کارگاه سیستم زهکشی زیر پوشش کانال‌ها
۲۶ آذر ماه ۱۳۸۳

ضرورت و شرایط بکارگیری زهکش در زیر کانال‌های پوشش‌دار

بهزاد آقابابا گلی[۱]، علیرضا حقیقی[۲]

چکیده

مقاله حاضر درابتدا ضرورت‌های طرح زهکش زیر پوشش کـانال‌ها در شرایط مختلف از جمله تغییرات تراز آب زیرزمینی نسبت به کف کانال، کیفیت شیمیایی و فیزیکی ومکانیکی خاک بستر و املاح موجود درآب و خاک، بلندی ارتفاع خاکریز و وجود خاکهای منبسط شونده را مورد بررسی قرار داده است. سپس با ذکر روش‌های زهکشی، طرح زهکش در دوحالت روباز و مدفون ارائه شده و در انتها روش‌های مقابله با آب زیرزمینی در شبکه آبیاری رودشت جنوبی اصفهان و تجربه حاصل از آن ذکر شده است.

از اهم نتایج این مقاله، معرفی زهکش به عنوان عاملی کارآ درحذف یا تقلیل آثار سوءآب‌های زیرزمینی است.

لزوم ملحوظ نمودن وضعیت لایه‌های زمین، موقعیت لایه آبده نسبت به کف کانال، منشا آب‌های زیرزمینی وکیفیت شیمیایی آن موضوعی است که از نتایج اصلی نوشته مذکورخواهدبودبه گونه ای که نادیده گرفتن هر یک از این موارد باعث معکوس شدن جریان از کانال به سمت زهکش یا سایر مسائل جانبی خواهد شد.

۱-هدف

مسیر کانال در دشت‌ها به دلیل شرایط توپوگرافی و زمین شناسی این مناطق از بسترهایی ریزدانه با بافت سیلت و رس و گاه از بسترهایی از جنس شن و ماسه عبور می‌کند؛ ضمن اینکه سطح آب زیرزمینی و تنوع شرایط کمی و کیفی آب و خاک بستر از دیگر مسائل اینگونه محیط‌هاست.

۱- کارشناس ارشد مهندسین مشاور زایندآب

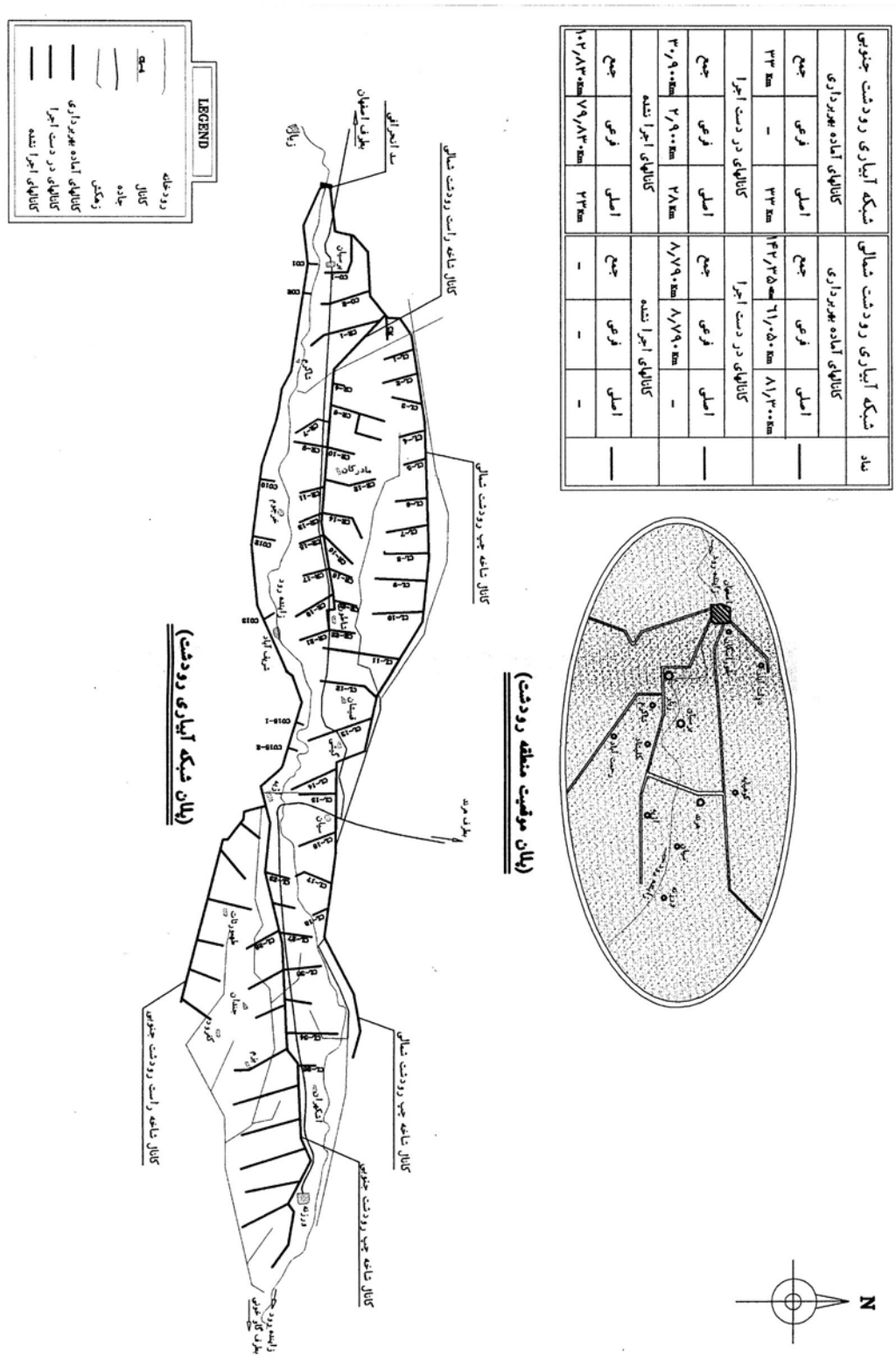
۲- کارشناس شرکت مهندسی آب و خاک

دراین شرایط اتخاذ راهبردی درخوردردستور کار طراح قرارمی‌گیردکه از جمله راهکارهای قابل بررسی، طرح زهکش در زیر پوشش کانال می‌باشد لیکن باید دقت داشت که اولین و اساسی ترین گام در این راه، روشن نمودن ضرورت یا عدم ضرورت و یا به عبارتی شفاف تر حصول اطمینان از لزوم استفـــاده از زهکش است و اقتصاد طرح، نوع مصالح مصرفی، شرایط بهره برداری و... گام‌های بعدی طرح می‌باشد.
هدف این نوشتار، بیان تجارب اجرایی شبکه آبیاری رودشت جنوبی در مجرائی مبتنی بر ضرورت نگری و چارچوب مندی است.

۲- معرفی شبکه رودشت جنوبی

منطقه رودشت در فاصله ۱۰۰ – ۳۰ کیلومتری شرق – جنوب شرق اصفهان واقع شده است. این منطقه گسترده در دو سوی زاینـده رود به دو بخش رودشت شمالـی و رودشت جنوبی (یکی در شمال و دیگری در جنوب زاینـــده رود) تقسیم شده است. شبکه آبیاری این منطقه حدود ۴۵۰۰۰ هکتـار از اراضی مربوطه را تحت پوشش قرارمی‌دهد۰ شبکه شمالی درحال بهره برداری و شبکه جنوبی با حدود۵۰٪ پیشرفت فیزیکی درحال اجرا است.
کانال انتقال جنوبی با دبی۲۵مترمکعب برثانیه درابتدا،ودر کیلومتر ۶۰ به دبی ۷ متر مکعب خواهد رسید.
عمده مشکلات اجرای این پروژه به شرح زیر است:
الف – برخورد به لایه‌های گچ در مسیر کانال انتقال
ب – تلاقی کانال با لایه‌های شن و ماسه در مسیر آن
ج – برخورد با آب زیرزمینی که رقوم آن گاه تا ترازتاج کانال در نوسان است.
د- وجود املاح حاوی کلر و سولفات در آب و خاک محیط
باوجود اینکه در اجـــرای شبکه مذکورمشکلات فنی _ اجـــرایی عدیده ای وجود داشت و برای رفع آن در هر مورد راهکاری ارائه گردید در این مقاله صرفا به موارد مربوط به موضوع اشاره شده از ذکر سایـــر موارد پرهیزگردیده است.تصویرشماره یک نمایانگرنمونه ای ازبافت خاص منطقه مذکورمی‌باشد۰پلان شبکه‌های مذکور نیز در شکل شماره ۲ آمده است.

تصویر شماره (۱) ـ بستر دارای شن و ماسه



شبکه آبیاری رودشت جنوبی			شبکه آبیاری رودشت شمالی			نماد
کانالهای آماده بهره‌برداری			کانالهای آماده بهره‌برداری			
اصلی	فرعی	جمع	اصلی	فرعی	جمع	——
۳۳ km	-	۳۳ km	۸۱/۳۰۰ km	۶۱/۰۵۰ km	۱۴۲/۳۵۰ km	
کانالهای در دست اجرا			کانالهای در دست اجرا			
اصلی	فرعی	جمع	اصلی	فرعی	جمع	——
۲۸ km	۲/۹۰۰ km	۳۰/۹۰۰ km	-	۸/۷۹۰ km	۸/۷۹۰ km	
کانالهای اجرا نشده			کانالهای اجرا نشده			
اصلی	فرعی	جمع	اصلی	فرعی	جمع	——
۲۳ km	۷۹/۸۳۰ km	۱۰۲/۸۳۰ km	-	-	-	

تصویر شماره (۲)

۳- ضرورت زهکشی

در کانال‌های آبیاری، در شرایط زیر بحث زهکش مطرح می‌باشد:

الف ـ تخریب یا غوطه‌وری پوشش کانال در اثر نیروی ناشی از فشار هیدرواستاتیک سفره آب زیرزمینی و یا آب منفذی (تصاویر۳و۴)

ب ـ تخریب یا در معرض تخریب قرار گرفتن پوشش کانال در اثر اشباع شدن خاک بستر کانال در بافت‌های ریزدانه

ج ـ پدیده خوردگی پوشش کانال در اثر تماس با آب زیرزمینی حاوی املاح زیاد (شکل ۵)

د ـ تشکیل بستر کانال از خاک‌های منبسط شونده

هـ ـ خطر گسیختگی خاکریز کانال در صورت اشباع شدن آن از آب نشت یافته از کانال بویژه در خاکریزهای بلند واقع در دامنه‌های پرشیب

در این راستا، روش‌های مختلفی از جمله حفر زهکش‌های روباز و زهکش‌های مدفون و... وجود دارد که انتخاب هر یک از این گزینه‌ها به مسائل فنی و اقتصادی طرح وابسته است. از این گذشته، تنوع شرایط فیزیکی، مکانیکی، هیدرومکانیکی و ژئوتکنیکی خاک بستر کانال و حالت‌های گوناگون و متفاوت تراز آب کانال نسبت به زمین طبیعی و تراز آب زیرزمینی و تبعات ثانویه هر یک از روشهای ذکر شده، انتخاب روش مناسب را پیچیده و حساس می‌نماید.

در دستیابی به طرح زهکش مناسب، بررسی لایه‌های زمین، توپوگرافی مسیر، تغییرات تراز آب‌های زیرزمینی، جهت جریان آب‌های زیرزمینی، موقعیت لایه آب ده نسبت به کف کانال، کیفیت آبها و منشأ آن و شناخت شرایط مرزی کانال در رابطه با محیط اطراف، از ملزومات اساسی است؛ به گونه ای که نادیده گرفتن هر یک از این عوامل در طراحی، ممکن است موجب معکوس شدن جریان از کانال به سمت زهکش و یا سایر مسائل جانبی گردد.

بعنوان مثال، احداث زهکش در کف و یا مجاورت کانال‌های دارای بستر صرفاً شنی یا ماسه ای، هرچند معضل زیر فشار را مرتفع خواهد کرد، لیکن موجب فرار شدید آب کانال به سمت زهکش و در صورت فراهم آوردن شرایط حتی باعث رخ دادن پدیده پایپینگ (Piping) یا ماسه روان (quicksand) خواهد شد که خود منشأ خسارت بوده و نیاز به چاره‌جوئی دارد.با این توضیح ذیلا به شرح هر یک از موارد فوق پرداخته خواهد شد:

تصویر شماره (۳)- تخریب کانال در اثر فشارهیدروستاتیک

تصویر شماره (۴)- تخریب کانال در اثر فشارهیدروستاتیک

تصویرشماره(۵)- خوردگی پوشش بتنی کانال دراثرتماس باآب زیرزمینی

الف ـ ضرورت استفاده از زهکش بواسطه تهدید آب زیرزمینی

در کل فشار هیدرواستاتیک ناشی از آب در شرایطی ایجاد می‌شود که:

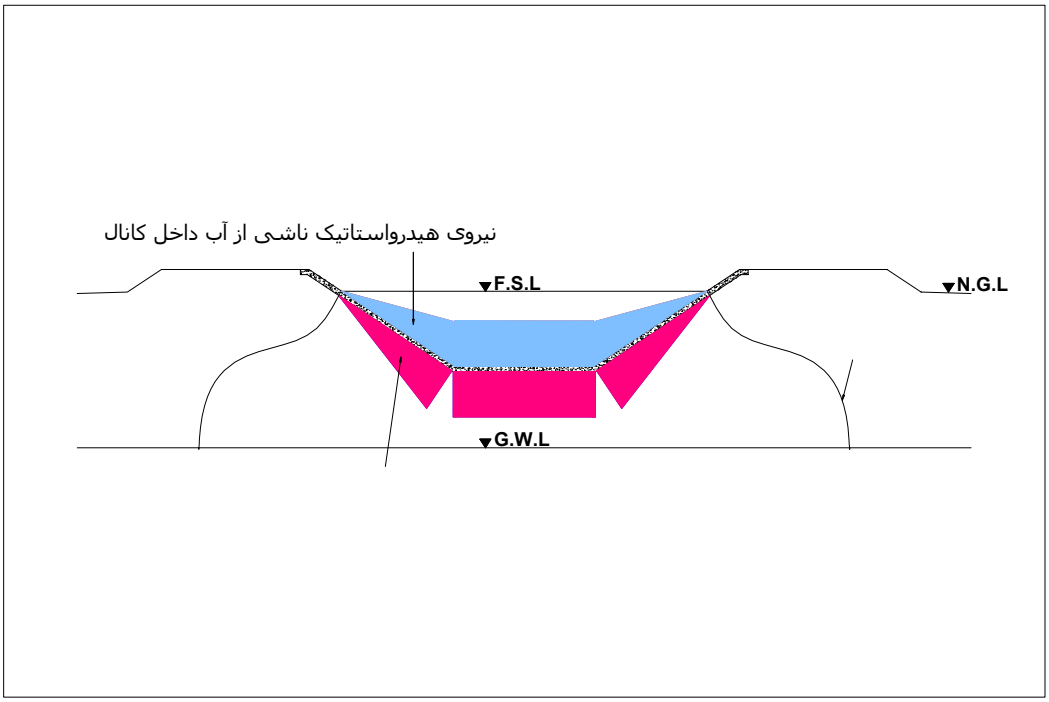
۱- تراز آب زیرزمینی نسبت به کف کانال بالاتر باشد

۲- خاک بستر کانال بافتی ریزدانه داشته باشد و امکان اشباع شدن آن بواسطه آب منفذی فراهم گردد.

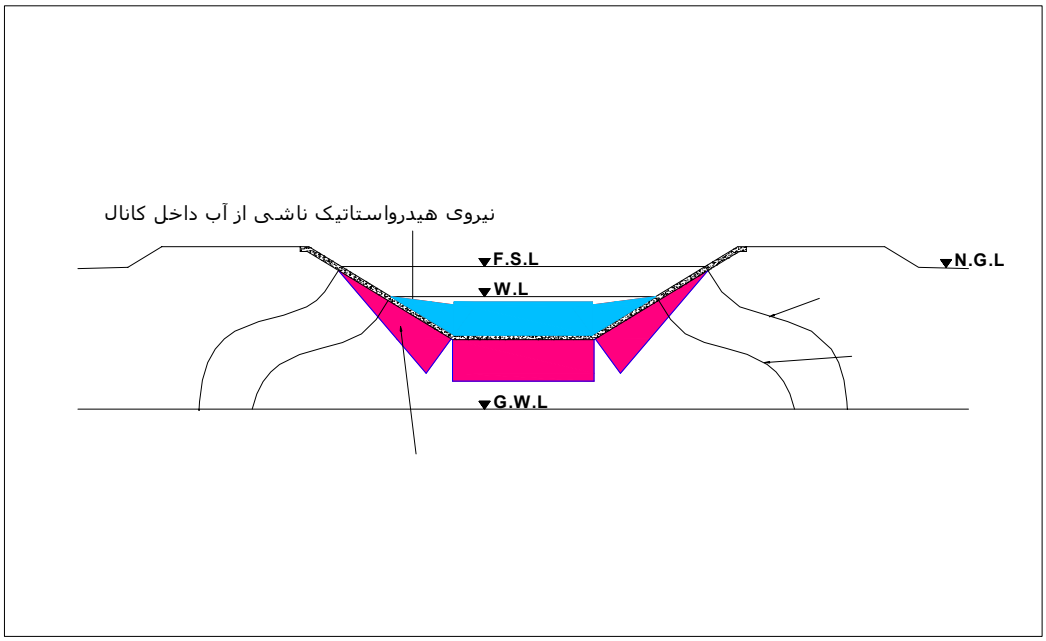
با توجه به وضعیت آب زیرزمینی و شرایط خاک بستر حالات زیر برای کانال متصور است:

حالت اول: آب زیرزمینی زیر کف کانال است و خاک بستر دارای نفوذپذیری مناسب است در این حالت با توجه به دانه بندی خاک و سطح آب زیرزمینی در هیچ زمانی فشار محبوس در خاک ایجاد نمی‌شود و احتیاج به طرح زهکش نیست.

حالت دوم: آب زیرزمینی زیر کف کانال است و خاک بستر کانال ریزدانه با نفوذپذیری کم است در این حالت علی‌رغم پایین بودن سطح آب زیرزمینی نسبت به کف کانال شرایط اشباع شدن بستر کانال وجود دارد و امکان بروز این موضوع بخصوص در مواقعی که کانال در حال بهره‌برداری است بیشتر است. بیشترین مقدار فشار وارد بر پوشش زمانی ایجاد می‌گردد که کانال بصورت ناگهانی تخلیه شود در این حالت فشاری که از خارج به طرف داخل وارد می‌شده باقی است. اما نیروی مقابله با آن، که همان فشار آب داخل کانال بوده حذف شده است بنابراین امکان غوطه‌ور شدن پوشش بتنی کانال و در شرایطی تخریب آن وجود دارد. در این حالت بایستی برای مقابله با این پدیده زهکش مناسب پیش‌بینی شود.شکل زیرنیروهای وارد بر پوشش کانال را در حالت‌های فوق نمایش می‌دهد.



تصویر شماره(۶)- حالت اول-نمایش تعادل نیروی وارده به پوشش کانال در حالت بهره برداری از کانال با دبی نرمال



تصویر شماره(۷)- حالت دوم-نمایش نیروی وارد به پوشش کانال در حالت تخلیه سریع

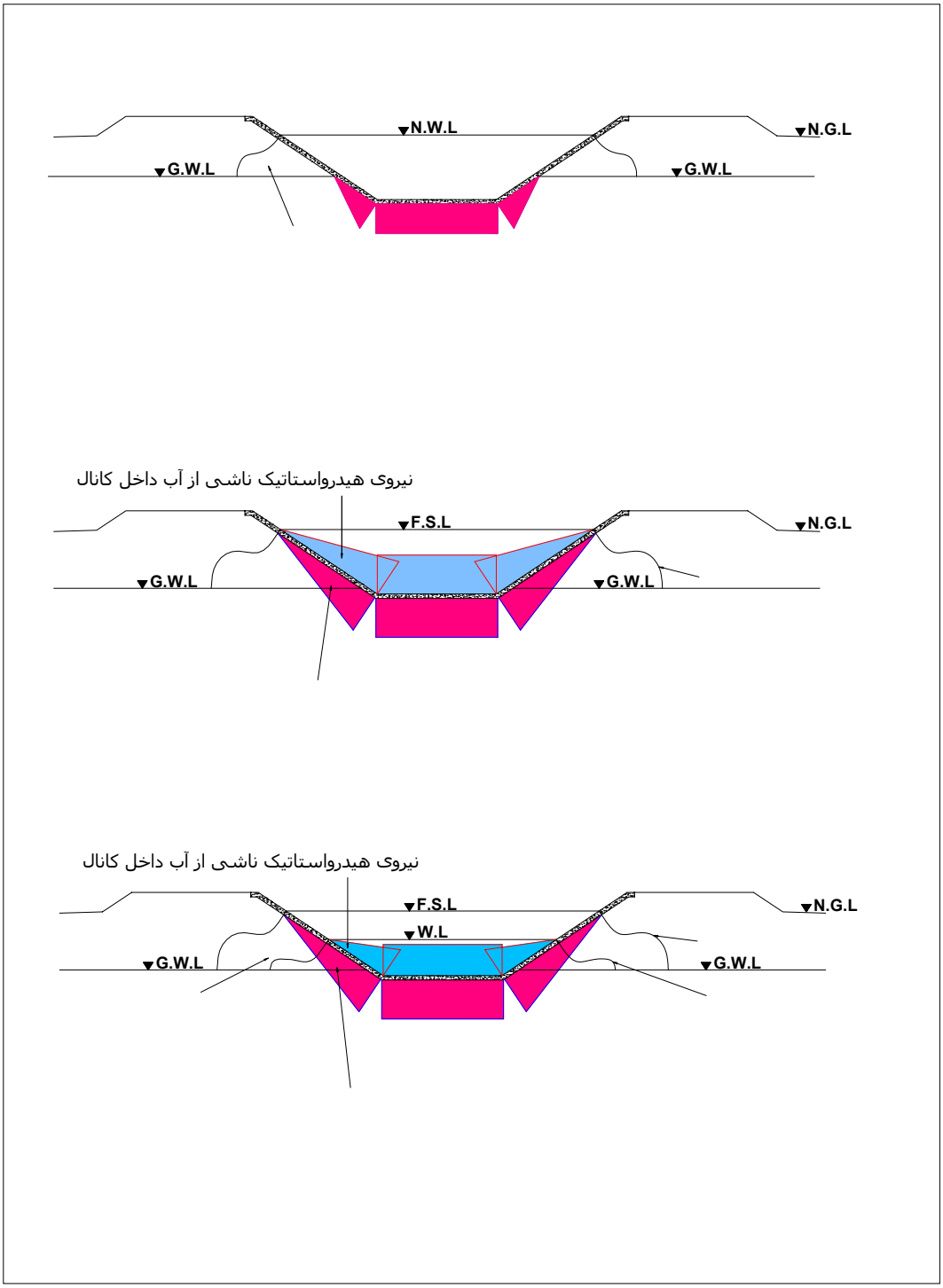
حالت سوم: آب زیرزمینی بین کف کانال و FSL (Full Supply Level) و خاک بستر ریزدانه است. در این حالت فشار هیدرواستاتیک از خارج کانال بطرف داخل است. علاوه بر این، در این شرایط در صورت تخلیه ناگهانی کانال، فشار هیدرواستاتیک (از خارج بطرف داخل پوشش کانال) باعث تشدید نیروی زیر فشار می‌گردد. مقدار این نیرو به ضریب نفوذپذیری خاک و در ضمن مدت زمان تخلیه کانال بستگی دارد. برای مقابله با این نیرو استفاده از زهکش ضروری است که متعاقباً مورد بحث قرار خواهد گرفت.

تصویر ۸ شرایطی منطبق بر حالت سوم در کانال رودشت رانمایش داده است.

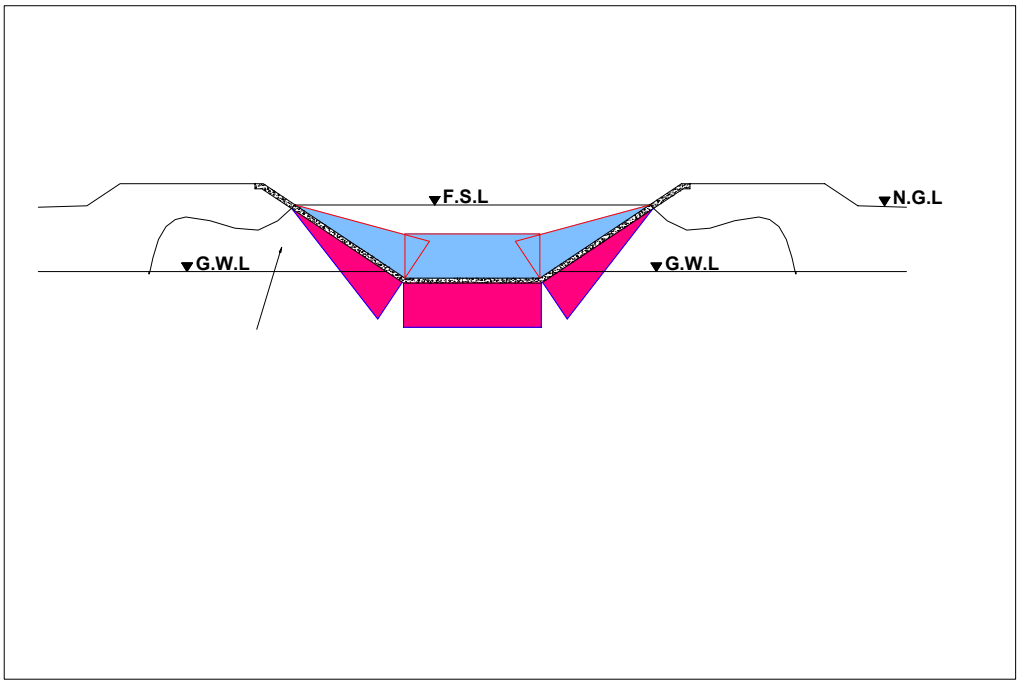
در دیاگرام‌های تصویر شماره ۹ نیزمراحل حدوث حالت سوم نشان داده شده است.

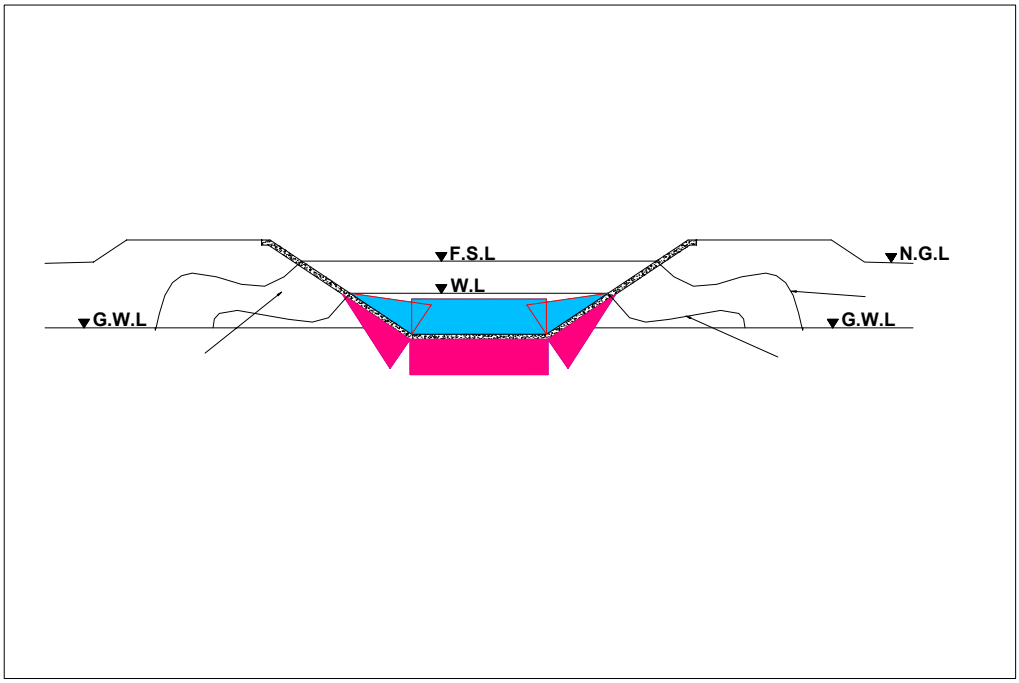
حالت چهارم: آب زیرزمینی بین کف کانال و FSL است و خاک بستر دارای نفوذپذیری مناسبی است. در این حالت مانند قبل فشار از خارج به طرف داخل وارد می‌گردد ولی فشار ناشی از تخلیه ناگهانی با توجه به نفوذپذیری خاک قابل صرفنظر است بنابراین طرح زهکش در این حالت دارای هزینه کمتری نسبت به قبل است.تصویر شماره ۱۰ مربوط به این حالت می‌باشد.

تصویر شماره(۸) ـ تراز بالای آب در کانال انتقال رودشت جنوبی قبل از اجرای پوشش



تصویر شماره (۹)- حالت سوم- نمایش نیروی واردبرپوشش کانال در حالت سطح آب زیرزمینی بین کف کانال و FSL





تصویر شماره(۱۰)- حالت چهارم- نمایش نیروی واردبرپوشش کانال در حالت آب زیرزمینی بین کف کانال و FSL

حالت پنجم: تراز آب زیرزمینی بالاتر از FSL است.

در چنین حالتی پوشش کانال تحت تاثیر نیروی هیدرواستاتیک بالایی است و این موضوع زمانی بیشتر اهمیت دارد که کانال خالی باشد بنابراین طرح و اجرای زهکش در این حالت، امری گریز ناپذیر است.

ب ـ ضرورت استفاده از زهکش به دلیل اشباع شدن خاک بستر کانال

در شرایطی که کانال مشخصات زیر را داشته باشد امکان اشباع شدن خاک بستر وجود دارد

- خاک بستر کانال ریزدانه و نفوذپذیری آن کم باشد.
- کانال کاملاً در خاکبرداری است و امکان تخلیه آب نشت یافته از کانال و یا آب ناشی از بارندگی وجود ندارد.

تصویر شماره (۱۱)- باتلاقی بودن مسیر کانال-آب زیرزمینی تقریباً ۱/۵ متر زیر زمین طبیعی است

تصویر (۱۲)- وضعیت باتلاقی مسیر کانال – بلدوزر در حین عملیات خاک برداری درزمین فرو رفته است همانگونه که در قسمت قبل نیز عنوان شد باید توجه داشت اشباع بستر کانال زمانی مخرب است که کانال خالی یا تخلیه کانال ناگهانی باشد دامنه تاثیر فشار هیدرواستاتیک ناشی از تخلیه ناگهانی کانال به مشخصات خاک بستگی داشته و برای خاکهای با نفوذپذیری کم و ریزدانه از حداکثر میزان خود برخوردار است.

ج ـ ضرورت زهکش به دلیل تماس کانال با آب زیرزمینی با املاح زیاد

در بسیاری از مواقع آب زیرزمینی دارای املاح زیادی است که بعضاً تاثیرات مخرب روی پوشش بتنی کانال دارند. ازجمله این املاح ترکیبات دارای کلرید و سولفات است، که چنانچه مقادیر آنها در آب از حد معین تجاوز کند، پدیده خوردگی پوشش کانال را به شدت افزایش خواهد داد. مطالعات در این زمینه نشان داده است بیشترین میزان خوردگی زمانی اتفاق می‌افتد که سطح آب زیرزمینی در نوسان باشد و پوشش کانال در معرض تر و خشکی متناوب ناشی از این آبها قرار گیرد. برای مقابله با این پدیده روشهای زیادی پیشنهاد گردیده است که یکی از آنها احداث زهکش برای پائین بردن سطح آب زیرزمینی و عدم تماس این آبها با پوشش بتنی کانال است. در این قبیل موارد،علاوه بر فشار هیدرواستاتیک که احداث زهکش را ایجاب می‌نماید حفاظت کانال در برابر پدیده خوردگی ناشی از وجود املاح محلول در زه آب ممکن است علت اصلی نیاز به احداث زهکش باشد.

تصویر شماره(۱۳) ـ تماس کانال با آب زیرزمینی دارای یون کلریدوسولفات ـ رودشت‌جنوبی

تصویر(۱۴)- وجود یون‌های سولفات فراوان درآب زیرزمینی و نیز نفوذ پذیری زیاد خاک محل باعث ایجاد پدیده خوردگی بتن در زیر بوتیل گردیده است

تصویر(۱-۱۴)- فرش کردن لایه اول بیدیم روی بتن محافظ زیر، در عملیات اجرای پوشش بوتیل برای محافظت پوشش کانال درمقابل املاح کلرید و سولفات و جلوگیری از فرار آب از کانال

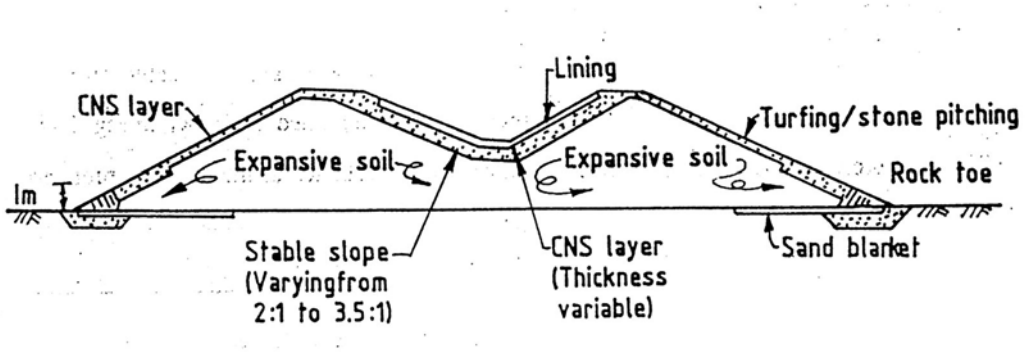
تصویر (۲-۱۴)- وضعیت باتلاقی مسیر کانال در زمینهای دارای املاح کلریدو سولفات

د ـ ضرورت زهکشی برای حالتی که کانال در خاکهای متورم شونده اجرا می‌گردد.

در خاکهای منبسط شونده به دلیل بافت خاص این نوع خاک، استفاده از سیستم زهکشی امری گریزناپذیر است. همانگونه که در احداث کانال با استفاده از این نوع خاک و یا در بستری اینگونه، در نظر گرفتن تمهیداتی خاص ضروری است، در طرح زهکش نیز بررسی حالتهای گوناگون جهت انتخاب گزینه مناسب، از اصول کار می‌باشد. فلسفه استفاده از زهکش در این نوع خاکها، کاهش فشار تورمی‌خاک است.

در این قبیل خاکها، در مواردی که کانال در خاکریز قرار دارد و در زمانی که خاک بدنه اشباع است، احتمال ایجاد پدیده رگاب (Piping) وجود دارد. برای جلوگیری از این پدیده، استفاده از sand blanket به انضمام زهکش پنجه سنگی لازم است.

برای جلوگیری از فرسایش بدنه خارجی نیز استفاده از ریپ رپ (Rip Rap) توصیه می‌گردد. (مطابق با تصویر زیر)



تصویر شماره (۱۵)- (زهکش پنجه سنگیsand blanket وریپ رپ چینی)

هـ ـ ضرورت زهکشی برای حالتی که کانال در خاکریز بلند احداث می‌گردد:

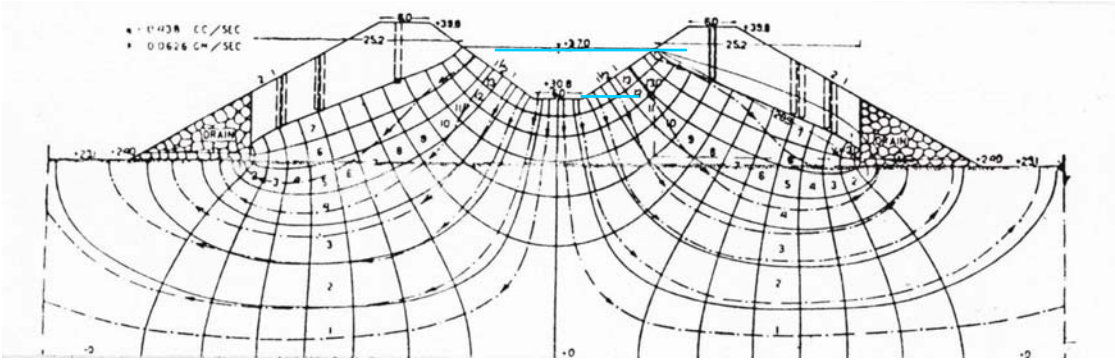
احداث کانال با توجه به شرایط توپوگرافی و عوارض زمین در حالتهای مختلفی از خاکبرداری و خاکریزی انجام می‌شود. در مواردی که ارتفاع خاکریزی قابل توجه باشد، کنترل پایداری شیروانی‌های خاکریز و یا به عبارت بهتر جلوگیری از ناپایداری احتمالی آن در اثر اشباع شدن پس از بهره‌برداری از کانال، از موضوعات اساسی در بحث طراحی کانال می‌باشد.

این موضوع در مواردی که کانال در خاکریز بلند و در دامنه‌های با شیب بیش از ۱۰٪ احداث می‌شود، حساسیت و اهمیت بیشتری خواهد داشت.

از جمله تمهیدات موثر برای کنترل پایداری در این قبیل موارد، جلوگیری از اشباع شیروانی‌های کانال از طریق احداث زهکش در زیر پوشش کانال می‌باشد.

شرایط مختلف خاک بستر و ارتفاع خاکریز از عمده پارامترهای تعیین کننده مشخصات زهکشی است که قرار است بدین منظور اجرا گردد؛ به گونه‌ای که در خاک‌های چسبنده با نفوذپذیری کم، ناپایداری کانال در

شرایط اشباع خاکریز نسبت به سایر خاک‌ها حادتر بوده و تمهیدات و ملزومات خاص‌تری را به طرح زهکش تحمیل می‌نماید.



تصویر شماره(۱-۱۵)- جزئیات زهکشی برای پایداری شیروانی خاکریزی کانال

۱- روشهای زهکشی و شرایط کاربرد آن:

در مباحث پیشین ضرورت احداث زهکش برای حفاظت از کانالهای آبیاری دارای پوشش بتنی مطرح گردید. زهکشها می‌توانند به دو صورت روباز و زیرزمینی اجرا شوند. انتخاب نوع زهکش به عوامل اقتصادی، فنی، اجرایی و محدودیتها و شرایط محلی بستگی دارد که در ادامه مورد بررسی اجمالی قرار می‌گیرد.

الف ـ زهکش روباز:

معمولاً زهکش روباز از نظر هزینه احداث، نگهداری و بهره‌برداری و کاربردهای جنبی دیگر بر زهکش زیرزمینی برتری دارد. در مواردی که علاوه بر خارج ساختن زه آب مزاحم از پیرامون کانال، جمع‌آوری آبهای سطحی و روانابهای بارندگی نیز مورد نظر می‌باشد، زهکش روباز از مزیت آشکار برخوردار است. ضمن اینکه در مواردی نیز استفاده از زهکش روباز به دلیل اشغال قسمتی از اراضی در عبور از عوارض و موانع موجود در مسیر کانال و یا ارزشمند بودن اراضی، امکان پذیر نیست.

در طراحی زهکش روباز به منظور حفاظت از کانالهای آبیاری، تعیین عمق و فاصله زهکش از محور کانال آبیاری به مشخصات خاک، نفوذپذیری و تراز ایمن سطح آب زیرزمینی بستگی دارد.

در کانال اصلی انتقال آب رودشت جنوبی در قسمتهایی از مسیر، استفاده از زهکش روباز مورد بررسی دقیق اقتصادی ـ فنی قرار گرفته انتخاب گردید.(مقایسه اقتصادی شامل هزینه خرید اراضی،حفاری زهکش روباز با سطح مقطع حدود ۱۲ متربع وبا هزینه حدود ۴۰۰۰ ریال به ازای هر متر مکعب حفاری ماشینی و در نهایت رقمی‌حدود ۶۰۰۰۰ ریال به ازای هر متر طول زهکش روباز بود در حالی که این هزینه برای یک متر طول زهکش زیرزمینی دو رشته ای با فیلتر ریزی اطراف آن و پی کنی دستی بالغ بر ۷۸۰۰۰ ریال بوده است)۰در این قسمتها کانال در بستری از خاک رس و لنزهایی از شن و ماسه عبور می‌کرد.(تصویر

شماره ۲- ۱۵)، بنابراین ضرورت داشت در انتخاب عمق و فاصله زهکش از کانال دقت لازم صورت گیرد به صورتی که ضمن دفع زه‌آب از پیرامون کانال، موجب فرار آب از کانال نشود. با توجه به نتایج بررسی بافت و نفوذپذیری خاک، فاصله متوسط زهکش از کانال ۵۰ متر و تراز کف زهکش ۶۰ سانتیمتر پائین‌تر از کف کانال درنظر گرفته شد. این زهکش‌ها با هدف پائین بردن تراز آب زیرزمینی و جلوگیری از تخریب پوشش کانال در اثر نیروی زیر فشار و نیز محافظت از کانال در برابر خورندگی املاح موجود در زه آب احداث گردید ضمن آنکه روانابهای سطحی را نیز دفع خواهد نمود. پایین رفتن تراز زه آب در محیط کانال آبیاری نشان دهنده تاثیر مثبت زهکشهای احداثی بوده است.

تصویر شماره (۱۶)-بستر خاک رس ولنزهای شن و ماسه

ب ـ زهکش زیرزمینی

انواع زهکش‌های مدفون به شرح زیر است:

۱- شیرهای یکطرفه در کف کانال Pressure relief valves

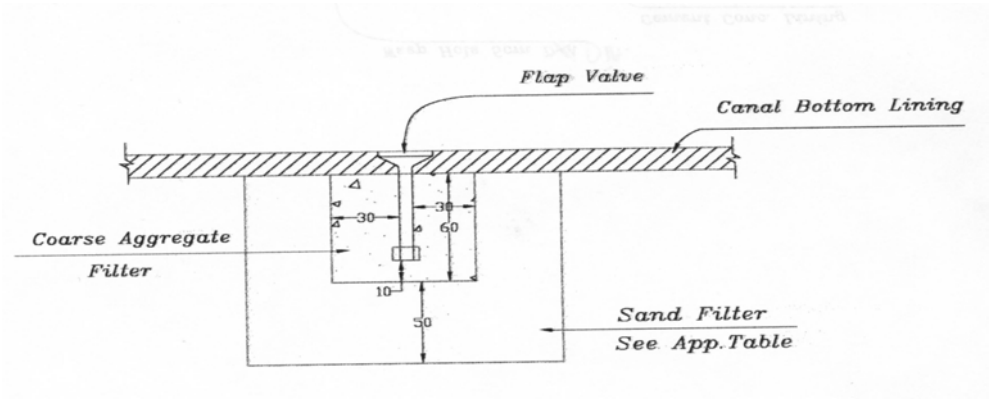
۲- منافذ در کف و بدنه کانال weep holes

۳- زهکش طولی با فیلتر معکوس در کف و بدنه کانال longitudinal & transverse drain

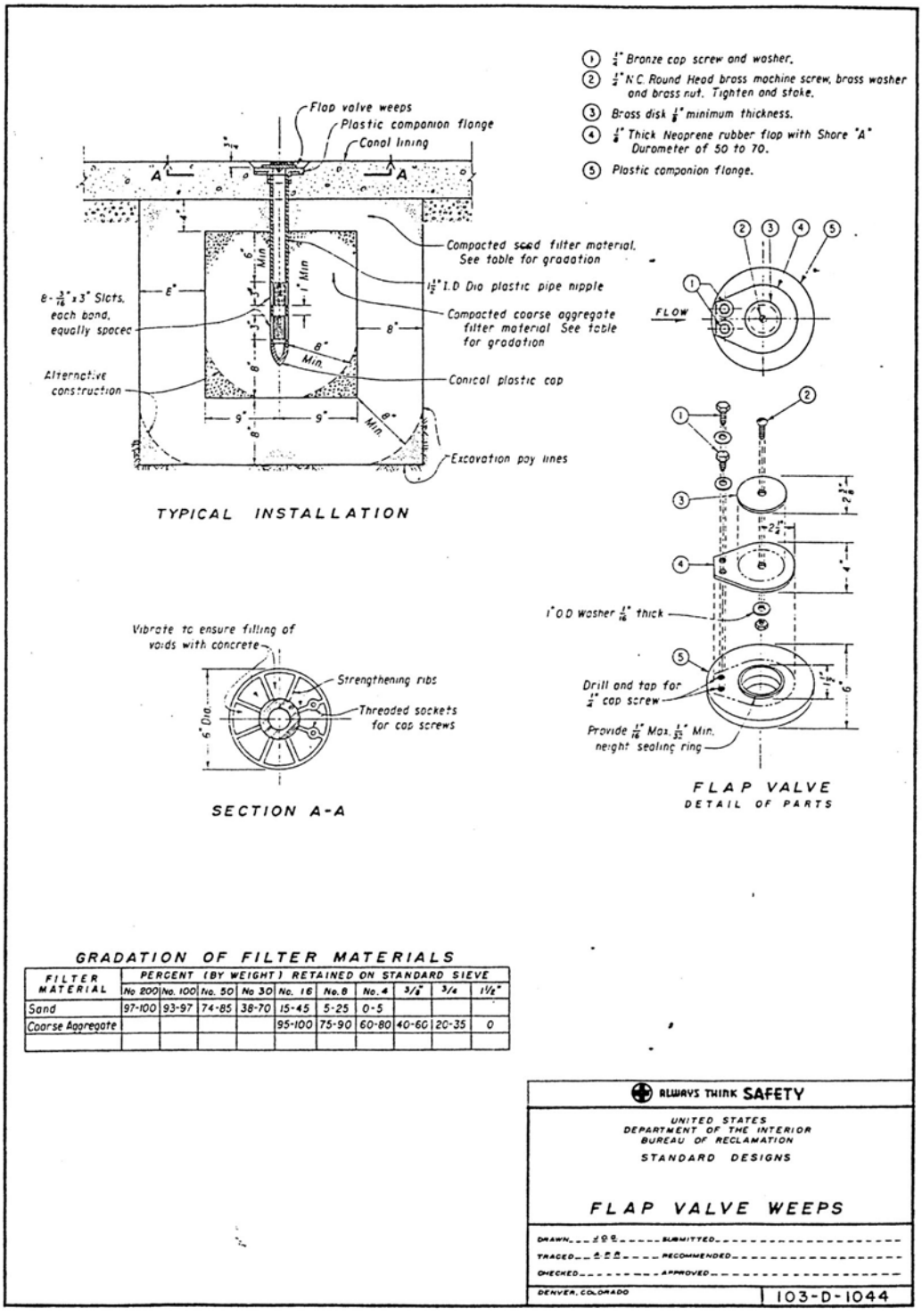
۱- شیرهای یکطرفه

این سیستم ضمن آنکه اجازه ورود آب از بستر کانال را می‌دهد از خارج شدن آب کانال جلوگیری می‌کند. مطابق شکل این شیرها با لوله‌ای با قطر ۵ سانتیمتر، در حجمی‌از فیلتر شن و ماسه به ابعاد ۶۰×۶۰×۶۰

قرار می‌گیرد (با توجه به کیفیت آب زیرزمینی بهتر است از لوله‌های غیر فلزی برای این منظور استفاده شود). (تصویرهای ۱۷و۱۸)



تصویر شماره (۱۷)-



GRADATION OF FILTER MATERIALS

FILTER MATERIAL	PERCENT (BY WEIGHT) RETAINED ON STANDARD SIEVE									
	No 200	No. 100	No. 50	No 30	No. 16	No. 8	No. 4	3/8"	3/4	1½"
Sand	97-100	93-97	74-85	38-70	15-45	5-25	0-5			
Coarse Aggregate					95-100	75-90	60-80	40-60	20-35	0

ALWAYS THINK SAFETY

UNITED STATES
DEPARTMENT OF THE INTERIOR
BUREAU OF RECLAMATION
STANDARD DESIGNS

FLAP VALVE WEEPS

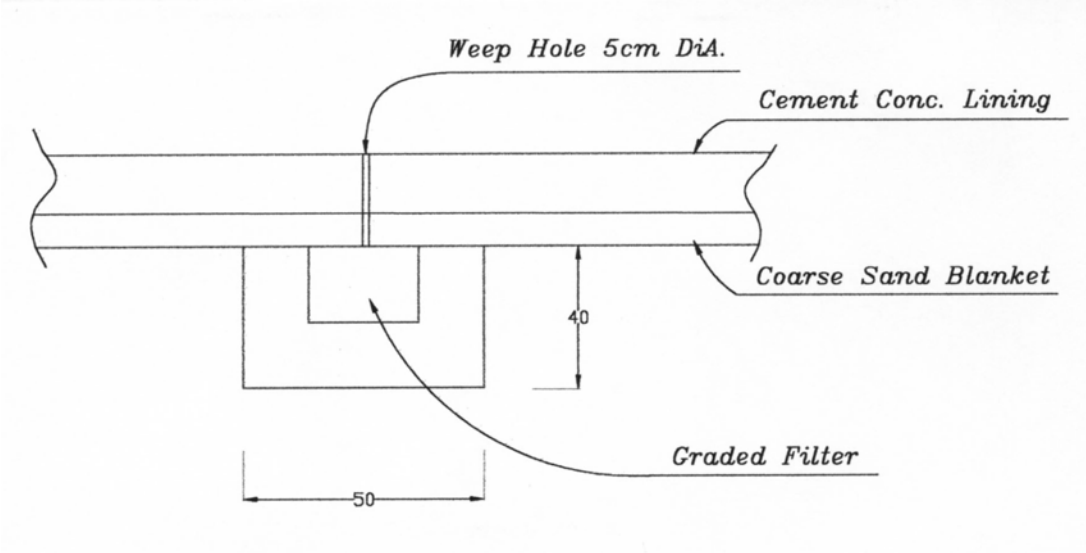
DRAWN — SUBMITTED —
TRACED — RECOMMENDED —
CHECKED — APPROVED —
DENVER, COLORADO

103-D-1044

تصویر شماره (۱۸)

۲- منافذ تخلیه فشار (weep holes):

این مجاری در کف و بدنه کانال برای تخلیه آب احداث می‌شود. مجرای تخلیه در لایه‌ای از شن و ماسه قرار دارد و جزئیات آن مانند مجرای زهکش پشت دیوارهای حائل است (تصویرشماره ۱۹)

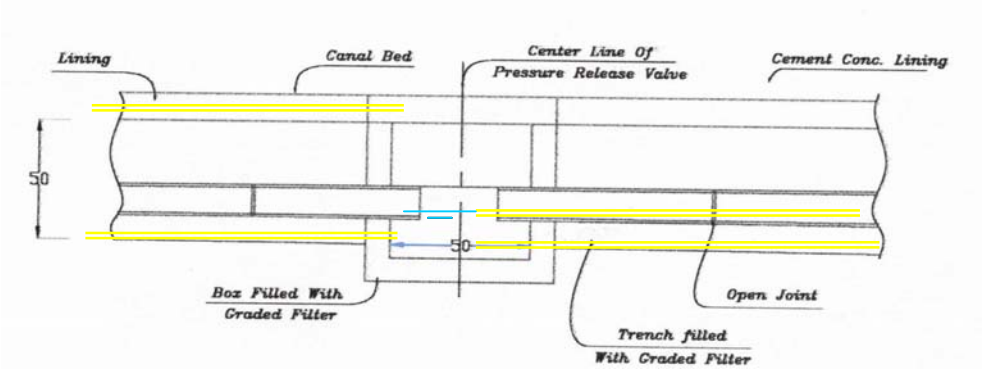


تصویر شماره (۱۹)

۳-زهکش طولی با فیلتر معکوس

این زهکش‌ها معمولاً شامل لوله ای است که در داخل فیلتر قرار می‌گیرد خروجی این زهکش در فضایی به ابعاد ۵۰*۵۰*۵۰ سانتیمتر و بطرف کف کانال است این فضا با مواد فیلتر پر می‌شود در داخل آن از شیرهای یک طرفه برای هدایت آب به کف کانال استفاده می‌شود. فیلتر معکوس اطراف لوله معمولاً در کف و بدنه کانال و در طول آن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در بعضی استانداردها(3) برای عرض کف کمتر از ۲/۵ متر استفاده از یک رشته لوله و برای عرض کف بیش از آن متر استفاده از دو خط لوله در طرفین کف توصیه شده است در هر دو حالت فیلتر در اطراف لوله زهکش توصیه شده است (تصویر شماره ۲۰)



تصویر شماره (۲۰)

۴-انتخاب زهکش زیرزمینی مناسب

زهکشهایی که در بالا توضیح داده شد در شرایط خاصی از وضعیت آب و خاک استفاده می‌شود. در زیر ابتدا شرایط استفاده از هر حالت بر اساس استاندارد شماره IS-4558-1983 (مرجع شماره ۲) هندوستان توضیح داده شده و سپس مثالهایی از حالت‌های عملی استفاده از این سیستمها در شبکه رودشت آورده می‌شود.لازم به توضیح است در استاندارد مذکور صرفا طرح زهکش زیرزمینی بر اساس دانه بندی خاک، مشخصات آن و سطح آب زیرزمینی نسبت به کف کانال ارائه گردیده است. نکته قابل ذکر در این زمینه اینکه بر اساس توضیحات آتی، لازم است قبل از انتخاب نوع زهکش عوامل دیگرتاثیر گذار بر کانال نیز بررسی تا در نهایت بتوان به ضرورت احداث زهکش یقین حاصل نمود.

زهکش ایده‌آل برای کانالهای با پوشش بتنی شامل فرشی از مواد زهکشی است که زیر کف و بدنه کانال قرار می‌گیرد و آب زهکشی شده توسط شیرهای یک طرفه واقع در کف کانال به داخل آن منتقل می‌شود اما استفاده از این سیستم معمولاً پرهزینه و گران است.در اکثر موارد سیستم زهکشی مطابق حالت سوم که قبلاً توضیح داده شد (زهکشی طولی با فیلتر معکوس) در کانال ترجیح داده می‌شود همانطور که گفته شد خروجی این سیستم زهکشی به صورتی است که آب ناشی از زهکش توسط شیرهای یک طرفه به داخل کانال منتقل می‌شود.

بر اساس استاندارد فوق:

- در حالتی که نفوذپذیری خاک بستر بزرگتر از 10^{-4} cm/s است و سطح آب زیرزمینی نسبت به کف کانال چندان بالا نیست استفاده از شیرهای یک طرفه به تنهایی توصیه می‌شود.
- برای حالتی که نفوذپذیری خاک بین 10^{-6} و 10^{-4} سانتیمتر بر ثانیه است و سطح آب زیرزمینی نسبت به کف کانال بالاست استفاده از شیرهای یک طرفه به انضمام فیلتر در کف و بدنه مناسب است.
- در مواردی که نفوذپذیری خاک کمتر از 10^{-6} سانتیمتر بر ثانیه است استفاده از مجاری تخلیه (weep holes) برای جلوگیری از تجمع آب پشت پوشش بتنی راه حل مناسبی است.

۶- زهکش زیرزمینی در آبهای حاوی یون‌های کلریدوسولفات

زهکش‌های زیرزمینی و یا مدفون تشریح شده،بر اساس استاندارد فوق مستقل از کیفیت آب زیرزمینی و صرفاً بر اساس نفوذپذیری خاک و تراز آب زیرزمینی نسبت به کف کانال انتخاب می‌گردند و طرح به صورتی است که آب ناشی از زهکشی به درون کانال منتقل می‌شود بنابراین در مواقعی که آب زیرزمینی دارای یون‌های کلریدوسولفات بیش از حد مجاز است، در کانالهای با پوشش بتنی، انتقال آب زیرزمینی به داخل کانال، اصولی نبوده و بایستی سیستم زهکشی به نحوی باشد که آب زیرزمینی برای جلوگیری از خوردگی به خارج از کانال منتقل گردد.

در چنین شرایطی سیستم زهکشی به صورتی که آب زیرزمینی در تماس با کانال نباشد طرح می‌گردد. انتقال آب زیرزمینی از مجاورت کانال به محل مناسب به دو روش روباز و زیرزمینی امکانپذیر است. مثال عملی این نوع زهکشی در طرح زهکشی قسمتی از شبکه رودشت جنوبی توضیح داده می‌شود.

۷- مقابله با آب‌های زیرزمینی با خاصیت خورندگی بالا در شبکه رودشت جنوبی

بر اساس مطالب پیش گفته، هدف از طرح و اجرای زهکش زیر پوشش کانال، مقابله یا تقلیل اثراتی است که به واسطه حضور آب زیرزمینی (در شرایط گوناگون) متوجه پوشش بتنی کانال می‌شود.

لازمه انتخاب روش مناسب برای این مقابله، بررسی و تحلیل عوامل زیر می‌باشد:

۱- وضعیت لایه‌های زمین

۲- توپوگرافی مسیر

۳- ویژگی آب‌های زیرزمینی و میزان و چگونگی نوسانات آن

۴- کیفیت شیمیائی آبهای زیرزمینی

۵- منشأ آبهای زیرزمینی

۶- شرایط مرزی کانال در رابطه بامحیط اطراف

جزئیات اجرایی و نوع زهکش، گونه‌های مختلفی دارد. بررسی دقیق و همه جانبه عوامل فوق اساس انتخاب زهکش مناسب از بین گونه‌های مختلف می‌باشد.

نتایج بررسی عوامل فوق الذکر در قسمتی از کانال انتقال آب رودشت جنوبی و تصمیم‌گیری مترتب برآن، ذیلاً مورد بررسی قرار می‌گیرد.

الف ـ وضعیت لایه‌های زمین در مسیر کانال:

این وضعیت برای کانال به صورتی است که در شکل زیر نمایش داده شده است.

ب ـ وضعیت توپوگرافی مسیر کانال:

کانال در این منطقه در زمینهایی با شیب متوسط ۱۰٪ قرار دارد با توجه به تپه ماهور بودن مسیر در بعضی از نقاط عملیات خاکی به شدت اضافه می‌گردد وضعیت خط پروژه کانال نیز با توجه به مرتفع بودن این محدوده باعث خاکبرداری کانال بین ۳ تا ۵ متر روی رقوم تاج می‌گردد.

ج ـ شرایط مرزی کانال:

بالادست کانال و سمت راست آن زمینهای کشاورزی است که با استفاده از پمپاژ آب از رودخانه و سیستم آبیاری تحت فشار زیر کشت است و سمت چپ کانال و پائین‌دست آن زمینهای کشاورزی حاشیه رودخانه زاینده‌رود قرار دارد. با توجه به نقشه‌های توپوگرافی یک رشته قنات متروکه در بالادست کانال وجود دارد که تا تقاطع با کانال امتداد دارد ولی در حال حاضر اثری از آن در عوارض موجود در منطقه مشاهده نمی‌شود.

د ـ کیفیت و تراز آبهای زیرزمینی

با آزمایشات انجام گرفته روی آبهای زیرزمینی موجود در مسیر نتایج زیر حاصل گردید:

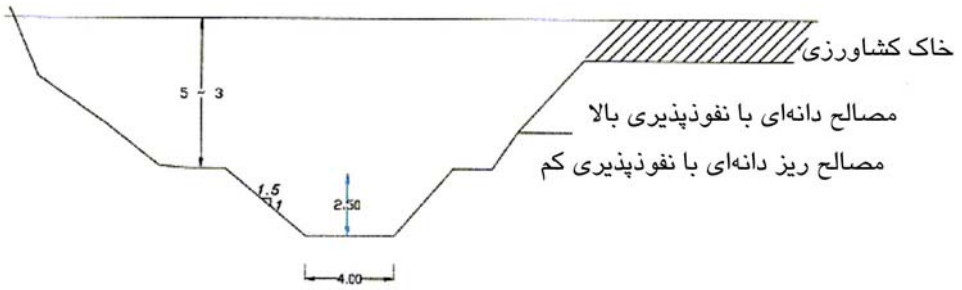
	Cl^-	$so4^{-2}$	Ca^{++}	Na^+	K^+	PH
mg/l	۳۲۳۲۰	۳۴۴۰	۲۲۴۰	۱۶۵۶۰	۱۵/۶	۶

تغییرات تراز آبهای زیرزمینی در این ناحیه بین ۱ متر روی کف تا رقوم تاج کانال می‌باشد.

هـ ـ منشا آبهای زیرزمینی

با توجه به لایه‌های زمین (تصویر شماره ۲۱) و شرایط مرزی کانال نتایج زیر حاصل شده است:

- قرار گرفتن لایه‌های درشت دانه (شن و ماسه)روی بستر نفوذناپذیر و رسی و وجود زمینهای کشاورزی در بالادست، احتمال تغذیه سفره را توسط این زمینها تقویت می‌کند این موضوع در خاکبرداری بستر کانال به اثبات رسید.
- با توجه به وجود رشته قنات متروکه در بالادست کانال که فعلاً اثری از آن در محل موجود نیست احتمال تغذیه سفره توسط این قنات وجود دارد.
- با عنایت به موارد فوق و با توجه به شیب اراضی که به سمت رودخانه است منشا دیگری برای آبهای زیرزمینی به جز بارندگی پیش‌بینی نمی‌شود.

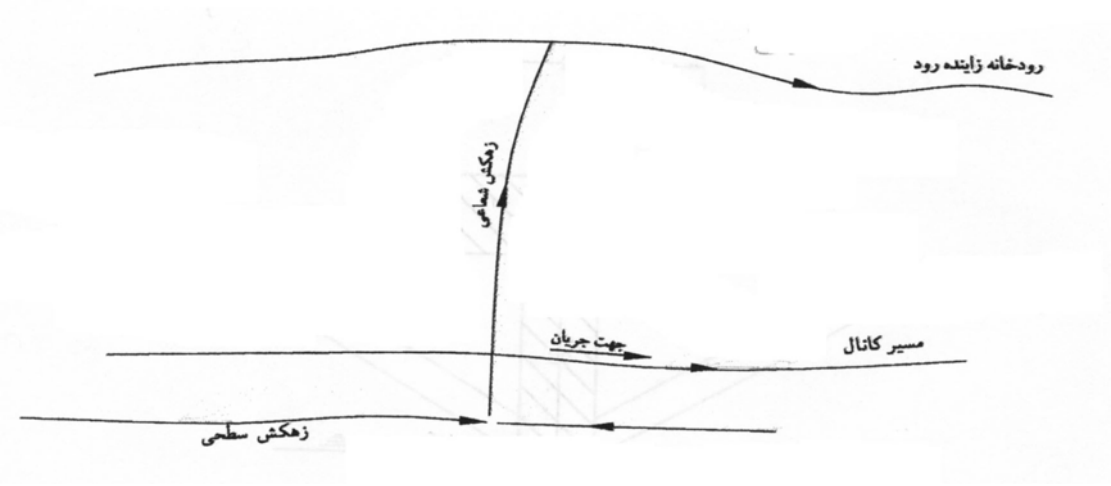


تصویرشماره (۲۱)

با نگرش به موارد بالا برای حل مشکل در مرحله اول اقدامات زیر به اجرا درآمد:

۱- حفر زهکش روباز از ۵۰ متر بالادست کانال واقع در سمت راست بطرف رودخانه در خط القعر مسیر با هدف تخلیه سیلابهای بالادست به پایین‌دست در امتداد تقریباً عمود بر مسیر کانال (حفر این زهکش منجر به برخورد آن با قنات و تخلیه آب ناشی از آن گردید)

۲- حفر زهکش سطحی به موازات کانال در بالادست برای جمع‌آوری مازاد آب زمینهای کشاورزی و انتقال آن به زهکش فوق‌الذکر (تصویر شماره ۲۲).



تصویر شماره (۲۲)

با اجرای زهکشهای فوق سطح آب زیرزمینی در گمانه‌های مجاور بین ۵۰ تا ۶۰ سانتیمتر کاهش یافت ولی کماکان در بعضی نقاط بین ۳۰ تا ۸۰ سانتیمتر آب زیرزمینی روی کف کانال موجود بود.

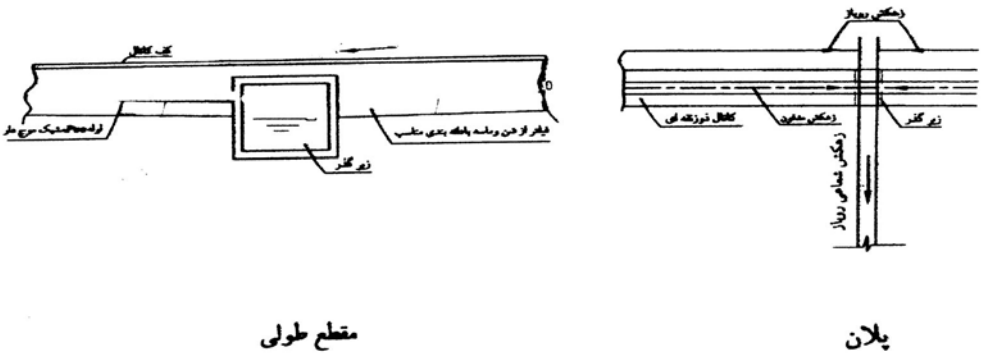
با شرایط جدید بحث تکمیل زهکشی به دلائل زیر مطرح شد:

- سطح آب زیرزمینی بالاتر از کف کانال است.
- کانال کاملاً در خاکبرداری است و بافت ریزدانه بستر امکان اشباع شدن در هنگام بهره‌برداری و افزایش سطح آب زیرزمینی را در پی دارد بنابراین در زمان تخلیه کانال، فشار هیدرواستاتیک از خارج به طرف پوشش وجود دارد.
- با توجه به بستر ریزدانه و نفوذپذیری کم آن هنگام تخلیه سریع و یا در مواقع بارندگی فشار از خارج به پوشش وارد می‌گردد.
- کیفیت آب زیرزمینی در این نواحی به صورتی است که عامل مخرب برای پوشش بتنی کانال محسوب می‌گردد.

با توجه به این موارد اجرای زهکش تکمیلی مورد بررسی قرار گرفت و با مقایسه فنی و اقتصادی بین زهکش‌های روباز و مدفون، زهکش زیرزمینی انتخاب و اجرا گردید. در مقایسه بین زهکشهای روباز و مدفون موارد زیر تحلیل و بررسی شد:

- مقایسه اقتصادی بین اجرای زهکشهای روباز و مدفون در این ناحیه

- با توجه به بافت ریزدانه بستر، تاثیر احداث زهکش روباز روی آب زیرزمینی در فاصله زیاد از محور کانال بسیار کم است و برای تاثیرگذاری زیاد بایستی این زهکش در نزدیکی کانال اجرا شود که از لحاظ فنی به دلیل فرار آب از کانال به زهکش و احتمالاً ناپایداری کانال انتخاب مناسبی نیست.
- با توجه به کیفیت آبهای زیرزمینی احداث زهکش روباز و هدایت آن به زهکش‌های موجود در منطقه باعث آلودگی آبهای سطحی خواهد شد. بنابراین طرح زهکش بایستی به صورتی باشد که در مسیری مناسب و حتی‌الامکان کوتاه، آب زیرزمینی از محیط کانال دور گردد. با توجه به این موارد در بعضی از قسمتها مطابق با جزئیات ذیل نسبت به اجرای یک زهکش مدفون اقدام گردید. (تصویر شماره ۲۳).



تصویر شماره (۲۳)

نکته قابل ذکر در این زمینه اینکه در چنین شرایطی بواسطه مضر بودن آب زیرزمینی برای پوشش بتنی،وارد نمودن آن به داخل کانال غیر قابل قبول بوده لذا ضروری است به نحوی آب از محدوده کار خارج شود. مشکل متعاقب این موضوع ــ همانگونه که به آن اشاره شد ــ آلودگی آب‌های سطحی در اثر ورود آب املاح دار می باشد. برای حل این معضل در شرایطی که توپوگرافی منطقه اجازه داده است مطابق با تصویر شماره ۲۴ نسبت به احداث حوضچه‌هایی با سطح هواخور زیاد اقدام تا آب خروجی زهکش به صورت تبخیری تخلیه گردد.

عمده مشکل دیگری که در استفاده از زهکش‌های مدفون لوله ای در مقایسه با استفاده از بارباکان (شیر یکطرفه) و weephole مطرح است اینکه در موارد استفاده از دو مورد اخیرحتی در صورت فرار آب ازکانال، در نهایت آب خارج شده مجددا به داخل بر می گردد حال آنکه در زهکش‌های مدفون لوله ای چنین نیست.در پروژه رودشت جنوبی برای حل این مشکل، پس از اجرای زهکش مدفون در کف، از پوشش بوتیل و بیدیم نیز استفاده گردید (البته تنها یکی از دلایل استفاده از این پوشش موضوع آب بندی بوده و دلایل دیگر نیز داشته است). تصویر شماره ۲۵ نمونه ای از اجرای زهکش زیر زمینی است.

تصویر شماره (۲۴) – حوضچه‌های تبخیری جهت پیشگیری از ورود آب املاح دار به زاینده رود

تصویر شماره (۲۵)– اجرای زهکش مدفون در کف کانال ـ بتن مشهود مربوط به زیر سازی بوتیل است.

۸- نتیجه‌گیری:

آنچه مسلم است بالا بودن تراز آب زیرزمینی برای کانال‌های پوشش‌دار چه در زمان اجرا و چه در زمان بهره‌برداری، زیانبار و خطرآفرین است.

شکستگی پوشش در اثر فشار هیدرواستاتیک، اشباع شدن خاکریز بدنه کانال و خطرات مترتب بر آن، مشکلات زیاد زمان اجرا و بالا رفتن چشمگیر هزینه‌های اجرایی، خوردگی احتمالی بتن پوشش کانال از

آثار نامطلوب بالا بودن تراز آب زیرزمینی است. این موضوع یکی از فاکتورهای اساسی در طراحی کانال و عامل تعیین کننده نیاز و یا عدم نیاز بکارگیری تمهیدات ویژه است.
در این مقاله استفاده از زهکش به عنوان عامل کارساز در حذف و یا تقلیل آثار سوء آب‌های زیرزمینی مطرح گردید و گونه‌های مختلف آن مورد بررسی قرار گرفت و بر این نکته تاکید شد که تعیین نوع و طراحی زهکش مستلزم بررسی همه جانبه عوامل مختلف از قبیل وضعیت لایه‌های زمین، موقعیت لایه آبده نسبت به کف کانال، منشأ آب‌های زیرزمینی و کیفیت شیمیایی آن، رابطه آب و خاک و نفوذپذیری و پایداری خاک محل و نیز در نظر گرفتن وضعیت توپوگرافی و شرایط محلی و اجتماعی می‌باشد.
در کل در طرح زهکش ضروری است تا علاوه بر پارامترهایی که در استانداردهای موجود ارائه شده به معیارها ی دیگری چون خوردگی و موقعیت لایه آبده نسبت به کف کانال و... نیز عنایت و توجه داشت.

۹- قدردانی

بدینوسیله از آقای مهندس ضیایی مدیر امور مطالعات شبکه‌های آبیاری و خطوط انتقال شرکت مهندسین مشاور زایندآب که ویرایش متن را به عهده گرفته‌اند تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

مراجع:

1- DESIGN STANDARDS No.3
CANALS AND RELATED STRUCTURES
Publisher: USBR

2- IRRIGATION , WATER POWER
AND WATER RESOURCES Eng.
Author: Dr.K.R.ARORA
Publisher STANDARD PUBLISHERS DISTRIBUTORS

3- STATE ORGANISATION FOR LAND RECLAMATION GENERAL ESTABLISHMENT FOR DESIGN AND RESEARCH.
DESIGN MANUAL FOR IRRIGATION AND DRAINAGE PART I
CONSULTING Eng.: PENCOL Eng. CONSULTANT

4- BEHAVIOUR OF SATURATED EXPANSIVE SOIL AND CONTROL METHODS
Authors: R.K.KATTI, DINESH R. KATTI, A.R. KATTI
Publisher:OXFORD &IBH

5- IRRIGATION Eng. CANALS AND BARRAGES
Athor:SERGE LELIVASKY
OXFORD & IBH PUBLISHING CO

۶- دست نامه اجرای بتن دکترعلی اکبر رمضانیان پور