Archive of SID

نشریه مهندسی عمران و محیط زیست، جلد ۴۸، شماره ۱ (بهار ۱۳۹۷)، یادداشت پژوهشی، ۱۰۳-۱۰۸ پیاپی ۹۰

بهسازی سطحی خاک‌های سیلتی با تغییر دانه‌بندی مصالح و ارائه طرح اختلاط بهینه

احمدرضا مظاهری *[۱]، مسعود پاکنهاد[۲] و محمد ترکمن[۳]

[۱] استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آیت‌الله العظمی بروجردی
[۲] استادیار گروه مهندسی عمران، مرکز آموزش عالی محلات
[۳] دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوتکنیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خمین

(دریافت: ۹۵/۱۱/۲۹، پذیرش: ۹۶/۶/۴، نشر آنلاین: ۹۶/۶/۵)

چکیده

امروزه در زمینه بهسازی خاک تحقیقات گسترده‌ای صورت گرفته است. در اکثر این تحقیقات از یک افزودنی مانند سیمان یا آهک به منظور بهبود خواص مقاومتی خاک بهره گرفته شده است. در این تحقیق با توجه به مشخصات ضعیف مصالح موجود در سایت، سعی شده است با تغییر دانه‌بندی مصالح، مقاومت مورد نیاز خاک تأمین گردد. بدین منظور با استفاده از روش تاگوچی طرح اختلاط‌های مختلفی تعیین گردید که در مجموع ۲۵ حالت مختلف مشخص شد. برای تعیین پارامترهای مقاومتی خاک در این حالت‌ها ۷۵ آزمایش برش مستقیم بزرگ ۳۰×۳۰ سانتی‌متر انجام گرفته است. در ادامه با استفاده از روش تاگوچی طرح اختلاط بهینه به دست آمده و ظرفیت باربری در دو شرایط اولیه خاک و طرح اختلاط بهینه تعیین گردیده و تأثیر درصد ترکیبات مصالح مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته است. در نهایت طرح اختلاط به دست آمده جهت اجرا در پروژه، ارائه گردیده و در منطقه صنعتی اراک در زمینی به مساحت ۱۰۰۰۰۰ مترمربع به اجرا رسیده است.

کلمات کلیدی: بهسازی سطحی خاک، روش تاگوچی، آزمایش برش مستقیم.

۱- مقدمه

بهسازی خاک در اکثر مسائل مهندسی ژئوتکنیک زمانی که مصالح شرایط مقاومتی لازم را نداشته باشد، مطرح است. این عمل به منظور اصلاح خواص مهندسی خاک برای دستیابی به اهداف مختلف انجام می‌شود. روش‌های مختلفی جهت بهسازی وجود دارد که از جمله آنها می‌توان به اختلاط عمیق خاک، روش‌های جایگزینی مصالح و استفاده از افزودنی‌ها به منظور تثبیت خاک نام برد. این روش‌ها ممکن است باعث ایجاد تغییرات فیزیکی و شیمیایی در ساختار خاک شوند و خاک را به شرایط مطلوب مورد نظر برسانند.

روش‌های جایگزینی مصالح معمولاً به دو صورت مورد استفاده قرار می‌گیرند. در اکثر این موارد مصالح ریزدانه به مصالح درشت‌دانه موجود افزوده می‌شود تا پتانسیل روانگرایی در خاک ماسه‌ای را در زمان وقوع زلزله کاهش دهند. تحقیقات نشان می‌دهد افزایش درصد مصالح ریز با خاصیت چسبندگی باعث افزایش مقاومت مصالح در روانگرایی می‌گردد (Ishihara و Koseki، ۱۹۸۹؛ Park و Kim، ۲۰۱۳). در برخی موارد به مصالح ریزدانه درصدی ماسه افزوده می‌گردد که خاصیت مقاومتی مصالح را تغییر می‌دهد (Martins و همکاران، ۲۰۰۱؛ Ferreira و Bica، ۲۰۰۶؛ Nocilla و همکاران، ۲۰۰۶).

اولین بار در اروپا تکنولوژی ترکیب خاک- سیمان و تراکم بخشیدن در فرانسه معرفی شد. با توجه به پیشرفت چشمگیر روز به روز این تکنولوژی به بررسی‌های دقیق‌تر آن پرداخته شد. Firatcabalar و همکاران (۲۰۱۵)، به بررسی مقاومت زهکشی نشده ترکیب مخلوط خاک رس با حد روانی پایین با مخلوط شن و ماسه به وسیله آزمایش نفوذ مخروط را انجام داده است. Hsiao و همکاران (۲۰۱۵)، بر روی رفتار و پارامترهای مهندسی از قبیل آزمایش سه محوری زهکشی نشده، تحکیم یک بعدی و آزمایش سه محوری سیکلی زهکشی نشده بر روی نمونه‌های ترکیب شده شن و ماسه با سیلت پرداخته استعدادی از محققین نیز به بررسی بهبود خاک رس به

* نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۰۶۶-۴۲۴۶۸۳۲۰
آدرس ایمیل: a.mazaheri@abru.ac.ir (ا. مظاهری)، masoudpaknahad@gmail.com (م. پاکنهاد)، turkaman.mohamad@gmail.com (م. ترکمن).

www.SID.ir

Archive of SID

روش الکترو- اسمزی[1] پرداخته‌اند. در این روش تغییرات فیزیکی و شیمیایی در ساختار خاک رخ می‌دهد که موجب بهبود خواص آن می‌گردد (Estabragh و همکاران، ۲۰۱۴؛ Jones و همکاران، ۲۰۱۱؛ Karunaratne، ۲۰۱۱).

استفاده از ترکیب خاک با لاستیک به منظور بهبود رفتار لرزه‌ای نیز توسط تعدادی از محققین مورد بررسی قرار گرفته که در این تحقیقات مشخص شد که درصد لاستیک بر میزان ضریب میرایی تأثیرگذار است (Kim و Santamarina، ۲۰۰۸؛ Feng، ۲۰۰۰؛ Kim، ۲۰۰۵ و Pamukcu و همکاران، ۲۰۰۶).

Carasca (۲۰۱۶)، در مطالعات خود برروی ترکیب خاک رس و ماسه تثبیت شده با سیمان به وسیله آزمایشات مقاومت فشاری محصور نشده، مقاومت خمشی، تخلخل و دانسیته بهره برده است. Kim و همکاران (۲۰۱۶)، تأثیر دانه‌بندی را با توجه به آزمایشات سه محوری سیکلی زهکشی نشده در نمونه ترکیب شن و ماسه- خاک رس بررسی کرده است.

Tahmasebipoor و همکاران (۲۰۱۷)، با استفاده از الگوریتم ژنتیک بر بررسی ظرفیت باربری پی‌های سطحی پرداختند. آنها از نتایج تحقیقات دیگر محققین به منظور تربیت و تست الگوریتم خود استفاده نمودند و در پایان نتایج حاصل از کار خود را با نتایج حاصل از روابطی مانند Vesic و Meyerhof مقایسه نمودند.

در اکثر تحقیقاتی که در زمینه بهسازی خاک‌ها با اضافه کردن مصالح انجام گرفته است، روش جایگزینی مصالح با مصالح ضعیف است. در اکثر این تحقیقات، مصالح ریزدانه با خاصیت خمیری به مصالح ماسه‌ای مستعد روانگرایی افزوده می‌شود.

در این مقاله سعی بر آن است مصالح ضعیف ریزدانه با درصدهای مختلف مصالح درشت‌دانه جایگزین گردند تا جایی که بتواند بهترین مقاومت، ظرفیت باربری و نشست در محدوده مجاز را برای سازه‌های سنگین موجود در منطقه مهیا نماید. برای این منظور با در نظر گرفتن چهار رده مصالح، و تعیین درصدهای اختلاط مختلفی از این مصالح با استفاده از روش تاگوچی، نمونه‌های آزمایش برش بزرگ به ابعاد ۳۰×۳۰ سانتی‌متر از این مصالح با ترکیبات جدید تهیه و مورد آزمایش قرار گرفت. در ادامه به منظور تعیین درصد اختلاط بهینه با استفاده از روش تاگوچی مناسب‌ترین طرح اختلاط با بیشترین ظرفیت باربری تعیین و ارائه گردیده است.

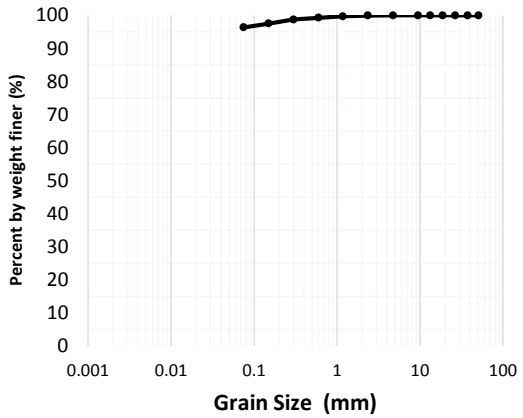
۲- طرح مسئله

کارخانه‌ای در منطقه صنعتی اراک به منظور تأمین فضای مورد نیاز دستگاه‌های خود و استقرار دستگاه‌ها نیازمند بستر مناسب است که ظرفیت باربری مجاز را تأمین نماید. منطقه مورد مطالعه دارای خاک ریزدانه سیلتی ضعیف می‌باشد که قابلیت تحمل بارهای مذکور را ندارد. مشخصات این خاک در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات خاک اولیه موجود در سایت

طبقه‌بندی خاک	LL	PI	C (kN/m^2)	φ $(Degree)$
ML	۳۱	۱۰	۱۴/۷	۱۰/۸

از طرفی با توجه به حجم عملیات ساختمانی (۱۰۰۰۰۰ مترمربع تا عمق ۸۰ سانتی‌متر) تعویض خاک و یا خاکبرداری تا رسیدن به سنگ بستر از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد. لذا جهت بهسازی خاک منطقه موضوع تثبیت خاک با افزودن مصالح درشت‌دانه به خاک منطقه مطرح گردید. در این طرح سعی بر آن است با افزودن مصالح درشت دانه بتوان دانه-بندی مناسبی برای مصالح ایجاد نمود که ظرفیت باربری تا حد مورد نیاز را داشته باشد.



شکل ۱- منحنی دانه‌بندی مصالح اولیه

شکل (۱) منحنی دانه‌بندی اولیه مصالح درشت‌تر از ۰/۰۷۵ میلی‌متر را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این

1. Electro-Osmosis

www.SID.ir

Archive of SID

شکل مشخص است حدود ۹۰ درصد مصالح ریزتر از ۰/۰۷۵ میلی‌متر می‌باشند که با توجه به مشخصات مطرح شده در جدول (۱) خاک از نوع ML با پارامترهای مقاومتی ضعیف می‌باشد. به منظور تأمین مقاومت مورد نیاز خاک منطقه، جهت تأمین بار وارده و رساندن نشست‌ها به حد مجاز، یکی از بهترین راهکارها می‌تواند افزودن مصالح درشت‌دانه به خاک منطقه باشد. این افزایش بایستی طی یک روند منطقی و مشخص انجام گیرد و نتایج در کلیه این مراحل مورد ارزیابی قرار گرفته و بهترین نتیجه گزارش شود.

۳- فعالیت‌های آزمایشگاهی

۳-۱- شرح آزمایش

به منظور بهسازی خاک مورد مطالعه می‌بایستی درصدهای مختلفی از مصالح درشت‌دانه به خاک افزوده شود و سپس در حالت‌های مختلف اختلاط پارامترهای مقاومتی خاک تعیین گردد. به منظور تعیین بهترین دانه‌بندی سعی بر آن شد که مصالح از لحاظ اندازه در ۴ دسته تقسیم‌بندی گردند که تغییر وزن مصالح در هر یک از این چهار سطح باعث ایجاد نوعی جدیدی از مصالح می‌گردد. اما از آنجا که مصالح GC می‌توانند مناسب‌تر باشد و ظرفیت باربری بیشتری ایجاد کند درصد مصالح درشت از ۵ میلی‌متر در اکثر ترکیبات بالاتر از ۵۰ درصد انتخاب شده است.

جدول ۲- تقسیم‌بندی مصالح به چهار گروه مختلف

گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه۴
خاک ≤ 5 $\leq 20\ mm$	خاک ≤ 1 $\leq 5\ mm$	0.075 خاک $\leq 1\ mm$	خاک $\leq 0.075\ mm$
۳۴ تا ۷۵ درصد	۵ تا ۳۹ درصد	۳ تا ۸ درصد	۵ تا ۲۰ درصد

تعیین درصدهای اختلاط مصالح از روش تاگوچی صورت گرفته است. که در نهایت ۲۵ طرح اختلاط مختلف مشخص گردیده است.

۳-۲- آزمایش برش مستقیم

به منظور تعیین مشخصات مقاومتی خاک‌ها در نمونه‌های ساخته شده، از آزمایش برش مستقیم بزرگ استفاده شده است. همه نمونه‌ها با وزن مخصوص ۱۸ کیلونیوتن بر مترمکعب ساخته شده‌اند. سربار انتخابی در همه تست‌ها یکسان و برابر ۱۰ کیلونیوتن بر مترمربع می‌باشد.

بر مبنای روش‌های کلاسیکی که برای محاسبه ظرفیت باربری پی‌ها وجود دارد دو پارامتر چسبندگی و زاویه اصطکاک بیشترین تأثیر را دارند (Barari و Absen، ۲۰۱۲). این موضوع را می‌توان در رابطه ظرفیت باربری که توسط ترزاقی ارائه شد (رابطه (۱)) مشاهده نمود (Terzaghi، ۱۹۴۳) در این رابطه پارامتر چسبندگی به صورت مستقیم و پارامتر زاویه اصطکاک به صورت غیر مستقیم و با تأثیر بر فاکتورهای چسبندگی، دانسیته و سربار در رابطه تأثیرگذار هستند.

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma \qquad (۱)$$

بر مبنای توضیحات مطرح شده می‌بایستی طرح اختلاطی که بیشترین مقدار چسبندگی و زاویه اصطکاک و متعاقب آن بیشترین ظرفیت باربری را ایجاد می‌نماید انتخاب گردد. برای دستیابی به بهترین طرح اختلاط درصدهای مختلفی از مصالح در چهار گروه و در پنج سطح مختلف با یکدیگر ترکیب شده‌اند. این سطوح و فاکتورها برای ۵۰۰ گرم خاک (وزن خاک مبنا) در جدول (۳) نشان داده شده‌اند.

در مرحله بعد ماتریس آزمایشات با استفاده از روش تاگوچی طراحی شده و اطلاعات مراحل مختلف تحلیل تعریف شده است (جدول (۴)). بر مبنای این جدول میبایستی ۲۵ طرح اختلاط مختلف با یکدیگر ترکیب شوند و نتایج حاصل از آنها با یکدیگر مقایسه گردد.

جدول ۳- فاکتورها و سطوح مختلف مصالح

سطوح	فاکتورها			
	گروه۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۴
سطح اول	۲۸۳/۵	۱۰۹/۲	۱۶/۴	۹۱/۷
سطح دوم	۳۶۶/۵	۲۹/۴	۱۵/۹	۷۹/۸
سطح سوم	۳۷۵/۳	۵۲/۳	۲۸/۹	۴۳/۳
سطح چهارم	۳۸۸/۷	۱۳۵	۳۸/۱	۳۸/۵
سطح پنجم	۱۷۵/۵	۱۹۸/۹	۲۷/۹	۱۰۴/۲

برای تعیین زاویه اصطکاک و چسبندگی در درصدهای مختلف ترکیب مصالح هر آزمایش بایستی سه بار تکرار شود. پس در مجموع ۷۵ آزمایش برش مستقیم انجام گرفته است. که نتایج حاصل از این آزمایشات در جدول (۵) نشان داده شده است. همان طور که از جدول (۵) دیده می‌شود پارامتر چسبندگی و زاویه اصطکاک خروجی‌های اصلی آزمایش‌ها می‌باشند. با افزایش هریک از این پارامترها ظرفیت باربری نیز افزایش پیدا می‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID

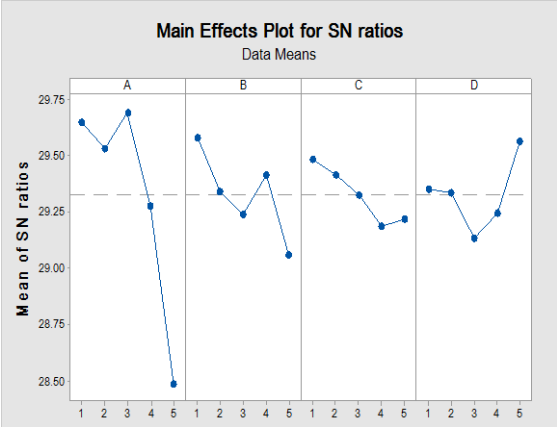
جدول ۴- درصد ترکیب مصالح در آزمایش‌های مختلف

ردیف	گروه۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۴	چسبندگی (kN/m2)	زاویه اصطکاک (درجه)	نام خاک
۱	۱	۱	۱	۱	۸	۳۱/۸	GC
۲	۱	۲	۲	۲	۹	۳۱/۴	GC
۳	۱	۳	۳	۳	۷	۲۹/۷	GP-GC
۴	۱	۴	۴	۴	۷	۲۹/۳	GW-GC
۵	۱	۵	۵	۵	۹	۲۹/۴	GC
۶	۲	۱	۲	۳	۵	۲۹/۷	GP-GC
۷	۲	۲	۳	۴	۵	۲۹/۳	GP-GC
۸	۲	۳	۴	۵	۹	۳۰/۶	GC
۹	۲	۴	۵	۱	۹	۳۰/۱	GC
۱۰	۲	۵	۱	۲	۱۰	۳۰/۱	GP-GC
۱۱	۳	۱	۳	۵	۴	۳۲/۶	GC
۱۲	۳	۲	۴	۱	۴	۳۰/۱	GC
۱۳	۳	۳	۵	۲	۶	۲۹/۳	GC
۱۴	۳	۴	۱	۳	۸	۳۱	GP-GC
۱۵	۳	۵	۲	۴	۵	۲۹/۷	GP-GC
۱۶	۴	۱	۴	۲	۶	۲۹/۳	GC
۱۷	۴	۲	۵	۳	۴	۲۸/۴	GP-GC
۱۸	۴	۳	۱	۴	۳	۲۸/۸	GP-GC
۱۹	۴	۴	۲	۵	۹	۳۰/۶	GC
۲۰	۴	۵	۳	۱	۹	۲۸/۴	GC
۲۱	۵	۱	۵	۴	۵	۲۷/۵	GP-GC
۲۲	۵	۲	۱	۵	۵	۲۷/۵	GC
۲۳	۵	۳	۲	۱	۶	۲۶/۶	GC
۲۴	۵	۴	۳	۲	۸	۲۶/۶	GC
۲۵	۵	۵	۴	۳	۱۴	۲۴/۴	SP-SC

نکته مهم در این خصوص این است که بهترین اختلاط مصالح حالتی است که ظرفیت باربری به حداکثر خود برسد. این حالت ممکن است در ماکزیمم حالت چسبندگی یا زاویه اصطکاک رخ ندهد و بایستی حالتی که ماکزیمم ظرفیت باربری ناشی از رابطه (۱) را تعیین گردد. این حالت بهینه را می‌توان به کمک روش تاگوچی تعیین نمود.

۴- تعیین طرح اختلاط بهینه

با تحلیل نتایج و گراف های حاصل از روش تاگوچی جهت تعیین ماکزیمم مقاومت برشی، که مقادیر شاخص کیفیت آن در شکل (۳) نشان داده شده است، طرح اختلاط بهینه تعیین گردیده است. بر مبنای این طرح اختلاط ماکزیمم ظرفیت باربری حاصل می‌گردد (جدول (۴)).



شکل ۳- مقادیر شاخص کیفیت از روش تاگوچی

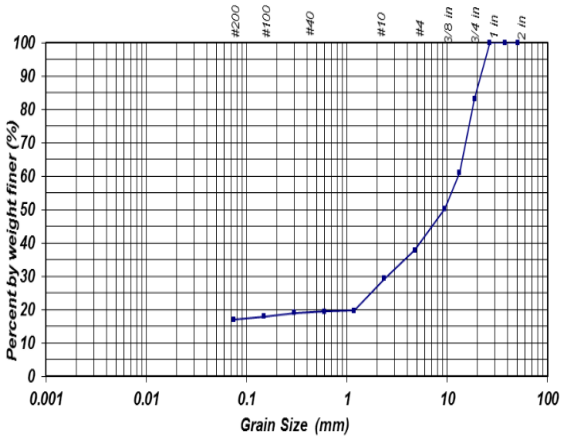
جدول ۵- درصد اختلاط مصالح در بهینه‌ترین حالت به روش تاگوچی

گروه۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۴
۶۲	۱۷	۳	۱۸

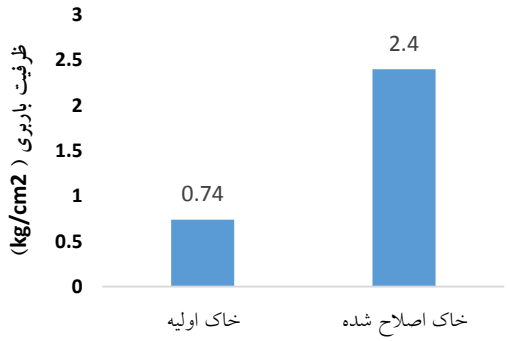
با توجه به نتایج و درصد نمونه طرح اختلاط بهینه ایجاد شده از روش آماری تاگوچی، آزمایش دانه‌بندی و برش مستقیم بر روی آن انجام گرفت. که نمودار دانه‌بندی آن در شکل (۳) ارائه گردیده است و نتایج متغییرهای مقاومتی خاک با توجه به آزمایش برش مستقیم همچون زاویه اصطکاک داخلی ۳۱/۸ درجه و چسبندگی ۱۱ کیلونیوتن بر مترمربع و وزن مخصوص خشک حدود ۱۹/۲ کیلونیوتن بر مترمکعب به دست آمده است. همان‌طور که در جدول (۵) مشخص است با تغییر دانه-بندی مصالح، می‌توان خاک مورد مطالعه را از سیلتی به شن مخلوط با سیلت تبدیل نمود. برای مقایسه بهتر نتایج می‌توان ظرفیت باربری یک پی سطحی مربعی به ابعاد یک متر را برای خاک اولیه و طرح اختلاط نهایی مقایسه نمود. نتیجه این مقایسه در شکل (۵) نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- منحنی دانه‌بندی مصالح در بهینه‌ترین حالت



شکل ۵ - مقایسه نتایج ظرفیت باربری در دو حالت خاک اولیه و خاک اصلاح شده

برای خاک به دست آمده از طرح اختلاط جدید مقدار نشست الاستیک نیز کنترل گردیده است. نتایج به دست آمده نشست را در حدود ۱۱ میلی‌متر نشان می دهدکه محدوده قابل قبولی می‌باشد.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

یکی از راه‌های بهبود خواص خاک تغییر دانه‌بندی آن می‌باشد. با این کار می‌توان پارامترهای مقاومتی خاک را بهبود بخشید. در این مقاله با تقسیم‌بندی خاک بر اساس دانه‌بندی به چهار گروه مختلف تأثیر تغییرات دانه‌بندی بررسی شده است. که نتایج به شرح زیر به دست آمده است.

- در این تحقیق با استفاده از روش تاگوچی ۲۵ آزمایش با درصدهای مختلف مصالح طرح‌ریزی شده است. این آزمایشات در دستگاه برش مستقیم با ابعاد جعبه آزمایش ۳۰×۳۰ انجام گرفته است.

- نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد افزایش مصالح درشت‌دانه بزرگ‌تر از ۵ میلی‌متر باعث تا حدود ۵۵ درصد باعث افزایش زاویه اصطکاک می‌گردد. افزایش بیشتر از حد آن باعث کاهش زاویه اصطکاک می‌گردد. این کاهش ممکن است به علت بهم ریختگی ایجاد شده در منحنی دانه‌بندی باشد.

- با بهره‌گیری از روش تاگوچی بهترین طرح اختلاط تعیین شده است که در این طرح اختلاط زاویه اصطکاک ۳۱/۸ درجه و چسبندگی ۱۱ کیلونیوتن بر مترمربع و کیلونیوتن بر مترمکعب می‌باشد.

۶- مراجع

Ardalan H, Eslami A, Zadeh NN, "Piles shaft capacity from CPT and CPTu data by polynomial neural networks and genetic algorithms", Computer and Geotechnic, 2014, 55, 132-40.

Barari A, Ibsen LB, "Undrained response of bucket foundations to moment loading", Applied Ocean Research, 2012, 36, 12-21.

Carasca O, "Soil improvement by mixing: techniques and performances", Oana Carașca. Energy Procedia 85, 2016, 85-92

Das SK, Basudhar PK, "Prediction of residual friction angle of clays using artificial neural network", Engineering Geology, 2008, 100(3-4), 142-5.

Das SK, Basudhar PK, "Undrained lateral load capacity of piles in clay using artificial neural network", Computer and Geotechnics, 2006, 33(8), 454-9.

Das SK, Samui P, Sabat AK, "Application of Artificial Intelligence to Maximum Dry Density and Unconfined Compressive Strength of Cement Stabilized Soil", Geotechnical and Geological Engineering, 2011, 29, 329-42.

Estabragh AR, Naseh M, Javadi A, "Improvement of clay soil by electro-osmosis technique", Applied Clay Science, 2014.

Feng ZY, Sutter K, "Dynamic properties of granulated rubber/sand mixtures", Geotechics Test Journal, 2000, 23(3), 338-44.

Ferreira PMV, Bica AVD, "Problems in identifying the effects of structure and critical state in a soil with a transitional behavior", Géotechnique, 2006, 56 (7), 445-54.

Firatcabalar A, Sulaiman Mustafa W, "Fall Cone tests on Clay-sand Mixture", 2015.

Gullu H, "Prediction of peak ground acceleration by genetic expression programming and regression: A comparison using likelihood-based measure", Engineering Geology
2012, 141–142, 92-113.

Hsiao D, Phan V, Hsieh Y, Kuo H, "Engineering Behavior and Correlated parameters from obtained results of Sand-silt Mixtures", 2015.

Ishihara K, Koseki J, "Discussion on the cyclic shear strength of fines-containing sands", Earthquake geotechnical engineering. In: Proceedings of the 11th international conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Rio De Janiero, Brazil, 1989, 101-6.

www.SID.ir

Archive of SID

Jones CJFP, Lamont-Black J, Glendinning S, Electro kinetic geosynthetics in hydraulic applications. Geotextiles and Geomembranes Journal, 2011, 29, 381-390.

Karunaratne GP, Prefabricated and electrical vertical drains for consolidation of soft clay, Geotext, Geomembr, 2011, 29, 391-401.

Kim H, Santamarina J, "Sand-rubber mixtures (large rubber chips)", Canadian Geotechnical Journal. 2008, 45, 1457-65.

Kim H, Spatial Variability in soils: Stiffness and strength (Ph.D. dissertation), Atlanta, Georgia Institute of Technology; 2005.

Kim U, Kim D, Zhuang L, "Influence of fines content on the undrained cyclic strength of sand-clay mixtures", Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2016, 83, 124-134

Martins FB, Bressani LA, Coop MR, Bica AVD, Some aspects of the compressibility behaviour of a clayey sand, Canadian Geotechics Journal 2001, 38, 1177-86.

Mozumder RA, Laskar AI, Prediction of unconfined compressive strength of geopolymer stabilized clayey soil using Artificial Neural Network

Najjar YM, Huang C. Simulating the stress–strain behavior of Georgia kaolinvia recurrent neuronet approach. Computer and Geotechnic, 2007, 34, 346-61.

Nocilla A, Coop MR, Colleselli F, "The Mechanics of an Italian silt: an example of 'transitional' behavior", Géotechnique 2006, 56(4), 261-71.

Pamukcu S, Akbulut S, "Thermo elasticenhan cement of damping of sand using synthetic ground rubber", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2006, 132(4), 501-10.

Park SS, Kim YS, Liquefaction resistance of sands containing plastic fines with different plasticity, Journal of Geotechnical and Geo environmental Engineering, 2013, 139, 825-30.

Tahmasebipoor A, Barari A, Behnia M, Najafi T, "Determination of the ultimate limit states of shallow foundations using gene expression programming (GEP) approach", Soils and Foundations,2015, 55(3), 650-659

Terzaghi K, "Theoretical Soil Mechanics", John Wiley & Sons, 1943, New York.

www.SID.ir

Archive of SID

University of Tabriz

Journal of Civil and Environmental Engineering
Volume 48 (2018), Issue 1 (Spring), 103-108

EXTENDED ABSTRACT

Shallow Soil Improvement by Changing Aggregation Size and Propose the Optimize Mix Design

Ahmadreza Mazaheri [a,*], Masoud Paknahad [b], Mohammad Torkaman [c]

[a] *Department of Civil Engineering, Engineering Faculty, Ayatollah Borujerdi University*
[b] *Department of Civil Engineering, Mahallat Institute and Higher Education*
[c] *Islamic Azad University, Khomein Branch*

Received: 17 February 2017; **Accepted:** 26 August 2017

Keywords:
Soil improvement, Taguchi Method, direct shear tests

1. Introduction

In this study, the fine weak materials replaced with different percentages of coarse aggregate to provide the best resistance and load capacity for heavy construction in the area. For this purpose, by using the Taguchi method and taking four classes of materials, different mixing of the materials were determined, and large scale samples with dimensions 30×30cm with the new material compounds was obtained and they were tested. By cooperating neural networks and artificial intelligence the most suitable mix designs and best resistance value determined.

2. Methodology

2.1. Description of the problem

A factory in the industrial zones of Arak to preparation the space for their devices and their deployment have required suitable base that provide proper allowable bearing capacity. The study area is weak silty fine-grained soils that are not capable of withstanding the loads. Also, due to the vast area of construction operations (about 100,000 square meters) soil replacement or excavation to the bedrock was not economic. Therefore, the issue of soil stabilization of soil by adding coarse aggregate was raised.

In order to provide the resistance needed to meet the load and minimizing soil subsidence to allowable limits, one of the best ways is that we can add coarse aggregate to the soil. This increase should be done in a logical and clear method. Throughout all process, the results must be evaluated and the best results will be reported.

2.2. Experimental study

In order to improve soil studied various percentages of coarse aggregate should be added to the soil and then with different mixing soil strength parameters to be determined. It was attempted to determine the optimum particle size of materials base on material size classification in four categories which the changing of materials weight in each of these four levels is causing to have a

* Corresponding Author
E-mail addresses: a.mazaheri@abru.ac.ir (Ahmadreza Mazaheri), masoudpaknahad@gmail.com (Masoud Paknahad), turkaman.mohamad@gmail.com (Mohammad Turkaman).

www.SID.ir

Archive of SID

new kind of materials. But since the GC can be more suitable materials and create greater bearing capacity, percentage of coarse materials above 5mm in most compounds more than 50% selected (Hsiao et al. 2015). The percentage of mixing materials are determined by using Taguchi statistical method and are divided in four level that shown in Table 1. Finally, 25 different mix designs have been identified.

Table 1. Classification of materials into four levels

Group D	Group C	Group B	Group A
Soil $\leq 0.075\ mm$	$0.075 \leq$ Soil $\leq 1\ mm$	$1 \leq$ Soil $\leq 5\ mm$	$5 \leq$ Soil $\leq 20\ mm$
5% to 20%	3% to 8%	5% to 39%	34% to 75%

3. Conclusions

One way to improve the properties soil is replacements of changing aggregate mix (Carasca, 2016). This can improve the soil strength parameters. In this paper, based on the aggregation size, soil materials divided into four groups and effect of aggregation is investigated. The results are presented below.

- In this study, using the Taguchi method 25 experiment with different materials is planned. These tests have been carried out by direct shear tests method with dimension box of 30×30cm.

- In order to better analyze the results the artificial network have been used. And the impact of material aggregate change on soil resistance was evaluated. The results show that increasing of coarse aggregate larger than 5 mm up to 55 percent will increase the friction angle. Increasing more than 55 percent will reduce the friction angle. This decline may be due to the disorganization in soil gradation curves.

4. References

Hsiao D, Phan V, Hsieh Y, Kuo H, “Engineering Behavior and Correlated parameters from obtained results of Sand-silt Mixtures”, 2015.

Estabragh AR, Naseh M, Javadi A, “Improvement of clay soil by electro-osmosis technique”, Applied Clay Science, 2014.

Carasca O, “Soil improvement by mixing: techniques and performances”, Oana Carașca. Energy Procedia 85, 2016, 85-92.

www.SID.ir