

مهاربندی به روش نیلینگ (Soil nailing) و سیستم های حفاظت جانبی گودبرداری

یکی از مهمترین مشکلات و دغدغه های موجود در رشته **مهندسی عمران**، احداث سازه ها، حفاظت از گودبرداری و ساختمان های موجود در مجاورت آن می باشد و در صورت عدم رعایت روش های مناسب به منظور حفاظت گودها و همچنین شیب های در حال احداث، منجر به خسارت جبران ناپذیری خواهد گردید و مخاطرات بوجود آمده ناشی از نشست های احتمالی و تقلیل ظرفیت باربری و تغییر مکان های جانبی موجب ایجاد ترک در سازه های مجاور گود خواهد شد.

به منظور جلوگیری از موارد ذکر شده لازمست از قبل از شروع عملیات گودبرداری از روش های نگهداری و مهار بندی جانبی استفاده شود تا در محیطی پایدار و ایمن بتوان عملیات را ادامه داد. در این راستا سیستم های حفاظت جانبی بطور کلی شامل موارد زیر تقسیم بندی می شوند:

جداره های مهاربندی شده توسط المان های افقی و مایل (struts Braced wall using wale)

جداره های مهاربندی شده توسط المان های کششی (lagging & Soldier beam)

جداره های مهاربندی شده توسط سپر کوبی (Braced sheet pile)

جداره های مهاربندی شده توسط شمع های درجا (Bored pile walls)

جداره های مهار بندی شده توسط دیوار دیافراگمی (Diaphragm walls-Slurry wall)

جداره های مهاربندی شده توسط نیلینگ (Soil nailing)

روش های متداول مهار بندی گود

مهار بندی جداره ها توسط المان های پشت بندهای افقی و مایل (struts Braced wall using wale)

این روش ساده برای نگهداری و حفاظت جداره های حاصل از گودبرداری و برای جلوگیری از تغییر مکان های جانبی در گودهایی با عرض کم در محیط های شهری استفاده می شود از معایب این روش اتلاف قابل توجهی از فضای کاری داخل گود و محدودیت در بکارگیری ماشین آلات و تجهیزات مورد نیاز و همچنین افزایش ریسک برخورد با المان ها و به مخاطره انداختن آنها می باشد.



مهاربندی توسط المان های کششی (lagging & Soldier beam)

از این روش بعنوان روش متداول در پایدار سازی موقت گود در مناطق شهری استفاده می گردد. در این روش از پروفیل های معمول فولادی بصورت ستونهای پیوسته که درون خاک فرو برده می شوند استفاده می گردد که تا عمق کف گود اجرا خواهند شد. فاصله بین المان ها بین ۲ الی ۴ متر می باشد بطوریکه بتوان فضای بین آنها را با الوارهای چوبی (لارده چینی) پر نمود. در این روش از مهارهای کششی به منظور حفاظت جانبی گود استفاده می شود و اتصال ما بین ستونها توسط میل مهارها و جوشکاری انجام می شود.



مهاربندی توسط سپر کوبی (Braced sheet pile)

در این روش صفحات فلزی Sheet pile داخل خاک و جداره گود توسط چکش پنوماتیک و با استفاده از لرزش کوبیده می شوند و با انواع اتصالات بین خود به یکدیگر متصل شده و یک جداره پیوسته را تشکیل می دهند از مزایای این روش راحتی در کوبیدن - نصب و بیرون کشیدن آنها به دیگر روش ها برتری داشته و مصالح آن مجددا قابل استفاده در پروژه های دیگر می باشد، همچنین در این روش به المانهای افقی و مایل کمتری نیاز می باشد.

بنابراین محدودیت های اشغال فضای داخل گود کمتر وجود دارد. لیکن از جمله معایب این روش وابستگی به نصب سپرهای فلزی می باشند که در محیط های شهری بدلیل وجود تاسیسات زیربنایی شهری و ایجاد لرزش و صدای ناشی از کوبش سپرها محدودیت هایی را بوجود می آورد. همچنین کوبیدن سپرها در زمین های سنگی و یا خاک های بسیار متراکم به سختی انجام پذیر است و در زمین های با شرایط بالا با محدودیت مواجهه می گردد.



مهار بندی توسط شمع های درجا (Bored pile walls)

یکی از روشهای متداول در پایداری و حفاظت جداره ها با شرایط متنوع اعم از زمین سخت و سست و نرم استفاده از شمع های درجا می باشد و در برخی موارد علاوه بر ایفای نقش حفاظت جانبی نقش آب بندی را نیز انجام می دهد و همواره در صورت نیاز بار قائم نیز تحمل می کند. مهار بندی جداره ها توسط شمع های درجا در موارد زیر بعنوان گزینه برتر برای سیستم های حفاظت جانبی گود مطرح می باشند:

- در مواردیکه امکان اجرای سپر فولادی (کوبیدن و نصب) وجود ندارد و یا سختی و تراکم زمین بیش از حد توان سپر کوبی و با دشواری زیادی مواجهه می باشد.
- در شرایطی که بدلیل وجود آبهای زیر زمینی و بالا بودن سطح آن نیاز به آب بند بودن جداره می باشد.
- در مواردیکه امکان ایجاد مهارهای جانبی (کششی) در زیر ساختمان های مجاور ناشی از گودبرداری وجود ندارد و یا در تلاقی با تاسیسات زیر بنایی شهری و مستحذات زیرزمینی (تونل) باشد.
- در مواقعیکه امکان استفاده از سیستم حفاظت گود بعنوان بخشی از سازه اصلی و باربری وجود داشته باشد.



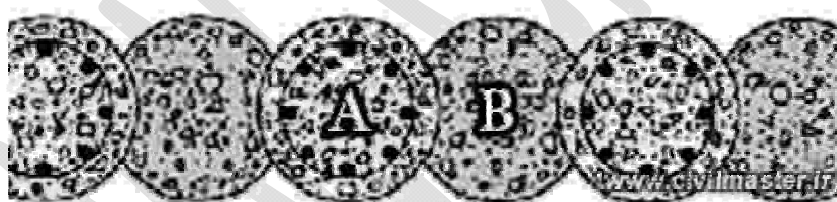
روشهای مختلف برای اجرای تکنیک های شمع های درجا ریز وجود دارد و متداولترین آنها عبارتند از:

الف) اجرای دیوار محافظت پیوسته (آب بند)

ب) اجرای دیوار محافظت ناپیوسته

الف) اجرای دیوار محافظت پیوسته (آب بند)

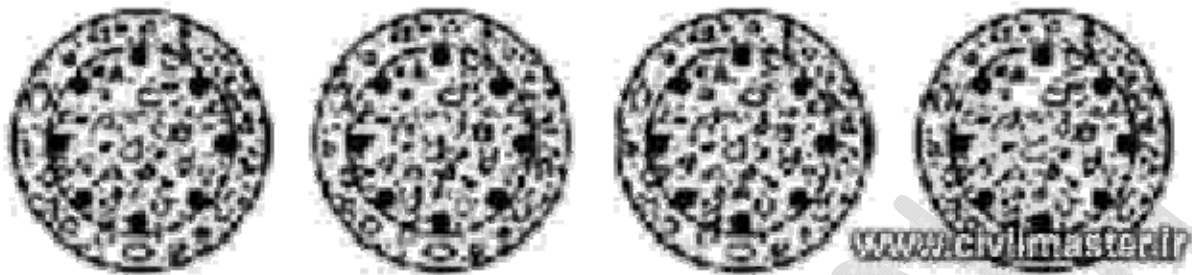
در این روش ابتدا شمع هایی با بتن پلاستیک یک در میان حفاری و اجرا می گردد و سپس با رعایت هم پوشانی شمع های اصلی و سازه ای با رعایت احداث جداره زنجیره ای و پیوسته اجرا می گردد.



ب) اجرای دیوار محافظت ناپیوسته

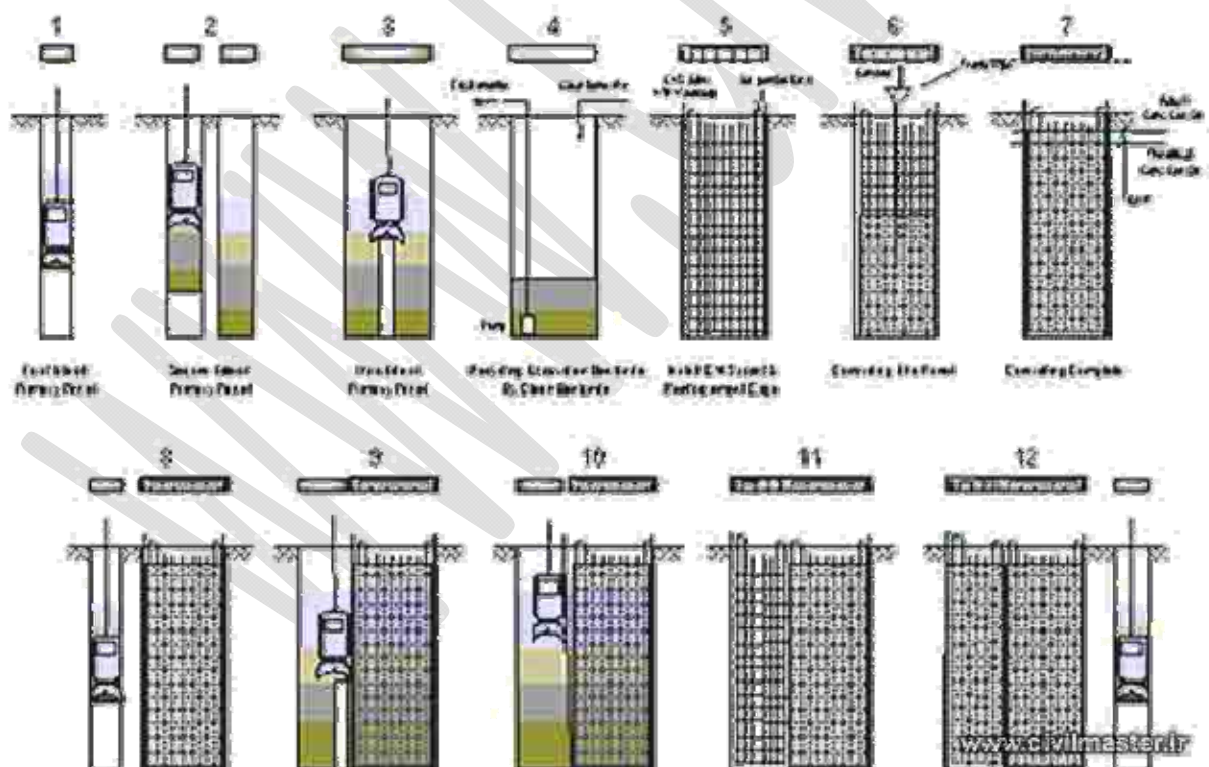
در مواردیکه توده خاک و سنگ دارای چسبندگی زیاد بوده و سطح آبهای زیر پایین بوده می توان از شمع های درجا ریز ناپیوسته و با فاصله استفاده نمود. در این روش بدلیل چسبندگی بین دانه ها خاک بین شمع ها با وجود پدیده قوس خوردگی پایداری جانبی وجود دارد. با در نظر گرفتن شرایط و پارامترهای ژئوتکنیکی خاک معمولا حداکثر فاصله محور تا محور شمع های اصلی ۲ برابر قطر شمع ها می باشد همچنین در این روش پایداری در برابر نیروهای جانبی نیز مدنظر قرار می گیرد این روش در پایداری های کوتاه مدت کارایی داشته و در اثر مرور زمین احتمال هوازدگی بین شمع ها وجود دارد و در دراز مدت نیز تغییر مشخصات خاک و برخی از پارامترهای آن

مانند از دست دادن آب و یا حالت اشباع پیدا نمودن آن باعث ریزش خاک بین شمع ها شده و برای جلوگیری از آن می توان از بتن پاشی (شاتکریت) و با بستن مش پوشش لازم را جهت پایداری ایجاد نمود.



مهار بندی توسط دیوار دیافراگمی (Diaphragm walls-Slurry wall)

یکی دیگر از روشهای محافظت از جداره گود احداث دیوار دیافراگمی و یا دیوار دوغابی Slurry Wall می باشد. در این روش ابتدا توسط دستگاههای گراب متناسب با شرایط زمین حفاری قسمتی از دیوار انجام می شود و همزمان با حفاری جهت پایداری جداره دیواره حفاری شده و جلوگیری از ریزشهای موضعی از دوغاب بنتونیت استفاده می شود تشکیل کیک بنتونیت در داخل دیواره حفاری شده و نفوذ در لایه های دانه ای جداره باعث می گردد جداره همواره پایدار بماند و سپس بلافاصله پس از رسیدن به عمق مورد نظر آرماتور گذاری شده و در نهایت بتن ریزی می گردد. این روش در زیر هسته سدهای خاکی نیز کاربرد بسیار دارد و از هرگونه نشتی را جلوگیری می نماید. استفاده از این تکنیک در مناطق شهری نیز با محدودیت های نظیر استفاده از روش مهار بندی افقی و مایل و المانهای کششی دارا می باشد.



جداره های مهاربندی شده توسط نیلینگ (Soil nailing)

این روش از حدود سه دهه اخیر آغاز شده و تاکنون نیز بعنوان یک تکنیک برای پایداری ترانشه ها و حفاظت گود با انعطاف پذیری بالا استفاده می گردد.



روش اجرای نیلینگ (nailing)

تئوری استفاده از روش نیلینگ بر مبنای مسلح کردن و مقاوم نمودن توده خاک با استفاده از دوختن توده خاک توسط مهارهای کششی فولادی Nail با فواصل نزدیک به یکدیگر می باشد. استفاده از این روش موجب :

۱- افزایش مقاومت برشی توده خاک می گردد.

۲- محدود نمودن و تحت کنترل در آوردن تغییر مکانهای خاک در اثر افزایش مقاومت برشی در سطح لغزش Slid بدلیل افزایش نیروی قائم می شود.

۳- باعث کاهش نیروی لغزش در سطح گسیختگی و لغزشی می شود.

باید توجه داشت کلیه سطوح ترانشه های حفاری شده که توسط نیلینگ بایستی مسلح شوند با استفاده از شبکه مش و شاتکریت ابتدا حفاظت شده و سپس سیستم نیلینگ روی آنها اجرا می شوند.

کاربرد نیلینگ در پروژه های عمرانی

۱- پایداری ترانسه ها در احداث بزرگراه ها و راه آهن ها.

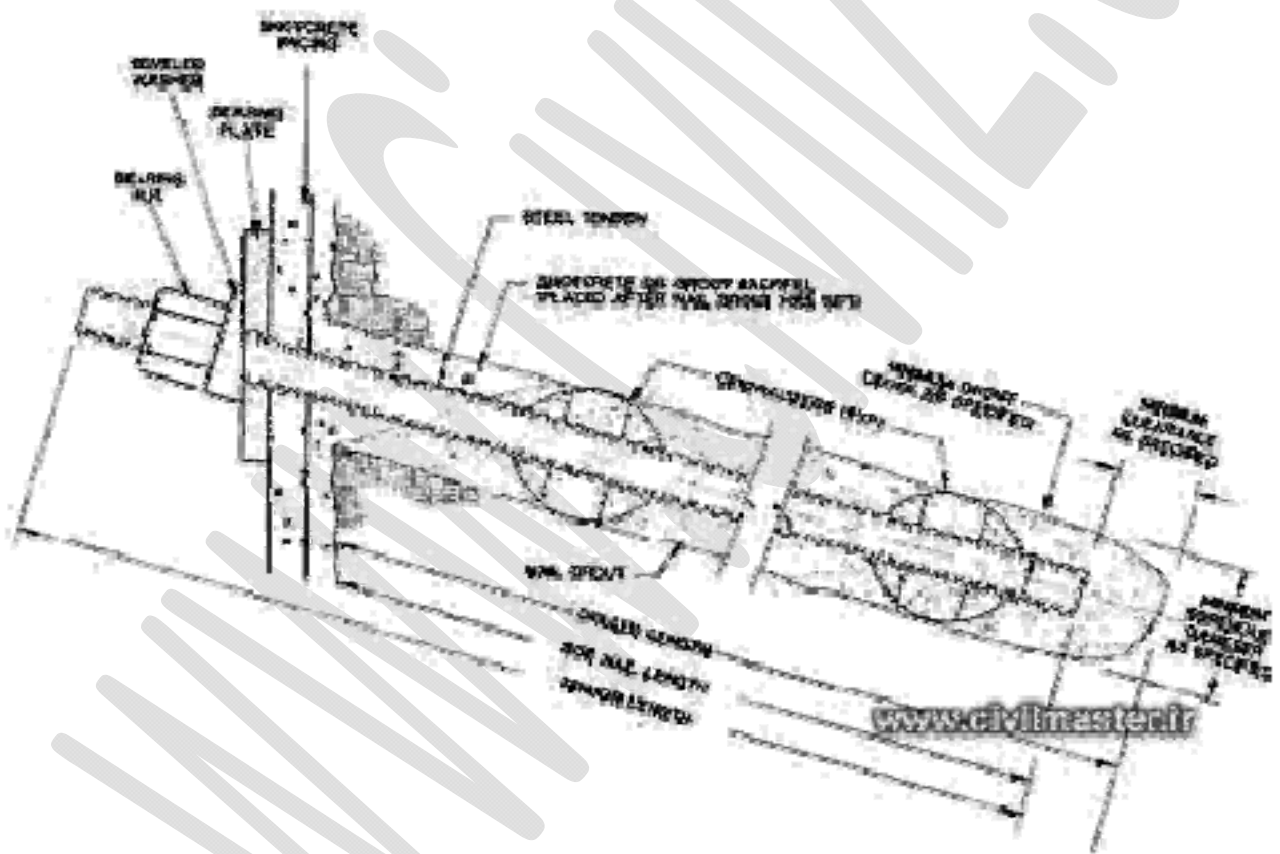
۲- پایداری جداره تونلها وسازه های زیر زمینی.

۳- پایدار سازی و حفاظت گود در سازه های مناطق شهری، ساختمانهای مجاور گود، ایستگاه های زیر زمینی مترو و...

۴- پایدار سازی کوله های مجاور پل ها در زمین های سست و ریزشی.

مهار کششی نیلینگ معمولاً از آرماتورهای فولادی با قطر ۲۰ الی ۴۰ میلیمتر و با حد تسلیم ۴۲۰ الی ۵۰۰ نیوتن بر میلیمتر مربع استفاده می شوند که درون یک چال حفاری شده با قطر ۷۶ الی ۱۵۰ میلیمتر قرار گرفته و دور آن درون چال تزریق می گردد. فواصل بین مهارهای کششی در حدود ۱ الی ۲ متر می باشد و طول آنها نیز در حدود ۷۰ الی ۱۰۰ درصد ارتفاع گود می باشد و حداقل شیب نسبت به افق حدوداً ۱۵ درجه می باشد.

باید توجه داشت که رویه شاتکریت شده روی ترانسه های حفاری شده نقش سازه ای نداشته اما می توان جهت اطمینان برای پایداری موقت خاک بین مهارها استفاده نمود.



مراحل اجرای سیستم نیلینگ (nailing)

مطابق با شکل مراحل اجرای نیلینگ بصورت شماتیک نشان داده شده است.

۱- گودبرداری در مرحله اول ترانشه و پا گود و ایجاد پله بعدی عملیات.

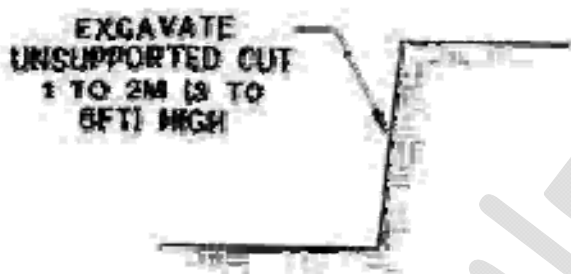
۲- حفاری چال جهت نصب مهار کششی Nail.

۳- قراردادن آرماتور داخل چال و تزریق چال.

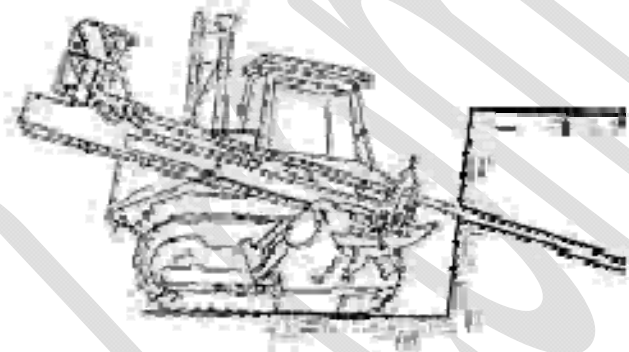
۴- اجرای سیستم زهکشی و اجرای شاتکریت جداره و نصب ضخامت فولادی.

۵- گودبرداری مرحله بعدی ترانشه و یا گود و ایجاد پله های بعدی علمیات.

۶- اجرای پوشش شاتکریت نهایی پس از اتمام آخرین مرحله حفاری.



STEP 1. EXCAVATE SMALL CUT



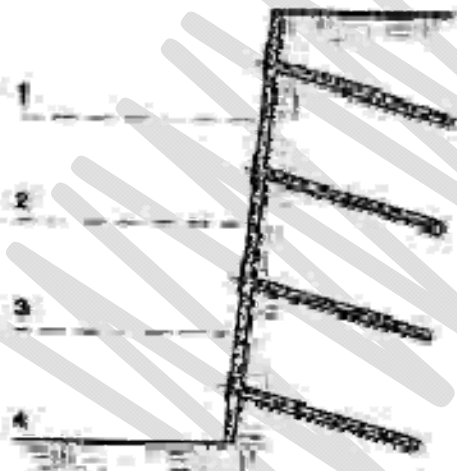
STEP 2. DRILL HOLE FOR NAIL



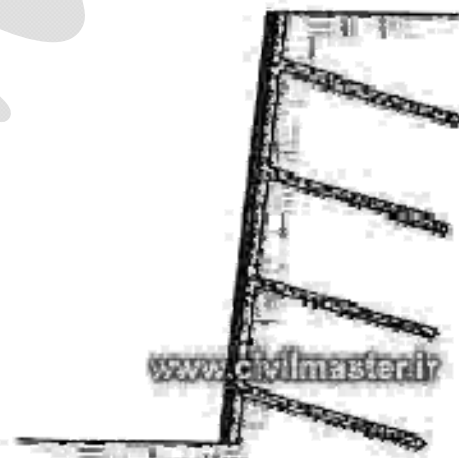
STEP 3. INSTALL AND GROUT NAIL



STEP 4. PLACE DRAINAGE STRIPS, INITIAL SHOTCRETE LAYER & INSTALL BEARING PLATES/NUTS



STEP 5. REPEAT PROCESS TO FINAL GRADE



STEP 6. PLACE FINAL FACING (on PERMANENT WALLS)

اصول طراحی نیلینگ (nailing)

مراحل طراحی سیستم نیلینگ مطابق زیر است:

- هندسه سازه مشخص گردد.
- عمق و زاویه شیب خاکبرداری مشخص گردد.
- بارگذاری و سربار بارهای وارده به Nail و موقعیت سطح افزایش تخمین زده شود.
- انتخاب نوع آرماتور شامل: سطح مقطع، طول و فاصله از یکدیگر و در هر تراز مقاومت موضعی آنها تضمین گردد تا مقاومت از نظر استحکام و ظرفیت چسبندگی برای تحمل نیروها تخمین زده شده و با ضریب اطمینان مناسب و قابل قبول کنترل شوند.
- پایداری کل سازه نگهدارنده و خاک اطراف آن در زمان حفاری گود و ایجاد پله های حفاری و بررسی و کنترل ضریب اطمینان قابل قبول.

• تخمین نیروهای وارده بر صفحه فولادی Bearing plate

- در نظر گرفتن سطح پیژومتریک آبهای زیر زمینی و لحاظ نمودن سیستم زهکش

نتیجه گیری

استفاده از روش نیلینگ بعنوان یک سیستم حفاظت جداره ترانشه و گود در مناطق شهری و فضاهای محدود بسیار کارا بوده و بدلیل امکان همزمانی اجرا در چند جبهه کاری از سرعت خوبی برخوردار می باشد و با توجه به درجه پایداری امکان اجرای گود قائم وجود داشته و همچنین در انواع شرایط خاک، اجرای آن امکان پذیر می باشد که مهمترین ویژگی این روش محسوب می شود و برای سازه های زیر زمینی بخصوص در فضای های محدود شهری مانند ایستگاه های مترو مناسب می باشد.