ارزیابی و بررسی مبانی طراحی سیستم زهکشی کانال انتقال آب و مقایسه آن با پایش پس از بهره برداری (مطالعه موردی قطعه دوم کانال AMC)

بهنام صادقی
مدیر حوضه آبریز جنوب کرخه، سازمان آب و برق خوزستان
نوید خیاط
کارشناس شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس
بهزاد حجتی
کارشناس شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس
سیامک معتمد
کارشناس شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس

چکیده
کانالهای انتقال آب بواسطه میزان دبی عبوری از آن دارای اهمیت ویژه ای می باشند . لذا بدین علت مساله نشت از بدنه و کف کانال انتقال همواره مورد توجه بوده و در این راستا عملکرد سیستم های زهکشی در آن از اهمیت ویژه ای برخوردار است . کانال انتقال آب دشت آزادگان دارای سیستم زهکشی شامل فیلتر در کف ، بدنه و لوله های مشبک سوراخدار در کف کانال (لترال) بوده که این لوله ها در فواصل معین ، دارای محلهای تخلیه می باشد. در این تحقیق پس از بیان معیارهای استاندارد طراحی فیلتر، به بررسی خصوصیات مصالح و روش اجرای آن پرداخته شده و در پایان نیز پایش واقعی بعمل آمده از عملکرد سیستم زهکشی قطعه دوم کانال انتقال آب دشت آزادگان در هنگام بهره برداری با نتایج حاصل از مدلینگ آن با استفاده از نرم افزار Geo-Seep مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی : کانال انتقال آب - نشت - سیستم زهکشی- نرم افزار Geo-Seep

مقدمه

فیلتر محیط متخلخلی است که آب را با ضریب آبگذری بسیار زیاد نسبت به محیط اطراف ، از خود عبور می دهد. به همین دلیل فیلتر می تواند محیط اطراف را بصورت آزاد زهکشی و از حالت اشباع خارج کرده و از بروز صدماتی که ممکن است در اثر وجود آب اضافی در محیط اطراف یا سازه های بالایی ایجاد شود جلوگیری کند .
برای طراحی فیلتر معیارهای مختلفی وجود دارد که هدف از آنها این است که فیلتر آنقدر ریزدانه باشد که از ورود ذرات خاک بستر به داخل آن جلوگیری شود و در عین حال ضریب آبگذری فیلتر نسبت به محیط اطراف آنقدر زیاد باشد که آب اضافی به صورت آزاد و به سرعت توسط فیلتر جمع آوری و به محل خروجی هدایت شود . شرایط خاص اجرایی و

حساسیت کانالهای بزرگ ایجاب می کند که برای تخلیه آب نشتی از کانالهای با عمق آب بیش از ۱/۵ متر چه در خاکریزی و چه در خاکبرداری و برای کانالهایی که در خاکبرداری عمیق در خاکهای سنگین قرار داشته و کف و بدنه آنها در معرض زیر فشار ناشی از وجود آب زیر زمینی است ، فیلتر پیش بینی گردد.

مواد و روش ها

الف – معیار های طراحی و ارزیابی مصالح فیلتر مصرفی متناسب با آنها

یکی از نکات مهم در تهیه فیلتر ، دانه بندی آن است که بایستی متناسب با دانه بندی مصالح خاکی بستر پوشش انتخاب گردد . سازمان حفاظت منابع طبیعی آمریکا و دفتر احیاء و عمران ایالات متحده ، ضوابط و معیارهای انتخاب دانه بندی فیلتر را به شرح ذیل ارائه نموده اند .

۱- معیار پایداری : فیلتر باید آنقدر دارای ذرات ریز باشد که مصالح ریزدانه خاک اطراف با جریان آب به فیلتر وارد نشود.برای حصول این هدف باید نسبت قطر ذرات $D_{15}FM$ (فیلتر) به $D_{85}BM$ (خاک اطراف) کمتر یا مساوی ۵ باشد .

$$\text{Stability Ratio} = \frac{D_{15}\ FM}{D_{85}\ BM} \leq 5 \qquad (1)$$

این معیار حد بالایی D_{15} پوش منحنی مصالح را تعیین می کند .

در این پروژه بر اساس نوع مصالح مصرفی جهت خاکریزی بدنه ی کانال و فیلتر مورد استفاده در سیستم زهکشی کف و بدنه، مقادیر D_{15} فیلتر و D_{85} خاک به ترتیب برابر ۰/۴۵ و ۰/۲۶ میلی متر بوده که بر این اساس معیار پایداری فیلتر مصرفی برابر است با :

$$\frac{D_{15}\ (FM)}{D_{85}\ (BM)} = \frac{0/45}{0/26} = 1/73 \leq 5$$

۲- تراوش پذیری مصالح فیلتر باید بسیار بیشتر از تراوش پذیری مصالح اطراف باشد تا ضمن جذب آب محیط اطراف از ایجاد حالت اشباع و افزایش فشار هیدرولیکی در داخل فیلتر جلوگیری شود .

برای حصول این هدف باید نسبت قطر D_{15} فیلتر به D_{15} خاک اطراف بیشتر یا مساوی ۵ باشد .

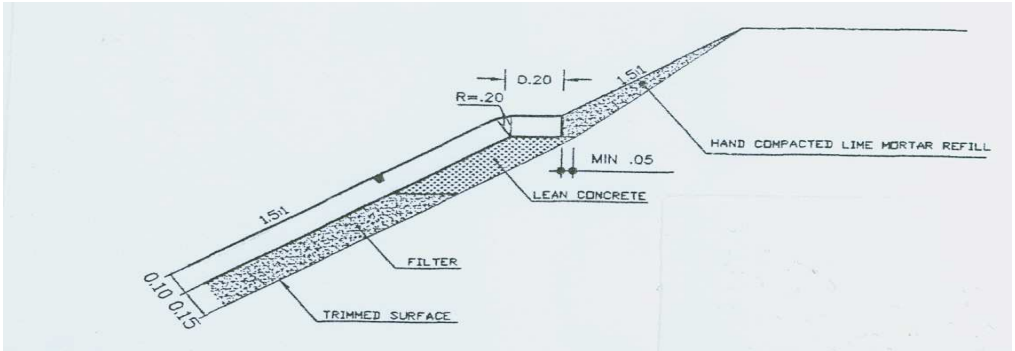
$$\frac{D_{15}\ FM}{D_{15}\ BM} \geq 5 \qquad (2)$$

این معیار حد بالایی D_{15} پوش منحنی مصالح را تعیین می کند .

مطابق توضیحات فوق الذکر در خصوص مصالح مصرفی در این پروژه ، مقادیر D_{15} فیلتر و D_{15} خاک به ترتیب برابر ۰/۴۵ و ۰/۰۰۱ میلیمتر بوده که بر این اساس معیار تراوش پذیری فیلتر مصرفی برابر است با :

$$\frac{D_{15}\ FM}{D_{15}\ BM} = \frac{0/45}{0/001} = 450 \geq 5$$

۳- ضخامت فیلتر باید آنقدر باشد که توزیع دانه بندی مصالح فیلتر در جهت جریان مانع حرکت مصالح اطراف شود و بصورت عرضی هم ، ظرفیت کافی برای انتقال آب جمع آوری شده وجود داشته باشد . بدین منظور حداقل ضخامت ۱۵ سانتی متر برای فیلتر توصیه می شود . بر اساس این مبنای طراحی فوق و مطابق مشخصات فنی پروژه ، میزان ضخامت فیلتر مصرفی حداقل ۱۵ سانتی متر در نظر گرفته شده است . (شکل شماره ۱)



شکل۱ – ضخامت فیلتر زیر لاینینگ

۴- دانه بندی فیلتر باید بگونه ای باشد که ذرات درشت آن مانع از حرکت ذرات ریز به داخل لوله های زهکش شوند . بدین خاطر می توان در اطراف لوله ها از فیلتر درشت تر استفاده کرد ولی در صورت استفاده از فیلتر یک لایه باید :

D_{85} fm ≥ 2 (Max pipe drain opening) (3)

با توجه به اینکه قطر D_{85} فیلتر مصرفی برابر ۵/۲ میلیمتر بوده لذا این مقدار باعث عدم حرکت ذرات ریز به داخل لوله های زهکشی کف کانال می شوند . ضمناً با توجه به اینکه حداکثر قطر سوراخ لوله های زهکشی برابر ۲ میلیمتر می باشد ، لذا مقدار D_{85} فیلتر مصرفی نیز جوابگوی این معیار بوده است .

۵- به منظور جلوگیری از بسته شدن فضاهای خالی فیلتر و حصول بالاترین تراوش پذیری ممکن از یک دانه بندی خاص باید مقدار ذرات ریزدانه کوچکتر از ۷۵ میکرون (کوچکتر از الک نمره ۲۰۰) کمتر از ۵ درصد وزنی فیلتر باشد . به جهت تحقق بالاترین میزان تراوش پذیری فیلتر مصرفی این پروژه که یکی از مهمترین پارامترهای آن می باشد ، حداکثر درصد رد شده از الک نمره ۲۰۰ تا ۳ درصد وزنی آن مورد استفاده قرار گرفته است .

۶- فیلتر باید تمیز و غیر چسبنده باشد و ضریب یکنواختی دانه بندی آن $1/5 \leq CU \leq 8$ باشد . با توجه به محدودیتهای تولید مصالح فیلتر در منطقه خوزستان و فاصله نسبتاً زیاد حمل آن تا محل اجرا و بالتبع افزایش قیمت تمام شده پروژه ، مناسب ترین فیلتر موجود بگونه ای بوده که مقادیر D_{60}ر و D_{15} فیلتر به ترتیب ۲/۵ و ۰/۲۵ میلیمتر بوده که بر این اساس مقدار CU برابر است با:

$$CU = \frac{D_{60}\text{فیلتر}}{D_{10}\text{فیلتر}} = \frac{2/5}{0/25} = 10$$

که مقدار CU فیلتر مصرفی نزدیک به مقدار به حداکثر مجاز آن می باشد .

۷- برای جلوگیری از جدا شدن مصالح درشت از سایر مصالح فیلتر یا تجمع ذرات درشت در یک نقطه و تغییر نامطلوب اندازه فضاهای خالی فیلتر ، لازم است بزرگترین ذرات فیلتر از ۳۷/۵ میلیمتر (۱/۵ اینچ) کوچکتر باشد .

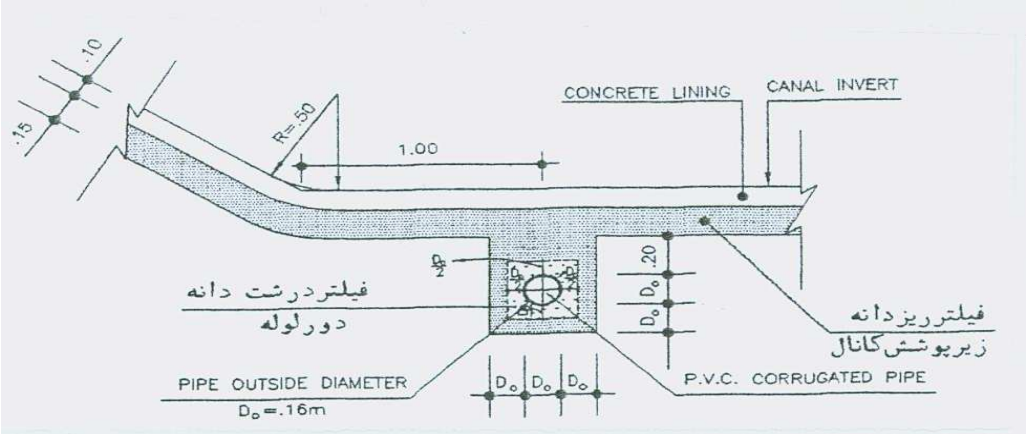
D_{MAX} fm $\leq 37/5$ mm (1/5 inch) (4)

جهت رعایت این معیار نیز حداکثر قطر ذرات فیلتر مصرفی به میزان $\frac{1}{4}$ اینچ (۰/۶۳۵ میلیمتر) محدود گردیده است .

ب- نکات فنی حین اجرا :

پس از تهیه مصالح فیلتر با مشخصات فوق الذکر که کلیه معیارهای اصلی و بخش عمده ای از معیارهای جزئی طراحی را پوشش می داد ، مهمترین عامل ، رعایت و کنترل نکات فنی و رفع اشکالات و چالش های بوجود آمده در حین اجرای سیستم زهکشی می باشد . نکته حائز اهمیت در آغاز عملیات اجرایی سیستم زهکشی کانال با در نظر گرفتن این موضوع که کلیه زه آبهای عبوری از بتن بدنه ، کف کانال و آب زیر زمینی بایستی از طریق سیستم زهکشی واقع در کف کانال تخلیه گردد این است که اجرای زهکش کف می بایست بعد از اتمام عملیات تریمینگ بدنه و کف کانال در اولویت اجرا قرار گیرد .

از آنجائیکه تخلیه و هدایت زه آبهای جمع شده در مقطع کانال از طریق لوله های مشبک پلاستیکی سوراخ دار در کف (لترال) صورت گرفته و با توجه به اینکه محل تعبیه لوله های مزبور در جسم خاکریز که ازجنس ریزدانه (CL) می باشد ، بنابراین جهت رعایت بند ۴ معیار طراحی و جهت جلوگیری از حرکت ذرات ریز فیلتر به داخل لوله های لترال ، فیلتر مورد استفاده در اطراف لوله لترال به صورت زون بندی شده طراحی گردیده است . بدین منظور در اطراف لوله مزبور به ضخامتی معادل نصف قطر لوله از فیلتر درشت دانه و ضخامتی معادل نصف قطر لوله از فیلتر ریز دانه استفاده می شود . (شکل شماره ۲)



شکل۲ – جزئیات لترال کف

ضمناً محل کارگذاری فیلتر ریز دانه در مجاورت فیلتردرشت دانه و بدنه ترانشه محل کارگذاری لوله زهکش مورد استفاده قرار می گیرد . علت این نحوه ی اجرا ، جهت جلوگیری از ورود ذرات ریز خاک بدنه ترانشه به داخل لوله های زهکش بوده که بالتبع در صورت وقوع آن باعث پر شدن مقطع لوله از ذرات خاک شده و پس از مدتی انجام زهکشی از طریق آن امکان پذیر نمی باشد. ضمناً با توجه به اینکه محل کارگزاری لوله های زهکشی در کف کانال قرار داشته و امکان تعویض آن به راحتی نبوده لذا رعایت زون بندی فیلتر اطراف لوله از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

جهت رعایت زون بندی فیلترهای اطراف لوله در حین اجرا از قالب های جدا کننده در بخش ریز دانه و درشت دانه استفاده گردیده است . (شکل شماره ۳)

شکل۳ – نحوی اجرای زون بندی فیلتر اطراف لوله لترال کف

لازم به ذکر است که با توجه به حجم زه آب جمع آوری شده توسط فیلترهای کف و بدنه کانال ، در محل هایی مشخص ، خروجی مناسب جهت تخلیه آب موجود در لترال ها تعبیه گردید . این عملیات بصورت عبور لوله لترال بدون سوراخ از زیر بدنه کانال و اتصال آن از طریق احداث سازه تخلیه زه آب به درون زهکش های موجود در سطح منطقه انجام شد . با توجه به اینکه برروی لوله خروجی که از جسم خاکریز خارج می شود به ارتفاع ۴ متر می بایست خاکریزی اجرا شود لذا جهت جلوگیری از عدم تغییر شکل مقطع لوله در اثر تنشهای وارده از خاکریز مذکور و نیز جلوگیری از شکستگی احتمالی لوله و امکان نفوذ آب موجود در آن به درون خاکریز اطراف ، لوله در غلافی بتنی قرار داده شده که قطعاً در صورت وقوع هر پیشامدی برای لوله خروجی ، داکت بتنی مزبور می تواند به نوبه خود نقش خروجی لوله را ایفا نماید .

با توجه به اینکه طبق بند ۳ معیار طراحی ، ضخامت در نظر گرفته شده فیلتر حداقل ۱۵ سانتی متر بوده ، لذا جهت رعایت ضخامت مذکور در ابتدا می بایست بدنه و کف کانال، شابلون گذاری شوند بگونه ای که ، پس از حصول ضخامت مورد نظر ، سطح زیرین شابلون برابر سطح تمام شده ی فیلتر باشد .

حال جهت جلوگیری از جدایی ذرات درشت دانه از ریزدانه ، با انتقال تمامی مصالح فیلتر به کف کانال و اجرای آن از پایین به بالا ، علاوه بر مرتفع شدن مشکل جدایی دانه ها ، می توان افزایش تراکم فیلتر را نیز به وجود آورد . لازم به ذکر است که قبل از اجرای فیلتر روی بدنه و کف کانال ، ابتدا می بایست سطح تماس فیلتر با خاک بدنه و کف کانال کاملاً مرطوب شده بگونه ای که خاک مزبور قادر به جذب رطوبت اولیه مصالح فیلتر نباشد . همچنین پس از پخش فیلتر در محل های مورد نظر مطابق روش فوق ، به منظور حصول تراکم کافی برای فیلتر و ممانعت از ریزش آن در حین اجرای لاینینگ و همچنین عدم امکان کاهش میزان جذب آب بتن تازه لاینینگ ، از افزایش رطوبت فیلتر با استفاده از آب پاشی کافی از طریق اسپری کردن آب بهره گرفته شد . (شکل شماره ۴)

شکل۴ – آبپاشی فیلتر بدنه کانال به منظور حصول تراکم بهتر

نتایج

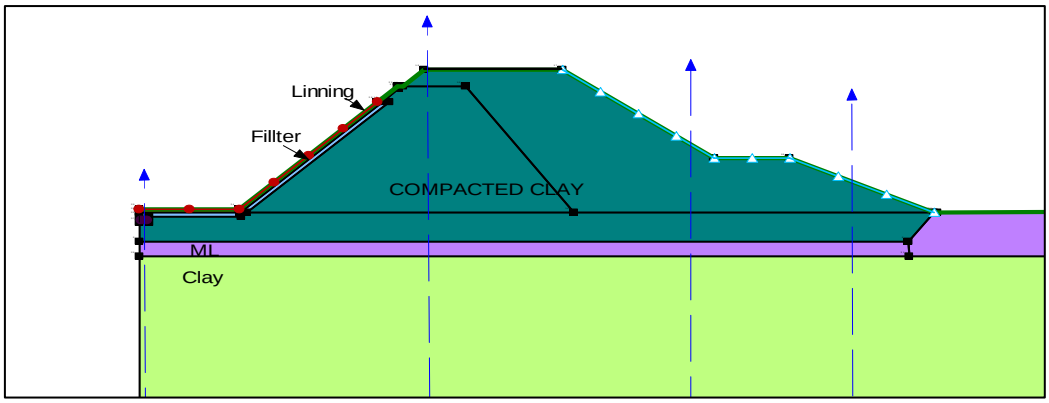
در این تحقیق ابتدا مدل کانال توسط نرم افزار Geo- Seep تهیه گردید . در این مدل نفوذ پذیری بخش های مختلف کانال مطابق جدول۱ در نظر گرفته شد .

جدول ۱ – مقادیر نفوذ پذیری در مدل برای مصالح مصرفی در کانال

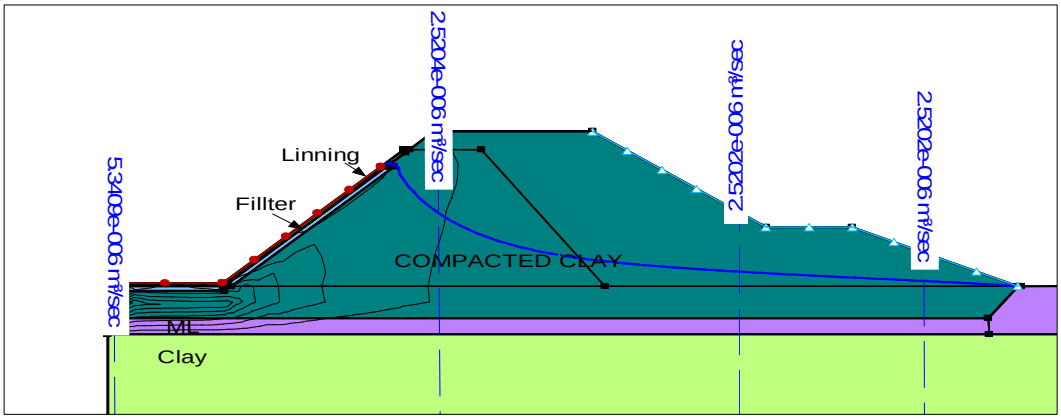
ردیف	نوع مصالح	مقدار نفوذ پذیری k(m/s)
۱	رس محل	10E-7
۲	سیلت	10E-4
۳	فیلتر	10E-3
۴	خاک متراکم خاکریز	10E-7
۵	لاینینگ	2×10E-7

مطابق این خصوصیات و با توجه به خروجی های بدست آمده از این مدل ، میزان دبی خروجی هر رشته لوله لترال برابر با ۵/۳۴ lit/sec در هر کیلومتر محاسبه گردید(اشکال ۵ و ۶) که با توجه به اینکه در مقطع کانال تعداد ۳ رشته لترال

طراحی و اجرا گردیده است. لذا میزان کل دبی خروجی لترال های مذکور برابر است با ۱۶/۰۲ = ۵/۳۴ × ۳ لیتر بر ثانیه در هر کیلومتر می باشد .



شکل۵ – هندسه مدل ساخته شده



شکل۶ – نتایج حاصل از تحلیل نرم افزار

حال آنکه در عمل پس از آب اندازی کانال و تامین عمق آب نرمال طراحی ، میزان خروجی لترالها اندازه گیری گردید که مجموع دبی خروجی لترال ها برابر با ۱۸/۹۲ لیتر در ثانیه در هر کیلومتر می باشد

نتایج و بحث

در این تحقیق مشخص شده که بین نتایج دبی خروجی لوله های زهکش حاصل از اجرای نرم افزار Geo-Seep و پایش های بعمل آمده از کانال در حال بهره برداری اختلافی معادل ۲/۹۲ $\frac{lit}{sec}$ در هر کیلومتر وجود دارد . این در حالی است که به استناد مراجع معتبر آبیاری زهکشی ، در یک کانال انتقال آب با مشخصات مشابه ، میزان خروجی لترال مورد قبول ۱۶ $\frac{lit}{sec}$ در هر کیلومتر تعیین شده است که در قیاس با پایش بعمل آمده ، مقدار دبی خروجی زهکش ۲/۹۲ lit/sec در هر کیلومتر بیشتر می باشد . از این رو جهت بررسی علت این اختلاف ، خصوصیات مصالح و روش

اجرای آنها به همراه دیگر مسایل مرتبط با میزان دبی خروجی که وابسته به نحوه اجرای بخشهای دیگر کانال بوده ، مورد بررسی قرار گرفت که نتایجی به شرح ذیل جهت وجود اختلاف مذکور (از طریق نرم افزار و پایش ها) به دست آمده است .

۱- عدم قرارگیری دانه بندی فیلتر در داخل پوش طراحی آن که یکی از مهم ترین این موارد عدم امکان رعایت مقدار CU فیلتر مصرفی مطابق مقدار مورد نظر در معیار ۶ طراحی که به علت محدودیت های موجود در تامین منابع و مصالح فیلتر در منطقه اجرای پروژه می باشد .

۲- عدم امکان تراکم مناسب فیلتر در بدنه به خاطر شیب و اختلاف ارتفاع زیاد کف و بدنه کانال و عدم امکان استفاده از وسایل متعارف جهت انجام کوبش می باشد .

۳- عدم امکان اجرای فیلتر با ضخامت یکنواخت بدلیل عدم تامین یکنواختی سطح بدنه کانال در حین عملیات تریمینگ .

۴- عدم حصول بتن با تراکم کافی بگونه ای که میزان K آن برابر میزان در نظر گرفته شده در فرضیات نرم افزار مزبور باشد . علت وقوع این نقیصه عدم دستیابی به مصالح سنگی مطابق با معیارهای استاندارد در منطقه اجرای عملیات پروژه و همچنین عدم امکان متراکم نمودن بتن بدلیل ضخامت کم و اجرای آن در سطح شیبدار می باشد .

۵- خطاهای انسانی ناشی از عدم دقت در درز بندی پانلهای لاینینگ بتنی با استفاده از مواد آب بند مناسب (ماستیک گرم ریز) .

در پایان یاد آور می شود که علیرغم بر شمردن مشکلات فوق ، چنانچه دقت های بعمل آمده در خصوص انتخاب مصالح فیلتر ، روش اجرای آن و بتن لاینینگ ، لوله گذاری لترال ها و انجام درز بندی لاینینگ مطابق موارد مطروحه در این مقاله باشد ، حتی با وجود اختلاف ۱۸ درصدی در میزان دبی نشت از کانال می توان از عملکرد مناسب آن اطمینان کامل حاصل نمود بگونه ای که در حال حاضر ، قطعه دوم کانال انتقال اب دشت آزادگان با دبی عبوری ۴۵ متر مکعب بر ثانیه از عملکرد کاملاً مناسبی برخوردار می باشد و علیرغم شروع آبگیری آن از خرداد ماه سال ۹۲ ، تا کنون هیچگونه گزارشی مبنی بر نشت از بدنه کانال به درون زمین های کشاورزی طرفین آن ارائه نشده است.

مراجع

1- "Earth Manual" , U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Earth Sciences and Research Laboratory, Geotechnical Research, Technical Service Center, Denver, Colorado, Third Edition, 1998.

2- "Design of Small Dams", U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, A Water Resources Technical Publication, Third Edition, 1987.

3-"Irrigation Canal Lining" , by D.B. Kraatz, Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Land and Water Development Series NO.l , Rome, 1977.

4-Technical Record of Design and Construction, Central Vally Project, West San Joaquin Division – San Luis Unit – California, Volume VI, Design of Waterways and Detention Dams, U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, October 1974.

5-"Lining for Irrigation Canals", U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, First Edition, 1963.

۶- آلبوم نقشه های اجرایی کانال انتقال آب دشت آزادگان قطعه دوم

۷-جعفری ، م ص .، آوند فقیه ، آ .، (۱۳۸۳) . " فیلتر زیر پوشش کانالها (از معیار های نظری تا واقعیت های عملی)". کارگاه سیستم زهکشی زیر پوشش کانالها.صفحات ۶۷ الی ۸۳ .