Archive of SID

تاثیر مقاومت‌های کششی، برشی و خمشی مهارها بر پایداری شیروانی های مسلح شده با روش AGS*

(یادداشت پژوهشی)

حسین غیاثیان [۱] محمد محرمی [۲]

چکیده روش AGS (Anchored Geosynthetic Systems) یکی از روش‌های تسلیح شیروانی‌های خاکی، بویژه شیروانی‌های دانه‌ای، در برابر ناپایداری سطحی (فرسایش) و ناپایداری عمیق (لغزش) می‌باشد. در این روش، با اعمال بارهای سطحی بر شیروانی با افزایش مقاومت برشی خاک در سطح لغزش همراه است، ضریب پایداری افزایش می‌یابد. مطالعات قبلی بر روی این سیستم و روش‌های طراحی، بر اساس تأثیر بار سطحی، مقاومت کششی مهارها و المان‌های ژئوسینتتیک بوده است. ولی مشاهدهٔ رفتار مدل‌های واقعی از چنین سیستم‌هائی در هنگام ناپایداری تأثیر مثبت مقاومت‌های برشی و خمشی مهارها را نیز در افزایش پایداری نشان داده است. ارزیابی چنین تأثیری در این مطالعه بررسی و ارائه شده است. آنالیز شیروانی بر اساس روش Modified Bishop ولی با احتساب مقاومت مهارها در مدل انجام شده و در نهایت رابطهٔ کلی ضریب اطمینان شیروانی تعیین گردیده است. ارزیابی این رابطه با روش حل عددی انجام شده و در این ارتباط نرم افزار مورد نیاز نوشته شده و نتایج بدست آمده برای یک نمونه شیروانی ارائه و بررسی شده‌اند. این نتایج نشان می‌دهند که مقاومت‌های برشی و خمشی میل مهارها در افزایش پایداری شیروانی تأثیر عمده‌ای ندارند ولی این تأثیر با استفاده از نمودارهای ارائه شده قابل ارزیابی می‌باشد.

واژه های کلیدی شیروانی، ماسه ، مهار، مقاومت برشی، پایداری شیروانی، روش AGS .

Influence of Tensile, Shear , and Moment Resistances of Anchors on Stability of AGS Slopes

H. Ghiassian M. Moharrami

Abstract *Anchored Geosynthetic Systems (AGS) is a method for stabilizing soil slopes by employing a geosynthetic fabric placed on the slope face and tensioned via anchorage to the ground. The required tension is achieved through frictional or pullout resistances of anchors that are fastened to the fabric and driven into the underlying soil mass. The developed tension and curvature of the fabric combine to compress the soil and favorably increase confining or normal stresses, i.e., shear strength, on potential failure surfaces. Unlike previous studies on AGS, the contributions of anchors on the stability are also considered in this study. The stability analysis examines Modified Bishop's method by incorporating the effects of AGS loads both at the slope face and the rupture surface, and the shear and bending moment strengths of anchors. A computer code is written in Visual Basic language to facilitate the analysis and also the presentation of results. The results for an example slope show that the shear and bending resistances of anchors cause small increase in the stability of AGS slope*

Key words Granular Slope, Anchor, AGS, Shear Strength, Slope Stability.

* نسخه اولیه مقاله در تاریخ ۸۱/۸/۱۳ و نسخه نهایی آن در تاریخ ۸۱/۱۱/۲۹ به دفتر نشریه رسیده است.

(۱) استادیار دانشکدهٔ عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران

(۲) کارشناس ارشد خاک و پی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

یکی از روش‌های تسلیح درجای شیروانی‌ها، اعمال تنش فشاری بر سطح آنها و افزایش مقاومت برشی در سطح گسیختگی بر اساس روش AGS [1] می‌باشد. سیستم AGS متشکل از شبکه یا پوستهٔ قوسی شکل از جنس مواد ژئوسینتتیک می‌باشد که توسط مهار(میله)های افقی و مایل به سطح شیروانی متصل می‌شود. بر اثر نیروی کششی ایجاد شده در مهارها و انتقال این نیروها به پوسته، به علت انحنای تنش‌های فشاری زیر پوسته آن ایجاد می‌شود و به این ترتیب، سطح شیروانی تحت فشار قرار می‌گیرد و پایداری آن افزایش می‌یابد شکل(۱). امکان ترکیب این روش با روش تسلیح و تثبیت گیاهی (Bioengineering)، از مزایای روش AGS است که کارائی آنرا دو چندان می‌گرداند.

سیستم AGS برای اولین بار توسط کرنر و رابین[3,2] معرفی شد آنها راهکارهایی را برای طراحی و جزئیات اجرای سیستم AGS ارائه نموده و فواید آنرا بررسی نمودند. در سال ۱۹۹۲ مطالعاتی توسط ریسو و حاجی احمد [4] در همین مورد انجام شد و مشخص شد که راندمان AGS تابعی از شکل هندسی پوسته، فاصله و طرز قرارگیری مهارها و همچنین زاویهٔ شیروانی می‌باشد. در همان سال ریسو و ایرسیام[5] فواید و معایب سیستم مهارهای مختلف و متصل‌کننده‌های پوسته و مهار را ارائه و همچنین روشی برای محاسبهٔ طول مهارها تدوین نمودند. غیاثیان و همکاران [6] در سال ۱۹۹۶ نتایج مطالعات تئوریک و آزمایشگاهی بر روی سیستم AGS را ارائه نمودند. در مطالعات آنها اصول طراحی پوسته، مهار، ارزیابی ضریب اطمینان شیروانی مسلح شده، اثرات تراوش، هندسهٔ سطح شیروانی و پوسته و دیگر موارد مربوطه بررسی شده‌اند. البته لازم به ذکر است که در همه این مطالعات، تأثیر مقاومت‌های برشی و خمشی مهارها در روی سطح گسیختگی بر افزایش پایداری شیروانی در نظر گرفته نشده است. مطالعات موردی انجام شده توسط ویتان و همکاران [7] نشان داد که تأثیر مثبت مقاومت‌های برشی و خمشی مهارها در افزایش پایداری محسوس می‌باشد و بهتر است در روابط پایداری منظور گردد. این مقاله خلاصهٔ پژوهش‌های انجام شده در این ارتباط را ارائه می‌نماید. در مدل بررسی شده برای گوهٔ گسیختگی با قطعه‌بندی شیروانی و استفاده از روابط بیشاب اصلاح شده، تعادل نیروها نوشته شده و اثر تراوش، مقاومت برشی و مقاومت خمشی مهارها نیز در رابطه ضریب اطمینان اعمال می گردد. ارزیابی ضریب اطمینان از طریق برنامهٔ کامپیوتری نوشته شده انجام می‌گردد.

شکل ۱ اجزاء سیستم AGS

www.SID.ir

Archive of SID

مدلسازی AGS

تحلیل پوسته روی شیروانی‌های AGS . عملکرد اصلی AGS در تامین پایداری شیروانی از طریق ایجاد کشش در پوسته و همچنین مهارها است. در اثر نیروی کششی (T) در پوسته و انحنای هندسی آن (1/R)، در زیر پوسته تنش فشاری ایجاد می‌شود. این تنش متناسب با انحنای پوسته در هر نقطه می‌باشد ($\sigma = T/R$). وجود شرایط تعادل استاتیکی نیروها در نقطهٔ اتصال مهار به پوسته و همچنین تعادل خود پوسته ایجاب می‌نماید که توزیع تنش در زیر پوسته در حالت کلی غیریکنواخت و تابع شکل هندسی (کارگذاری) آن باشد[6] . این بررسی‌ها همچنین نشان می‌دهند که برای حالت کمان دایره‌ای با دامنهٔ (بلندی) کم می توان تنش زیر پوسته را با تقریب خوبی یکنواخت فرض کرد. تحلیل نیروهای کششی در پوسته با در نظر گرفتن شرایط تعادل و روابط حاصله در مرجع [6] داده شده است. این روابط در مدل بکار رفته در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

ضریب اطمینان شیروانی AGS . ارزیابی ضریب اطمینان شیروانی AGS بر اساس رابطهٔ بیشاب اصلاح شده است. یعنی اثرات نیروی ثقل، تراوش، فشار پوسته، و مقاومت‌های کششی، برشی و خمشی مهارها در رابطه ضریب اطمینان وارد می‌گردند. در مورد تراوش و فشار پوسته، اثر هر کدام مستقیماً در قطعات (Slices) بیشاب اصلاح شده وارد می‌گردند ولی دیگر موارد بصورت غیر مستقیم منظور می‌شوند. با این توضیح که نیروهای تراوش و فشار پوسته در روابط تعادل قطعات شرکت می‌کنند ولی اثرات مقاومت‌های کششی، برشی و خمشی مهارها بعد از تعیین تعادل قطعات به عنوان عوامل افزاینده در ممان مقاوم در صورت کسر ضریب اطمینان آورده می‌شوند.

تحلیل نیروهای تسلیح در سیستم AGS . شیروانی که به روش AGS مسلح شده باشد از سه قسمت خاک، مهار، و پوسته تشکیل می‌شود. اساس کار مدلسازی این قسمت بر نحوه اجرا و عملکرد AGS استوار می‌باشد. به این ترتیب که در اثر اجرای AGS، شبکه‌های پوسته تحت کشش قرار می‌گیرند و به علت انحناء آنها، تنش‌های فشاری به سطح شیروانی وارد می‌شود. از طرفی در مهارها نیروهای کششی بالابرنده (Pullout) ایجاد می‌شود. تنش‌هایی که از طرف خاک به پوسته وارد می‌شوند به دو صورت مماسی و فشاری هستند. تنش فشاری ناشی از عکس العمل فشار AGS وارده از طرف فابریک و تنش مماسی ناشی از مقاومت اصطکاکی بین خاک و فابریک می‌باشد. جهت تنش مماسی به علت اینکه شروع نصب پوسته از پایین دست شیروانی می‌باشد رو به بالاست. مقدار این تنش (τ)از حاصلضرب تنش قائم σ در $\tan\sigma$ بدست می آید که همان مقاومت برشی خاک در محل تماس پوسته است. مقدار نیروی بالابرنده ایجادشده در مهارها تابع کشش حداکثر در دو انتهای پوسته بوده و از روابط تعادل در محل اتصال پوسته و مهار محاسبه می‌شود[6] . این نیرو باید از طریق مقاومت اصطکاکی (لغزشی) بین خاک و مهار تحمل گردد. در تحلیل‌ها این فرض منظور شده است که طول مهارها به اندازهٔ کافی بلند است که مقاومت لغزشی تامین باشد و مهارها در داخل خاک ناپایدار نگردند.

مهارهایی که سطح گسیختگی را قطع می کنند، همانند نقش میخ‌ها در سیستم تسلیح میخ‌کوبی (Soil Nailing)، از طریق سه مقاومت کششی، برشی، و خمشی خود در افزایش پایداری شیروانی در برابر لغزش مؤثر می باشند. خاطر نشان می‌سازد در سیستم AGS برخلاف سیستم‌های دیگر مثل میخ‌کوبی یا سپرها، نیروهای کششی در مهارها قبل از حرکت تودهٔ خاک بسیج

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شوند در صورتی که در سیستم‌های یادشده ابتدا باید خاک مقداری تغییر شکل داشته باشد تا در المان‌های تسلیح نیرو بسیج گردد.

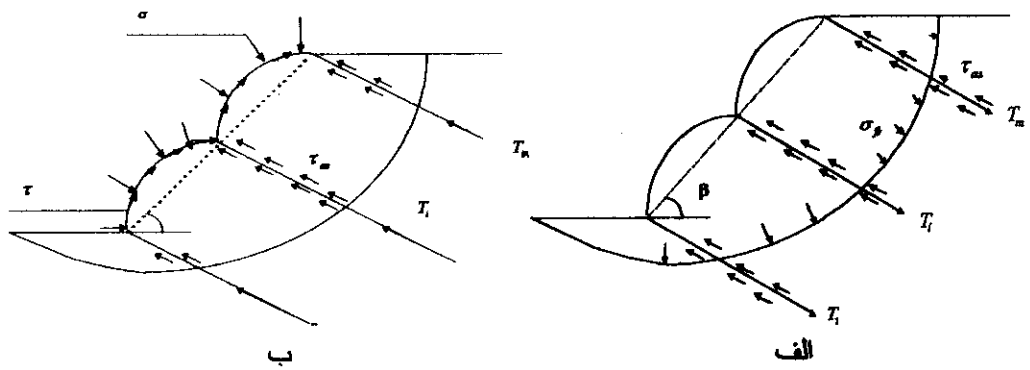
با توجه به مطالب فوق و نقش مسلح کنندگی مهارها در سطح گسیختگی، جهت نیروها در مهارها طبق شکل (۲) به طرف داخل گوهٔ مقاوم خواهد بود. در واقع در شکل (۲- الف)، کل سیستم خاک، مهار و پوسته بصورت یک‌پارچه فرض شده است که با روش چنی[8] در تحلیل کلی سپرهای مهاربندی شده مشابه می‌باشد. از این‌رو جهت نیروهای کششی ایجاد شده در مهارها مطابق شکل (۲- الف) می‌باشد که باعث افزایش ممان مقاوم واژگونی شیوانی می گردد. در شکل (۲- الف) از نیروهای دیگر در داخل گوه که بین خاک و مهار، پوسته و مهار، و پوسته و خاک اعمال می‌شوند، چشم‌پوشی شده است زیرا کل سیستم یکپارچه فرض می‌شود. تأثیر تنش‌های برشی عکس العمل τ_{as} که از مهار به خاک وارد می‌شوند و خاک آنها را به سطح لغزش منتقل می‌کند، بصورت σ_{fs} در نظر گرفته می‌شود. تعیین دقیق میزان و نحوهٔ توزیع σ_{fs} با استفاده از τ_{as} پیچیده است ولی در صورتی که از کاهش نیروی کششی در مهار به علت اصطکاک بین مهار و خاک در محدودهٔ داخل گوهٔ لغزش چشم‌پوشی شود، می‌توان تغییرات σ_{fs} بر روی سطح لغزش را از روابط تعادل گوه، با در نظر گرفتن بار سطحی AGS وارده بر سطح شیروانی، بدست آورد. در این مطالعه این روش بکار گرفته شده است. برای هر قطعه (Slice) گوهٔ لغزش در روش بیشاب اصلاح شده، روابط تعادل نوشته شده و مقدار σ_{fs} بر روی سطح لغزش از روابط تعادل قطعه، با در نظر گرفتن بار سطحی AGS وارده بر سطح آن، محاسبه می‌شود. بنابراین می‌توان انتظار داشت که مقادیر واقعی σ_{fs} مقادیر کمتری باشند و از این‌رو تحلیل در خلاف ضریب اطمینان است.

روش دیگر تحلیل نیروها این است که فقط نیروهای اعمالی به خاک در نظر گرفته شوند و این مدلی است که کرنر و رابین [3] ارائه نموده‌اند و با روش کرنز [9] در تحلیل پایداری کلی سپرهای مهار شده مشابه می‌باشد. در این حالت جهت نیروی مهارها به‌طرف گوهٔ اکتیو می‌باشد. دیاگرام نیروها در این حالت طبق شکل (۲-ب) می‌باشد. در این مدل نیروهای برشی بین خاک و مهار در داخل گوهٔ لغزش در نظر گرفته نشده است. به بیان دیگر اثر آنها در کاهش تنش‌های فشاری وارده بر سطح لغزش منظور نشده است. این روش تحلیل در این مطالعه لحاظ نشده است و عمده دلیل آن پیچیده شدن بررسی اندرکنش مهار و خاک و نحوه ارزیابی نیروهای وارده از طرف مهار به هر قطعه خاک می باشد. افزون بر این به علت وجود مهار در داخل قطعات و وجود نیروهای برشی وارده از مهار به خاک فرضیات روش بیشاب اصلاح شده در مورد برابر بودن مؤلفه های قائم نیروهای وارده در جدارهٔ قطعات دیگر صادق نمی‌باشد.

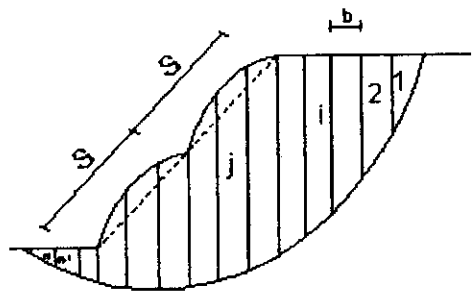
قطعه بندی شیروانی AGS . همانطور که اشاره شد، شیروانی AGS مثل شیروانی های معمولی برای یک دایرهٔ گسیختگی مفروض قطعه بندی می‌شود ولی تفاوتی که وجود دارد در دو نوع قطعه می‌باشد. در شیروانی AGS به علت وجود پوسته در سطح آن دو نوع قطعه تعریف می‌شوند مثل قطعات i و j در شکل (۳). قطعهٔ i همانند قطعهٔ شیروانی طبیعی (شیروانی غیر مسلح) می‌باشد و قطعهٔ j علاوه بر اینکه شرایط قطعهٔ نوع i را دارد دارای بار سطحی نیز می باشد. این‌تفکیک

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲ دیاگرام نیروهای تسلیح در حالت الف : سیستم یکپارچه و حالت ب : سیستم خاک تنها



شکل ۳ قطعه بندی شیروانی AGS

قطعات از لحاظ بررسی تعادل آنها در نوشتن برنامهٔ کامپیوتری است. همانگونه که قبلا توضیح داده شد، تأثیر نیروهای AGS فقط در روابط تعادل قطعات j وارد می‌شوند ولی در تعادل ممان کل سیستم وارد نمی‌شوند چرا که سیستم خاک، مهار و پوسته یکجا در نظرگرفته شده‌اند. بنابراین فقط بار کششی مهار و افزایش تنش‌های قائم روی سطح لغزش ناشی از AGS در نظرگرفته می‌شوند، شکل (۳ - الف). در مدلسازی فرض شده که فقط سطح مایل شیروانی با پوسته پوشانده شده است. بنابراین سطوح افقی بالا و پایین شیروانی در تقسیم بندی قطعات از نوع i و سطح مایل شیروانی از نوع j تعریف می‌شوند.

در روش بیشاب اصلاح شده تعادل نیروها در جهت y برای هر قطعه و تعادل ممان برای کل گوه نسبت به مرکز دایرهٔ گسیختگی نوشته می‌شود و فرض براین است که برآیند نیروهای برشی در دو وجه قائم قطعه صفر است. بنابراین واکنشهای قائم و لنگرهای محرک و مقاوم در قطعاتi و j نوشته شده و مقادیر بدست آمده

www.SID.ir

Archive of SID

برای لنگرهای مقاوم و محرک قطعهٔ نوع j همراه با لنگرهای قطعهٔ نوع i در محاسبه ضریب اطمینان مورد استفاده قرار می‌گیرند [جزئیات در مرجع ۱۱ آورده شده است] .

اثر میل مهارها برافزایش ضریب اطمینان . مهارهای AGS در صورتی می توانند در افزایش پایداری کمک کنند که دایرهٔ گسیختگی را قطع کرده باشند. نیروی کششی میل مهارها در سطح لغزش باعث افزایش ممان مقاوم کل سیستم می‌شود و در افزایش ضریب اطمینان شیروانی اثر می گذارد. تأثیر مقاومت برشی و مقاومت خمشی مهارها بر اساس روابط نظری ارائه شده توسط ژوران و همکاران [10] در سیستم‌های میخکوبی می‌باشد که رفتار میخ را مشابه با رفتار شمع‌های بلند در برابر بارهای جانبی در نظر می‌گیرد. بر اساس این تحلیل، نیروهای برشی و کششی مهارها در سطح گسیختگی حداکثر و لنگر خمشی برابر صفر فرض می‌شود. این تحلیل بر اساس روابط مربوط به تیر بر روی بستر الاستیک استوار می‌باشد و جزئیات آن در مرجع بالا ارائه شده است. فقط اشاره می‌شود که چون ممان خمشی در محل لغزش خاک صفر فرض شده است، عاملی که باعث افزایش پایداری کلی شیروانی می گردد نیروهای برشی و کششی مهار می‌باشد.

رابطه ضریب اطمینان . با توجه به توضیحات قبل، فرمول نهایی ضریب اطمینان بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$F.S. = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} MR_i + \sum_{j=1}^{n_2} MR_j + \sum_{k=1}^{m} MR_{Anchors\ k}}{\sum_{i=1}^{n_1} Md_i + \sum_{j=1}^{n_2} Md_j} \qquad (۱)$$

که در آن MR_i لنگر مقاوم قطعه نوع i، MR_j لنگر مقاوم قطعه نوع j، MRAnchors لنگر مقاوم میل مهارها، Md_i لنگر محرک قطعه نوع i، Md_j لنگر محرک قطعه نوع j، n_1 تعداد قطعات نوع i، n_2 تعداد قطعات نوع j، و m تعداد مهارهای عبوری از سطح گسیختگی می‌باشند.

برنامهٔ کامپیوتری AGS . رابطهٔ ضریب اطمینان برای یک سطح گسیختگی مفروض قابل محاسبه می‌باشد. بنابراین باید این رابطه برای سطوح گسیختگی مختلفی بررسی تا ضریب اطمینان حداقل بدست آید. همچنین، از آنجا که رابطهٔ فوق تابعی از F.S. می‌باشد بایستی به روش سعی و خطا حل گردد. از این‌رو برنامه ای کامپیوتری به زبانVisual Basic نوشته شده که جزئیات آن در مرجع [۱۱] ارائه گردیده است. نتایج تحلیل در بخش‌های زیر بررسی می‌شوند.

بررسی نتایج

در این قسمت به بررسی یک مثال بررسی شده می‌پردازیم. وزن مخصوص خاک 20 kN/m^3 ، مقاومت کششی مجاز پوسته‌های ژئوسنتتیک 35 kN/m ، قطر مهارها 32 mm ، نسبت S (فاصلهٔ مهارها بر روی شیروانی) به d (دامنهٔ کمان پوسته ژئوسنتتیک) ۲۰ و ضریب اطمینان گسیختگی پوسته و لغزش مهارها ۱/۵ فرض شده‌اند. شیروانی به ارتفاع ثابت ۵ متر و با مهارهایی به تعداد N=٤ در نظر گرفته شده است. برای این شیروانی، نمودارهایی بر حسب β(زاویهٔ شیروانی) و F.S. ضریب اطمینان پایداری شیروانی برای ٤ حالت در شکل (٤) ارائه شده‌اند. حالت اول مربوط به حالت غیر تسلیح می‌باشد. حالت دوم حالتی که اثر بارهای سطحی ناشی از پوسته‌های ژئوسنتتیک لحاظ شده باشد؛ یعنی اثر مقاومت‌های کششی، برشی و خمشی مهارها منظور نشده باشد (AGS0). در حالت سوم، علاوه بر اثر فوق، مقاومت کششی مهارها نیز در محاسبهٔ ضریب اطمینان وارد شده است(AGS1). در حالت چهارم، علاوه بر موارد بالا، مقاومت‌های برشی و خمشی مهار نیز تأثیر داده شده است (AGS2). از مقایسه نمودارها مشخص می‌شود که اولاً ضریب اطمینان حالات تسلیح

www.SID.ir

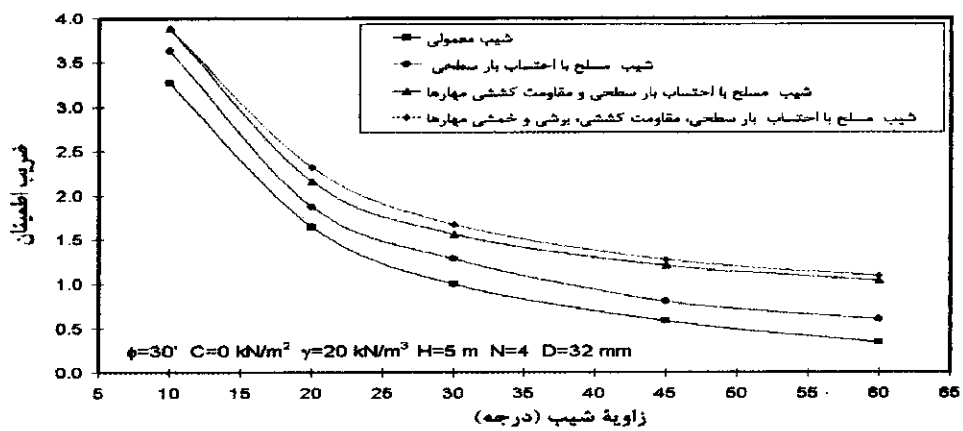
Archive of SID

بیشتر از ضریب اطمینان حالت غیر تسلیح است و نقش تسلیح در زاویه شیروانی‌های بالاتر بیشتر است. ثانیاً، مقاومت‌های برشی و خمشی مهارها باعث افزایش ضریب اطمینان می‌شود ولی این افزایش چشمگیر نیست. ثالثاً، سهم مقاومت کششی مهارها در افزایش ضریب اطمینان، بویژه در شیروانی‌های بالا، بیشتر از سهم پوسته‌های ژئوسنتتیک می‌باشد و این مطلب مؤید تحقیقات ویتان [۷] می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این نوشتار، پایداری شیروانی مسلح شده به روش AGS با در نظر گرفتن اثر فشار پوسته‌های ژئوسنتتیک و مقاومت‌های کششی، برشی و خمشی مهارها بررسی شده است. محاسبات توسط برنامه کامپیوتری نوشته شده به زبان Visual Basic انجام شده است. از بررسی یک مثال عددی می‌توان نتیجه گرفت که:

- مقاومت برشی و خمشی مهار ها تأثیر کمی بر افزایش ضریب اطمینان دارد.
- سهم مقاومت کششی مهارها در افزایش ضریب اطمینان، بویژه در شیروانی‌های بالا، بیشتر از سهم پوسته‌های ژئوسنتتیک می‌باشد
- ضریب اطمینان شیروانی در اثر تسلیح AGS به مقدار زیادی افزایش می یابد. نقش تسلیح در زاویه شیروانی‌های بالاتر بیشتر است.



شکل ٤ ضریب اطمینان شیروانی AGS و تأثیر مقاومت‌های کششی، برشی و خمشی مهارها

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

1. Ghiassian H., Gray H. D., and Hryciw, R. D., "Stabilization of Coastal Slopes by Anchored Geosynthetic Systems." *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering (ASCE),* August, Vol. 123, NO. 8, 736-743, (1996).

2. Koerner, R. M., "In-situ Soil Stabilization using Anchored Nets." *Proc. Conf. On Low Cost and Energy Saving Construction Methods,* Rio DeJaniero, Brazil, pp. 465-478, (1984).

3. Koerner, R. M., and Robins, J. C. "In-situ stabilization of soil slopes using nailed geosynthetics", Proc, of the 3 Int. Conference on Geotextiles , IFAI, Vienna, Austria, 395-400, (1986).

4. Hryciw, R. D., and Haji-Ahmad, K., "Slope Stabilization by Anchored Geosynthetic Systems: Anchorage Optimization", *Proceedings of the ASCE Specialty Conference on Slopes and Embankments*, Berkeley, CA, , July pp, 1464-1480, (1992).

5. Hryciw, R. D., and Irsyam, M., "Pullout Stiffness of Elastic Anchors in Slope Stabilization Systems"; *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering (ASCE),* Vol. 118, No. 6, pp. 902-919, (1992).

6. Ghiassian, H., "Stabilization of Sandy Slopes with Anchored Geosynthetic Systems", Thesis submitted in partial fulfillment for the degree of Doctor of Philosophy, The University of Michigan, Ann Arbor, MI, (1996).

7. Vitton, S. J., Harris, W. W., Whitman, M. F., and Lianng, R. Y., "Application of anchored geosynthetic systems for in situ slope stabilization of fine-grained soils ", *Transp. Res. Rec.* (1998).

8. Cheney, R. S. "Permanent Ground Anchors." Federal Highway Administration Report, FHWA-DA, 68-1R, (1984).

9. Fang, H. Y., "*Foundation Engineering Handbook*", Van Nostrand Reinhold Publication, New York, USA, (1991).

10. Juran, I.. Baudrand, G., Rfarrag, K., and Elias, V., "Kinematical Limit Analysis Approch for Design of Nailed Soil Retaining Structures", *Pro. of International Geotechnical Symposium on Theory and Practice of Earth Reinforcement*, Fukuaka, Kyosho, Japan, (1988).

۱۱. محرمی ، محمد،" تحلیل شیروانی‌های خاکی مسلح شده با روش AGS با در نظر گرفتن مقاومت‌های برشی و خمشی مهارها "، پایان نامه کارشناسی ارشد خاک و پی، دانشگاه علم و صنعت ایران، (۱۳۷۹).

www.SID.ir