



کد: ۰۹۱۹۳

کیفیت روش‌های اجرایی اسلب تراک بتنی در سازه‌های ریلی مترو و راه آهن

علیرضا دیواندری^۱، منصور قلعه نوی^۲

۱- مهندسی تکنولوژی راه آهن و دانشجوی کارشناسی ارشد عمران سازه داشگاه آزاداسلامی تاکستان

۲- دکترای رشته عمران سازه مدیر گروه و استاد دانشگاه فردوسی مشهد

Divandari27@yahoo.com
ghalehnovi@yahoo.com

چکیده

امروزه در دنیا یکی از بهترین سیستم‌های حمل و نقلی سیستم، حمل و نقل ریلی می باشد و از پارامترهای عمده تأثیر گذار در طراحی خطوط آهن می توان به مواردی چون کیفیت روسازی خصوصاً در سرعت‌های بالا، هزینه های دوران بهره برداری شامل نگهداری و بازسازی، زمان اجرا و سهولت اجرا اشاره کرد. با افزایش شدت ترافیک، نگهداری و بازسازی خطوط مشکل تر شده و در نتیجه طرح هایی که نیاز به نگهداری کمتری در دوران بهره برداری دارند روز به روز مقبولیت بیشتری پیدا می کنند. از طرف دیگر از دیدگاه اقتصادی نیز با توجه به هزینه های دوران بهره برداری در مقایسه با هزینه سرمایه گذاری، بستر های بالاستی جذابیت خود را در مقایسه با روسازی بتنی از دست می دهند.

در این مقاله با عنایت به روشهای گوناگون تولید و اجرای اسلب تراک بتنی انواع روشهای نصب اسلب تراک مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به شرایط اجرا خصوصاً مسیر های روی زمین و مسیر های زیر زمین (تونلها) یکی از مناسبترین روشها که از لحاظ هزینه و کیفیت اجرا و همچنین فراهم آوردن شرایط بهره برداری و تعمیر و نگهداری میباشد، معرفی گردیده که از جمله روشهای اجرای اسلب تراک در ایران می توان از روش اجرای روسازی بتنی با استفاده از قطعات پیش ساخته و پیش تنیده نام برد که چگونگی فرایند تولید و ساخت و حمل و همچنین اجرا آن در این مقاله بیان شده و نتایج و مشکلات اجرایی آن نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی:

اسلب تراک، بتن پیشتنیده، روسازی، گروت، تراورس



کیفیت روشهای اجرایی اسلب تراک بتنی در سازه های ریلی مترو و راه آهن

علیرضا دیوانداری^۱، منصور قلعه نوی^۲

۱- مهندسی تکنولوژی راه آهن و دانشجوی کارشناسی ارشد عمران سازه دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تاکستان

۲- دکترای رشته عمران سازه مدیر گروه و استاد دانشگاه فردوسی مشهد

Divandari27@yahoo.com

خلاصه

روسازی بتنی به عنوان یکی از بهترین روسازیهای است که با توجه به سرعت و بار محوری برای راه آهن های امروزی تعریف میگردد و با توجه به نوع طراحی آن تقریباً تفاوت قابل توجهی از لحاظ اجرا و تعمیر و نگهداری با روسازی کلاسیک (بالاستی) دارد و با توجه به فراگیر شدن آن در تمام نقاط دنیا روشهای گوناگونی برای اجرای آن وجود دارد که در هر کشور با توجه به امکانات و توسعه یافتگی آنها به روشهای مختلفی اجرا میگردد. اجرای این سیستم در ایران بدلیل جدید بودن هنوز گسترش چندانی پیدا نموده است و عمدتاً در خطوط مترو و چند نقطه از راه آهن اجرا شده است که در این مقاله سعی شده روش اجرایی یک مورد اسلب تراک اجرا شده در ایران ارائه گردد.

کلمات کلیدی: روسازی کلاسیک، اسلب تراک، تراورس، بتن پیشتنیده، گروت

۱. مقدمه

یکی از اهداف مهم راه آهن از احداث خطوط آمد و شد مسافر و کالا به صورت اقتصادی و با حداکثر ایمنی می باشد. لازمه این امر آن است که خط به عنوان پایه و اساس راه آهن وظیفه خود را به صورت مناسب انجام دهد. برای دستیابی به این نقش هر جزء متشکله از سیستم باید وظیفه خاص خود را در برابر بار های ترافیک و عوامل محیطی به نحو رضایت بخش انجام دهد. روسازی راه آهن به عنوان یکی از پارامتر های اساسی برای خطوط راه آهن از همان ابتدای پیدایش راه آهن از اهمیت خاصی برخوردار بوده است
همنطور که امروزه در خطوط راه آهن دنیا مشاهده می شود خطوط راه آهن با توجه به روسازی آنها به دو دسته کلی تقسیم بندی شده اند که عبارتند از:

۱ - روسازی خطوط کلاسیک. ۲ - روسازی خطوط مدرن یا اسلب تراک.

باید توجه داشت که در هر صورت عملکرد اساسی روسازی خطوط آهن ثابت است و همچنانکه می دانیم عملکرد خطوط به صورت زیر تقسیم بندی می شود.

۱ - انتقال بار از چرخ به زمین .

۲ - ثابت نگهداشتن عرض خط.

۳ - ثابت نگه داشتن خطوط در اثر نیرو های جانبی و طولی .

۴ - ثابت نگه داشتن تراز طولی و عرضی خط.

و بطور کلی با توجه به اینکه امروزه بدلیل برخی از ویژگیهای اختصاصی روسازی بتنی مانند عمر زیاد و عدم نیاز به تعمیر و نگهداری مداوم و همچنین ثابت بودن مشخصات هندسی خط و بالا بودن بار محوری و سرعت قطارها روی این روسازی بزودی در دنیا جایگزین روسازی کلاسیک خواهد شد و ضمناً بدلیل ضخامت کمتر روسازی می تواند در بهسازی تونلهای قدیمی بیشترین کاربرد را داشته باشد.

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد رشته عمران - سازه دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

^۲ مدیر گروه و استادیار دانشگاه فردوسی مشهد

۲. روسازی کلاسیک:

بطور کلی روسازی کلاسیک به همان روسازی خطوطی گفته میشود که در سراسر دنیا متداول است و اجزای تشکیل دهنده آنها عبارتند از: روسازی راه آهن کلاسیک شامل ریل، تراورس، بالاست (و لایه زیر بالاست) صفحه زیر ریل و اتصالی و پایند میباشد که امروز در جهان از اهمیت خاصی برخوردار میباشد چرا که در بیش از ۹۰٪ از روسازی شبکه خطوط موجود در دنیا از این روسازی استفاده شده است. امروزه نیز با توجه به کیفیت و محاسن روسازی کلاسیک از این روسازی برای شبکه خطوط جدید الاحداث استفاده میشود. البته پیشرفتهای چشم گیری را امروزه برای بالابردن کیفیت این روسازی مشاهده میکنیم که از آن جمله بالابردن کیفیت اجرا و همچنین نوع مصالح مصرفی و بهره برداری صحیح این سیستم میباشد.



شکل ۱- تصویر روسازی کلاسیک اجرا شده یا روسازی بالاستی

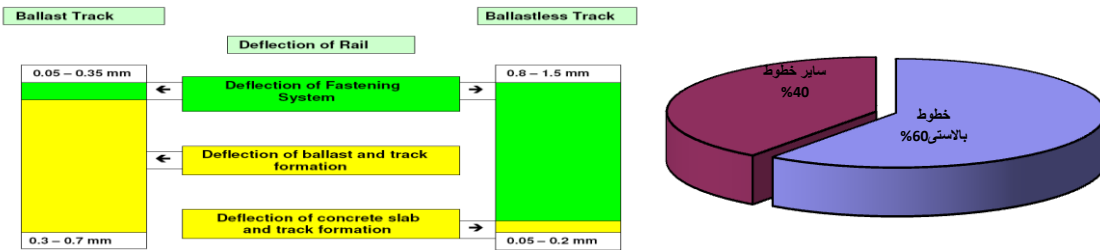
۳. روسازی خطوط مدرن یا خطوط بدون بالاست.

تاریخچه پیدایش خطوط بدون بالاست از سال ۱۹۵۰ آغاز شده و عمدتاً از سال ۱۹۶۰ گسترش یافته است. خطوط بدن بالاست شامل انواع خطوط دال بتنی، دال آسفالتی، و یا بستر فولادی جانشین بالاست در خط می باشد که دال های بتنی با بصورت پیش ساخته و یا در محل بطور پیوسته ریخته می شوند ولی در دالهای آسفالتی معمولاً بصورت تراکم و پیوسته اجرا می شوند، بستر های فولادی عمدتاً بر روی شاهتیر های پلهای فلزی اجرا می شوند. ولی بطور کلی از پارامترهای عمده تأثیر گذار در طراحی خطوط آهن می توان به مواردی چون کیفیت روسازی خصوصاً در سرعت های بالا، هزینه های دوران بهره برداری شامل نگهداری و بازسازی، زمان اجرا و سهولت اجرا اشاره کرد. با افزایش شدت ترافیک، نگهداری و بازسازی خطوط مشکل تر شده و در نتیجه طرح هایی که نیاز به نگهداری کمتری در دوران بهره برداری دارند روز به روز مقبولیت بیشتری پیدا می کنند. در حال حاضر در سراسر دنیا ایده عدم استفاده از بستر بالاستی در حال گسترش است. از مزایای عمده روسازی های بتنی می توان به موارد زیر اشاره کرد: می توان به موارد زیر اشاره کرد:

مزایای و معایب روسازی بتنی پیش ساخته:

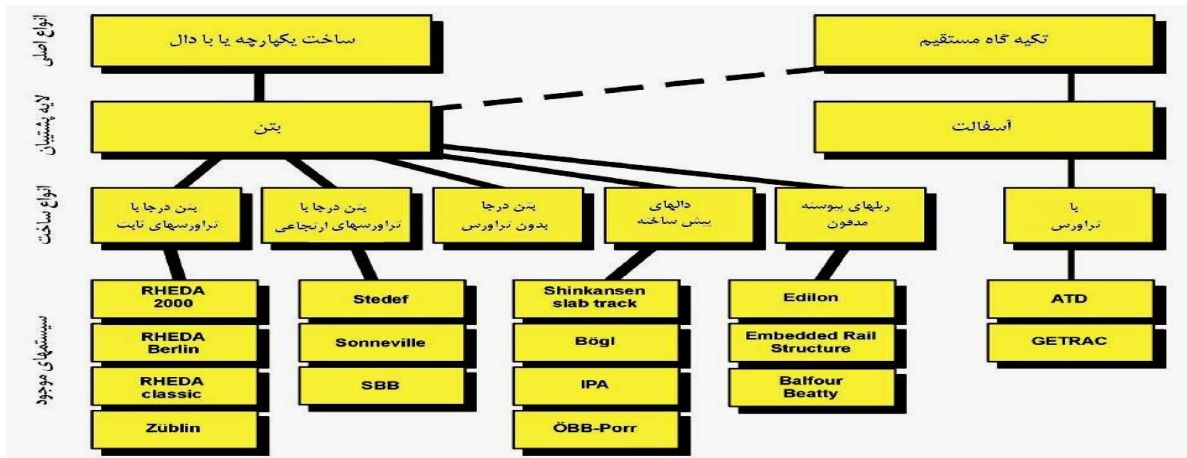
- ۱- کاهش ضخامت بستر که خصوصاً در داخل تونلها می تواند منجر به کاهش حجم حفاری و ایجاد صرفه اقتصادی در طرح گردد.
 - ۲- نیاز کمتر به نگهداری و بازسازی در طول دوران بهره برداری در مقایسه با بستر بالاستی که مکرراً نیاز به نگهداری و بازسازی داشته و با افزایش عمر سازه هزینه های آن افزایش می یابد.
 - ۳- افزایش عمر مفید سازه (Service life)
 - ۴- بیشتر بودن مقاومت برشی دال های بتنی در حرکت جانبی در برابر شتاب جانبی در بیچ هادر مقایسه با بستر بالاستی. این مزیت اولاً امکان افزایش سرعت قطار را فراهم کرده و ثانیاً مشکل به هم خوردن هندسه ریل که در مورد بستر بالاستی وجود دارد تقریباً مرتفع شده و هندسه سیستم در دراز مدت با رواداری قابل قبولی بدون تغییر می ماند.
 - ۵- حذف مشکل صدمه به ریل و چرخها به دلیل پرتاب ذرات بالاست در سرعت های بالا که با استفاده از سیستم روسازی بتنی کاملاً مرتفع می گردد.
 - ۶- از بین رفتن مشکل پرشدگی بالاست با ریزدانه در مناطق کویری که منجر به شکستن تراورس ها (Slippers) می گردد. و اما در مقابل مزایای فوق الذکر، باید به این نکته اشاره کرد که بستر با دال بتنی از گرانترین انواع بستر سازی می باشد. براساس تجربیات گذشته هزینه سرمایه گذاری متوسط آن تقریباً سه برابر بستر بالاستی متعارف می باشد. هزینه سرمایه گذاری بستر با دال بتنی در تونل ها در هر کیلومتر تقریباً ۱/۲ برابر بستر بالاستی و در پل ها به حدود ۳/۸ برابر افزایش می یابد. از طرف دیگر با احتساب هزینه های دوران بهره برداری در دراز مدت با توجه به نیاز کمتر به نگهداری، در زمانی در حدود ۱۰ سال اختلاف در هزینه سرمایه گذاری جبران می شود.
- در حال حاضر سیستم روسازی بتنی به اشکال مختلف در نقاط مختلف دنیا در حال استفاده می باشد. استفاده از این سیستم در تونل های راه آهن کار برد بیشتری دارد و نخستین کاربرد آن در راه آهن کشور ما در مسیر بافق - مشهد بوده است که در نوع خود تجربه موفق محسوب می گردد. با توجه به تجربه استفاده از روسازی بتنی در تونل های راه آهن بافق مشهد و با در نظر گرفتن امکانات موجود سعی شده تا با اعمال کمترین تغییرات در هندسه و

تکنولوژی ساخت، طرح فوق جهت کاربرد در تونل های راه آهن مورد بازنگری قرار گیرد. در ذیل نگاهی کلی به وضعیت آماری، کیفیت، و طبقه بندی انواع خطوط اسلب تراک مشاهده میگردد.



شکل ۲- وضعیت آماری استفاده از انواع روسازها

شکل ۳- وضعیت کیفیت و زمان تعمیر و نگهداری خطوط بالاستی نسبت خطوط مدرن



شکل شماره ۴- طبقه بندی انواع ساخت روسازی بدون بالاست

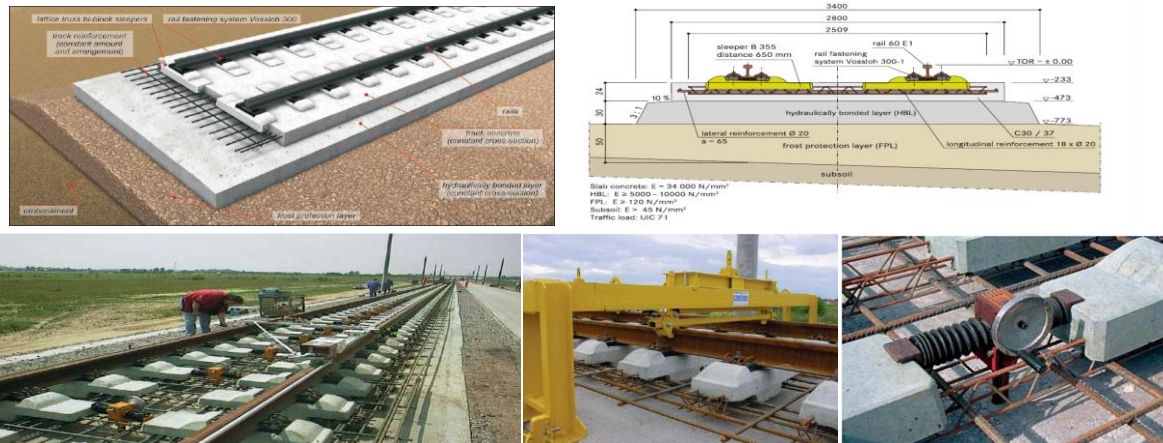
روش بررسی در مطالعه حاضر شامل بررسی روشهای اجرایی متداول اسلب تراک می باشد که در ادامه به شرح آن پرداخته می شود.

۴. انواع روش های اجرایی اسلب تراک موجود در دنیا

الف: سیستم دال بتنی رهدا

در این سیستم که شامل انواع رهدا ۲۰۰۰، رهدا سنگبرت، رهدا های ذیل می باشد عمدتاً شامل لایه های ذیل می باشد که در ذیل روش اجرای آن با تصاویر نشان داده شده است

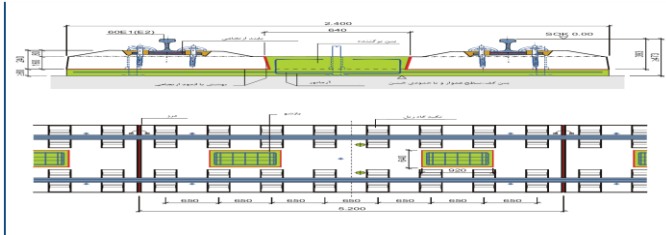
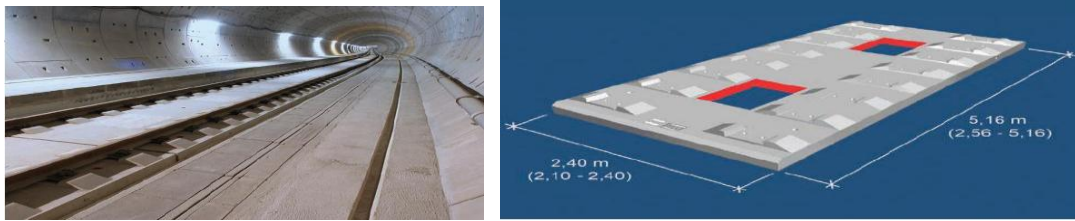
لایه تکیه گاهی پیوسته بتن مسلح - لایه پشتیبان متصل آسفالتی - لایه اتصال هیدرولیکی - لایه محافظ در برابر یخبندان



شکل شماره ۵- نقشه و مراحل اجرای اسلب تراک روش رهدا

ب: سیستم اسلب تراک بروش OBB-PRR

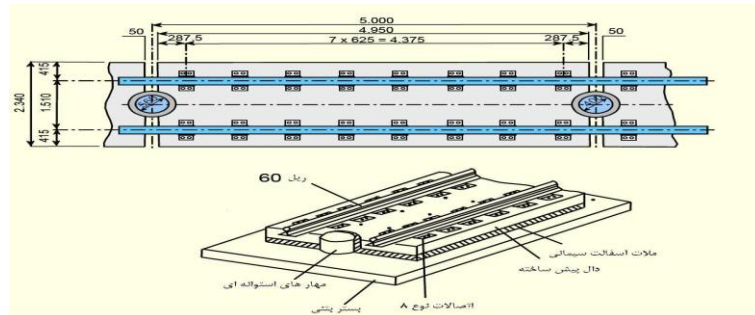
در این روش اغلب با دالهایی به ابعاد $۱۶ \times ۲,۴ \times ۵,۱۶$ ساخته می شوند و در داخل آن بازشوهای مستطیلی در بالای ابعاد ۶۴×۹۱ سانتیمتر ایجاد می گردد که با توجه به اجرای بتن مسلح در آن باعث درگیری بیشتر بتن دال با زیر سازی شده و از حرکات جانبی و افقی دال جلوگیری می نماید.



شکل شماره ۶- نقشه و مراحل اجرای اسلب تراک بروش OBB-PRR

ج: سیستم اسلب تراک بتنی غیر پیشتنیده

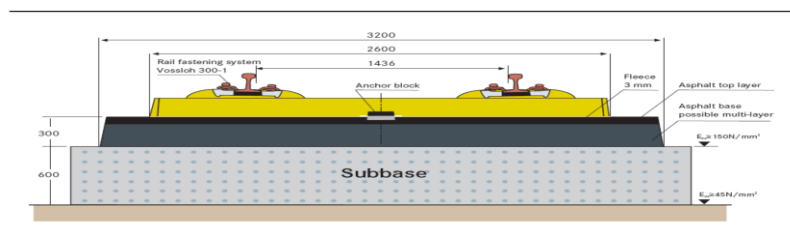
این سیستم دارای دال بتنی پیش ساخته بتن مسلح به ابعاد $۲۰ \times ۲۰ \times ۴۹۵$ سانتیمتر می باشد که بایک ملات آسفالتی سیمانی به ضخامت ۵ سانتیمتر بین دال و بستر بتنی اجرا می شود و مهار عرضی و طولی دال بتنی پیش ساخته با قطعات بتنی که در فواصل ۵ متر و با قطر ۴۰ سانتیمتر و ارتفاع ۲۰ سانتیمتر نصب میگردد کنترل می شود.



شکل شماره ۷- نقشه و مراحل اجرای اسلب تراک بتنی غیر پیشتنیده

د: سیستم GE TRAC

در این سیستم دولایه آسفالتی با دقت ۲ میلیمتر اجرا می شود و بعد یک نمد ۵ میلیمتری زیر تراورس های پیشتنیده اجرا می شود و بلوکهای مهاری بنام انکر بلت از حرکت جانبی تراورس ها جلوگیری می کند در این طرح از تراورس های پیشتنیده پهن با طول ۲,۴ یا ۲,۶ متر استفاده می شود.



System cross-section without HBL ($E_{v2} \geq 150 \text{ mm}^2$)



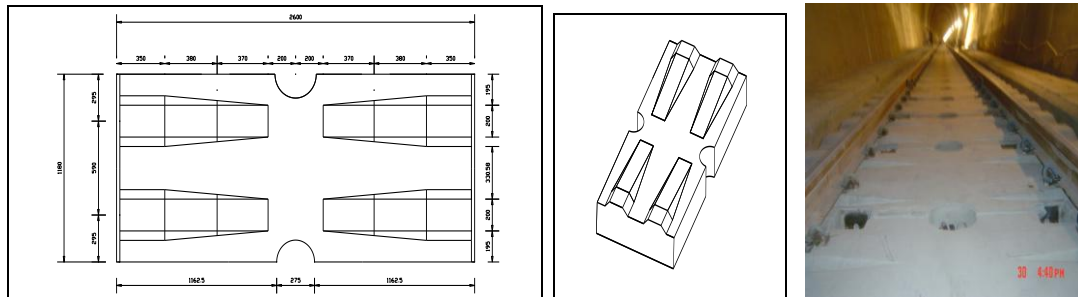
اشکال شماره ۸- نقشه و مراحل اجرای اسلب تراک بروش سیستم GE TRAC

۵. طراحی اسلب تراک بتنی پیشتپیده

باتوجه به ۴ نمونه متداول که در بالا ذکر گردید یک نمونه اسلب تراک بتنی پیشتپیده به صورت ذیل پیشنهاد میگردد که سعی شده علاوه بر سهولت در اجرا، شرایط ساخت قطعات اسلب تراک را در داخل کشور داشته باشد. که ابتدا ضمن ارائه مختصری درمورد طراحی این نوع اسلب تراک که برای خطوط راه آهن ایران پیشنهاد شده می پردازیم و در نهایت چگونگی تولید و اجرای آن را بیان می نمایم.

— مشخصات هندسی قالب

همانطور که عنوان شد در طرح روسازی بتنی مسیر سعی بر آن بوده که کمترین تغییرات در تکنولوژی ساخت دال های بتنی اعمال شود. لذا برای جلوگیری از تغییر قالب، و همچنین امکانات تولید این قطعات سعی شده است از قالب های تولید تراورس بتنی استفاده شود. هنده در نظر گرفته شده برای دال روسازی بتنی در شکل ۲ نمایش یافته است.



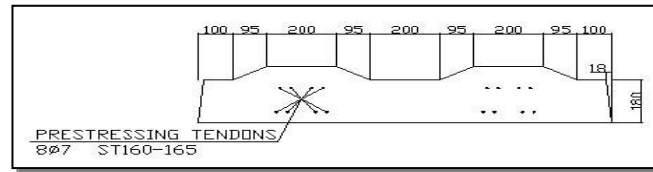
شکل شماره ۹ - پلان دال روسازی و تصویر سه بعدی دال روسازی

— تحلیل سازه ای دال (Slab Track)

تحلیل سازه دال روسازی به منظور تعیین نیروهای داخلی پدیدآمده در سازه در اثر نیروهای وارده انجام گردیده است. با توجه به اینکه در دال روسازی از سیستم پیش تنیدگی جزئی استفاده شده است لذا تحلیل دال روسازی با استفاده از ۲ مدل محاسباتی که در یکی پیش تنیدگی عرضی مدلسازی شده و در دیگری مجموعه دال روسازی، ریل و بستر زیرین تحت بارگذاری ناشی از حرکت قطار قرار گرفته است انجام شده است. نتایج تنش های پدیدآمده در دال روسازی از ترکیب تنش های ناشی از دو تحلیل فوق تعیین می گردد. در ادامه فرضیات، مراحل مدلسازی و نتایج تحلیل های انجام شده روی هر یک از مدل های صدرالذکر ارائه گردیده و کفایت دال روسازی تحت نیروهای وارده بررسی شده است.

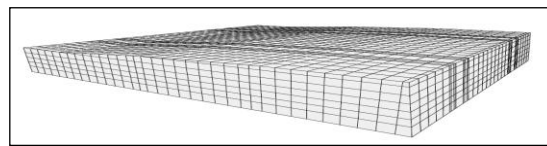
تحلیل پیش تنیدگی عرضی: ابعاد دال روسازی با توجه به ملاحظات مربوط به ابعاد و شکل هندسی قالب معادل 259×118 سانتیمتر انتخاب گردید. دال روسازی در جهت عرضی (در راستای طول دال) با استفاده از دو گروه میلگرد ۸ رشته ای پیش تنیده می گردد. قطر هر یک از میلگردها برابر ۷ میلی متر مطابق با مشخصات فنی مذکور در شکل زیر می باشد. فاصله مرکز کشش هر گروه از میله گردهای پیش تنیدگی از زیر دال برابر ۹/۵ سانتیمتر و فاصله

پابندها در امتداد ریل بدون تغییر نسبت به قبل [فاصله تراورس] برابر ۶۰ سانتی متر انتخاب گردیده است. محل میله گردهای پیش تنیدگی در شکل زیر نمایش یافته است.



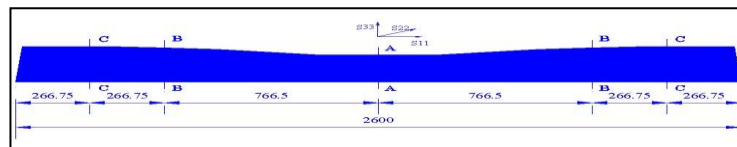
شکل ۱۰- محل قرارگیری میله گردهای پیش تنیدگی

به منظور تعیین تنش های ناشی از پیش تنیدگی عرضی در دال روسازی از یک مدل سه بعدی از دال استفاده شده است. مدل سازی با استفاده از نرم افزار Solid SAP2000ver9.03 انجام گردیده که مبتنی بر روش عددی المان های محدود می باشد. دال روسازی با استفاده از المان های حجمی Solid و میله گردهای پیش کشیدگی با استفاده از المان های Frame مدل سازی شده است. در شکل ۱۱ هندسه مدل محاسباتی نمایش یافته است. با توجه به تقارن موجود در مسأله، تنها نیمی از هندسه اصلی مدل سازی شده است.

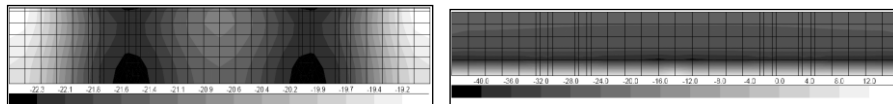


شکل ۱۱- هندسه مدل محاسباتی دال روسازی

در شکل ۵ مقاطع انتخاب شده جهت نمایش مقادیر تنش های طولی و عرضی پدید آمده در دال تحت اثر نیروهای پیش کشیدگی نشان داده شده است.

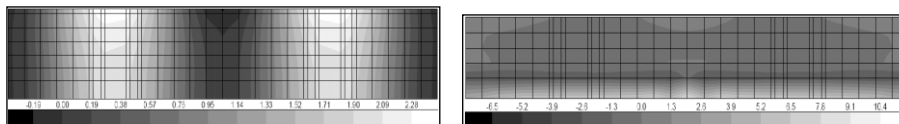


شکل ۱۲- موقعیت مقاطع انتخابی جهت ارائه نتایج تنش های داخلی ناشی از پیش کشیدگی



شکل ۱۳- نتایج تنش محوری در امتداد عرضی دال (A-A) در مقطع (B-B) و S11

تنش محوری در امتداد طولی دال S22 ناشی از پیش تنیدگی عرضی در مقاطع A-A و B-B و در اشکال ۱۴ نمایش یافته است.



شکل ۱۴- نتایج تنش محوری در امتداد طولی دال S22 در مقطع A-A

همانطور که مشاهده می شود در وسط دال مقطع A-A حداکثر تنش های طولی کششی (S22) برابر ۹/۱ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و حداکثر تنش فشاری طولی معادل ۶/۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع می باشد.

تحلیل تحت بارگذاری قطار: در این تحلیل مجموعه دال روسازی، ریل و بستر زیرین شامل بتن مگر و خاک بستر به صورت سه بعدی مدل سازی شده و تحت اثر نیروهای ناشی از حرکت قطار قرار گرفته است. مدل سازی با استفاده از روش عددی المان محدود و با کمک نرم افزار SAP2000ver9.03 انجام پذیرفته است. دال روسازی با استفاده از المان های پوسته ای، ریل با استفاده از المان خمشی، بتن مگر با استفاده از المان های حجمی و خاک بستر با فتر مدل سازی شده است

جدول شماره ۱- مقادیر حداکثر تنشهای کششی و فشاری در امتداد عرضی ناش از بارگذاری قطار

| | Max Tensile Stress (kg/cm ²) | Max Compressive Stress (kg/cm ²) | Location (Fig 16) |
|-------------|--|--|--------------------|
| Top face | ۱۶/۵ | ۳۸ | B,A |
| Bottom face | ۳۰ | ۱۰ | A,B |

جدول شماره ۲- مقادیر حداکثر تنشهای کششی و فشاری ناشی از بارگذاری قطار و موقعیت نقاط حد اکثر

| | Max Tensile Stress (kg/cm ²) | Max Compressive Stress (kg/cm ²) | Location (Fig 16) |
|-------------|---|---|--------------------|
| Top face | ۱۵ | ۳۵ | A,A |
| Bottom face | ۲۷ | ۱۱ | A,A |

۶. فرایند تولید قطعات بتنی پیش تنیده

بطور کلی روش تولید این قطعات که عمدتاً به صورت پیش ساخته می باشد در کارخانه های تولید تراورس بتنی پیش تنیده تولید می گردد که برخی از موارد اصلی که باید در مراحل تولید مد نظر گرفته شود به شرح ذیل می باشد.

-بتن:

بتن باید دارای مقاومت ۲۸ روزه ۴۵۰ کیلوگرم بر متر مربع روی نمونه های استوانه ای ۱۵ سانتیمتر در ۳۰ سانتیمتر باشد. مقاومت ۷ روزه بتن حداقل ۸۰/ مقاومت ۲۸ روزه آن باشد.

- میلگرد:

با توجه به فاصله پاندها در امتداد ریل (۵۹ سانتی متر)، محل کابلهای پیش تنیدگی بصورت دو دسته کابل ۸ رشته ای هر یک به قطر ۷ میلی متر در محل پاندها در نظر گرفته شد.

| | |
|------------------------------|---|
| ۴۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع | کمینه مقاومت بتن بعد از اتاق بخار |
| ۶۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع | کمینه مقاومت ۲۸ روزه بتن |
| ۱۳۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع | تنش مجاز فشاری در اثر پیش تنیدگی بعد از آزادی |
| ۳۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع | تنش مجاز کششی زیر بار |

| | |
|--------------------------------|---------------------------|
| ۱۱۳۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع | حدالاستیک |
| ۱۳۷۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع | حد جاری شدن |
| ۱۵۷۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع | حد نهایی مقاومت کششی |
| ۱۱۰۴۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع | تنش کششی اصلی هر کابل |
| ۹۱۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع | تنش در فولاد بعد از آزادی |

جدول ۴- مشخصات فنی بتن دالها

جدول شماره ۳- مشخصات فنی کابل های پیش تنیدگی

- مراحل تولید : مراحل تولید شامل: برش میلگرد و پرچ اولیه-رولپلاک گذاری-روغن زنی قالبها- آماده سازی قالب-پرچ میلگرد ها - کشش میلگردها



شکل شماره ۱۵- آماده سازی قالب و قرار دادن میلگرد

(میلگرد های آماده شده تا ۲۸۰ بار معادل ۴,۵ تن توسط دستگاه جک کشیده می شوند، این نیرو بعنوان حد اقل تعیین میگردد و نیروی اعمالی نباید از این مقدار کمتر باشد.)

- بتن ریزی و تراکم:

تمیز کاری بتن اطراف و لبه های قالب باید بلافاصله پس از پرداخت سطح و یا همزمان با انجام آن صورت گیرد. مدت پرداخت سطح ۳۰ ثانیه می باشد و مدت لرزاندن بستگی به بتن تهیه شده و مشخصات دستگاه لرزاندنده دارد و از ۴۰ ثانیه تا ۲ دقیقه طول می کشد.



شکل ۱۶ - بتن ریزی قالب ها و عمل آوری با اتاقک بخار

- بخار دهی و عمل آوری بتن تراورس :

هدف از بخار دهی و عمل آوری بتن ، کسب مقاومت در زمان کوتاهتر و بالابردن کیفیت مکانیکی و دوام بتن است. حد اکثر دمای نگهداری ۶۵ درجه سانتیگراد است و تحت هیچ شرایطی دما نباید بیشتر از ۷۵ درجه باشد . علاوه بر این نرخ افزایش یا کاهش دما به ۲۰ درجه سانتیگراد در ساعت محدود شده است. تونلهای بخار باید کاملاً ایزوله و داری دماسنج دیجیتالی کالیبره باشند.

-اعمال پیش تنیدگی :

عملیات پیچ باز کنی به این صورت است که پس از اینکه تراورسهی تولیدی به مدت ۲ ساعت بعد از پایان بخار دهی استراحت کردند، اگر مقاومت فشاری نمونه ها طبق دستور العمل حد اقل ۴۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع شود پیش تنیدگی اعمال میگردد . در عملیات پیچ باز کنی ، پیچهای کششی و ثابت بوسیله آچار های مخصوص باز شده و قالب توسط لیفتراک به جلو رانده می شود در کنار تخلیه میگردد. بهتر است که در هنگام باز کردن پیچهای کششی کلیه پیچها بطور هماهنگ باز شوند ، زیرا باید تمام تنشها یکسان پخش شوند تا تنش غیر یکنواخت در یک میلگرد باعث فشار نامناسب و احیاناً ترک نگردد.

-تخلیه قالب

- درپوش گذاری

-انبار کردن تراورسها

۷. نصب و اجرای روسازی با دال بتنی پیش ساخته

جهت نشان دادن مراحل مختلف اجرا به طور مختصر روش نصب قطعات و اجرای اسلب تراک در داخل تونل را تشریح می نمایم که مراحل روش اجرای در نظر گرفته شده در ۵ گام به شرح زیر می باشد:

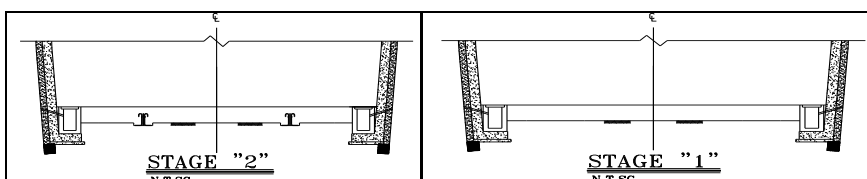
پس از اجرای آبروهای طرفین تونل مراحل کفسازی تونل تا رسیدن به زیر لایه بتن مگر انجام می شود. کف تونل باید با استفاده از مصالح ساب بیس تا رسیدن به تراز زیر بتن مگر بالا آورده شود، مشخصات مصالح زیر اساس باید منطبق بر مشخصات زیر اساس شیلی یا سنگی ارئه شده در نشریه ۱۰۱ مدیریت و برنامه ریزی کشور باشد. این مرحله در شکل ۷ مرحله الف نشان داده شده است.

کندن چاله محل نصب میلگردهای بولارد و نصب گروه آرماتورهای بولارد در محل های تعیین شده (در فواصل ۱/۱۸ متری در امتداد محور تونل) .

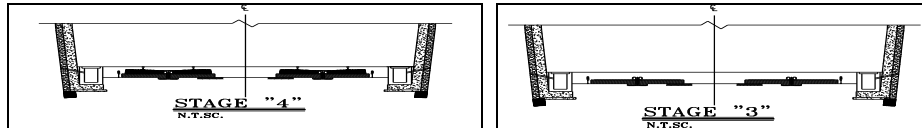
اجرای بتن مگر به ارتفاع ۲۰ سانتی متر تا تراز زیرین دال های روسازی که با دقت نهایی اجرا می گردد.

دو غاب ریزی روی بتن مگر و آماده سازی بستر برای نصب دال های روسازی. هدف اصلی از اجرای این دو غاب پر نمودن فضای بین دال پیش ساخته و بتن زیرسازی بوده و باعث پخش تنش به صورت یکنواخت می گردد. لذا لازمست گیرش دو غاب پس از نصب دال انجام گیرد.

مجموعه دال های روسازی و ریل که در طول های ۱۲ متری به هم متصل شده اند در محل نصب شده ، تنظیم شده و در موقعیت اصلی قرار می گیرند ، سپس بتن ریزی بولاردها انجام می شود.



شکل ۱۷- روش اجرا (مرحله ۱: اجرای کفسازی تا تراز زیر بتن مگر) (مرحله ۲: حفر چاله و نصب بولارد)



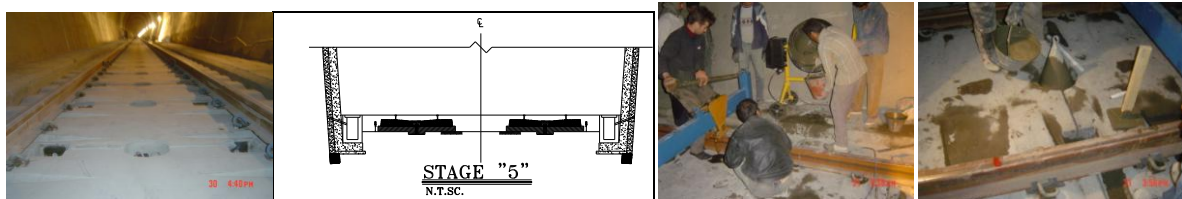
شکل ۱۸- روش اجرا (مرحله ۳: اجرای بتن مگر) (مرحله ۴: دوغاب ریزی و نصب دالهای پیش ساخته)

در هنگام نصب قطعات باید پروفیل تولی و دور و هندسه خطوط را تنظیم نمود که برای اینکار از جکهای مکانیکی کمک میگیرند و با توسط اهرمهای مربوطه قطعات را همراه با ریل بالا نگه داشته و توسط دور بین هندسه آن را تثبیت میکنند.



شکل ۱۹- اشکال بالاثبت کننده های قطعات بتن نسبت به اطراف را نشان میدهند

بعد از تثبیت شدن قطعات از ملات گروت استفاده نموده و فضای خالی زیر قطعات را با گروت (۱۰۰٪ بدون افزایش و کاهش حجم) که به صورت دوغاب استفاده می شود پر میکنند. ضمناً باید دقت نمود در زمان دوغاب ریزی از ریزش دوغاب به داخل فضای بولارد ها جلوگیری به عمل آورد.



شکل ۲۰- روش اجرا (مرحله ۵: بتن ریزی بولارد)

در زمان دوغاب ریزی باید دقت نمود هندسه خط تغییراتی نداشته باشد. بعد از گروت ریزی جهت گیرش ملات تا ۳ روز ملات را مرطوب نگه داشته و بعد از آن جکها را باز میکنند. و محل آرماتور انتظار بولارد ها را به بتن با مقاومت ۳۵۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع پر میکنند.

۸. نتیجه گیری

با توجه به جدید بودن اجرای طرح در کشور ما ایران طبعاً در نقاط مختلف کشور باید مطابق شرایط محیط تغییراتی را اعمال نمود ولی روشی که در بالا ذکر گردید بلحاظ آنکه تولید و عمل آوری در کارخانه انجام می شود و فقط عملیات نصب در محل باید اجرا گردد می تواند کیفیت مطلوبی را فراهم کند و همانگونه که در بالا توضیح داده شد نصب قطعات در فضای آزاد میتواند راحتتر و با کیفیت بالاتری انجام شود و مهمترین نکته که در این روش باید دقت کافی لحاظ گردد عملیات نقشه برداری و راستای ریل می باشد که باید مطابق پروفیل قبل از گروت ریزی قطعات تنظیم و ثابت گردند چراکه بعد از گروت ریزی امکان جابجایی قطعات وجود ندارد.

۹. مراجع

۱. مطالعات انجام شده مهندسین مشاور پارس، (۱۳۸۲)، "روسازی بتنی پیش ساخته در سازه های ریلی"، تهران، ایران، ۲۳-۱.
۲. دکتر جبار علی ذاکری (۱۳۸۹) "سمینار معرفی و طبقه بندی خطوط بدون بالاست با خطوط بالاستی" تهران، ایران، اسفند.
۳. نشریه سازمان مدیریت و برنامه ریزی، (۱۳۸۳)، "آئین نامه طراحی روسازی راه آهن"، تهران، ایران.
۴. پرفسور جرج پرفیلیدیس، مترجم، قهرمانی (۱۳۷۹)، "کتاب اصول مهندسی راه آهن" دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران.
۵. دکتر سعید منجم، (۱۳۷۹)، "کتاب روسازی راه آهن"، تهران، ایران، ۱۵۰-۱۶۸.