Archive of SID

نشریه مهندسی عمران و محیط زیست، جلد ۴۸، شماره ۴ (زمستان ۱۳۹۷)، ۳۵-۴۱ پیاپی ۹۳

بررسی اثر تثبیت خاک رس با خرده لاستیک بر عملکرد فونداسیون‌های رادیه- شمع

عیسی شوش‌پاشا *[۱] و علیرضا روشن[۲]

[۱] دانشیار دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
[۲] استاد مدعو مؤسسه آموزش عالی آبا (آ.ب.آ)

(دریافت: ۹۶/۶/۳۱، پذیرش: ۹۷/۲/۱، نشر آنلاین: ۹۷/۲/۲)

چکیده

اختلاط خاک‌ها با مصالح جایگزین ضایعاتی، نظیر خرده لاستیک تولید شده از ضایعات لاستیک‌های فرسوده، یکی از روش‌های رایج در ارتقای خصوصیات مکانیکی و بهبود بخشیدن به رفتار خاک‌های طبیعی می‌باشد. در این بین خاک‌های رس‌دار با توجه به خصوصیات خاص مهندسی، دارای اهمیت خاصی می‌باشند و عموماً جهت کاهش مشکلات ناشی از خاک‌های رس‌دار و جهت تثبیت آنها از مواد افزودنی بهره گرفته می‌شود. از جمله راهکارهای جدید برای بهبود خواص مقاومتی خاک رس، افزودن ضایعات لاستیک برای تثبیت آن می‌باشد. وجود خرده لاستیک نمی‌تواند هر دو پارامتر مقاومت برشی را تواماً افزایش یا کاهش دهد، بلکه مقادیر چسبندگی و زاویه اصطکاک به صورت عکس تغییر می‌کنند. به عبارت دیگر، مخلوطی که بیشترین چسبندگی را داشته باشد، دارای کم‌ترین زاویه اصطکاک بوده و عکس آن نیز برقرار است. در این پژوهش، با بهره‌گیری از نرم‌افزار المان محدود و سه‌بعدی Plaxis 3D Foundation، به آنالیز پی رادیه- شمع پرداخته شده است. ابتدا یک رادیه- شمع در محیط خاک رس مدل‌سازی و آنالیز شده و در مرحله بعد همین پی در خاک رس تثبیت شده با خرده لاستیک، آنالیز و بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که تثبیت خاک رس با درصد معینی خرده لاستیک باعث افزایش زاویه اصطکاک داخلی و کاهش جزئی چسبندگی می‌شود. با آنالیز رادیه- شمع مسلح شده مشخص شد که با افزودن ۲٪ خرده لاستیک، مقدار نشست میانگین (تا ۴۰٪) و نشست تفاضلی (تا ۲۸٪) کاهش می‌یابد.

کلیدواژه‌ها: رادیه- شمع، خرده لاستیک، تثبیت خاک رس، نرم‌افزار المان محدود سه‌بعدی پلکسیس.

۱- مقدمه

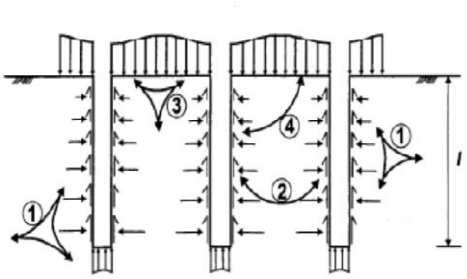
ترکیب شمع و پی سطحی جهت اجرای فونداسیون، یک تصمیم خوب و اقتصادی برای سازه‌های بلند می‌باشد، زیرا ظرفیت باربری شمع و پی سطحی کاملاً مورد استفاده قرار می‌گیرد. فونداسیون گسترده شمعی (رادیه- شمع)، یک سازه مرکب است که از شمع، دال گسترده بتنی و خاک تشکیل شده است. در این نوع از پی‌ها، دال گسترده به طور مستقیم با خاک در تماس است و توسط گروهی از شمع‌ها با مشخصات مختلف حمایت می‌شود. بر خلاف طراحی پی‌های شمعی سنتی که شمع‌ها طوری طراحی می‌شدند که تمام بار توسط آنها تحمل شود، در رادیه- شمع‌ها بار بین دال بتنی گسترده و شمع‌ها تقسیم می‌شود. در طراحی این فونداسیون‌ها، مهندسان طراح باید مکانیسم انتقال بار از دال بتنی گسترده به شمع و خاک را بدانند. همچنین باید رفتار دال بتنی گسترده که شامل نشست‌ها، لنگرهای خمشی و مقدار بار تحمل شده توسط پی گسترده، همچنین رفتار شمع‌ها که شامل تغییر مکان‌ها و توزیع بار در طول شمع می‌باشد را پیش‌بینی کنند. اندرکنش بین شمع‌ها، دال بتنی گسترده و خاک، تمرکز اصلی برای طراحی این‌گونه فونداسیون‌ها می‌باشد. نظریه‌های متعددی در مورد تحلیل رادیه- شمع‌ها توسط محقّقان گوناگون ارائه شده است. اما به دلیل نوع رفتار اندرکنشی این سیستم و پیچیدگی آنالیز آنها، روش‌های متعددی برای تحلیل رفتاری آنها پیشنهاد شده است، اما باید خاطر نشان کرد که تاکنون استانداردها و قوانین مشخص جهت تحلیل سیستم رادیه- شمع به دست نیامده است. رفتار رادیه- شمع‌ها آنقدر پیچیده است که برای برخورد با آن نمی‌توان روش تحلیلی استفاده نمود. اما روش اجزاء محدود برای مطالعه مسائل پیچیده، بسیار فراگیر و تطبیق پذیر است. در شکل (۱) اندرکنش‌های سیستم رادیه- شمع نشان داده شده است.

بیشترین کاربرد مؤثر رادیه شمع‌ها، زمانی رخ می‌دهد که رادیه بتواند ظرفیت باربری کافی را تأمین کند، اما نشست و نشست‌های تفاضلی رادیه تنها از مقدار مجاز تجاوز کند.

* نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۰۹۱۱-۱۱۲۳۱۷۰
آدرس ایمیل: shooshpasha@nit.ac.ir (ع. شوش‌پاشا)، rooshan.alireza@gmail.com (ع. روشن).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- اندرکنش‌های سیستم رادیه- شمع

Poulos (۱۹۹۴)، تعدادی پروفیل خاک ایده‌آل را مورد آزمایش قرار داد و نشان داد که شرایط زیر می‌تواند برای رادیه- شمع‌ها مطلوب باشد.

۱- پروفیل‌های خاک شامل خاک رس نسبتاً سفت

۲- پروفیل‌های خاک شامل ماسه نسبتاً متراکم

در هر دو شرایط، رادیه می‌تواند بخش قابل توجهی از ظرفیت باربری و سختی را فراهم کند و شمع‌ها، نقش کاهنده نشست‌های فونداسیون را به جای ارائه تأمین بابری بر عهده بگیرند.

شرایط نامطلوب استفاده از رادیه- شمع‌ها شامل:

۱- پروفیل خاک شامل رس نرم در سطح زمین باشد.

۲- پروفیل خاک شامل ماسه شل در سطح زمین باشد.

۳- پروفیل خاک شامل لایه‌های نرم، تراکم‌پذیر در لایه‌های نسبتاً کم‌عمق شالوده باشد.

در دو مورد اول، رادیه ممکن است قادر به ارائه ظرفیت باربری و سختی قابل توجه نباشد، در حالی که در مورد سوم، نشست بلند مدت لایه‌های تراکم‌پذیر ممکن است باعث کاهش سختی بلند مدت رادیه در فونداسیون گردد.

در شرایط نامطلوب ذکر شده، می‌توان با استفاده از تثبیت خاک به اصلاح و بهبود خواص فیزیکی و مهندسی آن پرداخت. یکی از راهکارهای جدید برای بهبود خواص مقاومتی خاک رس، افزودن ضایعات و خرده لاستیک برای تثبیت آن می‌باشد. استفاده از لاستیک‌های فرسوده در اصلاح رفتار مکانیکی خاک‌ها در پروژه-های عمرانی یک گزینه برای استفاده مجدد از آنها می‌باشد که نخستین بار توسط Vidal (۱۹۶۹)، مطرح گردید. او بر این باور بود که این لاستیک‌ها به علت برخورداری از وزن مخصوص پایین، مقاومت کششی بالا و دوام زیاد می‌توانند کاربردهای زیادی را در کارهای عمرانی به خصوص مهندسی ژئوتکنیک و تثبیت خاک پیدا کنند.

Humphrey (۱۹۹۹)، آزمایشات مهمی در مورد استفاده از مصالح لاستیکی در مهندسی ژئوتکنیک انجام داد و مشخص گردید که استفاده از این گونه مصالح در تثبیت و مقاوم‌سازی خاک هزینه کمتری در مقایسه با سایر مصالح دارد.

Akbulut و همکاران (۲۰۰۷)، اثر الیاف لاستیک فرسوده و الیاف مصنوعی را بر مقاومت فشاری تک محوری، پارامترهای مقاومتی و رفتار دینامیکی خاک‌های رسی بررسی نمودند. آنان گزارش دادند که در نمونه‌های مسلح شده، با افزایش الیاف لاستیک تا ۲٪، مقاومت فشاری تک محوری افزایش و پس از آن کاهش می‌یابد.

شوش‌پاشا و همکاران (۱۳۹۲)، به بررسی اثرات تثبیت خاک رس توسط الیاف پلیمری و خرده لاستیک پرداختند و نشان دادند که افزودن خرده لاستیک و الیاف باعث افزایش پارامترهای مقاومت فشاری و برشی خاک می‌شود.

Yamashita و همکاران (۲۰۱۳ و ۲۰۱۱) و Matsumoto و همکاران (۲۰۰۳ و ۲۰۱۰)، به بررسی رفتار رادیه- شمع‌ها در خاک‌های تثبیت شده رس نرم پرداختند و نشان دادند، تثبیت به روش اختلاط عمیق، باعث بهبود رفتار رادیه- شمع‌ها می‌شود.

Denies و همکاران (۲۰۱۳)، نیز بر روی روش‌های تثبیت خاک‌های نرم و ضعیف پرداختند و تأثیر تثبیت را بر پارامترهای مقاومتی خاک بررسی کردند.

۲- مدل‌سازی عددی

۲-۱- شبکه اجزا محدود و شرایط مرزی

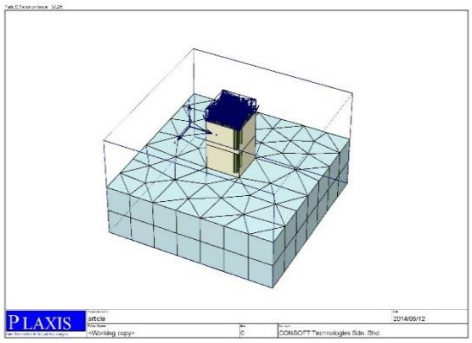
آنالیز اجزای محدود با استفاده از نرم‌افزار Plaxis 3D Foundation بر پایه تغییر شکل‌های الاستوپلاستیک خاک انجام شده است (PLAXIS 3d Foundation Manual، ۲۰۰۸). در طول ساخت مش‌بندی، برای دستیابی به دقت بیشتر در محاسبات تنش‌ها و نشست‌ها، خصوصاً در هندسه متقارن از المان‌های ۱۵ گره‌ای استفاده می‌شود.

جدول ۱- مشخصات مصالح در مدل پایه

پارامتر	خاک	رادیه	شمع
نوع	رس نرم	بتن	بتن
مدل المان محدود	موهرکولمب	خطی ایزوتروپیک	خطی ایزوتروپیک
وزن مخصوص kN/m^3	γ sat=۱۸	γ = ۲۴	γ = ۲۴
مدول الاستیسیته MPa	Es = ۱۵	E =۳۲x۱۰^۳	E =۳۲x۱۰^۳
نسبت پواسون (ν)	۰/۲۲	۰/۲	۰/۲
زاویه اصطحکاک داخلی (ϕ')	۲۱	-	-
چسبندگی kN/m^2 (c')	۹۰	-	-
زاویه اتساع (ψ)	۰	-	-

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- شبکه اجزا محدود به کار رفته در مطالعه عددی

شکل (۲) مدل اجزا محدود نمونه را برای مطالعات پارامتری نشان می‌دهد. بلوک خاک مربوط به ناحیه تثبیت شده توسط خرده لاستیک در شکل نمایش داده شده است. تعیین ناحیه افقی یا قائم تحت تأثیر، در زیر رادیه مشکل است. زیرا باید تأثیر اندرکنش خاک و سازه، به اندازه کافی رعایت شود از این رو، یک مقطع مستطیلی بزرگ از توده خاک، دارای عمقی دو تا پنج برابر عرض رادیه و عرضی برابر با پنج برابر عرض رادیه می‌باشد که برای هر حالت در نظر گرفته شده است (Das، ۲۰۰۹).

۲-۲- مصالح

پارامترهای استفاده شده برای مدل‌سازی خاک، شمع و رادیه در جدول (۱) ارائه شده است (Bowles، ۱۹۸۸). خرده لاستیک-های مصرفی در این تحقیق از آسیاب و خرد کردن لاستیک‌های کهنه و ضایعاتی وسایل نقلیه تهیه شده است. برای بررسی اثر اندازه خرده لاستیک بر روی رفتار فیزیکی و مکانیکی خاک ریزدانه از سه اندازه مختلف ۱- ۵، ۵-۱۰ و ۱۰-۱۵ میلی‌متر استفاده شده است که مشخصات و شکل آنها در جدول (۲) و شکل (۳) ارائه شده است.

۲-۳- مدل رفتاری

در این مقاله برای مدل‌سازی خاک پیرامون رادیه شمع مورد نظر از مدل موهرکلمب الاستیک- پلاستیک استفاده شده است. این مدل شامل پنج پارامتر ورودی می‌باشد. که Es و ν معرف الاستیسیته خاک و ϕ و c معرف پلاستیسیته خاک و ψ زاویه اتساع خاک می‌باشد که در جدول (۱) به معرفی این پارامترها پرداخته شده است. مدل موهرکلمب یک تقریب مرتبه اول از رفتار سنگ یا خاک را نشان می‌دهد. پیشنهاد شده است که این مدل برای یک تحلیل اولیه از مسئله استفاده شود. برای هر لایه، یک سختی میانگین ثابت حدس زده می‌شود. به واسطه این ثابت سختی محاسبات نسبتاً سریع انجام شده و می‌توان یک تصویر اولیه از تغییر شکل‌ها پیدا کرد.

شکل ۳- نمونه خرده لاستیک‌های مورد آزمایش

جدول ۲- مشخصات خرده لاستیک مورد آزمایش

اندازه خرده لاستیک (mm)	وزن مخصوص (kN/m^3)	مدول الاستیسیته (MPa)
۱-۵	۱۱/۳۱	۲۲/۹۶
۵-۱۰	۱۱/۷۵	۲۸/۱
۱۰-۱۵	۱۱/۹۲	۳۳/۷

در Plaxis 3D Foundation دو روش برای ایجاد تنش اولیه وجود دارد، بارگذاری ثقلی و روند K0 که برنامه به صورت پیش-فرض از روش بارگذاری ثقلی استفاده می‌کند. در این پژوهش از روش روند K0 برای محاسبه تنش‌های اولیه استفاده شده است. روش K0 برای مدل‌های هندسی مسطح افقی با سطح کف افقی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقدار پیش‌فرض K0 طبق رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$K0 = 1 - \sin \phi \qquad (۱)$$

۲-۴- صحت‌سنجی

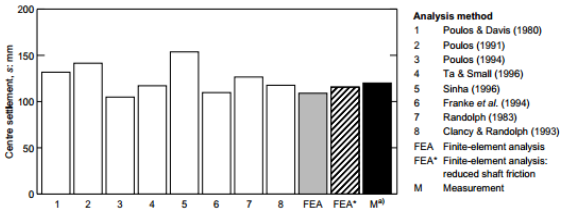
به منظور بررسی صحت رفتار مدل شمع- رادیه به مقایسه نتایج تجزیه و تحلیل و اندازه‌گیری نشست سه سازه توسط Reul و Randolph (۲۰۰۳)، با مدل ساخته شده در Plaxis 3D Foundation پرداخته شده است.

این سازه‌ها در فرانکفورت آلمان و دارای فونداسیون گسترده شمعی بودند. در این پژوهش برای انجام اعتبارسنجی Plaxis، سازه تورهاس مدل‌سازی وآنالیز کرده و نشست‌های ارائه شده در مقاله را با نشست های به دست آمده از مدل‌سازی با Plaxis مقایسه شده است. سازه تورهاس یک ساختمان با ارتفاع ۱۳۰ متر است که تعداد ۸۴ شمع به طول ۲۰ متر و قطر ۰/۹ متر در زیر یک رادیه به ابعاد ۲۴/۵×۱۷/۵ متر قرار گرفته است. انتهای رادیه با

www.SID.ir

Archive of SID

عمق ۲/۵ متر در فاصله ۳ متری از سطح زمین قرار گرفته است. خاک زیرین متشکل از شن و ماسه تا ۲/۵ متر از کف رادیه و بعد از آن از رس فرانکفورت واقع شده است. نتایج ارائه شده توسط Reul و Randolph (۲۰۰۳)، در مورد نشست مرکزی سازه تورهاس در شکل (۴) نشان داده شده است. بر اساس آنالیزهای انجام شده توسط Plaxis مقدار نشست برابر با ۱۲۶ میلی‌متر می‌باشد که در مقایسه با نتایج شکل (۴) قابل قبول است.



شکل ۴- مقدار نشست مرکزی سازه تورهاس با روش‌های مختلف

۳- تحلیل عددی

این پژوهش به عنوان یک شرایط پایه مدل، طبق مشخصات زیر ساخته شده است. مشخصات خاک و بتن رادیه- شمع در جدول (۱) ارائه شده است. در این مدل رادیه به ابعاد ۱۰×۱۰ متر با ضخامت ۰/۵ متر می‌باشد که بر روی خاک رس به عمق ۳۰ متر واقع شده است. گروه شمع متشکل از ۹ شمع با آرایش ۳×۳ که قطر هر شمع ۱ متر با فاصله مرکز به مرکز ۴ متر و طول ۱۵ متر در وسط رادیه قرار گرفته‌اند می‌باشد که این رادیه تحت بار گسترده یکنواخت ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوپاسکال قرار گرفته است. در تمام حالات سطح آب زیرزمینی در انتهای عمق خاک می‌باشد. به منظور مشاهده اثر تثبیت خاک با خرده لاستیک دو مدل تجزیه و تحلیل شده است که در مدل اول رادیه شمع بدون تثبیت خرده لاستیک مورد تجزیه و تحلیل واقع شده و در مدل دوم، بلوک خاک توسط خرده لاستیک تثبیت شده است. اثر تثبیت با خرده لاستیک، بر پارامترهای مقاومتی خاک با استفاده از نتایج بررسی‌های آزمایشگاهی، شوش‌پاشا و روشن (۱۳۹۲)، مورد بررسی قرار گرفته که در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳- مقادیر پارامترهای چسبندگی و زاویه اصطکاک در تثبیت خاک رس با ۲٪ خرده لاستیک با اندازه‌های مختلف

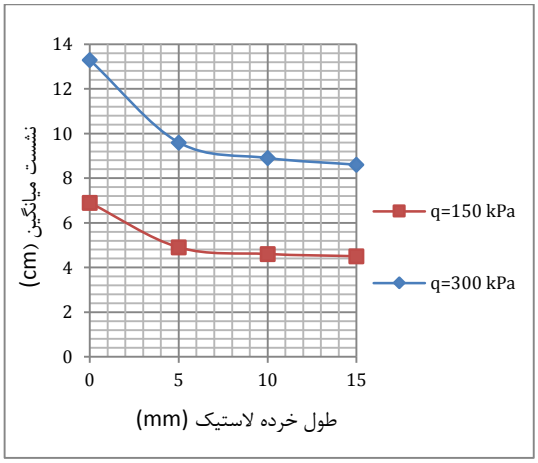
اندازه خرده لاستیک (mm)	۰	۵	۱۰	۱۵
چسبندگی (C_u) kN/m²	۹۰	۸۲	۹۸	۸۸
زاویه اصطحکاک داخلی (Ø)	۲۱	۲۶/۵	۲۳	۲۵

۴- تجزیه و تحلیل اطلاعات

در پژوهش حاضر، فونداسیون رادیه- شمع توسط نرم‌افزار المان محدود Plaxis 3D Foundation مدل‌سازی شده و تحت بارهای گسترده یکنواخت ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوپاسکالی قرار گرفته است. نشست‌های هر گره توسط تجزیه و تحلیل Plaxis محاسبه شده است. اثرات تثبیت با ۲٪ خرده لاستیک با اندازه های مختلف در نشست‌های میانگین، تفاضلی، لنگر خمشی، نیروی برشی و مدول عکس‌العمل بستر رادیه- شمع مورد مطالعه قرار گرفته است. مقادیر نشست میانگین، تفاضلی و لنگر خمشی رادیه از جمله موارد مؤثر در تعیین رفتار فونداسیون‌های رادیه- شمع می‌باشند. نشست تفاضلی در شمع‌ها توسط راه‌های مختلفی قابل ارائه است، در اینجا تفاوت نشست نوک شمع مرکزی و شمع بیرونی را به عنوان نشست تفاضلی شمع‌ها در نظر گرفته شده است.

همان‌گونه که در شکل (۵) مشاهده می‌شود، تثبیت خاک رس با ۲٪ خرده لاستیک با اندازه‌های مختلف، تأثیر قابل توجهی بر نشست میانگین و تفاضلی دارد. در این مورد، کاهش نشست‌های میانگین بیشتر از نشست‌های تفاضلی بوده و اندازه خرده لاستیک‌ها تأثیر زیادی در کاهش نشست‌ها ندارد. در شکل‌های (۵) و (۶) این تغییرات به وضوح نمایش داده شده است.

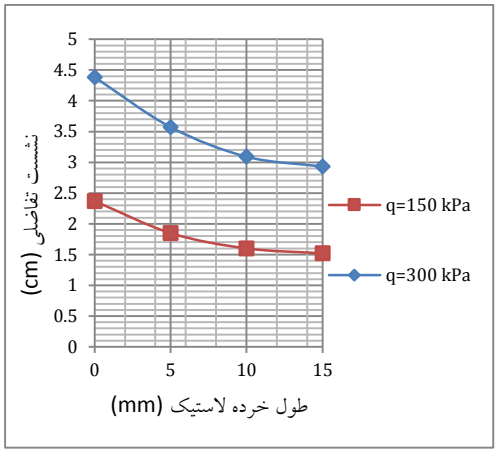
همچنین با بهبود پارامترهای مقاومتی خاک توسط تثبیت با خرده لاستیک، لنگر خمشی وارد بر رادیه نیز کاهش یافته است که در شکل (۷) این کاهش را در اندازه‌های مختلف خرده لاستیک نشان داده شده است. ضریب عکس‌العمل بستر یکی از پارامترهای مهم و کلیدی خاک است که مقدار آن برای خاک‌های مختلف متفاوت می‌باشد، این ضریب، رابطه‌ای مفهومی بین فشار و تغییر شکل خاک است که به وسعت در تحلیل سازه اعضای پی مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۵- تغییرات نشست میانگین پی به ازای اندازه‌های مختلف خرده لاستیک

www.SID.ir

Archive of SID

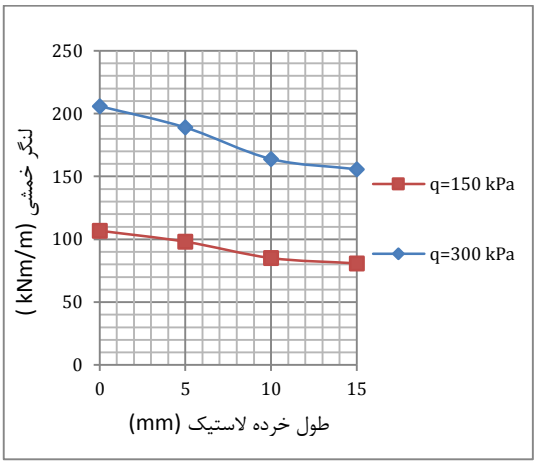


شکل ۶- تغییرات نشست تفاضلی پی به ازای اندازه‌های مختلف خرده لاستیک

از این رو در این پژوهش با استفاده ازرابطه (۲) که، رابطه اصلی ضریب عکس‌العمل بستر، در زمان استفاده از اطلاعات آزمایش بارگذاری صفحه‌ای، این ضریب محاسبه شده است و تغییرات آن با تثبیت خاک رس توسط خرده لاستیک با اندازه‌های مختلف در شکل (۸) نشان داده شده است.

$$Ks = {}^{q}/_{\Delta} \qquad (۲)$$

q تنش وارده از پی بر خاک و Δ تغییر شکل ایجاد شده در خاک می‌باشد.

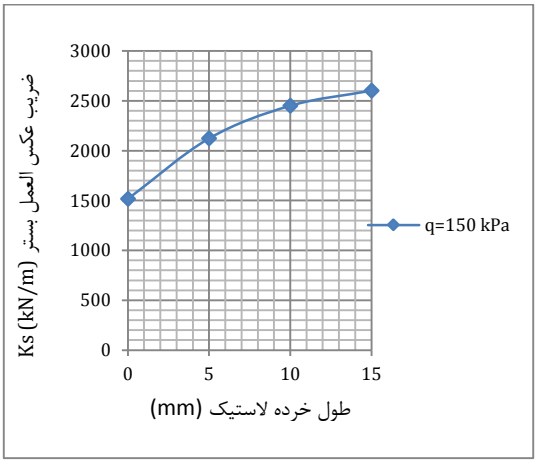


شکل ۷- تغییرات لنگر خمشی وارد بر رادیه به ازای اندازه‌های مختلف خرده لاستیک

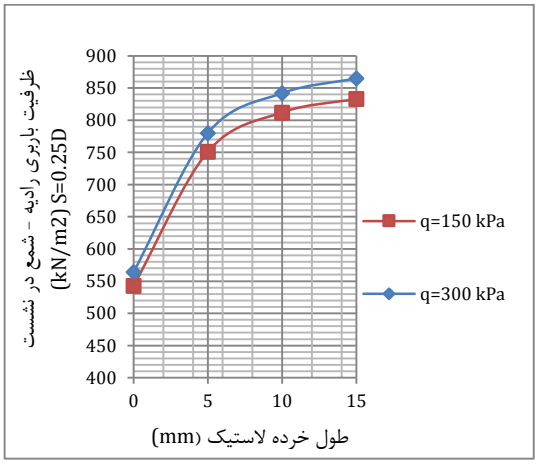
همان‌طور که در شکل (۸) مشاهده می‌شود، با افزودن ٪۲ خرده لاستیک با اندازه ۰-۵ میلی‌متر به خاک مورد مطالعه، مدول عکس‌العمل بستر آن در حدود ٪۳۰ افزایش یافته است که دلیل این امر، بهبود پارامترهای مقاومتی خاک است زیرا این ضریب به مشخصات الاستیک بستر نیز مرتبط می‌باشد.

Reul و Randolph (۲۰۰۴)، در پژوهش خود حدی را برای ظرفیت باربری رادیه- شمع‌ها معرفی کردند. مطابق ایده آنها، بار متناظر با نشست ۱/۴D که D قطر شمع می‌باشد به عنوان ظرفیت باربری فونداسیون رادیه- شمع در نظر گرفته شده است. در این پژوهش از این ضابطه برای محاسبه ظرفیت باربری و تأثیرات تثبیت بر ظرفیت باربری رادیه- شمع‌ها بهره گرفته شده است. در شکل (۹) تغییرات ظرفیت باربری رادیه- شمع در اندازه‌های مختلف خرده لاستیک نشان داده شده است.

ضریب رادیه- شمع‌ها (α_{pr}) به عنوان نسبت بار وارد شده به شمع‌ها، در مقابل کل بار وارده می‌باشد. سهم باربری شمع‌ها یکی از پارامترهای مهم در طراحی رادیه- شمع‌ها می‌باشد، از این رو در این پژوهش به محاسبه این ضریب و تأثیرات تثبیت با خرده لاستیک بر روی سهم باربری شمع‌ها پرداخته شده است.



شکل ۸- تغییرات ضریب عکس‌العمل بستر خاک به ازای اندازه‌های مختلف خرده لاستیک

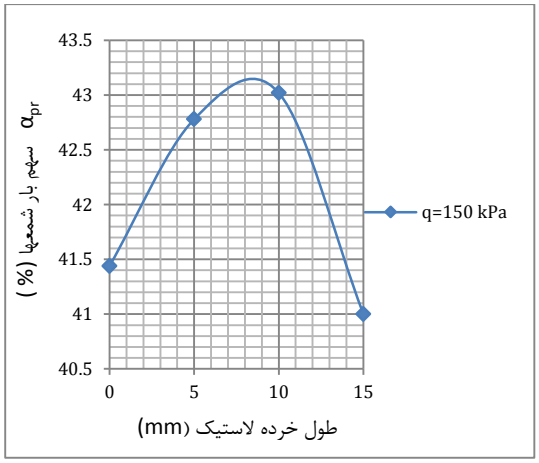


شکل ۹- ظرفیت باربری پی به ازای اندازه‌های مختلف خرده لاستیک

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌گونه که در شکل (۱۰) مشاهده می‌شود، با افزودن خرده لاستیک تا اندازه ۱۰ میلی‌متر سهم باربری شمع‌ها افزایش یافته است، اما در اندازه، ۱۰ تا ۱۵ میلی‌متر سهم باربری کاهش یافته است، که دلیل این امر افزایش ظرفیت باربری رادیه و سهم باربری بیشتر رادیه در مقابل شمع‌ها است.



شکل ۱۰- تغییرات سهم باربری شمع‌ها به ازای اندازه مختلف خرده لاستیک

۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش به مطالعه تأثیرات تثبیت خاک رس توسط خرده لاستیک، بر رفتار پی‌های رادیه- شمع، با استفاده از نرم‌افزار المان محدود سه‌بعدی Plaxis 3D Foundation پرداخته شده است. نشست‌های میانگین و تفاضلی، لنگر خمشی وارد بر پی، سهم باربری شمع‌ها و ضریب عکس‌العمل بستر پارامترهایی هستند که در تحلیل‌های انجام شده مورد بررسی قرار گرفته‌اند. با انجام این مطالعه، نتایج زیر حاصل شده است:

۱) پی رادیه- شمع در خاک رس نرم دارای نشست‌های زیادی است. از این رو استفاده از این پی‌ها در این نوع خاک جز شرایط نامطلوب می‌باشد. اما در مقابل می‌توان با استفاده از خرده لاستیک، به تثبیت و بهبود رفتار رس نرم پرداخت و نشست‌های میانگین و تفاضلی را تا حد مطلوبی کنترل کرد.

۲) نتایج از اثر محسوس تثبیت خاک رس توسط خرده لاستیک در اندازه‌های مختلف، بر کاهش نشست‌های میانگین و تفاضلی حکایت دارد، به طوری که مقدار نشست میانگین (تا ۴۰٪) و نشست تفاضلی (تا ۲۸٪) کاهش یافته است.

۳) تثبیت خاک رس با ۲٪ خرده لاستیک در اندازه‌های مختلف می‌تواند لنگر خمشی وارد بر رادیه را تا حدود ۱۰٪ کاهش دهد از این رو یکی از راه کارهای مفید در طراحی پی در خاک‌های مسئله‌دار می‌باشد.

۴) تثبیت خاک رس با خرده لاستیک در اندازه‌های مختلف موجب افزایش فشار تماسی و کاهش نشست‌ها شده در نتیجه افزایش مدول عکس‌العمل را در پی دارد که این افزایش تا حدود ۴۰٪ می‌باشد. از سوی دیگر تثبیت خاک، ظرفیت باربری پی رادیه- شمع را تا حدود ۳۰٪ بهبود بخشیده است.

۵) سهم باربری شمع‌ها در اثر تثبیت خاک رس با خرده لاستیک با اندازه‌های ۵ -۱۰ میلی‌متر افزایش یافته است، اما بعد از آن با افزایش اندازه ذرات لاستیک سهم باربری رادیه نسبت به شمع‌ها بیشتر شده و سهم باربری شمع‌ها کاهش می‌یابد که این کاهش به علت کاهش پارامتر چسبندگی خاک می‌باشد.

۶- مراجع

شوش‌پاشا ع، روشن ع، مینایی م، "بهبود مشخصات مکانیکی و فیزیکی خاک رس با استفاده از الیاف پلیمری و خرده لاستیک"، هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران (NCCE)، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، اردیبهشت ۱۳۹۲.

Akbulut S, Arasan S Kalkan E, "Modification of clayey soils using scrap tire rubber and synthetic fibers", Applied Clay Science, 2007, 38, 23-32.

Bowles J, "Foundation Analysis and Design", McGraw-Hill Inc., United States of America, 1988, 1004 pp.

Denies N, Van Lysebetten G, Huybrechts N, De Cock F, Lameire B, Maertens J, Vervoort A, "Design of Deep Soil Mix Structures", considerations on the UCS characteristic value, Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris, France, 2013, 3, 2465-2468.

Das BM, Shallow "Foundations Bearing Capacity and Settlement", 2nd Ed, Boca Raton, FL, USA, Taylor & Francis Group, 2009.

Horikoshi K, Matsumoto T, Hashizume Y, Watanabe T, Fukuyama H, "Performance of piled raft foundations subjected to static horizontal loads", International Journal of Physical Modelling in Geotechnics, 2003, 3 2, 37-50.

Humphrey DN, "Civil engineering applications of tire shreds", Proceedings of the Tire Industry Conference, Clemson University, 3-5 March, 1999.

Matsumoto T, Nemoto H, Mikami H, Yaegashi K, Arai T, Kitiyodom P, "Load tests of piled raft models with different pile head connection conditions and their analyses", Soils and Foundations, 2010, 50 (50), 63-81.

Poulos HG, "Analysis of Piled Strip Foundations", Computer Methods & Advances in Geomechanics, Balkema, Rotterdam, 1991, 1, 183-191.

PLAXIS 3d Foundation Scientific Manual, Delft University of Technology & PLAXIS bv, the Netherlands, A. A. BalkemaPUBLISHERS (http://www.plaxis.nl/), 2008.

Reul O, Randolph MF, "Piled Rafts in Overconsolidated Clay: Comparison of In situ Measurements and Numerical Analyses", Geotechnique, 2003, 53 (3), 301-315.

www.SID.ir

Archive of SID

Reul O, Randolph MF, "Design Strategies for Piled Rafts Subjected to Nonuniform Vertical Loading", Journal of Geotechical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 130 (1), pp.1-13.

Vidal H, "The principle of reinforced earth", Highway Research Record, 282, 1-16 (1969).

Van Eekelen SJM, Bezuijen A, Van Tol AF, "Analysis and modification of the British Standard BS8006 for the design of piled embankments", Geotextiles and Geomembranes 29, 2011, 345-359.

Yamashita K, Hamada J, Yamada T, "Field measurements on piled rafts with grid-form deep mixing walls on soft ground", Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA, 2011, 42 (2), 1-10.

Yamashita K, Wakai S, Hamada J, "Large-scale piled raft with grid-form deep mixing walls on soft ground", 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 2-6 September, Paris, 2013, 3, 2637-2640.

www.SID.ir

Archive of SID

University of Tabriz

Journal of Civil and Environmental Engineering
Volume 48 (2019), Issue 4 (Winter), 35-41

EXTENDED ABSTRACT

The Effect of Stabilized Clayey Soil with Tire Chips on Piled Raft Foundation Behavior

Issa Shooshpasha [a,*], Alireza roshan [b]

[a] *Faculty of Civil Engineering, Noushirvani University of Technology, Babol, Iran*
[b] *Faculty of Civil Engineering of A.B.A Institute of Higher Education, Abyek, Iran*

Received: 22 September 2017; **Accepted:** 21 April 2018

Keywords:
Piled- raft, Tire chips, clayey soil stabilization, Plaxis 3D Foundation.

1. Introduction

In conventional design of pile foundations, all loads are taken by the piles, i.e. the contact pressure between the raft and the soil is neglected. In the last decades, geotechnical engineers have started to take this pressure into account in design of pile foundation. Such a foundation, where the raft and the piles interact to transfer the loads to the ground, is in this dissertation called piled raft foundation or piled raft.

Waste tires, rubbers and plastic materials, normally produced in every society, enter the environment and cause serious problems. These problems may, to some extent, be reduced by finding applications for them in engineering, for example, they can be used for geotechnical applications as backfill material and solving problems with low shear strength soils like clayey soil. Therefore, this experimental work has been performed to investigate the influence of randomly oriented fiber inclusion on the geotechnical behavior of clayey soils. In general, some characteristic properties of tire materials are the low density, high elasticity, low stiffness and high drainage capacity. These properties open up possibilities for utilization of the material in an innovative manner. By adding small quantities of rubber chips in the soils, the natural elasticity of rubber could help lower the stiffness of the stabilized material and introduce more flexibility in the final stabilized columnar system.

2. Methodology

2.1. Experimental study

The present study investigates the effect of stabilizing clayey soil with tire chips on piled raft foundation behavior. These waste fibers improve the strength properties and dynamic behavior of clayey soils. The soil samples which were mixed with 2% of tire chips with varied size of tire chips in 5, 10 and 15 mm. Analysis of piled rafts requires numerical methods, due to complex soil-structure interaction. In this paper, analysis and parametric study of piled raft foundation have been conducted. The study is performed using powerful finite element based software, PLAXIS 3d Foundation.

To investigate the influence of the effect of stabilizing clayey soil with tire chips on piled raft foundation behavior two models was modelling in Plaxis 3D Foundation, one model with natural clayey soil and the other model with of stabilized clayey soil with tire chips.

* Corresponding Author
E-mail addresses: shooshpasha@nit.ac.ir (Issa Shooshpasha), rooshan.alireza@gmail.com(Alireza Roshan).

www.SID.ir

Archive of SID

2.2. FE modeling

The finite element method is one of the most powerful tools for the analysis of piled rafts. It requires the discretation of both the structural foundation system and the soil. In order to reduce the computational effort, problems are sometimes simplified to an axisymmetric problem or a plane-strain problem.

The static analysis of piled raft is carried out using the Finite Element based software package Plaxis 3D Foundation. 3DFoundation is a three dimensional finite element method software for deformation analysis of foundation structures. In 3DFoundation the geometry is defined by vertical "boreholes" and horizontal "work planes". The boreholes are used to define the soil's cross section, the ground surface level and the pore pressure distribution. And the work planes are used to define geometry points, geometry lines, clusters, loads, boundary conditions and structures.

3. Results and discussion

The results obtained from the parametric study for the piled raft in Soft Clay. As seen in Fig. 1., Fig. 2. and Fig. 3. the average settlement, differential settlement and bending moment of piled raft in soft clay decreases with the adding tire chips and stabilizing clayey soil.

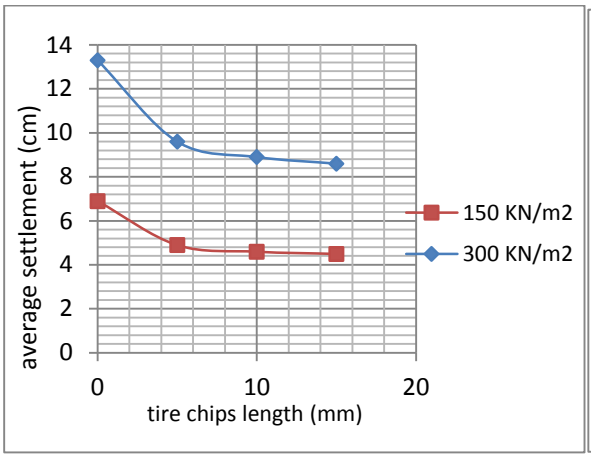


Fig. 1. Average settlement toward tire chips length

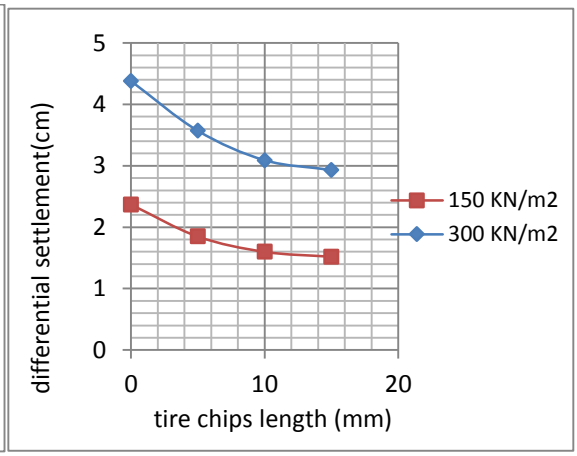


Fig. 2. Differential settlement toward tire chips length

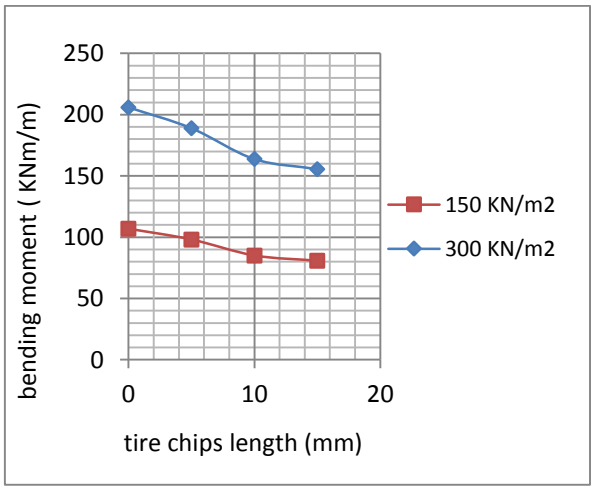


Fig. 3. Bending moment toward tire chips length

4. Conclusions

Results showed cohesion and internal friction angle of clayey soil increased by variation of tire chips size and this increase has a significant impact on central and differential settlement, bearing capacity and maximum bending moment in raft and module of Subgrade reaction of piled raft foundation.

www.SID.ir

Archive of SID

The results obtained from Plaxis 3D foundation showed, stabilized clayey soil with 2% of tire chips on varied size of tire chips decrease central and differential settlement to about 30% and increase bearing capacity of raft to about 30% so soil improvement leaded to decrease the maximum bending moment in raft about 10%.

5. References

Reul O, Randolph MF, "Piled Rafts in Overconsolidated Clay: Comparison of In situ Measurements and Numrical Analyses", Geotechnique, 2003, 53 (3), 301-315.

Reul O, Randolph MF, "Design Strategies for Piled Rafts Subjected to Nonuniform Vertical Loading", Journal of Geotechical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 130 (1), pp.1-13.

Matsumoto T, Nemoto H, Mikami H, Yaegashi K, Arai T, Kitiyodom P, Load tests of piled raft models with different pile head connection conditions and their analyses, Soils and Foundations, 2010, 50 (50), 63-81.

PLAXIS 3d Foundation Scientific Manual, 2008, Delft University of Technology & PLAXIS bv, the Netherlands, A. A. Balkema Publishers, (http://www.plaxis.nl/).

www.SID.ir