مجله پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۱ شماره ۲، صفحه ۱۵۳-۱۴۵، (۱۳۹۴)

تأثیر زمان بر عملکرد ماده Road Packer Plus (RPP) در کنترل تورم خاک جاده‌های جنگلی (پژوهش موردی: جنگل خیرود)

فاطمه موسوی[۱] و احسان عبدی*[۲]

۱- دانشجوی دکتری مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۵/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۷/۱۱

چکیده

بیشتر خاک‌های جنگلی دارای بافت ریز بوده و خمیرایی زیاد دارند، بنابراین دارای قابلیت تورم‌پذیری بسیار بالایی هستند. قابلیت تغییر حجم زیاد ناشی از نوسانات رطوبت این خاک‌ها، به‌عنوان پدیده‌ای زیان‌بخش در ساخت جاده‌های جنگلی محسوب می‌شود. در این پژوهش، از ماده پلیمری Road Packer Plus (RPP) به‌عنوان گزینه‌ای جدید به‌جای استفاده از مواد تثبیت‌کننده متعارف، جهت بهبود خواص تورمی خاک ریزدانه رسی استفاده شد. به همین منظور با انجام آزمایش‌های مختلف بر روی نمونه خاک شاهد و نمونه تیمار شده با نرخ توصیه‌شده شرکت سازنده ماده، پتانسیل تغییر حجم خاک تیمار شده، مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور بررسی تأثیر زمان بر عملکرد این ماده افزودنی، نمونه‌های تیمار شده تهیه و به مدت هفت و ۱۴ روز نگهداری و سپس آزمایش‌های تورمی بر روی این نمونه‌ها انجام گرفت. نتایج نشان داد ماده RPP باعث افزایش تراکم و کاهش تورم و فشار تورمی خاک می‌گردد و زمان نیز تأثیر کمی در کاهش مقدار قابلیت تورم‌پذیری خاک مورد نظر دارد. به‌عبارت‌دیگر پس از تثبیت خاک با این ماده، اگر جاده برای مدت زمان مشخصی بسته و اجازه تردد به ماشین‌آلات داده نشود، تأثیر چندانی در بهبود عملکرد این ماده شیمیایی مشاهده نخواهد شد؛ بنابراین افزودن این ماده طبق نرخ توصیه‌شده و همچنین زمان عمل‌آوری نمونه‌های تیمار شده، از لحاظ فنی تأثیر معنی‌داری در کاهش مقدار قابلیت تورم‌پذیری خاک مورد نظر ندارد. در نهایت پیشنهاد می‌شود برای رسیدن به نتیجه‌گیری کلی، پژوهش مذکور روی چندین نمونه خاک جنگلی با خواص تورمی متفاوت نیز صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: تورم، جاده‌های جنگلی، زمان عمل‌آوری، فشار تورمی، ماده RPP.

* نویسنده مسئول: Email: abdie@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

در برخی از خاک‌ها بر اثر افزایش رطوبت، پدیده‌های خاصی بروز می‌کند که خواص مکانیکی آن‌ها را تغییر می‌دهد و مواردی به خسارات عمده‌ای در طرح‌های عمرانی از جمله جاده‌های جنگلی منجر می‌شود که این دسته از خاک‌ها، خاک‌های متورم شونده، نامیده می‌شوند (Rama Rao *et al*., 2008). حرکت پی‌ها در نتیجه تورم و انقباض تناوبی رس‌ها، منجر به بروز ترک و تغییر شکل‌های برگشت‌ناپذیر در سازه‌های بنا شده بر آن‌ها می‌شود (Manikandan and Ramamurthy, 2009). برای شناسایی خاک‌های متورم شونده از دو روش صحرائی و آزمایشگاهی استفاده می‌شود. روش دقیق و مؤثر شناسایی خاک‌های متورم شونده بر مبنای آزمایش‌های آزمایشگاهی استوار است. با این حال برخی از مشاهده‌های صحرائی می‌تواند در تشخیص سریع این خاک‌ها مؤثر باشد (Stolz *et al*., 2012). به‌طورکلی خاک‌های متورم شونده دارای بافت به نسبت ریز تا بسیار ریز با خمیرائی متوسط تا زیاد می‌باشند. سختی این خاک‌ها در حالت خشک، بسیار زیاد است به‌گونه‌ای که یک قطعه کلوخ خاک متورم شونده در حالت خشک بسیار محکم بوده و به‌زحمت خرد می‌شود. بر اثر تماس این خاک‌ها با تیغه‌های برنده در صحرا، مثل تیغه ماشین‌آلات (بولدوزر، بیل مکانیکی و...) سطح براق و صیقلی حاصل می‌شود. ازآنجاکه تورم و انقباض مانند دو روی یک سکه هستند، از این‌رو هر خاکی که در شرایط خشکی علائم انقباض و ترک‌خوردگی از خود بروز دهد، دارای قابلیت تورم زائی بیشتری است (Rama Rao *et al*., 2008). از روش‌های آزمایشگاهی می‌توان استفاده از نمایه‌های شناسایی را نام برد. در روش استفاده از نمایه‌های شناسایی معمولاً بافت خاک و به‌ویژه درصد و نوع کانی‌های رس موجود در خاک و همچنین حدود خمیری و روانی آن به‌عنوان نمایه‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. هر چه خاک مورد بررسی حاوی مقدار بیشتری ذرات رس فعال بوده و نمایه خمیری آن بیشتر باشد، از فاز پتانسیل تورم پذیری بیشتری برخوردار خواهد بود. اغلب رس‌ها، نفوذپذیری کمی دارند که بر اثر تورم، مقدار آن بیش از پیش کاهش می‌یابد (Gaurly *et al*., 1993). از عوامل محیطی مؤثر بر خاک‌های منبسط شونده می‌توان به آب و هوا که مهم‌ترین عامل محیطی است و توپوگرافی، مخصوصاً دامنه‌های پرشیب و همچنین گیاهان به‌خصوص درختان بزرگی که نزدیک پی سازه‌ها قرار گرفته‌اند و ممکن است به علت جذب آب، به‌ویژه در فصول خشک، کاهش حجم زیادی را در خاک‌های مستعد به وجود آورند اشاره کرد. خسارات سالانه ناشی از اثرهای مخرب خاک‌های متورم شونده در سازه‌های مهندسی در انگلستان ۱۵۰ میلیون پوند، در امریکا ۱۰۰۰ میلیون دلار و در سرتاسر جهان میلیاردها دلار گزارش شده است (Gaurly *et al*., 1993). با توجه به اثرهای مخرب ناشی از تورم خاک‌ها، به‌کارگیری روش‌هایی به‌منظور کنترل و بهبود خواص تورمی خاک‌های متورم شونده ضرورت پیدا می‌کند. در دهه‌های اخیر استفاده از مواد افزودنی تثبیت‌کننده خاک به‌عنوان روشی مؤثر در این زمینه پیشرفت چشمگیری داشته است اما متأسفانه با وجود اهمیت این موضوع در جنگل، تاکنون پژوهشی در این زمینه در جاده‌های جنگلی انجام نشده است. استفاده از اختلاط خاک با موادی چون آهک و سیمان در جهت بهبود خواص مهندسی خاک‌ها از دیرباز مورد توجه بوده است و این مواد به دلیل قابلیت دسترسی و کارایی بالا به‌عنوان متداول‌ترین مواد افزودنی تثبیت‌کننده خاک شناخته می‌شوند (Sirivitmaitrie *et al*., 2008; Ebrahimi *et al*., 2011; Mutaz *et al*.,

Archive of SID

www.SID.ir

2011; Thyagaraj *et al*., 2012). پژوهشگران مختلفی (Kumar and Sharma, 2004؛ Kumar *et al*., 2004؛ Nalbontoglu, 2004؛ Kolias *et al*., 2005؛ Rama Rao *et al*., 2008؛ Manikandan and Ramamurthy, 2009) استفاده از کلاس‌های مختلف خاکستر بادی (Fly ash) را در جهت تثبیت خواص تورمی خاک‌ها، مناسب ارزیابی نموده‌اند؛ اما تاکنون پژوهش‌های بسیار کمی در زمینهٔ استفاده از مواد پلیمری در کاهش تورم خاک انجام شده است. ازجمله Willian و همکاران (2005) که تأثیر پلیمر محلول PHPA را مورد پژوهش قرار دادند. این محققین آزمایش‌های حدود آتربرگ و تورم و فشار تورمی را بر روی خاک شاهد و خاک تیمار شده انجام دادند و به این نتیجه رسیدند این ماده باعث کاهش حدود آتربرگ و تورم و فشار تورمی خاک می‌شود. پژوهشی دیگر در همین سال بر روی بهسازی خاک رس ینتونیت با سه نوع پلیمر شامل کاتیونی، آنیونی و غیر یونی انجام گردید و ویژگی‌های مهندسی خاک با استفاده از آزمایش حدود آتربرگ و شاخص تورم خاک مورد بررسی قرار گرفت و به این نتیجه رسیدند پلیمرهای مورد استفاده تا حدی باعث بهبود ویژگی‌های مهندسی خاک می‌گردند (McRoey and Ashmawy, 2005). در پژوهشی دیگر تأثیر نوعی پلیمر محلول را بر روی خصوصیات تورمی کانی مونت‌مریلونیت مورد بررسی قرار گرفت و محققان به این نتیجه رسیدند این ماده باعث کاهش پتانسیل تورمی خاک می‌گردد (Inyang *et al*., 2007).

با توجه به اینکه خاک منطقه مورد بررسی بیشتر ریزدانه یا درصد رس بسیار بالا است و اثرهای مخرب ناشی از تورم در این خاک‌ها مشهود بوده، در این پژوهش تأثیر ماده پلیمری RPP با درصد توصیه شده شرکت سازنده، به‌عنوان گزینه‌ای جدید جهت کنترل خاصیت تورم‌زایی نمونه خاک جنگلی تهیه‌شده از مسیر جاده بخش نم‌خانه جنگل آموزشی پژوهشی خیرود دانشگاه تهران و تأثیر زمان عمل‌آوری بر عملکرد آن، مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

خاک استفاده شده در این پژوهش، نمونه‌ای از خاک حاشیه جاده فرعی جنگلی در بخش نم‌خانه جنگل آموزشی و پژوهشی دانشگاه تهران است که مطابق طبقه‌بندی یونیفاید (USCS) در طبقه CH یعنی رس با خمیرایی بالا قرار می‌گیرد. آزمایش دانه‌بندی طبق استاندارد ASTM-D422 نشان داد (Anonymous, 2014)، خاک مورد نظر دارای ۸۵ درصد رس و ۱۵ درصد لای و فاقد ذرات درشت‌دانه (شن و ماسه) است. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

ماده RPP

Road Packer Plus (RPP) ماده‌ای به شکل مایع به رنگ قهوه‌ای متمایل به قرمز و کاتیونی است که در کانادا ساخته شده است (Hu *et al*., 2007). مشخصات فیزیکی این ماده در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی خاک

Table 1. Soil Physical Properties

حد روانی (٪) Liquid limit (%)	حد خمیری (٪) Plastic limit (%)	شاخص خمیری (٪) Plasticity index (%)	وزن مخصوص دانه‌های جامد Specific gravity	درصد عبوری از الک ۲۰۰ Passing percent of sieve 200
86.16	35	51.16	2.85	100

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- مشخصات شیمیایی خاک

Table 2. Soil Chemical Properties

مشخصه properties	pH	EC (mmhos/cm)	OC (%)	Na^{+} (meq/L)	Ca^{2+} (meq/L)	K^{+} (meq/L)	Mg^{2+} (meq/L)	CL^{-} (meq/L)	CO_3^{2-} (meq/L)	HCO_3^{2-} (meq/L)	SO_4^{2-} (meq/L)	CaCO3 (%)	SAR
مقدار Amount	7.4	0.4	1.33	0.45	2.4	0.12	3.2	1.2	0	2.96	2.01	8.75	0.26

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی ماده RPP

Table 3. Physical Properties of RPP agent

مشخصه properties	PH	Gs	انحلال‌پذیری (٪) Percent Soluble (%)
مقدار Amount	<2	1.136	100

روش آزمایش

به‌منظور بررسی تأثیر ماده RPP در بهبود خاصیت تورم‌زایی نمونه خاک جنگلی تهیه‌شده از منطقه مورد بررسی، آزمایش تراکم، مطابق استاندارد (ASTM-D68) (Anonymous, 2014) و آزمایش تورم و فشار تورمی، مطابق استاندارد (ASTM-D4546) (Anonymous, 2014) بر روی نمونه خاک شاهد و نمونه خاک تیمار شده با درصد توصیه شده سازنده ماده (۰/۰۱۹ درصد) انجام و سپس به‌منظور بررسی تأثیر زمان بر عملکرد این ماده افزودنی، نمونه‌های تیمار شده به مدت هفت و چهارده روز در شرایط مرطوب (در داخل کیسه‌های پلاستیکی سربسته) و در دمای آزمایشگاه نگهداری شدند و سپس آزمایش تورم و فشار تورمی مطابق استاندارد بر روی نمونه‌های نگهداری شده، انجام شد.

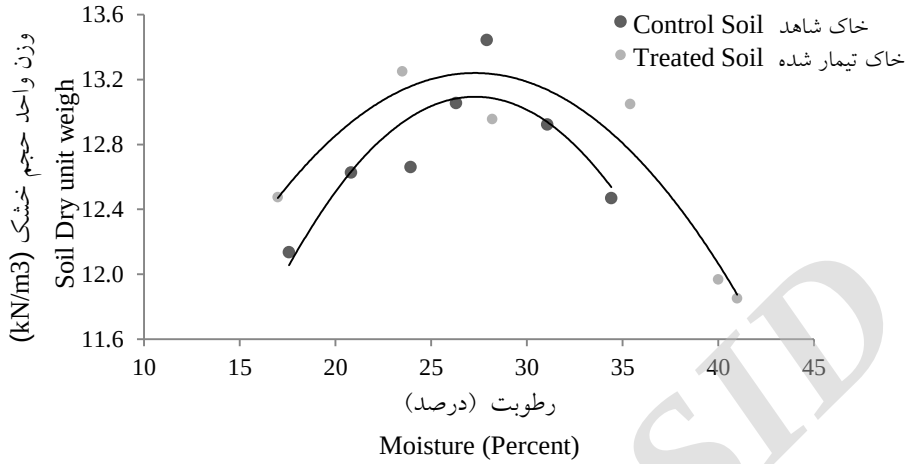
آزمایش تورم بر اساس قرار دادن نمونه خاک موردنظر (در شرایط خاص رطوبتی و تراکم) در دستگاه تحکیم، اشباع نمونه و اندازه‌گیری مقدار تغییر شکل قائم (تورم) و نهایتاً محاسبه درصد تورم، استوار است. در روش استاندارد ASTM که در حال حاضر در بیشتر آزمایشگاه‌های مکانیک خاک به‌عنوان روش متعارف مورد استفاده قرار می‌گیرد، ابتدا نمونه با روش استاندارد پراکتور در قالب مربوطه تحت شرایط رطوبت بهینه، با شیوه سعی و خطا توسط دستگاه تک‌محوری متراکم گردیده و پس از تعیین مشخصاتی مانند ابعاد، وزن و مقدار رطوبت، قالب حاوی نمونه خاک در دستگاه سنجش تورم قرار داده شده و سپس غرقاب می‌شود. از این مرحله به بعد نمونه بر اثر جذب آب متورم می‌شود که تغییر حجم ناشی از تورم آن توسط گیج در فواصل زمانی مناسب تا ثابت ماندن ارقام حاصله ثبت می‌گردد. در این مرحله می‌توان نمونه متورم شده را تحت فشار قرار داد، به‌گونه‌ای که نمونه بر اثر این فشار تحکیم یافته و تدریجاً تا رسیدن به ضخامت اولیه در شروع آزمایش کاهش حجم دهد. فشار مورد نیاز برای رسیدن به این مرحله فشار تورمی نامیده می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

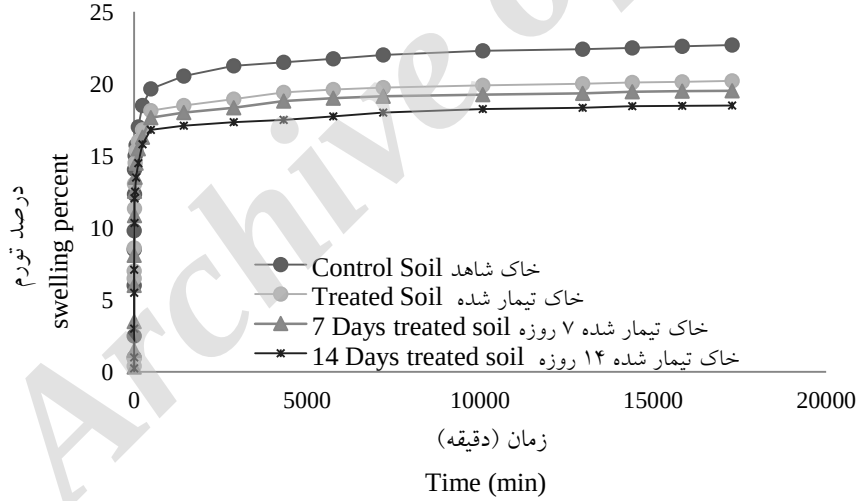
نتایج

نتایج آزمایش تراکم انجام شده بر روی خاک تیمار شده و مقایسه آن با نمونه شاهد در یک انرژی تراکمی ثابت در شکل ۱ ارائه شده است. نتایج حاصل از آزمایش تورم بر روی خاک شاهد و تیمار شده با ۰/۰۱۹ درصد ماده RPP، همچنین نتایج تأثیر زمان بر عملکرد ماده RPP در شکل ۲ و جدول ۴ ارائه شده است.



شکل ۱- نتایج آزمایش تراکم

Figure 1. Result of compaction test



شکل ۲- منحنی آزمایش تورم

Figure 2. Swelling test curve

جدول ۴- نتایج آزمایش تورم

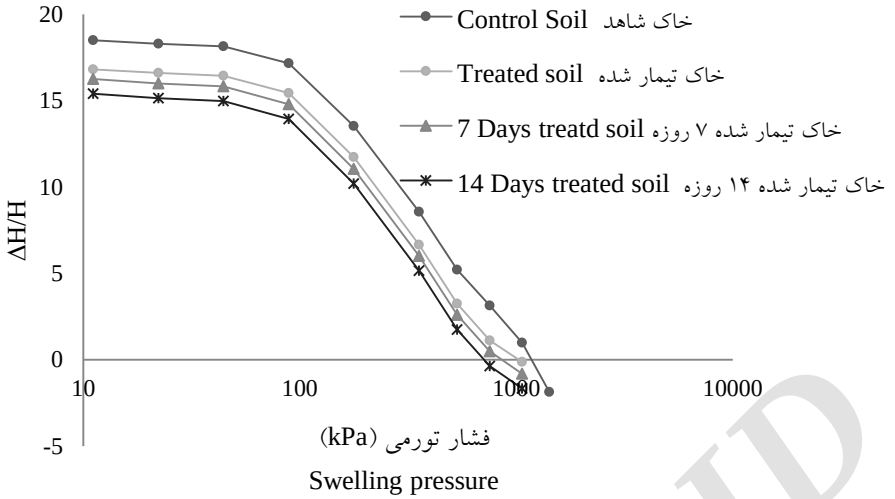
Table 4. Result of swelling test

RPP ماده ۰/۰۱۹ درصد 0.019 percent RPP agent	خاک شاهد Control Soil	خاک تیمار شده Treated Soil	خاک تیمارشده ۷ روزه 7 Days Treated Soil	خاک تیمارشده ۱۴ روزه 14 Days Treated Soil
درصد تورم Swelling percent	22.5	20.2	19.52	18.5

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج حاصل از آزمایش فشار تورمی بر روی خاک شاهد و تیمار شده با ۰/۰۱۹ درصد ماده RPP، همچنین نتایج تأثیر زمان بر عملکرد ماده RPP در شکل (۳) و جدول (۵) ارائه شده است.



شکل ۳- منحنی آزمایش فشار تورمی

Figure 3. Swelling pressure test curve

جدول ۵- نتایج آزمایش فشار تورمی

Table 5. Result of swelling pressure test

۰/۰۱۹ درصد ماده RPP 0.019 percent RPP agent	خاک شاهد Control Soil	خاک تیمار شده Treated Soil	خاک تیمارشده ۷ روزه 7 Days Treated Soil	خاک تیمارشده ۱۴ روزه 14 Days Treated Soil
فشار تورمی Swelling pressure (kN/m^2)	1020	1000	880	800

بحث

نتایج آزمایش تراکم نشان می‌دهد که افزودن ۰/۰۱۹ درصد ماده RPP، باعث افزایش ۰/۹۱ درصد وزن واحد حجم خشک خاک می‌شود که با نتایج Faisal (2012) و Shirsavkar و همکاران (2010) همخوانی دارد. افزودن این ماده به خاک باعث تغییر شرایط شیمیایی آب منفذی و کاهش لایه مضاعف آب اطراف ذرات رس و افزایش نیروی جاذبه در محیط خاک و در نتیجه اتصال ذرات خاک به یکدیگر و در نهایت افزایش وزن مخصوص خاک می‌گردد. طبق طبقه‌بندی ارائه شده توسط (McKeen, 1992) چنانچه درصد تورم کمتر از ۱/۸ درصد باشد خاک غیر متورم شونده و درصورتی‌که درصد تورم بین ۱/۸ درصد و ۵/۳ درصد باشد خاک از نظر قابلیت تورم متوسط و درصورتی‌که درصد تورم بین ۵/۳ درصد و ۱۰ درصد باشد، خاک خیلی متورم شونده و درصورتی‌که درصد تورم بیش از ۱۰ درصد باشد خاک دارای قابلیت تورم خیلی بالا خواهد بود. نتایج آزمایش تورم بر روی نمونه خاک شاهد نشان داد، درصد تورم خاک مورد آزمایش برابر ۲۲/۵ درصد است. درنتیجه خاک استفاده شده دارای قابلیت تورم‌پذیری خیلی بالا است. همان‌طور که در جدول (۴) ملاحظه می‌شود، قدرت تورمی خاک تیمارشده با ۰/۰۱۹ درصد برابر با ۲۰/۲ درصد است که نشان‌دهنده ۱۰/۲۲ درصد کاهش پتانسیل تورمی خاک بعد از افزودن ماده RPP طبق نرخ توصیه‌شده سازنده، است. عمده‌ترین عامل تورم و

Archive of SID

www.SID.ir

یا انقباض آب لایه مضاعف خاک است، به‌خصوص در مورد رس‌ها که قابلیت جذب آب بالایی دارند. این خاصیت بر عملکرد خاک تأثیر منفی خواهد داشت. از این‌رو بهترین روش برای از بین بردن اثر نامطلوب تورم، کاهش ضخامت این لایه آب از طریق جانشینی یونی است (Mosadegh, 2006). ماده RPP به علت دارا بودن خاصیت یونی خود موجب کاهش ضخامت لایه آب جذبی می‌شود. با افزودن این ماده به خاک، همزمان هر کاتیون دیگری مانند آب به‌سادگی از ذرات خاک جدا شده و محل‌های خالی توسط این ماده اشغال می‌گردد که منجر به موازنه بارهای منفی خاک رس با یون‌های مثبت RPP می‌شود. در طی این فرایند یون‌های مثبت، جاذب‌های آب را از بین برده و خاک رس در برابر آب به نسبت بی‌اثر و آب‌گریز می‌شود و این فرایند موجب نزدیک شدن ذرات خاک به هم و کاهش پتانسیل تورم خاک می‌گردد که با نتایج Inyang و همکاران (2007)، William و همکاران (2005) و McRoey and Ashmawy (2005) مطابقت دارد. نتایج بررسی تأثیر زمان بر عملکرد این ماده نیز نشان داد که فدرت تورمی در نمونه خاک عمل‌آوری شده ۷ روزه، ۱۳/۲۴ درصد و در نمونه خاک عمل‌آوری شده ۱۴ روزه، ۱۷/۷۷ درصد کاهش می‌یابد. همچنین نتایج آزمایش فشار تورمی نشان داد با افزودن ماده RPP طبق نرخ توصیه شده سازنده به خاک فشار تورمی ۱/۹۶ درصد کاهش می‌یابد. نتایج بررسی تأثیر زمان بر عملکرد این ماده نیز نشان داد که فشار تورمی در نمونه خاک عمل‌آوری شده هفت‌روزه، ۱۳/۷۲ درصد و در نمونه خاک عمل‌آوری شده ۱۴ روزه، ۲۱/۵۶ درصد کاهش می‌یابد که با نتایج Inyang و همکاران (2007) مطابقت دارد. به‌طورکلی با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، افزودن این ماده به خاک موجب کاهش قابلیت تورم‌پذیری خاک مورد آزمایش می‌شود که علت این امر کاهش میل به جذب آب، توسط دانه‌های رس پس از انجام واکنش‌های تبادل یونی است. ماده RPP به علت دارا بودن خاصیت یونی خود موجب کاهش ضخامت لایه آب جذبی، نزدیک شدن ذرات خاک به هم و کاهش پتانسیل تورم و فشار تورمی خاک می‌شود. با توجه به نتایج آزمایش‌های انجام گرفته، باوجوداینکه این ماده باعث کاهش در مقدار تورم و فشار تورمی خاک مورد آزمایش می‌شود اما نتایج نشان می‌دهد که با افزودن این ماده طبق نرخ توصیه‌شده، خاک مورد نظر مطابق طبقه‌بندی McKeen, (1992) در طبقه خاک با قابلیت تورم‌پذیری خیلی بالا قرار می‌گیرد. همچنین نتایج آزمایش تورم و فشار تورمی بر روی نمونه‌های عمل‌آوری شده هفت و ۱۴ روزه نشان داد، گذشت زمان تأثیر زیادی در کاهش پتانسیل تورمی خاک ندارد. به‌عبارت‌دیگر پس از تثبیت خاک با این ماده، اگر جاده برای مدت‌زمان مشخصی بسته و اجازه تردد به ماشین‌آلات داده نشود، تأثیر چندانی در بهبود عملکرد این ماده شیمیایی مشاهده نخواهد شد؛ بنابراین افزودن این ماده طبق نرخ توصیه‌شده و همچنین زمان عمل‌آوری نمونه‌های تیمار شده، از لحاظ فنی تأثیر معنی‌داری در کاهش مقدار قابلیت تورم‌پذیری خاک مورد نظر ندارد. در نهایت پیشنهاد می‌شود برای رسیدن به نتیجه‌گیری کلی، پژوهش مذکور روی چندین نمونه خاک جنگلی با خواص تورمی متفاوت نیز صورت گیرد.

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله مراتب سپاس و قدردانی خود را از جناب آقای دکتر قوام الدین زاهدی به خاطر در اختیار قرار دادن ماده پلیمری جهت انجام آزمایش‌ها ابراز می‌دارند.

Archive of SID

www.SID.ir

Reference

- Anonymous, 2014. Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, 11 p.
- Ebrahimi, A., T. Edil & Y. Son, 2011. Effectiveness of Cement Kiln Dust in Stabilizing Recycled Base Materials, *American Society of Civil Engineers*, 24(8): 1059–1066.
- Faisal, A., 2012. Stabilization of Residual Soils Using Liquid Chemical, *the Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 17(2): 115-126.
- Gaurly, C.S., D. Newill & H.D. Schreiner, 1993. Expansive soil: TRL research strategy. Proc., Ist Int. Symp. On Engineering Characteristics of Arid Soils, pp. 525.
- Hu, W.J., Q.S. Shang, S.T. Liu, Z.Z. Zhao, Z.J. Fan, X.C. Gao, Y. Chang, Y .Zhang & Q. Ou, 2007. The Application Technology of Roadpacker Solidified Limestone Soil. Proceedings of the The 1th International Conference on Transportation Engineering, Chengdu, China. pp. 692-697.
- Inyang, H., S. Bae, G. Mbamalu & S. Park, 2007. Aqueous Polymer Effects on Volumetric Swelling of Na-Montmorillonite, *American Society of Civil Engineers*, 9(5): 84–90.
- Kumar, A., B.S. Walia & A. Bajaj, 2004. Influence of Fly Ash, Lime and Polester Fibers on Compaction and strength Properties of Expansive Soil, *Journal of material in civil engineering*, 19(3):242-255.
- Kolias, S., V. Kasselouri & A, Karahalios, 2005. Stabilization of clayey soils with high calcium fly ash and cement, *Cement & Concrete Composites*, 27(2): 301-313.
- Kumar, P. & R, Band Sharma, 2004. Effect of Fly Ash on Engineering Properties of Expansive Soils, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 130(7):764–767.
- Mosadegh, A., 2006. Laboratory analysis of stabilization of Kerman - Zangi Abad road soil, using 4 stablizer material and technical and economic comparison. M.sc. thesis. Civil engineering group. Faculty of engineering. University of Tehran. Teharan, Iran, pp165. (In Persian)
- McKeen, R. G., 1992, a model for predicting expansive soil behavior, Proc. the 7th Internatioanal Conference on expansive soils, Dallas, USA, pp. 1-6.
- McRoey, J. & A. Ashmawy, 2005. Polymer Treatment of Bentonite Clay for Contaminant Resistant Barriers, *Waste Containment and Remediation*, 22(2): 1-11.
- Manikandan, R. & K, Ramamurthy, 2009. Swelling Characteristic of Bentonite on Pelletization and Properties of Fly Ash Aggregates, *American Society of Civil Engineers*, 21(10):578–586.
- Mutaz, E., M.A. Dafalla & M.A. Shamrani, 2011. Stabilization of Al-Ghatt clay shale by using a mixture of Lime and Cement, *American Society of Civil Engineers*, 25(3):375-390.
- Nalbontoglu, Z., 2004, Effectiveness of Class C fly ash as an expansive soil stabilizer, *Construction and Building Materials*, 18(1):377-381.
- Rama Rao, M., A. Sreerama Rao & R. Dayakara Babu, 2008. Efficacy of Cement-stabilized Fly Ash Cushion in Arresting Heave of Expansive Soils, *Geotech Geol Engineering*, 26(1):189-197.
- Sirivitmaitrie, C., A. Puppala, V. Chikyala, S. Saride & L. Hoyos, 2008. Combined Lime & Cement Treatment of Expansive Soils with Low to Medium Soluble Sulfate Levels, *American Society of Civil Engineers*, 27(4):646-653.
-Shirsavkar, S.S. & S. Koranne, 2010. Innovation in road construction using natural polymer, *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 15(1):1614-1624.
- Stoltz, G., O. Cuisinier & F. Masrouri, 2012, Multi-scale analysis of the swelling and shrinkage of a lime-treated expansive clayey soil, *applied clay science*, 61(1):44-51.
- Thyagaraj, T., S. Rao, P. Sai Suresh & U. Salini, 2012. Laboratory Studies on Stabilization of an Expansive Soil by Lime Precipitation Technique, *American Society of Civil Engineer*, 24(8): 1067–1075.
- William, J., W. Likos, K. Akunuri & J. Loehr, 2005. Performance of PHPA Polymer Slurries for Applications in Missouri Shale, *American Society of Civil Engineers*, 15(3):1-12.

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of time on the performance of Road Packer Plus (RPP) matter in the swelling control of forest roads soil (Case study: Kheyrood Forest)

F. Mousavi[1] and E. Abdi[2*]

1- Ph.D. Student, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

2- Associate professor, Forestry department, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Karaj, I.R. Iran.

Received: 09.08.2015 Accepted: 03.10.2015

Abstract

Due to fine-texture and moderate to high plasticity, the swelling capacity of forest soils is normally high. High volume variability, as a consequence of fluctuating soil moisture, is considered a destructive phenomenon in forest road construction. In this study, Road Packer Plus (RPP) was used as a new proxy agent to improve the swelling behavior of high plastic clay soil. To this end, compression tests, swelling and swelling pressure were conducted on the control samples and samples treated with values recommended by the manufacturer company, to understand the potential of volume changes in the treated soils. Also, to evaluate the effect of time on the performance of the RPP, swelling and swelling pressure tests were conducted on the treated samples seven and 14 days following the treatment. The results showed that the RPP agent relatively increased the maximum dry weight per unit volume and decreased swelling and swelling pressure, while treatment time could only slightly decrease the swelling capacity of the corresponding soil. With respect to soil type, adding the proposed doses and matter and curing time of treated samples of this chemical, has no significant effect on the amount soil swelling reduction. On the other hand, the closure of roads to traffic for a certain period of time following soil stabilization has no significant effect on the performance of this agent. Thus, neither the recommended dose nor the treatment processing time had significant impact on decreasing forest soil swelling potential. In conclusion, we propose to apply a similar approach on a wider array of soil types with different swelling properties.

Keywords: Swelling, Forest Roads, Curing time, Swelling pressure, RPP agent.

Archive of SID

[*] Corresponding author: Email: abdie@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir