

بررسی پایداری شیب‌های خاکی مسلح شده به روش Deep Patch

حسین غیاثیان، دانشیار، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

افروز صمدی کوچک سرابی*، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

علی اکبر حشمتی، استادیار، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Afroozs67@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۲۰ - پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۲۰

چکیده

بسیاری از جاده‌ها در مناطق جنگلی در امتداد شیب تپه‌ها واقع شده‌اند. برای ساخت این جاده‌ها معمولاً از روش خاکبرداری و خاکریزی استفاده می‌کنند. نشست یا تحکیم در خاکریزی که به اندازه کافی متراکم نشده‌است یا خزش خاکریز پایین شیب باعث ایجاد نشست و ترک در جاده می‌گردد. روش‌های رایج برای رفع مشکلات نشست خاکریز شیب مانند ساخت دوباره، ساخت سازه‌های نگهبان و ... بسیار پرهزینه می‌باشد. روش Deep patch روشی کم هزینه است که برای افزایش پایداری این گونه شیب‌ها به کار می‌رود. در این روش قسمت بالایی از ناحیه‌ای که در آن نشست رخ داده‌است را بر می‌دارند و با مواد مسلح‌کننده که معمولاً ژئوگرید است به همراه خاکریز متراکم پر می‌کنند. در این مطالعه از روش تعادل حدی جهت تعیین ضریب اطمینان یک سطح لغزش مسطح فرض شده در این شیب استفاده می‌گردد. در پایان نمودارهایی جهت تعیین ضریب اطمینان شیب‌های خاکی مسلح شده با ژئوسنتتیک ارائه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: خاک مسلح، پایداری شیب، تعادل حدی، Deep Patch

۱- مقدمه

همواره در معرض رطوبت قرار داشته و نسبت به تغییرات شرایط اقلیمی حساس می‌باشد. بدین لحاظ تاسیسات بنا شده بر روی آن نیز با تغییر شرایط رطوبت دچار مشکلات عدیده‌ای می‌گردند. امروزه با افزایش حجم ترافیک و شدت بار وارد بر شبکه حمل و نقل زمینی کشور از جمله شبکه راه‌ها و راه‌آهن، نیاز به احداث راه‌های عریض و ایمن و همچنین خطوط راه‌آهن سریع‌السیر بیش از هر زمانی در کشور احساس می‌شود. ساخت آزاد راه‌ها و شبکه

خاک به عنوان یک محیط دانه‌ای طبیعی حاصل از فرسایش و دگرگونی سنگ‌ها قابلیت تحمل و انتقال نیروهای کششی را نداشته، نیروی برشی بیشتر از تاب نهایی برشی خود را تحمل نمی‌کند و در مقابل بار، تغییر شکل می‌دهد. لذا در بسیاری شرایط در اثر اعمال نیروهای مختلف طبیعی و یا ناشی از سازه‌ها دچار گسیختگی شده و یا نشست می‌کند (توفیق روحانی، ۱۳۸۲). همچنین به دلیل ماهیت نفوذپذیر آن و وجود آب در طبیعت،

پژوهشنامه حمل و نقل، سال یازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۳

راه آهن متناسب با حجم درخواست رو به افزایش جامعه امروزی، نیاز به گسترش و بکارگیری روش های نوین و فناوری روز را در این زمینه اجتناب ناپذیر ساخته است. بسیاری از زمین هایی که قبلاً از نظر مرغوبیت، مناسب برای امور احداث شبکه های ارتباطی نبوده اند می بایست بدلیل تقاضای زیاد و افزایش قیمت های زمین مرغوب، مجدداً مورد ارزیابی قرار گیرند. حتی ایده ساخت راه ها از میان دریاچه های کم عمق و مناطق باتلاقی با وجود هزینه فراوان آن امروزه مورد توجه قرار گرفته است. همچنین خاکریزهای غیرایمن باید با استفاده از روش های مختلف پایدار شوند. از روش خاک مسلح به طور گسترده جهت پایداری خاکریزها استفاده می گردد. مساله پایداری شیب های خاکی یکی از مباحث بسیار مهم و اساسی در علم مکانیک خاک بوده که از دیرباز مورد توجه محققان و مولفان بسیاری قرار گرفته و موضوع بسیاری از تحقیقات و مقالات علمی بوده است. پایداری سازی خاکریز جاده ها با استفاده از ژئوسنتتیک ها بسیار آسان تر و کم هزینه تر از روش های دیگر مانند احداث دیوارهای حائل و ... می باشد.

۲- مروری بر پیشینه تحقیق

در برخی مناطق جهت تعریض جاده های کوهستانی که از روی شیب می گذرند، مجبور به استفاده از روش CAF^1 هستیم. در این روش از کناره جاده خاکبرداری کرده و در سمت دیگر شیب خاکریزی انجام می دهند. گاهی وجود باقیمانده گیاهان و درختان در خاکریز، ابتدا باعث افزایش مقاومت شده اما با گذشت زمان و کمپوست این مواد، خاکریز دچار نشست و ناپایداری می گردد. در برخی موارد نیز به علت تراکم نامناسب خاکریز، ناپایداری رخ می دهد. هدف از ساخت شیروانی ها به روش CAF (Keller and Sherar, 2003) :

۱. ایجاد فضا برای ساخت یا تعریض جاده
۲. تعادل بین مصالح خاکبرداری و خاکریزی
۳. حفظ پایداری با گذشت زمان
۴. به حداقل رساندن هزینه های بلند مدت

لغزش هایی که در شیب های CAF رخ می دهد، می تواند منبع اصلی نشست باشد، این لغزش ها باعث بسته شدن جاده و

افزایش هزینه های نگهداری جاده می شود. در بسیاری از لغزش های گزارش شده از شیب های خاکی در مناطق کوهستانی، بارندگی یکی از عوامل اصلی گسیختگی ها بوده است (Rahardjo (Brand,1985),(Chang,Chiu and Lin,2007) et al,2007) البته نقش آب و تراوش در ناپایداری هر نوع شیروانی عمده می باشد که در مورد شیب های CAF هم بالطبع این تأثیر زیاد می باشد. بسیاری از لغزش ها معمولاً زمانی رخ می دهند که شیب خاکریز بسیار تند باشد یا مصالح خاکریز به خوبی متراکم نشده باشند یا خاک زیرین ضعیف باشد. انتخاب مکان مناسب برای ساخت جاده، باعث کاهش تعداد لغزش ها می گردد. روش هایی که امروزه برای حل مشکل خاکریزهای ناپایدار مورد استفاده قرار می گیرد (Keller, 2003):

- ✓ حذف مصالح لغزش
- ✓ کاشت گیاهان بر روی شیب (روش بیومهندسی)
- ✓ مسطح کردن شیب یا ساخت دوباره آن
- ✓ بالا یا پایین بردن سطح جاده به ترتیب برای مستحکم کردن ترانشه یا برداشتن وزن از روی لغزش
- ✓ جابه جا کردن جاده به یک مکان پایدار
- ✓ نصب زهکش
- ✓ طراحی و ساخت سازه های نگهدارنده و مهارها (روش پایداری سازی مکانیکی)

در آنکارا (ترکیه)، به علت افزایش سریع جمعیت و افزایش تعداد وسایل نقلیه، مسئولین تصمیم گرفتند که بزرگراه Ankara-Eskidehir که نواحی تازه ساخت شهر را به مرکز شهر متصل می کند را تعریض کنند. در طی عملیات تعریض بزرگراه، تعداد زیادی شیب تند در مسیر بزرگراه شکل گرفت. در نتیجه مشکلاتی برای پایداری این شیب ها ایجاد گردید. برای بررسی پایداری این شیب ها، تحلیل هایی با استفاده از روش تعادل حدی انجام گرفت و در نهایت تصمیم گرفتند برای افزایش پایداری از شاتکریت، مش های سیمی، تقویت پنجه شیب و محافظ های بلوکی بتنی یا مهارهای محافظ در این نواحی استفاده شود (Oztekin and Topal, 2006). تحلیل و طراحی شیب های تسلیح شده براساس بررسی پایداری شیب به منظور جلوگیری از ایجاد لغزش و تعیین حداقل ضریب اطمینان آن انجام می گردد.

انجام این مراحل به علت تعدد مکانیزم‌های خرابی و پیچیدگی هندسی سطوح لغزش اغلب بسیار طولانی و طاقت فرساست. لذا محققان در این زمینه کوشش نموده‌اند با بررسی مکانیزم‌های اصلی خرابی در شیروانی‌های تسلیح‌شده، حاصل از تجربیات اجرایی و تحقیقات آزمایشگاهی، روش‌های تحلیل و طراحی سهل‌تری را ارائه نمایند. در این روش‌ها براساس مشخصات هندسی و ژئوتکنیکی خاکریزها و همچنین مشخصات ژئوگرید مصرفی، طول، تعداد و فاصله مناسب شبکه‌های ژئوگرید جهت نصب در خاکریزها طراحی می‌گردد. در برخی از روش‌های پیشنهادی مانند روش اشمرتمن^۲ تاثیر فشار منفذی آب بر روند طراحی خاکریز در نظر گرفته نشده است، در حالی که در برخی دیگر از روش‌ها، نظیر روش ماری، ژوول^۳ و اشنیدر و هولتز^۴، اثر فشار منفذی آب در خاکریز مدنظر قرار گرفته است (شفابخش، ۱۳۸۴).

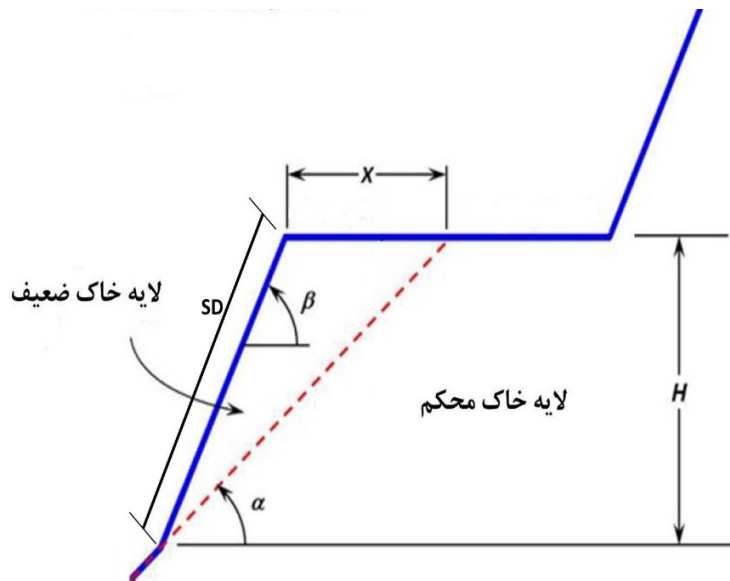
۳- روش Deep Patch

روش Deep patch، روشی ساده براساس مفهوم تعادل حدی برای کاهش نشست و گسیختگی‌های سطحی می‌باشد.

در این روش ۳ تا ۶ فوت قسمتی از خاکریز جاده که دچار نشست و ترک شده است را خاکبرداری کرده و با مصالح متراکم و یک تا چند لایه ژئوستتیک پر می‌کنند (Musser & Denning, 2005). (2005) این روش به طور موثری ریزش‌های سطحی، عملکرد ضعیف کناره‌های خاکریز و شیب‌های طبیعی با خاک ضعیف بر روی لایه خاک قوی را بهبود می‌بخشد و برای اصلاح پایداری شیروانی‌هایی که با روش CAF ساخته شده‌اند مناسب می‌باشد و در آن بخشی از قسمت بالای شیروانی توسط المان‌های تسلیح به قسمت محکم شیروانی متصل می‌شوند. هندسه شیب در این روش به این صورت است که فرض می‌شود شیب زیر جاده شامل یک ناحیه به شکل گوه شامل خاک ضعیف می‌باشد و بر روی شیب تندی که دارای مقاومت بیشتر از خاک گوه است، قرار دارد و گسیختگی بر روی این گوه رخ می‌دهد (شکل ۲) (Musser & Denning, 2005).



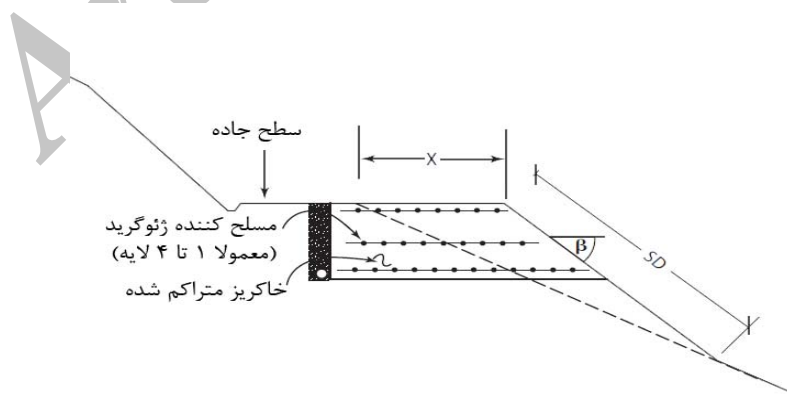
شکل ۱. ترک‌های ایجادشده بر روی جاده (Musser & Denning, 2005)



شکل ۲. هندسه شیب در روش Deep Patch (Musser & Denning, 2005)

در شکل ۳ نیز مقطعی از شیب مسلح شده به روش Deep Patch نشان داده شده است. در این روش، سطح لغزش به صورت مسطح در نظر گرفته شده است و نمودارهای طراحی براساس ضریب اطمینان ۱/۲ ارایه شده است. نمودارهایی که در این تحقیق ارایه می گردند در جهت تکمیل نمودارهای Deep Patch می باشند.

X: فاصله لبه خاکریز تا نقطه ای که در آن خاکریز جاده از خاکبرداری به خاکریزی تغییر می کند.
 β : زاویه خاکریز با افق
 α : زاویه شیب اولیه
 SD: فاصله شیب از لبه خاکریز تا نقطه پایین گسیختگی



شکل ۳. مقطع شیب مسلح شده به روش Deep Patch (Musser & Denning)

۴- رابطه ضریب اطمینان

در فرمول‌های تعادل حدی فرض می‌شود که:

✓ خاک رفتار موهر-کولمب دارد.

✓ ضریب اطمینان بخش چسبنده مقاومت و بخش اصطکاکی

مقاومت برای تمام خاک‌های مورد بحث برابر است.

در مهندسی ژئوتکنیک تعریف‌های مختلفی برای ضریب

اطمینان ارائه می‌شود. در مسائل پایداری معمولاً نسبت مقاومت

برشی خاک در هر نقطه، به تنش برشی ایجاد شده برای تعادل،

تعریف عامی است که مورد قبول واقع شده است. با توجه به

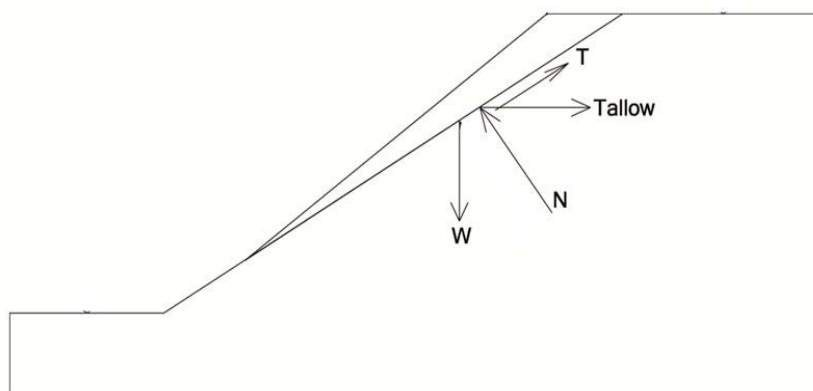
اینکه نوع گسیختگی در شیروانی‌های CAF غالباً به صورت

لغزش صفحه‌ای در راستای مرز لایه خاکریز و بستر بکر اولیه

می‌باشد، حل مسئله به صورت معین امکان‌پذیر بوده و می‌توان

روابط پایداری را با احتساب تاثیر اندرکنش خاک و المان نوشت. در روش مورد استفاده در این تحقیق، نیروی مسلح‌کننده باعث افزایش نیروی عمود بر شیب می‌شود و مولفه مماس بر شیب مسلح‌کننده نیز باعث افزایش ضریب اطمینان و پایداری بیشتر شیب می‌گردد. در شکل ۴ نیروهای وارد بر سطح لغزش نشان داده شده است.

در این رابطه، F.S ضریب اطمینان، $T_{ultimate(soil)}$ مقاومت برشی نهایی خاک در صفحه گسیختگی در زمان گسیختگی و $T_{mobilize(soil)}$ تنش برشی مقاوم بسیج شده در سطح لغزش بحرانی احتمالی می‌باشد که به صورت زیر از روابط تعادل به دست می‌آیند.



شکل ۴. نیروهای وارد بر سطح لغزش

به علت معین بودن سطح گسیختگی، مولفه نیروی مسلح‌کننده، هم در صورت و هم در مخرج رابطه ضریب اطمینان وارد می‌شود.

$$T_{mobilized(Soil)} = W \sin \alpha - T_{mobilized(Geogrid)} \cos \alpha \quad (۱)$$

$$\Rightarrow T_{mobilized(Soil)} = W \sin \alpha - \frac{T_{allow(Geogrid)}}{FS} \cos \alpha \quad (۲)$$

$$N = W \cos \alpha + T_{mobilized(Geogrid)} \sin \alpha \quad (۳)$$

$$N_{ultimate} = W \cos \alpha + T_{allow(Geogrid)} \sin \alpha \quad (۴)$$

(5)

SD: فاصله شیب از لبه خاکریز تا نقطه پایین گویختگی

(m)

در نتیجه رابطه ضریب اطمینان براساس پارامترهای بدون بعد

تعریف شده در بالا به صورت زیر نوشته می شود:

$$F.S = \frac{\tan \phi}{\tan \alpha} + \frac{2\zeta \tan \phi}{\sin \beta} + \frac{4\zeta}{\sin \beta \tan \alpha} + \frac{2m}{\sin^2 \alpha} \quad (10)$$

$$A = \frac{\tan \phi}{\tan \alpha} + \frac{2\zeta \tan \phi}{\sin \beta} + \frac{4\zeta}{\sin \beta \tan \alpha} \quad (11)$$

$$B = \frac{2m}{\sin^2 \alpha} \quad (12)$$

$$F.S = A + B \quad (13)$$

براساس این فرمول نمودارهای طراحی برای مقادیر مختلف

پارامترها رسم می گردد.

5- اعتبارسنجی فرمول

برای اعتبارسنجی فرمولها رابطه ضریب اطمینان با روابط A

(B) (Duncan and Wright, 2005) مقایسه شده است. در

روش A، نیروهای مسلح کننده ای که در تحلیل به کار می رود در

حالت سرویس بوده و بر ضریب اطمینان به دست آمده در تحلیل

پایداری شیب تقسیم نمی شود. فقط مقاومت خاک بر ضریب

اطمینان محاسبه شده در تحلیل پایداری شیب تقسیم می شود. در

روش B، نیروهای به کار رفته در تحلیل در حالت مجاز قرار

دارند و هم نیروی مسلح کننده و هم مقاومت خاک بر ضریب

اطمینان به دست آمده در تحلیل پایداری شیب تقسیم می شود. در

روش A (B) اندرکنش مسلح کننده و خاک در نظر گرفته نشده

است. در نتیجه رابطه ضریب اطمینان روش A (B) برای شیب

مورد نظر به صورت زیر نوشته می شود:

$$F.S = \frac{\tan \phi}{\tan \alpha} + \frac{2c}{\gamma X \sin^2 \alpha} + \frac{T_{\text{allow}}(\text{Geogrid}) \cos \alpha}{0.5\gamma.X.(SD). \sin \beta \sin \alpha} \quad (15)$$

$$F.S = \frac{T_{\text{ultimate}}(\text{soil})}{T_{\text{mobilized}}(\text{soil})} = \frac{N_{\text{ultimate}} \tan \phi + cL + T_{\text{allow}}(\text{geogrid}) \cos \alpha}{W \sin \alpha - \frac{T_{\text{allow}}(\text{geogrid})}{F.S} \cos \alpha} = \frac{(W \cos \alpha + T_{\text{allow}}(\text{geogrid}) \sin \alpha) \tan \phi + cL + T_{\text{allow}}(\text{geogrid}) \cos \alpha}{W \sin \alpha - \frac{T_{\text{allow}}(\text{geogrid})}{F.S} \cos \alpha}$$

با مرتب کردن رابطه بالا، رابطه ضریب اطمینان به صورت زیر

نوشته می شود:

$$F.S = \frac{W \cos \alpha + T_{\text{allow}}(\text{geogrid}) \sin \alpha}{W \sin \alpha} \tan \phi \quad (6)$$

$$+ \frac{cL}{W \sin \alpha} + \frac{2T_{\text{allow}}(\text{geogrid}) \cos \alpha}{W \sin \alpha} \quad (7)$$

$$F.S = \frac{(0.5\gamma.X.(SD). \sin \beta \cos \alpha) + T_{\text{allow}}(\text{geogrid}) \sin \alpha}{0.5\gamma.X.(SD). \sin \beta \sin \alpha} \tan \phi + \frac{2c}{\gamma X \sin^2 \alpha} + \frac{2.T_{\text{allow}}(\text{geogrid}) \cos \alpha}{0.5\gamma.X.(SD). \sin \beta \sin \alpha}$$

برای رسم نمودارها، پارامترهای بدون بعد به صورت زیر

تعریف می شود:

$$m = \frac{c}{\gamma X} \quad (8)$$

m: پارامتر بدون بعد چسبندگی

c: چسبندگی خاکریز (KN/m²)

X: فاصله لبه خاکریز تا نقطه ای که در آن خاکریز جاده از

خاکبرداری به خاکریزی تغییر می کند. (m)

$$\xi = \frac{T_{\text{allow}}}{\gamma.X.(SD)} \quad (9)$$

ξ: پارامتر بدون بعد مسلح کننده

T_{allow} (Geogrid): نیروی مجاز مسلح کننده (KN/m)

γ: وزن مخصوص خاکریز (KN/m³)

X: فاصله لبه خاکریز تا نقطه ای که در آن خاکریز جاده از

خاکبرداری به خاکریزی تغییر می کند. (m)

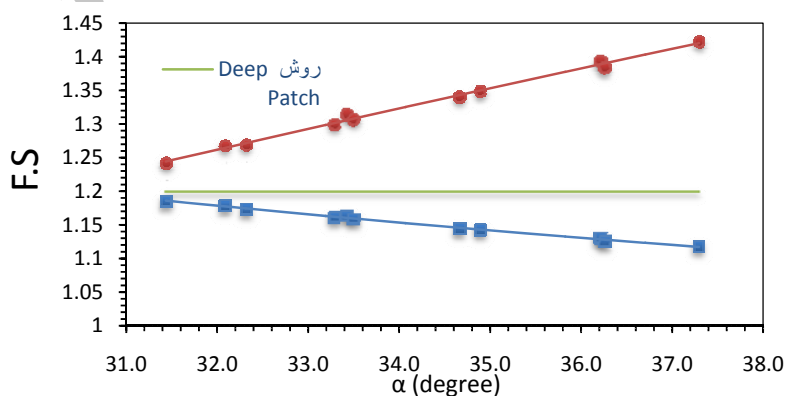
(Denning,2005)

در شکل زیر مقادیر ضریب اطمینان به دست آمده از روش های مختلف با هم مقایسه می شوند. در این شکل ها برازشی از ضرایب اطمینان به دست آمده از هر روش انجام شده است.

در جدول زیر، تعدادی شیب با هندسه و مشخصات متفاوت به همراه ضریب اطمینان این شیب ها که از روش بحث شده به دست آمده، آورده و نتایج مقایسه شده اند تا دقت روش پیشنهادی مورد ارزیابی قرارگیرد. ضریب اطمینان نمودارهای Deep Patch برای هندسه های مختلف، مقدار ۱/۲ می باشد (Musser &

جدول ۱. ضریب اطمینان شیب با هندسه های متفاوت با استفاده از روش (B)A و روش دقیق (زاویه اصطکاک ۳۵ درجه)

| شماره شیب | \square (lb/ft ³) | X (ft) | SD (ft) | ϕ (degree) | β (degree) | α (degree) | T_{allow} (lb/ft) | ضریب اطمینان روش دقیق | ضریب اطمینان روش A یا B |
|-----------|---------------------------------|--------|---------|-----------------|------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|
| ۱ | ۱۱۴/۷ | ۳ | ۳۶/۷ | ۳۵ | ۳۹ | ۳۶/۲ | ۵۰۰ | ۱/۳۹۳ | ۱/۱۳۰ |
| ۲ | ۱۱۴/۷ | ۶ | ۳۴/۰ | ۳۵ | ۳۹ | ۳۳/۴ | ۵۰۰ | ۱/۳۱۴ | ۱/۱۶۴ |
| ۳ | ۱۱۴/۷ | ۹ | ۳۹/۷ | ۳۵ | ۳۹ | ۳۲/۱ | ۵۰۰ | ۱/۲۶۸ | ۱/۱۷۹ |
| ۴ | ۱۱۴/۷ | ۱۲ | ۴۷/۶ | ۳۵ | ۳۹ | ۳۱/۴ | ۵۰۰ | ۱/۲۴۲ | ۱/۱۸۵ |
| ۵ | ۱۱۴/۷ | ۳ | ۶۱/۱ | ۳۵ | ۳۹ | ۳۷/۳ | ۱۰۰۰ | ۱/۴۲۳ | ۱/۱۱۸ |
| ۶ | ۱۱۴/۷ | ۶ | ۴۷/۸ | ۳۵ | ۳۹ | ۳۴/۹ | ۱۰۰۰ | ۱/۳۴۹ | ۱/۱۴۳ |
| ۷ | ۱۱۴/۷ | ۹ | ۴۹/۶ | ۳۵ | ۳۹ | ۳۳/۳ | ۱۰۰۰ | ۱/۲۹۹ | ۱/۱۶۱ |
| ۸ | ۱۱۴/۷ | ۱۲ | ۵۵/۱ | ۳۵ | ۳۹ | ۳۲/۳ | ۱۰۰۰ | ۱/۲۶۹ | ۱/۱۷۳ |
| ۹ | ۱۱۴/۷ | ۶ | ۷۴/۰ | ۳۵ | ۳۹ | ۳۶/۳ | ۲۰۰۰ | ۱/۳۸۳ | ۱/۱۲۵ |
| ۱۰ | ۱۱۴/۷ | ۹ | ۶۷/۶ | ۳۵ | ۳۹ | ۳۴/۷ | ۲۰۰۰ | ۱/۳۴۰ | ۱/۱۴۵ |
| ۱۱ | ۱۱۴/۷ | ۱۲ | ۶۹/۰ | ۳۵ | ۳۹ | ۳۳/۵ | ۲۰۰۰ | ۱/۳۰۷ | ۱/۱۵۹ |

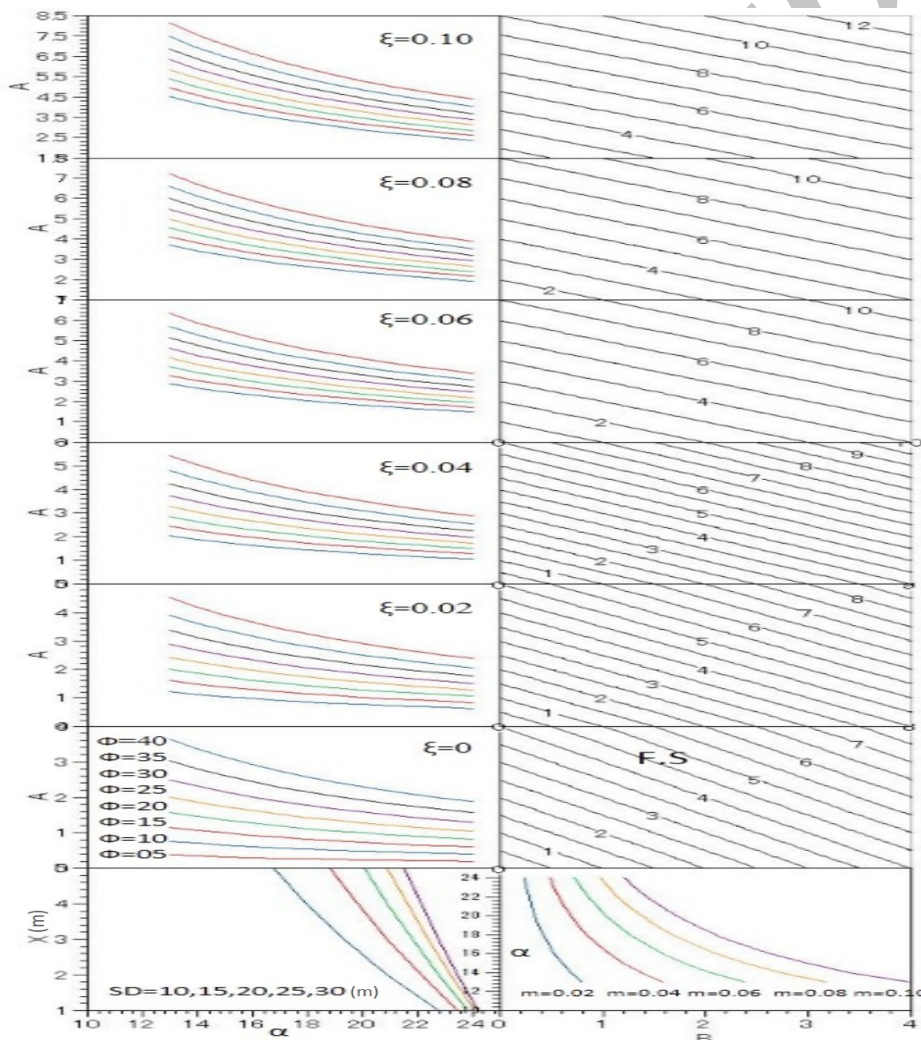


شکل ۵. مقایسه ضریب اطمینان به دست آمده از روش های مختلف (زاویه اصطکاک ۳۵ درجه)

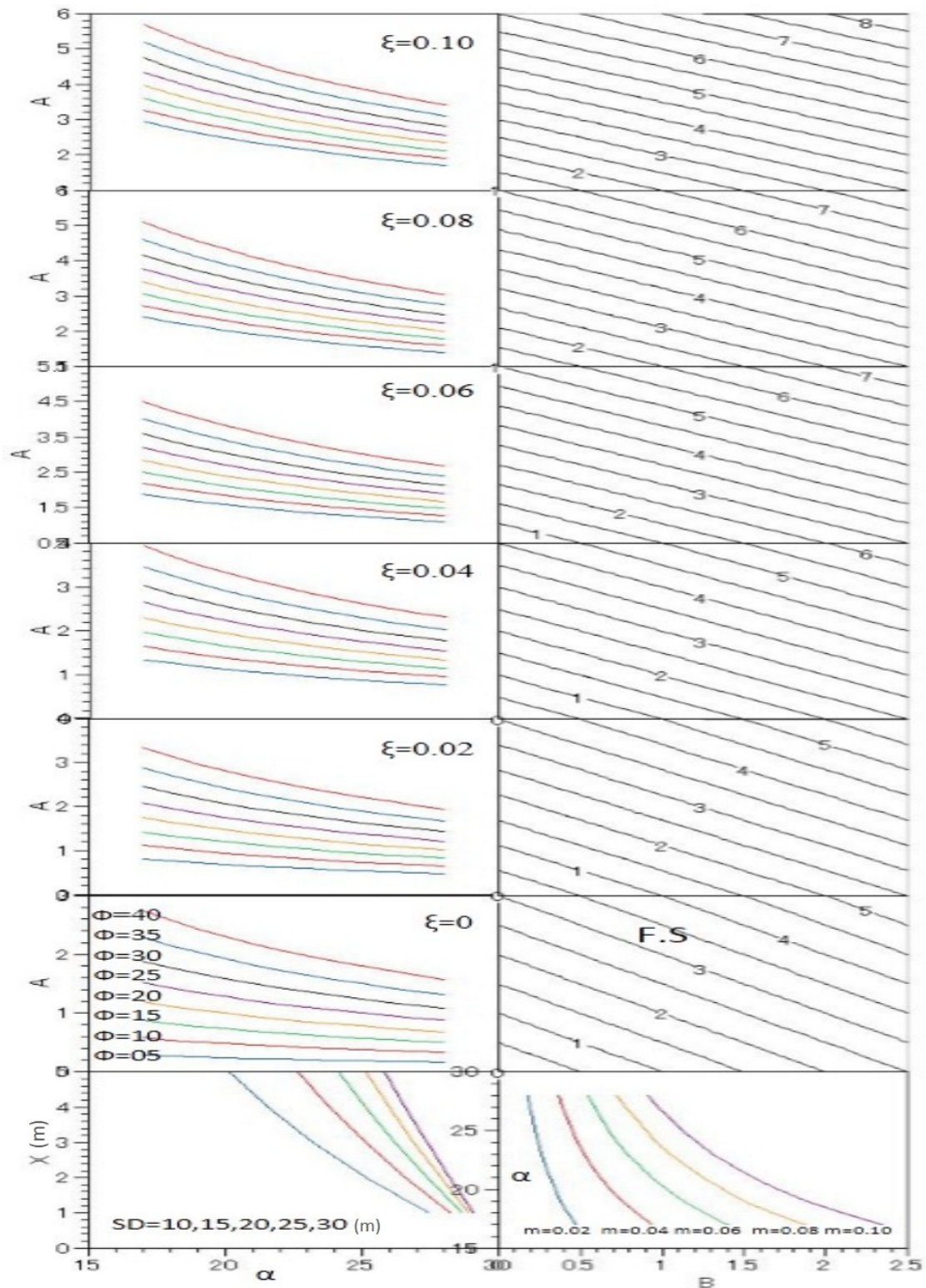
۶- نمودارهای طراحی

برای تعیین اثرات مسلح کننده، زاویه شیب، مشخصات خاکریز بر مقدار ضریب اطمینان، تحلیل‌هایی انجام شده که در آن‌ها هدف، تعیین ضریب اطمینان شیروانی مسلح شده به روش Deep patch می‌باشد. البته برای رسیدن به ضریب اطمینان مورد نظر هم می‌توان مقدار نیروی مجاز مسلح کننده را به دست‌آورد. نتایج تحلیل‌های انجام شده در شکل‌های (۶) تا (۹) ارائه شده‌است.

همان‌طور که در شکل بالا مشاهده می‌شود، ضریب اطمینان به دست‌آمده از روش (A)B و روش Deep Patch کمتر از مقادیر به دست‌آمده از روش دقیق می‌باشد، بنابراین روش‌های (A)B و روش Deep Patch محافظه کارانه می‌باشد. در روش دقیق، به علت در نظر گرفتن اندرکنش خاک و مسلح کننده، ضریب اطمینان بالاتری نسبت به روش‌های دیگر به دست آمد. بنابراین می‌توان گفت روش دقیق، اقتصادی‌تر می‌باشد. برای مقادیر کم زاویه α ، اختلاف سه روش به حداقل می‌رسد.

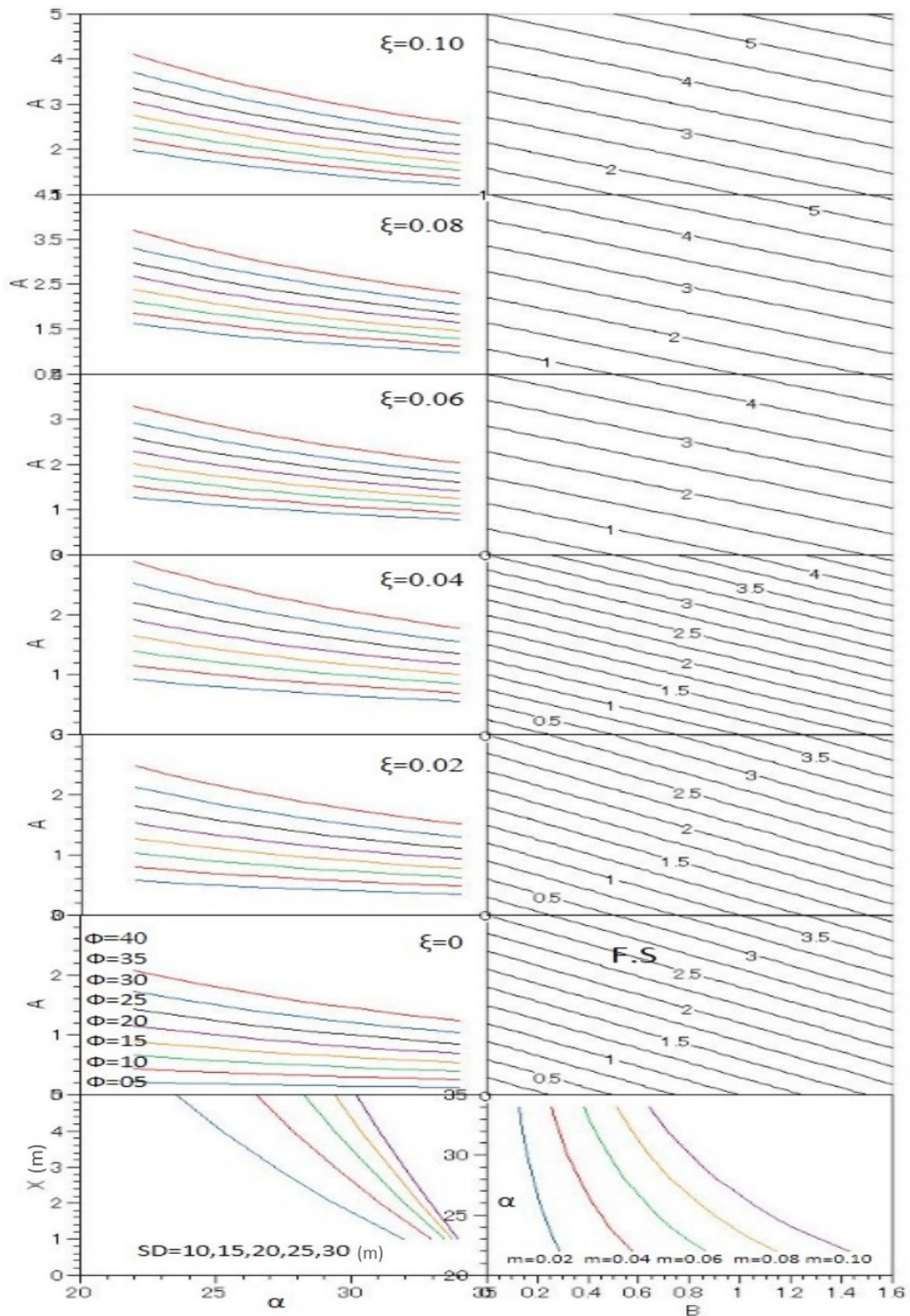


شکل ۶. نمودار طراحی برای $\beta = 25$ و $r_u = 0$



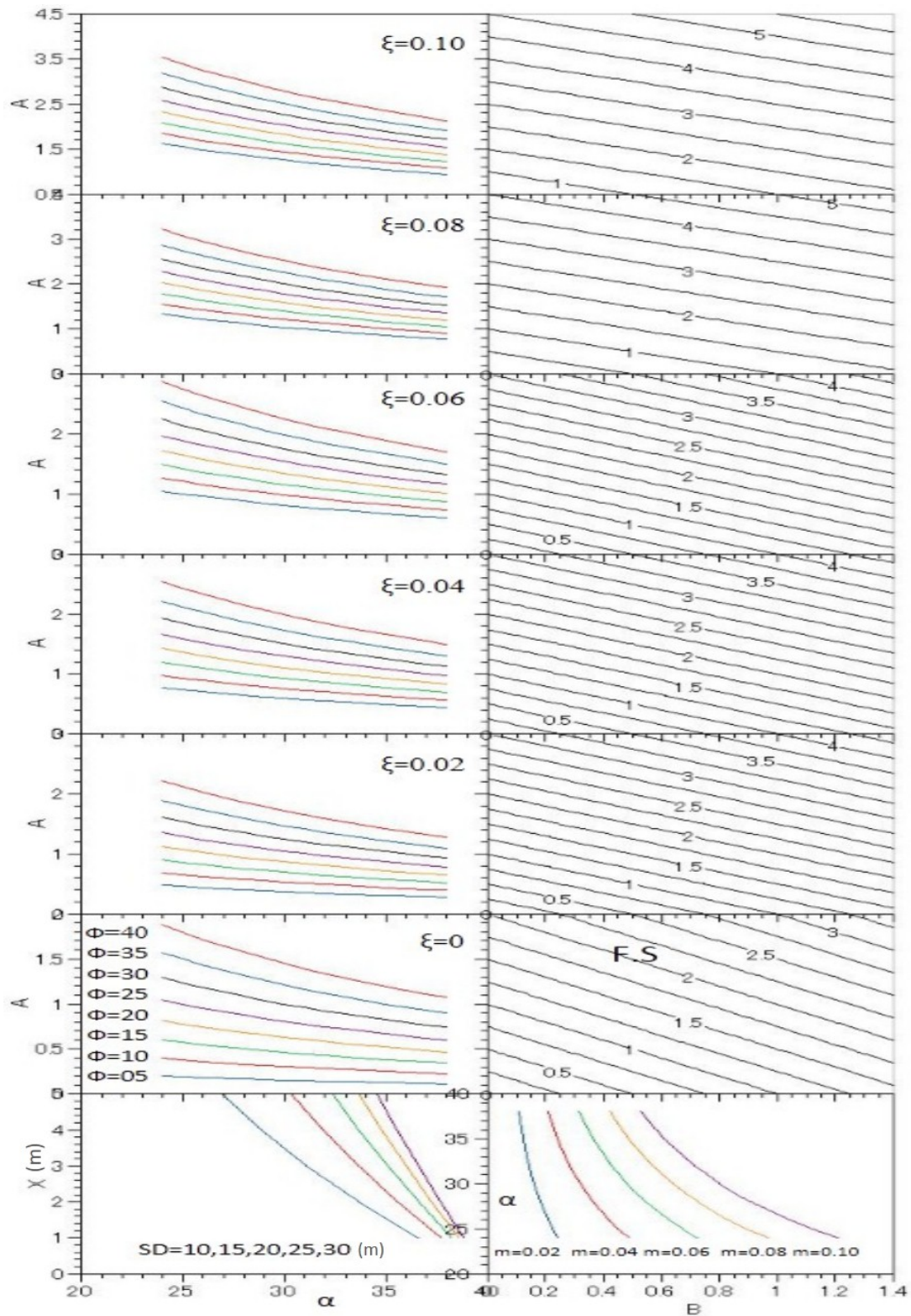
شکل ۷. نمودار طراحی برای $r_u = 0$ و $\beta = 30$

پژوهشنامه حمل و نقل، سال یازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۳



شکل ۸ نمودار طراحی برای $r_u = 0$ و $\beta = 35$

پژوهشنامه حمل و نقل، سال یازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۳



شکل ۹. نمودار طراحی برای $\beta = 40$ و $r_u = 0$

پژوهشنامه حمل و نقل، سال یازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۳

۷- مراحل استفاده از نمودار

در واقع وجود مقداری چسبندگی در خاک سبب افزایش ضریب اطمینان به مقدار قابل ملاحظه‌ای می‌شود.

علت این امر را می‌توان در افزایش قابل توجه نیروهای مقاوم بر روی سطوح لغزش در حالتی که خاک حاوی مقداری چسبندگی باشد، دانست. مزیت این نمودارهای این است که برای خاک با هر وزن مخصوصی قابل استفاده می‌باشد، همچنین اثر چسبندگی در نمودار در نظر گرفته شده‌است، در حالی که در نمودارهای Deep Patch، ژوول و اشمرتمن لحاظ نشده‌است.

برای مقادیر معین شیب و ارتفاع (β , SD , X)، وزن مخصوص، چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی خاکریز (ϕ, C, \square) مراحل زیر برای به کارگیری نمودارهای طراحی باید به کار گرفته شود:

۱- با استفاده از نمودار مربوط به زاویه مورد نظر، مقدار زاویه α براساس X , SD و β تعیین شود.

۲- مقدار پارامتر بدون بعد m براساس فرمول (۸) تعیین شود.

۳- براساس نمودار با استفاده از پارامتر m و α ، مقدار B به دست می‌آید.

۴- آن‌گاه با انتخاب مقداری برای ζ ، مقدار پارامتر A براساس مقدار زاویه اصطکاک داخلی خاک با استفاده از نمودار ζ مورد نظر تعیین می‌شود.

۵- خطی که از مقدار پارامترهای A و B می‌گذرد را به هم وصل کرده، مقدار به دست آمده همان ضریب اطمینان مورد نظر است.

۶- اگر به ضریب اطمینان مورد نظر رسیدیم، آن‌گاه با استفاده از فرمول زیر مقدار نیروی مجاز مسلح‌کننده به دست می‌آید.

$$T_{\text{allow}} = \zeta \times \gamma \times X \times (SD) \quad (13)$$

۷- اگر به ضریب اطمینان مورد نظر نرسیدیم، از نمودار به ζ بیشتر استفاده می‌کنیم تا به $F.S$ مطلوب برسیم.

۸- تجزیه و تحلیل

۹- نتیجه گیری

- روش Deep Patch، روشی مناسب برای پایدار کردن شیب‌های خاکی که دچار نشست و ترک شده‌اند، می‌باشد.

- نمودارهای طراحی که در این تحقیق به دست آمده، جامع بوده و شامل زوایای اصطکاک متفاوت و چسبندگی نیز می‌باشد.

- در روش دقیق، به علت در نظر گرفتن اندرکنش خاک و مسلح‌کننده، ضریب اطمینان بالاتری نسبت به روش‌های دیگر به دست آمد، بنابراین می‌توان گفت روش دقیق، اقتصادی‌تر است.

- افزایش شیب خاکریز، سبب کاهش قابل توجه در مقدار ضریب اطمینان می‌شود. علت این امر افزایش نیروهای محرک ناشی از وزن در شیب‌های تندتر است. همچنین با افزایش زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی که باعث افزایش مقاومت خاک می‌شوند، مقدار ضریب اطمینان افزایش می‌یابد. در واقع وجود مقداری چسبندگی در خاک سبب افزایش ضریب اطمینان به مقدار قابل ملاحظه‌ای می‌شود. علت این امر را می‌توان در افزایش قابل توجه نیروهای مقاوم بر روی سطوح لغزش در حالتی که خاک حاوی مقداری چسبندگی باشد، دانست. بدین لحاظ تعیین دقیق پارامترهای مقاومتی خاک، ضروری و مهم می‌باشد. مزیت این نمودارها این است که برای خاک با هر وزن مخصوصی قابل استفاده می‌باشد، همچنین اثر چسبندگی در نمودار در نظر گرفته شده‌است.

با دقت در نمودارهای ۶ تا ۹ مشاهده می‌شود که افزایش شیب خاکریز، سبب کاهش قابل توجه در مقدار ضریب اطمینان می‌شود. علت این امر افزایش نیروهای محرک ناشی از وزن در شیب‌های تندتر است. همچنین با افزایش زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی که باعث افزایش مقاومت خاک می‌شوند، مقدار ضریب اطمینان افزایش می‌یابد.

۱۰- پی نوشت ها

- Brand, E. W. (1985). Relationship between rainfall and landslides in Hong Kong.
- Rahardjo, H., Ong, T., Rezaur. R., Leong. C.E. (2007). "Factors controlling instability of homogeneous soil slopes under rainfall". Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering., No.70, pp. 1532-1543.
- Oztekin, B. and Topal. T. (2006). "Assessment of degradation and stability of a cut slope in limestone, Ankara-Turkey" Engineering geology. No.41, pp.12-30.
- Musser, S. W. and Denning. C. (2005) "Deep Patch Road Embankment Repair Application Guide." No.38.
- Duncan, J.M. and Wright, S.G. (2005), "Soil strength and slope stability". John Wiley & Sons.

1. Cut & Fill
2. Schmertmann
3. Jewell
4. Schneider and Holtz

۱۱- مراجع

- توفیق روحانی، م.ح.، (۱۳۸۲) "روش های پایدارسازی شیب های خاکی". دوره آموزشی تحلیل و پایدارسازی شیب ها، مرکز تحقیقات مسکن، وزارت مسکن و شهرسازی جمهوری اسلامی ایران.
- شفابخش، غ.ع.، (۱۳۸۴) "تسلیح خاکریز و بستر راه ها با استفاده از ژئوگرید"، پژوهشکده حمل و نقل، وزارت راه و ترابری جمهوری اسلامی ایران.
- Keller, G. and Sherar, J. (2003). Low- volume roads engineering: best management practice field guide. No.60.
- Chang, M., Chiu. Y., Lin. S. (2005). "Preliminary study on the 2003 slope failure in Woo-wan-chai Area, Mt. Ali Road, Taiwan." Engineering geology, No.69, pp. 93-114.