

بررسی آزمایشگاهی کاربرد آستانه، آبشکن و دیوار جداکننده در کنترل رسوب و رودی بستر به آبگیر جانبی ۷۵ درجه در قوس U شکل

حسن گلیج^۱، امیر حمزه حقی آبی^۲، مجتبی صانعی^۳، حجت الله یونسی^۴

تاریخ ارسال: ۱۳۹۶/۰۳/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۲۰

چکیده

مکانیزم جریان در قوس رودخانه‌ها نسبت به مسیرهای مستقیم دارای پیچیدگی فراوانی است که از آن جمله وجود جریان‌های حلزونی است. در این پژوهش، با انجام مطالعه آزمایشگاهی در یک کانال U شکل، از سازه‌های آستانه، آبشکن و دیوار جداکننده برای کنترل رسوب در سه نسبت آبگیری ۰/۱۷، ۰/۲۱ و ۰/۲۶ استفاده شد. نتایج نشان داد ترکیب سازه آستانه، آبشکن و دیوار جداکننده ۱۴ درجه بیشترین کنترل رسوب را در درصدهای مختلف داشته و ۹۲ درصد رسوب ورودی را نسبت به آزمایش شاهد کاهش می‌دهد و در آزمایش آستانه با افزایش درصد آبگیری کارایی این سازه کاهش می‌یابد و کمترین درصد کاهش رسوب برای انحراف ۲۶ درصد برابر ۶۵ درصد می‌باشد. بررسی تغییرات مقدار چرخش جریان در دهانه آبگیر به صورت کمی بررسی شد و مشخص شد که روند تغییرات در آزمایش‌های شاهد و آستانه با دیگر آزمایش‌ها متفاوت است. با بررسی تنش برشی بستر مشخص شد که اولاً تنش برشی در قوس خارجی بیشتر از قوس داخلی است دوماً با افزایش درصد آبگیری، تنش برشی در طول دهانه آبگیر افزایش می‌یابد. بکارگیری سازه دیوار جداکننده ۱۴ درجه باعث تغییر الگوی مکانی تنش برشی جلوی آبگیر می‌شود به طوری که مقدار تنش برشی در نزدیک دهانه کاهش و تنش برشی حداکثر به سمت مرکز کانال و پشت سازه منتقل می‌گردد که منجر به کاهش میزان فرسایش و انحراف رسوب به داخل آبگیر می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: کانال U شکل، تنش برشی، آبگیر جانبی، جریان ثانویه.

۱- دانشجوی دکتری سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، محل سکونت: تهران، نواب، خیابان مرتضوی، بالاتر از جیحون، پلاک ۶۷۰، تلفن تماس: ۰۹۱۱۶۷۸۲۵۵۸، پست الکترونیکی: hassan_goleij37@yahoo.com

۲- استاد گروه سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، لرستان، تلفن تماس: ۰۹۱۶۱۶۱۰۵۸۰، پست الکترونیکی: haghbiabi.a@lu.ac.ir (نویسنده مسئول)

۳- دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تلفن تماس: ۰۹۱۲۳۲۴۶۸۷۷، پست الکترونیکی: Saneie_m@scwmri.ac.ir

۴- استادیار گروه سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، لرستان، تلفن تماس: ۰۹۱۶۶۶۱۳۴۰۸، پست الکترونیکی: yonesi.h@lu.ac.ir

مقدمه

آب مهمترین منبع طبیعی برای ادامه حیات بشر محسوب می شود. بنابراین یکی از مهمترین ثروت‌های اصلی یک کشور میزان آبی است که در رودخانه‌ها و نهرهای آن کشور جاری است. انسان در طول تاریخ از سیستم‌های رودخانه‌ای به روش‌های مختلف بهره‌برداری نموده و به همین دلیل اهمیت رودخانه از ابتدا برای بشر روشن بوده است. تعیین شرایط بهینه انحراف جریان از آبیگرها موجب می‌شود تا الگوی جریان ورودی به آبیگرها بیشترین دبی ممکن را با کمترین میزان رسوب وارد آبیگر نماید. عدم کنترل رسوب ورودی به آبیگرها موجب انتقال آن به داخل کانال‌های آبیاری و تأسیسات شده و مشکلات زیادی را در نتیجه حمل رسوبات و یا ته‌نشین شدن آن‌ها در قسمت‌های مختلف بوجود می‌آورد. به مرور زمان و در اثر تجمع رسوبات، بخشی از ورودی انشعاب مسدود خواهد شد که در نتیجه منجر به کاهش عرض مفید آبیگری و حمله جریان به بستر و دیواره کانال انشعاب و آبستنگی‌های نامطلوب خواهد شد. در کانال‌های طبیعی قوسی جریان سه بعدی و الگوی تغییرات بستر بسیار نامنظم است. از مشخصه‌های ویژه این کانال‌ها می‌توان به جریان حلزونی در آنها اشاره نمود که از اندرکنش جریان ثانویه در مقطع عرضی کانال و جریان طولی کانال حاصل می‌شود. در اثر وجود جریان ثانویه، حرکت عرضی رسوبات در کف کانال مشاهده می‌گردد. این حرکت بنحوی است که رسوبات را از ساحل خارجی به ساحل داخلی هدایت می‌کند. با توجه به اینکه یکی از اهداف مهم آبیگری جانبی، انتخاب محلی است که رسوبات کمتری وارد آبیگر گردد، بنابراین ساحل خارجی رودخانه‌ها می‌تواند به عنوان مکان مناسبی برای احداث آبیگر جانبی محسوب شود. جریان در کانال‌های قوسی بصورت وسیعی هم بصورت تحلیلی و هم آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند.

منتصری و همکاران (۱۳۸۸) اثر صفحات مستغرق را بر روی کاهش رسوب و افزایش راندمان آبیگری بر روی آبیگرهای جانبی قرار گرفته در قوس خارجی رودخانه بررسی نمودند و نتایج نشان داد صفحات، جریان ثانویه‌ای تولید می‌کنند که هم جهت با جریان ثانویه قوسی می‌باشد. همچنین خطوط جریان در صفحات افقی نشان می‌دهند صفحات مستغرق سبب کاهش عرض صفحه تقسیم جریان در لایه‌های نزدیک بستر و افزایش عرض صفحه تقسیم جریان در تراز بالای صفحات می‌گردند. محاسبه قدرت جریان ثانویه در قوس نشان می‌دهد نصب صفحات در محدوده آبیگر، موجب افزایش قدرت جریان ثانویه شده و از شدت کاهش قدرت جریان ثانویه بر اثر مکش آبیگر می‌کاهد. نظری و شفافی (۱۳۸۹) اثر همگرایی قوس را بر زاویه آبیگر در قوس ۹۰ درجه بررسی نمودند. در مطالعات آن‌ها تحت ۵ زاویه آبیگری ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درجه در موقعیت ۶۰ درجه از قوس، شرایط آبیگری و میزان رسوبات ورودی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که برای تأمین شرایط هیدرولیکی مناسب یعنی درصد دبی آبیگری کافی و حداقل رسوب ورودی به آبیگر زاویه ۴۵ درجه در موقعیت ۶۰ درجه از قوس ۹۰ درجه همگرا، مناسب می‌باشد. عطارزاده و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی آزمایشگاهی تاثیر آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق بر کنترل رسوب در آبیگر ۹۰ درجه پرداختند. نتایج آزمایش‌های آن‌ها نشان داد که هر یک از سازه‌های مذکور تاثیرات قابل توجه‌ای بر عرض جدایی جریان و کنترل رسوب ورودی به آبیگر دارند. تاثیر آبشکن و صفحات مستغرق بر عرض جدایی جریان بسیار بیشتر است در حالیکه در کنترل رسوب ورودی به آبیگر، تاثیر آبشکن بیش از بقیه است و در حالت استفاده همزمان از آبشکن و آستانه نسبت رسوب انحرافی به آبیگر نسبت به حالت استفاده از فقط آستانه، بیش از ۹۰ درصد کاهش می‌یابد. داوودی و شفافی (۲۰۱۲) به بررسی کنترل رسوب با استفاده از صفحات مستغرق در مقابل آبیگر جانبی در کانال‌های دوزنقه‌ای

سال نهم شماره سی و پنجم بهار ۱۳۹۸

جانبی در قوس رودخانه پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد در شرایط نصب دیوارهای منحرف کننده اولیه و ثانویه با افزایش ارتفاع آستانه و افزایش دبی کانال اصلی، دبی رسوب انحرافی کاهش می‌یابد. میرزایی و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی تاثیر مش‌بندی و مقایسه مدل‌های مختلف توربولنت در پیش‌بینی توپوگرافی و میدان جریان در قوس ۹۰ درجه با بستر متحرک پرداختند. نتایج حاکی از توانایی بالا مدل عددی FLOW 3D در شبیه‌سازی کانال با بستر متحرک بود. همچنین مدل LES در بین مدل‌های توربولنت، تغییرات بستر در قوس رودخانه را بهتر پیش‌بینی کرده است. دالوند و همکاران (۱۳۹۵) به مطالعه عددی تاثیر همزمان آبشکن و صفحات مستغرق بر خط جدایی جریان در ابگیرهای ۹۰ درجه پرداختند. نتایج حاصل از مدل نشان داد که خط جدایی جریان در سطح در حضور آبشکن و صفحات مستغرق ۶۳ درصد نسبت به حالت بدون کاربرد سازه‌ها افزایش می‌یابد.

با توجه به این واقعیت که ساحل خارجی قوس رودخانه‌ها از محل‌های مناسب برای آبیگری جانبی بشمار می‌رود ولی مطالعات کمتری بر روی آبیگری جانبی در قوس رودخانه‌ها انجام پذیرفته است. با توجه به خلاصه نتایج می‌توان گفت که مطالعات قبلی بیشتر روی استفاده از صفحات مستغرق، آستانه و آبشکن و یا اصلاح دهانه آبیگر جهت جلوگیری از ورود رسوب و افزایش راندمان آبیگری متمرکز بوده است. لذا، در این پژوهش با انجام مطالعات آزمایشگاهی در یک قوس ۱۸۰ درجه با آبیگر جانبی ۷۵ درجه و کف متحرک به بررسی تاثیر آستانه، آبشکن و دیوار جداکننده بر کنترل رسوب پرداخته شده است.

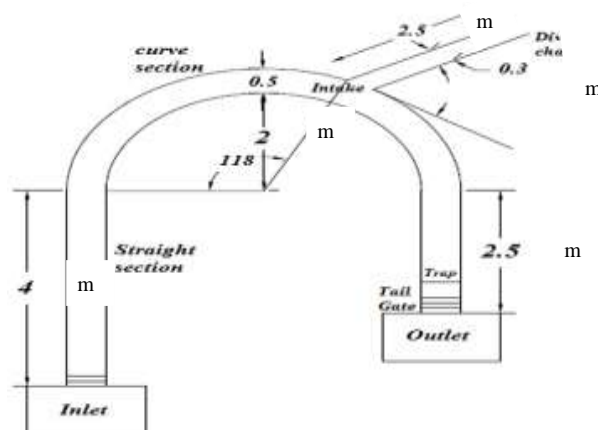
مواد و روش‌ها

آزمایشات در یک کانال آزمایشگاهی با قوس U شکل و شعاع متوسط ۲/۰۴ متر و با عرض ۰/۵ متر انجام گرفته است. شکل (۱) نمایی از کانال آزمایشگاهی

پرداختند. نتایج آزمایشات آنان نشانگر آن است که صفحات مستغرق قادر به اصلاح الگوی جریان در مقابل آبیگر بوده و ورود رسوب به آبیگر را تا ۳۱٪ کاهش می‌دهند. گوهری و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی تأثیر آبشکن و صفحات مستغرق بر خط جدایی جریان در آبیگرهای جانبی پرداختند. بیگی‌پور و همکاران (۲۰۱۳) عملکرد صفحات مستغرق را در شرایط فاصله صفحات مستغرق از آبیگر جانبی با نصب آن‌ها در زوایای مختلف در برابر جریان بررسی نمودند. بهبهانی و شفاعی بختستان (۱۳۸۴) با انجام آزمایشاتی بر روی آبیگر ۷۵ و ۹۰ درجه به این نتیجه دست یافتند که دبی انحرافی بیشترین وابستگی را به عدد فرود بالادست آبیگر دارد و نسبت دبی انحرافی در زاویه ۷۵ درجه با شرایط مشابه، کمتر از نسبت دبی انحرافی شاخه فرعی با زاویه ۹۰ درجه برآورد شد. حسن‌پور و همکاران (۱۳۹۰) جهت کاهش رسوب ورودی به آبیگر از صفحات مستغرق مرکب و آستانه استفاده نمود. نتایج نشان داد که استفاده از این سازه‌ها تنها برای نسبت انحراف بسیار پایین موثر است. (Ouyang 2009) به بررسی تاثیر شکل و اندازه صفحات مستغرق در کنترل رسوب ورودی به آبیگر پرداخت. نتایج نشان داد ارتفاع صفحات تابعی از طول آن‌ها می‌باشد و در محدوده ۰/۵۸ تا ۰/۷ عمق آب قرار دارد. ایزدپناه و صالحی‌نیشابوری (۱۳۸۳) آزمایش‌هایی بر روی قوس ۹۰ درجه و با تغییر محل قرارگیری آبیگر به این نتیجه رسیدند که موقعیت ۷۵ درجه در قوس نسبت به ۶۵ و ۷۰ درجه، رسوب کمتری را منحرف خواهد کرد. واقفی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی عددی تأثیر شعاع انحنای قوس بر الگوی جریان پیرامون آبشکن T شکل در قوس ۹۰ درجه با بستر صلب پرداختند. دیوسالار و موسوی جهرمی (۱۳۹۴) اثر افزایش طول بال آبشکن L شکل را بر عمق آبشستگی اطراف آن در قوس ۹۰ درجه مورد بررسی قرار دادند. معصومی و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی تاثیر ارتفاع آستانه دیواره منحرف-کننده جریان بر کاهش انتقال رسوب ورودی به آبیگر

زیرزمینی موجود در کف آزمایشگاه به مخزن ورودی کانال پمپ شده و سپس به درون کانال هدایت می‌شود. سطح آب درون کانال نیز با یک دریچه در انتهای کانال تنظیم می‌شود. در ابتدای آزمایش لایه‌ای به ضخامت ۱۵ سانتیمتر از ماسه یکنواخت با قطر متوسط ۱ میلی‌متر در کل کانال گسترده می‌گردد. سطح رسوب توسط یک صفحه فلزی که به ارابه متصل شده است صاف می‌شود. در ابتدا برای راه‌اندازی آزمایشات، دریچه انتهایی کانال اصلی بالا آورده شده و آب به آرامی وارد کانال می‌گردد تا سطح آب تا حد مورد نظر بالا آید. سپس پمپ به تدریج باز می‌گردد تا دبی جریان به دبی مورد نظر برسد و در نهایت با تنظیم دریچه‌های انتهایی کانال اصلی و آبگیر جانبی درصد آبگیری به مقدار مورد نظر رسانیده می‌شود. دبی مورد نظر در این آزمایشات ۱۵ لیتر بر ثانیه می‌باشد. آزمایشات تا زمانی ادامه می‌یابد که بستر کانال به حالت تعادل رسیده باشد. حالت تعادل نیز زمانی است که نسبت رسوب منحرف شده به داخل آبگیر به رسوب جابجا شده تا دهانه آبگیر به میزان ثابتی برسد و ابعاد ناهمواری‌های بستر نیز با زمان زیاد تغییر ننماید. پس از انجام هر آزمایش بستر و میزان رسوب ورودی به آبگیر اندازه‌گیری می‌گردد.

موجود را نشان می‌دهد. در قسمت بالادست قوس یک کانال مستقیم به طول ۴ متر و در پایین دست قوس کانال مستقیمی به طول ۲/۵ متر وجود دارد. جداره‌ها و کف کانال از جنس پلکسی گلاس بود. در موقعیت ۱۱۸ درجه از قوس کانال آبگیر با زاویه ۷۵ درجه نسبت به امتداد جریان در کانال اصلی قرار دارد. عرض و طول کانال آبگیر به ترتیب ۳۰ سانتیمتر و ۲/۵ متر می‌باشد. دبی جریان در کانال اصلی و فرعی به ترتیب توسط سرریزهای مثلی و مستطیلی استاندارد که در انتهای مخازن کانال اصلی و فرعی وجود دارد، اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که آزمایش‌ها در دو فاز انجام پذیرفته است. در مرحله اول آزمایش‌ها، پروفیل سرعت در کانال با آبگیر جانبی اندازه‌گیری شده است. در این مرحله از آزمایشات هدف بررسی الگوی جریان در کانال U شکل با آبگیر جانبی بود. برای برداشت پروفیل سرعت از یک دستگاه سرعت سنج دو بعدی استفاده شده است. در فاز دوم آزمایش‌ها، پروفیل بستر در کانال با آبگیر جانبی اندازه‌گیری شد که هدف از انجام این فاز از آزمایش‌ها، بررسی پروفیل بستر و کنترل رسوب ورودی به آبگیر بود. پروفیل بستر نیز توسط دستگاه Bed Profiler که دارای سنسور الکترومغناطیس است برداشت می‌شود. همچنین جریان آب از مخازن



شکل ۱- نمایی از کانال آزمایشگاهی

سال نهم شماره سی و پنجم بهار ۱۳۹۸

استغراق دیوار جداکننده برابر $0/3$ عمق جریان بالادست کانال آبخیر می باشد که در این تحقیق 4 سانتی متر در نظر گرفته شد.

آبخین

آبی معمولی، نفوذناپذیر و غیرمستغرق. طول آبخین به کار رفته در الگوی جریان $(L_D/B)=0/25$ ، فاصله آبخین از مقابل آبخیر $(L_I/b)=2$ است. زاویه آبخین در این آزمایش با توجه به روند آزمایش ها 45 درجه گرفته شد. شکل (۲) نشان دهنده سازه های کنترل می-باشد.



شکل ۲- سازه های کنترل رسوب، الف) آبخین ب) آستانه و Skimming Wall

جانمایی سازه ها

آستانه

نصب آستانه در ورودی آبخیر که دارای ارتفاعی معادل 30 درصد عمق نرمال جریان بالادست کانال اصلی است، رسوب ورودی به آبخیر را کنترل می کند (عطارزاده، ۱۳۹۴) که در این تحقیق $3/5$ سانتی متر در نظر گرفته شد.

سازه ی Skimming Wall

این سازه با زاویه مشخص در بالادست و در طول آبخیر جانبی در اجرای آزمایشات جانمایی می شود. زوایای در نظر گرفته شده برابر 14 درجه می باشد. با توجه به پیشنهاد Barkdoll et al.(1999) مقدار

برنامه ی آزمایشات

نام آزمایشات و سازه های به کار رفته در جدول (۱)، نشان داده شده است.

جدول ۱- جزئیات آزمایشات

نام آزمایش	سازه ی به کار رفته
A	شاهد
B	آستانه
C	آستانه - Skimming Wall
D	آستانه - آبخین - Skimming Wall

تحلیل ابعادی

$$Q_r = \frac{Q_I}{Q_M}$$

اصلی.

عدد فرود در بالادست آبیگیر. از اینرو در هر کدام از چهار حالتی که قبلاً به آن اشاره شد، سه آزمایش در سه نسبت دبی آبیگیری ۰/۱۷، ۰/۲۱ و ۰/۲۶ انجام شد. مقدار دبی جریان بالادست آبیگیر در کلیه آزمایش‌ها برابر ۱۵ لیتر در ثانیه در نظر گرفته شد که در این حالت فرم بستر بصورت دیون تشکیل می‌شود. سطح رسوبات در کانال اصلی هم تراز کف آبیگیر در نظر گرفته شده است. آبیگیر در موقعیت ۱۱۸ درجه تا ۱۲۶ درجه قرار دارد و عرض دهانه آبیگیر برابر با ۳۳/۷ سانتی متر می‌باشد.

نتایج و بحث

بررسی تاثیر سازه ها بر عدد فرود در نسبت های آبیگیری مختلف

با توجه به اینکه در تمامی ۴ حالت آزمایش، درصدهای آبیگیری با تغییر سازه باید ثابت در نظر گرفته می‌شد، خودبخود این امر باعث می‌شد که نصب هر یک از سازه‌ها به گونه‌ای بر دبی آبیگیری در شرایط یکسان تاثیرگذار باشد که در نهایت برای رسیدن به درصد آبیگیری یکسان، با تغییر دادن درجه انتهایی کانال اصلی مقدار درصد آبیگیری مورد نظر حاصل می‌شد که این تغییر درجه بر عدد فرود بالادست تاثیر گذار بود. شکل (۳) میزان تغییرات عدد فرود را با درصد آبیگیری یکسان در حالت‌های مختلف آزمایش نشان می‌دهد.

متغیرهای مؤثر در میزان دبی بار بستر ورودی به کانال آبیگیر (Q_{SI}) به شرح زیر می‌باشند:

Q_{SM} : دبی بار بستر کانال اصلی، Q_M : دبی جریان در کانال اصلی، Q_I : دبی جریان در کانال آبیگیر، y_M : عمق جریان در کانال اصلی، U_M : سرعت در بالادست کانال اصلی، B_M : عرض کانال اصلی، B_I : عرض کانال آبیگیر، S_M : شیب کانال اصلی، D_{50} : قطر متوسط بار بستر، δg : انحراف معیار رسوبات بستر، g : شتاب ثقل، ρ : جرم حجمی آب، ρg : جرم حجمی رسوبات، v : لزجت سینماتیک، α : زاویه آبیگیری، θ : زاویه قوس رودخانه، β : زاویه دیوار جداکننده، t : زمان آزمایش، k_s : زبری بستر، H_D : ارتفاع آبشکن، L_D : طول آبشکن، L_I : فاصله آبشکن تا لبه پایین آبیگیر و H_S : ارتفاع آستانه، بنابراین می‌توان گفت که رابطه (۱) نشان دهنده رابطه بین دبی بار بستر ورودی به آبیگیر و عوامل مؤثر بر آن است.

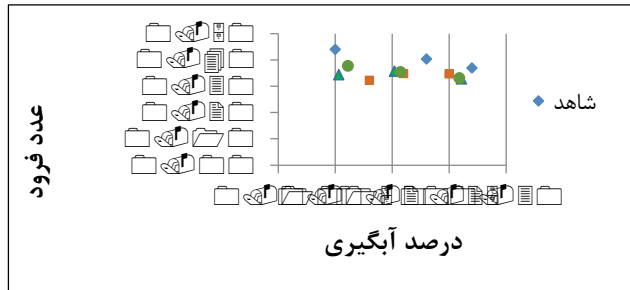
(۱)

$$Q_{SI} = f(Q_{SM}, Q_M, Q_I, y_M, U_M, B_M, B_I, S_M, D_{50}, \delta g, \rho, \rho g, v, \alpha, \beta, \theta, k_s, L_D, H_D, L_I, H_S)$$

بر اساس روش باکینگهام و با حذف عوامل ثابت در تحقیق، با تعیین ابعاد مسئله و انتخاب متغیرهای تکراری، به پارامترهای بی‌بعد مستقل و مؤثر بر میزان رسوب ورودی به آبیگیر خواهیم رسید که رابطه (۲) آن به شکل زیر خواهد بود:

$$G_r = \frac{Q_{SI}}{Q_{SM}} = f\left(\frac{Q_I}{Q_M}, Fr_u\right) \quad (2)$$

G_r نسبت رسوبات ورودی به کانال آبیگیر به رسوبات عبوری از کانال اصلی.



شکل ۳- تغییرات عدد فرود با درصد آبیاری در حالت های مختلف آزمایش

بررسی تاثیر سازه های آستانه، آبشکن و skimming wall بر نسبت رسوبات خروجی از کانال آبیگر به رسوبات ورودی به ابتدای کانال اصلی.

برای نشان دادن تاثیر هر یک از سازه ها در حالت های مختلف آزمایش باید تغییرات نسبت رسوبات خروجی از کانال آبیگر به رسوبات ورودی به ابتدای کانال اصلی (G_r) در مقابل درصد آبیاری رسم گردد. شکل (۴) نشان دهنده این موضوع می باشد

با توجه به شکل (۳) مشخص است که در تمامی درصدهای آبیاری، میزان عدد فرود بالادست کانال اصلی (مقطع صفر درجه قوس) در آزمایش شاهد از حالت های دیگر بیشتر شده است که این امر بخاطر این است که ملاک ما در تمامی حالت های آزمایش، ثابت ماندن درصد آبیاری در حالت های مختلف، و تاثیر آن بر میزان رسوب ورودی به آبیگر در شرایط یکسان بوده است تا کارایی هر یک از حالات نصب سازه بهتر سنجیده شود.

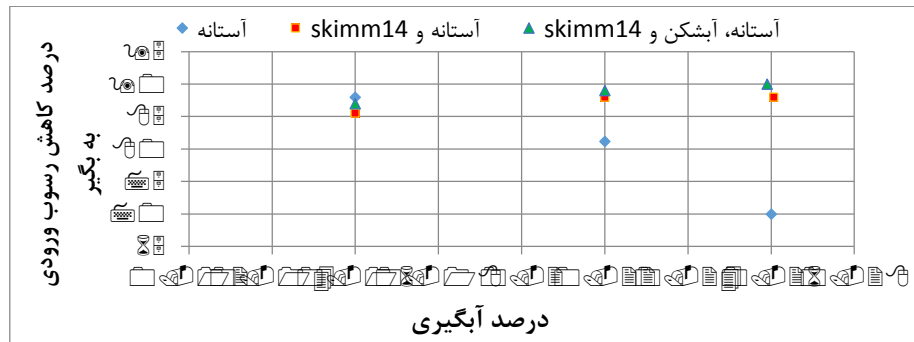
:



شکل ۴- تغییرات دبی رسوب ورودی به آبیگر در مقابل درصد آبیاری

درصد کاهش رسوب ورودی به آبگیر جانبی را در هر یک از حالات آزمایش را نشان می‌دهد:

همچنین برای مشخص شدن کارایی هر یک از سازه‌ها در حالت‌های مختلف، شکل (۵) ترسیم شد که



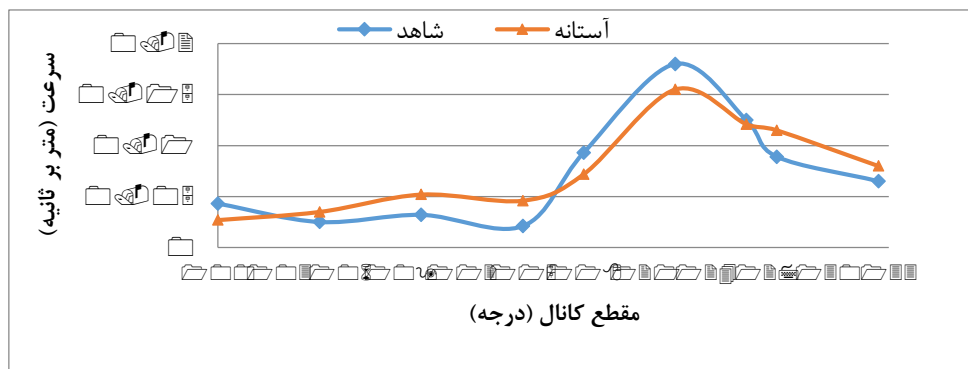
شکل ۵- درصد کاهش رسوب ورودی به آبگیر جانبی در مقابل درصد آبگیری

انحراف مشخص جلوی آبگیر نصب شود، در مقایسه با حالتی که نصب نشده باشد رسوب ورودی به آبگیر کاهش می‌یابد. همان طوری که در شکل مشخص است با افزایش درصد آبگیری، درصد کاهش رسوب انحراف شده نسبت به حالت شاهد افزایش می‌یابد. اگر علاوه بر وجود آستانه در دهانه آبگیر و دیوار جداکننده با زاویه انحراف مشخص جلوی آبگیر، یک آبشکن در بالادست آبگیر در ساحل مقابل آبگیر نصب شود میزان رسوب ورودی به آبگیر نزدیک به صفر می‌شود که علت تمام موارد مذکور را میتوان در قدرت گردابه و تنش برشی بستر جستجو کرد.

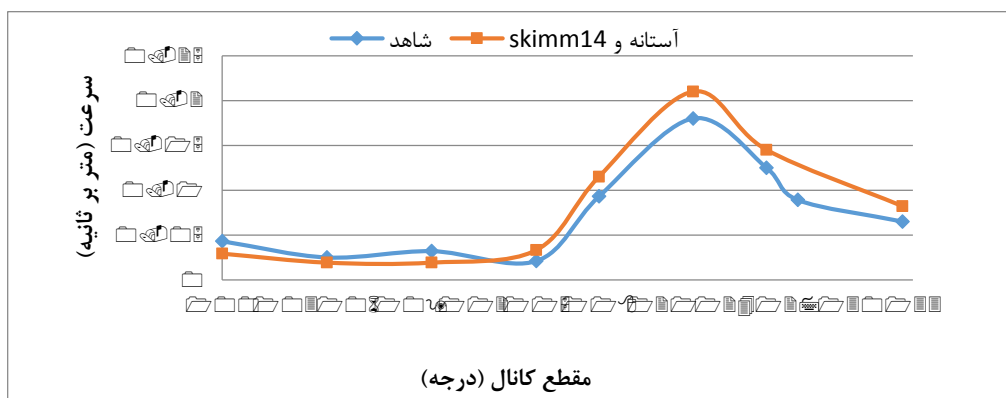
بررسی تاثیر سازه‌های آستانه، آبشکن و skimming wall 14 بر روی پروفیل عرضی سرعت

الف) بررسی پروفیل عرضی سرعت در سطح آب برای آبگیری ۲۶ درصد در فاصله ۵ سانتی متر از دهانه آبگیر

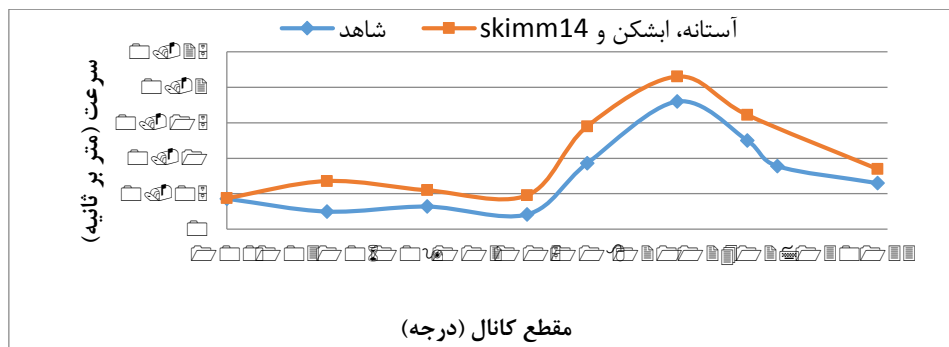
با توجه به شکل‌های (۴) و (۵) مشخص است که در حالت شاهد چون هیچ سازه کنترل رسوب وجود ندارد مقدار رسوب ورودی به داخل آبگیر نسبت به بقیه حالات آزمایش بیشتر می‌باشد همچنین با افزایش درصد آبگیری، به دلیل افزایش نیروی مکش جانبی آبگیر مقدار رسوب ورودی به آبگیر افزایش می‌یابد. در حالت آزمایش دوم که فقط آستانه وجود دارد مشخص است که در درصد آبگیری پایین کارایی بهتری دارد ولی با افزایش درصد آبگیری نسبت رسوب انحرافی افزایش می‌یابد. در واقع آستانه ورود رسوبات نزدیک کف در کانال اصلی به آبگیر را کاهش می‌دهد ولی به دلیل برخورد جریان نزدیک کف به آن، در نسبت‌های آبگیری بالاتر آشفتگی در اطراف آستانه افزایش می‌یابد که باعث می‌شود بخشی از رسوبات از کف بلند شده و وارد آبگیر شوند از اینرو تاثیر آستانه با افزایش نسبت آبگیری کاهش می‌یابد. در صورتیکه علاوه بر وجود آستانه در دهانه آبگیر، یک دیوار جداکننده با زاویه



(الف)



(ب)

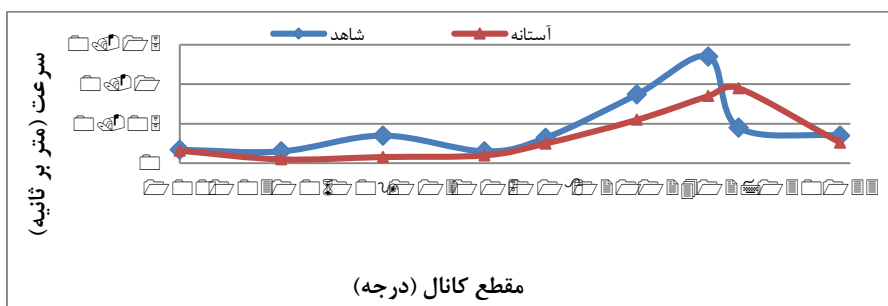


(ج)

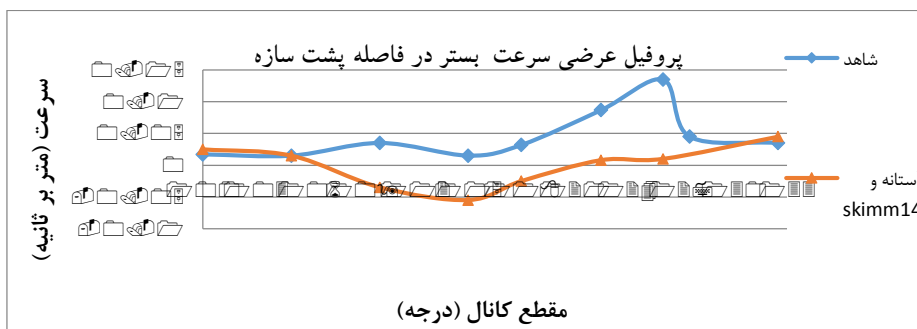
شکل ۶ - تغییرات پروفیل عرضی سرعت در سطح آب نسبت به آزمایش شاهد، الف) آستانه ب) آستانه و skimm14 ج) آستانه، ابشکن و skimm14

از سطح آب نسبت به آزمایش شاهد افزایش پیدا کرده است. همچنین با اضافه شدن سازه آبشکن به دو سازه قبل به دلیل هدایت جریان توسط این سازه پروفیل عرضی سرعت افزایش بیشتری نسبت به حالت بدون آبشکن پیدا کرده است و در نتیجه آبیگری از سطح افزایش بیشتری می‌یابد. (ب) بررسی پروفیل عرضی سرعت در بستر برای آبیگری ۲۶ درصد در فاصله ۵ سانتی متر از دهانه آبیگر

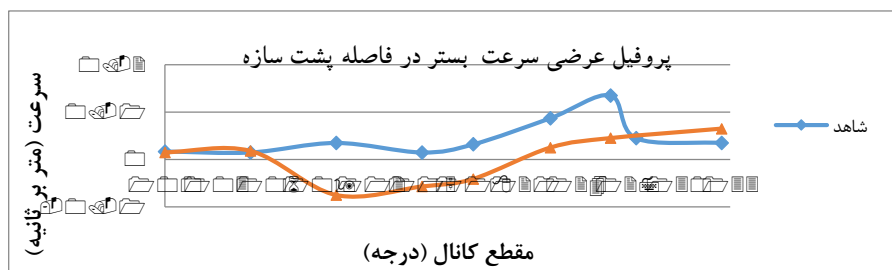
با توجه به شکل (۶) مشخص است که پروفیل عرضی سرعت در آزمایشی که فقط سازه آستانه استفاده شده است تاثیر زیادی روی پروفیل عرضی سرعت نداشته است بلکه تا حدودی در دهانه آبیگر کاهش یافته و مقدار آبیگری از سطح در آزمایش شاهد بیشتر از آستانه می‌باشد ولی با اضافه شدن skimming wall به سازه آستانه، پروفیل عرضی سرعت نسبت به آزمایش شاهد افزایش پیدا کرده است که نشان‌دهنده این است که در حالت استفاده از سازه skimming wall آبیگری



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۷ - تغییرات پروفیل عرضی سرعت در بستر نسبت به آزمایش شاهد، (الف) آستانه (ب) آستانه و skimm14 (ج) آستانه، آبشکن و skimm14

سال نهم شماره سی و پنجم بهار ۱۳۹۸

بررسی تغییرات قدرت جریان ثانویه برای درک بهتر علت کاهش هر یک از حالت‌های آزمایش نسبت به حالت شاهد، مقدار چرخش جریان در طول کانال محاسبه گردید. (دیلی و هارلمن، ۱۹۹۶):

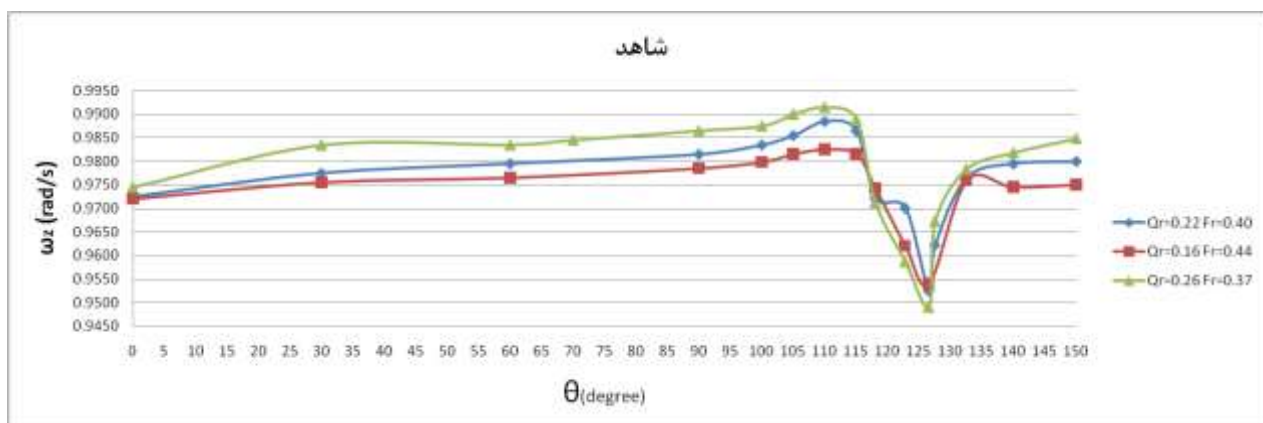
$$\bar{\omega}_z = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right) \quad (3)$$

→

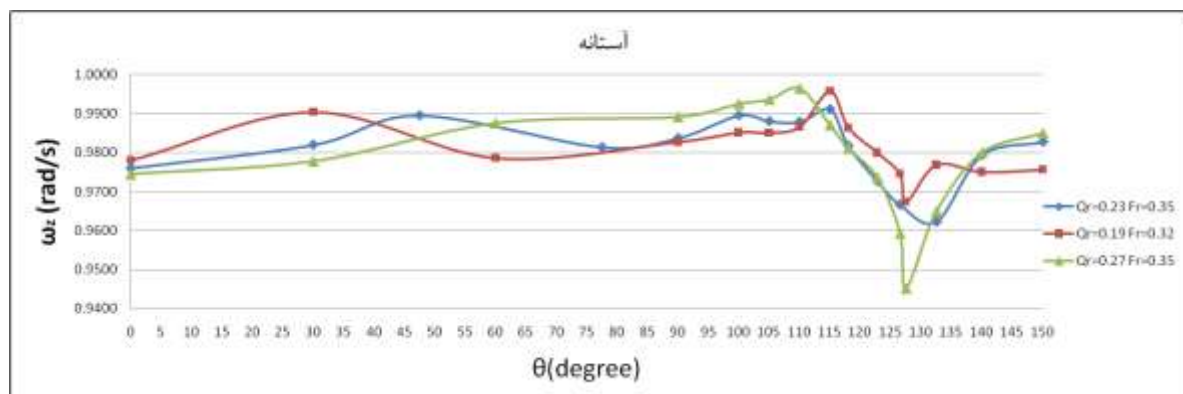
در این رابطه u و v سرعت در دو راستای x و y و $\bar{\omega}_z$ مقدار چرخشی جریان می‌باشد که واحد آن رادیان بر ثانیه است

شکل‌های (۸) الی (۱۱) نشان دهنده این تغییرات می‌باشند

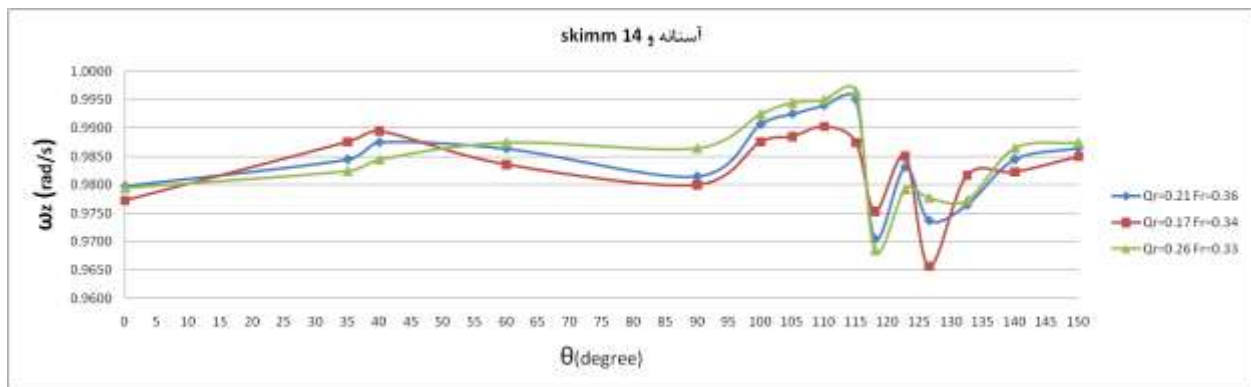
با بررسی پروفیل عرضی بستر در آزمایش آستانه نسبت به حالت شاهد مشخص است که مقدار پروفیل عرضی در این حالت مقداری کاهش پیدا کرده است ولی این کاهش زیاد قابل توجه نمی‌باشد که این دلیل بر کاهش کم مقدار رسوب ورودی به آبگیر در درصد آبگیری بالا می‌باشد و در شکل (۵) این موضوع مشهود است. با اضافه شدن سازه skimming wall ۱۴ درجه به سازه آستانه در جلوی آبگیر باعث تغییر جهت پروفیل عرضی سرعت می‌شود و باعث انحراف جریان به سمت دیواره داخلی و دور شدن رسوبات از دهانه آبگیر می‌گردد که این دلیل مشخص بر کاهش شدید G_r در درصد آبگیری بالا می‌باشد. با اضافه شدن آبشکن مقدار انحراف جریان بیشتر و پروفیل عرضی سرعت نیز نسبت به حالت بدون آبشکن افزایش پیدا می‌کند و رسوبات با سرعت بیشتری از دهانه آبگیر دور می‌گردد.



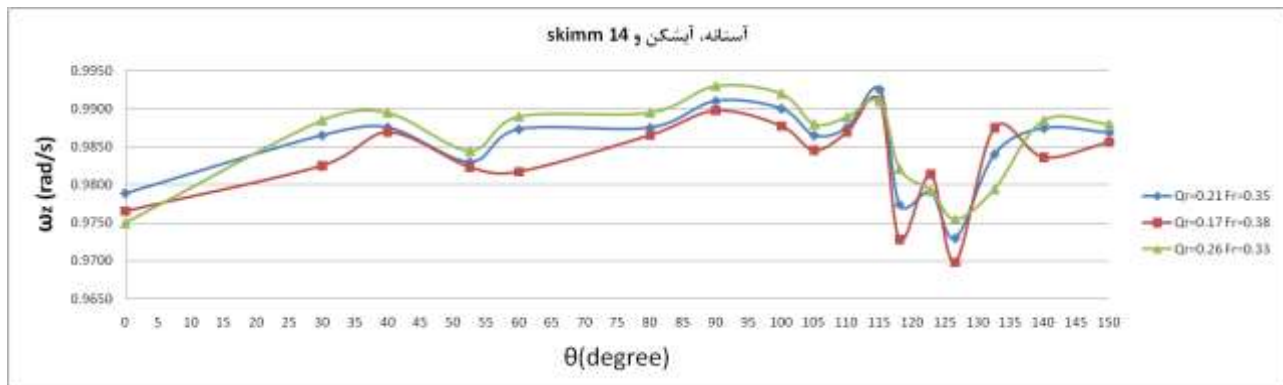
شکل ۸ - تغییرات مقدار چرخش جریان در طول قوس ۱۸۰ برای آزمایش شاهد



شکل ۹ - تغییرات مقدار چرخش جریان در طول قوس ۱۸۰ برای آزمایش آستانه



شکل ۱۰ - تغییرات مقدار چرخش جریان در طول قوس ۱۸۰ برای آزمایش آستانه و دیوار جداکننده ۱۴ درجه



شکل ۱۱ - تغییرات مقدار چرخش جریان در طول قوس ۱۸۰ برای آزمایش آستانه، آبشکن و دیوار جداکننده ۱۴ درجه

است. بنابراین با توجه به روند افزایشی نیروی گریز از مرکز و گرادیان فشار در نیمه اول قوس و افزایش سرعت‌های عرضی در جهت شعاع قوس، مقدار چرخش جریان افزایش می‌یابد و نوسانات مقدار چرخش جریان در این بخش از طول کانال ناشی از اندرکش تأثیر دو نیروی گریز از مرکز و خیزاب (گرادیان فشار عرضی) است. اما در بخش دهانه آبگیر با منحرف شدن جریان به آبگیر به دلیل نیروی عرضی مکش آبگیر، مقدار چرخش جریان کاهش می‌یابد و هر چه قدر درصد آبگیری افزایش یابد مقدار چرخش جریان کاهش بیشتری می‌یابد و متعاقب آن مقدار رسوب انحرافی به آبگیر افزایش می‌یابد که این مسئله در مورد آزمایش

با توجه شکل‌های (۸) الی (۱۱) مشخص است تغییرات مقدار چرخش جریان را می‌توان در سه بخش از قوس یعنی تا قبل آبگیر، دهانه آبگیر، بعد آبگیر بررسی کرد. در بخش اول مقدار چرخش جریان در طول کانال افزایش می‌یابد. علت افزایش را می‌توان در اندرکش تأثیر دو نیروی گریز از مرکز و خیزاب (گرادیان فشار عرضی) جستجو کرد. با ورود جریان به قوس، شکل هندسی خطوط جریان تغییر کرده و ذرات آب تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز قرار گرفته و سرعت‌های عرضی به سمت قوس خارجی افزایش می‌یابد. در پی آن با افزایش سطح آب در قوس خارجی و کاهش در قوس داخلی، گرادیان فشار به وجود آمده که عامل ایجاد سرعت عرضی به سمت قوس داخلی نزدیک بستر

سال نهم شماره سی و پنجم بهار ۱۳۹۸

کاهش مقدار چرخش جریان را در حالت‌های مختلف آزمایش نشان می‌دهد که با توجه به مقادیر آن، بهتر می‌توان درصد کاهش هر یک از حالت‌های آزمایشی را بیان کرد.

شاهد کاملاً مشخص است شکل (۴). اما با نصب سازه-های کنترل رسوب و ترکیب آن‌ها می‌توان از کاهش شدید مقدار چرخش جریان جلوگیری کرد و از مقدار انحراف رسوب ابه آبیگر کم کرد. جدول (۲) میزان

جدول ۲- درصد کاهش مقدار چرخش جریان در طول دهانه آبیگر

درصد آبیگری			آزمایش‌ها
۱۷٪	۲۱٪	۲۶٪	
2.8	3.45	5	شاهد
2.2	2.6	3.2	آستانه
2.05	1.95	1.88	آستانه و skimm14
1.95	1.85	1.56	آستانه، آبشکن و skimm14

مستقیم سازه، ضمن چرخش به همراه جریان به پایین دست انتقال یافته و تشکیل گردابه‌های بزرگتری را می‌دهند که محل تشکیل آن در نزدیک رأس لبه انتهایی صفحه می‌باشد. بنابراین این سازه موجب ایجاد چرخش در جریان، تشکیل گردابه و حرکت مارپیچی می‌گردد که این چرخش با جریان ثانویه در قوس همراه شده و از کاهش آن در جلوی آبیگر می‌کاهد. با افزایش درصد آبیگری، به دلیل انحراف بیشتر جریان به سمت آبیگر، اختلاف فشار قائم دو طرف صفحه منحرف شده بیشتر می‌گردد که این امر قدرت چرخش ایجاد شده توسط سازه را بیشتر می‌کند و متعاقب آن، افزایش مقدار چرخش جریان در طول دهانه آبیگر را به همراه دارد که این افزایش روند در جدول (۲) نشان داده شده است. همچنین تاثیر این حالت از آزمایش بر کاهش مقدار رسوب انحرافی در شکل (۴) کاملاً مشخص است. با اضافه شدن آبشکن به این دو سازه، روند کاهشی مقدار چرخش جریان کمتر می‌گردد که دلیل آن بخاطر هدایت جریان توسط آبشکن به سمت آبیگر کاهش اغتشاش در مقابل آبیگر، افزایش سرعت طولی و مقدار چرخش جریان می‌باشد که نشان‌دهنده کاهش بیشتر رسوب انحرافی به داخل آبیگر است.

با توجه به جدول (۲) مشخص است که روند تغییرات در آزمایش‌های شاهد و آستانه با دیگر آزمایش‌ها متفاوت است. در این آزمایش‌ها با افزایش درصد آبیگری، روند کاهش مقدار چرخش جریان افزایش می‌یابد که دلیل آن نیز افزایش عرضی نیروی مکش می‌باشد. همچنین کاهش مقدار چرخش جریان در آزمایش آستانه نسبت به شاهد کمتر است که باعث می‌شود رسوب انحرافی به داخل آبیگر نسبت به شاهد کمتر باشد که در شکل (۴) این تاثیر مشخص است. اما در دیگر آزمایش‌ها با افزایش درصد آبیگری روند کاهش مقدار چرخش جریان کاهشی است که این موضوع به خاطر اضافه نمودن سازه‌های مذکور جلوی دهانه آبیگر می‌باشد. همان طور که مشخص است با اضافه نمودن skimming wall ۱۴ درجه به آستانه جلوی آبیگر، مقدار چرخش جریان افزایش می‌یابد و روند کاهش مقدار چرخش جریان کاهش می‌یابد. این سازه با توجه به ساختار هندسی، وقتی در مقابل جریان قرار می‌گیرد اختلاف فشار قائم بر دو طرف صفحه وارد می‌شود (قسمت انحراف شده). اختلاف فشار باعث می‌شود که جریان در امتداد سمت پر فشار، یک مؤلفه سرعت رو به بالا و در امتداد سمت کم فشار یک مؤلفه سرعت رو به پایین داشته باشد. گردابه‌های بوجود آمده با بخش

$$C = \frac{R^{1/6}}{n} \quad (7)$$

که در آن R شعاع هیدرولیکی و n ضریب زبری معادل بوده که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$n = \frac{D_{50}^{1/6}}{21.1} \quad (8)$$

در قوس‌ها عامل اصلی فرسایش و رسوب‌گذاری، تغییرات تنش برشی به دلیل تغییر شرایط هیدرولیکی جریان است. در شکل‌های (۱۲) الی (۱۵) توزیع تنش برشی کف برای حالت‌های مختلف آزمایش در درصد‌های ۱۷ و ۲۶ با نرم افزار Tecplot رسم شده است.

بررسی تغییرات تنش برشی بستر

برای به دست آوردن تنش برشی در قوس از رابطه کوپر و وروگدنهیل به صورت زیر استفاده شد. (چادری، ۱۹۹۳، مولس و چادری، ۱۹۹۵ و کاسم و چادری، ۲۰۰۲).

(۴)

$$\tau_{bx} = \frac{\rho g}{c^2} u \sqrt{(u^{-2} + v^{-2})}$$

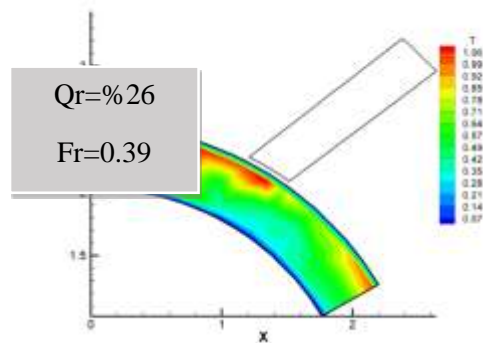
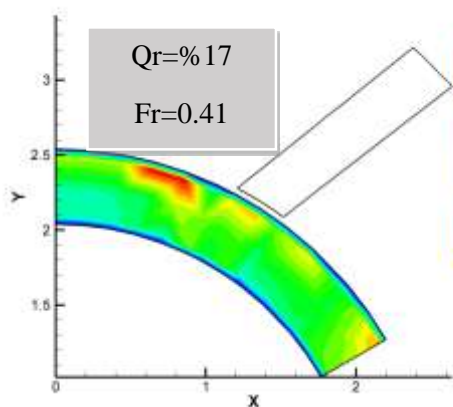
(۵)

$$\tau_{by} = \frac{\rho g}{c^2} v \sqrt{(u^{-2} + v^{-2})}$$

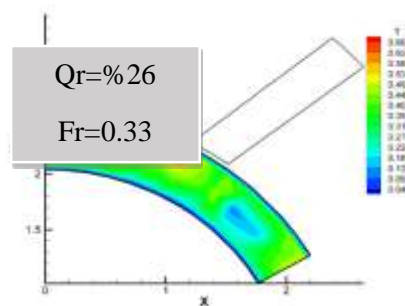
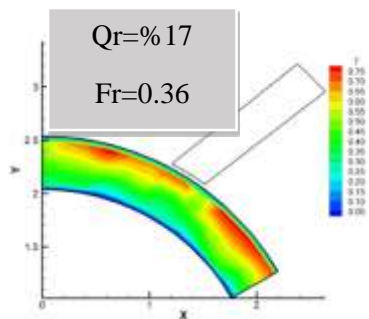
$$\tau_b = \quad (6)$$

$$\sqrt{(\tau_{bx}^2 + \tau_{by}^2)}$$

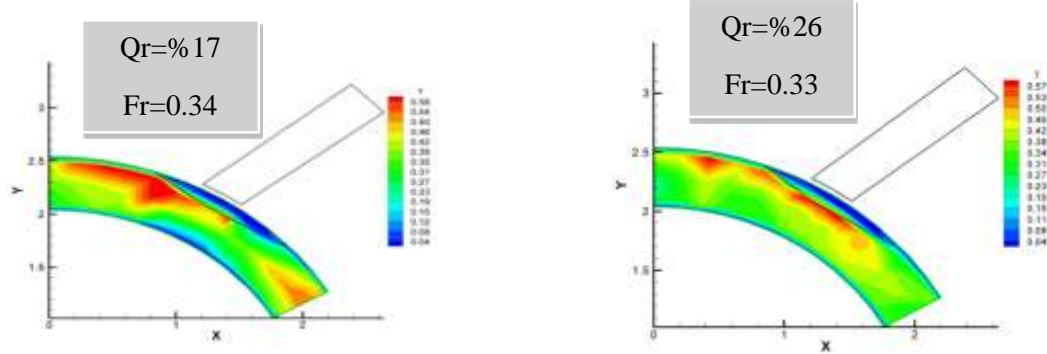
که به ترتیب تنش برشی در جهت طولی (رابطه ۴)، تنش برشی در جهت عرضی (رابطه ۵) و تنش برشی کل بستر (رابطه ۶) هستند. در روابط بالا، ρ : جرم مخصوص سیال، g : شتاب ثقل، \bar{u} : سرعت متوسط طولی، \bar{v} : سرعت متوسط عرضی و C ضریب شزی بوده که از رابطه زیر قابل محاسبه است:



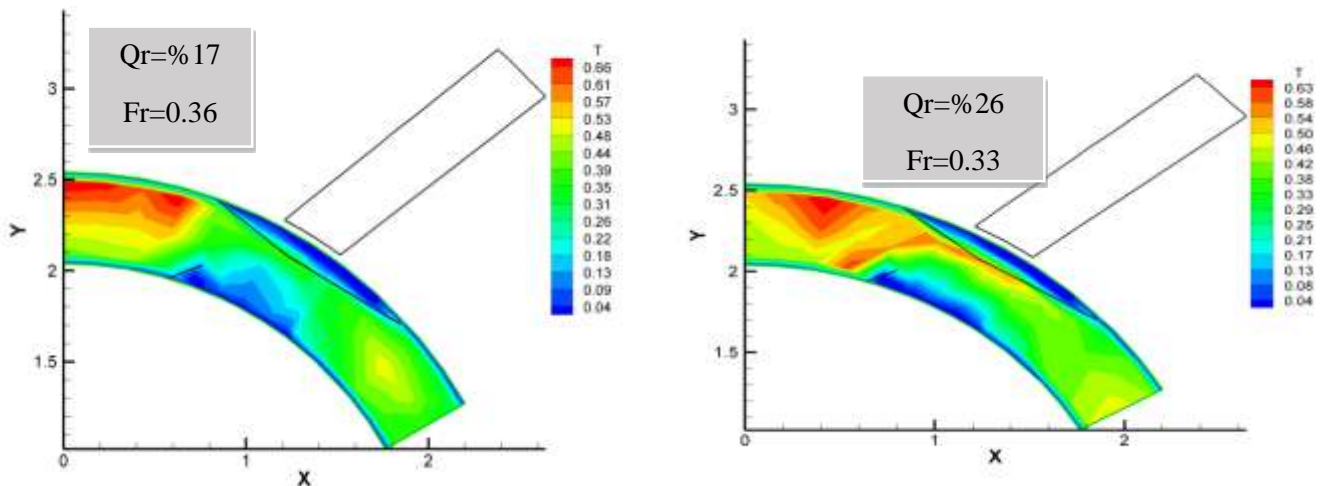
شکل ۱۲ - تغییرات تنش برشی بستر برای آزمایش شاهد



شکل ۱۳ - تغییرات تنش برشی بستر برای آزمایش آستانه



شکل ۴ - تغییرات تنش برشی بستر برای آزمایش آستانه و skimming wall 14



شکل ۱۵ - تغییرات تنش برشی بستر برای آزمایش آستانه، آبشکن و skimming wall 14

آبگیر می‌گردد و این یکی دیگر از دلایل کاهش انحراف رسوب به آبگیر در هنگام استفاده آستانه می‌باشد. با اضافه شدن سازه Skimming Wall ۱۴ درجه جلوی آبگیر، الگوی مکانی تنش برشی بستر در دهانه تغییر می‌کند. با توجه به شکل‌های بالا مشخص است که این سازه باعث می‌شود که تنش برشی حداکثر از دهانه آبگیر به سمت مرکز کانال کشیده می‌شود و در نزدیک دهانه آبگیر، مقادیر تنش کاهش می‌یابد که این الگوی تنش باعث می‌شود مکان فرسایشی از دهانه آبگیر به سمت مرکز کانال کشیده شود و به تبع آن رسوب‌های فرسایش یافته از بستر با جریان به پایین منتقل می‌گردند و رسوب کمتری به سمت آبگیر منحرف می‌شود

با توجه به شکل‌های بالا مشخص است که تنش برشی کف در همه حالت‌ها در قوس خارجی نسبت به قوس داخلی زیادتر می‌باشد و با توجه به اینکه سرعت با تنش برشی رابطه مستقیم دارد می‌توان گفت که سرعت در قوس خارجی بیشتر از قوس داخلی است. همچنین این مقدار در طول دهانه آبگیر با انحراف جریان به دهانه آبگیر افزایش می‌یابد و با افزایش درصد آبگیری مقدار تنش برشی کف در طول دهانه روند افزایشی دارد. با اضافه کردن آستانه، مقدار تنش برشی کف در طول دهانه آبگیر نسبت به حالت آزمایش شاهد در هر دو حالت درصد آبگیری کاهش می‌یابد که منجر به کاهش میزان فرسایش و انحراف رسوب به داخل

سال نهم شماره سی و پنجم بهار ۱۳۹۸

بیشترین درصد آبگیری برای دیوار جداکننده ۱۴ درجه به ترتیب برابر ۸۶ و ۸۸ درصد می‌باشد.

۴- با اضافه کردن آبشکن به سازه‌های آستانه و دیوار جداکننده ۱۴ درجه مقدار کاهش رسوب بیشتری نسبت به حالت بدون آبشکن حاصل شد که درصد کاهش رسوب در کمترین و بیشترین درصد آبگیری برای دیوار جداکننده ۱۴ درجه به ترتیب برابر ۸۷ و ۹۲ درصد می‌باشد.

۵- بررسی پروفیل عرضی سرعت در سطح آب در آزمایشی که فقط سازه آستانه استفاده شده است نشان داد که این سازه تاثیر زیادی روی پروفیل عرضی سرعت نداشته است بلکه تا حدودی در دهانه آبگیر کاهش یافته و مقدار آبگیری از سطح در آزمایش شاهد بیشتر از آستانه می‌باشد ولی با اضافه شدن *skimming wall* به سازه آستانه، پروفیل عرضی سرعت نسبت به آزمایش شاهد افزایش پیدا کرده است که نشان‌دهنده این است که در حالت استفاده از سازه *skimming wall* آبگیری از سطح آب نسبت به آزمایش شاهد افزایش پیدا کرده است.

۶- بررسی پروفیل عرضی سرعت در بستر نشان داد که در حالت آزمایش آستانه پروفیل عرضی سرعت مقداری کاهش یافته ولی مقدار کاهش محسوس نمی‌باشد اما با اضافه شدن سازه *skimming Wall* ۱۴ درجه در جلوی آبگیر باعث تغییر جهت پروفیل عرضی سرعت می‌شود و باعث انحراف جریان به سمت دیواره داخلی و دور شدن رسوبات از دهانه آبگیر می‌گردد که این دلیلی مشخص بر کاهش شدید G_r در درصد آبگیری بالا می‌باشد.

۷- بررسی تغییرات مقدار چرخش جریان در جدول (۲) به صورت کمی بررسی شد. با توجه به جدول (۲) مشخص است که روند تغییرات در آزمایش‌های شاهد و آستانه با دیگر آزمایش‌ها متفاوت است. در این آزمایش‌ها با افزایش درصد آبگیری، روند کاهش مقدار چرخش

که این یکی از عوامل کاهش G_r در شکل (۴) هنگام استفاده از این سازه می‌باشد. با اضافه شدن آبشکن مقدار انحراف جریان به آبگیر افزایش می‌یابد و در پشت آبشکن چاله فرسایشی ایجاد می‌گردد که تنش برشی در این مکان دارای حداقل مقدار است و از فرسایش بستر در قوس داخلی جلوی آبگیر کاسته می‌شود. همچنین با انحراف بیشتر جریان، عمق جریان جلوی آبگیر افزایش یافته و در نتیجه سرعت و تنش برشی بستر جلوی آبگیر کاهش می‌یابد که دلیل بر کاهش بیشتر G_r نسبت به حالت‌های بدون آبشکن است و در شکل (۴) این کاهش مقدار هنگام اضافه شدن این سازه کاملاً مشهود است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای کنترل رسوب در کانال U شکل با زاویه آبگیری ۷۵ درجه آزمایش‌هایی با نصب و ترکیب سازه‌های آستانه، آبشکن و *skimming wall* انجام شد و نتایج زیر حاصل شد:

۱- در حالت شاهد چون هیچ سازه کنترل رسوب وجود ندارد مقدار رسوب ورودی به داخل آبگیر نسبت به بقیه حالات آزمایش بیشتر می‌باشد همچنین با افزایش درصد آبگیری، به دلیل افزایش نیروی مکش جانبی آبگیر مقدار رسوب ورودی به آبگیر افزایش می‌یابد.

۲- در حالت آزمایش که فقط آستانه وجود دارد مشخص شد که در درصد آبگیری پایین کارایی بهتری دارد و مقدار درصد کاهش رسوب برابر ۸۵ درصد می‌باشد ولی با افزایش درصد آبگیری نسبت رسوب انحرافی افزایش می‌یابد و درصد کاهش رسوب تا ۶۵ درصد تقلیل می‌یابد.

۳- در صورتیکه علاوه بر وجود آستانه در دهانه آبگیر، یک دیوار جداکننده با زاویه انحراف ۱۴ درجه جلوی آبگیر نصب شود، مقدار انحراف رسوب به آبگیر کاهش شدید دارد که درصد کاهش رسوب در کمترین و

منجر به کاهش میزان فرسایش و انحراف رسوب به داخل آبگیر می‌گردد.

۱۰- به کارگیری سازه دیوار جداکننده ۱۴ درجه باعث تغییر الگوی مکانی تنش برشی جلوی آبگیر می‌شود به طوری که مقدار تنش برشی در نزدیک دهانه کاهش و تنش برشی حداکثر به سمت مرکز کانال و پشت سازه منتقل می‌گردد که منجر به کاهش میزان فرسایش و انحراف رسوب به داخل آبگیر می‌گردد.

۱۱- سازه آبشکن با افزایش انحراف جریان به آبگیر باعث می‌شود عمق جریان جلوی آبگیر افزایش یافته و در نتیجه سرعت و تنش برشی بستر جلوی آبگیر کاهش می‌یابد و از فرسایش بستر در قوس داخلی جلوی آبگیر کاسته می‌شود. که این امر دلیل بر کاهش بیشتر G_T نسبت به حالت‌های بدون آبشکن است و در شکل (۴) این کاهش مقدار هنگام اضافه شدن این سازه کاملاً مشهود است.

جریان در دهانه آبگیر افزایش می‌یابد. که در نتیجه آن مقدار انحراف رسوب به آبگیر با افزایش درصد افزایش می‌یابد.

۸- با اضافه کردن سازه‌های دیوار جداکننده ۱۴ درجه به آستانه جلوی آبگیر، مقدار چرخش جریان افزایش می‌یابد که باعث می‌شود روند کاهش مقدار چرخش جریان سیر نزولی بگیرد. همچنین با اضافه نمودن آبشکن ۴۵ درجه به سازه‌های مذکور، به دلیل هدایت جریان و افزایش سرعت طولی و مقدار چرخش جریان، مقدار انحراف رسوب در مقایسه با نبودن این سازه کاهش شدیدی دارد.

۹- با بررسی تنش برشی بستر مشخص شد که اولاً تنش برشی در قوس خارجی بیشتر از قوس داخلی است دوماً با افزایش درصد آبگیری تنش برشی در طول دهانه آبگیر افزایش می‌یابد. با اضافه کردن آستانه، مقدار تنش برشی کف در طول دهانه آبگیر نسبت به حالت آزمایش شاهد در هر دو حالت درصد آبگیری کاهش می‌یابد که

منابع

- ایزدپناه، ا. و س. ع. ا. صالحی نیشابوری. ۱۳۸۴. بررسی انتقال رسوب در آبگیر جانبی در قوس ۹۰ درجه. مجله کشاورزی، شماره ۲۶، صفحات ۲۴-۱۵.
- بهبهانی، ح. و م. شفاعی بجستان. ۱۳۸۴. بررسی شرایط هیدرولیکی جریان در آبگیر جانبی با زوایای انحراف ۷۵ و ۹۰ درجه با استفاده از مدل فیزیکی. پایان‌نامه ارشد، دانشگاه شهیدچمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب، گروه سازه‌های آبی اهواز.
- حسن‌پور، ف.، س. ع. ایوب‌زاده، و م. قدسیان. ۱۳۹۰. عملکرد کنترل رسوب صفحات مستغرق مرکب در دهانه آبگیر جانبی ۹۰ درجه. مجله پژوهش آبخیزداری، شماره ۹۲.
- عطارزاده، ع.، م. ا. قدسیان، س. ع. ایوب‌زاده، و س. ع. ا. صالحی نیشابوری. ۱۳۹۴. مطالعه آزمایشگاهی تاثیر سازه‌های کنترل رسوب بر توپوگرافی بستر در اطراف آبگیر جانبی. دهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران. دانشگاه تبریز، دانشکده مهندسی عمران.
- دیوسالار، ا. و س. ح. موسوی جهرمی. ۱۳۹۴. بررسی اثر افزایش طول بال آبشکن L شکل بر آبشستگی اطراف آن در قوس ۹۰ درجه. مجله علوم و مهندسی آبیاری، دوره ۳۷، شماره ۳، صفحه ۶۱-۵۳.
- دالوند، ز.، ح. یونسی، س. ع. ایوب‌زاده، و ح. ترابی‌پوده. ۱۳۹۵. مطالعه عددی تاثیر همزمان آبشکن و صفحات مستغرق بر خط جدایی جریان در آبگیرهای ۹۰ درجه. پانزدهمین کنفرانس ملی هیدرولیک ایران، قزوین، انجمن هیدرولیک ایران، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، آذر ماه، کد مقاله، IHC15-010.

سال نهم شماره سی و پنجم بهار ۱۳۹۸

گوهری، س.، س. ع. ایوب زاده، م. قدسیان و س. ع. ا. صالحی نیشابوری. ۱۳۹۲. کنترل رسوب ورودی به آبگیرها با استفاده از آبشکن و صفحات مستغرق. هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز، بهمن ماه.

معصومی، م.، ع. مسجدی، و م. ح. پورمحمدی. ۱۳۹۴. بررسی تاثیر ارتفاع استانه دیوار منحرف کننده جریان بر کاهش انتقال رسوب ورودی به آبگیر جانبی در قوس رودخانه. چهاردهمین کنفرانس ملی هیدرولیک ایران، زاهدان، گروه مهندسی دانشگاه سیستان و بلوچستان، آبان ماه، کد مقاله IHC14-153.

نظری، س. و م. شفافی بجستان. ۱۳۸۹. تأثیر زاویه‌ی انحراف آبگیر بر نسبت دبی و رسوب ورودی به آبگیر در خم ۹۰ درجه‌ی همگرا. مجله پژوهش آبخیزداری، شماره ۸۷.

منتصری، ح.، م. قدسیان و ا. ا. دهقانی. ۱۳۸۸. مطالعه آزمایشگاهی میدان جریان اطراف صفحات مستغرق مقابل دهانه آبگیر جانبی در کانال U شکل. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۶: (۲).

واقفی، م.، صفرپوری، هاشمی س.ش.، (۱۳۹۴). تعیین میزان آبستگي و مولفه‌های سه بعدی سرعت پیرامون آبشکن سرسپری در کانال قوسی با روش عددی و داده‌های آزمایشگاهی، مجله مهندسی آبیاری و آب، سال پنجم، شماره نوزدهم، بهار، صفحات ۱۲۴-۱۰۹.

Barkdoll, D., R. Etyma and A. J. Odgaard. 1999. Sediment control at lateral diversions limits and enhancement to vane use. *Journal of Hydraulic Engineering*, 125(8):862-870.

Beygipoor, Gh., M. Shafaei Bajestan, H. A. Kashkuli and S. Nazari. 2013. The Effect of Distance from Submerged Vanes to the Intake at Different Angles of Vanes on controlling the Sediment Entering the Intake Branching from a 90 Convergent Bend. *International Journal of Farming and Allied Science*, 2(17):591-598.

Chaudhry, H. 1993. Flow around Bends in an Open Flume. *Transactions, ASCE*, 115: 751-788.

Davoodi, L. and M. Shafaei Bajestan. 2012. Application of submerged vanes for sediment control at intakes from irrigation trapezoidal channels. *Journal of water and irrigation management*, 1(2): 59-715.

Daily, W. and D. Harleman. 1966. *Fluid dynamics*. Addison Wesley Publishing Company.

Kassem, A. A. and F. Chaudhry. 2002. Numerical modeling of bed evolution in channel bends. *ASCE, Journal of Hydraulic Engineering*, 128(5): 507-514.

Mirzaei, H., Z. Heydari, and M. Fazli. 2017. The Effect of Meshing and Comparing Different Turbulence Models in Predicting the Topography of Bed and Flow Field in the 90 Degree Bend with Moving Bed. *Journal of Modeling Earth Systems and Environment*, 3(2): 799-814.

Molls, T.H. and H. Chaudhry. 1995. Depth averaged open-channel flow model. *ASCE, Journal of Hydraulic Engineering*, 121(6): 453- 465.

Ouyang H. T. 2009. Investigation on the Dimensions and Shape of a Submerged Vane for Sediment Management in Alluvial Channels. *Journal of Hydraulic Engineering*, 135(3):209-217.

Experimental Study of the Application of Sill, Dike and Skimming Wall in Controlling Bed Sediment Entering 75° Lateral Intake in a U Channel Bend

Hassan Goleij^۱, Amir Hamzeh Haghiabi^۲, Mojtaba Sanei^۳, Hojatt Allah Yonesi^۴

Abstract

The mechanism of flow and sediment transport in channel bend is much more complex when the outer bank of the bend is employed for lateral diversion. Due to the secondary current, sediment moves away from outer bank and therefore outer bank of the bend is one of the best locations for lateral diversion. In this experimental investigation, three structures including Sill, Dike and skimming wall were used to control the amount of bed sediment at lateral intake with three ratio of diverted flow discharge of 0.17, 0.21 and 0.26. Results showed that to have a fix percentage of flow diversion in all experiments, these structures have been effective on water level compared to the control conditions and they had an effect on input Froude number. The combination of skimming wall of 14°, dike and sill had the most controlled bed sediment in different percentages and 92 percent of sediment movement to the lateral intake decreased compared to the control experiment. In the sill experiment, by increasing the percentage of flow diversion, the effect of this structure reduced, the least percentage of reduction of sediment diversion at discharge ratio of 26 percent has been 65 percent. Changes in the strength of secondary flow were investigated quantitatively at the intake mouth and it was revealed that the process of changes in sill and control experiments is different from other experiments. Investigating shear stress of the bed channel, it was shown that, firstly, the amount of shear stress in outer bend is more than inner bend and secondly, by increasing the percentage of flow diversion, shear stress increases along the intake. Using skimming wall of 14°, the local pattern of shear stress in front of the intake changes such that the amount of shear stress near the intake decreases, the maximum shear stress is moved towards the center of the channel and back of the structure, which leads to decreased amount of erosion and diversion of sediment to the intake

Keywords: Channel Bend, Skimming Wall, Lateral intake, Secondary Flow.

^۱ Ph.D. Student In Water Structure of Lorestan University, Khorramabad, Iran, Email: hassan_goleij37@yahoo.com.

^۲ Professor Water Structure of Lorestan University, Khorramabad, Iran, Email: haghiabi.a@lu.ac.ir, (corresponding author)

^۳ Associate Professor, Faculty of River Engineering, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Email: Saneie_m@scwmri.ac.ir

^۴ Assistant Professor Water Structure of Lorestan University, Khorramabad, Iran, Email: yonesi.h@lu.ac.ir