



# گزارش کارآموزی

محل کارآموزی:

ایستگاه متروی میدان نسیمیه ( $F_3$ )

استاد راهنما:

جناب آقای دکتر بنی هاشم

دانشجو:

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



## فهرست

۴	مقدمه
۵	مشخصات پروژه
۶	مشخصات فنی پروژه
۷	موقعیت و شرایط کارگاه
۱۰	خاکبرداری
۱۳	شاتکریت
۱۵	عایق کاری
۱۸	سازه نگهبان
۲۱	سازه نگهبان شفت مرکزی
۲۴	سازه نگهبان زیرزمینی
۲۷	پی
۳۰	دیوار
۳۴	سقف
۳۷	کرادر
۴۱	گزارش کار کارگاه
۴۲	مشکلات در حین کار
۴۴	نتیجه گیری



## مقدمه

امروزه با گسترش شهرها و جمعیت مناطق شهری، مشکلات ناشی از ازدحام و تراکم افراد از یکطرف و نیاز به گسترش خدمات حمل و نقل ریلی از سوی دیگر سبب شده است تا استفاده از فضاهای زیرزمینی و خصوصاً مترو بعنوان یکی از گزینه‌های مناسب مطرح باشد. از مزایای قطار شهری (مترو) می‌توان به حجم بالای جابجایی مسافر، عدم تداخل با سازه‌های سطحی و ترافیک شهری، عمر مفید نسبتاً بالای آن، ایمنی بسیار خوب سازه تونل در برابر زلزله و حوادث غیرمترقبه، کاهش آلودگی هوا، برقراری ارتباط مناسب و مستقیم بین مراکز مسکونی و مراکز کار و خرید، افزایش سرعت ترافیک روستحی با کاهش تعداد سفرهای درون شهری و ... اشاره نمود.

یکی از نشانه‌های پیشرفت هر کشوری توسعه خطوط حمل و نقل می‌باشد. در درون شهرها با توجه به ازدحام جمعیت و از آن مهمتر محدود بودن زمین قابل تردد باعث شد تا کارشناسان به فکر راه حل‌هایی برای حمل و نقل مردم انجام دهند. یکی از راه حل‌هایی که مورد استقبال چشمگیر قرار گرفت استفاده از خطوط زیرزمینی یعنی مترو بود. به طور کل یکی از معیارهای پیشرفت و مقایسه هر کلان شهری در جهان خطوط حمل و نقل ریلی یعنی همان مترو می‌باشد.

امروزه در تمام نقاط جهان از فضای ایستگاه‌های مترو به عنوان یکی از مهمترین گذرگاه‌های عمومی برای ارائه خدمات و امر پیام‌رسانی فعالیت‌های بازرگانی و معرفی محصولات صنایع و بنگاه‌های خدمات‌رسانی به شیوه‌های مختلف استفاده مطلوب به عمل می‌آید و با توجه به پتانسیل‌های چشمگیر مترو نظیر حمل و نقل سبز، ایمن، سریع، ... همراه با آرامش و توسعه روزافزون شبکه و افزایش تردد قطارها، میزان استقبال شهروندان از این شبکه رو به افزایش بوده و پیوسته از رشد چشمگیری برخوردار می‌باشد.

از مهمترین مزایای استفاده از مترو می‌توان موارد زیر را نام برد:

- ❖ امکان انجام سفرهای درون شهری و ارتباط حومه با مرکز تهران با سرعت مناسب
- ❖ تردد دقیق و ایمن با بالاترین فناوری ممکن
- ❖ توجه به مسائل زیست محیطی با کاستن از حجم شبکه‌های حمل و نقل آلوده کننده
- ❖ ایجاد و گسترش فرهنگ نظم با توجه به ارزش بالای وقت در زندگی روزمره شهروندان
- ❖ ایجاد فضای اجتماعی آرام و آسوده
- ❖ صرفه جویی در مصرف سوخت
- ❖ کاهش تصادفات
- ❖ صرفه جویی در اتلاف وقت
- ❖ صرفه جویی در هزینه درمان و نظافت ناشی از آلودگی هوا
- ❖ صرفه جویی در هزینه مصرف لوازم یدکی و استهلاک خودروها
- ❖ مترو گامی در توسعه پایدار شهرها



## مشخصات پروژه

❖ پروژه: ایستگاه متروی منیریه (خط ۳)



❖ نام کارفرما: راه آهن شهری تهران و حومه (مترو)

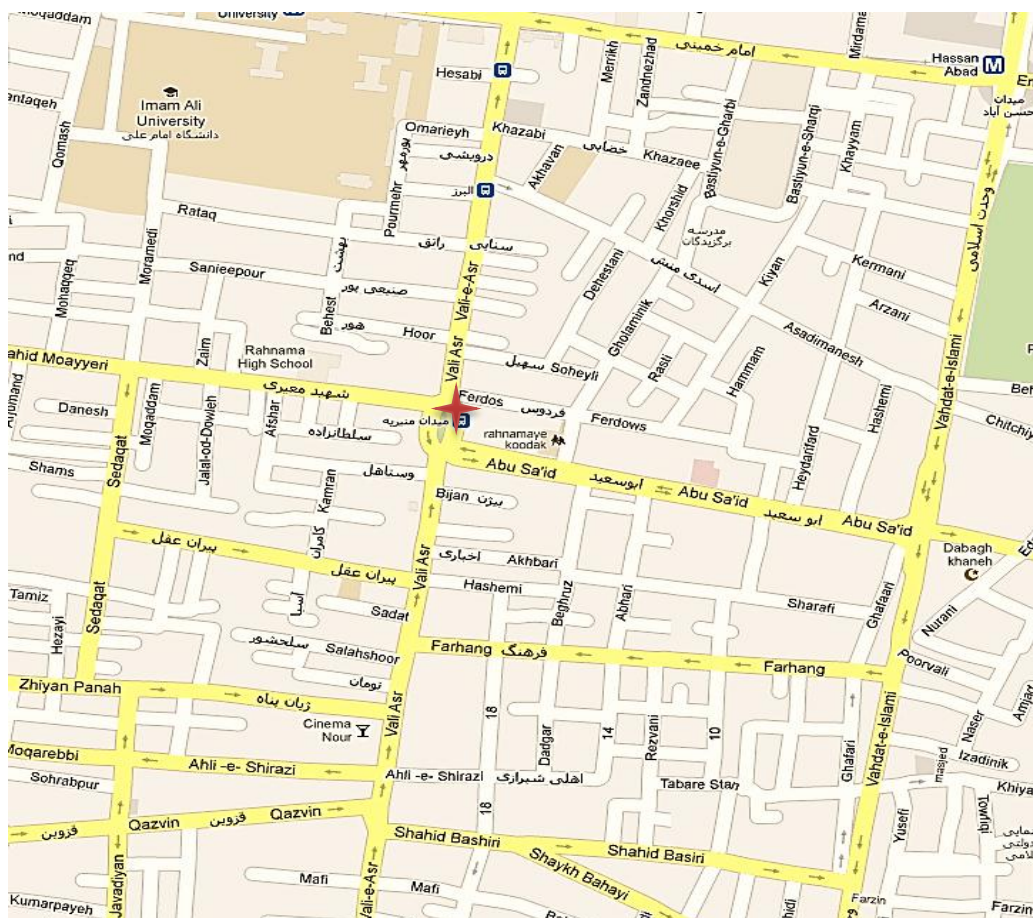
❖ مدیریت طرح: مهندس مشاور پژوهش

❖ مهندسين مشاور: مهندسين مشاور بادبند

❖ نام پیمانکار: شرکت آهاب

❖ قرارداد ساخت ایستگاه متروی میدان منیریه از نیمه دوم سال ۱۳۸۸ به مدت چهار سال به شماره قرارداد ۱۲۰۹۸/۸۱۱ کلید خورد.

❖ ایستگاه متروی منیریه در میدان منیریه در خیابان ولی عصر (عج) تهران در محدوده مرکزی شهر واقع شده است. ایستگاه متروی منیریه در خط سه مترو تهران واقع شده است. خط سه متروی تهران که یکی از مهمترین خطوط اصلی از خطوط ۷ گانه متروی تهران به شمار می‌رود، به طول ۳۵ کیلومتر و دارای ۲۸ ایستگاه از بزرگراه ایت الله سعیدی در جنوب غربی تهران تا شهرک شکوفه در شمال شرقی تهران ادامه دارد.



## مشخصات فنی پروژه

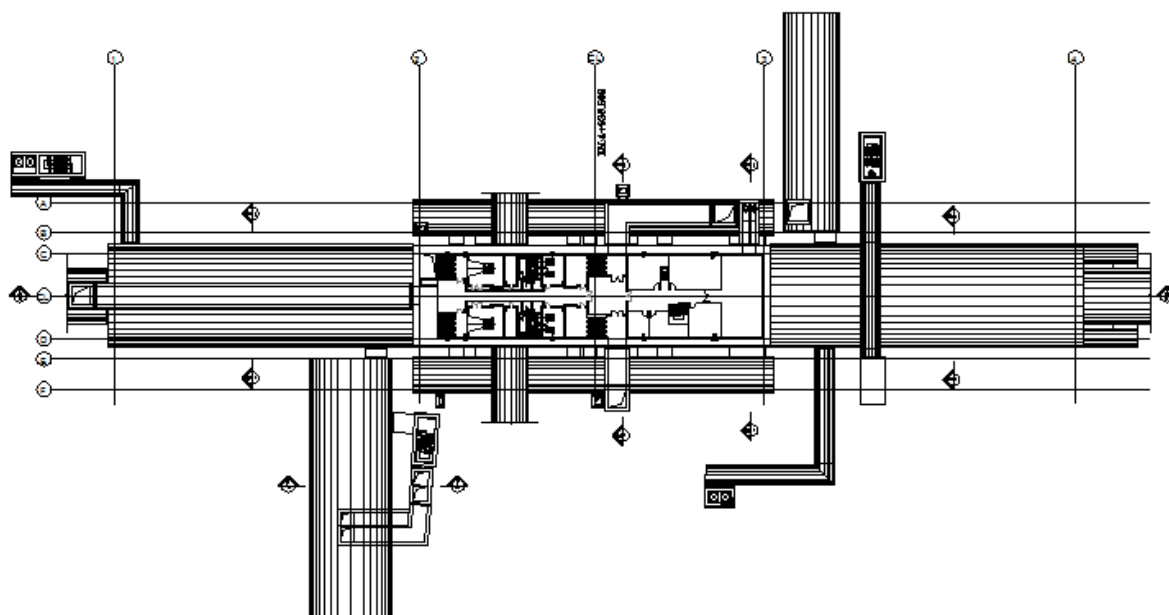
پروژه در مرحله سازه و سازه نگهبان و شروع نازک کاری می باشد. مجموعه سازه پروژه ایستگاه متروی منیریه از چهار قسمت تشکیل شده است:

- قسمت اول: ورودی به ایستگاه
- قسمت دوم: هوارسان یا هواساز ایستگاه مترو
- قسمت سوم: سالن بلیط فروشی
- قسمت چهارم: محل عبور قطار شهری

ایستگاه متروی منیریه از لحاظ سازه ای ، ایستگاه  $F_3$  نامگذاری شده بود. سازه اصلی ایستگاه  $F_3$  به صورت ترانشه باز و الباقی به صورت تونل و در داخل زمین با حفاری هایی احداث می شود.

سازه ایستگاه  $F_3$  از موارد زیر تشکیل شده است:

۱-ورودی شرقی ۲- ورودی غربی ۳- شفت تهویه هواساز ۴- پله فرار ۵-ورودی معلولین ۶-نگهبانی و کنترل ۷- دروازه کنترل معلول ۸- سرویس بهداشت معلول ۹-آسانسور معلول ۱۰- شفت دهه پست کشش ۱۱- شفت مکش پست کشش ۱۲- شفت مکش تهویه چهارم ۱۳- شفت مکش تهویه چهارم ۱۴- محوطه عبور قطار ۱۵- تونل ۱۶- تونل تاسیساتی ۱۷- داکت اتاق هواساز نیم تونل شمالی ۱۸- اتاق هواساز نیم تونل شمالی ۱۹- کانال انتقال هوا به نیم تونل شمالی ۲۰- شفت انتقال هوا به نیم تونل شمالی ۲۱- فضای نیم پله برقی سکوی شرقی ۲۲- فضای نیم پله برقی سکوی غربی ۲۳- اتاق مخزن و ذخیره آب ۲۴- اتاق توزیع برق ۲۵- اتاق ارتفاع حریق ۲۶- آسانسور و...  
پلان ایستگاه به صورت کلی به قرار زیر می باشد:





## موقعیت و شرایط کارگاه

تجهیز کارگاه در کارگاههای عمرانی جزء اولین کارهایی است که آغاز می شود. تجربه ثابت کرده است کسانی می توانند در این قسمت از پروژه موفق باشند که با نوع کاری که قرار است در آن پروژه استارت بخورد کاملاً آشنا باشند. تهیه نقشه های مربوط به برپا کردن کارگاه که در قالب نقشه تجهیز کارگاه ارائه می شود در این زمینه راهگشا می باشد. معمولاً احداث راههای دسترسی - انبارها - محل اسکان کارکنان پیمانکار - دفاتر مربوط به کارفرما و مشاور و پیمانکار جزء کارهای با اولویت می باشد. در کارگاههای بزرگ نیز احداث آشپزخانه و سالن غذا خوری از ضروریات می باشد که مورد توجه قرار می گیرد. نکته قابل توجه که در طراحی نقشه مربوط به تجهیز کارگاه باید چیدمان و استقرار دفاتر و ماشین آلات به نحوی باشد که بتوان بیشترین بهره را از فضا و زمان بدست آورد و تأسیسات احداثی به گونه ای باشند که در روند احداث پروژه نه تنها به مانع تبدیل نشوند بلکه در صورت امکان بتوان در مدت بهره برداری نیز از آنها استفاده کرد.

کارگاه ایستگاه میدان منیره ( $F_3$ ) خط سه متروی تهران دارای شرایط ویژه ای دارد. این کارگاه به دلیل وجود در یکی از مراکز حساس شهر و از مناطق پر رفت و آمد شهر تهران می باشد. به همین دلیل با مشکل کمبود فضای کار و راه اندازی کارگاه مواجه بود. پروژه هایی همچون این ایستگاههایی، پروژه های خاص می باشند و احتیاج به فضای کافی برای راه اندازی کارگاه می باشند ولی به خاطر شرایطی که در بالا ذکر گردید، از فضای محدودی برای کارهای عمرانی برخوردار بود. همانطور که در عکس مشاهده می شود، تنها خود فضای قبلی میدان مورد استفاده قرار گرفت.



همانطور که در شکل هم مشاهده می‌شود، به خاطر محدودیت مکانی حتی برای دفاتر فنی و دفتر مهندسين و سرپرست کارگاه از کانکس‌هایی به صورت موقت استفاده می‌شد. از جمله کسانی که در کارگاه مستقر بودند، ناظر کارفرما بود که شرایط کار را مورد بازرسی و نتایج کلی و درصد پیشرفت کار را گزارش می‌کرد. یکی دیگر از ناظرین مستقر در کارگاه، ناظر مشاور بود که به کارهای انجام شده توسط پیمانکار رسیدگی می‌کرد. همچنین ارائه نقشه‌های سازه ای از طرف مشاور طرح به پیمانکار بود. کارگاه به صورت کلی توسط سرپرست کارگاه اداره می‌شد که وظیفه آن هماهنگی بین عوامل انجام دهنده کارها و همچنین پیشبرد کار بود. کارهای اجرایی توسط مهندسين اجرایی کنترل و هماهنگ می‌شد. همچنین دفتر فنی متشکل از مهندسين باتجربه وظیفه برداشت کارهای روزانه و تهیه صورت وضعیت‌ها، چک کردن نقشه‌های اجرایی و اعمال آنها به مهندسين اجرایی برای پیشبرد کار بود. همچنین این گروه وظیفه داشتند تا اگر مشکل فنی در کارگاه پیش آمد، شرایط و نقشه‌ها با هماهنگی از مشور به صورت استاندارد عوض کنند و دوباره برای اجرا شدن به مهندسين اجرایی عودت دهند. در جدول زیر تمام نیروهای انسانی همچنین تمام ابزار و دستگاه‌های مورد استفاده در این پروژه به تصویر کشیده شده است.





ماشین آلات و تجهیزات				
نوع دستگاه	تعداد	واحد	فعال	غیر فعال
بیل مکانیکی	۱	دستگاه	۱	۰
لودر	۲	دستگاه	۲	۰
کامیون کمپرسی	۶	دستگاه	۶	۰
تراک میکسر	۰	دستگاه	۰	۰
بابت	۰	دستگاه	۰	۰
پمپ (زهکش)	۱	دستگاه	۱	۰
پمپ بتن	۱	دستگاه	۰	۱
پمپ شات کریت	۲	دستگاه	۰	۲
ویبراتور	۱	دستگاه	۰	۱
کمپرسور	۲	دستگاه	۲	۰
جرتقیل دروازه ای	۱	دستگاه	۱	۰
جرتقیل ۵۰ تن	۱	دستگاه	۱	۰
بچینگ پلانت	۰	دستگاه	۰	۰
سیلو ۶۰ تن	۱	دستگاه	۱	۰
تانکر ۲۰۰۰۰ لیتری	۱	دستگاه	۱	۰
تانکر ۶۰۰۰ لیتری	۱	دستگاه	۱	۰
چکش (پیکور) بادی	۱۳	دستگاه	۴	۹
چکش (پیکور) برقی	۱	دستگاه	۱	۰
بالابر	۹	دستگاه	۰	۹
ست خم و برش آرماتور	۲	دستگاه	۲	۰
رکتیفایر	۳	دستگاه	۳	۰
موتور جوش	۳	دستگاه	۳	۰
جت فن	۲	دستگاه	۱	۱
هواپاش	۳	دستگاه	۱	۲
تریلی کفی	۰	دستگاه	۰	۰
دوربین توتال	۱	دستگاه	۰	۱
تیفور	۲	دستگاه	۰	۲
چین بلاگ	۳	دستگاه	۱	۲
دریل واگن	۱	دستگاه	۰	۱
مخلوط کن سیمان	۱	دستگاه	۰	۱
دوربین توتال (سابیر)	۰	دستگاه	۰	۰
هواپاش (سابیر)	۱	دستگاه	۱	۰
رکتیفایر (سابیر)	۳	دستگاه	۳	۰

نیروی انسانی		
شرح	شیفت روز	شیفت شب
سرپرست کارگاه	۱	۰
مهندس اجرایی	۳	۱
مهندس دفتر فنی	۷	۰
مهندس نقشه بردار	۱	۰
کمک نقشه بردار	۱	۰
HSE	۱	۰
امور اداری	۲	۰
انباردار	۲	۰
برق و تاسیسات	۳	۰
مسئول ماشین آلات	۰	۰
سر کارگر	۰	۰
نگهبان	۱	۱
آبدارچی	۲	۰
کارگر ساده	۴	۲
اکوپ بتن ریز	۰	۰
جوشکار	۱	۰
اپراتور پمپ	۰	۰
اپراتور جرتقیل دروازه ای	۱	۱
اپراتور جرتقیل ۵۰ تن	۲	۰
اپراتور بچینگ	۰	۰
راننده	۲	۷
اسکلت کار فلزی	۲	۰
پیمانکار عایق کاری و ...	۰	۰
اکوپ حفار	۱۲	۲
حفاری و تزریق	۰	۰
آرماتور بند، قالب بند، داربست بند	۲۹	۰
جمع کل	۷۷	۱۴
شرکت سابیر بین الملل		
سرپرست	۱	۰
نقشه بردار	۰	۰
کمک نقشه بردار	۰	۰
استاد کار	۱	۰
کارگر ساده	۶	۰
جمع کل	۸	۰



## خاکبرداری

آغاز هر کار عمرانی با خاکبرداری شروع میشود. لذا آشنایی با انواع خاک برای افراد الزامی است. خاکبرداری ( برداشت سطحی خاک ) و گود برداری ( برداشت خاک بطور عمیق ) یک کار تخصصی بوده که دارای ابزارها و روشهای اجرایی خاص خود میباشد. مهندسين متخصص در این زمینه علاوه بر دانش نحوه اجرای خاکبرداریهای تخصصی به مهارتهایی برای تثبیت خاک های جانبی و ساختمانهای مسکونی جانبی زمین از قبیل اجرای سازه های نگهدارنده نیز باید مسلط باشند تا بتوانند تا در عمق های زیاد به گود برداری اقدام کنند. تنوع سازه های نگهدارنده و شیوه های مختلف تثبیت خاک کاری تخصصی میباشد که لازمه دیدن دوره های دانشگاهی مرتبط و نیز کارهای اجرایی و تجربیات خاص خود میباشد.

در گودبرداریهای حجیم مانند پروژه ایستگاه  $F_3$ ، بادذ دقت عمل بسیاری انجام داد تا علاوه بر پیشرفت کار و انجام اصولی گودبرداری طبق نقشه های اجرایی، حفظ جان افراد و ایمنی مدنظر قرار گیرد. به طور معمول در کشور ما گودبرداری را آنطور که باید مورد توجه قرار نمی گیرند. لذا شاهد حوادثی از قبیل گودبرداری غیر اصولی و به طبع ریزش آن و در حوادثی باعث صدمه دیدن جان افراد و حتی موجب مرگ افراد می شود.

در پروژه های گودبرداری مترو باید دقت عمل زیادی به عمل آید تا صدمات نبشی از گودبرداری به حداقل برسد. لذا باید از موارد ایمنی توجه شود.

همانطور که مشخص است گودبرداری در بیشتر موارد باید با استفاده از ماشین آلات مخصوص خاکبرداری انجام شود و در مواردی که ماشین آلات توانایی انجام کار را ندارند، با استفاده از ابزار دستی و ساده خاکبرداری انجام می شود تا به ترازهای مورد نظر پروژه رسید.

ماشین هایی که در این پروژه قابل استفاده بودند می توان از لودر و بیل مکانیکی نام برد که هر کدام را می توان به اختصار در زیر توضیح داد:

**بیل مکانیکی:** از ماشین سنگین عمرانی و مهندسی است که شامل بازوی مفصلی، باکت و کابین گردان در قسمت بالا و زنجیر و یا چرخ لاستیکی در زیر می باشد. این ماشین ارتقاء یافته بیل های بخار است. از قابلیت های این ماشین می توان به نصب چکش که بسیار پرکاربرد است اشاره کرد. نصب چکش برقی یا پنوماتیک بجای باکت این دستگاه، این امکان را فراهم می کند که سطوح و احجام سنگی یا بتونی را که بنا به دلایلی نمی توان با مواد منفجره تخریب کرد، به وسیله مجموعه این دو وسیله (بیل و چکش) تخریب نمود. لازم به ذکر است به دلیل حجم کم باکت و هزینه های بالای نگهداری، برای خاکهای نرم و با حجم زیاد لودر وسیله اقتصادی تر و مناسب تری است.



**لودر:** لودر یکی از کاربردی ترین ماشین آلات ساختمانی و عمرانی است. این ماشین به دلیل عملکرد و انعطاف پذیری زیادی که دارد و نیز با کمک تغییر جام می تواند بسیاری از کارها را انجام دهد. لودر موارد استفاده بسیاری دارد که برخی از آنها عبارتند از ایجاد خاکریزها، حفاری زیرزمین بناها، پرکردن خندقها، خاکریزی اطراف لوله های کار گذاشته شده در کانالها، بارکردن کامیونها، حمل بتن به محل قالبها و بلند کردن و حمل مصالح ساختمانی. به ماشین لودر می توان انواع ملحقات نظیر برف روب، روب، کانال کن، لوله بر، لوله گذار، جرثقیل لیفت تراک را نصب کرد و کاربردهای دیگری از آن گرفت.

انواع لودر:

#### ۱) لودر چرخ لاستیکی:

این لودرها در اقسام خیلی بزرگ ساخته میشود. چرخهای بزرگ لاستیکی به این نوع لودرها قدرت تحرک و سرعت فراوانی می بخشد. فشار وارده بر زمین توسط این لاستیکها کم بوده و میتوان این فشار را با تغییر میزان باد لاستیکها تغییر داد باین همه درزمنیهای دارای سنگهای تیزامکان آسیب این لاستیکها وجود دارد. درضمن در زمینهای خیس و گل آلود نیز کار کردن با لودر چرخ لاستیکی مشکل است البته زنجیرهای سیمی مخصوص جهت حفاظت لاستیکها وجود دارد که میتوان برای ازدیاد اصطکاک لاستیکها با سطح زمین آنها را به کاربرد نوعی از لاستیکهای جدید ساخته شده اند که دارای عاجهای خیلی ضخیمی هستند و میتوانند در مناطق سنگی کار کنند این لودرها بر دو نوع معمولی و کمرشکن هستند.

#### ۲) لودر زنجیری:

لودرهای چرخ زنجیری مانند لودرهای چرخ لاستیکی عمل می کنند. با این تفاوت که فشار کمی که بر زمین وارد می کنند باعث میشود که لودرهای با چرخ زنجیردار بتوانند در زمینهایی کار کنند که قابل استفاده برای لودرهای لاستیک در نیستند اصطکاک زیاد آنها با زمین باعث می شود که بتوانند نهایت استفاده را از قدرت موتور درکندن زمین بنمایند و چون زنجیر دارند هنگام کار در مناطق دارای سنگهای تیز خطر پاره شدن لاستیک وجود ندارد. لودرهای زنجیردار قادر به حرکت بر روی سطوحهای باریک جانی ۳۵٪ میباشد در صورتی که این رقم برای لودر چرخ لاستیکی ۱۵٪ است همچنین لودر زنجیردار میتواند از شیب ۶۰٪ بالا برود در حالیکه این رقم برای لودر لاستیک دار به حدود ۳۰٪ محدود میشود سرعت لودر زنجیردار خیلی کمتر از لودر لاستیک دار بوده به همین علت در مواردی که فاصله حمل مواد و بازگشت به محل بارگیری زیاد باشد راندمان این ماشین نسبت به نوع لاستیک دار پایین است.



## ایمینی در گودبرداری

یکی از مواردی که در خاکبرداری باید بسیار مورد توجه قرار گیرد و رابطه مستقیمی با جان افراد دارد، ایمینی می باشد. ایمینی از لحاظ های متعددی باید مورد توجه قرار گیرد.

موارد ایمینی مربوط به گودبرداری را می توان در سه دسته عمده زیر قرار داد:

- ایمینی کارکنان داخل و اطراف گود و عابران و وسایل نقلیه در مقابل ریزش گود
- خطر آسیب دیدگی و تخریب ساختمان های مجاور گود
- خطر آسیب دیدگی تاسیسات و شریان های شهری در اثر گودبرداری

یکی از ایمینی های مورد توجه اجرای سازه نگهدارنده است. همانطور که مشخص است خاک خاصیت ریزشی دارد و باید در گودبرداری های بیش از مقدار مشخص، سازه نگهدارنده به طور اصولی اجرا شود تا به طور فزاینده ای بتوان از ریزش خاک جلوگیری به عمل آید. همچنین از مواردی که در جلوگیری از ریزش خاک جلوگیری به عمل می آید، اجرای شاتکریت با استفاده از مش بندی می باشد که نحوه اجرای سازه نگهدارنده و انجام شاتکریت برای هر قسمت از سازه ایستگاه در قسمت های بعدی به طور مفصل شرح داده شده است.

در قسمت های که ماشین آلات راه سازی نمی تواند کاری انجام دهد یعنی به دلیل محدودیت مکانی یا موارد دیگر توانایی کار در قسمت مورد نظر را ندارد (مانند LPS ها، گالری ها، شمع ها و ...)، باید گودبرداری به صورت سنتی و با استفاده از وسایل ساده (مانند بیل، کلنگ، و...) انجام شود. در چنین مواردی باید افرادی که در قسمت های حفاری دستی کار می کنند از وسایل ایمینی مخصوصی استفاده کنند تا در هنگام بروز حوادث حداقل خسارت به افراد برسد. از وسایلی که می توان نام برد، کلاه ایمینی می باشد. در چنین پروژه هایی که حجم کار بالا می باشد، حتما باید از کلاه ایمینی مناسب و استاندارد مورد استفاده قرار گیرد تا حساس ترین قسمت بدن انسان به خوبی مورد حفاظت قرار گیرد. همچنین در خاکبرداری هایی که به صورت دستی و سنتی استفاده می شود، باید از کمربند ایمینی که به بیرون با استفاده از طناب مخصوصی متصل است استفاده کرد تا در هنگام ریزش خاک جان افراد را نجات داد.



## شاتکریت (بتن پاشیده)

همانطور که در قسمت خاکبرداری و گودبرداری نیز اشاره شد، برای جلوگیری از ریزش دیواره‌های خاک و ایمنی در هنگام خاکبرداری از شاکتریت استفاده می‌کنند. شاکتریت را می‌توان وسیله‌ای بسیار مؤثر، پایا و اقتصادی برای کنترل زمین، کارهایی نظیر مرمت و بازسازی سازه‌های بتنی و ساختمان‌های قدیمی، ساخت پوشش‌های بتنی نگهداری اولیه در تونل‌سازی، پایدارسازی شیب‌های سنگی و خاکی و پایدارسازی بسیاری از سازه‌های زیرزمینی دانست. همچنین شاکتریت را می‌توان به عنوان ملات یا بتنی که با سرعت بالا توسط هوای فشرده روی یک سطح پاشیده می‌شود تعریف کرد. شاکتریت برای نگهداری زمین در تونل‌سازی و معدنکاری ایده‌آل است چرا که یک نگهداری سریع پس از حفاری و مقاومت زودرس مناسب، که باعث می‌شود به زمین اجازه‌ی جابه‌جایی را بدهد، ایجاد می‌کند. از جمله مزیت‌های شاکتریت عدم نیاز به قالب بندی یا قالب بندی بسیار کم نسبت به سایر روش‌های نگهداری، مناسب برای سطوح نامنظم و امکان حمل مواد برای محل‌های با دسترسی مشکل می‌باشد.

در هر قسمت از گودبرداری از پروژه باید بعد از عملیات خاکبرداری دیواره‌ها را توسط شاکتریت مهار کرد.

بتن پاشیده نام کلی است برای ملات یا بتن حاوی سیمان، ماسه و مصالح با دانه بندی مناسب که با هوای فشرده تحت سرعت بالا روی سطح پاشیده می‌شود. بتن پاشیده را می‌توان به دو دسته‌ی کلی از نظر روش اختلاط تقسیم کرد:

- شاکتریت مخلوط مرطوب (تر)
- شاکتریت مخلوط خشک

### مش

برای اینکه بتن پاشیده در هنگام پخش با جداری خاک به خوبی اتصال یابد و همچنین برای برای جبران ضعف تنش کششی بتن، ابتدا از مش بندی استفاده می‌کنند. این مش‌ها قبل از شروع کار با توجه با اندازه و نوع آن به کارخانه‌های مخصوص سفارش داده می‌شود. مش‌ها از میلگردهایی که به صورت شبکه می‌باشد تهیه شده‌اند. فواصل میلگردها در مش‌ها به چشمه معروف است.

در این پروژه از مش‌هایی با میلگردهای  $\Phi 8$  و با چشمه ۱۰ سانتیمتری استفاده می‌شد.



## نحوه اجرای شاتکریت

بعد از اجرای کامل عملیات خاکی در هر قسمت، ابتدا شروع به نصب مش‌ها به جداره خاک می‌کنند. این عمل را به اصطلاح مش‌بندی می‌گویند. بعد از اتمام مش‌بندی عملیات شاتکریت انجام می‌شود. طی این عملیات، ماشین مخصوص شاتکریت، مخلوط بتون را که از طریق شیلنگهای لاستیکی حمل شده و با استفاده از هوای فشرده با سرعت زیاد به سطح مورد نظر پاشیده می‌شود.

بتن استفاده شده در فرآیند شاتکریت که دارای مخلوطی از آب و سیمان و مصالح سنگی می‌باشد، از روانی بیشتری نسبت به دیگر بتن‌های ساده را دارا می‌باشد. ماشین‌های مخصوص شاتکریت از پمپ‌های مخصوصی برخوردار هستند که این پمپ‌ها با فشار زیادی که تولید می‌کنند وظیفه حمل و پاشیدن بتن را به جداره خاک بر عهده دارند. ضخامت شاتکریت‌ها معمولاً ۱۰ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود. تا در هنگام پاشیدن بتن به جداره خاک، به خوبی مش‌ها در داخل بتن محفوظ شوند تا درگیری مناسبی بین بتن و مش‌ها به عمل آید.

در شکل زیر نمونه‌ای از انجام شاتکریت در این پروژه به تصویر کشیده شده است:



## عایق کاری

یکی از مشکلات اساسی که در اکثر سازه ها به چشم می خورد مشکل نم و رطوبت می باشد که در بعضی مواقع خسارات جبران ناپذیری را به سازه ها و ساختمان وارد می نماید و یکی از راهکارهای مقابله با آن عایقکاری رطوبتی می باشد. عایق کاری نقش بسیار مهمی در برای جلوگیری از نفوذ نم رطوبت به داخل سازه دارد.

در پروژه های مترو به دلیل اینکه در زیر زمین ساخته می شود به طبع بیشتر از سازه های معمولی به دلیل وجود آب های زیرزمینی، مورد نفوذ رطوبت می باشد. ایستگاه متروی میدان منیریه هم از این مورد استثنای نمی باشد. در چنین مواردی باید به امر عایق کاری به خصوص عایق کاری رطوبتی بیشتر توجه کرد. به دلیل وجود آب های زیرزمینی اگر هرچقدر هم سازه ای محکم و استاندارد هم احداث کنیم اگر عایق کاری به صورت مناسب صورت نگیرد، سازه به صورت اساسی مورد مشکل قرار می گیرد و تمام زحمات به نوعی به هدر می رود. پس باید در این گونه سازه های حساس عایق بندی انجام داد تا در آینده به مشکل برنخوریم. اگر در آینده سازه از لحاظ عایق بندی مشکل داشت و باعث تخریب یا آسیب رساندن به سازه شد، انجام عملیات بازسازی مشکل خواهد بود. بنابراین نباید در این امر کوتاهی کرد.

در پروژه ایستگاه  $F_3$  بنا به دلایلی که در بالا ذکر شد و همچنین شرایط خاص پروژه نمی توان از عایق بندی های رطوبتی که به طور معمول (مانند قیرگونی یا ایزوگام و ...) استفاده کرد. لذا باید از موادی که دارای انعطاف پذیری بالا و ایمن تر و همچنین دارای استحکام بیشتری هستند، مورد استفاده قرار گیرد. به طور کل در این سازه از دو نوع عایق بنا به شرایط و موقعیت خاص هر کدام مورد استفاده قرار می گیرد که هر کدام در زیر با موارد استفاده از آن ها شرح داده می شود.

## عایق کاری با نمد و PVC

این عایق کاری در بیشتری از موارد مورد استفاده قرار می گیرد. به طور کل می توان گفت که عایق اصلی در کل سازه عایق کار با نمد و PVC می باشد. این عایق از سه لایه می باشد که هر کدام به طور جداگانه به محل کارگاه آورده شده و مورد استفاده و نصب می شود. عایق مورد نظر از سه لایه بر روی هم تشکیل شده است که دو لایه از نمد در طرفین یک لایه از PVC را احاطه کرده اند.

### نحوه استفاده از عایق کاری با نمد و PVC:

نحوه کار به این صورت است که ابتدا در مکانی که قرار است این عایق مورد استفاده قرار گیرد، یک لایه از نمد پهن می کنند. سپس بعد از نمد یک لایه از PVC را بر روی نمد پهن می کنند. بعد از انجام این کار با استفاده از





اتوی مخصوصی که بر روی PVC قرار می‌دهند، این دو لایه را به متصل می‌کنند. سپس د لایه سوم که دوباره از خود نم‌د می‌باشد را بر روی PVC پهن کرده و مانند قبل با استفاده از اتو نم‌د را داغ کرده و به لایه می‌چسبانند.

### موارد استفاده از عایق کاری با نم‌د و PVC:

همانطور که در ابتدا هم ذکر شد از این نوع عایق در بیشتر موارد مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طور کل در هر قسمت از سازه که با خاک اطراف در ارتباط باشد، در ابتدا از این عایق استفاده می‌شود. تقریباً در سه قسمت مورد استفاده قرار می‌گیرد که به شرح زیر هستند:

- ❖ در کف زمین قبل از اجرای بتن مگر
- ❖ در جداره‌های دیوارها قبل از اجرای دیوارهای سازه
- ❖ در داخل سازه زیرزمینی در قسمت روی سقف سازه

### آب بندی با استفاده از واتراستاپ

در هنگام اجرای سازه به دلیل حجم عملیات بالا نمی‌توان کل سازه را به یکباره اجرا کرد. بنابراین سازه را در هر قسمت اجرا کرده و بعد شروع به انجام مراحل بعدی می‌کنند. واضح است که در هنگام اجرای قسمت بعدی از سازه، بین دو قسمت یک درزی ایاد می‌شود که به خاطر عوامل اجرایی، به درز اجرایی معروف است. این درزها به خصوص در سازه‌های زیرزمینی مانند مترو، محل مناسبی برای نفوذ نم و رطوبت می‌باشند.

برای آب بندی یک سازه بتنی باید دو کار اساسی صورت بگیرد:

- ❖ آب بندی خود بتن توسط بتن مناسب
- ❖ آب بندی درزهای بتن توسط واتراستاپ

در قسمت‌هایی که به صورت ساده می‌باشند و یا مورد نفوذ رطوبت نمی‌باشند می‌توان برای جلوگیری از نفوذ رطوبت و آب‌های زیرزمینی از بتن استفاده کرد.

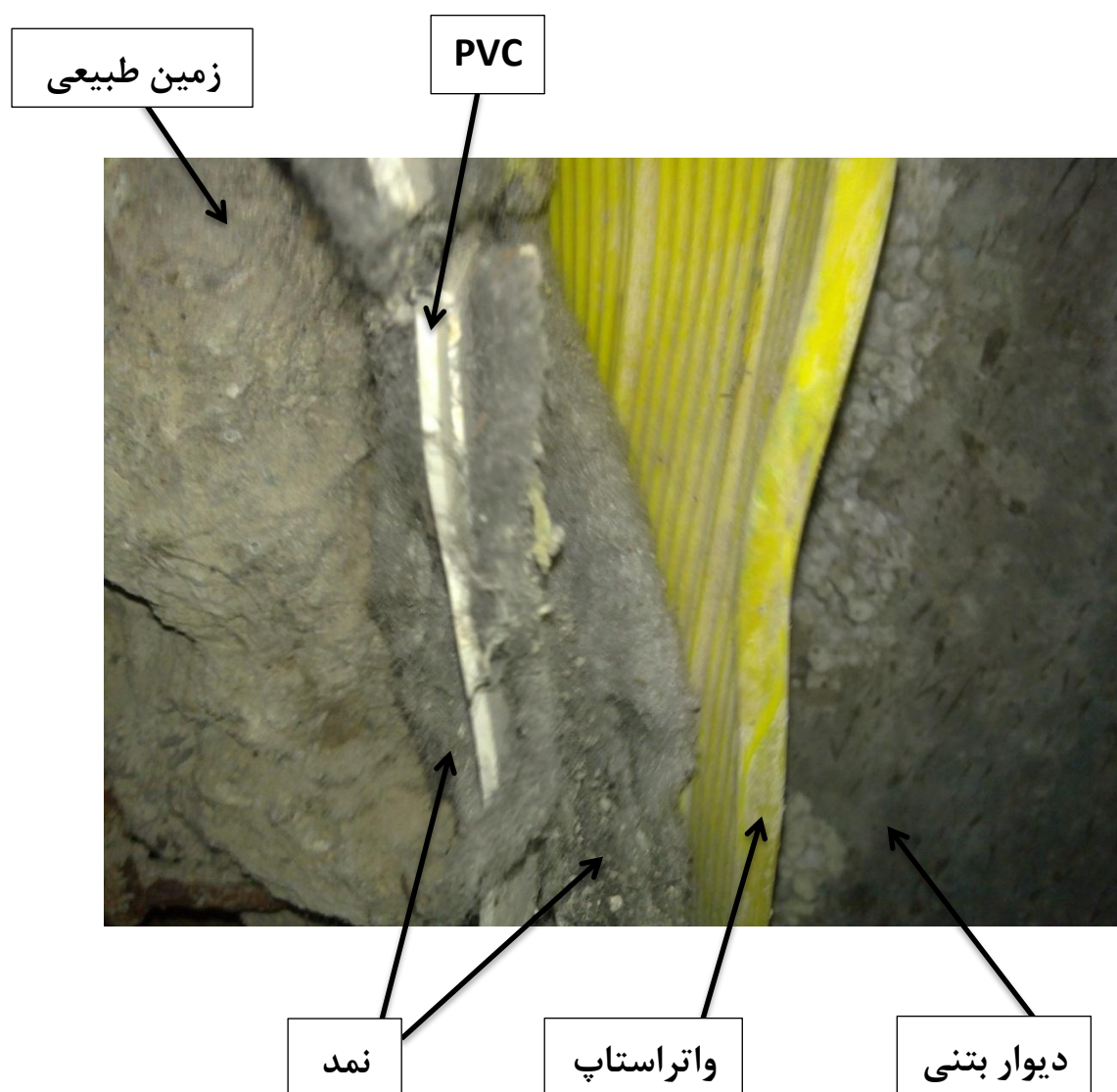
برای جلوگیری از ورود رطوبت و آب‌های زیرزمینی به سازه از ماده‌ای به شکل ورق به نام واتر استاپ استفاده می‌کنند. واتراستاپ‌ها معمولاً به صورت زرد رنگ می‌باشند.

کاربرد واتراستاپ‌ها برای آب بندی درزهای اجرایی و درزهای انبساط در سازه‌های بتنی آبی و یا سازه‌هایی که زیاد در معرض رطوبت هستند مانند مترو و سازه‌های زیرزمینی استفاده می‌شود. اهمیت واتر استاپ‌ها را در این گونه سازه‌ها می‌توان به مانند بادبند‌ها در سازه‌ها عنوان نمود. واتر استاپ طول مسیر جریان و حرکت آب را طولانی می‌کند تا آب نتواند نشت کند. ضخامت بتن بر اساس میزان نفوذ پذیری از آن جهت اهمیت دارد که اگر ضخامتش بیشتر از میزان نفوذ پذیری آب باشد تا آب از آن عبور نکند.



یکی از نکات در طراحی، عرض واتر استاپ است، که عمق نفوذ بیشتر از یک دور رفت و برگشت باشد. در این پروژه، از هر طرف از درز به اندازه ۳۰ سانتیمتر به اطراف کار گذاشته می‌شوند تا مانع از نفوذ آب و رطوبت به داخل سازه شوند. همه واتر استاپ‌ها آج دارند که باعث چسبندگی و افزایش طول مسیر آب می‌باشند و نوع آنها با توجه به نوع درز تعیین می‌شوند.

در شکل زیر یک نوع از عایق کاری با نمد و PVC همراه با واتر استاپ مشاهده می‌شود که در محل درز در اجرای دیوار واقع می‌باشند:



همانطور که در شکل بالا هم مشاهده می‌شود، در ابتدا عایق کاری با نمد و PVC انجام شده است و به خاطر اینکه در محل درز اجرایی می‌باشد، از واتر استاپ استفاده شده است.



## سازه نگهدار

در بسیاری از پروژه های عمرانی لازم است که زمین به صورتی خاکبرداری شود که جداره های آن قائم یا نزدیک به قائم باشد. این کار ممکن است به منظور احداث زیر زمین ، کانال ، منبع آب و .. صورت گیرد. فشار جانبی وارد بر این جداره ها ناشی از رانش خاک بر اثر وزن خود آن ، و نیز سر بار های (surcharge) احتمالی روی خاک کنار گود می باشد. این سربارها می توانند شامل خاک بالاتر از تراز افقی لبه ی گود ، ساختمان مجاور ، بارهای ناشی از بهره برداری از معابر مجاور و ... باشند. به منظور جلوگیری از ریزش ترانشه و تبعات منفی احتمالی ناشی از این خاکبرداری ، سازه های موقتی را برای مهار ترانشه اجرا می کنند که به آن سازه های نگهدار (structures; support systems retaining) می گویند.

اهداف اصلی ایمن سازی جداره های گود با استفاده از سازه های نگهدار عبارتند از : حفظ جان انسانهای خارج و داخل گود ، حفظ اموال خارج و داخل گود و نیز فراهم آوردن شرایط امن و مطمئن برای اجرای کار.

موضوع گودبرداری و طراحی و اجرای سازه های نگهدار در مهندسی عمران دارای گستره وسیعی است و نیاز به بررسی ها و مطالعات و ملاحظات ژئوتکنیکی، سازه ای ، مواد و مصالح، تکنولوژیکی و اجرایی و اقتصادی و اجتماعی دارد. در نتیجه می توان گفت که انتخاب روش مناسب بستگی به جمیع شرایط تأثیرگذار دارد و می توان در شرایط مختلف، به صورت های گوناگونی باشد. از سوی دیگر، تئوری ها و روش های اجرایی گود برداری و سازه های نگهدار، هم مبتنی بر اصول تئوریک و هم متأثر از ملاحظات اجرایی و تجربی، توأماً است.

پایدارسازی جداره های گودبرداری به صورتها و روشهای مختلفی صورت می گیرد که از جمله آنها به روشهای : مهار سازی (anchorage) ، دوخت به پشت (tie back) ، دیواره دیافراگمی (wall diaphragm) ، مهار متقابل (support reciprocal) ، اجرای شمع (piling) ، سپر کوبی (piling sheet) ، و اجرای خرپا (construction truss) اشاره نمود.

روش حفاری زیرزمینی با توجه به نوع و رطوبت خاک، موقعیت قناتهای منطقه، فاصله تاج مقطع در حال حفاری تا سطح زمین، مشخصات هندسی مقطع، بار زنده موجود در سطح زمین و در بالای مقطع در حال حفاری و میزان تردد ماشین آلات در تونل در حال ساخت متفاوت است. در هر پروژه میتوان متناسب با شرایط موجود و بااستفاده از روش اجرای مناسب بر عوامل محدود کننده فوق غلبه نمود. در مطالعات صورت گرفته در مورد ایستگاه مترو  $F_3$  بنا به موقعیت و شرایط پروژه و همچنین شرایط جغرافیایی محل احداث ایستگاه، از دو نوع سازه نگهدار اجرای شمع در شفت مرکزی یا همان محل میدان و سازه نگهدار زیر زمینی در اطراف میدان در زیر خیابان و در تونلها استفاده شده است که هر کدام در مراحل بعد توضیح داده شده است.



## سازه نگهبان شفت مرکزی

در پروژه ایستگاه  $F_3$  در قسمت میدان یا همان محل کارگاه گودبرداری که به شفت مرکزی معروف است، به صورت معمولی انجام شد که سازه نگهبان این قسمت با روش اجرای شمع انجام شد.

### روش اجرای شمع:

در این روش، در پیرامون زمینی که قرار است گودبرداری شود در فواصل معینی از هم، شمعهایی را اجرا می کنیم. این شمعها می توانند از انواع مختلف مصالح سازه ای نظیر فولاد، بتن و چوب باشند. همچنین شمعهای بتنی را می توان به صورت پیش ساخته یا درجا اجرا کرد.

در این روش، شمعها فشار جانبی خاک را به صورت تیرهای یک سر گیردار تحمل می کنند. طول گیرداری لازم در انتهای شمعها چیزی در حدود ۰.۳ است.

از جمله مزایای اجرای شمع می توان به موارد زیر اشاره کرد:

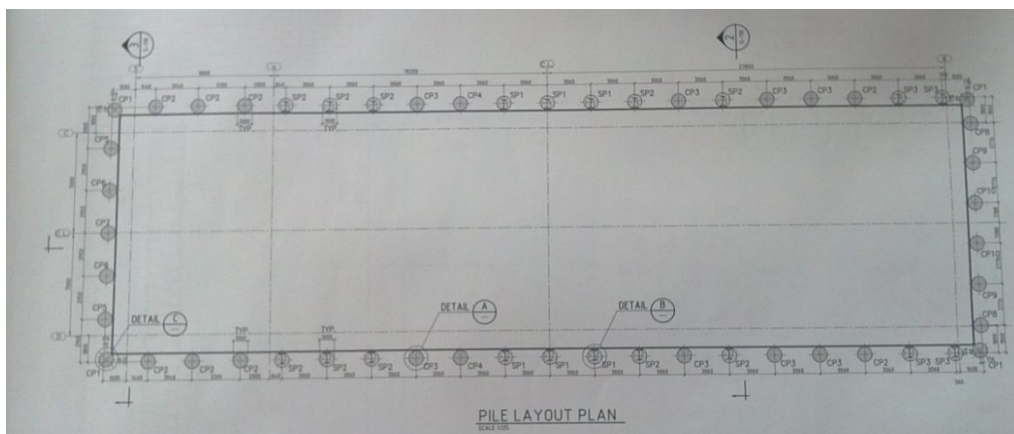
- ❖ سرعت عملیات اجرایی بسیار بالا است.
- ❖ سیستم به هیچ وجه دست و پاگیر نیست.
- ❖ در احجام زیاد، هزینه ی عملیات کاهش می یابد.
- ❖ گاهی از اوقات می توان از شمع ها به عنوان سازه نگهبان دائم (نظیر دیوار حائل) یا بخشی از آن نیز استفاده کرد.
- ❖ شمع های پیش ساخته را پس از جمع آوری می توان در پروژه های دیگر نیز استفاده کرد.
- ❖ در گودهای با عمق تا حدود ۵ متر، معمولاً اقتصادی اند.

همچنین معایب روش اجرای شمع نیز به قرار زیر می باشند:

- ❖ در صورتی که ارتفاع گودبرداری زیاد باشد، هم باید فواصل شمع ها از هم کم شود و هم باید از مقاطع سازه ای قویتری برای اجرای کار استفاده کرد.
- ❖ در بسیاری از پروژه های شهری، به دلیل مشکلات شمع کوبی، نمی توان از شمعهای پیش ساخته استفاده کرد و فقط باید شمعها را به صورت درجا اجرا کرد.

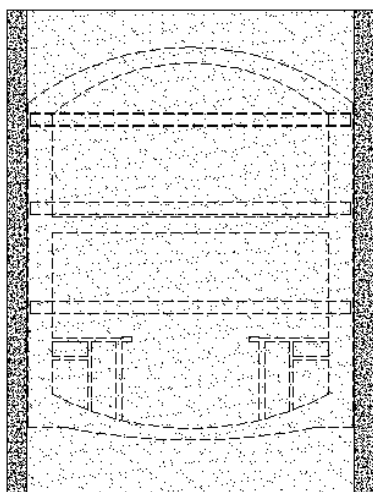


در شکل زیر پلان ترتیب شمع گذاری در قسمت شفت مرکزی به تصویر کشیده شده است:

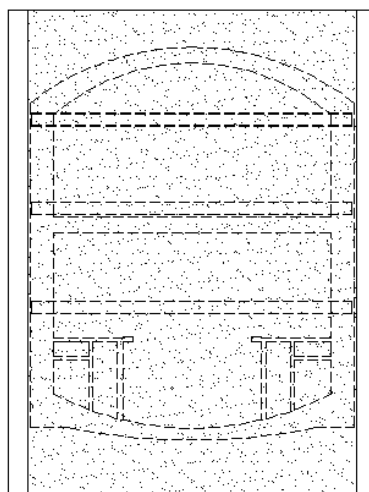


شمع‌ها مانند ستون‌های دایره‌ای شکل می‌باشند که بعد از حفاری در داخل زمین، از آرماتورهای طولی بنا به محاسبات و با توجه به سطح مقطع مورد نیاز تشکیل شده است که این آرماتورها توسط تنگ‌های دورپیچ با گام‌های مشخص دور پیچ شده‌اند. در این پروژه قطر شمع ها یک متر می‌باشد که توسط دو نوع آرماتورهای طولی به تعداد  $16\Phi 25$  ,  $6\Phi 32$  که توسط آرماتور ۱۲ دور پیچ شده‌اند استفاده شده است.

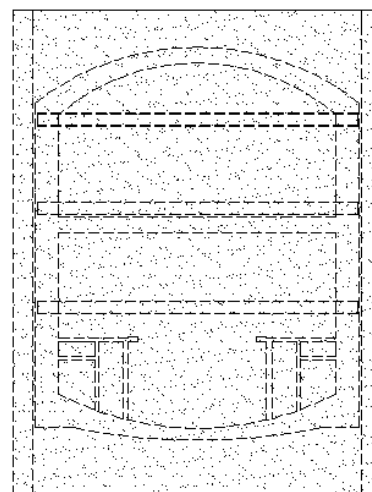
در این چاهها بعد از اجرای آرماتوربندی شروع به ریختن بتن ریزی می‌کنند. نمایی از اجرای شمع‌ها از وضعیت ابتدایی تا مرحله شمع‌گذاری در شفت مرکزی به تصویر کشیده شده است:



(3) اجرای شمعهای بتنی درجا



(2) حفاری چاههای طرفین



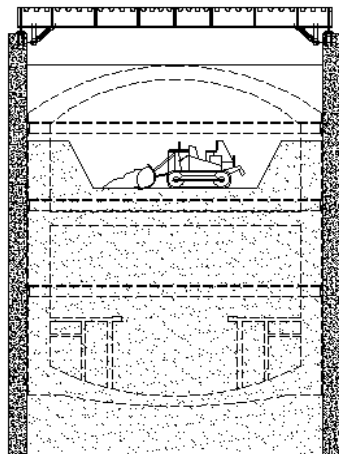
(1) وضعیت موجود

بعد از اجرای شمع گذاری در اطراف شفت مرکزی برای جلوگیری از ریزش خاک، با استفاده از ماشین‌های مخصوص عمرانی شروع به خاکبرداری از شفت مرکزی می‌کنند.

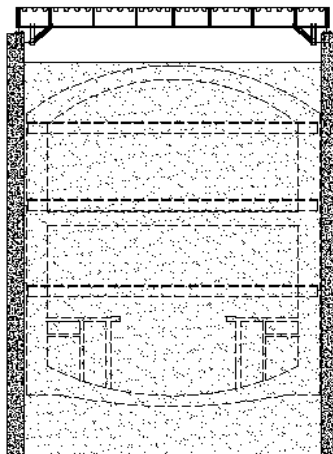




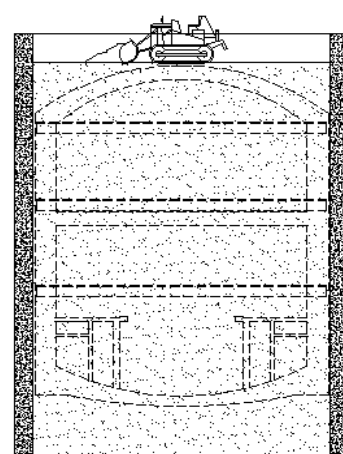
سپس خاکبرداری را تا مراحل زیر انجام می‌دهند:



6) خاکبرداری فضای زیر  
عرشه تا رسیدن به اولین  
ردیف مهارهای افقی



5) نصب عرشه فلزی پیش  
ساخته بر روی شمع‌ها



4) خاکبرداری از سطح خیابان  
تا تراز زیر عرشه فلزی

در ابتدا خاکبرداری را تا مرحله‌ای انجام می‌دهند تا بتوانند عرشه فلزی را بر روی شمع‌ها قرار دهند. عرشه‌ها از پروفیل‌هایی از مقاطع مرکب تهیه شده‌اند. همانطور که در توضیح عکس مشخص است، این عرشه‌های فلزی را در کارخانه به سفارش پیمانکار ساخته شده و به محل کارگاه حمل شده است. نحوه نصب این عرشه‌ها به دلیل دو جنس متفاوت، از طریق صفحه‌هایی مانند صفحه ستون ساختمان می‌باشد. یعنی قبل از بتن ریزی صفحه‌هایی به ضخامت نسبتاً زیاد (به دلیل تنش‌های زیادی که قرار است تحمل کند) با استفاده از بولت‌هایی در جای خود مهار می‌کنند. انتهای این بولت‌ها به صورت خم ۱۸۰ درجه کامل می‌باشد تا گیرایی کاملی در سازه داشته باشد.

بعد از اینکه حفاری تا مرحله‌ای رسید که بتوان این عرشه‌ها را نصب کرد و همچنین مزاحم کار نباشد، شروع به نصب این عرشه‌ها بر روی صفحه‌ها می‌کنند.

بعد از نصب عرشه دوباره با رعایت شیب مجاز خاکبرداری را ادامه می‌دهند. این کار را تا مرحله‌ای ادامه می‌دهند تا به ارتفاعی برسند که احتیاج به مهاربند برسد. اهداف اصلی ایمن سازی جداره‌های گود با استفاده از سازه‌های نگهدارنده عبارتند از: حفظ جان انسان‌های خارج و داخل گود، حفظ اموال خارج و داخل گود و نیز فراهم آوردن شرایط امن و مطمئن برای اجرای کار. موضوع گودبرداری و طراحی و اجرای سازه‌های نگهدارنده در مهندسی عمران دارای گستره وسیعی است و نیاز به بررسی‌ها و مطالعات و ملاحظات ژئوتکنیکی، سازه‌ای، مواد و مصالح، تکنولوژیکی و اجرایی و اقتصادی و اجتماعی دارد. در نتیجه می‌توان گفت که انتخاب روش مناسب بستگی به جمیع شرایط تأثیرگذار دارد و می‌توان در شرایط مختلف، به صورت‌های گوناگونی باشد. از سوی دیگر، تئوری‌ها و روش‌های اجرایی گودبرداری و سازه‌های نگهدارنده، هم مبتنی بر اصول تئوریک و هم متأثر از ملاحظات اجرایی و تجربی، توأماً است.

در این پروژه از مهاربندهایی به نام استرات استفاده می‌کنند.

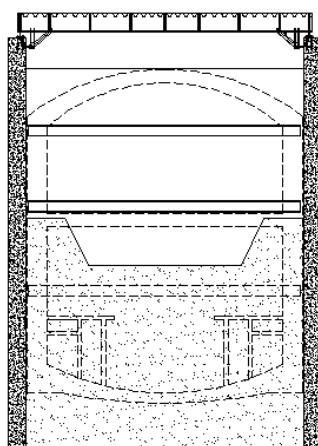


**استرات:** برای جلوگیری از رانش و جابجایی این دیوارها به طور معمول در ایران از استرات استفاده می شود . استرات ها سازه هایی هستند که به دو دیوار تکیه می دهند و اجازه حرکت دیوارها به سمت داخل باکس ایستگاه را نمی دهند. از این استرات ها در پروژه مربوطه بسیار مورد استفاده قرار گرفته که یک نمونه از آن شکل زیر است:

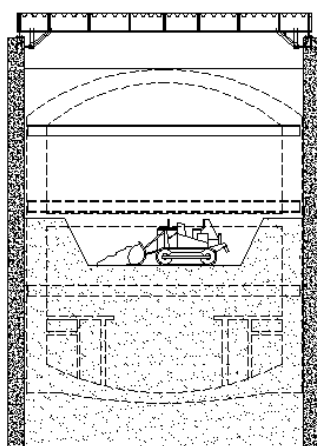


روش نصب استرات ها به گونه ای می باشد که در هنگام اجرای عملیات شمع گذاری در ترازهایی که از قبل تعیین شده است، در دیواره ی شمع ها صفحاتی که توسط بولت هایی کاملاً مهار شده است، کار می گذارند. استرات ها از مقاطع فولادی که قبلاً محاسبه شده اند و به صورت پیش ساخته در کارخانه تهیه شده است، می باشند. سپس پس از رسیدن عملیات خاکبرداری به تراز مورد نظر، استرات ها را به صفحه های مورد نظر جوش می دهند.

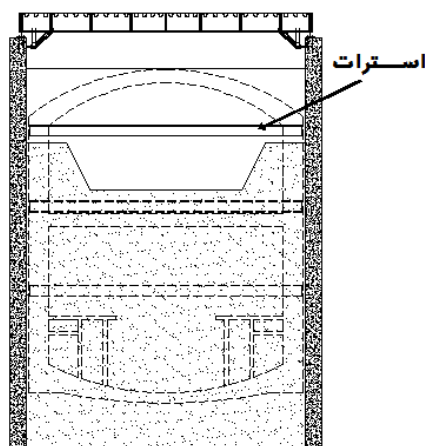
ادامه خاکبرداری و مهاربندی در شکل زیر به تصویر کشیده شده است:



9) نصب دومین ردیف  
مهاربند افقی (استرات)



8) خاکبرداری تا رسیدن به تراز  
دومین تراز مهاربند افقی (استرات)



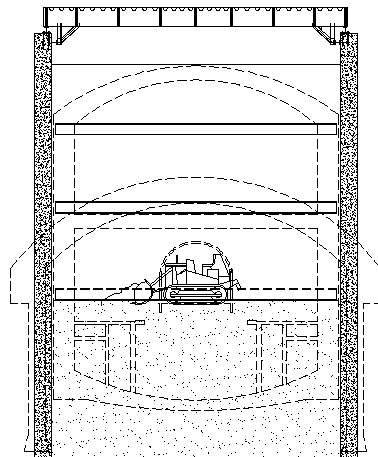
7) نصب اولین ردیف  
مهربند افقی (استرات)





همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، بعد از خاکبرداری و نصب اولین استرات، خاکبرداری را ادامه می‌دهند تا به تراز مورد نظر برای اجرای مهاربند افقی برسند. بعد از رسیدن به این مرحله خاکبرداری مانند مرحله قبل متوقف می‌شود تا دومین ردیف از مهاربندهای افقی یا همان استرات‌ها نصب شوند.

دوباره خاکبرداری را تا تراز نصب سومین مهاربند افقی یا همان استرات ادامه می‌دهند:

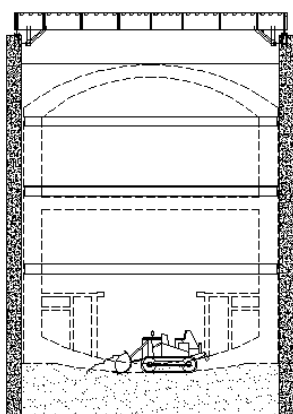


(10) ادامه خاکبرداری تا تراز گالری پاترول طولی

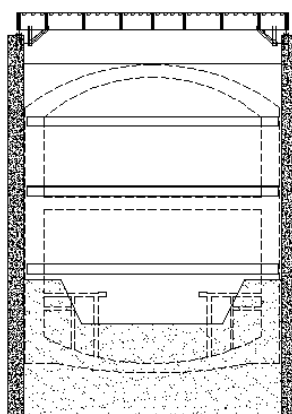
در این مرحله ادامه خاکبرداری تا تراز گالری پاترول رو طولی می‌باشد. سپس سازه نگهبان زیر زمینی را اجرا کرده و اجرای خاکبرداری شفت میانی می‌بایست در این مرحله تا تکمیل اجرای سازه نگهبان زیرزمینی متوقف گردد.

❖ در قسمت‌های بعد سازه نگهبان زیرزمینی تعریف و مورد بررسی قرار می‌گیرد.

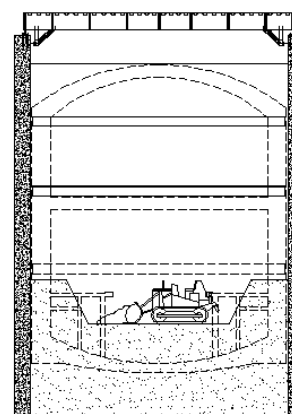
سپس ادامه خاکبرداری شفت مرکزی پس از اجرای سازه نگهبان زیر زمینی به قرار زیر می‌باشد:



(13) خاکبرداری تا تراز کف ایستگاه



(12) نصب سومین ردیف مهاربند افقی (استرات)



(11) خاکبرداری تا رسیدن به سومین تراز مهاربند افقی (استرات)

همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، پس از اجرای سازه نگهبان زیرزمینی، خاکبرداری را همانند دو مرحله قبلی انجام می‌دهند و مهاربند افقی سومین را نصب کرده و ادامه خاکبرداری تا تراز کف ایستگاه را ادامه می‌دهند.



## سازه نگهبان زیرزمینی

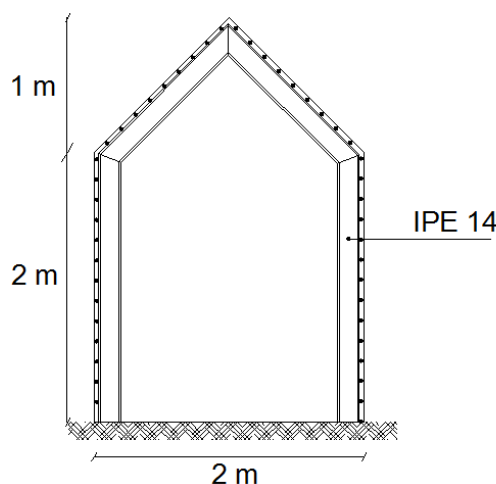
در احداث ایستگاههای متروی تهران به دلیل عدم امکان مسدود ساختن خیابانهای پرتراфик شهر همچون خیابان ولی عصر (عج) از روش روسی استفاده می شود. در این روش ابتدا یک تونل پیشرو در محور اصلی تونل حفر شده و سپس با احداث گالری های آدم رو سنگی شکل، تاقهای قوسی در دل خاک حفاری و بتن ریزی می گردد تا بدین ترتیب سازه نگهبان بخشهای مختلف ایستگاه ایجاد و سپس سازه اصلی در زیر آن ساخته شود. نقشه برداری و هدایت هندسی چنین سازه هایی که بدلیل پایدار نگهداشتن خاک بناچار در ابعاد بسیار کوچک در عمق خاک اجرا می گردند نیاز به بکار گیری روش خاص داشته و کیفیت و سرعت آن نقش بسیار در تعیین کننده در موفقیت پروژه دارد. برای هدایت تاقهای قوسی شکل با دهنه ۱۹ متر از شابلون گذاری و نصب لیزر دیستومات در تاقچه هایی که در طرفین ریب در امتداد ریب حفاری می گردند استفاده می شود.

در قسمت های زیرزمینی ایستگاه به دلایل فنی و شرایط جغرافیایی و از همه مهمتر به دلیل ارتفاع پایین از زمین، دیگر استفاده از شفت و مهاربندی های افقی جوابگو نمی باشد. برای اجرای سازه نگهبان این قسمت ها در طرفین ایستگاه از سازه نگهبان زیرزمینی یا روش روسی استفاده می کنند.

همانطور که در قسمت اجرای سازه نگهبان شفت مرکزی توضیح داده شد، پس از رسیدن به تراز سومین مهاربند افقی یا استرات، خاکبرداری این قسمت متوقف می شود و سازه نگهبان زیرزمینی را اجرا می کنند.

در این پروژه سازه نگهبان زیرزمینی در هر قطعه ۱۲ متری اجرا می شود.

در ابتدای کار یک تونل پاترول رو طولی در امتداد محور اصلی تونل با استفاده از ماشین ها حفاری احداث می کنند. سپس عمود بر محور این تونل مرکزی به وسیله حفاری با استفاده از وسایل حفاری دستی به طرفین ایستگاه پیشروی می کنند. پس از رسیدن به اطراف ایستگاه از دو طرفین در امتداد محور ایستگاه با همان وسایل دستی شروع به حفاری می کنند. این تونل ها گالری می باشند. این گالری های سنگی شکل را تا ۱۲ متر ادامه می دهند. این گالری ها به صورت سنگی شکل می باشند. بعد از حفاری این گالری ها شروع به مش بندی و انجام شاترکتریت می کنند. برای ایمنی این گالری ها از سازه نگهبان هایی از پروفیل های *IPE* استفاده می شود که در شکل زیر نمونه به کارگیری این *IPE* ها برای ایمنی به مشاهده می کنید:



بعد از اینکه این گالری‌ها را در طرفین زیرزمین به طول ۱۲ متر حفاری شد، از انتها در کف این گالری شروع به اجرای شمع می‌کنند. این شمع‌ها به همان صورتی که در اجرای شفت مرکزی توضیح داده شد تا پایین تر از تراز ایستگاه حفاری می‌گردد و میلگرد گذاری و بتن ریزی می‌شود.

در این پروژه برخی از شمع‌ها را بنا به سطح مقطع مورد نیاز به جای میلگرد از پروفیل استفاده شده است.

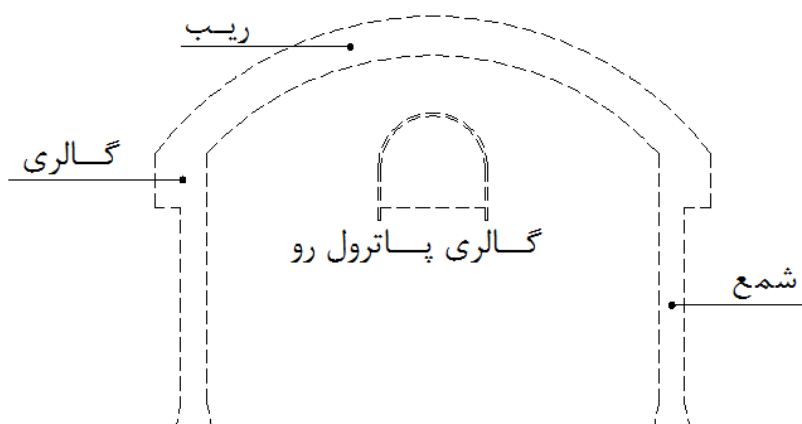
نمونه‌ای از این گالری‌ها در تصویر زیر مشاهده می‌شود که پروفیل‌های بیرون زده از دل زمین همان محل اجرای شمع‌ها می‌باشند.



شمع‌هایی که در گالری‌های اطراف کار گذاشته می‌شوند باید دقیقاً در دو گالری طرفین زیرزمین در روبروی هم باشند. این کار را نقشه بردار با استفاده از شابلن گذاری و با استفاده از دوربین نقشه برداری انجام می‌دهد. در مکان‌هایی که شمع کار گذاشته شده است، گالری‌ها را با استفاده از تاق‌های قوسی و به صورت گنبدی شکل به متصل می‌کنند. این تاق‌ها که ریب معروف می‌باشند با استفاده از وسایل دستی حفاری می‌گردند. نقشه بردار با استفاده از دوربین و تکنیک‌های نقشه برداری محل دقیق این ریب‌ها را دقیقاً نشانه گذاری می‌کند تا در زمان حفاری به مشکل برخورد نشود. این ریب‌ها را همانند قسمت‌های دیگر خاکبرداری برای جلوگیری از ریزش خاک و ایمنی بیشتر ابتدا مش بندی می‌کنند و سپس شروع به اجرای شاترکتريت می‌کنند.



شکل تقریبی از اجرای گالری با ریب و شمع به موازات هم را در تصویر شکل زیر مشاهده می شود:



پس از حفاری شمع و نصب پروفیل ها شروع به بتن ریزی می کنند. همین کار را هم پس از اجرای ریب ها انجام می دهند. فقط به دلیل قوسی بودن این ریب ها دیگر نمی توان از پروفیل استفاده کرد و باید از میل گرد استفاده کرد.

باید دقت شود که همیشه از انتهای گالری این شمع ها و ریب ها را اجرا می کنند. یعنی پس از اینکه در طرفین زیرزمین گالری به طول ۱۲ متر اجرا شد، از انتها شروع به اجرای شمع و بتن ریزی مربوطه و سپس به حفاری ریب می کنند و آن را هم پس از میل گرد گذاری شروع به بتن ریزی می کنند. این کار را مرحله به مرحله و هر ۴ متر یکبار انجام می دهند تا دهانه ۱۲ متری تکمیل گردد. پس در نتیجه در هر قطعه ۱۲ متری ۴ عدد ریب و شمع باهم اجرا می شوند.

بعد از اجرای سازه نگهبان زیرزمینی از قسمت گالری پاترول رو، شروع به عملیات خاکبرداری می کنند. این کار ار آنقدر ادامه می دهند تا خاک این قطعه برداشته شود تا شروع به اجرای سازه یعنی پی و دیوار و سقف کنند. یعنی تا قبل از اجرای سازه به قطعه دیگر سازه نگهبان را شروع نمی کنند.



## پی

پی، شالوده یا فونداسیون بخشی از سازه است که وظیفه انتقال نیرو از ستونها به زمین و خاک اطرافش را بر عهده دارد که بر اساس نوع سازه، میزان نیروهای وارده، نوع زمین و شرایط آب و هوایی منطقه نوع و ابعاد آن مشخص می‌شود.

در پروژه ایستگاه  $F_3$  بنا به شرایط سازه از شالوده گسترده به صورت قوسی شکل استفاده شده است.

شکل تقریبی پی سازه از طرف برش عرضی به شکل زیر می باشد:



## آماده کردن سطح خاک

در هر مرحله بعد از خاکبرداری ابتدا باید سازه قسمت مورد نظر ساخته شود، سپس اقدام به حفاری مراحل دیگر کرد. وقتی که خاکبرداری تا تراز مورد نظر رسید. شروع به ساختن پی سازه می‌کنند. این پروژه به دلیل اهمیت فراوانی که دارد و همچنین شرایط خاص پروژه، باید شالوده آن به صورت قوسی اجرا می‌شد. بعد از اتمام عملیات خاکی، نقشه بردار با استفاده از دوربین‌های مخصوص نقشه برداری و گرو دادن شکل دقیق قوسی که قرار است برای سازه مورد نظر اجرا شود را مانند یک شابلون به صورت قوسی شکل تسطیح می‌کند. باید دقت شود که در هنگام تراز کردن و ارتفاع مورد نظر باید ضخامت بتن مگر و دولایه از عایق بندی مدنظر قرار گرفته شود.

## اجرای بتن مگر

بتن مگر یا به تعریفی بتن رگلاژ کف قالببندی فونداسیون در حقیقت یک بتن با مقدار سیمان کم (۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم سیمان بر مترمکعب) است که جهت آماده سازی بستر خاکبرداری شده برای آرماتوربندی و صفحه گذاری اجرا می‌گردد.

قبل از اجرای بتن مگر ابتدا عایق بندی نمود و PVC به نحوی که در قسمت‌های قبل شرح داده شد برای جلوگیری از نفوذ رطوبت انجام می‌دهیم. سپس بتن مگر را به همان صورت قوسی بر روی عایق حرارتی پخش می‌کنیم. باید توجه شود که سطح بتن مگر باید کاملاً تمیز و عاری از هرگونه خلل و فرج و ناصافی باشد.

بعد از اینکه بتن مگر خشک شد، دوباره یک لایه از عایق بندی نمود و PVC را بر روی بتن مگر انجام می‌دهند. درکل این قسمت از دو لایه عایق بندی و یک لایه در وسط بتن مگر یا پاکیزگی تشکیل شده است. به دلیل اینکه سطح کف شالوده در قسمت پایین سازه قرار دارد و بیشتر احتمال نفوذ آب‌های زیرزمینی و رطوبت در این قسمت از سازه می‌باشد لذا در این قسمت از دو لایه عایق بندی استفاده می‌شود.



## آرماتور بندی پی

بتن به تنهایی قابلیت تحمل نیروی کششی را ندارد و برای جبران این ضعف بتن از میلگرد استفاده می شود. آرماتوربندی در شالوده ها به روش های مختلفی اجرا می شود. همانطور که در قسمت اول هم توضیح داده شد بنا به شرایط پروژه، شالوده پروژه ایستگاه  $F_3$  از نوع شالوده گسترده می باشد. آرماتور بندی این نوع از شالوده ها به صورت شبکه در بالا و پایین پی و در تمام سطح شالوده می باشد. یعنی یک صفحه از آرماتورها در پایین سطح شالوده می باشد و دیگری در قسمت بالای شالوده قرار می گیرد.

به دلیل اینکه پروژه مذکور دارای شرایط خاصی می باشد و از حجم بالایی برخوردار است، بنابراین باید انتظار رفت در این پروژه از میلگردهایی با قطر بالا مورد استفاده قرار گیرد. خوب به طبع زمانی که از این قبیل میلگردهایی با قطر زیاد مورد استفاده قرار می گیرد، استفاده از روش های سنتی و با استفاده از نیروی انسانی و آچار  $F$  برای خم کردن و قطع میلگردها جوابگو نمی باشد. لذا در این پروژه از دستگاه های مخصوص میلگرد خمکنی استفاده می شد که کار را به آسانی و با دقت بالا انجام می داد. همچنین دستگاه هایی برای برش میلگرد تعبیه شده بود که به آسانی و با اشاره میلگردها را به اندازه دلخواه قطع می کرد. طول خم میلگردها طبق نقشه های اجرایی انجام می شد و اندازه میلگردها با استفاده از نقشه های اجرایی و همچنین با توجه به طول پوشش قطع می شد.

برای انجام شبکه زیرین از آرماتوربندی پی، ابتدا میلگردهای عرضی را با توجه به نقشه های اجرایی و در فواصل معین بر روی زمین پخش می کنند. سپس آرماتورهای طولی را مانند آرماتورهای عرضی با توجه به نقشه های اجرایی و در فواصل معین بر روی آرماتورهای عرضی قرار می دهند. بعد از پخش کردن آرماتورهای طولی و عرضی با استفاده از مفتول آرماتورها را به هم می بندند تا شبکه زیرین شالوده تشکیل شود. آرماتورهای شبکه بالایی را هم به همین نحو اجرا می کنند با این تفصیل که برای اینکه شبکه بالایی در سر جای خود قرار بگیرد از خرک استفاده می کنند. خرک ها به انواع مختلفی می باشند باعث می شوند تا آرماتورها به نحو صحیح در جای خود قرار بگیرند.

باید توجه داشت که پوشش بتن برای آرماتورها باید از هر طرف بنا به نقشه های محاسباتی میلگردها را از طرفین اجرا کرد. این کار در کف شبکه شالوده با استفاده از لقمه گذاری تعبیه می شود.

## میلگردهای انتظار

میلگردهای انتظار در اجرای شالوده سازه مورد نظر در دو قسمت مورد استفاده قرار می گرفت:

- (۱) به دلیل اینکه اجرای سازه مرحله به مرحله بود و باید قسمت های دیگر درگیر می شدند لذا میلگردهای انتظار در کف شالوده قرار می دادند تا در مراحل بعد مورد استفاده قرار گیرد.
- (۲) دیوارهای اصلی سازه ایستگاه  $F_3$  از بتن تشکیل شده بودند و نقش باربری را برعهده داشتند و بار سازه را به پی یا شالوده منتقل می کردند، لذا باید در قسمت هایی که قرار بود دیوار اجرا شود، باید میلگرد انتظار فراهم می شد.



## قالب بندی شالوده

به طور معمول قالب بندی شالوده از قالب بندی دیگر اعضای سازه راحتتر می باشد. در این پروژه هم به خاطر اینکه از پی گسترده استفاده شده است نیز قالب بندی فقط در طرفین سازه انجام می شد. قبل از قالب بندی در طرفین ابتدا عایق بندی از کف تا قسمتی از بالای شالوده انجام می دهند و بعد شروع به عملیات قالب بندی می کنند. باید توجه داشت قالب ها از قبل با استفاده از روغن چرب شده باشند تا در هنگام باز کرده قالب ها پس از بتن ریزی دچار مشکل نشویم.

## بتن ریزی

بعد از اجرای کامل آرماتوربندی و قالب بندی در این مرحله شروع به انجام بتن ریزی می کنند. بتن مورد استفاده در شالوده را که توسط میکسر ها از کارگاه های مخصوص به قسمت اجرای پروژه حمل شده است را توسط پمپ های مخصوص و با استفاده از فشار هوا از طریق لوله به کف ساز منتقل می کنند. بتنی که در قسمت شالوده مورد استفاده قرار می گیرد باید از استانداردهای کامل برخوردار باشد. یعنی دانه بندی به صورت کاملاً درست رعایت شده باشد و نسبت آب به سیمان آن نیز مورد توجه قرار گیرد. حتماً باید قبل از بتن ریزی از روش آزمایش اسلامپ روانی بتن مورد آزمایش قرار گیرد. همچنین از بتن مورد استفاده نمونه های مکعبی برای آزمایش فشاری تهیه می شود. باید دقت شود که این نمونه ها تا قبل از درآمدن از قالب مخصوص نباید از کوچکترین ضربه یا تکانی بخورند.

در هنگام بتن ریزی باید بلافاصله در فواصل معین شروع به وایبره کردن بتن انجامید تا سنگدانه های بتن به خوبی متراکم شوند. این کار باید با دقت فراوان انجام شود تا بتن به خوبی متراکم گردد.

بتن ریزی کف شالوده را باید به نحوی انجام داد تا شکل قوس مخصوص خود را داشته باشد و همچنین باید پوشش بتن مورد نظر را در قسمت روی شالوده را فراهم گردد. این کار با استفاده از دوربین های نقشه برداری توسط نقشه بردار انجام می شود.

پس از اینکه از تراز مورد نظر مطمئن شدیم باید سطح بتن را تسطیح کنیم تا شالوده ما از سطحی صاف همراه با قوس مشخص تکمیل شده باشد. بعد از اجرای بتن ریزی باید حداقل ۷ روز صبر کرد تا بتن شالوده خشک شود تا بتوان به مرحله بعد رفت.





## دیوار

در پروژه ایستگاه  $F_3$  سازه از نوع بتنی با دیوارهای باربر می باشد. دیوارهای باربر علاوه بر وزن خود باید وزن تمام سازه‌های روی خود را تحمل کند. این سازه که از اهمیت بالایی برخوردار بوده و از دارای وزن بالایی می‌باشد، باید از دیوارهایی تشکیل شده باشد تا بتواند تمام نیروهای ثقلی را تحمل کند. همچنین به دلیل وجود سازه در زیرزمین فشار ناشی جانبی ناشی از خاک را نیز باید تحمل کند. پس ضخامت این دیوار باید ضخیم باشد تا بتواند بارهای ثقلی و جانبی را به خوبی تحمل کرده آن را به شالوده انتقال دهد.

❖ همانطور که در قسمت عایق بندی توضیح داده شد باید قبل از اجرای دیوار حتما از عایق نمد و PVC استفاده کرد تا از نفوذ رطوبت جلوگیری به عمل آید.

## آرماتور بندی دیوار

بتن به تنهایی قابلیت تحمل نیرویی کششی را ندارد برای جبران این ضعف بتن را با میلگرد که می تواند نیروی کششی زیادی را تحمل کند، مسلح می کنند که اصطلاحا به بتن مسلح معروف است.

آرماتوربندی دیوار در دو شبکه به موازات هم می‌باشد. که هر شبکه از میلگردهای قائم و افقی تشکیل شده است. آرماتورهای قائم بیشتر برای تحمل نیروی فشاری به کار برده می شوند و از آرماتورهای افقی که به کمرکش معروف هستند، برای نگهداری آرماتورهای عمودی و تحمل نیروی برشی استفاده می‌شود.

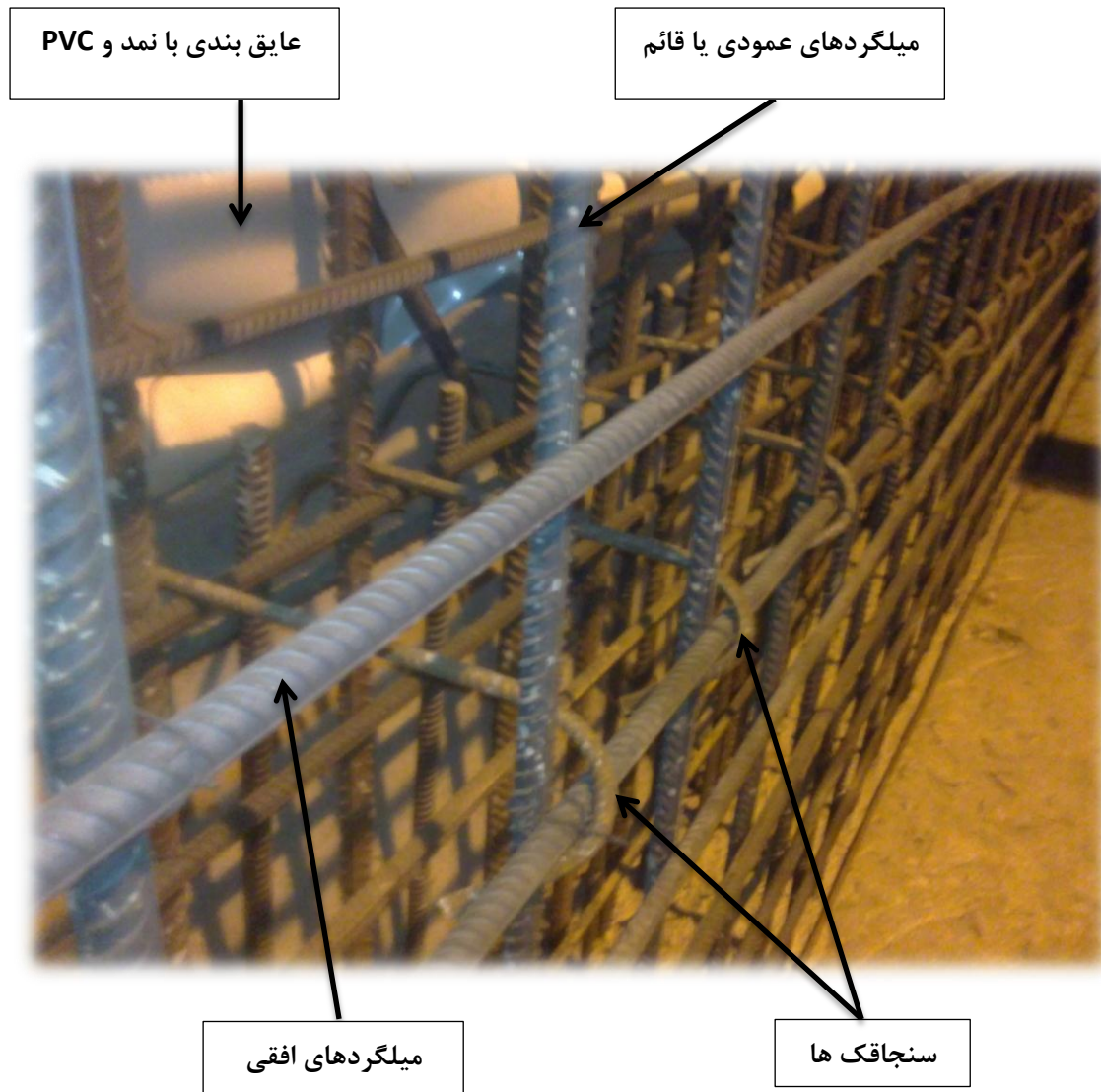
برای شروع کار ابتدا آرماتورهای طولی را به آرماتورهای طولی که در هنگام اجرای پی به عنوان میلگرد انتظار در بیرون قرار دارد، به هم متصل می کنند. در انجام این کار باید دقت شود که طول همپوشانی و وصله دو میلگرد کاملا رعایت شود. بعد از اینکه میلگردهای طولی را نصب کردند شروع به قرار دادن میلگردهای عرضی در محل خود با توجه به نقشه‌های اجرایی در فواصل معین می کنند. همچنین باید توجه داشت که میلگردهای انتظار برای اتصال به سقف و سازه بالای خود حتما رعایت شود.

وقتی دو شبکه از میلگرد به صورت عمودی در کنار هم قرار می گیرند باید فواصل معین در تمام قسمت دیوار به صورت یکسان رعایت شود. همچنین برای ایجاد پوشش بتن نیز باید میلگردها در جای خود ثابت باقی بمانند. برای رفع این مشکلات از میلگردهای رکابی که به شکل U انگلیسی می باشند استفاده می‌شود.

به دلیل ضخامت بالای دیوار و همچنین نیروی برشی زیادی که دیوار قرار است تحمل کند باید از میلگردهای سنجاقک برای رفع این مشکل استفاده کنند.

شکل صفحه بعد نمونه از میلگردگذاری نصب سنجاقک‌ها می‌باشد.





### قالب بندی دیوار

❖ باید توجه داشت که قبل از شروع عملیات قالب بندی باید حتماً دیوارهای داخلی قالب که به بتن در تماس خواهند بود، حتماً روغن کاری شود تا بعد از خشک شدن بتن در هنگام باز کردن قالب دیوار بتنی به راحتی از بتن جدا شود و به بتن آسیبی نرساند.

همواره در اجرای یک دیوار بتنی می باید ۳ پارامتر را در نظر گرفت و طرح قالب بندی را بر اساس این ۳ پارامتر تعیین کرد.

- ۱) مهار فشار جانبی بتن
- ۲) ارتفاع دیوار بتنی
- ۳) پایداری مجموعه قالب



### مهار فشار جانبی بتن:

بتن تازه به سطح قالب فشار هیدرو استاتیک وارد می کند. برای مقاوم سازی قالب در مقابل این فشار می بایست از میان بولت استفاده کرد. میان بولت بر حسب مصرف به دو نوع (۱) مدفون شونده (۲) تکرار شونده تقسیم می شود.

مدفون شونده: در محل هایی که امکان استفاده ی مجدد ارز بولت امکان پذیر نمی باشد و همچنین جداره هایی که نیازمند آب بندی است همچون مخازن آب از این نوع میان بولت استفاده می شود.

تکرار شونده: در محل هایی که سوراخ کردن دیوارهی برشی خللی در کار ایجاد نمی کند و یا نیازی به آب بندی نیست از این نوع میان بولت استفاده می شود.

### ارتفاع و استحکام قالب:

با مرتفع شدن دیوار نیروهای هیدرواستاتیک افزایش میابد و در نتیجه مجموعه قالب باید تحمل این افزایش نیرو را داشته باشد. همچنین برای جلوگیری از تغییر شکل قالب های یکپارچه و استحکام آن در حین جا به جایی و یا در اثر بار مرده و ضربه می بایست از پشت بند استفاده کرد.

برای قالب بندی دیوار تا ارتفاع ۲.۵ متر بند لوله و برای ارتفاع بیش از ۲.۵ متر از سولجر استفاده می گردد.

### پایداری مجموعه قالب:

برای پایداری مجموعه قالب هنگام مونتاز و نیز در حین بتن ریزی از جکهای مورب استفاده می شود. جکهای مورب به دو نوع (۱) جکهای شاقول کننده (۲) شمعهای حمایتی تقسیم شوند.

(۱) جکهای شاقول کننده: از جکهای شاقول کننده برای پایداری پانلهای دیوار دوطرفه تا ارتفاع ۳ متر استفاده می شود. بازوهای این نوع جک به صورت تلسکوپی قابل تنظیم میباشند.

(۲) شمعهای حمایتی: از شمع های حمایتی برای پایداری مجموعه قالب دیوار با ارتفاع بیش از ۳ متر استفاده می شود. شمع های حمایتی متشکل است از سولجر و اتصال پیچ تنظیم به ابتدا و انتهای سولجر.

### بتن ریزی دیوار

بعد از اجرای کامل آرماتوربندی و قالب بندی در این مرحله شروع به انجام بتن ریزی می کنند. بتن مورد استفاده در شالوده را که توسط میکسرها از کارگاههای مخصوص به قسمت اجرای پروژه حمل شده است را توسط پمپهای مخصوص و با استفاده از فشار هوا از طریق لوله به قسمت هایی که قرار است برای دیوار بتن بریزند منتقل می کنند.

بتن مورد استفاده باید از استانداردهای کامل برخوردار باشد. یعنی دانه بندی به صورت کاملاً درست رعایت شده باشد و نسبت آب به سیمان آن نیز مورد توجه قرار گیرد. حتماً باید قبل از بتن ریزی از روش آزمایش اسلامپ روانی بتن مورد آزمایش قرار گیرد. همچنین از بتن مورد استفاده نمونه های مکعبی برای آزمایش فشاری تهیه می



شود. باید دقت شود که این نمونه‌ها تا قبل از درآمدن از قالب مخصوص نباید از کوچکترین ضربه یا تکانی بخورند.

در هنگام بتن ریزی دیوار باید دقت شود که نباید از ارتفاع بالا شروع به بتن ریزی کرد چون در این صورت سنگدانه‌های بتن از همدیگر جدا می‌شود و دانه بندی مناسب را نمی‌تواند ارضا کند. برای رفع این مشکل در هر یک متر در قالب دیوار دریچه‌هایی تعبیه می‌کنند تا بتن را به آرامی از داخل دریچه به داخل قالب هدایت کنند. به محض اینکه بتن ریزی تا قبل از تراز دریچه رسید، آن را می‌بندند و از دریچه بالاتر شروع به بتن ریزی می‌کنند.

در هر مرحله از بتن ریزی باید با استفاده از دستگاه ویبراتور بتن را ویبره کنند. ویبره کردن بتن باعث می‌شود بتن به خوبی متراکم شود و مانع از آن می‌شود که در یک نقطه سنگدانه‌های ریز یا درشت تجمع کنند. همچنین با استفاده از ویره کردن بتن نیز، بتن به خوبی در اطراف قالب نفوذ کرده و باعث می‌شود در تمام سطح به خوبی پخش شود.

در انتهای بتن ریزی دیوار نباید سطح آن را صاف کرد و باید دارای پستی و بلندی‌هایی باشد تا در هنگام انجام عملیات بعدی بتنی که قرار است به آن متصل شود با استفاده از پستی و بلندی‌ها بتن کمی درگیریش بیشتر می‌شود.



## سقف

در پروژه ایستگاه  $F_3$  از سقفهای بتنی دال استفاده می شود. به طور کل در این پروژه از دو نوع سقف بیشتر از همه مورد استفاده قرار می گیرد. تمام سقفها ویژگی دال بتنی را دارند و تنها در شکل از همدیگر متمایز هستند که هر کدام بنا به شرایط محیطی و سازه ای خود از طرح مورد نظر مطابق نقشه های اجرایی ساخته می شوند.

انواع سقف های مورد استفاده در این سازه به قرار زیر می باشد:

## (۱) دال تخت:

این نوع دال که از اسم آن نیز پیدا است به صورت صاف و تخت اجرا می شود. این سقفها را در شفت مرکزی که از طبقات مختلف تشکیل شده است، مورد استفاده قرار گرفته است.

## (۲) دال قوسی:

این نوع دال که از اسم آن نیز پیدا است به صورت قوسی اجرا می شود. از این نوع سقف در سازه زیرزمینی و همچنین در  $LPS$  ها مورد استفاده قرار گرفته است.

## قالب بندی دال

زمان قالب بندی در انواع دال تخت و قوسی باه متفاوت می باشد که هر کدام در زیر توضیح داده می شود:

زمان قالب بندی سقف تخت: این نوع سقفها چون در شفت مرکزی اجرا می شود، بنابراین به راحتی می توان به بالای سقف دسترسی پیدا کرد و پس نصب داربست ها شروع به قالب بندی کرد و بعد آرماتوربندی و بتن ریزی کرد.

زمان قالب بندی سقف قوسی: این سقفها در سازه های زیرزمینی احداث می شود و همانطور که در ابتدای گزارش هم تشریح شد، سازه این قسمت کاملاً در زیر زمین احداث می شود. بنابراین به قسمت بالایی سقف نمی توان دسترسی پیدا کرد و پس از نصب داربست های لازم شروع به آرماتوربندی کرد و بعد از آن قالب سقف را نصب کرد.

انواع داربست ها: داربست مدولار به ۳ نوع زیر تقسیم می شوند:

۱- داربست مدولار مثلثی

۲- داربست مدولار چکشی

۳- داربست سنتی



داربست مدولار مثلثی: این نوع داربست از فریم های مثلثی شکل تشکیل شده اند که به صورت نروماده به یکدیگر متصل می شوند و در کفراژبندی دال یا تیر و همچنین پلهای بکار میروند. ظرفیت باربری این نوع داربست با آرایش مربع (تا ارتفاع ۳۵ متر) ۱۷.۶ تن و با آرایش مثلث (تا ارتفاع ۲۸.۵ متر) ۱۳.۲ تن می باشد.

داربست مدولار چکشی: این نوع داربست از پایه های قائم و مهارهای افقی در اندازه های مختلف تشکیل شده است. قسمت های قائم این نوع داربست در طولهای ۲.۵، ۲، ۱.۵ و ۳ متر تولید می شوند و باقرار دادن سرچک قابل رگلاژ در قسمت بالایی و پایه جک قابل رگلاژ در قسمت پایین داربست، برای هر ارتفاع و اختلاف ترازی قابل تنظیم می باشد.

داربست سنتی: داربست سنتی از اتصال لوله های داربستی به قطر ۵ سانتی متر وبست های چهارپیچ تشکیل می گردد. این نوع داربست متداول ترین نوع داربست بندی و کفراژبندی می باشد اما دارای ایمنی کافی نمی باشد.

#### قالب بندی دال تخت

سیستم قالب بندی تخت متشکل از پانل های مدولار، پشت بند ها (لوله ناودانی و سولجر)، اتصالات (گیره و کوه)، میان بولت (بولت دو سر دنده، واشر، مهره خروسکی) و ملزومات خاص جهت استفاده در ارتفاع (براکت، جک شاقول کننده) می باشند. پانل های مدولار را می توان به سادگی به یکدیگر متصل و یا باز کرد. در موارد مشابه و تکراری می توان آنها را به صورت پانل یکپارچه در آورد و توسط جرثقیل در محل مورد نظر نصب نمود. استفاده از جرثقیل و یا کارگر برای حمل و نقل آنها بستگی به موقعیت کار دارد.

نمای بتن بعد از باز کردن قالبها بسیار صاف و رویه خوبی خواهد داشت و تنها اثر درز پانل های باقی خواهد ماند. این قالبها به دفعات زیاد قابل مصرف مجدد می باشد و عمر مفید پانل بستگی به نگهداری آن دارد. در صورت پرتاب نکردن و عدم سقوط آن از ارتفاع، حداقل تا ۶۰ مرتبه بدون تغییر شکل و اعوجاج قابل استفاده می باشند.

#### قالب بندی دال قوسی

برای ایجاد سازه های مدور با قطر بیش از ۲ متر از پانلهای کمانی استاندارد فاقد تسمه های افقی استفاده می شود. قالب های کمانی همانند قالب های مدولار در ابعاد و اندازه های مختلف ساخته می شوند و توسط گیره متوسط به لوله نورد شده متصل می شوند.

در شکل صفحه بعد نمونه ای از قالب بندی قوسی با داربست های نگهدارنده آن مشاهده می شود.







### آرماتوربندی دال

آرماتوربندی دال تخت: همانطور که در ابتدا هم توضیح داده شد در این سازه برای دال تخت مانند سقف‌های معمولی دیگر آرماتوربندی انجام می‌شود. آرماتور دال متشکل از دو شبکه یکی در بالا و دیگری در پایین سقف می‌باشد. هر شبکه از آرماتورها از میلگردهای طولی و عرضی تشکیل شده است.

بعد از نصب داربست‌ها و قالب سقف، ابتدا میلگردهای عرضی را نسبت به نقشه‌های اجرایی پهن می‌کنند و سپس میلگردهای طولی را بر روی آرماتورهای عرضی با استفاده از فواصل معینی که در نقشه‌های اجرایی مشخص است، آرماتورهای طولی را قرار می‌دهند و با استفاده از مفتول در محل برخورد آرماتورهای طولی و عرضی دو آرماتور را به هم متصل می‌کنند. شبکه بالایی سقف را نیز مانند قسمت پایین آرماتورگذاری می‌کنند.

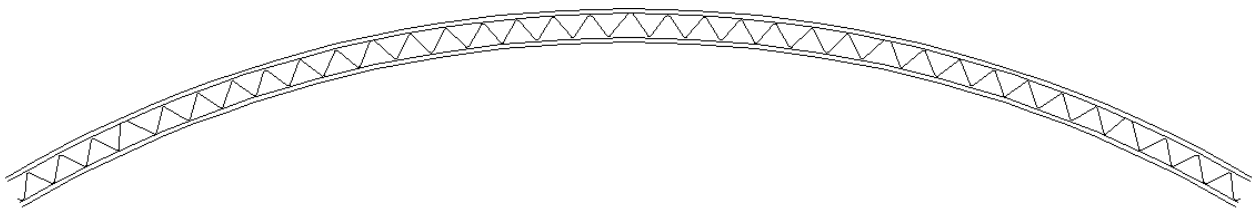
وقتی که دو شبکه از میلگرد بر روی هم قرار می‌گیرند باید حتماً این دو شبکه در تمام سقف از همدیگر فاصله‌ای معین داشته باشند. برای رفع این مشکل، با استفاده از خرک که مابین دو شبکه از آرماتورها قرار می‌دهند، فاصله تعیین شده برقرار می‌کنند. همچنین برای پوشش بتن زیر سقف نیز با استفاده از لقمه گذاری در زیر شبکه پایینی از آرماتورهای سقف، فاصله را برقرار می‌کنند.





آرماتوربندی دال قوسی: همانطور که قبلاً ذکر شد دسترسی به بالای سقف قوسی امکان پذیر نمی‌باشد و آرماتوربندی سقف قوسی بعد از نصب داربست‌ها انجام می‌شود و پس از آن شروع به نصب قالب‌های سقف می‌کنند و ادامه کار را انجام می‌دهند.

آرماتوربندی این نوع سقف مانند دال تخت از دو شبکه ایجاد شده است. بعد از نصب داربست‌ها برای اینکه آرماتورها به طور موقت در سر جای خود قرار بگیرند ابتدا یک خرابایی از میلگردها با توجه به میزان قوس درست کرده و آن‌ها را در هر سه متر نصب می‌کنند. این خراباها که در عرض سقف کار گذاشته می‌شوند برای آرماتوربندی و نگهداری میلگردها کمک بسزایی انجام می‌دهند و میلگردها را بر روی این خراباها نصب می‌کنند. شکل تقریبی این خراباها به قرار زیر است:



بعد از نصب این خراباها ابتدا میلگردهای طولی شبکه فوقانی را با توجه به فواصل معین در جای خود قرار می‌دهند و سپس میلگردهای عرضی را با توجه به نقشه‌های اجرایی در فواصل معین به میلگردهای طولی با استفاده از مفتول نصب می‌کنند. شبکه تحتانی از آرماتورهای سقف نیز مانند شبکه فوقانی نصب می‌کنند. یعنی در ابتدا آرماتورهای طولی را بر روی خراباها انداخته و سپس اقدام به نصب میلگردهای عرضی می‌کنند.

❖ به دلیل اینکه سازه مورد نظر قسمت به قسمت اجرا می‌شود بنابراین باید در تمام اطراف سقف‌ها که قرار است در مرحله بعدی سقف یا سازه‌ی دیگری اجرا شود و به آن متصل شود، باید میلگرها را ادامه دهیم تا میلگرد انتظار فراهم گردد.

## بتن ریزی دال

بعد از اجرای کامل آرماتوربندی و قالب بندی در این مرحله شروع به انجام بتن ریزی می‌کنند. بتن مورد استفاده در دال‌ها را که توسط میکسرها از کارگاه‌های مخصوص به قسمت اجرای پروژه حمل شده است را توسط پمپ‌های مخصوص و با استفاده از فشار هوا از طریق لوله به سقف سازه منتقل می‌کنند. بتنی که در قسمت سقف مورد استفاده قرار می‌گیرد باید از استانداردهای کامل برخوردار باشد. یعنی دانه بندی به صورت کاملاً درست رعایت شده باشد و نسبت آب به سیمان آن نیز مورد توجه قرار گیرد. حتماً باید قبل از بتن ریزی از روش آزمایش اسلامپ روانی بتن مورد آزمایش قرار گیرد. همچنین از بتن مورد استفاده نمونه‌های مکعبی برای آزمایش فشاری تهیه می‌شود. باید دقت شود که این نمونه‌ها تا قبل از درآمدن از قالب مخصوص نباید از کوچکترین ضربه یا تکانی بخورند.



در هنگام بتن ریزی باید بلافاصله در فواصل معین شروع به ویبره کردن بتن انجامید تا سنگدانه‌های بتن به خوبی متراکم شوند. این کار باید با دقت فراوان انجام شود تا بتن به خوبی متراکم گردد.

در دال‌های تخت بعد از بتن ریزی باید سطح بتن را کاملاً مسطح نمود. همچنین در تمام دال‌ها قالب بندی و داربست‌ها حداقل باید به مدت هفت روز تا خشک شدن کامل بتن در جای خود قرار بگیرند.

در شکل زیر یک نوع دال قوسی اجرا شده همراه با میلگردهای انتظار به نمایش در آمده است:



## کرادر

پروژه مترو تهران از دو قسمت اصلی تشکیل شده است:

(۱) ایستگاه

(۲) تونل

حفاری تونل به وسیله دستگاه‌های TBM انجام می‌گردد. این دستگاه‌ها با استفاده از تیغه‌های خود اقدام به حفر تونل می‌کنند. در پروژه خط ۳ متروی تهران این دستگاه از ایستگاه آیت الله سعیدی شروع به کار کرده است و نوبت به نوبت هر ایستگاه را طی می‌کند و به ایستگاه بعدی می‌رود. زمانی که قرار است دستگاه حفاری TBM وارد ایستگاه‌ها می‌شود باید بستری فراهم شود تا این دستگاه به راحتی بتواند از ایستگاه رد شده و به حفاری خود ادامه دهد. این بستر که از قسمتی بتنی که دارای دو ریل از پروفیل فولادی می‌باشد را کرادر می‌گویند.

کرادر بر روی شالوده انجام می‌شود و حتما باید قبل از نصب کرادر شالوده سازه حتما تمام شده باشد. این قسمت هم مانند قسمت‌های دیگر سازه مرحله به مرحله و همگام با سازه انجام می‌شود. به دلیل اینکه دستگاه TBM به صورت استوانه‌ای می‌باشد، سطح کرادر هم باید دارای قوس خاصی همراه با قوس دستگاه حفاری TBM باشد. همچنین پروفیل‌هایی در طرفین کرادر کار گذاشته می‌شود تا بر روی آن‌ها ریل‌هایی قرار گیرد. این ریل‌ها برای عبور دستگاه TBM باشد.

در ابتدای کار پروفیل‌ها را در جای خود و در ارتفاع کار می‌گذارند. این پروفیل‌ها را با استفاده از دوربین‌های نقشه برداری توتال به گونه‌ای در جای خود تراز می‌کنند که به هیچ عنوان نباید خطایی داشته باشد. زمانی که این پروفیل‌ها در جای خود قرار گرفت، مانند یک شالوده گسترده در دو سفره فوقانی و تحتانی شروع به اجرای آرماتوربندی می‌کنند.

برای انجام شبکه زیرین از آرماتوربندی کرادر، ابتدا میلگردهای عرضی را با توجه به نقشه‌های اجرایی و در فواصل معین بر روی زمین پخش می‌کنند. سپس آرماتورهای طولی را مانند آرماتورهای عرضی با توجه به نقشه‌های اجرایی و در فواصل معین بر روی آرماتورهای عرضی قرار می‌دهند. بعد از پخش کردن آرماتورهای طولی و عرضی با استفاده از مفتول آرماتورها را به هم می‌بندند تا شبکه زیرین تشکیل شود. آرماتورهای شبکه بالایی را هم به همین نحو اجرا می‌کنند با این تفصیل که برای اینکه شبکه بالایی در سر جای خود قرار بگیرد از خرک استفاده می‌کنند. خرک‌ها به انواع مختلفی می‌باشند باعث می‌شوند تا آرماتورها به نحو صحیح در جای خود قرار بگیرند.

چون سطح کرادر از حساسیت خاصی برخوردار می‌باشد و باید حتما قوس آن یکدست و میزان باشد، لذا باید تمهیداتی انجام داد تا در هنگام بتن ریزی سطح مورد نظر یکدست درآید. برای این کار بعد از میلگرد گذاری در کرادر، در هر سه متر اقدام به نصب پروفیل‌هایی از نبشی می‌کنند. این نبشی‌ها که قبلا به صورت قوس مورد نظر



درآمده است با استفاده از دوربین‌های نقشه برداری و با کمک نقشه بردار دقیقاً در سرجای خود قرار می‌گیرد. پس از اینکه مطمئن شدیم که مکان نبشی‌ها صحیح است آن‌ها را به خوبی در جای خود جوش می‌دهند تا تکان نخورند. این نبشی‌ها میزان تراز بتن ریزی می‌باشند باید به نحوی کار گذاشته شوند که علاوه بر ایجاد قوس مورد نظر باید پوشش بتن بر روی میل‌گردهای کرادر نیز فراهم آورند. یعنی باید به اندازه پوشش بتن بالاتر از میلگردها کار گذاشته شوند.

بعد از اتمام آرماتوگذاری و نصب دقیق نبشی‌ها اقدام به بتن ریزی می‌کنند. بتن مورد استفاده در کرادر را که توسط میکسرها از کارگاه‌های مخصوص به قسمت اجرای پروژه حمل شده است را توسط پمپ‌های مخصوص و با استفاده از فشار هوا از طریق لوله به کف ساز منتقل می‌کنند. در هنگام بتن ریزی باید بلافاصله در فواصل معین شروع به ویبره کردن بتن انجامید تا سنگدانه‌های بتن به خوبی متراکم شوند. این کار باید با دقت فراوان انجام شود تا بتن به خوبی متراکم گردد.

برای اجرای دقیق سطح کرادر از نبشی‌ها کمک می‌گیرند. به همین منظور بتن را با استفاده از شمشه‌ای که بر لبه‌های نبشی استوار است دقیقاً صاف و به صورت قوسی درمی‌آورند.

در هنگام بتن ریزی باید بلافاصله در فواصل معین شروع به ویبره کردن بتن انجامید تا سنگدانه‌های بتن به خوبی متراکم شوند. این کار باید با دقت فراوان انجام شود تا بتن به خوبی متراکم گردد.

در شکل زیر قسمتی از کرادر همراه با جزئیات به نمایش درآمده است.



## گزارش کار

در هر پروژه‌ای برای اینکه بتوان از پیشرفت کار به خوبی آگاه شد باید حتما گزارش کارهایی به صورت روزانه و ماهانه جمع کرد. گزارش کارها از روند اجرای کار و درصد پیشرفت کار خبر می‌دهند.

گزارش‌ها باید به گونه باشند تا بتوان در آنها بدون سختی زیاد از روند اجرای پروژه آگاهی کسب کرد. نمونه‌ای از گزارش کار روزانه در کارگاه، مخصوص شرکت آماده می‌شد که به اختصار جدول آن توضیح داده می‌شود.

در گزارش کار روزانه باید در حله اول تاریخ مشخص شود. همچنین باید زمان انجام کار نیز دقیقا باید درج شود.

در این گزارش باید وضعیت جوی هوا ذکر شده باشد. چون با توجه به شرایط جوی بعضی از کارها انجام می‌شوند.

تعداد نیروی انسانی و همچنین وسایل و دستگاه‌های موجود در کارگاه باید ذکر شود. چون رابطه مستقیمی با حجم انجام پروژه را دارند.

مهمترین قسمت یک گزارش از کار حجم عملیات روزانه می‌باشد. عملیاتی که به صورت روزانه در محیط کارگاه انجام می‌شود باید به طور کامل و در قسمت‌های مختلف در گزارش آورده شود. همچنین باید شرایط انجام کار نیز باید با توجه به روز یا شب بودن عملیات کارگاهی نیز درج شود.

هریک از عملیاتی که در گزارش نوشته می‌شود حتما باید مقدار حجم عملیات نیز در جلوی خودش نوشته شود تا بتوان متوجه شد که چقدر انجام شده است.

یکی دیگر از مهمترین قسمت‌های گزارش، ثبت مشکلات در حین کار می‌باشد. در هر گزارش باید مشکلاتی که در حین کار به وجود می‌آید به صورت خلاصه نوشته شود تا بعدا درمورد مشکلات تصمیم‌گیری و اقدام به رفع مشکل کرد.

همچنین باید در هر قسمت از گزارش کار ملاحظاتی مربوط به پروژه را اختصاص داد تا بتوان در آن قسمت شرح داد.

در انتها هم باید گزارش کار به امضای سرپرست و ناظر مقیم برسد.





## مشکلات در حین کار

در هر پروژه‌ای به دلایل مختلفی کار با مشکلاتی برخورد می‌کند که باید با تلاش مشکلات را بطرف کرد و به پیشبرد پروژه فکر کرد. به نوعی می‌توان گفت مشکلات جزعی از هر پروژه می‌باشد که نمی‌توان آن‌ها را نادیده گرفت. پروژه ایستگاه  $F_3$  هم به دلایل شرایط خاص خود عاری از مشکلات نبود. در زیر به چند تن از مشکلاتی که بنده در مدت کوتاهی که در این پروژه شرکت داشتم اشاره می‌کنم.

### • فضای محدود کارگاه

یکی از بزرگترین مشکلاتی که در این پروژه به چشم می‌خورد محدود بودن فضای کار بود. برای چنین پروژه‌هایی حتما باید فضای کافی برای مانور دادن در محل کارگاه وجود داشته باشد. ایستگاه  $F_3$  در میدان منیریه قرار داشت و به دلیل قرار داشتن در یکی از قسمت‌های مهم شهر تهران، از کمبود فضای کار بسیار رنج می‌برد. به همین خاطر در محل کارگاه از حداکثر محیط برای انجام کار استفاده می‌شد.

### • وجود آب‌های زیرزمینی

یکی دیگر از بزرگترین مشکلاتی که در حین کار بسیار با آن برخورد می‌شد، وجود آب‌های زیرزمینی بود. شهر تهران به دلایل وجود قنات‌های قدیمی معروف است و همچنین پروژه در زیر زمین بود، به هیچ عنوان نمی‌توانستیم از آب‌های زیرزمینی فرار کنیم. آب‌های زیرزمینی در هنگام کار بسیار کار را با مشکل مواجه می‌کردند. از مهمترین مشکلاتی که آب‌های زیرزمینی ایجاد می‌کردند در هنگام خاکبرداری بود.

### • ریزش خاک

برای انجام پروژه ایستگاه  $F_3$  احتیاج به خاکبرداری‌های فراوانی بود. ریزشی بودن خاک منطقه و به دلیل قنات‌های قدیمی که در این منطقه قرار داشت در خیلی از موارد باعث متوقف شدن کار می‌شد. حتی در گذشته در این ایستگاه بارها اطراف کارگاه به دلیل حفاری ریزش کرده و باعث بستن خیابان شده است.

### • وجود تاسیسات زیرزمینی شهری

در هر پروژه شهری که در آن حفاری انجام می‌گیرد امکان ندارد به تاسیسات زیرزمینی شهری آسیب نرسد. این پروژه هم به دلایل حفاری‌های طولانی بارها باعث شده است که یکی از تاسیسات شهری در هنگام کار به طور ناگهانی آسیب برسد. آسیب رسیدن به این تاسیسات موجب توقف کار می‌شد زیرا تا زمانی که ارگان مربوطه اقدام به برطرف کردن مشکل می‌کرد، زمان می‌برد.





## • هوای نامناسب

تقریباً تمام کارهای پروژه مربوطه در زیر زمین انجام گرفته است. فضای محدود کارگاه باعث می‌شد که فضای محدود کارگاه باعث شده بدو که فقط قسمت کوچکی از کارگاه با هوای آزاد ارتباط داشته باشد. قسمت‌های زیادی از کارگاه از هوای تازه محروم بودند. با اینکه هواکش‌هایی برای دفع هوا کار می‌کرد ولی بازهم جوابگو نبودند و هوای داخل کارگاه با گردوغبار زیادی که داشت تنفس انسان را دچار مشکل می‌کرد.



## نتیجه گیری

در ابتدا قبل از اینکه وارد چنین پروژه‌ای بشوم از خیلی اطلاعات کاری مربوط به پروژه آگاهی چندانی نداشتم. به محض ورود با سوالات متعددی برخورد کردم که رفته رفته با گذشت زمان به هر یک از قسمت‌های سازه که انجام می شد اشراف پیدا می کردم.

خدارا شکر می کنم که توانستم در چنین پروژه‌ای به این بزرگی و حساسی وارد شوم. در مدت کوتاهی که در روند پروژه شرکت داشتم بیشتر از آنکه خودم فکرش را می کردم تجربه کسب کردم. تجربه‌هایی که در کمتر پروژه‌هایی به آن برخورد می کنیم. بیشتر کارهای عمرانی که در کشور انجام می شود مربوط به ساختمان سازی می باشد. در ساختمان سازی تقریباً تمام روند انجام کار به یک نحو می باشد و با انجام دادن یک پروژه ساختمانی تقریباً به بیشتری از موارد در ساختمان سازی می توان پی برد. ولی در چنین پروژه‌های خاصی که از قسمت‌های مختلف و بسیار زیاد تشکیل شده است می توان تجربه‌هایی کسب کرد که در هیچکدام از ساختمان سازی‌های معمولی نمی توان کسب کرد. در کل هرچقدر هم یک مهندس عمرانی در پروژه‌های بزرگ و ملی جستجو و کار کند بازهم برای کسب تجربه کم است.

امیدوارم با کسب تجربه از این پروژه بتوانم در آینده حداقل حرفی کوچک برای گفتن داشته باشم. این اولین تجربه جدی بنده در یک پروژه عمرانی بوده است. و امیدوارم با کسب اولین تجربه بتوانم گام‌های دیگر را محکمتر بردارم تا بتوانم برای میهن عزیزم خدمتکاری وفادار باشم.

از زحمات مهندس ماهر کی کمال تشکر را دارم که بنده را در این پروژه هدایت و راهنمایی کردند.

زمان انتهای کارآموزی بنده با یک حادثه دلخراشی برای هم میهنانم در آذربایجان شرقی بود. زلزله ای که دوباره مهندسین عمرانی را به فکر فرو برد و بازهم زنگ خطری برای ایران ما.

در انتها امید این را دارم که مهندسین عزیز مملکت ما با تلاش و پشتکار این قبیل حوادث را جدی تر از قبل بگیرند و چاره ساز باشیم.

