

کنترل تورم خاک در زیر پوشش کانالها با استفاده از سیکل های تر و خشک شدن

مریم ابراهیمی رستمی^۱ و حسن رحیمی^{۲*}^۱ کارشناس ارشد سازه‌های آبی و ^۲ استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

چکیده

خاکهای متورم شونده خاکهایی هستند که به سبب جذب آب، ازدیاد حجم یافته و اصطلاحاً متورم می شوند، فشار ناشی از تورم این خاکها می تواند موجب خرابی ساختمانهای سبک، نظیر پوشش کانالهای آبیاری، کف سازه ها و غیره گردد. طبق پژوهش های انجام شده این پدیده بعنوان یکی از مهمترین عوامل تخریب پوشش بتنی کانالهای آبیاری در ایران و سایر کشورهای جهان گزارش شده است. عامل اصلی این خرابیها، تغییر رطوبت خاک بستر و در نتیجه تغییرات حجمی حاصل از آن است. در تحقیق حاضر اثر سیکل های مختلف تر و خشک شدن بر پتانسیل تورمی خاکهای رسی مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور سه نمونه خاک رسی از سه نقطه مختلف واقع در شمال، جنوب و مرکز ایران تهیه شد. کلیه نمونه ها برای تعیین مشخصات عمومی مورد آزمایش های شناسایی، نظیر دانه بندی، حدود آتربرگ، تعیین وزن مخصوص و تراکم قرار گرفته و آزمایش های تورم بوسیله دستگاه اودومتر در پنج سیکل تر و خشک شدن بر روی آنها انجام گردید. در هر سیکل آزمایش برخی از نمونه ها تا رطوبت بیشتر از حد انقباض، برخی تا کمتر از حد انقباض و برخی تا حد انقباض خشک گردیدند. نتایج حاصل از آزمایشهای تورم نشان داد که پتانسیل تورم در اثر سیکل های مختلف تر و خشک شدن برای تمامی نمونه هایی که تا رطوبت بیشتر از حد انقباض، حد انقباض و کمتر از حد انقباض خشک شده اند، به طور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. در کلیه نمونه ها مقدار تورم تقریباً بعد از ۳ یا ۴ سیکل ثابت می ماند و در اکثر موارد بیشترین کاهش مقدار تورم در سیکل دوم یا سوم مشاهده می شود. با توجه به نتایج این تحقیق می توان برای کنترل اثرات منفی تورم خاک قبل از اجرای پوشش کانال آن را در چند نوبت آب اندازی نموده و پتانسیل تورم خاک بستر را بمیزان قابل توجهی کاهش داد و از اثرات مخرب بعدی پدیده تورم جلوگیری نمود.

واژه‌های کلیدی: تورم خاک، پوشش کانال، سیکل های تر و خشک شدن، انقباض خاک

مقدمه

سیکل های تر و خشک شدن کاهش می یابد، راه حل مناسبی برای کنترل اثرات منفی تورم پذیری خاک بستر کانالهای آبیاری به دست خواهد آمد، به گونه‌ای که قبل از اجرای پوشش کانال می‌توان آن را در چند نوبت آب‌اندازی نموده و پتانسیل تورم‌پذیری خاک بستر را کاهش داد. متأسفانه یافته‌های محققین مختلف در زمینه اثر سیکل‌های تر و خشک شدن بر تورم‌پذیری خاک‌های رسی متناقض می‌باشد. در این مقاله اثر سیکل های تر و خشک شدن بر پتانسیل تورم پذیری خاکهای رسی مورد بررسی جامع قرار گرفته و اختلاف نتایج محققین مختلف مورد بحث قرار می گیرد.

پیشینه پژوهش

توجه به مسأله خاک‌های قابل تورم و خسارات ناشی از آن در حدود سال ۱۹۵۰ آغاز شد. در آن زمان پروژه‌های خانه‌سازی وسیعی در کشور آمریکا در حال انجام بود که در ضمن عملیات اجرایی آنها به موارد حادی از تورم خاک همراه با زبان‌های فراوان به ساختمانهای احداث شده مشاهده گردید. آماري که در آمریکا طی سال‌های اخیر جمع‌آوری شده، نشان می‌دهد که خسارات مالی ناشی از تورم خاک‌ها، از مجموع خسارات مالی

وجود پتانسیل تورم‌پذیری در خاک از جمله مسائلی است که بایستی در انتخاب منابع قرضه خاک ریزدانه مورد توجه قرار گیرد. تجربیات گذشته نشان داده‌اند که عدم توجه به این مسأله در اجرای پوشش‌های بتنی کانال‌ها، مشکلات فراوانی را به وجود آورده که بعضاً منجر به تخریب و غیرقابل استفاده شدن سازه گردیده است. طبق پژوهش‌های انجام شده، یکی از مهمترین عوامل تخریب پوشش بتنی کانال‌های آبیاری در ایران بویژه در استان خوزستان، پدیده تورم‌زائی خاک‌های ریزدانه می‌باشد. عوامل مختلفی از جمله میزان و شیوه تراکم، رطوبت اختلاط، نوع کانی و کاتیون‌های خاک رس و نیز سیکل‌های تر و خشک شدن بر پتانسیل تورم‌پذیری خاک‌های رسی مؤثر می‌باشند. هدف این تحقیق بررسی اثر سیکل‌های تر و خشک شدن بر این پتانسیل و تعیین عوامل مؤثر بر کیفیت و کمیت آن می‌باشد. بدیهی است چنانچه به اثبات برسد که پتانسیل تورم در اثر

سیکل‌های تر و خشک بر پتانسیل تورم پذیری رس‌ها را بررسی نمودند و نشان دادند که تورم و فشار تورمی با افزایش تعداد سیکل تر و خشک شدن، کاهش می‌یابد و بیشترین کاهش در تورم و فشار تورمی بعد از نخستین سیکل به وجود می‌آید. آنها نشان دادند که با افزایش تعداد سیکل، مقدار تورم تا رسیدن به یک حالت تعادل کاهش یافته و تعداد سیکل مورد نیاز برای رسیدن به تعادل حدود ۴ تا ۵ می‌باشد. آنها همچنین ویژگی‌های اساسی خاک یعنی حد روانی، نمایه خمیرایی و مقدار رس در سیکل اول و آخر را بر آورد کردند و نشان دادند که در اثر سیکل‌های تر و خشک شدن، مقدار رس و پلاستیسیته خاک کاهش می‌یابد. ال‌حمود و همکاران، علت اختلاف پتانسیل تورمی در سیکل‌های مختلف را در میزان خشک کردن دانسته و بیان داشته‌اند که اگر نمونه خاک تا رطوبت اولیه اش خشک شود و فقط بخشی از پتانسیل انقباض را طی کند، پتانسیل تورم در اثر سیکل‌های تر و خشک شدن کاهش می‌یابد و اگر نمونه خاک تا حد انقباض و یا کمتر خشک شود، پتانسیل تورمی در اثر سیکل‌های تر و خشک شدن افزایش می‌یابد که این موضوع در این مقاله مورد بررسی تفصیلی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

نمونه خاک‌های مورد مطالعه در این تحقیق از سه نقطه کشور که موقعیت آنها روی شکل (۱) نشان داده شده با خصوصیات مختلف تهیه شده‌اند. از آنجایی که طبق تحقیقات انجام شده عمده‌ترین عامل تخریب پوشش بتونی کانال‌های آبیاری در استان خوزستان، پتانسیل تورم‌زایی خاک‌های رسی ارزیابی شده است، یک نمونه خاک از این استان تهیه شد و با توجه به گزارش‌های موجود مبنی بر وجود خاک‌های متورم شونده در منطقه مغان، یک نمونه خاک نیز از منطقه مذکور تهیه گردیده است. از آنجا که دو نمونه مذکور دارای حد روانی کمتر از ۵۰ درصد بودند، یک نمونه خاک از منطقه کرج تهیه و برای تهیه خاک با حد روانی بیشتر از ۵۰٪، از اختلاط ۳۳٪ بنتونیت با این خاک استفاده گردید. به منظور بررسی مشخصات فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی خاکهای مورد مطالعه، آزمایش‌های شناسایی شامل دانه بندی، حدود آتربرگ، تعیین چگالی ذرات جامد خاک و تراکم روی کلیه نمونه‌ها انجام شد که نتایج حاصل از آنها در جدول (۱) ارائه گردیده است.

برای تعیین نوع رس‌ها آزمایش x-ray بر روی نمونه‌های خاک انجام شد. علائم موجود در نتایج تجزیه نمونه‌های خاک مغان و مخلوط بنتونیت و کرج حاکی از غلبه کانی‌های گروه اسمکتایت که مونت موریلونیت نیز از این خانواده است می‌باشد و نمونه خاک اهواز از خانواده کلریت یا ورمیکلریت می‌باشد.

ناشی از سیل و زلزله در آن کشور بیشتر بوده است (Ghazinoor, 1977). محققین مختلفی، تأثیر سیکل‌های تر و خشک شدن بر پتانسیل تورمی خاک‌های رسی را مورد بررسی قرار داده‌اند. Chen (۱۹۶۵) نشان داد تورم خاک در اثر سیکل‌های مختلف تر و خشک شدن کاهش می‌یابد. Ring (۱۹۶۶) نشان داد که آزمایش‌های تورم و انقباض به تنهایی برای تعیین پتانسیل تورم - انقباض خاک مناسب نیستند و پیشنهاد می‌کند که تورم و انقباض در انتهای ۴ سیکل اندازه‌گیری شوند. Chu and Mou (۱۹۷۳) نیز به این نتیجه رسیدند که سیکل‌های تر و خشک شدن موجب کاهش درصد تورم می‌شود.

Obermeier (۱۹۸۰) و Popescu (۱۹۸۰) بیان کردند که سیکل‌های تر و خشک شدن موجب افزایش خصوصیت خمیری و پتانسیل تورمی خاک می‌شود. در حالی‌که Allam and Sridharan (۱۹۸۱)، Chen et al. (۱۹۸۵) و Subba Rao et al. (۱۹۸۷) طی بررسی‌های انجام شده به این نتیجه رسیدند که سیکل‌های تر و خشک شدن موجب کاهش پتانسیل تورمی خاکها می‌شود.

Chen and Ma (۱۹۸۷)، اثر تغییرات دانسیته و رطوبت و همچنین اثرات سیکل‌های تر و خشک بر تورم و انقباض یک رس دست خورده را بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش دانسیته خشک، مقدار تورم افزایش یافته ولی مقدار انقباض نسبتاً یکسان باقی می‌ماند. آنها همچنین نشان دادند که با افزایش رطوبت، تورم خاک کاهش یافته و مقدار انقباض وقتی که رطوبت اولیه کمتر از حدانقباض است بدون تغییر باقی می‌ماند، در حالی‌که چنانچه رطوبت اولیه به حد انقباض رسیده باشد، مقدار انقباض با افزایش رطوبت کاهش می‌یابد. این محققین در مورد اثرات سیکل‌های تر و خشک شدن بر تورم و انقباض نتیجه گرفتند که این سیکل‌ها کاهش قابل توجهی را در پتانسیل تورم به وجود می‌آورند ولی مقدار انقباض با سیکل‌های تر و خشک شدن بدون تغییر می‌ماند.

Osipov et al. در سال ۱۹۸۷ نشان دادند که در اثر سیکل‌های تر و خشک، پتانسیل تورم افزایش می‌یابد. Dif and Bluemel (۱۹۹۱) بیان کردند در شرایطی که نمونه خاک در معرض سیکل‌های مختلف تر و خشک شدن قرار گرفته و سپس تا رطوبت اولیه خشک شود، پتانسیل تورمی کاهش می‌یابد. Day (۱۹۹۴) نشان داد که پتانسیل تورم در اثر سیکل‌های تر و خشک شدن، افزایش می‌یابد.

Rahimi and Barootkoob (۱۹۹۵) طی تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که سیکل‌های مختلف تر و خشک شدن موجب کاهش تورم می‌شود. Al-hamoud et al. (۱۹۹۵) اثر

جدول ۱- مشخصات فیزیکی خاکهای مورد مطالعه

نام خاک	رس (%)	سیلت (%)	ماسه (%)	حدود اتربرگ			مشخصات تراکمی			
				حد خمیری (%)	حد انقباض (%)	نمایه خمیری	حد رطوبت	دانسیته	حداکثر	
اهواز	۲۵/۳۱	۶۴/۵۹	۱۰/۲	۳۷/۵۵	۲۳/۴۶	۱۴/۰۹	۱۸	۱۹/۵	۱/۷۱	۲/۷
مغان	۳۶/۱	۵۳/۱	۱۰/۸	۴۹/۲۸	۲۶/۱۹	۲۳/۰۹	۱۶	۲۳	۱/۶	۲/۸۴
خاک کرج+ بنتونیت	۵۰/۷۱	۳۹/۶۹	۹/۶	۶۴/۴۴	۲۹/۶۸	۳۴/۷۶	۱۴	۲۶	۱/۵۲	۲/۶۶

درصد تورم آزاد برابر تغییر ارتفاع نمونه نسبت به ارتفاع اولیه آن مطابق رابطه (۱) می‌باشد.

$$S_f = \frac{\Delta H}{H_i} \times 100 \quad (1)$$

که در آن S_f = تورم آزاد (%), ΔH = تغییرات ارتفاع (mm), H_i = ارتفاع اولیه نمونه یا حلقه تورم (mm).

در این تحقیق به منظور بررسی چگونگی تاثیر میزان خشک شدن بر پتانسیل تورمی، آزمایش‌های مختلفی بر روی ۳ نمونه خاک انجام گردید، به طوری که در هر سیکل برخی از نمونه‌ها تا رطوبت بیشتر از حد انقباض، برخی تا رطوبت کمتر از حد انقباض و برخی تا حد انقباض خشک گردیدند. در یک سیکل تورم، نمونه خاک در معرض رطوبت قرار گرفته و اجازه داده می‌شود تا متورم شود، سپس تا رسیدن به رطوبت موردنظر خشک شده و مجدداً در معرض رطوبت قرار گرفته و متورم می‌گردد. با توجه به شرایط آب و هوایی فصل تابستان در بسیاری از مناطق ایران، دمای ۵۰ درجه به عنوان دمای خشک شدن انتخاب و نمونه‌ها در این دما در اتو خشک شدند.

به منظور تعیین مدت زمان قرارگیری تیمارهای هر نمونه خاک برای رسیدن به درصد رطوبت مورد نظر در دمای ۵۰ درجه برای هر نمونه خاک، نمودار تغییرات درصد رطوبت بر حسب مدت زمان قرارگیری در دمای ۵۰ درجه تعیین و با استفاده از این نمودارها، مدت زمان قرارگیری هر تیمار برای خشک شدن تا درصد رطوبتهای مورد نظر انتخاب گردید.

نتایج

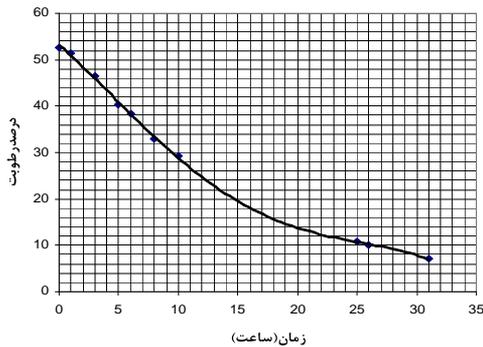
بر اساس نتایج آزمایشهای شناسایی، نمونه خاکهای اهواز و مغان طبق معیار طبقه بندی یونیفاید در گروه CL و نمونه حاصل از اختلاط خاک کرج و بنتونیت در گروه CH طبقه بندی شد. حد روانی نمونه خاکهای مورد آزمایش بین ۳۷/۵۵ تا ۶۴/۴۴ درصد و نمایه خمیری آنها بین ۱۴/۰۹ تا ۳۴/۷۶ درصد بدست آمده است.

همانطور که اشاره شد به منظور بررسی اثر میزان خشک کردن بر پتانسیل تورمی در سیکل‌های تر و خشک برای هر خاک، آزمایش‌های تورم آزاد در پنج سیکل تر و خشک در چند تیمار



شکل ۱- محل تهیه نمونه خاکهای مورد مطالعه

ارزیابی مستقیم پتانسیل تورم در آزمایشگاه معمولاً به وسیله دستگاه تحکیم معمولی (اودومتر) انجام می‌شود. اساس کار این دستگاه آنست که نمونه خاک در این دستگاه در داخل یک حلقه فلزی قرار داده شده و دو درپوش سنگی متخلخل، یکی در بالا و دیگری در پایین آن قرار داده می‌شود. پس از قرارگیری در دستگاه تحکیم، نمونه خاک در معرض آب قرار داده شده و در اثر جذب آب متورم می‌شود. در این تحقیق تعیین تورم آزاد به روش ASTM-D4546 برای آزمایش تورم یک بعدی در خاکهای چسبنده انجام شده است. در این روش نمونه آزادانه اجازه تورم می‌یابد و سربار اعمال شده برابر یک کیلو پاسکال که مشتمل بر وزن سنگ متخلخل و صفحه بارگذاری می‌باشد، روی آن اعمال می‌شود. برای انجام آزمایش ابتدا نمونه‌های خاک رد شده از الک شماره ۴ با روش تراکم استاندارد پراکتور در قالب مربوطه و در رطوبت بهینه متراکم گردیده و سپس حلقه دستگاه تورم با فشار در خاک متراکم شده قالب تراکم فرو برده شد و پس از پرشدن حجم حلقه، خاک مازاد آن تراشیده می‌شود. سپس حلقه‌های آزمایش تورم همراه با خاک محتوی آن در درون دستگاه تورم قرار گرفته و بعد از غرقاب نمودن در فواصل زمانی، ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۵، ۳۰ دقیقه و ۱، ۲، ۴، ۸، ۲۴ ساعت تغییرات ارتفاع آن اندازه گیری میشود. مقدار نهایی



شکل ۴- نمودار تغییرات درصد رطوبت بر حسب مدت زمان قرارگیری دراتو برای خاک مخلوط کرج و بنتونیت

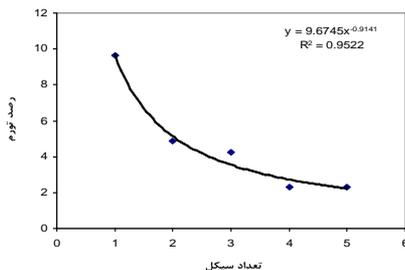
با توجه به شکل (۴) مدت زمانهای زیر به عنوان تیمارهای خاک مخلوط بنتونیت و کرج انتخاب گردیدند :

- خشک شدن به مدت ۱۰ ساعت (رسیدن به رطوبت بیشتر از حد انقباض)

- خشک شدن به مدت ۱۶ ساعت (رسیدن به حد انقباض)

- خشک شدن به مدت ۲۶ ساعت (رسیدن به رطوبت کمتر از حد انقباض)

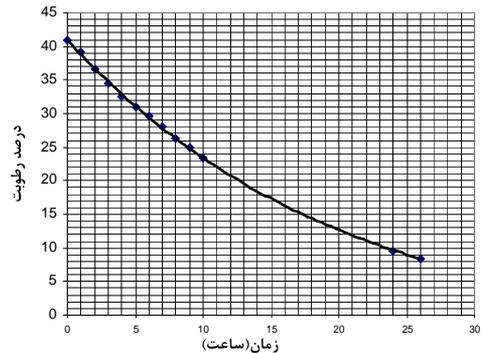
همانطور که در قسمت فوق اشاره شد بمنظور بررسی دقیق اثرات رطوبت اولیه بر پتانسیل تورمی خاکها بروی هر نمونه انجام آزمایشها در سه حالت ، یک حالت خشک شدن تا رسیدن به رطوبت بیشتر از حد انقباض ، یک حالت رسیدن به رطوبت حد انقباض و یک حالت رسیدن به رطوبت کمتر از حد انقباض انجام گردیدند . نتایج آزمایشهای تورم در حالات مذکور بر حسب تعداد سیکلهای تر و خشک شدن در شکلهای ۵ تا ۷ برای خشک شدن تا رطوبت بیشتر از حد انقباض ، شکلهای ۸ تا ۱۰ برای خشک شدن تا رطوبت حد انقباض و شکلهای ۱۱ تا ۱۳ برای خشک شدن تا رطوبت کمتر از حد انقباض نشان داده شده است.



شکل ۵- رابطه درصد تورم با تعداد سیکل برای نمونه های خاک مغان- میانگین سه تکرار (خشک شدن تا بیشتر از حد انقباض به مدت ۹ ساعت)

همانطور که مشاهده می شود ، با توجه به شکل های (۵) تا (۱۰) پتانسیل تورم پذیری در اثر سیکل های مختلف تر و خشک برای نمونه خاکهای مغان، اهواز و مخلوط کرج و بنتونیت که تا رطوبت بیشتر از حد انقباض و حد انقباض خشک شده اند،

انجام گرفت . با استفاده از نمودارهای تغییرات درصد رطوبت بر حسب مدت زمان قرارگیری در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد که در شکل های ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده ، مدت زمان قرارگیری هر تیمار برای هر خاک به صورت زیر تعیین گردید .



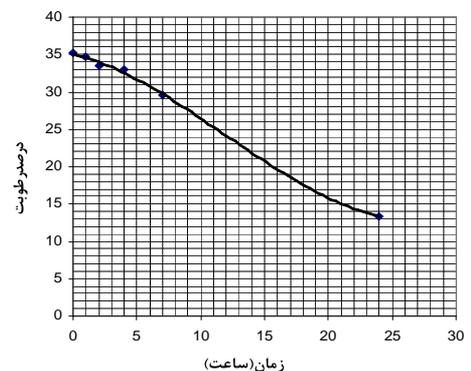
شکل ۲- نمودار تغییرات درصد رطوبت بر حسب مدت زمان قرارگیری دراتوپرای خاک مغان

با توجه به شکل (۲) و دانستن مقدار حدانقباض مدت زمانهای زیر به عنوان تیمارهای خاک مغان انتخاب گردیدند :

- خشک شدن به مدت ۹ ساعت (رسیدن به رطوبت بیشتر از حد انقباض)

- خشک شدن به مدت ۱۸ ساعت (رسیدن به حد انقباض)

- خشک شدن به مدت ۲۷ ساعت (رسیدن به رطوبت کمتر از حد انقباض)



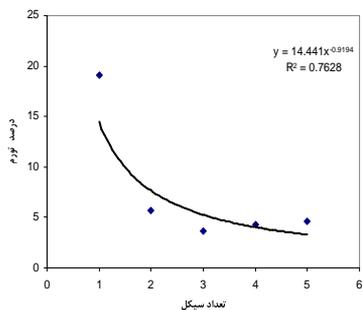
شکل ۳- نمودار تغییرات درصد رطوبت بر حسب مدت زمان قرارگیری دراتوپرای خاک اهواز

با توجه به شکل (۳) مدت زمانهای زیر به عنوان تیمارهای خاک اهواز انتخاب گردیدند :

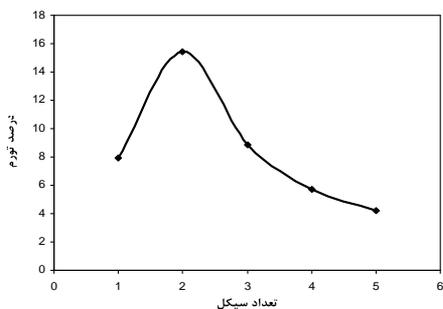
- خشک شدن به مدت ۱۰ ساعت (رسیدن به رطوبت بیشتر از حد انقباض)

- خشک شدن به مدت ۱۷ ساعت (رسیدن به نقطه حدانقباض)

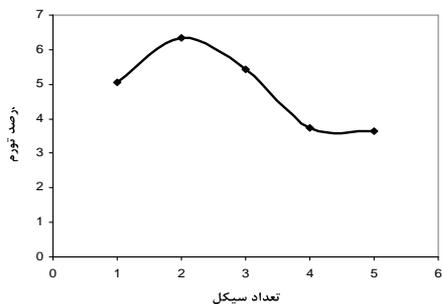
- خشک شدن به مدت ۲۶ ساعت (رسیدن به رطوبت کمتر از حد انقباض)



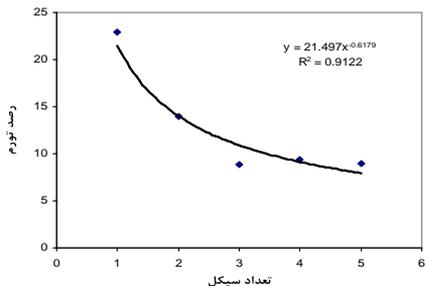
شکل ۱۰- رابطه درصد تورم با تعداد سیکل برای نمونه های خاک مخلوط بنتونیت و کرج-میانگین سه تکرار (خشک شدن تا حد انقباض به مدت ۱۶ ساعت)



شکل ۱۱- رابطه درصد تورم با تعداد سیکل برای نمونه های خاک مغان-میانگین سه تکرار (خشک شدن تا کمتر از حد انقباض به مدت ۲۷ ساعت)

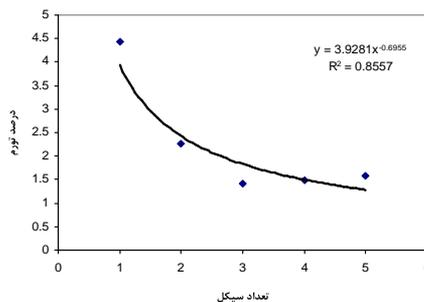


شکل ۱۲- رابطه درصد تورم با تعداد سیکل برای نمونه های خاک اهواز - میانگین سه تکرار (خشک شدن تا کمتر از حد انقباض به مدت ۲۶ ساعت)

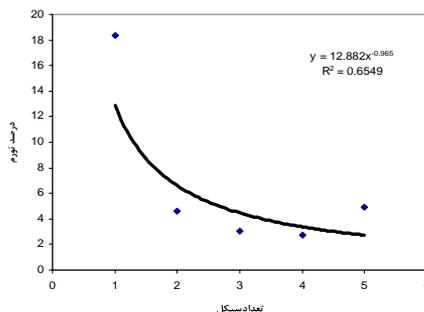


شکل ۱۳- رابطه درصد تورم با تعداد سیکل برای نمونه های خاک مخلوط کرج و بنتونیت-میانگین سه تکرار (خشک شدن تا کمتر از حد انقباض به مدت ۲۶ ساعت)

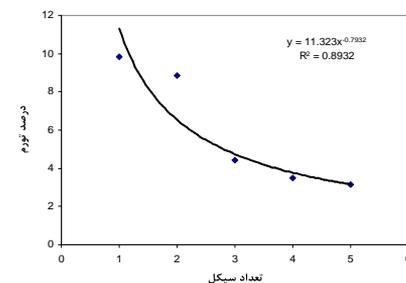
کاهش می یابد و مقدار تورم تقریباً بعد از ۳ یا ۴ سیکل ثابت می ماند. ضمناً بیشترین کاهش مقدار تورم در سیکل دوم یا سوم مشاهده می شود.



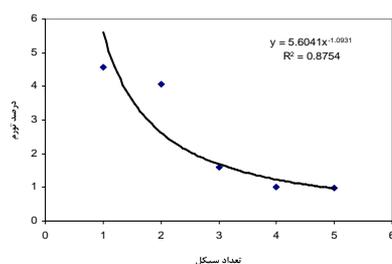
شکل ۱۴- رابطه درصد تورم با تعداد سیکل برای نمونه های خاک اهواز - میانگین سه تکرار (خشک شدن تا بیشتر از حد انقباض به مدت ۱۰ ساعت)



شکل ۱۵- رابطه درصد تورم با تعداد سیکل برای نمونه های خاک مخلوط کرج و بنتونیت -میانگین سه تکرار (خشک شدن تا بیشتر از حد انقباض به مدت ۱۰ ساعت)



شکل ۱۶- رابطه درصد تورم با تعداد سیکل برای نمونه های خاک مغان- میانگین سه تکرار (خشک شدن تا حد انقباض به مدت ۱۸ ساعت)



شکل ۱۷- رابطه درصد تورم با تعداد سیکل برای نمونه های خاک اهواز- میانگین سه تکرار (خشک شدن تا حد انقباض به مدت ۱۷ ساعت)

می‌شود، تعداد ترکها و عمق آنها در سیکلهای متوالی تر و خشک شدن بتدریج بیشتر می شود که دلیل آن پسماند انقباض در هر سیکل می باشد، بگونه ای که بعلت این پدیده هر سیکل تدریجا پتانسیل تغییر حجم و تورم کاهش می یابد. این پدیده در کلیه حالات و برای همه حالات خشک شدن اولیه نمونه ها مشاهده شده است.



شکل ۱۴- تصاویر نمونه ها پس از سیکل های مختلف برای نمونه خاک مخلوط کرج و بنتونیت (خشک شدن تا کمتر از حد انقباض به مدت ۲۶ ساعت)



شکل ۱۵- تصاویر نمونه ها پس از سیکل های مختلف برای نمونه خاک مخلوط کرج و بنتونیت (خشک شدن تا حد انقباض به مدت ۱۶ ساعت)

بحث

بر اساس مجموع اطلاعات بدست آمده خلاصه نتایج تحقیق حاضر را می توان به شرح زیر جمع بندی نمود:

- پتانسیل تورم پذیری در اثر سیکل های مختلف تروخشک شدن برای تمام نمونه هایی که تا رطوبت بیشتر از حد

با توجه به شکل های (۱۱) و (۱۲) پتانسیل تورم پذیری در اثر سیکل های مختلف تر و خشک برای نمونه خاکهای مغان و اهواز که تا رطوبت کمتر از حد انقباض خشک شده اند، ابتدا افزایش یافته و در سیکل دوم به حداکثر میرسد اما از سیکل دوم به بعد کاهش می یابد. بر اساس شکل (۱۳)، پتانسیل تورم پذیری در اثر سیکل های مختلف تر و خشک برای نمونه خاک مخلوط کرج و بنتونیت که تا رطوبت کمتر از حد انقباض خشک شده است از همان ابتدا کاهش می یابد و تقریباً بعد از سیکل سوم به مقدار ثابتی میرسد و همانند حالات قبل بیشترین کاهش مقدار تورم در سیکل دوم مشاهده می شود.

بنابراین بر اساس نتایج کلی حاصل از آزمایشهای انجام شده، پتانسیل تورم پذیری در اثر سیکل های مختلف تر و خشک شدن برای تمام نمونه هایی که تا رطوبت بیشتر از حد انقباض، حد انقباض و کمتر از حد انقباض خشک شده اند، نهایتاً کاهش می یابد که این نتیجه موافق با نتایج بدست آمده توسط Allam and (۱۹۶۵) Chen and Mou ، (۱۹۷۳) ، Allam and Sridharan (۱۹۸۱) ، Chen et al. ، (۱۹۸۵) ، Subba Rao and Satyadas (۱۹۸۷) ، Chen and Ma ، (۱۹۸۷) ، Blumel (۱۹۹۱) ، Al-hamoud et. al. ، (۱۹۹۵) و Rahimi and Barootkoob (۱۹۹۵) می باشد.

الحمود و همکاران، علت اختلاف پتانسیل تورمی در سیکل های مختلف را در میزان خشک کردن ارزیابی نموده و بیان داشته اند که اگر نمونه خاک تا رسیدن به رطوبت اولیه خشک شود و فقط بخشی از پتانسیل انقباضی را طی کند، پتانسیل تورم پذیری در اثر سیکل های تر و خشک شدن کاهش می یابد و اگر نمونه خاک تا حد انقباض و یا کمتر خشک شود، پتانسیل تورمی در اثر سیکل های تر و خشک شدن افزایش می یابد. در این تحقیق نشان داده شده که اختلاف پتانسیل تورمی در سیکل های مختلف نمی تواند متاثر از میزان خشک کردن نمونه باشد. همانطور که مشاهده شد، در نمونه خاک مخلوط کرج و بنتونیت، آزمایشها به خوبی نشان می دهند که پتانسیل تورم پذیری در اثر سیکل های مختلف تر و خشک شدن در نهایت و از سیکل دوم یا سوم به بعد برای تمام نمونه هایی که تا رطوبت بیشتر از حد انقباض، حد انقباض و کمتر از حد انقباض خشک شده اند، کاهش می یابد.

علت اصلی کاهش تورم در سیکلهای متعدد تر و خشک شدن خاک را میتوان در پسماند تدریجی انقباض در سیکلهای مختلف عنوان نمود. برای اثبات این موضوع تصاویر نمونه ها پس از خشک شدن در هر سیکل در شکل های (۱۴ و ۱۵) نشان داده شده است. همانطور که در این شکلها مشاهده

سیکل آب اندازی نموده و پس از ثابت ماندن تغییرات حجمی نسبت به اجرای پوشش اقدام کرد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی مصوب قطب علمی "بهبودی و بازسازی شبکه های آبیاری و زهکشی" گروه مهندسی آبیاری و آبادانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران می باشد. مولفین وظیفه خود می دانند تا مراتب تقدیر و تشکر خود را از مدیریت محترم قطب مذکور، معاونت محترم پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی و معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران بخاطر تامین اعتبار و فراهم ساختن امکانات لازم برای انجام تحقیق اعلام دارند.

REFERENCES

Al-Homoud, A.S., Basma, A.A., Husein Maluawi, A.I and Al Bashabsheh, M. A. (1995). Cyclic Swelling Behavior of Clays, *Journal of Geotechnical Engineering*, 121(7), 562-565.

Allam, M.M. and Sridharan, S. (1981). Effect of Wetting and Drying on Shear Strength, *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 107(4), PP. 421-438.

Asgari, F., and Fakher, A. (1993). Geotechnical properties of expansive and dispersive soils. Tehran University: Jahad Daneshgahi. (In Farsi).

ASTM. (1996). *Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils*, ASTM Designation D 4546-96.

Barootkoob, Sh., and Rahimi, H. (1995). *Cracking reasons of concrete lining in Khozestan province*. Msc. Thesis, University of Tehran (In Farsi)

Chen, F.H. (1965). The Use of Piers to Prevent Uplifting of Lightly Loaded Structures Founded on Expansive Soils, In *Proceeding of International Research and Engineering Conference on Expansive Clay Soils*, Texas.

Chen, F.H. and G.S. Ma, (1987). Swelling and Shrinking Behavior of Expansive Clays, *Proceeding of the 6th International Conference on Expansive Soils*, New Delhi, India, vol.1, pp.127-129.

Chen, X.O. and Z.W. Lu and X.F. He, (1985). Moisture Movement and Deformation of Expansive Soils, *Proceeding of the 11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, San Francisco, California, vol.4, pp.2389-2392.

Chu, T.Y. and C.H. Mou, (1973). Volume Change Characteristics of Expansive Soils Determined by Controlled Suction Tests, In *Proceeding of the 3rd*

انقباض، حد انقباض و کمتر از حد انقباض خشک شده اند، در نهایت کاهش می یابد.

- در کلیه نمونه ها مقدار تورم تقریباً بعد از ۳ یا ۴ سیکل ثابت می ماند.
- بیشترین کاهش مقدار تورم در سیکل دوم یا سوم مشاهده میشود.
- اختلاف نتایج تحقیقات قبلی در رابطه با اثر سیکل های تر و خشک شدن بر مقدار تورم، نمی تواند میزان خشک کردن نمونه ها باشد.
- با توجه به اثر مشهود سیکل های تر و خشک شدن بر میزان کاهش پتانسیل تورم پذیری، میتوان پیش از اجرای پوشش بتنی کانالهای آبیاری، آنها را در سه یا چهار *International Conference on Expansive Soils*, Haifa, Israel, vol.1, pp.177-185.
- Day, R.W., (1994). Swell-Shrink Behavior of Compacted Clay, *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, (120) 3, 618-623.
- Dif, A.E. and W.F. Bluemel, (1991). Expansive Soils under Cyclic Drying and Wetting, *ASTM Geotechnical Testing Journal*, (14) 1, 96-102.
- Ghazinoor, A., (1977). Mechanics of expansive soils. Sano consulting engineers. (In Farsi).
- Obermeier, S.F., (1974). Evaluation of Laboratory Techniques for Measurement of Swell Potential of Clays, *Bulletin of the Association of Engineering Geologists*, (6) 4.
- Osipov, V.I., N.N. Bic, and N.A. Rumjantseva, (1987). Cyclic Swelling of Clays, *Appl. Clay Sci., Amsterdam, the Netherlands*, 2(7), 363-374.
- Popescu, M., (1980). Behavior of Expansive Soils with a Crumb Structure, *Proceeding of the 4th International Conference on Expansive Soils*, New Delhi, India, 1,158-171.
- Rahimi, H., and Barootkoob, Sh., (1996). Cracking on concrete linings of canals because of swelling potential of base soil. *Journal of Agricultural science*.27(4) (In Farsi).
- Rahimi, H., (2000). Construction of irrigation canals on problematic soils. In *proceeding of conferences on irrigation canal construction, Irrigation and Drainage Committee*, Tehran, Iran (In Farsi).
- Ring, G.W., (1966). Shrink-Swell Potential of Soils, Highway Research Board.
- Subba Rao, K.S. and G.G. Satyadas, (1987). Swelling Potential with Cycles of Swelling and Partial Shrinkage, In *Proceeding of the 6th International Conference on Expansive Soils*, New Delhi, India, 1, 137-142.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.