

اثر دبی انحرافی، شکل دهانه آبگیر، توپوگرافی و زبری بستر بر ابعاد جداشدگی جریان و تنش برشی در آبگیر جانبی

مهدی کریمی مقدم^{۱*}، علیرضا کشاورزی^۲ و تورج سبزواری^۳

۱- استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه تکنولوژی، سیدنی، استرالیا

۳- دانشیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان، فارس، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۴، تاریخ پذیرش: ۹۷/۱/۲۲

چکیده

جداشدگی جریان و شکل‌گیری جریان‌های چرخشی در آبگیر منجر به آبشستگی و رسوب‌گذاری در قسمت‌هایی از کانال اصلی و آبگیر می‌شود و در نتیجه توپوگرافی بستر تغییر می‌یابد. در ناحیه جداشدگی، جریان به صورت چرخشی با سرعت پایین است که باعث تجمع رسوب در این ناحیه می‌شود و کاهش راندمان آبگیری را به دنبال خواهد داشت. تعیین شرایط بهینه آبگیری یکی از موضوع‌های مورد توجه محققان بوده است. در این تحقیق، اثر توپوگرافی بستر بر ابعاد جداشدگی جریان در آبگیر ۵۵ درجه با ورودی تیز گوشه و گرد گوشه در چهار نسبت دبی انحرافی ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ به صورت آزمایشگاهی بررسی و نتایج آن با نتایج تحقیقات پیشین محققان مقایسه شد. تأثیر زبری و وجود صفحه‌های مستغرق بر مقدار تنش برشی داخل آبگیر در حالت ورودی تیز گوشه و گرد گوشه نیز بررسی گردید. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد در نسبت دبی انحرافی بالا و ورودی گرد گوشه، ابعاد جداشدگی تا حدود ۹۷ درصد نسبت به حالت تیز گوشه کاهش می‌یابد. در حالت تیز گوشه، با افزایش نسبت دبی انحرافی، طول ناحیه جداشدگی ۲۰ درصد افزایش و عرض آن حدود ۷۰ درصد کاهش می‌یابد. علاوه بر این، وجود رسوب باعث کاهش طول و به خصوص عرض جداشدگی جریان می‌شود. مقدار تنش برشی در حالت ورودی گرد گوشه کمتر است تا در حالت ورودی تیز گوشه. در حالت بدون نصب صفحه، تنش برشی بیشتر است تا در حالت با نصب صفحه؛ و با نصب صفحه مستغرق با آرایش موازی و زیگزاگی و زاویه‌های ۱۰ و ۳۰ درجه، تنش برشی در نقاط عرضی یکنواخت می‌شود که نشان می‌دهد صفحات به کاهش جریان‌های چرخشی و کاهش تغییرات سرعت کمک کرده‌اند.

واژه‌های کلیدی

آبشستگی، جریان‌های چرخشی، رسوب، رودخانه، کانال

مقدمه

آبگیر وارد می‌شود. حرکت رسوبات در نزدیکی سازه‌های آبگیر رودخانه مسئله‌ای است پیچیده که باعث کاهش راندمان و افزایش هزینه نگهداری و لایروبی می‌شود. در مورد نیروگاه، رسوب باعث کاهش ظرفیت برگشتی نیروگاه، وارد آمدن آسیب به سیستم پمپاژ، مسدود شدن همه یا قسمتی از ورودی آبگیر و توقف نیروگاه می‌شود (Abd Al-Haleem, 2008). هنگام ورود آب به داخل آبگیر، رسوبات نیز به همراه جریان وارد آن می‌شوند.

یکی از علل تجمع رسوب در آبگیر رودخانه‌ها، وجود منطقه جداشدگی در مجاورت دیواره بالادست آبگیر است. جریان‌های چرخشی در این محدوده باعث تجمع رسوبات و کاهش سطح مقطع عبوری جریان می‌شوند. جریان حلزونی که حرکت آن مارپیچی است نیز سبب ورود رسوبات به داخل آبگیر می‌شود. هرچه قدرت جریان حلزونی یا ثانویه بیشتر باشد، رسوبات بیشتری به داخل

رسوبات ممکن است به سازه‌های پایین دست آبگیر وارد یا در آبگیر تله‌اندازی شوند. این مسئله ممکن است سبب کاهش رسوبات انتقالی به پایین دست شود. ورود رسوبات به داخل آبگیر خطر کاهش عملکرد تجهیزات (مانند توربین، دریچه‌ها و شیرها) را به دنبال خواهد داشت (Ali *et al.*, 2012). کرمی‌مقدم (Karami-Moghadam, 2007) ساختار جریان در ورودی آبگیر با زاویه انحراف ۵۵ درجه با سه گردشگی و یا شعاع ورودی ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر و در نسبت دبی انحرافی ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ را بررسی کرده است. ابعاد جداسدگی جریان در آبگیر ۵۵ درجه برای ورودی گردشده در شعاع ۲۰ سانتی‌متر (نسبت شعاع $\frac{r}{Wb} = 0.8$) کمترین مقدار به دست آمد که r شعاع دهانه ورودی و Wb عرض آبگیر جانبی است. تحقیقات جلیلی و همکاران (Jalili *et al.*, 2013) درباره تأثیر شکل دهانه آبگیر بر گرداب‌های ایجاد شده در اطراف دهانه آبگیر با استفاده از مدل عددی SSIIM2 نشان داده است که با تغییر شکل دهانه آبگیر و ملایم کردن جریان ورودی، از فشارهای منفی ایجاد شده در بالادست دهانه کاسته خواهد شد. خسروی‌نیا و همکاران (Khosravinia *et al.*, 2013) تأثیر شیب جانبی ۴۵ و ۹۰ درجه کانال اصلی را بر توزیع سرعت و ابعاد جداسدگی جریان در یک تلاقی با زاویه اتصال ۹۰ درجه به صورت آزمایشگاهی و با نرم‌افزار Fluent بررسی کردند. نتایج بررسی‌های این محققان نشان داده است که طول و عرض ناحیه جداسدگی در شیب جانبی ۴۵ درجه، نسبت به شیب جانبی ۹۰ درجه، در کف بستر کوچک‌تر و در سطح آب بزرگ‌تر است. وبر و همکاران (Weber *et al.*, 2001) آزمایش روی تقاطع ۹۰ درجه در شرایط بستر غیرمتحرک و همسان، الگوی جریان سه‌بعدی را توصیف کردند. برادبروک و همکاران (Bradbrook *et al.*, 2001) تأثیر بستر غیرهمسان را روی دینامیک جریان در تقاطع کانال روباز تجزیه و تحلیل کردند. بیرن و همکاران (Biron *et*

1996) *al.* نیز در شرایط بدون انحراف جریان در نزدیکی کف، همین نتایج را استخراج کرده بودند. شکل ظاهری بستر غیر هم‌سطح باعث حذف منطقه جداسدگی جریان در گوشه پایین دست تقاطع می‌شود. کشاورزی و حبیبی (Keshavarzi & Habibi, 2005) با اجرای آزمایش‌هایی روی آبگیر با زاویه‌های ۴۵، ۵۶، ۶۷، ۷۹ و ۹۰ درجه در شرایط نسبت دبی‌های مختلف، زاویه بهینه آبگیر را در شرایط کمترین جداسدگی ۵۵ درجه به دست آوردند و نیز به این نتیجه رسیدند که با افزایش زاویه آبگیری، جداسدگی از دهانه پایین دست به دهانه بالادست منتقل می‌شود.

لیت‌ریبریو و همکاران (Leite Ribeiro *et al.*, 2012) شکل ظاهری بستر تقاطع رودخانه‌ها را در شرایط بستر غیر هم‌سطح که مربوط به اختلاف تراز کف کانال اصلی و فرعی است، بررسی کردند. دو مطالعه آزمایشگاهی توسط لودنا و همکاران (Ludena *et al.*, 2014) در شرایط بستر متحرک و جریان رسوب متفاوت با هدف مطالعه پروسه تغییرات توپوگرافی بستر در یک تقاطع با بستر غیر هم‌سطح و آنالیز رابطه بین شکل ظاهری بستر و جریان انجام شد. برهم‌کنش جریان - شکل ظاهری بستر فاکتوری مهم در پروسه تغییرات توپوگرافی بستر است. برای هر دو، تشکیل بار دپو در دیواره داخلی کانال اصلی با فرسایش مشاهده شده در دیواره خارجی کانال اصلی ارتباط دارد. بررسی عددی تشکیل توپوگرافی بستر در یک خم U شکل همراه با آبگیر با استفاده از نرم‌افزار SSIIM2 را آسیائی و منتصری (Asiaei & Montaseri, 2016) انجام دادند. در این تحقیق، آبگیر جانبی در موقعیت ۱۱۵ درجه و با زاویه آبگیر ۴۵ درجه و نسبت دبی انحرافی ۳۰ درصد دبی کل در نظر گرفته شد. هدف از اجرای مدل عددی در این تحقیق این بود که مشخص شود فرم بستر در خم U شکل همراه با آبگیر چگونه شکل می‌گیرد. نتایج عددی در مورد پیش‌بینی تشکیل فرم بستر، مکانیسم ورود رسوبات به

متر و طول آن ۱۵/۸ متر و برای آبگیر عرض کانال آبگیر ۰/۲۵ متر، ارتفاع ۰/۴ متر و طول آن ۰/۸۲ متر و جنس کف و دیواره‌های هر دو کانال بتنی است اما برای مشاهده جریان داخل آبگیر، دیواره کانال اصلی روبه‌روی آبگیر از شیشه ساخته شده است. میزان دبی خروجی از کانال اصلی و فرعی با استفاده از سرریز V شکل اندازه‌گیری شد. جریان از داخل یک مخزن در بیرون آزمایشگاه به‌صورت گردشی تأمین می‌شد. سرعت جریان هم در جهت جریان و هم در جهت عرضی با سرعت سنج دوبعدی الکترومگنتیک اندازه‌گیری شد. در هر نقطه، سرعت‌ها با فرکانس ۱۰ Hz و به مدت ۲۰ ثانیه (در مجموع ۲۰۰ داده در هر نقطه) برداشت شد. اندازه شبکه برداشت سرعت ۲/۵ × ۲/۵ سانتی‌متر بود. آزمایش‌ها در دو شدت جریان ۱۱ و ۱۶/۶ لیتر بر ثانیه و چهار نسبت دبی انحرافی (نسبت دبی کانال فرعی به دبی جریان ورودی به کانال اصلی) ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ اجرا شد؛ برای این کار، ابتدا یک لایه ۸ سانتی‌متری رسوب با قطر متوسط ۰/۸ میلی‌متر در کف کانال اصلی و فرعی پخش شد. پس از آن با باز کردن تدریجی شیر تنظیم جریان، برای جلوگیری از شسته شدن ناگهانی رسوبات کف، دریچه‌های کانال اصلی و فرعی کاملاً بسته شد. پس از برقرار شدن میزان جریان مورد نظر در کانال اصلی و زیاد شدن عمق و اطمینان از حرکت نکردن ذرات رسوب، با استفاده از دریچه‌های انتهایی کانال اصلی و فرعی و سرریز V شکل، میزان نسبت دبی انحرافی تنظیم شد. پس از تشکیل فرم بستر، به‌کمک دستگاه سرعت‌سنج دو بعدی الکترومگنتیک سرعت در ۰/۶ عمق از سطح تعیین شد؛ با استفاده از داده‌های برداشت شده و نرم‌افزار Tecplot نیز خطوط جریان رسم و ابعاد جادشدگی جریان اندازه‌گیری شد. برای بررسی تأثیر زبری بستر بر مقدار تنش برشی، از سه نوع رسوب با قطر متوسط ۰/۸، ۲ و ۴ میلی‌متر استفاده شد. پس از ایجاد لایه‌ای از رسوب در بستر، سرعت در حالت لبه ورودی

آبگیر و موقعیت تجمع رسوبات با نتایج آزمایشگاهی مطابقت دارد. صفرزاده و خیاط‌رستمی (Safarzadeh & Khaiatrostami, 2017) خصوصیات جریان و تنش برشی در آبگیر جانبی را با استفاده از مدل فلوننت بررسی کردند و نشان دادند در تمام مدل‌های آشفتگی، پروفیل سطح آب در کانال اصلی با نتایج آزمایشگاهی به‌خوبی مطابقت دارد ولی در آبگیر جانبی، مدل‌های RSM و $k-\omega$ بهتر از مدل $k-\epsilon$ پروفیل سطح آب را شبیه‌سازی می‌کنند.

با توجه به اینکه آبگیرهای جانبی با مسئله تجمع رسوب در ناحیه جدادشدگی مواجه هستند، بررسی عوامل مؤثر بر ابعاد این ناحیه ضروری خواهد بود. در تحقیقات گذشته، اثر رسوب و شکل دهانه آبگیر بر ابعاد جدادشدگی جریان و تنش برشی کمتر بررسی شده است که این موضوع از اهداف این تحقیق است. برابر آزمایش‌های کشاورزی و حبیبی (Keshavarzi & Habibi, 2005)، زاویه ۵۵ درجه به‌عنوان زاویه انحراف بهینه آبگیر انتخاب شد. مطالعات کرمی‌مقدم (Karami-Moghadam, 2007) نیز نشان داده است که از بین شعاع‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر، شعاع ۲۰ سانتی‌متر (نسبت شعاع $\frac{r}{Wb} = 0.8$) کمترین میزان جدادشدگی را در آبگیر ۵۵ درجه دارد، از این‌رو در این تحقیق برای بررسی اثر رسوب بر ابعاد جدادشدگی جریان و اثر زبری و صفحات مستغرق بر تنش برشی، آزمایش‌ها روی آبگیر ۵۵ درجه در حالت ورودی تیزگوشه و ورودی گردگوشه با شعاع گردشدگی ۲۰ سانتی‌متر اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های این تحقیق در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه شیراز و روی کانالی مستطیلی اجرا شد. شکل ۱، نمایی از تجهیزات آزمایشگاهی را نشان می‌دهد. آبگیر با زاویه ۵۵ درجه در فاصله ۷/۵ متری از ورودی به کانال اصلی متصل شد. عرض کانال اصلی ۰/۵ متر، ارتفاع ۰/۴

(متر بر ثانیه) و علامت بار () نشان‌دهنده متوسط زمانی است.

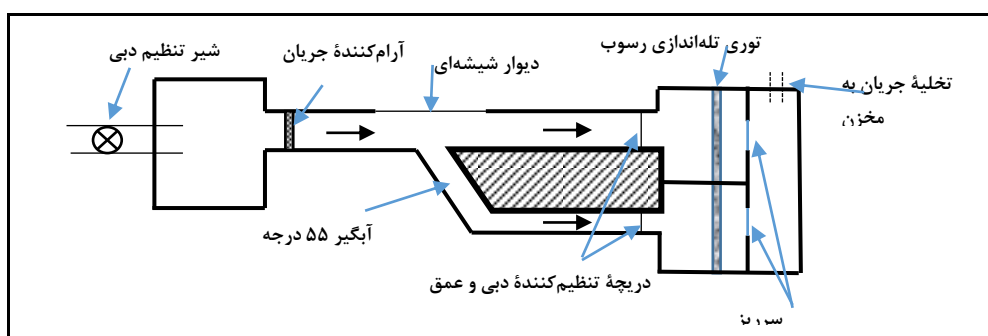
برای بررسی اثر صفحات مستغرق بر تنش برشی در آبگیر ۵۵ درجه با گردشگری ۲۰ سانتی‌متر از دو سری صفحه مستغرق با آرایش‌های موازی (P) و زیگزاگی (Z) و زاویه‌های ۱۰ و ۳۰ درجه نسبت به جهت جریان آب، استفاده شد (P10, P30, Z10, Z30). ارتفاع این صفحه‌ها ۳ سانتی‌متر و فاصله آنها از یکدیگر و فاصله اولین ردیف تا ورودی آبگیر طبق پیشنهاد ادگارد انتخاب شد. شکل ۳، آرایش موازی و زیگزاگی صفحه‌های مستغرق را نشان می‌دهد. هر آزمایش با آرایش و زاویه نصب مشخص با شدت جریان ۱۶/۶ لیتر بر ثانیه و نسبت شدت جریان انحرافی ۰/۶ اجرا شد. آزمایش‌ها در شرایط بستر فرسایشی و در دو حالت با و بدون نصب صفحه‌های مستغرق اجرا شدند. پس از ایجاد لایه رسوب در کف، شدت جریان و نسبت دبی انحرافی با استفاده از دریچه‌های انتهایی کانال‌ها و سرریز تنظیم گردید و سرعت‌های دوبعدی اندازه‌گیری و تنش برشی بررسی شد.

تیز گوشه و گرد گوشه، نسبت دبی انحرافی ۰/۶ و شدت جریان ۱۶/۶ لیتر بر ثانیه اندازه‌گیری شد. شکل ۲، نحوه گردشگری دهانه ورودی آبگیر ۵۵ درجه و مقاطع اندازه‌گیری سرعت را نشان می‌دهد. دهانه بالادست آبگیر طوری گرد شد که قوس ایجاد شده با شعاع ۲۰ سانتی‌متر بر راستای کانال اصلی و کانال فرعی مماس باشد. سرعت‌ها در مقاطع A, B, C, D و E اندازه‌گیری شد که به ترتیب در فاصله ۰، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری از ورودی آبگیر قرار دارند. فاصله نقاط برداشت سرعت از دیواره بالادست آبگیر با WP نشان داده شده است. پس از برداشت سرعت، تنش برشی از رابطه ۱ محاسبه و آنالیز روی داده‌ها صورت گرفت.

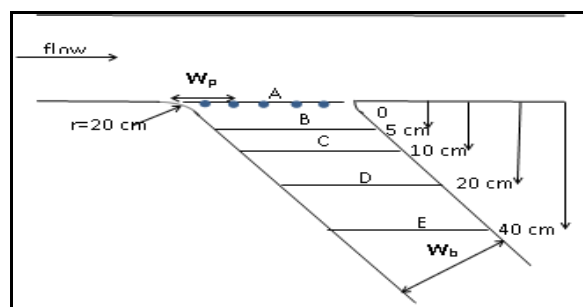
$$\tau = -\rho u \overline{v'} \quad (1)$$

که در آن،

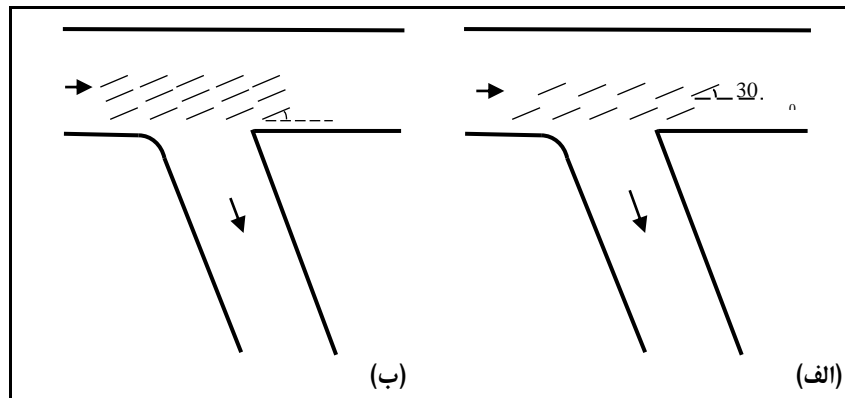
$T =$ تنش برشی (نیوتن بر متر مربع)؛ $\rho =$ جرم مخصوص آب (کیلوگرم بر متر مکعب)؛ u' و v' به ترتیب نوسانات زمانی مولفه‌های طولی و عرضی سرعت جریان



شکل ۱- نمایی از کانال اصلی و آبگیر ۵۵ درجه



شکل ۲- مقاطع عرضی برداشت سرعت برای محاسبه تنش برشی



شکل ۳- آرایش موازی و زیگزآگی صفحات مستغرق الف) زیگزآگی ۳۰ درجه و ب) موازی ۳۰ درجه

نتایج و بحث

نسبت دبی انحرافی به معنای افزایش دبی عبوری از آبگیر است و شدت جریان بالا احتیاج به سطح مقطع بیشتری برای عبور جریان دارد، در نتیجه اجازه گسترش جداولدگی در عرض را نمی‌دهد و از این‌رو عرض جداولدگی جریان کاهش می‌یابد. وقتی لبه‌های ورودی آبگیر گردگوشه باشد (شکل‌های ۵-ج و ۵-د)، در نسبت‌های دبی زیاد (۰/۶ و ۰/۸)، منطقه جداولدگی جریان^۱ بسیار کوچک و از این‌رو طول و عرض جداولدگی جریان بسیار ناچیز است در حالی که در نسبت دبی‌های پایین (۰/۲ و ۰/۴)، نسبت دبی با طول جداولدگی جریان رابطه مستقیم و با عرض جداولدگی رابطه معکوس دارد. در حالت گردگوشه، با افزایش نسبت دبی انحرافی از ۰/۴ به ۰/۶، طول جداولدگی حدود ۹۵ درصد و عرض جداولدگی حدود ۸۶ درصد کاهش می‌یابد.

شکل‌های ۶-الف و ۶-ب مقایسه طول جداولدگی جریان بین دو حالت تیزگوشه و گردگوشه را در دبی ۱۱ و ۱۶/۶ لیتر بر ثانیه نشان می‌دهند. مشخص است در هر دو شدت جریان، طول جداولدگی جریان در حالت گردگوشه کمتر از طول جداولدگی جریان در حالت تیزگوشه است ضمن اینکه میزان کاهش طول جداولدگی در اثر گردگوشه کردن لبه ورودی در نسبت دبی‌های بالا بسیار بیشتر است. شکل‌های ۶-ج و ۶-د مقایسه عرض جداولدگی بین دو حالت تیزگوشه و گردگوشه در دبی ۱۱

شکل ۴-الف نمونه‌ای از خطوط جریان را در آبگیر ۵۵ درجه و ناحیه جداولدگی جریان در حالت تیزگوشه و نسبت دبی انحرافی ۰/۲ نشان می‌دهد. شکل ۴-ب نیز پارامتر طول جداولدگی جریان (Ls)، عرض جداولدگی جریان (Ws) و عرض آبگیر (Wb) را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که جداولدگی جریان در مجاورت دیواره بالادست آبگیر رخ می‌دهد. شکل ۵، مقایسه مقادیر طول و عرض جداولدگی جریان را در دو حالت ورودی تیزگوشه (SE) و ورودی گردگوشه (RE) و در دو شدت جریان ۱۱ و ۱۶/۶ لیتر بر ثانیه و در نسبت دبی‌های مختلف (QR) نشان می‌دهد. در کلیه حالت‌ها تفاوت بین نتایج دبی ۱۱ و ۱۶/۶ لیتر بر ثانیه ناچیز است که نشان می‌دهد میزان ابعاد جداولدگی جریان به نسبت دبی انحرافی بستگی دارد و شدت جریان بالادست کانال اصلی تأثیری در میزان ابعاد جداولدگی ندارد.

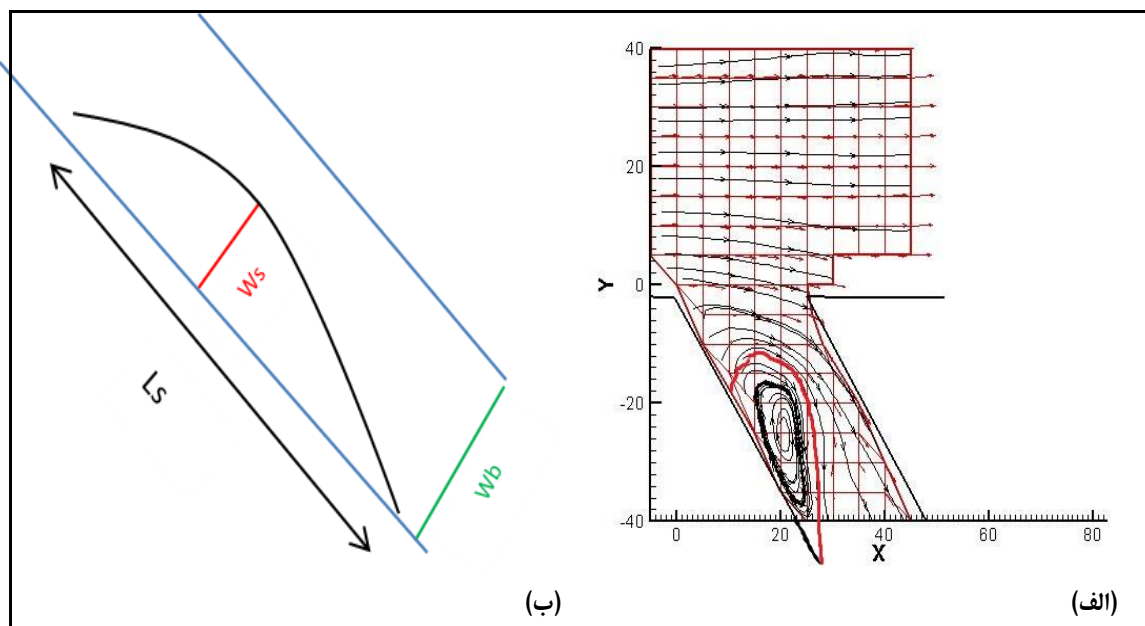
از شکل ۵-الف و ۵-ب مشخص است که در حالت تیزگوشه با افزایش نسبت دبی انحرافی، طول جداولدگی جریان افزایش و عرض جداولدگی جریان کاهش می‌یابد. نتایج این شکل نشان می‌دهد در حالت تیزگوشه، با افزایش نسبت دبی انحرافی از ۰/۲ به ۰/۸، طول جداولدگی ۲۰ درصد افزایش و عرض جداولدگی ۷۰ درصد کاهش می‌یابد. علت این رابطه این است که افزایش

است، با افزایش نسبت شدت جریان انحرافی، طول جداشدگی در حالت بدون رسوب کاهش ولی در حالت با رسوب افزایش می‌یابد، ضمن اینکه در نسبت دبی‌های پایین، طول جداشدگی در هر دو حالت تقریباً برابر است. در شرایط تیزگوشه، در هر دو حالت با و بدون رسوب، با افزایش نسبت دبی انحرافی، عرض جداشدگی جریان کاهش یافته و وجود رسوب باعث کاهش عرض جداشدگی جریان شده است. در نسبت‌های دبی بالا، تفاوت عرض جداشدگی جریان در حالت با رسوب و بدون رسوب بیشتر شده است. در شرایط گردگوشه و در حالت بدون رسوب، در سه نسبت دبی ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸، جداشدگی جریان بسیار ناچیز است و جداشدگی فقط در نسبت شدت جریان ۰/۲ اتفاق افتاده است در صورتی که در شرایط با رسوب، در دو نسبت شدت جریان ۰/۶ و ۰/۸، جداشدگی بسیار ناچیز است و در دو نسبت شدت جریان ۰/۲ و ۰/۴، با افزایش نسبت شدت جریان آبگیری، عرض جداشدگی کاهش و طول آن افزایش می‌یابد.

و ۱۶/۶ لیتر بر ثانیه را نشان می‌دهند. در این حالت نیز مقدار عرض جداشدگی جریان در حالت گردگوشه کمتر است تا در حالت تیزگوشه و میزان کاهش عرض جداشدگی جریان در اثر گردگوشه کردن لبه ورودی در نسبت دبی‌های بالا بسیار بیشتر است.

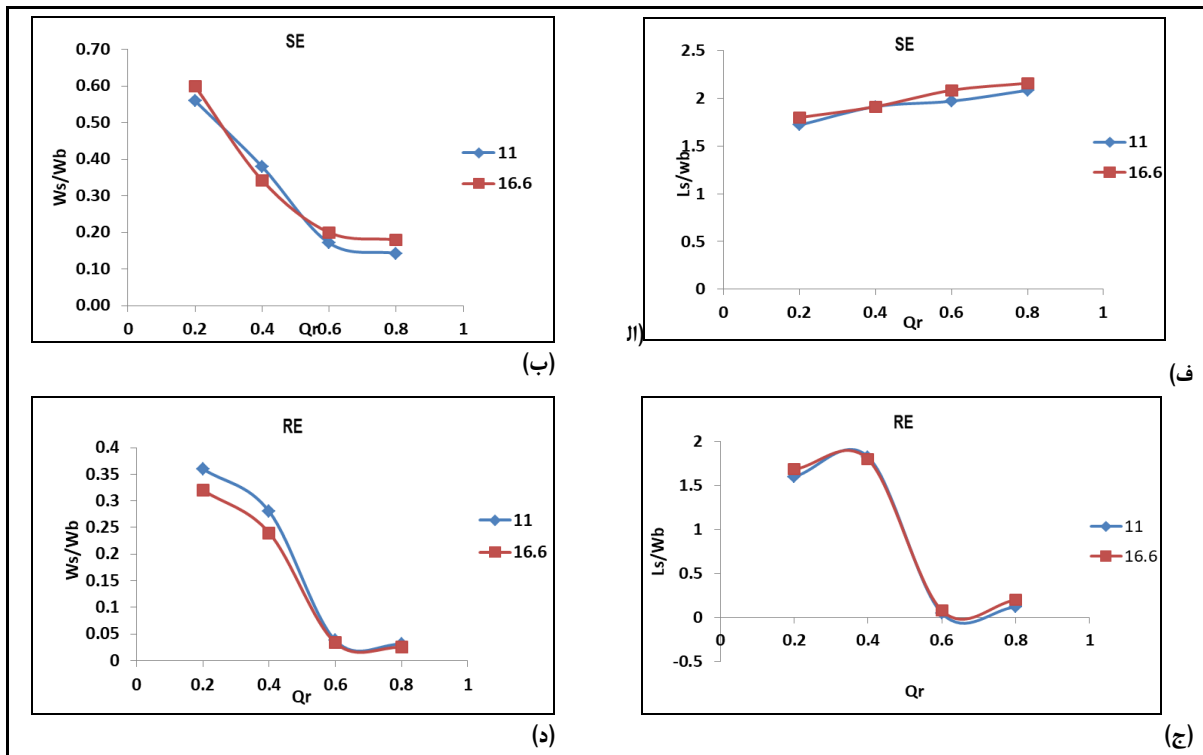
شکل‌های ۷-الف و ۷-ب درصد کاهش طول و عرض جداشدگی جریان (η) را در حالت گردگوشه نسبت به تیزگوشه در دبی‌های ۱۱ و ۱۶/۶ لیتر بر ثانیه نشان می‌دهند. مشاهده می‌شود که در نسبت‌های دبی بالا، گردگوشه کردن لبه ورودی طول جداشدگی (در دبی ۱۱ لیتر بر ثانیه و نسبت دبی ۰/۶) و عرض جداشدگی (در دبی ۱۱ لیتر بر ثانیه و نسبت دبی ۰/۸) را تا ۹۷ درصد نسبت به حالت تیزگوشه کاهش داده است.

شکل ۸، مقایسه نتایج این تحقیق را (در شرایط با رسوب) با تحقیق کرمی‌مقدم (Karami-Moghadam, 2007) (در شرایط بدون رسوب) برای شدت جریان ۱۶/۶ لیتر بر ثانیه نشان می‌دهد. وقتی لبه ورودی تیزگوشه

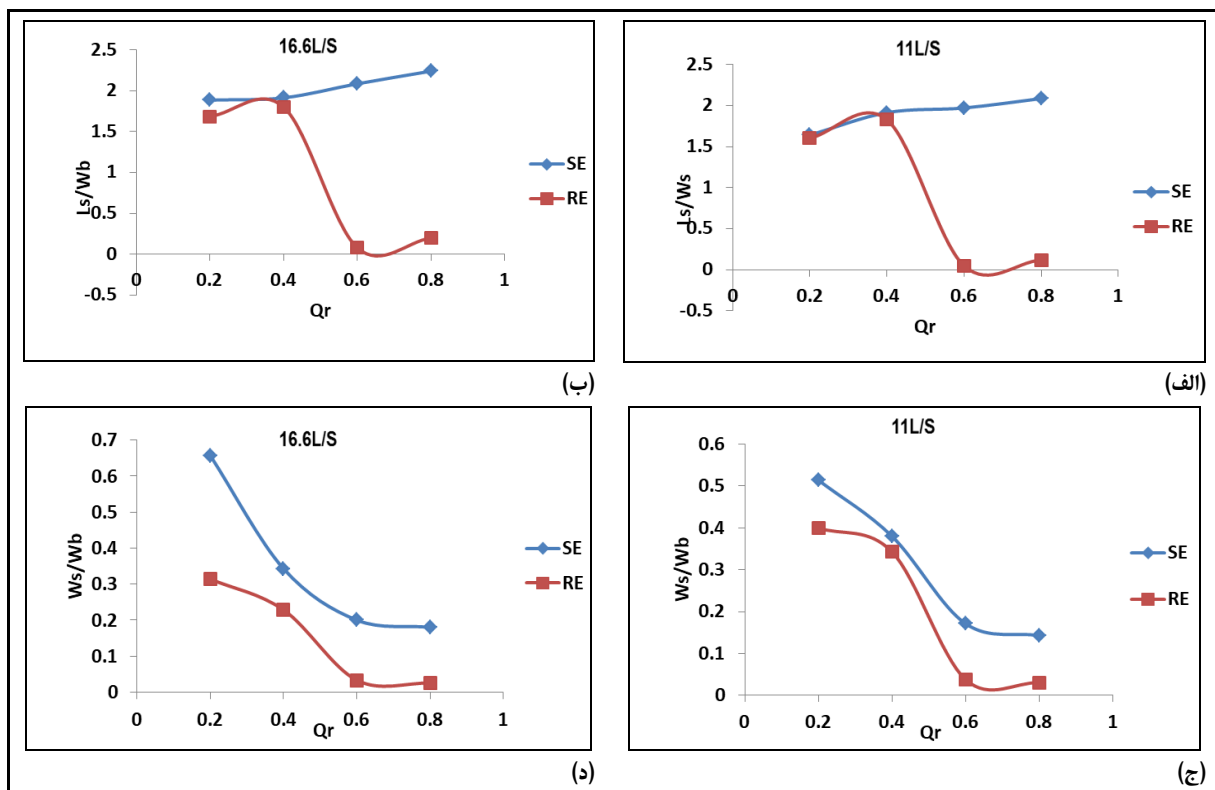


شکل ۴- الف) منطقه جداشدگی جریان و ب) پارامترهای طول جداشدگی جریان (Ls)، عرض جداشدگی جریان (Ws) و عرض آبگیر (Wb)

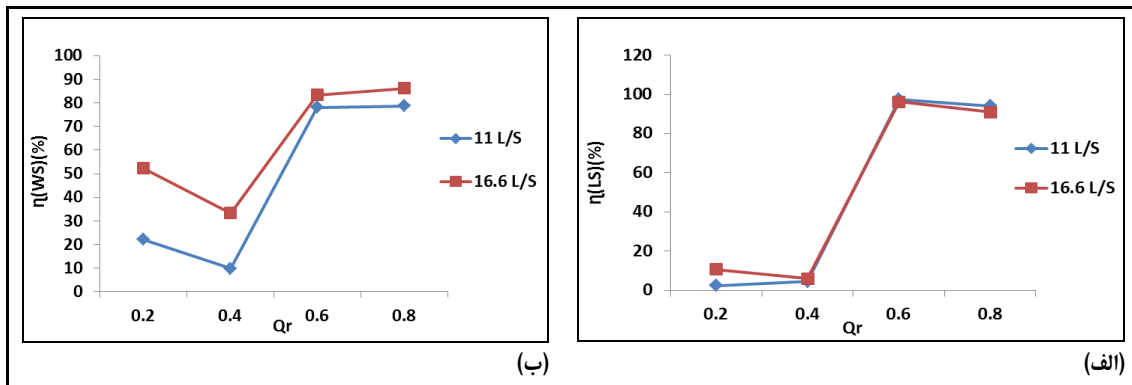
اثر دبی انحرافی، شکل دهانه آبگیر...



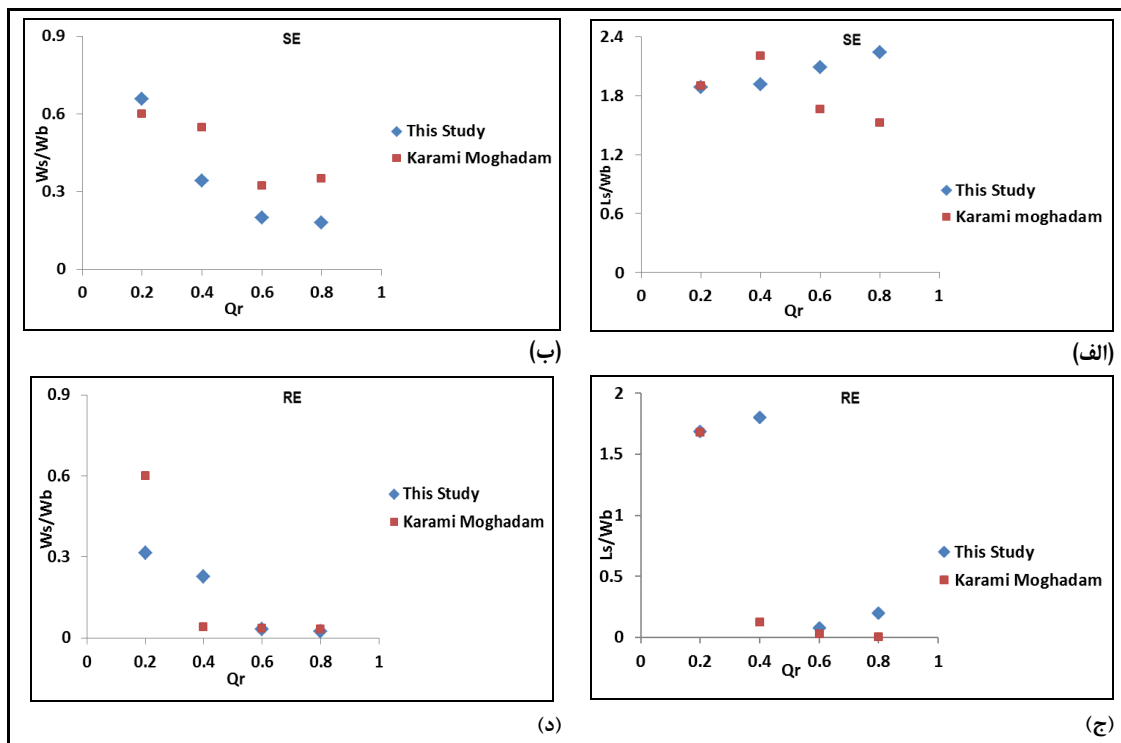
شکل ۵- مقایسه طول و عرض جداولدگی جریان در شدت جریان ۱۱ و ۱۶/۶ لیتر بر ثانیه



شکل ۶- مقایسه بین ابعاد جداولدگی در حالت تیز گوشه و گرد گوشه



شکل ۷- مقدار کاهش الف) طول جدانشدگی و ب) عرض جدانشدگی جریان در حالت گردگوشه نسبت به تیزگوشه



شکل ۸- مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات کرمی مقدم (Karami-Moghadam, 2007)

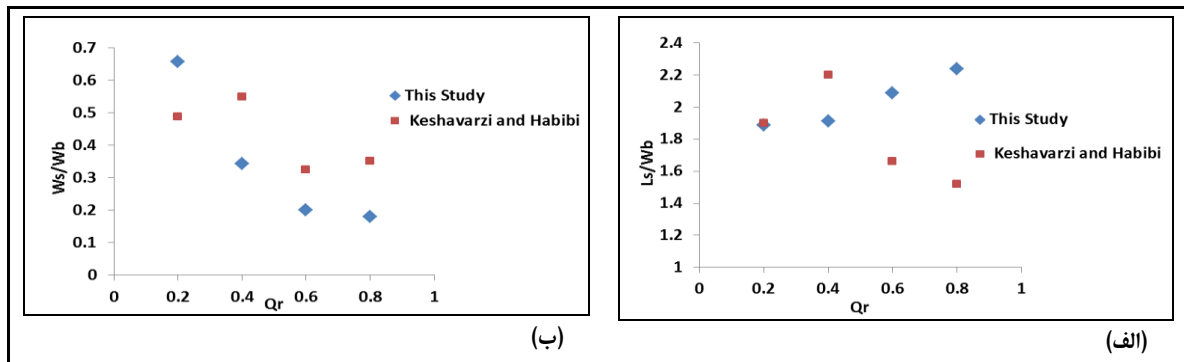
الف) طول جدانشدگی و حالت تیزگوشه، ب) عرض جدانشدگی و حالت تیزگوشه،

ج) طول جدانشدگی و حالت گردگوشه و د) عرض جدانشدگی و حالت گردگوشه

طول جدانشدگی جریان کاهش و در حالت با رسوب افزایش می‌یابد. در هر دو حالت، عرض جدانشدگی با افزایش نسبت دبی انحرافی کاهش می‌یابد. در حالت آبگیر بدون رسوب، عرض جدانشدگی بیشتر است تا در حالت با رسوب. بنابراین، به‌طور کلی وجود رسوب باعث کاهش ابعاد جدانشدگی جریان می‌شود.

شکل ۹، مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات کشاورزی و حبیبی (Keshavarzi & Habibi, 2005) را در حالت تیزگوشه نشان می‌دهد. تحقیقات کشاورزی و حبیبی (Keshavarzi & Habibi, 2005) در شرایط تیزگوشه و بدون رسوب بوده است. با توجه به این شکل در حالت بدون رسوب، با افزایش نسبت شدت جریان انحرافی،

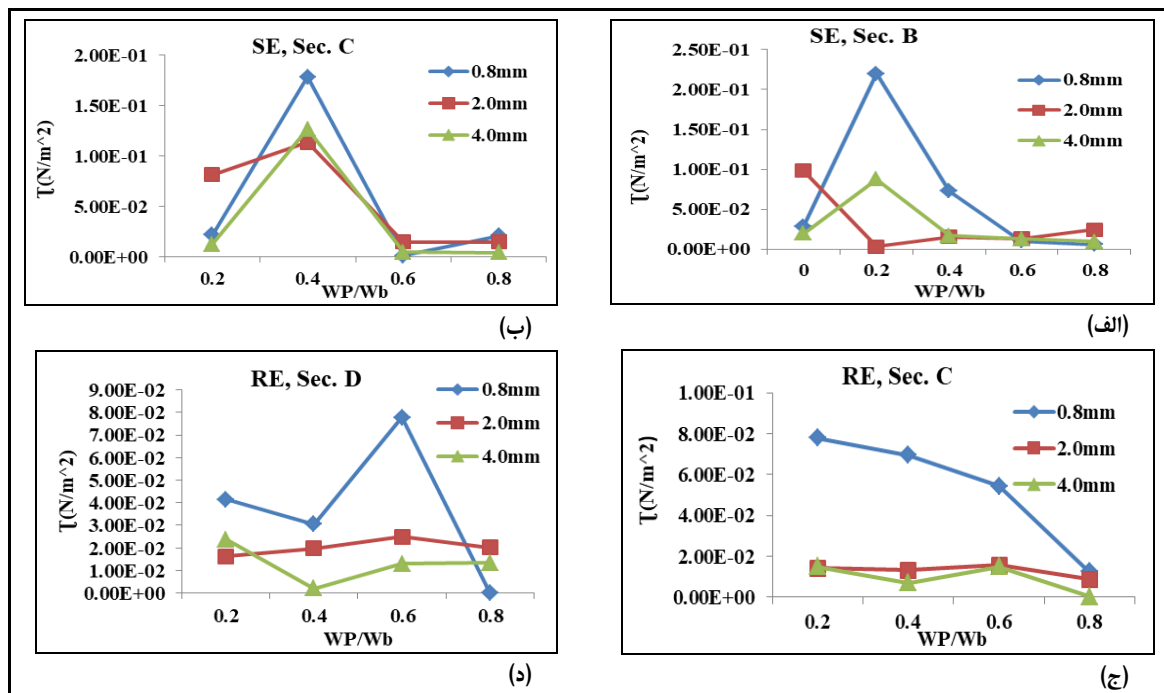
اثر دبی انحرافی، شکل دهانه آبگیر...



شکل ۹- مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات کشاورزی و حبیبی (Keshavarzi & Habibi, 2005)
الف) طول جداشدگی و ب) عرض جداشدگی

حالت گردگوشه، تنش برشی مربوط به قطر 0.8 میلی‌متر بیشترین و برای قطر 4 میلی‌متر کمترین مقدار است. بنابراین با افزایش زبری، تنش برشی در آبگیر کاهش می‌یابد. برای نمونه، در حالت گردگوشه و در مقطع C، با افزایش قطر رسوب از 0.8 به 4 میلی‌متر، تنش برشی به‌طور متوسط حدود 80 درصد کاهش می‌یابد. در زبری‌های بالاتر، توزیع تنش برشی در عرض آبگیر یکنواخت‌تر است.

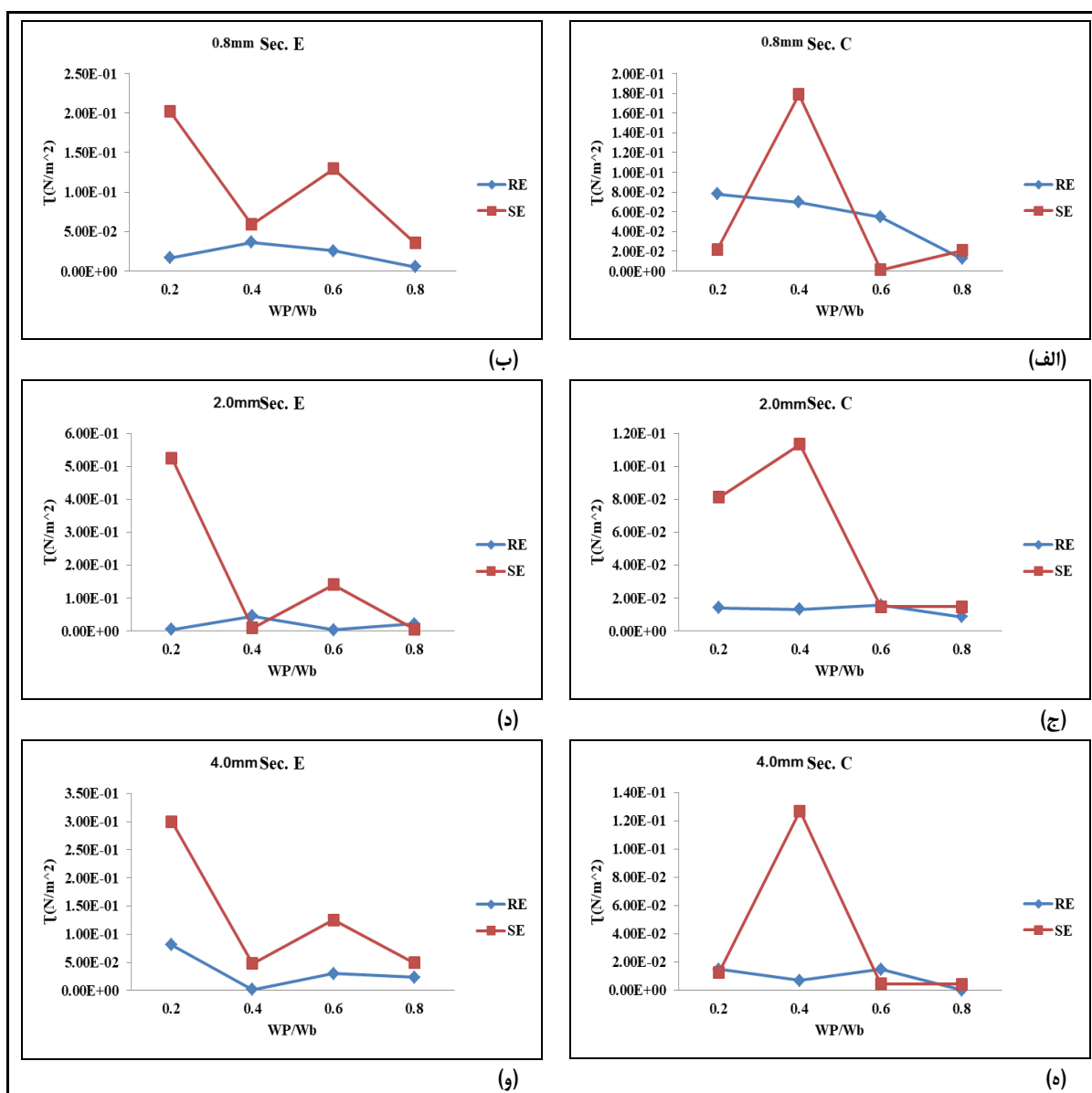
برای بررسی تأثیر زبری بستر بر مقدار تنش برشی در سه قطر متوسط 0.8 ، 2 و 4 میلی‌متر، شکل ۱۰ رسم شد. در این شکل، مقدار تنش برشی برای نمونه برای مقاطع B و C (با توجه به شکل ۲) در حالت تیزگوشه و برای مقاطع C و D در حالت گردگوشه رسم شد. در اینجا مشخص است که در حالت تیزگوشه، تنش برشی مربوط به قطر 0.8 میلی‌متر کمی بیشتر است تا در دو قطر دیگر و در برخی نقاط تنش برشی برای هر سه قطر برابر است. در



شکل ۱۰- مقایسه تنش برشی در زبری‌های مختلف
الف) مقطع B و حالت تیزگوشه، ب) مقطع C و حالت تیزگوشه، ج) مقطع C و حالت گردگوشه و د) مقطع D و حالت گردگوشه

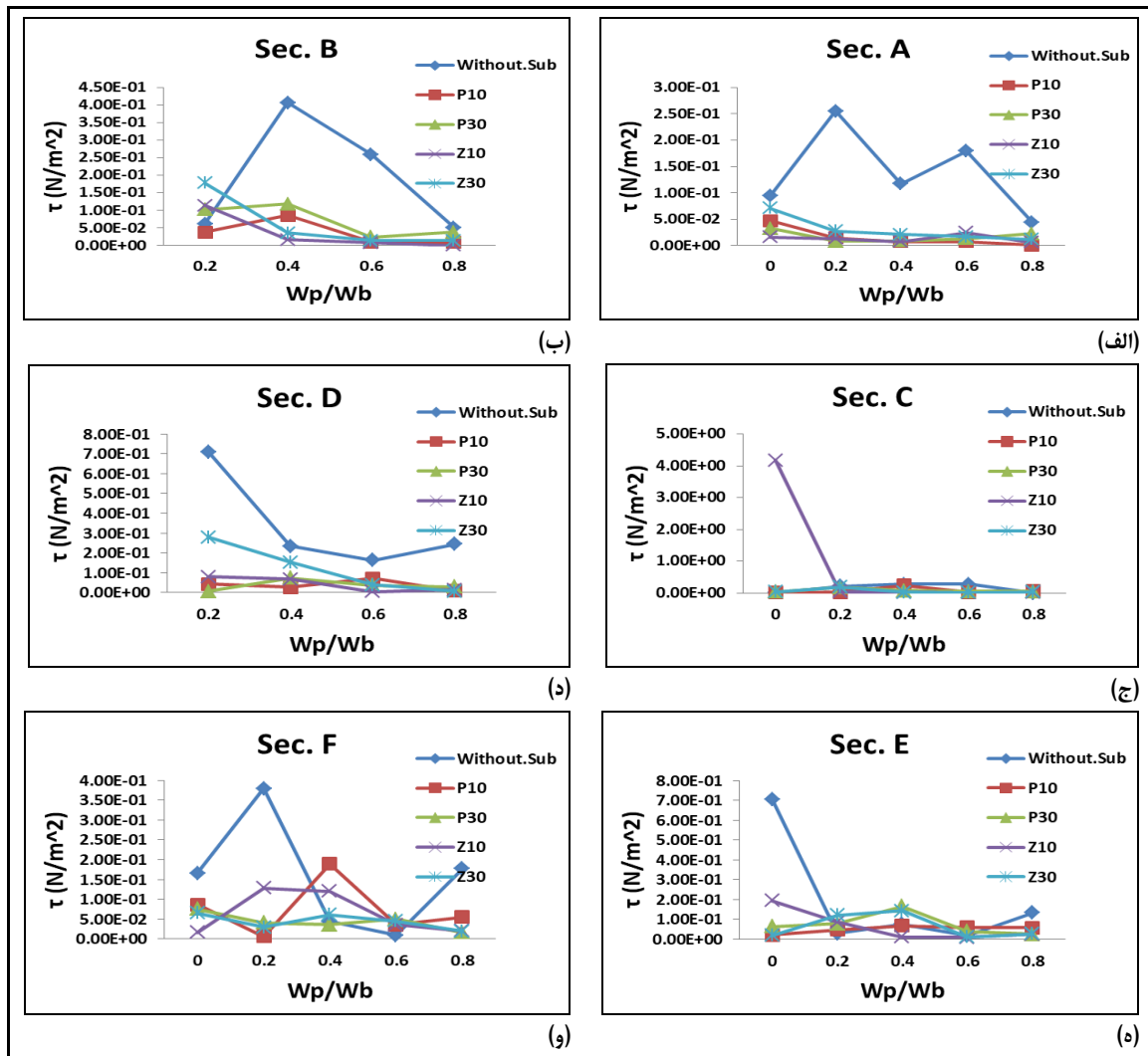
نزدیکی دیواره بالادست که محل تشکیل ناحیه جدانشدگی جریان است، در اکثر موارد مقدار تنش برشی در حالت گردگوشه کمتر است تا در حالت تیزگوشه. بنابراین، گردگوشه کردن دهانه ورودی علاوه بر کاستن از ابعاد ناحیه جدانشدگی جریان، تنش برشی در این ناحیه را نیز کاهش می‌دهد.

شکل ۱۱، مقایسه تنش برشی بین حالت ورودی تیزگوشه و گردگوشه را در مقاطع C و E برای سه زبری مختلف نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است در مقطع C که در نزدیکی دهانه ورودی آبگیر قرار دارد، تفاوت تنش برشی در نزدیکی دیواره پایین دست آبگیر بین حالت تیزگوشه و گردگوشه کم است، در حالی که در



شکل ۱۱- مقایسه تنش برشی در دو حالت تیزگوشه و گردگوشه بودن لبه ورودی

(الف) مقطع C و قطر رسوب ۰/۸ میلی‌متر، (ب) مقطع E و قطر رسوب ۰/۸ میلی‌متر، (ج) مقطع C و قطر رسوب ۲ میلی‌متر، (د) مقطع E و قطر رسوب ۲ میلی‌متر، (ه) مقطع C و قطر رسوب ۴ میلی‌متر و (و) مقطع E و قطر رسوب ۴ میلی‌متر



شکل ۱۲- تنش برشی در مقاطع عرضی A, B, C, D, E و F در حالت با و بدون نصب صفحه‌های مستغرق

بدون نصب صفحه‌های مستغرق نشان می‌دهد. این شکل نیز روندی مشابه با شکل قبلی دارد، اما هرچه از دهانه آبگیر فاصله می‌گیریم تأثیر صفحات کمتر می‌شود به طوری که تنش برشی در هر دو حالت با و بدون نصب صفحه به هم نزدیک می‌شوند. شکل ۱۲-ج و ۱۲-د تنش برشی در مقطع C و D (۲۰ و ۲۵ سانتی‌متری از دهانه آبگیر) را نشان می‌دهد که اختلاف تنش برشی در حالت بدون نصب صفحه و با نصب صفحه کمتر می‌شود و نمودار آن روندی کاهشی دارد. در شکل ۱۲-ه و ۱۲-و تنش در مقاطع عرضی E و F (۳۰ و ۴۰ سانتی‌متری از دهانه آبگیر) نشان داده شده است که نمودارهای حالت با و بدون

شکل ۱۲-الف تنش برشی را در مقطع عرضی A (در دهانه آبگیر)، با و بدون نصب صفحه‌های مستغرق نشان می‌دهد. در اینجا می‌بینیم که در حالت بدون نصب صفحه تنش برشی بیشتر از حالت با نصب صفحه است و تنش برشی نیز در ابتدا افزایش و پس از آن کاهش یافته است اما با نصب صفحات مستغرق با آرایش موازی و زیگزاگی و زاویه‌های ۱۰ و ۳۰ درجه، تنش برشی در نقاط عرضی یکنواخت می‌شود و این نشانگر این است که صفحات به کاهش جریان‌های چرخشی و کاهش تغییرات سرعت کمک کرده‌اند. شکل ۱۲-ب تنش برشی را در مقطع عرضی B (۱۵ سانتی‌متری از ابتدای دهانه آبگیر) با و

نصب صفحات، تقریباً تفاوت چندانی با هم ندارند.

نتایج به‌دست آمده از این شکل‌ها را می‌توان بدین‌صورت توجیه کرد که وجود صفحات مستغرق باعث تغییر توزیع سرعت و توزیع تنش در کف و یکنواخت تر شدن آنها می‌شود. این تغییر توزیع تنش و وجود جریان حلزونی در اطراف صفحات باعث هدایت رسوب به پایین‌دست کانال اصلی و جلوگیری از ورود رسوبات به داخل آبگیر می‌شود. در تمامی شکل‌ها و در تمام مقاطع در حالت بدون نصب صفحات، توزیع تنش در عرض آبگیر یکنواخت است. در این شکل‌ها مشخص است که پس از نصب صفحات، تنش در عرض آبگیر یکنواخت شده است. هرچه از دهانه آبگیر به سمت انتهای آبگیر پیش‌تر برویم تأثیر صفحات کمتر و توزیع بار دیگر غیر یکنواخت‌تر می‌شود. برای کاستن یا جلوگیری از ورود رسوبات به داخل آبگیر کافی است توزیع تنش برشی فقط در دهانه آبگیر یکنواخت باشد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، اثر توپوگرافی بستر بر میزان ابعاد جدایش‌دهی جریان در آبگیر ۵۵ درجه در دو حالت ورودی گردشده و تیزگوشه بررسی شد. پس از تشکیل فرم بستر،

سرعت در دو جهت اندازه‌گیری و خطوط جریان رسم شد. طول و عرض ناحیه جدایش‌دهی جریان اندازه‌گیری و آنالیز روی داده‌ها دنبال شد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که با افزایش نسبت دبی انحرافی، طول جدایش‌دهی در حالت تیزگوشه افزایش و عرض آن کاهش ولی در حالت گردگوشه هر دو کاهش می‌یابد.

با مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات کرمی‌مقدم (Karami-Moghadam, 2007) و کشاورزی و حبیبی (Keshavarzi & Habibi, 2005)، که در شرایط بدون رسوب انجام اجرا کرده‌اند، نتیجه‌گیری شد که وجود رسوب باعث کاهش عرض جدایش‌دهی جریان می‌شود. با محاسبه تنش برشی در مقاطع مختلف ورودی آبگیر در زبری‌های مختلف نیز تأثیر زبری بر مقدار تنش برشی بررسی شد و این نتیجه به‌دست آمد که با افزایش زبری، تنش برشی در آبگیر کاهش پیدا می‌کند و مقدار این پارامتر در حالت ورودی گردگوشه کمتر از حالت ورودی تیزگوشه است. با نصب صفحه‌های مستغرق با آرایش موازی و زیگزاگی و زاویه‌های ۱۰ و ۳۰ درجه، تنش برشی در نقاط عرضی یکنواخت می‌شود. این تغییر توزیع تنش و وجود جریان حلزونی در اطراف صفحه‌ها باعث هدایت رسوب به پایین‌دست کانال اصلی و جلوگیری از ورود رسوبات به داخل آبگیر می‌شود.

مراجع

- Abd Al-Haleem, F. S. F. 2008. Sediment control at river side intakes. Ph. D. Thesis. Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Minufiya University, Egypt.
- Ali, A. A., Al-Ansari, N. A. and Knutsson, S. 2012. Morphology of Tigris river within Baghdad city. J. Hydrol. Earth Syst. Sci. 16, 3783-3790.
- Asiaei, H. and Montaseri, H. 2016. Numerical investigation of formation of bed topography in a U shaped channel bends with lateral intake with SSIIM2. J. Ferdowsi Civil Eng. 27(1): 115-132.
- Biron, P., Best, J. L. and Roy, A. G. 1996. Effects of bed discordance on flow dynamics at open channel confluences. J. Hydraul. Eng. 122(12): 676-682.
- Bradbrook, K., Lane, S., Richards, K., Biron, P. and Roy, A. 2001. Role of bed discordance at asymmetrical river confluences. J. Hydraul. Eng. 127(5): 351-368.

- Jalili, H. R., Hoseinzade-Dalir, A. and Farsadizadeh, D. 2013. Investigating effect of inlet shape on the flow pattern and vortex generation around inlet of intake using numerical model. *J. Water Soil Sci.* 24(1): 29-40. (in Persian)
- Karami-Moghadam, M. 2007. Determination of the optimum rounded radius at 55 and 90 degree water intake. M. Sc. Thesis. Water Engineering Department, Shiraz University, Shiraz, Iran. (in Persian)
- Keshavarzi, A. and Habibi, L. 2005. Optimizing water intake angle by flow separation analysis. *J. Irrig. Drain.* 54, 543-552.
- Khosravinia, P., Hosseinzadeh-Dalir, A., Shafai-Bajestan, M. and Farsadizadeh, D. 2013. Experimental and numerical investigations of the effect of main channel side slope on flow pattern in right angle confluence of channels. *J. Water Soil Sci.* 24(3): 105-119. (in Persian)
- Leite Ribeiro, M., Blanckaert, K., Roy, A. G. and Schleiss, A. J. 2012. Hydromorphological implications of local tributary widening for river rehabilitation. *Water Resour. Res.* 48(10): 1-19.
- Ludena, S., France, M., Schleiss, A. and Cardoso, A. 2014. Bed topography evolution in a discordant bed channel confluence. *Proceedings of the 3rd IAHR Europe Congress.* Apr. 14-16. Porto, Portugal.
- Safarzadeh, A. and Khaiatrostami, B. 2017. Mean flow characteristics, vertical structures and bed shear stress at open channel bifurcation. *J. Appl. Res. Water Wastewater.* 7, 299-304.
- Weber, L. J., Schumate, E. D. and Mawer, N. 2001. Experiments on flow at a 90 degrees open channel junction. *J. Hydraul. Eng.* 127(5): 340-350.

The Effect of Diversion Flow, Intake Inlet Shape, Topography and Bed Roughness on the Flow Separation Dimensions and Shear Stress at the Lateral Intake

M. Karami-Moghadam*, A. Keshavarzi and T. Sabzevari

*Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran. Email: m_karami_mo@yahoo.com

Received: 25 December 2017, Accepted: 11 April 2018

Abstract

Secondary currents and flow separation at the intake lead to sedimentation and erosion at the lateral and main channels, resulting changes in bed topography. In the separation zone, circular flow with low velocity causes sediment's accumulation happens in this area, the consequences of which would be reduction of intake efficiency. Hence, determining the optimum conditions of the impoundment has been one of the concerns for the researchers. In this study, the effects of bed topography on the flow separation dimensions in the 55-degree water intake with the sharp and rounded edge entrances were assessed. Four different discharge ratios: 0.2, 0.4, 0.6 and 0.8 were tested in this experimental study and the results were compared with those issued in previous papers. Additionally, the effects of bed roughness and submerged vanes on shear stress within water intake were tested in sharp edge and rounded edge entrances. The results showed that in high diversion flow ratio and in round edge entrance, comparing to sharpened edge entrance, about 97% of separation dimensions were reduced. In sharp edge entrances, increasing the diverted flow ratio, caused the length of the separation zone increased about 20% and its width reduced about 70%. Furthermore, the bed topography and roughness reduced the width of the separation zone. Also, the shear stress in rounded edge entrance was less than that in sharp edge entrance. The shear stress, in case of absence of submerged vanes, was more than that when submerged vanes were installed. By installation of submerged vanes with parallel and zigzag arrangements and with angles equal to 10 and 30 degrees, shear stress in transverse happened to be uniform, indicating that vanes have helped rotational flow being reduced and velocity being changed.

Keywords: Channel, Circular Flow, Erosion, River, Sediment