



# اجرای ایستگاه مترو حین بهره‌برداری

■ از شبکه‌های اجتماعی تا صفحات  
فصلنامه؛ روایت یک پست پرطرفدار مترا

## ■ پرونده

### اجرای ایستگاه مترو حین بهره‌برداری

تشریح تجارب جهانی و منطقه‌ای  
روش اجرای ایستگاه با بهره‌گیری از تجارب جهانی در تونل در حال بهره‌برداری  
روش نوین اجرای ایستگاه در تونل‌های فعال؛ ترکیب تجربه و راهکار بومی  
در گفت‌وگو با مهندس خدابخش

## ■ جستارهایی با موضوع

بررسی اثر خرابی‌های سطحی ایجاد بر روی بتن پیش‌آکنده بالاستی  
قرارگرفته در معرض چرخه‌های ذوب و یخبندان با استفاده از تکنیک  
پردازش تصویر  
نقش و الزامات کارآفرینی منطقه‌ای در دستیابی به توسعه‌ی درون‌زای  
منطقه‌ای



دسترسی سریع به صفحات مجازی  
شرکت مترا



الحمد لله  
الرحمن  
الرحيم



شرکت مهندسين مشاور  
توسعه راه آهن ايران (مترا)



چهار دهه مهندسی  
برای ساختن ایران





دسترسی سریع به صفحات  
مجازی شرکت مترا

## شناسنامه

**صاحب امتیاز:** شرکت مهندسی مشاور توسعه راه آهن ایران (مترا)

**مدیرمسئول:** مسعود درستی

**سرمدیر:** امیر قاسمی

**دبیر بخش پرونده:** آرش خدابخش

**مدیر اجرایی:** پویا بهارلومحمدزاده

**صفحه آرا:** علی یار میزبان

**تایپوگرافی، اینفوگرافی و طراح جلد:** مهسا رشید

**شمارگان:** ۱۰۰۰ نسخه

**چاپ اول:** تابستان ۱۴۰۴

**باتشکر از:** رقیه حیدری، مسعود نوین، شهرام وهدانی، محمد خانمحمدی، هادی مومنی نوشری،

مهران آباده، سمیه رضایت

**با سپاس ویژه از:** لیلی برزگر رودکی، محمد احمدی بافنده

**شماره تماس:** ۰۹۱۰۶۶۲۸۳۳۸ (مدیر روابط عمومی)

**آدرس سایت:** [www.metraconsultant.com](http://www.metraconsultant.com)

**ایمیل:** [info@metraconsultant.com](mailto:info@metraconsultant.com)

**نشانی:** تهران، خیابان سعادت آباد، بالاتر از میدان شهید طهرانی مقدم (کاج)، خیابان ششم،

پلاک ۲۳، ساختمان برلیان



## فهرست

۶ ..... | ساختار فصلنامه

### فصل اول: مقدمه

۱۰ ..... | سرمقاله

۱۲ ..... | معرفی شرکت

۱۶ ..... | قراردادهای جدید ۶ ماه نخست ۱۴۰۴

۱۸ ..... | مترا در فضای مجازی؛ همراهی نزدیک تر با دنیای مهندسی نوین

۲۱ ..... | از شبکه های اجتماعی تا صفحات فصلنامه؛ روایت یک پست پرطرفدار مترا

### فصل دوم: پرونده

۳۲ ..... | اجرای ایستگاه حین بهره برداری

۶۰ ..... | روش نوین اجرای ایستگاه در تونل های فعال؛ ترکیب تجربه جهانی و راهکار بومی  
در گفت و گو با مهندس خدابخش

### فصل سوم: جستار

۶۶ ..... | بررسی اثر خرابی های سطحی ایجاد بر روی بتن پیش آکنده بالاستی قرارگرفته در معرض چرخه های ذوب و یخبندان با استفاده از تکنیک پردازش تصویر

۶۷ ..... | نقش و الزامات کارآفرینی منطقه ای در دستیابی به توسعه ی درون زای منطقه ای

## ساختار فصلنامه

ساختار «فصلنامه علمی-تخصصی مهندسی مشاور مترا» در این شماره، بر پایه سه فصل اصلی با عناوین «مقدمه»، «پرونده» و «جستار» شکل گرفته است که هر فصل، اهداف و بخش‌های متفاوتی را دربرمی‌گیرد. فصل مقدمه شامل سه بخش سرمقاله، معرفی شرکت، اخبار و رویدادها می‌شود. سرمقاله، نوشتاری از مدیرمسئول فصلنامه است که به موضوعات روز، رویکردها و سیاست‌های شرکت می‌پردازد. در بخش معرفی شرکت، گروه و دپارتمان‌های تخصصی، رتبه‌ها و گواهی‌های صلاحیت و نیز پروژه‌های جاری شرکت ارائه می‌گردد؛ و در بخش نهایی به معرفی اخبار شبکه‌های اجتماعی شرکت پرداخته شده است.

در فصل پرونده، در هر شماره یکی از موضوعات مربوط به پروژه‌های شرکت با جستارهای نظری و یادداشت‌های علمی مختلف مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد. پرونده این شماره به موضوع "اجرای ایستگاه حین بهره‌برداری" می‌پردازد.

در فصل جستار نیز چکیده تعدادی از مقالات کارکنان و اعضای این شرکت ارائه شده است.



# فصل اول

## مقدمه

سرمقاله

۱

معرفی شرکت

۲

مترا در فضای مجازی؛ همراهی نزدیک‌تر با دنیای مهندسی نوین

۳

از شبکه‌های اجتماعی تا صفحات فصلنامه؛  
روایت یک پست پرطرفدار مترا

۴



مسعود درستی  
مدیر عامل

## سرمقاله | مدیریت زمان، ایمنی و کیفیت در ساخت ایستگاه‌های در حال بهره‌برداری



در شرایطی که شبکه همچنان فعال و در حال سرویس‌دهی است.

ایستگاه‌ها به‌عنوان نقطه تماس مستقیم مسافران با شبکه، نیازمند نوسازی و ارتقا به‌طور مستمر هستند؛ چه برای پاسخ به رشد تقاضا، چه برای ارتقای استانداردهای ایمنی و چه برای همگامی با فناوری‌های نوین. اما واقعیت این است که امکان توقف بهره‌برداری و قطع سرویس در بسیاری از مواقع وجود ندارد. از این‌رو پرسش اصلی این است که چگونه می‌توان پروژه‌های بزرگ عمرانی را در دل یک سیستم فعال اجرا کرد؟

پاسخ در ترکیب روش‌های اجرایی نوین با مدیریت دقیق زمان و منابع نهفته است. استفاده از اجزای پیش‌ساخته و مدولار که قابلیت نصب در بازه‌های زمانی کوتاه دارند، به‌کارگیری روش‌های مرحله‌ای برای تقسیم عملیات به فازهای قابل کنترل، و بهره‌گیری از سامانه‌های پایش لحظه‌ای برای کنترل هندسه خط و ارتعاشات، بخشی از ابزارهای نوین در این حوزه هستند.

با انتشار پنجمین شماره از مجله تخصصی شرکت مهندس مشاور مترا، بار دیگر فرصتی فراهم شده است تا در ادامه مسیر چهار شماره گذشته که هر یک به یکی از ابعاد مهم مهندسی و توسعه ریلی اختصاص یافته بودند، این بار به موضوعی کلیدی و در عین حال پیچیده بپردازیم: ساخت و توسعه ایستگاه‌ها در حین بهره‌برداری از شبکه ریلی.

این مجله از ابتدا با هدف بازتاب آخرین دستاوردها، تحلیل‌ها و تجربیات تخصصی در حوزه حمل‌ونقل ریلی پایه‌گذاری شد. در نخستین شماره، به بررسی مبانی طراحی خطوط و الزامات ژئوتکنیکی پرداخته شد. دومین شماره به موضوع سیستم‌های علائم و کنترل ترافیک ریلی اختصاص یافت. در شماره سوم، تمرکز بر توسعه پایدار و الزامات زیست‌محیطی پروژه‌های ریلی بود و چهارمین شماره به مدیریت دارایی‌ها و نگهداری هوشمند زیرساخت‌ها پرداخت. اکنون در پنجمین شماره، پس از این چهار مسیر تخصصی، به یکی از کاربردی‌ترین و حساس‌ترین چالش‌های مهندسی ریلی پرداخته‌ایم: اجرای پروژه‌های ایستگاهی



در کنار این راهکارها، الزامات ایمنی جایگاه ویژه‌ای دارند. طراحی و اجرای سازه‌های موقت با ضرایب اطمینان کافی، اجرای حصارکشی و حفاظ‌های ایمن، رعایت پروتکل‌های دقیق بهره‌برداری و آمادگی کامل برای شرایط اضطراری، از جمله اصولی هستند که تضمین‌کننده سلامت مسافران و کارکنان خواهند بود.

مدیریت زمان در چنین پروژه‌هایی نقش کلیدی دارد. استفاده از پنجره‌های کاری شبانه یا روزهای تعطیل، بازگشایی مرحله‌ای بخش‌های تکمیل‌شده و حتی ایجاد ورودی‌های موقت، نمونه‌هایی از راهکارهایی هستند که ضمن حفظ روند پروژه، امکان استمرار خدمات ریلی را فراهم می‌سازند. این رویکردها زمانی مؤثر واقع می‌شوند که با گفت‌وگوی شفاف با بهره‌برداران و اطلاع‌رسانی دقیق به مسافران همراه باشند.

بعد انسانی پروژه نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. مسافران باید اطمینان یابند که تغییرات موقت در دسترسی‌ها و خدمات با شفافیت و دقت مدیریت می‌شود. اطلاع‌رسانی به‌روز، تابلوهای راهنما و حضور کارکنان پاسخگو در ایستگاه‌ها، نقشی اساسی در حفظ اعتماد عمومی دارند.

همچنین نگاه بلندمدت به پایداری و نگهداری باید در طراحی اولیه لحاظ شود. انتخاب مصالح بادوام و کم‌هزینه در چرخه عمر، طراحی مدولار برای تعمیرات آینده و توجه به کاهش آلاینده‌های محیطی، اقداماتی هستند که می‌توانند هزینه‌های آتی را به حداقل رسانده و بهره‌برداری پایدار را تضمین کنند.

این موضوع نشان می‌دهد که ساخت ایستگاه در حین بهره‌برداری صرفاً یک عملیات اجرایی نیست، بلکه عرصه‌ای میان‌رشته‌ای است که در آن مهندسی، مدیریت، فناوری و مسئولیت اجتماعی به یکدیگر پیوند می‌خورند. موفقیت در این حوزه به معنای توانایی ایجاد تحول در زیرساخت‌ها بدون توقف خدمت‌رسانی به شهروندان است؛ و این همان نقطه‌ای است که کیفیت واقعی مدیریت و مهندسی سنجیده می‌شود.

در ادامه این شماره و در فصل پرونده نشریه، به‌صورت کامل‌تر و جامع‌تر به ابعاد مختلف این موضوع پرداخته شده است. امید داریم آنچه در این شماره گردآوری شده است، برای جامعه مهندسان مشاور کشور مفید و مؤثر باشد و بتواند در راستای ارتقای دانش فنی، به‌اشتراک‌گذاری تجربیات تخصصی و گسترش توانمندی‌های مهندسی، نقش سازنده‌ای ایفا کند.

## معرفی شرکت

مترا؛ پیشتاز، متعهد، ماندگار



شرکت مهندسین مشاور توسعه راه آهن ایران (مترا) با هدف ارائه خدمات مهندسی و تولید دانش در حوزه حمل و نقل، زیرساخت و سایر صنایع در تاریخ ۱۸ آذرماه ۱۳۶۳ در میانه جنگ تحمیلی، توسط وزارت راه و شهرسازی با مشارکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران تأسیس شد.

این شرکت به منظور پر کردن خلاء پیش آمده از خروج مهندسین و مشاوران خارجی که قبل از انقلاب شکوهمند اسلامی ایران در این کشور فعال بودند، فعالیت خود را آغاز کرد و در سال های ۱۳۸۸-۱۳۸۷ جهت اجرای سیاست های کلی اصل ۴۴ قانون اساسی به بخش غیر دولتی واگذار شد. پس از آن در سال ۱۳۹۸ و در راستای هم افزایی توانمندی ها و تخصص ها، شرکت "مهندسین مشاور طرح و اندیشه شیوا اطلس" در مجموعه ادغام گردید و از آن پس انجام مطالعات، طراحی و نظارت بر پروژه های ابنیه و ساختمان به تخصص های قبلی افزوده شد تا روند توسعه خود را پرشتاب تر ادامه دهد.

این مجموعه با سابقه ای ۴۰ ساله به نوعی اولین مهندسین مشاور ایرانی در حوزه مهندسی راه و راه آهن است که این خود اعتبار و موقعیت ویژه ای را برای شرکت مترا در بین سایر رقبا به ارمغان می آورد. باتوجه به این که قدمت و اصالت مولفه های مهم و تأثیرگذار در بین شرکت ها است، اکنون پس از گذشت چهار دهه و انجام نزدیک به ۴۵۰ پروژه ملی و کسب اندوخته های ارزشمند از دانش و تجربه، با تکیه بر روش های نو، مدیریت دانش بنیان، نوآوری در زمینه های فعالیت، گسترش حوزه های خدماتی و گواهی های صلاحیت، شرکت مترا به عنوان یکی از شرکت های تراز اول در ایران شناخته شده است که ردپای مهندسان و متخصصان آن در جای جای کشور عزیزمان دیده می شود.



ما را در فضای مجازی دنبال کنید

دسترسی سریع به صفحات مجازی شرکت مترا



# گواهی‌های صلاحیت مهندسین مشاور توسعه راه‌آهن ایران (مترا)

راه‌آهن ..... پایه یک 

تکرار راه‌آهن ..... پایه یک 

ترافیک و حمل‌ونقل ..... پایه یک 

ساختمان ..... پایه یک 

راه‌سازی ..... پایه دو 

معماری داخلی ..... پایه دو 

شهرسازی ..... پایه سه 

سازه و مقاوم‌سازی ..... پایه سه 

فرودگاه ..... پایه سه 

بندرسازی و سازه‌های دریایی ... پایه سه 

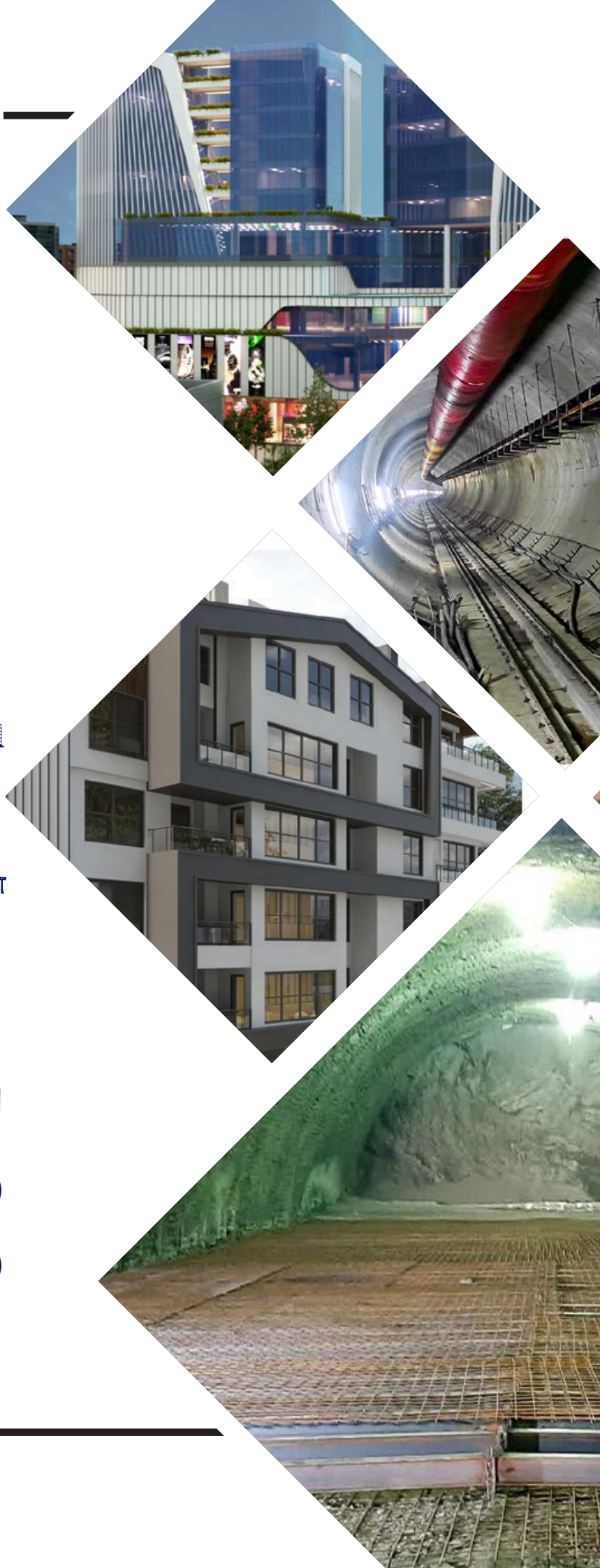
تأسیسات آب و فاضلاب ..... پایه سه 

تأسیسات برق و مکانیک ..... پایه سه 

نقشه برداری زمینی ..... پایه سه 

ایمنی و کاهش خطرات ..... پایه سه 

خدمات مدیریت طرح در تخصص‌های  
راه‌آهن، ترافیک و حمل‌ونقل،  
ساختمان، راه‌سازی و معماری داخلی



ما را در فضای مجازی دنبال کنید  
دسترسی سریع به صفحات مجازی شرکت مترا

# تخصص‌های شرکت مهندسين مشاور مترا

## ساختمان و ابنیه

شهرسازی (برنامهریزی شهری و منطقه‌ای،  
طراحی شهری، اقتصاد و حمل‌ونقل شهری)

مطالعات فاز صفر و یک تاسیسات زیربنایی شهری

معماری ساختمان‌های مسکونی، تجاری، اداری و بزرگ‌مقیاس

طراحی نما

طراحی سازه ساختمان‌های بلندمرتبه

سیستم‌های نوین اعم از میراگرها و جداگرها

آنالیز مطالعات تونل باد

طراحی بر اساس عملکرد

ارزیابی سازه‌های موجود و مقاوم‌سازی

سازه‌ها و ادوات الحاقی

فاز صفر، یک و دو تاسیسات مکانیکی و برقی

سیستم‌های اطفاء و اعلام حریق

سیستم‌های تهویه مطبوع

سیستم‌های کنترل و تخلیه دود

هوشمندسازی و سیستم‌های جریان ضعیف

سیستم مدیریت ساختمان

سیستم مدیریت انرژی

سیستم اتوماسیون پارکینگ

منابع انرژی نوین

مدل‌سازی اطلاعات پروژه‌های ساختمانی

# تخصص‌های شرکت مهندسين مشاور مترا

## حمل و نقل

- طراحی مسیر
- روسازی راه و راه آهن
- زیرسازی راه و راه آهن
- سازه‌های زیرزمینی شامل تونل‌های راه، راه آهن، مترو، تاسیسات و انتقال آب و ایستگاه‌های مترو
- معماری ابنیه فنی شامل پل، تونل و ایستگاه‌های مترو و راه آهن
- سازه پل‌های راه و راه آهن
- بهره‌برداری قطار شهری، مترو، راه آهن
- مهندسی ترافیک، حمل و نقل و ترانزیت
- تهویه تونل
- سیگنالینگ، مخابرات و برق‌رسانی (تجهیزات ویژه)
- برق و مکانیک و روشنایی (تاسیسات ناویژه)
- اعلام و اطفاء حریق
- معماری منظر
- HSSE (بهداشت، ایمنی، امنیت و محیط‌زیست)
- لجستیک
- آب‌های زیرزمینی (هیدروژئولوژی)
- آب‌های سطحی (هیدرولوژی)
- زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک
- مکانیک سنگ / خاک
- بهبودی خاک و سنگ
- معادن روباز و زیرزمینی

# قراردادهای جدید ۶ ماهه نخست ۱۴۰۴

خدمات نظارت کارگاهی پروژه های احداث پل ارتباطی راه روستایی مونه بخش موکرمون، تعریض و تکمیل پل لنده به مال شیخف تعمیرات و نگهداری راه های شهرستان کهگیلویه (ابنیه فنی تنگه قلعه گل) و تعمیرات ابنیه و پل های شهرستان کهگیلویه-چرام-لنده



سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای

نقش مترا در پروژه: نظارت

مدت قرارداد: ۱۲ ماه

خدمات نظارت کارگاهی پروژه های ایمن سازی و حذف پیچ های گچ، احداث پل نسه کوه جوکار، مرمت پل های شهرستان دنا و مارگون، تعریض پل کنار تخته محور چیتاب-نقاره خانه و تعریض و ایمن سازی جاده سی سخت-بیاره-کریک



سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای

نقش مترا در پروژه: نظارت

مدت قرارداد: ۱۲ ماه

انجام خدمات طراحی و نظارت پروژه های عمرانی سطح شهر چهاردانگه



شهرداری چهاردانگه

نقش مترا در پروژه: طراحی و نظارت

مدت قرارداد: ۱۲ ماه

مطالعات و طراحی جاده دسترسی و دریافت مجوز اداره راه در چهار ساختگاه نیروگاه خورشیدی در استان های مرکزی و قم



شرکت مدیریت انرژی امید تابان هور

نقش مترا در پروژه: طراحی

مدت قرارداد: ۴۵ روز

مطالعات و طراحی جاده دسترسی ساختگاه های خورشیدی استان مرکزی و زنجان



شرکت مدیریت انرژی امید تابان هور

نقش مترا در پروژه: طراحی

مدت قرارداد: ۴۵ روز

مطالعات و خدمات طراحی ساختمان شماره یک قوامین سابق



نقش مترا در پروژه: طراحی

مدت قرارداد: ۱۲۰ روز

برداشت وضع موجود و تهیه طرح های اصلاحی و جدید تابلوهای راهنمای مسیر معابر شهری و تابلوهای اسامی معابر شهری



نقش مترا در پروژه: مطالعات و طراحی

مدت قرارداد: ۱۸۰ روز

خدمات مطالعات تفصیلی محور راه آهن (ایلام-اسلام آباد) قطعه منتهی به ایستگاه راه آهن ایلام



نقش مترا در پروژه: مطالعات

مدت قرارداد: ۱۲ ماه

مطالعات و خدمات طراحی پروژه احداث ساختمان فرهنگی و آموزشی رویان



نقش مترا در پروژه: مطالعات

مدت قرارداد: ۱۲۰ روز

انجام خدمات مشاوره مطالعات امکان سنجی خط اکسپرس A مترو تهران



نقش مترا در پروژه: مطالعات

مدت قرارداد: ۱۲ ماه

# مترا در فضای مجازی؛ همراهی نزدیک تر با دنای مهندسی نوین



امروزه حضور مؤثر در فضای مجازی تنها یک انتخاب نیست، بلکه ضرورتی است برای تبادل دانش، معرفی پروژهها و ایجاد ارتباطی پایدار با جامعه مهندسی و علاقه‌مندان به صنعت ساخت‌وساز. شرکت مهندسین مشاور مترا به‌عنوان یکی از پیشگامان عرصه‌های حمل‌ونقل، معماری و شهرسازی، با هدف گسترش ارتباطات علمی و حرفه‌ای، بسترهای رسمی خود را در شبکه‌های اجتماعی ایجاد کرده است.

در این رسانه‌ها، آخرین اخبار حوزه مهندسی و پروژه‌ها، تحلیل‌های تخصصی، دستاوردهای فنی و مطالب علمی منتشر می‌شود؛ محتوایی که هم برای متخصصان حوزه مهندسی ارزشمند است و هم برای علاقه‌مندان به شناخت تحولات شهری و زیرساختی جذاب خواهد بود. اکنون صفحات رسمی مترا در فضای مجازی پل ارتباطی تازه‌ای میان جامعه حرفه‌ای و این برند معتبر است.



**صفحه اینستاگرام مهندسین مشاور مترا:**  
نمایی تصویری از پروژه‌ها، رویدادها و پشت  
صحنه فعالیت‌های گروه



**کانال تلگرام مهندسین مشاور مترا:**  
محلی برای دریافت سریع‌ترین اخبار، گزارش‌ها و  
اطلاعه‌های رسمی شرکت



**وبسایت رسمی مهندسین مشاور مترا:**  
دسترسی جامع به معرفی پروژه‌ها، خدمات و  
مأموریت‌های شرکت در عرصه‌های مختلف



**صفحه لینکدین مهندسین مشاور مترا:**  
بستر تعاملات حرفه‌ای، انتشار مقالات تخصصی  
و معرفی فرصت‌های همکاری



فصلنامه علمی-تخصصی مترا، اکنون فرصتی را فراهم آورده است تا شما همراهان گرامی، در کوتاه‌ترین مسیر با فعالیت‌های شرکت آشنا شوید و در جریان تازه‌ترین تحولات فنی و علمی قرار بگیرید. ما شما را دعوت می‌کنیم که با دنبال کردن کانال‌ها و صفحات رسمی مترا، بخشی از این حرکت جمعی باشید و در شکل‌دهی به آینده کشور سهیم شوید.





## از شبکه‌های اجتماعی تا صفحات فصلنامه؛ روایت یک پست پرطرفدار مترا

در دنیای امروز که مرز میان رسانه‌های چاپی و فضای مجازی روزبه‌روز کمرنگ‌تر می‌شود، روایت‌های پرمخاطب در شبکه‌های اجتماعی گاه به اندازه مقالات تخصصی مورد توجه قرار می‌گیرند. شرکت مترا نیز با حضوری فعال و حرفه‌ای در پلتفرم‌های دیجیتال، بارها توانسته است محتوایی خلق کند که علاوه بر انتقال دانش فنی، با استقبال چشمگیر مخاطبان روبه‌رو شود. یکی از این پست‌ها که در هفته‌های اخیر توجه تعداد قابل توجهی از علاقه‌مندان صنعت حمل و نقل، ساختمان و شهرسازی را به خود جلب کرد، اکنون برای نخستین بار به شکلی یکپارچه در فصلنامه علمی-تخصصی مترا بازنشر می‌شود. این بخش فرصتی است تا خوانندگان فصلنامه، بدون نیاز به مرور صفحات مجازی، به یکی از روایت‌های پرطرفدار مترا دسترسی داشته باشند؛ روایتی که همزمان هم مستند و فنی است و هم سرشار از جذابیت‌های رسانه‌ای.



## فولاد



یا

## آلومینیوم

### مقایسه‌ای جامع در انتخاب بدنه واگن‌های مترو

طراحی و ساخت ناوگان مترو به عنوان ستون فقرات حمل‌ونقل شهری، یکی از موضوعات استراتژیک در توسعه پایدار کلان‌شهرها محسوب می‌شود. در این حوزه، انتخاب متریال بدنه واگن‌ها- فولاد یا آلومینیوم- نه تنها جنبه‌ای فنی دارد، بلکه ابعاد اقتصادی، عملیاتی، زیست‌محیطی و حتی سیاسی نیز بر آن سایه می‌افکند. هر انتخابی در این زمینه می‌تواند بر مصرف انرژی، دوام ناوگان، ایمنی مسافران و هزینه‌های چرخه عمر سیستم اثر مستقیم بگذارد.

در جهان، حرکت از فولاد به سمت آلومینیوم طی سه دهه گذشته شتاب گرفته است، به‌ویژه در بازارهای پیشرفته اروپایی و آسیایی که کاهش وزن، صرفه‌جویی انرژی و الزامات زیست‌محیطی در اولویت قرار دارند. اما در کشورهای در حال توسعه مانند ایران، چالش‌های بومی‌سازی، تأمین مواد اولیه، تحریم‌ها و محدودیت‌های تکنولوژیک، این روند را پیچیده‌تر کرده است.

این مطلب با نگاهی جامع و تحلیلی، به بررسی مزایا و معایب هر دو گزینه می‌پردازد و سپس دیدگاه‌های چند تن از مدیران و کارشناسان صنعت ریلی کشور را مرور می‌کند تا تصویری روشن از این موضوع برای مخاطبان تخصصی فصلنامه مترا ترسیم شود



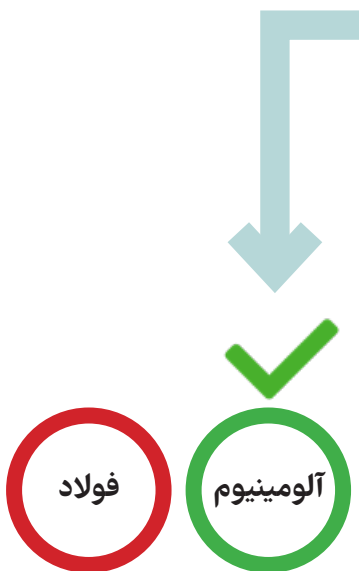
# ابعاد فنی مقایسه فولاد و آلومینیوم در بدنه واگن‌ها

## وزن و مصرف انرژی



یکی از اساسی‌ترین تفاوت‌ها میان فولاد و آلومینیوم، وزن است. آلومینیوم به طور میانگین ۳۰ تا ۴۰ درصد سبک‌تر از فولاد است. این کاهش وزن به معنای کاهش نیروی کشش مورد نیاز، مصرف انرژی پایین‌تر و کاهش استهلاك اجزای زیرسیستمی همچون ریل و چرخ‌هاست.

به عنوان نمونه، مهندس علیخانی، مدیر ناوگان خط ۷ مترو تهران، اشاره می‌کند که در قطارهای جدید تهران، وزن بدنه واگن موتوردار آلومینیومی حدود ۶۳۴۵ کیلوگرم است، در حالی که در قطارهای کنونی سری ۳۰۰ این عدد بیش از ۹۰۰۰ کیلوگرم است. این تفاوت، کاهش قابل توجهی در مصرف انرژی و هزینه‌های بهره‌برداری در طول عمر ناوگان ایجاد می‌کند.

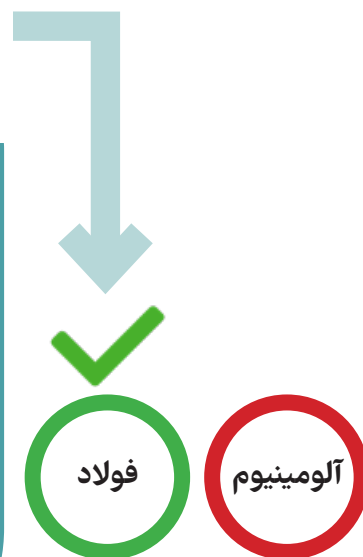


## استحکام و مقاومت سازه‌ای



فولاد ذاتاً استحکام بالاتری در برابر ضربه و خستگی متريال دارد. این ویژگی فولاد را به گزینه‌ای مناسب برای خطوط پربار با بارگذاری تکراری سنگین تبدیل می‌کند. از سوی دیگر، آلومینیوم به دلیل داشتن مدول الاستیسیته پایین‌تر، در برابر تغییر شکل‌های دائمی آسیب‌پذیرتر است.

مهندس مسعود بیگی، مدیر ارشد سابق خطوط ۱، ۳ و ۶ مترو تهران، یادآور می‌شود که تجربه سبک‌سازی در بدنه‌های آلومینیومی در برخی پروژه‌ها، به دلیل مشکلات فنی از جمله موج‌دار شدن صفحات و نیاز به استفاده از اسپیسرهای ضربدری، به نتیجه مطلوب نرسیده و حتی گاهی وزن نهایی افزایش یافته است.



## مقاومت در برابر خوردگی



آلومینیوم به طور طبیعی لایه‌ای از اکسید محافظ روی سطح خود تشکیل می‌دهد که آن را در برابر زنگ‌زدگی مقاوم می‌کند. این مزیت در اقلیم‌های مرطوب یا مناطقی با رطوبت بالای هوا بسیار مهم است. در مقابل، فولاد نیازمند پوشش‌های محافظ (رنگ یا گالوانیزه) و نگهداری مداوم برای جلوگیری از خوردگی است.

فولاد

آلومینیوم

## هزینه ساخت و نگهداشت



فولاد از نظر هزینه اولیه تولید ارزان‌تر است. فرآیندهای جوشکاری و شکل‌دهی فولاد در ایران بومی‌سازی شده و زیرساخت تولید آن به بلوغ رسیده است. در مقابل، بدنه آلومینیومی مستلزم واردات پنل‌های اکستروژن و تجهیزات خاص جوشکاری اصطکاکی یا لیزری است.

مهندس شاملو، مدیرعامل سابق واگن‌سازی، تأکید می‌کند که برای ساخت بدنه آلومینیومی در ایران، نیاز به سرمایه‌گذاری ۲۰ تا ۳۰ میلیون دلاری برای راه‌اندازی خطوط تولید است. این موضوع در شرایط فعلی کشور که سیاست‌گذار به دنبال افزایش درصد ساخت داخل است، توجیه اقتصادی دشواری دارد.

فولاد

آلومینیوم

## دوام و چرخه عمر



بدنه‌های آلومینیومی در صورت مدیریت صحیح خوردگی می‌توانند ۳۰ تا ۴۰ سال عمر مفید داشته باشند. فولاد نیز همین بازه عمر را داراست، اما هزینه‌های نگهداشت و پایش آن بالاتر است. به عبارت دیگر، فولاد هزینه اولیه پایین‌تری دارد، ولی آلومینیوم هزینه چرخه عمر کمتری تحمیل می‌کند.

فولاد

آلومینیوم



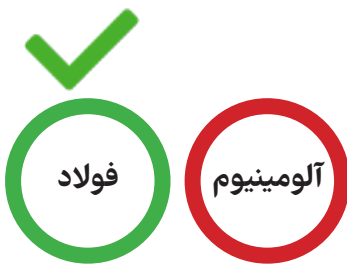
## مقاومت در برابر آتش



یکی از نگرانی‌های اصلی در استفاده از آلومینیوم، رفتار آن در دمای بالا و در شرایط آتش‌سوزی است. آلومینیوم در دمای حدود ۶۶۰ درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شود، در حالی که فولاد تا دمای بالاتر از ۱۴۰۰ درجه سانتی‌گراد پایدار می‌ماند. علاوه بر این، هدایت حرارتی بالای آلومینیوم می‌تواند موجب تسریع انتقال حرارت و گسترش آتش شود.

مهندس کاظمی، مدیر سابق تجهیزات مترو تهران، یادآور می‌شود که توان فن‌های تهویه و سیستم‌های مدیریت دود در طراحی‌های مبتنی بر بدنه فولادی محاسبه شده‌اند و در صورت تغییر جنس بدنه به آلومینیوم، ممکن است پاسخگوی شدت و سرعت گسترش دود نباشند.

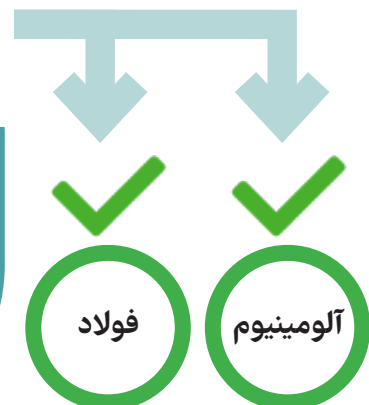
با این حال، استانداردهای جدید اروپایی نظیر EN ۴۵۵۴۵ و -۵۵۱۰ DIN ۲ الزام کرده‌اند که هیچ ماده قابل‌اشتعالی در بدنه و تجهیزات قطار به کار نرود. بنابراین در قطارهای مدرن، از پوشش‌های ضدحریق و عایق‌های حرارتی مقاوم استفاده می‌شود و موضوع افزایش بار آتش آلومینیوم عملاً کنترل شده است.



## سیستم‌های حفاظتی و پایشی



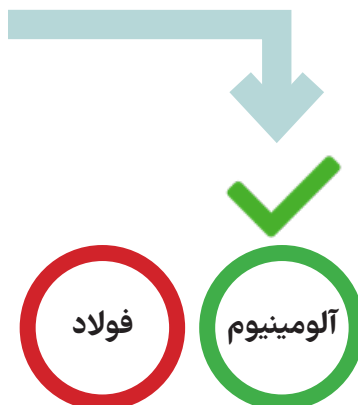
قطارهای جدید به سیستم‌های اعلام و هشدار حریق، و در برخی موارد به سامانه‌های اطفای خودکار مجهز هستند. این فناوری‌ها ریسک ناشی از تفاوت متریاال را کاهش می‌دهند و تمرکز اصلی را از جنس بدنه به مدیریت ایمنی کل سیستم منتقل می‌کنند.



## هزینه چرخه عمر (LCC - Life Cost Cycle)



در اقتصاد حمل و نقل ریلی، نگاه صرف به هزینه اولیه گمراه کننده است. باید هزینه های کل چرخه عمر شامل بهره برداری، انرژی، نگهداری، تعمیرات و اسقاط نهایی محاسبه شود. تحقیقات نشان می دهد که اگرچه بدنه فولادی ۱۵ تا ۲۰ درصد ارزان تر تولید می شود، اما بدنه آلومینیومی به دلیل صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش تعمیرات در دوره های طولانی، می تواند تا ۱۰ درصد در هزینه کل چرخه عمر صرفه جویی ایجاد کند.

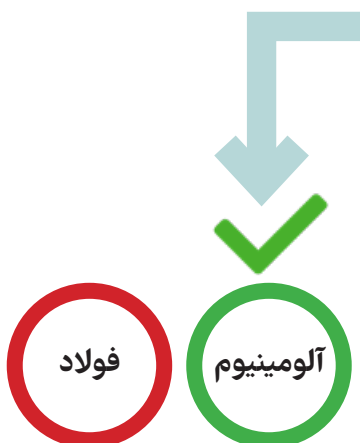


## تجربه بین المللی



در اروپا، ژاپن و کره جنوبی، روند غالب به سمت آلومینیوم است. شرکت هایی مانند آلتوم، زیمنس و کاوازاکی، سال هاست تولید بدنه های فولادی برای مترو را به حداقل رسانده اند. اما در چین، هر دو فناوری به طور موازی ادامه دارد، زیرا انعطاف در تأمین نیاز بازارهای در حال توسعه اهمیت دارد.

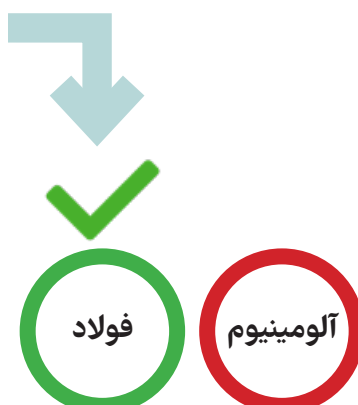
تجربه کشورهای نظیر هند و ترکیه نشان می دهد که انتخاب متریال ارتباط مستقیم با توان بومی سازی و سیاست صنعتی کشور دارد.



## شرایط ایران



برای تولید بدنه آلومینیومی نیاز به سرمایه گذاری سنگین در خطوط اکستروژن و جوشکاری است. این در حالی است که کارخانه های داخلی در حوزه فولاد ظرفیت مازاد دارند و بازار سفارش به قدری نیست که ساخت کارخانه جدید آلومینیوم را توجیه کند. از سوی دیگر، تجربه نیمه تمام مناقصات بین المللی در میانه دهه ۱۳۹۰ که به دلیل تحریم ها ناکام ماند، نشان داد که وابستگی به واردات پل های آلومینیومی می تواند ریسک استراتژیک ایجاد کند.



## دیدگاه‌های تکمیلی کارشناسان ایرانی

### • ضرورت استفاده از آلومینیوم در مناقصات بین‌المللی

به گفته مهندس علیخانی، در مناقصات بین‌المللی شرکت‌های معتبر ریلی تنها با شرط تولید بدنه آلومینیومی حاضر به مشارکت بودند و بدنه فولادی برای آنها «منسوخ» تلقی می‌شد. به باور او، برای حضور ایران در بازار جهانی ریلی، گذار به آلومینیوم اجتناب‌ناپذیر است.

### • تهدید برای صنعت داخلی

در مقابل، مهندس شاملو استدلال می‌کند که وابستگی به واردات پنل اکستروود آلومینیوم و نیاز به سرمایه‌گذاری خارجی، با سیاست افزایش ساخت داخل در تضاد است. به باور او، فولاد همچنان گزینه‌ای بومی‌تر و مقرون به صرفه‌تر برای ایران است.

### • مشکلات فنی سبک‌سازی

مهندس بیگی به تجربه پروژه‌های سری ۵۰۰ اشاره می‌کند که کاهش وزن وعده‌داده‌شده محقق نشد و حتی برخی قطارهای آلومینیومی سنگین‌تر از مشابه فولادی شدند. او این موضوع را ناشی از ضعف مهندسی و استفاده ناقص از فناوری سبک‌سازی می‌داند.

### • مسائل ایمنی حریق

مهندس کاظمی تأکید دارد که در طراحی سیستم‌های تهویه و مدیریت دود باید رفتار متفاوت آلومینیوم در شرایط آتش‌سوزی در نظر گرفته شود، وگرنه ممکن است استانداردهای موجود پاسخگوی شرایط واقعی نباشند.

### • چالش‌های وزنی و تجهیزات جانبی

کوشان خلفی، کارشناس ناوگان، تجربه‌ای از خط ۷ مترو نقل می‌کند که قطارهای آلومینیومی پیشنهادی چین به دلیل استفاده از ترمزهای دیسکی سنگین‌تر از مشابه فولادی بودند. این مثال نشان می‌دهد که سبک‌تر بودن آلومینیوم همیشه تضمین‌شده نیست و باید کل سیستم بررسی شود.

## چشم‌انداز آینده

بررسی فنی، اقتصادی و تجربیات جهانی نشان می‌دهد که هیچ پاسخ مطلق برای سؤال «فولاد یا آلومینیوم؟» وجود ندارد. انتخاب متریال به شرایط خاص هر کشور، سطح فناوری، سیاست صنعتی و اهداف استراتژیک بستگی دارد.

اگر کاهش مصرف انرژی و همسویی با استانداردهای جهانی در اولویت باشد، آلومینیوم گزینه‌ای برتر است. از طرف دیگر اگر بومی‌سازی، هزینه اولیه پایین و استفاده از ظرفیت‌های موجود داخلی اولویت داشته باشد، فولاد همچنان جایگاه خود را حفظ می‌کند.

برای ایران، مسیر آینده احتمالاً ترکیبی است: استفاده از فولاد در پروژه‌های داخلی با تولید انبوه، و حرکت تدریجی به سمت آلومینیوم در پروژه‌های بین‌المللی یا خطوط مدرن. سیاست‌گذاران باید میان مزایای فنی آلومینیوم و واقعیت‌های صنعتی و اقتصادی کشور تعادل برقرار کنند.

انتخاب میان فولاد و آلومینیوم در ساخت بدنه واگن‌های مترو، فراتر از یک بحث مهندسی صرف است؛ این انتخاب، تلاقی‌گاه فناوری، اقتصاد، سیاست صنعتی و حتی ژئوپلیتیک است. آنچه مهم‌تر از متریال است، راهی است که هر کشور برای توسعه پایدار حمل‌ونقل شهری خود ترسیم می‌کند.



جهت دسترسی به پست‌های فضای مجازی  
این نوشته، از طریق کانال تلگرام مهندسین  
مشاور مترا به آدرس:  
[https://t.me/Metra\\_Co](https://t.me/Metra_Co)



و یا صفحه لینکدین مهندسین مشاور مترا  
به آدرس:  
[https://linkedin.com/  
company/metrace](https://linkedin.com/company/metrace)  
اقدام نمایید.



# فصل دوم پرونده

اجرای ایستگاه حین بهره برداری



اجرای ایستگاه حین بهره برداری





## اجرای ایستگاه مترو حین بهره برداری

یکی از مهم‌ترین مشکلات در اجرای خطوط مترو در اختیار نداشتن نقدینگی شهرداری ها برای اجرا و بهره‌برداری از خطوط می‌باشد. بنابراین تسریع در بهره‌برداری از خطوط مترو می‌تواند نقش بسزایی در تسهیل رفت و آمد مردم داشته باشد. لازمه تسریع در بهره‌برداری از خطوط آن است که با کمترین هزینه اجرا؛ بتوان یک خط مترو را به بهره‌برداری رساند.

و این مهم ممکن نیست بجز آنکه بتوانیم روش هایی را برای اجرای ایستگاه‌های مترو بعد از بهره‌برداری از خطوط با حفظ و رعایت ایمنی قطارها بیابیم.

در این تحقیق به این موضوع می‌پردازیم که چگونه یک ایستگاه را در حال بهره‌برداری از خطوط مترو احداث کنیم. بدیهی است از مهم‌ترین پارامترهایی که می‌بایست در این روش مد نظر قرار گیرد آن است که ایمنی قطارها هنگام عبور از ایستگاه در حال ساخت فراهم شود. دومین مساله آن است که سیستم برق رسانی قطار و کابل

های موجود در تونل چگونه ای جابجا شوند که خللی در بهره‌برداری قطارها ایجاد نشود به گونه‌ای که حرکت قطارها مختل نشود. همچنین در این تحقیق به این موضوع می‌پردازیم که یک خط مترو باید دارای چه شرایطی باشد تا بتوان یک ایستگاه را در موقعیت‌هایی از آن احداث نمود.

### از جمله سوالاتی که باید به

#### آن پاسخ داده شود این است که:

- ۱- آیا امکان اجرای ایستگاه در خط در حال بهره‌برداری در هر نوع شرایط ژوتکنیکی برقرار است؟
- ۲- آیا امکان اجرای ایستگاه در خط در حال برداری در خطوطی با برق بالاسری هم برقرار است؟
- ۳- میزان تملک مورد نیاز برای اجرای این تیپ ایستگاه‌ها چه میزان است؟
- ۴- پایداری سازه‌های اطراف تونل با چه روشی می‌بایست انجام شود؟
- ۵- پایداری تونل در هنگام تخریب آن با چه شیوه‌ای می‌بایست صورت پذیرد؟





## فرضیه‌های پژوهش

۱- این پژوهش در خطوطی با تونل‌های اجرا شده به روش TBM با قطر تقریبی ۹ متر انجام شده است.

۲- در این پژوهش فرض بر این است که قطار در تونل در حال حرکت است و ما مجاز به توقف قطار در طول زمان ساخت نیستیم.





## سابقه علمی و نو بودن موضوع

این موضوع ابتدا توسط نگارنده این تحقیق در شرکت راه آهن شهری تهران و حومه مطرح و این ایده در قالب انتخاب مشاور توسعه داده شد. اساساً راه حل‌های زیادی برای اجرای ایستگاه‌های مترو بعد از اجرای تونل وجود دارد لیکن عمده راه حل‌هایی که در ایران و برخی کشورها بکار گرفته شده است مبتنی بر اجرای ایستگاه قبل از بهره‌برداری از خط می باشد. برخی راه حل ها بشرح زیر می باشد:

| ردیف | روش اجرا                                                                                        | نتیجه                                           |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| ۱    | اجرای شمع های ترمپون قبل از عبور TBM در محل ایستگاه                                             | اجرای ایستگاه قبل از بهره‌برداری                |
| ۲    | اجرای تونل با TBM هایی با قطر ۱۲ متر و ۱۵ متر                                                   | اجرای کل ایستگاه در زمان بهره‌برداری            |
| ۳    | اجرای سازه نگهدارنده ایستگاه و سازه اصلی در تراز سکو و اجرای الباقی ایستگاه در زمان بهره برداری | اجرای بیش از ۵۰ درصد ایستگاه بعد از بهره‌برداری |
| ۴    | اجرای ایستگاه در تونل در حال بهره برداری به روش Protecting Shield                               | اجرای کل ایستگاه در زمان بهره‌برداری            |

در این تحقیق روش چهارم تشریح می‌گردد و در شماره بعدی فصل نامه جزئیات این روش تشریح می‌گردد.





هدف از بیان این بخش آن است که به راه حل‌های مناسبی برای پروژه موضوع تحقیق برسیم. به عبارت دیگر می‌خواهیم تجارب سایر کشورها و درس آموخته‌های آن را بیان کنیم و در اثر آن به بهترین راه حل برای موضوع تحقیق دست پیدا کنیم.

همه‌انگ سازی سرعت ساخت و پیشروی تونل‌ها با پیشرفت حفاری و خاکبرداری در ایستگاه‌ها در ساخت خطوط مترو با دستگاه حفاری TBM، بسیار مهم است زیرا این امکان وجود دارد که قبل از انجام کل خاکبرداری ایستگاه، حفاری تونل به محل ایستگاه برسد. این مساله در مورد خط ۵ مترو ریاض اتفاق افتاد.

راهکارهای به کار برده شده در این پروژه، این امکان را فراهم می‌کند که بدون تکمیل کردن حفاری ایستگاه، بتوان ساخت تونل را ادامه داد و کار دستگاه TMB و ایجاد پوشش داخلی تونل را متوقف نکرد.

### اساسا دو مشکل در این پروژه وجود داشت

۱- روباره خاک در محل ایستگاه‌ها ۳ متر بود و چون ایستگاه‌ها ساخته نشده بود امکان عبور TBM با قطر ۹ متر نیز با روباره ۳ متر وجود نداشت.

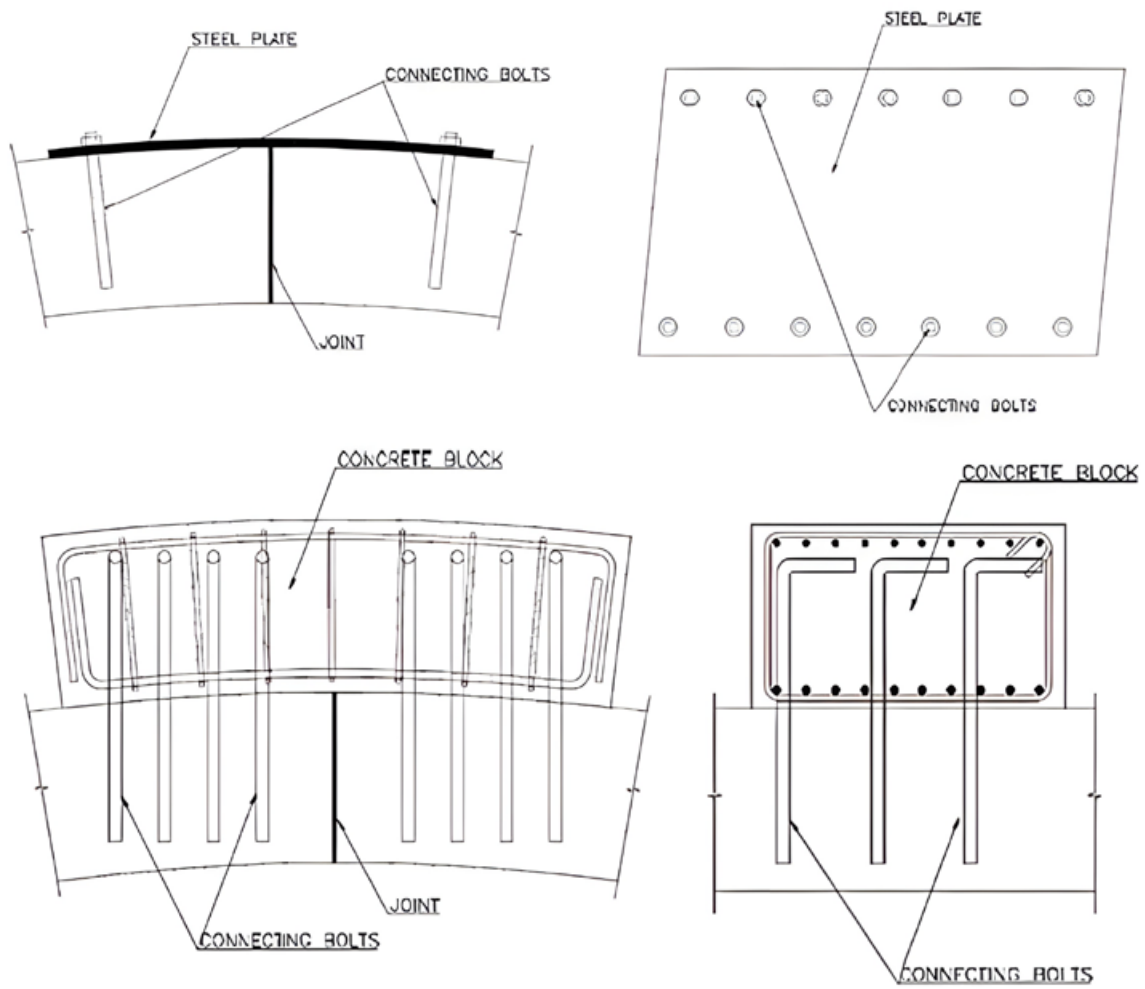
۲- پیمانکار همه‌انگي اجرا بین ایستگاه و تونل را انجام نداده بود.

### راه حل: همزمانی اجرای ایستگاه و تونل

با توجه به اینکه عمق روباره بسیار کم بوده است لذا امکان تزریق مورتار پشت سگمنت‌ها وجود ندارد و از طرف دیگر خاکبرداری در نیمه بالایی تونل ممکن است باعث ریزش و یا تغییر شکل دایروی تونل شود.

راه حل این پروژه استفاده از مقاوم‌سازی درز شعاعی در جدار خارجی تونل با صفحه فلزی یا بلوک بتنی این بلوک بتنی می‌تواند لنگر خمشی مورد انتظار را تحمل کند.

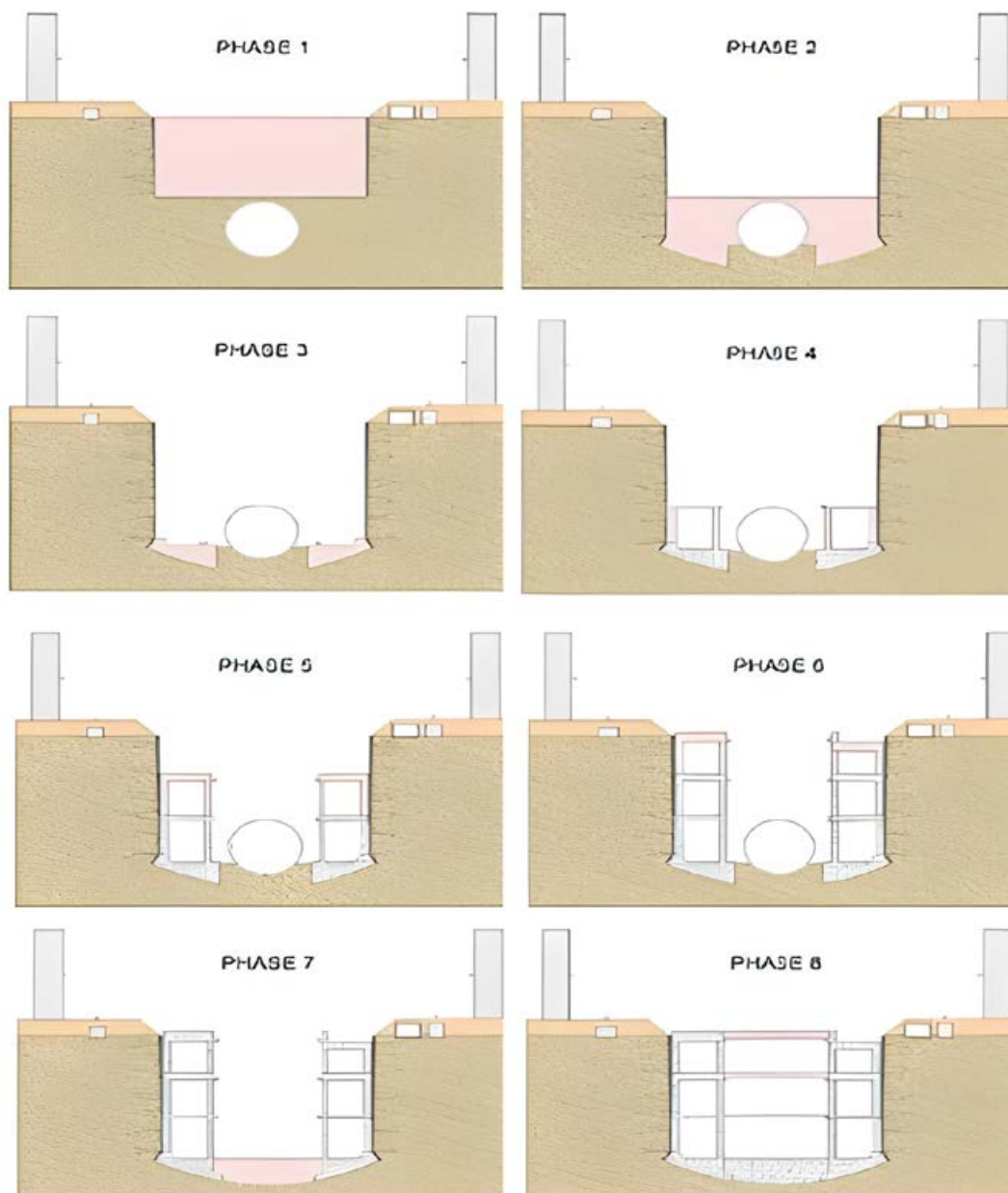




● شکل شماره ۱ - مقاوم سازی با بلوک بتنی



- (a) حفاری خاک تا محل تاج تونل (فاز ۱ و ۲)  
 (b) حفاری پیرامون تونل و پایدارسازی پوشش تونل (فاز ۳)  
 (c) ساخت قسمت‌های خارجی طاق زیرین ایستگاه و ادامه کار ساخت تونل از داخل پوشش (فاز ۴)  
 (d) ساخت قسمت‌های پیرامونی سازه ایستگاه (فاز ۴، ۵، ۶)  
 (e) برچیدن پوشش تونل پس از اتمام کار ساخت تونل و برداشتن همه تجهیزات داخل پوشش (فاز ۷)  
 (f) ساخت قسمت مرکزی طاق زیرین ایستگاه (فاز ۷)  
 (g) ساخت قسمت مرکزی ایستگاه با استفاده از المان‌های پیش ساخته (فاز ۸)



● شکل شماره ۲- مراحل اجرای همزمان ایستگاه و تونل با روباره کم





● شکل شماره ۳ - تاج تونل و خاکبرداری پیرامون تونل و مقاوم سازی درزها



● شکل شماره ۴ - دال زیرین و سازه داخلی ایستگاه

## درس آموخته ما از مترو ریاض چه بود؟

مهمترین درس آموخته مترو ریاض این است که با استفاده از پلیت‌های فلزی یا بلوک‌های بتنی می‌توان نسبت به پایدار سازی سگمنت‌ها بدون روباره خاک اقدام نمود.





تجربه یک روش ساخت در ایتالیا در مراحل نهایی و پیشرفته خود در حال انجام است که در واقع می‌تواند همه‌ی شرایط بالا را ایجاد نماید و تعریض تونل جاده‌ای، اتوبان یا راه آهن را بدون اختلال در جریان ترافیک در حین ساخت ممکن سازد. این تکنیک شامل سه مرحله می‌باشد.

**مرحله اول:** بهبود شرایط خاک و حفاری گام به گام است که در این مرحله، در صورت لزوم، وجه تونل مقاوم سازی و مسلح می‌شود و یا حفاری پیش تحکیم می‌گردد. این مسئله به شرایط ژئولوژی و ژئوتکنیکی خاک بستگی دارد. سپس خاک موجود بین مقطع تئوریک تونل آتی تعریض شده و تونل موجود برداشته می‌شود.

**مرحله دوم:** مرحله ساخت پوشش است. در این مرحله پوشش نهایی تونل بلافاصله در پشت وجه آن کار می‌شود. این پوشش شامل یک یا چند قوس از سگمنت‌های پیش ساخته است که با اصل قوس فعال کار می‌کنند.

**مرحله سوم:** مرحله فونداسیون است. در این مرحله فونداسیون تونل تعریض شده در صورت لزوم اجرا می‌گردد.

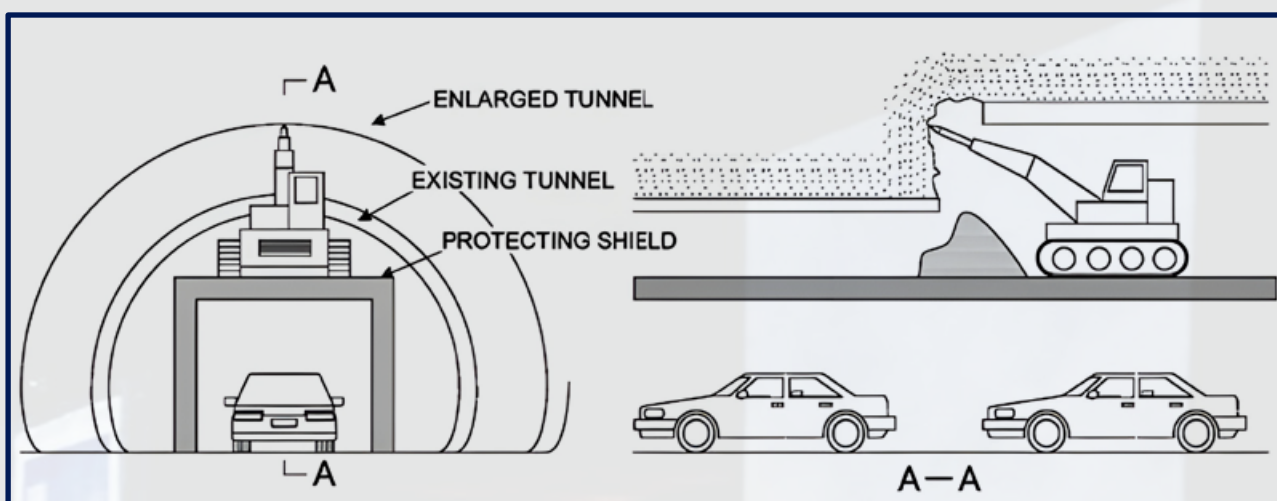
در طول دو مرحله اول، که به صورت سیکلی و با ریتم بسیار منظم اجرا می‌شوند، از یک محافظ فلزی در داخل تونل موجود استفاده می‌شود تا از ترافیک عبور و مروری داخل تونل محافظت کند. تمام تجهیزات لازم برای انجام عملیات ساخت، خارج از این شیلد محافظ کار می‌کنند. فضای خالی بین این شیلد فلزی و پوشش تونل موجود، با مصالح جاذب صدا و ضربه پر می‌شود. قطر شیلد فلزی تقریباً ۴ برابر قطر تونل موجود است و فضای کمی در داخل آن اشغال می‌کند که باعث می‌شود بتوان کار را بدون اختلال در ترافیک عبور و مروری داخل تونل ادامه داد. بعد از پیشرفت کار، وقتی فاصله بین وجه تونل و وجه جلوئی شیلد به حداقل ضریب اطمینان برسد، شیلد به سمت جلو جابجا می‌شود و مراحل مختلف ساخت مجدداً تکرار می‌شوند تا زمانی که تعریض کل تونل به پایان برسد. در ادامه مراحل ساخت با جزئیات تشریح می‌شوند.

### مراحل روش اجرا بشرح زیر است:

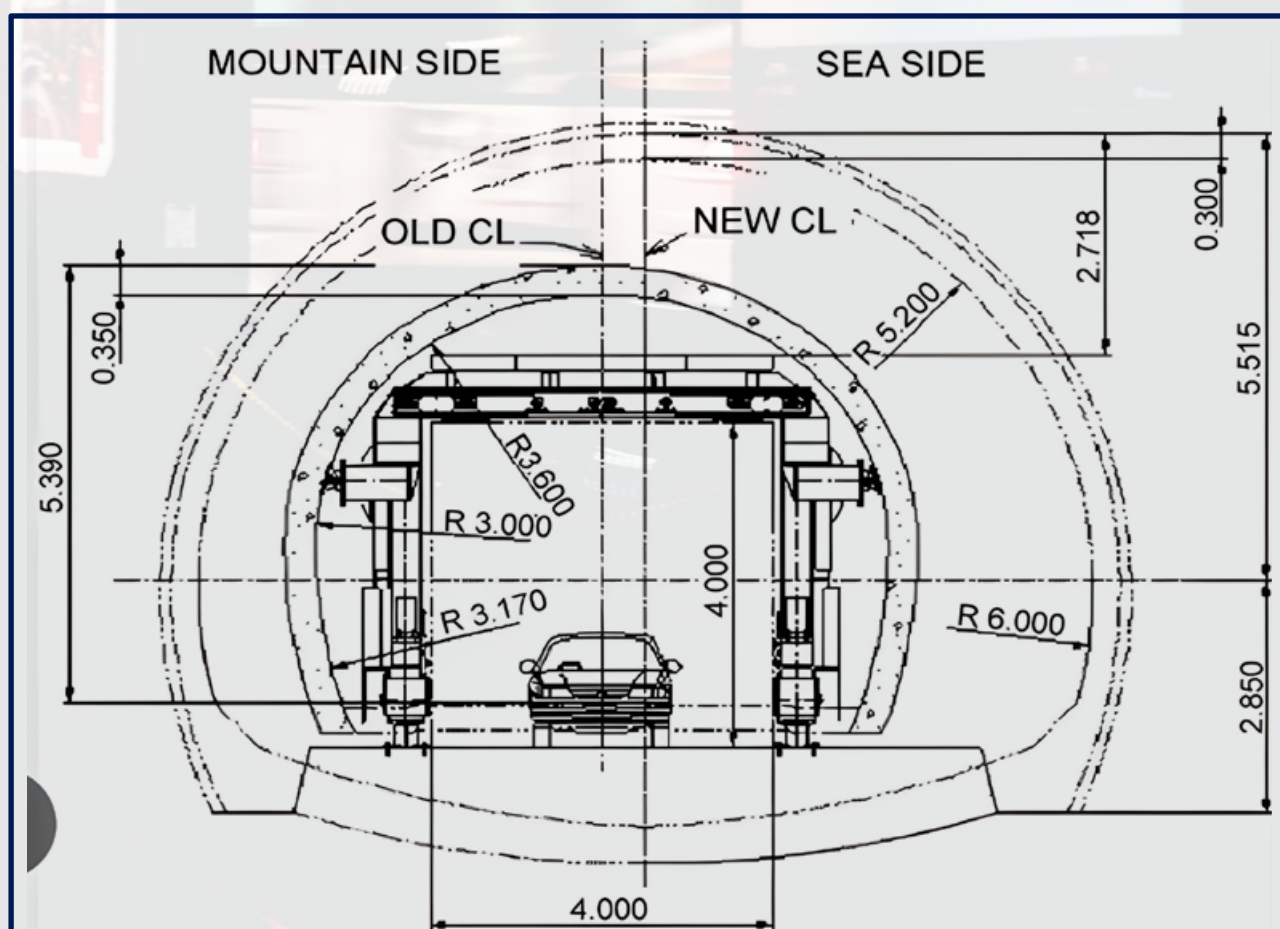
- ۱- بهبود شرایط خاک و حفاری
- ۲- اجرای شیلد فلزی و هدایت آن به داخل تونل موجود
- ۳- انجام عملیات عمرانی در خارج از شیلد فلزی







● شکل شماره ۵ - تعریض تونل در قسمت فوقانی بدون اختلال در ترافیک



● شکل شماره ۶ - مقطع جزئیات تعریض تونل راه







● شکل شماره ۷ - مقطع تعریض تونل اجرا شده بدون توقف در حرکت اتوموبیل ها

## درس آموخته ما از تعریض تونل راه در ایتالیا چه بود؟

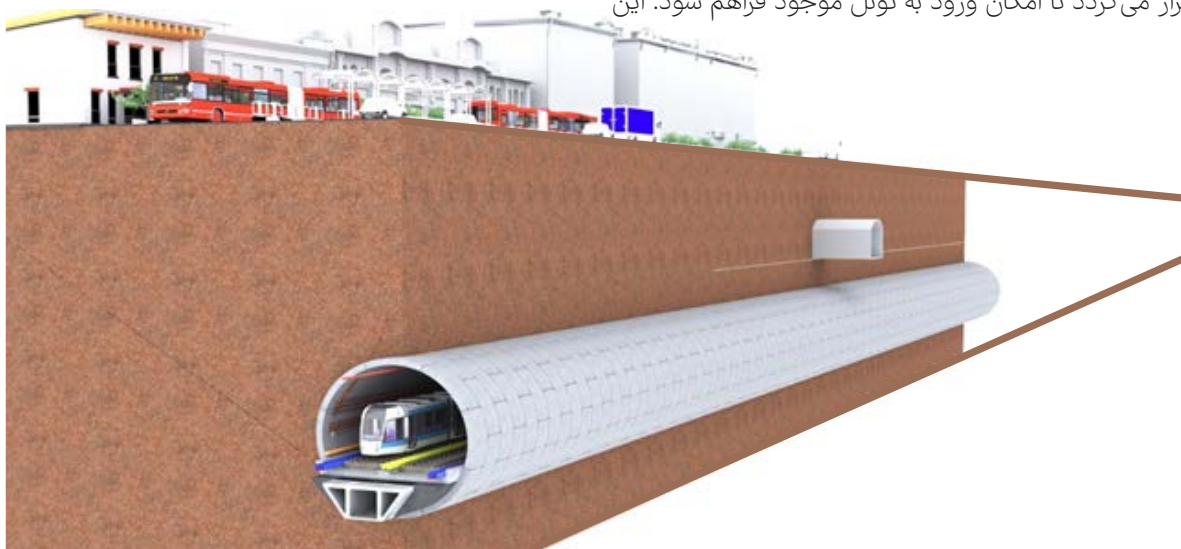
مهمترین درس آموخته تعریض تونل راه در ایتالیا این است که با استفاده از قاب فلزی در داخل تونل موجود، بهره برداری از تونل موجود متوقف نشده و امکان انجام عملیات عمرانی در پشت قاب فلزی بدون توقف در بهره برداری وجود دارد.

## روش اجرای ایستگاه با بهره‌گیری از تجارب جهانی در تونل در حال بهره‌برداری

### ۱- گام اول: حفاری گالری دسترسی اصلی

گالری دسترسی نقش بسیار مهمی در انتقال تجهیزات، مصالح و نیروی انسانی ایفا کرده و همچنین شرایط لازم برای آغاز عملیات اجرایی در داخل تونل را ایجاد می‌کند. مزیت اصلی این شیوه آن است که بدون نیاز به توقف بهره‌برداری تونل، می‌توان مراحل ساخت ایستگاه را آغاز نمود و در عین حال ایمنی و پایداری سازهی تونل نیز حفظ می‌شود.

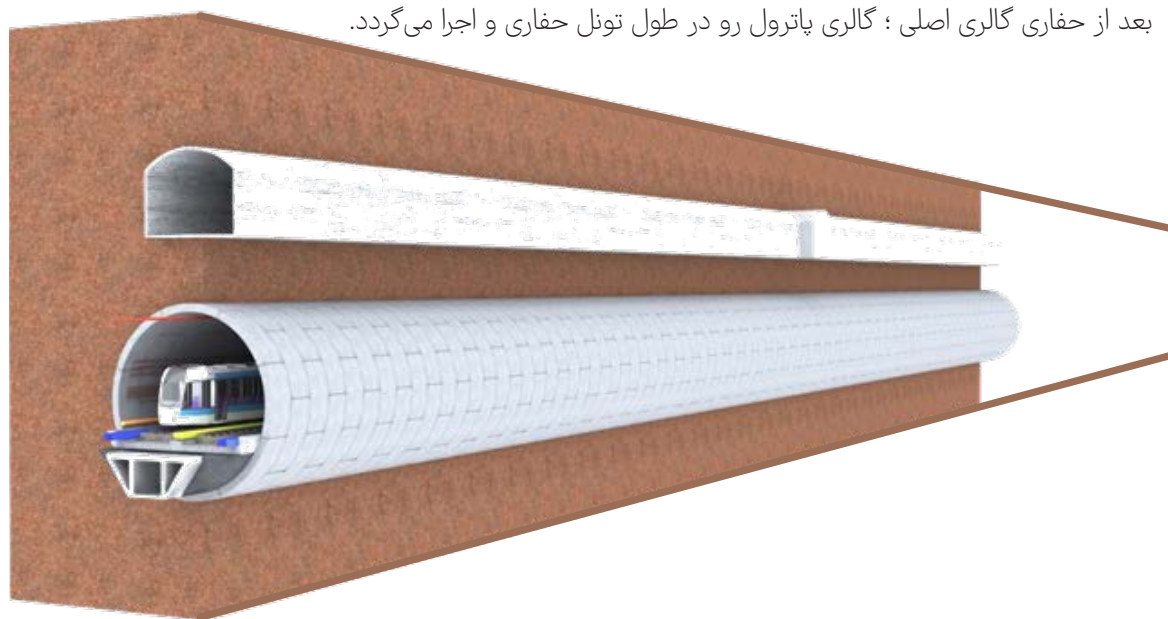
در این روش ابتدا گالری دسترسی از زمین مجاور ایستگاه به روی تونل تا فاصله ۲.۵ متری از روی تاج تونل احداث می‌شود. در این تصویر، مرحله‌ای از اجرای ایستگاه در تونل در حال بهره‌برداری نمایش داده شده است که به ایجاد گالری دسترسی به تاج تونل مربوط می‌شود. در این روش، پس از حفاری گالری دسترسی از سطح زمین، اتصال آن به تاج تونل برقرار می‌گردد تا امکان ورود به تونل موجود فراهم شود. این



● شکل شماره ۸ - نمای گالری دسترسی به روی تونل

### ۲- گام دوم: حفاری گالری پاترول رو

بعد از حفاری گالری اصلی؛ گالری پاترول رو در طول تونل حفاری و اجرا می‌گردد.

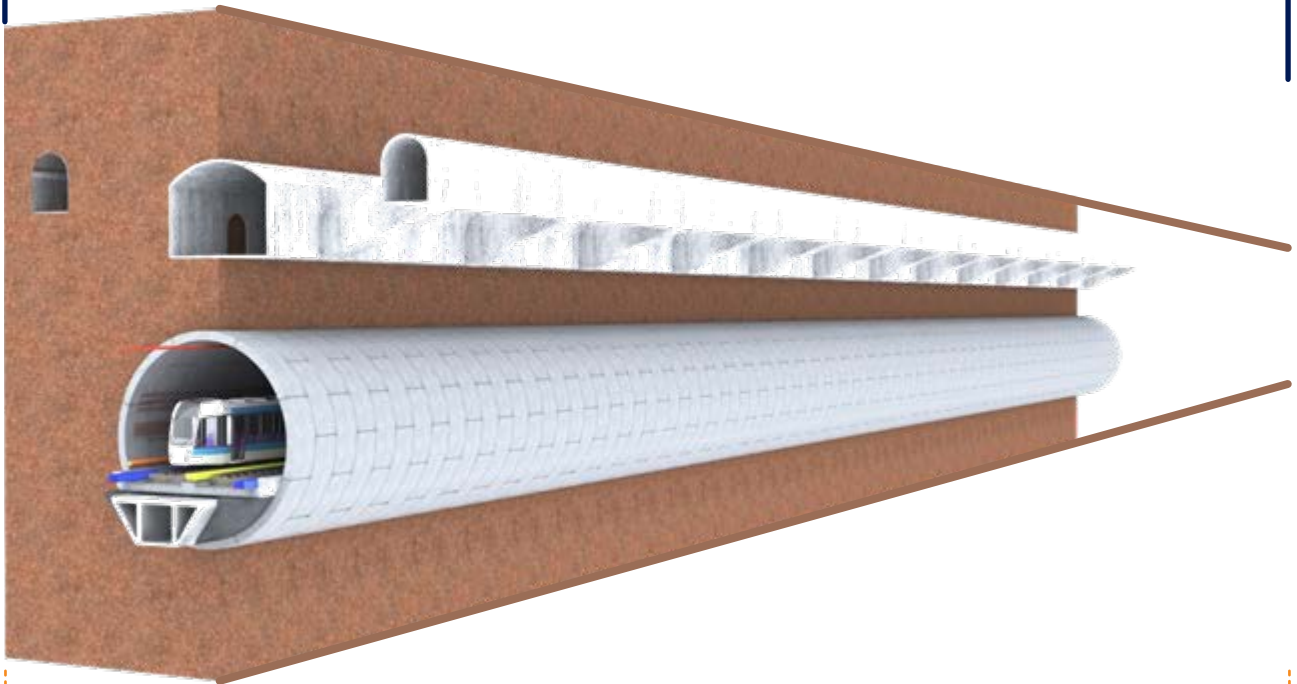


● شکل شماره ۹ - نمای احداث گالری پاترول رو



### ۳- گام سوم: حفاری گالری دسترسی عرضی

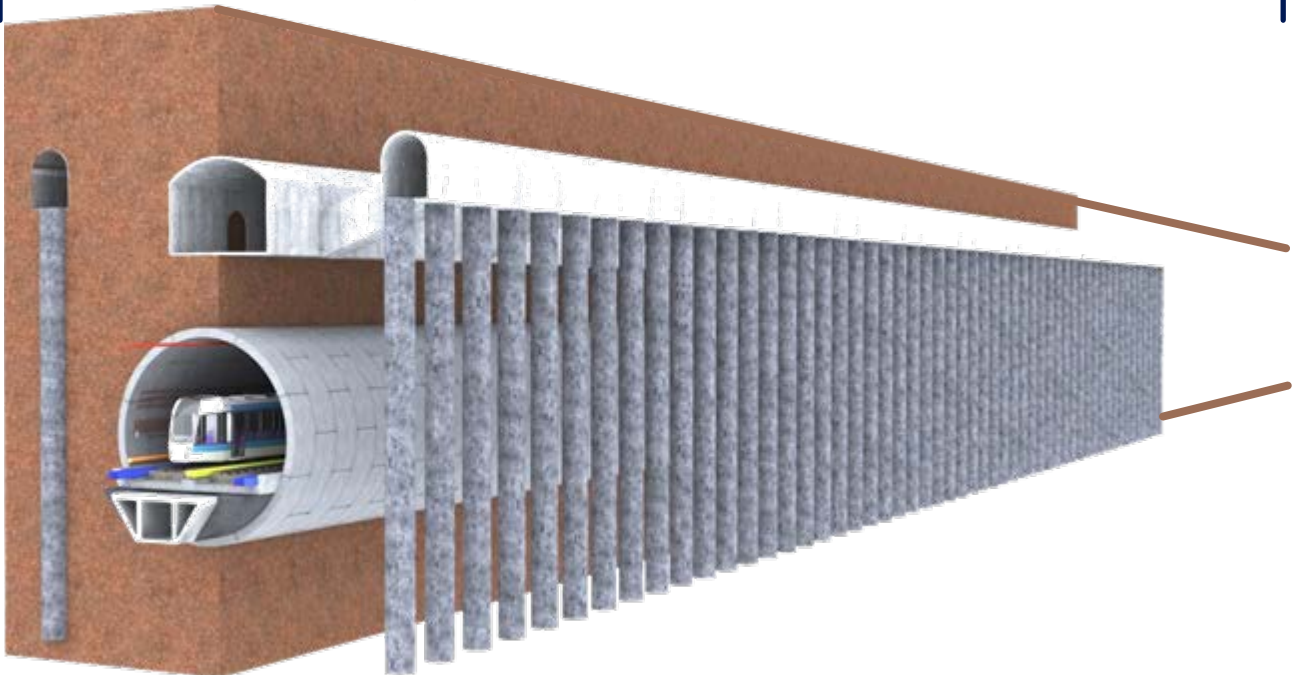
بعد از حفاری گالری پاترول رو؛ گالری دسترسی عرضی برای حفاری سرشمع‌ها ایجاد می‌شود.



● شکل شماره ۱۰- احداث گالری دسترسی عرضی

### ۴- گام چهارم و پنجم: حفاری گالری سرشمع‌ها و بتن ریزی شمع‌ها

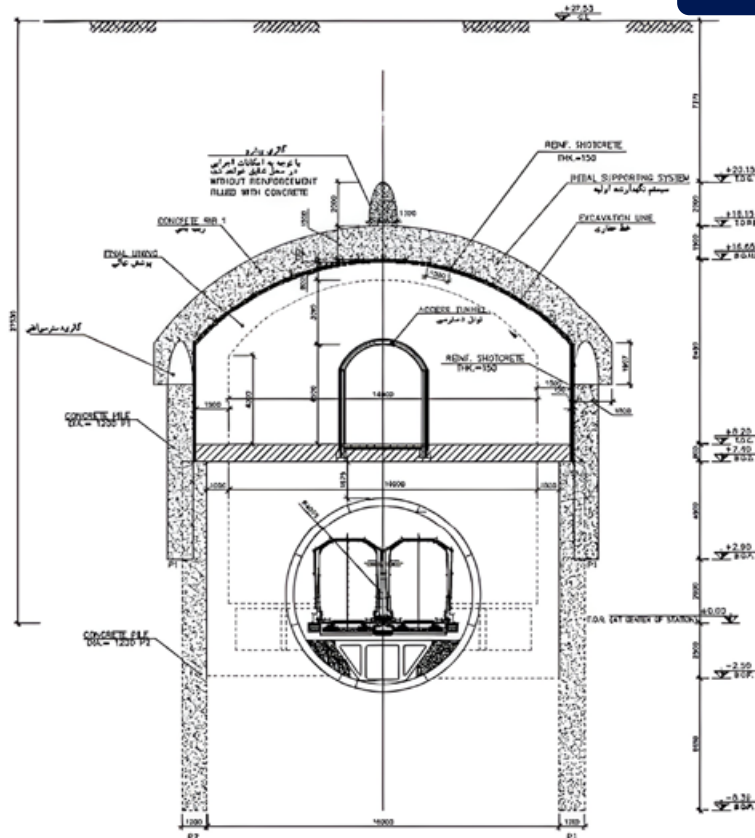
بعد از حفاری گالری پاترول رو حفاری گالری سرشمع‌ها و بتن ریزی شمع‌ها انجام می‌شود.



● شکل شماره ۱۱ - احداث گالری سرشمع‌ها و بتن ریزی شمع‌ها



## روش اجرای شمع‌های سازه نگهبان



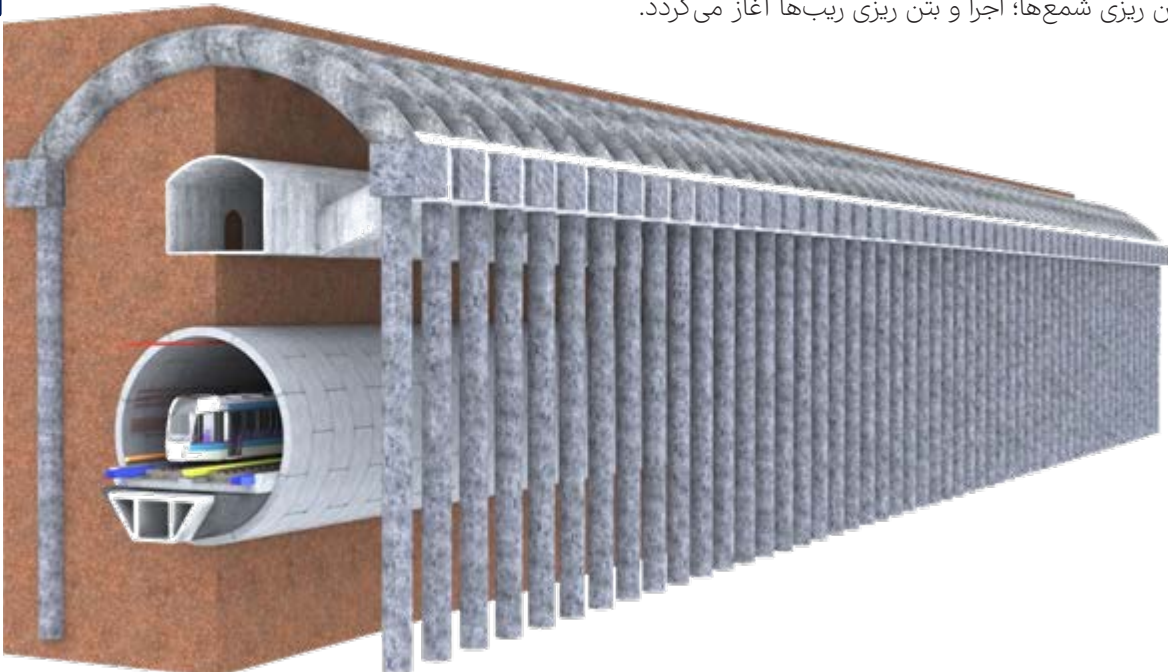
روش شمع دو مرحله ای برای ایستگاه فوق الذکر انتخاب گردید. از مزایای روش شمع دو مرحله‌ای می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

- بالابردن ضریب اطمینان و پایداری سازه نگهبان با توجه به تکمیل لاپینگ طبقه تیکت هال
- سهولت در حفاری دستی شمع‌های سازه نگهبان با توجه به ۲ تکه شدن شمع‌های مورد نظر و کاهش طول هر یک از شمع‌ها
- سهولت در اجرای نشیمن دال تیکت هال در مقایسه با اتصال از ناحیه کناری به شمع‌های سازه نگهبان

● شکل شماره ۱۲ - روش اجرای شمع‌های سازه نگهبان

## ۶- گام ششم: اجرا و بتن ریزی ریب‌ها

بعد از بتن ریزی شمع‌ها؛ اجرا و بتن ریزی ریب‌ها آغاز می‌گردد.



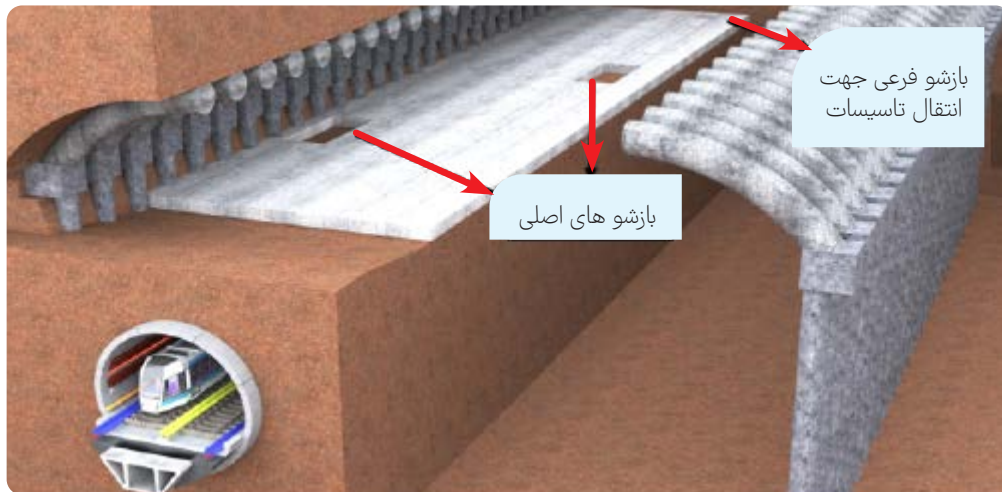
● شکل شماره ۱۳ - اجرا و بتن ریزی ریب‌ها



## ۷- گام هفتم: حفاری تا تراز تیکت هال و اجرای دال تیکت هال و بازشوها

اصلی ایجاد می‌شود که از آن برای انتقال آرماتور و ادوات کارگاهی استفاده می‌شود همچنین برای خروج خاک از سکو از این بازشوها استفاده می‌شود. در انتهای سکو هم دو بازشوی فرعی ملاحظه می‌شود که این بازشوها بلحاظ انتقال تاسیسات تونل (تاسیساتی که در زمان بهره برداری خط مورد استفاده قرار می‌گیرند) به تراز دال تیکت هال مورد استفاده قرار می‌گیرند.

برای نمایش بهتر در تصویر ریب‌ها بریده نشان داده می‌شود تا بتوان روش اجرا را دقیق‌تر تشریح نمود. بعد از اینکه شمع و ریب‌ها انجام شد، از مقطع تونل دسترسی به طرفین خاکبرداری تا تراز کف تیکت هال انجام می‌شود. بعد از آن دال تیکت هال ریخته می‌شود. دال تیکت هال به لحاظ معماری دارای الزاماتی است که در طرح ما رعایت خواهد شد. اما به لحاظ روش اجرا در طرفین ایستگاه نسبت به تونل اصلی یکسری بازشو

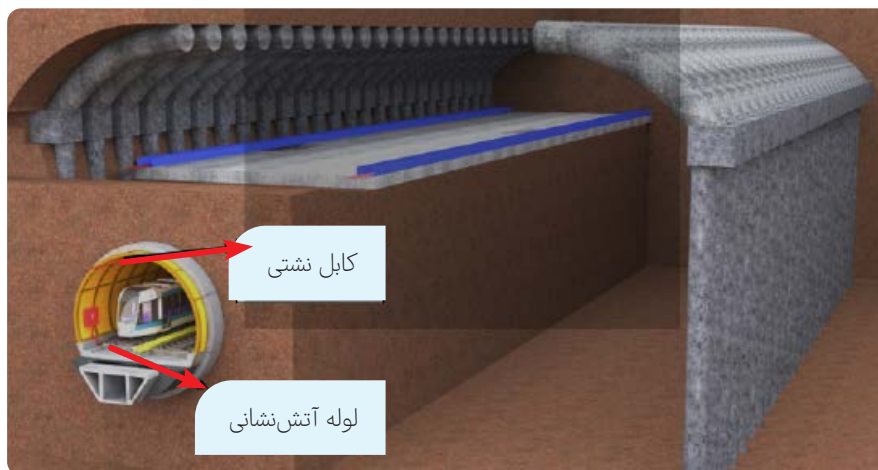


● شکل شماره ۱۴ - حفاری تا تراز تیکت هال و اجرای دال تیکت هال و بازشوها

## ۸- گام هشتم: جمع آوری تاسیسات داخل تونل و انتقال آن به تیکت هال

در این بخش با استفاده از دو مفصل در قبل و بعد از ایستگاه تاسیسات اعم از کابل‌ها و لوله‌های آتش نشانی و انواع کابل‌های سیگنالی و ... به تراز تیکت هال منتقل می‌شوند و در داخل داکت محافظ قرار می‌گیرند تا از هر گونه آسیب در امان باشند.

همان‌طور که در تصویر ملاحظه می‌گردد در تونل محل پروژه کابل‌های متعددی در دیواره‌ها و سقف تونل وجود دارد که در گام هفتم بازشوهایی برای انتقال آنها به تراز تیکت هال پیش بینی کردیم.

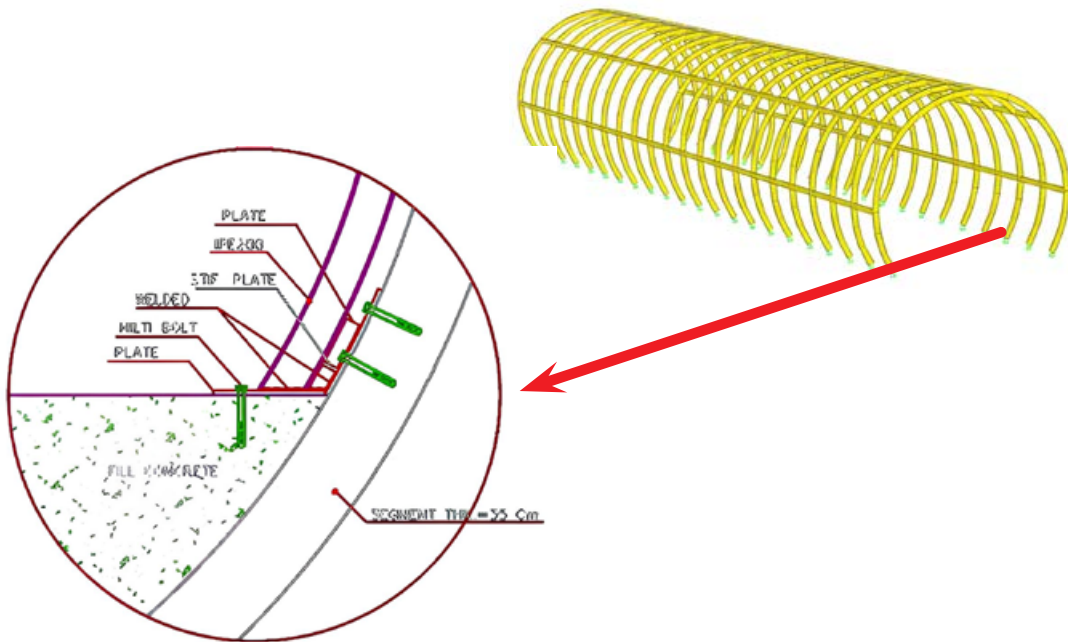


● شکل شماره ۱۵ - تاسیسات داخل تونل و انتقال آن به تیکت هال



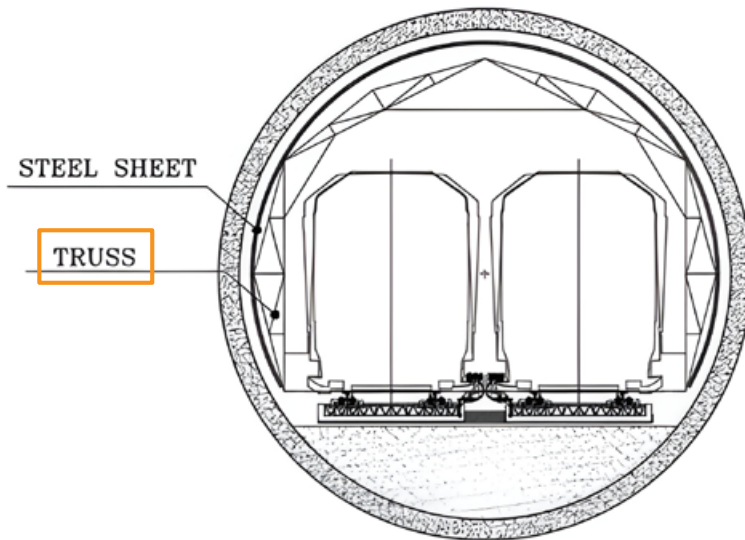
## ۹- گام نهم: طراحی Protecting Shield و انتقال آن به داخل تونل

تصویر زیر شماتیک سه بعدی Protecting Shield را نشان می‌دهد فریم‌ها با بولت و صفحه فلزی باربر به کف و سگمنت‌ها متصل می‌شود.



● شکل شماره ۱۶ - جزئیات اتصال Protecting Shield به کف و دیواره تونل

## ۹- گام نهم: طراحی Protecting Shield و انتقال آن به داخل تونل



در این تصویر تخریب سگمنت‌ها در تونلی است که در حال بهره‌برداری می‌باشد در اینجا از Protecting Shield برای عدم ریزش سگمنت‌ها بر روی قطار استفاده شده است.

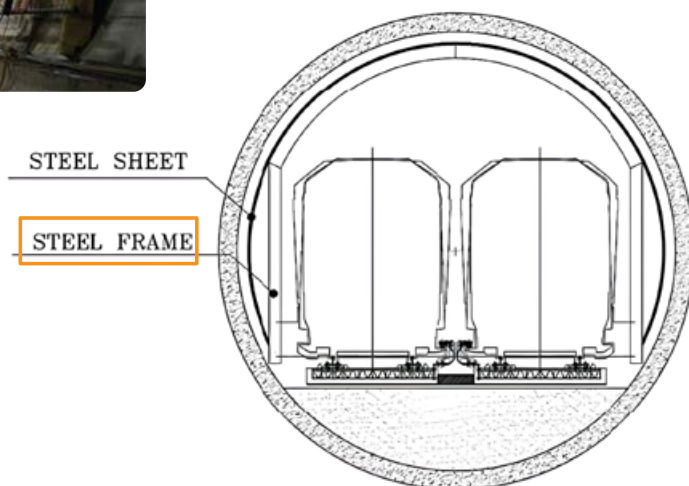
● شکل شماره ۱۷ - مقطع انتقال Protecting Shield به داخل تونل



## ۹- گام نهم: طراحی Protecting Shield و انتقال آن به داخل تونل



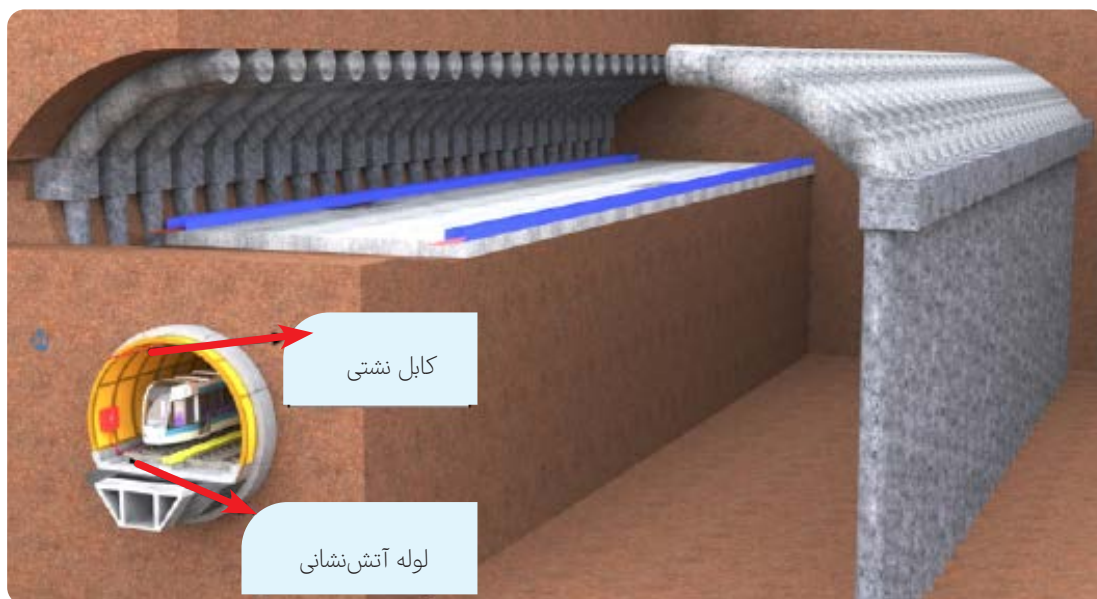
در این تصویر تخریب سگمنت‌ها در تونلی است که در حال بهره برداری می باشد در اینجا از Protecting Shield برای عدم ریزش سگمنت‌ها بر روی قطار استفاده شده است.



● شکل شماره ۱۸ - جزئیات قرارگیری Protecting Shield در تونل

## ۱۰- گام دهم: اجرای Protecting Shield داخل تونل

در این مرحله Protecting Shield در داخل تونل نصب و اجرا و کابل نشتی و همچنین جعبه آتش نشانی بر روی آن قرار می گیرد.

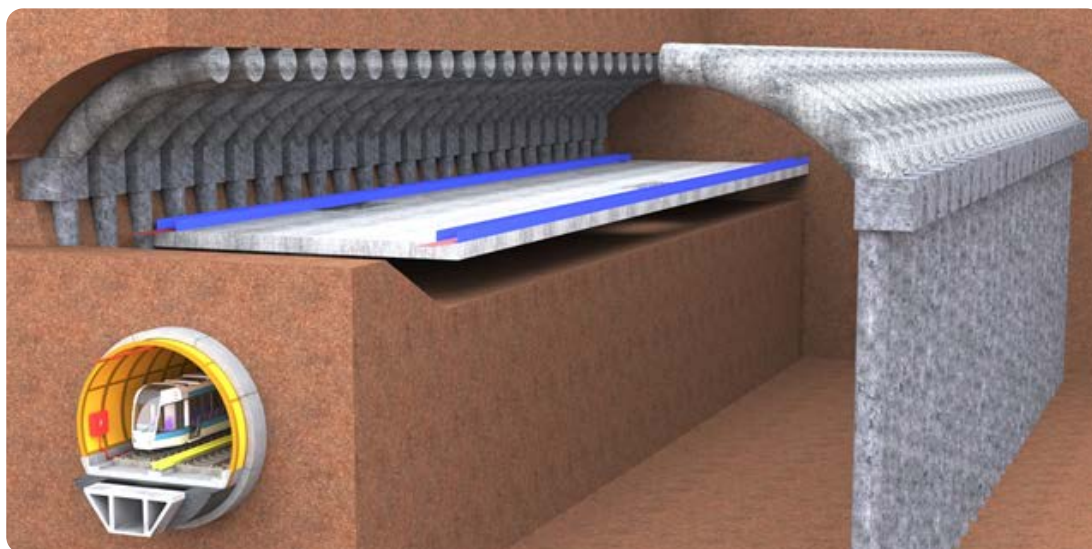


● شکل شماره ۱۹ - اجرای Protecting Shield داخل تونل



## ۱۱- گام یازدهم: خاکبرداری زیر تراز تیکت هال

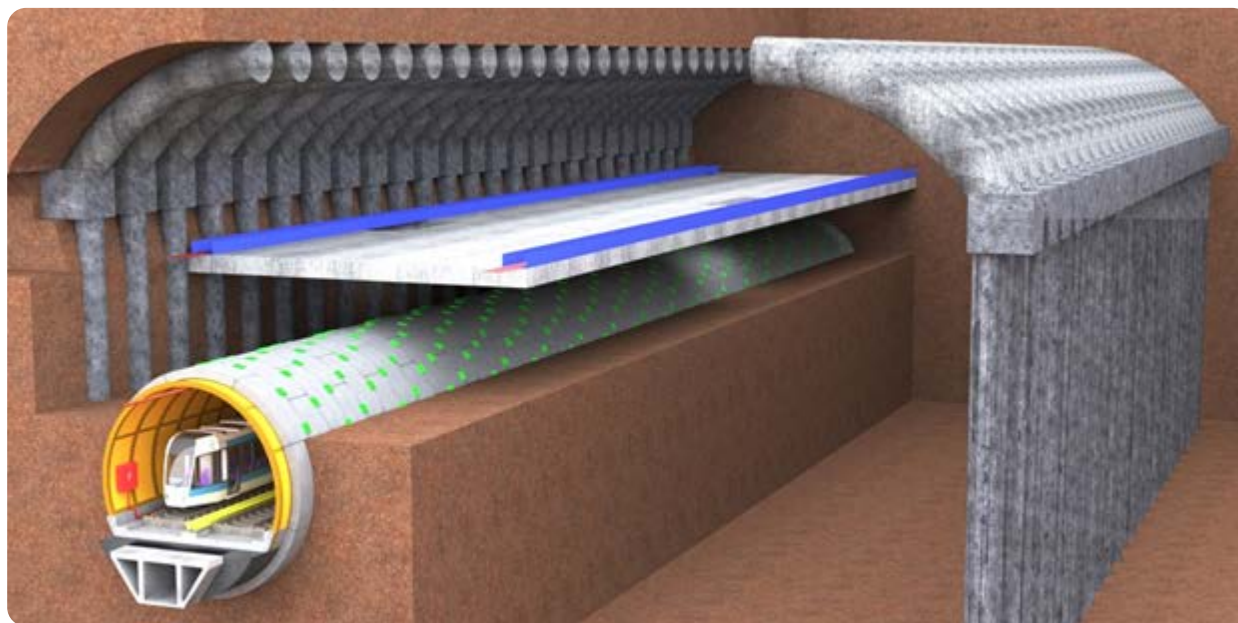
در این گام خاکبرداری تراز زیر سکو آغاز می گردد. روش حفاری بدین شکل است که ۱۶ متر از دال تیکت هال در محدوده تونل دسترسی ایجاد نمی شود و از تونل دسترسی به طرفین رمپی احداث می شود و همزمان با پیشرفت خاکبرداری شیب رمپ افزایش می یابد و عمده خاک زیر تراز تیکت هال از طریق این رمپ خارج خواهد شد.



● شکل شماره ۲۰ - خاکبرداری زیر تراز تیکت هال

## ۱۲- گام دوازدهم: تقویت درز سگمنت ها با پلیت های اتصال

مطابق با آنچه در مترو ریاض توضیح داده شد در این مرحله برای پایداری سگمنت ها از پلیت اتصال استفاده می شود. سگمنت ها در یک رینگ و همچنین سگمنت ها در دو رینگ به هم متصل می شوند. مکانیزم عملکرد در این حالت بدین صورت است که پلیت ها تحت اثر نیروی کششی خواهند افتاد که این نیروی کششی توسط بولت ها از طریق سگمنت به پلیت ها منتقل خواهد شد. نکته حائز اهمیت این است که تا زمانی که کواد تونل را رد نکردیم فشار جانبی خاک پایداری خوبی برای تونل ایجاد می کند به همین دلیل خاکبرداری قسمت فوقانی تونل با ریسک پایینی انجام می شود.

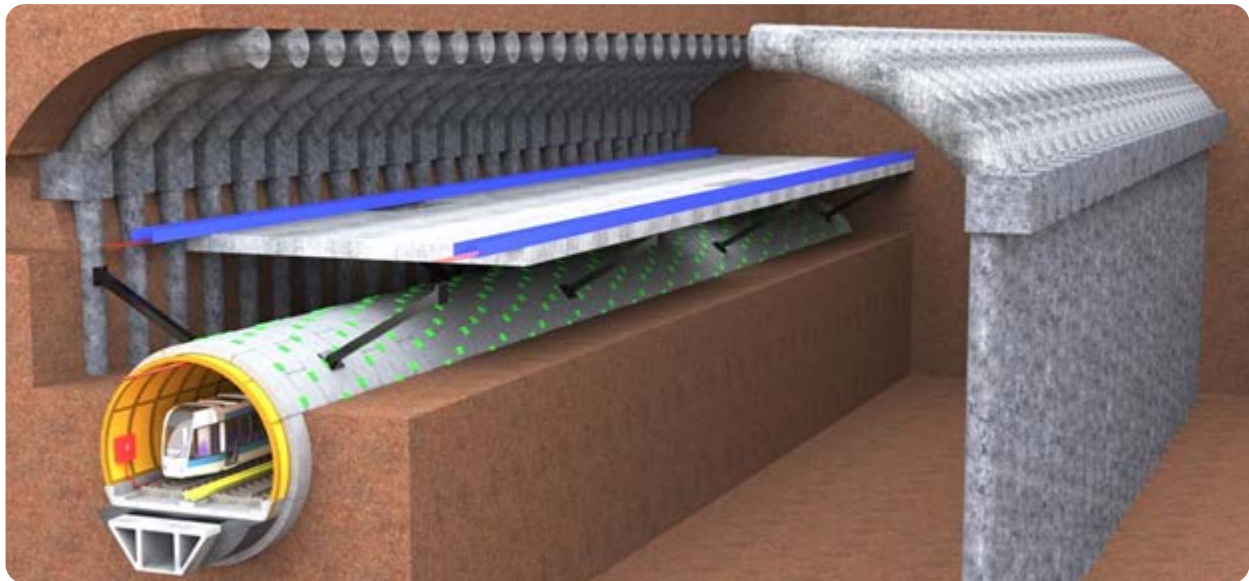


● شکل شماره ۲۱ - تقویت درز سگمنت ها با پلیت های اتصال



### ۱۳- گام سیزدهم: نصب مهارهای عرضی

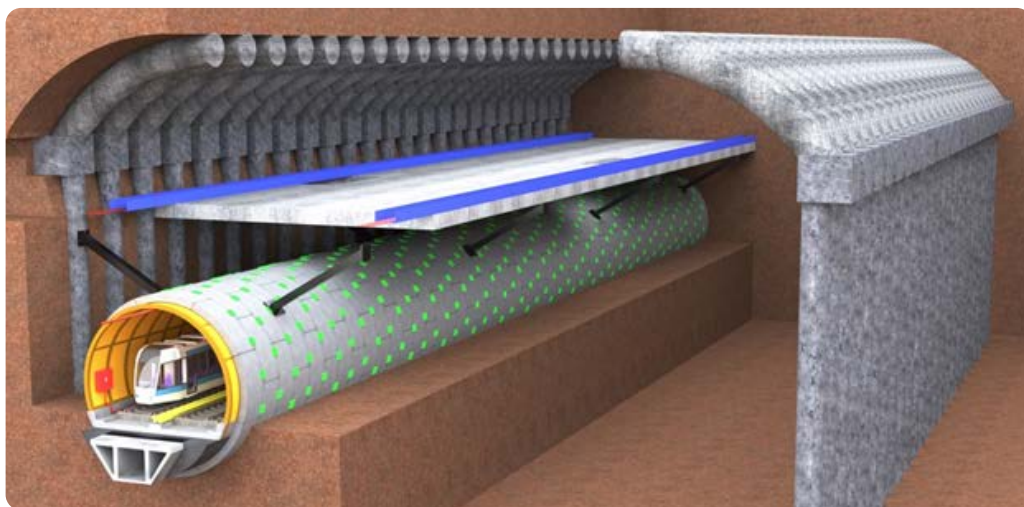
بعد از آنکه پلیت‌گذاری‌ها در ناحیه فوقانی تونل TBM (ناحیه  $\frac{1}{3}$  فوقانی) انجام شد یکسری دستک‌های مهاري به منظور کنترل جابجایی‌های جانبی تونل استفاده خواهد شد.



● شکل شماره ۲۲ - نصب مهارهای عرضی

### ۱۴- گام چهاردهم : خاکبرداری $\frac{1}{3}$ میانی

در ادامه خاکبرداری  $\frac{1}{3}$  میانی انجام خواهد شد مهمترین نکته این است که وقتی کواد تونل TBM را رد می‌کنیم تونل TBM تحت اثر وزن سگمنت‌های فوقانی تمایل به واگرا شدن و با اصطلاحاً تمایل به چاق شدن خواهد داشت. در این حالت حتماً خاکبرداری‌ها باید محدود شود خاکبرداری‌ها در طول ۳ الی ۶ متر انجام می‌شود و بلافاصله عملیات کاشت بولت و پلیت‌گذاری انجام می‌شود و پس از تثبیت سگمنت‌های یک رینگ به سراغ رینگ مجاور خواهیم رفت.



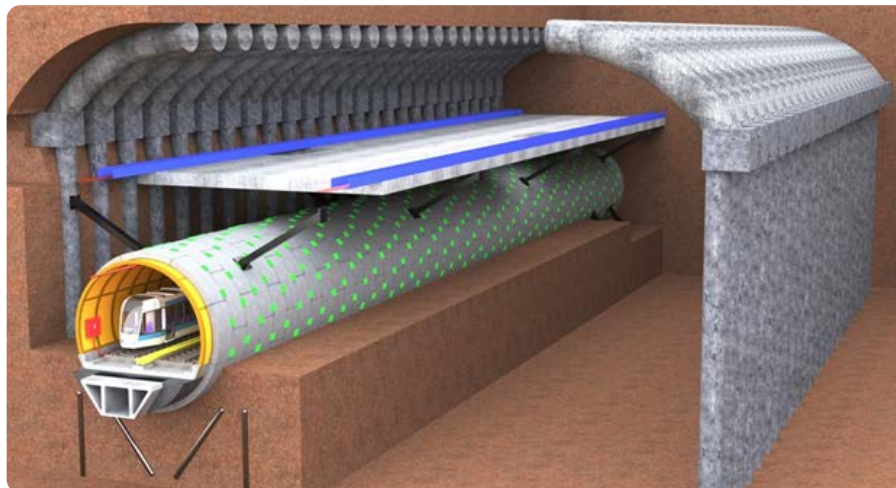
● شکل شماره ۲۳ - خاکبرداری  $\frac{1}{3}$  میانی



## ۱۵- گام پانزدهم: خاکبرداری ۱/۳ تحتانی

یک مطلب دیگری که بعنوان پیش بینی در این اسلاید دیده شده است بحث نیاز به بهسازی و تقویت تراز سکو است که این ناشی از خیلی عوامل می تواند باشد و یکی از این عوامل نفوذ آب خواهد بود و بحث بلند شدگی خاک در طول ایستگاه (اثر هیو) وجود خواهد داشت و لذا نیاز به تقویت تراز زیر سکو خواهیم داشت که این تقویت از نوع تزریق با میکروپایل خواهد بود.

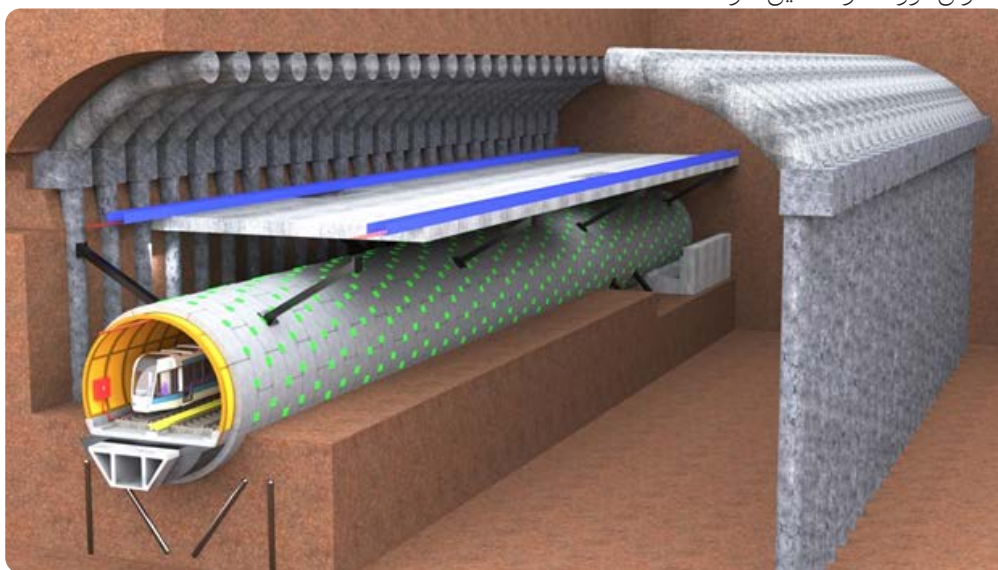
در ادامه خاکبرداری ۱/۳ میانی انجام خواهد شد این بخش تراز احداث سکو خواهد بود و مطابق با آنچه در احداث زیر گذر در چین ملاحظه شد خاکبرداری بصورت پروسه ای انجام خواهد شد خاکبرداری از دو سر ایستگاه با طول محدود و با استفاده از مهار در تراز سکو انجام خواهد شد بعد از خاکبرداری آرماتور بندی و بتن ریزی آن قطعه انجام خواهد شد. و بصورت سلسله وار تا مرکز ایستگاه ادامه خواهد یافت جبهه های حفاری ۴ تا هستند.



● شکل شماره ۲۴ - خاکبرداری ۱/۳ تحتانی

## ۱۶- گام شانزدهم: اجرای دیواره سکو و فونداسیون گام قبل و حفاری مرحله بعدی خاک و نصب مهار تونل

در این مرحله قطعه اولی که در انتهای ایستگاه خاکبرداری و آرماتور گذاری تصاویر شده ؛ بتن ریزی می شود و خاکبرداری قطعه بعدی بصورت پروسه ای انجام می شود این پروسه مطابق با اسلاید بعدی همراه با تکمیل دیوار سکو در پشت سر خواهد بود و به همین منوال تراز سکو تکمیل خواهد شد.

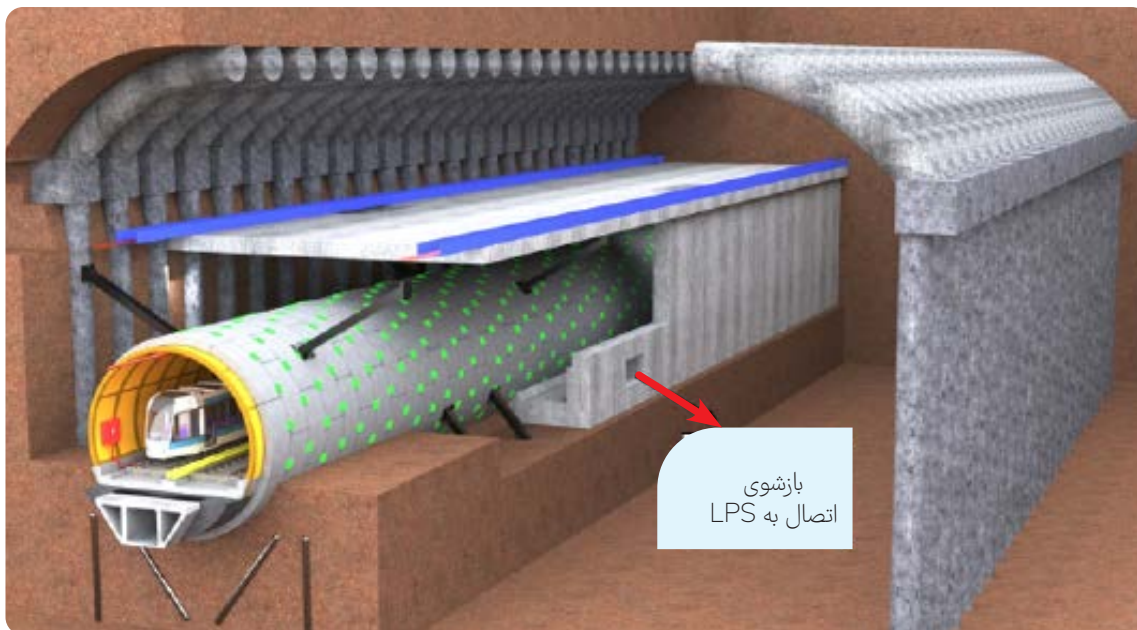


● شکل شماره ۲۵ - اجرای دیواره سکو و فونداسیون گام قبل و حفاری مرحله بعدی خاک و نصب مهار تونل میانی



## ۱۷-گام هفدهم: اجرای بتن ریزی دیوار ایستگاه و سکو و حفاری مرحله ای خاک نصب مهار تونل

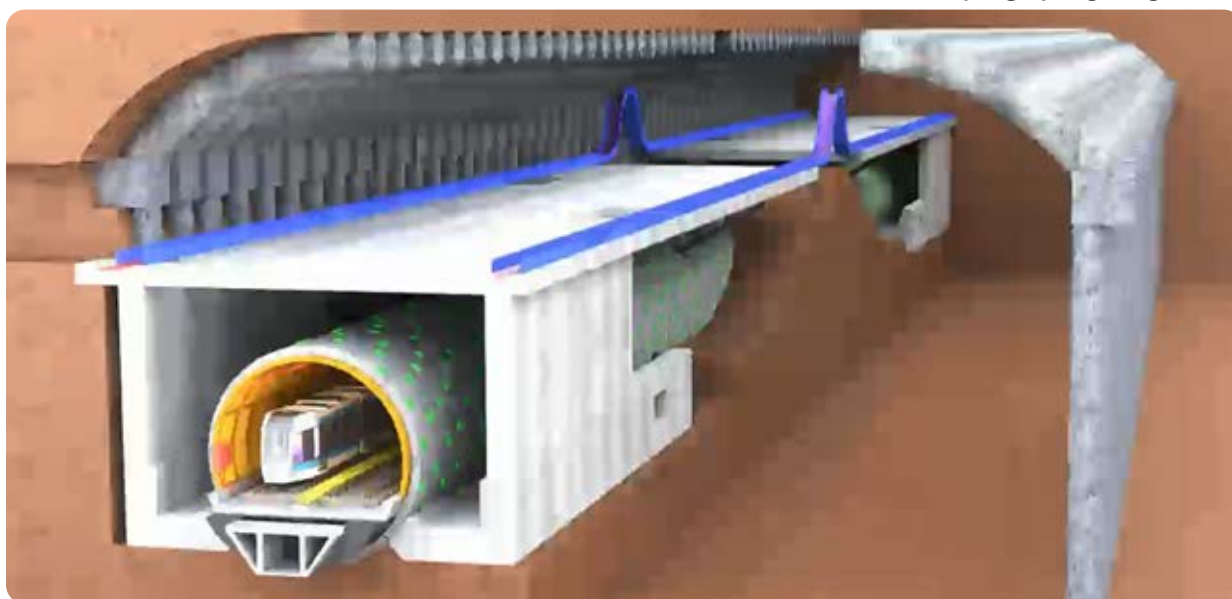
در این روش اجرا بازشوهایی که در مبحث معماری و تجهیزات تعبیه شده بود منطبق با نقشه‌ها اجرا خواهد شد.



● شکل شماره ۲۶ - اجرای بتن ریزی دیوار ایستگاه و سکو و حفاری مرحله ای خاک نصب مهارتونل

## ۱۸-گام هجدهم: خاکبرداری نهایی و اجرای کامل هسته مرکزی ایستگاه

در این گام همانطور که قبلا بیان شد جبهه های اصلی ما از ۴ جهت خواهد بود در یک مرحله ای به این شکل می‌رسیم که شیب رمپ به بیش از ۱۵ درصد رسیده و امکان خاکبرداری وجود ندارد در عین حال که در چهار طرف دیواره های سکو تکمیل شده و تراز سکو در حال پیشروی به سمت رمپ است در اینجا بازشوهای اولیه ای که در تراز تیکت هال ایجاد کرده بودیم در این مرحله برای خروج خاک و رساندن آرماتور و بتن به تراز سکو بکار گرفته می‌شوند گوشواره های دیده شده نیز در بحث انتقال تاسیسات می باشد که بجهت عبور ماشین آلات به این شکل اجرا می شود.

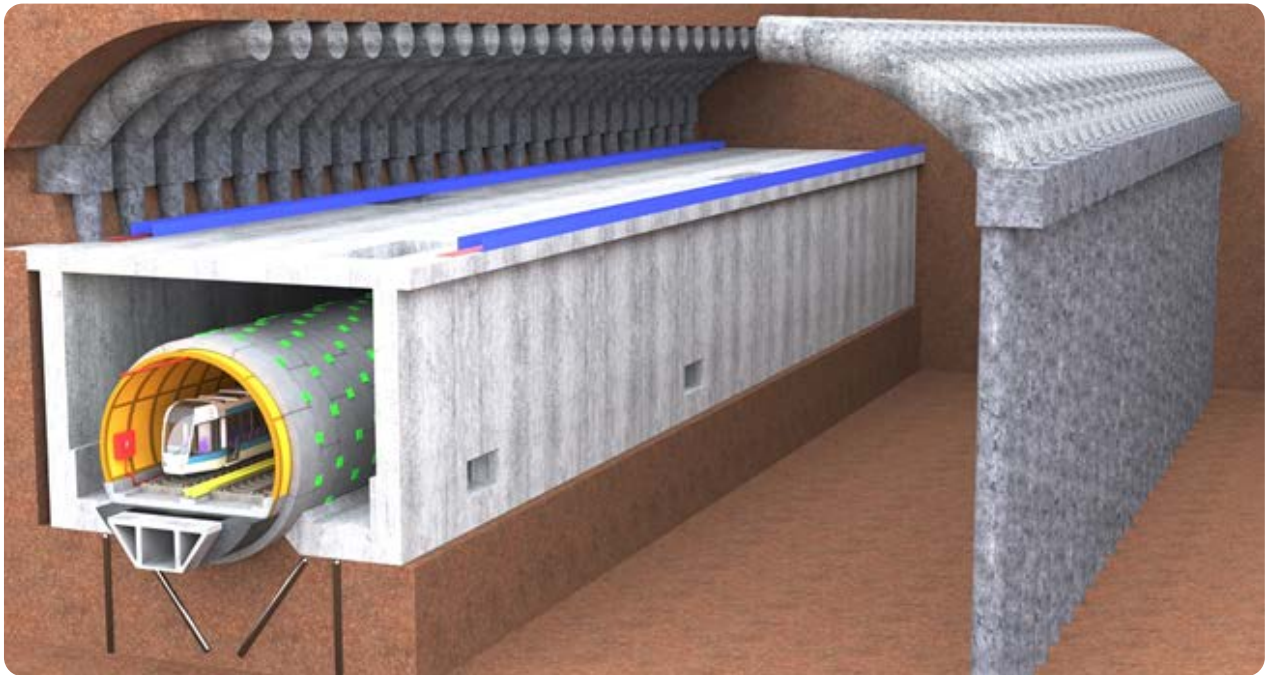


● شکل شماره ۲۷ - خاکبرداری نهایی و اجرای کامل هسته مرکزی ایستگاه



## ۱۹- گام نوزدهم: تکمیل بتن ریزی دیوار ایستگاه

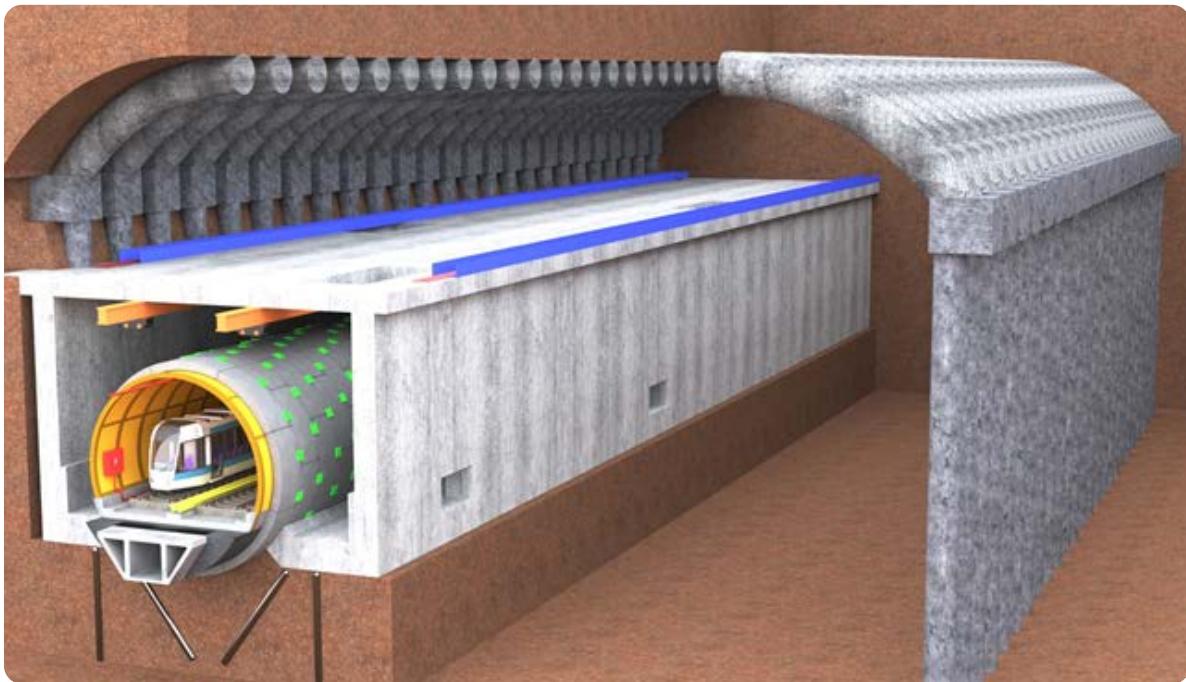
در این گام قسمت سکو و دیواره های اطراف تکمیل می شود در این حالت تراز کف زیر سکو تا بالای تونل TBM ارتفاعی در حدود ۶ تا ۷ متر خواهد داشت.



● شکل شماره ۲۸ - تکمیل بتن ریزی دیوار ایستگاه

## ۲۰- گام بیستم : اجرای مونوریل سقفی

در این حالت تراز کف زیر سکو تا بالای تونل TBM ارتفاعی در حدود ۶ تا ۷ متر خواهد داشت. به همین خاطر سگمنت برداری از داخل با ماشین آلات با دشواری همراه خواهد بود. به همین دلیل در طراحی پیش بینی مونوریل سقفی در نظر گرفته شده است که با استفاده از این مونوریل ها سگمنت های سقف برداشته می شوند.

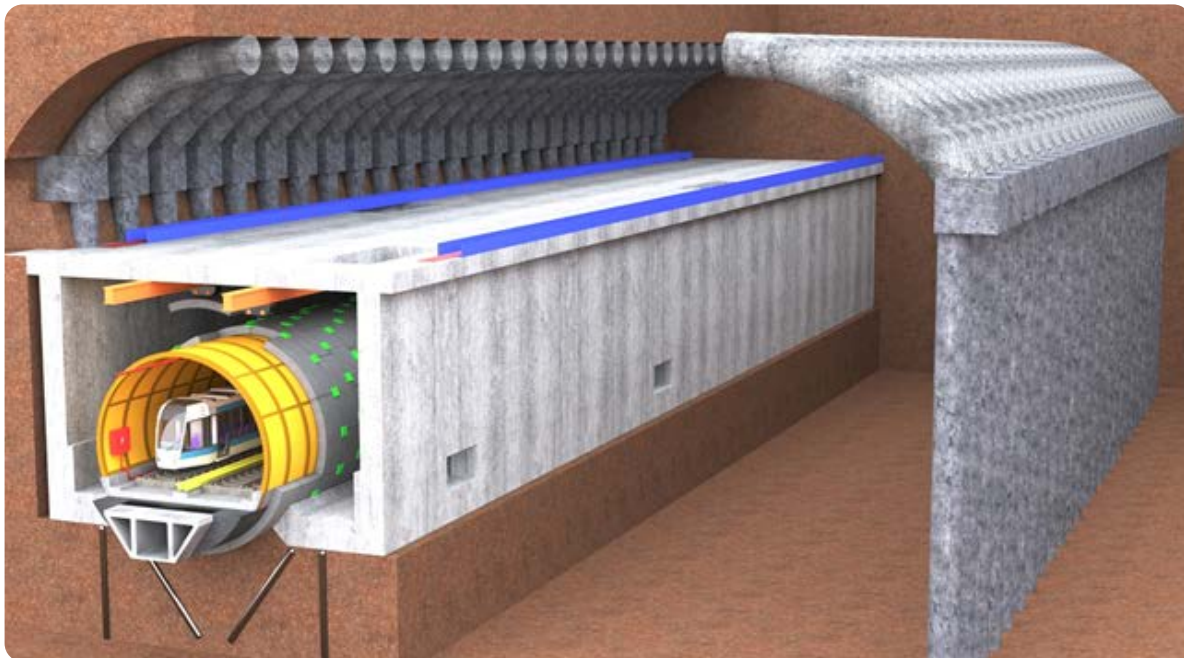


● شکل شماره ۲۹ - اجرای مونوریل سقفی



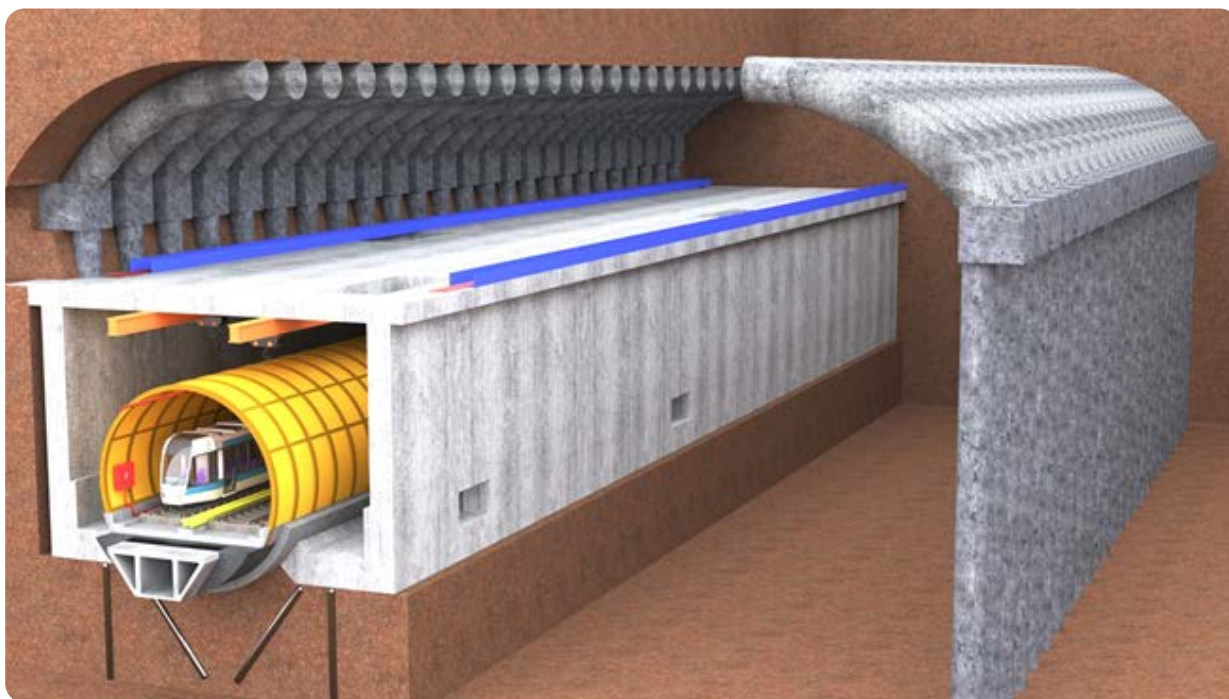
## ۲۱- گام بیست و یکم: تخریب سگمنت های فوقانی

وزن هر سگمنت بین ۴ تا ۵ تن خواهد بود. به همین دلیل سگمنت ها بسیار سنگین بوده و امکان جابجایی آنها با ماشین آلات وجود ندارد لذا اجرای مونوریل الزامی است برداشت سگمنت ها از تراز فوقانی شروع می شود و با برداشتن هر رینگ به سراغ رینگ بعدی خواهیم رفت. سگمنت برداری از مقطع آکس ایستگاه انجام خواهد شد و به طرفین ادامه خواهد داشت.



● شکل شماره ۳۰ - تخریب سگمنت های فوقانی

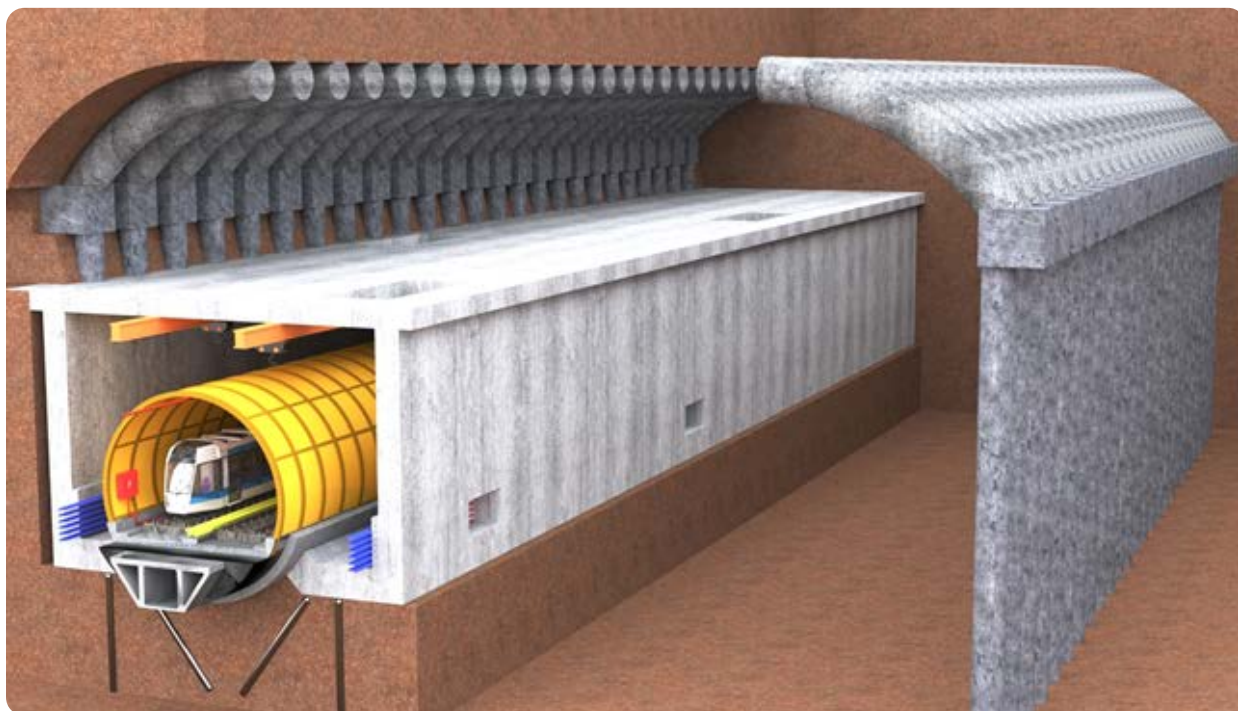
## ۲۲- گام بیست و دوم: تخریب کامل سگمنت ها



● شکل شماره ۳۱ - تخریب کامل سگمنت ها

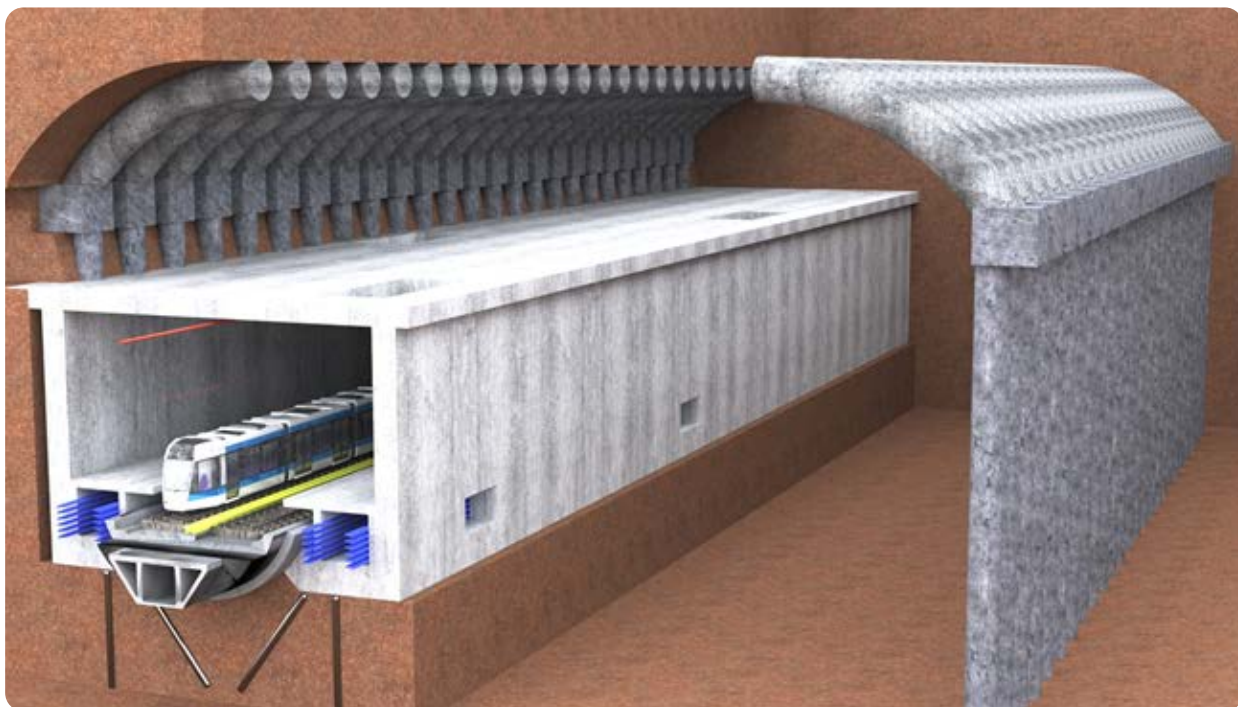


### ۲۳- گام بیست و سوم: انتقال تاسیسات از روی دال تیکت هال به زیر سکو



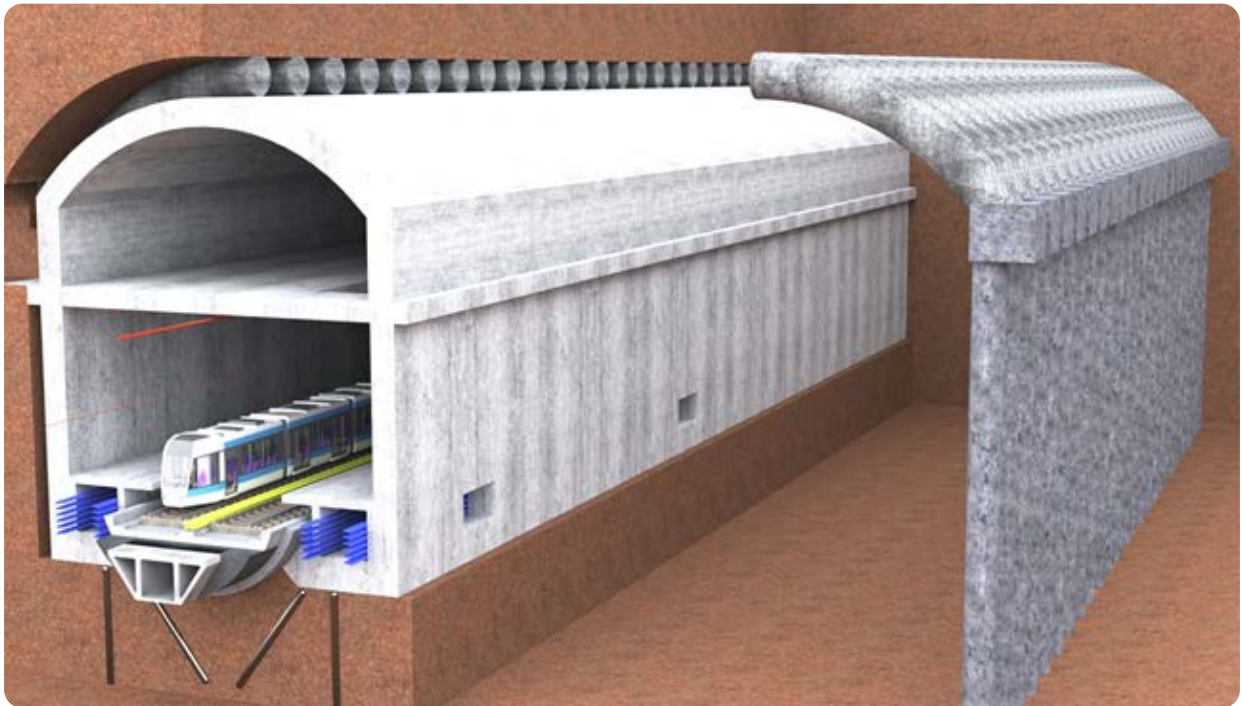
● شکل شماره ۳۲ - انتقال تاسیسات جا به جا شده به روی زیر سکو

### ۲۴- گام بیست و چهارم: اجرای دال سکو و برچیدن سازه نگهدارنده همراه با انتقال کابل نشتی به زیر دال تیکت هال هال به زیر سکو



● شکل شماره ۳۳ - اجرای کامل زیرسکو





● شکل شماره ۳۴ - پوشش نهایی ایستگاه

## مراجع

- ۱- گزارشها و مدارک فنی خط ۳ مترو تهران- شرکت راه آهن شهری تهران و حومه-۱۴۰۰
- ۲- گزارش مطالعات ژئوتکنیک خط ۳ مترو تهران- شرکت راه آهن شهری تهران و حومه-۱۴۰۰
- ۳- گزارشها و مدارک مطالعات G۳ شرکت راه آهن شهری تهران و حومه-۱۴۰۰
۱. Arnau, O., Molins, C., ۲۰۱۵. Theoretical and numerical analysis of the three-dimensional response of segmental tunnel linings subjected to localized loads. Tunn. Undergr.Space Technol.
۲. Gonzalo Ramos Schneider; Innovative solutions for intersection of TBM tunnel and station in Riyadh Line ۵ metro; Tunneling and Underground Space Technology
۳. Jin-Jian Chen; Novel Excavation and Construction Method of an Underground Highway Tunnel above Operating Metro Tunnels; ASCE; ۲۰۱۴
۴. Liu, H. L., Li, P., and Liu, J. J. (۲۰۱۱). "Numerical investigation of underlying tunnel heave during a new tunnel construction." Tunneling Underground Space Technol.,
۵. Lunardi, P. ۲۰۰۳. Widening the load at Nazzano. Tunnels & Tunneling International, July
۶. Lunardi, P., Selleri, A., Belfiore, A., Trapasso, R. ۲۰۱۴. Widening the "Montedomini" tunnel in the presence of traffic: the evolution of the "Nazzano" method. AFTES International Congress on Tunnels and Underground space: risks and opportunities" - Lyon, ۱۳th - ۱۵th October ۲۰۱۴
۷. Roberto Trapasso; The Widening of the "Montedomini" A۱۴ Motorway Tunnel in the Presence of Traffic.



## روش نوین اجرای ایستگاه در تونل‌های فعال؛ ترکیب تجربه جهانی و راهکار بومی

برای تضمین ایمنی عبور قطارها، از یک سپر محافظ فلزی (Protecting Shield) استفاده می‌شود که با اتصال به سگمنت‌ها و کف تونل، مانع ریزش قطعات و آسیب به قطارها می‌گردد. محدودیت اصلی ژئوتکنیکی این روش، ناکافی بودن روباره خاک (کمتر از ۴ متر) است که پایداری را کاهش داده و نیاز به تقویت درزها دارد. این روش، تلفیقی از تجربیات مترو ریاض (تقویت سگمنت‌ها) و تونل‌های ایتالیا (جداسازی محیط عملیاتی) است. برای کنترل نشست و تغییرشکل، از مهارهای عرضی، ابزارهای پایش مانند اکستنسومتر و تزریق میکروپایل استفاده می‌شود. تأسیسات با نقشه‌برداری دقیق و انتقال به داکت‌های محافظ مدیریت شده و ریسک انسانی از طریق زمان‌بندی عملیات، ایجاد قرنطینه و سیستم اخطار خودکار کاهش می‌یابد. انحرافات نصب شیلد با لیزر تراز و جک‌های هیدرولیکی اصلاح می‌شود. استفاده از المان‌های پیش‌ساخته بتنی در ساخت ایستگاه، سرعت اجرا را تا ۳۰٪ افزایش داده و اختلال در بهره‌برداری را به حداقل می‌رساند. در شرایط بحرانی مانند نفوذ آب، تزریق دوغاب، زهکشی و پمپ‌های اضطراری پایداری زیر سکو را تضمین می‌کنند.

در ادامه، گفت‌وگویی با مهندس خدابخش انجام شده است که جزئیات بیشتری از این روش نوآورانه، چالش‌های اجرایی و راهکارهای پیشنهادی برای مدیریت ایمن و کارآمد پروژه‌های ساخت ایستگاه در تونل‌های فعال ارائه می‌دهد.



### در گفت‌وگو با مهندس آرش خدابخش

مدیر گروه ابنیه و ساختمان شرکت مترا

کارشناسی ارشد عمران گرایش سازه  
دانشگاه تهران



## در پروژه‌های مشابه جهانی مانند مترو ریاض یا تونل ایتالیا، چه تفاوت‌های اساسی در روش اجرا نسبت به روش شما وجود داشت؟

در مترو ریاض، تمرکز بر هم‌زمانی حفاری ایستگاه و تونل بود و با تقویت سگمنت‌ها، تونل در روباره کم بدون توقف حفاری ادامه یافت.

در ایتالیا اما، هدف تعریض تونل‌های موجود بدون توقف ترافیک بود و از شیلد فلزی داخلی برای جداسازی محیط بهره‌برداری از محیط عمرانی استفاده شد.

در روش من، تلفیقی از هر دو ایده استفاده می‌شود: محافظت از تونل فعال (به سبک ایتالیا) و تخریب مرحله‌ای سگمنت‌ها با حفظ ایمنی عبور (به سبک ریاض).

## در صورت بروز نشست یا تغییر شکل جانبی در تونل هنگام اجرای ایستگاه، چه مکانیسم‌های کنترلی پیش‌بینی شده است؟

سه سطح کنترلی تعریف شده است:

۱. پیشگیرانه: استفاده از مهارهای عرضی و پلیت‌های اتصال بین سگمنت‌ها برای افزایش سختی حلقه‌ای.
۲. پایش‌گر: نصب اینسترومنتیشن مانند Extensometer و Inclinator برای رصد تغییر مکان‌های جانبی.
۳. اصلاحی: در صورت مشاهده جابجایی غیرمجاز، عملیات تزریق میکروپایل یا دوغاب سیمانی در تراز زیر سکو اجرا می‌شود تا خاک را تثبیت کند.

## در هنگام اجرای گالری‌های دسترسی، چگونه از تداخل با کابل‌ها و تأسیسات درون تونل فعال جلوگیری می‌کنید؟

ابتدا در مرحله هفتم و هشتم پروژه، نقشه‌برداری دقیق کابل‌های نشستی، سیگنالی‌نگ و لوله‌های آتش‌نشانی انجام می‌شود. سپس مسیرهای جدید عبور تأسیسات به سمت تراز تیکت‌هاال منتقل می‌گردد. این کار با استفاده از داکت‌های محافظ و بازشوهای از پیش طراحی‌شده انجام می‌شود تا هنگام حفاری و بتن‌ریزی، هیچ نقطه‌ای از شبکه خدمات قطع یا آسیب نبیند.

## با توجه به اینکه ایمنی عبور قطارها در حین ساخت ایستگاه حیاتی است، در روش پیشنهادی شما چه تمهیداتی برای جلوگیری از ریزش سگمنت‌ها یا خطر سقوط بر روی قطارها در نظر گرفته شده است؟

در روش معرفی‌شده، از سازه‌ای به نام Protecting Shield استفاده می‌شود که همانند یک قاب محافظ فلزی در داخل تونل نصب می‌گردد. این سازه با بولت و صفحات فلزی باربر به سگمنت‌ها و کف تونل متصل شده و مانع از ریزش قطعات در حین حفاری و تخریب سقف می‌شود. به‌عبارتی، Shield نقش سپر محافظ بین عملیات عمرانی و عبور قطار را ایفا می‌کند و حتی در صورت شکست موضعی سگمنت، انرژی ضربه را جذب می‌نماید.

## با توجه به اینکه روش شما در تونل‌های حفاری‌شده با TBM اجرا می‌شود، بزرگ‌ترین محدودیت ژئوتکنیکی این روش چیست؟

مهم‌ترین محدودیت، کم‌عمق بودن روباره خاک بالای تونل است. وقتی روباره کمتر از ۴ متر باشد، فشار سربار برای پایداری موضعی کافی نیست و خطر گسیختگی افزایش می‌یابد. در چنین شرایطی تزریق پشت سگمنت‌ها (Backfilling Mortar) امکان‌پذیر نیست، بنابراین نیاز به مقاوم‌سازی درزها با بلوک بتنی یا صفحات فلزی داریم. خاک‌های نرم با رطوبت بالا و لایه‌های سست نیز ریسک گسترش تغییر شکل را بالا می‌برند.

### در روش

معرفی‌شده، از سازه‌ای به نام Protecting Shield استفاده می‌شود

که همانند یک قاب محافظ فلزی در داخل تونل نصب می‌گردد. این سازه با بولت و صفحات فلزی باربر به سگمنت‌ها و کف تونل متصل شده و مانع از ریزش قطعات در حین حفاری و تخریب سقف می‌شود. به‌عبارتی، Shield نقش سپر محافظ بین عملیات عمرانی و عبور قطار را ایفا می‌کند و حتی در صورت شکست موضعی سگمنت، انرژی ضربه را جذب می‌نماید.



ما را در فضای مجازی دنبال کنید  
دسترسی سریع به صفحات مجازی شرکت مترا

## در شرایطی که امکان توقف بهره‌برداری وجود ندارد، چگونه ریسک انسانی (اپراتور، کارگر، راننده قطار) کنترل می‌شود؟

مدیریت ریسک انسانی در این پروژه شامل سه محور است:

- زمان‌بندی دقیق عملیات پرخطر (مانند تخریب سگمنت‌ها) در ساعات کم‌تردد.
- ایجاد منطقه قرنطینه در تونل توسط Protecting Shield برای جداسازی ایمنی.
- سیستم اخطار خودکار متصل به سیگنالینگ قطار که در صورت ارتعاش یا ریزش موضعی، عبور قطار را متوقف می‌کند.

ابتدا در مرحله هفتم و هشتم پروژه، نقشه‌برداری دقیق کابل‌های نشتی، سیگنالینگ و لوله‌های آتش‌نشانی انجام می‌شود. سپس مسیرهای جدید عبور تأسیسات به سمت تراز تیکت‌هاال منتقل می‌گردد. این کار با استفاده از داکت‌های محافظ و بازشوهای از پیش طراحی‌شده انجام می‌شود تا هنگام حفاری و بتن‌ریزی، هیچ نقطه‌ای از شبکه خدمات قطع یا آسیب نبیند.

## در شرایط بحرانی مانند نفوذ آب یا افزایش فشار هیدرواستاتیک، چه تمهیداتی برای پایداری زیر سکو در نظر گرفته‌اید؟

در بخش زیر سکو، تزریق میکروپایل و دوغاب سیمانی مقاوم در برابر آب اجرا می‌شود تا از بلندشدگی کف جلوگیری شود. در طراحی نیز سیستم زهکشی و لایه ژئوممبران ضد آب تعبیه شده است. در شرایط بحرانی، پمپ‌های اضطراری برای تخلیه سریع آب در رمپ‌های دسترسی فعال می‌شوند.

## اگر در حین اجرای Protecting Shield تغییر در هندسه تونل یا انحراف در نصب رخ دهد، چه پیامدی دارد و چگونه اصلاح می‌شود؟

انحراف باعث توزیع غیریکنواخت بار در سگمنت‌ها می‌شود که می‌تواند منجر به شکست موضعی یا گیرکردن تجهیزات شود. برای جلوگیری، در مرحله نصب از سیستم لیزر تراز و بولت‌های تنظیم‌کننده فشار استفاده می‌شود. در صورت بروز انحراف، ابتدا نیروها تخلیه، Shield باز و با جک‌های هیدرولیکی تنظیم می‌گردد. خطای مجاز کمتر از  $\pm 2$  سانتی‌متر در مقطع تعیین شده است.

## در این پروژه، نقش فناوری پیش‌ساخته (Prefabrication) چیست و در کدام مراحل بیشترین تأثیر را دارد؟

در مرحله ساخت بخش مرکزی ایستگاه (فاز ۸ اجرای پروژه)، از المان‌های پیش‌ساخته بتنی استفاده می‌شود. این روش دو مزیت کلیدی دارد:

۱. کاهش زمان ساخت در محیط محدود تونل.
  ۲. حذف عملیات قالب‌بندی در محل که می‌تواند مسیر تهویه و تردد قطار را مختل کند.
- در نتیجه، بهره‌برداری تونل متوقف نمی‌شود و سرعت اجرا تا ۳۰٪ افزایش می‌یابد.





# فصل سوم جستار

بررسی اثر خرابی‌های سطحی ایجاد بر روی بتن پیش‌آکنده  
بالاستی قرارگرفته در معرض چرخه‌های ذوب و یخبندان با  
استفاده از تکنیک پردازش تصویر

سارا درویشی



نقش و الزامات کارآفرینی منطقه‌ای در دستیابی به توسعه‌ی  
درون‌زای منطقه‌ای

امیر قاسمی

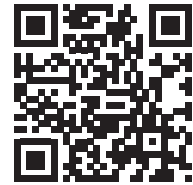


# بررسی اثر خرابی‌های سطحی ایجاد بر روی بتن پیش‌آکنده بالاستی قرارگرفته در معرض چرخه‌های ذوب و یخبندان با استفاده از تکنیک پردازش تصویر



سارا درویشی  
کارشناس روسازی  
دانشجوی دکتری

لینک استاندارد به مقاله



در این تحقیق به منظور بررسی عیوب سطحی بتن پیش‌آکنده بالاستی تحت اثر تعداد چرخه‌های ذوب و یخبندان، با استفاده از دوربین دیجیتالی دینولایت، به روبش سطحی نمونه‌های بتنی پس از گذشت صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ سیکل ذوب و یخبندان پرداخته شده است. تکنیک تصویربرداری به این صورت بود که نمونه‌های ۲۰×۱۰ سانتی‌متری انتخاب شدند و پس از تقسیم‌بندی طولی نمونه‌ها به پنج قطاع چهار سانتی‌متری، دوربین بر روی محیط هر قطاع حرکت کرده و تصاویر مستقلی را ثبت می‌کند. سپس با استفاده از نرم‌افزار پایتون، کتابخانه Opencv، کتابخانه بصری Mathplotlip و محیط برنامه نویسی Jupiter، پردازش تصویر صورت گرفت. در پایان نتیجه گرفته شد که با گذشت تعداد سیکل‌های ذوب و یخبندان، نوع و فراوانی خرابی‌های ایجاد شده در نمونه‌های بتن پیش‌آکنده بالاستی متفاوت خواهد شد. بدین صورت که خرابی چشمگیری در نمونه‌های کمتر از ۱۰۰ سیکل مشاهده نشده و تنها به ناحیه انتقال بین خمیر و سنگدانه محدود می‌گردد. بعد از ۲۰۰ سیکل فراوانی خرابی‌ها بیشتر شده و بعد از ۳۰۰ سیکل نوع آن‌ها از حفره و لنز به ترک تغییر خواهد نمود. همچنین با استفاده از الگوریتم رگرسیون غیرخطی، یک رابطه برازش داده شده است که با داشتن مساحت و تعداد سیکل‌های ذوب و یخبندان می‌توان به تعداد خرابی‌های موجود بر حسب پیکسل دست پیدا کرد.

بتن پیش‌آکنده به بتنی اطلاق می‌شود که سنگدانه‌ی آن در محل وجود داشته و با قالب‌بندی اطراف آن و تزررق فشار ملات ماسه-سیمانی با طرح اختلاط از پیش تعیین شده به داخل سنگدانه‌ها، آن را به بتنی تحت عنوان بتن پیش‌آکنده تبدیل می‌کنند. استفاده این بتن در پروژه‌های بزرگ مانند سد، پایه پل، فونداسیون‌های بزرگ و اجرای دال‌خط، به دلیل کاهش گرمای هیدراتاسیون، پرشدن بهتر فضاهای حجیم و متراکم، دوام بالاتر در محیط‌های آبی، استفاده از متد اجرایی بتن پیش‌آکنده کانون توجه مهندسی قرار گرفته است. در همین راستا، موضوع دوام بتن در خطوط ریلی دارای اهمیت زیادی می‌باشد چراکه سازه‌های ریلی با توجه به گستردگی خطوط ریلی در کشور ایران و نیز وجود شرایط اقلیم متفاوت، اغلب در معرض تغییرات آب و هوایی شدید قرار دارند، به طوری‌که حتی در بعضی نقاط کشور ایران، دما در ساعاتی از روز به زیر -۱۸ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. با عنایت بر این موضوع و همچنین با توجه به اینکه قرار است از تکنولوژی بتن پیش‌آکنده برای تبدیل خطوط بدون بالاست به دال‌خط در کشور ایران استفاده شود، ارزیابی دوامی روسازی‌های اجرا شده با این تکنولوژی در برابر چرخه‌های انجماد و ذوب، دارای اهمیت بسیار زیادی می‌باشد.



# نقش و الزامات کارآفرینی منطقه‌ای در دستیابی به توسعه‌ی درون‌زای منطقه‌ای

(موردپژوهی: استان تهران)



امیر قاسمی

کارشناس ارشد

برنامه‌ریزی منطقه‌ای

لینک استناد به مقاله



Regional endogenous development can be reached through the interaction of regional entrepreneurship along with other variables such as leadership, institutions, market-fit and resource endowment. In this way, regional entrepreneurship is one of the mediating variables of endogenous regional development and can facilitate the process of achieving development like a catalyst.

The purpose of this study is to investigate the relationship between these factors in endogenous development through analyzing statistics related to case study. Therefore, after determining some criteria and indicators related to main variables of regional entrepreneurship (human capital and new knowledge) from various sources, the existing relationships between the indicators with each other, indicators with variables and independent and mediating variables with dependent variable will be analyzed by using methods such as PLS method and structural equations and relying on available and collected statistical data.

Finally, the structural model of the research shows the important role of entrepreneurship as a catalyst and mediator in the endogenous development of the region.

برهم‌کنش کارآفرینی منطقه‌ای در کنار متغیرهای دیگری نظیر رهبری، نهادها، تناسب با ساختار بازار و موهبت منابع، می‌تواند یک منطقه را به سوی شکوفایی و توسعه‌ی درون‌زا سوق دهد. در این مسیر، کارآفرینی منطقه‌ای یکی از متغیرهای میانجی توسعه‌ی درون‌زای منطقه‌ای بوده و می‌تواند مانند یک کاتالیزور، فرآیند دستیابی به توسعه را تسهیل کند. هدف از این پژوهش نیز، بررسی و واکاوی ارتباط میان این اجزا در دستیابی به توسعه اقتصادی درون‌زا در سطح منطقه موردپژوهش است. از این‌رو پس از آن‌که در بخش نظری پژوهش، ذیل متغیرهای اصلی کارآفرینی منطقه‌ای یعنی سرمایه‌ی انسانی و دانش جدید، معیارها و شاخص‌هایی از منابع متعدد احصاء گردید؛ با بهره‌جویی از روش‌هایی نظیر روش PLS و معادلات ساختاری و با تکیه بر داده‌های آماری موجود و گردآوری‌شده ذیل شاخص‌ها در سطح موردپژوهی یعنی شهرستان‌های استان تهران، روابط موجود میان شاخص‌ها با یکدیگر، شاخص‌ها با متغیرها و متغیرهای مستقل و میانجی با متغیر وابسته از طریق دستیابی به مدل اندازه‌گیری پژوهش تحلیل شده؛ و در آخر، مدل ساختاری پژوهش، نقش مهم کارآفرینی به‌عنوان یک کاتالیزور و میانجی در توسعه‌ی درون‌زای منطقه‌ای را نشان می‌دهد.

**Key words:** Regional entrepreneurship, Regional economic development, Regional endogenous development, Province of Tehran.

**واژگان کلیدی:** کارآفرینی منطقه‌ای، توسعه‌ی اقتصادی منطقه‌ای، توسعه‌ی درون‌زای منطقه‌ای، استان تهران.



ما را در فضای مجازی دنبال کنید  
دسترسی سریع به صفحات مجازی شرکت مترا







مهندسين مشاور توسعه راه آهن ايران (مترا)

۰۲۱۲۶۷۴۰۷۳۱ - ۲۶۷۴۰۷۵۱  
www.Metraconsultant.com  
info@metraconsultant.com  
نشانی: تهران، خیابان سعادت آباد، بالاتر  
از میدان شهید طهرانی مقدم (کاج)،  
خیابان ششم، پلاک ۲۳، ساختمان برلیان