Archive of SID

مجله علوم کشاورزی ایران
جلد ۳۳، شماره ۴، سال ۱۳۸۱ (۶۸۲-۶۷۱)

تخریب پوشش کانالها در خاکهای ماسه‌ای (مطالعه موردی شبکه آبیاری ساوه)

حسن رحیمی[۱]، نادر عباسی[۲]
۱، ۲، استاد و دانشجوی دوره دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران
تاریخ پذیرش مقاله ۸۱/۳/۸

خلاصه

در این تحقیق علل تخریب پوشش بتنی کانال اصلی شبکه آبیاری دشت ساوه مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی اسناد و گزارشهای موجود در ارتباط با کانال آبیاری دشت ساوه نشان می‌دهدکه کانال مذکور در سالهای اول بهره‌برداری مورد تخریب قرار گرفته و چندین مرحله عملیات ترمیمی انجام شده نیز کار ساز نبوده است؛ بطوریکه تخریب‌های مجدد در محل‌های قبلی و حتی در محل‌های جدیدی صورت گرفته است. نتایج بررسی‌های انجام شده قبلی در این زمینه توسط کارشناسان مختلف وجود گچ را بعنوان عامل تخریب قلمداد نموده است. در این تحقیق ابتدا از منطقه مورد نظر و محل‌های تخریب بازدید بعمل آمده وسپس اسناد و گزارشهای قبلی مورد بررسی قرار گرفت. سپس برای انجام مطالعات دقیق تر در طول کانال اصلی تعدادی چال شناسائی حفر و از عمق‌های مختلف اقدام به نمونه‌برداری و انجام آزمایشهای صحرائی گردید، نمونه‌های اخذ شده در آزمایشگاه مورد آزمایشهای فیزیکی، شیمیائی و مکانیکی قرار گرفتند. مشاهدات عینی عوارض وماهیت خاک بستر و اراضی اطراف نشان دادند که خاک بستر کانال از جمله خاکهای مشکل‌آفرین می‌باشد که در این میان واگرائی و انحلال پذیر بودن خاک محتمل‌ترین حالت بودند.نتایج آزمایش های دانه‌بندی و حدود آتربرگ نشان دادند که قسمت اعظم نمونه‌ها دارای بافت اصلی (حدود ۶۰ الی ۷۰ درصد) ماسه و با طبقه‌بندی SM و SC می‌باشند.نتایج تجزیه شیمیائی نمونه‌های مورد بررسی نشان دادند که دانه‌های سفید موجود در بعضی نقاط پروژه، آهکی بوده و مقدار گچ موجود در خاک بسیار ناچیز می‌باشد. پتانسیل واگرائی نمونه هابا استفاده از روش‌های شرارد، هیدرومتری مضاعف و پین‌هول ارزیابی گردید که طی آنها نمونه ها غیر واگرا تشخیص داده شدند. نتایج آزمایش پین‌هول نشان دادند که تعدادی از نمونه ها دارای پتانسیل واگرائی متوسط تا شدید می‌باشند. بدین ترتیب با توجه به بافت ماسه‌ای خاکها و کمی مقدار یون سدیم در خاک ماهیت فیزیکی واگرائی خاک کانال به اثبات رسید. براساس مجموعه نتایج حاصل از بررسی‌ها و انجام آزمایشهای مختلف، عوامل ایجاد خسارات و عوارض بوجود آمده در قالب سه گروه عوامل مرتبط با طراحی کانال، کیفیت اجراء و مشخصات ژئوتکنیکی بستر ارزیابی گردید که در این میان نقش عوامل ژئوتکنیکی ، یعنی وجود رگه‌های ماسه‌ای ، فراهم شدن شرایط فرسایش ، ایجاد حفرات فرسایشی وحذف تکیه گاه پوشش بتنی کانال، بعنوان عامل اصلی تخریب‌های پوشش به تائید رسید.

واژه های کلیدی: واگرائی، خاکهای مشکل آفرین،خاکهای غیرچسبنده، واگرایی فیزیکی

مکاتبه کننده: نادر عباسی

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

پوشش کانالهای آبیاری به منظور جلوگیری از تلفات نشت آب ، ایجاد بستر مقاوم در برابر فرسایش، و همچنین دلایل خاص دیگری ، بعنوان یکی از روشهای عملی افزایش راندمان انتقال و استفاده بهینه از منابع محدود آب، در نیم قرن اخیر مورد توجه خاص بهره‌برداران و متولیان صنعت آب درمناطق خشک جهان و بویژه ایران بوده است. علیرغم این تجربه طولانی و همچنین تنوع درکیفیت و انواع روشهای پوشش، در ایران روش پوشش بتنی که غالبا" با هزینه‌های بسیار زیادی نیز همراه می‌باشد مرسوم است . متاسفانه در بسیاری از پروژه‌ها مشاهده گردیده است که پوشش بتنی کانالهای آبیاری در مراحل مختلف بهره‌برداری و حتی قبل از شروع بهره‌برداری و آب انداختن کانال تخریب، و به تدریج اهداف اولیه طرح نیز زیر سئوال رفته است. مطالعات و تحقیقات انجام شده در این خصوص نشان داده‌اند که این مشکلات بنا به دلایل متعددی نظیر عدم طراحی و اجرای مناسب، عدم توجه به مسائل ژئوتکنیکی بستر و همچنین مسائل گوناگون اجتماعی و فرهنگی حادث شده است. در این میان مشکلات حادث شده در اثر بی‌توجهی به مطالعات ژئوتکنیک بستر بیشتر از سایر موارد نمود داشته و عدم توجه به آنها نه تنها باعث تخریب پوشش در سالهای اول شروع بهره‌برداری گردیده بلکه امکان اصلاح و بازسازی را مشکل، و عملا" غیر اقتصادی نموده است. گزارش ها و سوابق موجود نشان می‌دهند که در برخی از پروژه‌ها بخشی از مسیر کانال ها بر روی خاکهای مشکل آفرین ساخته شده‌اند و عدم شناخت مشخصات فنی و برخورد مناسب با این گونه خاکها موجب گردیده است که پس از احداث کانالهای آبیاری و اجرای پوشش بتنی بر روی این گونه خاکها مسائل و مشکلات متعددی در حین ساخت و یا بهره‌برداری بوجود آمده و نهایتا" منجربه تخریب موضعی و یا انهدام کامل گردیده است. در این تحقیق علل تخریب‌های ایجاد شده در پوشش بتنی کانال اصلی شبکه آبیاری و زهکشی دشت ساوه مورد تحقیق و مطالعه قرار گرفته است.

تحقیقات و مطالعات انجام شده بر روی بستر سازه‌های تخریب شده، نشان داده‌اند که خاکهای مشکل آفرین در ارتباط با سازه‌های بتنی در هفت گروه طبقه بندی می‌شوند. این خاکها که عمدتا" عبارتند از خاکهای تورم پذیر، واگرا، روانگرا، رمبنده ،انحلال‌پذیر، ناپایدار و خاکهای آلی هر یک بنابر ماهیت رفتاری و مشخصات فنی خود، ممکن است طی مراحل ساخت یا در حین دوران بهره‌برداری از سازه‌های آبی به ویژه کانالهای آبیاری، موجب تخریب آنها و بوجود آوردن خسارات مالی فراوان گردند. در مراجع موجود، موارد متعددی از تخریب کانالهای آبیاری در هر یک از موارد فوق ذکر گردیده که ذیلا" به برخی از این موارد اشاره می‌گردد.

در بررسی هائی که بر روی علل تخریب یکی از کانالهای منطقه سنت لوئیز آمریکا انجام شده خاک بستر از نوع متورم شونده ارزیابی گردیده و روابطی نیز بین مقدارتورم ، رطوبت، دانسیته خشک تراکم و حدروانی بدست آمده است(۱)

در تحقیقات انجام شده در منطقه فلسطین بر روی یک کانال۱۷ کیلومتری در بیت نتوفا مشخص گردید که خاکریز این کانال‌متشکل از رس با قابلیت تورم بسیار زیاد بوده که در نتیجه موجب تخریب کانال در قسمت‌های متعدد گردیده است.(۱)

الرفاعی (۱۳۵۵)، مشکل اساسی اراضی حوزه رودخانه فرات را در سوریه که منجر به تخریب کانالهای آبیاری احداث شده گردید، وجود مقادیر قابل توجه گچ در خاک و تخریب ساختمان و نشت خاک بر اثر پدیده شستشوی گچ ارزیابی نمود.

بررسی عوارض و علل تخریب پوشش بتنی کانالهای آبیاری شبکه گتوند در خوزستان طی سالهای ۱۳۵۴ –۱۳۶۰ نشان داد که عارضه اصلی در این تخریب ها واگرائی خاک بوده است (۶).

در رابطه با علل تخریب کانالهای آبیاری زیردست سد مخزنی زاینده رود در اصفهان، نظر مهندسین مشاور طرح و بسیاری از بررسی کنندگان وجود گچ در خاک بستر عنوان شده است(۹).

گلابتون چی و طالبی (۱۳۷۹) طی مطالعات خود در مورد علل تخریب پوشش بتنی کانالهای مناطق مختلف ایران از جمله شبکه پلدشت در شمال خوزستان ، شبکه حروق چای و صوفی چای در آذربایجان شرقی و شبکه زرینه رود در آذربایجان غربی

www.SID.ir

Archive of SID

به موارد مختلفی از جمله تورم پذیری ، واگرائی خاک بستر کانال وهمچنین یخ زدگی پوشش در فصول سرد اشاره کرده‌اند.

مواد و روشها

از آنجائیکه در این تحقیق علل تخریب پوشش بتنی کانال اصلی دشت ساوه بصورت موردی تحت مطالعه قرار گرفته است لذا ابتدامشخصات عمومی و فنی شبکه مذکور بعنوان مواد اصلی این پژوهش، و همچنین سابقه اسناد و گزارشهای موجود در مورد تخریب های آن مورد بررسی قرار گرفته و سپس برنامه مطالعات و روشهای انجام این تحقیق ارائه می‌گردد.

سیمای طرح شبکه آبیاری دشت ساوه

شبکه آبیاری و زهکشی دشت ساوه در سال ۱۳۷۳ و پس از اتمام احداث سد مخزنی ساوه و به منظور آبیاری ۲۳۵۰۰ هکتار ناخالص از اراضی زیر دست آن طراحی و اجرا گردیده است.

کانال اصلی این شبکه با ظرفیت ۱۶ متر مکعب در ثانیه، به شکل ذوزنقه‌ای با عرض کف ۱/۳ متر، شیب جانبی ۱/۵ :۱ ، ارتفاع ۲/۹ متر، و به طول ۷ کیلومتر طراحی و احداث گردیده است. این کانال ضمن عبور از مناطق با شرایط مختلف بستردر بخشی از مسیر، دیواره ساحل راست آن در خاکریزو در بقیه مسیر بویژه ساحل چپ آن در خاکبرداری قرار گرفته است.

بر اساس اسناد موجود(۲)، پس از تکمیل سد و کانال اصلی شبکه در سال ۱۳۷۴، در همان سال اول بهره‌برداری از کانال، بروز عوارض و مشکلات در بخشهائی از طول کانال مشاهده گردید همزمان با پیشرفت بهره‌برداری و جدی تر شدن عوارض و تخریبها کارفرما به ناچار عملیات ترمیم آن را بصورت تعویض برخی از قطعات بتن و یا پر کردن درز و ترک‌های پوشش انجام داده است. گزارش های متولیان طرح، بهره‌برداران و ناظرین محلی پس از انجام عملیات فوق حاکی از کار ساز نبودن عملیات ترمیم و ایجاد تخریب در نقاط جدید می‌باشد. لذا مجری طرح از کارشناسان مختلف درخواست بررسی عمیق تر مسئله و ارائه راه‌حلهای اصولی به منظور رفع مشکل می‌نماید. سپس کارشناسان پس از انجام مطالعاتی علت اصلی بروز مشکل را وجود گچ در خاک عنوان نموده و در همین رابطه راه‌حل‌هائی نیز شامل تعویض خاک بستر، عایق بندی کامل پوشش و... را ارائه نموده‌اند. در این راستا تحقیق حاضر به منظور شناسائی ماهیت اصلی مسئله و ارائه راه‌حلهای عملی به شرح زیر انجام گرفته است.

روش تحقیق و برنامه مطالعات

برنامه مطالعات در این تحقیق مشتمل بر انجام بازدیدهای محلی مکرر، بررسی گزارشهای موجود، انجام عملیات حفاری و نمونه برداری در مسیر کانال و در محلهای تخریب کانال، و انجام آزمایشهای صحرائی و آزمایشگاهی می‌باشد.

بازدیدهای محلی

برای بررسی چگونگی بروز خسارات و تدوین مراحل بعدی مطالعات در چند مرحله از محل پروژه بازدید بعمل آمد. در این بازدیدها چگونگی و ماهیت عوارض حادث شده، وضعیت زمین شناسی منطقه و طبیعت خاک بستر کانال مشاهده و مورد بررسی عینی قرار گرفت. همچنین محل انجام حفاری و نمونه برداریها و نوع آزمایشهای صحرائی و آزمایشگاهی مورد نیاز تعیین گردیدند. بر اساس این بازدیدها، عوارض ایجاد شده در پوشش کانال بصورت نشست های موضعی و ترک‌خوردگی نامنظم قطعات در جهات مختلف، اختلاف نشست یا جابجائی دو قطعه مجاور به میزان چند سانتی‌متر تا حدود ۲۰ سانتی متر نسبت به یکدیگر،خردشدن قطعه بتن و بروز حفرات فرسایشی به اندازه‌های مختلف در روی خاکریز در مجاورت لبه پوشش یا پشت پوشش بوده‌است. حتی بر اساس اسناد موجود و گواهی ناظران محلی که در حین عملیات ترمیم حضور داشته‌اند، در پشت قطعات بتنی صدمه دیده حفرات خیلی بزرگ به ابعاد و عمق بیش از ۰/۵ متر مشاهده گردید: است. بروزخسارات در نقاط محتلف کانال و بدون نظم رخ داده و تقریبا" همه موارد در قسمتهائی از طول مسیر کانال و در مقاطعی که در خاکبرداری قرار دارند مشاهده گردیده است. شکل شماره (۱) تصاویرمربوط به چگونگی وقوع خسارات را در نقاط مختلف نشان می‌دهد.

همچنین در بررسی‌های صحرائی ، خاک بستر از نوع رسوبات تحکیم نیافته جدید با بافت متغیر از ماسه ریز نسبتا" تمیز تا مخلوطهای ماسه - سیلت و رس سیلت تشخیص داده شد. وجود دانه‌های سفید رنگ در خاک به ابعاد و مقادیر کاملا" مختلف در خاک نیزاز جمله ویژگیهای بارز خاک این منطقه به شمار می‌رود که در بررسی‌های قبلی بعنوان ذرات گچ تلقی

www.SID.ir

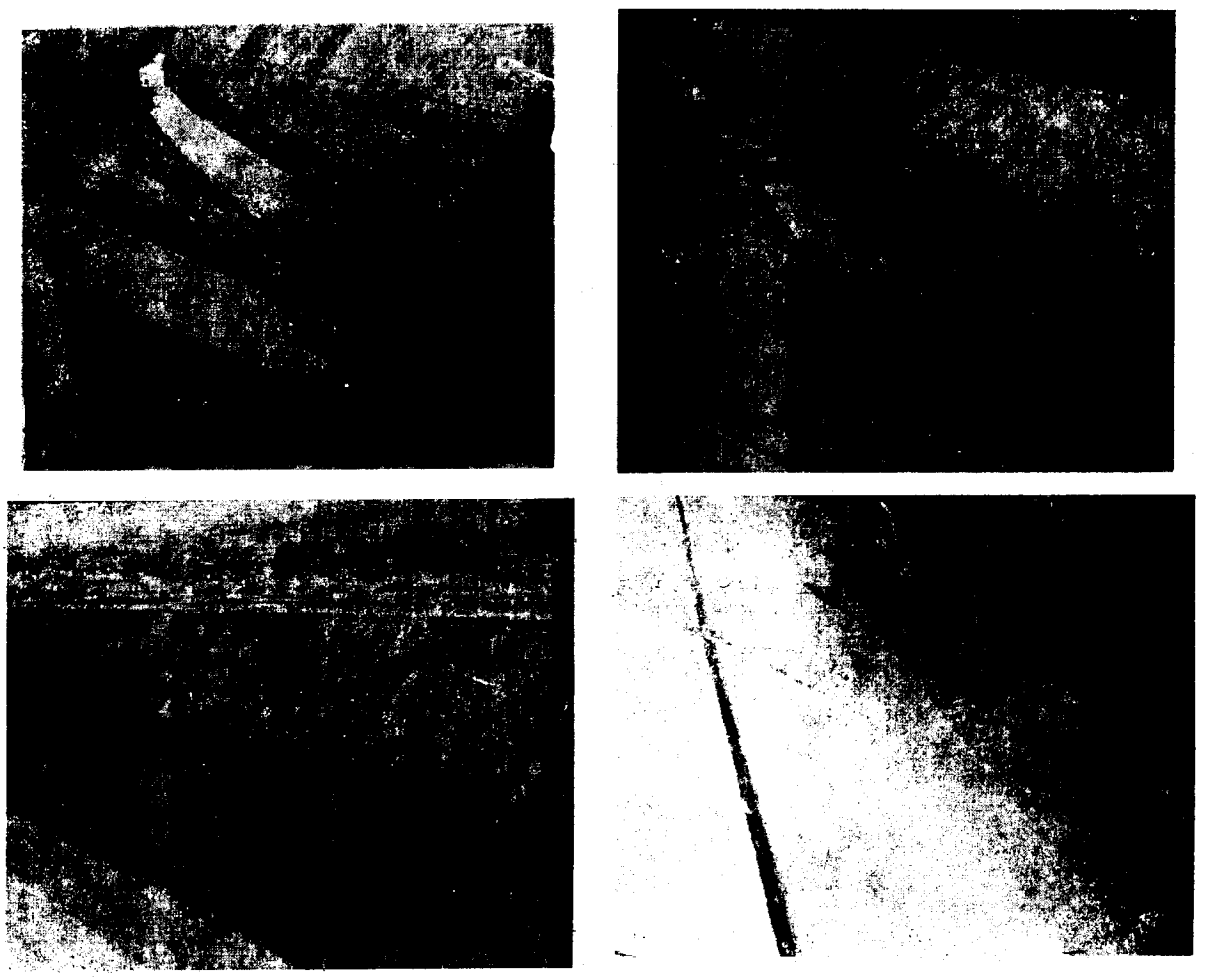
Archive of SID

گردیده بود. وجود رگه‌های خالص ماسه بادی به ضخامت حدود چند ده سانتی‌متر نیز از جمله مواردی بود که در خاکریزهای اطراف مشاهد گردید. در این بازدیدها برای ارزیابی دقیق‌تر مسئله حفر ۱۲ حلقه چال شناسائی (Test pit) به عمق حداکثر ۴ متر در طول مسیر کانال و بویژه در مناطق خسارت دیده و نمونه‌برداری از هر عمق با انجام آزمایش دانسیته صحرائی مد نظر قرار گرفت. همچنین مقرر گردید آزمایشهای شناسائی فیزیکی و شیمیائی بویژه تعیین میزان سولفات کلسیم آبدار (گچ) و آزمایشهای ارزیابی واگرائی انجام گردند.

در بررسی گزارشهای موجود و مذاکره با ناظران محلی چنین برداشت میشود که علت اصلی بروز خسارات وجود گچ در خاک ارزیابی شده و راه‌حلهای ارائه شده برای ترمیم و اصلاح نیز در همین راستا بوده است در برخی از گزارش‌ها وجود دانه‌های سفید رنگ موجود در خاک بعنوان دلیل اصلی وجود گچ‌تلقی‌شده‌وبرخی‌دیگرباستناد به نتایج آزمایشهای‌آزمایشگاهی وجود حتی ۱۵ درصد گچ در خاک را گزارش نموده‌اند.

حفاری و نمونه برداری

همانطورکه قبلا" اشاره گردید، برای انجام مطالعات دقیق‌تر، در طول کانال اصلی حفر ۱۲ حلقه چال شناسائی به عمق ۴ متر و نمونه‌برداری از هر عمق آنها پیشنهاد گردید. این چالهای شناسائی در ۶ نقطه از مسیر کانال و در هر نقطه ۲ چال شناسائی یکی در محل تخریب و دیگری در مجاورت آن و به فاصله ۲۰ الی ۵۰ متری از محور کانال حفاری گردیدند. جدول شماره (۱) موقعیت چالهای شناسائی در طول مسیر کانال را نشان می‌دهند.



شکل ۱ – چگونگی بروز خسارات در نقاط مختلف شبکه

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شماره ۱- موقعیت نقاط حفاری و نمونه برداری

موقعیت چاهک	کیلومتر	شماره چاهک	موقعیت	کیلومتر	شماره چاهک
مجاور کانال	۴+۷۵۰	T4A	مجاور کانال	۳+۲۹۳	T1A
زیربستر	۴+۷۵۰	T4	زیر بستر	۳+۲۹۳	T1
مجاور کانال	۶+۶۵۰	T5A	مجاور کانال	۳+۷۵۰	T2A
زیر بستر	۶+۶۵۰	T5	زیر بستر	۳+۷۵۰	T2
مجاور کانال	۰+۱۵۰	T6A	مجاور کانال	۴+۳۷۰	T3A
زیر بستر	۰+۱۵۰	T6	زیر بستر	۴+۳۷۰	T3

بدین ترتیب از هریک از چاهک ها ۴ سری نمونه از عمقهای مختلف و مجموعا" ۲۴ نمونه خاک تهیه و جهت تعیین مشخصات فیزیکی ، شیمیائی و مکانیکی مورد نیاز به آزمایشگاه انتقال داده شدند. همچنین با توجه به اینکه دانسیته صحرائی خاک بستر کانال می‌تواند در رفتار بعدی خاک بویژه پس از جاری شدن آب در کانال موثر باشد، لذا در این مرحله از مطالعات در حین انجام عملیات حفاری، دانسیته صحرائی خاک زیر بستر کانال در عمق های مختلف به روش مخروط ماسه تعیین گردید.

آزمایشهای آزمایشگاهی

آزمایشهای آزمایشگاهی انجام شده مشتمل بردو گروه آزمایشهای شناسائی فیزیکی و شیمیائی می‌باشند که با توجه به رفتار خاک بستر در زیر پوشش بتنی کانال انتخاب وانجام گردیده اند.

به منظور ارزیابی و تعیین مشخصات خاک زیر بستر کانال و نقاط مجاور آزمایشهای شناسائی فیزیکی شامل تعیین رطوبت، دانه‌بندی، حدود اتربرگ، طبقه بندی، و آزمایشهای تعیین مشخصات شیمیائی شامل تعیین مقدار گچ ، یون سولفات ، TDS ، مقادیر کاتیونهای اصلی و هدایت الکتریکی بر روی نمونه‌های اخذ شده بر اساس استانداردهای معتبر و عمدتا" ASTM انجام گردید.

علاوه بر آزمایشهای شناسائی، آزمایشهای تعیین میزان واگرائی به منظور ارزیابی پتانسیل واگرائی نمونه خاکها انجام گرفت. واگرائی ممکن است دارای ماهیت شیمیائی و یا فیزیکی بوده و طی آن ذرات خاکهای رسی (واگرائی شیمیائی)، ماسه ریز و سیلت درشت غیر چسبنده (واگرائی فیزیکی) در اثر تماس با آب چسبندگی خود از دست داده و با کمترین نیروی نشت آب از محیط خارج می‌شوند. این امر باعث ایجاد فرسایش درونی در خاک گردیده و نهایتا" منجر به تخریب سازه‌های مجاور می‌شود. با توجه به نتایج آزمایش‌های شناسائی انجام شده احتمال واگرائی شیمیائی به واسطه وجود ذرات رس در خاک تقریبا" منتفی بود و این احتمال وجود داشت که خاکهای ماسه‌ای ریز و سیلت درشت دارای پتانسیل واگرائی فیزیکی باشند. همچنین به خاطر اطمینان آزمایش هیدرومتری مضاعف وپین هول بر روی کلیه نمونه‌های مورد آزمایش انجام گرفت. در آزمایش هیدرومتری مضاعف ، آزمایش در دو حالت با و بدون ماده پراکنده ساز و همزن انجام میشود و سپس نسبت درصد ریز تراز ۵ میکرون در حالت دوم نسبت به حالت اول بعنوان معیار ارزیابی واگرائی مورد تعیین می‌گردد. اگر این نسبت بیشتر از ۵۰٪ باشدخاک واگرا تلقی میشود. این آزمایش در مواردیکه واگرائی منشاء شیمیائی داشته باشد، مناسب تر است. آزمایش پین هول نیز که توسط شراد در سال ۱۹۷۷ ابداع گردیده‌است پتانسیل واگرائی اعم از منشاء شیمیائی یا فیزیکی را با ایجاد یک سوراخ به قطر یک میلی‌متر در خاک و جریان دادن آب تحت بارهای هیدرولیکی مختلف از آن مورد ارزیابی قرار می‌دهد. شدت واگرائی در این آزمایش بر اساس قطر نهائی سوراخ، رنگ آب خروجی و نیز دبی آب خروجی تحت بارهای هیدرولیکی مختلف سنجیده می‌شود.

نتایج و بحث

نتایج مطالعات محلی وآزمایشهای صحرائی

مجموعه نتایج حاصل از بررسی اسناد و گزارشهای مطالعات انجام شده قبلی و همچنین بازدیدهای مکرر و مشاهده عینی عوارض و ماهیت خاک بستر و اراضی اطراف نشان دادند که خاک بستر کانال از جمله خاکهای مشکل آفرین می‌باشد که در این میان واگرائی و انحلال پذیر بودن خاک محتمل ترین حالت بودند. همچنین نتایج آزمایش دانسیته صحرائی خاک بستر کانال نشان دادند که دانسیته خشک خاک در جا بین ۱/۵۵ الی ۱/۹۴ گرم بر سانتی متر مکعب متغییر است که در برخی موارد نشانه کمی دانسیته خاک در جا می‌باشد. بدیهی است که این

www.SID.ir

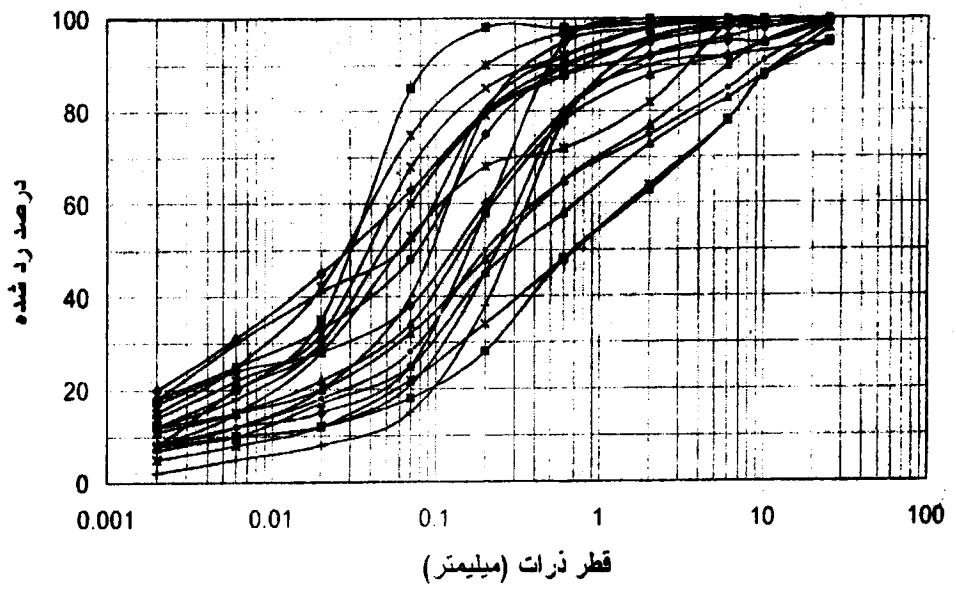
Archive of SID

امر نیز می‌تواند در بروز قسمتی از خسارات بوجود آمده موثر باشد و لازم است در تحلیل نهائی مورد توجه قرار گیرد.

نتایج آزمایشهای شناسائی فیزیکی

رطوبت طبیعی نمونه‌های مورد آزمایش متناسب با بافت انها و بین حداقل ۶ تا حداکثر ۲۲ درصد تعیین گردیدند، بگونه‌ای که در خاکهای با بافت رسی و سیلتی این رطوبت بیشتر و در خاکهای ماسه‌ای مقدار رطوبت کمتر بوده است. بدین ترتیب نتایج آزمایش‌های تعیین رطوبت تطبیق رطوبت طبیعی و بافت خاک را نشان داده است.محدوده منحنی های دانه‌بندی خاکهای مورد آزمایش در شکل شماره (۲) ارائه گردیده است. همانطوریکه از شکل مذکور مشاهده می‌شود، اکثر نمونه ها از نوع ماسه‌ای ، ماسه رسی، ماسه و سیلتی و چند مورد نیز از نوع رس - سیلت می‌باشند. مقدار ذرات درشت‌تر از ماسه (درشت تراز۴/۷۶ میلی متر) در بیشتر موارد کمتر از ۵ درصد و در مواردی بین ۵ تا ۱۰ درصد و در یکی دو مورد نیز کمی بیشتر از ۱۰ درصد می‌باشد. مقدار ذرات رس و سیلت (ذرات کوچکتر از ۰/۰۷۵ میلی‌متر) در اغلب نمونه بین ۱۰ الی ۳۰ درصد و در موارد معدودی کمتر از ۱۰ درصد و یا بیشتر از ۳۰ درصد بوده است. این امر نشان می‌دهد که قسمت اعظم نمونه‌ها دارای بافت اصلی ماسه‌ای با مقدار ماسه ۶۰ الی ۷۰ درصد می‌باشند. این ویژگی باید در تجزیه و تحلیل نهائی رفتار خاک مورد توجه قرار گیرد. نتایج آزمایش تعیین حدود اتربرگ نشان دادند که کلیه نمونه ها از حد روانی و دامنه خمیری کمی برخوردار هستند بگونه‌ای که مقدار حد روانی و نمایه خمیری در آنها به ترتیب کمتر از ۳۰ و ۱۰ درصد می‌باشد. حتی در بسیاری از موارد نمونه ها کاملا" غیر خمیری یا دارای خاصیت خمیرائی کم ارزیابی گردیدند. وجود مقدار زیاد ماسه وسیلت غیر خمیری و رس غیر فعال در خاک بهمراه برخی از کاتیونهای کاهنده خمیرائی نظیر یون کلسیم در خاک به بروز خاصیت غیر خمیری منجر گردیده است.

طبقه بندی نمونه‌های مورد مطالعه با توجه به دانه بندی و خاصیت خمیرائی آنها و بر اساس سیستم یونیفاید (USCS) انجام گرفت. بر اساس این طبقه بندی حدود ۷۰ درصد خاکهای مورد مطالعه در گروه خاکهای ماسه‌ای با طبقه بندی های SC,SM بوده و مابقی نمونه‌ها از نوع خاک رسی با خمیرائی کم و با طبقه بندی CL می باشند. بدین ترتیب ویژگیهای مذکور نیز می‌توانند بعنوان معیاری برای ارزیابی علل عوارض ایجاد شده تلقی گردند.



شکل ۲- محدوده منحنی های دانه‌بندی خاکهای بستر کانال

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج آزمایشهای شناسایی شیمیایی

تعیین میزان گچ

از آنجائیکه در بررسی های قبلی علت اصلی بروز خسارات ایجاد شده در پوشش کانال اصلی پروژه ساوه به وجود گچ در خاک نسبت داده شده بود و همچنین وجود دانه های سفید رنگ در خاک در مرحله اول وجود گچ در خاک و انحلال پذیری خاک بسترا در ذهن متبادر می‌ساخت. لذا آزمایش تعیین میزان گچ موجوددر خاک در آزمایشگاه تخصصی خاکشناسی با دقت زیاد با غلظت‌های مختلف عصاره اشباع انجام گردید بدین ترتیب که برای تعیین مقدار گچ از روش استون از عصارهٔ اشباع با سیستمهای مختلف ($\frac{1}{5}, \frac{1}{10}, \frac{1}{25}$) استفاده گردید. نتایج بدست آمده از این آزمایش در جدول شماره ۳ ارائه گردیده است. علاوه بر آزمایش مذکور دانه‌های سفیدرنگ در زیر میکروسکوپ مورد ارزیابی قرار گرفت. مشاهدات عینی بعمل آمده از میکروسکوپ عدم وجود کریستالهای گچ را اثبات نمود. نتایج این بررسی ها بهمراه آزمایش واکنش دانه‌های سفید با اسیدکلریدریک که طی آن کلیه ذرات سفید رنگ موجود در خاک با اسید کلریدریک به شدت واکنش داشتند، نشان دادند که دانه‌های سفید آهکی بوده و مقدار گچ موجود در خاک بسیار ناچیز و در حد کمتر از ۱/۵ درصد می‌باشند. بدین ترتیب احتمال انحلال پذیری خاک بستر کانال منتفی گردید.

سایر آزمایشهای شیمیائی

برای ارزیابی مشخصات شیمیائی خاک و تعیین رفتار آن در مجاورت آب، مقادیر کاتیونهای اصلی نمونه‌های مورد ارزیابی تعیین گردیدند که نتایج مطابق جدول ۳ می‌باشد.

جدول ۳- مشخصات شیمیائی نمونه‌های مورد آزمایش

شماره نمونه	موقعیت نمونه	درصد گچ	کاتیون ها (قسمت در میلیون)			
			کلسیم	منیزیم	سدیم	پتاسیم
۱	T1	۰/۵۶	۶۰-۱۰۰	۶۰	۱۵-۱۳۰	۳-۶
۲	T2	۰/۶۷	۴۴۰	۲۴	۱۵۰-۵۰۰	۵-۱۷
۳	T3	۰	۳۰۰-۶۰۰	۲۵-۶۰	۸۵	۱۰-۳۵
۴	T4	۰	۱۵۰-۴۰۰	۲۵-۶۰	۱۵-۶۰	۲-۱۰
۵	T5	۰	۶۰-۲۵۰	۴۰	۱۴۵-۱۰۰۰	۲-۸
۶	T6	۱/۳۸	۲۶۰-۴۲۰	۶۰-۱۷۰	۲۰۰-۱۷۵۰	۶-۱۰

با توجه به نتایج مذکور پتانسیل واگرائی شیمیائی خاک‌های مورد آزمایش بر اساس نمودار شرارد و سایر روشهای مشابه و همچنین بر اساس آزمایش هیدرومتری مضاعف ارزیابی گردید که در نهایت کلیه نمونه‌ها به لحاظ واگرائی شیمیائی ، غیرواگرا تشخیص داده شدند.

نتایج آزمایش پین هول

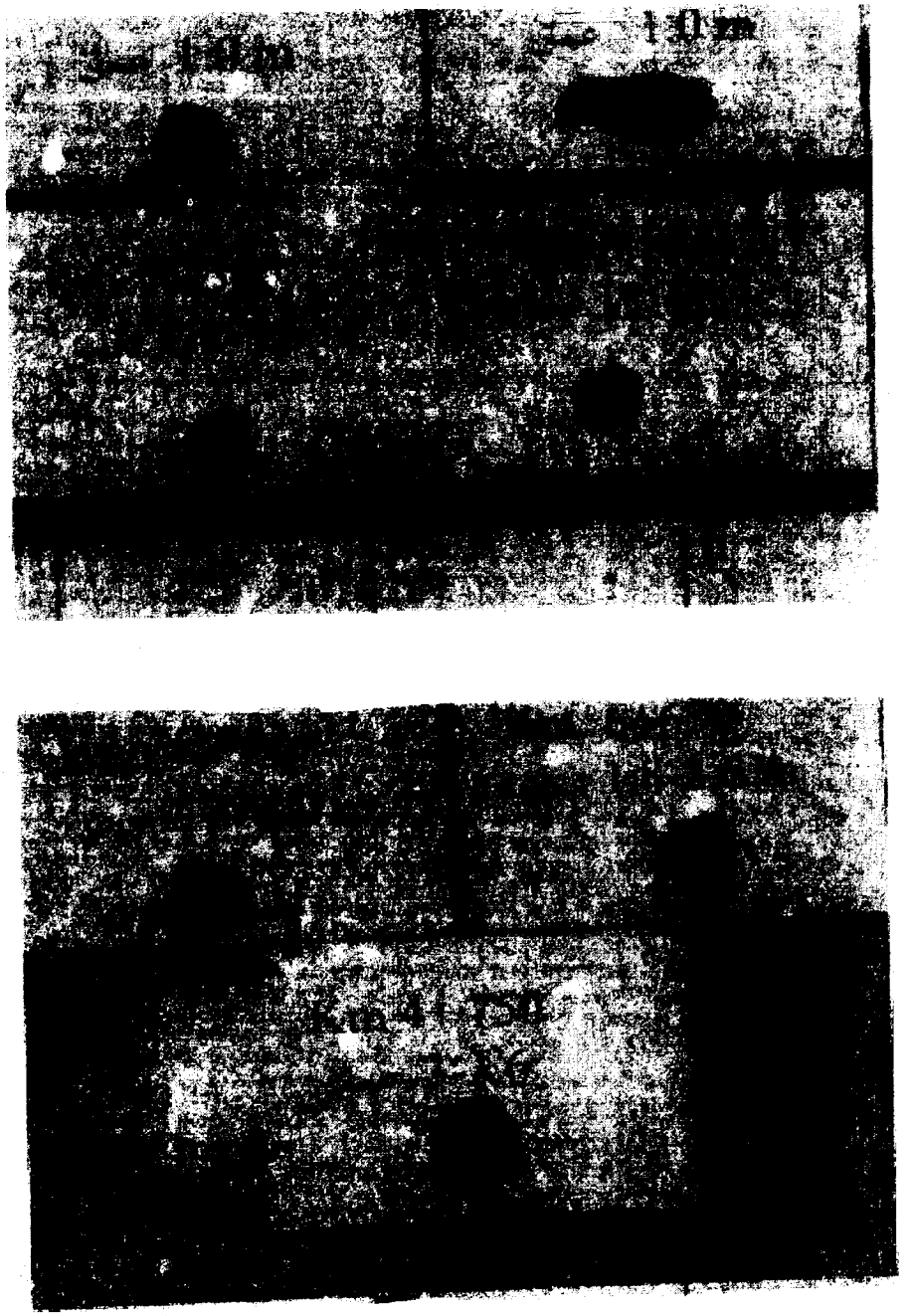
علیرغم اینکه تمامی نمونه‌های مورد آزمایش بر اساس آزمایشهای هیدرومتری مضاعف و روش شیمیائی شرارد از نظر شیمیائی غیر واگرا تشخیص داده شده بودند، با توجه به بافت ماسه‌ای اکثر نمونه ها این احتمال وجود داشت که نمونه های ماسه بصورت فیزیکی واگرا باشند. لذا آزمایش پین هول که قادر به ارزیابی واگرائی شیمیائی و فیزیکی خاک می‌باشد بر روی کلیه نمونه‌ها انجام گرفت. براساس نتایج بدست آمده از این آزمایش‌ها تعدادی از نمونه‌ها دارای پتانسیل واگرائی متوسط تا شدید ارزیابی گردیدند، بگونه‌ای که در برخی موارد نمونه خاک حتی در مراحل اولیه آزمایش به شدت فرسایش یافته و کاملا" از بین رفتند. بعلاوه رفتار نمونه‌های مذکور در مجاورت آب به شکل دیگری نیز ارزیابی گردید. بدین صورت که ابتدا نمونه‌ها با رطوبت بهینه متراکم و در ظرف آب قرار داده شدند. بعضی از نمونه‌ها بلافاصله پس از استغراق از هم پاشیده و از بین رفتند. شکل شماره ۳ وضعیت نمونه‌ها را پس از آزمایش پین‌هول را نشان می‌دهند. از بین نمونه‌های مورد آزمایش ، مشخصات نمونه‌هائی که دارای پتانسیل واگرائی شدید و یا متوسط بودند در جدول شماره ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- نمونه‌های واگرا و موقعیت آنها

توصیف	عمق (متر)	موقعیت نمونه
واگرائی شدید	۱	T5A
واگرائی شدید	۱	T6A
واگرائی شدید	۳-۳/۶	T4.
واگرائی شدید	۱	T3A
واگرائی متوسط	۴-۲/۷	T2
واگرائی متوسط	۱-۰	T5
واگرائی متوسط	۴-۲/۷	T1
واگرائی متوسط	۱/۶-۰	T2
واگرائی متوسط	۲۷-۱/۶	T2
واگرائی متوسط	۱-۰	T4
واگرائی متوسط	۲-۰	T6

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳ - وضعیت نمونه‌ها پس از آزمایش پین‌هول

با توجه به نتایج مذکور و بافت ماسه‌ای خاک و همچنین کمی مقدار یون سدیم در خاک، ماهیت فیزیکی واگرائی خاک بستر کانالها به اثبات می‌رسد.

کاوش (تجزیه و تحلیل نتایج)

بر اساس مجموعه نتایج حاصل از بررسی‌های محلی و گزارش‌های موجود و همچنین نتایج آزمایشهای صحرائی و آزمایشگاهی عوامل ایجاد خسارات و عوارض بوجود آمده در قالب سه گروه عوامل مرتبط با طراحی کانال، عوامل مرتبط با کیفیت اجرا، و عوامل مرتبط با مشخصات ژئوتکنیکی بستر ارزیابی می‌گردد.

عوامل مربوط به طراحی کانال

با بررسی مشخصات هیدرولیکی کانال احداث شده و با در نظر گرفتن مشخصات و ضوابط طراحی موجود در این خصوص به نظر می‌رسد که عرض کف کانال نسبت به عمق آن کم است،

www.SID.ir

Archive of SID

ولی شیب جدار کانال با توجه به عمق آن در شرایط اشباع مورد تحلیل پایداری قرار گرفت که در بدترین شرایط نیز دارای ضریب اطمینان بیشتر از ۱/۵ بود.

همچنین بررسی عینی طول مسیر کانال و شرایط توپوگرافی منطقه نشان دهنده پایداری شیب‌ها و عدم وجود هر نوع لغزش یا ریزش کلی و موضعی در طول مسیر است که این نشان دهنده پایداری مقطع کانال می‌باشد.

بررسی مقطع کانال در مسیر نشان دهنده عدم وجود هر نوع علامت رسوبگذاری یا فرسایش در طول مسیر است، که این امر بیانگر سرعت مناسب جریان آب در کانال به لحاظ هیدرولیکی می‌باشد. بدین ترتیب نتیجه‌گیری می‌شود که به جز کم بودن عرض کف کانال نسبت به عمق آن مشکل خاص دیگری در رابطه با طراحی کانال وجود ندارد. مسئله کم بودن عرض کف هم نمی‌تواند موجب ایجاد خسارات حاصله باشد، لذا طراحی کانال نمی‌تواند عامل بروز این خسارات تلقی گردد.

عوامل مرتبط با کیفیت اجرا

از نظر مسایل اجرایی ، چگونگی و کیفیت عملیات خاکی بستر، بویژه میزان تراکم خاک در زیر پوشش و نیز کیفیت و روش اجرای پوشش بتنی می‌توانند در بروز خسارات موثر باشند. بررسی‌های بعمل آمده در برخی از قسمتهای کانال که پوشش روی آنها برداشته شده بود نشان از ناهمواری نسبی سطح کانال پس از رگلاژ نهائی می‌باشد، که این امر از روی ضخامت متغییر قطعات بتنی تخریب شده (بین ۶ تا ۲۰ سانتی‌متر) قابل مشاهده بود. بعلاوه عوارض موجود نشان می‌دهد که احتمالا" در قسمتهایی از سطح بستر کانال نیز خاک متراکم نشده است. این امر می‌تواند موجب نشست موضعی یا فرسایش زیر سطحی شود. در بررسی‌های انجام شده مشکلی از نظر کیفیت بتن مشاهده نگردیده است.

در مجموع با توجه به چگونگی و تنوع خسارات ایجاد شده می‌توان نتیجه گرفت که عوامل مذکور تا حدودی در بروز خسارات موثر بوده‌اند اما نمی‌توان آن را عامل اصلی قلمداد نمود چرا که در برخی از نقاط حفرات بسیار بزرگی (به قطر بیش از ۰/۵ متر) در پشت پوشش مشاهده گردیده است.

مسئله دیگری که در رابطه با مسائل اجرائی قابل ذکر است، عدم وجود مصالح مناسب و تنظیم شیب در روی تاج خاکریز مجاور کانال و در نتیجه هدایت آبهای سطحی به پشت پوشش بتنی بوده است.در حال حاضر شیب سطح خاکریزعمدتا" بسمت داخل کانال بوده و حتی در برخی نقاط لبه خاکریز در مجاورت کانال کاملا" گود شده و به لحاظ ارتفاعی پائین‌تر از نقاط اطراف است، و این امر موجب هدایت مستقیم آبهای سطحی به پشت پوشش می‌گردد.

مورد قابل ذکر دیگر در ارتباط با مسائل اجرائی ، نوع و کیفیت سیستم آببندی درزهای پوشش کانال می‌باشد. سیستم آببندی موجود از نظر ابعاد و نوع مصالح پرکننده درزها، از کیفیت بسیار نامطلوبی برخوردار می‌باشد بطوریکه در بسیاری از موارد، ماده پرکننده از بین رفته و آب به سهولت از طریق درزها به زیر پوشش بتنی نفوذ می‌کند. بنابراین مسائل اجرائی به لحاظ ایجاد مسیر مناسب برای نفوذ آب به پشت پوشش بتنی کانال به دو طریق یاد شده موثر بوده‌اند.

عوامل مرتبط با مشخصات ژئوتکنیکی بستر

بررسی خسارات ایجاد شده در پوشش کانال، تغییر شکلهای حادث شده و وجود حفرات بسیار بزرگ در پشت پوشش بتنی تماما" بیانگر تخریب پوشش در اثر از بین رفتن بستر یا تکیه گاه پوشش بتنی کانال است. این موضوع غیر عادی و یا مشکل آفرین بودن خاک بستر کانال را به اثبات می‌رساند که در این رابطه با توجه به بررسی‌های بعمل آمده دو علت اصلی زیر قابل طرح می‌باشد.

الف) شستشوی بخشی از ذرات جامد خاک بستر کانال در اثر وجود مواد انحلال پذیر (بویژه گچ)

ب) فرسایش و مهاجرت ذرات خاک بعلت پدیده واگرائی فیزیکی و یا شیمیائی خاک.

همانطوریکه در قسمت ۴ این مقاله بیان گردید، نتایج آزمایشهای تعیین مشخصات شیمیائی و مقدار گچ خاک نشان دادند که مقدار گچ موجود در خاک بسیار ناچیز بوده و دانه‌های سفید رنگ موجود نیز آهکی می‌باشند لذا انحلال پذیر بودن خاک نمی‌تواند عامل ایجاد این خسارات گردد. مضافا" اینکه بر اساس منابع علمی موجود، فرآیند انحلال و شسته شدن گچ بسیار کند و نیازمند گذشت زمان طولانی و فراهم شدن شرایط خاص می‌باشد [۵] .در حالیکه در رابطه با کانال مورد تحقیق بسیاری از عوارض تخریب در زمان کوتاهی پس از شروع

www.SID.ir

Archive of SID

بهره‌برداری مشاهده گردیده‌است. نتایج آزمایشهای شیمیائی (روش شرارد) و هیدرومتری مضاعف موید عدم واگرائی شیمیائی خاک بستر کانال می‌باشند. در حالیکه نتایج آزمایش پین هول و بررسی‌های صحرائی بیانگرواگرائی خاک بستر بوده است. در نتیجه علت اصلی بروز مشکلات و خسارات ایجاد شده در پوشش کانال اصلی سد ساوه فرسایش و مهاجرت ذرات خاک بعلت وجود رگه‌های متشکل از ماسه ریز و نسبتا" تمیز در خاک بستر و بعبارت دیگر واگرائی فیزیکی خاک بستر کانال می‌باشد. بررسی‌های زمین شناسی منطقه نیز وجود رگه‌های ماسه‌ای با ابعاد مختلف را به وفور در خاکبرداریهای موجود نشان می‌دهد ، که متاسفانه در حین مراحل مطالعاتی و ساخت کانال به این امر توجه کافی مبذول نگردیده است. از نظر ژئوتکنیکی خاکهای ماسه‌ای ریز با طبقه‌بندی های SM,SP و SM-SC دارای پتانسیل فرسایش پذیری در مجاورت آب جاری بوده و به ویژه در احداث کانالهای آبیاری از جمله خاکهای مشکل‌آفرین محسوب میگردند. بدین ترتیب بعلت نامناسب بودن سیستم آب‌بندی کانال و شیب‌تاج خاکریز مجاور کانال، آب های سطحی و آب درون کانال به پشت پوشش هدایت و پس از اشباع نمودن منجر به شسته شدن ذرات ماسه و خارج نمودن آنها از محیط گردیده که این امر موجب ایجاد حفره‌های فرسایشی بزرگ در پشت پوشش شده ودر نهایت باعث بروز عوارض مختلف از جمله نشست قطعات بتنی ، ترک خوردگی و تخریب کانال گردیده است. با توجه به تصادفی بودن وجود رگه‌های ماسه‌ای در خاک بستر، بروز خسارات نیز بصورت تصادفی و نامنظم و در محلهای بروز رگه‌های مذکور رخ داده‌است. و هر جا مقداری ذرات رس و سیلت در خاک بستر وجود داشته، خاک دارای ثبات و پایداری بیشتری بوده و خسارات در آن نقاط مشاهده نمی‌شود.

بدین ترتیب عوامل ژئوتکنیکی ، یعنی وجود رگه‌های ماسه‌ای ، فراهم شدن شرایط فرسایش، ایجاد حفرات فرسایشی و حذف تکیه گاه پوشش بتنی کانال بعنوان عامل اصلی تخریب‌های حادث شده مورد تائید قرار می‌گیرد.

پیشنهادات برای کنترل و ترمیم خسارات

همانطوریکه اشاره گردید، وجود رگه‌های ماسه بادی تمیز در خاک بستر کانال و نیز وجود مقادیر قابل توجه ماسه در خاکهای ماسه رسی و ماسه سیلتی باعث واگرائی فیزیکی و خارج شدن ذرات از محیط گردیده و نهایتا" تخریب کانال را موجب گردیده است. بنابراین راه‌حلهای مقابله با آن نیز باید در همین راستا جستجو شود. از آنجائیکه معمولا" راه‌حلهای ترمیمی در اغلب موارد با هزینه‌های نسبتا" سنگین همراه است لذا انتخاب آنها باید با توجه به شدت خسارات و مشکلات ایجاد شده ، هزینه‌های تَرمیم و امکانات فنی- اقتصادی موجود صورت گیرد. در این خصوص با توجه به تجربیات موجود در سطح دنیا راه‌حلهای زیر قابل بررسی است.

- تعویض خاک بستر
- تعویض مسیر کانال
- اصلاح خاک بستر
- تزریق دوغاب سیمان

درشرائطی کانال احداث شده و در حال بهره‌برداری باشد، تغییر مسیر کانال قابل طرح نمی‌باشد و حتی تعویض خاک بستر در سرتاسر مسیر نیز از نظر اجرائی و اقتصادی قابل توجیه نیست. لذا با عنایت به موارد مذکور و با توجه به شرایط پروژه، راه‌حلهای زیر برای پروژه در حال بهره برداری ارائه می‌گردد.

الف) تنظیم شیب تاج خاکریز و هدایت آبهای سطحی

با توجه به پتانسیل نفوذ آبهای سطحی روی تاج خاکریز به پشت کانال لازم است سطح تاج خاکریز با کوبیدن یک لایه خاک رسی با نفوذ ناپذیری خیلی کم تا سطح گوشواره بتنی لبه کانال آبندی شده و با شیب مناسب به سمت خارج کانال رگلاژ و سپس توسط یک لایه شنی به ضخامت حدود ۱۵ سانتی متر محافظت گردد. این عمل موجب هدایت آبهای سطحی به کانال زهکش جانبی و جلوگیری از نفوذ آبها به پشت کانال می‌شود.

ب) ترمیم سیستم آببندی درزهای پوشش

کلیه درزها تمیز شده و با تراشیدن بابعاد استاندارد تبدیل و سپس توسط مواد آب بندی کننده مرغوب و استاندارد پر شوند بگونه‌ای که امکان نفوذ آب از طریق آن به پشت پوشش منتفی گردد.

ج) ترمیم قسمت های خسارت دیده

در قسمت‌هائی از مسیر کانال که پوشش ترک‌خورده و یا جابجا شده است، لازم است قطعات بتن بطور کامل برداشته

www.SID.ir

Archive of SID

شده و کلیه خاکهای سست و ماسه‌ای زیر آن نیز به ضخامت حدود ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر برداشته شده و با یک لایه از مصالح مرغوب زیر جایگزین شود.

- خاک رس سیلتی با خمیرائی کم تا متوسط که بخوبی متراکم شده باشد.
- شفته آهکی متشکل از مصالح محلی مخلوط با حدود ۲۵۰ کیلوگرم آهک در متر مکعب.
- شفته سیمانی متشکل از مصالح محلی با حدود ۲۰۰ کیلوگرم سیمان پرتلند.

پس از تکمیل بستر ، اجرای پوشش بتنی با بتن مرغوب بعمل آید. لازم بذکر است که با توجه به شیب جدار و عمق زیاد کانال، پس از بتن ریزی باید شمشه کشی از پائین به بالا بعمل آید.

د) پیش‌گیری از تخریب قسمتهای ظاهرا" سالم

از آنجائی که ممکن است در قسمت‌های خسارت ندیده کانال نیز حفره های فرسایشی بصورت پنهان وجود داشته و در آینده موجب خسارت شوند، لذا توصیه می‌شود با کمک ضربات چکش و صدای حاصله وجود حفره در پشتِ پوشش ارزیابی و در صورت مثبت بودن، با کمک روش تزریق دوغاب سیمان و یا خمیرماسه سیمان حفره‌های موجود پر و خاک بستر تثبیت گردد. این تزریق باید تا عمق حدود ۰/۴ تا ۰/۵ متر و با فشار نسبتا" کم صورت گیرد تا موجب جابجائی بستر و قطعات پوشش موجود نگردد.

بدیهی است که درجه تاثیر راه‌حلهای پیشنهادی به مهارت و دقت در عملیات اجرائی بستگی داشته و عدم دقت و رعایت اصول فنی در هر یک از مراحل موجب بروز خسارات در آینده خواهد شد. بهمین علت انتخاب پیمانکار مناسب و پرسنل فنی ماهر و نیز کنترل کیفی عملیات و نظارت دقیق بر اجراء در موقعیت آن بسیارموثر خواهد بود.

مراجع مورد استفاده

۱. الرفاعی، ن، ۱۳۵۵. مسائل ایجاد شده در شبکه آبیاری زمینهای گچدار حفره رودخانه فرات در سوریه. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، نشریه شماره ۱۶.

۲. رحیمی، ح. ۱۳۷۹. مسائل احداث کانالهای آبیاری در خاک‌های نامتعارف. مجموعه مقالات کارگاه فنی ساخت کانالهای آبیاری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی

۳. اسناد و گزارشهای مربوط به طراحی و احداث شبکه آبیاری دشت ساوه ، سازمان آب منطقه‌ای تهران. (مراجعه شخصی)

۴. رحیمی، ح. ۱۳۶۸. مسائل سازه‌های آبی درخاکهای شور و گچی ، اولین مجمع فنی ژئوتکنیک در سد سازی و منابع آب .

۵. رحیمی، ح.، تاتلاری. ش. و پ. نژادهاشمی. ۱۳۷۷ . ارزیابی مشخصات فیزیکی و شیمیائی خاکهای گچی . مجله علوم کشاورزی ایران جلد ۲۹ شماره ۱.

۶. رحیمی، ح.، و م . دلفی . ۱۳۷۲. روش شیمیائی جدید برای تشخیص پتانسیل واگرائی خاکهای رس. مجموعه مقالات دومین کنفرانس بین المللی مکانیک خاک دانشگاه تهران.

۷. رحیمی، ح. و ش. باروتکوب. ترک‌خوردگی پوشش بین کانالهای آبیاری بر اثر پتانسیل پنهان. تورم مجله علوم کشاورزی ایران جلد ۲۷ ، شماره ۴.

۸. عسگری، ف. ا. و ع . فاخر . ۱۳۷۲. تورم و واگرائی خاکها. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران.

۹. رحیمی، ح. و ح. آذین فر. ۱۳۷۷. بررسی عوارض تخریب سازه‌های آبی در ارتباط با نوع و مقدار گچ. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبیای و آبادانی دانشکده کشاورزی کرج.

۱۰. گلابتونجی، ا. و س. طالبی، ۱۳۷۹. برخی علل ترک‌خوردگی و روشهای اجرائی علاج بخش آنها، مجموعه مقالات فنی ساخت کانالهای آبیاری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی.

www.SID.ir

Archive of SID

Failure of Irrigation Canal Lining on Sandy Soils (A Case study, Saveh Irrigation Network)

H. RAHIMI[1] AND NADER ABBASSI[2]
1,2 Professor and Ph.D. Student, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran
Accepted May 29, 2002

SUMMARY

This paper presents the results of an investigation conducted to determine the causes for failure of Saveh irrigation canal lining. Study of the technical reports of the Saveh Irrigation Project indicates that concrete lining of the main canal has failed in the first year of operation and repair works has not been successful since then. Most of the previous reports on the failure causes have assumed that gypsum in the foundation soil is responsible for the failure. In the current research, a detailed field survey was performed as the first step and all previous technical reports in this relation were studied. In the second stage, several test pits were dug at 500 meter intervals along the canal embankment as well as its center line and soil samples were taken from different depths at 50 cm intervals. All samples were tested for their chemical, physical and mechanical properties. The over all results of investigations indicated that the foundation material is classified as difficult soil and is responsible for all damages. Considering the feature of damages, soil dispersivity and solubility were assumed as the main causes of failures. The results of grain size analysis and Atterberg Limits tests show that most samples (60-70%) are sandy and classified as SC and SM. The results of chemical tests indicate that the white grains in the soil are all calcareous and gypsum content of the soil is very low. Using the Sherard Method and Double Hydrometer test, dispersivity potential of samples was evaluated and the samples were classified as non-dispersive. However, the results of Pin Hole tests showed that some samples are medium to highly dispersive. Thus, considering the sandy texture of the samples and low quantity of sodium ions implied that the foundation soil has potential of physical dispersivity. Based on the over all results of the field and laboratory investigations, the main causes of the lining damages were related to three groups, i.e., design parameters, construction quality, and geotechnical properties of the foundation soil. Among these causes, the latter, which is related to sandy texture of the soil layer, is mainly responsible for the failures. Sandy layers under the lining are easily eroded by water flow from seepage and surface runoff and cavities are formed extensively which in turn causes lack of support for the concrete slabs, resulting a general failure.

Key words: Dispersivity, Difficult Soils, Non-cohesive Soils, Physical Dispersivity, Canal Lining Failure, Iran

www.SID.ir