

## روشهای مهار گودبرداری و سازه های نگهبان

ایمان الیاسیان، کارشناس ارشد سازه [i.elyasian@gmail.com](mailto:i.elyasian@gmail.com)

### مقدمه :

در هنگام انجام عملیات گودبرداری در یک منطقه، برای جلوگیری از وقوع گسیختگی در دیواره گود و برای کنترل تغییر شکل های ایجاد شونده در اطراف گود برداری، باید با اتخاذ تدابیری جبهه گود را مورد محافظت قرار داد. اگر موقعیت محل بگونه ای باشد که می توان دیواره گود را با شیب مطمئن خاکبرداری کرد، این روش یک روش مناسب و ارزان برای محافظت از گود خواهد بود ولی اگر چنین امکانی وجود نداشته باشد، یعنی محیط اطراف گود محدود و بسته باشد، باید بسته به ابعاد گودبرداری نوع خاک و وضعیت آب زیر زمینی، یک سازه نگهبان مناسب را انتخاب و اجرا کرد.

در این فصل و فصل بعد انواع روش های موجود در اجرای گود برداری ها (مهار بندی شده و مهار بندی نشده) مورد بررسی قرار گرفته است. در مورد گودبرداری های مهاربندی نشده ابتدا حالت ترانشه ای شیب دار بررسی می شود.

### انواع گود ها از نظر ابعاد و عمق

در حالت کلی گود بردای ها را از نظر ابعاد و عمقشان می توان به دو گروه تقسیم کرد.

الف - گود های باز : گود هایی هستند که در آنها عرض گود از عمق آن بیشتر است.

ب - گود ترانشه ای : طبق تعریف یک ترانشه گودی است که در آن عمق گود از عرض آن در کف بیشتر است گودهای باز و ترانشه ای را می توان هم بصورت مهار بندی نشده و هم مهار بندی شده اجرا کرد.

از نظر پایداری دیواره گودها را می توان به دو دسته تقسیم کرد

الف - گود های مهار بندی نشده

ب - گود های مهار شده

### گودبرداری های مهار نشده

#### گودبرداری با دیواره قائم

گودبرداری با دیواره قائم فقط در عمق های کم و برای خاک های چسبنده امکان پذیر است. برای تعیین عمق مجاز گودبرداری در این نوع خاک ها می توان از روش های تحلیلی رانکین، کولمب، تعادل در حد بالا، تعادل در حد پایین، کمان دایره، ترزاقی و... استفاده کرد

#### گودبرداری با دیواره مایل

معمولاً در گودبرداری های با عمق کم تا متوسط، می توان جبهه گود را بصورت مهار نشده و شیب دار (در صورت امکان) اجرا کرد. در یک گود مهار نشده، پارامترهای عمق، شیب دیواره و همچنین وضعیت آب زیر زمینی از عوامل کنترل کننده پایداری کلی سیستم خاک و تغییر شکل های ایجاد شده در آن می باشند. بسته به نوع خاکی که در آن عملیات خاکبرداری اجرا می شود، میزان تأثیر و نقش این سه عامل کنترلی نیز تغییر می کند

**گروه A-** خاک های چسبنده ای که مقاومت فشاری تک محوره ۱۴۴ کیلو پاسکال (۱/۴۴ کیلو گرم بر سانتیمتر

مربع) یا بیشتر دارند. رس، رس سیلت دار، رس ماسه دار، ماسه رسی، و در بعضی موارد ماسه رسی سیلت دار از

جمله خاک های این گروه هستند. اگر خاکی شرایط فوق را داشته باشد ولی ترک خورده باشد، یا شرایط محل بگونه ای باشد که خاک تحت لرزش ناشی از هر نوع بارگذاری قرار داشته باشد، و یا اگر در آن تراوش رخ دهد **گروه B** - در این گروه خاک های چسبنده با مقاومت فشاری تک محوره بیشتر از ۴۸ کیلوپاسکال و کمتر از ۱۴۴ کیلوپاسکال قرار می گیرند. از جمله خاک های دیگر این گروه می توان شن تیز گوشه، سیلت، مخلوط ماسه رسی و سیلت خاک های دست خورده ( به جز آن خاک هایی که شرایط گروه C را دارند ) را نام برد. همچنین خاک هایی که مقاومت فشاری تک محوره بیشتر از ۱۴۴ کیلو پاسکال دارند ولی ترک خورده هستند و یا در معرض لرزش قرار دارند نیز در این گروه قرار می گیرند

**گروه C** - خاک های این گروه از نوع چسبنده با مقاومت فشاری تک محوره کمتر از ۴۸ کیلوپاسکال هستند. انواع دیگر خاک های واقع شونده در گروه C خاک های دانه ای نظیر شن، ماسه، ماسه رسی، خاکی که آب به راحتی از آن تراوش می کند، و سنگ مستغرق ناپایدار می باشند

مقدار شیب های مجاز در انواع خاک ها بر اساس استاندارد OSHA

| نوع خاک                                   | نسبت شیب افقی به قائم | زاویه شیب با افق (درجه) |
|-------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| سنگ پایدار                                | قائم                  | ۹۰                      |
| گروه A                                    | ۰/۷۵ : ۱              | ۵۳                      |
| گروه B                                    | ۱:۱                   | ۴۵                      |
| گروه C                                    | ۱/۵ : ۱               | ۳۴                      |
| گروه (A کوتاه مدت)                        | ۰/۵ : ۱               | ۶۳                      |
| (برای حداکثر عمق گودبرداری برابر ۳/۷ متر) |                       |                         |

### خطرهای ناشی از گود برداری

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

- ایمنی کارکنان داخل و اطراف گود و عابران و وسایل نقلیه در مقابل حوادث احتمالی به ویژه خطر ریزش گود.

- خطر آسیب دیدگی و تخریب ساختمان های مجاور گود در اثر گودبرداری یا ریزش گود.

- خطر آسیب دیدگی تاسیسات و شریان های شهری در اثر گودبرداری یا ریزش گود

### نشانه های خطرناک بودن گود

موارد زیر علامت خطرناک بودن گود بوده و بررسی ها و احتیاط های همه جانبه بیشتری را ضروری می کنند

الف) ضعیف و یا حساس بودن ساختمان مجاور: مواردی نظیر عدم وجود اسکلت، ضعیف بودن ملات دیوارها و علائم ضعف اجرایی ساختمان، وجود ترک و شکستگی یا نشست و شکم‌دادگی دیوارها، از این جمله‌اند. وجود دیوار مشترک بین ساختمان مورد نظر برای تخریب و ساختمان مجاور آن نیز غالباً می‌تواند منبع ایجاد مشکل باشد. در پاره‌ای موارد ساختمان مجاور دارای ارزش تاریخی و فرهنگی بوده و هر گونه نشست می‌تواند باعث خسارات جبران‌ناپذیر به آن شود. در بعضی موارد دیوار مجاور به ساختمان مورد نظر برای تخریب تکیه داده است و با انجام تخریب ممکن است بدون هرگونه خاکبرداری ساختمان مجاور ریزش کند. به خاطر داشته باشید که ضعیف بودن ساختمان مجاور تنها در دسرها و بررسی‌ها و احتیاط‌های لازم از طرف صاحب‌کار و افرادی که در مراحل مختلف طرح و اجرای ساختمان کار می‌کنند رایج‌تر می‌کند و هیچ عذری برای خراب شدن آن به دست نمی‌دهد. به عبارت دیگر در دادگاه‌هایی که برای رسیدگی به تخریب ساختمان‌های مجاور در اثر فعالیت‌های ساختمانی انجام می‌شود، مسئول اجرای ساختمان نمی‌تواند به بهانه اینکه ساختمان مجاور، خود ضعیف بوده از زیر مسئولیت‌های ریزش و خرابی ایجاد شده شانه خالی کند و جواب قاضی در این گونه موارد این است که شما باید به تناسب ضعف ساختمان مجاور اقدامات حفاظتی و احتیاطی بیشتری به کار می‌بستید.

ب) ضعیف بودن خاک: معمولاً هر چه خاک محل ضعیف‌تر باشد خطر بیشتری برای ریزش گود و تخریب ساختمان‌های مجاور وجود دارد. خاک‌های دستی بارزترین نمونه خاک‌های ضعیف هستند. توضیح آنکه در گذشته بسیاری از نقاطی که اکنون در داخل شهر تهران هستند، خارج از شهر محسوب می‌شده‌اند و کامیون‌های حامل خاک و نخاله بار خود را در آنجا تخلیه می‌کرده‌اند. بعدها با ضمیمه شدن این محل‌ها به داخل شهر، اغلب این خاک‌ها و نخاله‌ها در همان جا بدون تراکم مهندسی تسطیح شده‌اند و اکنون خاک دستی را تشکیل می‌دهند.

همچنین در بسیاری از موارد محل به صورت تپه و ماهور و یا بستر مسیل بوده و با خاک یا نخاله به صورت غیرمهندسی تسطیح شده است. همچنین در بعضی بخش‌های جنوبی تهران به ویژه مناطق ۱۲ و ۱۶ در گذشته گودهای بعضاً عمیق به منظور تهیه مواد اولیه ساخت آجر وجود داشته که بسیاری از آنها اکنون با خاک دستی پر شده‌اند. رسوبات سست جوان که غالباً در اطراف مسیل‌ها و پای دامنه‌ها وجود دارند نیز از جمله امکان‌زیادی وجود دارد که سازنده ساختمانی که در مجاورت زمین محل احداث پروژه قرار دارد، در زمان ساخت، خاک ضعیف را جا به جا نکرده و پی ساختمان را بر روی همان خاک سست قرار داده باشد. در این صورت ساختمان مجاور تا هنگامی که گودی در کنار آن ایجاد نشده استوار است اما به محض اینکه با گودبرداری و لو کم عمق اطراف آن خالی شد، خاک ضعیف

موجود در زیر پی آن ریزش کرده و باعث خرابی ساختمان مجاور خواهد شد.

ج) عمیق بودن گود: معمولاً هرچه عمق گود بیشتر شود خطر بیشتری کارکنان و ساختمان‌های مجاور را تهدید می‌کند. در سال‌های اخیر با افزایش تراکم ساختمانی، نیاز به پارکینگ و انباری و سطوح مشاع دیگر افزایش یافته و باعث افزایش تعداد طبقات زیرزمین شده است. باید توجه شود که با افزایش عمق گود، خطر ریزش آن به مراتب افزایش می‌یابد و اگر در گذشته می‌شد که در گودهای کم عمق بدون بررسی‌های همه‌جانبه و طرح‌های مهندسی دقیق، تنها با عقد قراردادی با مباشر ماشین‌آلات خاکبرداری و با حضور چند کارگر و بنا اقدام به گودبرداری نمود، اکنون با افزایش عمق گودها و افزایش ارزش ساختمان‌ها و تأسیسات مجاور، گودبرداری غیرفنی بسیار خطرناک بوده و خسارات جانی و مالی جبران‌ناپذیری را در پی دارد.

د) مدت بازماندن گود: معمولاً با افزایش زمان بازماندن گود حتی اگر بارندگی یا تغییرات جوی مطرح نباشد خطر ریزش گود بیشتر می‌شود، اما افزایش زمان بازماندن گود به ویژه در فصل‌های بارندگی و رطوبت (زمستان و بهار)، با وقوع بارش‌هایی گاه سنگین و سیل‌آسا همراه است که با اشباع خاک و یا جاری شدن آب‌های سطحی خطر ریزش گود را به مراتب افزایش می‌دهد. به طوری که بسیاری از ریزش‌های گود در گذشته به فاصله چند ساعت تا چند روز بعد از شروع بارندگی روی داده است.

و) آب‌های سطحی و زیرسطحی: بالا بودن سطح عمومی آب‌های زیرزمینی در منطقه معمولاً عملیات آبکشی جهت پایین انداختن سطح آب زیرزمینی را ضروری می‌سازد. معمولاً وجود سطح آب زیرزمینی بالا خطر ریزش گود را افزایش می‌دهد به ویژه بعد از چند روز از انجام عملیات گودبرداری و رسیدن سطح آب زیرزمینی به تعادل. همچنین وجود جریان‌های آب زیرزمینی از طرقی نظیر نهرهای مدفون یا قنات‌ها می‌تواند در افزایش خطر ریزش گود بسیار مؤثر باشد. جریان‌های آب‌های سطحی نیز از عواملی هستند که می‌توانند باعث فرسایش خاک گود و اشباع شدن آن شده و به افزایش خطر ریزش گود کمک کنند. دور نگه داشتن جریان آب‌های سطحی موجود یا محتمل (مثلاً در اثر بارندگی) از مهم‌ترین و اصلی‌ترین قدم‌های اولیه حفاظت گود است

اقدامات قابل انجام برای کاهش خطر گودبرداری‌ها

۱) اگر سرمایه گذار و یا صاحب‌کار ساختمان در حال ساخت هستید

- حتماً بررسی‌های مکانیک خاک را از طریق شرکت‌های معتبر و به صورت کامل و دقیق انجام دهید.

- از مهندس محاسب خود بخواهید که طرح گودبرداری و حفاظت گود را با استفاده از اطلاعات گزارش مکانیک خاک و با دقت زیاد انجام دهد. همچنین از وی بخواهید که ساختمان‌ها و تأسیسات مجاور گود مورد نظر را دقیقاً بررسی کند و در صورت نیاز اقدامات حفاظتی برای آنها را پیشنهاد کند.

- از مهندس ناظر و مجری خود بخواهید که حتماً گزارش مکانیک خاک و نیز نقشه‌های اجرایی طراحی گود را کنترل کرده و در صورت وجود نقص، اشکال یا ابهام در آنها از تهیه‌کنندگان آنها بخواهید که موارد را برطرف کنند.

- نقشه‌ها و طراحی‌های گود باید براساس گزارش بررسی‌های مکانیک خاک و توصیه‌های مشاور ژئوتکنیک تهیه شده باشند و مراحل کار، روش انجام گودبرداری (دستی، ماشینی) و مشخصات سازه‌های نگهبان و دیگر اقدامات حفاظتی شیب را به خوبی نشان دهند. بهتر است که قبل از اجرای کار جلسه مشترکی با حضور مهندسین ناظر و مجری و محاسب و نماینده شرکت تهیه کننده گزارش مکانیک خاک برگزار کنید و مراحل و اشکالات و خطرات را مرور کنید. بهتر است در این جلسه پیمانکار یا مسئول فنی خاک برداری و مسئول اجرای سازه نگهبان نیز حضور داشته باشند.

۲) اگر در مجاورت ساختمان شما قرار است تخریب و گودبرداری انجام شود

- قبل از صدور پروانه و شروع گودبرداری باید بررسی‌های مکانیک خاک مناسبی انجام شده باشد.  
- ساختمان شما باید مورد بررسی قرار گرفته و مهندس محاسب و یا ناظر با توجه به نوع بنا و عمق قرارگیری پی ساختمان شما نسبت به کف پی مورد نظر راجع به نیاز و نحوه حفاظت و مقاوم‌سازی آن اظهار نظر کرده و در صورت نیاز طرح‌های لازم را ارائه کرده باشد.

- در نقشه‌های اجرایی، نحوه گودبرداری و حفاظت از گود و یا سازه نگهبان باید به خوبی نشان داده شده باشد و این اقدامات برای محافظت از گود و ساختمان‌های مجاور کافی باشند  
- دوره باز بودن گود باید زمان‌بندی مشخصی داشته باشد (زمان شروع گودبرداری، زمان برپایی سازه نگهبان، زمان خاتمه گودبرداری)

- مهندس ناظر و در صورت لزوم نماینده شرکت مکانیک خاک باید بر عملیات گودبرداری نظارت کافی اعمال کنند.

- گودبرداری و اجرای سازه نگهبان باید مطابق نقشه‌های اجرایی و مشخصات اجرایی (دستی، ماشینی) و اصول فنی پیش انجام شود. در صورت مشاهده هر گونه اقدام خطرناک مراتب را به مسئولین گزارش نمایید.

- در جریان انجام کار گودبرداری سعی کنید همه چیز را به خوبی زیر نظر داشته باشید و به ویژه با در نظر داشتن وضعیت ساختمان خود ایجاد هرگونه ترک، صدای غیرعادی ساختمان، نشست و غیره را بررسی نمایید و در صورت بروز اینگونه موارد فوراً اقدامات لازم را انجام بدهید. این اقدامات حسب شرایط می‌تواند به صورت تخلیه فوری ساختمان، انعکاس موضوع به مسئولین پروژه و شهرداری جهت انجام اقدامات اصلاحی باشد

- در صورتی که عملیات گودبرداری تأسیسات و لوله‌های شهری گاز، آب، برق و... را به خطر انداخته مراتب را به مراجع مربوطه اطلاع دهید
- مراقب باشید که گودبرداری بیش از حد مجاز به ساختمان شما نزدیک نشود. گاه بعضی با بی‌دقتی و یا به خاطر سهولت کار خود، زیر ملک شما را نیز خالی می‌کنند
- در صورتی که نقصی در انجام کارها مشاهده کردید، ابتدا از طریق مراجعه به مسئولین فنی ساختمان نظیر مهندس ناظر، مجری یا مالک موضوع را به آرامی و محترمانه در میان بگذارید. در صورت نیاز می‌توانید به ناحیه و منطقه شهرداری و یا دیگر مراجع ذیصلاح مراجعه نمایید
- به یاد داشته باشید که یکی از بهترین راه‌های کاهش خطرات گودبرداری، اتمام زودتر عملیات داخل گود و ایمن و پرکردن مجدد آن است. بنابراین مراقب باشید دخالت‌های شما موجب توقف و یا طولانی شدن زیاد و بیهوده کار نشود
- در صورتی که داخل گود کار می‌کنید:
- به خاطر داشته باشید که ریزش دیواره‌های گود می‌تواند ظرف چند ثانیه شما را به دام انداخته و در عرض چند دقیقه هلاک کند.
- وزن هر متر مکعب خاک ۱/۶ تا ۲ تن است. اگر در زیر خاک ریزش کرده مدفون شوید در عرض کمتر از ۳ دقیقه خفه می‌شوید و حتی اگر زنده بیرون آید، احتمالاً بار خاک صدمات داخلی شدیدی به بدن شما وارد آورده است. ریزش گود تنها خطر گودبرداری نیست و کمبود اکسیژن، هوای سمی، گازهای قابل انفجار و خطوط برق مدفون نیز ممکن است جزء خطرات باشند.
- در داخل گود به ویژه در محل‌هایی که خطر سقوط اشیاء وجود دارد حتماً از کلاه ایمنی استفاده کنید.
- در صورتی که در معرض برخورد با ترافیک عبوری هستید از پوشش‌های براق و شبرنگ استفاده کنید.
- مواظب خطر سقوط قطعات سست خاک یا سنگ باشید
- در زیر بارهای آویزان نایستید و یا کار نکنید.
- از ماشین‌آلات خاکبرداری فاصله بگیرید.
- در صورتی که کارگرانی در پایین‌دست گود حضور دارند، بر روی دیوارها و یا سطوح مشرف به گود کار نکنید.
- وارد گودی که نشانه‌ی تجمع آب دارد نشوید؛ مگر آنکه به خوبی محافظت شده باشید
- در صورتی که داخل گود مشغول کندن دیواره یا پای آن هستید، حتماً باید فردی مطلع در بیرون از محوطه خطر، مراقب وضعیت پایداری گود و کار شما باشد
- حتی‌المقدور از بریدن داخل پای دیوار یا شیب و ایجاد شیب منفی (نیم طاقی) جهت اجرای پی‌ها جداً

خودداری کنید. در صورتی که مجبور به این کار هستید اولاً سعی کنید این طول حداقل بوده و ثانیاً در حین کار باید فردی مطلع (ترجیحاً مهندس ناظر) مراقب وضعیت پایداری دیواره و کار شما باشد. حتماً از کلاه و دیگر وسایل ایمنی استفاده کنید و سعی کنید کار را در زیر یک میز محافظ فلزی مقاوم انجام دهید.

۴) در صورتی که از طرف شهرداری یا دیگر نهادها، مسئول کنترل طرح و اجرای ساختمان هستید:

- برای گودبرداری‌های عمده (گودبرداری‌های با عمق بیشتر از عمق دیوارها یا پی‌های ساختمان مجاور و به فاصله نزدیکتر از عمق گودبرداری از مرز زمین) بهتر است که سازنده ساختمان حداقل ۳۰ روز قبل از شروع گودبرداری موضوع را به طور کتبی به مالکین اطلاع داده و رونوشت آن را به شهرداری ارائه نماید

- قبل از صدور پروانه ارائه نقشه‌های سازه نگهبان و کنترل آن‌ها توسط شهرداری ضروری است. کنترل سازه نگهبان طرف معابر عمومی بهتر است توسط معاونت فنی و عمرانی انجام شود.
- در گودهای با عمق بیش از ۳/۰ متر قبل از صدور پروانه، ارائه گزارش بررسی‌های مکانیک خاک انجام شده از طریق شرکت‌های معتبر توسط مالک و کنترل آن‌ها توسط شهرداری منطقه ضروری است.

- سازنده ساختمان را موظف کنید که در نزدیکی محل کارگاه تابلویی با فرم یکسان برای اعلام مشخصات عمومی گودبرداری نصب کند که شامل اطلاعات زیر باشد

تاریخ شروع گودبرداری (هفته)، تاریخ تکمیل گودبرداری (هفته)، تاریخ تکمیل ایمن‌سازی گود (هفته)

تاریخ خاتمه دوره باز بودن گود (هفته)، عمق گودبرداری، روش گودبرداری، روش حفاظت گود، نام مهندس ناظر پروژه، نام مهندس طراح پروژه، نام مشاور ژئوتکنیک پروژه، نام مهندس طراح گود، نام پی‌مانکار اجرای گود، نام مهندس ناظر گودبرداری

- در صورتی که برای حفاظت گود یا ساختمان مجاور نیاز به انجام کارهای ساختمانی عمده در زمین یا ساختمان مجاور باشد، نیاز به اخذ رضایت از مالک آن و یا صدور پروانه جداگانه‌ای خواهد بود

بازرسی‌ها

گود و محل‌های اطراف آن و نیز سیستم‌های حفاظتی باید هر روزه توسط فردی مجرب از نظر وجود هرگونه شواهد خطرناک نظیر گسیختگی گود، گسیختگی سیستم‌های حفاظتی و یا سازه نگهبان گود یا جریان آب، بازرسی شوند. بازرسی باید قبل از شروع شیف‌ت کار و در صورت نیاز در تمام ساعات کار انجام شود. همچنین بعد از هر بارندگی یا شرایط خطرناک دیگر نیز الزامی است. این بازرسی‌ها فقط هنگامی مورد نیازند که خطری افراد شاغل در گود و ساختمان‌های مجاور را تهدید کند.

بررسی‌های مکانیک خاک چیست؟

بررسی‌های مکانیک خاک انجام بررسی‌های محلی در مورد زمین‌شناسی عمومی، مشخصات خاک محل و سطح آب‌های زیرزمینی می‌باشد و به ویژه باید وجود و عمق خاک‌های مسئله‌داری نظیر خاک‌های دستی را مشخص نمایند. توصیه‌های فنی در مورد نوع پی، مقاومت مجاز خاک زیر پی و نشست‌های مورد انتظار و پارامترهای طراحی دیوارهای حایل دیگر بخش‌های ضروری گزارش مکانیک خاک را تشکیل می‌دهند.

همچنین با توجه به عمق گودبرداری مورد نیاز و مشخصات ساختمان‌ها و دیگر تأسیسات مجاور نظیر معابر، خطوط گاز، فاضلاب ... باید خطر گودبرداری ارزیابی شده و روش گودبرداری، شیب ایمنی گودبرداری، مراحل گودبرداری، نیاز به سازه نگهدارنده، نوع سازه نگهدارنده و روش طراحی و اجرای آن به تفصیل بیان شود. برای این کار لازم است که مشخصات ساختمان‌ها و تأسیسات مجاور به تفصیل برداشت شده و در گزارش ارائه گردد.

البته گاه می‌توان مشخصات ساختمان‌ها و تأسیسات مجاور را در این مرحله به صورت تخمینی تعیین کرد و تعیین دقیق آنها را به مرحله طراحی گودبرداری واگذار نمود که در این صورت مشاور باید این موضوع را به روشنی در گزارش بیان نماید. همچنین خطرات احتمالی نظیر چاه‌ها، قنات و حفره‌های زیرزمینی دیگر باید شناسایی شده و عمق، موقعیت و تأثیر آنها بر ساختمان و نحوه مقاوم‌سازی آنها جهت رفع خطر به تفصیل بیان گردد.

از موارد دیگری که در گزارش بیان می‌شود تعیین نوع زمین جهت برآورد تأثیر آن بر نیروهای زلزله طراحی ساختمان است که تأثیر زیادی در ایمنی لرزه‌ای و هزینه‌های ساختمان دارد.

مشاور باید با توجه به شیب زمین و مشخصات زمین‌شناسی محل اسکان بروز ناپایداری‌هایی نظیر رانش زمین، ریزش سنگ، جریان گل و نظایر آنها را به طور اجمالی بررسی نموده و در صورتی که خطرات فوق در محل مطرح باشند، به تفصیل این موارد را بررسی نموده و توصیه‌های اجرایی در مورد رفع خطرات آنها بر ساختمان ارائه نماید. همچنین مشاور باید با توجه به بررسی کلی و اجمالی عکس‌های هوایی و نقشه‌های پایه امکان وجود خطرانی نظیر گسل فعال و روانگرایی حین زلزله را بررسی نموده و در صورت نیاز بررسی‌های تفصیلی‌تری را در مورد آنها انجام دهد.

-در حال حاضر شهرداری فقط برای ساختمان‌های ۶ طبقه و بیشتر انجام بررسی‌های مکانیک خاک را الزامی کرده ولی بهتر است که شما اگر ساختن ساختمانی با تعداد طبقات کمتری را هم در نظر دارید، به ویژه اگر عمق گودبرداری بیش از ۱/۵ متر باشد، حتماً بررسی‌های مکانیک خاک را انجام دهید زیرا این بررسی‌ها اگر به درستی انجام شوند، ایمنی ساختمان و عملیات ساختمانی را تضمین کرده و حتی می‌توانند از طریق تعیین دقیق مقاومت خاک و نوع زمین تأثیر زیادی در بهینه کردن و جلوگیری از

افزایش هزینه‌ها در موارد غیرضروری داشته باشند.

- سعی کنید شرکت انجام دهنده بررسی‌ها را از میان شرکت‌های معتبر انتخاب کنید و مراقب باشید که بررسی‌ها به طور کامل و دقیق انجام شده و صوری برگزار نشود.

- معمولاً برای انجام بررسی‌های مکانیک خاک، شرکت انجام دهنده بررسی‌ها بعد از بررسی عکس‌های هوایی و نقشه‌های پایه محل و بازدید و بررسی محلی، گمانه یا گمانه‌هایی را حفر و از خاک نمونه‌برداری می‌کند و نمونه‌ها را برای انجام آزمایش به آزمایشگاه می‌فرستد. همچنین همراه با حفاری، آزمایش‌هایی نیز در محل انجام می‌شود.

- حتماً باید فرد متخصصی از شرکت در هنگام حفاری‌ها و انجام آزمایش‌های محلی حاضر باشد و شرایط حفاری، آزمایش‌های محلی و نمونه‌برداری را کنترل کند. بعد از انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی شرکت باید گزارش بررسی‌ها را تهیه و ارائه کند.

دقت کنید که گزارش به طور کامل تهیه شده باشد و در صورت لزوم گزارش را جهت کنترل به فردی متخصص ارائه دهید و رفع نواقص آن را از شرکت بخواهید. به‌ویژه باید توصیه‌های کاملی در مورد انجام گودبرداری و حفاظت گود از ارائه شده باشد. به خاطر داشته باشید که هرگونه نقص در این قسمت می‌تواند مخارج زیادی را در جریان گودبرداری به شما تحمیل کرده و یا باعث ریزش گود و ایجاد خسارت شود. مهندس محاسب ساختمان باید این گزارش را در طراحی پی و نحوه گودبرداری مورد استفاده قرار دهد.

بنابراین از وی بخواهید که در حد موارد استفاده خود از گزارش، کیفیت و محتویات آن را کنترل کند و در صورتیکه اشکال یا ابهامی به نظر وی رسید جهت برطرف کردن به شرکت مکانیک خاک اعلام کند. بنابراین بهتر است تصفیه حساب با شرکت مکانیک خاک را به کنترل کیفیت آن توسط مهندس محاسب، مأمورین کنترل شهرداری و یا متخصصین دیگر موکول کنید.

- باید توجه شود گاه قسمت‌های ضعیفی در خاک وجود دارند که با حفر گمانه‌ها به خوبی وجود آنها مشخص نمی‌شود. تغییرات ضخامت خاک دستی و یا نهرها و مسیل‌های پر شده از این دسته هستند. در این گونه موارد بررسی عکس‌های هوایی قدیمی که پستی و بلندی‌های مسیل‌های قدیمی را نشان می‌دهند می‌تواند در شناسایی قسمت‌های ضعیف مؤثر باشد. همچنین نظارت یا کنترل یک زمین‌شناس یا متخصص خاک بعد از عملیات گودبرداری و ترجیحاً در زمان گودبرداری برای تشخیص این نقاط ضعیف مؤثر خواهد بود.

پایدار سازی دیواره‌های محل گودبرداری یکی از مهم‌ترین و ضروری‌ترین اقدامات اولیه برای حفظ محیط گود می‌باشد و برای جلوگیری از حوادث ناشی از گود برداری باید به آن توجه کرد و کنترل عدم

گسیختگی خاک و کنترل تغییر شکل ایجاد شده در دیوار و سطح گود، کارایی مطلوب سازه های مجاور و تأسیسات همجوار و عدم آسیب دیدن و تخریب ساختمانها و تأسیسات همجوار ضروری می باشد به طور کلی براساس پایداری دیواره های گودها رابه مهاربندی نشده و مهار شده تقسیم می کنیم

جدول: عوامل کنترل کننده پایداری در خاک برداری های با دیواره مایل در خاک های مسئله دار

|         |                                               |
|---------|-----------------------------------------------|
| نوع خاک | ملاحظات اولیه در طراحی شیب مطمئن در خاکبرداری |
|---------|-----------------------------------------------|

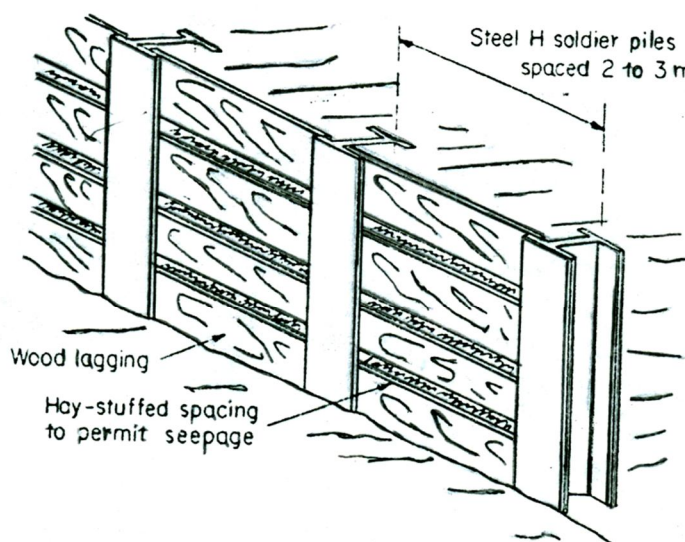
|                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| رس های سفت ترک خورده و رس های متورق | در این نوع خاک ها اغلب مقاومت برشی در محل از مقدار تعیین شده در آزمایشگاه کمتر است ، در نتیجه احتمال گسیختگی تدریجی شیب ها بدلیل ضعف مقاومتی خاک و یا تغییر شکل های نسبتاً بزرگ که موجب کاهش مقاومت های برشی تا مقادیر مقاومت باقیمانده می شود وجود دارد . نمونه های تاریخیچه ای نشان می دهند که عملکرد طولانی مدت یک سیستم در این نوع خاک ها تحت کنترل زاویه اصطکاک باقیمانده قرار دارد . در بعضی رس های متورق زاویه اصطکاک باقی مانده تا ۱۲ درجه نیز می رسد . توصیه می شود برای طراحی شیب گودبرداری در این نوع خاک ها از تجارب و مشاهدات محلی ثبت شده استفاده گردد . |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <p>در این نوع خاک ها در حالت خشک تا مرطوب پتانسیل زیادی برای ریزش و فرسایش مصالح وجود دارد. در خاک باد رفتی وقتی حفاری بصورت قائم انجام می شود از تراوش آب ممانعت شده و در نتیجه دیواره ها پایدارتر می گردند. برای کاهش زوایای شیب مؤثر می توان در دیواره ها از پله هایی در فواصل مشخص از هم استفاده کرد .</p> | <p>باد رفت ها و سایر خاک های ریزشی</p> |
| <p>بسته به شرایط هوازدگی در سنگ مادر ، خصوصیات مقاومتی این نوع خاک ها از محلی به محل دیگر تغییر می کند .در خاک های برجامانده مشاهدات محلی ثبت شده می تواند به انتخاب شیب مؤثر گودبرداری کمک فراوانی نماید.</p>                                                                                                 | <p>خاک های برجا</p>                    |
| <p>در رس های حساس بر اثر دست خوردگی چه طبیعی و چه به دست انسان ، افت قابل توجهی در مقاومت خاک بوجود می آید . برای طراحی شیب مطمئن خاکبرداری در رس حساس از تحلیل های براساس تست های زهکشی نشده تحکیم نیافته یا تست های برش پرّه در محل استفاده می شود.</p>                                                      | <p>رس های حساس</p>                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p>واریزه ها</p> <p>واریزه توده سستی است که از انباشته شدن سنگ ریزه ها در پای صخره های سنگی شکل می گیرد.</p> <p>شیب های پایدار در این دسته از خاک ها عموماً بین ۱/۲۵ تا ۱/۷۵ افقی به ۱ قائم هستند. ناپایداری در خاک های واریزه ای بیشتر به دلیل افزایش آب در اثر ذوب شدن برف ها ایجاد می شود.</p> |  |
| <p>ماسه های سست</p> <p>مقاومت ماسه سست اشباع در اثر لرزش ناشی از زلزله یا انفجار شدیداً افت می کند. در این نوع خاک ها پدیده های روانگرایی، فرسایش و رگاب نیز می توانند مشکل ساز باشند.</p>                                                                                                        |  |

طول انجام یک عملیات گودبرداری، جلوگیری از ریزش و تغییر شکل های جانبی جبهه گود از اهمیت بسیاری برخوردار است. در مواقعی که به دلیل محدودیت های محل، نظیر بسته بودن فضای اطراف منطقه گودبرداری، نمی توان دیواره گود را به صورت شیبدار خاک برداری کرد، تنها راه حل اصولی برای اجرای مطمئن گود استفاده از یک سازه نگهدار می باشد. یک سازه نگهدار گود معمولاً در دو مرحله مختلف، یکی پیش از آغاز عملیات خاکبرداری (بخش اصلی)، و دیگری در حین گودبرداری (بخش مکمل) اجرا می شود. به عبارتی با پیشروی عملیات گودبرداری به تدریج فشار ناشی از خاک بر روی سازه اصلی (دیوار نگهدار) افزایش می یابد و لازم است سازه های مکمل که همان مهارها می باشند نصب شوند. در این فصل درباره سازه های نگهدار و در فصل بعد درباره سازه های مکمل نگهدار بحث خواهیم کرد

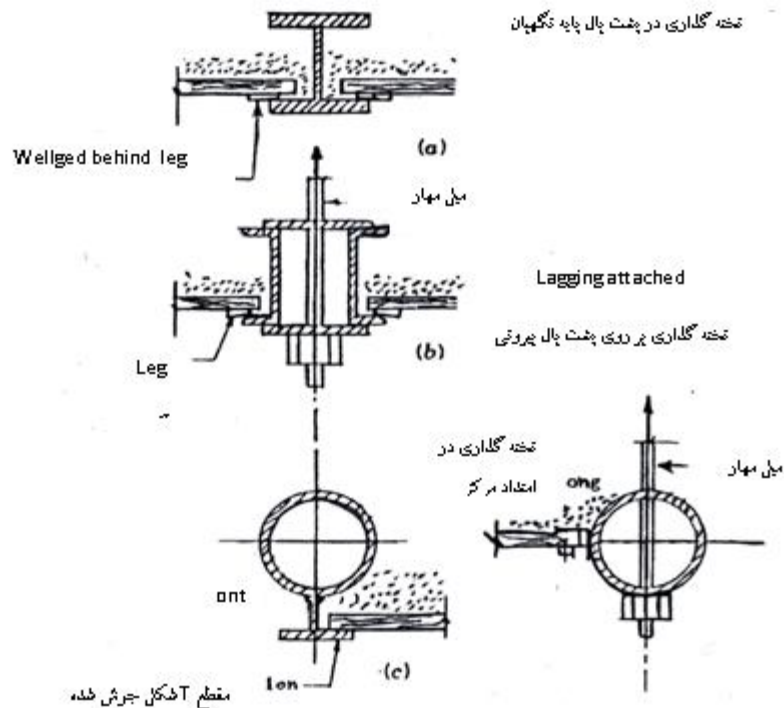
### دیوارهای ساخته شده از پایه های نگهدار و تخته بندی<sup>۱</sup> (دیوار برلینی)



Soldier pile and lagging wall (Berlin wall).

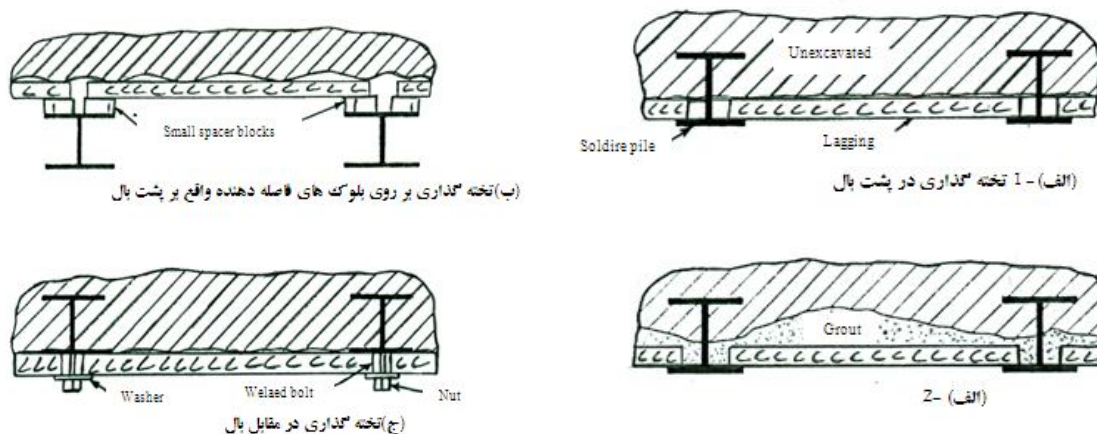
روش اجرای سیستم دیوار برلینی

<sup>۱</sup> Soldier Piles and Laggings



انواع مقاطع مورد استفاده در اجرای پایه های نگهدارنده

در اجرای این سیستم در برخی خاک ها نظیر رس های سخت و رس های متورق به دلیل کوچک بودن تغییر شکل ها می توان بخش تخته بندی را حذف نمود.



در اجرای این سیستم در برخی خاک ها نظیر رس های سخت و رس های متورق به دلیل کوچک بودن تغییر شکل ها می توان بخش تخته بندی را حذف نمود.

معمولاً در گودهایی که در خاک های زه کش پذیر و در زیر تراز آب زیر زمینی اجرا می شوند فضایی در حدود ۲/۵ سانتیمتر در بین تخته ها جهت اجازه به عمل زه کشی در نظر گرفته می شود نظر به اینکه نشت آب از این فضای تعبیه شده در بین تخته ها می تواند باعث خروج مصالح ریز تر و ایجاد حفراتی در خاک پشت دیوار گردد ( که نتیجه این

پدیده ایجاد افت و نشست در خاک مجاور دیوار خواهد بود)، لازم است که بازشدگی های بوجود آمده توسط الیاف گیاهی یا مصنوعی و یا فیلترهای ژئوسنتتیک پوشیده شود.

شرایط مناسب برای اجرای سیستم دیوار برلینی در رس هایی که حداقل کمی پیش تحکیم یافته هستند برقرار است. همچنین در تمام خاک های واقع در بالای تراز سفره آب زیرزمینی در صورتی که خاک کمی چسبندگی داشته باشد و یا در خاک های همگن زه کش پذیر که عمل خشک سازی مناسب در آنها اجرا می شود، این سیستم را می توان اجرا کرد. دلیل مناسب بودن سیستم دیوار برلینی در این نوع خاک ها را می توان به این صورت بیان کرد که با توجه به اینکه در طول عملیات گودبرداری تا قرار دادن الوارهای چوبی در بین پایه ها بخشی از دیوار گود بدون محافظ باقی می ماند به روشنی پیداست که نتیجه اجرای سیستم دیوار برلینی در رس های نرم و ماسه های سست، وقوع تغییرشکلهای قابل توجه در خاک مجاور گود و ریزش خاک در دیوارها خواهد بود.

برای گودبرداریهایی که در خاک های دانه ای تمیزودر زیر تراز سفره آب زیرزمینی انجام می گیرند اگر نشأت آب از دیواره ها اجتناب نپذیرد باشد اجرای عملیات خشک سازی لازم و ضروری است. نوع روش خشک سازی مورد استفاده در محل متأثر از ارتفاع آب زیرزمینی در بالای بستر گود است. از معمولترین روش های خشک سازی مورد استفاده در عمل می توان به چاهک ها و ترانشه های پمپاژ، چاهای زهکش و ... اشاره کرد. در دیوارهای برلینی بیشترین دلیل مربوط به افت زمین را می توان در خروج مصالح به وسیله آب از بین الوارهای چوبی بیان کرد، که همانطور که گفته شد باید برای مقابله با آن، محل درزهای بین الوارهای چوبی را با الیاف گیاهی خشک، یا الیاف مصنوعی پوشاند.

یکی از مزایای استفاده از سیستم دیوار برلینی این است که در زمین های محکم مثل زمین های شنی و قلوه سنگی که کوبیدن پایه ها به داخل خاک به سختی انجام می گیرد می توان موقعیت پایه ها را تغییر داد و یا اینکه محل استقرارشان را پیش حفاری نمود. عمل پیش حفاری محل پایه ها عموماً در مناطق شهری استفاده می شود تا از صدای ناشی از کوبیدن پایه ها جلوگیری شود. البته در خاک های غیر چسبنده واقع در زیر سفره آب زیرزمینی نصب پایه ها با این روش مشکل ساز بوده و ممکن است در اثر جریان یافتن آب از خاک اطراف به داخل چاه های حفر شده، نشست هایی در خاک منطقه ایجاد شود. معمولاً برای مقابله با این مشکل در طول حفاری چاه ها به داخل آنها گل بنتونیت تزریق می شود. روشی که برای اجرای سیستم تخته گذاری در بین پایه ها انتخاب می شود تأثیر زیادی بر نحوه انتقال فشارهای خاک به دیوار و همچنین کنترل حرکات جانبی آن دارد.

### دیوارهای سپری

سپر ها اجزاء نازک و انعطاف پذیری هستند که همچون شمع در زمین کوبیده می شوند و از کنار هم قرار گرفتن آنها یک دیوار نازک و انعطاف پذیر بوجود می آید. معمولاً دیوارهای سپری از جنس چوب یا فولاد انتخاب می شوند ولی

در مواقعی که در محیط های ساحلی استفاده می شوند برای غلبه بر مشکل فرسایش و پوسیدگی از سپرهای بتنی پیش ساخته، فولادهای مخصوص و یا حتی الوارهای چوبی کرئوزوت زده شده نیز می توان استفاده کرد سپر ها را به سه طریق می توان اجرا کرد :

( ۱ ) کوبیدن

( ۲ ) تغییر دادن مشخصات زمین

( ۳ ) حفاری

سپرهای فلزی به دلیل چند مزیت زیر نسبت به دیگر مصالح ، متداول ترین نوع سپر مورد استفاده دیوار ها محسوب می شوند.

الف ) در مقابل تنش های کوبشی بالای ایجاد شده در مصالح سخت یا سنگی مقاوم هستند .

ب ) نسبتاً سبک وزن هستند .

پ ) از آنها می توان چندین بار استفاده کرد

عمر بهره برداری آنها در بالای تراز آب و زیر آب طولانی خواهد بود .

ث ) امکان افزایش طول سپر به کمک جوشکاری یا پیچ وجود دارد .

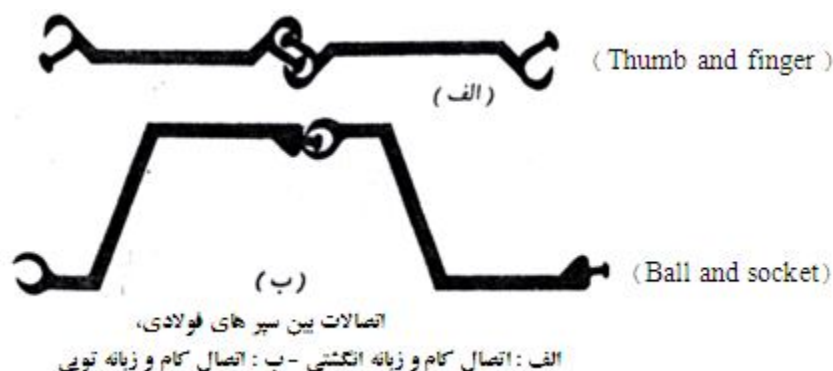
در صورتی که نتوان طول کامل طراحی را کوبید ، به راحتی می توان طول اضافی را با مشعل برش قطع کرد .

ج ) چنانچه در زمان کوبش بطور کامل با خاک یا سنگ های کوچک احاطه شوند، درزها کمتر در معرض تغییر شکل قرار می گیرند .

نیمرخ سپرهای فولادی ممکن است بصورت Z ، عمیق ( Deep arch ) ، کم عمق ( Low arch ) و تخت ( Straight

web) باشند . برای درز بندی و یکپارچگی ، لبه های نیمرخ های فولادی به نحو خاصی بصورت کام و زبانه در می

آیند در شکل اتصال کام و زبانه انگشتی ( Thumb and finger ) کام و زبانه تویی ( Ball and socket ) نشان داده شده است .



## دیوارهای بتنی

( ۱ ) ناتراوا کردن زمین

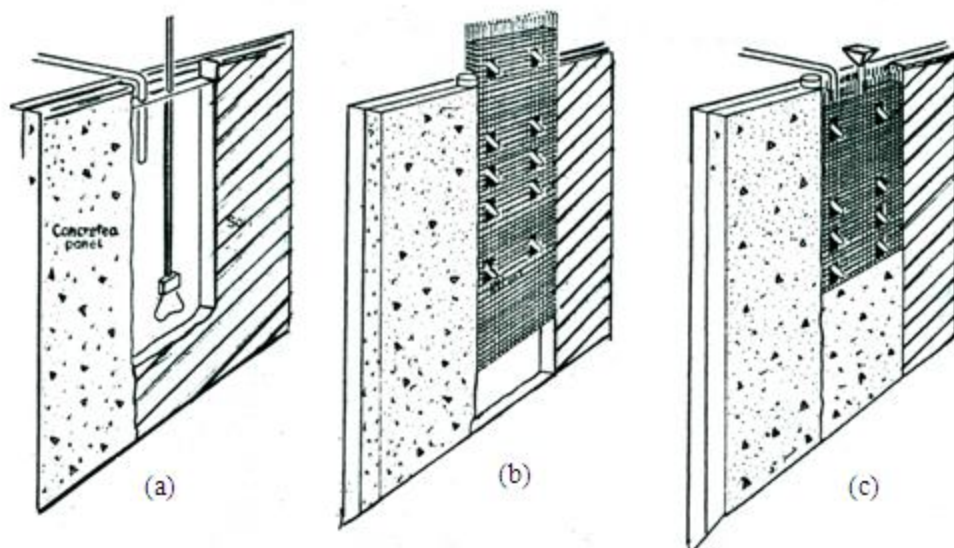
( ۲ ) سازه نگهبان برای گود

### (۳) باربری قائم

بعلت کم بودن ضخامت دیوار در مقایسه با ارتفاع دیوارهای جدا کننده این دیوارها هم جزء المان های انعطاف پذیر به شمار می آیند. هر چند کاربرد سپر ها و دیوارهای جدا کننده بهم نزدیک می باشد ولی از حدود ۵۰ سال پیش مزایای بیشتر دیوار جدا کننده باعث شده است که از سپرها کمتر استفاده گردد.

ویژگی عمده سیستم دیوار بتنی آن است که می تواند به عنوان یک حصار آب بند مورد استفاده قرار گیرد. برخلاف دیوار سپری که در اجرای آن، کوبیدن سپر باعث ایجاد دست خوردگی شدید در خاک می شود و یا در دیوار برلینی که مسئله ریزش دیواره همواره در آن مطرح می باشد، روش اجرای دیوار بتنی طوری است که با حداقل دست خوردگی و ریزش خاک همراه می باشد

دیوارهای بتنی عموماً با استفاده از روش ترانشه حاوی گل بنتونیت<sup>۲</sup> اجرا می شوند. در این روش مطابق شکل (۲) - (۷) در امتداد خط دیوار، پانل هایی به صورت جداگانه گودبرداری و بطور همزمان با گل حفاری پرمی شوند. سپس شبکه آرماتورهای تسلیح به داخل پانل ها انتقال یافته و عمل بتن ریزی پانل صورت می پذیرد. کارآیی روش مذکور خیلی زیاد است. البته چگالی گل بنتونیت که در حدود ۱/۰۶ است به تنهایی نمی تواند موجب پایداری دیواره های پانل ها شود بلکه عرض پانل نیز تأثیر مهمی بر این مسئله دارد (بنتونیت فقط نقش پایداری موقت دیوارهای خاکی را دارد و با بتن ریزی از محیط خارج می گردد). معمولاً ضخامت هریک از پانل ها حدود ۵۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر و عرض آنها تا حداکثر ۷ متر انتخاب می شود.



ترتیب اجرای دیوار نگهدارنده از نوع دیوار بتنی مسلح:

باتوجه به اینکه دیوارهای بتنی ناتراوا هستند، در اجرای آنها در خاک های دانه ای دیگر نیازی به اجرای عمل خشک سازی نیست و فقط باید درزهایی بر روی دیوار جهت خروج آب پشت آن تعبیه شود. از این روش بخوبی می توان برای

<sup>2</sup> - Slurry Trench Method

حفاریهایی که طول زیادی دارند استفاده نمود. زیرا این عملیات در گروههای کوچک مقرون به صرفه نبوده و هزینه بالایی دارد. از این روش نیاز دستگاه حفاری به فضای عملیاتی بالا است. لذا در محل هایی که دارای محدودیت جانبی هستند به سختی کار می کنند.

چنانچه خاک محل دارای خلل و فرج زیاد و بسیار تراوا باشد سطح اجرا شده دیوار بسیار ناهموار خواهد بود و حتی گاهی مشاهده شده است که تکه های چند متری از بتن سخت شده حین حفاری از دیوار بیرون زده است. لذا در این موقع بایستی هزینه اضافه تری برای ترمیم دیوار هزینه کرد. گاهی اوقات این کار باعث افزایش ضخامت دیوار شده که در نتیجه برای کارفرما از نظر اقتصادی توجیهی ندارد.

نوع دیگری از دیوارهای بتنی بنام دیوار ( SPTC ) وجود دارد که بیشتر برای محافظت از گودبرداریهای عمیق در زمین نرم مورد استفاده قرار می گیرد. در اجرای این سیستم نخست در امتداد خط دیوار و در فواصل مشخص ( معمولاً دو برابر ضخامت دیوار ) سوراخ هایی حفر شده و در داخل آن مقاطع نیمرخ های فولادی قرار داده می شود. قطر سوراخ باید به اندازه ای باشد که نیمرخ فولادی را محکم نگه داشته و اجازه حرکت آن را ندهد. همچنین برای جلوگیری از افت خاک اطراف و ریزش دیواره سوراخ ها، باید همزمان با عملیات حفاری، داخل آنها با گل بنتونیت پر شود. پس از استقرار پایه ها فواصل بین آنها بوسیله روش ترانشه حاوی گل، گودبرداری و بتن ریزی می شود. در این سیستم در مواقعی که خاک بستر گود ضعیف است می توان تیرهای فولادی را تا رسیدن به لایه های مقاوم تر کوئید ولی اجرای دیوار فقط تا کف گود و یا تا عمقی که برای کنترل بالا زدگی کف گود کافی باشد انجام می شود.

دیوارهای ساخته شده از مجموعه شمع های در جا

در اجرای این سیستم در پیرامون زمینی که قرار است گودبرداری شود شمع های بتنی درجا، در فواصل معین از هم اجرا می شوند و سپس عملیات گود برداری و حفاری انجام می شود. در حقیقت شمع های اجرا شده فشار جانبی خاک را همانند یک تیر کنسول تحمل می کنند. طول گیرداری لازم برای شمع ها در حدود  $0.3$  ارتفاع گود می باشد یکی از مزیت های سیستم فوق، بالا بودن سرعت عملیات اجرایی در آن است. طبیعی است که با افزایش ارتفاع گود، فواصل بین شمع ها کمتر شده و قطر مورد نیاز آنها بیشتر می گردد. با توجه به مطالعات صورت گرفته پیشنهاد شده است که از این روش برای گود برداری های با عمق حداکثر ۵ متر استفاده شود. سختی دیوار نگهبان در مقدار تغییر شکل های و توزیع فشار پشت دیوار تأثیر فراوانی دارد.

حدود سختی سیستم های دیوار نگهبان

| نوع دیوار            | EI سختی دیوار (کیلو نیوتن در متر مربع) |
|----------------------|----------------------------------------|
| ۱- دیوار سپری فولادی | ۳۵۰ - ۳۵۰۰۰                            |
| ۲- دیوار برلینی      | ۸۵۰ - ۵۰۰۰                             |
| ۳- دیوار بتنی        | ۹۵۰۰۰۰ - ۱۲۰۰۰۰                        |

### جدار زمین با روش بالا به پایین

این روش حدود ۲۰ سال است بطور موفقیت آمیزی در پروژه های مهم و بزرگ در سرتا سر دنیا اجرا شده است. مراحل اجرا بدین شکل است که ابتدا مشابه دیوارهای جدا کننده، دیوار بتنی با ضخامت کم (نسبت به ارتفاع گود) ساخته می شود، سپس در محل ستونها چاههایی حفر می شود و پی ستونها بصورت شمع اجرا می گردد. ستونهای اصلی ساختمان در آن کار گذاشته می شود و سپس تا زیر سقف زیر زمین اول گودبرداری شده و تیر ریزی و دال کف آن بطور کامل اجرا می شود. در مرحله بعدی تا زیرسقف زیر زمین دوم نیز اجرا می گردد و به همین ترتیب در ضمن اینکه خاکبرداری صورت می گیرد طبقات زیر زمین نیز ساخته می شود و حتی همزمان طبقات بالای سطح زمین را نیز می توان اجرا کرد.

مزیت های این روش عبارتست از:

- ۱) شروع اجرای طبقات بالا قبل از خاک برداری کامل و اجرای فونداسیون.
  - ۲) کاهش ضخامت دیوار به دلیل استفاده از دیافراگم طبقات به عنوان حائل.
  - همچنین معایبی که می توان برای این روش بر شمرده عبارتند از:
  - ۱) مشکل بودن عملیات خاکبرداری با این روش
  - ۲) کند بودن اجرای ستونها و دال و تیر ریزی نسبت به حالت عادی
- لازم نیست حتماً پی ساختمان شمع باشد چنانچه پی گسترده در نظر گرفته شده باشد می توان ابتدا پی را با توجه به بارهای موقتی که به آن وارد می شود بصورت شمع کوتاه طراحی نمود و پس از گودبرداری کامل پی گسترده را اجرا کرد.

### انواع سازه های مکمل نگهبان ( مهاربندی های جانبی )

#### سیستم مهاربندی با تیر پشت بند و بست های افقی

در این روش که بیشتر در گودهای با عرض کم استفاده می شود، عمل گودبرداری و نصب مهارها بصورت مرحله ای اجرا می گردد. بطور معمول عمق گودبرداری در هر مرحله به دلایل اجرایی، حدود یک متر بیشتر از عمق نصب بستها انتخاب می شود. دو نکته اصلی که در اجرای این سیستم مهاربندی باید در نظر گرفته شوند عبارتند از استفاده کرد. توصیه شده است که حداقل فاصله قائم بست ها ۲/۵ متر در نظر گرفته شود.

**کمانش:** چون بست افقی دارای طول مهار نشده زیادی است احتمال کمانش آن وجود دارد. برای جلوگیری از وقوع این مسئله باید از پایه های قائم و مهارهای عرضی در بین آنها استفاده نمود

#### مزایای سیستم مهاربندی با بست های افقی

- ۱) این روش یکی از روش های خوب و مطمئن برای گودبرداری هایی است که عرض گودبرداری کم (کود ترانشه ای) و در ضمن سطح خاک در دو طرف یکسان باشد.
- ۲) این روش بسیار سریع است.

۳) این روش اقتصادی است .

معایب سیستم مهار بندی با بست های افقی  
از این روش می توان برای عرض های گودبرداری کم استفاده کرد . در صورت زیاد بودن عرض گود باید بین تیر های افقی مهار بندی عرضی شود بلکه باعث می شود فضای کار محدود شود.

روشهای مهار گودبرداری

دیواره دیافراگمی (diaphragm wall) دوخت به پشت (tie back) مهار سازی anchorage

سپر کوبی (sheet piling) اجرای شمع (piling) مهار متقابل (reciprocal support)

روش میخ کوبی Nailing روش ری ز شمع Micro Pile اجرای خرپا (truss construction)

روش کیسون (پی صندوقه ای) روش ترانشه های مسلح به صورت پیش ساخته

مزایای روش مهار سازی

- ▶ بهبود مشخصات مکانیکی خاک بر اثر تزریق بتن
- ▶ جاگیر نبودن سازه نگهبان در داخل گود
- ▶ استفاده از خاک موجود برای مهار دیواره گود

معایب روش مهار سازی

- ▶ تجاوز به حریم ملک مجاور
- ▶ به دلیل اجرای مرحله به مرحله زمان بر است
- ▶ در احجام کوچک هزینه زیاد است
- ▶ به دستگاههای مخصوص احتیاج است
- ▶ دانش فنی خاص مورد نیاز است

عوامل موثر بر تغییر شکل خاک در گود برداری

- تغییرات فشار منفذی در طول زمان (تغییرات تنش در توده خاک)
- خصوصیات ژئوتکنیکی خاک (مقاومت برشی، مدول الاستیسیته)
- تنش های افقی اولیه در خاک سهای پیش تحکیمی
- شرایط آب زیرزمینی و تغییرات آن ( پایین آوردن سطح آب، حرکت آب به داخل گود)
- سختی دیوارها و حائل ها (مهاری ، عناصر فشاری)

- روش اجرا

- مهارت نیروی اجرای

دلایل ری زش گود

- کاهش مقاومت برشی رسهای سخت پیش تحکیم یافته در طول زمان
  - گسیختگی المانهای سازه ای
  - تغییر مکانهای زیاد خاک و سازه نگهدار
  - دفع نامناسب آن
  - کافی نبودن مطاط ژئوتکنیکی
  - بی توجهی طراح به اثر نشست ساختمانهای مجاور
  - عدم درک طراح و پیمانکار به اثرات هوازدهی در زمان بر مقاومت بی خاک
- عوامل موثر بر انتخاب روش های گودبرداری
- ۱-حجم کار ۲-عمق گود ۳-شرایط قرارگیری طرح ۴-موقعیت اطراف طرح ۵-شیب زمین ۶-ماشین آلات موجود ۷-نیروی انسانی موجود ۸-قوانین و ضوابط اداری و فنی ۹-شرایط اقتصادی
- عوامل مقاوم در برابر لغزش عبارتند از ۱-مقاومت چسبندگی بین سطوح در تماس با خاک ۲-نیروی اصطکاکی ۳-نیروی مقاوم خاک ۴-خواص فیزیکی-شیمیایی خاک ۵- شیب دیواره ۶-میزان بارهای سرباره وارده ۷-تأثیرات عوامل خارجی بر دیواره
- شمع مجزا با پوشش داخلی ( دیوار برلینی )
- بلوک با مهار

- توپوگرافی محل و زمین های اطراف
  - نحوه زهکشی سطحی
  - گود برداری های مجاور
  - دسترسی محل و کنترل های ترافیکی
  - وجود خاک های نامناسب و دستی در زمین های مجاور
  - بررسی تاسیسات زیر بنایی
  - بررسی امکان ورود به حریم سازه های مجاور برای سیستم های میخ گذاری و مهار گذاری
- حفر گمانه های ژئوتکنیکی در صورت امکان

#### عوامل موثر بر تغییر شکل خاک در گودبرداری

- تغییرات تنش در توده خاک (تغییرات فشار منفذی در طول زمان ...)
- ابعاد گودبرداری
- خصوصیات ژئوتکنیکی خاک (مقاومت برشی ، مدول الاستیسیته...)
- تنش های افقی اولیه در خاک (رسهای پیش تحکیمی...)
- شرایط آب زیرزمینی و تغییرات آن (پائین آوردن سطح آب ، حرکت آب بداخل گود ...)

- سختی دیوارها و حایل ها (مهاری ، عنصرهای فشاری...)
- پیش تنیدگی در مهاری و عناصر فشاری
- روش اجرا (در نصب دیوارها ، روش حفاری مهاری ...)
- مهارت نیروی اجرایی

### روش های مهار آب

- جلوگیری از ورود آب های سطحی بداخل گود با اجرای جوی ، دیوارهای کوتاه و خاکریز در محیط گود
- هدایت کنترل شده آب بداخل گود از طریق چاله های زهکش ، جوی و زهکش های دیواره و پمپاژ بعدی آن
- پائین انداختن سطح آب زیرزمینی قبل از گود برداری از طریق چاههای پمپاژ
- اجرای دیواره های آب بند و جلوگیری از ورود آب بداخل گود از قبیل دیوار آب بند سیمان - بتونیت ، اختلاط عمقی خاک ، تزریق با فشار بالا و ....

### زهکشی:

- زهکشی یکی از اصول پایدار سازی گود است. با زهکشی فشار هیدرواستاتیک آب روی سیستم کاهش می یابد.
- زهکشی شامل:
- نصب ژئوتکستایل در سینه کار
- چاههای کاهش فشار
- نصب زهکش های افقی جمع آوری آب

### گودبرداری با المان های سازه ای

- کمبود مطالعات ژئوتکنیکی ، انتخاب نامناسب پارامترهای مقاومتی خاک و سنگ و شرایط آب زیر زمینی
- کیفیت نامناسب جزئیات سازه ای
- ناهماهنگی بین طراح و پیمانکار
- نا آگاهی طراح از محدودیت های روش های خاص مهارگذاری ، پایدارسازی از قبیل تزریق با فشار بالا و .....
- بی توجهی طراح به اثر تغییر شکل در سیستم های سازه ای نگه دارنده خاک و توده خاک

- تغییر بارگذاری از شرایط متعارف از قبیل نوسانات آب ، درجه حرارت و بی توجهی پیمانکار به اثر این عوامل

- تغییر شرایط ژئوتکنیکی خاک و سنگ و بی توجهی پیمانکار به اثر آن بر پایداری
- بارگذاری های غیر متعارف موقتی بر سیستم های حائل خاک
- کیفیت پائین عوامل اجرایی در انجام فعالیت های جزئی

### **مسائل خاص در گود برداری های شهری**

- حفاظت و نگهداری تاسیسات زیرزمینی شهری
- حفاظت ساختمان های مجاور
- مباحث مربوط به آثار تاریخی در مجاورت گود
- دفع پساب های حفاری
- آبکشی گود و محل تخلیه آن
- ورود به حریم های مجاور
- حفظ و نگهداری درختان

### **روش آنکراژ**

- ۱- اجرای ستونک ها ۲-حفاری مرحله ای
- ۳- حفر گمانه ، مسلح کردن و تزریق آن
- ۴- اجرای لایه پوشش سطحی

### **روش آنکراژ**

- بهبود مشخصات خاک به علت تزریق
- سازه نگهبان نیاز به فضای کمی دارد (افزایش قدرت مانور داخل گود )
- استفاده از خاک موجود جهت حفاظت

### **Tie back روش**

- ۱-حفاری مرحله ای
- ۲- اجرای گمانه ، مسلح کردن و تزریق انتهای گمانه
- ۳- پس کشیدگی ( کابل های درون گمانه ای )
- ۴- مهار کابل در بیرون گمانه
- ۵- تزریق ملات داخل گمانه
- ۶- اجرای مرحله دوم گود برداری بعد از گیرش

## معایب روش Tie back :

- استفاده از حریم همسایه
- زمان بر بودن
- نیاز به تجهیزات خاص و در نتیجه گران تر بودن

## مزایا روش Tie back:

- افزایش کیفیت خاک به علت تزریق
  - در گود برداری های طویل با عمق کم بسیار مناسب است
- نیاز به سیستم مهار قائمی ندارد و از خود خاک برای این منظور بهره می جوید

## روش دیافراگم های بتنی Diaphragm wall

- ۱- حفاری محور دیوار با دستگاه تجهیزات خاص
- ۲- استفاده از گل بتونیت برای جلوگیری از ریزش دیواره ها
- ۳- قرار دادن قفسه آرماتور ها داخل دیواره ها
- ۴- پر کردن دیوار با استفاده از بتن پلاستیک

### معایب روش دیافراگم های بتنی :

هزینه زیاد ( دستگاههای ویژه حفاری )  
نیاز به فضای باز جهت مانور دستگاه

### مزایا روش دیافراگم های بتنی :

سرعت بالا- اجرای همزمان دیوار حایل با دیوار نگهدارنده  
قابل استفاده در طول های زیاد

### مهار متقابل

- اجرای سیستم باربر جانبی با استفاده از عناصر قائم
- گود برداری
- مهار سیستم های روبرو

### معایب مهار متقابل :

- عرض های گود برداری کم (حداکثر تا ۱۰ متر).
- سطح خاک دو طرف یکسان باشد.
- خصوصاً برای کانال ها مناسب است .

### مزایا مهار متقابل:

- سرعت بالا
- اقتصادی است

### روش خرپا

- ۱- حفر چاهک
- ۲- اجرای شمع و عناصر قائم
- ۳- حفاری شیبدار طرفین گود
- ۴- اجرای عنصر مایل خرپا ( فونداسیون + ... )
- ۵- حفاری مرحله به مرحله
- ۶- کار گذاری عناصر افقی و مهار
- ۷- به هم بستن خرپا ها ( عناصر بادی بندی و شناژ )

### خصوصیات خرپای بهینه

- نسبت عرض به ارتفاع در اکثر موارد  $\frac{1}{2}$  است.
- زیر عضو قائم شمع تعبیه شده است.
- عضو مورب فشاری دارای فونداسیون است
- در صورت ریزشی بودن خاک باید از تخته بندی استفاده کرد.

### مزایا روش خرپا

- ۱- برای عموم گودها واقع در مناطق شهری مناسب است.
- ۲- سادگی اجرا و انعطاف پذیری زیاد .
- ۳- مکان بازیابی مصالح سازه نگهبان .

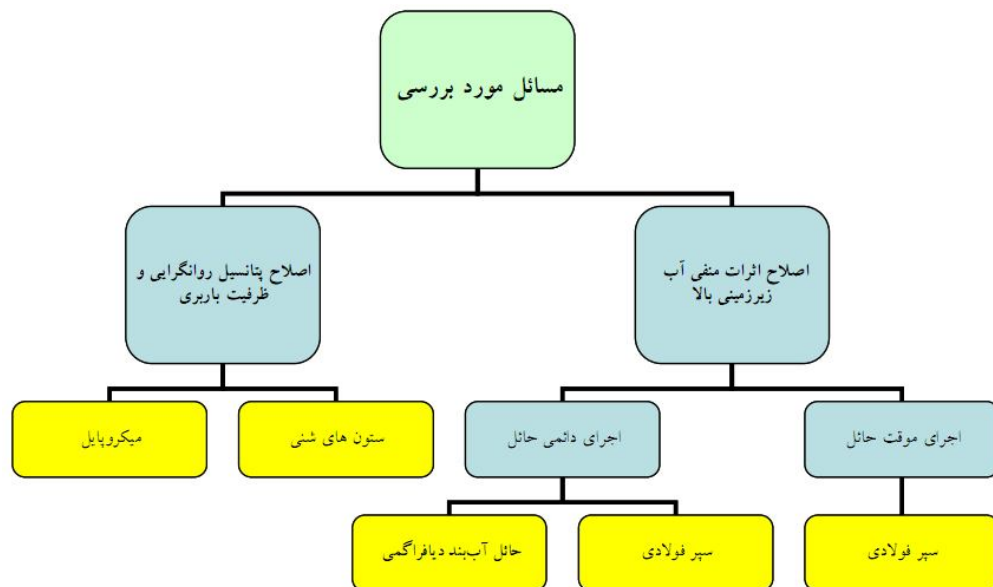
### روش شمع در جا

#### معایب :

- برای ارتفاع های بلند هزینه به شدت اضافه می گردد.
- تا گود برداری های ۵ متری توصیه می گردد.

#### مزایا :

- سرعت بالا
- شمع ها به عنوان دیوار حایل نیز عمل می کنند.



دیاگرام تفکیکی گزینه‌های منتخب اصلاح مسائل اجرایی و ژئوتکنیکی زمین طرح

### Sheet pile

- ۱- کوبش ورق های فلزی
- ۲- گود برداری مرحله اول
- ۳- مهار ورقهای فلزی
- ۴- گود برداری مرحله بعد

### مزایای سپرکوبی

- ▶ سرعت عملیات اجرایی بسیار بالا است
- ▶ ایمنی کار بسیار زیاد است
- ▶ برای عرضهای کم مناسب است.

### معایب سپرکوبی

- ▶ به دستگاه سپرکوب نیاز است
- ▶ به نیروی متخصص نیاز است
- ▶ دستگاه سپرکوب نیاز به فضای کافی برای کار دارد.

### مزایای روش دوخت به پشت

- ▶ بهبود مشخصات مکانیکی خاک بر اثر تزریق بتن و پیش تنیدگی خاک
- ▶ جاگیر نبودن سازه نگهبان در داخل گود
- ▶ استفاده از خاک موجود برای مهار دیواره گود

### معایب روش دوخت به پشت

- ▶ تجاوز به حریم ملک مجاور
- ▶ به دلیل اجرای مرحله به مرحله زمان بر است
- ▶ در احجام کوچک هزینه زیاد است
- ▶ به دستگاههای مخصوص احتیاج است
- ▶ دانش فنی خاص مورد نیاز است

### **مزایای دیواره دیافراگمی**

- ▶ سرعت بسیار بالا
- ▶ ایمنی بسیار زیاد ( بیشتر از ماشین آلات استفاده میشود و کسی داخل گود نیست)
- ▶ هم سازه نگهبان است و هم پس از اتمام گودبرداری نقش دیوار حائل دارد.
- ▶ برای حفاریها و گودهای با ابعاد بزرگ و جبهه کاری وسیع مناسب است.

### **معایب دیواره دیافراگمی**

- ▶ در احجام کوچک مقرون به صرفه نیست
- ▶ به فضای زیاد برای کار دستگاهها نیاز است
- ▶ به دستگاههای ویژه حفاری نیاز است
- ▶ نیروهای متخصص لازم دارد

### **موارد استفاده از سپر ها:**

- ▶ سد های فراز بند
- ▶ آب بندی ساینده های حفاری
- ▶ دیواره های ساحلی
- ▶ دیواره های موج گیر
- ▶ ترانشه ها و تونل ها
- ▶ دیوارهای محصور کننده در خاکهای آلوده صنعتی

### **عوامل موثر در انتخاب نوع، شکل و مقطع شمع ها**

- ▶ نوع خاک
- ▶ شرایط آب زیر زمینی
- ▶ عمق نفوذ
- ▶ مقاومت در برابر خمش و نیروهای جانبی
- ▶ مقاومت در حین کوبش
- ▶ وجود یا عدم وجود مهار جانبی

- ▶ عوامل موثر در طراحی شمع های درجا
- ▶ مدت زمان و هزیه پروژه
- ▶ دسترسی به تجهیزات لازم
- ▶ نوع کاربری شمع

#### مراحل طراحی شمع های سپری

- ▶ رسم دیاگرام فشار جانبی خاک و آب
- ▶ محاسبه گشتاور خمشی
- ▶ انتخاب مقطع مناسب
- ▶ محاسبه و کنترل لغزش و واژگونی
- ▶ طراحی مهار ها و قید های فشاری برای دیوارهای مهار بندی شده

#### مزایای استفاده از سپر ها

- ▶ فضای زیادی برای نصب آنها نیاز نیست.
- ▶ استفاده مجدد از آنها امکان پذیر است.
- ▶ انواع مختلف آنها موجود است.
- ▶ توپوگرافی و عمق آب زیر زمینی تاثیر کمی بر آنها دارد.
- ▶ نصب آنها نیازی به تسطیح و آماده سازی زمین ندارد.

#### مراجع

- ۱- اصول و مبانی گود برداری و سازه های نگهبان ، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان
- ۲- امیرحسین سرمد نهري، محسن کاردان، اصول و مبانی گود برداری و سازه های نگهبان
- ۳- رضا عبداللهی ، روشهای اجرای گود برداری و سازه های نگهبان
- ۴- پرویز پارسى راد، سازه های نگهبان و گودهای ساختمانی
- ۵- مبحث هفتم پی و پی سازی ، مقررات ملی ساختمان ۱۳۸۸
- ۶- راهنمای انجام مطالعات و طراحی ژئوتکنیکی صنعت نفت در منطقه ویژه پارس جنوبی نشریه شماره ۳۷ معاونت امور مهندسی و فناوری وزارت نفت جمهوری اسلامی ایران ۱۳۸۴
- ۷- ایمان الیاسیان، مهار گود برداری، شیروانی و حفر تونل سایت ایران سازه
- ۸- ایمان الیاسیان، تکنیکهای بهسازی و مقاوم سازی سازه ها، انتشارات سازمان عمران ۱۳۸۹
- ۹- ایمان الیاسیان، کاربردهای ژئوسنتتیکها، سایت ایران سازه
- ۱۰- ایمان الیاسیان ، کاربرد ترکیب ژئوممبران و ژئو تکستایل در ایزولاسیون مخازن بتنی سایت همکلاسی

۱۱-ایمان الیاسیان، تقویت تونل به عنوان سازه های مقاوم در برابر انفجار ، مجله عمران ومقاوم سازی، سایت ایران سازه

۱۲-ایمان الیاسیان، راهکارهای مقاوم سازی و بهسازی خاک و فونداسیون ، سایت Saze808

حسین میسمی ، ایمان الیاسیان، کاربرد سازه های توری سنگی در مهندسی رودخانه،سایت ایران سازه

۱۳-ایمان الیاسیان، راههای مقابله با زمین لغزش،سایت ایران سازه

۱۴-حسین میسمی، روشهای گودبرداری، انتشارات سازمان عمران، انجمن ملی مقاوم سازی1388

۱۵-محمود قضاوی، جزوه گودبرداری مهندسی جهت آزمون ارتقای نظام مهندسی استان اصفهان، اسفند

۱۳۸۶ ۱۶- حسین میسمی، سعیده سعیدی-محسن کالوندی اصول مهندسی گودبرداری، نشر وامور فنی

مرکز ملی مقاوم سازی ایران،۱۳۸۸

۱۷-ایمان الیاسیان،حسین میسمی، آسیبها و خطرات ژئوتکنیکی با رویکرد مدیریت بحران و پدافند

غیرعامل،۳۰ مهر و ۱ آبان ۱۳۹۲ اولین کنفرانس ملی مهندس ژئوتکنیک ایران،دانشگاه محقق اردبیلی

ماهنامه فنی-تخصصی سازمان نظام مهندسی ساختمان استان اصفهان-شماره ۲۱۹ تا ۲۲۰ مرداد و

شهریور۱۳۹۲ ویژه نامه گودبرداری

Deep Excavation Theory and practice, Chang-Yu Ou

Deep Excavation a practical manual

Hans-Georg Kemfert, Berhane Gebreselassie, Excavations and Foundations in soft soils, Springer publication,2006

Soil Nailing Recommendation (1991), French National Research Project CLOUTERRE, France.

Ir.Liew Shaw Shong(2005), Soil Nailing For Slope Strengthening, Geotechnical Engineering.

International Building Code (2003).

Malcolm Puller (2003), Deep Excavations Practical Manual, 2nd Editions, Thomas Telford Limited.

Principles of Geotechnical Engineering, Forth Edition, Braja M.DAS (1998).