مقاله شماره ۴

موضوع :

ترک‌خوردگی پوشش بتنی کانالها براثر پتانسیل پنهان تورم

توسط:

حسن رحیمی و شهرام باروتکوب

چکیـده

تخریب پوششهای بتنی کانالهای آبیاری که معمولاً بصورت ترک ، بالاآمدگی و ایجاد درز و شکاف بروز می‌نماید، هر ساله باعث هدر رفتن مقادیر زیادی از منابع آبی کشور به صورت نشت و خسارات مالی می‌گردد . در پی بروز ترک‌های متعدد در پوشش بتنی کانالهای واحد کشت و صنعت نیشکر شعیبیه در استان خوزستان ، تحقیقات گسترده‌ای جهت یافتن علت این امر بعمل آمد . در این تحقیق با انجام یک سلسله آزمایشهای آزمایشگاهی ، نظیر تعیین مشخصه های مهندسی خاک (دانه بندی ، هیدرومتری ، تراکم و حدود آتربرگ) ، آزمایشهای شیمیائی (تعیین املاح محلول نظیر کاتیونها، آنیونها، گچ ، آهک، pH و EC) ، آزمایش تعیین قابلیت واگرائی خاک به دو روش شیمیائی و پین هول و آزمایش تورم با استفاده از روش استاندارد تورم (ASTM) و روش ارائه شده توسط انجمن بین المللی مکانیک خاک و مهندسی پی (ISSMFE) بر روی نمونه های خاک برداشت شده از بستر کانالهای تخریب شده مورد بررسی قرار گرفت . همچنین با انجام یک آزمایش صحرائی ، در یک قطعه از کانال پوشش شده بطول ۶۰متر ، ضمن میخ کوبی در ۱۰ مقطع عرضی در اعماق مختلف و انجام نقشه برداری های روزانه، رفتار بستر خاکی کانال قبل و بعد از آب اندازی مورد مقایسه قرار گرفته و سپس نتایج آزمایشهای آزمایشگاهی و صحرائی تحلیل گردیدند . نتایج آزمایشهای انجام شده وجود املاح انحلال پذیر در خاک منطقه را در حدکم و نمونه های مورد بررسی را از نظر قابلیت واگرائی در دسته مقاوم تا بسیار مقاوم به فرسایش نشان داد . مشخصه های مهندسی خاک منطقه نظیر دانه بندی و حدود روانی و خمیری ، این خاک را در طبقه خاکهای با پتانسیل تورم پذیری کم تا متوسط قرار می‌دهد ، ولی نشانه های صحرائی همگی دال بر وجود این پتانسیل در خاک منطقه داشته اند . بررسیهای انجام شده نشان داده است که روش استاندارد تعیین پتانسیل تورم پذیری که در آن ضمن کاربرد رطوبت بهینه ، از تراکم

دینامیکی برای بازسازی نمونه ها استفاده می‌شود ، این پتانسیل را به طرز محسوسی نسبت به روش (ISSMFE) که در آن ضمن کاربرد رطوبت حد انقباض ، از تراکم استاتیکی برای بازسازی نمونه‌ها استفاده می‌شود، کم‌تر ارزیابی می‌نماید. همچنین اختلاف میزان تورم حاصله در دو روش تا ۳/۵ درصد نیز بوده‌است. آزمایش‌های صحرایی انجام شده نیز وجود خاصیت تورم زائی خاک منطقه، علیرغم، قرارگیری آن در رده خاکهای با خمیرائی کم تا متوسط تائید نمود . بدین ترتیب در این تحقیق ضمن اینکه نشان داده شد که تورم عامل اصلی تخریب پوشش بتنی کانالهای واحد شعیبیه می‌باشد ، ثابت گردید که استفاده از روش تراکم استاتیکی و کاربرد رطوبت های پائین (حد انقباض) جهت ارزیابی پتانسیل تورم خاکهای منطقه خوزستان ، روشی برتر و باکارآئی بیشتر نسبت بـه روش اسـتاندارد تـعیین پتانسیل تورم می باشد . هم چنین در این تحقیق نشان داده‌شده‌اند که با کاهش مقدار تراکم نسبی خاکریز و افزایش رطوبت خاک کوبی به میزان ۲ تا ۳ درصد بیشتر از حد بهینه می توان به طرز مؤثری پتانسیل تورم پذیری خاک مورد مطالعه را کاهش داد .

۱- مقدمه

یکی از مسائلی که همواره در انتخاب منابع قرضه خاک ریز دانه باید مورد توجه قرار گیرد ، وجـود پـتانسیل تورم‌پذیری در خاک می باشد . خاکهای متورم شونده ، خاکهایی هستند که به سبب جذب آب ، ازدیاد حجم یافته و اصطلاحاً متورم میشوند . فشار ناشی از تورم این خاکها میتواند موجب خرابی کامل ساختمان های سبک از جمله پوشش کانالهای آبیاری ، کفسازی ها و غیره شود . این نوع خرابی ها در بسیاری از پروژه های داخلی و خارجـی گزارش شده است [۳] .

تجربیات گذشته نشان داده است که عدم توجه به این مسئله در اجرای پوشش های بتنی کانالها، مشکلات فراوانی را بوجود آورده که بعضاً منجربه تخریب و غیر قابل استفاده شدن پوشش گردیده است . در این مقاله پتانسیل تورم زائی خاکهای رسی با خمیرائی کم تا متوسط و نقش تخریبی آن در پوشش بتنی کانالهای آبیاری با ذکر یک مطالعه موردی در واحد کشت و صنعت نیشکر شعیبیه مورد بحث قرار میگیرد .

۲- تحقیقات انجام شده در خصوص تورم و نقش تخریبی آن

توجه به مساله خاکهای قابل تورم و خسارات ناشی از آن در حدود سال ۱۹۵۰ آغاز شد . در این زمان پروژه های خانه سازی وسیعی در آمریکا در حال انجام بود که در آنها ضمن عملیات اجرائی به موارد حادی از تـورم خـاک برخورد شد که باعث زیانهای فراوان گردیده بودند [۳] .

در یکی از تحقیقات انجام شده بر روی یک کانال ۱۷ کیلومتری در بیت نتوفا ، در منطقه فلسطین اشغالی، نتایج جالبی بدست آمده است . خاکریز این کانال متشکل از رس با قابلیت تورم بسیار بالا بوده که در نقاطی باعث تخریب کانالهای احداث شده ، گردیده است . در این تحقیق طرحهای مختلفی جهت مقابله با پدیده تورم خاکریز پیشنهاد شد که در نهایت ، یک جدار بتنی به ضخامت ۸ سانتی متر روی یک قشر آسفالتی به ضخامت ۸ میلی متر با موفقیت طرح و اجرا گردید [۶] .

بارا (J.P.Bara) با بررسی هائی که بر روی رس های متورم شونده بستر یکی از کانالهای منطقه سنت لوئیز در آمریکا انجام داد ، نتیجه گرفت که در خاکریز های رسی رابطه ای بین مقدار تورم و رطوبت خاک کوبی ، وزن واحد حجم خشک و حد روانی خاک وجود دارد که می توان با روشهای آماری ساده این ارتباط را بـدست آورد [۹] . همچنین در این بررسی ها ، یکی از راههای مناسب و قابل کاربرد جهت مقابله با پدیده تورم بستر کانالها ، پـیش مرطوب کردن و یا غرقاب کـردن کـانال قـبل از اجـرای پـوشش عـنوان گـردیده است . در تـحقیقاتی کـه سـوان (C.H.Swan) بر روی مسائل و مشکلات کانالهای آبیاری در منطقه خاورمیانه انجام داد ، رسهای متورم شـونده، خصوصاً خاکهای حاوی کانی های مونتمور یلونیت را عاملی عنوان نمود که در زمان خشک شدن شدید خاکریزها سبب تخریب پوششهای بتنی میگردند [۱۶] . وی بهترین راه حل را در این رابطه ، طریقه ای دانسته که در آن کانال

آزادانه اجازه تورم یابد . وی نیز روش پیش مرطوب کردن را روشی موفقیت‌آمیز برای کنترل تورم بستر پوشش کانالهای آبیاری معرفی نموده است .

در ایران نیز در سالهای اخیر ، بعلت مسائل بوجود آمده در پوشش بتنی کانالها در اثر تورم خاکریزهای رسی ، بررسی ها و تحقیقات پراکنده ای ، بعمل آمده است. در همین ارتباط شرکت توسعه کشت نیشکر و صنایع جانبی که متولی اجرای واحدهای کشت و صنعت منطقه خوزستان واز جمله واحد شعیبیه می باشد ، چندین شرکت و موسسه را مامور بررسی علل تخریب پوشش بتنی کانالهای این واحد نمود و مهمترین نتایج آن را طی گزارشی در سال ۱۳۷۴ منتشر ساخت [۲] .

نتایج بررسی ها و مطالعات ژئوتکنیک اولیه بعمل آمده توسط شرکت های مختلف ، پتانسیل تورم زائی خاکهای منطقه شعیبیه را در حد کم تا متوسط ارزیابی نموده و عملاً اشاره گردیده که کیفیت شیمیائی و ترکیبات کانی شناسی خاک ، عدم وجود پتانسیل تورم زائی را در حد بالا و مخرب ، جهت خاکهای این منطقه نشان میدهد .

به طور کلی باید تأکید نمود که علیرغم اینکه در گزارشهای مهندسان مشاور بررسی کننده مشخصات ژئوتکنیکی خاک منطقه شعیبیه ، پتانسیل تورم زائی کم و در حد غیر مخرب ارزیابی شده است ، ولی مشاهدات صحرائی در مرحله بعد از اجرا ، عامل اصلی تخریب را بروز پدیده تورم در خاکریز رسی بستر کانالها عنوان نموده است . در این تحقیق با انجام آزمایشهای صحرائی و آزمایشگاهی مختلف ، علل بروز اختلاف در ارزیابی های اولیه و نهائی مورد بررسی قرار گرفته و پتانسیل ایجاد تورم در خاکهای با خمیرائی کم تا متوسط و شرایط بروز آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳- روشهای شناسائی خاکهای متورم شونده

در حال حاضر متداولترین روش جهت شناسائی خاکهای متورم شونده روش استاندارد تعیین میزان تورم با استفاده از دستگاه تحکیم (Odometer) می باشدکه تحت شماره ASTM - D4546 نامگذاری شده است [۸]. در سالهای اخیر انجمن بین المللی مکانیک خاک و مهندسی پی (ISSMFE)[1] با توجه به ویژگی خاص این پدیده، روش دیگری را جهت ارزیابی پتانسیل تورم زائی خاکها ارائه نموده است [۷ و ۱۷].

روش کلی کار در هر دو استاندارد شبیه بهم بوده و عمده ترین تفاوت آنها در رطوبت نمونه تهیه شده و شیوه تراکم آن می باشد. در روش ASTM ابتدا خاک در قالب استاندارد پراکتور بصورت دینامیکی (بااستفاده از ضربات کوبنده) متراکم شده و سپس نمونه جهت آزمایش تورم در رطوبت بهینه، بازسازی می‌گردد. در روش ISSMFE ضمن اینکه رطوبت بکار برده شده رطوبت حد انقباض می باشد، برای آماده سازی نمونه به جای استفاده از روش تراکم دینامیکی از تراکم استاتیکی (فشار جک هیدرولیکی)، جهت تراکم نمونه استفاده می‌گردد.

در هر دو روش، پس از آماده سازی نمونه، حلقه تورم در دستگاه تحکیم قرار داده شده و سپس اشباع می‌گردد.

1- International society of soil Mechanics and Foundation Engineering

تغییرات ضخامت نمونه خاک در طول ۲۴ ساعت اندازه گیری شده و مقدار نهائی تغییرات در فشار سر بار یک کیلو پاسکال، بعنوان درصد تورم آزاد نمونه تعیین می‌شود. سپس با بارگذاری، مقدار تورم خاک به حالت اولیه برگردانده شده و بدین ترتیب فشار تورمی نیز اندازه گیری می‌شود.

از آنجاکه ساختمان و طرز قرارگیری ذرات خاک، تأثیر زیادی بر مقدار تورم آن دارد، به همین دلیل روش تراکم خاک در تهیه نمونه نقش اساسی داشته و تورم نمونه متراکم شده بروش استاتیکی با نمونه متراکم شده بروش دینامیکی متفاوت می باشد. تراکم استاتیکی موجب می‌شود که ذرات خاک به حالت انبوهی (Flocculent) قرارگیرند. ولی در تراکم دینامیکی ذرات به حالت پراکنده (Dispersed) در می آیند.و اصولاً خاک با آرایش انبوهی بیش از خاک با آرایش پراکنده، متورم می گردد[۱۲]. روش آماده سازی نمونه به طریق استاتیکی، شباهت و تطابق بهتری با شرایط واقعی تراکم خاکریز بستر کانالها توسط غلتک های متراکم کننده دارد چراکه این ماشین آلات (غلتک های پاچه بزی و یا غلتک های چرخ فولادی صاف) نیز به جای ایجاد ضربه ، خاک بستر را با فشار استاتیکی متراکم میسازند. بعلاوه در روش تراکم دینامیکی، متراکم ساختن خاک در رطوبت های کم و تهیه نمونه بازسازی شده از آن ، بعلت کاهش چسبندگی خاک ، عملاً امکان پذیر نبوده و نمونه سریعاً خرد می‌شود. در حالیکه در روش استاتیکی با توجه به شیوه تراکم، امکان متراکم ساختن خاک در قالب های تحکیم و بویژه در رطوبت های کم وجود دارد.از طرف دیگر با توجه به اینکه در عمل ، رطوبت خاکریز کانالها ، بعلت قرارگرفتن در معرض اشعه خورشید و گرمای منطقه، ممکن است شدیداً کاهش یافته و به مقادیر خیلی کم (مثلاً رطوبت حد انقباض یاکمتر) برسد، لذا پس از آب اندازی کانال، رطوبت خاکریز از مقادیر خیلی کم به حد اشباع رسیده و حداکثر پتانسیل تورمی خاکریز بروز مینماید. این مسئله خصوصاً در مناطق گرمسیر، بویژه در خوزستان بعلت حرارت بسیار زیاد آن در تابستان، کاملاً امکان وقوع دارد. بنابر این بنظر میرسد که روش تراکم استاتیکی بعلت ایجاد امکان متراکم سازی خاک در رطوبت‌های پائین و نیز کیفیت تراکم ایجاد شده ، بهتر میتواند پتانسیل تورمی خاک را ارزیابی نماید.

با توجه به مجموعه مطالب مذکور، در این پژوهش دو شیوه تراکم در آزمایش تعیین پتانسیل تورم پذیری برای نمونه های مشابه مورد استفاده قرارگرفته و نهایتاً علل ایجاد ترک خوردگی در پوشش کانالهای آبیاری واحد نیشکر شعیبیه علیرغم پیش بینی های متضاد اولیه مورد تحلیل قرارگرفته است .

۴- مواد و روشها

۴-۱- بررسیهای صحرائی

همانطورکه اشاره شد در این قسمت علل و چگونگی ترک خوردگی پوشش بتنی کانالهای آبیاری واحد کشت و صنعت نیشکر شعیبیه مورد بررسی قرار میگیرد. این واحد در ۳۰ کیلو متری شهرستان شوشتر قرارگرفته و یکی از هفت طرح بزرگ نیشکر در استان خوزستان است که در حال حاضر عملیات اجرائی آن در جریان می باشد.احداث کانالهای این پروژه از سال ۱۳۷۲ آغاز گردیده و در سال ۱۳۷۳ ساختمان تعدادی از کانالهای اصلی آن به پایان رسیده است .

پوشش کانالهای این شبکه همگی بتنی بوده و در سطح ۱۲ هزار هکتار گسترده شده است . پس از تحویل تعدادی از این کانالهاتوسط پیمانکاران، نسبت به آب اندازی در آنها با هدف آبشوئی اراضی اقدام، و سپس جریان آب برای مدتی قطع شده است . مدتی پس از قطع جریان، ترک خوردگی های متعددی در پوشش بتنی کانالهای Z, B1, B2 و ترک خوردگی های ملایمتری نیز در کانالهای SC13 و SC17 و چند کانال دیگر مشاهده شده است . ترک خوردگی پوشش کانالهای SC13 و SC17 حتی قبل از آب اندازی نیز قابل مشاهده بوده است .

تمامی کانالهای آسیب دیده در خاکریزهای کوبیده شده واقع شده اند. به طور کلی عوارض ایجاد شده به صورت ترک های طولی سرتاسری و بالازدگی دالهای بتنی از محل درزهای طولی و عرضی بوده و سمت تخریب عمدتاً در طرفی قرار داشته که تابش خورشید در آن جهت شدیدتر بوده است . ضمناً مدتی پس از آب اندازی در روی خاکریزهای کوبیده شده (سکوی خاکی کنار کانال) ترک های طولی در جهت موازی با امتداد کانال و با عرض چند میلیمتر تا چند سانتیمتر مشاهده گردید.

بررسیهای بعمل آمده نشان می دهد که وضعیت ظاهری خاکریز بستر و بتن پوشش غالباً مناسب بوده و مشکل خاص فنی در آنها وجود ندارد. کیفیت ظاهری بتن همراه با وضعیت ظاهری درزهای انبساط نیز مناسب بوده است . آزمایشهای دقیق صحرائی و آزمایشگاهی کیفیت مطلوب بتن و عملیات خاک کوبی اجراء شده را نیز باثبات رسانید.

موقعیت ترک های ایجاد شده در پوشش کانالها عمدتاً در یک سوم پائینی از ارتفاع دیواره بتنی کانال قرار داشته است . شدیدترین تخریب ها در قطعه ای از کانال Z و عموماً در جریان آب اندازی و پس از اولین سیکل تخلیه نمودن آب و خشک شدن کانال و بستر آن بوقوع پیوسته است . باتوجه به نوع تخریب در این شبکه و یکنواختی آن، تعدادی نمونه خاک از خاکریز بستر کانال Z و منبع قرضه موجود در منطقه جهت انجام آزمایشهای آزمایشگاهی برداشت گردید.

۴-۲- آزمایشهای آزمایشگاهی

بمنظور بررسی مشخصات فیزیکی ، مکانیکی و شیمیائی خاک مورد استفاده در ایجاد بستر کانال و نیز بررسی علل بروز ترک خوردگی ها، آزمایشهای متعارف شامل دانه بندی، حدود آتربرگ و تراکم ، و تجزیه کامل شیمیائی روی کلیه نمونه ها انجام گردید . برای تعیین رفتار خاک در مقابل آب نیز ، آزمایشهای تورم پذیری به دو صورت «رطوبت ثابت - دانسیته متغیر» و «رطوبت متغیر - دانسیته ثابت» و آزمایش واگرائی با روش پین هول و روش شیمیائی پیشنهادی رحیمی - دلفی [۱] روی کلیه نمونه ها بعمل آمد. بعلاوه بمنظور تعیین شرایط تراکم خاکریز ،تعدادی آزمایش دانسیته صحرائی در نقاط مختلف خاکریز کانالهای آسیب دیده انجام گردید.

۴-۳- آزمایشهای صحرائی

نظر به اینکه بررسی کنندگان مختلف دلایل متفاوتی را در مورد علل اصلی بروز ترک در پوشش کانالها ارائه می

کردند و بمنظور تدقیق نتایج بدست آمده از آزمایشهای تورم پذیری در آزمایشگاه ، نسبت به ایجاد یک آزمایشگاه صحرائی در واحد کشت و صنعت شعیبیه اقدام گردید. جهت تعیین میزان تورم به صورت واقعی ، قطعه ای از کانال پوشش نشده و در حال ساخت SC1 در این واحد به طول ۶۰ متر انتخاب و نسبت به ایجاد آب بند در دو طرف آن اقدام شد. سپس تمامی طول قطعه کانال توسط بتن «مگر» پوشش داده شده و در ۲۷ متر از طول آن ، پوشش بتنی در ۹ قطعه ۳ متری و به ضخامت ۱۰ سانتیمتر اجرا گردید (شکل ۱).

آزمایشهای انجام شده در قطعات شماره ۴، ۵ و ۶ در پوشش بتنی و قطعات شماره ۱۳، ۱۴ و ۱۵ در بتن مگر در ده مقطع شماره ۱ تا ۱۰ انجام یافته است . برای اندازه‌گیری دقیق تغییر شکل بستر کانال در مقطع عرضی هر قطعه و در فواصل مختلف روی پوشش بتنی و خاکریزهای سمت چپ و راست تا حد اراضی زراعی اطراف ، میله های فولادی در اعماق مختلف کوبیده شد. تعداد این میله ها در هر مقطع ۳۴ عدد بوده و عمق استقرار میله ها در مقاطع ۱ تا ۵ پوشش بتنی و ۶ تا ۱۰ پوشش بتن مگر به ترتیب ۲۰ ، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ سانتیمترانتخاب گردید. میله های فولادی بگونه ای در بستر کانال کوبیده شدند که حرکت آزادانه آنها از داخل سوراخ ایجاد شده در پوشش بتنی میسر باشد .

جهت تعیین برآیند رفتار خاک (تورم احتمالی) در فاصله ۱۰ سانتی متری از میله های فولادی پوشش بتنی هر یک از مقاطع ، یک سری میخ نجاری ، و در همین فاصله از میلگرد های قسمتهای بتن مگر و قسمتهای خاکی تعدادی صفحه فولادی بمنظور نقشه برداری نقاط روی سطح پوشش نصب گردید (به جزئیات B ، C و D در شکل ۱ رجوع شود) . پس از انجام عملیات فوق ، عملیات نقشه برداری جهت تعیین رقوم دقیق این میله ها قبل از آب اندازی کانال انجام شد. سپس عملیات آب اندازی در این قطعه در تاریخ ۲۴/ ۶ / ۷۴ آغاز و دستورالعمل نقشه برداری کلیه میله ها و نیز ثابت نگاه داشتن سطح آب درون کانال صادر گردید.

سطح آب در این قطعه از کانال بمدت ۶۵ روز ثابت نگاهداشته شد و عملیات نقشه برداری هر روز یکبار در ساعت معینی انجام گردید. پس از این مدت یعنی از تاریخ ۲۷/ ۸/ ۷۴ به بعد بتدریج آب کانال طی ۷ روز خالی گردید و عملیات نقشه برداری مرتباً و بصورت یکروز در میان ادامه یافت . در هفته اول پس از آب اندازی قرائت میخ‌ها افزایش سریعی در ارتفاع را نشان داد و در هفته های دوم و سوم ، این افزایش ، شدت کمتری داشته و پس از آن ، همزمان با پیش روی جبهه رطوبتی به سمت خاکریز مقدار تورم و بالاآمدگی نیز کندتر گردید ونهایتاً ۶۵ روز پس از آب اندازی به یک حد ثابت رسید . بطور کلی نتایج قرائت های نقشه برداری بیشترین مقدار بالاآمدگی را مربوط به میخ شماره ۱۳ (لبه فوقانی پوشش بتنی در جبهه رو بجنوب) نشان داد و در میخهای کوبیده شده در خاکریز در محل‌های دور از کانال و در فاصله زیاد از جبهه رطوبتی هیچگونه تورمی مشاهده نگردید. اندازه گیری ها همچنین نشان داده اند که مقدار تورم با افزایش عمق استقرار میخ ، کاهش یافته است . نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که مقدار حداکثر بالاآمدگی در میخ شماره ۱۳ (جبهه رو بجنوب) نسبت به میخ متناظر خود در طرف مقابل کانال در یک مقطع مشخص (میخ شماره ۲۳) در جبهه رو بشمال بیشتر بوده است . ۲۰ الی ۳۰ روز بعد از آب اندازی ، ترک های طولی و سرتاسری در سکوی خاکی سمت چپ و راست کانال ظاهر گردید.

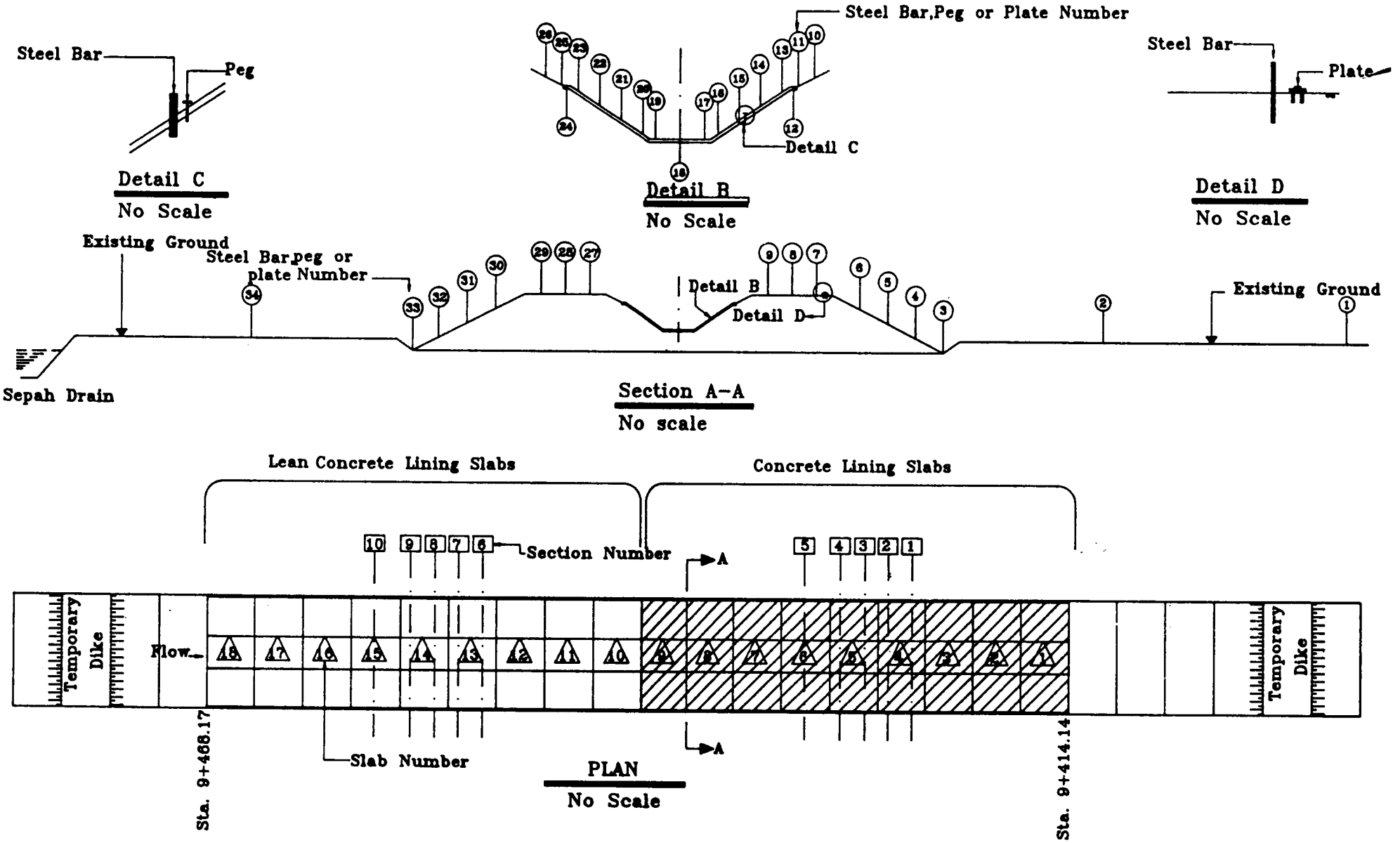
این ترک ها کاملاً سرتاسری و دارای امتداد طولی بموازات لبه کانال بوده‌اند . جهت تعیین چگونگی و عمق گسترش این ترک ها ، اقدام به شکافتن خاکریز و ردیابی ترک های ایجاد شده گردید. مشاهدات انجام شده نشان داد که این ترک ها مستقیماً به حرکت جبهه رطوبتی در خاکریز مربوط می باشند، زیراکه امتداد ترک ها دقیقاً تا محلی که رطوبت بداخل خاکریز نفوذ کرده بود ادامه داشته و به محض رسیدن به جبهه رطوبتی امتداد ترک ها ناپدید گردیده است .

هدف از تخلیه کانال بعد از ۶۵ روز ، تعیین رفتار خاکریز پس از حذف فشار سربار ناشی از وزن آب بود و مقرر گردید که پس از دو هفته کانال مجدداً آب اندازی شود تا شدت برگشت پذیری تورم کنترل شود. پس از تخلیه کانال همانطور که انتظار میرفت ، بعلت حذف فشار سربار ناشی از وزن آب ، تا چند روز بعد از تخلیه کانال ، بالاآمدگی میخ ها با توجه به اشباع بودن خاک همچنان ادامه یافت . در هفته سوم ، پس از تخلیه آب ، روند کاهشی ارتفاع میخ ها آشکار گردید. متاسفانه در اواخر سومین هفته بعد از تخلیه آب ، بارندگی های پراکنده ای در منطقه بوقوع پیوست و عملاً باعث بر هم زدن نظم بالاآمدگی ها در سطح خاکریز شد . بهمین دلیل بعد از گذشت حدود ۱۰۵ روز از شروع آزمایشهای صحرائی ، بعلت وقوع بارندگی های شدید عملیات نقشه برداری متوقف و نتایج مورد تحلیل نهائی قرار گرفت .

۵- ارائه نتایج آزمایشهای آزمایشگاهی و صحرائی

نتایج آزمایشهای شناسائی ، نمونه های خاک مورد آزمایش را از نوع ریزدانه و از جنس رس لای دار با طبقه بندی CL مشخص نمود. همچنین مقدار ریز دانه خاک بطور متوسط در حدود ۹۰درصد (۵۰ تا ۵۸ درصد آن لای و بقیه رس) تعیین گردید . حد روانی نمونه های خاک بین ۳۰ تا ۳۸ و شاخص خمیرائی بین ۸ تا ۱۶ و عدد فعالیت آنها نیز بین ۲۱/. تا ۳۶/. بدست آمده است . مشخصه های خمیری نمونه های آزمایش شده حکایت از این دارد که کانی غالب در این نمونه ها عمدتاً کائولنیت و ایلیت بوده و خاک منطقه از خمیرائی و فعالیت کم تا متوسط برخوردار است. آزمایشهای شیمیائی نشان دادند که میزان گچ موجود در خاک کمتر از ۱ درصد است که عملاً به غیر مخرب بودن این عامل در بستر خاکی کانالهای منطقه اشاره دارد. نتایج آزمایشهای واگرائی با دو روش پین هول و روش شیمیائی پیشنهادی رحیمی - دلفی [۱] ، عدم وجود پتانسیل واگرائی در خاکهای منطقه را اثبات می نماید.

همانطور که گفته شد در این تحقیق به منظور بررسی تغییرات مقدار تورم با توجه به تغییرات مقدار تراکم نسبی و تغییرات میزان رطوبت در هنگام خاک کوبی، دوسری آزمایش تورم با رطوبت ثابت- دانسیته متغیر و رطوبت متغیر- دانسیته ثابت انجام گردید. باتوجه به تطابق بیشتر تراکم استاتیکی با شرایط صحرائی، کلیه آزمایشهای تورم با استفاده از این روش انجام شده است. شکل شماره (۲) مقایسه میزان تورم آزاد یکی از نمونه های این واحد را براساس دو روش تراکم دینامیکی و تراکم استاتیکی نشان میدهد. همچنین شکلهای شماره (۳) و (۴) نتایج

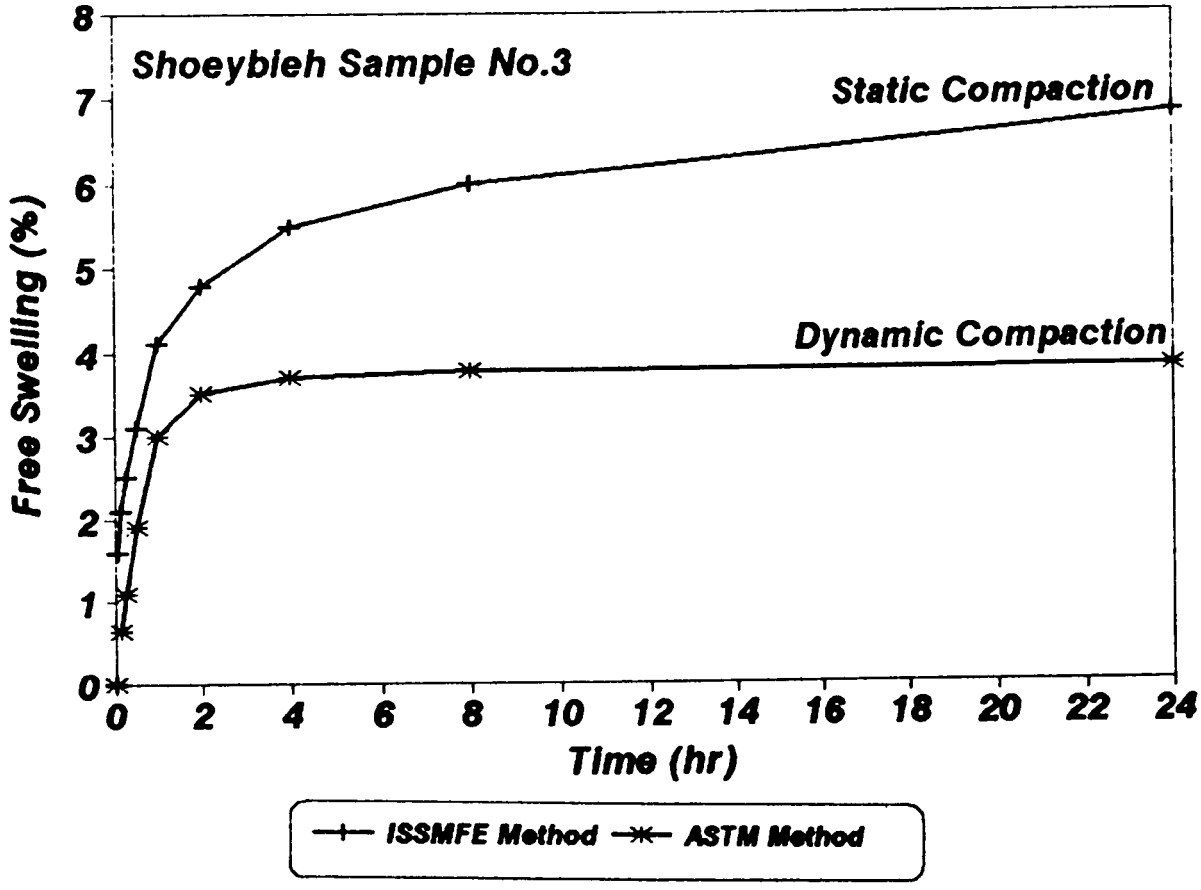


شکل (۱) : نقشه‌نمای بالا و مقطع میخ‌کوبی در قطعه‌ای از کانال SC1 واحد شعیبیه

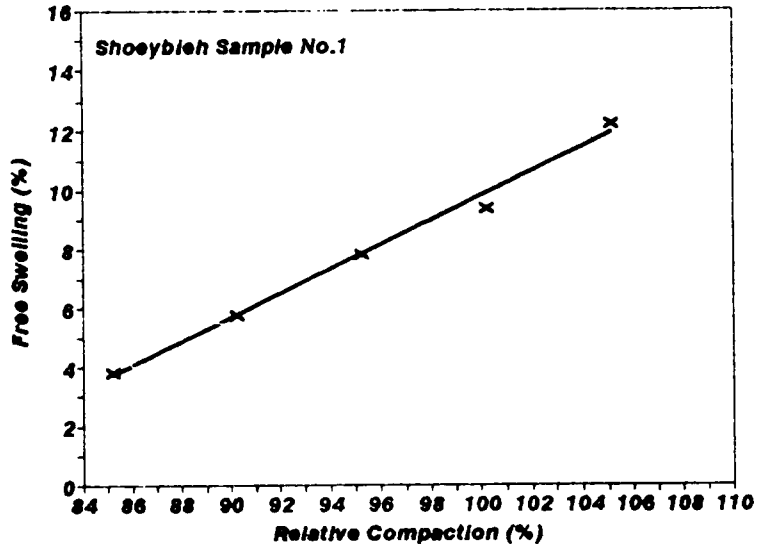
اندازه‌گیری درصد تورم آزاد نمونه های مورد بررسی را در مقایسه با تغییرات مقدار تراکم و رطوبت آنها نشان می‌دهند.

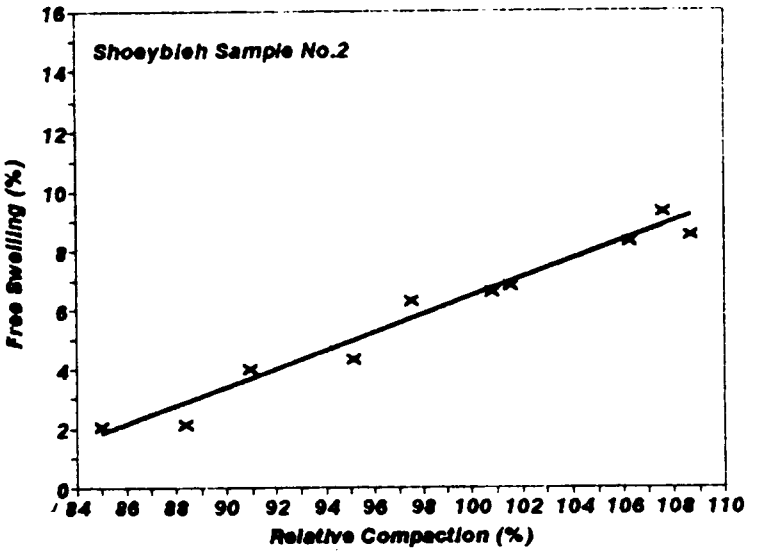
همانطور که از این شکلها مشهود است، مقدار تورم نمونه های خاک، علیرم این نکته که کانی غالب در آنها ایلیت و کائولینیت و خاک از خمیرائی کم تا متوسط برخوردار میباشد، نسبتاً زیاد و قابل ملاحظه است و برای بعضی از نمونه‌ها به حداکثر ۱۲ درصد نیز می رسد. همچنین نتایج بدست آمده برای تمامی نمونه ها نشان می‌دهند که با افزایش مقدار تراکم نسبی، قابلیت تورم زائی خاکها افزایش یافته و با افزایش میزان رطوبت تراکم، این قابلیت کاهش می‌یابد. بطورکلی چنانچه تراکم نسبی ۹۵ درصد بعنوان معیار بکار برده شده جهت خاک کوبی بستر کانالهای مورد بررسی فرض شود، با توجه به نتایج بدست آمده، تمامی نمونه ها دارای پتانسیل تورمی بیش از ۴ درصد می‌باشند و این بیانگر این نکته است که پوششهای بتنی حتماً در این تراکم نیز در خطر آسیب نسبی، قرار داشته اند.

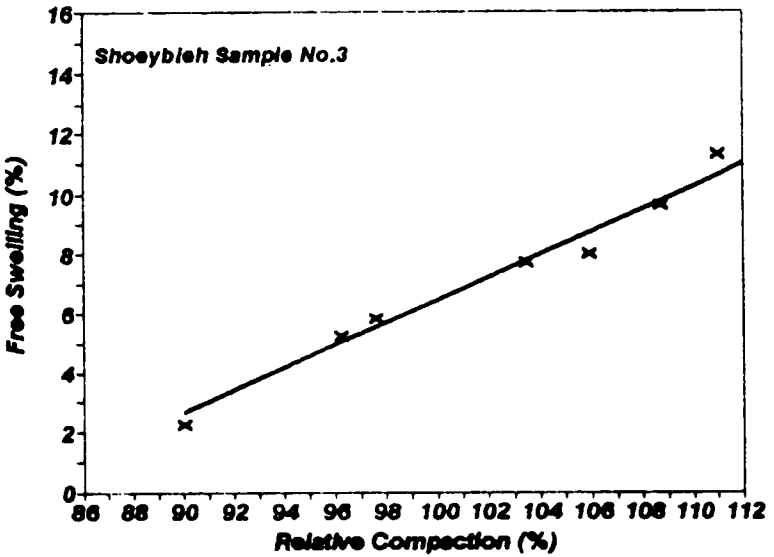
جهت برقراری یک رابطه منطقی بین قابلیت تورم و میزان تراکم و رطوبت بکار رفته در هنگام خاک‌کوبی، نتایج بدست آمده از آزمایشهای تورم با مدلهای مختلف آماری و رگرسیونهای خطی، نمایی و لگاریتمی کنترل و روابط و منحنی هائی بدست آمده است که در شکلهای شماره (۳) و (۴) نشان داده شده اند. براساس این روابط، ارتباط میزان تورم و تراکم نسبی، یک رابطه کاملاً خطی بوده و همبستگی این خط در سطح ۹۹ درصد معنی دار می باشد. ارتباط بین تورم و رطوبت یک رابطه غیرخطی است که در رطوبتهای پائین دارای شیب نزولی ملایم و در رطوبتهای بالا دارای شیب نزولی تند میباشد.

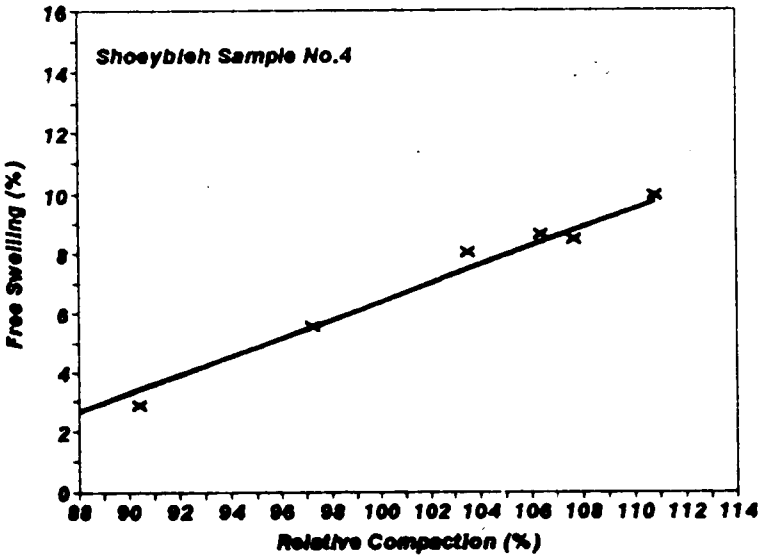


شکل (۴) : مقایسه‌میزان‌تورم آزادیک نمونه‌خاک با دو روش ASTM (تراکم دینامیکی) و ISSMFE (تراکم استاتیکی)

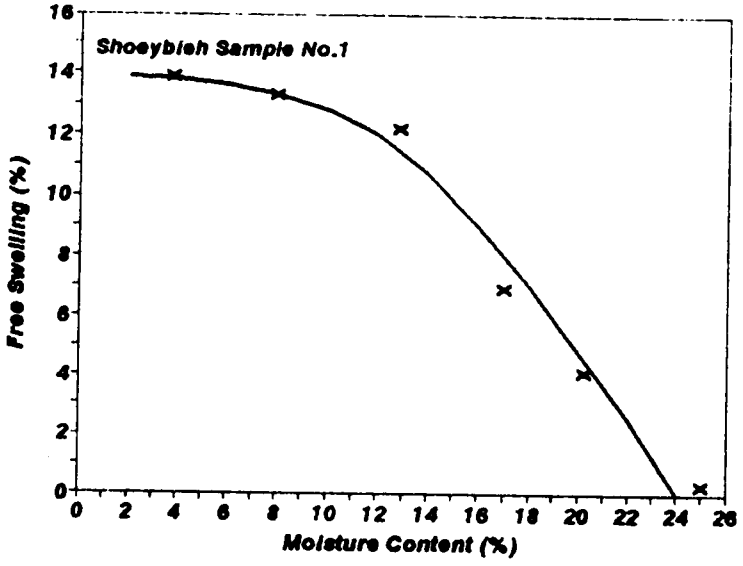


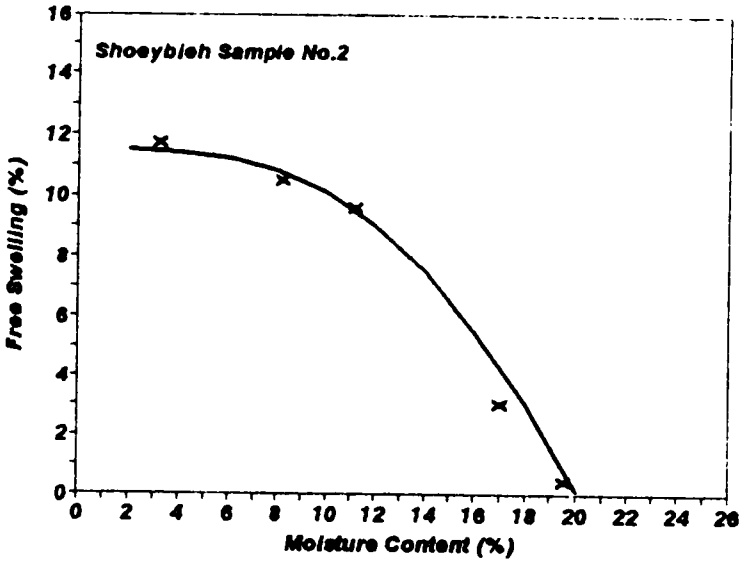


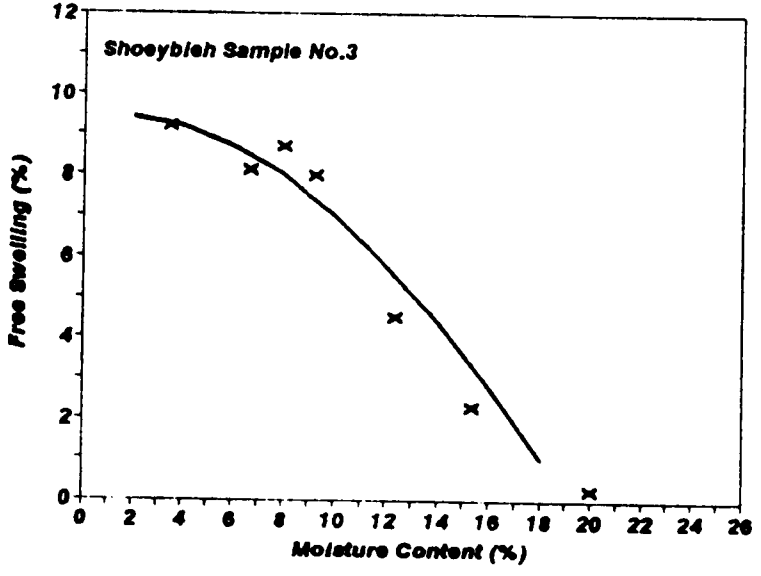


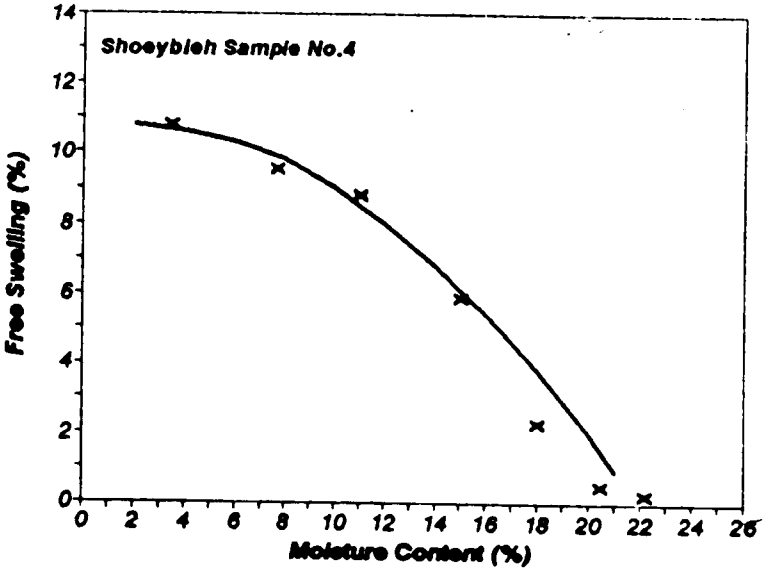


شکل (۳) : تغییرات میزان تورم بر حسب درصد تراکم نسبی نمونه‌های مورد بررسی

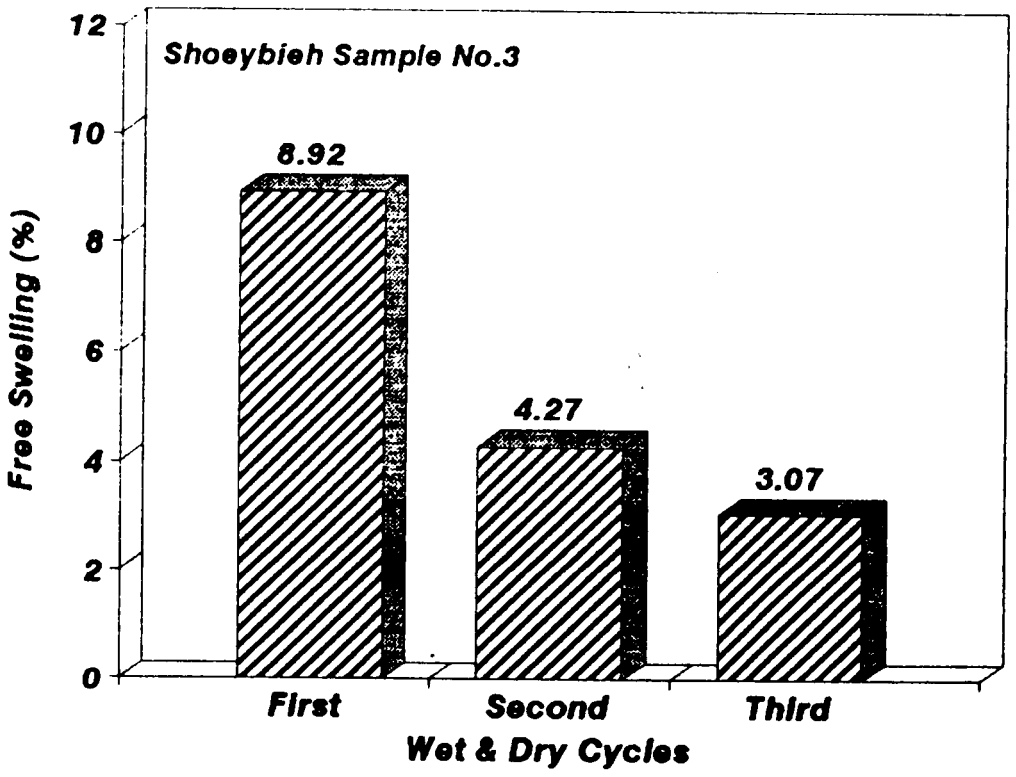








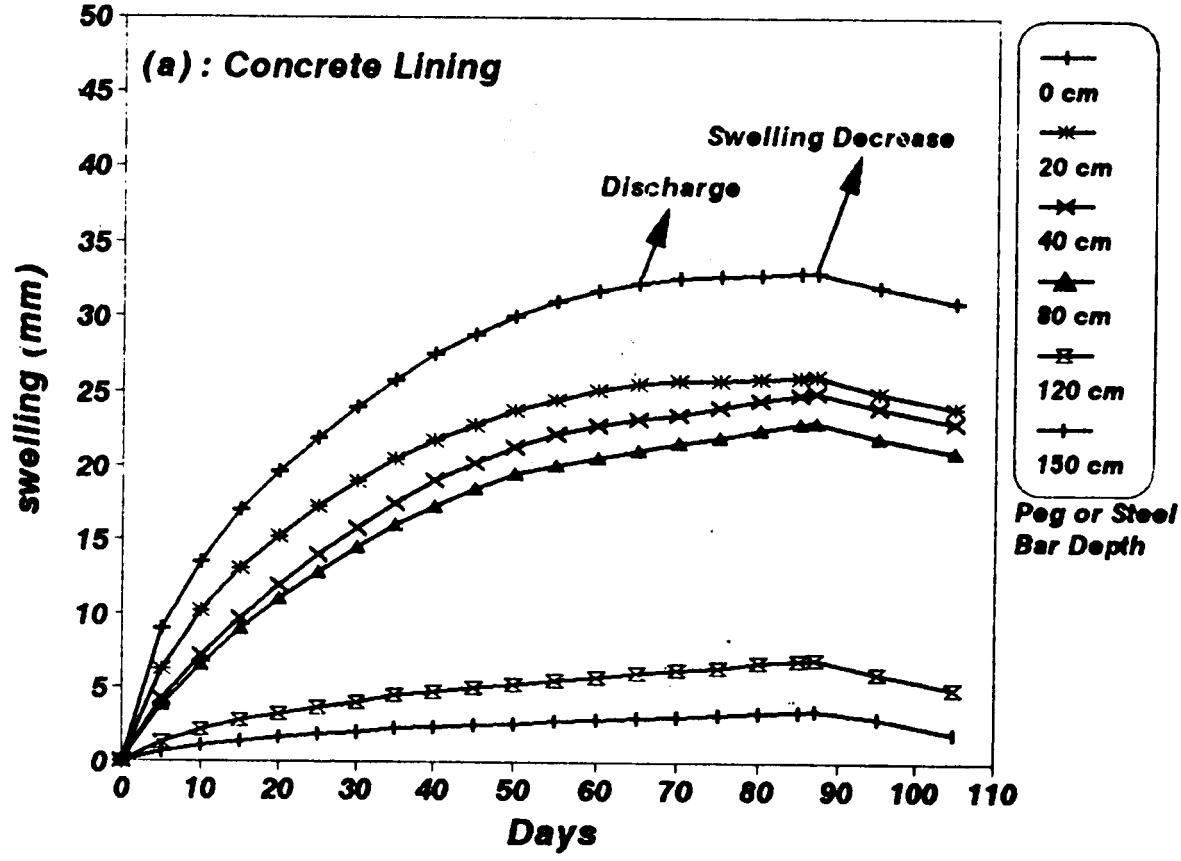
شکل (۴) : تغییرات میزان تورم بر حسب درصد رطوبت نمونه‌های مورد بررسی

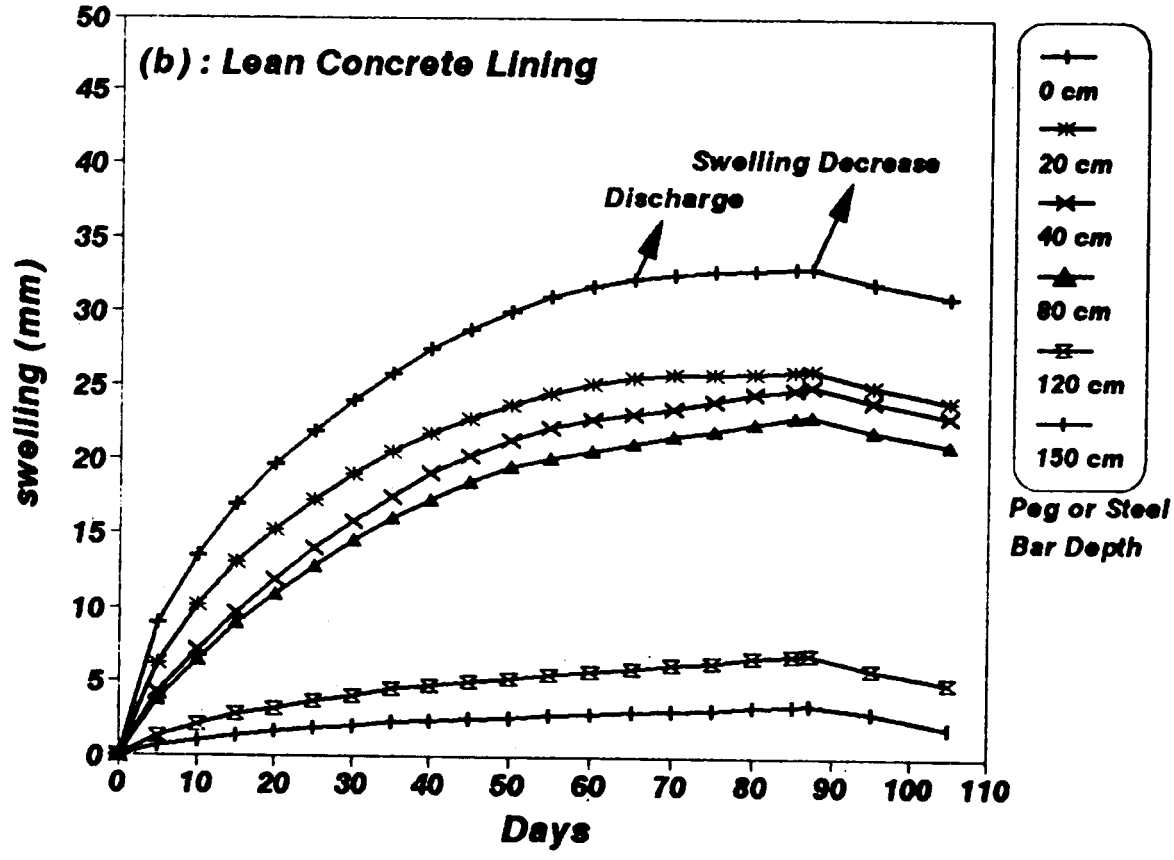


شکل (۵) : تاثیرسیکلهای تروخشک شدن یک نمونه خاک بر روی مقدار تورم

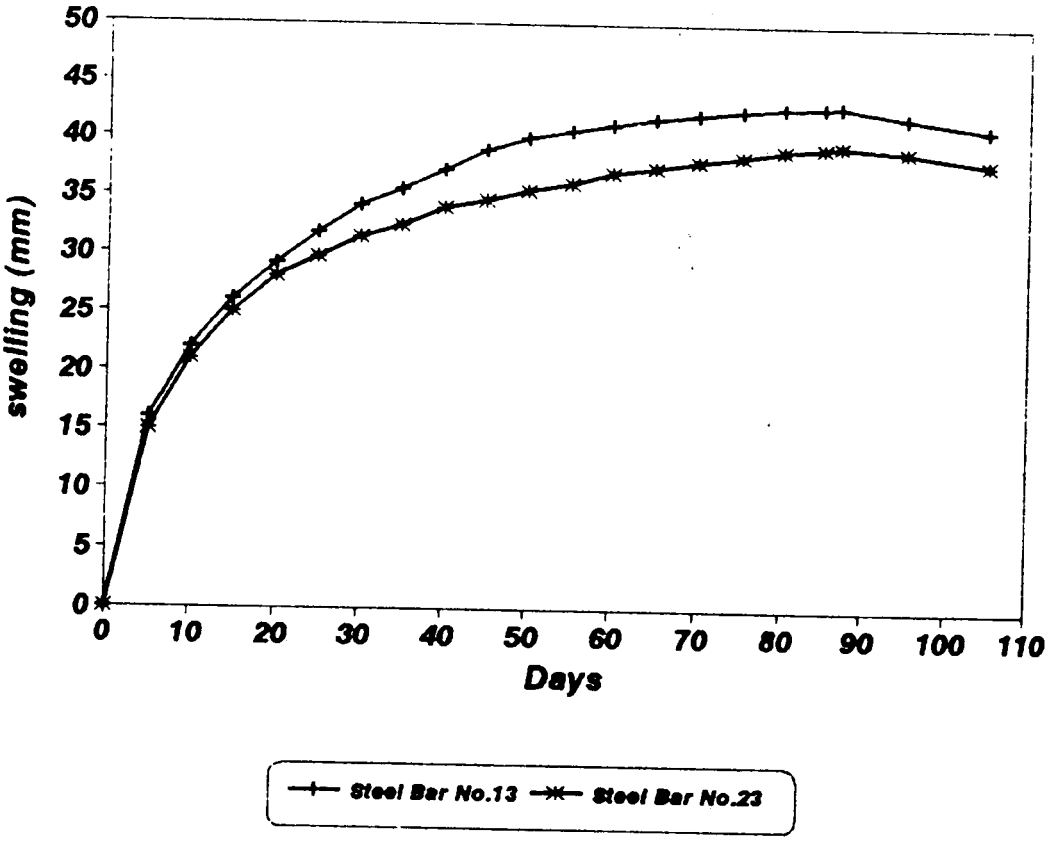
جهت کنترل اثر فرآیند خشک و تر شدن یکی سری آزمایش برروی یکی از نمونه های خاک انجام یافته است. در انجام این آزمایشها ابتدا مقدار تورم در یک شرایط ثابت رطوبتی و تراکمی بدست آمده است و سپس نمونه ها در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد (درجه حرارت متعارف گرمای خوزستان در تابستان) خشک و مجدداً در دستگاه تورم قرارگرفته و مقدار تورم آنها در سه مرحله تکرار ، اندازه گیری شده است. شکل (۵) نتایج این آزمایش را نشان میدهد. همانطور که از این نمودار برمی آید، پس از سه دوره تر و خشک شدن مقدار تورم حاصله بطور متوسط حدود ۶ درصد کاهش یافته است.

آزمایشهای انجام شده جهت تعیین مقدار دانسیته صحرائی خاکریزهای کوبیده شده بستر کانال، تراکم نسبی این خاکریزها را در بعضی نقاط تا ۱۰۵ درصد و حتی بیشتر نیز نشان داده که همین امر سبب افزایش پتانسیل تورم زائی آنها گردیده است.





شکل (۶) : تغییرات مقدار تورم خاکریز برای میخهای منفرد در اعماق مختلف بر حسب زمان (منبع ۱۳)



شکل (۷) : مقایسه تغییرات مقدار تورم خاکریزدرجبهه‌های جنوبی وشمالی برحسب زمان (میخهای۱۳و۲۳)

نتایج آزمایش های صحرائی نیز وجود قابلیت تورم در خاکریز کانالهای منطقه شعیبیه را تائید می نماید. شکل(۶) حداکثر میزان بالا آمدگی مربوط به میخ شماره ۱۳ را در اعماق مختلف نسبت به زمان، برای قسمت با پوشش بتن و بتن مگر نشان میدهد. همچنین در شکل (۷) جهت مقایسه مقدار حداکثر بالاآمدگی در دو میخ شماره ۱۳ (جبهه رو به جنوب) و شماره ۲۳ (جبهه رو به شمال) نشان داده شده است. همانطورکه از این شکل مشهود است میخ شماره ۱۳ که در معرض تابش شدیدتر اشعه خورشید قرار داشته، تورم بیشتری را نسبت به میخ شماره ۲۳ نشان داده است.

۶- نتیجه گیری و بحث

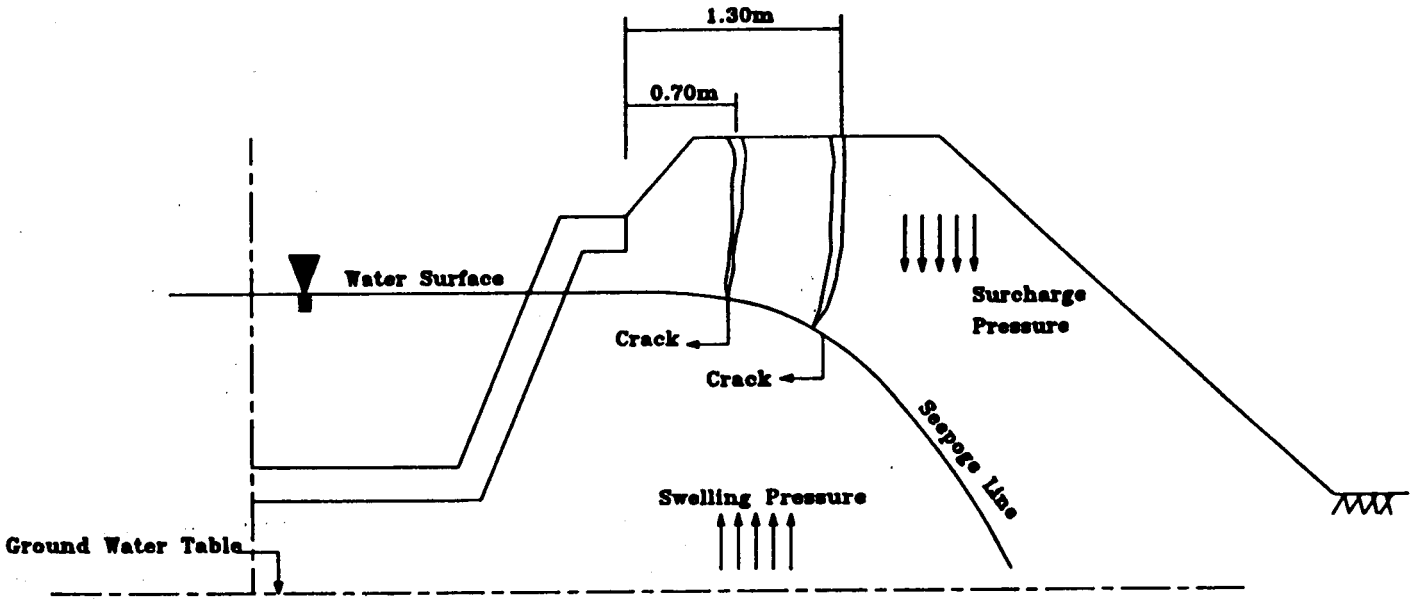
باتوجه به نتایج بدست آمده از آزمایشهای آزمایشگاهی و صحرائی انجام شده میتوان علل بروز ترک خوردگی پوشش بتنی کانالها را بشرح زیر تحلیل نمود :

الف - چنانچه خاکریز کانال مدت زیادی بدون پوشش در مقابل نور خورشید و گرما رها شود، پس از انجام پوشش و قبل از آب اندازی، بعلت تجمع رطوبت بر اثر نیروی موئینگی، ممکن است تورم بوقوع پیوسته و موجب ترک خوردگی پوشش شود این پدیده در پوشش کانالهای SC13 و SC17 مشاهده شده است.

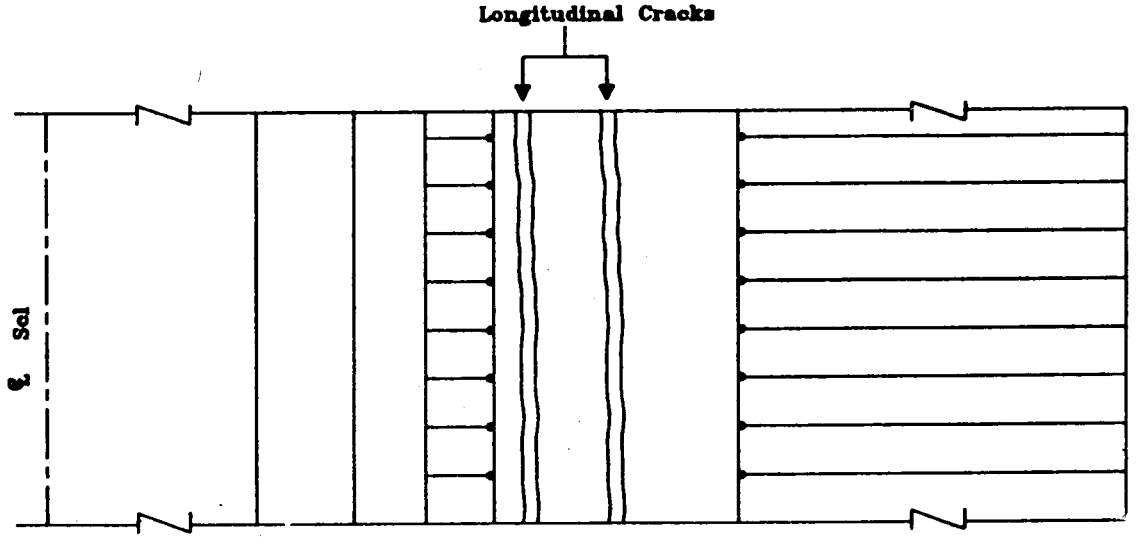
ب - پس از آب اندازی کانال، نشت آب از بتن و محل درزها به خاکریز، باعث افزایش حجم ذرات خاک و بروز پدیده تورم می‌گردد. چنانچه درزها بخوبی آب بندی شده باشند و نشت آب فقط از طریق بتن انجام پذیرد، بروز تورم، در فاصله زمانی بیشتری رخ میدهد.

پ - همزمان با جذب رطوبت توسط ذرات خاک، فشارهای تورمی در خاکریز بوجود می آید. نظر به اینکه بروز تورم در هر منطقه با حرکت جبهه رطوبتی توام است و این جبهه رطوبتی همیشه از محل پوشش بتنی (بر اثر تجمع رطوبت و نشت آب از کانال) آغاز می‌گردد، بنابراین فشارهای تورمی ابتدا از زیر پوشش بتنی آغاز شده و بتدریج در تمامی خاکریز توزیع می‌گردد. عدم یکنواختی در توزیع این فشار در زیر پوشش بتنی کانال باعث ایجاد ترک های طولی عمیق در خاکریز و پوشش می‌گردد . شکل (۸) مقطع عرضی و پلان این ترکها را بصورت شماتیک و شکل (۹) مقادیر حداکثر بالاآمدگی در نقاط مختلف نیمی از مقطع عرضی پوشش بتنی و بتن مگر قطعه کانال مورد آزمایش را نشان می‌دهند.

ت - چنانچه شدت تابش اشعه آفتاب به یک سمت خاکریز بیشتر از سمت دیگر باشد (مثل شیب های رو به جنوب) تبخیر شدیدتر، باعث افزایش انقباض و در نتیجه افزایش کشش موئینگی و پتانسیل جذب آب در آن سمت شده و نهایتاً پتانسیل تورم زائی آن را نسبت به سمت دیگر افزایش میدهد. همانطور که در شکل (۱۰) مشاهده می‌گردد، سکوی سمت راست قطعه آزمایشی کانال SC1 که در معرض تابش شدیدتر خورشید قرار داشته، بیشترین مقدار بالاآمدگی را نشان میدهد. بدین ترتیب میتوان نتیجه گرفت در کانالهائی که معمولاً جهتی شمالی - جنوبی دارند، جبهه جنوبی آنها بیشتر در معرض تخریب ناشی از انقباض و تورم خاکریز قرار دارد.



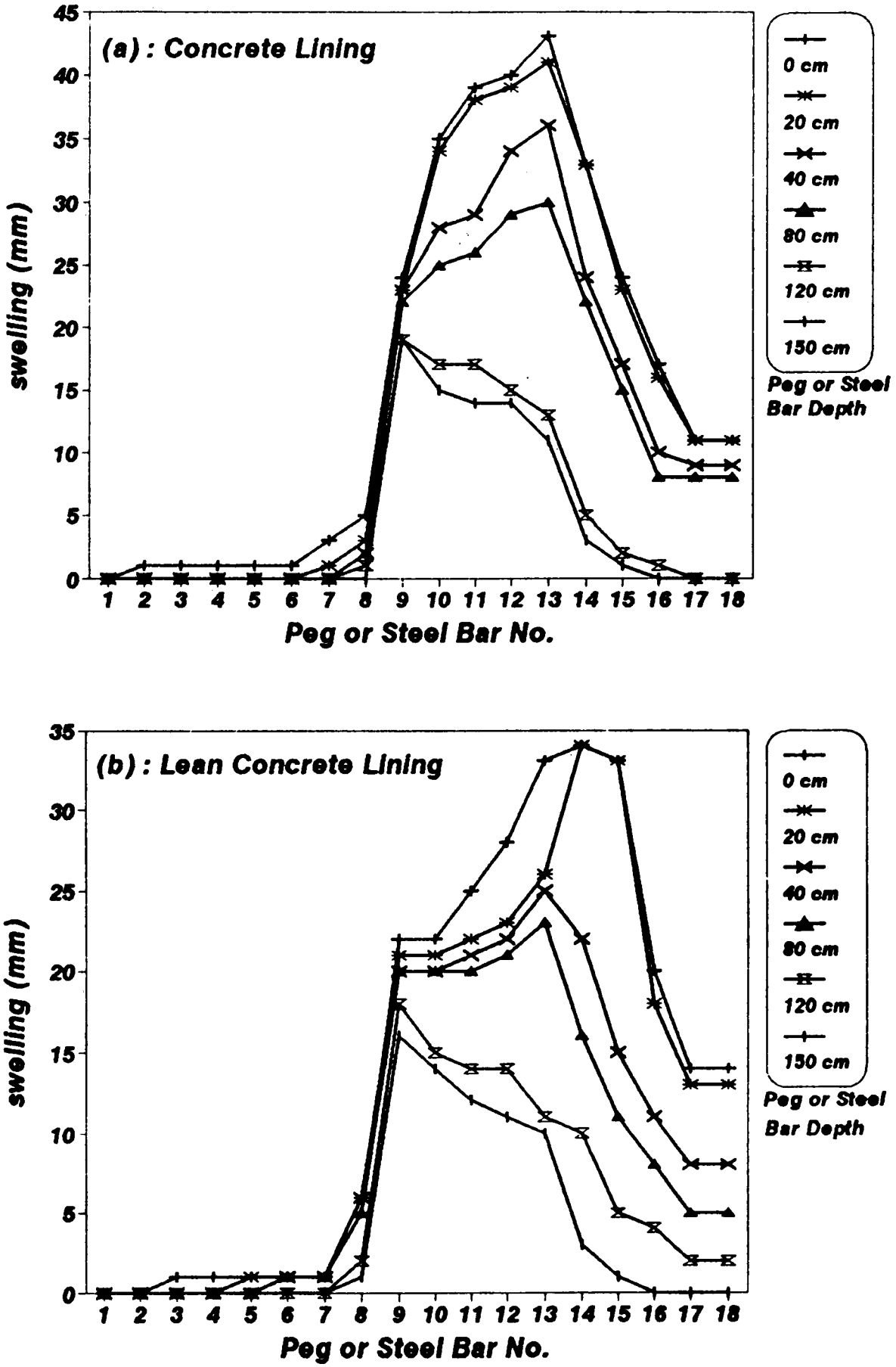
(الف): مقطع عرضی کانال



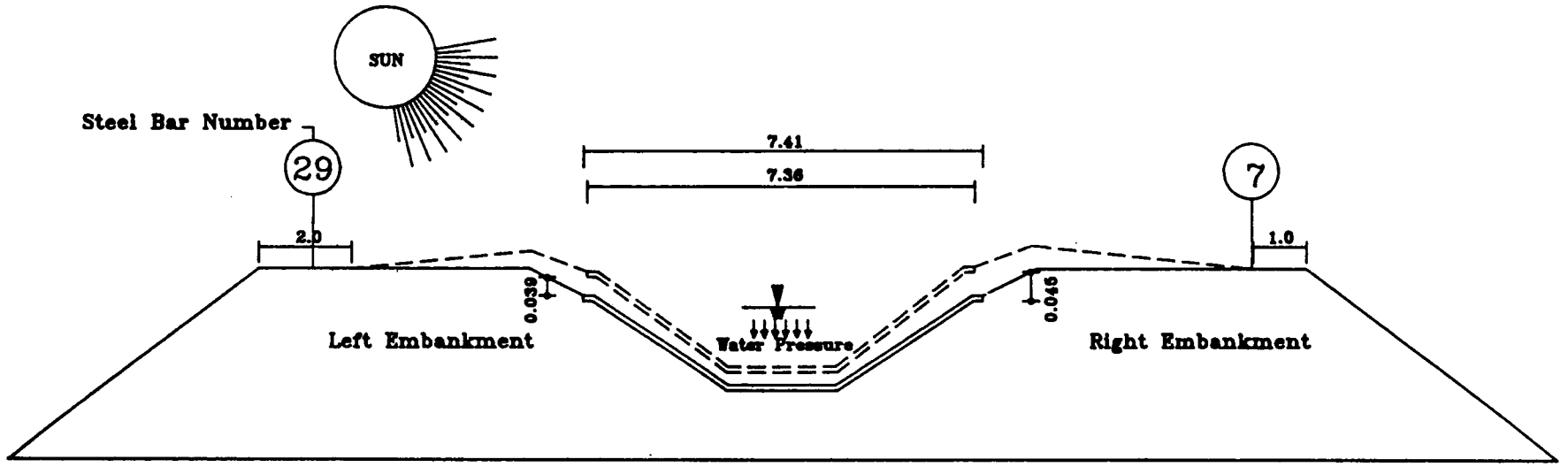
(ب): پلان عرضی کانال

شکل(۸): نحوه ایجاد ترک در خاکریز خاکهای متورم شونده

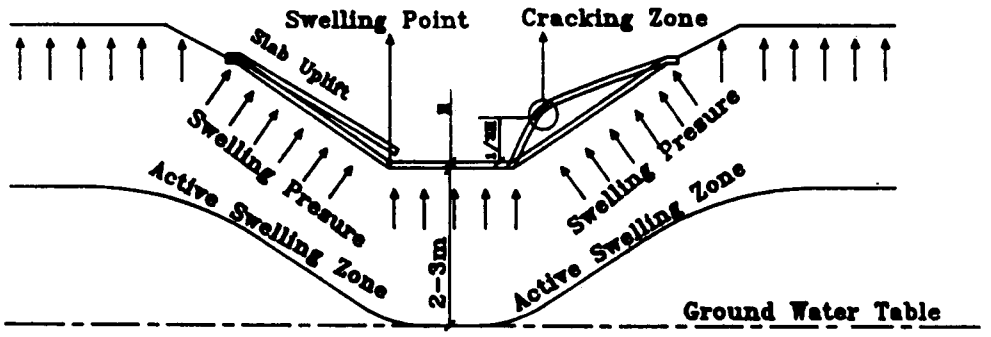
(با استفاده از نتایج آزمایش صحرائی)



شکل (۹) : تغییرات مقدار تورم خاکریز برای میخهای ۱ تا ۱۸ مقاطع عرضی کانال در اعماق مختلف



(الف):فرآیندبالاآمدگی



(ب):نحوه‌ایجادترک‌درپوشش‌بتنی

شکل(۱۰): فرآیندتخریب درپوشش‌بتنی‌کانالهادراثرتورم(بااستفاده‌ازنتایج‌آزمایش‌صحرائی)

ث - بعنوان یک اصل، فشار ناشی از تورم میتواند در تمامی جهات انتشار یابد، اما در مقطع یک کانال باتوجه به وزن سربار، موقعیت خط نشت و جبهه رطوبتی در خاکریز و نیز وزن آب داخل کانال، بیشترین فشار به پشت پوشش و لبه فوقانی آن اعمال می‌شود که نهایتاً بدلیل درگیر بودن قسمت تحتانی پوشش بتنی و آزاد بودن قسمت فوقانی آن ، دال بتنی بسمت داخل کانال خم می‌شود. بدین ترتیب در سطح بتن، تنشهای خمشی نسبتاً شدیدی بوجود آمده و چنانچه تاب خمشی بتن نتواند این تنشها را تحمل نماید، پوشش بتنی ترک میخورد. این فرآیند همچنین در لبه فوقانی کانال باعث بالازدگی و احتمالاً ایجاد فاصله بین پوشش و سطح خاک بستر می‌گردد (شکل شماره ۱۰). از آنجا که بطور معمول منطقه فعال تورم در عمق حدود ۲ تا ۳ متری زیر سطح زمین قرار دارد، در کف کانال بعلت توزیع یکنواخت تر رطوبت، فشار تورمی یکنواختی نیز بوجود می آید و معمولاً مقداری از آن با فشار ناشی از وزن آب موجود در کانال خنثی می‌گردد. اما در پشت پوشش بتنی جدار کانال بعلت اثر غیر یکنواخت سربار، توزیع فشار تورمی یکنواخت نبوده و درنتیجه در قسمتهای نزدیک به کف باعث ایجاد ترک (بعلت درگیر بودن پوشش) و در لبه فوقانی باعث بالا زدن پوشش می‌گردد. همانطور که مشاهدات صحرائی نیز نشان داده است، محل وقوع کلیه ترکها تقریباً در یک سوم پائینی جداره بتنی و نزدیکتر به کف کانال میباشد که با تحلیل فوق مطابقت دارد. بدیهی است که در رابطه با ایجاد ترکهای طولی پوشش ، نقش فشار آب نشت یافته به خاکریز پشت کانال و بویژه پس از تخلیه سریع کانال نیز میتواند مؤثر باشد. اما با توجه به مقادیر فشار تورمی در مقایسه با فشار هیدرواستاتیکی آب، اهمیت بسیار کمتر آن آشکار شود.

ج - نتایج جمع آوری اطلاعات صحرائی از محل ترکها در جداره کانالهای بتنی، موید این مطلب است که، اگر درز طولی تحتانی کانالها درحوالی یک سوم پائینی جداره های بتنی کانال ایجاد شود، ترک های حاصله به این درزها منتقل گردیده و بدین ترتیب خسارتهای حاصله بنحو محسوسی قابل کنترل و جلوگیری خواهند بود.

چ - بطورکلی نتایج این بررسی نشان میدهد که در صورت فراهم آمدن شرایط مناسب، حتی خاکهای با پتانسیل تورم پذیری کم تا متوسط (مثل خاکهای منطقه مورد بررسی) از پتانسیل تورم پذیری کافی جهت ایجاد تخریب در پوشش کانالها برخوردارند. بویژه که روش دینامیکی ایجاد تراکم و کاهش رطوبت خاکریز و انقباض ناشی از آن درمناطق گرم، این پتانسیل را بنحو قابل ملاحظه ای افزایش میدهد.

با توجه به مجموعه موارد فوق میتوان نتیجه گرفت که علت اصلی ترک خوردگی پوشش بتنی کانالهای شعیبیه ، پتانسیل پنهان تورم زائی خاکریزهای رسی با خمیرائی کم تا متوسط در این

واحد می باشد که بعلت نامناسب بودن نوع آزمایشهای انجام شده در مرحله مطالعات و طراحی ، پیش بینی این پتانسیل امکان پذیر نبوده است ضمن اینکه فشارآب پشت پوشش در هنگام تخلیه سریع نیز میتواند باعث تشدید نیروهای تورمی و افزایش شدت تخریب گردد .

جهت مقابله با خاکهای متورم شونده روشهای مختلفی وجود دارد که در این طرح با استناد به نتایج آزمایش های انجام شده و با توجه به شرایط کار ،کاهش مقدارتراکم نسبی خاک بستر در حدود ۹۰ درصد و افزایش رطوبت خاک

کوبی بمیزان ۲ تا ۳ درصد بیشتر از رطوبت بهینه توصیه گردید . بررسیهای بعدی نشان داد که این توصیه های ساده بخوبی توانسته اند تورم خاکریزها را مهار نمایند . بگونه ای که در کانالهای پوشش شده با این دستور العمل تا این تاریخ هیچگونه ترک خوردگی مشاهده نشده است .

۸- خلاصه نتایج

بر اساس مطالعات انجام شده و بررسیهای بعمل آمده در این تحقیق می‌توان نتایج حاصله را بشرح زیر خلاصه نمود :

- یکی از مشکلات اساسی پوششهای بتنی در خاکهای رسی ، پتانسیل نهائی یا پنهان تورم این خاکها می باشد .
- روش تعیین پتانسیل تورم با استفاده از تراکم استاتیکی روشی است که میتواند به نحو مطلوبتری پتانسیل نهائی تورم را ارزیابی کند و در مناطق گرم و خشک بر روش استاندارد و تعیین تورم (ASTM) برتری دارد .
- میزان تورم خاک با درصد تراکم نسبی آن رابطه مستقیم خطی و با درصد رطوبت خاک کوبی رابطه معکوس غیر خطی دارد ، بگونه‌ای که با افزایش تراکم نسبی و کاهش رطوبت ، پتانسیل تورم نهائی خاک افزایش می‌یابد .
- اگر چه میزان تورم خاکهای حاوی کانی های ایلیت و کائولونیت نسبت به خاکهای حاوی کانی مونتموریلونیت کمتر است، ولی پتانسیل تورم نهائی این کانی‌ها نیز در صورت فراهم بودن شرایط ، میتواند قابل توجه و خطرآفرین باشد .
- آرایش مناسب درزها در پوشش بتنی کانالها می تواند به میزان قابل توجهی آسیبهای وارده به آنها را محدود وکنترل نماید.
- از آنجا که وجود فشار آب منفذی در پشت پوششهای بتنی و در شرایط تخلیه سریع کانال ، باعث تشدید فشارهای واردبر پوشش می گردد،لذادر مرحله بهره برداری باید این واقعیت نیز مورد توجه قرار گرفته و بویژه چنانچه در پشت پوشش از فیلتر استفاده نشده باشد ،باید سرعت تخلیه آب کانال را تا حد کافی برای تخلیه فشار آب منفذی کاهش داد.
- بهترین و ارزانترین راه مقابله با تورم در خاکهای با خمیرائی کم تا متوسط کاهش مقدار تراکم نسبی و افزایش رطوبت خاک کوبی است .
- تورم پدیده‌ای است که‌برگشت پذیری آن با افت همراه بوده و از این مطلب می توان در پیش بینی رفتار پوشش بتنی کانالهای آبیاری پس از اولین آب اندازی و بروز تورم ناشی از آن استفاده نمود .

۹- تشکر و قدردانی

این مقاله نتیجه بخشی از یک طرح تحقیقاتی است که با حمایت مالی دانشگاه تهران انجام یافته و مؤلفین وظیفه

خود می‌دانند از مساعدتهای معاونت پژوهشی دانشگاه تهران و دانشکده کشاورزی در این مورد قدردانی نمایند .

مؤلفین هم چنین از مسئولین و مهندسین شرکت توسعه کشت نیشکر و صنایع جانبی و شرکت مهندسین مشاور آبخوان بخاطر فراهم آوردن تسهیلات لازم جهت انجام آزمایشهای صحرائی تشکر مینمایند .

۱۰- منابع

۱- رحیمی ، ح. و م. دلفی ، «روشهای تشخیص رسهای واگرا در سازه های آبی و بررسی کارائی آنها در منطقه خوزستان » ، پایان نامه ، دانشگاه تهران ، ۱۳۷۱ .

۲- شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی ، «بررسی علل ایجاد ترکهای طولی در پوشش بتنی کانالهای آبیاری طرح کشت و صنعت نیشکر شعیبیه و پیشنهاد راههای مقابله با آن »، جلد دوم .

۳- عسکری ، ف . و ع . فاخر ، «تورم و واگرائی خاک از دید مهندس ژئوتکنیک »، ۱۳۷۲ .

۴- قاضی پور، ا . «مکانیک خاکهای قابل تورم »، مهندسان مشاور سانو .

۵- مهندسان مشاور سانو ،« بررسی نواقص ایجاد شده در بتن کانالهای شعیبیه»، ۱۳۷۳ .

۶- مهندسین مشاور تهال «جدار داخلی بتنی کانالها در خاک رس قابل توسعه» ، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ، نشریه شماره ۱ ، ۱۳۴۹ .

۷- نویسی ، م . «ارزیابی آزمایشگاهی فشار تورمی و مقدار تورم ناشی از آن در خاکهای تورم زا با استفاده از درصد تورم و تنش کلی اعمال شده»، ترجمه و تلخیص ، انجمن مکانیک خاک و مهندسان پی ایران .

8- ASTM Standards , "Annula Book" , 1993 , Volume 408 .

9- Bara , J . P . "Controlling the Expansion of Dessicated Clays During Construction ".

10- FAO , "Irrigation Canal Lining" , Irrigation and Drainage Paper No . 2 , Rome , 1983 .

11- Fourie, A. B . "Laboratory of Lateral Swelling Pressure" , Journal of Geotech Eng. Vol . 115 , 1987 .

12- Gromko , G . J . "Review of Expansive Soils" , Journal of Geotechnical Engineering , ASCE , Vol 100 , 1974 .

13- Kanwar Sain . " Canal Lining in India" , International Commission on Irrigation and Drainage , Third Congress , New Dehli .

14- Neill , M . W . O . and N . Poormoayed ,"Methodology for Foundations on Expansive Clays " , Journal of Geotechnical Engineering , 1980 .

15- Rama Rao , R . and H . Rahardio ,"Closed Form Heave Solution for Expansive Soils" Journal of Geotech Eng , Vol , 114 , No.5 , 1988 .

16- Swan , C . H . "Middle East Canal and Irrigation problems" , ACI Journal , Technical Paper January - February 1985 .

17- Technical Committee on Expansive Soils (TC6) of ISSMFE , "Standard Evaluation

of Swelling Pressure and Corresponding Heave of Expansive Soil in Laboraory by Constructing Swell Percentage Versus Applied Total Stress Diagram " .

18- USBR , "Concrete Manual" , Mac Graw Hill , Newyourk , 1975 .

19- USBR , "Earth Manual" , 1974 .

20- USBR , "Linings for Irrigation Canals" , Denever , 1963 .

Cracking of Concrete Canal Linings Due to Hidden Swelling Potential

by

H.Rahimi & Sh.Barootkoob

ABSTRACT

Failure of concrete irrigation canal linings in the forms of cracking rupture, uplifting and opening of joints, causes loss of water and money in many countries. Following appearance of extensive cracking of concrete lining in one of Shoeybieh Sugar cane Industries unit in Khoozestan province, Iran , extensive research programs were conducted to find the main reasons. In this paper the final results of the researches are presented.

The testing program consisted of laboratory as well as field tests, including identification, chemical and mechanical tests of soil samples taken from the borrow pits and canal embankments. Dispersivity tests were conducted using pin-hole and chemical methods and swelling tests were conducted using ASTM standard and ISSMFE [1] method. The field test includes the measurement of deformations of the concrete lining and embankment of an actual ined canal with a length of 60 m, due to filling by water. The deformations were recorded by surveying of the elevations of steel bars driven to different depths under canal lining and at different points of canal and its embankment sections.

The results of laboratory tests showed that the soil is low to medium plastic with a classifcation of CL-ML, having less than one percent Soluble content, and being nondisperssive. Swelling tests conducted by ASTM and ISSMFE methods showed completely different results. ISSMFE method resulted in high free swell potential , while ASTM method indicated a low to medium potential. The results of full scale field tests were all in favor of ISSMFE method. The great difference between the results of two methods was found due to the different compaction methoc as well as the moisture content of the soil sample being prepared for swell tests. while, in ASTM method , the sample is compacted by dynamic effort, at optimum water content, in ISSMFE method compaction is done using static effort and a low water content near the shrinkage limit. Therefore , two main factors causing discrepancy between the results of the two methods,

---

1- International Society of Soil Mechanic and Foundation Engineeing.

i.e., the type of compaction and moisture content are responsible for difference in the structures of the samples being tested and finally different behaviour upon water absorption. The flocculent structure and lower compaction water content of soil sample in ISSMFE method would result to much higher free swell. Similarity between compaction method used in the field and static effort used in ISSMFE method, as well as very low soil water content of the canal embankments during lining operation, are the main reasons for swelling of the soil and finally cracking of the concrete linings.

The overall results of the field and laboratory experiments, showed that even soils of low to medium plasticity have a high swelling potential when des sication and shrinkage occur due to high temprature and aridity, as it is the case for Khoozestan province. Experiments proved that lower relative density (less than 95 %) and compaction in the wet side of optimum water content (about 2 to 3 percent) can effectively control the swelling potential . The research has also proved the superiority of ISSMFE method for evalaution of swelling potential in hot-arid zones like Southern parts of Iran.