

ارزیابی پتانسیل تورم خاک‌های ریزدانه بزرگراه شمالی تبریز بر اساس حد انقباض

ابراهیم اصغری کلجاهی^{۱*}، مهین سلیمی چشمه‌منتش^۲ و مسعود حاجی علیلو بناب^۳

۱ و ۲- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز

۳- گروه خاک و پی، دانشکده عمران، دانشگاه تبریز، تبریز

نویسنده مسئول: e-asghari@tabrizu.ac.ir

دریافت: ۹۷/۳/۱۱ پذیرش: ۹۷/۷/۱۴

چکیده

انقباض و تورم دو روی یک سکه بوده و هر خاکی که علائمی از انقباض و ترک‌خوردگی در موقع خشک شدن از خود نشان دهد، قابلیت تورم در اثر جذب رطوبت را نیز دارد. پدیده تورم پدیده‌ای برگشت‌پذیر است. مسیر اتوبان شمالی تبریز عموماً متشکل از خاک‌های ریزدانه بوده و اکثراً از خاک‌های رسی و مارنی تشکیل شده است. با وجود عمر نسبتاً کم این اتوبان، در قسمت‌های مختلفی از این مسیر تأثیر پدیده‌های مختلف زمین‌شناسی موجب بروز ترک‌ها و شکستگی‌های طولی و عرضی، اعوجاج در سطح روسازی اتوبان شده که یکی از این پدیده‌های مخرب تورم و انقباض خاک‌های ریزدانه است. در این تحقیق بعد از بررسی‌های محلی، نمونه‌برداری شده و با تعیین حد انقباض به کمک روش‌های مستقیم و غیرمستقیم، پتانسیل تورم خاک‌های ریزدانه محدوده این بزرگراه تعیین شده است.

بر روی نمونه‌های آخذ شده آزمایش‌های دانه‌بندی، هیدرومتری، تعیین حد روانی، حد خمیری و حد انقباض و درصد تورم انجام گرفته است. بر اساس طبقه‌بندی یونیفاید همه نمونه‌ها در گروه CL قرار دارند. حد انقباض نمونه‌ها بین ۱۲ تا ۱۸ درصد و نشانه خمیری بین ۱۰ تا ۲۳ درصد، درصد تورم آزاد نمونه‌ها با استفاده دستگاه تحکیم یک بعدی (ادومتر) بین ۳ تا ۱۰ درصد تعیین شده است. هم‌چنین حد انقباض نمونه‌ها بر اساس حد روانی و شاخص خمیری به روش ترسیمی کاساگراند برآورد شده و مشاهده گردیده که با مقادیر ارزیابی درصد تورم با آزمایشات، انطباق خوبی دارد. عدد فعالیت نمونه‌ها کمتر از ۱ و مقدار مواد رسی ۲۴ تا ۳۴ درصد تعیین شده است. هم‌چنین پتانسیل تورم نمونه‌ها با سایر روابط تجربی و طبقه‌بندی‌های موجود بر اساس حد انقباض و نشانه خمیری و عدد فعالیت تعیین شده و مشاهده گردید که پتانسیل تورم این خاک‌ها کم تا متوسط است.

واژه‌های کلیدی: انقباض خاک، تورم خاک، روابط تجربی، تبریز

مقدمه

روی عوامل فیزیکی بزرگ همانند خاصیت خمیری، دانسیته و مقدار رطوبت تأثیر داشته و رفتار مهندسی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند (نلسون و همکاران، ۲۰۱۵). حد انقباض پایین‌ترین حد تغییر حجم خاک است که از آن به بعد با از دست دادن آب، کاهش حجم پیدا نمی‌کند (رحیمی، ۱۳۷۱). تورم و انقباض خاک‌های رسی مرتباً در معرض تغییرات سالانه رطوبت هستند. در مناطقی از جهان که تنوع فصلی در رطوبت و بارش زیاد است، همانند نواحی خشک و نیمه‌خشک، سازه‌های کوچک و راه‌های ساخته شده روی خاک‌های متورم شونده، در معرض چرخه‌های تورم و انقباض^۲ قرار دارند (بسما و همکاران، ۱۹۹۶). علت اصلی خسارت خاک‌های متورم شونده رفتار تورم- انقباض متناوب خاک است (دی، ۱۹۹۴). حرکات دوره‌ای بالا و پایین رفتن پی، ترک

اصلاح خاک متورم شونده^۱ نه تنها ناظر بر قابلیت افزایش در حجم یا تورم در هنگام جذب آب است، بلکه کاهش در حجم یا انقباض در هنگام خروج آب را هم شامل می‌شود (بسما و همکاران، ۱۹۹۶). با ثابت بودن رطوبت، تورم و انقباض عملاً ناچیز بوده و قابل صرف‌نظر کردن است. ظرفیت تورم- انقباض خاک‌ها، به مقدار انقباض خاک در هنگام خشک شدن و مقدار تورم آن در هنگام جذب رطوبت بستگی دارد. برخی انقباض را تصویر آینه‌ای تورم می‌دانند (چن، ۱۹۸۸). به منظور توسعه یک مفهوم نظری از خاک متورم شونده توجه به عوامل بزرگ و کوچک اهمیت دارد. عوامل کوچک شامل کانی‌شناسی، شیمی آب منفذی و ساختار خاک است که این عوامل بر

² Shrinkage and swelling cycles

¹ Expansive soils

مشکل ساز است و در این نوع پروژه‌ها کمتر به سراغ آزمایش‌های مفصل برای تعیین پتانسیل تورم خاک می‌روند (چن، ۱۹۸۸). همچنین در پروژه‌هایی مانند راه که از سازندهای زمین‌شناسی مختلفی عبور می‌کند و به دلیل تنوع لایه‌های زمین‌شناسی که سازه راه بر آن قرار می‌گیرد، امکان انجام آزمایش‌های مستقیم از تمامی مسیر راه مقدور نمی‌شود، لذا استفاده از روش‌های ارزان و سریع بیش‌تر مورد توجه مهندسان و کارفرمایان است.

تحقیقات نشان داده که روابط روشنی بین خصوصیات انقباضی و پتانسیل تورم خاک وجود دارد، لذا استفاده از حد انقباض در تعیین پتانسیل تورم خاک‌های ریزدانه قابل اعتماد است (چن، ۱۹۸۸). البته برخی نیز معتقدند که رابطه فراگیری بین حد انقباض و مقدار تورم خاک وجود ندارد (کریستودولیس، ۲۰۱۵). بین رایج‌ترین خصوصیات خاک در تعیین پتانسیل تورم خاک‌های متورم شونده، شامل فعالیت، حدود اتربرگ، مقدار رس، محتوای کلئیدی، نشانه خمیری^۴، درصد تورم، حد انقباض و نشانه انقباض^۵ است (فیروزی و همکاران، ۲۰۱۷). هر چه مقدار جذب آب یک خاک متورم شونده بیش‌تر باشد مقدار تورمی که از خود نشان می‌دهد نیز بیش‌تر است، از این رو در آزمایش حدود اتربرگ می‌توان با توجه به بدست آوردن نشانه‌های خاک مقدار پتانسیل تورمی آن را حدس زد. مثلاً هر چه نشانه خمیری یک خاک بیش‌تر باشد مقدار جذب آب خاک بیش‌تر و در نتیجه مقدار تورم خاک نیز بیش‌تر می‌شود. اگر خاک دارای حد انقباض پایین باشد نشان‌دهنده این است که تمایل خاک به جذب آب کم و در نتیجه پتانسیل تورم خاک کم است (میچل، ۱۹۹۳).

نشانه انقباض برابر با تفاضل رطوبت حد انقباض از مقدار رطوبت حد روانی است. بیش‌تر کانی‌های متورم شونده تمایل به داشتن خواص خمیری بالا و همچنین حد روانی بالایی دارند، معمولاً حدود اتربرگ برای تفسیر ویژگی خاک‌ها و روش‌هایی برای شناسایی خاک‌های متورم شونده استفاده می‌شود. یکی از نشانه‌هایی که بر اساس حدود اتربرگ تعریف شده، نشانه خمیری است (نلسون و همکاران، ۲۰۱۵).

حدود اتربرگ و مقدار رس در پارامتری به نام عدد

و فرسودگی در سازه ایجاد می‌کند (جانسون، ۱۹۸۰) و نیز ترک‌ها در خاک می‌توانند توسعه پیدا کنند و به نفوذ آب به لایه‌های عمیق‌تر کمک کنند و با جذب آب بیش‌تر حجم خاک بیش‌تر افزایش می‌یابد (باوسار و پاتل، ۲۰۱۴). خاک‌هایی که در اثر خشک شدن در محل ترک می‌خورند، حاوی درصد زیادی رس متورم شونده هستند (آنیل و پورمؤید، ۱۹۸۰). خصوصیات مشخص آن‌ها شامل خاصیت خمیری بالا، مقاومت پایین، تورم بالا و پتانسیل انقباض است (نلسون و میلر، ۱۹۹۲).

بهترین تعریفی که از پدیده تورم وجود دارد، واکنش فیزیکی و شیمیایی خاک و محیط است که مقدار تورم آن بستگی به شدت نیروهای جاذبه و دافعه فیزیکی و شیمیایی دارد (پتری و آمسترانگ، ۱۹۸۰). انقباض و تورم دو روی یک سکه هستند و هر خاکی که علائمی از انقباض و ترک‌خوردگی در شرایط خشک از خود نشان می‌دهد، قابلیت تورم در اثر جذب رطوبت دارد، لذا از حد انقباض نیز در برخی روش‌های غیرمستقیم استفاده شده است. پدیده تورم پدیده‌ای برگشت‌پذیر است، یعنی خاک بعد از کم شدن رطوبت منقبض می‌شود (قاضی‌نور، ۱۳۵۲). بنابراین طبیعی است که ضمن بررسی پدیده تورم به پدیده انقباض هم توجه شود.

پتانسیل تورم خاک را می‌توان به روش‌های مستقیم و غیرمستقیم تعیین کرد. روش‌های مستقیم شامل شناسایی بر اساس کانی‌شناسی خاک یا ارزیابی کمی مشخصات تورمی نمونه‌های دست نخورده در آزمایشگاه می‌باشد. روش‌های غیرمستقیم برای شناسایی خاک‌های متورم شونده بر مبنای آزمایشات ساده و شاخص‌هایی نظیر حدود اتربرگ، مقدار رس، مقدار رطوبت اولیه، دانسیته خشک و حد انقباض می‌باشند (حاجی علی‌لوی بناب و همکاران، ۱۳۸۸) و (عسکری و فاخر، ۱۳۷۲). در حال حاضر متداول‌ترین روش جهت شناسایی خاک‌های متورم شونده روش استاندارد تعیین میزان تورم با استفاده از دستگاه تحکیم یک بعدی یا ادمتر^۳ است که جزئیات آزمایش در استاندارد ASTM D4546 ارائه شده است. استفاده از روش‌های مستقیم ارزیابی پتانسیل تورم خاک‌ها مثل استفاده از دستگاه تحکیم به دلیل زمان‌بر و پرهزینه بوده و کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. زیرا معمولاً مسئله تورم خاک در سازه‌های کوچک و سبک

⁴ Pelastic Index

⁵ Shrinkage Index

³ Odeometer

تورم و انقباض خاک‌های متورم شونده به هم وابسته‌اند ولی به طور کامل مشخص نیست که آیا خاک‌هایی با مقدار پتانسیل تورمی بالا که پس از جذب آب تغییر حجم پیدا می‌کنند در هنگام خشک شدن و انقباض نیز دقیقاً همان مقدار از حجم کاهش پیدا می‌کند؟ (سابا راو و همکاران، ۲۰۰۲). در پاسخ به این سوال می‌توان به نظریه چن و میچل اشاره کرد. مطابق نظر آن‌ها نمی‌توان اطمینان داشت که خاک‌های با قابلیت تورم بالا به همان نسبت در اثر خشک شدن تغییر حجم می‌دهند. عوامل اساسی اثرگذار بر رفتار تورم و انقباض خاک‌های متورم شونده را می‌توان شامل دو بخش اصلی خصوصیات خاک و شرایط محیطی دانست از این رو عواملی که سبب تورم و انقباض در خاک‌ها می‌شوند، به طور کلی عوامل یکسانی هستند که فقط مقدار اثرگذاری آن‌ها با درجات متفاوت می‌باشد (چن، ۱۹۸۸).

بزرگراه شمالی تبریز (اتوبان پاسداران) به طول حدود ۱۷ کیلومتر در شمال شهر تبریز واقع است. خاک‌های ریزدانه قرمز و خاکستری رنگ این ناحیه بیش‌تر از نوع رسی و ماری هستند. وجود این نوع خاک‌ها در زیر بستر بزرگراه سبب بروز مشکلاتی از جمله تورم و نشست در سطح بزرگراه شده است (شکل ۱). در پژوهشی که سلیمی و اصغری کلجاهی (۱۳۹۶) داشتند، مشکلات ژئوتکنیکی این بزرگراه بررسی شده و هم‌چنین بهسازی بستر یکی از قطعات بزرگراه در محدوده ایده‌لو را بررسی کرده‌اند. علاوه بر وجود مشکلات واضح در امتداد بزرگراه، مشاهدات صحرایی از جمله وجود کلوخه‌هایی که در حالت خشک بسیار سفت بوده و به سختی قابل خرد شدن است، نیز دلیلی بر وجود پتانسیل تورم در این منطقه می‌باشد. آزمایشات آزمایشگاهی متفاوتی برای ارزیابی مستقیم و غیرمستقیم تورم انجام شده که یکی از این آزمایشات غیرمستقیم، تعیین حد انقباض و بررسی تورم با توجه به راه حل‌هایی که محققان ارائه کرده‌اند، می‌باشد. هم‌چنین در این مقاله به منظور مقایسه و بررسی صحت نتایج حاصل از روش‌های انقباض، پتانسیل تورم به روش‌های دیگری نیز ارزیابی شده است.

فعالیت^۶ با هم ترکیب می‌شوند. اسکمپتون (۱۹۵۳) سه رده مختلف برای فعالیت خاک معرفی کرد. طبقه‌بندی پیشنهادی شامل سه رده؛ غیرفعال (برای عدد فعالیت کمتر از ۰/۷۵)، معمولی (عدد فعالیت بین ۰/۷۵ تا ۱/۲۵) و فعال (عدد فعالیت بزرگ‌تر از ۱/۲۵) است. فعالیت خاک‌ها پتانسیل بیش‌تری برای تورم ایجاد می‌کند. هم‌چنین اسکمپتون برای کانی‌های کائولینیت، عدد فعالیت ۰/۳۳ تا ۰/۴۶، ایلیت ۰/۹، مونت‌موریونیت کلسیم‌دار ۱/۵ و مونت‌موریونیت سدیم‌دار ۷/۲ بدست آورد. هولتز و گیسیس (۱۹۶۵)، ویلیامز (۱۹۵۷) و رانگاناتان و استیانارایانا (۱۹۶۵) روش‌های متفاوتی برای شناسایی خاک‌های متورم شونده بر پایه حد روانی، نشانه خمیری، حد انقباض (حجمی و خطی)، نشانه انقباض، مقدار تورم آزاد و درصد کلونید ارائه داده‌اند که بر طبق نظر آن‌ها به طور کلی خاک‌ها در درجات خیلی زیاد، زیاد، متوسط و کم از پتانسیل تورم طبقه‌بندی می‌شوند (داکشانامورتی و رامان، ۱۹۷۳).

چن (۱۹۸۸) آزمایشات حدود اتربرگ، انقباض خطی، تورم آزاد و محتوای کلوییدی را آزمایشات متداول جهت شناسایی پتانسیل تورم معرفی کرد. هولتز و گیسیس (۱۹۶۵) نشان دادند که نشانه خمیری و حد روانی شاخص‌های مهمی برای پیش‌بینی خصوصیات تورمی بیش‌تر کانی‌های رسی هستند. سید و همکاران (۱۹۶۵) معتقدند که می‌توان نشانه خمیری را به تنهایی به عنوان نشانه‌های اولیه خصوصیات تورمی بیش‌تر خاک‌های رسی متورم شونده بکار برد. خصوصیات انقباضی خاک‌های رسی یک شاخص ثابت و پایدار برای پتانسیل تورم است. چن (۱۹۸۸) عقیده دارد که با اندازه‌گیری حدود اتربرگ، محتوای کلونیدی، حد انقباض و ... پتانسیل تورم بدون اندازه‌گیری مستقیم ارزیابی می‌شود.

آزمایشات انجام شده توسط هولتز و گیسیس (۱۹۶۵) مشخص کرد که مقدار تورم آزاد مونت‌موریونیت تجاری (بنتونیت) در حدود ۱۲۰۰ تا ۲۰۰۰ درصد خواهد بود. آن‌ها پیشنهاد کردند که خاک‌هایی که مقدار تورم آزاد آن‌ها کمتر از ۱۰۰ درصد است، قابلیت ایجاد آسیب‌های قابل توجه به سازه‌های سبک را داشته و خاک‌هایی با تورم آزاد کمتر از ۵۰ درصد، به ندرت تغییر حجم قابل توجهی را حتی برای سازه‌های سبک ایجاد می‌کنند.

⁶ Activity



شکل ۱. تصاویری از مشکلات ناشی از خاک متورم شونده در بزرگراه شمالی تبریز

افتادگی‌هایی مشاهده می‌شود که احتمالاً بر اثر درست پر نکردن و استحکام کم مصالح و نفوذ آب صورت گرفته است. با توجه به این که مسیر اتوبان بیش‌تر بر روی واحدهای سنگی میوسن (شامل ماسه‌سنگ، گنگلومرا و مارن) قرار دارد، لذا نقاط محدودی توسط خاک دستی پر شده و مسیر بر روی آن‌ها قرار دارد.

نمونه‌برداری و آزمایش

نمونه‌های گرفته شده برای انجام آزمایشات به شرح جدول ۱ می‌باشد. شایان ذکر است که نمونه‌برداری فقط به صورت سطحی و از ترانشه‌های کناری بزرگراه انجام شده و قاطی که به علت بازسازی تا عمق ۶ متر خاکبرداری شده در اصل دره‌هایی بوده‌اند که قبل از ساخت اتوبان با خاک‌های منطقه پر شده و مسیر اتوبان بر روی آن احداث گردیده است. بنابراین تفاوتی میان نمونه‌های خاک در عمق ۶ متر با نمونه‌های خاک سطحی مشاهده نشده و امکان نمونه‌گیری دست نخورده مسیر نبوده است. شکل ۲ موقعیت بزرگراه مذکور نسبت به شهر تبریز و همچنین نقاط نمونه‌برداری مشخص نشان داده شده است. شکل ۳ تصویری از ترانشه‌های کناری بزرگراه نمایش داده شده است. برای بررسی موضوع، آزمایشات آزمایشگاهی نظیر دانه‌بندی، هیدرومتری، حدود اتربرگ، آزمایش تورم آزاد انجام گرفته است. طبقه‌بندی این خاک‌ها بر اساس طبقه‌بندی نظام متحد (یونیفاید)، در رده CL تعیین شده است.

تعیین حد انقباض خاک به دو روش انجام می‌گیرد که آسان‌ترین آن روش استفاده از موم اندود کردن نمونه بر طبق استاندارد ASTM D4943 می‌باشد. در ابتدا خاک رد شده از الک شماره ۴۰ را با آب مقطر خیس می‌شود،

زمین‌شناسی منطقه

بزرگراه شمالی تبریز (بزرگراه پاسداران) که مابین میدان شهید فهمیده و میدان آذربایجان کشیده شده است و در پای کوه‌های عینالی واقع است. واحدهای سنگی که در این محدوده رخنمون دارند، سنگ‌های رسوبی و آذرآوری نئوزن (میوسن و پلیوسن) هستند. رسوبات میوسن شامل طبقات سرخ رنگ گل‌سنگ، ماسه‌سنگ، گنگلومرا، مارن گاه همراه با لایه‌ها و رگه‌های گچی و نمکی همراه با ساخت‌های رسوبی دانه‌بندی تدریجی، نشان‌ها و قالب‌های موجی، وزنی و جریان‌ی، لامیناسیون متقاطع و موجی هستند. این نوع رسوبات حاصل فرسایش بلندی‌های در حال کوهزایی و پس از کوهزایی هستند که به محیط‌های رسوبی کم عمق و اکسیدان واقع در پیش‌بوم کوهزایی حمل شده و رسوب‌گذاری شدند. رسوبات پلیوسن شامل مجموعه آذرآوری به رنگ خاکستری مایل به سبز شامل توف، توف برش، خاکستر توف، دیاتومیت، مارن کنگلومرا است.

ارتفاعات شمال تبریز همانند اغلب کوهزادهای فعال عهد حاضر به سبب آهنگ برپایی سریع، شیب‌های ناپایداری را در دامنه خود به وجود آورده و از دیرباز تاکنون سبب ایجاد زمین‌رانش‌ها و لغزش توده‌های سنگی شده است. بیش‌تر زمین‌لغزش‌های بزرگ در کوه‌های عینالی در ارتباط با زمین‌لرزه‌های بزرگ این ناحیه به وقوع پیوسته است. افزون بر آن، زمین‌رانش‌های جدیدتر نیز بیش‌تر حاصل احداث ترانشه‌های بزرگراه و به عبارتی دستکاری انسان در طبیعت است.

احداث ترانشه اتوبان، شیب زیاد، تأثیر تکتونیک منطقه (به صورت درز، شکاف و گسل) باعث شده که این منطقه، مساعد برای ریزش و سقوط سنگ باشد. در مسیر اتوبان

شده را یک بار در هوا و یک بار در آب توسط ترازوی ارشمیدس وزن می‌شود. شکل ۴ تصاویری از مراحل مختلف ساخت نمونه و موم اندود کردن را نشان می‌دهد. در جدول ۲ پارامترهای اندازه‌گیری شده نمونه‌ها ارائه گردیده است. با اندازه‌گیری پارامترهای آزمایشگاهی و با استفاده از روابط موجود در جدول ۳، پارامترهای انقباضی خاک محاسبه شده است.

به نحوی که رطوبت آن بالاتر از حد روانی باشد، اما به گونه‌ای نباشد که خاک به حالت روان جریان یابد. ظروف حد انقباض که حجم و اندازه آن‌ها مشخص است را با گریس چرب می‌کنند، سپس نمونه را در سه مرحله در ظروف قرار داده و سطح نمونه را با دیواره‌های ظرف تراز می‌کنند. ظروف پر از نمونه را وزن کرده و در گرمخانه با دمای ۱۰۵ درجه خشک می‌کنند. نمونه خشک شده را توسط موم، با دقت موم اندود می‌کنند. نمونه موم اندود

جدول ۱. موقعیت نقاط نمونه‌برداری

موقعیت	مختصات UTM		شماره نمونه
ضلع شمالی بزرگراه - رو به روی مجتمع رفاهی سلوی	۶۱۷۹۲۸	۴۲۱۵۷۸۲	۱
ضلع شمالی بزرگراه - رو به روی پارک ربع رشیدی	۶۱۷۰۲۶	۴۲۱۶۵۰۸	۲
ضلع جنوبی بزرگراه - رو به روی پارک ربع رشیدی	۶۱۶۹۵۸	۴۲۱۶۵۲۷	۳
ضلع شمالی بزرگراه - رو به روی پارک ارم	۶۱۴۰۱۳	۴۲۱۹۷۱۲	۴
ضلع شمالی بزرگراه - رو به روی پارک ارم	۶۱۳۳۹۳	۴۲۲۰۰۶۲	۵



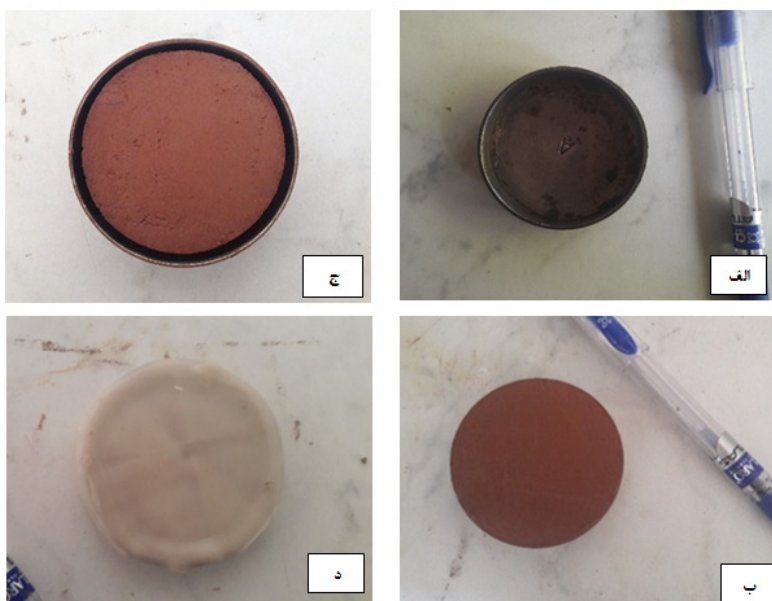
شکل ۲. عکس ماهواره‌ای منطقه و نقاط نمونه‌برداری



شکل ۳. نمونه‌برداری از ترانشه‌های کناری بزرگراه شمالی تبریز

جدول ۲. نتایج آزمایش نمونه‌ها

نمونه ۵	نمونه ۴	نمونه ۳	نمونه ۲	نمونه ۱	پارامتر
۳۰/۱	۳۱/۵	۴۵/۶	۳۰/۱	۴۱/۱	حد روانی (%)
۱۰	۱۰/۵	۲۳	۱۵/۴	۲۱	نشانه خمیری (%)
۱۸	۱۶/۸	۱۵/۸	۱۲	۱۴/۸	حد انقباض (%)
۱/۶	۱/۶	۱/۷	۱/۷	۱/۷	ضریب انقباض (%)
۳۱/۶	۳۰/۶	۶۲/۶	۴۰	۷۱/۳	انقباض حجمی (%)
۸/۷	۸/۵	۱۴/۹	۱۰/۶	۱۶/۴	انقباض خطی (%)
۱۲/۱	۱۴/۷	۲۹/۷	۱۸/۱	۲۶/۳	نشانه انقباض (%)
۲۴	۲۶	۲۵	۳۴	۳۴	درصد رس (<۰/۰۰۲)
۰/۴	۰/۴۰	۰/۹	۰/۴۵	۰/۶۱	عدد فعالیت خاک
۲/۸	۳/۵	۹/۷	۴/۸	۸	تورم آزاد (%)



شکل ۴. تصاویری از مراحل آزمایش حد انقباض؛ (الف): ظرف نمونه‌گیری، (ب): قرارگیری نمونه خیس خاک در ظرف، (ج): نمونه خشک شده، (د): موم اندود کردن نمونه

جدول ۳. روابط استفاده شده برای محاسبه پارامترهای انقباضی خاک

$S_L = w - \left[\frac{(V - V_d) \rho_w}{m_s} \right] \times 100$	(۱) رابطه تعیین حد انقباض
$R = \frac{m_s}{(V_d - \rho_w)}$	(۲) رابطه تعیین ضریب انقباض
$V_d = R(w_1 - S_L)$	(۳) رابطه تعیین انقباض حجمی
$L_c = 100 \left[1 - \left(\frac{100}{V_d + 100} \right)^{1/2} \right]$	(۴) رابطه تعیین انقباض خطی
w: وزن رطوبت اضافه شده، V: حجم خاک خیس، V _d : حجم خاک خشک، m _s : وزن خاک خشک (بر حسب گرم).	

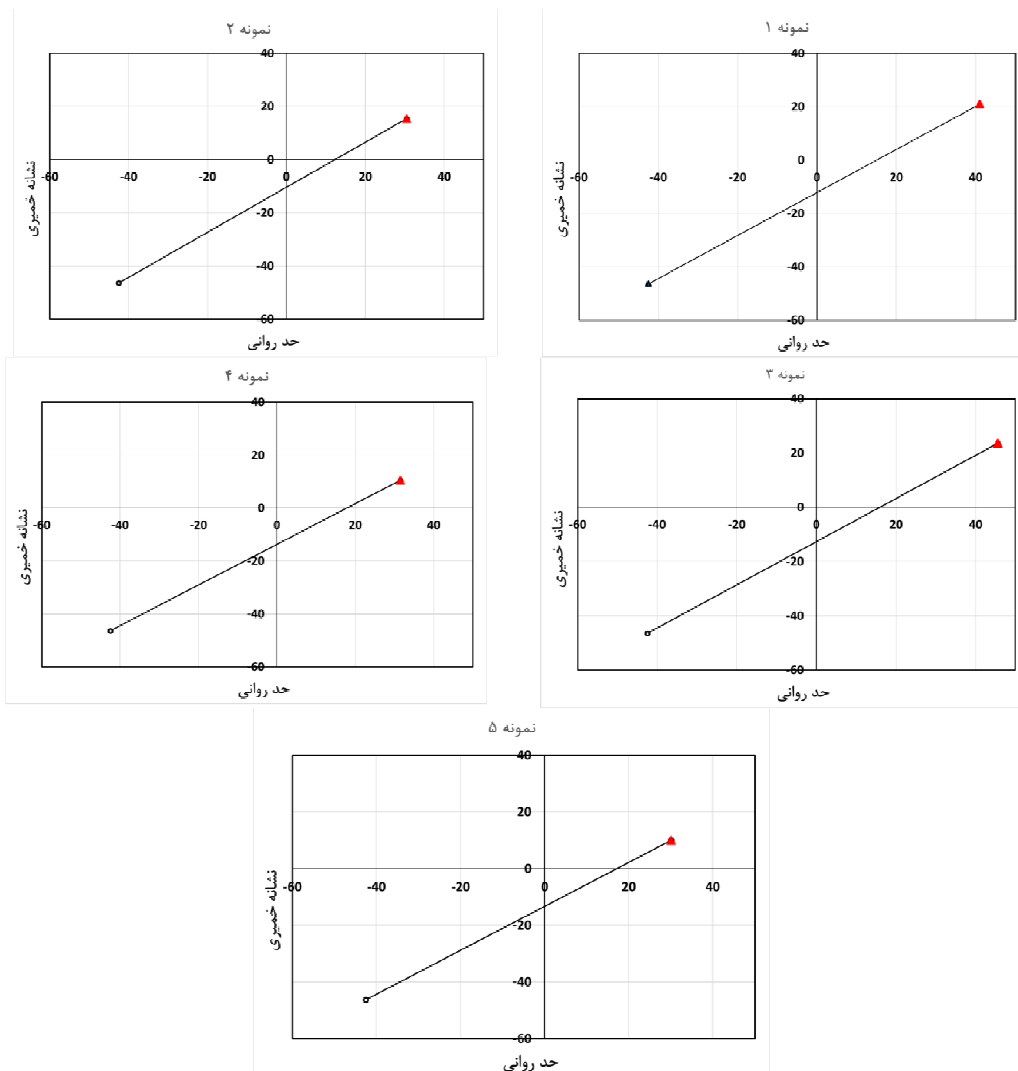
(۱۹۴۸) با امتداد دادن دو خط A و U و مشخص کردن محل تقاطع دو خط مرجع تعیین می‌گردد. سپس خطی از موقعیت نقطه خاک مورد نظر به نقطه مرجع وصل شد که خط مزبور محور LL را در نقطه‌ای قطع می‌کند که همان

نتایج بدست آمده از آزمایشات، با استفاده از روش ترسیمی نمودار خمیری صحت‌سنجی شده است. برای تعیین حد انقباض توسط نمودار خمیری به این ترتیب عمل شد که ابتدا مطابق روش پیشنهادی کاساگرانده

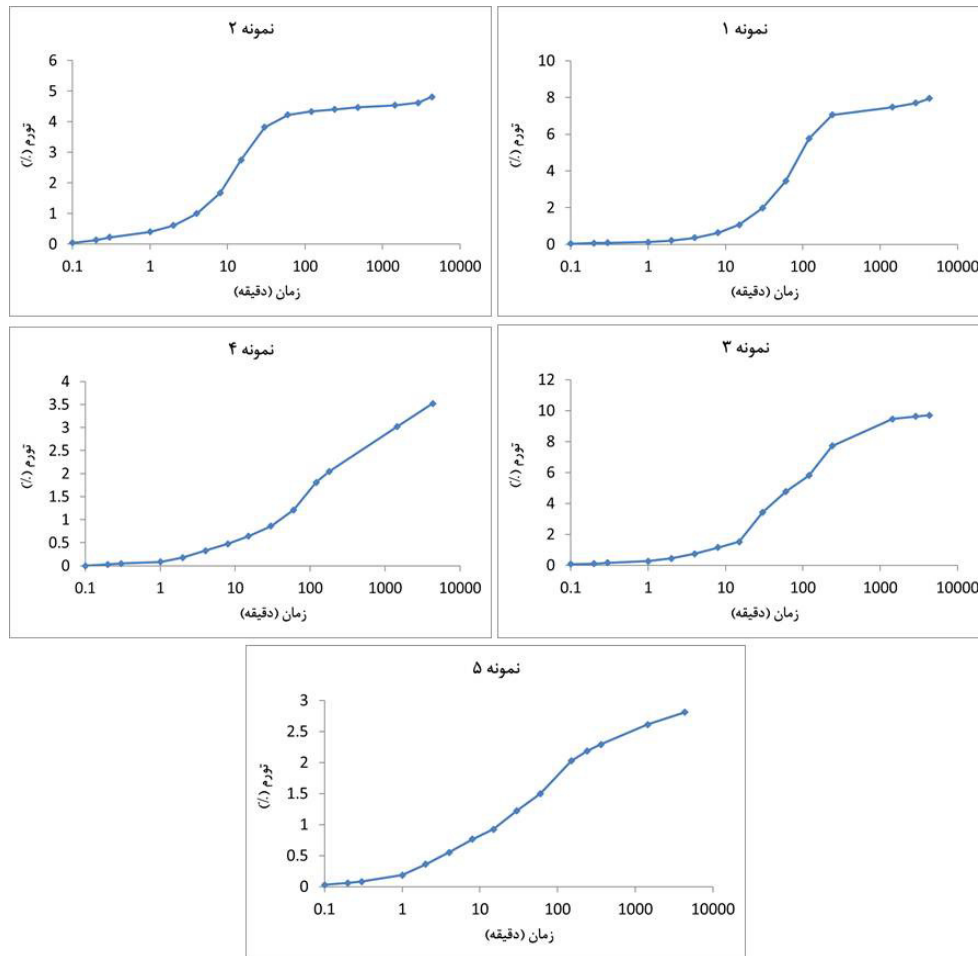
$$SL = LL - 1.25 PI$$

با استفاده از این روش نیز مقدار حد انقباض نمونه‌ها ارزیابی شده و مقدار حد انقباض برای نمونه‌ها به ترتیب ۱۴/۸، ۱۰/۸، ۱۶/۸، ۱۸/۳، ۱۷/۶ درصد محاسبه شده است. آزمایشات تعیین حد روانی به روش کاساگرانده و حد خمیری خاک به روش فیتیله کردن مطابق استاندارد ASTM D4318 انجام گرفته است. تورم آزاد، مقدار تغییر حجمی است که خاک تحت فشار ۱ کیلوپاسکال در حالت اشباع از خود نشان می‌دهد. این آزمایش با دستگاه تحکیم (ادومتر) و مطابق با استاندارد ASTM D4546 انجام گرفته و مقادیر درصد تورم آزاد در شکل ۶ نشان داده شده است. درصد مواد رسی نمونه‌ها با آزمایشات هیدرومتری و مطابق ASTM D422 تعیین گردیده است.

حد انقباض خاک می‌باشد. نقطه مرجع به مختصات $LL = -42/5\%$ و $PI = -46/4\%$ می‌باشد. با توجه به روش فوق، نتایج تشابه زیادی باهم دارند. در شکل ۵ روش ترسیمی نمودار خمیری برای نمونه‌ها رسم شده است، همان‌طور که مشاهده می‌شود، حد انقباض برای نمونه‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب اعداد ۱۴/۸، ۱۵/۸، ۱۲، ۱۶/۸ و ۱۸ درصد می‌باشد. حد انقباض به روش آزمایشگاهی و با استفاده از روابط برای نمونه‌های ۱، تا ۵ به ترتیب ۱۴/۸، ۱۲، ۱۵/۸، ۱۶/۸ و ۱۸/۸ درصد بدست آمده است. با توجه به مطالب فوق تطابق مناسبی بین روش ترسیمی و اندازه‌گیری به روش موم اندود کردن مشاهده می‌شود. هم‌چنین رابطه‌ای توسط کراب (اسچولز و موهز ۱۹۶۷) برای تعیین حد انقباض به شرح زیر پیشنهاد شده است:



شکل ۵. تعیین حد انقباض نمونه‌ها به روش ترسیمی کاساگرانده



شکل ۶. نمودار تورم آزاد نمونه‌ها بر حسب زمان در دستگاه تحکیم یک بعدی

نتایج و بحث

بر اساس تقسیم‌بندی کانتی و برینک (۱۹۵۲) خاک‌های با انقباض خطی بیش از ۸ درصد و حد روانی و نشانه خمیری به ترتیب بیش از ۳۰ درصد و ۱۲ درصد، از نظر ایجاد تورم مشکل آفرین هستند (گروم کو، ۱۹۷۴). با در نظر گرفتن پارامترهای مطرح شده در تقسیم‌بندی فوق، سه نمونه ۱، ۲ و ۳ مشکل آفرین ارزیابی می‌شوند. طبقه‌بندی دیگر متعلق به USBR (۱۹۸۸) است که در جدول ۴ ارائه شده است.

در جدول ۵ روش ساده‌ای بر اساس نشانه انقباض که برابر با تفاضل رطوبت حد انقباض از رطوبت حد روانی است، توسط داس (۱۹۸۷) ارائه شده است. داکشانمورتی و رامان با در نظر گرفتن سه پارامتر نشانه خمیری، حد انقباض و حد روانی، پتانسیل تورم را در چهار رده پایین تا خیلی بالا دسته‌بندی کردند (باولز، ۱۹۸۵). طبقه‌بندی پیشنهادی آن‌ها در جدول ۵ ارائه شده است.

در جدول ۷، ارزیابی نمونه‌ها بر اساس سه روش مذکور ارائه گردیده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، نمونه‌های مورد آزمایش بر اساس هر سه طبقه‌بندی در رده‌های پایین تا متوسط قرار می‌گیرند.

علاوه بر روش‌هایی که به صورت کیفی پتانسیل تورم را ارزیابی می‌کنند، برخی روابط تجربی هستند که پتانسیل تورم یا درصد تورم را بر اساس نشانه انقباض برآورد می‌کنند. از جمله روابط مذکور می‌توان به روابط گروم کو (۱۹۷۴) و رانگاناتان و استیانارایانا (۱۹۶۵) اشاره کرد. در جدول ۸ نتایج حاصل از برآورد بر اساس روابط تجربی مذکور ارائه شده است.

$$E_{\%} = (4.13 \times 10^{-4}) \times SI^{2.67}$$

تعیین درصد تورم با رابطه رانگاناتان و استیانارایانا (۱۹۶۵)

$$S = B \times SI^P$$

تعیین پتانسیل تورم با رابطه گروم کو (۱۹۷۴)

$$SI = LL - SL \quad B = 1.63 \quad P = 1.17$$

جدول ۴. طبقه‌بندی پتانسیل تورم خاک‌ها به وسیله USBR (1988)

درصد ذرات کوچک‌تر از ۰/۰۰۰۱ میلی‌متر	۱۵-۰	۲۳-۱۳	۳۱-۲۰	بیش از ۲۸
نشانه خمیری (%)	۱۸-۰	۲۸-۱۵	۴۱-۳۵	بیش از ۳۵
حد انقباض (%)	بیش از ۱۵	۱۶-۱۰	۱۲-۷	کمتر از ۱۱
درصد تورم محتمل (%)	کمتر از ۱۰	۲۰-۱۰	۳۰-۲۰	بیش از ۳۰
درجه تورم	پایین	متوسط	بالا	خیلی بالا

جدول ۵. طبقه‌بندی پتانسیل تورم خاک براساس نشانه انقباض به وسیله داس (۱۹۸۷)

نشانه انقباض	بیش از ۶۰	۶۰-۳۰	۳۰-۲۰	۲۰-۰
درصد تورم	بیش از ۳۵	۳۵-۲۰	۲۰-۱۰	۱۰-۰
درجه تورم	خیلی بالا	بالا	متوسط	پایین

جدول ۶. طبقه‌بندی پتانسیل تورم خاک به روش داکشانمورتی و رامان (باولز، ۱۹۸۵)

پتانسیل تورم	پایین	متوسط	بالا	خیلی بالا
نشانه خمیری	۱۸-۰	۲۸-۱۵	۴۱-۲۵	بیش از ۳۵
حد انقباض	بیش از ۱۵	۱۵-۱۰	۱۲-۷	۱۱-۰
حد روانی	۳۵-۲۰	۵۰-۳۵	۷۰-۵۰	بیش از ۷۰

جدول ۷. مقایسه نتایج سه روش برای ارزیابی تورم نمونه‌ها

نمونه	روش USBR (۱۹۸۸)	روش داس (۱۹۸۷)	روش داکشانمورتی و رامان (۱۹۷۳)
۱	متوسط	متوسط	متوسط
۲	پایین	پایین	پایین
۳	متوسط	متوسط	متوسط
۴	پایین	پایین	پایین
۵	پایین	پایین	پایین

جدول ۸. ارزیابی کمی پتانسیل تورم نمونه‌ها با روابط تجربی

نمونه	حد روانی (%)	حد انقباض (%)	نشانه انقباض (%)	درصد تورم با رابطه رانگانان و استیانارایانا (۱۹۶۵)	پتانسیل تورم با رابطه گروم کو (۱۹۷۴)
۱	۴۱/۱	۱۴/۸	۲۵/۹	۲/۵	۷۳/۴
۲	۳۰/۱	۱۲/۰	۱۸/۱	۰/۹	۴۸/۳
۳	۴۵/۶	۱۵/۸	۲۹/۷	۳/۵	۸۶/۲
۴	۳۱/۵	۱۶/۸	۱۴/۳	۰/۵	۳۶/۶
۵	۳۰/۱	۱۸/۸	۱۱/۲	۰/۳	۲۷/۵

خاک وجود دارد. بر این اساس خاک‌ها را در چهار رده تقسیم‌بندی کرده‌اند. در جدول ۹ طبقه‌بندی نمونه‌ها ارائه شده است. جنبه واقع بینانه این روش در آن است که مرزهای آن کاملاً متمایز نمی‌باشند، به طور مثال دو نمونه ۱ و ۳ در رده متوسط تا بالا و نمونه ۲، ۴ و ۵ در رده کم تا متوسط قرار دارند.

طبقه‌بندی پیشنهادی اسکمپتون (۱۹۵۳) در جدول ۱۰ آورده شده است. با در نظر گرفتن عدد فعالیتی که اسکمپتون برای انواع کانی‌ها در نظر گرفت، نمونه‌های ۱،

به منظور ارزیابی دقیق‌تر پتانسیل تورم علاوه بر روش‌هایی که پارامترهای حد انقباض را مد نظر دارند، از روش‌هایی که سایر پارامترهای خاک را نیز در نظر می‌گیرند، استفاده شده است. سلیمی و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی پتانسیل تورم این نوع از خاک‌ها براساس خواص خمیری و به روش غیرمستقیم، مقدار تورم آن‌ها را در رده کم تا متوسط ارزیابی کرده‌اند.

پک و همکاران (۱۹۷۴) و هم‌چنین چن (۱۹۸۸) نشان دادند که یک رابطه‌ای بین نشانه خمیری و پتانسیل تورم

جدول ۱۲ نیز درصد تورم نمونه‌ها براساس روابط تجربی زیر تعیین آمده است:

$$E_{\%} = 0.2558e^{0.0833 \times P1}$$

تعیین درصد تورم با رابطه چن (۱۹۸۸)

$$E_{\%} = (2.16 \times 10^{-3}) \times P1^{2.44}$$

تعیین درصد تورم با رابطه سید و همکاران (۱۹۶۵)

۲، ۴ و ۵ از نوع کائولینیتی و نمونه ۳ از نوع ایلیتی می‌باشد. خاصیت خمیری و به تبع آن تورم و انقباض کانی ایلیت بیش‌تر از کانی کائولینیت است.

چن (۱۹۸۸) و سید و همکاران (۱۹۶۵) ارزیابی کمی براساس نشانه خمیری ارائه کرده‌اند. در جدول ۱۱ طبقه‌بندی پیشنهادی سید و همکاران (۱۹۶۵) ارائه شده که این طبقه‌بندی از مقدار کم تا خیلی زیاد است. در

جدول ۹. پتانسیل تورم نمونه‌ها براساس نشانه تورم (روش چن، ۱۹۸۸)

پتانسیل تورم	کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد
نشانه خمیری (%)	۱۵-۰	۲۵-۰	۵۵-۲۰	> ۲۵
نمونه ۱		*		
نمونه ۲		*		
نمونه ۳		*		
نمونه ۴	*			
نمونه ۵	*			

جدول ۱۰. وضعیت نمونه‌ها در طبقه‌بندی پیشنهادی اسکمپتون (۱۹۵۳) براساس فعالیت خاک

فعالیت	< ۰/۷۵ (غیرفعال)	۰/۷۵ - ۱/۲۵ (نرمال)	۱/۲۵ (فعال)
نمونه ۱	*		
نمونه ۲	*		
نمونه ۳		*	
نمونه ۴	*		
نمونه ۵	*		

جدول ۱۱. طبقه‌بندی درصد تورم خاک‌ها بر اساس رابطه تقسیم‌بندی هولتز و گیبس (۱۹۶۵)

درجه تورم	درصد تورم
کم	۱/۵ - ۰
متوسط	۵ - ۱/۵
زیاد	۲۵ - ۵
خیلی زیاد	۲۵ >

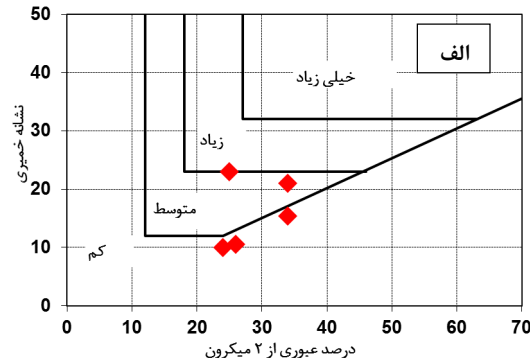
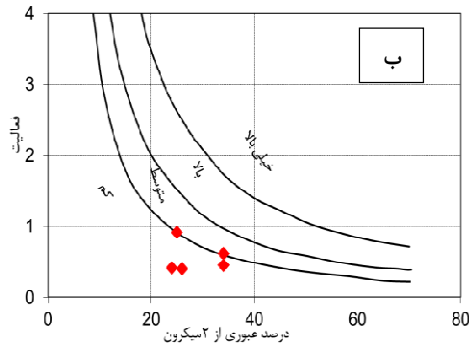
جدول ۱۲. تعیین درصد تورم نمونه‌ها بر اساس نشانه خمیری به کمک روابط تجربی

نمونه	نشانه خمیری (%)	درصد تورم بر اساس رابطه چن	درصد تورم بر اساس رابطه هولتز و گیبس
نمونه ۱	۲۱	۱	۳/۶
نمونه ۲	۱۵/۴	۰/۷	۱/۷
نمونه ۳	۲۳	۱/۱	۴/۵
نمونه ۴	۱۰/۵	۰/۵	۰/۷
نمونه ۵	۱۰	۰/۵	۰/۶

روش واندرمرو (۱۹۶۴) و سید و همکاران (۱۹۶۵) روش‌هایی برای ارزیابی غیرمستقیم پتانسیل تورم خاک هستند (شکل ۷). در روش واندرمرو درصد ذرات هم اندازه با رس و دامنه خمیری در یک نمودار قرار

براساس طبقه‌بندی سید و همکاران (۱۹۶۵) نمونه‌های ۱، ۲ و ۳ با مقادیر تورم به ترتیب ۳/۶، ۱/۷ و ۴/۵ درصد در رده متوسط و دو نمونه ۴ و ۵ با مقادیر ۰/۷ و ۰/۶ درصد در رده کم قرار می‌گیرند.

که فضای پتانسیل تورم کم هم مرز با پتانسیل تورم متوسط، زیاد و خیلی زیاد می‌باشد. بنابراین با اندکی تغییر یا خطا، خاک با پتانسیل تورم کم می‌تواند در گروه با پتانسیل تورم خیلی زیاد قرار گیرد و بالعکس. همانطور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، پتانسیل تورم نمونه‌ها در گروه تورم کم تا متوسط قرار می‌گیرند.



شکل ۷. ارزیابی پتانسیل تورم نمونه‌ها بر اساس، الف) طبقه بندی واندرمر (۱۹۶۴) و ب) طبقه بندی سید و همکاران (۱۹۶۵)

$$I_{ss} = 0.0745 LL - 1.611$$

رابط نشان انقباض- تورم رینولدز (۲۰۱۳)

از آنجایی که اندازه‌گیری تورم با استفاده از دستگاه تحکیم یک بعدی انجام می‌شود و اندازه‌گیری تورم سه بعدی کار سختی می‌باشد. انجام آزمایش نشان تورم- انقباض بر طبق استاندارد (AS 1289.7.1.1 (1998) در جهت ارزیابی مقدار تورم واقعی خاک بسیار مؤثرتر خواهد بود.

نشانه انقباض- تورم (The shrink swell index) ممکن است به طور مستقیم برای ارزیابی واکنش‌پذیری خاک استفاده شود (زوو، ۲۰۱۵). این نشانه با یک آزمایش ساده بر روی نمونه‌های دست نخورده گرفته شده از محل بدست می‌آید. هم‌چنین می‌توان با استفاده از روابط تجربی نیز این نشانه را محاسبه کرد. با استفاده از رابطه رینولدز (۲۰۱۳) نشانه انقباض- تورم محاسبه شده و با توجه به طبقه‌بندی نیلسون و همکاران (۱۹۹۲) نمونه‌های خاک طبقه‌بندی شده‌اند (جدول ۱۳).

جدول ۱۳. طبقه‌بندی نمونه‌ها بر اساس نشان انقباض- تورم نیلسون و همکاران (۱۹۹۲)

طبقه‌بندی	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
نشانه انقباض- تورم (%)	۱/۷- ۰/۸	۳/۳- ۱/۷	۵/۸- ۳/۳	> ۵/۸
نمونه ۱	*			
نمونه ۲	*			
نمونه ۳		*		
نمونه ۴	*			
نمونه ۵	*			

است. در راستای بررسی پدیده تورم این خاک‌ها بر بزرگراه، ضمن بررسی‌های محلی، از مسیر نمونه‌برداری صورت گرفته است. بر روی نمونه‌های اخذ شده آزمایش‌های دانه‌بندی، هیدرومتری، تعیین حد روانی، حد خمیری و حد انقباض و درصد تورم انجام گرفته است. بر اساس طبقه‌بندی یونیفاید همه نمونه‌ها از نوع

نتیجه‌گیری

بزرگراه شمالی تبریز (پاسداران) در منطقه‌ای که عمدتاً دارای خاک‌های ریزدانه رسی و مارنی است، قرار گرفته است. تأثیر پدیده‌های زمین‌شناسی در قسمت‌های مختلف این بزرگراه موجب بروز ترک‌ها و شکستگی‌های طولی و عرضی و اعوجاج در سطح روسازی بزرگراه شده

H. and Al-Bashabsheh, M. A (1996) Swelling-shrinkage behavior of natural expansive clays, *Applied Clay Science*, 11: 211-227.

Bhavsar, S. N. and Patel, A. J (2014) Analysis of Swelling & Shrinkage Properties of Expansive Soil using Brick Dust as a Stabilizer, 4 (12): 303-308.

Bowles, J. E (1988) *Foundation Analysis and Design*, MC Graw-hill Book Company.

Casagrande, A (1948) Classification and identification of soils *Trans, ASCE*, 113: 783-810.

Chen, F. H (1975) *Foundation on Expansive Soils*, Elsevier scientific publishing company.

Christodoulis J (2015) Engineering Properties and Shrinkage Limit of Swelling Soils in Greece, *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 6(5), DOI: 10.4172/2157-7617.1000279.

Dakshanamurthy, V. and Raman, V (1973) A simple method of identifying an expansive soil *Soils and Foundations*, 1: 97-104.

Das, B (1987) *Advanced soil mechanics*, MC Graw- Hill Book Company.

Day, R. W (1994) Swell-shrink behavior of compacted clay, *Journal of geotechnical engineering*, 120: 618- 623.

Firoozi, A. A., Firoozi, A. A. and Baghini M. S (2017) A Review of Physical and Chemical Clayey.

Gromko, G. J (1974) Review of Expansive Soils, *Journal of the Geotechnical Engineering*, ASCE, 100: 667-687.

Holtz, W. G. and Gibbs, J (1965) *Engineering Properties of Expansive Clays*, ASCE Transaction Paper, 121.

Johnson, L. D (1980) Field test sections on expansive soil, 4th Int. Conf. on Expansive Soils, ASCE, New York, 1: 262-283.

Kantey, B. A. and Brink, B. A (1952) Laboratory criteria for the recognition of expansive soils, *NBRI Bulletin*, 9.

Mitchell, J. K (1993) *Fundamentals of soil behavior*, John Wiley, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.

Neilson, J. L., Olds, R. J., Peck, W. A. and Seddon, K. D (1992) *Engineering geology of Melbourne*, Taylor & Francis.

Nelson, J. D. and Miller R. D (1992) *Expansive soils: problems and practice in foundation and pavement engineering*, John Wiley and Sons, New York.

Nelson, J. D., Chao, K. C., Overton, D. D. and Nelson, E. J (2015) *Foundation engineering for expansive soils*, John Wiley & Sons.

O'Neill, M. W. and Poormoayed, M (1980) Methodology for foundations on expansive clays, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 106.

Peck, R. B., Hanson W. E. and Thornburn T. H (1974) *Foundation Engineering*, (2nd ed.), New

CL تعیین گردیده است. عدد فعالیت نمونه‌ها کمتر از ۱ و مقدار مواد رسی ۲۴ تا ۳۴ درصد تعیین گردیده است. حد انقباض نمونه‌ها بین ۱۲ تا ۱۸ درصد و نشانه خمیری بین ۱۰ تا ۲۳ درصد، درصد تورم آزاد آن‌ها با استفاده از دستگاه تحکیم (ادومتر) بین ۳ تا ۱۰ درصد تعیین شده است. هم‌چنین حد انقباض نمونه‌ها بر اساس حد روانی و شاخص خمیری به روش ترسیمی کاساگرانده برآورد شده و مشاهده گردیده که با مقادیر ارزیابی درصد تورم با آزمایشات، انطباق خوبی دارد. هم‌چنین پتانسیل تورم نمونه‌ها با سایر روابط تجربی و طبقه‌بندی‌های موجود بر اساس حد انقباض و نشانه خمیری و عدد فعالیت تعیین شده و مشاهده گردید که پتانسیل تورم این خاک‌ها کم تا متوسط است.

تشکر و قدردانی

از آزمایشگاه زمین‌شناسی مهندسی دانشکده علوم طبیعی و آزمایشگاه مکانیک خاک دانشکده عمران دانشگاه تبریز به خاطر فراهم ساختن امکان انجام آزمایشات قدردانی می‌شود.

منابع

حاجی‌علیلوی بناب، م.، بهروز سرنده، ف. و چشم دوست، م (۱۳۸۸) اثر تورم خاک بستر بر کانال‌های انتقال آب دشت تبریز و ارائه راهکار اصلاحی، انجمن زمین‌شناسی مهندسی ایران، شماره ۱ و ۲.

رحیمی، ح (۱۳۷۱) مکانیک خاک، انتشارات قائم.

سلیمی، م. و اصغری کلجاهی، ا (۱۳۹۶) مشکلات ژئوتکنیکی اتوبان پاسداران تبریز و بهسازی بستر باند شمالی در محدوده ایده‌لو، دهمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام‌نور - تبریز، ۶-۷ اردیبهشت.

سلیمی، م.، اصغری کلجاهی، ا. و حاجی‌علیلوی بناب، م (۱۳۹۵) ارزیابی پتانسیل تورم خاک‌های بزرگراه شمالی تبریز بر اساس خواص خمیری، سی و پنجمین گردهمایی ملی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱ تا ۳ اسفند ماه.

عسکری، ف. و فاخر، ع (۱۳۷۲) تورم و واگرایی خاک‌ها از دید مهندس ژئوتکنیک، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران.

قاضی‌نور، ا. (۱۳۵۲) مکانیک خاک‌های قابل تورم، انتشارات مهندسان مشاور سانو.

Basma, A. A., Al-Homoud, A. S., Malkawi, A. I.

- York: John Wiley and Son.
- Petry, T. M. and Aemstrong J. C (1980) Relationships and Variations of properties of clay, proceeding of the 4th international conference on expansive soils, Denver, 16- 18.
- Ranganathan, B. V. and Satyanarayana, B (1965) A rational method of predicting swelling potential for compacted expansive clays, proceedings of the 6th international conference on soil mechanics and foundation engineering, London, 1: 92-96.
- Reynolds, P. W (2013) Engineering correlations for the characteration of reactive soil behavior for use in road design.
- Schultz, E. and Muhs, H (1967) Bodenuntersuchungen fur Ingenieurbauten. Springer Verlag, Berlin. Heidelberg. New York.
- Seed, H. B., Woodward, R. J., Lundgren, R (1965) Prediction of Swelling Potential for Compacted Clays, Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, 88(3): 53-87.
- Skempton, A. W (1953) The Colloidal 'Activity' of Clays, Proceedings of the 3rd International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Switzerland, 1: 57-61.
- Subba Rao, K. S., Tripathy, S. and Fredlund, D. G (2002) Water content- void ratio swell- shrink paths of compacted expansive soils, Canadian geotechnical journal, 39(4): 938-959.
- US Bureau of Reclamation (USBR) (1988) Earth Manual (3rd ed.), Denver, CO: US Department of the Interior, Water Resources Technical Publication.
- Van Der Merwe, D. H (1964) The prediction of heave from the plasticity index and percentage clay fraction of soils, Civil Engineer in South Africa, 6: 103-106.
- Williams, A. A. B (1957) Discussion on the prediction of total heave from the double oedometer test, Symposium on Expansive Clays, South Africa institution of Civil Engineers, 57.
- Zou, J (2015) Assessment of the reactivity of expansive soil in Melbourne metropolitan area, Thesis of Master of Engineering, RMIT University.

Evaluation of Expansive Potential of Fine Grained Soils of Tabriz Northern Highway Based on Shrinkage Limit

E. Asghari-Kaljahi^{*1}, M. Salimi Chshmech Mantash² and M. Hajjalilue-Bonab³

1, 2- Dept., of Earth Sciences, University of Tabriz, Tabriz

3- Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz

*e-asghari@tabrizu.ac.ir

Received: 2018/5/27 Accepted: 2018/10/6

Abstract

Shrinkage and swelling has been opposed and any soils that drying shows mark of shrinkage and cracking; is ability of swell when absorbs water. Soil swelling is reversible phenomenon. That's mean shrinks the soil after decreasing moisture; so it is natural checked the phenomenon shrinkage, also.

Tabriz Northern Highway route is located on fine-grain soils that have been creation of clay and marl soils. This highway has a very young age but effect of geological phenomena on the various pieces of this route has caused creation longitudinal and transverse fractures and cracks, that one of the destructive phenomena is swell and shrinkage of the fine-grain soils. In this research, after local investigation, sampling has been done and by determining the shrinkage limit with using indirect and direct methods, the swelling potential of fine-grained soils of this highway has been investigated. On the samples has conducted tests of particle-size analysis, determination of limits Atterberg, and free swell. All specimens were classified as CL according to the USCS classification. Activity of samples is less than 1 and clay content is between 24 and 34 percent. Shrinkage limit between 12 to 18 percent, plasticity index between 10 to 23 percent, and free swell with use consolidation device (Oedometer) between 3 to 10 percent has been determined. Also, shrinkage limit of samples has been determined by drawing Casagrande curve based on plasticity index and liquid limit and this result was obtained that is a good accordance between free swell and tests. At last swelling potential of samples has been determined based on empirical relationships and swelling potential of soils is between low to medium.

Keywords: Soil shrinkage, Soil swelling, Experimental relations, Tabriz