

آسیب شناسی و ارزیابی مسائل ژئوتکنیکی و فنی و سازه ای پروژه ها (مطالعه موردی: ارائه راهکارهای بهبود و اصلاح بستر کانال آبرسان در شبکه پایاب سد بوستان در استان گلستان)

افراسیاب میرزایی^{۱*}، امین حسنی^۲، محمدرضا حسینی^۳، حیدر داوودیان^۴، یاسر پروین درآباد^۵

^{۱*} مدیر طرحهای آبیاری و زهکشی، شرکت آب منطقه ای گلستان، گرگان، afmirzaie@gmail.com
^۲ کارشناسی طرحهای آبیاری و زهکشی، شرکت آب منطقه ای گلستان، گرگان، aminh80@yahoo.com
^۳ مدیر طرح شبکه آبیاری و زهکشی گلستان و بوستان، شرکت آب منطقه ای گلستان، گرگان
^۴ معاون مالی و پشتیبانی، شرکت آب منطقه ای گلستان، گرگان
^۵ دانشجوی دکتری مهندسی عمران- سازه، دانشگاه صنعتی شریف، تهران

چکیده

جهت جلوگیری از اتلاف آب در کانالها و ارتقای راندمان انتقال و توزیع آب، علاوه بر پوشش داخلی کانالها، نوع و جنس خاک و میزان تراکم آنها از اهمیت بسزایی برخوردار است. نواحی شمال شرق استان گلستان از جمله مناطق محدود کشور است که با خاکهای لسی و واگرا مواجه می باشد. اجرای سازه ها در این گونه خاکها باید با تمهیدات خاص و انجام مطالعات ژئوتکنیکی دقیق صورت پذیرد. اینگونه خاکها به شدت به آب حساس بوده و در صورت مواجهه با آب، ساختار مولکولی و اسکلت آن از بین رفته و در صورت تراکم، مادامی که آب به آن نفوذ نکرده باشد پایدار می ماند. در این تحقیق به بررسی و ارزیابی روشهای پایداری خاکهای لسی و مقایسه آنها در کانال آبرسان شبکه آبیاری و زهکشی بوستان استان گلستان پرداخته می شود، سپس نتایج حاصل از تحلیل هر یک از روشهای مذکور در منطقه مطالعاتی و مزایا و معایب هر یک از آنها از لحاظ فنی و اقتصادی ارائه شده است. نتایج نشان داد استفاده از روش تعویض خاک و اختلاط با مواد افزودنی (سیمان و آهک) علاوه بر تسریع در عملیات اجرایی و بهره برداری و مسائل اجتماعی، سهولت در اجرا و عمل آوری نیز خواهد داشت که در منطقه مطالعاتی مورد استفاده قرار گرفته و در بازه زمانی، عملکرد مناسبی داشته است.

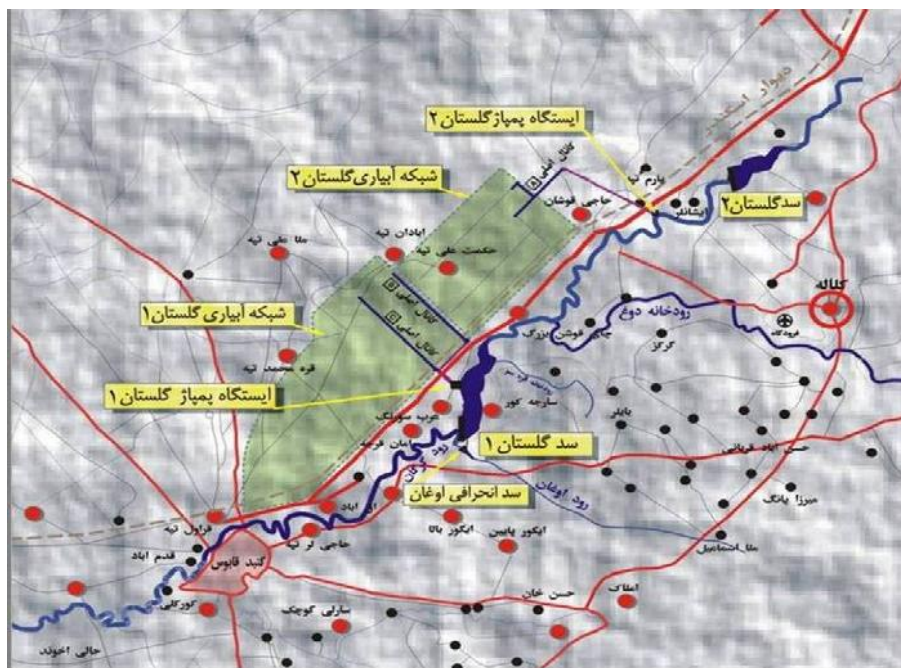
واژه های کلیدی: کانال آبرسان؛ خاک لس؛ تحکیم و ترمیم؛ ماستیک گرم ریز؛ پوشش بتنی.

۱- مقدمه

یکی از مشکلات اجرایی طرحها عدم بررسی دقیق مسائل ژئوتکنیک و اجرای طرح بر روی خاک های نامناسب و مسئله دار است [۱]. یکی از نمونه های خاک های مسئله دار خاک های لس است. استان گلستان از محدود نقاط کشور است که دارای خاک های لس و مسئله دار می باشد. محدوده ی این خاک ها از شمال شرق شهرستان آق قلا - گنبد کاووس - مراوه تپه تا مرز ایران و ترکمنستان گسترده است. این خاکها به شدت به آب حساس بوده و در صورت برخورد با آب ساختار مولکولی و اسکلت آن از بین می رود، به عبارت دیگر در صورت تراکم، تا زمانیکه آب به آن نفوذ نکرده باشد پایدار می ماند. در نقاطی که با این گونه خاکها برخورد می گردد با توجه به حساسیت این مصالح باید تمهیدات خاصی مد نظر قرار گرفته و از نفوذ آب به داخل این خاک ها مراقبت و محافظت گردد.

۲- معرفی منطقه مطالعاتی

شبکه آبیاری و زهکشی گلستان ۲ (بوستان)، با سطح ۴۲۰۰ هکتار در ۱۸ کیلومتری شمال شرق شهرستان گنبد و در بالادست سد گلستان ۱ در استان گلستان قرار دارد. ایستگاه پمپاژ تامین آب شبکه آبیاری و زهکشی بر روی گرگانرود در پایین دست سد بوستان واقع شده است. انحراف آب به حوضچه مکش ایستگاه پمپاژ توسط بند انحرافی تامین می گردد. آب شبکه توسط خط انتقال آب با لوله بتنی به قطر ۱۸۰۰ میلی متر و به طول ۱۸۶۰ متر به ابتدای کانال آبرسان انتقال می یابد. کانال انتقال آب اصلی (کانال آبرسان) از انتهای آبگیر خط انتقال تا کانالهای درجه ۱ بطول ۱۷۰۰ متر و آبگذری ۴,۵ متر مکعب در ثانیه امتداد دارد. شبکه آبیاری و زهکشی سد بوستان دارای ۴,۵ کیلومتر کانال های درجه ۱ و ۲ و ۱۰,۵ کیلومتر زهکش حایل و ۴۵ کیلومتر زهکش درجه ۱ و ۲ و ۱۱۰ کیلومتر کانال و زهکش درجه ۳ می باشد. در شکل ۱ موقعیت محدوده مطالعاتی نشان داده شده است [۲].



شکل ۱: موقعیت شبکه آبیاری و زهکشی گلستان ۲ (بوستان) شامل ایستگاه پمپاژ و کانال آبرسان.

۳- مواد و روشها

- تشریح مشکلات بوجود آمده

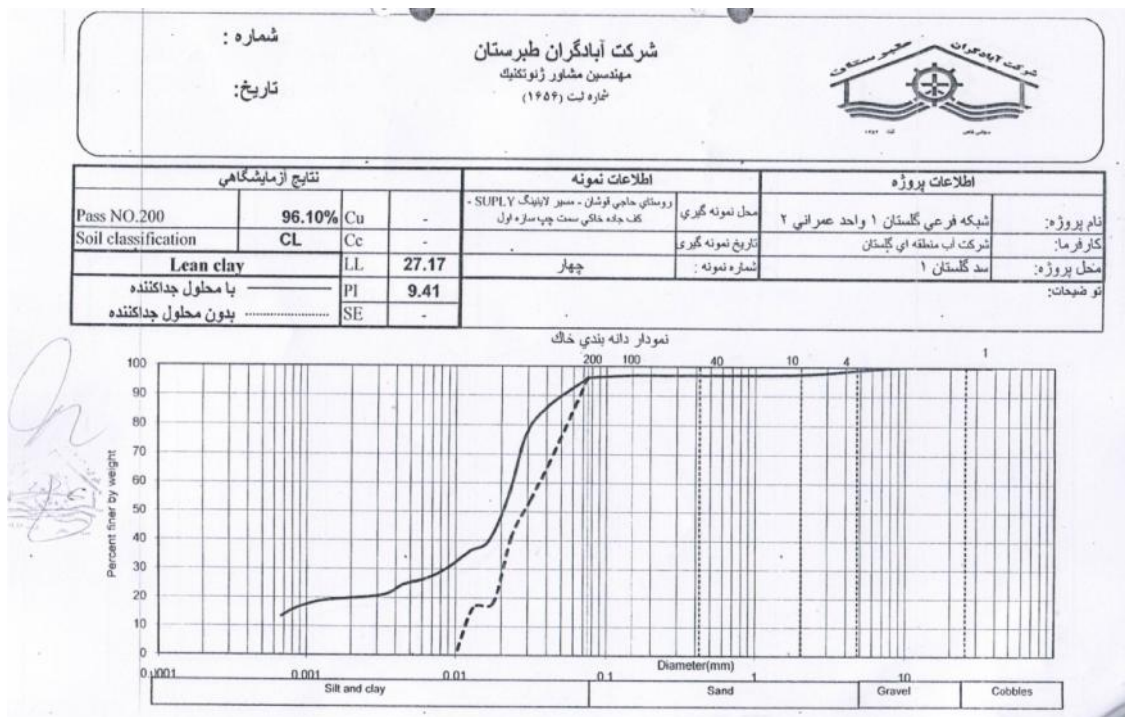
- در امتداد کانال اصلی (آبرسان) و در فاصله کمی ۲ سازه آبیگر موجود می باشد که با توجه به ارتفاع زمین های کشاورزی اطراف کف این سازه ها در خاک طبیعی قرار گرفته است.
- با توجه به احداث کانال و زهکش های اصلی و حائل در سنوات قبل (سال ۱۳۸۶) و عدم لایروبی زهکش حائل و سازه های تقاطعی آبروها ، زهکش مذکور به مرور زمان با انباشته شدن گل و لای در اثر بارندگی ها و ... کاربرد مناسب نداشته و با بالا آمدن آب در اثر بارندگی های شدید و عدم خروج آن، آب به جسم کانال و زیر لاینینگ نفوذ می نماید.
 - کانال آبرسان در سنوات قبل ساخته و بهره برداری نگردیده و با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه و عدم استفاده از مواد مناسب جهت درز بندی کانال ها بدلیل قیمت بالای آن (ماستیک)، درزها با ماسه آسفالت پر گردیده که به مرور زمان ماسه آسفالت خاصیت خود را از دست داده و در اثر بارندگی ها و آبگرفتنی کانال آب به زیر لاینینگ و جسم کانال نفوذ نموده است.
 - ظرفیت باربری جاده سرویس کانال ها بصورت محدود می باشد. با توجه به اینکه در زمان برداشت محصولات کشاورزی ماشین آلات زیادی با تناژ بالا عبور می نمایند، این امر موجب تخریب جاده سرویس و به تبع آن شکستگی کانال و نفوذ آب را در برداشته است.
 - در بخشهایی که کانال در مقطع ترکیبی cut و fill و یا cut کامل بوده تراکم لازم را نداشته و با توجه به وزن کانال و آب به مرور نشست نموده و تخریب کانال را در بر داشته است.
 - در سازه دوم که دارای دریچه های آبیگری می باشد در زمان آب اندازی در کانال به دلیل بسته بودن دریچه ها آب در کانال پس زده و پس از جمع شدن در کانال و عبور از حداکثر ظرفیت کانال، بر روی شانه خاکریزی جریان یافته و به کانال زهکش کناری وارد می شود.
 - در اثر این واقعه، کانالهای بالا دست تخریب شده و در سطح خاکریز ها شکاف هایی بوجود آمدند که حتی در زمین های کشاورزی نیز ادامه داشته است. در این جریان خود سازه های آبیگر نیز بصورت یکپارچه دچار نشست شده است.
 - در امتداد کانال آبرسان از محل موقعیت خروجی ایستگاه پمپاژ تا ابتدای شبکه اصلی آبیاری وجود مسیل هایی عمود بر مسیر کانال آبرسان و همچنین بافت خاک مسیر موجب خساراتی به کانال آبرسان شده است که شکل ۲ این مطلب را نشان می دهد.



شکل ۲: شکستگی و تخریب کانال در اثر بارندگی های شدید و عدم تخلیه آن و نفوذ به زیر لاینینگ و جسم کانال.

اقدامات انجام شده

- شرکت آب منطقه ای گلستان با تشکیل کارگروهی از مشاوران و متخصصین اقدام به بررسی و واکاوی موضوع پرداخت. از آنجاییکه اطلاعات کافی در مورد زیر سازی سازه آبیگر و کانال در دست نبود در ابتدا اینگونه نتیجه گیری شد که سازه آبیگر روی خاک طبیعی و بدون تراکم مناسب و احتمالاً بدون محاسبات نشست پذیری خاک بنا گردیده است.
- خاک در محل به دلیل داشتن پلاسیسیته پایین پس از جریان یافتن آب در زیر و اطراف کانال شروع به شسته شدن نموده و در نتیجه کانال را تخریب نموده است.
- همچنین پیشنهاد گردید ۲ گمانه دستی در نزدیکی سازه حفر گردد و آزمایشهای لازم در این خصوص صورت پذیرد (شکل ۳) لازم به توضیح اینکه پس از فروکش کردن سطح آب، شکاف هایی ایجاد شده در خاکریز و زمین های کشاورزی احتمالاً به دلیل شسته شدن خاک بر اثر هد آب و جریان آن بوده که باعث نشست سازه گردیده است.



شکل ۳: انجام آزمایشات ژئوتکنیکی خاک جهت تشخیص علل نشست و ایجاد شکاف در سازه.

در نهایت با جمع بندی نظرات کارشناسی و اتفاق نظر متخصصین و مشاوران و کارفرمای پروژه عوامل اصلی خرابی کانال آبرسانی به شرح ذیل اعلام گردید:

به دلیل وجود زهکش های طبیعی دشت در بالا دست بصورت عمود بر مسیر کانال آبرسان ، سیلابها با عبور از جاده سرویس کانال آبرسان موجب نفوذ به پشت پانل های پوشش بتنی کانال شده و با ایجاد نیروی بالا برنده (UPLIFT) موجب بلند شدن و شکستن پانل ها گردید که دلیل عمده این پدیده خاک سیلتی مسیر کانال و همچنین عدم آب بندی پشت گوشواره های پانل های پوشش بتنی بوده است و در برخی مقاطع مسیر کانال نیز ، کیفیت نامناسب خاک موجب نشست بستر کانال بویژه در محل سازه ها شده است که شکل ۴ این مطلب را بیان می کند.



شکل ۴: نشست بستر کانال بدلیل کیفیت نامناسب خاک و عدم آب بندی پشت گوشواره پانل های پوششی.

- علاج بخشی

با توجه به اینکه خاکهای لسی به شدت نسبت به آب حساس بوده و دارای PI پایین و واگرا می باشد، در صورتیکه تراکم یابند تا مادامیکه آب به آنها نفوذ نکرده باشد پایدار می مانند [۳]. لذا، ضروری است تمهیدات خاصی جهت حل این مشکل و پایداری آن در نظر گرفته شود که پیشنهاداتی به شرح ذیل ارائه گردید.

۱- یکی از روشهای پایداری خاک های لسی ، تعویض کل مقطع و جایگزینی خاک با PI مناسب می باشد، با توجه به محدودیت منابع قرضه و مشکلات تغییر کاربری و مسائل زیست محیطی و هزینه های بالا حمل و اجرا در این روش قیمت تمام شده افزایش قابل ملاحظه ای خواهد داشت [۴].

۲- ترکیب خاک محل با خاک مناسب توونان (GC) موجب افزایش کیفیت خاک شده و از بروز نشست بدنه سازه و کانال و پوشش کانال جلوگیری می نماید، اما با در نظر گرفتن مسائل پیش گفته و کمبود شدید مصالح توونان در رودخانه های استان، معمولاً این روش دارای مشکلات زیادی می باشد.

۳- ترکیب خاک محل با آهک و سیمان یکی از روشهای سریع الاجرا در این زمینه می باشد. لیکن، با توجه به مصالح افزودنی مورد نیاز (سیمان و آهک) که حداقل ۱۰ درصد باید مورد استفاده قرار گیرد باعث افزایش هزینه های اجرای این روش خواهد شد.

۴- جلوگیری از ورود آب به بدنه خاکریز با احداث زهکش حائل در اطراف کانال و ایزوله نمودن درزهای بین اسلپ های بتن با مواد پرکننده (ماستیک گرم ریز - ماسه آسفالت) نیز روش های دیگر پیشنهادی بوده است. اما ماستیک گرم ریز گران و ارزبر بوده و ماسه آسفالت نیز به مرور زمان خاصیت الاستیک خود را از دست داده و از درزها به زیر لاینینگ و جسم کانال آب نفوذ کرده که در خاکهای مسئله دار بروز خسارت می گردد.

در شکل ۵ مراحل مختلف عملیات تثبیت خاک و ترمیم کانال آبرسان نمایش داده شده است.



خاکریزی با مصالح مخلوط و خاک



تراکم مصالح مخلوط و خاک



تحکیم و کف سازی بدنه کانال با شفته خاک و سیمان



تحکیم و کف سازی بدنه کانال با شفته خاک و سیمان

شکل ۵: عملیات تثبیت خاک و ترمیم کانال آبرسان.



اجرای درزبندی با ماسه آسفالت



نمایی از کانال پس از ترمیم

ادامه شکل ۵: عملیات تثبیت خاک و ترمیم کانال آبرسان.

با عنایت به راه حل های پیشنهاد شده و گزینه های ۱ و ۲ تعویض خاک و ترکیب با تونان، منطقه با کمبود شدید منابع قرضه مواجه بوده و خاک مناسب باید از فاصله حدود ۱۳۰ کیلومتری حمل می گردید علاوه برداشتن هزینه بالا و مشکلات تغییر کاربری اراضی و مسائل زیست محیطی مورد قبول واقع نگردیده و گزینه ترکیب خاک محل با آهک بدلیل مشکلات عمل آوری و مسائل زیست محیطی و بهداشتی رد و ترکیب خاک محل با سیمان بدلیل سهولت و تسریع در اجرا و از آنجائیکه در شبکه پایین دست با بهره برداران قرارداد فروش آب منعقد شده بود و لحاظ مسائل اجتماعی مورد تاکید کارفرما قرار گرفت. در نهایت اجرای تثبیت خاک محل با ترکیب ۱۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مکعب با ضخامت متوسط ۶۰ سانتیمتر زیر بستر لاینینگ اجرائی شده سپس لاینینگ را با مشخصات لازم اجرا گردید. از آنجائیکه ماستیک گرم ریزگران و ارز بر می باشد و در زمان اجرا بدلیل کمبود وقت نیاز به سرعت اجرا بوده است از اجرای آن با توجه به تمهیدات خاص پیش گفته صرف نظر گردیده و درزهای بتن لاینینگ مجدداً با ماسه آسفالت پر شد. در خاتمه برای جلوگیری از سر ریز آب های بالا دست به بدنه خاکریز و کانال، زهکش موجود لایروبی، اصلاح مقطع و تعمیق گردیده و مقطع آبرو مسیر زهکش متناسب با دبی اصلاح و اجرا گردید (شکل ۶). همچنین، در کانال یک هرز آب رو قبل از سازه جهت حصول اطمینان از عدم سر ریز کانال احداث گردید.



شکل ۶: اصلاح مقطع و تعمیق و لایروبی زهکش.

در مدت ۲ سال پس از ترمیم کانال مذکور و بهره برداری در دو دوره آبیاری کانال آبرسان به درستی عمل کرده و هیچگونه نشت و نشست مشاهده نگردیده است.

۴- جمع بندی و نتیجه گیری

- ۱- جهت اجرای ابنیه ها ، سازه ها و کانال ها در خاک های مشکوک باید آزمایشات دقیق ژئوتکنیک و مکانیک خاک صورت گیرد.
- ۲- خاک های لسی و سیلتی جزء خاک های مسئله دار و واگرا بوده که در اثر تماس با آب ساختار مولکولی و اسکلت آن شکسته و از بین می رود.
- ۳- با توجه به شرایط منطقه ای و لحاظ مسائل فنی و اقتصادی و اجتماعی باید تمهیدات لازم جهت تثبیت خاک های واگرا مد نظر قرار گیرد.
- ۴- بدنه خاکریزها و جاده سرویس های محدوده خاک های لسی باید حتی المقدور با اجرای زهکش های حائل از هجوم آب های سطحی در امان بماند.
- ۵- احداث هرز آب رو در مسیر کانال های اصلی قبل از سازه ها ضروریست.
- ۶- با توجه به ظرفیت باربری و عملکرد جاده سرویس کانالها باید از تردد خودروها با تناژ بالا جلوگیری بعمل آید.

مراجع

- [۱] ستاری، د.، علی اکبری، م.، سلیمان زاده، ا. بررسی علل تخریب لاینینگ کانال پمپاژ ۳ مغان و روش های علاج بخش آن، اولین سمینار ملی مسائل ژئوتکنیکی شبکه های آبیاری و زهکشی، ۱۳۸۷.
- [۲] شرکت مهندسی مشاور تهران برکلی. مطالعات شبکه آبیاری و زهکشی گلستان ۲ (بوستان)، ۱۳۸۵.
- [۳] رزمجو، م. ق. بررسی علل تخریب پوشش بتنی کانال اصلی شبکه های آبیاری ساوه و روشهای علاج بخشی آن، نخستین کنفرانس پژوهش های کاربردی منابع آب ایران، ۱۳۸۹.
- [۴] عباسپور، س.، دعاوی، ح. روشهای علاج بخشی کانال های ساخته شده در خاک های گچی شبکه های آبیاری در حال بهره برداری، اولین سمینار ملی مسائل ژئوتکنیکی شبکه های آبیاری و زهکشی، ۱۳۸۷.