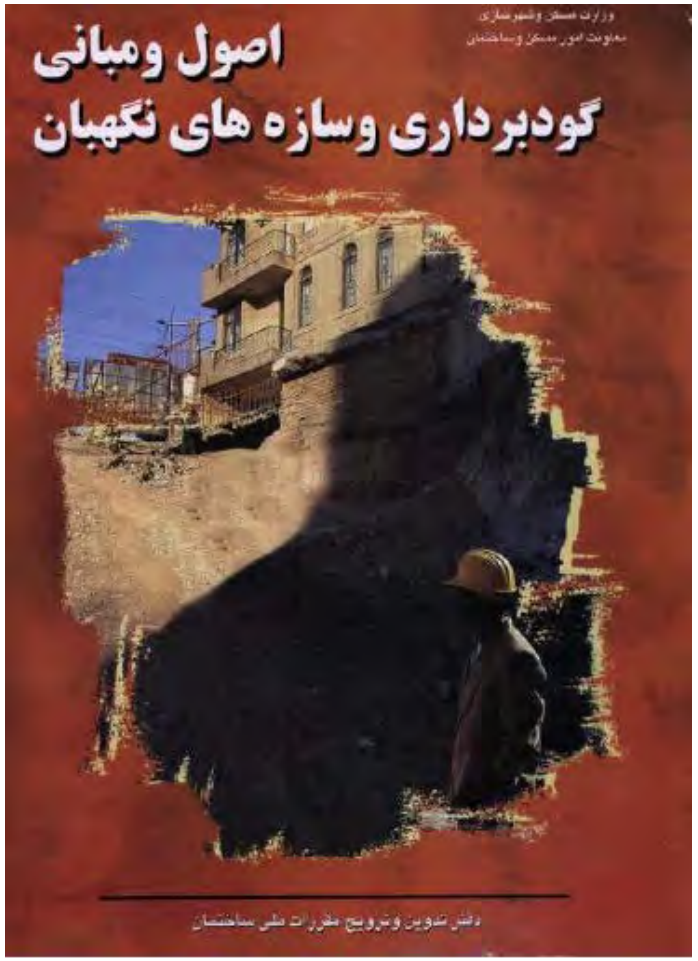
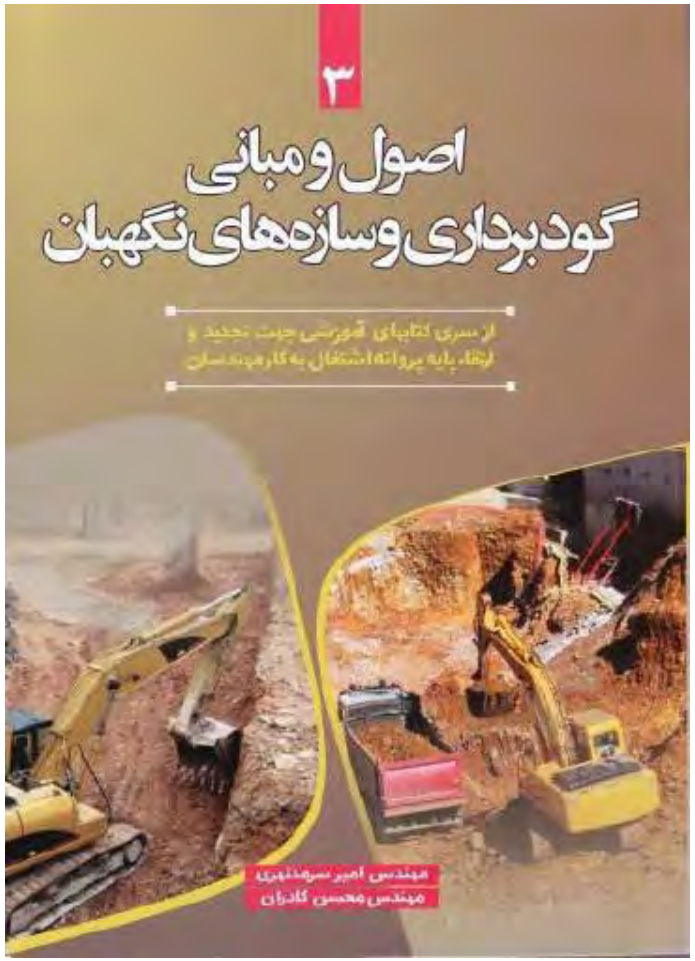
بسم الله الرحمن الرحيم

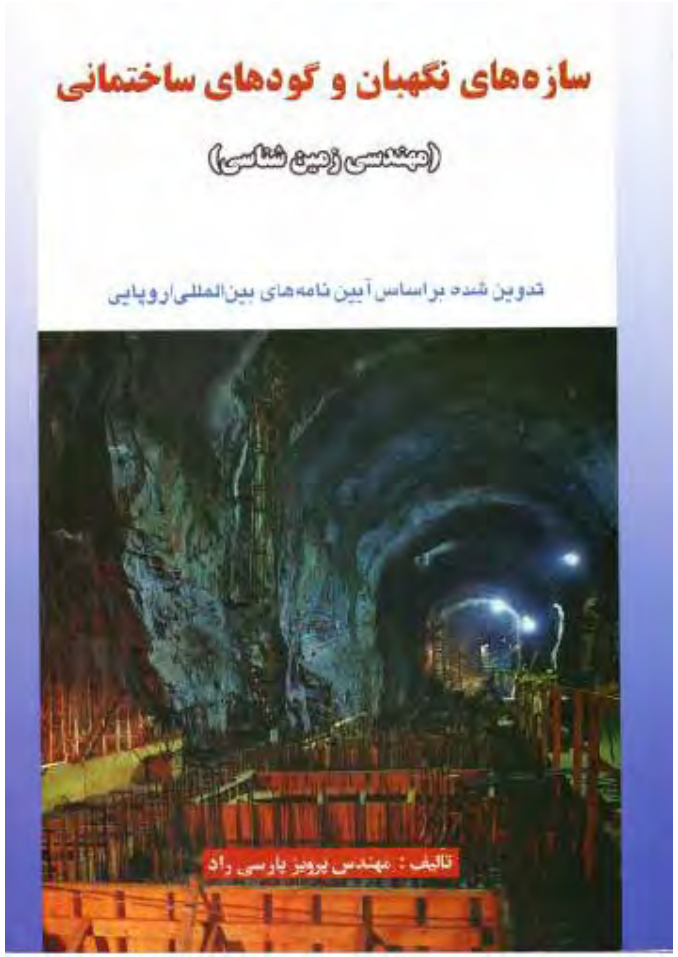
تعاريف– مخاطرات

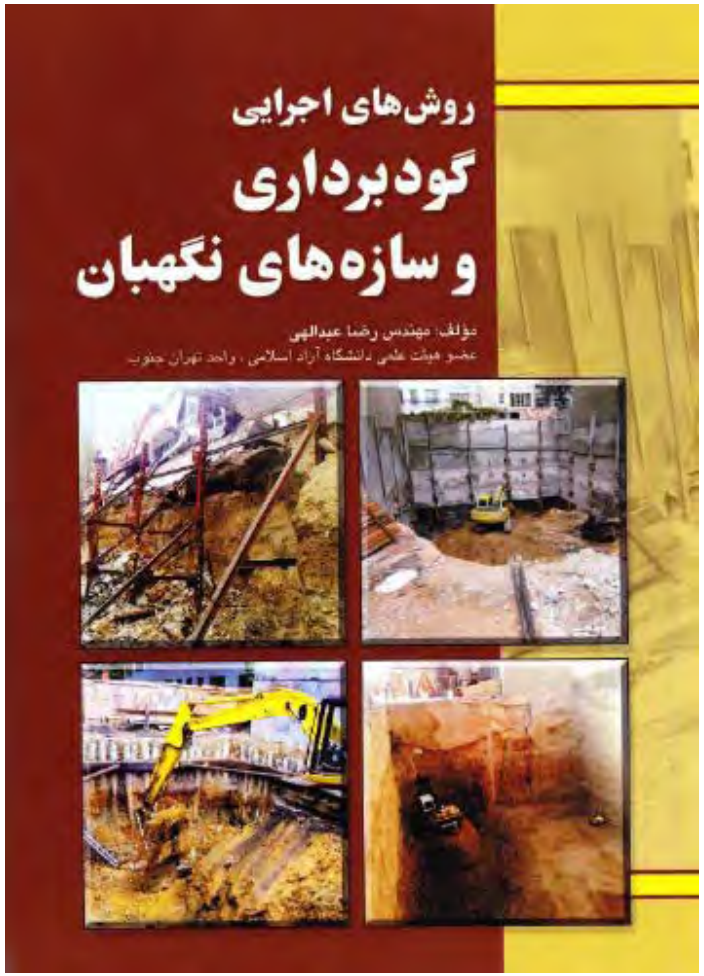
منابع و مراجع





اصول و مبانی گودبرداری و سازه های نگهبان، وزارت مسکن و شهرسازی- حمیدرضا اشرفی
اصول و مبانی گودبرداری و سازه های نگهبان- امیر سرمد نهری و محسن کاردان





روش‌های اجرایی گودبرداری و سازه‌های نگهبان-رضا عبدالهی

سازه های نگهبان و گودهای ساختمانی- پرویز پارسی راد

گودبردای و سازه نگهبان ویژه دوره های ارتقاء پایه - دکتر اشرفی

مبحث ۷ مقررات ملی ساختمان (پی و پی سازی)

گودبرداری

- برداشت خاک پایین تراز سطح زمین را گودبرداری می نامیم.
- گودبرداری یکی ازفعالیتهای عمرانی است که به منظورهای مختلف مثل تخریب و گودبرداری یک ساختمان فرسوده برای ساخت مجدد، رسیدن به تراز بکر، حفاظت فنداسیونها دربرابریخبندان، احداث کانالها، مخازن زیرزمینی و احداث پارکینگ انجام می‌شود.
- به هرگونه عملیات خاکبرداری به منظور ایجاد شیار، حفره یا کانال گویند.
- گودبرداری عبارت است از زمین را به گونه‌ای خاکبرداری کنیم که دیواره یا جداره خاکی ایجاد شده قایم با نزدیک به قایم و یا گاهی مایل باشد.
- ۱۲-۹-۱-۲- به هر گونه حفاری و خاکبرداری در تراز پایین تر از سطح طبیعی زمین یا در تراز پایین تر از زیر پی ساختمان مجاور گودبرداری اطلاق می‌شود.

- احداث زیرزمین

- **احداث کانال ها**

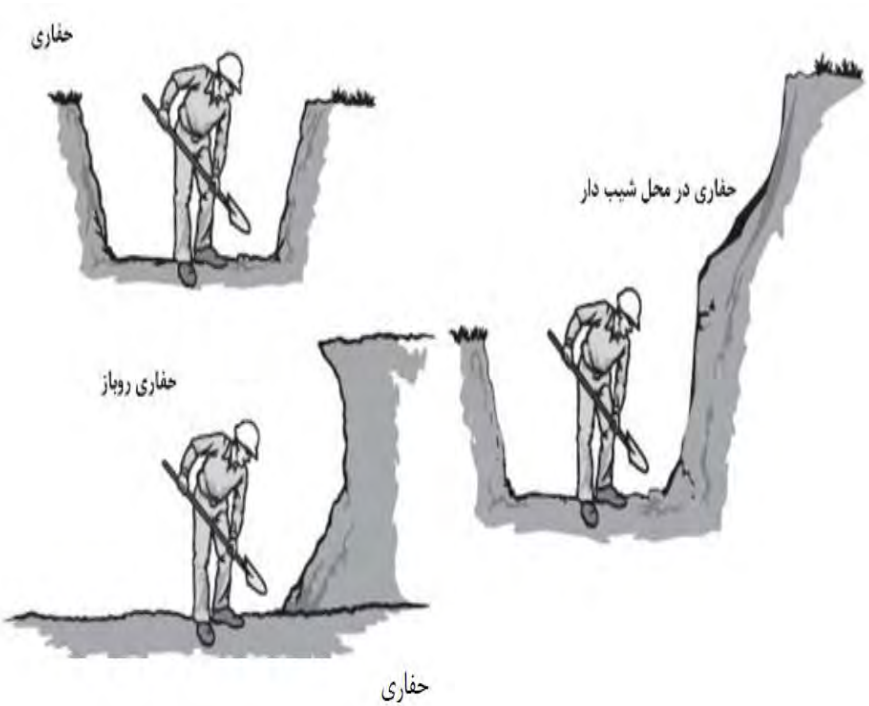
- **احداث منابع آب**

- **اجرای ترنشه های لازم برای احداث راه**

- **حفر ترانشه برای لوله گذاری**

انواع گود ها از نظر ابعاد و عمق

الف: گودهای باز



حفاری

ب: گود ترانشه‌ای

کانال

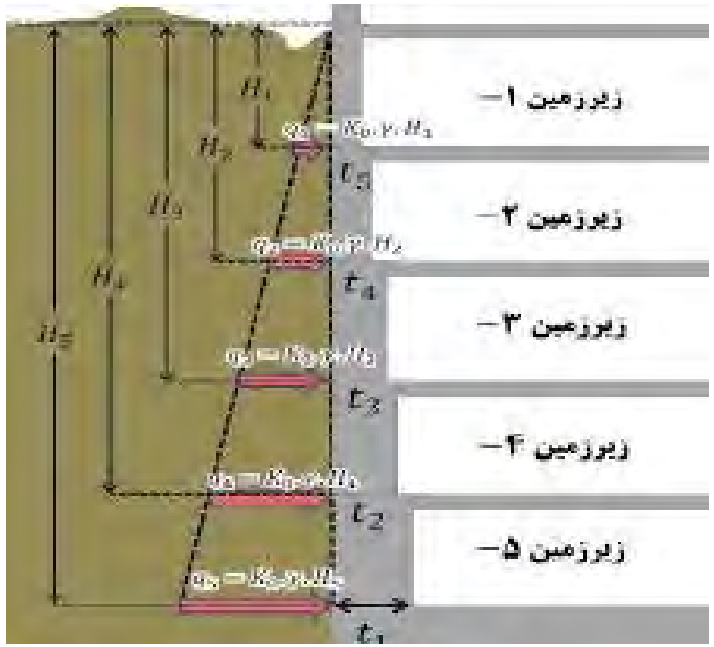
انواع گود ها از نظر پایداری دیواره

گودهای مهار بندی نشده

گودهای مهار شده

اثر گودبرداری بر خاک

- تغییر خواص مکانیکی و شیمیایی خاک جداره گود.
- بر هم خوردن تعادل استاتیکی اولیه خاک.
- باز توزیع مجدد نیروها جهت تعادل مجدد.
- تغییر شکل بزرگ که موجب ریزش خاک و برهم زدن تعادل استاتیکی سازه ها اطراف می‌گردد.


زیرزمین ۱
زیرزمین ۲
زیرزمین ۳
زیرزمین ۴
زیرزمین ۵

عکس: مهر
www.Danakhabar.com

IRIBNEWS
خبرگزاری صدا و سیما

خطرات گودبرداری

- سقوط کارگران یا عابرین از ارتفاع.
- در خطر بودن وسایل و اموال داخل و خارج گود.
- تامین امنیت جانی افراد داخل و خارج گود.
- مسمومیت افراد که اغلب بدلیل تنفس بخارها و گاز های سمی .
- کمبود اکسیژن که منجر به خفگی می‌شود.
- سقوط آوار و ریزش دیوار (مهم خطر در گودبرداری ساختمان).
- برخورد به تاسیسات زیرزمینی (گاز، آب، برق و...) و ایجاد خسارت.

هنگامی که گود شروع به ریزش می‌کند به یکباره حجم عظیمی از خاک به صورت سیلابی به راه می‌افتد. سازه نگهبان برای ایفای نقش و رفتار در چنین شرایطی طراحی و اجرا می‌شود.

خاکبرداری غیر اصولی و ریزش دیوارهای گود و وارد آمدن خسارات جانی

آجیل پزی آجیل چی

(الف) ریزش دیواره و خسارت به خیابان مجاور

(ب) ریزش دیواره و ایجاد ترک در ساختمان

شکل (۱-۱) گودبرداری غیراصولی و ریزش دیواره‌ها

(الف) ترک پیش‌رونده در مجاورت پی ساختمان مجاور

(ب) ترک پیش‌رونده

شکل (۱-۲) خاکبرداری غیراصولی و ایجاد ترک پیش‌رونده در خاک

عملیات گودبرداری در زمره عملیاتهای خاکی خطرناک قرار دارد. بر اساس آمارهای موجود همه ساله در پروژه های گودبرداری بدلیل عدم رعایت اصول ایمنی، انسانهای زیادی جان خود را ازدست داده یا صدمات شدیدی می‌بینند. بررسی آمار وقایع رخ داده تاییدی بر رشد روز افزون حوادث مذکور می‌باشد.

آمار مصدومین، فوت شدگان آوار و ریزش ساختمان در سال های۸۴-۸۵

ردیف	نوع حادثه	تعداد	مصدومین		فوت شدگان		جمع مصدومین و فوت شدگان
			زن	مرد	زن	مرد	
۱	آوار و ریزش ساختمان سال ۸۴	۱۲۵	۱۲	۶۲	–	۱۵	۸۹
۲	آوار و ریزش ساختمان سال ۸۵	۱۳۰	۵	۷۸	–	۹	۹۲

در تاریخ ۲۶ مهر ۱۳۹۰، مدیر کلّ بازرسیِ کارِ وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی اظهار داشت: «۳۷ درصدِ حوادثِ ناشی از کار در ایران، در کارگاه‌های ساختمانی رخ داده است.» وی افزود: «بیش از ۲۱ درصد از کلّ حوادث ساختمانی، هنگام عملیّات گودبرداری و آماده‌سازیِ زمین به‌وقوع پیوسته است، که از این میزان، ۲۳ درصدِ حوادث، منجر به فوتِ کارگران در عملیّات گودبرداری شده است.»[۱]

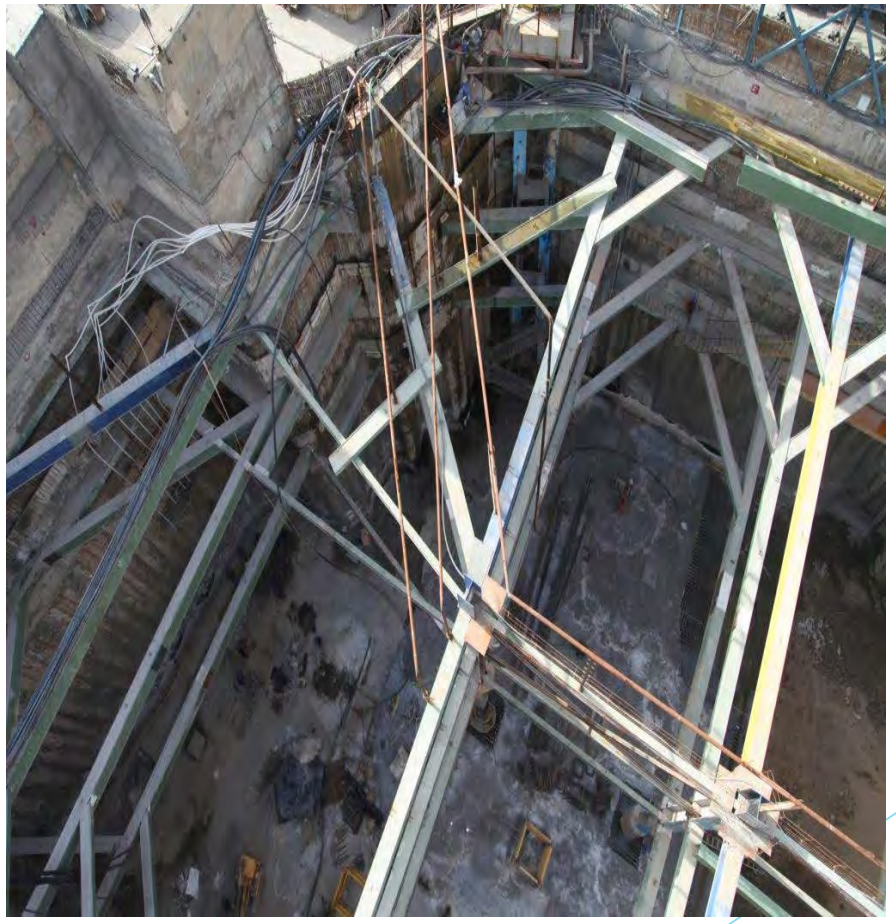
- هر روز ۳ نفر در کشور قربانی حوادث ناشی از گودبرداری غیراصولی می‌شوند
- به طور میانگین ۲۵۰ حادثه ریزش آوار در پی گودبرداری غیراصولی در شهر رخ می‌دهد که هر سال ۱۲۵ نفر مجروح یا کشته می‌شوند.

به منظور جلوگیری از ریزش دیواره گود بدلیل وزن خاک بالای تراز گود وسربارهای موجود و تبعات منفی ناشی از گودبرداری ، سازه‌های موقتی را برای مهار دیواره گود و یا ترنشه اجرا می‌کنند که به آن سازه‌های نگهبان می‌گویند.

۷ – ۱ – ۳ – ٤ سازه های نگهبان به سازه هایی اطلاق می شود که برای نگهداری خاک به کار برده می‌شوند. این سازه ها شامل انواع دیوارها و سیستم های نگهبان هستند که در آنها عناصر سازه‌ای ممکن است با خاک یا سنگ ترکیب شده و یا از تسلیح خاک استفاده شوند.

سازه نگهبان ایفا کننده و جبران کننده نقش سازه ای خاک برداشته شده را دارد.

سازه نگهبان موقت



سازه نگهبان دایمی

اهداف استفاده از سازه نگهبان

- حفظ جان انسانهای خارج ازگود.
- حفظ جان انسانهای داخل گود.
- حفظ اموال خارج ازگود.
- حفظ اموال داخل ازگود.
- فراهم آوردن شرایط امن ومطمئن برای اجرای کار.
- امکان پذیر کردن برنامه ریزی کارگاهی .

اشتباهات رایج در مهار جداره گود

- اشتباه بودن زمان اجرای سازه نگهبان
- اشتباه بودن محل مهار
- رها کردن جداره گود پس از گودبرداری
- ناکارآمد بودن سازه نگهبان از نظر مصالح و اتصالات
- مناسب نبودن سازه نگهبان

(الف) گودبرداری غیراصولی به صورت دیواره قائم

(ب) گودبرداری و سازه نگهبان غیر اصولی

شکل (۱-۶) خاکبرداری‌های غیر اصولی

(الف) اجرای اسکلت پس از گودبرداری بدون اجرای سازه نگهبان و نشست ساختمان‌های مجاور

(ب) اجرای سازه نگهبان غیراصولی (منبری) و نشست ساختمان‌های مجاور

شکل (۱-۲) سازه نگهبان غیراصولی و نشست ساختمان‌های مجاور

بسم الله الرحمن الرحیم

اقدامات لازم جهت گودبرداری

اهداف استفاده از سازه نگهبان

- حفظ جان انسانهای خارج ازگود.
- حفظ جان انسانهای داخل گود.
- حفظ اموال خارج ازگود.
- حفظ اموال داخل ازگود.
- فراهم آوردن شرایط امن ومطمئن برای اجرای کار.
- امکان پذیر کردن برنامه ریزی کارگاهی .

عوامل حادثه ساز در ارتباط با گودبرداری و تخریب

- نامناسب بودن فنداسیون.
- نوع خاک، لایه بندی و میزان رطوبت موجود در آن.
- هر گونه دستخوردگی خاک
- وجود قنوات و چاهها متروکه یا دایر.
- ریزش دیوارها و ساختمان های مجاور و عدم ایستانی لازم در برابر بارهای وارده بدلیل فرسودگی.
- وجود دیوارهای مشترک.
- برداشتن دیوار حمال.
- بارش برف و باران.

- گودبرداری غیر اصولی و بدون توجه به ضوابط و نظارت کافی.
- نشت آب از ناحیه فاضلاب ساختمان و یا نفوذ آب از شبکه آب شهری به زیر پی ساختمان.
- ترکیدن لوله آب و یا فاضلاب ملک مجاور و شستن پی ساختمان.
- عدم ایجاد سازه نگهبان در زمان گودبرداری.
- وجود ارتعاش در محیط.
- وجود سربار در محیط گود.
- مدت زمان اجرای عملیات گودبرداری
- مدت زمان بهره برداری از گود و سازه نگهبان

اقدامات لازم قبل از گودبرداری و یا تخریب

- انجام مطالعات ژئوتکنیکی لازم
- اخذ مجوزهای لازم از ادارات و سازمان‌های ذیربط نظیر شهرداری و....
- بررسی شریانهای حیاتی از قبیل خط گاز، آب ، برق فشارقوی یا ضعیف، تلفن، فیبر نوری و اینترنت
- اعلام مراتب اجرای کار به نزدیکترین ایستگاه آتش نشانی و امداد و نجات
- بررسی ومطالعه تاسیسات زیرزمینی احتمالی در محل شامل لوله آب، گاز و کابل برق و تلفن
- بررسی و مطالعه نقشه‌های ساختمانهای مجاور در صورت امکان
- بررسی وجود باغچه یا زمین زراعی دایر در مجاورت گود

- پیش بینی و نصب علایم هشدار و اخطار دهنده مورد نیاز در محل گود و نزدیکی آن در صورت لزوم
- برنامه ریزی و انجام اقدامات لازم برای بیمه انسانها و اموال واقع در داخل محلهای گودبرداری و ساختمانهای مجاور و عابران پیاده و سواره کنار گود و وسایل نقلیه پارک شده یا در حال تردد از کنار محل گودبرداری و بطور کلی در حریم موثر گود.
- مطالعات لازم در مورد چاه‌های آب و فاضلاب احتمالی در اطراف گود و اتخاذ اقدامات پیشگیرانه لازم برای جلوگیری از فرو ریزش این چاه‌ها و یا ورود آبهای آنها به دیواره و داخل گود.
- به کارگیری نیروهای انسانیِ آموزش دیده و با تجربه و نیز آموزش نیروهای انسانی مورد نیاز
- انتخاب روش مناسب تخریب، گودبرداری و مهارسازی و تهیه برنامه گودبرداری
- آماده کردن کلیه تجهیزات و لوازم و دستگاه‌های مورد نیاز برای اجرای عملیات گودبرداری

- بازرسی ساختمانهای مجاور گود از نظر:

- ✓ چگونگی اتصال ساختمانهای مجاور به ساختمان ساختگاه
- ✓ دیوار های مشترک مرزی، مکان و نحوه‌ی اتصال دیوارهای مرزی به هم
- ✓ تیرها یا سقف‌های مشترک دو ساختمان مجاور
- ✓ بازشوها و نعل درگاه‌ها و لوله‌های دودکش یا داکت‌های تأسیساتی واقع دردیوارهای مرزی
- ✓ نوع مصالح، فرسودگی و وجود ترک ها در دیوار ساختمان مجاور

- توجیه ساکنان ساختمانهای مجاور با هشدارهای ایمنی مورد نیاز جهت تخلیه ساختمانها در صورت احساس خطر ریزش
- بررسی و در صورت نیاز صدور دستورات لازم برای تخلیه آب استخرها و کالاهای انبارهای مجاور گود به ویژه کالاهای سنگین یا قابل اشتعال در صورت لزوم و با رعایت ضوابط حقوقی و قانونی
- برنامه ریزی و زمان بندی کارهای اجرایی متناسب با شرایط کار، اوضاع جوی و فصل انجام کار
- انتخاب مجریان و مهندسان ناظر ذیصلاح

- عملیات تخریب ساختمان ساختگاه پروژه تحت نظارت مهندس ناظر انجام پذیرد. باید در انتخاب ابزارها و تجهیزات تخریب دقت لازم به عمل آید تا درهنگام تخریب بر ساختمان مجاور نیروهای دینامیکی و استاتیکی قائم یا جانبی وارد نگردد. لازم به ذکراست دیوارهای هم مرز با ساختمان مجاور با روش ها و ابزار های بدون ضربه تخریب و برداشته شود.
- عوامل فنی مسئول در پروژه خصوصاً مجری و مهندس ناظر نسبت به مراحل مختلف گودبرداری و چگونگی ساخت عناصر پیش ساخته و درجا کاملاً توجیه گردیده و هماهنگی لازم بین مهندسین مجری، ناظر و مهندس طراح برای مقابله با مسائل پیش بینی شده و پیش بینی نشده به عمل آید.

اقدامات لازم در حین گودبرداری

- حضور مهندس مجری و ناظر در حین عملیات گودبرداری
- اجرای سازه های نگهبان مطابق نقشه، مشخصات و برنامه
- نصب موانع حفاظتی لازم در محلهایی که احتمال سقوط وجود دارد
- نصب علائم هشدار دهندهٔ مورد نیاز در محل گود و نزدیکی آن
- تأمین روشنایی لازم در محل گودبرداری و اطراف آن
- نصب وسایل بالابر و وینچ های مورد نیاز، به صورتی محکم و اصولی
- تهویهٔ گازها و گرد و غبار درون چاهها با وسایل و تجهیزات مناسب
- نصب موانع حفاظتی لازم در محلهایی که احتمال سقوط وجود دارد.

- پایش مستمر ساختمانها و معابر مجاور حین عملیات گودبرداری توسط مهندسان ذیصلاح
- جلوگیری از ریزش و جریان آبهای حاصل از بارش باران و یا آبهای زیر زمینی در بدنه و لبه گود
- تهیه وسایل حفاظت فردی از قبیل کفش ایمنی، کلاه ایمنی ، عینک محافظ چشم ، ماسک تنفسی و نظایر آنها برای کارگران، آموزش روش استفاده از این وسایل به آنها و نظارت بر بکارگیری این وسایل توسط آنها.
- اجتناب از تخلیه مصالح ساختمانی، نخاله های ساختمانی و خاکهای مازاد حاصل از گودبرداری و جلوگیری از استقرار ماشین آلات سنگین و قرار دادن اشیای سنگین یا ناپایدار در لبهٔ گود
- اجتناب از تجهیزات کارگاه واحداث محل های استراحت کارگران و دفاتر کارگاه درپای دیواره‌ی گودها و لبه آنها

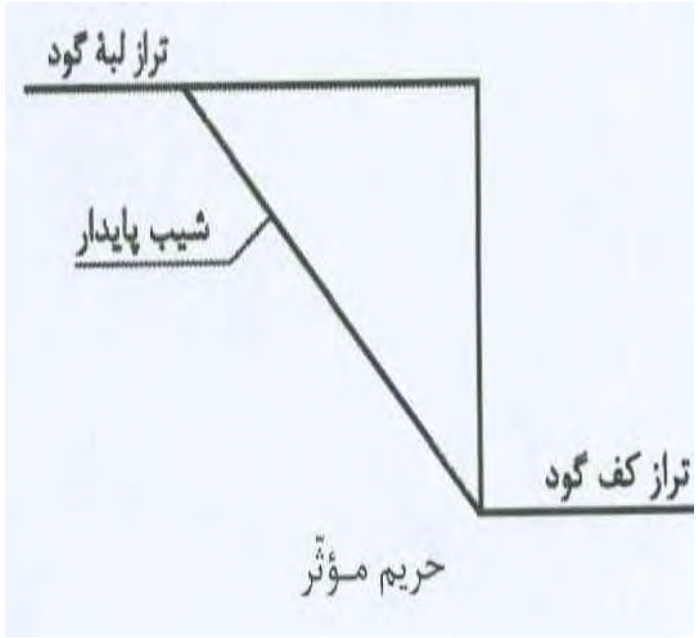
- جلوگیری از ریزش و جریان آب های حاصل از بارش یا آبهای تحت الارضی در بدنه و لبهٔ گود
- بررسی و بازدید دیواره های گودبرداری شده و ساختمانهای مجاور و اقدام لازم
- قبل از پایدارسازی کامل بصورت روزانه و بعد از پایدارسازی، حداقل هفته‌ای یکبار
- ✓ بعد از وقوع بارندگی، طوفان
- ✓ بعد از هرگونه عملیات انفجاری
- ✓ بعد از ریزش های ناگهانی
- ✓ بعد از وارد آمدن صدمات اساسی به مهارها

اقدامات لازم در محیط اطراف گود

- در صورت لزوم مسیر عبور ایمن را برای ترافیک سواره یا پیاده تغییر و ایجاد کرد.
- نصب علایم هشدار دهنده مناسب در فاصله مناسب از محل گود
- حصارکشی مناسب با وزن کم در اطراف دیواره گودبرداری در فواصل مناسب ایجاد شود و حتی المقدور دیوارهای سنگین اطراف گود را قبل از گودبرداری تخریب کرد.
- ایجاد موانع ایمن موقت و استاندارد جهت جلوگیری از ورود وسایل نقلیه به محل گود و یا معابر اطراف آن.
- بکارگیری ضوابط ایمنی ویژه به منظور ارتقای امنیت عبور و مرور وسایل سواره و پیاده

- بکارگیری سیستم روشنایی کافی برای روشن کردن محدوده اطراف گود
- هشدار کافی درخصوص خطرات ناشی از گودبرداری و تخریب به ساکنین ساختمانهای مجاور
- در ساختمان های مجاور بررسی‌های لازم درخصوص احتمال نشست، ایجاد ترک، حرکت دیوارهای مرزی، تغییرشکل چارچوب در ها و پنجره‌ها و یا ریزش سقف به عمل آید

حریم لبه گود



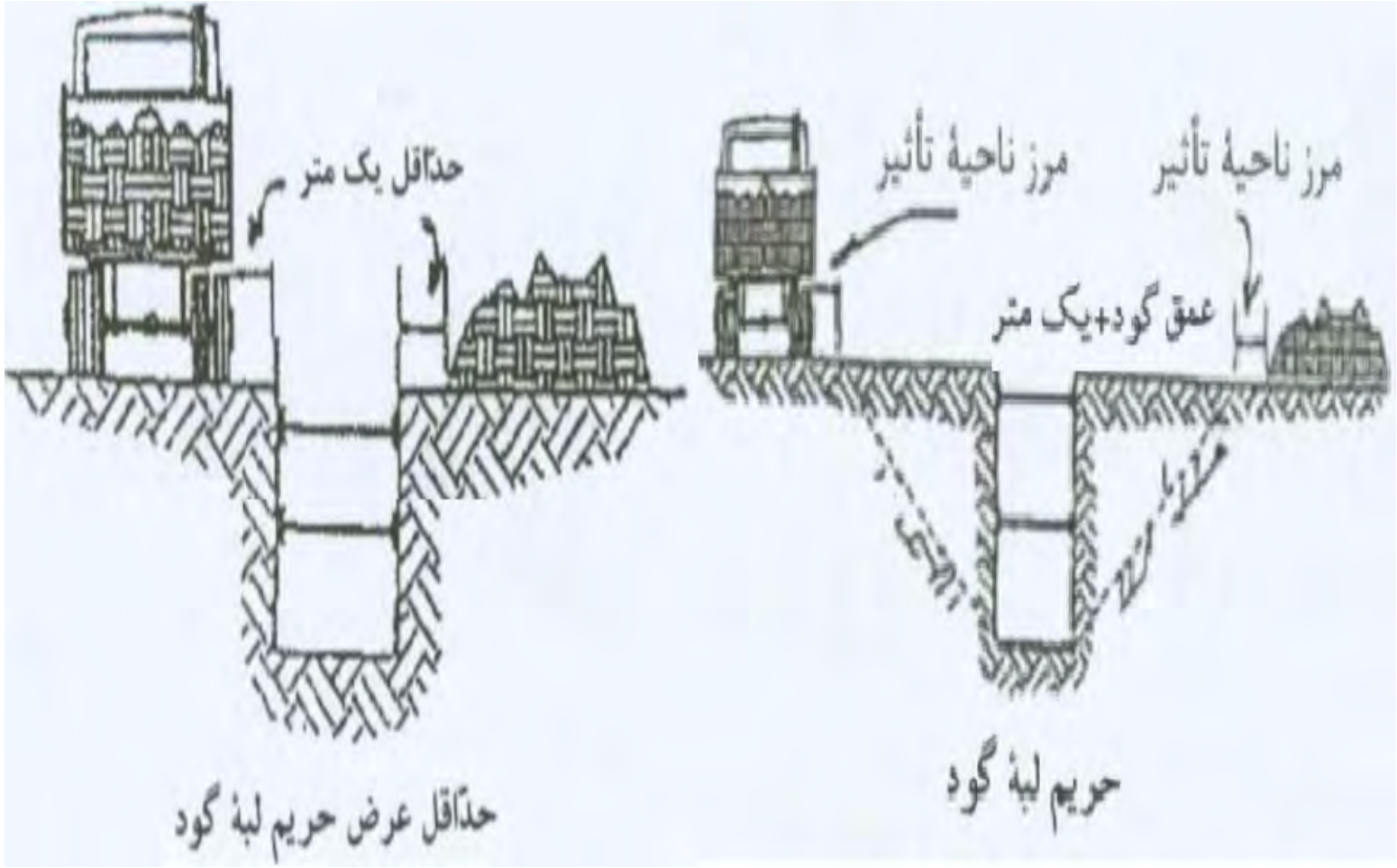
❑ حریم موثر

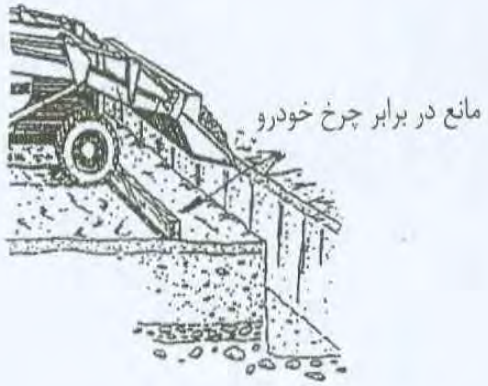
- ✓ بر اساس شیب پایدار تعیین می‌شود
- ✓ فاصله ای از لبه گود که سربارهای وارد بر آن قسمت در میزان رانش وارد بر دیواره گود و بر پایداری گود، ناشی از این امر موثرند.

❖ **مرز بین پایداری و ناپایداری**

❑ حریم مجاز

به شرط پایداری جداره گود فاصله ای از لبه گود است که در آن محدوده هیچ گونه خاک، مصالح، تجهیزات و ماشین آلات نباید قرار گیرد.


حداقل یک متر
مرز ناحیهٔ تأثیر
مرز ناحیهٔ تأثیر
عمق گود+یک متر
حداقل عرض حریم لبهٔ گود
حریم لبهٔ گود



شکل ۱۶-۴ برای جلوگیری از ورود خودرو به حریم لبهٔ گود، استفاده از موانع مناسب الزامی است.

شکل ۱۶-۵ استفاده از موانع مناسب، برای جلوگیری از سقوط وسایل نقلیهٔ کمپرسی یا سایر وسایل نقلیه، در هنگام دنده عقب

به‌منظور جلوگیری از سقوط افراد به داخل گود، می‌باید از نرده‌های مناسبی به ارتفاع حدود یک متر یا بیشتر در لبهٔ گود یا در نزدیکی آن استفاده کرد. این نرده‌ها می‌باید یا به‌گونه‌ای محکم به سازهٔ نگهبان متّصل شده باشند و یا به‌روش‌های مناسب دیگر در محل خود محکم گردیده باشند. این نرده‌ها باید برای تحمّلِ هرگونه بار احتمالیِ وارد بر آن‌ها طرّاحی شوند.

اقدامات لازم پس از گودبرداری

❑ کنترل و بازرسی و پایش ساختمانهای مجاور

- ✓ کنترل و بازرسی ترکها دردیوار،کف و سقف بالاخص در مرز بین کف و سقف با دیوار در محاذات گود
- ✓ کنترل باز و بسته شدن بازشوه ها شامل پنجره ها و درها
- ✓ ترک برداشتن و شکستن شیشه ها
- ✓ نشست و یا تورم کف ها
- ✓ نشست دیوارها و سقف ها
- ✓ شنیدن صداهای غیر متعارف
- ✓ شکستن لوله های آب و نشت آنها
- ✓ بروز ترک در کف حیاط ساختمان و یا معابر مجاور گود و به موازات لبه گود
- ✓ بروز تورم یا شکم دادگی و یا ترک خوردن در خاک دیواره گود و یا خاک زیر فنداسیون ساختمان مجاور

❑ پایش جداره گود

- ✓ کنترل و تحلیل هرگونه ترک ایجادشده در سطح زمین های مجاور گود.
- ✓ کنترل و تحلیل هرگونه ترک ایجادشده در دیواره گود.
- ✓ کنترل و تحلیل هرگونه ترک ایجادشده در معابر مجاور گود.
- ✓ کنترل و تحلیل هرگونه ترک ایجادشده در دیوارها و کف ها و سقف های ساختمان های مجاور گود.
- ✓ کنترل و تحلیل هرگونه فرونشست ایجادشده در سطح زمین ها یا معابر مجاور گود.
- ✓ کنترل و تحلیل هرگونه برآمدگی و پشته کردن کف گود.
- ✓ کنترل و تحلیل هرگونه جوشش آب از کف گود.
- ✓ کنترل و تحلیل هرگونه شکم دادگی و برآمدگی دیواره گود.
- ✓ کنترل و تحلیل هرگونه تغییر مکان افقی و قائم خاک دیواره گود، با استفاده از انواع ابزارهای دقیق خاص.

تناوب اندازه گیری ها در پایش

۷-۳-۴-۵ تناوب اندازه گیری ها در پایش

الف) هر ابزار می باید بلافاصله پیش و پس از هر مرحله حفاری، یا هرهفته یک بار یا در فواصل زمانی تأیید شده به وسیله مهندس ناظر خوانده شود. در هنگام حفاری هایی که به بیشتر از یک روز زمان نیاز دارند، رصد قرائت دستگاه ها می‌باید در ناحیه تحت تأثیر به صورت روزانه یا یک روز در میان برای تمام ابزارها انجام گیرد.

ب) پیمانکار می باید سطح آب را (در صورت وجود)، در پیزومترهای لوله شاغولی، در هفت روز اول، به صورت روزانه رصد کند. پس از آن، سطح آب می باید هرهفت روز یک بار رصد شود. در مدت زمان باران ممتد، سطوح آب می باید روزانه یک بار، برای مدتی که مهندس ناظر تشخیص دهد، رصد شود.

مسئولیت طراحی، اجرا و نظارت پایش

- **۷-۳-۴-۵ مسئولیت طراحی، اجرا و نظارت پایش**

الف) طراح گودبرداری، مسئولیت انتخاب ابزار و طراحی آرایش آنها برای پایش را برعهده دارد.

ب) پیمانکار گودبرداری، مسئول تأمین، نصب، قرائت، پردازش، اعلام خطر و انجام اقدامات فوری است.

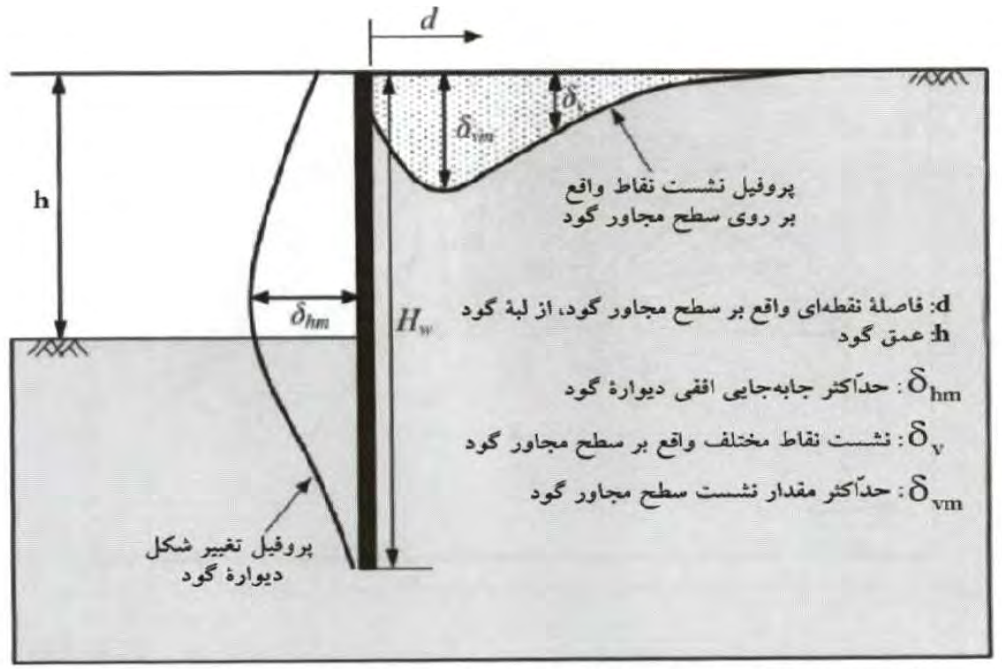
پ) ناظر پروژه، مسئول نظارت بر حسن انجام مراحل پایش است. توصیه میشود نظارت بر عملیات گودبرداری و پایش، توسط یک متخصص یا یک شرکت ژئوتکنیکی ذی صلاح انجام گیرد.

ت) در گودهای با خطر معمولی و زیاد، چنانچه شرایطی وجود داشته باشد که طراح انجام پایش را ضروری بداند، لازم است عملیات پایش انجام پذیرد.

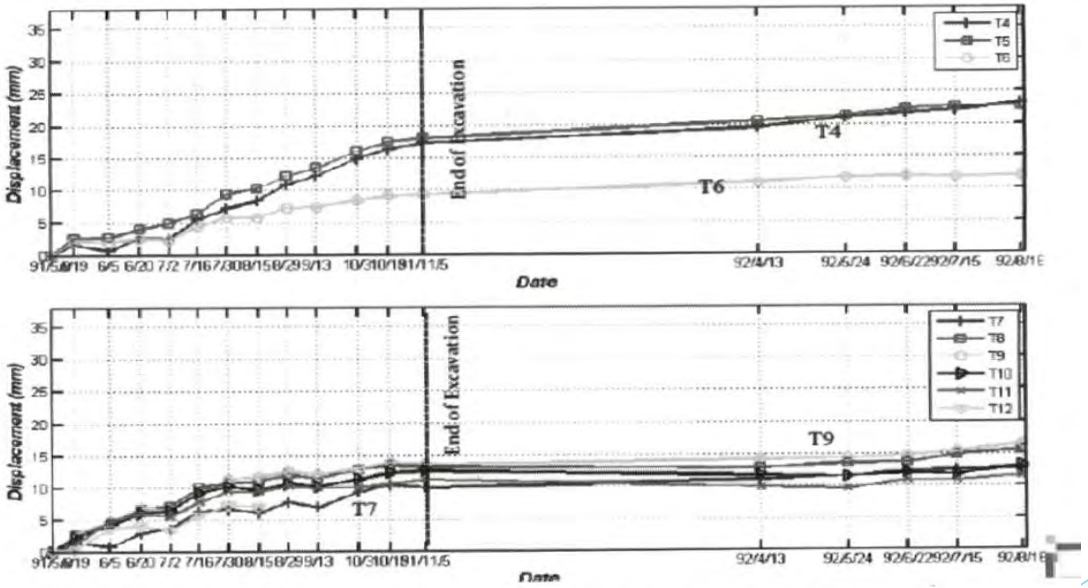
انواع روش های پایش گودها و سازه های نگهبان

پایش گودها و سازه های نگهبان به دو روش صورت می‌گیرد

- پایش از طریق نقشه برداری و ابزارگذاری، از جمله نقشه برداری دقیق و مستمر، و استفاده از انحراف سنج ها و فشارسنج‌ها و کرنش سنجها و نظایر آنها
- پایش چشمی، از جمله ارزیابی مستمر سازه نگهبان و اطراف آن، بازدید چشمی منظم سازه نگهبان از نظر بروز ترک در آن و پیگیری و پایش مستمر تغییرات این ترکها در طول زمان، بررسی و پایش مستمر اطراف گود و به ویژه ساختمانها و معابر اطراف گود و علامت گذاری دیواره های گود، و ترکهای احتمالی دیوارها و کف های ساختمان های کنار گود و کف های معابر سواره رو و پیاده رو کنار گود، و پیگیری مستمر تغییرات این ترکها در طول زمان.



شکل ۲۱-۳ نمودار جابه‌جایی‌های قائم و افقی لبهٔ گود و دیوارهٔ گود، در یک گودبرداری



نمودار تغییرات جابه‌جایی بر حسب تغییرات زمان، در یک گودبرداری

هدف از پایش پس از گودبرداری

ارزیابی عملکرد سازه‌های موجود

۷-۳-٤-۱-٤ از ابزار دقیق می تواند به عنوان کنترلی برای ارزیابی وضعیت سازه‌ها، به منظور بازسازی و یا در شرایط حساس استفاده شود.

❖ انجام اقدامات پیشگیرانه در صورت وجود علایم خطر درجداره گودبرداری

- ✓ تخلیه ساکنین مجاور
- ✓ جلوگیری از تردد خودروها و عابرین پیاده از معابر مجاور با کسب مجوز از مراجع ذیصلاح
- ✓ تعطیل کردن کارهای اجرایی بجز اقدامات پایدار سازی گود با رعایت نکات ایمنی
- ✓ جلوگیری از حضور هر گونه افراد در داخل یا در حریم لبه آن گود
- ✓ تقویت سازه نگهبان

تأیید پارامترهای طراحی

۷-۳-٤-۱-۱ اطلاعات به دست آمده از ابزار دقیق، به منظور صحت سنجی رفتار گودهای شیب ها، دیوارها، نشست ها و تغییر مکان های پی ها، و نظایر آنها در طول و پس از ساخت، برای مقایسه با مقادیر پیش فرض حین طراحی، استفاده می شود، و در صورت مغایرت، از داده های جدید برای طراحی استفاده می گردد.

ارزیابی عملکرد در طول ساخت و ساز

۷-۳-٤-۱-۲ از ابزاردقیق برای نظارت بر عملکرد ساخت گودها، شیبها، سازه‌های نگهبان، پی‌ها، سازه های مجاور، و غیره، که ممکن است تحت تأثیر روش ساخت قرار گیرند، استفاده می‌شود.

تشخیص روند کوتاه مدت و بلندمدت

۷-۳-٤-۱-٤ پیش از آنکه مشکلات بالقوه در طول زمان توسط ناظران قابل مشاهده باشد، ابزاردقیق می تواند نشانه های اولیه رفتار سازه در دوره های کوتاه مدت و بلندمدت را نشان دهد.

ایمنی

۷-۳-٤-۱-۵ ابزار دقیق می تواند به عنوان اولین علامت هشداردهنده از یک وضعیت بالقوه ناامن به کار رود. ابزاردقیق و پایش می تواند نقش مهمی در کاهش نگرانی های عمومی از نظر ایمنی در مناطق اطراف محل ساخت وساز ایفا کند.

❖ تامین ایمنی به منظور

- ✓ وزن زیاد ساختمانهای مجاور و به مخاطره انداختن پایداری گود
- ✓ وجود ساکنین و در صورت بروز حادثه ایجاد تلفات
- ✓ ایجاد تغییر شکل در زیر خاک ساختمان با وجود سازه نگهبان و تخریب سازه مجاور بدلیل تغییر شکل خاک و ضعف مقاومت آن

حمایت قانونی

۷-۳-٤-۱-۵ نتایج ابزاردقیق می تواند به عنوان سندی معتبر، رابطه بین تأثیر ساخت وساز بر سازه های اطراف را نشان دهد. در صورت دادخواهی، داده های ابزار دقیق می تواند به منظور اثبات یا رد ارتباط آسیب در مناطق اطراف محل موردنظر با فعالیت های ساخت وساز، مورد استفاده قرار گیرد. این ابزارها به طور معمول شامل نشست سنجها، کشش سنج ها، انحراف سنج ها، کجی سنجها سلولهای بارگذاری، پیزومترها، شتاب نگارها، و غیره می‌باشند.

مسئولیتها در گودبرداری

- **شخصیت های حقیقی و حقوقی**
  - ✓ مهندسین محاسب
  - ✓ مهندسین ناظر
  - ✓ مهندسین مجری
  - ✓ مسئول ایمنی
- **دستگاهها و سازمانهای مسئول**
  - ✓ سازمان نظام مهندسی
  - ✓ شهرداریها
  - ✓ سازمان راه و شهرسازی
  - ✓ سازمان تعاون کار و امور اجتماعی
  - ✓ مراجع قضایی

بسم الله الرحمن الرحیم

گسیختگی و فرو ریزش متداول گودها

اهداف استفاده از سازه نگهبان

- حفظ جان انسانهای خارج ازگود.
- حفظ جان انسانهای داخل گود.
- حفظ اموال خارج ازگود.
- حفظ اموال داخل ازگود.
- فراهم آوردن شرایط امن ومطمئن برای اجرای کار.
- امکان پذیر کردن برنامه ریزی کارگاهی .

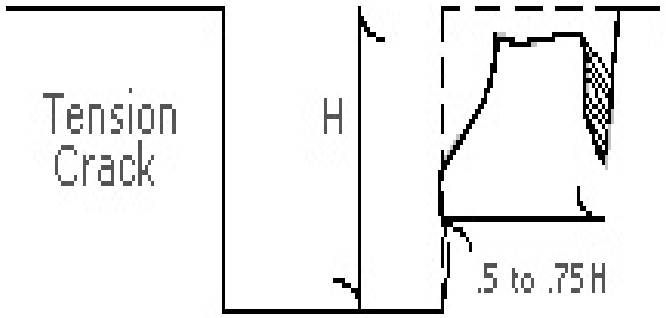
عوامل حادثه ساز در ارتباط با گودبرداری و تخریب

- نامناسب بودن فنداسیون.
- نوع خاک، لایه بندی و میزان رطوبت موجود در آن.
- هر گونه دستخوردگی خاک
- وجود قنوات و چاهها متروکه یا دایر.
- ریزش دیوارها و ساختمان های مجاور و عدم ایستانی لازم در برابر بارهای وارده بدلیل فرسودگی.
- وجود دیوارهای مشترک.
- برداشتن دیوار حمال.
- بارش برف و باران.

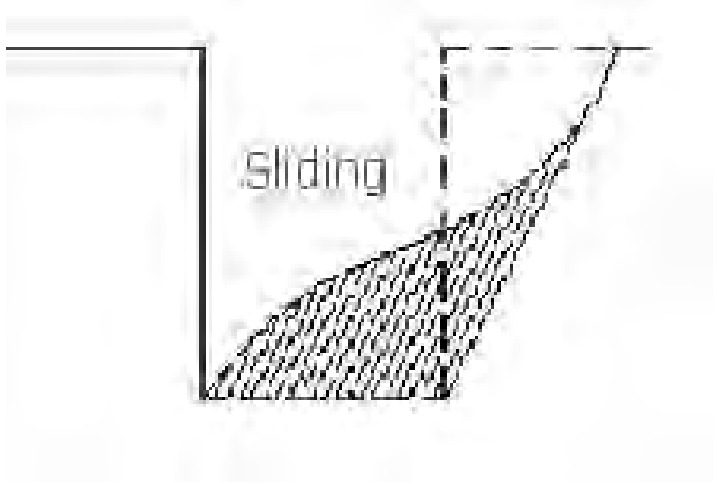
- گودبرداری غیر اصولی و بدون توجه به ضوابط و نظارت کافی.
- نشت آب از ناحیه فاضلاب ساختمان و یا نفوذ آب از شبکه آب شهری به زیر پی ساختمان.
- ترکیدن لوله آب و یا فاضلاب ملک مجاور و شستن پی ساختمان.
- عدم ایجاد سازه نگهبان در زمان گودبرداری.
- وجود ارتعاش در محیط.
- وجود سربار در محیط گود.
- مدت زمان اجرای عملیات گودبرداری
- مدت زمان بهره برداری از گود و سازه نگهبان

فرو ریزش متداول گودها و ترانشه های مهار نشده

- **به وجود آمدن ترک کششی و لغزش خاک:**

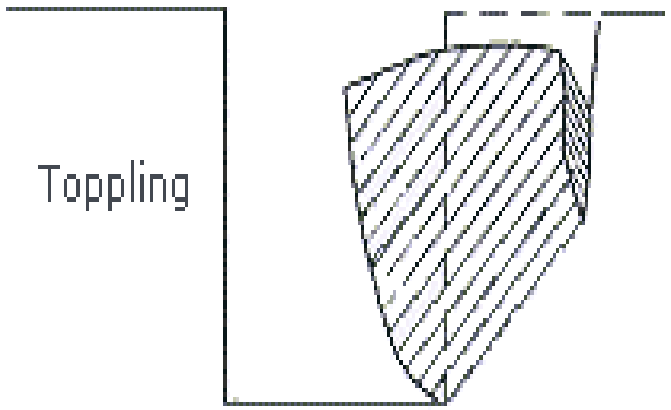


- ترک های تحت کشش معمولاً در عمق دیواره گود و درفاصله افقی ۰/۵ تا ۰/۷۵ سطح دیواره گود رخ میدهد.



- لغزش و یا سر خوردن توده های خاک یکی از عوامل تخریب دیواره ی کانال می باشد که علت اصلی آن وجود ترک های کششی در دیواره‌هاست.

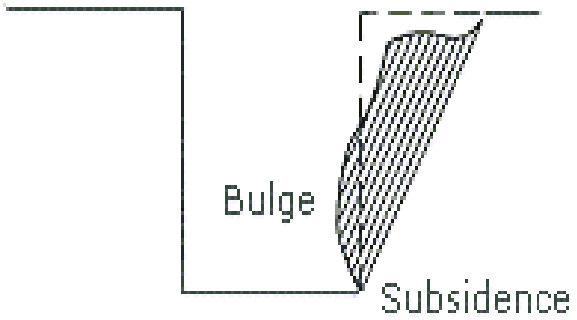
واژگون شدن توده خاک



ترک های کششی علاوه بر لغزش می توانند عامل واژگون شدن دیواره‌های گود به درون گود می‌باشند.

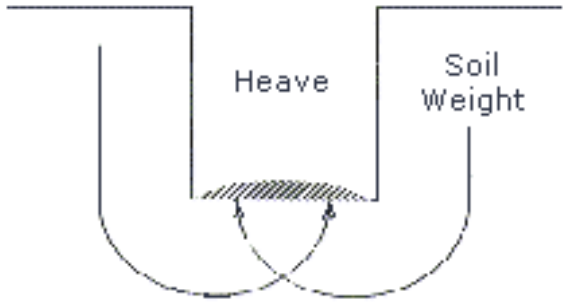
زمانی که ترک های کششی تحت نیروی برشی قرار می‌گیرند سبب واژگون شدن دیواره‌ها به درون گود می‌گردند.

فرونشست و تورم خاک



دیواره هایی که مهار نشده‌اند، یک فشار نامتعادل بر سطوحشان اعمال می‌شود، که این فشار نامتعادل سبب ایجاد نشست‌هایی در سطح کانال و ایجاد برآمدگی‌هایی در دیواره کانال می گردد. این شرایط می‌تواند موجب ریزش دیواره‌های کانال می‌گردد.

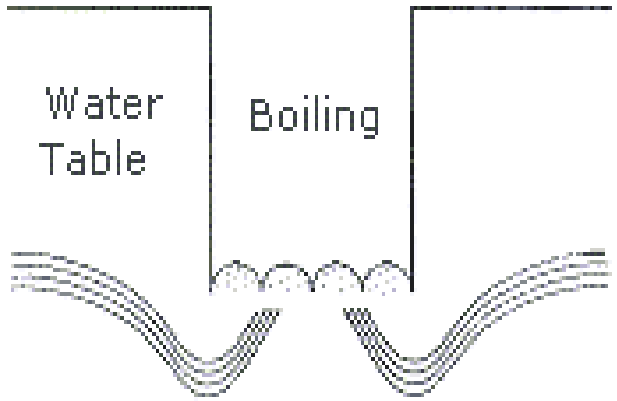
بالا آمدگی خاک کف گود



برآمدگی و یا فشردگی در کف کانال به علت فشار ناشی از وزن خاک همجوار کانال ایجاد می‌گردد.

این تغییر شکل حتی زمانی که عملیات شمع بندی ویا ورق گذاری به درستی نیز انجام شده باشند، ممکن است رخ دهد.

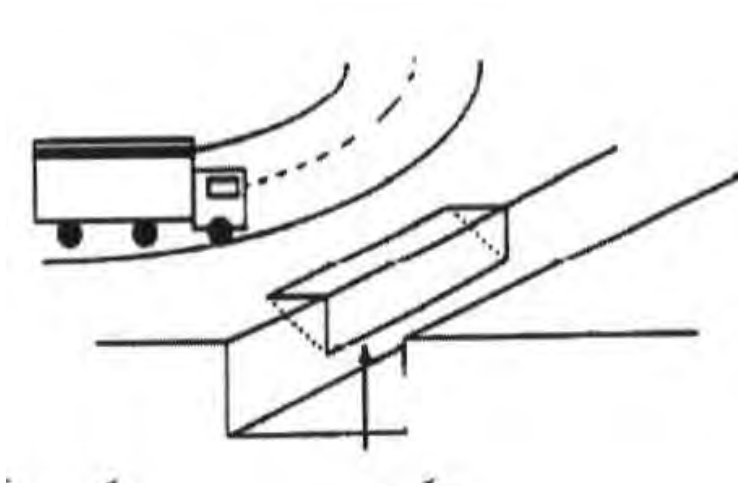
جوشش آب از کف گود

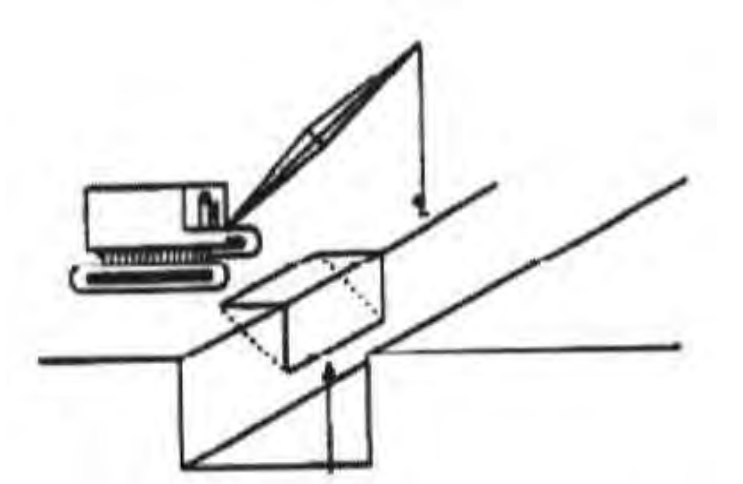


در مواقعی مشاهده می شود که جریان آب از کف محل گود به سمت بالا جریان پیدا می‌نماید.

بالا بودن سطح آب زیر زمینی در آن منطقه می‌تواند از جمله علل جوشش به حساب آید.

جوشش یک اتفاق ناگهانی است ودر شرایطی که شمع بندی و دیگر ساز و کارهای حفاظتی استفاده شده باشند نیز ممکن است به وجود آید.





❑ ارتعاش در کناره گود

- ✓ وسایل نقلیه
- ✓ ماشین آلات ساختمانی
- ✓ ناششمع کوبی
- ✓ حاصل از انفجار

فرو ریزش بر اثر ارتعاش می‌تواند در همه خاکها رخ دهد.

خاک ماسهای ارتعاش را به میزان کمتری از خاکهای رسی تحمل می‌کنند.

- هر گونه تغییر شکل خاک دیواره گود

  موجب بروز ترک در ساختمانهای مجاور

  و سطح معابر و پیاده رو ها خواهد شد.

- این ترکها عموماً به موازات لبه مرزی گود است.

گسیختگی دیواره گودها و ترانشه های مهار شده و دیوارهای دوخت به پشت

- **ناپایداری ناشی از تراوش آب**

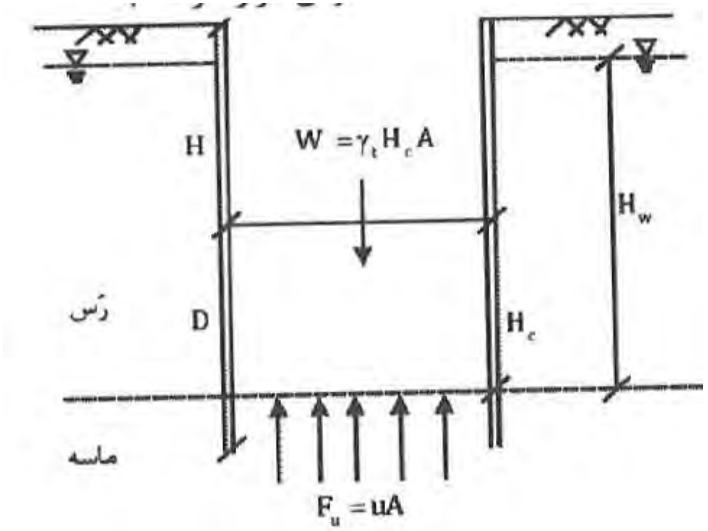
✓ پدیده رگاب یا جوشش(Piping): شسته شده خاک و تشکیل تونل در داخل خاک (فرسایش درونی)

✓ رگاب هنگامی رخ میدهد که تراز آب داخل گود، از تراز آب خارج گود پایین تر باشد.

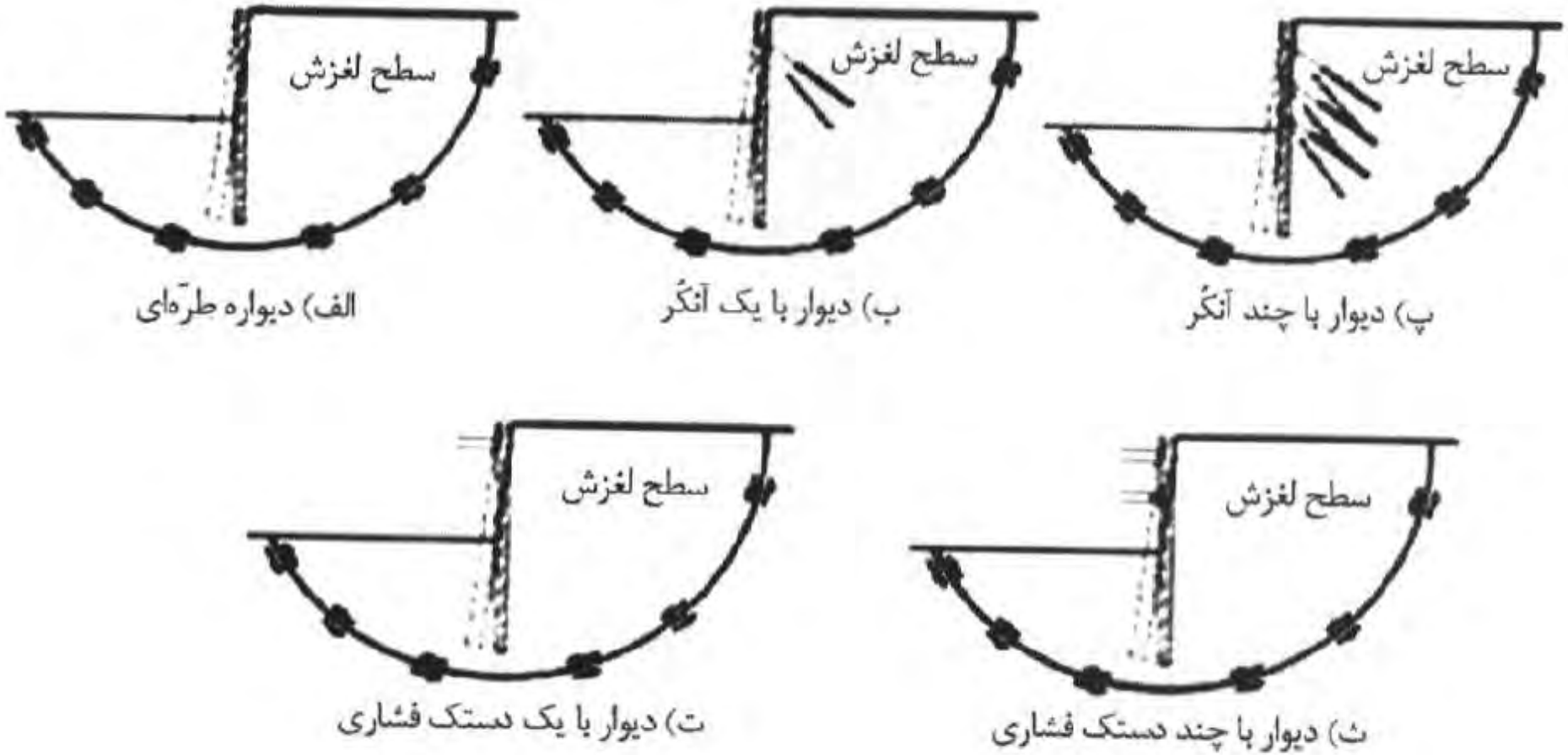
- راه مقابله با رگاب:

✓ کنترل شیب هیرولیکی (گرادیان هیدرولیکی)

✓ کنترل سرعت تراوش

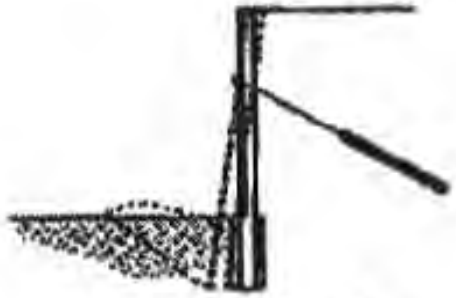


❑ گسیختگی کلی


سطح لغزش
الف) دیواره طره‌ای
سطح لغزش
ب) دیوار با یک آنکُر
سطح لغزش
پ) دیوار با چند آنکُر
سطح لغزش
ت) دیوار با یک دستک فشاری
سطح لغزش
ث) دیوار با چند دستک فشاری

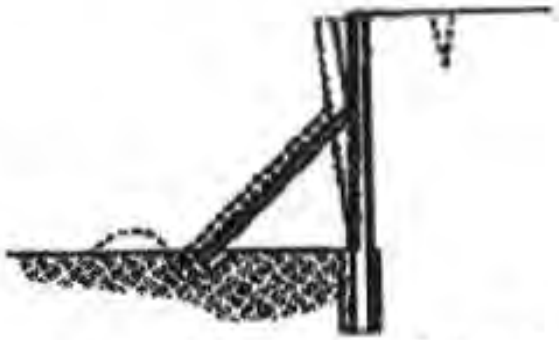
❑ گسیختگی موضعی

نشست پای سازهٔ نگهبان



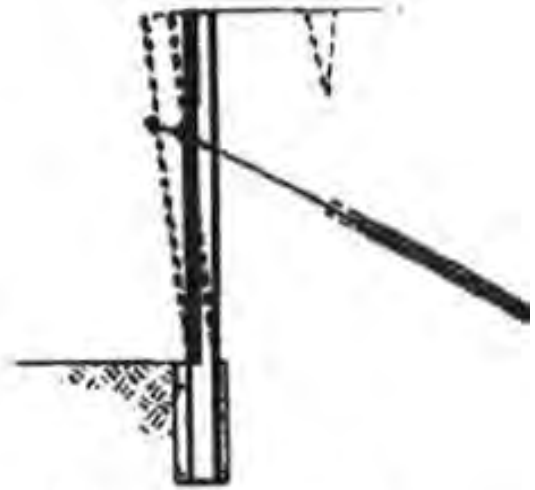
گسیختگی ناشی از
مقاومت متفعل خاک

برگنش و بالا آمدن پای
سازهٔ نگهبان

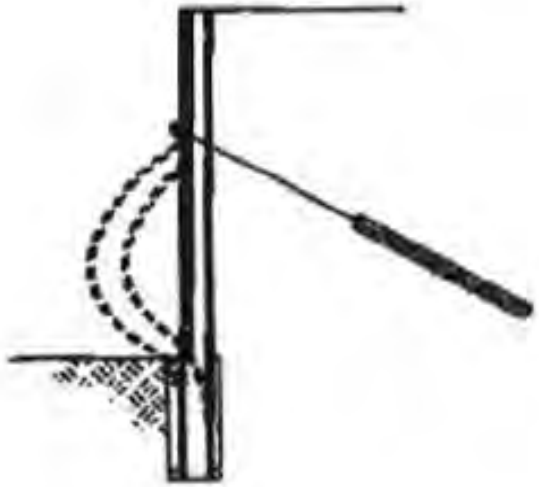


گسیختگی مربوط به تیرک مایل

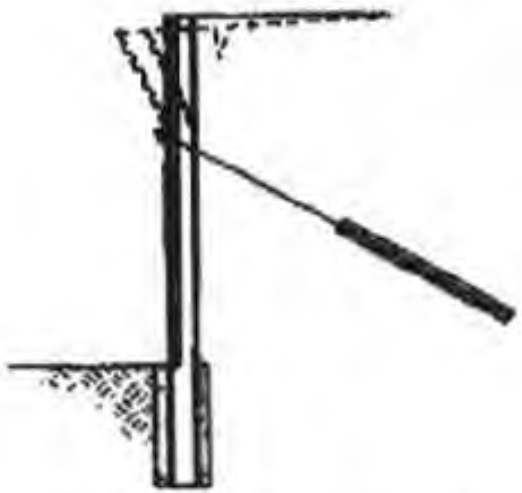
❑ گسیختگی سازه‌ای



گسیختگی تاندون آنکُراژ
یا گسیختگی اتصالات



گسیختگی سازهٔ نگهبان
در وسط دهانهٔ آن



گسیختگی بخشی از سازهٔ نگهبان،
که در قسمت بالای آنکُراژ قرار دارد.

مبحث دوازدهم

ایمنی و حفاظت کار درحین اجرا

گودبرداری و خاکبرداری

- **۱۲-۱-۳-۱ ایمنی:** ایمنی عبارت است از

الف: مصون و محفوظ بودن، **سلامت و بهداشت کلیه کارگران و افرادی که به نحوی در محیط کارگاه** با عملیات ساختمانی ارتباط دارند.

ب: مصون و محفوظ بودن، **سلامت و بهداشت کلیه افرادی که در مجاورت یا نزدیکی (تا شعاع مؤثر) کارگاه ساختمانی، عبور و مرور، فعالیت** یا زندگی می کنند.

ج: حفاظت و مراقبت **از ابنیه، خودروها، تأسیسات، تجهیزات و نظایر آن در داخل یا مجاورت کارگاه ساختمانی.**

د: **حفاظت از محیط زیست** در داخل و مجاور کارگاه ساختمانی.

- **۱۲-۱-۳-۲ عملیات ساختمانی:** عملیات ساختمانی عبارت است از

تخریب، گودبرداری، حفاظت گودبرداری و پی‌سازی، احداث، توسعه، تعمیراساسی و تقویت بنا، خاکبرداری، خاکریزی، تسطیح زمین و ساخت قطعات پیش ساخته در محل کارگاه ساختمانی، حفر چاه‌ها و مجاری آب و فاضلاب و سایر تأسیسات زیربنایی.

- **۱۲-۱-۳-۳ کارگاه ساختمانی:** کارگاه ساختمانی محلی است که یک یا تعدادی از عملیات ساختمانی مندرج در بند ۱۲-۲-۳-۱ در آن انجام شود. در صورت استفاده از **معابر مجاور کارگاه جهت انبار کردن مصالح؛ یا استقرار تجهیزات و ماشین آلات، این محل ها نیز جزء کارگاه ساختمانی** محسوب میشود.

- **۱۲-۱-۳-۴ وسایل و تجهیزات:** وسایل و تجهیزات عبارت است از ابزار، ماشین آلات، داربستها، نردبان‌ها، جان پناه‌ها، سکوها، راهروها و تسهیلات مشابه و به طور کلی وسایل حفاظتی و حمایتی که در کارگاه ساختمانی به کار گرفته شوند.

- **۱۲-۱-۳-۵ محل کار:** محل کار محلی است در محدوده کارگاه ساختمانی که در اختیار کارفرما باشد و کارگران به درخواست و به حساب کارفرمای خود در آنجا مشغول کار باشند و برای انجام کار به آنجا وارد شوند.

- **۱۲-۱-۳-۶ مرجع رسمی ساختمان:** مرجع رسمی ساختمان مرجعی است که طبق قانون، **مسئول صدور پروانه ساختمان و نظارت و کنترل بر امر ساختمان سازی** در محدوده مورد عمل خود باشد.

- **۱۲-۱-۳-۷ مرجع ذیصلاح:** مرجع ذیصلاح مرجعی است که طبق قانون، **صلاحیت تدوین، تصویب یا ابلاغ ضوابط و مقررات مشخصی** را داشته باشد.

- **۱۲-۱-۳-۸ شخص ذیصلاح:** شخص ذیصلاح شخصی است که **دارای پروانه اشتغال به کار مهندسی یا کاردانی در رشته مربوطه از وزارت مسکن و شهرسازی، یا پروانه مهارت فنی از سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای وزارت کار و امور اجتماعی در رشته مربوطه و یا گواهی ویژه تردد و کار با ماشین آلات ساختمانی از راهنمایی و رانندگی** باشد.

- **۱۲-۱-۳-۹ مهندس ناظر:** مهندس ناظر شخصی حقیقی یا حقوقی دارای پروانه اشتغال به کار در یکی از رشته‌های موضوع قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان است که بر **اجرای صحیح عملیات ساختمانی در حیطه صلاحیت مندرج در پروانه اشتغال** خود نظارت می نماید.

- **۱۲-۱-۳-۱۰ مجری:** مجری شخصی است حقیقی یا حقوقی که در زمینه اجرای ساختمان دارای پروانه اشتغال به کار از وزارت مسکن و شهرسازی است و به عنوان پیمانکار کل و مطابق با قراردادهای همسان که با صاحب کار منعقد می‌نماید، اجرای عملیات ساختمانی را بر اساس نقشه‌های مصوب و کلیه مدارک منضم به قرارداد برعهده دارد. **مجری ساختمان نماینده فنی صاحب کار در اجرای ساختمان بوده و پاسخگوی کلیه مراحل اجرای کار به ناظر و دیگر مراجع کنترل ساختمان می باشد.**

- **۱۲-۱-۳-۱۱ صاحب کار:** صاحب کار شخصی است حقیقی یا حقوقی که مالک یا قائم مقام قانونی مالک کارگاه ساختمانی بوده و انجام عملیات ساختمانی و مسئولیت ایمنی آن را بر طبق قرارداد کتبی به مجری واگذار مینماید. در صورتی که صاحبکار دارای پروانه اشتغال به کار در زمینه اجرا باشد و خود رأساً عملیات اجرایی را عهده دار شود، مجری نیز محسوب می‌شود.

- **۱۲-۱-۳-۱۲ پیمانکار:** پیمانکار شخصی است حقیقی یا حقوقی که اجرای تمام یا قسمتی از عملیات ساختمانی را بر طبق قرارداد کتبی که مابین وی و مجری منعقد شده، عهده‌دارمی‌شود.

درصورتی که پیمانکار اجرای تمام عملیات ساختمانی را عهده‌دار شود طبق بند ۱۲-۱-۳-۱۰مجری می باشد.

- **۱۲-۱-۳-۱۳ خویش فرما:** خویش فرما شخصی است ذیصلاح که در کارگاه ساختمانی بدون بکارگیری کارگران دیگر و برطبق قرارداد کتبی پیمانکاری، مسئولیت انجام تمام یا قسمتی از عملیات ساختمانی را با وسایل و ابزار کار متعلق به خود برعهده میگیرد. خویش فرما در کارگاه ساختمانی پیمانکار جزء محسوب میشود.

- **۱۲-۱-۳-۱۴ کارفرما:** کارفرما شخصی است حقیقی یا حقوقی که یک یا چند نفر کارگر را در کارگاه ساختمانی به حساب خود و با پرداخت مزد به کار می‌گمارد، اعم از اینکه پیمانکار، مجری یا صاحب کار باشد.

- **۱۲-۱-۳-۱۵ کارگر:** کارگر شخصی است که در کارگاه ساختمانی در مقابل دریافت مزد به درخواست و به حساب کارفرما کار کند.

۱۲-۱-۳-۱۶ حادثه: حادثه خدادی غیرعمد است که به طور غیر منتظره‌ای اتفاق افتد و باعث خسارت مالی و یا صدمه جانی شود.

۱۲-۱-۳-۱۷ کار در ساعت غیر عادی: کار در ساعت غیر عادی عبارت از کاری است که در خارج از وقت عادی (و یا از پیش تعیین شده) انجام شود. کار نگهبانان و کارگران حفاظت و ایمنی، کار در ساعت غیر عادی تلقی نمی‌شود.

۱۲–۱–۳–۱۸ حادثه ناشی از کار: حادثه ناشی از کار رخدادی است که در حین انجام وظیفه و به سبب آن برای شاغلین در کارگاه اتفاق افتد. همچنین حوادثی که هنگام کمک رسانی به افراد حادثه دیده نیز رخ دهد، حادثه ناشی از کار محسوب می گردد.

۱۲–۱–۳–۱۹ کار در شب: کار در شب عبارت از کاری است که بین ساعت ۲۲ لغایت ٦ بامداد روز بعد انجام می‌گیرد.

۱۲–۱–۳–۲۰ سازه موقت: سازه موقت سازه‌ای است که برای تجهیز کارگاه و در جهت اجرای عملیات اصلی و حفاظتی به صورت موقت اجرا می شود.

۱۲-۱-۴ اجازه های مخصوص (مجوزهای خاص) و اقدامات قبل از اجرا

۱۲-۱-٤-۱ قبل از شروع عملیات ساختمانی اقدامات زیر بایستی توسط مجری انجام شود

الف: کلیه پروانه‌ها و مجوزهای لازم به منظور اجرای عملیات ساختمانی، انبارکردن مصالح در پیاده‌روها، خیابان‌ها و سایر فضاهای عمومی، استفاده از تسهیلات عمومی، تخلیه مصالح و کار در شب از مراجع ذیربط اخذ شود. مسدود و یا محدود نمودن پیاده روها و معابر عمومی با رعایت بند ۱۲-۲-۲-۱ مجاز خواهد بود.

ب: طرح تجهیز کارگاه، نحوهٔ حفاظت از درختان داخل و مجاور کارگاه و همچنین پلان و عمق گودبرداری و نحوه حفاظت و پایداری دیواره های گود به تأیید مرجع رسمی ساختمان رسیده و یک نسخه از آن جهت نظارت در اختیار ناظر قرار گیرد.

ج: نقشه‌های اجرایی بررسی و در صورت مشاهده اشکال نظرات پیشنهادی برای اصلاح به طور کتبی به طراح اعلام شود.

د: برنامه زمان بندی کارهای اجرایی کتباً به اطلاع مهندس ناظر برسد.

ه: بیمه مسئولیت مدنی و شخص ثالث کارگاه برقرار گردد.

۱۲-۱-٤-۲ مجری موظف است کلیه نقش ها و مشخصات فنی (از نظر ایستایی) راهروهای سرپوشیده، گذرگاه ماشین آلات، جرثقیل ها، بالابرها، شمع ها و سپرها، پایه‌های پل ها، حصارها، حفاظ ها و دست اندازها و وسایل و تجهیزاتی از این قبیل را قبل از ساخت، نصب و بکارگیری به تأیید شخص ذیصلاح دارای پروانه اشتغال به کار مهندسی (در حدود صلاحیت مربوطه) برساند و یک نسخه از آن را جهت نظارت در اختیار مهندس ناظر قراردهد.

۱۲-۱-۵ مسئولیت ایمنی

۱۲-۱-۵-۱ در هر کارگاه ساختمانی مجری موظف است اقدامات لازم به منظور حفظ و تأمین ایمنی را به عمل آورد.

۱۲-۱-۵-۲ هرگاه یک یا چند کارفرما یا افراد خویش فرما به طور همزمان، در یک کارگاه ساختمانی مشغول به کار باشند، هر کارفرما در محدوده پیمان خود مسئول اجرای مقررات ایمنی و حفاظت کار می باشد. کا رفرمایانی که به طور همزمان در یک کارگاه ساختمانی مشغول فعالیت هستند، باید در اجرای مقررات مذکور با یکدیگر همکاری نموده و مجری یا پیمانکار اصلی نیز مسئول ایجاد هماهنگی بین آنها می‌باشد. برقراری بیمه مسئولیت مدنی و شخص ثالث از مسئولیت‌های مجری، کارفرما و مسئولین مربوطه نمی‌کاهد.

۱۲-۱-۵-۳ کارفرمایان کارگاههای ساختمانی موظفند از شخص ذیصلاح دارای پروانه اشتغال یا مهارت فنی و یا گواهی ویژه(در حدود صلاحیت مربوطه) در عملیات ساختمانی استفاده نمایند.

۱۲-۱-۵-٤ مجری و کارفرمایان کارگاه‌های ساختمانی موظفند برای تأمین سلامت و بهداشت کارگران در کارگاه ساختمانی، وسایل و تجهیزات لازم را بر اساس مقررات این مبحث تهیه و در اخت یار آنها قرار داده، چگونگی کاربرد این وسایل را به کارگران آموخته و در مورد کاربرد وسایل و تجهیزات و رعایت مقررات مذکور نیز نظارت نمایند . کارگران نیز ملزم به استفاده و نگهداری از وسایل مذکور و اجرای دستور العمل‌های مربوطه خواهند بود.

۱۲-۱-۵-۵ در کارگاه ساختمانی بناهای با زیربنای بیش از ۳۰۰۰ مترمربع و یا با ارتفاع بیش از ۱۸ متر از روی پی و یا داشتن حداقل ۲۵ نفر کارگر و همچنین در گودبرداری بیش از ۳ متر از کف گذر، مجری موظف به تعیین مسئول ایمنی و معرفی وی به کارکنان و مهندس ناظر می باشد. تعیین و حضور مسئول ایمنی در کارگاه رافع مسئولیتهای قانونی مجری و مسئولین مربوطه نمی‌باشد.

۱۲-۱-۵-٦ در صورت احتمال وقوع حادثه، مجری موظف است تا تأمین ایمنی لازم از ادامه عملیات ساختمانی در موضع خطر خودداری نماید. در صورت وقوع حادثه منجر به خسارت، جرح یا فوت، مجری موظف است پس از انجام اقدامات فوری برای رفع خطر، مراتب را حسب مورد به مراجع ذیربط اعلام نماید.

۱۲-۱-۵-۷ کارفرما نباید به هیچ کارگری اجازه دهد که خارج از ساعت عادی کار، به تنهایی مشغول به کار باشد. در صورت انجام کار در ساعت غیر عادی، باید روشنایی کافی و امکان برقراری ارتباط و نیز تمام خدمات مورد نیازکارگران فراهم شود.

۱۲-۱-۵-۸ مهندس ناظر نیز موظف به نظارت بر عملیات ساختمانی موضوع بند ۲-۳-۱-۱۲ می‌باشد. هرگاه مهندس ناظر در ارتباط با عملیات ساختمانی، مواردی را خلاف این مبحث مشاهده نماید، باید ضمن تذکر کتبی به مجری، مراتب را به مرجع رسمی ساختمان اعلام نماید.

۱۲-۱-۵-۹ شهرداری و سایر مراجع صدور پروانه ساختمان و همچنین سازمان نظام مهندسی ساختمان موظف به نظارت بر عملکرد مجری و مهندس ناظر می باشند. در صورت بروز تخلف باید مراتب به شورای انتظامی نظام مهندسی ساختمان گزارش گردد.

۱۲-۲ ایمنی

۱۲-۲-۱ کلیات

۱۲-۲-۱-۱ کارگاه ساختمانی باید به طور مطمئن و ایمن محصور و از ورود افراد متفرقه و غیر مسئول به داخل آن جلوگیری به عمل آید. همچنین در اطراف کارگاه ساختمانی نصب تابلوها و علایم هشدار دهنده، که در شب و روز قابل رویت باشد، ضروری است.

۱۲-۲-۲ ایمنی عابران و مجاوران کارگاه ساختمانی

۱۲-۲-۲-۱ مسدود یا محدود نمودن پیاده روها و سایر معابر و فضاهای عمومی، برای انبارکردن مصالح یا انجام عملیات ساختمانی با رعایت مفاد بندها ی ۱۲-۱-٤-۱ و ۱۲-۱-٤-۲ و موارد زیر امکان پذیر می باشد

الف: وسایل، تجهیزات و مصالح ساختمانی باید در جایی قرار داده شوند که حوادثی برای عابران، خودروها، تأسیسات عمومی، ساختمان ها، ابنیه و درختان مجاور به وجود نیاورند.

مصالح و وسایل فوق شب ها نیز باید به وسیله علائم درخشان و چراغ های قرمز احتیاط مشخص شوند.

ب: در مواردی که نیاز به تخلیه مصالح ساختمانی در معابر عمومی یا مجاور آن باشد، باید مراقبت کافی به منظور جلوگیری از لغزش، فرو ریختن یا ریزش احتمالی آنها به عمل آید.

ج: در مواردی که پایه های داربست (موضوع فصل ۱۲-۷)در معابر عمومی قرار گیرد، باید با استفاده از وسایل مؤثر از جا به جا شدن و حرکت پایه های آن جلوگیری شود.

۱۲-۲-۲-۲ هنگامی که بر اثر انجام عملیات ساختمانی خطری متوجه رفت و آمد عابران و یا خودروها باشد باید با رعایت مفاد بند ۱۲-۲-۲-۱ و با کسب نظر از مراجع ذیربط یک یا چند مورد از موارد زیر به کار گرفته شود

الف: گماردن یک یا چند نگهبان با پرچم اعلام خطر در فاصله مناسب

ب: قرار دادن نرده های حفاظتی متحرک در فاصله مناسب از محوطه خطر و نصب چراغ‌های چشمک زن یا سایر علائم هشدار دهنده

ج: نصب علائم آگاهی دهنده و وسایل کنترل مسیر در فاصله مناسب

د: روشنایی محوطه خطر در تمام طول شب

۱۲-۲-۲-۳ در موارد زیر در تمام طول و عرض مجاور بنا ، احداث راه روی سرپوشیده موقت در راه عبور عمومی با رعایت مفاد بخش ۱۲-۵-۳ الزامی است

الف: در صورتی که فاصله بنای در دست تخریب از معابر عمومی کمتر از ٤٠ درصد ارتفاع آن باشد.

ب: در صورتی که فاصله بنای در دست احداث یا تعمیر و بازسازی از معابر عمومی کمتر از ۲۵ درصد ارتفاع آن باشد.

۱۲-۲-۲-٤ در صورتی که راه عبور عمومی محدود یا مسدود شده باشد، باید راه عبور موقت در محل مناسبی که به تأیید مراجع ذیربط برسد، ایجاد گردد.

۱۲-۲-۲-۵ بر روی محلهای حفاری که در معابر عمومی برای استفاده از تسهیلات عمومی یا نصب انشعابات مربوط صورت می‌گیرد، باید یک پل موقت عبور عابر پیاده با مقاومت و ایستایی لازم و با عرض حداقل ۱/۵۰ متر یا عرض پیاده رو و با نرده حفاظتی مناسب ایجاد شود. در صورتی که حفاری در خیابان صورت گرفته باشد، باید موقتا پلی با مقاومت کافی و با عرض مناسب که به تأیید مرجع رسمی ساختما ن می‌رسد، برای عبور خودروها ایجاد شود.

۱۲-۲-۲-٦ بیرون زدگی هریک از اجزاء سازه های موقت از قبیل حصار حفاظتی موقت کارگاه، سرپوش حفاظتی، داربست و ... از محدوده بنای در دست ساخت ممنوع است مگر با رعایت مفاد بندهای ۱۲-۲-۲-۱ و ۱۲-۲-۲-۲ و ۱۲-۲-۲-۳ و شرایط زیر

الف فاصله عمودی بیرون زدگی از روی سطح پیاده رو نباید کمتر از ۲۵۰ سانتی متر و از روی سطح سواره رو کمتر از ٤٥٠ سانتی متر باشد.

ب درب ها و پنجره ها نباید از داخل کارگاه به سمت گذر عمومی باز شوند.

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

۱۲-۹-۲-۲ در خاک برداری های با عمق بیش از ۱۲۰ سانتیمتر که احتمال ریزش یا لغزش دیواره‌ها وجود داشته باشد، باید با نصب شمع، سپر و مهارهای محکم و مناسب نسبت به حفاظت دیواره ها اقدام گردد، مگر آنکه با توجه به مطالعات ژئوتکنیک شیب دیواره از زاویه ایستایی شیب طبیعی خاک کمتر باشد.

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

۱۲-۹-۲-٤ در موارد زیر باید دیواره های محل گودبرداری، همچنین دیواره ها و ساختمانهای مجاور دقیقاً توسط شخص ذیصلاح مورد بررسی و بازدید قرار گرفته و در نقاطی که خطر ریزش یا لغزش دیواره ها به وجود آمده است، مهارها و وسایل ایمنی لازم از قبیل شمع، سپر و غیره نصب و یا مهارهای موجود تقویت گردند.

الف قبل از پایدارسازی کامل به صورت روزانه و بعد از پایدارسازی، حداقل هفته ای یک بار

ب بعد از وقوع بارندگی، طوفان، سیل، زلزله و یخبندان

ج بعد از هرگونه عملیات انفجاری

د بعد از ریزش های ناگهانی

ه بعد از وارد آمدن صدمات اساسی به مهارها

۱۲-۹-۲-۵ برای جلوگیری از بروز خطرهایی نظیر پرتاب سنگ، سقوط افراد، حیوانات، مصالح ساختمانی و ماشین آلات و سرازیر شدن آب به داخل گود و نیز برخورد افراد و وسائط نقلیه با کارگران و وسایل و ماشین آلات حفاری و خاکبرداری، باید اطراف محل حفاری و خاکبرداری به نحو مناسب با رعایت مفاد بخش ۱۲-۵-۱ محصور و محافظت شود در صورتی که حفاری و گودبرداری در مجاورت معابر و فضاهای عمومی صورت گیرد، باید فاصله حصار کارگاه تا لبه گود حداقل ۱۵۰ سانتیمتر بوده و با علائم هشدار دهنده که در شب و روز و از فاصلهٔ 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 یک متر از لبه گود ریخته شوند. همچنین این مواد نباید در پیاده روها و معابر عمومی به نحوی انباشته شوند که مانع عبور و مرور گردیده یا موجب بروز حادثه شوند .

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

۱۲-۹-۲-۹ در گودهایی که عمق آنها بیش از یک متر می باشد، 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 وسائط نقلیه نباید کمتر از ٤ متر باشد.

۱۲-۹-۲-۱۱ در محل گودبرداریهای عمیق و وسیع، باید یک نفر نگهبان مسئولیت نظارت بر ورود و خروج کامیونها و ماشین آلات سنگین را عهده دار باشد .برای آگاهی کارگران و سایر افراد، باید علائم هشدار دهنده در معبر و محل ورود و خروج کامیونها و ماشین آلات مذکور نصب گردد.

مشخصات فنی و عمومی کارهای ساختمانی

ایمنی در انجام عملیات خاکی

حفاظت عمومی هنگام انجام عملیات گودبرداری

- مصالح حاصل از گودبرداری نباید در پیاده روها و معابر انباشته شوند.
- معابر عمومی مجاور محل گودبرداری، باید دارای نرده و حفاظ مطمئنی باشند.
- در محلهایی که احتمال سقوط اشیا به داخل گود وجود دارد، نیز باید حفاظ لازم برای جلوگیری از وارد شدن آسیب به کارگران پیش بینی گردد.
- در حفاریهای عمیق باید هنگام روز با استفاده از پرچم قرمز و شبها به وسیله چراغهای خطر، کارگران و عابرین را متوجه ساخت.
- تعبیه نرده های حفاظتی در امتداد کانالها و حفاریها الزامی است.

- در مواردی که حفاری در زیر پیاده روها ضروری باشد، باید در زیر معبر از شمع و سپری که قادر به تحمل حداقل ۶۰۰ کیلوگرم بر مترمربع فشار باشد، استفاده شود.
- در محوطه خاکبرداری به ویژه در محلهایی که بیل مکانیکی، جرثقیل و وسایل مشابه کار می کنند، باید از عبور و مرور افراد متفرقه جلوگیری به عمل آید.
- باید یک نفر مسئول ورود و خروج کامیونها باشد و برای آگاهی عابرین علامت خطر در معبر ورود و خروج کامیونها نصب شود.
- شیب معابر نباید از (۲۰٪) تجاوز نماید، اگر اجبارا شیب معبر از این حد تجاور نماید، باید برای عبور کارگران به فاصله هر ٤٠ سانتیمتر جاپایی در طول راه ایجاد شود.

گودبرداری

- در زمینهای با رطوبت طبیعی گودبرداری تا عمق
  - ✓ ۱ متر برای ماسه
  - ✓ ۱/۲۵ متر متر برای ماسه رس دار
  - ✓ ۱/۵۰ متر برای خاک رس
  - ✓ ۲ متر برای خاک بسیار متراکم

را بدون پایه های ایمنی، سپر و حایل انجام داد.

- در سایر موارد توصیه می‌شود با توجه به
  - ✓ جنس خاک
  - ✓ عمق گودبرداری
  - ✓ شرایط مسئول ایمنی

باید در مهاربندی نهایت دقت را به عمل آورد.

- در مواردی که کارگران درون ترانشه یا گود کار می‌کنند، باید مرتباً بازرسی انجام پذیرد و در صورت احتمال خطر ریزش یا مشاهده ترک و بازشدگی، کار متوقف شده و با نظر دستگاه نظارت حفاظتهای لازم انجام پذیرد.
- هنگامی که گودبرداری در مجاورت خطوط راه آهن و بزرگراهها یا مراکزی که تولید ارتعاش میکنندانجام می‌گیرد، باید تدابیر احتیاطی برای جلوگیری از ریزش اتخاذ گردد.
- خاک برداشته شده را نباید در فاصله‌ای نزدیکتر از ۰/۵۰ متر به لبه گود ریخت.
- در نقاطی که امکان ریزش خاک وجود دارد، نباید ماشین آلات را در نزدیکی گود مستقر نموده و یا از آن عبور داد.
- همچنین در زمان عملکرد ماشین خاکبرداری، ایستادن اشخاص در زیر جام و یا بازوی دستگاه و نیز مشغول به کار بودن کارگران در قسمتی که ماشین کار می کند ممنوع است.

- همه افرادی که مستقیما مشغول انجام عملیات خاکبرداری نیستند، باید حداقل در فاصله ۵ متری دایره عملکرد دستگاه قرار گیرند.
- برای پر کردن کامیون باید جام دستگاه خاکبرداری از پشت کامیون عبور کند و از روی اتاقک راننده نگذرد.
- در جایی که از بالابر برای حمل مصالح حاصل از گودبرداری استفاده می‌شود، باید پایه های بالابر به نحوی مطمئن در محل قرار گیرد و این مصالح با محفظه مطمئن بالا برده شوند.
- در استفاده از جکها باید دقت شود که جک بیش از ظرفیت مجاز بارگذاری نشود، جکها باید مجهز به ضامن باشند و به طور مداوم توسط اشخاص ذی صلاح مورد بازدید قرار گیرند.
- راههای شیبداری که برای عبور کارگران و افراد به کار می روند، باید دارای نرده های حفاظتی لازم باشند.

- در صورتی که راههای شیبدار برای عبور وسایل نقلیه به کار میروند، باید عرض راه کمتر از ٤ متر نباشد و توسط نرده های مناسب محافظت گردد.
- چنانچه حفاظها از چوب ساخته می‌شوند، قطر چوبها نباید از ۲۰ سانتیمتر کمتر باشد.
- برای ورود و خروج کارگران در محل گودهایی که عمق آن بیش از ٦ متر باشد، باید در هر ٦ متر از یک سکو یا پاگرد در نردبانها، پله ها و یا راههای شیبدار پیش بینی گردد، این سکوها باید به وسیله جان پناه محصور شوند.
- بعد از وقوع بارندگی، طوفان، زلزله و یا سیل، باید دیواره های محل گودبرداری مورد بازدید قرار گیرند تا در محلهایی که احتمال ریزش افزایش یافته، تدابیر لازم برای تقویت اتخاذ گردند.

نکات ایمنی در عملیات حفر چاه

- تا عمق ۵ متر، وجود حداقل دو نفر و با افزایش عمق چاه، حداقل وجود ۳ نفر برای ادامه عملیات الزامیست، با شروع حفر انباری چاه یک نفر کمک کلنگدار به افراد گروه اضافه می‌شود.
- برای حفاظت کارگران از خطر ریزش اطراف چاه، باید در محل ایستادن کارگران تخته یا الوارهای زیرپایی با مقاومت و پهنای کافی گذاشته شود.
- برای جلوگیری از سقوط خاک و سنگ به داخل چاه، دور دهانه باید آستانه ای به عرض حداقل ۱۵ سانتیمتر با مصالح مقاوم تعبیه گردد.
- مقنی قبل از ورود به چاه برای عملیات چاه کنی، باید طناب نجات را به کمک کمربند ایمنی خصوص به خود بسته باشد.
- در مواردی که نوع مصالح استخراج شده از حفاری چاه به صورتی است که کلاه و مسیر حفاظتی تکافو نمی کند، باید در فواصل مناسب از دیواره میله چاه پناهگاه‌هایی تعبیه شود که در صورت لزوم مقنی در این محلها مستقر شود.

- خاک حاصل از کندن چاه، نباید به فاصله کمتر از ۲ متر از کناره های چاه ریخته شود به نحوی که احتمال ریزش آن به داخل چاه وجود نداشته باشد.
- در صورتی که احتمال کمبود اکسیژن در اعماق چاه وجود داشته باشد، باید نسبت به تعبیه وسایل مناسب برای هوادهی به داخل چاه اقدام شود، این وسایل باید به تجهیزات ایمنی لازم برای جلوگیری از خطر برق گرفتگی مجهز شده باشند.
- وجود علائم قراردادی بین مقنی و فردی که در بالای چاه مستقر است، ضروری بوده و باید فرد مستقر در بالای چاه همواره از وضعیت مقنی آگاه باشد.
- کلیه کارگرانی که در نزدیک چاه به کار مشغول هستند، باید به کمربند ایمنی و طناب مجهز باشند. سر طناب باید به محل مناسبی محکم شده باشد تا از سقوط احتمالی آنها به داخل چاه جلوگیری شود.
- با پیشرفت کار چاه کنی بخصوص در موقع بارندگی، باید دیواره های چاه به وسیله مقنی مورد بازدید قرار گرفته و از ریزشی نبودن دیواره چاه اطمینان حاصل شود.

- چنانچه رطوبت بیش از حد مشاهده گردد، باید بررسیهای لازم انجام گیرد و در صورت لزوم عملیات متوقف شود، سپس پیش بینی های لازم طوری صورت پذیرد که برای مقنی و کارگران خطری وجود نداشته باشد.
- در تأمین روشنایی داخل چاههایی که وجود گازهای قابل اشتعال در آنها محتمل باشد، باید از چراغهای قودای با حداکثر ولتاژ ۱۲ ولت استفاده شود.
- هنگام حفاری چاه در عمق بیش از ۲ متر، باید وسیله ای به عنوان سپر در پایین چاه مورد استفاده قرار گیرد که هنگام سقوط احتمالی اشیا مانع برخورد آن با مقنی باشد.
- بعد از خاتمه کار روزانه علاوه بر پیش بینی های احتیاطی لازم برای جلوگیری از سقوط افراد و حیوانات به داخل چاه، دهانه چاه باید به نحوی مطمئن با صفحات مقاوم و مناسب پوشیده شود.
- رعایت مقررات حفاظتی حفر چاههای دستی مصوب شورای عالی حفاظت فنی الزامی است.

توصیه های سازمان آتشنشانی

- مهندسان ناظر و مجری باید قبل از هرگونه کاری در جهت ساختمان سازی، اطلاعات کافی درموردشناسایی خاک منطقه ومحل داشته باشند.
- اگر منطقه محل خاکریزی های دستی و ضایعات بوده ، عملیات خاکبرداری باید تدریجی و با مهار کردن کامل دیوارهای جانبی گودال انجام شود.
- اگر گود برداری دارای عمقی بیشتراز سه متر باشد، باید قبل از خاکبرداری محل ستونها گودبرداری شود و با اجرای ستونها و مهار آنها به یکدیگراز ریزشو رانش خاکهای سست جلوگیری کرد.
- هنگام حفر چاهکبرای ستونها و اجرای ستونها باید چاهک کاملا طوقه چینی و مهار شود تا کارگر یا کارگران در اثر ریزش خاک مدفون نشوند.

- در مناطقی که ساختمانهای قدیمی تخریب و بجای آنها قرار است ساختمان جدید ساخته شود مهندسان ناظر و مجری باید مقاومت ایستایی ساختمانهای همجوار را نیز بررسی نمایند و چانچه احتمال داده شود که در اثرگودبرداری ساختمان مجاور دچار حادثه می شود باید به اقدامات ایمنی کامل متوسل شد.
- هنگام عملیات خاکبرداری با ماشن آلات سنگین از ساکنین ساختمانهای مجاور بخواهید تا در اثر شنیدن هر صدای مشکوک(شکستن شیشه ، ترکدر دیوارها و.....) فوراً محل مسکونی را ترک و به مکان امنی خارج ازساختمان پناه ببرند.
- در عملیات خاکبرداری سعی شود از افراد با تجربه وحداقل تعدادکارگران استفاده شود.
- حفاظ گذاری و ایجاد حریم برای جلوگیری ازسقوط به داخل گود الزامی است.

بسم الله الرحمن الرحیم

بارهای ناشی از رانش خاک، وارد بر سازه های نگهبان

عوامل موثر در طراحی و اجرای سازه نگهبان

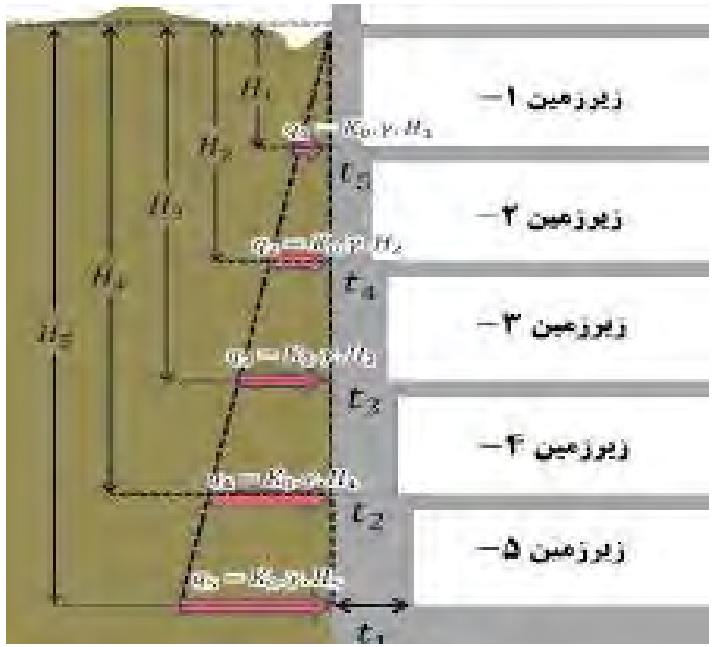
- ملاحظات و مطالعات و شناسایی ژئوتکنیکی زمین
- بارهای وارده و ملاحظات سازه‌ای
- مواد و مصالح
- تکنولوژی اجرایی
- ملاحطات اقتصادی واجتماعی

روش اجرایی گودبرداری و سازه نگهبان مبتنی بر اصول تئوریک و هم ملاحظات اجرایی و تجربی است.

نیروهای وارد بر دیواره گود

- **بار خاک**
- **رانش خاک بر اثر وزن خود**
- **فشار جانبی آب**
- **نیروهای دینامیکی - زلزله**
- **فشار یخ**
- **سربارهای احتمالی روی خاک کنار گود**
  - ✓ خاک بالاتر از تراز افقی در لبه گود
  - ✓ فشار ناشی از ساختمان مجاور گود
  - ✓ سربار ناشی از بهره- برداری معابر در مجاورت با گود

- **به طور کلی از دو دیدگاه می توان به مسئله طراحی گود پرداخت**
  - ✓ گسیختگی گود (دیدگاه پایداری)
  - ✓ نشست زمین اطراف گود (دیدگاه تغییر شکل)


زیرزمین ۱
زیرزمین ۲
زیرزمین ۳
زیرزمین ۴
زیرزمین ۵

عکس: مهر
www.Danakhabar.com

IRIBNEWS
خبرگزاری صدا و سیما

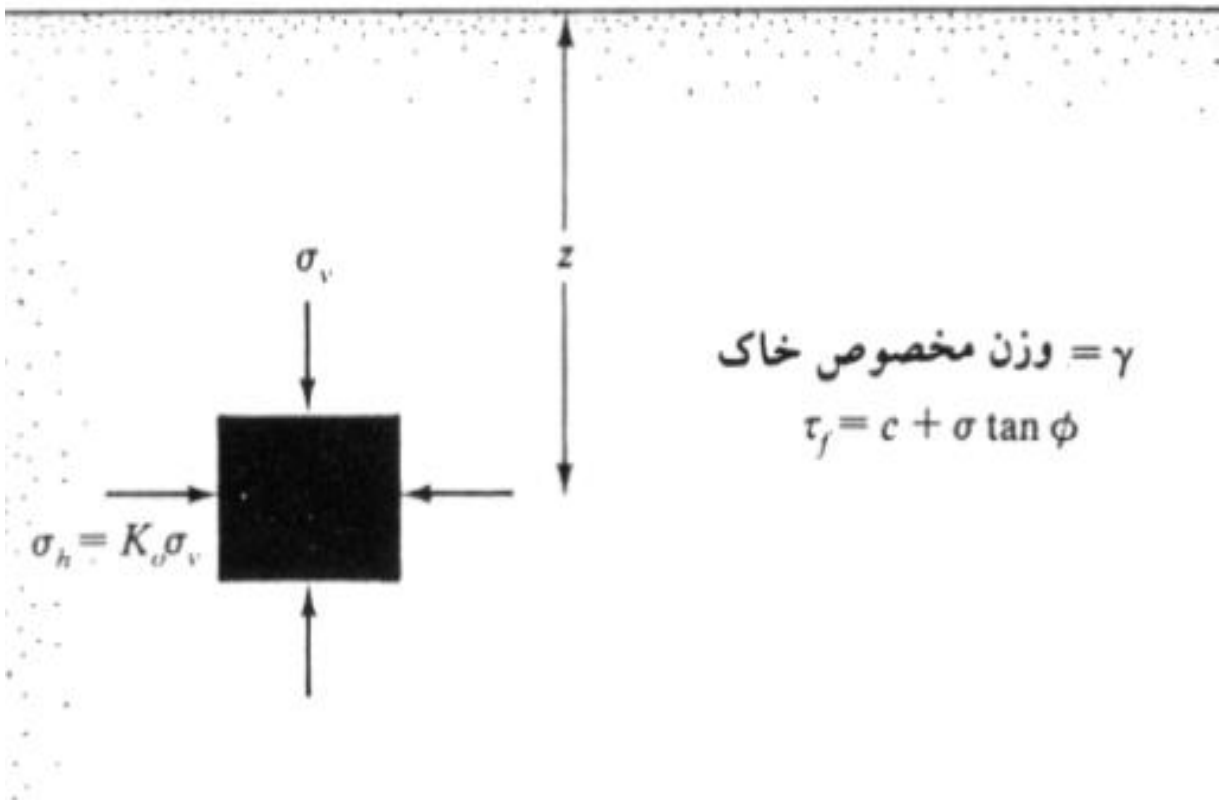
بار مرده

بار مرده شامل وزن اجزای سازه‌ای و ملحقات دیوار می‌باشد. برای تعیین وزن اجزا، لازم است وزن مخصوص مصالح از آیین‌نامهٔ حداقل بار وارد بر ساختمان‌ها و ابنیهٔ فنی تعیین گردد.

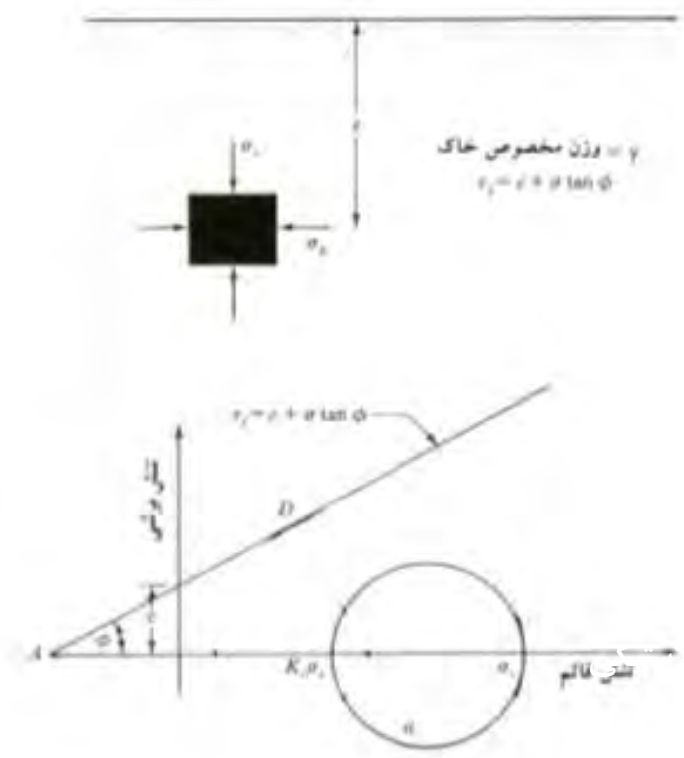
وزن خاک

وزن مخصوص خاک در حالت خشک، طبیعی و یا اشباع از نتایج آزمایش‌ها تعیین می‌گردد. برحسب نوع خاک و میزان تراکم آن، وزن مخصوص خشک خاک‌ها عددی بین ۱۶ تا ۱۸ کیلونیوتن بر مترمکعب و وزن مخصوص اشباع، عددی بین ۱۷ تا ۲۰ کیلونیوتن بر مترمکعب می‌باشد.

وضعیت یک المان خاک در عمق در شرایط طبیعی و قبل از هر گونه عملیات خاکی



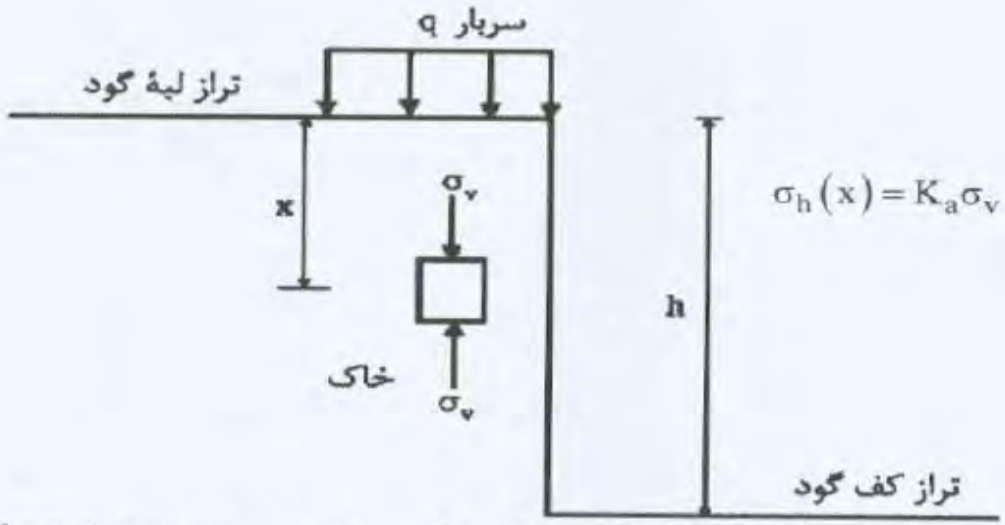
نمایش وضعیت المان خاک قبل از گود برداری در مدل گسیختگی مور–کلمب



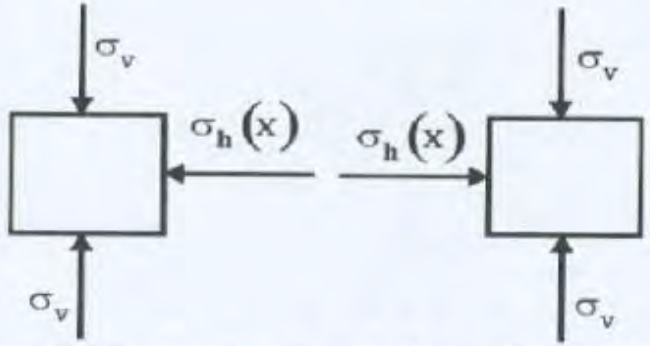
بر اساس معیار گسیختگی مور-کلمب گسیختگی خاک نه بدلیل تنش نرمال حداکثر و نه بدلیل تنش برشی حداکثر رخ می‌دهد.

بلکه گسیختگی در ترکیبی از هر دو تنش رخ می‌دهد.

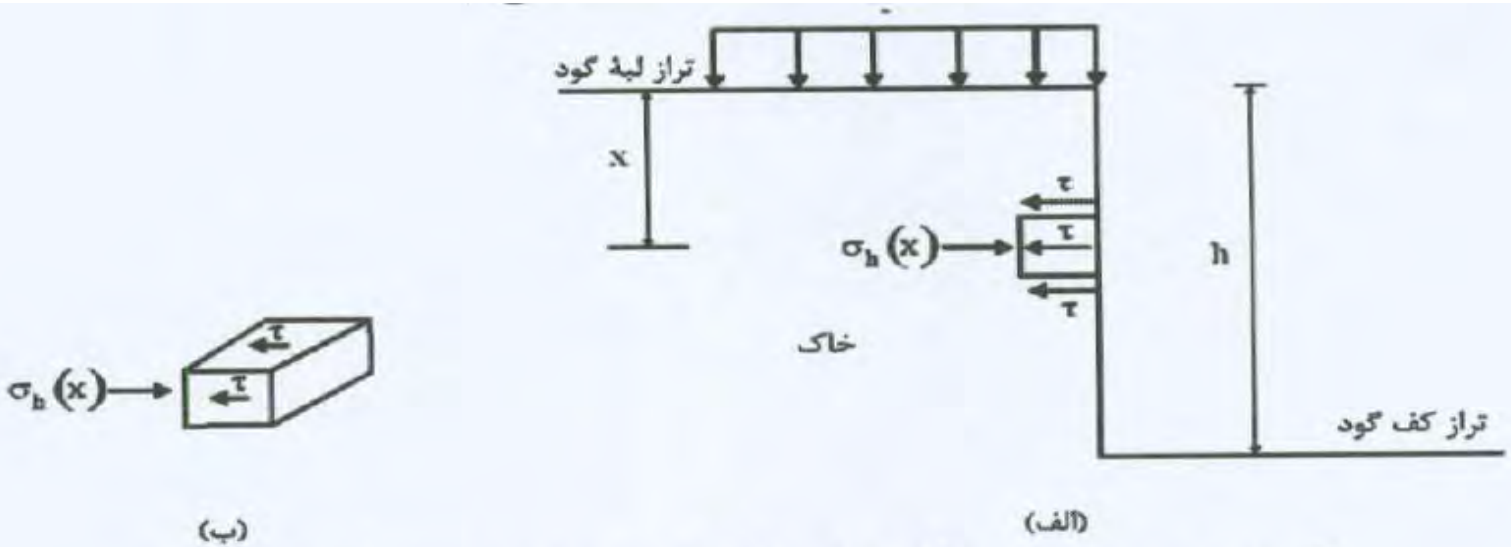
نمایش وضعیت المان خاک بعد از گود برداری



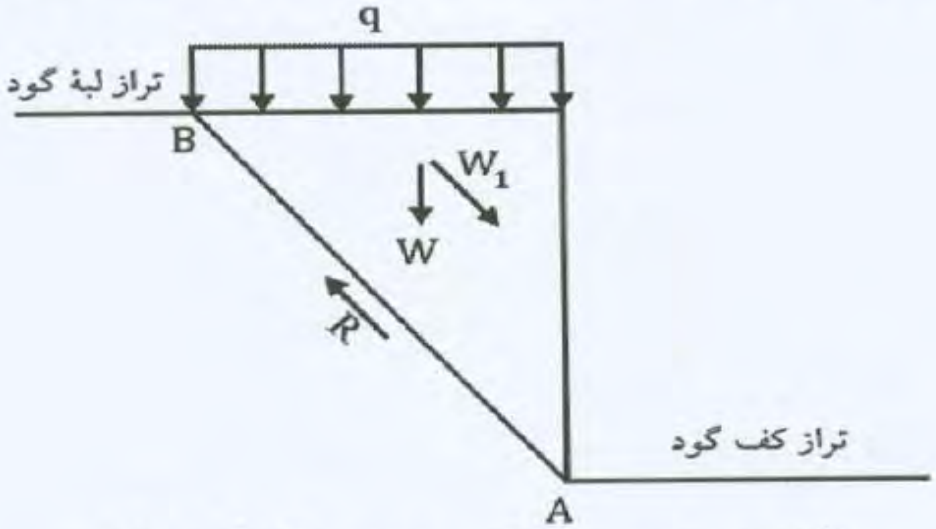
شکل ۱-۶ تنش قائم وارد بر یک المان خاک، واقع در عمق x از تراز لبهٔ گود



شکل ۱-۷ تنش‌های افقی $\sigma_h(x)$ ناشی از تنش‌های قائم σ_v



شکل ۱-۹ بررسی پایداری یک المان خاک، که در مجاورت دیوارهٔ گود قرار دارد.



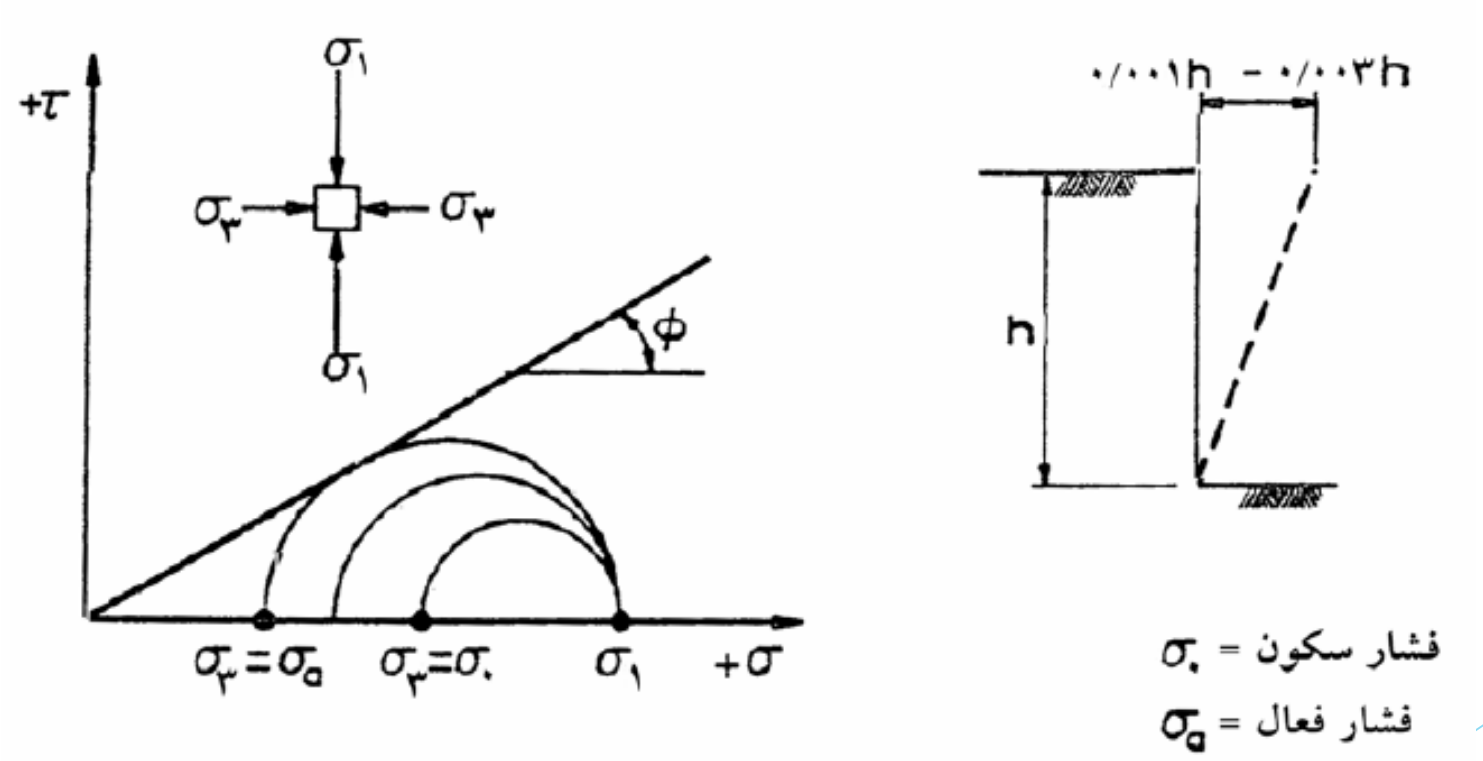
شکل ۱-۱۰ بررسی تعادل و پایداری یک گوهٔ خاک

هرچه c و φ خاک بیشتر باشد، مقاومت برشی خاک نیز بیشتر است.

فشار جانبی خاک

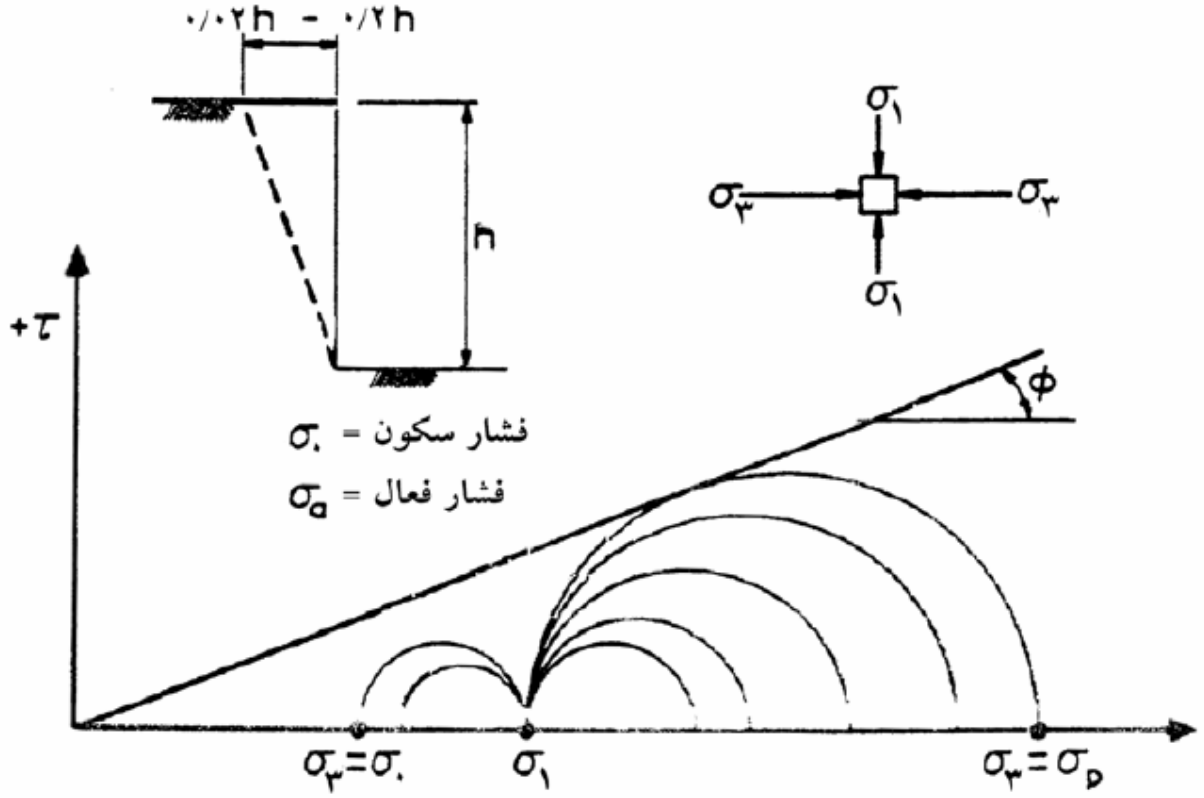
- فشار فعال

وقتی‌که دیوار در مقابل فشارخاک به‌سمت‌جلو دوران نماید، کمترین فشارجانبی به‌وجودمی‌آید (شکل ۳-۱- الف). مقدار دوران لازم برای حصول فشار و فعال معادل ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۰۳ رادیان می‌باشد.



- **فشار مقاوم**

در صورتی‌که دیوار به‌سمت خاک دوران نماید، بزرگترین فشار جانبی خاک به‌وجود می‌آید. مقدار دوران دیوار به‌سمت خاک برای حصول فشار مقاوم بین ۰/۰۲ تا ۰/۲ رادیان می‌باشد (شکل ۳-۱- ب).



- **فشار سکون**

در صورتی‌که بین خاک و دیوار حرکتی موجود نباشد، فشار حالت سکون رخ می‌دهد که فشار آن مقداری بین دو حالت فعال و مقاوم می‌باشد.

ضریب فشار جانبی در حالت سکون

برای خاک‌های دانه‌ای عادی تحکیم‌یافته، ضریب فشار جانبی درحال سکون K_0 را می‌توان از رابطهٔ زیر به‌دست آورد:

$$K_0 = 1 - \sin\varphi \qquad (۱-۳)$$

ϕ زاویهٔ اصطکاک داخلی می‌باشد.

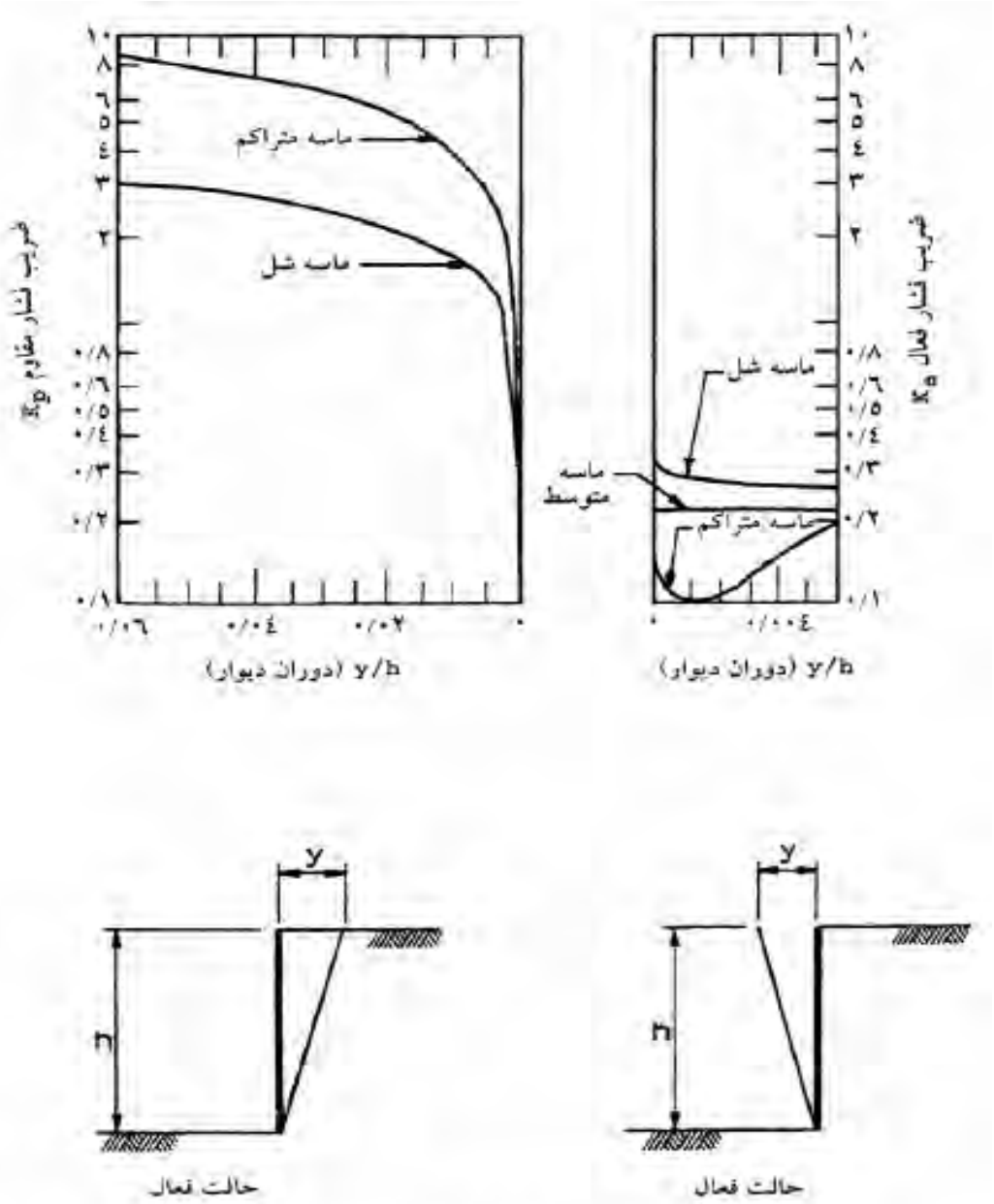
برای رس‌های عادی تحکیم‌یافته، ضریب فشار جانبی در حال سکون را می‌توان از رابطهٔ زیر تعیین نمود:

$$K_0 = 0.95 - \sin\varphi \qquad (۲-۳)$$

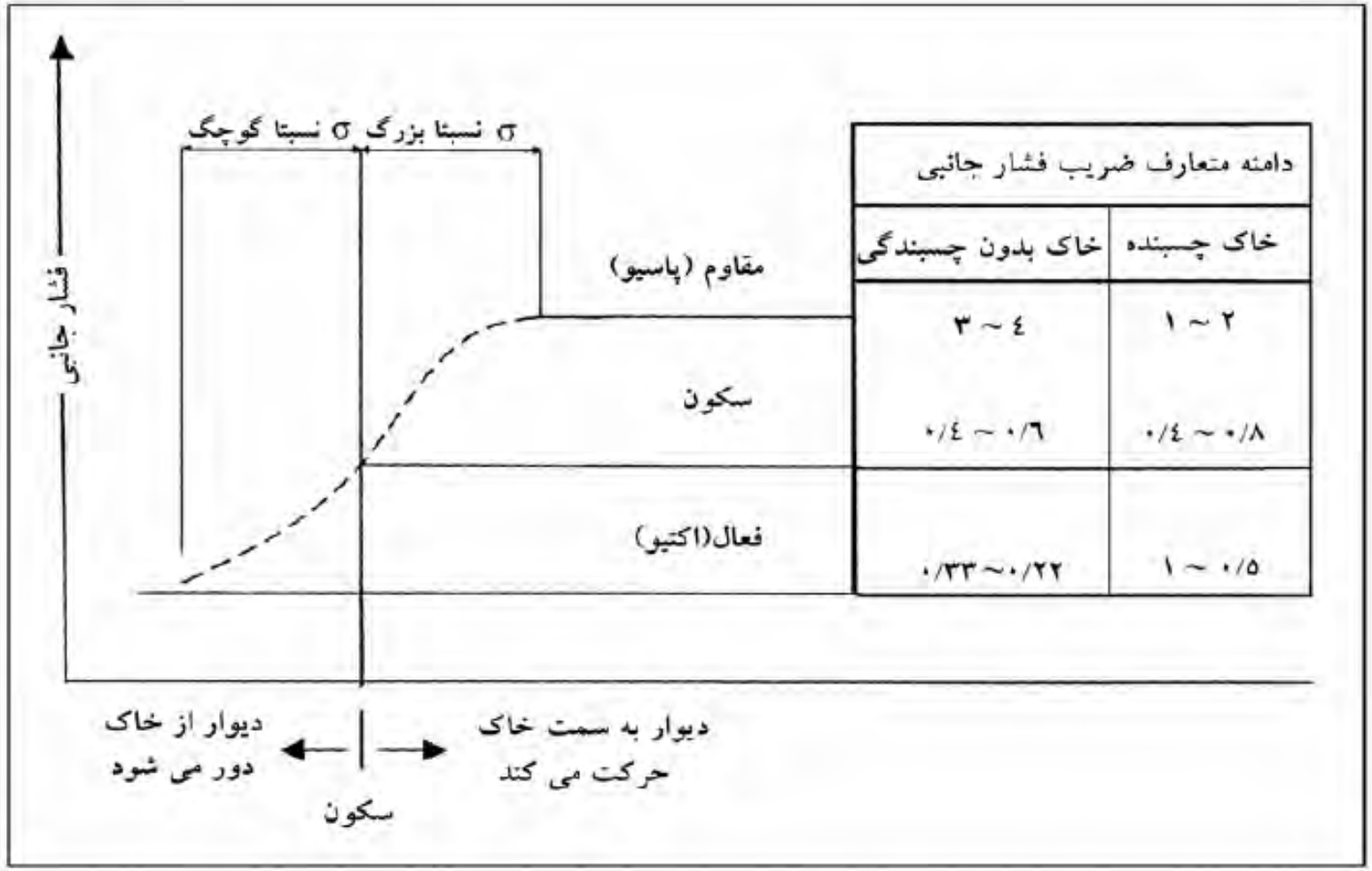
که در رابطهٔ فوق، ϕ زاویهٔ اصطکاک زهکشی شده است.

جدول ۶-۲ مقادیر تخمینی K_0، برحسب نوع خاک

ردیف	نوع خاک	K_0
۱	رسِ تحکیم‌عادی‌یافته	۰/۴۰-۰/۷۰
۲	رسِ پیش‌تحکیم‌یافته	۱/۰۰-۴/۰۰
۳	رسِ متراکم‌شده	۱/۰۰-۲/۰۰
۴	رسِ شدیداً متراکم‌شده با ماشین‌آلات سنگین	۲/۰۰-۴/۰۰
۵	ماسهٔ سست	۰/۴۵-۰/۵۰
۶	ماسهٔ متراکم	۰/۳۵
۷	خاک الاستیک، با ضریب پواسون ν	$\frac{\nu}{(1-\nu)}$



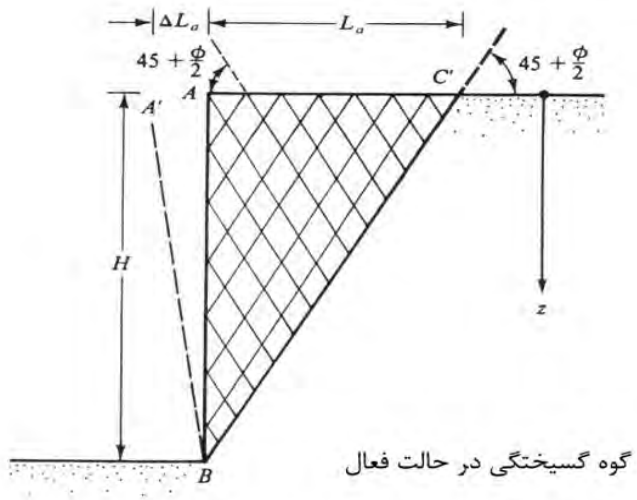
ارتباط بین دوران دیوار و میزان فشار موثر بر دیوار



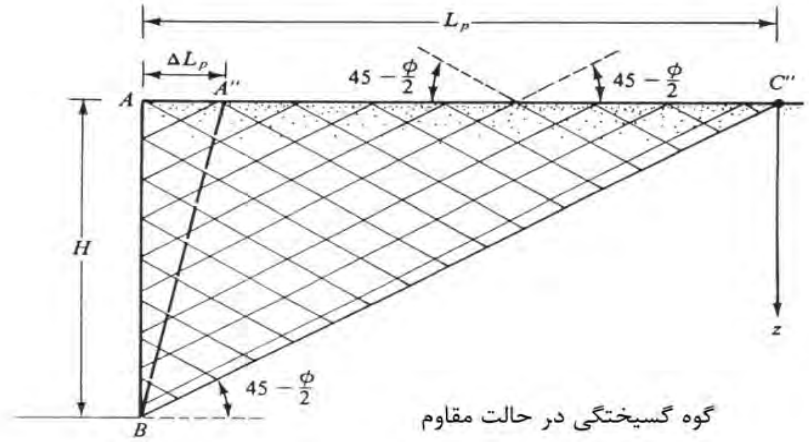
دامنه متعارف ضریب فشار جانبی	
خاک چسبنده	خاک بدون چسبندگی
۱ ~ ۲	۳ ~ ٤
۰/٤ ~ ۰/۸	۰/٤ ~ ۰/٦
۱ ~ ۰/۵	۰/۳۳~۰/۲۲

دامنهٔ ضرایب فشار برای خاک‌های دانه‌ای و خاک‌های چسبنده

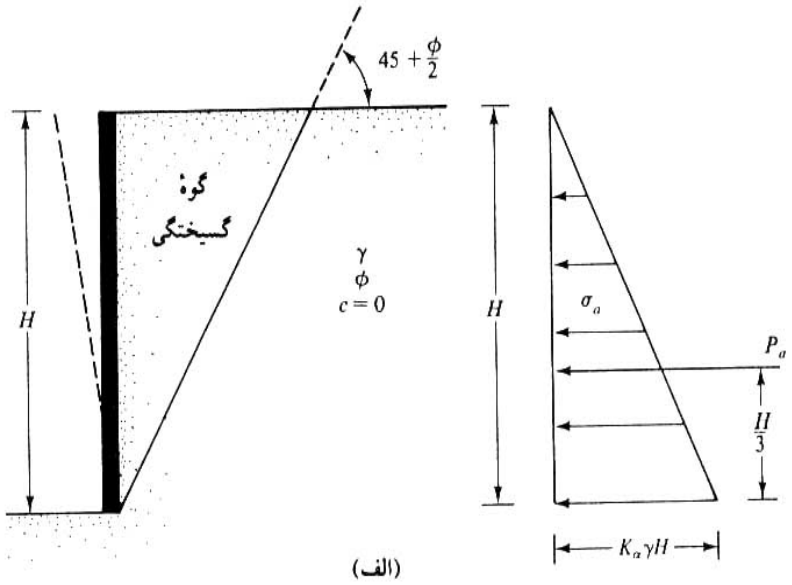
دوران دیوار بدون اصطکاک در حول پایه



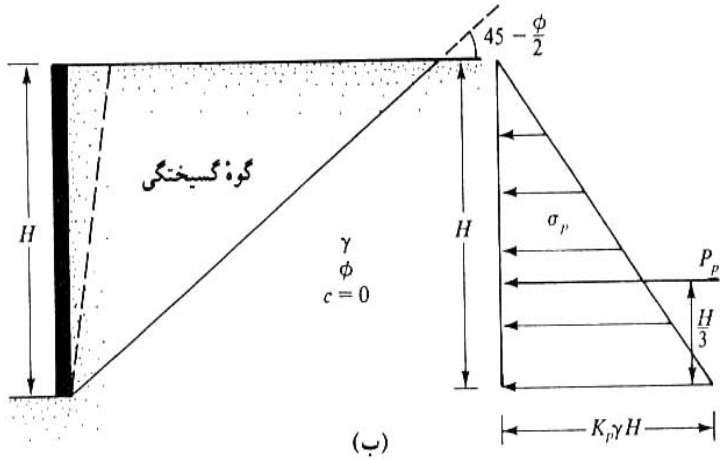
گوه گسیختگی در حالت فعال



گوه گسیختگی در حالت مقاوم



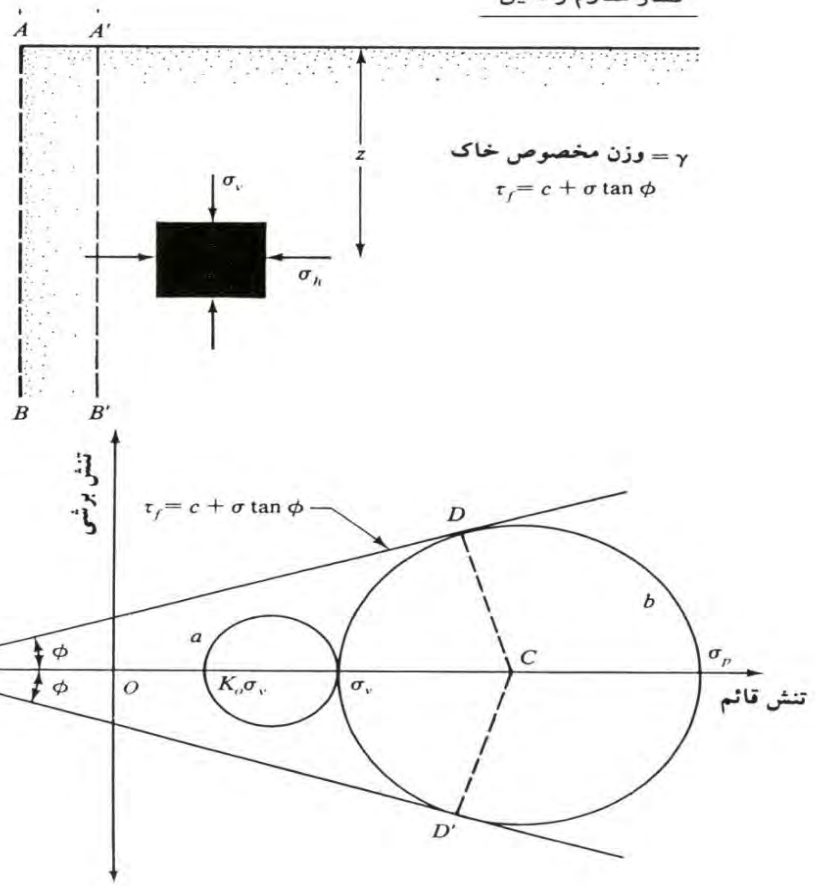
(الف)



(ب)

شکل ۹ـ۹ توزیع فشار پشت دیوار حایل برای خاکریز غیرچسبنده با سطح افقی. (الف) حالت محرک رانکین، (ب) حالت مقاوم رانکین.

فشار مقاوم رانکین



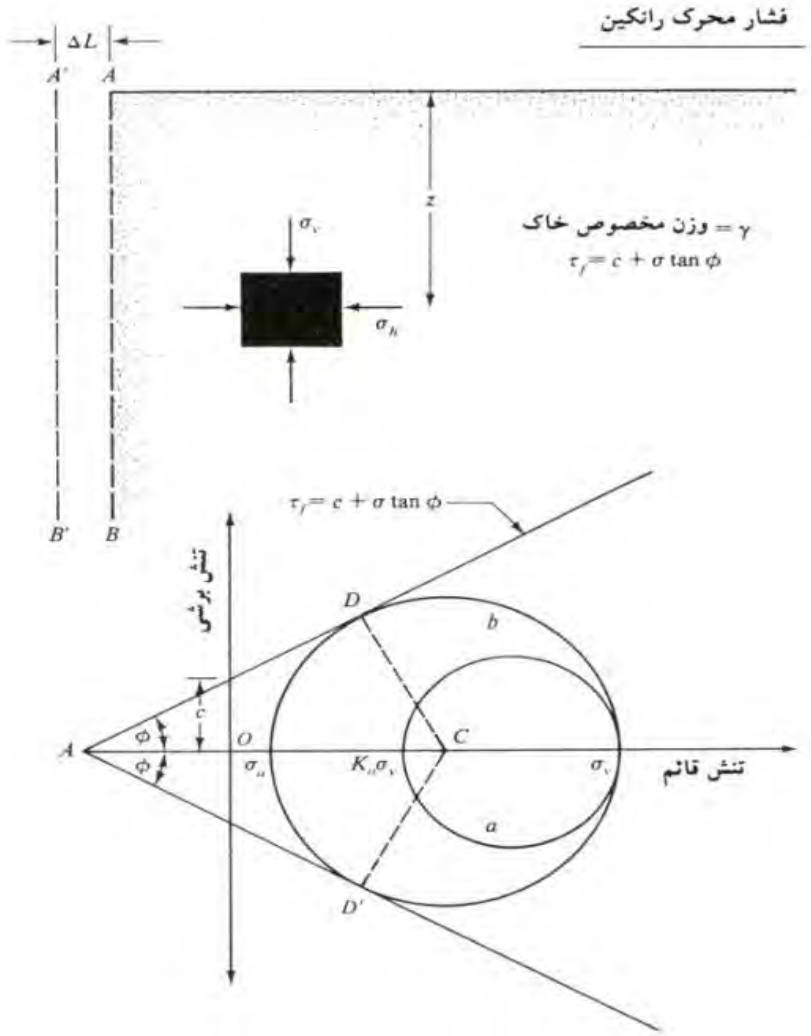
فشار مقاوم رانکین

$$\sigma_p = \sigma_v \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) + 2c \tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$
$$= \gamma z \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) + 2c \tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

ضریب فشار مقاوم

$$\frac{\sigma_p}{\sigma_v} = K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

فشار محرک رانکین



فشار محرک رانکین

$$\sigma_a = \gamma z \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) - 2c \tan\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

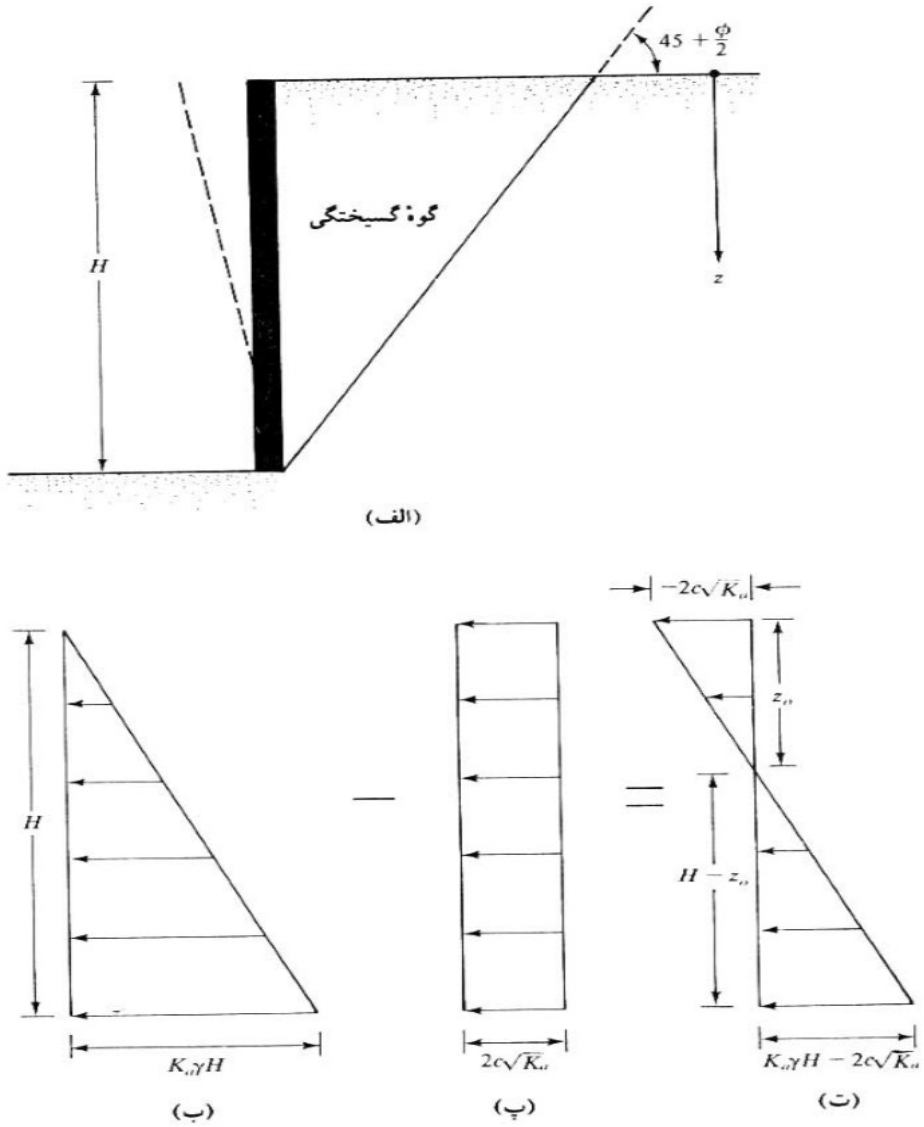
ضریب فشار محرک

$$K_a = \frac{\sigma_a}{\sigma_v} = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

$$p=\sigma_a=\sigma_v \tan^2(45-\frac{\varphi}{2})-2c\tan(45-\frac{\varphi}{2})$$

$$p=\sigma_a=\sigma_v K_a-2c\sqrt{K_a}$$

$$K_a=\tan^2(45-\frac{\varphi}{2})=\frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}$$

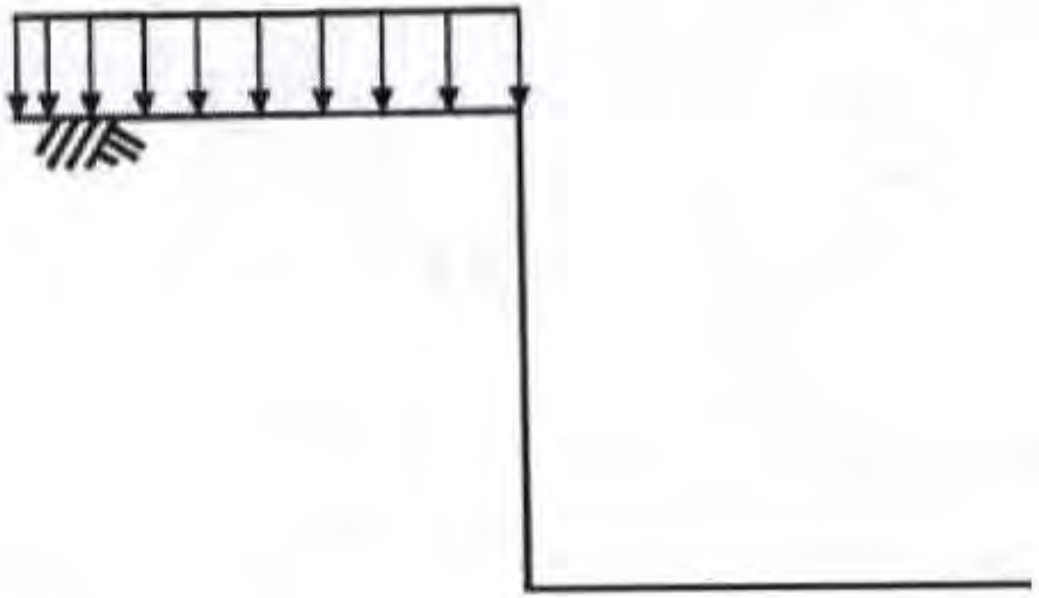


شکل ۹ـ۱۲ توزیع فشار جانبی محرک رانکین در پشت دیوار حایل با خاکریز چسبنده با سطح افقی

$$\sigma_h(x) = K_a(q + \gamma x) - ۲c\sqrt{K_a}$$

$$\sigma_h(x) = K_a \gamma x + \sqrt{K_a}\left(q\sqrt{K_a} - ۲c\right)$$

$$K_a = \frac{۱ - \sin\varphi}{۱ + \sin\varphi} = \tan^۲\left(۴۵ - \frac{\varphi}{۲}\right)$$



دیوارهٔ قائم خاکی، همراه با سربار وارد بر آن

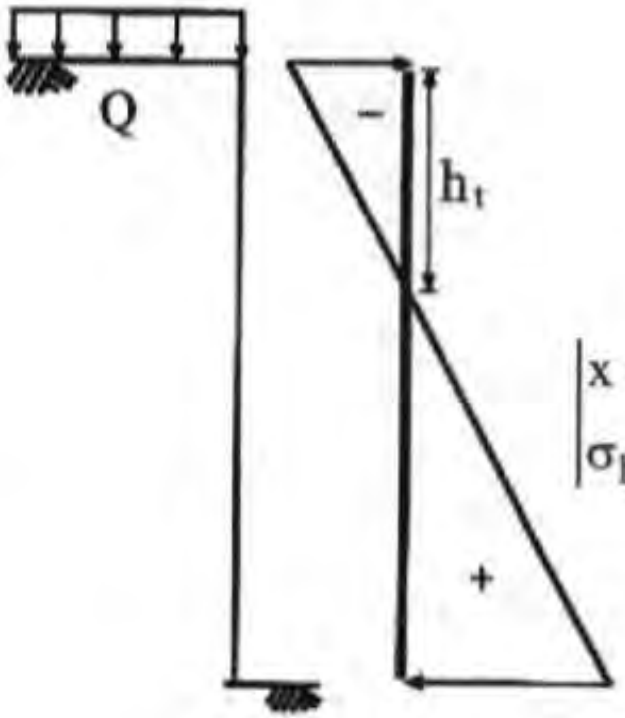
حالت اوّل، $2c > q\sqrt{K_a}$

$x = 0$

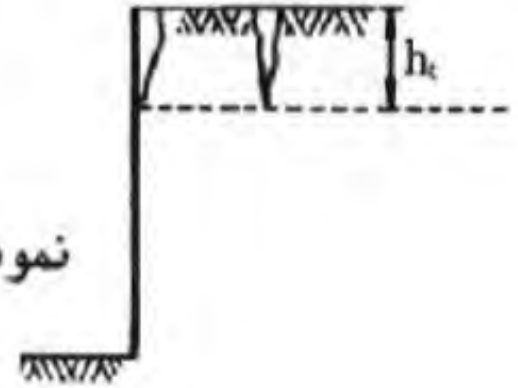
$$\sigma_h(x) = \sqrt{K_a}\left(q\sqrt{K_a} - 2c\right)$$

$\sqrt{K_a}$ همواره مثبت

$$\begin{vmatrix} x = h_t \\ \sigma_h(x) = 0 \end{vmatrix} \Rightarrow \quad h_t = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}} - \frac{q}{\gamma}$$

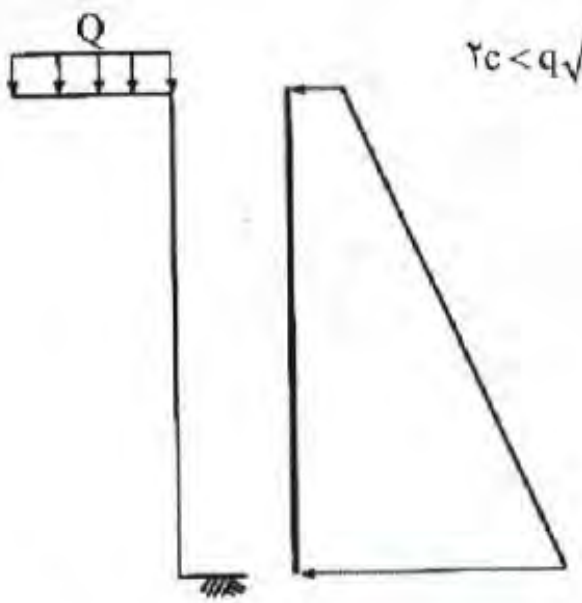


نمودار تغییرات $\sigma_h(x)$ در حالت $2c > q\sqrt{K_a}$



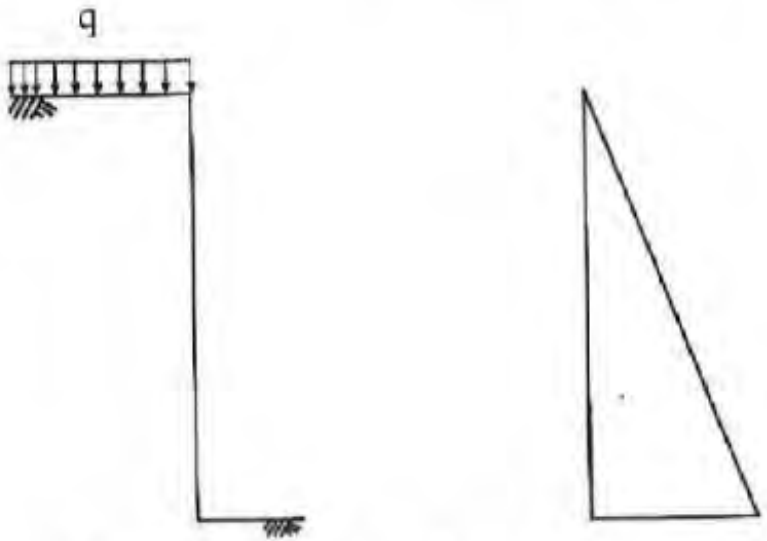
عمق ترک کششی خاک

حالت دوّم، $2c < q\sqrt{K_a}$



منحنی تغییرات $\sigma_h(x)$ در حالت $2c < q\sqrt{K_a}$

حالت سوم، $2c = q\sqrt{K_a}$



منحنی تغییرات $\sigma_h(x)$ در حالت $2c = q\sqrt{K_a}$

عمق بحرانی یا عمق پایدار گود

برای محاسبهٔ عمق بحرانی یا عمق پایدار گود (h_c)، مقدار h_c را برابر با «دو برابرِ عمق ترک کششی h_t» در نظر گرفته و سپس یک ضریب اطمینان (FS) را بر آن اعمال می‌کنند:

$$h_t = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}} - \frac{q}{\gamma}$$

$$h_c = \frac{2h_t}{FS} \Rightarrow h_c = \left[\frac{4c}{\gamma\sqrt{K_a}} - \frac{2q}{\gamma}\right] \times \frac{1}{FS}$$

ضریب اطمینان FS را برابر با ۲ درنظر می‌گیریم

$$h_c = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}} - \frac{q}{\gamma}$$

ازآنجائیکه مشخصات مکانیکی و ژئو تکنیکی خاک به عملکرد آن در رانش موثراست می توان تا عمق معینی که عمق پایدار گود نام دارد ، گود برداری را بدون اجرای سازه نگهبان انجام داد.

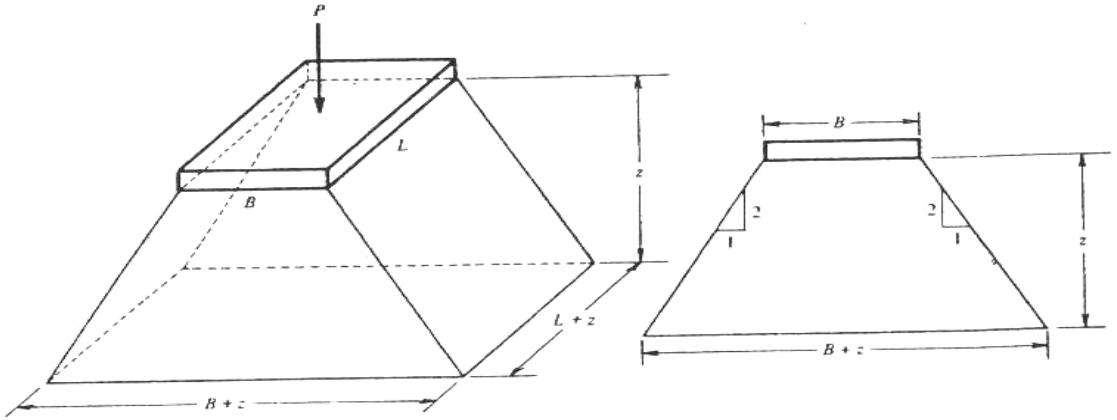
توزیع فشار در عمق

عمق B از سطح، با توزیع های تقریبی و دقیق نشان داده شده و با یکدیگر مقایسه شده اند. با افزایش نسبت "عمق به بعد سطح بارگذاری شده"، تفاوت بین این دو روش کم می شود.

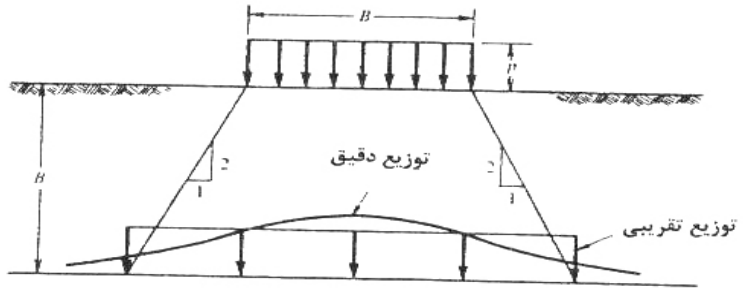
روش فوق روش ۲:۱ نامیده می شود. پاره ای نیز بر این عقیده اند که ناحیهٔ تنش را با زاویهٔ خط مایل نسبت به امتداد قائم، بین ۳۰ تا ۴۵ درجه، مشخّص کنند. این روشهای تقریبی، یک جا در شکل ۱-۴ نشان داده شده اند.

۱-۶- توزیع تنش ناشی از سازه های ثقلی[۱] و پشته های خاکریز[۲]

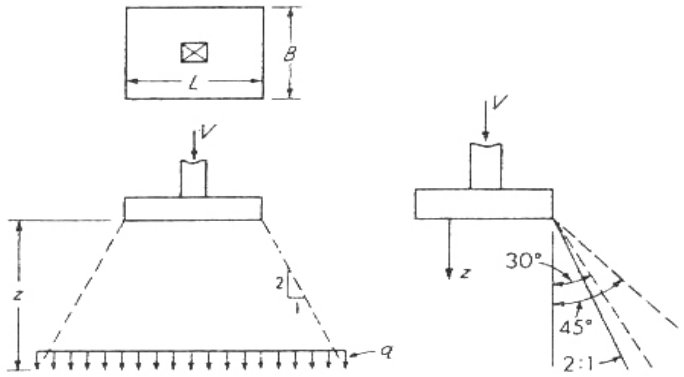
در بسیاری از موارد می توانیم بارهای وارد از یک سازه بر روی یک تودهٔ خاک



شکل۱-۲- توزیع تقریبی تنش قائم ناشی از بارگذاری وارد بر سطح خاک



شکل۱-۳- مقایسهٔ بین نتایج حاصل از روشهای تحلیل تقریبی و دقیق تنش قائم زیر یک سطح با بارگذاری یکنواخت

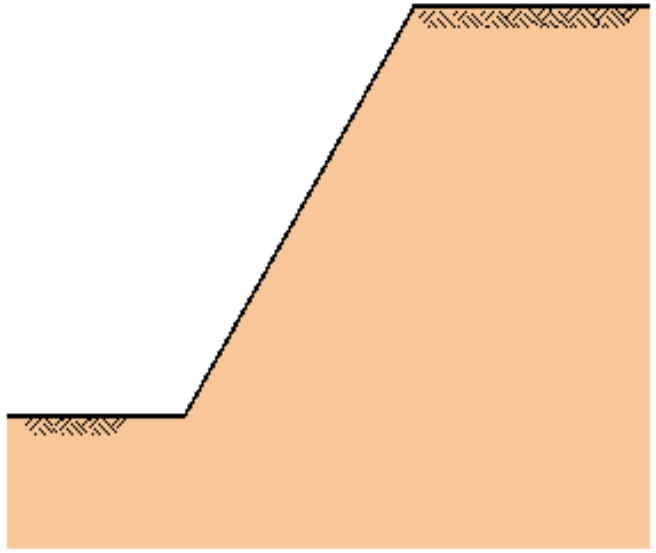


شکل ۱-۴- روشهای تقریبی تعیین افزایش تنش در خاک زیر شالوده ها

را با یک سیستم سادهٔ تنشهای مرزی[۱] نشان دهیم، بدون آنکه این امر تأثیر چندانی بر روی توزیع تنشهای محاسباتی در محدودهٔ مورد نظر بگذارد. با این وجود، در مورد بارهای ناشی از وزن یک تودهٔ خاک اضافی در تماس با خاک زیرین[۲] ممکن

شیب پایدار

شیب را هنگامی پایدار می‌گوییم که مصالح خاکی به صورت پایدار و بدون هر گونه تغییر و جابجایی بر جای خود قرار داشته باشد بعبارت دیگر در یک زمان نسبتا طولانی هیچگونه حرکت و جابجایی در مصالح انجام نمی‌پذیرد و پنجه شیب در همان محل اولیه خود قرار خواهد داشت.



عوامل موثر بر شیب پایدار:

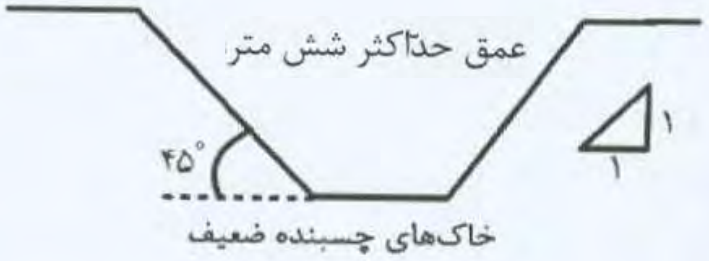
- عمق گودبرداری
- نوع خاک و تنوع لایه ها
- درصد رطوبت
- مدت زمان لازم پایداری دیواره گود

تخمین شیب پایدار

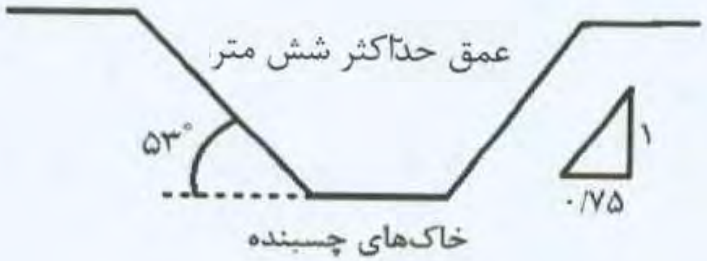
جدول ۹-۲ شیب ایمن در انواع خاک‌ها

ردیف	نوع خاک	شیب (قائم به افقی)	زاویهٔ شیب (درجه)
۱	**خاک‌های دانه‌ای:** سنگ‌های شکسته، شن‌ها، ماسه‌های بددانه‌بندی‌شدهٔ غیرگوشه‌دار، و ماسه‌های رسی	۱ : ۱/۵ (یک قائم به یک‌ونیم افقی)	۳۴
۲	**خاک‌های چسبندهٔ ضعیف:** ماسه‌های خوب‌دانه‌بندی‌شدهٔ تیزگوشه، لای‌ها، رس‌ماسه‌های لای‌دار، و رس‌ماسه‌ها	۱:۱ (یک قائم به یک افقی)	۴۵
۳	**خاک‌های چسبنده:** رس‌ها، رس‌های لای‌دار، و رس‌های ماسه‌دار	۱ : ۰/۷۵ (یک قائم به هفتادوپنج‌صدم افقی)	۵۳

خاک‌های دانه‌ای



خاک‌های چسبنده ضعیف



خاک‌های چسبنده

در گودهای با عمق بیش از سه متر، دیواره‌های گود را می‌باید با استفاده از پله‌بندی افقی[5] پایدار کرد. از جمله مزایای دیگرِ این کار آن است که از ریزش مصالح خاکیِ واقع در بالای شیب، به طرف پایین و به درون گود و محل کارِ کارگران جلوگیری می‌کند. درصورت استفاده از پله‌بندی افقی، می‌باید عرض این پله‌بندی را به‌اندازهٔ کافی درنظر گرفت تا ماشین‌آلات بتوانند بر روی آن‌ها کار کنند.

روش های بهبود پایداری شیب ترانشه ها

برای بهبود پایداری شیب ترانشه‌ها از جمله می‌توانیم از روش‌های زیر استفاده کنیم:

۱) شیب‌بندی مجدّدِ پروفیل شیروانی، و سنگین‌کردن موضعی پنجهٔ شیروانی[۱]، با استفاده از بِرمِ خاکی[۲](یا سکوی شیب بُر خاکی)، به‌منظور مقابله با لنگر محرّک[۳]

۲) تحت فشار قرار دادنِ خاک[۴] یا استفاده از پیچ‌های مهاریِ سنگ[۵]، به‌منظور افزایش تنش مؤثرِ روی سطح گسیختگیِ بالقوّهٔ خاک، و درنتیجه، افزایش مقاومت برشی خاک

۳) قطع کردن سطوح گسیختگیِ بالقوّهٔ خاک با سپرها[۶]، شمع‌های درجا، یا ستون‌های اجراشده به روش تزریق فَوَرانی[۷]

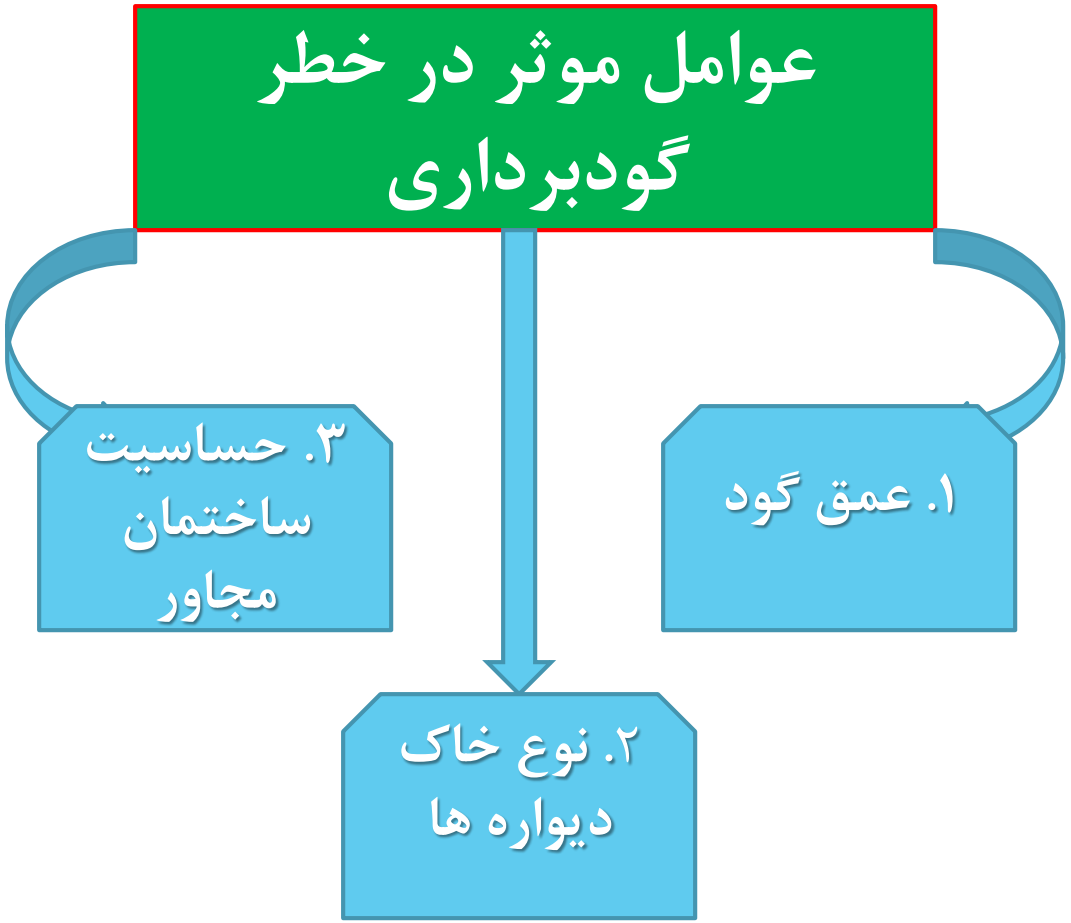
۴) تزریق در خاک، به‌منظور افزایش مقاومت برشی آن

۵) افزایش تنش قائمِ مؤثّر بر روی سطوح گسیختگیِ بالقوّهٔ خاک، ازطریق کاهشِ فشار آبِ منفذی[۸]، به‌کمک زهکشی

۶) بهبود مقاومت خاکِ مرکّب[۹]، ازطریق شیب‌بندی مجدّدِ شیروانی و تسلیح خاک، ازطریق جای‌گذاریِ آرماتور یا تسمه در داخل خاک و قطع سطوح گسیختگیِ بالقوّهٔ خاک با این آرماتورها یا تسمه‌ها

۷) استفاده از ژئوگرید[۱۰]، به‌منظور مهارسازی خاک و تسلیح آن (یعنی ایجاد خاک مسلّح)

۸) مهارکوبی در داخل خاک[۱۱]، و قطع سطوح گسیختگیِ بالقوّهٔ خاک با این مهارها (منظور از سطوح گسیختگیِ بالقوّهٔ خاک، سطوحی مسطّح یا قوسی هستند که احتمال لغزش خاک در امتداد این سطوح، و درنتیجه گسیختگی خاک) وجود دارد.



ارزیابی خطر گود برای هریک از دیواره های اطراف گود انجام شده و میزان خطر گود مربوط به بحرانی ترین قسمت در کل دیواره های گود خواهد بود

ارزیابی خطر گود

ارزیابی خطر گود به منظور واگذاری طراحی گودبرداری و تفویض مسئولیت‌ها به مرجع ذیصلاح که در بندها مشخص می‌شود انجام می‌گردد.

۷-۳-۳-۴-۱ جهت ارزیابی خطر گود قائم لازم است هر سه شرط تعیین شده برای هر دسته در جدول ۷-۳-۱ برقرار باشد. در صورتی که هر سه شرط مذکور با هم برقرار نباشد، خطر گود با توجه به شرطی تعیین می‌شود که خطر بیشتر را تعیین می‌کند. عمق h_c از رابطه ۷-۳-۱ محاسبه می‌شود.

$$h_c = \frac{۲c}{\gamma\sqrt{K_a}} - \frac{q}{\gamma} \qquad (۱-۳-۷)$$

$$K_a = \frac{۱-\sin\varphi}{۱+\sin\varphi} = \tan^۲\left(۴۵-\frac{\varphi}{۲}\right)$$

$(۱\,kPa = ۱۰۰\,kg/m^۲ = ۰/۰۱\,kg/cm^۲)$ $(۱\,kN/m^۳ = ۱۰۰\,kg/m^۳)$

که در آن:

h_c عمق بحرانی گودبرداری بر حسب متر، c چسبندگی خاک بر حسب کیلوپاسکال، γ وزن مخصوص خاک بر حسب کیلونیوتن بر مترمکعب، k_a ضریب فشار افقی زمین در حالت محرک و q تنش ناشی از سربار گود بر حسب کیلوپاسکال می‌باشد.

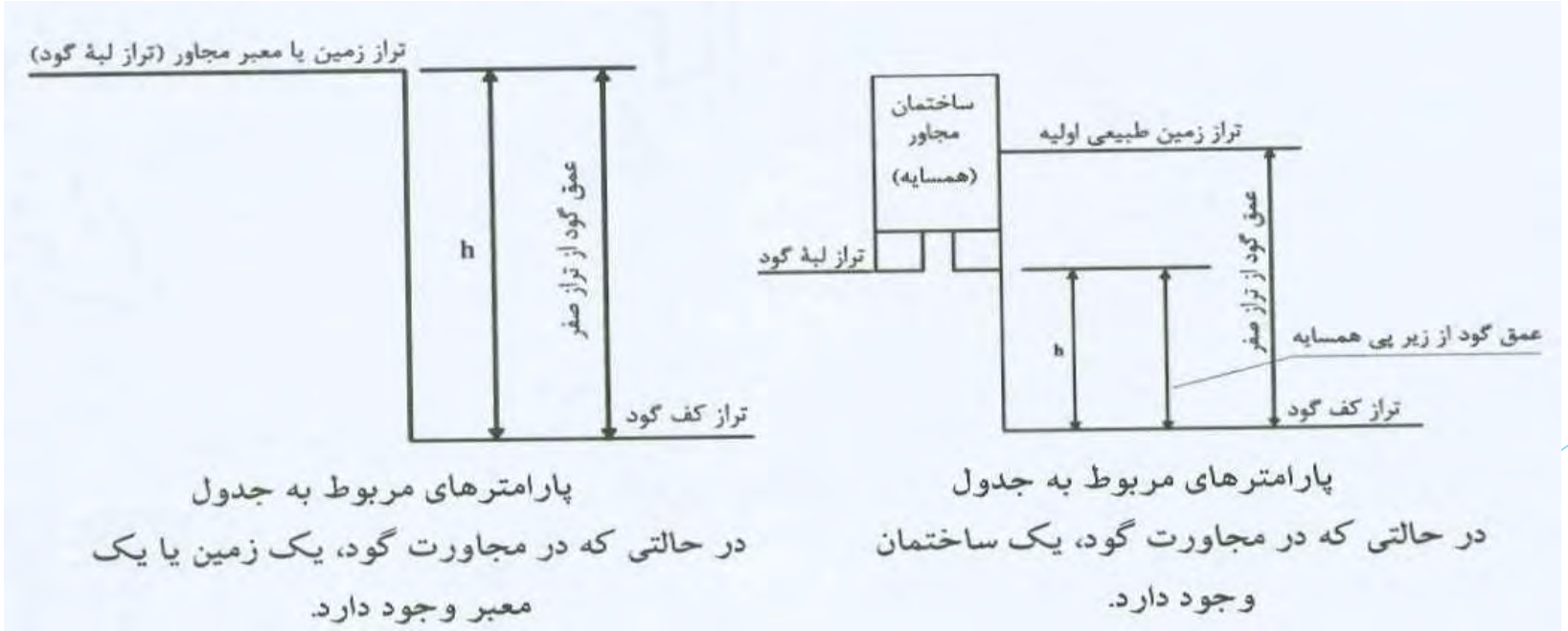
۷-۳-۳-۴-۲ اگر فاصله ساختمان مجاور از لبه گود کمتر از عمق گود باشد، کل بار ساختمان (q) در محاسبه h_c در نظر گرفته شود.

جدول ۷-۳-۱ ارزیابی خطر گود با دیوار قائم

مقدار $\frac{h}{h_c}$	عمق گود از تراز صفر	عمق گود از زیر پی همسایه	خطر گود
کمتر از ۰/۵	کمتر از ۶ متر	صفر	معمولی
بین ۰/۵ تا ۲	بین ۶ تا ۲۰ متر	بین صفر تا ۲۰ متر	زیاد
بیشتر از ۲	بیشتر از ۲۰ متر	بیشتر از ۲۰ متر	بسیار زیاد

h عمق گود مورد نظر است و h_c عمق بحرانی بر اساس تخمین اولیه c و ϕ به دست آید.

۷-۳-۳-۴-۴ اگر آب جاری باشد (تراوش) آنگاه همواره خطر گود زیاد یا بسیار زیاد می‌باشد.



پارامترهای مربوط به جدول در حالتی که در مجاورت گود، یک زمین یا یک معبر وجود دارد.

پارامترهای مربوط به جدول در حالتی که در مجاورت گود، یک ساختمان وجود دارد.

۷-۳-۳-۴-۴ اگر آب جاری باشد (تراوش) آنگاه همواره خطر گود زیاد یا بسیار زیاد می‌باشد.

۷-۳-۳-۴-۵ اگر خاکی که در آن گودبرداری انجام می‌شود دستی یا فاقد چسبندگی قابل اعتماد باشد، نمی‌توان خطر گود را معمولی در نظر گرفت.

۷-۳-۳-۴-۶ هر گونه ساختمان در مجاورت گود به عنوان "ساختمان حساس" ارزیابی می‌شود. چنانچه ساختمان فوق دارای یکی از مشخصات دو بند زیر باشد، به صورت "ساختمان بسیار حساس" ارزیابی می‌گردد.

الف- ساختمان بدون اسکلت و یا هر گونه ساختمان با نشانه آشکار علائم فرسودگی و ضعف زیاد در باربری.

ب- ساختمان‌هایی که به دلیل ارزش فرهنگی، تاریخی و یا حساسیت کارکرد و یا علل دیگر وقوع هر گونه نشست و تغییرشکل در آن‌ها با خسارات زیادی همراه است.

۷-۳-۳-۴-۷ جدول ۷-۳-۱ برای ساختمان مجاور گود در شرایطی معتبر است که آن ساختمان بسیار حساس نباشد. در صورتی که در اطراف گود سازه بسیار حساس باشد، خطر گود همواره بسیار زیاد در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۷-۳-۲ ارزیابی خطر گود با شیب پایدار

عمق گود	خطر گود
کمتر از ۹ متر	معمولی
بین ۹ تا ۲۰ متر	زیاد
بیش از ۲۰ متر	بسیار زیاد

شکل ۱۰-۳ عمق گود در جدول در حالتی که در مجاورت گود، یک ساختمان یا یک زمین یا یک معبر وجود دارد.

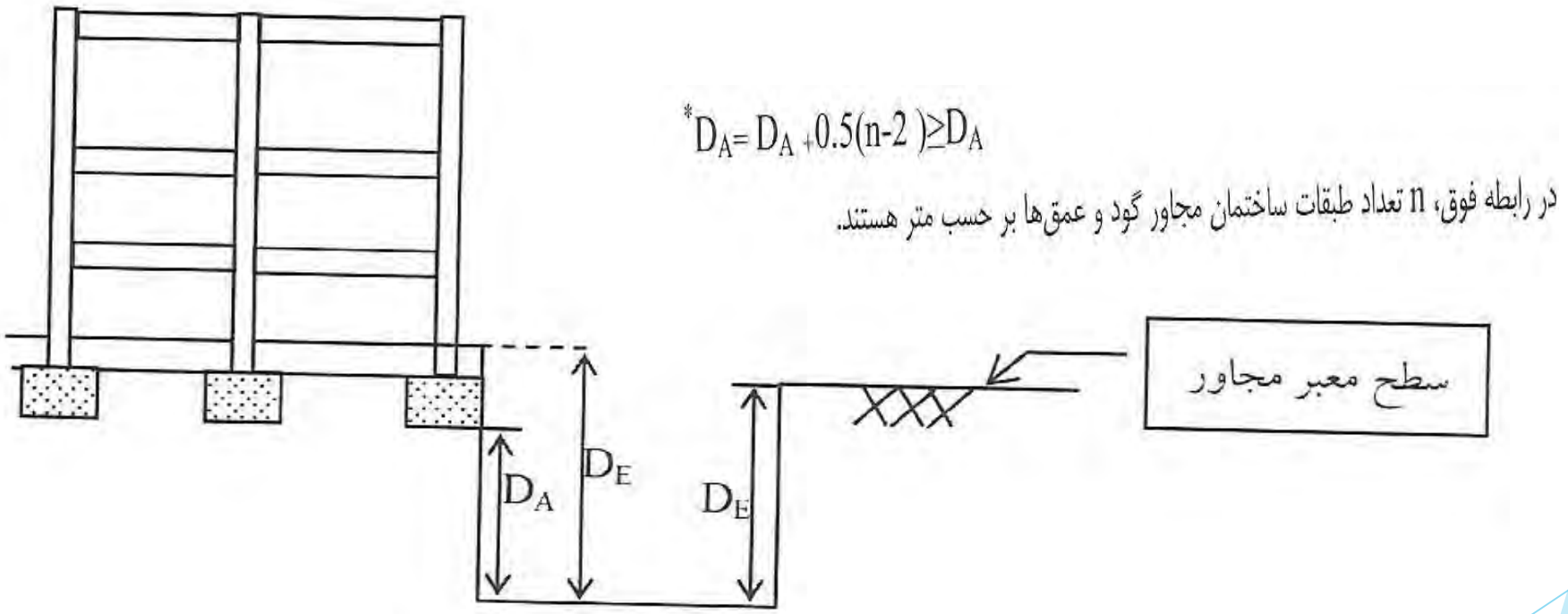
۷-۳-۳-۴-۹ در صورتی که خطر گود مطابق با جداول ۷-۳-۱ و ۷-۳-۲ معمولی باشد، مسئولیت طراحی گودبرداری بر عهده مهندس طراح ساختمان است. البته توصیه می‌شود مهندس طراح در پایدارسازی گود از یک متخصص ذیصلاح استفاده نماید.

۷-۳-۳-۴-۱۰ در صورتی که خطر گود مطابق با جداول ۷-۳-۱ و ۷-۳-۲ زیاد باشد، مسئولیت طراحی گودبرداری باید به عهده یک شرکت مهندسی ژئوتکنیک ذیصلاح واگذار شود.

۷-۳-۳-۴-۱۱ در صورتی که خطر گود مطابق با جداول ۷-۳-۱ و ۷-۳-۲ بسیار زیاد باشد و یا ساختمان مجاور گود به صورت بسیار حساس ارزیابی گردد، مسئولیت طراحی گودبرداری باید توسط یک شرکت مهندسی ژئوتکنیک ذیصلاح، عملیات پایدارسازی گود توسط پیمانکار ذیصلاح و نظارت بر اجرای پیمانکار توسط ناظر ذیصلاح انجام گردد. ضمناً تغییرشکل‌های افقی و قائم سازه مجاور و دیواره گود تا قبل از پایدارسازی دائم گود باید اندازه گیری و پایش شود.

❑ عمق گود

عمق موثر حفاری زیر پی (D_A^*)



شکل شماره ۱: تعاریف عمق گود

❑ خاک دیواره ها

سخت	متوسط	ضعیف
❑ سنگهای پایدار که گودبرداری قائم در آنها سبب ریزش دیواره نمی‌شود و خاکهای چسبنده با مقاومت فشاری تک محوری حداقل ۱/۵۰کیلوگرم بر سانتی متر مربع	❑ خاک چسبنده با مقاومت فشاری تک محوری بین ۰/۵۰ تا ۱/۵۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع ❑ خاک غیر چسبنده دانه ای شامل شن گوشه دار، سیلت ❑ سنگ خشک غیر پایدار	❑ خاک چسبنده با مقاومت زیر ۰/۵ ❑ سنگ غوطه ور ناپایدار ❑ خاکهای دانه ای شن و ماسه ❑ خاک دست خورده ❑ خاک دارای ترک

❑ حساسیت ساختمان مجاور

۱. ساختمانهای دارای پی و اسکلت کامل، مناسب و بدون علامت فرسودگی- با حساسیت متوسط هستند. این ساختمانها در صورت داشتن علائم فرسودگی حساس و در صورت زیاد بودن این علائم بسیار حساس ارزیابی می شوند.

۲. ساختمانهایی که احتمالا به ساختمان مورد نظر برای تخریب تکیه داشته و در صورت تخریب ساختمان مجاور بدون گودبرداری ممکن است آسیب ببیند خیلی حساس هستند. این وضعیت برای ساختمانهای دارای دیوار مشترک هم صادق است. نیز ساختمانهای دارای ارزش تاریخی

۳. برای سایر ساختمانها از جدول زیر

جدول شماره۱: تعیین حساسیت ساختمان مجاور گود

مشخصات و ضخامت دیوار / تعداد طبقات ساختمان		۱	۲	۳	۴ طبقه و بیشتر
دیوار متشکل از آجر یا بلوک با ملات ماسه و سیمان	۱۰cm	بسیارحساس	بسیارحساس	بسیارحساس	بسیارحساس
	۲۲cm	متوسط	حساس	حساس	بسیارحساس
	۳۵cm و بیشتر	متوسط	متوسط	حساس	بسیار حساس
دیوار متشکل از آجر یا بلوک با ملات‌های غیر از ماسه و سیمان یا متشکل از خشت و مصالح مشابه	۱۰cm	بسیارحساس	بسیارحساس	بسیارحساس	بسیارحساس
	۲۲cm	حساس	بسیارحساس	بسیارحساس	بسیارحساس
	۳۵cm و بیشتر	متوسط	حساس	حساس	بسیارحساس

ارزیابی و طبقه بندی خطر گود

جدول شماره۲: ارزیابی و طبقه بندی خطر گود

خطر گود	معمولی		زیاد		بسیار زیاد	
عمق گود[1] / نوع خاک[2]	D_A^*	D_E	D_A^*	D_E	D_A^*	D_E
سخت	۰ تا ۳متر	۰ تا ۶ متر	۳تا ۶ متر	۶تا ۹متر	بیش از ۶متر	بیش از ۹متر
متوسط	۰تا ۱متر	۰ تا۴/۵ متر	۱تا ۴/۵ متر	۴/۵تا ۷/۵متر	بیش از ۴/۵ متر	بیش از ۷/۵ متر
ضعیف	----	۰ تا ۳ متر	۰ تا ۱/۵ متر	۳تا ۴/۵ متر	بیش از ۱/۵ متر	بیش از ۴/۵ متر

- در صورت وجود ساختمان حساس یا بسیار حساس در مجاورت گود
- وجود جریان نشت آب در دیواره های گود حین گود برداری
- نزدیکی منبع ارتعاش به گود (قطار، مترو، راهسازی...)

درجه خطر یک درجه افزایش می یابد

سطوح مطالعات و حداقل اطلاعات لازم

جدول شماره۳: تعیین سطح مطالعه جهت ارزیابی خطر گود

موضوع / سطح خطر گود	سطح مطالعات	گمانه یا چاه دستی		حداقل مشخصات خاک	تحلیل ها				
		حداقل تعداد	حداقل عمق گمانه[۲]		گود و سازه نگهبان		ارزیابی ساختمان‌های مجاور در وضع موجود	اثر گود بر ساختمان‌های مجاور	
					تحلیل پایداری	تحلیل تغییر شکل		تحلیل پایداری	تحلیل تغییر شکل
معمولی	I	۱[۱]	۱/۲D_E	طبقه بندی خاک گود بر اساس دستورالعمل حاضر	روابط تجربی	روابط تجربی	- تخمین تجربی نشست‌های قبلی ساختمان، شرایط پایداری و تعیین کیفیت ساختمان	روابط تجربی	روابط تجربی
زیاد	II	۲	۱/۲D_E	تعیین پارامترهای مهندسی مورد نیاز[۳]	روابط تعادل حدی	روابط تجربی	- اندازه گیری نشست ها در صورت امکان - محاسبه تحلیلی نشست - مقایسه نشست‌های موجود با مقادیر مجاز - کنترل تحلیل ظرفیت باربری	روابط تعادل حدی	روابط تحلیلی
بسیار زیاد	III	۳	۱/۲D_E	تعیین پارامترهای مهندسی مورد نیاز[۳]	روابط تعادل حدی	روابط تحلیلی	مدلسازی سازه ای	روابط تعادل حدی	تحلیل تنش- تغییر شکل (مدلسازی عددی)

۱. در گودهای با خطر معمولی، **تشخیص ضرورت** حفر گمانه ژئوتکنیکی و انجام بررسی‌های لازم برای طرح گودبرداری به عهده مهندس محاسب می باشد.

۲. در صورت حساس بودن گودبرداری و یا ساختمان‌های مجاور نسبت به رفتار خاک مانند (نشست، تغییر شکل، تراوش و....)، گمانه های حفاری شده به تشخیص مشاور تا عمق مورد نیاز ادامه خواهند یافت. حداقل عمق گمانه نسبت به سطح معبر مجاور تعیین می شود.

۳. پارامترهای مهندسی مورد نیاز تحلیل مانند $C,\varphi,E,\ldots$ باید از طریق اندازه گیری در پروژه حاصل شده باشند.

بسم الله الرحمن الرحیم

مطالعات و شناسایی ژئوتکنیکی زمین

مطالعات و شناسایی ژئوتکنیکی زمین

- گردآوری اطلاعات ساختگاه شامل جنس و لایه بندی زیرزمین و تاریخچه ساختگاه
- شناسایی خصوصیات مهندسی شامل وضعیت مکانیکی لایه ها ، شرایط آب زیرزمینی و بررسی وجود مصالح و شرایط نامناسب جهت پایداری
- پیش بینی و شناسایی مشکلات احتمالی که در حین اجرای ساختمان و یا پس از آن از ناحیه زمین بروز نماید.

در شناسایی ژئوتکنیکی باید طوری مطالعه کرد که نیازمندیهای طراحی ،ساخت و تامین عملکرد سازه پیشنهادی فراهم گردد.

۷-۱-۳-۵ شناسایی‌های ژئوتکنیکی: به مجموعه اقدامات و مطالعاتی گفته می‌شود که منجر به شناخت مشخصات مهندسی لایه‌های زمین می‌شود. این اقدامات شامل بررسی نقشه‌های زمین شناسی و زمین شناسی مهندسی با مقیاس مناسب، بررسی گزارش لایه‌های زمین در ساختگاه‌های مجاور، بازدید از برش‌ها و مقاطع خاک موجود، انجام مطالعات ژئوفیزیک و ژئوتکنیک با حفر گمانه و انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی می‌باشد.

۷-۱-۳-۶ داده‌های ژئوتکنیکی: به متغیر برداشت شده از زمین ساختگاه گفته می‌شود.

۷-۱-۳-۷ گمانه: حفاری در زمین به منظور شناخت خواص مهندسی خاک می‌باشد. حفاری می‌تواند به صورت دستی با رعایت مسائل فنی و ایمنی خاص و یا با ماشین حفاری انجام شود.

۷-۱-۳-۸ طراحی ژئوتکنیکی: کلیه خدمات مهندسی که به منظور تعیین هندسه، کنترل پایداری، ایستایی و تغییرشکل‌های پی و بخش خاک زیر آن انجام می‌گیرد.

۷-۱-۳-۹ زمین مناسب: زمینی که با توجه به بار سازه مورد نظر، از باربری قابل قبول و نشست پذیری کم برخوردار باشد. اگر چنانچه اطلاعاتی از زمین مورد نظر قبل از شناسایی در دست نباشد، نمی‌توان زمین را مناسب فرض کرد.

۷-۱-۳-۱۰ لایه‌بندی پیچیده: لایه‌های خاک که شکل منحنی با شیب تند و با جنس متنوع باشند از قبیل در مجاورت گسل‌ها یا نزدیک رودخانه‌ها یا پای شیب‌ها بوده و تفسیر لایه‌بندی مشکل باشد. در سایر شرایط که لایه‌بندی یکنواخت است، لایه‌بندی ساده اطلاق می‌شود.

۷-۲-۲ شرایط نیاز به انجام عملیات شناسایی

۷-۲-۲-۱ در صورتی‌که تمام شرایط زیر برقرار باشد نیاز به انجام عملیات گمانه زنی نمی‌باشد و جمع آوری اطلاعات و بازدید محلی کفایت می‌نماید.

۷-۲-۲-۱-۱ داده‌های کافی از محدوده محل مورد نظر و زمین‌های با سازند زمین شناسی مشابه در دسترس باشند.

۷-۲-۲-۱-۲ ساختمان مورد نظر با اهمیت کم یا با اهمیت متوسط و با حداکثر ۴ طبقه باشد.

۷-۲-۲-۱-۳ ساختمان مورد نظر با مساحت اشغال کمتر از ۳۰۰ متر مربع باشد.

۷-۲-۲-۱-۴ در طراحی و اجرای ساختمان نیاز به گودبرداری به میزان کمتر از ۲ متر باشد.

۷-۲-۲-۱-۵ تعداد ساختمان‌ها زیاد (بیش از ۳ ساختمان مشابه و نزدیک به یکدیگر مانند شهرک‌ها، پروژه‌های انبوه‌سازی و غیره) نباشد.

۷-۲-۲-۱-۶ نوع زمین طبق مبحث ششم مقررات ملّی ساختمان (استاندارد ۲۸۰۰)، از نوع ۱ و ۲ نباشد.

۷-۲-۲-۱-۷ هیچکدام از شرایط ذیل نیز وجود نداشته باشد:

الف- احتمال مواجه شدن با خاک دستی در محل ساخت

ب- احتمال مواجه شدن با خاک‌های مسئله‌دار (مانند خاک‌های متورم شونده، خاک‌های با پتانسیل روانگرایی و خاک‌های رمبنده)

پ- سازه‌ای در مجاور محل مورد نظر که احتمال خسارت به آن وجود دارد.

ت- محل مورد نظر در منطقه خرد شده گسل اصلی واقع شده باشد.

ث- مناطقی با سطح آب زیر زمینی بالا (بر اساس بررسی‌های محلی)

۷-۲-۲-۲ حتی اگر فقط یکی از شرط‌های مندرج در بند ۷-۲-۲-۱ برقرار نباشد، آنگاه لازم است شناسایی‌های ژئوتکنیکی در محل مورد نظر مطابق بند ۷-۲-۳ انجام گیرد.

۷-۲-۳ شناسایی‌ها

به منظور انجام شناسایی ژئوتکنیکی زمین مورد نظر، لازم است موارد ذیل رعایت گردند.

۷-۲-۳-۱ طبقه بندی نوع خاک، بر مبنای مشاهدات، و آزمایش‌های مورد نیاز و متناسب با مصالح به دست آمده از حفاری گمانه یا چاهک یا هر شناسایی اکتشافی زیرسطحی در نقاط مناسب انجام شود.

۷-۲-۳-۲ آزمایشات لازم به منظور ارزیابی مقاومت برشی خاک، میزان باربری خاک، اثر تغییر رطوبت بر باربری خاک، تراکم پذیری و تورم‌زایی خاک، روانگرایی و سایر موارد متناسب با نوع و مکان پروژه باید انجام شود.

۷-۲-۳-۳ وسعت شناسایی زمین از قبیل تعداد و نوع حفاری، تجهیزات مورد استفاده برای حفاری و نمونه‌برداری، تجهیزات تحقیقات محلی و برنامه آزمایش‌های آزمایشگاهی باید توسط طراح صاحب صلاحیت تعیین شود.

۷-۲-۳-۴ اقدامات زیر برای تعیین فاصله گمانه‌ها یا چاهک‌های شناسایی بکار می‌رود.

۷-۲-۳-۴-۱ چنانچه گمانه زنی به منظور شناخت یک زمین جدید و بسیار بزرگ برای ساختمان سازی گسترده انجام شود (مثل شهرهای جدید):

الف- اگر لایه‌بندی زمین به صورت نسبی یکنواخت باشد، فاصله ۵۰ تا ۲۰۰ متر بین گمانه‌ها قابل قبول می‌باشد. انتخاب دقیق با توجه به اهمیت ساختمان و شرایط ژئوتکنیکی تعیین شود.

ب- اگر لایه‌بندی پیچیده باشد (مثل مجاور گسل‌ها، نزدیک رودخانه‌ها و کوه‌ها، زمین‌های بسیار ناهموار و دره‌ها)، فاصله حداکثر ۳۰ متر بین گمانه‌ها قابل قبول می‌باشد.

پ- اگر اطلاعات ژئوتکنیکی از ساختگاه‌های مجاور یا سازندهای زمین شناسی مشابه با زمین مورد نظر وجود دارد، فاصله بین گمانه‌ها می‌تواند بیشتر از مقادیر مندرج در بندهای۷-۲-۳-۴-۱- الف و ب و حداکثر تا دو برابر فواصل فوق باشد.

ت- اگر ساختمان با شرایط متفاوت سازه‌ای و یا با اهمیت بیشتر از دیگر ساختمان‌ها در مجموعه مورد نظر باشد، باید شناسایی خاص آن ساختمان انجام شود. ضوابط تعیین فاصله گمانه‌ها برای ساختمان‌های منفرد در بند ۷-۲-۳-۴-۲ آمده است.

۷-۲-۳-۴-۲ چنانچه گمانه زنی به منظور ساخت یک ساختمان منفرد انجام می‌شود:

الف- فاصله گمانه‌ها باید در حدود ۱۵ الی ۶۰ متر باشد.

ب- استفاده از جدول ۷-۲-۱ با توجه به اهمیت ساختمان‌ها مبنا قرار گیرد.

جدول ۷-۲-۱ جدول حداقل تعداد گمانه

مساحت	اهمیت ساختمان	شرایط زیرسطحی	تعداد گمانه
یک ساختمان منفرد با سطح اشغال کمتر از ۳۰۰ متر مربع	خیلی زیاد و زیاد	لایه‌بندی ساده و زمین مناسب	۲
		لایه‌بندی پیچیده یا زمین نامناسب	۳
	متوسط	لایه‌بندی ساده و زمین مناسب	۱
		لایه‌بندی پیچیده یا زمین نامناسب	۲
	کم	زمین مناسب یا نامناسب	۱
یک ساختمان منفرد با سطح اشغال ۳۰۰ الی ۱۰۰۰ مترمربع	خیلی زیاد و زیاد	لایه‌بندی ساده و زمین مناسب	۳
		لایه‌بندی پیچیده یا زمین نامناسب	۵
	متوسط	لایه‌بندی ساده و زمین مناسب	۲
		لایه‌بندی پیچیده یا زمین نامناسب	۳
	کم	زمین مناسب	۱
		زمین نامناسب	۲

برای سطح اشغال بیش از ۱۰۰۰ متر مربع، یک گمانه به ازای هر ۱۰۰۰ متر مربع به مقادیر تعداد گمانه اضافه می‌شود.

پ-۳ در صورتیکه ساختمان مورد نظر پس از ایجاد گودبرداری عمیق احداث شود، تعدادی گمانه برای گودبرداری نیز باید به تعداد گمانه‌های بالا اضافه شود.

ت- چنانچه بین فاصله گمانه‌ها و جدول ۷-۲-۱ تناقضی پیش آمد اعداد جدول حاکم می‌باشد.

۷-۲-۳-۴-۳ برای گودبرداری‌ها باید لایه‌های زمین در دیواره هر ضلع گود و در راستای عمود بر دیواره هر ضلع گود مشخص باشد. برای انجام تحلیل‌های پایداری و تغییرشکل در هر ضلع گود لازم است نیمرخ ژئوتکنیکی در دیواره هر ضلع گود و امتداد عمود بر آن تعیین گردد. هر چه گود عمیق‌تر باشد، وسعت منطقه‌ای که باید شناسایی شود (پلان) بیشتر از سطح اشغال ساختمان شود.

الف- در گودهای عمیق و شیروانی‌های بزرگ برای تعیین مقطع ژئوتکنیکی عمود بر هر ضلع، حفر حداقل ۳ گمانه (بالادست، پایین دست و روی شیب در صورت وجود) برای هر ضلع لازم است. گمانه‌هایی که در محل سطح اشغال ساختمان حفر می‌شود، می‌توانند مشخص کننده مشخصات خاک محل شیب و پایین دست آن باشد. شرایط خاک بالادست در محل سطح اشغال ساختمان همسایه می‌تواند متفاوت باشد و باید اطلاعات آن کسب شود.

ب- حداقل تعداد گمانه‌ها به شرح جدول ۷-۲-۱ برای شرایطی است که ساختمان بدون گودبرداری احداث می‌شود. در صورت نیاز به گودبرداری باید تعداد گمانه‌ها به شرح جدول ۷-۲-۲ اضافه شود.

جدول ۷-۲-۲ حداقل تعداد گمانه اضافی در گودبرداری‌ها

مساحت	عمق گود کمتر از ۱۰ متر	عمق گود ۱۰ تا ۲۰ متر
یک ساختمان تکی با سطح اشغال حداکثر ۳۰۰ متر مربع	۱گمانه	۲ یا ۳
ساختمان با مساحت ۳۰۰ الی ۱۰۰۰ مترمربع	۲ گمانه	۳ یا ۴

پ- برای گود با عمق بیش از ۲۰ متر، به ازای هر ۱۰ متر عمق اضافی گود، یک گمانه به تعداد گمانه جدول ۷-۲-۲ اضافه می‌گردد تا به ۳ گمانه به ازای هر ضلع طبق بند ۷-۲-۳-۴-۳ الف برسد.

۷-۲-۳-۵ عمق گمانه‌ها

۷-۲-۳-۵-۱ اگر نشست در طراحی پی بر روی زمین مورد نظر تعیین کننده باشد، آنگاه لازم است که عمق حداقل یک گمانه بیش از عمقی باشد که افزایش تنش ناشی از بار ساختمان در آن عمق به کمتر از هر یک از دو معیار زیر می‌رسد، هر عمقی بیشتر شد ملاک می‌باشد:

۱) ۱۰درصد تنش موثر زمین در آن عمق

۲) ۱۰درصد تنش ناشی از ساختمان بر کف پی (که با توجه به منحنی‌های حباب تنش، عمق برای پی مربعی بین ۲B تا ۲/۵B و برای پی نواری بین ۳B تا ۴B باید باشد).

۷-۲-۳-۵-۲ اگر ظرفیت باربری زمین و گسیختگی برشی خاک زیر پی تعیین کننده باشد، عمق گمانه با توجه به نظریه های ظرفیت باربری باید بین B تا ۱/۵B باشد.

۷-۲-۳-۵-۳ در دو بند بالا B عرض ساختمان یا پی می‌باشد که باید به صورت ذیل به دست آید:

۱) ساختمان با پی‌های منفرد: اگر فاصله لب به لب دو پی مجاور بیشتر از مجموع عرض آن دو پی باشد، B را عرض یک پی در نظرگرفته و در غیر این صورت عرض کل ساختمان به عنوان B تعیین می‌شود.

۲) ساختمان با پی‌های نواری: اگر فاصله لب به لب دو پی مجاور بیشتر از ۱/۵ برابر مجموع عرض آن‌ها باشد، B را عرض یک پی در نظر گرفته و در غیر این صورت عرض کل ساختمان به عنوان B تعیین می‌شود.

۳) ساختمان با پی گسترده: عرض کل پی گسترده به عنوان B تعیین می‌شود.

۷-۲-۳-۵-۴ نکاتی که باید در تعیین عمق گمانه رعایت شود:

۱) اگر احداث ساختمان با گودبرداری همراه باشد، عمق گود به عمق گمانه به دست آمده در بند ۷-۲-۳-۵ باید اضافه شود.

۲) اگر عمق مورد نیاز برای شناسایی زمین خیلی کم باشد، می‌توان از روش‌های شناسایی دستی مانند آزمایش‌های برجای نفوذ مخروط و کاوشگر دینامیکی به جای گمانه زنی استفاده کرد.

۳) حفر حداقل یک چاهک جهت مشاهده بافت خاک در هر پروژه ضروری است. اگر عمق چاهک کافی باشد می‌تواند جایگزین حفر یک گمانه شود.

۴) در صورتی که قبل از رسیدن به عمق نهایی گمانه به یک بستر سنگی یا لایه خیلی متراکم با ضخامت قابل توجه برخورد شود می‌تواند عمق گمانه کمتر شود.

۵) گمانه مورد نظر باید حداقل تا به زیر نهشته‌هایی که برای پی مناسب نیستند (مانند خاک دستی) ادامه یابد.

۶) در هر حالت عمق یک گمانه نباید کمتر از ۶ متر زیر پی باشد، مگر در مواردی که گمانه قبل از ۶ متر به لایه سخت رسیده باشد.

۷) در حفر گمانه اگر به لایه سنگ برخورد شود باید حداقل یکی از گمانه‌ها تا ۳ متر در لایه سنگ نفوذ کند تا وجود بستر سنگی اثبات شود.

۸) در مواردی که از شمع‌های متکی بر نوک در لایه سخت، متراکم یا سنگ استفاده می‌شود، باید عمق گمانه به حدی باشد که از وجود آن لایه تا عمق کافی زیر نوک شمع اطمینان حاصل شود. به عبارت دیگر، تعداد و عمق گمانه‌ها باید به نحوی انتخاب شود که احتمال وجود یک لایه ضعیف در زیر یک لایه سخت، متراکم یا سنگ با ضخامت کمتر از ۳ متر از بین برود. همچنین در مواردی که بخشی از سنگ هوازده می‌باشد، عمق گمانه باید تا حدی باشد که به زیر بخش لایه هوازده سنگ برسد.

۷-۲-۵ آزمون‌های آزمایشگاهی

آزمون‌های آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های خاک و سنگ به دست آمده از ساختگاه پروژه انجام شده و نتایج آن باید در مقایسه با سایر آزمایش‌ها و مشاهدات مورد استفاده قرار گیرند. این آزمون‌ها باید مطابق با استانداردهای شناخته شده ملّی و بین‌المللی معتبر مصوب انجام گیرد.

۷-۲-۶ آزمون‌های درجا (محلی)

آزمون‌های درجا به عنوان بخش مهمی از شناسایی‌های ژئوتکنیکی زمین باید مورد توجه قرار گیرد. انواع متداول این آزمایش‌ها و نوع خاک‌هایی که هر کدام از این آزمون‌ها کاربرد دارند و همچنین روش انجام آن‌ها باید مطابق با استانداردهای ملّی و یا بین‌المللی معتبر مصوب باشد.

۷-۲-۷ گزارش‌ها

۷-۲-۷-۱ پس از انجام شناسایی‌های ژئوتکنیکی لازم است گزارش کامل آن‌ها ارائه شود. نتایج آزمون‌های انجام شده باید به دو صورت خام و پردازش شده گزارش شوند.

۷-۲-۷-۲ گزارش توصیفی از شناسایی‌های ژئوتکنیکی باید حداقل شامل موارد ذیل باشد:

۱) نقشه محل گمانه یا حفاری.

۲) شرح تمام نمونه های گرفته شده از خاک و سنگ با ذکر تاریخ نمونه گیری.

۳) شرح تمام لایه‌های خاک و سنگ.

۴) سطح آب زیرزمینی در صورت مشاهده با ذکر تاریخ برداشت

۵) نتایج تمام آزمایش‌های محلی و آزمایشگاهی با ذکر تاریخ انجام آزمایشات

۷-۲-۷-۳ گزارش مهندسی از شناسایی‌های ژئوتکنیکی باید علاوه بر موارد مندرج در گزارش توصیفی، شامل حداقل موارد ذیل باشد:

۷-۲-۷-۳-۱ توصیه‌هایی برای نوع پی و معیار طراحی که حداقل شامل موارد:

۱) ظرفیت باربری خاک (در حالت طبیعی و متراکم با توجه به شرایط پروژه)

۲) ارائه تمهیداتی که باعث کاهش اثرات خاک‌های متورم شونده، روانگرایی، نشست غیر یکنواخت و ناهمگنی خاک شود. ارزیابی احتمال وقوع روانگرایی باید مطابق با مبحث ششم مقررات ملّی ساختمان (استاندارد ۲۸۰۰) و یا سایر آیین نامه‌های بین‌المللی معتبر مصوب باشد.

۷-۲-۷-۳-۲ تخمین نشست کل و نشست غیر یکنواخت

۷-۲-۷-۳-۳ اطلاعات مورد نیاز برای طراحی شمع‌ها در صورت لزوم

۷-۲-۷-۳-۵ خواص تراکم مصالح و نحوه آزمایش آن‌ها

۷-۲-۷-۳-۶ تعیین نوع زمین بر اساس مبحث ششم مقررات ملّی ساختمان (استاندارد ۲۸۰۰)

۷-۲-۷-۳-۷ شیب گودهای کم عمق برای پی‌کنی

۷-۲-۷-۳-۸ ارائه نیمرخ طراحی زمین و پیشنهاد مقادیر متغیرهای زمین جهت استفاده طراح پی

۷-۲-۷-۳-۹ فشار خاک پشت سازه‌های نگهبان.

۷-۲-۷-۳-۱۰ نوع سیمان مصرفی برای بتن مجاور خاک با توجه به شرایط محیطی و عناصر شمیایی موجود در آب و خاک لایه های ساختگاه.

پایش و کنترل گود برداریها

۷-۳-۴ پایش و کنترل

در گودبرداری‌های با خطر بسیار زیاد لازم است رفتار سازه‌ها و دیوار گود مورد پایش دقیق قرار گردد و نتایج پایش بطور منظم تفسیر شده تا در صورت نیاز اقدامات اصلاحی انجام پذیرد.

در گودبرداری‌ها، تمامی شرایط و محیط گودبرداری را تحت پایش[1] و کنترل و بررسیِ مداوم قرار داد. از جملهٔ این پایش‌ها، که بسته به شرایط و ابعاد گوناگون گود، ممکن است تمام یا برخی از آن‌ها را به کار بُرد، عبارتند از:

۱) بررسی و کنترل و تحلیلِ هرگونه ترکِ ایجادشده در سطحِ زمین‌های مجاور گود
۲) بررسی و کنترل و تحلیلِ هرگونه ترکِ ایجادشده در دیوارهٔ گود
۳) بررسی و کنترل و تحلیلِ هرگونه ترکِ ایجادشده در معابر مجاور گود
۴) بررسی و کنترل و تحلیلِ هرگونه ترکِ ایجادشده در دیوارها و کف‌ها و سقف‌های ساختمان‌های مجاور گود
۵) بررسی و کنترل و تحلیلِ هرگونه فرونشستِ ایجادشده در سطح زمین‌ها یا معابر مجاور گود
۶) بررسی و کنترل و تحلیلِ هرگونه برآمدگی و پُشته کردن کف گود
۷) بررسی و کنترل و تحلیلِ هرگونه جوشش آب از کف گود
۸)بررسی و کنترل و تحلیلِ هرگونه شکم‌دادگی و برآمدگی دیوارهٔ گود
۹) بررسی و کنترل و تحلیلِ هرگونه تغییرمکان افقی و قائمِ خاکِ دیوارهٔ گود، با استفاده از انواع ابزارهای دقیقِ خاص.

هدف ابزار گذاری و پایش

۱) **تأیید پارامترهای طرّاحی: مطابق بند ۷-۳-۴-۱-۱ مبحث هفتم مقرّرات ملّی ساختمان (پی و پی‌سازی)، ویرایش ۱۳۹۲**، اطّلاعاتِ به‌دست‌آمده از ابزار دقیق، به‌منظور صحّت‌سنجیِ[1] رفتار گودها، شیب‌ها، دیوارها، نشست‌ها و تغییرمکان‌هایِ پی‌ها، و نظایر آن‌ها در طول و پس از ساخت، برای مقایسه با مقادیرِ پیش‌فرضِ حین طرّاحی، استفاده می‌شود، و درصورت مغایرت، از داده‌های جدید برای طرّاحی استفاده می‌گردد.

۲) **ارزیابی عملکرد در طول ساخت و ساز: مطابق بند ۷-۳-۴-۱-۲ مبحث هفتم مقرّرات ملّی ساختمان (پی و پی‌سازی)، ویرایش ۱۳۹۲**، از ابزاردقیق برای نظارت بر عملکرد ساخت گودها، شیب‌ها، سازه‌های نگهبان، پی‌ها، سازه‌های مجاور، و غیره، که ممکن است تحت تأثیر روش ساخت قرار گیرند، استفاده می‌شود.

۳) **ارزیابی عملکرد سازه‌های موجود: مطابق بند ۷-۳-۴-۱-۳ مبحث هفتم مقرّرات ملّی ساختمان (پی و پی‌سازی)، ویرایش ۱۳۹۲**، ابزاردقیق می‌تواند به عنوان کنترلی برای ارزیابی وضعیّت سازه‌ها، به‌منظور بازسازی و یا در شرایط حسّاس استفاده شود.

۴) **تشخیص روند کوتاه‌مدّت و بلندمدّت: مطابق بند ۷-۳-۴-۱-۴ مبحث هفتم مقرّرات ملّی ساختمان (پی و پی‌سازی)، ویرایش ۱۳۹۲**، پیش از آنکه مشکلات بالقّوه در طول زمان توسّط ناظران قابل‌مشاهده باشد، ابزاردقیق می‌تواند نشانه‌های اوّلیّهٔ رفتار سازه در دوره‌های کوتاه‌مدّت و بلندمدّت را نشان دهد.

۵) **ایمنی:** مطابق بند ۷-۳-۴-۱-۵ مبحث هفتم مقرّرات ملّی ساختمان (پی و پی‌سازی)، ویرایش ۱۳۹۲، ابزاردقیق می‌تواند به‌عنوان اوّلین علامت هشداردهنده از یک وضعیّت بالقوّهٔ ناامن به‌کار رود. ابزاردقیق و پایش می‌تواند نقش مهمّی در کاهش نگرانی‌های عمومی از نظر ایمنی در مناطق اطرافِ محل ساخت‌وساز ایفا کند.

۶) **حمایت قانونی:** مطابق بند ۷-۳-۴-۱-۶ مبحث هفتم مقرّرات ملّی ساختمان (پی و پی‌سازی)، ویرایش ۱۳۹۲، نتایج ابزاردقیق می‌تواند به‌عنوان سندی معتبر، رابطهٔ بین تأثیر ساخت‌وساز بر سازه‌های اطراف را نشان دهد. درصورت دادخواهی، داده‌های ابزاردقیق می‌تواند به‌منظور اثبات یا رَد ارتباط آسیب در مناطق اطرافِ محلِ موردنظر با فعّالیّت‌های ساخت‌وساز، مورد استفاده قرار گیرد.

این ابزارها به طور معمول شامل نشست‌سنج‌ها[۲]، کشش‌سنج‌ها[۳]، انحراف‌سنج‌ها[۴]، کجی‌سنج‌ها[۵]، سلول‌های بارگذاری[۶]، پیزومترها[۷]، شتاب نگارها[۸]، و غیره می‌باشند.

۷-۳-۴-۶ مسئولیت طراحی، اجرا و نظارت پایش

الف- طراح گودبرداری مسئولیت انتخاب ابزار و طراحی آرایش آن‌ها برای پایش را بر عهده دارد.

ب- پیمانکار گودبرداری مسئول تامین، نصب، قرائت، پردازش، اعلام خطر و انجام اقدامات فوری می‌باشد.

پ- ناظر پروژه مسئول نظارت بر حسن انجام مراحل پایش است. توصیه می‌شود نظارت بر عملیات گودبرداری و پایش توسط متخصص یا شرکت ژئوتکنیکی ذیصلاح انجام گیرد.

ت- در گودهای با خطر معمولی و زیاد چنانچه شرایطی وجود داشته باشد که طراح انجام پایش را ضروری بداند لازم است عملیات پایش انجام پذیرد.

۷-۳-۴ پایش و کنترل

در گودبرداری‌های با خطر بسیار زیاد لازم است رفتار سازه‌ها و دیوار گود مورد پایش دقیق قرار گردد و نتایج پایش بطور منظم تفسیر شده تا در صورت نیاز اقدامات اصلاحی انجام پذیرد.

۳-۱ خاک

خاک[۱] یا زمین[۲]، عموماً به معنای مصالحی طبیعی است که در فرآیند گودبرداری با آن سروکار داریم. شرایط خاک از یک کارگاه به کارگاه دیگر می‌تواند متفاوت باشد. خاک‌ها ممکن است نامتراکم[۳]، بخشاًسیمانی‌شده[۴]، آلی[۵] و یا غیرآلی[۶] باشند. بااین‌وجود، بسیاری از خاک‌ها مخلوطی از دانه‌ها و ذرات سیمانی‌نشده هستند. یکی از استثنائات در این زمینه، بسیاری از سنگ‌های سخت‌اند که پس از گودبرداری و درمعرض‌هواقرارگرفتن، باز هم سخت باقی می‌مانند.

۳-۲ طبقه‌بندی خاک‌ها از نظر مکانیکی

همان‌گونه‌که در فصل اوّل نیز دیدیم، خاک‌ها را از نظر مکانیکی به دو دستهٔ کلّی طبقه‌بندی می‌کنند: خاک‌های غیرچسبنده[۷] یا دانه‌ای[۸] یا اصطکاکی[۹]، و خاک‌های چسبنده[۱۰]. c و φ دو پارامتر مشخّصهٔ مکانیکی اصلی خاک‌ها هستند که معمولاً عمومِ رفتارهای مکانیکی خاک‌ها را می‌توان به آن‌ها نسبت داد.

خاک و تقسیم بندی آن

خاک:به هرتوده متشکل از ذرات کانیهای ناپیوسته ویا با پیوند ضعیف، خاک اطلاق می‌شود.

خاکها به دو گروه خاک‌های ریزدانه و خاک‌های درشت‌دانه تقسیم می‌شوند.

این تقسیم بندی بر اساس اندازه ذرات و خواص خمیری خاک‌ها انجام می‌گردد.

خاکهای درشت دانه : شن و ماسه **خاک‌های ریزدانه: رس ولای**

شن	ذرات خاک > ۴/۷۵ میلیمتر
ماسه	۴/۷۵ میلیمتر >ذرات خاک > ۰/۰۷۵ میلیمتر
لای	۰/۰۷۵ میلیمتر >ذرات خاک > ۰/۰۰۲ میلیمتر
رس	۰/۰۰۲ میلیمتر >ذرات خاک

پارامترهای مکانیکی خاک

خاکها دارای دو پارامتر عمده مقاومتی هستند:

- چسبندگی (C)
- زاویه اصطکاک داخلی (φ)

هرچه خاک درشت دانه‌تر باشد نقش زاویه اصطکاک داخلی در مقاومت آن بیشتر است. هر چه خاک ریزدانه‌تر باشد اثر چسبندگی در مقاومت آن بیشتر است. خاکهای درشت دانه فاقد چسبندگی هستند و در خاکهای ریزدانه نیز چسبندگی با افزایش رطوبت کاهش پیدا کرده و با اشباع شدن توده خاک به صفرمی‌رسد.

۳-۳ پارامتر مکانیکی اصلی خاک‌های غیرچسبنده یا دانه‌ای (φ)

φ پارامتر مشخّصهٔ اصلی مکانیکی خاک‌های غیرچسبنده یا دانه‌ای‌است و از نظر دیمانسیون، بر حسب زاویه بیان می‌شود. واحد متداولِ φ، درجه است. پارامترφ را «زاویهٔ اصطکاک داخلی»[11] خاک می‌نامند. φ در اصل و اساساً، میزان قفل‌وبست بین دانه‌های خاک (و نه اصطکاک بین این دانه‌ها) را نشان می‌دهد. زِبری سطح تماسِ بین دانه‌های خاک و اصطکاکِ بین این دانه‌ها، فقط یکی از عوامل مؤثّر بر میزان قفل‌وبست بین دانه‌های این‌گونه خاک‌ها است.

برخی از عوامل عمدهٔ مؤثّر بر φ عبارتند از:

۱) شکل دانه‌های خاک (کُروی یا میله‌ای یا صفحه‌ای بودنِ شکلِ حجمی آن‌ها)
۲) بافت سطحی یا اصطکاک سطح دانه‌های خاک (زبر یا صاف بودن سطح خارجی دانه‌ها)
۳) میزان تراکم و فشردگی خاک
۴) خیس یا خشک بودن سطح دانه‌های خاک
۵) دانه‌بندی خاک

۳-۴ پارامتر مکانیکی اصلی خاک‌های چسبنده (c)

c پارامتر مشخّصهٔ مکانیکی اصلیِ خاک‌های چسبنده‌است و نشان‌دهندهٔ میزان تنش برشی یا نیروی اصطکاک در واحد سطحِ گسیختگی در این نوع خاک‌ها است. مقدار c، یعنی مقاومت چسبندگیِ بین خاک‌های دو طرفِ یک سطح داخلیِ خاک، فقط به جنس این نوع خاک‌ها بستگی دارد، و تابعی از نیروی عمود بر سطح مزبور نیست. چسبندگی، ناشی از نیروی جاذبه‌ای است که بین ذرّات این نوع خاک‌ها وجود دارد. این ویژگی خاک را «چسبندگی»[1]، و پارامتر c را «مقاومت چسبندگی»[2] و یا به‌عبارت ساده‌تر، «چسبندگی» می‌نامند. c دارای دیمانسیونِ نیرو بر سطح است.

جداول کاربردی پارامترهای خاک

جدول ۳-۲- مقادیر تخمینی c و ϕ و γ خاکها

ردیف	نوع و گروه خاک	چسبندگی خاک c (kg/cm^2)	زاویهٔ اصطکاک داخلی خاک ϕ (درجه)	وزن مخصوص ظاهری و موجود γ (gr/cm^3)
۱	شن شکسته، بدون ناخالصی، با تراکم کم	-	۴۰ تا ۴۴	۱/۶۵ تا ۱/۸۷
۲	شن و ماسه شکسته، بدون ناخالصی، با تراکم کم	-	۳۸ تا ۴۰	۱/۶۵ تا ۱/۷۵
۳	مخلوط شن و ماسهٔ طبیعی، بدون ناخالصی، با دانه بندی منظم و گسترده و تراکم متوسط	-	۳۴ تا ۳۷	۱/۷۲ تا ۱/۸۲
۴	مخلوط شن و ماسهٔ طبیعی با دانه بندی منظّم و گسترده و تراکم متوسط، و با ۵ تا ۱۲ درصد ناخالصی سیلیسی و رسی	۰/۲۵ تا ۰/۵۰	۳۲ تا ۳۶	۱/۷۴ تا ۱/۸۴
۵	مخلوط شن و ماسهٔ طبیعی با تراکم متعارف (متوسط)، و با ناخالصی ۱۲ تا ۲۵ درصد لای و رس، و با دانه بندی نامنظّم	۰/۴۰ تا ۰/۸۰	۳۰ تا ۳۲	۱/۶۸ تا ۱/۷۸
۶	ماسه با دانه بندی منظّم و گسترده بدون ناخالصی، و با تراکم متوسط	-	۳۲ تا ۳۵	۱/۶۵ تا ۱/۷۵
۷	ماسه با دانه بندی متوسط و ریز، با ۵ تا ۱۲ درصد ناخالصی لای و رس، با تراکم متوسط، و با دانه بندی نامنظّم	۰/۲۵ تا ۰/۵۰	۲۸ تا ۳۲	۱/۶۲ تا ۱/۷۲
۸	ماسه با تراکم متوسط، و مخلوط با لای	۰/۲۵ تا ۰/۷۰	۲۷ تا ۳۱	۱/۶۰ تا ۱/۷۰
۹	ماسه با تراکم متوسط، و مخلوط با لای و رس	۰/۲۵ تا ۰/۸۰	۲۵ تا ۳۰	۱/۵۸ تا ۱/۶۶
۱۰	لای بدون چسبندگی و بدون ناخالصی رسی، و با تراکم متوسط	۰/۱۰ تا ۰/۲۵	۲۶ تا ۲۸	۱/۶۰ تا ۱/۷۰
۱۱	مخلوط لای و رس، با ۵ تا ۱۲ درصد ناخالصی ماسه ای ریز، و با تراکم متوسط	۰/۲۵ تا ۰/۶۵	۲۲ تا ۲۴	۱/۵۸ تا ۱/۶۶
۱۲	مخلوط لای و رس، بدون ناخالصی ماسه ای، و با تراکم متوسط	۰/۵۰ تا ۱/۰۰	۱۸ تا ۲۲	۱/۵۶ تا ۱/۶۴
۱۳	رس با ناخالصی لای	۰/۵۰ تا ۱/۵۰	۱۲ تا ۱۸	۱/۵۴ تا ۱/۶۲
۱۴	رس	۰/۵۰ تا ۲/۵۰	۰ تا ۱۶	۱/۵۲ تا ۱/۶۲

Table 1.7 Typical values for secant modulus of elasticity†

Soil	E_s ksi	E_s kg/cm^2
Clay		
Very soft	0.05–0.4	3–30
Soft	0.2–0.6	20–40
Medium	0.6–1.2	45–90
Hard	1–3	70–200
Sandy	4–6	300–425
Glacial fill	1.5–22	100–1600
Loess	2–8	150–600
Sand		
Silty	1–3	50–200
Loose	1.5–3.5	100–250
Dense	7–12	500–1000
Sand and gravel		
Dense	14–28	800–2000
Loose	7–20	500–1400
Shales	20–2000	1400–14,000
Silt	0.3–3	20–200

†After Bowles, Ref. 4.

Table 1.8 Typical values for Poisson's ratio for various materials†

Type of soil	μ
Clay, saturated	0.4–0.5
Clay, unsaturated	0.1–0.3
Sandy clay	0.2–0.3
Silt	0.3–0.35
Sand (dense)	0.2–0.4
Coarse (void ratio = 0.4–0.7)	0.15
Fine-grained (void ratio = 0.4–0.7)	0.25
Rock	0.1–0.4 (depends on type of rock)
Loess	0.1–0.3
Ice	0.36
Concrete	0.15

†After Bowles, Ref. 4.

جدول ۴ـ۱ مقادیر تخمینی c و φ و γ انواع خاک‌ها

ردیف	نوع و گروه خاک	چسبندگی خاک، c (kg/cm^2)	زاویهٔ اصطکاک داخلی خاک، φ (درجه)	وزن مخصوص ظاهری و موجود، γ (gr/cm^3)
۱	شن شکسته، بدون ناخالصی، با تراکم کم	–	۴۰ تا ۴۴	۱/۶۵ تا ۱/۸۷
۲	شن و ماسه شکسته، بدون ناخالصی، با تراکم کم	–	۳۸ تا ۴۰	۱/۶۵ تا ۱/۷۵
۳	مخلوط شن و ماسهٔ طبیعی، بدون ناخالصی، با دانه‌بندی منظّم و گسترده و تراکم متوسّط	–	۳۴ تا ۳۷	۱/۷۲ تا ۱/۸۲
۴	مخلوط شن و ماسهٔ طبیعی با دانه‌بندی منظّم و گسترده و تراکم متوسّط، و با ۵ تا ۱۲ درصد ناخالصی لای و رس	۰/۲۵ تا ۰/۵۰	۳۲ تا ۳۶	۱/۷۴ تا ۱/۸۴
۵	مخلوط شن و ماسهٔ طبیعی با تراکم متعارف (متوسّط)، و با ناخالصی ۱۲ تا ۲۵ درصد لای و رس، و با دانه‌بندی نامنظّم	۰/۴۰ تا ۰/۸۰	۳۰ تا ۳۲	۱/۶۸ تا ۱/۷۸
۶	ماسه با دانه‌بندی منظّم و گسترده، بدون ناخالصی رس و لای، و با تراکم متوسّط	–	۳۲ تا ۳۵	۱/۶۵ تا ۱/۷۵
۷	ماسه با دانه‌بندی متوسّط و ریز، با ۵ تا ۱۲ درصد ناخالصی لای و رس، با تراکم متوسّط، و با دانه‌بندی نامنظّم	۰/۲۵ تا ۰/۵۰	۲۸ تا ۳۲	۱/۶۲ تا ۱/۷۲
۸	ماسه با تراکم متوسّط، و مخلوط با لای	۰/۲۵ تا ۰/۷۰	۲۷ تا ۳۱	۱/۶۰ تا ۱/۷۰
۹	ماسه با تراکم متوسّط، و مخلوط با لای و رس	۰/۲۵ تا ۰/۸۰	۲۵ تا ۳۰	۱/۵۸ تا ۱/۶۶
۱۰	لای بدون چسبندگی و بدون ناخالصی رسی، و با تراکم متوسّط	۰/۱۰ تا ۰/۲۵	۲۶ تا ۲۸	۱/۶۰ تا ۱/۷۰
۱۱	مخلوط لای و رس، با ۵ تا ۱۲ درصد ناخالصی ماسه‌ای ریز، و با تراکم متوسّط	۰/۲۵ تا ۰/۶۵	۲۲ تا ۲۴	۱/۵۸ تا ۱/۶۶
۱۲	مخلوط لای و رس، بدون ناخالصی ماسه‌ای، و با تراکم متوسّط	۰/۵۰ تا ۱/۰۰	۱۸ تا ۲۲	۱/۵۶ تا ۱/۶۴
۱۳	رس با ناخالصی لای	۰/۵۰ تا ۱/۵۰	۱۲ تا ۱۸	۱/۵۴ تا ۱/۶۲
۱۴	رس	۰/۵۰ تا ۲/۵۰	۰ تا ۱۶	۱/۵۲ تا ۱/۶۲

ارزیابی روابط تجربی موجود بین N و φ

تا کنون روابط تجربی مختلفی بین زاویه اصطکاک داخلی خاک و نتایج آزمایش نفوذ استاندارد ، در مراجع مختلف علمی ارائه شده است که بر اساس نتایج آزمون نفوذ استاندارد ، مقادیر زاویه اصطکاک داخلی خاک تخمین زده می شود. در جدول شماره (۱) به تعدادی از این روابط اشاره گردیده است .

جدول ۱- همبستگی بین N و φ

No.	Reference	φ(°)	Note
1	Ohazaki et al (1959)	$\sqrt{20N}+15$	[2]
2	Peck (1974)	0.3N+27	[2]
3	Peck & Hanson & Thornbarn (1974)	$0.4N-0.002N^2+26.5$	Uncorrected N-values[3]
4	Peck & Hanson & Thornburn (1974)	$0.3N_{cor}-0.00054N_{cor}^2+27.1$	Corrected SPT-values[3]-(wolf,1989)
5	Dunham	$\sqrt{12N}+15$	[2]
6	Hatanaka &Uchida (1996)	$\sqrt{15N_{60}}+20$	[4]
7	Fukui & Shioi (1982)	$\sqrt{18N_{70}}+15$	Japanese Railway Standards [5]
8	Fukui & Shioi (1982)	$0.36N_{70}+27$	Japanese Railway Standards [5]
9	Bowles (1996)	$0.4N_{70}+20$	[5]
10	Fazeli &Mahmodipour (2009)	$0.27N_{60}+27$	$N \leq 70$

در بررسی روابط تجربی مندرج در جدول فوق، نکات زیر حائز اهمیت می باشد:

الف- روابط فوق الذکر عموماً برای خاک های یک منطقه خاص با ابزار سنجی و آزمایش های متداول در آن منطقه و بر اساس تعداد محدودی آزمایش بدست آمده اند.

ب- روابط فوق دارای پراکندگی قابل ملاحظه ای بوده بطوریکه به ازای یک N مشخص ، جوابهای متفاوتی ارائه می نمایند.

ج- معادله ریاضی عمومی حاکم بر روابط فوق بصورت $y = ax + b$ ویا $y = ax^n + b$ می باشد ($b \geq 15$).

د- در استفاده از روابط تجربی فوق الذکر، محدودیت ها و شرایط کاربرد معادلات و همخوانی وتطبیق آن با پروژه های مورد نظر ، مورد توجه واقع گردد.

بسم الله الرحمن الرحیم

تسلیح و بهسازی خاک

خاکهای مساله دار

- **خاک های نرم و شل** – Soft and Loose Soils

ماسه، لجن، لای و رس اشباع

- **خاک های انبساطی** – Expansive Soils

رس های آهک دار، رس های دارای مقدار زیادی کانی ایلیت

- **خاک های رمبنده یا فروریزشی** – Collapsible soils

خاک های ماسه‌ای ولای متخلخل، ماسه های هوازده کنار ساحل، خاک لوس Loess یا بادرفتی

انواع خاکهای مساله دار

خاکهای رسی

- خاکهای رسی نرم و تراکم پذیر
- خاکهای واگرا
- خاکهای متورم شونده

خاکهای دانه ای

- خاکهای رمبنده
- خاکهای روانگرا

(Niigata, Japan, 1964)

راهکارهای پیش رو در مواجهه با خاک های مسئله دار

- اجتناب از محل مورد نظر برای پروژه
- طراحی سازه مورد نظر متناسب با شرایط موجود
- برداشت و جایگزینی خاک مسئله دار
- تلاش برای تغییر خصوصیات خاک موجود

- **بهسازی** – Improvement

تغییر در خواص فیزیکی، رفتاری و مقاومتی خاک بدون نصب عناصر غیر خاکی

- **تسلیح** – Reinforcement

استفاده از یک یا چند عنصر غیرخاکی و نصب آن ها درون محیط خاک

- **بهبود** – Treatment

بهسازی یا تسلیح خاک پس از اتمام یک پروژه ژئوتکنیکی (در صورت بروز مشکل برای شرایط خاک)

هدف از بهسازی خاک

- افزایش مقاومت و ظرفیت باربری
- کاهش فرسایش
- کاهش نشست
- کاهش تراکم پذیری
- کاهش جمع شدگی و تورم
- کنترل تراوایی، کاهش فشار آب حفره ای، تغییر جهت نشت
- کاهش آلودگی و جلوگیری از واکنشهای فیزیکی، شیمیایی مضر ناشی از شرایط محیطی
- کاهش استعداد روانگرایی
- کاهش تغییر خصوصیات مصالح قرضه و یا خاک شالوده
- کاهش عمق آب زیرزمینی
- پایدار سازی(افزایش ضریب اطمینان در مسایل پایداری گودها)

فاکتورهای تاثیر گذار در انتخاب روش بهسازی

- نوع و درجه بهسازی مورد نیاز
- نوع خاک، ساختار زمین شناسی، شرایط تراوش
- اقتصاد
- دسترسی به تجهیزات، مصالح و کیفیت کار مورد نیاز و نیروی ماهر
- محدودیت زمانی
- امکان آسیب به سازه های مجاور و یا آلودگی منابع آب زیرزمینی
- دوام مصالح مورد استفاده
- سمی و خورنده بودن افزودنی های شیمیایی
- قابلیت استفاده مجدد اجزاء
- قابلیت اطمینان روشهای تحلیل و طراحی
- امکان کنترل ساخت و اندازه گیری کارائی

تقسیم بندی روشهای بهسازی

- **تقسیم بندی روشهای بهسازی از لحاظ اجراء**
  - ✓ بهسازی مکانیکی
  - ✓ اصلاح هیدرولیکی
  - ✓ تثبیت فیزیکی شیمیایی
  - ✓ اصلاح حرارتی
  - ✓ بهسازی الکتریکی
- **تقسیم بندی روشهای بهسازی از لحاظ عمق**
  - ✓ بهسازی در سطح
  - ✓ بهسازی در عمق

- **تقسیم بندی روشهای بهسازی از لحاظ اعمال نیرو**
  - ✓ استاتیکی
  - ✓ دینامیکی
- **تقسیم بندی روشهای بهسازی از لحاظ نحوه بهسازی**
  - ✓ داخلی
  - ✓ خارجی
- **تقسیم بندی روشهای بهسازی از لحاظ سرعت اجراء**
  - ✓ کند – Preloading
  - ✓ تند – Sand Drain

تکنیک های بهسازی خاک

- عملیات خاکی
- متراکم سازی
- بهسازی فیزیکی- شیمیایی
- مسلح سازی

General Soil Treatment Methods							
1	Sheet piling	11	Sump pumping	21	Surcharge fills	31	Soil nailing
2	Slurry trenches	12	Wellpoint systems	22	Pre-wetting	32	Cement-clay grouts
3	Diaphragm walls	13	Bored shallow wells	23	Hydrocompaction	33	Silicate grouts
4	Bored pile walls and secant piles	14	Deep-bored filter wells	24	Vibrocompaction	34	Resin grouts
5	Thin, grouted membranes	15	Jet eductor systems	25	Dynamic compaction	35	Compaction grouting
6	Freezing	16	Vacuum dewatering	26	Compaction piles	36	Jet grouting
7	Filter drains	17	Dynamic static or Rollers	27	Particulate grouting	37	Cement & lime stabilization
8	Drainage galleries	18	Electrical stabilization	28	Blasting	38	Mix-in-place piles
9	Sand and band drains	19	Preloading	29	Mechanical compaction	39	Heating
10	Lime columns	20	Vibro replacement stone columns	30	Reinforced earth	40	Remove and replace

روشهای معمول بهسازی خاک

- کارهای خاکی
- تراکم سطحی
- تراکم دینامیکی
- استفاده از مواد افزودنی
- بهسازی گیاهی
- تراکم ویبره – شناوری در عمق
- اختلاط عمیق خاک
- تزریق
- ستون های سنگی
- انفجار
- زهکشی
- پیش فشردگی از طریق پیش بارگذاری
- سیستم های حرارتی
- بهسازی الکتریکی
- تسلیح خاک

عملیات خاکی – برداشت خاک مسأله دار با حفاری، جابجایی یا جایگزینی

- **در موارد سطحی :**

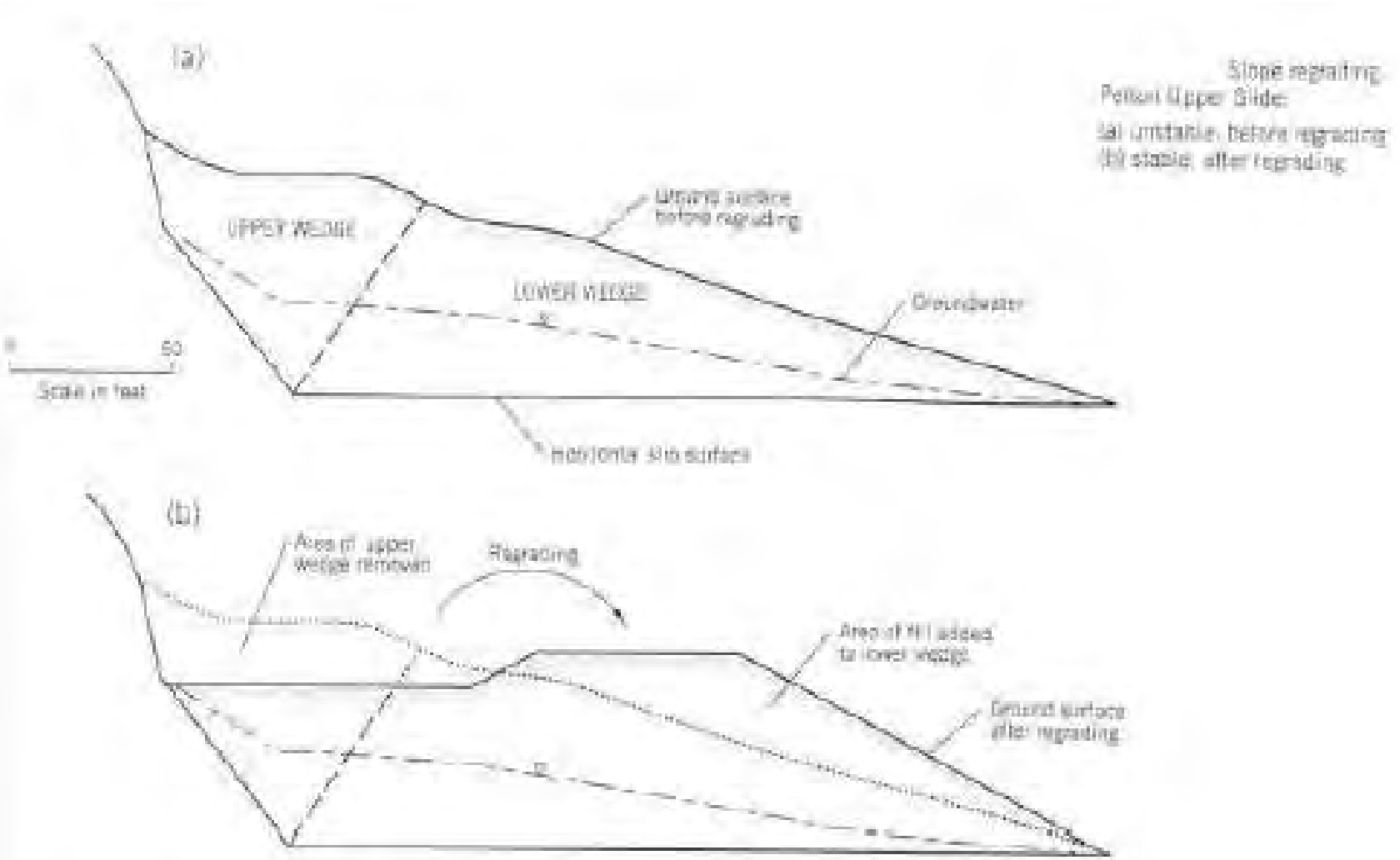
برداشت خاک مسئله دار، بهسازی و بازگشت آن به محل

- **در شیب ها :**

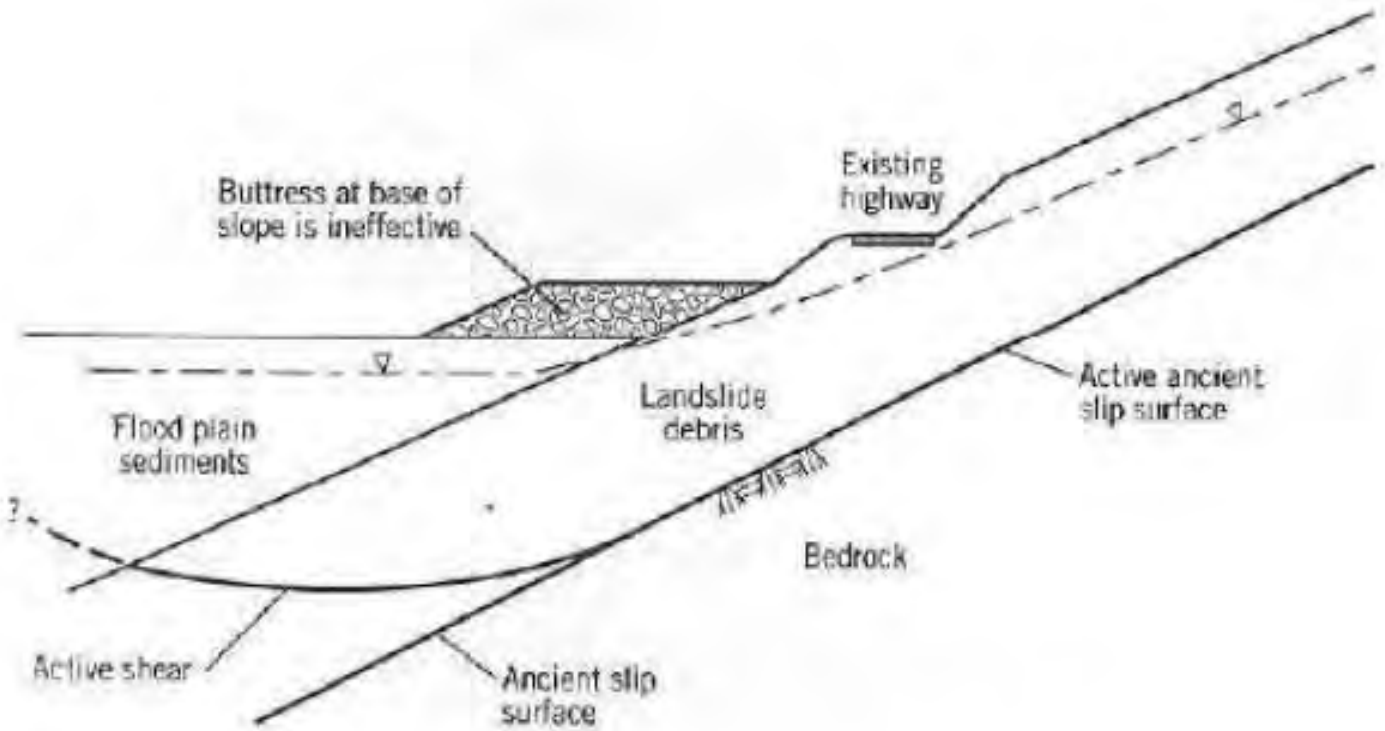
برداشت خاک از قسمت محرک (تاج) و خاکریزی در قسمت مقاوم شیب (پنجه)

- **پی های شناور:**

چنانچه لایه های نشست پذیر و یا ضعیف تا عمق قابل توجهی وجود داشته و استفاده از شمع هم امکان پذیر نباشد می توان پی گسترده سازه را در اعماق پائین تر مستقر و با برداشت خاک حاصل از گودبرداری با بار ثقلی حاصله از روسازه مقابله، و یا حتی فشار روسازه با میزان خاک حاصل از حفاری معادل نمود.



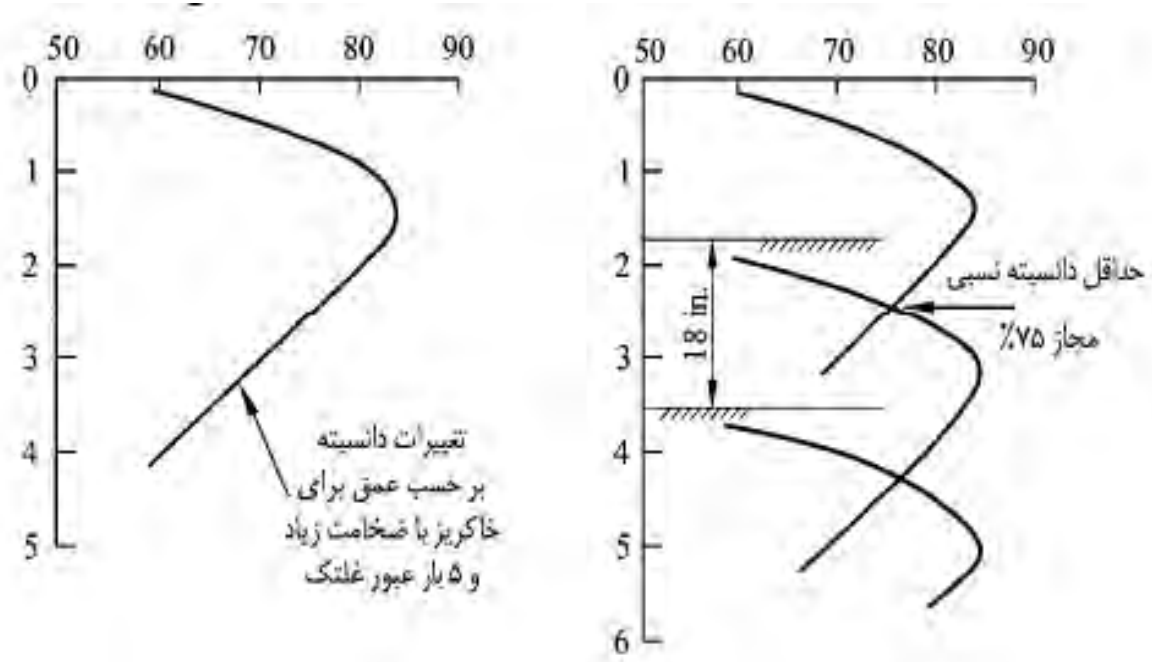
Slope regrading: (a) unstable: before regrading, (b) stable: after regrading



Ineffective location of buttress where the slip surface passes deep below the slope base

تراکم سطحی

- متراکم سازی با وزن و ارتعاش غلتکها در لایه های شل سطحی و ساخت خاکریزها
- محدوده کاربرد در اکثر خاکها

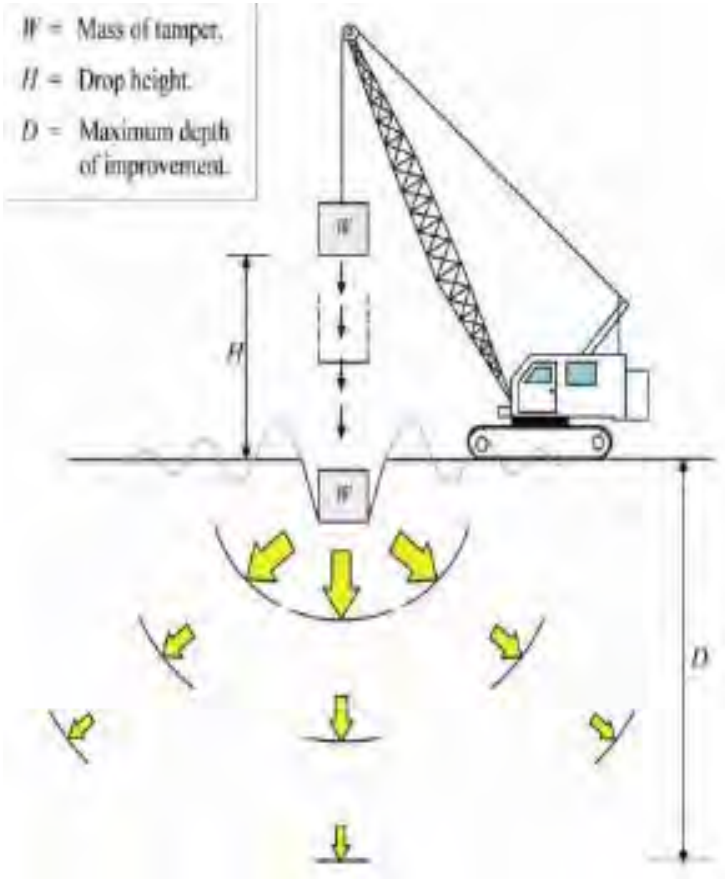


منحنی‌های تیپ‌تراکم برای انواع خاک‌ها و محدودهٔ تأثیر غلتک‌ها در عمق

BOMAG

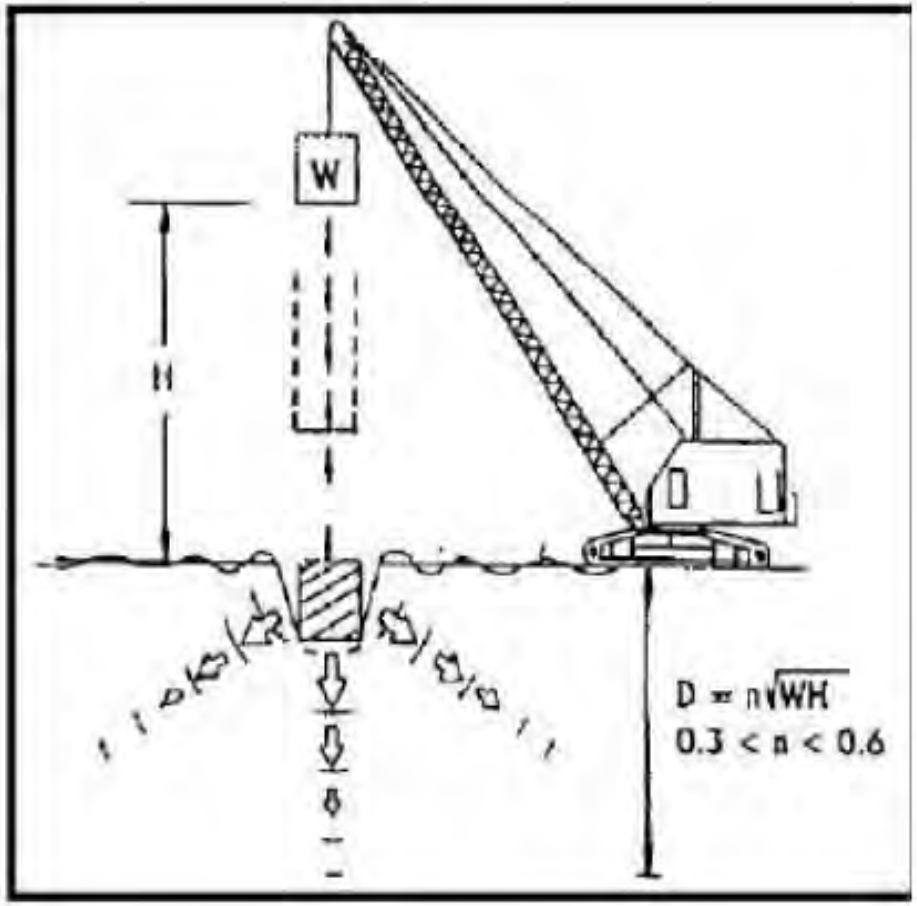
TURBOMAX

Dynamic Compaction or Heavy Tamping –**تراکم دینامیکی**

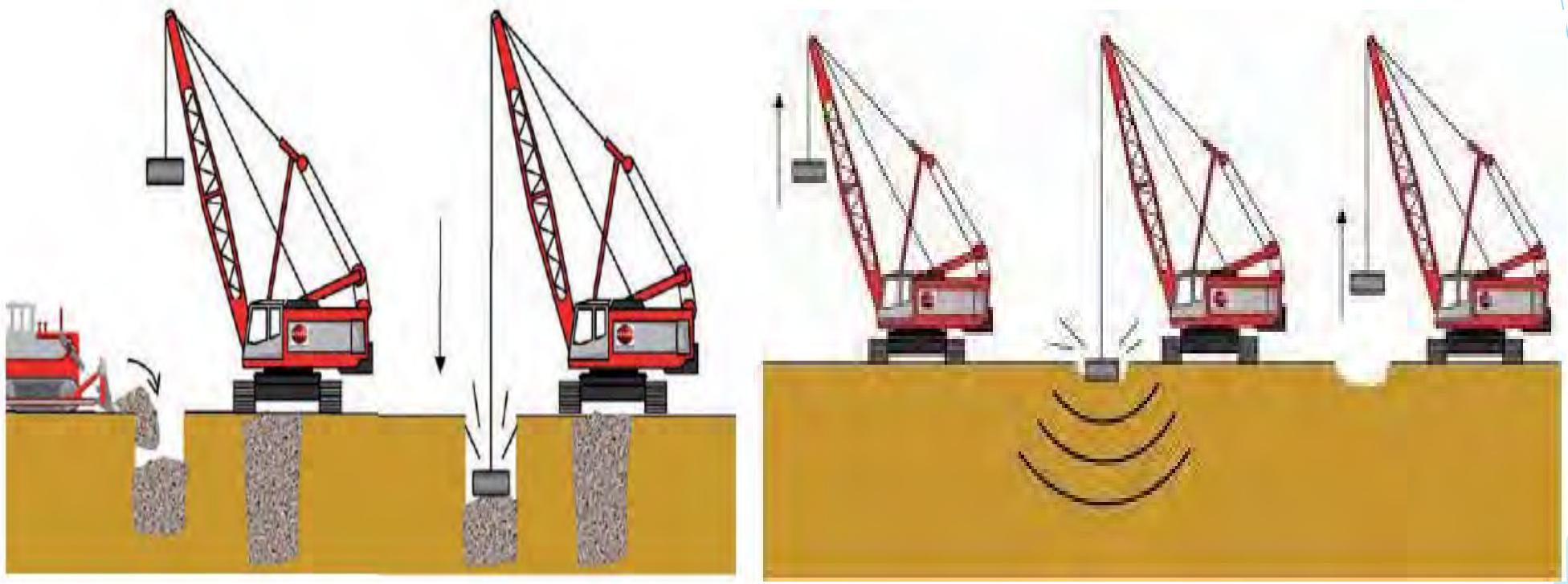


- پرتاب وزنه های سنگین (معمولا ۱۰ تا ٤۰ تن از ارتفاع زیاد (معمولا ۱۰ تا ۳۰ متر) به صورت سقوط آزاد از جرثقیل‌ها و یا توسط کمپکترهای بزرگ و حصول نشست آنی.
- کاربرد برای انواع خاک ها و تا عمق ۲۰ متر
- در خاکهای ریزدانه به دلیل زمان زیاد برای حذف فشار حفره‌ای ممکن است کارایی لازم را نداشته باشد.
- محدودیت در محیطهای مسکونی و فاصله نزدیک سازه‌ها به دلیل سروصدا، گرد و غبار و ارتعاش

Tamper mass	Up to 170 t
Fall	Up to 22 m
Compaction effect	TO 40 m depth
Spacing	To 14 m



Schematic illustration
of dynamic compaction



تثبیت با افزودنیها – Admixtures

کاربرد برای انواع خاکها و در اعماق سطحی.

- **هدف استفاده از افزودنی‌های شیمیایی**

✓ بهبود یا کنترل پایداری حجم (کنترل تورم و انقباض)

✓ بهبود مقاومت و تغییر خصوصیات تنش- کرنش

✓ کاهش نفوذ پذیری خاک

- **مواد مورد استفاده در تثبیت خاک**
- مواد غیر آلی شامل آهک و سیمان پرتلند
- مواد آلی شامل اکریل آمیدها، رزین‌های پلی استر و قیر

تثبیت با سیمان

- در اکثر فعالیتهای عمرانی از سیمان پرتلند نوع ۱ استفاده میشود. از سیمان نوع ۲ در موارد زیر استفاده می‌شود:

الف) خاک حاوی بیش از ٪۱۰ و کمتر از ٪۲۰ سولفات باشد.

ب) آب زیر زمینی در تماس با مواد تثبیت شده بیشتر از ۱۵۰۰ppm یون سولفات نداشته باشد.

- بطور کلی چنانچه دامنه خمیری خاک بیشتر از ۳۰ باشد عمل اختلاط خاک با سیمان دشوار بوده و تثبیت بخوبی انجام نمی گیرد. در اینگونه موارد چنانچه تثبیت خاک با سیمان همچنان مد نظر باشد بهتر است که برای پایین آوردن خواص خمیری خاک ابتدا از آهک و سپس از سیمان برای تثبیت خاک استفاده شود.
- عملیات تراکم برای لایه های روسازی بعد از آنکه آب به مخلوط خاک و سیمان اضافه شد باید در مدت حداکثر ۳ ساعت به پایان رسد.

تثبیت با آهک و سیمان

کلیه خاکهایی که عاری از مواد آلی و شیمیایی و همچنین حاوی کمتر از ۰/۱ درصد سولفات باشند و پس از اصلاح با آهک دارای دامنه خمیری کمتر از ۳۰ باشند برای تثبیت مرکب با آهک و سیمان مناسب هستند.

تثبیت با آهک و قیرآبه

کلیه خاکهایی پس از اصلاح با آهک دارای دامنه خمیری کمتر از ٦ و همچنین حاصلضرب دامنه خمیری و درصد عبوری از الک شماره ۲۰۰ آنها کمتر از ٦۰ باشد برای تثبیت مرکب با آهک و قیرآبه مناسب هستند.

تثبیت با آهک

- آهک اصولا برای تثبیت خاکهای ریزدانه که دامنه خمیری آنها بزرگتر از ۱۰ و خاکهای رسی خیلی خمیری ۳۵< PI مناسب است.
- آهک برای تثبیت خاکهائی که حاوی مقدار بیش از دو درصد مواد آلی و همچنین حاوی مقدار بیش از نیم درصد سولفات قابل حل در آب می باشند مناسب نیست.
- وجود مواد آلی در خاک باعث جلوگیری از افزایش PHخاک می شود. : اگر به اندازه ۲۰ درصد وزن خشک خاک، گچ به آهک زنده یا آهک شفته اضافه شود می توان خاکهای آلی را نیز با آهک تثبیت کرد، مشروط بر آنکه رطوبت طبیعی اینگونه خاکها خیلی زیاد نباشند.

- بطور کلی خاکهایی که در طبقه بندی یونیفاید در گروه‌های SP-SC,CH,CL,MH,GW-GC,GP-GC,GM-GC, SC,SM-SC,SM,SW-SC قراردارند قابلیت تثبیت شدن با آهک را دارا هستند.
- خاکهایی که PH آنها کمتر از ۷ است و یا حاوی مقدار بیش از یک درصد مواد آلی کربن دار هستند واکنش خوبی با آهک ندارند.
- خاکهای واکنش زا با آهک، پس از تثبیت با آهک و عمل آمدن به مدت ۲۸ روز در گرمای ۲۰ درجه سانتیگراد بیش از ۳/۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع افزایش مقاومت فشاری تک محوری از خود نشان میدهند.
- خاکهایی که افزایش مقاومتشان پس از اختلاط با آهک و عمل آمدن کمتر از ۳/۵۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع باشد خاکهای بدون واکنش محسوب می‌شوند.

HAYWARD BAKER
321C LCR

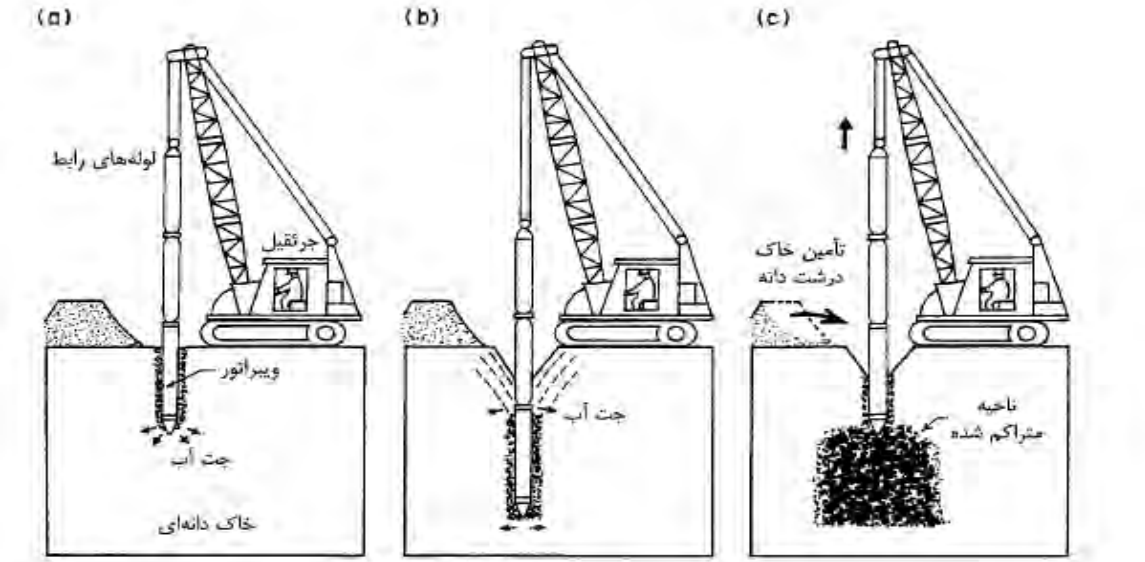
تراکم ویبره‌ای در عمق یا تراکم ویبره‌ای شناوری

- روش تراکم ارتعاشی از حدود سال های ۱۹۳۰ در اروپا و ۱۹۷۰ در آمریکا و سایر نقاط جهان جهت اصلاح عمیق خاک های دانه‌ای، چسبنده و مخلوط توسط مهندسان مورد استفاده قرار گرفته است، هر چند سابقه تاریخی استفاده از این روش به سال های ۱۸۳۰ در فرانسه بر می‌گردد.
- موسسه آزاد راه‌های آمریکاFWHA آئین نامه ای را تحت عنوان «طراحی و ساخت ستونهای سنگی» در مورد تئوری، روشهای طراحی و اجرای این روش در سال ۱۹۸۳ منتشر کرده است.

تراکم ویبره‌ای در عمق یا تراکم ویبره‌ای شناوری

Vibro compaction improved the bearing capacity of the loose, sandy soils and mitigated liquefaction potential for construction

- طی اجرای این روش در خاک های سست، در نقاط معلوم و در یک شبکه منظم، ستون های متراکمی که دارای دانه بندی مناسبی نیز می باشند، ایجاد می گردد که در حقیقت از جایگزینی و متراکم شدن جزئی و نسبی توده خاک موجود ساختگاه و مصالح شن و ماسه ای با دانه بندی مناسب، حاصل شده اند.
- کاربرد در خاک های دانه ای با کمتر از ۲۰ مصالح ریزدانه.

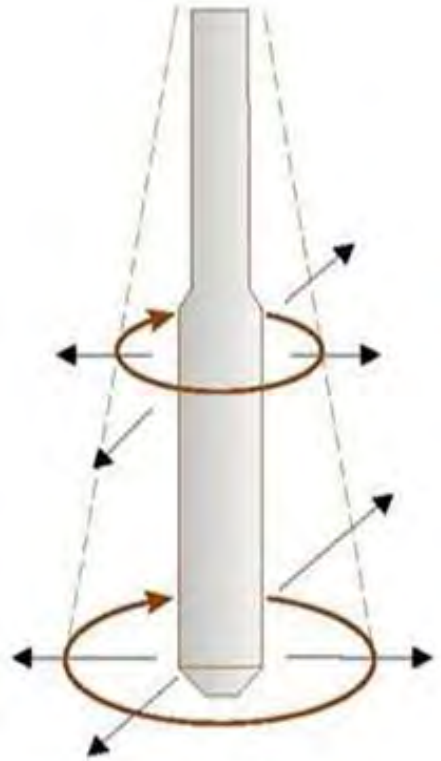


چگونگی بهسازی توسط ویبره شناوری

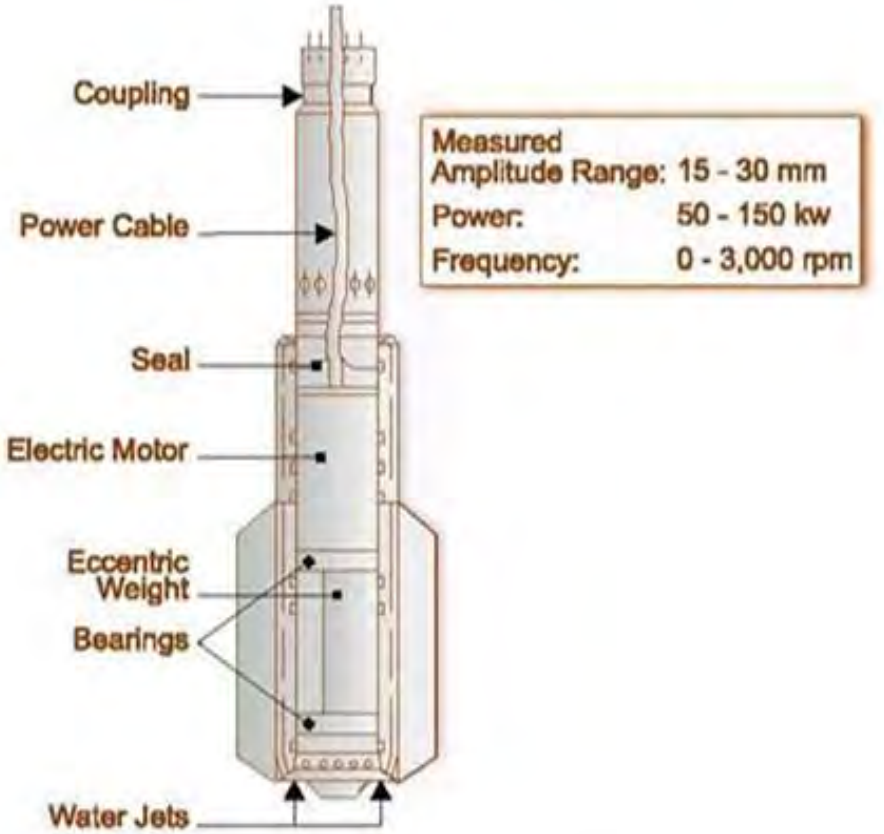
Boring	Vibrating & Reinforcing with Gravel	Granular Platform

تجهیزات اصلی اجرای ستون های شنی

المان میله‌ای مرتعش با قطر ۳۰ تا ۴۰ سانتیمتر، طول ۲ تا ٤ متر و وزن ۲ تا ۳ تن می‌باشد که درون خاک فرو میرود. فرکانس ارتعاش افقی و در برخی موارد قائم، این میله مرتعش که به نامهای متعددی نظیر Probe



Vibrator Motion



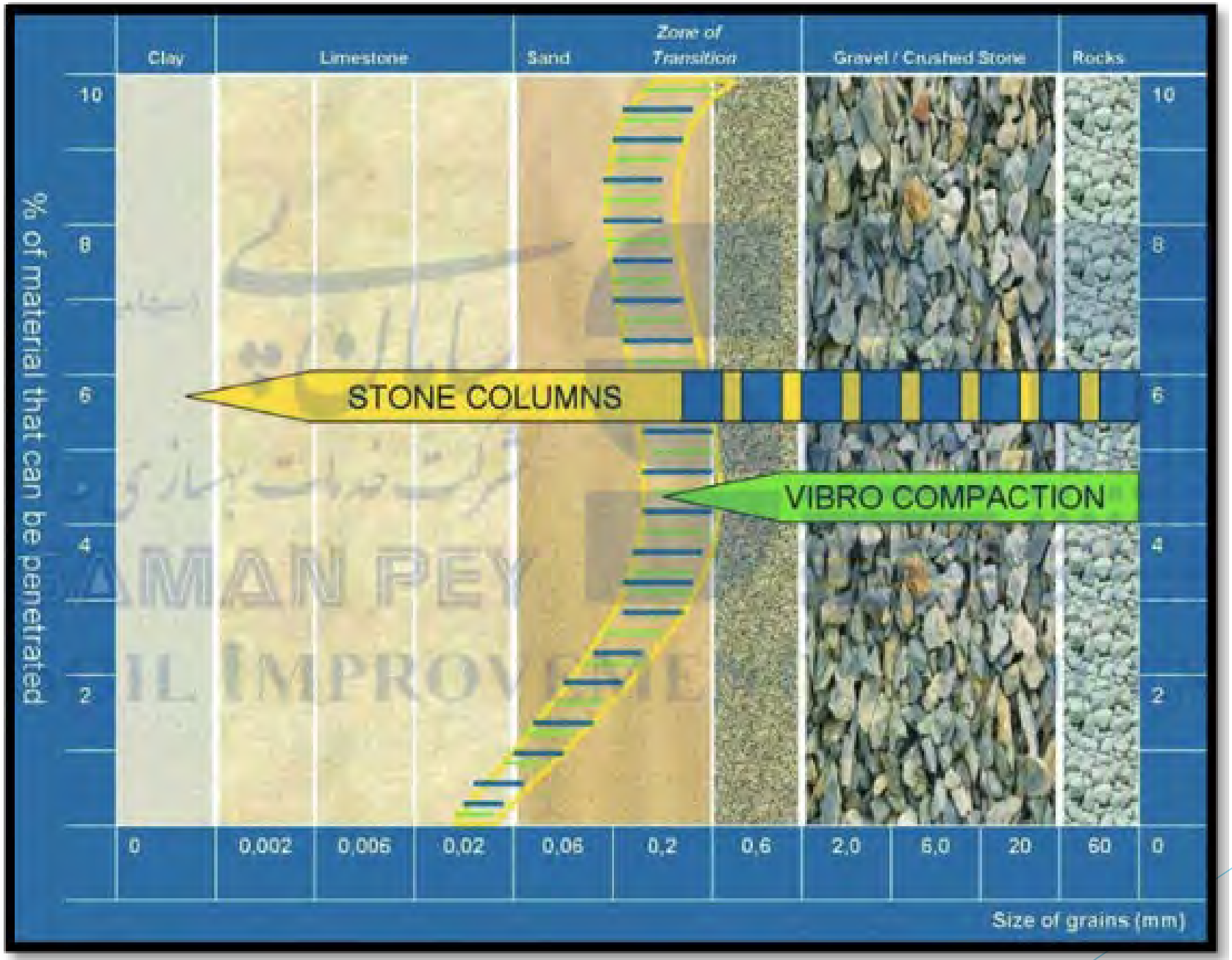
Vibrator Schematic

5800

دامنه کاربرد

روش ستون های شنی ارتعاشی تلفیقی از دو روش تراکم ارتعاشی Vibro Compaction و جایگزینی ارتعاشی Vibro Replacement می‌باشد.

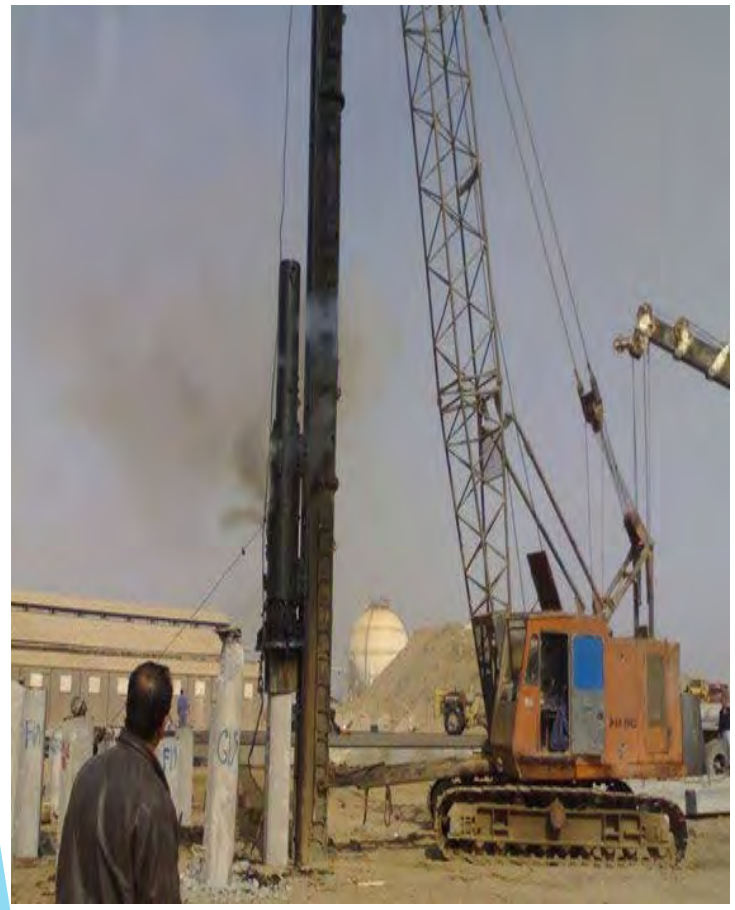
- در روش تراکم ارتعاشی بدون اضافه کردن مطالح درشت دانه سعی بر این است که توده خاک موجود به کمک ارتعاش، متراکم گردد. از اینرو کاربرد این روش به خاکهای دانه ای محدود میگردد.
- در خاک های ریزدانه و چسبنده اضافه شدن و یا جایگزینی مقدار اندکی مصالح درشت دانه مناسب، بهبود قابل توجهی را در خواص مکانیکی توده خاک ایجاد مینماید.


Clay
Limestone
Sand
Zone of Transition
Gravel / Crushed Stone
Rocks
% of material that can be penetrated
10
8
6
4
2
STONE COLUMNS
VIBRO COMPACTION
0
0,002
0,006
0,02
0,06
0,2
0,6
2,0
6,0
20
60
0
Size of grains (mm)

مزایای روش تراکم ارتعاشی

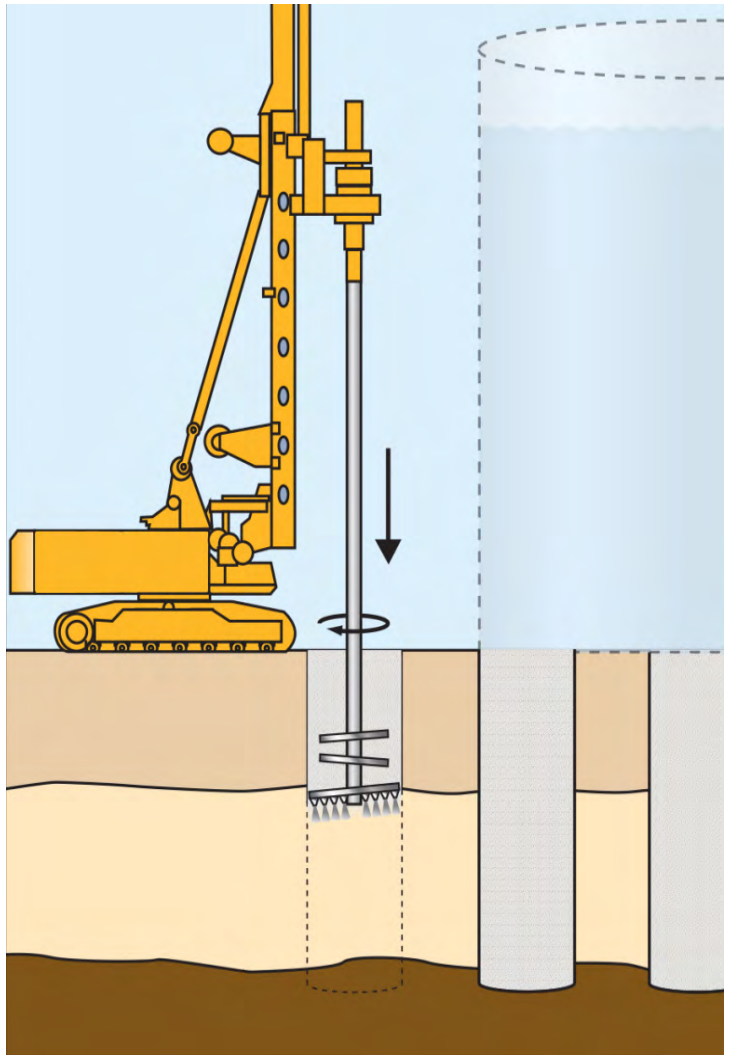
- قابلیت اجرای سریع، آسان
- اقتصادی
- افزایش ظرفیت باربری و کاهش نشست پذیری خاک بستر پی ها
- کاهش پتانسیل روانگرائی
- افزایش سرعت نشست تحکیمی خاک های ریزدانه
- پایدارسازی شیب های طبیعی و یا مصنوعی (خاکریزها)

تراکم ویبره‌ای در عمق توسط شمع کوبی



- یکی از روش های متراکم سازی خاک در عمق استفاده از شمعهای کوبیدنی توام با اعمال ضربات و تحمیل جابجائی در خاکها است
- این روش در خاک های دانهای شل اعم از ماسه و لای عملکرد مؤثری دارد.
- نفوذ و راندن شمع در زمین توسط سیستم های کوبشی و انواع چکش و یا نصب سیستم ویبراتور به روی شمع انجام می شود.

اختلاط عمیق خاک – Deep Soil Mixing

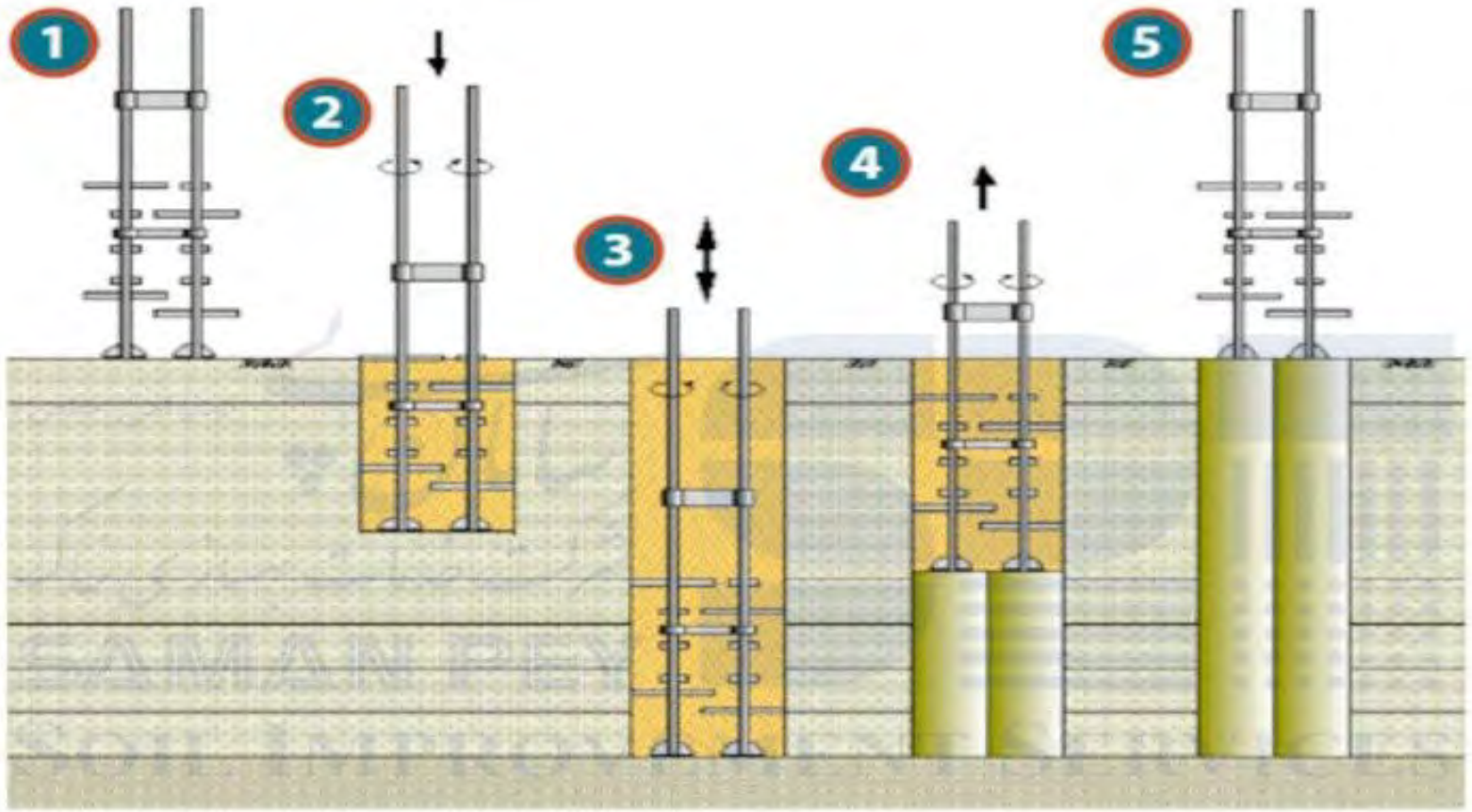


- این روش بهسازی خاک مبتنی بر تزریق مصالح به دورن خاک است که در نهایت ستونهای از مصالح اختلاط یافته ایجاد می‌کند.
- این روش یکی از کاربردیترین روش های بهسازی خاک در جهان محسوب می شود که عبارت است از اختلاط خاک با مواد سیمانی و ... که با استفاده از همزن هایی در عمق انجام میگیرد و منتج به شکل‌گیری ستونهای خاک سیمان می شود.
- مقاومت فشاری خاک سیمان رابطه مستقیمی با جنس خاک و میزان سیمان بکار رفته در اختلاط دارد.

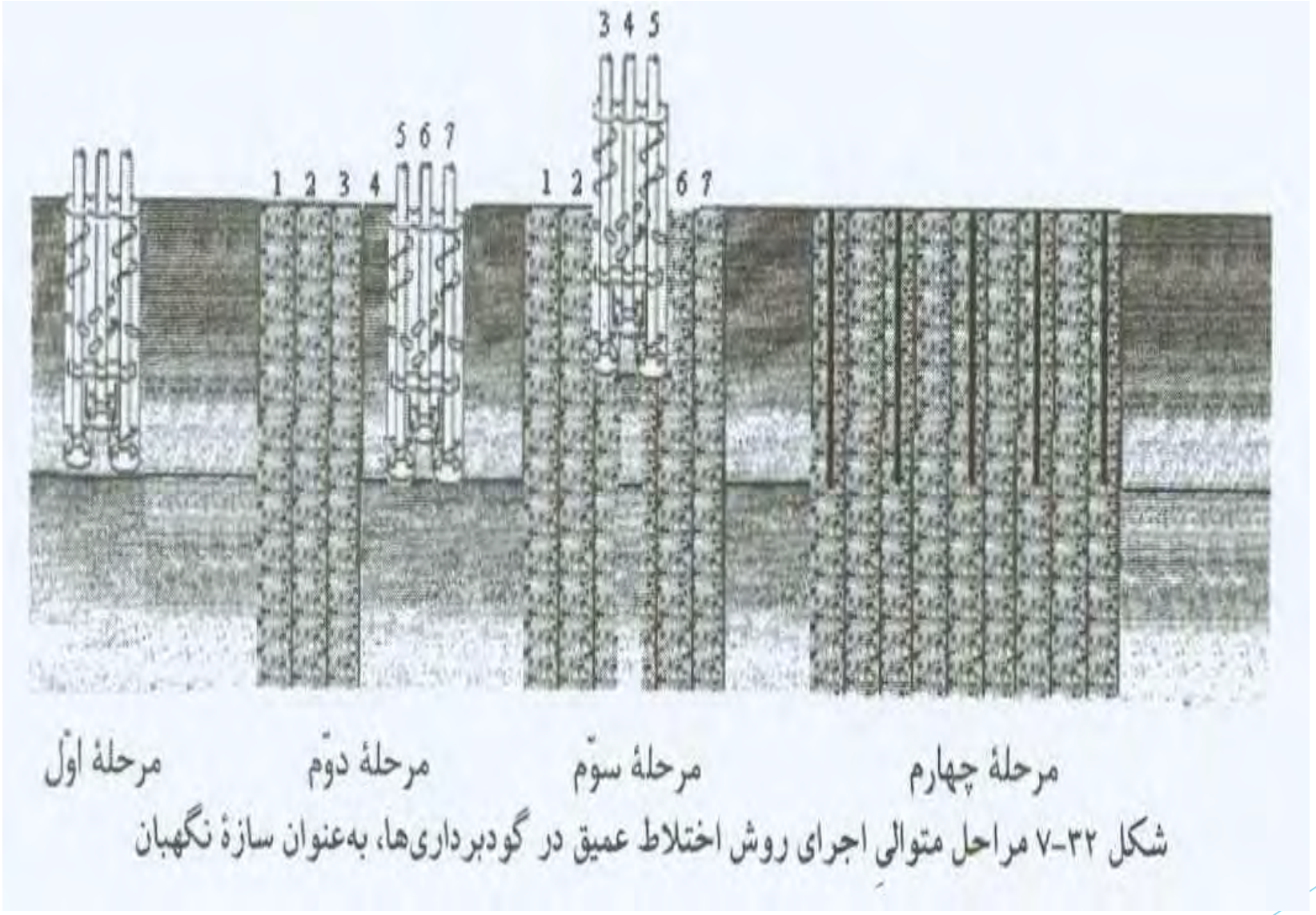
اهداف اختلاط عمیق خاک

- افزایش ظرفیت باربری خاک در فشار و برش
- کنترل نشست
- مقابله با روانگرایی
- کاهش نفوذپذیری

روش اجرای اختلاط عمیق



1. Positioning of auger tool
2. Drilling and mixing soil with cement grout
3. Bottom mixing
4. Withdrawing while continuing soil mixing
5. Complete mixed product column



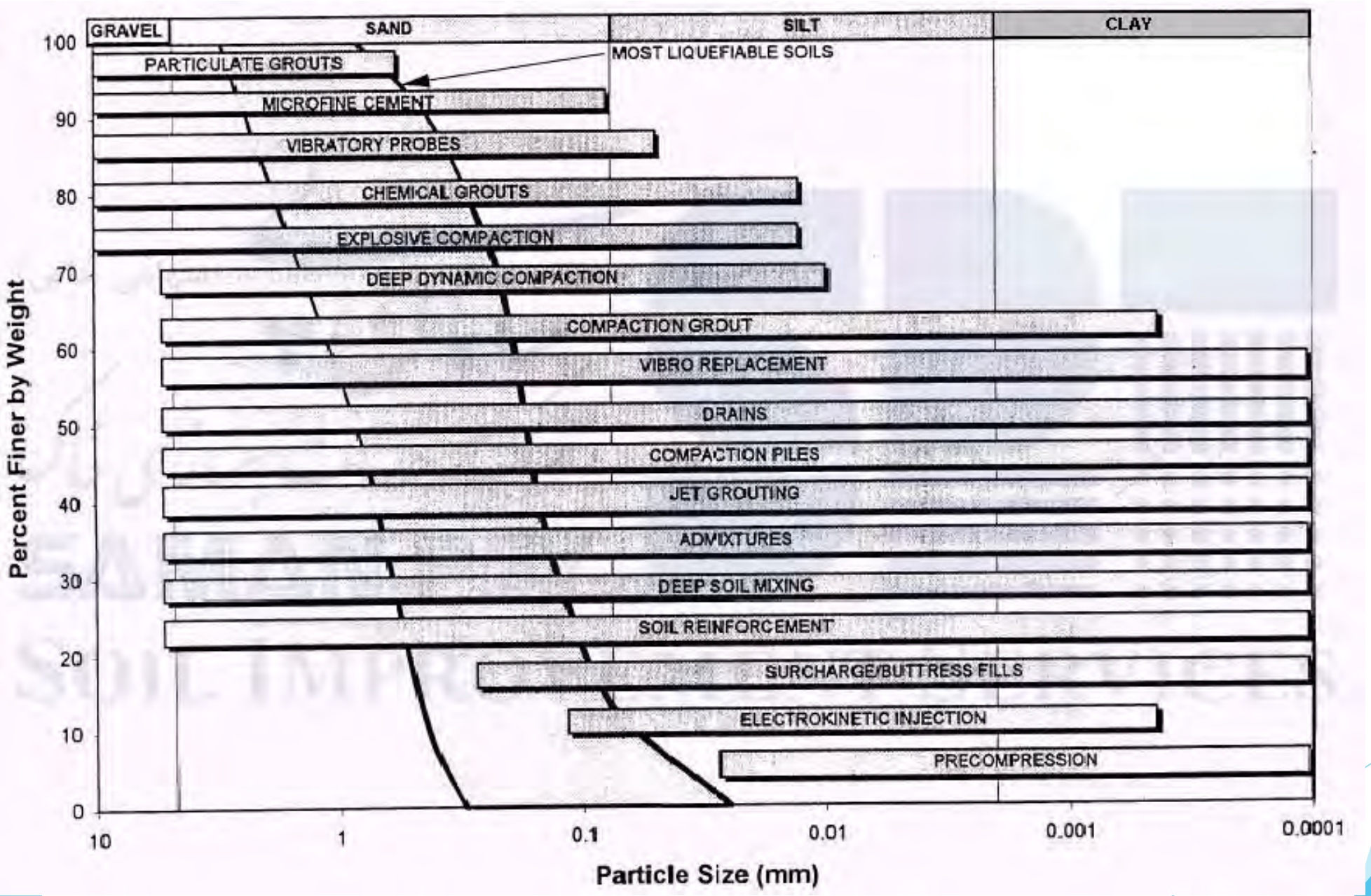
شکل ۳۲-۷ مراحل متوالیِ اجرای روش اختلاط عمیق در گودبرداری‌ها، به‌عنوان سازهٔ نگهبان

Dry deep mixing methods

Wet deep mixing methods

مزایا

- کاهش نفوذپذیری خاک
- افزایش مقاومت خاک
- کاهش نشست خاک بر اثر سربار
- جلوگیری از روانگرایی
- اصلاح زمین بصورت درجا
- تبدیل زمین به بخشی از سیستم خاک - سازه
- امکان کنترل و تایید کیفی کار
- هزینه کمتر تجهیز کارگاه نسبت به موارد مشابه نظیر اجرای شمع
- سرعت اجرای بسیار بالا
- هزینه اجرای کمتر نسبت به موارد مشابه
- تولید صدا و ارتعاش کمتر در محیط شهری نسبت به روش‌های مشابه


GRAVEL
SAND
SILT
CLAY
MOST LIQUEFIABLE SOILS
PARTICULATE GROUTS
MICROFINE CEMENT
VIBRATORY PROBES
CHEMICAL GROUTS
EXPLOSIVE COMPACTION
DEEP DYNAMIC COMPACTION
COMPACTION GROUT
VIBRO REPLACEMENT
DRAINS
COMPACTION PILES
JET GROUTING
ADMIXTURES
DEEP SOIL MIXING
SOIL REINFORCEMENT
SURCHARGE/BUTTRESS FILLS
ELECTROKINETIC INJECTION
PRECOMPRESSION
Percent Finer by Weight
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
10
1
0.1
0.01
0.001
0.0001
Particle Size (mm)

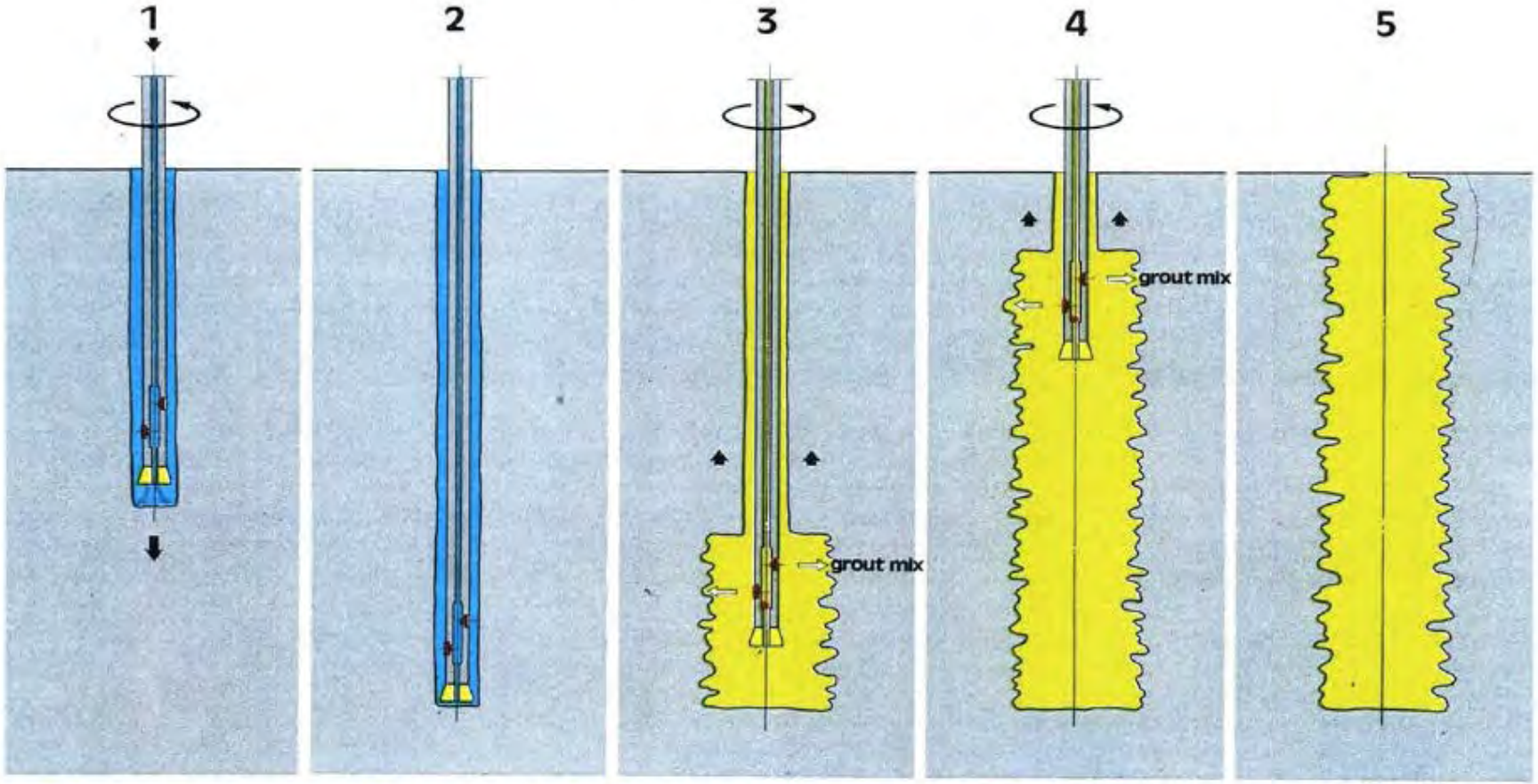
محدوده کاربرد

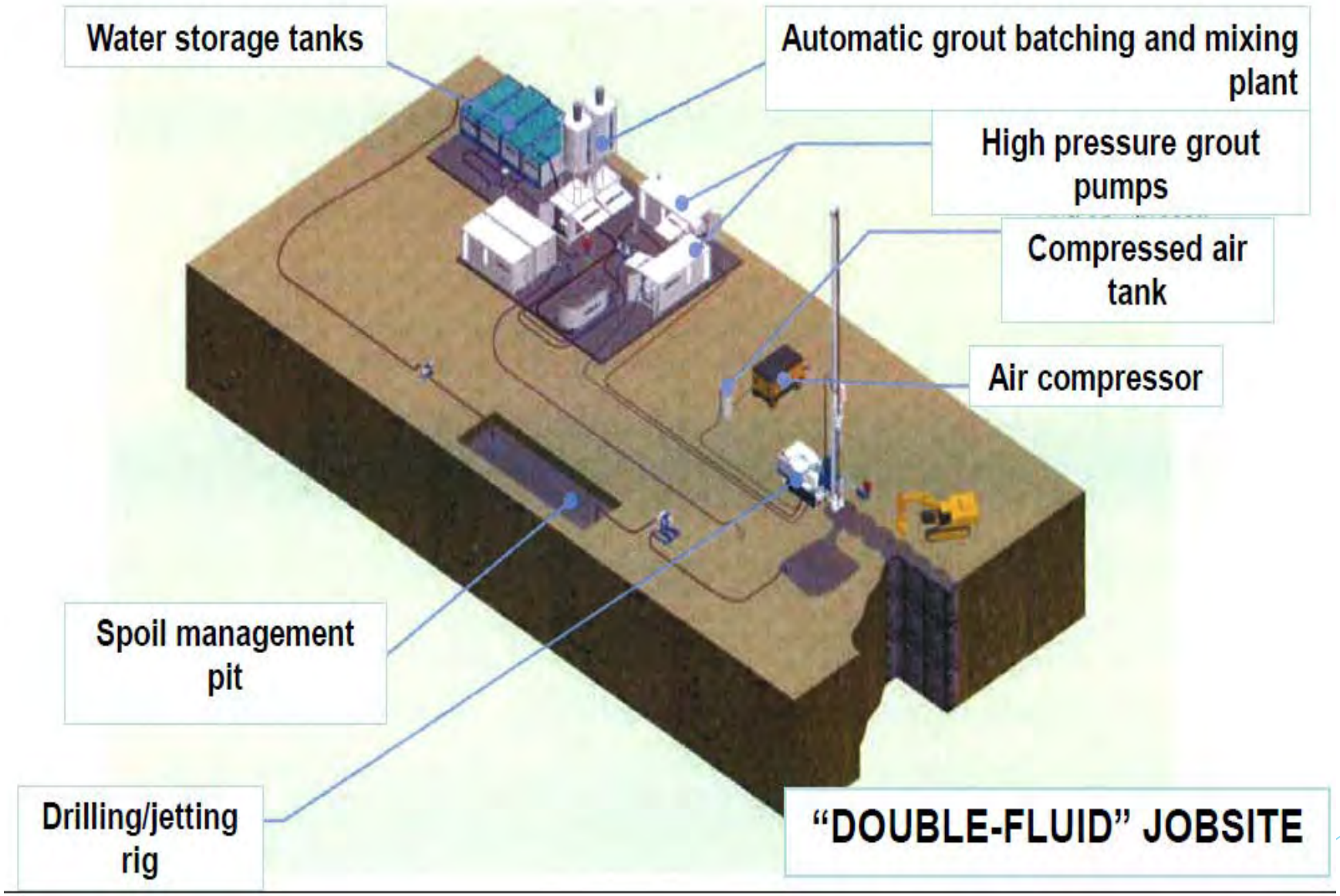
- روش اختلاط عمیق برای بهسازی محدوده وسیعی از خاک‌های نرم غیرآلی و خاک‌هایی که سایر روشهای بهسازی در آن ها مناسب نیستند کاربرد دارد.
- در مورد خاک‌های آلی نیز می‌توان با در نظر گرفتن تمهیداتی نظیر اضافه کردن ماسه به مخلوط خواص خاک را بهبود بخشید.
- با اختلاط خاک در محل می‌توان انواع متفاوت خاکها را اصلاح نمود.
- روش اصلاح بسته به میزان انرژی اختلاط و نوع مواد افزودنی متفاوت است.
- در خاک‌های نرم و در مقایسه با سایر روش های اصلاح خاک، این روش از اقتصادی ترین شیوه‌های بهبود است.
- در این روش، با اختلاط دوغاب با خاک، مصالحی ساخته میشود که با گذشت زمان سخت تر شده و مقاومت آن افزایش می یابد و می تواند بعنوان مصالح مهندسی با خصوصیات ژئوتکنیکی بهتر از خاک محل در طراحی ها استفاده گردد.

کاربردها

- تقویت پی انواع سازه
- کاهش پتانسیل روانگرایی
- تقویت فونداسیون اجرا شده
- تقویت پی در راهسازی
- فونداسیون مخازن نفتی
- دیوار آب بند
- اجرای دیواره های قائم
- حفاظت شیب خاکبرداری
- توسعه بنادر
- پایدار سازی تونل

Jet Grouting–تزریق پر فشار




Water storage tanks
Automatic grout batching and mixing plant
High pressure grout pumps
Compressed air tank
Air compressor
Spoil management pit
Drilling/jetting rig
"DOUBLE-FLUID" JOBSITE

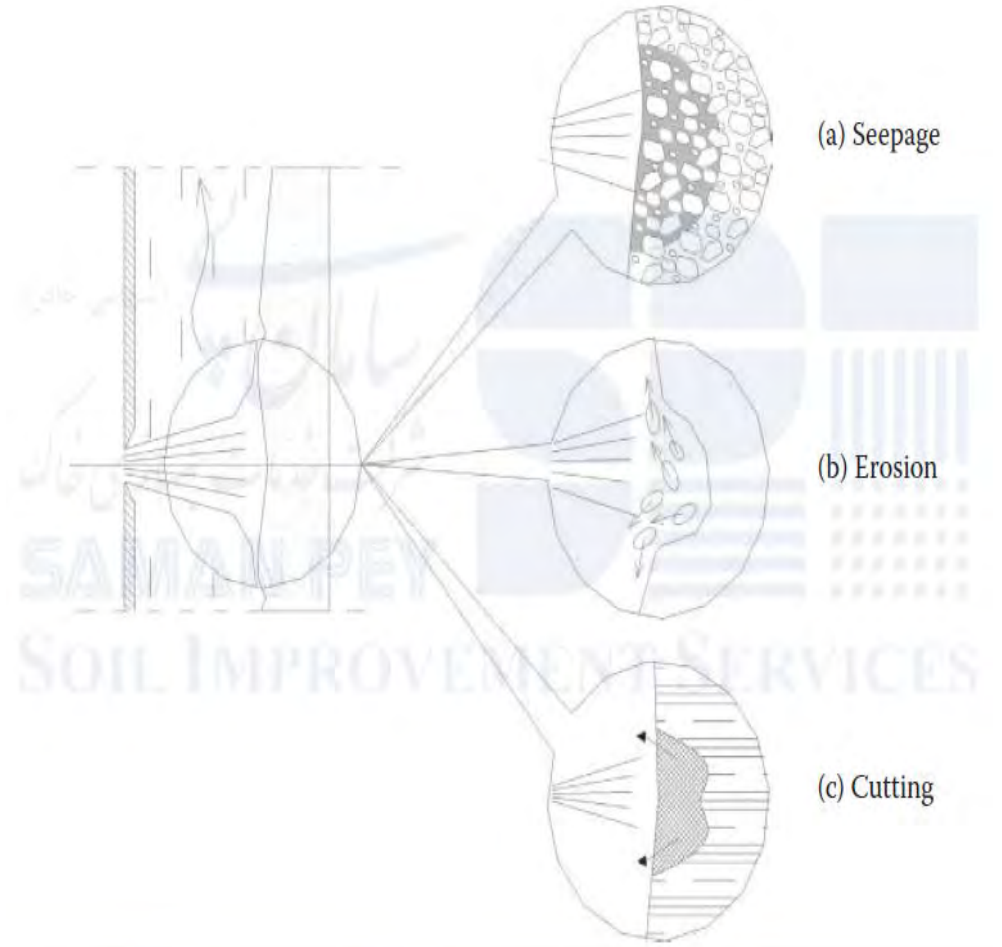
روش اجرای جت گروتینگ

- حفاری تا عمق مورد نظر با قطر مناسب (حدود ۷۶ تا ۱۱۰ میلیمتر) به روش دورانی و همراه با فشار آب (۲۰ بار) انجام میشود.
- دوغاب مورد نظر در میکسر های اولیه و ثانویه تهیه می شود و آماده تزریق میگردد.
- در روش جت گروتینگ یا تزریق پرفشار دوغاب سیمان به صورت دورانی در مراحل مشخص (توقف - تزریق دورانی پرفشار - بیرون کشیدن) انجام میشود.
  - ✓ به عنوان مثال ۸ دور در ٤ ثانیه تزریق (با فشار ۳۵۰ تا ۷۰۰ بار) و سپس ٤ سانتی متر بیرون کشی و تکرار.
  - ✓ لازم به ذکر است اعداد مذکور نظر به وجود شرایط ژئوتکنیکی مختلف در پروژه های گوناگون برای دستیابی به قطر های مختلف طراحی می‌گردد.

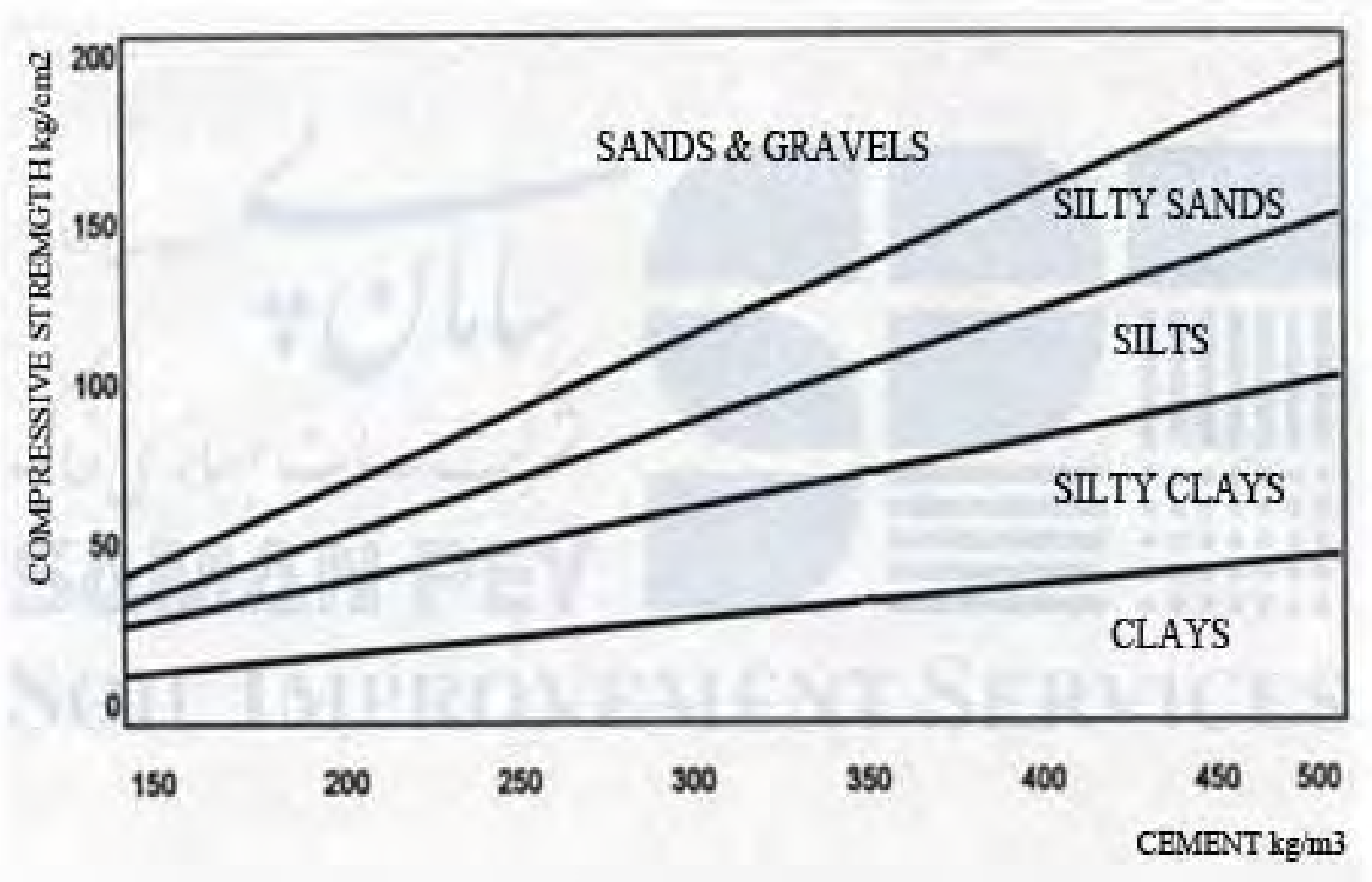
- پس از اجرای آزمایشی ستونها در سایت با اعداد بدست آمده، قطر ستونهای اجرا شده اندازه‌گیری میشود تا مشخصات فنی و اجرائی پروژه حاصل شود.
- در زمان تزریق، فشار زیاد جت تزریق قادراست به داخل خاک دیواره گمانه نفوذ کرده و موجب تغییر ساختار خاک گردد.
- از ترکیب دوغاب سیمان و خاک، ترکیبی خاک سیمانی پدید می آید که پس از سخت شدن، ستونی مقاوم با مشخصات باربری و ناتراوایی مناسب برای پروژه مورد نظر ایجاد میگردد.
- شعاعی از خاک که تحت تاثیر تزریق جت قرار گرفته، شعاع تاثیر نامیده می شود و به عواملی نظیر فشار تزریق، زمان تزریق، مقاومت برشی برجای خاک، اندازه نازلها و وزن مخصوص دوغاب تزریق بستگی دارد.

مکانیزم اندرکنشی

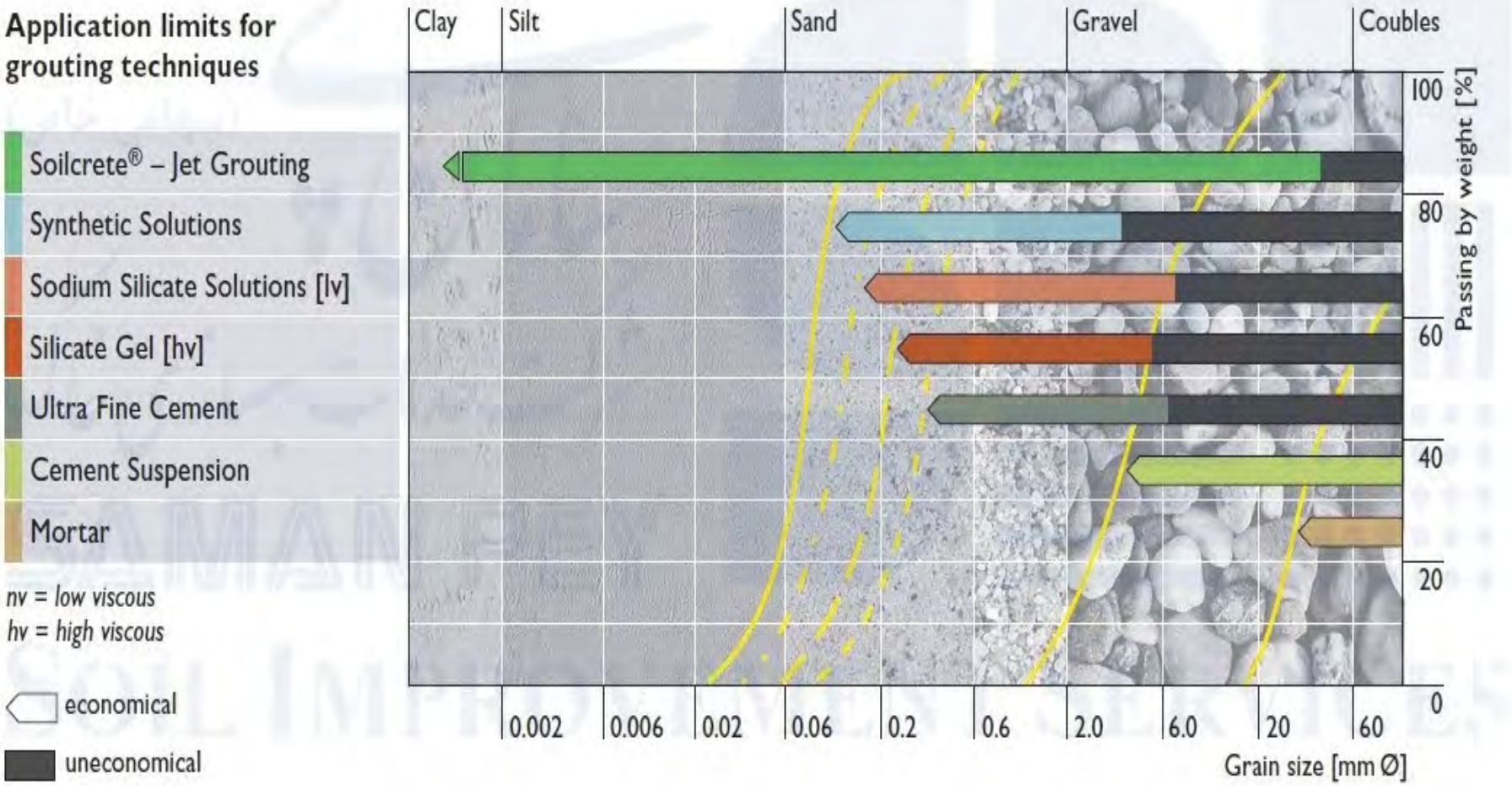
- نشت
- فرسایش
- برش



رابطه نسبت سیمان مصرفی و مقاومت فشاری ستون تزریق پرفشار



محدوده کاربرد



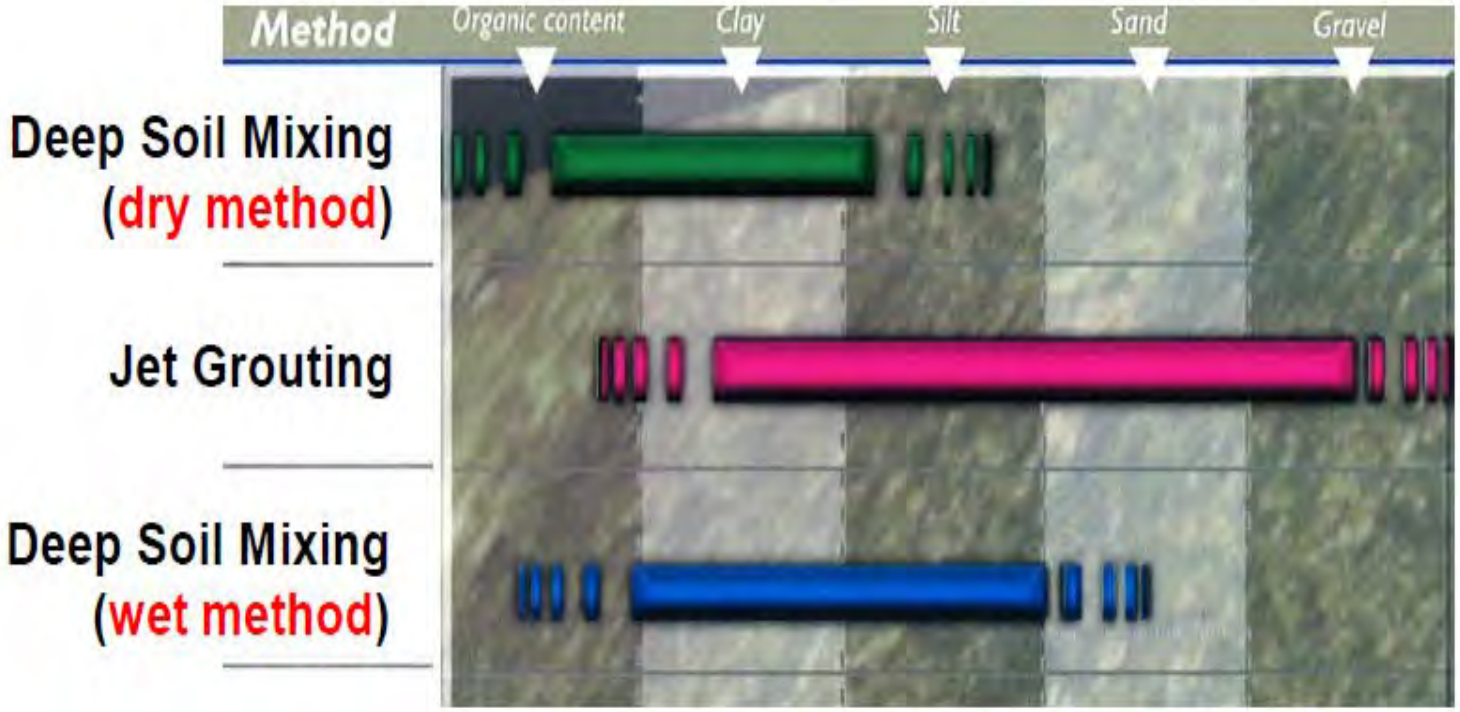
کاربردها

- دوخت به کف Underpinning
- ترمیم و بازسازی پی ها
- دیوار های نگهبان
- آب بندی گود ها و سازه های زیر سطح آب زیرزمینی

مزایا

- کاهش نفوذپذیری خاک
- افزایش مقاومت خاک
- کاهش نشست خاک بر اثر سربار
- جلوگیری از روانگرایی
- اصلاح زمین بصورت درجا
- تبدیل زمین به بخشی از سیستم خاک - سازه
- امکان کنترل و تایید کیفی کار
- هزینه کمتر تجهیز کارگاه نسبت به موارد مشابه نظیر اجرای شمع
- سرعت اجرای بسیار بالا
- هزینه اجرای کمتر نسبت به موارد مشابه
- تولید صدا و ارتعاش کمتر در محیط شهری نسبت به روش‌های مشابه

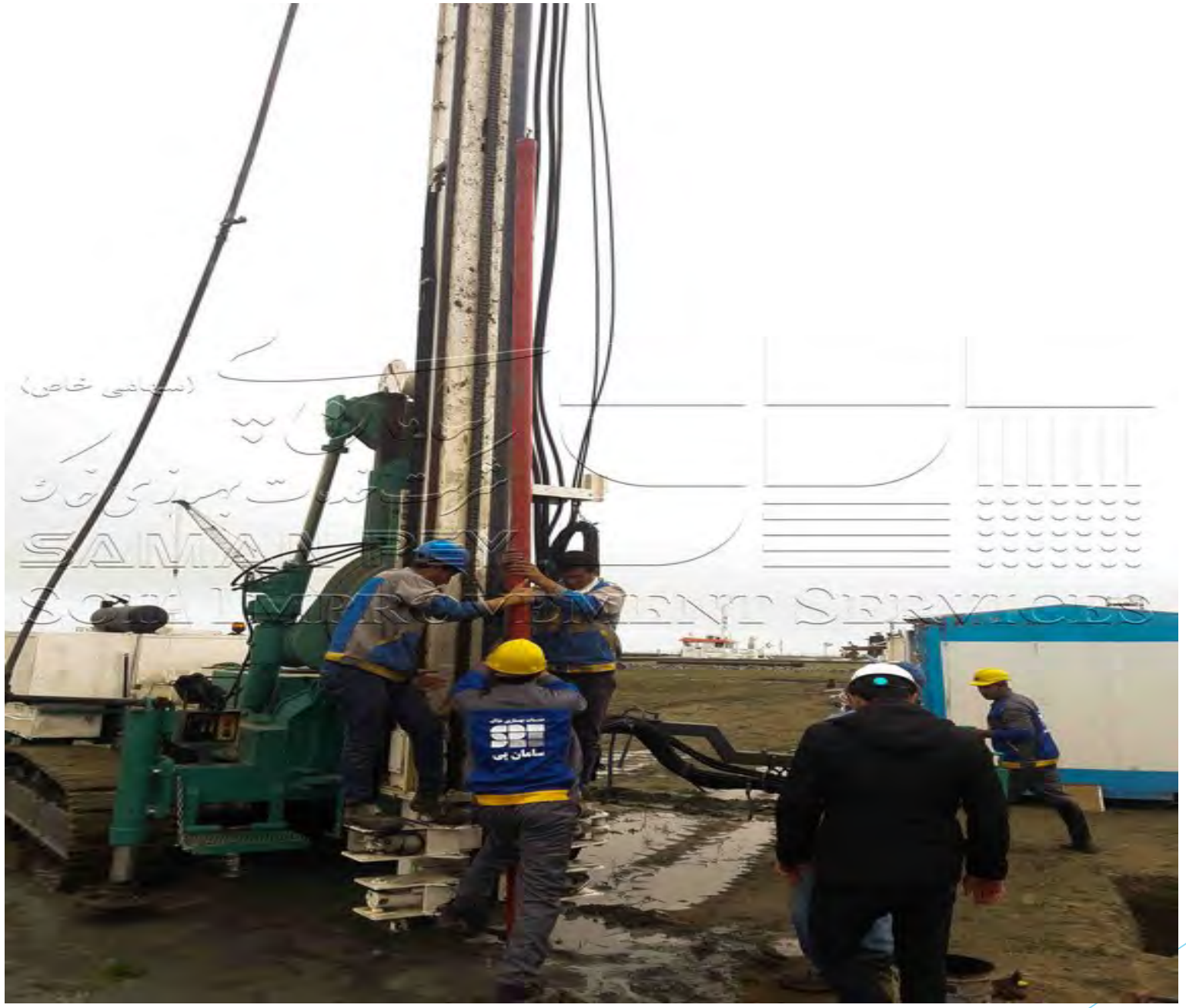
Among all other soil improvement methods involving the use of a binding agent, Jet Grouting is the one applicable to the largest range of soils.



بهسازی بستر و افزایش ظرفیت باربری سیلو های بندر آستارا به روش جت گروتینگ

SAMAN PEY
(تفاهمی خاص)
شرکت خدمات بهسازی خاک
SAMAN PEY
SOIL IMPROVEMENT SERVICES

(سهامی خاص)
SAMAN PEY
SOIL IMPROVEMENT SERVICES


سازمان پی

(سهامی خاص)
SAMANPEY
SOIL IMPROVEMENT SERVICES

(سهامی خاص)
شرکت خدمات بهسازی خاک
SAMAN PEY

(سهامی خاص)
SAMAN PEY
IMPROVEMENT SERV

SAMAPEY
SURVEYMENTS SERVICES

SAMAN Pey Co.
Project: ASTARA PORT
Date: 97/02/30
Column No.: TC1
Diameter: 68-75 cm
Column Head Depth: 134 cm

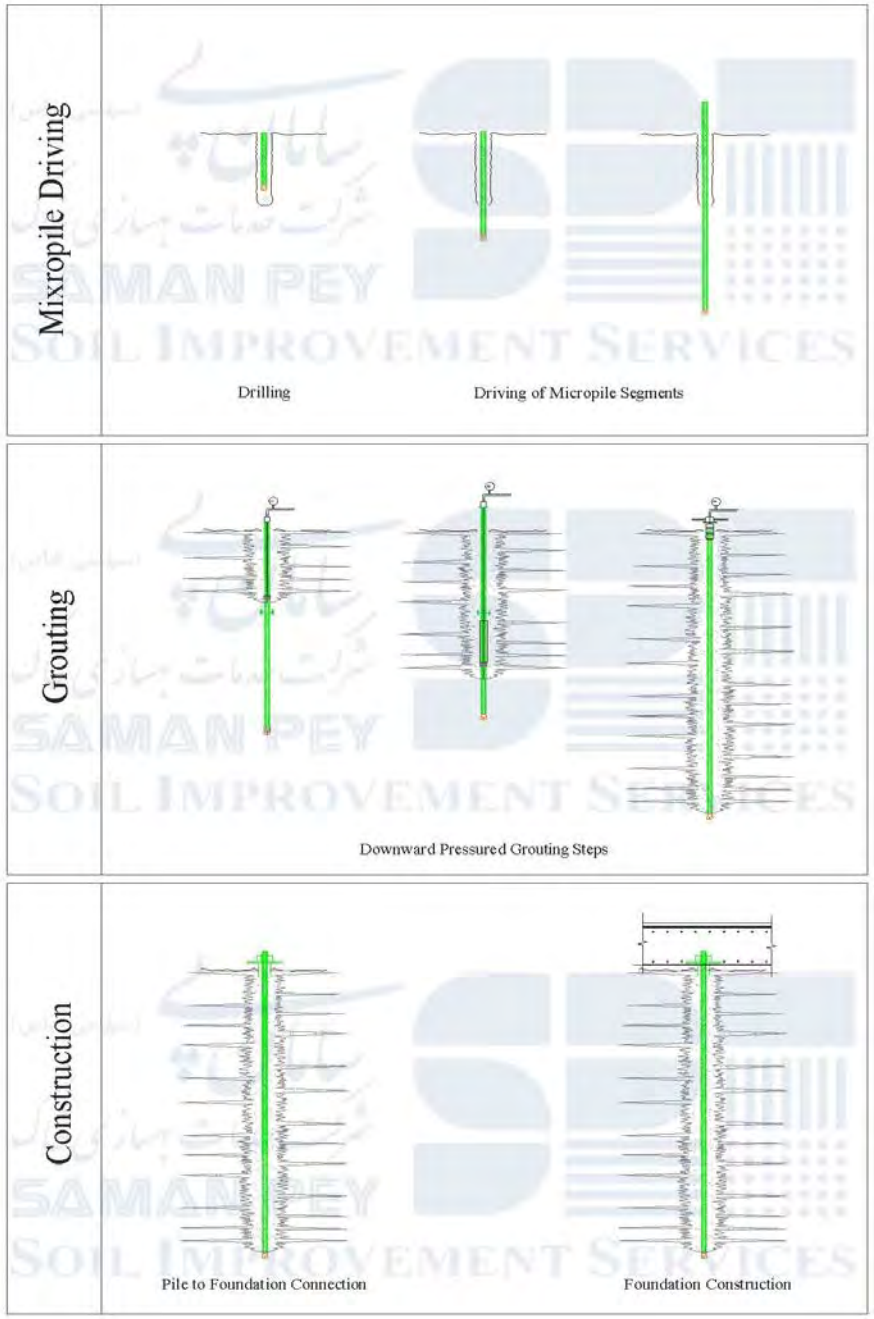
TC10-H-152
(سهامی خاص)
شرکت خدمات بهسازی خاک
SAMANPEY
SOIL IMPROVEMENT SERVICES

روش ریز شمع–

- روش کلی مقابله با خاک های مسئله دار
  - ✓ استفاده از المان های باربر
  - ✓ اضافه کردن مواد و مصالحی به خاک جهت بهسازی پارامتر های مقاومتی میکروپایل
- ❖ در ریزشمع از هر دو روش بالا بهره گرفته می‌شود.

تاریخچه میکروپایل

- اوایل دهه ۱۹۵۰ میلادی جهت ترمیم ساختمان های آسیب دیده در جنگ جهانی درایتالیایی
- سال ۱۹۶۲ این تکنولوژی در ترمیم چند ساختمان تاریخی در انگلستان
- سال ۱۹۶۵ با استفاده از این روش در پروژه های حمل و نقل در آلمان
- سال ۱۹۷۳ و انجام ترمیم ساختمان هایی در بوستون و نیویورک واقع درآمریکای شمالی
- آیین نامه Micropile Design and construction توسط انجمن بزرگراه های آمریکا FHWA تنظیم شده است.
- همچنین در پروژه ملی فرانسه نیز در مورد بررسی رفتار میکروپایل‌ها تحقیقات جامعی صورت گرفت.


Mixropile Driving
Drilling
Driving of Micropile Segments
Grouting
Downward Pressured Grouting Steps
Construction
Pile to Foundation Connection
Foundation Construction

اصول طراحی میکروپایل

- **طرح سازه‌ای:** ظرفیت باربری المانهای میکروپایل مشتمل بر جدار فولادی، آرماتور تسلیح و دوغاب سیمان محاسبه میشود. این ظرفیت میبایست با ضریب اطمینان مناسبی، بالاتر از بار وارده به میکروپایل باشد.
- **طرح ژئوتکنیکی:** مقاومت اصطکاکی جداره میکروپایل با خاک اطراف محاسبه میگردد. این مقاومت اصطکاکی می بایست با ضریب اطمینان مناسبی، بالاتر از بار وارده باشد تا امکان جدایی میکروپایل از خاک قبل از وقوع تسلیم عوامل مسلح کننده میسر نگردد.
- **کنترل برش پانچ:** میکروپایل‌ها دارای بار متمرکز زیاد و قطر کوچک بوده و برش پانچ باتوجه به سربارهای وارده محتمل میباشد، کنترل مقاومت در برابر برش پانچ که منتهی به ارائه طرح فلنج مناسب میگردد، انجام میشود.

کاربردهای میکروپایل

- ✓ استفاده در بستر پی سازه‌ها
- ✓ اصلاح و بهسازی برجای خاک و جداره گودها
- ✓ سنگدوز و استفاده در تونل سازی

کنترل کیفی میکروپایل

- ✓ آزمایش بارگذاری فشاری میکروپایل
- ✓ آزمایش بارگذاری کششی میکروپایل
- ✓ آزمایش بارگذاری جانبی میکروپایل

31
32
33
34
35
36
37
38

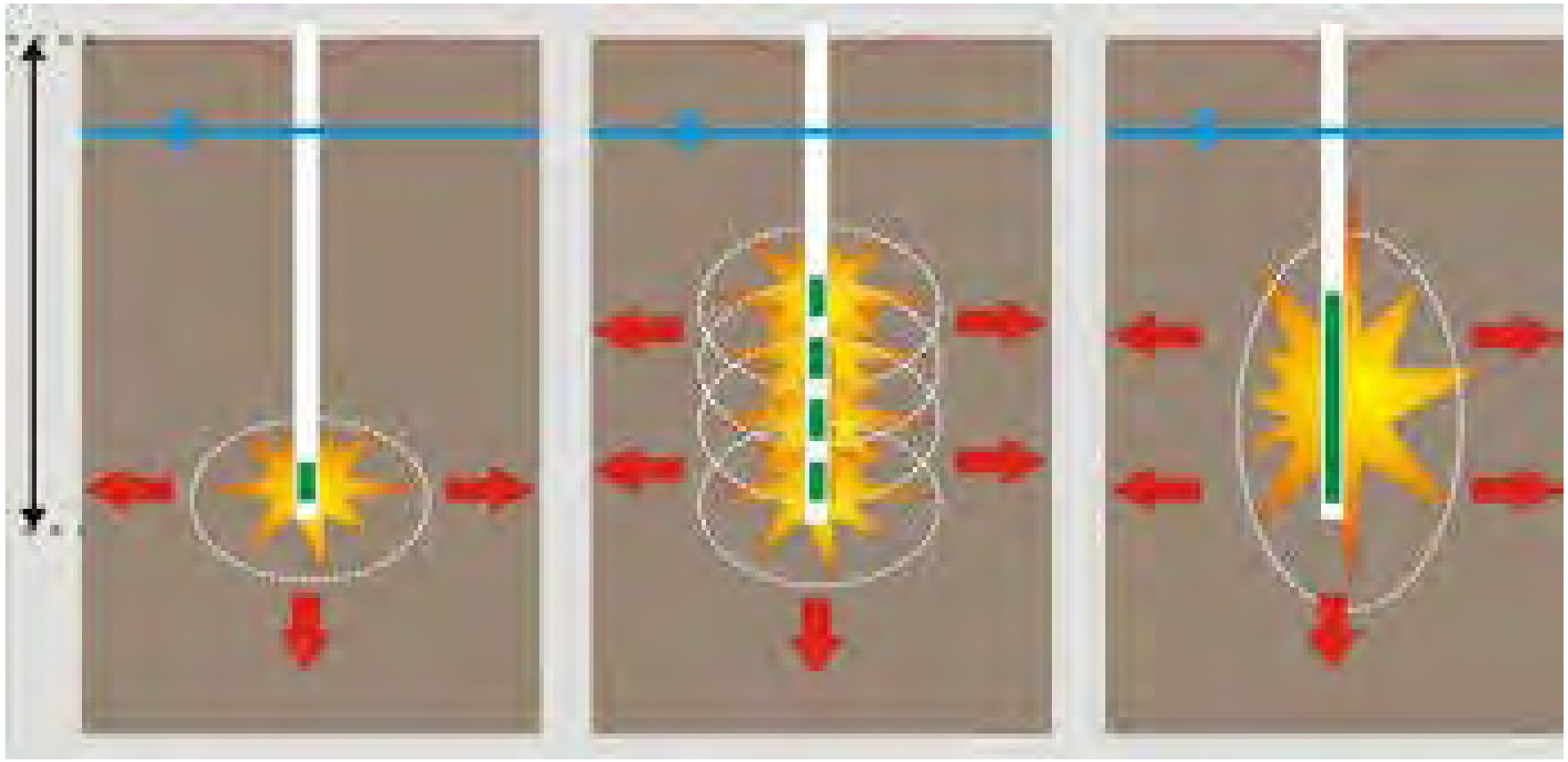
Saman pey
Soil Improvement Services
www.Samanpey.com
سامان پی
شرکت خدمات بهسازی خاک
www.Samanpey.com

بهسازی گیاهی – Bioengineering

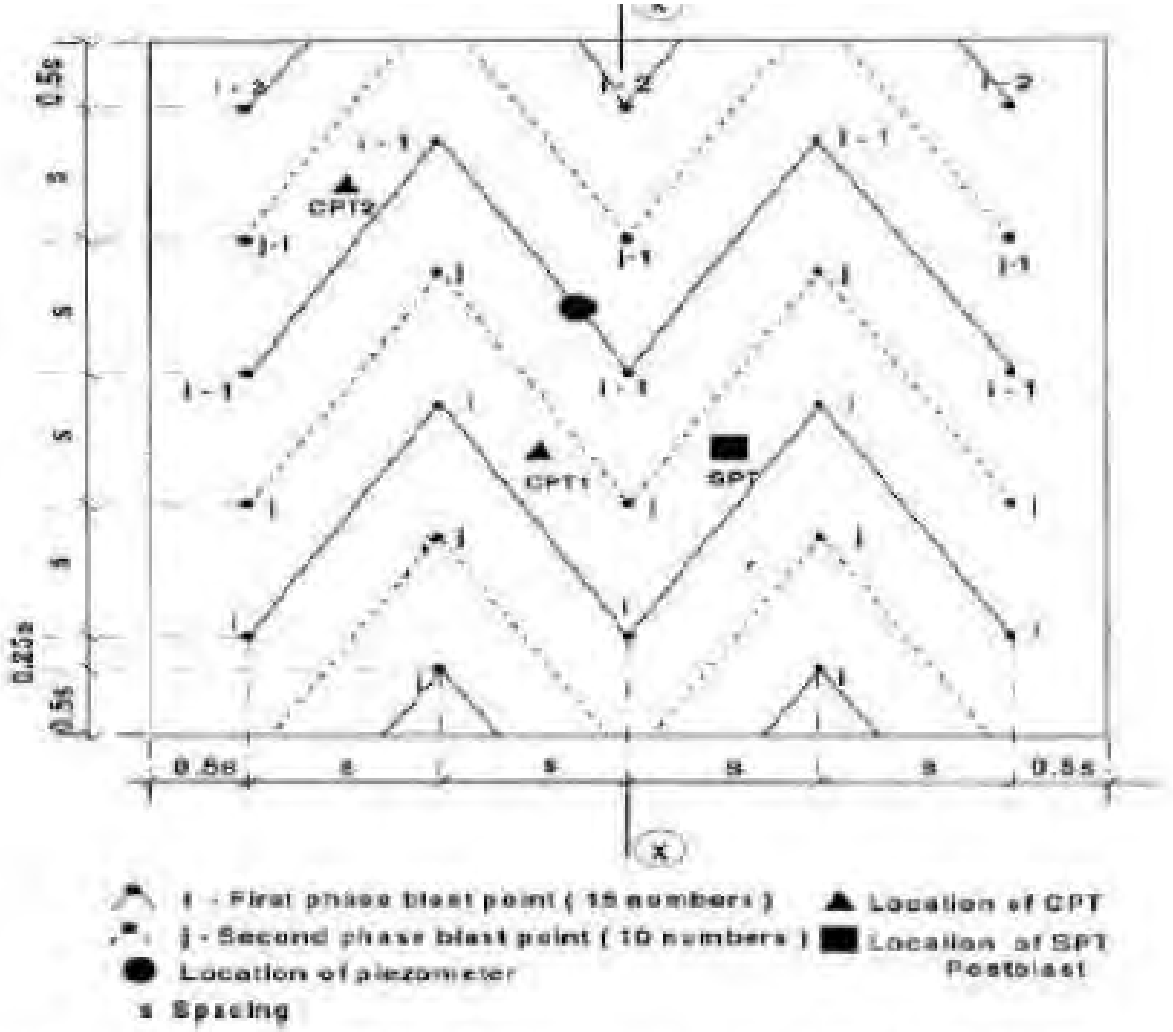
- کاربرد در اطراف جاده ها، کانال ها به منظور پایدار سازی شیب ها و جلوگیری ازفرسایش خاک.
- مزیت: ظاهر زیبا و سازگار با طبیعت.
- محدودیت: بهسازی از نوع کند است و زمان مورد نیاز برای رشد گیاه ممکن است طولانی باشد.

انفجار – Balesting

- در این روش شوک امواج موجب روانگرایی، جابجایی و ایجاد فرم جدید در خاک می‌شود.
- کاربرد در خاک های ماسه‌ای اشباع و نیمه اشباع و لای‌ها و لس‌ها پس از غرقاب شدن و معمولا تا عمق ۲۰ متر مؤثر است.



هزینه نسبی
کم
چرا تراکم
انفجاری؟!
امکان
کنترل کامل
اثرهای
محیطی
امکان اصلاح
لایه‌های عمیق
خاک



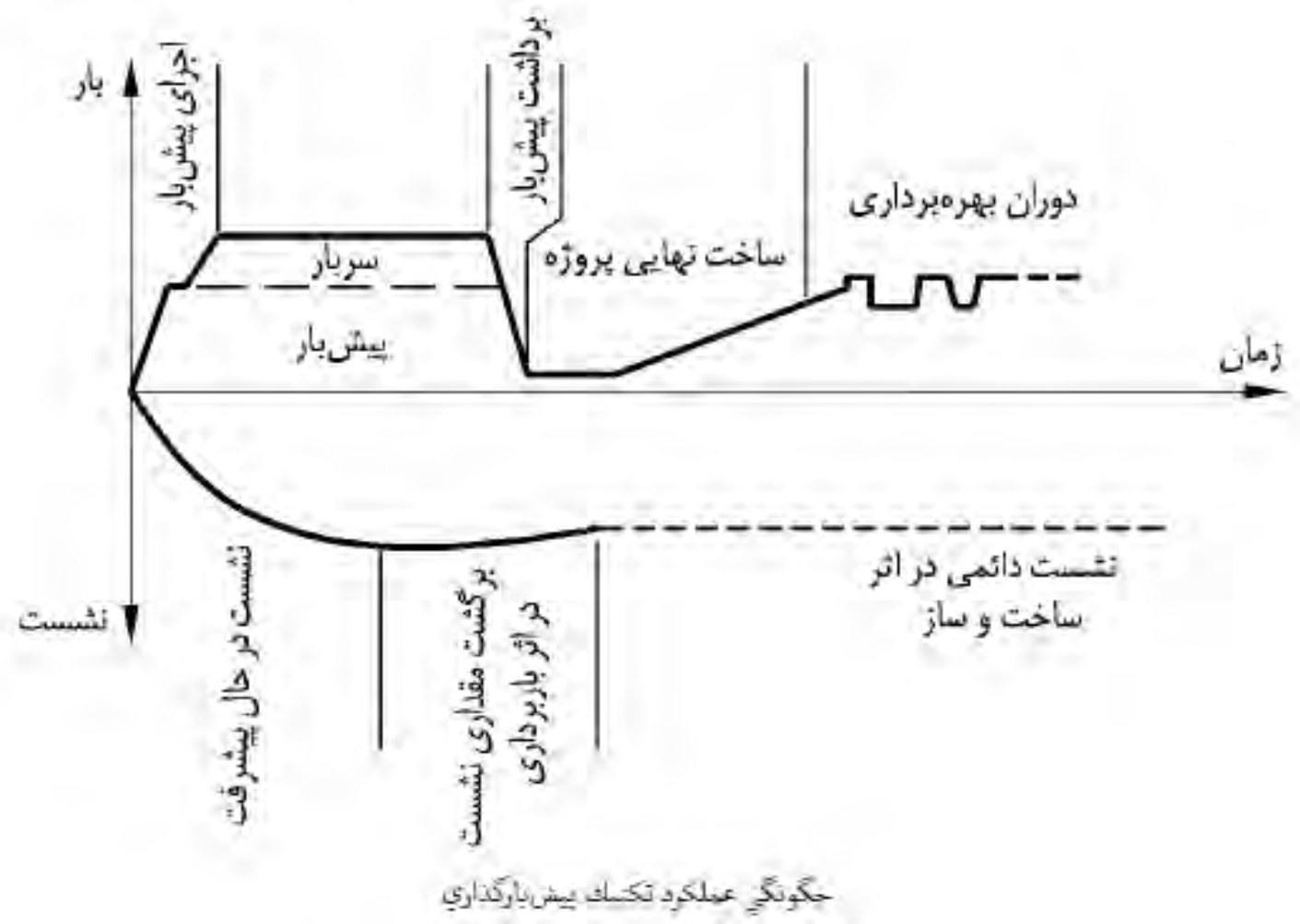
نمونه چینش چاه‌های انفجاری در پروژه تراکم خاکستر نیروگاه حرارتی هند

زهکشی– Drainage

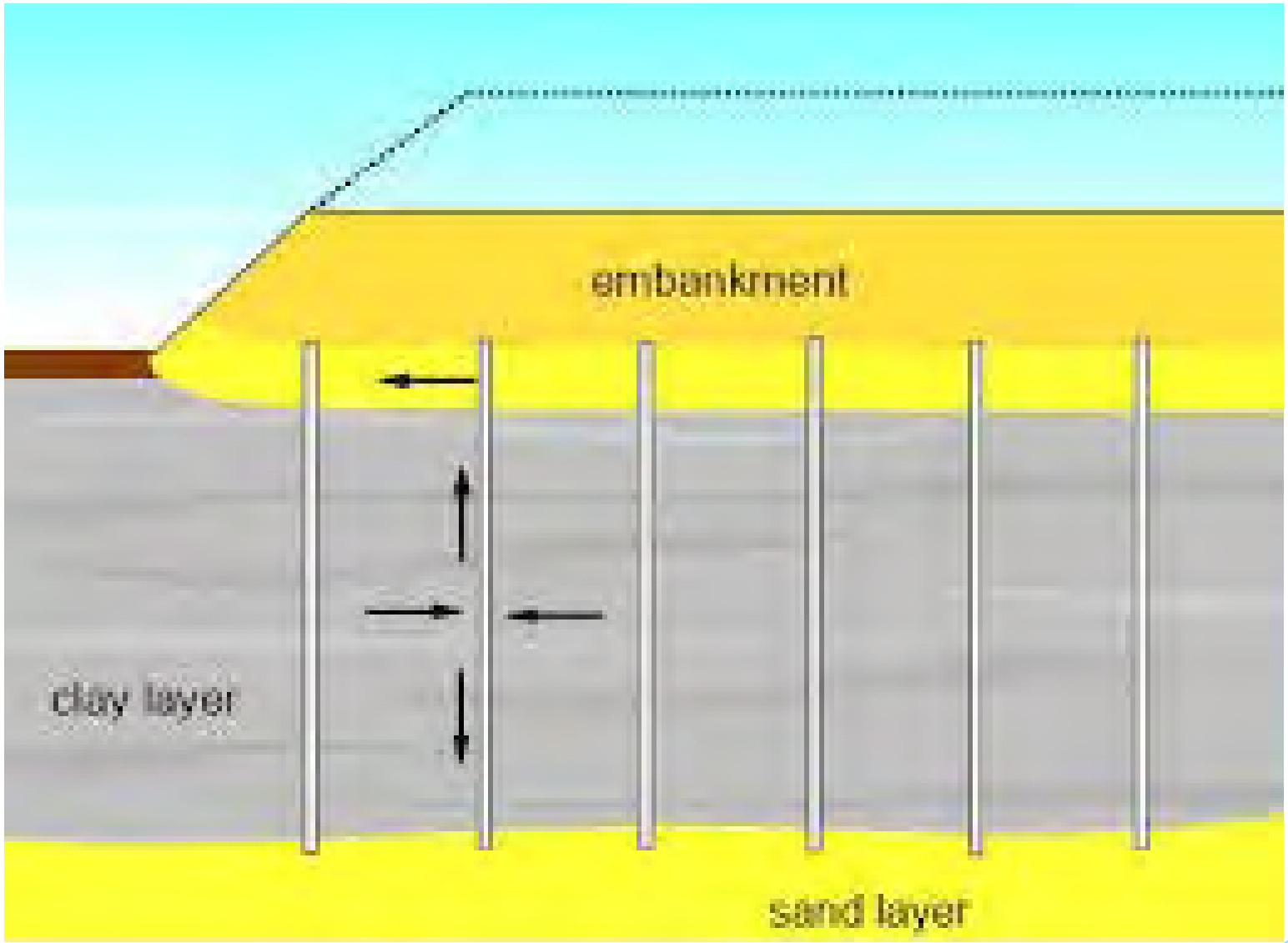
- کاربرد در انواع خاک ها به منظور پایین بردن سطح آب، تسریع نشست های تحکیمی و افزایش مقاومت،کاهش پتانسیل روانگرایی و جلوگیری از فرسایش خاک ناشی از جریانات داخلی piping
- انواع زهکش ها شامل لایه‌های دانه‌ای، ستون‌های ماسه‌ای، شنی و سنگی، زهکشهای صفحه‌ای، ژئوسنتتیک‌ها می باشد که میتوان ترکیبی از آنها را به کاربست.

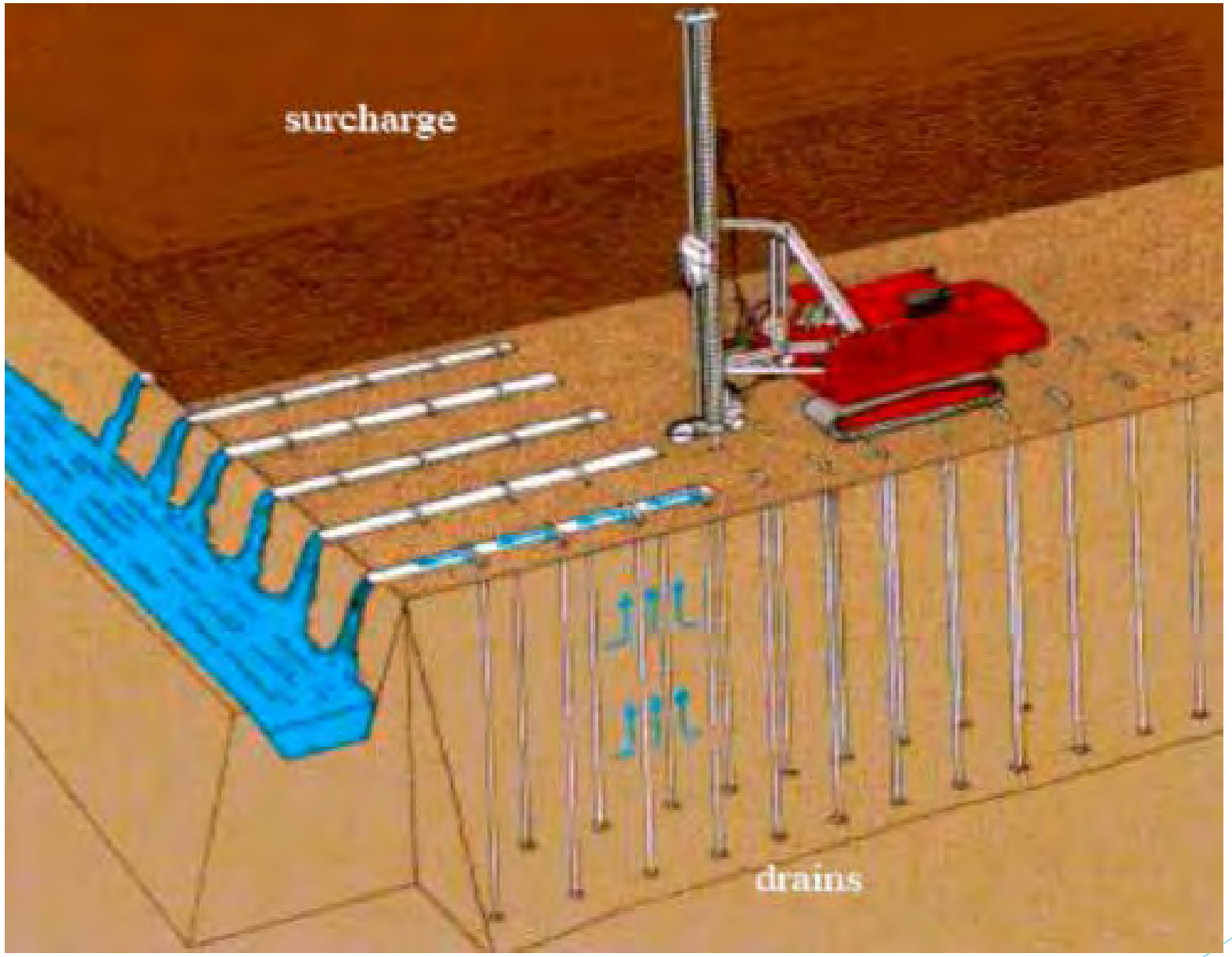
geosynthetic drains (construction stages)

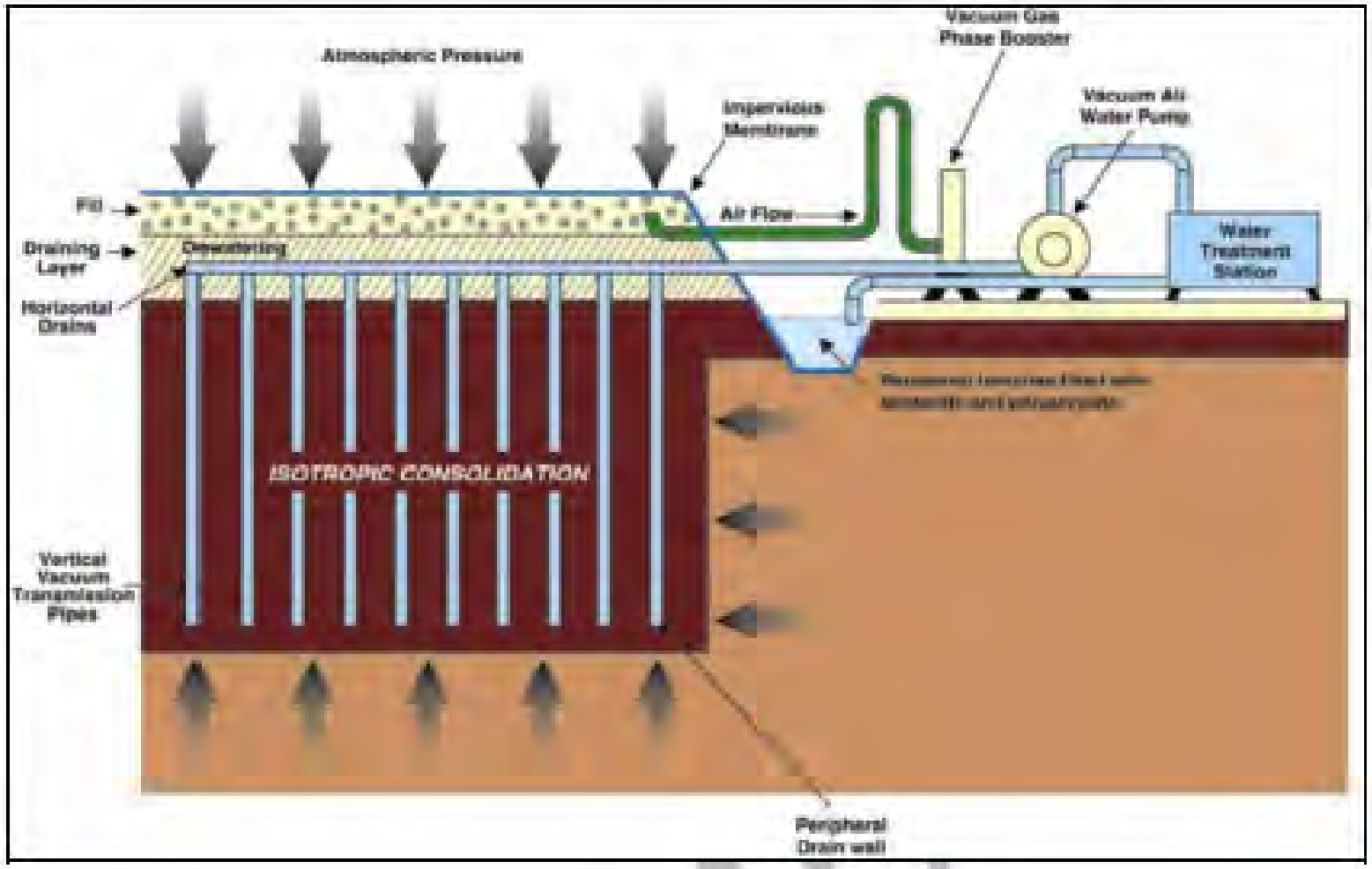
پیش فشردگی از طریق پیش بارگذاری– Pre Loading



چگونگی عملکرد تکنیک پیش‌بارگذاری


embankment
clay layer
sand layer

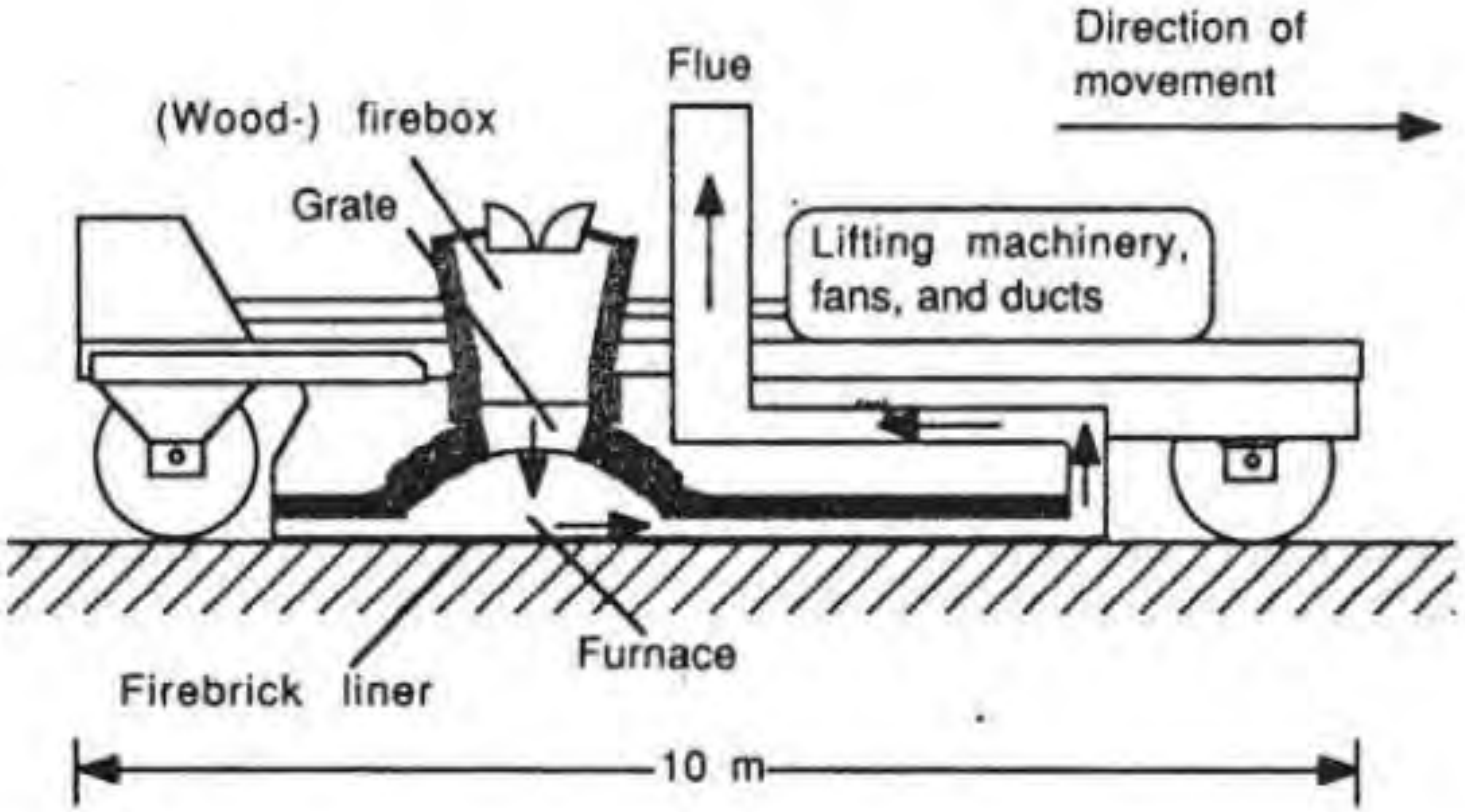

surcharge
drains



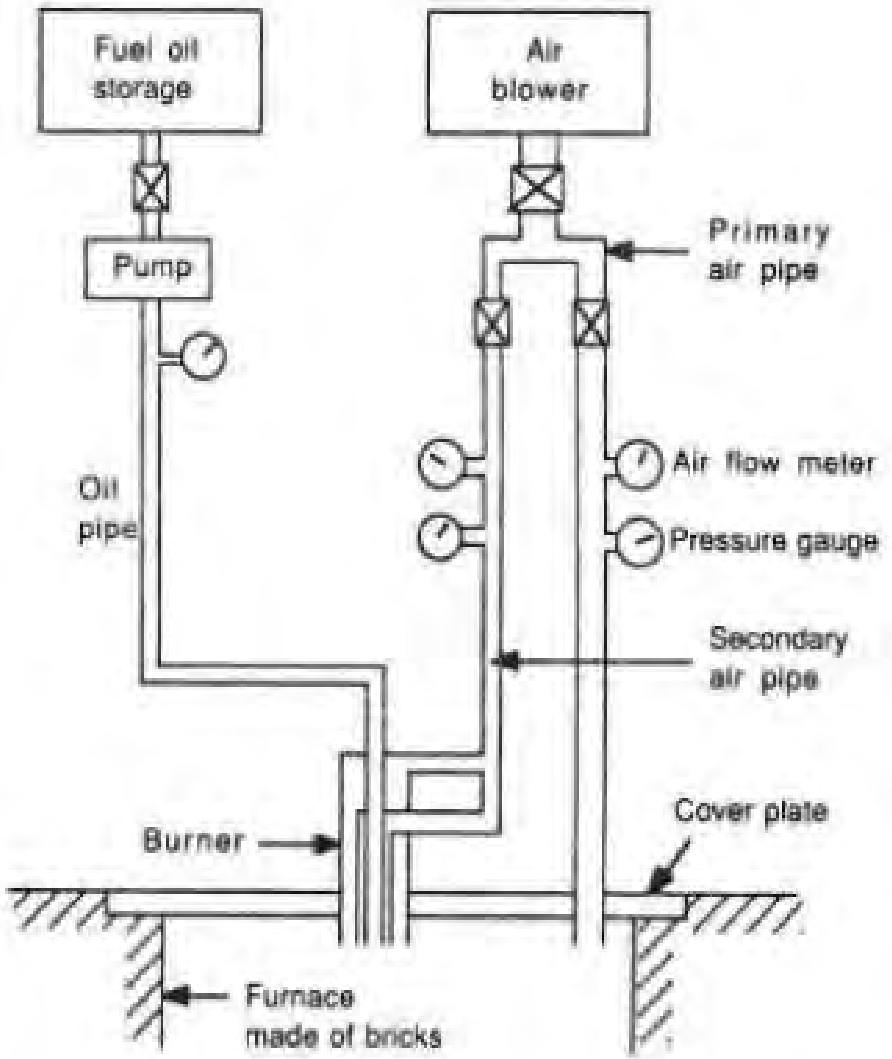
سیستم خلاء در روش پیش بارگذاری توسط ایجاد مکش

سیستمهای حرارتی–(ThermalModification)

- این روش شامل گرمایش و کنترل رطوبت خاک می باشد. از مزایای این روش حصول مقاومت دائم و سریع می باشد.
- کاربرد این روش در لایهای غیر اشباع، رس ها و لُسها می باشد. اما در مناطق اشباع کاربرد ندارد.
- به دو صورت سطحی و عمیق انجام می شود. در حالت سطحی توسط دستگاهی سطح خاک اتوکشی میشود و در حالت عمیق سیستم گرمایش در داخل گمانه ها نصب می‌گردد.



Schematic diagram of the Irvine heat treatment machine



Closed-type burning system which is placed over a borehole

سیستمهای انجماد –Freezing

- انجماد خاک پروسه ای است جهت ایجاد لایه های موقّت غیر قابل نفوذ مقاوم در برابرآب و افزایش مقاومت فشاری و برشی با تبدیل کردن آبهای در حال جریان متصل به هم به یخ.
- انجماد خاک معمولاً جهت مهیا ساختن عملیات ساختمانی زیرزمینی و حفاری و ممانعت از نفوذ جریان آب زیر زمینی به درون محل حفاری، مورد استفاده قرار میگیرد.
- این روش در گستره وسیعی از خاک ها قابل استفاده است ولی زمان قابل توجهی جهت پایداری و ایجاد دیوار حائل یخی محکم تا زمانیکه مورد نیاز است، می طلبد .
- این روش معمولاً نیاز به هوای متراکم ،تخلیه آب محل حفاری ، نگرانی از فرو ریختن زمین در طول زمان آبگیری یا حفاری را برطرف میکند .

روش انجماد خاک

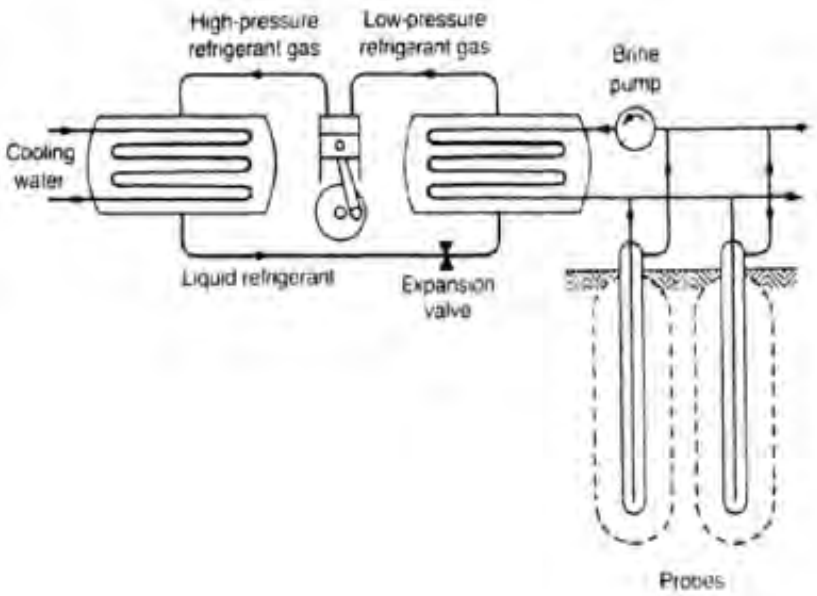
- **انجماد با سرعت کم یا انجماد با حلقه بسته :**

از مواد سرد کننده مانند محلول کلرید کلسیم یا اتیلن گلیکول یا محلول آمونیاک استفاده می‌شود.

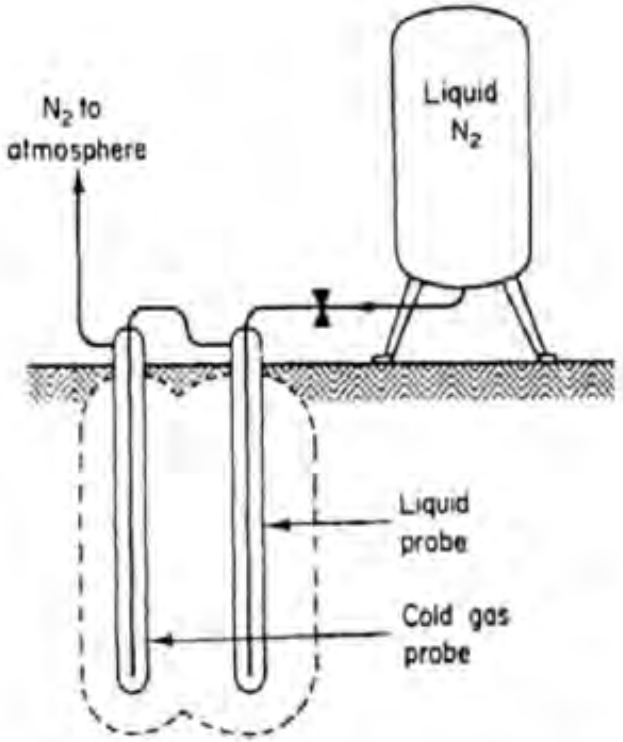
- **انجماد سریع یا انجماد با حلقه باز**

استفاده از مواد سرد کننده مانند نیتروژن مایع که با تبخیر آن و گرفتن دمای زمین، دمای زمین را به ۱۹۶- درجه سانتیگراد می‌رساند. نیتروژن مایع بسیارگران است .

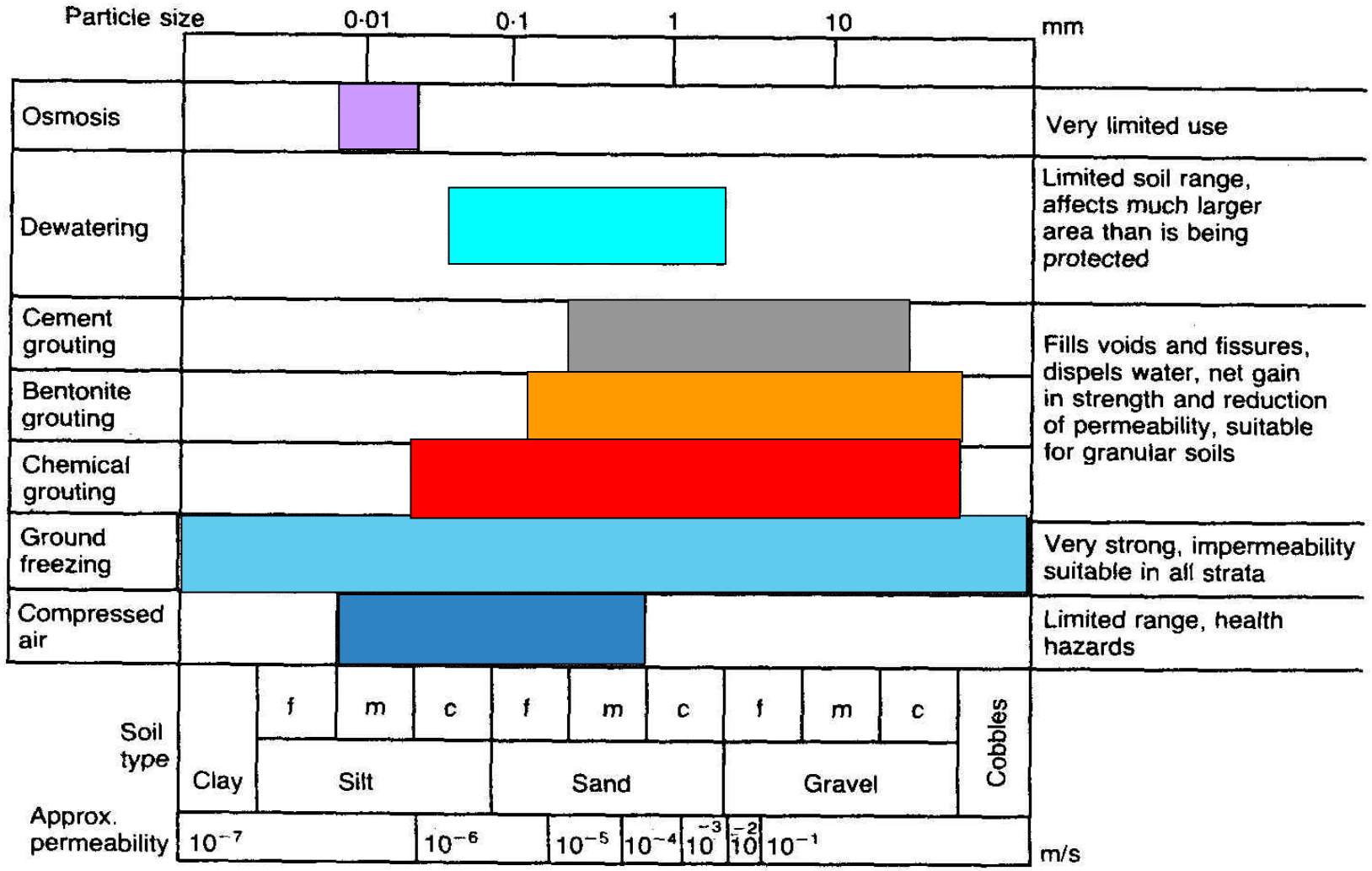
Freezing– **سیستمهای انجماد**



Circulating brine freezing system

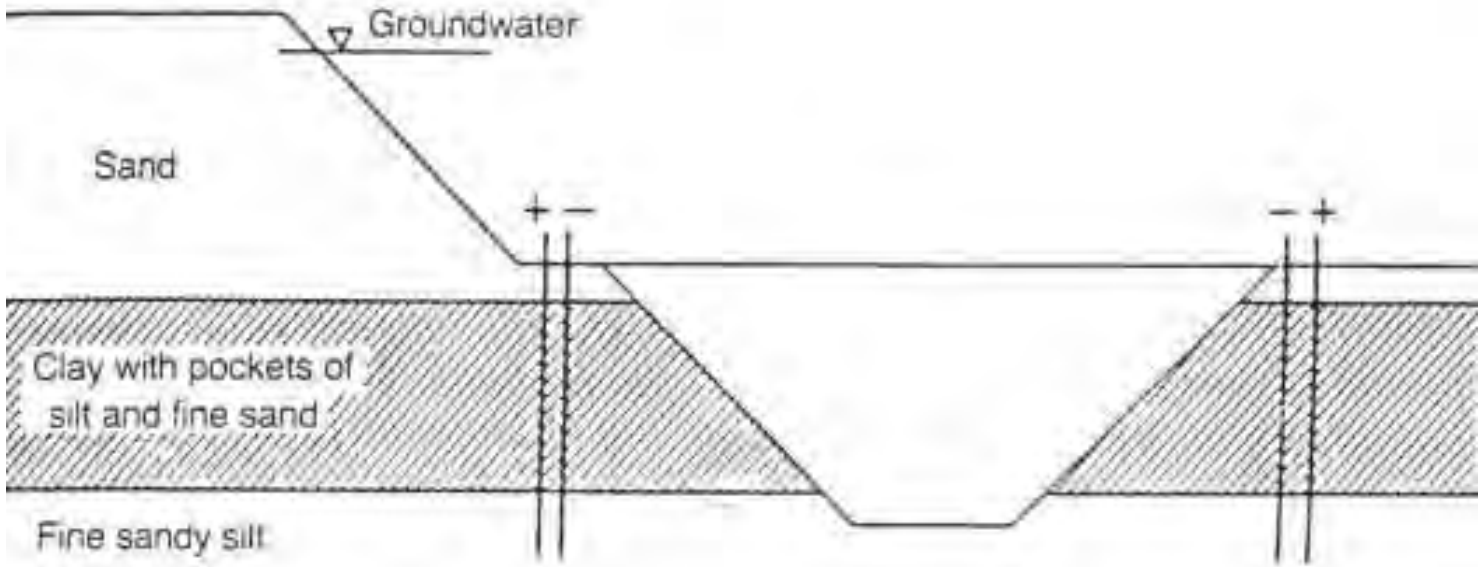


Ground freezing with liquid nitrogen


Particle size
0·01
0·1
1
10
mm
Osmosis
Very limited use
Dewatering
Limited soil range, affects much larger area than is being protected
Cement grouting
Bentonite grouting
Chemical grouting
Fills voids and fissures, dispels water, net gain in strength and reduction of permeability, suitable for granular soils
Ground freezing
Very strong, impermeability suitable in all strata
Compressed air
Limited range, health hazards
Soil type
f
m
c
f
m
c
f
m
c
Clay
Silt
Sand
Gravel
Cobbles
Approx. permeability
10^{-7}
10^{-6}
10^{-5}
10^{-4}
10^{-3}
10^{-2}
10^{-1}
m/s

بهسازی الکتریکی – Electrical improvement

- در این روش جریان مستقیم برق باعث جریان آب از آند به کاتد و برداشت آب میشود.
- کاربرد در رس ها، لای ها و خاک های آلی.

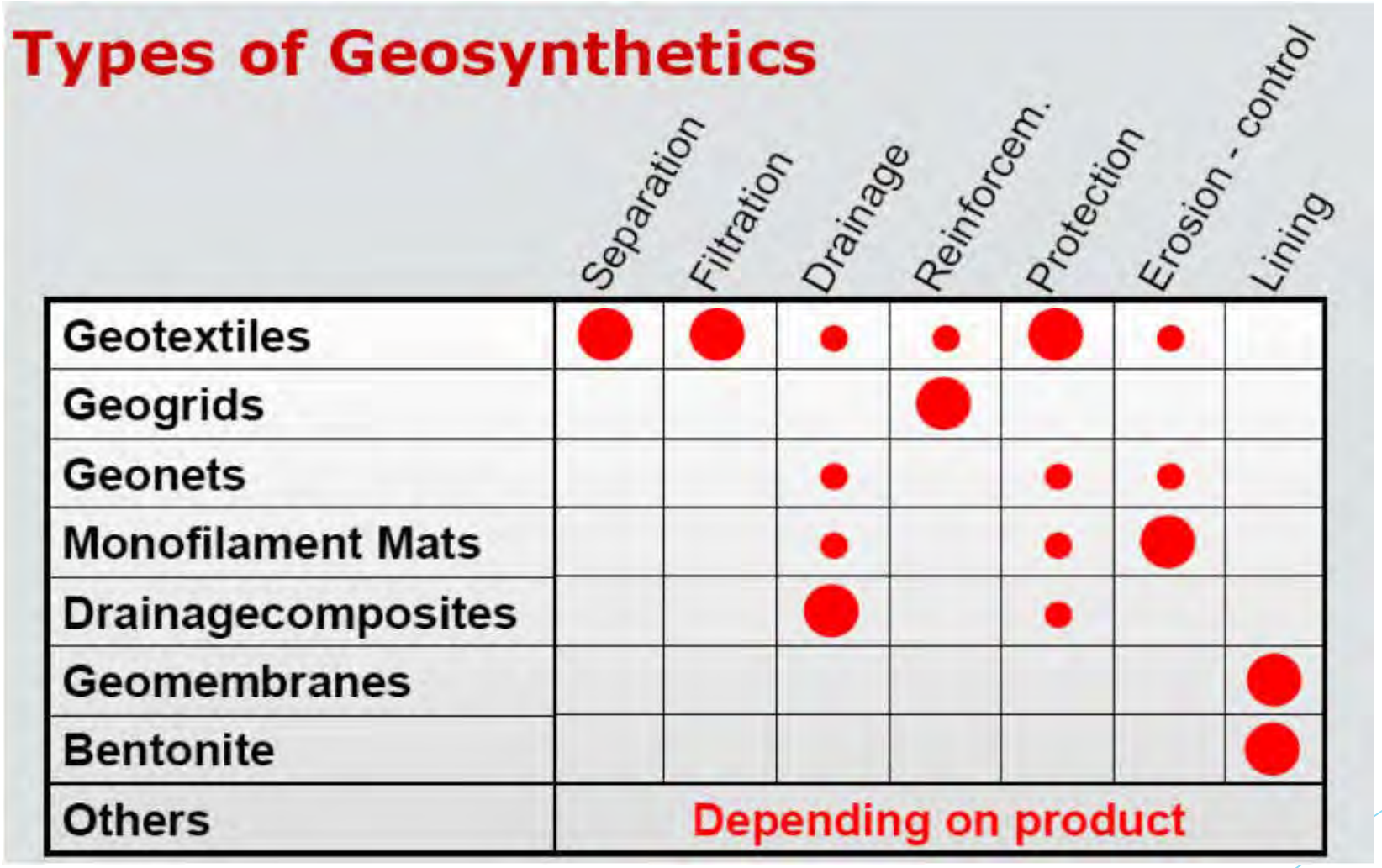


میخ کوبی – Nailing

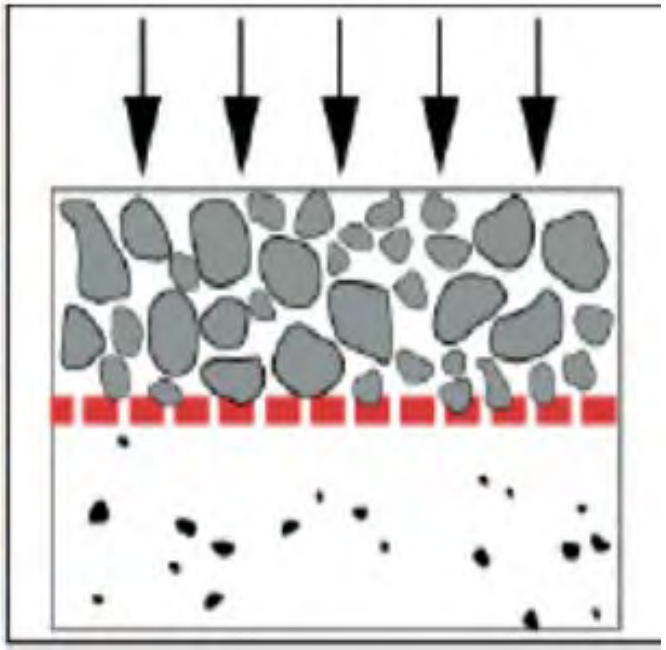
- از جمله روش های تسلیح داخلی خاک می باشد. در این روش المان های میله‌ای شکل فولادی داخل خاک فرو برده میشوند و باعث تسلیح خاک، مهاربندی گود ها و نیز تقویت پی شوند.

- در این روش می توان برای اتصال بهتر مهار ها به خاک اطراف از المان های لوله ای شکل مشبک استفاده شده و داخل آنها تزریق دوغاب با فشار بالا انجام شود.

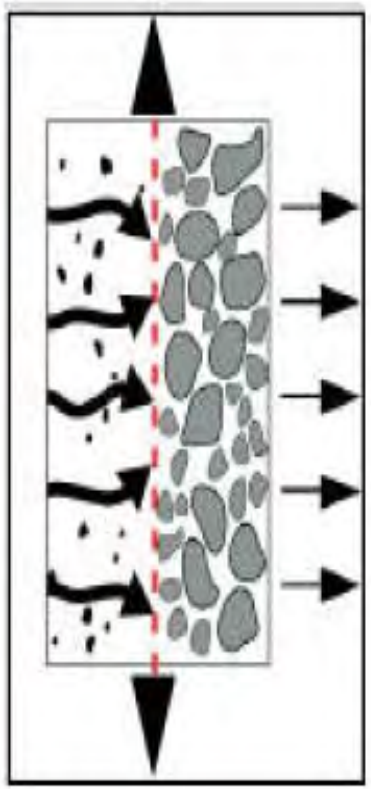
Geosynthetics –ژئوسنتتیک ها



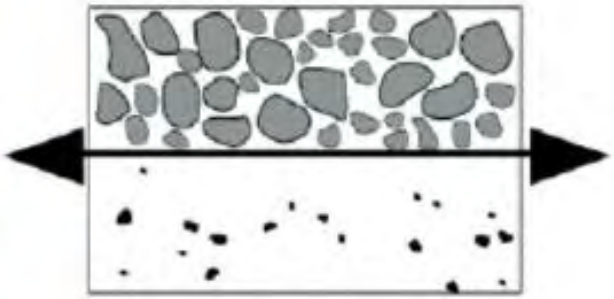
Seperation



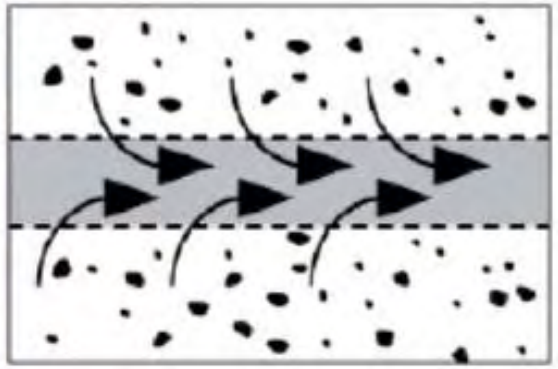
Filtration



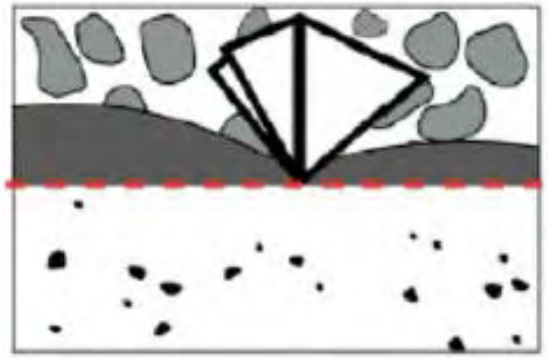
Reinforcement



Drainage



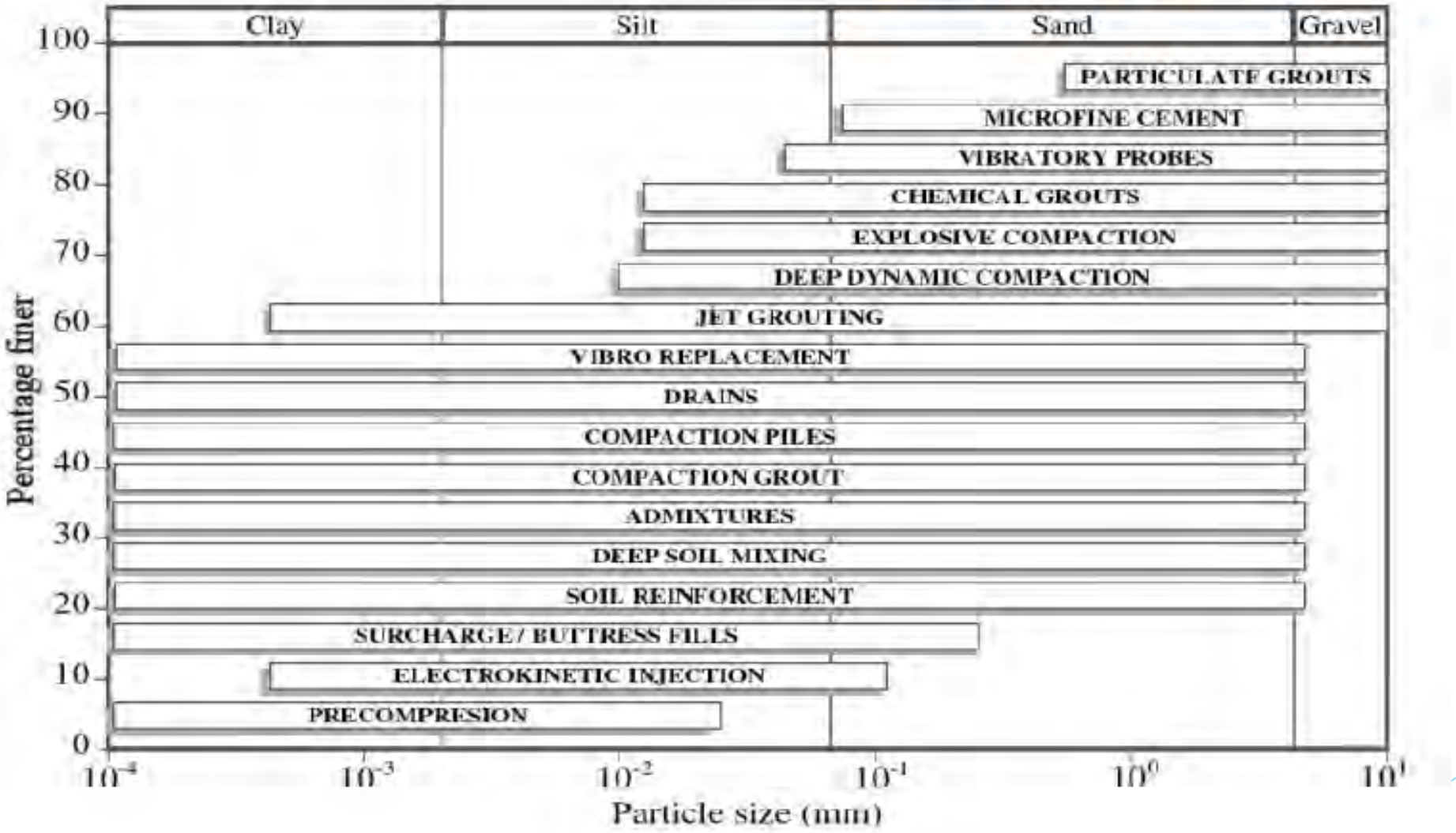
Protection



Surface erosion control

Reflective cracking

دامنه کاربرد روشهای مختلف بهسازی خاک



مشخصات متدهای مختلف بهسازی

(US ARMY. Corps of Engineers, No.9,1994)

متد Method	اصول عمل	مناسبترین خاک	ماکزیمم عمق موثر m	مزایا و محدودیتها
الف-تراکم ویبره ای Vibrocompaction				
انفجار Blasting	شوک امواج موجب روانگرایی،جابجایی و ایجاد فرم جدید در خاک	ماسه های تمیز اشباع و ماسه های نیمه اشباع و لای های پس از غرقاب شدن	20	سریع، هزینه پائین عمل آوری مناطق کوچک، عدم تثبیت در اعماق سطحی و تهدید محیط زیست
کوبنده ها Terraprobe	متراکم سازی خاک ها با ویبراسیون عمودی، روانگرایی مصنوعی موجب نشست تحت وزن لایه بالایی	ماسه های خشک و یا اشباع تمیز(اثرات کم در ماسه های ریز)	20 متر	سریع، ساده و مناسب در زیر آب لایه های نرم زیرزمین ممکن است موجب میرایی ارتعاشات گردند
غلتکهای ویبره ای Rollers Vibratory	متراکم سازی با ارتعاش، تحمیل روانگرایی مصنوعی در اثر وزن غلتک	خاکهای غیر چسبنده	2-3	بهترین متد برای لایه های کم ضخامت سطحی و لایه های خاکریز
تراکم دینامیکی Dynamic Compaction	تکرار ضربات با شدت بالا در سطح و حصول نشست اتی	خاکهای دانه ای، خاکهای دیگر می توانند بهبود یابند	15-20	ساده، سریع، لزوم حفاظت از خطرات جراحت و صدمه به افراد و نیز خسارت به بناها در اثر پرش گرد و غبار و خاک، آب زیرزمینی باید بیش از 2 متر پائین تر از سطح تواز زمین بوده، سریعتر از پیش بارگذاری ولی با یکنواختی کمتر
ویبره شناوری Vibro Flotation	متراکم سازی با ارتعاشات افقی تراکم مصالح پرکننده	خاکهای دانه ای با کمتر از 20٪ مصالح ریزدانه	30	اقتصادی و موثر در خاکهای دانه ای اشباع و نیمه اشباع
تراکم هیدرولیکی Hydro Compaction	متراکم سازی با ارتعاش و یا ضربات ممتد روی سطح خاک از پیش مرطوب شده	خاکهای رمبنده	<3	موثرترین متد جهت بهسازی ماسه های لای دار شل فرو ریزشی

مشخصات متدهای مختلف بهسازی

ب-شمع های تراکمی Compaction				
موثر در خاکهای محتوی ریزدانه. تراکم یکنواخت سهولت در کنترل نتایج کند	20 متر	خاکهای ماسه ای شل، خاکهای رسی نیمه اشباع، رس ها	متراکم سازی یا جابجایی خاک توسط حجم شمع و یا ارتعاش حاصل از کوبش	شمع های تراکمی Compaction piles
هوای فشرده ممکن است جهت بازنگه داشتن گمانه هنگام بیرون کشیدن لوله استفاده شود.	-	همه خاکها	ماسه در شمع لوله ای ریخته شده لوله به آرامی بیرون کشیده شده و کوبیدن آن توسط چکش ویبره ای صورت می گیرد.	شمع های تراکمی، ماسه ای Sand compaction piles

مشخصات متدهای مختلف بهسازی

ج-پیش فشردگی precompression				
راحت، یکنواخت زمان طولانی نیاز است (تسریع با استفاده از زهکش های ماسه ای یا فتیله ای)	-	رس های نرم تحکیم عادی لای ها، نهشته های رسی، خاکریزها	بار مناسب جهت پیش فشردگی خاک و قبل از اجراء بکار رفته می شود.	پیش بارگذاری preloading
سریعتر از پیش بارگذاری، بدون سربار (تسریع با استفاده از زهکش های ماسه ای و یا فتیله ای)	-	رس های نرم تحکیم عادی لای ها، نهشته های رسی، خاکریزها	خاکریزی بیش از اندازه جهت دستیابی به نشست معین، زمان کوتاهتر، خاکریز اضافه برداشته می شود.	خاکریز بعنوان سربار Surcharge fills
بارگذاری از نوع خاکریز ضروری نیست و استفاده در مناطق محدوده شده، سریع ویژگیهای غیریکنواخت بین الکترودها بلا استفاده در خاکهای با نفوذپذیری بالا	10-20	رس ها و لای ها با تحکیم عادی	جریان مستقیم برق باعث جریان آب از آند به کاتد و از آنجا آب برداشته می شود.	الکترو اسمز Electro-osmosis

مشخصات متدهای مختلف بهسازی

د-مسلح سازی Reinforcement				
استفاده از خاک بومی و درجا، کاهش سیستم های مقاوم و مهار جانبی در حین حفاری، مشکل در کنترل کیفیت	>20	همه خاکهای نرم و شل غیرآلی	آهک سیمان و یا آسفالت با استفاده از مته یا حفاری میکسر، با خاک مخلوط می شود	شمع ها و یا دیوارهای اختلاط یافته در محل mix-in-place piles and walls
افزایش توان باربری مجاز، کاهش تغییرات شکل	<3	همه خاکها	نوارهای کشش افقی و یا غشاها مدفون در خاک زیر پی ها	نوارها و یا غشاها Strips and membranes
سریعتر از پیش فشردگی اجتناب از خشکاندن جهت برداشت و جایگزینی، محدودیت ظرفیت باربری	20	(0.20-0.50 kg/	ایجاد گمانه و سوراخ با جت آب در خاک نرم و پر نمودن آن با مصالح دانه ای متراکم	ستونهای سنگی با استفاده از جایگزینی ویبره ای Vibro-replacement stone
بهترین در خاکها با حساسیت پائین با سطح آب زیرزمینی پائین	17	(0.30-0.60 kg/	مته یا اژدر و یا مته در حین بیرون کشیده شدن به پائین شارژ می شود	ستونهای سنگی با استفاده از جابجایی ویبره ای Vibro-displacement stone

و-تزریق Grouting And Injecrtion

تزریق ابوهی Particulate grouting	نفوذ ماتو تزریقی در خلل و فرج خاک	ماسه و شن متوسط تا درشت	نامحدود	هزینه پائین، حصول ماده ای مقاوم
تزریق شیمیایی Chemical groutiong	حل شدن دو یا چند ماده شیمیایی و تشکیل ژل و یا ته نشینی درجا در منافذ خاک	سیستمهای متوسط تا درشت	نامحدود	ویسکوزیته کم، جهت آبندی، کنترل شدن زمان ایجاد ژل، هزینه بالا، مشکل جهت ارزیابی
تزریق با فشار آهک و یا آهک خاکستر آتشفشانی Pressure injected lime and lime fly ash	دوغاب آهک و یا خاکستر آتشفشانی به اعماق سطحی تحت فشار تزریق می شوند	خاکهای انبساطی، سیلتها و ماسه های شل	نامحدود (معمولاً 2 تا 3 متر)	سریع و اقتصادی برای فونداسیونهای سازه، سبک، خاکستر آتشفشانی با آهک موجب افزایش سیمانی شدن و مقاومت و کاهش نفوذ پذیری می شوند.
تزریق جابجایی و یا تراکمی Displacement or compaction grout	دوغاب با ویسکوزیته بالا مثل جک هیدرولیکی شعاعی عمل نموده وقتی که تحت فشار بالا پمپ می شود.	خاکهای ریزدانه نرم خاکها با تخلخل زیاد و یا فوای	13	اصلاح نشتهای غیر یکنواخت و پرنمودن خلل و فرجها، لزوم کنترل دقیق
تزریق به کمک جت آب Jet grouting	دوغاب سیمان تزریق شده تا جایگزین و مخلوط با خاکی فرسایش یافته توسط جت آب پر فشار گردد.	رسوبات رودخانه ای، خاکهای چسبنده شنی و ماسه ای و خاکریزهای متفرقه	نامحدود	افزایش مقاومت خاک و کاهش نفوذپذیری، کاربرد وسیع
تزریق الکترو کینتیک Electrokinetic injection	مصالح شیمیایی تثبیت کننده با استفاده از الکترو اسمز در خاک فرستاده می شوند.	سیستمهای اشباع رسهای سیلتی	ناشناخته	خاک و اسکلت داخلی ان تحت فشارهای بالا قرار نمی گیرند مگر در خاکهای نفوذپذیر

ه-متدهای متفرقه miscellaneous				
یکنواخت، کنترل شده وقتی که جایگزین می شوند، ممکن است به منطقه وسیعی جهت خشکاندن خاک نیاز باشد.	<10	خاکهای غیر آلی	خاک نامناسب برداشته شده و با مصالح مناسب جایگزین می شود و یا خاک برداشته شده با خشک شدن و یا مواد افزودنی بهبود یافته پس از برگشت متراکم می شود.	برداشت و جایگزین Remove and replace
بهترین برای سازه های کوچک و روسازیها، ممکن است 100٪ موثر واقع نشود.	5	خاکهای انبساطی	رسیدن رطوبت به خاک بستر حداقل شده و یا یکدست تر می شود	حائل ها یا موانع رطوبتی Moisture barriers
هزینه کم، بهترین برای سازه های کوچک سبک خاک هنوز ممکن است انقباض و یا تورم یابد	-	خاکهای انبساطی	خاک به رطوبت تخمینی و مورد نظر قبل از اجرای رسانده می شود	پیش مرطوب نمودن prewetting
مقاومت بالا، توزیع مناسب بار برای خاکهای نرم در لایه های زیرین	-	رس های نرم و یا با خاکهای آلی، نهشته های لجنی	خاکریزی سازه ای موجب توزیع بارها و کاهش تنش برای لایه های نرم زیرین می شود	خاکریزی سازه ای Structural fill

برآورد هزینه جهانی روش های بهسازی خاک

Method	Relative Cost	Cost per m ($)	Cost per m^2 ground surface/wall face ($)	Cost per m^3 treated ground ($)	Reference	Comments
Deep Dynamic Compaction	Low	--	8 to 32	~5	FHWA (1998)	
Vibrocompaction, Vibrorod	Low to moderate	No backfill (B/F) - 15 Granular B/F - 25	--	1 to 4	FHWA (1998)	Plus mobilization of $15,000/rig
Stone Columns (Vibro-replacement)	Moderate	Starts at 45 to 60 if suitable B/F readily available	--	--	FHWA (1998)	Plus mobilization of $15,000/rig
Gravel Drains	Moderate	11 to 22	--	--	Ledbetter (1985)	
Explosive Compaction	Low	--	--	2 to 4	Adalier (1996)	
Compaction Grouting	Low to moderate	--	--	5 to 50	FHWA (1998)	Plus mobilization, pipe installation costs
Particulate Grouting (Permeation)	Moderate	--	--	3 to 30	Adalier (1996)	
Chemical Grouting (Permeation)	High	--	--	150 to 400	Hayward Baker (1996)	If > 700 m^3 will be treated with sodium silicate grout, assume $195/$m^3$ plus mobilization ($10-50K) plus installation of grout pipes ($65/m) (FHWA, 1998)

برآورد هزینه جهانی روش های بهسازی خاک

Jet Grouting	High to very high	Seepage control: 30 to 200 Underpinning, excavation support: 95 to 650	–	–	FHWA (1998)	Columns approximately 1 m diameter; if headroom is limited, assume high end of range
Soil Nailing	Moderate to high	–	Permanent: 165 to 775 Temporary: 160 to 400	–	FHWA (1998)	Permanent cost depends on type of facing
Deep Soil Mixing	High to very high	–	–	100 to 150	FHWA (1998)	Plus mobilization of $100,000
Roller Compacted Concrete	–	–	–	New construction: 25 to 75 Overtopping protection: 65 to 130	Portland Cement Association (1992, 1997)	
Prefabricated Vertical (PV) Drains (Wick Drains)	Low	Drains only Small projects (3 - 10,000 LM): 2.25 to 4.00 Medium projects (10,000 - 50,000 LM): 1.60 to 2.50 Large projects (> 50,000 LM): 1.20 to 2.00	–	–	FHWA (1998)	Plus mobilization of $7,000 to $15,000 Also need to consider costs of drainage blanket, surcharge, obstructions or dense soils, design, installation, and monitoring
Biotechnical Stabilization	Depends on application	Vegetated geogrid: 40 to 100	Live slope grating: 275 to 550 (of front face)	–	ASCE (1997)	
Replacement	–	–	–	10 to 20	Hayward Baker (1996)	

کنتـــرل و ارزیابی بهسازی

۱- شاخصهای اندازه گیری نشست و جابه‌جایی در سطح زمین

۲- اندازه‌گیری درصد رطوبت

۳- آزمایش تعیین دانستیهٔ خاک در محل

۴- آزمایش نفوذ استاندارد (SPT) و مقایسهٔ مقادیر N قبل و بعد از بهسازی

۵- آزمایش نفوذ مخروط (CPT) و مقایسهٔ مقادیر قبل و بعد از بهسازی

۶- آزمایش فشار سنجی یا پرسیومتر (PMT)

۷- آزمایش بارگذاری صفحه (PLT)

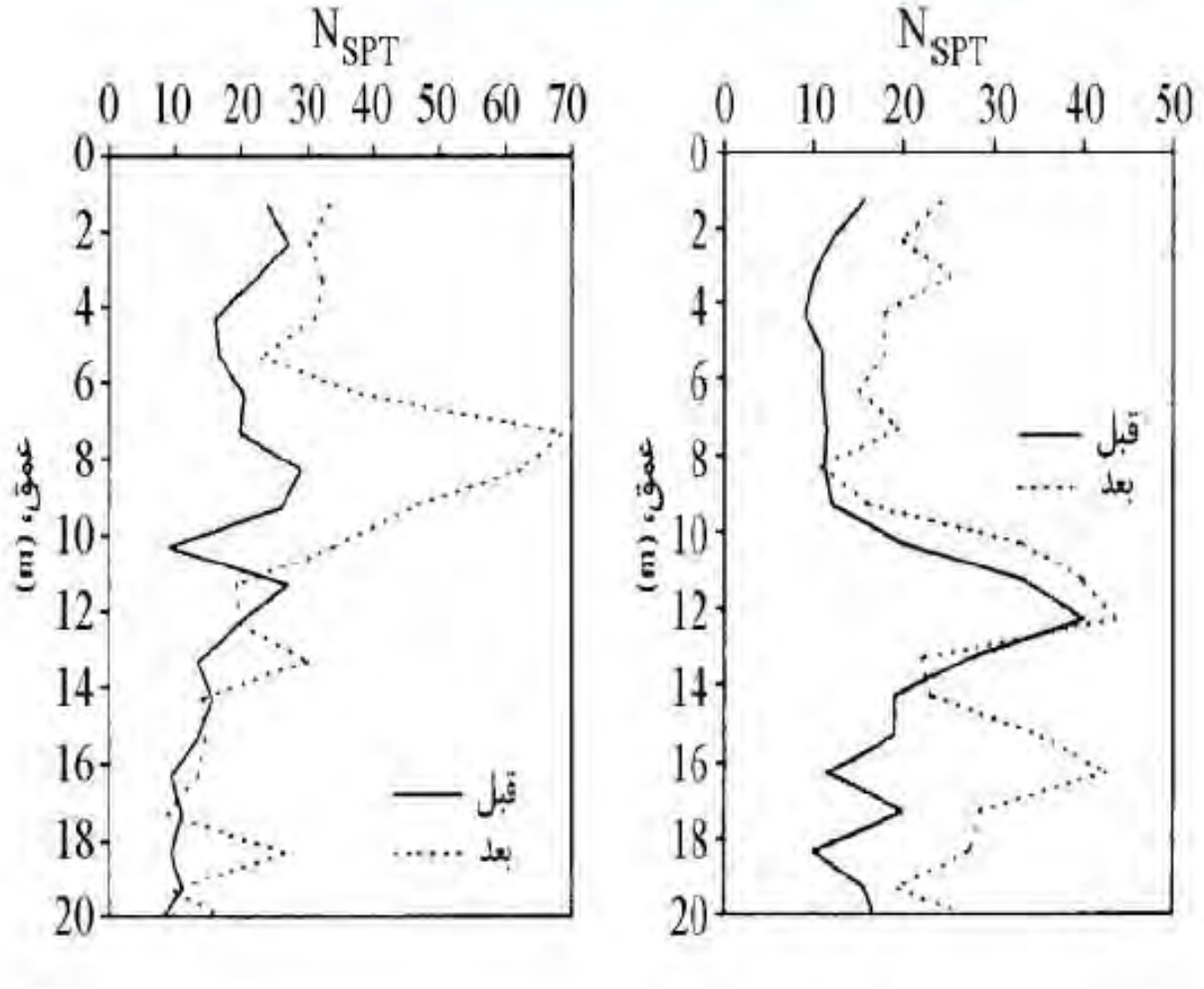
۸- تعیین سرعت امواج برشی لرزه‌ای و مقاومت الکتریکی

۹- مقاومت در برابر کوبیدن شمع

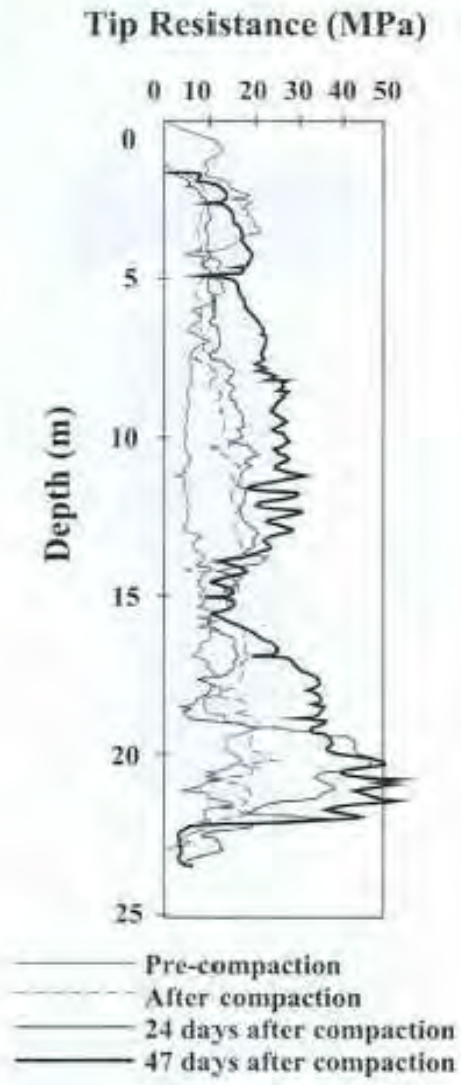
۱۰- تعیین شاخص نفوذپذیری

۱۱- تعیین خورند مواد تزریقی

نتایج آزمایشات درجا قبل و بعد از انجام عملیات بهسازی



نتایج آزمایشات درجا قبل و بعد از انجام عملیات بهسازی



بسم الله الرحمن الرحیم

سازه نگهبان های متداول

سازه نگهبان–Structures- Support System

- سازه‌ای که میتواند جانشین خاک برداشته شده گردد می‌گردد را سازه نگهبان می‌نامند.

- هدف اصلی از اجرای سازه نگهبان حفظ پایداری جداره‌های گود بشکل اولیه به منظور:

جلوگیری از ریزش

جلوگیری از ایجاد تغییر شکل نامطلوب

جلوگیری از بروز خسارت جانی برای افراد و ساختمان‌های مجاور می‌باشد.

تقسیم بندی سازه های نگهبان از نظر باربری:

- اعضای محوری (شبیه تیر یا ستون)، که با فواصلی از یکدیگر در امتداد دیواره گود به صورت به صورت چسبیده به دیواره گود، در امتداد قائم اجرا می شوند. پای این اعضا را در خاک کف گود فرو می‌برند، تا در برابر فشار رانشی افقی خاک، به صورت اعضای خمشی، مقاومت کنند.
- اعضایی صفحه‌ای که به صورت چسبیده به دیواره گود، در امتداد قائم اجرا می‌شوند.

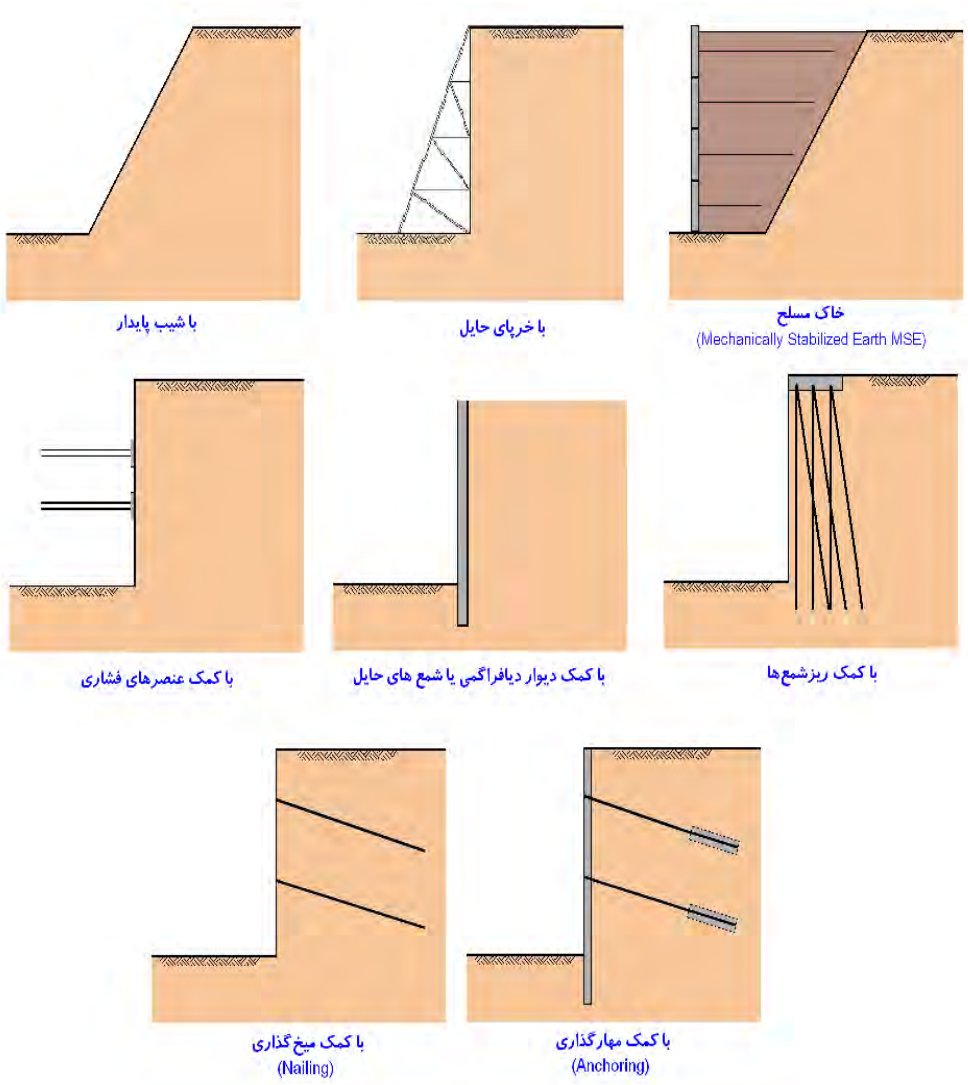
مهار سازه های نگهبان

- مهارنشده: اعضای محوری یا صفحه‌ای، به صورت اعضایی طره‌ای رفتار می‌کنند.
- مهارشده از پشت: اعضای محوری یا صفحه‌ای، به خاک بخش پایدار گود، مهار می شوند.
- مهارشده از جلو: اعضای محوری یا صفحه‌ای، از جلو مهار می شوند.

عوامل موثر بر انتخاب روشهای گودبرداری

- حجم کار و عمق گود
- شرایط قرار گیری طرح :
  - داخل یا خارج شهر
  - شلوغی یا خلوتی محیط طرح
- موقعیت اطراف طرح
  - زمین بایر
  - معبر
  - ساختمان
- شیب زمین
- ماشین آلات و نیروی انسانی موجود
- قوانین و ضوابط اداری
- شرایط اقتصادی
- رایج و متداول بودن اجرای سازه نگهبان
- امکان استفاده مجدد در پروژه های آتی از سازه نگهبان

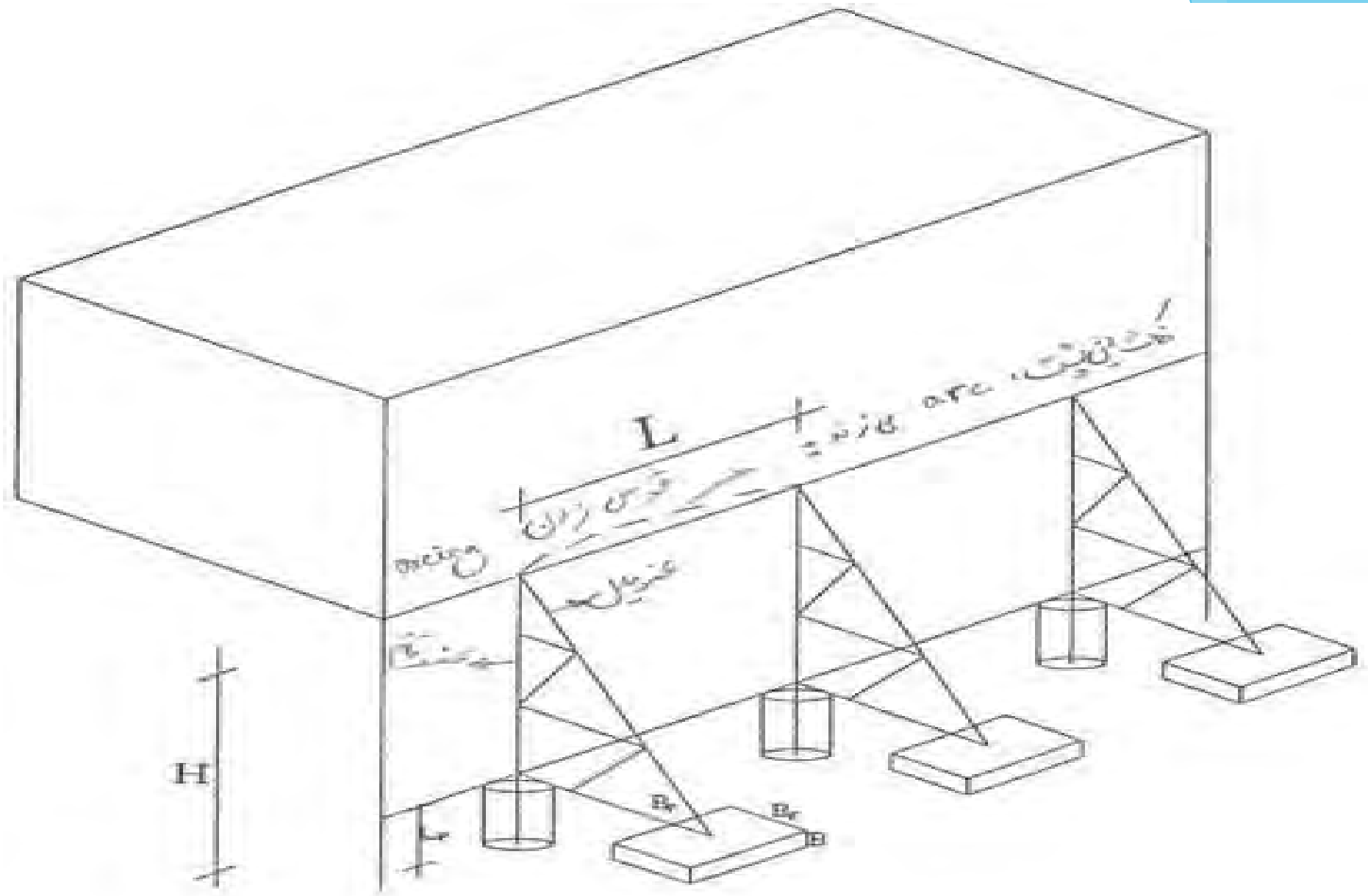
انواع روشهای پایدار سازی گود



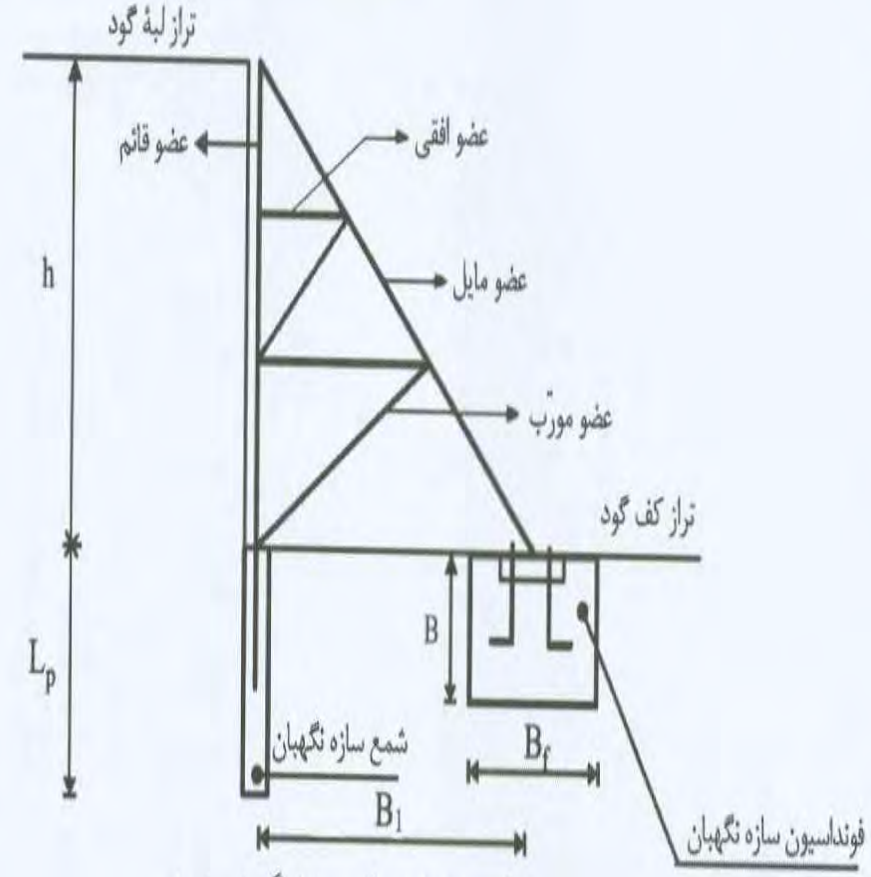
- سازه نگهبان خرپایی (Truss)
- روش مهار متقابل (Reciprocal support)
- سازه نگهبان شمع (Piling)
- روش دیواره دیافراگمی (Diaphragm wall)
- روش سپرکوبی (Sheet piling)
- روش نیلینگ یا روش میخکوبی (Nailing)
- روش یا انکراژدوخت به پشت (Tie back)
- دیوار برلنی
- خاک مسلح
- ریزشمع (micropile)

روش خرپایی–Truss Construction

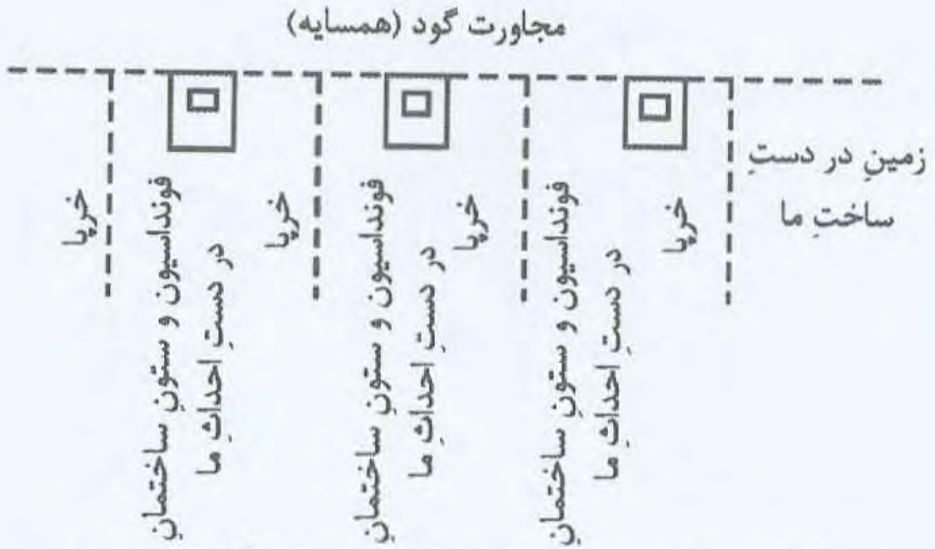
روش خرپایی عملی‌ترین شیوه برای ساخت سازه های نگهبان در مناطق شهری است ، علاوه بر مزایا این روش برای پروژه‌های ساختمانی شهری، از نقطه نظر اجرایی نیز کاملاً متناسب با امکانات موجود در کارگاه‌های ساختمانی رایج ایران نیز می‌باشد



شکل ۱-۱- شمای کلی سازهٔ نگهبان خریایی



شکل ۲۳-۲ تصویر شماتیک مقطع قائم یک سازهٔ نگهبان خرپایی



شکل ۲۳-۳ پلان چیدمان خرپاها، در سازه‌های نگهبان خرپایی

اجرای سازه نگهبان خرپایی

۱. در محل عضوهای قائم خرپا در مجاورت دیواره گود چاه حفر می‌شود (طول شمع = عمق گود+ مقداری اضافی از محاسبه)

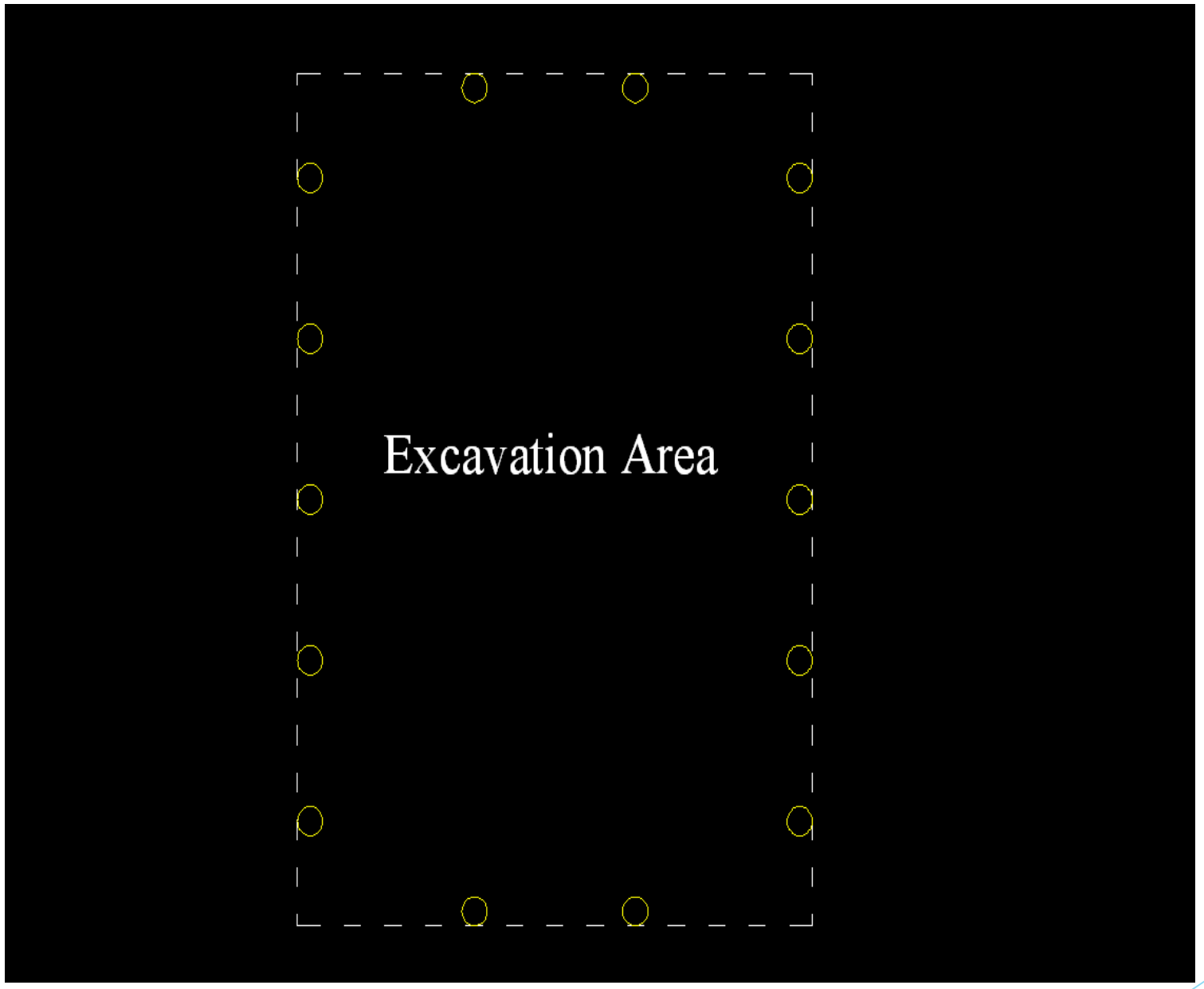
۲. درون شمع آرماتوربندی و عضو قائم داخل شمع و بتن ریزی

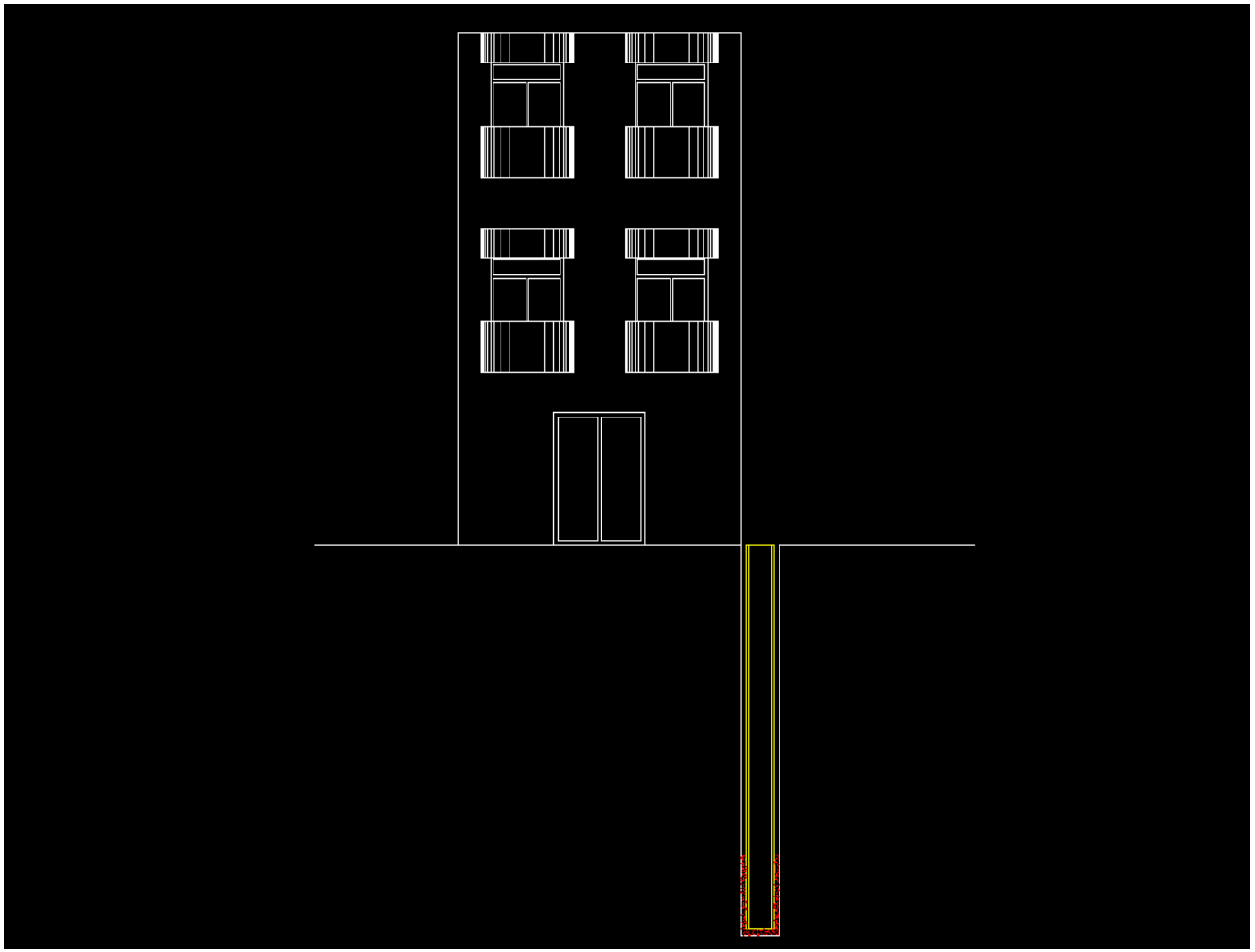
۳. خاک در امتداد دیواره گود با شیب مطمئن برداشت

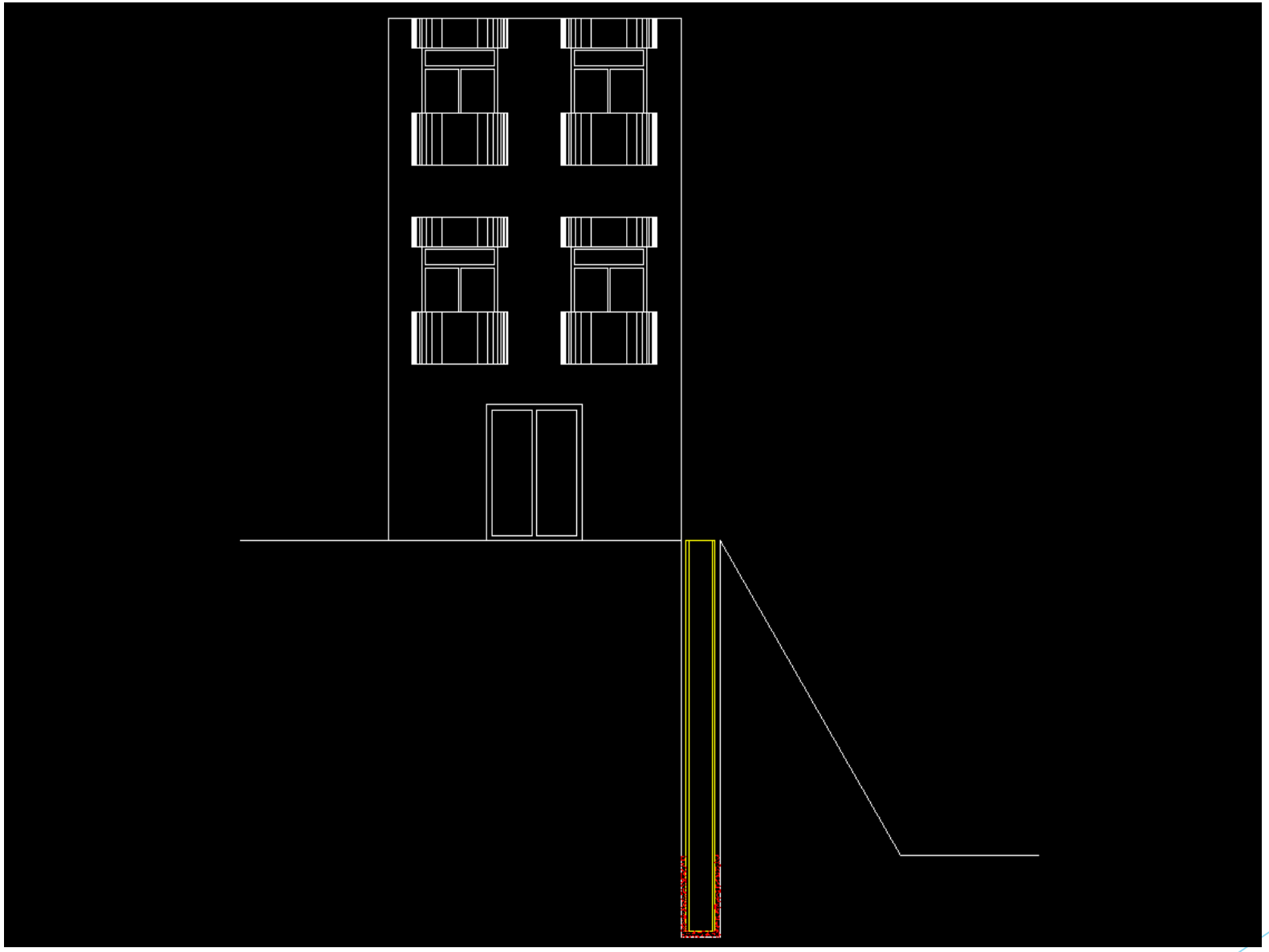
٤. اجرای فونداسیون پای عضو مایل

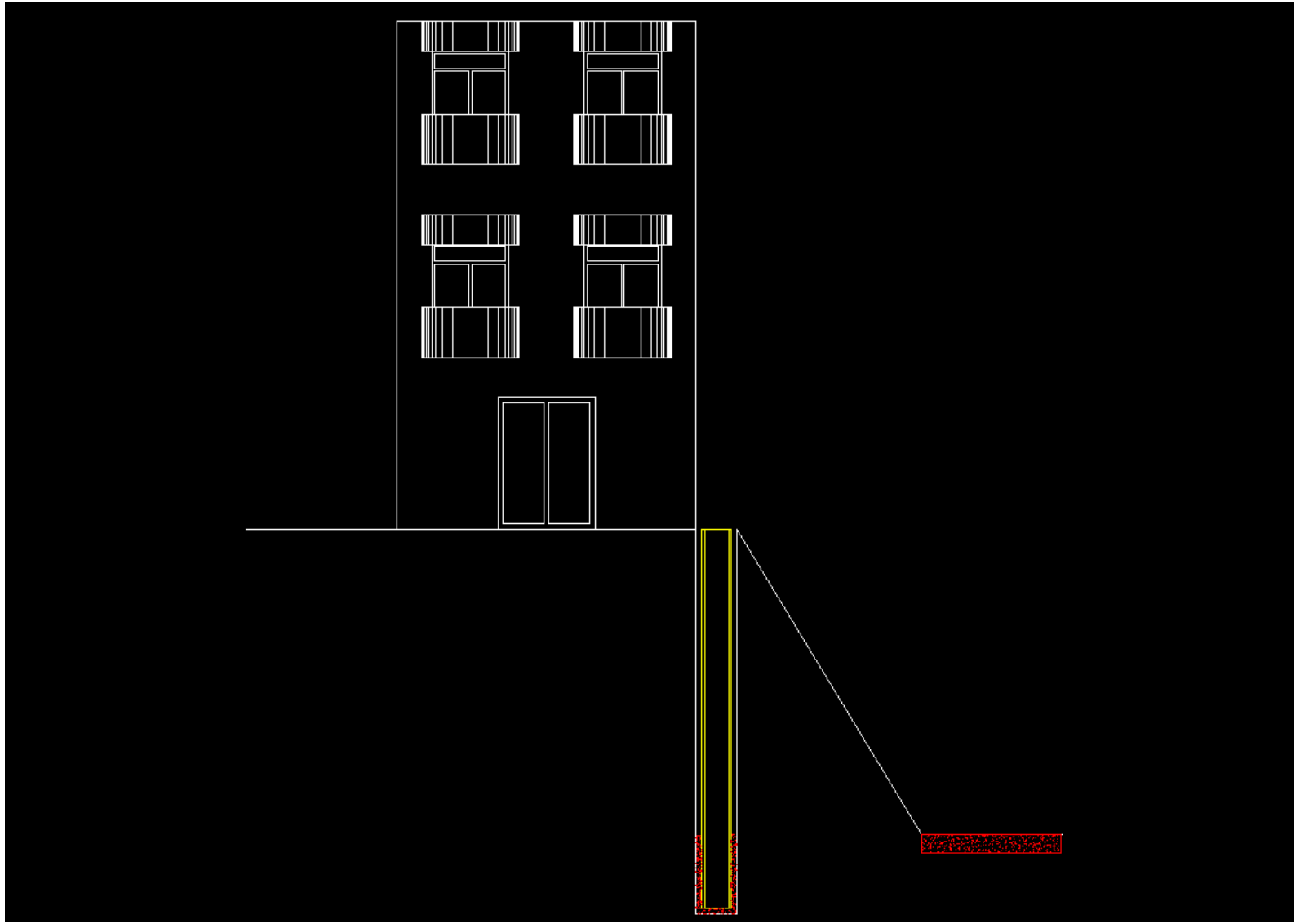
٥. عضو مایل از یک طرف به عضو قائم و از طرف دیگر به ورق کف ستون بالای فونداسیون

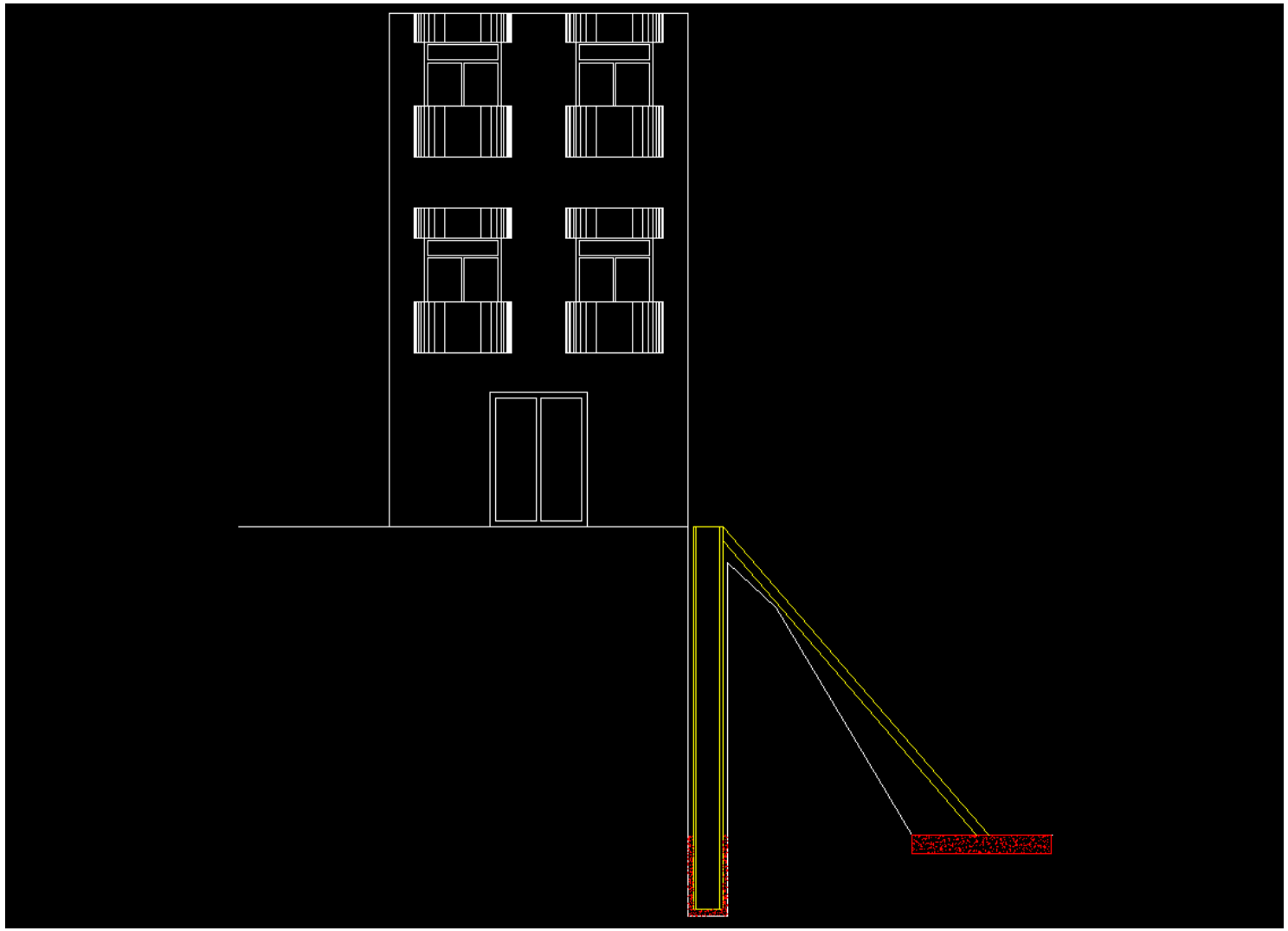
٦. برداشت خاک محصور بین اعضای قائم و تکمیل اعضای خرپا

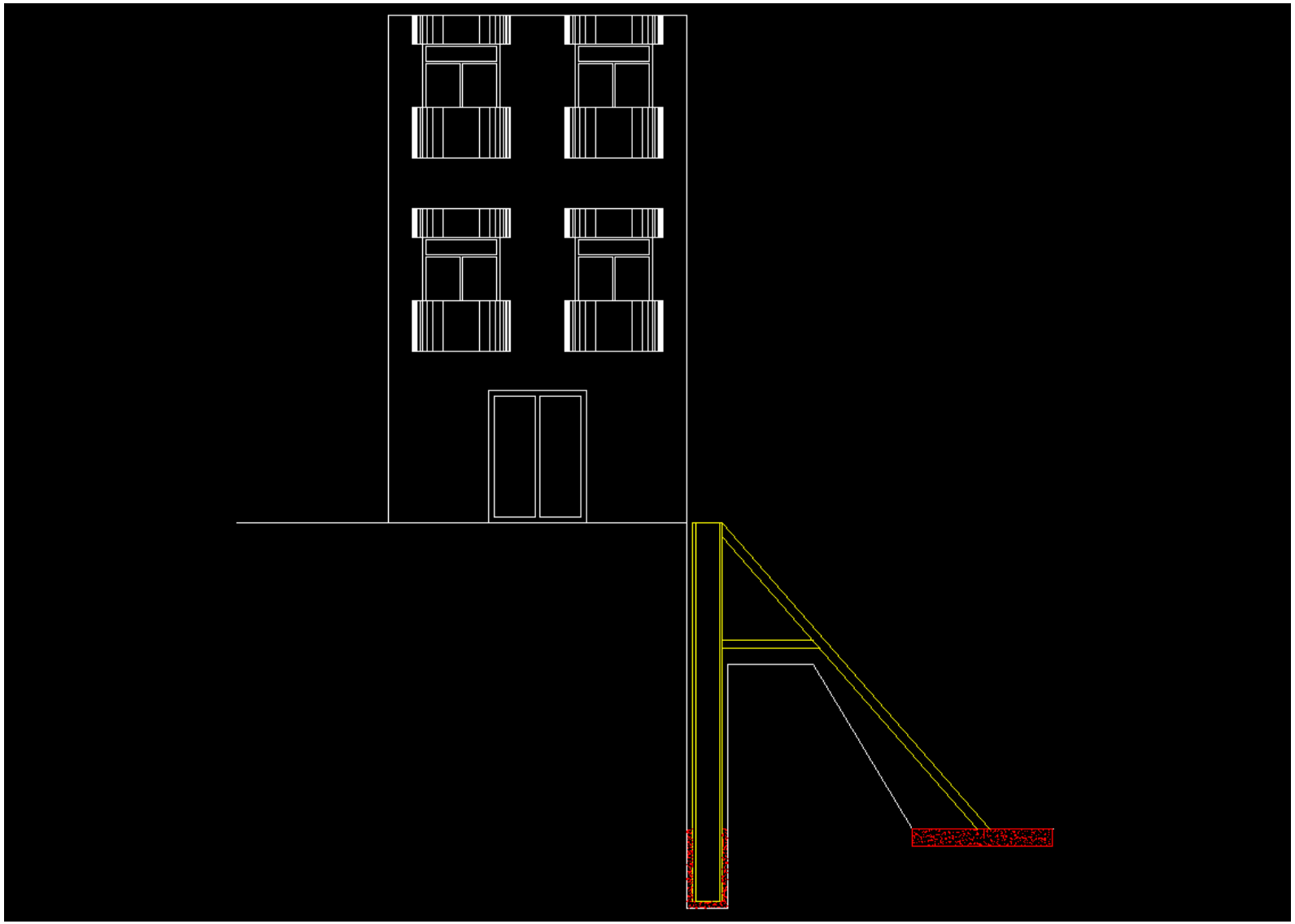

Excavation Area

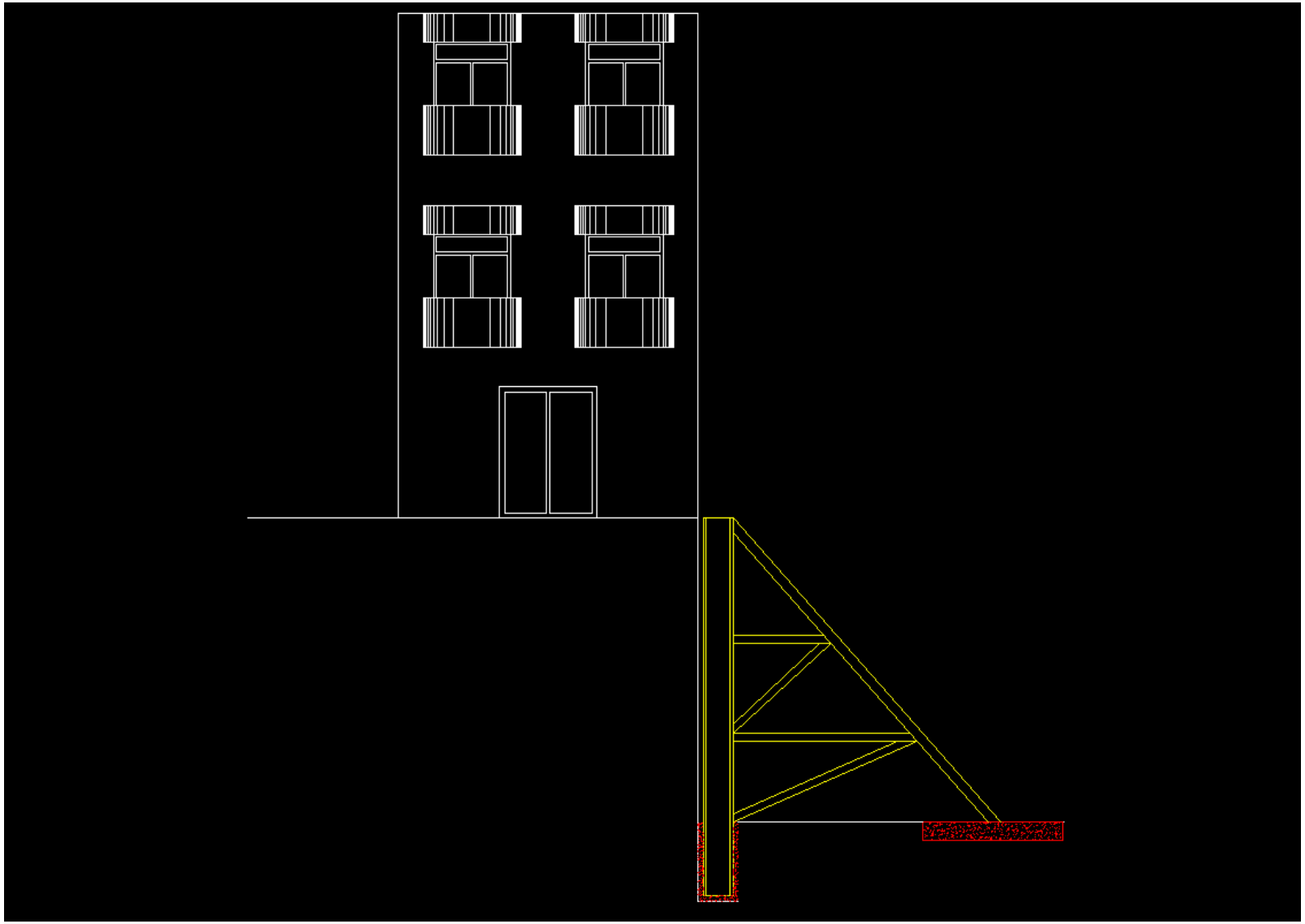


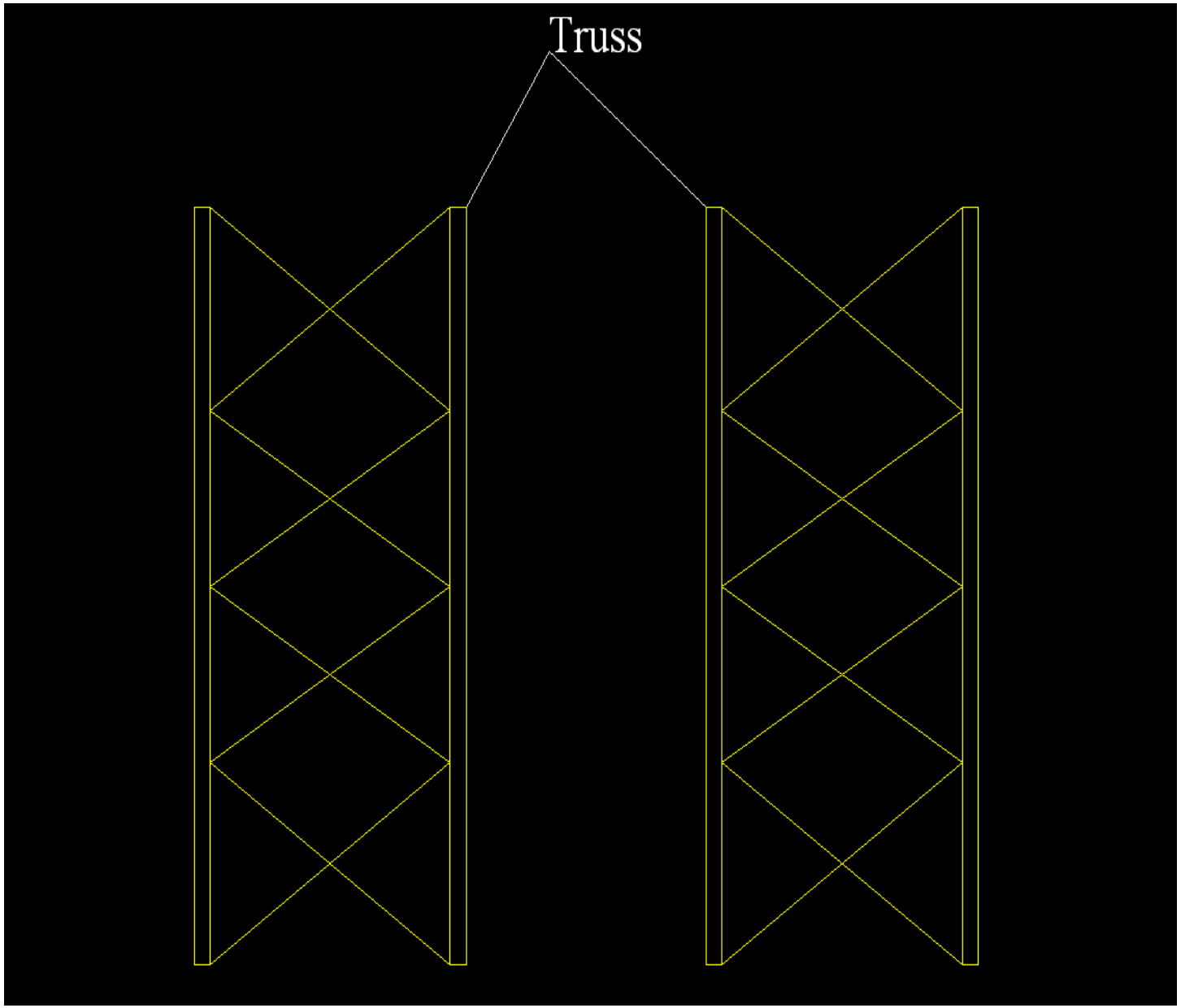




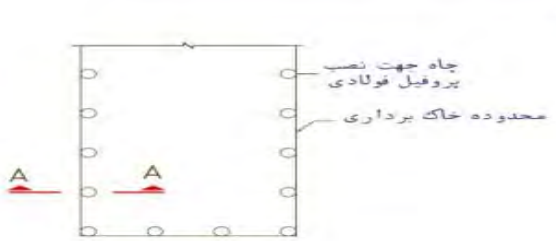




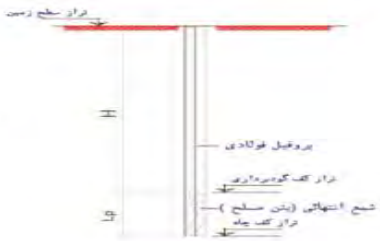



Truss

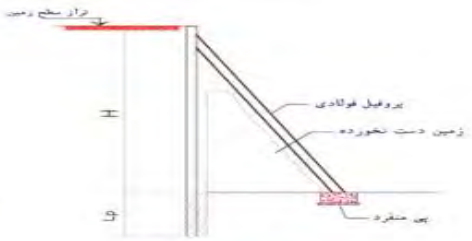
(TRUSS CONSTRUCTION) روش خرپائی



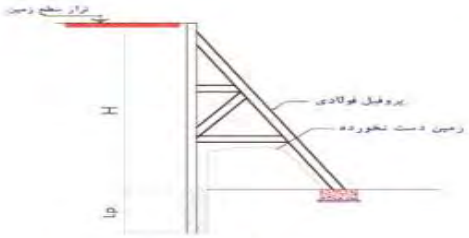
P L A N



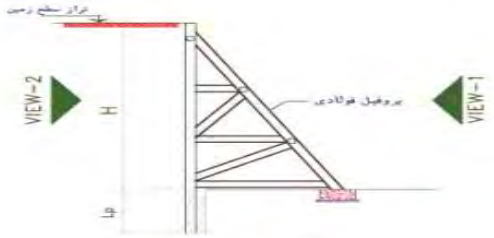
SECTION "A–A"
①



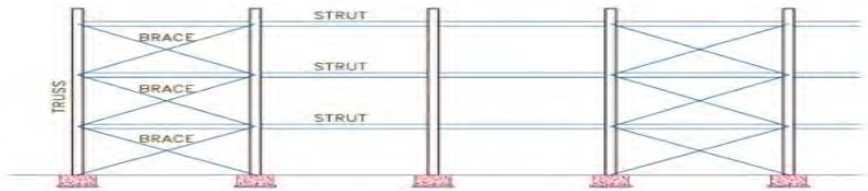
SECTION "A–A"
②



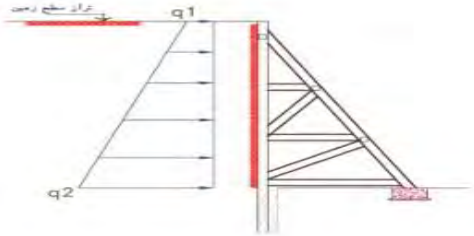
SECTION "A–A"
③

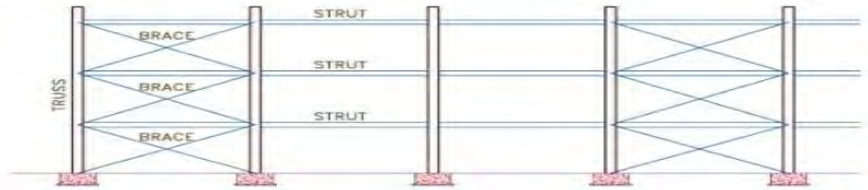


SECTION "A–A"
④



VIEW – 1





VIEW – 2

نکات اجرائی خرپاها

۱. استفاده از شناژهای افقی بین فونداسیون ها وشمع ها

۲. رقوم بالای فونداسیون وشمع ها باید یکسان باشد

۳. برای جلوگیری از ریزش خاک، از الوارهای چوبی ، پانلهای پیش ساخته بتنی و...توصیه می‌گردد

٤. برای تامین صلبیت جانبی وکم کردن طول کمانش اعضای قائم ومایل خرپا ، خرپاها مهار بندی شوند

۵. در صورت لزوم پس از نصب عضو قائم، داخل چاه با ملات ضعیف پر شود

٦. عملیات حفر چاه باید با رعایت ضوابط و...انجام شود

۷. بین عضو قائم و دیواره گود(چاه) با ملات ، بتن و... پر شود تا رانش بصورت مناسب به خرپا منتقل شود

۸. استفاده از وسائل مناسب برای ریختن بتن شمع ها (قیف ولوله،شوت و...)

۹. اسلامپ حدود ۱۵۰ میلی متر (استفاده از مواد روان کننده)

۱۰. حداقل عیار بتن ٤۰۰ کیلو گرم در متر مکعب و حداقل مقاومت بتن ۲۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است.

06 08 29

'06 08 29

14 8:22PM

❑مزایا

- مناسب برای مناطق شهری
- روش اجرایی ساده و عدم نیاز به تجهیزات و تخصص خاص
- امکان استفاده مجدد از خرپا و یا مصالح آن‌ها
- در شرایط مختلف قابل اجراء است

❑ معایب

- سرعت اجراء نسبتاً پایین است
- خرپاها در محوطه خاکبرداری جاگیر هستند
- ضروری است بخشی از خاکبرداری با دست انجام شود

روش مهار متقابل–Reciprocal Support

۱- حفر چاه در محل های معین و به درازای ۱/۲۵ تا ۱/۳ عمق گودبرداری

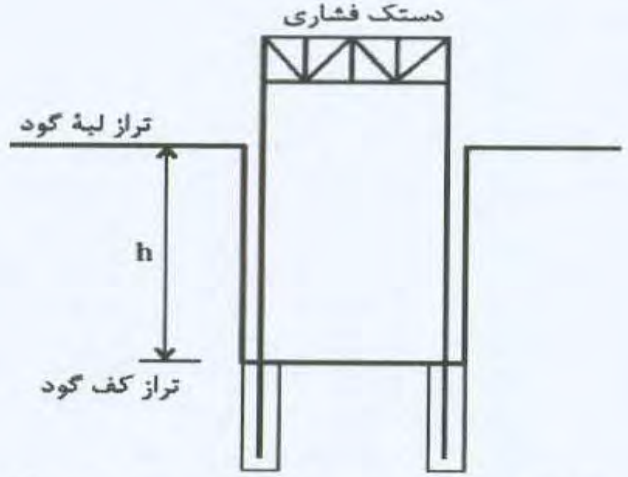
۲- قراردادن پروفیل I با H درون چاهک و بتن ریزی بخش تحتانی

۳- مهار بخش بالایی دو پروفیل متقابل با استفاده از تیر و یا خرپا که قابلیت تحمل نیرو رانشی خاک را داشته باشند.

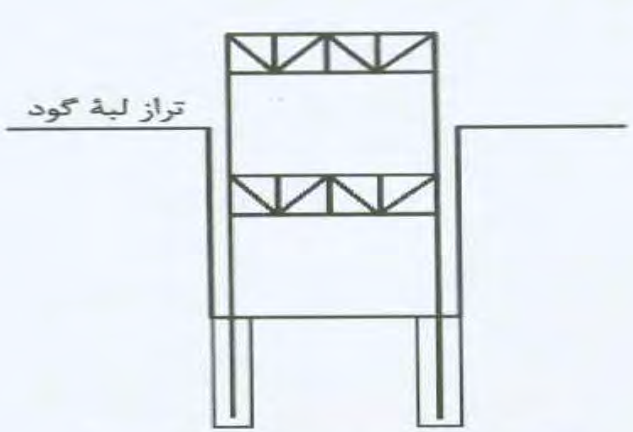
٤- خاکبرداری و قرار دادن تیر و مهارهای لازم در نقاط دیگر پروفیل ها در صورت ضرورت

۵- در صورت وجود خاک های ریزشی دیوارهای پیش ساخته بتنی، ورق فولادی، الوار چوبی بین دو پروفیل و به موازات سطح خاکبرداری شده قرار می دهیم.

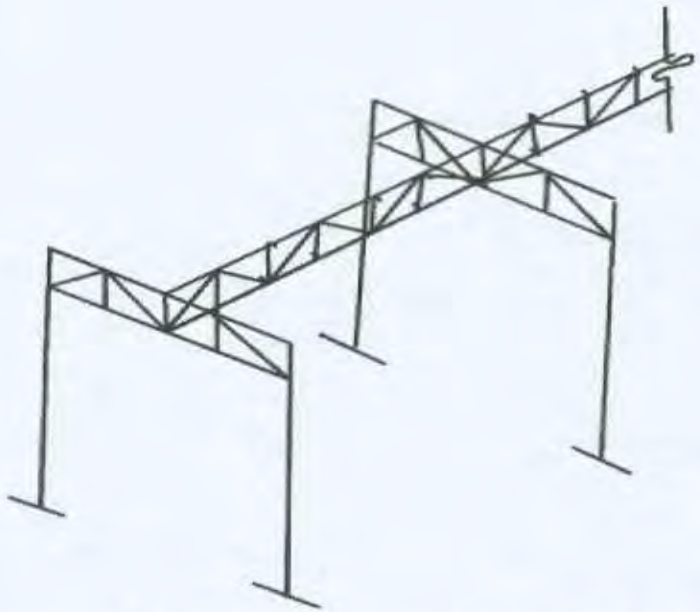
مهار پروفیل های عمودی در جهت طول محل خاکبرداری شده در صورت ضرورت باید انجام شود.



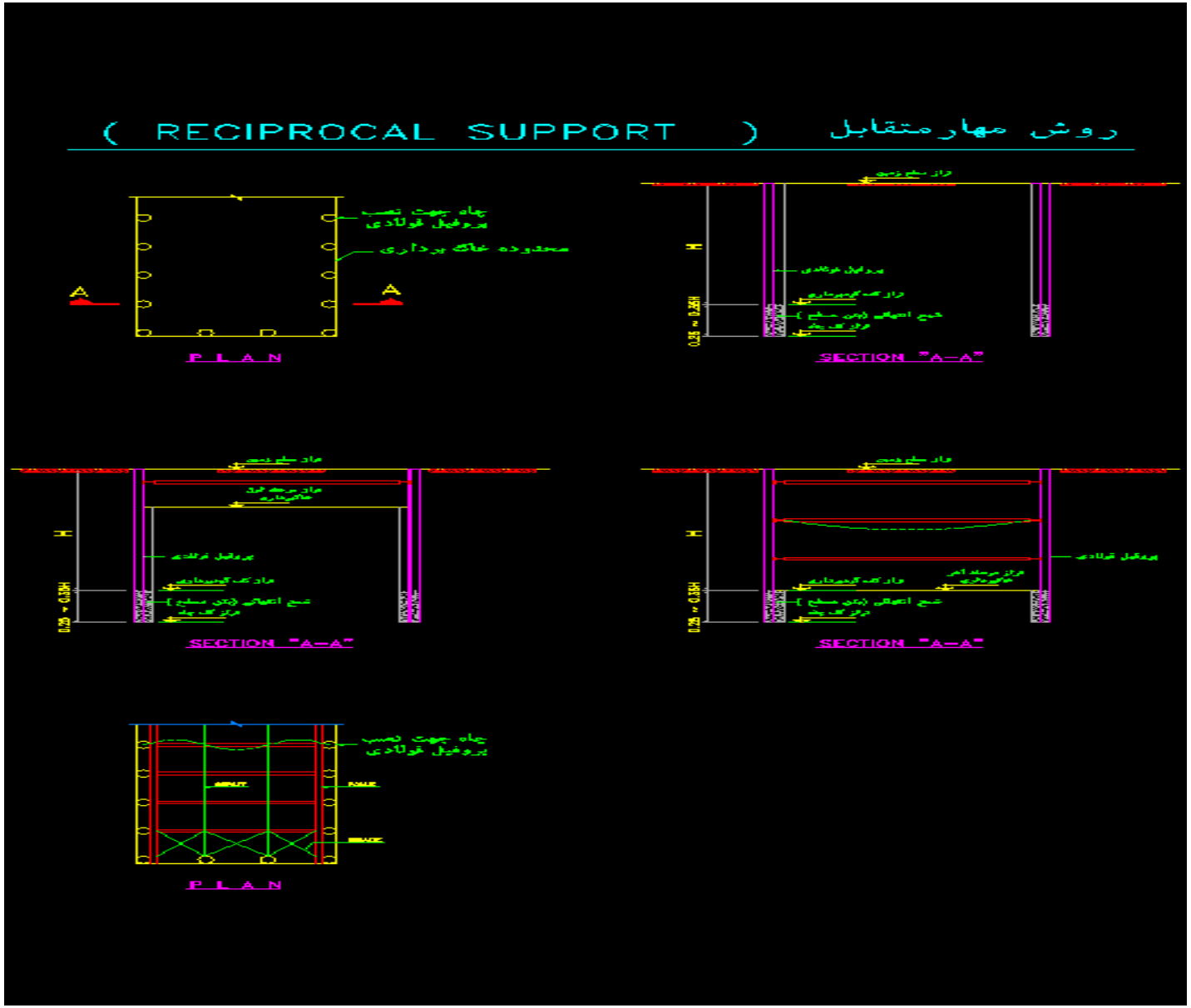
شکل ۲۴-۱ تصویر شِماتیک مقطع قائم یک سازهٔ نگهبان از نوع مهار متقابل



شکل ۲۴-۴ اجرای دو ردیف دستک در سازه‌های نگهبان نوع مهار متقابل، در گودهای با عمق زیاد



شکل ۲۴-۳ اجرای خرپاهای دیگری در راستای عمود بر دستک‌ها، به‌منظور کاهش طول کمانش دستک‌ها


(RECIPROCAL SUPPORT) روش مهارمتقابل
PLAN
SECTION "A-A"
SECTION "A-A"
SECTION "A-A"
PLAN

Boulanger
www.civil-software.blogspot.com

شکل گیری توزیع فشار در روش مهار متقابل

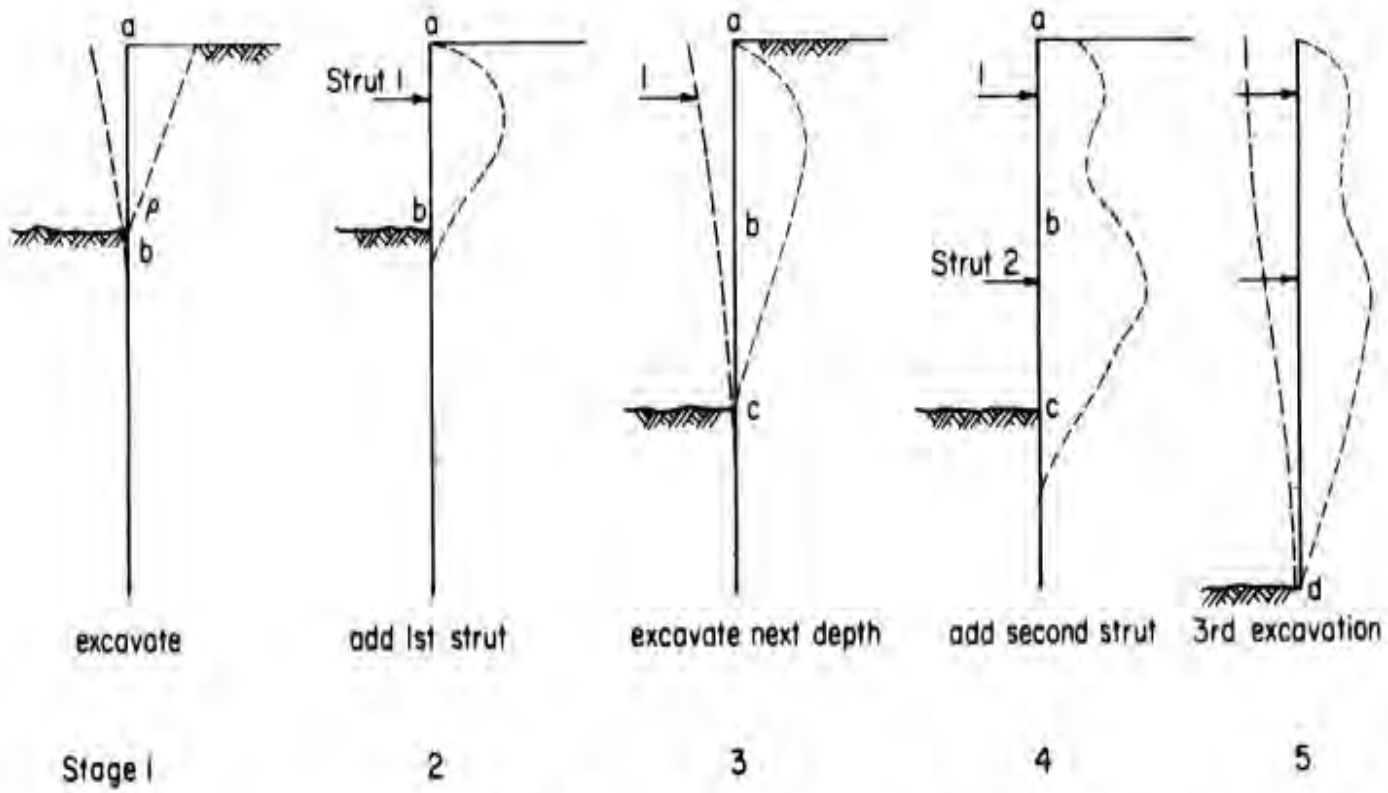


Figure 14-3. Stage development of earth pressure behind an excavation. The actual pressure depends on the strut force more than on the "active" earth pressure. In general, during excavation the strut force will decrease. Lateral movements during excavation stages are not recovered during strut addition stages.

مزایا

- مناسب برای مناطق شهری.
- امکان استفاده مجدد از مصالح.
- سادگی اجرا، عدم جاگیری و عدم نیاز به تخصص و دستگاه خاص.
- مناسب برای گود با عرض کم (حدود تا ۱۰ متر) و کانالها.
- سرعت زیاد، هزینه کم، کارایی مناسب.
- افزایش باربری عضو قایم و جلوگیری از تغییر شکل و نشست احتمالی خاک.

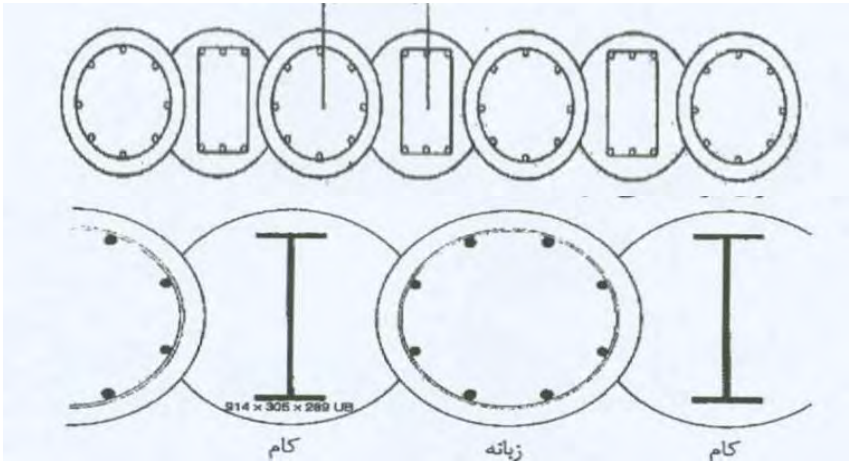
معایب

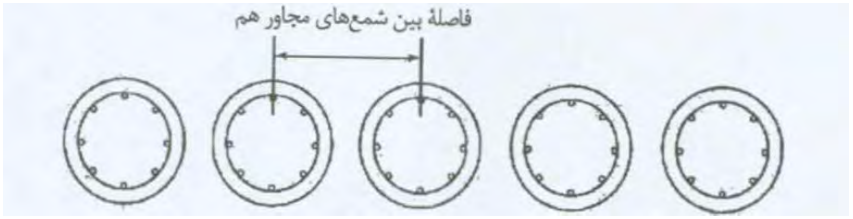
- در گودبرداری های عریض وعمیق، مهاربندی افقی زیاد و دست پاگیر می‌گردد.
- هزینه اجرای عملیات در گودهای عمیق افزایش می‌یابد.

سازه نگهبان از نوع شمع –Piling

انواع شمع ها

- ❑ پیش ساخته کوبشی
- ❑ درجا ریز
  - ▪ متقاطع با هم- آببند
  - ▪ مماس بر هم
  - ▪ فاصله‌دار



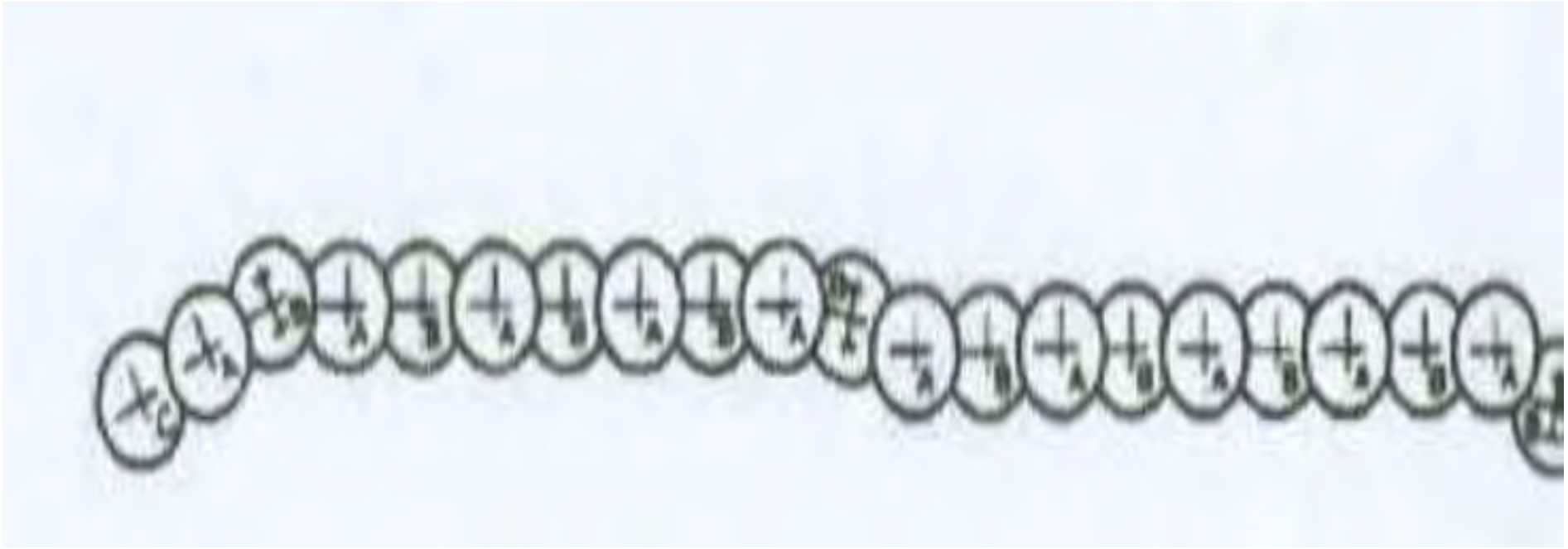


ضعف مقاومت خمشی شمع

نیاز به پانل بندی

احتمال فرو ریزش خاک بین شمع‌ها

عدم آببندی



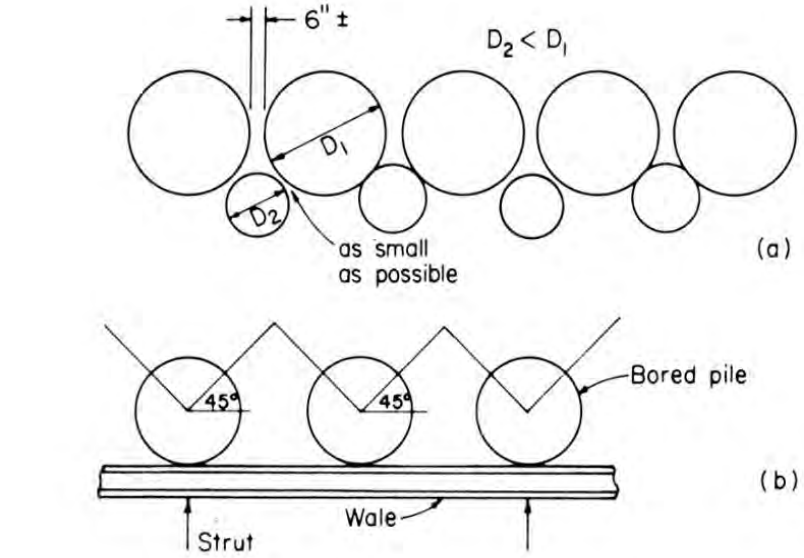


Figure 14-2. Excavation-bracing systems. (*a*) Using two rows of bored piles to effect a watertight wall; (*b*) using a single row of bored piles and relying on arching action to retain the earth; (*c*) using wide-flange shapes instead of bored piles.

روش اجرا

- در اطراف زمین محل خاکبرداری شمع‌هایی که ارتفاع آنها در حدود ۱/۳برابر ارتفاع گودبرداری است اجرا می‌کنیم.
- این شمع‌ها به صورت تیرهای یکسرگیردار فشار جانبی دیوار را تحمل می‌کنند.
- در صورت ضرورت شمع ها را در امتداد دیواره گودبرداری از جلو و یا از پشت مهار می‌کنیم.
- در صورت وجود احتمال ریزش خاک در محدوده فاصله آزاد بین دو شمع در بین شمع‌ها از انواع پانل‌ها استفاده می‌شود.

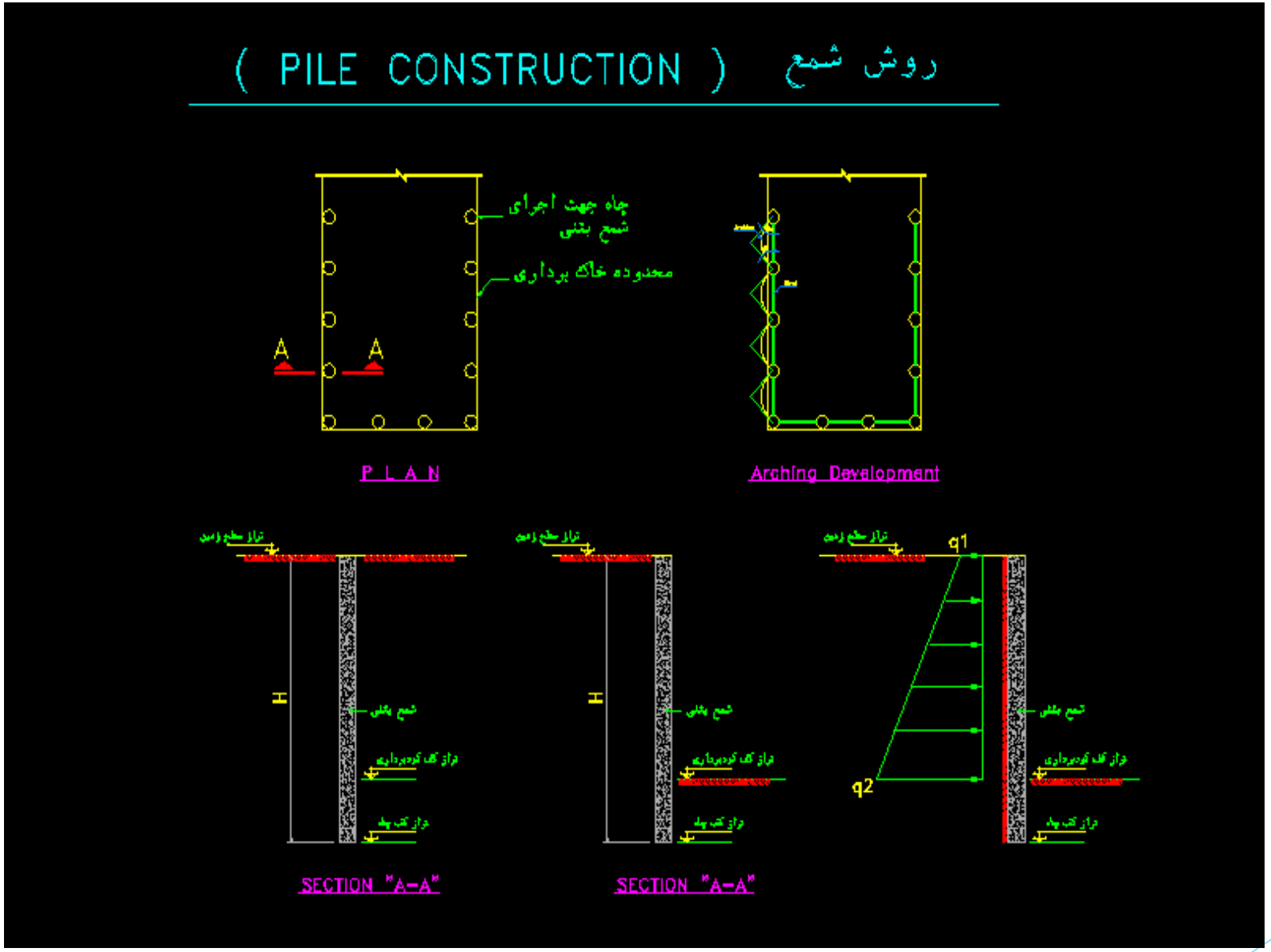
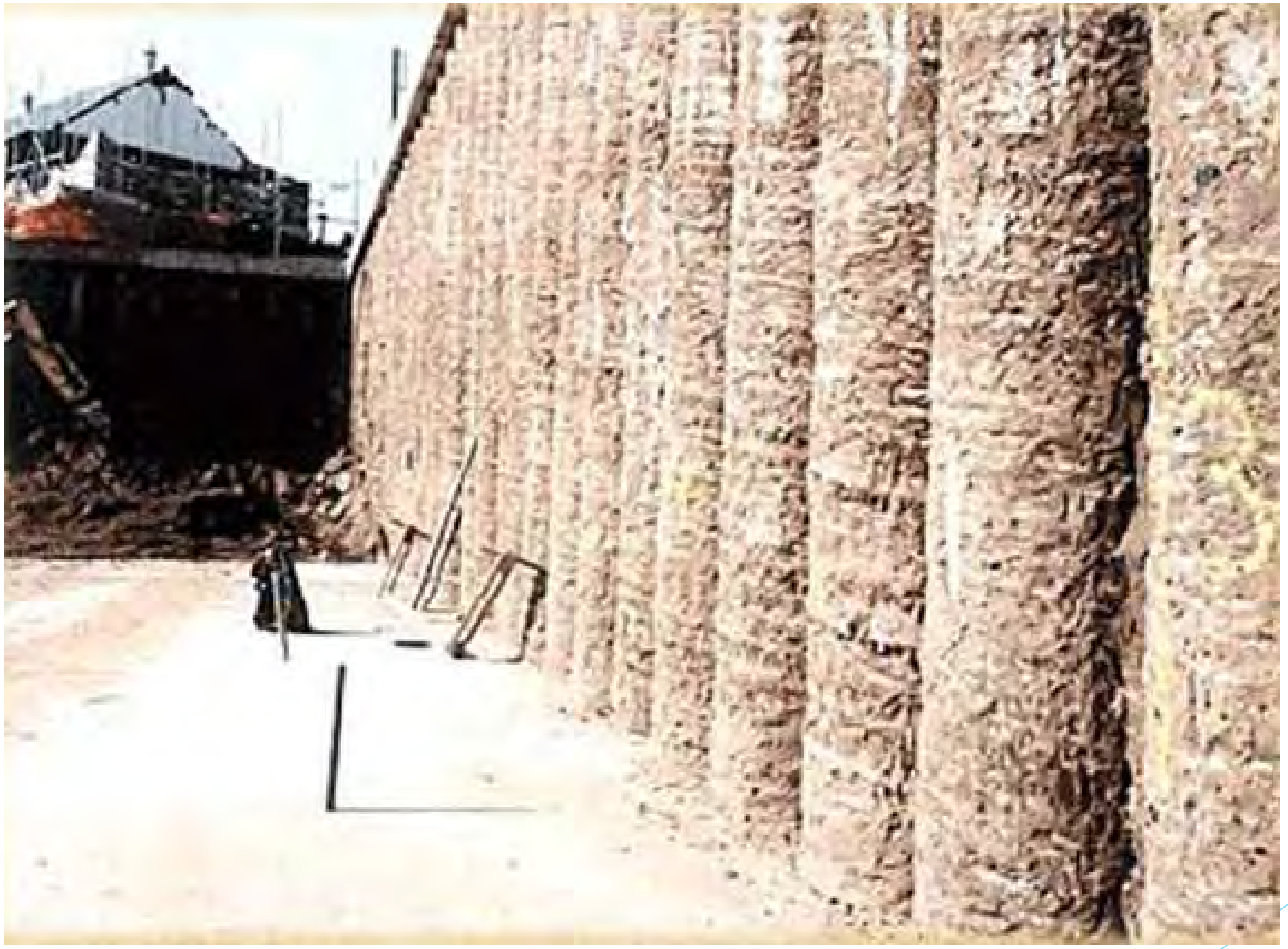

(PILE CONSTRUCTION) روش شمع
چاه جهت اجرای شمع بتنی
محدوده خاک برداری
A
A
P L A N
Arching Development
تراز سطح زمین
H
شمع بتنی
تراز کف گودبرداری
تراز کف چاه
SECTION "A-A"
تراز سطح زمین
H
شمع بتنی
تراز کف گودبرداری
تراز کف چاه
SECTION "A-A"
تراز سطح زمین
q1
q2
شمع بتنی
تراز کف گودبرداری
تراز کف چاه

Photo by D. A. Kolbasov



❑ مزایا

- سرعت بالا و راحتی انجام عملیات پس از خاکبرداری
- کاهش هزینه در ابعاد زیاد
- امکان استفاده از شمع ها به عنوان سازه نگهبان دائمی
- امکان بهره‌برداری مجدد از شمع‌های پیش ساخته
- در گود برداری ها با عمق تا حدود ٦ متر معمولاً اقتصادی هستند

❑ معایب

- ضروت استفاده از مقاطع فولادی قوی و شمع در فواصل کم در گودبرداری های عمیق
- در پروژه های شهری،امکان شمع کوبی با محدودیت همراه است.
- تغییر شکل شمع های طرهای زیاد است. استفاده از آنها در گودها، ساختمانهای مجاور را دچار چالش می‌کند.

روش دیواره دیافراگمی–Diaphragm Wall

- **انواع**
  - دیواردیافراگمی در جاریز
  - دیوار دیافراگمی پیش ساخته معمولی و پس کشیده:کیفیت بالا ، نمای مطلوب ، ضخامت کمتر،آبندی بهتر
- **کاربرد**
  - در مواردی که کارهای ساختمانی در زیر سطح آبهای زیرزمینی انجام می‌شود کارا است.
  - جایگزین مناسب بجای سپرکوبی در زمین های سخت در گودبرداریها
  - دیوار آبندهای سد

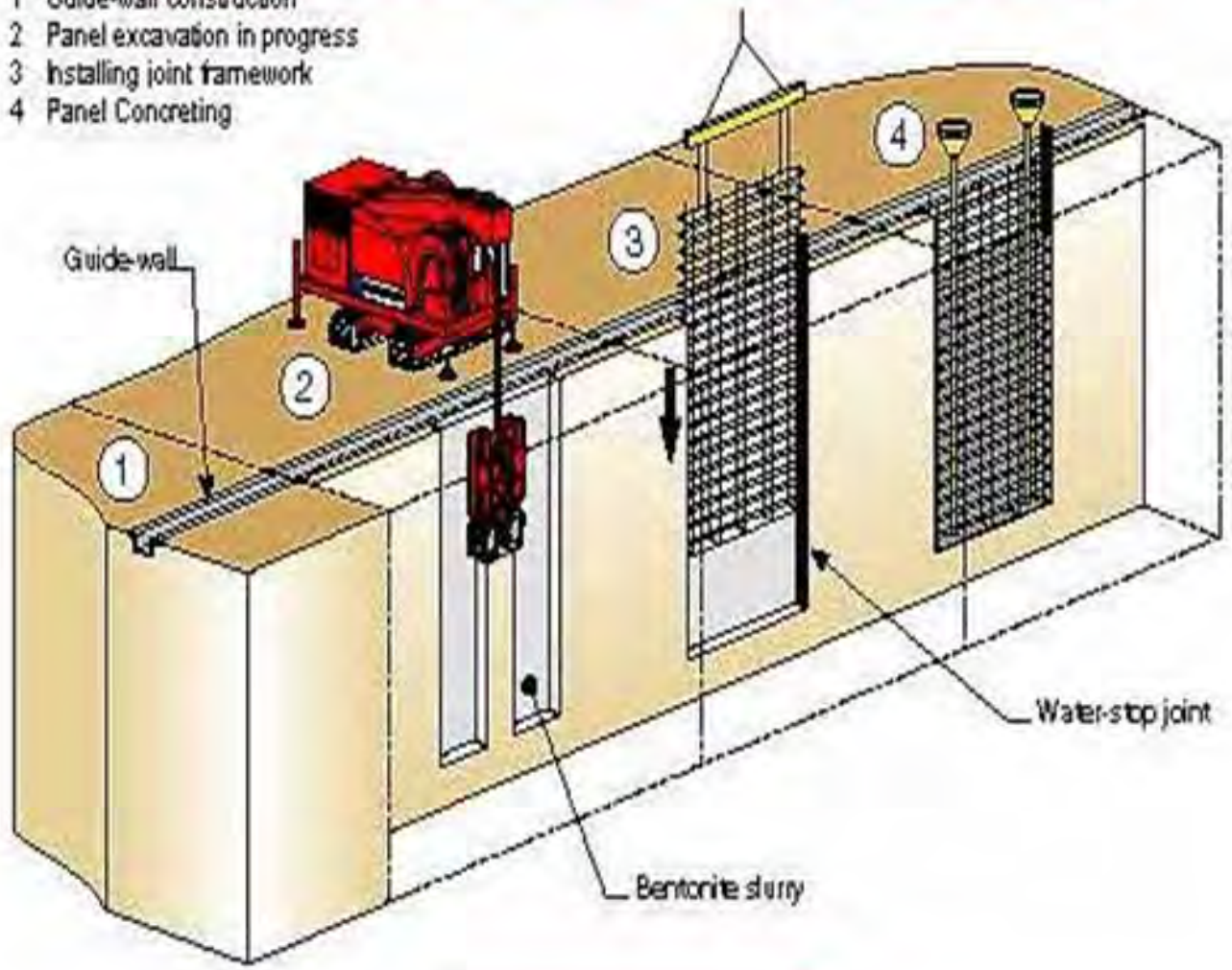
مراحل اجرا

در طی مراحل زیر اجرا می‌شود:

- حفر قسمتی از طول دیواره نگهبان با دستگاه های حفاری ویژه (مرحله مرحله در پلان و با هیدروفرز)
- پر کردن محل حفر شده باگل بنتونیت برای جلوگیری از ریزش.
- جاگذاری قفسه آرماتور آماده در محل .
- بتن ریزی قطعه‌ای دیوار از پایین. بتن مصرفی از نوع بتن با کارآیی بالا و روان است.

Concrete diaphragm wall

1 Guide-wall construction
2 Panel excavation in progress
3 Installing joint framework
4 Panel Concreting



http://hamyarnazer.ir

CAT

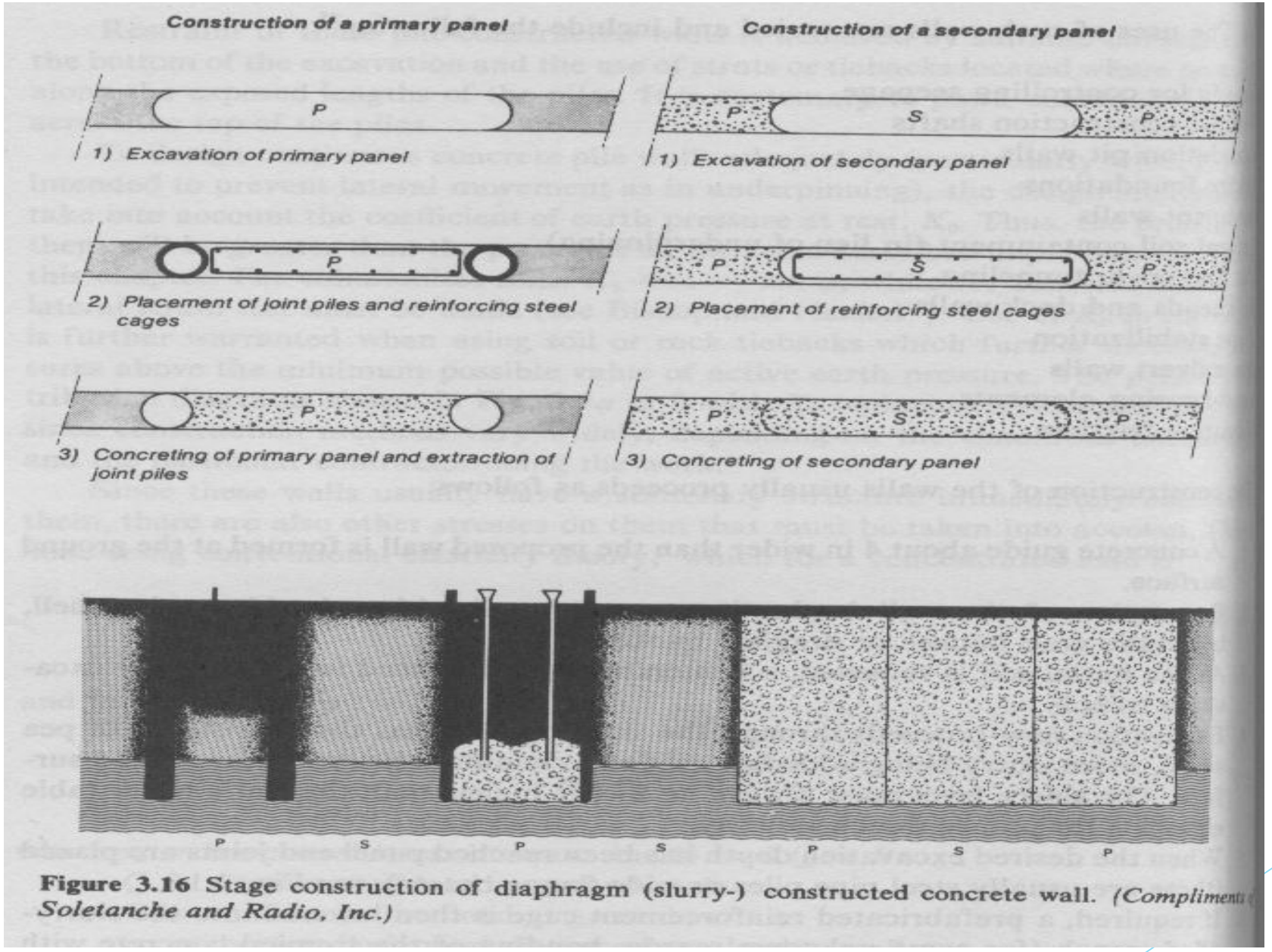
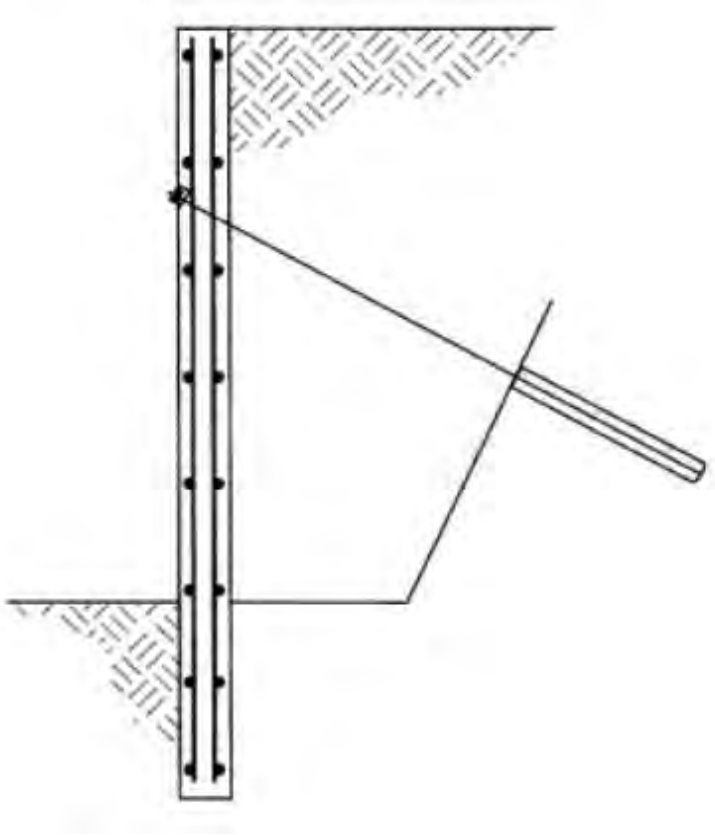


Figure 3.16 Stage construction of diaphragm (slurry-) constructed concrete wall. *(Compliments of Soletanche and Radio, Inc.)*

Tie Back + Slurry Wall



❑ مزایا

- سرعت اجرای بالا
- درجه ایمنی بالا
- سازه نگهبان ایجاد شده عملاً نقش دیوار حائل را بر عهده خواهد داشت
- در حفاریهای طویل و عمیق مناسب و اقتصادی است

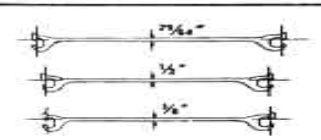
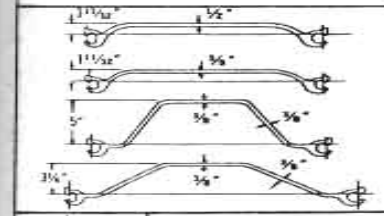
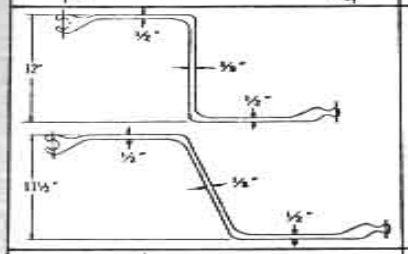
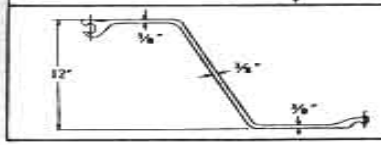
❑ معایب

- هزینه زیاد برای احجام کم
- نیاز به دستگاه حفاری ویژه
- فضای کار در دو طرف محل خاکبرداری مورد نیاز است
- نیاز به پرسنل با تخصص بالا

روش سپر کوبی– SHEET PILLING

ابتدا در طرفین محل گودبرداری سپرکوبی می‌کنیم و سپس خاکبرداری را شروع و پس از رسیدن به عمق خاکبرداری مناسب ابتدا روی سپرها پشت بند افقی و سپس قید فشار عمودی بر صفحه سپر و روی قید افقی پیش بینی می‌کنیم.

مصالح مصرفی پشت بندها تابعی از فاصله بین دو رخ گودبرداری و نوع خاک، از چوب و یا فولاد می‌باشد.

Profile	Designation		District Rolled	Driving Distance per Pile	Weight		Web Thickness	Section Modulus		Area	Moment of Inertia	
					Per Foot	Per Square Foot of Wall		Per Pile	Per Foot of Wall	Per Pile	Per Pile	Per Foot of Wall
				in.	Lbs.	Lbs.	in.	in.³	in.³	in.²	in.⁴	in.⁴
	Interlock with Each Other	PSX 32	H.	16½	44.0	32.0	29/64	3.3	2.4	12.94	5.1	3.7
		PS32*	H.S.	15	40.0	32.0	½	2.4	1.9	11.77	3.6	2.9
		PS 28	H.S.	15	35.0	28.0	⅜	2.4	1.9	10.30	3.5	2.8
	Interlock with Each Other	PSA 28*	H.	16	37.3	28.0	½	3.3	2.5	10.98	6.0	4.5
		PSA 23	H.S.	16	30.7	23.0	⅜	3.2	2.4	8.99	5.5	4.1
		PDA 27	H.S.	16	36.0	27.0	⅜	14.3	10.7	10.59	53.0	39.8
		PMA 22	H.S.	19⅜	36.0	22.0	⅜	8.8	5.4	10.59	22.4	13.7
	Interlock with Each Other and with PSA 23 or PSA 28	PZ 38	H.	18	57.0	38.0	⅜	70.2	46.8	16.77	421.2	280.8
		PZ 32	H.	21	56.0	32.0	⅜	67.0	38.3	16.47	385.7	220.4
	Interlocks with Itself and with PSA 23 or PSA 28	PZ 27	H.	18	40.5	27.0	⅜	45.3	30.2	11.91	276.3	184.2

*Sections PS32 and PSA 28 are infrequently rolled and we do not advise their use in a design unless an adequate tonnage can be ordered at one time to assure a minimum rolling.

Complete data regarding these sections will be found in a separate publication entitled "USS Steel Sheet Piling."

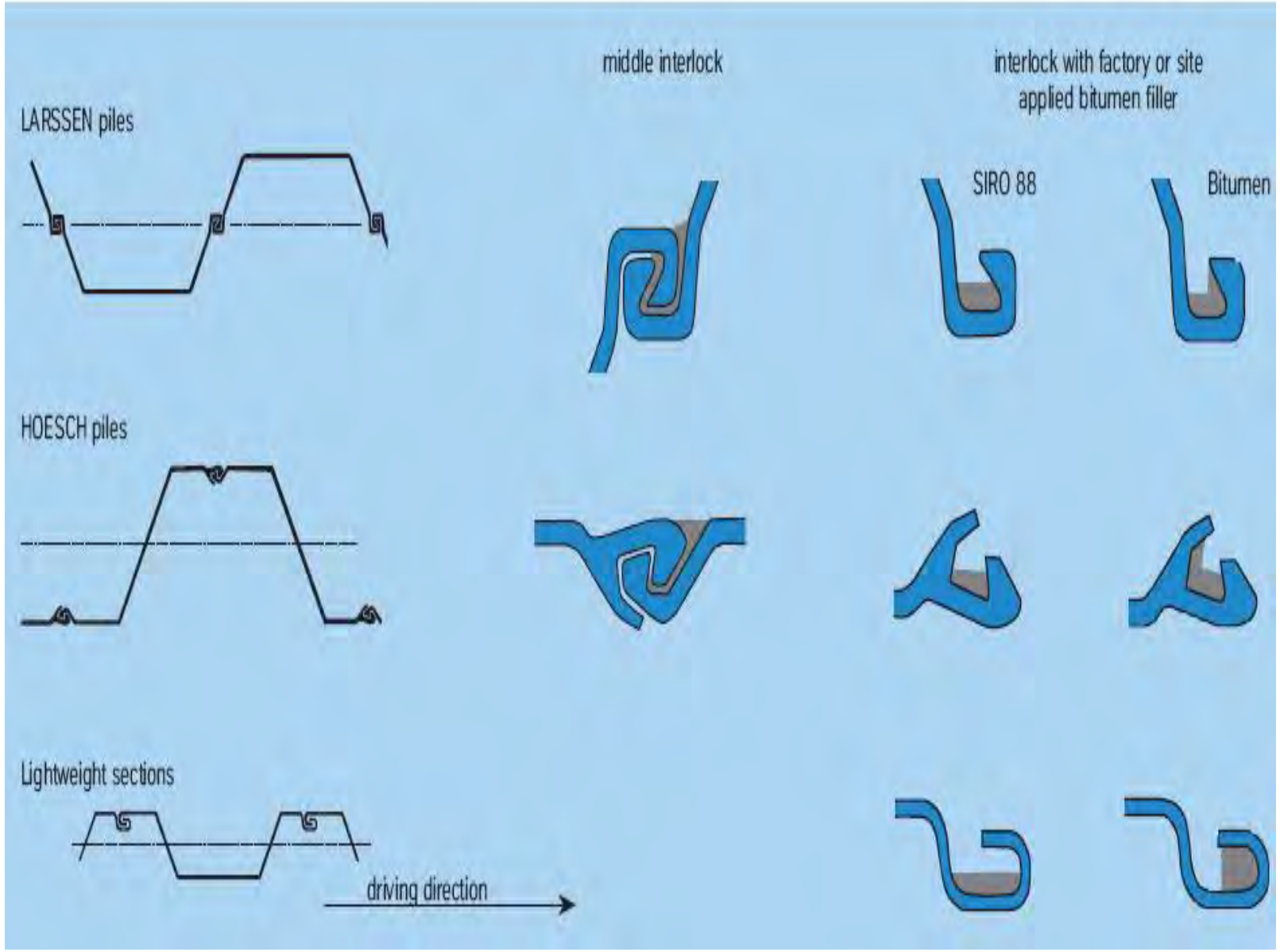
H—Homestead, Pa.
(Eastern Steel Division)
S—South Chicago
(Central Steel Division)

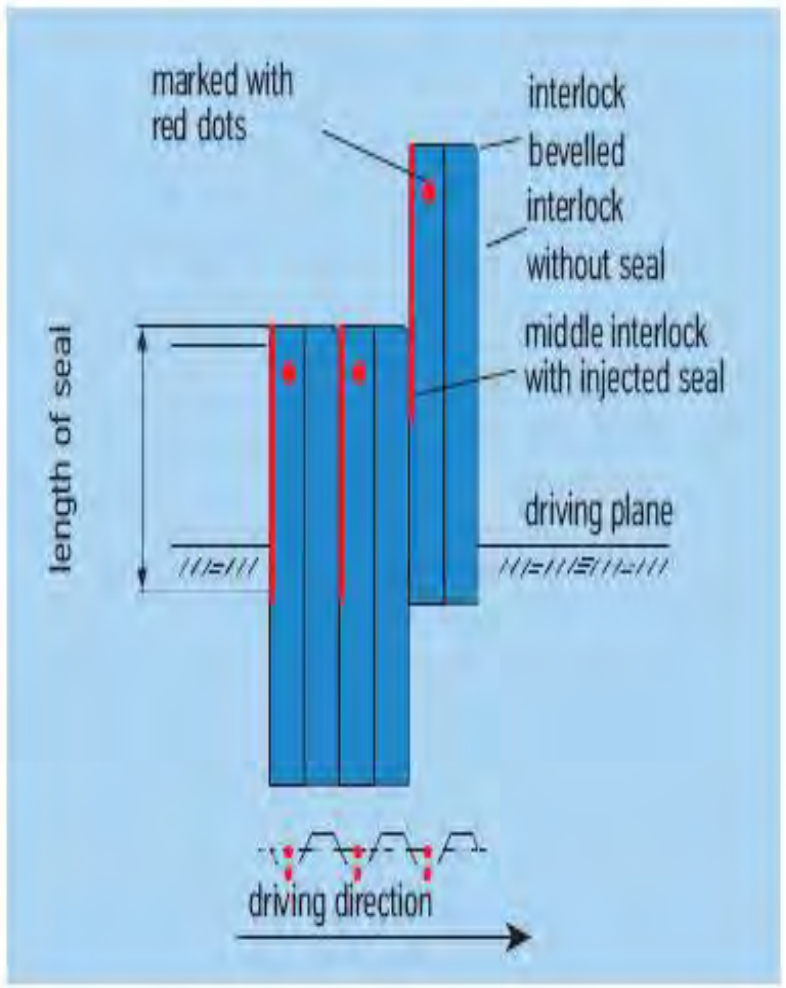
Suggested Allowable Design Stresses—Sheet Piling

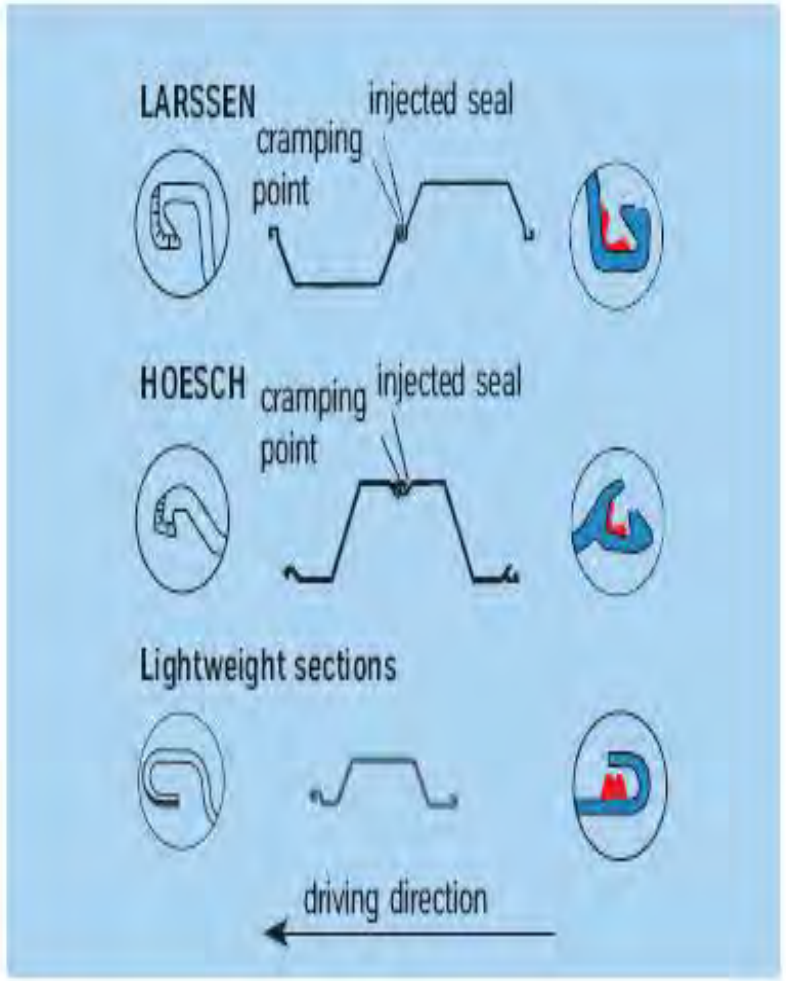
Steel Brand or Grade	Minimum Yield Point, psi	Allowable Design Stress, psi*
ASTM A328	38,500	25,000
ASTM A572 GR 50 (USS EX-TEN 50)	50,000	32,000
ASTM A690 (USS MARINER GRADE)	50,000	32,000

*Based on 65% of minimum yield point. Some increase for temporary overstresses generally permissible.

Figure 3.9 Types of interlocking U.S.S. steel sheeting (also called *sheet piling*).


middle interlock
interlock with factory or site applied bitumen filler
LARSSEN piles
SIRO 88
Bitumen
HOESCH piles
Lightweight sections
driving direction


marked with
red dots
interlock
bevelled
interlock
without seal
middle interlock
with injected seal
driving plane
length of seal
driving direction


LARSSEN
injected seal
cramping
point
HOESCH
cramping
point
injected seal
Lightweight sections
driving direction

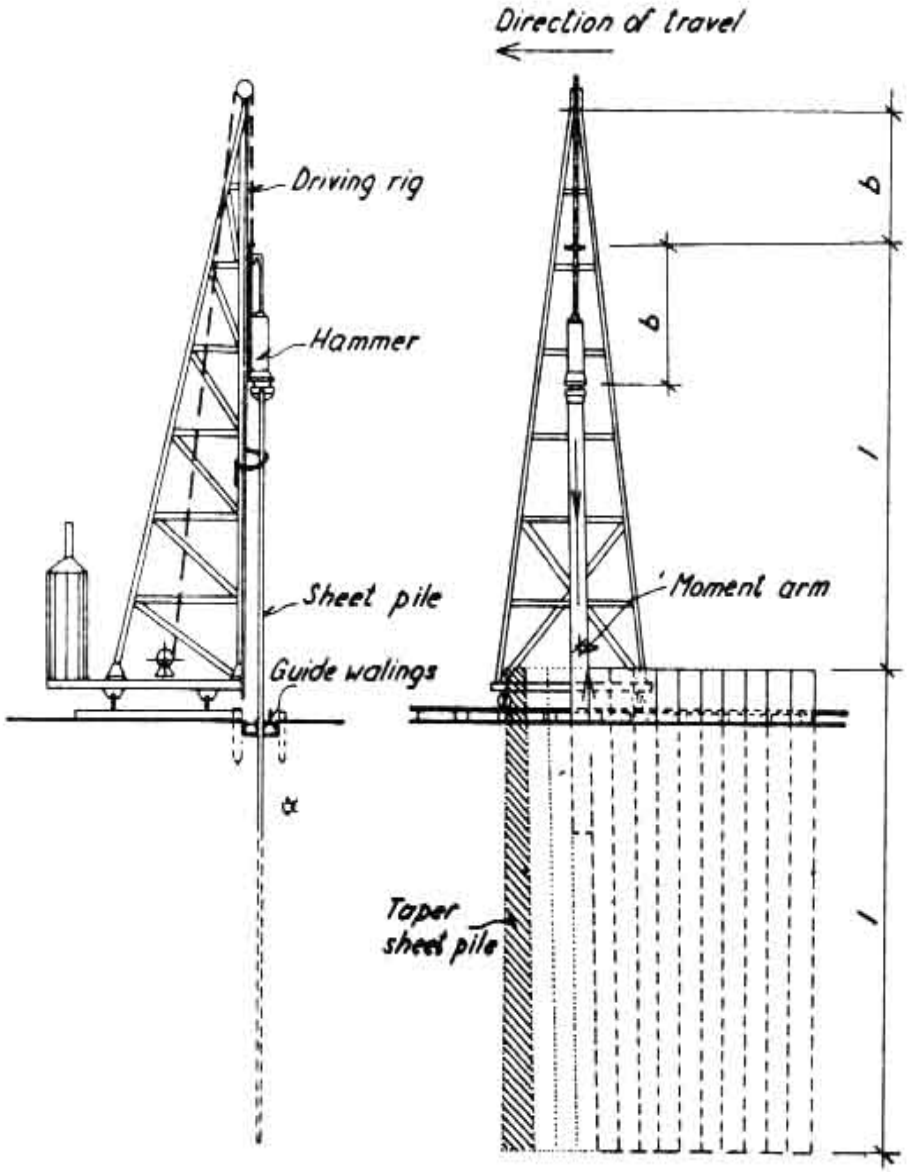
http://construction.blogfa.com

http://construction.blogfa.com

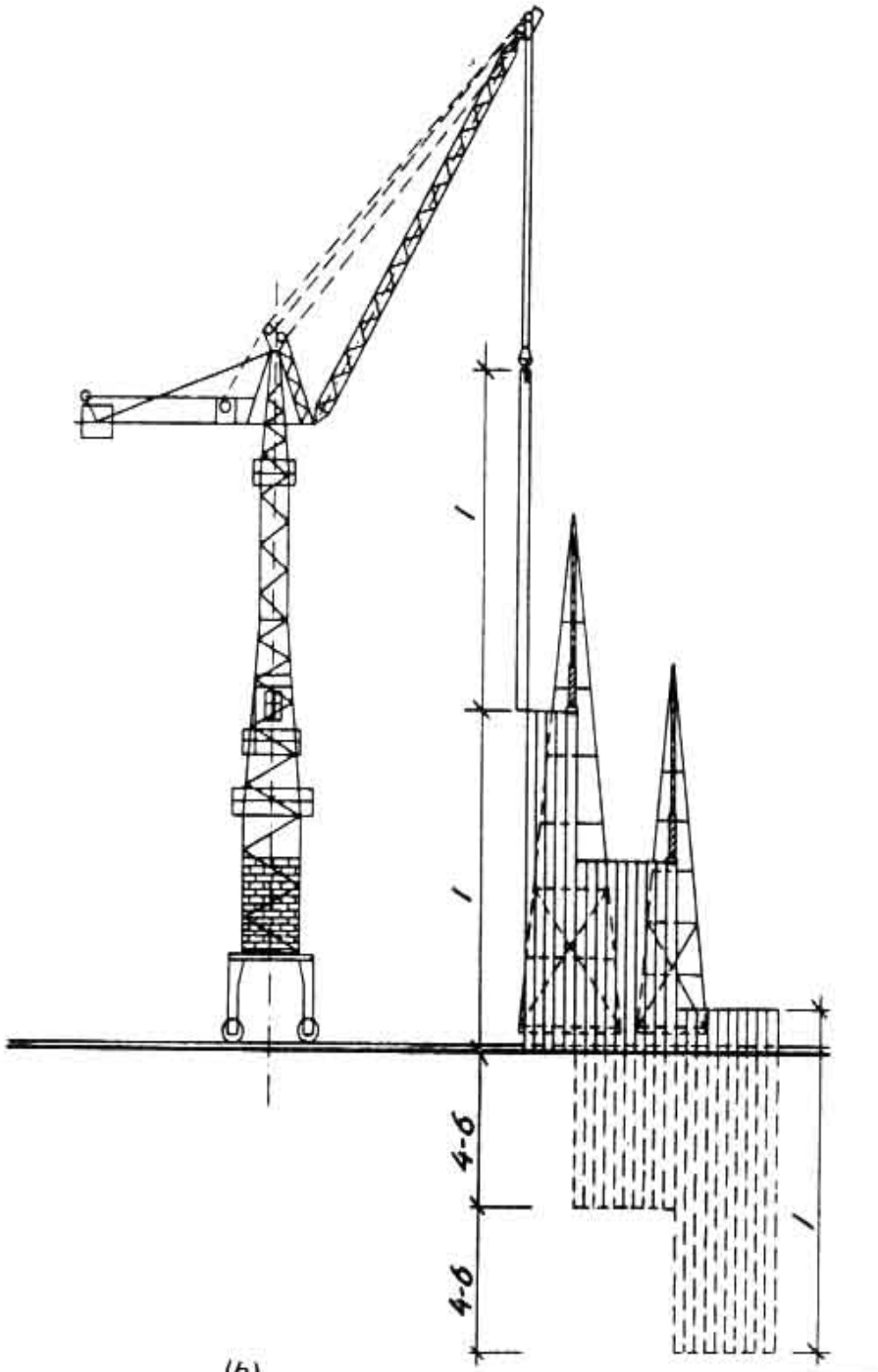
http://construction.blogfa.com

http://construction.blogfa.com

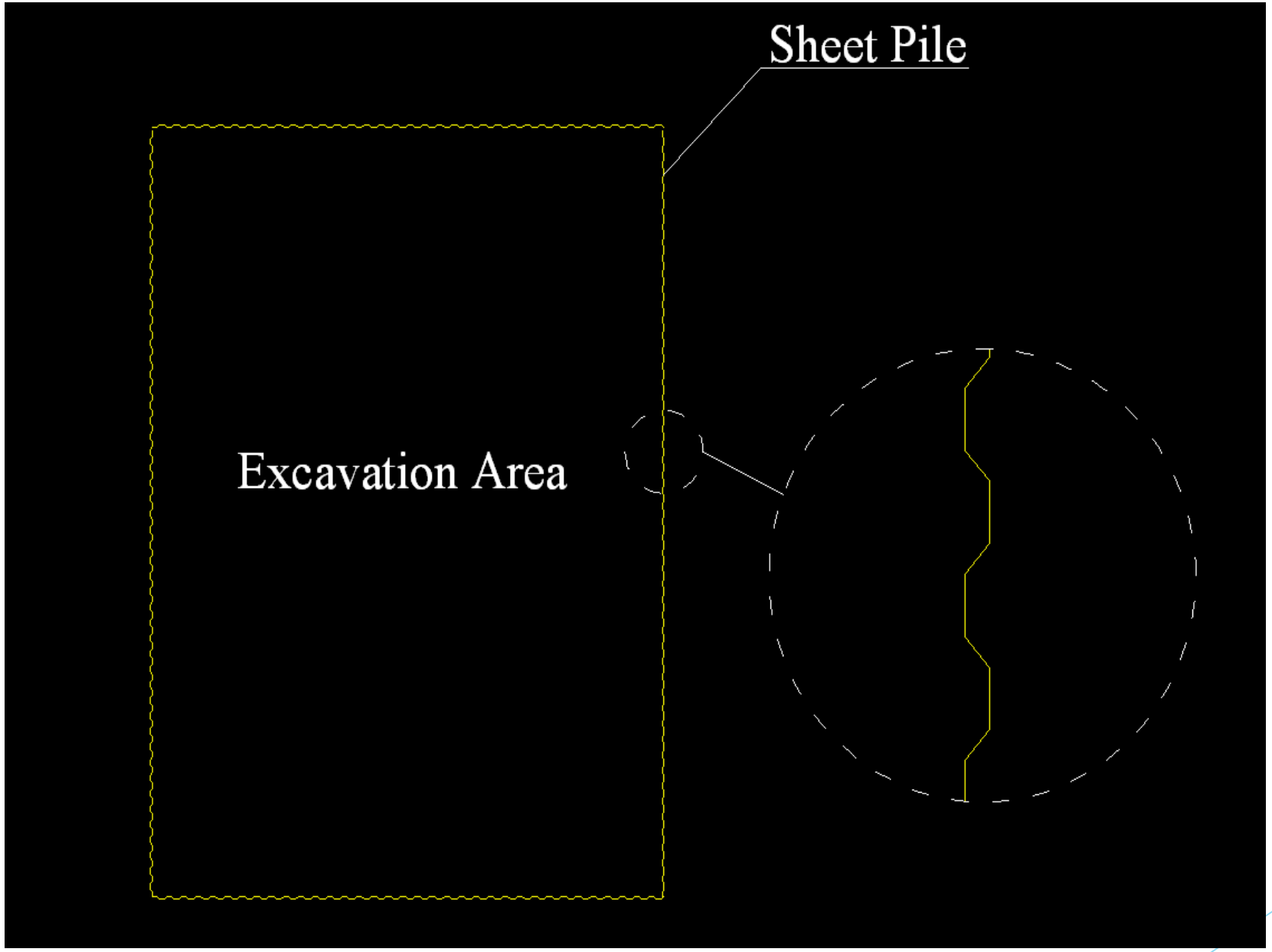
Assainissement Gulbener Straße, Cottbus


Direction of travel
Driving rig
Hammer
Sheet pile
Guide walings
Moment arm
Taper sheet pile
b
b
l
l

(a)


l
l
4-6
4-6
l

(b)


Sheet Pile
Excavation Area

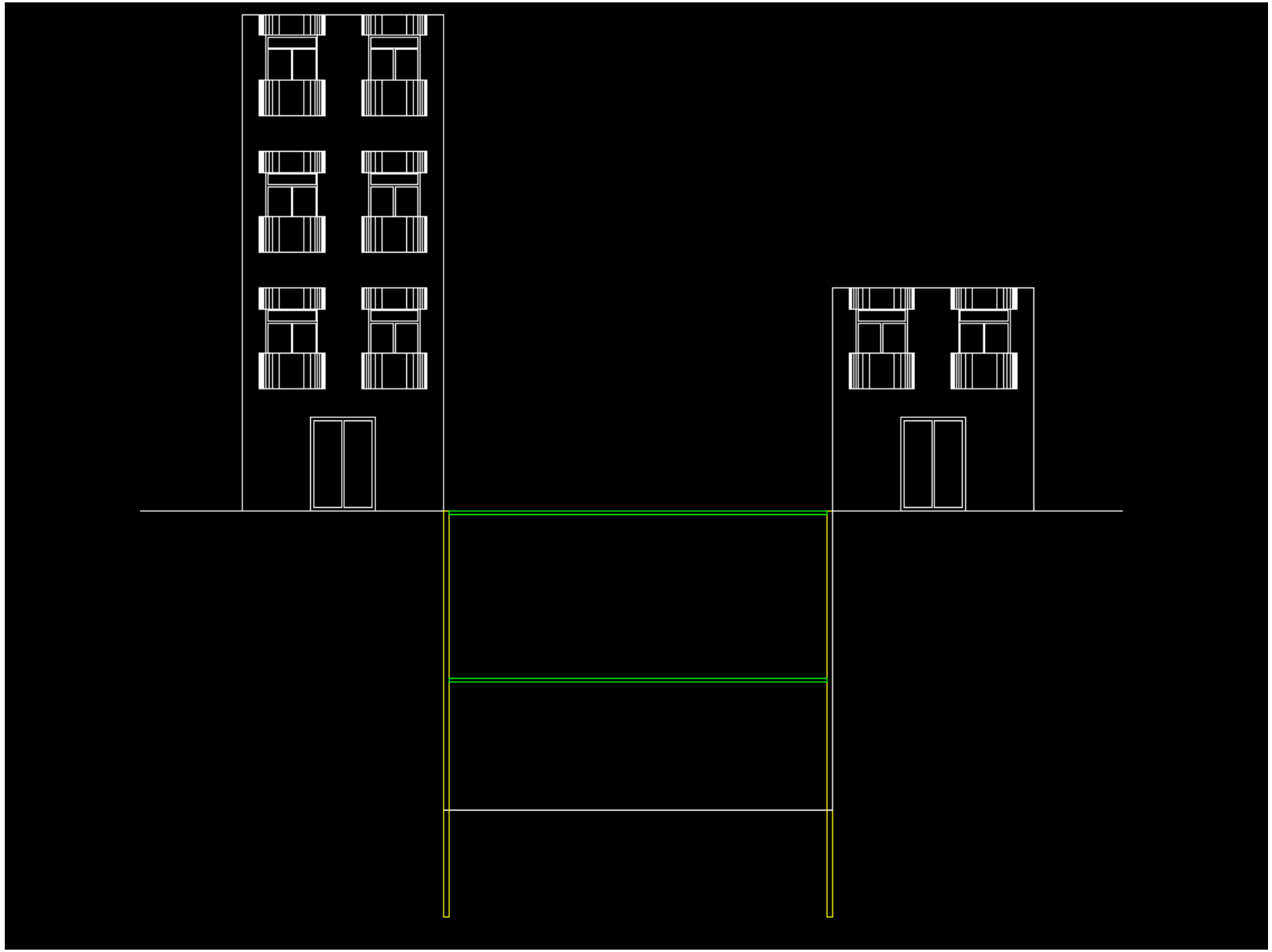


Fig. 1 Leysiel barrage
Fig. 2 Artificial drilling island Mittelplate, North Sea
Fig. 3 Pumping station at Kamperheide, Lünen
Fig. 4 Headworks for dam across Dhünn Valley, Müllenborn/Wenbach
Fig. 5 Hundekehle pedestrian tunnel, Berlin
Fig. 6 Tank farm barrier, Bremen
Fig. 7 Stormwater retention wall on the River Volme, Hagen
Fig. 8 Securing embankment of RMD Canal, Strullendorf
Fig. 9 Bridge over the River Main at Stockstadt

HOESCH interlock sealing system

- structures with high sealing requirements and additional corrosion protection coating;
- excavation in water, especially with varying water levels;
- support walls, bridge abutments, underground garages and tunnels for which it is essential to prevent water from penetrating through the interlock joints;
- soil-installed sealing walls (cofferdams, protective walls for tank farms);
- enclosure of landfills and contaminated sites.

Bituminous interlock fillers

- temporary structures, excavations in water, excavations in soil with low proportion of fines or unsuitable particle size curve;
- securing waterway embankments in dam areas or where ground seepage must be avoided (water conservation area).

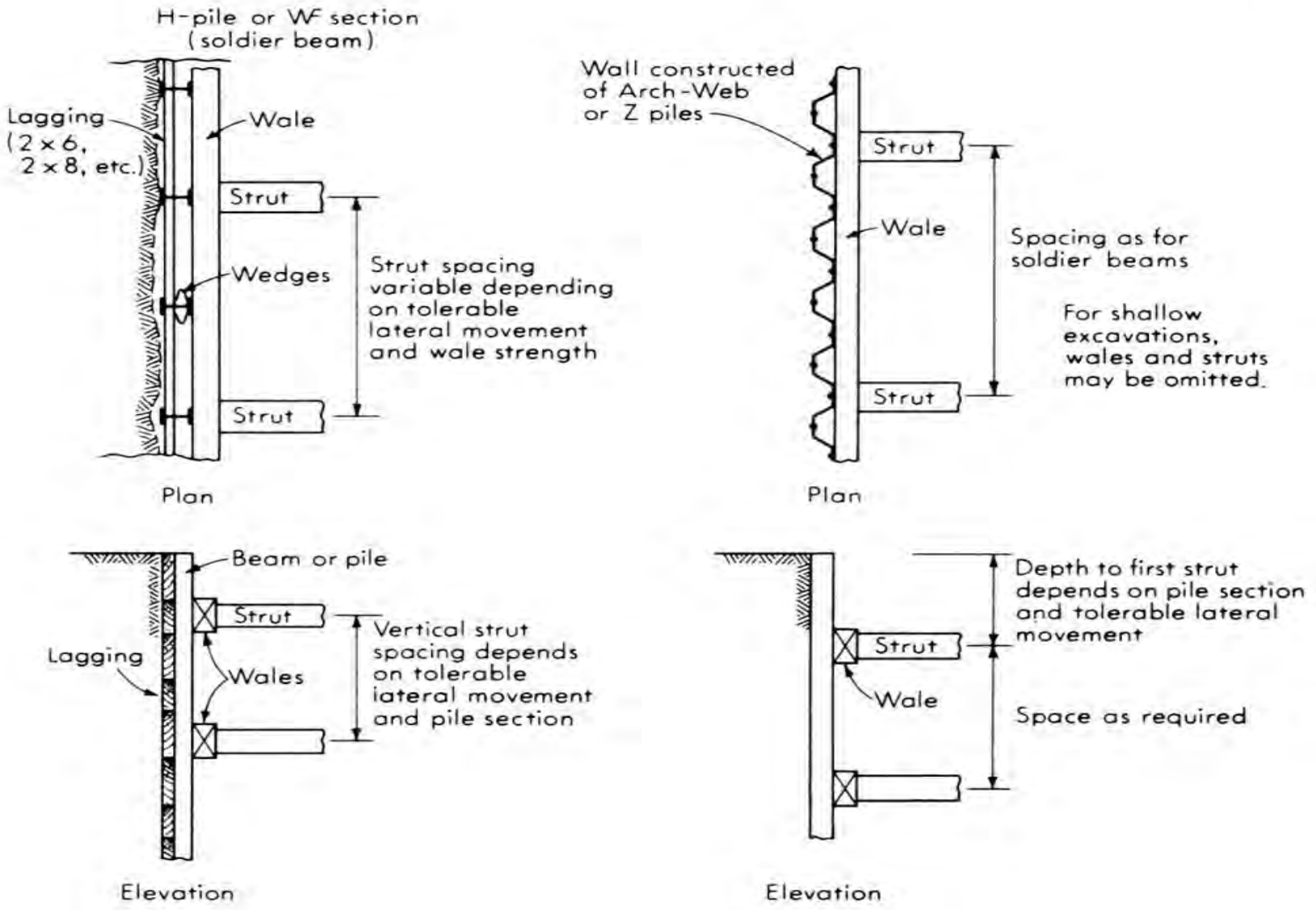


Figure 14-1. Braced sheeting or cofferdams for excavations.

Figure 3.6 Photographs of various projects using soldier beams and lagging to temporarily retain adjacent soil and nearby structures. (Soil tiebacks are used for support in these cases.) *(Compliments of Schnabel Foundation Company.)*

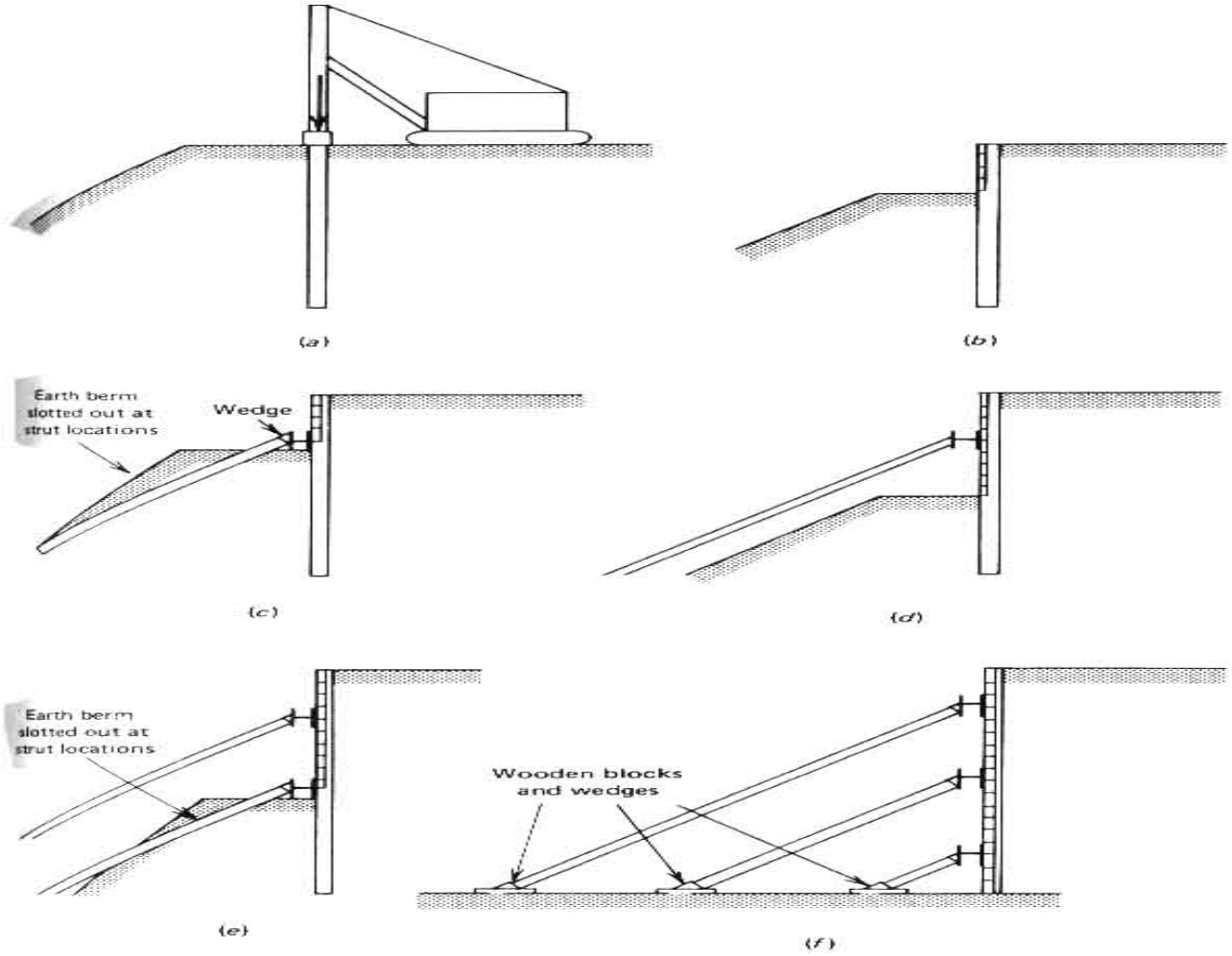
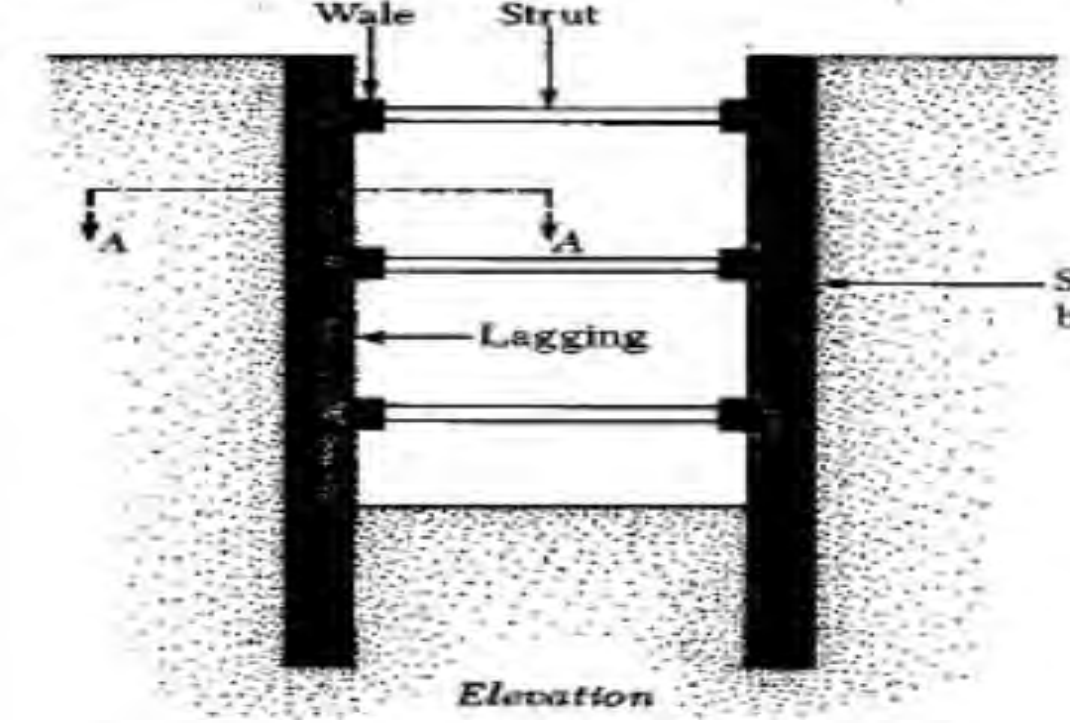
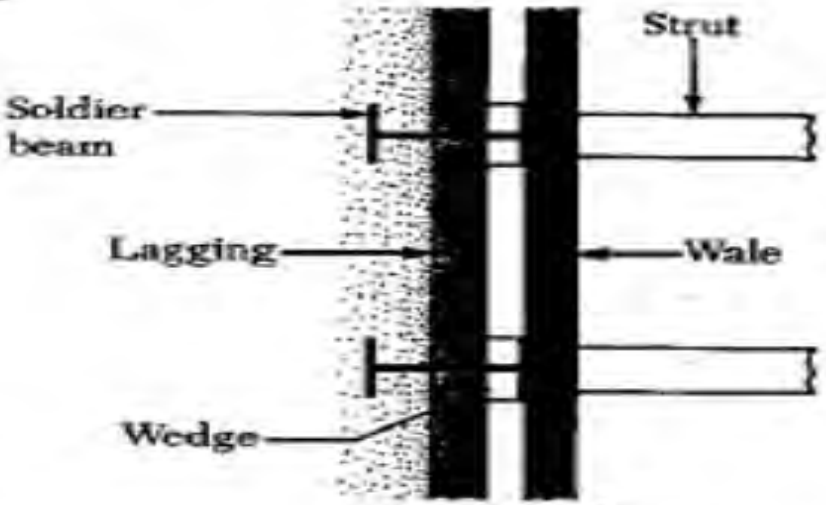


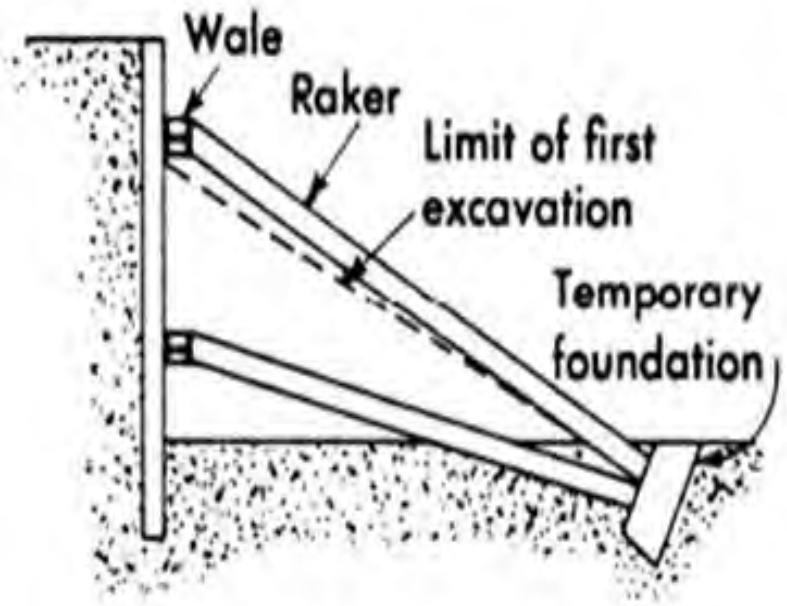
Figure 3.7 Construction sequence for installing of soldier beams and lagging. (Struts and rakers placed into the excavation are used for support.) (*a*) Driving H-pile soldier beams. (*b*) First-stage excavation and installation of lagging. (*c*) Installation of uppermost waler and struts. (*d*) Second-stage excavation and installation of lagging. (*e*) Installation of second waler and struts. (*f*) Process repeated until completion.

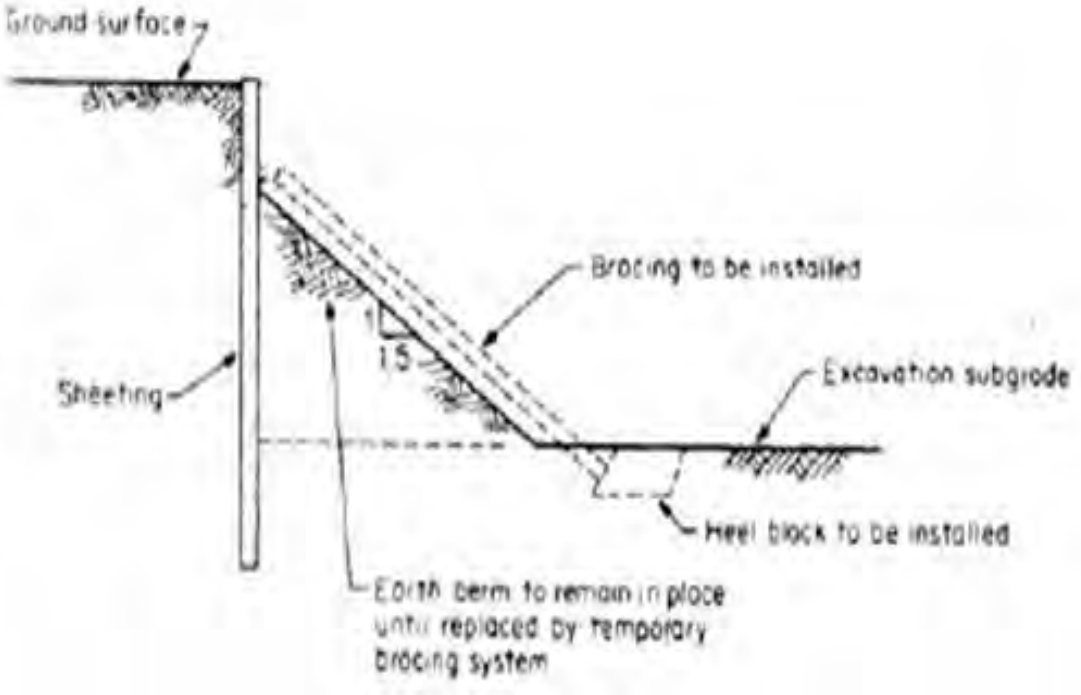


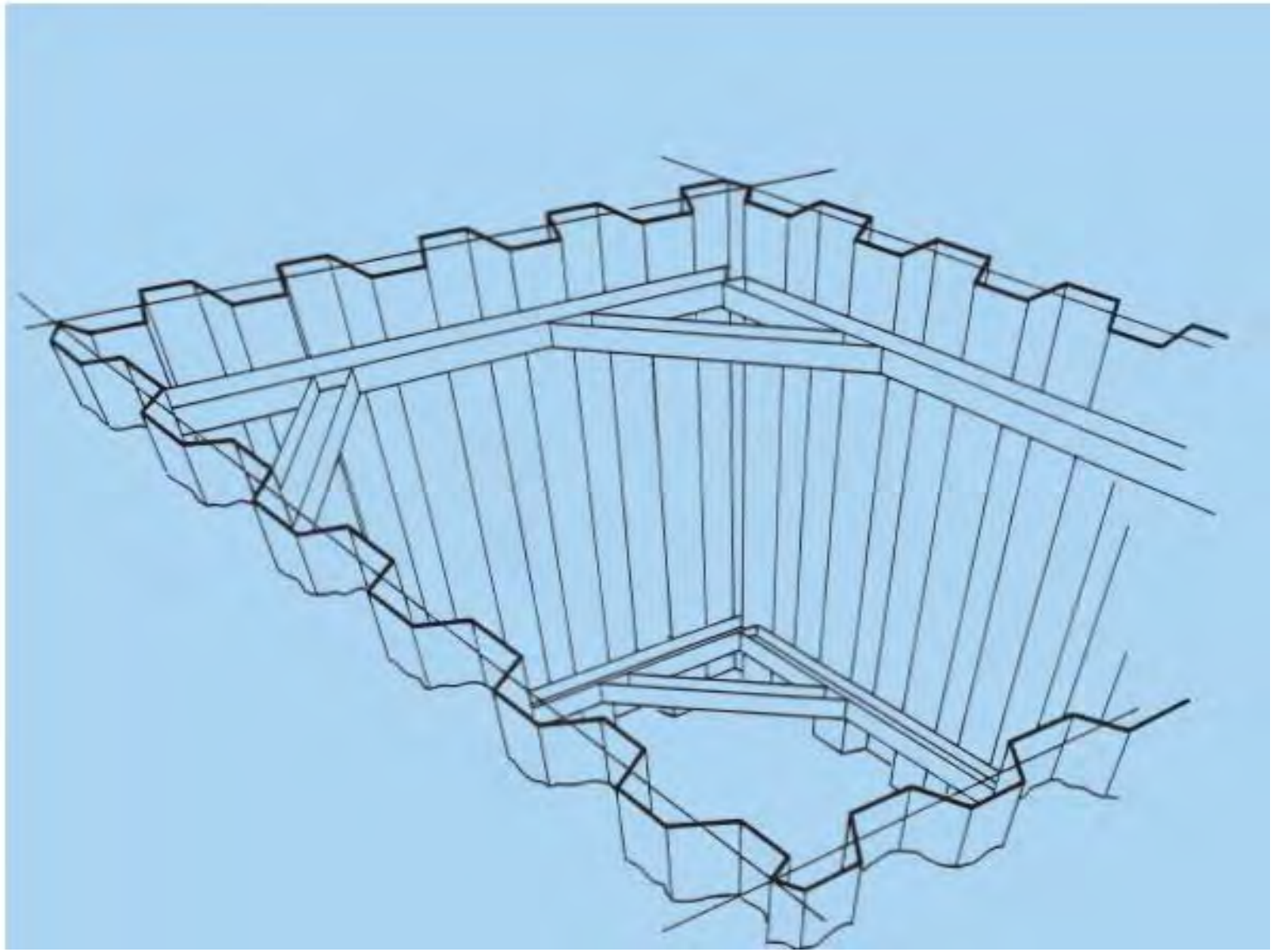
Elevation



Plan







12 25 '02

❑ مزایا

- سرعت و درجه ایمنی بالا
- برای کانال ها و ترانشه ها با طول‌های زیادبسیار مناسب است.
- برای زمینهای سست و آبدار گزینه مناسبی است

❑ معایب

- استفاده از دستگاه سپر کوبی الزامی است و این دستگاه جای زیادی را برای اجراء نیاز دارد.
- اجرای عملیات نیاز به تخصص ویژه دارد
- این روش برای خاهای سخت نامناسب و تا حدودی امکان ناپذیر است.

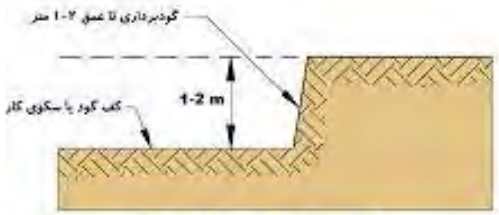
روش نیلینگ

در این روش از خود خاک (باقی مانده) جهت مهار خاک و جلوگیری از ریزش آن استفاده می‌شود.

- انواع روش نیلینگ
  - روش میخ گذاری (رایجتر در ایران)
  - روش میخ کوبی

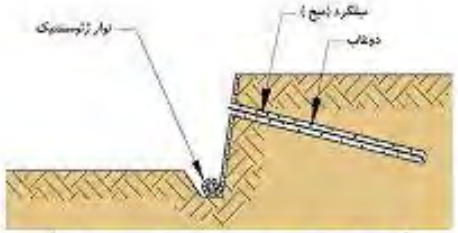
مراحل اجرا دیواره با روش میخ گذاری

- برداشت خاک تا عمق مناسب(کمتر از عمق بحرانی- حدود ۱ تا ۲ متر)
- استقرار دستگاه دریل واگن و حفر چاهک های افقی به قطر حدود ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر و بطول تعیین شده در نقشه‌های اجرایی در سینه گود (حدود ۵ تا ۱۵ متر)
- آماده سازی میلگردهای نیل با مشخصات نقشه‌ها و قرار دادن در چاهکها
- دوغاب ریزی داخل چاهک‌ها جهت جلوگیری نیل از خوردگی و بهبود مشخصات خاک و انتقال نیرو
- قرار دادن نوارهای زهکشی (ژئوکامپوزیتی) با طول و فواصل مناسب بر روی سینه گود برداری
- قرار دادن شبکه پیش جوش شده بر روی دیواره گود بتن پاشی بر روی دیواره گود (پوشش موقت)
- ادامه خاکبرداری و انجام مراحل قبل
- پس از رسیدن به کد ارتفاعی مناسب اجرای پوشش دایم مطابق مشخصات نقشه‌های اجرایی



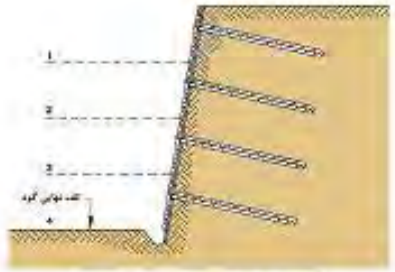
مرحله ۱ - گود برداری کم عمق

مرحله ۲ - حفر گمانه برای میخ

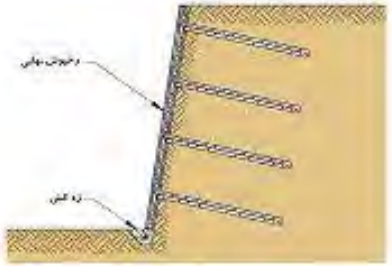


مرحله ۳ - نصب و تزریق میخ همراه با نصب زه کش

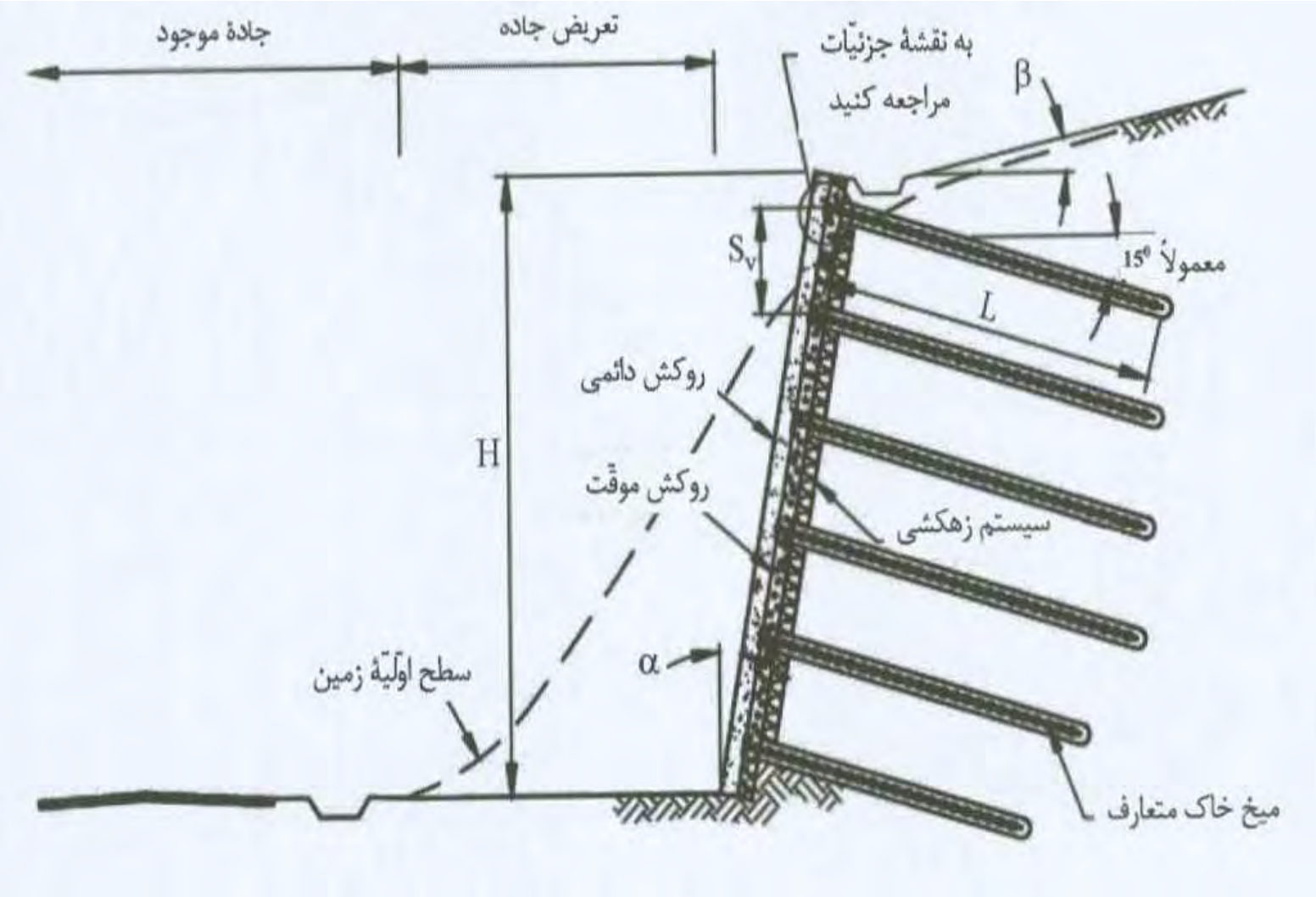
مرحله ۴ - اجرای رخپوش موقت
(شامل شاتکریت، مش، صفحه زیرسری، مهره و واشر)



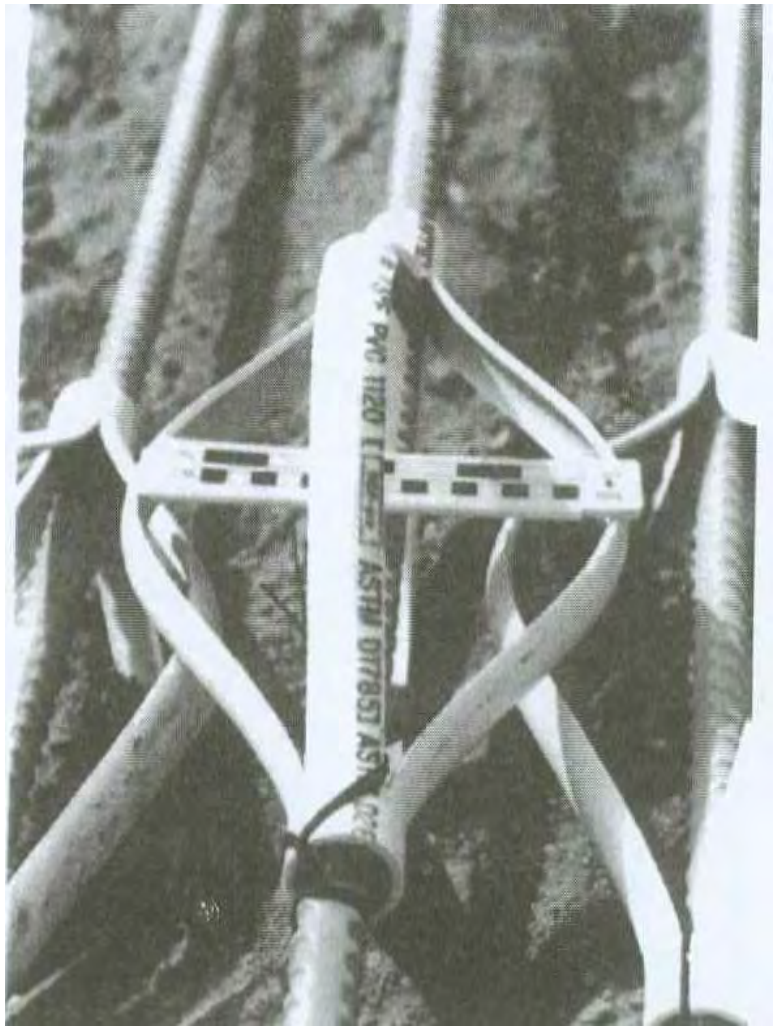
مرحله ۵ - اجرای ترازها یا پله های بعدی

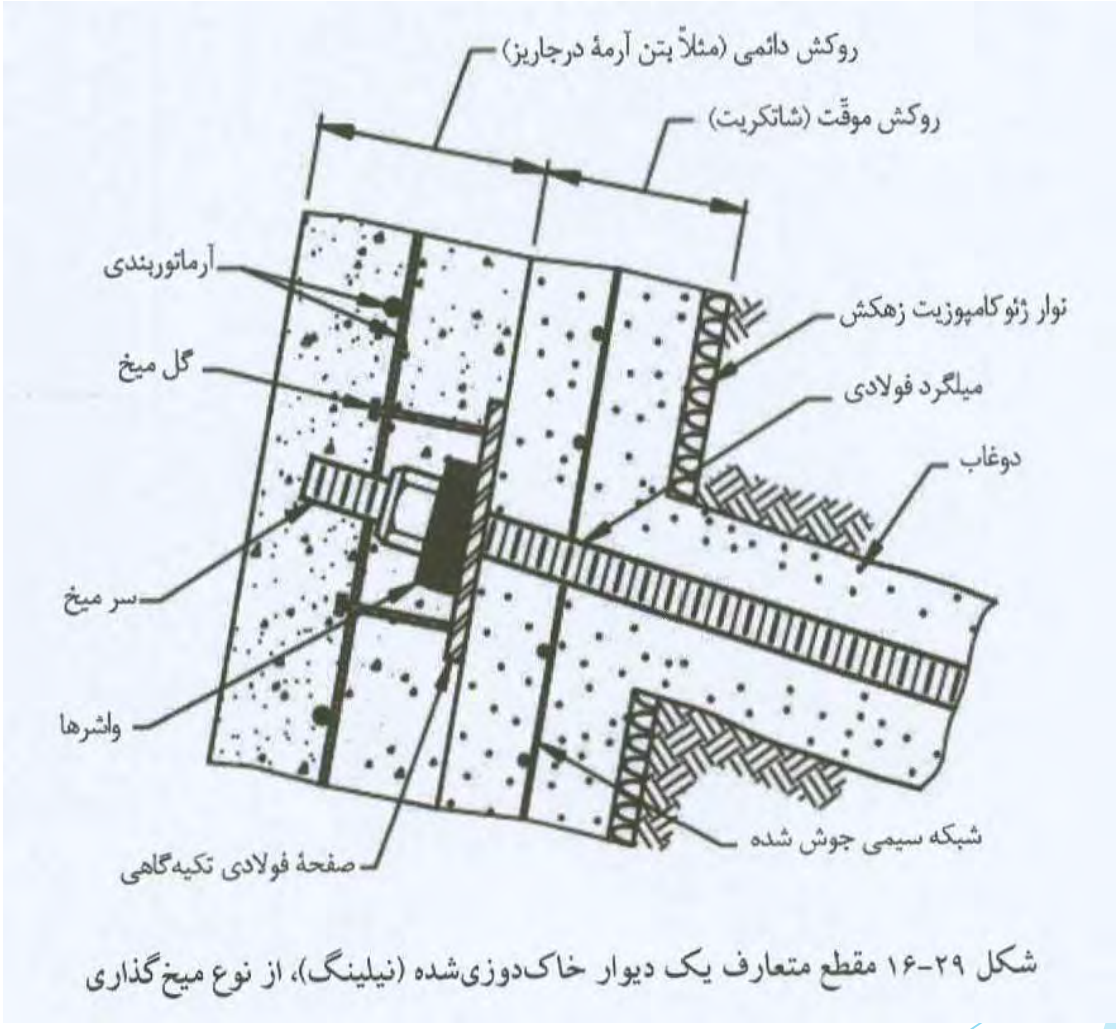


مرحله ۶ - اجرای رخپوش نهایی
(در گود برداری های دائمی) همراه با اجرای زه کش پنجه


جادهٔ موجود
تعریض جاده
به نقشهٔ جزئیّات
مراجعه کنید
β
S_v
معمولاً 15^0
L
H
روکش دائمی
روکش موقّت
سیستم زهکشی
α
سطح اوّلیّهٔ زمین
میخ خاک متعارف

INGERSOLL-RAND





شکل ۲۹-۱۶ مقطع متعارف یک دیوار خاک‌دوزی‌شده (نیلینگ)، از نوع میخ‌گذاری

مراحل اجرا دیواره با روش میخ کوبی

- برداشت خاک تا عمق معین
- میخ کوبی با استفاده از دستگاه شلیک کننده
- قرار دادن نوارهای زهکشی (ژئوکامپوزیتی) با طول و فواصل مناسب بر روی سینه گود برداری
- قرار دادن شبکه پیش جوش شده بر روی دیواره گود بتن پاشی بر روی دیواره گود (پوشش موقت)
- ادامه خاکبرداری و انجام مراحل قبل
- پس از رسیدن به کد ارتفاعی مناسب اجرای پوشش دایم مطابق مشخصات نقشه‌های اجرایی

مقایسه روش میخکوبی و میخ گذاری

- در روش میخ گذاری، معمولا نیروی کششی وارد بر هر یک از میخ ها زیاد و در حدود ۲۰۰ تا ۵۰۰ کیلونیوتن (۲۰ تا ۵۰ تن) است. تعداد میخ ها در حدود یک عدد در هر ۳ تا ٦ متر مربع، و نسبت فاصله بین میخ ها به عمق گود، در حدود ۱/۷۰ است.
- در روش میخ کوبی، طول میخ ها و نیز نیروی کششی میخها معمولا کمتر از روش میخ گذاری است. همچنین تعداد آنها بیشتر از روش میخ گذاری، و در حدود ۲ عدد در هر متر مربع است. ، و نسبت فاصله بین میخ ها به عمق گود، در حدود ۰/۵ است.
- معیار انتخاب هر یک از دو روش میخ گذاری و میخ کوبی، به عوامل زیر بستگی دارد
  - هزینه اجرای کار
  - تجهیزات در اختیار
  - طبیعت خاک از نظر سهولت حفاری یا سهولت میخ کوبی، و نیز از نظر مقاومت خاک در برابر بیرون آمدن میخ های مهاری از درون آن

عوامل موثر در اقتصادی و اجرایی بودن نیلینگ

- خاک بتواند بدون نیاز به سازه نگهبان، به مدت یک تا دو روز، با دیوارهای قائم یا نزدیک به قائم، به ارتفاع حدود یک تا دو متر به گونه ای پایدار پابرجا باقی بماند.
- میخ ها در تراز بالاتر از سطح ایستابی قرار گیرند. درصورتی که میخها در تراز پایین تر از سطح ایستابی قرار گیرند، می‌باید آب زیرزمینی تأثیر سوئی بر روی موارد زیر نداشته باشد:

الف) دیواره گودبرداری (سینه کار)

ب) مقاومت چسبندگی بین دوغاب و خاک محصور کننده آن

پ) یکپارچگی و پایایی و پایداری سیستم نیلینگ (مثلا مشخصات شیمیایی خاک موجب خورندگی میخها نشود.

خاکهای مناسب برای نیلینگ

- **خاکهای ریزدانه سفت تا سخت**: خاک های ریزدانه (یاچسبنده) ممکن است شامل رسهای سفت تا سخت، لایهای رسی، رس های لایدار، رس های ماسه ای، لایهای ماسه دار، و ترکیبی از آنها باشند.
- **خاکهای دانه‌ای متراکم تا بسیار متراکم با مقداری چسبندگی**: این خاک ها شامل ماسه و شن با SPT بیش از ۳۰، و مقداری خاک ریزدانه (معمولا حداکثر ۱۰ تا ۱۵ درصد) یا مقدار ناچیزی سیمانتاسیون، که موجب چسبندگی دانه‌های خاک می شود، هستند.
- **سنگ های هوازده فاقد سطوح ضعیف** : سنگ های هوازده ممکن است مصالح مناسبی برای دیوارهای خاک دوزی باشند، مشروط بر آنکه سطوح ضعیف در راستاهای نامناسب (مثلا صفحات ضعیفی که تا درون گود ادامه دارند) وجود نداشته و یا بسیار کم باشند.
- **خاکهای یخچالی (یخ آبرفتها و یخ رفتها)**: این نوع خاکها معمولا برای سازه های نگهبان نوع نیلینگ مناسب هستند، زیرا این گونه خاکها معمولا متراکم، دانه ای خوب دانه بندی شده همراه با میزان محدودی ریزدانه هستند.

خاکهای نامناسب برای نیلینگ

- **خاکهای غیر چسبنده بد دانه بندی شده خشک**
- **خاکهایی که در آنها، سطح آب زیرزمینی بالا است**، در این گونه خاکها، برای پایدارسازی خاک، نیاز به انجام زهکشی به گونه ای کامل و اساسی است.

تراوش بیش از حد آبهای زیرزمینی از دیواره گود میتواند موجب بروز مشکلات جدی در اجرای بتن پاشی میشود.

- **خاکهای شامل قلوه سنگ**: وجود مقادیر زیاد قلوه سنگ، موجب بروز مشکلات بیش از حد در حفاری چاهکها و در نتیجه افزایش هزینه، صعوبت کار، و تأخیر در اجرای کار می‌شود.
- **خاک های ریزدانه نرم تا بسیار نرم** : این نوع خاک ها دارای مقادیر SPT کمتر از ٤
- **خاک های آلی**
- **خاک های بسیار خورنده**
- **سنگ های هوازده با صفحات ضعیف نامناسب و کارست‌ها**: این گونه سنگ های هوازده ممکن است دارای صفحات ضعیف نامناسبی باشند. این صفحات می توانند بر روی پایداری چاهکها تأثیر گذاشته و عمل تزریق دوغاب را با مشکل مواجه سازند.
- **بادرفتها (لسها) :**

ضوابط حقوقی نیلینگ

روش دیوارهای خاک دوزی شده (نیلینگ)، و روش آنکراژ یا دوخت به پشت مستلزم ورود به درون خاک مجاور گود است. در صورتی که ساختمانها یا معابر یا زمین های مجاور گود و تأسیسات موجود در آنها، متعلق به اشخاص حقیقی یا حقوقی باشد، می‌باید ضوابط حقوقی و قانونی مربوطه را مدنظر قرار داد.

- **ماده ۲۸ قانون مدنی:** مالکیت زمین مستلزم مالکیت فضای محاذی آن است، تا هر کجا بالا رود و همچنین است نسبت به زیر زمین بالجمله مالک حق همه گونه تصرف در هوا و فراز گرفتن دارد، مگر آنچه را که قانون استثناء کرده باشد.
- **ماده ۶۹۱ قانون مجازات اسلامی:** هر کس به قهر و غلبه داخل ملکی شود که در تصرف دیگری است اعم از آنکه محصور باشد یا نباشد، یا در ابتدای ورود، به قهر و غلبه نبوده ولی بعد از اخطار مصرف به قهر و غلبه مانده باشد، علاوه بر رفع تجاوز، حسب مورد به یک تا شش ماه حبس محکوم می شود. هرگاه مرتکبین دو نفر یا بیشتر بوده و لااقل یکی از آنها حامل سلاح باشد به حبس از یک تا سه سال محکوم خواهند شد.»
- **بند ۴-۱-۹-۱۲ چ مبحث دوازدهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۲:** 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 ذی نفع و مرجع رسمی ساختمان.

مزایا

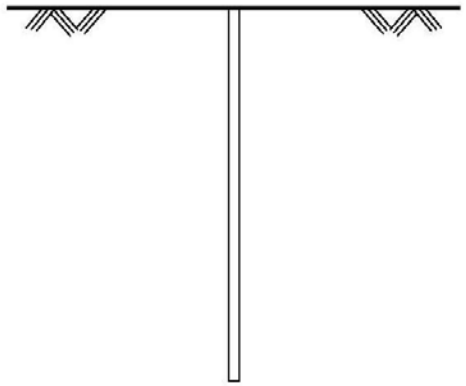
- مشخصات مکانیکی خاک براثر تزریق بتن در درون چاهکها بهبود می یابد
- سازه نگهبان در داخل گود جاگیر نیست.
- از خاک موجود برای مهار دیواره گود استفاده میشود.
- از آن می توان به عنوان سازه نگهبان دائمی حایل دیواره گود نیز استفاده کرد.
- به دلیل استفاده از تکنولوژی پیشرفته تر، معمولا هزینه و زمان اجرای کار با این روش، در پروژه‌های بزرگ و احجام زیاد کمتر است.
- ایمنی این روش نسبت به روشهای ساده تر بیشتر است.

معایب

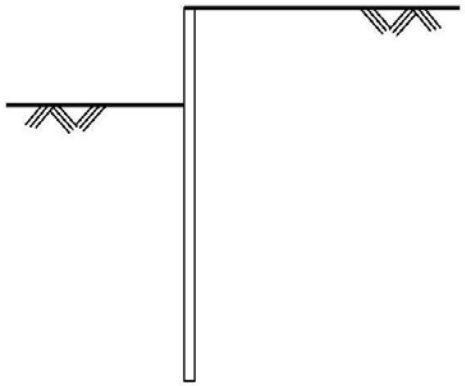
- روش نیلینگ، مهارها برداشته نمی شوند، لذا این امر می تواند در بهره برداری آتی از زمین های مجاور، در عملیات ساخت وساز و حفاری خاک، بروز مشکلات خواهد کرد.
- استفاده از بدنه خاک مجاور دیواره گود و محوطه اطراف آن ضروری است؛ لذا در مواردی که خاک مجاور گود در زیر یک ساختمان یا در حریم همسایه یا در حریم تأسیسات و معابر شهری باشد، یا از این روش نمی توان استفاده کرد.
- در پروژه های کوچک، به دلیل ضرورت اجرای عملیات به صورت مرحله به مرحله، به زمان زیادی نیاز دارد.
- در پروژه های کوچک، هزینه اجرای عملیات، در مقایسه با روش های ساده تر، معمولا بیشتر است.
- به دلیل استفاده از تکنولوژی پیشرفته تر، به دستگاه های خاص نظیر دستگاه های لازم برای حفر چاهک ها، تزریق، حمل پانل ها، و ... نیاز دارد.
- به دلیل استفاده از تکنولوژی پیشرفته تر، به افراد با تخصص های بالاتر در رده های مختلف فنی برای طراحی و اجرای عملیات مربوطه، در مقایسه با روش های ساده تر، نیاز دارد.
- از آنجا که در این روش، پس از ایجاد تغییرشکل در خاک است که نیرو در میخها بسیج می شود، لذا میزان تغییرشکل خاک دیواره گود، به ویژه در مقایسه با روش هایی نظیر آنگراژ یا دیوار برلنی بسیار زیادتر است.

روش دوخت به پشت–Soil Tie Back

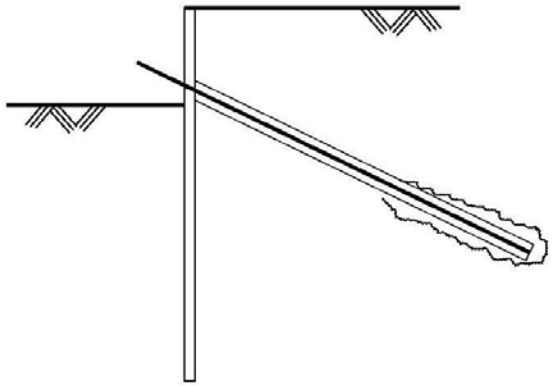
- این روش مشابه روش مهارسازی است با این تفاوت که به جای استفاده از میلگردهای معمولی در درون چاهک های افقی از کابل ها پیش تنیدگی استفاده می‌کنیم.
- پس از قرار دادن کابل ها انتهای آنها را بتن ریزی و سپس کابل ها را توسط جک می‌کشیم.
- آنگاه چاهک ها را بتن ریزی کرده و پس ازاینکه بتن کسب مقاومت کرد کابل ها را رها می‌کنیم تا نیروی تنیدگی به خاک منتقل و در نتیجه آنها را مهار نماید به عبارت دیگر خاک محل بعنوان سازه نگهبان عمل می‌کند. عمق گودبرداری در هر مرحله بستگی به ویژگی های مکانیکی خاک و فاصله چاهک ها از یکدیگر دارد.



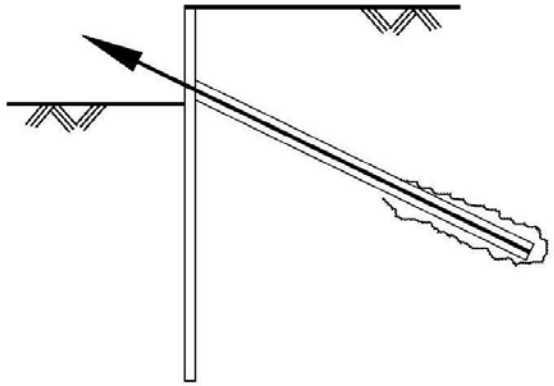
Step 1 : Install soldier beam



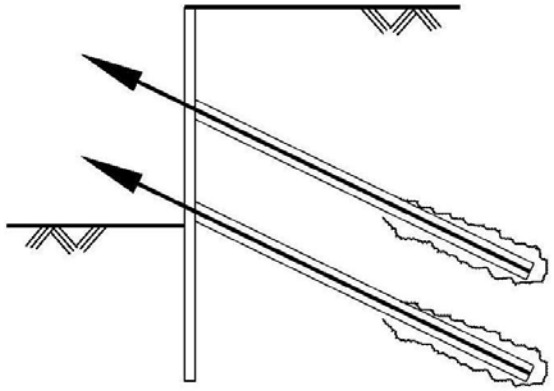
Step 2 : Excavate and install lagging (mesh and shotcrete)



Step 3 : Drill borehole, place anchor and grout

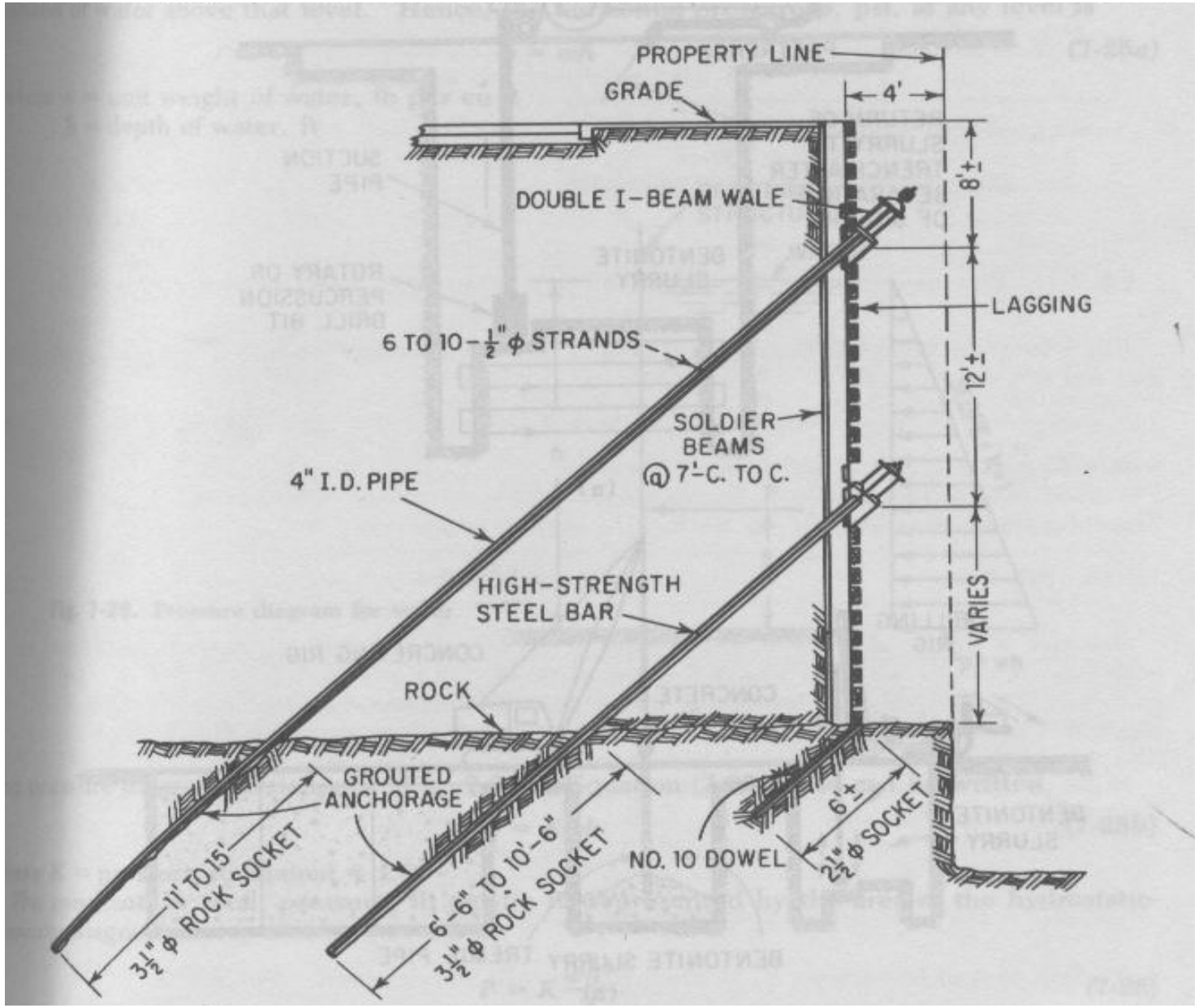


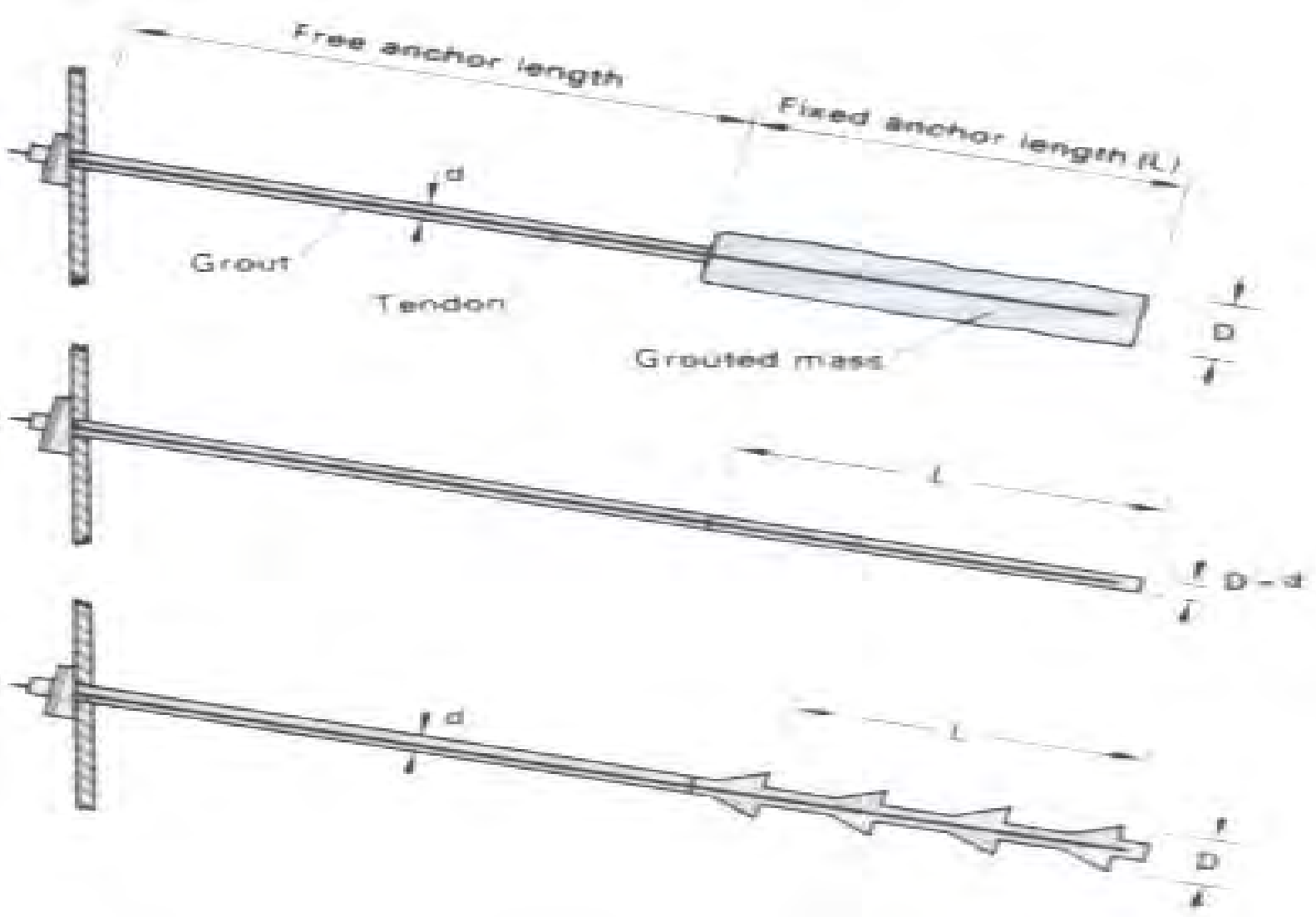
Step 4 : Test and lock-off

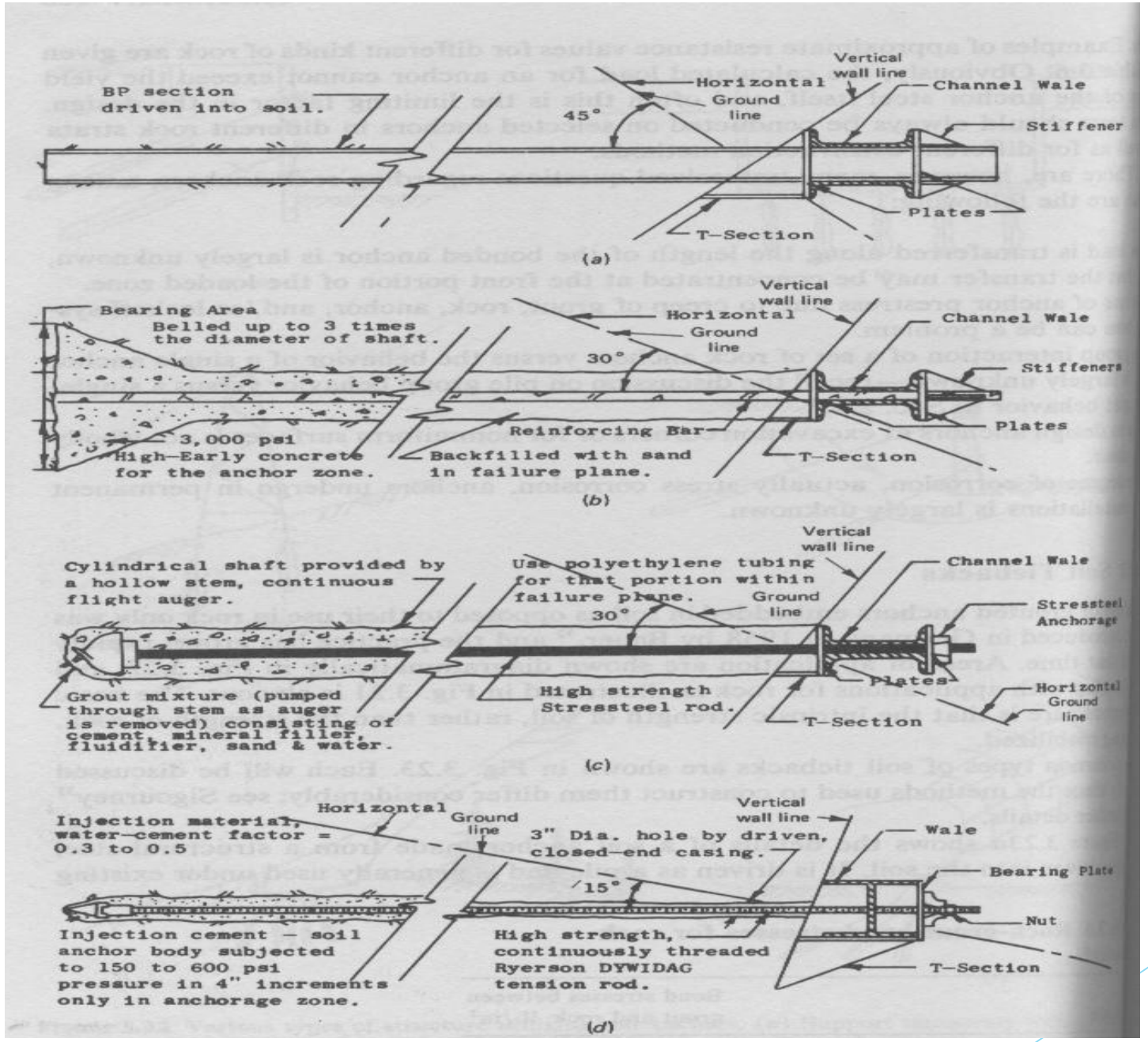


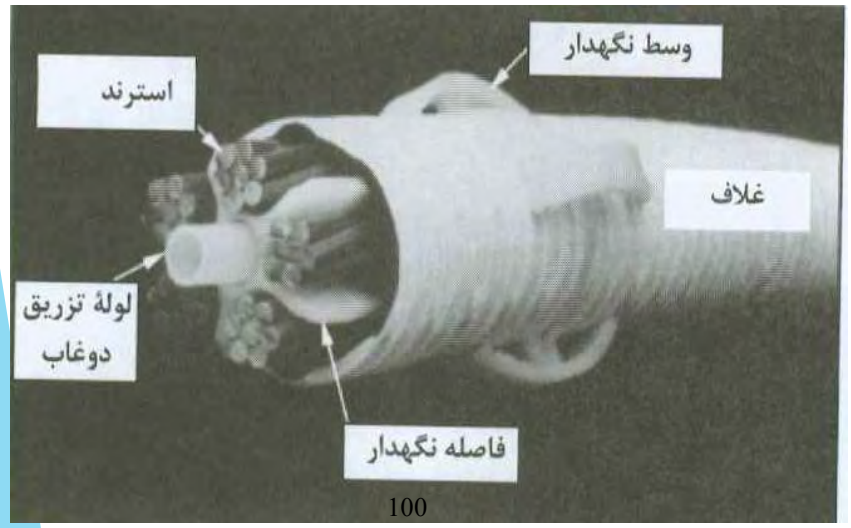
Step 5 : Repeat steps 2-4 to final excavation level

Anchoring Construction Sequence


PROPERTY LINE
GRADE
4'
DOUBLE I-BEAM WALE
8'±
LAGGING
6 TO 10-½"φ STRANDS
12'±
SOLDIER BEAMS @ 7'-C. TO C.
4" I.D. PIPE
HIGH-STRENGTH STEEL BAR
VARIES
ROCK
GROUTED ANCHORAGE
11' TO 15'
3½"φ ROCK SOCKET
6'-6" TO 10'-6"
3½"φ ROCK SOCKET
NO. 10 DOWEL
6'±
2½"φ SOCKET


Free anchor length
Fixed anchor length (L)
d
Grout
Tendon
Grouted mass
D
L
D - d
d
L
D


BP section
driven into soil.
Horizontal
Ground
line
45°
Vertical
wall line
Channel Wale
Stiffener
Plates
T–Section
(a)
Bearing Area
Belled up to 3 times
the diameter of shaft.
3,000 psi
High–Early concrete
for the anchor zone.
Backfilled with sand
in failure plane.
Horizontal
Ground
line
30°
Vertical
wall line
Channel Wale
Stiffeners
Reinforcing Bar
Plates
T–Section
(b)
Cylindrical shaft provided by
a hollow stem, continuous
flight auger.
Grout mixture (pumped
through stem as auger
is removed) consisting of
cement, mineral filler,
fluidifier, sand & water.
Use polyethylene tubing
for that portion within
failure plane.
30°
Ground
line
Vertical
wall line
Channel Wale
Stressteel
Anchorage
Plates
High strength
Stressteel rod.
T–Section
Horizontal
Ground
line
(c)
Injection material,
water–cement factor =
0.3 to 0.5
Horizontal
Ground
line
3" Dia. hole by driven,
closed–end casing.
15°
Vertical
wall line
Wale
Bearing Plate
Nut
T–Section
Injection cement – soil
anchor body subjected
to 150 to 600 psi
pressure in 4" increments
only in anchorage zone.
High strength,
continuously threaded
Ryerson DYWIDAG
tension rod.
(d)



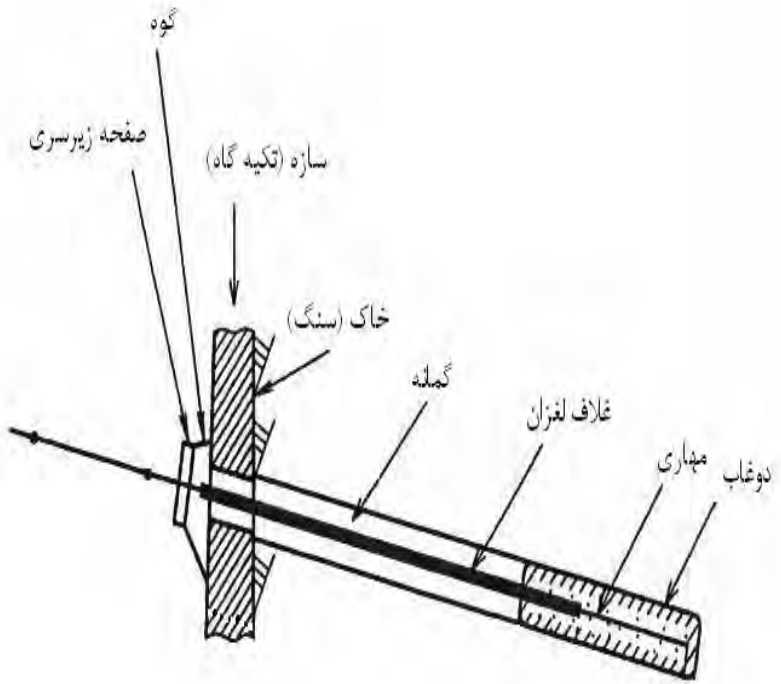


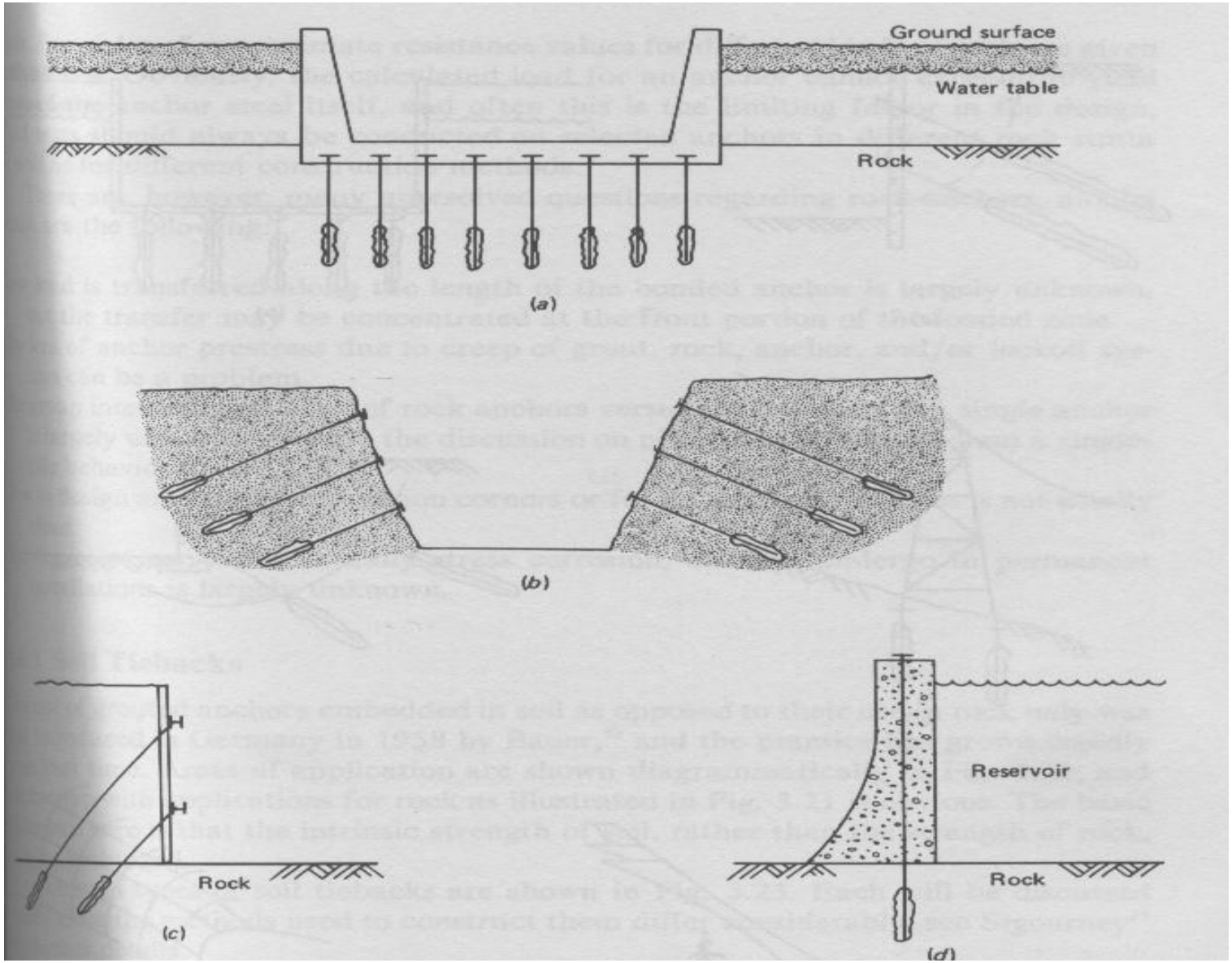
Figure 1 — Sketch of a ground anchor - Details of anchor head and head protection omitted

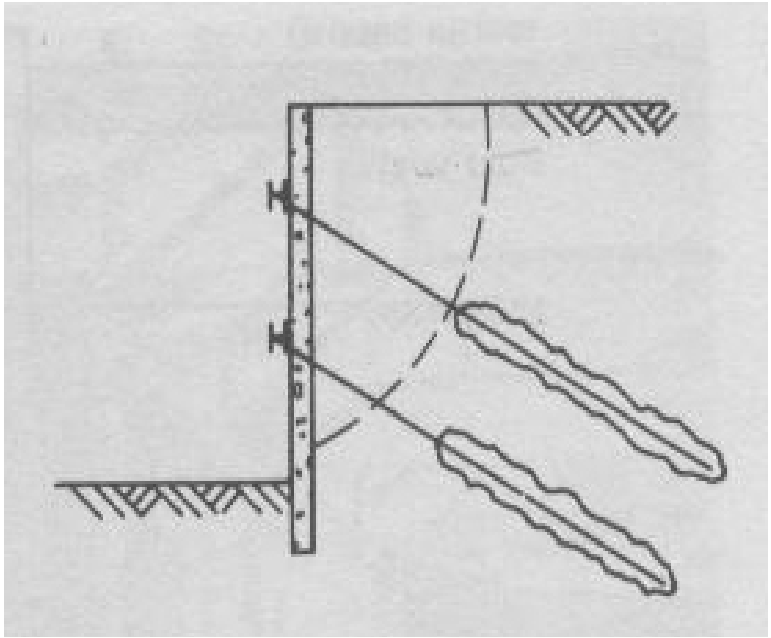
Ref : Ground Anchors , EN1537,1999

Boulanger

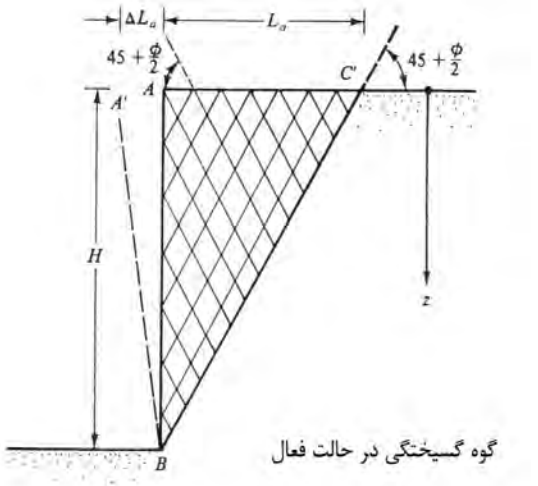
روش اجرایی

- حفاری مرحله مرحله و از بالا به پایین انجام می‌شود:
- با دستگاه حفاری ویژه چاهکهای افقی یا مایل در دیواره گود حفر می‌شود
- درون چاهکها کابل های پیش تنیده قرار می‌گیرد.
- با تزریق بتن در انتهای چاهکها کابلها مهار می‌شود.
- کابلها با جک کشیده شده و در روی سطح جدار گود مهار می‌شود.
- به داخل چاهک بتن تزریق می‌شود.
- پس از گیرش بتن کابل از جک آزاد می‌شود.
- عمق گود در هر مرحله به نوع خاک و فاصله چاهکها بستگی و حدود ۲-۳ متر است

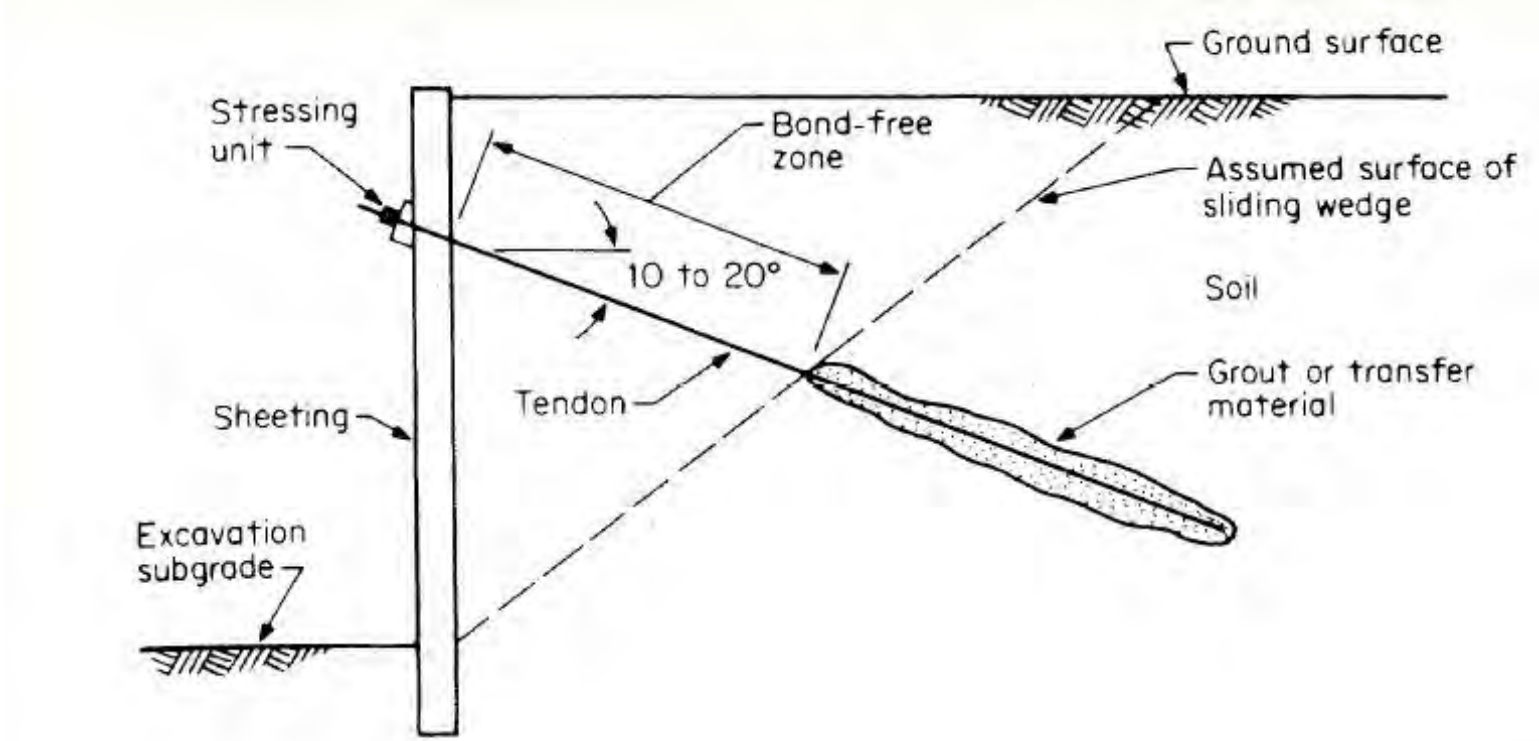

Ground surface
Water table
Rock
(a)
(b)
Rock
(c)
Reservoir
Rock
(d)



دوران دیوار بدون اصطکاک در حول پایه

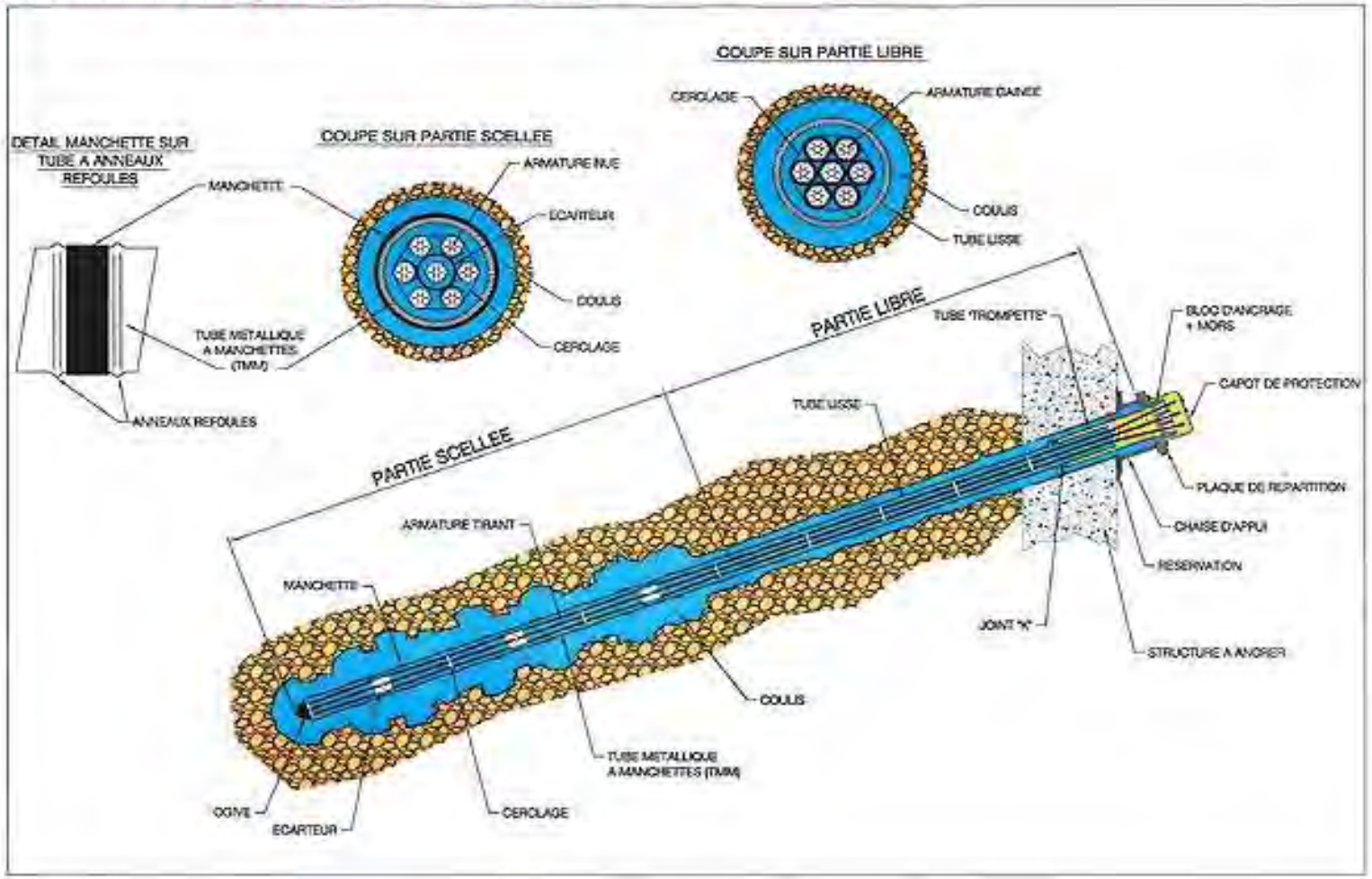


گوه گسیختگی در حالت فعال



- Free length: plastic sheath or metal tube filled with non-rigid material (grease, wax, etc.).
- Head: Plastic or metal cover filled with usually the same material as used for the free length.

Soletanche Bachy permanent soil anchor



Design

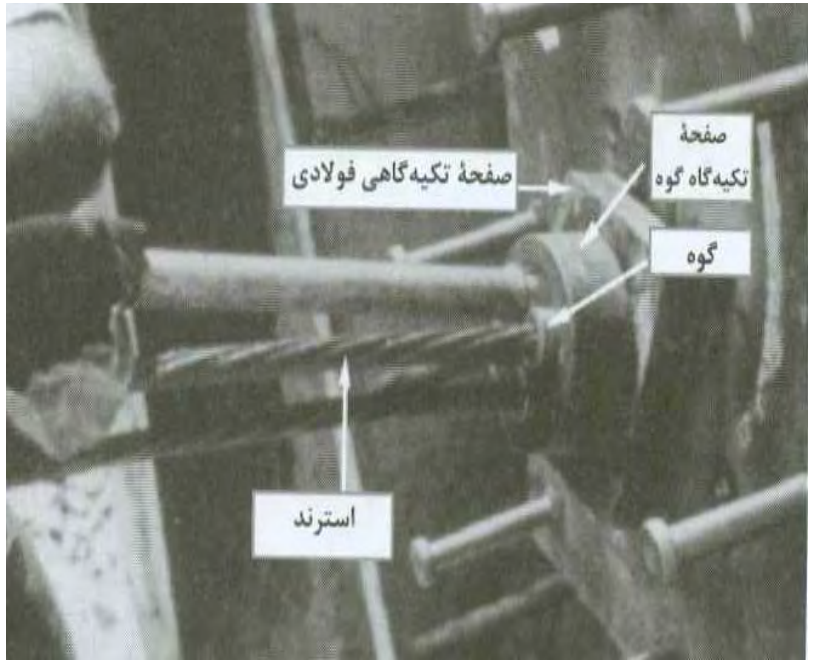
Design parameters are steel cross section, length or anchorage, and length of free length.

Steel cross section:

2006/08/19

Boulanger

2006/08/19


صفحهٔ
تکیه‌گاه گوه
صفحهٔ تکیه‌گاهی فولادی
گوه
استرند

نکاتی چند درباره سازه نگهبان نوع انکراژ

- بین بلوک های بتنی را می توان با آرماتور یا شبکه سیم جوش شده، مش بندی کرده و با استفاده از روش شاتکریت، آن را بتن پاشی کرد. در پشت این دیوارها، می‌باید از نوارهای ژئوکامپوزیتی زهکش استفاده کرد.
- در این نیروی پیش تنیدگی موجود در کابل، خاک را فشرده سازد، و در نتیجه خاک، فشرده تر و متراکم تر شده و نیروی رانشی ناشی از آن کاهش یابد، و در عین حال، کل نیروی رانش خاک مجاور جداره گود، به خاک‌های داخل بدنه دورتر دیواره منتقل شده و خاک پایدار بدنه انتهایی، به عنوان سازه نگهبان عمل کرده و رانش خاک ناپایدار بدنه مجاور جدارهٔ گود را تحمل کند.

- روش آنکراژ را می توان هم در خاک و هم در سنگ اجرا کرد.
- رفتار خاکهای مختلف در این روش حاکی از آن است که احتمالا رس های نرم تنها نوع خاکهایی هستند که رفتار آنها در روش آنکراژ قابل اعتماد نیست.
- در روش آنکراژ، تا پایان عمل کشیدن تاندون های پیش تنیدگی، نباید قسمت ناپایدار خاک تحت تزریق قرار گیرد، زیرا این قسمت از کابل، می باید امکان افزایش طول کافی براثر اعمال نیروی کششی بر آن را داشته باشد.
- پس از اتمام عمل کشش کابل، می توان به این قسمت نیز دوغاب تزریق کرد. اجرای این عمل، به ویژه هنگامی مطلوب است که احتمال خوردگی کابل وجود داشته باشد یا گودبرداری روباز به مدتی طولانی تحت بهره برداری قرار گیرد.
- فشار تزریق دوغاب سیمان در داخل خاک، چیزی در حدود ۰/۳۵ تا ۱۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است.
- در خاک های چسبنده، به منظور افزایش ظرفیت باربری کابل یا میل مهار میتوان انتهای چاهک ها را به صورتی گشادتر حفر کرد.

مزایا

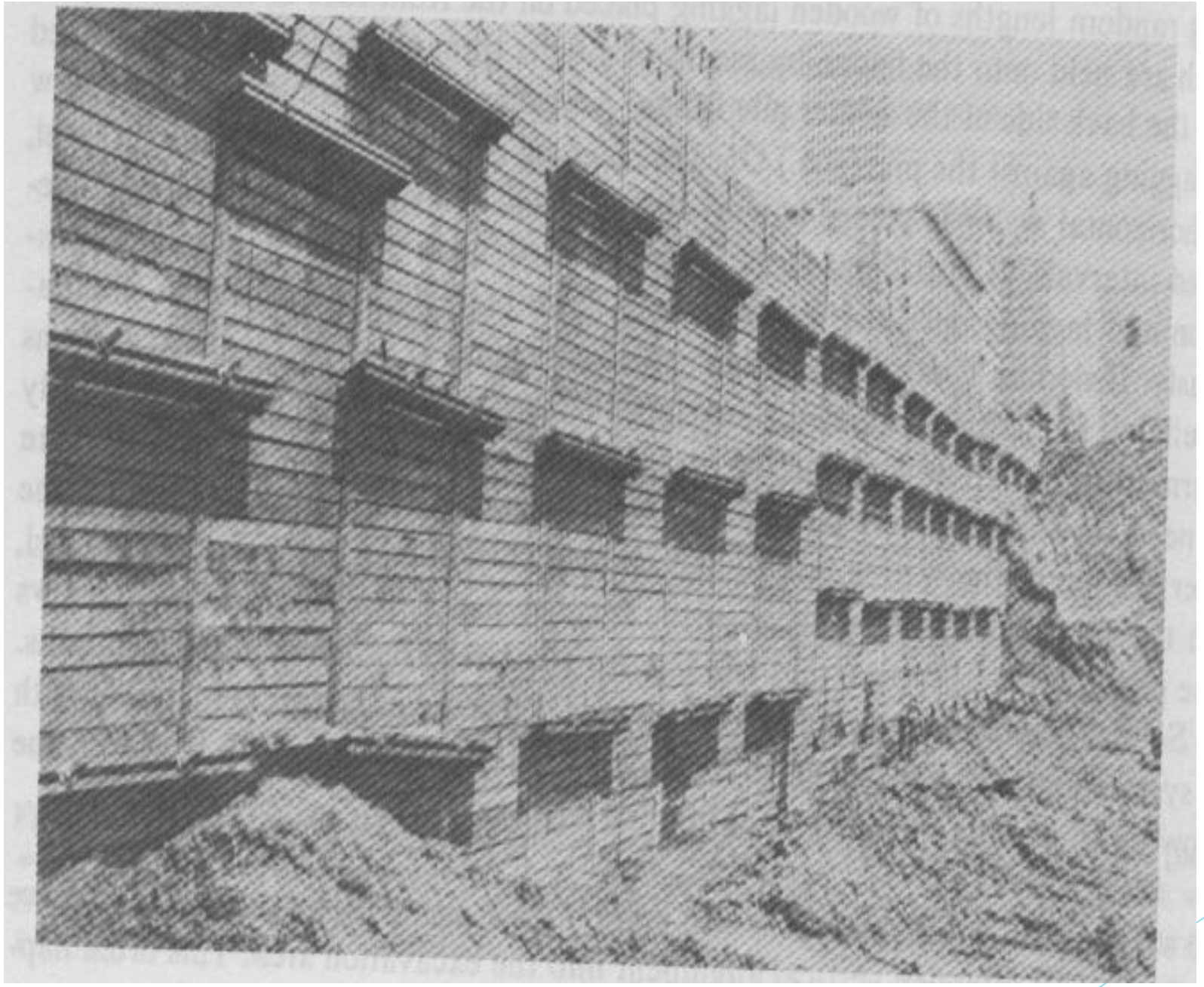
- مشخصات مکانیکی خاک، هم براثر تزریق بتن در درون چاهکها و هم براثر فشرده شدن خاک ناشی از پیش تنیدگی استرندها، بهبود می یابد.
- سازه نگهبان در داخل گود جاگیر نیست.
- از خاک موجود برای مهار دیواره گود استفاده می‌شود.
- از آن می توان به عنوان سازه نگهبان دائمی حایل دیواره گود نیز استفاده کرد.
- به دلیل استفاده از تکنولوژی پیشرفته تر، معمولاً هزینه و زمان اجرای کار با این روش، در پروژه‌های بزرگ و در احجام زیاد، کمتر است،
- ایمنی آن نیز، در مقایسه با روش های ساده تر، بیشتر است.
- در این روش، میزان تغییرشکل خاک دیواره گود، به ویژه در مقایسه با روش نیلینگ، بسیار کمتر است. استفاده از این روش در گودهایی که در مجاورت آنها ساختمان وجود دارد، مطلوب است، در صورت محاسبه و اجرای صحیح، ضوابط کنترلی تغییر مکان های افقی و قائم خاک را برآورده می‌سازد.

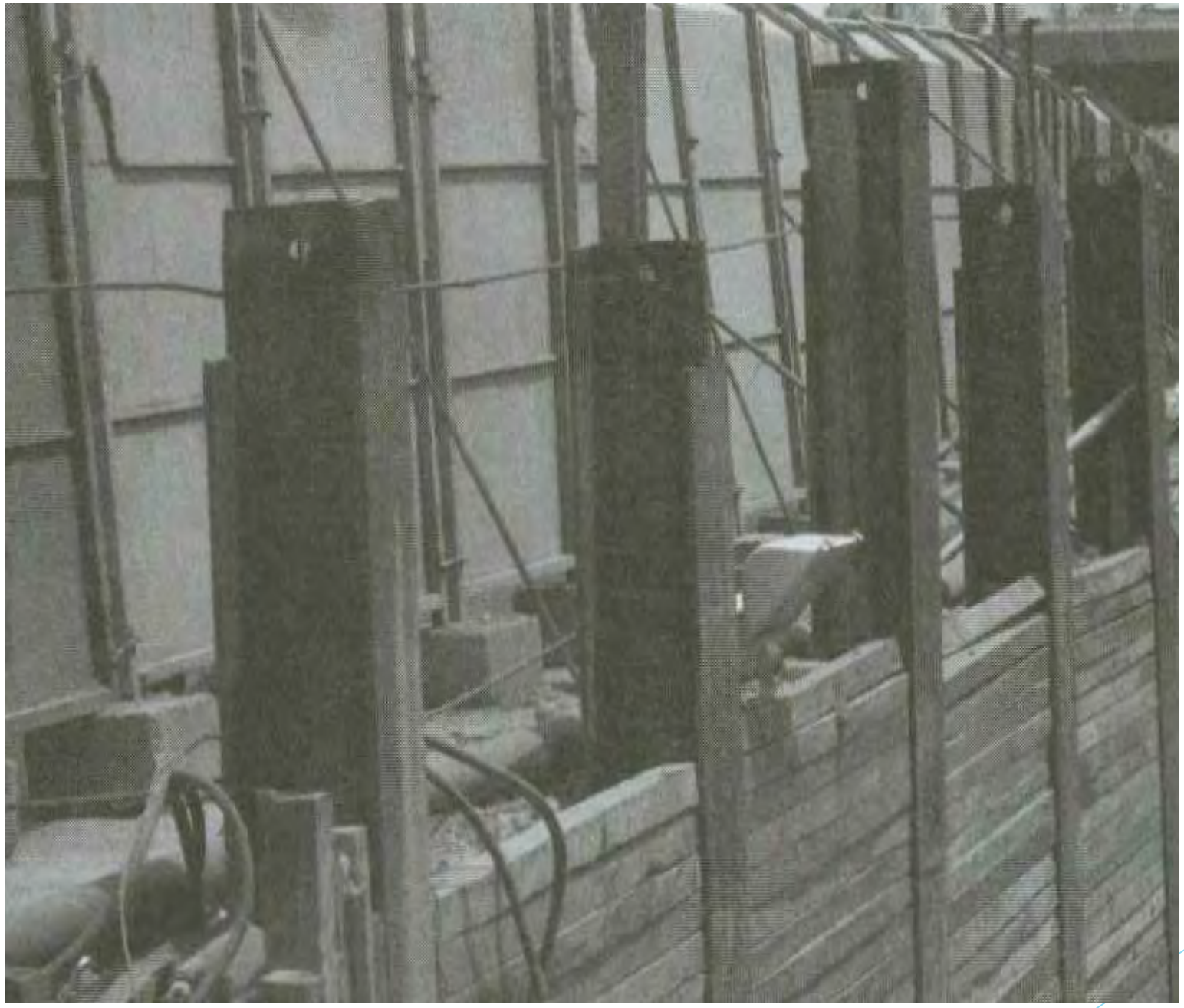
معایب

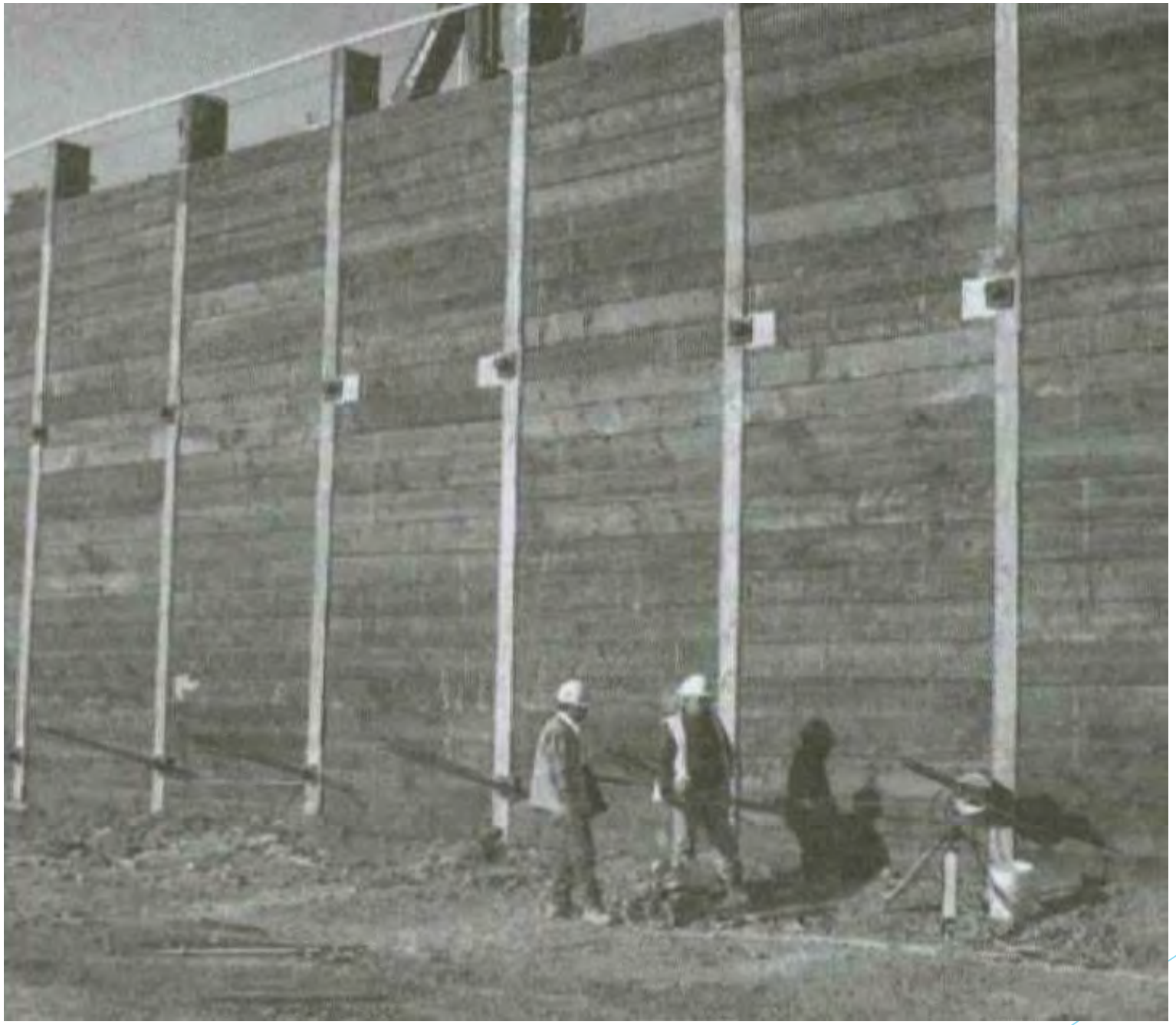
- نیاز به خاک اطراف جهت مهار خاک
- نیاز به دستگاه‌های ویژه جهت اجرای عملیات
- نیاز به افراد متخصص
- هزینه بالا درپروزه های با حجم کوچک
- زمان بالای اجرا

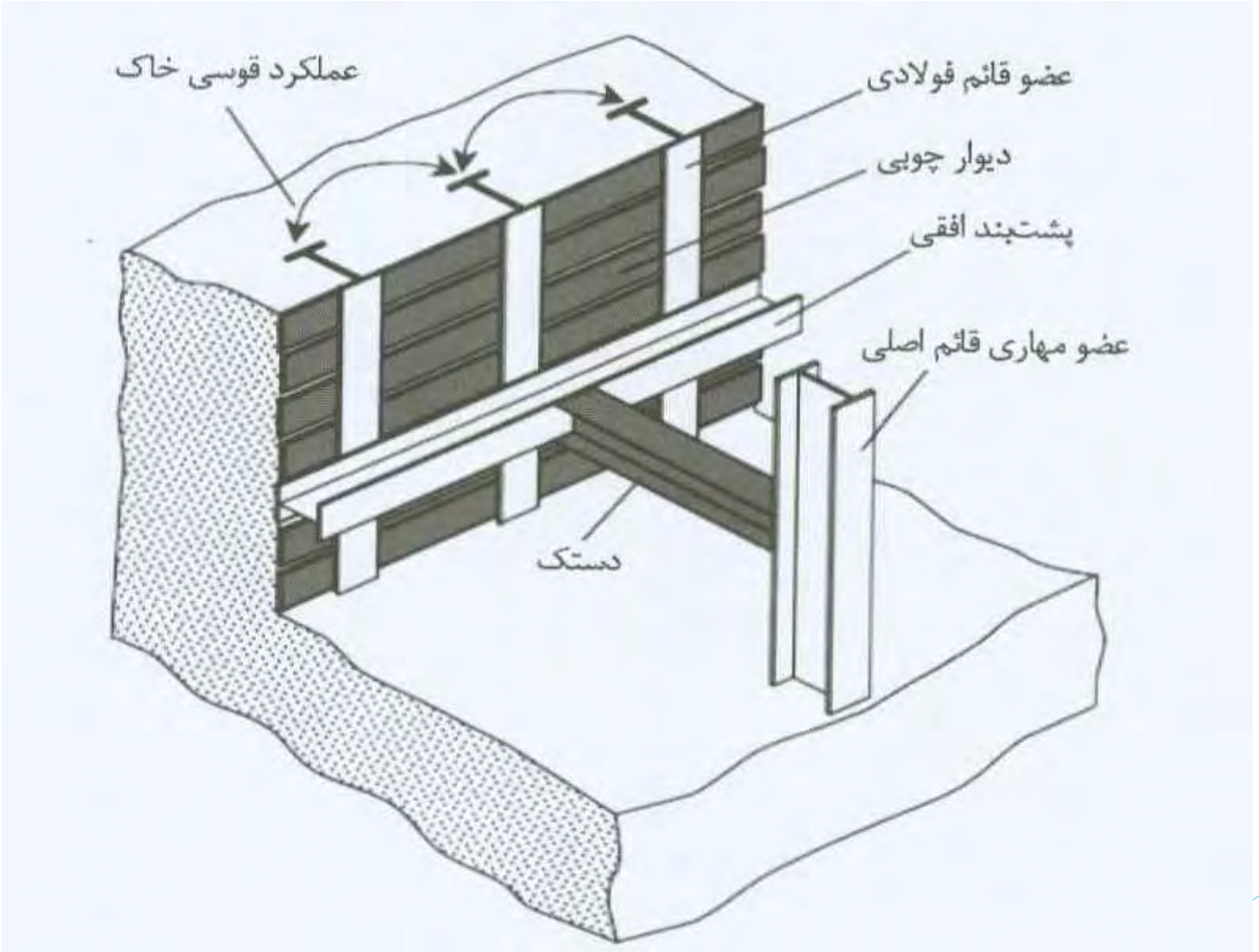
سازه نگهبان از نوع دیوار برلنی

- حفر چاه در امتداد دیوار گود (طول آنها در حدود ۲۵٪ تا ۳۵٪ بیشتر از عمق خاکبرداری است)
- قرار دادن اعضای قایم از پروفیل های فلزی مطابق روش خرپایی
- بخش تحتانی چاهک که نقش شالوده شمع را دارد فولادگذاری شده و بتن‌ریزی می‌شود تا پروفیل های فولادی در آنها مهارگردد.
- عملیات خاکبرداری را بصورت مرحلهای تا عمق ایمن در هر مرحله برمی‌دارند.
- پس از هر مرحله خاکبرداری در بین شمع ها پانل های سازه‌ای از جنس فولاد، چوبی و یا دیوارهای بتونی پیش ساخته و یا درجا ریز را اجرا می‌کنند .
- نصب اعضای سازهای افقی به اعضای قایم در یک یا چند ردیف
- اعضای افقی اجرا شده را با نیل یا مهار به خاک پشت دوخته و یا مهار می‌نمایند.



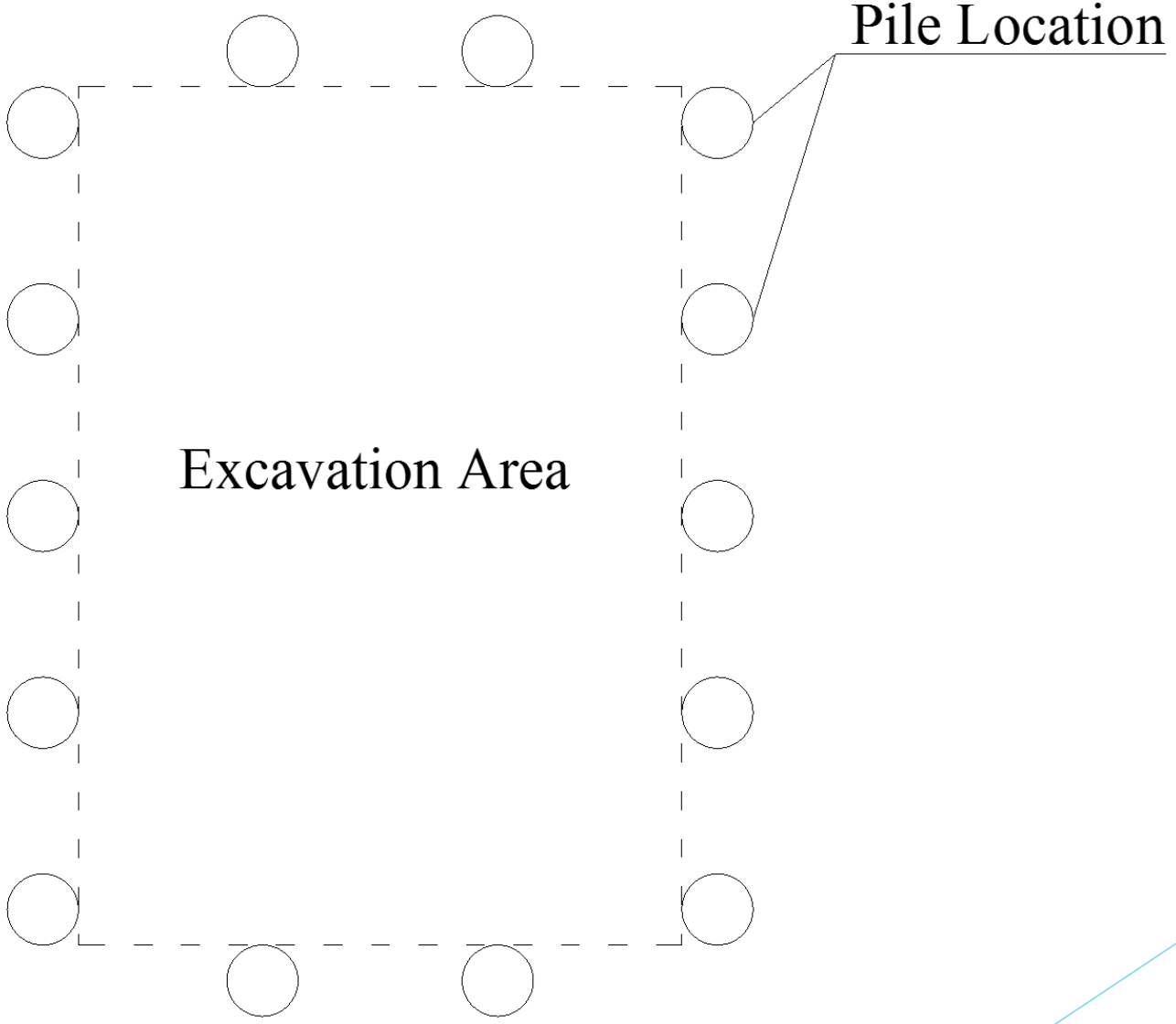


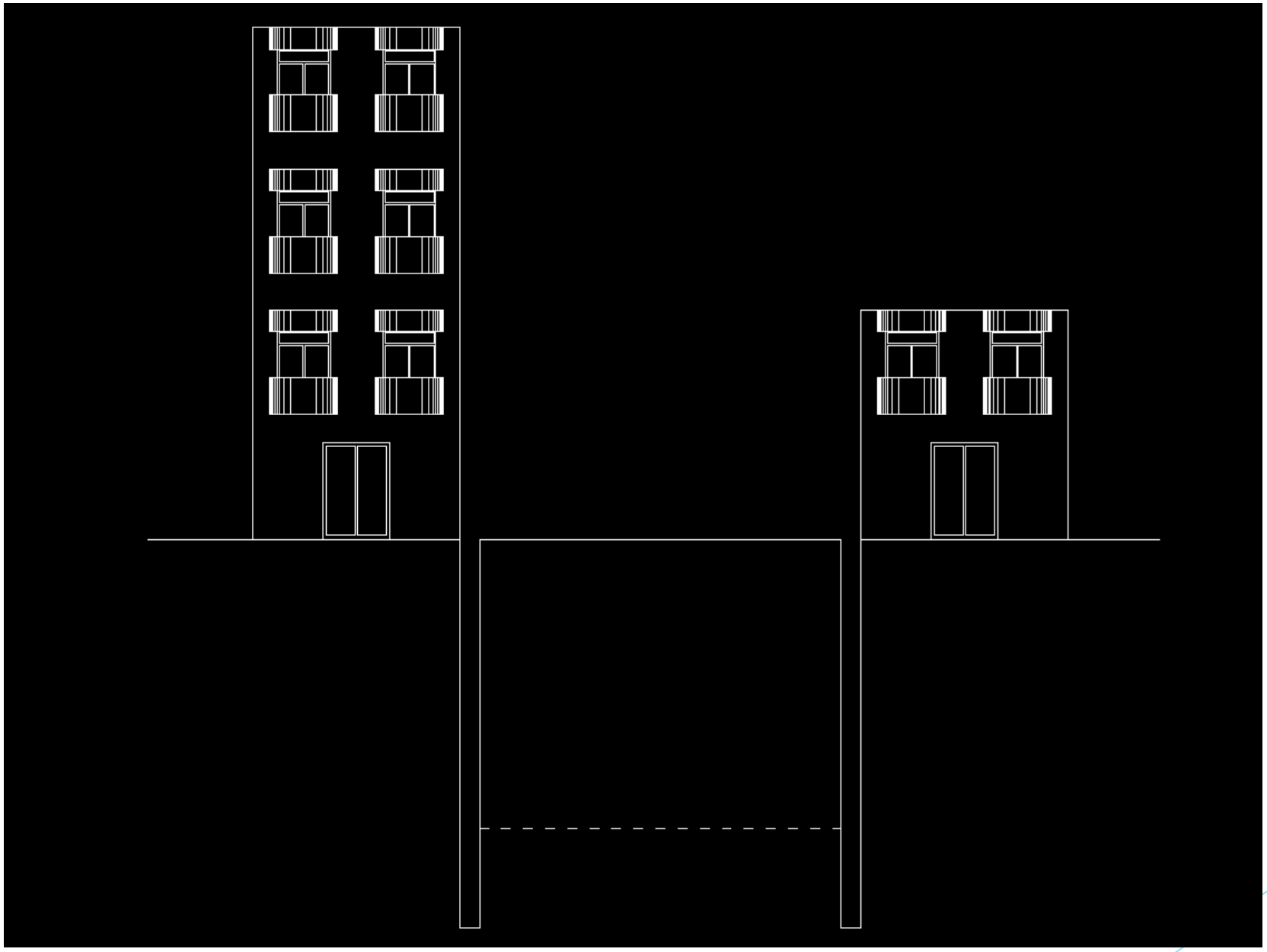


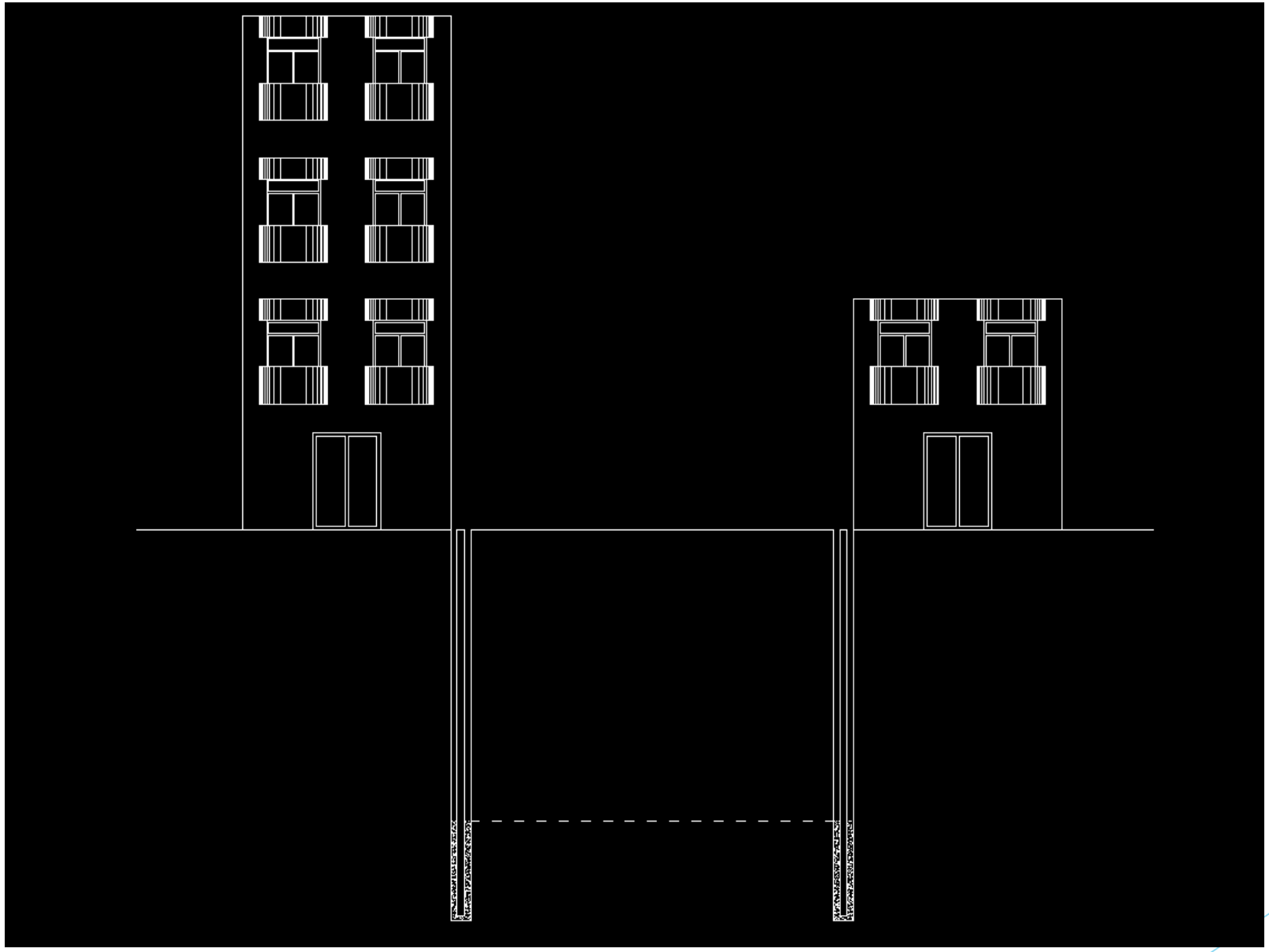

عملکرد قوسی خاک
عضو قائم فولادی
دیوار چوبی
پشت‌بند افقی
عضو مهاری قائم اصلی
دستک

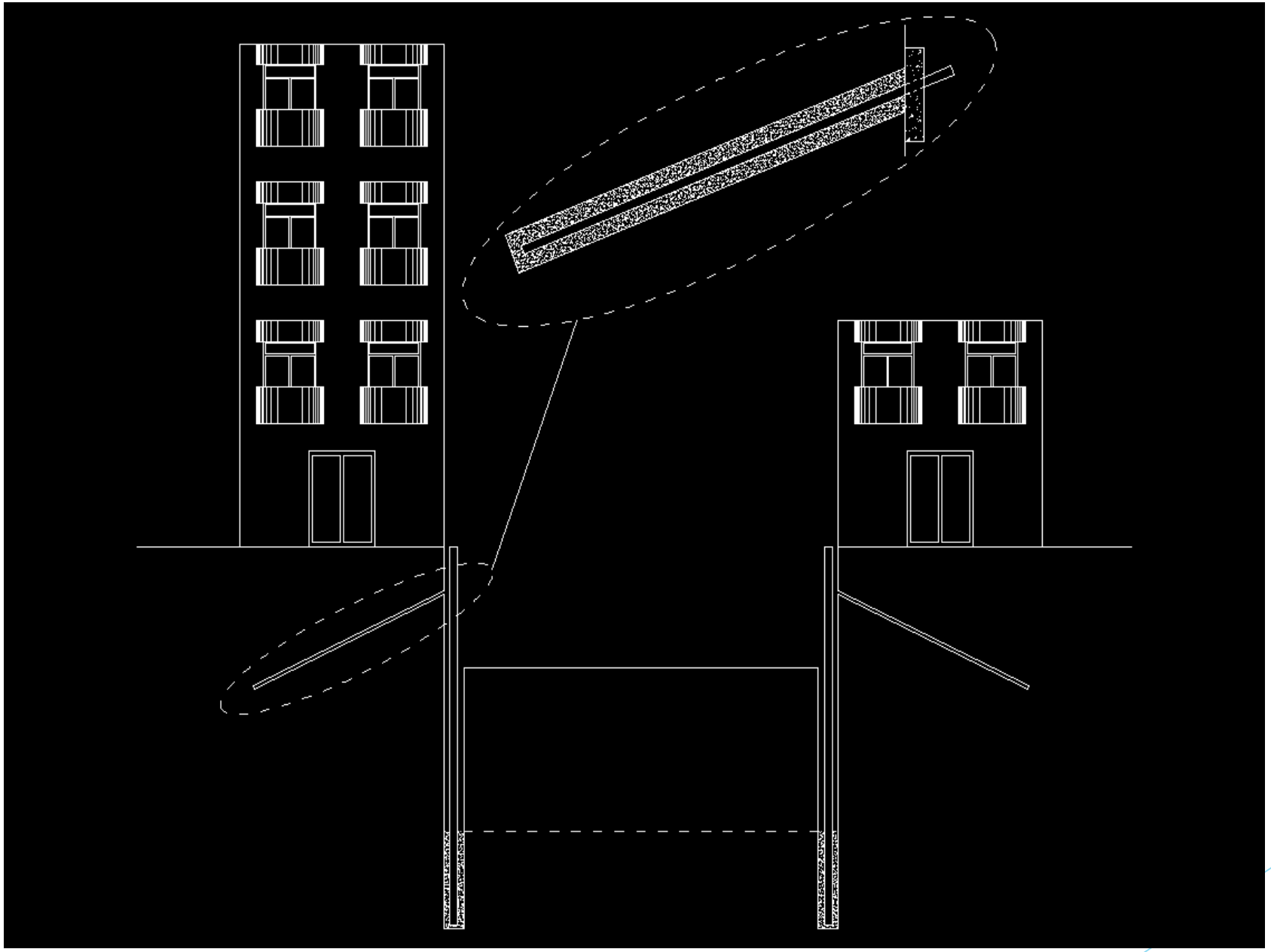
حفر چاه

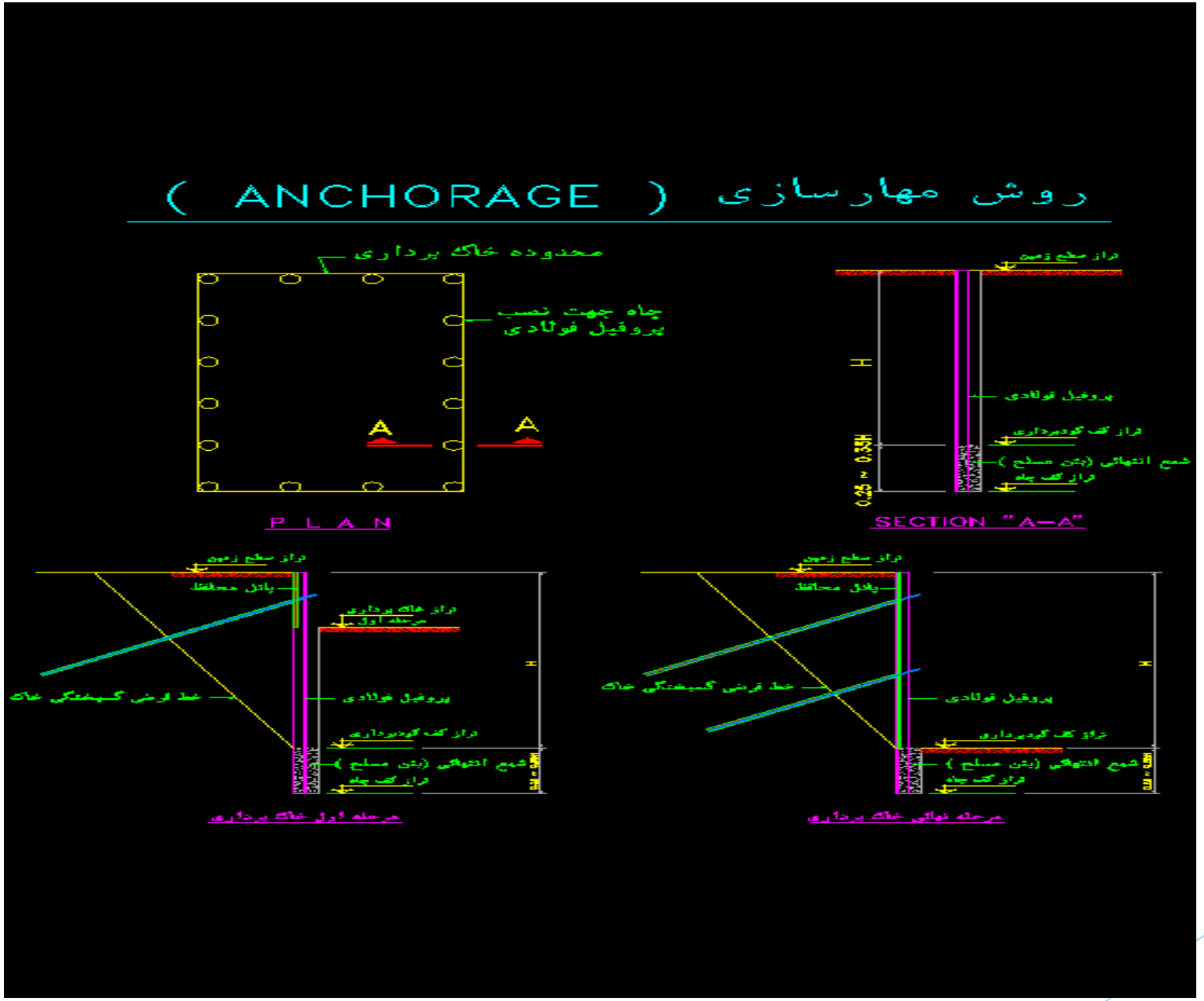
کارگذاری پروفیل و بتن ریزی

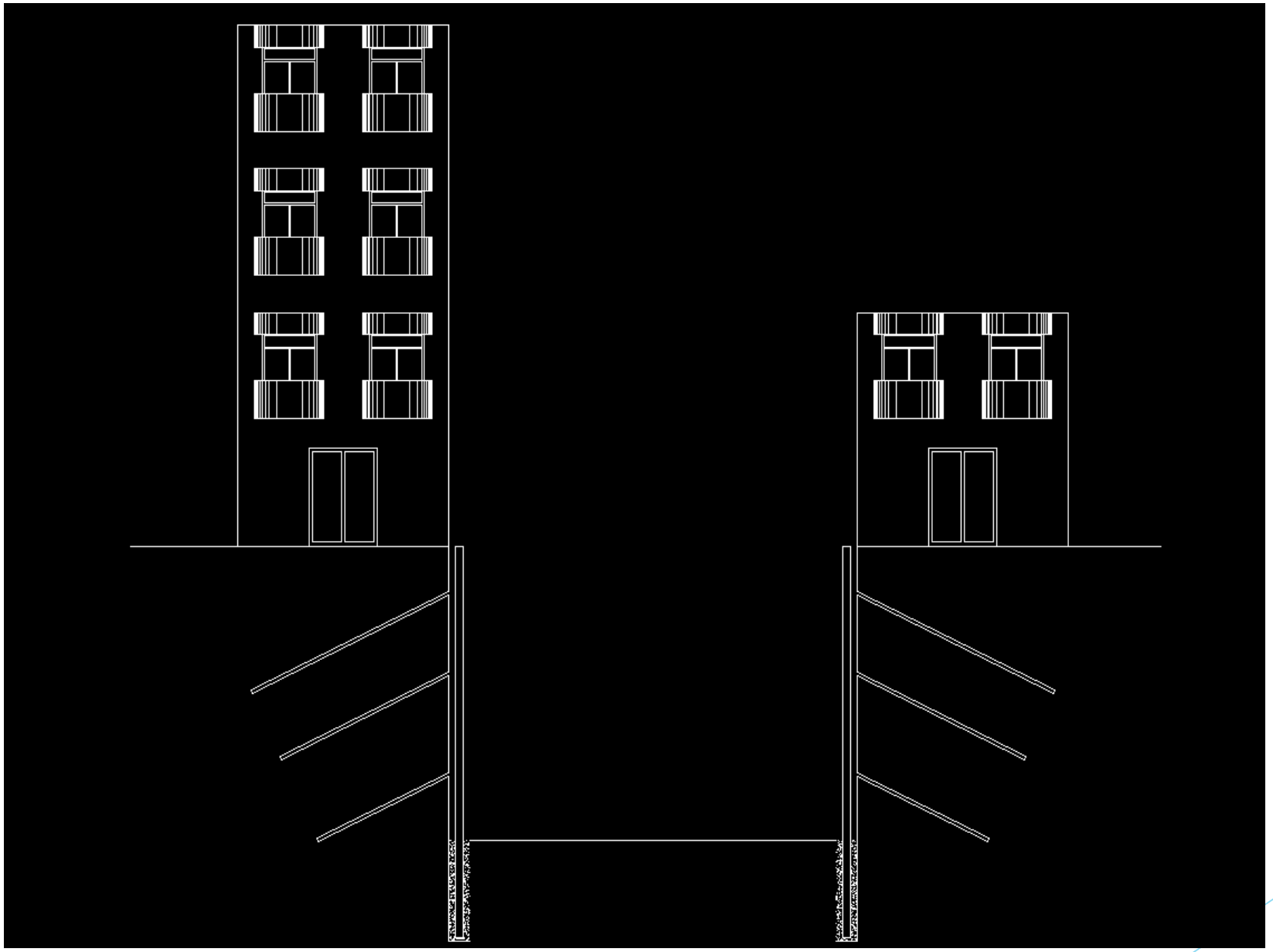

Pile Location
Excavation Area

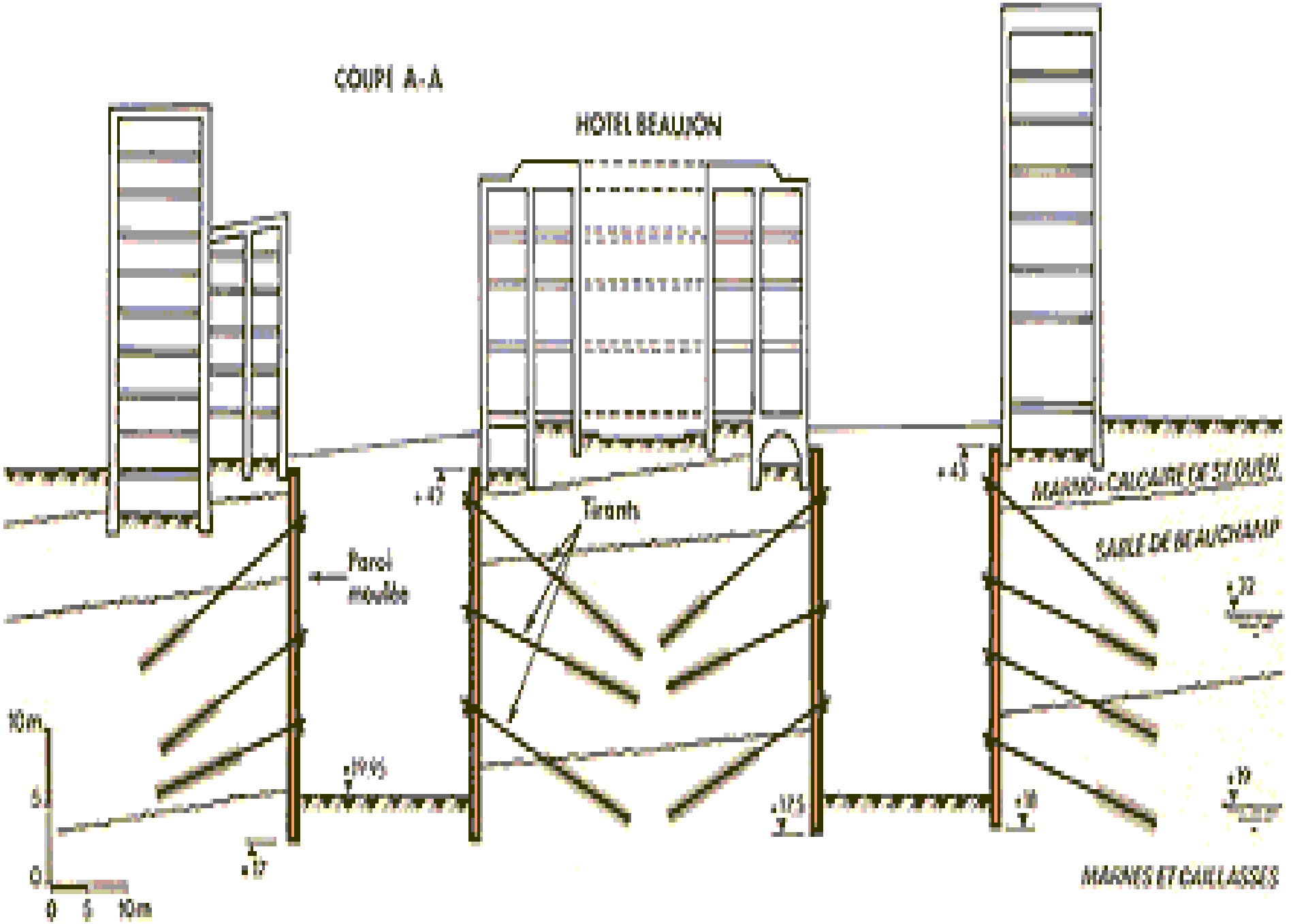






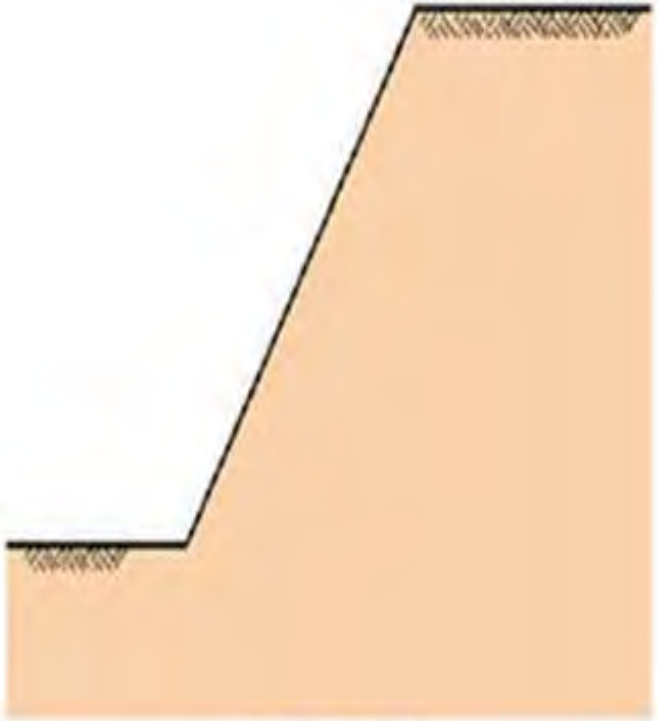

(ANCHORAGE) روش مهارسازی
محدوده خاک برداری
چاه جهت نصب پروفیل فولادی
A
A
P L A N
تراز سطح زمین
H
0.45 ~ 0.35H
پروفیل فولادی
تراز کف گودبرداری
شمع انتهائی (بتن مسلح)
تراز کف چاه
SECTION "A-A"
تراز سطح زمین
پانل محافظ
تراز خاک برداری
مرحله اول
خط فرض گسیختگی خاک
پروفیل فولادی
تراز کف گودبرداری
شمع انتهائی (بتن مسلح)
تراز کف چاه
H
مرحله اول خاک برداری
تراز سطح زمین
پانل محافظ
خط فرض گسیختگی خاک
پروفیل فولادی
تراز کف گودبرداری
شمع انتهائی (بتن مسلح)
تراز کف چاه
H
مرحله نهائی خاک برداری



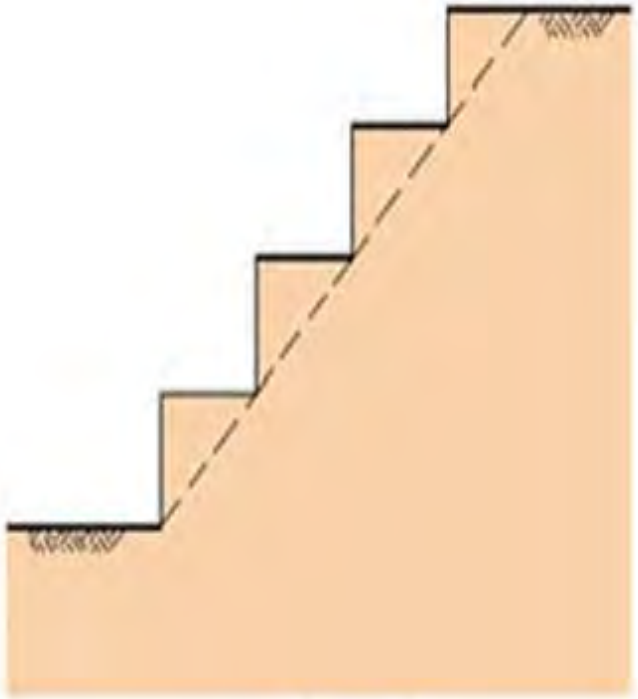

COUPE A-A
HOTEL BEAUJON
Tirants
Paroi moulée
MARNO-CALCAIRE DE SAINON
SABLE DE BEAUCHAMP
MARNES ET CARLASSES
10m
5
0
0 5 10m

بتن پاشی

شیب پایدار–Stable Slope



با شیب پایدار



با شیب پلکانی

عوامل موثر در شیب پایدار

- ساختار خاک محل (ریزدانه یا درشت دانه)
- پارامترهای مکانیکی خاک محل(زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی)
- تراز آب زیر زمینی و امکان جریان آب در خاک
- تعیین پارامترهای زهکشی شده و زهکشی نشده در خاکهای ریزدانه(جهت بررسی شرایط کوتاه مدت و بلند مدت)

Table 3.1 Slope angles for shallow unbraced excavations in granular soil†

Soil type	Temporary slope		Permanent slope	
	β, deg	tan β	β, deg	tan β
Gravel with boulders	53	1:0.75		
Sand gravel or angular sand	39	1:1.25	34	1:1.5
Rounded coarse sand	34	1:1.5	30	1:1.75
Rounded fine sand	30	1:1.75	27	1:2
Sand with water emerging on slope	22–16	1:2.5–3.5		

†After Bazant, Ref. 4.

Table 3.2 Slope angles for shallow unbraced excavations in cohesive soils†

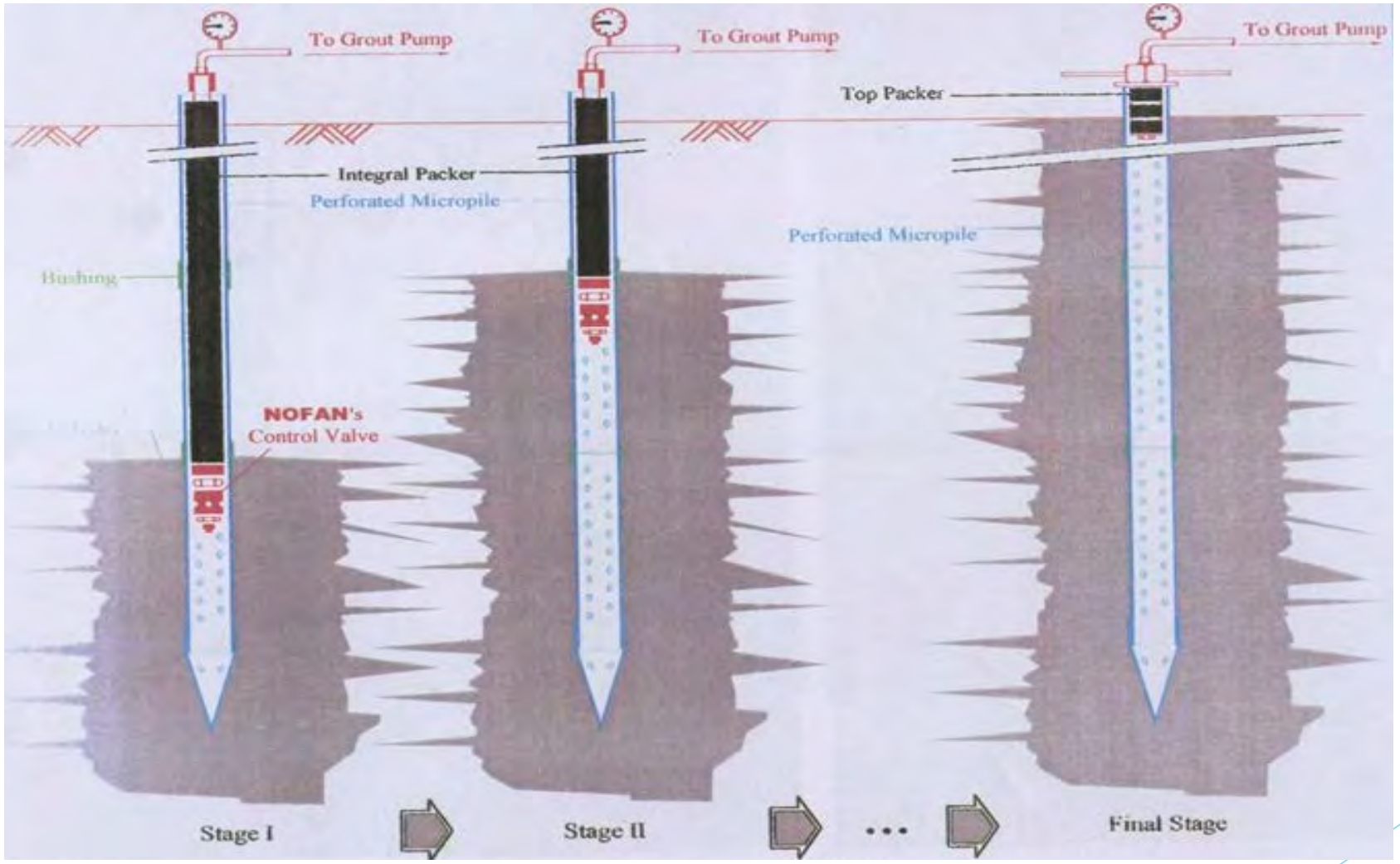
Soil type	Plasticity index PI‡	Depth of excavation, m	β, deg	tan β
Clayey silt	≤10	0–3	39	1:1.25
		3–6	32	1:1.60
		6–9	30	1:1.75
Silty clay	10–20	0–3	39	1:1.25
		3–6	39	1:1.25
		6–9	35	1:1.40
Plastic clay	≥20	0–3	39	1:1.25
		3–6	39	1:1.25
		6–9	39	1:1.25

†After Ref. 5.
‡PI = liquid limit minus plastic limit.

روشهای بهبود شیب پایدار

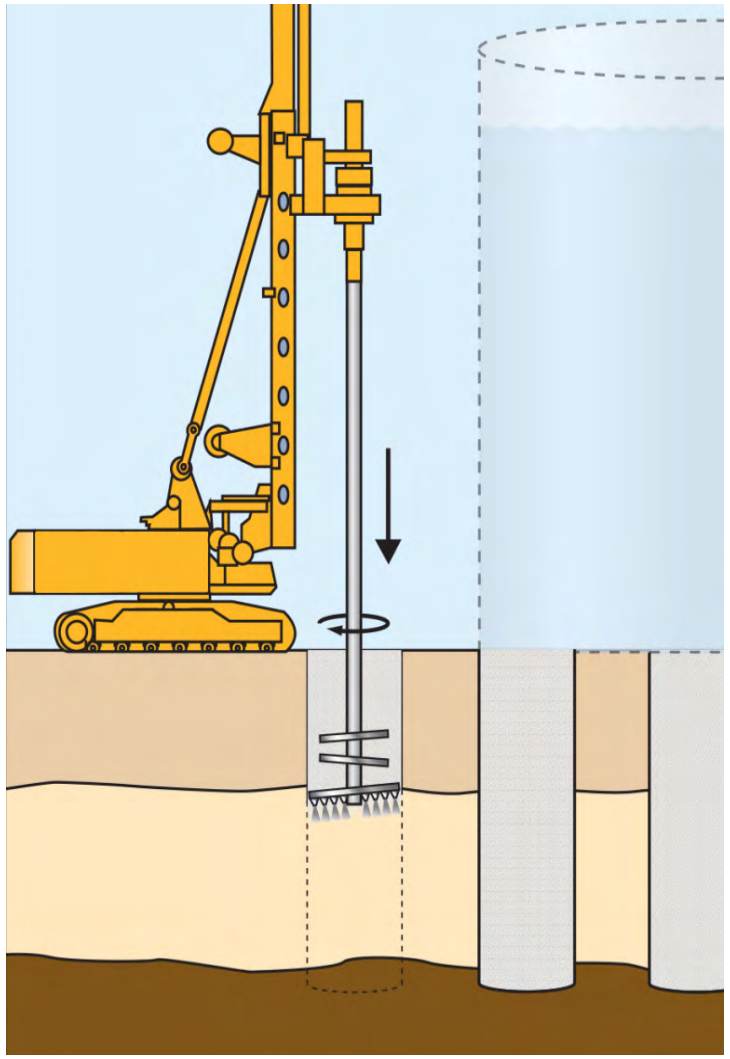
- شیب بندی مجدد پروفیل شیروانی و سنگین کردن موضعی پنجه شیروانی به کمک برم برای مقابله با لنگر محرک
- تحت فشار قرار دادن خاکب رای افزایش تنش موثر روی سطح گسیختگی بالقوه خاک
- قطع سطوح گسیختگی با انجام عملیات مهاری شامل سپرکوبی و شمع درجا و یا ستونهای تزریقی
- افزایش تنش قائم موثر بر روی سطح گسیختگی با اجرای سیستم زهکشی
- استفاده از تکنیکهای خاک مسلح

روش ریز شمع–Micro piles



26 12:44

اختلاط عمیق خاک – Deep Soil Mixing

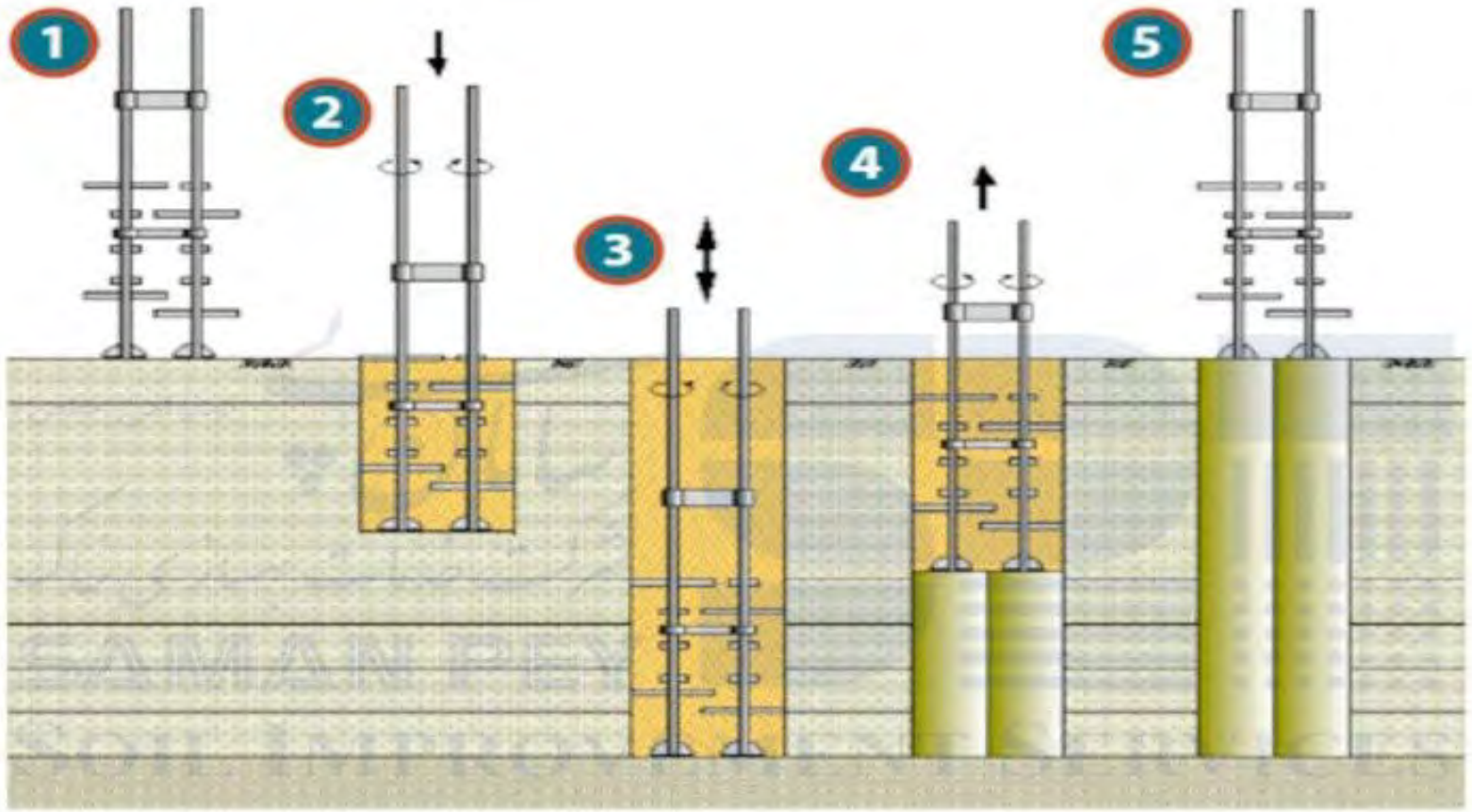


- این روش بهسازی خاک مبتنی بر تزریق مصالح به دورن خاک است که در نهایت ستونهای از مصالح اختلاط یافته ایجاد می‌کند.
- این روش یکی از کاربردیترین روش های بهسازی خاک در جهان محسوب می شود که عبارت است از اختلاط خاک با مواد سیمانی و ... که با استفاده از همزن هایی در عمق انجام میگیرد و منتج به شکل‌گیری ستونهای خاک سیمان می شود.
- مقاومت فشاری خاک سیمان رابطه مستقیمی با جنس خاک و میزان سیمان بکار رفته در اختلاط دارد.

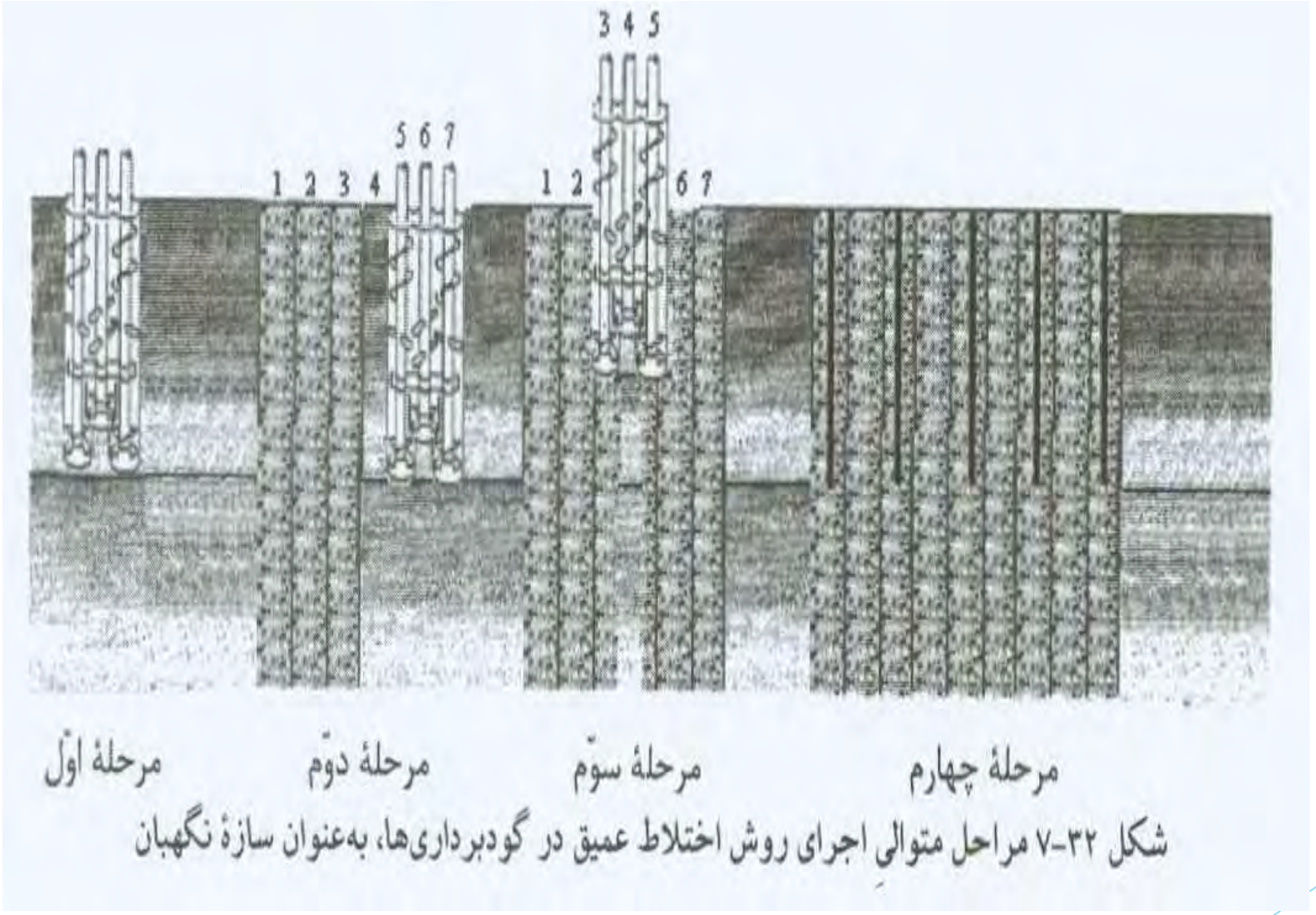
اهداف اختلاط عمیق خاک

- افزایش ظرفیت باربری خاک در فشار و برش
- کنترل نشست
- مقابله با روانگرایی
- کاهش نفوذپذیری

روش اجرای اختلاط عمیق



1. Positioning of auger tool
2. Drilling and mixing soil with cement grout
3. Bottom mixing
4. Withdrawing while continuing soil mixing
5. Complete mixed product column



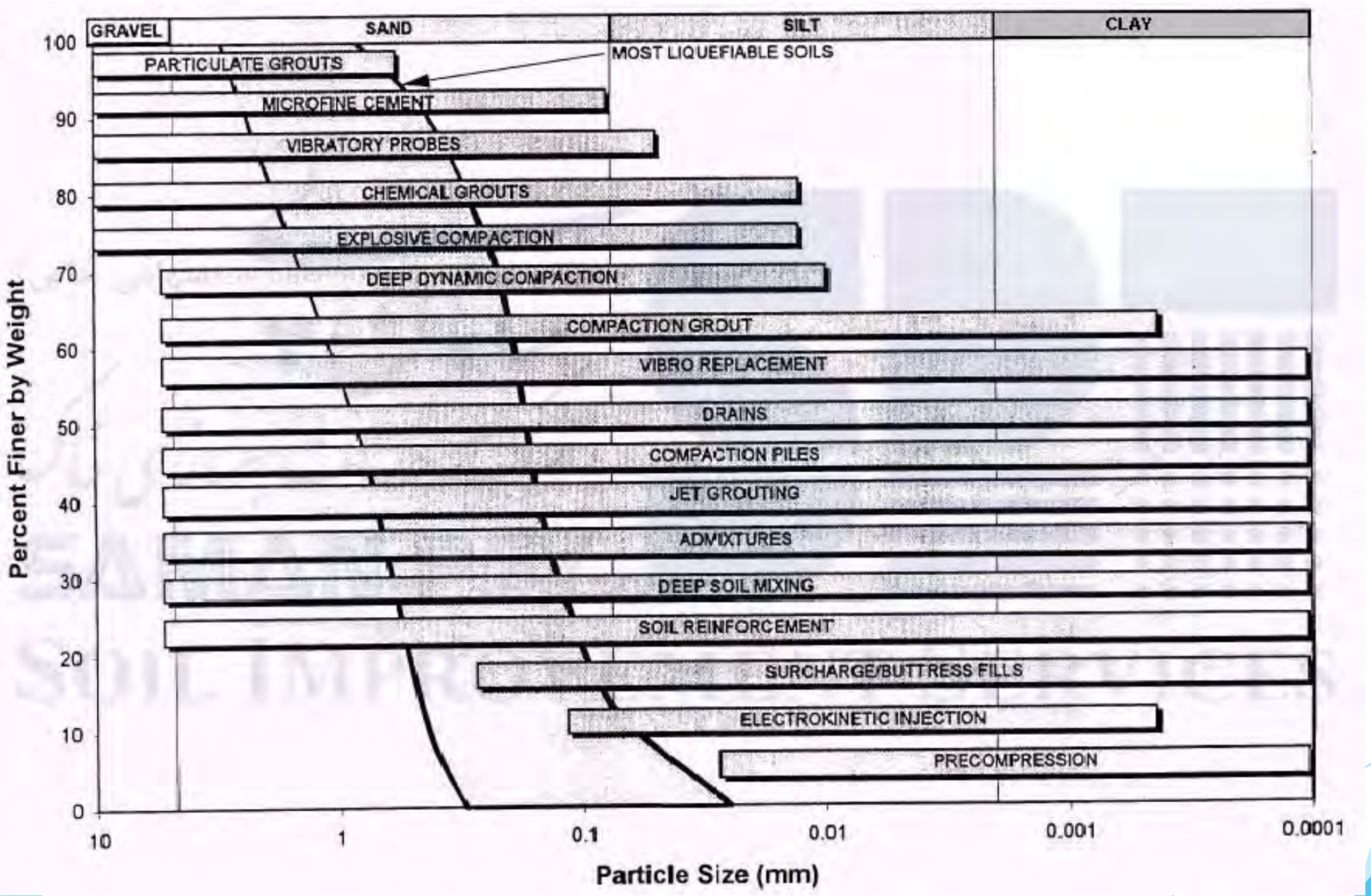
شکل ۳۲-۷ مراحل متوالیِ اجرای روش اختلاط عمیق در گودبرداری‌ها، به‌عنوان سازهٔ نگهبان

Dry deep mixing methods

Wet deep mixing methods

مزایا

- کاهش نفوذپذیری خاک
- افزایش مقاومت خاک
- کاهش نشست خاک بر اثر سربار
- جلوگیری از روانگرایی
- اصلاح زمین بصورت درجا
- تبدیل زمین به بخشی از سیستم خاک - سازه
- امکان کنترل و تایید کیفی کار
- هزینه کمتر تجهیز کارگاه نسبت به موارد مشابه نظیر اجرای شمع
- سرعت اجرای بسیار بالا
- هزینه اجرای کمتر نسبت به موارد مشابه
- تولید صدا و ارتعاش کمتر در محیط شهری نسبت به روش‌های مشابه


GRAVEL
SAND
SILT
CLAY
MOST LIQUEFIABLE SOILS
PARTICULATE GROUTS
MICROFINE CEMENT
VIBRATORY PROBES
CHEMICAL GROUTS
EXPLOSIVE COMPACTION
DEEP DYNAMIC COMPACTION
COMPACTION GROUT
VIBRO REPLACEMENT
DRAINS
COMPACTION PILES
JET GROUTING
ADMIXTURES
DEEP SOIL MIXING
SOIL REINFORCEMENT
SURCHARGE/BUTTRESS FILLS
ELECTROKINETIC INJECTION
PRECOMPRESSION
Percent Finer by Weight
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
10
1
0.1
0.01
0.001
0.0001
Particle Size (mm)

محدوده کاربرد

- روش اختلاط عمیق برای بهسازی محدوده وسیعی از خاک‌های نرم غیرآلی و خاک‌هایی که سایر روشهای بهسازی در آن ها مناسب نیستند کاربرد دارد.
- در مورد خاک‌های آلی نیز می‌توان با در نظر گرفتن تمهیداتی نظیر اضافه کردن ماسه به مخلوط خواص خاک را بهبود بخشید.
- با اختلاط خاک در محل می‌توان انواع متفاوت خاکها را اصلاح نمود.
- روش اصلاح بسته به میزان انرژی اختلاط و نوع مواد افزودنی متفاوت است.
- در خاک‌های نرم و در مقایسه با سایر روش های اصلاح خاک، این روش از اقتصادی ترین شیوه‌های بهبود است.
- در این روش، با اختلاط دوغاب با خاک، مصالحی ساخته میشود که با گذشت زمان سخت تر شده و مقاومت آن افزایش می یابد و می تواند بعنوان مصالح مهندسی با خصوصیات ژئوتکنیکی بهتر از خاک محل در طراحی ها استفاده گردد.

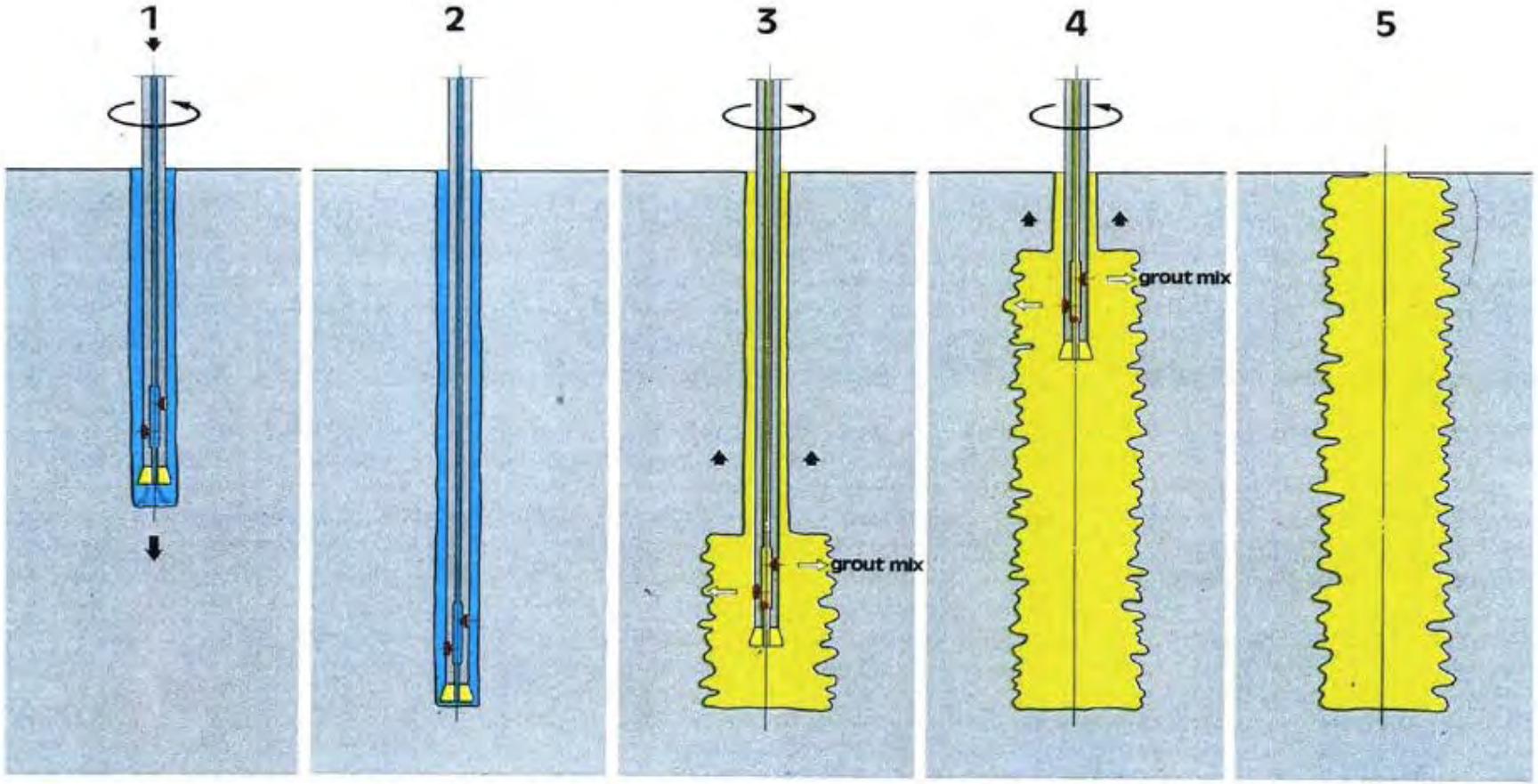
کاربردها

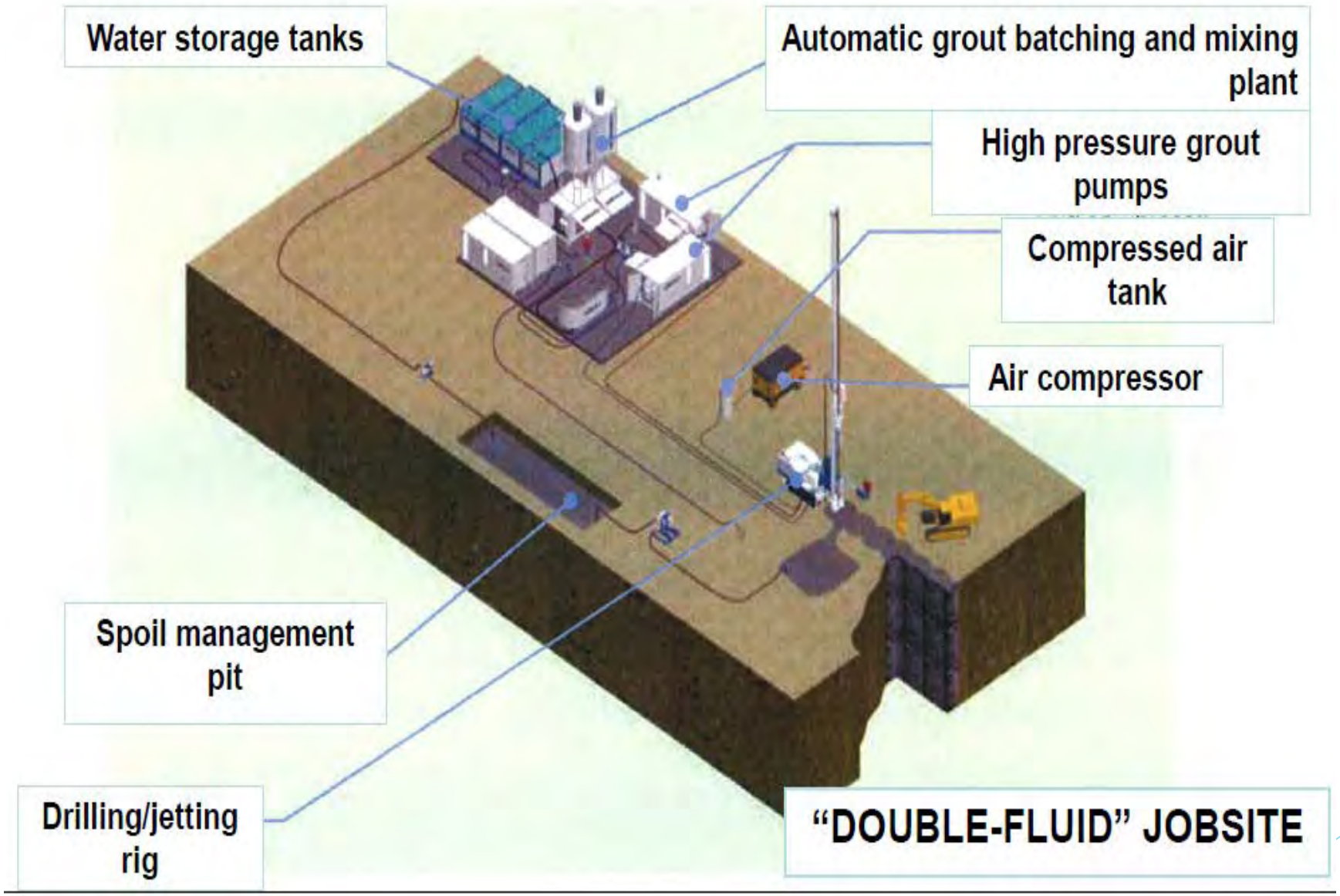
- تقویت پی انواع سازه
- کاهش پتانسیل روانگرایی
- تقویت فونداسیون اجرا شده
- تقویت پی در راهسازی
- فونداسیون مخازن نفتی
- دیوار آب بند
- اجرای دیواره های قائم
- حفاظت شیب خاکبرداری
- توسعه بنادر
- پایدار سازی تونل

معایب

- نیاز به فضای کافی جهت ماشین آلات
- محدودیت عمق اجرا بستگی به ماشین آلات دارد. تا کنون با این روش خاک به عمق ۶۰ متر اصلاح و بهسازی شده است.

Jet Grouting–تزریق پر فشار




Water storage tanks
Automatic grout batching and mixing plant
High pressure grout pumps
Compressed air tank
Air compressor
Spoil management pit
Drilling/jetting rig
"DOUBLE-FLUID" JOBSITE

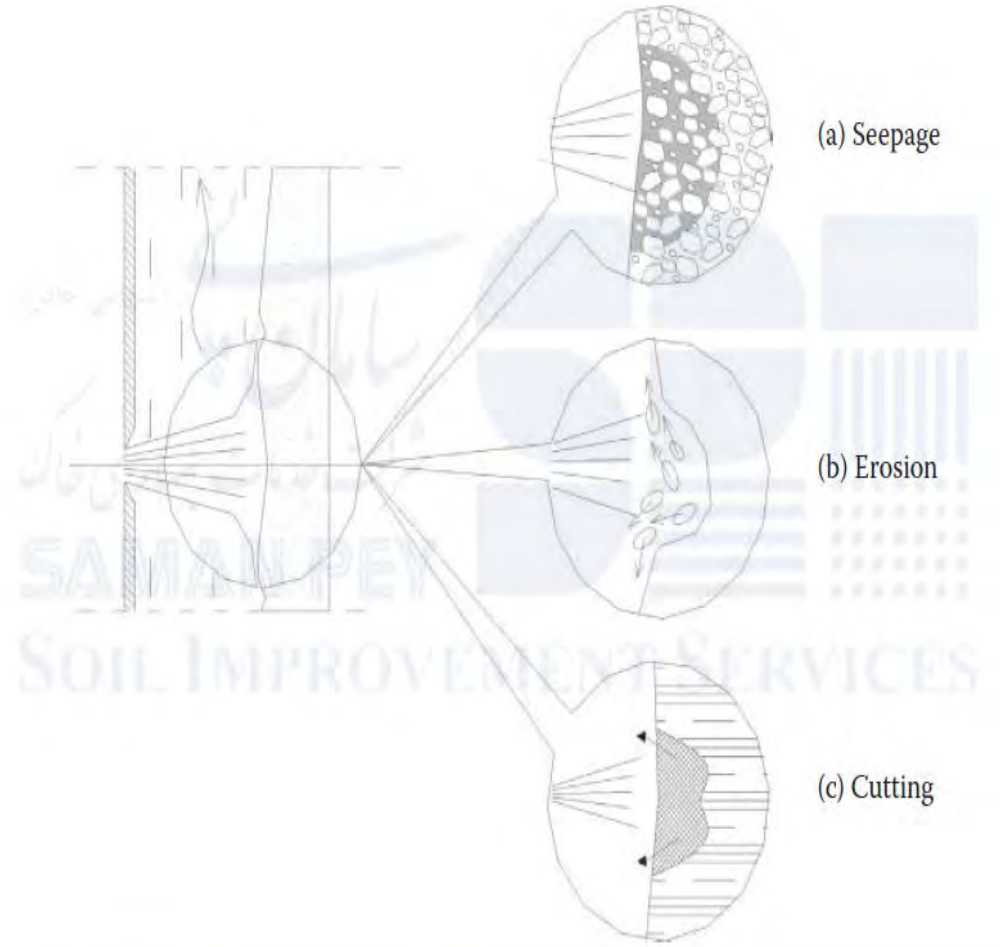
روش اجرای جت گروتینگ

- حفاری تا عمق مورد نظر با قطر مناسب (حدود ۷۶ تا ۱۱۰ میلیمتر) به روش دورانی و همراه با فشار آب (۲۰ بار) انجام میشود.
- دوغاب مورد نظر در میکسر های اولیه و ثانویه تهیه می شود و آماده تزریق میگردد.
- در روش جت گروتینگ یا تزریق پرفشار دوغاب سیمان به صورت دورانی در مراحل مشخص (توقف - تزریق دورانی پرفشار - بیرون کشیدن) انجام میشود.
  - ✓ به عنوان مثال ۸ دور در ٤ ثانیه تزریق (با فشار ۳۵۰ تا ۷۰۰ بار) و سپس ٤ سانتی متر بیرون کشی و تکرار.
  - ✓ لازم به ذکر است اعداد مذکور نظر به وجود شرایط ژئوتکنیکی مختلف در پروژه های گوناگون برای دستیابی به قطر های مختلف طراحی می‌گردد.

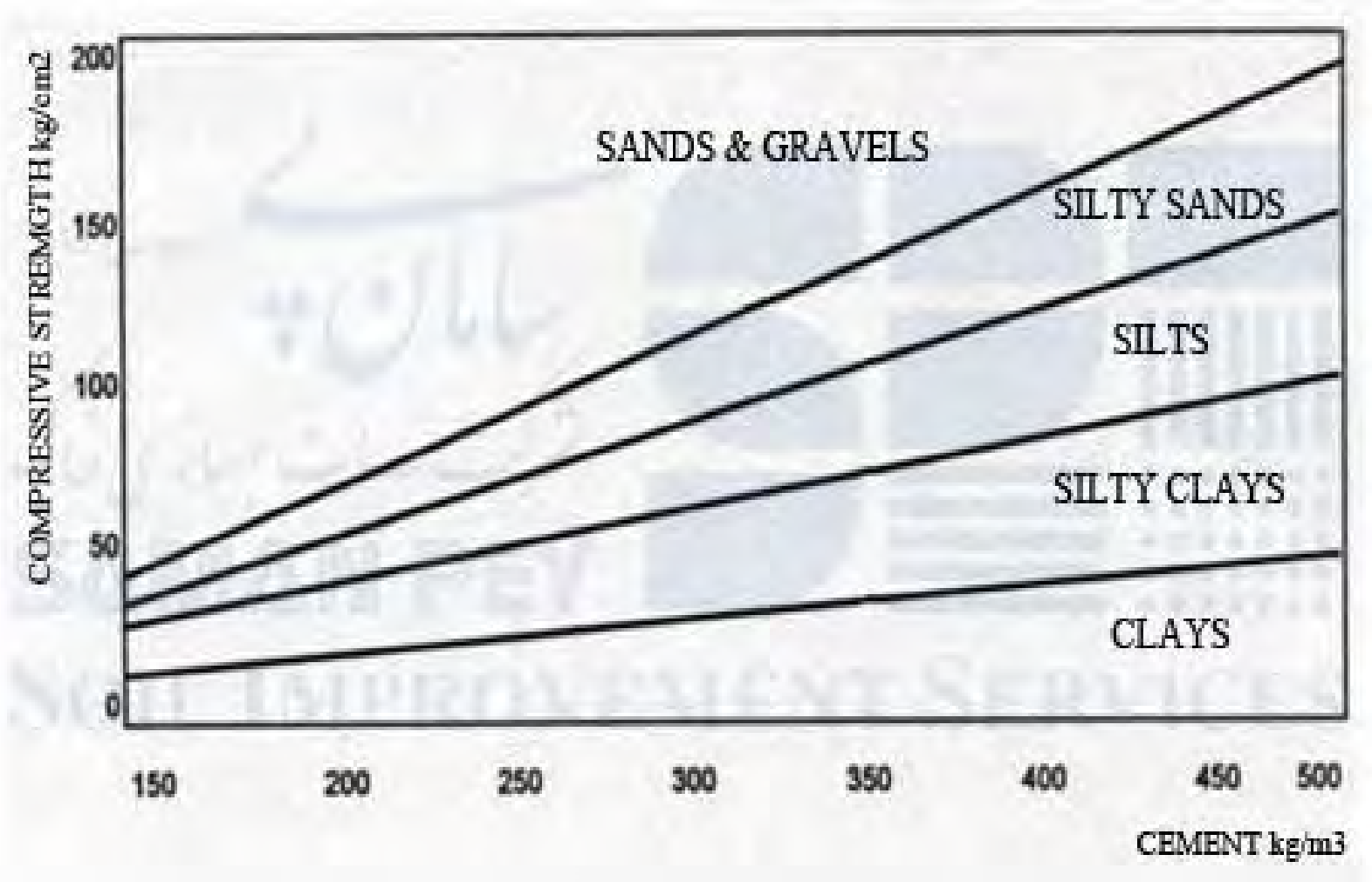
- پس از اجرای آزمایشی ستونها در سایت با اعداد بدست آمده، قطر ستونهای اجرا شده اندازه‌گیری میشود تا مشخصات فنی و اجرائی پروژه حاصل شود.
- در زمان تزریق، فشار زیاد جت تزریق قادراست به داخل خاک دیواره گمانه نفوذ کرده و موجب تغییر ساختار خاک گردد.
- از ترکیب دوغاب سیمان و خاک، ترکیبی خاک-سیمانی پدید می آید که پس از سخت شدن، ستونی مقاوم با مشخصات باربری و ناتراوایی مناسب برای پروژه مورد نظر ایجاد میگردد.
- شعاعی از خاک که تحت تاثیر تزریق جت قرار گرفته، شعاع تاثیر نامیده می شود و به عواملی نظیر فشار تزریق، زمان تزریق، مقاومت برشی برجای خاک، اندازه نازلها و وزن مخصوص دوغاب تزریق بستگی دارد.

مکانیزم اندرکنشی

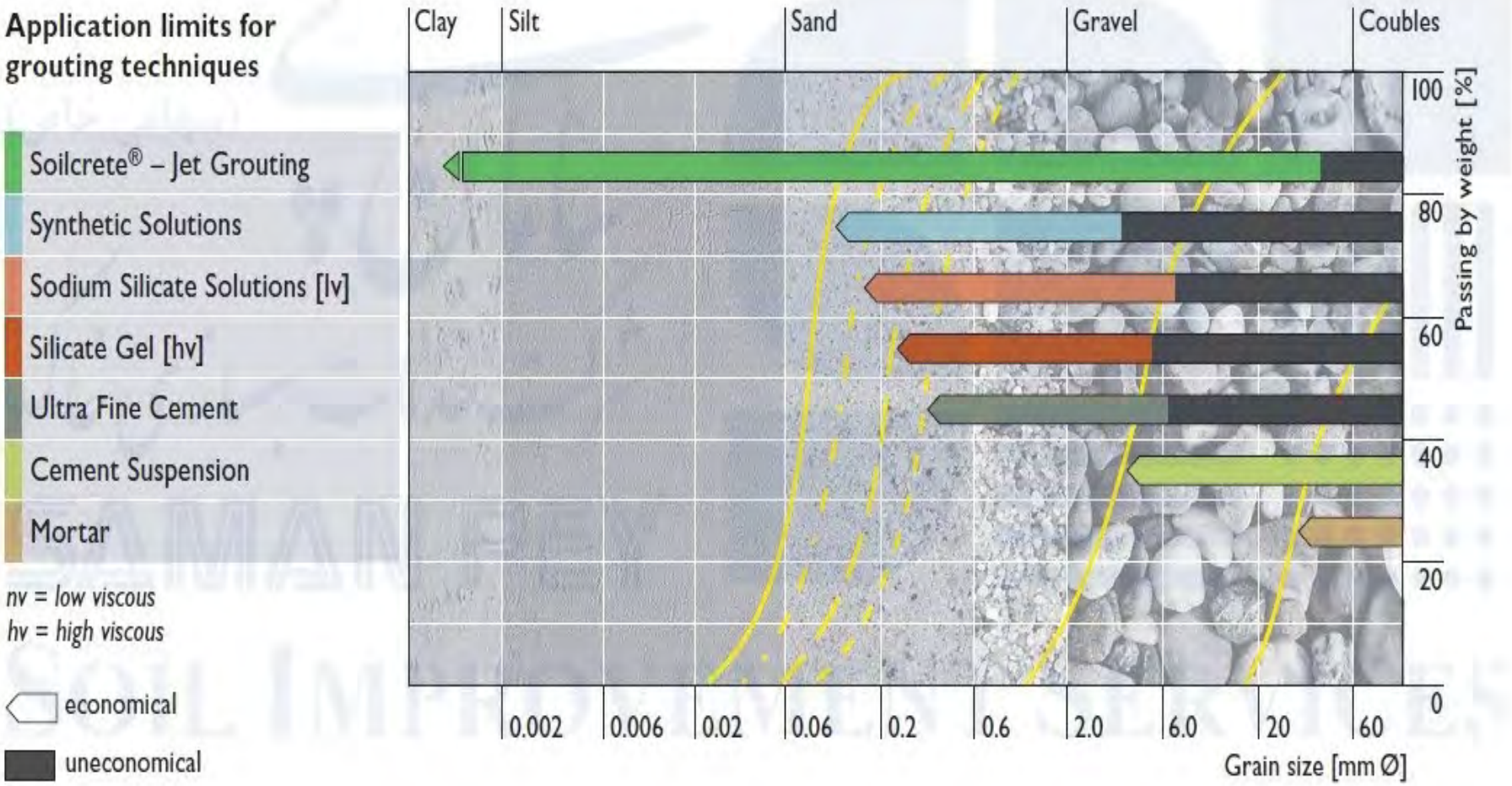
- نشت
- فرسایش
- برش



رابطه نسبت سیمان مصرفی و مقاومت فشاری ستون تزریق پرفشار



محدوده کاربرد



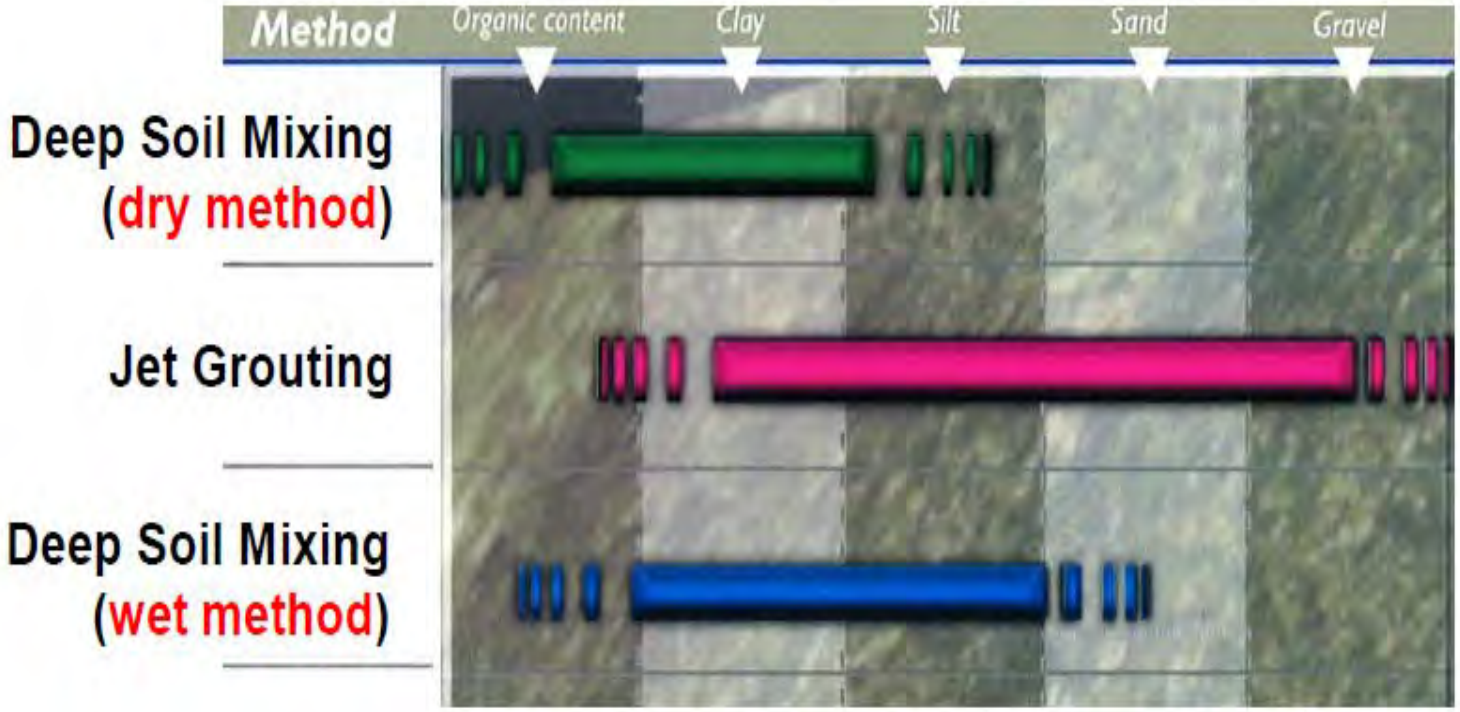
کاربردها

- دوخت به کف Underpinning
- ترمیم و بازسازی پی ها
- دیوار های نگهبان
- آب بندی گود ها و سازه های زیر سطح آب زیرزمینی

مزایا

- کاهش نفوذپذیری خاک
- افزایش مقاومت خاک
- کاهش نشست خاک بر اثر سربار
- جلوگیری از روانگرایی
- اصلاح زمین بصورت درجا
- تبدیل زمین به بخشی از سیستم خاک - سازه
- امکان کنترل و تایید کیفی کار
- هزینه کمتر تجهیز کارگاه نسبت به موارد مشابه نظیر اجرای شمع
- سرعت اجرای بسیار بالا
- هزینه اجرای کمتر نسبت به موارد مشابه
- تولید صدا و ارتعاش کمتر در محیط شهری نسبت به روش‌های مشابه

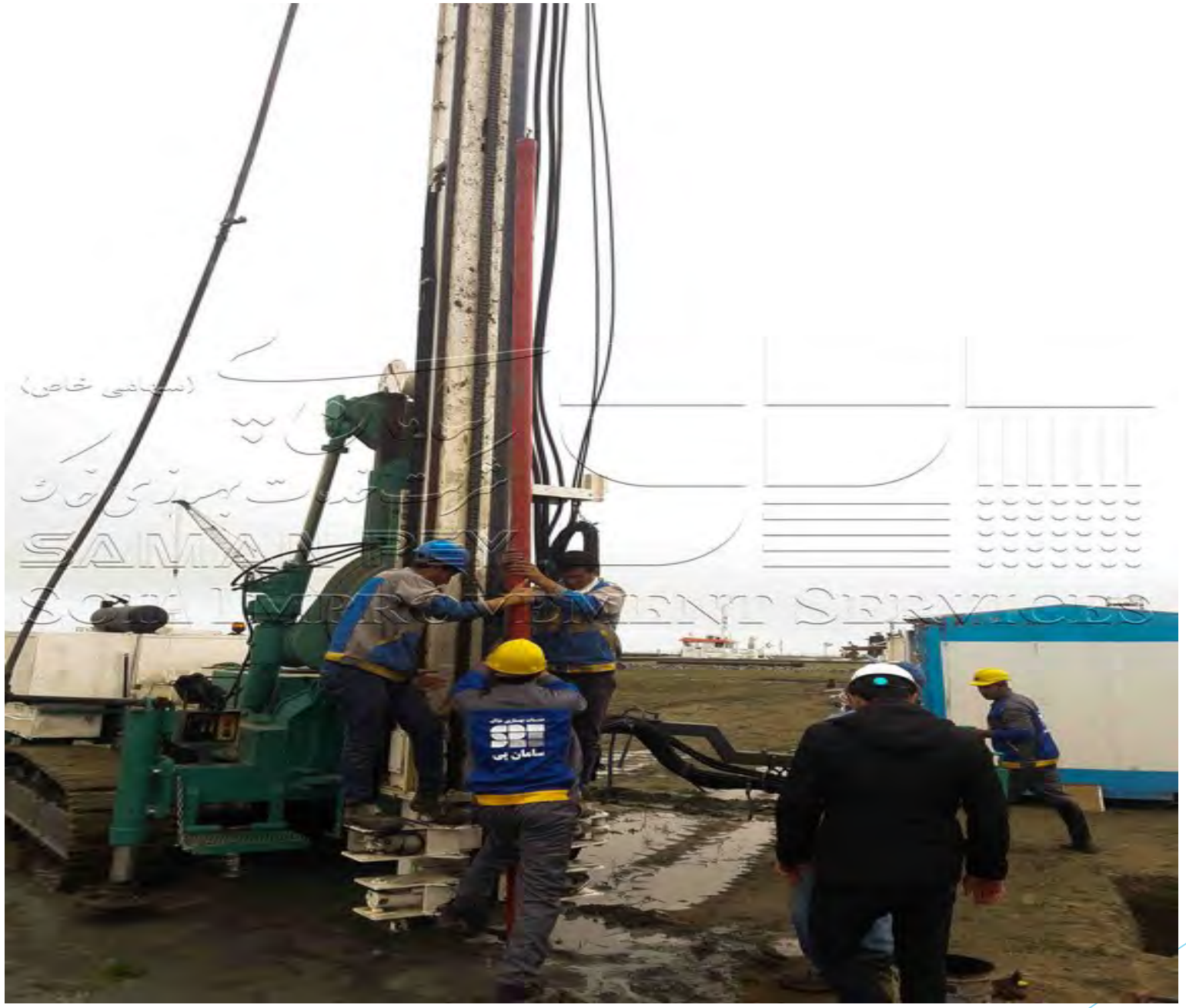
Among all other soil improvement methods involving the use of a binding agent, Jet Grouting is the one applicable to the largest range of soils.



بهسازی بستر و افزایش ظرفیت باربری سیلو های بندر آستارا به روش جت گروتینگ

SAMAN PEY
(تفاهمی خاص)
شرکت خدمات بهسازی خاک
SAMAN PEY
SOIL IMPROVEMENT SERVICES

(سهامی خاص)
SAMAN PEY
SOIL IMPROVEMENT SERVICES


سازمان پی

(سهامی خاص)
SAMANPEY
SOIL IMPROVEMENT SERVICES

(سهامی خاص)
شرکت خدمات بهسازی خاک
SAMAN PEY

(سهامی خاص)
SAMAN PEY
IMPROVEMENT SERV

SAMAPEY
SURVEYMENTS SERVICES

SAMAN Pey Co.
Project: ASTARA PORT
Date: 97/02/30
Column No.: TC1
Diameter: 68-75 cm
Column Head Depth: 134 cm

TC10-H-152
(سهامی خاص)
شرکت خدمات بهسازی خاک
SAMANPEY
SOIL IMPROVEMENT SERVICES

قوانین مدنی و قضایی اسلامی

برخی قوانین مرتبط با گودبرداری و ایمنی

- **ماده ۹۵۱ قانون مدنی:**

«تعدی، تجاوزنمودن از حدود اذن یا متعارف است نسبت به مال یا حق دیگری.»

- **ماده ۶۹۱ قانون مجازات اسلامی، مصوب ۱۳۷۵ و اصلاحات مصوب ۱۳۹۲**

«هر کس به قهر و غلبه، داخل ملکی شود که در تصرف دیگری است، اعم از آنکه محصور باشد یا نباشد، یا در ابتدای ورود، به قهر و غلبه نبوده ولی بعد از اخطار متصرف به قهر و غلبه مانده باشد، علاوه بر رفع تجاوز، حسب مورد به یک تا شش ماه حبس محکوم می شود. هرگاه مرتکبین دو نفر یا بیشتر بوده و لااقل یکی از آنها حامل سلاح باشد به حبس از یک تا سه سال محکوم خواهند شد.»

- **مبحث دوازدهم مقررات ملی ساختمان (ایمنی و حفاظت کار در حین اجرا)، ویرایش ۱۳۹۲**

«۱۲-۹-۱-٤ 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 ذی نفع و مرجع رسمی ساختمان.»

ماده ۲۹۵ - هرگاه بر اثر بی احتیاطی یا بی مبالاتی یا عدم مهارت و عدم رعایت مقررات مربوط به امری، قتل یا ضرب یا جرح واقع شود به نحوی که اگر آن مقررات رعایت می شد، حادثهای اتفاق نمی‌افتاد، قتل و یا ضرب و یا جرح در حکم شبه عمد خواهد بود.

ماده ۳۰۴ - در قتل عمد و شبه عمد مسول پرداخت دیه خود قاتل است.

ماده ۳۳۹ – هرگاه کسی در معبر عام یا هرجای دیگری که تصرف درآن مجاز نباشد، چاهی بکند یا سنگ یا چیز لغزنده ای بر سر راه عابران قرار دهد یا هر عملی که موجب آسیب یا خسارت عابران گردد انجام دهد، عهده دار دیه یا خسارت خواهد بود ولی اگر این اعمال در ملک خود یا در جایی که تصرفش در آن مجاز است واقع شود، عهده داردیه یا خسارت نخواهد بود.

ماده ۶۱۶ - در صورتی که قتل غیر عمد به واسطه بی احتیاطی یا بی مبالاتی یا اقدام به امری که مرتکب در آن مهارت نداشته باشد یا به سبب عدم رعایت نظامات واقع شود مسبب به حبس از یک تا سه سال و نیز پرداخت دیه در صورت مطالبه از ناحیه اولیای دم محکوم خواهد شد، مگراینکه خطای محض باشد.

ماده ۱– هرکس بدون مجوز قانونی عمدا یًا در نتیجه بی احتیاطی به جان یا سلامتی یا مال یا آزادی یا حیثیت یا شهرت تجارتی یا به هر حق دیگری که به موجب قانون برای افراد ایجاد گردیده لطمه‌ای وارد نماید که موجب ضرر مادی یا معنوی دیگری شود مسئول جبران خسارت ناشی از عمل خود می‌باشد.

ماده ۲– در موردی که عمل وارد کننده زیان موجب خسارت مادی یا معنوی زیان دیده شده باشد، دادگاه پس از رسیدگی و ثبوت امر او را به جبران خسارت مزبور محکوم می نماید و چنانچه عمل وارد کننده زیان موجب یکی از خسارات مزبور باشد دادگاه او را به جبران همان نوع خسارتی که وارد نموده محکوم خواهد نمود.

ماده ۱۲ – کارفرمایانی که مشمول قانون کار هستند، مسئول جبران خساراتی می باشند که از طرف کارکنان اداری و یا کارگران آنان در حین انجام کار یا به مناسبت آن وارد شده است، مگر اینکه محرز شود تمام احتیاط هایی که اوضاع و احوال قضیه ایجاب می نموده، به عمل آورده یا اینکه اگر احتیاط های مزبور را به عمل می‌آوردند باز هم جلوگیری از ورود زیان مقدور نمی بود کارفرما می‌تواند به وارد کننده خسارت در صورتی که مطابق قانون مسئول شناخته شود مراجعه نماید.