

جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

مشخصات فنی عمومی روسازی راه آهن

نشریه شماره ۳۰۱

وزارت راه و ترابری
معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری
پژوهشکده حمل و نقل

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی، تدوین معیارها و
کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

۱۳۸۴

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۴/۰۰/۶۷

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی :

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید :

- ۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید .
 - ۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید .
 - ۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید .
 - ۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید .
- کارشناسان این دفتر 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، خیابان شیخ بهائی، بالاتر از ملاصدرا، کوچه لادن، شماره ۲۴، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله
صندوق پستی ۴۵۴۸۱-۱۹۹۱۷
<http://tec.mporg.ir/>

در خاتمه از پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری، دفتر خط و ابنیه راه آهن، مرکز تحقیقات راه آهن، دفتر فنی و نظارت راه آهن جمهوری اسلامی ایران، مهندسین مشاور مترا، دانشکده مهندسی راه آهن دانشگاه علم و صنعت ایران و جناب آقای دکتر سیدجواد میرمحمد صادقی که در تکمیل بخشهای اساسی و نظارت نهایی آن همکاری داشتند و کارشناسان زیر که در تهیه، تدوین و مدیریت این مجموعه، ما را یاری دادند تشکر و قدردانی می نماید.

آقای مهندس خسرو آذری	آقای مهندس میرمحمد ظفیری
آقای مهندس احمد اسفندیاری	آقای مهندس طاهر فتح اللهی
آقای مهندس بهزاد اکبری اردیموسی	آقای مهندس مسعود فتحعلی
آقای مهندس علیرضا بابایی	آقای دکتر منصور فخری
آقای مهندس فربرز بیرامی	آقای دکتر فرشید فروزبخش
آقای مهندس حمیدرضا بهرامیان	آقای مهندس اسماعیل قهرمانی گرگری
خانم مهندس بهناز پورسید	آقای مهندس مهران قربانی
آقای مهندس علی تسار	خانم مهندس کیاندخت کدخدازاده
آقای مهندس علی حسین پور	آقای دکتر محمدسعید منجم
آقای مهندس علی اصغر خجسته	آقای دکتر سیدجواد میرمحمدصادقی
آقای دکتر جبارعلی ذاکری	آقای مهندس احمد منصوریان
مرحوم مهندس رضا قلی رستمی	آقای مهندس فرهاد مهریاری لیلمی
آقای مهندس قاسم طهماسبی	آقای مهندس مجتبی ناصریان

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

معاون امور فنی

تابستان ۱۳۸۴

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
-------	------

فصل اول- مبانی و تعاریف

۱-۱- مبانی.....	۱
۲-۱- تعاریف.....	۲

فصل دوم- خط

۱-۲- کلیات.....	۵
۲-۲- انواع خطوط راه آهن.....	۵
۱-۲-۲- خطوط با بالاست.....	۶
۲-۲-۲- خطوط بدون بالاست.....	۶
۳-۲- طبقه بندی خطوط.....	۷
۴-۲- مشخصات هندسی خط.....	۸
۱-۴-۲- عرض خط.....	۸
۲-۴-۲- شیب عرضی ریل.....	۸
۳-۴-۲- تراز عرضی خط.....	۹
۴-۴-۲- اختلاف شیب طولی.....	۹
۵-۴-۲- تراز طولی.....	۱۰
۶-۴-۲- انحراف افقی خط آهن.....	۱۰

فصل سوم- ریل

۱-۳- کلیات.....	۱۳
۱-۱-۳- اجزاء ریل.....	۱۳
۲-۱-۳- وزن ریل.....	۱۴
۳-۱-۳- عمر مفید ریل.....	۱۴
۴-۱-۳- تنش های داخلی ریل.....	۱۵
۵-۱-۳- مقاومت کششی ریل (حد گسیختگی).....	۱۶
۶-۱-۳- خستگی ریل.....	۱۶
۷-۱-۳- علائم شناسایی ریل.....	۱۶
۲-۳- مشخصات هندسی و خواص مکانیکی و شیمیایی ریل ها.....	۱۷
۱-۲-۳- مشخصات هندسی ریلها.....	۱۷

۱۷	۲-۲-۳- مشخصات هندسی ریل‌های ویژه
۱۷	۱-۲-۲-۳- ریل قاشقی
۱۸	۲-۲-۲-۳- ریل زیر سری جرثقیل سقفی
۲۵	۳-۲-۳- مشخصات مکانیکی ریل‌ها
۲۵	۴-۲-۳- ترکیبات شیمیایی فولاد ریل
۲۶	۳-۳- کنترل مشخصات هندسی، وزن، شیمیایی و مکانیکی ریل
۲۶	۱-۳-۳- کنترل مشخصات هندسی ریل
۲۷	۲-۳-۳- کنترل وزن ریل
۲۷	۳-۳-۳- کنترل ترکیبات شیمیایی
۲۸	۴-۳-۳- کنترل مشخصات مکانیکی ریل
۲۹	۴-۳- انتخاب ریل
۲۹	۱-۴-۳- عوامل موثر بر انتخاب ریل
۲۹	۲-۴-۳- ضوابط انتخاب مقطع ریل
۲۹	۳-۴-۳- ضوابط انتخاب نوع فولاد ریل
۳۱	۵-۳- درز ریل
۳۲	۱-۵-۳- انواع درز ریل
۳۳	۲-۵-۳- وضع قرار گرفتن درزها نسبت به یکدیگر
۳۳	۳-۵-۳- وصله‌های ریل
۳۴	۴-۵-۳- جوش درز ریل
۳۵	۱-۴-۵-۳- ریل‌های با جوشکاری پیوسته (CWR)
۳۶	۲-۴-۵-۳- روش‌های جوشکاری ریل
۳۷	۳-۴-۵-۳- آزمایش‌های کنترل کیفیت جوش ترمیم
۳۷	۶-۳- خرابی‌های ریل
۳۸	۱-۶-۳- سایش ریل
۳۸	۱-۱-۶-۳- کنترل سایش چرخ و ریل
۳۹	۲-۱-۶-۳- روش‌های کاهش سایش چرخ و ریل
۴۱	۲-۶-۳- ناهمواری‌های موجی شکل ریل (کاریوگیشن)
۴۱	۳-۶-۳- ترک‌های طولی در جان و ناحیه اتصال کلاهدک به جان
۴۱	۴-۶-۳- ترک‌های ستاره‌ای در سوراخ‌های ریل
۴۱	۵-۶-۳- شکست عرضی ریل
۴۲	۶-۶-۳- لکه تخم‌مرغی
۴۲	۷-۶-۳- پوسته شدن سطح چرخش ریل
۴۲	۸-۶-۳- پوسته شدن لبه داخلی کلاهدک ریل
۴۲	۹-۶-۳- سوختگی موضعی سطح کلاهدک

۴۲	..... سوختگی پیوسته روی کلاhek ریل ۱۰-۶-۳
۴۳	..... ترک‌های قائم طولی در جان ریل ۱۱-۶-۳
۴۳	..... ترک قائم طولی کف ریل ۱۲-۶-۳
۴۳	..... ترک‌های عرضی ریل ۱۳-۶-۳
۴۳	..... ترک افقی جان ۱۴-۶-۳
۴۳	..... ترک‌های عرضی کلاhek ریل ۱۵-۶-۳
۴۳	..... ترک عرضی در محل اتصالات الکتریکی ۱۶-۶-۳

فصل چهارم- تراورس

۴۵	..... کلیات ۱-۴
۴۶	..... تراورس‌های چوبی ۲-۴
۴۷	..... تراورس‌های فلزی ۳-۴
۴۹	..... تراورس‌های بتنی ۴-۴
۵۱	..... تراورس‌های ترکیبی ۵-۴
۵۱	..... نحوه انتخاب نوع تراورس ۶-۴
۵۲	..... تعیین فاصله بین تراورس‌ها ۷-۴
۵۳	..... ضوابط حمل، نصب و نگهداری تراورس‌ها ۸-۴
۵۴	..... ضوابط کنترل کیفی انواع تراورس ۹-۴
۵۴	..... ضوابط کنترل کیفی تراورس چوبی ۱-۹-۴
۵۴	..... ضوابط کنترل کیفی تراورس فلزی ۲-۹-۴
۵۶	..... ضوابط کنترل کیفی تراورس بتنی ۳-۹-۴
۵۶	..... مواد تشکیل دهنده بتن ۱-۳-۹-۴
۵۷	..... کنترل کارائی و کیفیت بتن ۲-۳-۹-۴
۵۷	..... عمل آوری بتن تراورس ۳-۳-۹-۴
۵۷	..... دستورالعمل نمونه برداری، آزمایش و پذیرش بتن در تولید تراورس بتنی ۴-۳-۹-۴

فصل پنجم- پابند

۶۱	..... کلیات ۱-۵
۶۱	..... انواع پابند ۲-۵
۶۲	..... پابند وسلو ۱-۲-۵
۶۴	..... پابند پاندرول ۲-۲-۵
۶۴	..... پابند کا (K) ۳-۲-۵
۶۷	..... ضوابط کاربرد پابندها ۳-۵
۶۷	..... خصوصیات مکانیکی و ترکیبات شیمیایی پابندها ۴-۵
۶۷	..... خصوصیات مکانیکی و ترکیبات شیمیایی پابند وسلو ۱-۴-۵

۶۷	۵-۴-۲- خصوصیات مکانیکی و ترکیبات شیمیایی پابند پاندرول
۶۸	۵-۴-۳- خصوصیات مکانیکی و ترکیبات شیمیایی پابند کا (K)
۶۸	۵-۵- ضوابط کنترل کیفی پابندها
۶۸	۵-۵-۱- ضوابط کنترل کیفی پابند وسلو
۶۹	۵-۵-۲- ضوابط کنترل کیفی پابند پاندرول
۶۹	۵-۵-۳- ضوابط کنترل کیفی پابند کا (K)
۷۰	۵-۵-۴- آزمایشات کنترل کیفیت پابند وسلو و پاندرول
۷۰	۵-۵-۴-۱- آزمایشات جهت سنجش مقاومت استاتیکی پابندها
۷۲	۵-۵-۴-۲- آزمایشات مقاومت در مقابل خستگی پابندها

فصل ششم- بالاست و زیر بالاست

۷۵	۶-۱- وظایف بالاست
۷۶	۶-۲- وظایف زیر بالاست
۷۶	۶-۳- مقاطع عرضی بالاست، زیر بالاست و مشخصات هندسی آن
۷۸	۶-۳-۱- نحوه انتخاب ضخامت بالاست
۷۸	۶-۳-۲- نحوه انتخاب عرض شانه بالاست
۷۸	۶-۳-۳- شیب طرفین بالاست
۷۸	۶-۴- مصالح مناسب برای بالاست
۷۹	۶-۵- آزمایش های کنترل کیفی بالاست
۷۹	۶-۵-۱- نمونه گیری
۸۰	۶-۵-۲- دانه بندی
۸۰	۶-۵-۳- تعیین مصالح ریزتر از الک شماره ۲۰۰
۸۰	۶-۵-۴- تعیین درصد کلوخه های رسی و سنگدانه های شکنده
۸۰	۶-۵-۵- تعیین درصد سایش
۸۰	۶-۵-۶- آزمایش افت وزنی در مقابل سولفات سدیم
۸۱	۶-۵-۷- آزمایش تعیین وزن واحد حجم و وزن مخصوص
۸۱	۶-۵-۸- آزمایش جذب آب
۸۱	۶-۵-۹- آزمایش تورق
۸۱	۶-۶- حمل بالاست
۸۱	۶-۷- کیفیت بالاست
۸۱	۶-۸- مصالح مناسب برای زیر بالاست
۸۲	۶-۹- آزمایشهای کنترل کیفی زیر بالاست
۸۲	۶-۹-۱- نمونه گیری

۸۲	۶-۹-۲- آزمایش دانه بندی
۸۳	۶-۹-۳- آزمایش تعیین ذرات ریز تراز الک شماره ۲۰۰
۸۳	۶-۹-۴- آزمایش تعیین حد روانی و حد خمیری
۸۳	۶-۹-۵- آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا (CBR)
۸۳	۶-۹-۶- آزمایش تراکم
۸۳	۶-۹-۷- آزمایش تعیین درصد سایش

فصل هفتم- دستگاه خطوط

۸۵	۷-۱- کلیات
۸۶	۷-۲- انواع دستگاه خطوط
۸۷	۷-۳- اجزاء دستگاه خطوط
۸۷	۷-۳-۱- سوزن
۸۷	۷-۳-۱-۱- اجزاء سوزن
۸۸	۷-۳-۱-۲- تغییر مقطع ریل های سوزن
۸۹	۷-۳-۱-۳- طبقه بندی سوزن ها
۹۰	۷-۳-۱-۴- نحوه جابجایی سوزن ها
۹۱	۷-۳-۱-۵- نصب سوزن ها
۹۱	۷-۳-۲- تکه مرکزی
۹۲	۷-۳-۱-۱- انواع تکه مرکزی
۹۴	۷-۴- انشعاب
۹۶	۷-۵- تقاطع
۹۷	۷-۶- چلیپا (تقاطع- انشعاب)
۹۸	۷-۷- دستگاه های مخصوص سروته کردن لکوموتیو

فهرست اشکال

صفحه

عنوان

اشکال فصل دوم

- شکل ۱-۲-۱- مقطع عرضی خط با بالاست (ابعاد به سانتیمتر) ۶
- شکل ۲-۲-۲- مقطع عرضی خط بدون بالاست (ابعاد به سانتیمتر) ۷
- شکل ۳-۲-۳- عرض خط و شیب عرضی ریل در خطوط راه آهن ۹

اشکال فصل سوم

- شکل ۱-۳-۱- اجزای پروفیل ریل ۱۴
- شکل ۲-۳-۲- مقطع ریل U-۳۳ ۱۹
- شکل ۳-۳-۳- مقطع ریل R-۵۰ ۲۰
- شکل ۴-۳-۴- مقطع ریل UIC-۶۰ ۲۱
- شکل ۵-۳-۵- مقطع ریل قاشقی PH-۳۷ ۲۲
- شکل ۶-۳-۶- مقطع ریل قاشقی نوع HI-۵۴ ۲۳
- شکل ۷-۳-۷- مقطع ریل زیر سری جرثقیل سقفی ۲۴
- شکل ۸-۳-۸- رواداری مجاز تابیدگی افقی و عمود ریل ۲۷
- شکل ۹-۳-۹- آزمایش مقاومت کششی ریل ۲۸
- شکل ۱۰-۳-۱۰- درز ریل دارای تکیه گاه ۳۲
- شکل ۱۱-۳-۱۱- درز ریل معلق ۳۲
- شکل ۱۲-۳-۱۲- درز ریل تقویت شده ۳۲
- شکل ۱۳-۳-۱۳- حداکثر خروج از محور قائم در محل جوشکاری (ابعاد میلی متر) ۳۴
- شکل ۱۴-۳-۱۴- افتادگی قائم در محل جوش (ابعاد میلی متر) ۳۵
- شکل ۱۵-۳-۱۵- حداکثر خروج از محدودیت افقی (تاب خوردگی) در محل جوش (ابعاد به میلی متر) ۳۵
- شکل ۱۶-۳-۱۶- آزمایش خمش استاتیک جوش ترمیت ۳۷
- شکل ۱۷-۳-۱۷- سایش قائم و سایش جانبی ریل ۳۸
- شکل ۱۸-۳-۱۸- حداکثر فاصله محورها (δ) در بوژیهای سه محوره و دو محوره ۳۹

اشکال فصل چهار

- شکل ۴-۱- مقطع تراورس چوبی ۴۶
- شکل ۴-۲- شکل کلی تراورس های فولادی ۴۸
- شکل ۴-۳- تراورس بتنی یک تکه ۴۹
- شکل ۴-۴- تراورس بتنی دو تکه ۴۹

اشکال فصل پنجم

- شکل ۵-۱- پابند وسلو ۶۳
- شکل ۵-۲- پابند پاندرول ۶۵
- شکل ۵-۳- پابند K ۶۶
- شکل ۵-۴- آزمایش بارگذاری بر روی پابند کا (K) (ابعاد بر حسب میلی متر) ۷۰
- شکل ۵-۵- آزمایش مقاومت گیرداری طولی ۷۱
- شکل ۵-۶- آزمایش اندازه گیری سختی قائم ۷۲
- شکل ۵-۷- درجات آزادی حرکت ریل ۷۳

اشکال فصل ششم

- شکل ۶-۱- مقطع عرضی بالاست و زیر بالاست در راه آهن یک خطه مستقیم (ابعاد به سانتی متر) ۷۶
- شکل ۶-۲- مقطع عرضی بالاست و زیر بالاست در راه آهن یک خطه در قوس (ابعاد به سانتی متر) ۷۷
- شکل ۶-۳- مقطع عرضی بالاست و زیر بالاست در راه آهن دو خطه مستقیم (ابعاد به سانتی متر) ۷۷
- شکل ۶-۴- مقطع عرضی بالاست و زیر بالاست در راه آهن دو خطه در قوس (ابعاد به سانتی متر) ۷۷

اشکال فصل هفتم

- شکل ۷-۱- انشعاب ۸۶
- شکل ۷-۲- تقاطع ۸۶
- شکل ۷-۳- چلیا ۸۶
- شکل ۷-۴- اجزاء سوزن ۸۷
- شکل ۷-۵- مقطع ریل سوزن ۸۸

شکل ۶-۷- مقطع ریل‌ها در راس سوزن	۸۸
شکل ۷-۷- مقطع ریل‌ها در انتهای سوزن	۸۸
شکل ۸-۷- سوزن‌های برش خورده	۸۹
شکل ۹-۷- سوزن‌های سوار شده	۹۰
شکل ۱۰-۷- سوزن‌های برش مستقیم	۹۰
شکل ۱۱-۷- بالشچه لغزش	۹۱
شکل ۱۲-۷- محل تکه مرکزی در انشعاب	۹۲
شکل ۱۳-۷- ریل‌های بال در محل تکه مرکزی	۹۲
شکل ۱۴-۷- تکه مرکزی حاده	۹۳
شکل ۱۵-۷- تکه مرکزی منفرجه	۹۳
شکل ۱۶-۷- تکه مرکزی قائمه	۹۴
شکل ۱۷-۷- تکه مرکزی قائمه در حالتیکه خط A اصلی است	۹۴
شکل ۱۸-۷- اجزای یک انشعاب	۹۵
شکل ۱۹-۷- انشعاب راست گرد	۹۵
شکل ۲۰-۷- انشعاب چپ گرد	۹۶
شکل ۲۱-۷- نحوه قرارگیری تراورس‌ها و صفحات زیر ریل در محل تقاطع	۹۶
شکل ۲۲-۷- چلیپای ساده	۹۷
شکل ۲۳-۷- چلیپای مضاعف	۹۷
شکل ۲۴-۷- تغییر خط ساده بین دو خط موازی	۹۷
شکل ۲۵-۷- تغییر خط مضاعف بین دو خط موازی (قیچی)	۹۸
شکل ۲۶-۷- مثلث با اضلاع منحنی	۹۸
شکل ۲۷-۷- مثلث مختلط	۹۹
شکل ۲۸-۷- چوگان	۹۹

فهرست جداول

صفحه

عنوان

جداول فصل دوم

- جدول ۱-۲- طبقه بندی خطوط راه آهن جمهوری اسلامی ایران ۷
- جدول ۲-۲- اضافه عرض خط در قوسها ۸
- جدول ۳-۲- رواداریهای مجاز مشخصات هندسی طبقات مختلف خطوط ۱۱
- جدول ۴-۲- حداکثر انحراف افقی مجاز خط ۱۲

جداول فصل سوم

- جدول ۱-۳- عمر مفید ریل (سال) بر حسب بار ناخالص عبوری برای ریل UIC-۶۰ ۱۵
- جدول ۲-۳- تنش مجاز خستگی در انواع فولاد و ریل ۱۶
- جدول ۳-۳- تنش کششی نهایی و درصد ازدیاد طول فولادهای مختلف ۲۵
- جدول ۴-۳- درصد وزنی عناصر شیمیایی انواع ریل ها ۲۵
- جدول ۵-۳- رواداری مجاز مربوط به ابعاد هندسی ریل ۲۶
- جدول ۶-۳- رواداری مجاز طول ریل (میلی متر) ۲۷
- جدول ۷-۳- اندازه درز بین دو ریل با اتصال وصله ای (میلی متر) ۳۴
- جدول ۸-۳- سایش مجاز ریل UIC-۶۰ ۳۹

جداول فصل چهارم

- جدول ۱-۴- اندازه های مجاز ابعاد تراورس های چوبی ۴۶
- جدول ۲-۴- ویژگیهای شیمیایی تراورس های فلزی ۴۸
- جدول ۳-۴- ویژگیهای مکانیکی تراورس های فلزی ۴۸
- جدول ۴-۴- ویژگیهای عمومی تراورسهای بتنی ۵۰
- جدول ۵-۴- ویژگیهای شیمیایی میلگردهای پیش تنیدگی تراورس بتنی یک تکه ۵۰
- جدول ۶-۴- ویژگیهای مکانیکی میلگردهای پیش تنیدگی تراورس بتنی یک تکه ۵۰
- جدول ۷-۴- تعداد تراورس های لازم در یک کیلومتر خط بر حسب طبقه خط (حداکثر بار محوری ۲۵ تن) ۵۲
- جدول ۸-۴- حد مجاز عیوب ظاهری تراورسهای چوبی ۵۵

جدول ۴-۹- میکروسلیس مصرفی در تراورس بتنی ۵۷

جداول فصل پنجم

- جدول ۵-۱- ترکیبات شیمیایی فولاد پابند وسلو ۶۷
- جدول ۵-۲- خواص مکانیکی فولاد پابند وسلو ۶۷
- جدول ۵-۳- ترکیبات شیمیایی فولاد پابند پاندرو ۶۷
- جدول ۵-۴- ترکیبات شیمیایی فولاد پابند کا (K) ۶۸
- جدول ۵-۵- مشخصات مکانیکی فولاد پابند کا ۶۸
- جدول ۵-۶- خصوصیات لازم برای تست خستگی فنر پابند ۷۴

جداول فصل ششم

- جدول ۶-۱- مقادیر مجاز نتایج آزمایشهای بالاست و روش انجام آن ۷۹
- جدول ۶-۲- درصد وزنی عبوری مجاز از الک‌های مختلف برای بالاست مصرفی در راه‌آهن ۸۰
- جدول ۶-۳- آزمایشهای کنترل کیفی زیر بالاست ۸۲
- جدول ۶-۴- درصد وزنی عبوری مجاز از الک‌های مختلف برای زیربالات مصرفی در راه‌آهن ۸۲

فهرست نمودارها

صفحه

عنوان

نمودار فصل سوم

نمودار ۳-۱- انتخاب سختی ریل با توجه به تناژ عبوری سالیانه و شعاع قوس ۳۱

نمودار فصل چهارم

نمودار ۴-۱- درصد بار محوری اعمال شده بر تراورس زیر چرخ بر اساس فاصله مرکز تا مرکز تراورس ها ۵۳

فصل اول

مبانی و تعاریف

۱-۱- مبانی

مشخصات فنی و عمومی روسازی خطوط بالاستی راه آهن، دستورالعمل ارائه مشخصات لازم برای طراحی روسازی مناسب و ایمن برای عبور قطار با سرعت کمتر از ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت می باشد. رعایت تمامی موارد این نشریه که با بکار بردن واژه هایی چون: «باید»، «نباید»، «لازم است» و ... مشخص شده اند، اجباری است.

رعایت دستورالعمل هایی که بعنوان معیارهای پیشنهادی است و با واژه هایی نظیر «توصیه می شود»، «بهتر است»، «می تواند» و ... مشخص شده اند، اجباری نیست.

این نشریه بیانگر معیارهای حداقل برای ایمنی است، چنانچه مطالعات خاص و بررسی های دقیق تر در طراحی روسازی، استفاده از معیارهای بالاتر از معیارهای ارائه شده را نشان دهد، با ارائه مستندات مربوط به مطالعات و تأیید کارفرما می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

در تدوین این پروژه سعی شده است تا از مدارک و منابع اتحادیه بین المللی راه آهن ها (UIC) و آئین نامه های معتبر دنیا نظیر AREMA و آئین نامه های بعضی از کشورهای اروپایی با در نظر داشتن معیارهای تجربی رایج در کشور استفاده شود. تعاریف مربوط به اصطلاحات و واژه های بکار گرفته شده در فصول مختلف به شرح زیر است:

۲-۱- تعاریف

روسازی: بدنه اصلی خط آهن است که وظیفه تحمل، انتقال و توزیع بار وارده از چرخهای ناوگان به بستر (زیرسازی) را بر عهده دارد. روسازی متداول خط آهن از دو ریل ممتد و موازی، تراورسهای عمود بر ریل، لایه بالاست و زیر بالاست، ادوات اتصال و عایق بندی آنها تشکیل می شود.

بستر خط آهن: بالاترین سطح زیرسازی است که روسازی راه آهن بر روی آن قرار می گیرد. قطعه (بلاک): فاصله بین مبادی ورودی و خروجی ایستگاهها و کنتاکت علائم در خطوط راه آهن که در آن واحد یک وسیله نقلیه می تواند حرکت کند.

عرض خط: کوچکترین فاصله عرضی بین لبه های داخلی دو ریل تا عمق ۱۴ میلی متری از سطح فوقانی ریل است. انواع رایج عرض خط عبارتند از:

- عرض خط استاندارد (معمولی یا کامل)، ۱۴۳۵ میلی متر
- عرض خط پهن (عریض)، بیشتر از ۱۴۳۵ میلی متر
- عرض خط متریک، ۱۰۰۰ تا ۱۴۳۰ میلی متر
- عرض خط باریک، کمتر از ۱۰۰۰ میلی متر

بار محوری: حد بالای برآیند بارهای قائم وارده از یک جفت چرخ هم محور هر وسیله نقلیه عبوری در وضعیت ایستا بدون در نظر گرفتن اثرات دینامیکی، بار محوری نام دارد و از تقسیم بیشترین وزن ناخالص وسیله نقلیه ریلی بر تعداد محوره های مربوطه به دست می آید.

بار طولی: بار وارده بر هر متر طول روسازی است و از تقسیم وزن ناخالص وسیله نقلیه عبوری به طول آن (از ابتدای ضربه گیر یک طرف تا انتهای ضربه گیر طرف دیگر در وضعیت آزاد) بدست می آید.

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 می باشد.

سرعت طرح: بیشترین سرعتی است که مشخصات هندسی مسیر براساس آن طراحی می شود.

شیب طولی خطوط: تغییر تدریجی تراز خط است که از تقسیم اختلاف ارتفاع به طول آن بدست می آید و بر حسب در هزار بیان می شود.

شیب عرضی خط (دور): تغییر رقوم (اختلاف ارتفاع) عرضی دو ریل نسبت به هم برای جبران یا کاهش آثار نیروی گریز از مرکز ناوگان عبوری در قوسها می باشد که با رعایت شعاع قوس، سرعت ناوگان عبوری و با توجه به مقادیر حدی واژگونی، خروج از خط، راحتی و تنش مجاز محاسبه می شود.

ریل: عنصر اصلی روسازی است که حرکت چرخهای ناوگان ریلی بر روی آن صورت می گیرد.

تراورس: تیرهای عرضی در خط آهن است که از جنس چوب، فولاد، بتن، پلاستیکهای فشرده، سرامیک یا ترکیب آنها ساخته شده و ریل بر روی آن تثبیت می شود.

بایند: وسیله‌ای برای اتصال ریل به تراورس است که وظیفه آن تثبیت ریل بر روی تراورس و جلوگیری از حرکت طولی، عرضی و دوران آن می‌باشد.

بالاست: لایه‌ای از مصالح درشت دانه (سنگی یا سرباره کوره‌های ذوب آهن) با ابعاد ۲۰ تا ۶۰ میلی‌متر می‌باشد که بعنوان یک تکیه‌گاه مناسب برای تثبیت تراورسها می‌باشد.

زیربالاست: لایه میانی بین بستر خط و لایه بالاست است که از شن، ماسه و خاک ریزدانه تشکیل شده و مانع نفوذ و فرورفتن دانه‌های بالاست در بستر روسازی و نیز موجب توزیع بهتر بارهای خارجی و تسریع زهکشی آب باران می‌شود.

UIC: اتحادیه بین المللی راه‌آهن‌ها با عضویت بیش از ۱۰۰ کشور است که برای هماهنگی و بهبود مشخصات فنی تشکیل شده است و مدارک و مراجع علمی، فنی و اجرایی زیادی را تهیه و بصورت استانداردهای طراحی ارائه می‌کند.

AREMA: انجمن مهندسی راه‌آهن آمریکا

ASTM: انجمن مخصوص آزمایشات و مصالح آمریکا

BS: استاندارد انگلستان

DIN: استاندارد صنعتی آلمان

ISO: سازمان بین المللی استانداردها

فصل دوم

خط آهن

۲-۱- کلیات

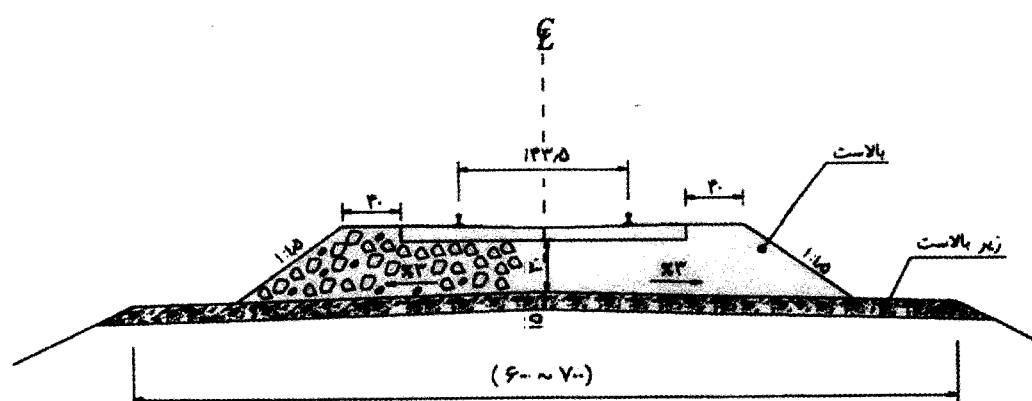
- مجموعه ریل، صفحه زیر ریل، تراورس، پابند و بالاست یا سایر اجزاء جایگزین دیگر که یک سیستم مناسب برای عبور قطار را فراهم می‌سازند، خط آهن نام دارد. ویژگیهای اصلی یک خط آهن عبارتست از:
- انتقال بار چرخهای قطار به لایه‌های زیرین و کاهش تنشهای ناشی از آن
 - میرایی انرژی و کاهش ضربات وارد به زیرسازی
 - حفظ مشخصات هندسی لازم در طول زمان
 - فراهم نمودن یک بستر صاف برای عبور قطار به صورت ایمن و بدون سروصدا
 - پائین بودن هزینه‌های احداث، تعمیر و نگهداری تا حد ممکن

۲-۲- انواع خطوط راه آهن

خطوط راه آهن به دو دسته کلی خطوط با بالاست و بدون بالاست تقسیم می‌شود. برحسب شرایط مسیر راه آهن و بررسی‌های فنی و اقتصادی می‌توان از هر دو نوع این خطوط استفاده کرد.

۲-۲-۱- خطوط با بالاست

همانطور که در شکل (۱-۲) نشان داده شده است، این نوع خط شامل بالاست، تراورس، پابند و ریل است. استفاده از این نوع خط بسیار متداول بوده و عملکرد بسیار خوبی از خود نشان داده است. اگر چه هزینه تعمیر و نگهداری این خط بالا است، لیکن هزینه احداث آن پائین تر از خط بدون بالاست است، مشخصات مربوط به اجزاء این نوع خط باید مطابق فصلهای ۳ تا ۷ این نشریه باشد.

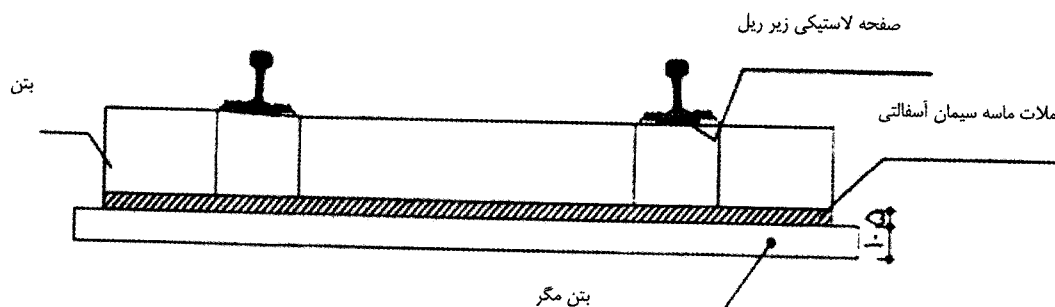


شکل ۱-۲- مقطع عرضی خط با بالاست (ابعاد به سانتیمتر است)

۲-۲-۲- خطوط بدون بالاست

این نوع خط شامل یک دال بتنی پیش ساخته و یا بتن درجا است که ریل و صفحه لاستیکی زیر ریل بر روی آن قرار دارد و با پابندها تثبیت می شود. دال بتنی می تواند از نوع پیش تنیده معمولی باشد. همانطور که در شکل (۲-۲) نشان داده شده است، در این نوع خط، بالاست حذف شده است. هزینه احداث این نوع روسازی بالا است لیکن هزینه تعمیر و نگهداری آن پایین می باشد. بدلیل حذف بالاست در این نوع خط، سروصدای آن در مقایسه با سیستم بالاستی بیشتر است. استفاده از این نوع خط آهن در پلها، تونلها، محوطه بنادر و محدوده شهرها بسیار مناسب است.

مبحث خطوط بدون بالاست خارج از محدوده این نشریه می باشد و در اینجا صرفاً مشخصات فنی و عمومی خطوط بالاستی مطرح می شود.



شکل ۲-۲ مقطع عرضی خط بدون بالاست (ابعاد به سانتیمتر است)

۳-۲- طبقه‌بندی خطوط

مشخصات هندسی خط و رواداریهای مربوط به آن بر حسب شرایط بهره‌برداری متفاوت است. همه خطوط راه‌آهن باید از نظر شرایط بهره‌برداری مختلف طبقه‌بندی شوند. خطوط اصلی راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران بر حسب حداکثر سرعت ناوگان عبوری به چهار طبقه A، B، C و D و بر حسب بار ناخالص عبوری سالیانه مربوط به سال دهم بهره‌برداری به چهار طبقه ۱، ۲، ۳ و ۴ تقسیم می‌شوند. این طبقه‌بندی در جدول (۱-۲) خلاصه شده است.

جدول ۱-۲ طبقه‌بندی خطوط راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران

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

خطوط صنعتی و تجاری منشعب از ایستگاههای راه‌آهن، با بار ناخالص عبوری سالیانه کمتر از ۲ میلیون تن و سرعت کمتر از ۶۰ کیلومتر در ساعت، بعنوان خط فرعی با علامت (E) مشخص می‌شود. خطوط با سرعت بیش از ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت بعنوان یک طبقه خاص با عنوان خطوط سریع‌السیر شناخته خواهد شد و مستلزم بکارگیری ضوابط خاص طراحی خود می‌باشد. این نشریه می‌بایست برای خطوط با سرعت حداکثر ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت استفاده شود و برای سرعتهای بیشتر از ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت از ضوابط خاص روسازی خطوط سریع‌السیر استفاده شود.

۲-۴-۲- مشخصات هندسی خط

خطوط راه آهن بایستی دارای مشخصات هندسی خاصی باشند. این مشخصات هندسی باید در دوره های بازرسی منظم مورد بررسی و کنترل قرار گیرد. تعداد دفعات بازرسی و کنترل خط در یک سال بسته به اهمیت خط و صلاحیت راه آهن جمهوری اسلامی ایران می تواند دو بار در سال و یا بیشتر از آن باشد. مشخصات هندسی خطوط عبارتند از:

۲-۴-۲-۱- عرض خط

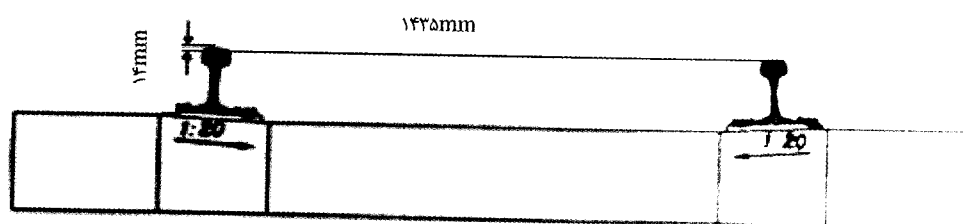
کوچکترین فاصله عرضی بین لبه های داخلی دو ریل تا عمق ۱۴ میلی متری از سطح فوقانی ریل، مطابق شکل (۲-۳)، عرض خط نام دارد. عرض خط در مسیرهای مستقیم راه آهن جمهوری اسلامی ایران باید ۱۴۳۵ میلی متر باشد. در قوسهای با شعاع کمتر از ۲۵۰ متر لازم است اضافه عرض در خطوط پیش بینی شود. اضافه عرض خط در قوسهای مختلف بر حسب شعاع آنها باید مطابق جدول (۲-۲) باشد. حداکثر رواداری مربوط به عرض خط در خطوط با طبقه بندی مختلف نباید از مقادیر ذکر شده در جدول (۲-۳) تجاوز کند.

جدول ۲-۲ اضافه عرض خط در قوسها

شعاع قوس (متر)	اضافه عرض (میلی متر)
بیش از ۲۵۰	۰
۲۵۰ تا ۲۰۰	۵
۲۰۰ تا ۱۵۰	۱۰
۱۵۰ تا ۱۳۰	۱۵
۱۳۰ تا ۱۰۰	۲۰

۲-۴-۲-۲- شیب عرضی ریل

با توجه به وجود شیب در بخش مخروطی چرخهای ناوگان برای افزایش پایداری آن، لازم است تا ریلها با شیب عرضی بر روی تراورس قرار گیرند. شیب عرضی ریلهای خطوط راه آهن باید ۱ به ۲۰ (۱ قائم، ۲۰ افقی) باشد. همانطور که در شکل (۲-۳) نشان داده شده است، جهت این شیب بایستی به سمت محور خط باشد. این شیب را می توان بر روی تراورس و یا بر روی صفحات اتصالی پابندها تعبیه کرد.



شکل ۲-۳ عرض خط و شیب عرضی ریل در خطوط راه آهن

۲-۴-۳- تراز عرضی خط

شیب عرضی (دور) عبارت است از میزان اختلاف تراز نسبی دو رشته ریل که برای غلبه بر نیروهای جانبی در قوسها تعبیه می‌گردد. میزان دور خط به شعاع قوس و سرعت حرکت وابسته است. نوع ترافیک مسیر (باری، مسافری یا مختلط) نیز در تعیین دور نقش دارد. در مسیرهای مختلط بدلیل تفاوت سرعت حداکثر و حداقل قطارها، نیاز به اعمال دور بهینه خواهد بود. در صورتی که سرعت قطار از سرعت متناظر با این مقدار بیشتر شود، یعنی کسری دور داشته باشیم، نیروی بیشتری به ریل خارجی وارد خواهد گردید و در صورتی که سرعت کمتر از مقدار سرعت متناظر با دور بهینه باشد، نیروی اضافی به ریل داخلی وارد خواهد شد. تنظیم و تصحیح دور در قوسهای واقع در خطوط بالاستی، می‌تواند با استفاده از تغییر دادن ضخامت بالاست در دو طرف خط صورت گیرد. بعلاوه وجود نیروهای اضافی جبران نشده، ناشی از اختلاف میزان دور واقعی و دور لازم، همواره شاهد بهم خوردن میزان دور می‌باشیم. بنابراین مقدار دور قوسها باید بطور مرتب کنترل و تصحیح شود. این کار می‌تواند با استفاده از ماشین‌های زیرکوب و یا به روش سنتی و با دیلمکاری انجام شود.

میزان شیب عرضی (دور) باید مطابق رابطه (۱-۲) باشد.

$$h = 11.8 \frac{V^2}{R} \quad (1-2)$$

h : شیب عرضی (میلی‌متر)

V : سرعت بر حسب کیلومتر بر ساعت

R : شعاع قوس بر حسب متر

اختلاف تراز بین دو ریل در مقطع عرضی در هر نقطه از مسیر نسبت به مقدار طراحی نباید از مقادیر ذکر شده در جدول (۲-۳) تجاوز کند.

۲-۴-۴- اختلاف شیب طولی

اختلاف شیب طولی در خطوط راه آهن نسبت به شیب طراحی شده در طول محدودی از مسیر بسته به نوع خط، نباید از مقادیر ذکر شده در جدول (۲-۳) تجاوز کند.

۲-۴-۵- تراز طولی

خطوط راه آهن بایستی دارای تراز طراحی شده در هر نقطه باشند و افتادگی موضعی در خطوط نباید از مقادیر ذکر شده در جدول (۲-۳) تجاوز کند.

۲-۴-۶- انحراف افقی خط آهن

انحراف افقی خط عبارتست از انحراف خط نسبت به موقعیت تثوریک آن در راستای افقی، این مقادیر باید مطابق جدول (۲-۴) محدود شود.

جدول ۲-۳ رواداریهای مجاز مشخصات هندسی طبقات مختلف خطوط

D	C	B	A	طبقه	
				مشخصه هندسی	سطح کیفی *
-۲ +۱۲	-۱ +۵	-۱ +۴	-۱ +۳	تغییرات عرض خط (میلی متر)	۱
-۲ +۱۲	-۲ +۱۰	-۲ +۸	-۲ +۶		۲
-۴ +۲۴	-۴ +۲۴	-۴ +۲۴	-۴ +۲۴		۳
-۶ +۳۵	-۶ +۳۵	-۶ +۳۵	-۶ +۳۵		۴
±۳	±۳	±۲	±۲	اختلاف تراز عرضی (میلی متر)	۱
±۱۰	±۸	±۶	±۵		۲
±۱۵	±۱۵	±۱۵	±۱۵		۳
±۳۰	±۳۰	±۲۵	±۲۵		۴
۲/۵	۲/۵	۱/۷	۱/۲۵	اختلاف شیب طولی (در هزار)	۱
۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳		۲
۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۲		۳
۶/۷	۶/۷	۶/۷	۶/۷		۴
۱۶	۱۲	۸	۶	افتادگی موضعی (میلی متر)	۱
۱۸	۱۶	۱۶	۱۲		۲
۲۰	۲۰	۲۰	۲۰		۳
۲۰	۲۰	۲۰	۲۰		۴

* سطوح کیفی مختلف بشرح زیر است :

سطح کیفی ۱: رواداریهای مربوط به این سطح کیفی، استانداردهای یک خط بلافاصله پس از احداث است (خطوط جدید).

سطح کیفی ۲: چنانچه خطوط در این سطح کیفی قرار گیرند، باید برنامه تعمیراتی منظم اجرا شود (خطوط تحت بهره‌برداری).

سطح کیفی ۳: در این سطح کیفی، وضعیت خط بحرانی است و نیاز به تعمیرات سریع دارد (خطوط قابل بهره‌برداری).

سطح کیفی ۴: در این سطح کیفی وضعیت خط خطرناک است و ایمنی سیر و حرکت بسیار پائین است (خطوط غیر قابل بهره‌برداری). رواداری مربوط به

خطوط با طبقه (E)، مشابه طبقه (D) است.

جدول ۲-۴ حداکثر انحراف افقی مجاز خط

درجه خطوط	مسیر مستقیم - حداکثر انحراف افقی خط در طول یک وتر به طول ۱۸/۹ متر (سانتی متر)	مسیر قوس دار - حداکثر انحراف افقی خط در طول یک وتر به طول ۱۸/۹ متر (سانتی متر)
A	۰/۹	۰/۶
B	۱/۵	۱/۲
C	۲/۴	۲/۲
D	۴/۱	۴/۱

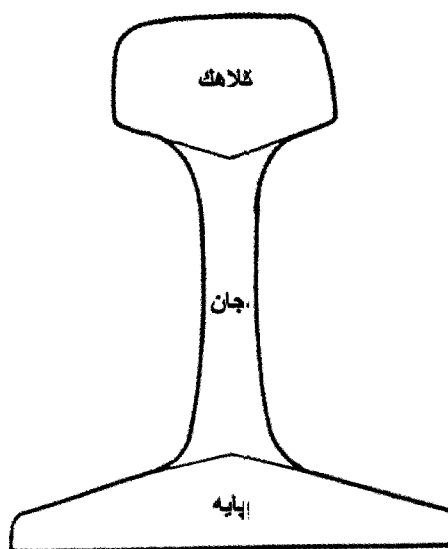
فصل سوم

ریل

۳-۱- کلیات

۳-۱-۱- اجزاء ریل

مقطع ریل از سه بخش اصلی کف (پایه ریل)، کلاhek (تاج ریل) و جان (تیغه ریل) تشکیل شده است. کف ریل: قسمتی از ریل است که بر روی تراورس یا صفحات لاستیکی قرار می‌گیرد و نیروهای عمودی و افقی (شامل طولی و عرضی) چرخ را به تکیه‌گاههای زیرین منتقل می‌کند. کلاhek ریل: سخت‌ترین قسمت ریل است که در تماس مستقیم با چرخ ناوگان عبوری بوده و بیشترین وزن ریل را به خود اختصاص داده است. عمده معایب و خرابی‌های ریل مربوط به کلاhek ریل است. جان ریل: قسمتی از ریل است که حد واسط بین کف ریل و کلاhek آن است و عهده دار انتقال نیروهای وارده از کلاhek به کف ریل می‌باشد. اجزاء مقطع ریل در شکل (۳-۱) به نمایش درآمده است.



شکل ۳-۱ اجزای پروفیل ریل

۳-۱-۲- وزن ریل

مهمترین عامل طبقه‌بندی و شناسایی ریلها، وزن واحد طول آن است. هر چه وزن واحد طول ریل بیشتر باشد، مشخصات هندسی آن مثل سطح مقطع، ممان اینرسی و لنگر مقاوم بالاتر است.

۳-۱-۳- عمر مفید ریل

مدت زمان کارکرد ریل بدون وقوع شکست، سائیدگی و خرابی‌های غیرمجاز عمر مفید ریل نام دارد. عمر مفید ریل به عوامل متعددی بستگی دارد که مهمترین آنها میزان بار ناخالص عبوری سالیانه، بار محوری عبوری، نحوه نگهداری، حداکثر سرعت عبوری، هندسه خط (شعاع قوسها) و مقاومت خستگی ریل می‌باشد.

عمر مفید ریل از میانگین حاصل از دو رابطه تجربی (۳-۱) و (۳-۲) محاسبه می‌شود:

$$Y_1 = kW / D^{0.435} \quad (۳-۱)$$

در این رابطه:

$$Y_1 = \text{عمر ریل بر حسب سال}$$

$$W = \text{وزن واحد طول ریل (بر حسب کیلوگرم بر متر)}$$

$$D = \text{بار ناخالص عبوری سالیانه (بر حسب میلیون تن)}$$

$k =$ ضریب مربوط به نوع تعمیر و نگهداری. برای شرایط نگهداری در سطح متوسط و غیر مکانیزه $k=1/199$ توصیه می‌شود. در صورت شرایط نگهداری با کیفیت بالا و در صورت وجود اتصال در ریل $k=2/5984$ و برای اتصال جوش درز ریل $k=2/9797$ انتخاب می‌شود.

$$Y_2 = \frac{\lambda \sqrt{W^3}}{D} \quad (2-3)$$

در این رابطه:

Y_2 = عمر ریل بر حسب سال

W = وزن واحد طول ریل (برحسب کیلوگرم بر متر)

D = بار ناخالص عبوری سالیانه (برحسب میلیون تن)

λ = ضریب ثابت که برای ریل‌های معمولی معادل ۰/۹۵ و برای ریل‌های با عملیات حرارتی اضافه بین ۱/۳ تا ۱/۵ در نظر گرفته می‌شود.

عمر مفید ریل بر حسب بار ناخالص عبوری، مطابق جدول (۱-۳) برای ریل ۶۰- UIC می‌باشد.

جدول ۱-۳ عمر مفید ریل (سال) بر حسب بار ناخالص عبوری برای ریل ۶۰- UIC

بار ناخالص عبوری سال دهم بهره‌برداری (میلیون تن)		عمر مفید ریل (سال)، شرایط نگهداری غیر مکانیزه		عمر مفید ریل (سال)، نگهداری مکانیزه با وجود وصله ریل		عمر مفید ریل، نگهداری مکانیزه با جوش درز ریل	
		ریل با عملیات حرارتی	ریل معمولی	ریل با عملیات حرارتی	ریل معمولی	ریل با عملیات حرارتی	ریل معمولی
۲۰ ~ ۱۵		۲۵	۲۱	۳۲	۳۶	۳۵	۳۹
۱۵ ~ ۱۰		۳۱	۲۶	۳۹	۴۴	۴۲	۴۸
۱۰ ~ ۵		۴۳	۳۵	۵۱	۵۹	۵۵	۶۳
کمتر از ۵		۷۸	۶۲	۸۳	۹۹	۸۹	۱۰۵

۳-۱-۴- تنش‌های داخلی ریل

تنش‌های داخلی ریل تحت تاثیر بارهای بهره‌برداری و اثرات محیطی عبارتند از:

- تنش‌های مماسی ناشی از تماس ریل و چرخ،
- تنش‌های کششی و فشاری ناشی از خمش طولی ریل بر روی بالاست و تراورس،
- تنش‌های کششی و فشاری ناشی از خمش کلاهدک ریل بر روی جان ریل،
- تنش‌های کششی و فشاری ناشی از انقباض و انقباض تحت تاثیر تغییرات دما،
- تنش‌های پسماند ناشی از نورد ریل.

مجموع تنش‌های فوق نباید از مقاومت مجاز ریل بیشتر باشد. مجموع تنش‌های پسماند ناشی از نورد ریل و تغییرات دما، برای ریل‌های با جوش سراسری و اتصال درزدار، نباید به ترتیب کمتر از ۱۸۰ و ۸۰ مگاپاسکال در نظر گرفته شود.

۳-۱-۵- مقاومت کششی ریل (حد گسیختگی)

مقاومت ریل، حد تنش کششی مجاز یا مقاومت کششی فولاد آن است. مقاومت ریل بر حسب جنس فولاد و سختی ریل متفاوت است. مجموع کلیه تنش‌های وارد بر ریل تحت اثر بار محوری ناوگان عبوری، تنش‌های پسماند ناشی از نورد ریل و تغییرات درجه حرارت محیط، نباید از ۶۰ درصد تنش تسلیم فولاد ریل بیشتر باشد.

۳-۱-۶- خستگی ریل

کاهش تدریجی مقاومت ریل ناشی از بارگذاری تناوبی خستگی نام دارد. در صورتیکه تنش موجود در ریل از تنش مجاز خستگی بیشتر شود، ریل دچار شکستگی می‌شود. مقاومت خستگی ریل با افزایش تعداد دفعات بارگذاری تا حدود ۲ میلیون دوره کاهش می‌یابد و پس از آن ثابت می‌ماند.

حداکثر دامنه تغییرات تنش ایجاد شده در ریل (قدرمطلق تفاضل تنش‌های حداکثر و حداقل ایجاد شده در ریل تحت تاثیر بارهای بهره‌برداری با در نظر گرفتن علامت مثبت برای تنش کششی و علامت منفی برای تنش فشاری) نباید از مقادیر مندرج در جدول (۳-۲) بیشتر باشد.

جدول ۳-۲ تنش مجاز خستگی در انواع فولاد و ریل

حداکثر تغییرات تنش مجاز (MPa)		تنش تسلیم (MPa)
ریل با جوش سراسری	ریل نورددار	
۲۳۰	۲۸۰	۴۵۰
۲۸۰	۳۲۰	۵۸۰

۳-۱-۷- علائم شناسایی ریل

مطابق مدارک اتحادیه بین‌المللی راه‌آهنها (UIC) بایستی انواع ریل‌های مختلف از نظر سختی فولاد و روش تولید آن با حک نشانه‌های زیر بر روی جان آن مشخص شود:

الف- علائم قراردادی برای روش تولید فولاد:

تولید فولاد به روش زیمنس-مارتین

تولید فولاد به روش کوره الکتریکی

تولید فولاد به روش تصفیه آن با اکسیژن

تولید فولاد به روش توماس

ب- علائم قراردادی برای درجه‌بندی کیفی سختی فولاد:

سختی ۷۰۰ (MPa) بدون علامت

سختی ۹۰۰A (MPa)

سختی ۹۰۰B (MPa)

سختی ۱۱۰۰ (MPa)

۲-۳- مشخصات هندسی و خواص مکانیکی و شیمیایی ریلها

طبیعت دینامیکی بارهای وارد بر ریل، بالا بودن میزان تنش‌های وارده و همچنین لزوم ایجاد یک سطح هموار و مناسب برای عبور چرخهای وسیله نقلیه، باعث شده است تا مشخصات مکانیکی و هندسی ویژه‌ای برای ریل در نظر گرفته شود. مشخصات هندسی و خواص مکانیکی و شیمیایی ریلهای مورد استفاده باید مطابق ضوابط زیر باشد.

۱-۲-۳- مشخصات هندسی ریلها

انواع ریلهای قابل استفاده در خطوط راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران، عبارتست از:

- ریل U-۳۳ با وزن ۴۶/۳ کیلوگرم بر متر
 - ریل R-۵۰ با وزن ۵۰/۱۸ کیلوگرم بر متر
 - ریل UIC-۶۰ با وزن ۶۰/۳۴ کیلوگرم بر متر
- مشخصات هندسی این ریلها از قبیل سطح مقطع، ممان اینرسی، مرکز سطح، عرض، ارتفاع، ضخامت و سایر ابعاد در شکلهای (۲-۳) تا (۴-۳) نشان داده شده است.
- استفاده از سایر ریلها با صلاحدید کارفرما و با انجام بازرسی‌های کیفی و کنترل‌های لازم از نظر کفایت مشخصات هندسی و خواص مکانیکی و شیمیایی در محدوده موارد مندرج در این نشریه، بلامانع است.
- طول استاندارد ریلهای تولیدی عبارت است از:
- الف) طول ۱۲/۵۰ متری برای ایستگاهها و خطوط درزدار، این ریلها برای قوسهای مختلف با کاهش طولی معادل ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر نیز سفارش داده می‌شود.

ب) طول ۱۸ متری برای خطوط اصلی خارج از ایستگاه

علت انتخاب ۱۸ متر بعنوان حداکثر طول، محدودیت طول واگنهای حمل ریل است که حدود ۱۹ متر می‌باشد.

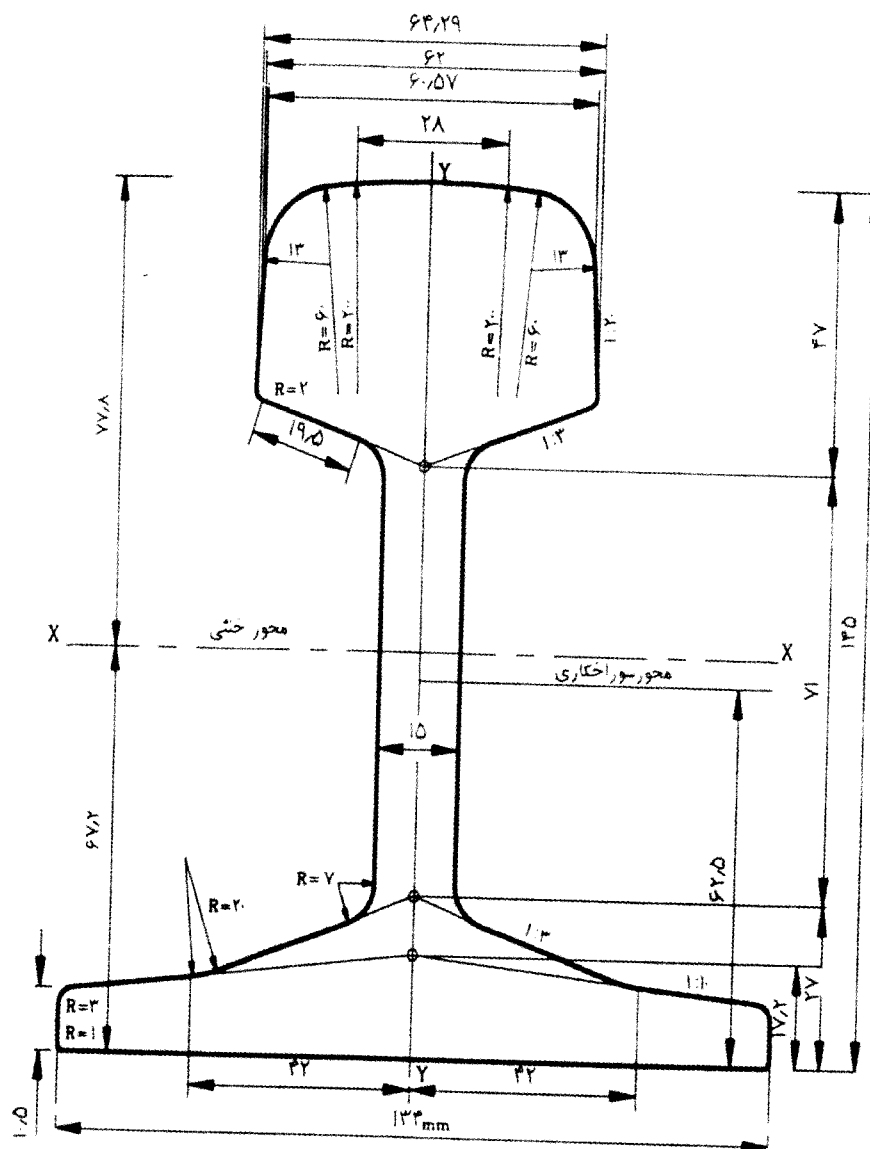
۲-۲-۳- مشخصات هندسی ریلهای ویژه

۱-۲-۲-۳- ریل قاشقی

این نوع ریل دارای شکل هندسی خاصی است و استفاده از آن در مناطق ویژه الزامی است. مهمترین نوع ریلهای قاشقی، PH-۳۷ و HI-۵۴ است که مشخصات هندسی آن در شکلهای (۵-۳) و (۶-۳) نشان داده شده است. این نوع ریلها باید روی اسکله‌ها، باراندازهای بنادر، خیابانهای شهری و اماکنی که ریل بصورت هم‌سطح کار گذاشته شده و امکان تردد وسایط نقلیه ریلی و جاده‌ای را تامین می‌کند، استفاده شود.

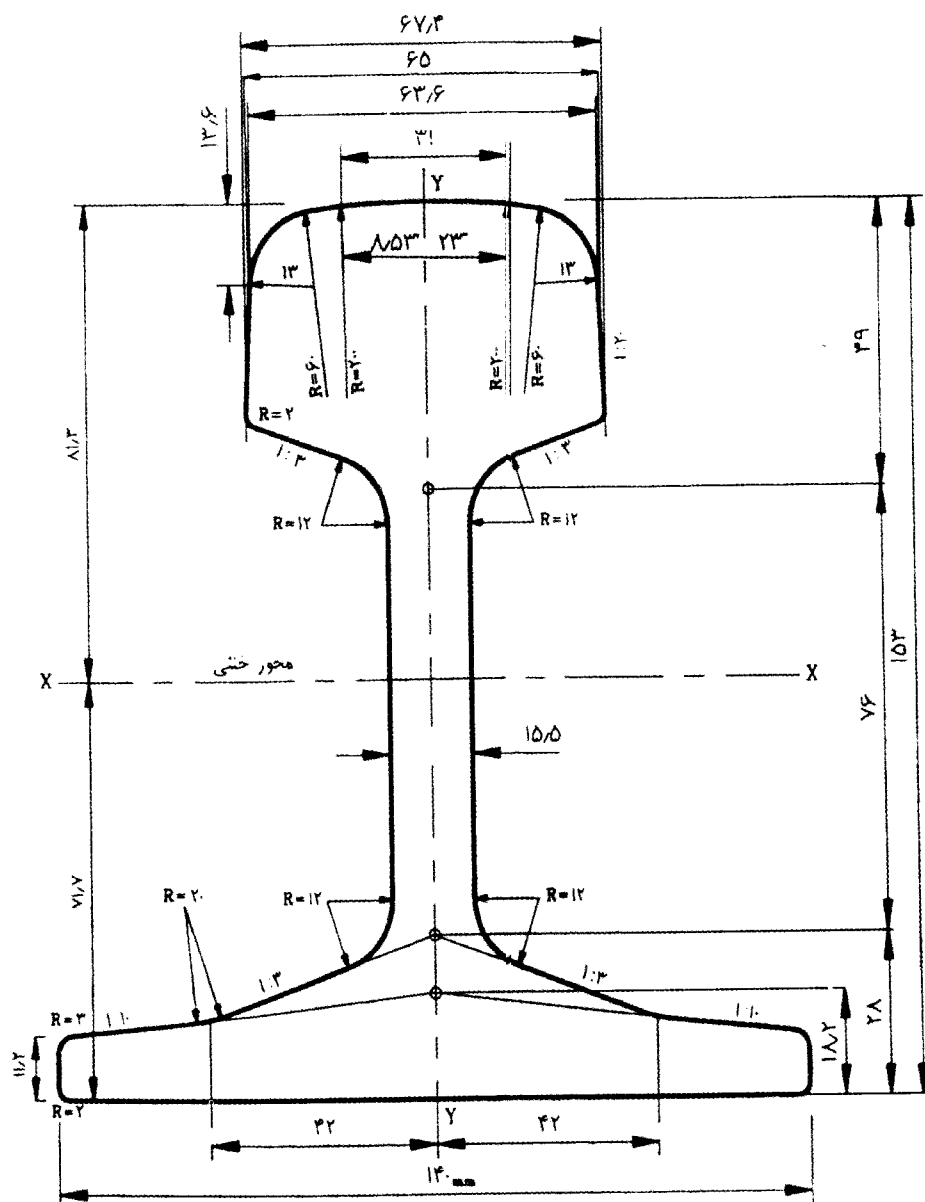
۳-۲-۲-۲- ریل زیرسری جرثقیل سقفی

این نوع ریل در کارخانجات تعمیرات اساسی لکوموتیو و واگن یا حتی سایر کارخانجات بعنوان ریل جرثقیل سقفی و یا زمینی (جرثقیل‌های دروازه‌ای) در روی اسکله‌ها و باراندازها استفاده می‌شود. همان طور که در شکل (۳-۷) نشان داده شده است، ارتفاع این نوع ریل کوتاهتر از ارتفاع سایر انواع ریلها می‌باشد.



وزن واحد طول	۴۶/۳ (Kg/m)
سطح مقطع	۵۹۰۶ (mm ²)
ممان اینرسی حول محور X	۱۵/۸ × ۱۰ ^۶ (mm ⁴)
مدول مقطع فوقانی	۲۳۶ × ۱۰ ^۳ (mm ³)
مدول مقطع تحتانی	۲۰۴ × ۱۰ ^۳ (mm ³)

شکل ۲-۳ مقطع ریل U-۳۳

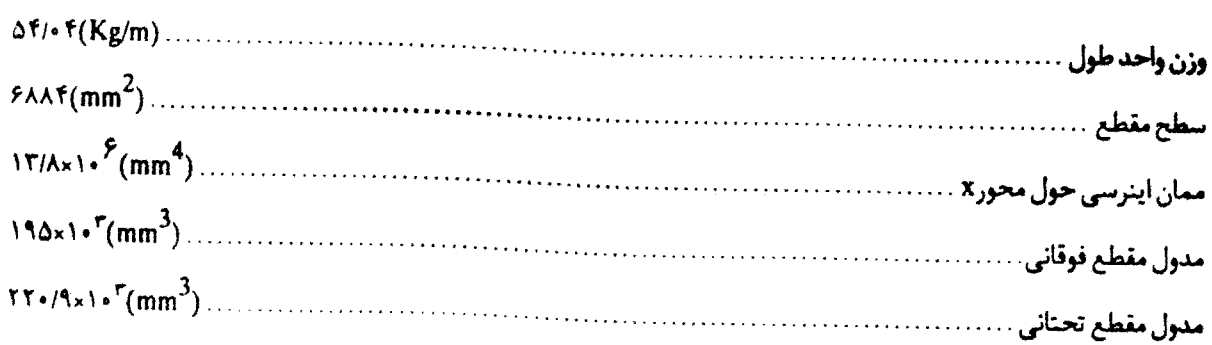


وزن واحد طول	.....	۵۰/۹۰ (Kg/m)
سطح مقطع	.....	۶۴۸۲ (mm ²)
ممان اینرسی حول محور X	.....	۲۰/۱۶ × ۱۰ ^۶ (mm ⁴)
مدول مقطع فوقانی	.....	۲۸۱/۱ × ۱۰ ^۳ (mm ³)
مدول مقطع تحتانی	.....	۲۴۷/۹ × ۱۰ ^۳ (mm ³)

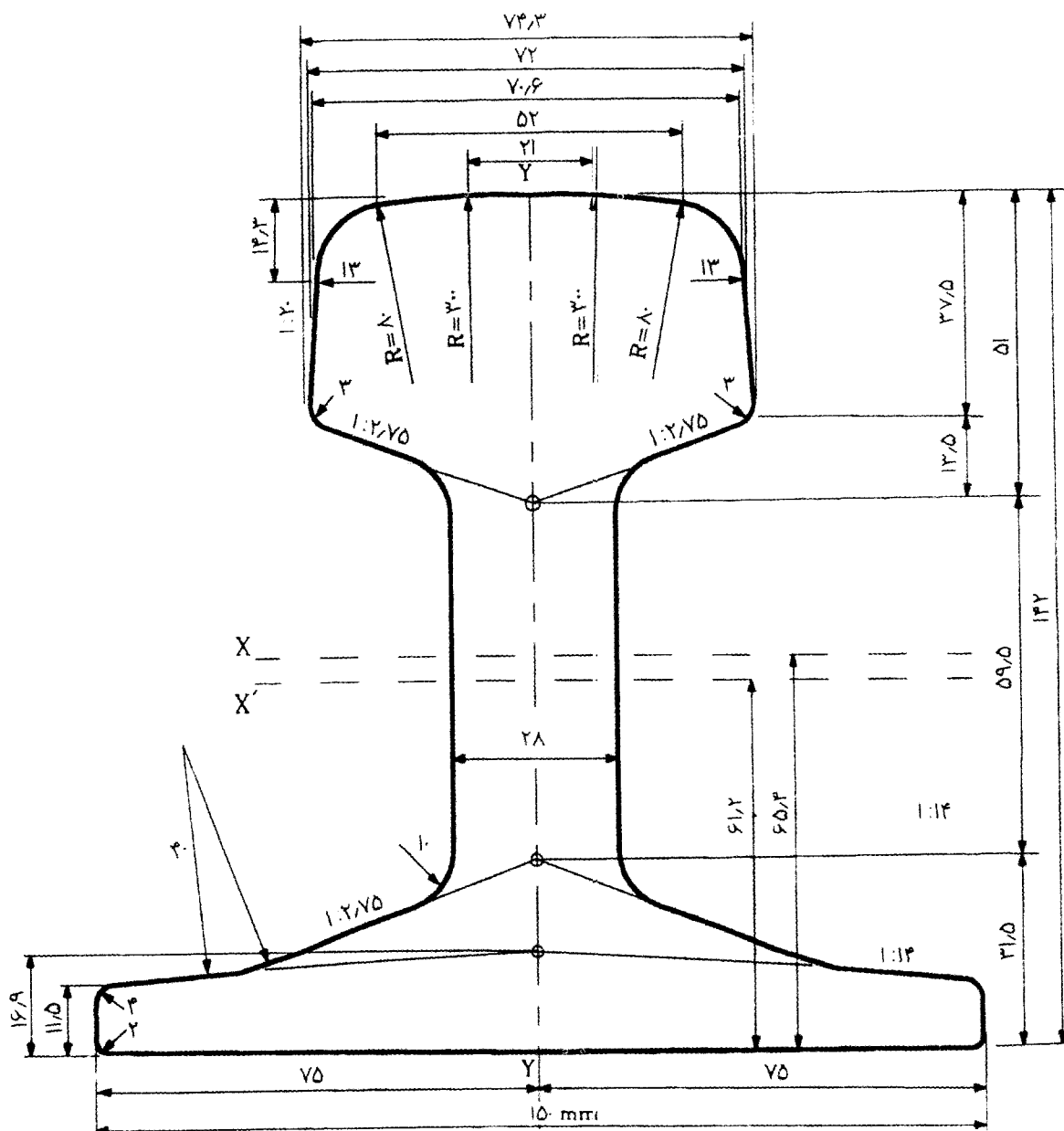
شکل ۳-۳ مقطع ریل R=۵۰



شکل ۳-۴ مقطع ریل UIC-۶۰



شکل ۳-۶ مقطع ریل قاشقی نوع HI-۵۴



وزن واحد طول ۶۱/۱۱ (Kg/m)

سطح مقطع ۷۷۸۵ (mm²)

ممان اینرسی حول محور X ۱۸/۶۶ × ۱۰^۶ (mm⁴)

مدول مقطع فوقانی ۲۴۳/۸ × ۱۰^۲ (mm³)

مدول مقطع تحتانی ۲۸۵/۳ × ۱۰^۲ (mm³)

شکل ۷-۳ مقطع ریل زیرسری جرتیل سقفی

۳-۲-۳- مشخصات مکانیکی ریلها

- مشخصات مکانیکی ریل بر حسب جنس فولاد ریل متفاوت است. ریلها معمولاً از سه نوع فولاد با درجه سختی ۷۰۰، ۹۰۰ و ۱۱۰۰ مگاپاسکال ساخته می‌شوند. مدول ارتجاعی و وزن مخصوص هر سه نوع فولاد معادل ۲۱۰۰۰۰ مگاپاسکال و ۷/۸۵ تن بر متر مکعب است، لیکن مقاومت کششی نهایی بر حسب سختی فولاد به شرح زیر تعیین می‌شود:
- مقاومت کششی نهایی فولاد با سختی ۷۰۰، بین ۶۸۰ و ۸۳۰ مگاپاسکال (فولاد معمولی)
 - مقاومت کششی نهایی فولاد با سختی ۹۰۰، بین ۸۸۰ تا ۱۰۳۰ مگاپاسکال (فولاد سخت)
 - مقاومت کششی نهایی فولاد با سختی ۱۱۰۰، بالاتر از ۱۰۸۰ مگاپاسکال (فولاد فوق‌العاده سخت)
 - خواص مکانیکی ریلهای مصرفی شامل تنش تسلیم، تنش کششی نهایی و درصد ازدیاد طول پس از ایجاد ترک باید مطابق جدول (۳-۳) باشد.

جدول ۳-۳ تنش کششی نهایی و درصد ازدیاد طول مجاز فولادهای مختلف

درصد مجاز ازدیاد طول	تنش کششی نهایی (MPa)	تنش تسلیم (MPa)	سختی فولاد ریل (MPa)
≥ 14	۶۸۰ - ۸۳۰	۴۵۰	۷۰۰
≥ 10	۸۸۰ - ۱۰۳۰	۵۸۰	۹۰۰ (B و A)
≥ 9	≥ 1080	۷۰۰	۱۱۰۰

۳-۲-۴- ترکیبات شیمیایی فولاد ریل

فولادهای مصرفی در انواع ریلها باید از نظر شیمیایی دارای ترکیبات خاصی باشند. رعایت این ترکیبات و مقادیر مجاز آن طبق جدول (۴-۳) برای ریلهای مورد استفاده الزامی است.

جدول ۴-۳ درصد وزنی عناصر شیمیایی انواع ریلها

عنصر شیمیایی	کربن (c)	منگنز (Mn)	سیلیسیم (Si)	فسفر (P)	گوگرد (S)	کروم (Cr)
سختی فولاد						
۷۰۰	۰/۴-۰/۶	۰/۸-۱/۲۵	۰/۰۵-۰/۳۵	≤ 0.05	≤ 0.05	-
۹۰۰A	۰/۶-۰/۸	۰/۸-۱/۳	۰/۱-۰/۵	≤ 0.04	≤ 0.04	-
۹۰۰B	۰/۵-۰/۷۵	۱/۳-۱/۷	۰/۱-۰/۵	≤ 0.04	≤ 0.04	-
۱۱۰۰	۰/۶-۰/۸۲	۰/۸-۱/۳	۰/۳-۰/۹	≤ 0.03	≤ 0.03	۰/۸-۱/۳

۳-۳- کنترل مشخصات هندسی، وزن، شیمیایی و مکانیکی ریل

۳-۳-۱- کنترل مشخصات هندسی ریل

تمامی ریل‌های مورد استفاده باید از نظر انطباق با مشخصات هندسی ذکر شده در این نشریه مورد بررسی قرار گیرند. در صورتی که مشخصات ریل خارج از رواداری‌های ذکر شده در نشریه باشد، استفاده از آن مجاز نیست.

تمامی ابعاد و اندازه‌های ریل باید در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد و بوسیله شابلون‌های مخصوصی که در ۲ سری و هر سری در ۲ اندازه با حداکثر و حداقل رواداری مجاز توسط تولیدکننده و با تأیید کارفرما ساخته می‌شود، کنترل شود. این شابلون‌ها عبارتند از:

- شابلون سنجش عرض پاشنه
- شابلون سنجش عرض کلاhek ریل
- شابلون بررسی تقارن هندسی
- شابلون تعیین شیب سطح کلاhek و ارتفاع آن
- شابلون اندازه‌گیری فاصله بین سوراخها و کف ریل
- شابلون تعیین قطر سوراخها
- شابلون اندازه‌گیری فاصله بین سوراخها و لبه ریل

رواداری ارتفاع، عرض کلاhek، ضخامت جان، عرض کف ریل و تقارن هندسی در جدول (۳-۵) ذکر شده است. حداکثر رواداری مجاز طول ریل در جدول (۳-۶) خلاصه شده است.

جدول ۳-۵ رواداریهای مجاز مربوط به ابعاد هندسی ریل

مشخصات هندسی	اندازه (میلی‌متر)	رواداری مجاز (میلی‌متر)
ارتفاع ریل (H)	$H < 165$	$-0.5 \quad +0.5$
	$165 \leq H < 180$	$-0.6 \quad +0.6$
کف ریل (L)	$L < 150$	$-1.0 \quad +1.0$
	$150 \leq L < 160$	$-1.1 \quad +1.0$
عرض کلاhek ^(۱) (C)	-	± 0.5
تقارن هندسی مقطع	$H < 150$	$-1.2 \quad +1.2$
	$150 \leq H < 160$	$-1.5 \quad +1.5$
ضخامت جان ^(۲)	-	$-0.5 \quad +1.0$
عمود بودن انتهای ریل	-	$-0.6 \quad +0.6$
سایر ابعاد	$H < 165$	$-0.5 \quad +0.5$
	$165 \leq H < 180$	$-0.6 \quad +0.6$

(۱) عرض کلاhek ریل به فاصله ۱۴ میلیمتر از سطح فوقانی آن اندازه‌گیری شود.

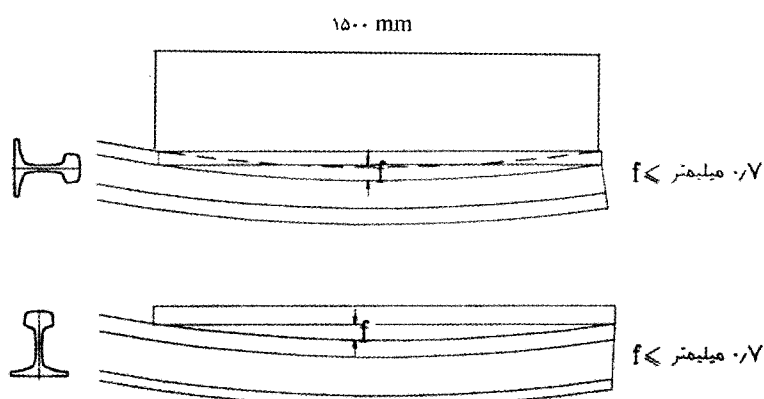
(۲) ضخامت جان در نقطه‌ای که کمترین است، اندازه‌گیری میشود.

جدول ۳-۶ رواداری مجاز طول ریل (میلی متر)

طول ریل (m)	با سوراخهای اتصالی در انتها	سایر ریلها
$L \leq 24$	± 3	± 6
$24 < L \leq 36$	± 4	± 10
$36 < L \leq 60$	-	± 20

رواداری مجاز قطر سوراخها، برای سوراخهای با قطر کمتر از ۳۰ میلی متر، ۰/۵ میلی متر و برای سوراخهای با قطر بیشتر از ۳۰ میلی متر، ۰/۷ میلی متر است.

تابیدگی افقی (انحنای عرضی ریل در امتداد طول آن) و تابیدگی عمودی (انحنای قائم ریل در امتداد طول آن) مطابق شکل (۳-۸) حداکثر به میزان ۰/۷ میلی متر در طول ریل ۱/۵ متر مجاز است. حداکثر پیچش مجاز انتهای ریل به میزان ۰/۴ میلی متر در طول ۱ متر است.



شکل ۳-۸ رواداری مجاز تابیدگی افقی و عمودی ریل

۳-۳-۲- کنترل وزن ریل

وزن واحد قابل قبول ریل، وزنی است که از حاصلضرب سطح مقطع ریل در وزن مخصوص آن، (۷/۸۵ گرم بر سانتی متر مکعب) به دست می آید. متوسط وزن واحد طول نمونه های انتخابی از ریلها نباید از ۹۸ درصد وزن واحد طول قابل قبول کمتر باشد. در صورت بالا بودن وزن واحد طول ریلها، بیشتر از ۱ درصد اضافی وزن نسبت به وزن واحد طول قابل قبول، نباید در محاسبه ارزش اقتصادی در نظر گرفته شود.

۳-۳-۳- کنترل ترکیبات شیمیایی

ریلها باید از نظر میزان وجود کربن، منگنز، سیلیسیم، فسفر، گوگرد، کروم و سایر عناصر مورد آزمایش قرار گیرند. به ازاء هر ۱۵۰ تن مواد مذاب، حداقل باید یک نمونه گیری از آن انجام شود و مورد بررسی شیمیایی قرار گیرد. در صورتی که میزان مواد مذاب

تولیدی در یک نوبت بیش از ۱۵۰ تن باشد اخذ ۲ نمونه در ابتدا و انتهای کار الزامی است. ترکیبات شیمیایی ریل باید مطابق مقادیر ذکر شده در جدول (۳-۴) باشد.

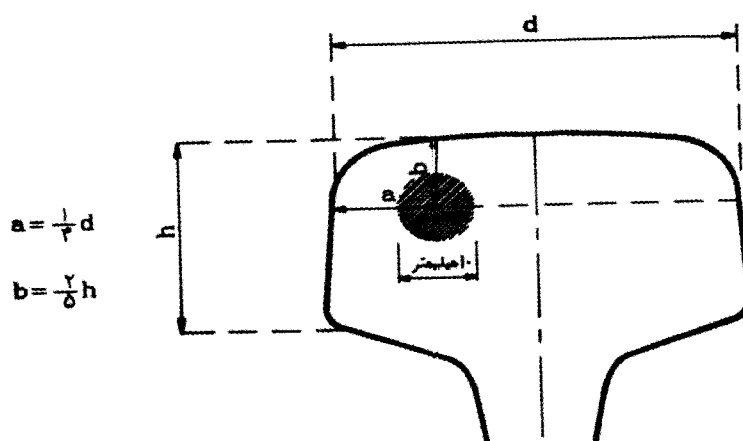
۳-۳-۴- کنترل مشخصات مکانیکی ریل

آزمایشهای کنترل کیفیت ریل شامل آزمایش تعیین مقاومت کششی، آزمایش سقوط وزنه، آزمایش ماکروسکپی، آزمایش ضربه، آزمایش سختی سنجی و آزمایش تست اولتراسونیک (ماوراء صوت) می باشد که انجام آزمایشهای تعیین مقاومت کششی نهایی و آزمایش سقوط وزنه برای تعیین مشخصات مکانیکی الزامی است.

الف) آزمایش تعیین مقاومت کششی:

مقاومت کششی نهایی و درصد ازدیاد طول با شروع ترک خوردگی در فولاد ریل باید بر روی نمونه‌های استوانه‌ای شکل به قطر ۱۰ میلی‌متر، که از کلاهک ریل مطابق شکل (۳-۹) تهیه می‌شود، انجام شود. طول این نمونه‌ها بر حسب دستگاه آزمایش کشش بین ۵۰ تا ۷۰ میلی‌متر متغیر است. نتایج آزمایش مقاومت کششی و درصد ازدیاد طول باید مطابق مقادیر ذکر شده در جدول (۳-۳) باشد.

تعداد نمونه‌های لازم برای انجام آزمایش کشش با نظر تولیدکننده و با تأیید کارفرما تعیین می‌شود. لیکن انجام یک آزمایش برای هر ۱۵۰ تن مواد مذاب، ضروری است. در صورتیکه میزان مواد مذاب تولیدی در یک نوبت بیش از ۱۵۰ تن باشد، اخذ ۲ نمونه در ابتدا و انتهای کار الزامی است.



شکل ۳-۹ آزمایش مقاومت کششی ریل

ب) آزمایش سقوط وزنه:

این آزمایش شامل سقوط یک وزنه به وزن تقریبی ۱۰۰۰ کیلوگرم از ارتفاع مشخص بر روی پروفیل ریل است. وزن و ارتفاع سقوط وزنه انتخابی باید توسط سازنده ریل و تأیید کارفرما تعیین شود. پس از انجام این آزمایش نباید هیچ گونه ترکی در ریل ایجاد

شود. تعداد آزمایشهای لازم با نظر سازنده و تائید کارفرما صورت می گیرد لیکن انجام بیش از یک آزمایش برای هر ۱۰۰ تن ریل لازم نیست.

ج) آزمایش ماکروسکوپی:

این آزمایش برای بررسی سطح مقطع ریل صورت می گیرد که در دو مرحله انجام می گیرد، اول بازرسی با چشم غیر مسلح و دوم تصاویر سولفاری که نتایج آنها باید به قرار زیر باشد:

۱- در بررسی مقطع تمیز شده نباید هیچ گونه اثری از شکاف در مقطع ریل وجود داشته باشد.

۲- تصاویر بدست آمده نباید عیوبی را بیش از آنچه در الگوهای استاندارد آمده است نشان دهد.

د) آزمایش ضربه:

در این آزمایش طول کوتاهی از ریل در حالت گرم و یا یک ریل خنک شده انتخاب می شود و شکاف متغیری در مرکز آن ایجاد می گردد. سپس توسط پرس یا دستگاه آزمایش ضربه مناسب، نیرویی بر نمونه آزمایش اعمال شده به طوری که جهت شکاف در آن در جهت کشش قرار گیرد. پس از انجام آزمایش سطح مقطع ریل باید به صورت چشمی بازرسی شده و نباید لایه لایه شدن و حفره های رشته ای را نشان دهد.

ه) آزمایش سختی :

انجام این آزمایش در مورد ریل های معمولی الزامی نمی باشد ولی در مورد ریل هایی که تحت عملیات حرارتی باشند الزامی است. این آزمایش مطابق استاندارد ISO- ۵۰۶ می باشد.

و) آزمایش تست اولتراسونیک (ماوراء صوت):

در مواردی که امکان بروز عیوب داخلی ریل را نمی توان با مشاهده چشمی تعیین کرد، از این آزمایش استفاده می گردد. به طور کلی دو روش برای بازرسی وجود دارد:

۱- استفاده از تجهیزات دستی

۲- استفاده از قطار اولتراسونیک

۳-۴- انتخاب ریل

۳-۴-۱- عوامل موثر بر انتخاب ریل

عوامل متعددی بر انتخاب ریل مناسب موثرند که مهمترین این عوامل شامل بار محوری لکوموتیو، بار محوری واگن ها، سرعت ناوگان عبوری و بار ناخالص عبوری سالیانه است.

۳-۴-۲- ضوابط انتخاب مقطع ریل

وزن واحد طول ریل مورد استفاده، نباید از مقادیر محاسبه شده در روابط (۳-۳) تا (۸-۳) کمتر باشد:

$$w \geq 2.25P_{\max} \quad (3-3)$$

$$w \geq 2.5p_{\max} \quad (4-3)$$

$$w \geq 0.4 V_{\max} \quad (۵-۳)$$

$$w \geq 24.4 \sqrt[4]{T_{\max}} \quad (۶-۳)$$

$$w \geq 1.13 \left(1 + \sqrt[4]{T_{\max}}\right) (1 + 0.012 V_{\max})^{0.667} P_{\max}^{0.667} \quad (۷-۳)$$

$$w \geq 1.2 \left(1 + \sqrt[4]{T_{\max}}\right) (1 + 0.012 V_{\max})^{0.667} P_{\max}^{0.667} \quad (۸-۳)$$

که در این روابط داریم:

W = وزن واحد طول ریل بر حسب کیلوگرم بر متر

P_{\max} = حداکثر بار محوری لکوموتیو بر حسب تن

P_{\max} = حداکثر بار محوری واگن بر حسب تن

V_{\max} = حداکثر سرعت ناوگان عبوری بر حسب کیلومتر بر ساعت

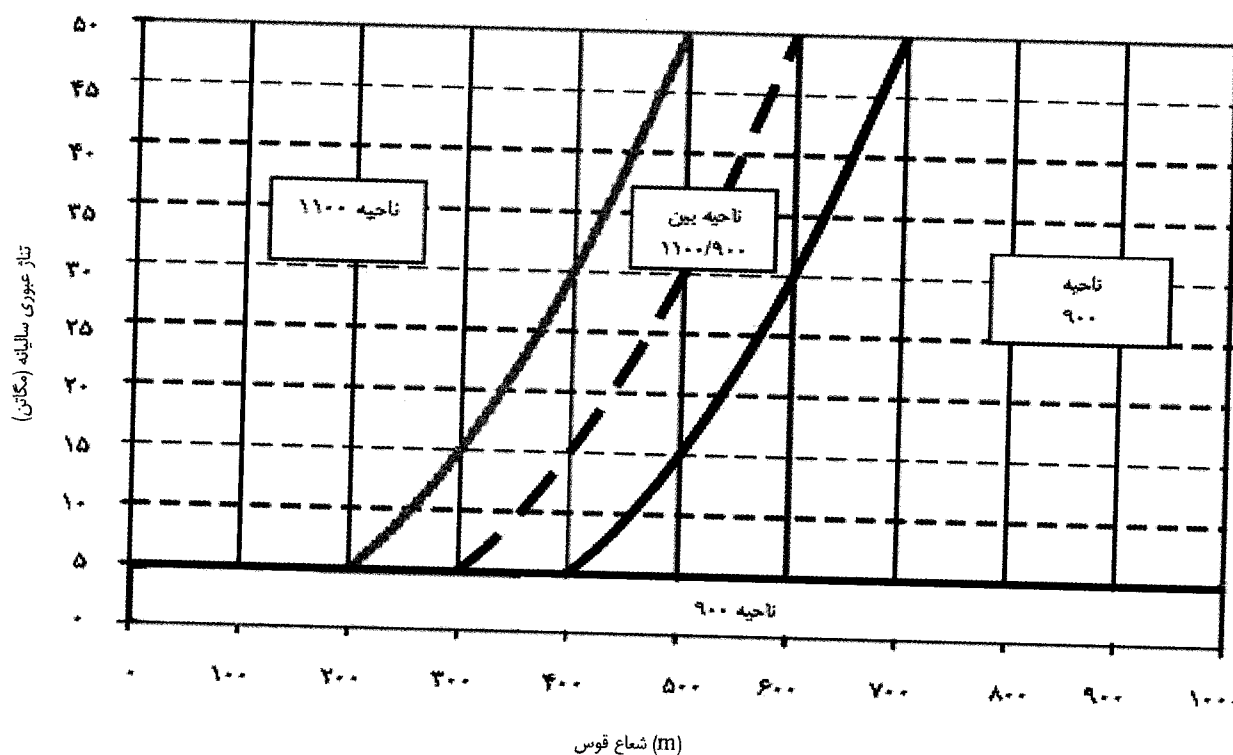
T_{\max} = حداکثر بار ناخالص عبوری سالیانه بر حسب میلیون تن

به کار بردن ریل‌های مستعمل و پروفیل اصلاح شده‌ای که سایشی بیش از سایش مجاز خطوط اصلی (بند ۳-۶-۱-۱ این نشریه) دارند، در خطوط اصلی مجاز نیست. این نوع ریل‌ها فقط در خطوط فرعی (طبقه E) با میزان بار ناخالص عبوری سالیانه کمتر از ۲ میلیون تن و سرعت کمتر از ۶۰ کیلومتر بر ساعت قابل استفاده می‌باشد. از به کار بردن ریل‌های نامرغوب و غیر استاندارد مانند ریل‌های با دست برش داده شده، ریل‌های تابدار و ریل‌های مستعمل و باز شده از قوسها باید خودداری شود.

رعایت ضوابط این نشریه در انتخاب مقطع ریل مناسب، برای خطوط جدید و نوسازی خطوط قدیمی الزامی است.

۳-۴-۳- ضوابط انتخاب نوع فولاد ریل

استفاده از ریل‌های با سختی ۹۰۰ مگاپاسکال در تمامی خطوط راه آهن جمهوری اسلامی ایران مجاز است. برای انتخاب سختی بین ۹۰۰ و ۱۱۰۰ مگاپاسکال برای ریل، می‌بایست با در نظر گرفتن تناژ عبوری سالیانه و شعاع قوس در نمودار (۳-۱) و همچنین با در نظر گرفتن کفایت چرخه‌هایی که در تماس با ریل‌های سختی ۱۱۰۰ مگاپاسکال می‌باشند انتخاب سختی مناسب ریل صورت گیرد. با توجه به سختی چرخه‌های موجود در راه آهن جمهوری اسلامی ایران، انتخاب سختی کمتر از ۹۰۰ مگاپاسکال برای ریل مجاز نمی‌باشد.



نمودار ۱-۳ انتخاب سختی ریل با توجه به تناژ عبوری سالیانه و شعاع قوس

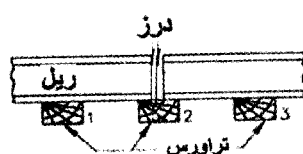
۳-۵- درز ریل

درز ریل جهت نگهداری انتهای دو ریل متوالی در محل مناسب در تراز قائم و افقی مورد نیاز می باشد. درز ریلها از ضعیف‌ترین قسمتهای یک خط محسوب می‌شوند. گاهی مقاومت خط در یک درز ریل تا ۵۰٪ کاهش می‌یابد. در یک درز موارد زیر را باید رعایت کرد:

- دو انتهای ریل با عبور قطار باید در جهت افقی و قائم بدون اعوجاج و تغییر مکان بیش از حد باقی بماند. این مورد در جلوگیری از پرش خط و عدم انحراف از مسیر صحیح ضروری می‌باشد.
- درز ریل باید دارای سختی و مقاومتی مشابه با خود ریل باشد و در جهت قائم و افقی از الاستیسیته لازم برخوردار باشد.
- درز ریلها باید فضای کافی برای انبساط و انقباض ریل را جهت تأثیرات درجه حرارت فراهم آورند.
- یک درز ریل باید به آسانی قابلیت جدا شدن از خط را بدون اختلال در کل سازه خط داشته باشد و نباید اجازه لهیده شدن سر ریل را بدهد.
- درز ریل باید موارد بالا را با کمترین هزینه اولیه و نگهداری برآورده سازد.

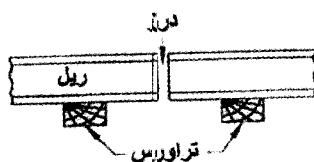
۳-۵-۱- انواع درز ریل

الف) درز ریل دارای تکیه گاه: هنگامی که مطابق شکل (۳-۱۰) انتهای ریلها در محل درز، بر روی یک تراورس به نام تراورس "درز" قرار داده شده است، درز ریل دارای تکیه گاه داریم.



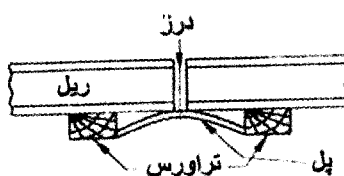
شکل ۳-۱۰ درز ریل دارای تکیه گاه

ب) درز ریلهای معلق: در محل درز ریل مطابق شکل (۳-۱۱) تراورسی وجود ندارد و به عبارتی درز ریل به صورت معلق قرار می گیرد. به تراورسهای مجاور درز در این حالت اصطلاحاً تراورسهای شل یا تراورسهای شانه اطلاق می شود.



شکل ۳-۱۱ درز ریل معلق

ج) درزهای تقویت شده: اگر در حالت قبل مطابق شکل (۳-۱۲)، توسط یک صفحه مسطح یا خمیده به نام "پل" درز ریل حمایت شود، درز ریلهای تقویت شده حاصل می گردد.



شکل ۳-۱۲ درز ریل تقویت شده

(د) درز ریل‌های جوش شده: این درزها از ایده‌آل‌ترین درزهای راه‌آهن محسوب می‌شوند. ضوابط درز جوشکاری شده می‌باید مطابق بند (۳-۵-۴) این نشریه باشد.

(ه) درزهای ناهمگون: هنگامی که دو پروفیل ریل مختلف با یکدیگر در یک درز ریل برخورد می‌نمایند از اینگونه درزها استفاده می‌گردد. در این حالت اتصالاتی‌های مخصوصی جهت تثبیت دو ریل در جای خود به کار برده می‌شوند.

(و) درزهای عایق بندی شده: هنگامی که نوعی ماده عایق در درز ریل قرار داده می‌شود تا از عبور جریان الکتریسیته در محدوده درز جلوگیری نماید، یک درز عایق بندی شده حاصل می‌شود.

(ز) درزهای انبساطی: در پل‌ها تمهیداتی برای انقباض و انبساط ریل‌ها پیش‌بینی می‌شود. در این گونه درزها استفاده از تراورسهای چوبی توصیه می‌شود.

۳-۵-۲- وضع قرار گرفتن درزها نسبت به یکدیگر

وضع درزها نسبت به یکدیگر را می‌توان به یکی از سه نوع متقابل، متناوب یا متقارب اجرا کرد:
الف) درزهای متقابل: هنگامی که درزها روی یک خط عمود بر محور راه‌آهن قرار گیرند. هنگام عبور محورها از این درزها هر دو چرخ با هم پائین می‌روند.

ب) درزهای متناوب: هنگامی که درز یک رشته ریل خط در وسط رشته دیگر قرار دارد.
ج) درزهای متقارب: این گونه درزها در دو رشته ریل مقابل یکدیگر نیستند، بلکه قدری از هم فاصله دارند. این فاصله ممکن است یک یا چند متر و یا حتی به اندازه فاصله دو تراورس متوالی باشد.

۳-۵-۳- وصله‌های ریل

استفاده از وصله‌های ریل فقط در خطوط با طبقه C^۴، D^۴ و E مجاز است. برای اتصال دو ریل متوالی باید از وصله مخصوص به خود آن ریل استفاده شود. سوراخهای مربوط به اتصال وصله ریل باید از قبل در انتهای ریل با دقت کافی ایجاد شود. در این نوع اتصال پیش‌بینی درز بین دو ریل متوالی به میزان مشخص ضروری است. فاصله بین دو ریل متوالی بر حسب درجه حرارت محیط در زمان نصب ریل و حداکثر درجه حرارت ریل در مدت بهره‌برداری باید مطابق مقادیر ذکر شده در جدول (۳-۷) انتخاب شود. وصله‌های ریل باعث کاهش سختی ریل، خرابی سطح ریل و انتهای اتصالات، ایجاد سطح ناهموار حرکت، ایجاد لرزشهای نامطلوب، افزایش ضریب دینامیکی بارها، افزایش تنشهای اعمال شده بر بالاست و بستری، افزایش نشست دائمی خط و افزایش سرعت زوال خط می‌شود. لذا توصیه می‌شود تا حد امکان از بکارگیری وصله‌ها در ریل اجتناب شود.

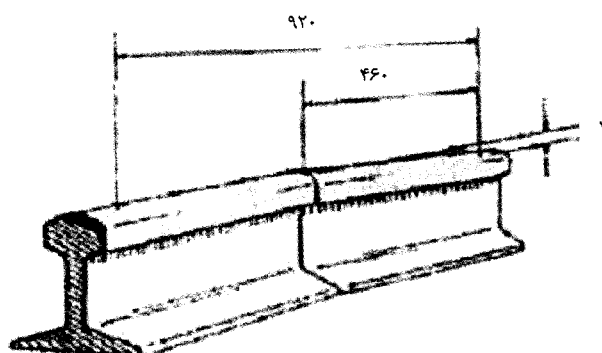
جدول ۳-۷ اندازه درز بین دو ریل با اتصال وصله ای (میلی متر)

حداکثر درجه حرارت ریل در محل نصب (سانتی گراد)				درجه حرارت ریل گذاری (سانتی گراد)
۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	بیش از ۴۰
۵	۴	۳	۳	۴۰ تا ۳۰
۶	۵	۴	۳	۳۰ تا ۲۰
۷	۶	۵	۴	۲۰ تا ۱۰
۹	۸	۷	۶	۱۰ تا ۰
۱۱	۱۰	۹	۸	۰ تا -۶
۱۲	۱۲	۱۱	۱۰	-۶ تا -۲۰
۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	کمتر از -۲۰

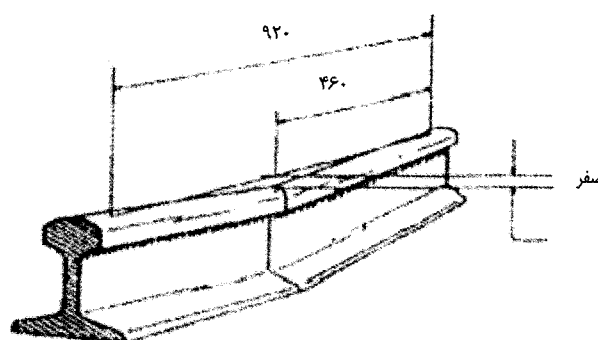
۳-۵-۴- جوش درز ریل

جوش درز ریل باید همراه با عملیات تمیز کردن سطح ریل، پیش گرم کردن ریل تا دمای ۳۵۰ درجه سانتیگراد، تراز کردن امتداد و لبه ریلها و سرد کردن تدریجی طی حداقل یک ساعت انجام شود.

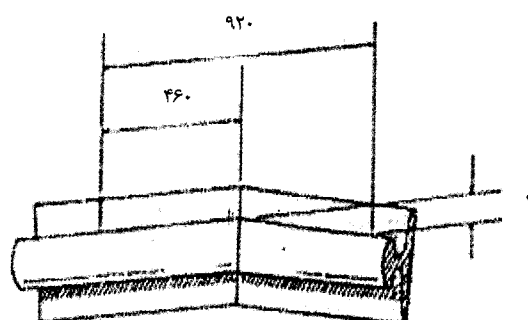
همانطور که در شکل (۳-۱۳) آمده است، خروج از محور قائم در محل جوشکاری نباید بیش از ۲ میلی متر در طول ۴۶ سانتی متری از طرفین محل جوش باشد. همچنین هیچگونه افتادگی قائمی مجاز نمی باشد، شکل (۳-۱۴). خروج از محوریت افقی یا تاب خوردگی در محل جوش حداکثر مجاز، ۲ میلی متر در طول ۴۶ سانتی متری از طرفین محل جوش می باشد، شکل (۳-۱۵).



شکل ۳-۱۳ حداکثر خروج از محور قائم در محل جوشکاری (ابعاد به میلی متر)



شکل ۱۴-۳ افتادگی قائم در محل جوش (ابعاد به میلی‌متر)



شکل ۱۵-۳ حداکثر خروج از محوریت افقی (تاب خوردگی) در محل جوش (ابعاد به میلی‌متر)

جوش سراسری ریل در همه خطوط، تا حداکثر طول ۱۰۰ کیلومتر مجاز می‌باشد، لیکن به منظور امکان اتصال دوراهاها و عملیات عایق‌بندی معمولاً جوش سراسری در بین دو ایستگاه متوالی صورت می‌گیرد. طول ریل‌های جوشکاری شده در قوس‌های با شعاع کمتر از ۴۰۰ متر نباید بیشتر از ۳۷/۵ متر باشد.

۳-۵-۴-۱- ریل‌های با جوشکاری پیوسته (CWR)

در تکنولوژی جوشکاری پیوسته (CWR) ریل‌ها به طور ممتد به هم جوشکاری شده، به طوری که طول پیوسته آنها حداقل یک کیلومتر باشد. در بکارگیری روش جوشکاری پیوسته می‌باید به مزایا و معایب حاصل از آن که در زیر ذکر شده است، توجه داشت و در انتخاب این روش باید کلیه ملاحظات ذکر شده مورد توجه قرار گیرند. توصیه می‌شود در تمامی خطوط اصلی از جوشکاری پیوسته ریل‌ها استفاده شود.

الف) در جوشکاری پیوسته می‌توان به مزایای زیر دست یافت:

- کاهش هزینه‌های نگهداری خط با حذف تعداد زیادی از اتصالاتی ها،
- اضافه شدن عمر ریل‌ها و وسایل نقلیه راه‌آهن،
- تقلیل حرکت‌های ارتعاشی روی خط جوشکاری شده که باعث کاهش سر و صدا و فراهم آوردن یک حرکت روان می‌شود،
- کاهش تنش‌های روی تراورس در محل درز،

- به حداقل رسیدن یا حتی حذف لغزش خط،
 - امکان رسیدن به سرعت‌های بالاتر،
 - بر طرف شدن مسئله شکستگی ریل در محل درز.
- ب) در جوشکاری پیوسته امکان بروز معایب زیر وجود دارد:**
- کماتش خط و شکست ریلها در اثر تنشهای حرارتی ریل،
 - دشواری تعویض ریلهای جوش شده و تراورسهای آنها،
 - هزینه‌های اولیه بالاتر به علت جوشکاری، انتقال و عملیات ریل گذاری.

۳-۵-۴-۲- روشهای جوشکاری ریل

جوشکاری ریل می‌تواند به چهار روش زیر صورت گیرد:

الف) جوشکاری قوس الکتریک:

در این روش جریان از درون ریل و در آن واحد از درون یک میله باریک به نام الکتروود عبور داده می‌شود. با نزدیک شدن الکتروود به ریل قوس الکتریکی بین ریل و الکتروود بوجود می‌آید که باعث ذوب شدن فلز الکتروود می‌گردد. فلز ذوب شده در درز ریل قرار می‌گیرد و پس از ذوب شدن اتصالی محکم بوجود می‌آید. توصیه می‌شود که از این جوشکاری برای اصلاح نقاط خورده شده در سوزنها و تقاطعات ریلهای آسیب دیده و سایر عملیاتیهای جوشکاری موضعی استفاده شود.

ب) جوشکاری فشار گاز:

در این روش گرمای بسیار زیادی با مخلوط کردن گاز اکسیژن و استیلن بوجود می‌آید که باعث ذوب شدن فلز الکتروود و جایگیری آن در درز ریل می‌شود.

ج) جوشکاری ریل سر به سر:

در این روش جریان بالای الکتریسیته از انتهای ریلهایی که باید به یکدیگر جوش داده شوند، عبور می‌نماید. میزان فضای آزاد بین دو ریل متغیر می‌باشد و دو ریل باید تا درجه حرارت مورد نیاز گرم شوند تا بتوان عمل جوشکاری را به انجام رساند. پس از آنکه دو ریل به دمای مورد نظر رسیدند، به یکدیگر متصل می‌شوند. در هنگام اتصال بین دو ریل فلش الکتریکی بوجود می‌آید. در این هنگام جریان الکتریکی متوقف می‌شود و دو انتهای ریل به یکدیگر فشرده می‌شوند تا در یکدیگر فرو روند و جوشکاری به اتمام برسد.

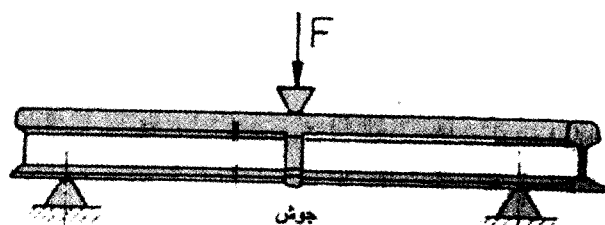
د) جوشکاری ترمیت:

در این روش از ترکیب شیمیایی دو ماده اصلی اکسید آهن و آلومینیوم جهت اتصال دو ریل بهره گرفته می‌شود. بدین صورت که ابتدا اکسید آهن و آلومینیوم بصورت پودر با یکدیگر مخلوط می‌شوند و سپس بوسیله یک فتیله محترق می‌گردند. پس از احتراق مخلوط یک فرایند شیمیایی بسیار گرمازا حاصل می‌گردد. پس از این فرایند، مذاب بدست آمده درون درز ریل جای می‌گیرد. انتخاب نوع جوشکاری بایستی با توجه به نظر طراح و شرایط طرح باشد. با توجه به مسائل اجرایی و اقتصادی استفاده از جوشکاری الکتریکی در ریلها توصیه می‌شود. آزمایشات کنترل کیفیت جوش ترمیت در بخش (۳-۴-۵-۳) این نشریه آمده است.

۳-۴-۵-۳- آزمایشهای کنترل کیفیت جوش ترمیت

الف) آزمایش خمشی استاتیک:

در این آزمایش ریل بر روی دو تکیه گاه به فاصله یک متر طوری قرار داده می شود که درز ریل جوشکاری شده دقیقاً در وسط دهانه یک متری قرار گیرد، شکل (۳-۱۶). جزئیات آزمایش می بایست مطابق فصل ریل آئین نامه AREMA باشد.



شکل ۳-۱۶ آزمایش خمشی استاتیک جوش ترمیت

ب) آزمایش خستگی (آزمایش خستگی با بار نوسان کننده):

آزمایش خستگی برای جوشهای ترمیت جهت تعیین مقاومت خستگی جوش طراحی شده است. به منظور تطبیق آزمایش با شرایط واقعی آزمایش از ریلهایی که کاملاً سنگ زنی شده اند و تحت تاثیر یک نیروی نوسانی تقریباً برابر با بارگذاری واقعی هستند استفاده می شوند. جوشها باید قابلیت تحمل ۲ میلیون سیکل بارگذاری بدون شکست یا ترک خوردگی را داشته باشند.

ج) آزمایش سختی:

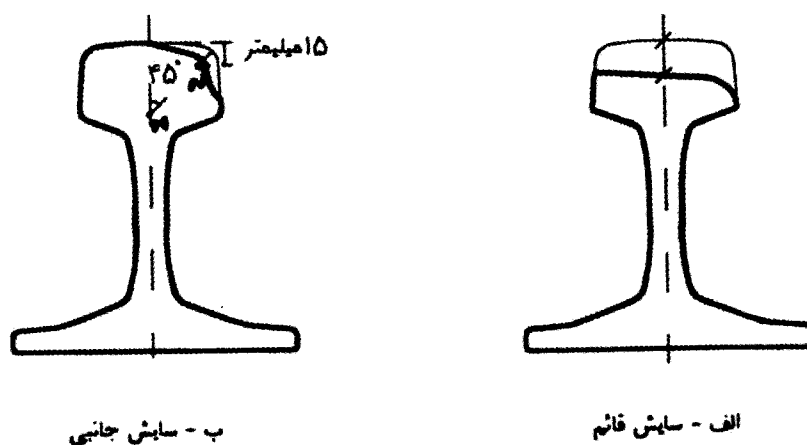
سختی جوش درز ریل باید متناسب با سختی ریلهای مجاور باشد تا از له شدگی و فرورفتگی درز ریل جلوگیری شود. بنابراین پودرهای ترمیت بایستی طوری تهیه شوند که سختی آنها از سختی ریلهای مجاور بیشتر باشد.

۳-۶- خرابی های ریل

معایب داخلی در هنگام تولید ریل و تغییرات خواص هندسی و مکانیکی ریل تحت تاثیر عبور و مرور قطار که امر بهره برداری را دچار اختلال سازد، خرابی ریل نام دارد. برخی از خرابی های ریل ظاهری است و با مشاهده چشمی یا اندازه گیری با ابزار ساده قابل تشخیص است. در صورتی که وجود هر یک از خرابی ها در ریل تشخیص داده شود باید سریعاً نسبت به ترمیم خرابی یا تعویض ریل طبق توصیه های این نشریه، در ناحیه خرابی اقدام شود.

۳-۶-۱- سایش ریل

سایش یکی از مهمترین عوامل در کاهش طول عمر ریل در خطوط آهن ایران است. سایش خط به دو صورت سایش چرخ و سایش ریل مشاهده می شود. سایش ریل در دو حالت قائم و جانبی و سایش چرخ در دو محل طوقه و فلانچ ایجاد می گردد بطوریکه سایش فلانچ از اهمیت بیشتری برخوردار است، شکل (۳-۱۷).



شکل ۳-۱۷- سایش قائم و سایش جانبی ریل

عوامل موثر در سایش چرخ و ریل عبارتند از عوامل خط و عوامل آلات ناقله. از جمله مهمترین پارامترهای تاثیرگذار خط در سایش می توان به عرض خط، شیب صفحه زیر ریل، دور و پروفیل تاج ریل اشاره کرد. ناتراز بودن محورهای بوژی نسبت به هم، نحوه بارگیری و پروفیل چرخ می توانند عوامل اساسی دیگر در سایش چرخ و ریل باشند.

۳-۶-۱-۱- کنترل سایش چرخ و ریل

حداکثر سایش مجاز کلاhek ریل UIC-۶۰ برای طبقات مختلف خطوط (A, B, C و D) مطابق جدول (۳-۸) است. سایش مجاز سایر ریلها را می توان از حاصل ضرب مقادیر ذکر شده در جدول (۳-۸) در نسبت ارتفاع ریل مورد نظر به ارتفاع ریل UIC-۶۰ محاسبه کرد. حداکثر سایش جانبی ریل در امتداد MN مطابق شکل (۳-۱۷) به فاصله ۱۵ میلی متر از سطح کلاhek ریل UIC-۶۰ نباید از ۱۸ میلی متر بیشتر باشد، (M مرکز سطح کلاhek ریل است). مجموع سایش قائم و جانبی نباید از ۲۵ میلی متر بیشتر باشد.

جدول ۳-۸ سایش مجاز ریل UIC-۶۰

طبقه خط	سرعت (کیلومتر بر ساعت)	سایش مجاز قائم (میلی متر)	سایش مجاز جانبی (میلی متر)
A	۱۶۰ ~ ۲۰۰	۹	۱۰
B	۱۲۰ ~ ۱۶۰	۱۲	۱۲
C	۸۰ ~ ۱۲۰	۱۵	۱۶
D	کمتر از ۸۰	۱۸	۱۸

۳-۶-۱-۲- روشهای کاهش سایش چرخ و ریل

روشهای زیر جهت کاهش سایش چرخ و ریل توصیه می گردند:

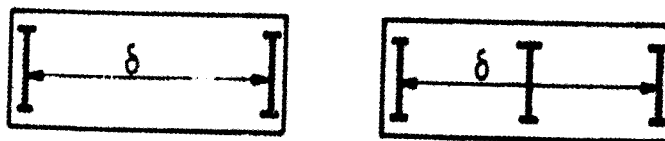
- ۱- اعمال نظارت بر سیستم بارگیری واگنها به طوری که واگنها در بارگیری عمل تقارن بارگیری را رعایت نمایند.
- ۲- حداکثر فاصله محورها (δ) بر روی یک قوس به شعاع R ، بایستی از رابطه (۳-۹) محاسبه گردد. (δ) برای بوژیهای سه محوره و دو محوره مطابق شکل (۳-۱۸) می باشد.

$$\delta_{\max} = 0.3\sqrt{R}$$

(۳-۹)

δ_{\max} = حداکثر فاصله محورها (متر)

R = شعاع قوس به متر



شکل ۳-۱۸ حداکثر فاصله محورها (δ) در بوژیهای سه محوره و دو محوره

- ۳- در مناطق با قوس کمتر از ۳۰۰ متر از بکارگیری بوژیهای سه محوره اجتناب گردد.
- ۴- ضخامت طوقه چرخها بیش از ۷۰-۶۵ میلی متر اختیار گردیده و در صورتی که طوقه چرخ در اثر سایش به ضخامت زیر ۳۰ میلی متر کاهش یابد نباید در خطوط مورد استفاده قرار گیرد.
- ۵- برای اجرای شیب بانداژ در پروفیل طوقه، باید بجای بانداژ با شیبهای ۱/۲۰ و ۱/۱۰، از شیبهای غیرخطی با منحنی و معادلات ارائه شده در اتحادیه بین المللی راه آهنها (UIC) استفاده گردد.
- ۶- توصیه می گردد از اتصالات جوشی استفاده شود و سیستم ریلهای ممتد بکار گرفته شود.
- ۷- استفاده از سوزنهای مربوط به قوسهای ۳۰۰ متری جهت کاهش سایش توصیه می گردد.

۸- در صورت امکان از پروفیل ریل و چرخ نامتقارن برای تقویت تماس مناسب بوژی با سطح ریل و در نتیجه کاهش سایش استفاده گردد.

۹- حفظ عرض خط و کنترل آن در دوره نگهداری، معادل ۱۴۳۵ میلی متر و اعمال عرض خط اضافه مطابق با استاندارد در قوسها منظور شود. بطور کلی اضافه عرض خط بایستی مطابق با جدول (۲-۲) این نشریه اختیار گردد.

۱۰- در انشعابات و سوزنها شیب عرضی نباید اجرا شود، شتاب گریز از مرکز خنثی نشده بایستی به حدود ۰/۷ متر بر مجذور ثانیه محدود گردد. بنابراین حداکثر سرعت حرکت در انشعابات بایستی از رابطه (۳-۱۰) بدست می آید.

$$(۳-۱۰)$$

$$V = 3\sqrt{R}$$

R = شعاع قوس سوزن (متر)

V = حداکثر سرعت حرکت بر روی سوزن (کیلومتر بر ساعت)

۱۱- خرابی افقی خط که عبارت است از انحراف افقی موقعیت واقعی خط از وضعیت تئوریک آن، بایستی در حدود جدول (۲-۴) این نشریه محدود گردد.

۱۲- بین سطوح تماسی ریل و چرخ برای مکانهایی که به علل مختلف ایجاد سایش محتمل می باشد استفاده از روانکار توصیه می گردد. در این صورت باید ضخامت فیلم روانکار به اندازه کافی باشد. همچنین در مورد قطعاتی که پدیده خستگی سطحی عامل اصلی سایش می باشد، انتخاب نوع روانکار از نظر نوع ویسکوزیته اهمیت داشته و در مورد این گونه قطعات روانکار با ویسکوزیته بالا توصیه می شود. توصیه می شود از مواد روانکار جامد به صورت پودر و یا به شکل روانکارهای جامد در خطوط پر اهمیت استفاده شود.

۱۳- سه شیوه زیر برای روانکاری ریل و چرخ به ترتیب اهمیت، توصیه می شوند:

الف) استفاده از روانکار متحرک ریل که به صورت یک وسیله متحرک مستقل در طول خطوط حرکت می کند و مواد روانکار را بر روی سطوح جانبی ریلهای خارجی در تمام طول قوسها اعمال می کند.

ب) تجهیز لوکومتیوها و قطارهای برقی به سیستم های روانکار مستقر در روی وسایل نقلیه برای اعمال مواد روانکار به لبه چرخها.

ج) نصب پمپهای ثابت روانکاری در قوسهای تند و در ابتدای سوزنها در محل ایستگاهها برای جلوگیری از سایش ریلها و قطعات سوزن.

۱۴- در مکانهایی که سایش شدید محتمل می باشد بایستی سطح ریل بوسیله ماشین های مکانیکی بمنظور دستیابی به یک پروفیل مطلوب سائیده شود. این عمل بمنظور اصلاح پروفیل تغییر یافته ریل به کار می رود. همچنین در مکانهایی که موج روی سطح ریل، پریذگی فلز از سطح ریل و پوسته شدن سطح ریل دیده می شود استفاده از عمل ریل سابی (سنگ زنی) توصیه می گردد.

۱۵- عملیات ریل سابی بایستی طوری انجام گیرد که سطح تماسی بین ریل و چرخ، بخصوص در طول انشعابات، به بیشترین حد برسد.

- ۱۶- عملیات ریل سابی بایستی توسط دستگاه ریل ساب انجام شود و در صورتی که کار بر روی خطوط ریلی با محورهای سنگین مورد نظر باشد بایستی از روش ریل سابی غیرمتقارن استفاده گردد.
- ۱۷- ریل سابی می باید برای ناهمواری های به عمق حداکثر ۰/۴ میلی متر انجام شود. برای ناهمواری های عمیق تر باید از تراش ریل استفاده کرد.

۳-۶-۲- ناهمواری های موجی شکل ریل (کاریوگیشن)

- ناهمواری های موجی شکل ریل به وسیله موجهای متوالی با راسهای براق و گودیهای که در روی سطح ریل ایجاد می کنند مشخص می شوند. فاصله بین راس موجها از ۳۰ تا ۳۰۰ میلی متر برای طول موجهای کوتاه و از ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی متر برای طول موج بلند تغییر می کند. وجود ناهمواری های موجی شکل ریل دارای پیامدهای زیر می باشد:
- افزایش نیروی تماسی و ایجاد نیروهای دینامیکی اضافی بین چرخها و ریلها
 - سایش سریع چرخها و نیاز به عملیات تعویض چرخ یا اصلاح پروفیل
 - کاهش عمر سیستم تعلیق وسایل نقلیه ریلی
 - کاهش سرعت مجاز خط
 - افزایش سر و صدای ناشی از حرکت خط
 - کاهش دوام هندسه خط
- ریل سابی و تسطیح سطح ریل برای رفع این پدیده توصیه می گردد.

۳-۶-۳- ترکهای طولی در جان و ناحیه اتصال کلاهدک به جان

- این نوع عیب در انتهای ریل به وجود می آید و باعث جدا شدن کلاهدک از جان می شود. شروع این ترکها به موازات کلاهدک است و سپس به سمت بالا، پایین و یا هر دو طرف منحرف می شود. این نوع ترک باید با جایگزینی یک قطعه ریل سالم در ناحیه ترک خورده و جوش آن ترمیم شود.

۳-۶-۴- ترکهای ستاره ای در سوراخهای ریل

- این ترکها تحت تاثیر بارهای عبوری در سوراخهای مربوط به قطعات اتصالی ریل به وجود می آید. این ترکها در ابتدا دارای زاویه ۴۵ درجه هستند. این نوع خرابی باید با برش ریل در طول خرابی و جایگزینی آن با ریل سالم ترمیم شود.

۳-۶-۵- شکست عرضی ریل

- این نوع خرابی معمولاً به صورت ناگهانی و بدون وجود علائم قبلی و بیشتر در مناطق با آب و هوای سرد اتفاق می افتد. در صورتی که این نوع خرابی حین عبور قطار ایجاد شود، ممکن است باعث ایجاد سانحه گردد. پس از ایجاد شکست ریل، بلافاصله باید نسبت به تعویض ریل اقدام شود.

۳-۶-۶- لکه تخم مرغی

این نوع خرابی که به ناپیوستگی تخم مرغی شکل داخلی اولیه مربوط می شود، از عملیات حرارتی در زمان تولید ریل ناشی می گردد و پس از بهره برداری به سطح ریل گسترش پیدا می کند و باعث شکست آن می شود. لازم است تا با انجام بازرسی های دوره ای ریل به صورت چشمی و با کمک دستگاه های تشخیص ماوراء صوتی نسبت به شناسایی این نوع خرابی اقدام شود. پس از شناسایی این نوع خرابی باید قطعه کوتاهی از ریل در این قسمت جایگزین و جوش داده شود.

۳-۶-۷- پوسته شدن سطح چرخش ریل

این نوع خرابی شامل شکل های نامنظم و پوسته پوسته شدن رویه کلاhek ریل است که معمولاً عمقی در حدود چند میلی متر دارد. این نوع خرابی در یک نقطه خاص رخ نمی دهد و همیشه در یک طول نسبتاً وسیع ایجاد می شود. پس از شناسایی این نوع خرابی باید نسبت به تعویض ریل در ناحیه مورد نظر اقدام شود.

۳-۶-۸- پوسته شدن لبه داخلی کلاhek ریل

این خرابی بصورت لکه های تیره رنگ که در لبه داخلی کلاhek ریل پراکنده شده اند ظاهر می شود. لکه های تیره رنگ که نشانه های اولیه از هم پاشی فولاد ریل است، پس از یک دوره تکاملی به صورت دولبه در سطح جانبی کلاhek ریل ظاهر می شود و نهایتاً باعث ایجاد ترک و پوسته پوسته شدن لبه داخلی کلاhek می شود. این نوع خرابی بیشتر در ریل های خارجی قوسها که برای جلوگیری از سایش جانبی، روغنکاری شده اند به وجود می آید. پس از گسترش این خرابی، ریل باید تعویض شود.

۳-۶-۹- سوختگی موضعی سطح کلاhek

سوختگی موضعی که در اثر درجا زدن چرخ بر روی ریل ناشی می شود به صورت لکه های بیضی شکل ناپیوسته ظاهر می شود که ممکن است تدریجاً از بین برود و یا توسعه پیدا کند. گسترش این نوع خرابی می تواند به صورت سطحی یا عرضی باشد. گسترش سطحی منجر به پوسته پوسته شدن کلاhek ریل و گسترش عرضی منجر به شکست کلاhek ریل می شود. ترمیم این نوع خرابی در مراحل اولیه می تواند با ریل سابی سطح ریل صورت گیرد، ولی در مراحل رشد بیشتر باید نسبت به جایگزینی و جوش یک قطعه ریل اقدام شود.

۳-۶-۱۰- سوختگی پیوسته روی کلاhek ریل

سوختگی پیوسته ریل در اثر کشیده شدن چرخ بر روی ریل در اثر ترمز ایجاد می شود. این خرابی به صورت امواج افقی در کلاhek ریل و یا بروز ترک های ریز با عمق زیاد روی کلاhek ظاهر می شود که در هوای سرد باعث شکست ریل می شود. ترمیم خرابی در مراحل اولیه از طریق ریل سابی ممکن است، لیکن در صورت گسترش آن باید نسبت به تعویض ریل اقدام شود.

۳-۶-۱۱- ترکهای قائم طولی در جان ریل

این نوع خرابی به صورت یک ترک قائم در جان ریل است. این خرابی در زمان تولید ریل به وجود می‌آید و در صورتی که با سایر خرابی‌ها همراه باشد، منجر به شکست ریل می‌شود. این خرابی باید بوسیله دستگاههای ماوراء صوت شناسایی شده و بخشی از ریل که دچار خرابی شده، تعویض شود.

۳-۶-۱۲- ترک قائم طولی کف ریل

این خرابی به صورت یک ترک قائم در کف ریل شروع می‌شود و در صورت ادامه بهره‌برداری منجر به شکست ناگهانی به ویژه در آب و هوای سرد می‌شود. این نوع خرابی نیز هنگام تولید ریل به وجود می‌آید. با شناسایی این نوع خرابی باید نسبت به تعویض ریل در بخش مورد نظر اقدام شود.

۳-۶-۱۳- ترکهای عرضی ریل

این نوع خرابی‌ها از بخش جوش شده، خرابی داخلی کلاhek ریل و یا خرابی کف ریل شروع می‌شوند و در نهایت باعث گسیختگی ریل می‌شود. برای ترمیم آن باید از جوش مجدد یا جایگزینی ریل استفاده شود.

۳-۶-۱۴- ترک افقی جان

این نوع خرابی‌ها از نقاط اتصال جوشی به صورت عمودی بر مقطع جوش، شروع شده به شکل منحنی به سمت بالا یا پائین توسعه پیدا می‌کند. برای ترمیم باید از جایگزینی و جوش قطعه کوتاهی از ریل استفاده شود.

۳-۶-۱۵- ترکهای عرضی کلاhek ریل

این نوع خرابی در اثر خستگی سطوح ترمیم شده در ریل به صورت عرضی ایجاد می‌شود و معمولاً از محل‌های جوش داده شده شروع می‌شود. ترمیم آن باید از طریق جایگزینی یک قطعه ریل و جوش آن صورت گیرد.

۳-۶-۱۶- ترک عرضی در محل اتصالات الکتریکی

ترکها در این نوع خرابی ممکن است از وجه بیرونی کلاhek، یک طرف جان و یا یکی از بالهای کف ریل شروع شود. برای تعمیر این نوع خرابی، اتصال قطعه کوتاهی از ریل الزامی است.

فصل چهارم

تراورس

۴-۱- کلیات

تراورسها جزء ادوات روسازی خط آهن می باشند که بین ریل و بالاست قرار می گیرند و نیرو را از ریل به بالاست منتقل می کنند و در عین حال ثابت ماندن عرض خط را تامین می کنند. شرایط تراورس باید به گونه ای باشد که وظایف زیر را به طور کامل انجام دهد.

- انتقال و توزیع صحیح بار از ریل به بالاست،
 - ثابت نگه داشتن شیب $1/20$ برای نصب ریل،
 - ارائه مقاومت مکانیکی کافی در جهت های قائم و افقی،
 - تراورس باید دارای خصوصیات زیر باشد:
 - باید سطح تماس تراورس با بالاست به اندازه کافی وسیع باشد تا فشار وارد بر بالاست از حد مجاز آن تجاوز نکند.
 - مقاومت و انعطاف پذیری کافی داشته باشد.
 - شکل هندسی آن طوری باشد که مانع از تغییر مکان طولی و عرضی خط گردد.
 - در برابر عوامل جوی پایدار باشد.
- در تمامی خطوط با بالاست، استفاده از تراورس مطابق مشخصات این نشریه اجباری است. انواع تراورسهای قابل استفاده در خطوط راه آهن جمهوری اسلامی ایران عبارتند از:

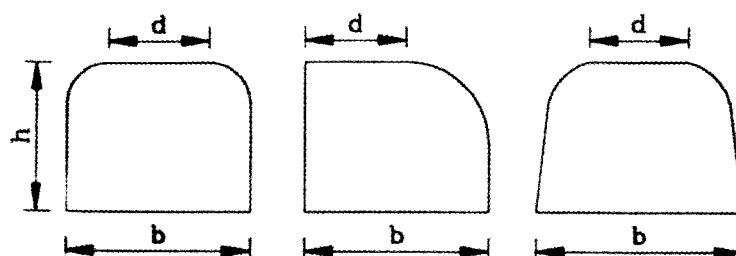
- تراورس چوبی
- تراورس فلزی
- تراورس بتنی
- تراورس ترکیبی

۴-۲- تراورسهای چوبی

ابعاد و اندازه‌های تراورس چوبی مورد استفاده بایستی مطابق جدول (۴-۱) باشد. مقطع تراورس چوبی می‌تواند مطابق یکی از انواع نشان داده شده در شکل (۴-۱) باشد. انتخاب مقادیر اضافی یا ویژه برای انواع تراورسهای چوبی تنها در صورت بهبود ویژگیهای فنی و اقتصادی تراورس، رعایت مدارک UIC و یا معادل آن و تایید مراجع ذیصلاح مجاز است.

جدول ۴-۱ اندازه‌های مجاز ابعاد تراورسهای چوبی

ویژگیهای هندسی نوع تراورس	ضخامت h (mm)	عرض کف b (mm)	عرض رویه d (mm)	رواداری طولی (%)	طول l (mm)
تراورس معمولی	۱۴۰-۱۶۰	۲۴۰-۲۵۰	۱۷۰-۲۵۰	۴ تا ۶	۲۶۰۰
تراورس پل	۲۴۰-۲۵۰ ۲۵۰-۲۶۰	۲۴۵-۲۵۵ ۲۹۵-۳۰۵	۱۷۰-۲۵۰	۵	۲۶۰۰ ۳۵۰۰
تراورس دستگاه تعویض خط	۱۴۵-۱۶۰	۲۴۰-۲۵۰	۱۷۰-۲۵۰	۵	۲۶۰۰-۲۸۰۰



شکل ۴-۱ مقطع تراورس چوبی

چوب مناسب تراورس باید دارای مقاومت کافی در برابر کشش ناشی از خمش و مطابق مدارک UIC باشد. انتخاب روش مناسب اشباع و زمان بندی مراحل اشباع و معیارهای میزان نفوذ و عمق نفوذ مواد روغنی در هر تراورس باید بر اساس محموله‌های جداگانه چوب و میزان رطوبت نهایی آن، تعیین و با روشها و معیارهای رایج مدارک UIC یا معادل آنها انجام و ارزیابی شوند.

اشباع تراورسها باید پس از کاهش رطوبت چوب به کمتر از ۲۵٪ و پس از سوراخ کاری و S کوبی (و در صورت نیاز پس از ایجاد گودی صفحه زیر ریل)، با ماده روغنی کرئوزوت (با ویسکوزیته ۱/۴ تا ۱/۸ درجه در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد و بدون رسوبات جامد در آن یا ترکیب آن با سولفات مس یا کلرور روی) و انجام همه اصول و ضوابط زیست محیطی (مانند عدم آلودگی شیمیایی منطقه کارگاه و محدوده خطوط آهن) انجام شود.

دستگاههای اندازه گیری زمان، فشار، حرارت و رطوبت دستگاههای اشباع تراورس باید کاملاً مطمئن، سالم، تمیز و با رواداری تا $\pm 2/5\%$ باشند. اندازه گیری مقادیر زمان، فشار و حرارت تراورس های در حال اشباع باید هر ۵ دقیقه یکبار در طول مراحل اشباع و طبق مقادیر مشخص و ثابت روش اشباع مورد نظر با رواداری مقادیر آن تا $\pm 5\%$ انجام شوند. فشار و حرارت عملیات اشباع تراورس باید کمتر از حد اشتعال مواد روغنی باشد.

ظرفیت نگهداری کرئوزوت خالص در هر تراورس چوبی از هر گونه چوب و در هر روش اشباع نباید از ۱۳۰ کیلوگرم بر متر مکعب کرئوزوت با رواداری تا ۱۰٪ (با ۸ تا ۱۴ کیلو بار فشار طی ۳ تا ۵ ساعت) کمتر باشد و محل هر برش یا سوراخ کاری تراورسهای چوبی اشباع شده باید قیراندود یا با کرئوزوت پوشش مجدد شود.

دیگهای اشباع تراورس باید هر سه ماه یکبار از نظر دارا بودن توان و دوام مکانیکی و حرارتی لازم برای عملیات اشباع تراورس (با فشار ۱۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع در دمای ۱۳۰ درجه سانتیگراد) با روشهای مطمئن صنعتی آزمایش و کنترل شوند. همچنین دیگهای اشباع هر ماه باید از نظر سالم و تمیز بودن تورهای مناسب در ورودی پمپ ها و لوله کشی ها بازرسی و تمیز شوند. لوله های ارتباطی دیگ اشباع و پمپها و دیگر لوله های دیگ اشباع باید هر روز بازرسی و با بخار داغ پر فشار تمیز شوند. برای ساخت تراورس چوبی از تنه درخت باید شرایط زیر برقرار باشند:

- تراورس لازم نیست حتماً چهار گوش یا کاملاً راست باشد.

- لازم است سطح زیرین آن صاف باشد.

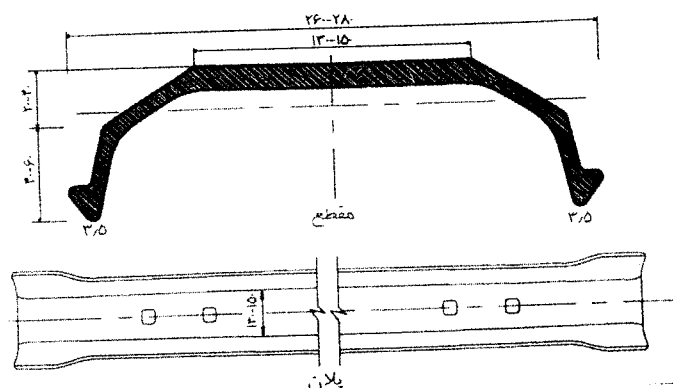
- سطوح کناری آن با زاویه تقریباً قائمه قطع شده باشد.

- در تراورسهای نیم گرد سطح بالایی باید یک قسمت سطح افقی داشته باشد.

برای بهبود کیفی و افزایش دوام تراورسهای چوبی بهتر است اقدام مناسب ضد ترک (مانند ایجاد بریدگیهای سطحی روی تراورسها، تزریق مواد ضد ترک مانند اوره، فرآورده های نفتی یا الیافی مصنوعی، قیر پاشی داغ بر رویه تراورسهای چوبی ترک دار) بر روی تراورسهای نو یا در حال بهره برداری و نیز عملیات گرمایی اضافی برای خشک کردن تراورسها (پیش از اشباع آنها) انجام شود.

۴-۳- تراورسهای فلزی

تراورس فولادی یک نوع پروفیل نورد شده است که شکل کلی مقطع آن در شکل (۴-۲) نشان داده شده است. ساخت و کاربرد هر گونه تراورس فلزی با ویژگیهای هندسی و مکانیکی ویژه یا جدید با توجه فنی و اقتصادی آن و رعایت مدارک UIC یا معادل آن مجاز است. طول هر تراورس فلزی باید بین ۲/۵ تا ۲/۶ متر، وزن آن بین ۷۵ تا ۹۰ کیلوگرم و ضخامت آن بین ۱۰ تا ۱۶ میلی-متر باشد.



شکل ۲-۴ شکل کلی تراورسهای فولادی

ابعاد مقطع تراورس فلزی باید طوری انتخاب شود که مقاومت کافی در برابر نیروهای داخلی داشته باشد و پایداری طولی و عرضی خط را حفظ کند. ویژگیهای شیمیایی و مکانیکی تراورس فلزی باید مطابق با جداول (۲-۴) و (۳-۴) باشد.

جدول ۲-۴ ویژگیهای شیمیایی تراورسهای فلزی

عنصر شیمیایی	فسفر P	گوگرد S	منگنز Mn	سیلیسیم Si	کربن C
درصد وزنی	≤ 0.05	≤ 0.05	$0.55-0.75$	$0.2-0.3$	$0.15-0.2$

جدول ۳-۴ ویژگیهای مکانیکی تراورسهای فلزی

حدکشش مجاز (مگاپاسکال)	حدتنش تسلیم (مگاپاسکال)	درصد ازدیاد طول نسبی (%)	سختی (برینل)	پایداری به ضربه (مگاپاسکال)
$400-510$	$250-275$	≥ 20	$140-150$	27

مواردی که استفاده از تراورسهای فولادی توصیه نمی شود عبارتند از:

تونلهای مرطوب، کوه بریدگی های مرتفع که در آنها خط در معرض تابش آفتاب قرار نمی گیرد مگر آنکه جهت ترانشه شمالی- جنوبی باشد، زمینهای باتلاقی، پلهای فاقد بالاست، خطوط مجاور کارخانه های شیمیایی و در خطوطی که عایق بودن تراورس در آنها لازم است.

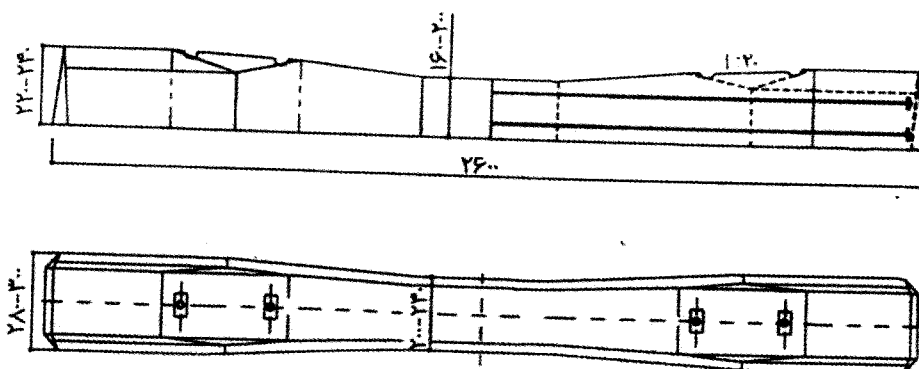
ساخت و تولید تراورسهای فلزی باید با دقت کافی و با رعایت مشخصات فنی خاصی صورت گیرد. عملیات مربوط به ایجاد سوراخ در روی تراورس نیز بایستی با دقت زیادی صورت گیرد. رواداری ابعاد سوراخ ها نباید بیش از 0.5 میلی متر باشد و فاصله بین سوراخهای مربوط به یک ریل نیز باید با رواداری 0.75 میلی متر ایجاد شود.

رواداری مربوط به ضخامت تراورس فولادی در حد $+1$ و -0.5 میلی متر مجاز است. رواداری عرض در حد 4 میلی متر، رواداری ارتفاع مقطع تا 3 میلی متر و رواداری طول تراورس تا 25 میلی متر مجاز است.

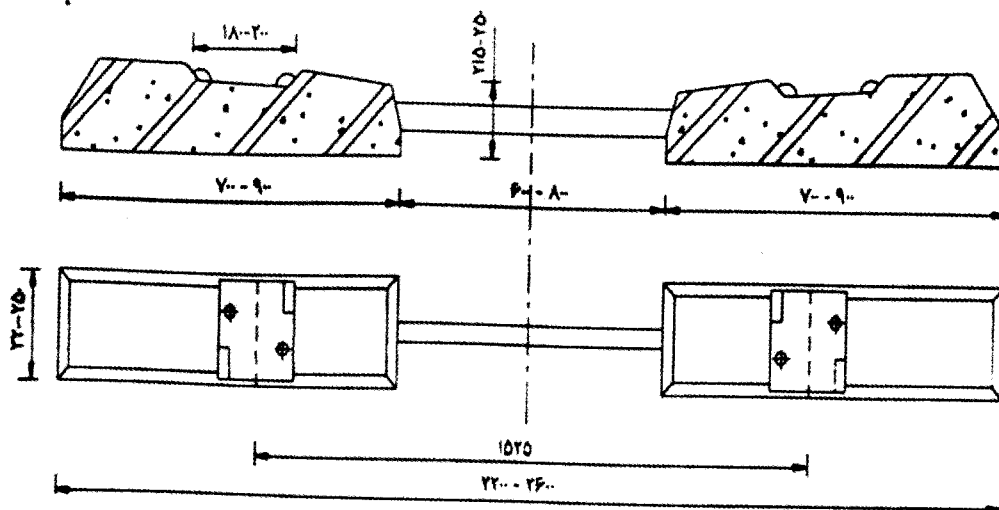
۴-۴- تراورسهای بتنی

فرم کلی تراورسهای بتنی باید مطابق شکلهای (۳-۴) و (۴-۴) باشد. مشخصات کلی این نوع تراورسها در جدول (۴-۴) ذکر شده است.

ابعاد و اندازه‌های دقیق تراورس بتنی، کیفیت مصالح مصرفی و نحوه ساخت آن بر حسب شرایط محیطی و بهره‌برداری بایستی مطابق مشخصات فنی و ضوابط طراحی باشد. رعایت ضوابط مربوط به آئین‌نامه‌های معتبر در خصوص بتن پیش‌تنیده در طراحی و ساخت تراورس بتنی پیش‌تنیده الزامی است. رعایت ضوابط مربوط به آئین نامه بتن ایران (آبا) نشریه شماره ۱۲۰ سازمان برنامه و بودجه) در طراحی و ساخت تراورسهای بتنی با بتن معمولی الزامی است.



شکل ۳-۴ تراورس بتنی یک تکه



شکل ۴-۴ تراورس بتنی دو تکه

جدول ۴-۴ ویژگیهای عمومی تراورسهای بتنی

ویژگی	تراورس پیش تنیده یک تکه	تراورس بتنی دو تکه	واحد
طول کل تراورس	۲۴۰۰-۲۶۰۰	۲۲۰۰-۲۶۰۰	(mm)
عرض کف تراورس	۲۴۰-۲۹۰	۲۶۰-۳۰۰	(mm)
عرض رویه تراورس	۲۲۰-۲۵۰	۲۲۰-۲۵۰	(mm)
ارتفاع تراورس	۱۵۰-۲۲۰	۲۱۰-۲۸۰	(mm)
طول هر تکه	-	۷۰۰-۹۰۰	(mm)
شیب نشیمنگاه ریل	۱ به ۲۰	۱ به ۲۰	(mm)
وزن کل تراورس	۲۶۰-۲۸۰	۱۶۰-۱۸۰	(Kg)

میلگردهای پیش‌تندگی تراورسهای بتنی یک تکه باید از جنس DIN St-۱۶۰ یا استانداردهای معادل و بالاتر و دارای ویژگیهای شیمیایی مکانیکی مطابق جدول (۴-۵) و (۴-۶) باشند.

جدول ۴-۵ ویژگیهای شیمیایی میلگردهای پیش‌تندگی تراورس بتنی یک تکه

گوگرد S (%)	فسفر P (%)	منگنز Mn (%)	سیلیسیم Si (%)	کربن C (%)
۰/۰۳-۰/۰۴	≤ ۰/۴	۰/۰۶-۰/۰۹	۰/۱۵-۰/۰۳	۰/۷۵-۰/۸۸

جدول ۴-۶ ویژگیهای مکانیکی میلگردهای پیش‌تندگی تراورس بتنی یک تکه

پایداری به ضربه (مگاپاسکال)	درصد ازدیاد طول نسبی (%)	سختی (برینل)	حدکشش مجاز (مگاپاسکال)	حدتنش تسلیم (مگاپاسکال)
< ۱۲۵۰	۹	۳۸	۱۸۰۰	۱۴۰۰

جنس میلۀ مرکزی یا نبشی مرکزی اتصال تراورسهای بتنی دو تکه باید طبق مدارک UIC یا معادل آن، با پیش‌بینی و رعایت شرایط آب و هوایی و شیمیایی منطقه مورد استفاده، حداکثر بارها و نیروهای وارده بر آن در دوره ۴۰ ساله کاربرد، توجیه فنی و اقتصادی و تأیید کارفرما تعیین شود. میلۀ مرکزی یا نبشی تراورسهای بتنی دو تکه در هر حال باید از جنس ضد زنگ یا با پوشش مقاوم ضد زنگ، با لبه‌های تابیده در هر دو طرف (برای حداکثر مهار تکه‌های بتنی دو طرف) باشد. طرفین این میلۀ مرکزی یا نبشی نیز باید در داخل تراورسها برای حداکثر اتصال و پیش‌گیری زنگ‌زدگی قیراندود شود.

جنس پیچ و مهره تراورسها و رول پلاک آنها باید کاملاً پایدار و از مواد نو (بدون مواد مستعمل یا بازیافتی) باشد. مشخصات فیزیکی، کیفیت مواد، ویژگیهای ابعادی، میزان رواداری هر یک و نحوه نصب آنها باید بر طبق مشخصات فنی خصوصی و مطابق استانداردهای معتبر باشد.

عمق رول پلاک تراورسهای بتنی باید از ۸۰ تا ۱۲۰ میلی متر با رواداری ۴/۵ میلی متر و حداقل مقاومت آن در برابر کشش خارجی معادل ۵/۵ تن باشد. نصب رول پلاک در همه تراورسها باید پس از قیراندود کردن یا روغن اندود کردن بدنه بیرونی رول پلاکها (در حین ساخت تراورس) صورت گیرد.

۴-۵- تراورسهای ترکیبی

استفاده از تراورسهای ترکیبی (انواع چوب و فلز بازیافتی، پلیمر، پلاستیک یا سرامیک) جدید، در صورت رعایت ضوابط UIC یا AREMA و تصویب کارفرما مجاز است. این نوع تراورس باید دارای شرایط زیر باشد:

- به آسانی قابل حمل و جابجایی باشد.
- در شرایط مختلف کاربری مانند عبور بارهای نفتی و شیمیایی پایدار و مقاوم باشد.
- در برابر شرایط مختلف آب و هوایی بادوام بوده و آسیب پذیر نباشد.
- دارای عمر مفید بیش از ۵۰ سال بوده و دوام نقاط اتصال آن (با پیچ) درحد تراورسهای چوبی یا بتنی باشد و قابلیت لازم برای توزیع و انتقال فشار وارده از ریلها بر لایه بالاست را داشته باشد.

۴-۶- نحوه انتخاب نوع تراورس

انتخاب نوع تراورس باید بر حسب شرایط محیطی، نحوه بهره‌برداری و نگهداری، مشخصات هندسی مسیر، منابع موجود و ملاحظات اقتصادی صورت گیرد.

استفاده از تراورسهای چوبی دارای مزایایی از قبیل انعطاف‌پذیری بودن، کاهش سر و صدای قطار، امکان تعمیر ادوات آن در خط و عایق بودن می‌باشد. استفاده از تراورس چوبی بر روی پلها و در محلهایی که بستر ضعیف داریم توصیه می‌شود. از معایب تراورس چوبی عمر نسبتاً کوتاه، هزینه ساخت بالا و مقاومت جانبی کم است.

استفاده از تراورس چوبی اشباع شده با رعایت توجیه اقتصادی و مسائل زیست محیطی در تمامی خطوط راه‌آهن با شرایط اقلیمی و هندسی مختلف مجاز است. استفاده از تراورسهای چوبی در مناطق گرم و مرطوب توصیه نمی‌شود.

از مزایای تراورس بتنی این است که به علت وزن زیاد، پایداری بیشتری در برابر نیروهای وارد بر خط داشته و می‌توان از بالاست ریزدانه‌تری در زیر آن استفاده کرد و همچنین غیر قابل احتراق است. از معایب تراورس بتنی می‌توان به تمایل شدید آن به خرد شدن در زیر بارهای ضربه‌ای اشاره کرد، همچنین مقاومت خستگی آن در برابر نیروهای متناوب کم است. وزن بالای تراورس بتنی نیز می‌تواند از معایب آن به شمار آید.

کاربرد تراورسهای بتنی در تمامی خطوط راه‌آهن و شرایط محیطی به جز گذرگاههای همسطح و پلهای بدون بالاست مجاز است. در صورت استفاده از تراورس بتنی برای خطوط با شعاع کم باید تمهیداتی برای تامین اضافه عرض روی آن فراهم شود.

مزایای تراورسهای فولادی عبارتند از تولید و نصب ساده، ثبات خط، مقاومت جانبی بالا و عمر زیاد. از معایب آن می‌توان خوردگی، خستگی و زنگ زدگی را نام برد.

استفاده از تراورسهای فلزی در تمامی مناطق و خطوط با رعایت هماهنگی آن با نوع ریل و شرایط بهره‌برداری به جز در خطوط آهن برقی، پل‌های فلزی بدون بالاست، محدوده کارخانجات شیمیایی و مناطق کاملاً مرطوب مجاز است. در مناطقی که نیاز بیشتری به تثبیت خط باشد (مانند قوسهای تند مناطق کوهستانی، پل‌ها و تونل‌ها) بهتر است از تراورس فلزی استفاده شود.

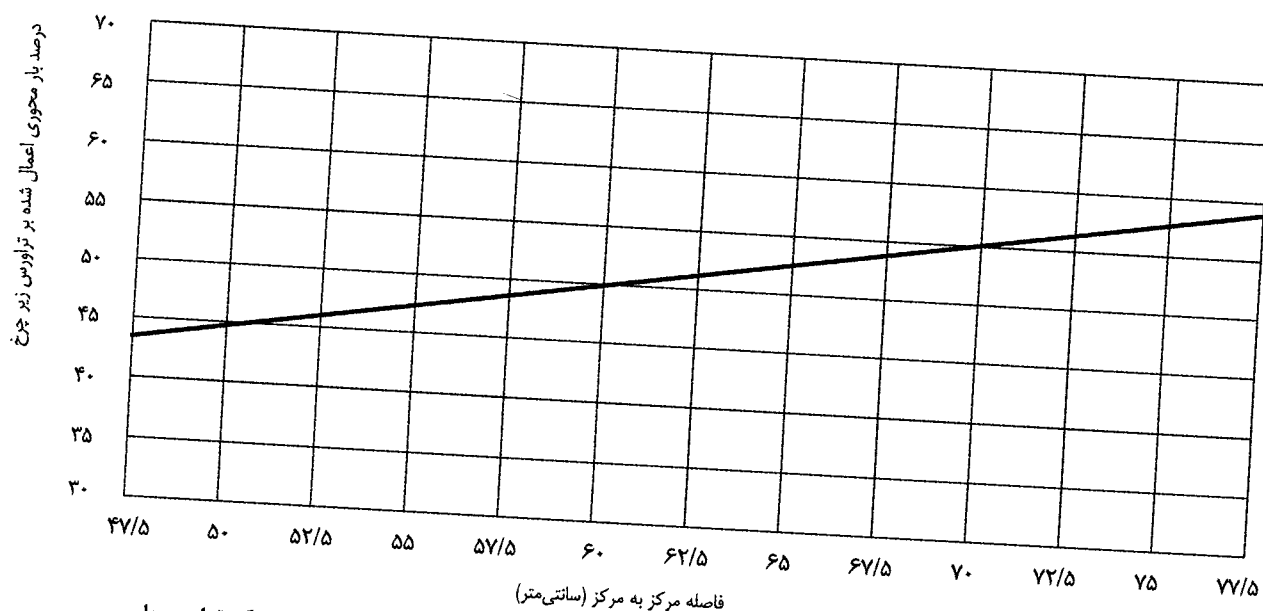
استفاده از تراورسهای ترکیبی (انواع چوب فشرده، فلز بازیافتی، مواد مصنوعی، پلیمری، پلاستیکی یا سرامیکی) در صورت داشتن توجیه اقتصادی و رعایت شرایط زیست محیطی لازم (قابلیت بازیافت ساده، عدم آلودگی شیمیایی، دوام زیاد در برابر حرارت و آتش، عدم حساسیتهای پوستی برای کارکنان، مقاومت شیمیایی بالا در برابر مواد نفتی و شیمیایی بارهای عبوری)، در صورت تبعیت از یک استاندارد معتبر مجاز است.

۷-۴- تعیین فاصله بین تراورسها

فاصله محور به محور دو تراورس باید طوری انتخاب شود که اولاً خط پایداری کافی در برابر نیروهای طولی و عرضی داشته و ثانیاً نیروهای داخلی ایجاد شده در ریل کمتر از مقاومت مجاز آن باشد. فاصله محور به محور تراورسها به عوامل متعددی از قبیل سرعت و بار محوری ناوگان عبوری، تناژ ناخالص بار عبوری سالیانه، نوع ریل و مقاومت آن، نوع تراورس، جنس بالاست و ضخامت آن، شرایط هندسی مسیر، نحوه تعمیرات خط و ماشین آلات مورد استفاده بستگی دارد. فاصله محور به محور دو تراورس نباید کمتر از ۵۰ سانتی‌متر و بیشتر از ۷۰ سانتی‌متر انتخاب شود. حداکثر رواداری مجاز فاصله دو تراورس ۲۵ میلی‌متر است. در جدول (۷-۴) تعداد تراورسهای مورد استفاده برای هر کیلومتر از خط با طبقه‌بندی مختلف ارائه شده است. درصد بار محوری اعمال شده بر زیر چرخ بر اساس فاصله مرکز تا مرکز تراورسها مطابق نمودار (۱-۴) می‌باشد.

جدول ۷-۴ تعداد تراورسهای لازم در یک کیلومتر خط بر حسب طبقه خط (حداکثر بار محوری ۲۵ تن)

تعداد تراورس	مشخصات هندسی خط	طبقه خطوط
۱۴۴۰	خطوط مستقیم	C۳ , D۳ , C۴ , D۴ , E
۱۶۶۷	قوسهایی با شعاع کمتر از ۸۰۰ متر	
۱۶۶۰	خطوط مستقیم	A۴ , A۳ , A۲ , A۱ B۴ , B۳ , B۲ , B۱
۱۸۴۰	قوسهای با شعاع کمتر از ۱۲۰۰ متر	
		C۲ , C۱ D۲ , D۱



نمودار ۴-۱ درصد بار محوری اعمال شده بر تراورس زیر چرخ بر اساس فاصله مرکز تا مرکز تراورسها

۴-۸- ضوابط حمل، نصب و نگهداری تراورسها

تخلیه، بارگیری، حمل و نگهداری تراورسهای چوبی باید با رعایت شرایط ایمنی و بهداشتی آن و با تجهیزات مناسب (بدون صدمه به ویژگیهای ظاهری و کیفی تراورسها) و در محوطه‌های خشک یا سر پوشیده، کم رطوبت و شیب دار انجام شود. تزریق مواد ضد گیاهی و قیر اندود کردن رویه و صفحه زیر ریل تراورسهای چوبی در مناطق مرطوب الزامی است. بازرسی پیچ تراورسها (از نظر عدم ضربه عمودی یا شل شدن محل آن) و تثبیت مجدد آن در همه انواع خطوط در دوره‌های ۳ تا ۶ ماهه ضروری است.

تراورسهای چوبی ویژه پلها و یا سوزنها باید به صورت مجموعه‌ای با علامت گذاری خاص، بسته بندی، حمل و نگهداری شوند. برای جلوگیری از خوردگی و همچنین برای افزایش عمر تراورسهای فلزی باید سطح با رنگ ضد زنگ یا پوشش قیری به ضخامت ۲ تا ۳ میلی‌متر که با غوطه‌ور کردن تراورس فلزی در حمام قیر طبیعی مذاب ایجاد می‌شود، پوشش داده شود.

تحويل، حمل، نگهداری و نصب تراورسهای بتنی باید با دقت و بدون وارد شدن هر گونه ضربه یا صدمه صورت گیرد. از تماس تراورس بتنی با مواد شیمیایی (به ویژه مواد اسیدی) در حین حمل و نقل باید خودداری شود. نصب تراورسهای بتنی باید با دقت کافی و بر روی سطح کاملاً هموار لایه بالاست صورت گیرد تا تحت تاثیر تغییر شکلهای نامتقارن دچار شکست یا ترک خوردگی نشود.

حمل و نقل تراورسهای بتنی دو تکه بسیار حساس است و حتماً باید با وسایل و ماشین آلات مخصوص، تخلیه، بارگیری و حمل شوند. هنگام ریل گذاری دقت شود که حتماً استقرار بست‌های خط روی قشر بالاست صورت پذیرد و وسط قشر بالاست از دو طرف آن گودتر باشد.

تراورسهای تولیدی در یک شیفت کاری می‌بایست به صورت یک دیو در هر روز چیده شوند و با دیوی دیگر حداقل ۱/۵ متر فاصله داشته باشند. در دیو حداقل فاصله جانبی تراورسها از یکدیگر ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد. تراورسهایی که روی هم قرار دارند باید با چارتراش چوبی با ضخامت ۵ سانتی‌متر جدا شوند. بین زمین و تراورس باید چارتراشی چوبی با ضخامت ۱۰ سانتی‌متر قرار داده شود. تراورس باید با وسیله مناسبی مانند لیفت تراک یا جرثقیل‌های سقفی و دروازه‌ای حمل شود. چنانچه از لیفت تراک استفاده شود حداکثر تعداد تراورس در ارتفاع برابر با ۶ عدد می‌باشد و اگر جرثقیل دروازه‌ای استفاده شود این عدد برابر با ۲۰ است. بارگیری، حمل و تخلیه تراورسها باید با دقت کافی و رعایت احتیاطهای لازم و با جرثقیلهای خاص صورت گیرد.

۹-۴- ضوابط کنترل کیفی انواع تراورس

کنترل کیفیت انواع تراورسها از نظر انطباق شرایط آن با شرایط ذکر شده در این نشریه و یا سایر استانداردهای معتبر و مشخصات فنی و خصوصی الزامی است. کنترل کیفیت تراورس باید توسط نمایندگان کارفرما در حین ساخت، حمل و نقل و تحویل صورت گیرد. لازم است تا علائم اختصاری و ویژگیهای مهم و اصلی تراورسها، تاریخ و محل ساخت آنها بر روی بدنه تراورس ثبت شود. ضوابط کنترل کیفی انواع تراورسها بشرح زیر است.

۹-۴-۱- ضوابط کنترل کیفی تراورس چوبی

وجود عیوب ظاهری در تراورسهای چوبی درحد مقادیر جدول (۴-۱) مجاز است. نشانه‌گذاری تراورسهای چوبی باید پیش از اشباع، با رنگ و به طور واضح در یکی از طرفین تراورس انجام شود.

کنترل اندازه‌های ابعادی تراورسهای چوبی در دمای 10°C تا 30°C و رطوبتهای کمتر از ۲۲٪، قبل و بعد از عملیات اشباع مجاز است. همچنین تابیدگی افقی و عمودی تراورسها تا ± 2 میلی‌متر در هر متر طول تراورس و رواداری موازی نبودن سطوح جانبی تراورسها تا ± 8 میلی‌متر مجاز است.

انجام آزمونهای زیر در هنگام تحویل تراورسهای چوبی طبق مدارک UIC و در چارچوب توافقات کارفرما و فروشنده لازم است. فروشنده باید قبل از بریدن چوب و ساخت یا اشباع هر گونه تراورس مراتب را به کارفرما اطلاع دهد تا وی اقدامات نظارتی لازم را به عمل آورد.

- آزمایش مقاومت کششی، خمشی و فشاری به موازات الیاف آن (به ویژه مقاومت فشاری و خمشی در محل صفحه زیر ریل)
- آزمایش ضربه عمودی و خمشی
- آزمایش خارج کردن پیچ از تراورس (اندازه‌گیری مقاومت پیچ)
- آزمایش ارزیابی کیفیت اشباع تراورس با دستگاه سونداژ و منحنی‌های آن
- کنترل ابعاد تراورس و آزمایش تعیین رطوبت تراورس

جدول ۴-۸ حد مجاز عیوب ظاهری تراورسهای چوبی

ردیف	نوع عیب	حد مجاز و قابل قبول (رواداری)
۱	گره دوگانه، گره جدولی، پوسیدگی سطحی یا عمقی	اصلاً مجاز نیست
۲	گره سالم و روشن گره پوسیده یا تیره	در محل صفحه زیر ریل تا ۶۰ میلیمتر و در دیگر نقاط تا ۱۱۰ میلی‌متر در محل صفحه زیر ریل تا ۱۰۰ میلیمتر و در دیگر نقاط تا ۵۰ میلی‌متر
۳	لکه‌های قارچی	تا ۲۵٪ در رویه تراورس
۴	فرورفتگی یا شکاف عمیق	بیرون محل صفحه زیر ریل تا ۶ عدد هر تراورس، تا عمق ۲۰ میلی‌متر و عرض ۴۰ میلی‌متر، در محل زیر صفحه ریل به هر میزان مجاز نیست
۵	ترکهای برجسته، ترکهای مقطعی، ترکهای خشکی طولی رویه و ترکهای خشکی سطوح جانبی	در محل صفحه زیر ریل وسطوح فوقانی و جانبی (به هر میزان) و بیرون محل صفحه زیر ریل تا ۱/۳ ضخامت تراورس، مجاز نیست.
۶	جوانه زدگی	در محل صفحه زیر ریل به هر میزان مجاز نیست در دیگر سطوح تا طول ۸۰ میلی‌متر، عرض ۵۰ میلی‌متر و عمق ۲۰ میلی‌متر
۷	شیب الیاف چوب (به نسبت امتداد طول تراورس)	تا ۱۰٪ عرض یا ارتفاع هر تراورس

۴-۹-۲- ضوابط کنترل کیفی تراورس فلزی

معایب تراورس فلزی تا مقادیر زیر مجاز است. تراورسهای با معایب بیشتر بعنوان تراورس فلزی درجه دو علامت گذاری شده و کاربرد آنها تنها در خطوط آهن طبقه E در صورت حساس نبودن عیوب آنها مجاز است.

- شیب کف ریل ۱ به ۲۰ در رویه تراورس (با رواداری ۱ به ۱۵ تا ۲۵)
- تابیدگی طولی - عرضی ریل (با رواداری ۲ تا ۴ درجه)
- بریدگی یا شیار در لبه پایین تراورس (با رواداری طولی تا ۲۰ میلی‌متر و عرضی تا ۵ میلی‌متر)
- فرورفتگی یا برآمدگی عمقی در قسمت سر تراورس (با رواداری عمقی ۱۰ میلی‌متر، به جز در محل کف ریل که هر گونه فرورفتگی یا برآمدگی مجاز نیست).

در صورت ایجاد ترکهایی بیش از متادیر ذکر شده در حین بهره‌برداری باید در صورت امکان نسبت به ترمیم آن با جوش اقدام شود در صورتیکه میزان خرابی در تراورس زیاد باشد، باید بلافاصله نسبت به تعویض آن اقدام کرد.

در استفاده از تراورسهای فلزی تمهیدات لازم برای جلوگیری از دو پدیده خوردگی و خستگی بایستی لحاظ شود. پدیده خوردگی تراورسهای فلزی بیشتر در مناطق مرطوب و ساحلی رخ می‌دهد. خوردگی تراورسهای فلزی به دو دسته خشک که اکسیداسیون فلز در دماهای نسبتاً بالا می‌باشد و خوردگی تر که در حضور یک الکترولیت رخ می‌دهد، تقسیم می‌شود. برای محافظت تراورسهای فلزی در برابر خوردگی باید تا جای ممکن شرایط مطلوب برای خوردگی را کاهش داد. از جمله این شرایط زهکشی نامناسب آب باران، استفاده از فلزات مختلف بدون عایق کردن آنها از یکدیگر و امکان ایجاد جریانات الکتریکی سرگردان است. محافظت در برابر خوردگی را می‌توان به وسیله پوششهای سطحی فعال یا غیر فعال و یا به وسیله پتانسیل الکتریکی حفاظت کننده انجام داد. از جمله حفاظتهای پر دوام می‌توان پوشش سطحی توسط رنگ را نام برد. ترکهای خستگی در محلهای تشدید کننده تنش مثل نقاطی که تغییرات شدید در مقطع بوجود می‌آید، یا در محل جوشها و سوراخها بوجود می‌آیند. مقاومت خستگی را باید با افزایش مقاومت

کشی و یا بوسیله ایجاد تنشهای فشاری در لایه های سطحی قطعه فلزی افزایش داد. این کار را باید بوسیله انواع روشهای سخت کردن سطح نظیر سخت کردن حرارتی، سخت کردن القایی، ازت دادن و غیره انجام داد.

۴-۹-۳- ضوابط کنترل کیفی تراورس بتنی

۴-۹-۳-۱- مواد تشکیل دهنده بتن

بطور کلی مواد تشکیل دهنده شامل آب، سیمان، سنگدانه ها و مواد افزودنی می باشند. هر یک از آنها باید دارای شرایط خاصی باشد که در ادامه ارائه خواهد شد.

الف) آب مصرفی:

آب مصرفی باید مطابق مشخصات آئین نامه آبا باشد و آزمایشات شیمیایی مطابق این دستور العمل انجام گیرد نسبت آب به سیمان نباید از ۳۸٪ بیشتر باشد و این نسبت جهت دوام بتن باید رعایت گردد.

ب) سیمان:

سیمان مصرفی هنگام استفاده از پوزولانها باید از نوع تیپ II مطابق استاندارد ASTM باشد و در صورت عدم استفاده از پوزولانها می تواند از نوع تیپ I مطابق استاندارد ASTM باشد. کلیه آزمایشات فیزیکی و شیمیایی مورد درخواست دستگاه نظارت (نماینده کارفرما) باید مطابق آئین نامه ASTM انجام گیرد و با محدوده تعیین شده مقایسه شود.

ج) سنگدانه ها:

اندازه بزرگترین مصالح سنگی باید به ۲۰ میلیمتر محدود شود و دانه بندی این مصالح باید مطابق ۸۴ ASTM-C۳۳ انجام گیرد. مواد زیان آور سنگدانه ها باید مطابق بندهای (۳-۴-۵) و (۳-۴-۵) آئین نامه آبا انجام گیرد. SE ماسه نباید کمتر از ۸۰٪ باشد. افت سایش لس آنجلس نیز به ۲۵٪ محدود می شود. کلیه محدوده های آئین نامه آبا در مورد آزمایشات فیزیکی و شیمیایی باید رعایت شود و آزمایشات خاص مورد درخواست دستگاه نظارت (نماینده کارفرما) باید انجام گیرد.

د) مواد افزودنی (میکروسیلیس- فوق روان کننده- روان کننده):

میکروسیلیس مصرفی باید مطابق مشخصات و محدودیت های جدول (۴-۹) باشد و پس از آزمایشات مورد نیاز توسط دستگاه نظارت و تایید ایشان مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۹-۴ میکروسلیس مصرفی در تراورس بتنی

ترکیب شیمیایی	حدود مقادیر بدست آمده (%)
SiO ₂	۹۲/۴
Al ₂ O ₃	۰/۵۴-۰/۶۱
FerO ₃	۳/۴۲-۴/۵۴
CaO	۰/۶۱-۰/۸۳
MgO	۰/۳۶-۰/۵۲
Na ₂ O	۰/۱۷-۰/۲۳
K ₂ O	۱/۰۲-۱/۱۵
افت سرخ شدن	۲/۴۱-۲/۷۵

فوق روان کننده و روان ساز باید مطابق مشخصات ASTM باشد و پس از استعمال نتایج فرستاده شده و تایید نظارت (نماینده کارفرما) مورد استفاده قرار گیرد. این مواد باید کارائی لازم را به بتن داده و باعث افت مقاومت و خواص بتن نشود.

۹-۳-۲- کنترل کارائی و کیفیت بتن

کنترل کارائی بتن به منظور تضمین کیفیت بتن بوده و هدف از آن کنترل یکنواختی و نسبت آب به سیمان و در نهایت مقاومت و دوام بتن است. چنانچه کارائی (اسلامپ یا وی بی) در محدوده مورد نظر نباشد، بتن تازه مورد قبول واقع نخواهد شد و باید از مصرف آن خودداری شود. رواداری کارائی بتن بصورت ذیل ارائه می گردد.

اسلامپ یا زمان وی بی نباید از حداکثر مقدار تجاوز نماید اما می تواند برای حداکثر اسلامپ ۵ سانتیمتر تا ۲/۵ سانتیمتر کاهش یابد و برای حداکثر اسلامپ بیش از ۵ سانتیمتر این کاهش می تواند تا ۳/۵ سانتیمتر باشد. در مورد بتن خیلی سفت زمان وی بی می تواند تا ۳ ثانیه بیشتر گردد.

اسلامپ و زمان وی بی بتن در کارگاه و در هنگام تهیه طرح اختلاط باید تا حداکثر ۵ دقیقه پس از پایان اختلاط تعیین گردد. در صورت مشاهده هر گونه جدائی مواد در هنگام تخلیه بتن در قالب، باید در مورد طرح اختلاط تجدید نظر کرد و یا ایرادات موجود را بر طرف نمود.

۹-۳-۳- عمل آوری بتن تراورس

هدف از عمل آوری بتن کسب مقاومت در زمان کوتاهتر و بالابردن خواص مکانیکی و دوام بتن می باشد. برای این امر، با بخار دهی به بتن تراورس سعی می شود مقاومت ۷ روزه را در طی کمتر از یک روز بدست آورد.

مدت زمان عملیات عمل آوری شامل زمان لازم برای گیرش بتن، زمان لازم برای رسیدن به حداکثر دمای ثابت نهایی توسط عمل بخاردهی، مدت زمان حفظ دمای ثابت نهایی، زمان لازم برای خنک سازی و رسیدن به دمای محیط می باشد.

قبل از گیرش بتن در قالب نباید آن را در معرض بخار گرم قرار داد. در شرایط معمولی، عمل بخاردهی باید ۳ ساعت پس از قالب گیری انجام شود. در هوای سرد این زمان به ۴ ساعت و در هوای گرم به ۲ ساعت بالغ می گردد.

عمل بخاردهی بر روی مدول ارتجاعی بتن اثر منفی باقی می‌گذارد و چسبندگی بتن و میلگرد را نیز تا حدودی کاهش می‌دهد. لذا حداکثر دمای نگهداری بتن به ۶۵ درجه سانتیگراد محدود می‌شود و تحت هیچ عنوان نباید دمای بخار از ۷۵ درجه سانتیگراد بالاتر رود. حداکثر دمای مطلوب نگهداری بتن ۵۵ درجه سانتیگراد توصیه می‌گردد. مسلماً افزایش دما باعث کاهش مدت عمل‌آوری می‌شود.

توصیه می‌شود نرخ افزایش دما از 20°C/hr بیشتر نشود. در تلاش دما نیز این نرخ و یا کمتر از آن توصیه می‌گردد. بهر حال افزایش دما با نرخ بیش از 30°C/hr مجاز نیست و نرخ کاهش دما نیز حداکثر 20°C/hr خواهد بود.

حداقل مدت زمان حفظ دمای ثابت نهایی در دمای نگهداری ۶۵ درجه سانتی گراد برابر ۴ ساعت و در دمای نگهداری ۵۵ درجه سانتی گراد برابر ۵ ساعت توصیه می‌گردد. البته با انجام آزمایش باید مدت لازم بدست آید تا در عمل جوابهای رضایت بخش بدست آید. بدیهی است در پایان عملیات عمل‌آوری حداقل مقاومت لازم برای اعمال پیش‌تنیدگی می‌بایست حاصل گردد.

اگر نتایج آزمونهای آگاهی نشان دهند که زمان خروج قالبهای تراورس از تونل بخار فرا نرسیده است می‌توان عملیات بخاردهی مجدد را به میزان لازم با رعایت سایر موارد (زمان افزایش دما و کاهش آن) ادامه داد. بدیهی است عملیات بخاردهی مجدد امری مطلوب نیست و باید تدابیر لازم از جمله افزایش طول مدت عمل‌آوری اولیه اندیشیده شود تا نیاز به عملیات بخاردهی مجدد نباشد.

۴-۳-۹-۴- دستورالعمل نمونه برداری، آزمایش و پذیرش بتن در تولید تراورس بتنی

تمامی ضوابط مربوط به مقاومت فشاری مشخصه بتن در تولید تراورس بتنی بر اساس نمونه‌های استوانه‌ای استاندارد با ابعاد 300×150 میلی‌متر می‌باشد. در صورت استفاده از نمونه‌های مکعبی با ابعاد ۱۵۰ میلی‌متر باید مقاومت آنها به مقاومت نظیر آنها در نمونه‌های استوانه‌ای تبدیل شود.

جهت ساخت و عمل آوردن نمونه‌ها از دستورالعملهای ASTM C۹۲, BS ۱۸۸۱ به ترتیب برای نمونه‌های استوانه‌ای و مکعبی استفاده شود. نمونه‌های آزمایش باید همراه تراورسها در تونل بخار قرار داده شوند. فاصله زمانی هر نوبت نمونه برداری به شرح ذیل می‌باشد.

- برای ۲۵۰ عدد تراورس حداقل یک نوبت نمونه برداری

- برای هر شیفت کاری حداقل یک نوبت نمونه برداری و حداکثر سه نوبت نمونه برداری

به دلیل کارایی کم بتن تراورس در حالتی که مواد افزودنی روان‌کننده استفاده نمی‌شود، تراکم بتن نمونه‌ها باید به روش ارتعاشی و مشابه با تولید انجام گرفته و تراکم دستی مجاز نمی‌باشد.

آزمایش اسلامپ بتن مطابق دستورالعمل ASTM C۱۴۳ انجام شود. با توجه به عدم اعتبار آزمایش اسلامپ برای نتایج کمتر از ۲۵ میلی‌متر لازم است کارایی بتن توسط آزمایش وی بی مطابق دستورالعمل BS۱۸۸۱ سنجیده شود. سرعت بارگذاری باید ۱۵۰ تا ۳۶۰ کیلونیوتن در دقیقه برای نمونه‌های استوانه‌ای و ۲۷۰ تا ۵۴۰ کیلونیوتن در دقیقه برای نمونه‌های مکعبی باشد. رواداری سن آزمایش مقاومت فشاری نمونه‌های آزمایشی ۷ روزه برابر با ۶ ساعت و برای نمونه‌های ۲۸ روزه، ۲۰ ساعت می‌باشد.

کلیه ابعاد و مشخصات هندسی تراورس بتنی و رواداری آنها باید مطابق مقادیر ذکر شده در نقشه‌ها باشد.

رواداری عمق، موقعیت رول پلاک نسبت به محل صفحه اتصال یا محل استقرار ریل تا ± 2 میلی متر مجاز است. همچنین رواداری قطر داخلی، ضخامت و ارتفاع رول پلاک در محل سوراخ تراورس باید به طور پایدار، بدون لغزش و بدون فشردگی اولیه (پیش از نصب پیچ)، با زاویه پیش بینی شده در نقشه ها، (بارواداری $\pm 1/5$ درجه) صورت گیرد. انجام آزمایشهای کشش، سختی، تعیین ترکیبات شیمیایی برای تحویل و کاربرد میلگردهای پیش تنیدگی تراورسهای بتنی ضروری است.

میلگردهای پیش تنیدگی باید از نوع فولاد با رهاسازی کم باشد. قطر میلگردها و تعداد آنها باید طبق مشخصات فنی خصوصی تعیین شود. نیروی پیش تنیدگی اعمال شده بر روی میلگردها باید در حین ساخت و تولید تراورس کنترل شود. در زمان تحویل یا نصب تراورسهای بتنی هر گونه ترک سطحی یا عمقی در بدنه یا رویه این تراورسها، زنگ زدگی یا فرسودگی تیغه فلزی تراورس دو تکه یا پیچهای آنها مجاز نیست. همچنین در موقع تحویل هر تراورس بتنی آزمونهای حد شکنندگی آنها به شرح زیر لازم است:

الف) آزمایش مقاومت خمشی:

انجام آزمایش خمش استاتیکی بر روی یک عدد تراورس بتنی به ازای هر شیفت کاری و یا حداکثر ۷۵۰ عدد تراورس ضروری است. نمونه تحت آزمایش لنگر خمشی سه نقطه قرار گرفته و دهانه بارگذاری 5 ± 1435 میلی متر می باشد. اعمال بار در وسط تراورس انجام می شود و تکیه گاهها در محل استقرار ریل با دقت $3 \pm$ میلیمتر قرار می گیرند. نمونه باید ۴۸ KN بار را بدون شکست تحمل کند.

ب) آزمایش مقاومت فشاری بر روی نمونه های مکعبی بتن:

این آزمایش باید بر اساس BS 1881 انجام گیرد و باید حداقل مقاومت ۷ روزه برابر با ۴۵۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و حداقل مقاومت ۲۸ روزه برابر با ۶۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع برای نمونه های بتن تراورس داشته باشد.

فصل پنجم

پابند

۵-۱- کلیات

استفاده از پابند بعنوان وسیله‌ای برای ایجاد اتصال ایمن بین ریل و تراورس ضروری است. مهمترین مشخصه یک پابند، نیروی فشاری وارد از طرف آن به ریل است که به عنوان نیروی شاخک خوانده می‌شود. نیروی شاخک وارد از طرف پابند باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا بتواند:

- عرض خط را در تمامی قسمتهای راه‌آهن حفظ کند.
 - از لغزش عرضی ریل نسبت به تراورس به ویژه در قوسها جلوگیری کند.
 - از لغزش طولی غیر مجاز ریل نسبت به تراورس به ویژه در اثر تغییرات دما جلوگیری کند.
 - از چرخش عرضی ریل نسبت به کف آن (کله کردن ریل) در اثر نیروهای عرضی جلوگیری کند.
- حداکثر نیروی شاخک لازم بایستی بر حسب حداکثر بار محوری و سرعت ناوگان عبوری و حداقل شعاع قوسها و حداکثر شیب و فراز مسیر تعیین شود. پابند مورد استفاده باید توانایی اعمال حداقل نیروی شاخک لازم را با حداقل ضریب ایمنی داشته باشد.

۵-۲- انواع پابند

پابندها به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند که عبارتند از پابندهای صلب و پابندهای ارتجاعی.

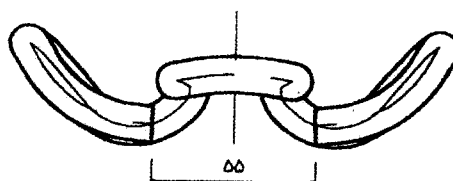
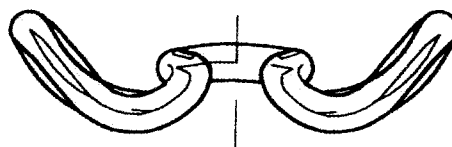
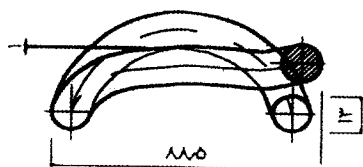
پابندهای صلب می‌توانند در خطوط کم سرعت تا حداکثر ۸۰ کیلومتر در ساعت استفاده شوند. از انواع مهم این پابندها پابند تیپ K می‌باشد.

توصیه می‌شود برای خطوط با سرعت بالای ۸۰ کیلومتر در ساعت و خطوط مسافری سریع السیر از پابندهای ارتجاعی استفاده شوند. از انواع مهم این پابندها پابند وسلو و پاندرول می‌باشد.

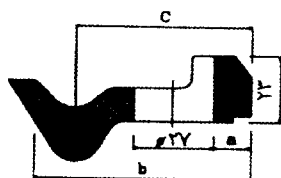
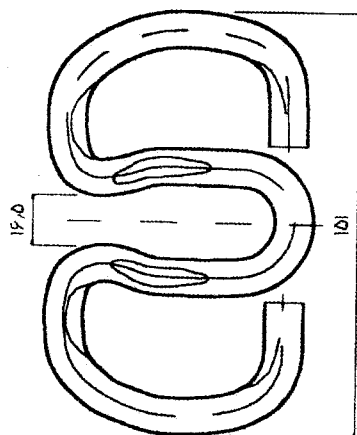
استفاده از پابندهای دیگر به غیر از پابند K، وسلو و پاندرول با رعایت مشخصات فنی مربوطه و توجیه اقتصادی مجاز می‌باشد.

۵-۲-۱- پابند وسلو

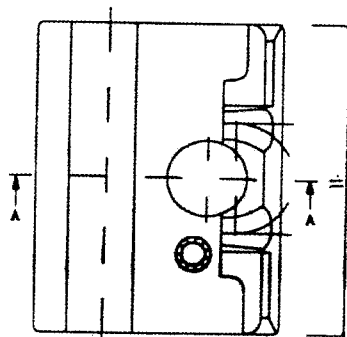
این نوع پابند یک پابند ارتجاعی است. همان طور که در شکل (۵-۱) نشان داده شده است، این پابند شامل یک فنر (w) شکل است که به وسیله یک پیچ بر روی تراورس تثبیت می‌شود. این نوع پابندها انواع مختلفی دارند که می‌توان به پابندهای SKL۱، SKL۲، SKL۸، SKL۱۲ و SKL۱۴ اشاره کرد. هر یک از پابندهای مذکور با توجه به جنس و نوع طراحی از ویژگی‌های خاصی برخوردار هستند که امکان استفاده از آنها را در شرایط مختلف بار محوری و نوع تراورس‌ها فراهم می‌سازد. استفاده از این نوع پابند با تراورسهای چوبی و بتنی امکان پذیر است. در تراورسهای بتنی از صفحات فولادی برای اتصال استفاده می‌شود که این صفحات امکان پیش‌بینی اضافه عرض خط در قوسها را فراهم می‌کنند. ابعاد دقیق اجزاء این پابند باید با رواداریهای لازم مطابق مشخصات فنی خصوصی بر حسب نیروی شاخک مجاز کنترل شود.



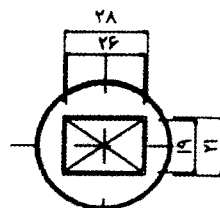
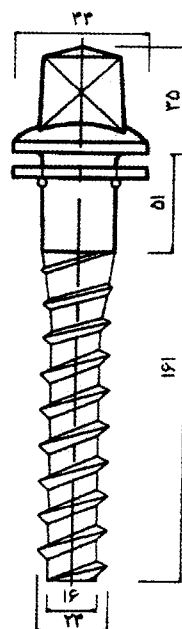
فنر



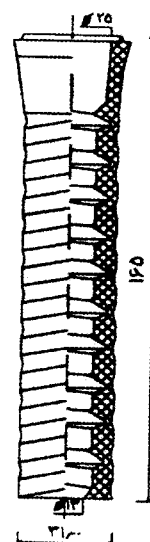
SEC A-A



گاید پلیت



بیج



رول پلاک

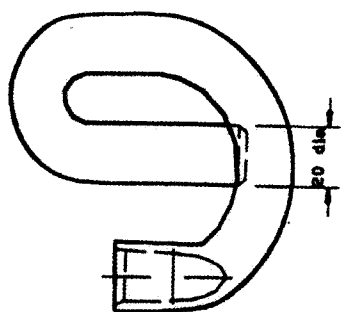
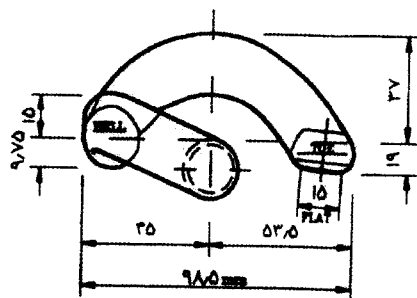
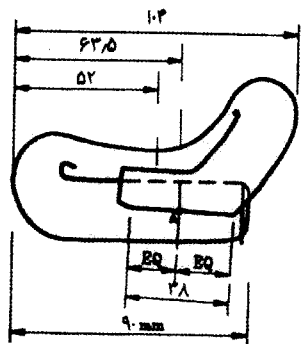
شکل ۵-۱ پایند وسلو

۲-۲-۵- پابند پاندرول

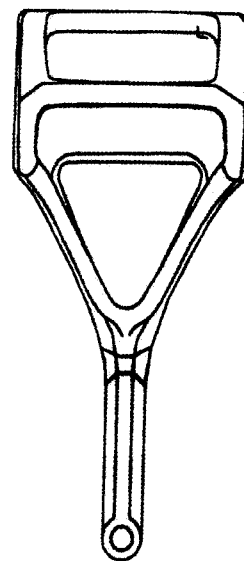
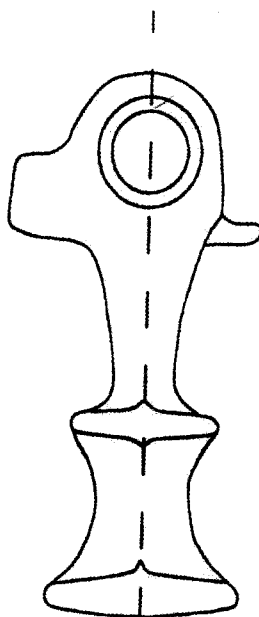
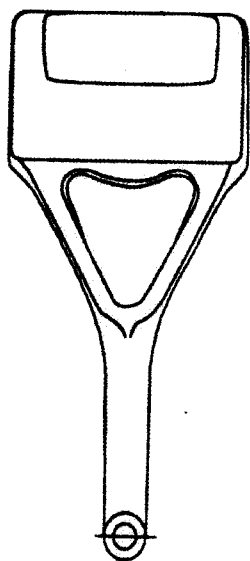
پابند پاندرول از نوع پابندهای ارتجاعی است که شامل فنر و شولدر است. شولدر در داخل تراورس قرار گرفته و فنر ضمن عبور از داخل سوراخ آن، ریل را به تراورس تثبیت می‌کند. این نوع پابندها از انواع مختلفی تشکیل شده‌اند که می‌توان به پابندهای VIPA, VANGUARD و CLIP "e" اشاره کرد. استفاده از پابند پاندرول برای هر سه نوع تراورس چوبی، بتنی و فلزی امکان پذیر است. در شکل (۲-۵) نحوه استفاده از این پابند در انواع تراورسها نشان داده شده است. ابعاد دقیق مربوط به اجزاء پابند پاندرول بایستی مطابق مشخصات فنی خصوصی بر حسب نیروی شاخک لازم با رواداریهای مجاز کنترل شود.

۳-۲-۵- پابند کا (K)

این پابند از نوع پابندهای صلب است. همانطور که در شکل (۳-۵) نشان داده شده است این پابند دارای یک صفحه فولادی است که کف آن دارای شیب ۱:۲۰ می باشد. ریل به کمک یک صفحه لاستیکی بر روی صفحه فولادی قرار می گیرد و از طریق گیره‌های مخصوص و پیچ آن تثبیت می شود. این نوع پابند مخصوص تراورسهای چوبی است، لیکن در موارد خاص می‌توان با پیش بینی اتصالات خاص از آن بر روی تراورسهای بتنی و فلزی نیز استفاده کرد.

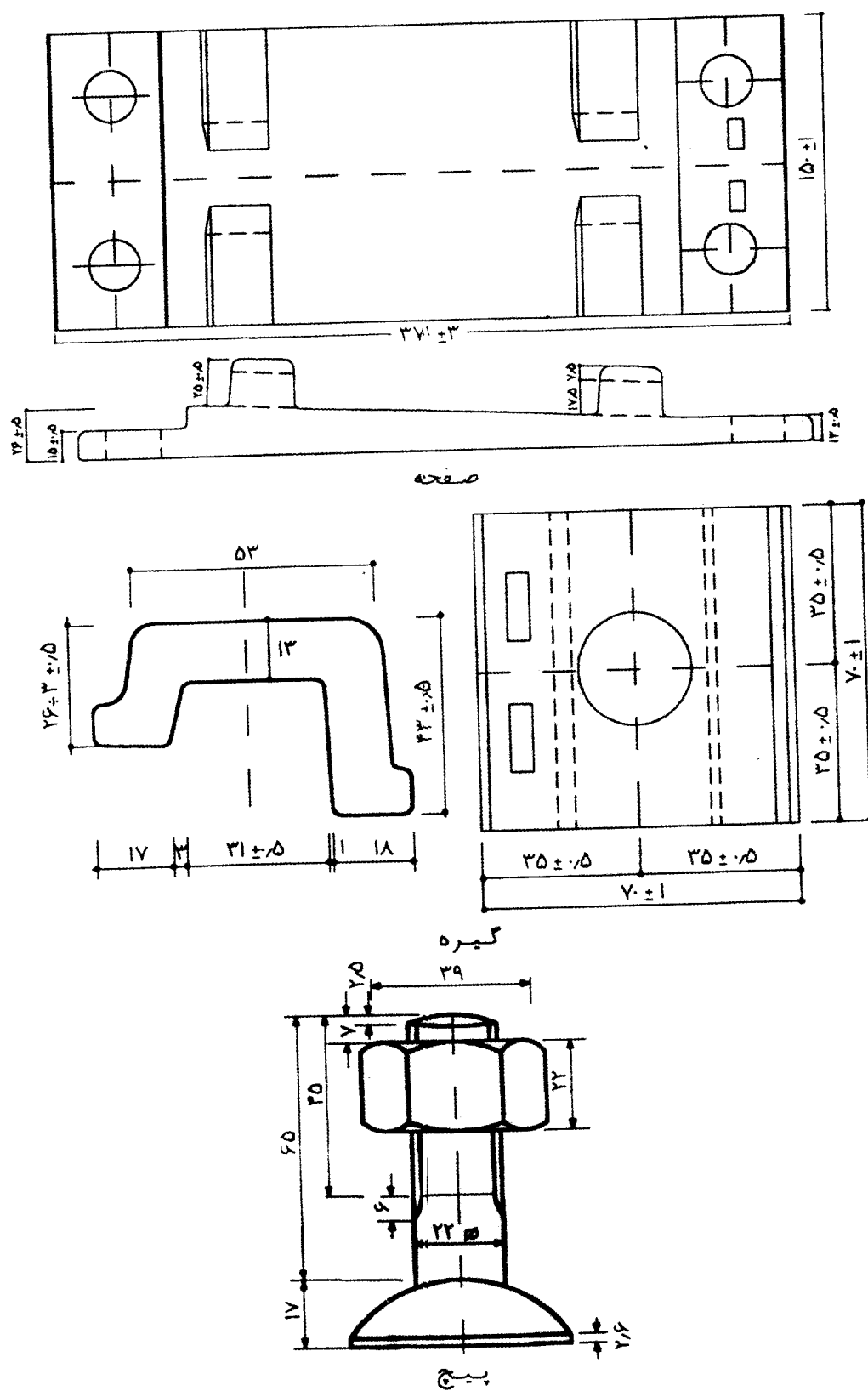


فنر



شولدر

شکل ۵-۲ پابند پاندربول



شکل ۳-۵ پابند K

۳-۵- ضوابط کاربرد پابندها

انتخاب نوع پابند باید با در نظر گرفتن مشخصات فنی لازم، شرایط هندسی مسیر، شرایط آب و هوایی منطقه و توجیه اقتصادی صورت گیرد. استفاده از پابندهای پاندرول و وسلو متناسب با تراورس مورد استفاده، بار محوری و سرعت ناوگان عبوری و مشخصات هندسی مسیر در تمامی انواع خطوط مجاز است. استفاده از پابند کا (K) در خطوط با طبقه C، D و E مجاز است. استفاده از سایر انواع پابندها که در این نشریه ذکر نشده است، تنها در صورت داشتن مشخصات فنی لازم از نظر حداقل نیروی شاخک و توجیه اقتصادی با تایید کارفرما، مجاز است. پابند مورد استفاده باید برای تمام نقاط خط با شرایط هندسی مختلف مناسب باشد و ایجاد عایق الکتریکی بین پابند و ریل امکان پذیر باشد. سیستم پابند باید طوری باشد که تنش اضافی به ریل و تراورس وارد نکند.

۴-۵- خصوصیات مکانیکی و ترکیبات شیمیایی پابندها

۱-۴-۵- خصوصیات مکانیکی و ترکیبات شیمیایی پابند وسلو

پابند وسلو از جنس فولادهای فتری مطابق استاندارد DIN ۱۷۲۲۱ است و ترکیبات شیمیایی آن مطابق جدول (۱-۵) می باشد. خواص مکانیکی فولاد پابند وسلو باید مطابق جدول (۲-۵) باشد. وزن فتر پابند وسلو باید بین ۴۹۲ تا ۵۰۳ گرم باشد.

جدول ۱-۵ ترکیبات شیمیایی فولاد پابند وسلو

عنصر شیمیایی	گوگرد S (%)	فسفر P (%)	منگنز Mn (%)	سیلیسیم Si (%)	کربن C (%)
درصد وزنی	≤ ۰/۰۴۵	≤ ۰/۰۴۵	۰/۵-۰/۶	۱/۵-۱/۸	۰/۳۵-۰/۴۲

جدول ۲-۵ خواص مکانیکی فولاد پابند وسلو

مقاومت کششی (مگاپاسکال)	مقاومت تسلیم (مگاپاسکال)	درصد ازدیاد طول	سختی ویکرز
۱۱۸۰-۱۳۷۰	۱۰۳۰	≥ ۶	۴۰۰-۴۶۰

۲-۴-۵- خصوصیات مکانیکی و ترکیبات شیمیایی پابند پاندرول

ترکیبات شیمیایی فولاد مورد استفاده در پابند پاندرول باید مطابق جدول (۳-۵) باشد. خصوصیات مکانیکی فولاد پابند پاندرول مشابه خواص مکانیکی فولاد پابند وسلو است.

جدول ۳-۵ ترکیبات شیمیایی فولاد پابند پاندرول

عنصر شیمیایی	فسفر (P)	گوگرد (S)	مس (Cu)	کروم (Cr)	منگنز (Mn)	سیلیسیم (Si)	کربن (C)
درصد وزنی	≤ ۰/۰۵	≤ ۰/۰۵	≤ ۰/۳۵	۰/۲-۰/۳	۰/۸-۱/۰	۱/۷-۲/۱	۰/۵۲-۰/۵۷

۵-۳- خصوصیات مکانیکی و ترکیبات شیمیایی پابند کا (K)

فولاد پابند کا معمولاً از نوع St ۳۷-۲ و St ۳۷-۳ مطابق استاندارد DIN می باشد و بهتر است از فولاد St ۴۲ برای این نوع پابند استفاده شود. ترکیبات شیمیایی فولاد پابند کا و مشخصات مکانیکی آن باید مطابق جدول های (۴-۵) و (۵-۵) باشد.

جدول ۵-۴ ترکیبات شیمیایی فولاد پابند کا (K)

عنصر شیمیایی	فسفر (P)	گوگرد (S)	منگنز (Mn)	سیلیسیم (Si)	کربن (C)
درصد وزنی	≤ 0.05	≤ 0.05	$0.2-0.5$	$0.03-0.3$	≤ 0.2

جدول ۵-۵ مشخصات مکانیکی فولاد پابند کا

مقاومت کششی (مگاپاسکال)	مقاومت تسلیم (مگاپاسکال)	درصد ازدیاد طول	سختی برینل
۳۴۰-۴۷۰	۲۲۰	≤ 24	۱۴۰-۱۵۰

۵-۵- ضوابط کنترل کیفی پابندها

ضوابط کنترل کیفی پابندهای وسلو، پاندرول و کا (K) در بندهای (۵-۵-۱) تا (۵-۵-۳) توضیح داده شده است. ضوابط کنترل کیفی سایر پابندها بر طبق مشخصات فنی خصوصی صورت می گیرد. همچنین کارفرما در صورت صلاحدید می تواند نسبت به تقاضای انجام آزمایشهای خاص مانند آزمایش خستگی، اقدام کند که نتایج آن باید در محدوده مقادیر مجاز مشخصات فنی خصوصی هر قرار گیرد و متناسب با دستور عملهای سازنده انجام شود.

۵-۱- ضوابط کنترل کیفی پابند وسلو

جنس مصالح مورد استفاده در پابند وسلو باید از نظر ترکیبات شیمیایی مطابق بند (۵-۴-۱) باشد. فنرهای تولید شده باید عاری از هرگونه عیوب سطحی باشند و هیچ گونه تغییر شکل غیر مجاز، ترک خوردگی، عدم یکنواختی و پلیسه بر روی آنها مشاهده نشود. ابعاد بایستی با مقادیر و رواداریهای ذکر شده در روی نقشه ها کنترل شود. در صورتیکه ابعاد پابند خارج از رواداریهای مجاز باشد، استفاده از آن ممنوع است.

بر روی فنرهای تولید شده باید آزمایش بارگذاری به شرح زیر صورت گیرد:

فنر در ابتدا باید به میزان ۲۵ کیلو نیوتن بارگذاری شود و پس از آن نیرو به تدریج کاهش داده می شود تا زمانی که تغییر شکل ایجاد شده به میزان ۴ میلی متر کاهش یابد در این شرایط باید نیروی باقیمانده بیشتر از ۵/۵ کیلو نیوتن باشد و در غیر این صورت استفاده از فنر مجاز نیست.

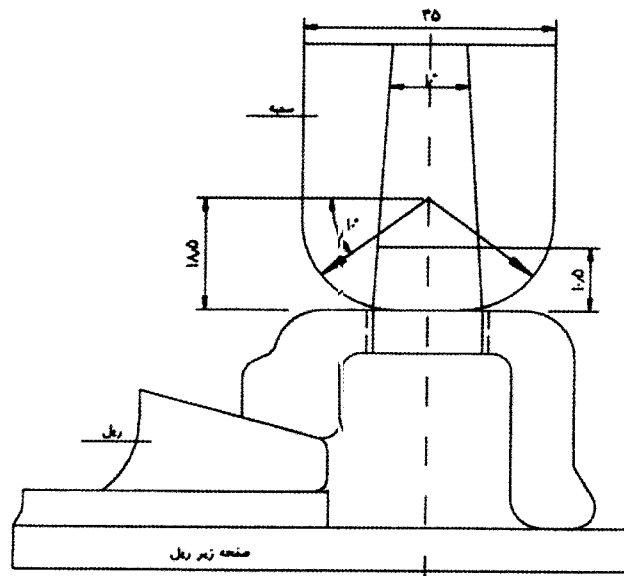
انجام آزمایش‌های مقاومت کششی و سختی بر روی پابند الزامی می‌باشد و نتایج آن باید در محدوده مقادیر ذکر شده در بند (۱-۴-۵) باشد. آزمایشات پابند وسلو می‌باید مطابق بندهای (۱-۴-۵-۵) و (۲-۴-۵-۵) نشریه باشد.

۲-۵-۵- ضوابط کنترل کیفی پابند پاندرول

ترکیبات شیمیایی فولاد پابند پاندرول باید مطابق بند (۲-۴-۵) باشد. فتر پابند پاندرول باید عاری از هرگونه عیوب سطحی باشد. هرگونه تغییر شکل اضافی، ترک خوردگی، عدم یکنواختی و پلیسه بر روی فتر مجاز نیست. ابعاد فتر و شولدر باید منطبق بر ابعاد ذکر شده در نقشه‌ها و مشخصات فنی خصوصی باشد و رواداری آن بیش از مقادیر ذکر شده نباشد. سختی فتر و مشخصات مکانیکی فولاد و مخصوصاً مقاومت کششی آن باید تعیین شود و مطابق مقادیر ذکر شده در بند (۲-۴-۵) باشد. آزمایشات مقاومت استاتیکی و خستگی پابند پاندرول می‌باید مطابق بندهای (۱-۴-۵-۵) و (۲-۴-۵-۵) این نشریه باشد.

۳-۵-۵- ضوابط کنترل کیفی پابند کا (K)

با انجام آزمایش‌های لازم باید ترکیبات شیمیایی فولاد پابند کا (K) در محدوده مقادیر ذکر شده در بند (۳-۴-۵) قرار گیرد. رواداری وزن پابند تا ۲/۵ درصد مجاز است. سطح پابند باید از هرگونه تغییر شکل اضافی، ترک خوردگی، عدم یکنواختی و پلیسه عاری باشد. رواداری طول، ضخامت و قطر سوراخ به ترتیب ۲، ۰/۵ و ۱ میلی‌متر مجاز است. رواداری سایر ابعاد پابند نباید بیش از ۰/۵ میلی‌متر باشد. هرگونه اعوجاج در صفحه پابند در اثر ایجاد سوراخها غیر قابل قبول است. انجام آزمایش کششی و درصد ازدیاد طول بر روی نمونه‌هایی که از فولاد پابند تهیه شده‌اند، ضروری است. نتایج این آزمایش باید مطابق بند (۳-۴-۵) باشد. اخذ حداقل یک نمونه از هر ۵ تن نورد ضروری است. بازاء هر ۵ تن نورد باید یک نمونه اخذ و آزمایش خمشی بر روی آن انجام شود. نمونه آزمایشی بصورت سرد تا زاویه ۳۰ درجه خم شده و مجدداً صاف می‌شود. پس از انجام این آزمایش نباید هیچ گونه علائمی از شکست یا ترک به‌وجود آید. انجام آزمایش فشاری بر روی پابندها الزامی است. برای این کار از هر ۲۰۰۰ پابند یک نمونه انتخاب و آزمایش بارگذاری مطابق شکل (۴-۵) انجام می‌شود. پابند باید بتواند حداقل نیروی ۶ تن را بدون ایجاد ترک یا شکستگی تحمل کند.



شکل ۵-۴ آزمایش بارگذاری بر روی پابند کا (K) (ابعاد بر حسب میلی متر)

۵-۴-۵- آزمایشات کنترل کیفیت پابند وسلو و پاندرو

آزمایشاتی که برای سنجش مقاومت و پایداری پابندها توصیه می گردد در دو بخش (۵-۴-۵-۱) و (۵-۴-۵-۲) این نشریه آمده است.

۵-۴-۵-۱- آزمایشات جهت سنجش مقاومت استاتیکی پابندها

الف) آزمایش بارگذاری استاتیکی

این آزمون با هدف بدست آوردن میزان نیروی وارد شده از طرف پابند به ریل، اندازه گیری تغییر فرم ماندگار و ضریب پابند انجام می شود. سازه این آزمون از یک تراورس، یک ریل و دو پابند تشکیل شده است. نشیمنگاه ریل کمتر از ارتفاع تراورس قرار گرفته و پابندها نصب می شوند. تراورس تثبیت شده و ریل در جهت جدا شدن از آن تا نیروی ۵۰ KN کشیده می شود. این آزمون باید در ۱۵ نوبت انجام شود. در نوبت اول پس از اعمال هر ۲ KN فاصله ریل از تراورس ثبت شده و نیرو به اندازه اولیه بر می گردد. در این حال باید میزان فشردگی ماندگار فنر اندازه گیری شود. این روال تا نیروی ۵۰ KN در دوره اول آزمون تکرار می شود. در این حالت هشت نوبت بارگذاری و باربرداری بدون انجام مراحل فوق انجام می شود. نوبت دهم نیز مانند نوبت اول انجام شده و میزان جابجائی ها اندازه گیری می شود.

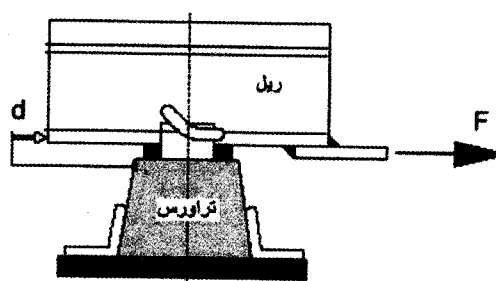
در نوبت اول آزمون، زمانی که نیروی ۵۰ KN در حال اعمال است، با کاهش نیرو و در نتیجه برگشت ریل به اندازه ۴ میلی متر هر پابند باید حداقل نیروئی برابر ۵ KN را تحمل کند. با اندازه گیری میزان فشردگی فنر به هنگام نصب در خطوط و با استفاده از منحنی نیرو- تغییر مکان می توان میزان نیروی وارد شده از طرف پابند به نشیمن ریل را در هنگام نصب بدست آورد.

ب) آزمایش اندازه‌گیری مقاومت گیرداری سیستم پابند

مقاومت گیرداری که توسط پابند تأمین می‌شود جهت انتقال بار قطار به تراورس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و می‌بایست تأثیر تغییر مکان رو به بالای ریل در اثر حرکت قطار که باعث اعمال نیرویی کششی در جهت قائم بر روی کوپلاژی از ریل، تراورس و پابند انجام یافته و در آن تراورس به همراه سیستم پابند بصورت معلق به ریل متصل می‌باشند، بدست آید. در این آزمایش تراورس می‌باید توسط یک قاب کمکی تحت شرایط بارگذاری نیمه استاتیکی قرار گیرد و میزان بار اعمالی و تغییر مکان‌های قائم در محل اتکاء سیستم پابند به ریل اندازه‌گیری شوند.

ج) آزمایش اندازه‌گیری مقاومت گیرداری در جهت طولی

به منظور مطالعه پدیده خزش، آسودگی، اثرات درجه حرارت، شکستگی ریل و اثرات نیروی ترمز، آگاهی داشتن از رابطه بین بار وارده به سیستم پابند و میزان جابجایی آن در جهت طولی دارای اهمیت است. از رابطه بار - تغییر مکان نسبی، مقاومت گیرداری قابل اندازه‌گیری است که این آزمایش می‌باید مطابق شکل (۵-۵) انجام شود.



شکل ۵-۵ آزمایش مقاومت گیرداری طولی

در این آزمایش تراورس بوسیله سیستم تکیه‌گاهی مناسبی تثبیت شده و موقعیت بار اعمالی بر ریل چنان انتخاب می‌شود که کمترین لنگر خمشی بر روی سیستم پابند ایجاد گردد. بارگذاری بصورت استاتیکی در جهت طولی ریل بدون هیچگونه بار قائم با گام‌های $0.3 \pm 2/5$ کیلونیوتن انجام می‌شود.

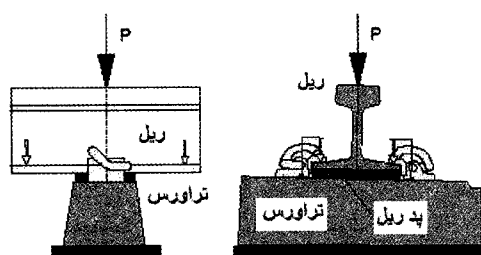
به منظور انجام آزمایش فوق، ریلی به طول ۸۰cm بر روی یک صفحه زیر ریل نصب و در جهت طولی به انتهای آن نیرو اعمال می‌شود، علاوه بر این به منظور شبیه سازی شوکهایی که در شرایط واقعی به ریل وارد می‌شود ضربه‌هایی نیز به ریل وارد می‌شود.

د) آزمایش پیچش ریل

چنانچه لازم باشد آزمایش خمش خط انجام شود، بایستی قبل از آن، آزمایش پیچش ریل صورت گرفته و از نتایج آن برای آزمایش خمش خط استفاده شود. برای انجام آزمایش پیچش از همان دستگاه مربوط به آزمایش خزش ریل استفاده می‌شود، با این تفاوت که جهت اعمال نیرو ۹۰ درجه تغییر می‌کند. نیروی اعمالی و زاویه پیچش ریل به صورت الکتریکی اندازه‌گیری شده و تغییرات به صورت گرافی رسم می‌شود و از نتایج حاصله به منظور انجام آزمایش خمش خط استفاده می‌شود.

ه) آزمایش اندازه گیری سختی در جهت قائم

جهت اندازه گیری سختی قائم استاتیکی، مجموعه ریل، تراورس و پابند مطابق شکل (۵-۶) تحت بار قائمی به میزان 80 ± 1 کیلو نیوتن با سرعت بارگذاری 50 ± 5 کیلو نیوتن بر دقیقه قرار می گیرد. بعد از گذشت یک دقیقه، باربرداری صورت گرفته و این سیکل بارگذاری و باربرداری دو بار تکرار می گردد. در طی سیکل سوم تغییر مکانهای نسبی قائم در چهار گوشه اندازه گیری می شود.



شکل ۵-۶ آزمایش اندازه گیری سختی قائم

از نتایج حاصله حداکثر تغییر مکان نسبی متوسط، d ، به میلی متر محاسبه گردیده و در نهایت سختی قائم K از تقسیم میزان بار وارده به تغییر مکان نسبی متوسط مربوطه بدست می آید.

۵-۵-۴-۲- آزمایشات مقاومت در مقابل خستگی پابندها

ماهیت نیروهای وارده از قطار به خط دوره ای می باشد. این امر باعث می شود که نیروهای وارد شده به پابند نیز دوره ای بوده و در حقیقت شرایط خستگی برای پابند مهیا شود. آزمون خستگی بایستی بر روی مجموعه پابند و همچنین بروی فنر پابندها بشرح ذیل صورت گیرد:

الف) آزمون خستگی بروی مجموعه اتصالات

الف-۱) آزمون خستگی با اعمال بار تک محوره:

هدف از انجام این آزمایش ارزیابی تأثیر بارگذاری های دینامیکی بر روی عملکرد دراز مدت سیستم پابند است. بارگذاری تناوبی به منظور شبیه سازی بارگذاری واقعی ناشی از حرکت قطار اعمال می گردد.

کوپلاژ شامل طول کوتاهی از ریل، تراورس (نیمه تراورس) و سیستم پابند است که به منظور آزمایش دینامیک تک محوره مورد استفاده واقع می گردد. طریقه آزمایش بدینصورت است که با قرار دادن کوپلاژ بر روی سطحی شیب دار با زاویه خاص و تثبیت آن توسط یک سیستم تکیه گاهی مناسب می توان همزمان و تنها با یک جک دو بار عمود بر هم اعمال نمود. با این تکنیک دو بار یکی در جهت عمود بر سطح زیرین تراورس و دیگری موازی آن سطح به ریل وارد می شود. جک هیدرولیکی باری سیکلی با شدت ثابت به سیستم وارد می نماید. تاج ریل بوسیله ریل سابی صاف گردیده و در تاج ریل سطح مقعری جهت اعمال بار و تمرکز بهتر آن ایجاد می گردد. انتهای دیگر جک به یک لولا متصل است تا تاج ریل بتواند بطور آزادانه حرکت نماید.

قبل از شروع عملیات بارگذاری دینامیکی کوپلاژ به صورت نیمه استاتیکی ده بار با سرعت 100 KN/min بارگذاری و باربرداری می شود. در طی آزمایش تغییر مکان نسبی شش محل اندازه گیری می شود. چهار محل بر روی لبه های انتهایی پایه ریل جهت اندازه-

گیری تغییر مکان نسبی قائم و دو محل دیگر واقع در دو سر ریل جهت اندازه‌گیری تغییر مکان نسبی عرضی ریل در نظر گرفته شده است.

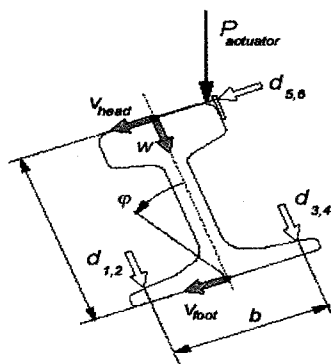
بارگذاری دینامیکی تا 3×10^6 سیکل تکرار و باری بین $2/5$ تا 5 کیلونیوتن با فرکانس 3 تا 5 هرتز اعمال می‌گردد. تغییر شکل ماندگار بعد از سیکلهای 5×10^4 و بعد از 5×10^5 و همین‌طور تا 3×10^6 اندازه‌گیری شده و مقدار متوسط آن محاسبه می‌گردد. با توجه به نتایج آزمایش روابط زیر مطابق شکل (۷-۵) برای سه درجه آزادی حرکت ریل با فرض اینکه ریل تغییر شکل ناپذیر است بدست می‌آیند.

$$W = \frac{1}{4}(d_1 + d_2 + d_3 + d_4) \quad (۱-۵) \text{ جابجایی قائم ریل}$$

$$\tan \Phi = \frac{1}{2}(d_1 + d_2 + d_3 + d_4) / b \quad (۲-۵) \text{ چرخش جانبی ریل}$$

$$V_{\text{head}} = \frac{1}{2}(d_5 + d_6) \quad (۳-۵) \text{ جابجایی جانبی تاج ریل}$$

$$V_{\text{foot}} = \frac{1}{2}(d_5 + d_6) - h \tan \Phi \quad (۴-۵) \text{ جابجایی جانبی پایه ریل}$$



شکل ۷-۵ درجات آزادی حرکت ریل

بعد از اتمام آزمایشات لازم است طوری برنامه‌ریزی شود که بتوان از تمامی اجزاء و قطعات مجموعه ریل تراورس و پابند بازرسی چشمی نمود حتی می‌بایست صفحه لاستیکی زیر ریل نیز مورد استفاده قرار گیرد.

الف-۲) آزمون خستگی با اعمال بار متقارن (دو محوره و بیشتر)

انجام آزمایش خستگی در طی دو مرحله اعمال بار صورت می‌گیرد. در مرحله اول بار اعمالی بصورت 75 KN عمودی و 46 KN افقی و در طی 2 میلیون سیکل و با فرکانس $2 \frac{1}{3} \text{ HZ}$ وارد می‌شود و در مرحله دوم بار عمودی 100 KN و افقی 61 KN در طی 0.5 میلیون سیکل و با فرکانس $2 \frac{1}{3} \text{ HZ}$ اعمال می‌شود. بارهای مرحله اول مربوط به شرایط بار محوری 18 تا 23 تن و بارهای مرحله دوم مربوط به شرایط بار محوری 25 تا 31 تن است.

لازم است بمنظور بررسی تأثیر بارهای دینامیکی فوق، قبل از انجام آزمایش، در حین انجام آن و پس از اتمام آن، اندازه‌گیریهای ذیل انجام شده و نحوه تغییرات آنها رسم شود.

- فاصله بین تاج دو ریل

- فاصله پایه بین دو ریل

- فاصله صفحه زیر ریلها

- کج شدن ریلها

- مقدار نیروی محکم شدن مربوط به پیچ پابند

در صورتیکه تغییرات شدیداً صعودی در شیب منحنی رسم شده مشاهده شود، عملکرد پابندها نامطلوب و چنانچه تغییرات افزایشی بصورت تدریجی باشد عملکرد پابندها مطلوب محسوب می‌شود. پس از انجام آزمایش خستگی، لازم است مجدداً آزمایش بارگذاری انجام شده و نتایج آن مورد بررسی قرار گیرد.

ب) آزمون خستگی بروی فنر پابند

از تست‌های اساسی که مشخص کننده رفتار فنر پابند زیر بارهای متناوب می‌باشد آزمون خستگی فنر پابند است. در این آزمون فنر پابند (وسلو یا پاندرول) در نقاط متصل به ریل تحت بارهای متناوب سیکلی قرار می‌گیرد.

ابتدا محل نشیمنگاه پیچ تراورس را تحت نیروی فشاری ۱۶/۱ KN قرار داده و تحت فرکانس ۱۶/۳۳ HZ و موج سینوسی با دامنه $(\pm 0.7 \text{ mm} / 1.4 \text{ mm})$ فنر پابند را به نوسان در می‌آوریم هنگام تست با کنترل اتوماتیک محدوده ذیل مورد نظر قرار می‌گیرد.

(۵-۵) $15.4 \text{ KN} < P < 16.1 \text{ KN}$

بصورت دوره ای هر ۲۰۰۰۰۰ نوسان مقدار افت را اندازه‌گیری نموده و در انتها تعداد ۴/۸ میلیون سیکل، مقدار افت اندازه‌گیری

شده توسط کنترل تغییر مکان دستگاه و نیز بصورت دستی اندازه‌گیری می‌شود.

جزئیات کامل آزمایش جهت انجام تست خستگی بروی فنر پابندها در جدول (۵-۶) آمده است.

جدول ۵-۶ خصوصیات لازم برای تست خستگی فنر پابند

تغییرات دائمی بوجود آمده مجاز (mm)	فرکانس HZ	مقدار نیرو (KN)	دامنه نوسان (mm)	تعداد نوسان	شرح پابند
کمتر از ۰/۵	۱۶/۳	۱۶/۱-۱۵/۴	۱/۴	۵ میلیون	وسلو
کمتر از ۱	۲۰	۱۱-۱۰	۰/۵	۵ میلیون	پاندرول

فصل ششم

بالات و زیربالات

۶-۱- وظایف بالاست

بالات لایه‌ای از مصالح سنگی شکسته با قطر متوسط ۲۰ تا ۶۰ میلی‌متر است که مجموعه تراورس‌ها و ریل بر روی آن قرار گرفته و پیش‌بینی آن برای رسیدن به اهداف زیر ضروری است:

- تحمل نیروهای قائم، افقی و جانبی وارده بر تراورس‌ها به منظور نگهداشتن خط در موقعیت معین خود
- تامین بخشی از برجهندگی و جذب انرژی خط
- پخش و انتقال بارها به لایه‌های تحتانی
- زهکشی آبهای سطحی
- تنظیم و تراز نمودن سطح ریل حین ریل‌گذاری و تعمیرات
- میرایی و استهلاک ضربات، ارتعاشات و صداهای حاصل از حرکت وسایل نقلیه ریلی
- عایق یخبندان برای لایه زیر خود
- جلوگیری از رشد گیاهان در خط

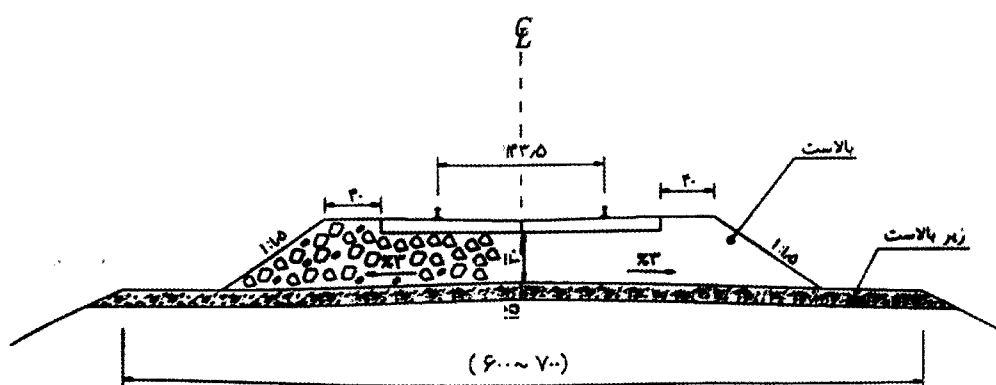
۲-۶- وظایف زیربالاست

زیر بالاست لایه‌ای از مصالح نسبتاً ریزدانه است که توصیه می‌شود به منظور دستیابی به اهداف زیر بین بالاست و سطح تمام شده زیر سازی اجرا شود:

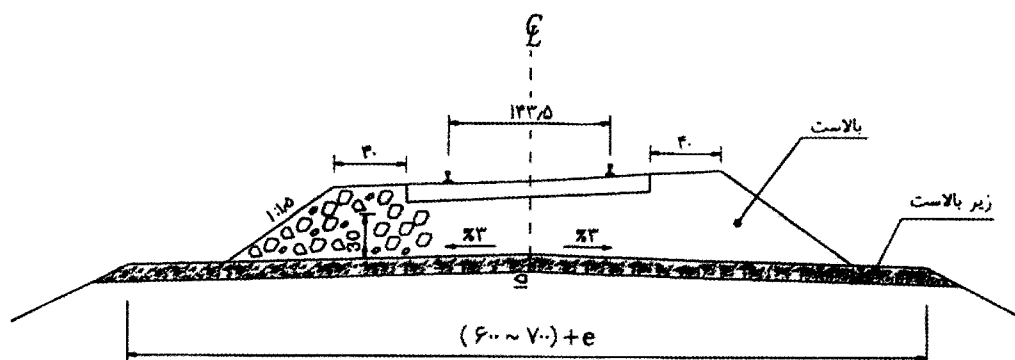
- کاهش تنش‌های وارد بر لایه‌های زیرسازی
- نگهداری سطح بالای بستر در مقابل نفوذ سنگ‌های بالاست
- محافظت از سطح زیرسازی در برابر یخبندان
- جلوگیری از نفوذ ذرات ریز بستر روسازی به بالاست
- تسهیل بیشتر زهکشی

۳-۶- مقاطع عرضی بالاست، زیربالاست و مشخصات هندسی آن

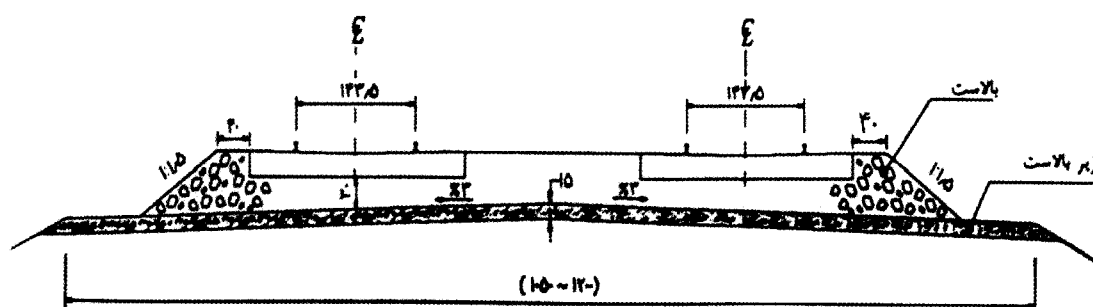
مقاطع عرضی مربوط به بالاست و زیربالاست و مشخصات هندسی آن در خطوط یک خطه، دو خطه، مستقیم و قوسی مطابق شکل‌های (۱-۶) تا (۴-۶) توصیه می‌گردد.



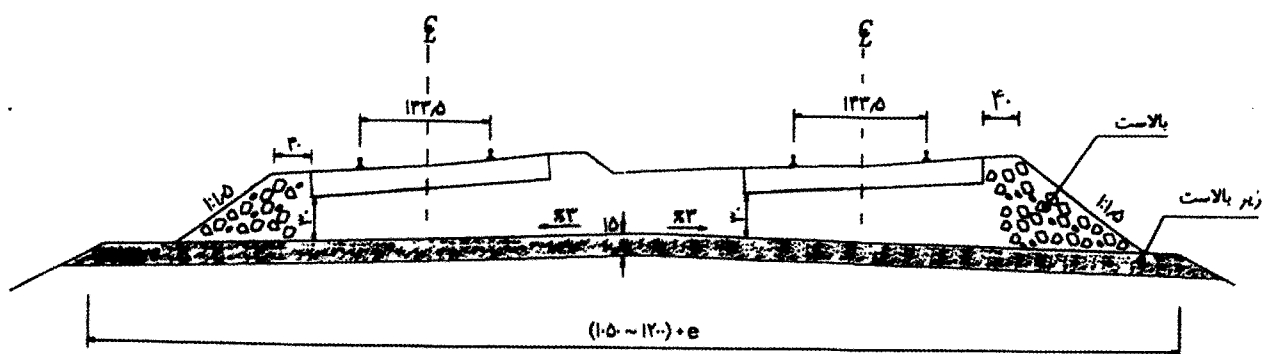
شکل ۱-۶ مقطع عرضی بالاست و زیربالاست در راه آهن یک خطه مستقیم (ابعاد به سانتی‌متر)



شکل ۲-۶ مقطع عرضی بالاست و زیربالات در راه آهن یک خطه در قوس (ابعاد به سانتی متر)



شکل ۳-۶ مقطع عرضی بالاست و زیربالات در راه آهن دو خطه مستقیم (ابعاد به سانتی متر)



شکل ۴-۶ مقطع عرضی بالاست و زیربالات در راه آهن دو خطه در قوس (ابعاد به سانتی متر)

۶-۳-۱- نحوه انتخاب ضخامت بالاست

ضخامت لایه بالاست در زیر تراورس باید به اندازه‌ای انتخاب شود که بتواند تنش موجود در زیر تراورس را به میزانی که قابل تحمل توسط بستر روسازی باشد کاهش دهد. توزیع تنش توسط بالاست را می‌توان با روشهای تحلیل خطی، بوسینسک یا مدلسازی آن به کمک اجزاء محدود و یا هر روش دقیق دیگر محاسبه کرد. ضخامت بالاست در زیر تراورس در خطوط اصلی با طبقه بندی A، B، C و D نباید کمتر از ۳۰ سانتی‌متر انتخاب شود. در خطوط فرعی با طبقه‌بندی E، ضخامت بالاست را می‌توان حداقل تا ۲۵ سانتی‌متر انتخاب نمود. برای تامین پایداری خط، نباید ضخامت بالاست در زیر تراورس از ۵۰ سانتی‌متر تجاوز کند. در صورت استفاده از تراورس بتنی، برای بالا بردن خاصیت ارتجاعی خط، حداقل ضخامت بالاست در زیر تراورس باید ۳۵ سانتی‌متر منظور شود.

۶-۳-۲- نحوه انتخاب عرض شانه بالاست

عرض شانه بالاست باید به اندازه‌ای باشد که بتواند پایداری عرضی خط را در برابر نیروهای ناشی از نوسانات جانبی و نیروهای گریز از مرکز در قوسها حفظ کند. حداقل عرض شانه بالاست مطابق شکل‌های (۶-۱) تا (۶-۴) نباید کمتر از ۴۰ سانتی‌متر انتخاب شود.

۶-۳-۳- شیب طرفین بالاست

شیب‌های طرفین بالاست بر چگونگی انتقال بار از سطح زیر تراورس به روی زیربلاست تاثیر می‌گذارند. این شیب‌ها با توجه به نوع مصالح بالاست بکاررفته، معمولاً ۱:۲ و ۱:۵ می‌باشند.

۶-۴- مصالح مناسب برای بالاست

کیفیت لایه بالاست بستگی به جنس مصالح بکار رفته و ترائم آنها دارد. مصالح بالاست باید برای انجام وظایف خود دارای ویژگی‌های زیر باشند:

- مقاوم در برابر سائیدگی، خرده شدن و کوبیدگی باشند.
- مقاوم در برابر تاثیرات جوی، دارای استحکام کافی و نیز ساختار یکنواخت باشند.
- لبه‌های تیز و حتی‌المقدور مکعبی داشته باشند. بعبارتی از نوع سنگ‌های شکسته باشند.
- با توجه به ویژگی‌های بیان شده، بالاست بایستی از مصالح سنگ‌های آذرین (بازالت بجز انواع حساس به اشعه خورشید، دیوریت، کوآرتزیت، دیاباس، سینیت، ملافی) و یا سرباره کوره بلند (بدون گوگرد و فسفر) انتخاب شود. سنگ آهک، سنگ‌های رسی و لایه‌ای بعنوان مصالح بالاست مناسب نمی‌باشد. یک بالاست خوب می‌باید دارای خصوصیات زیر باشد:
- مقاومت: بالاست باید در مقابل خردشدگی و شکستن در برابر بارهای اعمالی مقاومت کند.
- سختی: بالاست باید علاوه بر سختی، در برابر شکستن مقاوم باشد و شکننده نباشد.
- دوام: دوام شامل مقاومت در برابر سایش و هوازدگی می‌باشد.

- پایداری: بالاست باید پایداری خود را حفظ کند. ماسه با دانه‌های گرد یا مصالح شنی که تمام ماسه و رس آن را جدا کرده باشند تحت بارگذاری پایدار نیستند و بر روی هم می‌غلطند. مصالحی که ساختار دانه‌ای سخت و نامشخص دارند و یا دارای درصد کافی مواد با دانه‌بندی نامنظم می‌باشند، پایداری بیشتری دارند.
- قابلیت زهکشی: بالاست خوب باید اجازه نفوذ سریع آبهای سطحی را فراهم آورد.
- قابلیت تمیز کردن: یک بالاست خوب باید قابلیت تمیز شدن دستی یا ترجیحاً توسط ادوات مکانیکی موجود را داشته باشد. مصالح درشت دانه مانند سنگ شکسته یا سرباره و برخی شن‌های آماده شده قابل تمیز شدن هستند ولی ماسه قابل تمیز شدن نمی‌باشد و در صورت کثیف شدن باید تعویض شود.
- کارایی: مصالح بالاست باید به گونه‌ای باشند که بتوان راحتتر و سریعتر با آنها کار کرد.
- در دسترس بودن: مصالح باید تا حد امکان در نزدیکی خط و سایت وجود داشته باشد تا هزینه‌های حمل و نقل و تجهیزات افزایش نیابد.

۶-۵- آزمایش‌های کنترل کیفی بالاست

از هر ۱۸۰ تن بالاست آماده شده باید حداقل یک نمونه ۴۵ کیلوگرمی گرفته شود و آزمایش‌های ذکر شده در جدول (۶-۱) بر روی آن انجام شود. سپس نتایج آزمایش با مقادیر مجاز ذکر شده مقایسه و کنترل شود.

جدول ۶-۱ مقادیر مجاز نتایج آزمایش‌های بالاست و روش انجام آن

نوع آزمایش	مقدار مجاز	روش آزمایش
آزمایش دانه بندی	مطابق جدول (۶-۲)	ASTM-C۱۳۶
تعیین مصالح ریزتر از الک شماره ۲۰۰	$\leq 1\%$	ASTM-C۱۱۷
تعیین درصد کلوخه‌های رسی و سنگدانه‌های شکننده	$\leq 0.5\%$	ASTM-C۱۱۴
آزمایش تعیین سائیدگی	$\leq 30\%$	ASTM-C۵۳۵ یا ۱۳۱
آزمایش تعیین افت وزنی در برابر سولفات سدیم	$\leq 5\%$	ASTM-C۸۸
آزمایش تعیین وزن مخصوص	$\geq 2.4 \text{ (t/m}^3\text{)}$	ASTM-C۱۲۷
آزمایش جذب آب	$\leq 1\%$	ASTM-C۱۲۷
آزمایش تورق	$\leq 5\%$	BS-۸۱۲

۶-۵-۱- نمونه‌گیری

نمونه‌گیری از توده بالاست باید کاملاً تصادفی و بیانگر خواص کل توده باشد. بهتر است نمونه‌گیری از بخش‌های میانی بالاست صورت گیرد. ظرف نمونه‌گیری و وسایل به کار گرفته شده باید طوری باشد که باعث بهم خوردن دانه‌بندی بالاست نشود. رعایت ضوابط نمونه‌گیری مطابق استاندارد ASTM-D۷۵ الزامی است.

۶-۵-۲- دانه بندی

آزمایش دانه بندی و تعیین درصد دانه های عبوری از الک های مختلف باید مطابق استاندارد (ASTM-C۱۳۶) صورت گیرد. دانه بندی بالاست مصرفی باید مطابق بر یکی از گروه های ۱ تا ۵ جدول (۶-۲) باشد.

جدول ۶-۲ درصد وزنی عبوری مجاز از الک های مختلف برای بالاست مصرفی در راه آهن

قطر چشمه های الک (اینچ) یا شماره آن									گروه
#۴	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	۱	$1\frac{1}{2}$	۲	$2\frac{1}{2}$	۳	
-	-	۰-۵	۰-۱۰	-	۲۵-۶۰	-	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	۱
۰-۳	۰-۱۰	۵-۲۰	-	۲۵-۵۰	۵۰-۷۰	۶۰-۸۵	۸۰-۱۰۰	۱۰۰	۲
-	-	۰-۵	-	۰-۱۵	۳۵-۷۰	۹۵-۱۰۰	۱۰۰	-	۳
-	۰-۳	-	۰-۱۰	۱۰-۳۵	۶۰-۹۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	۴
	۰-۵	-	۰-۱۵	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	۵

۶-۵-۳- تعیین مصالح ریزتراز الک شماره ۲۰۰

آزمایش تعیین دانه بندی مصالح ریزتر از الک شماره ۲۰۰ باید مطابق استاندارد (ASTM-C۱۱۷) انجام گیرد. مواد ریزتر از الک شماره ۲۰۰ مطابق جدول (۶-۱) نباید از ۱ درصد بیشتر باشد.

۶-۵-۴- تعیین درصد کلوخه های رسی و سنگدانه های شکننده

آزمایش تعیین درصد مواد رسی باید مطابق استاندارد (ASTM-C۱۴۲) بر روی نمونه های گرفته شده انجام شود، حداکثر مقدار مواد رسی مجاز بالاست طبق جدول (۶-۱) نباید از ۰/۵ درصد بیشتر باشد.

۶-۵-۵- تعیین درصد سایش

آزمایش تعیین درصد سائیدگی مصالح بالاست باید مطابق روشهای استاندارد لوس آنجلس (C۱۳۱ یا ASTM-C۵۳۵) انجام گیرد. درصد سایش بالاست مطابق جدول (۶-۱) نباید از ۳۰ درصد بیشتر باشد. برای مصالح با دانه های بزرگتر از ۱ اینچ باید از روش C۵۳۵ و برای مصالح کوچکتر از ۱ اینچ از روش C۱۳۱ استفاده شود.

۶-۵-۶- آزمایش افت وزنی در مقابل سولفات سدیم

آزمایش افت وزنی در برابر سولفات سدیم بایستی طبق استاندارد (ASTM-C۸۸) انجام گیرد. افت وزنی در برابر سولفات سدیم مطابق جدول (۶-۱) نباید از ۵ درصد بیشتر باشد.

۶-۵-۷- آزمایش تعیین وزن واحد حجم و وزن مخصوص

وزن واحد حجم بالاست مصرفی باید مطابق استاندارد (ASTM-C۲۹) و وزن مخصوص بالاست باید مطابق استاندارد (ASTM) (۱۲۷ تعیین شود و مطابق جدول (۶-۱) نباید کمتر از ۲/۶ باشد.

۶-۵-۸- آزمایش جذب آب

آزمایش تعیین درصد جذب آب توسط مصالح بالاست باید مطابق استاندارد (ASTM-C۱۲۷) انجام شود و از ۱ درصد بیشتر نباشد.

۶-۵-۹- آزمایش تورق

آزمایش تعیین تورق مصالح بالاست باید مطابق روش (BS-۸۱۲) انجام گیرد. درصد تورق طبق جدول (۶-۱) نباید بیش از ۵ درصد باشد.

۶-۶- حمل بالاست

حمل بالاست آماده شده باید با کامیونهای مخصوص حمل بالاست صورت گیرد. حمل باید به گونه‌ای باشد که دانه‌بندی بالاست بهم نخورد و از هم تفکیک نشود. بالاست آماده شده نباید در طی حمل و عملیات اجرایی به مواد خارجی و زیان آور آلوده شود.

۶-۷- کیفیت بالاست

کیفیت بالاست با یک ضریب تعریف می‌شود که مقاومت آنرا در برابر فرسایش، اصطکاک و ضربه‌های خفیف تعریف می‌کند. برای تعیین ضریب کیفیت باید یک نمونه ۵ کیلوگرمی از دانه‌های با درشتی متوسط را برداشت و این دانه‌ها را در یکی از استوانه‌های دستگاه دوال (Deval) ریخت و سپس آنها را تحت تاثیر یک چرخش ۱۰۰۰۰ دور در مدت پنج ساعت قرار داد. مخلوط خرد شده بدست آمده را باید با الکی که قطر سوراخ‌های آن ۱/۶ میلیمتر است الک کرد و قسمتی را که از الک گذشته است وزن کرد. ضریب کیفیت که آنرا با Q نشان می‌دهند، با رابطه $Q=400/U$ محاسبه می‌شود که در آن U وزن ریز دانه‌های گذشته از الک بازاء هر کیلوگرم از دانه‌های نمونه است. این ضریب باید حداقل برابر با ۱۴ برای سنگ‌های سخت و ۱۲ برای سنگ‌های آهکی باشد.

۶-۸- مصالح مناسب برای زیربالات

زیربالات از نظر خصوصیات شکل‌پذیری می‌بایست دارای مدول برجه‌ندگی بالا و کرنش الاستیک پائین باشد بعبارتی در اثر این دو عامل می‌بایست هم بتواند بارهای وارده را تحمل کند و هم نشست آن درحد قابل قبول باقی بماند. برای دستیابی به چنین منظوری، سه ویژگی اساسی برای مصالح زیربالات ضروری است:

- نفوذ پذیری کافی برای زهکشی آب

- دوام قابل قبول مصالح

- عدم حساسیت نسبت به تغییر رطوبت

برای رعایت این ویژگی‌ها، مصالح مصرفی در زیربالاست ترکیبی از سنگریزه، شن و ماسه طبیعی، ماسه شکسته شده، سنگ شکسته شده و مواد ریزدانه خواهد شد.

۹-۶- آزمایشهای کنترل کیفی زیربالاست

لازم است مطابق جدول (۳-۶) آزمایش‌های لازم بر روی زیربالاست انجام شود و نتایج آن در محدوده‌های مجاز کنترل شود.

جدول ۳-۶ آزمایشهای کنترل کیفی زیربالاست

نوع آزمایش	روش آزمایش	مقدار مجاز
آزمایش دانه‌بندی	ASTM-C۱۳۶	مطابق جدول دانه‌بندی
تعیین مصالح ریزتر از الک شماره ۲۰۰	ASTM-C۱۱۷	$\frac{2}{3}$ عبوری از الک شماره ۴۰ \leq
آزمایش تعیین حد روانی و نشانه خمیری (برای مواد عبوری از الک شماره ۴۰)	ASTM-C۴۳۳، C۴۳۴	$PI \leq 6\%$ و $LL \leq 25\%$
آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا (CBR)	ASTM-D۱۸۸۳	≥ 25
آزمایش تراکم (در رطوبتی معادل درصد رطوبت بهینه)	ASTM-C۱۵۵۷	≤ 100
آزمایش تعیین درصد سایش	ASTM-C۱۳۱	$\leq 0.50\%$

۹-۶-۱- نمونه‌گیری

نمونه‌گیری از زیربالاست باید بر اساس روش استاندارد ASTM-D۷۵ انجام گیرد.

۹-۶-۲- آزمایش دانه‌بندی

آزمایش دانه‌بندی باید بر اساس روش استاندارد ASTM-C۱۳۶ انجام گیرد. دانه‌بندی زیربالاست باید مطابق یکی از گروه‌های ۱ تا ۳ جدول (۴-۶) باشد. توصیه می‌شود دانه بندی زیربالاست مطابق دانه‌بندی گروه (۱) باشد.

جدول ۴-۶ درصد وزنی عبوری مجاز از الک‌های مختلف برای زیربالاست مصرفی در راه‌آهن

گروه	۲ اینچ	۱ اینچ	اینچ $\frac{3}{8}$	#۴	#۱۰	#۴۰	#۲۰۰
۱	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۵۰-۸۴	-	۲۶-۵۰	۱۲-۳۰	۰-۱۰
۲	۱۰۰	۷۵-۹۵	۴۰-۷۵	۲۰-۶۰	۲۰-۴۵	۱۵-۳۰	۵-۱۵
۳	-	۱۰۰	۵۰-۸۵	۲۵-۶۵	۲۵-۵۰	۱۵-۳۰	۵-۱۵

۶-۹-۳- آزمایش تعیین ذرات ریزتر از الک شماره ۲۰۰

درصد مواد عبوری از الک شماره ۲۰۰ باید به کمک استاندارد (ASTM-C۱۱۷) انجام گیرد. درصد عبوری از الک ۲۰۰ نباید از ۰/۶۷ عبوری از الک شماره ۴۰ بیشتر باشد.

۶-۹-۴- آزمایش تعیین حد روانی و حد خمیری

انجام آزمایش تعیین حد خمیری و حد روانی مطابق استاندارد (ASTM-C۴۲۳) و (ASTM-C۴۲۴) بر روی مواد عبوری از الک شماره ۴۰ ضروری است. حد روانی و نشانه خمیری مصالح عبوری از الک ۴۰ باید به ترتیب کمتر از ۲۵ درصد و ۶ درصد باشد. ($PI \leq 6\%$ و $LL \leq 25\%$)

۶-۹-۵- آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا (CBR)

آزمایش تعیین نسبت باربری کالیفرنیا (سی بی آر) باید مطابق استاندارد (ASTM-D۱۸۸۳) بر روی مصالح زیربالات انجام شود. آزمایش سی بی آر، با تراکم ASTM ۱۵۵ مانند تراکم آزمایشگاهی T ۱۸۰ یا آشتو اصلاح شده صورت می گیرد. سی بی آر مصالح زیربالات نباید از ۲۵ کمتر باشد.

۶-۹-۶- آزمایش تراکم

مصالح زیربالات باید در رطوبتی معادل درصد رطوبت بهینه با تراکم بالای ۹۸ درصد کوبیده شود. آزمایش تعیین تراکم در محل باید مطابق استاندارد (ASTM-۱۵۵۷) انجام گیرد.

۶-۹-۷- آزمایش تعیین درصد سایش

میزان سایش مصالح زیربالات مطابق استاندارد (ASTM-C۱۳۱) نباید از ۵۰ درصد بیشتر شود.

فصل هفتم

دستگاه خطوط

۱-۷- کلیات

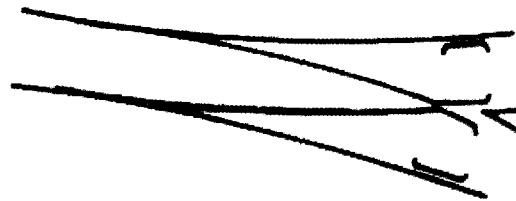
دستگاه خطوط ادواتی هستند که اتصال مسیرهای مختلف ریلی و حرکت وسایل نقلیه ریلی از مسیری به مسیر دیگر را ممکن می‌سازند. این ادوات علاوه بر تامین انعطاف لازم در خطوط ریلی، به عملیات مانور در محوطه ایستگاه‌ها نیز کمک می‌کنند. دستگاه خطوط به لحاظ ایمنی از نقاط ضعف خطوط ریلی محسوب می‌شوند. استعداد خروج از خط وسایل نقلیه ریلی در این نقاط نسبت به سایر بخش‌های خط بالاتر است. این بخش از خطوط ریلی، محدودیت‌هایی را به لحاظ کاهش سرعت در پی دارد. در طراحی و به کارگیری دستگاه خطوط، موارد ذیل می‌بایستی در نظر گرفته شوند:

- تعداد محدودیت‌های سرعتی که بوجود می‌آورند، حداقل باشد و فقط در محل‌هایی قرار گیرند که نیازهای بهره‌برداری حکم می‌کنند.
- حداکثر انعطاف‌پذیری را در بهره‌برداری تامین کنند.
- تولید آنها ارزان، نصب آنها ساده و تعویض آنها نیز به سادگی انجام شود.
- در مقابل سایش، خوردگی و فرسودگی مقاوم بوده و حداقل نگهداری را لازم داشته باشند.
- با مشخصات لازم برای مهندسی ارسال علائم سازگاری داشته باشند.

۲-۷- انواع دستگاه خطوط

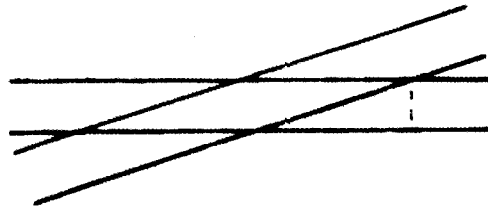
دستگاه خطوط به سه گروه اصلی تقسیم می شوند:

الف) انشعاب: یک انشعاب، خط را مطابق شکل (۱-۷) به دو یا سه خط تقسیم نموده و تغییر مسیر وسیله نقلیه ریلی را ممکن می سازد. اجزای یک انشعاب باید مطابق بند (۴-۷) این نشریه اجرا شوند.



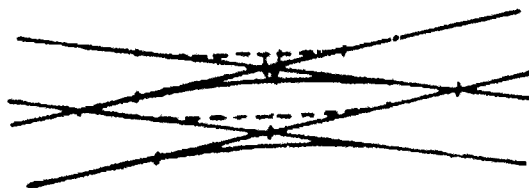
شکل ۱-۷ انشعاب

ب) تقاطع: در یک تقاطع مطابق شکل (۲-۷) دو ریل به طور هم سطح یکدیگر را قطع می کنند. اجزای یک تقاطع باید مطابق بند (۵-۷) این نشریه اجرا شوند.



شکل ۲-۷ تقاطع

ج) چلیپا (تقاطع - انشعاب): وظایف انشعاب و تقاطع را با هم انجام می دهد، شکل (۳-۷).



شکل ۳-۷ چلیپا

۳-۷- اجزاء دستگاه خطوط

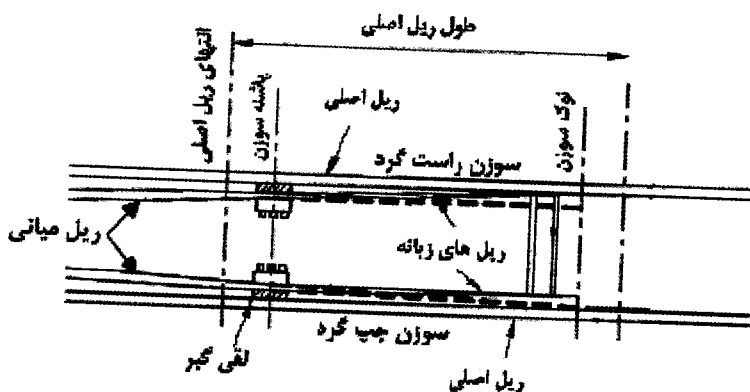
دستگاه خطوط از دو قسمت اصلی تشکیل می‌شود. این اجزاء عبارتند از:

- سوزن و متعلقات آن
- تکه مرکزی و متعلقات آن

۷-۳-۱- سوزن

۷-۳-۱-۱- اجزاء سوزن

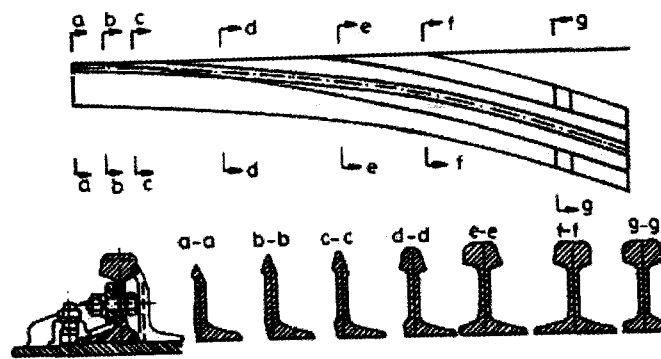
سوزن‌ها بخش‌های متحرک دستگاه خطوط هستند. مطابق شکل (۷-۴)، سوزن شامل ریل اصلی، ریل زبانه و ریل میانی است. یک مجموعه از سوزن‌ها، شامل یک سوزن چپ گرد و یک سوزن راست گرد است. ریل‌های زبانه با حرکت خود، مسیر حرکت را تغییر داده و براساس موقعیت خود به وسیله نقلیه ریلی اجازه حرکت در خط اصلی و یا خط دیگر را می‌دهند. طرف نازک ریل سوزن، نوک و طرف دیگر، پاشنه می‌باشد. ریل‌های اصلی، ریل‌هایی هستند که ریل‌های سوزن به خوبی در کنار آنها جفت شده و مقطع آنها مشابه ریل‌های خط اصلی است. "لقی گیر" مطابق شکل، مانعی است که بین پاشنه ریل زبانه و ریل اصلی قرار گرفته و فاصله لازم برای عبور لبه چرخ را تامین می‌کند.



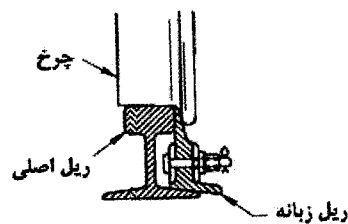
شکل ۷-۴ اجزاء سوزن

۷-۳-۱-۲- تغییر مقطع ریل‌های سوزن

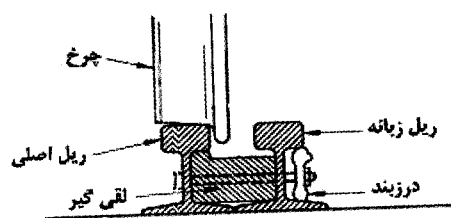
برای تغییر مسیر در یک سوزن، ریل‌های اصلی و زبانه باید بخوبی در راس سوزن جفت شوند، بطوریکه چرخ بتواند از ریل اصلی به ریل زبانه منتقل شود. برای انجام این کار، مقطع ریل اصلی در طول سوزن بایستی ثابت مانده و مقطع ریل زبانه از راس تا انتهای سوزن تغییر کند. تغییر شکل مقطع ریل‌های سوزن در شکل (۵-۷) و مقطع ریل‌های سوزن در راس و انتها در شکل‌های (۶-۷) و (۷-۷) نشان داده شده است.



شکل ۵-۷ مقطع ریل سوزن



شکل ۶-۷ مقطع ریل ها در راس سوزن



شکل ۷-۷ مقطع ریل ها در انتهای سوزن

۷-۳-۱-۳- طبقه بندی سوزن‌ها

الف) طبقه بندی سوزن‌ها بر مبنای گیرداری پاشنه:

۱- سوزن‌ها با پاشنه متحرک یا مفصلی:

در این سوزن‌ها ریل‌های زبانه توسط درزبند، به ریل‌های میانی متصل شده‌اند، به طوریکه دو پیچ جلویی آن هنگام بسته شدن سوزن آزاد و هنگام باز شدن ریل زبانه محکم می‌شوند و شرایط مفصل ایجاد می‌گردد. این روش برای سوزن‌های با طول کوتاه توصیه می‌شود.

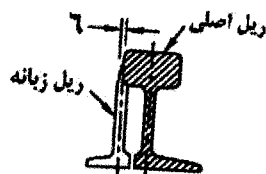
۲- سوزن‌های با پاشنه گیردار:

در این سوزن‌ها هر چهار پیچ هنگام بسته شدن ریل سوزن محکم می‌شوند، بطوریکه شرایط صلب ایجاد می‌گردد. این روش برای سوزن‌های با طول بلند توصیه می‌شود.

ب) طبقه بندی سوزن‌ها بر مبنای نحوه قرارگیری ریل‌های اصلی و زبانه:

۱. سوزن‌های برش خورده:

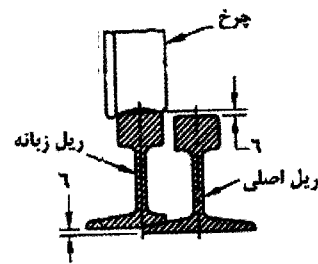
در این سوزن‌ها مطابق شکل (۷-۸) بخشی از پایه ریل اصلی بریده شده و ریل زبانه در همان ارتفاع در کنار ریل اصلی قرار می‌گیرد. عیب این سوزن‌ها، کاهش مقاومت بواسطه برش قسمتی از ریل اصلی است. این سوزن‌ها برای عرض خط باریک توصیه می‌شوند.



شکل ۷-۸ سوزن‌های برش خورده

۲. سوزن‌های سوار شده :

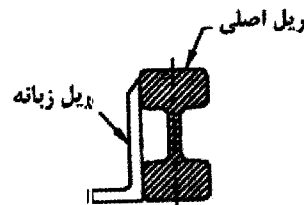
در این سوزن‌ها مطابق شکل (۷-۹)، ریل اصلی بدون برش باقی مانده و ریل زبانه بر روی ریل اصلی سوار می‌شود. به طوریکه اختلاف ارتفاع ۶ میلیمتر نسبت به یکدیگر پیدا می‌کنند. در این سوزن‌ها، استفاده از درزبند برای اتصال پاشنه ریل‌ها ضروری است. در این سوزن‌ها ریل زبانه بخوبی بر روی ریل اصلی پشتیبانی شده و امکان اشتباه در قرارگیری چرخ بر روی ریل اصلی به علت اختلاف ارتفاع دو ریل، وجود نخواهد داشت. این سوزن‌ها برای عرض خط معمولی تا زیاد توصیه می‌شوند.



شکل ۷-۹ سوزن‌های سوار شده

۳- سوزن‌های برش مستقیم:

در این سوزن‌ها مطابق شکل (۷-۱۰)، ریل زیانه به صورت مستقیم بریده شده که منتج به افزایش ضخامت در ریل زیانه و در نتیجه افزایش مقاومت خواهد شد. این سوزن‌ها برای خطوط با عرض زیاد توصیه می‌شوند.



شکل ۷-۱۰ سوزن‌های برش مستقیم

۷-۳-۱-۴- نحوه جابجایی سوزن‌ها

سوزن‌های دو طرف به وسیله یک میله به هم متصل می‌شوند و این میله در سطحی پائینتر از تراورسها قرار می‌گیرد. سوزن‌ها نباید تحت تاثیر ارتعاشات ناشی از عبور قطارها جابجا شوند که این نقش می‌بایست توسط ادوات مربوط به باز و بسته کردن آنها ایفا شود. این ادوات دو نوع می‌باشند:

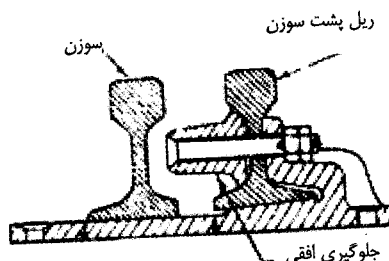
نوع اول: اتصال سوزن را با ریل پشت آن بدون اینکه موجب جلوگیری از حرکت سوزن طرف مقابل شود، تضمین می‌کند.
نوع دوم: ثابت بودن هر دو سوزن را با هم و به کمک قفل و بست تضمین می‌کند، بطوریکه یکی از سوزن‌ها بسته و سوزن دیگر باز است. تنها این نوع دوم است که بی‌حرکتی مطلق سوزن‌ها را تامین می‌کند.

یک سوزن می‌تواند بصورت دستی و با اهرم یا اتوماتیک عمل کند. اهرم‌ها یا روی میله اتصال سوزن‌ها و یا روی هر یک از سوزن‌ها به طور مستقل می‌توانند عمل کنند. این سوزن‌ها بایستی توسط سوزن‌بان تغییر وضعیت داده و بوسیله وزنه‌ای سنگین در وضعیت خود نگه داشته شوند. عملکرد سوزن‌های اتوماتیک به وسیله فعال کننده‌های الکتریکی و با فرمان‌هایی که از صفحه کنترل الکتریکی توسط افراد مستقر در ایستگاه و مسئول ترافیک خط ارسال می‌شود، انجام می‌گردد.

۷-۳-۱-۵- نصب سوزنها

نصب و تنظیم سوزن‌ها باید بسیار دقیق و با کمترین خطا صورت گیرد تا از آسیب رسیدن به ریل و چرخ و نیز خارج شدن چرخ از خط جلوگیری به عمل آید. سوزن‌ها در کارخانه تولید شده و اجزای آنها در همان جا مونتاژ می‌گردد و سپس در طول خط قرار می‌گیرند. با توجه به اینکه وزن سوزن با همه ادوات آن بسیار بالا است، جهت جابجایی و نصب آنها باید از جرثقیل و یا دستگاههای مخصوص این کار استفاده شود.

ریلهای مجاور سوزن را نمی‌توان مستقیماً روی تراورسها نصب کرد، زیرا قسمتی از پایه داخلی آنها برای تماس قارچ ریل زبانه با قارچ آنها، بریده شده است. بنابراین باید آنها را مطابق شکل (۷-۱۱) به کمک بالشچه‌های لغزشی روی تراورس نصب کرد. ابعاد این بالشچه‌ها به اندازه‌ای است که در زیر ریل زبانه نیز قرار می‌گیرند. وقتی سوزن و ریل پشت سوزن در تماسند، قسمت فوقانی آنها در محدوده تماس به یکدیگر تکیه می‌کنند. در قسمتهای دیگر جلوگیرهای افقی مانع تغییر شکل ریل سوزن تحت تاثیر نیروهای وارده می‌شوند. نصب این جلوگیرها روی جان ریل پشت سوزن، به وسیله پیچ‌هایی که در عین حال این ریل را روی بالشچه نصب می‌کنند، صورت می‌گیرد.



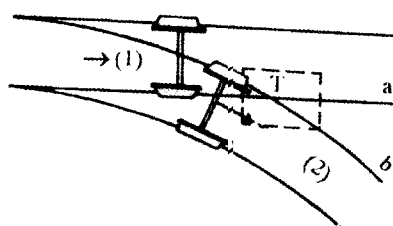
شکل ۷-۱۱ بالشچه لغزش

در نصب سوزن‌ها پایداری و زهکشی مناسب زیرسازه سوزن باید رعایت شود، چرا که در صورت وجود بستر ضعیف، بالاست نامناسب و رطوبت اضافی ناشی از عدم زهکشی مناسب، سطح مطلوبی برای قرار گرفتن سوزن ایجاد نمی‌شود.

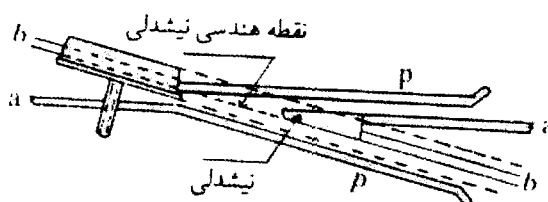
۷-۳-۲- تکه مرکزی

تکه مرکزی قسمتی است که هنگام برخورد دو ریل با یکدیگر ایجاد شده و عبور وسایل نقلیه را در این حالت ممکن می‌سازد. محل این قسمت در شکل (۷-۱۲) مشخص شده است. وقتی محوری در امتداد (۱) حرکت می‌کند، برای اینکه لبه چرخ واقع روی ریل a بتواند از نقطه T بگذرد، باید ریل b در این نقطه قطع شده باشد. به همین ترتیب برای امکان حرکت در امتداد (۲)، باید ریل a در نقطه T بریده شود. نقطه تقاطع ریل‌های a و b را نیشدلی می‌گویند.

برای اجتناب از این که در اثر حرکت عرضی ناگهانی، چرخ از روی یک ریل به ریل دیگر منتقل شود، باید در حوالی نقطه T، چرخ‌ها را به وسیله دو قطعه ریل p مطابق شکل (۷-۱۳) هدایت کرد که به آنها بال می‌گویند.



شکل ۷-۱۲ محل تکه مرکزی در انشعاب



شکل ۷-۱۳ ریل های بال در محل تکه مرکزی

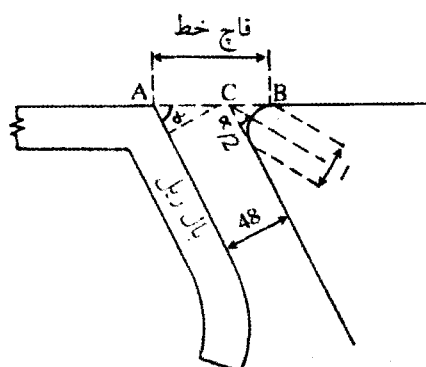
- در طراحی، نصب و نگهداری تکه مرکزی باید موارد ذیل در نظر گرفته شوند:
- تکه مرکزی باید کاملاً صلب باشد تا بتواند در برابر ارتعاشات ناشی از عبور وسایل نقلیه ریلی پایدار مانده و سست شدن اجزا در آن روی ندهد. این کار باید با استفاده از یک صفحه تخت که تمام اجزا تکه مرکزی بر روی آن نصب شده‌اند، صورت گیرد.
 - میزان سایش بخش‌های مختلف تکه مرکزی، بخصوص نوک نیشدلی که در معرض برخورد مستقیم با چرخ قرار دارد، باید کنترل شود. برای این منظور از فولادهای منگن‌دار استفاده می‌شود.
 - برای جلوگیری از برخورد چرخ با نیشدلی، نیشدلی باید شیبی همراه با انحنا داشته باشد.

۷-۳-۱-۲-۳-۷ انواع تکه مرکزی

تکه مرکزی و دو بخش کلی ثابت و متحرک تقسیم می‌شود. تکه مرکزی متحرک در خطوط سریع السیر مورد استفاده قرار می‌گیرد که خارج از محدوده این نشریه می‌باشد. انواع تکه مرکزی ثابت عبارتند از:

الف) تکه مرکزی با نیشدلی حاده :

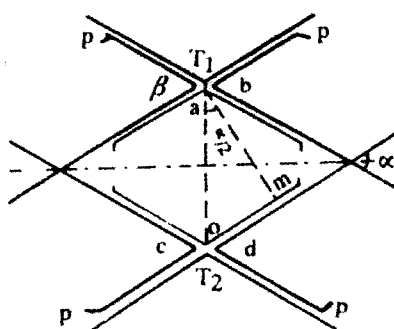
مطابق شکل (۷-۱۴) چنانچه زاویه α کوچکتر از 90° درجه باشد، تکه مرکزی را حاده می‌گویند. این شرایط برای انشعابات ساده که یک خط از خط دیگر جدا می‌شود، همواره وجود دارد.



شکل ۷-۱۴ تکه مرکزی حاده

ب) تکه مرکزی با نیشدلی منفرجه :

این تکه مرکزی وقتی ایجاد می شود که ریل سمت چپ یک خط با ریل سمت راست خط دیگر و بالعکس همدیگر را با زاویه منفرجه قطع کنند. شکل (۷-۱۵) یک تکه مرکزی منفرجه را در نقاط T_1 و T_2 نشان می دهد. در این شکل ریل ها در نقاط a, b, c و d قطع شده اند تا لبه چرخ ها بتوانند از تقاطع عبور کنند. به منظور جلوگیری از برخورد چرخ ها با سر ریل های قطع شده و تقویت این ریل ها و همچنین برای هدایت بهتر چرخ ها، باید بال های p و پشت ریل های om باید در کنار این تکه مرکزی نصب شوند. وقتی α کوچکتر از 9° درجه باشد، تکه مرکزی خطرناک است و برای بی خطر کردن آن بایستی ارتفاع پشت ریلی را اضافه نموده تا لبه در طول بیشتری به پشت ریلی گیر کند.

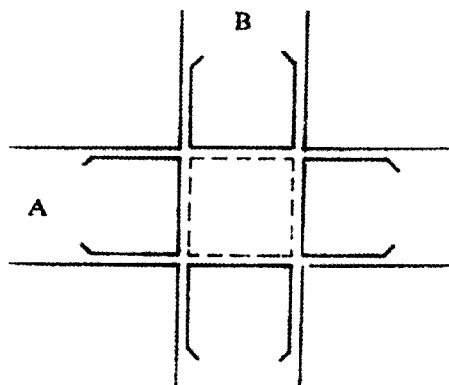


شکل ۷-۱۵ تکه مرکزی منفرجه

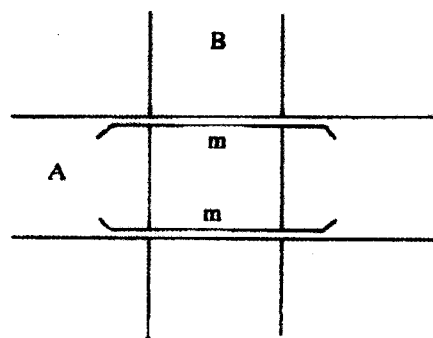
ج) تکه مرکزی با نیشدلی قائمه:

این نوع تکه مرکزی نباید در خطوط درجه ۱ مورد استفاده قرار گیرند و فقط در ایستگاهها و خطوط فرعی، استفاده از آن ها مجاز است. در این حالت شکاف خط خیلی کمتر از تکه مرکزی مایل است و شیب ریل در برابر قاج خط قرار نمی گیرد. مطابق شکل (۷-۱۶) اگر ریل های A و B دارای یک درجه اهمیت باشند، ریل های هر دو خط را برای عبور لبه چرخ ها قطع می کنند و پشت ریلی ها را

نصب می کنند. ولی اگر مطابق شکل (۷-۱۷) خط A اصلی باشد، ریلهای A را قطع نمی کنند و برای اینکه لبه چرخهایی که روی خط B حرکت می کنند، با ریلهای A برخورد نکنند، ارتفاع ریلهای B باید در حدود ۴۰ میلیمتر بالاتر از ارتفاع ریلهای A اختیار شود.



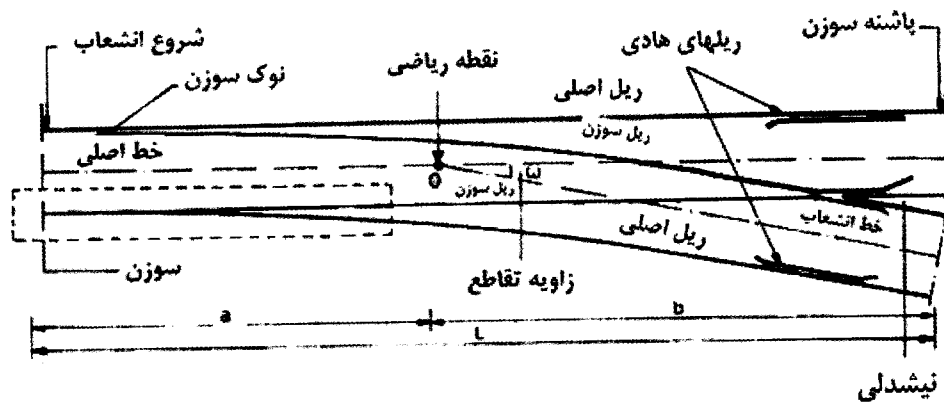
شکل ۷-۱۶ تکه مرکزی قائمه



شکل ۷-۱۷ تکه مرکزی قائمه در حالتیکه خط A اصلی است

۷-۴- انشعاب

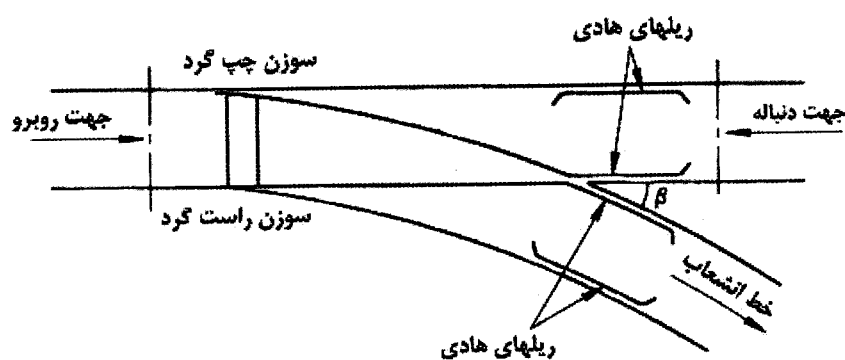
اجزای یک انشعاب در شکل (۷-۱۸) نشان داده شده است. این بخش ها شامل مجموعه سوزن و تکه مرکزی است و ادواتی نیز به منظور هدایت صحیح چرخ در انشعاب مورد استفاده قرار گرفته است. مهمترین این ادوات ریل هادی است که درست در محل دماغه قرار می گیرد. کمی قبل از دماغه چرخ به شکاف تکه مرکزی می رسد و لازم است چرخ دیگر طوری هدایت شود که از حرکت های کنترل نشده و نامنظم جلوگیری به عمل آید. برای انجام این کار باید ریل هادی نصب شود. طول ریل هادی بین ۳ تا ۱۰ متر متغیر است.



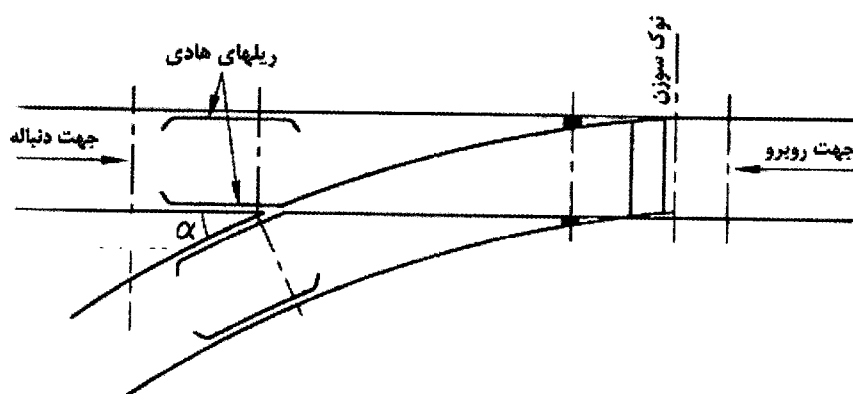
شکل ۷-۱۸ اجزای یک انشعاب

در انشعاب‌ها از اصطلاحاتی به قرار زیر استفاده می‌شود:

- جهت روبرو: به جهت حرکت از سمت سوزن به طرف تکه مرکزی اطلاق می‌شود.
 - جهت دنباله: به جهت حرکت از سمت تکه مرکزی به طرف سوزن اطلاق می‌شود.
 - چپ گرد و راست گرد بودن: اگر انشعاب، وسیله نقلیه ریلی را به ترتیب به سمت چپ یا راست مسیر اصلی منحرف کند، به آن انشعاب چپ گرد یا راست گرد گفته می‌شود.
- اصطلاحات بالا در شکل‌های (۷-۱۹) و (۷-۲۰) نشان داده شده‌اند.



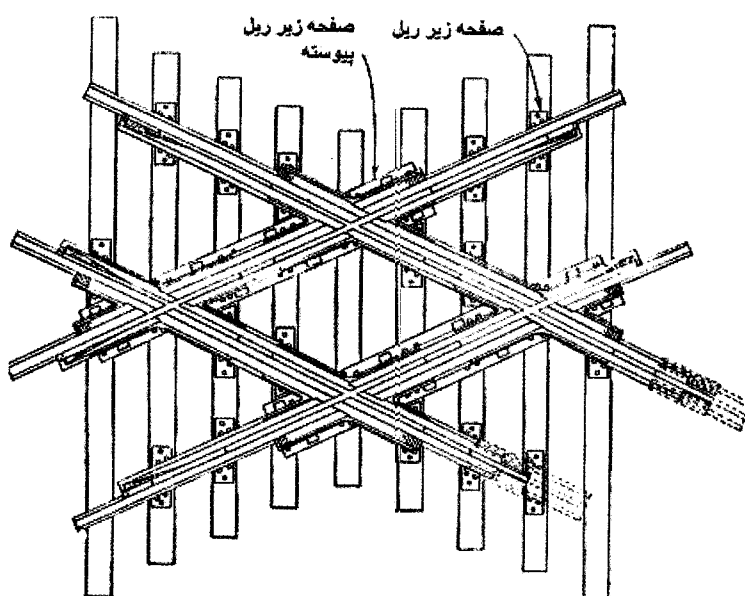
شکل ۷-۱۹ انشعاب راست گرد



شکل ۷-۲۰ انشعاب چپ گرد

۷-۵- تقاطع

تقاطع از چهار تکه مرکزی و ادواتی تشکیل شده است که می‌بایست ایمنی لازم را در طی عبور چرخها از ریل‌های متقاطع تامین کنند. ایمنی هدایت بوسیله ریل‌های کناری تامین می‌گردد. مجموعه تقاطع برای یک جفت خط آهن باید در خارج از خط آهن به هم متصل شده و به وسیله جرثقیل در محل نصب شوند. قبل از نصب تقاطع در محل باید زیربنای نگهدارنده مستحکم باشد. پی ریزی نامناسب باعث ایجاد اتصالات نامناسب و فرسایش و خرابی بیش از حد می‌شود. به منظور ایجاد این بستر مناسب باید از یک لایه سنگریزه به ضخامت حداقل ۶۰ سانتیمتر در زیر تقاطعها استفاده کرد. نحوه قرارگیری تراورسها و صفحات زیر ریل در شکل (۷-۲۱) نشان داده شده است.

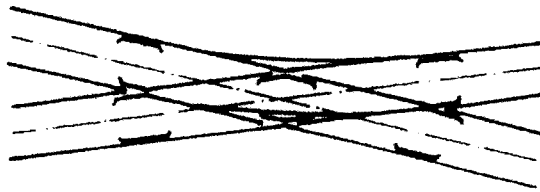


شکل ۷-۲۱ نحوه قرارگیری تراورسها و صفحات زیر ریل در محل تقاطع

۶-۷- چلیپا (تقاطع - انشعاب)

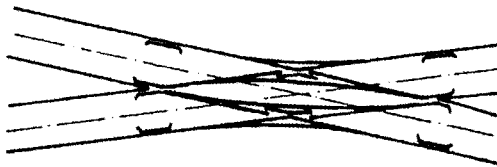
چلیپا وظایف انشعاب و تقاطع را با هم ترکیب می‌کند. در طراحی، نصب و بکارگیری چلیپاها باید نکات بندهای (۴-۷) مربوط به انشعاب و (۵-۷) مربوط به تقاطع رعایت شوند. انواع چلیپاها به قرار زیرند:

(۱) **چلیپای ساده:** که در آن دو خط یکدیگر را قطع کرده و مسیر آنها فقط از یک خط به خط دیگر و در یک جهت قابل تغییر است، (شکل ۲۲-۷).



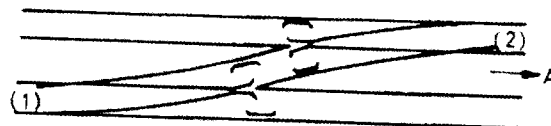
شکل ۲۲-۷ چلیپای ساده

(۲) **چلیپای مضاعف:** که در آن دو خط یکدیگر را قطع کرده و مسیر آنها می‌تواند از یک خط به خط دیگر و در هر دو جهت تغییر کند، (شکل ۲۳-۷).



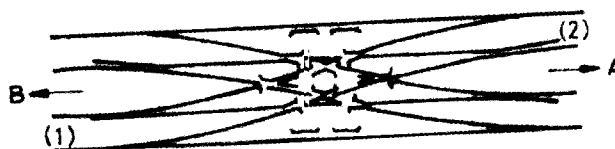
شکل ۲۳-۷ چلیپای مضاعف

(۳) **تغییر خط ساده بین دو خط موازی:** این چلیپا می‌تواند تغییر مسیری از (۱) به (۲) در جهت A یا از (۲) به (۱) در خلاف جهت A داشته باشد، (شکل ۲۴-۷).



شکل ۲۴-۷ تغییر خط ساده بین دو خط موازی

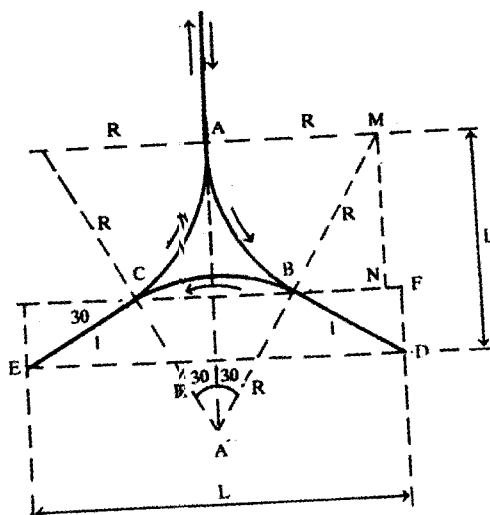
۴) تغییر خط مضاعف بین دو خط موازی (قیچی): این چلیپا می تواند تغییر مسیری از (۱) به (۲) یا بالعکس در هر دو جهت A یا B داشته باشد. (شکل ۲۵-۷)



شکل ۲۵-۷ تغییر خط مضاعف بین دو خط موازی (قیچی)

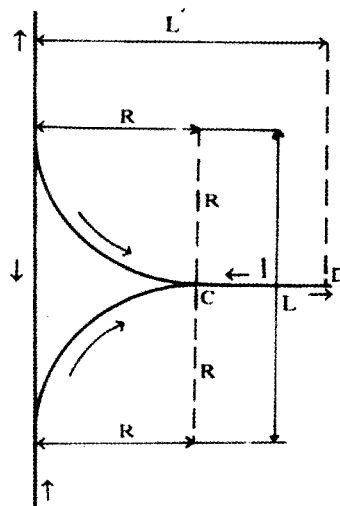
۶-۷- دستگاههای مخصوص سروته کردن لکوموتیو

۱- مثلث با اضلاع منحنی: این مثلث شامل سه دوراهه A، B و C دو قطعه خط بن بست BD و CE می باشد، شکل (۲۶-۷). روی قطعه DBCE لکوموتیو باید حرکت به عقب انجام دهد و در نتیجه باعث اتلاف وقت می شود. مساحت زمین لازم برای احداث چنین مثلثی زیاد است. این مثلث در کنار ایستگاهها و در محل مناسبی احداث می گردد.



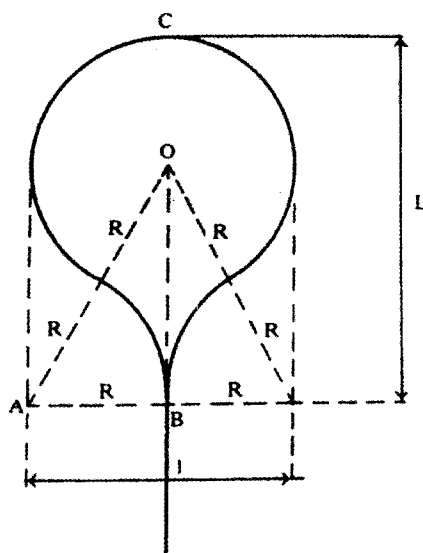
شکل ۲۶-۷ مثلث با اضلاع منحنی

۲- مثلث مختلط: دو ضلع این مثلث منحنی و ضلع سوم آن مستقیم است، شکل (۲۷-۷).



شکل ۲۷-۷ مثلث مختلط

۳- چوگان: در این روش مطابق شکل (۲۸-۷) حرکت رو به عقب لکوموتیو که باعث کندی می‌شود، وجود ندارد. ضمناً می‌توان در صورت لزوم قطار را هم سروته کرد. سوزنهای دو راهه همیشه یک جهت را باز نگه داشته و به سوزن‌بان و یا دستگاه خودکار خاصی نیاز نیست. این دستگاه نیاز به زمین زیاد دارد. اگر این زمین در حوالی ایستگاههای پایانه‌ای موجود باشد و بتوان از قسمت وسط آن استفاده مطلوب نظیر ایجاد کارگاه، تعمیرگاه، انبار و غیره کرد، استفاده از چوگان توصیه می‌شود. ولی در ایستگاههای بزرگ استفاده از پل دوار توصیه می‌گردد.



شکل ۲۸-۷ چوگان

فهرست مراجع

- [1] Hay, W., (1982), Rail Road Engineering, John Wiley and Sons, USA.
- [2] Esvelde, (2003), "Modern railway track, Delft University of Technology Pub. Serv. ,Holland.
- [3] Selig T. E., and Waters J. M., (1994), Track geotechnology and substructure management, University of Massachusetts, USA.
- [4] Saxena S.C, and Arora S.P, (2001), a Text Book of Railway Engineering, Dhanpat Rai Publications (p) LTD, New Dehli.
- [5] Munddrey, R. (2003), Railway Engineering, Dhanpat Rai Publications (p) LTD, New Dehli.
- [6] Kerr, A. D., (2003), Fundamentals of Railway Track Engineering, Simmons-Boardman Books, Inc.
- [7] AREMA (2004), Manual for Railway Engineering, Chapter 1, Roadway and Ballast
- [8] AREMA (2004), Manual for Railway Engineering, Chapter 4, Rail
- [9] AREMA (2004), Manual for Railway Engineering, Chapter 5, Tracks
- [10] AREMA (2004), Manual for Railway Engineering, Chapter 30, Ties
- [11] EN 13146-4 (2002) Railway applications-Track-Test methods for fastening systems Part 4: Effect of repeated loading CEN/ TC256
- [12] Final Working Draft of WG 17.CEN/ TC256/ SCI/ WG 17. Railway application- Track Fastening Systems: draft EN AAA.
- [13] Profillidis, V., A. (1998), Railway Engineering, V., L. Pub Germany.
- [14]- Railway applications / Track-concrete sleepers and bearers part 1, EUROPEAN STANDARD-PrEN 13230-1, March 2000
- [15] Sadeghi J., and Kohoutek R., (1995), "Analytical modeling of railway track system," Rail Track Journal, No. 10.
- [16] Sadeghi J., (1998), "Stress optimization of Concrete Sleepers," Second International Conference on Stress Optimization, Saul, Korea.
- [17] Sadeghi, J., (1999), "Investigation on Modeling of Railway track system, SCIENTIA IRANICA, International Journal of science and Technology, vol. 6, No.3&4.
- [18] Sadeghi, J., (2003), "Investigation of stress analysis of railway track sleepers", 6th International Conference on Civil Eng., IUT, Iran.
- [19] Sadeghi, J., (2003), "Investigation of wheel and rail wear in Iranian railway lines", 6th International Conference on Civil Eng., IUT, Iran.
- [20] UIC Leaflets: "UIC 861-1 O (1969), Standard 54 kg/m rail profiles - Types UIC 54 and 54E", "UIC 861-2 O (1989), Standard sections for point's rails adapted to the UIC 54 and 60 kg/m rail sections", "UIC 861-3 O (1969), Standard 60 kg/m rail profiles - Types UIC 60 and 60E", "UIC 863 O (1981), Technical specification for the supply of non-treated track support (wooden sleepers for standard and broad-gauge track and crossing timbers)", "UIC 864-1 O (1982), Technical specification for the supply of sleeper screws", "UIC 865-1 (1983), Technical specification for the supply of steel sleepers", "UIC 700 O (2004), Classification of lines - Resulting load limits for wagons", "UIC 712 R (2002), Rail defects", "UIC 714 R (1989), Classification of lines for the purpose of track maintenance", "UIC 715-2 R (2003), Recommendations for management of rails", "UIC 720 R (2005), Laying and Maintenance of CWR Track", "UIC 721 R (2003), Recommendations for the use of rail steel grades".

- [۲۱] مهر آذین. هاشم، راه آهن ۱ روسازی و برقی کردن، انتشارات پرتو نگار، ۱۳۷۹
- [۲۲] مدارک دفتر فنی و نظارت راه آهن: "دستورالعمل جوشکاری"، "دستورالعمل بارسازی و بهسازی خطوط راه آهن"، "دستورالعمل تهیه مصالح تراورس بتنی"، "دستورالعمل کنترل کیفی مصالح برای تراورس بتنی"، "آزمایشات کنترل کیفی بتن و تراورس بتنی"، "دستورالعمل دیو و انبار کردن بتنی"، "دستورالعمل تولید بتن، بتن ریزی و عمل آوری".
- [۲۳] استانداردهای ASTM، DIN، ISO و BS (ذکر شده در متن با شماره استاندارد)
- [۲۴] میر محمد صادقی، جواد (۱۳۸۱)، "بررسی سایش ریل در ناحیه اصفهان و راه حل‌های ممکنه"، گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، مرکز تحقیقات راه آهن ایران.
- [۲۵] میر محمد صادقی، جواد (۱۳۸۲)، "بررسی آنالیز تنشی تراورس ها"، گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، مرکز تحقیقات راه آهن ایران.
- [۲۶] میر محمد صادقی، جواد (۱۳۸۰)، "بررسی بهینه سازی لایه های زیر سازی در خطوط آهن"، گزارش تحقیقاتی، مرکز تحقیقات و آموزش وزارت راه ترابری، ایران.
- [۲۷] میر محمد صادقی، جواد (۱۳۸۳) "خصوصیات پاندهای وسلو، پاندرول و K در سیستم راه آهن" گزارش تحقیقاتی، مرکز تحقیقات راه آهن ایران.

خواننده گرامی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، بصورت تألیف و ترجمه تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه پیوست در راستای موارد یاد شده تهیه شده تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت های عمرانی بکار برده شود. به این لحاظ برای آشنایی بیشتر، فهرست عناوین نشریاتی که طی دو سال اخیر به چاپ رسیده است باطلاع استفاده کنندگان و دانش پژوهان محترم رسانده می شود.

لطفاً برای اطلاعات بیشتر به سایت اینترنتی <http://tec.mporg.ir> مراجعه نمایید.

دفتر امور فنی، تدوین معیارها
و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

نشریات دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله (بخش تدوین)

ملاحظات	نوع دستورالعمل	تاریخ انتشار چاپ		شماره نشریه	عنوان نشریه
		آخر	اول		
	۱		۱۳۸۱	۲۳۴	آیین نامه روسازی آسفالتی راه های ایران
	۱-۲۳۵ نوع ۳ ۲-۲۳۵ نوع ۳		۱۳۸۲ ۱۳۸۱	۲۳۵	ضوابط و معیارهای طرح و اجرای سیلوهای بتنی جلد اول - مشخصات فنی عمومی و اجرایی سازه و معماری سیلو (۲۳۵-۱) جلد دوم - مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برق سیلو (۲۳۵-۲) جلد سوم - مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات مکانیکی سیلو (۲۳۵-۳)
	۳		۱۳۸۱	۲۴۰	راهنمای برگزاری مسابقات معماری و شهرسازی در ایران
	۳		۱۳۸۱	۲۴۵	ضوابط طراحی سینما
	۱		۱۳۸۱	۲۴۶	ضوابط و مقررات شهرسازی و معماری برای افراد معلول جسمی- حرکتی
	۳		۱۳۸۱	۲۴۷	دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاههای سده سازی
	۳		۱۳۸۱	۲۴۸	فرسایش و رسوبگذاری در محدوده آبشکنها
	۲		۱۳۸۱	۲۴۹	فهرست خدمات مرحله توجیهی مطالعات ایزوتوبی و ردیابی مصنوعی منابع آب زیرزمینی
	۱		۱۳۸۲	۲۵۰	آیین نامه طرح و محاسبه قطعات بتن پیش تنیده
	۳		۱۳۸۱	۲۵۱	فهرست خدمات مطالعات بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود
	۳		۱۳۸۱	۲۵۲	رفتارسنجی فضاهای زیرزمینی در حین اجرا
	۱		۱۳۸۱	۲۵۳	آیین نامه نظارت و کنترل بر عملیات و خدمات نقشه برداری
	۳ ۱ ۳		۱۳۸۱	۲۵۴	دستورالعمل ارزیابی پیامدهای زیست محیطی پروژه های عمرانی: جلد اول - دستورالعمل عمومی ارزیابی پیامدهای زیست محیطی پروژه های عمرانی (۲۵۴-۱) جلد دوم - شرح خدمات بررسی اولیه و مطالعات تفصیلی ارزیابی آثار زیست محیطی طرح عمرانی (۲۵۴-۲) جلد سوم - دستورالعمل های اختصاصی پروژه های آب (۲۵۴-۳)
	۳		۱۳۸۱	۲۵۵	دستورالعمل آزمایشهای آتشویی خاکهای شور و سدیمی در ایران
	۳		۱۳۸۱	۲۵۶	استانداردهای نقشه کشی ساختمانی
	۳			۲۵۷	دستورالعمل تهیه طرح مدیریت مناطق تحت حفاظت
	۳		۱۳۸۱	۲۵۸	دستورالعمل بررسیهای اقتصادی منابع آب
	۳		۱۳۸۱	۲۵۹	دستورالعمل آزمون میکروبیولوژی آب
	۳		۱۳۸۱	۲۶۰	راهنمای تعیین عمق فرسایش و روشهای مقابله با آن در محدوده پایه های پل
	۱		۱۳۸۱	۲۶۱	ضوابط و معیارهای فنی روشهای آبیاری تحت فشار مشخصات فنی عمومی آبیاری تحت فشار
	۲		۱۳۸۲	۲۶۲	فهرست جزئیات خدمات مطالعات تأسیسات آبیگری (مرحله های شناسائی ، اول و دوم ایستگاههای پمپاژ)
	۲		۱۳۸۲	۲۶۳	فهرست جزئیات خدمات مهندسی مطالعات تأسیسات آبیگری (سردخانه سازی)
	۱		۱۳۸۲	۲۶۴	آیین نامه اتصالات سازه های فولادی ایران
	۳		۱۳۸۲	۲۶۵	برپایی آزمایشگاه آب
	۳		۱۳۸۲	۲۶۶	۱- دستورالعمل تعیین اسید یته و قلیائیت آب ۲- دستورالعمل تعیین نیتروژن آب

نشریات دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله (بخش تدوین)

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
این نامه ایمنی راه های کشور ایمنی راه و حریم (جلد اول) ایمنی ابنیه فنی (جلد دوم) ایمنی علائم (جلد سوم) تجهیزات ایمنی راه (جلد چهارم) تأسیسات ایمنی راه (جلد پنجم) ایمنی بهره برداری (جلد ششم) ایمنی در عملیات اجرایی (جلد هفتم)	۲۶۷				
دستورالعمل تثبیت لایه های خاکریز و روسازی راه ها	۲۶۸	۱۳۸۲		۳	
راهنمای آزمایش های دانه بندی رسوب	۲۶۹	۱۳۸۲		۳	
مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی	۵۵	۱۳۸۳		۱	تجدیدنظر دوم
معیارهای برنامه ریزی و طراحی کتابخانه های عمومی کشور	۲۷۰	۱۳۸۳		۳	
شرایط طراحی (DESIGN CONDITIONS) برای محاسبات تأسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع مخصوص تعدادی از شهرهای کشور	۲۷۱	۱۳۸۲		۳	
راهنمای مطالعات بهره برداری از مخازن سدها	۲۷۲	۱۳۸۳		۳	
راهنمای تعیین بار کل رسوب رودخانه ها به روش آتیشین و کلبی	۲۷۳	۱۳۸۳		۳	
دستورالعمل نمونه برداری آب	۲۷۴	۱۳۸۳		۳	
ضوابط بهداشتی و ایمنی پرسنل تصفیه خانه های فاضلاب	۲۷۵	۱۳۸۳		۱	
شرح خدمات مطالعات تعیین حد بستر و حریم رودخانه یا مسیل	۲۷۶				
راهنمای بررسی پیشروی آب های شور در آبخوان های ساحلی و روش های کنترل آن	۲۷۷	۱۳۸۳		۳	
راهنمای انتخاب ظرفیت واحدهای مختلف تصفیه خانه های فاضلاب شهری	۲۷۸	۱۳۸۳		۳	
مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه آهن	۲۷۹	۱۳۸۳		۱	
مشخصات فنی عمومی راهداری	۲۸۰	۱۳۸۳		۱	
ضوابط عمومی طراحی شبکه های آبیاری و زهکشی	۲۸۱	۱۳۸۳		۳	
ضوابط هیدرولیکی طراحی ساختمان های تنظیم سطح آب و آبگیرها در کانال های روباز	۲۸۲	۱۳۸۳		۳	
فهرست خدمات مهندسی مرحله ساخت طرح های آبیاری و زهکشی	۲۸۳				
راهنمای بهره برداری و نگهداری از تصفیه خانه های فاضلاب شهری بخش دوم - تصفیه ثانویه	۲۸۴	۱۳۸۳		۳	
راهنمای تعیین و انتخاب وسایل و لوازم آزمایشگاه تصفیه خانه های فاضلاب	۲۸۵	۱۳۸۳		۳	
ضوابط طراحی سیستم های آبیاری تحت فشار	۲۸۶	۱۳۸۳		۳	
طراحی بناهای درمانی (۱) بخش بستری داخلی - جراحی ۲۸۷-۱	۲۸۷	۱۳۸۳	۳		جلد یکم: راهنمای برنامه ریزی و طراحی معماری
					جلد دوم: راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی
					جلد سوم: راهنمای طراحی تأسیسات برقی
					جلد چهارم: راهنمای گروه بندی و مشخصات فنی تجهیزات
طراحی بناهای درمانی (۲) بخش مراقبت های ویژه I.C.U ۲۸۷-۲	۲۸۷	۱۳۸۳	۳		جلد یکم: راهنمای برنامه ریزی و طراحی معماری
					جلد دوم: راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی
					جلد سوم: راهنمای طراحی تأسیسات برقی
					جلد چهارم: راهنمای گروه بندی و مشخصات فنی تجهیزات بیمارستانی
این نامه طرح هندسی راه آهن	۲۸۸	۱۳۸۳		۱	
راهنمای روش محاسبه تعدیل آحاد بهای پیمان ها	۲۸۹	۱۳۸۳			

نشریات دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

ملاحظات	نوع دستورالعمل	تاریخ انتشار چاپ		شماره نشریه	عنوان نشریه
		آخر	اول		
	۱		۱۳۸۱	۲۳۴	آیین نامه روسازی آسفالتی راه های ایران
	۱-۲۳۵ نوع ۳ ۲-۲۳۵ نوع ۳		۱۳۸۲ ۱۳۸۱	۲۳۵	ضوابط و معیارهای طرح و اجرای سیلوهای بتنی جلد اول - مشخصات فنی عمومی و اجرایی سازه و معماری سیلو (۲۳۵-۱) جلد دوم - مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برق سیلو (۲۳۵-۲) جلد سوم - مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات مکانیکی سیلو (۲۳۵-۳)
	۳		۱۳۸۱	۲۴۰	راهنمای برگزاری مسابقات معماری و شهرسازی در ایران
	۳		۱۳۸۱	۲۴۵	ضوابط طراحی سینما
	۱		۱۳۸۱	۲۴۶	ضوابط و مقررات شهرسازی و معماری برای افراد معلول جسمی- حرکتی
	۳		۱۳۸۱	۲۴۷	دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاههای سده سازی
	۳		۱۳۸۱	۲۴۸	فرسایش و رسوبگذاری در محدوده آبشکنها
	۲		۱۳۸۱	۲۴۹	فهرست خدمات مرحله توجیهی مطالعات ایزوتویی و ردیابی مصنوعی منابع آب زیرزمینی
	۱		۱۳۸۲	۲۵۰	آیین نامه طرح و محاسبه قطعات بتن پیش تنیده
	۳		۱۳۸۱	۲۵۱	فهرست خدمات مطالعات بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود
	۳		۱۳۸۱	۲۵۲	رفتارسنجی فضاهای زیرزمینی در حین اجرا
	۱		۱۳۸۱	۲۵۳	آیین نامه نظارت و کنترل بر عملیات و خدمات نقشه برداری
	۳ ۱ ۳		۱۳۸۱	۲۵۴	دستورالعمل ارزیابی پیامدهای زیست محیطی پروژه های عمرانی: جلد اول - دستورالعمل عمومی ارزیابی پیامدهای زیست محیطی پروژه های عمرانی (۲۵۴-۱) جلد دوم - شرح خدمات بررسی اولیه و مطالعات تفصیلی ارزیابی آثار زیست محیطی طرح عمرانی (۲۵۴-۲) جلد سوم - دستورالعمل های اختصاصی پروژه های آب (۲۵۴-۳)
	۳		۱۳۸۱	۲۵۵	دستورالعمل آزمایشهای آبتنی خاکهای شور و سدیمی در ایران
	۳		۱۳۸۱	۲۵۶	استانداردهای نقشه کشی ساختمانی
	۳			۲۵۷	دستورالعمل تهیه طرح مدیریت مناطق تحت حفاظت
	۳		۱۳۸۱	۲۵۸	دستورالعمل بررسیهای اقتصادی منابع آب
	۳		۱۳۸۱	۲۵۹	دستورالعمل آزمون میکروبیولوژی آب
	۳		۱۳۸۱	۲۶۰	راهنمای تعیین عمق فرسایش و روشهای مقابله با آن در محدوده پایه های پل
	۱		۱۳۸۱	۲۶۱	ضوابط و معیارهای فنی روشهای آبیاری تحت فشار مشخصات فنی عمومی آبیاری تحت فشار
	۲		۱۳۸۲	۲۶۲	فهرست جزئیات خدمات مطالعات تأسیسات آبیاری (مرحله های شناسائی ، اول و دوم ایستگاههای پمپاژ)
	۲		۱۳۸۲	۲۶۳	فهرست جزئیات خدمات مهندسی مطالعات تأسیسات آبیاری (سردخانه سازی)
	۱		۱۳۸۲	۲۶۴	آیین نامه اتصالات سازه های فولادی ایران
	۳		۱۳۸۲	۲۶۵	برپایی آزمایشگاه آب
	۳		۱۳۸۲	۲۶۶	۱- دستورالعمل تعیین اسید یته و قلیائیت آب ۲- دستورالعمل تعیین نیتروژن آب

نشریات دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله (بخش تدوین)

عنوان نشریه		شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
			اول	آخر		
ایمن نامه ایمنی راههای کشور ایمنی راه و حریم (جلد اول) ایمنی ابنیه فنی (جلد دوم) ایمنی علائم (جلد سوم) تجهیزات ایمنی راه (جلد چهارم) تأسیسات ایمنی راه (جلد پنجم) ایمنی بهره برداری (جلد ششم) ایمنی در عملیات اجرایی (جلد هفتم)		۲۶۷				
دستورالعمل تثبیت لایه های خاکریز و روسازی راهها		۲۶۸	۱۳۸۲		۳	
راهنمای آزمایش های دانه بندی رسوب		۲۶۹	۱۳۸۲		۳	
مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی		۵۵	۱۳۸۳		۱	تجدیدنظر دوم
معیارهای برنامه ریزی و طراحی کتابخانه های عمومی کشور		۲۷۰	۱۳۸۳		۳	
شرایط طراحی (DESIGN CONDITIONS) برای محاسبات تأسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع مخصوص تعدادی از شهرهای کشور		۲۷۱	۱۳۸۲		۳	
راهنمای مطالعات بهره برداری از مخازن سدها		۲۷۲	۱۳۸۳		۳	
راهنمای تعیین بار کل رسوب رودخانه ها به روش انیشتین و کلی		۲۷۳	۱۳۸۳		۳	
دستورالعمل نمونه برداری آب		۲۷۴	۱۳۸۳		۳	
ضوابط بهداشتی و ایمنی پرسنل تصفیه خانه های فاضلاب		۲۷۵	۱۳۸۳		۱	
شرح خدمات مطالعات تعیین حد بستر و حریم رودخانه یا مسیل		۲۷۶				
راهنمای بررسی پیشروی آب های شور در آبخوان های ساحلی و روش های کنترل آن		۲۷۷	۱۳۸۳		۳	
راهنمای انتخاب ظرفیت واحدهای مختلف تصفیه خانه های فاضلاب شهری		۲۷۸	۱۳۸۳		۳	
مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه آهن		۲۷۹	۱۳۸۳		۱	
مشخصات فنی عمومی راهداری		۲۸۰	۱۳۸۳		۱	
ضوابط عمومی طراحی شبکه های آبیاری و زهکشی		۲۸۱	۱۳۸۳		۳	
ضوابط هیدرولیکی طراحی ساختمان های تنظیم سطح آب و آبگیرها در کانال های روباز		۲۸۲	۱۳۸۳		۳	
فهرست خدمات مهندسی مرحله ساخت طرح های آبیاری و زهکشی		۲۸۳				
راهنمای بهره برداری و نگهداری از تصفیه خانه های فاضلاب شهری بخش دوم - تصفیه ثانویه		۲۸۴	۱۳۸۳		۳	
راهنمای تعیین و انتخاب وسایل و لوازم آزمایشگاه تصفیه خانه های فاضلاب		۲۸۵	۱۳۸۳		۳	
ضوابط طراحی سیستم های آبیاری تحت فشار		۲۸۶	۱۳۸۳		۳	
جلد یکم: راهنمای برنامه ریزی و طراحی معماری		۲۸۷	۱۳۸۳		۳	طراحی بناهای درمانی (۱) بخش بستری داخلی - جراحی ۲۸۷-۱
جلد دوم: راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی						
جلد سوم: راهنمای طراحی تأسیسات برقی						
جلد چهارم: راهنمای گروه بندی و مشخصات فنی تجهیزات						
جلد یکم: راهنمای برنامه ریزی و طراحی معماری			۱۳۸۳		۳	طراحی بناهای درمانی (۲) بخش مراقبت های ویژه I.C.U ۲۸۷-۲
جلد دوم: راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی						
جلد سوم: راهنمای طراحی تأسیسات برقی						
جلد چهارم: راهنمای گروه بندی و مشخصات فنی تجهیزات بیمارستانی						

نشریات دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله (بخش تدوین)

ملاحظات	نوع دستورالعمل	تاریخ انتشار چاپ		شماره نشریه	عنوان نشریه
		آخر	اول		
	۳		۱۳۸۴	۲۸۷	طراحی بناهای درمانی (۳) بخش اعمال زایمان ۲۸۷-۳
					جلد یکم: راهنمای برنامه ریزی و طراحی معماری
					جلد دوم: راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی
					جلد سوم: راهنمای طراحی تأسیسات برقی
					جلد چهارم: راهنمای گروه بندی و مشخصات فنی تجهیزات
	۳		۱۳۸۴		طراحی بناهای درمانی (۴) بخش بستری زایمان ۲۸۷-۴
					جلد یکم: راهنمای برنامه ریزی و طراحی معماری
					جلد دوم: راهنمای طراحی تأسیسات برقی
	۳		۱۳۸۴		طراحی بناهای درمانی (۵) بخش مراقبت های ویژه نوزادان ۲۸۷-۵
					جلد یکم: راهنمای برنامه ریزی و طراحی معماری
					جلد دوم: راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی
					جلد سوم: راهنمای طراحی تأسیسات برقی
	۱		۱۳۸۳	۲۸۸	آیین نامه طرح هندسی راه آهن
				۲۸۹	راهنمای روش محاسبه تعدیل آحاد بهای پیمان ها
	۱		۱۳۸۳	۲۹۰	دستورالعمل تهیه، ارائه و بررسی پیشنهادهای تغییر، با نگاه مهندسی ارزش دستورالعمل تهیه و ارسال گزارش سالانه پیشنهادهای تغییر، با نگاه مهندسی ارزش
	۳		۱۳۸۴	۲۹۱	جزئیات تیپ کارهای آب و فاضلاب
				۲۹۲	مجموعه نقشه های همسان پل های راه دهانه ۲ تا ۱۰ متر
				۲۹۳	مجموعه نقشه های همسان پل های راه آهن دهانه ۲ تا ۱۰ متر
				۲۹۴	مجموعه نقشه های همسان پل های راه دهانه ۱۰ تا ۲۵ متر
				۲۹۵	مجموعه نقشه های همسان پل های راه آهن دهانه ۱۰ تا ۲۵ متر
				۲۹۶	راهنمای بهسازی رویه های شنی و آسفالتی
				۲۹۷	فرهنگ واژگان نظام فنی و اجرایی کشور
	—			۲۹۸	مجموعه مقالات کارگاه مشترک ایران و ژاپن (۵-۷ مهرماه ۱۳۸۳)
				۲۹۹	دستورالعمل طراحی و حفاظت پل در مقابل آتشسوزی
				۳۰۰	آیین نامه طراحی بندر و سازه های دریایی ایران
				۳۰۱	مشخصات فنی عمومی روسازی راه آهن
				۳۰۲	دستورالعمل مطالعات هیدرولیکی و آتشسوزی پل
				۳۰۳	مشخصات فنی عمومی کارهای مربوط به لوله های آب و فاضلاب شهری
				۳۰۴	راهنمای طراحی نمای ساختمان های عمومی
				۳۰۵	شرح خدمات مطالعات برنامه ریزی و تهیه طرح های تفصیلی - اجرایی جنگلداری جنگل های شمال کشور
	۳		۱۳۸۴	۳۰۶	آماده سازی و تمیزکاری سطوح فلزی جهت اجرای پوشش
	۳		۱۳۸۴	۳۰۷	راهنمای پهنه بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه
	۳		۱۳۸۴	۳۰۸	راهنمای طراحی دیوارهای حائل
	۳		۱۳۸۴	۳۰۹	راهنمای طراحی سازه های تونل های آب بر
				۳۱۰	دستورالعمل و ضوابط تقسیم بندی و کدگذاری حوضه های آبریز و محدوده های مطالعاتی در سطح کشور
	۳		۱۳۸۴	۳۱۱	راهنمای حفاظت کاتدی خطوط لوله و سازه های فولادی

نشریات دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله (بخش تدوین)

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
ضوابط عمومی طراحی سازه‌های آبی بتنی	۳۱۲	۱۳۸۴		۳	
فهرست خدمات مهندسی مطالعات بهره‌برداری و نگهداری از سامانه‌های آبیاری و زهکشی در حال بهره‌برداری	۳۱۳	۱۳۸۴		۳	
ارزیابی ظرفیت وام‌گیری کشاورزان در طرح‌های آبیاری و زهکشی	۳۱۴				
راهنمای نگهداری سامانه‌های زهکشی	۳۱۵	۱۳۸۴		۳	
راهنمای تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی برای کارهای مهندسی رودخانه	۳۱۶	۱۳۸۴		۳	
ضوابط طراحی هیدرولیکی ایستگاه‌های پمپاژ شبکه‌های آبیاری و زهکشی»	۳۱۷				
دستورالعمل کنترل کیفیت در تصفیه‌خانه‌های آب	۳۱۸	۱۳۸۴		۳	
ضوابط طراحی تعیین فاصله و زهکش‌های زیرزمینی	۳۱۹	۱۳۸۴		۳	
فهرست خدمات ارزیابی عملکرد سامانه‌های زهکشی زیرزمینی	۳۲۰	۱۳۸۴		۳	
ضوابط طراحی هیدرولیکی سیفون‌ها و آبگذر زیر جاده	۳۲۱	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل تعیین هدایت هیدرولیک خاک	۳۲۲	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های آب و فاضلاب در مراحل تفصیلی و اجمالی	۳۲۳	۱۳۸۴		۳	
ضوابط طراحی ساختمان‌های با اتصال خرچینی	۳۲۴				
ضوابط طراحی و محاسبه ساختمان‌های صنعتی فولادی	۳۲۵				
آیین‌نامه ملی پایایی بتن	۳۲۶				
دستورالعمل ساخت بتن در کارگاه	۳۲۷				
مشخصات فنی عمومی تأسیسات مکانیکی ساختمان‌ها جلد پنجم: لوله‌های ترموپلاستیک	۱۲۸-۵	۱۳۸۴		۱	
واژه‌های و اصلاحات اکتشافات معدنی	۳۲۸				
فهرست خدمات مطالعات برداشت مصالح رودخانه‌ای	۳۲۹				
دستورالعمل آماربرداری از منابع آب	۳۳۰				
راهنمای تشخیص اثرهای اقتصادی، اجتماعی، ارزش‌گذاری و توجیه اقتصادی طرح‌های توسعه منابع آب	۳۳۱				
راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری پوشش‌ها در کارهای مهندسی رودخانه	۳۳۲				
شرح خدمات توجیه فنی و اقتصادی - اجتماعی سامانه‌های آبیاری تحت فشار (در سه سطح الف - ب - پ)	۳۳۳				
روش‌نامه مطالعات توجیه فنی، اقتصادی - اجتماعی و زیست‌محیطی سامانه‌های آبیاری تحت فشار	۳۳۴				

Islamic Republic of Iran

Railway Track Super Structure General Technical Specifications

No : 301

Management and Planning Organization
Office of Deputy for Technical Affairs
Technical , Criteria Codification and
Earthquake Risk Reduction Affairs Bureau

Ministry of Road and Transportation
Deputy of Education Research
and Technology
Transportation Research Institute

2005/1384