

مطالعه آزمایشگاهی اثر بعد پی روی افزایش کارایی پی ماشین آلات واقع بر ماسه مسلح

سید احسان زارعی، دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوتکنیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، ۰۹۱۲۳۰۸۱۷۶۷-
(s_e_zarei@yahoo.com)
سید ناصر مقدس تفرشی، استادیار دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده عمران، ۰۹۱۲۳۸۴۰۶۵۱-
(nas_moghaddas@kntu.ac.ir)

چکیده

در پی ماشین آلات، بار دینامیکی بصورت تکراری طولانی مدت و با دامنه کم وارد میشود. بنابراین مهم است که رفتار خاک الاستیک بوده و یا بتوان از نمو افزایشی تغییرشکل آن صرفنظر کرد. برای کلیه روشهای معمول طراحی و تحلیل پی ها رفتار الاستیک خطی در نظر گرفته میشود. یکی از تنش های تولید شده در زیر بلوک در هر کدام از این حالات بعثت بارهای دینامیکی فشار یکنواخت می باشد. ضریب فشار یکنواخت خاک (Cu) مهمترین پارامتر مورد نیاز در طراحی پی ماشین آلات می باشد. در این مقاله نتایج آزمایشگاهی و تحلیل عددی بارگذاری سیکلی افزایشی روی پی مربعی واقع بر ماسه مسلح مورد بحث قرار می گیرد. بارهای سیکلی افزایشی با شدت های مختلف بر پی وارد شده و نشست الاستیک پی در هر تنش بدست می آید که برای محاسبه ضریب فشار یکنواخت ماسه مورد استفاده قرار می گیرد. متغیر آزمایش شامل بعد پی مربعی (۵×۵، ۵×۷/۵×۱۰) می باشد. نتایج نشان می دهد که با کاهش ابعاد پی، مقدار (Cu) افزایش خواهد یافت.

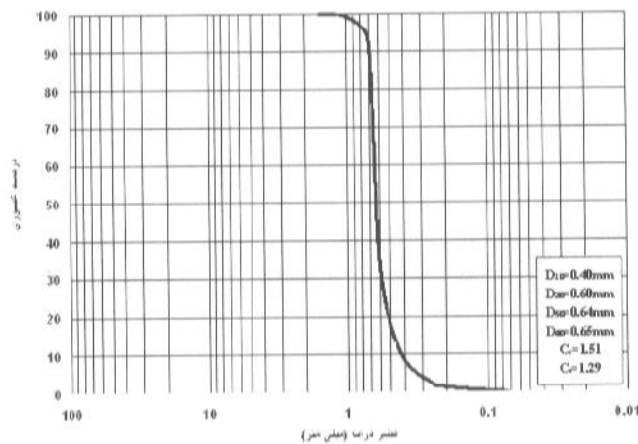
واژگان کلیدی: تست های آزمایشگاهی - تحلیل عددی - بارگذاری سیکلی افزایشی - خاک مسلح - بعد پی - ضریب فشار یکنواخت - پی ماشین آلات

۱- مقدمه

در پی ماشین آلات، بار دینامیکی بصورت تکراری طولانی مدت و با دامنه کم وارد میشود بنابراین مهم است که رفتار خاک الاستیک بوده و یا بتوان از نمو افزایشی تغییرشکل آن صرفنظر کرد. برای کلیه روشهای معمول طراحی و تحلیل پی ها رفتار الاستیک خطی در نظر گرفته میشود. یکی از تنش های تولید شده در زیر بلوک در هر کدام از این حالات بعثت بارهای دینامیکی فشار یکنواخت می باشد. ضریب فشار یکنواخت خاک (Cu) مهمترین پارامتر مورد نیاز در طراحی پی ماشین آلات می باشد. تاکنون مطالعات مختلفی جهت تعیین عوامل موثر روی افزایش کارایی پی ماشین آلات انجام گرفته است در این مقاله نتایج آزمایشگاهی و تحلیل عددی بارگذاری سیکلی افزایشی روی پی مربعی واقع بر ماسه مسلح مورد بحث قرار می گیرد.

۲- دستگاه آزمایش

دستگاه آزمایش شامل قسمتهای مختلف: تانک آزمایش، قاب اصلی، سیستم بارگذاری، دستگاه بارش، سیستم قرانت و ثبت داده ها، دستگاه تاهین فشار و حسگرهای بار و جابجایی می باشد. شمای کلی دستگاه آزمایش در شکل (۱) نشان داده شده است. آزمایش مورد نظر بصورت ۳ بعدی مدنظر بوده و برای این منظور با در نظر گرفتن نتایج تحقیقات گذشته روی فاصله جداره های کناری و تحتانی تانک از مقطع پی و طول آزاد بهینه ژئوسنتتیک و عمق تاثیر بستر صلب روی رفتار خاک ابعاد تانک انتخاب گردید. جهت اجرای برنامه آزمایش ها، مطابق شکل (۲) دارای ابعاد ۶۵×۶۵×۶۸ سانتیمتر (طول و عرض ۶۵ سانتیمتر و ارتفاع ۶۸ سانتیمتر) می باشد. این تانک شامل یک اسکلت فولادی با سه وجه جانبی از جنس MDF سیار با ضخامت کلی ۳ سانتیمتر و یک وجه شیشه ای از جنس پلکسی گلاس به ضخامت یک سانتیمتر به منظور مشاهده و عکسبرداری رفتار و تغییرشکلهای بوجود آمده در ماسه و نظارت بر درستی پر شدن تانک از خاک می باشد.



شکل (۳): منحنی دانه‌بندی خاک

۲-۳- مشخصات فیزیکی و مکانیکی مسلح کننده

پس از بررسی‌های متعدد در زمینه شرکتهای داخلی تولید کننده مسلح کننده خاک، ژئوگرید نوع CE131 شرکت مشیران شبکه، بعنوان مسلح کننده مناسب انتخاب گردید که مشخصات آن در جدول (۲) ذکر شده است.

جدول (۲): مشخصات فیزیکی و مکانیکی ژئوگرید

نوع ژئوگرید	مقاومت کششی ($\frac{KN}{m}$)	وزن واحد سطح ($\frac{gf}{m^2}$)	ابعاد چشمه‌ها (mm)	ضخامت (mm)	شکل چشمه‌ها
CE131	۵٫۸	۶۹۵	۲۷	۵٫۲	۶ ضلعی منتظم

۳-۳- آماده سازی خاک و انجام آزمایش

روش بارش برای آماده‌سازی ترانسه‌های ماسه‌ای در تانک آزمایش بکار برده شده است. ضخامت ترانسه خاک در تانک آزمایش به میزان ۴۰ سانتی متر است که با انجام عمل بارش ماسه در دو لایه ۲۰ سانتیمتری ایجاد میگردد. با توجه به تعداد لایه‌های مسلح کننده در خاک و فاصله آنها به میزان 35%B در هنگام بارش مکان قرارگیری (عمق) ژئوگریدها علامت گذاری شده و با رسیدن تراز خاک به علائم مذکور ژئوگریدها در محل مورد نظر نصب می‌شوند. پس از پر کردن تانک و صاف کردن سطح ماسه، صفحه بارگذاری روی ترانسه قرار داده میشود. حسگرهای نیرو و تغییر مکان که قبلاً کالیبره شده اند روی صفحه بارگذاری مونتاژ میشوند. جهت اعمال سیکل بارگذاری مورد نظر بر روی نمونه خاک باید مدل بارگذاری مطلوب با توجه به سطح صفحه بارگذاری و دقت روی سرعت افزایش بار (۱ کیلو پاسکال در ثانیه) برای نرم افزار تعریف گردد. پس از آماده سازی کلیه مراحل، بارگذاری آغاز میشود. نرم افزار مربوطه دستور اعمال مدل بارگذاری سیکلی ارائه شده را صادر میکند و سیستم مکانیکی تعبیه شده آنرا روی صفحه بارگذاری اعمال مینماید. نتایج حاصله که توسط حسگرهای نیرو و تغییر مکان دریافت میگرددند توسط دستگاه قرائت داده‌ها دریافت و به کامپیوتر منتقل میگرددند. داده‌های رسیده به کامپیوتر بصورت دیاگرام‌های نیرو - زمان و تغییر مکان - زمان مانیتور می‌شوند.

۴-۳- آزمایش های انجام گرفته

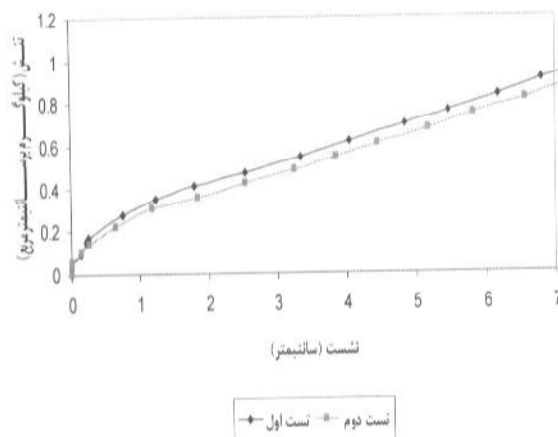
در این خصوص انجام تعداد ۱۰۰ آزمایش در شرایط مختلف مورد نظر است که از این تعداد آزمایش، ۲۰ آزمایش مقدماتی جهت برآورد ظرفیت باربری صفحه بارگذاری و عوامل مربوطه، ۲۰ آزمایش بمنظور اطمینان از تکرار پذیری و کنترل صحت نتایج، ۳۰ آزمایش مقدماتی استاتیکی و ۳۰ آزمایش اصلی سیکلی انجام گرفته است.

۴- نتایج آزمایشها و تحلیل نتایج

۴-۱- تکرارپذیری نتایج

تعداد ۲۰ آزمایش جهت کنترل صحت آزمایشها و تکرارپذیری آنها صورت گرفته است، حداکثر خطا در منحنی های تنش- نشست کل در خاک مورد آزمایش ۹,۱۲ درصد می باشد.

.eeduc774



شکل (۴): تکرارپذیری استاتیکی

شکل (۵): تکرارپذیری سیکنی

۴-۲- آزمایشات استاتیکی

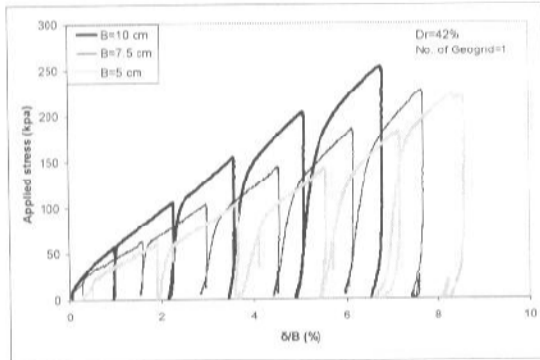
برای پیش بینی مقدار حداکثر بار سیکنی وارده و تبدیل آن به δ نمو تنش، آزمایشات استاتیکی در حالت های مختلف انجام شده است. این آزمایشات با مقدار چگالی نسبی خاک ۰.۶۲ و با ابعاد پی ۵×۵ ، $۷/۵ \times ۷/۵$ ، ۱۰×۱۰ سانتیمتری روی خاک با یک لایه مسلح کننده انجام شده است.

۴-۳- آزمایشات سیکنی

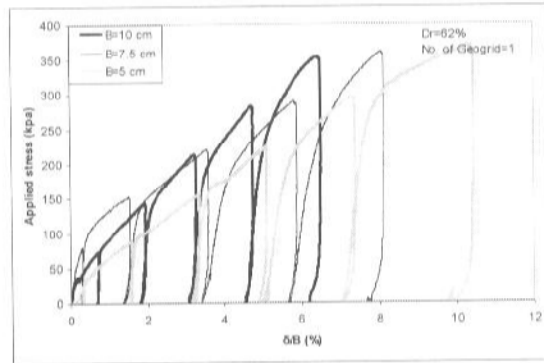
برای محاسبه ضریب فشار یکنواخت الاستیک خاک نیاز است که با طرح آزمایشات سیکنی در محدوده طبیعی رفتار خاک و محاسبه مقدار نشست الاستیک در هر سیکل اقدام گردد بدین ترتیب در این مقاله اثر تغییرات بعد پی (۵×۵ ، $۷/۵ \times ۷/۵$ و ۱۰×۱۰ سانتیمتر مربع) مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. آزمایشات ذکر شده روی خاک با دانسیته های نسبی (۰.۴۲، ۰.۶۲ و ۰.۷۲) انجام شده است.

۴-۳-۱- اثر تغییر در ابعاد پی روی رفتار تنش- نشست پی

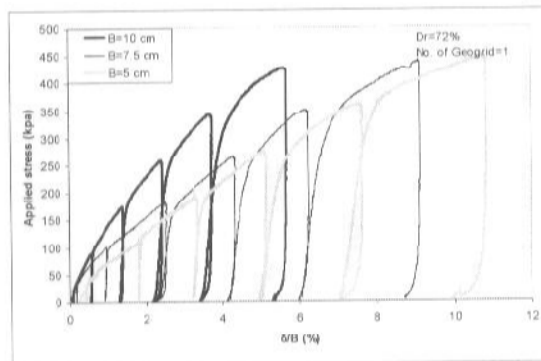
شکل های (۶)، (۷) و (۸) نشان دهنده اثر بعد پی روی رفتار تنش- نشست کل صفحه بارگذاری می باشند. لازم به ذکر است که بار وارد بر پی با عرض های مختلف بگونه ای انتخاب شده است که تنش وارده یکسان باشد. همانطور که ملاحظه می گردد با افزایش بعد پی میزان نشست نسبت به بعد پی (δ/B) در یک تنش تقریباً ثابت، کاهش می یابد. بدین مفهوم که افزایش بعد پی، ضمن افزایش تنش قابل تحمل خاک و افزایش ظرفیت باربری، به دلیل ایجاد گوه گسیختگی با عرض بیشتر، باعث کاهش مقادیر (δ/B) نیز می گردد.



شکل (۷): خاک با ۱ لایه ژئوگرید و دانسیته نسبی ۴۲٪ و ابعاد مختلف



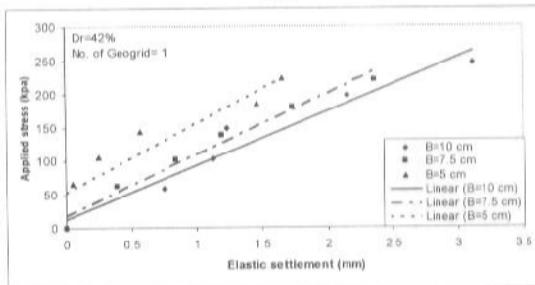
شکل (۶): خاک با ۱ لایه ژئوگرید و دانسیته نسبی ۶۲٪ و ابعاد مختلف



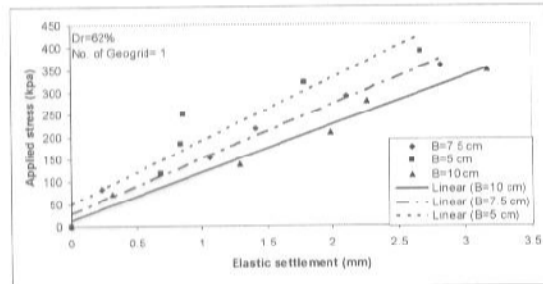
شکل (۸): خاک با ۱ لایه ژئوگرید و دانسیته نسبی ۷۲٪ و ابعاد مختلف

۴-۳-۲- تاثیر تغییرات در ابعاد پی روی بر روی فشار یکنواخت

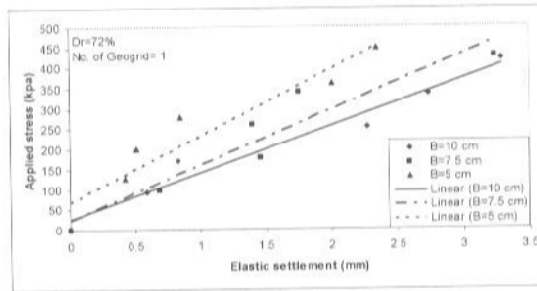
تأثیر تغییر در ابعاد پی روی بر روی ضریب فشار یکنواخت خاک با ترسیم نمودار تنش-نشست الاستیک در شکل های (۹) تا (۱۱) ارائه شده است. شیب خط نمودار تغییرات تنش-نشست الاستیک، مبین ضریب فشار یکنواخت الاستیک خاک خواهد بود. نتایج نشان می دهد که با ثابت ماندن میزان تنش؛ کاهش در ابعاد پی سبب افزایش شیب خط تنش-نشست الاستیک و در واقع مقدار ضریب فشار یکنواخت الاستیک (C_{II}) خاک می گردد.



شکل (۱۰): خاک با ۱ لایه ژئوگرید و دانسیته نسبی ۴۲٪



شکل (۹): خاک با ۱ لایه ژئوگرید و دانسیته نسبی ۶۲٪



شکل (۱۱): خاک با ۱ لایه ژئوگرید و دانسیته نسبی ۷۲٪

۵- نتایج :

۱. نتایج حاصل از آزمایشات انجام شده در مورد نشست سطح خاک در اثر بارگذاری با عرض ۱۰، ۷٫۵ و ۵ سانتی‌متر در خاک با دانسیته نسبی ۷۲٪ و ۱ لایه ژئوگرید در عمق ۱۰ سانتی‌متر از سطح خاک، نشان می‌دهد که با افزایش عرض بارگذاری، مقدار نشست سطح خاک در هر سیکل بارگذاری کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش عمق ژئوگرید، مقدار نشست سطح خاک در هر سیکل بارگذاری کاهش می‌یابد. این امر به دلیل افزایش تنش عمودی در خاک و افزایش ظرفیت باربری خاک است.
۲. نمودارهای بار-نشست برای سیکل‌های بارگذاری اول و دوم در هر سیکل بارگذاری، نشان می‌دهد که در سیکل اول بارگذاری، رفتار خاک غیرمسلح و غیرمستقر است و در سیکل دوم بارگذاری، رفتار خاک مسلح و مستقر است. همچنین با افزایش عمق ژئوگرید، مقدار نشست سطح خاک در هر سیکل بارگذاری کاهش می‌یابد.
۳. نحوه نشست سطح خاک نسبت به زمان بدین گونه است که نشست سطح خاک با شروع بارگذاری از مقدار صفر شروع و مرتباً افزایش یافته تا به مقدار حداکثر خود در سیکل اول بارگذاری می‌رسد، هنگام باربرداری تنها درصد کمی از آن به عنوان تغییر شکل الاستیک برگشت‌ناپذیر باقی‌مانده و بخش عمده آن بعنوان تغییر شکل پلاستیک باقی می‌ماند، در سیکل دوم بار، مقدار تغییر شکل بجای شروع از صفر، از مقدار باقیمانده در سیکل اول شروع شده و رو به افزایش می‌گذارد، مجدداً در باربرداری این سیکل، مقدار تغییر شکل کاهش یافته، لیکن تغییر شکل پلاستیک باقیمانده در کل بیشتر از قبل گردیده و این روال در سیکل‌های بعدی به همین صورت ادامه یافته و تغییر شکل‌ها به میزان اندک در هر سیکل اضافه خواهند شد.
۴. روند نشست سطح خاک نسبت به زمان در خاک با تراکم‌های مختلف (در یک آزمایش با شرایط نشست سطح خاک در خاک با تراکم سست بیشتر از خاک با تراکم متوسط و برای خاک با تراکم متوسط بیشتر از خاک متراکم می‌باشد).
۵. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش بعد بی میزان نشست نسبت به بعد بی (δ/B) در یک تنش تقریباً ثابت، کاهش می‌یابد. بدین مفهوم که افزایش بعد بی، ضمن افزایش تنش قابل تحمل خاک و افزایش ظرفیت باربری، به دلیل ایجاد گوه گسیختگی با عرض بیشتر، باعث کاهش تنش عمودی در خاک می‌گردد.
۶. با ثابت ماندن میزان تنش، کاهش در ابعاد بی سبب افزایش شیب خط تنش-نشست الاستیک و در واقع مقدار ضریب فشار یکنواخت الاستیک (C_{μ}) خاک می‌گردد.

لازم به ذکر است که کلیه تحلیل‌های انجام شده بر روی یک نوع خاک با مشخصات فیزیکی و مکانیکی مورد نظر و با استفاده از یک نوع ژئوگرید (CE131) انجام شده است و نتایج حاصل برای شرایط منطبق با این حالات قابل کاربرد می‌باشد.

منابع:

- 1-Adams,M.T. and Collin, J.C., 1997, "Large Model Spread Footing Load Tests on Geosynthetic Reinforced Soil Foundations", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 123, No. 1, pp. 66-72.
- 2- Akinmusuru, J.O. and Akinbolande, J.A., 1981, "Stability of Loaded Footings on Reinforced Soil", Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 107, No. GT6, pp. 819-827.
- 3-Das, B.M. and Omar, M.T., 1994, "The Effects of Foundation Width on Model Tests for Bearing Capacity of Sand with Geogrid Reinforcement", Geotechnical and Geological Engineering, Vol. 12, No. 2, pp. 133-141.
- 4-Fragaszy, R.J. and Lawton, E.C., 1984, "Bearing Capacity of Reinforced Sand Subgrades", Journal of Geotechnical Engineering Division, Vol. 110, No. 10, pp. 1500-1507.
- 5-Guido, V.A., Biesiadecki, G.I. and Sullivan, M.J., 1985, "Bearing Capacity of a Geotextile Reinforced Foundation", Proceedings of the Eleventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Balkema, Vol. 3, San Francisco, California, USA, August 1985, pp. 1777-1780.
- 6-Guido, V.A., Chang, D.K. and Sweeney, M.A., 1986, "Comparison of Geogrid and Geotextile Reinforced Earth Slabs", Canadian Geotechnical Journal, Vol. 23, No. 4, pp. 436-440.
- 7-Guido, V.A., Kneuppel, J.D. and Sweeney, M.A., 1987, "Plate Load Tests on Geogrid-Reinforced Earth Slabs", Proceedings of Geosynthetics '87, IFAI, Vol. 1, New Orleans, Louisiana, USA, February 1987, pp. 216-225.
- 8-User's Manual, "Fast Lagrangian Analysis of Continua", Itasca Consulting Group, Inc., Version 2.01, Minneapolis, MN, USA, 2001.
- 9- Shin, E.C. and Das, B.M., 2000, "Experimental Study of Bearing Capacity of a Strip Foundation on Geogrid-Reinforced Sand", Geosynthetics International, Vol. 7, No. 1, pp. 59-71.
- ۱۰- صدر نژاد، سید امیرالدین. "مبانی نظریه خمیری در خاک"، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۷۹.
- ۱۱- حلواویی، بهزاد. "مطالعه آزمایشگاهی تاثیر مسلح کننده بر ظرفیت باربری پی های سطحی واقع بر حفره"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خواجه نصیر طوسی، دانشکده عمران، بهمن ۱۳۸۵.
- ۱۲- خلیج، امید. "مطالعه آزمایشگاهی رفتار لوله های مدفون در خاک مسلح تحت اثر بار سیکلی قائم"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خواجه نصیر طوسی، دانشکده عمران، فروردین ۱۳۸۵.
- ۱۳- خدادادیان، رضا. "تحلیل عددی اثر مسلح کننده بر ظرفیت باربری پی نواری سطحی واقع بر حفره"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خواجه نصیر طوسی، دانشکده عمران، شهریور ۱۳۸۶.
- ۱۴- طاحونی، شایور. "اصول مهندسی ژئوتکنیک"، جلد دوم: مهندسی پی، انتشارات پارس آئین، ۱۳۸۰.
- ۱۵- میرحسینی، سیدمجدالدین. "دینامیک خاک"، موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۷۲.