



مدل سازی نحوه قرارگیری آبشکن‌هایی غیر قابل نفوذ در پیمان رودها با استفاده

از نرم افزار Flow 3D

بهنام مصطفی پور^۱، عبدالله نقی پور^{۲*}

^۱ پژوهشگر، دانشکده و پژوهشکده ایمنی و اقدامات تامینی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران.
^۲ پژوهشگر، دانشکده و پژوهشکده ایمنی و اقدامات تامینی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران.

چکیده

این مقاله به بررسی و معرفی فرسایش دیواره رودخانه‌ها که باعث بروز خسارات زیادی در زمین‌های اطراف رودخانه و سازه‌ها شده و از پتانسیل زمین‌های قابل استفاده اطراف رودخانه‌ها می‌کاهد، پرداخته است. یکی از راه‌های جلوگیری از فرسایش دیواره‌ها، تثبیت سواحل به روش غیرمستقیم است. در این روش با احداث سازه‌های عرضی یا آبشکن (آپی)، در طول ساحل فرسایش پذیر انجام می‌گیرد. به این صورت که تعدادی آبشکن به‌طور متوالی و عمود بر مسیر جریان رودخانه ساخته می‌شوند. در نتیجه سرعت آب هنگام برخورد با آبشکن‌ها کم شده و جریان پس از چرخش به آبشکن بعدی برخورد می‌کند و بدین‌وسیله نیروی فرسایش آب مستهلک می‌شود و از طرفی به علت کم شدن سرعت آب رسوبات حل شده توسط رودخانه بین هر جفت از آبشکن‌ها ته‌نشین شده و به‌مرور زمان فواصل بین آن‌ها با این رسوبات پر می‌شود. استفاده از آبشکن باعث دور شدن جریان از کناره رودخانه می‌شود. در این تحقیق طی شبیه‌سازی با نرم‌افزار Flow-3D به بررسی ویژگی‌های جریان و بررسی آبشستگی بستر رودخانه در حضور آبشکن سرسپری و در یک کانال با خم ۹۰ درجه پرداخته شده است..

مشخصات مقاله

تاریخچه مقاله:

نوع مقاله: علمی

دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۲۶

بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۱۷

پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۳

انتشار: ۱۴۰۳/۱۲/۲۸

*نویسنده مسئول:

behnammostafapour667@gmail.com

کلید واژه‌ها:

آبشکن؛

رودخانه؛

آبشستگی؛

فرسایش.

مقدمه

است و یا در صورت امکان بسیار مشکل و پیچیده است؛ لذا محققین با شبیه‌سازی جریان‌ات طبیعی در کانال‌های آزمایشگاهی و اعمال برخی فرضیات توانسته‌اند به مطالعه جریان‌ات واقعی نزدیک‌تر شوند. با پیدایش رایانه و نرم‌افزارهای شبیه‌سازی گام مهمی در زمینه پیشرفت علم سیالات برداشته شد این نرم‌افزارها تا حد زیادی و نه به‌طور کامل توانستند شرایط طبیعی جریان را شبیه‌سازی کنند در این تحقیق نیز از یکی از بهترین این نرم‌افزارها بهره گرفته شد تا شرایط جریان و آب شستگی در حضور یک آبشکن و یک کانال شبیه‌سازی شود [۳]. با توجه به پیچیدگی‌های موضوع و وقت کم برای انجام این آزمایش امکان در نظر گرفتن تمامی عوامل مؤثر در این جریان فراهم نبود و برخی ساده‌سازی‌ها انجام گرفت. صلب در نظر گرفتن دیواره کانال و در نتیجه عدم توانایی در بررسی فرسایش دیواره رودخانه، اختصاص ندادن زبری به دیواره کانال، بررسی یک شکل آبشکن و تأثیر شکل آبشکن بر آبشستگی و عدم بررسی با توجه به اینکه در پروژه‌های واقعی غالباً همراه آبشکن‌ها، بستر نیز در برابر آبشستگی مقاوم می‌شود که در این تحقیق این عملیات صورت نگرفت و بستر دارای یک نوع دانه‌بندی بود. با توجه به اینکه بسیاری از آبشستگی‌ها در حالت سیلابی رخ می‌دهد لذا بررسی شرایط سیلابی در رودخانه‌ها اهمیت بسیار زیادی دارد اما در این تحقیق تنها شرایط پایدار بررسی شد [۴].

هدف از انجام این مطالعه به بررسی نحوه قرارگیری آبشکن با زوایای مختلف و بررسی تغییرات می‌باشد. جهت الگوی جریان و کاهش آبشستگی در کناره‌های قوس رودخانه با احداث آبشکن محافظ، بررسی مسائل فوق با استفاده از مدلی عددی که توانایی شبیه‌سازی سه‌بعدی جریان و چیدمان آبشکن‌ها با زوایای مختلف را داشته باشد ضرورت پیدا می‌کند. از بین مدل‌های سه‌بعدی مدل FLOW 3D برای بررسی انتخاب شده است که با توجه به موارد گفته شده اهداف این تحقیق به صورت زیر هدف‌گذاری شده است [۵]:

- ۱- تعیین الگوی جریان آب در اطراف آبشکن با زوایای مختلف
- ۲- بررسی خطوط جریان حول آبشکن T شکل
- ۳- تعیین محل مناسب استقرار آبشکن‌ها در قوس رودخانه

رودخانه‌ها یکی از سیستم‌های طبیعی هستند که در مسیر روند تکامل خود همواره دستخوش تغییر و تحول و دگرگونی بوده‌اند، فرسایش جداره‌ها و بستر رودخانه و رسوب‌گذاری در قسمت‌های دیگر از جمله این تغییرات می‌باشد که بعضاً برای ساکنین حاشیه رودخانه پدیده نامطلوبی می‌باشد و موجب تخریب سواحل رودخانه و تأسیسات اطراف آن می‌شود [۱].

یکی از مهم‌ترین سازه‌هایی که به منظور حفاظت از ساحل رودخانه احداث می‌گردد آبشکن می‌باشد. هنگامی که سازه‌ای در رودخانه قرار می‌گیرد تغییراتی را در جریان اعمال کند این تغییرات معمولاً باعث افزایش پدیده آبشستگی خواهد شد؛ در این پژوهش به بررسی رفتار جریان در کانال و برخورد آن با آبشکن و میزان آبشستگی فقط در کف کانال در این پژوهش انجام گیرد و مدل‌سازی آبشستگی با نرم‌افزار FLOW3D انجام شده و به بررسی رفتار خطوط جریان، سرعت جریان، آشفتگی جریان و میزان آبشستگی کانال در زوایای مختلف آبشکن بررسی شده و باهم مقایسه شده و به بهترین حالت نحوه قرارگیری آبشکن در زوایای مختلف رسیده است. تاکنون مطالب زیادی در مورد آبشکن‌ها در رودخانه‌ها پرداخته شده در نهایت به دلیل مشکلاتی که در موضوع وجود دارد محققین دچار مشکل می‌شوند. یکی از سازه‌هایی که تخریب آن عواقب جبران‌ناپذیری دارد آبشکن در خم دیواره رودخانه و تخریب پایه پل می‌باشد. در سال‌های اخیر آبشستگی موضعی دیواره رودخانه در هنگام وقوع سیل در طول جریان‌های سیلابی بیش از سایر عوامل باعث تخریب دیواره رودخانه شده و به همین دلیل، موضوع بسیاری از تحقیقات انجام شده در صدسال اخیر قرار گرفته و این موضوع سال‌هاست که ذهن محققین را به خود مشغول نموده است. امروزه اصول علمی طراحی سازه‌های آبشکن‌ها به‌خوبی شناخته شده است. ولی تاکنون تئوری واحدی جهت تخمین آبشستگی موضعی در اطراف آبشکن وجود ندارد، که علت آن پیچیدگی مسئله آبشستگی می‌باشد [۲]. با توجه به پیچیدگی حرکت سیالات در جریان‌ات آشفته همچنین شرایط طبیعی رودخانه‌ها و آبراهه‌ها، امکان بررسی دقیق و کامل یک جریان در طبیعت یا غیرممکن

موازی با طول نامساوی در حالتی که این آبشکن‌ها با جریان زاویه ۵۴ درجه دارند استفاده شد. آبشکن‌ها به صورت نفوذناپذیر و غیر مستغرق فرض شدند و این کار از مدل‌سازی عددی در نرم‌افزار FLOW 3D استفاده شد. اعتبار سنجی مدل توسط داده‌های آزمایشگاهی صورت گرفت. نتایج نشان از کاهش میزان آبشستگی کلی و همچنین کاهش میزان آبشستگی در پای آبشکن‌ها نسبت به حالت عمودی با طول مساوی داشته است.

مهران حلوائی فرد و همکاران در سال ۱۳۹۵ به بررسی اثر زاویه صفحات مستغرق در کنترل رسوب به آبگیر جانبی در قوس ۱۸۰ درجه رودخانه پژوهش خود را آغاز کردند و به یکی از روش‌های کنترل رسوب به آبگیر جانبی استفاده از صفحات مستغرق در جلوی دهانه آبگیر می‌باشد. استقرار صفحات مستغرق در مسیر جریان باعث انحراف جریان به سمت قوس داخلی می‌شود. در این تحقیق به بررسی عملکرد صفحات مستغرق در انتقال رسوب به دهانه آبگیر در قوس ۱۸۰ درجه پرداخته شده است. آزمایش‌ها در یک کانال آزمایشگاهی با قوس ۱۸۰ درجه و در شرایط آب زلال و با استفاده از دو ردیف صفحه موازی با چهار زاویه متغیر در دبی‌های مختلف و دو شرایط بدون صفحه و با صفحه انجام شد. در هر آزمایش دبی کانال اصلی و انحرافی و همچنین دبی رسوب انحرافی و عبوری اندازه‌گیری گردید. نتایج این تحقیق نشان داد عملکرد صفحه مستغرق موازی در منحرف کردن مسیر حرکت رسوبات به زاویه برخورد صفحه با جریان بستگی دارد همچنین نسبت آبگیری با نسبت رسوب ورودی به آبگیر نسبت مستقیم دارد و با افزایش نسبت آبگیری در کلیه زوایا نسبت رسوب ورودی به آبگیر افزایش می‌یابد. عملکرد مناسب در کاهش انتقال رسوب به دهانه آبگیر در زاویه ۱۵ درجه صفحه نسبت به محور جریان دارد.

ادبیات و مبانی نظری تحقیق

تعریف آبشکن

«Epi» کلمه‌ای فرانسوی است معادل آن در زبان انگلیسی (Bankhead, G roin, Groyne) است که در زبان فارسی آبشکن ترجمه شده است نقش آن این است که جریان آب کنار رودخانه را به طرف وسط رودخانه

سوالات تحقیق به شرح ذیل می‌باشد:

- ۱- الگوی جریان بر استقرار زوایای مختلف آبشکن به چه صورتی می‌باشد؟
- ۲- خطوط جریان در مقاطع عرضی حول آبشکن T شکل به چه صورتی می‌باشد؟
- ۳- کدام الگوی جریان آشفستگی برای طراحی آبشکن و محل استقرار در قوس رودخانه را دارد؟

پیشینه تحقیق

زارع و همکاران در سال ۱۳۹۴ به بررسی اثر آبشکن بر کاهش فرسایش کناره‌ها در قوس رودخانه را مورد مطالعه قرار دادند و بررسی آبشستگی موضعی در دماغه آن‌ها می‌باشد که به علت تنگ‌شدگی مقطع جریان و وجود گردابه‌های قوی به وجود می‌آید در این تحقیق آزمایش‌هایی بر روی سری آبشکن‌هایی مستقیم مستقر در یک فلوم آزمایشگاهی قوس‌دار در دبی‌های مختلف و زاویه‌های متفاوت قرارگیری تحت شرایط آب زلال انجام گرفت. پیشینه عمق آبشستگی در پای هر آبشکن و مساحت رسوب‌گذاری در بین آن‌ها اندازه‌گیری و با یکدیگر مقایسه شده‌اند. جهت بررسی ساختار جریان نیز، اندازه‌گیری سرعت در پای آبشکن‌ها توسط یک دستگاه سرعت‌سنج الکترومغناطیس صورت گرفت. نتایج نشان داد که پیشینه عمق آبشستگی در پای آبشکن‌ها مربوط به آبشکن عمودی است و در هر سه نوع آرایش عمودی دافع و جاذب آبشکن اول بیشترین عمق آبشستگی و آبشکن آخر از کمترین عمق برخوردار است. همچنین برای آبشکن‌هایی عمودی و دافع در یک نسبت مشخص سرعت به سرعت بحرانی، همواره مساحت رسوب‌گذاری میان آبشکن‌هایی اول و دوم بیشتر از آبشکن‌هایی دوم و سوم است و برای آبشکن‌هایی جاذب عکس روند فوق صادق است. در تمامی زاویه‌های قرارگیری آبشکن‌ها نیز با افزایش نسبت سرعت به سرعت بحرانی، مساحت رسوب‌گذاری در بین آن‌ها کاهش یابد.

حنیف پور و همکاران در سال ۲۰۱۷ به بررسی آبشستگی سری آبشکن‌هایی موازی غیر مستغرق با طول نامساوی پرداختند که با این حال پدیده‌ی آبشستگی پای آبشکن‌ها همواره از مشکلات این سازه‌ها بشمار می‌رود. در این مقاله برای کاهش آبشستگی از سری آبشکن‌هایی

شکل ۲. متداول‌ترین آبشکن‌ها از نظر هندسی

روش تحقیق

پژوهش حاضر توصیفی-تحلیلی می‌باشد که با استفاده از روش‌های گردآوری اطلاعات به صورت مطالعه اسنادی و کتابخانه‌ای دیدگاه‌ها، نظریات و تعاریف مربوط به موضوع پژوهش بررسی و داده‌های مورد نیاز جمع‌آوری شده است.

بحث و یافته‌ها

مدلسازی با نرم‌افزار FLOW 3D

مدل Flow-3D یکی از مدل‌های بسیار قوی در زمینه دینامیک سیالات است که توسعه و پشتیبانی آن توسط Flow Science Inc صورت گرفته است. اخیراً این مدل توانسته در تحقیقات و صنعت کاربرد زیادی پیدا کند.

این مدل قابلیت تحلیل سه‌بعدی میدان جریان را داشته و محدوده کاربرد بسیار وسیعی را در مسائل مربوط به سیالات دارد. معادلات حاکم در این مدل معادلات ناویر استوکس و معادله بقای جرم است و برای حل آشفتگی نیز از پنج روش مختلف استفاده می‌شود که در ادامه به معرفی آن‌ها می‌پردازیم.

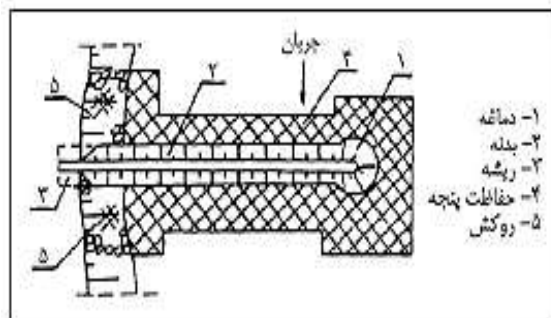
مدل Flow-3D شامل الگوهای فیزیکی بسیاری از جمله آب‌های کم‌عمق لزجت کاویتاسیون آشفتگی، محیط‌های متخلخل و غیره است. این مدل در زمینه‌هایی همچون ریخته‌گری مهندسی، هیدرولیک، محیط‌زیست، هوافضا، علوم دریایی، نفت‌گاز و غیره کاربرد دارد. شبکه حل در این مدل متشکل از سلول‌های مکعب مستطیل است. شاید این نوع شبکه در نگاه اول به عنوان یک محدودیت مطرح شود در صورتیکه اولاً به دلیل تولید آسان این نوع شبکه، نظم مناسب و نیاز به حافظه کمتر در آن و ثانیاً به دلیل به کاربری دو ابزار مفید VOF و FAVOR در مدل Flow-3D شبکه حل به فرم مذکور یک مزیت خواهد بود.

به توصیه شرکت توسعه دهنده مدل در شبیه‌سازی با استفاده از این مدل حداقل به یک پردازنده Pentium III سیستم عامل ویندوز ۲۰۰۰ و حداقل کارت گرافیک ۳۲ MB نیاز است. به دلیل قابلیت‌هایی که مدل Flow-3D در زمینه شبیه‌سازی‌های هیدرولیکی دارد و جواب‌های قابل قبول که در این زمینه تولید کرده است اخیراً کاربرد زیادی در این زمینه پیدا کرده است. یکی از قابلیت‌های این برنامه در

هدایت می‌کند و سرعت آب در کناره‌ها را کاهش می‌دهد و نیز قسمتی از آب رودخانه را بین اپی‌ها به حالت سکون باقی می‌گذارد. در نتیجه مواد محموله آب ته‌نشین می‌شود و رودخانه حالت پس‌رفتگی پیدا می‌کند و کناره به تدریج تثبیت می‌شود. البته پس از پر شدن رسوب بین اپی‌ها لازم است عملیات جنگل‌کاری و یا پوشش گیاهی کافی صورت گیرد به‌طور کلی، اپی‌ها سازه‌هایی هستند که جهت دور کردن و انحراف آب از کناره‌های بستر رودخانه ایجاد می‌شوند [۶].

ساختار عمومی یک آبشکن مطابق شکل (۱) شامل اجزای زیر می‌باشد:

- دماغه یا پنجه که به علت مقاومت در برابر جریان و حفاظت در برابر آبشستگی بستر گسترده‌تر ساخته می‌شود.
- بدنه‌ی ساقه و تاج که بدنه اصلی آبشکن را تشکیل می‌دهد.
- ریشه یا تکیه‌گاه که نقش پایداری ساقه از طریق اتصال قفل شدگی آبشکن به دیواره رودخانه را به عهده دارد.
- حفاظت پنجه که جهت ایمنی آبشکن در برابر آبشستگی عمومی و موضعی در دماغه و پیرامون بدنه آبشکن حیاتی می‌باشد.
- حفاظت سطحی که پوشش حفاظتی آبشکن و دیواره طبیعی رودخانه از خطر فرسایش و تخریب است. نمونه یک آبشکن در پلان و مقاطع طولی و عرضی در شکل زیر نشان داده شده است [۷].



شکل ۱. نمایش ساختار عمومی یک آبشکن در پلان



محاسبات، محاسبات صریح گفته می‌شود و هرگاه که متغیرهای وابسته به صورت مجموعه‌ای از معادلات تعریف شوند و دستیابی به مقدار آن‌های از راه‌حلی نظیر تکرار استفاده شود این محاسبات ضمنی نامیده می‌شوند. انتخاب بین روش صریح و یا ضمنی کاملاً وابسته به هدف شبیه‌سازی است اما روش صریح دارای دقت بیشتری است. از این رو نرم‌افزار به صورت پیش‌فرض روش صریح را انتخاب می‌کند که در این تحقیق نیز تغییری در روش پیش‌فرض صورت نگرفته است.

مدل‌های آشفتگی مورد استفاده در FLOW 3D

هدف نهایی تمام مدل‌های آشفتگی، محاسبه اندازه تنش رینولدز در نقاط مختلف جریان است. مدل‌های آشفتگی موجود را می‌توان از دو منظر نگریست:

- ۱- روابط اساسی حاکم بر لزجت آشفتگی
- ۲- مدل‌های لزجت آشفتگی

روابط اساسی حاکم بر لزجت آشفتگی برای بیان رابطه بین تنش‌های رینولدز موجود در معادلات RANS و یک پارامتر منفرد که اصطلاحاً ویسکوزیته آشفتگی نامیده می‌شود به کار می‌روند. مدل‌های لزجت آشفتگی نظیر طول اختلاط و $K - \epsilon$ برای محاسبه ویسکوزیته آشفتگی استفاده می‌شوند یک روش جایگزین برای مدل‌سازی آشفتگی استفاده از مدل LES است. معادلات LES آشفتگی را بر حسب متوسط مکانی در یک نقطه ثابت در زمان تحلیل می‌کنند این مدل علی‌رغم دقت بالا نیازمند کامپیوترهای بسیار سریع با حافظه‌های بالا است و به همین دلیل به صورت کاربردی و گسترده نمی‌توان از آن استفاده کرد [۸].

مدل‌های لزجت آشفتگی به سه دسته زیر تقسیم‌بندی می‌گردد:

- ۱- مدل‌های صفر معادله‌ای (مدل‌های طول اختلاطی)

- ۲- مدل‌های یک معادله‌ای

- ۳- مدل‌های دو معادله‌ای

مدل‌های صفر معادله‌ای تنها از روابط و معادلات جبری جهت توصیف رابطه بین ویسکوزیته و آشفتگی جریان محاسبه شده و یا قابل اندازه‌گیری استفاده می‌کنند مدل‌های یک معادله‌ای از یک معادله انتقال PDE اضافی

زمینه آنالیزهای هیدرولیکی، توانایی در استفاده از روش حجم سیال یا VOF در مدل کردن جریان‌های با سطح آزاد است این قابلیت می‌تواند جایگزین روش‌های مبتنی بر آزمون و خطا شود. نرم‌افزار Flow-3D معادلات ذکر شده را به روش تفاضل محدود و یا احجام محدود حل عددی می‌کند. در این نرم‌افزار فضای محاسباتی به شبکه‌ای از سلول‌های ثابت مستطیل شکل تقسیم می‌شود که در هر سلول مقادیر میانگین متغیرهای مربوط ذخیره می‌شود به جز سرعت سیال که در سطح سلول محاسبه می‌شود بقیه متغیرهای مربوط به هر سلول در مرکز آن سلول محاسبه می‌شود.

سیستم مختصات نرم‌افزار FLOW 3D

معادلات دیفرانسیل که در مدل Flow-3D باید مورد حل قرار بگیرند می‌توانند در هر دو قالب سیستم مختصات کارتزین (X, Y, Z) و سیستم مختصات استوانه‌ای (r, θ, z) نوشته شوند.

در مختصات استوانه‌ای مختصات x به جای امتداد شعاعی تعبیر می‌شود، مختصات y به مختصات زاویه‌ای انتقال داده می‌شود و z مختصات محوری است تمام معادلات با تابع تداخل مساحت و حجم فرموله می‌شوند. این روش فرموله کردن که به روش FAVOR (روش نماینده کسر-مساحت حجم مانع) نامیده می‌شود. برای مدل‌سازی هندسه‌های پیچیده استفاده می‌شود. توابع تداخل همچنین برای بیان برخی ساده‌سازی‌ها در مشخصات سطوح آزاد و شرایط مرزی دیوار استفاده می‌شوند.

پایداری مدل

Flow-3D از طریق روش‌های مختلفی پایداری مدل را کنترل می‌کند. با توجه به این که انتخاب گام‌های زمانی به خود نرم‌افزار سپرده شده است. نرم‌افزار گام‌های زمانی را در حدی بزرگ می‌کند که به پایداری مدل و دقت نتایج لطمه‌ای وارد نشود به صورت کلی گام‌های زمانی در هر تکرار بسته به شرایط ۵٪ کم و زیاد می‌شود مادامی که شروط مربوط به پایداری مدل نقض نشود.

مسائل عددی می‌توانند هم به صورت صریح و هم به صورت ضمنی حل شوند. هرگاه متغیرهای وابسته به صورت مستقیم از مقادیر معلوم قابل محاسبه باشند به این

شکل ۴ تا ۷ خطوط جریان در فاصله ۵ میلی‌متر از بستر برای زوایای استقرار مختلف آبشکن را نشان می‌دهند. همان‌طور که قبلاً اشاره شد جریان در خم حتی بدون وجود آبشکن نیز دارای جریان‌های عرضی است. این مسئله به‌وضوح در این اشکال دیده می‌شود در شکل (۵) که مربوط به استقرار آبشکن در زاویه ۴۵ درجه است، در حدود زاویه ۴۰ درجه خطوط جریان کاملاً به سمت دیواره خارجی جریان متمایل شده است و با نزدیک شدن به مقطع آبشکن خطوط جریان به سمت مرکز کانال منحرف می‌شوند. با نزدیک شدن به مقطع آبشکن و تنگ‌شدگی کانال سرعت جریان افزایش یافته، خطوط جریان پس از رسیدن به مقطع کانال به سه دسته متفاوت تقسیم می‌شوند: دسته اول در نزدیکی دیواره داخلی است. در این قسمت جریان از آبشکن تأثیر نمی‌پذیرد و بدون انحراف در خطوط جریان به سمت پایین دست حرکت می‌کند. در قسمت‌های میانی کانال در اثر آبشکن خطوط جریان منحرف شده و یک جریان ثانویه تولید می‌کنند که به سمت مرکز خم است در نزدیکی دیواره خارجی کانال، جریان پس از برخورد به جان آبشکن یک جریان گردابی در خلاف جهت عقربه‌های ساعت تشکیل می‌دهد. در پایین دست مقطع آبشکن نیز جریان را می‌توان به سه ناحیه تقسیم کرد: ناحیه نزدیک به دیواره داخلی که بدون تغییر در جریان است. ناحیه میانی که با عبور از مقطع آبشکن و افزایش عرض کانال خطوط جریانی واگرا دارد و در پشت آبشکن یک جریان گردابی قوی در جهت عقربه‌های ساعت تشکیل می‌شود [۹].

در دو حالت استقرار آبشکن در زوایای ۳۰ و ۶۰ درجه نیز شرایط به همین صورت است؛ اما در حالتی که سه آبشکن در کانال وجود دارد شرایط در پایین دست آبشکن اول متفاوت است در شکل (۴) دیده می‌شود.

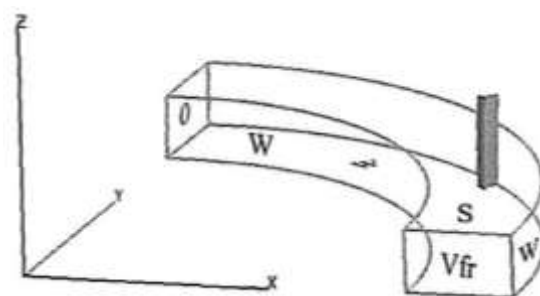
نیز در این بین استفاده می‌کنند مدل‌های دو معادله‌ای شامل دو PDE اضافی هستند

داده‌ها و مشخصات کانال و آبشکن

کانال مورد مطالعه در این تحقیق یک کانال قوسی شکل با زاویه ۹۰ درجه با شعاع خارجی قوس ۲۰۷ متر و شعاع خارجی ۲۰۱ متر است. مقطع کانال مستطیل شکل و دارای عرض ۰۰۶ متر است. در این تحقیق از آبشکن‌هایی سرسپری (T head) و با ابعاد جان و بال ۹ و ضخامت ۱ سانتی‌متر استفاده شده است. دبی جریان یافته در کانال ثابت و برابر با ۲۵ لیتر بر ثانیه است.

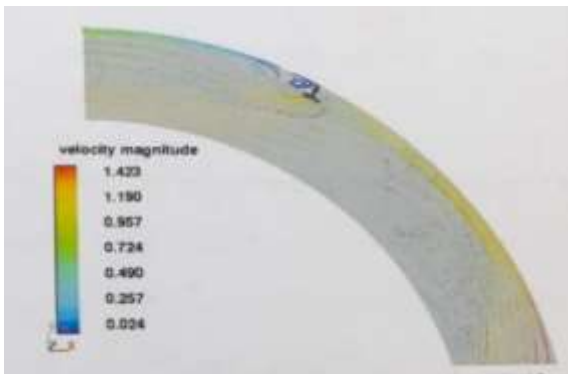
شرایط مرزی

در این تحقیق برای شبیه‌سازی از شرط مرزی دبی ورودی مشخص volume flow rate بالادست (Y-min) و دبی ۰,۰۲۵ مترمکعب بر ثانیه و ارتفاع ثابت ۰,۲۱ متر انتخاب گردید؛ همچنین ارتفاع ۰,۲۱ با روش سعی و خطا به دست آمده است تا مدل زودتر به حالت پایدار برسد. شرط مرزی پایین دست (Y-min) به صورت خروجی (Outlet) مشخص گردیده است این شرط مرزی باعث می‌شود خروج آزادانه سیال از مرز همچنین اثر موج‌های برگشتی را به حداقل می‌رساند. مرز X_{\max} و X_{\min} , Z_{\min} از نوع wall تعریف می‌شود چون جریانی در این مرزها وجود ندارد. همچنین از افت‌های ناشی از اصطکاک در مرزها صرف‌نظر می‌شود؛ بنابراین ضریب زبری در مسئله در نظر گرفته نمی‌شود. مرز Z_{\max} نیز به منظور شبیه‌سازی فشار اتمسفر بر روی سطح آب از نوع متقارن (Symmetry) انتخاب شده است شکل (۳).

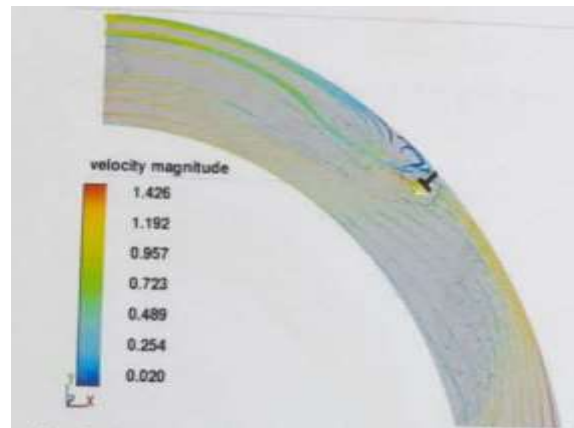


شکل ۳. شرایط مرزی دامنه محاسبات

خطوط جریان



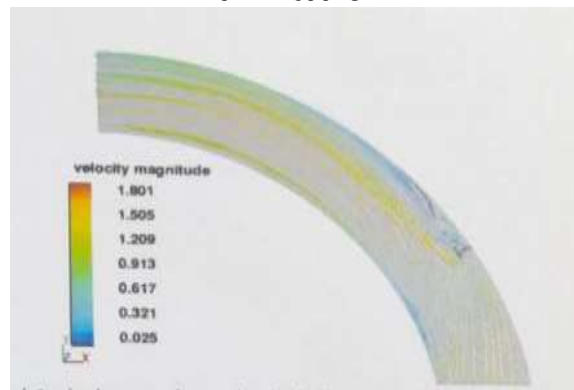
شکل ۷. خطوط جریان در فاصله ۵ میلی‌متری از بستر برای استقرار آب‌شکن در زاویه ۳۰ و ۴۵ و ۶۰ درجه



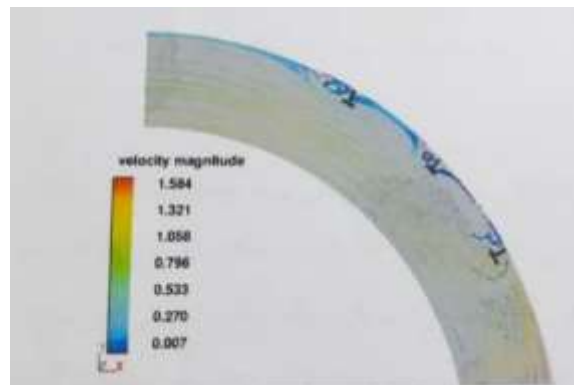
شکل ۴. خطوط جریان در فاصله ۵ میلی‌متری از بستر برای استقرار آب‌شکن در زاویه ۳۰ درجه

تحلیل آبشستگی

نحوه گسترش گودال آبشستگی در اطراف آب‌شکن در زمان‌های مختلف در شکل (۸) تا شکل (۱۱) آمده است. نتایج نشان داد که آبشستگی بعد از گذشت ۳۰ دقیقه به حالت پایدار خود رسیده است. گودال آبشستگی در بالادست آب‌شکن شیب بیشتری دارد اما بیشترین عمق آبشستگی در پایین‌دست آب‌شکن رخ داده است که این نتیجه برخلاف نتایج است بیشینه مقدار آبشستگی در گودال ۶،۹ سانتی‌متر در پایین‌دست و در زاویه ۵۰ درجه رخ داده است. هم‌زمان با گسترش گودال آبشستگی سه مرحله برای فرآیند آبشستگی قابل تصور است. مرحله اول که به سرعت انجام می‌شود مرحله دوم یا مرحله اصلی آبشستگی و مرحله آخر یا مرحله تعادل است. بیشترین میزان آبشستگی در دو مرحله اول رخ می‌دهد و در مرحله سوم گاهی با افزایش شیب گودال بخشی از آن ریزش کرده به درون گودال می‌ریزد و این قسمت بعد از چند دقیقه دوباره دچار آبشستگی می‌شود. این سه قسمت در شکل (۸) تا شکل (۱۱) دیده می‌شود مرحله اول به سرعت انجام می‌شود و در مرحله اصلی بیشترین میزان فرسایش صورت می‌پذیرد و در مرحله آخر صرفاً نوعی تعادل بین فرسایش و رسوب‌گذاری انجام می‌شود. همان‌طور که در دو شکل (۱۰) و شکل (۱۱) دیده می‌شود بین زمان ۲۰ دقیقه تا ۳۰ دقیقه تغییرات محسوسی دیده نمی‌شود که به این معنی است قسمت اعظم آبشستگی در مرحله اصلی (دوم) انجام شده است [۵].



شکل ۵. خطوط جریان در فاصله ۵ میلی‌متری از بستر برای استقرار آب‌شکن در زاویه ۳۰ درجه

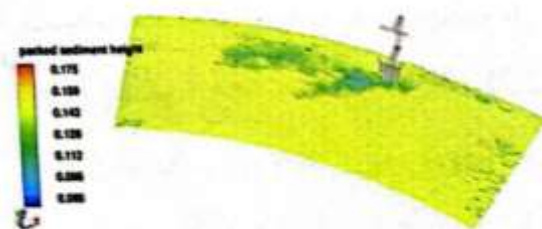


شکل ۶. خطوط جریان در فاصله ۵ میلی‌متری از بستر برای استقرار آب‌شکن در زاویه ۶۰ درجه

جریان گرداب‌های در جهت عقربه‌های ساعت تشکیل می‌شود که نسبت به جریان گرداب‌های بالادست آبشکن بزرگ‌تر و قوی‌تر است. در پایین‌دست آبشکن نیز در زاویه استقرار ۳۰ درجه قدرت جریان گردابی بیشتر است. به‌این‌ترتیب می‌توان حدس زد که زاویه استقرار ۳۰ درجه باعث آشفتگی بیشتر نسبت به دو حالت دیگر می‌شود. در حالت سه آبشکن به صورت هم‌زمان در فضای بین دو آبشکن سرعت آب بسیار کاهش یافته و یک جریان گردابه بسیار ضعیف شکل می‌گیرد این سرعت پایین باعث حفاظت هر چه بیشتر کانال در برابر فرسایش می‌شود همچنین این ناحیه منطقه بسیار مناسب برای رشد آبریزان می‌شود. در جهت قائم نیز یک جریان گرداب‌های در فضای بین بال و جان در تمام زوایای استقرار آبشکن شکل می‌گیرد.

تغییرات مؤلفه طولی سرعت نیز به صورت غیرخطی بوده است به‌گونه‌ای که در فضای بین بال آبشکن و دیواره خارجی کانال این مقدار کمینه و مقدار بیشینه آن در پایین‌دست مقطع آبشکن و از پنجه آبشکن به سمت مرکز کانال و در سطح آب رخ می‌دهد.

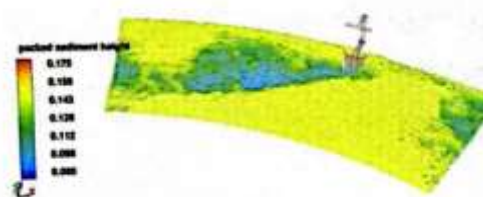
مکان بیشترین آب شستگی در پنجه آبشکن است و گودال آبشستگی در جهت پایین‌دست و متمایل به مرکز کانال گسترش می‌یابد که نشان‌دهنده محافظت مناسب از دیواره کانال است. گودال آبشستگی به عدم بررسی تأثیر شکل آبشکن بر آبشستگی با توجه به اینکه در پروژه‌های واقعی غالباً همراه آبشکن‌ها بستر نیز در برابر آبشستگی مقاوم می‌شود که در این تحقیق این عملیات صورت نگرفت و بستر دارای یک نوع دانه‌بندی بود. با توجه به اینکه بسیاری از آبشستگی‌ها در حالت سیلابی رخ می‌دهد لذا بررسی شرایط سیلابی در رودخانه‌ها اهمیت بسیار زیادی دارد اما در این تحقیق تنها شرایط پایدار بررسی شد.



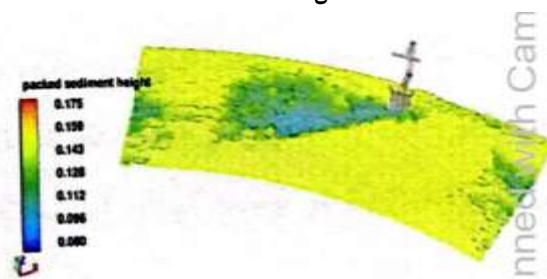
شکل ۸. t=2min



شکل ۹. t=5min



شکل ۱۰. t=20min



شکل ۱۱. t=30min

نتیجه‌گیری

در این تحقیق بررسی ویژگی‌های جریان در یک کانال با خم ۹۰ درجه و وجود آبشکن در زوایای استقرار مختلف و تأثیر آن بر میزان آبشستگی بستر پرداخته شد. مهم‌ترین نتایج این تحقیق در ذیل آورده شده است.

در حالت تک آبشکن در بالادست، آبشکن یک جریان گردابی ضعیف در خلاف جهت عقربه‌های ساعت در فضای بین بال و جان آبشکن شکل می‌گیرد. این جریان گردابی در زاویه استقرار ۳۰ قوی‌تر و در زاویه استقرار ۶۰ ضعیف‌تر می‌باشد. در پایین‌دست آبشکن نیز در هر سه حالت یک

[۱] یمانی، مجتبی و نوحه‌گر، ا. (۱۳۸۲) "بررسی وضعیت ژئومورفولوژی پیچان رود و نقش آن در فرسایش بستر کناره‌های رودخانه میناب"، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا، پژوهش‌های جغرافیایی شماره ۵۱.

[۲] تلوری، ع. (۱۳۸۳) اصول مقدماتی مهندسی و ساماندهی رودخانه، پژوهشکده حفاظت از خاک و آبخیزداری چاپ اول.

[۳] معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور، راهنمای طراحی ساخت و نگهداری آبشکن‌هایی رودخانه، نشریه ۵۱۶، ناشر سازمان برنامه‌و بودجه.

- [۱۳] زارع، ت. (۱۳۹۴) "اثر آبشکن بر کاهش فرسایش کناره‌های در قوس رودخانه"، دانشگاه شیراز، نشریه دانش آب‌و خاک، جلد ۲۵ شماره ۴۰۱.
- [14] Vaghefi, M. and Ghodsian, M. and Akbari, M. (2016) Experimental Investigation on 3D Flow around a Single T- Shaped Spur Dike in a Bend, *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 61(3), pp.
- [15] Pourshahbaz, H. and Abbasi, S. (2017) "Scouring investigation of series of parallel non-submerged spur dikes with unequal length", University of Zanjan.
- [16] Mean flow and turbulence around experimental spur dike". *Advances in Water Resources*. *Advances in Water Resources* 32 (2009) 1717-1725
- [۴] موسوی، ع. نائینی، م. واقفی، م. قدسیان. (۱۳۸۹) "بررسی آزمایشگاهی تأثیر شعاع انحنا بر الگوی جریان پیرامون آبشکن سرسپری در قوس ۹۰ درجه با بستر صلب"، مهندسی عمران هیدرولیک، دانشگاه ترتیب مدرس شماره ۱.
- [۵] یحیوی کلاکی، ف. حسینی، خ. موسوی، ف. (۱۳۹۵) "بررسی ویژگی‌های جریان اطراف آبشکن نفوذپذیر با استفاده از نرم‌افزار Flow-3D"، کنفرانس ملی هیدرولیک ایران - انجمن هیدرولیک ایران - دوره ۱۵.
- [۶] کرمان نژاد، ج. فتحی مقدم، م. دهقانی، ا. ا. محمودیان، م. (۱۳۸۹) "بررسی رابطه تخلخل با حداکثر عمق آبستگي آبشکن‌هایی L شکل نفوذپذیر با زبانه به سمت بالادست و پایین‌دست در شرایط آب زلال، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز. نشریه آب‌و خاک، جلد ۲۵، شماره ۲.
- [۷] شاکر، ا. کاشفی پور، م. (۱۳۹۲) بررسی آزمایشگاهی تأثیر طول و زاویه‌ی قرارگیری آبشکن‌هایی مستطیلی بر توزیع سرعت و تنش برشی در قوس ۹۰ درجه، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- [۸] امین نژاد، ب. سر صباغ. یزدی. مصانعی. (۱۳۸۹) "بررسی آزمایشگاهی اثر شکل دماغه یک آبشکن عمود بر ساحل در فرسایش و رسوب‌گذاری بستر دانه‌ای تحت تأثیر جریان‌های موازی ساحل"، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی، نشریه علمی اقیانوس‌شناسی، سال اول شماره ۴/ زمستان ۱۳۸۹
- [۹] رادان، پ. واقفی، م. (۱۳۹۴) "بررسی الگوی جریان در کانال قوسی با آبشکن سرسپری جاذب و دافع مستغرق با مدل SSIM"، دانشگاه خلیج فارس بوشهر، نشریه آبیاری و زهکشی ایران شماره ۵ جلد ۹.
- [۱۰] اسمعیلی، ا. عبدالهی، خ. (۱۳۸۳) اصول مقدماتی مهندسی و ساماندهی رودخانه و آبخیزداری و حفاظت خاک، انتشارات محقق اردبیلی، چاپ اول.
- [۱۱] معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور، راهنمای مطالعات ریخت‌شناسی رودخانه‌ها، نشریه شمار ۴۱۸.
- [۱۲] حلوائی فرد، م. مسجدی، ع. (۱۳۹۵) "بررسی اثر زاویه صفحات مستغرق در کنترل رسوب به آبیگر جانبی در قوس ۱۸۰ درجه رودخانه"، جلد ۲۰، شماره ۷۸ (علوم آب‌و خاک - علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی زمستان).

Modeling How to Place Impermeable Spure Dik in River Bends Using FLOW 3D Software

Behnam Mostafapour^{*1}, Abdollah Naghipour²

¹ Researcher, Faculty of Safety and Security Measures, University of Imam Hossein, Tehran, Iran.

² Faculty of Safety and Security Measures, University of Imam Hossein, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Article history:

Article Type: Research paper

Received: 16 September 2024

Revise: 07 November 2024

Accepted: 02 January 2025

Published: 18 March 2025

*Correspondence:

mostafapurbehnam@gmail.com

Keywords:

Spur

winding

Destruction

river

Erosion.

ABSTRACT

In this article, the erosion of river walls has been investigated and introduced which caused a lot of damage in the land around the river and structures. In this way, it reduces the potential of usable land around the rivers. If the material of the walls is fine-grained, non-sticky, surface erosion will occur due to the impact of waves on the walls. In the case that the materials of the walls are types of the above materials, the rise of the underground water level and the drainage of the water from the walls towards the river will wash away the fine particles and cause the coarse particles to fall. One of the common solutions to prevent the erosion of the walls is to stabilize the shores in an indirect way. In the indirect method of stabilizing the beaches by constructing transverse structures or spure dikes, which is called epi. Per.