نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۰، ص. ۲۳۹-۲۳۰

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No.2, May-Jun 2011, p. 230-239

بررسی تاثیر افزایش ماسه‌بادی و آهک بر روی خصوصیات مقاومتی خاکهای رسی

مهدی دریائی[۱*]- سید محمود کاشفی‌پور[۲]

تاریخ دریافت:۸۸/۶/۲۱
تاریخ پذیرش:۸۹/۱۰/۱۸

چکیده

نظر به اهمیت خاک در پروژه‌های عمرانی از قبیل زیرسازی جاده‌ها، پوشش کانالهای آبیاری و سازه‌های مرتبط با آن و غیره، بهسازی خاک جهت بهبود خصوصیات فیزیکی و مکانیکی آن مدت‌های طولانی مورد علاقه متخصصین ژئوتکنیک بوده است. در این خصوص روش‌های مختلفی از جمله مخلوط کردن خاک با مصالح دیگر مانند آهک یا سیمان مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به اینکه مخلوط کردن خاک، تنها با آهک یا سیمان ممکن است خصوصیات مقاومتی لازم برای اجرای پروژه را در بر نداشته باشد، لذا امروزه علاوه بر این مصالح از مصالح و مواد افزودنی دیگر مانند ماسه و یا مواد پلیمری استفاده می‌شود. در این تحقیق تاثیر افزایش ماسه‌بادی بر روی خصوصیات مقاومتی مخلوط خاک-آهک مورد بررسی قرار گرفته است. خاک در نسبت‌های اختلاط مختلف به صورت همزمان با درصدهای صفر، ۳، ۵، ۷ و ۹ آهک و صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد ماسه‌بادی مخلوط و در هر نسبت اختلاط اقدام به تهیه نمونه با استفاده از روش تراکم استاتیکی گردید. نمونه‌ها بعد از قرار گرفتن در ۳ دوره نگهداری ۷، ۱۴ و ۲۸ روزه در شرایط اشباع و دمای ۲۵ درجه سانتیگراد مورد آزمایش تک‌محوری قرار گرفتند. برخی از مهمترین نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد افزایش ماسه‌بادی به تنهایی تاثیر اندکی در خصوصیات مقاومتی خاک دارد. اما کاربرد ماسه‌بادی با آهک می‌تواند خصوصیات آن را به نحو چشمگیری افزایش دهد. ماکزیمم مقاومت فشاری و مدول الاستیسیته خاک در نسبت اختلاط ۷ درصد آهک و ۱۰ درصد ماسه‌بادی حاصل شد.

واژه های کلیدی: خاک رس، آهک، ماسه‌بادی، مقاومت فشاری، مدول الاستیسیته

مقدمه

با توجه به توسعه چشمگیر اقدامات سازه‌ای و ساختمان‌سازی در ایجاد فرودگاه‌ها، تونل‌های زیرزمینی، احداث اسکله‌های عظیم، بزرگراهها، احداث سدها و سازه‌های مربوط به آنها، شبکه‌های عظیم آبیاری و زهکشی و ... نیاز به مصالح ساختمانی تا حد زیادی افزایش پیدا کرده است. بر این اساس امروزه استفاده از مصالح جایگزین که از نظر مهندسی کیفیتی بالاتر از مصالح مورد استفاده در گذشته داشته و همچنین از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر است مورد توجه زیادی قرار گرفته است. از جمله مهمترین مصالحی که در پروژه‌های مختلف عمرانی مانند احداث کانال‌های خاکی، سدهای خاکی و دایک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد خاک است. توجه به این موضوع که خاک نمی‌تواند تمام خصوصیات مقاومتی مورد نیاز برای پروژه را در بر داشته باشد، اهمیت استفاده از روش‌های متفاوت برای بهبود شرایط خاک را روشن می‌سازد (۲). خاک رس به نحو گسترده‌ای در اکثر پروژه‌های عمرانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. خاکهای رسی مخصوصا خاکهای رسی نرم دارای خواص خمیرایی بالایی می‌باشند و افزایش رطوبت باعث کاهش مقاومت برشی، مقاومت فشاری و تغییر حجم آنها می‌گردد (۱). این خصوصیات که غالبا خسارات جبران ناپذیری به سازه وارد می‌کند، اهمیت بهسازی خاک را آشکار می‌سازد. از جمله روش‌هایی که برای بهبود خصوصیات فیزیکی و ژئوتکنیکی خاک رس به صورت دائمی انجام می‌گیرد، استفاده از مخلوط آهک و خاک رس می‌باشد. آهک طی انجام یک سری واکنش‌های شیمیایی با ذرات رس خصوصیات این خاک را تا حد زیادی بهبود می‌بخشد. به عنوان مثال مقاومت خاک رس را تا حد قابل قبولی افزایش داده و از نفوذپذیری آن تا حد زیادی می‌کاهد. به صورتی که می‌توان از این مخلوط برای زیرسازی جاده‌ها با ترافیک سبک، جاده سرویس کانالهای انتقال آب، افزایش پایداری شیب‌های جانبی جاده و جلوگیری از نشت آب در زیر جاده استفاده کرد. در صورتی که در منطقه احداث سازه خاک رس وجود داشته باشد، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر است که با بهسازی خاک رس موجود و استفاده از

۱و۲- دانشجوی دکتری و دانشیار گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: (Email:mehdi.daryaee@yahoo.com

آن، از مصالح دیگر حتی‌المقدور برای احداث سازه استفاده نشود. در بعضی مواقع مقاومت ناشی از افزودن آهک به خاک رس به تنهایی نمی‌تواند جوابگوی نیازهای پروژه باشد و به مقاومت بیشتری نیاز است. لذا علاوه بر آهک می‌توان از مواد و مصالح دیگری نیز استفاده کرد. از جمله موادی که امروزه به این منظور استفاده می‌شوند مواد شیمیایی هستند که کاربرد وسیعی دارند. ولی نظر به این‌که ممکن است در پروژه‌های عظیم استفاده از این مواد مقرون به صرفه نباشد، در بسیاری از کارهای اجرایی جهت بالا بردن مقاومت مخلوط خاک رس و آهک از مصالح دیگر مانند شن و ماسه استفاده می‌شود. نظر به وجود منابع قرضه ماسه‌بادی در صورت استفاده از آن می‌توان تا حد قابل توجهی در هزینه‌های اجرایی پروژه صرفه‌جویی کرد.

هدف از این تحقیق بررسی تغییرات مقاومت فشاری و مدول الاستیسیته مخلوط خاک رس و آهک توسط افزودن ماسه‌بادی می‌باشد. به این معنی که با افزودن درصدهای مختلف ماسه‌بادی چه تغییری در مقاومت و مدول الاستیسیته مخلوط خاک رس و آهک صورت می‌گیرد. از جمله اهداف دیگر این تحقیق تعیین نسبت اختلاط بهینه از آهک و ماسه‌بادی همراه خاک رس می‌باشد که در این نسبت اختلاط خاک بهسازی شده توسط این دو ماده افزودنی، بیشترین مقاومت محوری و مدول الاستیسیته را از خود نشان می‌دهد.

شروع بررسی علمی استفاده از مواد افزودنی به خاک رس جهت بهبود خصوصیات مقاومتی آن به سال ۱۹۶۰برمی‌گردد. در آن زمان با افزودن آهک یا سیمان به خاک رس مشاهده شد که خصوصیات مقاومتی خاک رس از جمله مقاومت برشی و مقاومت فشاری آن تا حد زیادی بهبود می‌یابد. بعد از آن تحقیقات گسترده‌ای توسط دانشمندان ژئوتکنیک در مورد تاثیر مواد افزودنی دیگر به خاک‌ها به ویژه خاک رس صورت پذیرفت. دیامونـد (۷) با مطالعه در مورد خصوصیات مقاومتی خاک‌های رسی بهسازی شده به این نتیجه رسید که می‌توان از این خاک‌ها برای زیرسازی باند فرودگاه‌ها، ساخت سدهای خاکی و همچنین در نقاطی از سازه‌های آبی که امکان فرسایش وجود دارد استفاده کرد. شن (۵) در مورد میزان آهک مورد نیاز برای تثبیت خاک‌های رسی مطالعاتی انجام داد و به این نتیجه رسید که محدوده آهک مورد نیاز برای تثبیت خاک‌های رسی بین ۲ تا ۸ درصد می‌باشد. میشل (۱۰) با مطالعه بر روی خصوصیات تراکمی خاک‌های اصلاح شده به این نتیجه رسید که اگر فاصله زمانی بین تهیه نمونه و انجام آزمایش تراکم وجود داشته باشد، منجر به کاهش مقاومت محوری می‌شود. انجمن تحقیقاتی و اطلاعاتی ساخت صنعتی (۶) با تحقیق بر روی تاثیر تاخیر در متراکم کردن خاکهای مخلوط شده با مواد افزودنی به این نتیجه رسید که هرگونه تاخیر در متراکم کردن بعد از مخلوط کردن خاک با مواد افزودنی، مانع از رسیدن چگالی آن به مقدار حداکثر خود بعد از تراکم می‌شود. هیموند (۸) در مورد بهسازی و افزایش مقاومت خاک‌های رسی تثبیت شده با آهک مطالعاتی را انجام داد و به این نتیجه رسید که مقاومت مخلوط خاک رس و آهک به حدی است که می‌توان از آن جهت تثبیت شیب جانبی کانال‌ها و همچنین جهت پی‌سازی در سازه‌هایی که بار وارده از آنها به پی زیاد نمی‌باشد استفاده کرد. اوسینوبی (۱۱) مطالعاتی در مورد تاثیر نیروی تراکم و تاثیر خاکستر و آهک بر روی خصوصیات تراکم و مقاومت محوری خاک رس انجام داد و به این نتیجه رسید که بالاترین مقاومت محوری زمانی حاصل می‌شود که بلافاصله بعد از مخلوط شدن خاک رس با آهک عمل تراکم صورت پذیرد. همچنین به این نتیجه رسید که نمونه تهیه شده مقاومتی در حد زیرسازی جاده با ترافیک سبک را دارا می‌باشد. کومار و همکاران (۹) در مورد تاثیر خاکستر آتشفشان، آهک و فیبرهای پلی‌استر بر روی خصوصیات تراکم و مقاومتی خاک‌های متورم شونده مطالعاتی انجام دادند. مقاومت فشاری محدود نشده نمونه‌های ۷روزه،۱۴روزه و ۲۸روزه برای مخلوط خاک رس و آهک و خاکستر آتشفشان همواره از مقاومت فشاری محدود نشده برای نمونه‌هایی که فاقد خاکستر آتشفشان می‌باشد بیشتر است. همچنین به این نتیجه رسیدند که فیبرهای پلی‌استر مقاومت مخلوط خاک، آهک و خاکستر آتشفشان را تا حد قابل قبولی افزایش می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات خاک مورد استفاده

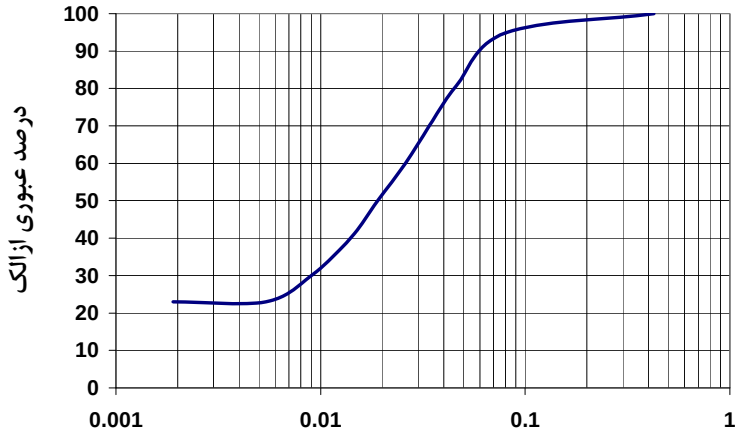
مشخصات	مقادیر
درصد رس	۲۳
درصد لای	۷۱
درصد ماسه	۶
حد روانی (LL)	۳۱/۹
حد خمیری (PL)	۲۰/۴۴
شاخص خمیری (PI)	۱۱/۴۶
حد انقباض (SL)	۱۲/۵۱
رده‌بندی در سیستم متحد (USCS)	CL
رده‌بندی در سیستم آشتو (AASHTO)	A-6
نشانه گروه (GI)	۱۱
وزن واحد حجم خشک ماکزیمم (Kg/m^3)	۱۸۲۸
رطوبت اپتیمم (٪)	۱۶/۸
مقاومت فشاری محصور نشده (KN/m^2)	۴۸
رنگ	قهوه‌ای

مواد و روش ها

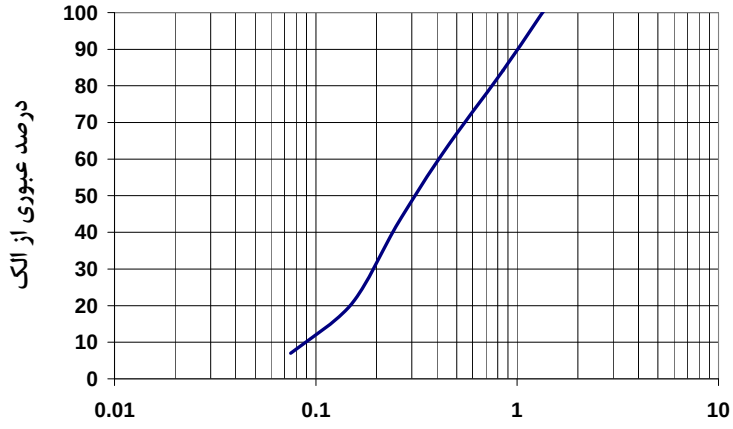
این تحقیق در آزمایشگاه تحقیقاتی مکانیک خاک دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز انجام پذیرفت. نمونه خاک از محل منبع قرضه خاک رس که در اکثر پروژه‌های مهندسی استان استفاده می‌گردد، تهیه گردید. این منبع قرضه در منطقه سویسه واقع در مسیر اهواز-آبادان به طول جغرافیایی $48^{\circ}37'31''$ و عرض

جغرافیایی $31^{\circ}9'36"$ واقع شده است. شکل ۱ منحنی دانه‌بندی خاک را نشان می‌دهد و خصوصیات مقاومتی وشیمیایی آن مطابق با استانداردهای موجود تعیین و در جداول ۱ و ۲ به صورت خلاصه ارائه شده‌اند (۴). ماسه‌بادی مورد استفاده در این تحقیق از یکی از منابع قرضه استان تهیه شد. این منبع قرضه واقع در منطقه شیخاوده به طول جغرافیایی $48^{\circ}36'29"$ و عرض جغرافیایی $31^{\circ}29'18"$ واقع شده است. منحنی دانه‌بندی ماسه‌بادی در شکل ۲ نشان داده شده است.

نمونه‌های مورد آزمایش از ترکیب خاک رس منطقه، آهک و ماسه بادی تهیه گردیدند. درصدهای مورد استفاده برای آهک صفر،۳، ۵، ۷ و ۹ و برای ماسه‌بادی صفر، ۱۰،۵ و ۱۵ درصد در نظر گرفته شد. بنابراین در مجموع تعداد ۲۰ نمونه تهیه گردید.



شکل ۱- منحنی دانه‌بندی خاک



شکل ۲- منحنی دانه‌بندی ماسه‌بادی

جدول۲ - خصوصیات شیمیایی خاک

خصوصیات شیمیایی	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	CL^-	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	Na^+
مقدار (meq/l)	۸۳	۴	۰/۶	۶۰	۱۰	۲۴	۰/۳۳	۱۱۴

برای اینکه بتوان تاثیر مواد افزودنی را بررسی نمود، حالتی از خاک بدون هیچگونه اصلاحی نیز تهیه و مورد آزمایشات مختلف قرار گرفت. درصدهای آهک و ماسه‌بادی در این تحقیق بر اساس درصدهای مصالح افزوده شده موجود در مطالعاتی که در گذشته جهت بهسازی خاک انجام شده بود انتخاب گردید (۵،۷،۹،۱۰و ۱۱).

جهت تهیه نمونه‌ها برای انجام آزمایش تک‌محوری ابتدا لازم است در هر نسبت اختلاط، آزمایش تراکم برای تعیین وزن واحد حجم خشک ماکزیمم و رطوبت اپتیمم انجام شود. آزمایش تراکم پروکتور استاندارد مطابق با استاندارد ASTM D 698 انجام شد (۴). همچنین یک قالب فلزی جهت ساخت نمونه‌هایی به صورت استوانه، به ارتفاع ۱۰ سانتیمتر و قطر داخلی ۵ سانتیمتر طراحی و یک چکش برای متراکم کردن نمونه درون قالب مطابق شکل ۳ طراحی و ساخته شد. مطابق استانداردهای موجود (۴)، نسبت ارتفاع به قطر نمونه بایستی برابر ۲ باشد.

وزن واحد حجم برای هر نسبت اختلاط با استفاده از رابطه وزن واحد حجم خشک تعیین شد. با توجه به ابعاد قالب، حجم قالب تعیین و با استفاده از وزن واحد حجم بدست آمده برای هر نسبت اختلاط، مقدار مخلوط خاک، آهک و ماسه‌بادی که برای تهیه هر نمونه با نسبت اختلاط معین باید در قالب ریخته و کوبیده شود برآورد شد. مطابق استانداردهای موجود و بر اساس آزمایش تراکم انجام شده (۴)، نمونه‌ها باید در سه لایه کوبیده شوند. لذا مقدار برآورد شده مخلوط خاک، آهک و ماسه‌بادی که باید برای هر نسبت اختلاط درون قالب ریخته شود به سه قسمت مساوی تقسیم و در هر مرحله یک قسمت درون قالب ریخته شد. سپس با استفاده از چکش تراکم و دستگاه آزمایش تک‌محوری هر لایه با دور ثابت ۱/۵ میلیمتر در دقیقه تا حدی که یک سوم از قالب تراکم را پر کند، متراکم شد. لایه‌های بعدی نیز به همین صورت متراکم شدند. ازجمله مشکلات موجود در تهیه نمونه، چسبیدن خاک به بدنه قالب بود که باعث شکستن نمونه در هنگام خروج آن از قالب می‌شد. برای حل این مشکل از یک طلق نازک استفاده شد.

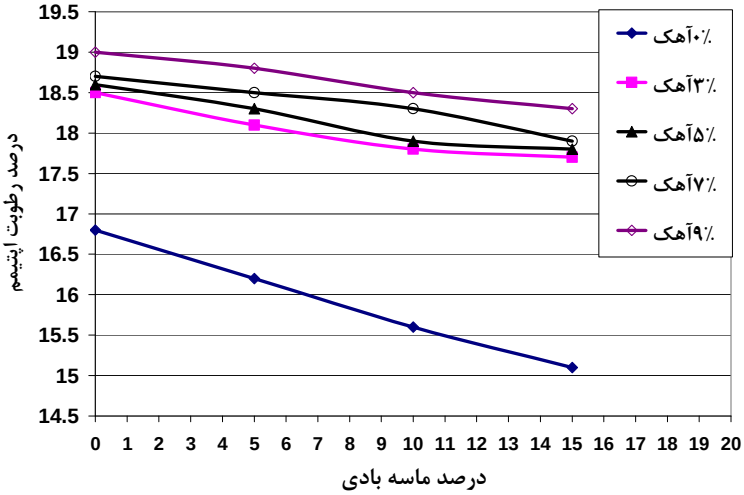
مطابق با استانداردهای موجود نمونه‌ها در دوره نگهداری باید در شرایط رطوبت اشباع و دمای ۲۵ درجه سانتیگراد نگهداری شوند (۴). برای ایجاد این شرایط از دستگاه ژرمیناتور استفاده گردید. این دستگاه قادر به تنظیم میزان رطوبت و دما می‌باشد. در این تحقیق دوره‌های نگهداری ۷روزه،۱۴روزه و ۲۸روزه برای نمونه‌ها در نظر گرفته شد. سپس آزمایش تک‌محوری مطابق با استاندارد ASTM D 2166-85 انجام شد (۴). برای انجام این آزمایش هر نمونه بعد از دوره نگهداری موردنظر، از شرایط نگهداری (رطوبت اشباع و دمای ۲۵ درجه سانتیگراد) خارج شده و قبل از انجام آزمایش مطابق با استانداردهای موجود به مدت ۲ ساعت خارج از شرایط نگهداری قرار داده شد. سپس در دستگاه آزمایش تک‌محوری با دور ثابت ۱/۵ میلیمتر در دقیقه تحت بارگذاری قرار گرفت. برای جلوگیری از بروز خطا در تعیین مقاومت محوری هر نمونه، با هر نسبت اختلاط ۳ نمونه ساخته شد. این ۳ نمونه تحت بارگذاری قرار گرفت و میانگین مقاومت محوری حاصل از این ۳ نمونه به عنوان مقاومت محوری در آن نسبت اختلاط در نظر گرفته شد. همچنین با توجه به نمودار تنش-کرنش در هر نسبت اختلاط، مدول الاستیسیته برای آن نسبت اختلاط تعیین شد.

نتایج و بحث

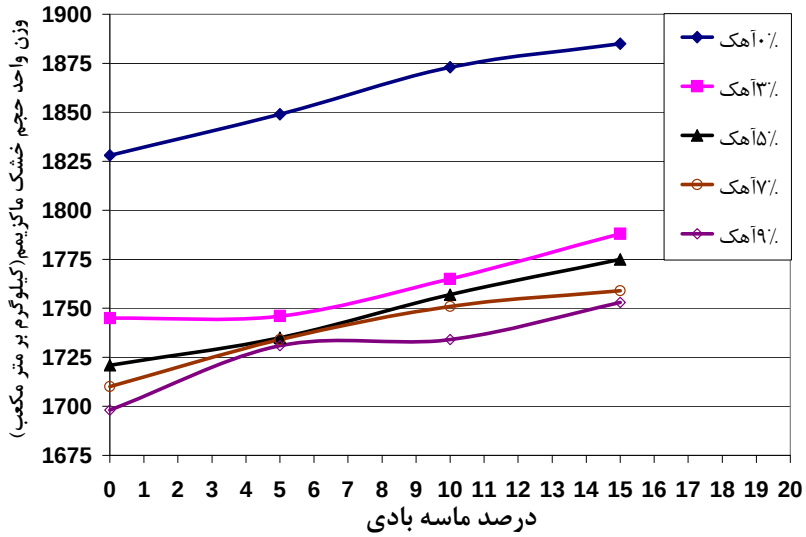
نتایج آزمایش تراکم برای نسبت‌های اختلاط مورد نظر

آزمایشات تراکم بر روی مخلوط خاک با نسبتهای اختلاط مختلف از آهک و ماسه‌بادی انجام پذیرفت که خلاصه نتایج حاصل از این آزمایشات (درصد رطوبت اپتیمم و وزن واحد حجم خشک ماکزیمم) در شکلهای ۴ و ۵ آمده است.

شکل۳- قالب و چکش جهت تهیه نمونه‌ها



شکل ٤- روند تغییرات رطوبت اپتیمم و میزان افزایش ماسه در نسبت‌های مختلف اختلاط آهک



شکل۵- روند تغییرات وزن واحد حجم خشک ماکزیمم با افزایش ماسه در نسبت‌های اختلاط مختلف آهک

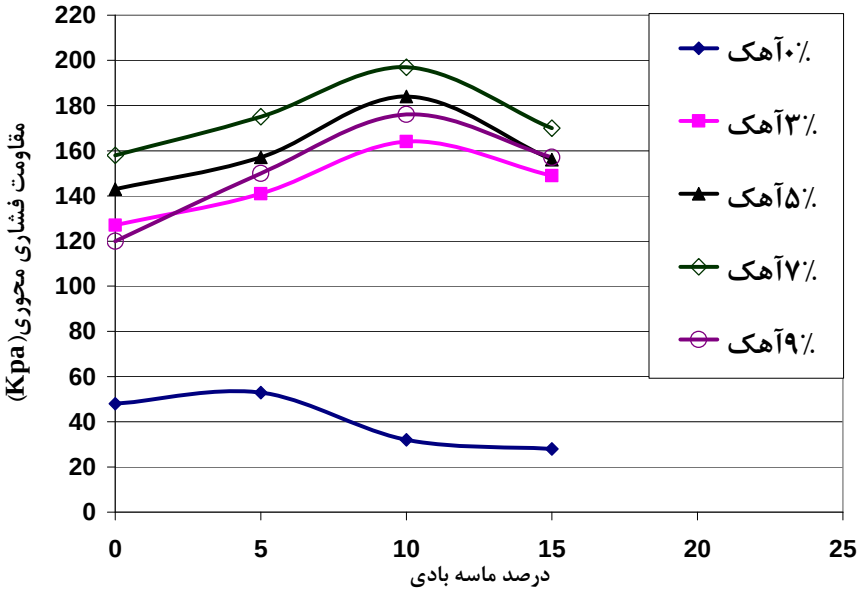
با توجه به شکل۴ مشاهده می‌شود که با افزایش درصد ماسه‌بادی بدون حضور آهک کاهش بیشتری نسبت به حالتی که آهک اضافه می‌شود در رطوبت اپتیمم اتفاق می‌افتد. به عبارت دیگر شیب تغییرات رطوبت اپتیمم با حضور آهک به ازای افزایش درصد ماسه یکنواخت‌تر از حالتی است که آهک وجود ندارد. دلیل این امر فعل و انفعالات شیمیایی آهک می‌باشد. نظر به اینکه این فعل و انفعالات گرماگیر می‌باشند، لذا با افزایش میزان آهک در درصدهای ثابت ماسه‌بادی، درصد رطوبت اپتیمم نیز افزایش می‌یابد. از طرفی با توجه به شکل ۴ مشاهده می‌شود که در ۳، ۵، ۷ و ۹ درصد آهک، برای افزایش میزان ماسه تا ۱۵ درصد به ترتیب ۴/۵۲ درصد،۴/۵۳ درصد،۳/۷۶ درصد و ۳/۱۵ درصد کاهش در رطوبت اپتیمم صورت گرفت. همچنین با توجه به شکل ۵ مشاهده می‌شود که در صفر درصد آهک برای افزایش میزان ماسه تا ۱۵ درصد، ۳/۱۱ درصد، وزن واحد حجم خشک ماکزیمم افزایش می‌یابد. به همین ترتیب در ۳، ۵، ۷ و ۹ درصد آهک، برای افزایش میزان ماسه تا ۱۵ درصد به ترتیب ۱/۷۱ درصد، ۲/۹۵ درصد، ۲/۹۲ درصد و ۲/۹۴ درصد افزایش در وزن واحد حجم خشک ماکزیمم صورت گرفت.

نتایج حاصل از آزمایش مقاومت فشاری تک‌محوری

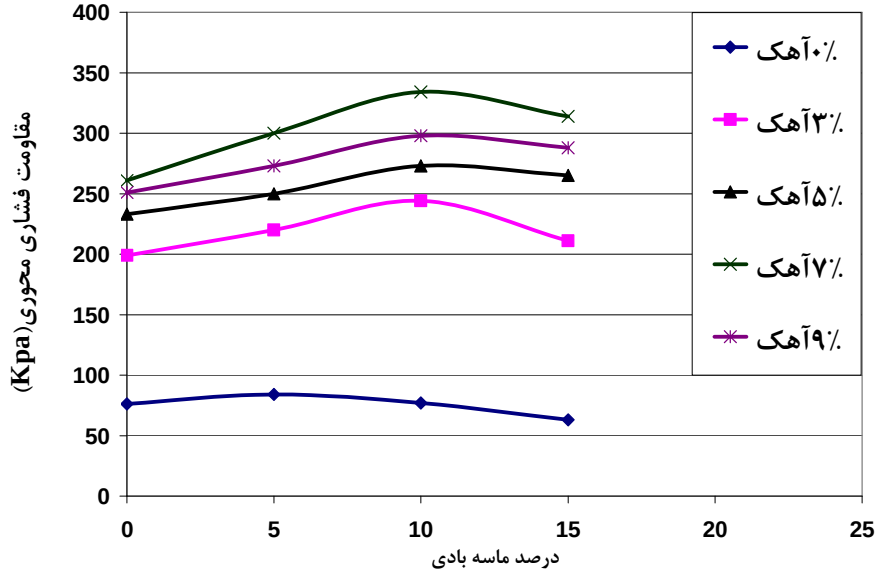
همانطور که عنوان شد، هدف اصلی از این تحقیق بررسی

تغییرات مقاومت محوری و مدول الاستیسیته خاک رس بهسازی شده با استفاده از آهک توسط افزودن ماسه‌بادی می‌باشد. نمونه‌ها بعد از سه دوره نگهداری ۷، ۱۴ و ۲۸ روزه مورد آزمایش تک‌محوری قرار گرفتند. نتایج حاصل به صورت زیر در شکل‌های۶،۷ و ۸ ارائه شده است.

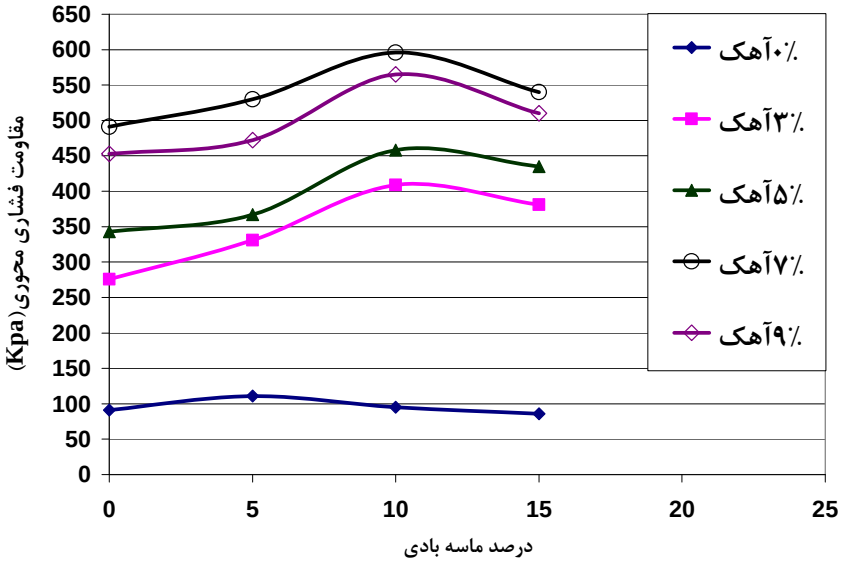
همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود برای افزایش ماسه تا ۵ درصد بدون حضور آهک، مقاومت خاک ۱۰/۴۱ درصد افزایش و با افزایش ماسه از ۱۰ تا ۱۵ درصد، ۴۷/۱۷ درصد مقاومت نسبت به حالتی که ماسه اضافه نشده است کاهش می‌یابد. دلیل این امر نیز به دلیل اصطکاک بین ذرات ماسه می‌باشد. اما با افزایش درصد ماسه به دلیل کاهش چسبندگی بین ذرات رس، از مقاومت آن کاسته می‌شود. همچنین مشاهده می‌شود که برای نمونه‌های ۷روزه در ۷درصد آهک و ۱۰ درصد ماسه‌بادی بالاترین مقاومت محوری حاصل شد.



شکل٦- تغییرات مقاومت فشاری محوری به ازای افزایش ماسه‌بادی در درصدهای ثابت آهک-نمونه‌های ۷ روزه



شکل۷- تغییرات مقاومت فشاری محوری به ازای افزایش ماسه‌بادی در درصدهای ثابت آهک-نمونه‌های ١٤ روزه

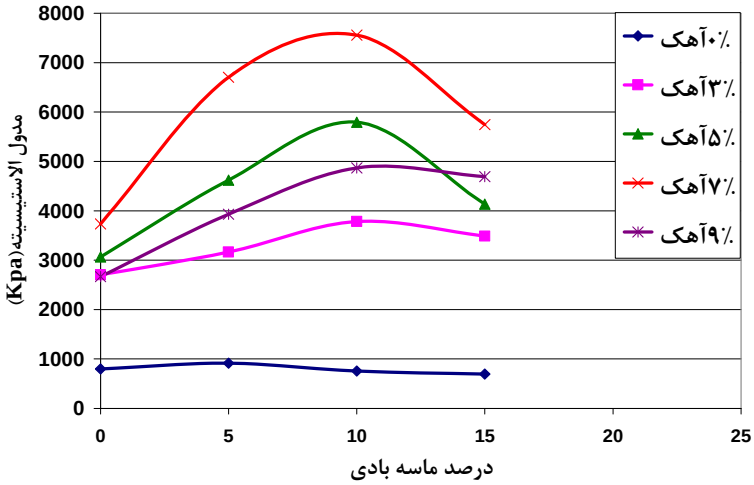


شکل۸- تغییرات مقاومت فشاری محوری به ازای افزایش ماسه‌بادی در درصدهای ثابت آهک-نمونه‌های ۲۸ روزه

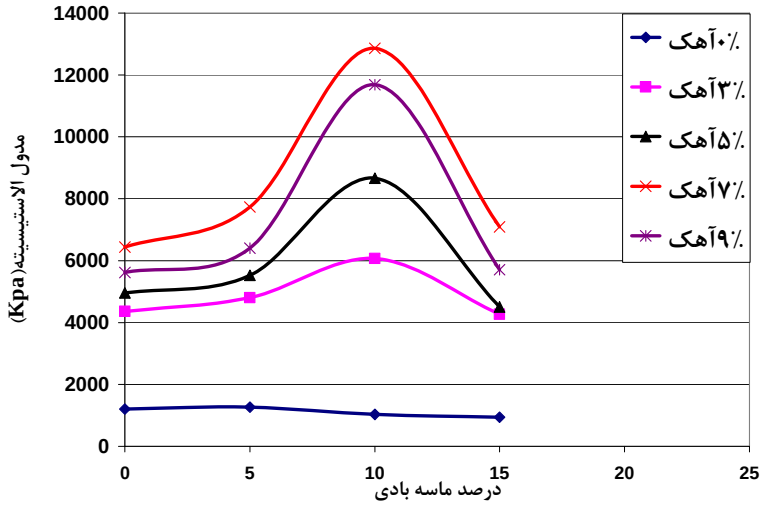
به طوریکه مقاومت خاک را از ۴۸ کیلوپاسکال به ۱۹۹ کیلوپاسکال یا به عبارت دیگر ۳۱۴/۵۸ درصد افزایش داد. دلیل این امر را می‌توان تاثیر همزمان چسبندگی ایجاد شده توسط آهک و اصطکاک بین ذرات ماسه‌بادی دانست. در حالی که با توجه به شکل (۶) بدون حضور ماسه‌بادی و تنها با افزودن ۷ درصد آهک، مقاومت محوری به میزان ۲۲۹/۱۶ درصد افزایش یافت.

با توجه به شکل ۷ برای نمونه‌های ۱۴روزه نیز در ۷درصد آهک و ۱۰ درصد ماسه‌بادی بالاترین مقاومت محوری حاصل شد. به طوریکه مقاومت خاک را از ۷۶ کیلوپاسکال به ۳۳۴ کیلوپاسکال یا به عبارت دیگر ۳۳۹/۴۷ درصد افزایش داد. حال آنکه برای افزایش آهک تا ۷ درصد بدون حضور ماسه‌بادی، مقاومت خاک ۲۴۳/۴۲ درصد افزایش می‌یابد.

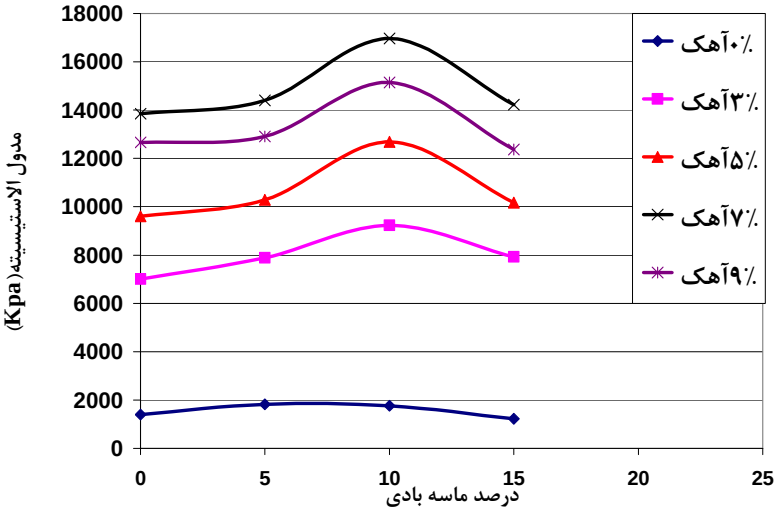
با توجه به شکل ۸ برای نمونه‌های ۲۸روزه نیز در ۷ درصد آهک و ۱۰ درصد ماسه‌بادی بالاترین مقاومت محوری حاصل شد. به طوریکه مقاومت خاک را از ۹۱ کیلوپاسکال به ۵۹۶ کیلوپاسکال یا به عبارت دیگر ۸۴۷/۳۱ درصد افزایش داد. حال آنکه برای افزایش آهک تا ۷ درصد بدون حضور ماسه‌بادی، مقاومت خاک ۴۳۹/۵۶ درصد افزایش می‌یابد.



شکل ۹- تغییرات مدول الاستیسیته به ازای افزایش ماسه‌بادی در درصدهای ثابت آهک-نمونه‌های ۷ روزه



شکل ۱۰- تغییرات مدول الاستیسیته به ازای افزایش ماسه‌بادی در درصدهای ثابت آهک-نمونه‌های ۱٤ روزه



شکل ۱۱- تغییرات مدول الاستیسیته به ازای افزایش ماسه‌بادی در درصدهای ثابت آهک-نمونه‌های ۲۸ روزه

نتایج حاصل از تعیین مدول الاستیسیته

از جمله پارامترهای مهم در ژئوتکنیک می‌توان به مدول الاستیسیته اشاره کرد. این پارامتر کاربرد زیادی در مهندسی ژئوتکنیک دارد که از آن جمله می‌توان به محاسبه نشست الاستیک (نشست آنی) اشاره کرد. برای بدست آوردن مدول الاستیسیته در این تحقیق از روش وتری که برابر با شیب خط واصل بین ابتدا تا نزدیکی لحظه شکست می باشد استفاده شد (۳). نتایج حاصل از تعیین مدول الاستیسیته در اشکال ۹،۱۰ و ۱۱ آمده است.

با توجه به اشکال ۹ تا ۱۱ مشاهده می‌شود که بیشترین مدول الاستیسیته در ۷ درصد آهک و ۱۰ درصد ماسه‌بادی برای نمونه‌های ۱۴،۷ و ۲۸ روزه حادث می‌شود.

برای نمونه‌های ۷روزه با توجه به شکل ۹ مدول الاستیسیته از ۸۰۰کیلونیوتن بر مترمربع به ۷۵۵۶ کیلونیوتن بر مترمربع رسید و یا به عبارت دیگر به میزان ۸۴۴/۵ درصد افزایش در آن صورت گرفت. حال آنکه با افزایش آهک تا ۷ درصد بدون حضور ماسه‌بادی، مدول الاستیسیته ۳۶۶/۵ درصد افزایش یافت.

برای نمونه‌های ۱۴روزه با توجه به شکل۱۰ مدول الاستیسیته از ۱۲۰۵کیلونیوتن بر مترمربع به ۱۲۸۶۳ کیلونیوتن بر مترمربع رسید و یا به عبارت دیگر به میزان ۹۶۷/۴۷ درصد افزایش در آن صورت گرفت. حال آنکه با افزایش آهک به میزان ۷درصد بدون حضور ماسه‌بادی، مدول الاستیسیته ۴۳۴/۱۰ درصد افزایش یافت.

برای نمونه‌های ۲۸روزه با توجه به شکل ۱۱ از ۱۴۰۰کیلونیوتن

بر مترمربع به ۱۶۹۶۰ کیلونیوتن بر مترمربع رسید و یا به عبارت دیگر به میزان ۱۱۱۱/۴۲ درصد افزایش در آن صورت گرفت. حال آنکه با افزایش آهک به میزان ۷درصد بدون حضور ماسه‌بادی، مدول الاستیسیته ۸۸۹/۲۸ درصد افزایش یافت.

سفت شدن شفته آهک به دلیل دو واکنش شیمیایی می‌باشد. واکنش اول که سریع اتفاق می‌افتد عبارت است از متراکم شدن ذرات خاک که به دلیل تبادل کاتیونهای موجود در سطح ذرات رس اتفاق می‌افتد. این واکنش باعث کاهش خاصیت تورم‌پذیری، انقباض و خمیری می‌شود. واکنش دوم که انجام آن ممکن است هفته‌ها، ماه‌ها و حتی در بعضی موارد سال‌ها به طول بیانجامد باعث کامل شدن خصوصیات شفته آهک از نظر مقاومتی می‌شود. سرعت این واکنش بسته به سرعت هیدراته شدن کانیهای سیلیکا و آلومینیا موجود در رس دارد (۱۱).

نتیجه‌گیری

هدف اصلی از این تحقیق بررسی تغییرات مقاومت محوری و مدول الاستیسیته خاک رس بهسازی شده با استفاده از آهک توسط افزودن ماسه‌بادی می‌باشد. نمونه‌ها بعد از سه دوره نگهداری ۷، ۱۴ و ۲۸ روزه مورد آزمایش تک‌محوری قرار گرفتند. مهمترین نتایج حاصل از این تحقیق به صورت زیر می‌باشد:

۱- افزودن آهک و ماسه‌بادی به صورت همزمان تغییر محسوسی در وزن واحد حجم خشک ماکزیمم و رطوبت اپتیمم نمونه‌ها ایجاد نمی‌کند.

۲- افزایش ماسه‌بادی به تنهایی تاثیری در افزایش میزان مقاومت محوری و مدول الاستیسیته ندارد.

۳- تاثیر افزودن آهک و ماسه‌بادی به صورت همزمان در افزایش میزان مقاومت محوری و مدول الاستیسیته خاک به مراتب بیشتر از تاثیر افزودن آهک به تنهایی در افزایش میزان پارامترهای فوق دارد.

۴- بالاترین میزان مقاومت محوری و مدول الاستیسیته در نسبت اختلاط ۷ درصد آهک و ۱۰ درصد ماسه‌بادی برای هر سه دوره نگهداری ۷، ۱۴ و ۲۸ روزه حادث شد.

۵- با توجه به ارزان بودن ماسه بادی در صورت استفاده از آن می‌توان تا حد قابل قبولی در هزینه‌های اجرای پروژه صرفه-جویی کرد.

سپاسگزاری

نویسندگان از واحد پژوهشی دانشگاه و دانشکده مهندسی علوم آب به دلیل در اختیار گذاشتن امکانات تشکر می‌نمایند. همچنین لازم است از سازمان آب و برق خوزستان (واحد تحقیقات و استانداردهای شبکه‌های آبیاری و زهکشی) به دلیل حمایت مالی تشکر و قدردانی گردد.

منابع

۱- ابن جلال ر. و شفاعی بجستان م. ۱۳۷۱. اصول نظری و عملی مکانیک خاک، انتشارات. دانشگاه شهید چمران اهواز. ۷۲۴ صفحه.

۲- عالی‌پور ر. ۱۳۸۵. بررسی پارامترهای فیزیکی و مکانی خاکهای رسی تثبیت شده با سیمان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳- فردیناند ب.، راسل ج.۱۳۸۲. مقاومت مصالح، ترجمه ابراهیم واحدیان،۵۳۱ صفحه.

4- Bowles J. 1992. Engineering properties of soils and their measurement, McGraw-Hill publication, 4th ed.

5- Chen F.H. 1975. Foundations on expansive soils, Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands.

6- Construction Industry Research and Information Association (CIRIA). 1989. Laterite in road pavements,TRRL,London, Spesial Publication 47.

7- Diamond S. 1975. Soil stabilization for erosion control. JHRPL.36-50H, Final Rep., JHRPL 75-20,Purdue and Indinia State Highway commission.

8- Hammond A.A. 1992. Manufacture and use of lime and pozzolana cements in Africa. Lime and other alternative cements, Neville Hill, Stafford Holmes, and David Mather, eds., Intermediate Technology Publications,London,U.K.,35-46.

9- Kumar A., Walia B.S., and Bajaj A. 2007. Influence of Fly Ash, Lime, And Polyester Fibers on Compaction and Strenght Properties of Expansive Soil, Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 19,No. 3,pp. 242-248.

10- Mitchel J.K. 1976. The properties of cement stabilized soils. Residential workshop on materials and methods for low cost road, rail and reclamation works, Australia.

11- Osinubi K.J. 2006. Influence of comp active efforts on lime-slag treated tropical black clay, Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 18,No. 2,pp. 175-181.

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No.2, May-Jun 2011, p. 230-239

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۰، ص. ۲۳۹-۲۳۰

Investigation of the Effect of Adding Soft Sand and Lime on Strength Properties of Clay Soils

M. Daryaee[1*]- S.M. Kashefipour[2]
Received:12-9-2009
Accepted:8-1-2011

Abstract

Due to the importance of using clay soil in many constructive projects such as, road foundation, irrigation canals and related hydraulic structures and etc., improvement of the physical and mechanical soil properties has been the main interest of the geo-technique specialists for years. In this regard different methods such as mixing clay soil with lime or cement have been used. It has been found that adding some other materials such as polymeric material and sand can more improve the properties of clay-lime mixture. In this research the effect of adding soft sand on the clay-lime properties has been investigated. The soil sample was mixed with 0%, 3%, 5%, 7%, and 9% of lime and 0%, 5%, 10% and 15% of soft sand, and totally a number of 20 samples were provided. The samples after maintaining under three periods including, 7, 14 and 28 days, saturation conditions and temperature of 25°C were tested with the unconfined compressive strength instrument. The main results of this research showed that adding only soft sand to the soil could not improve the soil properties, but using it with lime could significantly improve the soil geotechnical properties. It was found that the best mixture for the highest unconfined compressive strength and elasticity module is the a mixture of original soil with 7% and 10% of lime and soft sand respectively.

Keywords: Clay soil, Lime, Soft sand, Unconfined compressive strength, Eelasticity module

1,2- PhD Student and Associate Professor, Hydraulic Structures Department, Water Sciences Engineering Faculty, Shahid Chamran University
(*-Corresponding Author Email: mehdi.daryaee@yahoo.com)