مقدمه :

با رشد شهرها مسئله ترافیک بصورت یک معضل اجتماعی تبدیل شده که برای رفع این نقصیه ناگزیر به ایجاد یک سیستم مختلط از مترو ، اتوبوس و تاکسی می‌باشیم و همچنین توسط قطارهای سریع السیر , اتوبانها و جاده‌ها این شهرها را به شهرک‌های اطراف متصل می‌کنیم.

یکی از اقدامات , ایجاد خطوط مترو می‌باشد که می توان مسافر را به راحتی , با سرعت و ایمنی , با کمترین هزینه به وسیله قطار جابه جا کرد.

از آیتم های احداث مترو روسازی خطوط است که در هزینه های اجرایی طرح و تهیه و نگهداری , در زمان بهره برداری بسیار مؤثر می‌باشد.

روسازی اغلب متروهای دنیا و متروی تهران از حیث تنوع اجراء در طول خطوط و نسبت به شرایط ، ترکیبی از نوع روسازیها می‌باشد.

در این مبحث به مسائل روسازی خطوط مترو پرداخته می‌شود. روسازیهایی که بیرون تونلها , داخل تونلها , محل سوزنها , تعمیرگاههای قطارها و روی پلها احداث شده

است و قطعات و ادوات بکار گرفته شده , شکل بکارگیری، نحوه اجرا , مزایـا و معایـب آنها بحث خواهد شد.

انتظارات از روسازی خوب :

۱- بتواند نیروهای وارد از ریل را به بستر زیر سازی به خوبی متصل کند بطوریکه تنشها و کششهاو نیروهای وارد به بستر زیر سازی در حد قابل قبول باشد.

۲- بتواند طرح مهندسی و مسیر خط آهن را حفظ کند.

۳- نیاز به تعمیر و نگهداری کمتر داشته باشد. (هزینه در طول مدت بهره برداری حداقل باشد)

٤- عواملی مثل سروصدا و ارتعاش را در حد امکان کاهش دهد.

۵- روسازی در مواردی که خطوط ریلی از جریان الکتریکی استفاده می‌نماینـد بایـد بـه عنوان یک عایق مناسب عمل کند.

٦- هزینه اجرای روسازی حداقل باشد.

۷- تکنولوژی مورد نیاز و تجربه لازم حتی الامکان در دسترس باشد.

انواع روسازی ریلی در ۵ گروه مختلف:

۱- معمولی :تراورس و بالاست (خط تهران – کرج)

ویژگی مهم , استفاده از بالاست است این روش از متداولترین نوع روسازی‌های موجود می‌باشد و در اکثر کشورها از آن استفاده می‌شود.

۲- بدون بالاست : از تراورس بتونی استفاده می شود.

۳- روسازی بر روی دال : تراورس روی دال بتنی ساخته می‌شود.

٤- روسازی همسطح : که در آن ریل در زیر سطح عبور , مثلا درون آسفالت است.

۵- روسازی بر روی پله های فلزی

در روسازی معمولی تجارت موجود در کشور در این زمینه بالاست و دارای هزینه اجرای پایینی می‌باشد.

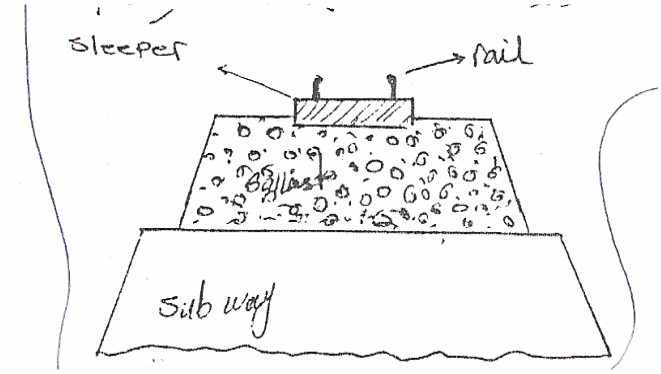
≅ استفاده از بالاست و تقسیم بندی روسازی :

۱- روسازی با استفاده از بالاست در فضای آزاد و بدون محدودیت جانبی

۲- روسازی با استفاده از بالاست و با محدودیتهای جانبی

۳- روسازی با بالاست و وسایل کاهش دهنده لرزش

مقطع ساده یک روسازی از نوع معمولی با بالاست و در فضای محـدود بـصورت شـکل زیر می باشد.



≅ مزیت‌های روسازی ساده :

۱- هزینه احداث پایین تر ۲- امکان استفاده از مصالح محلی ۳- وجود تجارت کـافی در این زمینه ٤- شیب بندی طولی و عرضی راحتر ٥- هـدایت راحتـر آبهـای سـطحی ٦- عدم نیاز به پابندهای الاستیک یا کاهش دهنده لرزش در مکانهایی که صدا و ارتعـاش در آنها اهمیت زیاد ندارد.

≅ معایب :

۱- هزینه بالای نگهداری آن ۲- نیاز به مراقبت پیوسته ۳- وجود تجارت کافی در مـورد نشت مسیر ٤- به هم خوردن هندسه خط ٥- پایداری کمتر درجـه‌ای نیروهـای جـانبی

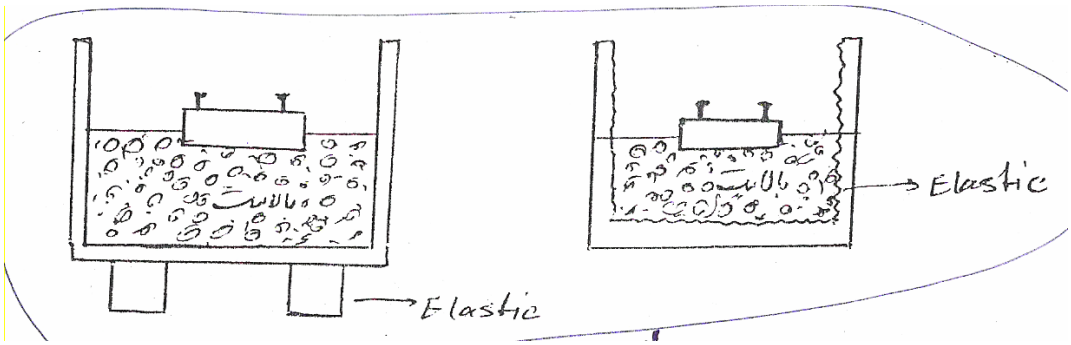
٦- نامناسب بودن در سرعت بالا. ۷- نیاز به فضای بیشتر ۸- فرار بالاست از طرفین روسازی

≅ موارد استفاده از بالاست در مکان محدود :

در زمانی که بر روی پلهای بتنی یا فلزی یا در داخل تونلهای با عرض محدود قرار داریم. در زمان استفاده از بالاست دارای یک محدودیت جانبی خواهیم بود که ناشی از دیواره تونل یا یک باکسی بتنی باشد. استفاده از این سیستم بخصوص در فضای محدود تونل دارای مشکلات خاصی است , مانند نیاز به افزایش ارتفاع تونل , هزینه نگهداری بالا , مشکلات مربوط به نگهداری با توجه به محدودیت ابعاد تونل , نشت مسیر , مقاومت کمتر جانبی , به هم خوردن طرح هندسی راه , مشکلات تمیزکردن آن در ایستگاهها , سرو صدا در شهر به هنگام کوبیدن بالاست , صدمات وارده به پابند و تراورس در اثر استفاده از کوبنده‌های بالاست.

در این نوع سیستمهای روسازی ممکن است صفحات لاستیکی را زیر تراورس و یا در زیر بالاست و بر روی دیواره تونل قرار دهیم , در سیستمهای دیگر نیز ممکن است

بالاست را داخل یک بـاکس بتنـی قـرارداده و سـپس ایـن بـاکس را بـر روی نوارهـای لاستیکی قرار دهیم.



روسازی باتراورس بر روی دال بتنی :

در این نوع روسازی , تراورس مستقیما بر روی دال بتنـی قـرار مـی‌گیـرد و از بالاسـت استفاده نمی شود و در تقسیم بندی که برای آن به کار می‌رود می‌توان به دو نـوع اشـاره کرد :

۱- اتصال ساده ۲- اتصال سیستمهای ضد لرزش تراورس بر روی بتن

در متروی تهران در داخل تونلها از این روش روسازی استفاده می‌شود.

≅ دلایل استفاده از تراورس بتنی در داخل تونلها :

در تراورس چوبی نشت تراورس باعث به هم خـوردن طـرح هندسـی راه و نیـز وجـود اشکال در محل پابندها و مشکلات شکستگی می‌باشـد در حـالی کـه در تـراورس بتنـی ارتفاع کمتر بوده و نیز در صورت عدم استفاده از بالاست (درداخـل تونلهـا از بالاسـت استفاده نمی‌شود) عرض نیز کمتر می شود , مقاومت طولی و عرض بیشتر شده و نصب این نوع تراورسها نیز راحت تر باشد , همچنین ساده بودن نظافت , حفظ بهتر عـرض و هندسه خط و عدم نیاز به کوبنده‌های بالاست و در نتیجه عدم ایجاد سروصـدای زیـاد و ایجاد دور راحتتر و پیچها از مزایای استفاده از این نوع تراورس می‌باشد.

≅ معایت استفاده از تراورس بتنی

۱- نیاز به وسایل خاص برای کاهش سرو صـدا ۲- هزینـه اجـرای بـالا (مـسئله زیـر سازی)

≅ تقسیم بندی این سیستمها (روی دال بتنی)

۱- دال بتنی در جا ریخته شده

۲- پیش ساخته : بصورت مسلح یا پیش تنیده ساخته و بر روی زیر سازی‌هایی از جنس مواد سیمانی یا مواد آسفالتی و یا بر روی بتن ضعیف استفاه می‌شود این نوع زیر سازیها بر اساس نوع استفاده در داخل تونل یا فضای باز بر روی یک بستر است , خاک کوبیده شده یا تثبیت شده به وسیله سیمان یا بر روی کف تونل بتنی قرار گیرد.

۳- دال بتنی ضد لرزش : از وسایل کاهش دهنده لرزش یا لایه ارتجاعی استفاده می‌شود.

≅ مشخصات بالاست خوب برای خط (تهران – کرج)

۱- مقاومت در مقابل سایش ۲- عاری از مواد اضافی ۳- شکل هندسی مناسب دانه‌ها ٤- اندازه و دانه بندی مناسب.

استاندارد AREA در مورد بالاست.

۱- بالاست باید از سنگهای خرد شده یا سنگهای معدنی که دارای سختی و مقاومت زیاد باشند تهیه و شکل هندسی آنها نیز باید صد در صد شکسته و تیز باشند , سنگهای تشکیل دهنده نیز باید خالی از هر گونه مواد مضر و کربنات دار باشد.

۲- اجزاء آن (لاغر) نباید از حدود تعیین شده بیشتر باشد.

۳- میزان جذب آب سنگهای بالاستی نباید از ۱/۵ در صد وزنی بیشتر باشد.

٤- مقدار سایش بر مبنای آزمایش لس آنجلس نباید از ٣٥٪ بیشتر باشد.

٥- سولفات سدیم نباید از مقادیر وزنی مورد نظر بیشتر باشد.

٦- دانه بندی سنگهای خرد شده باید به صورت یکی از چهار نوع دانه بندی ارائه شده باشد.

٧- سنگهای خرد شده قبل از مصرف باید شسته شوند و در حمل آنها بگونه‌ای عمل شود که از تجزیه و تفکیک سنگدانه ها جلوگیری به عمل آید.

٨- نمونه‌های مورد آزمایش از بالاست باید از میان هر ٢٠٠ تن بالاست انتخاب شوند. و مقدار ان نباید از ٧٥ کیلو گرم کمتر باشد .انتخاب نمونه ها بر اساس ASTM-٧٥ و آزمایش الک بر اساس١٣٩ ASTM انجام گیرد.

٩- مقاومت فشاری آن در حالت اشباع در آب حداقل $800\,^{kg}/_{cm^2}$در حالت خشک حداقل $1200\,^{kg}/_{cm^L}$ باشد.

≅ **قطر تونل در حالتهای مختلف :**

تونل دایره‌ای شکل ٧,٣m

تونل مستطیلی ٧,٤m

تونل نعل اسبی ۷,٦m

تونل به ورش ایرانی – اتریشی ۷m

از کف بتونی در تونلها و کارگاهها استفاده می‌شود.

از سرریل تا کف ٦۰cm بوده و حداقل یک لایه ۲۰cm از بتن در کف کافی خواهد بود. ضخامت این بتن تنها باید در مقابل نیروی برشی وارده از سطح تراورس کافی می‌باشد.

از این کف می‌توان برای اعمال شیب عرضی یا دور استفاده کرد.

در بتن کف می توان پاشنه یا جایگاهی برای قرار دادن تراورس در نظر گرفت. می توان در داخل این پاشنه نیز از یک لایه لاستیکی استفاده نمود.

≅ **تراورس** :

وظایف تراورس : تراورس در واقع قطعه ای از چوب یا بتن می‌باشد که برای نگهداری و تثبیت جانبی خط استفاه می‌شود و نیروی وارده از ریل را در سطح وسیعتری توزیع می‌کند.

وظایف کاملتر آن عبارتست از :

۱- عرض صحیح خط را نگهداری می‌کند.

۲- ثبات و استحکام ریل را تضمین می‌کند.

۳- توزیع بار را روی سطح و سیع انجام می‌دهد.

٤- به صورت یک ماده ارتجاعی بین ریل و بالاست و جذب ارتعاش عمل می‌کند.

٥- به عنوان عایق مناسب در ریلهای الکتریکی بکار و شیب مناسب را تأمین می‌کند.

٦- در مقابل اثرات شیمیایی و محیطی مقاوم باشد.

۷- تعویض آن به صورت ساده امکان پذیر باشد.

۸- هزینه نگهداری و تعمیرات اولیه حداقل دانست باشد.

۹- وزن آن زیاد سنگین نباشد و مناسب باشد.

۱۰- حمل ونقل آن ساده و راحت باشد.

۱۱- نصب آن مشکل نبوده و سرعت مناسب را تضمین نماید.

≅ انواع تراورسهای استفاده شده در متروی تهران :

تراورس چوبی : که از دونوع چوب نرم و سخت استفاده میشود که نوع سخت در محل سوزنها استفاده می‌شود. تراورسهای در طولهای ۲۰۸۰ – ۲۰٦۰ متر بوده , عرض آن

۲٦cm و ارتفاع آن ۱٥cm می‌باشد. مزایای تراورس چوبی : تراورسهای چوبی ارزان و راحت تولید می‌شود , برای خطوط الکتریکی مناسب است , حمل ونقل آنها ساده و شکل دادن به آنها راحت می‌باشد.

معایب تراورس چوبی : نگهداری عرض خط توسط تراورس چوبی مشکلتر است , همچنین قابل اشتغال می‌باشد و عمر مفید آن کمتر از تراورس بتنی می‌باشد و برای عیور ترافیک و بارهای سنگین و سرعتهای بالا مناسب نمی باشند.

تراورس‌های بتنی

این تراورسها امروزه بطور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرند تراورس های اولیه بتنی که مورد استفاده قرارگرفت تراورس های بتنی همراه با آرماتور بود. این تراورسها به علت ایجاد ترک خوردگی در زیر تراورس از مقاومت خوبی برخوردار نبودند لذا بجای آنها دو نوع تراورس مونوبلوک و دی بلوک کشور فرانسه تولید شد استفاده گردید. تراورس‌های مونوبلوک را به دو صورت پیش تنیده و پس تنیده تولید می‌کنند. تراورس‌های بتن مسلح منوبلوکی پس از پیدایش اولیه آن , بعد از سال ۱۹۲۰ نقاط ضعف جدی زیر را از خود نشان داده اند :

≅ تمایل به شکست شکننده تحت تأثیر بارهای دینامیکی قطار و ترک خوردگی وسیع که باعث تخریب می‌شود.

≅ مقاومت خستگی بسیار کم ناشی از تنشهای کششی زیاد در قسمت مرکزی تراورس , که اگر تنشها از حد مقاومت کششی بیشتر شوند , به در رفتن میلگردها منجر خواهد شد.

≅ ریل گذاری طوری انجام شود که تماس مستقیم با تراورس وجود نداشته باشد , یعنی از یک ماده جذب کننده انرژی برای خنثی نمودن ضربات بار وارده استفاده شود. این نوع مواد شامل پدهای لاستیکی است که به نوبه خود استفاده از پابندهای ارتجاعی را لازم می‌گرداند.

≅ استفاده از میلگرد مسلح کننده.

خصوصیات هندسی تراورس تک بلوکی پیش تنیده مشابه تراورس چوبی و مقاومت مکانیک آن مشابه تراورس دوبلوکی است. تراورس‌های مونوبلوک یا یک پارچه معمولا به شکل یک مستطیل با مقطع ذوزنقه مورد استفاده قرار می‌گیرند. طول تراورس‌ها بسته به گیج مورد استفاده در خطوط متفاوت بوده واز حدود دو متر (آفریقایی جنوبی) تا

۲/۷۵ متر (در هند) متفاوت می‌باشند که البته ایـن مقـدار بـرای گـیج اسـتاندارد (mm ۱٤۳۵) در حدود ۲/۳۰ تا ۲/٦۰ متر می‌باشد ارتفاع تراورسهای بتنی منوبلـوک متفـاوت بوده و بین ۱۹ تا ۲٤ سانتیمتر متغیر می‌باشـند. عـرض پـایین و بـالای تـراورس‌هـا نیـز مقادری متفاوتی ما بین ۲٤/۵ سانتیمتر تا ۳۱ سـانتیمتر بـرای عـرض پـایین و ۱٤ تـا ۲٤ سـانتیمتر را بـرای عـرض بـالا دارا مـی‌باشـند. از وزن سـنگینی در حـدود ۲/۵ برابـر تراورس‌های چوبی برخوردار هستند.

انواع تراورس های بتنی :

تراورس‌های دنیا را می‌توان به دو گونه کلی تقسیم کرد که عبارتند از :

۱- تراورس دو گانه (دی بلوکی)

۲- تراورس‌های مو نوبلوک

این تراورس‌ها ممکن است به دو روش پیش تنیده یا پس تنیده تولید گردند.

≅ تراورس های پیش تنیده :

در این روش ابتدا فولاد داخل قالب تراورس کشیده شده سپس بتن ریخته شده و بعد از گیرش بتن فولاد رها می‌شوند و نیرو در تمام طول تراورس اعمال می‌شود.

≅ تراورس پس تنیده :

در این حالت پس از قرارگیری جای فولاد بتن ریخته شده وپس از گیرش بتن فولاد کشیده شده و سپس رها می‌شود. فولاد با بتن تماس ندارد.

ویژگیهای تراورس مونوبلوک :

۱- تنشهای متناوب را بهتر تحمل می‌کند زیرا تنش وارده بر بتن همیشه بصورت فشار است.

۲-ارتفاع تراورس در قسمت وسط کمتر است زیرا لازم نیست که مانند بتن مسلح معمولی میلگردها در فاصله حداکثر ممکن تا تار خنثی قرار بگیرند.

۳- در مقایسه با تراورس دو بلوکی استفاده از میلگرد کاهش می‌یابد.

٤- از نظر وزنی سبکتر از تراورس دو بلوکی است.

تراورس‌های تک بلوکی با خصوصیات هندسی بسیار متنوع یافت می‌شوند. ولی تمام آنها دارای یک کاهش سطح مقطع در وسط هستند.

مزایا و معایب تراورس‌های تک بلوکی :

تراورس‌های تک بلوکی رفتاری مشابه تراورس‌های دو بلـوکی دارنـد ایـن تـراورس‌هـا عرض خط را به نحو رضایت بخشی ثابت نگه داشته و عمر طولانی دارند در ضـمن بـه اتصالات ارتجاعی و لوازم مخصوص جهت ارسال علائم نیاز دارند.

بهر حال تراورس های تک بلـوکی نیروهـا را بهتـر از تـراورس‌هـای دو بلـوکی توزیـع می‌کنند و نه به خوبی تراورس های چوبی. مقاومت جانبی آنها کمتر از تراورس های دو بلوکی ولی بیشتر از تراورس‌های چوبی است ، هچنین تـراورس‌هـای تـک بلـوکی یـک سطح همواری را برای بازرسی گروه نگهداری فراهم می‌کنند. تراورس های تـک بلـوکی عمر مفیدی حدود ۵۰ سال دارند.

تراورس بتن مسلح دو بلوکی :

این تراورس شامل دو قسمت بتن مسلح ذوزنقه‌ای که با یک میله و به یکـدیگر متـصل شده‌اند می‌باشد. تراورس های بتن مـسلح دو بلـوکی بـه ضـخامت و مقاومـت بالاسـت بیشتری نسبت به تراورس‌های چوبی نیاز دارند در خطـوطی کـه بارهـای سـنگین تـر را حمل می‌کنند و سـرعتهای بزرگتـر از ۲۰۰ کیلـومتر در سـاعت , نـوع متفـاوت بزرگتـر تراورس دو بلوکی مورد اسـتفاده قـرار مـی‌گیـرد. بخـاطر میلـه اتـصالی انعطـاف پـذیر،

تراورس‌های دو بلوکی به نگهداری بیشتری در مدت استفاده نیاز دارند , طـوری کـه بـه عدم نشست ناهمگن دو بلوک و از بین رفتن عرض خط اطمینان حاصل شود.

مزایا و معایب تراورس دو بلوکی :

تراورس های دو بلوکی به دلیل وزن زیاد مقاومت جانبی رضایت بخشی را برای خط به وجود آورده و عرض خط را در محدوده مجاز تغییرات نگه داشته و عمر زیـادی دارنـد. در هر کشوری می‌توان آنها را تولید نمود و معمولا ارازنتر از تراورس‌های چوبی هستند. رفتار تراورس دو بلوکی ,در صورتی که بالاست دارای ضخامت و خصوصیات مکانیـک مناسب نباشد , کمتـر رضـایت بخـش خواهـد بـود. توزیـع نیروهـا و انعطـاف پـذیری تراورس‌های دو بلوکی نسبت به تراورس‌های چـوبی نیـز کمتـر رضـایب بخـش اسـت. بعلاوه تراورس‌های دو بلوکی نیاز به اتصالات ارتجاعی دارنـد و بـه خـاطر وزن زیـاد , حمل و نقل آنها مشکل است. تراورس دو بلوکی جهـت عـایق نمـودن خـط در ارسـال علایم و نیاز به لوازم مخصوصی دارد. توجه خاصی به رفتار میلـه اتـصالی بایـد مبـذول داشت در صورتیکه این میله بطور مناسبی در محل خود قرار نگیرد ممکن است خطرات

نگهداری را برای گروه کاری روی خط به وجود آورد. تراورس دو بلوکی عمـر مفیـدی حدود ۵۰ سال دارد.

≅ **ریلها** :

ریل به عنوان یکی از مهمترین سازه‌های روسازی است و دلایل بکارگیری آن عبارتند از :

۱- به وجود آوردن یک مسیر عبور مشخص برای چرخ به گونه‌ای که حرکـت طـولی و عرضی مناسب برای عبور قطار را بوجود آورد. ریـل بـار وارده از چـرخ را گرفتـه و بـه تراورس و سطح زیرین تماسی وارد می‌کند (بار قائم طولی و عرضی را می‌گیرد).

۲- ریل یک سطح صاف و مناسب را برای حرکت چرخ فراهم می‌کند و مقاومت ناشـی از ناهمواری سطح را به حداقل می‌رساند.

۳- ریلی می‌تواند نیروهای بالای ناشی از ترمز و شتاب گرفتن قطار را به خاطر مقاومـت بالا در طول خود بگیرد.

٤- از آن می‌تواند به عنوان یک خط الکتریکی حامل جریان در قطارهـای برقـی اسـتفاده کرد.

ویژگیهای ریل مناسب :

۱-ریل سختی کافی چه درجهت طولی و عرضی داشته باشد , کف ریل باید به گونـه ای باشد که پایداری ریل به راحتی بر روی تراورس استقرار یابد

۲- عرض و ابعاد پایه ریل به گونه ای باشدتا نیروی وارده را به مقـدار مناسـب و تـنش قابل قبول به روی تراورس یا صفحه زیر ریل تبدیل کند.

۳- باید کف ریل و کلاهک ریـل مقاومـت لازم در برابـر سـایش داشـته باشـد قابلیـت جوشکاری و نصب اتصالات جانبی را داشته باشد.

٤- دارای عمر مفید طولانی باشد.

دسته بندی ریلها :

۱. بر اساس وزن و سطح : در این روش ریلها را بر اساس وزنشان طبقه بنـدی مـی‌کننـد که در سیستم انگلیسی بر حسب پوند و یارد و در سیستم SI برحسب کیلوگرم بـر متـر بیان می‌شود.

۲. بر حسب فولادها تقسیم بندی می‌شوند که با توجه به کاربردهای مختلف معمولا آنها را در ٤گروه تقسیم بندی می‌کنند. :

۱- ریلهای با مقاومت کششی می‌نیمم $690\,N/mm^2$ که معادل استاندارد UIC میباشد (Grade ٦٠-)

۲- ریلهای با مقاومت کششی می‌نیمم $820\,N/mm^2$ که معاد استاندارد ASTM می‌باشد که این ریلها اختصاصا در کشور آمریکا و کانادا و روسیه استفاده می‌شود.

۳- ریلهای با مقاومت کششی می‌نیمم $880\,N/mm^2$ که به عنوان ریل سخت یا مقاوم در برابر سائیدگی نامیده می‌شود و معادل تیپچهای C,B,A در استاندارد UIC می‌باشد.

٤- ریلهای با مقاومت کششی می نیمم $1080\,N/mm^2$ که این ریلها در راه آهن آلمان , سوئیس و در خطوط با حمل و نقل بالا و سنگین استفاده می‌شود و این ریلها در حدود بالای استاندارد UIC,ASTM قرار دارند

Grade ۷۰ که در ایران استفاده می شود.

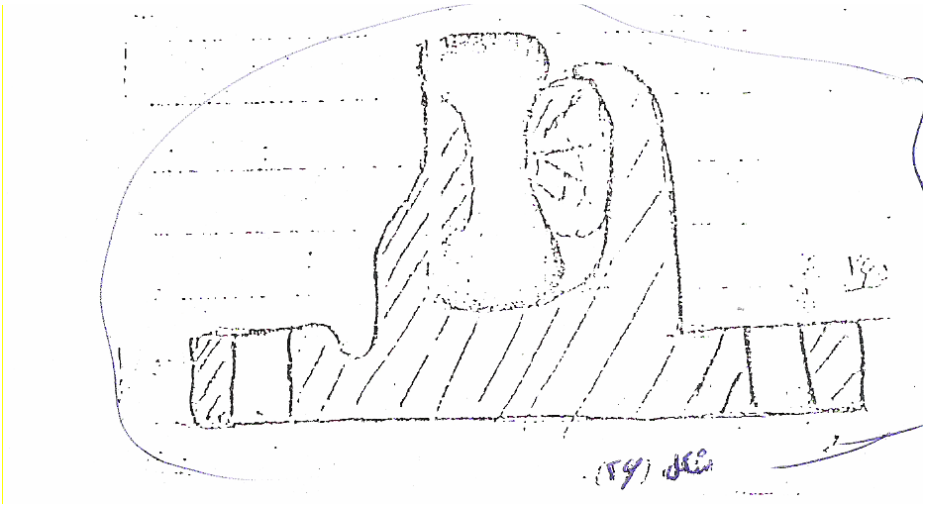
Grade ۹۰A.۹۰B

Grade ۱۱٦

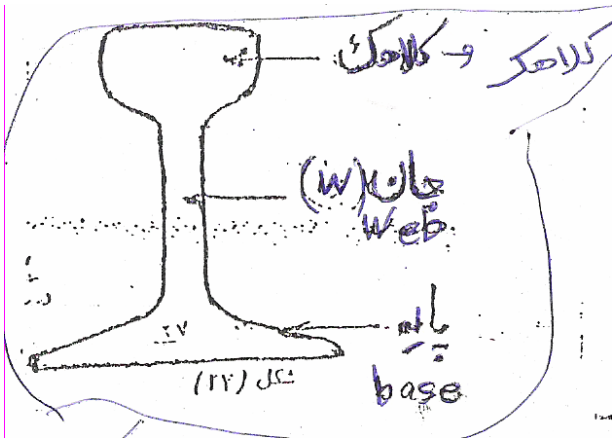
ریلهای راه آهن

وظیفه ریل عبارت است از نگهداشتن چرخهـای واحـدهای متحـرک و توجیـه دادن بـه حرکت آنها , ریلها مستقیما فشارهای وارده از چرخها را قبول میکنند و سـپس آنهـار بـه تراورسها منتقل میکنند. ریلها باید مقاومت لازم در مقابـل نیروهـای دینـامیکی (افقـی , عمودی , و طولی) که باعث خمش و سائیدگی آنها می‌شود داشته باشند.

فولاد ریل باید محکم , غیر شکننده باشد , از آنجائیکه در اثر نیروهای عمودی ریل خـم می‌شود , نیمرخ آنها را شبیه نیمرخ پروفیلهای بال پهن طراحی میکنند , فقط ترتیبی داده میشود که قسمت بالای آن (کلاهک ریل) برای گردش چرخها مناسب باشد و قـسمت پائین تیرآهن (پایه ریل) برای تثبیت روی تراورسـها مناسـب باشـد , ریلهـای قـدیم دو کلاهکه طراحی می‌شدند.



استدلال جهت طراحی این نوع ریل بـر آن بـود کـه بعـد از سـائیدگی یـک کلاهـک از کلاهک دیگر استفاده کرده و عمر ریل را دو برابر کنند ولی موقعیکه می‌خواسـتند جـای کلاهکها را عوض کنند یعنی ریل را برگدانند طرف زیری لهیـده میـشد و قابـل اسـتفاده نمی‌بود در شکل (۲۷) نیمرخ ریل معمولی کـه عبـارت از کلاهـک بدنـه (جـان) و پایـه (کف) میباشد نشان داده شده است.



لازم به یادآوری است که نیمرخ ریل IIA تمام زاویه‌های نیمرخ جهت تَرْد تمرکز نیروها شکل دایره‌ای به خود می‌گیرند , پایین کلاهک و قسمت بالای پایه ریل با شیب ۱:۳ داده شده است (برای ریل U.۶۰ U.۵۰ این شیب ۱:۲/۷۵ است) این شیب به منظـور اینکـه اتصالات درزها به شکل متقارن (Symmetric)داشته باشد برابر داده شده است. بـرای زیاد کردن تماس اتصالات درزها باریل دو وجه کلاهک ریل نسبت به محور ریل موازی هستند.

ترکیب شیمیایی ریلها

ترکیب فلزریل اساسا آهن میباشد , در ترکیب فلز ریل مواد شیمیایی دیگر مانند : کربن منگنز , سیلیسیوم , فسفر و گوگرد هم وجود دارند :

- کربن و منگنز , سختی " پایدار بودن " ریل را بالا می‌برد.
- سیلیسیوم : در موقع ذوب بودن آهن , برای خروج گازها از ترکیب آهن کمک می‌کند.
- فسفر , مقدار زیاد آن شکستن آهن را در مقابل ضربه‌ها , بالا میبرند.

فسفر حتی المقدور ترکیب ریل باید کم باشد.

- گوگرد زیاد هم باعث شکستن ریلها در تولید میگردد.

ترکیب شیمیایی فولاد ریل عبارت است از :

ماده	کربن	منگز	سیلیسیوم	فسفر	گوگرد
درصد	۰,٦٤-۰۸۲	۰٦-۱۰۰	۰۱-۰---	۰۰۰-۰۰٤	۰۰۰-۰۰٤

طول، وزن ریلها

طول ریلهای معمول از ۳۰ فوت تا ۲٦ متر میرسد شرایط حمل و نقل و درزها، طول ریل را محدود می‌کنند از آنجائیکه اختلاف درجه حرارت حداکثر و حداقل در کشورهای مختلف یکنواخت نیست و این اختلاف از ٦۰ درجه تا ۹۰ درجه سانتیگراد میرسد و همچنین فاصله درزها تابع این اختلاف درجه حرارت می‌باشد , طول ریلهای تولید شده در هر کشور مطابق طبیعت خود کشور میباشد مثلا برای کشورهای اروپایی طول ریل ۲٤ متر میباشد و یا درشوروی ۱۲/۵ و ۲۵ متر و در آمریکا ۱۹۰۱۱/۸۹ / ۱۲ و ۲۳/۷۸ متر میباشد.

در ایران طول ریلهای (II A .III A) U.۳۳ ۱۲/۵۰ متر میباشد.

علاوه براین برای مهار کردن جهش های درزها در قوسها از ریلهای کوتاه استفاده میشود که به ترتیب ۱۲/٤٦ , ۱۲/٤۲ , ۱۲/۳۸ متر طول دارند.

لازم به یادآوری است , وقتی می‌گوییم وزن ریل , در حقیقت وزن یک متر از طول را در نظر می گیرم در جدول زیر وزن ریلها IIA,III A U-۳۳ U-۵۰ داده شده است :

نوع ریل	IIIA	IIA	U-۳۳	U-۵۰	U-٦۰
وزن بر ۱متر طول	۳۳/٤۸	۳۸/٤۲	٤٦/۳۰۳	۵۰/۱۸	٦۰/٤٤

≅ نیروهایی که به ریل وارد می‌شوند :

این نیروها شامل نیروهای دینامیکی و استاتیک می‌باشد , استاتیک شامل وزن وارده از واگنها به چرخ که این وزن محور برای کشورهای مختلف تفاوت دارد , در ایران از ۲۵ تن و در داخل تونل مترو از ۱۲,۵T استفاده می‌شود.

بارهای دینامیکی به دلایل زیر به وجود می آیند :

۱-حرکت در فراز و نشیب ۲- در پیچ تحت اثر نیروی گریز از مرکز ۳- حرکت تناوبی واگنها که بر اثر آن بار بعضی از چرخها محورها تغییر می‌کند ٤- ترمز گیری که در اثر آن بار محوری لوکوموتیو افزایش یافته و بار سایر محورها کاهش می یابد ۵- به علت در جازدن واگن وزن بعضی از چرخها و محورها تغییر کرده و بعضی افزایش می‌یابد.

٦- ناهمواری سطح ریل بخصوص در محل اتصالات و جوشها ۷- افزایش سرعت که برای سرعتهای زیر $80^{km}/_{H}$ تا ٪۲۰ بین $80-110^{km}/_{h}$ ٪۳۰ و برای سرعت $160^{km}/_{h}$ به حدود ٪۱۸۵ افزایش می‌یابد.

نیروهای عرضی نیز در موارد زیر به وجود می‌آید :

۱- در محل تماس سطح چرخش طوقه چرخ با سرریل که بـه صـورت CF نـشان داده میشود که اگر F وزن چرخ باشد C ضریب اصطکاک می‌باشـد کـه مقـدار آن در حـدود $\frac{1}{6}$ در نظر گرفته می‌شود.

۲- نیروهای عرضی ناشی از حرکت لکو وواگنها در داخل قوسها

نیروهای طولی :

۱- به هنگام حرکت در شیب صعودی به علت حرکت چرخهای واگنها دائما نیرویی بـه سمت عقب بر ریلها وارد می‌شود.

۲- در هنگام ترمز گیری و یا افزایش شتاب نیروهای طولی به ریل وارد می‌شوند.

۳-هنگام عبور از محل اتصال ریلها , نیروهای طـولی بـه ریـل وارد مـی شـود همچنـین نیروهای ناشی از انقباض و انبساط ریل نیز که بسیار مهم می‌باشند.

≅ **پابندها :**

بطور کلی از پابندها برای ایجاد اتصال مابین ریل و تراورس استفاده مـی‌شـود تـا بتـوان ضمن انتقال نیروهای افقی و عمودی به تراورس هندسه خط را نیـز حفـظ نمایـد ، یـک

پابند مناسب باید بتواند ضمن کاهش ارتعاش و لرزش ایجاد شده , عایق مناسبی بـوده (در حالت استفاده از خطوط کابل جریان) و در عین حـال دارای عمـر سـفید طـولانی و هزینه نگهداری کمی داشتته باشد.

ویژگیهای یک پابند مناسب :

۱- حفظ هندسه خط

۲- قیمت مناسب

۳- مقاومت در برابر نیروهای وارده , کاهش لرزش , عایق مناسب

٤- عدم نیاز به کنترل مکرر

۵- عمر مفید طولانی

٦- ساخته شده از قطعات کمتر

۷- امکان تعویض راحتر در صورت صدمه دیدن

انواع پابندها :

پابندها را می‌توان به انواع مختلفی تقسیم بندی نمود :

الف – بر حسب نوع اتصال به تراورس به صورت پابند مستقیم که در آن ریل و صفحه زیر ریل بایک سری اتصال مستقیم به تراورس بسته می شود.

ب– پابند غیر مستقیم : در این نوع پابندها ریل به صفحه زیر ریل متصل شده و به آن قسمت زیرین خود با اتصالات دیگر به تراورس متصل می گردد.

ج – نوع دیگر تقسیم بندی برحسب قابلیت ارتجاعی پابند می‌باشد که آنهات را به دو دسته پابند ساده بیشتر برای تراورس چوبی وبارهای کم و سرعت پایین و راههای فرعی و نوع الاستیک که از صفحات پلاستیکی و مواد ارتجاعی ضمن بکارگیری از واشرهای فنری بر حالت ارتجاعی می‌افزاید.

پابندهای الاستیک :

از این نوع پابندها به ویژه برای تراورس های بتنی استفاده وسیعی می گردد و ضمن اینکه امکان جوشکاری ممتد و پیوسته را به علت مقاومت بالای در برابر خزش خط ایجاد نموده‌اند. در برابر سرعتهای بالاو بار محوری سنگین تر نیز مقاومت خوبی را نشان می‌دهند. این نوع پابندها انواع مختلفی دارند مانند : پاندرول وسلو کلاث K-DE– نا بلا.

پابند وسلو :

پابند وسلو در واقع به خاطر نوع فنر به کارگرفته آن معروف می‌باشد که به شکل W است. این پابند را آلمانیها ابداع نمودند و فنرهای این پابند را از SKL۱ تا SKL۱٤ نام گذاری نموده‌اند از این نوع پابند با طرحهای مختلف برای تراورس بتنی , چوبی , دالهای بتنی استفاده شده است و در بعضی از انواع آنها می‌توان ajuse کرد و یا عرض و ارتفاع خط را به کمک پابند تنظیم نمود. از این نوع پابند در راه آهن کشورمان و در مترو استفاده می‌گردد. و بهتر می‌تواند خزش خط را بگیرد.

مقدار نیروی لازم برای محکم کردن پیچ فنر پابند وسلو مشخص شده است که این مقدار می‌تواند متفاوت باشد. در مورد فنر وسلو بکارگرفته شده در مورد پابند مترو و با نام چینی IRM-۱ خط گذاری شده است.

پابند پاندرول :

این پابند تولید کشور انگلستان بوده و دارای قدمت بالایی است. این پابند را برای تراورس های چوبی , بتنی , فلزی و دالهای بتنی استفاده می‌نمایند. ویژگی خاص آن شکل خاص گیره فنری آن می‌باشد و برای نصب آنها باید از قبل مهار کننده فنر پابند بر

روی تراورس در هنگام ساخت نصب شده باشد در دو نـوع پابنـد پانـدرول سـری E و سری RR که در مدلهای قدیمی تر آن استفاه شده است از کنار فنر در داخل نگهدارنـده فنر پاندرول مهار می‌شود.

ضخامت فنر این نوع پابند متفاوت بوده و بر حسب مقطع ریل ، بار محوری , سـرعت , نوع تراورس‌ها و فاصله آنها و گیج خط (فاصله دو خط) حداقل شعاع قوس , مـاکزیمم شیب ، میزان عایق بندی مورد نظر , امکان سوار کردن قطعات پاندرول , میـزان تعـریض عرض خط و موقعیت بکارگیری آن ممکن است از انواع مختلف آن استفاده گـردد. آنهـا می‌توانند نیروی مهار کننده متفاوتی را بر روی پای ریل اعمال نماینـد. بـرای قـرار دادن قطعه مهار کننده فنر پاندرول در تراورس بتنی در هنگام بتن ریزی آن را داخل تـراورس قرار میدهند و در مورد دالهای بتنی ممکن است در هنگام بتن ریز آن را داخـل تـراورس قرار می‌دهند و در مورد دالهای بتنی ممکن است در هنگام بتن ریزی شلدر را در داخـل آن قرار داده و یا اینکه بعدا در مکان تعبیه شده قطعه پیچ شود. در مورد تراورس فولادی ممکن است بر روی سطح بالای تراورس فولادی قطعات مهـار شـده پـرس شـده و یـا جوش گردد.

و در مورد تراورس چوبی نیز صفحه فلزی زیر ریلی که امکان مهار کردن فنر پاندرول را دارد به کمک چهار پیچ و یا میخ بر روی تراورس چوبی مهار می شود از این نوع پابند برای تراورس‌های چدنی استفاده شده است.

پابند نابلا :

این پابند یک پابند فرانسوی است که شکل کلی آن از دو نقطه زبانه فلزی تشکیل شده است که برروی پای ریل محکم می‌گردد. این پابند نسبت به پابندهای وسلو و پاندرول از نظر ارتجاعی ضعیفتر عمل می‌کنند.

پابند DE :

این پابند محصول کشور هلند می باشد. این پابند اغلب با صفحه فلزی زیر ریل بکار گرفته می‌شود و بر روی تراورس های چوبی و بتنی از آن استفاده می‌کنند. در هر سمت ریل دو گیره و زبان فلزی اتصال ریل را برقرار می کنند ,از آنجایی که محل قرارگیری فنر این پابندها از قبل بر روی تراورس باید تعبیه شده باشد. در هنگام نصب آنها نیز به ابزار آلات مخصوصی برای انجام آن می‌باشد.

پابند کلاث

این پابند برای کاهش لرزش و صدا طراحی شده است و دارای صفحه فلـزی زیـر ریـل مخصوصی به خود می باشد که به کمک چهار پیچ بر روی تراورس یا بر روی دال بتنـی مستقر می‌شود. به کمک دو عدد فنر وسلو نیز این پابند ریـل را تثبیـت مـی کنـد. پابنـد کلاث را برای دالها استفاده می کنند چون عاملی مثل تراورس را از دست داده ایم. میزان کاهش صدای این پابند ۳ تا ۱۵ دسی بل کاهش صدا و ارتعاش در آزمایشات بوده است ولی هزینه تعمیر و نگهداری و بکارگیری این پابندها نیز بالا می‌باشد.

پابند K :

از این نوع پابند برای تراورس‌های فلزی , چـوبی و بتنـی اسـتفاده شـده اسـت و مـدت زیادی است که از این نوع پابندها استفاده می‌گردد. نوع اتصال آن نیـز بـه صـورت غیـر مستقیم بوده و صفحه فلزی زیر ریل در مورد تراورس چوبی بـا چهـار پـیچ و در مـورد تراورس بتنی با دو پیچ بر روی تراورس محکم می گردد.

قطعات تشکیل دهنده پابند K عبارتند از :

۱- یک صفحه زیر ریل

۲- ۲ تا ٤ پیچ تراورس جهت بستن صفحه زیر ریل به تراورس

۳- دو پیچ و مهره برای بستن به صفحه (جهت بستن فنر K)

٤- دو گیره با زبانه فلزی K برای بستن و مهار کردن ریل

۵- صفحه الاستیکی زیر ریل یا پد (بالشتک)

٦- واش فنری دو بله

مزایای پابند K :

۱- این پابند از قطعات تشکیل دهنده کمتری ساخته شده است.

۲- در این نوع پابند امکان بوجود آوردن اضافه عرض خط عملا منتفی است

۳- تثبیت پیچهای داخل تراورس به کمک رول پلاک انجام می‌گیرد لذا صدمه وارده به تراورس ها کمتر میباشد و در صورت جا بازکردن محل پیچ و شل شدن آن نیاز به تعویض تراورس نمی‌باشد.

٤- برای جوشکاری طویل مناسب می‌باشد و عملا اجازه حرکت طولی به ریل را نمی دهد.

۵- نیروهای وارده از ریل مستقیما بر روی سطح تراورس وارد نشده بلکه به کمک صفحه فلزی زیر ریل بر سطح گسترده تری بر روی تراورس اعمال می گردد.

معایب پابند K :

۱- این نوع پابند نسبت به پابندهای مشابه (وسلو , پاندرول , DE) قابلیت ارتجاعی کمتری را دارا می‌باشد.

۲- اضافه عرض خط با پابند K برای قوسها امکان پذیر نمی باشد.

مقایسه پابندهای وسلو و پاندرول :

۱- پابند پاندرول از قطعات کمتری نسبت به وسلو تشکیل شده است.

۲- جا زدن و درآوردن پابند پاندرول ساده تر می‌باشد.

۳- قابلیت تنظیم عرض خط در پابند پاندرول وجود نداشته در حالی که در وسلو این امکان وجود دارد (در نمونه جدیدتر پاندرول این امکان به وجود آمده است)

٤- فنر وسلو با توجه به قبول کردن ارتعاشات زیاد مناسب می‌باشد.

۵- کلیه قطعات پابند وسلو قابل تعویض می‌باشد ولی در پاندرول شلدرها را نمی‌توان تعویض نمود چون در بتن فرو می‌رود.

٦- تنش گیری در خط در مورد پابند وسلو به راحتی با شل کردن پیچ فنر وسلو امکان پذیر می‌باشد.

۷- پابند پاندرول میزان نیروی مهار کننده ای که بر روی پای ریل اعمال می کند بطور معمول بیشتر است.

۸- بسته به میزان محکم کردن پیچ فنر وسلو می توان نیروی وارده بر روی پای ریل را تنظیم نمود.

۹- در هنگام سوانح و خارج شدن از خط قطعات شکسته پابند در مورد وسلو قابل تعویض بوده در حالی که در مورد پابند پاندرول ممکن است نیاز به تعمیر تراورس داشته باشیم.

۱۰ -در پابند پاندرول نیروی پای فنر بر روی ریل از طریق یک عامل واسطه که عایق پلاستیکی است اعمال می گردد که ممکن است در طولانی مدت مقدار نیروی اعمال شده از سوی فنر پاندرول بر روی پای ریل تغییر کند زیرا اصطکاک ما بین قطعه پلاستیکی و فلز کم بوده و حرکت طولی ریل در اثر ترمزهای ناشی از قطار اجتناب ناپذیر می باشد.

۱۱- در هنگام سوانح و خارج شدن واگنها از ریل شلدرهای مربوط به پابند پاندرول شکسته شده و آسیب می‌بینند.

۱۲- در نقاط مرطوب فنر پاندرول در داخل شلدر زنگ زده و خارج کردن فنر مشکل می گردد.

۱۳- نصب صفحه زیر ریل ضخیم تر از حد پیش بینی شده بر روی تراورس امکان پذیر نیست.

-دلایل استفاده از صفحات زیر ریل :

۱- امکان ایجاد شیب $\frac{1}{20}$ یا $\frac{1}{40}$ را در زیر پاشنه ریل فراهم می کند.

۲- صفحه زیر ریل باعث عملکرد بهتر توزیع نیروهای افقی وارد از ریل میشود.

۳- باعث می‌شود تا نیروی وارده به پابند که باعث چرخش و دوران آن می‌شود بهتر کنترل شود.

- مشخصات فنی صفحه زیر ریل :

تلورانس ابعاد از نظر UIC :

ارتفاع لبه ۸mm به عرض صفحه زیر ریـل ٦mm , ضـخامت ۱mm و درز لبـه ۱mm

مسطح بودن سطح صفحه ٤mm .۰

- پیچها و مهره ها :

مشخصات پیچها در ۲-۸٦٤ UIC بیان شده است , پیچهای تراورس چوبی در پابنـد K

از نوع گالوانیزه می‌باشد.

پیچ و مهره مناسب باید :

۱- مقاومت کافی در مقابل نیروی برشی , پیچشی , خمشی داشته باشد

۲- طول عمر مفید بالایی داشته باشد.

۳- نصب آن راحت و به سرعت انجام گیرد.

٤- در مقابل لرزش مقاوم باشد.

۵- در مقابل زنگ زدگی مقاوم و ابعاد آن مناسب باشد و هزینه پایین داشته باشد.

-پد پلاستیکی (Plastic pad)

استفاده از pad پلاستیکی در شبکه های راه آهن مترو به عنوان یک عایق الکتریکی و از

آن بهتر به عنوان عاملی کاهش دهنده فرکانسهای بالای وارده از ریل به تـراورس اسـت.

این پدها را با توجه به تفاوت سختی و صلبیت آنها به صورت پد نـرم و سـخت تقـسیم بندی می‌کنند که استفاده از آنها بستگی به شدت ارتعاشات وارده , نوع پابند , تـراورس و نیروهای وارده از ریل است.

ویژگیهای پد مناسب به شرح ذیل می باشد :

۱- مقاومت کافی در مقابل نیروهای وارده را داشته باشد.

۲- در مقابله با عوامل مخرب کارآیی خود را از دست ندهد.

۳- به مرور زمان خاصیت ارتجاعی خود را حفظ کند.

٤- تغییرات ابعادی بالایی نداشته باشد.

۵- عایق مناسب جهت جریان الکتریکی باشد.

٦- به سهولت نصب و تعویض گردد.

۷- فرکانسهای بالا را بتواند بخوبی جذب نماید.

۸- هزینه تهیه و نصب آن کم باشد.

واشرهای فنری فولادی :

این نوع واشرها تنوع زیادی داشته و حتی از مواد غیر فولادی نیز مانند مواد پلاستیکی ترکیبی استفاده می شود. اما در راه آهن معمولا از دو نوع واشر یک‌لا و دولای فولادی استفاده می‌شود. از این واشرهای فولادی برای جلوگیری از باز شدن پیچها و اعمال یک نیروی دائمی بر آنها استفاده می شود. این واشرها باید قابلیت ارتجاعی و فنری داشته و بعد از برداشتن بار به حالت اولیه خود برمی‌گردد و همچنین حالت شکنندگی نداشته باشند و در طول زمان کارایی خود از دست ندهند این نوع واشرها بر مبنای آزمایشات UIC ٨٦٤-٣ باید آزمایشاتی چون آنالیز شیمیایی و آزمایش کشش , آزمایش پیچش , آزمایش تخت کردن , آزمایش فنریت , آزمایش خمش , آزمایش بافت و آزمایش سختی را باید انجام دهند.

تهیه خط :

در تهیه خط مواردی چون عرض خط , فاصله تراورس‌ها , نوع مصالح و پلان مسیر و جداول مربوطه به عرض خط , ریلهای کوتاه و جدول قوسهای پیوندی مطرح می‌گردد.

فاصله تراورس ها

مطالعه رفتار خط نشان می‌دهد که هرچه فاصله تراورس ها نزدیکتر باشد توزیع بار بهتر صورت گرفته و تنشهای به وجود آمده کمتر خواهد بود. اماهمچنان که فاصله ها کم می‌شود تعمیر و نگهداری خط سختتر می‌گردد. بنابراین باید یک حالت میان بین دو وضعیت بر شمرده اتخاذ گردد.

فاصله تراورس طبق تعریف عبارت است از فاصله محور به محور تراورس‌های مجاور و مقدار بهینه آن برای خطوط با عرض استاندارد ۰/٦ متر می باشد که در صورت ناپایداری بستر و یا شعاع انحناء کوچک و یا بار محوری سنگین عبوری می‌تواند تا ۰/۵ متر کاهش یابد گاهی تعداد تراورس‌ها در کیلومتر به عنوان پارامتر استفاده می شود , که ١٦٦٦ تراورس در کیلومتر به عنوان مقدار متوسط می‌باشد در شبکه های راه آهن سبک نیز ممکن است فاصله تراورس‌ها افزایش یابد اما دراین حالت خستگی ریل باید به دقت در نظر گرفته شود.

در قوسهایی با شعاع کم برای افزایش مقاومت جانبی تراورس ها را کم می‌کنیم در محل فیش پلینها و جوشها فاصله تراورس ها تغییر می کند. در محل تقاطعها و سوزنها و

چلیپهانیز فاصله تغییر می‌کند. در تراورس گذاری دقت عمل تراورس گذاری ۲۵ ± میلیمتر می‌باشد.

ریلهای کوتاه : در قوسهای بین ۲۲۰ تا ۵۰۰ متر از سه نوع ریل کوتاه استفاده می کنیم (۱۲/٤٦ و ۱۲/٤۲ و ۱۲/۳۸ متر) ولی برای شعاع بالای ۵۰۰ متر از ریل با اندازه ۱۲/٤٦ استفاده می شود و برای شعاع زیر ۲۲۰ متر از هر سه نوع ریل استفاده می شود.

بسته به زاویه آلفا می توان گفت چه مقدار اختلاف بین دو قوس داخلی و خارجی خواهیم داشت.

اضافه عرض خط :

اضافه عرض خط برای ۱- جلوگیری از سایش چرخها ۲- جلوگیری از سایش بوژی انجام می‌گیرد.

ژرژ : فاصله بین چرخ تا لبه ریل در صورتی که طرف دیگر محور طوقه به لبه ریل مجاور چسبیده باشد را ژوژ می‌گویند. مقدار حداقل ۷ میلیمتر و حداکثر ۲۹ میلیمتر می‌باشد. در داخل قوسها و ژوژ خط مقدار اضافه عرض خط اضافه می شود که در آن

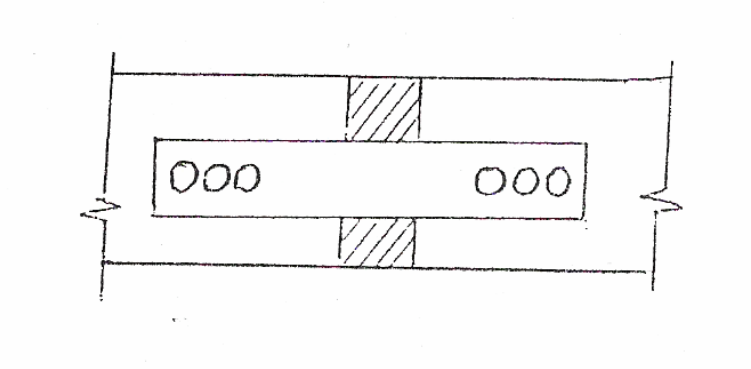
L طول و بوژی R شعاع قوس و r شعاع چرخ و K ارتفاع نوک طوقه چرخ با ریل می شود.

برای اعمال کردن اضافه عرض خط به وسیله تغییر مکان رشته ریل داخلی به سمت مرکز قوس انجام میشود برای یکنواخت نمودن اضافه عرض خط در داخل قوس اتصال این کار انجام می‌شودبه گونه ای که برای حدود هر ٤ تا ١٠ متر طول خط ٢/٥ میلیمتر اضافه عرض قائل می شوند تا در محل پیوستن قوس پیوندی به قوس دایره اضافه عرض کامل شود. برای این کار از جداول خاصی که برای تعداد تراورس و با توجه به شیب خط تنظیم شده است استفاده می‌گردد.

≅ اتصال ایزوله یا MT :

در رابطه با بکارگیری ریلهای پیوسته و ممتد , ممکن است در بعضی از مناطق نیاز به اتصال ایزوله داشته باشیم مثلا د رزمانی که می‌خواهیم درز انبساط و انقباض در جوشکاری سراسری دارای فاصله ثابتی باشد. و یا در مقاطعی که می‌خواهیم جریان برق را قطع نماییم مانند مقاطعی که در سیستمهای ارتباطی و علائم الکتریکی در طول مسیر خط مترو بکار می‌روند.

این اتصال تشکیل شده است از یک اتصال فولادی یک لایه ایزوله , چهار تـا پـنج عـدد پیچ و مهره و واشر با مقاومت کششی بالا ویک عدد لایه ما بین دو ریـل (در محـل درز ریل) , چسب مخوص , چهار عدد ماسوره ایزوله و دو صفحه رویی.



≅ تعیین دور :

$$D = \frac{1108}{RL}\sum_{i=1}^{n}\left(\ell i Vi^2\right)$$ فرمول دور

$$D = \frac{1108}{R}U^2 - 135$$ کمبود دور

≅ روسازی خط تهران - کرج :

- قبل از نصب و ریل گذاری ابتدا بستر مورد نظر خاکبرداری و خاکریزی شـده و آمـاده می‌شود و کوبیدگیهای لازم انجام می‌شود.

- محور ریلها توسط گروه نقشه برداری , طیف مشخصات از قبل تعیین شده میخکـوبی و یک لایه بالاست در حدود ۱۰cm روی بستر ریخته می‌شود.

- دستگاه ریل گذار به محل مورد نظر حمل می شود.

- ریلها به موازات خط روی زمین قرار داده شده و با بست آنها را به هم می‌بندند.

- دستگاه ریل گذار تراورسهایی را که پشت دستگاه چیده شده به صورت اتوماتیک هر ٦٠cm می‌گذارد و به طرف جلو حرکت می کند.

- پس از آنکه تعداد محدودی تراورس جا گذاری شده دستگاه ریل گذار توسط جک ریلهای کناری را بلند کرده و روی تراورس قرار می‌دهد (بعد از قرار دادن صفحه زیر ریل)

- سپس کارگران که به دنبال دستگاه حرکت می‌کنند و پیچها را محکم می کنند.

- پس از آن دستگاه بالاست زیر روی ریل حرکت و بالاست مورد نظر را بین تراورسها و ریلها می‌ریزد.

- بعد از آن دستگاه زیرکوب , توسط جکهای خود و با اطلاعات کامپیوتری ارائه شده به دستگاه ریلها را از نظر سمت , مختصات و ارتفاع حرکت داده و تنظیم می‌کند و درمحل دقیق خود قرار می دهد.

- این عمل چندین بار انجام می‌شود تا ریلها در جای خود قـرار گیـرد و پـس از تـست پیچها دوباره محکم می‌گردد.

≅ **نصب خط در داخل تونلهای مترو :**

مراحل نصب خط شامل موارد ذیل میباشد.

۱- آماده نمودن پانل ها در کارگاه : تراورسها در فواصل مورد نظر قـرار گرفتـه و سـپس ریلها بر روی آنهانصب می گردد و توسط پابندها محکم می‌شود. کنترل های لازم در این قسمت انجام می گیرد.

۲- نصب ریلهای موقت برای حرکت : این ریلها با وزن $24^{kg}/_{m}$ و بر روی بلوک های چوبی در طول مسیر قرار داده می شود.

۳- انتقال و نصب پانل ها : پانل ها از محل کارگاه به محل نصب منتقل شـده و بـر روی کفی که قبلا تمیز شده قرار می‌گیرد.

٤- تنظیم پانل ها : پانل ها را با توجه به جداول داده شده و نقشه های موجود به کمـک جکهای هیدرولیکی که در زیرپل قرار داده می شـوند تنظـیم مـی‌گـردد. بـرای تنظـیم از B.M استفاده میشود جکها (brocket) در موقعیتهای نقاط راهنما قرار داده مـی‌شـوند ,

فاصله آنها از هم ۳ متر در مسیر مستقیم و ۲,۵ متر در قوسها می‌باشد. بر اساس نقاط راهنما ریل نزدیک به آن با خطکش L شکل کنترل می‌شود فاصله مابین لبه کار سر ریل تا مرکز B.M برابر ۷۸۲۵ ± ۲mm می باشد ارتفاع نیز برابر $\pm 3mm$ ۵۰۰ میباشد.

۵- در این مرحله بلوکهای بتنی در زیر تراورسها قرار داده می شود. فاصله ما بین بلوکهای زیر تراورسها در مسیر مستقیم هر ٤ تراورس یکی و در قوسها هر ۳ تراورس یکی می باشد می‌توان پس از گیرش ۲٤ ساعته بتن و رسیدن مقاومت به $150^{kg}/_{cm^2}$ جکها را برداشت.

٦- ریختن بتن کف : بعد از مرحله بالا بتن بستر ریخته می‌شود این بتن باید مقاومت آن بعد از ۲٤ ساعت به $160^{kg}/_{cm^2}$ برسد. اسلامپ این بتن باید بتن ۱۰cm-۷ باشد.

≅ سوار کردن قطعات پانل :

برای سوار کردن قطعات پانل در کارگاه از ۸ تا ۱۰ نفر در قالب یک گروه و همچنین قرار دادن ریلهای موقت جرثقیل استفاده می شود برای انتقال و قرار دادن پانل در محل از ٦ تا ۷ نفر در هر گروه استفاده میشود برای تمیز کردن , گذاشتن و برداشتن قالبها به

نصب لوله ها , ٦ تا ٨ نفر در قالب یک گروه استفاده میشود و برای تنظیم پانل ها و ریختن بتن از ۱۰ تا ۱۱ نفر استفاده میشود.

فاصله تراورسها : (Sleeprs)

- فاصله تراورسها برای قدمهای با شعاع کمتر از ٤۰۰متر در صورتی که شیب کمتر از ۲۰٪ باشد , ۳۹ تراورس به ازاء هر ۱۸m خواهد بود و زمانی که شیب بیشنر از ۲۰٪ باشد ۳۱ تراورس به ازای هر ۱۸m خواهد بود. در مسیر مستقیم نیز ۲۸ تراورس به ازاء هر ۱۸m خواهد بود.

- گیج خط : مقدار تلورانس گیج خط مابین 1435^{+6}_{-2} میلی متر می‌باشد.

- شیب زیر ریل که ۱:۲۰ می‌باشد می تواند ما بین $\frac{1}{17}$ تا $\frac{1}{22}$ نیز باشد.

- فاصله ما بین دو ریل بر مبنای محاسبات اندازه‌گیری شده برحسب دور می‌تواند دارای تلورانس $\pm 2mm$ باشد

- سطح بالای ریل نیز از نقاط راهنما (B.M) می تواند $\pm 3mm$ تلورانس داشته باشد.

- تلورانس تراز بین سطح بالای ریلهای چپ و راست ۲mm و تلورانس مجاز ارتفاع در تمام طول خط نباید از ٤mm تجاوز نماید.

ماشین آلات :

۱- ماشین زیر کوب : Tamping Machine

از این ماشین برای تنظیم سطح , دور و تنظیم راستای هندسی خط استفاده می کنند مراحل عملکرد این ماشین بدین گونه است که ابتدا توسط چنگکها یا دیسک‌هایی سر ریل گرفته شده و به طرف بالا کشیده می‌شود , سپس بازوهایی در بالاست قرار گرفته و با فرکانس معادل ۳۵Hz بالاست را ویبره می‌کنند تا فضای زیر تراورس پر گردد پس از آن بازوها خارج شده و ریل رها می‌گردد.

۲- ماشین‌های متراکم کنندهٔ بالاست : Dynamic Track Stagbilizer

این ماشین ها به دو نوع ماشین‌های دینامیکی تثبیت کنندهٔ خط و ماشین های «۱» متراکم کننده «۲» سطحی تقسیم بندی می‌کنند. Surface Comapacter Machine

ماشین های دینامیکی تثبیت کنندهٔ خط با اعمال یک لرزهٔ افقی و نیروی قائم استاتیک این کار را انجام می دهند که میزان فرکانس ویبره ۰-٤٥ Hz و میزان نیروی اعمال شده به ریلها توسط ٤ سیلندر هیدرولیکی اعمال می‌گردد. متراکم کننده‌های سطحی یک نیروی قائم استاتیکی و یک نیروی قائم دینامیکی را بر سطح بالاست اعمال می کنند این

کار با اعمال نیروی قائم و لرزه به صفحات قرار گرفته بر روی بالاست انجام مـی شـود. نیروی قائم استاتیکی بین ۷-۹/۸KN وشیب قائم دینامیکی بین ٤,۹ الی ۳۰,۷ با فرکانس ۲۸ الی ۷۵Hz .

۳- ماشین‌های تنظیم کنندهٔ بالاست و یا شیروانی زن : Ballast regulator

از این ماشین‌ها برای تنظیم کردن شانه‌های بالاست به صورت دلخواه و برداشت بالاست اضافی از روی تراورس , پرکردن بالاست تا روی تـراورس و یـا انتقـال بالاسـت از هـر نقطه از سطح بستر به نقطه دیگر استفاده می شود.

۵- ماشین های دمندهٔ بالاست : stone blower machine

از این ماشین برای اضافه کردن سنگدانه‌های بالاست استفاده می گردد.

٦- ماشین صیقل زننده سطح ریل : rail grinder

از این ماشین آلات برای صاف کردن سطح پروفیل ریل بعد از انجام عمـل جوشـکاری استفاده میشود از همین سری ماشینها برای اصلاح رویه ریل و خرابیهای ریل استفاده می شود.

۷- ماشین آلات جوشکاری :

۸- ماشین آلات ثبت کنندهٔ خرابی خط :

نتیجه گیری :

با توجه به اینکه حداکثر بار به ریلها اعمال می‌شود و از ریل به پایین به تدریج نیرو مستهلک شده تا به مقداری که بستر روسازی تحمل آن را دارد برسد.

روسازی در مترو و قطارهای سریع السیر که در فضای باز موجود میباشد نقش مهمی را ایفا می‌کند و بسته به شرایط , نوع روسازی متفاوت می باشد. اگر در داخل تونل انجام شود با توجه به محدودیت تونل و نگهداری آسان از روسازی بر روی دال بتنی با تراورسهای بتنی استفاده می‌شود که البته برای جلوگیری از ایجاد سروصدا و لرزش از لرزه گیرها که به صورت پدهای پلاستیکی در زیر ریل و زیر زینچه استفاده شده است و همچنین از پابندهای الاستیک , وسلو در مترو استفاده شده که بتواندد خزش خط را کنترل نماید. که اگر از سیستم روسازی با بالاست استفاده میشد هم احتیاج به تونلهای بزرگتر داشت که مستلزم هزینه بالا و هم برای نگهداری احتیاج به ماشین آلات سنگین و تولید سر وصدا که در مناطق شهری مناسب نمی باشد.

روسازی قطارهای سریع السیر به علت اینکه در فضای باز و در مناطق غیر شهری به دلیل هزینه احداث خط که به مراتب کمتر می باشد از روسازی با بالاست استفاده شده که البته با تراورس بتنی و پابندهای وسلو و گاهی از پابندهای پاندرول استفاده شده است.

روسازی که در محل سوزنها استفاده شده در داخل تونل و خارج آن از تراورسهای چوبی به دلیل اینکه تراورسهای بلندتری می‌توان از چوب استخراج نمود استفاده میشود.

در محل سوزنها در داخل تونل تراورسهای چوبی روی پانلهای در جا ریخته شده بتنی که اطراف تراورسهارا نیز در برگرفته در صورتیکه در خارج تونل تراورسهای چوبی روی بالاست و همچنین در میان آن قرار گرفته است.

روسازی که بر روی پلهای فلزی و بتنی انجام شده از نوع روسازی بر روس بالاست می باشد. که از بالاست و تراورس چوبی و یا بتنی و از لرزه گیرها و پابندهای الاستیک استفاده میشود.

روسازی که در چاله سرویسها انجام گرفته بصورت ویژه می باشد. که از دو پانل بتنی مجزا در کنار یکدیگر و به فاصله که چاله را تشکیل می‌دهد در اینجا ریل مستقیما روی

زینچه و زینچه هم روی پانل بتنی سوار می باشد که قطار بـا سـرعت خیـل کـم وارد و خارج می‌شود.

بطور کلی با توجه به سرعت و هزینه و نوع مسیر روسازی مناسب انتخاب می شود.

پیشنهاد :

با توجه به اینکه وسایل کاهش ارتعاش و صدا در داخل تونلهای متـرو اسـتفاده شـده در حین حرکت قطار در داخل تونل صدا و لرزش همچنان وجود دارد کـه دلیـل بـر کـافی نبودن ادوات لرزه گیر می‌باشد.

بهتر است که علاوه بر ادوات فوق پانل اصلی را روی یـک سـری لـرزه گیـر و کـلا در داخل یک باکس بتنی قرار می دادند.

از یک سیستم دیگر بالاست در یک فضای محدود باکس که بـاکس بتنـی بـرروی لـرزه گیرهایی قرار داشت و از کناره‌ها نیز با لرزه گیرها مهار میشد.

می توانستیم همین سیستم داخل مترو را با تراورسـهای کامپوزیـت انجـام دهـیم کـه در بخشی از مترو تهران انجام شده میتوانیم از تراورسهای دوبلوکی در خـط تهـران – کـرج استفاده نماییم می توانیم از قطارهای چرخ لاستیکی استفاده کنیم که مشکلات ایـن نـوع

قطارها پنچری در طول مسیر می‌باشد. که این نوع قطارها در بعضی خطوط مترو فرانسه اجراء شده است. می‌توانیم بجای تغذیه قطار از ریل سوم از بالها سری استفاده کنیم که مزایای استفاده‌از بالا سری کاهش سروصدا و کم خطرناک بودنش ولی از معایب آن احتیاج به فضای بیشتر می باشد.

پیشنهاد دیگه اینکه استفاده از یک نوع قطار هم برای مترو داخل شهر و هم به عنوان قطار سریع السیر که در این صورت ایستگاه سوار و پیاده مسافران شهرکهای حومه حذف می شد. که در زمان نیز صرفجویی می شد.

البته روسازی خطوط مترو احتیاج به مطالعات فراوان دارد مثلا در مورد مصالح مصرفی در روسازی که تکنولوژی در این زمینه وارد شود می‌تواند انقلابی در روسازیها برپا کند و کلا شکل روسازیها را عوض نماید.