Archive of SID.ir

Gonbad Kavous University
Volume 2, Issue 2
Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment
Online ISSN: 2981-0280
Homepage: https://nawee.gonbad.ac.ir

Improving the mechanical characteristics of the soil of Azadegan plain transmission channels based on soil mineralogy

Morteza Bakhtiari[1*] ,Majid Heidari[2], Javad Zahiri[3]

1. Department of marine structures, Faculty of Marine Engineering, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Khuzestan, Iran.
2. Research Institute of Marine Sciences, Khorramshahr University of Marine Sciences and Technologies, Khorramshahr, Iran
3. Associate Prof, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Civil Engineering, Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 05.01.2024; Accepted:15.01.2024

Abstract

Objective: "Improving the mechanical properties of soil to build civil projects is one of the important concerns of civil engineers. For a long time, various methods have been recommended to improve the soil used in projects, and most of these methods have been the result of using past experiences, among which the use of different additives to the desired soil has been one of the most common methods.

Methods: Today, by using high-tech laboratory equipment, it is possible to select additives needed to improve soil properties based on the type of minerals that make up that soil. Therefore, in the research, using scanning electron microscope devices and X-ray diffraction method, the type of constituent minerals and the morphology of the soils used in the channels of Azadegan plain, which mainly have a chalky texture, were studied.

Results and Conclusions: The results of the research show the changes in the paste limit for all samples, the lowest value for the sample with 5% lime is 7.65% increase and the highest value for the sample with 7% cement is 113.74% increase. The changes in the internal friction angle for all samples show that the lowest value for the sample with 5% lime and 5% slag is 22.2% and the highest value for the sample with 5% cement is 6.4% increase.

Keywords: Soil amendation, Mechanical properties of soil, X-ray diffraction method, Mineralogy, Scanning Electron icroscope

[*] Corresponding author, E-mail: bakhtiari@kmsu.ac.ir

Cite this article: Morteza Bakhtiari, Majid Heidari, Javad Zahiri. (2024). Improving the mechanical characteristics of the soil of Azadegan plain transmission channels based on soil mineralogy. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 3(1), 113-122. https://doi.org/10.22034/nawee.2023.425617.1056.

© The Author(s). Publisher: Gonbad Kavous University.
DOI: https://doi.org/10.22034/nawee.2023.425617.1056.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست
شاپا الکترونیکی: ۲۹۸۱-۰۲۸۰
Homepage: https://nawee.gonbad.ac.ir
دانشگاه گنبد کاووس
دوره دوم، شماره دوم

بهبود مشخصات مکانیکی خاک کانال‌های انتقال شبکه دشت آزادگان بر اساس کانی‌شناسی خاک

مرتضی بختیاری[۱*]، مجید حیدری[۲]، جواد ظهیری[۳]

[۱] نویسنده مسئول، دانشیار، گروه آموزشی سازه‌های دریایی، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.
[۲] پژوهشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.
[۳] دانشیار، گروه آموزشی مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۵

چکیده

هدف: بهبود خصوصیات مکانیکی خاک به منظور احداث طرح‌های عمرانی از جمله دغدغه‌های مهم مهندسین عمران می‌باشد. از دیر باز روش‌های مختلفی برای بهسازی خاک مورد استفاده در طرح‌ها توصیه شده است که عمده این روش‌ها حاصل استفاده از تجربیات گذشته بوده است، که در این میان استفاده از افزودنی‌های مختلف به خاک مورد نظر از روش‌های متداول بوده است.

روش پژوهش: امروزه با استفاده از وسایل آزمایشگاهی با تکنولوژی بالا این امکان فراهم شده است تا مواد افزودنی مورد نیاز جهت بهبود خصوصیات خاک بر اساس نوع کانی‌های تشکیل دهنده آن خاک انتخاب گردد. لذا در تحقیق با استفاده از دستگاه‌های میکروسکوپ الکترونی روبشی و روش پراش اشعه ایکس نوع کانی‌های تشکیل‌دهنده و ریخت‌شناسی خاک‌های مورد استفاده در کانال‌های دشت آزادگان که عمدتاً بافت گچی دارند، مورد مطالعه قرار گرفت.

یافته‌ها و نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از تحقیق تغییرات حد خمیری برای کلیه نمونه‌ها را نشان می‌دهد، کمترین مقدار مربوط به نمونه با ۵ درصد آهک برابر ۷/۶۵ افزایش و بیشترین مقدار مربوط به نمونه با ۷ درصد سیمان برابر ۱۱۳/۷۴ افزایش می‌باشد. تغییرات زاویه اصطحکاک داخلی برای کلیه نمونه‌ها نشان می‌دهد، کمترین مقدار مربوط به نمونه با ۵ درصد آهک، ۵ درصد سرباره برابر ۲۲/۲ درصد و بیشترین مقدار مربوط به نمونه با ۵ درصد سیمان برابر ۶/۴ درصد افزایش می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: بهسازی خاک، خصوصیات مکانیکی خاک، روش پراش اشعه ایکس، کانی‌شناسی، میکروسکوپ الکترونی روبشی.

* نویسنده مسئول، Email :bakhtiari@kmsu.ac.ir

استناد: بختیاری، مرتضی؛ حیدری، مجید؛ ظهیری، جواد (۱۴۰۳). بهبود مشخصات مکانیکی خاک کانال‌های انتقال شبکه دشت آزادگان بر اساس کانی‌شناسی خاک. *رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست*، ۳ (۱)، ۱۲۲-۱۱۳. https://doi.org/10.22034/nawee.2023.425617.1056

ناشر: دانشگاه گنبد کاووس. © نویسندگان

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مقدمه

تمام سازه‌ها باید بر روی خاک بنا شوند و به طبع این خاک-ها باید بتوانند بارهای وارده را تحمل و به لایه‌های زیرین انتقال دهند. با عنایت به، نامناسب یا دانه‌ای بودن این خاک‌ها (زمین‌های ساحلی) و با توجه به خواص فیزیکی و مکانیکی آنها ، انتظار باربری از آنها نمی‌توان داشت. برای اجرای سازه و بالابردن مقاومت و باربری خاک زیر سازه باید خاک را تعویض یا بهسازی نمود. لذا با توجه به آسیب‌های زیست‌محیطی، هزینه، تخصص، زمان‌بر بودن و مصالح موجود در محل، وسعت، نحوه‌ی کار و غیره، در صورت امکان و پیداکردن روش مناسب، تثبیت و بهسازی بهتر می-باشد. محققین بسیاری در مورد خواص تثبیت‌کننده‌های سنتی نظیر سیمان خاکستر آتشفشانی ضایعات سنگی و غیر تحقیق نموده‌اند و نشان داده‌اند که افزودن این مواد به خاک باعث افزایش مقاومت و دوام خاک‌های رسی و کاهش پتانسیل تورم آنها می‌شود (بل و همکاران، ۱۹۹۶؛ شروود، ۱۹۹۳؛ روح‌بخشان، ۲۰۱۶). مواد مذکور در پروژه‌های راهسازی به منظور آماده‌سازی بستر مورد استفاده قرار می‌گیرند (مقدس‌نژاد، ۲۰۱۰) اما استفاده از آنها در سال‌های اخیر به دلیل مشکلاتی که در حوزه سلامت و محیط‌زیست ایجاد می‌کنند، محدود شده است. به‌عنوان مثال این مواد اسیدیته خاک و آب‌های زیرزمینی را افزایش می‌دهند که باعث خوردگی سازه‌های مدفون در خاک و کاهش عمر مفید آنها می‌گردد. تثبیت خاک با این مواد از نظر مکانیکی باعث می‌شود خاک رفتاری شکننده از خود نشان دهد که در مواقعی که خاک تحت بارهای دینامیکی قرار دارد، می‌تواند خطرآفرین باشد. در حین فرایند تولید این تثبیت‌کننده‌ها علاوه بر اینکه انرژی بسیاری مصرف می‌شود، مقدار زیادی گازهای گلخانه‌ای در جو رها می‌شوند که آسیب‌های زیست‌محیطی قابل توجهی را به دنبال دارد (شروود، ۱۹۹۳؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۱۶؛ سانیل، ۲۰۰۶). به منظور حل مشکلات تثبیت‌کننده‌های سنتی باید به دنبال مواد و مصالحی بود که خصوصیات فنی خاک را بهبود ببخشد. پژوهشگران بسیاری افزودنی‌های شیمیایی را مورد ارزیابی قرار دادند و به رغم اثر مثبت آن روی خصوصیات مهندسی خاک به دلیل قیمت بالا توجیه اقتصادی نداشته و نمی‌توان به عنوان جایگزین تثبیت‌کننده‌های سنتی از آنها استفاده کرد (طاهرخانی و همکاران، ۲۰۱۲). به دلیل گسترش صنایع مختلف در سال‌های اخیر افزایش دورریزهای صنعتی و پسماندها در حال تبدیل شدن به یکی از معضلات زیست‌محیطی می‌باشد. بسیاری از محققین سعی بر آن دارند تا با استفاده از پسماندها خاک را بهسازی کنند در سال‌های اخیر محققین زیادی نشان داده‌اند که افزودن لیگنوسولفانات کلسیم به خاک اثر مثبتی بر مقاومت خاک دارد بیشتر تحقیقات روی خاک‌های ماسه و سیلتی انجام شده است (گیاهی و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین تحقیقات (چن و همکاران، ۲۰۱۵؛ چن و همکاران، ۲۰۱۶) نشان می‌دهد که نمونه‌های بهسازی شده با لیگنوسولفانات کلسیم رفتار شکل‌پذیر و دینامیکی مطلوبی از خود نشان داده‌اند و برای سلامتی انسان و محیط‌زیست خطرآفرین نمی‌باشد. مکانیسم تثبیت خاک در اثر افزودن لیگنوسولفانات کلسیم تشکیل پیوندهای هیدروژنی و کووالانسی و در اثر افزودن لیگنوسولفانات کلسیم به خاک رس پتانسیل تورم خاک رس کاهش می‌یابد (آلازیقا و همکاران، ۲۰۱۶؛ ۲۰۱۸).

ادبیات موضوع و پیشینه پژوهش

تحقیقات انجام شده بر روی تثبیت خاک با آهک نشان می-دهد که افزایش ۲ تا ۸ درصد آهک باعث کاهش حد روانی، شاخص خمیری، حداکثر وزن مخصوص خشک و تورم شده و رطوبت بهینه تراکم خاک و مقاومت را افزایش می‌دهد اثر آهک را بر روی خصوصیات تراکمی و مقاومتی سه نوع کانی رسی شامل کائولینیت, مونت موریلو نیت و کوارتز بررسی کرد. نتایج او نشان دهنده اثر آهک در کاهش حداکثر وزن مخصوص خشک خاک و افزایش رطوبت بهینه، نسبت باربری کالیفرنیا و مدول الاستیسیته هرسه نوع خاک رس است. ترکیب خاکستر بادی و آهک نیز برای تثبیت خاکهایی با رس کم و بافت درشت‌تر اثر مناسبی را خواهد داشت (بل، ۱۹۹۶).

پژوهشگران مختلف از جمله (آیدین و همکاران، ۲۰۱۰؛ شیرساوکار و همکاران، ۲۰۱۰ ؛ استبرق و همکاران، ۲۰۱۰؛ هوو و همکاران، ۲۰۰۷؛ جونز و همکاران، ۱۹۹۱)) با انجام آزمایش‌های مختلف دریافتند که افزودنی‌های شیمیایی مانند سیمان، آهنگ، چسب اپوکسی، CBRPLUS و

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

اکریلیک رزین به خاک رس موجب افزایش ظرفیت باربری خاک، کاهش پتانسیل تورمی و بهبود خواص مکانیکی آن خصوصاً مقاومت می‌گردد.

در سال‌های اخیرمسائل زیست‌محیطی سبب تمایل بیشتر به استفاده از محصولات وضایعات صنعتی به عنوان ماده جایگزین برای ساخت‌وساز شده است. همچنین تثبیت صنعتی با محصولاتی از قبیل خاکستر بادی، سرباره، خاکستر پوسته برنج، پسماند معدنی و پودر ضایعات سنگی به صورت مخلوط با آهک و سیمان برای بهبود خواص ژئوتکنیکی خاک‌های مشکل ساز و خواص مهندسی مواد تثبیت کننده پوزولانی به خوبی بدست آمده است (روح‌بخشان و کلانتری، ۱۳۹۵).

بیشترین میزان مقاومت در شرایط خشک و اشباع در میزان ۱۰ درصد میکروسیلیس به دست آمده است. اما با افزایش میزان میکروسیلیس به ۱۵ درصد مقاومت نمونه‌ها افت پیدا می‌کند. در پژوهش‌های مشابهی که برروی میکروسیلیس صورت گرفته است، سایر پژوهشگران نیز بیان داشته‌اند که میکروسیلیس دارای میزان بهینه‌ای برای اختلاط با خاک است (کالکان و آکبولات، ۲۰۰۴؛ موسا و همکاران، ۲۰۰۷). این پدیده احتمالاً در اثر کاهش وزن مخصوص خشک خاک در پی افزایش میکروسیلیس صورت می‌پذیرد. نتایج تحقیق نشان داد که میزان بهینه میکروسیلیس برای رسیدن به بیشینه ی مقاومت در خاک ماسه ای سیلتی ۱۰ درصد است.

بررسی تغییرات میزان کرنش حد گسیختگی نمودارهای تنش- کرنش برخی از نمونه های مقاومت فشاری محدود نشده، نشان می‌دهند که میزان کرنش حد گسیختگی نمونه‌های تثبیت نشده خاک رسی به مراتب از مقدار این پارامتر در نمونه‌های تثبیت شده بزرگتر است. همچنین مقدار این پارامتر برای نمونه های تثبیت شده با سیمان آب زدا بزرگتر از نمونه‌های سیمان نوع ۲ و آهک می باشد. برای نمونه های خاک شنی، به دلیل محدود نبودن، امکان انجام آزمایش بر روی نمونه‌های تثبیت نشده وجود نداشت. ولی برای نمونه‌های تثبیت شده دیده می‌شود که مقدار کرنش حدگسیختگی کمتر از نمونه های خاک رسی می‌باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد مقدار کرنش حدگسیختگی برای نمونه های تثبیت شده با ۹ درصد از تثبیت‌کننده‌ها کمتر از مقدار این پارامتر در نمونه‌های تثبیت شده با ۳ درصد تثبیت کننده بوده است. همچنین مقدارکرنش حد گسیختگی برای نمونه های خاک شنی، کوچکتر از نمونه‌های خاک رسی، می‌باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد، مقدار کرنش حد گسیختگی برای نمونه های ۲۸ روزه نسبت به نمونه‌های ۷ روزه کاهش یافته است. همچنین مقایسه نتایج نشان می‌دهد که مقدار کرنش حد گسیختگی برای نمونه های ۷ روزه تثبیت شده با ۹ درصد از تثبیت کننده ها،برای نمونه های ۷ روزه تثبیت شده با ۹ درصد از تثبیت کننده‌ها، اندکی کمتر ازمقدار این پارامتر، برای نمونه‌های ۲۸ روزه تثبیت شده با ۳ درصد تثبیت‌کننده می‌باشد. بررسی منابع نشان می‌دهد تاکنون تحقیقات کمی به مطالعه تأثیر ریخت‌شناسی و کانی‌شناسی خاک بر روش مناسب بهسازی و تثبیت آن پرداخته شده است. لذا در تحقیق حاضر تلاش شده است این موضوع مورد توجه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

به منظور انجام مطالعه حاضر در گام اول اقدام به برداشت نمونه‌هایی از محل انجام تحقیق گردید. پس از آن نمونه‌های تهیه شده به آزمایشگاه منتقل و مطالعات آزمایشگاهی به شرح زیر انجام پذیرفت.

مطالعات آزمایشگاهی

مطالعات آزمایشگاهی تحقیق حاضر در سه بخش کانی‌شناسی نمونه‌ها به روش روش پراش اشعه‌ی ایکس، ریخت‌شناسی نمونه‌ها به روش میکروسکوپ الکترونی روبشی ؛ بررسی دانه‌بندی نمونه‌ها با روش LPSA انجام پذیرفت.

روش پراش اشعه‌ی ایکس (XRD)

پراش (تفریق) اشعه‌ی ایکس روشی برای مطالعه‌ی ساختار مواد بلوری است که در سال ۱۹۱۲ میلادی توسط فون لاوه کشف شد و توسط ویلیام هنری براگ و ویلیام لورنس براگ برای بررسی بلورها به‌کار گرفته شد. امروزه از این روش به‌طور گسترده برای تعیین کانی‌شناسی همه‌ی فازهای موجود در نمونه‌ی مورد مطالعه استفاده می‌شود.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

یکی از روش‌های مرسوم و بسیار متداول در تعیین اندازه ذرات خاک علاوه بر استفاده از فیلترهای گوناگون استفاده از روش SEM است. اندازه ذرات در نمونه‌های برداشته شده بسیار متنوع است و اطلاع از درصد واقعی و نسبت‌های مختلف این ذرات به یکدیگر می‌تواند راهگشای بسیاری از مباحث علمی مربوط به این موضوع شود. لذا نمونه‌هایی از اندازه‌های گوناگون TSP جهت بررسی وضعیت مورفولوژیکی شامل، شکل، اندازه و نحوه تجمع ذرات در آزمایشگاه توسط دستگاه SEM مورد بررسی قرار گرفتند و تصاویر متنوعی با ذکر بزرگ‌نمایی، اندازه و قطر ذرات بر روی تصویر تهیه گردید.

نمونه‌برداری خاک و آزمایشات جهت به‌دست آوردن پارامترهای مهندسی

نمونه‌های تحقیق حاضر، از کانال‌های انتقال آب دشت آزادگان واقع در استان خوزستان جمع‌آوری شده است. در این تحقیق حفر گمانه دستی از عمق ۳۰- (منهای ۳۰ سانتیمتر) از تراز مبنا تا عمق ۶۰- (منهای ۶۰ سانتیمتر) انجام پذیرفته و اطلاعات مربوط به وضعیت لایه خاک در نمونه‌برداری از گمانه‌های مذکور با انجام آزمایشات لازم استخراج شده است. از ترکیب خاک که از مکان‌های یاد شده نمونه‌برداری شده است با ۳ نوع مواد ترکیبی جامد به شرح زیر استخراج گردید :

الف- ترکیب خاک با سیمان تیپ ۲ با ترکیب ۵ درصد و ۷ درصد به صورت حجمی.

ب- ترکیب خاک با آهک شکفته با ترکیب ۵ درصد و ۷ درصد به صورت حجمی .

ج – ترکیب خاک با سرباره با ترکیب ۵ درصد و ۷ درصد به صورت حجمی

در شکل (۱) محل برداشت نمونه‌ها نشان داده شده است.

شکل ۱- محل انجام تحقیق

برای تعیین خصوصیات فیزیکی خاک آزمایشات به شرح ذیل بر روی نمونه های معرفی شده با ترکیبات و درصدهای وزنی و حجمی متفاوت انجام گرفته و نتایج آزمایشات مذکور در جدول (۱) آورده شده است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۱- آزمایش‌های تحقیق حاضر و استانداردهای مربوطه

ردیف	استاندارد
دانه بندی و هیدرومتری	ASTM D422
آزمایش تعیین درصد رطوبت	ASTM D2216
تعیین حدود اتربرگ	ASTM D4318
تعیین وزن مخصوص بخش جامد خاک	ASTM D854-92
آزمایش تراکم اصلاح شده	ASTM D۱۵۵۷
آزمایش تحکیم	ASTM D۲۴۳۵
آزمایش تک محوری خاک	ASTM D1266
آزمایش سه محوری UU خاک (اشباع نشده و تحکیم نیافته)	ASTM D2850

آماده‌سازی نمونه جهت آزمایشات

جهت تهیه نمونه‌ها با ترکیبات متفاوت ابتدا حجم کل نمونه لازم را که بستگی به حجم قالب‌های نمونه و تعداد نمونه لازم دارد، مورد حساب قرار می‌دهند جهت تراکم اصلاح شده به دلیل اینکه خاک ریز دانه بوده از سیلندر ۴ اینچ با مقدار نمونه خشک ۴۰۰۰ گرم نیاز می‌باشد. نکته حائز اهمیت این است که به هنگام اختلاط سیمان و خاک به علت اینکه گیرش سیمان در مدت یک تا ۲ ساعت حاصل می‌گردد خاک را به سمت خاک با چسبندگی کم سوق می‌دهد لذا لازم است طی مدت زمان مذکور آزمایش تراکم صورت پذیرد و به هنگام انجام آزمایشات دیگر مانند تحکیم-تک محوری- سه محوری به مقدار لازم به نمونه حاوی سیمان که رطوبت زده شده است استفاده گردد. به هنگام اعمال رطوبت به نمونه‌های مذکور لازم است از نایلون پلاستیکی ضخیم استفاده شود و ابتدا نمونه خشک در نایلون ریخته شده سپس رطوبت تدریجاً اعمال شده و پس از اعمال رطوبت بهینه در آزمایشات کاملاً خاک از اطراف نمونه که با نایلون احاطه شده است ورز داده شود تا از خروج رطوبت خودداری شود و پس از اعمال رطوبت در جای خنک به مدت ۲۴ ساعت استفاده گردد به جز نمونه حاوی سیمان که در فرجه زمانی حداکثر ۲ ساعت استفاده گردد. لازم به ذکر است که نتایج حاصل از تک محوری خاک با آهک و سیمان و سرباره پس از اعمال رطوبت در نایلون پلاستیکی ضخیم جهت نفوذ یکنواخت رطوبت پس از مدت ۲۴ ساعت انجام پذیرفته و در ترکیب سیمان با خاک و اعمال رطوبت آزمایشات مورد نظر پس از مدت ۲۸ روز انجام گرفته است. بعد از مشخص شدن محل نمونه‌گیری و با توجه به نامناسب بودن خاک سطحی از عمق‌های ۳۰ سانتی‌متری و ۶۰ سانتی‌متری هرکدام یک نمونه به وزن حدوداً ۵ تا ۷ کیلوگرم درون یک کیسه پلاستیکی که روی آن شماره گمانه و عمق گمانه قید شده ریخته. این عمل برای هر ۱۰ نقطه موردنظر انجام گردید و نمونه‌های برداشت شده را در نایلون‌های دارای برچسب محل نمونه‌گیری ریخته و برای آماده‌سازی و انجام آزمایش به آزمایشگاه‌های کاوش تراز نیرو و مرکز خدمات تخصصی شیمی پژوهشکده تولید جهاد دانشگاهی خوزستان منتقل گردید. بعد از انجام آزمایشات زمین‌شناسی و مشخص شدن بافت، نوع و درصد کانی‌های تشکیل دهنده خاک منطقه و مشابهت آن‌ها و همچنین هزینه بالای انجام آزمایشات تصمیم گرفته شد که آزمایشات مربوط به پارامترهای مهندسی و تعیین مقاومت برشی و فشاری بر روی کلیه نمونه‌ها انجام گردد. بعد از مشخص شدن محل نمونه‌گیری و حاضر شدن در محل، در مرحله نخست محلی را به ابعاد ۱ متر در ۱ متر مشخص و تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک آن را برداشته در مرحله دوم بعد از صاف کردن سطح برداشت شده به جهت مشخص شدن وزن مخصوص خاک در محل آزمایش تعیین دانسیته در محل انجام گردید و در مرحله سوم به جهت انجام آزمایشات مربوطه از عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری نمونه‌گیری انجام گردید و روی هر نمونه محل نمونه‌گیری، شماره گمانه و عمق گمانه قید می‌گردد.

نتایج

کانی شناسی و ریخت‌شناسی

نتایج حاصل از مطالعات کانی‌شناسی نمونه‌های

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

برداشتی در جدول (۲) آورده شده است. داده‌های به‌دست آمده نشان می‌دهد که کانی‌های نظیر کلسیت و کوارتز در تمامی نمونه‌های مورد آزمایش به عنوان اجزا کانیایی اصلی حضور دارند. افزون بر این ترکیبات کانیایی آلبیت و موسکوویت-ایلیت نیز در ۹۰ درصد نمونه‌های مورد آزمایش به عنوان فاز کانیایی اصلی قابل مشاهده هستند.

جدول ۲- کانی‌شناسی نمونه‌های برداشت شده

ردیف	فاز کانیایی اصلی	فاز کانیایی فرعی	فاز کانیایی کمیاب
۱	کلسیت، کوارتز، آلبیت، موسکوویت-ایلیت	دولومیت، هالیت، کلریت، ارتوکلاز	ژیپس
۲	کلسیت، کوارتز، آلبیت، موسکوویت-ایلیت	دولومیت، هالیت، کلریت، ارتوکلاز	ژیپس و هماتیت
۳	کلسیت، کوارتز، آلبیت و دولومیت	موسکوویت، هالیت، ارتوکلاز	ژیپس

نتایج به‌دست آمده در خصوص حدود خمیری

در جدول (۳) تغییرات حد خمیری برای کلیه نمونه‌های مربوط به رامهرمز (شامل نمونه اصلی و نمونه به‌همراه مواد افزودنی مختلف) آورده شده است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که با افزایش موادافزودنی به نمونه اصلی حد خمیری برای کلی نمونه‌ها افزایش می‌یابد. و همچنین می‌توان مشاهده نمود که باتوجه به اینکه حد خمیری نمونه اصلی ۱۴/۸ می‌باشد کمترین مقدار مربوط به نمونه با ۵ درصد آهک برابر ۷/۶۵ افزایش و بیشترین مقدار مربوط به نمونه با ۷ درصد سیمان برابر ۱۱۳/۷۴ افزایش می‌باشد.

جدول ۳- میزان تغییرات حدود خمیری

نمونه	سیمان ٪۵	سیمان ٪۷	آهک ٪۵	آهک ٪۷	سرباره ٪۵	سرباره ٪۷
تغییرات حد خمیری	۹۷/۱۸	۱۱۳/۷۴	۷/۶۵	۲۷/۷۶	۱۱/۴۴	۲۳/۱۳

نتایج به‌دست آمده در خصوص دانسیته خشک تراکم

در جدول (۴) تغییرات دانسیته خشک تراکم برای کلیه نمونه‌های مربوط به رامهرمز (شامل نمونه اصلی و نمونه به‌همراه مواد افزودنی مختلف) آورده شده است. با توجه به جدول مشاهده می‌گردد که با افزایش مواد افزودنی به نمونه اصلی دانسیته خشک تحکیم برای کلی نمونه‌ها افزایش می‌یابد. و همچنین می‌توان مشاهده کرد که باتوجه به اینکه دانسیته خشک تحکیم نمونه اصلی ۱/۵۹می‌باشد کمترین مقدار مربوط به نمونه با ۷ درصد سیمان برابر ۱۱/۸ درصد کاهش و بیشترین مقدارمربوط به نمونه با ۷ درصد سرباره برابر ۲/۴ افزایش می‌باشد.

جدول ۴- میزان تغییرات دانسیته خشک تراکم

نمونه	سیمان ٪۵	سیمان ٪۷	آهک ٪۵	آهک ٪۷	سرباره ٪۵	سرباره ٪۷
دانسیته خشک تراکم	-۶/۸	-۱۱/۸	۰/۹	۲/۴	۲/۴	۰/۵

نتایج به‌دست آمده در خصوص ضریب چسبندگی

در جدول (۵) تغییرات ضریب چسبندگی برای کلیه نمونه‌های مربوط به رامهرمز (شامل نمونه اصلی و نمونه به‌همراه مواد افزودنی مختلف) آورده شده است. با توجه به جدول مشاهده می‌گردد که با افزایش مواد افزودنی به نمونه اصلی ضریب چسبندگی برای کلی نمونه‌ها افزایش می‌یابد. همچنین می‌توان مشاهده کرد که باتوجه به اینکه ضریب چسبندگی نمونه اصلی ۰/۳۱ می‌باشد کمترین مقدار مربوط به نمونه با ۷ درصد سیمان برابر ۱۹/۸ درصد کاهش و بیشترین مقدار مربوط به نمونه با ۵ درصد سرباره برابر ۴۲/۹ درصد افزایش می‌باشد.

جدول ۵- میزان تغییرات ضریب چسبندگی

نمونه	سیمان ٪۵	سیمان ٪۷	آهک ٪۵	آهک ٪۷	سرباره ٪۵	سرباره ٪۷
ضریب چسبندگی	-۱۷/۱	-۱۹/۸	۲۵/۸	۲۶/۹	۴۲/۹	۳۰

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

نتایج به‌دست آمده در خصوص زاویه اصطکاک داخلی

در جدول (۶) تغییرات زاویه اصطکاک داخلی برای کلیه نمونه‌های مربوط به رامهرمز (شامل نمونه اصلی و نمونه به‌همراه مواد افزودنی مختلف) آورده شده است. باتوجه به جدول مشاهده می‌گردد که با افزایش مواد افزودنی به نمونه اصلی زاویه اصطکاک داخلی برای کلی نمونه‌ها افزایش می‌یابد. همچنین می‌توان مشاهد کرد که باتوجه به اینکه زاویه اصطکاک داخلی نمونه اصلی ۱۹ می‌باشد کمترین مقدار مربوط به نمونه با ۵ درصد آهک، ۵ درصد سرباره برابر ۲۲/۲ درصد و بیشترین مقدارمربوط به نمونه با ۵ درصد سیمان برابر ۶/۴ درصد افزایش می‌باشد.

جدول ۶- میزان تغییرات زاویه اصطکاک داخلی

نمونه	سیمان ۵٪	سیمان ۷٪	آهک ۵٪	آهک ۷٪	سرباره ۵٪	سرباره ۷٪
ضریب چسبندگی	۶/۴	۶/۴	-۱۶/۹	-۲۲/۲	-۲۲/۲	-۱۶/۹

نتایج به‌دست آمده در خصوص مقاومت فشاری

در جدول (۷) تغییرات مقاومت فشاری برای کلیه نمونه‌های مربوط به رامهرمز (شامل نمونه اصلی و نمونه به‌همراه مواد افزودنی مختلف) آورده شده است. باتوجه به جدول مشاهده می‌گردد که با افزایش مواد افزودنی به نمونه اصلی مقاومت فشاری برای کلیه نمونه‌ها افزایش می‌یابد. همچنین می‌توان مشاهد نمود که با توجه به اینکه مقاومت فشاری نمونه اصلی ۰/۴۹ می‌باشد کمترین مقدار مربوط به نمونه با ۵ درصد سیمان برابر ۳۵/۸ درصد افزایش و بیشترین مقدار مربوط به نمونه با ۷ درصد سرباره برابر ۷۸/۸ درصد افزایش می‌باشد.

جدول ۷- میزان تغییرات مقاومت فشاری

نمونه	سیمان ۵٪	سیمان ۷٪	آهک ۵٪	آهک ۷٪	سرباره ۵٪	سرباره ۷٪
مقاومت فشاری	۳۵/۸	۴۷/۹	۶۴/۴	۷۴/۶	۵۰	۷۸/۸

نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد افزایش آهک به خاک مورد مطالعه تأثیر بیشتری بر روی خصوصیات مکانیکی خاک داشته است که این نتیجه با نتایج تحقیقات بل، ۱۹۹۶ و آیدین و همکاران، ۲۰۱۰ و شیرساوکار و همکاران، ۲۰۱۰، مطابقت داشته است.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تحقیق حاضر را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

- ✓ تغییرات حد خمیری برای کلیه نمونه ها نشان می‌دهد، کمترین مقدار مربوط به نمونه با ۵ درصد آهک برابر ۷/۶۵ افزایش و بیشترین مقدار مربوط به نمونه با ۷ درصد سیمان برابر ۱۱۳/۷۴ افزایش می‌باشد.
- ✓ تغییرات دانسیته خشک تراکم نشان می‌دهد، کمترین مقدار مربوط به نمونه با ۷ درصد سیمان برابر ۱۱/۸ درصد کاهش و بیشترین مقدارمربوط به نمونه با ۷ درصد سرباره برابر ۲/۴ افزایش می‌باشد.
- ✓ تغییرات ضریب چسبندگی نشان می‌دهد، کمترین مقدار مربوط به نمونه با ۷ درصد سیمان برابر ۱۹/۸ درصد کاهش و بیشترین مقدارمربوط به نمونه با ۵ درصد سرباره برابر ۴۲/۹ درصد افزایش می‌باشد.
- ✓ تغییرات زاویه اصطکاک داخلی نشان می‌دهد، کمترین مقدار مربوط به نمونه با ۵ درصد آهک، ۵ درصد سرباره برابر ۲۲/۲ درصد و بیشترین مقدارمربوط به نمونه با ۵ درصد سیمان برابر ۶/۴ درصد افزایش می‌باشد.
- ✓ تغییرات مقاومت فشاری نشان می‌دهد، کمترین مقدار مربوط به نمونه با ۵ درصد سیمان برابر ۳۵/۸ درصد افزایش و بیشترین مقدار مربوط به نمونه با ۷ درصد سرباره برابر ۷۸/۸ درصد افزایش می‌باشد.
- ✓ بر اساس نتایج به‌دست آمده فوق می‌توان بیان نمود بر اساس نوع مشکل خاک مورد مطالعه می‌توان با مراجعه به جدول مورد نظر نوع افزودنی مورد نظر را انتخاب نمود.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

منابع

Alazigha, D.P., Indraratna B., Vinod J.S., & Ezeajugh L.E. (2016). The swelling behaviour of lignosulfonate-treated expansive soil. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Ground Improvement, 169(3), 182-193. http://dx.doi.org/10.1680/jgrim.15.00002

Alazigha D.P., Indraratna B., Vinod J.S., & Heitor A. (2018). Mechanisms of stabilization of expansive soil with lignosulfonate admixture. Transportation Geotechnics, 14, 81-92. https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2017.11.001

Aydin, K., Gamze, B., & Utkan, M. (2010). In-situ modification of a road material using a special polymer. Scientific Research and Essays, 5(17), 2547-2555.

Bell, F.G. (1996). Lime stabilization of clay minerals and soils. Engineering Geology, 42(4), 223-237. https://doi.org/10.1016/0013-7952(96)00028-2

Chen Q., & Indraratna B. (2015). Deformation Behavior of Lignosulfonate-Treated Sandy Silt under Cyclic Loading. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering; 14 (1): 06014015. https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0001210

Chen Q., Indraratna B., & Rujikiatkamjorn C. (2016). Behaviour of lignosulfonate-treated soil under cyclic loading. Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Ground Improvement, 169 (2) .109-119. https://doi.org/10.1680/grim.15.00004

Estabragh, A.R., Beytolahpour, I., & Javadi, A.A. (2010). Effect of resin on the strength of soil-cement mixture. Journal of Materals in Civil Engineering, 23(7), 969-976. https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000252

Giahi, A., Jiryaei Sharahi, M., & Mohammadnezhad, B. (2021). Evaluation of a by-product and enviromental-friendly chemical additives for clay soils with different mixing and curing methods. Amirkabir Journal of Civil Engineering, 53(2): 659-674. https://doi.org/10.22060/ceej.2020.16461.6238 (in Persian)

Kalkan, E. (2009). Effect of silica fume on the geotechnical properties of fine-grained soils exposed to freeze and thaw. Cold Regions Scince and Technology, 58(3), 130-135. https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2009.03.011

Moghadasnejad, F., & Modarres, A. (2010). Soil Stabilization with Waterproof Cement for Road Applications. Amirkabir Journal of Civil Engineering, 42(1), 55-63. https://doi.org/10.22060/CEEJ.2010.155 (in Persian)

Moussa, A., Baligh, F.E., Awad, T.A., & El-Rokh. A. (2007). Sandy sol improvement using grouting, 12th International Colloquim on Structural and Geotechnical Engineering, Faculty of Engineering, Ai Shas University Egypt.

Ola, S.A. (1987). Geotechnical properties and behavior of some stabilized Nigerian lateritic soils. Quarterly Journal of Engineerig Geology and Hydrogeology, 11(1), 145-160. https://doi.org/10.1144/GSL.QJEG.1978.011.02.04

Roohbakhshan A., & Kalantari B. (2016). Stabilization of clayey soil with lime and waste stone powder. Amirkabir Journal of Civil Engineering, 48(4), 429-438. https://doi.org/10.22060/ceej/2016.679 (in Persian)

Sherwood, P. (1993). Soil stabilization with cement and lime. HerMajesty Stationary Office, London, Transport Research Laboratory.

Shirsavkar, S.S., & Koranne, S.S. (2010). Innovation in Road Construction Using Natural Polymer. Electronic Journal of Geotechnical Engineering, 15.

Sunil B.M., S. Nayak S., & Shrihari S. (2006). Effect of pH on the geotechnical properties of laterite. Engineering Geology, 85(1-2), 197-203. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2005.09.039

Taherkhani, A.H.H., & Shafiri V. (2012).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Evaluating the use of CBR PLUS for Constructing the Pavement Layers from Stabilized Soils. Quarterly Journal of Transportation Engineering, 3(4), 339-347. https://doi.org/20.1001.1.20086598.1391.3.4.4.8 (in Persian)

Zhang T., Cai G., Liu S., & Puppala A.J. (2016). Engineering properties and microstructural characteristics of foundation silt stabilized by lignin-based industrial by-product. KSCE Journal of Civil Engineering, 20 (7), 2725-2736.

Archive of SID.ir