

بررسی عامل زمان و درصد مخلوط آهک و خاکستر بادی بر خواص فیزیکی و مکانیکی خاک ریزدانه

امید بنده زاده^{۱*}، محمدهادی داودی^۲، محمدفرید آستانه^۳

۱- دانشجوی دکتری خاک و پی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اصفهان

۲- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات کم آبی و خشکسالی در کشاورزی و منابع طبیعی

۳- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی

omidsaze@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۲/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۲/۱۰

چکیده- بعضی پروژه‌ها با خاک‌های ریزدانه نامناسب مواجه می‌شود که بهسازی خواص مهندسی آن‌ها الزامی است. یکی از روش‌های اصلاح خاک، استفاده از مواد افزودنی است که علاوه بر توجیه اقتصادی باید قابلیت تولید و دسترسی انبوه مناسب نیز داشته باشد. آهک یکی از افزودنی‌ها است که در اثر ایجاد واکنش پوزولانی سبب تقویت خاک می‌شود؛ ولی اگر خاک حاوی یون سولفات باشد یا این که خاک تثبیت شده در معرض آب سولفات قرار گیرد، حضور آهک نه تنها باعث کاهش تورم لایه تثبیت شده نمی‌شود بلکه نتیجه عکس داده و سبب افزایش تورم و کاهش مقاومت می‌شود. افزودن خاکستر بادی موجب کم شدن تأثیرات مخرب سولفات‌ها (همچون افزایش حجم و ترک خوردگی) و نیز کاهش کرناسیون در خاک تثبیت شده با آهک یا سیمان شده و pH مخلوط و یون کلسیم را افزایش می‌دهد و باعث افزایش و تسریع واکنش پوزولانی می‌شود. در این مقاله تأثیر افزودن خاکستر بادی بر خواص ژئوتکنیکی مخلوط خاک و آهک بررسی می‌شود. خاک استفاده شده ML است که با درصدهای مختلف خاکستر بادی و درصد معینی از آهک مخلوط شده و با آزمایش‌های مقاومت برشی و حدود ات‌برگ اثر خاکستر بادی بر مخلوط آهک و خاک بررسی شد. این آزمایش‌ها برای نمونه‌های اشباع ۷ و ۲۸ روزه انجام شد تا تأثیر زمان نیز بر این پدیده آزمایش شود. نتایج حاصل شده بیانگر تأثیر بسیار زیاد خاکستر بادی در مقاومت برشی است به گونه‌ای که نسبت به نمونه شاهد، پارامتر چسبندگی تا ۷۰۰ درصد افزایش در نمونه‌های ۲۸ روزه و تا ۶۰۰ درصد افزایش در نمونه‌های ۷ روزه نشان داده است. در زاویه اصطکاک داخلی نیز ۶۹ درصد افزایش نسبت به نمونه شاهد مشاهده شده است.

کلیدواژگان: خاکستر بادی، آهک، خاک ریزدانه، حدود ات‌برگ، مقاومت برشی

۱- مقدمه

بنابراین باید مصالح موجود، اصلاح شده و مقاومت آن‌ها افزایش یابد. یکی از راه‌های اصلاح خاک، افزودن مواد تقویتی است و از این طریق استفاده از مواد ضعیف و در دسترس میسر شده و از حمل مصالح از دور دست و تحمل هزینه‌های گزاف پرهیز می‌شود. این موضوع در مناطقی که

بسیاری از طرح‌های اجرایی مانند احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی، جاده‌سازی، احداث دایک و سدهای خاکی ممکن است با کمبود مصالح خاکی مناسب مواجه شود؛

مصالح موجود محدود به خاک‌هایی مثل لس، ماسه، رس چاق و یا رس واگرا باشد اهمیت زیاد و تأثیر اقتصادی فراوانی دارد. از افزودنی‌ها می‌توان به آهک، سیمان، خاکستر پوسته برنج، پوزولان‌ها، میکروسیلیس، سولفات آلومینیم و خاکستر بادی اشاره کرد. روش تقویت خاک با آهک از دوران باستان متداول بوده است و از سال 1945 اصلاح خاک با آهک شکفته در آمریکا رایج شد [طاحونی، ۱۳۷۳]. مهمترین واکنش‌هایی که افزودنی‌ها در خاک سبب می‌شوند، واکنش تبادل یونی، واکنش پوزولانی و واکنش هیدراسیون است که مهمترین آنها واکنش پوزولانی است. این واکنش بین آهک، آب و مواد سیلیسدار و آلومیندار خاک انجام می‌شود. ایجاد مواد سیمانی باعث افزایش مقاومت برشی خاک می‌شود، تابع زمان است و درنبود رطوبت متوقف می‌شود [Agannath, et al. 2004]

استفاده از مواد پوزولانی مانند خاکستر بادی، تأثیر مواد افزوده شده (آهک) را بیشتر و تسریع می‌کند. آهک سبب بهبود خصوصیات رفتاری خاک‌های ریزدانه رس‌دار همچون تورم، مقاومت برشی، قابلیت جذب آب و مشخصه‌های خمیری (حدود اتربرگ) می‌شود [Bell, 1988]؛ اما با توجه به محدودیت‌هایی که برای استفاده از آهک وجود دارد، افزودن آهک به خاک ممکن است منجر به تأثیرات نامطلوبی بر خواص خاک تثبیت شده شود. این واکنش‌های مخرب عبارتند از کربناسیون، تأثیر سولفات‌ها، تأثیر مواد آلی، تأثیر سولفیدها و نمک طعام. در صورتیکه خاک حاوی یون سولفات باشد یا این که خاک تثبیت شده در معرض آب سولفات قرار گیرد، حضور آهک نه تنها باعث کاهش تورم لایه تثبیت شده نمی‌شود، بلکه نتیجه عکس داده و سبب افزایش تورم و کاهش مقاومت می‌شود [Sherwood, 1993] این پدیده به علت انجام واکنش‌های شیمیایی بین کانی‌های رس، آهک و سولفات اتفاق می‌افتد که منجر به تشکیل کانی‌های اترینگات و

تاماسایت شده و این کانی‌ها با جذب آب به شدت متورم می‌شوند [Nicholson; et al. 1994] و [Bell, 1988]. خاکستر بادی از اکسیدهای سیلیسیم، آلومینیوم، آهن و کلسیم تشکیل شده است و امروزه از نیروگاه‌هایی که برای تولید برق از ذغال سنگ استفاده می‌کنند به دست می‌آید [Acosta; et al. 2003] این محصول در ایران تولید نمی‌شود و با احتساب هزینه تولید و حمل از هندوستان به ایران، قیمت آن حدود هر کیلوگرم ۳۰۰۰ ریال است. خاکستر بادی باعث کاهش آثار بالا و گسترده‌ی کاربرد آهک می‌شود و با توجه به قیمت پایین آن مقرون به صرفه است. میزان کلسیم محلول با اضافه کردن خاکستر بادی زیاد می‌شود و فعالیت پوزولانی افزایش می‌یابد. اضافه کردن خاکستر بادی به صورت قابل توجهی مقدار pH را افزایش می‌دهد. با بالا رفتن pH، سیلیکای خاک از ساختمان ورقه‌ای چهاروجهی‌اش و آلومینای خاک از ساختمان ورقه‌ای می‌گیرد [Mckennon, 1994]، [Sezer; et al. 2006]. یکی از مهمترین اهداف تثبیت خاک، افزایش مقاومت برشی است و به دلیل این که تحقیقاتی که تاکنون انجام شده شیمیایی بوده باید در زمینه تأثیر خاکستر بادی بر مشخصات ژئوتکنیکی مخلوط، تحقیقات مفصلی بر خاک‌های ایران که بیشتر منشأ آهکی دارند انجام شود و با نتایج پژوهشگران خارج از کشور مقایسه شود.

از تحقیقات انجام شده در خارج از کشور می‌توان به [Acosta; et al. 2003]، [Cokca, 2001] [Parabakar; et al. 2004]، [Nalbantoglu Z, 2004] و [Andic; et al. 2008] اشاره کرد؛ که در گزارشات خود به افزایش CBR، ظرفیت باربری، زاویه اصطکاک داخلی، مقاومت برشی و کاهش درصد جذب آب خاک اشاره کرده‌اند.

۲- مواد و روش‌ها

خاک استفاده شده در این پژوهش بر اساس استاندارد

یونیفاید، لای با پلاستیسیته پایین (ML) با حد روانی ۲۱/۵ درصد، حد خمیری NP، رطوبت بهینه ۱۳ درصد و بیشینه وزن مخصوص خشک $1/78 \text{ kg/cm}^3$ است. خاک مطالعه شده شامل ۱۴ درصد رس، ۶۶ درصد لای و ۴۰ درصد ماسه است. آهک مصرفی در این پروژه با نام شیمیایی هیدروکسید کلسیم، آهک صنعتی از نوع شکفته است که در کیسه‌های ۱۰ کیلوگرمی تهیه و عرضه می‌شود. سفیدرنگ است، چگالی ۲/۳۱ و وزن مخصوص $5/5 \text{ KN/m}^3$ دارد. خاکستر بادی استفاده شده خاکستری رنگ است و شامل ۶۱/۳۴ درصد دیاکسید سیلیسیم، ۲۵/۱۱ درصد اکسید آلومینیوم، ۴/۴۲ درصد اکسید آهن، ۴/۹۲ درصد اکسید کلسیم، ۱/۰۹ درصد اکسید منیزیم، ۱۰/۵۹ درصد اکسید سدیم، ۱/۱۳ درصد اکسید پتاسیم و ۴ درصد قلیایی معادل اکسید سدیم است.

آزمایش‌های برش مستقیم، حدود اتربرگ و تراکم به ترتیب مطابق استانداردهای ASTM-D3080، ASTM-D4318 و ASTM-D698 انجام شد. برای ساخت نمونه‌های برش مستقیم، خاک از الک ۴۰ و مواد افزودنی از الک ۲۰۰ عبور داده شدند. سپس آن‌ها را خشک کرده و ترکیبات متفاوت مواد افزودنی بر حسب درصدی از وزن خشک خاک، به آن‌ها اضافه شدند. به هر یک از نمونه‌ها حداکثر ۶ درصد آهک و ۷ درصد خاکستر بادی اضافه شد و در بعضی موارد نیز فقط یکی از دو مواد افزودنی، اضافه شد. در نام‌گذاری نمونه‌ها از حرف F به عنوان خاکستر بادی و حرف L به عنوان آهک استفاده شده و عدد قبل از هر کدام درصد آن را نمایش می‌دهد. به عنوان مثال نمونه 6L خاکی است که ۶ درصد آهک و نمونه 4L7F خاکی است ۴ درصد آهک و ۷ درصد خاکستر بادی دارد. مخلوط حاصل با تراکم ۹۵ درصد و رطوبت بهینه در سیلندره‌ای فلزی به قطر ۱۵ سانتیمتر و ارتفاع ۹ سانتیمتر کوبیده شدند و سپس

۳ نمونه دست‌نخورده برای آزمایش برش مستقیم از آن گرفته شد. این سیلندرها ۷ و ۲۸ روز در ظرف پر از آب قرار گرفتند تا خاک کاملاً اشباع و عمل‌آوری شود. از مخلوط باقی‌مانده داخل سیلندر برای انجام آزمایش حدود اتربرگ استفاده شد. آزمایش برش مستقیم به روش کند و اشباع تحت ۳ سربار ۶۰، ۲۰ kpa و ۱۰ انجام شد. قبل از شروع برش، نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت تحکیم شدند و سپس برش با سرعت ۰/۱۲ میلیمتر بر دقیقه به صورت زهکشی‌شده تا رسیدن به تغییر مکان ۱۰ درصد ویا بیشینه‌ی مقاومت انجام شد.

۳- نتایج و بحث

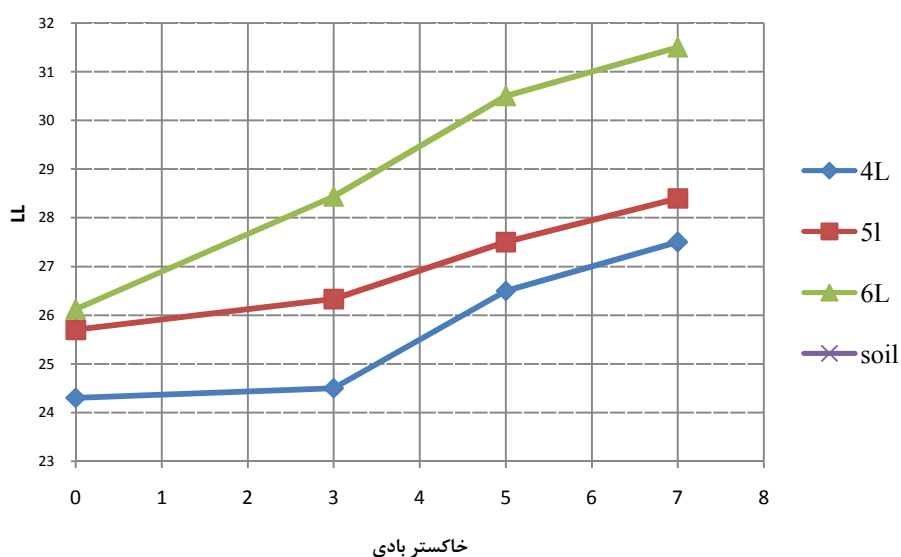
در شکل (۱) تأثیر مخلوط آهک و خاکستر بادی بر حد روانی نشان داده شده است.

برای همه‌ی مقادیر آهک، افزایش خاکستر بادی تا ۳ درصد تأثیر کمی بر حد روانی خاک دارد؛ اما با افزایش بیش از ۳ درصد خاکستر بادی، حد روانی به تدریج افزایش می‌یابد به گونه‌ایکه به ازای ۷ درصد خاکستر بادی، مقدار بین ۲/۵ تا ۶ درصد افزایش می‌یابد و بیشترین افزایش مربوط به نمونه حاوی ۶ درصد آهک است. به عبارت بهتر با افزایش آهک و خاکستر بادی حد روانی به بیشینه‌ی خود می‌رسد. در شکل (۲) نمودار تنش-تغییر مکان افقی نمونه خاک همراه ۶ درصد آهک و ۳، ۵ و ۷ درصد خاکستر بادی نشان داده شده است.

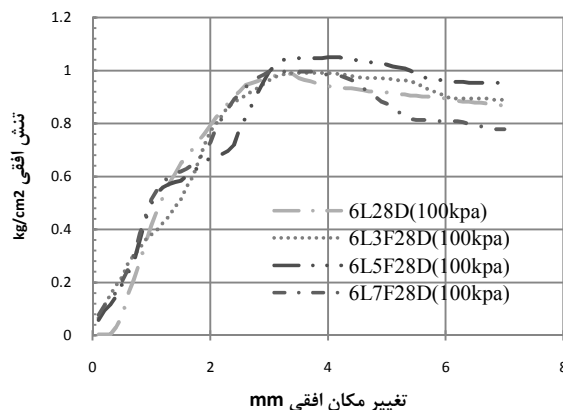
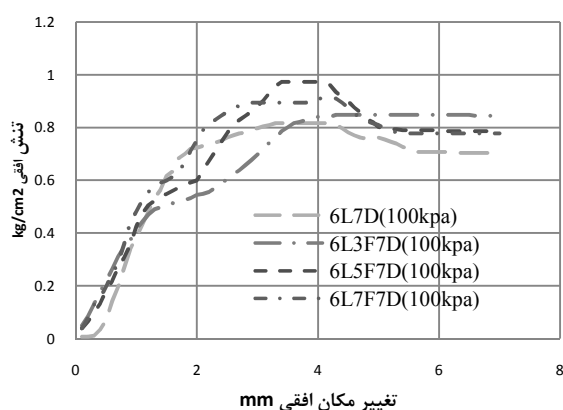
برای مخلوط ۶ درصد آهک و ۳، ۵ و ۷ درصد خاکستر بادی به ترتیب ۲، ۷ و ۳ درصد افزایش مقاومت نسبت به مخلوط خاک با آهک و ۹۴، ۱۰۵ و ۹۴ درصد افزایش مقاومت نسبت به نمونه شاهد خواهیم داشت. در شکل (۳) تأثیر آهک و خاکستر بادی بر مقاومت برشی بیشینه‌ی تحت سربار ۱۰۰ kpa نشان داده شده است. همان‌طور که در

بیشتری از خود نشان می‌دهد. همچنین نتیجه‌گیری می‌شود که درصد بهینه آهک و خاکستر بادی در بیشینه‌ی واکنش پوزولانی 5L5F است و با افزایش آهک و خاکستر بادی روند کاهش مقاومت داریم. توجه این پدیده می‌تواند وجود آلومین اضافه باشد که دیگر در واکنش پوزولانی شرکت ندارد و باعث کاهش مقاومت می‌شود.

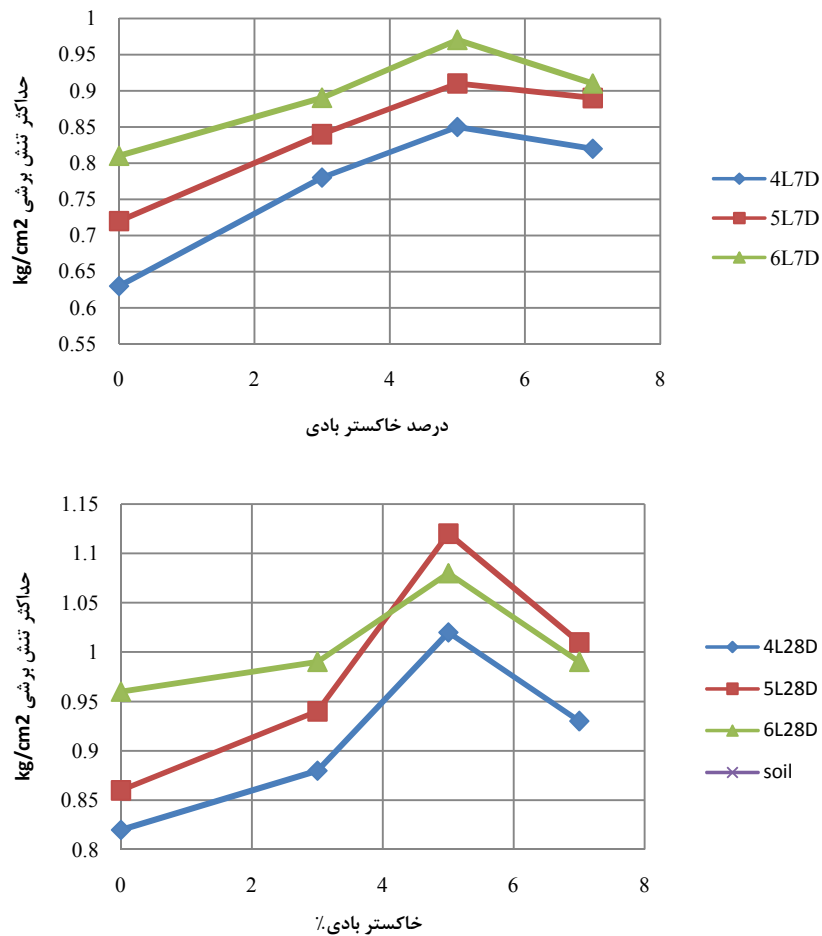
شکل مشاهده می‌شود بیشترین مقاومت ۲۸ روزه مربوط به 5L5F و بیشترین مقاومت ۷ روزه مربوط به 6L5F است. علت این اختلاف این است که در نمونه‌های ۷ روزه واکنش پوزولانی کامل نشده است و قسمت عمده افزایش مقاومت برشی ناشی از تبادل یونی است؛ ولی در نمونه‌های ۲۸ روزه واکنش پوزولانی کامل شده و نمونه، افزایش مقاومت



شکل (۱) نمودار تأثیر خاکستر بادی بر حد روانی



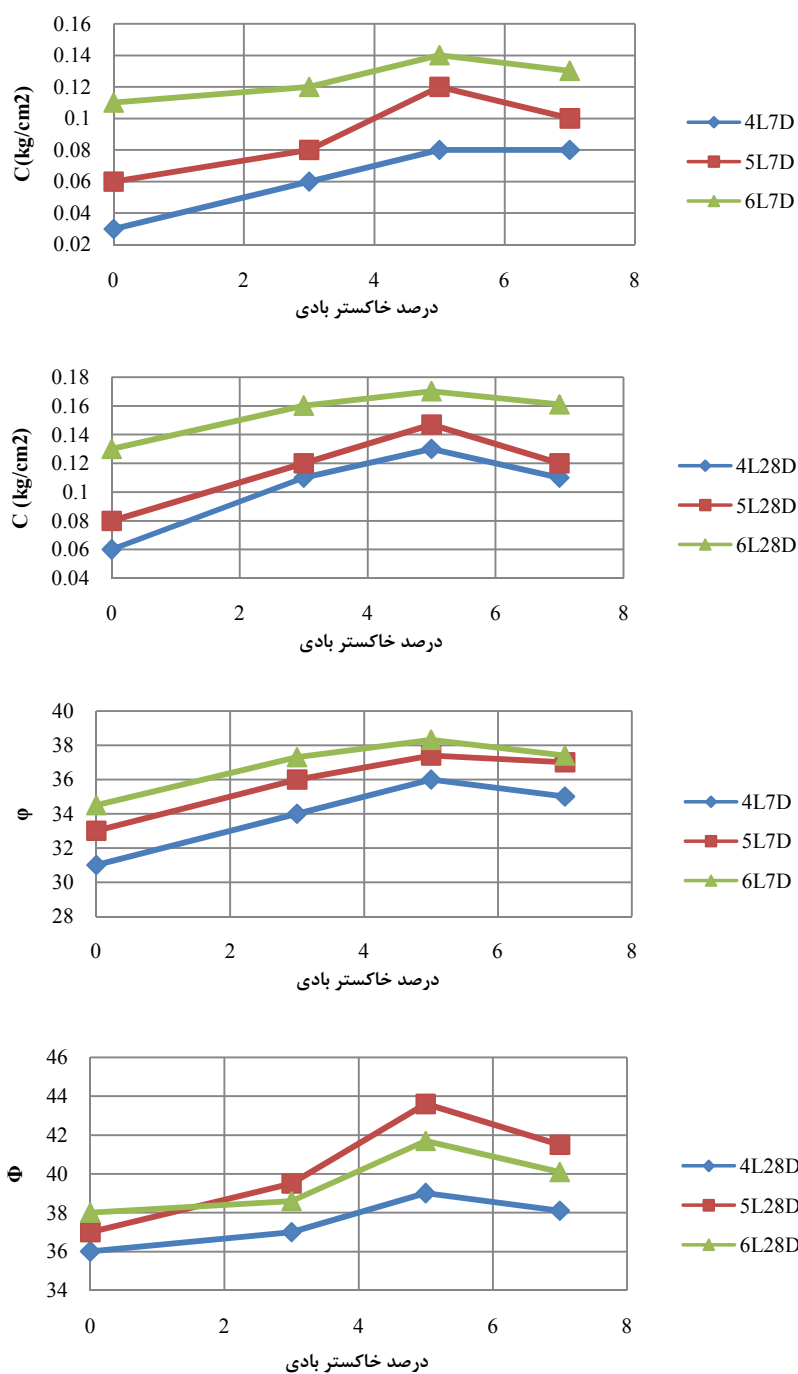
شکل (۲) نمودار تنش - تغییر مکان افقی آزمایش برش مستقیم تحت تنش قائم ۱۰۰ kpa (۶ درصد آهک) پس از ۷ و ۲۸ روز



شکل (۳) تاثیر مخلوط آهک و خاکستر بادی بر مقاومت برشی بیشینه تحت تنش قائم ۱۰۰ kpa

درصد آهک و ۳، ۵ و ۷ درصد خاکستر بادی، C به ترتیب ۴۵۰، ۸۵۰ و ۶۰۰ درصد افزایش و Φ به ترتیب ۳۷، ۴۱ و ۳۸ درصد افزایش خواهد داشت. در مخلوط ۵ درصد آهک و ۳، ۵ و ۷ درصد خاکستر بادی، C به ترتیب ۴۵۰، ۶۸۰ و ۵۰۰ درصد افزایش و Φ به ترتیب ۳۴، ۶۹ و ۵۱ درصد افزایش خواهد داشت. در مخلوط ۶ درصد آهک و ۳، ۵ و ۷ درصد خاکستر بادی C به ترتیب ۶۹۵، ۷۴۵ و ۷۰۵ درصد افزایش و Φ به ترتیب ۴۲، ۵۰ و ۴۵ درصد افزایش خواهد داشت.

برای نمونه شاهد C و Φ به ترتیب 0.02 kg/cm^2 و ۲۷/۵ درجه است. در شکل (۴) تاثیر مخلوط آهک و خاکستر بادی بر پارامترهای مقاومت برشی خاک نشان داده شده است. همان طور که در شکل مشاهده می شود بیشترین مقدار C برای نمونه ۷ و ۲۸ روزه مربوط به 6L5F است. همچنین بیشترین مقدار Φ برای نمونه ۷ و ۲۸ روزه به ترتیب مربوط به 5L5F و 6L5F است. در نمونه ۲۸ روزه با افزودن ۴، ۵ و ۶ درصد آهک، C به ترتیب ۲۰۰، ۳۰۰ و ۶۸۰ درصد افزایش نسبت به نمونه شاهد داشته است. همچنین Φ به ترتیب ۳۰، ۳۴ و ۳۸ درصد افزایش دارد. در مخلوط ۴



شکل (۴) تاثیر مخلوط آهک و خاکستر بادی بر پارامترهای مقاومت برشی خاک

۴- نتیجه گیری

مقاومت برشی است؛ به طوری که در نمونه ۲۸ روزه تحت

تنش قائم ۱۰۰ kpa تا ۱۳۸ درصد در نمونه 5L5F افزایش

(۱) نتایج حاصل بیانگر تأثیر فوق العاده خاکستر بادی بر

(۷) نسبت به مخلوط خاک با ۴، ۵ و ۶ درصد آهک، درصد بهینه خاکستر بادی ۵ درصد است، به گونه‌ای که بیشترین افزایش در مقاومت برشی تحت تنش قائم ۱۰۰kpa به ترتیب با ۲۶، ۳۴ و ۳۴ درصد مربوط به 5L5F، 4L5F و 6L5F است. در مورد زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی خاک نیز درصد بهینه خاکستر بادی ۵ درصد است و بیشترین افزایش زاویه اصطکاک داخلی به ترتیب با ۱۳، ۱۶ و ۱۱ درصد مربوط به 5L5F، 4L5F و 6L5F است. در مورد چسبندگی نیز بیشترین افزایش به ترتیب با ۱۰۰، ۱۳۳ و ۲۷ درصد مربوط به 5L5F، 4L5F و 6L5F است.

۵- تشکر و قدردانی

از مرکز تحقیقات کم‌آبی و خشک‌سالی در کشاورزی و منابع طبیعی به دلیل در اختیار قرار دادن امکانات آزمایشگاهی تشکر و قدردانی می‌شود.

۶- مراجع

[۱] باقرپور، ایمان، تثبیت خاک‌های ریزدانه به وسیله افزودن میکروسلیکا به همراه آهک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه مازندران ۱۳۸۱

[۲] باقریان، ابوالقاسم، تثبیت بستر راههای مازندران با استفاده از آهک و خاکستر پسته برنج، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران، ۱۳۸۲

[۳] شاپورطاحونی، اصول مهندسی ژئوتکنیک، جلد دوم، ۱۳۷۳

[۴] هاشمی طباطبایی، سعید، "استفاده از آهک جهت بهسازی خواص مقاومتی و تغییر شکل خاک‌های ریزدانه" مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ۱۳۸۶

[5] Acosta, H. Edil, T., and Benson, C. (2003). Soil stabilization and drying using fly ash.

نسبت به نمونه شاهد مشاهده شد؛ همچنین در نمونه ۷ روزه تحت تنش قائم ۱۰۰ تا ۹۰ درصد در نمونه 6L5F افزایش نسبت به نمونه شاهد مشاهده شد بویژه آن که قیمت پایین، استفاده از این مخلوط را مقرون به صرفه می‌کند.

(۲) با توجه به نتایج به دست آمده، بالاترین مقاومت مربوط به ترکیب ۵ درصد آهک و ۵ درصد خاکستر بادی است و اضافه کردن مقدار بیشتر خاکستر بادی باعث کاهش مقاومت نسبت به حالت بالا خواهد شد.

(۳) افزودن آهک و خاکستر بادی به خاک باعث کم شدن تغییر شکل پذیری نمونه شده و نمونه تردتر می‌شود.

(۴) نتایج حاصل تأثیر زیاد خاکستر بادی بر پارامترهای مقاومت برشی خاک را نشان می‌دهد؛ به گونه‌ای که در نمونه ۲۸ روزه چسبندگی بیشترین افزایش را به مقدار ۷۵۰ درصد در نمونه 6L5F نشان می‌دهد. همچنین زاویه اصطکاک داخلی در نمونه 28 روزه 5L5F بیشترین افزایش را نسبت به نمونه شاهد دارد. همچنین در نمونه‌های ۷ روزه شاهد افزایش چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی هستیم و بیشترین افزایش معادل با ۶۰۰ درصد و ۴۰ درصد افزایش به ترتیب در چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی مربوط به 6L5F است.

(۵) افزودن آهک و خاکستر بادی به خاک باعث افزایش حد روانی می‌شود به طوریکه بیشترین افزایش مربوط به 6L7F با ۴۲ درصد افزایش است.

(۶) افزایش زمان به علت تکمیل واکنش پوزولانی باعث افزایش مقاومت خاک و پارامترهای مقاومت برشی خاک می‌شود به طوریکه بیشترین افزایش در مقاومت تحت تنش قائم ۱۰۰kpa مربوط به 5L5F با ۳۳ درصد و بیشترین تأثیر بر چسبندگی خاک مربوط به 4L5F (۸۵ درصد) و بیشترین تأثیر بر اصطکاک داخلی مربوط به 5L5F با ۱۸ درصد افزایش است.

- [10] Nicholson PG, Kashyap V, Fujii CF. Lime and fly ash admixture improvement of tropical Hawaiian soils. Transp Res Rec1994,1440:71
- [11] Nalbantog˘lu Z. Effectiveness of Class C fly ash as an expansive soil stabilizer, Const Build Mater 2004; 18(6):377–381.
- [12] Parabakar J, Dendorkar N. Influence of fly ash on strenght behavior of typical soils. Construction and Building Materials 18 (2004) 263–267
- [13] Sherwood, P. T. Soil Stabilisation with Cement and Lime. State-of-the-Art Review, HMSO, LondonUK, 1993.
- [14] Sezer A, _Inan G, Yılmaz HR, Ramyar K. Utilization of a very high lime fly ash for improvement of Izmir clay. Build Environ 2006;41(2): 150–5.
- [15] Andic. O, K. ramyar, O. Korkut. Effect of fly ash addition on the mechanical properties of tile adhesive. Construction and building material 19 (2008) 564-569.
- Geoengineering Rep.No.03-03, Dept. of civil and environmental engineering, univ. of wisconsin- madison, madison, wis.
- [6] Bell, F.G., 1988, Stabilization and treatment of clay soils with lime, part 1, Basic principles, Ground Engineering, Vol.21, pp 10- 15.
- [7] Cokca, E. (2001). Use of class c fly ashes for the stabilization of an expansive soil. J. geotech. geoenviron. eng, 127(7), 568-573
- [8] Jagannath Mallela , Harold Von Quintus, P.E. , Kelly L. Smith " Cosideration of Lime-Stablized Layer In Mechanistic-Emprical Pavement Design " The National Lime Association, 200 North Glebe Road Suite 800,Arlington, Virginia 22203. June 2004.
- [9] Mackennon, JT. Method for stabilizing clay bearing soils by addition of silica and lim international application published under the patent coomeration treaty, publication number: wo 94/06884(1994).

«Research Note»

Study of the Effect of Lime and Percentage of Lime and Flyash Aggregate on the Physical and Mechanical Properties of Fine Grained Soils

O. Bandehzadeh^{1*}, M. H. Davoudi², M. F. Astaneh³

1- Ph.D.student, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Isfahan

2- Lecturer in geotechnical Engineering

3- Lecturer in geotechnical Engineering

omidsaze@yahoo.com

Abstract:

A geotechnical engineer may sometimes encounter fine-grained clay soils. Improvement of the engineering properties of those soils is necessary in order to achieve suitable construction sites. One of the methods for soil modification is to use additives, which are economically justifiable as well as being abundantly produced and accessible. Lime is one of the additives that results in reinforcement of the soil through Pozzolanic reactions. But in case that the soil consists of sulfate ions or when a stabilized soil becomes prone to sulfate water, then the presence of lime not only does not decrease the swelling of the stabilized layer, but also it acts to the contrary and causes the increase in swelling and reduces the strength. Addition of fly ashes reduces the destructive effects of the sulfates (such as bulk increase and cracking) and increases the abatement of carbonation in a soil stabilized by lime or cement while rising the PH level of the aggregate and calcium ion, which results in expedient pozzolanic reaction. This article discusses the impact of fly ash addition on the geotechnical properties of soil and lime aggregate.

The ML soil was used in this study with various percentages of fly ash and a given percentage of lime. Then the effect of fly ash on lime and soil aggregate was studied through shear strength and Atterberg limits tests. These tests were performed for 7-day and 28-day saturated specimens of different percentages so that a set of diverse fly ash and lime aggregates would be tested. The results represent the extraordinary impact of fly ash on the shear strength as the 28-day samples showed a 138% increase while the 7-day samples had a 90% rise. Also the cohesion parameter was increased up to 700% in the 28-day samples while it showed a 600% rise in the 7-day samples. The internal friction angle also showed a significant increase, especially since the low price of fly ash makes it economically advantageous. This article would at least be useful for rehabilitation of problematic soils and for application of novel results and technologies in the geotechnical engineering.

Keywords: Fly ash, Lime, Fine-grained soil, Atterberg limits, Shear strength