Archive of SID

بررسی رفتار تراکمی خاک های رمبنده اصلاح شده با آهک و خاکستر پوسته برنج

جواد حسن زاده میرکوهی

دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوتکنیک، گروه عمران، موسسه آموزش عالی وغیرانتفاعی شمس،

javad_h136664@yahoo.com

سینا زارع

دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوتکنیک، گروه عمران، موسسه آموزش عالی وغیرانتفاعی شمس

sinazare2012@gmail.com

امین زیوری

دانشجوی دکتری ژئوتکنیک، گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان

چکیده:

در زمین شناسی مهندسی، خاک رمبنده[1] (فروریزشی) خاکی ناپایدار، دارای ساختار سست، متخلخل و در حالت طبیعی غیراشباع است. این خاک ها در حالت خشک، مقاومت بالایی دارند اما در اثر اشباع شدن، ساختار آن ها فرو ریخته و دچار رمبندگی می شوند. ضرورت بررسی خاک‌های فروریزشی با توجه به گسترش نسبتاً وسیع این خاک‌ها و لزوم طراحی سدها، کانال‌های آبیاری و سایر ابنیه‌های فنی در این مناطق و نیز با توجه به توسعه شهر نشینی و لزوم گسترش برخی شهرهای بزرگ و احداث مناطق مسکونی، لوله‌های آب و فاضلاب و غیره بر روی این خاک‌ها اهمیتی دو چندان می‌یابد. برای تثبیت خاکهای لسی و اصلاح آن می توان از افزودنی های شیمیایی نظیر آهک، سیمان، انواع پوزولان ها استفاده نمود.

در این تحقیق از مخلوط آهک و خاکستر پوسته برنج برای تثبیت خاک استفاده شده است. آهک و خاکستر پوسته برنج در نسبتهای ۱ به ۱ و ۳ به ۲ با یکدیگرمخلوط شده و در درصدهای ۵ تا ۱۲/۵ درصد به خاک افزوده و در زمانهای ۷، ۱۸و ۲۸ روز عمل آوری شدند. اثر تغییرات درصد آهک- خاکستر پوسته برنج و زمان عمل آوری بر روی خصوصیات تراکمی با انجام آزمایش های تراکم اصلاح شده بررسی شده است.

طبق نتایج آزمایش‌ها، اصلاح خاک با آهک- خاکستر پوسته برنج با افزایش درصد آهک- خاکستر پوسته برنج، باعث کاهش وزن مخصوص خشک خاک و افزایش رطوبت بهینه می شود، همچنین افزایش زمان عمل آوری نیز منجر به کاهش وزن مخصوص خشک خاک می شود.

کلمات کلیدی: تثبیت ، آهک- خاکستر پوسته برنج، دوره عمل آوری، خاک رمبنده

1) Collapsible soils

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در زمین شناسی مهندسی، خاک رمبنده (فروریزشی) خاکی ناپایدار، دارای ساختار سست، متخلخل و در حالت طبیعی غیراشباع است. این خاک ها در حالت خشک، مقاومت بالایی دارند اما در اثر اشباع شدن، ساختار آن ها فرو ریخته و دچار رمبندگی می شوند (قبادی ۱۳۸۵ ، حافظی مقدس ۱۳۹۰). در حالت خشک، سیمان شدگی طبیعی بین دانه ها و همچنین چسبندگی ذرات خاک، به علت پوششی از کانی های رسی عامل اصلی پیوستگی بین دانه ای است. اما به هر حال اشباع شدن این خاک ها باعث تخریب سیمان بین دانه ای و رها شدن کانی های رسی از ذرات سیلت می شود که خود عاملی برای ریزش ساختار خاک حتی بدون اعمال بار می باشد.

مطالعات زمین شناسی و ژئوتکنیکی خاک های فروریزشی لسی به موازات توسعه علوم در حال افزایش است، مسائل جدید نیازمند راه حل های جدید می باشند و فهم بنیادی خواص ژئوتکنیکی و رفتار مکانیکی این نوع خاک ها امری ضروری است. با توجه به پراکندگی نسبتاً وسیع خاک های لسی در ایران، و لزوم توسعه شهرها و در نتیجه احداث ابنیه های فنی نظیر سدها، کانا ل های آبیاری، لوله های آب و فاضلاب، راه، راه آهن و سایر ابنیه فنی با عنایت به تحقیقات اندکی که در ارتباط با مباحث ژئوتکنیکی خاک های لسی در کشور صورت گرفته، بطوریکه سهم ایران از منابع علمی و تحقیقاتی انتشار یافته در سطح جهان در زمینه خاک های رمبنده و مسائل آن در ایران ، بسیار ناچیز است، لزوم بررسی ویژگی های ژئوتکنیکی خاک های لسی در ایران خاصاً بکارگیری روش های بهسازی آن بیش از پیش آشکار می شود.

پدیده هایی چون رمبندگی، روانگرایی، واگرایی، رگاب، زمین لغزش، فرسایش، نشست، کارستی شدن از جمله مخاطراتی است که به نحوی بر حسب شرایط محیط و ویژگی های زمین شناسی، امکان بروز آن در لس ها وجود دارد(Hwang et al.,2000).

پراکندگی جمعیت در سطح استان گلستان نشان می دهد که نزدیک به ۵۰ درصد شهرها و بیش از ۸۰ درصد آبادی های استان بر روی لس ها و شبه لس ها بنا شده اند(رضایی،۱۳۹۲). در محدوده تحقیق فعالیت های صنعتی، کشاورزی و مهندسی به نوعی در ارتباط با لس ها قرار دارد بطوریکه مشاهده شده که فرونشست منازل مسکونی در روستاها و برخی از شهرها در اثر رمبندگی لس ها، تخریب پل ها و تغییر دائمی در تراز جاده ها و ایجاد قوس های طولی، آبشستگی زیر کانال های آبرسانی نمونه هایی از مخاطرات و مشکلات دیگر خاک های لسی بوده است.

مصالح مورد استفاده

خاک

با توجه به گستردگی پوشش لسی در استان گلستان(لس رسی، لس سیلتی و لس ماسه ای) شکل(۱) و با توجه به اینکه بیش از هفتاد درصد لس های استان گلستان از نوع لس سیلتی بوده و همچنین وجود روستاها و آبادی های فراوان بر روی آن، محل نمونه برداری شمال شهرستان گنبد که دارای خاک لس سیلتی می باشد تعیین شده است.پهنه بندی لس های استان با استفاده از یک نقشه کلی موجود بررسی می گردد و مقاطع تحقیق انتخاب و نمونه برداری و آزمایش انجام می شود.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل(۱) منطقه مورد مطالعه

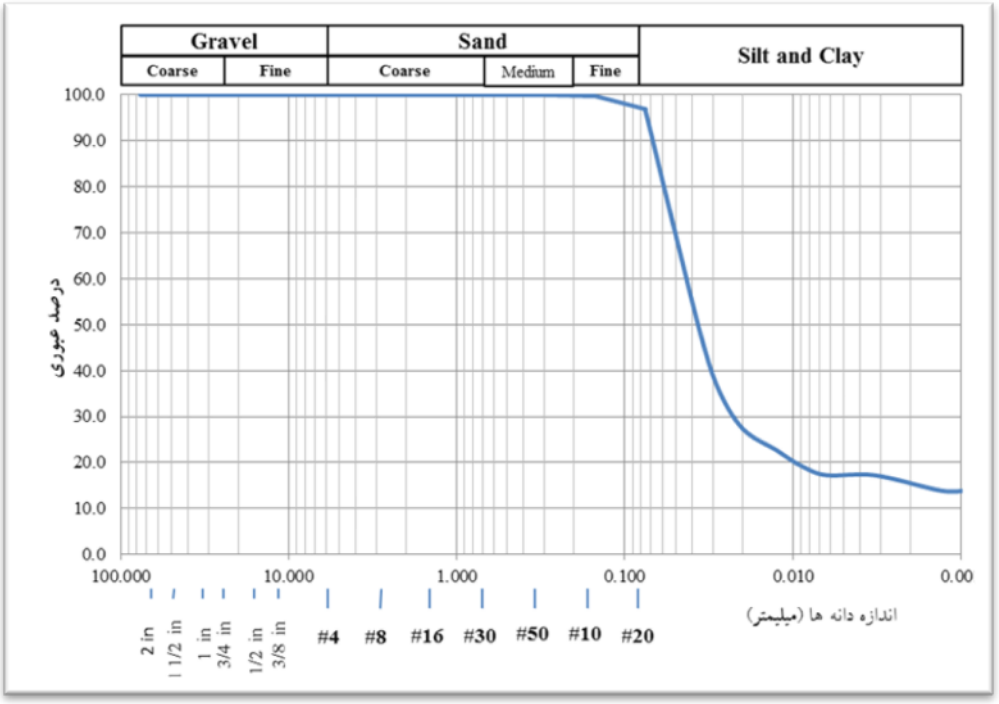
مشخصات فیزیکی خاک مورد مطالعه در جدول(۱) و همچنین نمودار دانه بندی خاک مورد مطالعه در شکل(۲) آورده شده است.

جدول(۱) مشخصات فیزیکی خاک شاهد

حد روانی (LL)	**۲۲**
حد خمیری(PL)	۱۷
شاخص خمیری(PI)	۵
وزن مخصوص ذرات جامد(Gs)	۲/۶۹
رنگ ظاهری	زرد نخودی
رده بندی خاک	CL-M

www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۲) نمودار دانه بندی خاک

آهک(Lime)

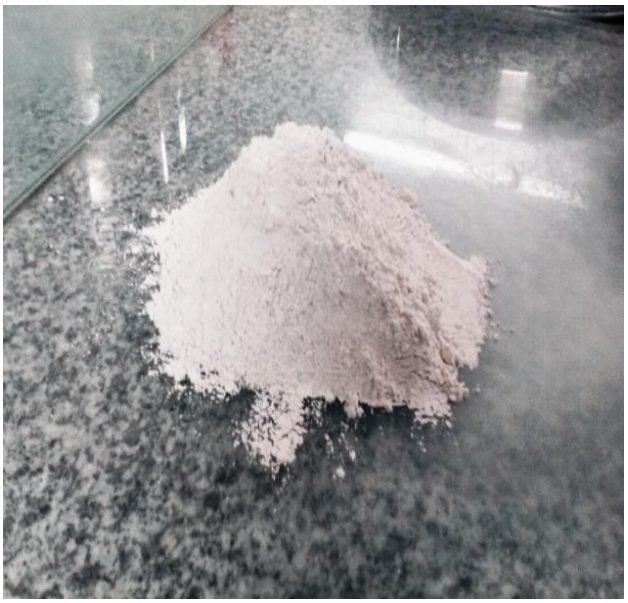
سال‌ها است که از انواع مواد آهکی با درجات خلوص مختلف برای تثبیت خاک استفاده شده است. متداولترین این مواد آهک شکفته، آهک شکفته دولومیتی، آهک زنده و آهک زنده دولومیتی است(طباطبایی، ۱۳۸۰).

آهک زنده به علت درصد بالای Cao تاثیر بیشتری در تثبیت و اصلاح خاک نسبت به آهک هیدراته یا شکفته دارد، ولی چون کارکردن با آهک هیدراته ایمن تر می باشد کاربرد آن در صنعت مرسوم تر است(حامی، ۱۳۶۸).

آهک مورد استفاده در این پژوهش آهک صنعتی شاهرود از نوع شکفته آن بوده که در کیسه های ۲۰ کیلوگرمی در بازار موجود می باشد. آهک فوق ابتدا از الک نمره ۲۰۰ عبور داده شده و سپس مورد استفاده قرار گرفت شکل(۳).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۳) نمونه آهک مورد استفاده

خاکستر پوسته برنج(RHA)[۲]

سالیان درازی است که نحوه استفاده از زایده‌های کشاورزی در صنعت با وجود مشکلاتی مانند جمع آوری و انبار کردن آن‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. زایده‌های کشاورزی به صورتی هستند که نمی‌توانند به عنوان مواد جایگزین مورد استفاده قرار گیرند بلکه خاکستر به‌دست آمده از سوزاندن آن‌ها مفید است. دو عامل در سوزاندن زایده‌های کشاورزی باید در نظر گرفته شوند که عبارتند از:

۱- خاکستر حاصل: نشان دهنده مقدار لازم زایده برای سوختن در محل است.

۲- عناصر شیمیایی متشکل: در خاکستر مقدار زیادی سیلیس وجود دارد که با آهک واکنش نشان داده و تشکیل سیلیکات کلسیم هیدراته با خاصیت چسبندگی می‌دهد، خاکستر به‌دست آمده شامل حداکثر ۱۰ درصد قلیایی، مقدار کمی اکسیدهای آهن و آلومینیوم، کلسیم، منیزیم به علاوه اکسیدهای عناصر کمیاب موجود در خاکی است که برای کشاورزی استفاده می‌شود(**رمضانپور، ماجدی، ۱۳۷۴**).

پوسته برنج مورد استفاده در این تحقیق از برنج محلی استان گلستان بدست آمده است که در فضای باز و به کمک وسایل اشتعال زا سوزانده شده و از مرکز توده سوخته شده خاکستر، شکل(۴) برداشته شده است. نتایج آزمایش XRF وPH روی خاکستر پوسته برنج در جدول (۲) آورده شده است. این خاکستر ابتدا از الک نمره ۲۰۰ عبور داده شده و سپس مورد استفاده قرار گرفت.

2) Rice husk ash

www.SID.ir

Archive of SID

شکل (۴) نمونه خاکستر پوسته برنج

جدول (۲) نتایج آزمایش XRF و PH خاکستر پوسته برنج

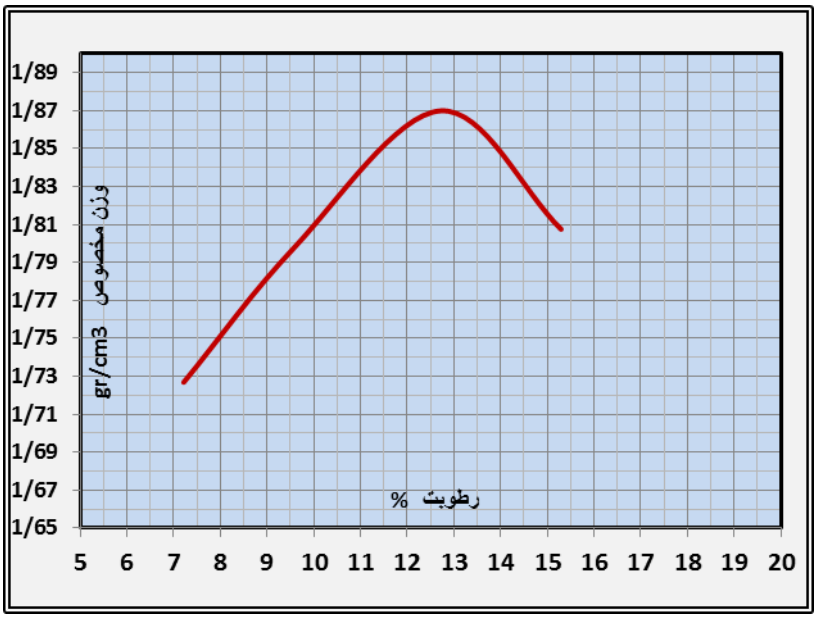
ترکیب	SiO_2	Al_2O_3	Na_2O	MgO	K_2O	TiO_2	MnO	CaO	P_2O_5	Fe_2O_3	SO_3	LOI	PH
%	۸٤،۷۱	۰،۷۸	۰،۱۷	۱،۰۸	۲،٤٦	۰،۱۰	۰،۰۷	۱،۸۵	۰،۸۱	۰،۹۸	۱،۸٤	٤،٦۱	۷

روش انجام آزمایش

دراین پژوهش از روش تراکم پروکتور اصلاح شده(ASTM D1557) برای انجام آزمایشات استفاده شده است. این استاندارد ارائه دهنده روش تراکم آزمایشگاهی به منظور تعیین ارتباط بین درصد رطوبت و وزن مخصوص خشک خاک ها (منحنی تراکم) می باشد. ابتدا نمونه خاک لس سیلتی بدون هیچگونه افزودنی مورد آزمایش تراکم آزمایشگاهی جهت بدست آوردن حداکثر وزن مخصوص خشک و درصد رطوبت بهینه مورد آزمایش قرار گرفت که منحنی تراکم درشکل(۵) آورده شده است. سپس به نمونه خاک مقادیر ۵ ، ۷،۵ ، ۱۰، ۱۲،۵ درصد ترکیب آهک و خاکستر پوسته برنج به نسبت های ۱به ۱ و۳به۲ برحسب وزن خشک خاک، اضافه و آزمایشات تراکم آزمایشگاهی برای هر نمونه بعد ازمدت زمان عمل آوری ۷،۱۸،۲۸روزه به صورت جداگانه انجام پذیرفت. برای آماده سازی نمونه ها جهت آزمایش ابتدا مقادیر آهک و خاکستر پوسته برنج را برحسب درصدهای فوق به نمونه خاک اضافه و خاک توسط همزن برقی با دور کند به مدت حداقل ده دقیقه هم زده شده و سپس به میزان ۱۸درصد رطوبت بهینه آب به آن اضافه شده و نمونه داخل محفظه های پلاستیکی شکل(۶) جهت انجام واکنش های شیمیایی قرار داده شده است. بعد از مدت زمان عمل آوری برروی نمونه ها آزمایشات تراکم آزمایشگاهی مطابق با استاندارد مربوطه انجام شده است.

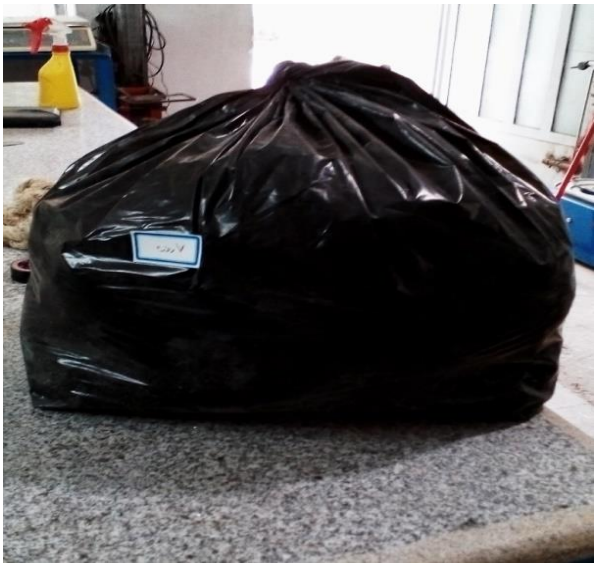
www.SID.ir

Archive of SID



رطوبت بهینه = ۱۲/۷ %	وزن مخصوص حداکثر = ۱/۸۷ gr/cm^2

شکل(۵) نمودار آزمایش پراکتور اصلاح شده خاک طبیعی بدون LRHA



شکل(۶) نحوه بسته بندی و نگهداری نمونه ها

www.SID.ir

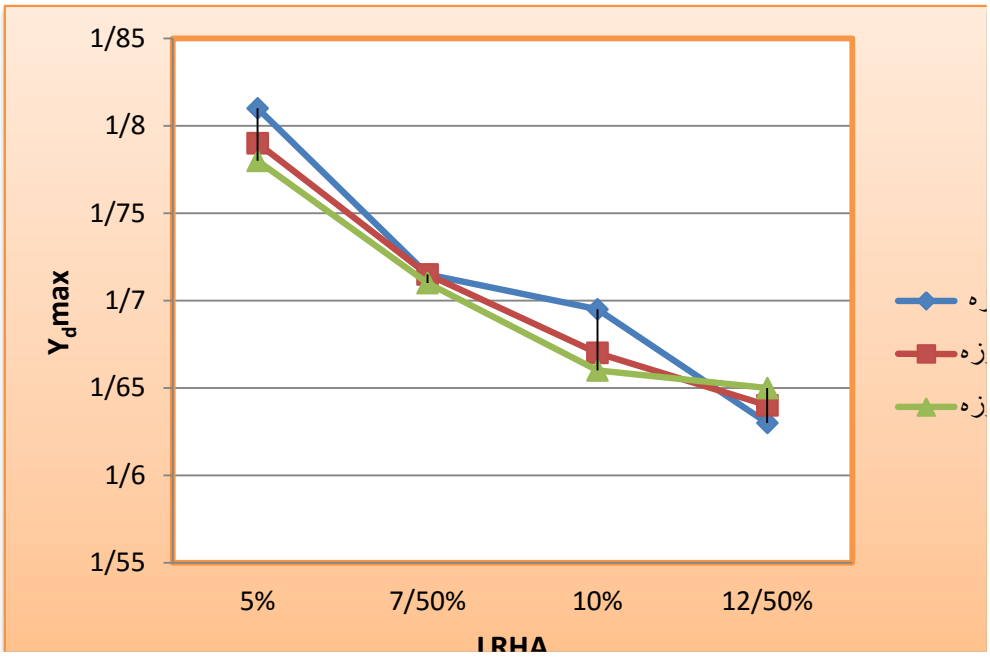
Archive of SID

ارائه نتایج

آزمایش تراکم اصلاح شده مطابق موارد مطروحه در استاندارد ASTM D 1557 بر روی تمامی نمونه ها انجام شد. شکل(۶تا۹) نتایج تغییرات وزن مخصوص خشک حداکثر ($\gamma_d max$) و رطوبت بهینه با افزایش درصد آهک- خاکسترپوسته برنج در زمان های عمل آوری مختلف و نسبت اختلاط ۱به۱ و ۳به۲ آهک و خاکستر پوسته برنج نسبت به خاک خالص را نشان می دهند.

با اضافه کردن مخلوط آهک- خاکستر پوسته برنج، کاهشی در وزن مخصوص خشک حداکثر ($\gamma_d max$) نمونه ها نسبت به خاک اصلی اتفاق می افتد و هر اندازه میزان آهک- خاکستر پوسته برنج مصرفی برای تثبیت خاک بیشتر باشد، مقدار این کاهش نیز بیشتر خواهد بود، علت این اتفاق می تواند به دلیل پایین بودن وزن مخصوص RHA و آهک نسبت به خاک و گیرش اولیه مخلوط در اثر اضافه کردن مواد افزودنی و عدم تراکم مناسب آن باشد. همین طور با افزایش زمان عمل آوری نمونه ها، حداکثر وزن مخصوص خشک مصالح کمتر خواهد شد، زیرا با گذشت زمان در اثر واکنش های پوزولانی بین آهک- خاکستر پوسته برنج و خاک، مواد سیمانی شده بیشتری در خاک تثبیت شده تشکیل می گردد. همچنین مشاهده می شود که با افزایش درصد آهک- خاکستر پوسته برنج رطوبت بهینه نمونه ها روند افزایشی دارد که علت آن می تواند به خاطر واکنش پوزولانی باشد که احتیاج به آب اضافه دارد.

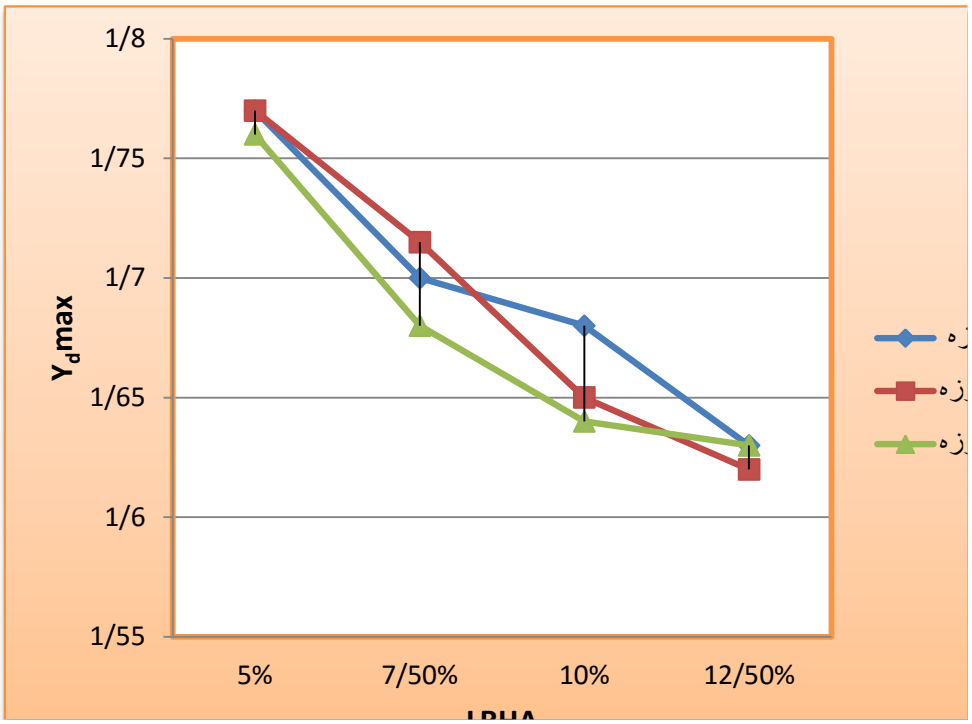
با بالا رفتن مدت زمان عمل آوری دیده می شود که رطوبت بهینه نمونه ها کاهش می یابد، حدس زده می شود که این اتفاق به علت کم شدن میل به جذب آب توسط دانه های رس اشباع شده از آهک و خاکستر پوسته برنج باشد. لازم به ذکر است روند کاهشی وزن مخصوص خشک حداکثر ($\gamma_d max$) و روند افزایشی رطوبت بهینه خاک لس در اثر اضافه کردن افزودنی هایی مانند آهک و خاکستر پوسته برنج توسط دیگر محققین نیز گزارش شده است.



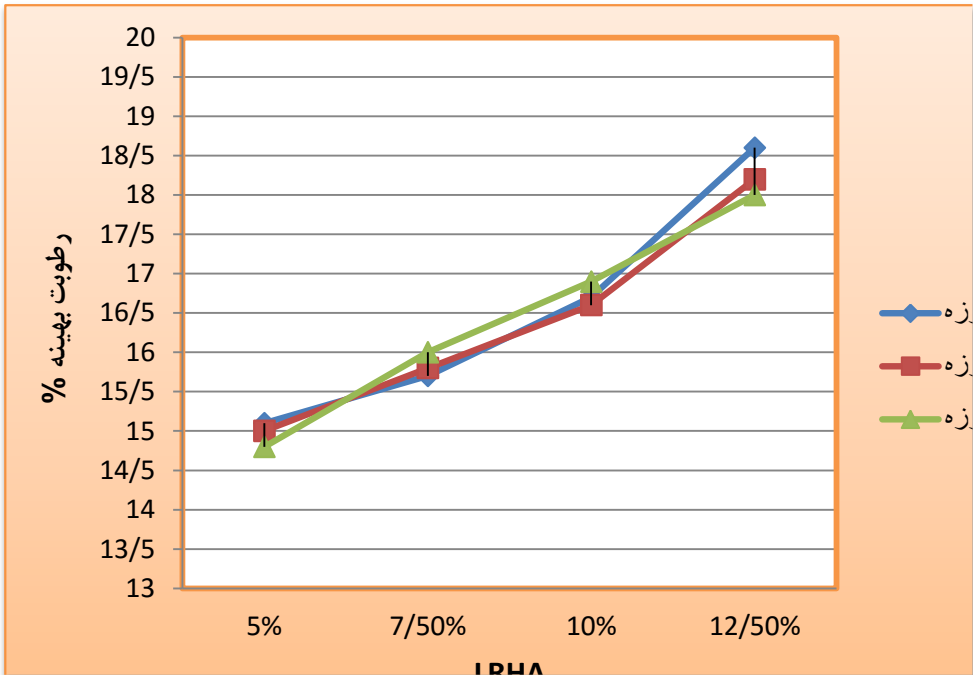
شکل(۶) نمودار تغییرات $\gamma_d$max با مخلوط LRHA به نسبت ۱به۱

www.SID.ir

Archive of SID



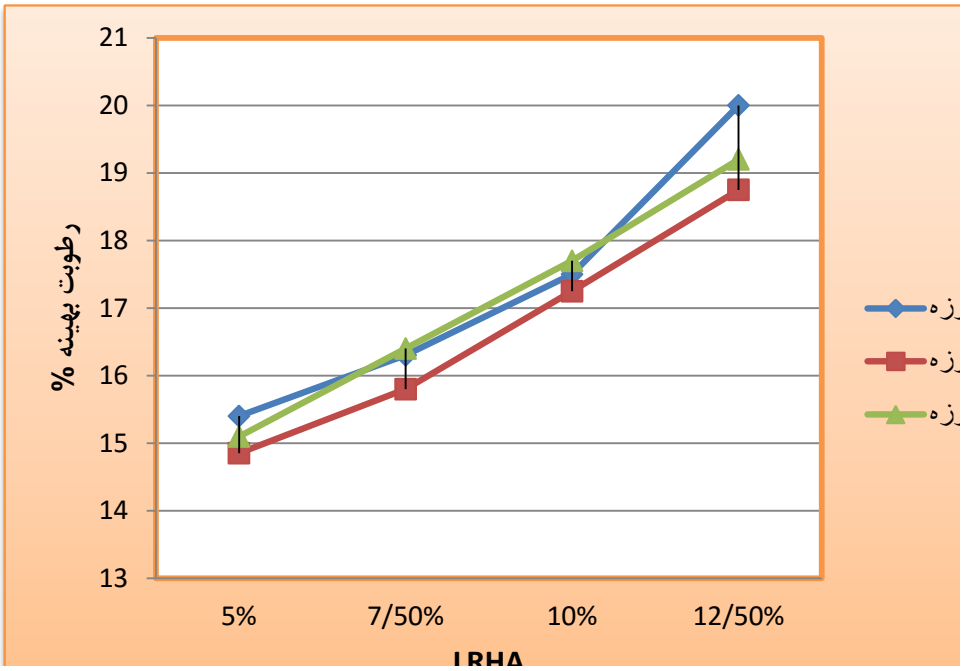
شکل(۷) نمودار تغییرات $\gamma_d$max با مخلوط LRHA به نسبت ۳به۲



شکل(۸) نمودار تغییرات درصد رطوبت بهینه با مخلوط LRHA به نسبت ۱ به ۱

www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۹) نمودار تغییرات درصد رطوبت بهینه با مخلوط LRHA به نسبت ۳به۲

نتایج

۱. با افزایش درصد اختلاط مخلوط آهک- خاکستر پوسته برنج در خاک، در مقایسه با خاک خالص وزن مخصوص خشک حداکثر نمونه ها کاهش و رطوبت بهینه نمونه ها افزایش می یابد.

۲. درصد تراکم نمونه های بهسازی شده با LRHA نسبت به خاک خالص با افزایش درصد افزودنی و زمان عمل آوری کاهش می یابد.

۳. با توجه به نتایج حاصله از آزمایشات تراکم بر روی نمونه های ساخته شده، افزودن مقدار ۱۰٪ آهک- خاکستر پوسته برنج و عمل آوری حداقل به مدت ۲۸ روز توصیه می گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱. حافظی مقدس ن.، نیکودل م، ر.، بهرامی ک.، ۱۳۹۰. ارزیابی قابلیت رمبندگی خاک های لسی حوزه قرناوه در شمال کلاله، استان گلستان. مجله انجمن زمین شناسی مهندسی ایران. جلد چهارم، شماره ۱ و ۲، صفحه ۳۹ تا ۴۶.

۲. رضایی، حامد، بررسی اثر تراکم دینامیکی و بارهای استاتیکی بر مقاومت برشی لس‌های استان گلستان، ۱۳۹۲، رساله دکتری رشته زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۳. طباطبایی، ا،روسازی راه، ۱۳۸۰، مرکز نشر دانشگاهی.

۴. حامی، ا، مصالح ساختماانی، ۱۳۶۸، انتشارات دانشگاه تهران.

۵. رمضانپور، ع، جعفرپور، ف، ماجدی، م،۱۳۷۴مصارف پوسته برنج و خاکستر آن در صنعت ساختمان، ۱۳۷۴، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

6. Mehta, P. K, Rice Husk Ash- A Unique Supplementary Material, Advance in Concrete Technology, 1992.

7. Jennings, J. E., Knight, K, Aguide to construction or with materials exhibiting additional settlement due to collapse of grain structure, 6th Regional Conference for Africa on Soil Menchanics & Foundation Engineering, Durban, South Africa, September, pp: 99- 105, 1975.

8. Hwang H., Wang L., Yuan Z. 2000. Comparison of liquefaction potential of loess in Lanzhou, China, and Memphis, USA.Soil Dynamics And Earthquake Engineering, 20: 389-395.

9. Derbyshirc, E, Geological hazards in loess terrains with particular reference to the loes regions of china, Earth- Science, Reviews, 54, pp: 31- 60, 2001.

10. Huangjing, S., Gasaluck, W, The Stabilization of Loess by Chemical Additives for Road Base, EJGE, 15, 1651- 1668, 2010.

11. Hwang H., Wang L., Yuan Z. 2000. Comparison of liquefaction potential of loess in Lanzhou, China, and Memphis, USA.Soil Dynamics And Earthquake Engineering, 20: 389-395.

www.SID.ir