دومین کنفرانس ملی سازه - زلزله - ژئوتکنیک
آذر ۱۳۹۱، مازندران
CODE : E1096

بررسی تأثیر فواصل میخ ها بر رفتار ترانشه مسلح شده به روش میخ کوبی

حمیدرضا اشرفی[۱]، محمد بشارت[۲]

۱- استادیار، دانشگاه رازی کرمانشاه، گروه مهندسی عمران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد خاک و پی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات همدان،ایران

m_besharat264@yahoo.com

خلاصه

یکی از روش های مرسوم در مهار گود یعنی مقابله با ریزش خاک اطراف گود روش نیلینگ یا میخ کوبی می باشد که امروزه کاربرد گسترده ای پیدا کرده است. در این پژوهش تأثیر فواصل میخ ها بر افزایش ضریب اطمینان پایداری شیب مورد بررسی قرار گرفته است، بدین منظور ابتدا مدل عددی با کمک روش ترسیمی- تعادل حدی و با استفاده از نرم افزار GeoStudio مدلسازی شده و تحلیل های لازم در این خصوص صورت گرفته است، نتایج بدست آمده از تحلیل های عددی در این تحقیق با نتایج پژوهش W.B. Wei, Y.M. Cheng که با استفاده از برنامه FLAC انجام شده، مقایسه شده است. نتایج این تحقیق نشان می دهد، کاهش فاصله مابین میخ ها تأثیر بسزایی در ضریب اطمینان پایداری ترانشه دارد، بطوریکه در فاصله ۰/۷۵ متری مابین میخ ها بیشترین ضریب اطمینان را خواهیم داشت.

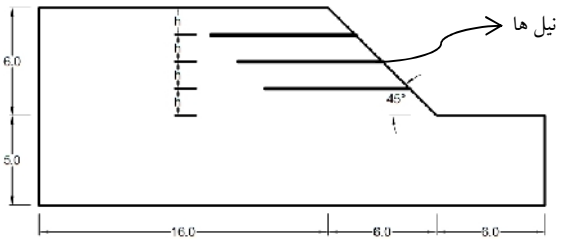
کلمات کلیدی: میخ کوبی خاک، پایداری ترانشه، مدلسازی عددی، تعادل حدی، ضریب اطمینان

۱. مقدمه

روش میخ کوبی خاک به علت روند اجرای از بالا به پایین، انعطاف پذیری طراحی، سهولت و سرعت بالای اجرا و هزینه کمتر در مقایسه با روش های دیگر یکی از پرکاربردترین و موثرترین روش های حفاظت از گودبرداری در کشور عزیزمان ایران می باشد.

پایه اصلی روش میخ کوبی خاک بر مبنای مسلح کردن و مقاوم ساختن توده خاک موجود با استفاده از دوختن توده خاک توسط یکسری مهار کششی فولادی با فواصل نزدیک می باشد. استفاده از روش میخ کوبی موجب افزایش مقاومت برشی توده خاک و محدود کردن تغییر مکان های خاک در سطح لغزش و همچنین کاهش نیروهای لغزشی در سطح لغزش احتمالی می شود، بدیهی است پس از قرار گرفتن مجموعه نیل ها در داخل خاک، مکانیسم گسیختگی جدیدی به وجود می آید که باید مورد بررسی و تحلیل دقیق قرار گیرد.

بطورکلی مطالعات فراوانی در زمینه روش های مسلح سازی ترانشه در ۲۰ سال گذشته انجام گرفته است، از جمله این مطالعات به پژوهش Wei و همکاران(۲۰۱۰)، Zhang و همکاران(۱۹۹۹)، Kim و همکاران(۱۹۹۷) اشاره نمود، از جمله کارهای عددی صورت گرفته در زمینه سیستم میخ کوبی می توان به مطالعات قدیمی(۱۳۸۴)، ذوالقدر(۱۳۹۰)، صیرفیان(۱۳۸۹)، هاتف(۱۳۸۴)، پور محمدی(۱۳۸۹) و... اشاره نمود. همچنین FHWA در سال های ۱۹۹۶، ۱۹۹۷، ۱۹۹۹، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۳ کتاب های راهنمای طراحی برای خاک های میخ کوبی شده و سازه های زیر زمینی مسلح شده به چاپ رسانده است که مرجع خوبی برای پژوهش در مورد این دیوارها می باشد. علیرغم مطالعات صورت گرفته در خصوص روش میخ کوبی ترانشه تا کنون هیچگونه پژوهشی با استفاده از نرم افزار GeoStudio صورت نپذیرفته است و ابهامات زیادی در این خصوص وجود دارد، در این تحقیق تأثیر فاصله میخ ها در ترانشه معرفی شده در مقاله Wei و همکاران(شکل۱) با استفاده از نرم افزار تعادل حدی GeoSlope مورد بررسی قرار گرفته است.

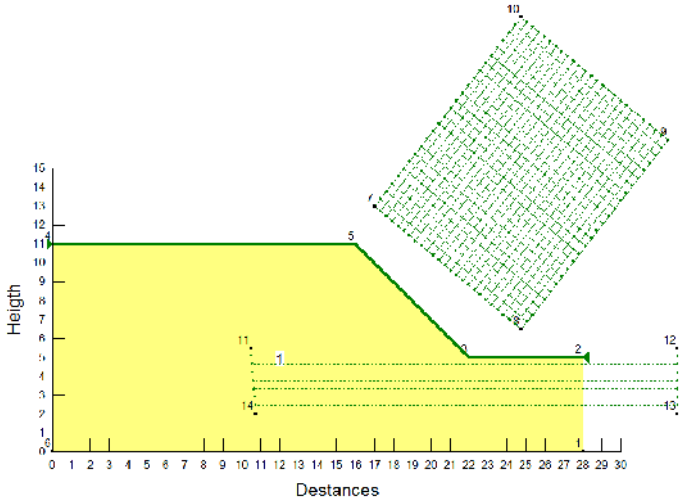


شکل ۱ – معرفی پارامترهای مسأله

۲. مدل عددی

یکی از روش های حل مسائل مهندسی استفاده از مدلسازی عددی می باشد، که امکان پیش بینی رفتار و مطالعهٔ تأثیر پارامترهای مختلف را در زمان کمتر و شرایط سهل تر نسبت به مدلسازی آزمایشگاهی فراهم می سازد. با توجه به این که مطالعات Wei و همکاران با استفاده از نرم افزار اجزا محدود FLAC انجام گرفته است، در این تحقیق از برنامه تحلیل حدی GeoSlope استفاده گردید تا بتوانیم دو روش را نیز با هم مقایسه نمائیم.

از برنامه GeoSlope برای بررسی پایداری سطوح شیب دار و تعیین ضریب اطمینان(FOS) در طراحی استفاده می گردد، که این فرآیند از طریق روش های تعادل حدی به صورت پیش فرض صورت می گیرد، در این برنامه امکان مدلسازی مسلح کننده های رایج از قبیل نیلینگ ها و ... وجود دارد. در این پژوهش از روش ترسیمی برای تعیین مقطع لغزشی استفاده شده است.



شکل ۲ – هندسه و شرایط مرزی مدل عددی

۱.۲ مدل خاک

در این تحقیق از یک نوع خاک رس با خصوصیات مقاومتی نسبتاً کم جهت مدلسازی عددی استفاده شده است. پارامترهای مقاومتی خاک رسی شامل مشخصات فیزیکی و مکانیکی خاک در شرایط استاتیکی مطابق جدول(۱) می باشد، در این پژوهش از مدل موهر-کلمب برای بیان مقاومت برشی مصالح ژئوتکنیکی استفاده شده است، معمولا معیار گسیختگی موهر-کلمب برای بررسی پایداری استفاده می شود.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و مکانیکی خاک در شرایط استاتیکی

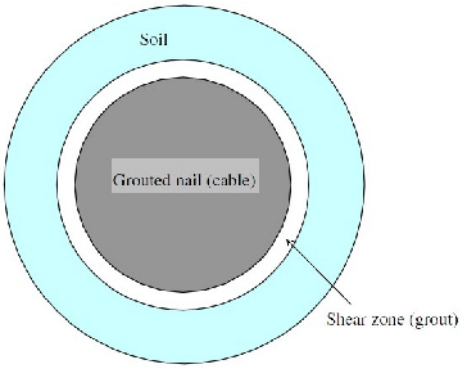
ϕ , °	C , kn/m^2	υ	γ , kn/m^2	E , kn/m^2
19	9	0.42	19	1.5E4

۲.۲ مسلح کننده

نیل مسلح کننده ای است متشکل از میله ای که یک طول آزاد و یک طول گیردار دارد، ظرفیت مهار بوسیله مقاومت میله یا مقاومت برشی بین دوغاب سیمان قسمت گیردار و خاک کنترل می شود(شکل۳)، مهارها بصورت کششی فرض شده اند، انتخاب طول مناسب میخ ها بستگی به ابعاد سطح گسیختگی حالت بحرانی دارد که در این پژوهش ۸ متر در نظر گرفته شده است. تمامی پارامترهای مورد نیاز در جدول(۲) نشان داده شده است.

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و مکانیکی میخ ها

D , m	G , MPA	A , m^2	Fc , MN	E , GPA	L , m
0.1	5.28	0.00785	0.238	45.44	8



شکل ۳ – ناحیه برشی مابین میخ و خاک (Wei et al. 2010)

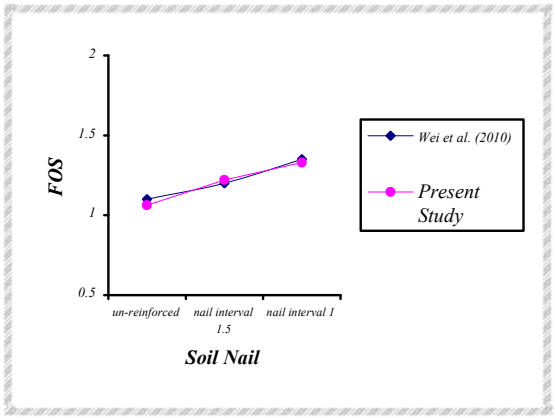
۳. مدلسازی مسأله

پس از ترسیم هندسه مدل و شرایط مرزی، با استفاده از روش ترسیمی- تعادل حدی مقطع های لغزش بصورت ترسیم یک شبکه با ابعاد دلخواه(Grid) و مجموعه ای از خطوط(Radius) ترسیم می شوند، درنهایت نرم افزار بوسیله این نقاط ضریب اطمینان پایداری(FOS) را محاسبه و کمترین آن را به عنوان ضریب اطمینان بحرانی معرفی می نماید.

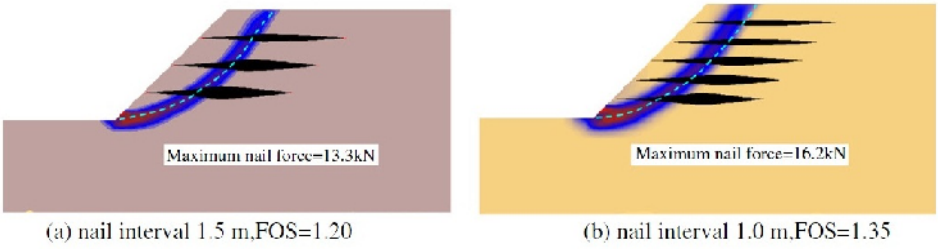
از عوامل مختلفی بر پایداری شیب ها تأثیر دارند، این پارامترها شامل چسبندگی خاک، ضریب اصطکاک خاک، تنش های موجود و تراز آب هستند. تمامی این پارامترها به نوعی در مقاومت برشی سطح لغزش موثر هستند.

۴. بررسی صحت مدلسازی

جهت بررسی صحت مدل عددی و مقایسه این تحقیق از مطالعات Wei و همکاران(۲۰۱۰) استفاده شده است، بدین ترتیب که مدل ساخته شده دقیقاً برگرفته از مقاله Wei(۲۰۱۰) می باشد، ایشان مطالعات خود را با استفاده از نرم افزار المان محدود FLAC 3D انجام داده است. در مدل عددی در این تحقیق به کمک مدلسازی با استفاده از برنامه GeoStudio 2004 مدل عددی ارائه شده و نتایج حاصله در شکل(۴) و (۵) نشان داده شده است. بررسی نتایج بدست آمده از روش عددی در دو پژوهش نشان می دهد که تطابق قابل قبولی بین نتایج برقرار است.



شکل ۴ – مقایسه نتایج عددی W.B. Wei, Y.M. Cheng **(۲۰۱۰) با مدل عددی ارائه شده در این تحقیق**

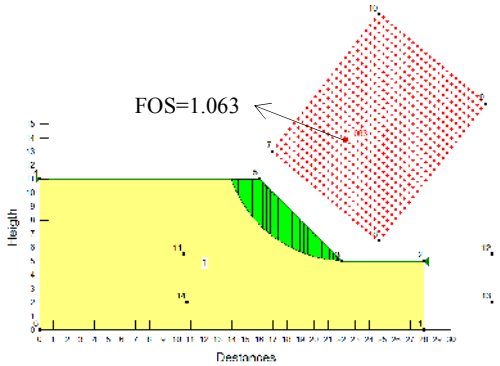


شکل ۵ –نتایج عددی و ضریب اطمینان پایداری W.B. Wei, Y.M. Cheng **(۲۰۱۰)**

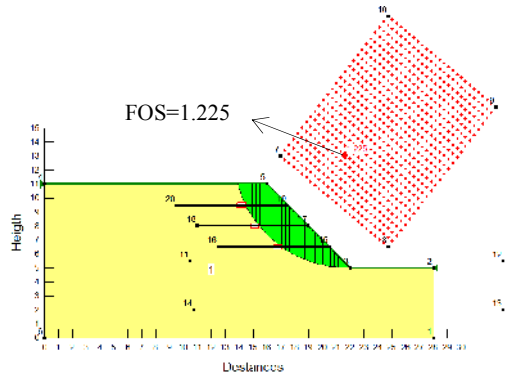
۵. اثر فواصل میخ ها

یکی از پارامترهای موثر در افزایش ضریب اطمینان پایداری ترانشه ها تعداد و فاصله مابین میخ ها(h) در سیستم میخ کوبی می باشد، در این قسمت پس از کالیبره نمودن مدل عددی، تأثیر فاصله میخ ها بر ضریب اطمینان پایداری مورد بررسی قرار گرفته است. به این منظور فاصله میخ ها (h) در شرایط ۱٫۵، ۱، ۰٫۷۵ متر در نظر گرفته شده و FOS تعیین گردیده است. شکل(۶) نتایج حاصل از تحلیل عددی را نشان می دهد. همانطوریکه دیده می شود ضریب اطمینان در فواصل مختلف مسلح کننده در شرایط افقی در فاصله کمتر افزایش قابل توجهی دارد، بطوریکه در فاصله ۰٫۷۵ متری بیشترین ضریب اطمینان را داراست.

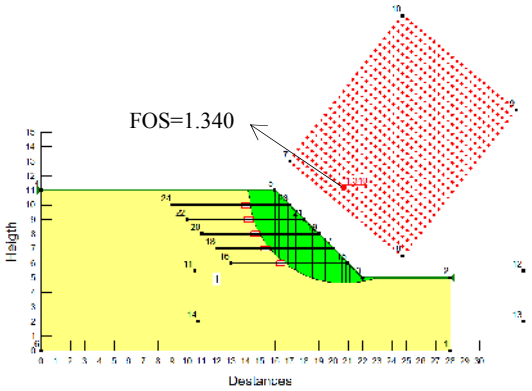
شکل های(۶، ۷، ۸، ۹) اثر تغییر فاصله میخ ها بر ضریب اطمینان پایداری را نشان می دهد.



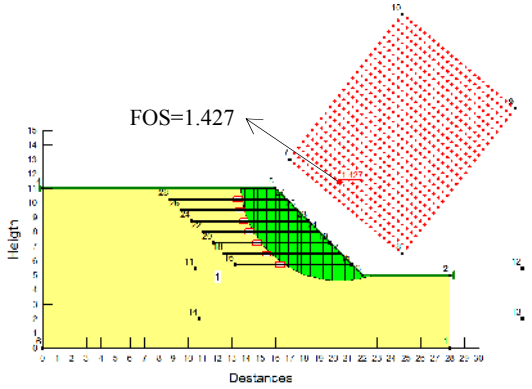
شکل ۶ – بررسی تأثیر ضریب اطمینان پایداری در ترانشه غیر مسلح



شکل ۷ – بررسی تأثیر ضریب اطمینان پایداری در ترانشه با فاصله ۱,۵ متری میخ ها



شکل ۸ – بررسی تأثیر ضریب اطمینان پایداری در ترانشه با فاصله ۱ متری میخ ها



شکل ۹ – بررسی تأثیر ضریب اطمینان پایداری در ترانشه با فاصله ۰,۷۵ متری میخ ها

۶. نتیجه‌گیری

در این تحقیق رفتار ترانشه غیر مسلح و مسلح شده با روش میخ کوبی مورد مطالعه قرار گرفته است، بدین منظور ابتدا مدل عددی که برگرفته از مقاله Wei و همکاران(۲۰۱۰) می باشد، با استفاده از نرم افزار GeoStudio مدلسازی شده و تحلیل های لازم در این خصوص صورت پذیرفته است، نتایج

این تحقیق نشان می دهد، برای بدست آوردن ضریب اطمینان پایداری(FOS) نتایج حاصل از برنامه FLAC با تقریب خوبی مشابه نرم افزار تحلیل حدی GeoSlope که بسیار ساده و قابل فهم تر است می باشد، همچنین ضریب اطمینان پایداری با کم کردن فاصله بین میخ ها افزایش می یابد که این ضریب در h=1m در مطالعات Wei برابر ۱,۳۵ و در این پژوهش ۱,۳۴می باشد.

نتیجه گیری دیگر اینکه می توان از نرم افرار تحلیل حدی Geostudio برای طراحی روش میخ کوبی ترانشه بدلیل سادگی و آموزش سریع برای مهندسین جوان استفاده نمود و نتایج این نرم افزار با تقریب بسیار خوبی قابل قبول می باشد.

۷. مراجع

فهرست مراجع بعنوان آخرین بخش مقاله با فونت (Times New Roman 10pt) نوشته می‌شوند. ترتیب آنها مطابق با ترتیب طرح آنها در داخل متن می‌باشد و فقط شامل مواردی است که مستقیما در متن مقاله به آنها ارجاع شده است. در تعریف هر مرجع اطلاعات کامل مطابق با استانداردهای موجود ذکر گردد. برای مراجع فارسی، از فونت (B Zar 10pt) استفاده گردد. موارد زیر نحوه ارائه این اطلاعات را نشان می‌دهند:

1. Wei, W. B. and Cheng, Y. M, (2010), “Soil nailed slope by strength reduction and limit equilibrium methods,” International Journal for Computers and Geotechnics, **37** (2010), pp 602–618.

2. Zhang, M. and Song, E. and Chen, Z, (1999), “Ground movement analysis of soil nailing construction by three dimensional (3-D) ®nite element modeling (FEM),” International Journal for Computers and Geotechnics, **25** (1999), pp 191–204.

3. Kim, J. S. and Kim, J . M. Lee, S. R, (1997), “Analysis of Soil Nailed Earth Slope by Discrete Element Method,” International Journal for Computers and Geotechnics, **20** (1997), pp 1–14.

۴. قدیمی، ب. و بهادر، م. ، (۱۳۸۴)، "معرفی روش نیلینگ در مهار گود،" مجموعه مقالات دوازدهمین کنفرانس سراسری دانشجویان مهندسی عمران، تهران، ایران، آبان ۸۴,

۵. ذوالقدر، ع. و یثربی، س، ش. ، (۱۳۹۰)، "استفاده از روش میخکوبی خاک در پایدارسازی دیواره های گودبرداری های عمیق- مطالعه موردی،" مجموعه مقالات ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، سمنان، ایران، اردیبهشت ۹۰,

۶. صیرفیان، س. و کیلا نه ئی، آ. ، (۱۳۸۹)، "مقایسه فنی و اقتصادی ترانشه های پایدارسازی شده به روش میخ کوبی با روش سنتی احداث دیوار حائل بتنی،" مجموعه مقالات چهارمین همایش بین المللی مهندسی ژئوتکنیک و مکانیک خاک ایران، تهران، ایران، آبان ۸۹,

۷. هاتف، ن. و کمری، م، ج. ، (۱۳۸۴)، "تحلیل پایداری شیب های خاکی مهار شده با میخکوبی،" نشریه دانشکده فنی، جلد ۳۹، شماره ۳، از صفحه ۴۱۵-۴۲۶، شهریور ۸۴,

۸. پور محمدی، س. و عطرچیان، م، ح. و دقیق، ی. و دقیق، م. ، (۱۳۸۹)، "تحلیل عددی پایدارسازی گودبرداری های عمیق در مناطق شهری،" مجموعه مقالات چهارمین همایش بین المللی ژئوتکنیک و مکانیک خاک ایران، تهران، ایران، آبان ۸۹,

9. Byrne, R. J. and Cotton, D. and Porterfield, J. and Wolschlag, C. and Ueblacker, G., (1970), “Manual for design and construction monitoring of soil nail walls. Federal Highway Administration (FHWA)*,”* Report No. FHWA-SA-96-069, Washington, DC, USA;1996.

10. Byrne, R. J. and Cotton, D. and Porterfield, J. and Wolschlag, C. and Ueblacker, G., (1970), “Manual for design and construction of soil nail walls, FHWA-SA-96-069R. Federal Highway Administration (FHWA)*,”* Report No. FHWA-SA-96-069, Washington, DC, USA;1999.

11. Publication FHWA0-IF-03-017 (2003), “Soil Nail Walls”, Federal Highway Administration, Washington D.C.

12. Vikas Pratap Singh, G. L. Sivakumar Babu, “2D Numerical Simulations of Soil Nail Walls”, Springer Science+Business Media B.V. 2009.

13.