



کنترل نشست خاکریزهای شیب دار با استفاده بهینه از ژئوسنتتیک ها

رضا سلیمانی^۱، بهزاد کلاتری^۲، عادل عساکره^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد خاک و پی دانشگاه هرمزگان پردیس قشم، rezasoleimani459@yahoo.com

۲- عضو هیات علمی دانشگاه هرمزگان behzad996@yahoo.com

۳- عضو هیات علمی دانشگاه هرمزگان، asakereh@yahoo.com

rezasoleimani459@yahoo.com

خلاصه

در چند دهه اخیر استفاده از ژئوسنتتیک ها جهت افزایش ارتفاع خاکریزها همراه با پایداری آن بطور قابل توجهی رواج یافته است. اثر تعداد لایه های ژئوسنتتیک، شیب شیروانی با زوایای مختلف، طول ها و سختی های متفاوت از ژئوسنتتیک ها و مشخصات خاکریز مدل شده اعم از ارتفاع و خصوصیات مقاومتی (C, ϕ) در رفتار خاک مسلح با استفاده از نرم افزار پلکسیس مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج مقایسه وضعیت های مختلف ابزارهای مذکور فوق تحت نرم افزار حاکی از آن است که استفاده از ژئوسنتتیک در خاکریزها می تواند منجر به کاهش تغییر مکان ها و افزایش پایداری آن گردد و علاوه بر آن کاهش زاویه شیب و ارتفاع خاکریز و افزایش مدول ژئوسنتتیک نیز منجر به کاهش تغییر مکانها می گردد، همچنین اگر ژئوسنتتیک ها در قسمت انتهایی خاکریز قرار گیرند تغییر مکان ها و نشستهای خاکریز تقلیل می یابند.

کلمات کلیدی: ژئوسنتتیک، شیب شیروانی مسلح، کنترل نشست، نرم افزار پلکسیس

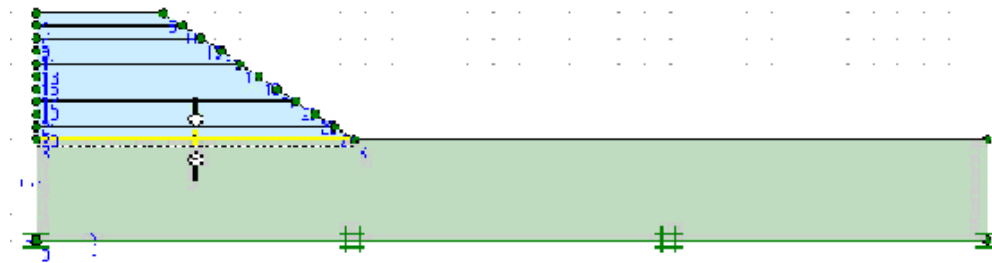
۱. مقدمه

تکنیک استفاده از خاک مسلح شده به طور گسترده در ساخت دیوارهای حائل استفاده می شود [۱] از المان های تقویت کننده متفاوتی که از مواد پلی مری (ژئوسنتتیک) تولید می شوند، برای پایدار سازی این گونه سازه ها استفاده می گردد، که مهمترین آنها عبارتند از: ژئوتکستایل ها، ژئوگریدها، ژئوممبرانها و غیره. [۲] خاک دارای مقاومت خوبی در برابر فشار و برش است اما در کشش ضعیف است، برای غلبه بر ضعف کشش در خاک تلاش های متعددی در حال انجام است [۳]، استفاده از ژئوسنتتیک ها باعث تقلیل ضعف کشش خاک می گردد، همچنین نشست ها را کاهش داده و خاکریزها را پایدار می نماید که امروزه دیوارهای خاک مسلح ژئوسنتتیکی یکی از مهمترین گزینه های موجود در طراحی دیوارهای حائل شناخته شده اند [۴]. طی سالهای اخیر موضوع تثبیت و پایداری خاکریزهای شیروانی (شیبها) به یکی از مسائل مهم در مهندسی ژئوتکنیک تبدیل شده است و تکنیک های متعددی برای افزایش پایداری این گونه سازه ها ارائه شده است [۵].



2. مواد و روش ها:

در این تحقیق مشخصات خاک، تعداد و طول لایه های ژئوسنتتیک، اثر سختی ژئوسنتتیک و تاثیر شیب های مختلف با استفاده از نرم افزار پلکسیس مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۱. هندسه ای از مدل اصلی

2.1. مشخصات خاک:

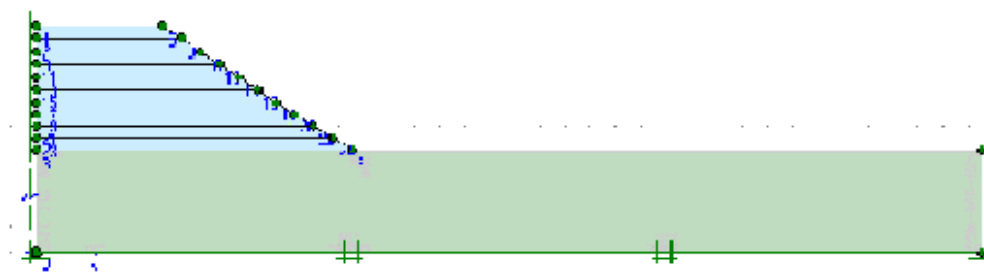
مشخصات لایه های خاک برای این مدل در جداول ۱ ارائه شده است:

جدول ۱- مشخصات خاکریز

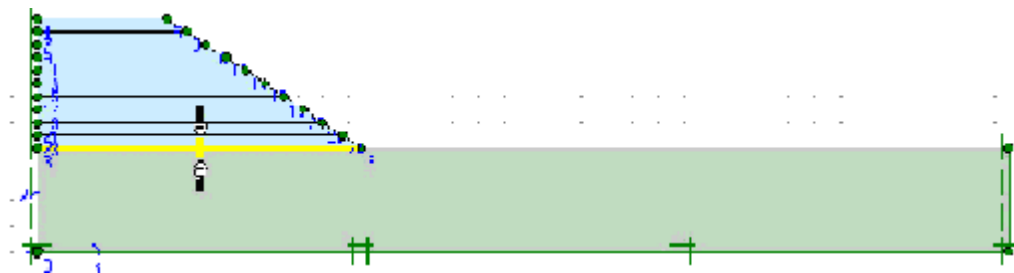
مشخصات	γ (d) kN/m ³	γ (wet) kN/m ³	Kx m/day	Ky m/day	v	C KN/ m ²	ϕ درجه	psi درجه	λ	kap
خاکریز	17	19	0.0016	0.0008	0.17	24	22	0	0.14	0.028

2.2. بررسی اثر لایه های ژئوسنتتیک :

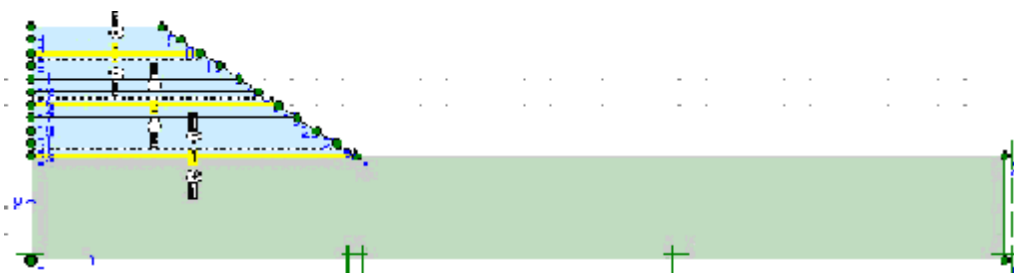
برای ارزیابی اثر تعداد لایه های ژئوسنتتیک، در ابتدا سه نوع خاکریز مدل شده است. در مرحله ی اول، خاکریز بدون ژئوسنتتیک مدل شده است (شکل ۲). در مرحله دوم، یک لایه ژئوسنتتیک بین خاکریزی و بستر معرفی شده است (شکل ۳). در آخرین مرحله از تحلیل، سه لایه ژئوسنتتیک در نظر گرفته که یک لایه بین خاکریزی و بستر و دو لایه ی باقیمانده در ارتفاع ۲ و ۴ متری از کف خاکریز در نظر گرفته شده اند (شکل ۴). در نرم افزار پلکسیس، ژئوسنتتیک به عنوان یک المان کششی معرفی شده است که معرف این المان در نرم افزار "EA" است. در این مدل، $EA=2450\text{ kN/m}$ در نظر گرفته شده است. برای در نظر گرفتن اثر اندرکنش ژئوسنتتیک و خاک، از رابط استفاده شده است. این رابطه به عنوان R در نرم افزار پلکسیس تعریف می شود. با استفاده از نتایج آزمون بیرون کشیدگی توسط بارگادو، $R=0.85$ در نظر گرفته شده است.



شکل ۲: مدل هندسی از خاکریز بدون لایه ژئوسنتتیک



شکل ۳: مدل هندسی از خاکریز با یک لایه ژئوسنتتیک



شکل ۴: مدل هندسی از خاکریز با سه لایه ژئوسنتتیک

3.2. بررسی تأثیر شیب خاکریز:

چهار مدل مختلف با شیب‌های 1 به 1، 1 به 1.5، 1 به 2، 1 به 3 مدل شده است.

4.2. بررسی اثر سختی ژئوسنتتیک:

با توجه به در دسترس بودن محصولات مختلف از ژئوسنتتیک در بازار، ارزیابی با در نظر گرفتن مقادیر مختلف "EA" انجام شده است. برای این بخش از ارزیابی، در ابتدا سختی $EA = 2450 \text{ kN/m}$ انتخاب و تحلیل انجام شده است. در بخش دوم از تحلیل، سختی $EA = 1300 \text{ kN/m}$ نظر گرفته شده و در نهایت سختی $EA = 4800 \text{ kN/m}$ انتخاب شده است.

5.2. اثر طول ژئوسنتتیک:

خاکریز با طول‌های مختلف ژئوسنتتیک مورد بررسی قرار گرفته است. خاکریز با طول پیوسته از ژئوسنتتیک، 4 و 8 متر ژئوسنتتیک که از پایه‌ی خاکریز شروع می‌شود در نظر گرفته شده است.



3. بررسی نتایج:

3.1. ارزیابی لایه های مختلف:

جدول 2 نتایج حاصل از حداکثر جابجایی افقی و عمودی به ازای لایه های مختلف را نشان می دهد.

جدول 2: ماکزیمم جابجایی افقی و قائم به ازای لایه های مختلف ژئوسنتتیک

جابجایی عمودی (cm)	جابجایی افقی (cm)	تعداد لایه ژئوتکستایل
84.1	38	بدون لایه ژئوتکستایل
۶۷.۰۲	۳۲.۲۴	یک لایه ژئوتکستایل
۷۱.35	۲۵.11	سه لایه ژئوتکستایل

ارزیابی نتایج حاصل از جابجایی نشان می دهد:

- بالاترین جابه جایی افقی در نزدیکی پایه ی خاکریز و لایه ژئوسنتتیک رخ می دهد که می توان این مقدار را حدود 28 درصد کاهش داد.
- افزایش تعداد لایه های ژئوسنتتیک منجر به 1.7 درصد کاهش در نشست و ۵ درصد کاهش در جابجایی افقی می شود.

3.2. ارزیابی شبیها مختلف:

جدول 3 نتایج جابجایی به ازای خاکریزی با شیب های مختلف را نشان می دهد:

جدول 3: مقادیر جابجایی افقی و قائم به ازای شیب های مختلف

جابجایی عمودی (cm)	جابجایی افقی (cm)	شیب خاکریز
75.32	96.23	۱ به ۱
76.01	54.23	۱ به 1.5
75.41	22.21	۱ به ۲
21.73	18.01	۱ به ۳

نتایج استخراج شده عبارتند از :

- ماکزیمم جابجایی عمودی در وسط خاکریز اتفاق می افتد و مقدار آن با کاهش شیب خاکریز از ۱:۱ به ۱:۳، حدود 3.5 درصد کاهش است.



- حداکثر جابه جایی افقی نزدیک به شیب خاکریز رخ می دهد مقدار آن با کاهش شیب خاکریز از ۱:۱ به ۱:۳، حدود ۲۶.۷ درصد کاهش می یابد.

- تغییر شیب خاکریزی از ۱:۱ به ۱:۵ هیچ اثری بر روی جابه جایی ندارد. این اتفاق به دلیل وجود تقویت کننده ها می باشد.

3.3 بررسی اثر سختی ژئوستتیک:

با توجه به در دسترس بودن محصولات مختلف از ژئوستتیک در بازار، ارزیابی با در نظر گرفتن مقادیر مختلف "EA" انجام شده است. برای این بخش از ارزیابی، در ابتدا سختی $EA = 2450 \text{ KN/m}$ انتخاب و تحلیل انجام شده است. در بخش دوم از تحلیل، سختی $EA = 1300 \text{ kN/m}$ نظر گرفته شده و در نهایت سختی $EA = 4800 \text{ kN/m}$ انتخاب شده است. نتایج به دست آمده از تحلیل در جدول 4 ارائه شده است

جدول 4: مقادیر جابجایی افقی و قائم به ازای تغییر سختی ژئوستتیک

جابجایی عمودی (cm)	جابجایی افقی (cm)	سختی ژئوتکستایل EA (KN/m)
۷۳.۱۵	۲۸.۸	1300
۶۷.۲۵	۲۳.۶۱	2450
۶۲.۲۱	۲۰.۱۲	4800

ارزیابی نتایج حاصل از جابجایی نشان می دهد که:

- با افزایش سختی ژئوستتیک از 1300 kN/m به 4800 kN/m ، حداکثر جابجایی عمودی در خط وسط خاکریز ۱۰ درصد کاهش یافته است

- حداکثر جابه جایی افقی نزدیک به شیب خاکریز و در بخش پایه ی آن رخ می دهد و با افزایش سختی ژئوستتیک از 1300 kN/m به 4800 kN/m ، جابه جایی 29.7 درصد کاهش می یابد.

- سختی بالاتر ژئوستتیک، به مفهوم مقاومت بیشتر در برابر نیروهای کششی است. هنگامی که سختی ژئوستتیک افزایش می یابد، تفاوت بین کرنش در بالا و پایین لایه ژئوستتیک بیشتر می شود و در نتیجه نیروی کششی بیشتری در تقویت کننده ایجاد می شود.

3.4 ارزیابی اثر طول لایه های ژئوستتیک:

بدین منظور، خاکریز با طول های مختلف ژئوستتیک مورد بررسی قرار گرفته است. خاکریز با طول پیوسته از ژئوستتیک، ۴ و ۸ متر ژئوستتیک که از پایه ی خاکریز شروع می شود در نظر گرفته شده است. نتایج مطابق جدول 5 می باشد.

جدول 5: تغییر مکان افقی و عمودی در خاکریز با طول مختلف ژئوستتیک

جابجایی عمودی (cm)	جابجایی افقی (cm)	طول تاثیر ژئوتکستایل (متر)
۷۸.۱۷	۳۶.۱۴	۴
65	۳۵.۵۸	۸
۶۷.۵۷	۲۴.۴۷	طول پیوسته



نتایج حاکی از آن است که :

- مقدار ماکزیمم جابجایی که در خط مرکزی خاکریز اتفاق می افتد، با افزایش طول ژئوسنتتیک از ۳۲ درصد به طول پیوسته، ۷ درصد کاهش می یابد.

- ماکزیمم جابجایی افقی در پایه ی شیب خاکریز اتفاق می افتد و با افزایش طول ژئوسنتتیک از ۶۴ درصد به طول پیوسته، به مقدار ۳۱ درصد کاهش می یابد.

۴. مقایسه وضعیتهای مختلفین مدل بر اساس خروجی های نرم افزار:

۱.۴. تعداد لایه ژئوتکستایل:

کاربرد لایه ژئوتکستایل در داخل این خاکریز باعث کاهش جابجایی افقی و عمودی شده است و بکار بردن یک لایه ژئوتکستایل در این خاکریز بهینه می باشد و با افزایش تعداد لایه ها طرح غیر اقتصادی می شود.

۲.۴. شیب خاکریز:

هر چه شیب خاکریز مدل کاهش می یابد جابجایی های افقی کاهش می یابد و جابجایی های عمودی نیز نسبتاً کاهش می یابد.

۳.۴. سختی ژئوتکستایل :

با افزایش سختی ژئوتکستایل ها در این مدل جابجایی ها افقی و عمودی کاهش می یابد.

۴.۴. طول لایه های ژئوتکستایل:

با افزایش طول لایه های ژئوتکستایل این مدل جابجایی افقی و عمودی کاهش می یابد.

نتیجه گیری کلی:

- استفاده از یک لایه ژئوسنتتیک بین خاکریز و بستر می تواند منجر به کاهش تغییر مکان شود.
- بهترین مکان برای لایه ی ژئوسنتتیک، انتهای خاکریز می باشد.
- زمانی که خاکریز با ارتفاع زیاد مد نظر باشد، می توان از ژئوسنتتیک با سختی زیاد استفاده کرد.
- استفاده از ژئوسنتتیک ها در تقویت خاک ریزها (خصوصاً در احداث جاده های که فاصله حمل مصالح طولانی دارند) حجم مصالح و نشستها را کاهش می دهد و اقتصادی می باشد.
- استفاده از مصالح ژئوسنتتیک در دامنه ها و شیبها روند فرسایش و آبخستگی را کند و شاید متوقف نماید.

- در ارتفاع بیش از ۶ متر، دیوار خاک مسلح کمتر نیاز به ساختار دارد [۶]



منابع:

۱. Bathurst, R.J., Allen, T.M., Walters, D.L., 2005. Reinforcement loads in geosynthetic walls and the case for a new working stress design method. *Geotextiles and Geomembranes* 23 (4), 287e322.
۲. AASHTO, 2007. LRFD Bridge Design Specifications. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Washington D.C.
۳. Abdi, M.R., Arjomand, M.A., 2011. Pullout tests conducted on clay reinforced with geogrid encapsulated in thin layers of sand. *Geotextiles and Geomembranes* 29, 588e595
۴. Benjamim, C.V.S., Bueno, B.S., Zornberg, J.G., 2007. Field monitoring evaluation of geotextile-reinforced soil-retaining walls. *Geosynthetics International* 14 (2), 100e118
۵. ضمیر. م. ع. ر.، متین منش. ح. و یوسف زاده. ۱۳۸۹. بررسی عددی بهبود باربری پی نواری مجاور شیب رسی نرم با جایگزینی لایه ماسه ای متراکم مسلح به ژئوگرید. اولین همایش ملی سازه، زلزله، ژئوتکنیک. آذر ۱۳۸۹، مازندران.
۶. غ. شفابخش، ع. حداد، م. اکبری و زهرا گواشیری. امکان سنجی اجرای دیوار خاک مسلح با ژئوستتیک و بررسی موردی آن در جاده ویژه گلستان، پژوهشنامه حمل و نقل، سال پنجم، شماره اول، بهار ۱۳۸۷.
۷. م. صدریان زاده، معرفی ژئوستتیک ها و کاربرد آن ها در مهندسی عمران یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، دانشگاه مهر مازگان، ۱ تا ۴ تیر ماه ۱۳۸۳.
۸. غ. شفابخش، تسلیح خاکریز و بستر راهها با استفاده از ژئوگرید، وزارت راه و ترابری، پژوهشکده حمل و نقل، ۱۳۸۴.
۹. ASTM D4632, 2003. Standard test method for grab breaking load and elongation of geotextiles. In: *Annual Book of ASTM Standards*, vol. 04.13, pp. 49–52.
۱۰. Chin, T.Y. (2005). Embankment over Soft Clay Design and Construction Control. *Geotechnical Engineering 2005*, 1-15.
۱۱. FHWA-NHI-00-043 (2001) "Mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes design & construction guidelines", National Highway Institute Office of Bridge Technology.
۱۲. Allen, T.M., 1991. Determination of long-term tensile strength of geosynthetics: a state-of-the-art review. *Geosynthetics* 91, 351–379.
۱۳. Rowe, R.K., Soderman, K.L., 1987. Stabilization of very soft soils using high strength geosynthetics: the role of finite element analyses.
۱۴. Allen, T., Vinson, T.S., Bell, J.R., 1982. Tensile strength and creep behavior of geotextiles in cold region applications. In: *Proceedings of the Second International Conference on Geotextiles*, Las Vegas, USA, vol. III, pp. 775–780.
۱۵. PLAXIS (2000). *PLAXIS Version 8 Manual*. A.A. Balkema Publishers.
16. BERGADO, D.T. and PHAM V LONG, A Case Study of Geotextile Reinforced Embankment on soft Ground, School of engineering, Asia Institute of Engineering, Bangkok.
17. Maheshwari, P., P.K. Basudhar, S. Chandra, 2004. Analysis of beams on reinforced granular beds. *Geosynth Int.*, 11(6): 470-480.