



موقعیت مکانی درزهای انقباض پوشش بتنی کانال ها و نقش آن در علاج بخشی تخریب ناشی از خاصیت تورمی خاک

نویسنده:

شهرام باروتکوب^۱ - محمود بینا^۲ - عبدالله عساکره^۳

چکیده:

در پی پدید آمدن ترک هایی در پوشش بتنی برخی از کانالهای آبیاری در استان خوزستان تحقیقات میدانی و آزمایشگاهی جهت یافتن علل وقوع و رفع آن بعمل آمد. در این تحقیق ابتدا کانالهای تخریب شده در شبکه های آبیاری استان خوزستان شناسائی، بازدید و مورد بررسی قرار گرفت. سپس ضمن گردآوری سوابق طرح ها، اطلاعات کتابخانه ای و صحرائی، آزمایش های فیزیکی و شیمیایی و مکانیک خاک بر روی خاکریز محل احداث کانالها نظیر آزمایشهای تعیین املاح محلول، گچ، آهک، دانه بندی، حدود اتربرگ، تراکم، واگرائی و تورم انجام شد. بر اساس مشاهدات صحرائی و نتایج آزمایشهای انجام شده کانالهایی که بر اساس پتانسیل پنهان تورم ترک خورده و تخریب گردیده اند دسته بندی و اطلاعات تکمیلی از محل وقوع ترک در این کانالها جمع آوری شد. نتایج تحقیقات انجام شده نشان داد که ترکهای طولی ناشی از پتانسیل تورم آزاد خاکریزهای ریزدانه در محدوده $1/3$ پائینی طول شیب قالب بتنی کانال حادث می گردد. این در حالیست که استانداردهای رایج محل درز طولی پائینی کانالها را بطور معمول 30 سانتی متر از کف و آرایش درزهای طولی و عرضی دیگر را، بر اساس سطح هر قالب 9 متر مربع پیشنهاد نموده اند. برای تعیین تاثیر جابجائی محل درزها در مهار ترک های طولی ناشی از تورم، در کانال اصلی غربی طرح توسعه نیشکر واحد دهخدا که یک سال پس از اجرا دچار تخریبهایی گردیده مطالعاتی انجام پذیرفت. طی این تحقیق درز طولی پائینی به محدوده $1/3$ از کف انتقال داده شد. سپس محل بقیه درزها با آرایش 9 متر مربع برای هر قالب تعیین و این جابجایی مکرراً مورد بازمیابی و مشاهده قرار گرفت که پس از گذشت چهار سال از اجرا و نزدیک به دو سال از آب اندازی ترکهای طولی مهار و تخریبها کنترل و یا حذف گردید. بدین ترتیب یک جدول تجربی بانوجه به ارتفاع و عرض کف کانال تنظیم و ارائه و در اجرای بقیه کانالهای فرعی و اصلی این طرح به کار برده شد. مشاهدات

^۱ مدیر عامل شرکت مهندسی پژآب نگار ، کارشناس ارشد تاسیسات آبیاری - تلفن

: ۰۹۱۶۳۱۱۰۳۲۹

^۲ عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز - تلفن

: ۰۹۱۶۱۱۳۰۳۵۵

^۳ مدیر امور اجرایی شرکت بهره برداری کرخه و شاوور ، کارشناس آبیاری -

تلفن : ۰۹۱۶۶۱۱۳۴۰۳

بعدی نشان داد که نتایج امر بسیار مطلوب و رضایت بخش می باشد. این تحقیق نشان می دهد که کار برد استانداردهای رایج جهت محل درزهای پوشش های بتنی در مواردی که مشکلات تورم زائی وجود داشته باشد مطلوب و مناسب نبوده و جدول پیشنهادی این پژوهش توصیه می گردد. بدیهی است در صورت انتقال ترکها به محل درزها، با کاربرد مواد پر کننده مناسب (نظیر ماستیک)، از نشت و تخریب پوشش جلوگیری بعمل خواهد آمد .

1- مقدمه

امروزه بدلیل توسعه و گسترش شبکه های آبیاری، بهره گیری و دوام بیشتر از پوشش بتنی کانالها، اهمیت خاصی پیدا کرده است، به همین دلیل شناخت عوامل تخریب پوشش های بتنی و چگونگی جلوگیری از وقوع آنها مورد توجه فراوان قرار گرفته است. این تخریبها که با ایجاد ترک، بالا آمدگی، خرد شدگی، لغزش، نشست و غیره خودنمایی میکنند، در اغلب پروژه های اجرا شده یا در حال اجرا، مشاهده می شوند.

بیشترین عواملی که در تخریب پوشش بتنی کانالهای آبیاری نقش اساسی دارند، مسائل مربوط به جسم خاکریز، نظیر تورم، واگرائی، شسته شدن مواد محلول، نشست و فرسایش بستر خاکی زیر پوشش بتنی می باشند. بدیهی است، پارامترهایی نظیر طراحی هیدرولیکی و ساختمانی، تغییرات شدید درجه حرارت و چگونگی اجرا، نحوه بهره برداری و نگهداری از کانال و استفاده ناصحیح از جاده های دسترسی می توانند نقش تخریبی عوامل اول را افزایش یا کاهش دهند. این نوشتار می گوید تا نتایج تحقیقات و پژوهشهایی را که اخیراً در ارتباط با شبکه های آبیاری اوان، ویس، کرخه و مارون [1] و در خصوص پدیده تخریب پوشش های بتنی ناشی از تورم زائی خاکریزهای ریزدانه صورت گرفته، به کارشناسان این فن ارائه نماید (جدول 1).

واضح است که کاهش و یا حذف ترک در پوشش های بتنی، می تواند در کنترل نشت و تلفات آب و جلوگیری از زیر شویی پوشش بتنی نقش اساسی داشته و در بالا بردن راندمان انتقال و توزیع بسیار موثر می باشد .

جدول (1) موقعیت و سطح تحت پوشش شبکه های مورد بررسی

نام شبکه	موقعیت	سطح ناخالص (هکتار)	سطح خالص (هکتار)
اوان	شهرستان اندیمشک	12920	10985
ویس	شمالشرق اهواز	5200	4680
کرخه	بخش حمیدیه اهواز	18200	15800
مارون	شهرستان بهبهان	13500	11000

2- پیشینه پژوهش

می توان چنین اظهار داشت که توجه به مسئله خاکهای تورمزا و خسارات ناشی از آن در حدود سال 1950 شدت پیدا کرد. در آن ایام پروژه های خانه سازی بزرگی در آمریکا در حال انجام بود که ضمن عملیات اجرایی با موارد حادی از تورم خاک مواجه و باعث زینهای فراوان شده بود. [4]

بارا (Bara) با بررسی‌هایی که بر روی رس های متورم شونده بستر یکی از کانالهای منطقه سنت لوئیز در آمریکا انجام داد، نتیجه گرفت که برای خاکریزهای رسی رابطه‌ای بین مقدار تورم، رطوبت در هنگام خاک کوبی، وزن مخصوص خشک و حد روانی خاک وجود دارد، ایشان دریافت که این ارتباط توسط روشهای آماری ساده قابل وصول می‌باشد.

در پی بروز تخریب‌هایی در پوشش بتنی کانالهای تازه احداث شده واحد کشت و صنعت شعیبیه، شرکت مهندسين مشاور سانو، طی گزارشی در سال 1373، ضمن اینکه تورم خاکریزها را علت اصلی تخریب این کانالها عنوان نموده، تاثیر درجه حرارت بالای منطقه و بالا بودن سطح آب زیر زمینی را عوامل مؤثر در تشدید این امر دانسته اند. [2]

در بررسی های انجام شده توسط رحیمی و باروتکوب (سال 1374) توجه ویژه ای به مسئله تورم جسم خاک ریز کانالهای بتنی و نقش این پدیده در ایجاد مسائل و مشکلات پوشش های بتنی شده است. در این تحقیق ضمن توصیه در بهره گیری از دستورالعمل انجمن بین‌المللی مکانیک خاک و مهندسی پی* (ISSFM) جهت اندازه‌گیری تورم خاک [8] به جای روش ASTM، مقایسه‌های متعددی در خصوص رابطه تورم با رطوبت خاکریزی، تراکم، نحوه تراکم، تر و خشک شدن جسم خاکریز انجام شده و گرافها و فرمولهایی در این خصوص ارائه گردیده است. ضمن اینکه با ایجاد یک کارگاه صحرائی، نحوه تورم جسم خاکریز و پوشش بتنی، در قطعه ای از کانال Z طرح توسعه نیشکر واحد شعیبیه، مورد بررسی و نحوه ایجاد تخریب نشان داده شده است. [2]

3- تئوری تورم خاک و چگونگی ترک خوردن پوشش بتنی

خاکهای تورم‌زا، خاکهایی هستند که در مجاورت رطوبت، ازدیاد حجم یافته و به نحو قابل ملاحظه‌ای متورم می شوند. فشار ناشی از این تورم در خاکهای مذکور، می‌تواند موجب تخریب پوشش کانالهای آبیاری و کف‌سازی‌ها گردد. پدیده تورم واکنش فیزیکی شیمیایی خاک و محیط بوده که مقدار آن بستگی به شدت نیروهای جاذبه و دافعه فیزیکی و شیمیایی دارد. مقدار تورم یک خاک بستگی کاملی به نوع کانیهای رسی و پیوندهای مولکولی موجود در آن دارد. در حال حاضر کانی‌های مونتموریلونیت به عنوان متورم شونده‌ترین نوع کانیهای رسی در مقایسه با ایلیت، کائولینیت و غیره شناخته شده‌اند.

مکانیزم‌های متفاوتی برای نحوه بروز تورم بیان شده که جزئیات آنها به خوبی روشن نمی‌باشد. چنین استنباط میشود که در یک خاک رسی کاملاً خشک، کاتیون‌ها بشدت جذب سطحی رویه‌های کلونید رس با قطب منفی میشوند. مازاد کاتیونهایی که برای خنثی کردن بار الکتریکی رس مورد نیاز است، بصورت نهشته‌های املاح در اطراف کلونیدها یافت می‌شوند. حال اگر به این رس آب برسد، املاح کاتیونی در آب حل شده و نتیجتاً فعال می شوند و از طرفی تمایل دارند که از سطح رس دور شوند، زیرا سطح رس قبلاً بوسیله کاتیونهایی که بار مثبت دارند اشغال گردیده است. از طرف دیگر کاتیونهای چسبیده به سطح ذرات رس هم می‌خواهند به تبعیت از قوانین اسمزی از سطح کلونید دور شده و غلظت کاتیونی یکنواخت را در اطراف ذره رسی پدید آورند. این پدیده باعث دور گشتن ذرات رس از یکدیگر می شود. این امر ضمن آب جذب شده، حجم کلی خاک را افزایش و تورم خاک را سبب می شود. [4]

*International society of soil mechanics and foundation engineering

نحوه ایجاد خسارت در پوشش بتنی کانالها بر اثر وجود خاصیت تورم زائی خاک بدین صورت است که بعد از خاک برداری کانال و آماده کردن جداره برای اجرای پوشش، رطوبت خاک بستر و جداره کانال کاهش می‌یابد، خصوصاً اگر فاصله زمانی بین گود برداری، خاک کوبی و بتن‌ریزی، زیاد باشد. پس از بتن ریزی بعلت عدم امکان تبادل رطوبتی خاک با هوای بیرون و همچنین نزدیکی خاک به سطح آب زیر زمینی رطوبت بستر افزایش یافته و این امر با توجه به سربار کم در محل، باعث تورم خاک و در نتیجه بالا آمدن پوشش بتنی کانال می‌شود.

باتوجه به اینکه معمولاً قالبهای بتنی جداره کانال به کف آن اتصال دارد، نیروهای ناشی از تورم بر نیروهای برشی مابین خاک و بتن غلبه کرده و این قسمت از کانال نیز بالا آمده و بتن از خاکریز جدا میگردد. همچنین بالا آمدن پوشش کانال، فاصله‌ای را بین جدار خاکی و پوشش بوجود می‌آورد که این امر خود باعث شسته شدن خاک زیر پوشش بتن شده و تدریجاً باعث ترک خوردن بتن می‌شود. از طرف دیگر پدیده جدا شدن بتن از خاک، باعث خشک شدن غیر یکنواخت خاکریز در دو طرف کانال شده و در نتیجه به ایجاد تورم غیر یکنواخت در خاکریزی کمک کرده و منجر به تغییر شکلهایی در سطح جدار کانال می‌گردد. این روند در حالت عادی برای خاکهایی که ذاتاً متورم شونده می‌باشند، اتفاق می‌افتد. روشن است که درجه حرارت شدید هوا، تعبیه درزهای انقباض بصورت نامصحیح (چه از نظر شکل، چه از نظر تعداد)، همگی از جمله عواملی هستند که نقش تورمی خاک را تشدید می‌نمایند. [2و4و8 و10]

4- روش انجام پژوهش

در این تحقیق طرح های آبیاری ویس، مارون، اوان، حمیدیه، قدس و زمزم از نظر تخریب پوشش بتن، مورد بررسی و با نتایج حاصل از دیگر پژوهشها مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت. همچنین با داشتن تجارب یاد شده در بالا، بر روی یکی از کانالهای بتنی طرح آبیاری و زهکشی واحد کشت و صنعت نیشکر دهخدا آزمایشاتی از نظر تغییر موقعیت درزها (Joints) بعمل آمد و عملاً نتایج مثبتی حاصل گشت که در این مقاله اشاره خواهد شد .

4-1- آزمایشهای شناخت

ابتدا جهت شناخت وضعیت خاک طی چند مرحله بازدید، کانالهای آسیب دیده شناسائی و از بارزترین محللهای تخریب، نمونه‌هایی استخراج و آزمایشهای تعیین رطوبت طبیعی، چگالی ذرات جامد، دانه بندی، حدود آتربرگ و آزمایش تراکم به مورد اجرا گذاشته شد. همچنین میزان آنیونها و کاتیونهای متعارف در خاک و میزان گچ و آهک نیز اندازه‌گیری گردید. نتایج آزمایشات مذکور در بخشهای بعدی مقاله در جدول (3) ارائه گردیده است .

4-2- تعیین میزان تورم آزاد نمونه های خاک

در این تحقیق آزمایشهای تخصصی شامل تعیین پتانسیل واگرایی خاک از روش پیشنهادی رحیمی - دلفی [2] و تعیین پتانسیل تورم‌زائی خاک از روش انجمن بین‌المللی خاک و مهندسی پی ISSFME [9] بشرح ادامه انجام گردید که نتایج آن در جدول (3) آورده شده است. مراحل آماده‌سازی خاکریزهای رسی کانالها عمدتاً با اضافه نمودن رطوبت و انجام تراکم بوسیله غلتکهای چرخ

صاف و پاچه بزی صورت می‌گیرد. هر چه مقدار تراکم خاکریز بیشتر شود، بعلت افزایش وزن واحد حجم توده خاک، مقدار بیشتری از ذرات رس در یک حجم معین قرار می‌گیرند. نتیجتاً پدیده تبادل کاتیونی افزایش پیدا می‌کند و بالاخره قابلیت تورم خاکریز شدت می‌یابد. به همین ترتیب هر چه مقدار رطوبت خاک در حال کوبیدگی افزایش یابد، وزن واحد حجم خاک متراکم پائین آمده و قابلیت تورم خاک نیز کاهش می‌یابد.

دو اثر فوق را می‌توان مهمترین عوامل مؤثر در پتانسیل تورم خاکریزهای رسی دانست. مطالعات رحیمی و باروتکوب بر روی مسئله تورم خاکهای رسی نشان داد که بهترین روش تعیین پتانسیل خاکهای رسی جسم کانالهای آبیاری، روش انجمن بین‌المللی مکانیک خاک و پی (*ISSFME*) می‌باشد [2].

در تحقیق فوق، جهت تعیین پتانسیل تورمی نمونه‌های مورد بررسی، از روش مذکور استفاده شده است. در این روش بجای انجام عمل تراکم توسط قالب استاندارد پروکتور که در استاندارد *ASTM-D4546* عنوان شده، پیشنهاد گردیده ضمن کاربرد رطوبت حد انقباض، نمونه‌های خاک در حلقه‌های تورم قرار داده شده و عمل تراکم بوسیله فشار استاتیکی جک‌های مخصوص، انجام پذیرد. بدین ترتیب پس از تعیین وزن واحد حجم خاک مرطوب و خاک خشک، مابقی روال آزمایش همانند روش *ASTM* طی می‌گردد. در این تحقیق ضمن بهره‌گیری از نتایج مطالعات رحیمی و باروتکوب، برای تراکم نسبی 95% به روش پروکتور استاندارد، که عمدتاً در خاک کوبی‌های خاکریز کانال‌ها بکار می‌رود، مقدار وزن واحد حجم خاک خشک تعیین گردیده است. با در دست داشتن وزن واحد حجم خاک خشک و مقدار رطوبت (که در این حالت رطوبت آزمایشگاهی خواهد بود)، مقدار وزن واحد حجم خاک مرطوب و در پی آن وزن خاک مرطوب جهت انجام عمل تراکم بدست می‌آید.

پس از قرار دادن مقدار معینی از خاک در حلقه تورم و انجام عمل تراکم بوسیله فشار استاتیکی جک مخصوص، نمونه‌ها در دستگاه تورم (تحکیم) قرار داده شده و مانند روش *ASTM*، بعد از غرقاب نمودن در فواصل زمانی 1، 2، 4، 8، 15، 30 دقیقه و 1، 8، 24 و 24 ساعته قرائت گیج اندازه‌گیری تغییرات ارتفاع انجام می‌پذیرد. مقدار نهائی درصد تورم آزاد عبارت است از تغییر ارتفاع نمونه نسبت به ارتفاع اولیه. پس از رسیدن نمونه‌ها به بالاترین حد تورمی خود، بارگذاری به ترتیبی انجام میشود که پس از طی مدت 24 ساعت، عدد قرائت گیج به مقدار اولیه خود برسد. بدین ترتیب فشار تورمی خاک نیز قابل محاسبه است.

به طور کلی ساختمان و شکل قرارگیری ذرات خاک، تأثیر زیادی بر مقدار تورم آن دارد. به همین دلیل روش تراکم خاک در تهیه نمونه دست خورده نقش اساسی داشته و تورم نمونه متراکم شده بروش (*ISSMFE*) با نمونه متراکم شده بروش دینامیکی (*ASTM*) تفاوت می‌کند. تراکم استاتیکی موجب می‌شود که ذرات خاک به حالت انبوهی (*Flocculent*) قرار گیرند. ولی در تراکم دینامیکی ذرات به حالت پراکنده (*Dispersed*) در می‌آیند و اصولاً خاک با ذرات قرار گرفته بصورت انبوهی بیش از خاک با ذرات پراکنده، متورم می‌گردد. روش آماده سازی نمونه به طریق استاتیکی، شباهت و تطابق بهتری با شرایط واقعی تراکم خاکریز بستر کانالها با غلتک‌های متراکم کننده دارد. روش آماده سازی نمونه به طریق استاتیکی بعلت اینکه پتانسیل نهائی تورم در یک خاک را نشان می‌دهد، جهت طراحی مهندسی، مناسب‌تر به نظر می‌رسد. [2]

بررسی‌های انجام شده در کشت و صنعت شعبیه قبل از احداث خاکریزها، نشان می‌دهد که قابلیت تورم منابع قرضه خاکی بسیار کم و غیر مخرب می‌باشد در حالیکه این حقیقت آشکار گردید،

بعلت استفاده از روش آماده سازی نمونه با تراکم دینامیکی و شروع آزمایش با رطوبت در حد بهینه، پتانسیل تورم به مقدار بسیار کمتر از مقدار واقعی ارزیابی گردیده است [2]. باید توجه داشت که به علت قرار داشتن خاک در معرض اشعه خورشید، شدیداً خشک (*Dessicate*) شده و حجم آن به حداقل می‌رسد. پس از آب اندازی در کانال، رطوبت خاکریز از مقادیر خیلی کم به حد اشباع رسیده و حداکثر پتانسیل تورمی خاکریز بروز می‌نماید. این مسئله خصوصاً در منطقه خوزستان به علت حرارت بسیار زیاد در تابستان، کاملاً مشهود است. بنابراین روش *ISSMFE* به علت اینکه می‌توان در رطوبتهای خیلی پائین، پتانسیل تورمی خاک را اندازه‌گیری نمود، ارجح می‌باشد. ضمن اینکه مقادیر تورم نمونه‌های خاک در این روش حداکثر پتانسیل تورمی خاک می‌باشد.

3-4- بررسی های صحرائی

همزمان با شناسایی محل‌های تخریب و نمونه‌گیری‌های صحرائی، اطلاعات میدانی مربوط به نوع آسیب‌ها در کانال‌های مورد مطالعه جمع‌آوری و موارد مشابه دسته‌بندی گردید. در این مرحله با توجه به شواهد صحرائی، علت یا علل تخریب گمانه‌زنی و پس از تعیین نتایج آزمایشهای آزمایشگاهی، شواهد علمی و عملی با برداشت‌های اولیه تطابق داده شد. نتایج اولیه بدست آمده نشان داد که بیشترین علل تخریب پوشش‌های بتنی در طرحهای مورد بررسی، تورم جسم خاکریز کانال بوده که خساراتی به شکل، ترک‌های طولی، بالآمدگی دال بتنی و شکستگی بتن بوجود آورده است. همچنین در تمامی کانال‌های تخریب شده در اثر تورم، ترک‌های طولی در ناحیه $1/3$ پایینی دال بتنی اتفاق افتاده، در صورتیکه درزهای طولی در عمق کمتری، عمدتاً 30 سانتی‌متر از کف تعبیه شده‌اند. بدین ترتیب این ایده که بتوان ضمن رعایت دستورالعملهای موجود در مواجهه با خاک‌های تورم‌زا، با جابجایی محل درز، ترک‌های طولی را بداخل آنها هدایت نمود، منجر به انجام یک آزمایش عملی گردید.

با توجه به مراتب فوق و به سبب امکانات و مسئولیت‌های محققین، یکی از کانال‌های طرح توسعه نیشکر واحد دهخدا مورد بررسی صحرائی و مقایسه‌ای قرار گرفت. کانال مزبور با نام *WMC* بوده که در مقطعی از آن، ترک‌های طولی و بالآمدگی‌های دال‌های بتنی در سال 1378 (یکسال پس از ساخت) مشاهده گردید. جهت بررسی نحوه ایجاد این تخریب‌ها در بازه‌ای به طول یک کیلومتر اطلاعات مربوط به محل وقوع ترک‌ها در هر پانل بتنی جمع‌آوری گردید. همچنین از خاک این کانال جهت بررسی‌های آزمایشگاهی نمونه‌برداری شد.

- نتا
- تاد
- ننت

5- استخراج داده ها ، نتایج و بحث

جداول (2) و (3) نتایج بدست آمده از بررسی‌های صحرائی و آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های خاک طرحهای مورد بررسی را نشان می‌دهد. اطلاعات بدست آمده به این موضوع اذعان دارد که چنانچه کیفیت اجرای کانال‌های بتنی در حد قابل قبول بوده و بیشترین عامل تخریب، مسائل ناشی

از شرایط ژئوتکنیکی جسم خاکریز کانال می‌باشد. در شبکه اوان، ویس، کرخه و دهخدا میزان تورم اندازه‌گیری شده عمدتاً در حدود مخرب و بیش از مقدار مجاز (4 درصد) بوده و در شبکه مارون اگرچه میزان تورم بدست آمده بالاست ولی علت اصلی تخریب وجود زون‌های گچی در مسیر کانالها بوده است. مطالعات انجام شده توسط رحیمی و باروتکوب بر روی کانال‌های بتنی طرحهای شعبیه، دز و گتوند نیز نتایج این تحقیق را تأیید می‌نماید. در مطالعه مذکور، بیشترین عامل تخریب پوششهای بتنی مسائل ناشی از شرایط ژئوتکنیکی جسم خاکریز کانالها و در درجه اول تورم زائی عنوان گردیده، ضمن آنکه به این نکته اشاره شده که محل تخریبها در محدوده 1/3 پایینی از کف کانال حادث شده است.

5-1- نتایج بررسی موردی بر روی کانال WMC واحد دهخدا

همانگونه که گفته شد در تمامی کانالهائی که بر اثر خاصیت تورم زائی جسم خاکریز تخریب شده، محل ترک ها در 1/3 پایینی دال بتنی اتفاق افتاده که این امر منجر به انجام یک آزمایش عملی در کانال WMC طرح توسعه نیشکر واحد دهخدا گردید. طرح آبیاری و زهکشی واحد دهخدا یکی از طرحهای هفتگانه طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی بوده که در شمال اهواز (کیلومتر 25 جاده اهواز- تصفیه شکر) واقع گردیده است. کانال اصلی غربی این طرح به طول 24/5 کیلومتر و ظرفیت آن در محل شروع 18/3 متر مکعب در ثانیه می باشد.

عرض کف این کانال از 4 متر شروع شده و در انتها به 1/2 متر می‌رسد، ارتفاع کانال نیز بین 3/5 تا 2/30 متر متغیر می‌باشد. این کانال بر اساس مشخصات فنی اولیه دارای دو درز طولی در هر طرف می باشد که فواصل این درزها به ترتیب 0/30 و 3 متر از کف کانال اجرا گردیده است. پس از اجرای قسمتهائی از این کانال با مشخصات فوق و گذشت یکسال از آب اندازی، ترک های طولی زیادی در پانل های بتنی خصوصاً آنها که در جهت بیشترین شدت تابش آفتاب (جهت کانال شمالی و جنوبی) بوده‌اند، پدیدار گردید (تصویر 1). ضمن اینکه در کانال‌های فرعی اجرا شده در این واحد نیز همین نمونه تخریبها مشاهده شد. این ترکها کاملاً شبیه ترکهای حادث شده در طرح توسعه نیشکر واحد شعبیه (البته با شدت کمتر) و شبکه آبیاری ویس و کانال ML1 شبکه کرخه می‌باشند.

جهت بررسی نحوه ایجاد این تخریبها در بازه‌ای به طول یک کیلومتر و در هر پانل بتنی، به تفکیک سمت راست و سمت چپ بودن، بیشترین فاصله و کمترین فاصله شروع ترک از کف کانال در امتداد شیب اندازه‌گیری گردید تا بتوان به صورت تجربی یک فرمول مناسب جهت آرایش درزها و هدایت ترک به داخل آنها ابداع نمود.

نتایج آزمایشهای انجام شده، خاک این کانال را ریزدانه و در رده CL طبقه‌بندی می‌کند. خواص خمیری خاک عدد فعالیت آنرا حدود 0/4 تعیین که بیانگر وجود کانی کائولینیت در خاک با خواص تورم زائی متوسط می‌باشد. ضمناً آزمایش میزان واگرائی به روش رحیمی و دلفی این خاصیت را در حد بینابین ارزیابی نموده است. مشاهده‌های صحرائی، ایجاد ترک در اثر خاصیت واگرائی در این کانال را محتمل نمی نماید.

جدول (2) - خلاصه اطلاعات صحرایی بدست آمده از طرحهای مورد بررسی

نام طرح	نام کانال تخریب شده	نوع تخریب	نشانه صحرایی تخریب	علت یا علل تخریب	تعداد نمونه گرفته شده	محدوده تخریب نسبت به عمق کانال
شبکه اوان	PC2	ترک های طولی و عرضی	مواج بودن بتن و برم خاکی	تورم	6	1/3 پایینی
	PC4	ترک های طولی و عرضی	مواج بودن بتن و برم خاکی	تورم	3	1/3 پایینی
ویس	MS3	ترک طولی	ترک طولی برم خاکی	تورم	--	1/3 پایینی
	MS4	ترک طولی	رشد علفهای هرز	تورم	6	1/3 پایینی
مارون	A	نشست و شکستگی	وجود بلورهای گچی	گچ	6	نامنظم
	D	نشست و شکستگی	وجود بلورهای گچی	گچ	3	نامنظم
کرخه	MR	شکستگی دال بتنی	رشد علفهای هرز	تورم	3	1/3 پایینی
	ML1	ترک طولی	ترک طولی برم خاکی	تورم	3	1/3 پایینی
	قدس	ترک طولی	ترک طولی برم خاکی	تورم	3	1/3 پایینی
	زمزم	ترک و شکستگی	اجرای بد	کیفیت ضعیف اجرا	--	نامنظم
دهخدا	WMC	ترک و بالا آمدگی دال بتنی	ترک طولی برم خاکی	تورم	3	1/3 پایینی

جدول (3) - خلاصه نتایج آزمایشگاهی

نام طرح	نام کانال	حد روانی %	شاخص خمیری %	عدد فعالیت	رده بندی خاک	رطوبت بهینه %	حداکثر وزن واحد حجم kg/cm^2	درصد * گچ	پتانسیل واگرایی	درصد ** تورم آزاد
اوان	PC2	40	16	0/76	CL	17	1/75	1/2	مقاوم	6/2
	PC4	43	15	0/72	CL	15	1/83	0/5	مقاوم	8/1
ویس	MS4	29	11	0/37	CL	16	1/80	1/0	مقاوم	2/4
مارون	A	38	15	0/87	CL	19	1/68	17	مقاوم	6/6
	D	27	7	0/37	CL	12	1/92	9/7	مقاوم	5/2
کرخه	MR	31	12	0/41	CL	17	1/77	1/4	مقاوم	4 / 1
	ML1	40	17	0/36	CL	19	1/65	0/2	مقاوم	6/4
	قدس	29	10	0/62	CL	14	1/85	0/6	مقاوم	3/6
	WMC	33	13	0/41	CL	17	1/76	3/1	مقاوم	5/3

** حد بحرانی 4 درصد

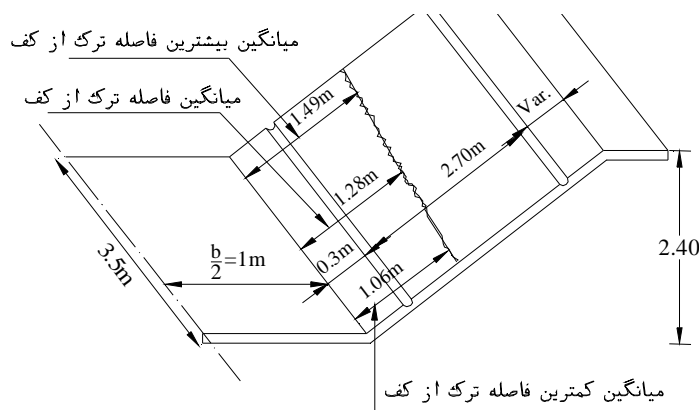
* حد بحرانی 3 درصد

میزان گچ خاک منطقه در حد مجاز و کمتر از 3 درصد و این خاصیت نیز نمی تواند عاملی برای ایجاد ترک های طولی سرتاسری در این کانال باشد. نتایج آزمایش تورم به روش *ISSFME* درصد تورم را حدود 5/3 درصد تعیین نموده که بیش از حد مجاز (4 درصد) بوده و بیانگر خطرپذیری خاک این کانال نسبت به پتانسیل تورم زائی می باشد. به نظر می رسد در این کانال نیز علت اصلی ایجاد ترک های طولی عامل تورم خاک می باشد.



تصویر 1- ترک های طولی در کانال غربی طرح دهخدا

- همانطوریکه گفته شده در یک بازه یک کیلومتری وضعیت ترک‌های طولی ایجاد شده در سمت چپ و راست کانال اندازه گیری گردید که نتایج آن بشرح زیر است:
- تعداد پانل‌های شمارش شده در این بازه در هر طرف 279 پانل به طول کل 976/5 متر.
 - تعداد پانل‌های سمت راست (غربی) که در معرض تابش کمترین اشعه آفتاب در ظهر بوده و تخریب گردیده اند 40 پانل بوده است.
 - تعداد پانل‌های سمت چپ (شرقی) که در معرض تابش بیشترین اشعه آفتاب در ظهر بوده و تخریب شده اند 70 پانل بوده است.
 - عرض کانال احداث شده 2 متر، ارتفاع پوشش بتنی 2/4 متر و شیب جانبی 1/5 بوده است.
 - بیشترین و کمترین فاصله تخریب از کف کانال در دو طرف چپ و راست پانل‌های بتنی اختلاف معنی داری با هم نداشته و میانگین اعداد فوق به ترتیب 1/06 و 1/49 متر تعیین شده است.
 - میانگین و محدوده ترک های بوجود آمده در دو طرف در فاصله 1/28 متری از کف کانال بوده است.
- دو ردیف درز عرضی در هر طرف وجود دارد که نحوه قرارگیری آنها در شکل (1) آمده است.



شکل شماره 1- نحوه ایجاد ترک طولی در کانال WMC طرح توسعه نیشکر واحد دهخدا

نتایج این بررسی نشان می‌دهد که محل انتخابی درزها، خصوصاً نزدیکترین درز طولی به کف متناسب با شرایط ژئوتکنیکی خاکریز انتخاب نشده است. شکل (2) فواصل درزهای اجرائی پیشنهادی طراحان این پروژه که بر اساس استانداردهای رایج بوده است را نشان می‌دهد. با توجه به انحراف معیار داده‌های بدست آمده می‌توان اذعان داشت چنانچه درز پایینی در فاصله $\frac{1}{2/75}$ تا $\frac{1}{3/5}$ طول شیب پانل‌های بتنی از کف (ترجیحاً 1/3) قرار گیرد به نحو مطلوبی می‌تواند ترک‌های طولی را در خود هدایت نماید. درزهای عرضی و درز بالائی نیز با توجه به خواص انبساط و انقباض بتن در فاصله

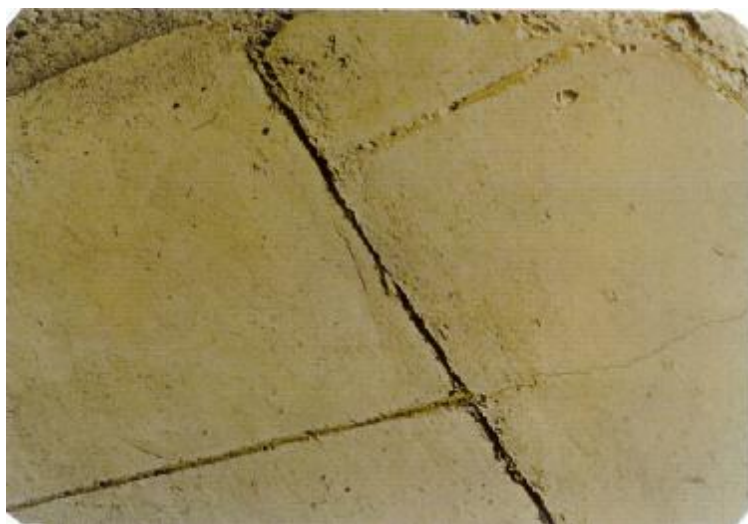
مناسبی (بر اساس استانداردهای موجود حداکثر 3/5 متر فاصله از هم یا 9 مترمربع سطح هر پانل بتنی) قرار خواهد گرفت.

این مقادیر تجربی برای بقیه کانال‌های ساخته نشده طرح دهخدا مطابق شکل (3) مورد استفاده قرار گرفته و پس از کاربرد و آب اندازی کانال‌ها در حال حاضر و پس از دو سال بهره‌برداری نتایج بسیار مطلوبی به دنبال داشته به طوری‌که ترک‌های طولی به طرز محسوسی کنترل گردیده‌اند. همانگونه که در تصویر (2) نشان داده شده پانل بتنی سمت راست قبل از تغییر محل درز و پانل سمت چپ پس از این تغییر اجرا شده که بخوبی ترک طولی را در خود هدایت نموده است. توصیه می‌شود این روش تجربی در مناطق دیگری که کانال‌های آبیاری در حال اجرا می‌باشند نیز بکار رود.

6- شکل تخریب ناشی از تورم و مقایسه با تخریب ناشی از عوامل دیگر

تورم خاکریز کانالها باعث تخریب پوششهای بتنی به شکلهای زیر می‌گردد:

- ایجاد ترک‌های طولی در جداره کانال که این ترک‌ها از محل درز عرضی شروع و در محل درز عرضی بعدی خاتمه می‌یابد. محل وقوع این ترک‌ها معمولاً در یک سوم عمق تحتانی پوشش می‌باشد.
- مکان ترک‌ها در دو قالب مجاور در محل درز معمولاً با اختلاف سطح همراه می‌باشند.
- در خاکهای متورم شونده در اثر جذب آب توسط خاکریز، ترک‌های طولی و سرتاسری در سطح خاکریز قابل مشاهده است.
- چنانچه درزهای عرضی و طولی کانال بدرستی تعبیه گردند، معمولاً تورم نقش تخریبی خود را در محل درز به صورت بالا آمدگی قطعه بتنی نشان می‌دهد.
- در محلهایی که تخریب در اثر تورم اتفاق می‌افتد، معمولاً پس از خشک شدن خاکریز، بین بتن و خاکریز کانال فاصله ایجاد می‌شود.

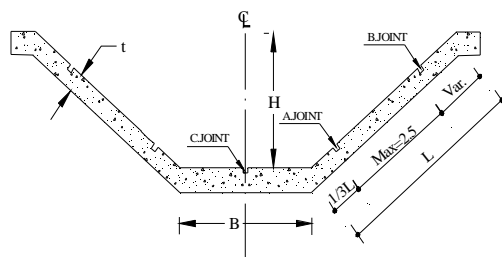


تصویر شماره 2 - تغییر آرایش درز طولی در کانال غربی طرح دهخدا که سبب هدایت ترک در محدوده درز گردیده است

- تخریب در اثر این عامل معمولاً در کوتاه مدت اتفاق می افتد.
- تخریب ناشی از عواملی نظیر واگرایی خاکهای رسی، فرسایش بستر در اثر جریانهای سطحی و فرآیندهای انحلالی املاحی مانند گچ، موجب خالی شدن زیر بتن جداره و کف گردیده و سبب نشست و خرد شدگی پوشش میشود که با تخریبهای ناشی از تورم متفاوت بوده و ممکن است به صورت زیر مشاهده گردد:
- در مناطقی که دارای خاکهای واگرا و گچی میباشند، در سطح خاکریزهای موجود آب شستگی های عمیقی مشاهده می گردد.
- نوع تخریب در این مواقع کاملاً غیر یکنواخت و به صورت ترکهای عمودی و افقی و آب شستگی های کلی و نامنظم می باشد.
- معمولاً در جسم خاکی کانالها همیشه حفرات فرسایشی که نشان دهنده نفوذ و آب شستگی در خاکریز و پشت پوشش بوده، مشاهده می گردد.

شرایط ایجاد درز طولی

$H(m)$ \ $B(m)$	$H \leq 1$	$1 < H \leq 1,8$	$H > 1,8$
$B \leq 3,5$	----	A	A, B
$B > 3,5$	----	A, C	A, B, C

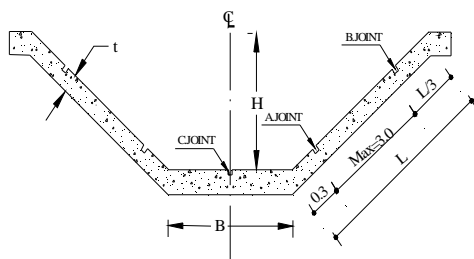


شکل شماره 2- آرایش درزهای طولی و عرضی کانال ، توصیه بر اساس استانداردهای رایج (پروژه دهخدا)

شرایط ایجاد درز طولی

$H(m)$ \ $B(m)$	$H \leq 1$	$1 < H \leq 1,8$	$H > 1,8$
$B \leq 2$	A	A	A

$2 < B \leq 3,5$	----	A	A, B
$B > 3,5$	----	A, C	A, B, C



شکل (3) - نحوه آرایش درزهای کانال ، پیشنهاد شده در این پژوهش

تخریب در اثر این عوامل معمولاً در زمان طولانی رخ می دهد. تخریب ناشی از کیفیت مصالح و روشهای اجرایی می تواند به شکلهای گوناگون بروز کند و نمی توان شکل خاصی از تخریب را به این عوامل اختصاص داد.

6-1- توصیه های فنی در مواجهه با خاکهای تورم زا:

بر اساس تجربیات بدست آمده در این تحقیق توصیه می گردد محل درز طولی پایینی کانال در 1/3 ارتفاع از کف کانال تعبیه گردد.

با توجه به شرایط اقلیمی و مسائل اجرائی در منطقه خوزستان جهت تعیین پتانسیل تورم خاکهای رسی استفاده از استاندارد *ISSMFE* مقادیر واقعی تری در مقایسه با روش *ASTM* ارائه می کند. در روش مذکور ضمن کاربرد تراکم استاتیکی امکان تعیین درصد تورم آزاد در رطوبت های پایین میسر می باشد. [2]

بهترین راه جلوگیری از بروز پتانسیل تورم خاکها، ثابت نگاه داشتن شرایط رطوبتی خاک است. فشارهای غیر یکنواخت ناشی از تورم خاکریز کانالها، بعلاوه شرایط رطوبتی و تراکمی لایه های مختلف، می تواند ضمن ایجاد ترک های طولی در خاکریز کانالها، به محدوده یک - سوم پایینی جداره بتنی کانال نیز خسارت وارد آورد (دلیل این امر می تواند موضوع تحقیقات بعدی قرار گیرد چرا که به عوامل زیادی از جمله رطوبت خاکریزی، ضخامت بتن، نوع بتن و غیره بستگی دارد). این خسارت ممکن است بصورت ترک خوردگی یا بالازدگی و جابجائی پوشش نمایان شود.

در صورت اجبار در استفاده از خاکهای متورم شونده، چنانچه از نظر اقتصادی میسر باشد، توصیه میشود که جهت کاهش مسئله تورم از اختلاط با مصالح درشت دانه یا آهک استفاده شود. کاهش مقدار تراکم نسبی خاکریزها میتواند بطور محسوسی پتانسیل تورم زائی خاک را کاهش دهد. توصیه می گردد که خاکریزها در شرایط غیرمطلوب با تراکم نسبی 90 درصد به روش پروکتور کوبیده شود .

با افزایش مقدار رطوبت هنگام خاک کوبی، می‌توان پتانسیل تورمزایی خاکهای رسی را کاهش داد. بدین ترتیب پیشنهاد می‌گردد که در مواجهه با این خاکها رطوبت زمان خاک‌کوبی بین 2 تا 3 درصد بیشتر از رطوبت بهینه انتخاب گردد. [2]

اجرای پوشش بتن مگر (قبل از پوشش نهائی) و بهره برداری از کانال برای یک یا دو فصل آبیاری و پس از آن نسبت به انجام پوشش اقدام گردد. با توجه به اینکه در پوشش کانالها، معمولاً یک لایه بتن لاغر (مگر) اجرا شده و سپس پوشش بتنی روی آن قرار می‌گیرد، این روش می‌تواند از صرف هزینه های اضافی رگلاژ نهائی جلوگیری نماید.

در مقابله با پتانسیل تورم زائی خاکریزهای رسی احداث شده، روش اشباع خاک کانالها (*Ponding*) قبل از عمل پوشش بتنی در منطقه خوزستان قابل توصیه است. در این روش، کاربرد آب آهک به جای آب معمولی، میتواند بعنوان روشی کاملاً مناسب برای مبارزه با تورم خاکریزهای احداث شده مطرح باشد.

چنانچه در پوشش بتنی به هر دلیلی ترکهایی پدیدار گردد، لازمست سریعاً نسبت به تعمیر و بازسازی آن اقدام لازم معمول گردد، زیرا تغییر رژیم رطوبتی خاک خاصیت تورم زایی خاک را تشدید نموده و تخریب پوشش را شدت می‌بخشد.

بیشترین بالآمدگی دال‌های بتنی کانالها در اثر تورم معمولاً در روزهای نخستین بعد از آب‌اندازی بوقع می‌پیوندد. در 15 روز اول پس از آب‌اندازی حدود 60 درصد از میزان بالآمدگی رخ می‌دهد.

7- نتیجه گیری

در این پژوهش علل تخریب پوشش بتنی کانالهای آبیاری طرح‌های ویس، اوان، مارون و کرخه تعیین شده است. بررسی‌های انجام شده نشان داد که علت اصلی تخریب کانالهای شبکه های ویس، اوان و کرخه، تورم خاکریز محل احداث کانال بوده و علت اصلی تخریب کانالهای شبکه مارون وجود زون‌های گچی در محل احداث این کانالها بوده است.

پدیده تورم زائی خاکهای ریزدانه مهمترین عامل تخریب پوشش بتنی کانال های آبیاری در استان خوزستان می‌باشد. روش *ISSFME* که در آن آماده‌سازی نمونه با تراکم استاتیکی انجام می‌شود. میزان پتانسیل پنهان تورم خاکریزهای ریزدانه را به صورت واقعی تری تعیین می‌کند. لذا توصیه می‌شود از این روش به جای روش *ASTM* استفاده گردد.

ترک‌های طولی ناشی از تورم معمولاً در محدوده 1/3 پایینی از کف کانال اتفاق می‌افتد، توصیه می‌شود محل درز طولی پایینی کانالها در این محدوده مذکور تعبیه گردد. در مواجهه با خاکهای تورمزا توصیه میشود رطوبت خاک کوبی بمیزان 2 تا 3 درصد بالای رطوبت بهینه افزایش پیدا کند و تراکم نسبی لایه‌ها بمیزان 90 درصد به روش پروکتور کافی می‌باشد.

8- سپاسگزاری

بدینوسیله از تأمین مالی هزینه‌های این پژوهش، همکاری و توجه شرکت بهره‌برداری از شبکه های آبیاری کرخه و شاوور و مدیریت محترم تحقیقات و استانداردهای مهندسی آب سازمان آب و برق خوزستان که زمینه انجام این تحقیق را فراهم ساخته‌اند سپاسگزاری می‌شود.

9 - منابع

- 1- باروتکوب، ش. و ع. عساکره، ((بررسی علل تخریب پوششهای بتنی شبکه های آبیاری کرخه، ویس، مارون و اوان)) طرح تحقیقاتی، سازمان آب و برق خوزستان، 1382.
- 2- باروتکوب، ش. و ح. رحیمی، ((بررسی علل تخریب پوششهای بتنی در استان خوزستان)) پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، 374.
- 3- رحیمی، ح و ش. باروتکوب، ((ترک خوردگی پوشش بتنی کانالها بر اثر پتانسیل پنهان تورم))، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد 27، شماره 4، 1375.
- 4- عسکری، ف. و ع. فاخر، ((تورم و واگرایی خاک از دید مهندس ژئوتکنیک))، 1372.
- 5- *Annual book, 1993, Volume 408 5 - " Astam standard "*
- 6- *Bara, J. P. " Controlling the Expansion of Dessicated Clays During Construction "*
- 7- *Sterenson, "Repair/ Replacement Option for Concrete Linet Irrigation Channels" 1999.*
- 8- *Swan. C. H. " Middle East Canal and Irrigation Problems", Aci Sournal , Technical Paper, January – Februrary 1985 .*
- 9- *Technical Committee in Enpansive Soils (TC6) of Issfme , " Standard Evaluation of Swelling Pressure and Corresponding Heave of Enpansive Soil in Laboratory by Consteruction Swell Percentage Versus Appliex Total Stress Diagram " . 1989 .*
- 10- *USBR, "Canal Lining Demonstarion Prosect Year 10 Final Report " , Novamber 2002*

