

## بررسی اثر گرانول لاستیک بر کاهش وزن مخصوص خاک رس

محمد کارآمد تبریزی<sup>۱</sup>، سعید ابریشمی<sup>۲</sup>، سید احسان سیدی حسینی نیا<sup>۱</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد خاک و پی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

[m.tabrizi@stu.um.ac.ir](mailto:m.tabrizi@stu.um.ac.ir)

### خلاصه

گسترش صنعت خودرو سبب شده تا لاستیک‌های فرسوده به دلیل عدم تجزیه در طبیعت به عنوان یکی از آلاینده‌های زیست محیطی در دهه‌های اخیر مطرح شوند و موضوع استفاده مجدد یا به عبارتی بازیافت لاستیک‌های فرسوده مورد توجه مهندسين قرار گیرد. استفاده از خرده لاستیک‌ها به صورت مخلوط با خاک، یکی از راه‌حلهایی است که برای جلوگیری از مخاطرات زیست محیطی ناشی از دفن لاستیک‌ها ارائه شده است. لذا در پژوهش حاضر با انجام آزمایش‌های شناسایی و آزمایش‌های تراکم، به مطالعه مؤلفه‌های تراکمی خاک رس تسلیح شده با خرده لاستیک پرداخته شده است. آزمون‌های تراکم برای نمونه‌های حاوی صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد وزنی خرده لاستیک انجام شده و برای اولین بار، با توجه به حضور دو جنس مختلف مصالح که ذرات آنها وزن مخصوص‌های متفاوتی دارند، روابط وزنی-حجمی اصلاح گردیده و بر اساس روابط جدید و نتایج آزمایش‌های تراکم، تغییرات تخلخل در تراکم‌های مختلف با درصد وزنی خرده لاستیک موجود در مخلوط تعیین شده است.

کلمات کلیدی: خاک رس، خرده لاستیک (گرانول)، آزمایش تراکم، تخلخل، روابط وزنی-حجمی

### ۱. مقدمه

تولید لاستیک‌های زائد در ایران و در سایر نقاط جهان روز به روز در حال افزایش است. به عنوان نمونه در سراسر آمریکا سالانه حدود یک الی دو هزار میلیون لاستیک فرسوده در توده‌های حجیم بر روی هم دپو شده و حدود ۲۵۰ میلیون تیر دور انداخته می‌شود. بطوریکه در این کشور تقریباً ۳۰٪ از این لاستیک‌ها به عنوان مصالح در خاکریزها استفاده می‌شود و هزاران تیر فرسوده دیگر به حال خود رها می‌گردد [1]. دپو لاستیک در طبیعت با توجه به غیرقابل تجزیه بودن آن می‌تواند تولید مشکلات زیست محیطی از قبیل جمع شدن حشرات ناقل بیماری، جمع شدن جوندگان مانند موش و پروز آتش‌سوزی نماید. از اینرو باید آنها را به نحوی مناسب مورد استفاده مجدد قرار داد. از جمله روش‌های تثبیت فیزیکی که اخیراً با توجه به مشکلات زیست محیطی گفته شده مورد توجه قرار گرفته، تثبیت خاک‌ها با استفاده از خرده لاستیک است، بخصوص که این مواد دارای مشخصاتی نظیر چگالی پایین، دوام بالا، عایق حرارتی بالا، هزینه‌های اجرایی پایین، مقاومت کششی و عدم حساسیت نسبت به آب می‌باشند.

مطالعات مختلفی بر روی مخلوط‌های خاک با خرده لاستیک به منظور بررسی مشخصات فیزیکی و مکانیکی و نحوه عملکرد آنها در پروژه‌های عمرانی انجام گرفته است. از جمله آزمایش‌های انجام شده می‌توان به تحقیق Cetin & Fener (2005) اشاره نمود [2]. ایشان از دو اندازه خرده لاستیک ریز و درشت برای ترکیب با خاک رس برای انجام این تحقیق استفاده نموده‌اند. آزمایش تراکم برای خاک رس فاقد خرده لاستیک و ترکیب شده با خرده لاستیک‌های ریز و درشت طی آزمون‌های مجزا انجام شده است و برای هر کدام وزن مخصوص خشک و رطوبت بهینه به دست آمده است. درصدهای خرده لاستیک مورد استفاده در این پژوهش از صفر تا ۵۰ درصد متغیر بوده است. وزن مخصوص خشک حداکثر خاک رس

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد خاک و پی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

<sup>۲</sup> استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

$15/79 \text{ kN/m}^3$  در رطوبت ۱۹٪ به دست آمده است و مقدار وزن مخصوص خشک حداکثر برای مخلوط خاک حاوی ۲۰٪ خرده لاستیک درشت و ۳۰٪ خرده لاستیک ریز به ترتیب برابر  $13/43$  و  $12/5$  کیلونیوتون بر مترمکعب به دست آمده است.

اسدزاده و سلطانی (۱۳۹۱) آزمایش‌های تراکم و تحکیم ادنومتر را به منظور دستیابی به ویژگی‌های تورمی و تحکیمی خاک رس مسلح شده با خرده لاستیک انجام داده‌اند [3]. بطور کلی مشاهده شده که با افزودن خرده لاستیک به رس خالص، وزن مخصوص خشک بیشینه کاهش می‌یابد. Nakhaei & Marandi (2010) آزمایش‌های مختلفی روی مخلوط خاک با خرده لاستیک به منظور پیدا کردن خواص مکانیکی آن انجام داده‌اند [4]. آزمون تراکم با درصد خرده لاستیک صفر، ۸، ۱۰ و ۱۴ درصد وزنی انجام شده که با افزایش درصد وزنی خرده لاستیک وزن مخصوص خشک حداکثر افزایش و رطوبت بهینه مجموعه کاهش یافته و از  $21/68 \text{ kN/m}^3$  و  $6/6$  درصد برای خاک ماسه‌ای فاقد خرده لاستیک به  $18/05 \text{ kN/m}^3$  و  $9/2$  درصد برای خاک مخلوط با ۱۴ درصد خرده لاستیک رسیده است.

محققان دیگری از جمله (Edil & Bosscher (1994)، (Dutta & Rao (2006) و (Ahmed (1993) روی تراکم مخلوط خاک با خرده لاستیک تحقیق کرده‌اند. نتیجه کلیه این تحقیقات این بوده است که با افزایش میزان خرده لاستیک، وزن مخصوص خشک حداکثر مخلوط کاهش می‌یابد [5,6,7]. بر این اساس در هیچیک از تحقیقات انجام شده، به بررسی میزان تخلخل مخلوط خاک و خرده لاستیک پرداخته نشده است. لذا در این مقاله، ابتدا نمونه خاک ریزدانه نرم انتخاب گردیده و پس از انجام آزمایش‌های شناسایی و تأیید مشخصات خاک، آزمایش‌های تراکم روی این خاک و مخلوط آن با خرده لاستیک انجام شده و سپس با استفاده از روابط وزنی-حجمی اصلاح شده برای مخلوط خاک با خرده لاستیک به بررسی میزان تخلخل مخلوط پرداخته شده است.

## ۲. مصالح مورد استفاده در پژوهش

با توجه به هدف انتخاب شده در این تحقیق، از دو نوع مصالح در آزمایش‌ها استفاده شده است. مصالح اصلی، خاک و مصالح فرعی، خرده لاستیک به عنوان تثبیت‌کننده فیزیکی مصالح خاکی بوده است که در ادامه توضیحاتی در خصوص هر یک و دلایل انتخاب آن‌ها ارائه شده است.

### ۱.۲. مصالح خاکی

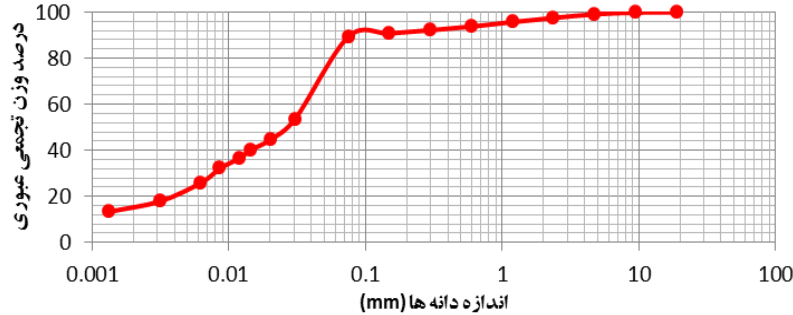
با توجه به معضلات ناشی از مواجهه با خاک ریزدانه نرم در پروژه بلوار شارستان رضوی و هزینه بالای تحمیل شده به پروژه جهت تهیه خاک مرغوب برای زیراساس و اساس مسیر، مصالح خاکی انتخابی از این پروژه یعنی طول جغرافیایی  $59^\circ$  درجه و  $37'$  دقیقه و  $22/33$  ثانیه و عرض جغرافیایی  $36^\circ$  درجه و  $17'$  دقیقه و  $21/64$  ثانیه، تهیه گردیده است. شکل (۱) محل پروژه را نمایش می‌دهد [8].



شکل ۱- پروژه راهسازی شارستان رضوی، محل تهیه مصالح خاک [8]

جهت شناسایی مصالح خاکی، دانه‌بندی بخش درشت‌دانه با الک کردن و مطابق با استاندارد ASTM D422-87 انجام گرفته است [9]. همچنین، جهت دانه‌بندی بخش ریزدانه از روش هیدرومتری استفاده شده است. در نهایت منحنی دانه‌بندی مصالح خاکی با ادغام نتایج این آزمایش‌ها

مطابق شکل (۲) بدست آمده است که با توجه به این منحنی، خاک مورد نظر از ۰/۸۷٪ شن، ۹/۷۵٪ ماسه (در مجموع ۱۰/۶۲٪ درشت‌دانه) و ۸۹/۳۸٪ ریزدانه تشکیل شده است.



شکل ۲- منحنی دانه‌بندی مصالح خاکی

جهت طبقه‌بندی خاک، آزمایش‌های حد روانی و حد خمیری مطابق با استاندارد ASTM D4318-87 انجام شده است [10] و حد روانی و خمیری به ترتیب ۲۴/۱۳٪ و ۱۹/۴۴٪ و نشانه خمیری ۴/۶۹٪ تعیین شده‌اند. لذا خاک مورد نظر مطابق با استاندارد ASTM D2487-06 یعنی "دستورالعمل سیستم طبقه‌بندی یونیفاید" در زمره خاک‌های دو اسمی CL-ML، رس سیلت‌دار با خواص خمیری کم قرار می‌گیرد [11]. علاوه بر موارد اخیر و جهت کنترل تخلخل، چگالی دانه‌های جامد مطابق با استاندارد ASTM D854-87 (شکل ۳) بدست آمده و در نهایت توده ویژه خاک برابر ۲/۷۴ تعیین شده است [12].



شکل ۳- آزمایش تعیین وزن مخصوص ویژه ( $G_s$ )

## ۲.۲. مصالح گرانول

برای تثبیت خاک، از گرانول تولید شده زیر نظر سازمان مدیریت پسماند شهرداری مشهد با هدف بازیافت لاستیک‌های فرسوده (که در حال حاضر تنها کاربرد آن در تهیه کف‌پوش برای پارک‌ها است) استفاده شده است. اندازه گرانول مورد استفاده در این پژوهش بین ۲ تا ۴ میلی‌متر می‌باشد (شکل ۴). آزمایش تعیین توده ویژه برای مصالح گرانول با غوطه‌ور شدن ماده روی آب همراه بوده که برای رفع این مشکل، از الکل که وزن مخصوص کمتری نسبت به آب دارد، استفاده شده و ملاحظه گردیده که تمامی خرده لاستیک‌ها کف پیکنومتر قرار گرفته و مقدار توده ویژه مصالح با توجه به صحت آزمایش برابر ۱/۰۹۸ تعیین گردیده است.



شکل ۴ - گرانول مورد استفاده در پژوهش حاضر

### ۳. نتایج آزمایش تراکم

هدف از انجام عملیات تراکم، کاهش میزان تخلخل خاک است که منجر به اصلاح مشخصات مکانیکی خاک می‌گردد و در ساخت سازه‌های خاکی نظیر خاکریزها مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به نقش تعیین‌کننده تراکم در عملیات خاکریزی و تأثیر آن بر مشخصات سازه‌های خاکی، استفاده از نتایج این آزمایش برای ارزیابی اثرات وجود خرده لاستیک در مخلوط خاک به عنوان هدف تحقیق حاضر انتخاب شده است. نتایج مطالعات پیشین نشان‌دهنده که برای یک انرژی تراکم ثابت، افزایش مقدار آب تا میزان مشخصی، سبب تسهیل این عملیات می‌گردد ولی بیش از آن، تأثیر منفی بر تراکم دارد. هدف آزمایش تراکم تعیین این میزان مشخص آب، یعنی رطوبت بهینه و وزن مخصوص خشک متناظر آن، یعنی وزن مخصوص خشک بیشینه است.

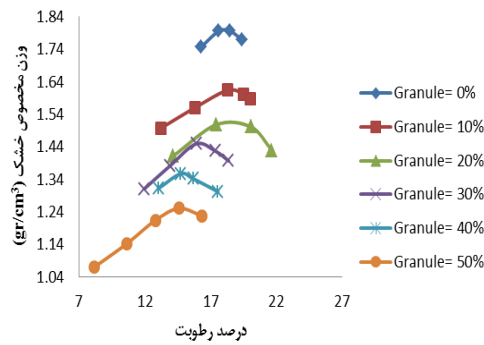
در تحقیق حاضر آزمایش تراکم پراکتور معمولی مطابق با استاندارد ASTM D698-78 و آزمایش پراکتور اصلاح شده مطابق با استاندارد ASTM D1557 انجام شده است (شکل ۵) [13].



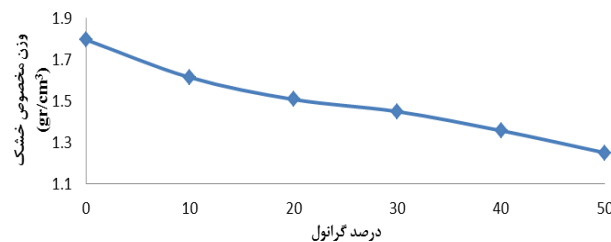
شکل ۵- انجام آزمایش تراکم

آزمایش‌ها روی خاک فاقد خرده لاستیک و خاک مخلوط با ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد وزنی خرده لاستیک انجام شده است. درصدهای خرده لاستیک انتخابی بر اساس مشخصات ذرات خاک و گرانول، به ترتیب معادل ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵، ۱/۰۰ و ۱/۲۵ سهم حجم گرانول در کنار یک حجم خاک می‌باشد.

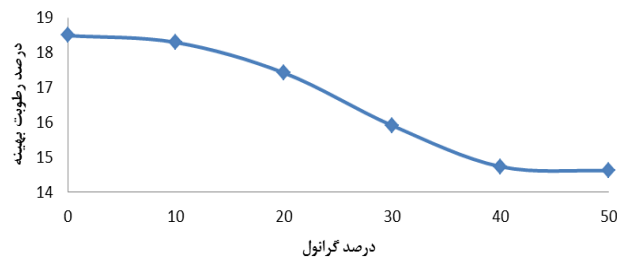
در شکل (۶) نتایج آزمایش تراکم معمولی یعنی نمودار وزن مخصوص خشک در مقابل درصد رطوبت رسم شده است. در اشکال (۷) و (۸) به ترتیب نمودار تغییرات وزن مخصوص خشک و درصد رطوبت بهینه در مقابل درصد وزنی خرده لاستیک نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد با افزایش درصد وزنی خرده لاستیک، وزن مخصوص خشک حداکثر و رطوبت بهینه مجموعه کاهش می‌یابد و از  $18/5$  و  $1/8 \text{ gr/cm}^3$  درصد برای خاک فاقد خرده لاستیک به  $14/6$  و  $1/25 \text{ gr/cm}^3$  درصد برای مخلوط خاک با ۵۰ درصد گرانول می‌رسند.



شکل ۶- نمودار وزن مخصوص خشک در مقابل درصد رطوبت در آزمون تراکم استاندارد



شکل ۷- نمودار وزن مخصوص خشک در مقابل درصد گرانول



شکل ۸- نمودار رطوبت بهینه در مقابل درصد گرانول

کاهش وزن مخصوص خشک حداکثر این ابهام را ایجاد می‌کند که شاید تراکم نمونه با افزایش خرده لاستیک کاهش می‌یابد؟ برای رفع آن، باید تخلخل مجموعه مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور در این پژوهش روابط وزنی-حجمی خاک برای شرایط مخلوط با خرده لاستیک اصلاح گردیده و بر اساس روابط جدید و نتایج آزمایش‌های تراکم، تغییرات تخلخل در تراکم‌های مختلف با درصد خرده لاستیک موجود در مخلوط تعیین شده است.

اگر  $W_s$  وزن دانه‌های جامد خاک،  $W_p$  وزن ذرات جامد گرانول و  $x$  درصد وزنی گرانول باشد، می‌توان نوشت:

$$W_p = x \cdot W_s \quad (1)$$

$$V_s = \frac{W_s}{\gamma_s} = \frac{W_s}{G_s \gamma_w} \quad (2)$$

$$V_p = \frac{W_p}{\gamma_p} = \frac{x \cdot W_s}{G_p \gamma_w} \quad (3)$$

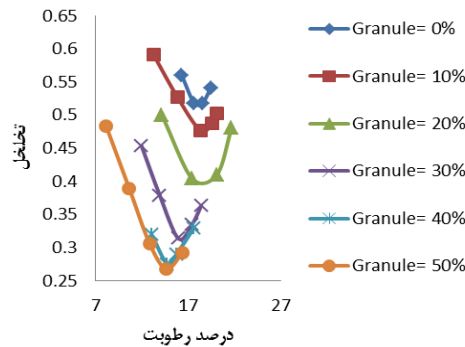
که در روابط اخیر،  $V$  حجم،  $\gamma$  وزن مخصوص،  $G$  توده ویژه ذرات و اندیس‌های  $s$ ،  $p$  و  $w$  به ترتیب مربوط به ذرات جامد خاک، ذرات جامد خرده لاستیک و آب می‌باشند. از طرفی با توجه به تعریف حجم فضای خالی یعنی  $V_v$  و نسبت تخلخل یعنی  $e$  می‌توان نوشت:

$$V = V_s + V_p + V_v = (V_s + V_p)\left(1 + \frac{V_v}{V_s + V_p}\right) = (V_s + V_p)(1 + e) \quad (4)$$

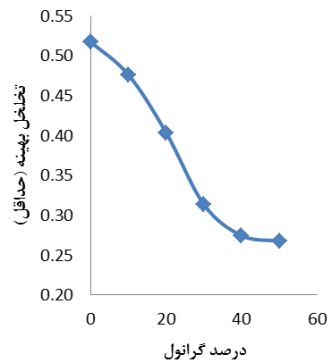
$$\gamma_d = \frac{W_s + W_p}{V} = \frac{W_s(1+x)}{(V_s + V_p)(1+e)} = \frac{W_s(1+x)}{\left(\frac{W_s}{G_s \gamma_w} + \frac{x \cdot W_s}{G_p \gamma_w}\right)(1+e)} = \frac{(1+x)\gamma_w G_s G_p}{(G_p + x \cdot G_s)(1+e)} \quad (5)$$

$$e = \frac{(1+x)\gamma_w G_s G_p}{(G_p + x \cdot G_s)} - 1 \quad (6)$$

با استفاده از رابطه اخیر می‌توان تخلخل مخلوط خاک و خرده لاستیک را محاسبه نمود. پس با استفاده از نتایج توده ویژه مصالح و نتایج آزمایش تراکم، تغییرات نسبت تخلخل با درصد رطوبت و درصد گرانول محاسبه و در اشکال (۹) و (۱۰) نمایش داده شده است. همان‌طور که از شکل (۱۰) پیداست، علیرغم کاهش وزن مخصوص مجموعه خاک و خرده لاستیک، تخلخل نیز کاهش می‌یابد و از حدود ۰/۵۲ برای خاک فاقد خرده لاستیک به حدود ۰/۲۷ برای مخلوط حاوی ۵۰٪ گرانول می‌رسد، یعنی حدود ۵۰٪ کاهش می‌یابد.



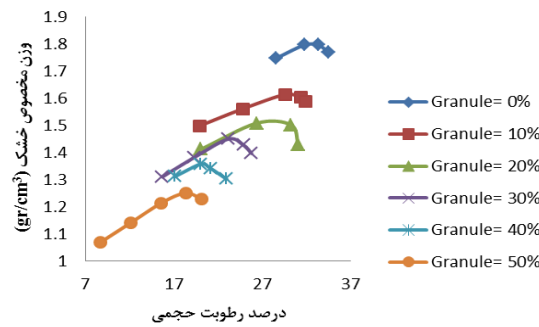
شکل ۹- نمودار تغییرات تخلخل با درصد رطوبت



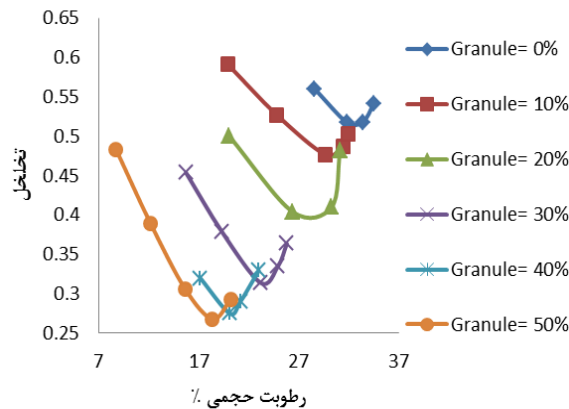
شکل ۱۰- تغییرات تخلخل بهینه (کمینه) با درصد خرده لاستیک

با توجه به این مهم که مصالح از دو جنس مختلف می‌باشد روابط صرفاً وزنی گویای مناسبی برای تغییرات رطوبت نمی‌باشد و لذا در ادامه تمامی محاسبات برای رطوبت حجمی،  $\theta_v$  تکرار شده و نمودارهای آن ارائه شده است. می‌توان مقدار رطوبت حجمی را از رابطه زیر بدست آورد:

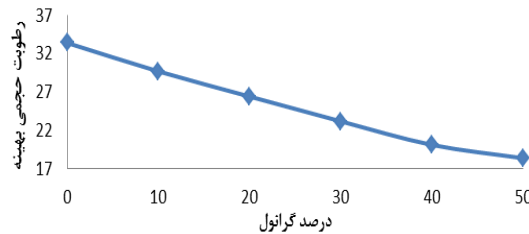
$$\theta_v = \frac{V_w}{V} = \frac{W_w \gamma_w}{(V_s + V_p)(1+e)} = \frac{\omega(W_s + W_p)}{\left(\frac{W_s}{G_s \gamma_w} + \frac{x \cdot W_s}{G_p \gamma_w}\right)(1+e)} = \frac{\omega W_s(1+x)}{\frac{W_s}{\gamma_w} \left(\frac{G_p + x \cdot G_s}{G_s G_p}\right)} = \frac{(1+x)\omega G_s G_p}{(G_p + x \cdot G_s)(1+e)} \quad (7)$$



شکل ۱۱- تغییرات وزن مخصوص خشک در مقابل درصد رطوبت حجمی



شکل ۱۱- نمودار تخلخل در مقابل رطوبت حجمی



شکل ۱۲- نمودار رطوبت حجمی در مقابل درصد گرانول در آزمون تراکم

این نتایج نشان می‌دهد که علیرغم کاهش وزن مخصوص خشک بهینه، تخلخل کاهش یافته است. یعنی وزن مخصوص خشک بهینه معیار مناسبی برای بررسی تراکم نیست. همچنین بدلیل وجود دو جنس کاملاً متفاوت از ذرات، استفاده از پارامتر وزنی درصد رطوبت برای بررسی میزان آب افزوده شده به نمونه مناسب نبوده، پارامتر رطوبت حجمی معیار مناسب‌تری برای بیان آن می‌باشد. علت این مورد نیز مشابه مورد قبل و وجود دو جنس ذرات با وزن مخصوص‌های کاملاً مختلف است.

#### ۴. نتیجه‌گیری

هدف از این تحقیق بررسی آزمایشگاهی خصوصیات تراکمی مخلوط خاک ریزدانه و خرده لاستیک بوده که نتایج حاصل به شرح ذیل می‌باشد:

۱. با افزایش درصد گرانول به خاک وزن مخصوص خشک مخلوط کاهش می‌یابد.

۲. با افزایش درصد خرده لاستیک به خاک، رطوبت بهینه کاهش می‌یابد.

۳. با افزایش درصد گرانول به خاک ریزدانه، تخلخل کاهش می‌یابد. یعنی علیرغم کاهش وزن مخصوص خشک، تراکم مخلوط بیشتر می‌شود. پس وزن مخصوص خشک معیار مناسبی برای تراکم مخلوط‌های خاک و خرده لاستیک نمی‌باشد. روند نزولی کاهش تخلخل تا ۴۰٪ وزنی خرده لاستیک شدید بوده و بعد از آن تقریباً ثابت می‌شود.
۴. کاهش تخلخل باعث اتصال بهتر بین ذرات خاک و خرده لاستیک خواهد شد، لذا این ذرات به خوبی با هم چفت و بست می‌شوند و بنابراین می‌توان پیش‌بینی نمود که با افزایش درصد خرده لاستیک و به دلیل کاهش تخلخل، رفتار برشی خاک اصلاح شود.
۵. علیرغم اینکه به نظر می‌رسد مقدار رطوبت برای مخلوط خاک با خرده لاستیک به ازای درصد وزنی خرده لاستیک بیش از ۴۰، تقریباً ثابت می‌شود، ولی میزان رطوبت حجمی نشان می‌دهد که حجم آب اضافه شده در حال کاهش است. پس درصد رطوبت نیز معیار مناسبی برای قضاوت در خصوص رطوبت بهینه مخلوط خاک و خرده لاستیک نبوده، باید از میزان رطوبت حجمی استفاده نمود. یکی از علل کاهش رطوبت بهینه، جایگزینی ذرات رسی که قابلیت جذب آب دارند با ذرات لاستیک که فاقد چنین ویژگی هستند، می‌باشد.

## ۵. مراجع

1. Lee, J. H. salgado, R. Bernal, A. and Lovell C. W. (1999), "shredded tires and rubber-sand as light weight backfill", *geotechnical and geoenvironmental engineering division*, pp. 132-141.
2. Cetin, H. Fener, M. Gunaydin, O. (2006), "Geotechnical properties of tire-cohesive clayey soil mixtures as fill material", *ELSEVIER*, 110-120.
۳. اسدزاده، م. سلطانی جیقه، ح. (۱۳۹۱)، "ویژگی‌های توری و تحکیمی خاک رس مسلح شده با خرده لاستیک"، نشریه مهندسی عمران دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
4. Nakhaei, A. Marandi, S. sani Kermani, S. and Bagheripour, M.H. (2012), "Dynamic properties of granular soils mixed with granulated rubber", *ELSEVIER*, 124-132.
5. Edil, T. B. and Bosscher, P. J. (1990), "Development of Engineering Criteria for Shredded or Whole Tires in Highway Applications".
6. Venkatappa, G. and Dutta, R. K. (2006), "Compressibility and strength behaviour of sand-tyre", *Geotechnical and Geological Engineering*, 711-724.
7. Ahmed, I. (1993), "Laboratory Study On Properties Of Rubber-soil," Indiana Department of Transportation,
8. "https://www.google.nl/maps/," [Online].
9. ASTM Standard D422-63, (2007), "Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils" Annual book of ASTM standards, Philadelphia, PA.
10. ASTM Standard D4318-10, (2010), "Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils " Annual book of ASTM standards, Philadelphia, PA.
11. ASTM Standard D2487-11, (2011), "Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)" Annual book of ASTM standards, Philadelphia, PA.
12. ASTM Standard D854-14, (2014), "Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer" Annual book of ASTM standards, Philadelphia, PA.
13. ASTM Standard D 698-12, (2012), " Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort" Annual book of ASTM standards, Philadelphia, PA.





# دومین کنفرانس ملی مکانیک خاک و مهندسی پی

دانشگاه صنعتی قم - مهر ماه ۱۳۹۴

2<sup>nd</sup> Iranian Conference on

# Soil Mechanics & Foundation Engineering



## کواهی ارائه مقاله

بدینوسیله کواهی می‌گردد مقاله جناب آقای اسرار خانم

محمد کارآمد تبریزی، سعید ابریشمی، سید احسان سیدی

حسینی نیا

با عنوان

بررسی اثر گر انول لاستیک بر کاهش وزن مخصوص خاک

در دومین کنفرانس ملی مکانیک خاک و مهندسی پی ایران که در روزهای ۲۲ و ۲۳ مهرماه ۱۳۹۴

در دانشگاه صنعتی قم برگزار شده است، توسط کمیته داوران مورد پذیرش قرار گرفته و به صورت

شغابی ارائه گردیده است.



دکتر مرتضی جیریایی شراهی  
دبیر علمی کنفرانس

دکتر مسعود عامل سخی  
دبیر کنفرانس

