

بررسی ضریب اطمینان روش اشمترمن در پایداری شیروانی‌های مسلح

با ژئو تکستایل

حسین غیاثیان، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
 احمد رجیبان، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علوم و تحقیقات فارس، شیراز، ایران
 سپیده جعفری*، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
 پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Sepidehjafari1362@gmail.com

دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۵ - پذیرش: ۱۳۹۴/۴/۲۰

چکیده

شیروانی‌های خاکی از جمله سازه‌هایی هستند که در موارد بسیار از جمله راه‌ها، جاده‌ها و ابنیه‌هایی از این قبیل کاربرد فراوانی دارند. این سازه‌ها در بسیاری از موارد مثل مقاومت کم خاک یا نوع بارگذاری بر روی شیب یا مشخصات هندسی آن همچون شیب بسیار تند یا ارتفاع زیاد نیاز به تسلیح دارند تا پایداری مورد نیاز حاصل شود. یکی از روش‌های تحلیل رفتار و ارایه الگوی مناسب طراحی و ساخت برای شیروانی‌ها روش اشمترمن می‌باشد. در این روش، نحوه تاثیر المان تسلیح در مجاورت سطح لغزش به گونه‌ای در نظر گرفته شده که مولفه قائم نیروی مسلح کننده باعث افزایش نیروهای قائم بر سطح لغزش و در نتیجه افزایش مقاومت برشی می‌شود. اما اندر کنش خاک و ژئو تکستایل در هنگام حرکت توده (کوه) لغزش و بیرون کشیده شدن مسلح کننده می‌تواند باعث کاهش نیروهای مقاوم عمود بر سطح لغزش و در نتیجه ضریب اطمینان شیروانی گردد. به منظور بررسی صحت درستی این مساله تحقیق حاضر با استفاده از نرم افزار ABAQUS که مبتنی بر روش المان محدود می‌باشد انجام شده است. به عنوان نتیجه دیده می‌شود که اندر کنش ژئو تکستایل و خاک تاثیر چندانی در کاهش نیروهای مقاوم و ضریب اطمینان حاصل از آن ندارد.

کلمات کلیدی: شیروانی خاکی، تسلیح، روش اشمترمن، سطح لغزش، المان محدود

۱- مقدمه

استفاده از ژئو سنتتیک‌هایی نظیر ژئو گریدها و ژئو تکستایل‌ها در تسلیح شیروانی‌ها کاربرد روز افزونی دارد. در این راستا روش‌های مختلفی برای طراحی شیروانی‌های مسلح با ژئو سنتتیک‌ها ارایه شده است. تفاوت روش‌های طراحی موجود عمدتاً در نوع فرضیات به کار رفته شامل شکل سطح لغزش (یک خطی، دو خطی، دایره‌ای، اسپایرال) و در بخش طراحی در نظر گرفتن طول المان و ... می‌باشد. یکی از روش‌های طراحی شیروانی‌های مسلح روش اشمترمن می‌باشد. در این روش هم مثل بقیه روش‌های مشابه از

فرضیاتی استفاده می‌شود که در زیر به آنها اشاره می‌شود. (Schmertmann (et al.), 1987)
 ۱- خاک شیروانی دانه‌ای است (ϕ و $C=0$)
 ۲- خصوصیات خاک به صورت یکنواخت در نظر گرفته شده است.
 ۳- سطح شیب یکنواخت است و در بالاترین نقطه شیب سطح زمین تخت در نظر گرفته می‌شود.
 ۴- فشار آب منفذی صفر است.
 ۵- خاک زیر خاکریز پایدار است.

H: فاصله قائم هر مسلح کننده تا مرکز دایره لغزش

همانطور که در رابطه (۱) دیده می شود مولفه قائم نیروی کششی مسلح کننده $(T_{all} \sin \theta)$ باعث افزایش نیروهای قائم بر سطح لغزش می شود. در نتیجه نیروهای مقاوم موثر بر پایداری افزایش یافته و ضریب اطمینان شیروانی را افزایش می دهند.

اما در واقع هنگامی که المان تسلیح شروع به لغزش می کند از طرف خاک بر آن تنش برشی وارد می شود که عکس العمل این تنش از طرف المان بر خاک وارد می شود. مولفه قائم برآیند چنین تنشی می تواند در جهت مخالف یعنی کاهش نیروهای مقاوم که بر سطح لغزش عمودند و در نتیجه کاهش مقاومت اثر کند. در این صورت روش اشمترمن مقاومت خاک را بیش از مقدار واقعی تخمین می زند و در واقع طراحی دست بالا صورت می گیرد.

۶- اثر نیروهای زلزله نادیده گرفته می شود.

۷- بار یکنواخت را می توان در بالای شیب در نظر گرفت.

۸- زاویه اصطکاک وجه مشترک لایه های خاک با ژئو تکستایل

۰/۹ برابر زاویه اصطکاک داخلی است. $(\delta = 0.9\phi)$

در روش اشمترمن ضریب اطمینان به دست آمده از نیروهای

حاصل از تحلیل از رابطه زیر به دست می آید:

$$F_s = \frac{(R \tan \phi) \sum (w \cos \theta + T_{all} \sin \theta) + T_{all} \times H}{R \sum (w \sin \theta)} \quad (1)$$

در رابطه (۱) پارامترها عبارتند از:

W: وزن هر قطعه در محاسبه ضریب اطمینان شیروانی به روش

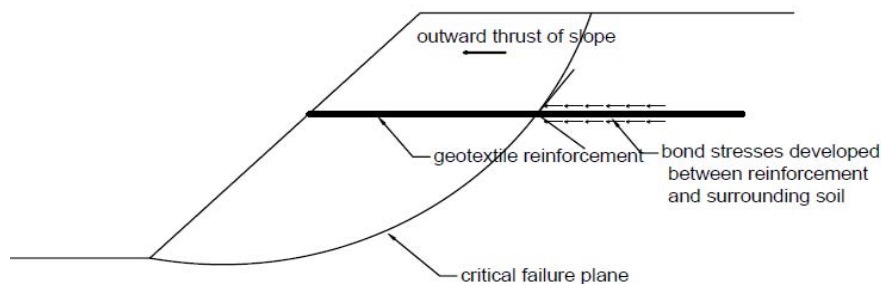
قطعات

T_{all} : نیروی کششی مجاز هر مسلح کننده

θ : زاویه انحراف مماس بر انتهای هر قطعه نسبت به افق

ϕ : زاویه اصطکاک داخلی خاک

R: شعاع دایره لغزش



شکل ۱. وضعیت پخش تنش روی لایه لغزش در اطراف المان تسلیح

لغزش می شود.

۲- هدف تحقیق

تحقیق حاضر با هدف بررسی این موضوع در روش اشمترمن به منظور تاثیر آن بر ضریب اطمینان شیب های مسلح صورت گرفته است.

در این ارتباط با استفاده از روش المان محدود تحلیل پایداری شیروانیهای مختلفی انجام شده و میزان تنش روی سطح لغزش به دست می آید و در نهایت ضریب اطمینان حاصله با ضریب اطمینان روش اشمترمن مقایسه می گردد. در صورتی که ضریب اطمینان حاصل از ضریب اطمینان روش اشمترمن کمتر باشد بدین معنی است که اندر کنش خاک و مسلح کننده باعث کاهش تنش ها یا نیروهای قائم بر سطح

۳- مدل شیروانی خاکی

۳-۱- پارامترهای خاکریز

شیروانی های مدل شده ماسه ای بوده از شیب ۳۰ تا ۷۰ درجه با زوایای اصطکاک ۲۰ تا ۴۰ درجه مدل شده است. ماسه مورد نظر از نوع ماسه متوسط^۲ بوده و مدل رفتاری مدل موهر - کولمب^۳ در نظر گرفته شده است. در این مدل رفتاری که یک مدل الاستیک- پلاستیک کامل^۴ است پارامترهای مورد نیاز برای بخش الاستیک، مدول الاستیسیته و ضریب پواسون و

γ : وزن مخصوص خاک

z : ارتفاع از بالای شیب

در رابطه بالا Z برابر ارتفاع دیوار در نظر گرفته می‌شود. مقدار k در این رابطه نیز از نمودار اشمترمن و براساس زاویه شیب و زاویه اصطکاک بسیج شده خاک بدست می‌آید. لازم به ذکر است که در طراحی به روش اشمترمن مقدار Z برای هر مسلح کننده از بالای شیب محاسبه می‌شود در حالی که در اینجا مقدار Z برای همه مسلح کننده‌ها یکسان و برابر ارتفاع دیوار در نظر گرفته می‌شود. علت این کار این است که با توجه به رابطه بالا T_{all} بدست می‌آید و با فرض رفتار الاستیک خطی برای مسلح کننده‌ها از رابطه (۵) مقدار مدول الاستیک فابریک بدست آمده و به آباکوس معرفی می‌شود در حالی که اگر برای هر مسلح کننده یک ارتفاع در نظر گرفته شود مسلماً T_{all} از آنجا E هر مسلح کننده متفاوت خواهد بود. اما اگر همه مسلح کننده‌ها براساس بحرانی‌ترین مسلح کننده یعنی پایین‌ترین آنها طراحی شوند با توجه به این که مقدار کشش در هر مسلح کننده پس از تحلیل قرائت می‌شود در واقع در هر مسلح کننده با توجه به وضعیت آن و تنش‌های موجود در آن نیروی کششی بسیج می‌شود و این با واقعیت تطابق دارد.

$$\varepsilon = \frac{T_{all} b}{E.A} \quad (5)$$

b : عرض هر مسلح کننده

با توجه به مطالب بالا برای هر شیب مسلح کننده‌های مناسب طراحی و پارامترهای مورد نیاز به برنامه معرفی می‌شود. رفتار مسلح کننده الاستیک خطی در نظر گرفته می‌شود.

۴- مشخصات مدل شیروانی‌ها

در مطالعه حاضر پس از ساخت مدل هندسی و معرفی پارامترهای مورد نیاز خاکریز و مسلح کننده مش بندی شیروانی توسط المان‌های چهار ضلعی چهار گره‌ای با ۴ نقطه گوسی در شرایط کرنش مسطح انجام گردید. مسلح کننده‌ها نیز توسط المان‌های خرپایی دو گره‌ای خطی با دو نقطه گاوسی مدل شدند.

پارامترهای مورد نیاز برای بخش پلاستیک، زاویه اصطکاک، زاویه اتساع خاک و چسبندگی می‌باشد. مقادیر فرض شده برای این پارامترها در جدول (۱) خلاصه شده است.

جدول ۱. پارامترهای ژئوتکنیکی ماسه متوسط

برای شیروانی خاکی مدل

مقادیر در نظر گرفته شده در تحلیل	مقدار	پارامتر
۳۰	۴۰-۲۰ (MPa)	مدول (E) الاستیسیته
۰/۲۸	۰/۳-۰/۲۵	ضریب پواسون (ν)
۱۰	۲۰-۱۰ (deg)	زاویه اتساع (ψ)

از آنجایی که نرم افزار آباکوس عدد صفر را برای مقدار چسبندگی مصالح نمی‌پذیرد، این مقدار برابر ۱Pa انتخاب شده است.

با توجه به جدول بالا مقادیر زیر برای خاک تمامی شیروانی‌ها در نظر گرفته شده است.

ارتفاع تمامی خاکریزها ۱۰.۳ متر و وزن مخصوص خاک برابر ۲۰ کیلونیوتن بر متر مکعب در نظر گرفته شده است.

۳-۲- طراحی مسلح کننده‌ها با استفاده از روش

اشمترمن

همانطور که گفته شد هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر اندرکنش ژئوتکستایل و خاک بر ضریب اطمینان حاصل از روش اشمترمن می‌باشد.

به منظور طراحی شیب‌ها به روش اشمترمن فاصله مسلح کننده‌ها یکسان و برابر ۰.۵ متر در نظر گرفته شد. همانطور که در این روش ارایه شده است رابطه فاصله مسلح کننده‌ها برابر با:

$$S_v = \frac{T_{all}}{k.y.z} \quad (6)$$

می‌باشد که:

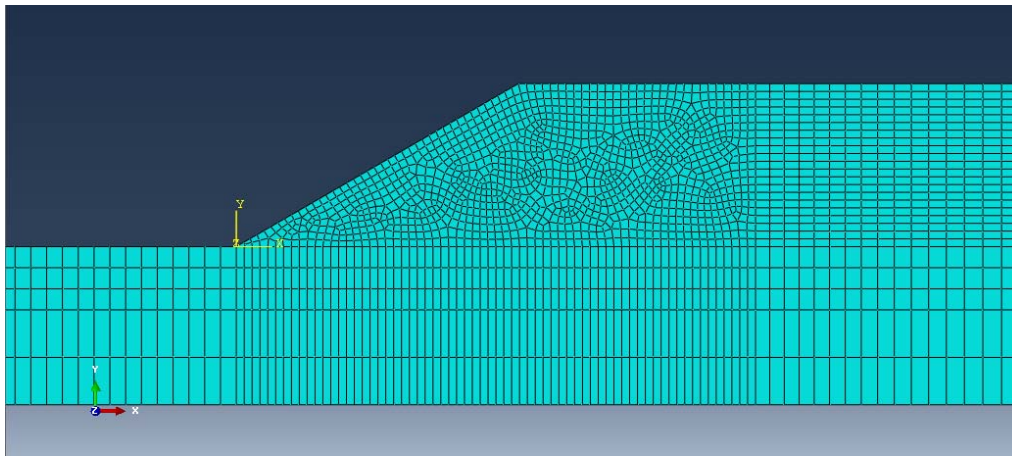
T_{all} : نیروی مجاز مسلح کننده

k : ضریب فشار جانبی اشمترمن

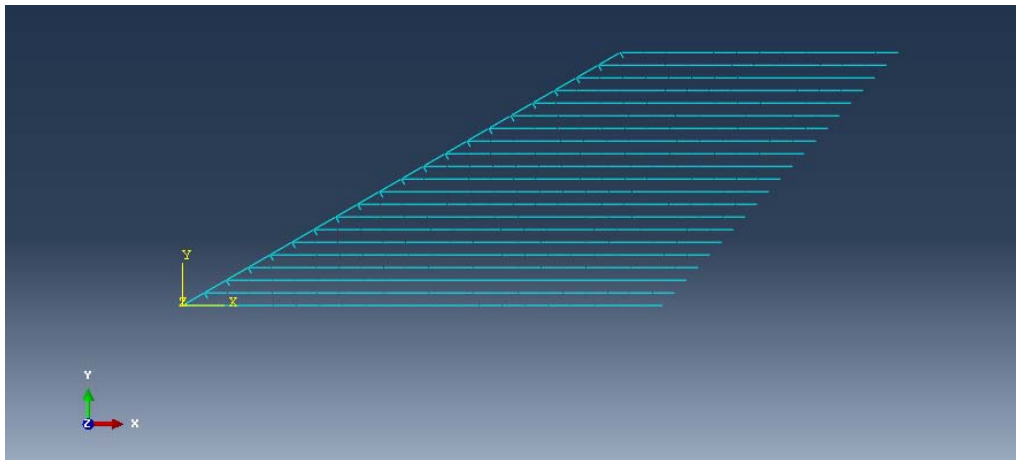
۵- تحلیل شیروانی و تعیین سطح لغزش

به منظور یافتن تنش‌های روی سطح لغزش ابتدا بایستی سطح لغزش هر شیروانی پس از تحلیل تعیین گردد. در نرم‌افزار آباکوس سطح لغزش مشخصی به عنوان سطح لغزش یک شیروانی معرفی نمی‌شود بلکه کرنش‌ها، جابجایی‌ها و تنش‌ها به صورت کانتورهای پیوسته نمایش داده می‌شوند. با این حال بر طبق نظرات مختلف (Yang (et al.), 2012) و (Zheng (et al.), 2009) سطح لغزش را می‌توان مکان هندسی حداکثر

کرنش در مسلح‌کننده‌ها و یا مکان هندسی حداکثر کرنش اصلی پلاستیک در خاک شیروانی در نظر گرفت. بنابراین باید مکان حداکثر کرنش‌های پلاستیک اصلی در خاک با مکان حداکثر کرنش‌های الاستیک موجود در مسلح‌کننده مطابقت داشته باشد. در این صورت می‌توان مکان هندسی حداکثر پارامترهای مذکور را به عنوان سطح لغزش شیروانی در نظر گرفت.



(الف)



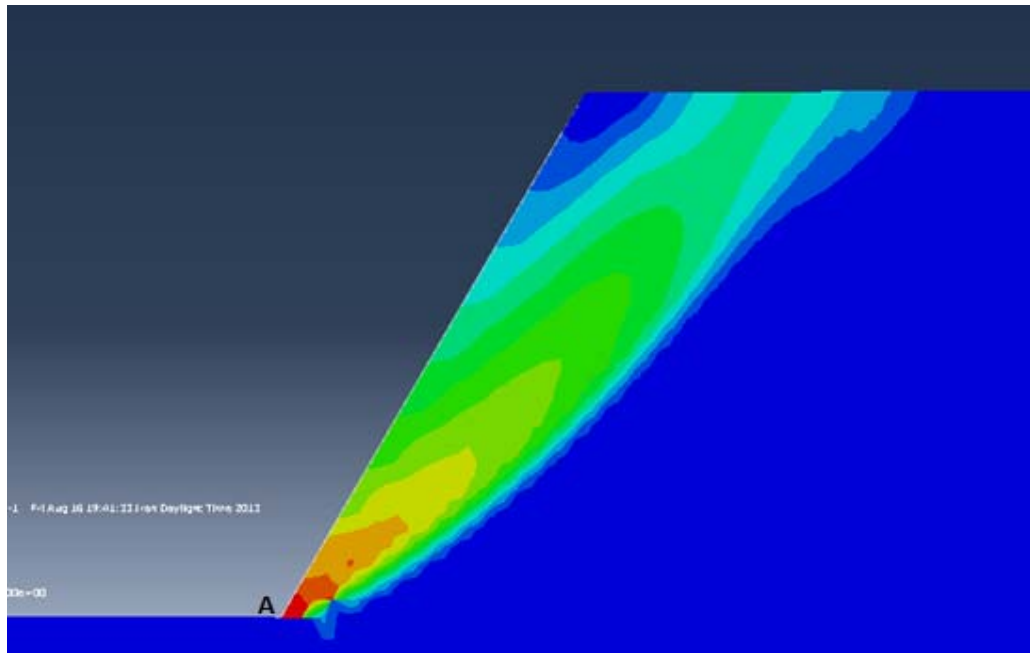
(ب)

شکل ۲. (الف) مدل شیروانی خاکی مش‌بندی شده، (ب) مدل مسلح‌کننده‌های مش‌بندی شده

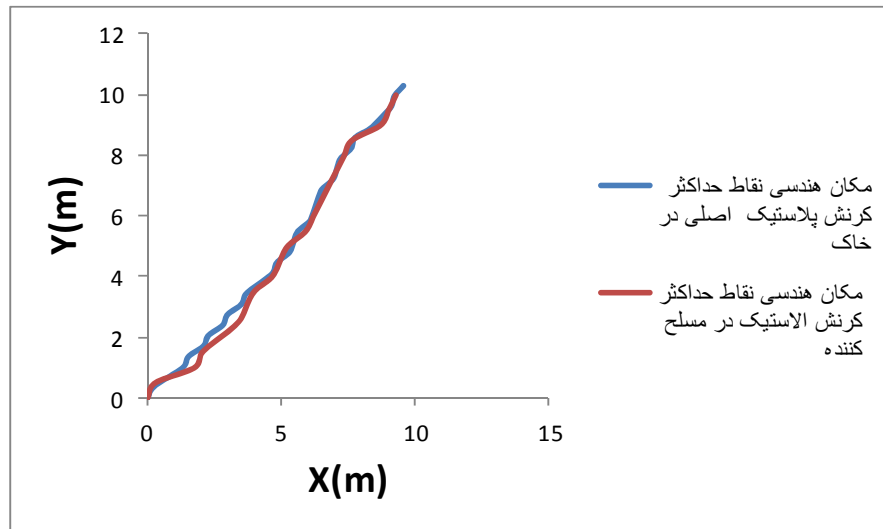
کننده که کرنش الاستیک حداکثر دارند تعیین شده و نمودار مکان هندسی این نقاط پس از ترسیم با هم مقایسه می‌شوند. در شکل ۳ محور X معرف طول نقاط و محور Y معرف عرض

شکل (۳) نتایج تحلیل یک شیروانی با زاویه شیب ۶۰ درجه و زاویه اصطکاک ۴۰ درجه را نشان می‌دهد. برای این شیب، نقاطی از خاک که کرنش پلاستیک حداکثر و نقاطی از مسلح

نقاط می‌باشد. مبدا مختصات در این شکل با نقطه A روی پنجه شیب مطابقت دارد.



شکل ۳. کانتورهای کرنش پلاستیک در خاک شیروانی با $\phi=40$ و $\beta=60$



شکل ۴. مقایسه مکان هندسی نقاط حداکثر کرنش پلاستیک در خاک و حداکثر کرنش الاستیک در مسلح در شیب با $\phi=4$ و $\beta=60$

مسلح‌کننده باشد. (با فرض رفتار خطی برای مسلح‌کننده). پس از تعیین مکان سطح لغزش برای هر شیروانی تنش‌های عمود و برشی روی سطح لغزش تعیین گردید.

همانطور که گفته شد باید ضریب اطمینان حاصل از تنش‌های روی سطح لغزش با توجه به اثر مسلح‌کننده بر پخش تنش در اطراف آن محاسبه گردد و سپس با ضریب اطمینانی

همانطور که مشاهده می‌شود مکان هندسی نقاط با حداکثر کرنش الاستیک در مسلح‌کننده با مکان هندسی نقاط حداکثر کرنش پلاستیک در خاک تطابق خوبی دارد. بنابراین می‌توان برای تعیین سطح لغزش شیروانی از نقاط حداکثر کرنش پلاستیک در خاک استفاده کرد چون منطقی است که سطح لغزش در یک شیروانی همان نقاط حداکثر کرنش یا تنش در

سهولت محاسبات به صورت دایره‌ای مدل گردید. بدین منظور با استفاده از مختصات سه نقطه در بالا، وسط و پایین شیب بهترین دایره ممکن به عنوان سطح لغزش در نظر گرفته شد. سپس همانند روش قطعات در محاسبه ضریب اطمینان گوه لغزش در آن به قطعات مناسب تقسیم گردید و برای هر قطعه زاویه پای هر قطعه با افق (θ)، مساحت هر قطعه (A)، و عرض هر قطعه Δl و شعاع و مرکز دایره لغزش محاسبه گردید.

۶- مقایسه مقادیر ضرایب اطمینان

با توجه به روابط (۶) تا (۸) مشخص است که در صورت کسر از مقاومت نهایی و در مخرج آن از مقاومت بسیج شده استفاده می‌گردد. به دلیل این که نیروی کششی مسلح‌کننده که در روابط بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد همان نیروی کششی است که پس از تحلیل از تنش بسیج شده در مسلح‌کننده‌ها بدست می‌آید به شرطی می‌تواند در روابط مورد استفاده قرار گیرد که برابر با نیروی کششی نهایی مسلح‌کننده (T_{all}) باشد و بدین منظور لازم است که ضریب اطمینانی که نرم‌افزار برای هر یک از شیب‌ها می‌دهد در شرایط حدی و برابر ۱ باشد. در این ارتباط مجموع مقادیر نیروی کششی در مسلح‌کننده‌ها بایستی برابر با حداکثر نیروی وارده از طرف خاک در ارتفاع خاکریز باشد یعنی

$$\sum_{i=1}^n T_i = 0.5 \times k \times y \times H^2 \quad (9)$$

در رابطه بالا k ضریبی

است که از نمودارهای اشمرتمن و با توجه به زاویه شیب شیروانی و زاویه اصطکاک بسیج شده خاک بدست می‌آید، γ وزن مخصوص خاک و H ارتفاع دیوار است.

با داشتن H ، γ و مجموع نیروهای موجود در مسلح‌کننده‌ها می‌توان k و از آنجا از طریق نمودارهای اشمرتمن زاویه اصطکاک بسیج شده خاک را بدست آورد. بر طبق رابطه

$$F_s = \frac{\tan \theta}{\tan \varphi_m} \quad (10)$$

در صورتی که ضریب اطمینان برابر ۱ به دست بیاید به این معنی است که نیروهای بسیج شده در مسلح‌کننده‌ها همان نیروهای نهایی در آنها است. به این ترتیب ملاحظه می‌شود که

که اشمرتمن فقط با توجه به اثر مولفه قائم مسلح‌کننده بر مقاومت برشی محاسبه می‌کند مقایسه گردد. روابط (۶)، (۷) و (۸) به ترتیب ضریب اطمینان اشمرتمن، کرنر و ضریب اطمینان اصلاح شده را نشان می‌دهد.

$$F_{sschmertmann} = \frac{(R \tan \varphi) \sum (w \cos \theta + T_{all} \sin \theta) + T_{all} \times H}{R \sum (w \sin \theta)} \quad (6)$$

$$F_{skomer} = \frac{(R \tan \varphi) \sum (w \cos \theta) + T_{all} \times H}{R \sum (w \sin \theta)} \quad (7)$$

$$F_{smodified} = \frac{(R \tan \varphi) \sum (\sigma \theta \times \Delta l) + T_{all} \times H}{R \times \sum (w \sin \theta)} \quad (8)$$

- در رابطه ۶ فرض شده که المان در هنگام لغزش توده خاک می‌چرخد و موازی سطح لغزش قرار می‌گیرد. این فرض باعث می‌شود که مولفه قائم نیروی مسلح‌کننده در حالت حدی $(T_{all} \sin \theta)$ باعث افزایش نیروهای قائم وارد بر سطح لغزش شده و مقاومت برشی را افزایش دهد.
- در رابطه کرنر فرض می‌شود که المان در لغزش توده خاک به صورت افقی باقی می‌ماند و ممان مقاوم حاصل از نیروی آن باعث افزایش مقاومت چرخشی توده لغزش می‌گردد.
- رابطه ۸ یک رابطه اصلاحی است که بر اساس تحقیق حاضر به دست آمده است. در این رابطه فرض می‌شود نیروی برشی که از طرف المان به خاک در هنگام لغزش به بیرون وارد می‌شود بر تنش‌های قائم روی سطح لغزش اثر منفی دارد و از مقاومت برشی ناشی از این تنش‌ها می‌کاهد. در این رابطه $\sigma \theta$ همان تنش‌های قائم روی سطح لغزش است.

در روابط ۶، ۷ و ۸، w وزن توده خاک هر قطعه، θ زاویه پای هر قطعه با افق، Δl عرض هر قطعه، φ زاویه اصطکاک خاک، H فاصله قائم هر مسلح‌کننده تا مرکز دایره لغزش، R شعاع دایره لغزش، $\sigma \theta$ تنش نرمال بر پای قطعه و T_{all} نیروی کششی مجاز مسلح‌کننده مربوط به آن قطعه است. برای بدست آوردن پارامترهای هندسی پس از بدست آوردن مکان سطح لغزش هر شیروانی مدل شیروانی و سطح لغزش در یک نرم‌افزار ترسیمی مثل اتوکد ایجاد گردید. سطح لغزشی که با استفاده از نقاط ذکر شده به دست می‌آید به جهت امکان و

شیب‌ها از اطلاعات خروجی تحلیل بدست آورده شد. اما برای به دست آوردن ضریب اطمینان به روش اصلاحی تنش‌های روی سطح لغزش (تنش‌های نرمال و تنشهای برشی روی سطح لغزش) استخراج گردید و سپس با استفاده از رابطه (۸) ضریب اطمینان محاسبه گردید. به منظور یافتن تنش‌ها با استفاده از روابط مور - کولمب تنش‌های قائم و برشی در راستای زاویه سطح لغزش نسبت به افق محاسبه گردید.^۶ سپس با داشتن سایر پارامترهای مورد نیاز ضرایب اطمینان از روابط ۶، ۷ و ۸ محاسبه گردید.

۸- نتایج

ضرایب اطمینان با سه روش کرنر، اشمرتمن و روش پیشنهادی در این تحقیق با نام روش اصلاحی بدست آمده است. ضرایب اطمینان محاسبه شده در جدول ۳ آورده شده و قابل مقایسه با یکدیگرند.

در اکثر موارد تفاوت ضریب اطمینان به روش اصلاحی با روش اشمرتمن مقدار قابل توجهی نیست و قابل اغماض می‌باشد. بنابراین نتیجه بدست آمده اینست که در محاسبه ضریب اطمینان پایداری یک شیب با استفاده از روش اشمرتمن اثر تنش برشی ایجاد شده بین توده خاک و مسلح کننده به دلیل جابجایی توده خاک اثر چندانی بر مقاومت خاک در برابر لغزش و در نتیجه کاهش ضریب اطمینان پایداری نداشته و این روش برای بررسی پایداری شیب در برابر لغزش مناسب و قابل استناد است.

همانطور که در تمامی موارد دیده می‌شود ضریب اطمینان حاصل از روش کرنر از ضرایب اطمینان حاصل از دو روش دیگر کمتر است. با توجه به رابطه ۷ و مقایسه آن با دو رابطه ۶ و ۸ واضح است که در رابطه کرنر اثر مقاومتی مولفه قائم نیروی مسلح کننده در پخش تنش در روی سطح لغزش در نظر گرفته نشده و نیروی مسلح کننده تنها باعث افزایش مقاومت چرخشی گوه لغزش می‌گردد. بنابراین انتظار می‌رود که با کم شدن نیروی مقاوم در برابر لغزش در روش کرنر ضریب اطمینان حاصل از این روش نیز کمتر از دو روش دیگر باشد.

برای هر شیب می‌توان از نیروی کششی بسیج شده در مسلح کننده پس از تحلیل شیب در روابط ضریب اطمینان استفاده کرد. جدول (۲) ضریب اطمینان حاصل از رابطه (۱۰) برای همه شیب‌های مسلح در مطالعه حاضر را نشان می‌دهد.

جدول ۲. ضرایب اطمینان شیروانی‌ها حاصل از نیروی کششی مسلح کننده

زاویه شیب	زاویه اصطکاک خاک شیروانی	ضریب اطمینان
۳۰	۲۰	۱/۰۳
۳۰	۳۰	۱/۰۴
۴۰	۲۰	۰/۹۷
۴۰	۳۰	۱/۰۰
۴۰	۴۰	۱/۰۳
۵۰	۲۰	۰/۹۷
۵۰	۳۰	۱/۰۰
۵۰	۴۰	۱/۰۳
۶۰	۲۰	۰/۹۵
۶۰	۳۰	۰/۹۶
۶۰	۴۰	۰/۹۸
۷۰	۲۰	۰/۹۵
۷۰	۳۰	۰/۹۶
۷۰	۴۰	۰/۹۶

۷- تنش‌های روی سطح لغزش

مطابق آنچه در بالا گفته شد پس از یافتن مکان سطح لغزش ضرایب اطمینان محاسبه گردیدند. ضرایب اطمینان به روش‌های کرنر و اشمرتمن نیازمند بدست آوردن وزن توده خاک لغزنده و نیروهای کششی مسلح کننده‌ها در هر شیب می‌باشد. برای به دست آوردن وزن و مشخصات هندسی هر قطعه در محاسبه ضرایب اطمینان به روش‌های کرنر و اشمرتمن همانطور که اشاره شد از یک نرم‌افزار ترسیمی استفاده گردید و نیروی کششی مسلح کننده‌ها نیز پس از تحلیل

جدول ۳. مقایسه ضرایب اطمینان

β	ϕ	f_{Korman}	$f_{\text{Schmertmann}}$	f_{modified}
۳۰	۲۰	۰/۹۸	۱/۰۲	۱/۰۷
۳۰	۳۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
۴۰	۲۰	۰/۹۶	۱/۰۴	۱/۰۹
۴۰	۳۰	۱/۹۶	۱/۰۱	۱/۰۴
۴۰	۴۰	۱/۰۴	۱/۰۵	۱/۱۲
۵۰	۲۰	۱/۰۱	۱/۱۱	۱/۱۶
۵۰	۳۰	۰/۹۴	۱/۰۳	۱/۰۶
۵۰	۴۰	۱/۰۲	۱/۱۰	۱/۱۷
۶۰	۲۰	۱/۱۳	۱/۲۵	۱/۳۲
۶۰	۳۰	۱/۰۸	۱/۱۹	۱/۲۹
۶۰	۴۰	۰/۸۹	۰/۹۸	۰/۹۱
۷۰	۲۰	۱/۱۲	۱/۲۸	۱/۳۰
۷۰	۳۰	۱/۲	۱/۳۴	۱/۴۰
۷۰	۴۰	۰/۸۳	۱/۰۰	۱/۰۰

۹- مراجع

- Schmertmann, G.R., V.E. Chourey - Curtis, Johansson, R.D., and Bonaparte, R., (1987). "Design charts for Geogrid-reinforced soil slopes." Proc. Geosynthetics '87, Vol.1, Industrial fabric assn. Int., st. Paul, Minn., pp. 108-120.
- Budhu, M., "Soil mechanics and foundations", 2nd Edition (2008), USA, John Wiley & Sons.
- Yang, K., J. Zornberg (2012). "Stress distribution and development within Geosynthetic-reinforced soil slopes." Geosynthetics International 19(1): 62-78.
- Zheng, H., G. Sun (2009). "A practical procedure for searching critical slip surfaces of slopes based on the strength reduction technique." Computers and Geotechnics 36(1): 1-5.
- Zheng, H., G. Sun (2009). "A practical procedure for searching critical slip surfaces of slopes based on the strength reduction technique." Computers and Geotechnics 36(1): 1-5.
- داس. براجا. ام. (۱۹۴۱)، "اصول مهندسی ژئو تکنیک"، شاپور طاحونی، جلد اول، فصل ۶ و فصل ۸.

Assessment of Safety Factor of Reinforced Slopes with Respect to Interaction between Soil and Geotextile

H. Ghiathian, Associate Professor, Dept. of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology.

A. Rajabian, Dept. of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology.

S. Jafari, M.Sc. stud., Dept. of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology.

Email: sepidehjafari1362@gmail.com

ABSTRACT

Soil slopes are structures that apply in many cases such as roads ,rail ways and many others .these structures need to be reinforced in the case of low-resistance ground ,loading on a slope or geometric properties such as very steep or high slope.one of the methods for analyzing the behavior and providing appropriate model for designing the slopes is the Schmertmann method.

In this method ,the influence of reinforcement in the vicinity of sliding surface is considered so that the vertical component of reinforcement force increase the vertical forces on the slip surface ,thus increasing the shear strength .but pulling out the reinforcement during mass movement and interaction between soil and geotextile and the vertical component of resultant shear stress between them can decrease the resistance forces perpendicular to the slip surface and so the safety factor of the slope.in order to verify the accuracy of the problem ,this study is performed using ABAQUS software based on the finite element method .seen as a result that interaction between soil and geotextile has little effect on reducing the resisting force and the factor of safety of slope.

Keywords: Soil Slopes, Reinforcing, Schmertmann Method, Slip Surface, Finite Element