دانشکده فنی و مهندسی

گروه عمران

عنوان پایان‌نامه:

تحلیل اثر حفرات زیرزمینی بر ظرفیت باربری پی نواری واقع بر خاک مسلح

اساتید راهنما :

دکتر مهرنهاد

دکتر پورحسینی

دانشجو :

سعید رضا دهقان بنادکی

تابستان ۱۳۹۱

فهرست مطالب

چکیده ۱

فصل ۱: مقدمه

۱-۱- بحث مسلح سازی ۲

۱-۲- کاربرد ۲

۱-۳- هدف از تحقیق ۵

۱-۴- روش تحقیق ۵

فصل ۲: تاریخچه تحقیق

۲-۱- تاریخچه تحقیق ۱۰

۲-۲- خلاصه تحقیقات انجام شده ۱۳

فصل ۳: عملکرد بستر مسلح شده

۳-۱- مدهای گسیختگی ۱۴

۳-۲- روش‌های حل عددی ۱۵

۳-۲-۱- روش اجزا محدود ۱۶

۳-۲-۲- روش تفاضل محدود ۱۷

۳-۲-۳- روش اجزا محدود ۱۷

۳-۳- تحقیقات انجام شده در زمینه حل‌های عددی و تحلیلی ۱۸

۳-۴- تحقیقات انجام شده در زمینه تحلیل ظرفیت باربری پی خاک مسلح حالات خاص ۲۱

فصل ۴: دستگاه تعیین ظرفیت باربری پی نواری

۴-۱- مقدمه ۲۳

۴-۲- اجزا دستگاه ۲۳

۴-۲-۱- قاب ۲۴

۴-۲-۲- مخزن نگهداری خاک و پی مدل شده ۲۵
۴-۲-۲-۱ تعیین ابعاد مخزن خاک ۳۰
۴-۲-۲-۱-۱ تعیین طول ۳۰
۴-۲-۲-۱-۲ تعیین ارتفاع ۳۲
۴-۲-۲-۱-۳ تعیین عرض ۳۳
۴-۲-۲-۲ تعیین ابعاد پی ۳۳
۴-۲-۳ سیستم مدل سازی حفره ۳۴
۴-۲-۴- سیستم اندازه‌گیری نشست ۳۶
۴-۲-۵ وسیله ریختن خاک بصورت بارشی ۳۷
۴-۲-۶- سیستم بارگذاری ۳۹

فصل ۵: مدل نرم افزاری

۵-۱- معرفی نرم افزار مورد استفاده ۴۱
۵-۱-۱- نحوه حل مسائل در PLAXIS ۴۱
۵-۱-۲- مدل رفتاری مورد استفاده ۴۴
۵-۲- تحلیل ابعادی ۵۰
۵-۲-۱ روش کار ۵۰
۵-۲-۲ تحلیل ابعادی مدل مورد استفاده ۵۱
۵-۲-۳ اثر مقیاس ۵۲
۵-۲-۴ مقیاس مناسب ۵۳
۵-۳- الگوسازی مسئله ۵۳
۵-۴- نتایج مدل نرم افزاری ۵۵

فصل ۶: روند انجام آزمایش‌ها و تحلیل نتایج

۶-۱- مقدمه ۵۹
۶-۲- مصالح مورد استفاده و خصوصیات آنها ۵۹
۶-۲-۱- آزمایش تعیین درصد رطوبت خاک ۵۹

۶-۲-۲- آزمایش تعیین وزن مخصوص ویژه خاک (Gs) ۵۹
۶-۲-۳- آزمایش دانه‌بندی ۶۰
۶-۲-۴- آزمایش تحکیم (ادئومتری) ۶۰
۶-۲-۵- آزمایش تراکم ۶۲
۶-۲-۶- آزمایش برش مستقیم ۶۲
۶-۳- آزمون‌های آزمایشگاهی ۶۳
۶-۴- روند انجام آزمایش‌ها ۶۴
۶-۴-۱- آماده سازی بستر خاکی..... ۶۴
۶-۴-۲- بارگذاری و قرائت نشست ۶۷
۶-۵- آزمون های آزمایشگاهی ۶۷
۶-۵-۱- تعیین تعداد بهینه لایه مسلح سازی..... ۷۱
۶-۵-۲- تعیین عمق بهینه لایه مسلح سازی ۷۲

فصل ۷: نتیجه‌گیری و پشنهادات

۷-۱- مقدمه ۷۳
۷-۲- نتیجه‌گیری ۷۴
۷-۳- پیشنهادات ۷۴

ضمائم و مراجع ۷۶

فهرست اشکال

شکل ۱-۱ پارامترهای مورد بررسی ۷
شکل ۱-۲ تغییرشکل سطحی و نشست تاج تونل ۷
شکل ۲-۱ پارامترهای خاک مسلح شده با ژئوسنتتیک ۱۰
شکل ۳-۱ مودهای گسیختگی پی خاک مسلح ۱۵
شکل ۳-۲ مکانیزم گسیختگی مشاهده شده توسط بینک و لی برای پی خاک مسلح ۱۹

شکل ۳-۳ مکانیزم گسیختگی مشاهده شده توسط هانگ و تاتسوکا برای پی خاک مسلح ۲۰
شکل۳-۴ مکانیزم گسیختگی ارائه شده توسط شلوسر و همکاران برای پی خاک مسلح ۲۰
شکل۳-۵ مودهای گسیختگی ماسه مسلح: (الف) مسلح کننده متراکم (ب) مسلح کننده تنک ..۲۱
شکل ۴-۱ دستگاه تعیین ظرفیت باربری پی نواری ۲۴
شکل ۴-۲ مخزن خاک ۲۶
شکل ۴-۳ باز شدن وجه کشویی و تخلیه خاک ۲۶
شکل ۴-۴ میله تمام رزوه به همراه مهره برای حفظ فاصله بین دو وجه بزرگ بصورت دقیق.....۲۷
شکل ۴-۵ مدل ساخته شده در نرم افزار Sap ۲۷
شکل۴-۶ شمای کلی ۳ بعدی فرم مخزن (بدون شیشه) اندازه به میلی‌متر ۲۸
شکل ۴-۷ وجه بزرگ (بدون شیشه) اندازه به میلیمتر ۲۸
شکل ۴-۸ شیشه سکوریت مورد استفاده در وجه بزرگ مخزن ۲۹
شکل ۴-۹ جزئیات کف و وجوه کناری مخزن (ابعاد به میلیمتر) ۲۹
شکل ۴-۱۰ نشست سطحی نشان داده شده توسط منحنی خطا ۳۱
شکل ۴-۱۱ پی مدل شده ۳۴
شکل ۴-۱۲ مجموعه پمپ هوا و فشار سنج ۳۵
شکل ۴-۱۳ غلاف پارچه‌ای – بادکنک ۳۵
شکل ۴-۱۴ مدل کردن حفره ۳۵
شکل۴-۱۵ پایه مغناطیسی به همراه تغییرمکان سنج متصل به آن ۳۶
شکل ۴-۱۶ نصب تغییرمکان سنج بر روی سطح خاک ۳۷
شکل ۴-۱۷ وسیله ریختن خاک بصورت بارشی ۳۸
شکل ۴-۱۸ ریختن خاک بصورت بارشی درون مخزن ۳۸
۴-۱۹ جعبه سیستم بارگذاری به همراه جک و نحوه اتصال آن به قاب ۴۰
شکل ۵-۱ پوش گسیختگی موهر-کولمب ۴۴
شکل ۵-۲ تعریف Eo و E۵۰ برای نتایج آزمایش سه محوری استاندارد زهکشی شده ۴۶
شکل ۵-۳ پوش گسیختگی موهر-کولمب ۴۸
شکل ۵-۴ شکل کلی الگوی خاک مسلح واقع بر یک حفره زیرزمینی ۵۴
شکل ۵-۵ منحنی تنش- نشست برای پی نواری واقع برخاک غیرمسلح در حالت بدون حفره ...۵۵
شکل ۵-۶ منحنی تنش- نشست برای پی نواری واقع برخاک غیرمسلح در حالت وجود حفره ...۵۵

شکل ۵-۷ منحنی تنش- نشست برای پی نواری واقع برخاک غیرمسلح در حالت وجود حفره و بدون حفره ۵۶
شکل ۵-۸ منحنی تنش- نشست برای پی نواری واقع بر خاک با یک لایه مسلح کننده در حالت وجودحفره ۵۶
شکل ۵-۹ منحنی تنش- نشست برای پی نواری واقع بر خاک با دو لایه مسلح کننده در حالت وجودحفره ۵۷
شکل ۵-۱۰ منحنی تنش- نشست برای پی نواری واقع بر خاک با سه لایه مسلح کننده در حالت وجودحفره ۵۷
شکل ۵-۱۱ منحنی تنش- نشست برای پی نواری واقع برخاک در حالت وجود حفره ۵۸
شکل ۶-۱ منحنی دانه‌بندی خاک مورد استفاده ۶۰
شکل ۶-۲ نمودار تغییرات تخلخل- فشار برای خاک مورد استفاده ۶۱
شکل ۶-۳ منحنی تغییرات وزن مخصوص خشک خاک نسبت به درصد رطوبت ۶۲
شکل ۶-۴ تغییرات تنش برشی نسبت به تنش قائم خاک مورد استفاده ۶۳
شکل ۶-۵ شماتیک مدل آزمایشگاهی ۶۵
شکل ۶-۶ پر نمودن مخزن خاک تا تراز زیر حفره ۶۶
شکل ۶-۷ نصب مجموعه‌ی غلاف پارچه‌ای-بادکنک ۶۶
شکل ۶-۸ پر شدن مخزن تا تراز مسلح کننده و قرار دادن مسلح کننده ۶۷
شکل ۶-۹ منحنی تنش- نشست برای پی نواری واقع برخاک غیرمسلح در حالت بدون حفره ۶۸
شکل ۶-۱۰ منحنی تنش- نشست برای پی نواری واقع برخاک غیرمسلح در حالت وجود حفره.. ۶۸
شکل ۶-۱۱ منحنی تنش- نشست برای پی نواری واقع برخاک غیرمسلح در حالت وجود حفره و بدون حفره ۶۹
شکل ۶-۱۲ منحنی تنش- نشست برای پی نواری واقع بر خاک با یک لایه مسلح کننده در حالت وجودحفره ۷۰
شکل ۶-۱۳ منحنی تنش- نشست برای پی نواری واقع بر خاک با دو لایه مسلح کننده در حالت وجودحفره ۷۰
شکل ۶-۱۴ منحنی تنش- نشست برای پی نواری واقع بر خاک با سه لایه مسلح کننده در حالت وجودحفره ۷۰
شکل ۶-۱۵ منحنی تنش- نشست برای پی نواری واقع برخاک در حالت وجود حفره ۷۱

شکل ۶-۱۶ منحنی تنش- نشست برای پی نواری نواری واقع بر خاک با یک لایه مسلح کننده در نسبت عمق‌های مختلف ۷۲

فهرست جداول

جدول ۱-۱ کاربردهای اصلی ژئوسنتتیک‌ها در فعالیت‌های عمرانی ۳
جدول ۲-۲ خلاصه مقادیر پارامترهای بهینه مسلح ساری خاک ماسه ای ۱۳
جدول ۲-۳ خلاصه مقادیر پارامترها بهینه مسلح سازی خاک رسی ۱۳
جدول ۴-۱ محاسبه پارامتر پهنای گود ($\dot{i}$) ۳۲
جدول۵-۱ پارامتر های اصلی برای مدل موهر-کولمب ۴۵
جدول ۵-۲ مشخصات پوشش خاکی روی حفره ۵۴
جدول ۶-۱ مشخصات بدست آمده از آزمایش تحکیم ۶۱
جدول ۶-۲ مشخصات بدست آمده از آزمایش برش مستقیم ۶۳

فصل ۱

مقدمه

فصل۲

تاریخچه تحقیق

فصل ۳

عملکرد بستر مسلح شده

فصل ۴

دستگاه تعیین ظرفیت باربری پی نواری

فصل۵

مدل نرم افزاری

فصل ۶

روند انجام آزمایش‌ها و تحلیل نتایج

فصل ۷

نتیجه گیری و پیشنهادات

مراجع:

۱- حسینی ناوی، س.ن.، (۱۳۸۹)، "مطالعه آزمایشگاهی عملکرد پی نواری واقع بر خـاک نـرم، مقاوم شده با لایه ماسه‌ای مسلح شده"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد.

2- González, C. and Sagaseta, C., (2001), "Patterns of Soil Deformations Around Tunnels. Application to The Extension of Madrid Metro." Computers and Geotechnics, No. 28: pp. 445–468.

3- Verruijt, A. and Booker, J.R., (1996), "Surface Settlement Due to Deformation of A Tunnel in An Elastic Half Plane," Geotechnique, Vol. 46, No. 4: pp. 753-757.

4- Oteo, C. and Moya, J.F., (1979). "Evaluación De parámetros Del Suelo De Madrid con relación a la construcción de túneles," In Proceedings of The 7th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Brighton, Paper f13, Vol. 3, pp. 239–247.

5- Bobet, A., (2001), "Analytical Solutions For Shallow Tunnels in Saturated Ground," J. Eng. Mech. Div. ASCE 127, No.12, pp. 1258–1266.

6- Park H.H., (2005), "Analytical Solution For Tunnelling-Induced Ground Movement in Clays," Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 20, pp. 249–261.

7- Loganathan, N. and Poulos, H.G.,(1998), "Analytical Prediction For Tunnelling-Induced Ground Movements in Clays," Journal of Geotechnical and Eoenvironmental Engineering, Vol.124, No.9: pp. 846–856.

8- Melis, M., Medina,L. (2002), "Prediction and Analysis of Subsidence Induced By Shield Tunnelling in The Madrid Metro Extension," Canadian Geotechnical Journal, No.39: pp. 1273-1287.

9- Peck, R.B.,(1969), "Deep Excavations and Tunnelling in Soft Ground",Proc. 7th Int. Conf. Soil Mech. State of The Art 3, pp. 225-290.

10- Ou, C.Y., Hwang, R.N., and Lai, W.J.,(1998), "Surface Settlement During Shield Tunnelling at CH218 in Taipei",Can. Geotech. J., No. 35, pp. 159-168.

11- Selby, A.R.,(1999), "Tunnelling in Soil Ground Movements and Damage to Buildings in Working UK," Geotech. and Geolog. Engrg. No.17, pp. 351-371.

12- Giroud, J.P., Bonaparte, R., Beech, J.F. and Gross, B.A., (1990), “Design of Soil Layer-Geosynthetic Systems Overlying Voids”, Journal of Geotextile and Geomembranes, Volume 9, Issue 1, pp. 11-50.

13- Poorooshasb, H.B.,(2002), “Subsidence Evaluation of Geotextile Reinforced Gravel Mats Bridging a Sinkhole”, Journal of Geosynthetics International,Volume 9, No. 3, pp. 259-282.

۱۴- صالحی، ع.، (۱۳۹۰)، "بررسی تاثیر حفاری زیرزمینی بر رفتار خاک‌های مسلح"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد.

۱۵- فاخر، ع.، (۱۳۸۷)، "روش‌های پژوهش در ژئوتکنیک"، انتشارات دانشگاه تهران.

۱۶- میرقاسمی، ع.ا. و مجیدی، ع.ر.، (۱۳۸۴)، " تعیین ضرایب ظرفیت باربری و شکل در پی های سطحی به روش اجزای مجزا "، نشریه دانشکده فنی،جلد ۳۹،شماره۵،دی ماه، صفحات ۶۳۲-۶۲۱.

17- Madhavi Latha, G., Somwanshi, A., (2009), "Bearing Capacity of Square Footing on Geosynthetic Reinforced Sand", Geotextiles and Geomembranes, No. 27: pp. 281-294.

18- NHI Courses No. 132042 and 132043 (2009) "Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Volume I".

19- Sharma, R., Chen, Q., Abu-Farsakh, M., Yoon, Y., (2009), "Analytical Modeling of GeoGrid Reinforced Soil Foundation", Geotextiles and Geomembranes, No. 27: pp. 63-27.

20- Ghazavi, M., Alimardani Lavasan, A., (2008), "Interference effect of Shallow Foundations Constructed on sand reinforced With Geosynthetics", Geotextiles And Geomembranes, No. 26: pp. 404-415.

21- Gunaratne, M., (2006), "The Foundation Engineering Handbook", Published by CRC Press Taylor & Francis Group.

22- Saran, S., (2006), "Reinforced Soil And Applications", 2nd Edition, Published By I.K. International Pvt. Ltd.

چکیده

حفره‌های زیرزمینی چه به شکل طبیعی یا مصنوعی آن، ممکن است در مجاورت و یا زیر سازه‌ها قرار گیرند (مخصوصاً در مناطق شهری). از آنجایی که این حفره‌ها در ژرفای کم واقع می‌باشند، تأثیر آن-ها می‌تواند تا سطح زمین گسترش یابد و باعث ایجاد مشکلاتی برای سازه‌های مجاور شود. بدیهی است که با وجود تفاوت‌های عمده‌ای که در وضعیت تنشها در خاک زیر پی برای حالت بدون حفره و حالت با حفره وجود دارد، به هیچ وجه نمی‌توان رفتار مشابهی را برای این دو حالت متصور شد. در واقع مکانیزم گسیختگی خاک در زیر پی برای این دو حالت با یکدیگر تفاوت عمده‌ای دارد. وجود حفره در خاک باعث کاهش ظرفیت باربری پی های سطحی نزدیک به حفره شده و می‌تواند سبب ایجاد نشست‌های قابل توجهی در سطح زمین و یا حتی فروپاشی این حفره‌ها گردد. در حال حاضر یک راه حل اقتصادی جهت پایدارسازی سقف این حفره‌ها، تسلیح پوشش خاکی روی آن‌ها می‌باشد. در این پایان نامه، با انجام آزمایش‌هایی برروی مدل آزمایشگاهی، به تحلیل اثر حفرات زیرزمینی بر ظرفیت باربری پی نواری واقع بر خاک مسلح پرداخته شده است، و اثر مفید استفاده از مسلح کننده-ها در رفتار پوشش خاکی حفره‌های زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا ابتدا با ساخت مدل نرم افزاری و بدست آوردن ابعاد موثر اقدام به ساخت دستگاهی با مقیاس ۱:۵۰ جهت تعیین ظرفیت باربری پی نواری شد که اساس کار آن برپایه قرار گیری خاک در مخزن و مدل کردن حفره و بارگذاری برروی آن می باشد. با مدل کردن دستگاه و اعمال بارهای طراحی، مقاطع المان-های دستگاه به صورتی انتخاب شده که کاملاً بهینه است و شرایط کرنش صفحه‌ای بخوبی در آن رعایت شده است. همچنین از ماسه سیلیسی بد دانه‌بندی شده (SP) برای خاک نمونه و ورق نازک آلومینیوم برای مسلح سازی استفاده گردیده است. سپس جهت بررسی عملکرد پوشش مسلح شده‌ی حفره زیرزمینی، با انجام یکسری آزمایش مستقل، تغییرات فشار اعمالی توسط پی و نشست سطحی پی، برای فشار حفره معین و مقادیر مختلف عمق قرارگیری و تعداد مسلح کننده مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج بررسی‌ها نشان داد که برای شرایط آزمایشگاهی در نظر گرفته شده، با افزایش عمق قرارگیری لایه مسلح کننده عملکرد پوشش خاک مسلح بهبود می‌یابد. با افزایش تعداد لایه‌های مسلح کننده نیز عملکرد پوشش بهبود می‌یابد اما این بهبود فقط تا تعداد معینی (دو لایه) موثر است و بعد از آن تاثیر افزایش تعداد لایه‌ها بسیار ناچیز می‌باشد.

کلمات کلیدی : ظرفیت باربری، پی نواری، خاک مسلح، حفره زیرزمینی، خاک نمونه.

۱-۱بحث مسلح سازی

در تاریخچه پیشرفت خاک مسلح دو مرحله قابل تفکیک از یکدیگر قابل تشخیص است. در مرحله نخست خاک مسلح تنها به دیوارهای مسلح شده که روش مسلح سازی در آن ها به صورت تسلیح با نوارهای فلزی گالوانیزه و خاک های پر کننده دانه ای مرغوب و نماسازی به کمک پانل های پیش ساخته اطلاق می‌شد. سپس با باز شدن محدوده وسیعی از مطالعات بر روی خاک مسلح و مطالعات آکادمیک زیادی که در این زمینه انجام گرفت، باعث پیدایش مصالح جدید با کاربردهای جدید از آن شد.

استفاده از پلیمرها در خاک مسلح به مرور جا باز نمود و با پی بردن به کاربردها و خواص دیگری از خاک مسلح مانند جداسازی، مسلح‌سازی، تصفیه و یا زهکشی باعث آن شد که خود فصل جدیدی از مطالعه و پیشرفت را فراهم آورد و امروزه ما استفاده و کاربردهای بازسازی خاک با پلیمرها و اضافه نمودن خواصی که نقیصه‌های خاک را به خوبی با کیفیت‌های مختلف جبران نماید، بسیار متداول شده است و کم تر سازه خاکی دیده می شود که استفاده از مسلح‌کننده ها با هر نوع کاربردی در آن طراحی را اقتصادی تر ننماید. این حرکت تازه به استفاده از مواد جدید در مسلح نمودن خاک، یعنی پلیمرها انجامید. ژئوسنتتیک‌ها[۱] از انواع مختلف پلیمرها ساخته شده‌اند و جهت یکی از کاربردهای اصلی مورد استفاده قرار می‌گیرند. انواع معمول ژئوسنتتیک‌ها شامل ژئوتکستایل‌ها[۲]، ژئوگریدها[۳]، ژئوممبرین‌ها[۴]، ژئونت‌ها[۵] و ژئوپایپ‌ها[۶] می‌باشند. یکی از کاربردهای اصلی ژئوسنتتیک‌ها، استفاده از آن‌ها به عنوان مصالح مسلح‌کننده می‌باشد.

در نیم قرن پیش تحقیقات گسترده‌ای جهت بررسی کاربرد سازه‌های خاکی مسلح‌شده صورت گرفته است. مسئله خاک‌مسلح، بر پایه وجود مقاومت کششی مسلح‌کننده، اندرکنش خاک و مسلح‌کننده به دلیل اصطکاک، قفل و بست و خصوصیات چسبندگی استوار است. این مسئله اولین بار در صنعت ساخت و ساز توسط معمار فرانسوی هنری‌ویدال[۷] در سال ۱۹۶۵ عنوان شد. پس از آن، این تکنیک بصورت گسترده در کارهای مهندسی ژئوتکنیک مورد استفاده قرار گرفت. مصالح مسلح‌کننده در

---

۱ *Geosynthetics*
۲ *Geotextiles*
۳ *Geogrids*
٤ *Geomembranes*
٥ *Geonets*
٦ *Geopipes*
۷ *Henry Vidal*

محدوده آهن سخت تا مصالح ژئوسنتتیک انعطاف‌پذیر می‌باشند و می‌توان آن‌ها را به مسلح‌کننده-های توسعه‌پذیر و غیر قابل توسعه طبقه‌بندی کرد (مک‌گان و همکاران[1] ، ۱۹۷۸).

ژئوسنتتیک‌ها دارای مشتقات مختلفی هستند که عبارتند از ۱-ژئوتکستایل‌ها که خود این گروه نیز به دو دسته بافته شده و بافته نشده تقسیم می‌شوند، ۲-ژئوگریدها، ۳-ژئوکامپوزیت‌ها[2] (ترکیب ژئوگرید با ژئوتکستایل)، ۴-ژئوزهکش‌ها، ۵-ژئوممبرین‌ها و ۶-ژئوسل‌ها[3] (شکل ۱-۱). برخی از مهمترین کاربردهای ژئوسنتتیک‌ها بر حسب نوع آن‌ها در جدول ۱-۱ ارائه شده‌اند.

جدول۱-۱کاربردهای اصلی ژئوسنتتیک‌ها در فعالیت‌های عمرانی[۱]

انواع ژئوسنتتیک	عملکرد اصلی ژئوسنتتیک				
	جداسازی	تسلیح و تقویت	تصفیه	زهکشی	آب‌بند نمودن
ژئوتکستایل‌ها	کاربرد دارد	کاربرد دارد	کاربرد دارد	کاربرد دارد	کاربرد ندارد[1]
ژئوگریدها	کاربرد ندارد[2]	کاربرد دارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد
ژئونت‌ها	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد دارد	کاربرد ندارد
ژئوممبرین‌ها	کاربرد دارد[3]	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد دارد
ژئوپایپ‌ها	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد دارد	کاربرد ندارد
ژئوکامپوزیت‌ها	کاربرد دارد[4]	کاربرد دارد[4]	کاربرد دارد[4]	کاربرد دارد[4]	کاربرد دارد[4]

۱-مگر در حالتی که ژئوتکستایل توسط قیر و یا سایر مواد پلیمری اندود شود.

۲-مگر در شرایطی که مصالح طبیعی درشت دانه باشد.

۳-معمولا بعنوان عملکرد ثانویه بکار برده می‌شوند.

۴-بستگی به نحوه طراحی، ساخت و نوع ژئوکامپوزیت دارد.

۱-۲ کاربرد

امروزه ساخت بناهای زیرزمینی به شکل گسترده‌ای توسعه یافته است، بطوریکه با توجه به نیازهای روزافزون بشر و با پیشرفت دانش وتکنولوژی، دامنه فعالیت انسان به زیر خاک و حتی در زیر سازه

۱ *Mcgown et al.*

۲ *Geocomposites*

۳ *Geocells*

های موجود در مناطق شهری رسیده است. حفرات زیرزمینی چه به شکل طبیعی (از قبیل انحلال سنگ‌های آهکی) و یا مصنوعی آن (مانند تونل‌سازی)، به ویژه در مناطق شهری ممکن است در مجاورت و یا زیر سازه‌ها قرار گیرند. حفره زیرزمینی در واقعیت به صورت‌های گوناگون می‌تواند اتفاق بیافتد. برای مثال قناتی که از زیر یک سری ساختمان های مسکونی عبور می‌کند که آنرا می توان بصورت پی‌نواری روی حفره زیرزمینی تصور کرد و یا خط لوله‌ای که از زیر یک مسیر که بار ترافیکی را تحمل می کند (ناشی از عبور و مرور وسایل نقلیه) ویا تونل که خود یک سازه مشخص می‌باشد (برای مترو ویا عبوربار ترافیکی). همچنین کانالی زیر یک سد که البته در این حالت محیط ما خاک نیست و عمدتا سنگ می باشد در همه این حالت‌ها حفره می تواند دارای پوشش سازه‌ای که تحمل بار را دارد باشد و یا بدون پوشش باشد که ما در کار مهندسی حالت دارای پوشش را درنظر می-گیریم. از آنجائیکه این حفرات در ژرفای کم واقع می‌باشند تاثیر آنها می‌تواند تا سطح زمین گسترش یابد و باعث ایجاد نشست‌های قابل توجهی در سطح زمین و یا حتی فروپاشی این حفرات گردد. روش‌های متعددی برای پایدارسازی سقف این حفرات وجود دارد که از جمله آنها تثبیت خاک با تزریق، ایجاد دال بتنی مسلح روی حفرات و شمع کوبی تا روی سنگ بستر سالم می‌باشد. در حال حاضر یک راه حل اقتصادی جهت پایدارسازی سقف این حفرات تسلیح پوشش خاکی روی آنها می-باشد. خاک مصالحی است که دارای مقاومت فشاری و برشی خوبی بوده ولی چندان قادر به تحمل نیروهای کششی نمی‌باشد. برای مسلح سازی هم می‌توان از فلزات و هم از ژئوسنتتیک‌ها استفاده نمود.

چون تمامی سازه‌های موجود در مهندسی عمران بر پی واقع بوده و نهایتا نیروی خود را از طریق این عناصر واسط، به زمین منتقل می کنند از این رو می بایست تنش‌های ایجاد شده در خاک، بیشتر از مقاومت برشی خاک تکیه گاه نباشد. همچنین نشست‌های ایجاد شده به واسطه بار پی، درخاک مذکور از حد مجاز فراتر نرود. در نتیجه ظرفیت باربری پی، از جمله مباحث اصولی و پایه در مهندسی ژئوتکنیک می باشد.

حداکثر تنشی که یک شالوده می تواند به خاک اعمال کند را ظرفیت باربری شالوده می نامند. یک شالوده سطحی وقتی دارای عملکرد صحیح است که تنش ایجاد شده در زیرآن به نحوی باشد که دوشرط زیر را برآورده کند:

۱- گسیختگی برشی درخاک زیر شالوده ایجاد نگردد .

۲- نشست های بیش از مقدار مجازدرزیر شالوده رخ ندهد.