Civil and Project Journal, 2022, 4(8), 48-59
https://doi.org/10.22034/CPJ.2023.383038.1176

Civil and Project Journal
http://www.cpjournals.com/

Research Article

Curbing the trench and fine soil under erosion using the nailing system Case study: Rudsar city

Rahman Sharifi[1*], Mohammad Niknami[2]

1*- Assistant Professor, Civil. Civil. Semnan Azad University. Semnan. Iran.
2- Graduated from Semnan Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Semnan Branch, Semnan, Iran

Received: 26 August 2022; Revised: 06 October 2022; Accepted: 07 November 2022; Published: 22 December 2022

Abstract

Nailing system did not work in Rudsar town ship and course of use the new methods for real choice of this subject for analyzing point of nailing for investigation of the Rudsar township mountain side. In this project by attention to geothecnic character have with “Mahab Ghods “ office, in investigation with using of USA Standards (FHWA), nailed slope systems on the clay with high plasticity (HC) by 10 meters height, with help of nails by 15 degree angle, with help of steel mesh dimension 20*20 cm (WWM 20*20 cm), with give portion from nail design. However at start with help of present tables in FHWA. The surface amount of nail section is 700 mm2, horizontal step is 1.5 m, vertical step is 0.75 m and safety factor (FS) is controlled and the end, analyzing by FLAC software. First amounts of design sorts by complete analyzing. The specification of soil tests is complete from particular weight, shear resistance and etc. groundwater level is controlled. The results have shown the positive and acceptable effects of the nailing method in different angles, the details of which are fully presented in paragraphs 1 to 9 of the conclusion section of this research.

Keywords:

Nailing, Slope Stabillity, Tranch, Fine Soil, SNW

Cite this article as: Sharifi, R. Niknami, M., (2022). Curbing the trench and fine soil under erosion using the nailing system Case study: Rudsar city. Civil and Project Journal, 4(8), 48-59. https://doi.org/10.22034/CPJ.2023.383038.1176

ISSN: 2676-511X / **Copyright:** © 2022 by the author.

Open Access: This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article’s Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article’s Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Journal’s Note: CPJ remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

*Corresponding author E-mail address: *r.sharifi@areeo.ac.ir*

نشریه عمران و پروژه، ۱۴۰۱، ۴(۸)، ۵۹-۴۸
https://doi.org/10.22034/CPJ.2023.383038.1176

نشریه عمران و پروژه
http://www.cpjournals.com/

مهار ترانشه وخاک ریز درحال فرسایش با استفاده از سیستم میخ کوبی (نیلینگ)

مطالعه موردی: شهرستان رودسر

رحمان شریفی[۱*]، محمد نیکنامی[۲]

۱*- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آزموش و ترویج کشاورزی (تات)، تهران، ایران

۲- دانش آموخته دانشکده فنی مهندسی سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان، سمنان، ایران

تاریخ دریافت: ۰۴ شهریور ۱۴۰۱؛ تاریخ بازنگری: ۱۴ مهر ۱۴۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۶ آبان ۱۴۰۱؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۰۱ دی ۱۴۰۱

چکیده

سیستم نیلینگ تا به حال در محدوده شهرستان رودسر اجرا نشده و نیز به جهت استفاده از روش های نوین دلیل اصلی انتخاب این موضوع جهت طراحی سیستم میخ کوبی(نیلینگ) برای ساخت گاه مناطق کوه پایه ای شهرستان رودسر بوده است. در این پروژه با توجه به مشخصات ژئوتکنیکی به دست آمده توسط شرکت " مهاب قدس "، در ساخت گاه، نیز با استفاده ازاستانداردروزایالات متحده آمریکا (FHWA)، سیستم میخ کوبی دیوارهای خاکی(نیلینگ = Nailing یا = Soil Nail Wall SNW) بر روی خاک رس با پلاستیسیته بالا(HC= High Plasticity Clay)، به ارتفاع ۱۰متر، به کمک میخ های با زاویه ۱۵۰ نسبت به افق، با کمک مش فولادی به ابعاد ۲۰*۲۰ سانتیمتر (WWM 20*20 cm) با بهره گیری از میلگردآجدارتعریف و طراحی گردید. به این صورت که ابتدا با کمک جداول موجوددرFHWA، مقادیرمساحت مقطع میل گردها (۷۰۰ mm2)، گام افقی (۱.۵ m)، گام قائم (۰.۷۵ m)، حاصل و سپس ضریب اطمینان (FS = Safety Factor) مربوطه کنترل گردید و در نهایت با استفاده از نرم افزار تحلیل و طراحی دیوار های خاکی میخ کوبی شده، FLAC-Slope v7.00، مقادیر اولیه طراحی به صورت کامل تحلیل و مورد ارزیابی قرارگرفت. مشخصات خاک شامل کلیه آزمایش های مربوط به وزن مخصوص، مقاومت برشی و تراز آب زیرزمینی پایین تر از ترازهای مورد بررسی بوده است. نتایج اثرات مثبت و قابل قبول روش نیلینگ را با در زوایای مختلف نشان داده است که جزئیات آن به طور کامل در بند ۱ تا ۹ بخش نتیجه گیری پژوهش حاضر آمده است.

کلمات کلیدی:

نیلینگ، میخ کوبی، پایداری شیب، ترانشه، خاک ریز، SNW

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: r.sharifi@areeo.ac.ir

۱- مقدمه

امروزه روش میخ کوبی گودبرداری ها وشیروانی های خاکی در بسیاری از نقاط دنیا به صورت گسترده به منظور افزایش پایداری مورد استفاده قرار می گیرد. یک دیواره میخ کوبی شده از سه بخش توده خاک مسلح، تسلیح کننده ها و نمای دیواره تشکیل شده است. تسلیح کننده ها باعث افزایش مقاومت و سختی توده خاک می گردند و هم چنین در برابر فشار ناشی از سربار و یا وزن توده خاک مقاومت می نمایند و به این صورت موجب پایداری گودبرداری ها یا شیروانی ها می گردند. با توجه به افزایش بیش از پیش جمعیت شهرها و هم چنین ارزشمند شدن زمین نیاز به گودبرداری های عمیق جهت ساخت طبقات زیرزمینی افزایش یافته است. ناپایداری احتمالی این گوبرداری ها یکی از خطرات تهدیدکننده در اجرای سازه ها می باشد. زیرا گودبرداری های غیرایمن و ناپایدار می توانند مشکلات جدی و فراوانی برای سازه های مجاور گودبرداری پدید آورند که چشم پوشی از آن ها باعث وارد آمدن خسارات جبران ناپذیری می گردد.روش های مناسب پایدارسازی دیوارهای گود با توجه به جنس خاک، ابعاد و عمق گودبرداری، موقعیت گود، شرایط بارگذاری اطراف محل گودبرداری، سطح آب زیرزمینی و دانش فنی و احساس مسئولیت مهندسان طراح و ناظر به حقوق عمومی و سلامت دیگران قابل مطالعه و انتخاب می باشند.روش میخ کوبی خاک به علت روند اجرای از بالا به پایین آن همراه با پیش رفت مراحل گودبرداری، انعطاف پذیری طراحی با توجه به مشخصات پروژه، سهولت و سرعت بالای اجرا و هزینه کم تر در مقایسه با روش های دیگر، یکی از پرکاربردترین و مؤثرترین روش های حفاظت از گود برداری می باشد.

۲- معرفی روش های میخ کوبی

روش های مختلف میخ کوبی خاک عبارت است از: میخ های دریل شده، میخ های کوبیدنی (توپر – بدون گروت)، میخ-های خود دریل گر (توخالی – با گروت)، میخ های اجرا شده به روش جت گروتینگ، میخ های شلیکی

اما معمول ترین روش اجرای میخ کوبی خاک، " میخ های دریل شده " است بدین صورت که میل گرد فولادی در یک سوراخ از قبل دریل شده جا داده می شود و سپس گروت به داخل سوراخ تزریق می گردد.

۲-۱- اجزای میخ کوبی

اجزای میخ کوبی خاک به شرح ذیل می باشد:

۱. میل گردهای فولادی تسلیح کننده (میخ ها یا SNW ها):

میل گرد میخ ها، اصلی ترین جزء یک SNW می باشند.این اجزاء در سوراخ از پیش دریل شده جای گذاری می شوند و سپس گروت در محل تزریق می گردد. در نتیجه ی تغییر شکل های خاک درگیر در سیستم (ناشی از مراحل بعدی حفاری)، مقاومت کششی به شکل مقاوم در میخ ها ایجاد می شود.

۲. گروت (دوغاب سیمان):

بعد از قرارگیری میل گردها در حفره ها، گروت در سوراخ تزریق می گردد.گروت،عملکرد اولیه انتقال تنش از خاک به میخ را ایفا می کند.هم چنین به عنوان پوشش،محافظت میخ ها در برابر پوسیدگی را به عهده دارد.

۳. سرمیخ

همان انتهای رزوه شده میخ است که از رخپوش بیرون می ماند. و اجزای مهره شش گوش،واشر و صفحه فولادی باربر، رخپوش موقت و دائمی، نوار زهکش ژئوکامپوزیت، حفاظت اضافی در برابر خوردگی.

۳- تاریخچه و سابقه تحقیق

برای اولین بار مهندسین اتریشی از روش میخ کوبی برای پایدارسازی شیروانی‌های سنگی در تونل استفاده کردند. آن‌ها در اوایل دهه۱۹۶۰ برای پایدارسازی جداره‌های تونل، شبکه‌ای از سوراخ‌ها را در طاق و دیوارهای سنگی تونل حفاری کرده، در داخل آن میل گردهای فولادی قرار داده و قسمت انتهایی آن را با شبکه ی مش بندی در محیط تونل گیردار کردند. سپس با دوغاب‌ریزی در سوراخ‌های حفر شده و بتن‌پاشی به جداره ی تونل، موفق به پایداری ایمن جداره‌های داخلی تونل شدند.این روش بعدها توسط مهندسین آلمانی و فرانسوی برای پایدارسازی در شیروانی‌های خاکی مورد استفاده قرار گرفت. به عبارت دیگر مهندسین آلمانی و فرانسوی، روش اتریشی میخ‌کوبی در سنگ را برای شیب‌ها و دیوارهای خاکی به کار بستند. آن‌ها استفاده از تکنولوژی میخ کوبی در تونل را به پایدار نمودن شیب‌ها و دیوارهای خاکی گودبرداری شده و کوله پل‌ها تعمیم دادند.

پس از آن استفاده از میخ‌کوبی به طور گسترده در طرح‌های مختلف عمرانی نظیر تثبیت ترانشه‌های خط آهن و بزرگ راه‌ها، ساخت سازه‌های نگهبان گودبرداری شده در مناطق شهری جهت احداث ساختمان‌های بلندمرتبه که شامل چندین طبقه در داخل زمین هستند و تثبیت شیب‌های زمین در برابر لغزش‌های احتمالی به کار بسته شد.

۴- مبانی پایه نیلینگ (SNW)

نیلینگ به معنای تحکیم غیرفعال (بدون اعمال پیش تنیدگی) زمین می باشد که انجام این کار به کمک نصب میله ای فولادی (نیل ها) صورت می پذیرد. سپس این میله ها به کمک تزریق، در دوغاب سیمان قرار می گیرند. با ادامه روند ساخت که به صورت رو به پایین انجام می شود، یک لایه شاتکریت یا لایه بتنی نیز بر سطح حفاری اجرا می شود که پیوستگی میان نیل ها را برقرار می کند. به طور معمول از تکنیک نیلینگ جهت تحکیم شیب ها و گودبرداری ها که عملیات حفاری در آن ها رو به پایین می باشد استفاده می شود. به کارگیری تکنیک نیلینگ دارای امتیازاتی نسبت به دیگر سیستم های نگهداری می باشد. اجرای نیلینگ در شرایط مناسب، به جای استفاده از سپرکوبی و انکرها که از سیستم های نگهداری متداول در حفاری های رو به پایین می باشد، بدون شک گزینه مناسبی ازنظراجرایی و اقتصادی خواهد بود.

با پیش رفت های به وجودآمده در راه سازی و راه آهن و عبور این گونه راه ها از مناطق کوهستانی مشکلات اجرایی زیادی برای مهندسان به وجود آمده است که از جمله آن ها پایدارسازی شیب ها و ساخت دیوارهای نگهدارنده در شرایط سخت محیطی است. از طرفی حفاری در خاک های نرم برای اجرای زیرزمین ها و سازه های مدفون مستلزم پایدار نگه داشتن دیواره‌های حفاری است که این خود نیز مشکلات ویژه ای دارد.هزینه بالای اجرای دیوارهای حایل صلب و به طور کلی معایب روش‌های معمول،مهندسان طراح را به سمت استفاده از روش های دیگر پایدارسازی سوق داده است. به طوری که به تدریج سیستم‌های انعطاف پذیر با نشست پذیری نسبی بیش تر، جای گزین سازه های معمول نگهدارنده شده اند.

اساس سیستم برمبنای استفاده از مصالحی که توانایی تحمل تنش های کششی بالایی را دارند به گونه ای که توده خاک مسلح شده پایدار باشد. در راستای استفاده موثر از خاک مسلح، استفاده از روش های جدیدتری نظیر خاک میخ کوبی شده معمول شده است.سیستم های مهاربندی و میخ کوبی خاک جهت پایدارسازی و نگهداری سازه های خاکی طراحی می شوند تا توسط المان های کششی تغییر مکان سازه را محدود نمایند. اساس طراحی این عناصر بر مبنای انتقال بار از طریق اصطکاک یا چسبندگی در ناحیه فصل مشترک خاک و مصالح تسلیح می باشد.

۴-۱- پیشینه نیلینگ

تعدادی از پروژه های نیلینگ انجام شده در داخل کشور: بیشتر پروژه های نیلینگ انجام گرفته در ایران برای ساختمان-های با ارتفاع خاک برداری بالاتر از ۶ متر می باشد. در این جا به تعدادی از آن ها اشاره شده است: گودبرداری و پایدارسازی گود واقع در خیابان وزرا به روش نیلینگ و شمع نگهبان (**Soldier Piles**)، محل اجرا : تهران، خیابان وزرا، خیابان ششم، انتهای بن بست صادق، عمق گودبرداری (متر) : ۸ ، حجم عملیات (متر طول حفاری) : ۱۵۰۰، سطح شاتکریت (متر مربع) : ۵۰۰ ، کارفرما : شخصی

شکل ۱: خاک برداری و پایدارسازی گود واقع در خیابان وزرا به روش نیلینگ و شمع نگهبان((Soldier Piles) در تهران، خیابان وزرا، خیابان ششم، انتهای بن بست صادق)

- گودبرداری و پایدارسازی موقت گود در بلوار اندرزگو، خیابان سلیمی شمالی، نبش کوچه امیر نوری، کارفرما: آقای مهندس شریفی، عمق گودبرداری : ۱۰ متر در زمینی به وسعت ۴۰۰ مترمربع، نوع خاک: خاک‌رسی با تراکم زیاد(آب زیرزمینی مشاهده نگردید)

چالش‌های پروژه : وجود قلوه سنگ‌های بزرگ در خاک رسی بود که باعث اختلال در سرعت حفاری گمانه ها شد. چالش دیگر این پروژه تورم و تغییرشکل بالای خاک به خاطر رسی بودن آن بود که منجر به استفاده ترکیبی سیستم نیلینگ و خرپا در ضلع شرقی این پروژه شد.

تعدادی از پروژه های نیلینگ انجام شده در خارج از ایران:

یکی از اولین کاربردهای میخ‌کوبی در خاک در سال ۱۹۷۲ برای تعریض خط آهن نزدیک ورسایل در فرانسه صورت گرفت. در آن پروژه یک شیروانی خاک برداری شده به ارتفاع ۱۸ متر با استفاده از میخ کوبی پایدار شد.

در آلمان برای اولین بار برنامه ی تحقیقاتی گسترده‌ای بر روی دیوارهای میخ کوبی شده توسط دانشگاه کارل شروهه و شرکت ساختمانی بوئر بین سال‌های ۱۹۷۵ تا ۱۹۸۱ انجام شد. این برنامه ی تحقیقاتی شامل آزمایش بر روی دیوارهای آزمایشی با مقیاس واقعی و با اندازه‌های مختلف بود تا بتوان از طریق آن روش‌های تحلیل و طراحی دیوارهای میخ کوبی شده را گسترش داد.

شکل ۲ : گودبرداری و پایدارسازی موقت گود در بلوار اندرزگو

هم چنین در فرانسه برنامه تحقیقاتی کلوتر متشکل از شرکای خصوصی و دولتی در سال ۱۹۸۶ برای انجام تحقیقات عددی و آزمایشگاهی پیرامون دیوارهای میخ کوبی کلید خورد. در آمریکای شمالی برای اولین بار در دهه ی ۱۹۷۰ دیورهای میخ کوبی شده ی زیادی در شهرهای ونکوور، واشینگتن و مکزیکوسیتی اجرا شد. یکی از اولین دیوارهای میخ کوبی شده ی قابل توجه در آمریکا، مهار خاک برداری با عمق ۱۳/۷ متر در ماسه لای‌دار متراکم برای توسعه بیمارستان گودسامایتان واقع در پورتلند اورگان بود که در سال ۱۹۷۶ به بهره‌برداری رسید. مهندسین این طرح در مقام مقایسه بین اجرای دیوار میخ کوبی شده و اجرای دیوار حایل بتنی ابراز داشتند که این طرح با نصف زمان و ۸۵ درصد کاهش هزینه نسبت به اجرای دیوار حایل بتنی به بهره‌برداری رسیده‌است.

از دیگر پروژه‌های مهم میخ کوبی در دهه ی ۱۹۸۰ در آمریکا می‌توان به دیوار میخ کوبی با ارتفاع ۱۲ متر در یکی از پروژه‌های دولتی وزارت راه آمریکا در کامبرلند گپ واقع در ایالت کنتاکی اشاره کرد. هم چنین وزارت راه آمریکا در سال ۱۹۸۹ برای اولین بار از تکنولوژی میخ کوبی برای گودبرداری کوله‌های پل استفاده کرد. در دو دهه ی اخیر استفاده از تکنولوژی میخ کوبی در سراسر جهان رشد چشم گیری داشته‌است. این روش جزء روش‌های مورد علاقه ی کارفرمایان بوده و مهندسین طراح و اجرا توجه بیش تری به تکنیک‌های طراحی و اجرایی میخ کوبی پیدا کرده‌اند. در ابتدای رواج سیستم میخ

کوبی، از این سیستم بیش تر برای احداث سازه‌های نگهبان موقت استفاده می‌شد، در حالی که در ۱۰ سال گذشته استفاده از میخ کوبی در احداث سازه‌های نگهبان دائمی نیز رشد چشم گیری پیدا کرده‌است.

۵- مواد و روش ها

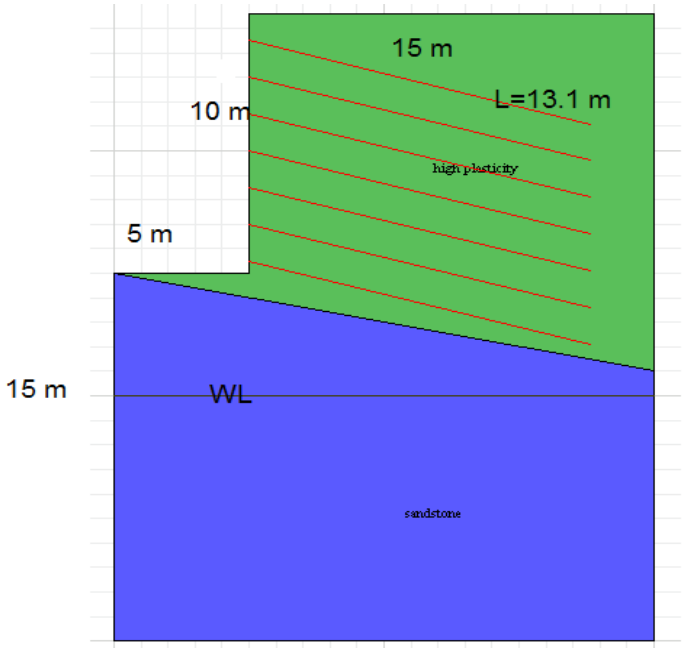
فرضیات اولیه:

به عنوان قسمتی از یک پروژه راه سازی، یک دیوار خاکی میخ کوبی شده به ارتفاع ۱۰ متر قرار است ساخته شود. جاده ای که دیوار در آن جا ساخته می شود، دارای یک حجم ترافیکی کم تا متوسط است که این ترافیک غیر بحرانی فرض می شود. به دلیل آن که دیوار، سازه ای دائمی خواهد بود، برای زیبایی نمای دیوار، بتن CIP (Cast-in - place) مورد نیاز می باشد. جاده ای با عرض ۷.۳ متر در فاصله ۳ متری از پشت دیوار ساخته خواهد شد (سربار روی دیوار). دیوار در خاک "رس با پلاستیسیته زیاد" قرار است ساخته شود.

برخی سازه های سبک تقریبا در ۱۰ متری از پشت دیوار قرار است ساخته شوند.هیچ عامل پوسیدگی در سایت وجود ندارد. سایت در منطقه لرزه خیزی واقع است و ضریب زلزله افقی جهت لحاظ کردن در آنالیزها از یک مطالعه لرزه ای ۰.۱۱۷۸ برآورد شده است.

مشخصات زیرسطحی عمومی:

در تمام طول سایت حفاری های ژئوتکنیکی در جلو و پشت مسیر دیوار، این طور مشخص کرده اند که وضعیت لایه بندی زیر سطحی، نسبتا یکنواخت است.

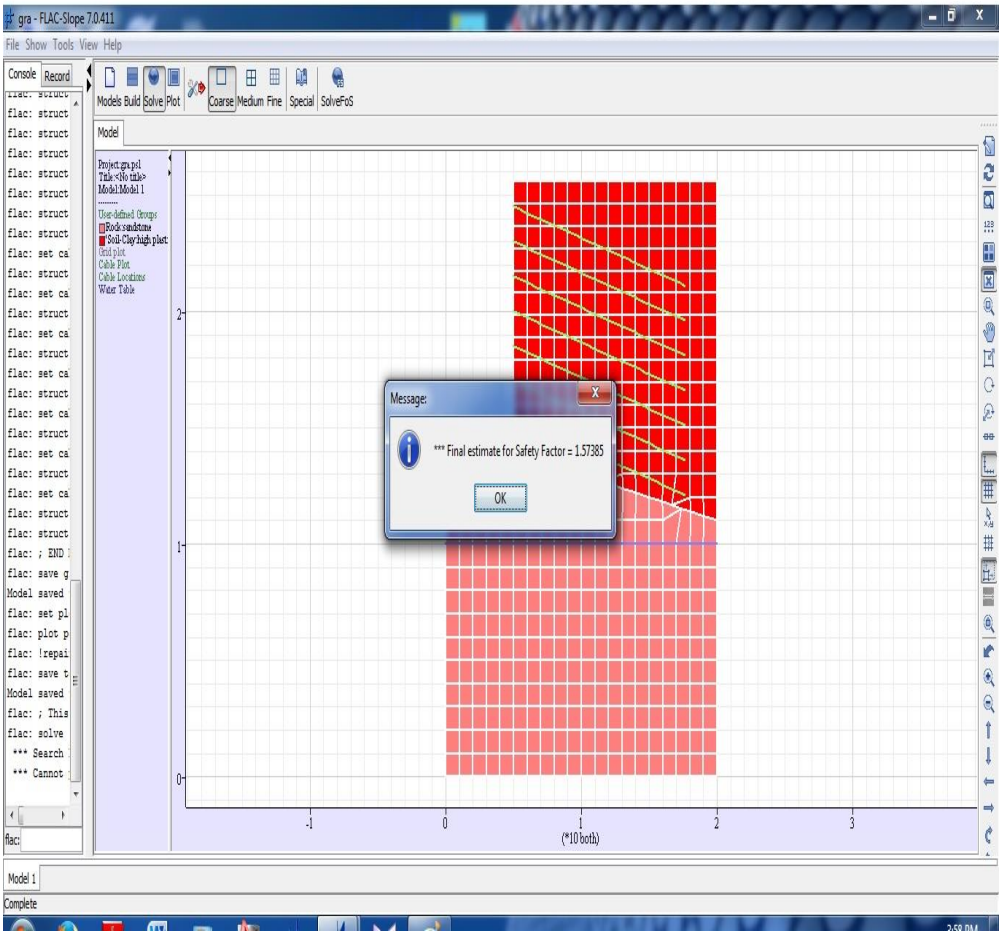


شکل ۳ : مقطع عرضی طراحی همراه با لایه بندی

۶- فرضیات پیش طراحی

برخی از فرضیات پیش طراحی که مهندس طراح می بایست در نظر گیرد(به عنوان مثال: توپوگرافی جاده دسترسی به سایت، تاسیسات، سازه های مجاور، نیازهای زیبایی و معیار تغییر شکل، پایداری و دوام) باید کامل باشد. سپس گام به گام براساس ارتفاع دیوار، طول دیوار، فاصله افقی، فاصله عمودی و زاویه قرار گیری، مشخصات خاک و فرضیات اولیه SNW

طراحی گردید. مثلا براساس آزمایشات مشخص گردید که زمین سایت، مقاومتی بالغ بر ۵۰۰۰ اهم- سانتیمتر و PH ای بین ۶.۲ تا ۶.۸ دارد. آنالیزها هم چنین مشخص ساخت که سولفید ها، سولفات ها، کلریدها و دیگر مواد شناخته شده مشوق پوسیدگی، یا غایب هستند و یا در غلظت های واقعا پایینیی ظاهر می شوند. به علاوه جریان های انحرافی مخرب در نزدیکی سایت پروژه وجود ندارد. به دلیل آن که هیچ یک از شرایط پوسیدگی وجود ندارد، زمین غیر مهاجم فرض می شود.



شکل ۴ : ضریب اطمینان FLAC-slope به مقادیر ورودی

طراحی اولیه با استفاده از چارت های ساده شده:

الف) برای یک طراحی اولیه از طول و قطر عمل کرد میخ ها، می توان از یک سری چارت های ساده شده (موجود در FHWA) استفاده کرد. چارت های مذکور با روشی ساده برای به دست آوردن تخمین های اولیه از طول و قطر میل گردها، بدون نیاز به انجام یک طراحی کامل، بسیار سودمند می باشند. لازم به ذکر است که دراین طراحی، هر دو روش ارائه شده است.

ب) علی رغم این که طول میخ برای الگوی یکنواخت، می تواند مستقیما از چارت های فوق الذکر قرائت شود، با این حال طول میخ برای الگوی غیریکنواخت نیز می تواند با علم به این که طول نهایی برای الگوهای غیر یکنواخت تقریبا ۱۰ تا۱۵ درصد بزرگ تر از شرایط مشابه برای الگوهای یکنواخت طول میخ می باشد، تخمین زده شود.

پ) توجه شود که در استفاده از چارت های ساده شده باید یک سری ساده سازی مطابق ذیل انجام شود:

(i). شرایط خاک باید در تمام عمق پشت دیوار یکنواخت باشد. لذا کل خاک پشت دیوار از جنس نهشته فوقانی یعنی رس با پلاستیسیته بالا در نظر گرفته شود.

(ii). شیب میخ کوبی در تمام ردیف ها، i=150 یکنواخت فرض شود(زیرا انتخاب شیب اختصاصی برای اولین ردیف میخ ها در این روش امکان پذیر نیست).

(iii). ضمنا بار زنده نمی تواند در نظر گرفته شود و باید به صورت سربار خاکی معادل در نظر گرفته شود.

در ادامه توزیع تنش های افقی و عمودی، جابجایی های عمودی و افقی در محیط نرم افزاری FLAC مورد بررسی قرار گرفت.

۶-۱- تخمین تغییر شکل ها

تغییرشکل های ناشی از ساخت دیوار می تواند از روابط همبستگی موجود در مرجع [۴] تخمین زده شود. برای یک SNW عمودی با خاک موردنظر در پشت آن، این طور انتظار می رود که ماکزیمم تغییرشکل های عمودی و افقی در بالای دیوار(به ترتیب δv و δh)، تقریبا به اندازه مقادیر زیر باشند:

$$\delta_h = \delta_v = H/500 = 10 \times 1000/500 = 20 \text{ mm} \quad (4\text{in.})$$

برای این نوع سازه غیر بحرانی این طور تخمین زده می شود که این تغییر شکل ها در محدوده قابل قبولی قرار داشته باشند و انتظار می رود که تغییر شکل دیوار از فاصله D_{DEF} ، در پشت دیوار تاثیر بگیرد. این طور تخمین زده می شود که با توجه به شکل، فاصله تاثیر (D_{DEF}) به صورت ذیل باشد.

(پارامتر C از جداول به دست می آید و α =۰ می باشد):

$$D_{DEF} = C\,H\,(1- \tan\alpha) = 0.8H = 8\text{m}\ (26\text{ft})$$

به دلیل آن که سازه های آتی حداقل در ۱۰ متری (۳۳ فوتی) پشت دیوار جای می گیرند، در این جا اثر زیان آور خیزهای افقی دیوار زیاد مورد توجه قرار نمی گیرد.

این طور انتظار می رود که خیزها بعد از دوره زمانی (شاید هفته ها یا بلکه ماه ها) پس از نصب میخ ها به ماکزیمم مقادیر خود افزایش یابند.

برای الگوی غیریکنواخت میخ ها، رفتار خیزهای دراز مدت بهتر خواهد بود.

اگر مورد توافق قرار گیرد که آزمایش های محلی انجام شود و یا اگر ضعف شیروانی خاکی در گذشته طی ساخت سازه های نگهبان دیگر در آن محل مشخص گردد، ممکن است استفاده از سیستم کنترل پایش در طول مدت ساخت و یا بعد از آن قابل توجیه باشد.

۷- نتیجه گیری

۱. استفاده از سیستم میخ کوبی جهت پایدارسازی دیواره های خاکی با زاویه ۹۰° ، نسبت به افق برای مناطق کوه پایه ای شهرستان رودسر با توجه به این که میزان میل گرد مصرفی بالایی را می طلبد، صرفه اقتصادی پایینی نسبت به روش های متداول در این مناطق (مانند گابیون، دیوارهای حائل وضامن سنگی(ثقلی یا وزنی))، دارد. ولی نسبت به روش دیوارهای بتنی صرفه اقتصادی خوبی دارد.

۲. استفاده از سیستم میخ کوبی در فصول پربارش در ساخت گاه مورد نظر، اجرای کار را به شدت مشکل می نماید که استفاده از ژئوکامپوزیت ها برای زهکشی، در کلیه فصول اجباری، و استفاده از زهکشی سطحی، در هر مرحله از گودبرداری در پای دیوارها را غیرقابل اغماض می نماید.

۳. برای یک دیوار خاکی به ارتفاع ۱۰ متر، با خاک رس با پلاستیسیته بالا، فواصل افقی (در جهت x)، میل گردهای تسلیح خاک ۰.۷۵ متر (گام افقی = S_H = ۰.۷۵ متر)، و فواصل قائم (گام قائم = S_V = ۱.۵ متر)، مساحت مقطع میل گرد مورد نیاز ۷۰۰ میلیمترمربع می باشد. ولی با توجه به این موضوع که این مقطع موجود نمی باشد، از میل گرد ۳۲ # (۱۰ #) با مساحت مقطع ۸۱۹ میلیمترمربع استفاده می گردد.

۴. فاصله اولین ردیف میخ کوبی از سطح زمین ۱.۱۰ متر و فاصله آخرین ردیف میخ کوبی از کف گود ۰.۵۰ متر می باشد.

۵. برای دیواره خاکی به ارتفاع ۱۰ متر، با فواصل افقی ۰.۷۵ متر و قائم ۱.۵۰ متر، با مساحت میل گرد مقطع ۸۱۹ میلیمترمربع، با یک لایه شاتکریت به ضخامت ۱۰ سانتیمتر و با مش میل گردی WWM ، ضریب اطمینان به صورت دستی ۱.۲۹ (FS=1.29) و با استفاده از نرم افزار FLAC-Slope v7.00، ۱.۵۸ (FS=1.58) می باشد.

۶. طول میل گردهای لازم به صورت یک نواخت جهت میخ کوبی با زاویه ۱۵° نسبت به افق ۱۳.۱۰ متر و برای طول میل گردهای متغیر برای ردیف های ۱ ، ۲ و ۳ ، ۱۹ متر($L_1=L_2=L_3=19$ m)، برای ردیف های ۴ و ۵ ، ۱۳.۵ متر($L_4=L_5=13.5$ m) و برای میخ های انتهایی یعنی ردیف های ۶ و ۷ ، ۹.۵ متر ($L_6=L_7=9.5$ m) می باشد.

۷. زهکش ها باید در بین ریف های قائم قرار گرفته شوند. به این معنی که فاصله آکس تا آکس زهکش ها نیز باید به اندازه آکس تا آکس ردیف های قائم میخ ها باشد.

۸. با نرم افزار FLAC-slope v7.00 معلوم گردید که در حالت خاک مسلح ، بیش ترین تنش برشی در فاصله سطح زمین تا اولین ردیف قائم میخ کوبی($S_{H1}=1.10$ m) صورت گرفته است($T=2.25*10^{-4}$) به طوری که با افزایش عمق خاک برداری و نیز افزایش ردیف های میخ کوبی مقدار کاهش یافت ($T=2.5*10^{-5}$).

۹. اشکال مربوط به تغییرشکل میخ ها این نکته را به دست می دهد که میخ های ردیف های فوقانی، به خصوص ردیف اول، به طور کامل در مقابل تغییرشکل ناشی از نیروهای برشی، مقاومت می کنند.

منابع

۱.تحلیل پایداری شیب های خاکی مهار شده با میخ کوبی، نشریه دانشکده فنی، جلد ۳۹ ، شماره ۳، شهریورماه ۱۳۸۴ ، از صفحه ۴۱۵ تا ۴۲۶.

۲. راهنمای آنالیز و طراحی دیوارهای خاکی میخ کوبی شده بر اساس FHWA0-IF-03-017، شاهین و شهام آتش بند، دانشگاه آزاد اسلامی نوشهر.

۳. گزارش منابع قرضه سد مخزنی پلرود، شرکت مشاوره مهاب قدس ، ۱۳۹۳.

۴. مجلد هفتم آیین‌نامه ژئوتکنیک وزارت راه آمریکا صفحات یک و دو - ترجمه: سیاوش ضمیران.

۵. مکانیک خاک، ساسان امیرافشاری، انتشارات سیمای دانش و سری عمران، ۱۳۹۱.

6. CLOUTERRE (1993). “Recommandations CLOUTERRE 1991 - Soil Nailing Recommandations 1991,” English Translatio, presses de l`Ecole Nationale des Ponts et Chaussees, Paris, France.

7. Kavazanjian, E. Jr. & (1997). “Design Guidance: Geotechnical Erthquake Engineering for Highways, Vol I”.

8. HILL, R.L., 2006. “The Impact of Fly Ash on Air- Entrained Concrete”, High Performance Concrete Bridge Views, #43, National Concrete Bridge Council, Skokie, IL.

9. FHWA, 2003. “Geotechnical Circular No. 7. Soil Nail Walls”, Publication FHWA-IF-03-017, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, D.C.

10. FHWA, 1998. “Manual for Design & Construction Monitoring of Soil Nail Walls”, FHWA-SA-96-096R. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, D.C.