« سومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی »
دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب
۱۰ الی ۱۲ اسفند ۱۳۸۹

تحلیل مدل عددی کانال بتنی در شرائط تخلیه سریع آب کانال

آرمین بوستانی
دانشجوی ارشد سازه های آبی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (Water_structure82@yahoo.com)
احسان توکلی
دانشجوی ارشد آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد (Ehsan.diamond@gmail.com)
کاظم اسماعیلی
استادیار سازه های آبی گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد (Kazemesmaili@gmail.com)

چکیده

افتادگی ناگهانی سطح آب می تواند به کانال آسیب برساند. در کانال‌های آب با پوشش بتنی، در صورت پایین افتادن سریع سطح آب، خاکریزهای پشت بتن به حالت اشباع درآمده و باعث تخریب پوشش بتنی آن می‌شود. با نرم افزار پلاکسیس و اتخاذ بازه زمانی ۱۲ ساعت، تخلیه سریع برای کانال بتنی مورد مطالعه مدل شد. پلاکسیس بخوبی توانست لنگرهای وارده بر پوشش کانال، توزیع تنش های موثر و تغییر شکل های احتمالی بوجود آمده را نشان دهد. نتایج نشان داد که عواملی چون: سرعت تخلیه، نیروهای وارده بر جناحین، جنس خاک های پشت جدار کانال و همچنین تراز آب زیرزمینی نسبت به کف کانال، در تخریب پوشش و ایجاد ترک در جدار کانال موثر می‌باشند. همچنین توصیه می‌شود که برای جلوگیری از افزایش فشارهای هیدرواستاتیکی در داخل بدنه کانال در کنار پوشش، سطح آب در کانال های بتنی نباید بیشتر از ۱۵ سانتی متر در یک ساعت کاهش یابد.

واژه های کلیدی: کانال بتنی، تخلیه سریع کانال، نیروهای موثر، زمان تخلیه، مدل پلاکسیس.

مقدمه

در هر مجموعه آبیاری شبکه کانال های انتقال و توزیع اهمیت فراوانی دارد و به عنوان کلید بهره برداری به حساب می آید. همچنین این تاسیسات بخش مهمی از سرمایه گذاری را به خود اختصاص می دهد. در یک شبکه، کانال های آبیاری به منزله سرخرگ های بدن بوده که با انتقال آب به اراضی زراعی ادامه حیات گیاهان را موجب می شوند. از این رو طراحی صحیح کانال ها اهمیت فوق العاده ای در اقتصاد پروژه خواهد داشت. به علاوه کارآئی و طرح هر کانال، بر دوام و نتیجه کار آن نیز بستگی کامل دارد (فرامجی ۱۳۶۶). در حین عملیات بهره برداری و آب اندازی و آب گیری در کانال‌ها، ممکن است پدیده هایی رخ دهد که موجبات ناپایداری دیواره ها و پوشش های جانبی کانال را فراهم آورد.

بنا بر تعریف فرهنگ فنی آبیاری و زهکشی (۱۳۷۶)، به مجموعه عملیاتی برای رها کردن آب در یک کانال برای اولین بار و پر کردن تدریجی آن تا حد ظرفیت طراحی شده یا دلخواه، آب اندازی کانال و به اقداماتی که برای تخلیه آب موجود در کانال

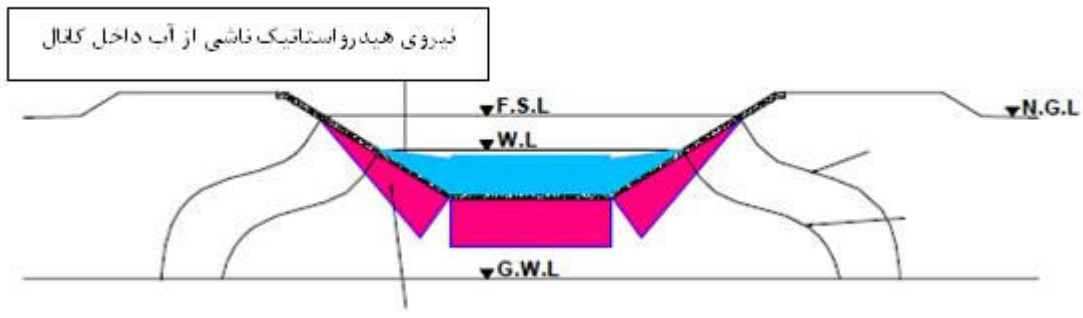
از تراز سطح آب موجود (حد ظرفیت طراحی شده یا دلخواه) تا دبی صفر یا کاهش سطح آب تا کف کانال است نیز تخلیه کانال گفته می‌شود.

افتادگی سطح آب یکی از مسائل محدود کننده در بهره برداری از کانال می باشد. افزایش ناگهانی سطح آب به ندرت مساله ساز می شود، مگر آن که عمق از حد مجاز بالاتر رود. ولی افتادگی ناگهانی سطح آب می تواند به کانال آسیب برساند، حتی اگر دامنه تغییرات زیاد نباشد. افتادگی سطح آب نرخ کاهش عمق آب در هر نقطه از کانال می باشد (پل و جان، ۲۰۰۳). افتادگی سریع یا ناگهانی سطح آب زمانی اتفاق می افتد که سطح آب در کنار یک سطح شیب دار با سرعتی پایین بیاید که خاک درون شیب، زمان کافی برای زهکشی نداشته باشد. زمانی که سطح آب پایین می آید، نیروی پایداری آب در بیرون سطح شیب دار از بین می رود و نیروی برشی برای ایجاد تعادل افزایش می یابد. تنش برشی که در داخل شیب وجود دارد در خاک های با نفوذ پذیری کم با استفاده از مقاومت برشی در شرایط زهکشی نشده محاسبه می شود. این حالت، شرایطی نامساعد می باشد که باعث ریزش سطوح شیب داری می شود که قبل از افت سطح آب شرایط پایداری داشتند (دانکن و رایت، ۲۰۰۵).

براساس توصیه های USBR (۱۹۹۱)، سرعت مجاز پایین افتادن سطح آب در کانال ها، بدون توجه به نوع خاک بستر، ضریب نفوذ پذیری خاک و فیلتر زیر کانال و فیلتر زیر پوشش کانال، نیم فوت در یک ساعت و یا یک فوت در ۲۴ ساعت ذکر شده است. عواملی چون ابعاد و درجه اهمیت کانال، جنس پوشش کانال، سطح آب زیرزمینی، جنس خاک بدنه کانال و زمان آب اندازی، از پارامترهای تاثیرگذار و دخیل در نحوه آب اندازی اکثر کانال های انتقال آب می‌باشد.

پوشش های بتنی در حالت کلی برای جلوگیری از نشت آب و بالا بردن سرعت جریان آب، به منظور افزایش دبی انتقالی مورد استفاده قرار می گیرد. بعد از این که کانال مدتی در حالت پر قرار گرفت، به سبب وجود درزهای انبساطی، انقباضی و اجرایی و نفوذ پذیری بتن، خاکریزهای پشت بتن به حالت اشباع درآمده و با قطع آب در کانال و پایین افتادن سطح آب در آن، جریان نشت معکوس بوجود آمده و به صورت هیدرواستاتیک به پشت پوشش اعمال و لنگر خمشی زیادی را به بتن وارد می کند و باعث تخریب آن می شود. حالت دیگر این پدیده در سدهای خاکی که موجبات ناپایداری شیروانی سد را در بالادست فراهم می‌آورد موسوم به تخلیه سریع[1] می‌باشد.

بیشترین مقدار فشار وارد بر پوشش زمانی ایجاد می‌گردد که کانال به طور ناگهانی تخلیه شود. در این حالت فشاری که از خارج به طرف داخل وارد می‌شده، باقی است. در صورتی که نیروی مقاوم با این فشار، که همان فشار آب داخل کانال بوده، حذف شده است. بنابراین امکان غوطه ور شدن پوشش بتنی کانال و به تبع آن احتمال تخریب این سطح وجود دارد. در شکل (۱) به طور شماتیک نیروی وارد بر پوشش کانال در حالت تخلیه سریع آمده است. (آقابابا گلی و حقیقی، ۱۳۸۳)



شکل (۱): طرح شماتیک نیروی وارد به پوشش کانال در حالت تخلیه سریع

در این مقاله، مدلی از کانال با پوشش بتنی در نرم افزار اجزاء محدود پلاکسیس در نظر گرفته شده است. بازه زمانی برای تخلیه سریع برابر۱۲ ساعت می‌باشد. در این رابطه مطالعاتی در زمینه پایداری کانال و زمان افتادگی سطح آب در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است.

[1] - *Rapid Drawdown*

احمدی و همکاران(۱۳۸۳)، با استفاده از پلاکسیس به بررسی ضریب اطمینان شیب های جانبی در کانال های آبیاری خاکی در حالت بلافاصله بعد از ساخت، در هنگام بهره برداری و در زمان نشت معکوس پرداخت.

با بررسی های صورت گرفته توسط پورشهیدی(۱۳۸۷) روی ۱۱ دسته از طبقه بندی یونیفاید خاک ها، به عنوان خاک های بستر، مشخص شد که در صورت استفاده از خاک های حاوی رس، بیشترین لنگر خمشی در بستر و جناحین مقطع کانال به وقوع می پیوندد. بوستانی و همکاران (۱۳۸۹) نیز به بررسی افزایش فشار حفره‌ای ناشی از احداث یک خاکریز روی فونداسیونی با بافت ریزدانه پرداختند.

لین و هکاران(۲۰۰۰)، با استفاده از روش اجزای محدود برای حالت پایین افتادگی ناگهانی سطح آب در دو حالت افت سریع و افت آهسته گراف هایی ارائه نمودند. پارب هاتا و همکاران(۲۰۰۲)، روشی برای طراحی کانال ها ارائه کردند که در آن ها می توان سطوح مقطعی با کمترین تلفات آب نشتی طراحی کرد. این تحقیق به صورت مدل ریاضی صورت گرفته و در آن فرض شده است که یک لایه با نفوذ پذیری بالا در نزدیکی بستر کانال قرار گرفته باشد. در این روش مقدار شیب جانبی با دامنه تغییرات بین ۰/۵ تا ۲۰ در نظر گرفته شده است و برای حالتی که بین ۰/۵ تا ۵ باشد، طراحی می تواند با کم ترین خطای محاسبه جریان نشتی صورت گیرد.

کرکز و فاست(۲۰۰۶)، به بررسی افتادگی ناگهانی سطح آب در کانال های زهکشی خاکی با استفاده از مدل المان های محدود(نرم افزار SEEP/W) پرداختند. بریلگن(۲۰۰۷)، در تحقیقی به بررسی پایداری شیروانی در زمان افتادگی سریع سطح آب با استفاده از Plaxis و Plaxflow پرداخت. در این تحقیق با طراحی دو مدل از شیب با دو ارتفاع، تاثیر زمان و ارتفاع افتادگی سطح آب در ضریب اطمینان شیروانی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روشها

به سبب مشکلات اجرایی بهترین مقطع هیدرولیکی(مقطع نیم دایره ای)، مقطع ذوزنقه ای به خاطر نزدیکی شکل هندسی آن و سهولت اجرا در طراحی کانال ها استفاده شد. بهترین حالت برای مقاطع ذوزنقه ای زمانی خواهد بود که نصف یک شش ضلعی منتظم باشد که در این حالت زاویه خارجی شیب های جانبی نسبت به افق ۶۰ درجه خواهد بود. در این صورت به علت محدودیت های ژئوتکنیکی اجرای این شیب در بیشتر مواقع امکان پذیر نمی باشد، مگر در حالتی که از پوشش های بتن مسلح استفاده شود. در طراحی کانال های آبیاری شیب های جانبی معمولاً براساس جنس خاک بستر و شرائط ژئوتکنیکی محل تعیین می‌گردد و معمولا کانال های بتنی با شیب های جانبی ۱/۵ یا ۲ اجرا می شود. شیب جانبی در مدل برابر با ۲ فرض شد.

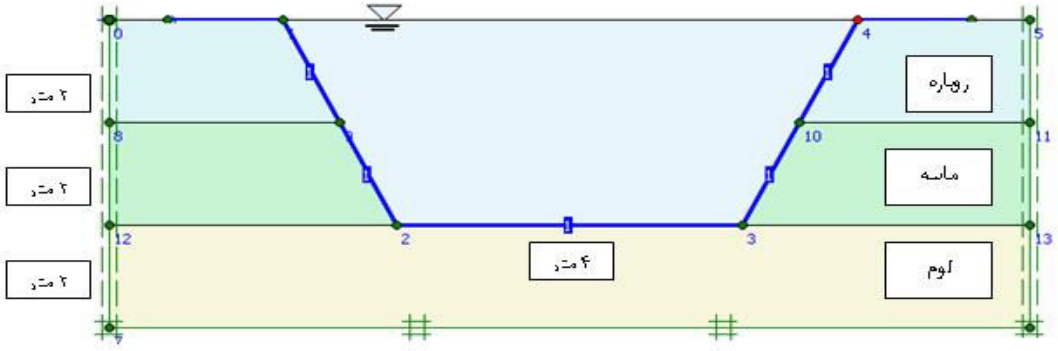
لارنس و همکاران با استفاده از اعداد بی بعد، روابطی را بین سطح مقطع کانال ها در اشکال مختلف با پارامترهای طراحی مانند محیط خیس شده، عمق آب، عرض سطح آب و... ارائه کردند. در این روش برای سطح مقاطع مثلثی و ذوزنقه ای، شیب دیواره های جانبی به عنوان یک پارامتر معلوم وابسته به شرائط ژئوتکنیکی ارائه شده است. با این حال آنان از جداولی که چاو در سال ۱۹۵۰ با توجه به خصوصیات خاک بستر ارائه نمود، استفاده کردند.

روش اجزا محدود که مبنای حل در مسئله مذکور است، قابلیت لحاظ کردن خصوصیات فیزیکی- مکانیکی خاک ها و تعیین تنش ها و کرنش های موجود در توده خاکریز را با تحلیل توسط روش خطی یا غیر خطی داراست. (ملاه و همکاران[1]، ۲۰۰۰) در مش بندی و ایجاد شبکه المان های محدود مربوط به هندسه شیب بعد از اجرا، نیروی گسترده برابر با وزن واحد حجم خاک به هر سطح وارد می شود و بر اثر وارد شدن این نیروها تنش های ایجاد شده در هر نقطه توسط این روش تعیین می گردد.

پلاکسیس از جمله نرم افزارهایی است که قابلیت مدل نمودن بستر(پی)، سازه ها را با تکنیک المان های محدود دارد. این نرم افزار از روش اجزاء محدود برای تحلیل آنالیز پایداری بهره می برد. پلاکسیس کد دو بعدی مدل المان های محدود می باشد. این کد ابتدا در سال ۱۹۸۷ در دانشگاه دلف هلند شکل گرفت. هدف اولیه از ارائه این کد تحلیل خاکریز سواحل رودخانه در نواحی پست هلند به روش المان های محدود بود.

1- Mellah et al

معیار رفتاری خاک ها موهر- کولمب و سطح ایستابی نیز ۳ متر زیر سطح مبنا (زمین) فرض شده است. پروفیل لایه بندی خاکریز به ترتیب از سطح خاک روباره، شن و لوم می باشد. به سبب پایین بودن سطح آب زیرزمینی نسبت به تراز کف کانال در مدل مورد مطالعه، زهکش های تحتانی در نظر گرفته نشده است. در شکل (۲) مدل کانال در مسئله نشان داده شده است.



شکل (۲): مدل مسئله در محیط پلاکسیس

عرض کف در حالت کلی به صورت تابعی از عمق کانال بیان می شود. در کانال های بدون پوشش با مقطع عرضی کم معمولاً سعی می شود تا مقطع نیم دایره حفظ شود، با این وجود این در کانال های بزرگ سطح مقطع ذوزنقه ای بوده و نسبت عرض کف به عمق کانال بین ۲ تا ۱۰ تغییر می کند و در کانال های پوشش دار این نسبت به یک نزدیک تر است (اسفندی، ۱۳۸۱). نسبت عرض کف به عمق کانال مطرح شده در مدل با پوشش بتنی برابر ۱ می‌باشد.

به منظور بالا بردن دقت محاسبات و تعیین دقیق چگونگی تغییر شکل ها و محل وقوع حداکثر لنگرهای وارده هندسه مقطع کانال به طور کامل و به شکل ذوزنقه ای در نظر گرفته شد. عرض جاده سرویس با فرض عبور وسائل نقلیه و ماشین آلات طبق ضوابط فنی شبکه های آبیاری و زهکشی حداقل ۵ متر در نظر گرفته شد. فشار به میزان ۵کیلو نیوتن بر متر مربع به طور میانگین و یکنواخت بر سکوهای کنار کانال فرض شد. در جدول (۱) خصوصیات فیزیکی و ژئوتکنیکی بافت اطراف جداره کانال آورده شده است.

جدول (۱): خصوصیات رفتاری خاک های پیرامون کانال

پارامتر	مشخصه	روباره	ماسه	لوم	واحد
مدل رفتاری	موهر کولمب	موهر کولمب	موهر کولمب	موهر کولمب	-
چگالی خاک	γ	۱۶	۱۷	۱۷	KN/m^3
آبگذری افقی	k_x	۱	۰/۵	۰/۱	m/day
آبگذری عمودی	k_y	۱	۰/۵	۰/۱	m/day
مدول یانگ	E_{ref}	۸۰۰۰	۳۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	KN/m^2
نسبت پوآسون	ν	۰/۳	۰/۳۳	۰/۳۳	-
چسبندگی	C_{ref}	۱	۱	۸	KN/m^2
اصطکاک داخلی	φ	۳۰	۳۴	۲۹	$(^o)$
زاویه اتساع	ψ	۰	۴	۰	$(^o)$

بتن پوشش کانال ها معمولاً غیر مسلح بوده و حالت خمیری آن باید به نحوی باشد که به راحتی ریخته شده و از طرفی بتواند در روی سطح شیب دار کانال بایستد. با توجه به آئین نامه های معاونت راهبردی و نظارت ریاست جمهوری، بتن پوشش

کانال ها باید عیار ۳۰۰ کیلوگرم سیمان با مقاومت فشاری ۲۵۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع تهیه مـی شـود و در هـیچ حالـت نباید از ۲۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع کمتر باشد. پوشش کانال ها در موارد زیر اهمیت بیشتری می‌یابـد: کـاهش نـشت از کانال به منظور جلوگیری از هدر رفت آب و زهدار شدن اراضی مجاور، امکان استفاده از سـرعت هـای زیـاد در انتقـال آب کـه نتیجه آن کاهش هزینه های ساختمانی بوده و همچنین تامین پایداری مقطع عرضی کانال ها. خصوصیات مربـوط بـه پوشـش بتنی در جدول (۲) ارائه شده است. زمان تخلیه سریع ۱۲ ساعت فرض شده است.

جدول (۲): مشخصات فیزیکی- مکانیکی بتن

وزن واحد حجم	مدول الاستیسیته	ضریب پواسون	مقاومت فشاری	مقاومت کششی
۲۳-۲۵	۲۰۰۰۰-۳۵۰۰۰	۰/۲-۰/۲۵	۲۰-۲۵	۲-۳
KN/m^3	MPa	-	MN/m^2	MN/m^2

مدول یانگ بتن با توجه به دستورالعمل های اجرایی احداث کانال ها ۳۵GPa در نرم افزار لحاظ شد. ضخامت پوشش بتنی برابر۱۵ سانتی متر و سایر مشخصه های بتن در جدول (۳) آورده شده است.

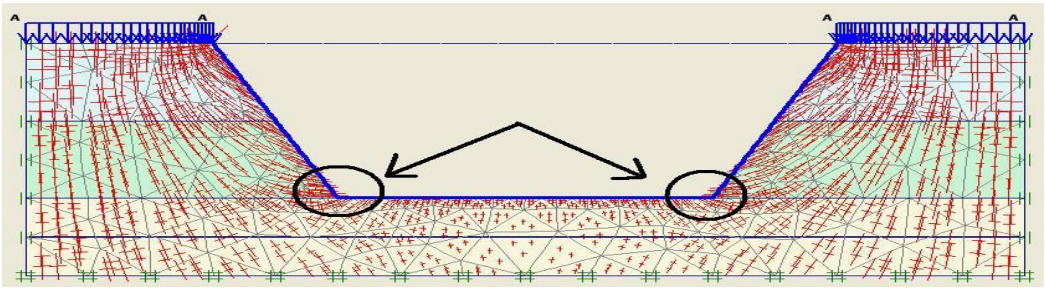
جدول (۳): مشخصه های پوشش کانال

پارامتر	مشخصه	مقدار	واحد
مدل رفتاری	الاستیک	-	-
سختی نرمال	EA	۱۲۰۰۰۰۰۰	KN/m
صلبیت خمشی	EI	۱۲۰۰۰۰	KNm^2/m
ضخامت نسبی	d	۰/۱۵	m
وزن	w	۸/۳	$KN/m/m$
نسبت پوآسون	ν	۰/۱۵	-

مش بندی در حالت ۱۵ گره مثلثی و تحلیل کرنش صفحه ای[1] استفاده شد. از المان صفحه برای مدل سازی دیـواره هـای جانبی کانال ذوزنقه ای با شیب جناحین ۲:۱ (افقی : قائم) استفاده شد. مدل اندرکنش خاک – سازه در نظر گرفته شده است.

نتایج و بحث

پس از تعریف مدل و مش بندی و با در نظر گرفتن زمان تخلیه کامل کانال به مدت ۱۲ ساعت، نمایه تنش هـای مـوثر در کل محیط مدل بدست آمد. (شکل ۳)



شکل (۳): نمایه تنش های موثر بدست آمده در محیط مدل پلاکسیس

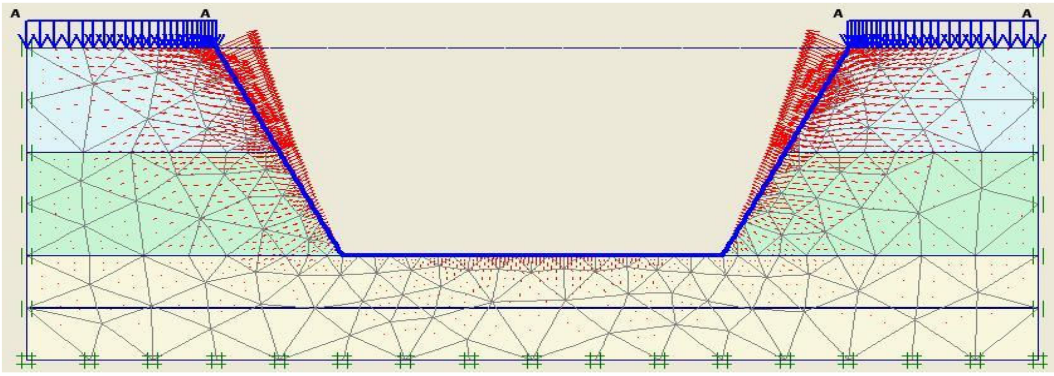
[1]- *Plane Strain*

همانطور که در شکل (۳) دیده می‌شود، بیشترین تمرکز تنش در اطراف پوشش کانال و در گوشه های کانال دیده می‌شود. در گوشه ها بر خلاف کل محیط مقدار تنش های افقی از قائم بیشتر می‌باشد. این پدیده می‌تواند عاملی در ایجاد ترک و تخریب پوشش داخلی کانال در مناطق مذکور باشد.

در صورت نفوذ آب در حد فاصل پوشش بتنی و خاک در حین پایین افتادن ناگهانی سطح آب، مقدار آب باقی مانده بدلیل خاصیت تورم زائی در صورت نفوذ در خاک های با بافت ریزدانه و انبساط در زمان یخ زدگی (خاصیت آب) و کاهش دمای محیط، سبب بوجود آمدن ترک هایی در دیواره های جانبی کانال می‌شود. وقوع ترک های هیدرولیکی در پوشش کانال ها که عمدتاً با چشم غیر مسلح دیده نمی‌شود، زمانی ایجاد می‌شود که فشار آب منفذی از کمترین تنش اصلی تجاوز نکند. استفاده از زهکش ها و فیلترهای زیر پوشش کانال های بتنی، علاوه بر کاهش فشار آب حفره ای بوجود آمده در جناحین کانال، سبب افزایش پایداری دیواره ها می‌گردد.

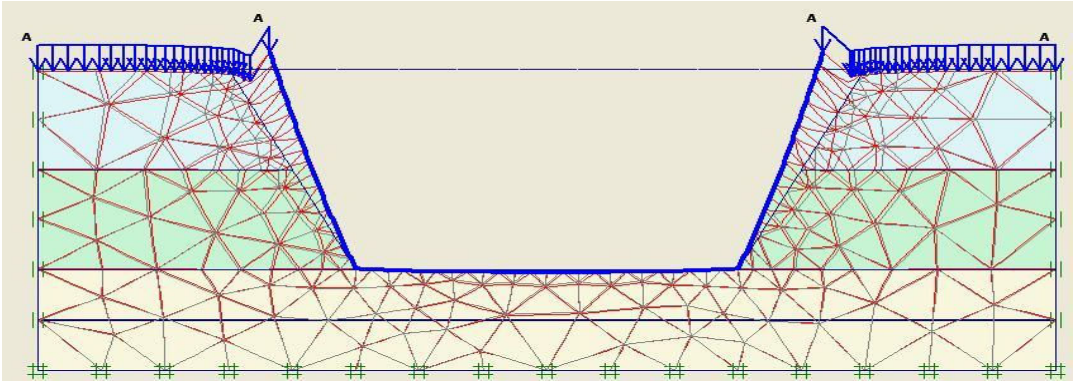
نیروهایی شامل نیروی پایداری فشار افقی آب کانال که با افت سریع سطح آب در کانال همراه است و عامل دوم نیروی تراوش عمل کننده در جهت ناپایداری دیواره های کناری کانال هاست. بالا بودن سطح آب زیرزمینی باعث حرکت آب و جریان به سمت کانال حفر شده می شود و عملیات اجرایی را با کندی مواجه می کند و در ضمن باعث ریزش جداره های کانال می شود و در زمان بهره برداری نیز باعث تخریب پوشش بتنی، درنتیجهٔ ایجاد فشار تحتانی می شود.

در شکل (۴)، بیشترین جابجایی در دیواره های جانبی کانال ایجاد شده است. این پدیده به عواملی چون بالا بودن سطح آب زیرزمینی، فشارهای یکنواخت در سکوهای کناری و خاصیت تورم زائی خاک روباره پیرامون (بافت ریزدانه)، مربوط می‌شود.



شکل (۴): بیرون زدگی و اعمال فشار برای تخریب پوشش بالایی دیواره های جانبی کانال

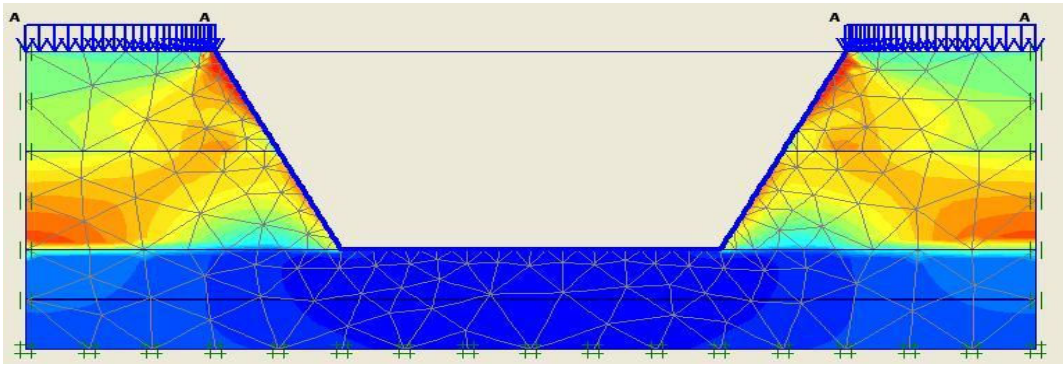
نیروها و گشتاور در حالتی که ارتفاع کانال به بیش از ۴ متر (عمق ماکزیمم) برسد، مخرب می باشد و با توجه به ضخامتی که برای پوشش در این حالت در مدل در نظر گرفته شده است (۱۵ سانتی متر)، این گشتاور از گشتاور قابل تحمل در بتن غیر مسلح بیشتر می باشد و امکان تخریب بتن در این حالت وجود دارد (شکل ۵).



شکل (۵): دیاگرام نیروهای وارده بر جدارهای جانبی کانال

با توجه به بررسی های صورت گرفته در مورد تاثیر مدول الاستیسیته، این ضریب می تواند از حداقل ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰۰ کیلو نیوتن بر متر مربع تغییر کند. نتایج حاصل بیانگر آن است که تغییر مدول الاستیسیته از حداقل تا ۲۰۰۰۰ کیلو نیوتن بر متر مربع باعث افزایش در میزان لنگرهای وارده تا حدود ۱/۵ برابر مقدار اولیه آن می شود. در ادامه با افزایش میزان این ضریب، لنگرها کاهش یافته و با شیبی که به طور پیوسته کاهش می یابد، از میزان آن کاسته می شود.

در شکل (۶) مقدار تنش نسبی وارده در دو لایه بالایی خاکریز (روباره، ماسه) پیرامون جدار کانال دیده می‌شود. همان طور که در شکل های بالا بدست آمده از پلاکسیس مشخص است، در قسمت بالایی و مجاور با خاک روباره بیشترین تنش بدلیل خاصیت تورم زائی خاک وجود دارد.



شکل (۶): تنش نسبی مدل شده در پلاکسیس

با توجه به نتایج بدست آمده مشخص شد که می‌توان با کاهش شیب جانبی کانال، نیروهای وارد بر پوشش در زمان افتادگی ناگهانی سطح آب را کاهش داد. در شیب های جانبی ملایم تر اثر زمان در کاهش لنگرهای وارد بر پوشش کم می شود. همچنین با کاهش نسبت عرض کف به عمق، نیروی وارد بر پوشش در زمان افتادگی سطح آب کاهش می یابد، ولی مهم ترین پارامتر برای کاهش لنگرهای وارد بر پوشش بدون در نظر گرفتن فیلتر، جنس خاک بستر می باشد.

همچنین با تعبیه فیلتر می‌توان از لنگرهای وارد بر پوشش کاست. نتایج بدست آمده نشان می دهد که در خاک ها با زاویه اصطکاک داخلی کوچکتر، لنگر وارد بر پوشش بیشتر می باشد (شکل ۴). نتایج همچنین نشان داد که مدول الاستیسیته تاثیر بسیاری در لنگرهای وارد بر پوشش دارد و در مقابل، ضریب پواسن تاثیر چندانی ندارد. همچنین طبق توصیه های سازمان تحقیقات اراضی و منابع آب استرالیا (۲۰۰۱)، در کانال های خاکی بدون پوشش از سرعت های بیش تر از ۱۵۰ میلی متر در طول ۲۴ ساعت باید اجتناب شود. همچنین سرعت های بیش از ۳۰۰ میلی متر ممکن است شرایط نامناسبی برای پایداری شیب های جانبی بوجود بیاورد.

نتایج مدل پلاکسیس بخوبی توانست اثر نوع خاک جناحین، بارگذاری های یکنواخت بر سکوهای کنار کانال و نقش تراز سطح آب زیرزمینی را در تعیین ماکزیمم لنگرهای وارده بر چوشش کانال از خود نشان دهد. زمان در نظر گرفته شده برای تخلیه آب کانال بسیار سریع بوده و ضمن مطابقت نداشتن با استانداردهای یاد شده برای تخلیه آب کانال، موجبات ایجاد ترک هایی در پوشش جناحین کانال را نیز فراهم آورد.

نتیجه گیری و پیشنهادات

وقتی خاکریز کانال از آب اشباع می شود، نیروی هیدرواستاتیکی بر پشت پوشش وارد می شود و در صورت تخلیه سریع این فشار هنوز زائل نشده و به دیواره های جانبی کانال نیرو وارد می‌کنند. بنابراین به منظور جلوگیری از افزایش فشارهای هیدرواستاتیکی در داخل بدنه کانال در کنار پوشش، سطح آب کانال نباید بیشتر از ۱۵ سانتی متر در یک ساعت کاهش یابد. باید دقت نمود که عمل تخلیه سریع صورت بگیرد و تدریجاً و طی زمانی حدود ۲۴ ساعت، سطح آب در کانال ها کاهش پیدا نماید تا تخلیه کامل صورت گیرد. در زمان پر نمودن کانال نیز باید دقت شود تا به یک باره کانال پر نشود و به آرامی سطح آب

افزایش یابد تا کانال کاملاً پر گردد (ابن جلال و شفاعی بجستان، ۱۳۷۱). زمانی که کانال خالی است و یا وقتی کـه سـطح آب در کانال نسبتاً پایین است، اگر سطح اب زیرزمینی بالا باشد، فشار هیدرواستاتیکی از بیرون به پوشش کانال وارد می‌شود که با شناوری باعث صدمه به دال کانال می‌شود، مگر در حالتی که زهکش های تحتانی مانع این پدیده شود.

خاک و خصوصیات رفتاری خاک ها در بستر طبیعی (قبل از احداث کانال) و در مناطق خاک ریزی شده و همچنین بتن و عملیات مرتبط با آن(بتن ریزی، عمل آوری و مقاومت بتن) را می توان جزء عوامل بوجود آورنده تـرک هـا نامیـد. همچنـین ترک های بوجود آمده پس از آبگیری مجدد، به استثنای آن هایی که با گل و لای پر شده اند، اغلب در آبگیری مجـدد عـریض تر می‌شود (لیتکویی،۱۳۸۳). برای مناطقی با خاک بستر سست، بهتر است شیب جانبی کانال ملایم تر انتخاب شود.

نتایج نشان داد که در صورت اتخاذ شرائط طبیعی تخلیه آب کانال و در دست بودن اطلاعات بافـت پیرامـون کانـال، مـدل پلاکسیس بخوبی می‌تواند این شرائط را مدل کند. نتایج حاصل از پلاکسیس اعم از: تنش های وارده بر پوشش کانال، لنگرهای وارده و تخریب های جدار که به علت نیروهای وارده می‌باشد، در عمل با تئوری مطابقت داشت. همچنین مدل اجـزای محـدود پلاکسیس با در نظر گرفتن بازه زمانی برای تحلیل مقطعی مدل های کانال، می‌تواند مراحل مختلـف در حـل مـسئله را مـدل سازی کند.

منابع

۱- ابن جلال، ر، شفاعی بجستان، م. ۱۳۷۱. اصول نظری و عملی مکانیک خاک. انتشارات دانشگاه شهید چمران، ۷۲۴ ص.

۲- آقا بابا گلی، ب. حقیقی، ع،ر. ضرورت و شرائط بکارگیری زهکش در زیر کانال های پوشش دار، کارگاه سیستم زهکشی زیر پوشش کانال ها،۱۳۸۳.

۳- اسفندی، ر. بررسی عملکردهای مختلف فیلتر زیر پوشش بتنی کانال های انتقال آب. کارگاه سیستم زهکـشی زیـر پوشـش کانال. ۱۳۸۳، ۱۰ ص.

۴- بوستانی، آ. گلمایی، س.ح. انصاری، ح. (۱۳۸۹). بررسی روند تغییرات فشار حفره ای در اثر احداث خاکریز جاده روی خـاک های با بافت نرم با استفاده از روش اجزا محدود. مجموعه مقالات پنجمین کنگـره ملـی مهندسـی عمـران، دانـشگاه فردوسـی مشهد، ۸ ص.

۵- پورشهیدی، س. ۱۳۸۷. تعیین پارامترهای طراحی کانال های آبیاری در شرایط افتادگی سریع سطح آب، پایـان نامـه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران، ۱۰۸ ص.

۶- فرامجی، کی. ترجمه فرداد، ح.۱۳۶۶. "طراحی و محاسبه کانال های آبیاری در جهان". چاپ و صحافی کتیبه، ۳۵۰ ص.

۷- فرهنگ فنی آبیاری و زهکشی وزارت نیرو، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تیر ۱۳۷۶.

۸- لیتکویی، س. بررسی ترک های روکش بتنی در کانال های کشاورزی و آبیاری، کارگاه سیستم زهکشی زیر پوشـش کانـال ها، ۱۳۸۳.

9- Berilgen, M.M. 2007. Investigation of Stability of Slopes under drawdown conditions. Computers & Geo technics, Volume 34, Issue 2, pp:517-534.

10- Chow, V.T.1950.Open Channel Hydraulics. Mc GrawHill, New York.

11- Duncan, J.M. & Wright, S. G. 2005. Soil Strength & Slope Stability. John Willey & Sons, Inc.

12- Framji, K.K.1972. Design Practice of Irrigation Canals In The World I.C.I.D. Publication.

13- Kerkes, D. J. & Fasset, J. B. 2006. Rapid Drawdown in Drainage Channels with Earthen Side Slopes. Proceedings of the ASCE Texas Section Spring Meeting, Beaumont, Tx,19-22 April 2006.

14- Lane, P.A. & Griffiths, D.V. 2000. Assessment of Slope Stability under Drop down Conditions. Journal of Geotechnical & Geo environmental Eng. Vol. 126, No 5, pp. 443-450.

15- Mellah R,G. Auvinet, F. Masrouri.(2000)," Stochastic finite element method applied to non-linear analysis of embankment", Probabilistic Engineering Mechanics 15, pp: 251-259.

16- Parabhata, K.S. Govinda, C.M.& Bhagu, R. C. 2002. Open Design of Transmissions Journal of Irrigation & Drainage Engineering. Vol.128, No 4. pp:234-243.

17- Paul,V.S. & Jan, B.2003. Geotechnical Engineering Handbook. Ernest & Sons Pub. Vol. 1.

18- Pritchard, R. 2006. Backfilling of Helical Culverts – Testing & Modeling. Main Road Technology Forum.

19- USBR. 1991. Canal System Automation Manual. US Department of the Interior Bureau of Reclamation. Vol. 1