



نهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران

دانشگاه علم و صنعت ایران
۳-۵ آذر، ماه ۱۳۸۳

بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی سیستم گل رس اصلاح شده با روغن بذرک (Linseed oil)

علیرضا مجرد^۱، حمید رحیمی^۱، سید محمد باقر علوی^۱
^۱ تهران پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، گروه کامپوزیت و چسب،
صندوق پستی: ۱۴۹۶۵/۱۵۵
Alirezamojarad@yahoo.ca

چکیده

در این پژوهش، نمونه‌هایی از خاک رس طبیعی با آب به روش‌های فیزیکی و مکانیکی تهیه، و خواص آنها بررسی شد. با افزایش در صد حجمی مشخصی از آب به خاک رس، بعد از خشک شدن گل رس در داخل آون در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد، میزان در صد جمع شوندگی، دانسیته و میزان ترک خوردگی، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهند که با افزایش درصد حجمی مشخصی از آب دانسیته، میزان جمع شوندگی، ترک خوردگی نمونه‌ها افزایش می‌یابد. همچنین در این تحقیق از روغن بزرک برای بهبود خواص فیزیکی و کاهش جذب آب استفاده شد. نتایج بیانگر آنست که بعد از جذب مقدار معینی از روغن بزرک، میزان جذب آب نمونه کاهش چشمگیری از خود نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: خاک رس، دانسیته، ترک خوردگی، جمع شوندگی، جذب آب و روغن بزرک

مقدمه

از زمان باستانی ترین تمدن ها، خاک بعنوان اصلی ترین ماده مصرفی مصالح ساختمانی مورد استفاده بوده است لیکن به سبب ناکافی بودن خواص فیزیکی و مکانیکی آن، طراحان با استفاده از فرآیندهای مکانیکی (نظیر تراکم و زهکشی)، فرآیندهای شیمیایی (نظیر تثبیت و تحکیم) و با قرار دادن عناصر مقاوم تسلیح، خواص آن را افزایش می دادند [۶]. در گذشته، غالباً از مسلح کننده های طبیعی جهت بهبود خواص مکانیکی خاک و سازه ها استفاده می شد، که از آن جمله می توان به استفاده از کاه در خاک های رسی جهت ایجاد مصالح ساختمانی، قرار دادن بخش های مختلف درختانی مانند نخل (شاخه و پوست و ...) در زیر سازه هایی که روی خاک های نرم بنا شدند و نظایر آن اشاره نمود [۶]. خاک از جمله ماده ای است که تقریباً در همه سازه ها مورد استفاده قرار می گیرد. توسعه سریع طرح های عمرانی در خشکی و دریا در حال حاضر ایجاب می کند که خصوصیات خاک ها و روش های بهبود ویژگی های آنها به دقت مورد بررسی و تحقیق قرار گیرند [۵]. با ساخت اولین دیوار توسط آندره کوین (۱۹۲۸) و سپس طرح ابتکاری هانری ویدال (Henry Vidal) به نام خاک مسلح (۱۹۶۳)، فلسفه طراحی و روش های محاسبه مربوط به بخش عمده ای از عملیات خاکی تغییر یافت. از آن پس، افزایش مقاومت باربری خاک و بهبود خواص مکانیکی آن در زمره تدابیر اساسی در آمد که در هنگام طراحی و محاسبه بسیاری از سازه ها باید در نظر گرفته می شد. البته شایان ذکر است که ایده بهبود خواص مکانیکی خاک از دیر باز مطرح بوده است و حتی در ساخت برخی از سازه های قدیمی تدابیری از این جهت انجام شده است که با بررسی مصالح ساخت آن ها به آسانی می توان تدابیر بکار رفته را مشاهده نمود. به عنوان مثال، حتی در زمانی که سیستم های طراحی و محاسبه هنوز به وجود نیامده بودند از خاک رس به عنوان مصالح اصلی بسیاری از سازه ها استفاده می شد. دست اندرکارن ساخت، با افزودن کاه به خاک رس مقاومت مصالح ساختمانی حاصل را افزایش می دادند. در نهایت برای بدست آوردن خواص بهینه از سازه های بر پایه ماتریس خاک رس، بایستی یک سری از خواص عمومی خاک رس، مورد بحث و بررسی قرار گیرد. امروزه برای بدست آوردن یک سازه مطلوب باید تمام شرایط گنجانده شود از جمله این پارامترهای بخصوص، شرایط آب هوایی، فرآورش و اقتصادی می باشد. بنابراین ساخت یک سازه مطلوب و ایده آل می طلبد که پارامترهای میزان ترک خوردگی، میزان درصد جمع شوندگی، در صد بهینه آب، دانسیته، زمان تخریب نمونه در شرایط محیطی مرطوب و مقدار انرژی لازم برای فرآورش آن مورد تحقیق و بررسی قرار گیرد تا با در نظر گرفتن این پارامترها بتوان یک سازه مهندسی با خواص مطلوب بدست آورد. هدف از این پژوهش تهیه گل رس اصلاح شده بعنوان یک ماتریس ایده آل در ساخت و سازه های متناسب با شرایط زیر بنائی کشور، بخصوص مناطقی که روی گسل های زلزله قرار گرفته اند، می باشد. نکته مهمی که در این پروژه قابل ذکر است بدست آوردن یک سیستم تقریباً مقاوم در برابر رطوبت است که با استفاده از روغن بذرك این ایده محقق می گردد.

تجربی

مواد

در این پژوهش از خاک رس تهیه شده از جنوب تهران، و روغن بذرك از محصولات موجود در بازار استفاده شده است.

دستگاه ها

از آون معمولی مدل JP20 ساخت شرکت ژاپنی برای پخت نمونه ها، از میکسر مدل NN- C2002W ساخت شرکت ژاپنی با ۲۰۰۰ دور درهر ثانیه برای مخلوط کردن نمونه ها استفاده شده است.

روشها

قالبگیری

قالبگیری این ترکیبات در فشار ۲ بار، دمای 150°C و زمان های متفاوت برحسب نمونه با فرمول بندی خاص، در قالب تفلونی به ابعاد $160 \times 2 \times 1$ mm انجام شد.

تهیه نمونه ها

در این مرحله با توجه به حجم نمونه و چگالی مواد اولیه مقدار هر ماده با توجه به فرمولبندی ارائه شده در جدول ۱ و ۲ توزین شد. برای اختلاط مواد هر فرمولبندی، سرعت مخلوط کن روی ۴۰۰ rpm و دمای بدنه مخلوط کن در ۲۵ درجه سانتیگراد تنظیم می شود. در کلیه آمیزه های تهیه شده مقدار خاک رس ثابت بوده فقط میزان آب تغییر یافته است. فرمولبندی پایه مورد استفاده در تهیه نمونه ها در جدول ۱ آمده است.

آزمون ها

کلیه آزمون های خواص فیزیکی مطابق روش های استاندارد ASTM انجام شده است. آزمون های خواص فیزیکی از قبیل دانسیته (ASTM D 854 – 92) جذب آب (ASTM D 1558 – 94) تعیین مقدار آب در خاک رس مرطوب (ASTM D 2216) روی ترکیبات قالبگیری شده انجام گرفت.

جدول ۱- فرمول بندی پایه برای تهیه نمونه های بر پایه گل رس. C: خاک رس، W: آب

کد نمونه	میزان در صد آب در ۱۰۰PHR	دانسیته (gr/cm^3)	خاک رس
C100W30	۳۰	۱.۹۰۶	۱۰۰
C100W35	۳۵	۱.۹۱۵	۱۰۰
C100W40	۴۰	۱.۹۲۲	۱۰۰
C100W45	۴۵	۱.۹۲۵	۱۰۰
C100W50	۵۰	۱.۹۲۹	۱۰۰
C100W55	۵۵	۱.۹۴۲	۱۰۰

و

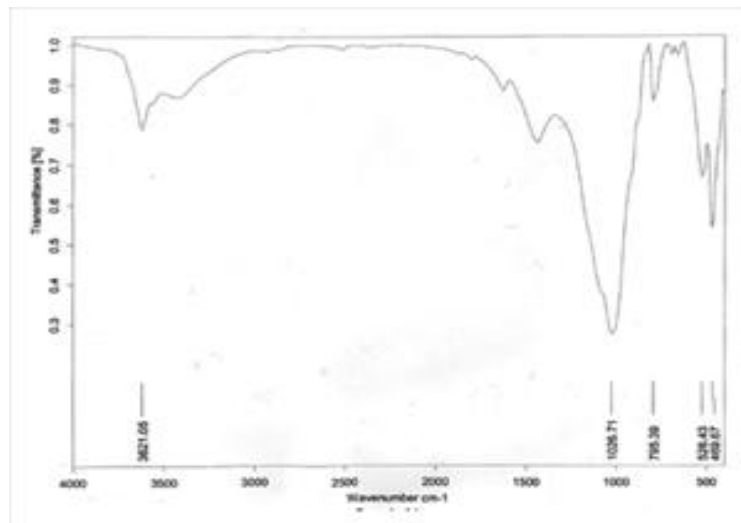
نتایج

بحث

شناسائی خاک رس

آزمون FT-IR

از نتایج حاصل از آزمون FT-IR مشخص می شود که خاک رس تهیه شده دارای انواع ناخالصی، اعم از ترکیبات مختلفی از اکسیدهای فلزی، کاتیون ها، آنیون ها و مولکول آب می باشد. بنابراین برای آنالیز کامل آن باید از دستگاههای مختلف تجزیه استفاده کرد. همان طور که مشاهده می شود، از طیف گرفته شده از روش آنالیز دستگاهی FT-IR چند گروه موجود در ساختار خاک رس شناسائی شده است [۱]. پیک های پایین تر از ناحیه موجی 1000 cm^{-1} پیک های خمشی ترکیبات مختلف خاک رس را نشان می دهند و یک پیک پهن با ارتفاع زیاد در ناحیه $1029/71\text{ cm}^{-1}$ نمایان شده که مربوط به SiO_2 یعنی لایه های تتراهدراال سیلیکات لایه ای خاک رس، و پیک دیگری در ناحیه 1500 cm^{-1} ظاهر گشته که مربوط به CaCO_3 و $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ می باشد و پیک ناحیه موجی 3500 cm^{-1} وجود پیوندهای OH روی لایه های سیلیکاتی را بطور کامل تصدیق می نماید که در تصویر ۱ طیف FT-IR خاک رس آورده شده است.

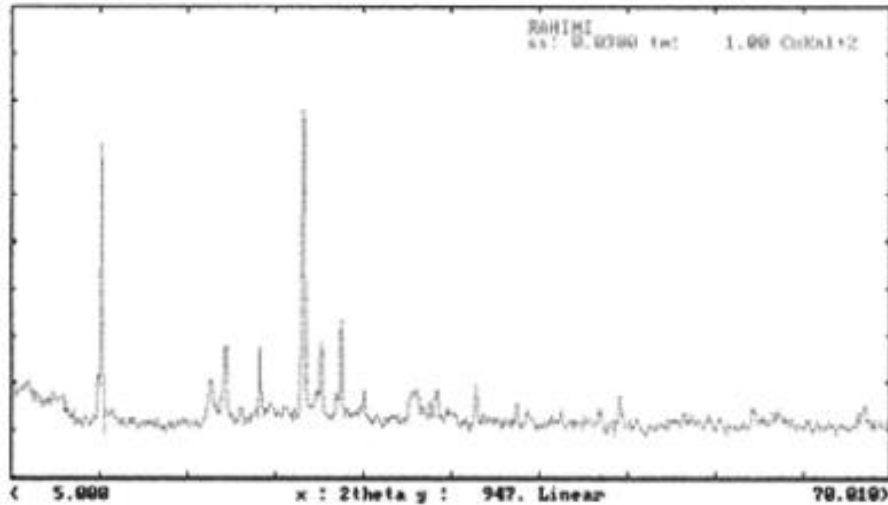


شکل ۱- طیف FTIR خاک رس طبیعی.

آزمون XRD

نتایج حاکی از آنست که در طیف گرفته شده از روش XRD دو تا پیک با شدت بیشتر ظاهر گشته است که پیک اولی مربوط به بخش کریستالی CaCO_3 و پیک دومی مربوط به وجود لایه های سیلیکات SiO_2 خاک رس است. در شکل زیر طیف XRD خاک رس نشان داده شده است. با توجه به نتایج حاصل از روش دیفراکسیون اشعه ایکس، ترکیبات موجود در ساختار خاک رس که در زیر آمده اند شناسائی شده است [۷].

- 1- SiO_2 2- $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 3- CaCO_3 4- $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

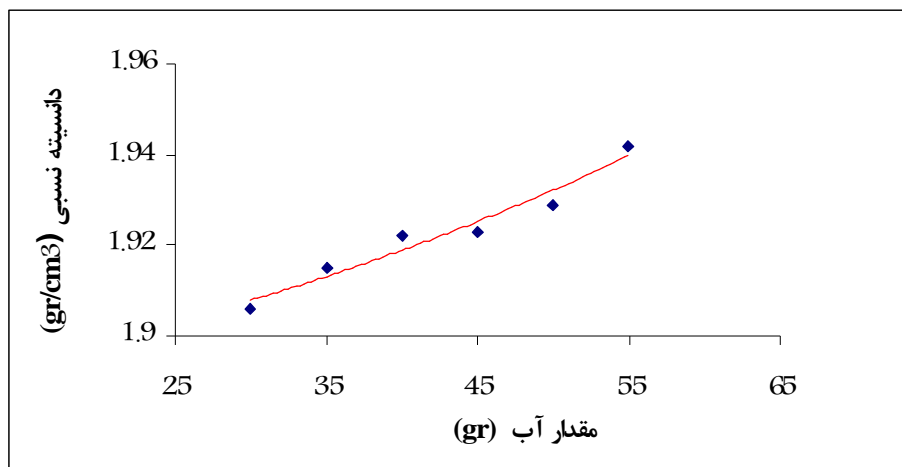


شکل ۲ - طیف XRD خاک رس تهیه شده از جنوب تهران.

بررسی خواص فیزیکی

بررسی دانسیته

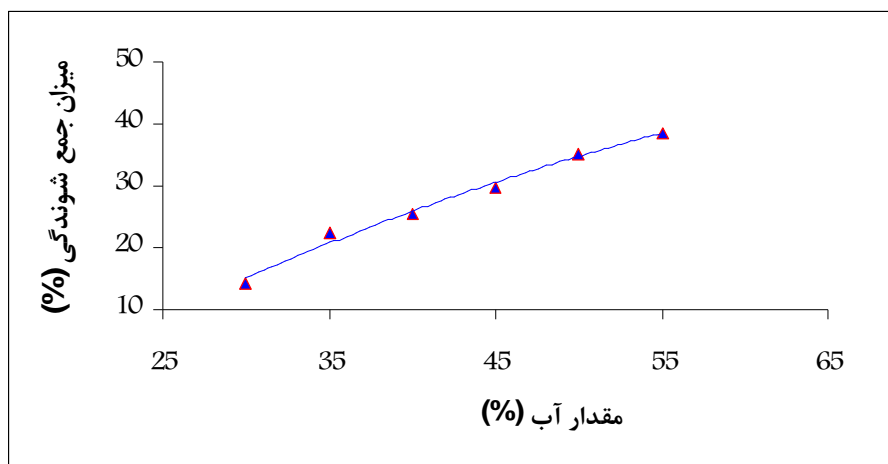
برای ارزیابی اثر میزان افزایش در صد آب بر چگالی خاک رس، چگالی نسبی خاک رس با افزایش آب از ۳۰ گرم تا ۵۵ گرم در ۱۰۰ PHR خاک رس، معین شد که نتایج آن در شکل ۳ آورده شده است. نتایج نشان می دهد که با افزایش میزان در صد حجمی آب، چگالی نمونه بر پایه خاک رس، افزایش می یابد و تطابق خوبی بین نتایج محاسباتی و تجربی وجود دارد. علت افزایش دانسیته نسبی، به افزایش فشردگی (Compaction) زیاد سیستم در اثر افزایش آب بر می گردد [۸ و ۳ و ۲].



شکل ۳ - چگالی گل رس با مقادیر مختلف آب بعد از خشک شدن در داخل آون.

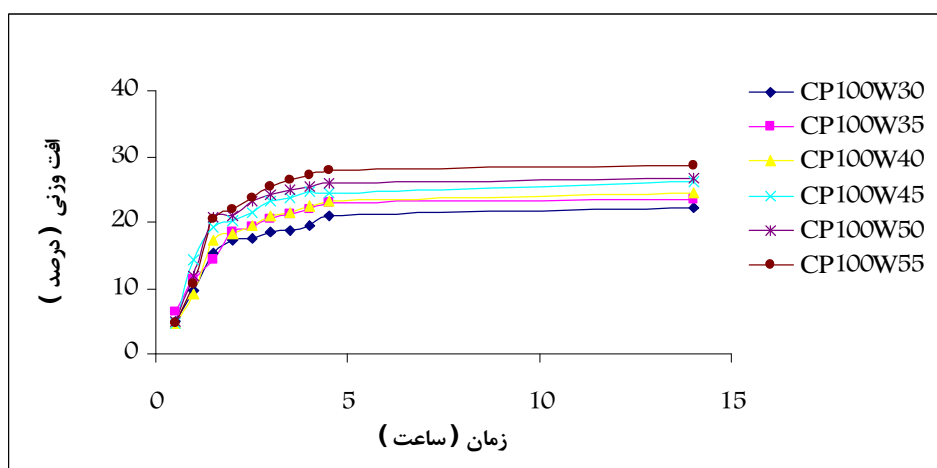
بررسی جمع شوندگی (Shrinkage)

یکی از مشکلات سیستم گل رس، جمع شوندگی زیاده از حد این ترکیبات پس از فرآیند خشک شدن، است. به همین منظور میزان جمع شوندگی آمیزه های مختلف گل رس، با درصد های مختلف آب اندازه گیری شد که نتایج آن در شکل ۴ آورده شده است. چنانچه دیده می شود با افزایش در صد حجمی مختلف آب، جمع شوندگی نمونه به میزان قابل توجهی افزایش می یابد، زیرا جمع شوندگی آمیزه خشک شده گل رس ناشی از تبخیر آب موجود در سیستم و یا بعبارتی کاهش حجم نمونه بعد از تبخیر آب در واحد حجم، می باشد [۲۸ و ۳۰].



شکل ۴- میزان جمع شوندگی سیستم گل رس پخت شده در داخل آون تحت دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد.

نتایج حاصل از شکل ۵ در صد افت وزنی برحسب زمان را برای نمونه های مختلف گل رس نشان می دهد. بدین ترتیب از روی منحنی شکل ۵ می توان نتیجه گیری کرد که افت وزنی برای نمونه هایی که دارای بیشترین در صد آب می باشند بیشتر می باشد.



شکل ۵ - تغییرات افت وزنی برحسب زمان برای سیستم گل رس با در صد های مختلف آب.

بررسی جذب روغن طبیعی (Linseed oil)

در این پژوهش از روغن طبیعی، جهت ایجاد یک لایه سطحی غیر قطبی بر روی سیستم کاملاً قطبی استفاده شده است این عملیات در داخل آون تحت دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد، بعد از سپری شدن ۶ ساعت زمان، و همچنین در شرایط محیطی با همان زمان غوطه وری در داخل روغن انجام یافته است. نتایج حاصل از بررسی های انجام شده نشان می دهند [۵]. که جذب روغن نمونه های بر پایه خاک رس در شرایط دمایی آون نسبت به شرایط محیطی، بیشتر است. چنانچه در جدول ۲ دیده می شود، آمیزه CP100W30 هم در شرایط محیطی و هم در داخل آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد از بیشترین مقدار جذب روغن برخوردار است. همچنین از داده های جدول زیر مشخص می گردد که میزان جذب روغن در داخل آون بیشتر از شرایط محیطی می باشد. بنابراین مقدار جذب آب نمونه های داخل آون نسبت به نمونه های قرار گرفته در شرایط محیطی کمتر می باشد. و به عبارتی از هم پاشیدن نمونه در شرایط محیطی نسبت به شرایط دمایی آون زودتر تحقق می یابد.

جدول ۲- خواص جذب روغن برای دو شرایط مختلف (آون، محیطی) نمونه های بر پایه گل رس. C: خاک رس، W: آب

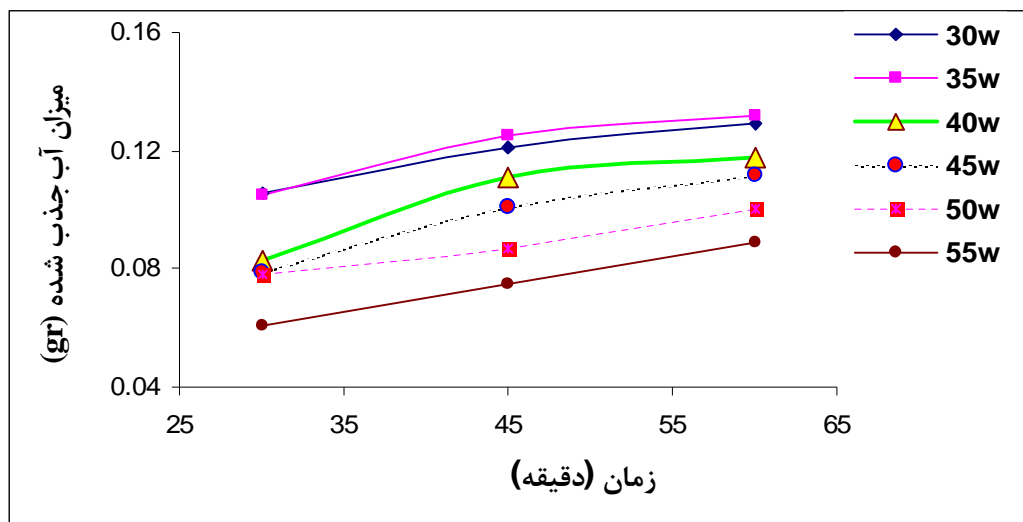
کد نمونه	میزان جذب روغن (gr) بعد از ۶ ساعت در داخل آون تحت دمای ۱۰۰°C	میزان جذب روغن (gr) بعد از ۶ ساعت در شرایط محیطی
C100W30	۰،۸۸۶	۰،۵۵۷
C100W35	۰،۸۵۱	۰،۵۳۴
C100W40	۰،۸۹۳	۰،۵۳۰
C100W45	۰،۷۹۴	۰،۵۲۱
C100W50	۰،۷۲۰	۰،۵۰۸
C100W55	۰،۶۱۳	۰،۴۹۲

از نتایج حاصل از بررسی های انجام شده مشخص می شود که میزان جذب آب نمونه های بر پایه خاک رس روغن جذب کرده در شرایط دمایی آون، کمتر از نمونه های روغن جذب کرده در شرایط محیطی می باشد.

جدول ۳ - خواص جذب آب نمونه های بر پایه گل رس روغن جذب نموده در داخل آون.

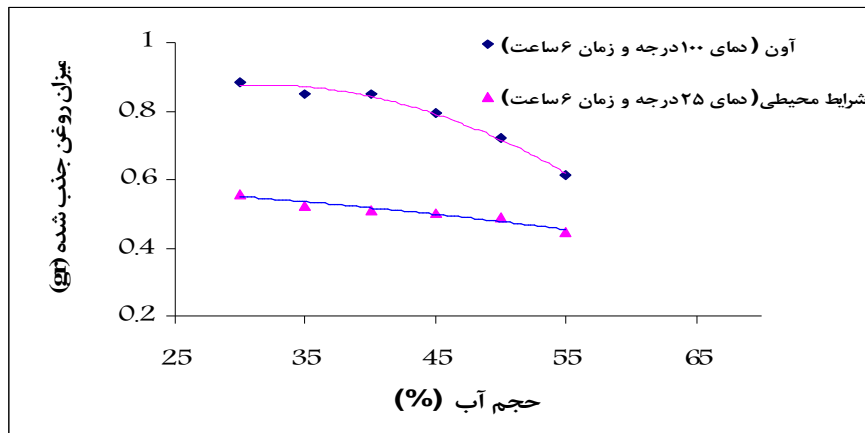
کد نمونه	میزان جذب آب (gr) بعد از ۳۰ دقیقه	میزان جذب آب (gr) بعد از ۴۵ دقیقه	میزان جذب آب (gr) بعد از ۶۰ دقیقه	ملاحظات
C100W30	۰،۱۰۶	۰،۱۲۱	۰،۱۲۹	بعد از ۱،۱۴ ساعت ساختارش از هم می پاشد.
C100W35	۰،۱۰۵	۰،۱۲۵	۰،۱۳۲	بعد از ۱،۱۵ ساعت ساختارش از هم می پاشد.
C100W40	۰،۰۸۳	۰،۱۱۱	۰،۱۱۸	بعد از ۱،۱۲ ساعت ساختارش از هم می پاشد.
C100W45	۰،۰۷۹	۰،۱۰۱	۰،۱۱۲	بعد از ۱،۱۸ ساعت ساختارش از هم می پاشد.
C100W50	۰،۰۷۸	۰،۰۹۲	۰،۱۰۰	بعد از ۱،۲۱ ساعت ساختارش از هم می پاشد.
C100W55	۰،۰۶۱	۰،۰۷۸	۰،۰۸۹	بعد از ۱،۲۳ ساعت ساختارش از هم می پاشد.

همچنین در جدول ۳ میزان جذب آب نمونه های روغن جذب کرده در شرایط دمای آون آورده شده است. بدین ترتیب نتیجه گیری می شود که برخلاف نمونه های بدون روغن که زمان از هم پاشیدن کمتری دارند نمونه های روغن جذب کرده نزدیک به دو ساعت در داخل آب ساختار خودشان را حفظ می نمایند. همان طور که از شکل ۶ پیداست با افزایش زمان، میزان جذب آب نمونه های روغن جذب کرده (در داخل آون) افزایش پیدا کرده است.



شکل ۶ - تغییرات میزان آب جذب شده (گرم) برحسب زمان برای نمونه روغن جذب کرده (در داخل آون).

افزایش فشردگی ناشی از افزایش میزان در صد وزنی آب از مقدار بهینه ۳۰ تا ۵۵ گرم در سیستم گل رس باعث کاهش میزان جذب روغن در نمونه می شود. بنابراین نمونه C100W30 از بیشترین میزان جذب روغن برخوردار می باشد. و چنانچه از شکل ۷ پیداست نمونه های روغن جذب کرده در شرایط محیطی نسبت به نمونه های شرایط آون پایین می باشد.



شکل ۷ - منحنی خواص جذب روغن نمونه های با مقادیر مختلف آب، در دو شرایط دمایی مختلف.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این پژوهش را می توان به صورت زیر خلاصه کرد :

- با افزایش میزان در صد حجمی آب، چگالی نمونه بر پایه خاک رس افزایش می یابد. علت افزایش دانسیته نسبی به افزایش فشردگی (Compaction) زیاد سیستم در اثر افزایش آب بر می گردد.
- با افزایش در صد حجمی مختلف آب، جمع شونده گی نمونه به میزان قابل توجهی افزایش می یابد.
- افت وزنی برای نمونه هایی که دارای بیشترین در صد آب می باشند، بیشتر می باشد.
- نتایج حاصل نشان می دهد که میزان جذب آب نمونه های بر پایه خاک رس روغن جذب کرده، کاهش چشمگیری از خود نشان می دهد.
- نتایج حاصل از بررسی های انجام شده نشان می دهند که نمونه بر پایه گل رس روغن جذب کرده (داخل آون) نسبت به شرایط محیطی، بیشتر است. بنابراین مقدار جذب آب نمونه های داخل آون نسبت به نمونه های قرار گرفته در شرایط محیطی کمتر می باشد. و به عبارتی از هم پاشیدن نمونه در شرایط محیطی نسبت به شرایط دمایی آون، زودتر تحقق می یابد.
- نتیجه گیری می شود که برخلاف نمونه های بدون روغن، که زمان از هم پاشیدن کمتری دارند. نمونه های روغن جذب کرده نسبت به روغن جذب نکرده، نزدیک به دو ساعت در شرایط ۱۰۰ درصد مرطوب (داخل آب) ساختار خودشان را حفظ می نمایند.
- از نتایج بدست آمده می توان ارزیابی کرد که خشک شدن نمونه بر پایه خاک طبیعی، باعث ایجاد ترک هایی در ساختار نمونه شده و این هم به نوبه خود حاصل جمع شونده گی کششی، غیریکنواخت بودن فرآیند خشک شدن، توزیع غیریکنواخت ذرات خاک و مقدار آب بکار رفته در حین فرآیند تهیه ملات ماتریس می باشد [۹].
- از نتایج حاصل از آزمون FT-IR و XRD خاک رس تهیه شده، شناسائی شد.

منابع و مراجع

1. J. Madijova, "FT-IR Techniques in Clay Mineral Studies", <http://www.elsevier.com/locate/vibspes/>, 2003.
2. G.S Xeidakis, "Stabilization of Swelling Clays by mg (OH)₂. Changes in clay properties after addition of Mg-Hydroxide", *Engineering Geology*, 1996; 44: 107-120.
3. K. S. Subba Rao, S. Gangadhara, "Swelling Behavior of Desiccated Clay", *American Society for Testing and Materials Journal*, 2000; x: 193-200.
4. G.S Xeidakis, "Stabilization of Swelling Clays by mg (OH)₂. Changes in clay properties after addition of Mg-Hydroxide", *Engineering Geology*, 1996; 44: 107-120.
5. P.M.S. Reid, "Kaolin: Processing Properties and Application", *Applied Polymer Science*, 1993; 47: 839-846.
6. Jewell, R.A, *Soil reinforcement with geotextile*, London CIRIA, 1996 xxiv, 332p.ill.
7. Bindley, George William, *The X- ray identification and crystal structures of clay minerals*, London Mineralogical society Clay Minerals Group, 1961 ,xi, 544 p. illus. 23cm.
8. Grim, Ralph Early, *Applied clay mineralogy*, New York McGraw-Hill, 1962, viii, 42p. illus.: 24 cm.
9. K. Ghavami, R. D. Toledo Filho, N. P. Barbosa, "Behavior of composite soil reinforced.
10. Soil reinforced with natural fibers", *Cement and Concrete Composite*, 1999; 21: 39-48.