

خاکهای مناسب، نامناسب و حد وسط جهت

اجرای عملیات نیلینگ (میخ کوبی)

خاکهای مناسب برای اجرای نیلینگ:

- خاکهای ریزدانه سخت تا مقاوم:

خاکهای ریزدانه (یا چسبنده) ممکن است شامل رسهای سخت تا مقاوم، سیلت های رسدار، رس های لای دار، رس های ماسه دار، لای های ماسه دار و ترکیبی از آنها باشد. اینگونه خاکهای ریزدانه بطور تجربی می تواند شامل خاکهای سفت باشد که عدد SPT-N آنها حداقل ۹ ضربه به ازای ۳۰۰ میلیمتر است با این حال برای تعیین مشخصات استقامتی خاکهای ریزدانه، نباید منحصرأ به مقادیر SPT-N تکیه شود، در عوض مشخصات استقامتی (مقاومت برشی) باید بوسیله دیگر آزمایش های محلی یا آزمایشگاهی تهیه شود. برای به حداقل رساندن جابجایی های افقی درازمدت دیوارهای میخکوبی شده، خاکهای ریزدانه باید خاصیت خمیری نسبتاً کمی داشته باشند (به عنوان مثال $PI < 15$)

- خاکهای دانه ای متراکم تا خیلی متراکم با مقداری چسبندگی کم و ظاهری:

اینگونه خاکها شامل ماسه و شن می باشند و اعداد SPT-N بزرگتر از ۳۰ را نتیجه می دهند و با مقداری ریزدانه (معمولاً نه بیشتر از ۱۰ تا ۵۱ درصد) یا با سیمان طبیعی برای تامین چسبندگی همراه هستند. نیروهای موئینگی در ماسه های ریز ممکن است یک چسبندگی ظاهری ایجاد نماید؛ در کل، چسبندگی ظاهری برای این خاکها باید بزرگتر از ۵ کیلو پاسکال باشد تا زمان خودپایداری معقولی را تضمین نماید. برای جلوگیری از قطع شدید نیروهای موئینگی و بواسطه آن کاهش در چسبندگی ظاهری، لازم است جریان آب به سمت سطح گودبرداری به حداقل برسد که این عمل می تواند از طریق هدایت آبهای سطحی به خارج از سینه کار انجام شود.

- سنگ هوازده بدون هیچگونه سطوح شکست و صفحات ضعیف :

سنگ هوازده به شرطی می تواند یک تکیه گاه مناسب برای میخ ها تامین نماید که سطوح شکست در جهت های نامطلوب غالب نباشد. اگر درجه هوازده در کل سنگ تقریباً یکنواخت باشد، در این حالت تنها یک روش حفاری و نصب کافی خواهد بود که این امری مطلوب است. برعکس، تغییرات زیاد در هوازده سنگ در یک سایت ممکن است تیم مجری را مجبور به تعویض تجهیزات حفاری و یا تغییر روشهای نصب نماید و بواسطه آن اجرای نیلینگ را پرهزینه سازد.

- رسوبات یخچالی :

اینگونه خاکها معمولاً برای کاربرد نیلینگ مناسب هستند؛ بدلیل آنکه معمولاً متراکم، خوب دانه بندی شده یا با مقدار محدودی ریزدانه همراه هستند.

خاکهای نامناسب و مشکل ساز اجرای نیلینگ :

موارد نامناسب و شرایط دشوار زمین جهت میخکوبی خاک عبارتند از:

- خاکهای غیر چسبنده بدانه بندی شده خشک:

خاکهای بدون چسبندگی کاملاً خشک بوده و فاقد ریزدانه چسبنده یا سیمان طبیعی هستند که اصطلاحاً به آنها خاکهای ریزشی گفته میشود. بنابراین دسترسی به گودبرداریهای عمودی یا نزدیک به قائم بسیار دشوار است.

- وجود آب زیرزمینی زیاد :

وجود آب زیرزمینی در پشت دیوار میخکوبی شده، ضرورت استفاده از سیستم زهکشی را ایجاد میکند. علاوه بر این میزان آب زیرزمینی زیاد موجب فروپاشی زودرس چالهای حفر شده میگردد (به خصوص در خاکهای با دانه بندی ضعیف) لذا هزینه نصب میخها بسیار گران تمام خواهد شد. همچنین تراوش زیاد آب زیرزمینی از جبهه کار ممکن است باعث مشکلات اساسی در استفاده از شاتکریت گردد.

- خاکهای دارای تخته سنگ و قلوه سنگ :

وجود مقدار زیاد تخته سنگ و قلوه سنگ در خاک ممکن است موجب افزایش مشکلات حفاری و در نتیجه افزایش هزینه های ساخت و زمان اجرا گردد. هنگامی که در محیط خاکی مقدار تخته سنگ و قلوه سنگ کم باشد، تغییر مکان چالزنی از محلی به محل دیگر کمتر صورت گرفته و مشکلات کمتری را در پی خواهد داشت.

- خاکهای ریزدانه نرم تا خیلی نرم :

این نوع خاکها معمولاً SPT کمتر از 4 داشته و برای بکارگیری روش میخکوبی نامناسب هستند؛ زیرا دوغاب تزریق شده مقاومت چسبندگی ضعیفی با خاک ایجاد میکند و بنابراین لازم است جهت رسیدن به مقاومت مورد نیاز، طولهای بلندتری از میخها مور استفاده قرار گیرد. در رسهای با درجه پلاستیک بالا، جابجاییهای وابسته به زمان (خزش) از اهمیت زیاد برخوردار است. پدیده خزش در کاربردهای موقت اهمیت کمتری دارد، ولی برای سازههای دائمی مشکل افزین است. به کارگیری و اجرای هرگونه سازه نگهدارنده در عملیات گودبرداری در خاکهای ریزدانه و نرم، دارای پتانسیل ناپایداری زیادی در کف گود میباشد. علاوه بر این، خاکهای با درجه ی بالای پلاستیسیته ممکن است فروپاشیده شده و یا ممکن است در نتیجه تورم و آماس، در سطح حفاری فشار نقطه ای اضافی ایجاد نماید.

- خاکهای آلی :

برخی از خاکهای آلی مانند گلهای آلی، رسهای آلی و ذغال سنگها معمولاً مقاومت برشی بسیار کمی داشته و در نتیجه مقاومت چسبندگی آنها نیز ضعیف است تا آنجه که اجرای نیلینگ در اینگونه خاکها غیراقتصادی خواهد بود (بدلیل لزوم استفاده از آرماتورهای بلند) برخی از خاکهای آلی مقاومتهای قابل قبولی دارند و برخی دیگر از آنها مانند ذغال فیبری ممکن است به شدن ناهمگن و ناهمسان باشند. در این موارد، باوجود اینکه مقاومت برشی خاک میتواند در برخی از امتدادها منطقی و قابل قبول باشد، ولی ممکن است در جهات دیگر مقدار آن کم باشد. وجود جهات نامطلوب ممکن است تأثیر سوءیی در پایداری دیوار داشته و آرماتورهای بلند مورد نیاز باشد. علاوه بر این، روند فرسایش خاکهای آلی نسبت به خاکهای غیرآلی، بیشتر است.

- خاکهای خورنده (خاکستر، سربار) یا آب زیرزمینی اسیدی :

در این شرایط ممکن است استفاده از یک سیستم حفاظتی گرانقیمت مورد نیاز باشد که به طور قطع بزرگترین عیب استفاده از روش نیلینگ در این شرایط خواهد بود.

- سنگهای هوازده و دارای صفحات ضعیف و آهکی :

سنگهای هوازده به همراه صفحات نامناسب نظیر درزه ها، شکستگیها، بریدگیها، گسلها، چینها، شیستهای متورق و شکافتگی مکن است در چالزنی و پایداری چال تأثیر گذاشته و مشکلاتی برای تزریق ایجاد نماید . علاوه بر این، وجود این ناپیوستگیها پتانسیلی برای تشکیل بلوکهای ناپایدار در توده سنگ شده که در حین حفاری خطرانی را در پی خواهد داشت . ناپایداری بلوکهای مرزی ممکن است در نتیجه وجود عواملی نظیر بریدگی در درزه های فشارهای هیدرواستاتیک جانبی و رو به بالا و نیروهای منفذی تشدید گردد . همچنین ممکن است تأمین پایداری تک تک بلوکها لازم باشد که در مقایسه با اجرای معمول نیلینگ، غیراقتصادی خواهد شد . علاوه بر این، تزریق در سنگهای حفره دار و درزه های باز شده بسیار دشوار بوده و در نتیجه فرار دوغاب، موجب پرهزینه شدن اجرای نیلینگ میشود.

- گل و لای رسی :

گل و لای هنگامی که خشک هستند مقاومت قابل قبولی دارند و اجرای نیلینگ در آنها اقتصادی میباشد . اما هنگامی که میزان قابل توجهی آب به پشت دیواره نفوذ کند، سازه ممکن است در اثر کاهش مقاومت برشی، فروپاشیده شده و مقاومت آن از بین برود . بنابراین احتمال فروپاشی در شرایط مرطوب این گونه خاکها باید مدنظر قرار گیرد . برای جلوگیری از تجمع آب در محدوده دیوار میخکوبی شده باید اقدامات پیشگیرانه مناسبی صورت گیرد تا از فروپاشی گل و لای خشک شده جلوگیری شود . علاوه بر این در شرایط مرطوب، به آرماتورهای بلندتری جهت تأمین چسبندگی مورد نیاز خواهد بود که موجب غیراقتصادی شدن این روش میگردد . از طرف دیگر نیاز به تزریق مجدد در گلهای رسی جهت افزایش مقاومت چسبندگی نیز بر میزان هزینه ها خواهد افزود.

علاوه بر مطالب فوق، به هنگام مطالعات فنی و اقتصادی، جنبه های دیگری از خاک نیز باید مدنظر قرار گیرد که عبارتند از:

- سرمای طولانی مدت و دمای زیر صفر که ممکن است موجب تشکیل بلور یخ در خاکهای دانه ای و گلهای اشباع گردد و در نتیجه فشار مضاعف بر دیوارهای حایل موقت و دائمی وارد شود.
- تکرار دوره های یخبندان که موجب کاهش مقاومت چسبندگی سطح اشتراک خاک و دوغاب و همچنین بین خاک و شاتکریت میگردد. برای کم کردن تأثیرات مخرب، حفاظت مناسبی جهت جلوگیری از تشکیل بلورهای یخ باید صورت گیرد و ترکیب مناسبی از شاتکریت استفاده گردد.
- خاکهای دانه ای شل و خیلی شل در مناطق لرزه خیز ممکن است دچار روانگرایی شوند. تکنیکهای بهسازی مختلفی برای متراکم نمودن خاکهای دانه ای وجود دارد که میتواند از این اثرات جلوگیری نماید.
- خاکهای دانه ای خیلی شل $SPT < 4$ و شل $SPT > 4$, $SPT < 10$ ممکن است در نتیجه لرزش حاصل از عبور وسایل نقلیه و تجهیزات ساخت، دستخوش نشست مضاعف گردند.

شرایط و خاکهای متوسط برای اجرای نیلینگ:

وضعیت بینابینی نیز نسبت شرایطی که توضیح داده شد وجود دارد. اگرچه داشتن شرایط ایده‌آل خوب است، اما در شرایط کمی نامطلوب هم اجرای روش نیلینگ نتایج رضایت بخشی (چه از نظر مهندسی و چه از نظر اقتصادی) داده است.

مواردی از این شرایط متوسط عبارتند از:

- مصالح خاکریزهای مهندسی: میخکوبی در خاکریز میتواند انجام شود، به شرط آنکه مواد دانه‌ای بکار رفته در مخلوط، از دانه بندی خوبی برخوردار بوده (حدود ۹۰ درصد مخلوط) و خاک ریزدانه (زیر ۱۰ درصد) خاصیت پلاستیکی کمی داشته باشد $PI < 5$

- خاکهای رسوبی: خاکهای رسوبی (نظیر خاکهای برجا مانده از تخته سنگ هوازده) ممکن است محیط مناسبی برای اجرای روش میخکوبی باشد. همچنین، خاک سرخ، نوعی خاک هوازده منطقه استوایی، نیز ممکن است برای اجرای این روش قابل قبول باشد. در این موارد ملاحظات ویژه ای جهت تغییرپذیری حجمی و قابلیت زهکشی خاک باید صورت گیرد.

*** نکته ای مهمی که اینجا مطرح میشود بحث مقاومت اصطکاکی جداره است. فرض کنید شما برای یک گود آمدید و طبق یک الگویی از نیل استفاده کردید و نرم افزار به شما گفت که مثلا ۳۰ تن نیرو در نیل شما بر اثر تحلیل بوجود می آید. اینکه شما بیایید و بگید که خوب من از آرماتور با قطر مشخصی استفاده میکنم که این نیرو رو تحمل کنه کافی نیست. اینجاست که اثر نوع خاک نقش اصلی خودشو نشون میده. اون خاکی مناسبتره که بتونه مقاومت اصطکاکی جداره در برابر بیرون کشیدگی (pullout) رو با ضریب اطمینان بیشتری تحمل کنه؛ این پارامتر مقاومت اصطکاکی به قدری مهمه که قطر چال حفاری، طول حفاری و فواصل نیل ها رو کاملا تحت تاثیر قرار میده بنابراین اینجا دلیل اینکه چرا نباید از خاک دستی یا مساله دار استفاده کرد مشخص میشه، چون اینقدر پارامترهای مقاومت اصطکاکی جداره در این خاکها ضعیفه که شما مجبورید آنقدر فاصله چالها رو کم کنید یا آنقدر قطر چال رو زیاد کنید که عملا nail ها در کنار هم قرار گیرند. در این حالت است که در چنین خاکهایی برای اجرای گود از روشهای nailing و انکراژ به تنهایی و بدون مقاومسازی نباید استفاده کرد. راه حل دیگر در این خاکها روش top-down است

*** از طرفی خاک های مختلف هر کدوم در دو بخش اجرا و عملکرد مزایا و معایبی دارند. سهولت حفاری و صحت عملکرد فنی دو پارامتری است که همیشه مد نظر طراحانه. اما اصولا بر اساس تجربه طراحی بنده نقش چسبندگی خاک معمولا بیشتر از نقش اصطکاک خاک، به کار طراح میاد. چون پایداری کلی پیش از پایداری رو تا حد امکان افزایش میده... خاک های با چسبندگی و اصطکاک کم به صورت توام اما رس با OCR پایین هم خیلی خاک مطلوبی نیست.



گسیخته شدن دیوار میخکوبی شده در خاک بدون چسبندگی



گسیخته شدن دیوار میخکوبی شده در خاک رس نرم



وجود آب زیرزمینی در داخل گود و اشکال در روند اجرای پروژه

