





دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران جنوب

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه برای دریافت درجه دکتری Ph.D.

مهندسی عمران - ژئوتکنیک

عنوان:

ارزیابی آزمایشگاهی رفتار پی نواری واقع بر خاک ماسه مسلح شده با

ژئوسل تحت بار خارج از مرکز

استاد راهنما:

دکتر آرش رزمخواه

دکتر حسن قاسم‌زاده

استاد مشاور:

دکتر حمیدرضا وثوقی‌فر

پژوهشگر:

محمدصامد جهانیان

آبان ۱۴۰۲

تقدیم به

روح آسمانی پدرم که همواره فراگرفتن علم، دانش و دانایی را در گوشام زمزمه می‌کرد.
به صبر و وجود پرعشق مادرم که در کودکی‌ام با گرفتن دستهایم راه رفتن را به من آموخت و در همه
حال در درگاه خدای بزرگ دست به دعا برداشته و راه درستی، نیکی، خیر و برکت را برای من طلب
نموده است که گر نبود دعای پدر و مادر هیچ توفیقی حاصل نمی‌شد.
و تقدیم به سایر اعضای عزیز خانواده که وجودشان همیشه برای من قوت قلب و زندگی بخش بوده
است.

تشکر و قدردانی

اکنون که به یاری پروردگار و راهنمایی اساتید بزرگوار موفق به انجام این رساله شده‌ام وظیفه خود دانسته از تمامی عزیزان و سرورانی که در این راه به من کمک کرده‌اند تقدیر و تشکر نمایم.

در آغاز از اساتید بزرگ و دانشمند جناب آقایان دکتر آرش رزم‌خواه و دکتر حسن قاسم‌زاده که انجام این رساله با حمایت‌ها بی‌دریغ ایشان میسر شده است بی‌نهایت سپاسگزارم. همچنین از جناب آقای دکتر حمیدرضا وثوقی‌فر که زحمت مشاوره این پایان نامه را متقبل شدند و در طول این مدت از محضرشان بهره بردم کمال تشکر و قدردانی را دارم.

و در پایان از همه اساتید، معلمان و مدرسان محترم تمامی مقاطع مختلف تحصیلی که در محضرشان کسب علم و دانش نموده‌ام خالصانه تشکر می‌کنم.



معاونت پژوهش و فن آوری

به نام خدا

مشور اخلاق پژوهش

بیایری از خداوند بجان و اعتقاد به این که عالم محضر خداست و بهواره ناظر بر اعمال انسان و به منظور پاس داشت مقام بلند دانش و پژوهش و نظر به اهمیت جایگاه دانشگاه در اعلامی فرهنگ و تمدن بشری، مادیان شبویان و اعتنایات علمی و احدیای دانشگاه آزاد اسلامی متعهدی کردیم اصول زیر را در انجام فعالیت های پژوهشی مد نظر قرار داده و از آن تخطی نکنیم:

- ۱- اصل حقیقت جویی: تلاش در راستای پی جویی حقیقت و وفاداری به آن و دوری از هرگونه پنهان سازی حقیقت.
- ۲- اصل رعایت حقوق: التزام به رعایت کامل حقوق پژوهشگران و پژوهشگران (انسان، حیوان و نبات) و سایر صاحبان حق.
- ۳- اصل مالکیت مادی و معنوی: تعهد به رعایت کامل حقوق مادی و معنوی دانشگاه و کلیه بهکاران پژوهش.
- ۴- اصل منافع ملی: تعهد به رعایت مصالح ملی و در نظر داشتن پیشبرد و توسعه کشور در کلیه مراحل پژوهش.
- ۵- اصل رعایت انصاف و امانت: تعهد به اجتناب از هرگونه جانب داری غیر علمی و حفاظت از اموال، تجهیزات و منابع در اختیار.
- ۶- اصل رازداری: تعهد به صیانت از اسرار و اطلاعات محرمانه افراد، سازمان ها و کلیه افراد و نهاد های مرتبط با تحقیق.
- ۷- اصل احترام: تعهد به رعایت حریم ها و حرمت ها در انجام تحقیقات و رعایت جانب تقد و خودداری از هرگونه حرمت شکنی.
- ۸- اصل ترویج: تعهد به رواج دانش و اشاعه نتایج تحقیقات و انتقال آن به بهکاران علمی و دانشجویان به غیر از مواردی که منع قانونی دارد.
- ۹- اصل برانیت: التزام به برانیت جویی از هرگونه رفتار غیر حرفه ای و اعلام موضع نسبت به کسانی که حوزه علم و پژوهش را به شبهه های غیر علمی می آلاینند.



تعهدنامه اصالت رساله یا پایان نامه

اینجانب محمد صامد جهانیان دانش آموخته مقطع دکتری تخصصی در رشته مهندسی عمران - ژئوتکنیک که در تاریخ از پایان نامه/ رساله خود تحت عنوان ارزیابی آزمایشگاهی رفتار پی نواری واقع بر ماسه مسلح شده با ژئوسل تحت بار خارج از مرکز با کسب نمره و درجه دفاع نموده‌ام، بدینوسیله متعهد می‌شوم:

۱- این پایان نامه/ رساله حاصل تحقیق و پژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه، کتاب، مقاله و...) استفاده نموده‌ام، مطابق ضوابط و رویه موجود، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در فهرست مربوطه ذکر و درج کرده‌ام.

۲- این پایان نامه/ رساله قبلاً برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح، پایین‌تر یا بالاتر) در سایر دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است.

۳- چنانچه بعد از فراغت از تحصیل قصد استفاده و هرگونه بهره‌برداری اعم از چاپ کتاب، ثبت اختراع و ... از این پایان نامه داشته باشم، از حوزه معاونت پژوهش و فناوری واحد مجوزهای لازم را اخذ نمایم.

۴- چاپ مقاله جدید مستخرج از پایان نامه به شکل کتاب یا مقاله یا محصول فرهنگی دیگری به نام شخص و نهاد دیگری غیر از پژوهشگر و استاد راهنما و دانشگاه آزاد اسلامی مجاز نخواهد بود.

۵- چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن را می‌پذیرم و واحد دانشگاهی مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی‌ام هیچ‌گونه ادعایی نخواهم داشت.

نام و نام خانوادگی:

بسمه تعالی

در تاریخ:.....

دانشجوی دکتری آقای محمد صامد جهانیان از پایان نامه خود دفاع نموده و با نمره.....

بحروف..... با درجه..... مورد تصویب قرار گرفت.

امضا داوران

امضا استاد مشاور

امضا استاد راهنما

دکتر حمید رضا وثوقی فر

دکتر آرش رزم خواه

دکتر حسن قاسم زاده

بسمه تعالی

دانشکده فنی و مهندسی

(این چکیده به منظور چاپ در پژوهش نامه دانشگاه تهیه شده است)

نام واحد دانشگاهی: تهران جنوب	کد واحد: ۱۶۱	کد شناسایی پایان نامه:
عنوان پایان نامه به (فارسی): ارزیابی آزمایشگاهی رفتار پی نواری واقع بر خاک ماسه مسلح شده با ژئوسل تحت بار خارج از مرکز عنوان پایان نامه به (انگلیسی): Experimental evaluation of the behavior of a strip footing located on sand soil reinforced with geocell under eccentric load		
نام و نام خانوادگی دانشجو: محمد صامد جهانیان	شماره دانشجویی: ۹۴۸۲۷۱۰۰۶۷	مقطع تحصیلی: دکتری
رشته و گرایش تحصیلی: مهندسی عمران - ژئوتکنیک	استاد راهنما اول: دکتر آرش رزم خواه	تاریخ شروع پایان نامه:
استاد مشاور اول: دکتر حمید رضا وثوقی فر	استاد مشاور دوم: دکتر حسن قاسم زاده	تاریخ اتمام پایان نامه:
نشانی و شماره تلفن و پست الکترونیکی: تهران - خیابان ملاصدرا - خیابان شیخ بهایی شمال - خیابان نور بخش - پلاک ۳۰ - واحد ۶ تلفن: ۰۲۱۸۸۶۰۹۷۰۸ تلفن همراه: ۰۹۱۲۳۸۴۷۶۷۱ پست الکترونیکی: St_ms_jahanian@azad.ac.ir		
چکیده پایان نامه فارسی و انگلیسی (شامل بیان مسئله و هدف، روش ها و ابزارهای اجرا و نتایج به دست آمده): فارسی: تسلیح خاک توسط مصالح ژئوسنتتیک در بسیاری از زمینه های مهندسی ژئوتکنیک از جمله تثبیت زمین در زیر خاکریزها، روسازی ها، سازه های نگهدارنده و پی های سطحی با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است. ژئوسل به دلیل پیکربندی سه بعدی خود مانع از گسترش جانبی خاک پرکننده می شود، از این رو استفاده از ژئوسل در مقایسه با سایر ژئوسنتتیک ها، عملکرد بهتری در بهبود ظرفیت باربری پی دارد. در تحقیق حاضر، ظرفیت باربری یک پی نواری واقع بر روی ماسه مسلح شده با ژئوسل تحت بارهای خارج از مرکز مختلف با انجام یک سری آزمایش های مدل سازی فیزیکی ارزیابی شده است. از این رو، اثرات تغییر در عمق قرارگیری (u)، عرض (b) و ارتفاع (h) ژئوسل و همچنین خروج از مرکزیت بارگذاری (e) بر ظرفیت باربری، نشست و شیب پی بررسی شده است. نتایج نشان داد که استفاده از ژئوسل باعث افزایش ظرفیت باربری و کاهش شیب پی می شود. مقدار این افزایش و کاهش با افزایش مقدار خروج از مرکزیت بار تشدید می شود. عمق بهینه قرارگیری لایه ژئوسل از زیر پی برای بارگذاری با خروج از مرکزیت های مختلف یکسان و برابر با ۰/۱ عرض پی (B) می باشد. با این حال، عمق تسلیح موثر برای مقادیر مختلف خروج از مرکزیت با نسبت های $\frac{e}{B}$ برابر با $\frac{1}{13}$ ، $\frac{1}{6}$ ، $\frac{1}{4}$ و $\frac{1}{3}$ به ترتیب برابر با ۱، ۰/۷۵، ۰/۵ و ۰/۵ و ۰/۲۵ عرض پی بوده است. تاثیر ژئوسل بر افزایش ظرفیت باربری و کاهش شیب پی با افزایش ارتفاع و عرض ژئوسل افزایش می یابد.		

طول بهینه لایه مسلح‌کننده برای بارگذاری خارج از مرکز با نسبت $\frac{e}{B} \leq \frac{1}{6}$ برابر با $4B$ و برای نسبت $\frac{e}{B} > \frac{1}{6}$ برابر با $2B$ بوده است. استفاده از ژئوسل با ارتفاع بیشتر در مقایسه با ژئوسل با عرض بیشتر با توجه به میزان ۱۱ درصد مواد پلیمری کمتر منجر به افزایش بیشتر ظرفیت باربری تحت بارهای خارج از مرکز مختلف در حدود ۴ تا ۷ درصد شده است. علاوه بر این، برای دستیابی به مقدار مشخصی از ظرفیت باربری، استفاده از ژئوسل با ارتفاع بیشتر مقرون به صرفه‌تر است و همچنین به دلیل داشتن مواد پلیمری کمتر، اثرات مضر کمتری بر محیط زیست دارد. در نهایت به منظور مقایسه رفتار پی مسلح‌شده با ژئوسل تحت بار خارج از مرکز با پی مسلح‌شده با مسلح‌کننده صفحه‌ای (ژئوگرید) و همچنین پی مسلح‌شده با ژئوسل - ژئوگرید تحت همان بار آزمایش‌های مدل‌سازی فیزیکی دیگری انجام شد. ذکر این نکته ضروری است که مواد پلیمری استفاده شده در هر سه روش تسلیح یکسان می‌باشد. نتایج نشان داد که تسلیح پی با ژئوسل - ژئوگرید در مقایسه با دو روش دیگر تسلیح تاثیر بیشتری بر افزایش ظرفیت باربری و کاهش نشست پی در همه خروج از مرکزیت‌ها داشته است. همچنین مشاهده شد که در بارگذاری با خروج از مرکزیت‌های بزرگ ($\frac{e}{B} > \frac{1}{6}$) تاثیر تسلیح با ژئوسل تنها در مقایسه با ژئوگرید تنها بر افزایش ظرفیت باربری و کاهش نشست پی بیشتر است. این روند در خروج از مرکزیت‌های کوچک ($\frac{e}{B} \leq \frac{1}{6}$) بار به صورت عکس می‌باشد. همچنین نتایج عددی نشان داد که در نظر گرفتن یک لایه ژئوسل پر شده از ماسه با یک لایه خاک با مقاومت اصلاح شده یک روش مناسب است برای تخمین ظرفیت باربری پی نواری بوسیله نرم‌افزار پلکسیس دو بعدی.

کلید واژه‌ها:

ظرفیت باربری، خروج از مرکزیت، ژئوگرید، ژئوسل، پی، مدل‌سازی فیزیکی، ماسه

انگلیسی:

Soil reinforcement by geosynthetic materials has been successfully employed in many fields such as geotechnical engineering, including ground stabilization beneath embankments, pavements, retaining structures, and surface foundations. Geocell due to its three-dimensional configuration prevents lateral spreading of the soil. Therefore, using geocell compared to other geosynthetics has a better performance in improving the bearing capacity of footings. In the current research, the bearing capacity of a strip footing located on geocell-reinforced sand under different eccentric loads has been evaluated by performing a series of physical modeling tests. The effects of changes in the placement depth (u), width (b), and height (h) of the geocell as well as the loading eccentricity (e) have been investigated on the bearing capacity, settlement, and tilt of the footing. The results revealed that using geocell increases the bearing capacity and reduces the tilt of the footing. These increasing and decreasing effects intensify by increasing the magnitude of the load eccentricity. The optimum depth of the reinforced layer for loading with various eccentricities was identical and equaled 0.1 of the footing width (B). However, the effective reinforcement depth for different eccentricity values of $e/B=0, 1/12, 1/6, 1/4$,

and 1/3 were 1, 0.75, 0.5, 0.5, and 0.25 times the footing's width, respectively. The effect of the geocell on increasing the bearing capacity and decreasing the footing tilt enhances with an increase in the height and width of the geocell. The optimal length of the reinforcing layer for eccentric loading $e/B \leq 1/6$ was $4B$ and for $e/B > 1/6$ was equal to $2B$. The use of geocell with greater height compared to geocell with greater width with regards to 11% lower amount of polymeric materials led to more increases in the bearing capacity under various eccentric loads by about 4 to 7%. Further, to achieve a certain magnitude of the bearing capacity, using a geocell with greater height is more cost-effective and also has fewer harmful effects on the environment due to containing fewer polymeric materials. In addition, other physical modeling experiments were performed in order to compare the behavior of the geocell-reinforced foundation with geogrid-reinforced and geocell-geogrid-reinforced foundations under eccentric loading considering a similar amount of polymer materials for all states. The results of this comprehensive comparison revealed that the reinforcement with geocell-geogrid had a much notable effect on increasing the bearing capacity and reducing the settlement compared to the other cases for all eccentric values. On the other hand, the effect of geocell reinforcement was greater for higher values of eccentric loadings ($e/B < 1/6$) on increasing bearing capacity and reducing settlement of the footing compared to geogrid reinforcement states. However, this trend was observed in the opposite of the above trend for lower eccentric values ($e/B > 1/6$). The numerical results also showed that considering the sand-filled geocell layer as a soil layer with modified strength is a suitable method for estimate bearing capacity of strip footing by PLAXIS 2D.

Keywords:

Bearing capacity, Eccentric, Geocell, Geogrid, Footing, Physical modeling, Sand

نظر استاد راهنما برای چاپ در پژوهش نامه دانشگاه: مناسب است ☐ مناسب نیست ☐ تاریخ و امضا :



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران جنوب
مجتمع / دانشکده فنی مهندسی
پایان نامه برای دریافت درجه دکتری Ph.D.
مهندسی عمران - ژئوتکنیک

عنوان :

ارزیابی آزمایشگاهی رفتار پی نواری واقع بر ماسه مسلح شده با ژئوسل تحت بار خارج از مرکز

پژوهشگر:

محمد صامد جهانیان

امضاء هیأت داوران رساله / پایان نامه

استاد راهنما (۱) : دکتر آرش رزم خواه

استاد مشاور (۱): دکتر حمید رضا وثوقی فر

داور (۱):

مدیر گروه: دکتر محمد حسن حائری

تاریخ دفاع: / ... / ۱۳

استاد راهنما (۲) : دکتر حسن قاسم زاده

استاد مشاور (۲):

داور (۲):

صفحه	عنوان
۱.....	فصل اول:.....
۱.....	کلیات.....
۲.....	۱-۱ مقدمه:.....
۳.....	۲-۱ اهمیت و ضرورت تحقیق.....
۳.....	۳-۱ اهداف تحقیق.....
۴.....	۴-۱ محدودیت‌های تحقیق.....
۵.....	۵-۱ جنبه جدید و نوآوری تحقیق.....
۵.....	۶-۱ ساختار رساله.....
۷.....	فصل دوم:.....
۷.....	ادبیات پژوهش.....
۸.....	۲-۱ مقدمه.....
۱۲.....	۲-۲ مطالعه رفتار پی‌های واقع بر بستر مسلح تحت بار در مرکز.....
۳۴.....	۳-۲ مطالعه رفتار پی‌های واقع بر بستر مسلح تحت بار خارج از مرکز.....
۴۸.....	۴-۲ جمع بندی و نتیجه‌گیری.....
۵۰.....	فصل سوم:.....
۵۰.....	برنامه آزمایشگاهی جهت بررسی رفتار پی نواری مسلح شده با ژئوسل تحت بار خارج از مرکز.....
۵۱.....	۳-۱ مقدمه.....
۵۱.....	۳-۲ آنالیز ابعادی.....
۵۵.....	۳-۳ مصالح مورد استفاده در آزمایش.....
۵۵.....	۳-۳-۱ ماسه.....
۵۶.....	۳-۳-۲ ژئوگرید و ژئوسل.....
۵۷.....	۳-۴ ابزار و تجهیزات.....
۵۸.....	۳-۴-۱ محفظه مدل.....

۵۹.....	۲-۴-۳ مدل پی نواری.....
۶۱.....	۳-۴-۳ سیستم بارگذاری.....
۶۲.....	۵-۳ آماده سازی نمونه و روش انجام آزمایش.....
۶۴.....	۶-۳ پارامترهای متغیر آزمایش و برنامه تحقیق.....
۶۵.....	۳-۶-۱ بخش اول آزمایش ها.....
۶۸.....	۳-۶-۲ بخش دوم آزمایش ها.....
۷۰.....	۳-۷ جمع بندی.....
۷۱.....	فصل چهارم:.....
۷۱.....	نتایج بدست آمده از آزمایش ها.....
۷۲.....	۴-۱ مقدمه.....
۷۳.....	۴-۲-۱ بخش اول: رفتار پی نواری واقع بر ماسه مسلح با ژئوسل تحت بار با خروج از مرکزیت.....
۷۳.....	۴-۲-۱-۱ ظرفیت باربری پی نواری واقع بر ماسه مسلح نشده.....
۷۶.....	۴-۲-۲-۲ تاثیر عمق قرارگیری ژئوسل.....
۸۲.....	۴-۲-۳-۲ اثر عرض ژئوسل.....
۸۶.....	۴-۲-۴-۲ اثر ارتفاع ژئوسل.....
۸۹.....	۴-۲-۵ مقایسه اثر عرض ژئوسل و ارتفاع ژئوسل بر مقدار IF_g
۹۱.....	۴-۲-۶-۲ تأثیر ژئوسل و خروج از مرکز بار بر روی شیب پی.....
۹۳.....	۴-۲-۷ مدل آماری.....
۹۴.....	۴-۳-۱ بخش دوم.....
۹۴.....	۴-۳-۱-۱ اثر تقویت مضاعف صفحه ای بر ظرفیت باربری پی مسلح شده با ژئوسل.....
۹۷.....	۴-۳-۲-۲ اثر فاصله بین لایه های ژئوگرید بر ظرفیت باربری بستر تقویت شده با ژئوگرید.....
۹۹.....	۴-۳-۳-۳ مقایسه اثر تسلیح های مختلف بر ظرفیت باربری.....
	۴-۳-۴ مقایسه اثر تسلیح مختلف بر درصد کاهش نشست (PRS) و ضریب بهبود ظرفیت
۱۰۲.....	باربری (IF).....
۱۰۹.....	۴-۴ نتیجه گیری:.....
۱۱۲.....	فصل پنجم:.....
۱۱۲.....	تخمین ظرفیت باربری با مدلسازی عددی.....

۱-۵	مقدمه.....	۱۱۳
۲-۵	روند مدل سازی عددی.....	۱۱۳
۳-۵	مقایسه نتایج عددی با نتایج آزمایشگاهی.....	۱۱۵
۴-۵	نتایج.....	۱۱۸
۱-۴-۵	ظرفیت باربری پی نواری واقع بر ماسه تمیز مسلح نشده.....	۱۱۸
۲-۴-۵	اثر مقدار نفت بر ظرفیت باربری خاک آلوده غیر مسلح.....	۱۱۹
۳-۴-۵	اثر تسلیح بر منحنی بار - نشست پی واقع بر ماسه آلوده به نفت.....	۱۲۳
۵-۵	نتیجه گیری.....	۱۲۹
	فصل ششم:.....	۱۳۱
	نتیجه گیری.....	۱۳۱
۱-۶	نتیجه گیری.....	۱۳۲
۲-۶	پیشنهادهای.....	۱۳۵

صفحه	عنوان
شکل ۱-۲	انواع معمول ژئوگرید (الف) ژئوگرید قالبی تک محوره (ب) ژئوگرید قالبی دو محوره (پ) ژئوگرید پیوندی
۱۰	(ت) ژئوگرید بافته شده (ستایش ۱۳۹۰).....
شکل ۲-۲	ژئوسل بدون روزنه (تفرشی و همکاران ۲۰۱۶).....
۱۱	شکل ۲-۳ ژئوسل روزنه دار (باترست و جارت ۱۹۹۸).....
۱۲	شکل ۲-۴ تغییرات BCR با نسبت عمق قرارگیری یک لایه ژئوگرید به عرض پی (یتیم اغلو و همکاران ۱۹۹۴).....
۱۳	شکل ۲-۵ تغییرات BCR با نسبت فاصله عمودی بین لایه های مسلح کننده به عرض پی (یتیم اغلو و همکاران ۱۹۹۴).....
۱۳	شکل ۲-۶ تغییرات BCR با تعداد لایه های مسلح کننده (یتیم اغلو و همکاران ۱۹۹۴).....
۱۳	شکل ۲-۷ تغییرات BCR با نسبت اندازه عرض مسلح کننده به عرض پی (یتیم اغلو و همکاران ۱۹۹۴).....
۱۴	شکل ۲-۸ تأثیر عرض مسلح کننده بر ظرفیت باربری پی (دش و همکاران ۲۰۰۱a).....
۱۵	شکل ۲-۹ تأثیر ارتفاع مسلح کننده بر ظرفیت باربری پی (دش و همکاران ۲۰۰۱a).....
۱۶	شکل ۲-۱۰ تأثیر عمق مدفون مسلح کننده بر ظرفیت باربری پی (دش و همکاران ۲۰۰۱a).....
۱۷	شکل ۲-۱۱ نمودار فشار - نشست پی مسلح با ژئوسل تنها و ژئوسل به همراه ژئوگرید (دش و همکاران ۲۰۰۱b).....
۱۸	شکل ۲-۱۲ تغییرات ظرفیت باربری نهایی با عمق های مختلف استقرار پی (پاترا و همکاران ۲۰۰۵).....
۱۹	شکل ۲-۱۳ تغییرات ضریب بهبود ظرفیت باربری با نشست مدل آزمایشگاهی برای تعداد مختلف لایه مسلح کننده (ساواف و همکاران ۲۰۰۷).....
۱۹	شکل ۲-۱۴ تغییرات q (ظرفیت باربری) با SB (ضریب نشست) حاصل از نتایج عددی (ساواف و همکاران ۲۰۰۷).....
۲۰	شکل ۲-۱۵ تغییرات BCI: ضریب بهبود ظرفیت باربری با (a) N: تعداد لایه (b) L: طول مسلح کننده (c) b/B: نسبت فاصله از شیب (d) u/B: نسبت عمق اولین لایه مسلح کننده از زیر پی (e) X/B: نسبت فاصله عمودی لایه های مسلح کننده (ساواف و همکاران ۲۰۰۷).....
۲۰	شکل ۲-۱۶ تأثیر اندازه چشمه های مسلح کننده بر ظرفیت باربری پی (دش و همکاران ۲۰۰۸).....
۲۱	شکل ۲-۱۷ تأثیر اندازه چشمه های مسلح کننده بر مدول بستر با مقادیر مختلف نشست (دش و همکاران ۲۰۰۸).....
۲۲	شکل ۲-۱۸ اثر مقاومت جانبی ژئوسل (ژائو و همکاران ۲۰۰۹).....
۲۲	شکل ۲-۱۹ اثر توزیع تنش قائم ژئوسل (ژائو و همکاران ۲۰۰۹).....
۲۳	شکل ۲-۲۰ اثر غشاء و پوسته ناشی از ژئوسل (ژائو و همکاران ۲۰۰۹).....

- شکل ۲-۲۱ مسلح‌کننده صفحه‌ای (a)، مسلح‌کننده با توزیع تصادفی تصادفی (b) و ژئوسل (c) (لاٹا و همکاران a ۲۰۰۹)..... ۲۳
- شکل ۲-۲۲ تأثیر استفاده از ژئوسل در افزایش ظرفیت باربری: مسلح‌کننده نمودار سمت راست و چپ به ترتیب ژئونت و ژئوگرید (لاٹا و همکاران a ۲۰۰۹)..... ۲۴
- شکل ۲-۲۳ تأثیر استفاده از ژئوسل در نشست‌های سطحی: (سمت چپ بالا) خاک غیر مسلح، (سمت راست بالا) خاک مسلح با ژئوسل ساخته شده با ژئوگرید، (سمت چپ پایین) خاک مسلح با ژئوگرید، (سمت راست پایین) توزیع تصادفی ژئوگرید (لاٹا و همکاران a ۲۰۰۹)..... ۲۵
- شکل ۲-۲۴ رفتار بار - نشست پی مسلح شده با مسلح‌کننده‌های مختلف (لاٹا و همکاران b ۲۰۰۹)..... ۲۶
- شکل ۲-۲۵ تغییرات I_f در مقابل نشست پی برای مسلح‌کننده‌های مختلف (لاٹا و همکاران b ۲۰۰۹)..... ۲۶
- شکل ۲-۲۶ تغییرات I_f با سختی مسلح‌کننده (لاٹا و همکاران b ۲۰۰۹)..... ۲۷
- شکل ۲-۲۷ تغییرات نسبت بهبود ظرفیت باربری (I_f) با تغییر مقدار عمق قرارگیری لایه ژئوسل و ژئوتکستایل (تفرشی و همکاران ۲۰۱۰)..... ۲۷
- شکل ۲-۲۸ منحنی‌های ظرفیت باربری - نشست توده خاک مسلح شده با ژئوسل و ژئوتکستایل (تفرشی و همکاران ۲۰۱۰)..... ۲۸
- شکل ۲-۲۹ منحنی‌های بار - نشست a: خاک مسلح b: خاک غیرمسلح در تراکم‌های نسبی متفاوت (دش و همکاران ۲۰۱۰)..... ۲۹
- شکل ۲-۳۰ انواع ژئوگرید مورد استفاده در ساخت ژئوسل (دش و همکاران ۲۰۱۲)..... ۲۹
- شکل ۲-۳۱ منحنی بار - نشست برای خاک غیر مسلح و مسلح‌شده با ژئوسل‌های متفاوت (دش و همکاران ۲۰۱۲)..... ۳۰
- شکل ۲-۳۲ تغییرات I_f با اندازه سوراخ مسلح‌کننده‌ها در نشست‌های مختلف پی (دش و همکاران ۲۰۱۲)..... ۳۱
- شکل ۲-۳۳ منحنی بار - نشست پی مسلح‌نشده و شده با تعداد لایه‌های متفاوت ژئوسل و مسلح‌کننده صفحه‌ای (تفرشی و همکاران ۲۰۱۶)..... ۳۲
- شکل ۲-۳۴ تغییرات مدول بستر با تعداد لایه‌های ژئوسل و مسلح‌کننده صفحه‌ای (تفرشی و همکاران ۲۰۱۶)..... ۳۲
- شکل ۲-۳۵ تغییرات ظرفیت باربری در مقابل نشست (کوماوات و همکاران ۲۰۱۷)..... ۳۳
- شکل ۲-۳۶ نمای شماتیک ژئوسل (a): بسته بودن محل قرارگیری پی در ژئوسل (b): باز بودن محل قرارگیری پی در ژئوسل (c): نمای شماتیک مدل فیزیکی (d): تصویر مدل فیزیکی (e): ژئوسلی که محل قرارگیری پی باز است (شادمند و همکاران ۲۰۱۸)..... ۳۳
- شکل ۲-۳۷ منحنی بار - نشست پی مسلح‌نشده و شده با N لایه ژئوگرید (a) مدل فیزیکی (b) مدل عددی (ساواف و همکاران ۲۰۰۹)..... ۳۴
- شکل ۲-۳۸ تغییرات نسبت ظرفیت باربری (BCR) با L/B : نسبت طول مسلح‌کننده به عرض پی (ساواف و همکاران ۲۰۰۹)..... ۳۵
- شکل ۲-۳۹ هندسه پارامترهای مطالعه شده در مدل آزمایشگاهی (ساواف و همکاران ۲۰۱۲)..... ۳۵

- شکل ۲-۴۰ تغییرات BCR در مقابل $dD0$ ماسه غیرمسلح جایگزین شده با تراکم‌های نسبی متفاوت (ساواف و همکاران ۲۰۱۲)..... ۳۶
- شکل ۲-۴۱ تغییرات BCR با $DiD0$ برای پی مسلح شده با ژئوگریدهای متفاوت (ساواف و همکاران ۲۰۱۲)..... ۳۷
- شکل ۲-۴۲ تغییرات BCR با N (تعداد لایه مسلح‌کننده) در تراکم نسبی های مختلف ماسه جایگزین شده (ساواف و همکاران ۲۰۱۲)..... ۳۷
- شکل ۲-۴۳ تغییرات BCR با $eD0$ (a) برای تراکم‌های نسبی متفاوت ماسه جایگزین شده (b) برای ژئوگریدهای متفاوت (ساواف و همکاران ۲۰۱۲)..... ۳۷
- شکل ۲-۴۴ پی نواری تحت بار خارج از مرکز واقع بر شیب ماسه‌ای مسلح‌شده با ژئوتکستایل (تارکر و همکاران ۲۰۱۴)..... ۳۸
- شکل ۲-۴۵ پی نواری مدل (تارکر و همکاران ۲۰۱۴)..... ۳۸
- شکل ۲-۴۶ سطح گسیختگی برای پی سطحی تحت بار خارج از مرکز واقع بر شیب ماسه‌ای (تارکر و همکاران ۲۰۱۴)..... ۳۹
- شکل ۲-۴۷ فاصله افقی بین محل قطع شیب ماسه‌ای با سطح گسیختگی و لبه پی برای خروج از مرکزیت‌های متفاوت (تارکر و همکاران ۲۰۱۴)..... ۳۹
- شکل ۲-۴۸ تغییرات ظرفیت باربری با خروج از مرکزیت برای پی‌های نواری سطحی و کم عمق نزدیک شیب ماسه‌ای مسلح (تارکر و همکاران ۲۰۱۴)..... ۳۹
- شکل ۲-۴۹ منحنی های بار - نشست (a): برای پی های نواری سطحی و (b): کم عمق نزدیک شیب ماسه ای مسلح (تارکر و همکاران ۲۰۱۴)..... ۴۰
- شکل ۲-۵۰ منحنی های بار - نشست ماسه مسلح‌شده و نشده (a): پی های سطحی (b): پی های کم عمق با خروج از مرکزیت ($eB = 112$) (تارکر و همکاران ۲۰۱۴)..... ۴۱
- شکل ۲-۵۱ ظرفیت باربری در مقابل نشست پی واقع بر ماسه غیرمسلح و مسلح با دو لایه ژئوگرید ۴۲/ = $hD = uD$ (بدخشان و نورزاد ۲۰۱۵)..... ۴۱
- شکل ۲-۵۲ تغییرات BCR در مقابل (a) uD : (b) hD : (c) N همراه با خروج از مرکزیت بار (بدخشان و نورزاد ۲۰۱۵)..... ۴۲
- شکل ۲-۵۳ تغییرات BCR با e برای (a) یک لایه، (b) دو لایه (c) سه و چهار لایه تقویت کننده (بدخشان و نورزاد ۲۰۱۵)..... ۴۳
- شکل ۲-۵۴ دیاگرام (a) پی مدل و (b) مخزن (ناصر و آزام ۲۰۱۷)..... ۴۳
- شکل ۲-۵۵ تغییرات تنش پی (q)، نسبت نشست (SB) برای خروج از مرکزیت های مختلف (غیرمسلح) (a) : $B = 50 \text{ mm}$: (b) $B = 80 \text{ mm}$: (c) $B = 110 \text{ mm}$: (d) $B = 140 \text{ mm}$ (ناصر و آزام ۲۰۱۷)..... ۴۴

شکل ۵۶-۲ تغییرات تنش پی (q)، نسبت نشست (SB) برای خروج از مرکزیت های مختلف (مسلح با ژئوگرید) (a) : (b) $B = 50 \text{ mm}$: (c) $B = 80 \text{ mm}$: (d) $B = 110 \text{ mm}$: (e) $B = 140 \text{ mm}$ (ناصر و آزام ۲۰۱۷)..... ۴۵

شکل ۵۷-۲ تغییرات ضریب ظرفیت باربری $N\gamma$ با عرض پی برای ماسه مسلح شده با ژئوگرید (ناصر و آزام ۲۰۱۷)..... ۴۶

شکل ۵۹-۲ تغییرات BCR با (a) : u/D یا u/B (b) : h/D یا h/B (بدخشان و نورزاد ۲۰۱۷)..... ۴۷

شکل ۶۰-۲ تغییرات ظرفیت باربری و BCR با تعداد لایه ها (N) شکل ۸۴-۲ منحنی بار - نشست (a) : پی دایره ای (b) : پی مربعی (بدخشان و نورزاد ۲۰۱۷)..... ۴۸

شکل ۱-۳ نمودار دانه بندی ماسه..... ۵۶

شکل ۲-۳ a : ژئوسل به همراه تقویت کننده صفحه ای بر روی آن پ b : ژئوسل به همراه تقویت کننده صفحه ای در زیر آن c : بست پلاستیکی..... ۵۷

شکل ۳-۳ مدل فیزیکی..... ۵۸

شکل ۴-۳ پی نواری و میله بارگذاری..... ۶۰

شکل ۵-۳ پی نواری و موقعیت LVDTs..... ۶۱

شکل ۶-۳ جعبه بارش..... ۶۳

شکل ۷-۳ نگه داشتن ژئوسل با استفاده از آرماتور..... ۶۴

شکل ۸-۳ تصویر شماتیک محل قرارگیری مسلح کننده در مخزن..... ۶۵

شکل ۱-۴ تعریف پارامترها برای محاسبه a : IF و b : PRS..... ۷۳

شکل ۲-۴ منحنی بار-نشست پی مسلح نشده در خروج از مرکزیت های متفاوت..... ۷۴

شکل ۳-۴ جابه جایی خاک تحت بارگذاری در مرکز و خارج از مرکز..... ۷۶

شکل ۴-۴ سطح بالآآمدگی خاک غیرمسلح در خروج از مرکزیت های مختلف..... ۷۶

شکل ۵-۴ منحنی های بار-نشست با u_g/B های مختلف در خروج از مرکزیت های متفاوت..... ۷۸

شکل ۶-۴ عمق گسیختگی با خروج از مرکزیت..... ۸۱

شکل ۷-۴ میزان بالازدگی برای خاک مسلح در خروج از مرکزیت های مختلف..... ۸۲

شکل ۸-۴ منحنی های بار-نشست با b_g/B های مختلف در خروج از مرکزیت های متفاوت..... ۸۳

شکل ۹-۴ منحنی های بار-نشست با h/B های مختلف در خروج از مرکزیت های متفاوت..... ۸۷

شکل ۱۰-۴ مقادیر IFg برای مسلح کننده با سه مقدار مختلف عرض و ارتفاع و جرم یکسان در $s_g/B = 10\%$ تحت خروج از مرکزیت های مختلف..... ۹۰

شکل ۱۱-۴ همبستگی بین مقادیر IFg مشاهده شده و پیش بینی شده..... ۹۳

شکل ۱۲-۴ منحنی بار نشست برای الگوهای مختلف تسلیح..... ۹۵

شکل ۱۳-۴ منحنی های بار نشست برای مسلح کننده صفحه ای با بارگذاری در مرکز..... ۹۹

برای $u_g/B = H/B$ های مختلف ($N = 3$)..... ۹۹

شکل ۴-۱۵ منحنی‌های درصد کاهش نشست در مقابل نشست ۱۰۵
 شکل ۴-۱۶ جابه‌جایی (نشست) ذرات خاک (a_1) بستر مسلح‌شده با تقویت کننده صفحه‌ای برای $e/B=14$ (a_2) بستر مسلح‌شده با تقویت کننده صفحه‌ای در زیر آن برای $e/B=14$ (b_1) بستر مسلح‌شده با تقویت کننده صفحه‌ای برای $e/B=13$ (b_2) بستر مسلح‌شده با تقویت کننده صفحه‌ای در زیر آن برای $e/B=13$ ۱۰۶
 شکل ۵-۱ نمای کلی پی نواری مسلح‌شده با ژئوسل تحت بار خارج از مرکز در پلکسیس ۱۱۵
 شکل ۵-۲ مقایسه ظرفیت باربری پی غیرمسلح بین نتایج مدل عددی و نتایج تجربی ۱۱۶
 شکل ۵-۳ مقایسه ظرفیت باربری پی مسلح بین نتایج مدل عددی و نتایج تجربی ۱۱۷
 شکل ۵-۴ منحنی‌های بار-نشست برای مدل ماسه تمیز مسلح‌نشده تحت مقادیر مختلف خروج از مرکزیت ۱۱۸
 شکل ۵-۵ منحنی‌های بار-نشست پی واقع بر ماسه آلوده تحت مقادیر مختلف خروج از مرکز ۱۲۰
 شکل ۵-۶ منحنی‌های بار نشست برای ماسه غیر مسلح و مسلح با مقادیر مختلف نفت برای خروج از مرکزیت‌های مختلف ۱۲۴
 شکل ۵-۷ نمودار مقادیر ضریب بهبود ظرفیت باربری در مقابل خروج از مرکزیت‌های مختلف برای ماسه با مقادیر مختلف آلودگی نفتی در نشست‌های مختلف ۱۲۶
 شکل ۹. جابجایی زیر پی برای خاک آلوده غیر مسلح تحت بارگذاری با خروج از مرکزیت‌های ۱۲۸
 مختلف a: $e/B=0$, b: $e/B=112$, c: $e/B=16$ و d: $e/B=13$ ۱۲۸
 شکل ۵-۹ جابجایی در زیر پی برای خاک آلوده تقویت شده با ژئوسل تحت بارگذاری با خروج از مرکزیت‌های مختلف a: $e/B=0$, b: $e/B=16$ ۱۲۹

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲ خلاصه نتایج IF در آزمایشات سری A، B و C (سیسارم و همکاران ۲۰۰۴).....	۱۷
جدول ۱-۳ خلاصه بخش اول آزمایش‌ها.....	۶۷
جدول ۲-۳ خلاصه بخش دوم آزمایش‌ها.....	۶۹
جدول ۱-۴ اثر خروج از مرکز بار بر ظرفیت باربری پی نواری واقع بر روی ماسه مسلح‌نشده.....	۷۵
جدول ۲-۴ مقادیر ضریب بهبود ظرفیت باربری (IF_g) با u_g/B های مختلف در خروج از مرکزیت‌های متفاوت.....	۸۰
جدول ۳-۴ مقادیر ضریب بهبود ظرفیت باربری (IF_g) با b_g/B های مختلف در خروج از مرکزیت‌های متفاوت.....	۸۵
جدول ۴-۴ مقادیر ضریب بهبود ظرفیت باربری (IF_g) با h/B های مختلف در خروج از مرکزیت‌های متفاوت.....	۸۹
جدول ۵-۴ مقادیر شیب برای تحت بارهای خارج از مرکز مختلف در نشست‌های مختلف.....	۹۲
جدول ۶-۴ مقادیر ضریب بهبود ظرفیت باربری برای الگوهای مختلف تسلیح.....	۹۷
جدول ۷-۴ مقادیر ضریب بهبود ظرفیت باربری برای الگوهای مختلف نشست.....	۱۰۲
جدول ۸-۴ مقادیر شیب برای تحت بارهای خارج از مرکز مختلف در نشست‌های مختلف.....	۱۰۸
جدول ۱-۵ مشخصات خاک در مدل عددی.....	۱۱۳
جدول ۲-۵ اثر خروج از مرکز بار بر ظرفیت باربری پی نواری واقع بر روی ماسه مسلح‌نشده.....	۱۱۹
جدول ۳-۵ ظرفیت باربری پی نواری واقع بر ماسه غیر مسلح آلوده تحت مقادیر مختلف خروج از مرکزیت.....	۱۲۲

فصل اول: کلیات

۱- مقدمه:

ظرفیت باربری پی‌های سطحی، یکی از مباحث مطرح در مهندسی پی است. پی نواری از رایج‌ترین انواع پی‌های سطحی است. پی نواری عموماً برای تحمل بار در زیر دیوار یا یک ردیف ستون و همچنین دیوار و ستون به صورت توأمان استفاده می‌شود. در عمل بار انتقالی از ستون به پی علاوه بر بار قائم شامل لنگر خمشی ناشی از نیروهای افقی وارد بر ساختمان نظیر زلزله و باد می‌باشد. در طراحی پی، لنگر خمشی با یک بار خارج از مرکز جایگزین می‌شود. خروج از مرکزیت بار باعث کاهش ظرفیت باربری پی می‌شود. معادلات متعددی توسط محققین برای محاسبه ظرفیت باربری پی تحت بار خارج از مرکز ارائه شده است (میرهوف ۱۹۵۳، هانسن ۱۹۷۰ و پراکاش و ساران ۱۹۷۱). تسلیح خاک روشی برای افزایش ظرفیت باربری است. مقاومت کششی بالا، ویژگی اصلی عناصر مسلح‌کننده است. ژئوسنتتیک‌ها از جمله عناصری هستند که مقاوت کششی بالایی دارند. این عناصر از مواد پلیمری ساخته شده‌اند که جزو متنوع‌ترین و اقتصادی‌ترین مصالح بهسازی خاک محسوب می‌شوند. از نظر شکل و ساختار می‌توان ژئوسنتتیک‌ها را به دو شکل صفحه‌ای نظیر ژئوتکستایل و ژئوگرید و سه بعدی همانند ژئوسل تقسیم بندی نمود. مطالعات متعددی اثر مطلوب تقویت کننده صفحه‌ای (ژئوتکستایل و ژئوگرید) بر افزایش ظرفیت باربری و کاهش نشست پی‌های سطحی تحت بار در مرکز را گزارش کرده‌اند (آدامز و کولین ۱۹۹۷، سیثارم و سریش ۲۰۰۴، پاترا و همکاران ۲۰۰۶، ساواف ۲۰۰۷ و لاثا و ساموانشی ۲۰۰۹). ساختار لانه زنبوری ژئوسل باعث افزایش محصورشدگی مصالح در مقایسه با تقویت کننده‌های صفحه‌ای می‌شود در نتیجه عملکرد خاک تحت بارهای اعمال شده بطور فزاینده‌ای بهبود می‌یابد. محققان متعددی برای بهبود عملکرد پی‌های سطحی تحت بار در مرکز در مطالعات آزمایشگاهی از ژئوسل به عنوان تقویت کننده استفاده کرده‌اند (دش و همکاران ۲۰۰۱a، دش ۲۰۰۸، سیثارم و همکاران ۲۰۰۷، دش ۲۰۱۲، تفرشی و داوسون ۲۰۱۰، تفرشی و همکاران ۲۰۱۶ و شادمند و همکاران ۲۰۱۸). در تحقیقات مختلف رفتار پی‌های سطحی تحت بار خارج از مرکز واقع بر خاک تقویت شده با ژئوسنتتیک بصورت تجربی بررسی شده است (صادقلو و همکاران ۲۰۰۹، ساواف ۲۰۰۹ و ۲۰۱۲، تارکر و همکاران ۲۰۱۴، بدخشان و نورزاد در سال ۲۰۱۵ و احمد و

آزام در ۲۰۱۶) اما تا به حال از ژئوسل برای تسلیح پی نواری تحت بار خارج از مرکز استفاده نشده است.

۲-۱ اهمیت و ضرورت تحقیق

پی‌های سطحی مانند پی نواری به طور گسترده‌ای در انتقال بار از ساختمان به خاک‌های زیرین استفاده می‌شود. عواملی نظیر لنگر خمشی، عدم تقارن ستون نسبت به پی و یا اعمال بارهای جدید در مراحل بهره‌برداری موجب خروج از مرکزیت بار اعمال شده به پی می‌شود. خروج از مرکزیت بار باعث کاهش ظرفیت باربری و همچنین نشست نامتقارن پی می‌شود. در بعضی مواقع می‌توان با افزایش اندازه ابعاد پی این مشکل را مرتفع نمود که از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد. همچنین استفاده از این روش در برخی موارد به علت محدودیت فضا قابل اجرا نیست. تسلیح خاک به عنوان یک روش مقرون به صرفه برای افزایش ظرفیت باربری نهایی پی‌های سطحی استفاده می‌شود. در این تحقیق به منظور تسلیح خاک از ژئوسل تنها و ژئوسل با تقویت مضاعف (ژئوسل به همراه ژئوگرید) استفاده می‌شود. با توجه به ساختار سه بعدی ژئوسل، محصور شدگی بیشتری برای خاک زیر پی نسبت به مسلح کننده‌های صفحه‌ای ایجاد می‌شود که منجر به بهبود بیشتر مقاومت خاک می‌شود. از این رو هدف از این تحقیق استفاده از ژئوسل به عنوان یک مسلح کننده جدید و همچنین ژئوسل با تقویت مضاعف برای مسلح کردن پی نواری تحت بار خارج از مرکز و ارزیابی رفتار مکانیکی آن می‌باشد. انتظار می‌رود استفاده از ژئوسل به منظور تسلیح خاک نسبت به مسلح کننده‌های صفحه‌ای کاهش در مواد پلیمری مورد نیاز برای تسلیح را در پی داشته باشد. کاهش مواد پلیمری هم از جنبه اقتصادی به صرفه‌تر است و هم موجب کاهش اثرات مخرب محیط زیستی آن می‌شود.

۳-۱ اهداف تحقیق

در تحقیق حاضر سعی شده است سه موضوع مهم با استفاده از مدلسازی فیزیکی بررسی می‌شود:

الف) ارزیابی آزمایشگاهی رفتار مکانیکی پی نواری تحت بار خارج از مرکز واقع بر خاک ماسه‌ای مسلح‌شده با ژئوسل.

ب) مقایسه رفتار پی مسلح‌شده با ژئوسل تحت بار خارج از مرکز با پی مسلح‌شده با مسلح‌کننده صفحه‌ای (ژئوگرید) تحت بار خارج از مرکز.

ج) (ارزیابی آزمایشگاهی رفتار مکانیکی پی نواری تحت بار خارج از مرکز واقع بر خاک ماسه‌ای مسلح‌شده با ژئوسل - ژئوگرید.

هدف اصلی این تحقیق بررسی رفتار مکانیکی پی نواری مسلح‌شده با ژئوسل تحت بار خارج از مرکز می‌باشد. سایر اهداف این تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

- بررسی اثر عرض و ارتفاع ژئوسل و همچنین عمق قرارگیری لایه ژئوسل از زیر پی بر ظرفیت باربری، نشست و دوران پی نواری مسلح‌شده با ژئوسل تحت بار در مرکز و خارج از مرکز
- بررسی اثر عرض و ارتفاع ژئوسل و همچنین عمق قرارگیری لایه ژئوسل از زیر پی بر مکانیسم گسیختگی پی نواری مسلح‌شده با ژئوسل تحت بار در مرکز و خارج از مرکز
- تعیین عمق بهینه قرارگیری لایه ژئوسل از زیر پی
- تعیین عرض بهینه لایه ژئوسل
- تعیین ارتفاع بهینه لایه ژئوسل
- بررسی تاثیر استفاده تقویت مضاعف در زیر و بر روی لایه ژئوسل و مقایسه آنها با یکدیگر و در نتیجه تعیین تقویت مضاعف مناسب‌تر
- مقایسه رفتار پی مسلح‌شده با ژئوسل تحت بار خارج از مرکز با پی مسلح‌شده با مسلح‌کننده صفحه‌ای (ژئوگرید) و همچنین پی مسلح‌شده با ژئوسل - ژئوگرید تحت همان بارگذاری

۴-۱ محدودیت‌های تحقیق

یکی از محدودیت‌های که در تحقیق حاضر با آن روبه‌رو هستیم ایجاد شرایط کرنش مسطح برای مدل فیزیکی می‌باشد. برای رفع این محدودیت مخزن مدل فیزیکی حتی الامکان باید صلب طراحی شده و

همچنین از پی نواری مدل شده که اندازه طول آن با اندازه عرض مخزن برابر است استفاده می‌شود. محدودیت دیگر وجود اصطکاک بین دانه‌های خاک و جداره مخزن مدل می‌باشد که برای به حداقل رساندن این اصطکاک بر نتایج آزمایش‌ها دیواره‌های مخزن روغن کار می‌شود. همچنین ایجاد تراکم یکسان خاک در آزمایش‌های متفاوت از دیگر محدودیت‌های تحقیق پیش‌رو است. به منظور تراکم خاک با توجه به وزن مخصوص مورد نظر، توده خاک بوسیله تکنیک بارش از ارتفاع معینی که از قبل محاسبه شده متراکم می‌شود.

۱-۵ جنبه جدید و نوآوری تحقیق

تاکنون برای تسلیح پی‌های نواری تحت بار خارج از مرکز از نوارهای فلزی، ژئوگرید و ژئوتکستایل استفاده شده است. در این تحقیق از یک عنصر مسلح‌کننده جدید با نام ژئوسل برای تقویت پی‌های نواری تحت بار خارج از مرکز استفاده می‌شود. رفتار پی‌های نواری مسلح تحت بار خارج از مرکز، مسلح شده با ژئوسل ناشناخته است. در این تحقیق ارتفاع و عرض لایه ژئوسل، عمق قرارگیری لایه ژئوسل از زیر پی، مکانیسم گسیختگی، نشست پی و دوران پی ارزیابی می‌شود. با توجه به ساختار سه بعدی ژئوسل انتظار می‌رود استفاده از آن رفتار مکانیکی پی تحت بار خارج از مرکز را بیشتر بهبود بخشد. همچنین رفتار پی‌های نواری مسلح تحت بار خارج از مرکز، مسلح شده با ژئوسل به همراه تقویت مضاعف (ترکیب ژئوسل و ژئوگرید) نیز ناشناخته است. پیش بینی می‌شود ترکیب ژئوسل و ژئوگرید به منظور تسلیح نسبت به استفاده هر یک از آنها به تنهایی کارآمدتر باشد.

۱-۶ ساختار رساله

فصول بعدی مورد بحث در این رساله، بطور خلاصه حاوی مطالب ذیل می‌باشد:

- فصل دوم: مروری اجمالی بر تحقیقات انجام شده در خصوص تسلیح پی‌های سطحی تحت بار در مرکز و خارج از مرکز با ژئوسنتتیک و تاثیر آن بر ظرفیت باربری و کاهش نشست بستر.
- فصل سوم: مشخصات مصالح، نحوه آماده سازی، روش انجام و برنامه آزمایش‌ها.
- فصل چهارم: نتایج آزمایش‌های مدل فیزیکی.