

مطالعات دیوار حائل خرابایی

بانک ملت شعبه نقده

(۱) مقدمه:

مطالعات گودبرداری پروژه بانک ملت شعبه نقده که از سمت شرق و غرب با قطعات دیگر مجاور بوده و از سمت جنوب و شمال به گذر و حیاط متصل است، انجام گردیده که محل این سازه دارای ۰/۵ متر خاک دستی بوده و عمق خاکبرداری تا تراز ۳/۵ - متر در نظر گرفته شده است. فلذا محاسبات و توضیحات مربوط به نحوه گودبرداری و پایدار سازی ساختمان های مجاور در قالب مفاد این دفترچه به کارفرما، مسئول، مهندسین اجرا و ناظر پروژه پیشنهاد میگردد.

لازم بذکر است چنانچه شرایط پروژه اعم از تراز قرار گیری پی سازه، تراز قرار گیری پی سازه های مجاور، تراز معبر و... با مشخصات مندرج در این دفترچه مطابقت نداشته باشد، کلیه محاسبات و جزئیات ذیل نیاز به بررسی مجدد داشته و ارائه محاسبات جدید الزامی می باشد.

(۲) پیشگفتار:

مبحث ساختمان سازی دارای مبانی تئوری متعدد و همچنین مسائل علمی گوناگون و عمیقی می باشد و این اصول باعث می شود که ساختمان در وضع مطلوبی قرار گیرد. اجرای ساختمان به شکل اصولی و دقیق و با استفاده از مصالح مرغوب و شرایط استاندارد، سبب تامین امنیت و آسایش برای استفاده آحاد جامعه و توسعه ی بخش های مختلف در اجتماع و در نهایت بروز شرایط مساعد برای ترقی کشور می شود. به طور حتم توجه به ساختمان سازی اصولی و پیروی از موازین و مقررات لازم الاجرای این امر پیچیده، سبب پدید آمدن یک سازه در شکل درست و استاندارد آن می شود که در نتیجه ساختمان دچار مشکلات حین بهره برداری و تعمیرات هزینه بر نخواهد شد. اجرای اصولی و فنی ساختمان که بسیار حساس و با اهمیت است، مگر با استفاده از دانش عمیق و فنی تئوری علم عمران و در نظر گرفتن همه جانبه اصول معماری میسر نخواهد شد. اگر به روند ساختمان سازی در کشور های توسعه یافته نگاهی بیندازیم مشاهده خواهیم کرد که عملاً ساختمان باید طرحی جامع از تمامی مبانی علم معماری و سازه را دارا باشد و نتیجه ی این طرح جامع می بایست متناسب و مطابق سلیقه ی انواع کاربری، نظیر اداری، تجاری، مسکونی و سایر، تنظیم گردد. طراحی یک سازه که در نوبه ی خود یک سرمایه ملی محسوب می شود، باید به نحوی برنامه ریزی شود که برای مدت مناسب و طولانی قابل بهره برداری بوده و تمام نکات مربوط به فضا سازی و معماری جهت ایجاد شرایطی کاربردی، متناسب، دلپذیر و آرامش بخش در آن لحاظ گردد. از طرفی رعایت تمامی نکات استاندارد و آیین نامه ای جهت ایستایی و باربری سازه در شرایط گوناگون نیز اولویت اصلی و حیاتی یک سازه مناسب می باشد که با رعایت نکات فنی در بحث محاسبه و اجرای سازه میسر خواهد شد. و آنچه در مجموع این الزامات فنی و علمی رخ خواهد داد ایجاد فضایی متناسب برای نسل های آینده خواهد بود.

در سالهای اخیر با توجه به گسترش شهرها و افزایش ساخت و سازهای شهری، حوادث متعددی به سبب انجام گودبرداری های غیر اصولی رخ داده اند، که منجر به وارد آمدن خسارات سنگین مالی و جانی شده است. این گونه حوادث که در سال های گذشته منحصر به پایتخت و کلانشهرها بود، امروزه گسترش یافته و در سایر شهرها نیز رخ می دهد. فلذا طراحی گود و اجرای اصولی آن باعث کاهش این آمار و تلفات ناشی از ریزش گود خواهد گردید.

به طور کلی حفاری و گودبرداری عبارت است از حفر کانال و ایجاد فضای مطلوب جهت احداث یک سازه ی مشخص و یا لوله گذاری برای خدمات مختلفی نظیر انتقال گاز، مواد پتروشیمی، آب، فاضلاب، برق، تلفن و... می باشد که به طور عمده با برداشت خاک یا سنگ و یا ترکیبی از هر دو از محل مورد نظر همراه است.

فرایند خاکبرداری به دلیل تعامل نزدیک با جامعه و احتمال بروز حوادث، در بستری آسیب پذیر نیاز به مدنظر قراردادن مجموعه نکات است که به شرح زیر هستند:

ابتدا مخاطراتی نظیر ریزش زمین، فروریزش ساختمانهای مجاور، سقوط اجسام به داخل کانال و... باید شناسایی شده و حداکثر تمهیدات مناسب، جهت مدیریت هر یک از این شرایط، اندیشیده گردد.

نکته بعد اینکه بحث ایمن سازی گود به دلیل ماهیت غیر بصری و هزینه های نسبی بالا، ممکن است کم اهمیت تلقی شده و صرف نظر از احداث و پایش ملزومات این بخش حیاتی، منجر به ورود خسارات سنگین و در غالب موارد غیر قابل جبران خواهد شد.

در نهایت رعایت نکات ایمنی و اجرایی در گودبرداری و بررسی کامل و همه جانبه شرایط و تمهیدات، منجر به دست یازی به حداکثر اطمینان و ایمنی ممکن، خواهد گردید و بروز سوانح را به حداقل کاهش خواهد داد. به عنوان مثال ظاهر بعضی از خاک ها می تواند باعث احساس کاذب دوام و ایستایی گود گردد، که در صورت عدم احداث ملزومات ذکر شده مخاطرات جدی را پدید خواهد آورد.

لازم بذکر است که مسئولیت و هزینه اجرای این دستورالعمل بر عهده پیمانکار و نظارت بر حسن انجام و در صورت لزوم برخورد قانونی با تخلفات، بر عهده دستگاه نظارت و کارفرما می باشد.

۳) انواع زمین برای گودبرداری:

عموما زمین به دو دسته مرغوب و نامرغوب تقسیم می شود که موارد مربوط به این دو نوع به شرح زیر است:

۳-۱) زمین های مرغوب

۳-۱-۱) زمین های سنگی:

این زمین ها عموما در نواحی کوهستانی یا در ارتفاعات اراضی شهری که به کوهستان منتهی می شود وجود دارد که به علت موقعیت، آب و هوا و امکان آرامش بیشتر مورد توجه خاصی می باشند. نوع مرغوب زمین های سنگی دارای مقاومت فشاری بالایی می باشند. به طور کلی مقاومت متوسط زمین های سنگی را بیش از ۴۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع می دانند که البته زمینهای سنگی با مقاومت های پایین تر نیز وجود دارند.

نکته: باید دقت داشت که همه‌ی زمین‌های سنگی در دسته‌بندی مرغوب قرار نمی‌گیرند. زیرا که در برخی از زمین‌های سنگی امکان جذب آب و مکش وجود دارد که باعث بروز پدیده تورم و در نتیجه حرکت‌پذیری سازه خواهد شد. از این رو زمین سنگی نیز باید مورد مطالعه‌ی کامل قرار گرفته و شرایط آن به نحو احسن بررسی شود.

نکته: در برخی از زمین‌های سنگی، نظیر حاشیه خلیج فارس، طی قرن‌ها در اثر رسوبات دریایی، نوعی بستر سنگی به نام سنگ **کراال** به وجود آمده است. این نوع از بستر سنگی حدود ۴۵ الی ۵۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع مقاومت فشاری دارد ولی در زیر لایه‌های قطور این نوع بستر، لایه‌های ماسه نرم قرار می‌گیرد که به علت خطر حرکت‌پذیری و غیر قابل پیشبینی بودن عکس‌العمل سازه، در برابر زلزله و رانش، برای احداث سازه‌های دریایی مناسب نیستند مگر اینکه با گمانه زنی تا عمق قابل توجه، از نبود این ماسه‌های نرم در زیر بستر سنگی اطمینان کافی حاصل شود.

نکته: اجرای ساختمان به صورت مستقیم بر روی صخره‌های تخت نیز کاری غیر اصولی می‌باشد. زیرا که در زیر ستون‌های هر نوع سازه باید پی ریزی دقیق ولو محدود صورت پذیرد. ترتیب پی‌سازی در بسترهای سنگی به این شکل است که سنگ با ابزار مکانیکی شکافته شده و ارتفاع یخ زدگی برای پی‌سازی منظور می‌گردد. مسلماً احداث سازه بر روی چنین بستر سنگی نیازمند فونداسیون به تعریف معمول نمی‌باشد ولی جهت رعایت اصول ایمنی و ایستایی در برابر لرزه و رانش فرایند پی‌سازی حتماً باید در داخل غلاف سنگی و به فرم گفته شده صورت پذیرد.

۳-۱-۲) زمین‌های دج:

این زمین از نوع زمین‌های بسیار مرغوب جهت ساختمان‌سازی می‌باشد. این زمین از جنس ریزدانه‌های ماسه است که با مقدار کافی از رس چرب پوشش داده شده است. در این نوع بستر، ریزدانه‌های ماسه و رس عملاً فضای خالی بین دانه‌های شن را پر کرده و در اثر فشار و زمان بستر این نوع خاک به شدت متراکم شده است. مقاومت فشاری این نوع بستر از ۵ تا ۳۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع متغیر بوده و رنگ این زمین‌ها اکثراً سرخ جگری و در برخی موارد نزدیک به قهوه‌ای است.

توجه: رعایت ارتفاع یخ زدگی و همچنین نشست پی در دل زمین از نظر ضد زلزله بودن الزامی است.

۳-۱-۳) زمین‌های سفت مخلوط:

این زمین‌ها از دانه‌بندی درشت دانه‌شن، ریزدانه ماسه، سیلت و همچنین خاک رس چرب تشکیل شده است. معمولاً خاک رس و سیلت توماً اطراف ریزدانه و درشت دانه را پوشش کامل داده و در اثر گذشت زمان متراکم شده، و زمینی سفت و سختی را به وجود می‌آورد.

مقاومت این زمین‌ها حدود ۱ الی ۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع می‌باشد که برای ساختمان‌سازی، هم از نظر مقاومت فشاری و هم از نظر ایستایی در گودبرداری بسیار مناسب است. به این زمین‌ها در بعضی موارد زمین‌های **دجی** نیز گفته می‌شود.

اما گودبرداری بر روی این زمین‌ها بسیار راحت تر از زمین‌های دچی سخت می باشد. گودبرداری در این نوع بستر غالباً توسط کلنگ و بیل و یا با وسایل مکانیکی نظیر بیل مکانیکی صورت می گیرد.

۳-۱-۴) زمین‌های مخلوط متوسط:

این زمین‌ها از مخلوط شن و ماسه و مقداری خاک رس تشکیل شده است. مقدار خاک رس اینگونه زمین‌ها کمتر از نوع زمین‌های سفت مخلوط است و به همین دلیل نمی تواند پوشش کافی در اطراف ریز دانه ها و درشت دانه ها باشد. که در نتیجه تراکم این نوع بستر زیاد نبوده و مقاومت فشاری این بستر در حدود ۱.۵ تا ۲.۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است.

توجه: پی سازی بر روی این نوع بستر خاکی غالباً به صورت **رادیه جنرال** انجام می پذیرد.

۳-۲) زمین‌های نامرغوب:

۳-۲-۱) زمین‌های شنی:

بافت سازنده این نوع از زمین‌ها اکثراً از دانه بندی درشت بوده و در صورتی که این زمین‌ها مسطح باشند سازه با ارتفاع محدود بر روی آن قابل اجرا می باشد اما اگر این زمین‌ها بر روی شیب واقع شوند، ساختمان سازی روی آنها خطر رانش را در پیش دارد.

۳-۲-۲) زمین‌های ماسه ای:

این زمین‌ها انباشته از ماسه و بدون خاک رس می باشند، به همین دلیل ساختمان سازی روی این نوع بستر با ارتفاع کاملاً محدود و به شرط پی سازی عمیق و گسترده قابل اجرا می باشد. اما در زمین‌های شیب داری که خطر نفوذ آب وجود دارد امکان حرکت سازه و واژگونی آن به شدت بالا رفته و از این رو این نوع بستر در دسته نامرغوب قرار خواهد گرفت.

۳-۲-۳) زمین‌های رسی:

کلیه موارد متشکله اینگونه زمین‌ها، از خاک رس است. اگر این زمین‌ها از نوع خشک و مسطح باشند، ساختمان سازی بر روی این نوع از بستر خاکی تا ارتفاع مشخص و محدودی قابل اجرا می باشد و اگر تراکم این خاک بالا باشد قابلیت تحمل فشار تا ۴ کیلوگرم بر سانتی متر مربع را دارا خواهد بود. اجرای سازه در زمین‌های دارای بستر رس خشک بهتر است در تراز **یک** متر پایین تر از سطح زمین انجام گیرد تا از بروز مشکلات احتمالی جلوگیری شود. باید دقت داشت که اگر این بسترها مرطوب باشند ساخت و ساز حتی در شرایط مسطح هم جایز نیست، زیرا که این بسترها در اثر نفوذ رطوبت و آب متورم شده و این افزایش حجم توده خاک منجر به حرکت سازه خواهد شد. طبیعی است که اگر زمین‌های رسی در شیب واقع باشند امکان اجرای سازه به سبب احتمال رانش بسیار بالا مقدور نخواهد بود.

نکته: زمین های رسی غیر متراکم جزء دسته بندی زمین های سست قرار میگیرند

۳-۲-۴) زمین های خاک دستی:

به زمین هایی اطلاق می شود که بستر آن حاصل پر کردن یک گودال با سایر خاک ها، خاکروبه ها، خاک های آوار، مصالح زائد بنایی و... می باشد. اگر چه سطح فوقانی این خاکها در اثر رفت و آمد و سایر موارد کوبیده شده و سخت به نظر می رسد ولی با برداشتن مقداری از لایه رویی، خاک دستی، به وضوح قابل مشاهده خواهد بود.

احداث سازه بر روی این زمین ها فقط به شرط برداشته شدن کل لایه خاک دستی، و ابتیاع تمهیدات اصولی پی سازی در آن امکان پذیر است که در مواردی به علت هزینه های بالا صرفه اقتصادی خود را از دست می دهد.

۳-۲-۵) زمین های با خاک نباتی:

این زمین ها عموماً تحت کشت محصولات کشاورزی و باغی بوده و تا عمق قابل توجهی سست و بسیار نرم می باشند. رنگ این نوع بستر خاکی تیره و کبود بوده و به علت دفن گیاهان و کود دهی های مکرر تا عمقی از خاک حالت طبیعی خود را از دست داده است. و احداث سازه روی این نوع خاک، مگر سازه های سبک چوبی، آن هم با رعایت نکات اصولی امکان پذیر نمی باشد.

۳-۲-۶) زمین های باتلاقی:

این زمین ها عموماً آبدار بوده و انواع گیاهان باتلاقی در آن پرورش می یابد. نوع خشک این زمین ها دارای بافت اسفنجی بوده و هیچ مقاومت فشاری ندارند، فلذا امکان احداث سازه روی آن به جز در مواردی خاص و با استفاده از پی های صندوقچه ای امکان پذیر نیست. انواع مرطوب این بستر نیز، لجنی و بد بو و سست بوده و به هیچ وجه برای ساختمان سازی مناسب نیستند.

۴) تنگ بستن پشت دیوار:

گاهی شیب زمین زیاد است و این گودی از شیب، باید در چند مرحله خاک ریزی شود تا بتوان به سطح مورد نظر (سطح زیر پی ساختمان) رسید. در چنین مواردی، ساختن دیواره، پشت واره (دیوار تنگ، دیوار نگهدارنده یا دیوار حائل گفته می شود که سبب نگه داری خاک ریزی خواهد شد. اگر خاک ریزی مرتفع باشد، تنگ تحت زاویه با فاصله های معین در دل دیواره پشت واره باید ساخته شود. دیوار پشت واره با پی سازی، در شکل های گوناگون با مصالح مرغوب اجرا می شود، در ضمن پی آن باید گسترده باشد، تا در اثر فشار پشت تنگ خاکریزی، خطر واژگونی (تنگ) بر طرف شود.

توجه ۱: اگر قسمتی از سطح زمین کوبیده شده از خاکریزی برای محوطه باشد، در قسمت هایی از دیوار پشت واره، لوله گذاری اجرا خواهد شد. این لوله ها سبب هدایت آب از پشت خاکریز به خارج خواهد بود. در صورتی که این گونه اجرا نشود، خطر رانش دیوار پشت واره (به خصوص دیوار پشت واره بدون تنگ به وسیله فشار های جانبی از خاکریزی) وجود خواهد داشت.

توجه ۲: اگر ارتفاع خاکریزی بلند باشد، لایه های خاک باید دارای دانه بندی ((گراول)) (درشت دانه بیشتر و تا حدود قطر ۳ اینچ یعنی قلوه سنگ، شن درشت، شن بادی و ریز دانه ی شن و ماسه با مقدار لازم سیلت همراه با نسبت معینی از خاک رس، مخلوطی دونم با مقدار آب کافی) باشد، سپس باید لایه به لایه ریختن و غلتک کردن آن تا سطح مورد نظر انجام گیرد.

توجه ۳: در مواردی با اضافه کردن شیر ی آهک به مخلوط مرطوب، ورز دادن آن، ریختن لایه به لایه و غلتک زنی لایه ها، خاک ریزی بسیار اصولی اجرا می شود.

توجه ۴: عمل غلتک زنی در هر لایه، باید تا قبل از پوسته شدن سطح خاک ریزی شده انجام شود.

معمولاً قبل از اجرای لایه ی خاک ریزی بعدی، سطح لایه ی خاک ریزی غلتک شده توسط غلتک آج داری به نام غلتک ((پابزی)) شیارهایی در سطوح خاک ریزی به وجود می آید. این کار باعث پیوند لایه های بعدی به لایه های زیرین خواهد شد. بدین ترتیب قبل از پی سازی، پی مقاوم خاکی و اصولی برای زیر سازی پی ساختمان به وجود خواهد آمد.

۵) زاویه گود برداری:

از سری مسائل بسیار مهم در زمینه گود برداری زاویه و شیب مربوط به ترانشه های خاک در اطراف گود است، زیرا که در خاک برداری های حجیم استفاده از مهاربند های عرضی در جهت عمود بر دیواره غالباً غیر اقتصادی و در برخی موارد عملاً ناممکن می باشد.

زاویه گود برداری بسته به انواع بستر های متفاوت دارای نکات متنوعی می باشد که به شرح زیر است:

۵-۱) زاویه ی گود برداری در زمین های سنگی و صخره ای:

گود برداری زمین های سنگی و صخره ای تا عمق مورد نظر کاملاً عمودی می باشد، زیرا در اثر سختی بیش از حد این زمین ها، خطری از نظر ریزش و رانش وجود نخواهد داشت.

۵-۲) زاویه ی گود برداری در زمین های دج:

در زمین های دج، مثل زمین های سنگی و صخره ای که زمین تا حدی سخت و مقاوم می باشد، امکان خطر ریزش و رانش وجود ندارد. بنا بر این گود برداری از ۲ تا ۲.۵ متر عمودی بوده و از ۳ تا ۵ متر با شیب ۵٪ برای گود کنی منظور می شود.

۳-۵) زاویه ی گود برداری در زمین های سفت مخلوط:

در این زمین ها نیز به علت وجود دانه بندی مرغوب، و تراکم بودن دانه در یک دیگر و انسجام کامل آن ها، خطر ریزش و رانش ناچیز است. از این رو زاویه گود برداری برای این گونه زمین ها برای عمق ۲ تا ۲.۵ متر ۷۵ تا ۶۰ درجه نسبت به ((محور قائم)) می باشد.

۴-۵) زاویه ی گود برداری در زمین های مخلوط متوسط:

نظر به این که درجه تراکم این زمین ها قابل قبول و در حد متوسط می باشد، برای گود برداری عمق ۲ تا ۲.۵ متر، زاویه ی گود برداری حدود ۶۰ درجه پیش بینی می شود. مسلماً اگر گود برداری عمیق تر باشد، این مقدار درجه بیشتر خواهد شد.

۵-۵) زاویه ی گود برداری در زمین های رسی:

گود برداری در زمین های رسی خشک نیز در حد شرایط زمین های مخلوط متوسط است، پس زاویه ی گود برداری این گونه زمین ها حدوداً ۴۵ درجه و یا می تواند بیشتر باشد.

۶-۵) زاویه ی گود برداری در زمین های نامرغوب شنی و ماسه ای:

به علت نبودن خاک رس و عدم چسبندگی بین دانه ها، گود برداری در این زمین ها با رانش و فروریزی مصالح در درون گود کنی همراه خواهد بود. به همین علت زاویه ی گود برداری در چنین زمین هایی، حدود ۳۰ درجه مناسب است.

۶) گود برداری مرحله ای:

معمولاً برای گود برداری زمین های سست و نرم، پس از گود برداری تحت زاویه ی ۴۵ درجه تا عمق ۲ متر ادامه میابد و سپس تا مرحله ی بعدی با رعایت پس نشین، سطحی تخت به طول حدود ۲ مترها ساخته، سپس گود برداری مرحله دوم تحت همان زاویه ۴۵ درجه به ارتفاع ۲ متر گود کنی دنبال می شود.

لازم به یاد آوری است که در زمین های شنی و ماسه ای و حتی خاک دستی، گود برداری با شیب ۳۰ درجه با رعایت مرحله ای بحث قبل تا ۲ متر مناسب است. پس از رها سازی سطح تخت و آزاد، مجدداً گود برداری مرحله دوم با همان زاویه شیب گود کنی انجام می شود. ارتفاع گود برداری در هر مرحله می تواند تا ۲ متر باشد.

۷) ایجاد مانع در زمین سست برای گود برداری:

به علت این که در گود برداری زمین های سست، حمل خاک از شیب گود برداری با صرف وقت و هزینه گزاف همراه است، باید بعد از پی سازی و دیوار روی پی، پشت آن کاملاً پر شود. عمل خاک ریزی مجدد نیز، هزینه فراوانی در بر دارد، به همین دلیل قبل

از پی سازی در زمین سست و در نزدیکی حوالی پی سازی، یا همجوار آن مبادرت به ایجاد مانع می کنند؛ به این عمل اصطلاحاً «سپر کوبی» می گویند. اجرای سپر کوبی در انواع گوناگون انجام می شود.

۸) بررسی نتایج آزمایش های آزمایشگاهی:

تعیین مقدار دقیق تنش ناشی از وزن خاک و سربار یکی از مسائل مهم مهندسی ژئوتکنیک می باشد. در مقاله چاپ شده توسط بوسینسک نظریه توزیع تنش در زیر یک سطح بارگذاری شده در یک محیط همگن نیمه بینهایت ارتجاعی همسانگرد بیان شد. میدان تنش لحاظ شده در این مقاله صرفاً اثر بار متمرکز خارجی می باشد. با قرار گرفتن سربار بر روی خاک به مقدار تنش موجود در خاک افزوده می شود و هرچه در جهت افقی و قائم از محل اثر بار فاصله گرفته شود مشاهده می شود که از تأثیر سربار کم می شود. محدود کردن محدوده زیر به عنوان محلی که در آن اثرات تنش زیر پی قابل اغماض باشد در تحلیل های عددی از اهمیت بالایی برخوردار است.

بوسینسک برای توزیع تنش در خاک از فرضیاتی طبق شکل زیر استفاده کرد.



فرضیات بوسینسک برای افزایش تنش در عمق

از آن جایی که خاک به عنوان مصالحی هموزن، ایزوتروپ، نیمه بی نهایت و با رفتار الاستیک فرض شده است، اگر سربارهای متعدد بر خاک اثر کنند، می توان اثر هر یک را در اعماق مورد نظر حساب کرده و با استفاده از اصل جمع آثار قوا، مقادیر حاصله را با هم جمع کرد. در مطالعات انجام شده تغییر شکل نسبی در محیط الاستیک محدود بوده و به حد گسیختگی نزدیک نمی شود.

۹) روش تقریبی گسترش تنش:

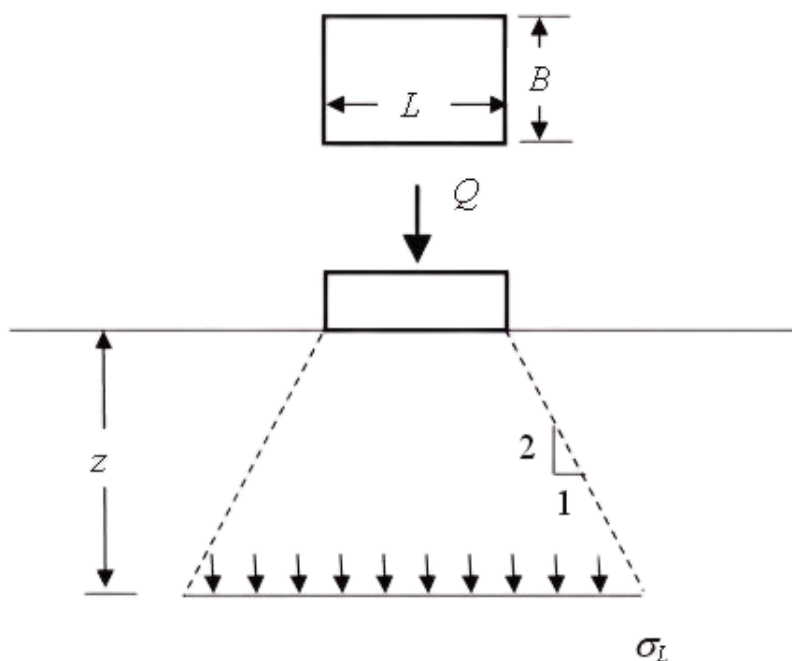
در این روش، که از آن عموماً در مرحله محاسبات مقدماتی سازه ها استفاده می شود. توزیع تنش در هر عمق مشخص از خاک و پی به شکل یکنواخت فرض می شود. همچنین گسترش تنش در جهت قائم خطی در نظر گرفته می شود که عملاً هیچ یک از این دو فرض ذکر شده دقت کافی را نخواهند داشت.

اگر یک پی به ابعاد $B \times L$ بار را به خاک منتقل کند، گسترش تنش با شیب ۲ به ۱ فرض شده و در نتیجه در عمق Z برابر است با:

$$\Delta q = \frac{P}{(B + Z)(L + Z)}$$

لازم به ذکر است که محققان مختلف، شیب گسترش تنش را با امتداد قائم بین ۳۰ تا ۴۵ پیشنهاد کرده اند که با اجرای سنگ چینی از نوع سنگ لاشه می توان این زاویه افزایش بار را ملایم تر کرد.
رابطه فوق برای یک پی مربعی به صورت زیر خواهد بود:

$$\Delta q = \frac{P}{(B + Z)^2}$$



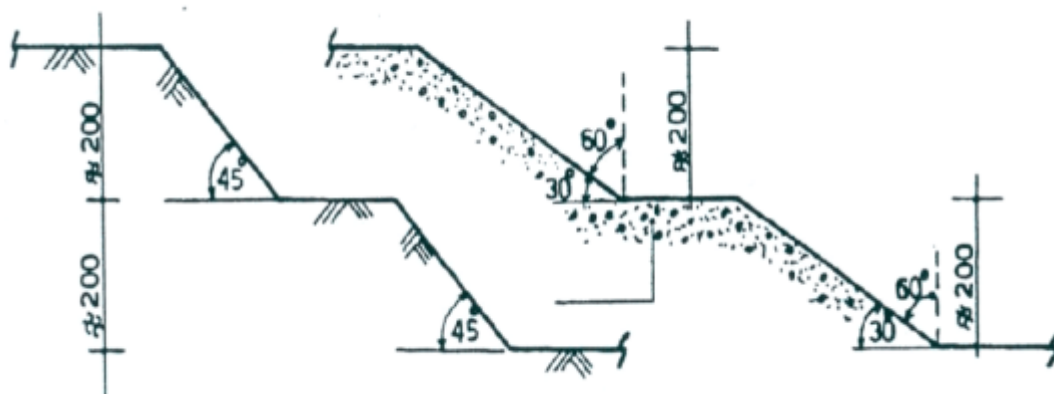
روش تقریبی توزیع تنش در زیر پی

۱۰ روش گودبرداری مرحله ای:

معمولاً برای گودبرداری زمینهای سست و نرم، در ابتدا گودبرداری تحت زاویه ۴۵ درجه تا عمق ۲ متر ادامه می یابد و سپس تا مرحله بعدی با رعایت پس نشین، سطحی تخت به طول حدود ۲ متر را رها ساخته، سپس گودبرداری مرحله دوم تحت همان زاویه ۴۵ درجه به ارتفاع ۲ متر گودکنی دنبال می شود.

لازم به یادآوری است که در زمین های شنی و ماسه ای و حتی خاک دستی، گودبرداری با شیب ۳۰ درجه با رعایت روش مرحله ای بحث قبل ۲ متر مناسب است.

پس از رهاسازی سطح تخت و آزاد، مجدداً گودبرداری مرحله دوم با همان زاویه شیب گودکنی انجام می شود. ارتفاع گودبرداری در هر مرحله می تواند تا ۲ متر باشد.



۱۱) روش گودبرداری پله پله:

در این روش اجرای گودبرداری به صورت پله پله اجرا می گردد. تعداد پله ها به عمق گودبرداری و تعداد طبقات زیرین بستگی دارد. اجرای گودبرداری به این صورت است که ابتدا تا ارتفاع مطمئن گودبرداری با شیب مطمئن ۱ به ۲ اجرا می گردد. پس از رها کردن قسمتی از آن طبقه گودبرداری در مساحتی کمتر و باز هم با شیب مطمئن ۱ به ۲ اجرا می گردد. با پایان یافتن گودبرداری پله ها اجرای سازه از پله زیرین آغاز شده و دیوار حائل در هر تراز اجرا می گردد. پشت دیوارها نیز خاک کوبیده می شود. از مزایای این روش می توان به سرعت اجرای بالا و هزینه کمتر نسبت به روشهای دیگر اشاره کرد. عیب این روش نیز از دست دادن مساحت طبقه های زیرین به دلیل اجرای مطمئن شیب ۱ به ۲ است.

۱۲) مهار سازی شیب گود برداری برای پی سازی:

به منظور پایدار سازی گود، بسته به عمق مدت استفاده، هزینه و سایر عوامل موثر، غالباً یکی از روش های زیر مورد استفاده قرار می گیرد. که از بین این روش های معرفی شده، روش خرابایی در این دفترچه مطالعاتی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱۳) هفت روش پایدار سازی گود و سازه های نگهبان در گودبرداری:

۱) روش دوخت به پشت یا تای بک یا انکراژ (Tie-Back)

۲) مهاربندی میخکوبی (soil-nailing)

۳) روش دیوار دیافراگمی (diaphragm-pile-wall)

۴) روش سپر کوبی (sheet-pile)

۵) روش خریایی

۶) روش مهار متقابل

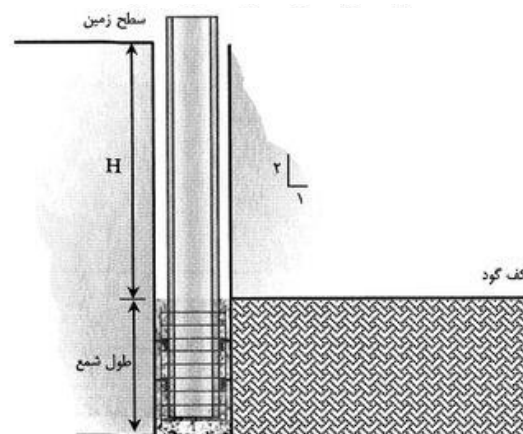
۷) روش اجرای شمع (pile)

۱۴) پایدار سازی به روش خریای مورب

این روش یکی از مناسب‌ترین و متداول‌ترین روش‌های اجرای سازه نگهدارنده در مناطق شهری است. اجرای آن ساده بوده و نیاز به تجهیزات و تخصص بالایی ندارد. همچنین قابلیت انعطاف‌پذیری زیاد از نظر اجرا در شرایط مختلف را داراست.

۱۴-۱) روش اجرایی سازه نگهدارنده مورب:

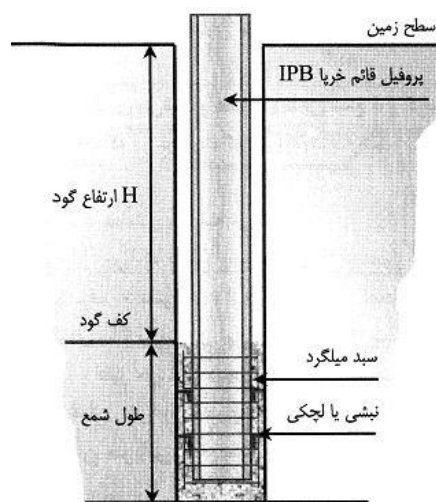
۱۴-۱-۱) ابتدا در محل عضوهای قائم خریا که در مجاورت دیواره گود قرار دارد، چاهک‌هایی حفر می‌شود.



عمق این چاهک‌ها برابر عمق گود به اضافه مقداری اضافه‌تر برای اجرای شمع انتهایی تحتانی عضو خرپا (برای جذب نیروی کششی) است.

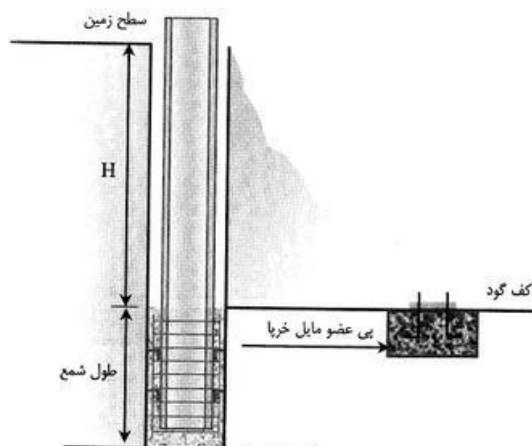
قطر حفاری معمولاً برای اینکه مقنی به راحتی حفاری کند، ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر است.

۱۴-۱-۲) داخل شمع‌های حفر شده میلگرد گذاری می‌شود (جایگذاری سبد میلگرد) و عضو قائم داخل شمع قرار گرفته و بتن‌ریزی می‌گردد.

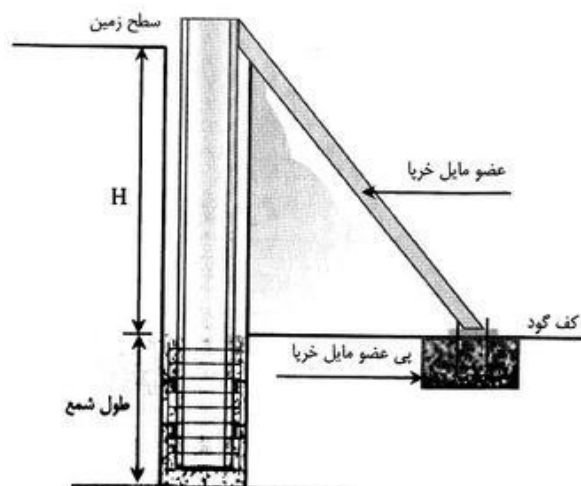


قسمت انتهایی عضو قائم خرپا با شاخک‌هایی (از نبشی یا لچکی) جهت انتقال نیروی کششی در بتن مهار می‌شود
۱۴-۱-۳) خاک موجود در امتداد گود با شیب مطمئنی برداشته می‌شود.

۱۴-۱-۴) اجرای فنداسیون برای عضو مایل خرپا که معمولاً به صورت مربع یا مستطیل است.

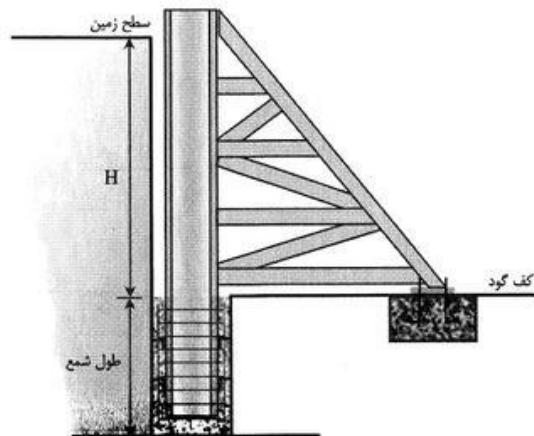


۱۴-۱-۵) اتصال عضو مایل خرپا از یک طرف به عضو قائم و از طرف دیگر به صفحه‌ی روی فنداسیون

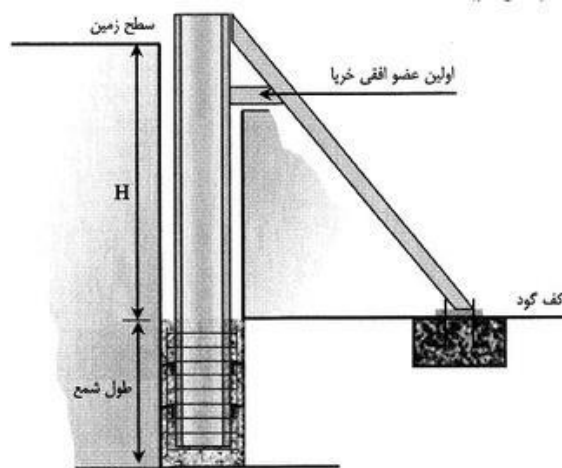


۱۴-۱-۶) خاکبرداری مرحله به مرحله و اجرای اعضای افقی خرپا تا تکمیل شدن کل سازه خرپا:

مرحله اول خاکبرداری و اجرای عضو افقی خرپا:



به همین شکل مرحله به مرحله خاکبرداری نموده و اعضای افقی و قطری خرپا را در جای خودشان نصب می‌شود تا خرپا تکمیل گردد.



توجه ۱: در صورت لزوم، به منظور جلوگیری از ریزش خاک، به موازات پیشرفت عملیات گودبرداری بین دو خرپای مجاور و به موازات خاک دیواره، از الوارهای چوبی، تیرهای چوبی، پانل‌های پیش‌ساخته، ورق‌های فلزی همراه با پشت بندهای سخت‌کننده و نظایر آن استفاده می‌شود. این امر خصوصاً برای خاک‌های سست و یا متوسط اکیدا توصیه می‌شود.

توجه ۲: برای تامین صلبیت جانبی سیستم سازه‌ای که متشکل از کل خرپا می‌باشد و به منظور به حداقل رساندن طول کمناش اعضای قائم و مایل خرپاها، بین هر دو خرپای مجاور را مهار می‌کنند. این مهار معمولاً به صورت یک دهانه در میان اجرا می‌شود.

توجه ۳: بتن ریزی شمع (قسمت انتهایی) عضو قائم خرپا معمولاً با عیار سیمان ۳۵۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب و معمولاً با اسلامپ بالا، حدود ۱۲ تا ۱۸ سانتی‌متر ریخته می‌شود. در ضمن برای جلوگیری از جدایی ذرات مصالح تشکیل‌دهنده بتن از لوله‌ی ترمی استفاده می‌شود.

۱۴-۲) مزایای روش خرپایی:

- ۱۴-۲-۱) برای تمامی گودهای واقع در مناطق شهری مناسب است.
- ۱۴-۲-۲) از نظر اجرا در شرایط مختلف، قابلیت انعطاف زیادی دارد و امکان استفاده مجدد از خرپا وجود دارد.
- ۱۴-۲-۳) اجرای آن ساده و به تخصص و دستگاه‌های خاص نیازی ندارد.

۱۴-۳) معایب روش خرپایی:

- ۱۴-۳-۱) سرعت اجرا، در مقایسه با روش‌های پیشرفته پایین‌تر است.
 - ۱۴-۳-۲) خرپاها جاگیر هستند و فضای زیادی را در محوطه گود اشغال می‌کنند.
 - ۱۴-۳-۳) احتمال الزامی بودن برداشتن بخشی از خاک با روش‌های دستی وجود دارد.
- توجه: در پروژه‌های زیادی برای سرعت بخشیدن به کار و احداث سازه نگهبان خرپایی، ابتدا محل اجرای پروژه با شیب مناسبی حفاری می‌شود. سپس برای نصب خرپاها در دیواره گود به وسیله بیل مکانیکی شیارهای عمودی ایجاد

می‌شود، پس از آن در پای شیار چاه‌هایی برای برپایی خرپا حفر شده و داخل چاه را آرماتورگذاری کرده و پس از استقرار خرپا درون آن را با بتن پر می‌کنند.

۱۵) ضوابط و دستور العمل گود برداری، حفر چاه‌ها و اجرای سازه‌های نگهبان

مبحث دوازدهم مقررات ملی ساختمان، ویرایش سوم، ۱۴۰۰

عملیات خاکی

۹۱۲-۱ کلیات

۹۱۲-۱-۱ منظور از عملیات خاکی عبارت است از: خاکبرداری، خاکریزی، تسطیح زمین، گودبرداری، پی‌کشی ساختمان‌ها، حفر شیارها، شمع‌ها، کانال‌ها، چاه‌ها و مجاری آب و فاضلاب با وسایل دستی یا مکانیکی.

۹۱۲-۱-۲ گود برداری

به هرگونه حفاری و خاکبرداری در تراز پایین‌تر از سطح طبیعی زمین یا تراز زیر پی ساختمان مجاور گودبرداری اطلاق می‌شود.

۹۱۲-۱-۳ سطح خطر گودبرداری

سطح خطر گودبرداری‌ها با توجه به عمق گود، نوع خاک، وجود آب، وجود منبع ارتعاش در مجاورت گود و حساسیت ساختمان‌های مجاور آن به صورت گودبرداری با خطر معمولی، زیاد و بسیار زیاد تعیین می‌گردد. ارزیابی سطح خطر گودبرداری بر اساس ضوابط و مقررات مبحث "پی و پی‌سازی" مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان" انجام می‌شود.

۹۱۲-۱-۴ قبل از شروع عملیات خاکی باید اقدامات زیر توسط سازنده انجام شود:

الف: زمین مورد نظر توسط شخص و یا اشخاص ذیصلاح از لحاظ استحکام و جنس خاک و همچنین پایداری ابنیه مجاور به دقت مورد بررسی قرار گیرد. به علاوه نقشه گودبرداری و پایدارسازی جداره‌های گود و برنامه گودبرداری باید توسط این اشخاص تهیه و به تأیید مرجع رسمی ساختمان برسد.

ب: روش، برنامه اجرایی گودبرداری و همچنین زمان شروع آن به همراه مجوز صادره توسط مرجع رسمی ساختمان در اختیار مهندس ناظر قرار گیرد.

پ: موقعیت تأسیسات زیرزمینی از قبیل چاه‌ها، کانال‌های فاضلاب، چشمه‌ها و قنوات قدیمی، لوله‌کشی آب و گاز، کابل‌های برق و تلفن که ممکن است در حین عملیات گودبرداری و خاک‌برداری موجب بروز خطر و حادثه گردند و یا خود دچار خسارت شوند، مورد بررسی و شناسایی قرار گرفته و با همکاری سازمان‌های ذیربط، نسبت به تغییر مسیر دائم یا موقت و یا قطع جریان و همچنین ایمن‌سازی آنها اقدام گردد.

ت: در صورتی که تغییر مسیر یا قطع جریان برخی از تاسیسات مندرج در مفاد بند "۴-۱-۹-۱۲ پ" امکان پذیر نباشد، باید با همکاری سازمان های مربوط و به طرق مقتضی نسبت به حفاظت آنها اقدام شود.

ث: چنانچه محل گودبرداری در نزدیکی و یا مجاورت یکی از ایستگاه های خدمات عمومی از قبیل آتش نشانی و اورژانس بوده و یا در مسیر خودروهای آنها باشد، باید قبلاً مراتب به اطلاع مسئولین ذیربط رسانده شود تا احیاناً در سرویس رسانی عمومی وقفه ای ایجاد نگردد.

ج: کلیه اشیاء زائد از قبیل تخته سنگ، ضایعات ساختمانی و یا بقایای درختان که ممکن است مانع از انجام کار شده و یا موجب بروز حوادث شوند، باید از زمین مورد نظر خارج گردند.

چ: در استفاده از روش های پایدارسازی دیواره های گودبرداری از قبیل میخ کوبی و میل مهار ورود به محدوده مالکیت املاک مجاور و همچنین معابر عمومی ممنوع می باشد مگر با موافقت ذینفع و مرجع رسمی ساختمان.

۱۲-۹-۱-۵ در صورتی که در عملیات خاکی از دستگاه های برقی مانند الکتروموتور برای هوادهی،

تخلیه آب و نظایر آن استفاده شود، این گونه دستگاه ها باید با رعایت مفاد بخش ۱-۶-۱۲ به کار گرفته شده و به وسایل حفاظتی مناسب مجهز باشند.

۱۲-۹-۱-۶ چنانچه محل مورد نظر برای عملیات خاکی، نظیر حفر چاه در معابر عمومی یا محل هایی

باشد که احتمال رفت و آمد افراد متفرقه وجود داشته باشد، باید با اقدامات احتیاطی از قبیل محصور کردن محوطه حفاری، نصب علائم هشدار دهنده و وسایل کنترل مسیر، از ورود افراد به منطقه حفاری جلوگیری به عمل آمده و دهانه این گونه محل ها در پایان کار روزانه مسدود گردند.

۱۲-۹-۲ گود برداری) حفر طبقات زیرزمین و پی کنی ساختمان ها)

۱۲-۹-۲-۱ در صورتی که در عملیات گودبرداری و خاکبرداری احتمال خطری برای پایداری و سرویس دهی دیواره های گود، دیوارها و ساختمان های مجاور و یا مهارها وجود داشته باشد، باید قبل از گودبرداری و خاکبرداری، ایمنی و پایداری آنها با استفاده از روشهایی نظیر نصب شمع، سپر و مهارهای مناسب و رعایت فاصله لازم و ایمن گودبرداری و در صورت لزوم با اجرای سازه های نگهبان تأمین گردد.

۱۲-۹-۲-۲ سازنده موظف است در عملیات گودبرداری و پایدارسازی جداره های گود مفاد مبحث پی و پی سازی (مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان) و دستورالعمل اجرایی گودبرداری های ساختمانی ابلاغی وزارت راه و شهرسازی را رعایت نماید.

۱۲-۹-۲-۳ در مواردی که عملیات گودبرداری در مجاورت بزرگراه ها، خطوط راه آهن یا مراکز و تاسیسات دارای ارتعاش انجام می شود، باید اقدامات لازم برای جلوگیری از لغزش یا ریزش جداره ها صورت گیرد.

۱۲-۹-۲-۴ در موارد زیر باید دیواره‌های محل گودبرداری، همچنین دیوارها و ساختمان‌های

مجاور، دقیقاً توسط شخص ذیصلاح مورد بررسی و بازدید قرار گرفته و در نقاطی که خطر ریزش، لغزش یا تغییر شکل‌های غیرمجاز به وجود آمده است، مهارها و وسایل ایمنی لازم از قبیل شمع و سپر نصب و یا مهارهای موجود تقویت گردند:

الف: قبل از پایدارسازی کامل، به صورت روزانه و بعد از پایدارسازی، حداقل هفته‌ای یک بار ب: بعد از وقوع بارندگی، طوفان، سیل، زلزله و یخبندان

پ: بعد از هرگونه عملیات انفجاری ت: بعد از ریزش ناگهانی

ث: بعد از وارد آمدن صدمات اساسی به مهارها

۱۲-۹-۲-۵ برای جلوگیری از بروز خطرهای نظیر پرتاب سنگ، سقوط افراد، حیوانات، مصالح ساختمانی و ماشین‌آلات،

سرازیر شدن آب به داخل گود و نیز برخورد افراد و وسایل نقلیه با کارگران

و وسایل و ماشین‌آلات حفاری و خاکبرداری، باید اطراف محل گودبرداری و خاکبرداری با رعایت مفاد بخش ۲-۵-۱۲ به نحو مناسب محصور و محافظت شود. در صورتی که گودبرداری و خاکبرداری در مجاورت معابر و فضاهای عمومی صورت گیرد، باید این حصار با رعایت مفاد بخش‌های ۲-۵-۱۲ و ۹-۵-۱۲ و در فاصله حداقل ۵/۱ متر از لبه گود احداث و با علائم هشدار دهنده که در شب و روز و از فاصله دور قابل رؤیت باشند مجهز گردد.

۱۲-۹-۲-۶ در گودبرداری‌هایی که عملیات اجرایی به علت محدودیت ابعاد آن با مشکل نور و تهویه هوا مواجه می‌گردد، لازم است نسبت به تأمین وسایل روشنایی و تهویه هوا اقدام لازم به عمل آید.

۱۲-۹-۲-۷ مواد حاصل از گودبرداری نباید به فاصله کمتر از ۱ متر از لبه گود ریخته شوند. همچنین این مواد نباید در پیاده‌روها و معابر عمومی به نحوی انباشته شوند که مانع عبور و مرور گردیده یا موجب بروز حادثه گردند.

۱۲-۹-۲-۸ محل استقرار ماشین‌آلات و وسایل مکانیکی از قبیل جرثقیل، بیل مکانیکی، لودر، کامیون یا انباشتن خاک‌های حاصل از گودبرداری و یا مصالح ساختمانی در مجاورت گود، باید توسط شخص ذیصلاح بررسی و حداقل فاصله مناسب تعیین گردد، این فاصله باید دقیقاً از لبه گود رعایت شود.

۱۲-۹-۲-۹ در گودهایی که عمق آنها بیش از ۱ متر می‌باشد، نباید کارگر در محل کار به تنهایی

به کار گمارده شود.

۱۲-۹-۲-۱۰ در گودبرداری‌ها، عرض معابر و راههای شیب دار) رمپ (احداثی ویژه وسایل نقلیه

نباید کمتر از ۴ متر باشد.

۱۲-۹-۲-۱۱ در محل گودبرداری‌های عمیق و وسیع، باید یک نفر نگهبان مسئولیت نظارت بر

ورود و خروج کامیون‌ها و ماشین‌آلات سنگین را عهده‌دار باشد. برای آگاهی کارگران و سایر افراد، باید علائم هشدار دهنده در معبر و محل ورود و خروج کامیون‌ها و ماشین‌آلات مذکور نصب گردد.

۱۲-۹-۳ حفاری چاه‌ها و مجاری آب و فاضلاب

۱۲-۹-۳-۱ قبل از آغاز عملیات حفاری چاه‌ها و مجاری آب و فاضلاب به ویژه در حفاری دستی

چاه‌ها، باید بررسی‌های لازم درخصوص وجود و کیفیت موانعی از قبیل قنوات قدیمی، فاضلاب‌ها، پی‌ها، جنس خاک لایه‌های زمین و تأسیسات مربوط به آب، برق، گاز، تلفن و نظایر آن به عمل آید و در صورت لزوم از سازمان‌های ذیربط استعلام گردد. محل حفاری نیز باید طوری تعیین شود که به هنگام کار، خطر ریزش یا نشست قنات، فاضلاب و چاه مجاور یا برخورد با تأسیسات یاد شده وجود نداشته باشد.

۱۲-۹-۳-۲ به منظور ایجاد تهویه کافی در عملیات حفاری چاه‌ها و مجاری آب و فاضلاب، باید

هر نوع گاز، گرد و غبار و مواد آلوده کننده دیگر که برای سلامتی افراد مضر است، به طرق مقتضی از محل کار خارج شود و بوسیله پمپ هوادهی نسبت به تهویه هوای چاه اقدام گردد. در صورت لزوم باید کارگران به ماسک و دستگاه‌های تنفسی مناسب مجهز شوند تا همواره هوای سالم به آنها برسد.

۱۲-۹-۳-۳ کلیه افرادی که فعالیت آنها با عملیات حفاری چاه‌ها و مجاری آب و فاضلاب مرتبط

است، باید متناسب با نوع کار به وسایل و تجهیزات حفاظت فردی، مطابق با ویژگی‌های فصل ۴-۱۲ مجهز شوند.

۱۲-۹-۳-۴ مقنی قبل از ورود به چاه برای عملیات چاه کنی باید نسبت به موارد زیر اقدام نماید:

الف: هوادهی و تهویه مناسب چاه و اطمینان از عدم وجود گازهای سمی و مضر. همچنین اطمینان از عدم امکان سرازیر شدن آب و سیلاب به داخل چاه.

ب: بستن طناب نجات و حمایل بند کامل بدن به خود و محکم نمودن انتهای آزاد طناب به نقطه

ثابتی در بالای چاه و حاضر بودن همکار وی بر سر چاه.

۱۲-۹-۳-۵ پس از خاتمه کار روزانه و یا در مواقعی که حفاری انجام نمی‌شود، دهانه چاه باید با

صفحات مشبک مقاوم و مناسب به نحو مطمئن پوشانده شود.

۱۲-۹-۳-۶ در حفاری چاه‌ها و مجاری آب و فاضلاب باید ضوابط مندرج در آیین‌نامه و مقررات (حفاظتی چاه‌های دستی)
لحاظ گردد.

محاسبه نیروهای وارد بر خرپا

- وزن مخصوص خاک پیرامون پی $\gamma = 1.75 \text{ Ton}/m^3$
- ارتفاع گودبرداری $h = 2.46 \text{ m}$
- تنش ناشی از سربار (برحسب تعداد طبقات) $Q = 3 \text{ Ton}/m^2$
- فاصله خرپاها از یکدیگر $L = 3 \text{ m}$
- چسبندگی خاک $C = 0.5 \text{ Ton}/m^2$
- نیروی وارد بر ابتدای خرپا $\omega_x(x = 0) = 2.85 \text{ Ton}/m$
- نیروی وارد بر انتهای خرپا $\omega_x(x = 4) = 14.83 \text{ Ton}/m$

✓ از خرپای تیپ ۴ متری استفاده خواهد شد.

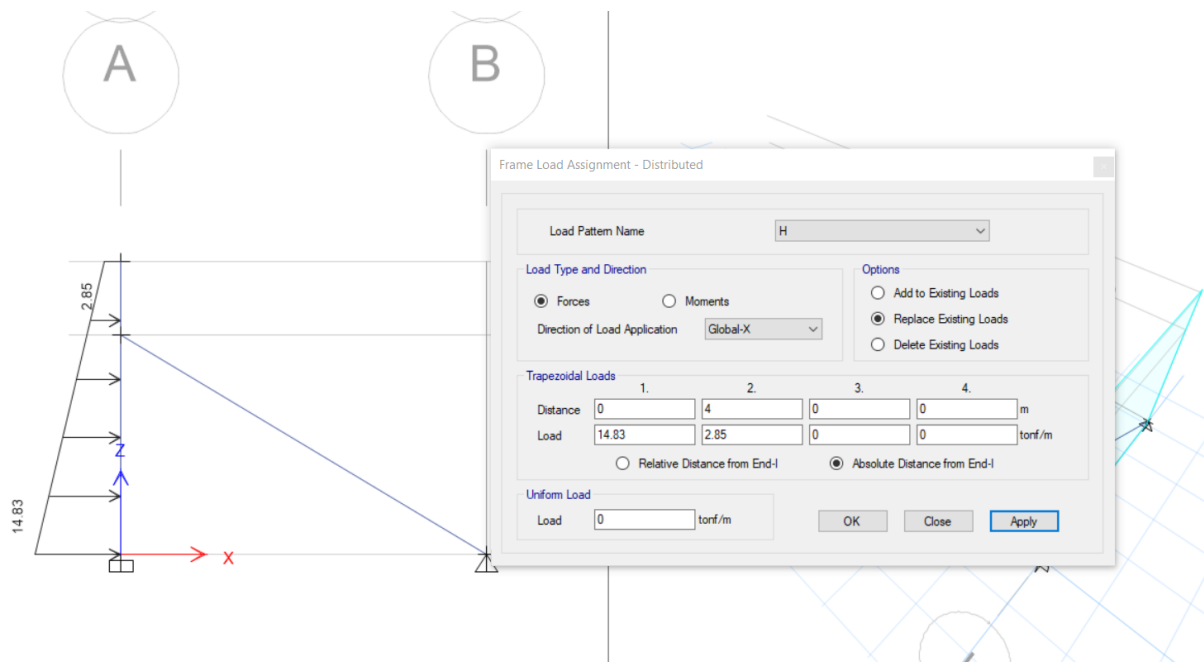
جدول ۳-۲- ضرایب فشار افقی

جنس خاک	فشار افقی در حالت مقاوم (kp)	فشار افقی در حالت سکون (k0)	فشار افقی در حالت محرک (ka)
خاک رس	۲/۵۰	۰/۵۷	۰/۴۰

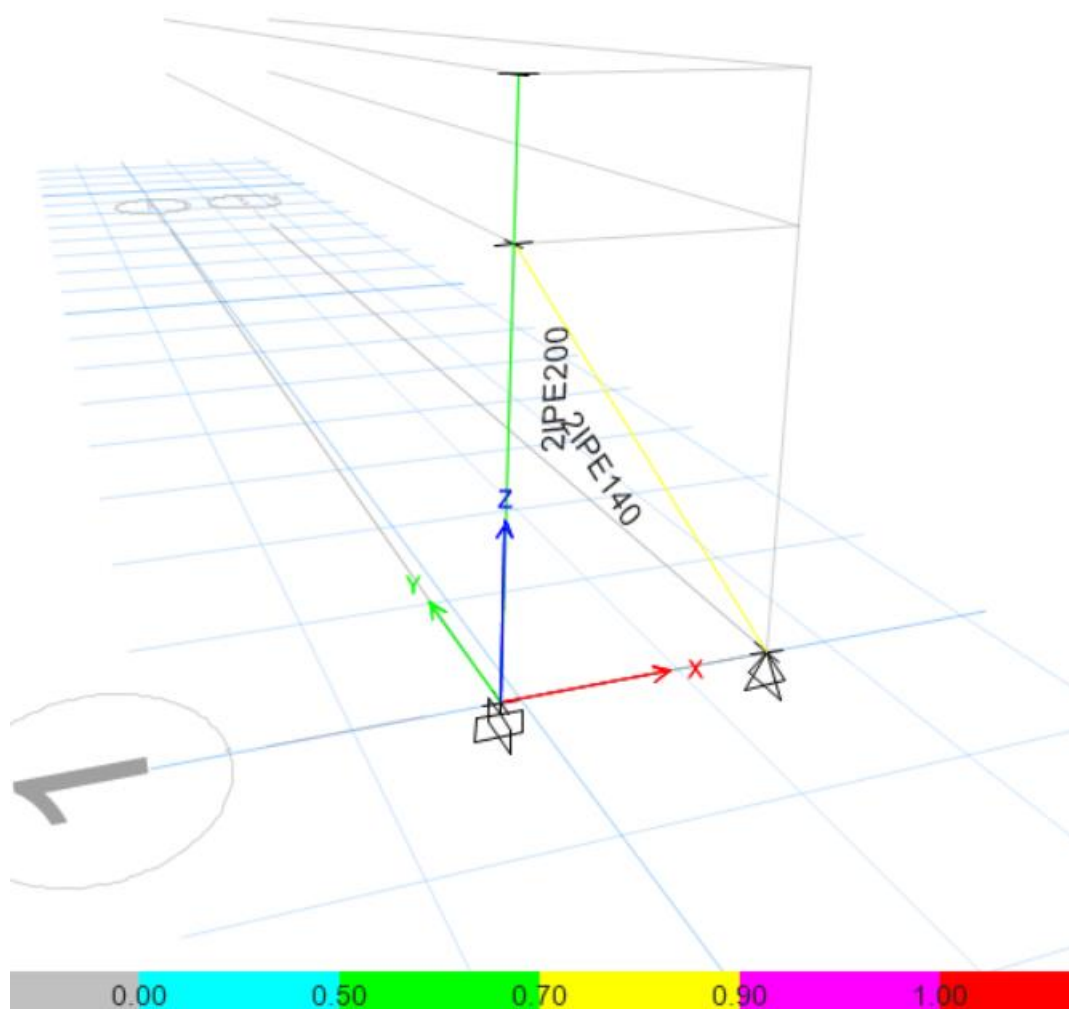
$$\omega_x = \left((\gamma h + Q)k_0 - 2c\sqrt{k_0} \right) L$$

$$\omega_x(x = 0) = \left((1.75 \times 0 + 3) \times 0.57 - 2 \times 0.5 \times \sqrt{0.57} \right) \times 3 = 2.85 \text{ Ton}/m$$

$$\omega_x(x = 4) = \left((1.75 \times 4 + 3) \times 0.57 - 2 \times 0.5 \times \sqrt{0.57} \right) \times 3 = 14.83 \text{ Ton}/m$$



بارگذاری خریا در ETABS



طراحی خرپا در ETABS

