

بررسی برخی خصوصیات مکانیکی خاک معادن مختلف برای استفاده در روسازی جاده‌های جنگلی

مهسا هاشمی^۱، مهرداد نیکوی^{۲*} و رامین نقدی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان

^۲ استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان

^۲ دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۱۵)

چکیده

استفاده از مصالح ساختمانی مناسب برای روسازی جاده‌های جنگلی تأثیر بسیار مهمی در کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری آنها دارد. با توجه به اهمیت معادن در تأمین این مصالح ساختمانی، آگاهی از خصوصیات مکانیکی آنها، بسیار مهم است. به همین منظور خصوصیات مکانیکی مخلوط چهار معدن مورد استفاده برای روسازی جاده‌های جنگلی در مناطق جنگلی در سری یک ناو حوزه هفت جنگل‌های شمال ایران بررسی شد. دانه‌بندی، درصد شکستگی، خصوصیات خمیری، سختی و تمیزی مخلوط‌ها بررسی شد. دانه‌بندی مخلوط معادن به روش الک خشک و طبقه‌بندی خاک‌ها به روش یونیفاید انجام گرفت. میانگین مقادیر هر یک از متغیرهای بررسی شده با مقادیر استاندارد مقایسه شد. نتایج نهایی نشان داد که خاک معادن شماره ۱، ۳ و ۴ شن با دانه‌بندی بد (GP)، و خاک معدن ۲، ماسه خوب دانه‌بندی شده (SW) است. بهترین ضریب یکنواختی و خمیدگی در بین مخلوط مصالح معادن متعلق به معدن ۲ به ترتیب با مقادیر ۲۲/۵ و ۴/۴۴ بود. درصد شکستگی معادن چهارگانه به ترتیب ۷۱/۷، ۷۲/۴، ۷۴/۸ و ۷۲/۶ بود که با استاندارد مطابقت داشت. مقادیر ضریب سایش برای معادن یک تا چهار به ترتیب برابر با ۳۸/۵۵، ۴۲/۲۰، ۳۹/۴۷ و ۴۳/۸۷ و مطابق با استاندارد بود. میانگین ارزش هم‌ارز ماسه چهار معدن هم از ۰/۵ بیشتر بود. بنابراین خاک معادن ۲ برای استفاده در روسازی جاده برتری بیشتر دارد و خاک سایر معادن را باید به روش تصحیح دانه‌بندی تقویت کرد تا در روسازی جاده استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: جاده‌های جنگلی، روسازی، شکستگی، طبقه‌بندی خاک، یونیفاید.

مقدمه و هدف

تحقق اهداف مدیریتی و بهره‌برداری اصولی از جنگل نیازمند دسترسی به بخش‌های مختلف آن است که این امر از طریق جاده‌های جنگلی امکان‌پذیر می‌شود (صادقی و همکاران، ۱۳۹۱). جاده‌سازی در جنگل از پرهزینه‌ترین فعالیت‌های مهندسی جنگل و شامل عملیات طراحی، ساخت، تعمیر و نگهداری آن است. عملیات طراحی جاده‌های جنگلی نشان داده است که با در نظر گرفتن عوامل زیست‌محیطی و رعایت نکات فنی شبکه‌بندی جاده‌ها می‌توان جاده‌ای مناسب برای یک منطقه جنگلی پیشنهاد کرد. به عبارت دیگر دخالت دادن جنبه‌های زیست‌محیطی از قبیل زمین‌شناسی و فرسایش‌پذیری خاک سبب افزایش دقت در طراحی شبکه جاده و کاهش خسارت‌های احتمالی می‌شود و این کار می‌تواند در کاهش هزینه‌های جاده‌سازی مفید باشد. از آنجا که جاده روی بستر طبیعی ساخته می‌شود، آگاهی از خصوصیات مکانیکی خاک و مصالح مورد استفاده و تعیین مشخصات فنی آنها برای اجرای کارهای ساختمانی و تنظیم پایداری ضروری است و از این طریق می‌توان هزینه‌های جاده‌سازی را به‌طور چشمگیری کاهش داد (مجنونیان و صادقی، ۱۳۸۳).

خاک به‌عنوان بستر و مصالح ساختمانی جاده از عوامل مهم و مؤثر در هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم مربوط به جاده‌سازی است که در کنار اصل شبکه‌بندی و معیار پوشش و دسترسی به جاده، ما را در تصمیم‌گیری برای رد یا قبول مسیر مورد نظر یاری می‌دهد. بررسی‌های مکانیک خاک در بخش عمران و جاده‌سازی عمومی امری معمول و لازم است و در کلیه پروژه‌های جاده‌سازی اعمال می‌شود، اما در بخش مدیریت جنگل این بررسی‌ها هنوز نتوانسته است به‌خوبی در بین مهندسان جنگل و مجریان طرح‌ها جا باز کند. بررسی ویژگی‌های مکانیک خاک برای احداث جاده‌های جنگلی از دهه ۱۹۵۰ در کشورهای اروپایی، کانادا و آمریکا شروع شده است.

این بررسی‌ها بیشتر به منظور طبقه‌بندی زمین جنگل، تعیین بهترین ماشین‌آلات برای بهره‌برداری در جنگل و در نتیجه احداث جاده‌های جنگلی و مسیرهای چوبکشی انجام می‌گیرد.

(1973) Samset پژوهش‌های وسیعی درباره وضعیت مکانیک خاک‌های جنگلی انجام داد و به این نتیجه رسید که وضعیت مکانیک خاک منطقه، مؤثرترین عامل در پایداری یا ناپایداری زمین است و می‌توان با آن اقدام به طبقه‌بندی زمین جنگل کرد، به‌طوری‌که هر طبقه مدیریت ویژه خود را داشته باشد. (1982) Eisbacher تحقیقاتی در مورد احداث جاده‌های جنگلی و وضعیت مکانیک خاک انجام داد و اندازه‌گیری شاخص‌های مختلف فیزیکی خاک مانند دانه‌بندی، رطوبت طبیعی و... را قبل از ساخت برای بهبود کیفیت ساختمان، افزایش عمر مفید و بهبود نقش خدمات حمل‌ونقل در جنگل توصیه کرد. (1982) Loeffler بررسی‌هایی در زمینه طبقه‌بندی زمین جنگل از نظر ترافیک‌پذیری انجام داد و برای این منظور تعیین شاخص‌های مکانیک خاک از جمله تعیین وزن مخصوص، منحنی پروکتور، حدود آتربرگ، مقدار مواد آلی، وزن مخصوص خشک، مقدار رطوبت و پروزیتته را ضروری دانست.

در ایران مجنونیان (۱۳۶۷) برای اولین بار خاک مسیر جاده سری نم‌خانه جنگل خیرودکنار را از نظر مکانیکی بررسی کرد و دریافت که بافت خاک مسیرهای جاده بررسی‌شده، ریزدانه با درصد رس زیاد است و پیشنهاد کرد برای ساخت جاده بر روی آن باید نسبت به تغییر ویژگی‌های مکانیکی و تثبیت آنها اقدام کرد. صفیاری (۱۳۷۰) قابلیت‌های مکانیکی خاک سری پاتم را بررسی کرد و نتیجه گرفت که خاک منطقه تحقیق، اغلب از دو نوع CH و CL است. شجاع (۱۳۸۱) به بررسی عوامل مکانیکی خاک در سری گرازبن پرداخت و روی نمونه‌های خاک آزمایش‌های رطوبت، دانه‌بندی، حدود آتربرگ و تراکم را انجام داد. وی با بهره‌گیری از نتایج آزمایش‌های

دارد (Kavak *et al.*, 2010). معادن موجود در جنگل اهمیت بسزایی در تأمین مواد روسازی و زیرسازی دارند و از این طریق موجب کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل مصالح و مواد لازم برای روسازی و زیرسازی به جنگل و ساخت جاده می‌شوند؛ هرچند خود مواد موجود در معادن باید ویژگی خاصی داشته باشند و اگر مناسب نباشند به افزایش هزینه نگهداری جاده‌ها منجر می‌شوند. بنابراین ارزیابی ویژگی‌های مصالح از نظر مکانیک خاک ضروری است. در بحث ساخت جاده‌های جنگلی تأمین منابع مناسب ساختمانی برای روسازی جاده‌های جنگلی از مهم‌ترین بحث‌های ساخت جاده به‌شمار می‌رود که بی‌توجهی به آن موجب بروز نشانه‌های تخریب در روسازی جاده‌های جنگلی می‌شود که اغلب به‌شکل چاله، شیار، رد چرخ و کنگره‌ای شدن جاده خود را نشان می‌دهد. با توجه به تنوع معادن و مصالح برای روسازی، بی‌توجهی به کیفیت مکانیکی مصالح ممکن است به اثرهای منفی روی جاده‌های جنگلی منجر شود. بنابراین آگاهی از کیفیت مکانیکی خاک معادن می‌تواند ما را در انتخاب و استفاده بهتر از مصالح برای روسازی کمک کند.

مصالح انتخاب‌شده برای روسازی جاده‌های جنگلی باید به‌گونه‌ای باشند که علاوه بر کاهش صدمه به منابع آبی، کارایی بستر جاده را افزایش دهد و عموماً همین مقدار و کیفیت مصالح روسازی است که سطح تعمیر و نگهداری جاده را تعیین می‌کند (Furniss *et al.*, 1991). مواد ساختمانی مورد استفاده برای زیرسازی و روسازی جاده‌های جنگلی در حدود نیمی از هزینه‌های مربوط به جاده را به خود اختصاص می‌دهد (Keller and Sherar, 2003). انتخاب مصالح ساختمانی مناسب به‌طور مستقیم تعمیر و نگهداری، راحتی تردد، اثرهای زیست‌محیطی و ایمنی جاده را تحت تأثیر قرار می‌دهد و لازم است این مصالح قبل از استفاده ارزیابی و کنترل شوند. بنابراین این پژوهش در نظر دارد برخی خصوصیات

مکانیک خاک و همچنین وضعیت زمین‌شناسی، توپوگرافی و خاک‌شناسی منطقه، نقشه پایداری زمین جنگل را تهیه کرد و مشخص شد که ریزدانه و چسبنده بودن خاک منطقه، تنها محدودیت زمین برای کارهای ساختمانی در این سری است. یکی از مهم‌ترین اصول ساخت جاده‌های جنگلی، جلوگیری از مخلوط شدن مواد آلی با مصالح جاده در زمان عملیات خاک‌برداری و خاکریزی است که اغلب نادیده گرفته می‌شود. باباپور و همکاران (۱۳۹۳) تأثیر ماده آلی بر ویژگی‌های خاک جاده‌های جنگلی را بررسی کردند. در این پژوهش خاک با تیمارهای مختلف ماده آلی (صفر درصد، ۵ درصد، ۱۰ درصد و ۱۵ درصد وزنی)، مخلوط و آزمایش‌های دانه‌بندی، حدود آتبرگ و CBR روی نمونه‌ها انجام گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار ماده آلی، حدود روانی و خمیری افزایش و CBR کاهش پیدا می‌کند که بیانگر رابطه منفی مقدار ماده آلی و نسبت باربری (ترافیک‌پذیری) خاک بود. (Mousavi *et al.*, 2014) در پژوهشی به مقایسه تأثیر مواد پلیمری بر خصوصیات فیزیکی خاک جاده‌های جنگلی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که افزودن این مواد به خاک موجب بهبود نسبی خصوصیات خاک می‌شود. یکی از مهم‌ترین بخش‌های مربوط به جاده‌سازی در جنگل بحث روسازی جاده است و انتخاب مصالح مناسب برای این بخش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که اغلب توصیه شده است از مصالح بومی منطقه استفاده شود (Winkler, 1998). در بسیاری از پروژه‌ها، مصالح مناسب جاده‌ای به‌راحتی در اطراف محل پروژه یافت نمی‌شود که این وضعیت هزینه اجرای پروژه را افزایش می‌دهد. یک راه‌حل برای کاهش هزینه زیاد نقل و انتقال مواد، استفاده از مواد موجود در محل است که اغلب به‌دلیل کیفیت کم آنها، دوام و پایداری جاده کاهش می‌یابد. استفاده از مواد محلی برای جاده‌های شنی همیشه مناسب نیست و مشکلات زیادی مانند خرابی و گرد و غبار سطح جاده را در پی

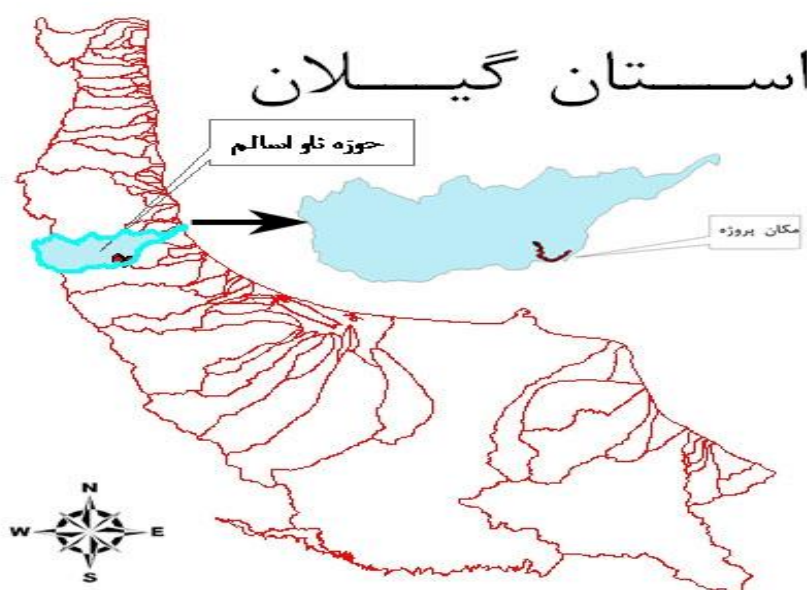
۱۶°-۴۱°-۳۷° واقع شده است. ناحیه طرح‌های جنگلداری سری یک ناو در اقلیم نیمه‌مدیترانه مرطوب و بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه در طبقه کوهستانی میانی و بالا قرار دارند. در منطقه، ماه‌های اردیبهشت و شهریور تا آذر و نیز بهمن و اسفند ماه‌های مرطوب و بقیه ماه‌های سال، ماه‌های خشک یا نیمه‌خشک محسوب می‌شوند. حداقل متوسط درجه حرارت سالیانه ۸/۴ درجه سانتی‌گراد، حداکثر متوسط درجه حرارت ۱۶/۴ درجه سانتی‌گراد، و متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۲/۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه ۹۴۵ میلی‌متر است.

مکانیکی خاک چهار معدن مختلف برای استفاده در روسازی جاده جنگلی در منطقه تحقیق را بررسی کند.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه

معادن مورد بررسی در تحقیق در سری یک ناو مربوط به حوزه هفت جنگل‌های شمال کشور در محدوده حوزه جنگلداری شهرستان تالش زیر نظر اداره کل منابع طبیعی استان گیلان واقع شده است (شکل ۱). منطقه مورد نظر در حدود ارتفاعی ۲۵۰ تا ۱۷۰۰ متر از سطح دریا و بین طول جغرافیایی ۴۸°-۴۸°-۵۱° تا ۲۷°-۵۲°-۴۸° و عرض جغرافیایی ۳۷°-۳۷°-۵۱° تا ۳۷°-۳۷°-۵۱° قرار دارد.



شکل ۱- نقشه سری یک ناو حوزه هفت جنگل‌های شمال ایران

جنگلداری در این منطقه ترجیح می‌دهند از مصالح موجود در معادن استفاده کنند.

در سری یک ناو حوزه اسالم معادن مختلفی وجود دارد که از مواد ساختمانی آنها برای روسازی جاده‌های جنگلی این سری استفاده می‌شود، در این بررسی، چهار معدن از بین معادن مختلف به صورت

شیوه اجرای پژوهش

با توجه به اینکه جاده‌های جنگلی اغلب در مناطق کوهستانی ساخته می‌شوند و برای ترمیم روسازی این جاده‌ها به مواد ساختمانی مناسب نیاز است و از آنجا که تهیه و انتقال این مواد از مناطق پایین دست، مستلزم صرف هزینه زیادی است، مدیران طرح‌های

نوع دانه‌بندی خاک‌ها مشخص می‌شود. شن‌های خوب دانه‌بندی شده دارای ضریب یکنواختی بزرگ‌تر از ۴ و ضریب خمیدگی بین ۱ و ۳ هستند (طاحونی، ۱۳۹۲).

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{رابطه ۲}$$

در این رابطه، D60 اندازه‌الکی است که ۶۰ درصد وزنی دانه‌ها از آن رد شده یا به عبارتی از آن ریزتر است، D10 اندازه‌الکی است که ۱۰ درصد وزنی دانه‌ها از آن رد شده یا به عبارتی از آن ریزتر است و CU هم ضریب یکنواختی است.

$$C_C = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}} \quad \text{رابطه ۳}$$

در این رابطه هم D30 اندازه‌الکی است که ۳۰ درصد وزنی ذرات خاک از آن کوچک‌تر است و CC هم ضریب خمیدگی است.

آزمایش تعیین حد خمیری و حد روانی. خصوصیات خمیری بخش ریزدانه مصالح شنی (دانه‌های رد شده از الک شماره ۴۰) اثر چشمگیری بر مقاومت مصالح دارد. خصوصیات خمیری بخش ریزدانه مصالح سنگی با اجرای آزمایش حد خمیری و روانی تعیین می‌شود. هر اندازه مصالحی خمیری‌تر باشد، حد روانی و دامنه خمیری آن بیشتر است (طباطبایی، ۱۳۸۴). حد روانی خاک‌های مورد بررسی با استفاده از جام کاساگرانده و براساس استاندارد ASTM-D423 تعیین شد. حد خمیری و شاخص خمیری نیز با استفاده از استاندارد ASTM D424 آزمایش شد (ASTM, 2004). مقادیر مجاز حد روانی و دامنه خمیری مصالح شنی روسازی طبق استاندارد سازمان برنامه برای لایه‌های روسازی به ترتیب ۳۵ و ۴-۹ است.

آزمایش مقاومت در برابر سایش (لس آنجلس). مصالح سنگی که برای روسازی جاده‌های جنگلی

تصادفی انتخاب شد و براساس استاندارد نمونه‌برداری از مصالح سنگی (AASHTO T2) نمونه‌برداری از آنها انجام گرفت. از هر یک از معادن سه نمونه ۲۰ کیلوگرمی مطابق با دستورالعمل D3665 (نجفی، ۱۳۹۳) برداشت و برای آزمایش خصوصیات مکانیکی خاک مصالح مناسب برای روسازی جاده‌های جنگلی به آزمایشگاه منتقل شد. برای ارزیابی خصوصیات مکانیکی مصالح ساختمانی مواد لازم در لایه روسازی جاده از آزمایش‌های زیر استفاده می‌شود (Winkler, 1998; Ryan et al., 2004).

آزمایش دانه‌بندی با الک. به عمل دسته‌بندی دانه‌های خاک گفته می‌شود. خاک‌ها بر اساس نتایج به دست آمده از دانه‌بندی یا اندازه‌های مختلف دانه‌هایشان، رتبه‌بندی می‌شوند. دانه‌بندی مصالح مورد بررسی در این تحقیق با استفاده از الک‌هایی با شماره‌های ۱/۵، ۱، ۳/۴، ۱/۲، ۳/۸، ۴، ۱۰، ۴۰، ۲۰۰ انجام گرفت. دانه‌بندی مصالح معادن مختلف در این تحقیق براساس استاندارد ASTM-D422 و به روش یونیفاید انجام گرفت. برای هر نمونه از مصالح مورد بررسی آزمایش دانه‌بندی به صورت جداگانه انجام گرفت و میانگین داده‌ها به عنوان منحنی دانه‌بندی هر معدن استفاده شد. از رابطه فولر (رابطه ۱) برای تعیین دانه‌بندی مناسب مصالح استفاده شد. بر همین اساس منحنی دانه‌بندی فولر مبنای مقایسه مصالح چهار معدن مورد تحقیق انتخاب شد (طباطبایی، ۱۳۸۴).

$$P_i = 100 \left(\frac{d_i}{D} \right)^n \quad \text{رابطه ۱}$$

که در این رابطه D اندازه بزرگ‌ترین الک، d_i اندازه الک i ام، Pi درصدی عبوری از الک i ام و n برابر ۰/۵ خواهند بود (طباطبایی، ۱۳۸۴). همچنین برای مقایسه نوع دانه‌بندی خاک‌ها با یکدیگر ضریب یکنواختی (رابطه ۲) و ضریب خمیدگی (رابطه ۳) محاسبه شده و سپس با توجه به استاندارد مربوط،

یافت.

شکل ۲ دانه‌بندی خاک چهار معدن را نشان می‌دهد همین‌طور که در شکل دیده می‌شود، به‌غیر از معدن ۴، در بقیه معادن، درصد عبور شن (G) بیشتر از مقادیر استاندارد است و این روند در تمام طول منحنی دانه‌بندی ادامه می‌یابد، ولی با کوچک‌تر شدن اندازه دانه‌ها درصد عبوری از الک کاهش می‌یابد و مقادیر آن از حد استاندارد کمتر است. برای تعیین نوع کلاسه خاک لازم است ضریب یکنواختی و خمیدگی منحنی تعیین شود. محاسبات مربوط به این ضرایب مطابق روابط ۲ و ۳ برای معادن مختلف در جدول ۲ آمده است. همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده، به جز معدن ۴ که دارای ضریب خمیدگی ۰/۴۷ است و این مقدار از حداقل لازم (که ۱ است) کمتر است، دیگر معادن از ضرایب مناسبی برخوردارند. براساس این بررسی بهترین مقادیر متعلق به معدن ۲ است که دارای بیشترین مقدار ضریب یکنواختی و خمیدگی است.

با توجه به نتایج می‌توان دریافت که مطابق طبقه‌بندی یونیفاید خاک معادن ۱، ۳ و ۴ از نوع شن بد دانه‌بندی شده و خاک معدن ۲ از نوع ماسه خوب دانه‌بندی شده است. میانگین حدود خمیری و روانی و شاخص خمیری مصالح معادن چهارگانه در جدول ۳ آمده است. همان‌طور که در جدول دیده می‌شود بیشترین مقدار خمیری، حد روانی و شاخص خمیری به ترتیب متعلق به معادن ۳، ۲ و ۳ است.

میانگین درصد شکستگی در یک وجه مصالح ساختمانی مانده بر روی الک چهار در هریک از معادن مورد بررسی در جدول ۴ آمده است. نتایج نشان می‌دهد که مقدار درصد شکستگی در یک وجه در هر یک از چهار معدن بیش از مقدار استاندارد است و این نشانه خوبی از قابلیت چفت‌شدن مصالح مورد استفاده است.

به‌کار می‌روند باید در برابر وزن وسایل نقلیه سنگین و همچنین وزن غلتک‌ها مقاومت کافی داشته باشند و نباید در اثر تنش‌های ناشی از وزن آنها شکسته و خرد شوند. با استفاده از آزمایش سایش لس‌آنجلس، نشانه‌ای از مقاومت مصالح سنگی در برابر تنش‌های وارد به آنها به‌دست می‌آید (طباطبایی، ۱۳۸۴). برای این آزمایش از رقم استاندارد ASTM C131 بهره‌گیری شد.

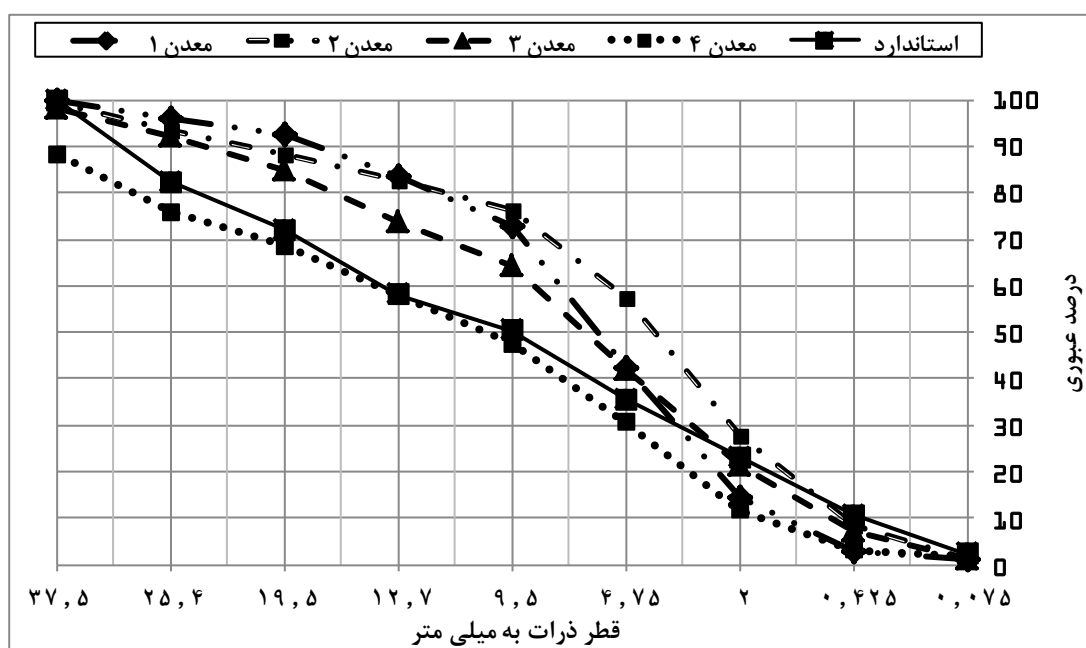
آزمایش تعیین شکستگی براساس استاندارد سازمان مدیریت، باید بیش از ۵۰ درصد وزنی مصالح اساس که روی الک ۴ می‌ماند حداقل در یک وجه شکسته باشد. درصد شکستگی مصالح بر اساس استاندارد ASTM-D5821-2001 محاسبه شد. این آزمایش با هدف به‌حداکثر رساندن مقاومت برشی برای کمک به افزایش اصطکاک بین ذرات و با هدف تأمین استحکام لازم برای بهسازی سطحی سنگدانه‌ها و افزایش مقاومت اصطکاک سنگدانه‌های به‌کاررفته در لایه روسازی انجام می‌گیرد (بازیار و صالح‌زاده، ۱۳۸۲).

نتایج

جدول ۱ میانگین درصد عبوری از الک‌های مختلف دانه‌بندی برای معادن چهارگانه را نشان می‌دهد. در الک ۱/۵ بیشترین درصد عبوری مربوط به معدن ۱ و کمترین درصد عبوری مربوط به معدن ۴ بود. در الک شماره ۱ و ۳/۴، بیشترین درصد عبوری مربوط به معدن ۲ و کمترین مقدار مربوط به معدن ۴ بود. در الک‌های ۱/۲، بیشترین و کمترین مقادیر درصد عبوری به معادن ۱ و ۴ اختصاص داشت. درحالی‌که در الک شماره ۳/۸ حداقل و حداکثر مقادیر درصد عبوری به معادن ۲ و ۴ اختصاص یافت. چنین شرایطی برای الک شماره ۴ و ۱۰ هم وجود داشت. در الک شماره ۴۰ بیشترین و کمترین مقدار درصد عبوری به ترتیب به معادن‌های ۲ و ۱ اختصاص

جدول ۱- درصد عبوری نمونه‌های مورد بررسی از هر الک در معادن مختلف مورد تحقیق

شماره الک	نمونه ۱	نمونه ۲	نمونه ۳	میانگین	انحراف معیار	
معدن ۱	۱/۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۰	
۱	۹۳/۸۶	۹۷/۰۸	۹۶/۶۰	۹۵/۸۴	۱/۷۳	
۳/۴	۸۹/۹۲	۹۵/۱۲	۹۲/۱۹	۹۲/۴۱	۲/۶۱	
۱/۲	۷۹/۵۳	۹۰/۴۱	۸۰/۳۰	۸۳/۴۱	۶/۰۶	
۳/۸	۶۸/۷۰	۸۴/۲۵	۶۵/۷۷	۷۲/۹۰	۹/۹۳	
۴	۳۸/۱۶	۴۶/۰۱	۴۲/۷۸	۴۲/۳۱	۳/۹۴	
۱۰	۱۱/۱۴	۲۲/۲۴	۱۴/۳۴	۱۴/۳۴	۶/۸۷	
۴۰	۲/۳۰	۳/۴۹	۲/۹۹	۲/۹۹	۰/۶۱	
معدن ۲	۱/۵	۱۰۰	۱۰۰	۹۹/۲۷	۱/۲۶	
۱	۸۹/۶۳	۹۶/۹۷	۹۴/۳۳	۹۳/۶۵	۳/۷۱	
۳/۴	۸۰/۶۴	۹۵/۸۴	۸۸/۷۲	۸۸/۴۰	۷/۶۰	
۱/۲	۷۸/۹۲	۸۲/۷۳	۸۵/۹۴	۸۲/۵۳	۳/۵۱	
۳/۸	۷۲/۰۲	۸۶/۰۶	۷۱/۰۱	۷۶/۳۶	۸/۴۰	
۴	۵۱/۸۵	۵۸/۹۵	۶۱/۱۱	۵۷/۳۰	۴/۸۴	
۱۰	۲۶/۳۲	۳۱/۸۳	۲۵/۶۶	۲۷/۹۴	۳/۳۸	
۴۰	۶/۴۶	۱۱/۸۹	۷/۲۱	۸/۵۲	۲/۹۴	
معدن ۳	۱/۵	۱۰۰	۹۷/۸۹	۹۸/۱۲	۱/۷۷	
۱	۹۳/۴۷	۹۱/۱۹	۹۱/۴۰	۹۲/۰۲	۱/۲۵	
۳/۴	۸۷/۹۶	۸۵/۸۴	۸۱/۴۲	۸۵/۰۷	۳/۳۳	
۱/۲	۷۷/۲۹	۷۵/۹۳	۶۷/۲۷	۷۳/۵۰	۵/۴۳	
۳/۸	۶۸/۷۲	۶۷/۹۳	۵۶/۰۰	۶۴/۲۱	۷/۱۲	
۴	۴۵/۷۶	۴۶/۱۲	۳۳/۶۹	۴۱/۸۶	۷/۰۷	
۱۰	۲۳/۷۵	۲۲/۲۴	۱۷/۲۵	۲۱/۰۸	۳/۴۰	
۴۰	۶/۳۵	۹/۳۷	۵/۱۴	۶/۹۵	۲/۱۷	
معدن ۴	۱/۵	۹۲/۹۴	۸۳/۹۱	۸۸/۳۵	۴/۵۱	
۱	۸۱/۲۷	۶۹/۱۴	۷۷/۵۵	۷۵/۹۹	۶/۲۱	
۳/۴	۶۹/۱۶	۶۳/۱۶	۷۳/۳۱	۶۸/۵۴	۵/۱۰	
۱/۲	۶۳/۲۸	۵۳/۳۰	۵۷/۳۲	۵۷/۹۷	۵/۰۲	
۳/۸	۵۱/۰۱	۴۳/۹۹	۴۸/۲۲	۴۷/۷۴	۳/۵۳	
۴	۲۶/۵۵	۲۹/۷۹	۳۵/۳۸	۳۰/۵۷	۴/۴۶	
۱۰	۸/۴۴	۹/۲۵	۱۷/۲۹	۱۱/۶۶	۴/۸۹	
۴۰	۲/۴۵	۲/۹۷	۴/۱۹	۳/۲۰	۰/۸۸	



شکل ۲- منحنی دانه‌بندی خاک معادن مختلف در منطقه تحقیق

جدول ۲- میانگین ضرایب یکنواختی و خمیدگی در نمونه خاک‌های معادن منطقه تحقیق

معدن ۴	معدن ۳	معدن ۲	معدن ۱	
۲	۰/۳۵	۰/۲۰	۱	D ₁₀ *
۳/۵	۲/۶	۲	۳	D ₃₀ *
۱۳	۷/۶	۴/۵	۶/۵	D ₆₀ *
۶/۵	۲۱/۷	۲۲/۵	۶/۵	ضریب یکنواختی
۰/۴۷	۲/۹	۴/۴۴	۱/۳۸	ضریب خمیدگی

D₁₀*، D₃₀* و D₆₀* مترادف با قطر دانه‌هایی است که به ترتیب ۱۰، ۳۰ و ۶۰ درصد دانه‌های خاک از آن کوچک‌ترند.

جدول ۳- میانگین حد روانی، خمیری و شاخص خمیری در معادن مختلف

شماره معدن	تعداد نمونه	حد خمیری		حد روانی		شاخص خمیری	
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
۱	۳	۳۷/۴۳	۲/۸۴	۳۰/۶۵	۴/۰۵	۶/۷۸	۱/۵۲
۲	۳	۴۰/۰۴	۴/۹۵	۳۷/۳۸	۳/۱۴	۷/۶۶	۱/۹۰
۳	۳	۴۲/۴۷	۱/۵۸	۳۰/۱۰	۳۰/۱۰	۸/۴۹	۴/۳۵
۴	۳	۳۵/۳۰	۱/۱۸	۲۸/۰۴	۱/۸۳	۷/۱۶	۲/۹۳

جدول ۴- مقادیر آماری درصد شکستگی نمونه‌های مربوط به معادن مورد بررسی

شماره معدن	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار
۱	۳	۷۱/۷	۶/۳۱
۲	۳	۷۲/۴	۸/۰۸
۳	۳	۷۴/۸	۶/۸۴
۴	۳	۷۲/۶	۴/۱۵

ساییده شده به کل نمونه در هیچ کدام از نمونه‌ها از ۵۰ درصد (مقدار واقعی) بزرگ تر نبود.

نتایج آزمایش سایش بر روی مصالح ساختمانی معادن مختلف در جدول ۵ آمده است. همان‌طور که در جدول دیده می‌شود نسبت مصالح خرد و

جدول ۵- مقادیر آماری درصد مقاومت در برابر سایش نمونه‌های مربوط به معادن مورد بررسی

شماره معدن	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار
۱	۳	۳۸/۵۵	۳/۴۸
۲	۳	۴۲/۲۰	۲/۹۸
۳	۳	۳۹/۴۷	۲/۵۶
۴	۳	۴۳/۸۷	۳/۲۴

می‌شود، میانگین ارزش ماسه‌ای هر چهار نمونه معدن از ۰/۵ بیشتر بود که نشانه خوبی برای نمونه‌های مورد بررسی است.

جدول ۶ نتایج آزمایش هم‌ارز ماسه در نمونه‌های مختلف مربوط به معادن را نشان می‌دهد که در آن (H1) حجم ماسه، (H2) حجم کل خاک و (SE) ارزش ماسه‌ای است. همان‌طور که در جدول ۹ دیده

جدول ۶- مقادیر درصد تمیزی نمونه‌های مربوط به معادن مورد تحقیق

شماره معدن	۱			۲			۳			۴		
	SE	H ₂	H ₁	SE	H ₂	H ₁	SE	H ₂	H ₁	SE	H ₂	H ₁
۱	۰/۷۶	۲/۹۵	۲/۲۵	۰/۷۷	۳/۱۵	۲/۴۴	۰/۷۱	۳/۰۸	۲/۲۱	۰/۷۷	۲/۹۹	۲/۳۱
۲	۰/۷۴	۲/۸۳	۲/۱۱	۰/۷۲	۳/۲۷	۲/۳۵	۰/۷۱	۲/۹۵	۲/۱۲	۰/۷۳	۲/۹۱	۲/۱۵
۳	۰/۷۲	۲/۸۱	۲/۰۳	۰/۶۹	۳/۷۶	۲/۶۱	۰/۷۰	۲/۹۴	۲/۰۸	۰/۷۰	۲/۷۵	۱/۹۵
میانگین	۰/۷۴	۲/۸۶	۲/۱۳	۰/۷۳	۳/۳۸	۲/۴۶	۰/۷۱	۲/۹۹	۲/۱۳	۰/۷۴	۲/۸۸	۲/۱۳

بحث

روسازی تأثیراتی مانند برخورد دانه‌های درشت‌تر به همدیگر و خطر شل‌شدگی مصالح، تغییرات تراکم‌پذیری، افزایش نفوذپذیری خاک و عدم حساسیت به یخبندان را در پی دارد و در صورت تراکم‌پذیری خوب دارای پایداری زیاد و در صورت عدم تراکم‌پذیری مناسب از حداقل پایداری برخوردارند. در عوض افزایش مواد ریزدانه مانند آنچه در معدن ۲ دیده می‌شود، موجب حذف برخورد ذرات درشت‌دانه به یکدیگر و حالت شناوری آنها در مخلوط می‌شود که خود تأثیراتی مانند مشکل‌شدن تراکم‌پذیری، حساسیت به یخبندان، کاهش نفوذپذیری، افت ثبات و تحمل‌پذیری بار را در پی دارد (Keller and Sherar, 2003). چنین مخلوط‌هایی به راحتی تحت تأثیر آب قرار می‌گیرند و احتمال برخاستن غبار از روی سطح جاده‌های روسازی‌شده با این نوع مواد زیاد است (Bolander and Yamada, 1999).

شکستگی در وجه یکی از ویژگی‌های مهم مواد مورد استفاده برای روسازی جاده‌های جنگلی است و طبق استاندارد سازمان مدیریت باید بیش از ۵۰ درصد وزنی مصالح اساس که روی الک ۴ می‌ماند حداقل در یک وجه شکسته باشد (طباطبائی، ۱۳۸۴). بررسی نشان داد که در تمامی معادن مقدار شکستگی حداقل در یک وجه از ۵۰ درصد بیشتر است. مطالعات نشان داده است که وجود مصالح با گوشه‌های شکسته، مقاومت برشی مصالح را افزایش می‌دهد (حمیدی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Sheng, 1990). درصد زیاد دانه‌های با حداقل یک گوشه شکسته نشان‌دهنده مقاومت زیاد برشی است. مصالح سنگی شکسته شده استقامت و قدرت باربری بیشتری نسبت به مصالح رودخانه‌ای (با همان دانه‌بندی) دارند، زیرا دانه‌های مصالح سنگی شکسته شده، گوشه‌های تیز و سطحی ناصاف دارند و از این نظر دانه‌های این نوع مصالح بهتر در یکدیگر قفل و بست می‌شوند و دارای زاویه اصطکاک داخلی بیشتری نسبت به مصالح با دانه‌های گردگوشه‌اند و هر

یکی از مهم‌ترین مشکلات در روسازی جاده‌های جنگلی انتخاب مصالح ساختمانی مناسب است (Ozturk and Senturk, 2013) و توجه به مصالح موجود در منطقه برای این کار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Winkler, 1998)، طوری که استفاده از مصالح ساختمانی مناسب تناوب دوره‌های تعمیر و نگهداری جاده‌های جنگلی را کاهش می‌دهد (Akay, 2006) و از ظهور نشانه‌های تخریب روسازی جاده مانند چاله، رد چرخ، شیاری شدن و گالی جلوگیری می‌کند (Ceratti et al., 2000). اهمیت استفاده از مصالح ساختمانی مناسب زمانی بیشتر می‌شود که بدانیم بیش از نیمی از هزینه‌های جاده‌سازی به این کار اختصاص می‌یابد (Keller and Sherar, 2003). ویژگی‌های مختلف جاده‌های جنگلی مانند وضعیت ساختار جاده، راحتی حرکت ماشین‌آلات بر روی جاده، مشکلات زیست‌محیطی و ایمنی ماشین‌آلات و استفاده‌کنندگان از جاده جنگلی به طور مستقیم به مصالح ساختمانی جاده معطوف می‌شود. بنابراین کنترل کیفیت این مواد در جاده‌های جنگلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که اغلب از طریق آزمایش‌های مکانیک خاک صورت می‌گیرد. از آنجا که در انتخاب مصالح اصل اول در دسترس بودن آنهاست، اغلب از همین نوع مواد در روسازی جاده‌های جنگلی استفاده می‌شود.

ارزیابی مکانیکی مواد ساختمانی معادن منطقه تحقیق نشان داد که در سه معدن (معدن ۱، ۳ و ۴) مصالح از نوع شن بد دانه‌بندی شده و در یک معدن (معدن ۲) از نوع ماسه خوب دانه‌بندی شده است. خاک مناسب برای روسازی جاده لازم است از ذرات درشت همراه با مقدار کافی از ریزدانه‌ها تشکیل شده باشد. مقدار مناسب ریزدانه‌ها در خاک روسازی از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا کاهش یا افزایش آن می‌تواند تأثیرات نامناسبی داشته باشد (Dawson et al., 2007). فقدان مواد ریزدانه در مواد

شماره می‌روند. این بررسی نشان داد که از بین معادن مختلف، معدن ۲ (SW) دارای مصالح ساختمانی مناسب‌تری برای استفاده در لایه روسازی است و در صورت استفاده از سایر معادن، باید از روش تصحیح دانه‌بندی برای تقویت آنها استفاده کرد تا برای استفاده در لایه روسازی جاده مناسب شوند و در شرایط فعلی به‌عنوان لایه روسازی ضعیف‌اند. البته باید اضافه کرد که خاک‌های ماسه‌ای خوب دانه‌بندی شده برای فعالیت‌های ساختمانی راه‌آهن‌های متفاوتی دارند، به‌طوری که دارای قابلیت کارکرد عالی به‌عنوان ماده ساختمانی، مناسب برای استفاده در زیر اساس بدون اثر یخ‌بستگی و مناسب برای رویه بودن هستند، ولی اگر در مناطق با اثر یخ‌بستگی استفاده شوند، اثر متوسطی از خود به‌جای می‌گذارند (توران، ۱۳۸۶). بنابراین در این مناطق لازم است نسبت به تقویت مصالح با شن اقدام کرد. خاک مناسب برای روسازی جاده جنگلی باید طوری ذرات درشت‌دانه و ریزدانه آن مخلوط شده باشد که خواص خاک، زمینه لازم برای حداکثر برخورد ذرات درشت‌دانه خاک با حداقل تغییر شکل دانه‌ها را فراهم آورد. حداکثر تراکم‌پذیری، حداقل نفوذپذیری، رسیدن به بهترین تراکم‌پذیری در حداقل نیروی لازم، حساس نبودن به رطوبت و راحتی کوبیده شدن از مهم‌ترین ویژگی‌های یک خاک خوب برای استفاده در روسازی جاده‌های جنگلی است که لازم است با اجرای آزمایش‌های مکانیک خاک نسبت به تشخیص و شناسایی و رفع مشکلات آن در صورت نیاز اقدام شود.

منابع

باباپور، شجاعت، احسان عبدی، باریس مجنونیان و قوام‌الدین زاهدی امیری، ۱۳۹۳. تأثیر ماده آلی بر ویژگی‌های خاک جاده‌های جنگلی، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۲ (۱): ۶۵-۷۳.

اندازه دانه‌های مصالح سنگی رودخانه‌ای بیشتر شکسته شوند، به همان اندازه مقاومت و قدرت باربری آنها بیشتر خواهد بود.

نسبت مصالح خرد و ساییده شده به کل نمونه در هیچ کدام از نمونه‌ها از ۵۰ درصد بیشتر نبود که نشانه خوبی برای مصالح روسازی جاده‌های جنگلی است. مصالح رویه شنی جاده‌های جنگلی باید در برابر وزن وسایل نقلیه سنگین چوبکشی و سایر ماشین‌آلات مقاومت کافی داشته باشند و نباید در اثر تنش‌های ناشی از وزن آنها شکسته و خرد شوند (Dawson et al., 2007).

میانگین ارزش ماسه هم از عوامل تعیین‌کننده برای انتخاب مصالح ساختمانی مناسب برای روسازی جاده‌های جنگلی است. نتایج این بررسی نشان داد که این معیار در نمونه‌های معادن مختلف مناسب است. مصالح سنگی که برای رویه شنی به‌کار می‌رود باید تمیز و عاری از هرگونه مواد خارجی و مضر از قبیل مواد آلی، سنگ‌های نرم و کم‌دوام باشد. مصالح ریزدانه مناسب تأثیر مهمی در بهبود دوام روسازی دارند، اما وجود مواد ریزدانه رسی باید محدود باشد. آزمایش ارزش ماسه‌ای به‌علت آنکه به‌عنوان نشانه‌ای از کثیفی یا تمیزی ماسه از آن یاد می‌شود از اهمیت بیشتری برخوردار است. (Foltz, 2000). ارزش ماسه‌ای برای مواد ساختمانی لایه‌های روسازی یک اصل بسیار مهم و اساسی است. هنگامی که ماسه مصرفی دارای ارزش ماسه‌ای کم باشد و اصطلاحاً خاک داشته باشد، این خاک مانع عملکرد خوب مواد روسازی می‌شود و به‌صورت یک غشا دور مصالح را می‌گیرد و از چسبندگی صحیح بین مواد درشت‌دانه خاک جلوگیری می‌کند. تجربه نیز نشان داده است که مصالح ساختمانی دارای ارزش ماسه‌ای پایین، مقاومت کمی دارند.

معادن بومی موجود در مناطق جنگلی مهم‌ترین و ارزان‌ترین منابع در دسترس برای مصالح ساختمانی برای استفاده در لایه روسازی جاده‌های جنگلی به

- Akay, A.E., 2006. Minimizing total costs of forest roads with computer-aided design model, *Academy Proceedings in Engineering Sciences (SADHANA)*, 31(5): 621-633.
- American Society for Testing and Materials (ASTM), 2004. Annual book of ASTM standards, 04.08, ASTM, Philadelphia, PA, 12 pp.
- Bolander, P., and A. Yamada, 1999. Dust palliative selection and application guide. Technology and Development Program No. 9977 1207-SDTDC. November. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, San Dimas technology and development program, 19 pp.
- Ceratti, J., W. Núñez, W. Gehling, and de J. Oliveira, 2000. Rutting of thin pavements: Full-scale study, *Journal of the Transportation Research Board*, 17(16): 82-88.
- Dawson, A., P. Kolisoja, N. Vuorimies, and T. Saarenketo, 2007. Design of low-volume pavements against rutting: simplified approach, *Journal of the Transportation Research Board*, 89(19):165-172.
- Eisbacher, J., 1982. The practical application of soil testing method of forest road, (logging of mountain forests), Food and Agriculture Organization publication, Rome, 27 pp.
- Foltz, R.B., G.L. Evans, and M. Truebe, 2000. Relationship of forest road aggregate test properties to sediment production, in: Proceedings from the conference on watershed management and operations management, June 20-24, Fort Collins, Colorado, United States, 20-24.
- Furniss, M.J., T.D. Roelofs, and C.S. Yee, 1991. Road construction and maintenance, American Fisheries Society Special publication, 19: 297-323.
- Kavak, A., G. Bilgen, and U. Mutman, 2010. In-situ modification of a road material using a special polymer, *Scientific Research and Essays*, 5(7): 2547-2555.
- Keller, G., and J. Sherar, 2003. Low-volume roads engineering, best management practices, *Journal of the Transportation Research Board*, 18(19):174-181.
- بازیار، محمد حسن و حسین صالحزاده، ۱۳۸۲. آزمایشگاه مکانیک خاک، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ۱۹۰ ص.
- توران، علی، ۱۳۸۶. مدیریت ماشین‌های راه‌سازی، نشر دنیای نو، چاپ نوزدهم، ۳۴۱ ص.
- حمیدی، امیر، نیما سلیمی و وحید یزدانجو، ۱۳۹۰. تأثیرات شکل و اندازه شن دانه‌ها بر ویژگی‌های مقاومت برشی خاک‌های ماسه‌ای، *مجله علوم زمین*، ۸۰ (۲۰): ۱۸۹-۱۹۶.
- شجاع، رامین و باریس مجنونیان، ۱۳۸۱. تعیین قابلیت‌های مکانیک خاک جنگل سری گرازبن خیرود کنار برای عملیات جاده‌سازی و بهره‌برداری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی تهران، ۹۱ ص.
- صادقی، مریم، مجید لطفعلیان و سید عطاالله حسینی، ۱۳۹۱. جاده‌های جنگلی و آسیب‌های زیست‌محیطی، حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی، ۴۰ (۳): ۳۱-۱.
- صفیاری، شهلا، ۱۳۷۰. بررسی قابلیت مکانیکی خاک جنگل سری پاتم برای حمل و نقل و جاده‌سازی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی تهران، ۱۳۵ ص.
- طاحونی، شاپور، ۱۳۹۲. اصول مهندسی ژئوتکنیک، انتشارات پارس آئین، تهران، ۸۳۴ ص.
- طباطبایی، امیرمحمد، ۱۳۸۴. روسازی راه و فرودگاه، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، تهران، ۴۴۷ ص.
- مجنونیان، باریس و رضا صادقی، ۱۳۸۳. تعیین درصد آهک بهینه برای تثبیت و اصلاح خاک جاده‌های جنگلی سری نم‌خانه جنگل خیرود، *مجله منابع طبیعی ایران*، ۵۷ (۴): ۶۶۳-۶۷۳.
- مجنونیان، باریس، ۱۳۶۷. نتایج اولیه بررسی خواص مکانیکی خاک جنگل خیرودکنار، *مجله منابع طبیعی ایران*، ۴۲ (۶۰): ۱۰۵-۱۱۳.
- نجفی، طاهره، ۱۳۹۳. مکانیک خاک، نشر ماهیار، تهران، ۱۳۸ ص.

Loeffler, H., 1986. The relationship between site classification and terrain classification. Martinus Nijhoff publications, 6 pp.

Mousavi, F., E. Abdi, and H. Rahimi, 2014. Effect of polymer stabilizer on swelling potential and CBR of forest road material, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 7: 2064-2071.

Ozturk, T., and N. Senturk, 2013. The importance of choosing the pavement materials on forest roads, in: international caucasian forestry symposium, October 24- 26, Artvin, Turkey, 600-604.

Ryan, T., H. Phillips, J. Ramsay, and J. Dempsey, 2004. Forest road manual. Guidelines for the design, construction and management of forest roads, COFORD, national council for forest research and development, Dublin, 170 pp.

Samset, I., 1973. Forestry operations in a dynamic production forestry: Illustrated by examples from Norway, an HR Macmillan Lectureship Address, University of British Columbia press. 35 pp.

Sheng, T.C., 1990. Watershed management field manual, Food and Agriculture Organization publication, Rome, 196 pp.

Winkler, N., 1998. Environmentally sound road construction in mountainous terrain, Food and Agriculture Organization publication, Rome, 54 pp.

The study of soil mechanical capability of different mines for using in forest road pavement

M. Hashemi¹, M. Nikooy^{2*}, and R. Naghdi³

¹M. Sc. student, Natural Resources Faculty, University of Guilan, Sowme'eh Sara, I. R. Iran

²Assistant Prof., Natural Resources Faculty, University of Guilan, Sowme'eh Sara, I. R. Iran

³Associate Prof., Natural Resources Faculty, University of Guilan, Sowme'eh Sara, I. R. Iran

(Received: 11 April 2016; Accepted: 5 September 2016)

Abstract

The use of appropriate building materials for forest road pavement has the important role in decreasing the forest road repair and maintenance. According to the role of forest mines for procurement of building material, awareness of their mechanical properties has a crucial importance. For this purpose, the soil mechanical properties of mixed four forest mines used for forest road pavement were investigated in Nav district in 7TH watershed in northern forest of Iran. Gradation, broken face, plastic properties, durability, and sand equivalent of mixed soil were analyzed. The gradation of mixed mines and soil classification were performed by dry sieving and unified method, respectively. The mean values of the investigated variables were compared with standard values. Final result indicated that soils of mines number 1, 3, 4 are gravel and poor graded (GP) but the soil of mine number 2 was sandy well graded (SW). The best curvature and uniformity coefficient belonged to the mine number 2 with 22.5 and 4.44, respectively. Percentages of fractured particles in four mines were 71.7, 72.4, 74.8 and 72.6, respectively which was consistent with the standard values. Coefficient of friction values for selected mines was consistent with the standard values with 38.55, 42.20, 39.47, and 43.87, respectively. The mean values of sand equivalent for four mines were higher than 0.5. Therefore the soil of mine number 2 is more preferable for use in permanent way while, the soil gradation of other mines should be corrected for using as a pavement material.

Keywords: Broken face, Forest road, Pavement, Soil classification, Unified method.

*Corresponding author

Tel: +981344320895

Email: nikooy@guilan.ac.ir