رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122 ، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۲۱-۳۲

بررسی تاثیر ضایعات کارخانه های سنگبری (گِل سنگ) برروی خصوصیات ژئوتکنیکی ماسه بادی

امیر اشراقی[۱]، حمید مهرنهاد[۲]، مریم مختاری[*۳]

[۱] کارشناسی ارشد مهندسی ژئوتکنیک، گروه مهندسی عمران، دانشگاه یزد، یزد، ایران

[۲] دانشیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه یزد، یزد، ایران

[*۳] استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه یزد، یزد، ایران (mokhtari@yazd.ac.ir)

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۱۰/۲۵، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۰۲/۲۵)

چکیده

امروزه کشور ایران با توجه به ذخایر عظیم سنگ ساختمانی خود از جمله مهمترین کشورهای تولید کننده سنگ ساختمانی در دنیا به حساب می آید. اما متاسفانه به هنگام فرآوری سنگهای ساختمانی در کارخانه های سنگبری، بخش قابل توجهی از این مصالح تبدیل به ضایعات می شود، که نهایتا این فرآیند علاوه بر هدر دادن سرمایه های ملی موجب ایجاد خسارت های مختلف زیست محیطی نیز می شود. از اینرو ارائه راهکارهایی جهت استفاده مجدد از ضایعات این سنگها در حوزه های مختلف لازم و ضروری به نظر میرسد. این پژوهش با هدف بررسی تاثیر گل سنگ تراورتن وگرانیت بر روی خواص ژئوتکنیکی خاک ماسه بادی انجام می شود و پارامترهایی نظیردرصد رطوبت بهینه، وزن مخصوص خشک خاک، ظرفیت باربری نمونه، زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی در قالب انجام تست های تراکم، ظرفیت باربری کالیفرنیا و برش مستقیم مورد بررسی قرار میگیرد .

کلمات کلیدی

گل سنگ، ضایعات سنگبری، ماسه بادی، پودر سنگ.

Archive of SID
www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122 ، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۲۱-۳۲

Study of Stoneworks Waste (Mudstone) Effects on Geotechnical Porperties of Dune Sand

Amir Eshraghi [1], Hamid Mehrnahad [2], Maryam Mokhtari [3]*

[1] M.Sc. of Geotechnical Engineering, Department of Civil Engineering, Yazd University, Yazd, Iran

[2] Associate Professor, Department of Civil Engineering, Yazd University, Yazd, Iran

[3] Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Yazd University, Yazd, Iran (mokhtari@yazd.ac.ir)*

(Date of received: 15/01/2019, Date of accepted: 15/05/2019)

Archive of SID

ABSTRACT

Nowadays, the Iran country with considering huge reserves of building stone, is one of the important countries in world. But, unfortunately when building stones are processed in factories, significant part of material changed to waste. In final of processing, simultaneous national treasures are spoiled and environment is damaged too. Therefore, propose new methodologies and reuse of waste materials due to building stone is necessary. In this research, main idea is study of mudstone due to travertine and granite on geotechnical properties of dune sand. In present research, some factors such as optimum water content, dry density, bearing capacity, internal friction angle and cohesive by using laboratory tests including compaction, California Bearing Ratio (CBR) and direct shear tests were evaluated.

Keywords:

Mudstone, Waste of stone cutting, Dune sand, Stone powder.

www.SID.ir

۱- مقدمه

خاکهای دانه ای خصوصاً رسوبات ماسه بادی که از مهمترین رسوبات محیط های کویری هستند، از جمله خاک های مسئله داری می باشند که در نقاط زیادی از ایران و سایر نقاط جهان مشاهده می شوند. خصوصیات مقاومتی کم، ظرفیت باربری پایین و نفوذ پذیری بالای آنها باعث شده است که این خاک ها گزینه مناسبی به عنوان تکیه گاه برای سازه ها یا به عنوان زیر اساس برای راه ها نباشد. بدین منظور مطالعه بر روی روش های جدیدی که قادر باشند اصلاحاتی بر روی خاک سطوح زمین پوشیده از ماسه بادی به عمل آورند، دارای اهمیت زیادی می باشد و این تحقیق در این راستا می باشد. کشورهای ایران، پاکستان، ترکیه، پرتغال و بسیاری از کشورهای اروپایی در حاشیه نواری رشته کوه های آلپ جایگاه مهمی در تولید سنگ های طبیعی دارند. تعداد سنگهای طبیعی در ایران به بیش از ۲۰۰ نوع می رسد. در پردازش کارخانجات سنگ طبیعی حدود ۳۰-۵۲ درصد به عنوان ضایعات، شامل گرد و غبار (پودر)، یا قطعه های درشت به وجود می آید که تقریبا می توان گفت که هرگز استفاده نمی شوند. زباله پودر سنگ طبیعی می تواند باعث مشکلات زیست محیطی مانند پوشش سطح زمین ،آلودگی آب زیرزمینی، آلودگی هوا و آلودگی بصری شود در صورتی که از این زباله ها استفاده مناسب نمی شود در حالیکه با توجه به خصوصیات اکثر سنگ های طبیعی ، ریز دانه آنها به عنوان فیلر قابل استفاده می باشند. پودر ضایعات سنگ طبیعی حاصل از لجن سنگ به طور کلی به عنوان مواد خام و یا مواد تقویت کننده در زمینه های مختلف مانند مصالح ساختمانی، آجر، سرامیک، افزودنی های سیمان استفاده می شود. علاوه براین، پودر ضایعات سنگ طبیعی را می توان در تولید پلیمر برای مصالح کامپوزیتی مورد استفاده قرار داد [۱].

۲- مروری بر مطالعات انجام شده بر روی ضایعات سنگی

۲-۱- استفاده از گل سنگ مرمر در تثبیت خاک رس

خواص فیزیکی خاک های طبیعی رس به طور کلی با افزودن مواد افزودنی مانند آهک و سیمان بهبود می یابد. تقاضای آهک و سیمان در صنعت ساخت و ساز افزایش یافته است که باعث افزایش هزینه های آن می شود. بدین ترتیب، این پژوهش باهدف استفاده از مواد افزودنی که به عنوان ضایعات از فرایندهای تولید سنگ به دست آمده، انجام شده است. به طور کلی پودر سنگ مرمر که از مواد زائد به دست آمده در طول روند برش و سنگ زنی از قطعات سنگ مرمر به دست می آید و به راحتی در دسترس است. در این بررسی از پودر سنگ مرمر به عنوان یک تثبیت کننده برای تقویت خاک های رس ضعیف استفاده شده است. نمونه های خاک در مکان های مختلف شهر نوابشاه پاکستان گرفته شده و پودر سنگ مرمر از بازار محلی بدست آمد .پودر سنگ مرمر به نسبت ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ درصد وزنی خاک اضافه شد. آزمایشات آزمایشگاهی برای تعیین خواص مختلف مانند توزیع اندازه ذرات، حداکثر تراکم خشک، رطوبت مطلوب، ظرفیت باربری و نسبت تورم انجام شد. نتایج آزمایش ها نشان دهنده بهبود قابل توجه در خواص فیزیکی خاک رس با افزودن پودر سنگ مرمر است که می تواند در عمل به عنوان یک تثبیت کننده بالقوه برای تقویت خاک های ضعیف طبیعی استفاده شود. مطابق نتایج پژوهش افزایش پودر سنگ مرمر به این خاک باعث کاهش حد روانی و حد خمیری در نتیجه کاهش شاخص خمیری گردیده وهمچنین افزایش وزن مخصوص خشک تا ۱/۲۱ برابر و کاهش رطوبت بهینه تا ۰/۶۴ برابر خاک رس طبیعی می شود. با افزودن ۲۰ درصد پودر سنگ تورم خاک از متوسط به قابل اغماض تغییر می کند و همچنین زاویه اصطکاک داخلی از ۱۶ به ۵۲/۳ افزایش پیدا میکند و چسبندگی خاک حدود ۵۰ درصد کاهش میابد. به طور کلی ظرفیت باربری خاک رس با افزودن پودر سنگ مرمر به طور قابل توجهی افزایش پیدا میکند به طوری که با افزودن ۲۰ درصد پودر سنگ مرمرتا ۲/۴۱ برابر افزایش میابد[۲] .

Archive of SID
www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122 ، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۲۱-۳۲

۲-۲- تثبیت خاک رس با آهک و پودر حاصل از ضایعات سنگی

دراین تحقیق لجن ضایعات سنگی به دست آمده از برش سنگ در کارخانجات سنگبری، برای تثبیت خاک رس به همراه آهک استفاده شده و نتایج آزمایش های مقاومت فشاری و نسبت باربری کالیفرنیا نشان می دهد که در زمان های عمل آوری مختلف، افزودن پودر ضایعات سنگی و آهک باعث افزایش مقدار مقاومت فشاری تا ۶ ٪ پودر ضایعات سنگی و ۷ ٪ آهک ،وافزایش مقدار نسبت باربری کالیفرنیا تا ۶ ٪ پودر ضایعات سنگی و ۹ ٪ آهک شده است، و برای در صدهای بیشتر، مقادیر مقاومت فشاری و نسبت باربری کالیفرنیا کاهش می یابد. بنابراین رفتار خواص ژئوتکنیکی خاک رسی که با پودر ضایعات سنگی و آهک مخلوط شده است نشان می دهد که این مواد اصلاح کننده خوبی برای خاک های مشکل دار می باشند [۳].

۲-۳- تثبیت خاک رس با استفاده از پودر ضایعات سنگی مرمر

هدف اصلی این تحقیق بررسی امکان استفاده از پودر لجن سنگ مرمر در تثبیت خاک های مشکل ساز)به خصوص رس های متورم شونده(بوده است. نسبت عناصر پودر لجن سنگ مرمر که مورد بررسی قرار گرفته ۰٪ ، ۵٪ ، ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ از وزن خاک بوده و نتایج آزمایش نشان می دهد که با افزودن پودر لجن مرمر، پارامترهای مقاومت برشی نیز بهبود یافته و پتانسیل تورم نمونه های آزمایش شده کاهش یافته است. به دلیل محتوای بالای کلسیم، پودر لجن سنگ مرمر نقش مهمی در روند هیدراتاسیون دارد. نتایج به دست آمده نشان می دهد که افزودن پودر سنگ مرمر به نمونه های رس، هزینه ساخت سازه ها را در خاک های مشکل ساز کاهش می دهد و پیدا کردن مناطق جدید استفاده برای مصرف این ضایعات باعث کاهش آلودگی محیط زیست می شود و استفاده آنها در خاک های مشکوک سهم بزرگی در اقتصاد و حفاظت از منابع خواهد داشت [۴].

۳- مصالح مصرفی

۳-۱- خاک

خاک مورد استفاده در کلیه آزمایشها از تپه های ماسه ای مرکز دشت یزد)ریگ یزد یا ارگ یزد(است. بیشترین تراکم تل ماسه در دشت یزد اردکان در ارتفاع ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰ متری از سطح دریا حاصل شده است. ماسه های معروف به ریگ یزد در حدفاصل اشکذر و یزد تا حوالی فهرج دیده می شوند.[۵] از آزمایش تراکم استاندارد حداکثر وزن مخصوص خشک برابر با ۱۸/۹KN/m3 و درصد رطوبت بهینه٪ ۱۱/۵ و خاک طبق طبقه بندی آشتو از نوع A-3 و در طبقه بندی متحد خاک از نوع SP می باشد.

۳-۲-ضایعات کارخانه های سنگ بری (گل سنگ)

این مواد محصول فرعی و ضایعات صنایع تولید کننده سنگ های ساختمانی هستند. آب مورد استفاده جهت خنک کردن تیغه های برشی دستگاه، ذرات جدا شده از سنگ مادر را که بسیار ریز می باشند را به صورت معلق و دوغابی در آب درآورده و به حوضچه های رسوب گذاری انتقال می دهد و سپس توسط پمپ در فضای بازی تخلیه و پس از خشک شدن به عنوان ضایعات بارگیری و از محل کارخانه خارج می شود [۶]. دراین پژوهش از گل سنگ گرانیت و تراورتن استفاده شده است که نتیجه تجزیه شیمیایی این دو نوع گل سنگ در جداول (۱) و (۲) آورده شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122 ، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۲۱-۳۲

جدول۱: تجزیه شیمیایی گل سنگ تراورتن توسط آزمایش XRF .

CaO	MgO	SiO2	SO3	ZnO	Fe2O3	Al2O3	CuO	SrO	LOI
۵۵/۷	۰/۲۹۴	۰/۱۳۸	۰/۰۹۷	۰/۰۷۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۷	۰/۰۱۵	۰/۰۱۷	۴۳/۵۵

جدول۲: تجزیه شیمیایی گل سنگ تراورتن توسط آزمایش XRF.

SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	K2O	MgO	Na2O	TiO2	P2O5	Cl
۴۶/۵	۱۸/۱	۱۱/۹	۹/۰۶	۴/۱۹	۲/۶۸	۲/۳۷	۱/۲۴	۰/۸۱۵	۰/۳۷۷
SO3	MnO	BaO	SrO	CuO	ZnO	Cr2O3	Rb2O	ZrO2	LOI
۰/۳۶۶	۰/۲۰۶	۰/۱۶۰	۰/۱۵۶	۰/۰۵۵	۰/۰۲۲	۰/۰۲۱	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۱/۷۳

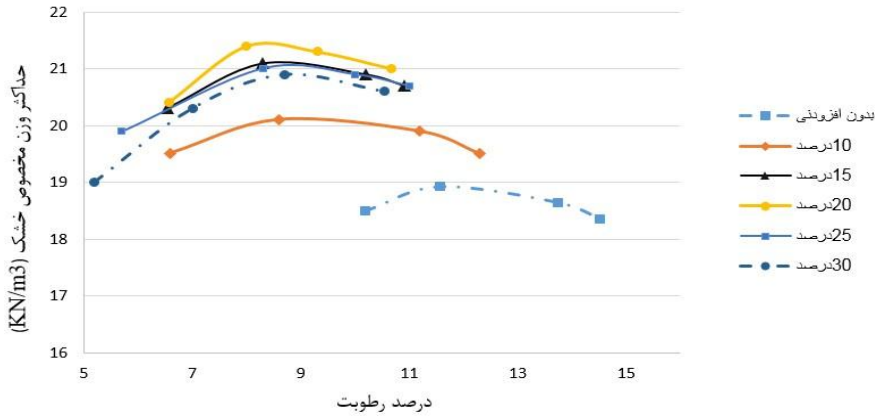
شکل ۱: گل سنگ های خشک شده و دپو شده در فضای باز.

۴- آزمایش تراکم استاندارد

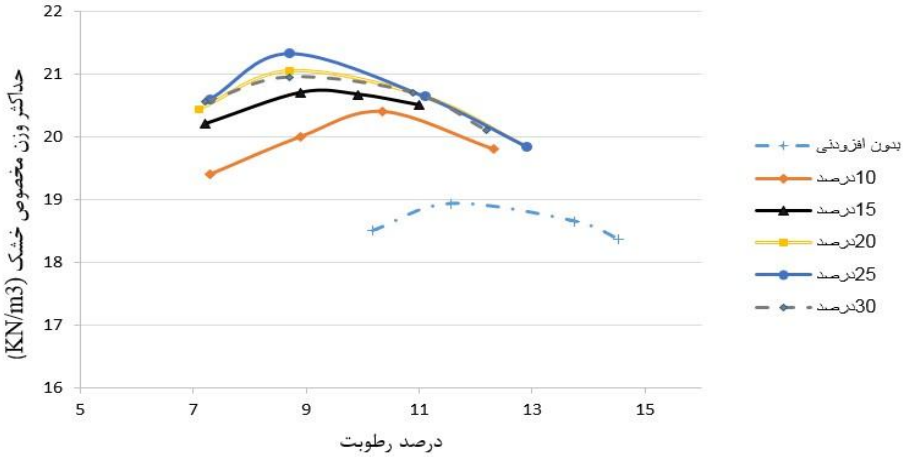
این آزمایش جهت به دست آوردن درصد رطوبت بهینه و حداکثر وزن مخصوص خشک نمونه ماسه خالص ومخلوط ماسه و گل سنگ انجام گرفت و تاثیر این ماده در پارامترهای مربوطه مورد بررسی قرار گرفت. لازم به توضیح است که این آزمایش طبق استاندارد ASTM-D698 انجام گرفته است. آزمایش تراکم استاندارد روی مخلوط ماسه و گل سنگ انجام شد و نتایج نشان میدهد با افزودن پودر سنگ تراورتن تا میزان ۲۰ ٪ وزن خاک، وزن مخصوص خشک حداکثر به میزان ۲/۵ واحد افزایش ورطوبت بهینه به میزان ۳/۵ ٪کاهش میابد و با افزودن پودر سنگ گرانیت تا میزان ۲۵ ٪وزن خاک، وزن مخصوص خشک حداکثر به میزان ۲/۴ واحد افزایش ورطوبت بهینه به میزان ۲/۹ ٪ کاهش میابد. در شکل های (۲) و (۳) نمودارهای تراکم ماسه بادی و مخلوط آن با درصدهای مختلف گل سنگ تراورتن وگرانیت نشان داده شده است.

www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122 ، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۲۱-۳۲



شکل۲: منحنی تراکم ماسه – پودر سنگ تراورتن.



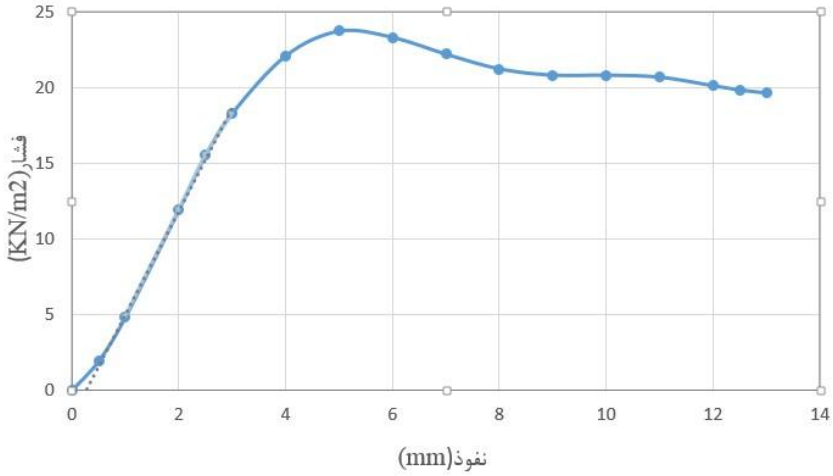
شکل ۳: منحنی تراکم ماسه – پودر سنگ گرانیت.

۵- آزمایش نسبت برابری کالیفرنیا (CBR)

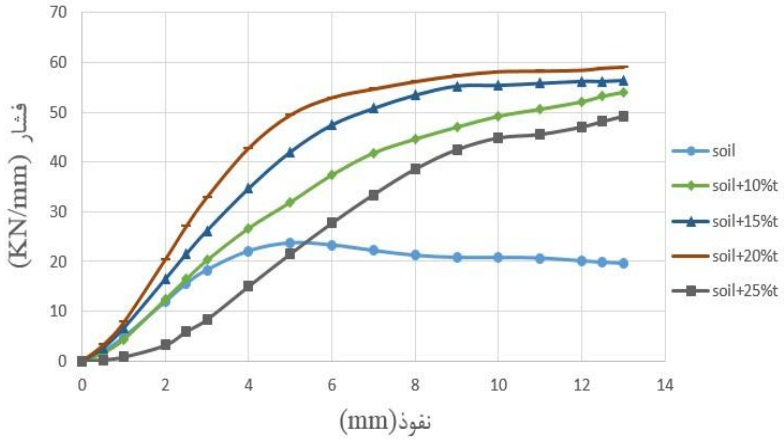
آزمایش CBR مقاومت برشی خاک را تحت شرایط کنترل شده درصد رطوبت و وزن مخصوص می دهد. این آزمایش در نهایت یک عدد را به عنوان نسبت باربری ارائه می کند، بدیهی است که این عدد برای یک خاک مشخص ثابت نیست وبستگی به شرایط تراکمی و رطوبتی آن خاک دارد. در این پژوهش آزمایش CBR برای تعیین میزان تأثیر گل سنگ روی ظرفیت باربری ماسه تثبیت شده با این مواد انجام گرفته است. در هر حالت نمونه CBR با درصد رطوبت بهینه ی متناسب با ۵ درصد گل سنگ که از آزمایش تراکم به دست آمده، آماده گردیده است. نمونه های تثبیت شده با چهار درصد وزنی گل سنگ نسبت به وزن خاک) ۱۰٪، ۱۵٪، ۲۰٪، ۲۵ ٪(در زمان عمل آوری آنی، مورد آزمون قرار گرفت که نمودارهای مربوط به ماسه خالص در شکل ۴ و نمودارهای مخلوط ماسه و گل سنگ تراورتن و گرانیت به ترتیب در شکل های ۵ و ۶ نشان داده شده است.

www.SID.ir

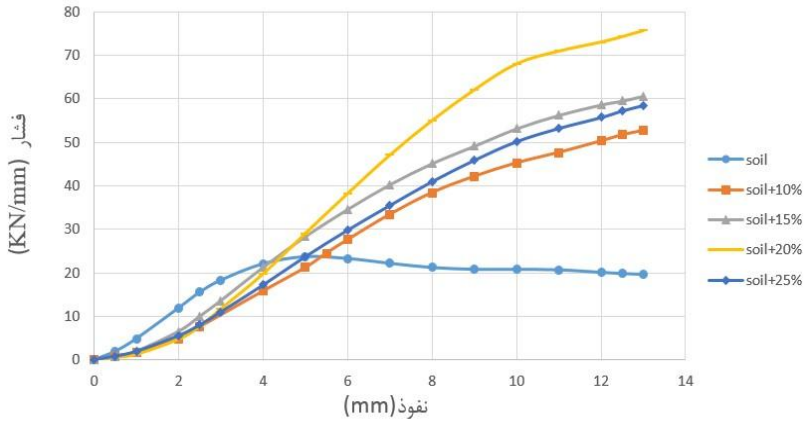
رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122 ، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۲۱-۳۲



شکل ۴: منحنی نفوذ- تنش آزمایش CBR روی ماسه خالص.

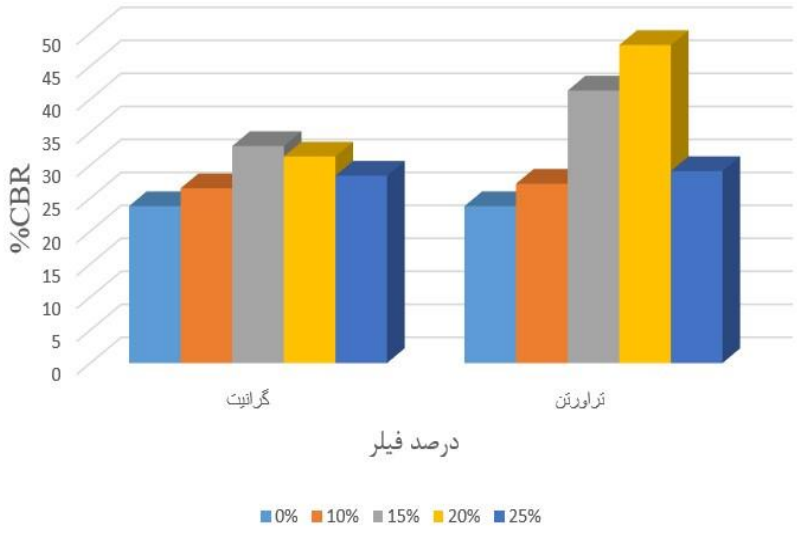


شکل ۵: منحنی نفوذ- تنش آزمایش CBR روی مخلوط ماسه وگِل سنگ تراورتن



شکل ۶: منحنی نفوذ- تنش آزمایش CBR روی مخلوط ماسه وگِل سنگ گرانیت.

www.SID.ir



شکل۷ : نمودار مقایسه ای تاثیر افزایش درصد گل سنگ بر نسبت باربری کالیفرنیا (CBR).

مقادیر افزایش عدد CBR به صورت مقایسه ایی در شکل(۷) نشان داده شده است همانطور که نتایج نشان میدهد با افزودن گل سنگ گرانیت تا ۵۱ ٪ وزنی خاک و گل سنگ تراورتن تا ۲۰ ٪ وزنی خاک باعث افزایش CBR می‌گردد که گل سنگ تراورتن باعث افزایش بیشتر مقدار CBR می‌گردد.

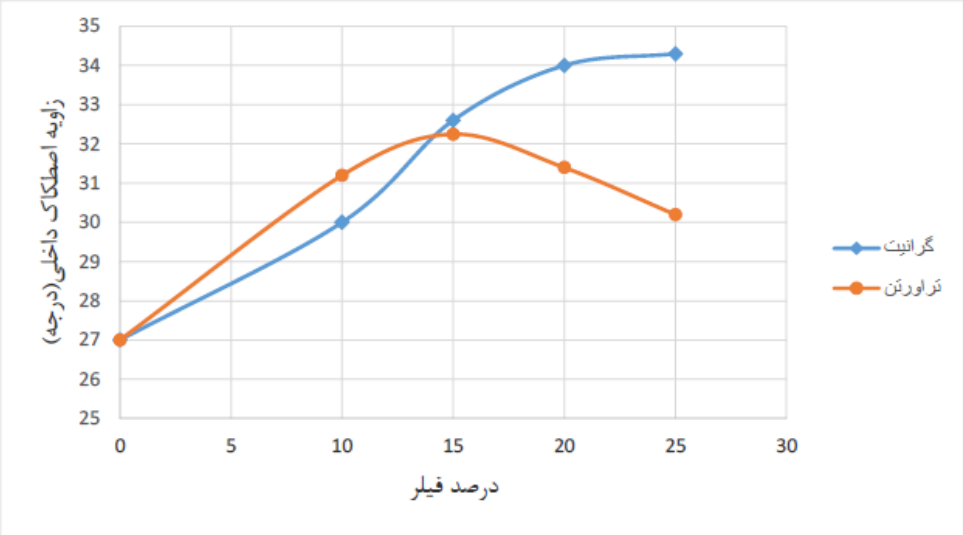
۶- آزمایش برش مستقیم

مقاومت برشی خاک عبارت است از قدرت تحمل یک توده خاک در برابر باری که روی آن گذاشته می شود، یا به عبارت دیگر قادر بودن به ایستادگی در برابر سرخوردن در امتداد صفحات داخلی آن و یا حفظ تعادل روی سطوح شیبدار است. یکی از مدل های رفتاری که برای تعیین واکنش محیط خاک در برابر بار زیاد به کار می رود، مدل موهر - کولمب است.[۷] آزمایش برش مستقیم به صورت کنترل کرنش برای تعیین میزان تأثیر گل سنگ، روی زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی ماسه تثبیت شده با این ماده انجام گرفته است. در هر حالت نمونه ها با درصد رطوبت بهینه ای که از آزمایش تراکم مربوط به همان درصد مشخص فیلر و وزن مخصوصی که از آزمایش تراکم به دست آمده درست گردید.آزمایش های برش مستقیم بر روی نمونه های ماسه خالص و مخلوط ماسه و گل سنگ در مقادیر ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد وزنی خاک مطابق استاندارد ASTM D 3080 انجام شدند.

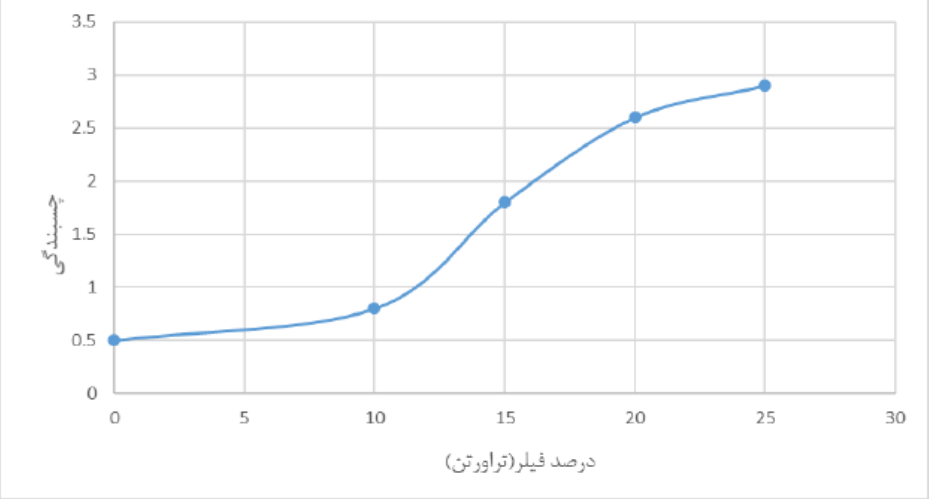
جدول ۳: مشخصات ماسه جهت ساخت نمونه های آزمایش برش مستقیم.

درصد رطوبت بهینه	۱۱/۵٪
وزن مخصوص خشک(KN/m3)	۱۸/۹
وزن مخصوص مرطوب(KN/m3)	۲۱/۱
حجم قالب(m3)	۶۴/۸*۱۰^-۶
وزن ماسه مرطوب(KN)	۱۳۶/۷*۱۰^-۵

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۹: نمودار مقایسه ای تاثیر افزایش گل سنگ گرانیت و تراورتن بر روی زاویه اصطکاک داخلی

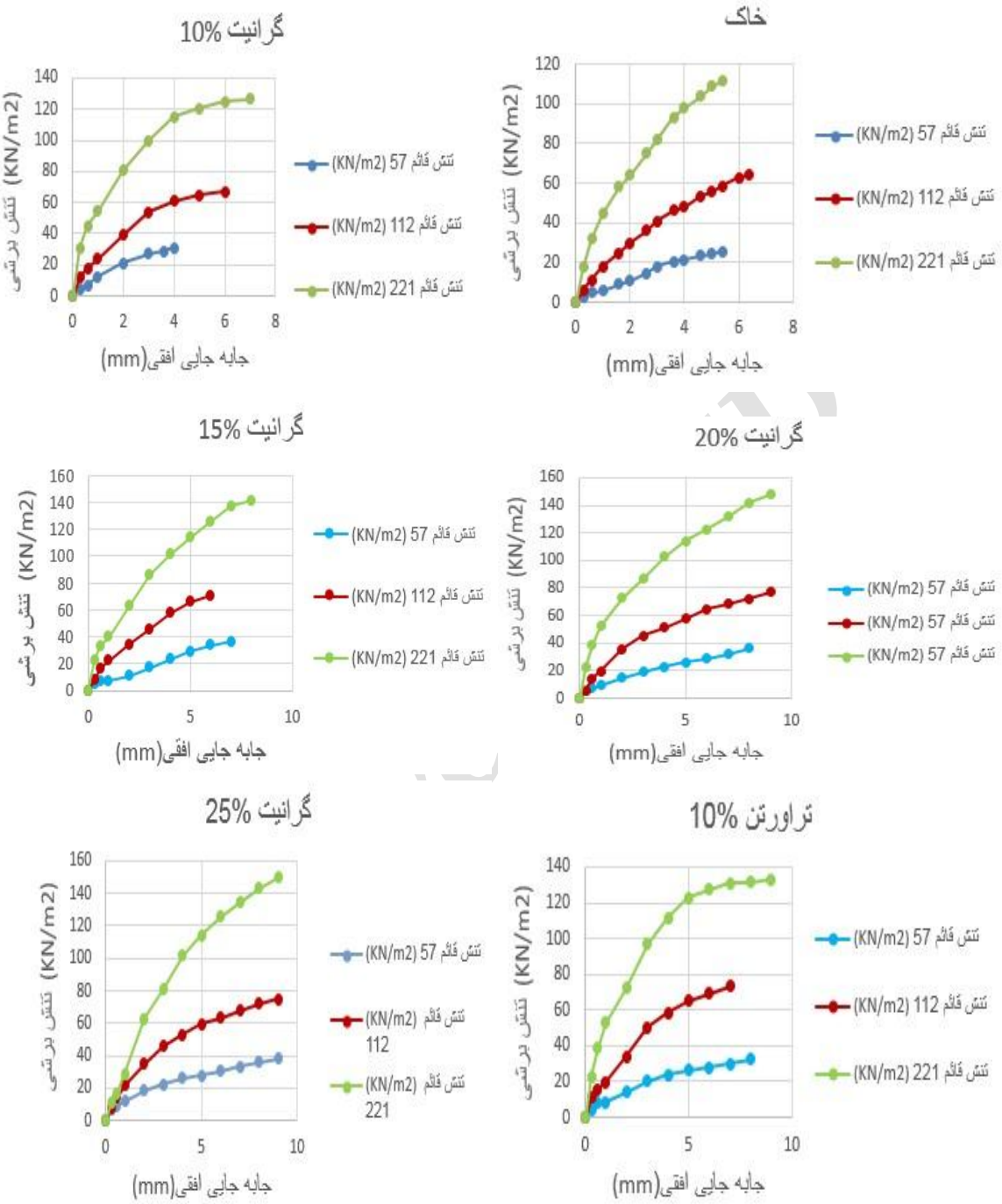


شکل ۱۰: میزان تاثیر گل سنگ تراورتن بر روی چسبندگی.

نمودارهای شکل های ۹ و ۱۰ بیانگر آن است که با افزایش گل سنگ تراورتن، چسبندگی وزاویه اصطکاک داخلی افزایش میابد به طوری که این افزایش برای زاویه اصطکاک داخلی با افزایش گل سنگ تا ۵۱ درصد وزنی خاک افزایش یافته و پس از آن کاهش میابد و همچنین با افزودن گل سنگ گرانیت زاویه اصطکاک داخلی به طور کلی افزایش میابد ولی مقدار افزایش آن برای گل سنگ بیشتر از ۲۰ درصد کاهش می یابد. از آن جایی که نمودار نیرو- تغییر مکان در خاک کمیت های مهمی از جمله سختی و ظرفیت نهایی تغییر شکل را تعیین می کند، منحنی تنش برشی- تغییر مکان افقی نمونه خاک و نمونه ها با درصدهای مختلف گل سنگ در شکل (۱۱) نشان داده شده است.

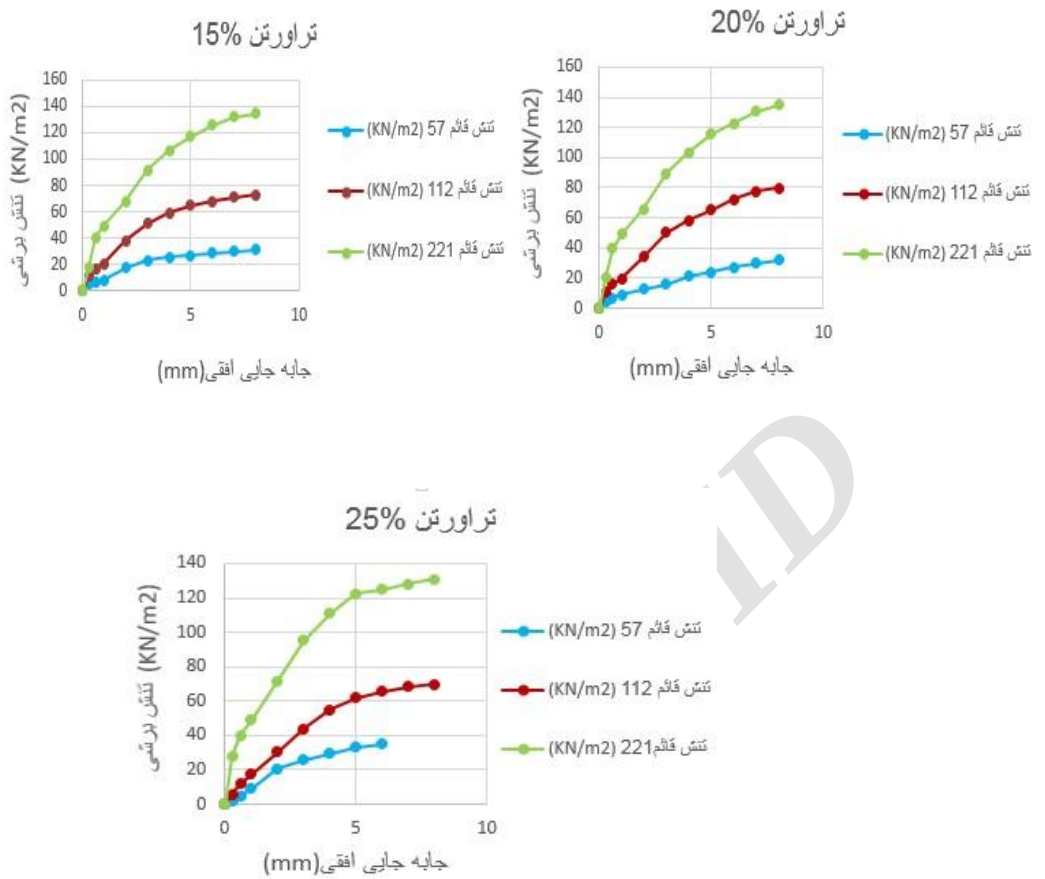
www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122 ، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۲۱-۳۲



www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122 ، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۲۱-۳۲



شکل ۱۱: نمودار تنش برشی – جا به جایی افقی برای ماسه خالص و مخلوط ماسه و گل سنگ تراورتن و گرانیت.

۷- جمع بندی و نتیجه گیری

الف- مقدار درصد فیلر (گل سنگ) بر میزان درصد رطوبت بهینه تاثیر مستقیم دارد.

ب- بر اساس نتایج مشاهده شده با افزایش گل سنگ تراورتن به مقدار ۲۰ ٪ و گل سنگ گرانیت به مقدار۲۵ ٪ وزن خاک، وزن مخصوص خشک خاک افزایش میبابد و پس از آن کاهش می یابد.

ج- بر اساس نتایج بدست آمده از آزمایش تراکم با افزایش درصد فیلر (گل سنگ) مقدار درصد رطوبت بهینه کاهش می یابد.

د- افزایش گل سنگ تراورتن به مقدار ۲۰ ٪ وزن خاک، باعث افزایش CBR می شود که این افزایش برای گل سنگ گرانیت تا ۱۵٪ افزودنی ادامه میابد و مقدار آن به نسبت لجن تراورتن کمتر است. با افزایش مقدار فیلر (گل سنگ) بیش از ۱۵ درصد برای گرانیت و ۲۰ درصد وزن خاک برای تراورتن ، تماس مستقیم بین دانه های ماسه کاهش یافته و در نتیجه ظرفیت باربری خاک کاهش می یابد.

و- با افزایش گل سنگ تراورتن، چسبندگی وزاویه اصطکاک داخلی افزایش میابد به طوری که این افزایش برای زاویه اصطکاک داخلی با افزایش گل سنگ تا ۱۵ درصد وزنی خاک افزایش یافته و پس از آن کاهش میابد و همچنین با افزودن گل سنگ گرانیت زاویه اصطکاک داخلی به طور کلی افزایش میابد ولی از مقدار افزایش آن برای گل سنگ بیشتر از ۲۰ درصد کاسته می شود.

Archive of SID
www.SID.ir

۸- مراجع

[۱]- روح بخشان، آ.،دهقانی، م.، ۱۳۹۱، **بررسی امکان استفاده از پودر ضایعات سنگی در مهندسی عمران**، دومین کنفرانس ملی سازه، زلزله و ژئوتکنیک، بابلسر، موسسه آموزش عالی پردیسان.

[2]- Momen, A., Rehman Abro, F., Aslam Butto, M., and Sumadi, S., 2015, **Marble powder as stablizer in natural clayey soils**, UTM Skudai, 81310 Johor

[۳]- روح بخشان، آ.، ۱۳۹۲، **تثبیت خاک رس با آهک و پودر حاصل از ضایعات سنگی**، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هرمزگان.

[4]-Saygili, A., 2015, **Use of Waste Marble Dust for Stabilization of Clayey Soil**, Materials Science, 21(4), 601-606.

[۵]- مهر شاهی، د.، مهرنهاد، ح.، ۱۳۸۷، **بررسی ساختار مورفوتکتونیک دشت یزد-اردکان**، طرح پژوهشی، دانشگاه یزد.

[6]-Roohbakhshan, A. and Kalantari, B., 2014, **effect of lime and waste stone powder variation on the pH values**, Annals of Faculty Engineering Hunedoara, International Journal of Engineering, 3, 177-180.

[۷]- امامعلی پور، س، امین فر، م، ۱۳۹۵، **بررسی تاثیر پایدارسازی و تثبیت خاک با پودر لاستیک بر مقاومت برشی خاک**، کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، تهران، ایران.

Archive of SID
www.SID.ir