کارگاه سیستم زهکشی زیر پوشش کانال‌ها
۲۶ آذر ماه ۱۳۸۳

بررسی عملکردهای مختلف فیلتر زیر پوشش بتنی کانال‌های انتقال آب

رامین اسفندی[۱]

خلاصه مقاله:

در این مقاله اثر اجرای فیلتر در عملکرد کانالهای انتقال آب مورد بررسی قرار گرفته است .بدین ترتیب که تاثیر مثبت اجرای فیلتر در کاهش فشارهای هیدرولیکی وارد بر پوشش بتنی کانال و اثر آن در ارتباط با جلوگیری از فرسایش زمینهای فرسایش‌پذیر، ارتباط اجرای فیلتر با خاکهای مساله‌دار (واگرا، متورم شونده) و همچنین تاثیر فیلتر بر پایداری شیروانیهای خاکی کانال و کاربرد آن در شرایط آب و هوایی سردسیری بررسی شده است، سپس با بررسی میزان کارایی اجرای فیلتر نتیجه‌گیری شده است که میزان تاثیر اجرای فیلتر بر بهبود عملکرد کانال به مشخصات هیدرولیکی، ژئوتکنیکی و آب و هوایی مسیر کانال بستگی دارد.

کلمات کلیدی : کانال – آبیاری – فیلتر –زهکشی- ژئوتکنیک

مقدمه

یکی از مسایل ژئوتکنیکی طراحی کانالهای انتقال آب بررسی نیاز به فیلتر می‌باشد. با توجه به اهمیت نقش فیلتر زیر پوشش بتنی کانال و تاثیرات منفی عدم اجرای فیلتر در عملکرد و بهره‌برداری از برخی کانالها ،در این مقاله نقش فیلتر در ارتباط با مسایل مختلف طراحی کانال از نظر ژئوتکنیکی، هیدرولیکی و شرایط آب و هوایی مورد بررسی قرار گرفته است.لازم به توضیح است، بحثهایی که در ارتباط با کارایی وعملکرد فیلتر انجام می شود،زمانی صادق است که آبهای نشتی از فیلتر توسط سیستم زهکشی مناسب دفع شود.

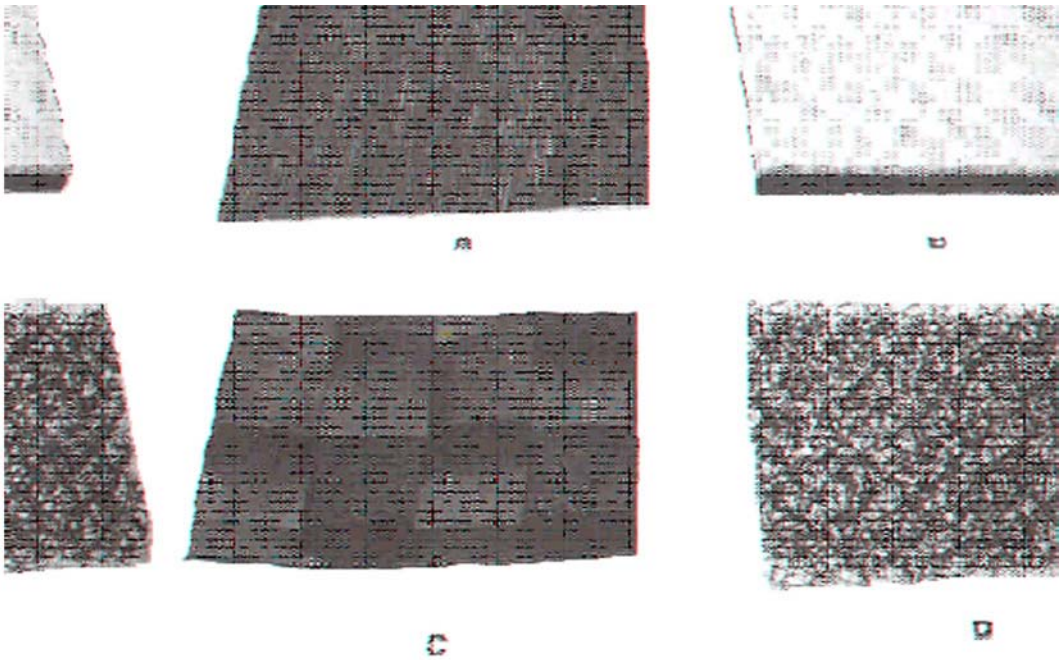
۱- کارشناس ارشد مکانیک خاک و پی – شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس

۱-تعریف فیلتر

فیلتر لایه‌ای است از جنس خاک و یا الیاف و مصنوعات پلیمری که به منظور جلوگیری از شسته شدن و حرکت و جدایی ذرات ریزدانه خاک در اثر جریان و هدایت زهاب و کاهش فشارهای هیدرولیکی وارد برسازه‌ها استفاده می‌شود. وقتیکه که دو لایه ریزدانه و درشت دانه خاک کنار هم قرار گیرند و بین دو لایه خاک اختلاف گرادیان هیدرولیکی وجود داشته باشد، جریان آب باعث وارد شدن نیروهای تراوشی به ذرات خاک در جهت جریان می‌شود. استفاده از فیلتر در سطح جدایی دو لایه از حرکت ذرات در سطح جدایی و پوک شدن تدریجی بخشی از خاک که موجب عدم پایداری می‌شود جلوگیری می‌کند. بطور کلی در تمام زهکشهای سدها ، چاههای کاهش فشار، چاههای ماسه‌ای و در هرگونه سطح جدایی دو لایه که بلحاظ دانه‌بندی تفاوت زیادی دارند و نیز لایه انتقالی بین سنگ‌چین حفاظت سواحل و سطح زیر آن تامین لایه‌های فیلتر ضروری است.

۲-انواع فیلتر

فیلتر می‌تواند از جنس مواد دانه‌ای و یا ژئوتکستایل و یا ترکیبی از مواد دانه‌ای و ژئوتکستایل باشد.فیلترهای ژئوتکستایلی از جنس الیاف پلیمری می باشند که درشکل (۱) نمونه‌هایی از آن نشان داده شده است. معایب و مزایای انواع مختلف فیلترها را میتوان به اختصار چنین مطرح کرد :



شکل (۱)- نمونه‌های مختلفی از فیلترهای ژئوتکستایلی [۱] .

الف)-فیلترهای دانه‌ای

الف-۱) مزایا

در بعضی آسیبها می تواند خودش را ترمیم کند.

عمدتاً دارای دوام خوبی است.

قابلیت تغییر شکل دارد و سطح تماس خوبی با مصالح بالا و پایین خود ایجاد می‌کند.

تعمیر نسبتاً راحتی دارد.

الف-۲) معایب

کنترل دقیق نیازمند بدست آوردن دانه‌بندی خاص و ضخامت خاص می‌باشد.

اجرای آن در شیبهای تند مشکل است.

کنترل ساخت در زیر سطح آب مشکل است.

ب) فیلترهای ژئوتکستایل

ب-۱) مزایا

عمدتاً اقتصادی هستند.

اجرای نسبتاً ساده‌ای دارند و در شیبهای تند مشکل تراکم فیلترهای دانه‌ای را ندارند.

مقاومت کششی بالایی دارند و با ضخامتهای کم قابل اجرا می باشند.

ب-۲) معایب

از نظر رفتار دراز مدت دارای پاره ای ابهامات می باشند.

لبه‌های ژئوتکستایل باید به دقت محافظت شود.

براحتی می‌توانند آسیب ببینند.

تعمیرشان مشکل است.

طراحی دقیق و جاگذاری دقیق نیازمند در نظر گرفتن نشست و سطح ناهموار خاک است [۱] .

۳-فیلتر و عملکرد آن در ارتباط با کانال

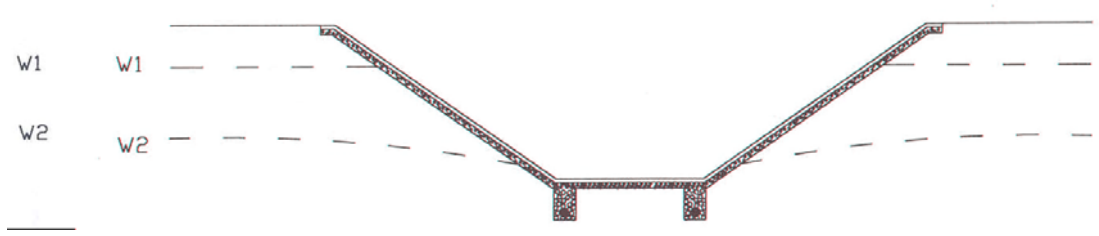
خطی بودن پروژه کانالهای آبیاری و پیچیدگیهای شرایط ژئوتکنیکی باعث می‌شود در طول مسیر کانال عمدتا" با خاکهای مختلف و شرایط ژئوتکنیکی، هیدرولیکی و شیمیایی متفاوت برخورد شود که البته باعث گسترده شدن ملاحظات طراحی با توجه به مسایل مهندسی در بازه‌های مختلف طول کانال می‌گردد. این مورد یکی از معایب کار با پروژه‌های خطی می‌باشد.

با توجه به موارد مذکور و نحوه عملکرد و شرایط مختلف بهره‌برداری کانالهای انتقال آب، فیلتر زیرپوشش بتنی کانال کاربرد و نقشهای مختلفی می‌تواند داشته باشد که ذیلاً توضیح داده می‌شود.

۳-۱- فیلتر و نقش آن در کاهش فشارهای هیدرولیکی

در مواردی که کانال در خاکبرداریهای عمیق احداث می‌شود و سطح آب زیرزمینی در حوالی سطح زمین است و یا در مواردی که کانالهای بزرگ از زمینهای با نفوذپذیری پایین عبور می‌کند، احتمال وارد شدن فشارهای هیدرولیکی زیاد به پوشش بتنی کانال در شرایط کم آبی و یا بی‌آبی کانال وجود خواهد داشت. با توجه به اینکه مقطع بتنی کانالها غیر مسلح می‌باشند و ضخامت ناچیزی دارند و همچنین با توجه به لنگرهای ناشی از فشارهای هیدروستاتیکی که باعث بروز نیروهای کششی در مقطع بتن غیر مسلح می‌شوند ونیز عدم مقاومت بتن در برابر بارهای کششی، مقطع بتنی کانال ترک خورده، می‌شکند. شکست مقطع بتنی باعث ایجاد مسیری جهت حرکت آب داخل خاک می‌شود. حرکت آب داخل بدنه خاک، می تواند باعث شسته شدن مصالح و از بین رفتن تکیه‌گاه مقطع بتنی و در نتیجه تشدید و ادامه خرابیها و از دست دادن مقدار زیادی آب از کانال گردد.

همانطور که در شکل (۲) نشان داده شده است، اجرای یک لایه فیلتر در زیر پوشش بتنی کانال و زهکشی آبهای نشتی باعث می شود سطح آب در شیروانیهای خاکی جداره‌های کانال پایین بیافتد که این امر ضمن حذف فشارهای هیدروستاتیکی، از ترک خوردگی و شکست پوشش بتنی کانال در حالتهای بحرانی بهره‌برداری جلوگیری خواهد کرد [۲] .



شکل (۲)-تاثیر اجرای فیلتر بر روی سطح آب شیروانیهای خاکی جداره‌های کانال W1قبل از اجرای فیلتر، W2 بعد از اجرای فیلتر

۳-۲- فیلتر و نقش آن در جلوگیری از فرسایش

نشت آب از کانالهای خاکی انتقال آب بسته به جنس خاک می‌تواند ۳۰ تا ۵۰ درصد آب عبوری را شامل شود. ایجاد یک لایه نفوذناپذیر بعنوان پوشش کانال می تواند میزان تلفات آب از کانال را تا ده درصد کاهش دهد [۳] .

علاوه از نفوذپذیری خاک، نحوه درزبندی و همچنین شکل مقطع کانال در میزان آب نشتی از کانال تاثیر دارد. جریان دایمی و پیوسته آب در خاک زیر پوشش بتنی در اثر گرادیانهای هیدرولیکی و حل شدن مواد جامد خاک و یا حمل آنها ممکن است به ناپایداری داخلی که رگاب (Piping) گفته می‌شود منجر شود.

خاکهایی که عمدتاً دارای پتانسیل حمل و فرسایش هستند، مصالح سیلتی، سیلت ماسه‌ای، ماسه ریزدانه می‌باشد که دارای چسبندگی کمی می‌باشند [۲] .

فرسایش و شسته شدن تکیه گاه پوشش بتنی کانال باعث شکست و خرابی مقطع کانال می‌گردد. آنچه در خصوص خرابی ناشی از فرسایش قابل توجه است کند و بطئی بودن فرسایش است. طوریکه تا زمانی که خرابی اتفاق بیافتد و یا در آستانه خرابی باشیم هیچ نوع علایمی بروز نمی‌دهد [۲] .

کنترل آبهای نشتی به سه روش کلی مقدور است:

۱- کاهش نفوذپذیری

۲- کاهش گرادیان هیدرولیکی

۳- کنترل جریان آب

کاهش نفوذپذیری با استفاده از مصالح مناسب زیر پوشش بتنی ،کنترل تراکم و یا استفاده از مواد افزودنی ،جهت بهبود خواص خاک انجام می‌شود. کاهش گرادیان هیدرولیکی و کنترل جریان آب نیز با استفاده از لایه فیلتر زیرپوشش بتنی و زهکشی مناسب آبهای نشتی مقدور می‌باشد. همچنین روشهای ترکیبی نیز با توجه به اقتصاد طرح و سایر پارامترهای مهندسی ژئوتکنیک و ملاحظات هیدرولیکی استفاده می‌گردد [۲] .

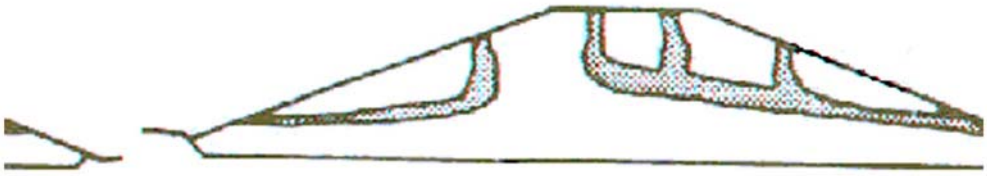
۳-۳- فیلتر و خاکهای واگرا

برخلاف آبشستگی در اثر فقدان چسبندگی (فرسایش معمول که در قسمت قبلی اشاره شد) فرسایش در خاکهای واگرا در نتیجه جریان آب از داخل حفرات خاک اتفاق نمی‌افتد. در رسهای واگرا آبشستگی ناشی از پراکنده شدن ذرات رس می‌باشد. آب از داخل یک مجرای تراوش (مانند ترک) عبور کرده، فرسایش دیواره کانال بطور همزمان در کل طول آن اتفاق می‌افتد. در شکل (۳) نمونه‌ای از آبشستگیهای داخلی ایجاد شده در یک خاکریز رسی واگرا نشان داده شده است.در مورد خاک واگرا باید یک تراوش متمرکز با یک مسیر تراوش برای شروع فر سایش وجود داشته باشد. مسیر تراوش می‌تواند ترکهای بوجود آمده در درون یک خاکریز ساخته شده با خاک رس واگرا باشد.

در این صورت دو حالت می‌تواند اتفاق بیافتد:

۱- اگر سرعت جریان کمتر از یک مقدار آستانه‌ای باشد ، رسهای اطراف کانال جریان متورم شده و به تدریج مجرا بسته خواهد شد.

۲- اگر سرعت جریان بیش از یک مقدار آستانه‌ای باشد، ذرات رس واگرا به جاهای دورتر حمل شده، باعث بزرگتر شدن مسیر جریان با سرعتی بیش از آنکه بتواند با تورم بسته شود، می‌گردد وبه پیشرفت آبشستگی و خرابی می‌انجامد.



شکل(۳)- آب شستگیهای داخلی در بدنه یک خاکریز رسی واگرا [۹] .

در حالت کلی ترکهایی که در خاکریزها و سدهای خاکی بوجود می‌آیند عبارتند از:

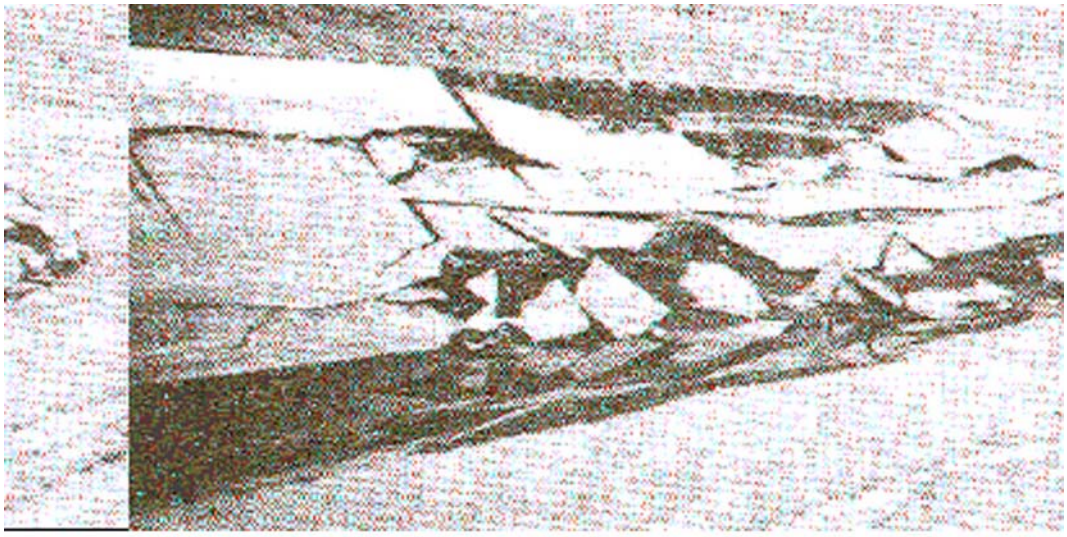
الف) ترکهای انقباضی: *این ترکها* در صورت توقف عملیات ساختمانی خاکریزهای رسی به مدت چند روز در ایام گرم سال و عدم حفاظت سطح خاکریز در برابر خشک شدن ایجاد می‌شود. در شروع مجدد عملیات ساختمانی، معمولا" سطح خاک را مرطوب کرده، شخم می‌زنند. با این همه معمولاً به عمق این ترکها توجه نمی‌شود. عمق این ترکها ممکن است از آنچه تصور می‌شود به مراتب بیشتر باشد.

ب) ترکهای ناشی از عمل قوسی شدن

ج) ترکهای ناشی ازنشست نامساوی: این ترکها از تفاوت ارتفاع قسمتهای مختلف خاکریز بوجود می‌آید.

د) ترکهای هیدرولیکی: این ترکها زمانی ایجاد می‌شود که فشار آب منفذی از کمترین تنش اصلی تجاوز کند. این ترکها ممکن است بقدری کوچک باشند که با چشم غیرمسلح دیده نشوند [۷] .

با توجه به اینکه سدهای خاکی زیادی که در ساختمان آنها از رسهای واگرا استفاده شده است، تاکنون مساله‌ای نداشته‌اند و همچنین نظر به اینکه تعداد قابل توجهی از خرابیهای ناشی از رسهای واگرا، در سدهای همگن بدون فیلتر بوده است، لذا در مواردی که با خاکهای رسی واگرا سرو کار داریم ضمن رعایت نکات اجرایی خاص این نوع خاکها، اجرای یک لایه فیلتر (البته با مشخصات طراحی خاص) زیر پوشش بتنی کانال می‌تواند از ایجاد جریان متمرکز در کوله‌های خاکی و فرسایش داخلی تکیه‌گاههای کانالها جلوگیری کند.



شکل (۴)-خرابی کانال فرینت-کرن فلوریدا در اثر خاکهای متورم شونده [۲] .

۳-۴- فیلتر و خاکهای متورم شونده

خاکهای متورم شونده به لحاظ خاصیت تورمی که دارند در اثر مواجهه با رطوبت دچار افزایش حجم می‌شوند که فشار مورد نیاز جهت مقابله با تورم در بعضی موارد کمتر از ۰/۰۷ Kg/cm2 و در برخی موارد به بزرگی ۱۰/۵ کیلو گرم بر سانتیمتر مربع نیز می‌رسد [۴] .پوشش بتنی کانالها به دلیل وزن و مقاومت ناچیزی که دارند، قادر به تحمل نیروهای تورمی نمی باشد.

در شکل (۴)-خرابی کانال فرینت-کرن فلوریدا در اثر خاکهای تورم زا نشان داده شده است. همانطوریکه دیده میشود تورم خاک باعث ناپایداری شیروانی خاکی و شکستن اسلبهای بتنی کانال شده است.

مورد دیگری که حساسیت کانالها را در مواجهه با خاکهای متورم شونده بیشتر می‌کند خطی بودن سازه کانال می‌باشد که در نتیجه خاکهای مسیر همگن نیستند و خواص تورمی متفاوتی در بخشهای مختلف دارند. علیرغم اینکه اجرای فیلتر از راههای مقابله با خاکهای متورم شونده نمی‌باشد، لیکن در نیروهای تورمی پایین براحتی می‌تواند با ایجاد یک بستر انعطاف‌پذیر، در مقابل نیروهای تورمی نیز مفید و موثر باشد.

۳-۵-فیلتر و اثرات یخبندان

در مناطق سردسیر اگر سطح آب زیرزمینی بالاتر از کف کانال باشد، در موقع خالی بودن کانال یخ بستن آب پشت پوشش بتنی کانال و ذوب شدن‌های بعدی باعث آسیب دیدن مقطع بتنی کانال می‌شود. لذا توصیه شده است که در چنین مواردی کف کانال حدود ۹۰ سانتیمتر بالاتر از سطح آب زیرزمینی قرار گیرد و چنانچه خاک دارای خواص موییننگی بالایی باشد، میزان فاصله تا سطح آب زیرزمینی بیشتر از ۹۰ سانتیمتر توصیه شده است [۵] .

علاوه از اثر نامساعد ذوب و یخبندان بر روی بتن پوشش کانال، نیروهای تورمی ناشی از یخ بستن آب بصورت لنزهای یخی زیر پوشش بتنی و همچنین کاهش مقاومت خاک دراثر ذوب و انجمادهای متوالی (مخصوصاً در مورد خاکهای ریزدانه) از دیگر اثرات یخبندان است .

تاثیر یخبندان به عواملی نظیر نوع خاک ،وجود منبع آب وطول زمانی و شدت تغییر دما زیر نقطه انجماد بستگی دارد. خاکهای سیلتی ،گچی وبعضی از شیلها مستعد خطرات ناشی از یخ زدگی می باشند.نیروهای تورمی ناشی از یخبندان می تواند به جابجایی و شکست اسلبهای بتنی کانال منجر شود [۲] .

اجرای فیلتر زیر پوشش بتنی کانال و زهکشی مناسب آبهای نشتی به دو صورت باعث مقاومت در برابر اثرات نا مطلوب یخبندان می شود:

الف)- سطح آب را پایین می اندازد ودر نتیجه فاصله سطح آب را با سطح زمین افزایش می دهد و از تشکیل لنزهای یخی جلوگیری می کند.

ب)- آبهای ناشی از ذوب شدن یخها را دفع می کند [۶] .

۳-۶- فیلتر و نقش آن در افزایش پایداری شیروانیهای خاکی کانال

اجرای فیلتر و زهکشی آبهای نشتی باعث پایین آمدن سطح آب در شیروانیهای خاکی می شودکه این امر در پایداری شیروانیهای خاکی کانال موثر است. مخصوصا در مواردی که سطح آب زیرزمینی بالاست و یا ارتفاع آب داخل کانال زیاد است و خاک دارای پارامترهای مقاومتی خوبی نیست، اجرای فیلتر زیر پوشش بتنی کانال می‌تواند با پایین آوردن سطح آب در پشت کانال باعث بهبود ضریب ایمنی شیروانیهای خاکی کانال در حالتهای مختلف بهره‌برداری گردد.

۳- ۷-میزان کارایی اجرای فیلتر

در بخشهای قبل به تاثیر مثبت اجرای فیلتر در شرایط مختلف ژئوتکنیکی، هیدرولیکی و آب و هوایی اشاره شد. ولی میزان تاثیر فیلتر بر بهبود خواص مهندسی کانالهای آبیاری و کارایی آن در شرایط مختلف یکسان نیست. کارایی اجرای فیلتر زیرپوشش بتنی کانال به مشخصات هیدرولیکی کانال، خواص ژئوتکنیکی خاک مسیر کانال و شرایط آب و هوایی منطقه اجرای کانال در طول دوران بهره‌برداری بستگی دارد. لذا لازم است در زمینه تجویز فیلتر به مشخصات مذکور و همچنین اقتصاد طرح توجه شود.

در شرایط آب و هوایی معمولی که مشکل ژئوتکنیکی خاصی ندارند ،اجرای فیلتر عمدتاً در مواردی مفید و موثراست که ارتفاع کانال نسبتا" زیاد باشد و سطح آب زیرزمینی نزدیک سطح زمین باشد و یا ارتفاع آب داخل کانال زیاد باشد و خاک جداره کانال نفوذناپذیر باشد.

۴-نتیجه‌گیری

در این بررسی اثر اجرای فیلتر در عملکرد کانالهای انتقال آب مورد بررسی قرار گرفت و تاثیر مثبت فیلتر در موارد زیر مطرح شد.

۱- اجرای فیلتر در مواردی که ارتفاع کانال نسبتا" زیاد می‌باشد و سطح آب زیرزمینی نزدیک سطح–زمین است یا ارتفاع آب داخل کانال زیاد است ،می‌تواند با کاهش فشارهای هیدرولیکی وارد بر پوشش بتنی کانال در حالت افت سریع ،مانع شکست پوشش بتنی کانال شود.

۲- فیلتر می‌تواند بعنوان عاملی در برابر شسته شدن مصالح فرسایش پذیر زیر پوشش بتنی عمل کند.

۳- فیلتر می‌تواند از ایجاد جریانهای متمرکز در شیروانیهای خاکی مصالح واگرا و فرسایش ناشی از آن جلوگیری کند.

۴- در زمینهای متورم شده با فشارهای تورمی پایین اجرای لایه فیلتر می‌تواند با ایجاد یک بستر انعطاف‌پذیر مقطع کانال را در تحمل فشارهای تورمی نابرابر کمک می‌کند.

۵- در مناطق سردسیری اجرای فیلتر زیر پوشش بتنی کانال از تشکیل لنزهای یخی در مواقع بی‌آبی و فشارهای ناشی از یخ زدگی و همچنین اثر نامطلوب ذوب و یخ زدن بر روی مشخصات بتن پوشش کانال جلوگیری می‌کند.

۶- فیلتر زیر پوشش بتنی کانال با پایین آوردن سطح آب در شیروانیهای خاکی جداره‌های کانال می‌تواند باعث بالا رفتن ضریب اطمینان پایداری شیب گردد.

۷- کارایی و میزان تاثیر فیلتر در بهبود عملکرد کانال به مشخصات هیدرولیکی، ژئوتکنیکی و شرایط آب و هوایی مسیر کانال بستگی دارد و لازم است اجرای فیلتر با توجه به مسایل اقتصادی طرح و میزان کارایی فیلتر توصیه گردد.

مراجع و منابع

1- “Protection River and Canal Banks”, Hemphill R.W,1989
2- “Earth Manual”, USBR,2001
3- “Energy Conservation Best Practices”, PA Consulting group, ukrain
4- “Behaviour of Saturated Expansive Soils and Control Methods”, R.K. Katti , A.R.Katti, 1994
5- “ Design Practices of Irrigation Canal in the world”, K.K.Framji,1972
6- “Introductory Soil Engineering” , Arora K.A,1997,Delhi

۷- "بررسی فیلتر تجربی مانع فرسایش هسته رس واگرا در سدهای خاکی"، محمد روحانی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران ۱۳۷۵

۸- "سدهای خاکی"، دکتر وفائیان

۹- "تورم وواگرایی خاکها از دید مهندس ژئوتکنیک" ، فرج اله عسکری و علی فاخر ، دانشگاه تهران، ۱۳۷۲