توصیف طرح با عنوان:

سازه خود پایدار برای سیستم نگهداری دائمی ترانشه‌ها

Self Stabilized Structure For Slope Permanent Support

طبقه بندی طرح:

بخشها: گودبرداری ساختمانها و احداث زیرگذرها و رمپها

زیر بخش: گودبرداری ساختمانها

زیر بخش: احداث زیرگذرها و رمپها

خلاصه طرح:

این طرح تلفیقی از تکنیک اجرائی در کنار محاسبات ژئوتکنیکی و سازه‌ای می‌باشد، با استفاده از آن می‌توان سازه اصلی ساختمان‌ها و زیرگذرها و رمپ‌ها را بدون نیاز به سیستم نگهداری موقت (مانند سازه‌های نگهبان و شمع و دیافراگم و میخ کوبی و ...) طراحی و اجرا نمود. این طرح در ساختارهای شهری برای ساختمانهائی که دارای گودبرداری‌های عمیق و نیمه عمیق در تراز زیر فونداسیون ساختمانهای مجاور هستند و همچنین ترانشه‌های حاصل از احداث رمپها و زیرگذرها قابل استفاده است. اساس کار به اینگونه است که در زیر تمامی ستونهای سازه اصلی تا عمق مشخصی از زیر فونداسیون (که از طریق محاسبات ژئوتکنیکی تعیین می‌گردد) همانند شمعهای درجا حفاری می‌گردد (عموماً چاه‌هائی با قطر ۱ متر یا بیشتر، با توجه به نتایج طراحی)، سپس تا تراز ۱۰ سانتیمتری روی فونداسیون قفسه آرماتور شمع‌ها کارگذاشته شده و تا عمق مشخصی از روی فونداسیون بتن ریزی می‌شود، پس از آن ستونهای اصلی سازه که المانهای برشگیر در قسمت مدفون آن نصب شده است به همراه یک صفحه پای ستون در داخل شمع کار گذاشته شده و تا ارتفاع مدفون مجدداً بتن ریزی می‌شود تا ستون بطور کامل با شمع درگیر شده و بتواند نیروهای داخلی حاصل از نتایج طراحی را بطور کامل به شمع منتقل نماید، با توجه به اینکه میلگردهای انتظار شمعها در محدوده فونداسیون قرار دارند، امکان اتصال شمعها به فونداسیون نیز تامین خواهد گردید (برای عملکرد یکپارچه شمع و فونداسیون) در ادامه فضای خالی دور ستون داخل چاه با مصالح درشت دانه (مانند شن و ماکادام) پر می‌شود تا اجازه جابجائی‌های موضعی داده نشده و ستون کاملاً با توده خاک اطرافش درگیر شود. پس از آن عملیات گود برداری بصورت مرحله‌ای در عمقهای ۱ الی ۱/۵ متری آغاز می‌گردد که در هر مرحله محدوده بین شمعها با کارگذاری تیرهای خوابیده کامپوزیتی (همانند آنچه در سقفهای کامپوزیت استفاده می‌گردد) و همچنین نصب شبکه آرماتور بین ترانشه و تیرها و ستونها، قالب بندی و بتن ریزی می‌گردد (پروفیل تیرها و شبکه آرماتور از محاسبات سازه‌ای تعیین می‌گردند)، بعد از دو مرحله اجرای حفاری و تحکیم، تیرهای سقف بین ستونها اجرا می‌گردد به نحوی که تمامی ستونها به همدیگر متصل گردد، این تیرها نقش مهاربند را داشته و همچنین طبق محاسبات سازه‌ای طراحی آنها به گونه‌ای انجام می‌شود که توانائی مقاومت در برابر بارهای نهائی

ثقلی و بارهای جانبی ناشی از فشار خاک و نیروهای زلزله و باد را داشته باشند، به منظور کنترل جابجائیهای ترانشه با نصب پینهای ژئودتیک روی ترانشه و روی دیوارههای ساختمانهای مجاور (درصورت وجود) در تمامی مراحل اجرائی عملیات رفتارنگاری ترانشه انجام میشود و کنترلهای مربوطه بر اساس تئوری پایداری شیروانیها مطابق استانداردها و آئیننامههای معتبر به عمل میآید، مراحل اجرائی فوق تا رسیدن به تراز فونداسیون ادامه یافته و نهایتاً با اجرای آرماتوربندی و بتن ریزی فونداسیون اتمام مییابد. در این روش به منظور آب بندی و واترپروفینگ ترانشه میتوان با نصب لایههای عایق (از جنس P.V.C) روی خاک ترانشه قبل از بتن ریزی دیوارهها از زهکشی مناسب و عدم نفوذ آبهای سطحی و زیرسطحی به داخل ترانشه نیز اطمینان حاصل نمود. در نهایت سازه اصلی نقش سازه نگهدارنده دائمی ترانشه را داشته و ضمن تامین پایداری و ایمنی مناسب بدون نیاز به سیستمهای نگهداری موقت در زمان و هزینه صرفهجوئی قابل ملاحظهای را خواهد داشت که در ادامه جزئیات آن بطور کامل تشریح گردیده است.

۱- مقدمه:

با توجه به نیاز روز افزون به توسعه راهها و استفاده از فضاهای زیرزمینی برای بهبود وضعیت حمل و نقل در کلانشهرها و همچنین شهرهای در حال توسعه، سازههائی مانند زیرگذرها و رمپهای ورودی و خروجی تونلها و سازههای ساختمانی سیستم نوینی میطلبد که علاوه بر کاهش هزینههای اجرائی و افزایش سرعت اجرا، بتواند ایمنی لازم را تامین نماید، برای این منظور مطالعاتی بر اساس روشهای عددی و بر مبنای تئوریهای مهندسی ژئوتکنیک انجام شده است که راه حل مناسبی را برای پیادهسازی سیستمهای نگهدارندهای که بتواند با تامین اهداف فوق جایگزین مناسبی برای روشهای متداول پایدارسازی و نگهداری ترانشههای باز باشد ارائه نماید.

با توجه به اینکه سالیانه شاهد حوادث ناگواری ناشی از گودبرداریهای غیر اصولی در ساخت و ساز شهری و همچنین فروریزش و ناپایداری در اجرای ترانشهها برای احداث زیرگذرها و رمپها هستیم که علاوه بر تحمیل هزینههای کلان به پروژهها موجب خسارتهای جانی و مالی میشود و عملاً به علت وجود ضعفهای نظارتی و اجرائی امکان کنترل و کاهش

خسارتهای متعاقب یا نبوده و یا بسیار محدود است، متاسفانه یکی از عوامل مهم ایجاد حوادث و سوانح که آمار نسبتاً بالائی را نیز به خود اختصاص داده است ناشی از ایجاد ناپایداری در گودبرداریها می‌باشد، هرچند ضوابط و مقرراتی از سوی سازمانها و نهادهای مسئول نظیر شهرداری و سازمان نظام مهندسی برای سازه‌های نگهدارنده ترانشه‌ها با عنوان ***"سازه نگهبان"*** وضع شده است ولی آمارها نشان می‌دهد حتی این قوانین و مقررات نیز نتوانسته است ضامن ایمنی ناشی از اجرای گودبرداری و حفاریها باشد، در اکثر موارد سازه نگهبان یا اجرا نمی‌شود و یا بصورت غیر اصولی و غیر فنی اجرا می‌شود که تاثیری در حفظ پایداری ترانشه‌ها ندارد، از طرفی روشهای متداول و رایج برای تحکیم و پایدارسازی ترانشه‌ها هزینه بالائی داشته و یا به علت صعوبت اجرائی و مسائل حقوقی پیاده سازی آن امکان‌پذیر نمی‌باشد، حتی در برخی موارد شاهد آن هستیم که علی‌رغم اجرای سازه نگهبان و سیستم نگهداری موقت، ناپایداری در ترانشه ایجاد شده و موجب فروریزش کلی یا موضعی شده است، اینگونه موارد بیانگر این حقیقت است که تا کنون سیستم کارآمدی برای حمایت ترانشه‌ها تعریف نشده است، همچنین مهندسینی که در امر نظارت بر اجرای ساختمانها و سازه‌های زیرزمینی فعالیت می‌نمایند اغلب به علت عدم وجود تجربه و تخصص کافی توانائی تشخیص سیستم مناسب برای تامین ایمنی در گودبرداریها را ندارند که خوشبختانه در این مورد سازمان نظام مهندسی با برگزاری دوره‌های بازآموزی برای مهندسان ناظر تحت عنوان ***گودبرداری و سازه‌های نگهبان*** توانسته است گام مثبتی در این جهت بردارد ولی مسئله اساسی این است که روشهائی که در این دوره‌ها تدریس می‌شود به اندازه کافی کارآمد نیستند و نمی‌توانند حاشیه ایمنی مناسبی را در گودبرداریها تامین نمایند. در تصویر شماره (۱) تعدادی از مخاطرات حاصل از گودبرداریهای غیر اصولی در ساخت و سازهای شهری نشان داده شده است، همانطور که ملاحظه می‌شود عدم رعایت اصول فنی و ایمنی موجب وارد آمدن خسارتهای جبران ناپذیر به ساختمانهای مجاور و در اکثر موارد موجب خسارتهای جانی نیز شده است. عدم درک صحیح از رفتار خاک و ماهیت سیستم نگهداری و در اکثر موارد اجرای غیر اصولی سیستم نگهدارنده مطابق تصویر شماره (۲) موجب بروز اینگونه مخاطرات می‌شود.

تصویر شماره (۱): تخریب و فروریزش ساختمانهای مجاور گود برداریهای غیر اصولی

تصویر شماره (۲): اجرای غیر اصولی سازه نگهبان و سیستم نگهدارنده

۲- پیشینه و زمینه فنی طرح سازه خودپایدار:

با توجه به نیاز به انجام گودبرداریها در اجرای سازه‌های ساختمانی و همچنین در احداث زیرگذرهای در راه‌های ارتباطی شهری و بین شهری، روشهای مختلفی برای پایدارسازی ترانشه‌های حاصل از گودبرداری مورد استفاده قرار می‌گیرد که عملکرد اکثر آنها به عنوان سیستم نگهدانده موقت (Temporary Support) بوده و نیازمند اجرای سیستم نگهداری دائم می‌باشد. مطابق استانداردهای رایج و متداول برای طراحی و اجرای سیستمهای نگهداری موقت، مدت زمان مجاز برای بهره‌برداری از این سیستمها حداکثر ۱۸ ماه می‌باشد و در پایان مدت مذکور و یا زودتر از آن می‌بایست سیستم نگهداری دائمی اجرا گردد. اهم این روشها عبارتند از:

۱- مهارسازی یا دیوار برلینی (Anchoring – Berlin Wall)

۲- دوخت به پشت یا میخ کوبی (Tie Back - Nailing)

۳- دیواره دیافراگمی (Diaphragm Wall)

۴- مهار متقابل (Reciprocal Support)

۵- شمع نگهبان (Soldier Pile)

۶- سپرکوبی (Sheet Piling)

۷- سازه خرپائی (Truss Support)

هر کدام از روشهای فوق دارای محسنات و معایبی هستند که در ادامه توضیحات اجمالی در خصوص هریک از روشها ارائه می‌گردد:

۱- مهارسازی یا دیوار برلینی (Anchoring – Berlin Wall)

در این روش قبل از شروع گودبرداری، در مجاورت ترانشه چاههائی حفر شده محدوده مدفون آن با کارگذاری قفسه آرماتور بافته شده از قبل بتن ریزی شده و پروفیلهای H شکل فولادی داخل شمع بتنی کارگذاشته شده و و قسمتی از

انتهای تحتانی آن بتن ریزی می‌شود تا در داخل بتن شمع مدفون گردد، پس از اینکه بتن شمع به مقاومت قابل قبولی رسید عملیات گودبرداری بصورت مرحله‌ای آغاز می‌شود، در هر مرحله دو طرف پروفیلها بصورت افقی چال زنی شده و میلگردهای فولادی به طول و قطر مشخص حاصل از نتایج طراحی در داخل چالها کارگذاشده شده و دوغاب سیمان داخل چالها تزریق می‌گردد، سپس پنلهای بتنی پیش‌ساخته بین پروفیلها قائم قرار داده شده و به نحو مناسبی به میلگردهای کارگذاشته شده در دیواره متصل می‌گردد، همین مراحل تا اتمام گودبرداری انجام می‌شود تا دیواره ترانشه تحکیم گردد (مطابق تصویر ۳)

تصویر شماره ۳: اجرای مهارسازی یا دیوار برلینی برای تحکیم ترانشه

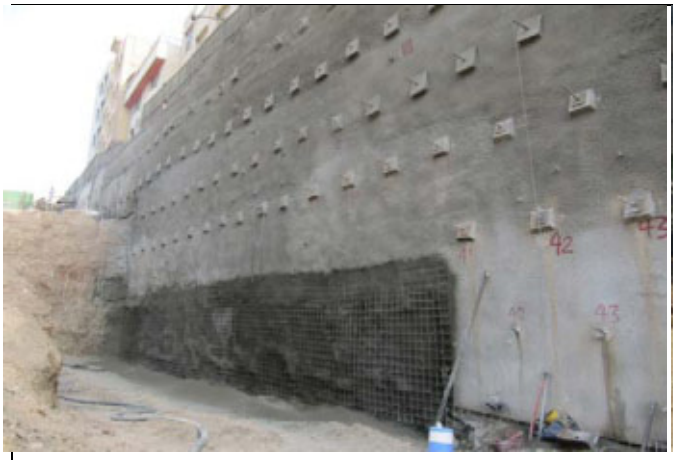
این روش ضمن تامین ایمنی مناسب برای ترانشه دارای معایبی است که در ادامه تشریح می‌گردد:

- به علت لزوم استفاده از بدنه خاک مجاور گود در صورت وجود ساختمان مجاور گود یا عوارض تاسیساتی و معابر شهری قابل استفاده نخواهد بود.
- سرعت پائین به علت لزوم اجرای مرحله‌ای، برای یک سیستم نگهداری موقت چنانچه سرعت اجرا پائین باشد به لحاظ اقتصادی و محدودیتهای زمانی پروژه مقرون به صرفه نخواهد بود.
- هزینه‌های اجرائی آن با توجه به نیاز به تکنولوژی‌های پیشرفته در مقایسه با روشهای، دیگر بالاتر می‌باشد.
- برای حفاری چالها نیاز به دستگاههای ویژه می‌باشد.

- نیازمند استفاده از نیروی کار متخصص می‌باشد.
- در صورت وجود ساختمانهای مجاور، تجاوز به حریم زیر ساختمان‌ها انجام می‌شود که مطابق ضوابط شهرداری غیر قانونی بوده و مجاز نمی‌باشد.
- احتمال برخورد به تاسیسات زیربنائی به هنگام حفاری چالهای افقی و ایجاد اسیب به آنها وجود دارد (نظیر لوله‌های گاز و آب و فاضلاب شهری و ...)
- این روش در تمامی خاکها قابل استفاده نمی‌باشد، در خاکهائی که نفوذناپذیر باشند امکان تزریق وجود ندارد.

۲- دوخت به پشت یا میخکوبی (Tie Back – Nailing)

این روش نیز مشابه روش مهارسازی یا دیوار برلنی است با این تفاوت که نیاز به اجرای شمع و پروفیلهای قائم وجود ندارد، مراحل اجرائی به اینگونه است که در مراحل مختلف گود برداری ترانشه چالهای افقی با دستگاه ویژه حفار اجرا و سپس میلگرد داخل چالها قرار داده می‌شود و تزریق می‌گردد، روی سطح ترانشه یک یا دو لایه شبکه آرماتور قرار داده شده و بتن پاشی می‌گردد سپس صفحات فولادی به انتهای میلگردها که قبلاً رزوه شده است نصب و توسط مهره روی سطح بتن پاشیده شده تثبیت می‌گردد.عمق چالها و قطر میلگردها و ابعاد صفحات و فواصل آنها از همدیگر با توجه به نتایج محاسبات مربوطه بدست می‌آید. با ادامه مراحل فوق ترانشه از بالا به پائین تحکیم می‌گردد (مطابق تصویر ۴)



تصویر شماره ۴: اجرای تحکیمات به روش دوخت به پشت یا میخکوبی

این روش ضمن تامین ایمنی مناسب برای ترانشه، مشابه روش مهارسازی دارای معایبی است که در ادامه تشریح می‌گردد:

- به علت لزوم استفاده از بدنه خاک مجاور گود در صورت وجود ساختمان مجاور گود یا عوارض تاسیساتی و معابر شهری قابل استفاده نخواهد بود.
- سرعت پائین به علت لزوم اجرای مرحله‌ای، برای یک سیستم نگهداری موقت چنانچه سرعت اجرا پائین باشد به لحاظ اقتصادی و محدودیتهای زمانی پروژه مقرون به صرفه نخواهد بود.
- هزینه‌های اجرائی آن با توجه به نیاز به تکنولوژی‌های پیشرفته در مقایسه با روشهای، دیگر بالاتر می‌باشد.
- برای حفاری چالها نیاز به دستگاههای ویژه می‌باشد.
- نیازمند استفاده از نیروی کار متخصص می‌باشد.
- در صورت وجود ساختمانهای مجاور، تجاوز به حریم زیر ساختمان‌ها انجام می‌شود که مطابق ضوابط شهرداری غیر قانونی بوده و مجاز نمی‌باشد.
- احتمال برخورد به تاسیسات زیربنائی به هنگام حفاری چالهای افقی و ایجاد اسیب به آنها وجود دارد (نظیر لوله‌های گاز و آب و فاضلاب شهری و ...)
- این روش در تمامی خاکها قابل استفاده نمی‌باشد، در خاکهائی که نفوذ ناپذیر باشند امکان تزریق وجود ندارد.
- کارگذاری شبکه آرماتور و بتن پاشی آن نیازمند استفاده از تجهیزات پیشرفته داشته و همچنین موجب تطویل زمانی اجرا خواهد بود.
- صفحات فولادی انتهای نیلها می‌بایست بطور کامل به سطح بتن متکی باشد در غیر اینصورت عملکرد مناسبی از این سیستم نمی‌توان انتظار داشت.

- درصورت عدم تزریق مناسب داخل چالها، چسبندگی لازم بین میلگرد و توده خاک اطرافش تامین نخواهد گردید، لذا در مواقعی که چالها ریزشی باشند و اطمینان از تزریق کامل نیلها حاصل نشود عملکرد کل سیستم مناسب نخواهد بود.
- تغییرمکان‌های جانبی ترانشه در طی مراحل اجرائی نسبتاً زیاد می‌باشد که این امر موجب آسیب رساندن به ساختمانهای مجاور می‌گردد هر چند میزان این آسیبها محدود می‌باشد.
- حداقل زمان لازم بعد از تزریق دوغاب داخل چالها برای ادامه عملیات حداقل ۷۲ ساعت می‌باشد. لذا سرعت اجرای تحکیمات لزوماً پائین خواهد بود.

۳- دیواره دیافراگمی (Diaphragm Wall)

در این روش ابتدا محل دیوار نگهبان با استفاده از دستگاههای ویژه حفاری شده و بطور همزمان محل حفاری شده با گل بنتونیت و سیمان پر میشود تا از ریزش دیواره حفاری شده جلوگیری به عمل آید، سپس قفسه میلگرد بافته شده از قبل داخل محل حفاری شده قرار داده شده و بتن ریزی می‌شود، برای خروج گل حفاری از داخل گود معمولاً مجراهائی در کنار محل حفاری تعبیه می‌گردد که گل حفاری خارج شده به هنگام کیج گذاریو بتن ریزی به محل مناسبی تخلیه گردد (مطابق تصویر ۵)

تصویر شماره ۵: اجرای تحکیمات به روش دیوار دیافراگمی

این روش ضمن تامین ایمنی مناسب برای ترانشه، دارای معایبی است که در ادامه تشریح می‌گردد:

- این روش برای گودبرداریهای کم حجم مناسب نمی‌باشد.
- برای استقرار دستگاههای حفار ویژه نیاز به فضای کار زیادی می‌باشد.
- ضخامت دیوار نگهبان با توجه به محدودیتهای ذاتی این روش زیاد می‌باشد.
- هزینه اجرائی این روش بسیار بالا است.
- در محیطهای شهری و برای پروژه‌های ساختمانی عادی قابلیت اجرا ندارد.
- برای حفاری و میلگردگذاری و بتن ریزی نیاز به ابزارهای ویژه می‌باشد (دستگاه حفار، جرثقیلهای سنگین، پمپ بتن و ...)
- سطح تمام شده دیوار از ظاهر مناسبی برخوردار نخواهد بود، برای تامین سطح مناسب بتن می‌بایست از قالب بندی داخل محدوده حفاری شده استفاده گردد که مستلزم صرف هزینه‌های زیاد می‌باشد.
- تامین قفل و بست مناسب بین پنلهای دیوار کار سخت و دشواری می‌باشد.
- نوع بتن مورد استفاده می‌بایست با کارائی بالا باشد که بتواند فضای داخل گود را بطور کامل پر کند.
- برای اجرای این سیستم نیاز به نیروهای متخصص می‌باشد.

۴- مهار متقابل (Reciprocal Support)

این روش در مواردی که عرض محدوده گودبرداری کم است مورد استفاده قرار می‌گیرد، عموماً برای اجرای کانالها و حفاریهای با طول زیاد و در عرض کم به منظور نگهداری موقت دیواره‌های ترانشه از این روش پایدارسازی بهره گرفته می‌شود، در این روش ابتدا در دو طرف گود چاههائی حفاری میشود (همانند شمع) و پروفیلهای فولادی H شکل در داخل چاهها به همراه شبکه میلگرد از قبل بافته شده در محدوده عمق مدفون شمعها کارگذاشته شده و بتن ریزی می‌شود، سپس قسمت فوقانی پروفیلهای متقابل با تیرهای فولادی قطور المانهای خرپائی به هم متصل می‌گردد، پس از آن عملیات گودبرداری بصورت تدریجی انجام می‌شود. در این روش پروفیلهای قائم به همراه تیرهای مهاربند بصورت

متقارن فشارهای جانبی خاک را تحمل می‌نمایند، این روش نیز عموماً به عنوان نگهداری موقت ترانشه‌ها استفاده می‌گردد و در نهایت برای نگهداری دائم ترانشه می‌بایست از دیوار حائل یا سایر سیستمهای نگهداری دائمی استفاده شود. (مطابق تصویر ۶)

تصویر شماره ۶: اجرای تحکیمات به روش مهار متقابل

این روش در گودبرداریهای کم عرض عملکرد مطلوبی دارد ولی در کل دارای معایبی است که در ادامه تشریح می‌گردد:

- درصورت عریض بودن گود المانهای مهاربندی در عرض و ارتفاع دست و پا گیر خواهد بود.
- در مواردی که دو طرف گود همتراز نباشند این سیستم کارائی لازم را نخواهد داشت.
- به هنگام اجرای سازه اصلی، تداخل بین المانهای مهاربندی و المانهای سازه‌ای مشکل ساز خواهد بود.
- در صورت افزایش ارتفاع گودبرداری، ابعاد المانهای مهاربندی و همچنین پروفیلهای قائم به شدت افزایش خواهد یافته و در ترازهای مختلف نیاز به اجرای تیرهای مهاربند خواهد بود.
- با توجه به موقتی بودن این نوع سیستم نگهداری در نهایت بعد از اجرای سیستم نگهداری دائمی می‌بایست جمع آوری شود.
- هزینه اجرائی آن به لحاظ موقتی بودن این سیستم، بالا می‌باشد.
- در پروژه‌های ساختمانی محدودیتهای موجود در فضای مورد نیاز عملاً باعث ناکارآمد بودن این سیستم می‌شود.

۵- شمع نگهبان (Soldier Pile)

یکی دیگر از روشهای تحکیم ترانشه استفاده از شمعهای نگهبان می‌باشد، در این روش شمعها همانند یک تیر کنسول که گیرداری آن از طریق عمق مدفون زیر سطح نهائی گودبرداری تامین میشود فشارهای جانبی خاک را تحمل می‌نماید، عملیات گودبرداری ترانشه می‌بایست بعد از اجرای کامل شمعها و رسیدن بتن به مقاومت مورد انتظار آغاز گردد، فاصله شمعهای نگهبان و قطر و میلگرد تسلیح آن از محاسبات ژئوتکنیکی حاصل می‌شود، ابتدا چاههای مربوط به شمعها حفاری شده و سپس فقسه آرماتور از پیش بافته شده با جرثقیلهای سنگین داخل چاه کارگذاشته شده و در نهایت بتن ریزی می‌شود، این سیستم در صورت نیاز می‌تواند به عنوان سیستم نگهداری دائم نیز مورد استفاده قرار گیرد ولی فضای زیادی از زمین را اشغال می‌کند که این امر موجب می‌شود برای پروژه‌های ساختمانی گزینه مناسبی نباشد (مطابق تصویر ۷)

تصویر شماره ۷: اجرای تحکیمات به روش شمع نگهبان

استفاده از این روش در گودبرداریهای با عمق متوسط به لحاظ تامین ایمنی و تحمل فشارهای جانبی خاک مناسب می‌باشد ولی در کل دارای معایبی است که در ادامه تشریح می‌گردد:

- در گودبرداریهای عمیق به علت افزایش ابعاد شمعها و لزوم کاهش فاصله بین شمعها کارائی مناسبی ندارد.
- در ساخت و سازهای شهری به علت مجاورت با ساختمانها امکان اجرای شمعها وجود نداشته و درصورت استفاده فضای زیادی را اشغال خواهد کرد.
- در صورتیکه از این سیستم به عنوان سیستم نگهداری دائمی استفاده شود با توجه به سطح نا صاف و ناهموار شمعها بعد از گودبرداری، هزینه متعاقب آن برای پرداخت سطح روی شمعها نسبتاً زیاد خواهد بود.

۶- سپرکوبی (Sheet Piling)

یکی دیگر از روشهای تحکیم ترانشه استفاده از سپرکوبی می‌باشد، در این روش ابتدا در طرفین گود پنلهای فولادی با ماشین‌آلات ویژه در زمین کوبیده می‌شود و سپس عملیات گودبرداری آغاز می‌گردد، این روش نیاز به فضای کمتری داشته و برای گودبرداریهای کم عمق و نیمه عمیق می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، با توجه به اینکه در این روش نیاز به کوبیدن ورقهای فولادی در خاک می‌باشد آلودگی صوتی نسبتاً زیادی تولید کرده و در بافت شهری موجب نارضایتی همسایگان را فراهم می‌آورد، لذا در پروژه‌هائی که خارج از شهر اجرا می‌شود می‌تواند گزینه مناسبی باشد (تصویر شماره ۸)

تصویر شماره ۸: اجرای تحکیمات به روش سپرکوبی

استفاده از این روش در گودبرداریهای با عمق کم و متوسط به لحاظ تامین ایمنی و تحمل فشارهای جانبی خاک مناسب می‌باشد ولی در کل دارای معایبی است که در ادامه تشریح می‌گردد:

- نیاز به دستگاه ویژه سپر کوب
- نیاز به نیروهای متخصص برای عملیات اجرائی
- نیاز به فضای زیاد برای استقرار دستگاه سپر کوب
- برای گودبرداریهای عمیق و عریض مناسب نمی‌باشد.
- به علت ایجاد آلودگی صوتی برای محیطهای شهری مناسب نمی‌باشد.

۷-سازه خرپائی (Truss Support)

سازه خرپائی متداولترین و مقبولترین روشی از که برای پایدارسازی ترانشه‌ها در گودبراریها مورد استفاده قرار می‌گیرد، با توجه به سادگی اجرا و انعطافپذیری آن نسبت سایر روشهای تحکیم مورد توجه بیشتری قرار گرفته است، در حال حاضر سیستم رایجی که برای نگهداری موقت ترانشه‌ها در گودبرداریهای داخل شهر برای احداث ساختمانها مورد استفاده قرار می‌گیرد سازه نگهبان خرپائی می‌باشد، در همین زمینه مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن نشریه‌ای منتشر نموده‌است که جزئیات کامل طراحی و اجرای این سیستم را تشریح نموده و دیاگرامهای ساده شده‌ای برای طراحی سازه‌ای المانها ارائه شده است که استفاده از آنها بسیار سهل الوصول بوده و توانسته‌است جایگاه مناسبی در ساخت و سازهای شهری بیابد، برای گودبرداریهای با عمق کم و متوسط این روش عموماً مورد استفاده قرار می‌گیرد و روش کار به اینگونه است که در فواصل مشخص (حداکثر ۵ متر) چاه‌هائی حفاری شده و مانند روش مهارسازی پروفیل فولادی H شکل در داخل شمع مدفون می‌گردد، گودبرداری با شیب پایدار انجام شده و در تراز زیر فونداسیون سازه با اجرای یک فونداسیون منفرد در انتهای شیب ترانشه یک المان مورب به پروفیل فولادی قائم متصل می‌شود، در ارتفاع‌های مختلف با اجرای المانهای افقی و مورب یک سیستم خرپائی پیاده می‌شود و در سطح ترانشه با اجرای مهارهای ضربدری بین المانهای قائم دیواره ترانشه بصورت مرحله‌ای تحکیم می‌یابد، نکته

مهم در اجرای سیستم سازه نگهبان خرپائی این است که می‌بایست فضای بین المانهای قائم دیواره ترانشه به نحو مطلوبی پر شود به نحوی که سازه خرپائی کاملاً به دیواره خاکی اتکا نماید، ابعاد پروفیلها و عمق و قطر شمعها و ابعاد پی منفرد آن مطابق جداول طراحی و محاسبات دستی مطابق نشریه سازمان تحقیقات مسکن تعیین می‌گردد، با توجه به ساده سازی‌های انجام شده در ارائه روابط و جداول تیپ بندی شده برای طراحی المانها پیاده سازی این روش با سرعت نسبتاً زیادی انجام می‌شود و از ایمنی قابل قبولی برخوردار می‌باشد. عملکرد این سیستم در کل مطلوب است و نیاز به تخصص و ابزار ویژه‌ای ندارد، لذا بیشتر از سایر سیستمهای نگهدارنده در ساخت و سازهای شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد (مطابق تصویر ۹)

تصویر شماره ۹: اجرای تحکیمات به روش سازه نگهبان خرپائی

علی‌رغم محسناتی که سیستم سازه نگهبان خرپائی دارد و توجه خاصی در ساخت و سازهای شهری به آن شده است، این سیستم دارای ایراداتی می‌باشد که در ادامه تشریح می‌گردد:

- سرعت اجرای این سیستم نسبتاً کند است.
- بخشی از عملیات حفاری و گودبرداری می‌بایست بصورت دستی انجام شود.
- خرپاها فضای زیادی را اشغال نموده و مانعی برای اجرای المانهای سازه‌ای محسوب می‌شود.
- در صورت عدم اجرای صحیح سیستم، خطر آفرین بوده و احتمال فروریزش کلی یا موضعی ترانشه وجود دارد.
- سازه نگهبان خرپائی به عنوان سیستم نگهداری موقت محسوب می‌شود و نیاز به سیستم نگهداری دائمی می‌باشد، لذا هزینه مازاد نسبتاً قابل توجهی را به پروژه تحمیل می‌نماید.
- برچیدن سازه نگهبان زمانبر و پیچیده بوده و می‌بایست به گونه‌ای عمل شود که ترانشه دچار ناپایداری نشود.
- المانهای استفاده شده در این سیستم عموماً در سازه اصلی قابل استفاده نبوده و جزو ضایعات محسوب می‌شود.

علاوه بر سیستمهای فوق الذکر، روشهای نگهداری دیگری نیز در برخی پروژه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد که به علت صعوبت اجرائی و عدم تطابق با شرایط ساخت و سازهای درون شهری به آنها اشاره نشده است، از جمله اجرای دیوار حائل بتنی و وزنی، تامین شیب پایدار، سیستمهای ترکیبی و ....

۳- مشکلات فنی روشهای پیشین و اهداف طرح نوین

با توجه به توضیحات ارائه شده برای هرکدام از سیستمهای نگهداری ملاحظه می‌گردد که هر کدام از آنها دارای محدودیتهائی به لحاظ طراحی و اجرا می‌باشند که نمی‌تواند به عنوان یک راه حل ثابت و همیشگی مورد استفاده قرار گیرد، لذا نیاز به یک روش و تکنیک نوین که بتواند ضمن تامین ایمنی با کاهش هزینه‌های اجرائی به عنوان سیستم نگهداری دائم عمل نموده و نیاز به سیستم نگهداری موقت را مرتفع نماید بسیار لازم و ضروری به نظر می‌رسد. لذا اهداف طرح به شرح ذیل مشخص گردیده است:

۱- قابلیت اجرای ساده و عدم نیاز به تجهیزات ویژه

۲- سرعت اجرای بالا

۳- تامین ایمنی ضمن اجرا و بعد از اجرا

۴- کاهش هزینه‌های اجرائی

۵- عدم ایجاد تداخل با سیستم سازه‌ای اصلی

۶- امکان استفاده برای سازه‌های ساختمانی و سازه‌های پلها و زیرگذرها

۷- مبتنی بر اصول فنی و آئین‌نامه‌ای و قابل دفاع در محافل علمی و مهندسی

۸- بهبود عملکرد سازه اصلی و جوابگو برای نیازهای طراحی پروژه

۹- قابلیت پیاده سازی با استفاده از نرم‌افزارهای رایج مهندسی

۱۰- مشخصات فنی قابل درک و امکان ارائه نقشه‌های اجرائی

با توجه به اهداف اصلی فوق و بر مبنای تجربیات طراحی و اجرائی، سعی شده است در این طرح ایرادات موجود در سیستمهای متداول و رایج قبلی مرتفع گردیده و سیستم نگهدارنده بتواند بعنوان نگهداری دائمی و جزئی از سیستم سازه اصلی عمل نماید که در اینصورت نتایج چشمگیری داشته و در ساخت و سازهای کلان کشورمان سالانه می‌تواند از هدر رفتن هزینه‌های زیادی جلوگیری نموده و صرفه‌جوی قابل ملاحظه‌ای را درپی خواهد داشت.

۴- مزایای طرح سازه خودپایدار نسبت به طرح‌های پیشین

همانطور که در قسمت قبل اشاره گردید، اهدافی برای این طرح مد نظر بوده است که تمامی آن اهداف تحقق یافته است، سیستمی که بتواند جزئی از سازه اصلی باشد و در عین حال پایداری ترانشه را ضمن اجرای عملیات گودبرداری و پس از آن تامین نماید و همچنین سرعت اجرای نسبتاً بالائی داشته باشد، تماماً در این طرح تامین شده است، در این طرح ستونهای اصلی سازه با هر فاصله‌ای که نسبت به هم دارند به عنوان سیستم نگهدارنده ترانشه ایفای نقش می‌نمایند و همچنین دیوار کامپوزیتی که بین ستونها اجرا می‌شود نقش دیوار نگهبان دائمی داشته و مطابق نتایج آنالیز و طراحی سازه‌ای می‌تواند نیروهای ناشی از فشار جانبی خاک و همچنین نیروهای دینامیکی ناشی از زلزله را نیز تحمل نموده و به نحو مناسبی به شالوده منتقل نماید، بهره گیری از روشهای رفتارنگاری ضمن اجرا این اجازه را می‌دهد که رفتار واقعی خاک کنترل شود و چنانچه احیاناً خطائی در نتایج آزمایشات ژئوتکنیک وجود داشته باشد با توجه به نتایج رفتارنگاری و مقایسه آن با نتایج طراحی بتوان سریعاً واکنش مناسب نشان داده و اقدامات لازم را به عمل آورد، انعطاف پذیری و سازگاری سیستم با محیط اطراف و فضای داخل سازه اصلی جزو ویژگیهای منحصر به فرد این طرح می‌باشد و مهمتر از همه اینکه بعد از اتمام گودبرداری و اجرای تحکیمات مطابق این طرح در حقیقت قسمت عمده‌ای از سازه اجرا شده است که همین مورد موجب افزایش قابل توجه سرعت اجرا و در نتیجه کاهش هزینه‌های متعاقب آن خواهد بود. در اجرای ساختمانهای شهری در صورت عدم امکان حفاری ماشینی شمعها می‌توان از حفاری دستی با اولویت بندی و مشخص نمودن ترتیب و تواتر حفاری‌ها، مخاطرات احتمالی ناشی از فروریزش چاه‌ها را به حداقل ممکن رساند، تطابق کامل با معماری سازه و کاهش ابعاد عناصر سازه‌ای و همچنین بهبود عملکرد کل سازه به علت انسجام کامل عناصر سازه اصلی و بهبود رفتار لرزه‌ای سازه مطابق آئین‌نامه های طراحی و تامین تمامی ضوابط و مقررات مربوطه به لحاظ ضوابط طرح لرزه‌ای و تامین شکل‌پذیری، جزو مواردی است که در این طرح حاصل شده است. همچنین عدم محدودیت در عمق گودبرداری به نحوی که بتوان گودبرداریهای عمیق و نیمه عمیق را با این روش طراحی و اجرا نمود بخصوص برای

سازه‌های بلند مرتبه، به ویژگیهای این طرح می‌افزاید. با توجه به موارد فوق مزایای استفاده از این طرح را می‌توان به شرح ذیل خلاصه نمود:

۱- عدم پیچیدگی در طرح و امکان اجرای آن با حداقل امکانات موجود

۲- تضمین ایمنی کامل برای ساختمانهای مجاور و همچنین ایمنی ضمن اجرا و بعد از اجرا

۳- تامین پایداری کامل سازه در مقابل فشار جانبی خاک حتی برای گودبرداریهای عمیق

۴- تامین انسجام کامل سازه و عملکرد یکپارچه المانهای تشکیل دهنده سازه اصلی در مقابل بارهای وارده

۵- عملکرد مناسب در زلزله و سایر بارهای جانبی

۶- سرعت اجرای بالا نسبت به سایر روشهای متداول پایدارسازی ترانشه

۷- کاهش هزینه‌های اجرائی و عدم تولید ضایعات در روند اجرای سیستم نگهداری

۸- تامین ضوابط و مقررات ملی ساختمان در طراحی و اجرای سیستم نگهداری

۹- امکان اجرای سیستم زهکشی در مجاورت آبهای سطحی و زیرسطحی

۱۰- عدم نیاز به هرگونه تغییر در طرح معماری

۱۱- ابعاد منطقی و قابل اجرا برای المانهای سازه‌ای

۱۲- عدم نیاز به تخصص‌های ویژه در اجرای سیستم نگهداری

۱۳- بهینه سازی کلی طرح سازه و اقتصادی کردن طرح

۱۴- عدم نیاز به فضای اضافی برای اجرای سیستم نگهداری

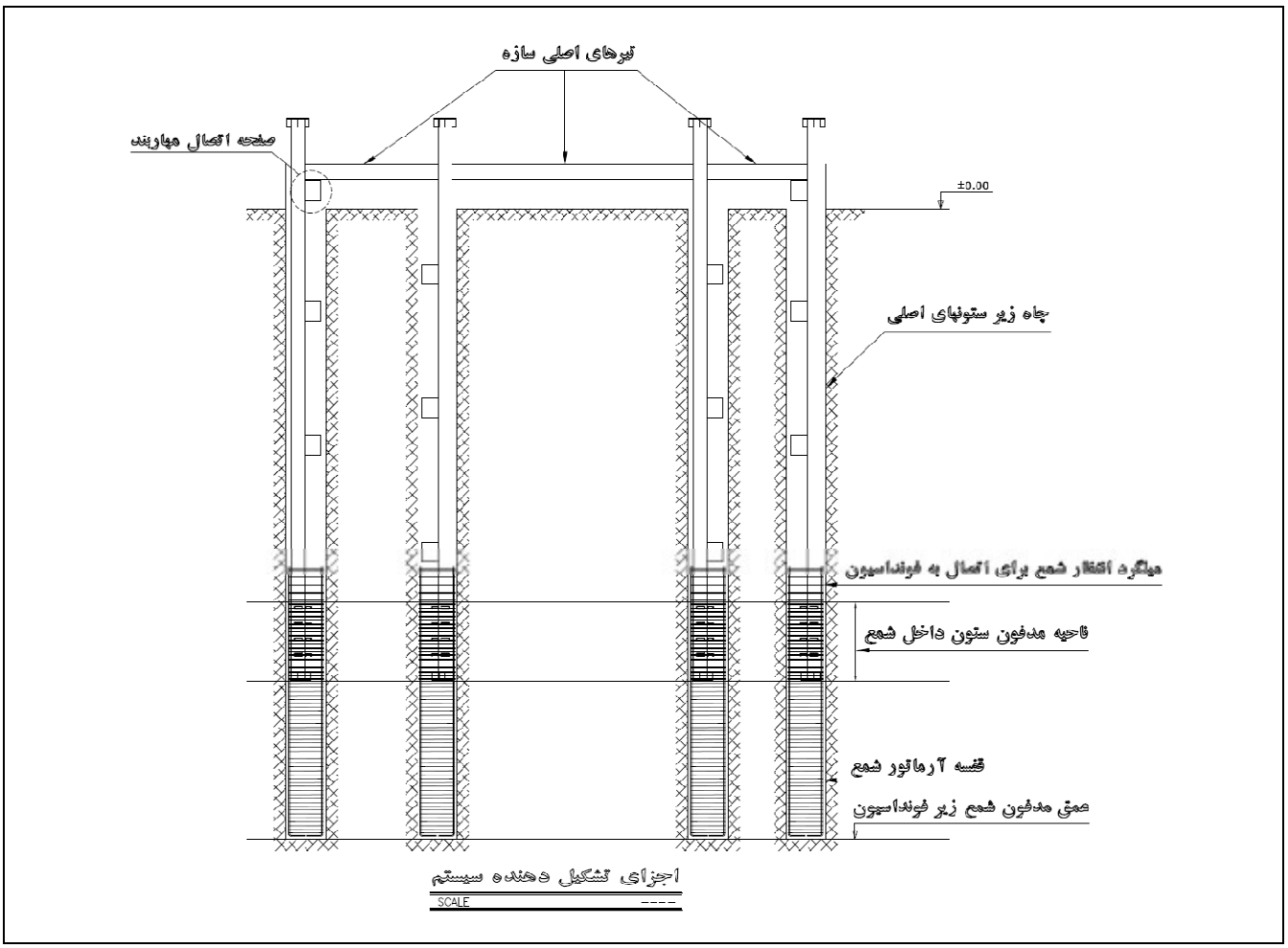
۱۵- عدم تجاوز به حریم ساختمانهای مجاور

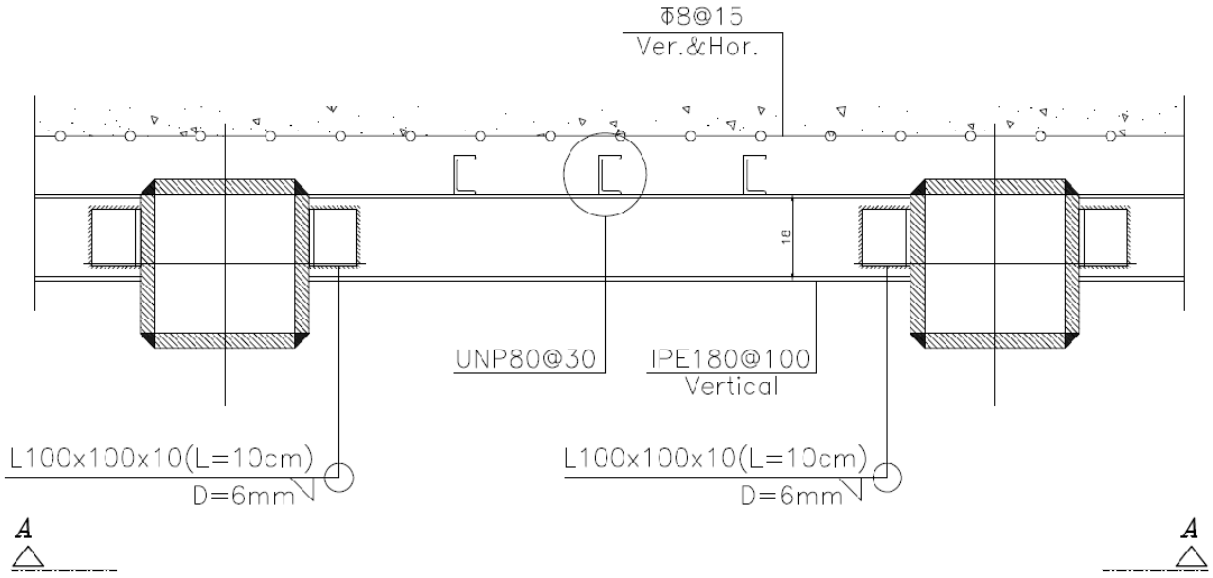
۱۶- عدم تجاوز به حریم معابر و جلوگیری از وارد آمدن آسیب به تاسیسات شهری

۱۷- دامنه کاربرد وسیع در سازه‌های خاص مانند زیرگذرها و پلها و مخازن زیرزمینی و انبارها و کلیه سازه‌هائی که به نوعی نیازمند گودبرداری‌های عمیق و نیمه عمیق باشند.

۵- شرح فنی طرح: سازه خودپایدار برای سیستم نگهداری دائم ترانشه‌ها

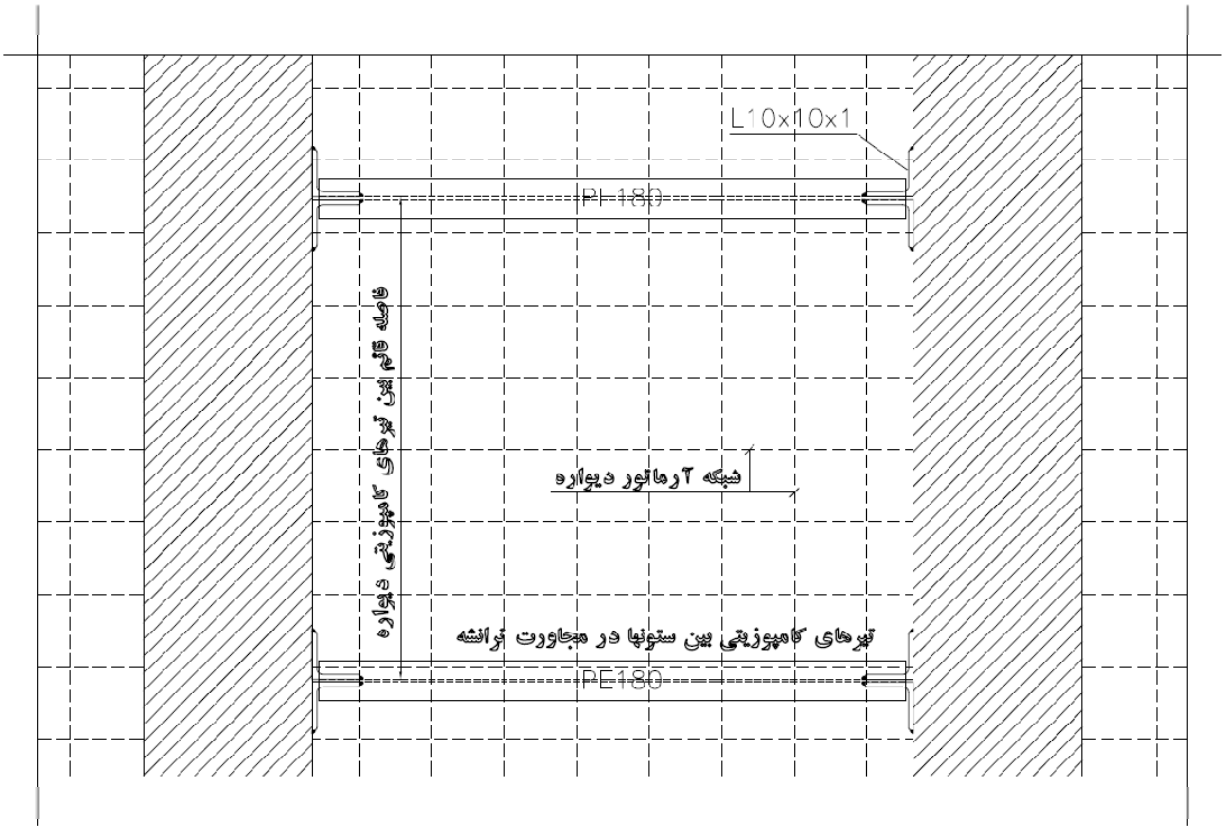
سیستم طراحی شده در این روش با عنوان **"سازه خودپایدار برای سیستم نگهداری دائمی ترانشه‌ها"** شامل ۷ قسمت اصلی و ۴ قسمت فرعی میباشد (مطابق تصاویر ذیل)، اجزای تشکیل دهنده اصلی این سیستم شامل: ۱- چاه زیر ستونهای اصلی، ۲- فقسه آرماتور شمع، ۳- ناحیه مدفون ستون داخل شمع، ۴- تیرهای کامپوزیتی بین ستونها در مجاورت ترانشه، ۵- شبکه آرماتور دیواره، ۶- قالب بندی و بتن ریزی دیواره، ۷- تیرهای اصلی سازه؛ اجرای تشکیل دهنده فرعی این سیستم شامل: ۱- صفحات اتصال مهاربند، ۲- اعضای مهاربندی، ۳- لایه عایق ضد آب (Water Proof)، ۴- پینهای ژئودتیک روی دیواره؛ که هر کدام از اجزا دارای کاربرد خاص و با هدفی ویژه در سیستم طراحی شده است، کاربری و هدف هر یک از این اجزا در ادامه تشریح شده است.





جزئیات اتصال تیرهای کامپوزیت دیواره به ستونها

SCALE ---



VIEW A–A

SCALE ---

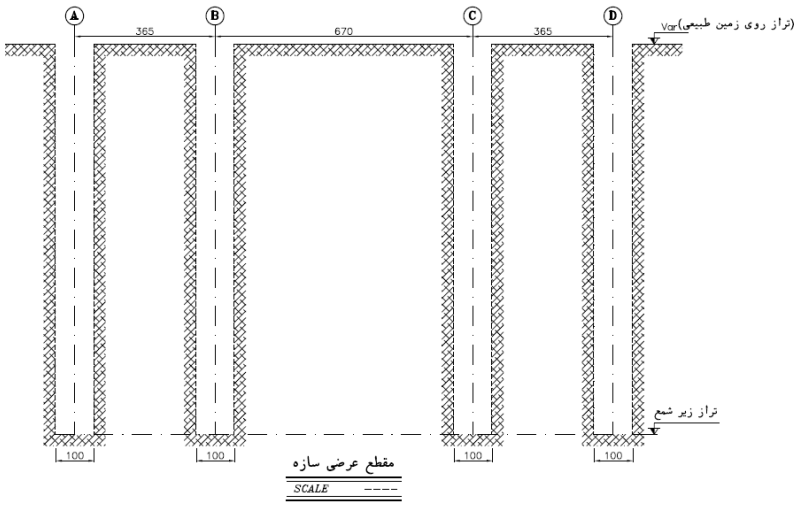
۱- چاه زیر ستونهای اصلی:

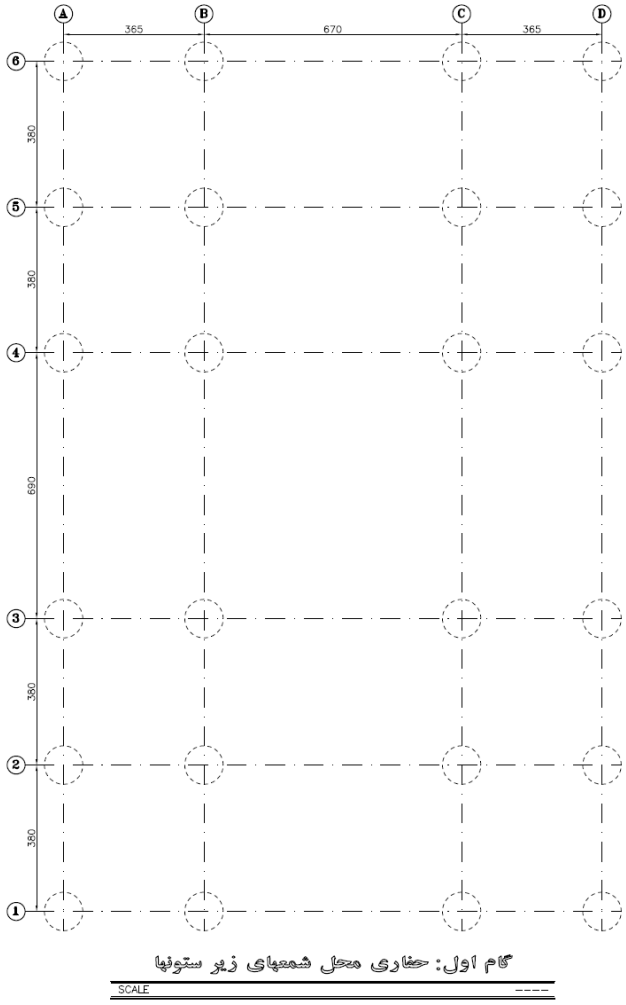
اولین مرحله از اجرای سازه قبل از شروع گودبرداری، حفاری چاه زیر تمامی ستونهای اصلی سازه می‌باشد، شکل مقطع این چاه‌ها، بسته به نیاز طرح، می‌تواند دایره‌ای شکل یا مربعی شکل باشد، قطر چاه که حاصل از نتایج آنالیز و طراحی می‌باشد بین ۸۰ الی ۱۲۰ سانتیمتر خواهد بود، عمق چاه بصورت دقیق از نتایج طراحی مشخص می‌گردد ولی عموماً ۱/۲۵ برابر عمق گودبرداری تا تراز زیر فونداسیون می‌باشد (بسته به جنس خاک و نوع لایه‌ها ممکن است تا ۱/۴۰ عمق گودبرداری افزایش یابد). در نقشه‌های مربوط به مراحل اجرائی، جانمائی موقعیت چاه‌ها مطابق تصویر (۱۰) نشان داده می‌شود.

همانطور که در تصویر مشخص است، در گام اول حفاری چاهها زیر تمامی ستونهای اصلی سازه انجام می‌گردد، در صورت حساسیت خاک و شرایط پروژه ممکن است حفاری چاهها بصورت مرحله‌ای انجام یابد که در صورت نیاز به این کار در نقشه‌های گام بندی شده مراحل اجرائی، این مورد مشخص می‌گردد.

حفاری چاههای با مقطع دایره، می‌تواند بصورت ماشینی (مکانیزه) انجام شود، چنانچه امکان حفاری چاهها بصورت ماشینی مهیا نباشد می‌توان بصورت دستی حفاری نمود.

در صورتیکه حریم ساختمان به گونه‌ای باشد که به املاک مجاور چسبیده باشد، در اینصورت مقطع چاهها در مجاورت همسایگان به شکل مربعی باید حفاری شود، علت آن این است که در ستونهای کناری و گوشه ساختمان مقطع ستون نباید با آرماتورهای شمع تداخل داشته باشد و این تنها در صورتی ممکن است که شکل مقطع چاه و آرایش میلگردگذاری شمعها بصورت مربعی باشد.





تصویر شماره ۱۰: گام اول- موقعیت حفاری شمعهای زیر ستونها

۲- قفسه آرماتور شمع:

پس از حفاری چاه‌های زیر ستونهای اصلی سازه، در محدوده‌ای از چاه‌ها قفسه آرماتور بافته شده شمعها کارگذاشته می‌شود، بصورتیکه میلگردهای فوقانی شمعها بصورت مستقیم و بدون قلاب بوده و در مرحله پایانی بتواند با فونداسیون سازه درگیر شود.

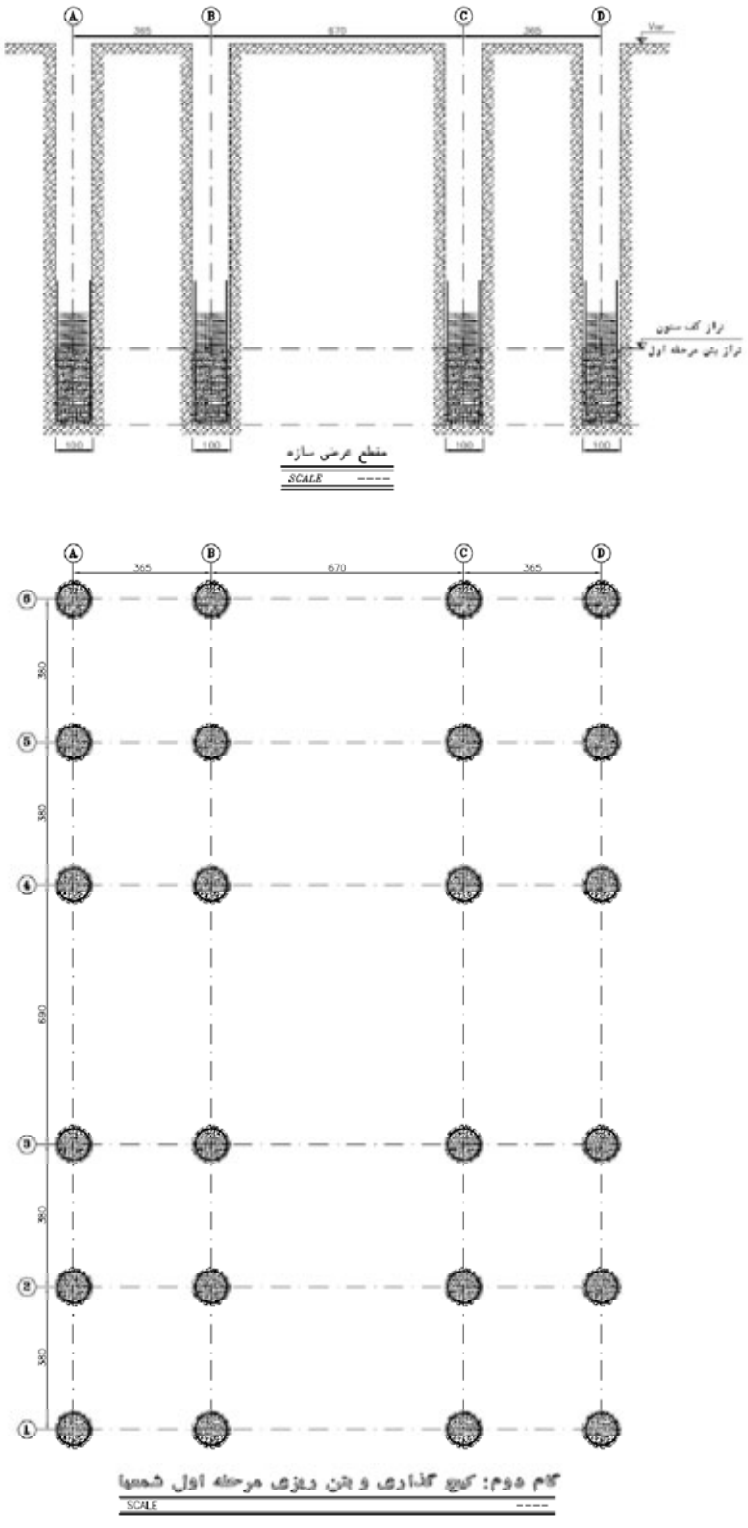
سایز و تعداد میلگردهای قفسه شمع از محاسبات سازه تعیین می‌گردد و بسته به عمق گودبرداری و مشخصات ژئومکانیکی خاک و همچنین قطر چاه متغیر است، مطابق مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان، حداقل سطح مقطع آرماتور شمعهای با قطر بزرگتر یا مساوری ۸۰ سانتیمتر برابر ۰/۵۰٪ سطح مقطع کل شمع می‌باشد، عموماً آرماتور حداقل برای این شمعها پاسخگوی نیازهای طرح بوده و کمتر اتفاق می‌افتد که مقداری بیش از آرماتور حداقل آئین‌نامه‌ای برای تسلیح شمعها نیاز باشد.

بتن ریزی شمعها در دو مرحله انجام می‌شود، مرحله اول تا تراز زیر کف ستون‌ها، و مرحله دوم تا تراز زیر فونداسیون، فاصله بین این دو تراز عمق مدفون ستون می‌باشد که بسته به نیاز طرح بین ۱/۰۰ متر الی ۱/۵۰ متر متغیر است.

عمق مدفون ستونها داخل شمع طوری محاسبه می‌شود که ستون بتواند کل ظرفیت نیروی محوری و لنگر خمشی خود را به شمع منتقل نماید.

بتن ریزی شمعها می‌بایست با لوله‌ترمی و با رعایت ضوابط مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان انجام گیرد. عیار سیمان و مقاومت بتن شمعها بر اساس محاسبات مشخص می‌گردد.

مطابق تصویر (۱۱) مرحله بعدی کارگذاری قفسه شمعها و بتن ریزی مرحله اول شمع می‌باشد.



تصویر شماره ۱۱: گام دوم- کارگذاری قفسه شمعها و بتن ریزی مرحله اول

۳- ناحیه مدفون ستون داخل شمع:

پس از بتن ریزی مرحله اول شمع، ستونهای اصلی سازه که قبلاً ساخته و آماده شده‌اند، در داخل شمعها کار گذاشته می‌شوند، در کارگذاری این ستونها می‌بایست دقت لازم به عمل آید تا ستونها بصورت شاقولی بوده و در ارتفاع انحراف نداشته باشند.

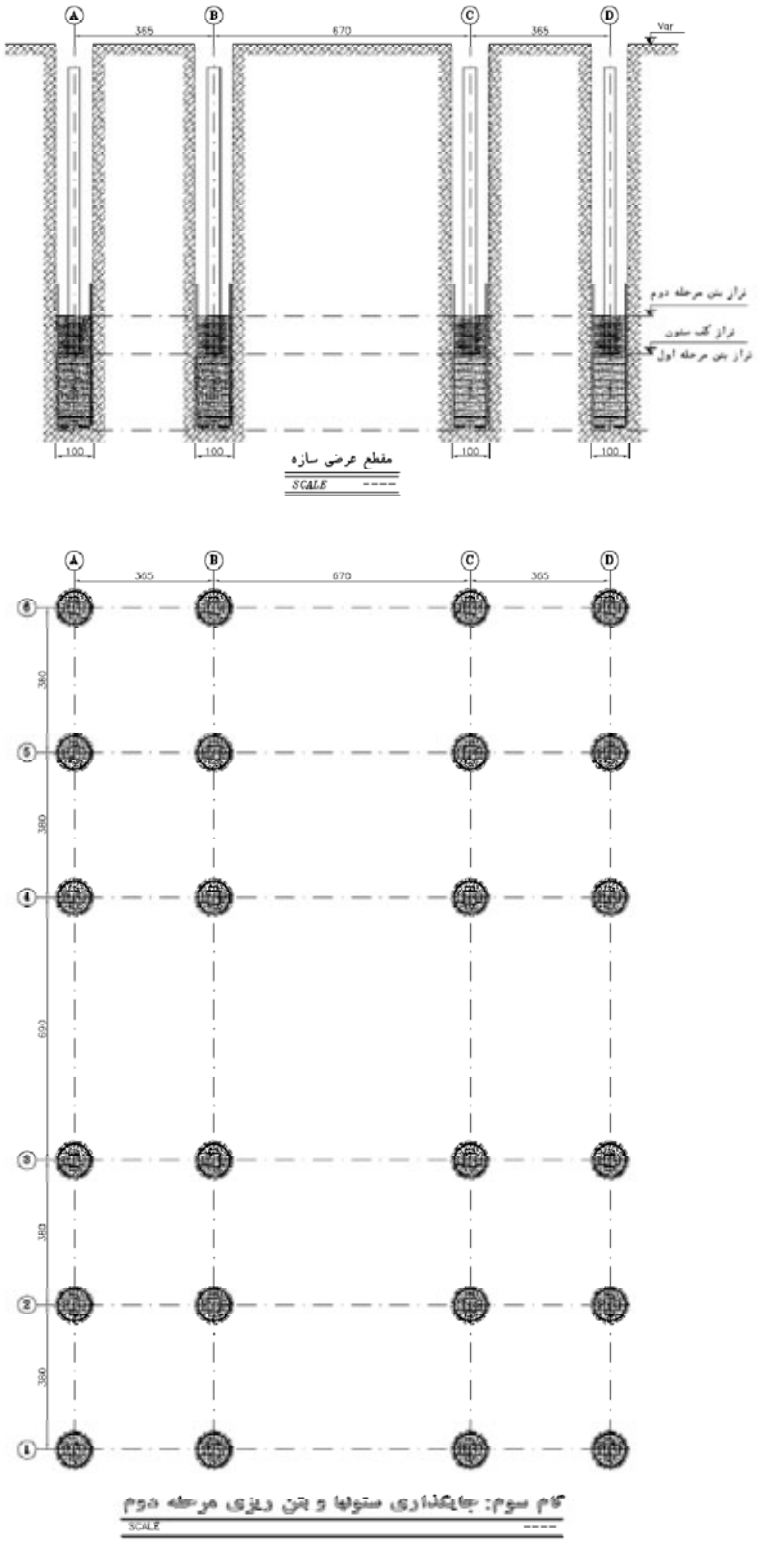
در ناحیه مدفون ستونها داخل شمع، قطعاتی به نام برشگیر (Shear Collector) تعبیه می‌گردد که وظیفه آن تامین انسجام بین شمع و ستون بوده و طراحی آنها بر مبنای حداکثر ظرفیت نیروی محوری و لنگر خمشی ستون انجام می‌یابد، به نحوی که ستون در محدوده مدفون داخل شمع، بتواند کل نیروهای داخلی خود را به شمع منتقل نماید.

هرچقدر مقطع ستون قویتر باشد، در ناحیه مدفون ستون در داخل شمع، نیاز به تعبیه برشگیرهای بیشتری خواهد بود، لذا طبیعتاً عمق مدفون ستون نیز افزایش خواهد یافت (با توجه به محدودیتهای طراحی و اجرائی در نصب برشگیرهای روی ستون).

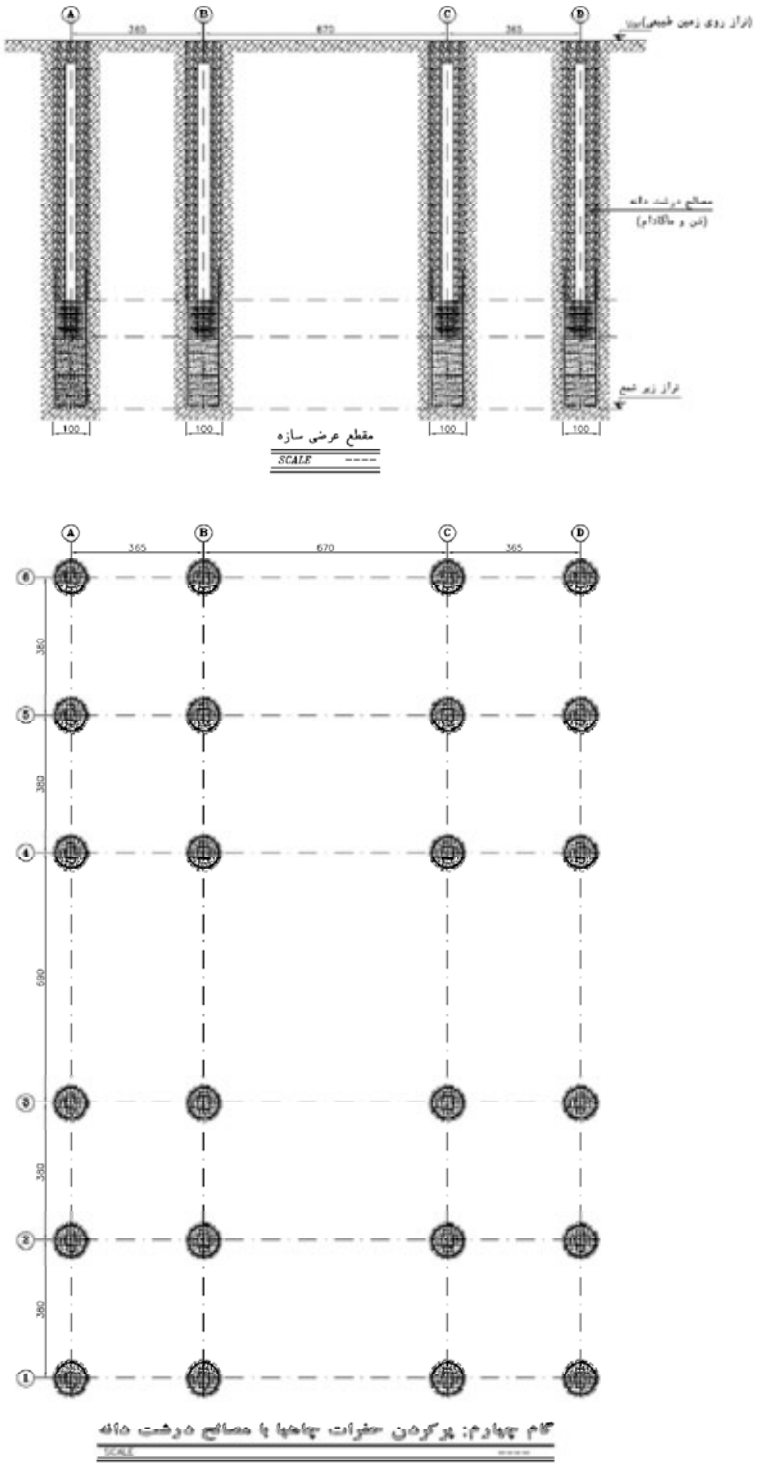
در انتقال تنشهای قائم، صفحه کف ستون به همراه المانهای برشگیر، نیروهای داخلی ستون را بصورت اتکائی و اصطکاکی به شمع منتقل می‌نمایند، ابعاد و اندازه المانهای برشگیر و بعد جوش و نوع الکترود مصرفی در اتصال برشگیرها به ستونها بر اساس محاسبات تعیین می‌گردد.

مطابق تصویر (۱۲) مرحله بعدی کارگذاری ستون داخل شمع و بتن ریزی مرحله دوم شمع می‌باشد.

پس از بتن ریزی مرحله دوم شمع در محدوده طول مدفون ستون داخل شمع، باید محدوده اطراف ستون داخل چاه با مصالح درشت دانه غیر قابل تراکم (مانند شن و ماکادام) پر شود تا مقطع ستون با توده خاک پیرامون خود بطور کامل درگیر شود. (مطابق تصویر شماره ۱۳)



تصویر شماره ۱۲: گام سوم- کارگذاری ستون داخل شمع و بتن ریزی مرحله دوم



تصویر شماره ۱۳: گام چهارم- پرکردن چاه‌ها با مصالح درشت دانه (شن و ماکادام)

۴- تیرهای کامپوزیتی بین ستونها در مجاورت ترانشه و شبکه آرماتور و قالب بندی و بتن ریزی دیواره:

پس از کارگذاری ستونها و پر کردن چاه با مصالح درشت دانه، اولین مرحله گودبرداری آغاز می‌گردد، در این مرحله گودبرداری به ارتفاع بین ۱/۰۰ الی ۱/۵۰ متر (بسته به مشخصات خاک) انجام شده و تیرهای کامپوزیتی بین ستونهای مجاور ترانشه نصب شده و شبکه آرماتور پشت این تیرها و روی دیواره ترانشه نصب و سپس قالب بندی و بتن ریزی می‌شود. به منظور عایق بندی و جلوگیری از نفوذ آبهای سطحی و زیرسطحی به دیوار و بطور کلی برای جلوگیری از نشت آب به داخل سازه، می‌توان لایه آب بند (Water Proof) را قبل از نصب شبکه آرماتور، روی دیواره ترانشه نصب نمود.

برای ادامه مراحل گودبرداری و تحکیم، باید شبکه آرماتور و همچنین لایه آب بند به میزان حداقل ۳۰ سانتیمتر در لایه تحتانی بصورت انتظار نگهداشته شود تا در مرحله بعدی به لایه زیرین وصله گردد.

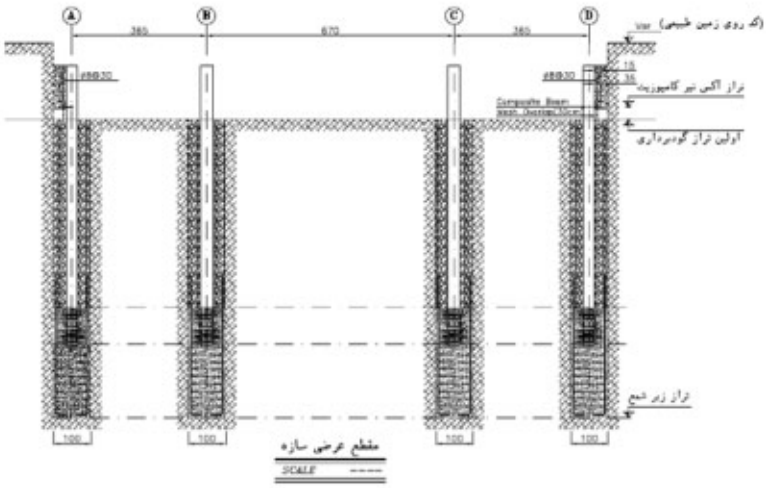
فاصله قائم بین تیرهای کامپوزیتی و همچنین المانهای برشگیر روی این تیرها از محاسبات سازه تعیین می‌گردد.

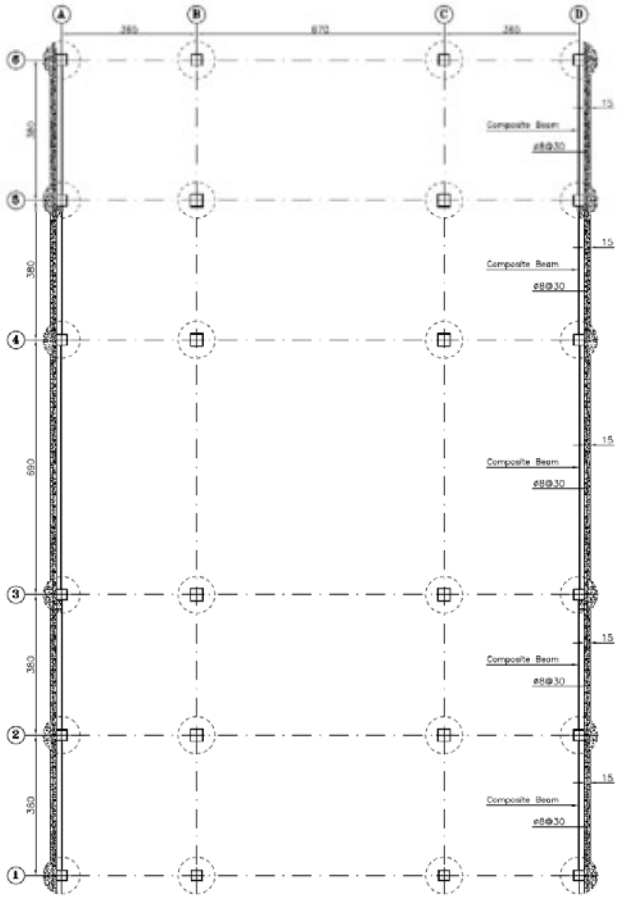
سایز تیرهای کامپوزیت ممکن است در عمقهای بیشتر تغییر نماید، عموماً تیرهای کامپوزیت از پروفیلهای IPE تشکیل می‌شوند که در صورت زیاد بودن فاصله بین دو ستون برای کاهش طول کمانش ، این تیرها بصورت جفت اجرا می‌شوند.

وظیفه اصلی تیرهای کامپوزیتی، انتقال تنشهای وارده از خاک ترانشه مجاور به ستونهای کناری می‌باشد.

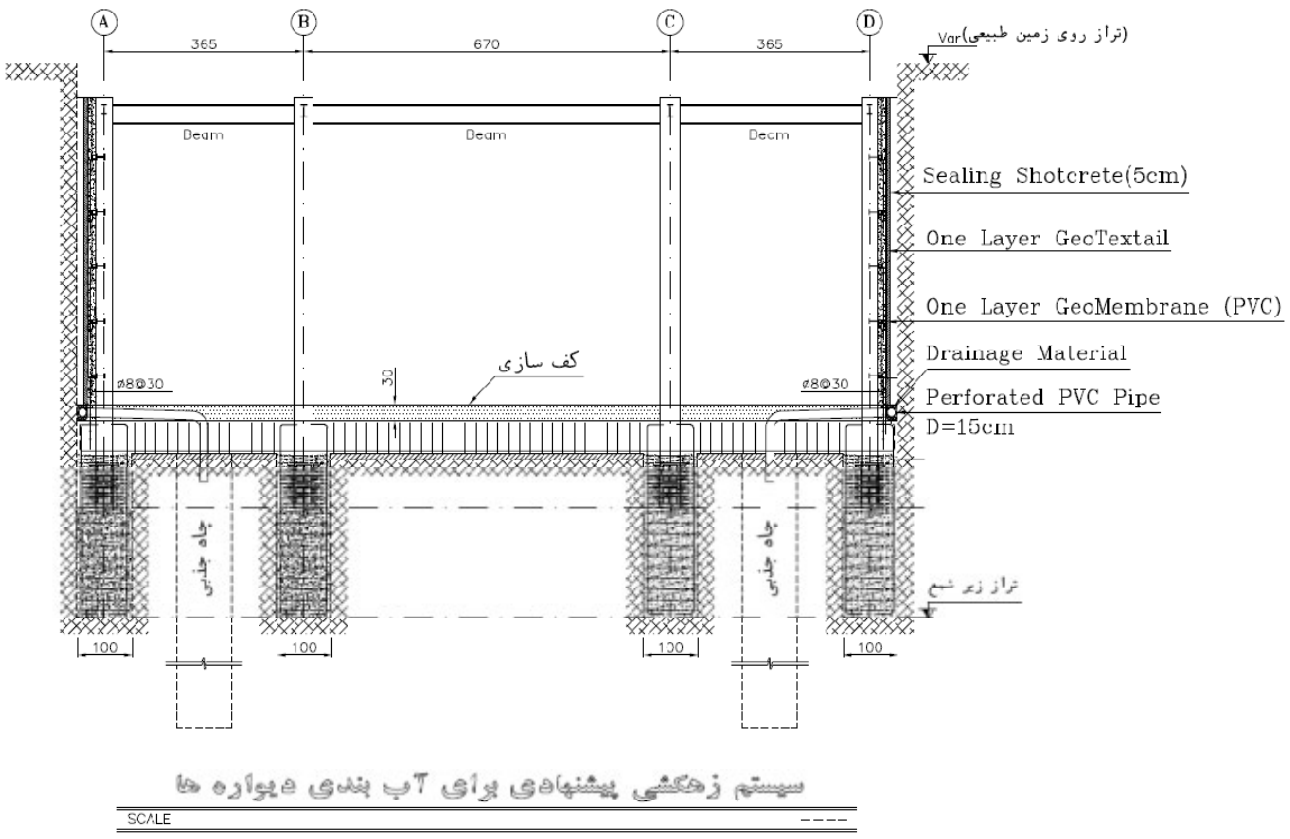
در زمان اجرای سازه، با توجه به نتایج رفتارنگاری، در مورد فاصله تیرهای کامپوزیت تصمیم‌گیری می‌شود، در صورتیکه نتایج رفتارنگاری حاکی از آن باشد که جابجائیهای جانبی در حال افزایش است باید فاصله قائم تیرهای کامپوزیت را کاهش داد.

مطابق تصویر (۱۴) مرحله بعدی کارگذاری تیرهای کامپوزیتی بین ستونها و نصب شبکه آرماتور دیواره و قالب بندی و بتن ریزی دیواره می‌باشد، در صورت نیاز به آب بندی و زهکشی، می‌توان مطابق تصویر (۱۵) لایه آب بند را روی ترانشه اجرا نمود و سپس نصب شبکه آرماتور و بتن ریزی دیواره را انجام داد.





تصویر شماره ۱۴: گام پنجم- مرحله اول نصب تیرهای کامپوزیت و بتن ریزی دیواره



تصویر شماره ۱۵: نحوه اجرای لایه آب بند روی ترانشه

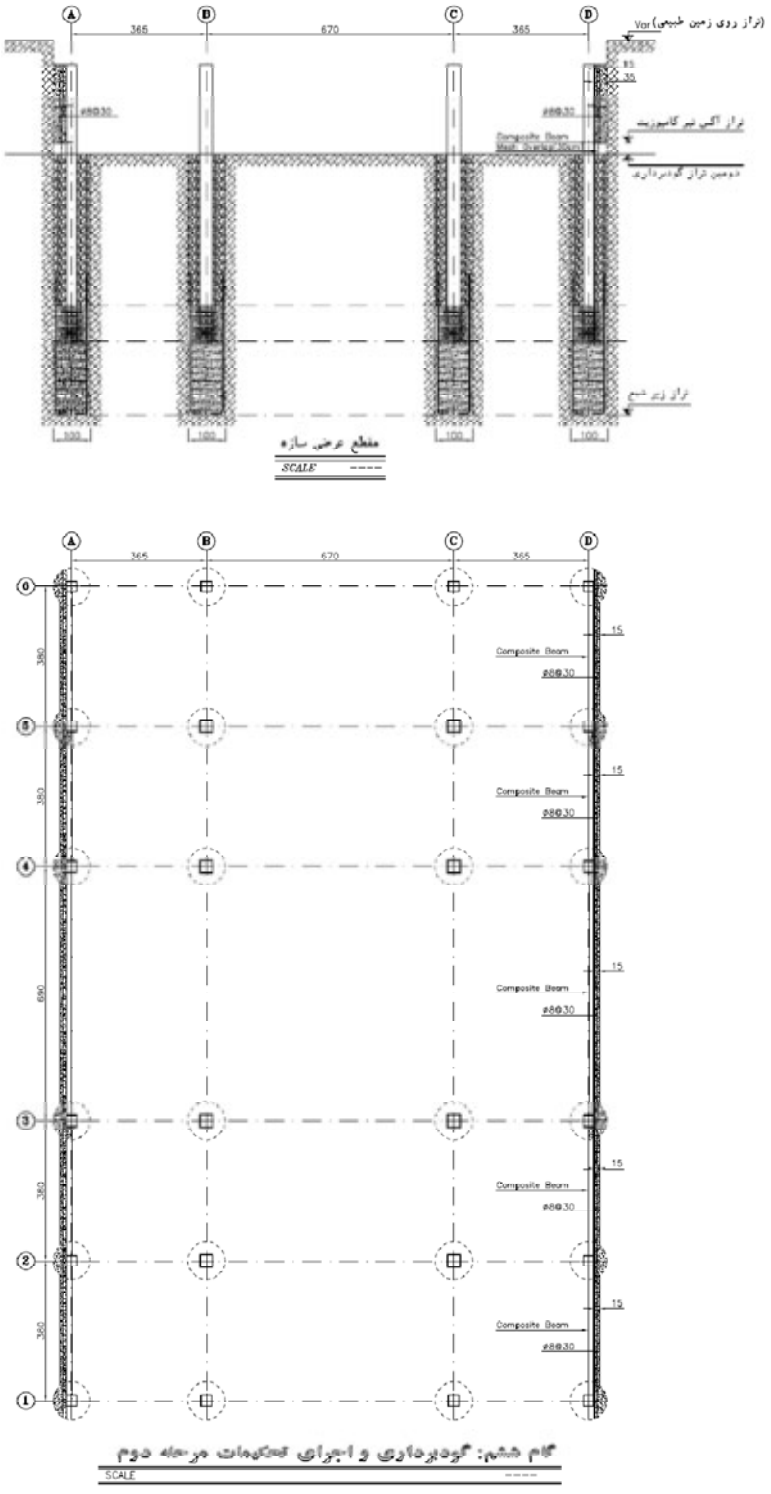
برای زهکش آب جمع شده پشت دیوار، یک لوله PVC سوراخدار پشت دیوار و روی فونداسیون مطابق تصویر (۱۵) نصب می‌شود که متناسب به شیب لوله در فواصل مشخصی (حدوداً هر ۲۵ متر) با یک لوله عرضی به چاه جذبی یا سیستم دفع آبهای سطحی متصل گردیده و آب زهکشی را به داخل آن هدایت می‌نماید.

عمق چاه جذبی متناسب با دبی آبهای سطحی و زیر سطحی تعیین می‌گردد.

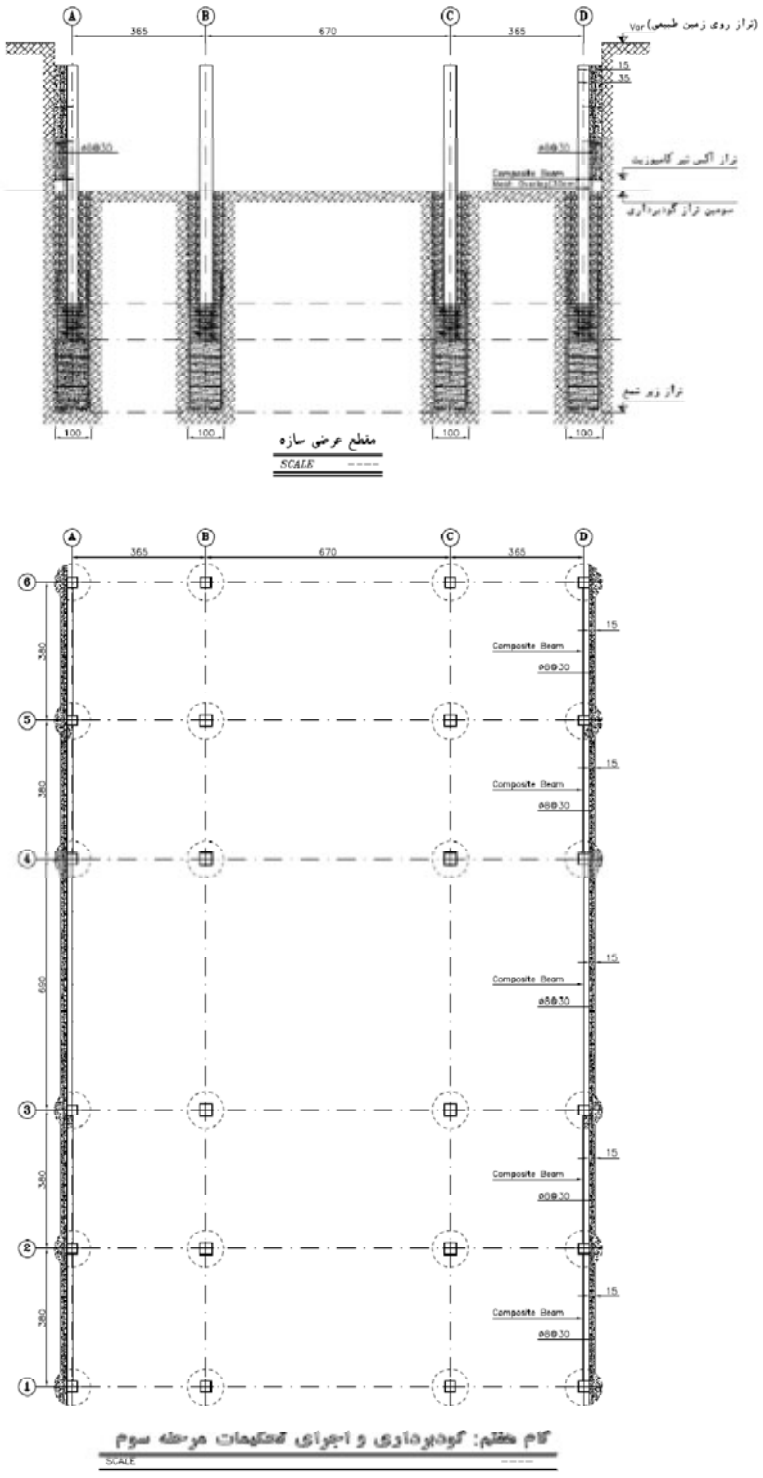
لوله عرضی در کف سازی روی فونداسیون مدفون می‌گردد، در صورتیکه احتمال اعمال بارهای سنگین روی کف وجود داشته باشد باید تدابیر لازم برای محافظت از لوله عرضی در مقابل صدمات احتمالی در نظر گرفته شود (بهترین گزینه استفاده از دال بتنی مسلح در اطراف لوله می‌باشد)

۵- تیرهای اصلی سازه (Strut):

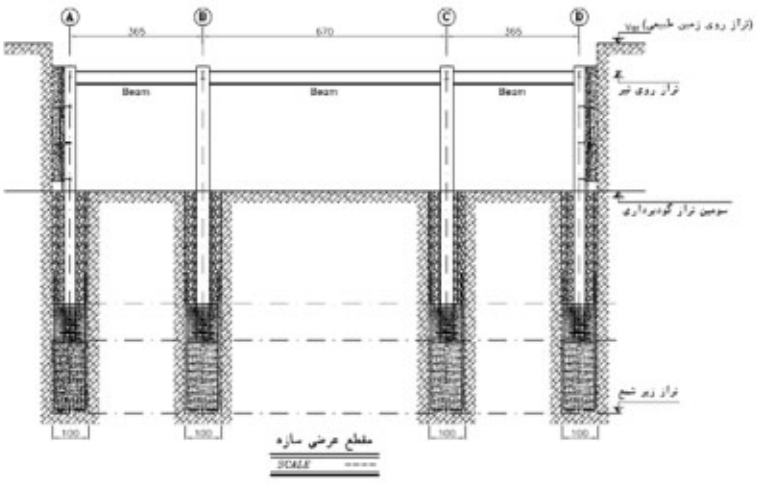
در زمان گود برداری و تحکیم دیواره‌های ترانشه با دیواره بتنی و تیرهای کامپوزیتی، چنانچه کف گود به عمق ۳ متری رسید باید تیرهای اصلی سازه در اولین تراز فوقانی اجرا گردد، عملکرد این تیرها به عنوان تیر مهاربند (Strut) بوده و موجب جلوگیری از افزایش تغییرمکانهای جانبی سازه تحت اثر فشار جانبی خاک می‌باشد. در صورتیکه سیستم مقاوم سازه در برابر زلزله و فشارهای جانبی خاک، قاب فضائی ساده و یا سیستم مختلط با مهاربندی جانبی باشد، همزمان با اجرای تیرهای اولین تراز فوقانی سقف باید صفحات مهاربند و همچنین المانهای مهاربندی نیز اجرا گرد. برای سیستم قاب خمشی نیازی به اجرای مهاربند نبوده و اتصال صلب بین تیر و ستون به تنهائی قادر به تحمل نیروهای وارده خواهد بود.پس از اجرای تیرهای اصلی سازه، عملیات گودبرداری و تحکیم دیواره ها ادامه می‌یابد، چنانچه سازه دارای چند طبقه زیرزمین باشد طبق همین روال تیرها ترازها مختلف زیرمین نیز در ادامه عملیات حفاری و تحکیم اجرا می‌شوند تا گودبرداری به تراز زیر فونداسیون برسد.خاک برداری زیر تیرهای اصلی با توجه به اینکه تراز خاک کف گود حدود ۳ متر پائین تر از تراز تیرهای اصلی می‌باشد، می‌تواند هم بصورت ماشینی (مکانیزه) و هم بصورت دستی انجام شود، خاک برداری با استفاده از بیل مکانیکی و لودر و بابکت امکان پذیر خواهد بود.در مراحل گودبرداری و اجرای تحکیمات، پینهای ژئودتیک روی دیواره ها نصب و جابجائیها کنترل می‌گردد.مقاطع تیرها و ستونها و المانهای مهاربندی از نتایج تحلیل و طراحی سازه و آنالیز اندرکنش خاک و سازه بدست می‌آید. در تصاویر (۱۶) الی (۱۸) مراحل اجرائی شامل گودبرداری و تحکیمات دیواره و نصب تیرهای اصلی سازه نشان داده شده است. تصاویر (۱۹) الی (۲۱) ادامه مراحل گودبرداری و تحکیمات و اجرای فونداسیون و نحوه اتصال میلگردهای انتظار شمعها به فونداسیون را نشان می‌دهد.

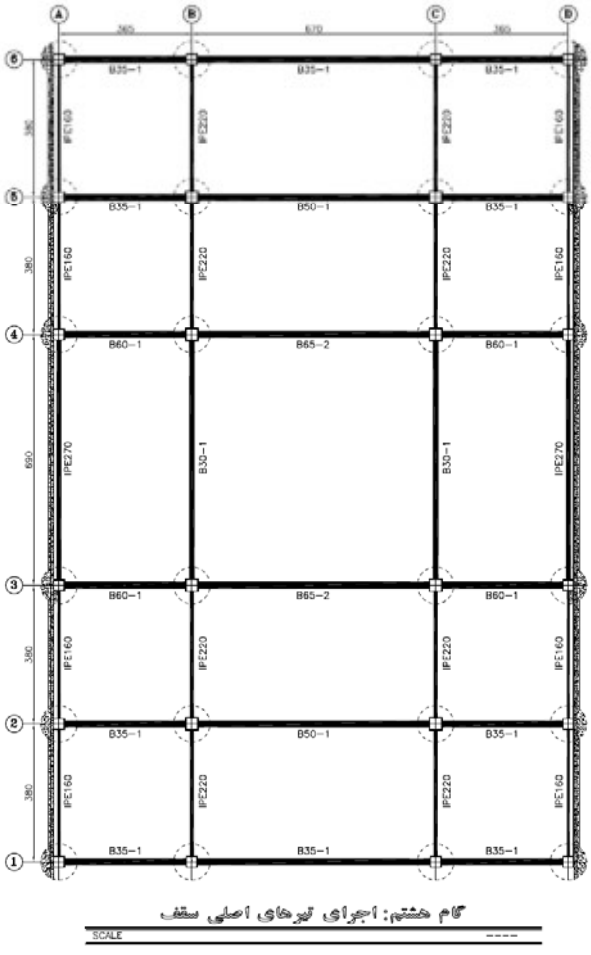


تصویر شماره ۱۶: گودبرداری مرحله دوم و قالب بندی و بتن ریزی دیواره

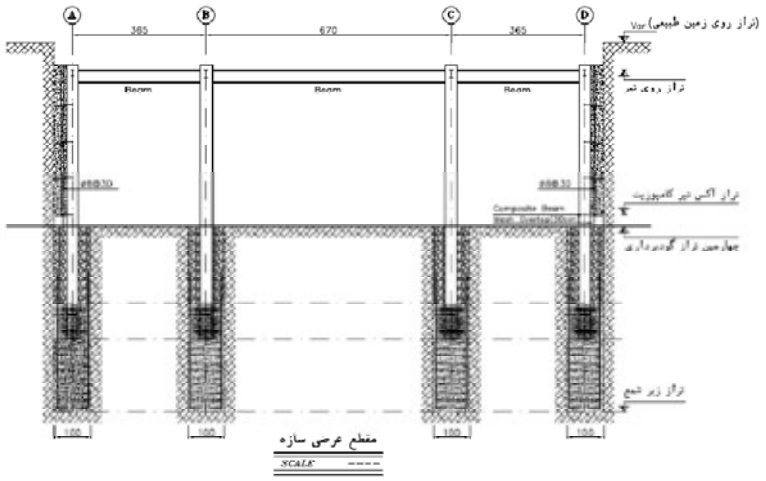


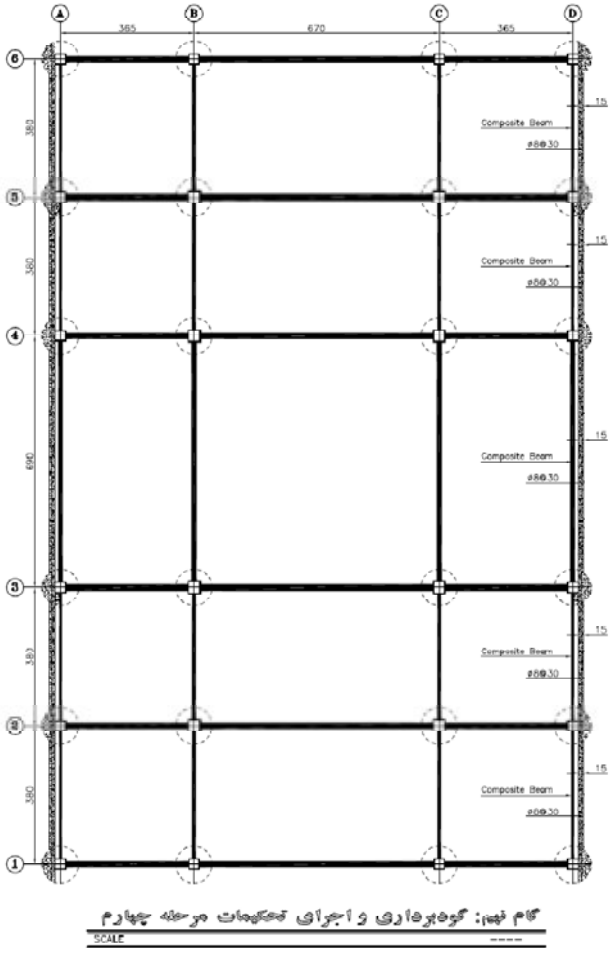
تصویر شماره ۱۷: گودبرداری مرحله سوم و قالب بندی و بتن ریزی دیواره



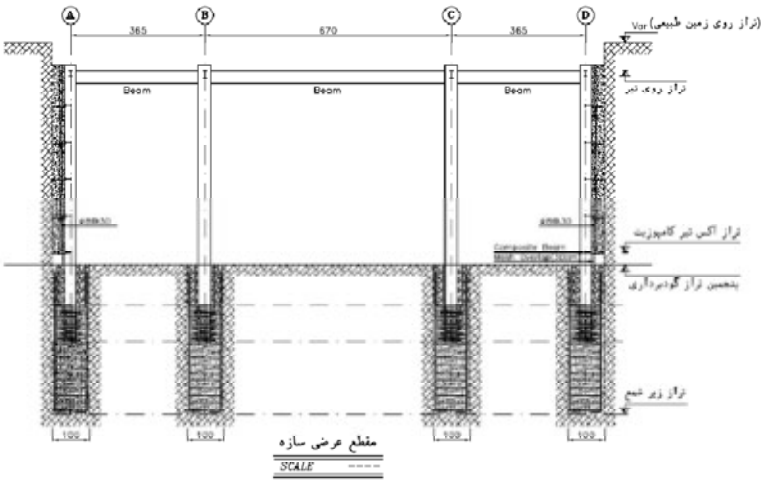


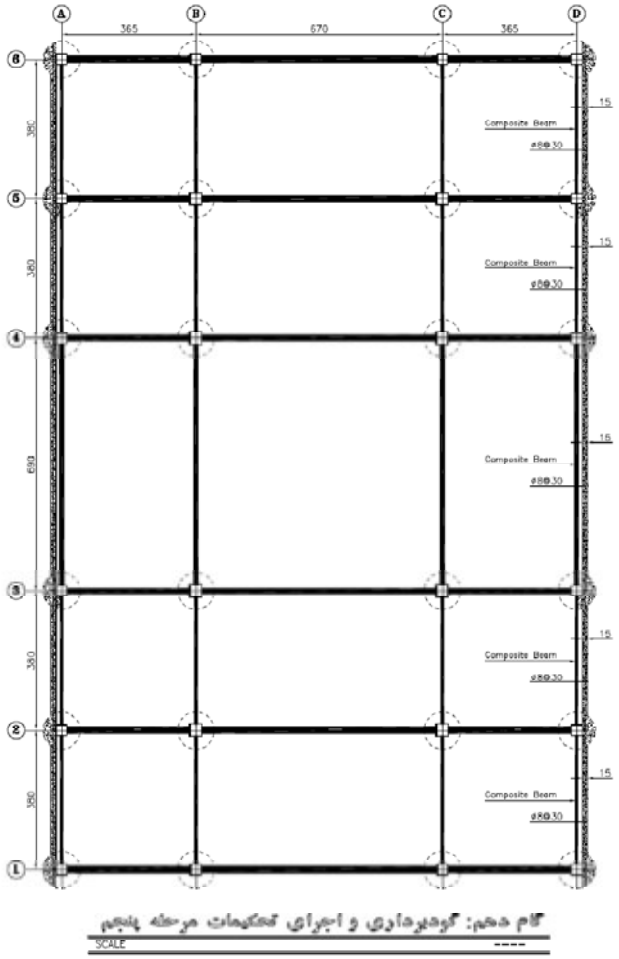
تصویر شماره ۱۸: اجرای تیرهای اصلی تراز سقف اول



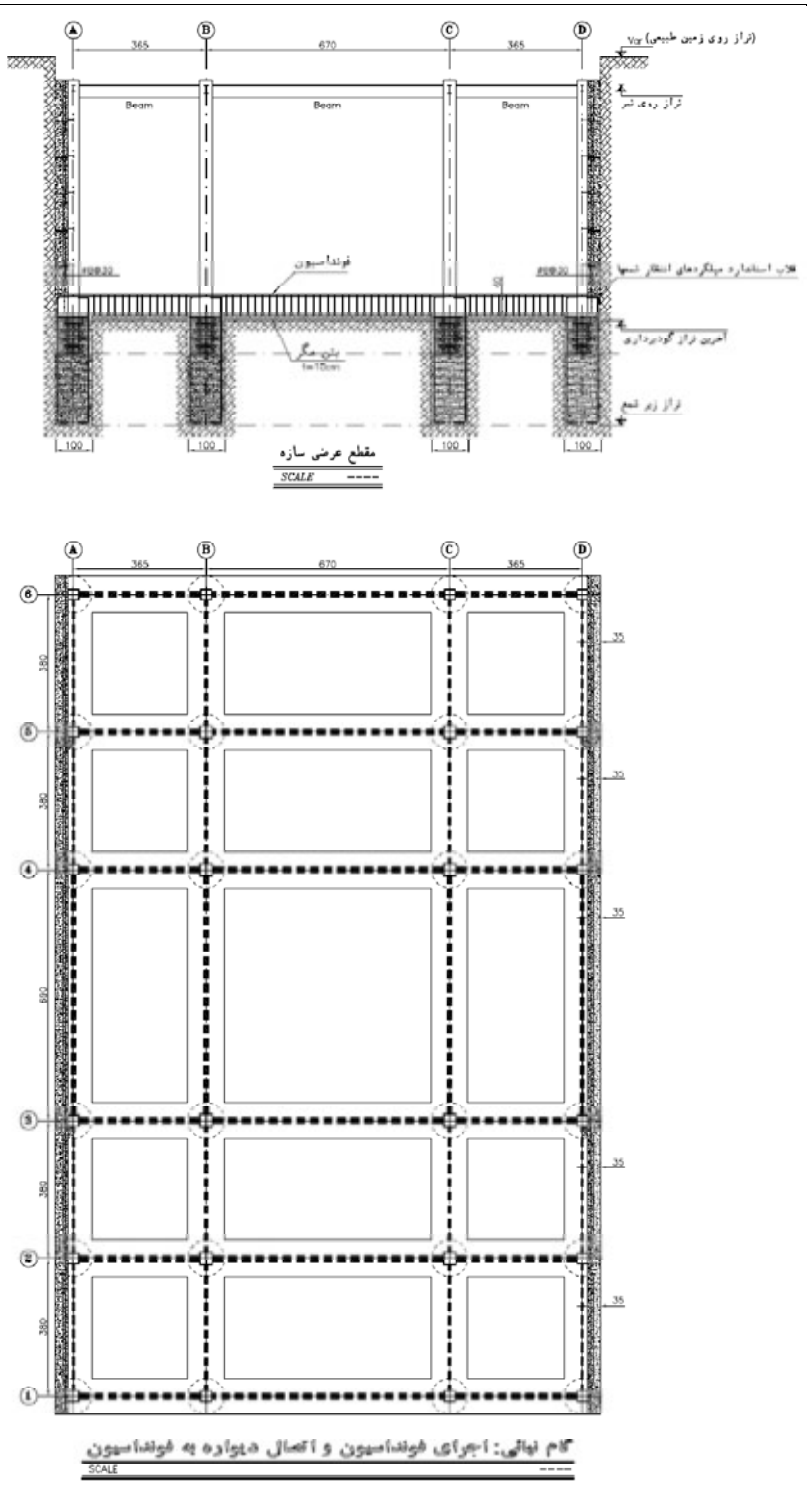


تصویر شماره ۱۹: ادامه گودبرداری و تحکیمات دیواره پس از نصب و اجرای تیرهای سقف اول





تصویر شماره ۲۰: ادامه گودبرداری و تحکیمات دیواره



تصویر شماره ۲۱: آخرین مرحله گودبرداری و تحکیم دیواره‌ها و اجرای فونداسیون نهائی سازه

در ادامه تصاویری از مراحل اجرائی سیستم مورد نظر در یکی از پروژه‌های ساختمان مسکونی در تهران ارائه می‌گردد: