



مهندسي راه آهن

مدرس دوره: سيدهادي علوي

alavi_170@yahoo.com

Instagram:alavi_170

yelegram:@hadialavi

مزایای حمل و نقل ریلی

- مصرف انرژی کمتر
- حمل و نقل انبوه
- ایمنی بالاتر
- حفظ محیط زیست
- هزینه مناسب

برای شرایط ترافیک مساوی در حمل و نقل ریلی نصف حمل و نقل جاده ای انرژی مصرف می شود. در این مقایسه هواپیما ۵ تا ۷ برابر بیشتر از قطار انرژی مصرف می کند.

قطار برقی هیچگاه آلودگی تولید نمی کند و قطارهای دیزلی نیز نسبت به اتومبیل و در شرایط ترافیکی مساوی، ۱۵ برابر آلودگی کمتری تولید می کنند.

تاریخچه راه آهن

- در قرن هفدهم و هجدهم حرکت واگنها بوسیله اسب روی مسیرهای سنگفرش شده یا الوارهای چوبی بود.

- بعد از انقلاب صنعتي از چدن يا آهن معمولي براي ريلها استفاده شد كه دوام بيشتر و توان حمل بار بيشتري داشتند.
- با بكارگيري لكوموتيوهاي بخار در اوایل قرن نوزدهم، ريلهاي آهني و فولادي توسعه يافتند.

راه آهن در ایران

- پیشینه احداث و بهره‌برداری موفق اولین راه‌آهن در ایران به سال ۱۸۸۶ میلادی با احداث خط راه آهن محمودآباد (سواحل جنوبی دریای مازندران) به آمل برمی‌گردد.
- در سال ۱۸۸۸ (میلادی) و ۱۲۶۱ شمسی خط تراموایی بین تهران و شاه عبدالعظیم به طول ۸۷۰۰ متر کشیده شد. عرض این راه آهن یک متر بود و به وسیله مسیو بواتال فرانسوی اجرا شد و بعدها به یک بلژیکی واگذار شد.
- در ۹ نوامبر ۱۸۹۰ ناصرالدین شاه قاجار پیمان‌نامه‌ای با روسیه تزاری امضا کرد که ایران را از ساخت راه آهن تا ده سال باز می‌داشت. این محدودیت در دسامبر ۱۸۹۹ برابر با شروط وام ۶۰,۰۰۰,۰۰۰ فرانکی روسیه با دست‌خط مظفرالدین‌شاه برای ده سال دیگر تمدید شد.
- مسیر راه آهنی نیز از بندر انزلی و پیره بازار به رشت وجود داشته که بعدها جمع‌آوری شده‌است. تنها بازمانده این مسیر یک لوکوموتیو بخار است که بر روی آخرین قطعه چندمتری ریل، هنوز در داخل محوطه سازمان بنادر انزلی خودنمایی می‌کند و تاریخ ۱۸۴۸ را بر روی خود دارد. ۱۲ کیلومتر ازین مسیر تا اواسط دوره رضا شاه همچنان مورد استفاده بوده‌است. پس اولین و قدیمی‌ترین راه آهن همان مسیر بندر انزلی به پیر بازار و رشت است.

ایستگاه قطار

• تعریف ایستگاه:

✓ از نظر ترافیکی

✓ از نظر فنی

✓ از نظر بهره برداری

✓ بطور کلی: محوطه ای است که مجموعه ای از خطوط، سوزنهای بهم پیوسته و ساختمانهای اداری و سکوهای بار و مسافر و تجهیزات تخلیه و بارگیری و همچنین سرویس ناوگان در آن قرار دارد.

1-ایستگاه تشکیلاتی : ایستگاهی است که بنا به تناسب جمعیت و موقعیت صنعتی و اقتصادی منطقه حتی‌الامکان در مجاورت شهرها احداث گردیده که برای تنظیم و تشکیل قطارها دارای دسته مانور مستقل بوده و مجموعه ای از فعالیتهای دیو ، پست بازدید و سایر تاسیسات فنی راه آهن در آن انجام می پذیرد .

1-1 ایستگاه درجه 1 : به ایستگاه تشکیلاتی اتلاق میشود که به دلیل موقعیت محلی و همجواری با شهرها و سازمانهای دولتی و بخشهای خصوصی تجاری و صنعتی با حجم فعالیت وسیع ، محل تشکیل و تنظیم و تغییر سازمان قطارها و دارای تاسیسات فنی و اداری از قبیل دیو ، کارخانجات تعمیر پست بازدید فعال تعمیراتی و مجموعه خطوط اداری و صنعتی منشعب از آن بمنظور ارائه خدمات بازرگانی و حمل و نقلی به موسسات مزبور میباشد .

1-2 - ایستگاه درجه 2 : ایستگاهی است که در جوار مناطق صنعتی و تجاری بنا به مقتضیات و براساس تصمیمات راه آهن احداث گردیده و میتواند به قبول و اعزام و یا سبقت و تلاقی قطارها ، عملیات مانور ، تخلیه و بارگیری وسوار و پیاده شدن مسافر از آن بهره گرفت .

1-3- ایستگاه درجه 3 : ایستگاهی است که اساساً بمنظور بالا بردن ظرفیت ترافیکی ، قبول ، اعزام ، سبقت و تلاقی قطارها احداث گردیده و در صورت ضرورت جهت عملیات مانور ، تخلیه و بارگیری وسوار و پیاده شدن مسافر نیز میتواند از آن بهره برداری نمود .

2- ایستگاه باز :

ایستگاهی است که در آن عملیات قبول ، اعزام ، سبقت و تلاقی قطارها و سایر وسایط نقلیه راه آهن صورت می پذیرد .

3- ایستگاه بسته :

ایستگاهی است که بنا به مقتضیات و دستور راه آهن ، موقتاً سوزنها و علائم آن برجیده شده و قطارها در آن توقف نمی نمایند .

4- ایستگاه باز بین المللی :

ایستگاهی است که در چارچوب تعرفه TEA (تعرفه آسیا - اروپا) میتواند از آن ایستگاه و یا به مقصد آن ایستگاه بارنامه بین المللی صادر نمود .

5-ایستگاه گار :

گار در واقع واژه فرنگی به معنای ایستگاه میباشد که دارای تمام خصوصیات ایستگاه درجه 1 از لحاظ خطوط و تجهیزات بوده ، لیکن بجهت موقعیت خاص مکانی از لحاظ اجتماعی و فعالیتهای بازرگانی و حمل و نقلی و نیز از جهت امور مربوط به برنامه ریزی و سازماندهی قطارها و امور ترافیکی در راه آهن بدان ایستگاه گار اتلاق میشود . بعبارتی دیگر و در تعریف منطقی هر ایستگاه گار ، ایستگاه درجه 1 نیز میباشد ولی به هر ایستگاه درجه 1 ، گار اتلاق نمیکرد

طراحی ایستگاه قطار

- نکاتی که در طراحی ایستگاه باید به آن توجه کرد:
 - آسایش مسافران
 - دسترسی آسان
 - ایمنی
 - تطابق با تعداد مسافری و حجم تقاضا

آسایش مسافران

1- استفاده از پله برقی ها و آسانسورها

2- استفاده از سیستم های گرمایشی سرمایشی مناسب

3- تهویه مناسب و ...

ایمنی

در بازرسی راه آهن بریتانیا مدیران بهداشتی و ایمنی و گروه های آتش نشانی نقش مهمی در تولید و اعمال شرایط ایمنی دارند که بر طراحی ایستگاه ها تاثیر می گذارد.

تطابق با تعداد مسافرین و حجم تقاضا

- مفهوم سرعت و جریان
- مهمترین مفهومی که ظرفیت طراحی ایستگاهها را اصل قرار می دهد، رابطه بین سرعت و جریان عابران پیاده است
- جالب است توجه داشته باشیم که اوج جریان در جائی روی می دهد که سرعت های پیاده روی تقریباً به 50 درصد از موارد قابل دستیابی طبق شرایط بدون مانع کاهش می یابد.

توجه به زمان

- ملاحظات زمانی بسیاری از جنبه های عملیات اثر بخشی ایستگاه را تعیین می کند و برای مسافر و اپراتور به یک اندازه مفید است که از موارد زیر فواید آن ایجاد می شوند.
- - طرح ایستگاه باید جریان آزاد مسافران به داخل را ارتقاء بخشند. تهیه فضای کافی سرعت های پیاده روی را افزایش خواهد داد و از تراکم می کاهد.
- - سطوحی که مسافران ممکن است از طریق نیاز خاص یا شک و تردید متوقف شوند یا تاخیر کنند باید شناسائی شوند و فضائی فراهم شد تا مسافران دیگر تاخیر نداشته باشند.
- نقاطی که در ایستگاه بویژه به افزایش سریع تراکم حساس هستند، سکوها، پاگرد پله ها ، پله برقی ها و سالن های تهیه بلیط هستند.

شرایط ظرفیت

- توصیه شده است که حدود زیر باید برای نواحی ایستگاه برای سطوح تقاضا طبق اوج شرایط نرمال بکار برده شوند سکوها . سالن های بلیط و محل های اجتماعات :
- 0/8 متر مربع باری هر شخص (نفر)
- مسیرهای رفت و آمد
- - تک مسیر : 5 نفر در هر دقیقه بر متر پهنا
- - دوسویه : 4 نفر در هر دقیقه بر متر پهنا
- پلکان های ثابت :
- - یک سویه : 35 نفر در هر دقیقه بر متر پهنا
- -دو سویه : 28 نفر در هر دقیقه بر متر پهنا
- ظرفیت ورودیها و خروجیها به سطح خیابان باید از دستورالعمل های بالا پیروی کنند.

نیازهای مسافری

نیازهای مسافری می تواند در سه منطقه کلیدی دیده شود:

- منطقه دسترسی (Zone1)
- منطقه تسهیلات (Zone2)
- منطقه سکو (Zone3)

Zone 1

- دروازه ای است بین ایستگاه و محیط اطراف آن. مهمترین نکته در این قسمت عبارتست از فراهم ساختن حرکات آزاد مسافری و بدون ممانعت به یا از مسیرهای خروجی یا سایر مدهای حرکت.

دسترسی با توجه به پارامترهای مختلف طراحی و تعیین اندازه های مسیرهای عبور و مرور پله کان ها و پله برقی ها امکان پذیر است در حالیکه در عمل ناکارامدی هایی در کاربرد آنها وجود دارد که شامل موارد زیر میباشد...

- اثرات حاشیه (کناره)؛

مسافران تمایل دارند از پهنای کامل موجود استفاده نکنند. افراد تمایل دارند فاصله حداقل 0/5متری را از کنار دیوار نگه دارند. بنابراین پهنای مسیر عبور و مرور بدست آمده از جریانات باید برای اثرات کناره ای اضافه شوند. همانطور که برای سکوها این گونه است .

- نقاط تصمیم گیری و تردید :

همچنین ملاحظه شده است که مسافران غالباً هنگام انتقال بین یک عنصر ایستگاه و عنصر بعدی توقف می کنند یا تردید دارند در حالیکه آنها تصمیم می گیرند بعداً چه کاری انجام دهند. این تردید ممکن است مسافران دیگر پشت سر آنها را به تاخیر بیندازد.

یک 0.3 متر پهنای اضافی باید در مسیرهای عبور و مرور فراهم شود. در هیچ موردی نباید ، هیچ مسیری باریکتر از 2.0 متر شود. بسیار مطلوب است که ارتفاع سقف در مسیرهای رفت و آمد تا جای ممکن زیاد باشد اما عموماً نباید کمتر از 3 متر باشد. جائیکه آن قابل دستیابی نیست ، حداقل مطلق 2.4 متر ممکن است مجاز است.

دسترسی برای مسافران معلول و دارای ناتوان حرکتی

- در سالهای اخیر ، اپراتورهای راه آهن تدارکات و وسایل خاصی را برای مسافران معلول بویژه افراد ویلچری فراهم ساخته اند. آنها همچنین به کسانی که معلول نیستند اما به علت پیری یا داشتن بچه کوچک یا چمدان سنگین نمی توانند زیاد جابجا شوند، توجه داشته اند.
- تغییرات ساده برای درها از دستگیره تا اهرم ، نیز می تواند در جائیکه مسافران ممکن است در باز کردن درهای اتاقها و اطاقک ها مشکلاتی داشته باشند، مفید باشد.
- این گروه شامل افراد تقریباً نابینا ، پیر ، مادران دارای فرزند کوچک و خریدارها یا توریست های دارای بارزیا می باشند.

Zone 2

- اطلاع رسانی به مسافری، خدمات و تسهیلات به مسافری، توزیع و استقرار مسافری از جمله نیازهایی است که در این قسمت دیده می شود.
- تسهیلات کلیدی مانند اطلاعات سفر، فضاهای انتظار، سرویسهای بهداشتی، انبار وسایل مسافری، کافه ها و رستورانها باید یک دسته بندی منطقی و به سایر مناطق مجاور دید داشته باشند.

پله ها ، پله برقی ها و آسانسورها

- 0.5m-3.0m متر – پله کان ثابت (حداقل 3 خیز پله)
- 3.0m-5.0 – معمولا پلکان ثابت ، اما پله برقی در صورتی که بتوان هزینه را تعدیل کرد.
- بالای 5.0 متر معمولا پله برقی به جز ایستگاههای حومه شهری خارجی ممکن است دارای پله های ثابت با ارتفاع بیشتر از 6m با دو پاگرد نیمه باشند.
- پارامترهای جریان مسافر برای گردش عمودی باید بصورت زیر در نظر گرفته شوند.
- - 100 نفر در هر دقیقه برای پله برقی های دارای یک متر پهنا
- - 35 نفر در هر دقیقه برای پله های یک طرفه برای هر متر پهنا
- - 28 نفر در هر دقیقه برای پله های دو سویه در هر متر پهنا
- پله ها و پله برقی ها باید به طور کلی دارای طرح باز با ارتفاع هوایی حداقل سه متر باشند.

سالن های بلیط فروشی

- همه سالن های بلیط احتمالاً نیازمند فضا و امکاناتی به دلایل زیر بصورت حداقل می باشند.
- - فروش و جمع آوری بلیط
- - گردهمائی ، احوالپرسی و انتظار
- - اطلاعات سفر
- - خرده فروشی و فروش
- -مدیریت ایستگاه
- - دسترسی مطمئن به فضاهای کنترل و هماهنگی کارکنان

برخی نیز ممکن است نیازمند تهیه موارد زیر باشد .

- - توالت ها
- - تلفن های عمومی
- - چرخ دستی ها
- - کارگران حمل و نگهداری چمدانها
- - هماهنگی پلیس
- - در تعیین اندازه سالن ، اطلاعات اساسی زیر باید تعیین شوند .
- - تعداد پیش بینی شده ای که در هر فعالیت شرکت دارند.
- - الگوی جابجائی احتمالی آنها
- - مدت زمان فعالیت
- - تعیین زمان فعالیتها نسبت به یکدیگر
- - شناسائی اوج تقاضاها

لازم است که برای هر فعالیت به روشی فضائی فراهم شود که فعالیتهای همزمان یکدیگر را بتاخیر نیندازند. برای مثال ، یک ویژگی ضعیف از بسیاری از ایستگاههای موجود این است که ردیف های مسافران که بلیط ها را خریداری می کنند در طول موانع بلیط توسعه می یابد . بنابراین دسترسی به ورودی و خروجی نگهدارنده های بلیط ایستگاه به تاخیر می افتد آن نه تنها منبع تاخیر و عصبانیت مسافران است بلکه همچنین احتمالاً می تواند برای مسافرانی که از پله برقی های متراکم خارج می شوند خطرناک باشد.

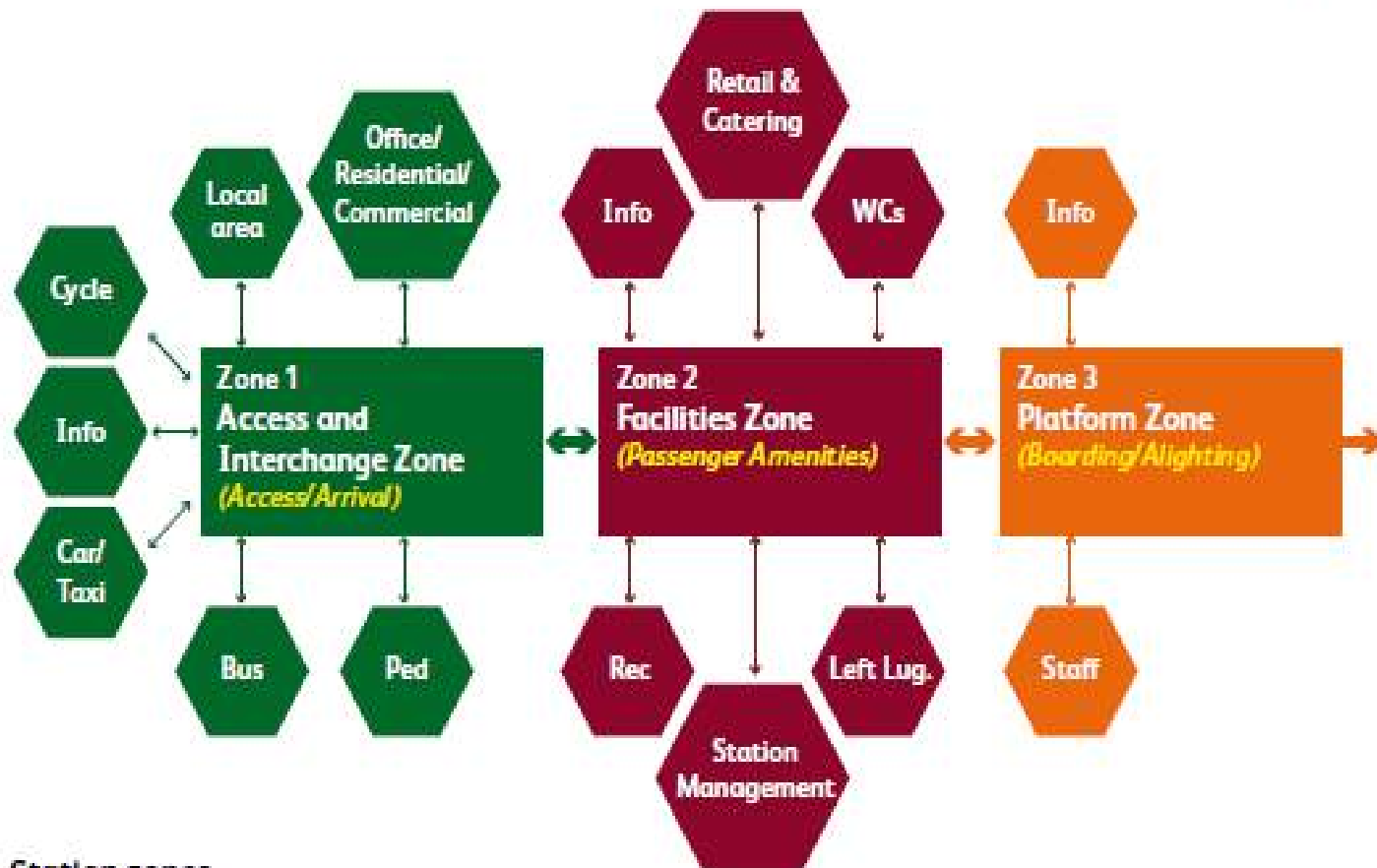
ورودیهای خودکار کنترل کننده بلیط باید مشخص شوند تا توان عملیاتی حداقل 25 نفر در دقیقه را ممکن سازند و برای احتیاط فرض می شود که 10 درصد از ورودیها خارج از سرویس باشند. محاسبه باید براساس جریانات 5 دقیقه ای بعلاوه 20 مسافر باشند.

Zone 3

در این منطقه مسافری به وسایل سفر دسترسی دارند و باید به خوبی اطلاع رسانی شوند. گاهی سکوها بعنوان فضای انتظار هم استفاده می شوند.

- سکوهاى ایستگاه بخش مهمی از زیر ساختار هر سیستم راه آهن هستند و طرح مناسبی می تواند به عملیات خوب کمک کند.
- نقص فراهم آوردن فضای کافی بر روی سکو ممکن است به این مفهوم باشد که مسافرانی که منتظر سوار شدن به قطار هستند قادر نخواهند بود برای کسانی که از قطار پیاده می شوند در کناری بایستند.
- سکوها باید تا جای ممکن مستقیم و صاف باشند تا کارکنان بتوانند طول کاملی از شرایط تراکم و جمعیت را ملاحظه کنند.
- فاصله بین سکو و قطار نباید متجاوز از 150 میلی متر بصورت جانبی باشد.

- پهنای سکوها باید به دقت برای هر سیستم در نظر گرفته شود احتمال سنگین ترین بارگیری قطارها ، فرکانس آنها ، تعداد مسافران احتمالی که پیاده می شوند و تعداد نقاط خروجی در امتداد طول سکو را در نظر بگیرید. حداقل مطلق پهنای هر سکو باید به کمتر از 2 متر محدود نشود. آن فقط باید در ایستگاههای کوچک و در پایانه های سکو و یا برای طولهای بسیار محدود دور از خروجی ها یا ورودیهای مسافر پذیرفته شود.



Station zones

چارچوب و زمینه های طراحی

- قابلیت استفاده
- بهره وری و عملکرد
- کیفیت
- ارزش و هزینه

قابلیت استفاده (Usability)

- قابلیت استفاده یک ایستگاه شامل فاکتورهایی است که در صورت تامین هرچه بهتر، ایستگاه را مناسب تر می سازد:
- حرکت
- قابلیت دسترسی
- مسیریابی و اطلاع رسانی
- راحتی و جذابیت

بهره‌وری و عملکرد ایستگاه (Operability)

در چهار زمینه دیده می‌شود:

- عملکرد ایستگاه
- مدیریت و نگهداری
- ایمنی
- امنیت

- عملکردهای ایستگاه عبارتند از:
 - تامین فضای کافی برای تمام فعالیتهای
 - تامین خدمات موثر
 - تامین تسهیلات برای کارکنان
 - تامین پیوستگی بین مدهای مختلف حرکت



- مدیریت و نگهداری تاثیر مستقیم در کیفیت ایستگاه داشته و عمر ایستگاه را افزایش می دهد.
- ایمنی شامل تامین راه ها و فضاهای مناسب برای روز و شب، راههای اضطراری مناسب، روشنایی اضطراری، تجهیزات مقابله با آتش سوزی، طرح های تخلیه و ... می شود.
- امنیت شامل ارزیابی رفتار خطرآفرین مسافرین، روشهای کاهش جرم، استفاده از دستگاههای نظارتی و ... می شود.

کیفیت (Quality)

- ترکیبی از عملکرد، دسترسی و کارایی تمام قسمتهاست. یک ایستگاه به لحاظ کیفیتی می بایست با محیط اطراف خود پیوستگی داشته باشد. دارای محیطهای مناسب به لحاظ اندازه، موقعیت و تراکم کافی و مصالح با کیفیت مناسب باشد.
- یک ایستگاه باید طرحی مناسب داشته باشد که در مسافری احساس مثبت ایجاد کند.

ارزش و هزینه (Value)

- بسیار مهم است که ایستگاه به لحاظ طرح، سازه ها و نمای کلی ایستگاه به لحاظ اجتماعی، اقتصادی و محیطی با ارزش بوده و احساس غرور مدنی را القا کند. در این قسمت باید هزینه های کلی عمر ایستگاه، اثرات مثبت اقتصادی، اجتماعی و محیطی دیده شود.

روسازي راه آهن

-بستر

-زير اساس

-بالاست (زير بالاست)

-تراورس (sleeper)

-ريل

-پابندها و صفحات اتصال

- 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

• تعاریف اولیه: سازی : 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.

لایه های روسازی راه آهن

زیر اساس: لایه ای از خاک طبیعی عاری از مواد آلی که زیر بالاست قرار می گیرد.

بلاست (زیر بالاست و بالاست)

تراورس (Sleeper)

ریل

بالاست

- بستر خط آهن است که شامل مصالح شکسته یا لایه هایی از مصالح شکسته است و برای تقویت خط آهن، زهکشی آب از زیر تراورسها و توزیع نیروهای وارده بر خط به درجه های قابل تحمل برای خاک زیرین است.
- عمق بالاست با – حداکثر سرعت ترنها، حداکثر بار محوری وارده، تناژ ناخالص سالیانه مورد انتظار مرتبط است.

سرعت در خط (km/h)	تأثر ناخالص سالیانه (ton/yr)	عمق بالاست (mm)
تا 200	بیش از 7 میلیون	280
	کمتر از 7 میلیون	230
تا 170	بیش از 150 میلیون	280
	کمتر از 150 میلیون	230
کمتر از 130	بدون محدودیت	150

مصالح بالاست

مصالح بالاست از سنگدانه های طبیعی یا شکسته با اندازه دانه کمتر از 50 میلیمتر و بیش از 28 میلیمتر است.

مصالح باید گوشه دار بوده، استحکام بالا و جذب آب پایین داشته باشد. کمتر از 3% وزنی مصالح باید روی الک 50 و کمتر از 2% باید از الک 28 عبور کنند.

تراورس

عملکرد تراورس:

- توزیع بار چرخها به بالاست
- نگهداری ریلها در مقابل انحراف
- انتقال بارهای جانبی
- عایق کردن الکتریکی ریلها
- تامین اساسی برای قرار گیری و بستن ریلها

سایر عملکردها ممکن است شامل کاهش صدا و لرزش در ریلهای بدون بالاست و ممانعت از خارج شدن ترن از خط باشد.

انواع تراورسها

چوبی: تراورسهای سنتی هستند که تا میانه های قرن بیستم استفاده می شده است. مزایای آن شامل خصوصیت مناسب ارتجاعی، اجرای آسان، سازگاری با موقعیتهای مختلف و عایق بودن در برابر الکتریسیته است. عمر تراورسهای چوبی نرم با توجه به شرایط آب و هوایی 15 تا 25 سال می باشد.

بتنی پیش تنیده: در اواخر دهه 1930 جایگزین تراورسهای چوبی شدند. وزنی حدود 285 کیلوگرم دارند. در متروها و سیستم های ریلی سبک بسیار استفاده می شوند. مهمترین عیب آنها وزن آنها و در نتیجه سختی جابجایی و اجرای آنهاست.

تروارسهای فلزی: بندرت استفاده می شوند. هزینه های بالا و امکان خوردگی بخصوص در شرایط مرطوب می باشد. وزن آنها حدود 68 کیلوگرم و در نتیجه حمل آنها آسان است. عایق سازی آنها و روکش آنها در بیشتر موارد ضروری است.

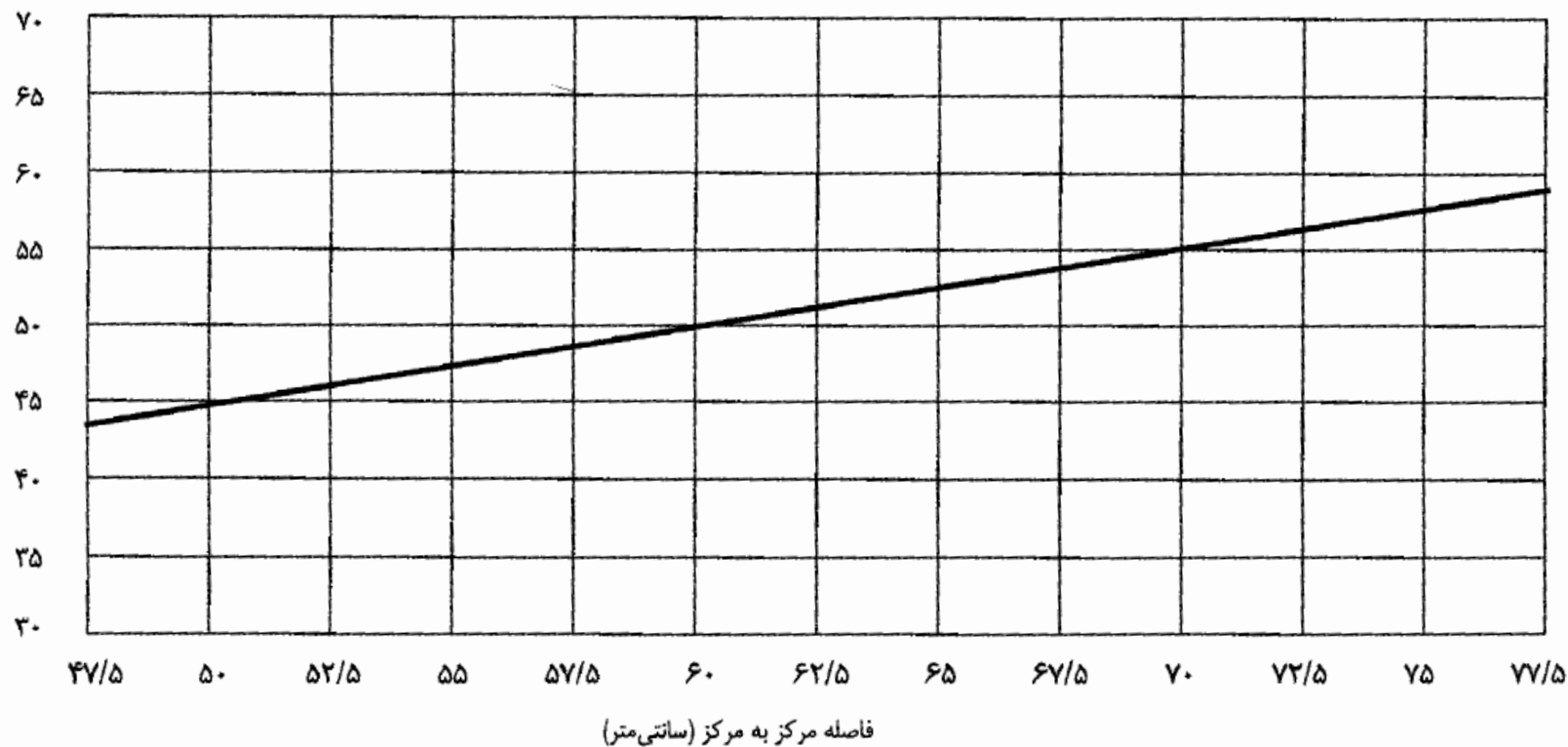
فاصله بین تراورسها

فاصله محور تا محور دو تراورس باید بگونه ای انتخاب شود که

- 1- خط پایداری کافی در برابر نیروهای طولی و عرضی داشته باشد
- 2- نیروهای داخلی ایجاد شده در ریل در ریل کمتر از مقاومت مجاز آن باشد.

عوامل موثر در تعیین فاصله: سرعت، بار محور، تناژ ناخالص بار عبوری، نوع ریل و مقاومت آن، نوع تراورس، جنس بالاست و ضخامت آن، شرایط هندسی مسیر، نحوه تعمیرات خط و ...

در هر صورت فاصله نباید کمتر از 50 و از 70 سانتی متر بیشتر باشد.



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

بالاست : لایه ای از مصالح درشت دانه (سنگی یا سرباره کوره های ذوب آهن) با ابعاد 20 تا 60 میلیمتر می باشد که به عنوان یک تکیه گاه مناسب برای تثبیت تراورس ها می باشد.

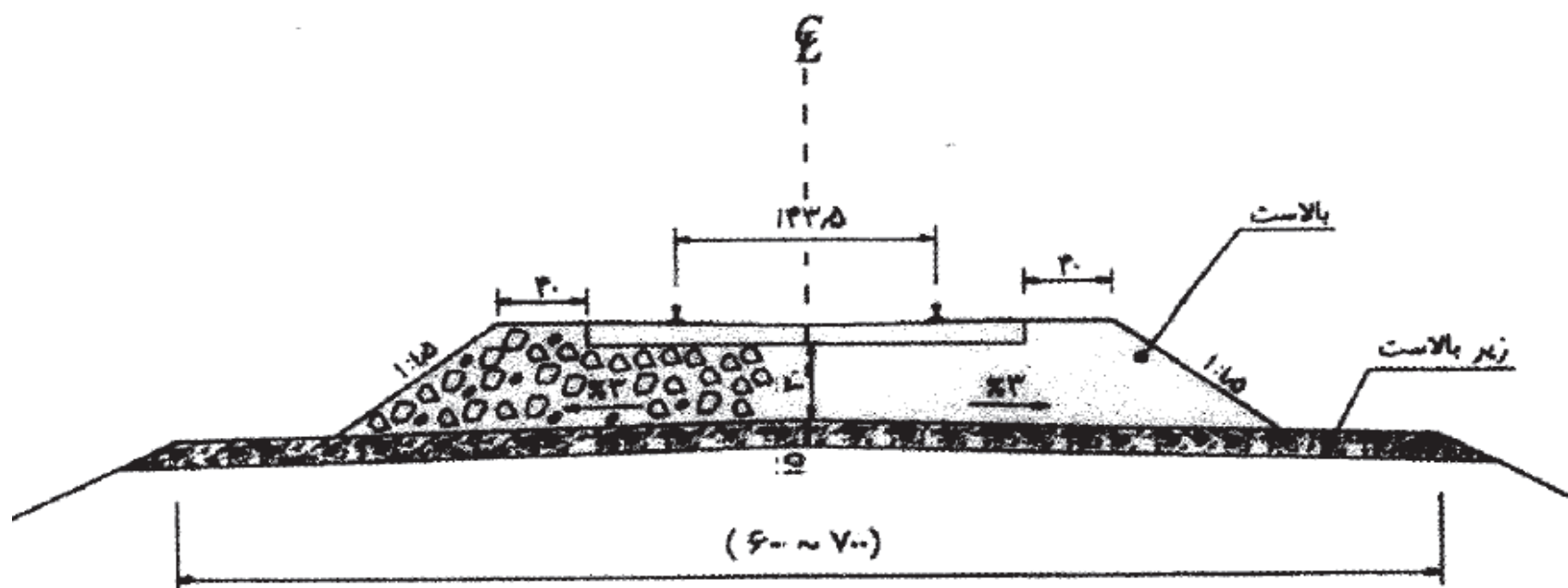
زیر بالاست : لایه میانی بین بستر خط و لایه بالاست است که از شن ، ماسه و خاک ریزدانه تشکیل شده و مانع نفوذ و فرو رفتن دانه های بالاست در بستر روسازی و نیز موجب توزیع بهتر بارهای خارجی و تسریع زهکشی آب باران می شود.

انواع خطوط راه آهن

خطوط راه آهن به دو دسته کلی خطوط با بالاست و بدون بالاست تقسیم می شود. بر حسب شرایط مسیر راه آهن و بررسی های فنی و اقتصادی می توان از هر دو نوع این خطوط استفاده کرد.

خطوط با بالاست

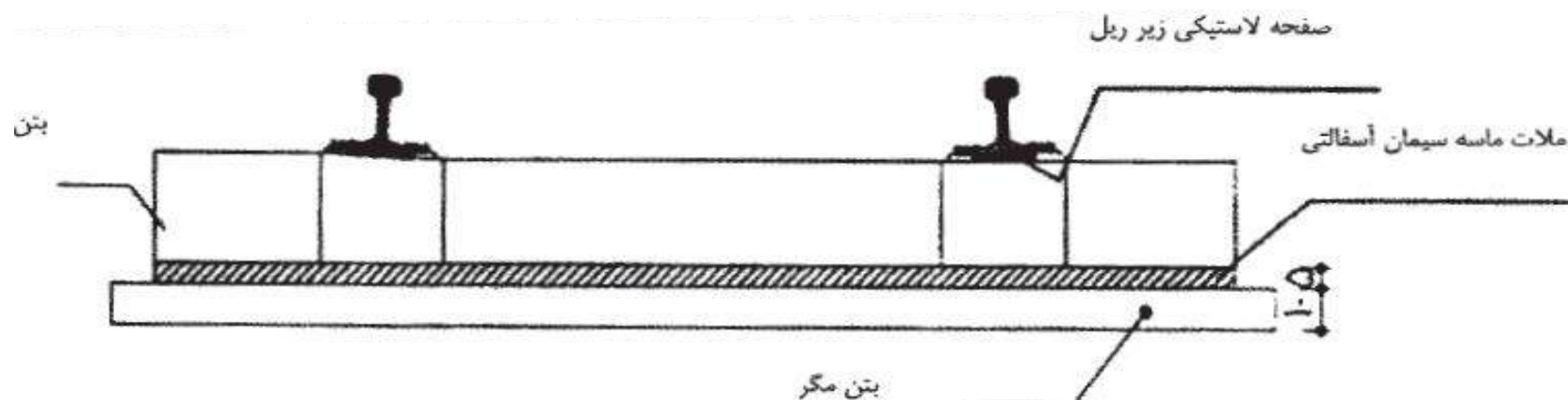
همانطور که در شکل (۱-۲) نشان داده شده است، این نوع خط شامل بالاست، تراورس، پایند و ریل است. استفاده از این نوع خط بسیار متداول بوده و عملکرد بسیار خوبی از خود نشان داده است. اگر چه هزینه تعمیر و نگهداری این خط بالا است، لیکن هزینه احداث آن پائین تر از خط بدون بالاست است.



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

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.



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

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)	۱۶۰-۲۰۰	۱۲۰-۱۶۰	۸۰-۱۲۰	کمتر از ۸۰
		(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

مشخصات هندسی خط

خطوط راه‌آهن بایستی دارای مشخصات هندسی خاصی باشند. این مشخصات هندسی باید در دوره‌های بازرسی منظم مورد بررسی و کنترل قرار گیرد. تعداد دفعات بازرسی و کنترل خط در یک سال بسته به اهمیت خط و صلاحدید راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران می‌تواند دو بار در سال و یا بیشتر از آن باشد. مشخصات هندسی خطوط عبارتند از:

۱- عرض خط

کوچکترین فاصله عرضی بین لبه‌های داخلی دو ریل تا عمق ۱۴ میلی‌متری از سطح فوقانی ریل، مطابق شکل (۲-۳)، عرض خط نام دارد. عرض خط در مسیرهای مستقیم راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران باید ۱۴۳۵ میلی‌متر باشد. در قوسه‌های با شعاع کمتر از ۲۵۰ متر لازم است اضافه عرض در خطوط پیش‌بینی شود. اضافه عرض خط در قوسه‌های 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.

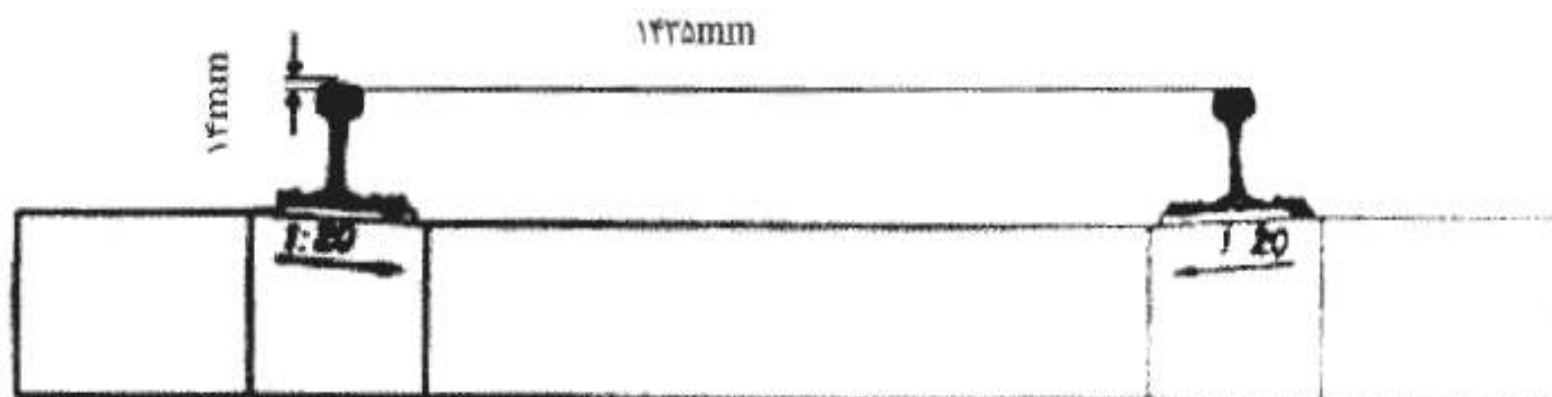
جدول ۲-۲ اضافه عرض خط در قوسها

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- 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 قرارگیرند. 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 اتصال پابندها تعبیه کرد.



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

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.

۴- اختلاف شیب طولی

اختلاف شیب طولی در خطوط راه‌آهن 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.

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 (۳-۲) تجاوز کند.

۶- انحراف افقی خط آهن

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

جدول ۲-۲ رواداریهای مجاز مشخصات هندسی طبقات مختلف خطوط

D	C	B	A	طبقه	
				مشخصه هندسی	سطح کیفی ۵
-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 +۲۲	-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 (سانتی‌متر)	مسیر قوس‌دار - حداکثر انحراف افقی خط در طول یک وتر به طول ۱۸/۹ متر (سانتی‌متر)
A	۰/۹	۰/۶
B	۱/۵	۱/۲
C	۲/۴	۲/۲
D	۴/۱	۴/۱

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 پیش بینی 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

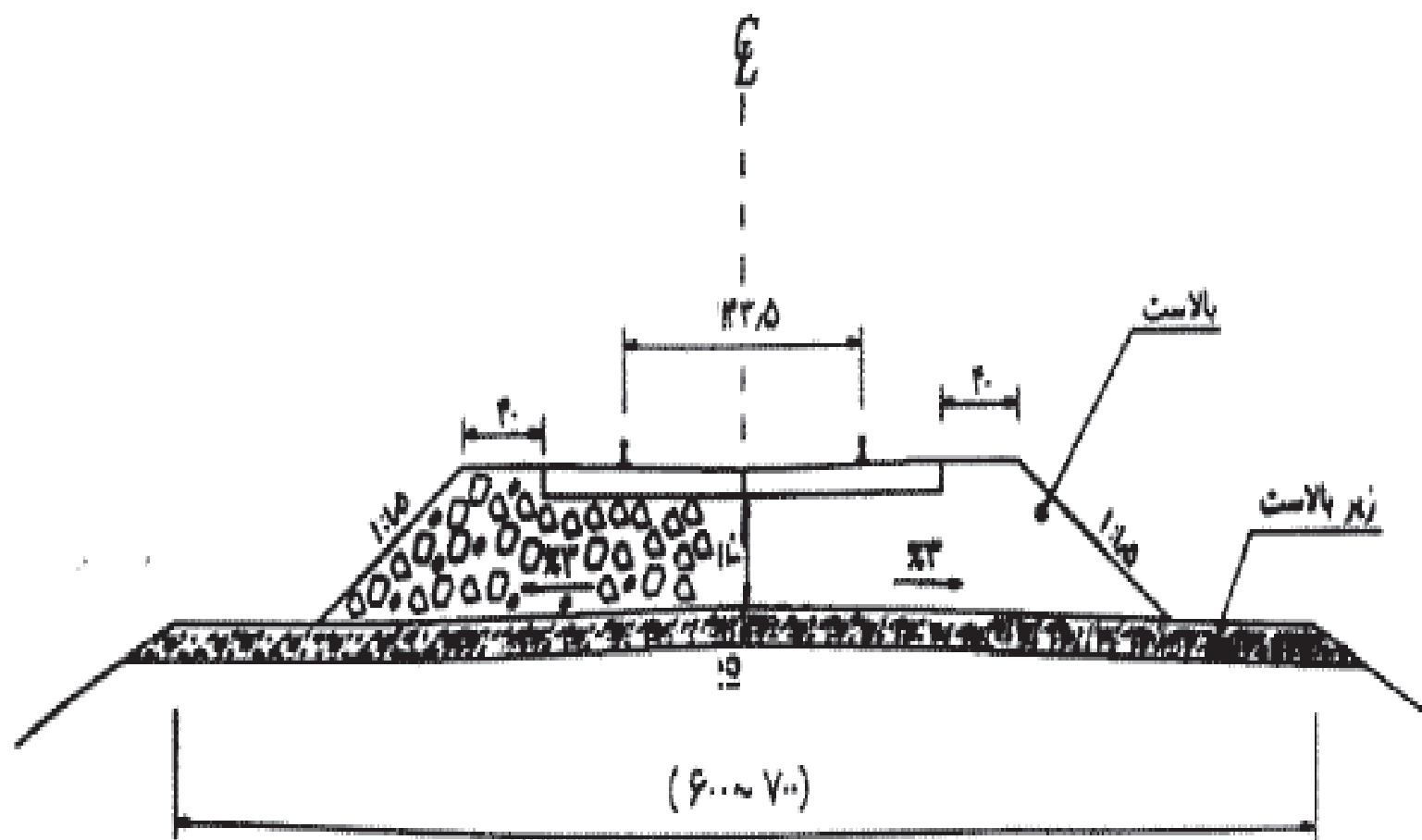
وظایف زیربالاست

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:

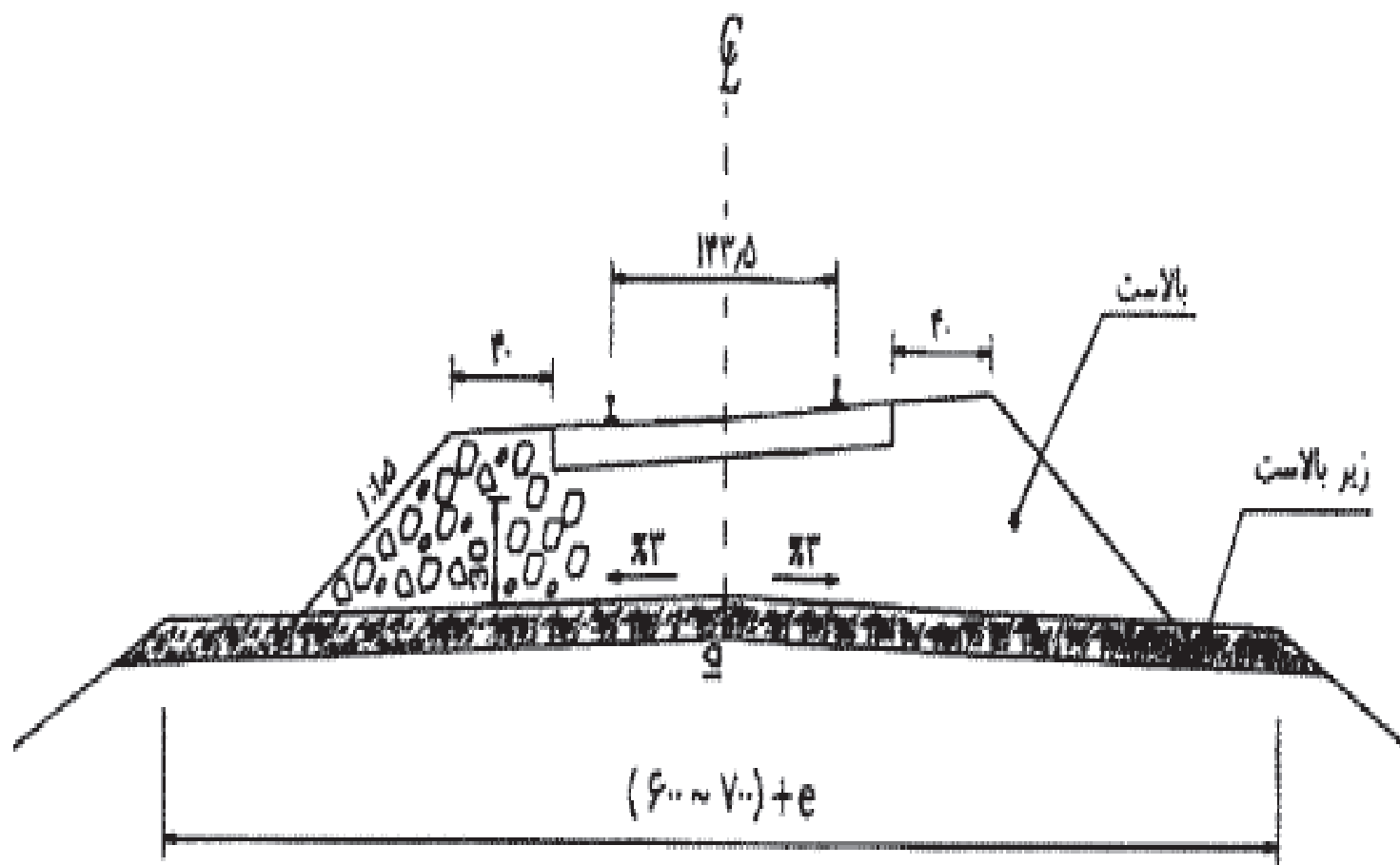
- کاهش تنش‌های وارد بر لایه‌های زیرسازی
- نگهداری سطح بالای بستر در مقابل نفوذ سنگ‌های بالاست
- محافظت از سطح زیرسازی در برابر یخبندان
- جلوگیری از نفوذ ذرات ریز بستر روسازی به بالاست
- تسهیل بیشتر زهکشی

مقاطع عرضی بالاست، زیربالاست و مشخصات هندسی آن

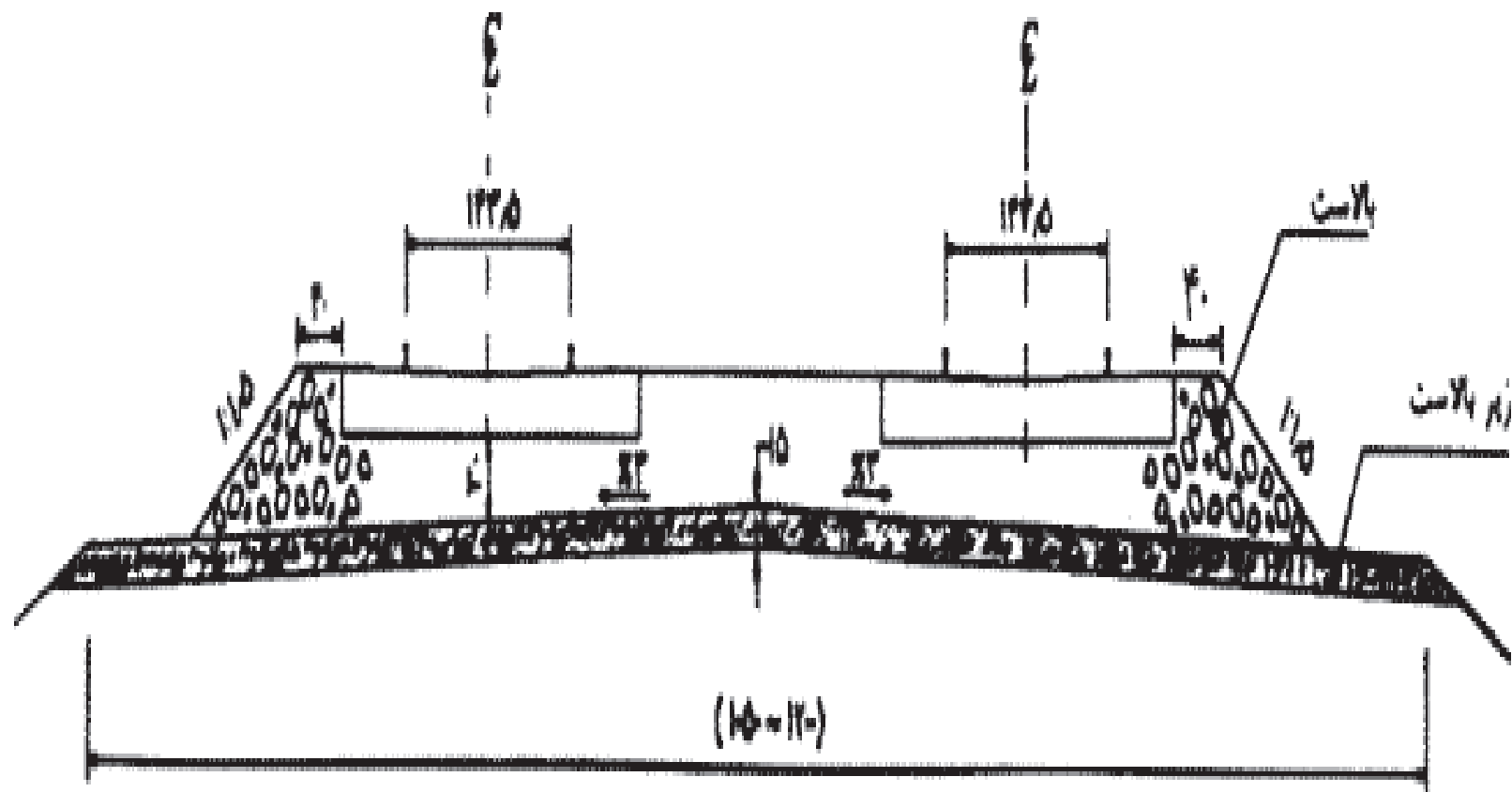
مقاطع عرضی مربوط به بالاست و زیربالاست و مشخصات هندسی آن در خطوط یک خطه، دو خطه، مستقیم و قوسی مطابق شکل‌های (۱-۶) تا (۴-۶) توصیه می‌گردد.



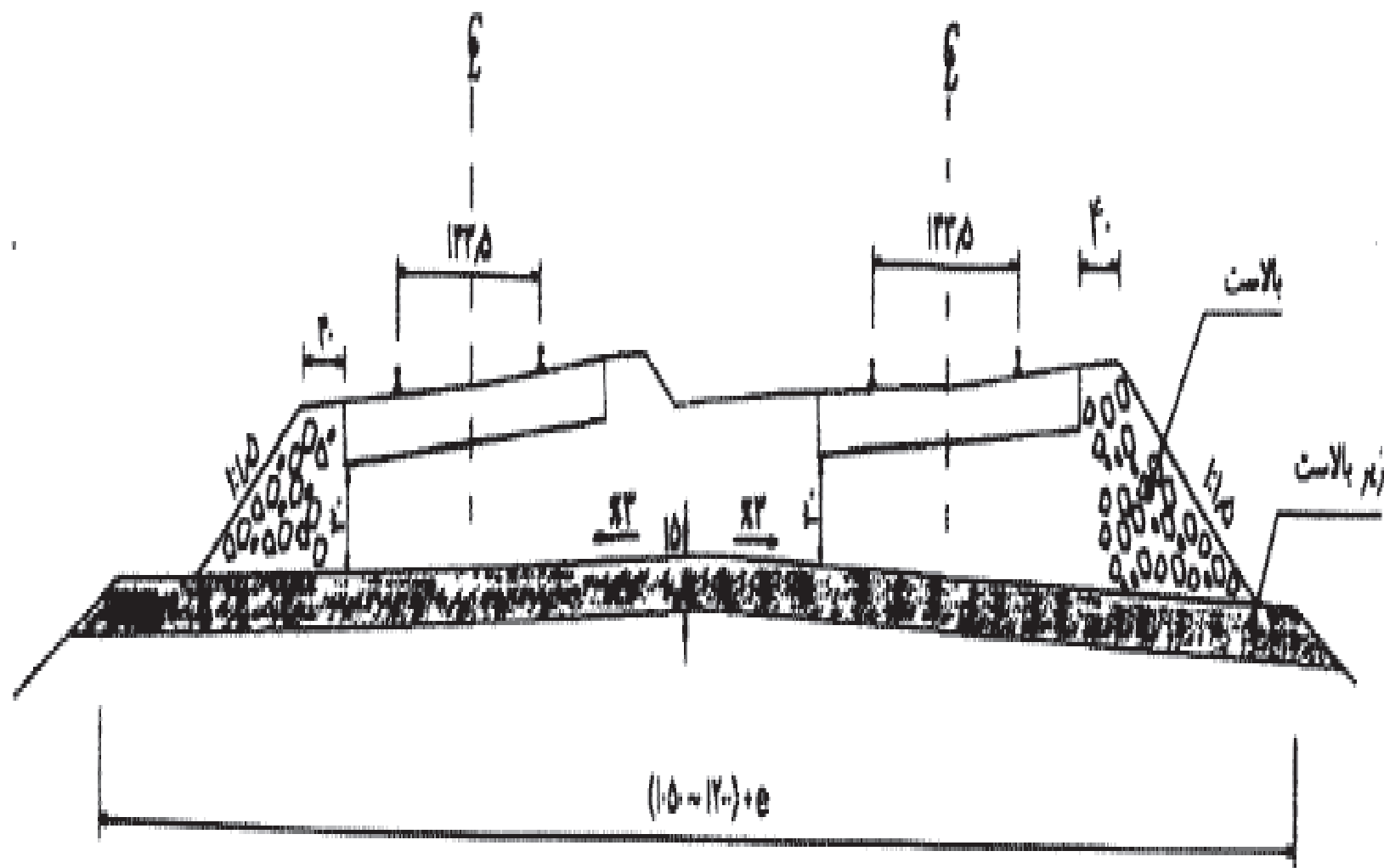
شکل ۶-۱ مقطع عرضی بالاست و زیر بالاست در راه آهن یک خطه مستقیم (ابعاد به سانتی متر)



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



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



شکل ۶-۴ مقطع عرضی بالاست و زیربالاست در راه‌آهن دو خطه در قوس (ابعاد به سانتی‌متر)

انواع

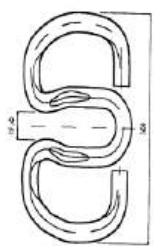
- استفاده از پابند بعنوان وسیله ای برای ایجاد اتصال ایمن بین ریل و تراورس ضروری است. مهمترین شاخصه پابند نیروی فشاری وارد از طرف ریل به آن است که بعنوان نیروی شاخک شبح می شود.

- پابندها به دو دسته کلی تقسیم می شوند:

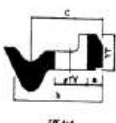
1. ارتجاعی (انعطاف پذیر): وسلو و پاندرول

2. صلب: نوع K که در خطوط کم سرعت (زیر 80 km/h) استفاده می شوند.

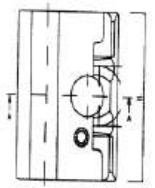
پایند وسلو (Weslo)



فـنـر



SKL-4



گایـد پـسـیـت



چـگـ



رول پلاک



- یک پایند ارتجاعی شامل یک فنر w شکل است. استفاده از آن برای تراورسهای چوبی و بتنی امکانپذیر است.
- تثبیت پارامترهای هندسی روسازی خط
- گاید یکی از اجزا مهم سیستم پایند ریل راه آهن بوده که محل نشیمن فنر وسلو و اتصالات مربوطه است.
- پد نیز در جهت توزیع تنش و ایزولاسیون ریل مورد استفاده قرار میگیرد.
- فنرهای آن را SKL1 تا SKL14 نامگذاری کرده اند.

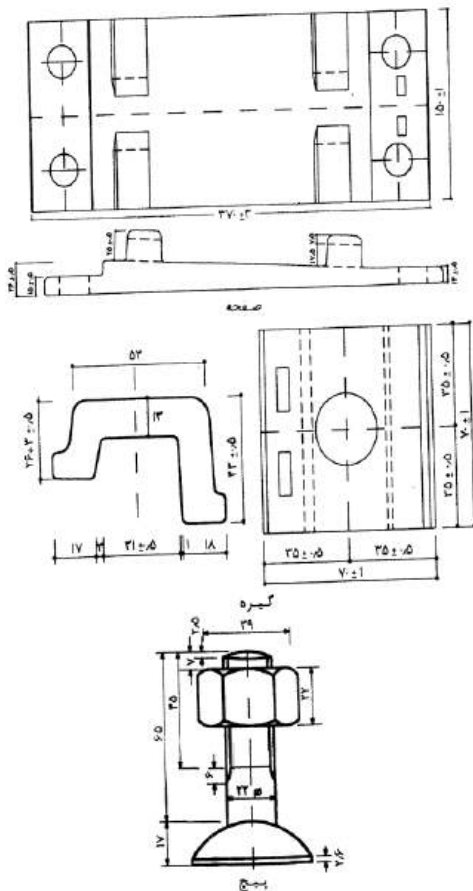
شکل ۹-۵ پایند وسلو



- [illegible]

67

پابند K

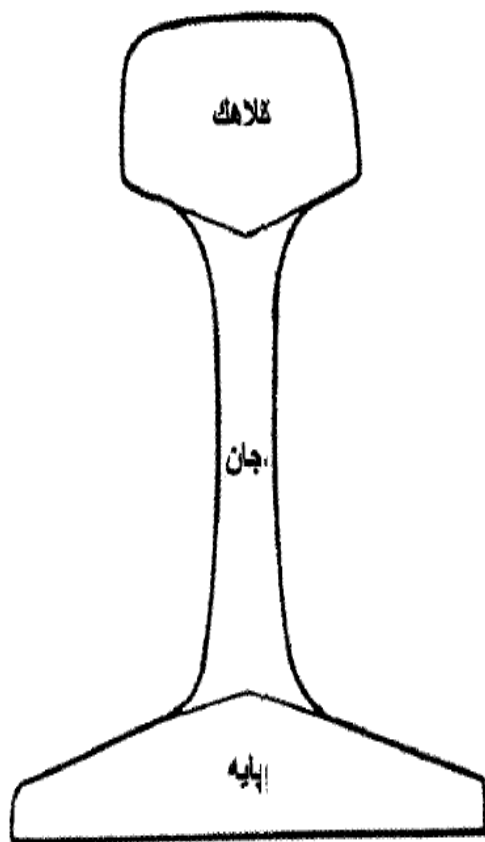


شکل ۳-۵ پابند K



- این نوع پابند بیشتر در نقاطی بکار برده می شود که ارتعاش زیادی وجود ندارد و سرعت عبور قطار ها کم است.
- مخصوص تراورسهای چوبی است.
- تعداد قطعات اتصال در مقایسه با پابند وسلو و پاندربول بیشتر است.
- عملکرد ارتجاعی آن نیز ضعیف تر است.

ریل



شکل ۳-۱ اجزای پروفیل ریل

- **اجزای ریل:** مقطع ریل از سه بخش اصلی (کف، کلاهک و جان) یا (پایه، تاج و تیغه) تشکیل شده است.
- **کف ریل:** قسمتی از ریل است که روی تراورس قرار گرفته و نیروها را به تکیه گاه های زیر منتقل می کند.
- **کلاهک:** سخت ترین قسمت ریل که در تماس با چرخ ناوگان بوده و بیشترین وزن ریل را به خود اختصاص می دهد. اکثر خرابی های ریل در این قسمت است.
- **جان ریل:** عهده دار انتقال نیرو از کلاهک به کف می باشد.
- مهمترین عامل طبقه بندی و شناسایی ریلها، وزن ریلها در واحد طول است.
- ریلها به طور کلی به دو صورت اجرا می شوند: 1- در زردار 2- با جوش سراسری

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 (۱-۳) و (۳-۳) محاسبه می‌شود:

$$Y_1 = kW / D^{0.435} \quad (1-3)$$

در این رابطه:

Y_1 = عمر ریل بر حسب سال

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

D = 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 (بر حسب کیلوگرم بر متر)

D = بار ناخالص عبوری سالیانه (بر حسب 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.

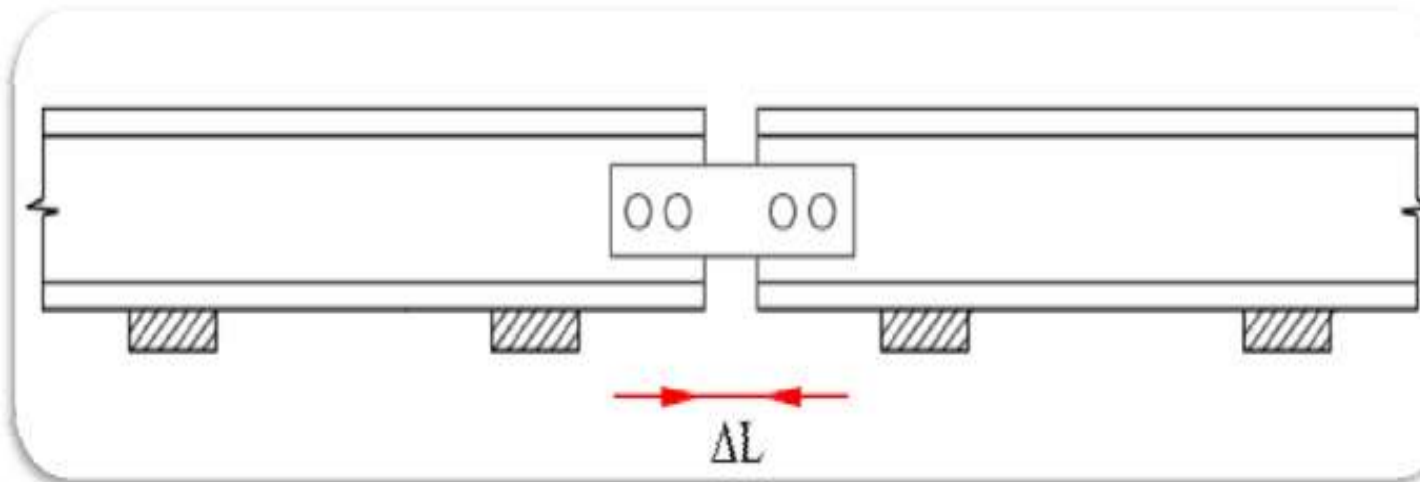
انواع ریل‌های قابل استفاده در خطوط راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران، عبارتست از:

- 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

درز ریل

ریل های با طول محدود معمولاً به وسیله درزبندی به هم متصل می شوند.

فاصله بین دو ریل به نسبت ضریب انبساط طولی و تفاوت دمای حداکثر و دمای ساخت قرار داده می شود.



انواع درزها به لحاظ قرارگیری ریل‌های دو طرف:

۱. درزهای متقابل

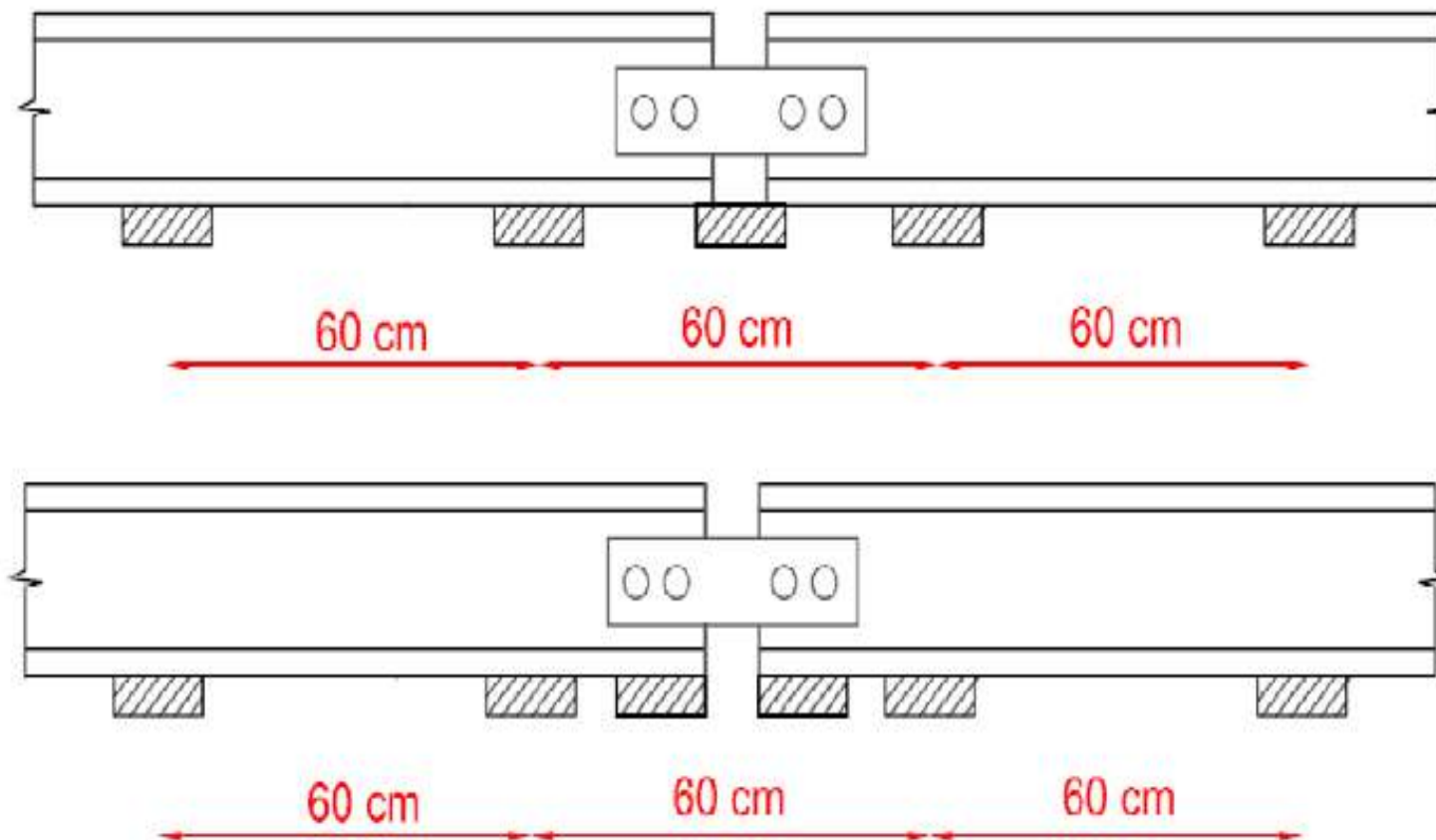


۲. درزهای متناوب

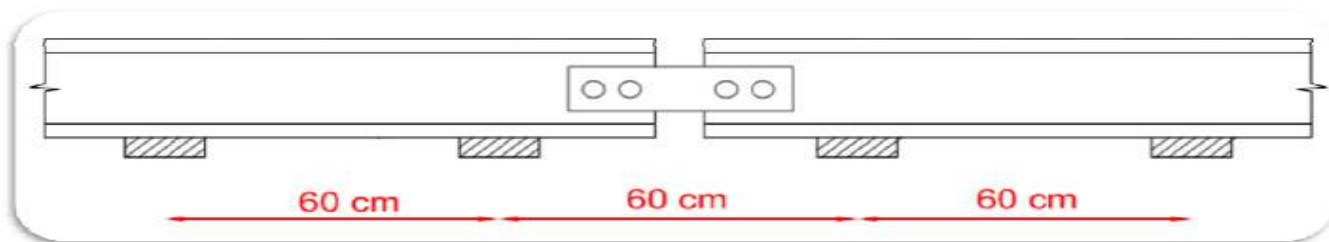


انواع درزها به لحاظ قرارگیری روی تراورس عبارتند از:

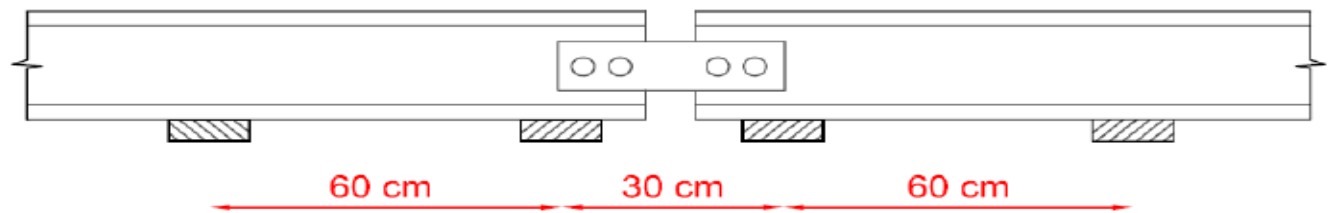
درزهای متکی



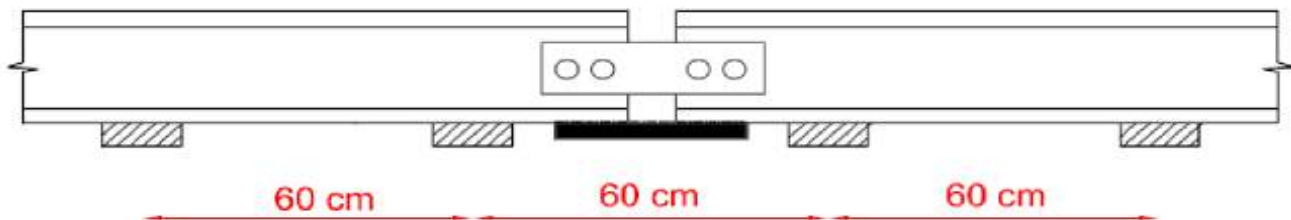
۱. درزهای معلق



۲. درزهای نیمه معلق



۳. درزهای پل دار



مشکلات و معایب خطوط درزدار عبارتند از:

۱. درزها معمولاً نقطه ضعف ریل بوده و باعث بروز خرابی های زیادی می شوند.

۲. ایجاد سر و صدای زیاد در خط آهن

۳. افزایش مصرف انرژی

۴. کاهش ایمنی خط

۵. کاهش سرعت قطار

۶. افزایش هزینه های نگهداری خط و کاهش عمر آن

جوشکاری ریل

مزایای جوشکاری عبارتند از:

- ۱ در اثر افزایش طول ریل، تعداد درزهای انبساط کاهش یافته و در نتیجه عمر خط افزایش می یابد و منافع اقتصادی زیادی در اثر کاهش هزینه نگهداری خواهد داشت.
- ۲ با استفاده از ریل های طویل تر، خزش کاهش می یابد.
- ۳ حرکت چرخ از روی ریل های ممتد تولید صدا نمی کند.
- ۴ حرکت قطار بر روی ریل های طویل راحتی بیشتری برای مسافران دارد.
- ۵ با کاهش تعداد درزها، سرعت اجرایی بیشتر می شود.
- ۶ ریلهای جوش شده صلبیت طولی، عرضی و قائم بیشتری دارند.

طرح هندسی مسیر

طرح هندسی در راه آهن یکی از اصول مهم است. شیب های طولی و عرضی نامناسب و قوس های با شعاع نامناسب سبب کاهش بازدهی سیستم میگردد و در بعضی مواقع نامناسب بودن طرح هندسی باعث از خط خارج شدن قطار میگردد.

عیوب خط که باعث خروج قطار از خط می شوند عبارتند از:

۱. در مسیر مستقیم

- مسیر هندسی نامناسب
- عرض خط نامناسب
- تقاطع با ترازهای متفاوت
- اتصالات ضعیف

عیوب خط که باعث خروج قطار از خط می شوند عبارتند از:

۲. در قوس ها

- بر بلندی (دور) نامناسب
- شعاع قوس نامناسب
- سرعت نامناسب
- توزیع نامناسب بار روی ریل
- بازوهای اتصال نامناسب

مشخصات یک خط خوب

یک خط راه آهن هنگامی می تواند سرویس مناسبی ارائه کند که دارای شرایط زیر باشد:

- شیب طولی مناسب
- خشک بودن خط (تامین اصطکاک لازم بین ریل و طوقه چرخ)
- زهکشی مناسب به منظور تامین ایستایی سطح زیرسازی و جلوگیری از تغییر شکل
- شعاع قوس مناسب
- دور مناسب
- تقاطع های همسطح مناسب

مولفه های طراحی هندسی خط عبارتند از:

۱. شیب های طولی

۲. دور (بربلندی)

۳. قوس های افقی

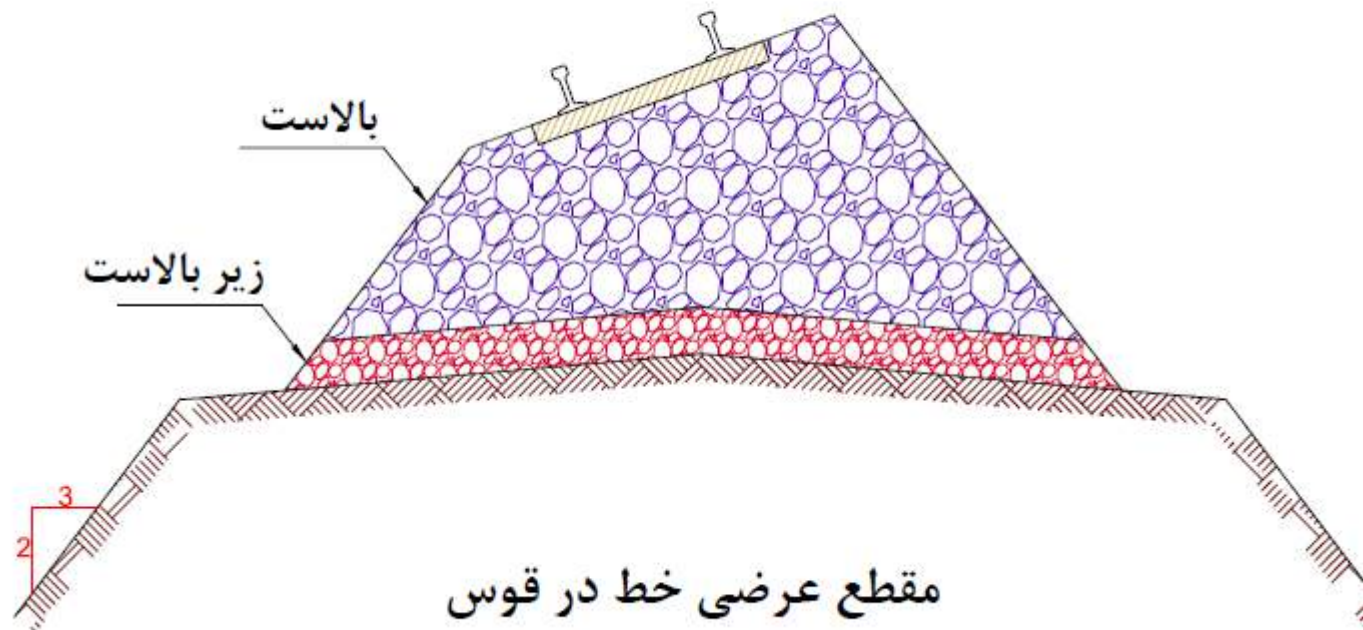
۴. قوس های قائم

۵. تعریض در قوس

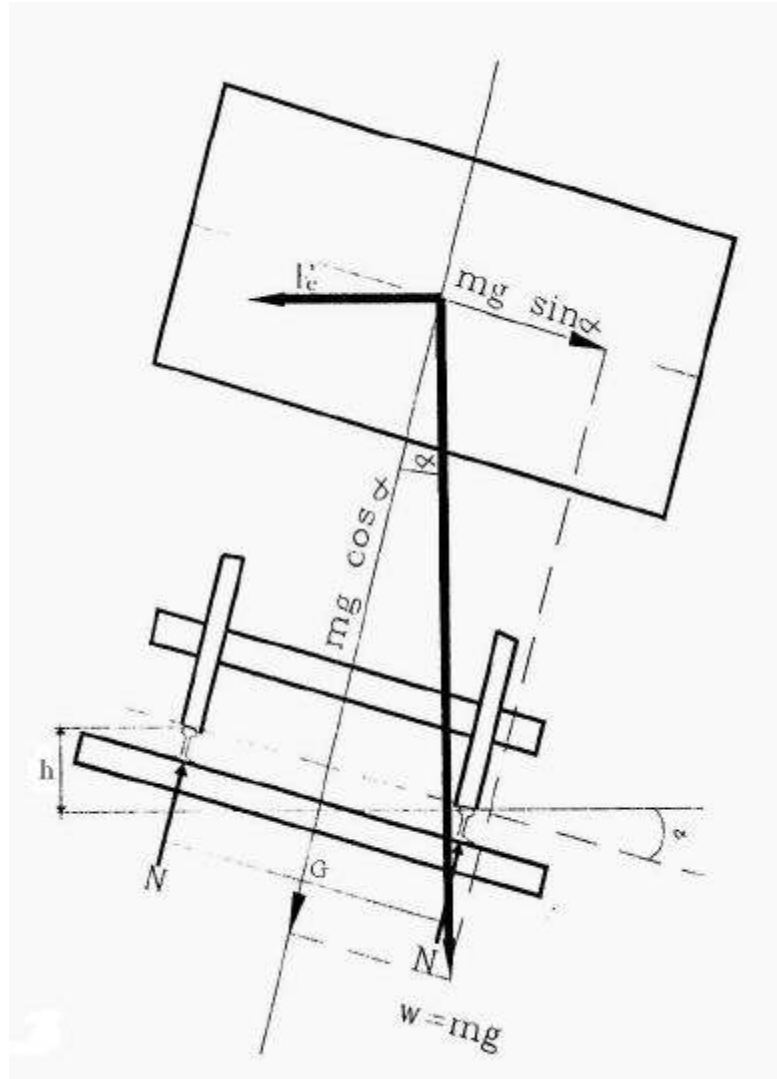
بربلندی

حرکت قطار در یک قوس باعث بروز نیروی گریز از مرکز می‌شود. برای تامین ایمنی و راحتی حرکت قطار و کاهش سایش ریلها در قوس باید ریل بیرونی خط بالاتر از ریل درونی قرار گیرد تا حداقل بخشی از نیروی گریز از مرکز با مولفه وزن قطار در امتداد بربلندی خنثی شود. روند افزایش سرعت میانگین قطارها ایجاب می‌کند که طراحی قوس‌ها در خطوط جدید و یا بازسازی خطوط موجود براساس معیارهای جدید صورت گیرد.

دور (بربلندی)



دور (بربلندی)



$$F = \frac{mV^2}{R} = \frac{W.V^2}{g.R}$$

$$W \sin \alpha = \frac{W.V^2}{g.R} \times \cos \alpha$$

$$W \tan \alpha = \frac{W.V^2}{g.R} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{V^2}{g.R}$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{G} \Rightarrow \frac{h}{G} = \frac{V^2}{g.R}$$

$$\Rightarrow h = \frac{V^2.G}{g.R}$$

$$h = \frac{V^2 \cdot G}{g \cdot R}$$

h: ارتفاع لبه خارجی نسبت به لبه داخلی (mm)

V: سرعت قطار (m/s)

G: پهنای خط (mm)

g: شتاب ثقل (m/s^2)

R: شعاع قوس (m)

چنانچه واحد سرعت به کیلومتر بر ساعت تبدیل شود، خواهیم داشت:

$$h = \frac{V^2 \cdot G}{g \cdot R} = \frac{V^2 \cdot G}{3.6^2 \times 9.81 \times R} = \frac{V^2 \cdot G}{127 \times R}$$

چنانچه پهنای خط برای خطوط استاندارد برابر ۱۵۰۰ میلی متر باشد، خواهیم داشت:

$$h = \frac{V^2 \cdot G}{127 \times R} = \frac{11.8 V^2}{R}$$

h: ارتفاع لبه خارجی نسبت به لبه داخلی (mm)

V: سرعت قطار (km/h)

R: شعاع قوس (m)

میزان برابندی که به طور کامل نیروی گریز از مرکز را در یک سرعت مفروض خنثی می‌سازد، «برابندی تعادلی» نامیده می‌شود.

برابندی تعادلی (d) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$d = 11.8 \frac{V^2}{R} \quad (۱-۳)$$

در صورتی که ترافیک مختلط از یک خط عبور کند برای محاسبه بر بلندی تعادلی می توان از سرعت میانگین V_m مطابق رابطه زیر استفاده نمود :

$$V_m^2 = \frac{\sum n_i L_i V_i^2}{\sum n_i L_i} \quad (2-3)$$

n_i : تعداد قطارهایی که با سرعت V_i و با بار L_i در یک دوره بهره برداری بدون تغییر بر بلندی، از قوس عبور می کنند.
 L_i : وزن قطارهای با سرعت V_i

جدول ۳-۱ مقادیر برابندی تعادلی بر حسب شعاع قوس و سرعت (میلیمتر)

سرعت (km/h)	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰	۱۴۰	۱۵۰	۱۶۰	۱۷۰	۱۸۰	۱۹۰	۲۰۰	شعاع قوس بر حسب متر
۱۰۰۰۰			۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۷	۲۰	۲۳	۲۷	۳۰	۳۴	۳۸	۴۳	۴۷	
۹۰۰۰		۵	۶	۸	۱۱	۱۳	۱۶	۱۹	۲۲	۲۶	۳۰	۳۴	۳۸	۴۲	۴۷	۵۲	
۸۰۰۰		۵	۷	۹	۱۲	۱۵	۱۸	۲۱	۲۵	۲۹	۳۳	۳۸	۴۳	۴۸	۵۳	۵۹	
۷۰۰۰		۶	۸	۱۱	۱۴	۱۷	۲۰	۲۴	۲۸	۳۳	۳۸	۴۳	۴۹	۵۵	۶۱	۶۷	
۶۰۰۰	۵	۷	۱۰	۱۳	۱۶	۲۰	۲۴	۲۸	۳۳	۳۸	۴۴	۵۰	۵۷	۶۴	۷۱	۷۹	
۵۰۰۰	۶	۹	۱۲	۱۵	۱۹	۲۴	۲۹	۳۴	۴۰	۴۶	۵۳	۶۰	۶۸	۷۷	۸۵	۹۵	
۴۰۰۰	۷	۱۱	۱۴	۱۹	۲۴	۳۰	۳۶	۴۲	۵۰	۵۸	۶۶	۷۶	۸۵	۹۶	۱۰۷	۱۱۸	
۳۰۰۰	۱۰	۱۴	۱۹	۲۵	۳۲	۳۹	۴۸	۵۷	۶۶	۷۷	۸۹	۱۰۱	۱۱۴	۱۲۸	۱۴۲		
۲۵۰۰	۱۲	۱۷	۲۳	۳۰	۳۸	۴۷	۵۷	۶۸	۸۰	۹۲	۱۰۶	۱۲۱	۱۳۷				
۲۰۰۰	۱۵	۲۱	۲۹	۳۸	۴۸	۵۹	۷۱	۸۵	۱۰۰	۱۱۶	۱۳۳	۱۵۱					
۱۸۰۰	۱۶	۲۴	۳۲	۴۲	۵۳	۶۶	۷۹	۹۵	۱۱۱	۱۲۸	۱۴۸						
۱۶۰۰	۱۸	۲۷	۳۶	۴۷	۶۰	۷۴	۸۹	۱۰۶	۱۲۵	۱۴۵							
۱۴۰۰	۲۱	۳۰	۴۱	۵۵	۶۸	۸۴	۱۰۲	۱۲۱	۱۴۲								
۱۲۰۰	۲۵	۳۵	۴۸	۶۳	۸۰	۹۸	۱۱۹	۱۴۲									
۱۰۰۰	۳۰	۴۲	۵۸	۷۶	۹۶	۱۱۸	۱۴۳										
۹۰۰	۳۳	۴۷	۶۵	۸۴	۱۰۶	۱۳۱	۱۵۹										
۸۰۰	۳۷	۵۳	۷۲	۹۵	۱۲۰	۱۴۸											
۷۰۰	۴۲	۶۱	۸۲	۱۰۸	۱۳۷												
۶۰۰	۵۰	۷۱	۹۶	۱۲۶	۱۵۹												
۵۰۰	۶۰	۸۵	۱۱۶	۱۵۱													
۴۰۰	۷۴	۱۰۶	۱۴۵														
۳۰۰	۹۸	۱۴۲															
۲۵۰	۱۱۸																

مثال

مقدار دور متعادل مورد نیاز برای یک خط راه آهن استاندارد برای جبران نیروهای گریز از مرکز قطاری با سرعت ۱۱۰ کیلومتر بر ساعت در یک قوس افقی به شعاع ۱۴۰۰ متر را به دست آورید؟

حل

$$h = \frac{11.8 V^2}{R} = \frac{11.8 \times 110^2}{1400} = 102 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow e = \frac{h}{G} = \frac{102}{1500} \times 100 = 6.8\%$$

کمبود دور

کمبود دور یا بر بلندی موثر عبارت است از اختلاف بین دور متعادل لازم برای حداکثر سرعت مجاز در قوس و دور واقعی در خط.

معمولاً در خطوط راه آهن، دور مورد نیاز در قوس برای سرعتی بین سرعت حداقل و حداکثر ایجاد می شود.

اگر دور برای سرعت حداکثر اجرا شود، قطارهای با سرعت کمتر با اضافه دور مواجه می شوند و امکان سر خوردن به سمت ریل داخلی و حتی احتمال واژگونی نیز وجود دارد و با تماس چرخ داخل با وجه داخلی ریل داخل قوس اصطکاک ایجاد شده و حرکت را مشکل تر می کند.

مقدار اضافه دور نباید از حد معینی بیشتر باشد، از این رو حداکثر اضافه دور مجاز طبق آیین نامه *UIC* برابر است با:

$$h_{e(max)} = 70 \text{ mm}$$

$h_{e(max)}$: حداکثر اضافه دور مجاز (mm)

اما اگر مقدار دور برای سرعت حداقل اجرا شود، قطارهای با سرعت حداکثر با بیشترین کمبود دور مواجه می شوند و امکان غلبه نیروی گریز از مرکز به نیروی وزن قطار وجود داشته که باعث خروج قطار از خط و واژگونی آن می شود.

مقدار کمبود دور توسط آیین نامه *UIC* به حد معینی محدود می شود؛

$$h_{d(max)} = 100 \text{ mm}$$

$h_{d(max)}$: حداکثر کمبود دور مجاز (mm)

مقدار دور واقعی توصیه شده توسط آیین نامه UIC به صورت زیر به دست می آید:

$$h_a = \frac{h_{a(max)}}{h_{a(max)} + h_{d(max)}} \times \frac{11.8 \times V_{max}^2}{R}$$

دور متعادل قطار با سرعت حداکثر

h_a : دور واقعی ایجاد شده (mm)

$h_{a(max)}$: حداکثر دور واقعی ایجاد شده (mm)

$h_{d(max)}$: حداکثر کمبود دور مجاز (mm)

$V_{(max)}$: حداکثر سرعت (mm)

دور ایجاد شده در قوس باید توسط چهار معیار زیر کنترل گردد:

۱. کنترل دور واقعی

$$h_a \leq h_{a(max)}$$

۲. کنترل کمبود دور

$$\left[\frac{11.8 \times V_{max}^2}{R} - h_a \right] \leq h_{d(max)}$$

۳. کنترل اضافه دور

$$\left[h_a - \frac{11.8 \times V_{min}^2}{R} \right] \leq h_{e(max)}$$

۴. کنترل شتاب جانبی خشی نشده: حداکثر شتاب جانبی قابل تحمل توسط بدن انسان حدود $0.6 \sim 0.8 \text{ m/s}^2$ است که این عدد در طراحی ها 0.67 m/s^2 در نظر گرفته

(شتاب قابل تحمل توسط انسان) $\leq$ (مولفه شتاب قائم در امتداد افق) - (شتاب جانبی مربوط به سرعت حداکثر)

$$\left[\frac{V_{max}^2}{3.6^2 \cdot R} - \frac{g \cdot h_a}{G} \right] \leq 0.67$$

طبق آیین نامه UIC مقادیر مجاز حداکثر دور واقعی، حداکثر کمبود دور، حداکثر اضافه دور و حداکثر شتاب جانبی خنثی نشده مطابق جدول زیر است:

مقدار آیین نامه	معیار
120 mm	حداکثر دور واقعی $h_{a(max)}$
100 mm	حداکثر کمبود دور $h_{d(max)}$
70 mm	حداکثر اضافه دور $h_{e(max)}$
0.67 m/s^2	حداکثر شتاب جانبی خنثی نشده

مثال ۱

در یک خط راه آهن حداکثر و حداقل سرعت قطارها به ترتیب برابر ۱۶۰ و ۹۰ کیلومتر بر ساعت است. بر مبنای آیین نامه UIC مقدار دور واقعی را در یک قوس دایره ای به شعاع ۱۲۰۰ متر با پهنای خط استاندارد به دست آورید؟

قوس ها

انواع قوس ها

قوس هایی که در راه آهن مورد استفاده قرار می گیرند به دو دسته تقسیم می شوند:

۱. قوس های افقی Horizontal Curve

۲. قوس های قائم Vertical Curve

به طور کلی انواع قوس های زیر در راه آهن به کار می روند:

۱. قوس های دایره ای ساده

۲. قوس های مرکب

۳. قوس های سهمی

۴. قوس های اتصال تدریجی

قوس دایره‌ای

شعاع قوس

به منظور حفظ شتاب در محدوده قابل قبول، حداقل شعاع هنگامی که یک خط مستقیم به یک قوس با شعاع R متر متصل می‌شود، باید مطابق رابطه زیر تامین شود :

$$R = \frac{V^2}{12.96a_g + 0.085d} \quad (۷-۳)$$

V : سرعت طرح برحسب کیلومتر بر ساعت

a_g : شتاب جانبی خشی نشده برحسب $\frac{m}{s^2}$ (جدول ۲-۳)

d : بر بلندی برحسب میلیمتر

دو قوس متوالی بایستی با یک قطعه خط مستقیم حداقل به طول $L = \frac{V}{2}$ و یا ۳۰ متر از هم جدا شود.

(A), (B) ۱۲۰~۲۰۰		(C) ۸۰~۱۲۰		(D) <۸۰		سرعت طرح (km/h)
حد اکثر	استاندارد	حد اکثر	استاندارد	حد اکثر (۲)	استاندارد (۱)	مقادیر
۱۵۰	۱۲۰	۱۶۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۲۰	d (mm) (خطوط پیوسته)
۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	ds (mm) (نقاط ویژه)
۱۲۰ ۰/۸۰	۱۰۰ ۰/۶۷	۱۰۰ ۰/۶۷	۸۰ ۰/۵۳	۸۰ ۰/۵۳	۶۰ ۰/۴۰	I (mm) a_q (m/s ^۲) (خطوط پیوسته)
۸۰ ۰/۵۳	۶۰ ۰/۴۰	۸۰ ۰/۵۳	۶۰ ۰/۴۰	۸۰ ۰/۵۳	۶۰ ۰/۴۰	I (mm) a_q (m/s ^۲) (نقاط ویژه)
۹۰	۷۰	۷۰	۵۰	۵۰	۳۰	E (mm)
۳۵	۲۸	۳۵	۲۸	۳۵	۲۸	$\left(\frac{dd}{dt}\right)$ (mm/s) (شیب بر بلندی با تغییرات ثابت)
۷۰	۲۵	۷۰	۲۵	۷۰	۲۵	$\left(\frac{dd}{dt}\right)$ (mm/s) (قوس پیوندی با تغییرات انحناء ثابت)

(۱) برای طراحی خطوط جدید و یا بازسازی خطوط موجود مقادیر استاندارد باید ملاک عمل قرار گیرد.

(۲) در برخی نقاط ویژه با داشتن توجه فنی و اقتصادی می توان این مقادیر را ملاک عمل قرار داد.

قوس‌های پیوندی

برای جلوگیری از نیروی ناگهانی گریز از مرکز ، قوسی که انحناء آن از صفر به تدریج به انحناء قوس

دایره افزایش می یابد استفاده می شود. برای اعمال دور از صفر تا مقدار مورد نیاز در دایره لازم است.

در کلیه خطوط راه آهن باید از قوس‌های پیوندی برای اتصال قطعات مستقیم به قوس‌های دایره‌ای و یا اتصال قوس‌های با شعاع‌های مختلف استفاده شود. قوس پیوندی باید به گونه‌ای باشد که خمیدگی (انحنا) آن مستقیماً به نسبت طول افزایش یابد. در قوس‌های بدون بریلندی خطوط غیراصلی کاربرد قوس پیوندی امکان گردش تدریجی لکوموتیو و واگن‌ها را فراهم ساخته و از واژگون شدن در اثر شتاب دورانی جلوگیری می‌نماید. در قوس‌های با بریلندی خطوط اصلی، کاربرد قوس پیوندی امکان تغییرات یکنواخت‌تر از ریل خارجی در طول قوس پیوندی و حرکت نرم قطار در هنگام گذر از قطعه مستقیم به داخل قوس را فراهم می‌سازد.

طول قوس پیوندی بستگی به سرعت و بریلندی قوس دارد. این طول باید همواره معادل طول تغییرات بریلندی باشد. از آنجا که طول قوس پیوندی در آینده تغییر داده نمی‌شود باید طول آن برحسب سرعت طرح تعیین شود.

در قوس‌های بدون بریلندی خطوط غیراصلی طول مطلوب قوس پیوندی برابر حداکثر مقدار ممکن با توجه به ملاحظات اقتصادی تعیین می‌شود. در خطوط اصلی طول مطلوب قوس پیوندی بیشترین مقادیر به دست آمده از روابط (۳-۱۰) و (۳-۱۱) است :

$$L = \frac{Vd}{100} \quad (۳-۱۰)$$

L : حداقل طول قوس پیوندی برحسب متر

$$L = 7.44d_a \quad (۳-۱۱)$$

d_a : بریلندی واقعی (منظور بریلندی که به طور عملی در خط وجود دارد) برحسب سانتیمتر

قوس پیوندی حلزونی (کلوتوئید)

طراحی و محاسبات قوس پیوندی حلزونی با استفاده از روابط زیر صورت می‌گیرد. این فرمولها براین اساس به دست آمده است که شعاع انحنای قوس پیوندی در هر نقطه (r)، با طول قوس در آن نقطه (L)، رابطه معکوس دارد و به عبارت دیگر حاصل ضرب آنها مقداری ثابت است، یعنی :

$$L.r = \text{مقدار ثابت} \quad (۱۳-۳)$$

معمولا مقدار ثابت طرف دوم با A^2 نشان داده می‌شود. بنابراین معادله عمومی قوس پیوندی حلزونی به شکل زیر خواهد بود :

$$A^2 = L.r \quad (۱۴-۳)$$

$$\theta_s = \frac{L_s}{2R_c}, \theta = \theta_s \left(\frac{L}{L_s} \right)^2 \quad (۱۵-۳)$$

$$x = \frac{L}{100} (100 - 0.3046\theta^2 \times 10 - 2) \quad (۱۶-۳)$$

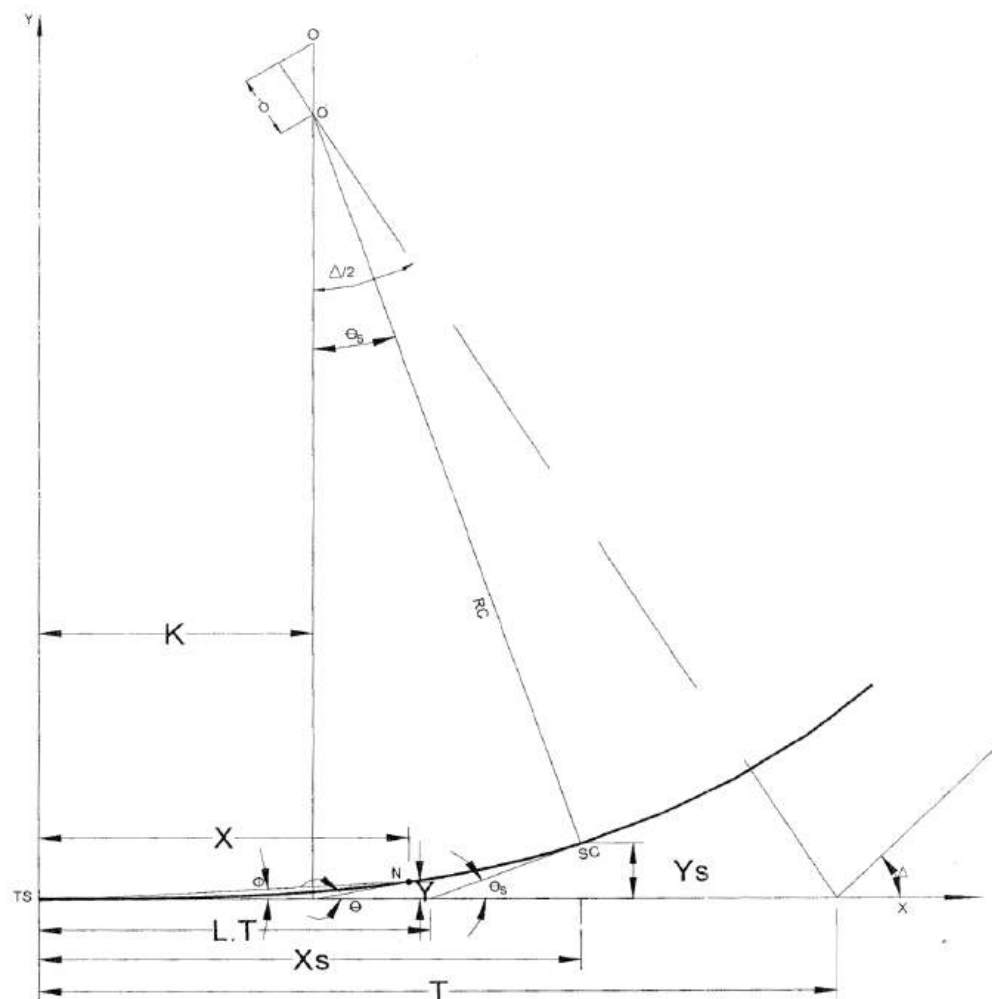
$$y = \frac{L}{100} (0.5818\theta - 0.1266\theta^2 \times 10 - 4) \quad (۱۷-۳)$$

$$K = X_s - R_c \sin \theta_s \quad (۱۸-۳)$$

$$\delta = Y_s - R_c (1 - \cos \theta_s) \quad (۱۹-۳)$$

$$E_s = (R_c + \delta) \sec \frac{\Delta}{2} - R_c \quad (۲۰-۳)$$

$$T_s = K + (R_c + \delta) \tan \frac{\Delta}{2} \quad (۲۱-۳)$$



شکل ۳-۳ مشخصات قوس کلوتونید

L : طول متغیر قوس پیوندی از نقطه شروع تا هر نقطه بر روی آن

L_s : طول کل حلزونی به دست آمده از بخش (۳-۳-۲)

θ : زاویه خط مماس نظیر طول L

θ_s : زاویه قوس پیوندی حلزونی نظیر طول L_s

ϕ : زاویه قطبی یک نقطه از حلزونی

Δ : زاویه انحراف مماسهای اصلی

Δ_c : زاویه مرکزی قوس دایره

δ : مقدار جابجایی قوس دایره برای اتصال به قوس پیوندی

K : فاصله نقطه TS از خط عمود بر محور x ها (گذرنده از نقطه O)

R_c : شعاع قوس دایره‌ای

T_s : طول کل خط مماس

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

x_s, y_s : مختصات آخرین نقطه قوس حلزونی

x, y : مختصات هر نقطه بر روی قوس پیوندی

اضافه عرض در قوس‌ها

در قوس‌های با شعاع کمتر از ۳۰۰۰ متر عرض زیرسازی و شانه بالاست باید در قسمت خارجی قوس مطابق جدول (۳-۳) تعریض گردد. این تعریض (e) می‌باید به صورت تدریجی و در طول قوس پیوندی و حداقل در طول ۳۰ تا ۶۰ متر انجام شود.

جدول ۳-۳ مقدار تعریض زیرسازی و شانه بالاست

$R(m)$	<1500	$1500-3000$	>3000
$e(cm)$	۵۰	۲۵	۰

جدول ۳-۴ مقدار تعریض عرض خط برای شعاع‌های مختلف

شعاع قوس $R(m)$	۱۲۵	۱۳۰-۱۴۹	۱۵۰-۱۹۹	۲۰۰-۲۴۹	>250
تعریض $W(mm)$	۲۰	۱۵	۱۰	۵	۰

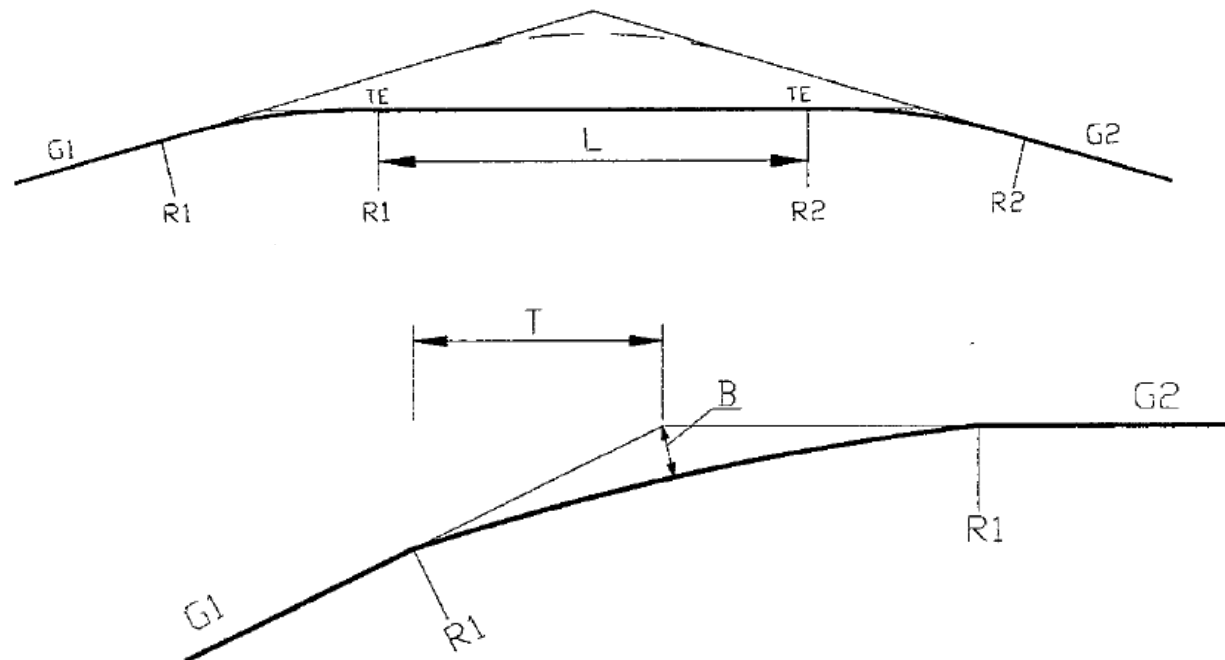
خم‌ها (قوسهای قائم)

شعاع خم‌ها طبق رابطه زیر به دست می‌آید :

$$R_v = 0.4V^2 \quad (۱-۴)$$

که در آن R_v شعاع خم به متر و V سرعت طرح برحسب کیلومتر بر ساعت می‌باشد.

شعاع خم‌ها نباید بیشتر از ۲۵۰۰۰ متر و کمتر از ۲۰۰۰ متر در نظر گرفته شود.



حداقل طول افقی خم با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد :

$$T = \frac{R_v \Delta i}{2000} \quad (۲-۴)$$

T : نصف طول افقی خم برحسب متر

Δi : اختلاف جبری دو شیب دنبال هم برحسب در هزار

R_v : شعاع خم برحسب متر

$$B = \frac{T^2}{2R_v}$$

طول نیمساز خم (B) (شکل ۳-۴) با رابطه زیر محاسبه می‌گردد :

در صورتی که طول نیمساز قائم کوچکتر از ۱ سانتیمتر باشد و یا اختلاف دو شیب دنبال هم کمتر از ۲ در هزار باشد می‌توان از پیش‌بینی خم صرف‌نظر نمود.

طبقه‌بندی خطوط

جدول ۱-۲ طبقه‌بندی خطوط راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران

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

عرض خط

عرض خط عبارت است از کوچکترین فاصله بین سطوح داخلی قارچ دو رشته ریل که آنرا با L نشان می دهند.



در اروپا ۸۶ درصد خطوط راه آهن استاندارد و ۱۴ درصد آن با عرض های مختلف است.
در آسیا ۵۰ درصد خطوط راه آهن استاندارد و ۵۰ درصد آن با عرض های مختلف است.
در آفریقا ۶۱ درصد خطوط راه آهن باریک و ۳۹ درصد آن با عرض های مختلف است.
در آمریکای شمالی ۹۹/۵ درصد خطوط راه آهن استاندارد و ۰/۵ درصد آن با عرض های مختلف است.
در آمریکای مرکزی و جنوبی ۴۸/۵ درصد خطوط راه آهن باریک و ۵۱/۵ درصد آن با عرض های مختلف است.

مقایسه خطوط با عرض های مختلف:

انتخاب عرض خط بستگی به مقدار حمل و نقل و وضع طبیعی زمین دارد.

در مناطق کوهستانی احداث خط استاندارد و یا خط پهن پرمهرینه بوده و گران تمام می شود. زیرا این خطوط نمی توانند زیاد از شکل طبیعی زمین پیروی کنند و برای ساختن آنها به ناچار باید به احداث تونل ها، دیوارهای حائل و ضامن طویل، ضخیم و مرتفع و همچنین پل های بزرگ مبادرت ورزید. شعاع قوس خط نیز نمی تواند از حد معینی کمتر باشد.

بنابراین در چنین مواردی خطوط باریک از شکل طبیعی زمین بهتر پیروی کرده و حجم عملیات خاکی را کاهش می دهد.

خطوط پهن نیز دارای مزایای زیر است:

۱. لکوموتیوها پهن تر بوده و در نتیجه دارای قدرت بیشتری هستند.
۲. ظرفیت واگن ها بیشتر شده و حمل اتومبیل و قطعات حجیم را ممکن می سازد.
۳. سرعت روی آن ها بیشتر است.

شیب طولی و محدوده تغییرات آن

شیب خطوط راه آهن در صورت امکان طوری در نظر گرفته شود که هزینه احداث مسیر به حداقل ممکن برسد. بهتر است طراحی با شیب زیر شش در هزار (۶‰) انجام پذیرد. در مناطق تپه ماهوری و برخی مناطق کوهستانی بر حسب عوارض طبیعی، بهتر است حداکثر شیب دوازده و نیم در هزار (۱۲/۵‰) منظور گردد. در مناطق کوهستانی و شرایط بسیار سخت با داشتن توجیه اقتصادی می توان از حداکثر شیب بیست و پنج در هزار (۲۵‰) استفاده نمود.

جدول ۴-۱ حداکثر شیب خطوط راه آهن بر حسب طبقه آن

طبقه	حداکثر شیب (در هزار)
B_1, A_1	۱۰
B_3, B_2, A_3, A_2 D_2, D_1, C_2, C_1	۱۲/۵
D_3, C_3, B_4, A_4	۱۵
D_4, C_4	۲۰

نیمرخهای عرضی و اجزای آن

نیمرخهای عرضی اصلی را قبل از ساخت راه‌آهن، با توجه به قواره‌های ساختمانی و بار و مشخصات طرح تهیه می‌کنند و در اصطلاح به آنها نیمرخهای عرضی تیپ راه‌آهن می‌گویند. نیمرخهای عرضی بسته به موقعیت قرار گرفتن در مسیر (مستقیم یا قوس) متفاوت است. نیمرخ عرضی نشان دهنده ابعاد، شانه‌ها، شیب شیروانی خاکبرداری یا خاکریزی و جایگاه آبروهای جانبی است.

قواره‌های راه‌آهن

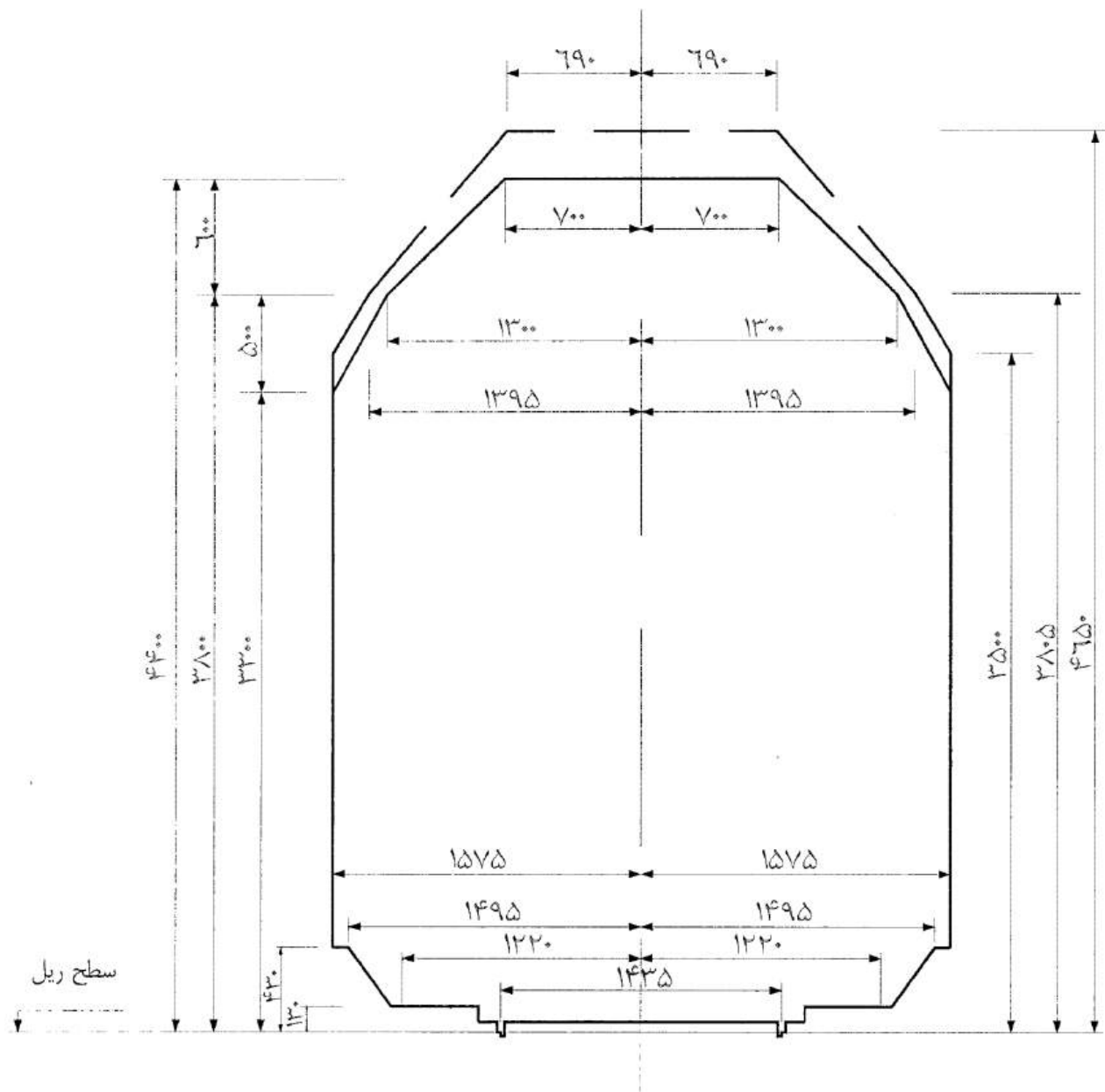
در دو طرف محور خط راه‌آهن فضای بازی برای امنیت عبور قطار در نظر می‌گیرند که به آن قواره و یا حد فضای آزاد گویند. در راه‌آهن دو نوع قواره وجود دارد :

– قواره بار

– قواره ساختمان

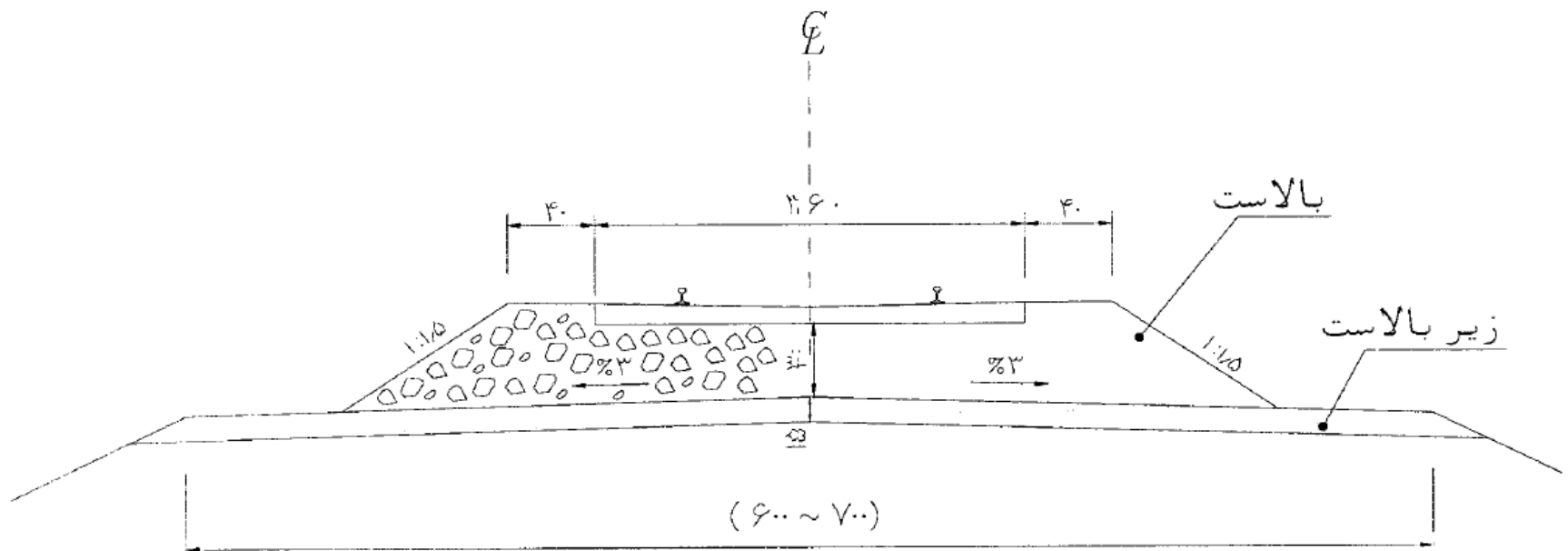
حد مقطع عرضی عمود بر محور خط که اجزای ساختمانها نباید به داخل آن تجاوز کند، قواره ساختمان نامیده می‌شود.

حد مقطع عرضی عمود بر محور خط که اجزای ناوگان نباید از داخل آن به بیرون تجاوز نماید، قواره بار نامیده می‌شود.

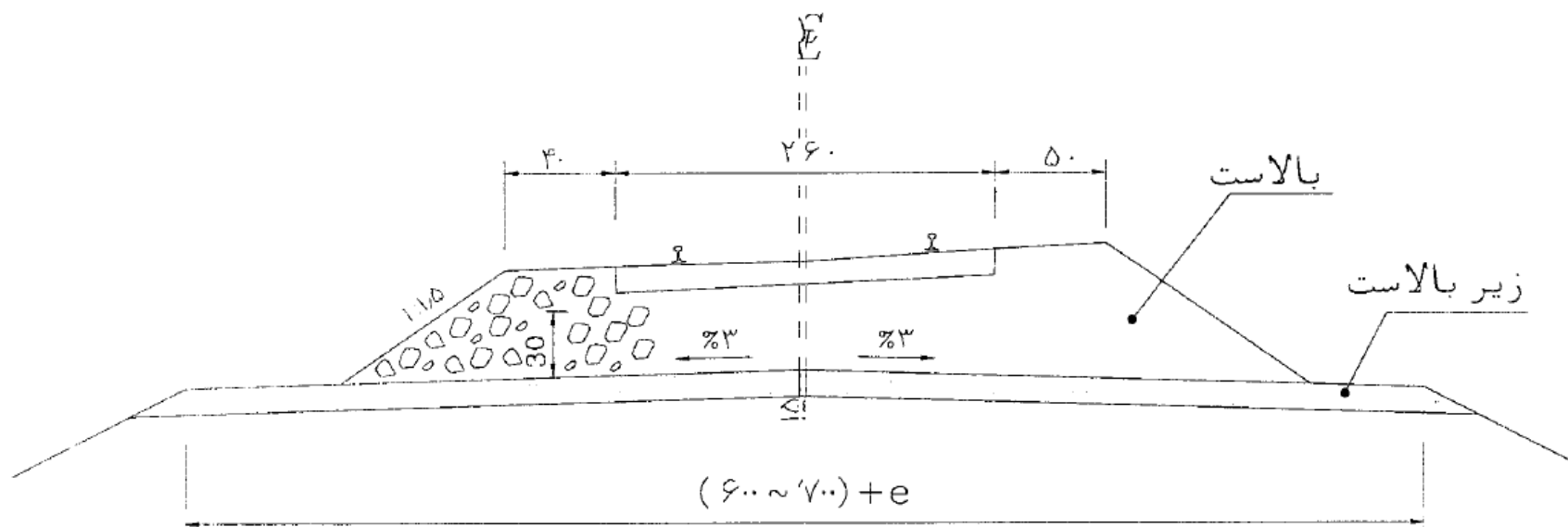


شکل ۵-۱- قواره راه آهن یا حد فضای آزاد بار (کلیه ابعاد بر حسب میلیمتر)

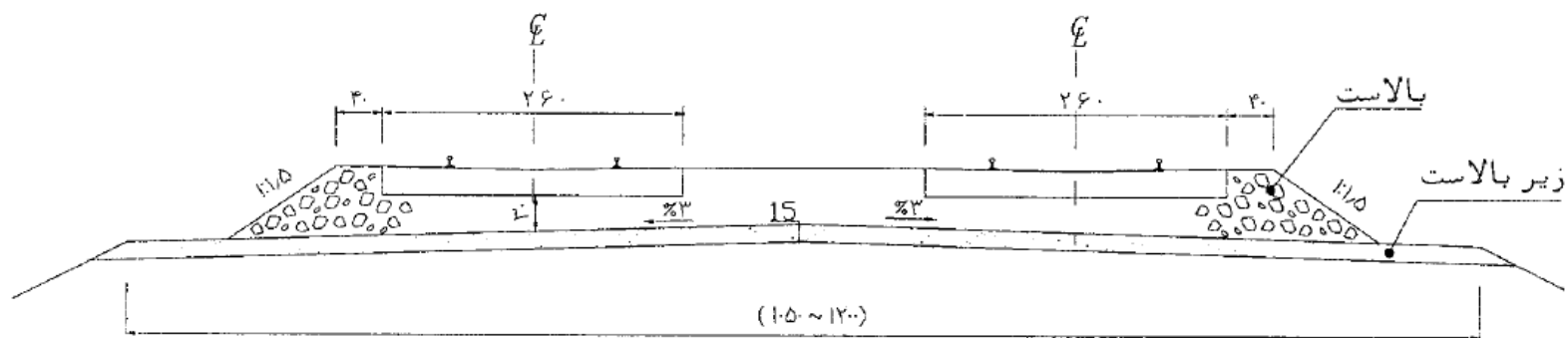
نیمرخ عرضی راه آهن یک خطه



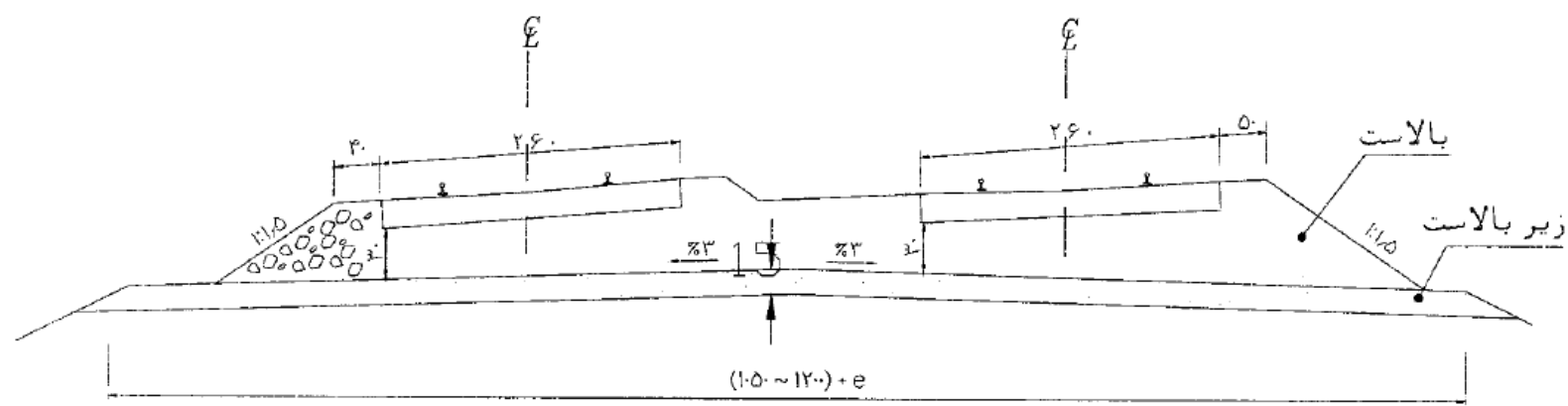
شکل ۳-۵ نیمرخ عرضی راه آهن یک خط در مسیر مستقیم



شکل ۴-۵ نیم‌رخ عرضی، راه آهن یک خط در قوس



شکل ۵-۵- نیم‌رخ عرضی راه آهن دو خطه در مسیر مستقیم



شکل ۵-۶- نیم‌رخ عرضی راه آهن دو خطه در قوس

فاصله بین دو خط

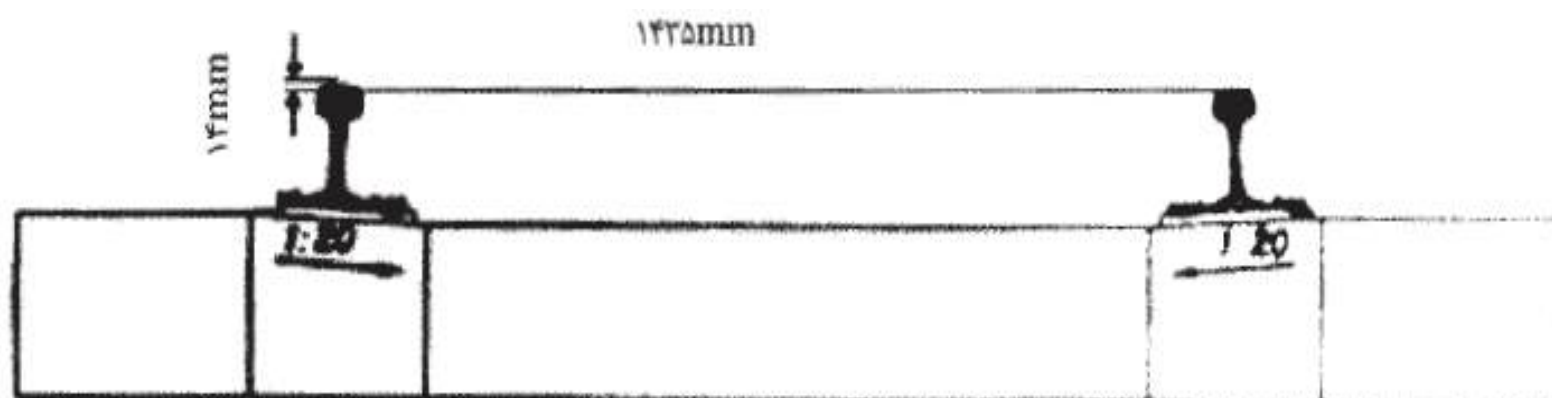
در مسیرهای دو خطه فاصله ای بین دو خط منظور می شود که این فاصله بستگی به عرض واگن ها (۳ متر یا ۳/۱۵ متر) دارد و کف واگن ها از طرفین به اندازه ۷۵ تا ۸۲/۵ سانتی متر از محور طولی هر ریل به خارج خط تجاوز می کند.

برای خطوط مانوری و در ایستگاه ها فاصله بین دو خط باید به اندازه ای باشد که مامورین قطار بدون خطر انجام وظیفه کنند. از این رو فاصله مجاز را ۳/۵ متر در نظر می گیرند.

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 اتصال پابندها تعبیه کرد.



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

گاباري (Gabarit)

گاباري بعنوان حداقل فاصله مرزي خارجي مورد نیاز که باید اطراف وسیله نقلیه ریلی خالی باشد، تعریف می گردد. گاباري به صورت زیر متمایز می شود :

الف - گاباري استاتیکی : عبارت است از حداقل حاشیه خارجي مورد نیاز اطراف قطار که در هنگام توقف باید خالی باشد

ب - گاباري دینامیکی : عبارت است از حداقل حاشیه خارجي مورد نیاز در اطراف قطار که در هنگام حرکت باید خالی بماند محدوده ای که فاصله آزاد مورد نیاز را در حالت گاباري دینامیکی مشخص می کند ، عرض سازه مینامند.

ج - گاباري سینماتیکی : عبارت است از فضائی که وسیله نقلیه ریلی با در نظر گرفتن کلیه عوامل خطی (افتادگی ، دیلم و...) و عوامل ناوگان (نوع واگن ، وضعیت ادوات واگن ، بوژی و فنرها و...) به هنگام حرکت در محورهای مختلف اشغال مینماید. اساساً گاباري بدو پارامتر زیر بستگی دارد :

- عرض وسیله نقلیه ریلی

- فاصله محور تا محور دو خط

دستگاه خطوط

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.

انواع دستگاه خطوط

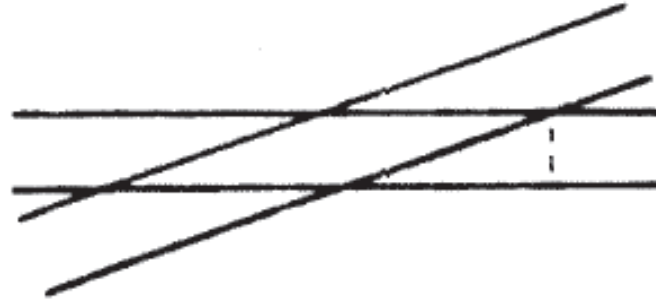
دستگاه خطوط به سه گروه اصلی تقسیم می‌شوند:

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



شکل ۷-۱ 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

اجزاء دستگاه خطوط

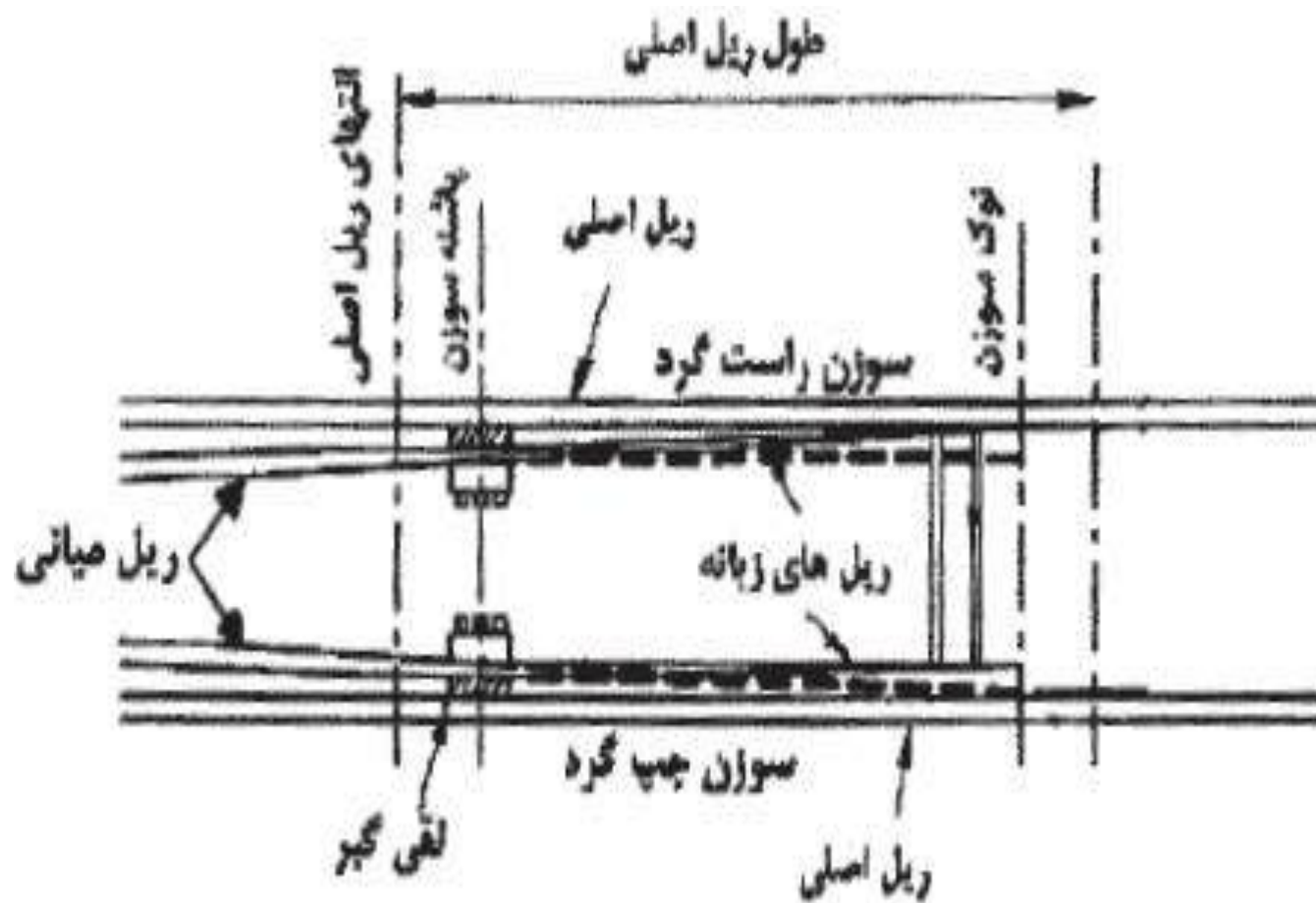
دستگاه خطوط از دو قسمت اصلی تشکیل می‌شود. این اجزاء عبارتند از:

- سوزن و متعلقات آن
- تکه مرکزی و متعلقات آن

۱- سوزن

۱-۱- اجزاء سوزن

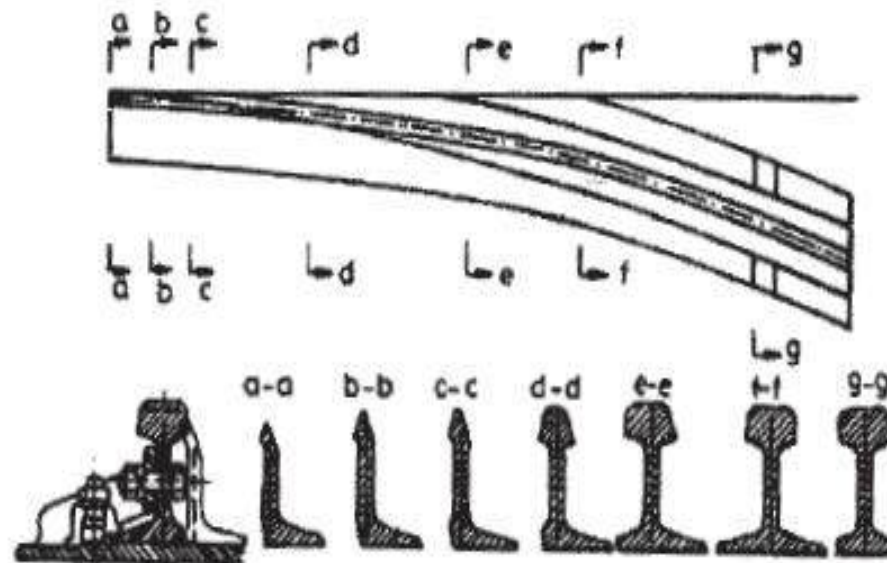
سوزن‌ها بخش‌های متحرک دستگاه خطوط هستند. مطابق شکل (۷-۴)، سوزن شامل ریل اصلی، ریل زبانه و ریل میانی است. یک مجموعه از سوزن‌ها، شامل یک سوزن چپ گرد و یک سوزن راست گرد است. ریل‌های زبانه با حرکت خود، مسیر حرکت را تغییر داده و براساس موقعیت خود به وسیله نقلیه ریلی اجازه حرکت در خط اصلی و یا خط دیگر را می‌دهند. 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.



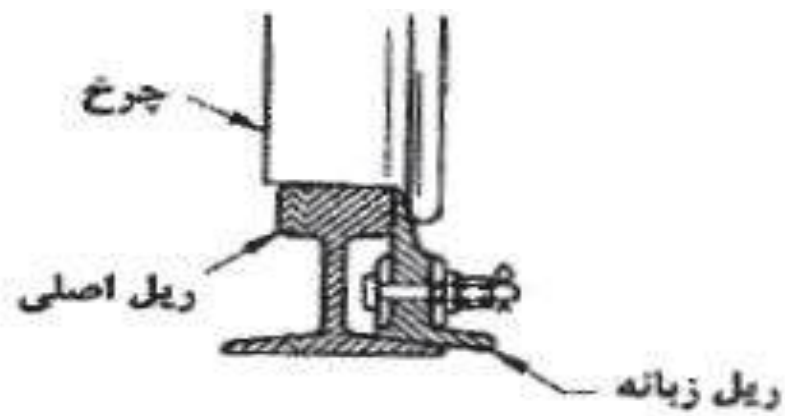
شکل ۷-۴ اجزاء سوزن

۲-۱- تغییر مقطع ریل‌های سوزن

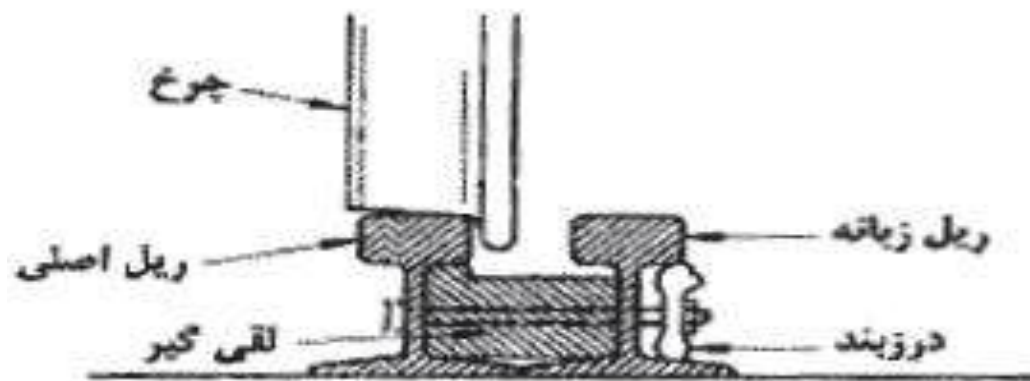
برای تغییر مسیر در یک سوزن، ریل‌های اصلی و زبانه باید بخوبی در راس سوزن جفت شوند، بطوریکه چرخ بتواند از ریل اصلی به ریل زبانه منتقل شود. برای انجام این کار، مقطع ریل اصلی در طول سوزن بایستی ثابت مانده و مقطع ریل زبانه از راس تا انتهای سوزن تغییر کند. تغییر شکل مقطع ریل‌های سوزن در شکل (۵-۷) و مقطع ریل‌های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

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.

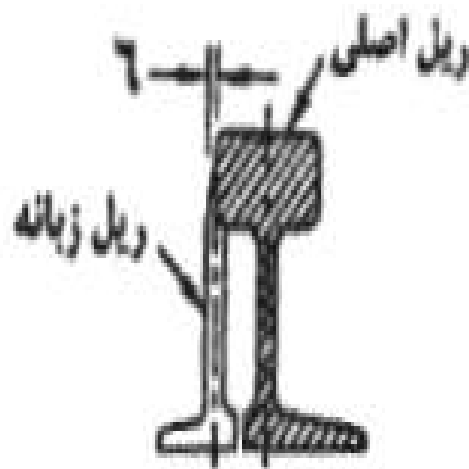
۲- سوزن‌های با پاشنه گیردار:

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:

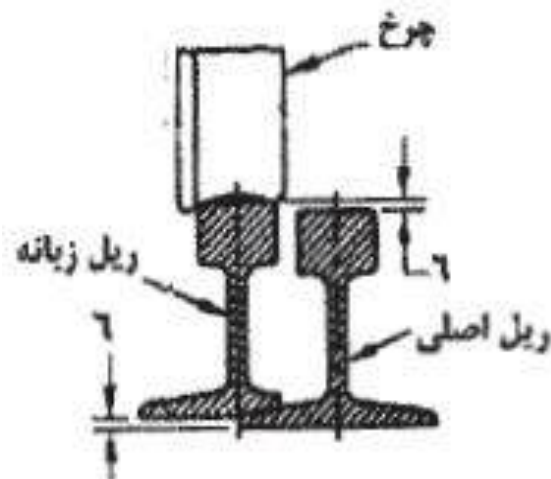
در این سوزن‌ها مطابق شکل (۷-۸) بخشی از پایه ریل اصلی بریده شده و ریل زبانه در همان ارتفاع در کنار ریل اصلی قرار می‌گیرد. عیب این سوزن‌ها، کاهش مقاومت بواسطه برش قسمتی از ریل اصلی است. این سوزن‌ها برای عرض خط باریک توصیه می‌شوند.



شکل ۷-۸ سوزن‌های برش خورده

۲. سوزن‌های سوار شده :

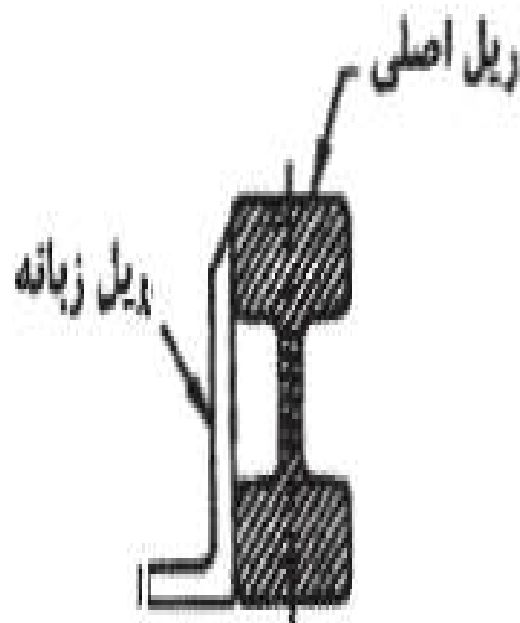
در این سوزن‌ها مطابق شکل (۷-۹)، ریل اصلی بدون برش باقی مانده و ریل زبانه برروی ریل اصلی سوار می‌شود. به طوریکه اختلاف ارتفاع ۶ میلیمتر نسبت به یکدیگر پیدا می‌کنند. در این سوزن‌ها، استفاده از درزبند برای اتصال پاشنه ریل‌ها ضروری است. در این سوزن‌ها ریل زبانه بخوبی برروی ریل اصلی پشتیبانی شده و امکان اشتباه 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 زبانه به صورت مستقیم بریده شده که منتج به افزایش ضخامت در ریل زبانه و در نتیجه افزایش مقاومت خواهد شد. این سوزن‌ها برای خطوط با عرض زیاد توصیه می‌شوند.



شکل ۷-۱۰ سوزنهای برش مستقیم

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.

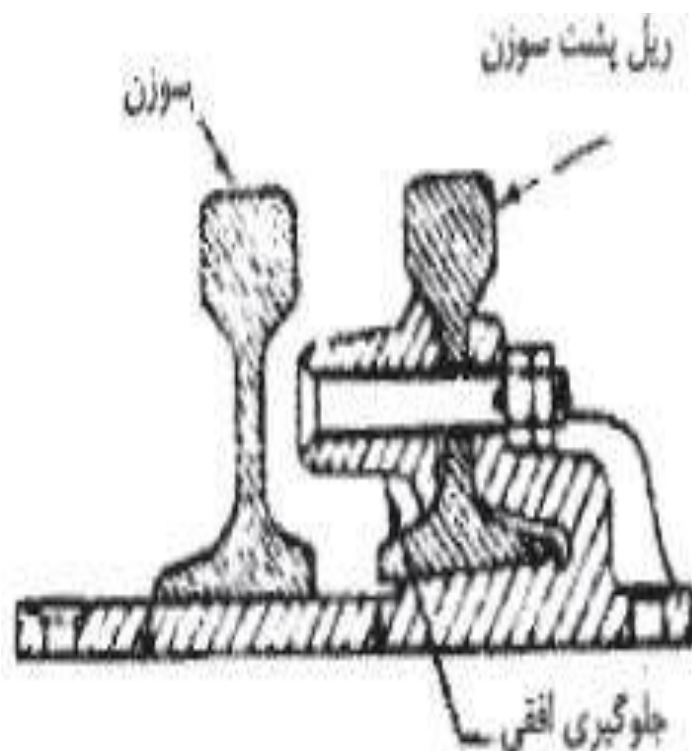
یک سوزن می‌تواند بصورت دستی و با اهرم یا اتوماتیک عمل کند. اهرم‌ها یا روی میله اتصال سوزنها و یا روی هر یک از سوزنها به طور مستقل می‌توانند عمل کنند. این سوزنها بایستی توسط سوزن‌بان تغییر وضعیت داده و بوسیله وزنه‌ای سنگین در وضعیت خود نگه داشته شوند. عملکرد سوزنهای اتوماتیک به وسیله فعال کننده‌های الکتریکی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

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 جلوگیری‌های افقی مانع تغییر شکل ریل سوزن تحت تاثیر نیروهای وارده می‌شوند. نصب این جلوگیری‌ها روی جان ریل پشت سوزن، به وسیله پیچ‌هایی که در عین حال این ریل را روی بالشچه نصب می‌کنند، صورت می‌گیرد.

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.



شکل ۷-۱۱ بالشچه لغزش

ضوابط اجرای روسازی

۵-۱- مقدمه

کنترل عملیات اجرایی یکی از پارامترهای مهم و تاثیر گذار در دستیابی به کیفیت مناسب خط ریلی است. این موضوع به ویژه در بخش روسازی که یکی از مهمترین بخش های مربوط به خطوط مخصوص قطارهای سریع السیر را به خود اختصاص می دهد، اهمیت بالایی دارد. در این قسمت به انتخاب روش اجرای روسازی برای احداث خطوط مخصوص قطارهای سریع پرداخته شده است. در ادامه ابتدا روشهای متداول در اجرای خطوط راه آهن معرفی و سپس با توجه به قابلیتها و توانایی های کشور، روش های مناسب بررسی گردیده است. در انتها نیز ضوابط مربوط به احداث و نظارت بر اجرای خطوط ارائه شده است.

۵-۲- روشهای اجرای روسازی راه آهن

روشهای اجرای روسازی که توسط شرکتهای راه آهن و بخصوص پیمانکاران این امر در دنیا مورد استفاده قرار می گیرد، از تنوع نسبتاً زیادی برخوردار است. اما در یک تقسیم بندی کلی، روشهای احداث را به دو گروه ریل گذاری پیوسته و ریل گذاری منقطع تقسیم بندی می کنند. البته با توجه به روش نصب تراورسها نیز می توان روش اجرای عملیات را طبقه بندی نمود که این خود متأثر از روش ریل گذاری است.

۵-۲-۱- ریل گذاری منقطع

در این روش با توجه به محدودیتهایی که در طول ریلهای تولید شده وجود دارد، برای نصب و ریل گذاری، از خطوط بسته (کوپلاژ) با طول محدود استفاده می شود. طول خطوط بسته وابسته به طول ریلهای تولید شده است. در کشورهای مختلف برای این روش معمولاً ریلهای تولید شده بین ۱۲/۵ تا ۳۶ متر طول دارند. طول ریلهای اجرا شده در کشور برای خطوط بالاستی معمولی ۱۸ متر بوده که تماماً از خارج از کشور خریداری می شوند و کلیه ماشین آلات نصب و امکانات موجود برای این طول تطبیق داده شده است. این در حالی است که حداقل طول ریل برای ریلگذاری خطوط مخصوص قطارهای سریع نباید از ۲۵ متر کمتر باشد.

۵-۲-۲- ریل گذاری پیوسته

این روش می تواند برای بکارگیری ریلهای پیوسته با طول زیاد (از ۵۴ تا ۳۵۰ متر) مورد استفاده قرار بگیرد. در این روش ریلهای طویل با طول حداقل ۵۴ متر در کارخانه تولید ریل یا با جوش دادن ریلها در کارخانه با رعایت تمامی ضوابط کنترل مربوط به جوش تهیه می شوند.

۵-۴-۱- بالاستریزی قشر اول

توزیع بالاست باید در محور خط و با توجه به میخهای محور صورت گیرد. بالاستریزی باید توسط فینیشر و به صورت یکنواخت صورت گیرد. هر گونه استفاده از گریدر جهت توزیع ثانویه بالاست و یا در محور آوردن آن، در صورتی که باعث کاهش ضخامت بالاست شود، ممنوع خواهد بود.

عرض بالاست با توجه به مقطع عرضی روسازی تعیین خواهد شد. ضخامت این لایه به گونه‌ای خواهد بود که پس از قرارگیری خط روی آن، حداکثر ۱۵ سانتی‌متر از تراز نهایی پایین‌تر باشد. (برای مثال اگر چنانچه باید ضخامت کل بالاست در زیر تراورس، ۳۰ سانتی‌متر باشد، ضخامت این لایه، حداقل ۱۵ سانتی‌متر خواهد بود). انجام عملیات غلتک زنی توسط غلتک‌های مخصوص برای متراکم کردن این لایه الزامی است.

۵-۴-۲- نقشه برداری

با توجه به روش نصب خط، لازم است قبل از شروع عملیات، نقشه برداری و میخ کوبی کناره مسیر صورت گیرد. فاصله طولی میخها حداکثر ۱۵ متر بوده و فاصله آنها از میخ محور، بر اساس روش نصب خط تعیین خواهد شد. فاصله متداول ۲/۵ متر از محور خط می باشد. قبل از شروع عملیات نصب خط، میخهای فوق توسط مهندس ناظر کنترل خواهد شد.

۵-۴-۳- نصب خط

در اجرا به صورت منقطع (کوپلاژ گذاری)، لازم است درزها توسط وصله و پیچهای استاندارد بسته شوند. ضمناً رعایت مسایل درزبندی تا قبل از شروع عملیات جوشکاری ضروری می باشد (جدول (۵-۱)).

جدول ۵-۱- میزان درز هنگام ریلگذاری (میلیمتر)

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

۵-۴-۴- نصب سوزن

سوزن طبق نقشه ایستگاه سفارش داده شده و پس از ساخته شدن، به صورت قطعات مجزا به محل نصب حمل می‌شود. پیش از نصب سوزن لازم است زیرسازی انجام شده در محل ایستگاه با نقشه ایستگاه کنترل گردد تا مغایرتی در این زمینه وجود نداشته باشد. نصب سوزن از زبانه شروع می‌شود. ابتدا پانل زبانه در محل درز اتصالی و در محور خط اصلی، طوری روی زمین گذاشته می‌شود که نقطه تقاطع در محل میخکوبی شده، قرار گیرد. سپس درز گونیا شده و با توجه به مسایل درزبندی میزان آن تعیین شده و اعمال می‌گردد. پس از بستن اتصالیهای ریل، سایر قسمتهای سوزن در محل خود نصب می‌شوند. انتهای سوزن باید با درز مناسب به خطوط انشعابی وصل گردیده و اتصالیهای ریل، بسته شوند.

هنگام نصب سوزن رعایت موارد زیر الزامی است:

الف- محل نصب سوزن باید مستقیم و مسطح باشد.

ب- در سمت قوسی سوزن، نباید هیچگونه دور یا اضافه ارتفاعی اعمال شود.

ج- عرض خط طبق نقشه کنترل شود.

د- فاصله تراورسها مطابق نقشه کنترل شود.

ه- میله مانور و سایر متعلقات سوزن به طور کامل و دقیق نصب شوند.

و- یک کویلاژ قبل و بعد از سوزن، از تراورسهای چوبی استفاده شود.

اگر چنانچه سوزن حمل شده به کارگاه با مشخصات آن که در نقشه ایستگاه آمده است، مطابقت نداشته باشد، ناظر نباید اجازه

نصب آن را بدهد.

۵-۴-۵- بالاستریزی و رلواژ (بالآوری)

پس از اتمام عملیات نصب خط، لازم است بلافاصله اقدام به بالاستریزی قسمت نصب شده نمود. میزان بالاستریزی در هر مرحله، با توجه به کل بالاست، حجم واگنهای حمل بالاست و تعداد واگنهای هر قطار، تعیین می‌شود. سهم بالاستی که در هر مرحله باید ریخته شود، پیش از شروع عملیات باید توسط پیمانکار تعیین و به تأیید دستگاه نظارت رسیده باشد.

پس از عملیات بالاستریزی، ماشین رگلاتور، بالاست را توزیع می‌کند و سپس عملیات تراز کردن خط توسط ماشین زیرکوب انجام می‌شود. این عملیات شامل زیرکوبی و تنظیم تراز قائم و افقی خط می‌باشد. مقدار مجاز بلند کردن خط و جابجایی عرضی آن، بستگی به توانایی ماشین زیرکوب دارد. مقدار مجاز برای بلند کردن خط، حداکثر ۸۰ میلی‌متر و برای جابجایی عرضی، حداکثر ۵۰ میلی‌متر، می‌باشد. هر تراورس باید دو مرتبه زیرکوبی شود.

پس از انجام عملیات فوق بنا به نظر دستگاه نظارت، و مراحل پیش بینی شده در روش اجرا از ماشین پایدارساز جهت تثبیت خط استفاده خواهد شد. سرعت حرکت ماشین پایدارساز توسط دستگاه نظارت تعیین خواهد شد.

۵-۴-۶- بررسیهای قبل از انجام جوش

انجام عملیات جوشکاری طولی توسط جوشکاری الکتریکی و سپس انجام عملیات پیوسته کردن، توسط ماشین جوشکاری الکتریکی با رعایت موارد فنی لازم از قبیل حرارت‌دهی و رعایت t_m (درجه حرارت تعادل) مورد نظر می‌بایست انجام گیرد. در موارد خاص می‌توان از جوشکاری ترمیت با کنترل دقیق ناظر مقیم استفاده شود. لازم است که پیمانکار از افراد متخصص و مجرب برای انجام عملیات جوشکاری استفاده کند و مسئولیت تیم جوشکاری با فردی باشد که حداقل دارای مدرک کارشناسی بوده و مدارک و سابقه کاری وی قبل از شروع عملیات به اطلاع دستگاه نظارت رسانده شده باشد. مبتدیان قبل از شروع به کار، باید حداقل ۳۰۰ جوش را به عنوان دستیار، جوشکاری کنند تا کاملاً به اصول جوشکاری آشنایی پیدا کنند. هر ۱/۵ سال یکبار، جوشکاران باید تحت آزمایش جوشکاری قرار گیرند تا کیفیت کار آنها ارزیابی شود. این آزمایش می‌تواند بدون اطلاع جوشکار و در حین کار روزانه او انجام شود.

لازم است که کلیه ادوات استفاده شده برای انجام عملیات جوشکاری سالم بوده و صحت عملکرد آنها توسط پیمانکار کنترل شده و قبل از شروع عملیات جوشکاری صحت آنها مورد تأیید دستگاه نظارت قرار گیرد. پیمانکار نباید از ابزاری که عملکرد آنها با مشکل همراه است، استفاده کند. همچنین وسائل و ماشین آلات مورد نیاز باید از نظر تعداد برای انجام عملیات جوشکاری، طبق برنامه‌ریزی انجام شده کافی باشند.

ضوابط نگهداری خط آهن

به مجموعه فعالیتهایی که جهت حفظ وضعیت و کیفیت بهره دهی خط در محدوده استانداردها و به منظور تامین ایمنی و راحتی تردد وسایط نقلیه ریلی صورت می گیرد، عملیات نگهداری خط اطلاق می شود. این موضوع بویژه در بهره برداری از خطوط مخصوص قطارهای سریع السیر، از اهمیت بسیار بالاتری برخوردار است. هدف از نگهداری و تعمیر، حفظ قابلیت عملکردی و کارایی خط در سطح مورد انتظار با در نظر گرفتن ایمنی و راحتی و همچنین جوانب اقتصادی است. بنابراین هر گونه توسعه در مدیریت نگهداری خط و هر تکنولوژی که با فعالیتهای نگهداری و تعمیر سر و کار داشته باشد، تاثیر مثبتی در حصول درآمدها دارد. بطوریکه علاوه بر صرفه جویی مستقیم روی نگهداری و سرمایه، صرفه جویی غیر مستقیم ناشی از افزایش ظرفیت و تاخیرات کمتر را نتیجه داده و سوددهی راه آهن را افزایش می دهد.

۶-۲- شاخص کیفیت خط

شاخص کیفیت یک کمیت عددی است که بیانگر وضعیت اجزای خط یا مجموعه خط است. این شاخص با استفاده از روابط خاص دربرگیرنده شرایط خط تعیین می‌شود. شاخص کیفیت خط از دو بخش شاخص کیفیت مصالح و اجزای خط و نیز شاخص کیفیت هندسه خط تشکیل شده است که میزان وزن دهی به آنها در تعیین شاخص کیفیت خط بسته به هدف از تدوین شاخص، قدمت خط و نحوه بهره برداری از آن می‌تواند تغییر کند. با اینحال آنچه مسلم است، کیفیت هندسی خط بعلاوه نتایج وضعیت اجزای خط در آن موثر بوده و نیز باعث بروز سانحه و خروج از خط می‌شود، می‌تواند از لحاظ وزن دهی در مقایسه با شاخص اجزای خط قابل توجه باشد.

۶-۲-۱- مقدار بحرانی شاخص کیفیت

مقدار عددی شاخص کیفیت که مبنای عملیات نگهداری قرار می‌گیرد، مقدار بحرانی شاخص کیفیت است. این مقدار براساس سطح سرویس خط و همچنین در نظر گرفتن ایمنی مسیر و منظور کردن شرایط اقتصادی تعیین می‌شود.

۶-۲-۲- شاخص کیفیت اجزای خط

بطور کلی سازه خط به دو بخش اصلی روسازی و زیرسازی تقسیم می‌شود. اجزاء این بخش‌ها عبارتند از: روسازی شامل ریل، پابند و اتصالات، تراورس، بالاست و زیرسازی شامل زیربلاست و ساب‌گرید (بستر). همچنین در سوزنها اجزای دیگری شامل ریل‌های سوزن یا ریل‌های زبانه، ریل‌های هادی و تکه مرکزی وجود دارد.

بمنظور کاهش تعداد زیاد خرابی‌های محتمل در بازرسی شبکه خطوط سریع‌السیر از تعریف تعداد زیاد خرابی گروه اجزاء خط پرهیز شده و خرابی‌هایی که تاثیر قابل توجهی در خط دارند، در نظر گرفته شده است. این تعاریف باید برای سهولت و سرعت در بازدید به راحتی قابل تشخیص باشند. تعریف خرابی شامل دو قسمت انواع خرابی و درجه شدت خرابی می‌باشد که در جدول (۶-۱) آمده است.

جدول ۶-۱- سطوح شدت خرابیها

درجه شدت	تعریف
کم (L)	خرابی های کم که روی فعالیت قطار تاثیر نمی گذارند.
متوسط (M)	خرابی ها می توانند در فعالیت قطارها محدودیت ایجاد کنند.
زیاد (H)	خرابیها معمولاً موجب محدودیت سرعت در قطارها می شوند.
خیلی زیاد (VH)	خرابیهای که باعث مسدودی خط می گردد.

همچنین اجزای خط به سه گروه اصلی ریل، تراورس و بالاست تقسیم می شوند که در گروه ریل خرابیهای مربوط به صفحات اتصالی، ریل، پابند و صفحه زیر ریل، در گروه تراورس کلیه خرابیهای مربوط به تراورس و بالاخره در گروه بالاست خرابیهای مربوط به بالاست شامل بالاست کثیف، رویش گیاهان، بالا آمدن گل، کافی نبودن بالاست، زهکشی نامناسب کناره خط و جریان نامناسب آب در سازه زهکش قرار دارد. در پیوست (ب) نمونه ای از شاخص کیفیت اجزای خط آورده شده است.

۶-۲-۱- شاخص کیفیت ریل

شاخص کیفیت ریل بر مبنای عیوب ظاهری و داخلی موجود در آن تعیین می‌گردد. همچنین تعیین عمر ریل بر مبنای خستگی آن نیز یکی از پارامترهای تعیین شاخص است. شاخص عمر ریل عمدتاً بر مبنای توابع تحلیلی که در مراجع معتبر ذکر شده است، تعیین می‌شود. یکی از پارامترهای مهم که به عنوان شاخص، برای ریل توصیه می‌شود سایش ریل است. سایش ریل در دو جهت قائم و افقی مبنای تعیین وضعیت آن خواهد بود. مقدار مجاز سایش قائم برای خطوط مخصوص قطارهای سریع ۴ میلیمتر و سایش افقی ۲ میلیمتر است. البته حاصل جمع سایش قائم و افقی نباید بیشتر از ۵ میلیمتر باشد.

۶-۲-۲- شاخص کیفیت تراورس

شاخص کیفیت تراورس بر مبنای بازدیدهای چشمی و با توجه به قضاوت مهندس تعیین خواهد شد. این شاخص بر مبنای خرابی‌های نتیجه شده ناشی از مصالح بتن به علت استفاده از تراورسهای بتنی در اغلب موارد تعیین می‌شود.

۶-۲-۳- شاخص کیفیت بالاست

پارامتر مهم و مؤثر در کیفیت بالاست، آلودگی‌های موجود در مصالح بالاست است. با افزایش بیش از حد ریزدانه در بالاست خاصیت ارتجاعی لایه بالاست به شدت کاهش یافته و ناهمگونی در سختی خط در طول مسیر تأثیر دینامیکی نامطلوبی در بر دارد. لذا کنترل مقدار ریز دانه‌های بالاست از اهمیت زیادی برخوردار است. مقدار ریزدانه در بالاست را می‌توان با شاخص کثیفی یا درصد عبوری از الک شماره چهار اندازه‌گیری کرد. شاخص کثیفی مجموع درصد عبوری از الک شماره چهار و الک شماره دویست است. برای خطوط سریع توصیه می‌شود که حداکثر درصد عبوری از الک شماره چهار به ۳۰ درصد محدود شود.

۶-۲-۳- شاخص کیفیت هندسی

مشخصات هندسی خط یکی از پارامترهای مهم و تأثیرگذار در نگهداری خطوط مخصوص قطارهای سریع السیر است. مشخصات هندسی خط عبارتند از انحراف افقی ریل چپ و راست، انحراف قائم ریل چپ و راست، عرض خط، شیب عرضی و پیچش، این پارامترها باید با استفاده از ماشین اندازه‌گیری تمام خودکار برداشت و ثبت شوند. پس از ثبت مشخصات فوق شاخص آماری انحراف از معیار، مبنای تحلیل قرار خواهد گرفت. این شاخص برای طولهای یک کیلومتری از مسیر محاسبه شده و با مقادیر جدول (۶-۲) مقایسه می‌شود.

جدول ۶-۲- مقادیر مجاز انحراف معیار مشخصات هندسی

انحراف افقی (میلیمتر)	انحراف قائم (میلیمتر)	انحراف معیار
۲	۳	

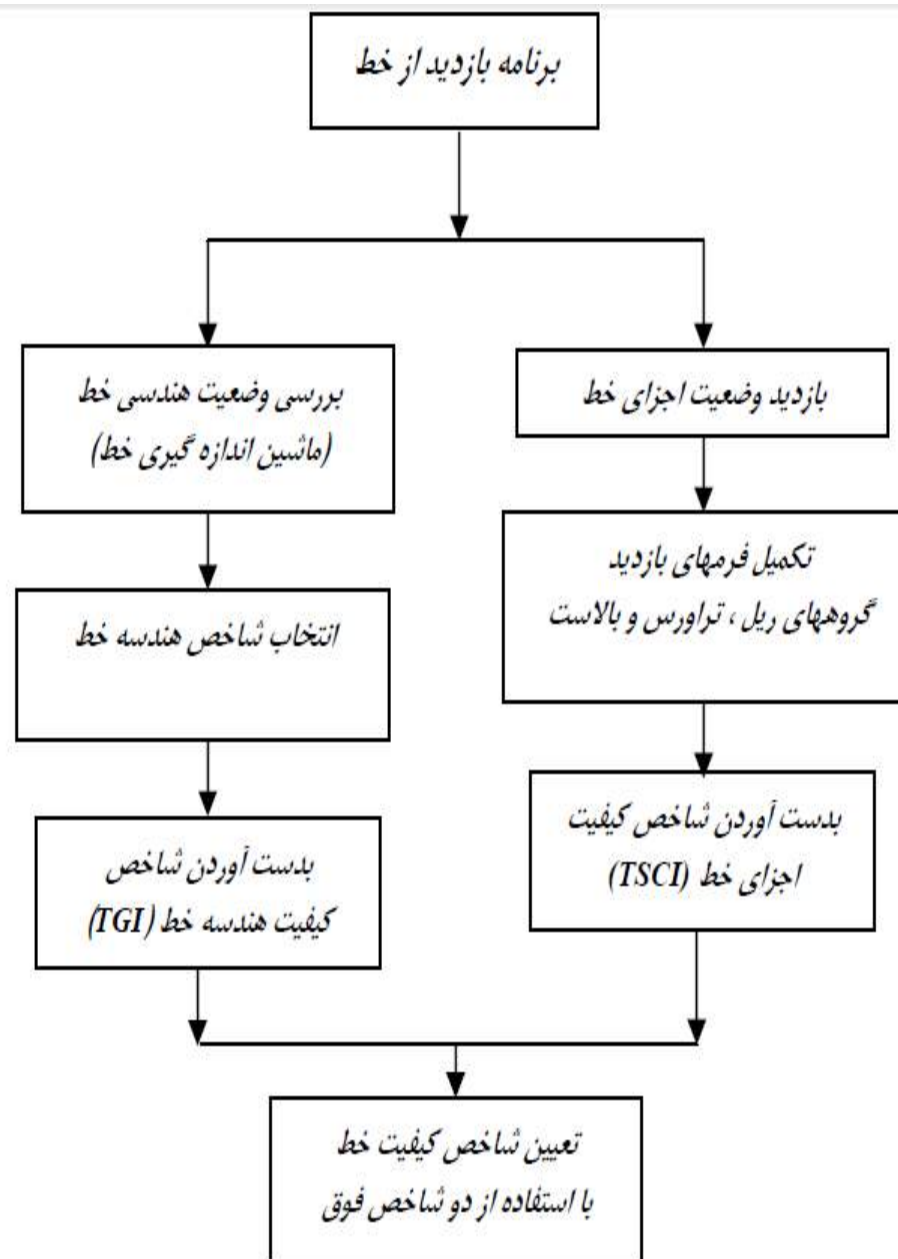
لازم به ذکر است که حداقل طول وتر برای اندازه‌گیری مشخصات هندسی برای سرعت ۲۵۰ کیلومتر بر ساعت باید ۲۵ متر باشد. مقادیر مطلق انحراف مشخصات هندسی مطابق جدول (۳-۶) هستند. برخی از شاخصهای متداول در تفسیر پارامترهای هندسی در پیوست (ج) گزارش آورده شده است.

جدول ۳-۶- مقادیر مطلق انحراف مشخصات هندسی

پیش	شیب عرضی	عرض خط	انحراف افقی	انحراف قائم	مقادیر مجاز
۱ mm/m	$\pm 10 \text{ mm}$	$\pm 3 \text{ mm}$	۳mm	۹ mm	

۶-۲-۴- شاخص کیفیت کل خط

با توجه به سیستم مدیریتی که برای نگهداری خطوط مورد استفاده قرار خواهد گرفت می‌توان از یک شاخص کلی با وزن دهی بین شاخص‌های اجزاء استفاده کرد. با تعیین شاخصهای اجزا و هندسه خط شاخص کیفیت خطوط بدست می‌آید که الگوریتم آن مشابه شکل (۶-۱) می‌باشد.



شکل ۶-۱- الگوریتم تعیین شاخص کیفیت کل خط

۶-۳- زوال و خرابی خط

مقادیر محاسبه شده برای شاخص‌های اجزای خط باید در یک پایگاه داده ذخیره شوند تا بر مبنای آن‌ها بتوانیم روند رشد خرابیها در خط را بررسی و وضعیت خط را پیش‌بینی کنیم.

مدل بکار رفته برای بررسی روند خرابی بر مبنای مدل زوال انتخابی استوار است. بررسی مراحل مختلف در تخریب خط به خصوص تخریب سریع در دوران ابتدایی برای برنامه ریزی بهره‌برداری از خط ضروری است.

بطور کلی عملیاتی که در ایستگاه ها (غیر از حمل و نقل مسافرین) انجام می شود عبارتند از :

- عملیات فنی
- عملیات بازرگانی
- عملیات باری

عملیات فنی :



- تعمیرات سبک و سنگین واگن ها
- تنظیم و تفکیک قطار ها
- بازدید های فنی و ...

عملیات بازرگانی :

قبول بار از مشتری ها ، تحویل بار به آنها ، توزین بارها ، تهیه بارنامه ها ، محاسبه و اخذ اجرت حمل و نقل ، آمار گیری مالی ، کنترل بارنامه ها ، کنترل بارها با بارنامه ها و ...

عملیات باری :

بارگیری واگنها ، تخلیه بار واگنها ، تحویل بار به انبار ها ، انتقال بار از انبار ها به کامیون ها و یا بالعکس و ...

ایستگاههای باری از نظر نحوه عملکرد آنها به سه بخش تقسیم می گردد :

x در آنها عملیات بارگیری انجام می شود .

x در آنها عملیات تخلیه بار انجام می شود .

x در آنها عملیات تخلیه و هم عملیات بارگیری در حجمی تقریباً برابر انجام می شود .

اهمیت

✕ ایستگاه ها در شبکه راه آهن از اهمیت بالایی برخوردارند چراکه در واقع علاوه بر سرویس دهی در سطح وسیع ، محل های تخلیه و بارگیری انواع مختلف بارهایی هستند که توسط راه آهن حمل می شوند . بنابراین قطار نیاز به امکانات ویژه ای مانند انبار ها و مراکز کنترل ، تعمیر و نگهداری دارد .

طرح یک مرکز نگهداری و تعمیرات در ایستگاه

❑ متشکل است از :

محوطه و دستگاه شستشوی ماشین آلات

محل بازدید و تعمیرات سبک

محل تعمیرات سنگین

تعمیرگاه لوکوموتیو

محوطه انبار

محوطه (توقف و شستشو) و دستگاه شستشوی ماشین آلات

✕ قطار در زمانی که در حال سرویس دهی نیست ، باید در محل مخصوصی متوقف شود و قسمت های داخلی و خارجی آن مورد شستشو واقع شوند .

ویژگی های محوطه توقف و شستشو :

- ✓ تأمین امکانات مناسب برای تعمیر و بازرسی سیستم های مختلف قطار مانند سیستم آب و برق شده باشد
- ✓ دسترسی ایمن و راحت برای کارکنان ایستگاه فراهم باشد
- ✓ خارج از ایستگاه باشد و بوسیله سایبان در برابر عوامل محیطی محافظت شود

ماشین شستشوی قطار

✕ این دستگاه مانند دستگاه کارواش عمل می کند . برخی از انواع آنها ثابت اند و قطار از میان آنها عبور می کند و برخی دیگر روی قطار در حال سکون حرکت می کنند .

✕ شستشو بصورت روزانه یا فاصله دار انجام می شود . در شستشو های روزانه ماده اصلی آب است و گاهی ممکن است از ماده شوینده نیز استفاده شود . (شستشوی روزانه بسته به درجه آلودگی و کثیفی قطار ممکن است هر سه روز انجام شود) . در شستشوی فاصله دار که معمولاً هر چند هفته انجام می شود ، مواد اصلی را مواد شیمیایی تشکیل خواهند داد تا بطور اساسی تمیز شوند . اغلب اوقات نیاز است مواد شیمیایی مدتی روی بدنه بماند تا مواد شیمیایی با خاک و آلودگی های روی بدنه واکنش دهد .

✕ ممکن است این دستگاه نیاز به امکاناتی مانند جمع آوری آب مصرف شده ، جداسازی مواد شیمیایی از آب و تصفیه آن بمنظور استفاده مجدد داشته باشد .

✕ در مناطق سردسیر نیز نیاز به تعبیه سقف جهت جلوگیری از انجماد لوله های دستگاه است . اپراتور ها نیز در آب و هوای بسیار سرد ، بدلیل انجماد آب در اطراف در های قطار ، اقدام به شستشو نمی کنند .

محل بازرسی و تعمیرات سبک

☒ شامل :

محل چرخ تراشی

محل بازرسی فنی زیر قطار

محل بازرسی فنی بر روی سقف قطار

چرخ تراشی (Wheel Lathe)

✕ این واحد که معمولاً در اکثر ایستگاه های مدرن وجود دارد ، وظیفه بازسازی چرخ های فرسوده قطار را برعهده دارد . بدلیل اینکه بلند کردن قطار برای این منظور وقت گیر و هزینه بر است ، این دستگاه طوری طراحی شده است که بتواند روی زمین مستقر شود و عملیات بازسازی را انجام دهد .

✕ چرخ های قطار دقیقاً مانند لاستیک های ماشین ساییده و فرسوده می شوند و باید به طور منظم بررسی شوند . هنگامی که سایش به حد معینی می رسد ، چرخ ها باید به حالت و شکل اصلی باز سازی شوند یا اینکه چرخ های جدید جایگزین شوند .

✕ ساختن مجدد مقطع چرخ یک فرایند کند و پرهزینه است اما طراحی بهینه چرخ و تعمیر و نگهداری در طول سال های اخیر بطور قابل توجهی بهبود یافته است و این پیشرفت باعث کاهش دوره بازدید شده است .

✕ گردی چرخ موضوع مهمی است ، به خصوص در سرعت های بسیار بالا . چرخ هایی که خروج از محوریت دارند می توانند بارهای بسیار شدید در چرخ ، محور ، بلبرینگ و سیستم فنربندی و تعلیق ایجاد کند که این موضوع منجر به شکست و خرابی می شود .

✕ چرخ غیر دوار یا چرخ خارج از مرکز علت شکست چرخ و ایجاد حادثه مهیب در آلمان (Eschede) در سال 1998 بود . این حادثه که در سرعت بالایی هم اتفاق افتاده بود تلفات جانی زیادی بر جای گذاشت . چرخ در حدود 1/1 میلیمتر خروج از محوریت داشته است (یعنی یک بیضی با دو قطر به اختلاف 1/1 میلیمتر) در حالیکه محدودیت این اختلاف 0/6 میلیمتر بوده است . چرخ ها اغلب به علت لغزیدن در طول ترمز گرفتن صدمه می بینند .

✕ حتی اگر چرخ ها ، با شرایط عالی به طور قابل توجهی ساییده و فرسوده نشوند ، در حدود هر یک میلیون کیلومتر نیاز به بازسازی دارند ، در غیر این صورت قطعات فلزی از آج چرخ جدا می شوند و منجر به نوع آسیب می شود . این آسیب ها همچنین می تواند با گرم شدن موضعی بیش از اندازه به علت لغزش حاصل از ترمز اتفاق بیفتد .

✕ خسارت های وارده به چرخ ها عمدتاً در اثر موارد زیر است :

✓ گرم شدن موضعی بیش از اندازه به علت لغزش حاصل از ترمز

✓ سایش چرخ ها در اثر ارتباط مستقیم با ریل

✓ لغزش چرخ ها در آب و هوای معتدل با ریزش برگ درختان

اثر برگ درختان بر روی چرخ های قطار :

برگ های ریخته شده در سراسر دنیا خدمات ریلی را به شدت مختل می کنند

در بریتانیا :

- درخت ها در اطراف خط آهن سالانه هزاران تن برگ روی خط آهن می ریزند
- 20 هزار مایل خط آهن باید از این برگ ها پاک شوند
- هزینه پاکسازی خط آهن از برگ درختان سالانه 20 میلیون پوند است
- مدیریت منابع گیاهی اطراف خط آهن سالانه 5 میلیون پوند هزینه می برد
- قطع درختان اطراف خط آهن در هر مایل 20 تا 50 میلیون پوند هزینه می برد

به طور خلاصه، این اتفاقی است که رخ میدهد :

برگ ها بر اثر عبور قطار و یا باران و شرایط جوی روی ریل قرار می گیرند . چرخ قطار برگ های مرطوب را در فشار بیش از 30 تن در هر اینچ مربع له می کنند و فشردگی برگ روی ریل تشکیل یک لایه سخت و پوشش تفلون مانند می دهد . در نتیجه ، قطار باید برای اطمینان از ایمنی و به منظور کاهش پتانسیل لغزش چرخ و چرخش قطار با سرعت آهسته تر حرکت کند . این بدان معنی است که راننده های قطار برای توقف در ایستگاه باید زودتر اقدام به ترمز گرفتن کنند و سپس حرکت کردن دوباره نیز آهسته تر انجام می شود . در نتیجه ، سرویس دهی قطار به تعویق می افتد . گاه یک قطار نمی تواند حرکت کند و به این دلیل است که چرخ های آن نمی تواند با ریل در گیر شوند ، اغلب هیچ مسیر جایگزینی وجود ندارد ، بنابراین حرکت قطار به تاخیر می افتد یا باید لغو شود . در هر صورت خسارات وارد به چرخ ها به دلیل لغزش و چرخش بر روی ریل قابل توجه است و این به معنی خروج موقت قطار در صورت نیاز و انجام تعمیرات پر هزینه روی آن است . ریل ها هم می توانند آسیب ببینند که سالانه هزاران پوند هزینه بر جای می گذارد .

شبکه راه آهن بریتانیا دارای یک ناوگان قطار ویژه (به نام ساندیت) هستند ، که یک نوع چسب ریگ دار را بر روی ریل پخش می کند که باعث بهبود چسبندگی و درگیری بین ریل و چرخ می شود .

جت های آب با فشار بالا نیز برای حذف برگ های خرد شده استفاده می شود قبل از اینکه آنها به یک پوشش سخت تبدیل شوند . گارد برگ را می توان در اطراف مسیر برای جلوگیری از ورود برگ توسط باد به روی ریل نصب کرد و در برخی موارد قطع درختان مشکل ساز ضرورت پیدا می کند . با این حال ، به منظور حفاظت از محیط زیست، این درختان با درختان کم برگ تر مانند فندق ، گیلاس و ... جایگزین می شوند .

قطار گاهی با تجهیزاتی مجهز می شود که در مواقع لزوم درگیری و اصطکاک را افزایش دهد . این سیستم معادل با ABS در اتومبیل است . این سیستم می تواند توسط راننده کنترل شود یا به صورت اتوماتیک باشد .

بازرسی فنی زیر قطار

✕ امکانات ویژه ای برای انجام بازرسی قطار مورد نیاز است . یک ساختمان مناسب که با همه ی اجزا قطار سازگاری داشته باشد باید احداث شود . دسترسی به زیر قطار ضروری است و طراحی برای آن باید طوری باشد که در شرایط خوب و امن بتوان در آن کار کرد . راه های مختلفی برای این کار وجود دارد . معمول ترین راه استفاده از چاله های تعبیه شده در بین خط آهن در قسمت خدمات و نگهداری است . گاهی اوقات در دو طرف خط آهن هم از این چاله ها برای بازرسی استفاده میکنند . روش مورد استفاده جدید تر این است که زمین بازرسی از سطح ریل پایین تر است این نوع طراحی به طراحی استخر معروف است چون قسمت بازرسی مانند استخر گود تر از سطح زمین است . این روش دسترسی بهتری را ایجاد می کند و همچنین شرایط نور در هنگام بازرسی را بهبود می بخشد .

بازرسی بر روی سقف قطار

✕ در داخل قسمت بازرسی یا تعمیرگاه ضروری است که این قسمت وجود داشته باشد . وقتی تجهیزات الکتریکی روی سقف استفاده می شود سیم های روی سقف معمولاً در قسمت بازرسی نصب می شوند نه در تعمیرگاه . باید در بازرسی سقف ، جریان قطع باشد و بازرسان هر کدام کلید امنیتی داشته باشند تا از قطع بودن جریان مطمئن شوند تا وقتی که کار به اتمام می رسد . پله های دسترسی به راهروی کنار سقف هم مجهز به یک قفل هستند که در صورت وصل بودن جریان قفل می باشند .

محل تعمیرات سنگین

✕ روش قدیمی برای دستیابی به محور های قطار این است که بدنه واگن با استفاده از یک جرثقیل سقفی از روی محور ها بلند شود . هر قسمتی که لازم است بلند شود باید ابتدا از قطار جدا شود . برای دستیابی به محور چرخ جرثقیل یک انتهای واگن را بلند میکند تا محور آزادانه بتواند حرکت کند . بعد از انجام سرویس های لازم دوباره واگن پایین آمده و بر روی محور قرار می گیرد . سپس طرف دیگر توسط جرثقیل بلند می شود . موتور ها ، چرخ ها و دیگر قطعات میتوانند کار کنند و در صورت لزوم از محور برای تعمیرات جدا می شوند . طبیعتاً این کار فضای زیادی در تعمیرگاه نیاز دارد و زمان زیادی می برد . ابتدا باید واگن از قطار جدا شود و سپس واگن از محور ها جدا شود و حتی ممکن است محور ها به جای دیگری برای تعمیر و سرویس انتقال یابند .

✕ روش سریع تر این است که از دو جرثقیل استفاده شود که هر دو جرثقیل به طور هم زمان کل واگن را بلند کرده و واگن میتواند برای مدتی در همان حالت باقی بماند یا در محلی قرار داده شود تا اینکه سرویس دهی به محور ها به پایان برسد . طبیعتاً این شیوه هزینه ای به مراتب بیشتر از روش قبل دارد ولی سرعت کار به طرز قابل توجهی افزایش می یابد .

✕ جک ها اخيرا روش بلند کردن معمول هستند . هر واگن به طور جدا گانه بلند میشود . این کار با جک های همگام انجام میشود یعنی به طور همزمان و یکنواخت واگن را بلند می کنند . جک ها به هم مرتبط هستند و توسط اپراتور کنترل می شوند . مزیت بزرگ این روش این است که نیازی نیست واگن مورد نظر مانند روش های قبلی به کلی از قطار جدا شود و این روش زمان توقف قطار را کاهش می دهد . این سیستم به شما اجازه میدهد ابتدا همه قطار را همزمان لیفت کنید و پس از بازرسی ، قسمتی از قطار که نیاز به تعمیرات دارد از قطار جدا شود . یکی دیگر از سیستم های مورد استفاده در تعمیرگاه ها این است که قطار در مسیر بالابر قرار می گیرد که برای جدا کردن واگن چاله هایی تعبیه شده است . واگن مورد نظر جدا شده سپس در صورت نیاز با واگن سالم جایگزین می شود .

❧ یکی دیگر از سیستم های مورد استفاده در تعمیرگاه ها این است که قطار در مسیر جک قرار می گیرد که برای جدا کردن واگن چاله هایی تعبیه شده است . واگن مورد نظر جدا شده سپس در صورت نیاز با واگن سالم جایگزین می شود .

انبار ها

✕ وجود یک انبار خوب برای مدیریت بار ، ورودی ها و خروجی ها و تجهیزات الزامی است .

✕ در هر مجموعه ، یک انبار با حفاظت و ایمنی بالا برای مواد خطرناک مانند سوخت ، یک جایگاه سوختگیری برای قطار ، یک انبار برای جمع آوری مواد و مصالح مصرف شده و تجهیزات فرسوده و احتمالاً کارگاه بازیافت آنها مورد نیاز است .

انبار ها عمدتاً توسط دو معیار تقسیم بندی می شوند :
نوع بهره بردار - نگهداری و حفاظت بار

انواع انبار ها از نظر نوع بهره بردار :

- ✓ انبار های عمومی (متعلق به راه آهن)
- ✓ انبار های ویژه (متعلق به مشتریان)

انواع انبار ها از نظر حفاظت و نگهداری بار :

✓ انبارهای مسقف

✓ انبارهای روباز



○ انبارهای مسقف ممکن است یک طبقه و یا چند طبقه باشند و کاربرد این انبارها بیشتر در مؤسسات صنعتی و بنادر می باشد .

مزایای انبار های چند طبقه نسبت به یک طبقه :

✓ نیاز به مساحت کمتر

✓ حصار کشی محدودتر

✓ طول فونداسیون کمتر

✓ ارتباطات و شبکه آب و برق محدودتر

○ معایب انبار های چند طبقه :

✓ نیاز به تجهیزات اضافی جهت حمل و نقل بار در داخل انبار

✓ عدم امکان توسعه آینده در نتیجه افزایش بار

در نتیجه انتخاب انبار چند طبقه نیاز به توجیه اقتصادی خواهد داشت

.

انواع تونل

تونل هاي معدني

تونل هاي گشايش معدن
تونل هاي اکتشافی
تونل هاي استخراجی
تونل هاي خدماتی
تونل هاي زهکشی

تونل هاي صنعتي

تونل هاي مربوط به نیروگاههاي آبی
تونل هاي انتقال آب
تونل هاي استفاده همگاني و پناهگاهها
تونل هاي فاضلاب
تونل هاي طرحهاي صنعتي
تونل هاي انبارهاي نظامي
تونل هاي دفن زباله اتمي

تونل هاي حمل و نقل

تونل هاي راه آهن
تونل هاي راه
تونل هاي پیاده رو
تونل هاي ناوبري
تونل هاي مترو

علل نیاز مسیر راه آهن به تونل

در راه آهن به دلیل انعطاف پذیری کمتر و ایمنی بیشتر، استفاده از تونل معمول می باشد.

تونل های حمل و نقل شرایط ذیل را باید داشته باشند :

مزایا استفاده از تونل

1-ریزشی نباشند.

2-تهویه کامل انجام شود.

3-آبکشی بطور کامل و صحیح انجام شود.

4-شیب مناسب داشته باشند.

بیشتر در فضاهاى بزرگ کاربرد دارد

7

حفرتونل به روش سنتى (آتشباري)

حفارى در اين فضاها به صورت پله اى انجام مى گيرد

مشخص كردن آكس تونل و با توجه به شكل هندسى فضاى زيرزمينى

سينه كار تونل و فضاهاى زيرزمينى محل چالها مشخص گردد

حفارى توسط دستگاههاى حفارى از جمله چکش دستى و يا دريل واگن و يا جامبو و دريل

توسط چاشنى و ديناميت خرج گذارى و منفجر گردد

مراحل حفارى



حالات حفاری تونلهای بزرگ مقطع، با روش چالزنی و انفجار

برای حفر تونلهای تا سطح مقطع ۳۰ مترمربع از کارایی بالایی برخوردار است.

تمام سطح مقطع تونل در یک مرحله حفر می شود.

تمام مقطع

مزایا ← سهولت اجرا، نصب سریع وسایل نگهداری و کاهش زمان حفر

سطح مقطع تونل طی دو مرحله حفر می شود.

ابتدا بخش فوقانی تونل و سپس بخش تحتانی بصورت پل های برداشته می شود.

دومرحله ای

برای حفر چالها در بخش فوقانی از جامبودریل و در بخش تحتانی از دریل واگن استفاده می شود

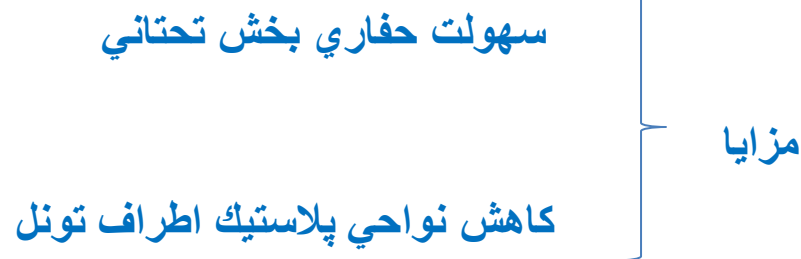
ابتدا جبهه کار میانی

بخش فوقانی تونل با دو جبهه کار اجرا می گردد؛

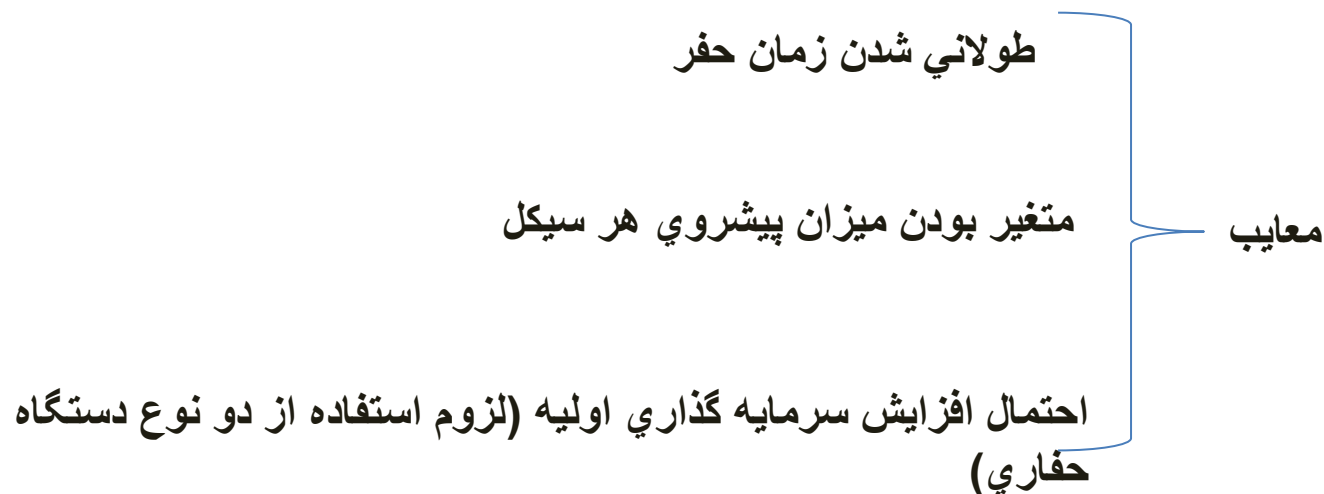
دومرحله ای
با تونل پیشاهنگ

پس از آن دو جبهه کار طرفین تونل

پس از حفر بخش فوقانی، بخش تحتانی مانند روش پلکانی حفر می گردد



دومرحله اي
با تونل پيشاهنگ



روش های حفر تونل-روش کند و پوش (CUT and cover)

4

طریقه اجرا

کاربرد

TBM(Tunnel Boring Machines)





بدنه اصلی:

تخلیه و حمل نخاله حاصل از حفاری و نشتاب جداره تونل
تزریق شن نخودي , Segment

سیستم جمع آوری و تصفیه هوای آلوده
گمانه زنی پیشرو

سیستم های پایدار سازی جداره تونل شامل حمل
(Grouting) و تزریق دوغاب سیمان (PeaGravel)

سیستم هدایت تنظیم خودکار

اپراتور ها و سیستم های هدایت دستی

Backup و TBM فعالیت های (PLC)

پمپ های هیدرولیک تامین فشار هیدرولیکی قسمتهای مختلف

سیستم های پایدار سازی جداره تونل شامل حمل
(Grouting) و تزریق دوغاب سیمان (PeaGravel)

ترانسفورماتور ها و دیزل ژنراتور برق اضطراری و
کابل های برق

پمپ ها و مخازن آب و هوای فشرده

قسمتهای تعمیر و نگهداری

پشتیبانی

معایب ← * برای قوس های شدید دچار مشکل می شود
* در صورت وجود رگه های کوارتزی سایش سریع دیسک های حفاری را خواهیم داشت
* نفوذ آب زیر زمینی به داخل تونل منجر به توقف ناخواسته می شود

مزایا ← * سرعت پیشرفت 30 تا 50 متر در روز
* به علت عدم استفاده از مواد منفجره نسبت به حالت کلاسیک ایمنی بیشتری دارد
* حفاری اضافی کمتر و مقدار جابجایی سنگ کمتر است
* مدیریت پروژه به علت استفاده از نیروی انسانی کمتر راحت تر است

حفرتونل به کمک سپرها (shield tunneling)

فواید سپر

شرایط استفاده از سپر



ماشینهای حفر تونل از نوع باز (Open TBM)

ماشینهای حفر تونل تک سپره (Single Shield TBM)

ماشینهای حفر تونل با سپر تلسکوپی
(Double Shield or Telescopic Shield TBM)

ماشین های حفر تونل در
سنگ (Hard Rock TBM)

تعریف انجمن بین المللی مکانیک سنگ ISRM در سال 1980

سنگ سخت (Hard Rock) ← مقاومت متجاوز از 50 تا 100 مگاپاسکال

سنگ نرم (Soft Rock) ← سنگی با مقاومت کمتر از 50 مگاپاسکال

Open TBM

توده سنگ درونگیر تونل از مقاومت کافی جهت تحمل فشار کفشکهای TBM برخوردار باشد
حالت ریزشی نیز نداشته باشد

شرایط استفاده

این ماشین ها، عمل حفاری و نصب نگهداری موقت را
تقریباً همزمان انجام می دهند و به همین جهت:

نسبت به سپرها، امکان دستیابی به سرعت های بالای
حفاری می باشد

Single Shield TBM

در شرایطی استفاده می شود که سست بودن توده سنگ درونگیر تونل، امکان استفاده از کفشک برای تامین نیروی پیشروی را منتفی سازد.

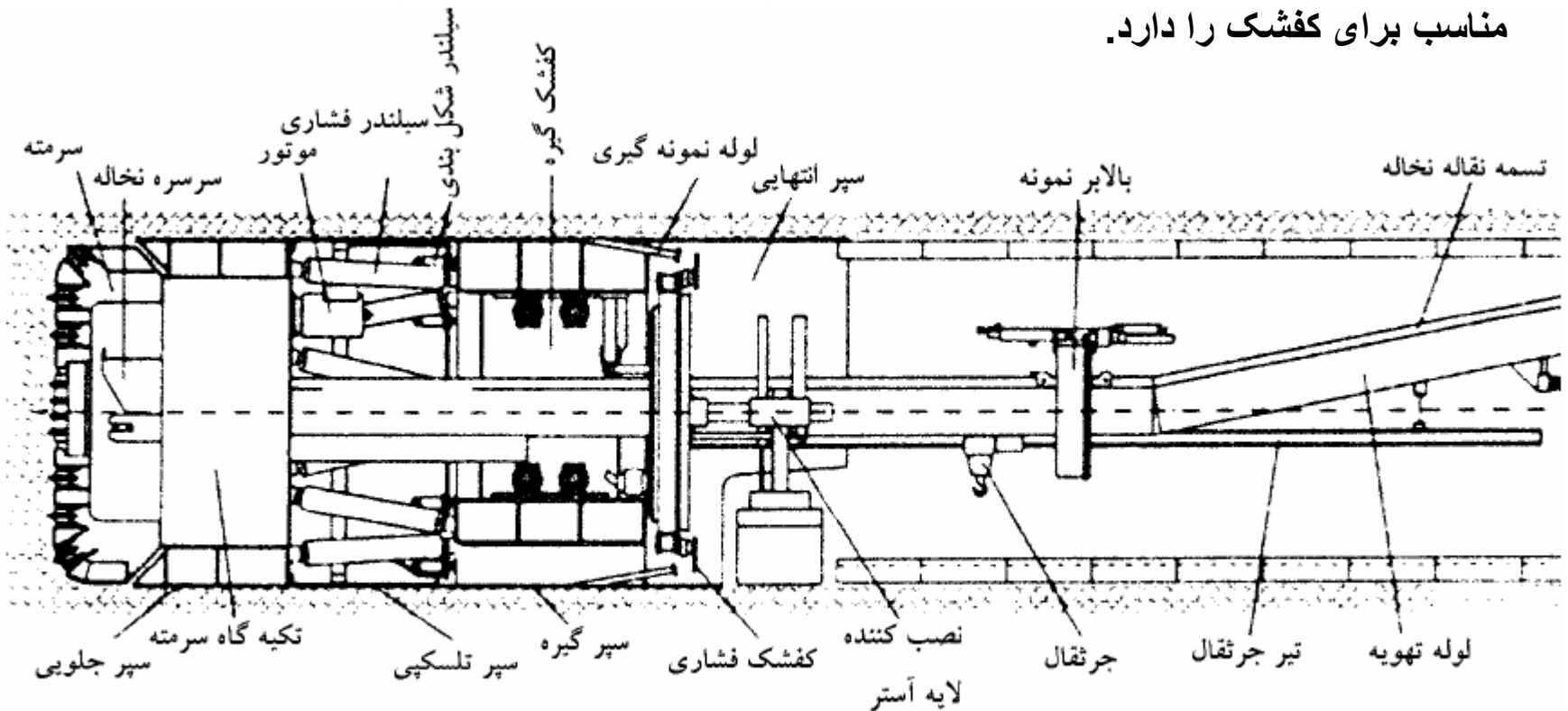
حرکت روبه جلو، از طریق اعمال نیرو توسط جکهای هیدرولیکی بر قطعات بتنی نصب شده در انتهای سپر تأمین می شود.

نصب قطعات بتنی در داخل سپر از ریزش دیواره ها جلوگیری کرده و محیط مناسب برای فعالیت کارگران را فراهم می سازد.

Double Shield or Telescopic Shield TBM

برای اولین بار شرکت پیمانکاری SELI از ایتالیا که سابقه ای طولانی در پروژه های حفاری تونل دارد، ایده ساخت ماشینی با توانایی کار در زمین های بسیار خرد شده و ضعیف و نیز در زمینهای با مقاومت مناسب را مطرح کرد.

این ماشین دارای دو سپر اصلی جلو و عقب است و مجهز به هر دو سیستم تأمین رانش با کفشک و با جکهای رانش می باشد. به همین دلیل توانایی کار هم در زمینهای ریزشی و هم در زمینهای با مقاومت مناسب برای کفشک را دارد.



نمونه ای از تی بی ام صخره ای دو سپره

انتخاب نوع ماشین

شرایط زمین شناسی و ژئوتکنیک سنگ در برگیرنده و نوع مصالح تشکیل دهنده آن
برنامه زمان بندی پروژه نیز به خودی خود بر روی نوع ماشین تأثیرگذار خواهد بود

عوامل موثر

Open TBM

1. هزینه سرمایه گذاری پایین
2. سرعت پیشروی بالا
3. سیستم کاری ساده

Single Shield TBM

1. امکان کار در زمینهای ریزشی
 2. امکان کنترل نفوذ آب با سپر بسته و پمپاژ
 3. نصب همزمان نگهداری نهایی سگمندی
 4. تزریق پشت سگمنت همزمان با اجرا
1. نرخ پیشروی کمتر آن نسبت به دو نوع دیگر
 2. امکان گیر کردن سپر در مواجهه با همگرایی زیاد زمین
 3. نیاز به کارخانه سگمنت

1. عدم امکان پیشروی در سنگهای سست
2. عدم امکان کنترل ریزش سینه کار و فضای حفاری شده
3. اضافه شدن هزینه نگهداری موقت به پروژه
4. اضافه شدن زمان بتن ریزی به مدت زمان حفاری پروژه

Double Shield TBM

1. امکان کار در زمینهای ریزشی و مقاوم
 2. سرعت پیشروی بالا
 3. امکان کنترل نفوذ آب با سپر بسته و پمپاژ
 4. نصب همزمان نگهداری نهایی سگمندی
 5. تزریق پشت سگمنت همزمان با اجرا
1. امکان گیر کردن سپر در مواجهه با همگرایی زیاد زمین و پدیده لهیدگی
 2. نیاز به کارخانه سگمنت
 3. هزینه سرمایه گذاری بالا

- حفاري در تونل ها
- بالت گذاری
- تثبيت دیواره ها
- زهکشی
- حفر چالهای آتشیاری
- جامبو دریل



روسازه پل راه آهن (Superstructure)

سیستم سازه ای پل، عرشه، اجزای تشکیل دهنده آن و خط ریلی نصب شده بر روی پل است.

زیرسازه

آن بخشی از پل است که وزن روسازه و کلیه اجزای آن را تحمل کرده و بارها را به بستر طبیعی زمین یا شمع ها و ... منتقل می کند.

انواع روسازه پل:



چوبی، بتنی، فلزی و ترکیبی

انواع سیستمهای روسازه پل راه آهن

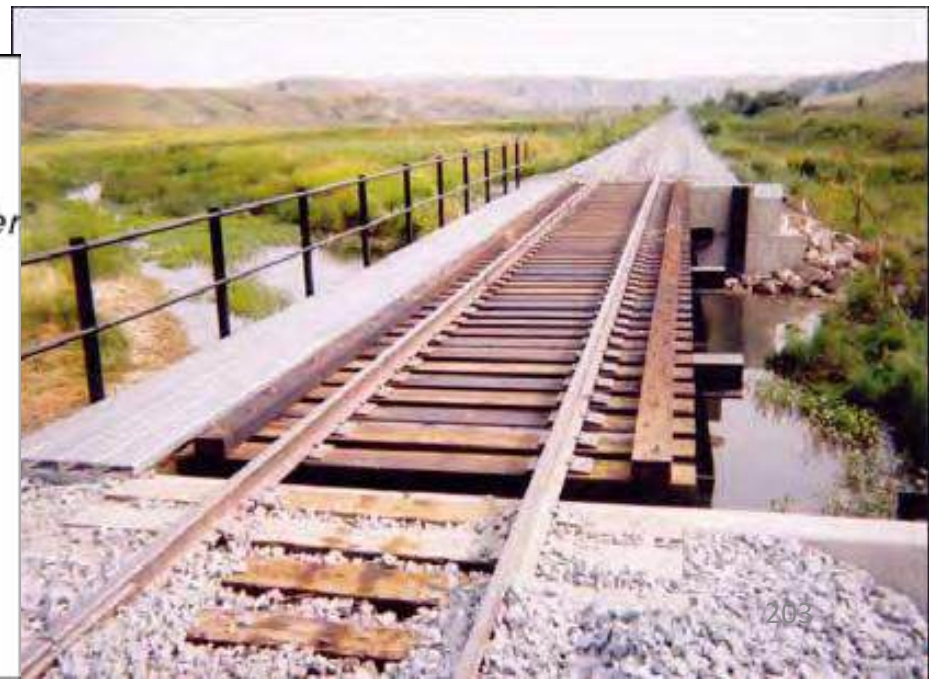
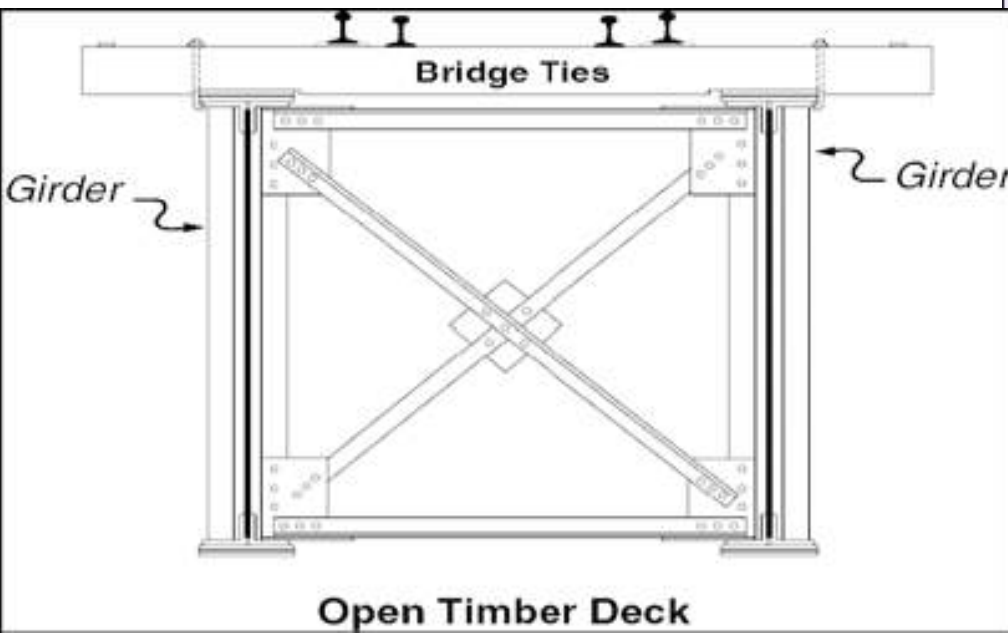
1) پل های عرشه باز (Open Deck bridge)

خط ریلی شامل ریل و تراورس بدون واسطه دیگری بر روی روسازه پل قرار گیرد. یعنی روسازه پل، از لابه لای تراورسها قابل رؤیت است و می توان به آن دسترسی داشت.

در آنها عنصر تراورس به عنوان یکی از اجزای اصلی باربر روسازه پل مطرح است. در این پلها روسازی خط ریلی به نوعی با روسازه پل ادغام شده و در مجموع یک سیستم صلب را تشکیل داده است.

پل های شاهتیر فلزی عبور از بالا

پل های شاهتیر فلزی عبور از میان



پل های عرشه باز (Open Deck bridge)

اثرات دینامیکی بارهای زنده را بیشتر به سازه پل وارد می نمایند.

هم دارای مقطع عرضی بزرگتر و هم دارای طول بلندتری نسبت به تراورسهای معمولی هستند .



فراهم کردن این تراورسها و دسترسی به آنها یکی از مشکلات این پل ها می باشد.

فقط از **یک خط ریلی** می توان استفاده نمود . در واقع در این پلها نمی توان از یک تیر عرضی به نام تراورس در زیر دو خط استفاده کرد.

دارای **ارتفاع نهایی کمتری** هستند.

ضخامت عرشه پل در واقع همان **عمق تراورس ها** است که مستقیماً بر روی روسازه پل قرار گرفته است.

طبق آیین نامه (AREMA) استفاده از پلهای عرشه باز در **مناطق شهری و تقاطع های جاده و راه آهن** مجاز نمی باشد.

معایب

بنابراین امروزه استفاده از پلهای شاسی فلزی بدون بالاست در **دنیا بسیار محدود شده** است و **کاربرد** این پلها تنها به **خطوط فرعی** ، با **درجه اهمیت پایین** و **سرعت کمتر از 100 کیلومتر بر ساعت** محدود شده است.

پل هاي عرشه باز (Open Deck bridge)

علت غير مجاز بودن استفاده از پلهاي عرشه باز در مناطق شهري و تقاطع هاي جاده و راه آهن:

باز بودن كف عرشه ممكن است باعث پرتاب اشياء خارجي از داخل روسازي خط ويا وسايل نقليه ريلي به اطراف پل و زير آن شود.

به دليل عدم وجود سيستمهاي زهكشي در اين پل ها ، آبهاي سطحي از لابه لاي فضاهاي خالي بين كف پل به زير سرازير شده و باعث آلودگي محوطه زير پل مي گردد.

پياده رواها در پلهاي عرشه باز داراي كيفيت مناسبتي نيستند.

فراهم بودن فضاي كافي براي مهاربندي عرضي پل و عدم نياز به مهارهاي زانويي

كمتر بودن عرض عرشه پل

امكان ساخت پلهاي عرشه باز بدون نياز به هيچ المان كف اضافه

مخفي بودن عرشه و روسازه پل از بيرون و زيبايي معماري

مزايا

پل های شاهتیر فلزی عبور از بالا (DPG(Deck Plate Girder)

سیستم باربر روسازه پل، تیرورقهای فولادی است.
خط ریلی در این پلها از بالای شاهتیرها عبور می کند .
بطور معمول، برای جاهایی که محدودیت فاصله آزاد زیر پل بحرانی نباشد، بکار می رود.



پل های شاه تیر فلزی عبور از میان (TPG(Through Plate Girder

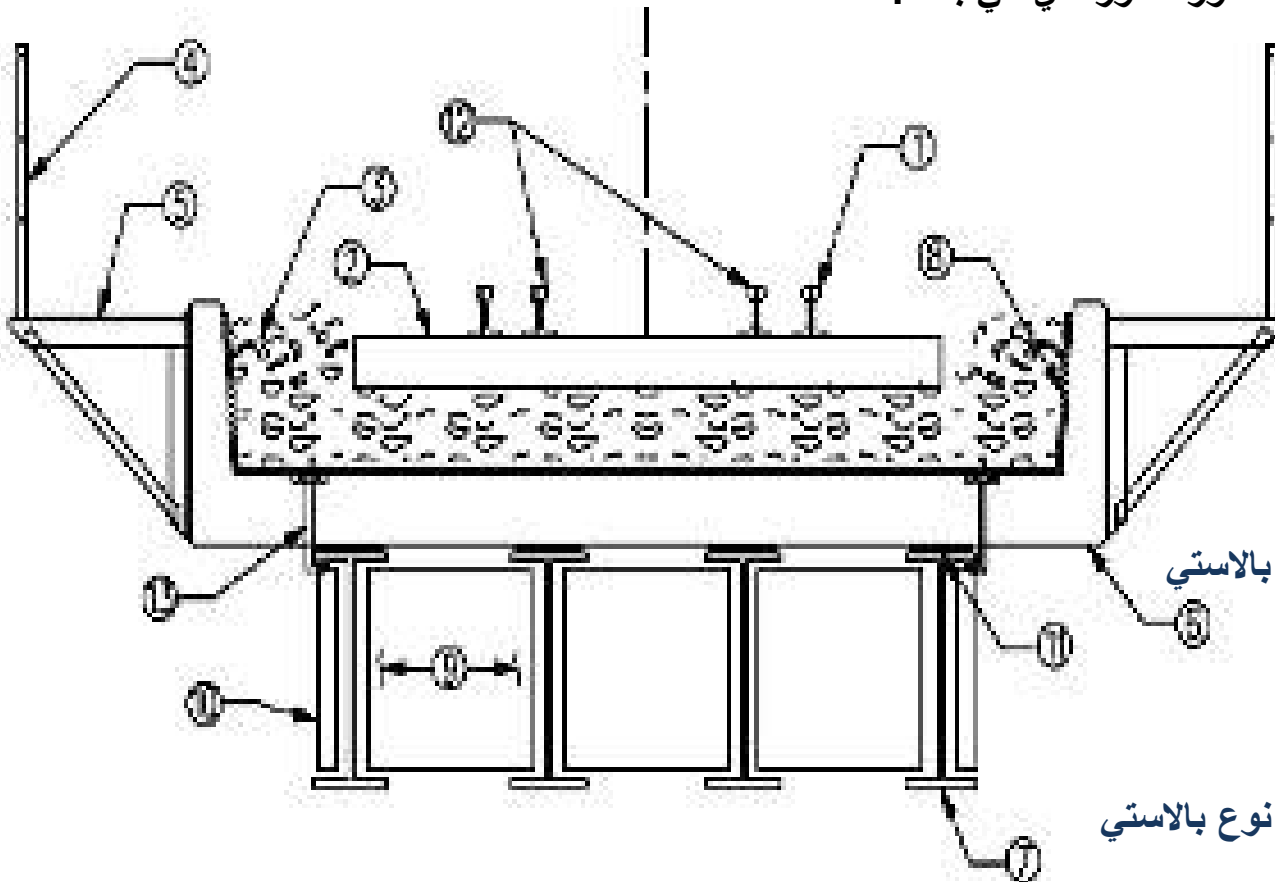
از دو شاه تیر فلزی قوی در کناره های پل استفاده می شود و روسازی خط ریلی در فضای خالی بین آنها اجرا می گردد.

انواع سیستمهای روسازه پل راه آهن

(2) پل های عرشه بالاستی (Ballast Deck bridge)

- (1) وجود بالاست، استهلاك انرژی، هماهنگی با خط بیرون پل
- (2) ارتفاع و ضخامت نهایی پایین به دلیل استفاده مطلوب از عمق شاتیر و مناسب برای محلهای با محدودیت ارتفاعی
- (1) نیاز به پایه ها و کوله های با عرض بیشتری دارد
- (2) در مناطق مرطوب و خورنده نیاز به پوشاندن کامل قطعات فلزی با مواد ضد زنگ و رنگ کاری آنها به صورت دوره ای می باشد.

مزایا و محدودیت ها



اکثر پل های راه آهن دنیا یا از نوع بالاستی هستند.

پل های شاتیر فلزی عبور از بالا نوع بالاستی

سیستم کف- عرشه

پل های شاتیر فلزی عبور از وسط نوع بالاستی

سازه های بتنی با عمل آوری درجا

نیاز به زمان عمل آوری زیادی دارد

اجرای آن مشکلتر است

وزن بیشتر نسبت به انواع فلزی

عمدتاً برای ساخت پل های جدید به کار می روند.

در تعمیر سازه های تحت بهره برداری کمتر مورد استفاده هستند

مزیت های پل های دال بتنی
پیش ساخته

(1) ارتفاع تمام شده پل نسبت به انواع تیر و دال کمتر است.

(2) هم برای خطوط بالاستی و هم خطوط دال بتنی مناسب است

(3) برای مناطق مرطوب که امکان خوردگی فلزات وجود دارد نسبت به انواع فلزی ذکر شده در بخش های قبل ارجحیت دارد.

برای دهانه های زیر 15 متر مناسبند

بتن مصرفی در ساخت پلهای دالی باید دارای چگالی و مقاومت زیادی باشد.

پل دال درجا با قطعات پیش ساخته پهلوی به پهلوی

در اغلب موارد برای افزایش پایداری جانبی تیرهای طولی پیش ساخته، سوراخهایی در آنها ایجاد می کنند و آنها را با استفاده از کابل یا میلگرد به صورت عرضی به هم متصل می نمایند.

يك سیستم یاري دهنده درتصميم گيري براي مدیریت تعداد زيادي پل مي باشد که تصميمات و اقدامات مدیریتی را در جهت بهينه سازي در پروژه ها و تخصیص منابع محدود سامان مي دهد.

نیاز به نگهداري و تامین عملکرد مناسب آنها در طول عمرشان بسیار ضروري است.

سرمایه هاي هنگفت مصرف شده در ساخت پلها

اهمیت بالاي پل ها در شبکه حمل و نقل ر يلي

آسیب پذيري بالاي آنها در اثر عوامل مختلف



بازرسی اولیه (سطحي) یا بازرسی کلی سازه

يك بازرسی عيني کوتاه از پل مي باشد.

بعنوان مثال

بازرسی سطحي برای کنترل هر نوع فرسایش، نشست ها و هرگونه عيب قابل رويت مورد نیاز است. بعلاوه زهکش هاي پل برای بر طرف نمودن هر گونه انسداد باید بازرسی شوند. همچنین بررسی خاكریز و محل عبور آب مي تواند انجام شود. كوله ها و ستونهاي میانی برای فرسایش و پوسته شدن کنترل شود و سطح آب بستر رودخانه برای بررسی امکان آب شستگی در نزدیکی كوله ها و پایه ها اندازه گیری شود.



هدف

- حصول اطمینان از کارکرد روزانه سازه پل

- جلوگیری از آسیب ها و خرابی هایی که تاثیرات غیر قابل کنترلي بر ادامه طول عمر پل دارند.

بازدید عینی مکرر در بازه هاي زمانی معین با توجه به شرایط موجود می باشد.

- تخمین هزینه احداث پل جدید پس از اتمام عمر پل موجود
- توصیه هائی در مورد بازرسي ویژه در صورت نیاز
- بازبینی سطوح کلي نگهداري پیشگیرانه
- ارزیابی کارهای تعمیراتی مورد نیاز و هزینه هاي مربوطه
- ارزیابی هرگونه آسیب و عملکرد نامناسب
- گزارش آسیب ها و خرابي هاي موجود
- ارزیابی و تخمین نحوه گسترش خرابي ها
- تخمین عمر باقیمانده از اعضاي پل
- تخمین هزینه جایگزینی پل بعد از اتمام عمر آن

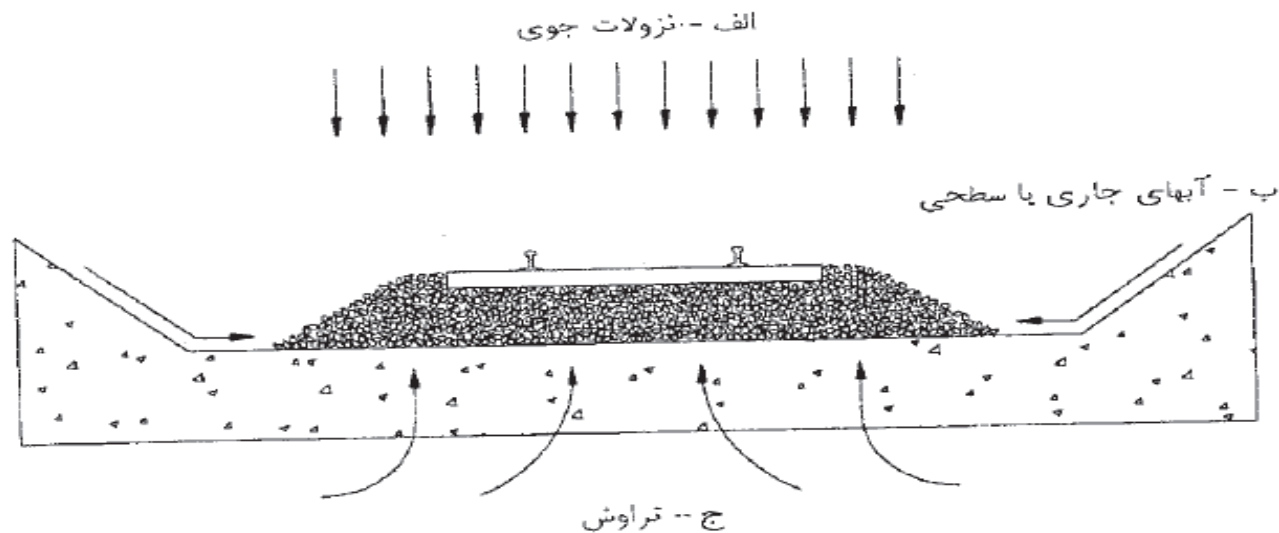
نحوه ی زهکشی وانواع آن

۴-۱- کلیات

از آنجا که رطوبت و فشار آب منفذی نقش تعیین کننده‌ای در دوام مصالح تشکیل دهنده بالاست، استحکام زیرسازی و پایداری شیب‌ها ایفا می‌کند، کنترل آبهای سطحی و زیرزمینی یکی از مهمترین عوامل در طراحی و نگهداری راه‌آهن محسوب می‌شود.

۴-۱-۲- شناخت منابع نفوذ آب

با توجه به این که زهکشی آبهای ناشی از هر کدام از سه منبع مذکور در بند (۴-۱-۱) روش‌های خاص خود را دارد، لازم است که در مرحله مطالعات اکتشافی، این سه منبع به دقت شناخته شود. عوامل اصلی مورد مطالعه برای این منظور عبارتند از شرایط جوی، وضعیت آب‌های زیرزمینی، ویژگیهای ژئوتکنیکی زمین و مصالح خاکریزها و توپوگرافی زمین، قبل و بعد از اجرای پروژه.



شکل ۴-۱- سه منشأ اصلی نفوذ آب به جسم راه آهن

۴-۱-۱- نفوذ آب

سه منشاء اصلی ورود آب به جسم راه آهن در شکل (۴-۱) نشان داده شده است. این سه منشاء عبارتند از:

الف - نزولات جوی که مستقیماً بر روی راه می بارد.

ب - آبهای جاری بر روی دامنه های مشرف به راه که خود حاصل بارندگی و یا تراوش آبهای زیرزمینی هستند.

پ - آبهای زیرزمینی در زیر بستر راه که تحت تأثیر بار آبی (گرادیان) رو به بالا و یا کشش موئینگی قرار دارند.

به علت تخلخل زیاد بالاست، آبهای ناشی از بارندگی در داخل لایه بالاست نفوذ می کند و به سطح بستر آن (سطح فوقانی لایه زیر بالاست) می رسد. آبهای جاری در سطح دامنه های بالادست نیز، در صورتی که منحرف نشود، وارد لایه بالاست و یا بدنه راه خواهند شد. بالاخره آبهای زیرزمینی می تواند در اثر جریانهای زیر سطحی و بالا آمدن موضعی، جسم راه را اشباع کند.

۴-۱-۳- سیستم زهکشی

سیستم زهکشی دائم برای بدترین شرایط محتمل از لحاظ میزان بارندگی و بالاترین تراز آبهای زیرزمینی طراحی می‌شود. سیستم زهکشی موقت (حین اجرا) نیز با توجه به عوامل فوق و بر اساس مرحله‌بندی عملیات اجرایی و فصول اجرا طراحی می‌شود.

در طراحی سیستم زهکشی، به ویژه در موارد مرتبط با جریان و تراوش آبهای زیرزمینی، استفاده از تخصص مهندسان ژئوتکنیک با تجربه ضرورت دارد.

با توجه به نقش اساسی نگهداری و ترمیم در کارائی سیستم‌های زهکشی، لازم است که این دو عامل در مرحله طراحی به خوبی مورد توجه قرار گیرند.

اجرای سیستم زهکشی، شامل احداث نهرها، آبرها، های باز یا بسته، لوله‌گذاری سطحی و زیرسطحی، تهیه و ریختن مصالح فیلتر و زهکش، انحراف و تنظیم جریان آب انهار موجود، مسیل‌ها و رودخانه‌ها و سایر کارهای تکمیلی باید مطابق با نقشه‌ها و دستور، دستگاه نظارت انجام گیرد.

انواع زهکشی

به طور کلی زهکشی ابها به دو طریق صورت می گیرد:

- زهکشی آبهای سطحی
- زهکشی آبهای زیر سطحی یا زیرزمینی.
- کاربردها و شرایط این دو نوع زهکشی در زیر بطور جداگانه ارائه می شود.

۴-۲-۱- زهکشی آبهای سطحی

آبهای بارندگی که در لایه بالاست نفوذ می‌کنند باید بتوانند به سرعت و در جهت عرضی (عمود بر محور راه) از آن خارج شوند. لازم است که بخش عمده این آب با جریان یافتن بر روی سطح بستر لایه زیربلاست به بیرون راه یابد. این زهکش را زهکش عرضی می‌نامند.

۴-۲-۱-۱- شرایط زهکشی عرضی

شرایط لازم برای زهکشی عرضی عبارتند از:

- الف - بالاست به اندازه کافی تمیز (عاری از ریزدانه) باشد تا آبهای نفوذی به سرعت از آن خارج شود.
- ب - سطح بستر لایه بالاست و نیز سطح بستر لایه زیربالات، شیب عرضی کافی برای هدایت جانبی آبهای نفوذی را داشته باشند. نشست و تغییر شکل تدریجی لایه زیر بالاست می‌تواند شیب عرضی را معکوس کند و زهکشی را مختل سازد. حداکثر شیب عرضی بستر بالاست تا ۶ درصد منظور می‌شود.
- پ - آبهای خارج شده از بالاست و زیر بالاست با سرعت کافی به بیرون هدایت و تخلیه شوند.

۴-۲-۱-۲- موقعیت زهکشی عرضی

در خاکریزی‌ها، دامنۀ خاکریز آسان‌ترین مسیر زهکشی عرضی آبهای فوق‌الذکر را تشکیل می‌دهد، مشروط بر این که اولاً فاصله لایه بالاست از دامنۀ خاکریز زیاد نباشد، ثانیاً جریان آب در روی دامنۀ باعث فرسایش و شکستگی مصالح خاکریز نشود.

در صورتی که فاصله پای بالاست تا دامنۀ خاکریز زیاد باشد، استفاده از آبروهای عرضی برای تخلیه آبهای سطحی لازم خواهد بود. در صورتی که به علت ارتفاع زیاد، شیب تند خاکریز و یا نوع مصالح بکار

برده شده، فرسایش‌پذیری دامنۀ‌ها زیاد باشد، استفاده از آبرو بر روی دامنۀ خاکریز نیز ضرورت خواهد داشت. تشخیص لزوم استفاده از آبروهای عرضی و آبروهای واقع بر روی دامنۀ خاکریز برعهده مشاور است.

۴-۲-۱-۳ هدایت و تخلیه آب‌های سطحی

آب‌های زهکشی شده از جسم راه، و آب‌های جاری بر روی سطح شیب‌دار شیروانی‌های بالادست، معمولاً بوسیله نهرها یا آبروهای جانبی که بموازات راه ادامه می‌یابند و به آبراهه‌های طبیعی منتهی می‌گردند تخلیه می‌شود. این زهکش‌های جانبی در یک و یا دو طرف راه احداث می‌شوند.

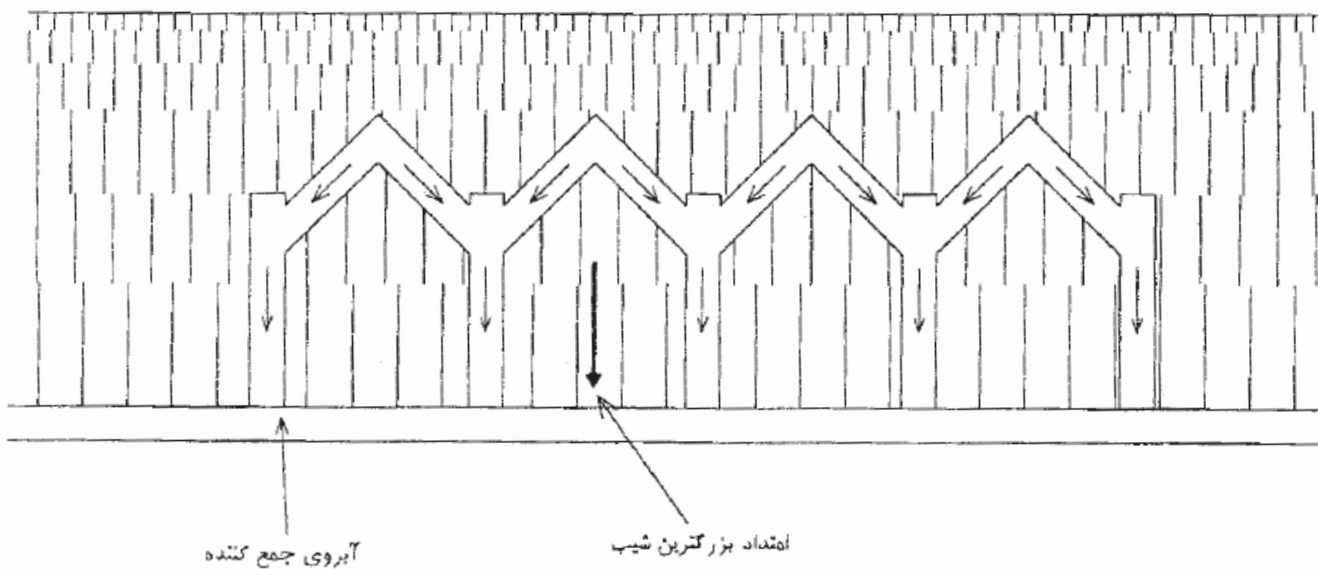
۴-۲-۱-۴- نهرها و آبروهای جانبی

در جاهایی که شیب طول زمین (در امتداد طول راه) کم و یا طول زهکش زیاد باشد، آبروها به زهکش‌های خروجی عرضی ختم می‌شوند و آبهای جمع‌آوری شده را در مسیر کوتاه‌تری به آبراهه‌ها و یا حوضچه‌های طبیعی منتقل می‌سازند.

در جاهایی که شیب زمین‌های اطراف به طرف بدنه خاکریز باشد، ولی شیب طولی زمین برای تخلیه آب توسط نهرها یا آبروهای جانبی کافی نباشد، در بالادست راه، نهرهایی با زاویه مناسب نسبت به محور راه احداث می‌شود به نحوی که شیب لازم برای جریان طبیعی آب را تأمین کند. نمونه ای از این نوع سیستم زهکشی در شکل (۴-۲) نشان داده شده است.

دردامنه‌های با ارتفاع زیاد و شیب تند ممکن است بنا به تشخیص مشاور لازم باشد به جای نهر از آبروهای سنگی یا بتنی و یا از لوله‌گذاری سطحی استفاده شود.

شیب نهرهای جانبی، وقتی که در خاک کنده شده باشند، باید بزرگتر از ۲۵٪ درصد باشد تا ته‌نشینی گل و لای در داخل آنها محدود باشد. از طرف دیگر، بسته به جنس خاک بستر، حداکثر شیب این نهرها باید به اندازه‌ای باشد تا سرعت زیاد آب باعث شسته شدن جدار نهر نشود.



شکل ۴-۲- زهکشی دامنه مشرف به مسیر

در صورتی که سرعت جریان در نهر جانبی به اندازه‌ای باشد که ایجاد شستگی در جدار نهر کند، باید به کمک پوشش محافظ (سنگی، بتنی و...) از تخریب آن جلوگیری کرد. در سایر مواردی که به دلیل محدودیت عرضی مقطع راه (تونل‌ها، ایستگاه‌ها،...) و یا شرایط توپوگرافیک، احداث نهر خاکی غیر ممکن و یا غیر اقتصادی باشد و یا نفوذ آب از نهر به زمین زیر، پایداری دامنه‌های مجاور را تهدید کند، باید به جای نهر، آبرو احداث کرد و یا از لوله‌گذاری استفاده نمود.

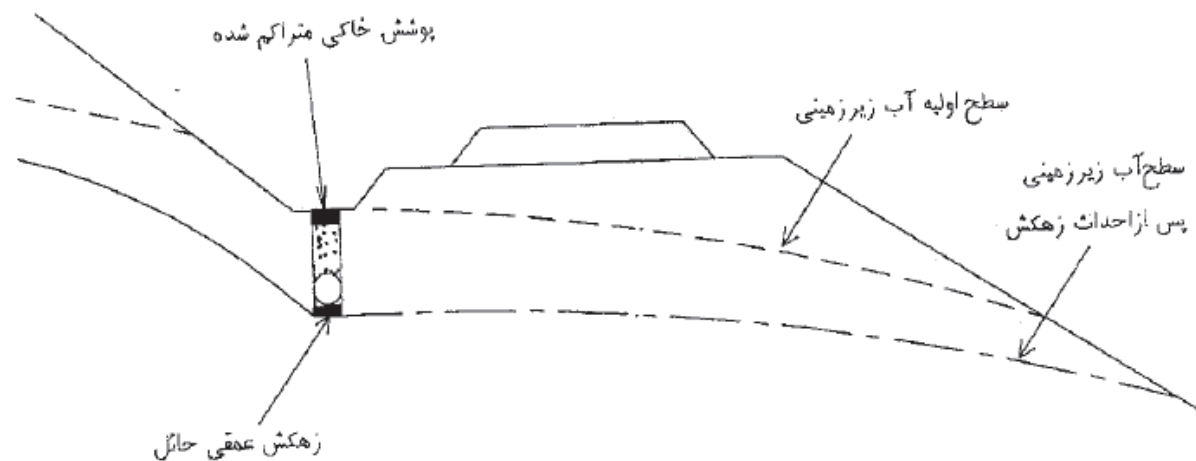
مقطع عرضی نهرهای خاکی به شکل V و یا دوزنقه است. در حالت اخیر حداقل عرض کف باید ۰/۵ متر در نظر گرفته شود. فاصله موجود بین نهر جانبی و پای خاکریز باید به سمت نهر شیب داشته باشد. باید دقت شود که احداث نهرهای جانبی به پایداری خاکریزها و ترانشه‌ها آسیب نرساند.

۴-۳- زهکشی آبهای زیرزمینی

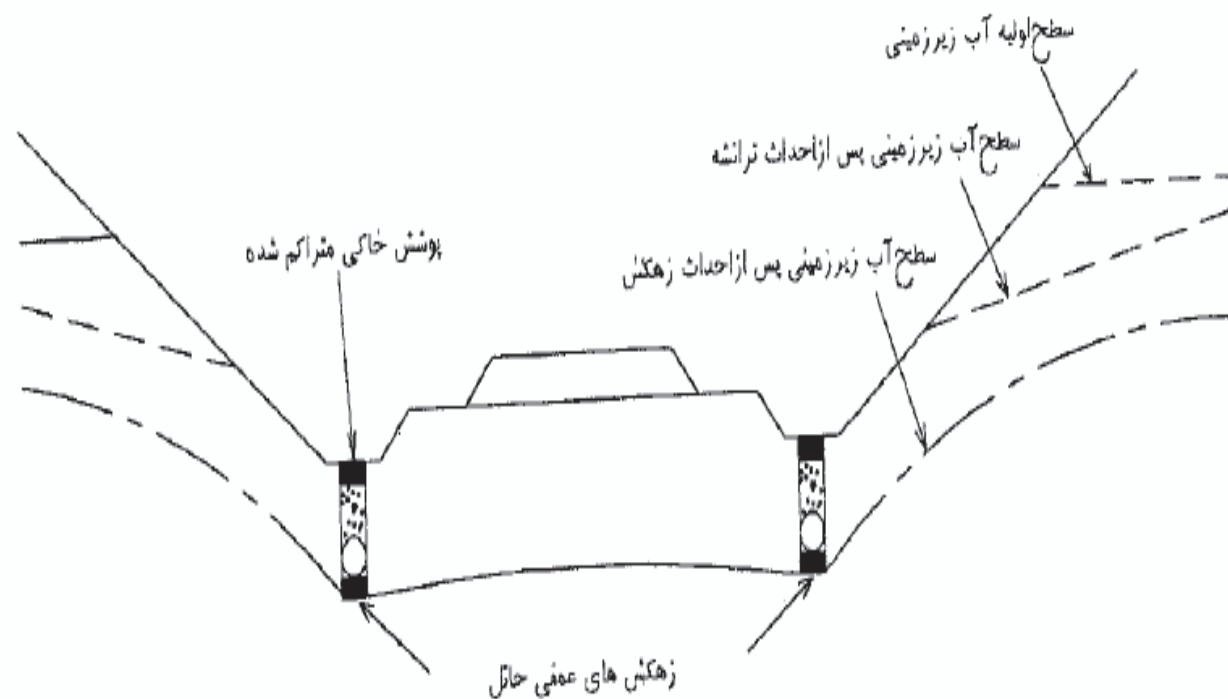
در جاهایی که بالابودن سطح آب زیرزمینی اعم از سطح ایستایی یا سطح آزاد آب جاری در زیرزمین یا سطح آب جذب شده در اثر کشش موئینگی، موجب نرم شدگی یا کاهش استحکام خاک در زیر لایه بالاست شود، از روش زهکشی عمقی یا زیرسطحی استفاده می‌شود. نرم شدگی خاک می‌تواند ناشی از تاثیر یک یا چند عامل، شامل رطوبت زیاد، تورم حاصل از یخبندان و پمپاژ بخش ریزدانه لایه‌های زیرین بسمت بالا باشد.

زهکشی آبهای زیرزمینی باید به نحوی صورت گیرد که سطح آب زیرزمینی، در بالاترین تراز سالیانه، حداقل ۱/۲ متر پایین‌تر از بستر زیربالاست باشد. در شکل‌های (۴-۳ و ۴-۴) دو نمونه از کاربرد زهکشهای عمقی نشان داده شده است.

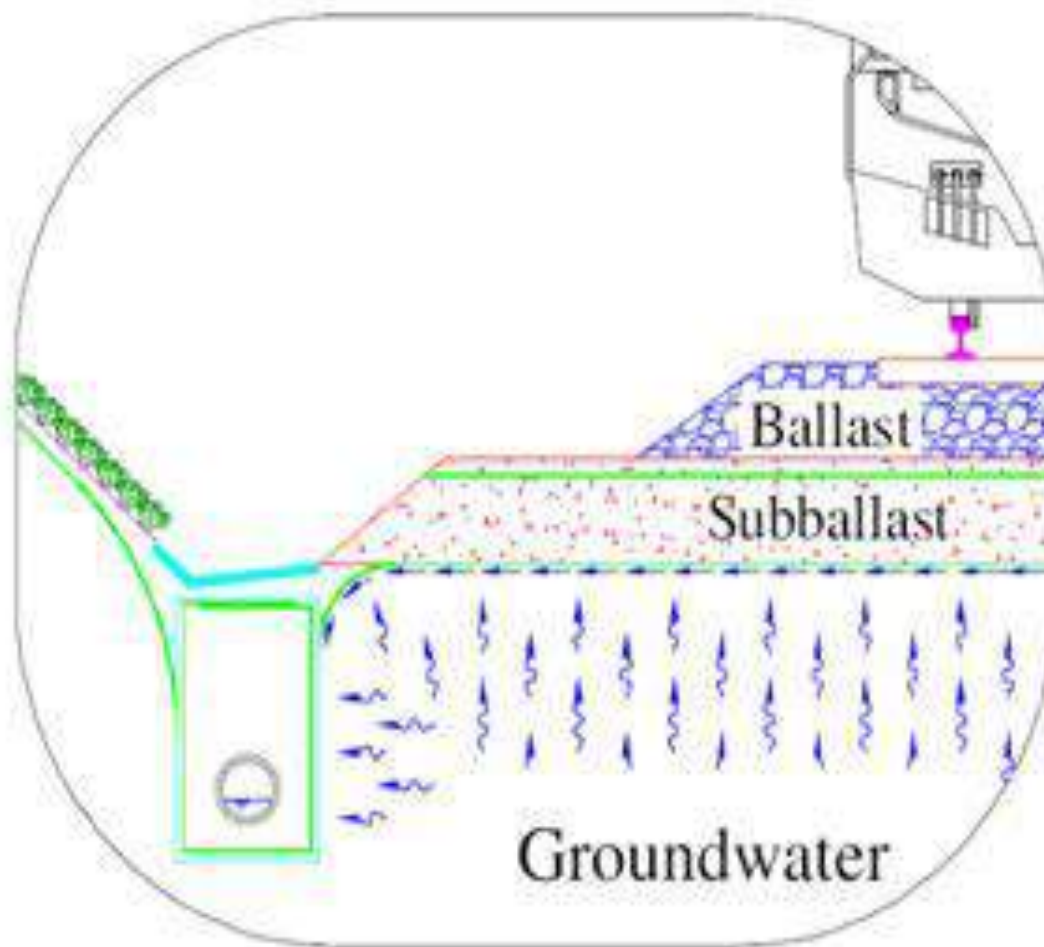
آب جذب شده در اثر کشش موئینگی در خاک‌های ریز دانه (رس و لای) را نمی‌توان زهکشی کرد، اما می‌توان با پائین بردن سطح ایستایی یا سطح آزاد آب، آنرا کنترل نمود.



شکل ۴-۳- زهکش عمقی یکطرفه

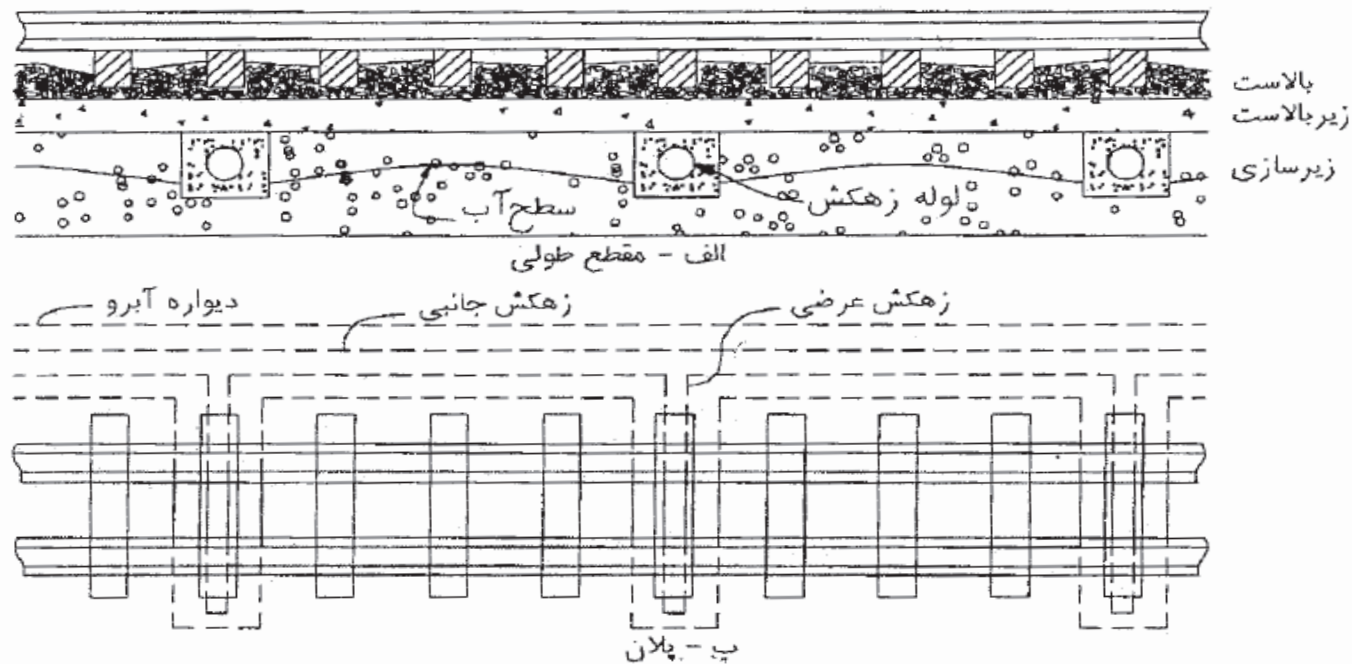


شکل ۴-۴ - زهکش عمقی دو طرفه



۴-۳-۱- زهکشی در مسیرهای با عرض زیاد

در مسیرهای با عرض زیاد (مانند ایستگاه‌ها، راه‌های چند خطه و...) که در آنها زهکشی عرضی آبهای نفوذی در لایه بالاست نمی‌تواند به خوبی انجام گیرد. مطابق شکل (۴-۵) از زهکش‌های عرضی زیرزمینی استفاده می‌شود.



شکل ۴-۵- نمونه‌ای از زهکشی عرضی زیرزمینی

۴-۴- زهکشی مسیر در شیب عرضی

برای پائین بردن سطح آب زیرزمینی در ترانشه‌ها و یا در نقاطی که راه در شیب عرضی واقع است از زهکشی‌های عمقی حائل استفاده می‌شود. نمونه‌هایی از این نوع زهکش‌ها در شکل‌های (۳-۴) و (۴-۴) نشان داده شده‌اند.

در مسیرهای واقع در شیب عرضی ممکن است احداث زهکش‌های حائل جانبی (رو باز یا روبسته) به تنهایی برای جمع‌آوری آب‌های تراوشی (زه آب) کافی نباشد. در این صورت باید از زهکش‌های عمقی عمود بر محور راه (زهکش‌های عرضی) استفاده شود.

۴-۵- زهکشی آب معلق

در محل‌هایی که بالا بودن تراز آب زیرزمینی ناشی از سفره آب معلق باشد و ضخامت لایه ناتراوای نگهدارنده این آب چندان زیاد نباشد می‌توان با احداث چاه‌های زهکش و هدایت آب به لایه‌های نفوذپذیر زیرین، زهکشی مورد نیاز را انجام داد.

۴-۶- نکات مهم

الف - طراحی هر سیستم زهکشی عمقی باید بر پایه مطالعات دقیق ژئوتکنیکی، شامل بررسی‌های محلی و برداشت تراز آبهای زیرزمینی، نمونه‌گیری از خاک (تا پایین‌ترین عمق تاثیر زهکشی) و انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی صورت گیرد.

ب - با توجه به گران بودن هزینه مطالعات، اجرا و نگهداری سیستم‌های زهکشی عمقی و لزوم اعمال نظارت فنی دقیق بر کلیه مراحل تهیه مصالح و اجرای این سیستم‌ها، در محل‌هایی از مسیر که تراز آب زیرزمینی بالا است و به ویژه وقتی که تراوایی خاک کم و در نتیجه قابلیت زهکشی آن ضعیف می‌باشد بهتر آن است که خط پروژه با خاکریزی بالا آورده شود به طوری که دیگر نیازی به احداث سیستم زهکشی عمقی نباشد.

پ - محدودیت‌ها و ملاحظات مربوط به نگهداری و ترمیم سیستم‌های زهکشی عمقی، از جمله مهمترین عواملی هستند که باید از همان نخستین مراحل طرح، مورد مطالعه قرار گیرد و در طراحی نهایی سیستم دیده شود.

۴-۷- انواع زهکش‌های عمقی

هر سیستم زهکشی عمقی ممکن است شامل یک یا چند نوع زهکش به شرح زیر باشد:

الف - آبرو جانبی عمیق روباز یا سرپوشیده یا نهر جانبی عمیق،

ب - زهکش لوله‌ای

پ - ترانشه زهکش (زهکش فرانسوی)

ت - چاه زهکش

ث - قنات

ج - زهکش‌های ماشینی (چال‌های ایجاد شده به وسیله دستگاه حفاری یا نفوذ)

زهکش نوع الف در بخش‌های (۴-۲،۴-۳ و ۴-۴) شرح داده شده است. چاه زهکش در حالت عادی (چاه با قطر بزرگ پر شده از مصالح دانه‌ای زهکش) حالت خاصی از زهکش فرانسوی محسوب می‌شود. قنات به عنوان سیستم زهکشی، به ویژه برای اصلاح زهکشی دامنه‌های طبیعی در معرض خطر لغزش و یا توده‌های خاک پشت دیوارهای نگهبان کارایی خوبی می‌تواند داشته باشد جزئیات این روش در فصل قنات آورده شده است.

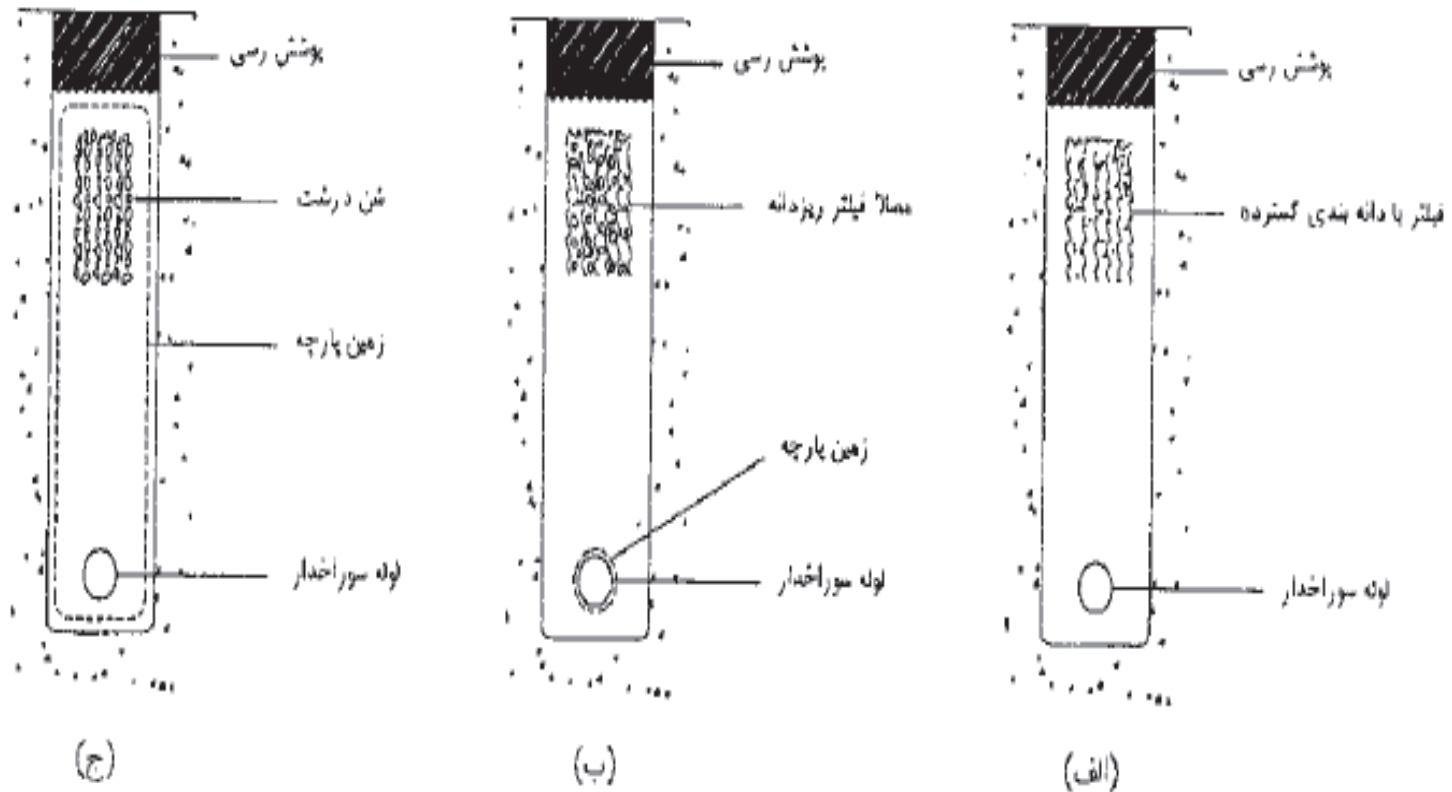
زهکش‌های ماشینی (افقی، مایل یا قائم) در شرایط خاص و به ویژه برای اصلاح زهکشی طبیعی دامنه‌هایی که در معرض خطر لغزش هستند به کاربرده می‌شوند. در صورت نیاز به بهره‌گیری از این نوع زهکش‌ها جزئیات آن در مشخصات فنی خصوصی قید خواهد شد.

زهکش لوله ای:

این نوع زهکش با حفر ترانشه و استقرار لوله سوراخ دار (مشبک ، متخلخل ، شکافدار) و یا لوله گذاری با درز های باز و پر کردن حجم ترانشه با مصالح دانه ای منتخب احداث میشود.



سه نمونه متداول از این نوع زهکشی



شکل ۴-۶- نمونه‌هایی از زهکش‌های لوله‌ای

۴-۷-۲- ترانشه زهکش

این زهکش با حفر ترانشه و پرکردن آن با مصالح دانه‌ای متخلخل (قلوه سنگ، شن، ماسه) احداث می‌شود. جزئیات اجرایی آن بسته به این که حفاظت مصالح متخلخل در مقابل گرفتگی ناشی از شسته‌شدن (فرسایش) خاک پیرامون چگونه تأمین می‌شود، متفاوت است. در شکل (۴-۷) سه حالت مختلف این نوع زهکش نشان داده شده، که عبارتند از:

الف - ترانشه پر شده با زهکش ریزدانه که نقش فیلتر را نیز در مقابل عبور ذرات ریز خاک پیرامون ایفا می‌کند.

پ - ترانشه پر شده با زهکش درشت دانه که بوسیله لایه‌ای از جنس زمین - پارچه در مقابل پدیده فرسایش خاک پیرامون محافظت شده است.

پ - ترانشه متشکل از مصالح زهکش درشت دانه، در وسط و لایه‌ای از فیلتر ریزدانه در دور مصالح زهکش (فیلتر برای جلوگیری از فرسایش خاک پیرامون) و لایه‌ای از زمین پارچه به منظور جلوگیری از فرار ذرات مصالح فیلتر به داخل منافذ مصالح زهکش.

۴-۹-۲- مصالح زهکش‌های عمقی

عملیات تشکیل‌دهنده زهکش‌های عمقی شامل ترانشه‌های موازی یا عمود بر محور راه، لوله‌های زهکشی، لوله‌های جمع‌کننده، اتصالات، مصالح دانه‌ای و انواع زمین پارچه‌ها باید با دقت تمام اجرا گردد و در کلیه مراحل اجرا و بهره‌برداری به خوبی نگهداری شوند.

در انتخاب جنس لوله‌های زهکش (سیمانی، پلاستیکی، سفالی، آلومینیمی، فولادی) و زمین پارچه‌ها باید دوام آنها در مقابل عوامل محیطی مانند یخبندان، خورندگی، املاح موجود در خاک پیرامون و یا محلول در آب زیرزمینی، براساس استانداردها و آئین نامه‌های متداول معتبر مورد بررسی قرار گیرد. جنس لوله‌ها و اتصالات و زمین پارچه‌ها باید در مشخصات فنی خصوصی طرح قید شود. مصالح دانه‌ای باید از دوام کافی در مقابل تغییرات رطوبت و تأثیر عوامل شیمیایی محیط برخوردار باشد.

بررسی آسیب پذیری خط آهن در هنگام زلزله و ارائه
راهکارهای اساسی کاهش خسارات

مقدمه :

با توجه به اینکه در توسعه شبکه های حمل و نقل، جاده و راه آهن از مناطق با شرایط جغرافیایی و آب و هوایی متفاوت عبور می نماید و نیز با توجه به اینکه بسته به کوهستانی و دشت بودن منطقه، آب و هوای گرم و خشک، معتدل، سرد و مرطوب داشتن، تحت معرض مخاطرات متفاوتی از قبیل زمین لرزه، لغزش زمین، ناپایداری دامنه ها و مخاطرات جوی قرار دارد.



آسیب های ناشی از زلزله:

آسیب های ناشی از زلزله بر روی راه آهن را می توان در شش گروه طبقه بندی نمود:

الف- آسیب های وارده بر سازه های ابنیه مسیر از قبیل پلها، تونلها

ابنیه مسیر راه آهن در هنگام وقوع زلزله بسته به جنس مصالح بکار رفته در ساخت آنها و سیستم سازه ای آنها (ابنیه با مصالح بنایی، با سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی، ابنیه مقاوم سازی شده و ...) تحت تاثیر بارهای جانبی ناشی از زلزله قرار می گیرند. در خصوص تک تک ابنیه ها لازم است مطالعات جامعی جهت ارزیابی وضعیت موجود صورت گیرد و با توجه نوع سازه ای آن تصمیم گیری اساسی صورت گیرد.



شکل 1- نمونه ای از آسیبهای سازه ای در پایه پلها در هنگام زلزله (زلزله سانفرانسیسکو)

ب- آسیب های وارده بر ساختمانهای ایستگاهها

ساختمانهای ایستگاهها به جهت بهره برداری 24 ساعته و حضور دائم مسافری در آنها جزء ساختمانهای با اهمیت ارزیابی می شوند. ساختار سازه ای آنها بایستی مطابق استانداردهای موجود طراحی و اجرا شود تا در حین وقوع زلزله آسیب های کمتری بر آنها وارد شود. با توجه به داشتن سایه بانهای طره ای طویل در آنها استفاده از سیستم های سبک از قبیل سازه های فضاکار توصیه می گردد.

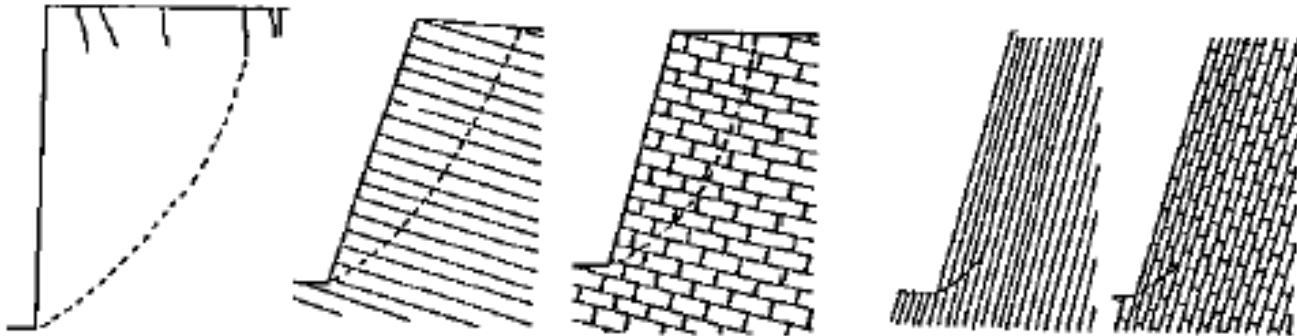
ج- آسیب های وارده بر سیستم زهکشی مسیر

وجود درناژها و سیستم های زهکشی در مسیر های راه آهن باعث می شود که آبهای زیرزمینی در جهت مناسب هدایت شده و از وارد ساختن فشارهای جانبی بر بستر خط آهن و یا نفوذ آنها بر گاباری مسیر جلوگیری نماید.

د- آسیب های وارده بر ترانشه ها و خاکریزها زمین لغزش

زمین لغزش و رانش زمین که با توجه به ناپایداری های طبیعی دامنه ها و یا در حین وقوع زلزله اتفاق می افتد باعث مسدود شدن مسیرهای راه آهن و جاده ها و .. می گردد. ناپایداری دامنه ها و شیبها را می توان بطور کلی در چها دسته طبقه بندی نمود.

شکل (2) - ناپایداری ترکیب لغزشی و برشی ناپایداری برشی



4-افتادن سنگ (واژگونی، ناپایداری خمشی)

همانگونه که در بالا تبیین گردید زمین لرزه و زمین لغزش باعث ریزش ترانشه ها و مسدود شدن مسیر راه آهن، تغییر شکل قائم بستر خط (نشست نابر ابر بستر خاکریز) ، تغییر مکان عرضی خط، و بوجود آمدن ناترازی زیاد در مسیر راه آهن از جمله آسیبهای ناشی از زمین لرزه و زمین لغزش می باشد.



شکل 5 - ناپایداری بستر خط آهن در زلزله نیگاتای ژاپن 2004

و- آسیب‌های وارده بر شبکه بالاسری و علایم الکتریکی

شبکه بالاسری و سیستم علایم الکتریکی در طول مسیر راه آهن نیز در هنگام وقوع زلزله تحت اثر نیروهای افقی ناشی از زلزله قرار می‌گیرد. تیرهای طره‌ای شبکه بالاسری و پایه‌های آن معمولاً تحت تأثیر نیروهای زلزله آسیب دیده و حداقل تراز طولی و عرضی خود را از دست می‌دهد.



شکل 7- کمانش خط آهن و خرابی شبکه بالاسری در زلزله نیگاتای ژاپن

ترابری ریلی یکی از ترابری‌های زمینی است که در مصرف انرژی بسیار به صرفه عمل می‌کند. ریل‌ها رویه‌ای بسیار صیقلی و سفت فراهم می‌کنند که چرخ‌های قطار می‌توانند با کمترین اصطکاک ممکن بر روی آن‌ها بغلتند. این روش با خود راحتی و صرفه‌جویی کارمایه (انرژی) به همراه دارد. معمولاً بخش پیشین قطارها هم با شکلی خمیده و (آیرودینامیک) ساخته می‌شود تا در مصرف کارمایه صرفه‌جویی شود. روی هم رفته، تحت شرایط مناسب، قطار برای بردن حجم مشخصی از کالا یا مسافر 50 تا 70 درصد کمتر انرژی نیاز دارد تا ترابری جاده‌ای. افزون بر این، ریل‌ها و ریل‌بندها باهم وزن قطار را بطور یکسان پخش می‌کنند که در پی آن با هر محور/چرخ بار بیشتری می‌توان حمل کرد تا در ترابری جاده‌ای. ترابری ریلی همچنین از امن‌ترین و کم‌جاگیرترین شیوه‌های ترابری است. یک خط راه‌آهن دوریلی می‌تواند در یک زمان مشخص از یک اتوبان چهارخطه هم بیشتر مسافر یا کالا جابجا کند.

صنعت حمل و نقل ریلی در حیطه وسیع خود با تکیه بر 3 مبحث عمده خط، ناوگان و بهره برداری هدفهای متفاوتی را دنبال می کند. مباحث مرتبط با خطوط ریلی اعم از احداث، بازسازی، بهسازی و ... و مباحث مرتبط با ناوگان (لکوموتیو و واگن) اعم از ساخت، تعمیر و نگهداری، ... و در نهایت مسائل مرتبط با بهره برداری و مدیریت و برنامه ریزی حمل و نقل که حسب نوع حمل و نقل کالا یا مسافر، مورد فرایندهای تحقیق و توسعه ای (R&D) متفاوت می باشد.

ناوگان ریلی:

ناوگان ریلی به مجموعه ای از ماشینهای ریلی گفته می شود که به صورت منفرد یا مرکب در قالب قطار تنظیم و جهت حمل بار یا جابجایی مسافر و یا خدمات امداد و پشتیبانی مورد استفاده قرار می گیرد. گرچه اصطحکاک غلتشی ناچیز بین چرخ و ریل، یکی از ویژگیهای اساسی تمایز ناوگان ریلی از سایر وسایل نقلیه زمینی محسوب می شود اما باتوجه سیستم های مدرن قطارهای الکترو مغناطیسی (ماگلو) و حذف اصطکاک غلتشی تنها حرکت در مسیر مقید شده خط، به عنوان مشخصه اصلی ناوگان ریلی جدید شمرده می شوند.

بصورت مختصر ناوگان ریلی به کلیه ماشینهای ریلی که برای خدمات ترافیکی روی ریل مورد استفاده قرار می گیرند، گفته میشود.

انواع ناوگان ریلی

ناوگان ریلی را میتوان برحسب نوع کاربرد ماشینهای آن به شرح ذیل طبقه بندی کرد:



1- ناوگان کشش

2- ناوگان مسافری

3- ناوگان پشتیبانی و امداد

4- ناوگان باری



هم اکنون ناوگان حمل و نقل راه آهن شامل:

634 دستگاه لکوموتیو

21406 دستگاه واگن باری

1065 دستگاه واگن مسافری می باشد.

ناوگان کشش



کلیه ماشینهای ریلی که مجهز به سیستم های مولد یا مبدل قدرت ، انتقال قدرت و کنترل و ناوبری بوده و صرفاً جهت کشیدن یا هل دادن قطارها مورد استفاده قرار میگیرند را ناوگان کشش می گویند که شامل انواع لکوموتیوها و خودکشنده ها

لوکوموتیو

یک ماشین ریلی می باشد که نیروی محرکه مورد نیاز برای حرکت قطار را تامین و خود فاقد ظرفیت بارگیری یا مسافر می باشد به عبارت دیگر لکوموتیو در حمل و نقل ریلی به عنوان واحد کشنده مستقل و متمرکز قطار تعریف می شود و هر قطار برحسب تناژ و سرعت ممکن است نیاز به یک یا چند لکوموتیو برای حرکت داشته باشد.

انواع لکوموتیو

لکوموتیو از نظر نوع کاربری به انواع زیر تقسیم می شود:

باری : دارای گشتاور و قدرت زیاد جهت حمل قطارهای باری سنگین
(نسبت دنده بالا)

مسافری : دارای سرعت و شتاب زیاد جهت حمل قطارهای مسافری
(نسبت دنده پایین)

مانور : دارای گشتاور راه انداز زیاد جهت انجام عملیات مانور در
محوطه های ایستگاهها (سیردر سرعت های پیوسته کم)

چند منظوره : با ویژگیهای حد وسط بصورت منفرد و دوبله که قابلیت
حمل قطارهای باری و مسافری را هم دارند.

طبقه بندی لکوموتیو از نظر نوع انرژی مصرفی و سیستم انتقال قدرت

بخاری : کشش بصورت منفرد و فاقد امکان دوبله کردن با فرماندهی واحد

دیزلی : کشش منفرد و سری با فرماندهی واحد به شرطی که مجموع نیروی کشش از توان مجاز قلاب بیشتر شود

برقی : کشش منفرد و سری با فرماندهی واحد به شرطی که مجموع نیروی کشش از توان مجاز قلاب بیشتر شود

البته علاوه بر موارد بالا نسل جدید لکوموتیوها مانند توربینی ، هایبرید و فیول سل از نظر انرژی مصرفی موجود می باشند.

ناوگان مسافری

شامل کلیه ماشینهای ریلی که صرفاً جهت جابجایی مسافر مورد استفاده قرار می گیرند شامل انواع سالنهای مسافری ، ترنست ها ، ریل باسها



ناوگان پشتیبانی



کلیه ماشینهای ریلی که صرفاً جهت انجام فعالیتهای امداد و نجات، فنی و پشتیبانی، تعمیرات، نظارت و بازرسی مورد استفاده قرار میگیرند گفته می شود و شامل انواع قطارهای نجات، جرثقیلها و

...

ناوگان باری

مجموعه ماشینهای ریلی که صرفاً جهت حمل بار در یک شرکت راه آهن مورد استفاده قرار می گیرد، ناوگان باری می گویند. به دلیل تنوع نوع بار ، واگن های باری در انواع مختلف به منظور سهولت بارگیری، تخلیه ، باربندی و تسریع عملیات بهره برداری ساخته و عرضه می شوند

واگن

به کلیه ماشینهای ریلی خودکشش یا یدک که جهت حمل بار یا مسافر در مسیر مقید شده خط (آهن) مورد استفاده قرار می گیرد و قابلیت اتصال و انفصال آسان و سریع جهت تشکیل و تفکیک قطار را داشته باشد گفته می شود. منتهی در مفهوم فارسی آن صرفاً به ماشینهای ریلی باری یا مسافری فاقد کشنده محدود می شود و بالاخص کلمه واگن یا واگن باری را صرفاً برای ماشینهای ریلی که برای حمل و جابجایی بار مورد استفاده قرار می گیرد بکار می رود و برای واگن مسافری، ترجیحاً از واژه سالن مسافری استفاده می شود.

طبقه بندی واگن ها

واگن متنوع ترین بخش ماشینهای ریلی می باشد و از جهات مختلف طبقه بندی می شود که ذیلاً به چند مورد آن اشاره می شود.

از نظر نوع بهره برداری:

باری : صرفاً جهت حمل بار

مسافری : صرفاً جهت حمل مسافر

ویژه : واگنهای مخصوص جهت انجام ماموریت های فنی و پشتیبانی و یا بازرسی

بر اساس ساختمان اتاق و نوع محموله های قابل حمل داراي ساختمانهاي متفاوت مي باشند و به شرح زیر تقسيم مي گردند.



- 1 - واگنهای مسقف
- 2 - واگنهای لبه کوتاه
- 3 - واگنهای لبه بلند
- 4 - واگنهای مسطح
- 5- واگنهای مخزن دار
- 6 - واگنهای یخچالدار
- 7 - واگنهای انتهایی
- 8- شن کش
- 9 - فله بر

مونوریل چیست؟

تکریل یا مونوریل، شیوه‌ای از حمل و نقل سبک ریلی است. تکریل در واقع یک خط منفرد است که به عنوان ریل برای واگن‌های مسافری یا باری استفاده می‌شود. ترن یا واگن‌ها بوسیله چرخ‌هایشان بر روی این ریل منفرد که درست در مرکز ترن یا واگن قرار می‌گیرد، حرکت می‌کنند. واژه مونوریل، که از سال ۱۸۹۵ به بعد به کار رفت، از ترکیب دو واژه Mono به معنای «تک» و Rail به معنی «خط» تشکیل شده است.

تکریل معمولاً بالاتر از سطح زمین قرار گرفته است ولی می‌تواند بر روی زمین، پایین‌تر از سطح زمین و یا در تونل‌های زیرزمینی نیز بکار رود. تکریل برای استفاده در مناطق تفریحی مانند شهربازی‌ها و همچنین شهرهای توریستی نیز گزینه مناسبی محسوب می‌شود.

مزایای مونوریل

1- فضای کمی را اشغال می‌کند به خصوص مونوریل‌های هوایی که روی زمین تنها به فضای کمی برای قرار گرفتن پایه‌ها نیاز دارند.

2- مونوریل‌هایی که از چرخ‌های لاستیکی روی ریل بتنی استفاده می‌کنند ارتعاش و نویز کمی ایجاد می‌کنند.

3- ایمن هستن چون مونوریل‌های سوار بر تیر، ریل را در بر می‌گیرند و طبیعتاً قابلیت از خط خارج شدن را ندارند مگر اینکه برای ریل مشکلی پیش بیاید.

4- به دلیل سروصدای کم و اشغال فضای کم، می‌توان ایستگاه‌های آن را در هر مکانی ساخت، در نتیجه دسترسی به آن آسان²⁶³ می‌شود. برای مثال ایستگاه مونوریل

5-اگر طراحی آن زیبایی باشد می‌تواند به
ابزای برای جذب توریست. تبدیل شود .

6-به دلیل استفاده از الکتریسیته به عنوان منبع
تغذیه، و چرخهای لاستیکی دوستار
محیطی‌باشند

7-مونوریل‌ها به ویژه مونوریل‌ها با چرخ
لاستیکی به شکلی طراحی شده‌اند که توانایی
غلبه بر شیب‌های بالا را دارند. مونوریل‌های
ساخت شرکت هیتاچی توانایی عبور از
شیب % ۶ را دارند.

8-به تعمیر و نگهداری زیادی نیاز ندارند به
ویژه مونوریل‌هایی با مسیر بتنی؛ چرخ‌های
لاستیکی هم برای تقریباً ۱۰۰,۰۰۰ مایل دوام
دارند همچنین خود مونوریل نیز عمری بیش
از ۳۰ سال خواهد داشت.

9-به دلیل دارا بودن مسیر مشخص، مشکل

معایب مونوریل

1- به علت استفاده از ریل اختصاصی، استفاده از ریل‌های مرسوم در صنعت نقلیه ریلی امکان پذیر نیست در نتیجه از این قطارها در سایر خطوط ریلی را نمی‌توان استفاده کرد.

2- در موارد اضطراری، مسافران نمی‌توانند فوراً از مونوریل بیرون بروند زیرا مونوریل بالای سطح زمین قرار گرفته است و راهروی اضطراری وجود ندارد در نتیجه مسافران باید تا آمدن قطار نجات یا آتش نشان منتظر بمانند؛ مونوریل‌های جدیدتر این مشکل را با ساخت راهروهای اضطراری در کنار تمام خطوط حل کرده‌اند و مونوریل‌های آویزان این نقص را با ساخت سر سره‌های تخلیه همانند هواپیما درون قطار از بین برده‌اند.

سقوط یکی از چرخ‌های مونوریل روی سر یک نفر از عابرین پیاده، باعث ایجاد جراحات شدیدی در وی شد البته این مسأله را می‌توان با ساخت حصارهایی کنار مسیر حل کرد.

4- به دلیل قرار گرفتن در ارتفاع سازنده آن باید تحمل وزن مونوریل و مسافران را داشته باشد و در برابر طوفان و زلزله مقاوم باشد که در نتیجه طراحی سازه آن نیاز به دقت و هزینه بالایی دارد.

5- تعویض خط به آهستگی صورت گرفته و نیاز به مکانیزم پیچیده تر و دقیق تری نسبت به قطارهای عادی دارد که هزینه ساخت آن را بالا می‌برد.

6- هرچه سرعت مونوریل بیشتر شود، برای جلوگیری از خارج شدن از مسیر باید شعاع انحنای مسیر را بیشتر کنند که این موضوع باعث طولانی تر شدن مسیر می‌شود. شرکت

ویژگی ها و قابلیت های مونوریل

مونوریل وسیله نقلیه‌ای ایمن، پاک و مناسب که به کار گرفتن آن می‌تواند کمک زیادی به کاهش آلودگی محیط زیست، حجم ترافیک و هزینه‌های جانبی آن بنماید. در سال ۲۰۰۷ مونوریل لاس و گاس به کنار رفتن حدود ۲/۳ میلیون مایل وسیله نقلیه از شاهراه نودای جنوبی کمک کرد و باعث کاهش یافتن انتشار بیش از ۵۸ تن کربن مونواکسید (CO) و ترکیبات آلی فرار (VOC) و اکسید نیتروژن (NOX) در یک دوره یکساله شد.

قرار گرفتن مونوریل در ارتفاع، ساختار ریل، و سازه مستحکم خطوط آن موجب تبدیل مونوریل به یکی از ایمن ترین وسایل ترابری شده است در تاریخ مونوریل تنها یک حادثه کشنده در مقابل میلیون‌ها جابه جایی مسافر

سازه مسیر و ستون مونوریل هم به گونه‌ای می‌باشد که توانایی مقابله با زمین لرزه را دارد مونوریل‌های سیاتل و اوزاکا توانست اند در مقابل زمین لرزه‌هایی که در مناطق آن‌ها صورت گرفت مقاومت کنند.

بیشتر مونوریل‌ها توانایی جابه جایی هزاران مسافر دارند که با توجه به ویژگی‌های مثبت دیگر آن می‌توانند تبدیل به یکی از مناسب ترین وسایل حمل و نقل شوند برای نمونه مونوریل چانگ کینگ چین که یک مونوریل ساینز بزرگ شرکت هیتاچی می‌باشد توانایی جابه کردن ۳۰,۰۰۰ مسافر را در ساعت برای مسافت 19 km دارد. مونوریل را می‌توان مناسب ترین وسیله ترابری همگانی در حل مشکلات ارتباطی مناطقی دانست که از نظر اقلیمی شرایط خاصی دارند از قبیل مناطق کوهستانی که پستی و بلندی‌های زیادی دارند، مناطقی که شرایط آب و هوایی بسیار گرم یا بسیار سرد دارند و کشورهای که دارای جزایر متعدد هستند مانند کشورهای ژاپن و چین که مونوریل در آنجا مبدل به

هزینه ها

عوامل بسیاری در تجميع هزینه های احداث مونوريل دخیل هستند. عمده آنها را می توان در مولفه های: طول مسیر، شرایط پستی و بلندی منطقه مورد احداث، موقعیت محل (هزینه حمل مصالح به محل)، وجود زیرساخت ها (از قبیل وجود شبکه های آب، برق تلفن، جاده و.. در نزدیکی محل احداث)، زمین (هزینه تملک زمین محل مورد احداث)، سرعت حرکت (که نوع تجهیزات ایمنی نظیر سوزن ها و تجهیزات دیگر را مشخص می کند) و ... هزینه های احداث یک مونوريل را تعیین می کنند. به طور کلی می تواند ترکیب هزینه های تاسیس یک مونوريل را به شرح زیر در نظر گرفت:

هزینه احداث مونوریل

۵۰ تا ۶۵	عملیات زیر بنایی و احداث زیر ساخت ها
۱۵ تا ۲۰ درصد	تجهیزات متحرک، قطارها، واگن ها و...
۹ تا ۱۲ درصد	احداث دیوها
۵ تا ۱۰ درصد	تاسیسات زیربنایی
۵ تا ۱۰ درصد	سایر هزینه ها

صرفه جویی در منابع

در هیچ جاي دنيا به حمل و نقل عمومی به عنوان یک شرکت سود ده نگاه نمی کنند . آثار اجتماعی و اقتصادی مترو بسیار مهمتر و با ارزش تر است . به گفته مدیر عامل مترو صرفه جویی 3 خط 677 میلیارد تومان است که از این میان هزینه صرفه جویی سالانه مترو ، مترویی تهران در سال 86 در کاهش اتلاف وقت شهروندان 320 میلیارد تومان، کاهش مصرف سوخت 270 میلیارد تومان، کاهش آلودگی هوا 62 میلیارد تومان و کاهش تصادفات رانندگی 25 میلیارد تومان است . به گفته وي در صورت تامین اعتبارات مورد نیاز خطوط راه آهن شهري تهران تا سال 1409 به 12 خط افزایش خواهد یافت و آثار مثبت تکمیل شبکه مترو تهران سالانه 2 هزار و 600 میلیارد تومان است . همچنین هر خط مترو که به طور متوسط 25 کیلومتر است معادل یک

ترافیک

مساله ترافیک همواره یکی از دغدغه های اصلی و در اولویت همه مسوولانی بوده است که طی دوره های مختلف سکاندار مدیریت کلان شهر تهران بوده اند . دغدغه ای که در پی اعمال سلايق متفاوت براي ساماندهی ترافیک گاه به کشمکش های آشکار و پنهان میان متولیان شهر منجر شده است.

با توجه به روند رو به رشد شهر نشینی در ایران و همچنین موقعیت شهر های جدید در اسکان جمعیت سرریز شهرهای بزرگ نیاز به وجود سیستم حمل و نقل عمومی سریع بین شهری، منظم و نسبتا ارزانی می باشد که موجب سرعت در جابه جایی مسافر در داخل شهرهای بزرگ و ارتباط صحیح شهرهای جدید با شهر مادر می شود .

مترو به عنوان پاک ترین، سالم ترین، سریع ترین،

صرفه جویی در مصرف سوخت، صرفه جویی در اتلاف وقت، صرفه جویی در هزینه درمان و نظافت ناشی از آلودگی هوا و صرفه جویی در هزینه مصرف لوازم یدکی و استهلاك خودرو، از دیگر مزایای کمی بهره برداری از مترو عنوان شده است .

یکی از معضلات مهم در برخی از کشور ها شلوغ بودن مترو ها می باشد، که میتوان این مشکل را با افزایش خطوط مترو برطرف کرد.

تفاوت مترو و مونوریل

مزایای احداث مونوریل در مقایسه با مترو:

مونوریل و مترو نسبت به یکدیگر مزایا و معایبی دارند که براساس آنها می توان اولویت توسعه هر يك نسبت به دیگری را تعیین کرد. در مورد

مزایای استفاده از مونوریل نسبت به مترو به موارد زیر می توان اشاره کرد:

1- نیاز به فضای محدود در سطح معابر و خیابان ها دارد، چرا که فقط ستون ها در معابر قرار می گیرند.

2- امکان استفاده مسافران از مناظر و جاذبه های دیدنی شهر فراهم می شود که برای جذب گردشگر، بسیار مؤثر است.

3- با توجه به سرعت پایین و تکیه ریل بودن مسیر مونوریل، ضریب ایمنی بالایی دارد زیرا احتمال خروج از ریل آن بسیار کم است.

4- اگر طراحی مناسب صورت گیرد و هزینه های زیباسازی آن تقبل شود، در زیباسازی شهر و جذب گردشگر بسیار مؤثر است.

5- به علت استفاده از چرخ های لاستیکی، دارای آلودگی صوتی بسیار پایینی است (هرچند در متروهای پیشرفته دنیا نیز امکان استفاده از چرخ های لاستیکی فراهم آمده است).

6- سازه مونوریل در برابر زلزله بسیار مقاوم است.

7- به علت در معرض دید بودن مسیر مونوریل، فضاهای مناسبی جهت تبلیغات به وجود خواهد آمد که درآمدزایی بسیار خوبی خواهد داشت.

8- مونوریل ها قابلیت عبور از فرازها و نشیب هایی با شیب بالا را دارند. به عنوان نمونه، مونوریل های ساخت شرکت HITACHI تا شیب 6 درصد را به راحتی جوابگو هستند.

معایب احداث مونوریل در مقایسه با مترو:

- 1- به علت استفاده از ریل اختصاصی در مونوریل، استفاده از ریل های مرسوم در صنعت نقلیه ریلی امکان پذیر نیست. در نتیجه از این قطارها در سایر خطوط ریلی نمی توان استفاده کرد. همچنین هیچ کدام از اجزای مونوریل به سایر اجزای قطارهای مرسوم شباهت ندارند، در نتیجه نمی توان از قطعات یدکی آنها استفاده کرد.
 - 2- تعویض خط قطار مونوریل در ارتفاع، نیاز به يك طراحی دقیق و صرف هزینه زیاد دارد تا مانع از سقوط یا خروج آن از خط شود.
- به طور کلی، به علت این پیچیدگی ها و هزینه های زیاد، ایجاد يك سیستم فراگیر چند خطه تقریباً ناممکن شده است (تعبیه مسیر جابه جایی برای مونوریل در حدود 15 برابر طراحی این امکان برای مترو، هزینه در بر خواهد داشت). توجه داشته باشید که در سطح زمین نمی توان این جابه جایی را انجام داد و حتماً باید به صورت هوایی انجام شود.

3- مونوریل ها براي سرعت هاي بالا
طراحي نشده اند. نوع ریل و نوع چرخ هاي
مونوریل، مانع اصلي افزايش سرعت آنها
هستند.

4- در حالت خطر و مواقع اضطراري،
تخليه مونوریل از مسافر در بين 2 ايستگاه
غيرممکن است (در بعضي از طرح ها
براي كل مسير، يك مسير ويژه پياده طراحي
و ساخته شده است كه به نوبه خود هزينه
هاي ساخت را بالا مي برد. در آمريكا
احداث اين مسيرهاي پياده در اطراف مسير
مونوریل اجباري شده است).

5- حجم جابه جايي مسافر در مونوریل در
مقايسه با مترو، بسيار كم است.

6- خطر سقوط اشیا و اجزای مونوریل وجود دارد که می تواند برای افراد و خودروهای زیر مسیر مونوریل خطرناک باشد. به عنوان نمونه در شهر کوالالامپور در سال 2002 در ماه آگوست، سقوط یکی از چرخ های مونوریل روی سر يك نفر از عابرین پیاده، باعث ایجاد جراحات شدیدی در وی شد. در حادثه بعدی یکی از چرخ های لاستیکی مونوریل در سیاتل آمریکا سقوط کرد که خسارتي در بر نداشت. به تازگی در شهر کوالالامپور، ترکیدن یکی از چرخ های مونوریل باعث جراحات مختصری در مسافران شد. در سال 1994 در شهر لاس وگاس آمریکا، یکی از محورهای چرخ مونوریل به طول 70 سانتی متر از ارتفاع 15 متری به زمین سقوط کرد. بسیاری از کارشناسان عقیده دارند برای جلوگیری از سقوط اشیا و اجزای مونوریل به پایین، باید در

7- ساخت تمام مسیر و ایستگاه های مونوریل، در ارتفاع انجام می شود که در نتیجه باعث طولانی شدن پروسه ساخت و افزایش هزینه آن می شود. اما در مترو، در صورت تامین تجهیزات مدرن ساخت تونل، با سرعت بالا و هزینه کمتر این کار انجام می شود و فقط در ایستگاه ها ناچار به بستن معابر و کار اجرایی در سطح زمین وجود دارد.

8- از آنجا که مونوریل در مجاورت هوای آزاد قرار دارد، در زمستان و تابستان، تامین دمای مناسب در داخل واگنها و ایستگاه ها، هزینه زیادی دربر خواهد داشت.

9- تطابق مونوریل با فضاهای شهری و جلوگیری از لطمه آن به بافت شهر، هزینه احداث مونوریل را افزایش خواهد داد. همچنین به علت مجاورت هوای آزاد و آلودگی هوای شهر²⁷، شست و شو و رنگ آمیزی ستون ها،

10- از آنجا که حجم جابه جایی مسافر در مونوریل پایین است، در ساعات شلوغی ممکن است باعث ایجاد ازدحام مسافر در ایستگاه ه شده و این ازدحام به خیابان ها و معابر اطراف کشیده خواهد شد.

11- ساخت ستون ها و مسیرهای ریلی مونوریل نیاز به حداکثر ایمنی و استحکام دارد تا بتواند در مقابل زلزله مقاوم و مستحکم باشد. در نتیجه هزینه های ساخت افزایش چشمگیری دارد.

12- به واسطه مشرف بودن مونوریل به خانه های مردم اطراف مسیر، مطمئناً باعث ایجاد نارضایتی در بین ساکنان اطراف مسیر مونوریل خواهد شد. به عنوان نمونه در شهر کوالالامپور، مسئولان شهری ناچار شدند برای ایجاد مانع و مات کردن شیشه منازل مسلمانان اطراف مسیر، هزینه های زیادی متحمل شوند در به ستون ها و

13- با توجه به خاص و لوکس بودن مونوریل و کاربرد کم آن، تعداد شرکت های سازنده آن در دنیا کم است. در نتیجه هزینه تامین لوازم و قطعات مونوریل نیز بالاست. همچنین تامین قطعات یدکی وابسته به ارتباط با چند شرکت محدود است و در صورت قطع همکاری به هر دلیل، مونوریل قادر به ادامه فعالیت نیست. به عنوان نمونه در متروی تهران، با توجه به شباهت واگن ها به واگن های راه آهن، امکان ورود شرکت های سازنده داخلی به این عرصه فراهم شده است. هم اکنون شرکت هایی مانند واگن سازی پارس، واگن سازی تهران، ایران ابزار، بعضی شرکت های خودرو ساز و... دارای تجربیات بسیار گرانبهایی در این زمینه هستند و می توانند در آینده نزدیک نیاز کشور به واردات تجهیزات، قطعات یدکی و واگن های مترو از خارج از کشور را برآورده سازند.

14-سازه باید در تمام مسیر استحکام لازم برای تحمل وزن مونوریل و مسافران را داشته باشد و در تمام طول مسیر تمام سازه یکنواخت باشد. به علت غیرقابل تفکیک بودن ریل حرکتی و مسیر مونوریل جهت ایجاد مسیری مناسب و یکنواخت، ساخت مونوریل هزینه بالایی در بر خواهد داشت؛ خصوصاً اینکه تمام سازه ها در ارتفاع واقع شده اند. در سایر سیستم های ریلی اینگونه نیست، به عنوان نمونه در مترو به علت جدا بودن ریل از تونل و مترو، می توان مسیر را به قسمت های متفاوت تقسیم کرد و هر بخش توسط پیمانکاران متفاوت ساخته شده و در نهایت، ریل توسط پیچ و مهره نصب خواهد شد و یکنواختی و پیوستگی مسیر کار پر هزینه ای نخواهد بود.

قطارهای مغناطیسی

Maglev یا حمل و نقل شناور مغناطیسی

(Magnetic Levitation)، نام تکنولوژی جدیدی می باشد که با توجه به مشخصه های برجسته اش انقلابی در صنعت حمل و نقل ایجاد خواهد کرد. "ماگلو" نوعی از حمل و نقل می باشد که قطار را به طور شناور و کاملاً جدا از زمین به وسیله نیروی الکترومغناطیسی به طرف جلو می راند. این روش جدید سریع تر، راحت تر و مطمئن تر از روش حمل و نقل کنونی، همراه با چرخ های مرسوم می باشد.

به دلیل وجود نیروی محرکه اصلی این سیستم در ریل آن، به جای خود قطار، این قطارها بسیار سبک و کنترل آنها در سراسیمه ها بسیار آسان می باشد. ریل های استفاده شده در این سیستم نیز از مواد سبک ساخته شده است. تکنولوژی ماگلو (Maglev) این اجازه را به

به عبارت دیگر مگلو سیستمی است که در آن وسیله نقلیه با استفاده از نیروهای الکترومغناطیسی ایجاد شده بین آهن رباهای ابر رسانای موجود در وسیله نقلیه و کویل‌های مستقر در مسیر، نسبت به مسیر عبوری شناور می‌گردد. عبارت مگلو نیز مخفف دو کلمه به معنای شناوری مغناطیسی می‌باشد. (Magnetic Levitation)

در واقع سیستم مگلو سه پارامتر قابل توجه دارد که تحت این سه پارامتر به عنوان مگلو شناخته می‌شود. این پارامترها عبارتند از :

- شناوری

- کشش

- هدایت

هر سه مورد فوق توسط نیروهای الکترومغناطیسی تأمین شوند. از این رو مطالعات در فناء ری مگلو همه اره حول سه

-سیستم مگلو را بر اساس نوع سیستم شناوری
به سه دسته تقسیم می کنند. به عبارت دیگر
تقسیم بندی سیستمهای مگلو بر اساس نیروهای
مغناطیسی که باعث ایجاد شناوری وسیله نقلیه
می شوند انجام می گیرد. این سه نوع عبارتند
از:

سیستم تعلیق الکترومغناطیسی (EMS)

-سیستم تعلیق الکترودینامیک (EDS)

سیستم تعلیق آهن ربای دائمی (PMS)

مقایسه ماگلو با قطارهای مرسوم

به علت عدم وجود تماس بین ریل و قطار در قطارهای مغناطیسی، اصطکاک بسیار کمی آن هم تنها اصطکاک بدنه قطار و هوا وجود دارد. مصرف قدرت قطارهای ماگلو برای هر مسافر بر کیلومتر در سرعت 200 کیلومتر بر ساعت 24 % کمتر از قطارهای معمولی در سرعت 200 کیلومتر بر ساعت می باشد. به خاطر عدم حرکت ماگلو بر روی ریل، این قطارها محدودیت سرعت قطارهای معمولی را به خاطر تلرانس ریل و پیچ ها ندارند. سرعت این قطار ها هم اکنون در بعضی موارد به 650 کیلومتر بر ساعت نیز رسیده است و پیش بینی می گردد سرعت آنها تا 1000 کیلومتر نیز افزایش یابد.

وزن الکترومغناطیس در طراحی EMSها و EDS یک فاکتور بسیار مهم تلقی می شود، یک میدان مغناطیسی بسیار قوی نیز برای بلند کردن این قطار سنگین وزن مورد نیاز می باشد. در یک مقاله چاپ شده در سال 2004 که متعلق به "انجمن آکوستیک آمریکا" می باشد، چنین ذکر شده است که صدای تولید شده توسط این قطارها بسیار بیشتر از صدای تولیدی قطارهای معمولی با وجود تماس فولاد با فولاد می باشد. تفاوت صدای این قطارها با قطارهای معمولی 5 دسیبل می باش که عدد کمی نیست..

قطارهای فوق سریع الکترومغناطیس خواستار بودجه هنگفتی برای به تولید رسیدن هستند، ولی می توان این هزینه را با هزینه ساخت قطار های معمولی و یا فرودگاه مقایسه کرد. ولی واقعیت دیگری نیز در مساله اقتصادی این قطارها وجود دارد، هزینه کمتر نگهداری و تعمیر این قطارها نسبت به قطارهای معمولی می باشد که همین یکی از نکات مثبت آنها به حساب می آید.

قطار سریع السیر شانگهای با هزینه 1.2 میلیون دلار ساخته شده و هزینه هر مسافر 6 دلار برآورد شده است. این قطار روزانه توانایی جابجایی 20.000 مسافر را داراست