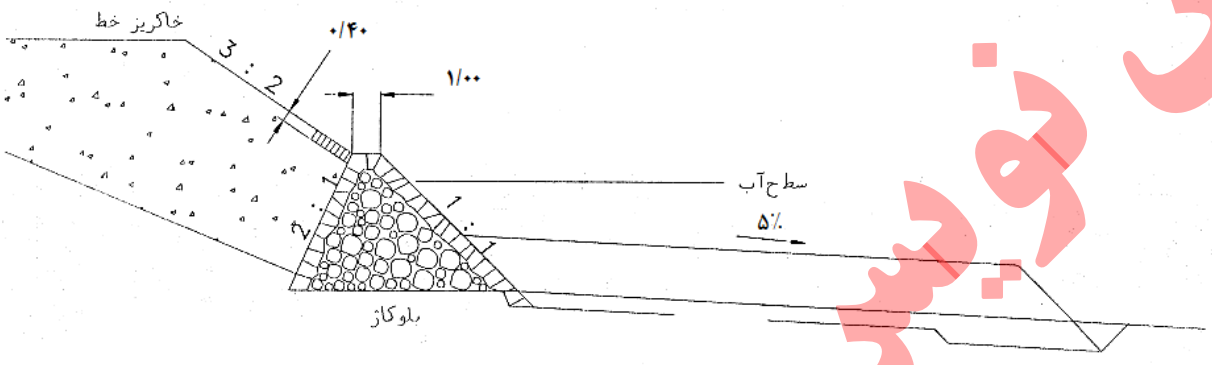
۷-۵-۴-۱- استفاده از دیوارهای عمود بر جریان به جهت کاهش سرعت جریان و حفاظت خاکریز (اپرون)

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

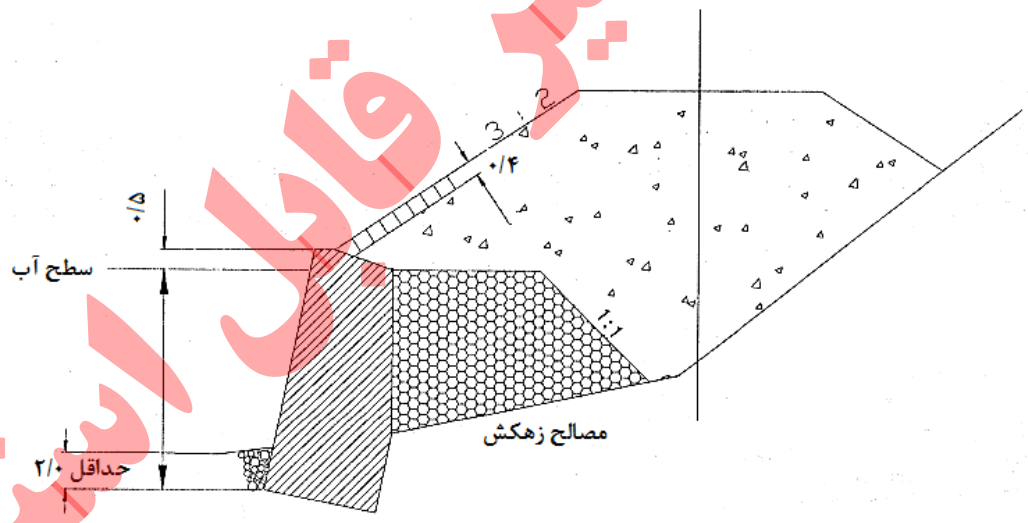
پیش نویس غیر قابل استناد

۷-۵-۴-۲- تقویت پاشنه و دیوارسازی

در کنار مسیل‌های غیردائمی می‌توان با تقویت و ایجاد دیوار، خط را از خطر آب‌شستگی محفوظ داشت. این دیوارها ازلحاظ مصالح (از جمله مصالح بنایی و گابیون) و شکل، انواع مختلفی دارند. شکل ۷-۷ یک نمونه از این دیوارها را نشان می‌دهد.



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



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

پیش نویس غیر قابل استناد

پیوست الف

کلیات مطالعات شبیه‌سازی بهره‌برداری

(ارزیابی تأثیر هندسه مسیر بر بهره‌برداری و ظرفیت)

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

أ-۱- مقدمه

در طراحی هندسی مسیر راه‌آهن، ضروری است که ضوابط فنی آیین‌نامه‌ای از یک طرف و رویکرد بهینه‌سازی اقتصادی از طرف دیگر به‌صورت یکپارچه در نظر گرفته شود. به‌گونه‌ای که انتظارات مدنظر بهره‌بردار با رویکرد بهینه فنی و اقتصادی برآورده می‌شود. برای دستیابی به این هدف، ضروری است شبیه‌سازی بهره‌برداری قطارهای عبوری از روی خط طراحی‌شده با لحاظ حداکثر ظرفیت مورد نیاز، مطالعه شود. این مطالعه به کمک عبور قطارهای تشکیل‌شده به‌صورت مجازی از مسیر طراحی‌شده انجام می‌پذیرد و معیارهای بهره‌برداری مرتبط بر اساس نتایج شبیه‌سازی کنترل می‌شود. تهیه سند مطالعات شبیه‌سازی بهره‌برداری برای هر خط جدیدالاحداث الزامی است. همچنین در خطوط ارتقا یافته، باید این مطالعات در زمان بهسازی و بازسازی انجام‌گرفته تا با استناد به آن، گلوگاه‌های مسیر شناسایی و رفع شود.

أ-۲- اهداف شبیه‌سازی بهره‌برداری حرکت قطار

شبیه‌سازی بهره‌برداری قطارها به‌منظور کنترل الزامات زیر (الزامات بهره‌برداری) انجام می‌شود:

۱- بررسی اثرات ناشی از احداث هر یک از گزینه‌های مسیر روی شبکه سراسری راه‌آهن ازنظر ظرفیت حمل و غیره.

۲- بررسی اینکه بهره‌بردار با توجه به ناوگانی که در اختیار دارد؛ با چه سرعتی می‌تواند از مسیر طراحی‌شده عبور نماید. آیا این سرعت پاسخگوی نیازهای بهره‌بردار هست یا خیر. درصورتی‌که جواب منفی است، شیب و فراز مسیر طراحی‌شده به چه میزان باید اصلاح شود تا انتظار بهره‌بردار تأمین شود؟ طراحی مسیر باید به‌گونه‌ای 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 اظهارنظر در مورد یک یا دوخطه بودن مسیر در هر یک از گزینه‌های موردمطالعه.

۴- بررسی نوع ناوگان مناسب برای مسیر طراحی‌شده در صورت وجود گزینه‌های مختلف در تهیه ناوگان و نیروی کشش و همچنین بررسی تأثیر متقابل ناوگان و مسیر طراحی‌شده و تعدیل اثرات مخرب آن‌ها بر یکدیگر با ارائه طرح هندسی مناسب. به‌عنوان نمونه، درصورتی‌که 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

پیش نویس غیر قابل استناد

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-اعلام نظر و کنترل شیب و فراز مسیر طراحی‌شده، بررسی تأثیر شیب و فرازهای پیاپی بدون در نظر گرفتن شیب افقی در حدفاصل آن‌ها 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. درنتیجه 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:

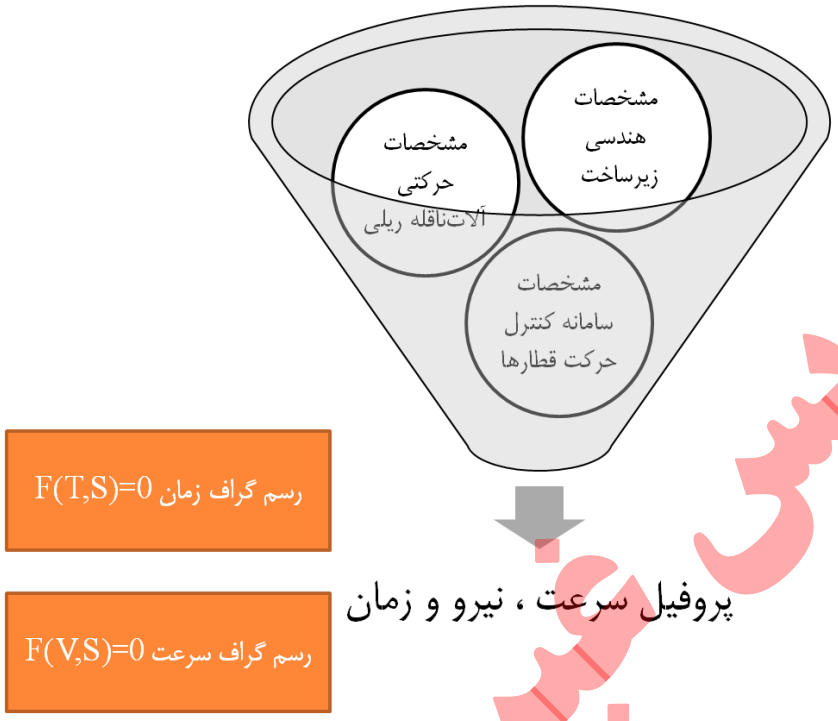
- فراز حاکم
- فراز کشش دوبل (در صورت وجود)
- فراز مومنتم (در صورت وجود)
- شیب‌های مضر (در صورت وجود)

أ-۳- 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 بررسی‌شده و نیم‌رخ طولی و عرضی

پیش نویس غیر قابل استناد

مسیر با توجه به مسائل فوق‌الذکر اصلاح می‌شود. طرح نهایی مسیر پس از انجام اصلاحات لازم، ارائه‌شده و مسیر برای اجرا آماده می‌شود. فرآیند محاسبات اشاره شده به صورت کلی در شکل أ-۱ ارائه شده است.



شکل أ-۱ خروجی و ورودی محاسبات شبیه‌سازی بهره‌برداری حرکت قطار

منظور از شبیه‌سازی حرکت قطار، بررسی نحوه حرکت قطار در شیب و فرازهای پی‌درپی، به‌دست‌آوردن نیروهای شتاب‌دهنده و ترمزگیری از طریق حل معادلات حرکت، محاسبه زمان سیر و در نهایت رسم پروفیل‌های سرعت- مکان، زمان سیر- مکان و نیروی کشش (یا ترمز)- مکان می‌باشد.

قطار طی حرکت در بلاک‌های دارای فراز، قادر است سرعت خود را تا جایی افزایش دهد که نیروی شتاب‌دهنده 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 می‌یابد. در بلاک‌های دارای نشیب، نیروی حاصل از شیب به صورت شتاب‌دهنده عمل نموده و سبب افزایش سرعت قطار می‌شود. با این‌حال در برخی موارد نظیر نشیب‌های تند و درحالی‌که مجموع نیروهای مقاوم منفی است، علیرغم خلاص حرکت‌کردن (صفرشدن نیروی کشش) قطار تمایل به افزایش سرعت دارد. در این موارد با اعمال نیروی ترمز، از افزایش سرعت جلوگیری می‌شود. شبیه‌سازی بهره‌برداری حرکت قطار از قوانین حرکت نیوتن پیروی می‌نماید. به شکل ساده، رابطه شبیه‌سازی به شرح أ-۱ قابل بیان می‌باشد:

$$\sum F_{Traction} - \sum F_{Resistance} = m_{train} \times a_{train} \qquad \text{أ-۱}$$

در این رابطه:

پیش نویس غیر قابل استناد

$\sum F_{traction}$ 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 می‌گیرد.

پیش نویس غیر قابل استناد

پیوست ب

راهنمای طراحی سیستم زهکشی در خطوط راه‌آهن

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

ب-۱- راهنمای طراحی سیستم زهکشی در خطوط راه‌آهن

سیستم زهکشی و هدایت آب‌های سطحی شامل پل‌ها، آبروها، کانال‌های زهکشی و سیستم‌های زهکشی طولی و عرضی خطوط ریلی باید به‌گونه‌ای طراحی شود تا کمترین انسداد در آن رخ دهد. به عبارتی عملکرد آن باید به‌گونه‌ای باشد که آب به‌صورت دائم در جریان بوده و سیستم زهکشی برای کنترل موارد پیش‌بینی‌نشده به‌طور 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. به‌عنوان‌مثال 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 درنهایت منجر به خرابی سریع‌تر سیستم شود. بر این اساس توصیه می‌شود در صورت امکان از زهکشی‌های سطحی (کانال‌های روباز) به‌جای زهکشی‌های زیرسطحی استفاده شود زیرا به‌راحتی دیده‌شده و نگهداری آن‌ها به‌مراتب 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. به‌طورکلی، مقدار آبی که زهکش برای پاسخگویی به آن طراحی می‌شود، شامل موارد زیر مطابق رابطه ب-۱ است:

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

که در آن:

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

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

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

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

پیش نویس غیر قابل استناد

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. شایان‌ذکر است در زهکش‌های سطحی مقادیر Q_S و Q_C 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[1] و دوره بازگشت طرح، مساحت حوزه آبگیر، 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 حوزه آبگیر 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:

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

که در آن؛

Q: دبی اوج جریان (مترمکعب بر ثانیه)،

F: ضریب تبدیل به واحد مورداستفاده (اگر واحد مساحت حوزه کیلومترمربع باشد برابر با ۰.۲۷۸ و اگر واحد مساحت هکتار باشد برابر با ۰.۰۰۲۷۸ 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 حوزه تعیین می‌شود)

A: مساحت حوضه آبریز برحسب کیلومترمربع یا هکتار

[1] عبارت است از زمان لازم برای اینکه دورترین قطره آب رواناب سطحی یک حوزه به نقطه تمرکز برسد. زمان تمرکز حاصل جمع زمان جریان در روی زمین و زمان جریان در کانال باز تا دهانه آبرو یا پل می باشد.

پیش نویس غیر قابل استناد

در روش استدلالی، دوره بازگشت سیلاب طرح با دوره بازگشت بارندگی برابر است و شدت بارندگی برای تمام سطح حوزه آبریز یکسان فرض شده است که این فرض کاربرد این روش را محدود می‌سازد و بهتر است فقط برای حوزه‌های آبریز کوچک و ساده (توصیه کوچک‌تر از ۱/۳ کیلومترمربع) به‌کار رود. اگر حوزه آبریز نسبتا کوچک باشد و کانال اصلی از چند انشعاب تغذیه شود، بهتر است روش استدلالی را برای هریک از انشعاب‌ها جداگانه به‌کار گرفت و سپس جریان کانال اصلی را از جمع جریان آب انشعاب‌ها به‌دست آورد. دبی جریان کانال اصلی را می‌توان از هیدروگراف[1] سیل نیز، در صورت وجود به‌دست آورد. برای به‌دست آوردن نتایج معقول از روش استدلالی، باید درتطبیق 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 جمع‌شدن در گودال‌های سطحی حوزه آبریز تلف می‌شود. جدول ب-۱ مقادیر ضرایب رواناب در مناطق ساخته نشده را در دوره بازگشت ۵ تا ۱۰ سال به‌دست می‌دهد که مجموع عوامل پستی و بلندی اراضی حوزه (میزان شیب)، جنس اراضی (میزان نفوذپذیری)، میزان پوشش گیاهی حوزه (ایجاد مانع در مسیر جریان آب) و میزان چاله در حوزه (تأخیر در جریان آب) می‌باشد. برای مناطق ساخته شده، این ضریب در جدول ب-۲ آمده است. برای دوره‌های بازگشت بیشتر، باید ضریب رواناب (C) را در ضرایب تبدیل (C_f) ارائه شده در ب-۳ ضرب نمود. به هرحال مقدار این حاصل‌ضرب نباید از یک تجاوز کند. لازم به ذکر است استفاده از روش استدلالی برآورد رواناب اوج برای حوزه‌های دارای مساحت بیش از ۲ کیلومتر مربع، دارای تقریب زیاد است و برای حوزه‌های بزرگ استفاده از دو روش زیر توصیه می‌شود:

۱- آنالیز آماری دبی سیلاب

۲- استفاده از مدل های بارش-رواناب

اگر حوزه آبریز از پوشش‌های سطحی مختلف تشکیل شده باشد، ضریب رواناب را می‌توان از رابطه ب-۳ به‌دست آورد.

$$C=\frac{C_1A_1+C_2A_2+\cdots}{A_1+A_2+\cdots}$$ ب-۳

که در آن؛

C: ضریب متوسط رواناب برای کل حوزه آبریز

C_1: ضریب رواناب هر بخش از حوزه آبریز

A_1: مساحت هر بخش از حوزه آبریز

[1] به منحنی تغییرات دبی بر حسب زمان برای یک حوزه آبریز، هیدروگراف گفته می‌شود

پیش نویس غیر قابل استناد

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

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

پیش نویس غیر قابل استناد

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

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

ب-۴- طراحی سیستم زهکشی

ابعاد اجزای سیستم زهکشی باید با در نظر گرفتن دو معیار تعیین شود. معیار اول این‌که اجزای زهکشی باید بتوانند حداقل موردنیاز جریان را از خود عبور دهند و معیار دوم اینکه ابعاد این اجزاء به‌گونه‌ای 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 مورداستفاده قرارگرفته 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 طراحی‌شده 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 ساخته‌شده باشد، باید قبل از نصب سیستم توسط مهندس طراح بررسی و ارزیابی‌شده 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_S و Q_C 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:

پیش نویس غیر قابل استناد

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 به‌عنوان 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

نوع کانال	سرعت (متر بر ثانیه)
ماسه ریزدانه	۰.۴۵
لای	۰.۶۰
شن ریزدانه	۰.۷۵
رس سخت	۰.۹۰
شن درشت	۱.۲۰
سنگ سخت، شیل	۱.۵۰

پیش نویس غیر قابل استناد

جدول ب-۵ ضریب زبری مانینیگ برای انواع کانال‌ها

مصالح کانال	ضریب زبری
کانال‌های بسته	
لوله یا جعبه بتنی	۰.۰۱۲
لوله‌های فولادی کاریوگیت یا مارپیچ	۰.۰۲۰
لوله رسی	۰.۰۱۲
لوله سیمانی دارای الیاف	۰.۰۱۰
لوله p.v.c	۰.۰۰۹
لوله فولادی	۰.۰۰۹-۰.۰۱۱
کانال‌های باز با پوشش سطحی	
آستر (روکش) بتنی	۰.۰۱۳-۰.۰۱۷
کانال‌هایی که کف شن و دیواره‌ها پوشش بتنی دارد	۰.۰۱۷-۰.۰۲۰
کانال‌هایی که کف شن و دیواره‌ها پوشش سنگی دارد	۰.۰۲۳-۰.۰۳۳
آسفالت زبر	۰.۰۱۶
آسفالت هموار	۰.۰۱۳
کانال‌های بدون پوشش سطحی – سطح زمین یکنواخت	
کانال صاف	۰.۰۱۶-۰.۰۱۸
دارای چمن با ارتفاع کم	۰.۰۲۲-۰.۰۲۷
ماسه‌ای	۰.۰۲۲-۰.۰۲۵
کانال‌های بدون پوشش سطحی – سطح زمین غیریکنواخت	
بدون پوشش گیاهی	۰.۰۲۲-۰.۰۲۵
چمن به همراه مقداری علف هرز	۰.۰۳۰-۰.۰۳۵
علف‌های هرز متراکم	۰.۰۳۰-۰.۰۳۵
کانال‌هایی که کف شن و دیواره‌ها صاف هستند	۰.۰۲۵-۰.۰۳۰
کانال‌هایی که کف سنگ‌فرش و دیواره‌ها صاف هستند	۰.۰۳۰-۰.۰۴۰
سنگی	
صاف و یکنواخت	۰.۰۳۵-۰.۰۴۰
دندانه‌دار و نامنظم	۰.۰۴۰ – ۰.۰۴۵

ب-۴-۱-۲- مرحله دوم - محاسبه شیب زهکش

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

پیش نویس غیر قابل استناد

این حالت، احتمال انسداد وجود دارد که رفع آن در زهکش سطحی به‌راحتی قابل انجام است. لازم به ذکر است که هرچه شیب زهکش کمتر شود، به دلیل افزایش رسوب، تمایل به مسدود شدن زهکش بیشتر می‌شود. درنتیجه، مراحل نگهداری زهکش نیز افزایش می‌یابد. شیب موردنیاز زهکش‌ها 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 ساده‌شده آن (مطابق رابطه ب-۵) محاسبه می‌شود.

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

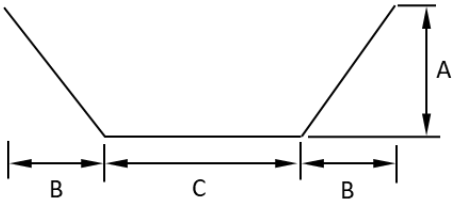
که در آن (Q) دبی جریان یا ظرفیت برحسب مترمکعب بر ثانیه، (n) ضریب زبری (از جدول ب-۵)، (A) مساحت مقطع عرضی کانال انتخاب‌شده، (R) شعاع هیدرولیک که برابر است با نسبت (A) به سطحی از کانال که در تماس با آب است و (S) شیب زهکش است. اگر $X = A \times R^{0.67}$ درنظر گرفته شود، رابطه ب-۴ را می‌توان به‌صورت رابطه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

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

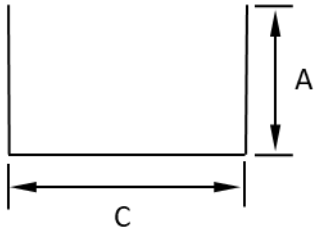
پیش نویس غیر قابل استناد

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

کانال نوع۱ - ذوزنقه‌ای



کانال نوع۲ – مربعی



شماره	ابعاد کانال (mm) A	B	C	محیط (m)	محیط اشباع (m)	شعاع هیدرولیکی (m)	X
۱	۲۰۰	–	۳۰۰	۰.۰۶۰	۰.۷۰۰	۰.۰۸۶	۰.۰۱۲
۲	۲۰۰	–	۴۵۰	۰.۰۹۰	۰.۸۵۰	۰.۱۰۶	۰.۰۲۰
۳	۲۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۰.۱۰۰	۰.۸۶۰	۰.۱۱۵	۰.۰۲۴
۴	۲۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۰.۱۲۰	۱.۰۲۱	۰.۱۱۸	۰.۰۲۹
۵	۲۰۰	۲۰۰	۴۵۰	۰.۱۳۰	۱.۰۱۶	۰.۱۲۸	۰.۰۳۳
۶	۳۰۰	–	–	۰.۱۳۵	۱.۰۵۰	۰.۱۲۹	۰.۰۳۴
۷	۳۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۰.۱۵۰	۱.۰۲۱	۰.۱۴۷	۰.۰۴۲
۸	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۰.۱۸۰	۱.۱۴۹	۰.۱۵۷	۰.۰۵۲
۹	۴۵۰	–	۴۵۰	۰.۲۰۳	۱.۳۵۰	۰.۱۵۰	۰.۰۵۷
۱۰	۳۰۰	۲۰۰	۴۵۰	۰.۱۹۵	۱.۱۷۱	۰.۱۶۷	۰.۰۵۹
۱۱	۳۰۰	۴۵۰	۳۰۰	۰.۲۲۵	۱.۳۸۲	۰.۱۶۳	۰.۰۶۷
۱۲	۳۰۰	۳۰۰	۴۵۰	۰.۲۲۵	۱.۲۹۹	۰.۷۷۳	۰.۰۷۰
۱۳	۳۰۰	۲۰۰	۶۰۰	۰.۲۴۰	۱.۳۲۱	۰.۱۸۲	۰.۰۷۷
۱۴	۳۰۰	۴۵۰	۴۵۰	۰.۲۷۰	۱.۵۳۲	۰.۱۷۶	۰.۰۸۵
۱۵	۴۵۰	–	۶۰۰	۰.۲۷۰	۱.۵۰۰	۰.۱۸۰	۰.۰۸۶
۱۶	۳۰۰	۳۰۰	۶۰۰	۰.۲۷۰	۱.۴۴۹	۰.۱۸۶	۰.۰۸۸
۱۷	۳۰۰	۴۵۰	۶۰۰	۰.۳۱۵	۱.۶۸۲	۰.۱۸۷	۰.۱۰۳
۱۸	۳۰۰	۲۰۰	۹۰۰	۰.۳۳۰	۱.۶۲۱	۰.۲۰۴	۰.۱۱۴
۱۹	۴۵۰	۳۰۰	۴۵۰	۰.۳۳۸	۱.۵۳۲	۰.۲۲۰	۰.۱۲۳
۲۰	۳۰۰	۳۰۰	۹۰۰	۰.۳۶۰	۱.۷۴۹	۰.۲۰۶	۰.۱۲۵
۲۱	۴۵۰	–	۹۰۰	۰.۴۰۵	۱.۸۰۰	۰.۲۲۵	۰.۱۵۰
۲۲	۴۵۰	۴۵۰	۴۵۰	۰.۴۰۵	۱.۷۲۳	۰.۲۳۵	۰.۱۵۴
۲۳	۴۵۰	۳۰۰	۶۰۰	۰.۴۰۵	۱.۶۸۲	۰.۲۴۱	۰.۱۵۷
۲۴	۳۰۰	۴۵۰	۹۰۰	۰.۴۰۵	۱.۴۴۱	۰.۲۸۱	۰.۱۷۴
۲۵	۴۵۰	۴۵۰	۶۰۰	۰.۴۷۳	۱.۸۷۳	۰.۲۵۲	۰.۱۸۸
۲۶	۴۵۰	۳۰۰	۹۰۰	۰.۵۴۰	۱.۹۸۲	۰.۲۷۲	۰.۲۲۷
۲۷	۴۵۰	۴۵۰	۹۰۰	۰.۶۰۸	۲.۱۷۳	۰.۲۸۰	۰.۲۶۰
۲۸	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۰.۷۲۰	۲.۲۹۷	۰.۳۱۳	۰.۳۳۲
۲۹	۶۰۰	۶۰۰	۹۰۰	۰.۹۰۰	۲.۵۹۷	۰.۳۴۷	۰.۴۴۰

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

پیش نویس غیر قابل استناد

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

پس از مشخص شدن ظرفیت زهکش بر اساس ابعاد فرض شده در گام قبل، باید ظرفیت محاسبه‌شده با ظرفیت موردنیاز مستخرج از معادله ب-۱ مقایسه شود. اگر ظرفیت زهکش طراحی‌شده (در گام سوم) به میزان قابل‌توجهی 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-۴-۱-۵- 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 ذکرشده در جدول ب-۴ باشد. سرعت آب در کانال با استفاده از رابطه ب-۶ محاسبه می‌شود:

$$V = \frac{Q}{A} \qquad \text{ب-۶}$$

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 می‌شود و (A) مساحت کانال انتخاب‌شده (مترمربع) می‌باشد.

ب-۴-۱-۶- مرحله ششم - کنترل لزوم ایجاد پوشش برای دیواره‌های 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 می‌توان با در نظر گرفتن پوشش مناسب برای دیواره‌های کانال و درنتیجه تغییر مقدار ضریب زبری مانینگ، مقدار ظرفیت کانال را افزایش یا کاهش داد. در این حالت نوع پوشش دیواره‌های کانال باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که سرعت مجاز به‌دست آمده، بزرگ‌تر از مقدار محاسبه‌شده در مرحله ۵ باشد. جدول ب-۷ مقدار حداکثر سرعت مجاز برای انواع مختلف پوشش دیواره‌های تونل را نمایش می‌دهد.

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

نوع روکش	سرعت (متر بر ثانیه)
پوشیده شده با چمن	۱.۸
سنگ‌های با قطر ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلیمتر	۳-۲.۵
تخته‌سنگ با قطر ۲۵۰ میلیمتر	۵
سنگ‌های محکم بسته‌شده	۶
آسفالت	۳
بتن	۶

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

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

پیش نویس غیر قابل استناد

- 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 داده‌شد، 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 به‌دست 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. درنهایت، 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 درنظر گرفته شده است:

- لوله بتنی: ۰.۰۱۱
- لوله سیمانی دارای الیاف: ۰.۰۱۰
- P.V.C : 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

پیش نویس غیر قابل استناد

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)
۱۰۰	لوله سیمانی دارای الیاف	۱۰۰	۶.۷
		۲۰۰	۴.۷
		۳۰۰	۳.۸
	فلزی	۱۰۰	۵.۵
		۲۰۰	۳.۹
		۳۰۰	۳.۲
	بتنی	۱۰۰	۶.۰
		۲۰۰	۴.۳
		۳۰۰	۳.۵
۱۵۰	لوله سیمانی دارای الیاف	۱۰۰	۱۹.۷
		۲۰۰	۱۳.۹
		۳۰۰	۱۱.۴
	فلزی	۱۰۰	۱۶.۴
		۲۰۰	۱۱.۶
		۳۰۰	۹.۵
	بتنی	۱۰۰	۱۷.۹
		۲۰۰	۱۲.۷
		۳۰۰	۱۰.۳
۱۶۰	P.V.C	۱۰۰	۲۶.۱
		۲۰۰	۱۸.۴
		۳۰۰	۱۵.۰
۲۰۰	فلزی	۱۰۰	۳۵.۱
		۲۰۰	۲۵.۰
		۳۰۰	۲۰.۴
۲۲۵	لوله سیمانی دارای الیاف	۱۰۰	۵۸.۳
		۲۰۰	۴۱.۲
		۳۰۰	۳۳.۶
	بتنی	۱۰۰	۵۳.۰
		۲۰۰	۳۷.۴
		۳۰۰	۳۰.۶
۲۵۰	P.V.C	۱۰۰	۸۵.۸
		۲۰۰	۶۰.۶
		۳۰۰	۴۹.۵
۳۰۰	لوله سیمانی دارای الیاف	۱۰۰	۱۲۵.۶
		۲۰۰	۸۸.۸
		۳۰۰	۷۲.۵
	فلزی	۱۰۰	۱۰۴.۶
		۲۰۰	۷۴.۰
		۳۰۰	۶۰.۴

قطر لوله (میلی‌متر)	جنس	شیب زهکش (طول معادل ۱ متر تغییر ارتفاع)	حداکثر جریان (لیتر بر ثانیه)
۳۰۰	بتنی	۱۰۰	۱۱۴.۱
		۲۰۰	۸۰.۷
		۳۰۰	۶۵.۹
	P.V.C	۱۰۰	۱۳۸.۵
		۲۰۰	۹۷.۹
		۳۰۰	۷۹.۵
۳۷۵	لوله سیمانی دارای الیاف	۱۰۰	۲۲۷.۷
		۲۰۰	۱۶۱.۰
		۳۰۰	۱۳۱.۴
	فلزی	۱۰۰	۱۷۵.۱
		۲۰۰	۱۲۳.۸
		۳۰۰	۱۰۱.۱
	بتنی	۱۰۰	۲۰۷.۰
		۲۰۰	۱۴۶.۶
		۳۰۰	۱۱۹.۵
۴۵۰	لوله سیمانی دارای الیاف	۱۰۰	۳۷۰.۳
		۲۰۰	۲۶۱.۸
		۳۰۰	۲۱۳.۸
	فلزی	۱۰۰	۲۶۴.۵
		۲۰۰	۱۸۷.۰
		۳۰۰	۱۵۲.۷
	بتنی	۱۰۰	۳۳۶.۶
		۲۰۰	۲۳۸.۰
		۳۰۰	۱۹۴.۳
۵۲۵	لوله سیمانی دارای الیاف	۱۰۰	۵۵۸.۷
		۲۰۰	۳۹۵.۰
		۳۰۰	۳۲۲.۵
	بتنی	۱۰۰	۵۰۷.۹
		۲۰۰	۳۵۹.۱
		۳۰۰	۲۹۳.۲
۶۰۰	لوله سیمانی دارای الیاف	۱۰۰	۷۹۷.۷
		۲۰۰	۵۶۴.۰
		۳۰۰	۴۶۰.۵
	فلزی	۱۰۰	۴۹۸.۵
		۲۰۰	۳۵۲.۵
		۳۰۰	۲۸۷.۸
	بتنی	۱۰۰	۷۲۵.۱
		۲۰۰	۵۱۲.۷
		۳۰۰	۴۱۸.۶

پیش نویس غیر قابل استناد

ب-۴-۲-۱- انواع زهکش‌های مدفون

زهکش‌های مدفون در دو مدل لوله‌ای (شکاف‌دار و بدون‌شکاف) و زهکش سنگدانه‌ای به شرح زیر قابل طراحی هستند:

زهکش لوله‌ای: زهکش‌های لوله‌ای در دو نوع شکاف‌دار و بدون‌شکاف هستند. اندازه لوله بر اساس مشخصات جریان شامل (Q)، زبری (n) و شیب (S) از جدول ب-۸ تعیین می‌شود. هنگام انتخاب اندازه لوله موردنیاز باید توجه داشت که مقدار شیب لوله از ۱ در ۳۰۰ کمتر نشود (همان‌گونه که قبلاً عنوان شد، شیب ۱ در ۱۰۰ مناسب‌ترین شیب به جهت ایجاد شرایط تمیز شدن خودکار لوله و درنتیجه کاهش هزینه‌های نگهداری است). همچنین جهت سهولت نگهداری، حداقل قطر لوله ۲۰۰ میلی‌متر 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 به‌دست می‌آید. شیب مناسب و مصالح لوله انتخاب شده و سپس قطر لوله موردنیاز جهت ایجاد ظرفیت لازم انتخاب می‌شود.

زهکش‌های سنگدانه‌ای: زهکش‌های سنگدانه‌ای فقط برای استفاده در جاهایی که انتظار می‌رود مقدار جریان کم یا تراوش جهت زهکشی مدنظر باشد، مناسب است. در صورت پیش‌بینی جریان بزرگ‌تر، لوله شکاف‌دار به سیستم اضافه می‌شود و تخلیه مطابق روشی که در زهکش لوله‌ای توضیح داده شد، اندازه‌گیری می‌شود. نمونه‌های زهکش‌های سنگدانه‌ای، زهکش بستر و زهکش فرانسوی است. ظرفیت زهکش‌های سنگدانه‌ای با استفاده از معادله دارسی مشخص می‌شود.

$$Q = k \times i \times A \qquad \text{ب-۷}$$

که در آن:

Q: جریان (مترمکعب بر ثانیه)

k: نفوذپذیری کل

i: شیب هیدرولیک

A: سطح مقطع (مترمربع)

نفوذپذیری ماسه خالص می‌تواند از ۰/۰۱ تا ۱.۰ متر بر ثانیه باشد. مصالح به‌کاررفته در زهکش‌های سنگدانه‌ای، دارای قطر اسمی ۲۰ میلی‌متر یا قطر ۵۳ میلی‌متر (بالاست) هستند، نفوذپذیری این سنگدانه‌ها به شرح زیر می‌باشد:

سنگدانه ۲۰ میلی‌متر: $k = 0.15$ متر بر ثانیه

سنگدانه ۵۳ میلی‌متر: $k = 0.40$ متر بر ثانیه

در رابطه ب-۷، اگر $K = k \times i$ لحاظ شود، می‌توان آن را به‌صورت رابطه ب-۸ نوشت. در جدول زیر مقادیر (K) برای استفاده در رابطه ب-۸ برای تعیین ظرفیت زهکش‌های سنگدانه‌ای آورده شده است.

پیش نویس غیر قابل استناد

$$Q = K \times A$$ ب-۸

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

شیب	K (m/s)	
	سنگدانه به قطر ۲۰ میلی‌متر	سنگدانه به قطر ۵۳ میلی‌متر
۱ در ۱۰۰	۰.۰۰۱۵۰	۰.۰۰۴۰
۱ در ۲۰۰	۰.۰۰۰۷۵	۰.۰۰۲۰
۱ در ۳۰۰	۰.۰۰۰۵۰	۰.۰۰۱۳
۱ در ۴۰۰	۰.۰۰۰۳۸	۰.۰۰۱۰
۱ در ۵۰۰	۰.۰۰۰۳۰	۰.۰۰۰۸

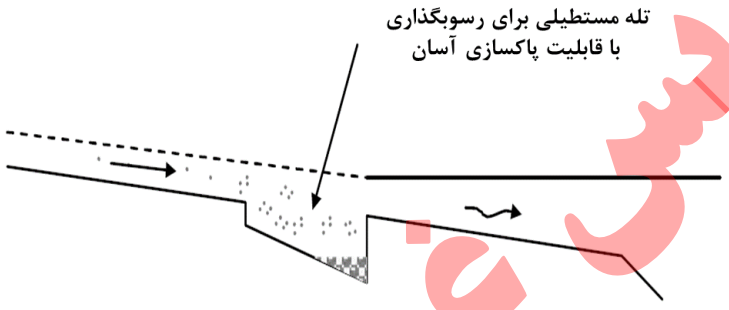
ب-۴-۲-۲- اجزای سیستم زهکش‌های مدفون

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 بدون‌شکاف و از مصالح مختلف بتنی، فولادی و U.P.V.C 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 خورندگی 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 به‌طورکلی 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.

پیش نویس غیر قابل استناد

- **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 (به‌عنوان‌مثال 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-۱را ببینید).



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

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

پیوست ج

محدودیت‌های مرتبط با مقادیر حداکثر (حدود استثنایی)

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

ج-۱- مقادیر حداکثر (حدود استثنایی)

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

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

برای پارامترهای غیرمرتبط با ایمنی (شامل تغییرات بربلندی در واحد زمان، تغییرات کمبود بربلندی در واحد زمان، طول مستقیم بین دو قوس متوالی افقی بجز در شرایط پدیده قفل‌شدگی، طول بین قوس‌های قائم، شعاع قوس قائم، اضافه بربلندی)، 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 حوزه وسائط نقلیه ریلی و به گونه‌ای درنظر 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)،

پیش نویس غیر قابل استناد

عبور از این حدود (به‌ویژه از نگاه کمبود بربلندی) با نظر مدیر زیرساخت می‌تواند درنظر گرفته شود. درعین‌حال 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.

پیش نویس غیر قابل استناد

خواننده گرامی

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

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Railway Geometric Design Code

No. 288
Revision 01

Deputy of Technical, Infrastructure and Production Affairs

Department of Technical & Executive affairs, Consultants and Contractors

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

2023

پیش نویس غیر قابل استناد