تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی/جلد ۲۲/ شماره ۸۵/ زمستان ۱۴۰۰/ص ۹۰-۷۵

نوع مقاله: علمی- پژوهشی

بررسی آزمایشگاهی تاثیر شیب تاج سرریز لبه‌پهن در آبگیرهای دو طرف سرریز درپیچ ۹۰ درجه تند

لیلا مهردار[۱]، محمد همتی[۲*] و مهدی یاسی[۳]

۱ و ۲ به ترتیب: دانشجوی دکتری؛ و دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۳- دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۲۵

چکیده

احداث سرریز در پیچ رودخانه‌ها گاهی گریز ناپذیر است، ولی مشکلاتی را از نظر توزیع جریان در آبگیرهای دو طرف رودخانه نیز پدید می‌آورد. یکی از فرضیه‌ها برای یکنواختی توزیع جریان در آبگیرها، تساوی بده جریان در واحد عرض سرریز از طریق تغییر پروفیل تاج سرریز از حالت افقی به شیب‌دار در عرض پیچ آبراهه است. در تحقیق حاضر، اثربخشی شیب تاج سرریز بر یکنواختی توزیع بده جریان در آبگیرهای طرفین سرریز لبه پهن در پیچ تند ۹۰ درجه، در شرایط آب صاف ارزیابی شد. آزمایش‌ها در یک کانال با شعاع انحنای نسبی ۲/۰۵ اجرا شد که در بازهٔ پیچ‌های تند قرار می‌گیرد. سرریز در موقعیت ۶۰ درجه از ابتدای پیچ، و دو آبگیر در بدنهٔ سرریز و در کناره پیچ داخلی و خارجی جانمایی گردید. نتایج تحقیق نشان داد که با بودن سرریز، نسبت به حالت بدون سرریز، بده بیشتری وارد دو آبگیر می‌شود. معلوم شد سرریز شیب‌دار در یکنواختی توزیع بده عرضی جریان در بالادست سرریز اثر قابل توجهی ندارد، ولی در افزایش یکنواختی بده ورودی به دو آبگیر موثر است. متوسط نسبت بده آبگیر در دیوارهٔ خارجی به دیوارهٔ داخلی در سه حالت بدون سرریز، با سرریز افقی و با سرریز شیب‌دار به‌ترتیب ۱/۶، ۱/۱۷ و ۱/۰۶ بوده است. متوسط اختلاف این نسبت در سرریز شیب‌دار به سرریز افقی برابر ۰/۱۱ است که نشانگر ۱۱ درصد افزایش یکنواختی با شیب‌دار کردن تاج سرریز است. در هر دو سرریز افقی و شیب‌دار، با افزایش بده آبراهه، توزیع بده ورودی به دو آبگیر یکنواخت‌تر می‌شود.

واژه‌های کلیدی

آبگیر، پیچ تند، سرریز لبه‌پهن، شیب تاج

مقدمه

بیشتر رودخانه‌ها در طبیعت پیچان‌رودی و همواره در حال فرسایش در ساحل خارجی و رسوب گذاری در ساحل داخلی هستند. بنابراین، شناخت الگوی جریان در پیچ رودخانه‌ها اهمیت بالایی دارد (Mozaffari *et al.*, 2017). سد انحرافی یکی از سازه‌هایی است که در محدودهٔ پیچ رودخانه‌ها استفاده می‌شود. با تغییر موقعیت پیچ، بند انحرافی نیز دستخوش تغییرات خواهد شد و موقعیت آن تغییر می‌کند. از طرفی، نیاز زمین‌های کشاورزی اطراف به آب، ساخت آبگیر را در طرفین ضروری می‌کند (Farhadi & Yasi, 2019). از این رو، مطالعهٔ

* نگارنده مسئول: Email: m.hemmati@urmia.ac.ir
http://doi: 10.22092/idser.2022.357127.1497

سرریزهای لبه‌پهن به عنوان یکی از سازه‌های برقراری یکنواختی جریان در پیچ رودخانه‌ها و به هنگام آبگیری اهمیت بسیاری دارد. در ادامه، به نتایج مطالعات در زمینهٔ الگوی جریان در پیچ و آبگیری از رودخانه‌ها اشاره شده است.

بررسی مشخصات جریان در پیچ تند ۹۰ درجه با مقطع مستطیل شکل با استفاده از مدل عددی نشان داد که مدل عددی فلوئنت و فلوتری‌دی در پیش‌بینی الگوی جریان حاکم بر مسیر پیچ ۹۰ درجه عملکرد خوبی دارد (Elyasi *et al.*, 2012; Gholami *et al.*, 2012). سوزه پور و همکاران (Sozepour *et al.*, 2012)، در مطالعهٔ آزمایشگاهی، الگوی جریان در پیچ ۹۰ درجه تند مستطیلی را بررسی کردند و نشان دادند که با افزایش عدد فرود شروع ناحیهٔ جداشدگی جریان از دیوار داخلی در نیمهٔ دوم پیچ به طرف بالادست پیچ پیشروی می‌کند. مظفری و همکاران (Mozaffari *et al.*, 2017) با مقایسهٔ کاربردهای مدل تلاطمی در پیچ تند یک آبراهه با مدل فلوئنت نشان دادند که مدل LES مدلی است مناسب برای بررسی الگوی جریان در پیچ آبراهه‌ها. نتایج آزمایشگاهی مطالعات وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2019) که به بررسی فرسایش در شرایط کمبود رسوب در بستر شنی یک پیچ تند پرداخته بودند، نشان می‌دهد دلیل اصلی فرسایش در رودخانه‌های پر پیچ و خم پس از آبگیری کمبود رسوب است.

مطالعات تجربی در زمینهٔ ارزیابی توزیع عرضی جریان در پیچ آبراهه و بالادست سرریز لبه‌تیز توسط عبدالله پور و همکاران (Abdollahpour *et al.*, 2013)، سرریز لبه‌پهن توسط ولی‌محمدی و یاسی (Valimohammadi & Yasi, 2016)، سرریز کرامپ توسط حسینی و یاسی (Hosseini mobarra & Yasi, 2016) صورت گرفته است. آزمایش‌ها در یک فلوم به طول ۲۴ متر، عرض ۰/۹۲ متر، عمق ۰/۸ متر با یک پیچ ساده ۹۰ درجه و شعاع انحنای نسبی ۳ اجرا شده است. رویکرد تغییر شیب تاج سرریز در عرض آبراهه از حالت افقی به شیب‌دار آزمایش و نشان داده شد که استفاده از سرریزهای با تاج افقی در محدودهٔ مستقیم بالادست و پایین دست و مقاطع ورودی و خروجی پیچ بهتر است. در میانهٔ پیچ، استقرار سرریز با تاج شیب‌دار (با تاج زاویه‌ای ۳ تا ۸ درجه از پیچ داخلی به خارجی) کارایی بهتری دارد. موقعیت سرریز در پیچ روی شیب عرضی تأثیر دارد و بهترین موقعیت قرارگیری سرریز در زاویهٔ ۳۰ و ۶۰ درجه از پیچ است.

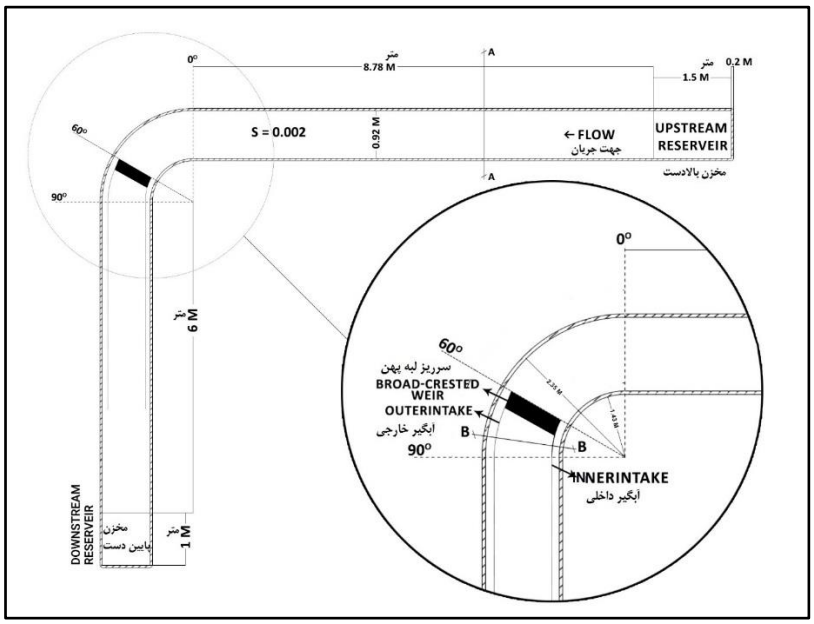
در مورد پارامترهای مؤثر بر آبگیری با کانال جانبی نیز تاکنون مطالعات مختلفی توسط پژوهشگران متعدد صورت گرفته است که می‌توان به مطالعات راموراتی و همکاران (Ramamurthy *et al.*, 2007)؛ گودرزی زاده و همکاران (Goudarzizadeh *et al.*, 2010)؛ سیدیان و همکاران (Seyedian *et al.*, 2014)؛ میرزایی و همکاران (Mirzaei *et al.*, 2014)؛ اثنی عشری و همکاران (Asnaashari *et al.*, 2015)؛ بیسوال و همکاران (Biswal *et al.*, 2016)؛ اویانگ و همکاران (Ouyang and lin, 2016)؛ انجم و همکاران (Anjum *et al.*, 2017)؛ حداد و همکاران (Haddad *et al.*, 2017)؛ شیندفسل و همکاران (Schindfessel *et al.*, 2017)؛ گومز و همکاران (Gómez *et al.*, 2017)؛ و ظهیری و نجف زاده (Zahiri & Najafzadeh, 2018) اشاره کرد. مطالعات نشان دادند که تراز آبگیر جانبی از کف کانال اصلی و زاویهٔ آبگیرجانبی نسبت به کانال اصلی پارامترهایی موثر بر الگوی جریان و میزان رسوب انحرافی به آبگیر جانبی هستند. مطالعات حیدری راد و

همکـاران (Heidari rad *et al.*, 2020) و سـراجیان و همکـاران (Serajian *et al.*, 2020) نشـان مـی‌دهنـد که با همگرا کـردن فلـوم آزمایشـگاهی، بـده انحرافـی بـه آبگیرهـا افـزایش می‌یابـد. بررسـی یکنـواختی جریـان در آبگیرهـای طـرفین سـرریز در مطالعـات فرهـادی و یاسـی (Farhadi & Yasi, 2019) نیـز نشـان داده اسـت کـه بهتـرین شـرایط بـرای یکنـواختی بـده جریـان در آبگیرهـای طـرفین پـیچ آبراهـه، اسـتقرار سـرریز در موقعیـت ۶۰ درجـه در میانـهٔ پـیچ بـا نسـبت ۱:۱۰ (عـرض آبگیـر بـه آبراهـه)، همـراه بـا آبپایـه، و بـا زاویـهٔ آبگیـری صـفر درجـه اسـت .کـارآیی زاویـهٔ آبگیـری ۶۰ درجـه بهتـر از کـارآیی زاویـهٔ آبگیـری ۹۰ درجـه بـوده اسـت. بـه طـور کلـی می‌تـوان گفـت وجـود سـازه‌های درون جریـان ماننـد سـازه‌های کنتـرل رسـوب یـا سـازه‌های بیـرون جریـان ماننـد آبگیرهـا در پـیچ رودخانـه‌ها نیـاز بـه بررسـی بیشـتر مشـکلات رسـوب و الگـوی جریـان دارد. یکـی از راه‌هـای برقـراری جریـان یکنواخـت در پـیچ رودخانـه‌ها، ایجـاد جریـان ثانویـه بـا سرریزهای لبه پهـن اسـت. هـدف اصـلی در ایـن تحقیـق، بررسـی الگـوی جریـان و ارزیـابی یکنـواختی توزیـع بـده واحـد عـرض جریـان در دهانـهٔ آبگیرهـای واقـع در طرفین سـرریز لبـه‌پهـن در یـک پـیچ ۹۰ درجـه تنـد بـا استفاده از مدل آزمایشگاهی است.

مواد و روش‌ها

تجهیزات آزمایشگاهی

آزمایش‌هـا در آزمایشـگاه هیـدرولیک کـاربردی دکتـر فرهـودی، گـروه مهندسـی آب دانشـگاه ارومیـه اجـرا شـد. مقطـع کانـال مسـتطیلی و در بالادسـت و پایین‌دسـت پـیچ ۹۰ درجـه تنـد یـک بـازه مسـتقیم بـه ترتیب به طـول ۸/۸ و ۶ متـر در نظـر گرفتـه شـد. شـعاع انحنـای نسـبی پـیچ ($\frac{R_c}{B_m}$، R_c: شـعاع مرکـزی پـیچ، B_m: عـرض سـطح آب در فلـوم) برابـر بـا ۲/۰۵ اسـت کـه در دسـته پیچ‌هـای تنـد قـرار می‌گیـرد (Rozovskii, 1975). عمق و عـرض کـل مقطـع کانـال بـه ترتیـب ۰/۶ و ۰/۹۲ متر اسـت. شـکل ۱ پـلان فلـوم مـورد اسـتفاده را نشان می‌دهد.



شکل ۱- نحوه استقرار سرریز و آبگیرها در پیچ کانال

Fig. 1- Weir and intakes installation at channel bend

معرفی پارامترهای مربوط به سرریز و آبگیرها

مدل سرریز از نوع لبه‌پهن و بدون فشردگی جانبی، از نوع مستطیلی با شیب دیوارهٔ قائم ساخته شد. اندازه طول تاج سرریز در امتداد جریان، بر اساس توصیهٔ باس (Boss., 1998) به‌صورت ضریبی از بار آبی بالادست سرریز در دامنهٔ جریان‌های مورد نظر تعیین می‌شود که در این آزمایش‌ها معادل ۳۰ سانتی‌متر تعیین گردید.

نحوهٔ جایگذاری سرریز و آبگیر در فلوم آزمایشگاهی در شکل ۲، مشخصات سرریز و آبگیرها در جدول ۱ و برشی از مقطع عرضی در شکل ۳ آورده شده است. در تحقیق تجربی، یکنواختی بده جریان در آبگیرها تابع شیب تاج سرریز ارزیابی می‌گردد.

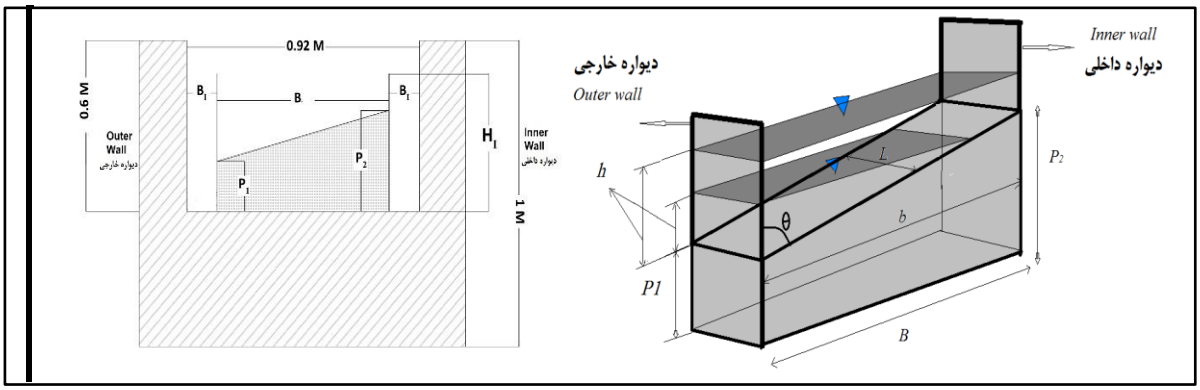
شکل ۲- جانمائی سرریز و آبگیرها در پیچ کانال

Fig. 2- weir and intakes installation in the channel bend

جدول ۱- مشخصات سرریز و آبگیرها

Table 1- weirs and intakes characteristics

ویژگی جریان Flow characteristic	ویژگی هندسی آبگیرها Intakes Geometric characteristic		ویژگی هندسی سرریزها Weirs Geometric characteristic				
بده جریان (لیتر بر ثانیه) (lit/s) Discharge Q_{up}	زاویهٔ آبگیری Φ_I(درجه) Dewatering angle (^{0})	عرض آبگیرها (سانتی‌متر) (B_I) Intakes width (cm)	طول تاج سرریز(سانتی‌متر)(L) Weir crest length (cm)	موقعیت سرریز در پیچ (درجه) Θ_w Weir position in bend (^{0})	عرض سرریز (سانتی‌متر) (B) Weir width (cm)	ارتفاع سرریز (سانتی‌متر) (P) Weir height (cm)	شیب تاج سرریز S_w(درصد) Sloping-weir crest (٪)
۳۷ و ۵۰ و ۶۰	۰	۱۰	۳۰	۶۰	۷۲	۱۵.۱۵	۰
						۱۸/۶ ,۱۵	۵

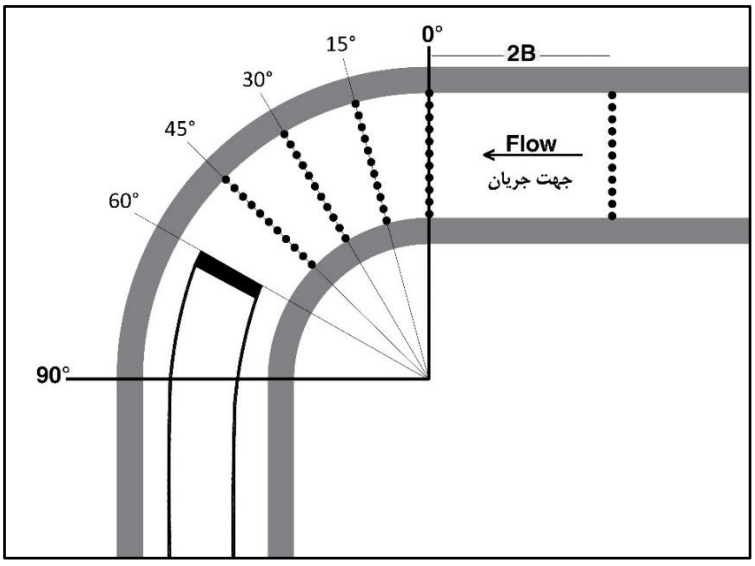


شکل ۳- مقطع عرضی سرریز

Fig. 3- Weir cross-section

نحوهٔ اجرای آزمایش‌ها

در این بخش ابتدا موقعیت مناسب احداث سرریز و آبگیرهای طرفین سرریز در آبراههٔ اصلی انتخاب گردید. با توجه به نبود مطالعه در زمینه آبگیری در پیچ تند، با بررسی مطالعات پیشین روی پیچ ملایم ۹۰ درجه، موقعیت ۶۰ درجه انتخاب گردید (Farhadi and Yasi, 2019). آزمایش‌ها در سه مرحله اجرا شد: بدون سرریز، با سرریز با تاج افقی و شیب‌دار. آب با سه بده ۳۷، ۵۰ و ۶۰ لیتر بر ثانیه وارد کانال شد. سرعت و عمق با دستگاه سرعت سنج پرتابل نیووس با خطای کمتر از ۱۰ درصد در مقاطع مختلف طولی و عرضی در بالا دست سرریز (شکل ۴) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری بده ورودی به فلوم از یک دستگاه بده سنج فراصوتی[1]، نوع UFM 610P از محصولات KROHNEfh با دقت ±۲ درصد استفاده گردید. لازم است یادآوری شود شرایط جریان در تحقیق حاضر آزاد است و دریچهٔ پایین دست کاملاً باز نگه داشته شد.



شکل ۴- نقاط اندازه‌گیری سرعت و عمق

Fig. 4- Velocity and depth measurement points

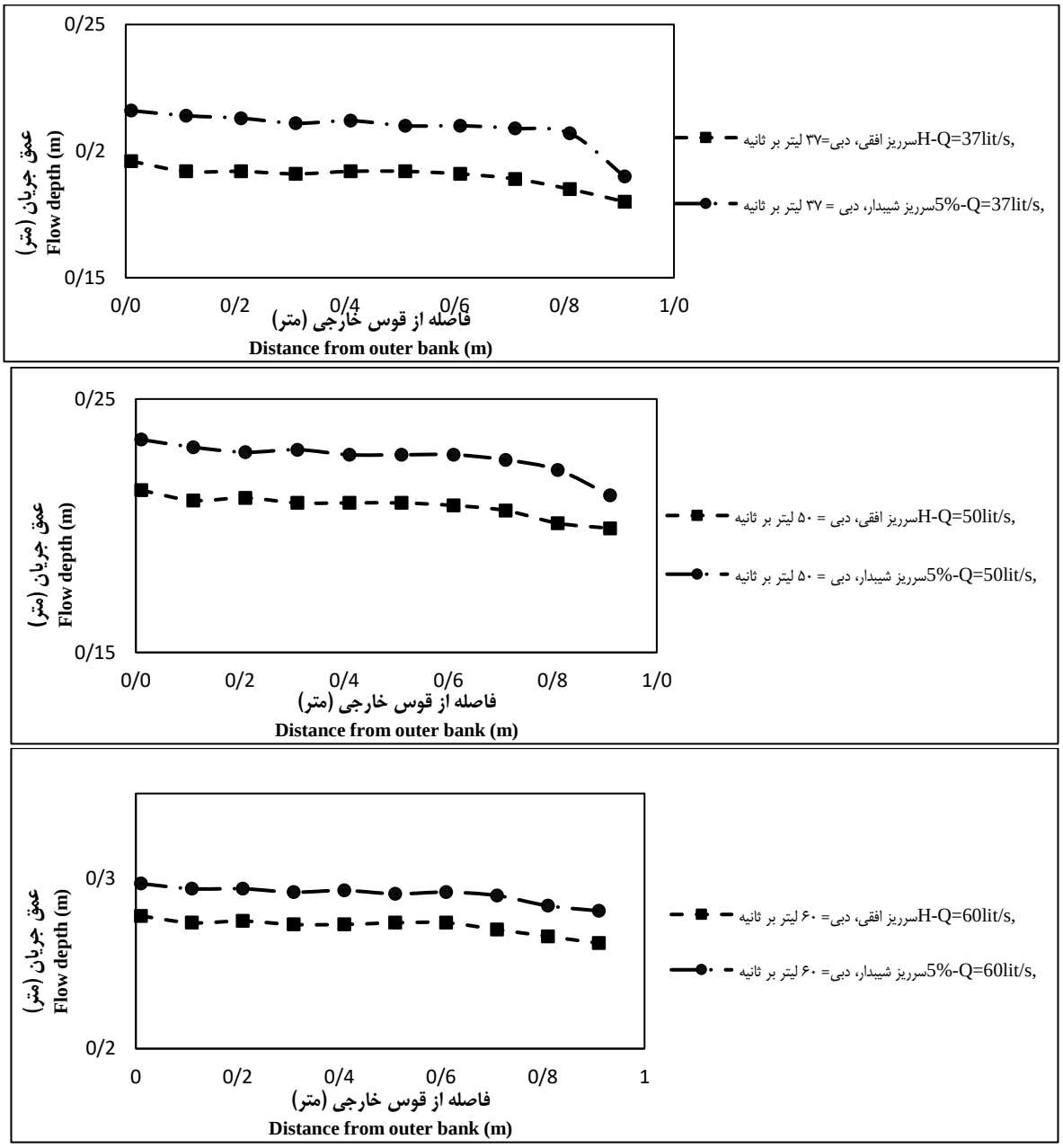
1- Ultrasonic Flow Meter

نتایج و بحث

تحلیل پروفیل‌های عرضی سطح آب

نتایج حاصل از اندازه‌گیری عمق جریان در مقطع ۳۰ درجه، در دو حالت استقرار سرریز افقی و شیب‌دار در شکل (۵) نشان داده شده است. این مقطع به دلیل نزدیک بودن به مقطع آبگیری، بسیار با اهمیت است. هدف از اندازه‌گیری عمق و سرعت جریان در این مقطع، آشنایی با توزیع جریان در مقطع عرضی است. اختلاف عمق آب در دیوارهٔ داخلی و خارجی در شرایط استقرار سرریز افقی در دو بده ۳۷ و ۶۰ لیتر بر ثانیه ۱/۶ سانتی‌متر و در بده ۵۰ لیتر بر ثانیه ۱/۵ سانتی‌متر است. اختلاف عمق آب در دیوارهٔ داخلی و خارجی، در سه بده ۳۷، ۴۵ و ۶۰ لیتر بر ثانیه، در حالت استقرار سرریز شیب‌دار نیز به‌ترتیب ۲/۶، ۲/۲ و ۱/۶ سانتی‌متر است. اختلاف عمق دیوارهٔ داخلی و خارجی در سرریزهای افقی کمتر است تا در سرریزهای شیب‌دار. در نتیجه، سرریزهای افقی در پیچ تند در یکنواختی عمق جریان در مقطع بالادست تأثیر بیشتری دارند. در حالی که در نتایج مربوط به پیچ ملایم در مطالعات مختلف، سرریز شیب‌دار عملکرد بهتری در توزیع عرضی عمق آب داشته است (Valimohammadi & Yasi, 2016; Farhadi & Yasi, 2020; Abdollahpour *et al.*, 2013). تأثیر پیچ و جریان‌های ثانویه بر تراز سطح آب باعث بروز اختلاف در عمق آب در دیواره داخلی و خارجی می‌شود. وجود این اختلاف به دلیل اثرهای ناشی از پیچ است. در این شرایط شیب عرضی سطح آب از حالت افقی خارج شده و به سمت دیوارهٔ داخلی پیچ افت کرده است و به سمت دیوارهٔ خارجی پیچ بالا می‌رود. یکی از علت‌های ایجاد مشکل در مسائل مربوط به رسوب‌گذاری در آبگیری از پیچ رودخانه‌ها نیز مربوط به همین موضوع و الگوی جریان در پیچ رودخانه‌هاست. غیریکنواختی در توزیع عمق در پیچ کانال ملایم در حالت بدون استقرار سرریز توسط محققان نیز تأیید شده است (Valimohammadi & Yasi, 2016; Farhadi & Yasi, 2020; Abdollahpour *et al.*, 2013). مطالعات عبدالله‌پور و ولی محمدی به جای مطالعه بر پیچ تند که در تحقیق حاضر استفاده شده است، بر پیچ ملایم بوده است. همچنین، تحقیقات آنها صرفاً روی تأثیر سرریز در پیچ بوده و آبگیری صورت نگرفته است. با استقرار سرریز در پیچ، عمق آب در عرض یکنواخت‌تر شده است؛ به عبارت دیگر شیب عرضی سطح آب کمتر شده است زیرا سرریز باعث کاهش اثر تلاطم و پیچ شده است. لازم است گفته شود که مطالعات عبدالله پور و همکاران (Abdollahpour *et al.*, 2013)، با بررسی پروفیل‌های عرضی سطح آب در مقطع ۶۰ درجه پیچ ملایم نشان می‌دهد سطح آب در حالت استقرار سرریزهای لبه‌تیز با تاج شیب‌دار در عرض غیریکنواخت بوده است و در مقایسه با حالت استقرار سرریزهای لبه‌تیز با تاج افقی در این مقطع تشابه نشان ندادند. به‌طوری که سطح آب از حالت افقی خارج شده و دارای شیب معکوس نسبت به حالت بدون استقرار سرریز در کانال است.

به این معنی که سطح آب در دیوارهٔ داخلی پیچ یا به عبارتی ساحل چپ کانال بالا آمده و در ساحل راست پایین می آید.



شکل ۵- توزیع عرضی عمق آب در مقطع ۳۰ درجه برای سه حالت بدون سرریز ، با سرریز افقی و با سرریز شیب‌دار

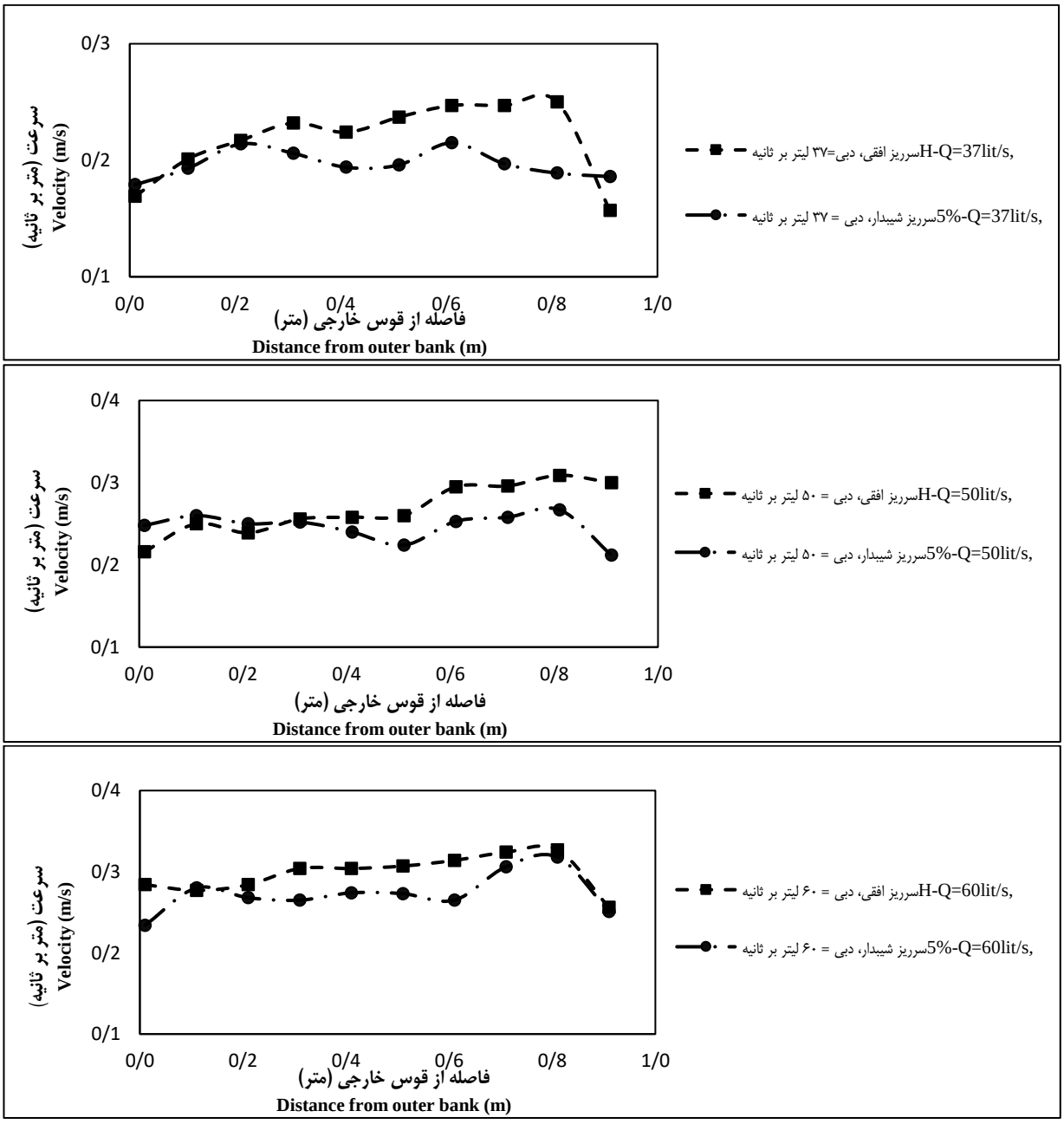
Fig. 5- Distribution of flow depth across a bend in 30 degree position for no weir, horizontal and sloping weir

تحلیل پروفیل‌های عرضی سرعت

نمودارهای مربوط به پروفیل عرضی سرعت متوسط عمقی در مقطع ۳۰ درجه برای دو حالت استقرار سرریز افقی و شیب‌دار در هنگام آبگیری در شکل (۶) نشان داده شده است. متوسط اختلاف سرعت در دیوارهٔ داخلی و خارجی در سرریز افقی و شیب‌دار به‌ترتیب ۰/۰۴ و ۰/۰۲ متر بر ثانیه است. پیچ تند جریان ثانویهٔ قوی دارد و پروفیل‌های سرعت در آن به طور کامل از حالت لگاریتمی دور شده‌اند (Mozaffari *et al.*, 2017).در پیچ تند جریان اصلی و جریان ثانویه با همدیگر تعامل پیدا می‌کنند و مسیر سرعت ماکزیمم را از ورودی پیچ نزدیک دیوارهٔ داخلی به سمت دیوارهٔ خارجی پایین‌دست رأس پیچ منتقل می‌کنند، جایی که بیشترین تنش

برشی اتفاق می‌افتد (Salehzadeh *et al.*, 2020). با استقرار سرریزهای افقی و شیب‌دار، ماکزیمم سرعت در عرض مقطع به سمت دیوارهٔ داخلی پیشروی کرده است.

میزان اختلاف سرعت در دو سمت دیوارهٔ داخلی و خارجی در هر سه بده در حالت استقرار سرریز شیب‌دار کمترین مقدار را دارد. در نتیجه سرریز شیب‌دار در یکنواختی سرعت جریان در این مقطع بهترین عملکرد را داشته است. نتایج بررسی‌های محققان روی پیچ ملایم نیز نشان می‌دهد که با استقرار سرریز با تاج افقی، سرعت جریان توزیع یکنواخت ندارد (Abdollahpour *et al.*, 2013; Valimohammadi & Yasi, 2016; Farhadi & Yasi, 2019).



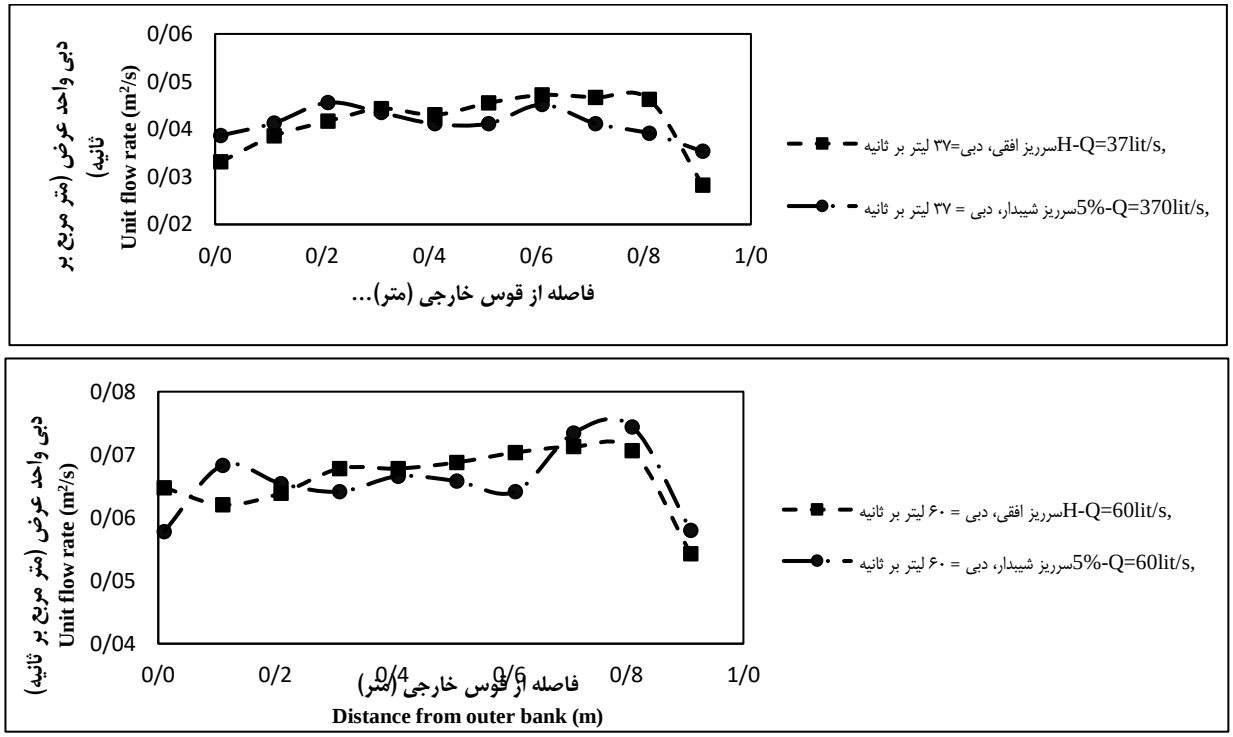
شکل (۶)-توزیع عرضی سرعت آب در مقطع ۳۰ درجه برای سه حالت بدون سرریز ، با سرریزهای افقی و با سرریز شیب‌دار

Fig. 6- Distribution of flow velocity across a bend in 30 degree position for no weir, horizontal and sloping weir

تحلیل پروفیل‌های عرضی بده واحد عرض

شکل ۷، نتایج حاصل از تحلیل پروفیل‌های عرضی بده واحد عرض در مقطع ۳۰ درجه را نشان می‌دهد. متوسط اختلاف دبی واحد عرض در دیوارهٔ داخلی و خارجی با استقرار سرریز افقی و شیب‌دار به‌ترتیب ۰/۰۰۹ و ۰/۰۰۰۱ متر مربع بر ثانیه و بدان معناست که سرریزهای شیب‌دار تأثیر بیشتری در توزیع یکنواخت بده واحد عرض داشته‌اند. بنابراین، فرضیه شیب‌دار کردن تاج سرریز برای برقراری جریان یکنواخت در بالادست پیچ، تأیید می‌شود. ماکزیمم بده نیز در هر دو حالت استقرار سرریز افقی و شیب‌دار به سمت دیوارهٔ داخلی پیشروی کرده است.

به‌طور کلی نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد عمق آب و بده واحد عرض در طول عرض با استقرار سرریزها یکنواخت‌تر شده است؛ به‌عبارتی، شیب عرضی سطح آب کمتر شده زیرا سرریز باعث کاهش اثر تلاطم و پیچ شده است. با استقرار سرریز در پیچ، شیب عرضی در کف ایجاد و تغییراتی رو به یکنواختی در شیب عرضی سطح آب ایجاد می‌شود. ارتباط بین دو شیب عرضی مذکور تابعی از چگونگی توزیع بده واحد عرض کانال است. با استقرار سرریز میزان یکنواختی توزیع بده واحد عرض افزایش یافته است. این مورد در مطالعات ولی محمدی و یاسی (Valimohammadi & Yasi, 2016) در حالت بدون آبگیر و استقرار سرریز لبه‌پهن افقی در پیچ ملایم و فرهادی و یاسی (Farhadi & Yasi, 2020) در حالت آبگیری از طرفین پیچ ملایم در شرایط استقرار سرریز لبه‌پهن افقی نیز تأیید شده است. قرار داشتن سرریز در مقطعی که غیریکنواختی زیادی را در حالت بدون سرریز و سرریز افقی دارد، دلیل بهتر کارکرد سرریزهای شیب‌دار است (Valimohammadi & Yasi, 2016). از این رو با تغییر موقعیت سرریز شیب‌دار در پیچ تند، می‌توان به نتیجه بهتری از توزیع بده واحد عرض رسید.



شکل ۷- توزیع عرضی بده واحد عرض در مقطع ۳۰ درجه برای سه حالت بدون سرریز ، با سرریزهای افقی و با سرریز شیب‌دار

Fig. 7- Distribution of unit flow rate across a bend in 30 degree position for no weir, horizontal and sloping weir

بررسی تأثیر شیب تاج سرریز بر نسبت بده آبگیری

نتایج حاصل از تأثیر شیب تاج سرریز بر نسبت بده آبگیری در پیچ خارجی (Q_{out}) به بده آبگیری در پیچ داخلی (Q_{in})، در جدول ۲ ارائه شده است. با افزایش بده، یکنواختی در آبگیرها بیشتر شده است. محدوده تغییرات نسبت بده آبگیر خارجی به داخلی، در حالت بدون سرریز ۰/۷ تا ۲/۲ است. با ورود جریان به پیچ تند، نیروی گریز از مرکز بر آن اثر می‌کند که این نیرو در راستای شعاع پیچ و نیز در جهت عمق به دلیل تغییرات سرعت، متغیر است. نیروی گریز از مرکز موجود در پیچ، باعث ایجاد شیب عرضی در سطح آب می‌شود که سطح آب را در پیچ بیرونی بالا می‌برد و در پیچ داخلی باعث کاهش عمق می‌شود. این پدیده باعث ایجاد گرادیان فشار جانبی در داخل مقطع خواهد شد. هر گاه گرادیان فشار مزبور بر نیروی گریز از مرکز غلبه کند، جریانی در جهت عرضی داخل مقطع شکل می‌گیرد که همان جریان ثانویه است. در اثر این جریان، ذرات موجود در سطح آب به طرف دیوارهٔ بیرونی حرکت می‌کنند و ذرات سیال در کف به طرف دیوارهٔ داخلی جابه‌جا می‌شوند. به‌دلیل تأثیر متقابل جریان ثانویه با پروفیل غیریکنواخت سرعت طولی، الگوی جریان خاصی به نام جریان حلزونی تشکیل می‌شود که باعث خواهد شد تا تغییرات زیادی در الگوی جریان پیچ نسبت به جریان در کانال مستقیم شکل بگیرد (Salehzadeh *et al.*, 2020). همین امر سبب غیریکنواختی توزیع بده آبگیر داخلی و خارجی است.

با استقرار سرریزها در پیچ، نسبت بده آبگیری در دیوارهٔ داخلی و خارجی تغییر کرده است. محدودهٔ تغییرات نسبت بده آبگیر خارجی به داخلی با استقرار سرریز افقی و شیب‌دار در پیچ، ۱/۰۴ تا ۱/۵ است. کمترین نسبت در این حالت مربوط به کمترین بده ورودی به آبراهه با شرایط استقرار سرریز افقی است. سرریز شیب‌دار در توزیع یکنواخت بده آبگیری در آبگیرهای دو طرف سرریز عملکرد بهتری داشته است. وجود سرریز به کاهش شیب عرضی سطح آب در مقطع شاهد بالادست سرریز کمک می‌کند. در نتیجه مقدار آب ورودی به آبگیرهای طرفین سرریز در پیچ در هر دو طرف برابر است. نتایج توزیع بده در آبگیرهای طرفین پیچ، کارایی فرضیه شیب‌دار کردن تاج سرریز در هدایت یکنواخت جریان به سمت آبگیرهای طرفین پیچ را تأیید می‌کند. نتایج بررسی یکنواختی بده آبگیری در سمت دیوارهٔ داخلی و خارجی در پیچ ملایم، در مطالعات فرهادی و یاسی (Farhadi & Yasi, 2020) نیز نشان داده‌است که بیشترین یکنواختی جریان در آبگیرها، در زاویهٔ آبگیری صفر درجه و موقعیت ۶۰ درجه سرریز شیب‌دار اتفاق می‌افتد.

جدول ۲. نسبت بده آبگیر خارجی به داخلی در سه حالت بدون سرریز، با سرریز افقی و با سرریز شیب‌دار

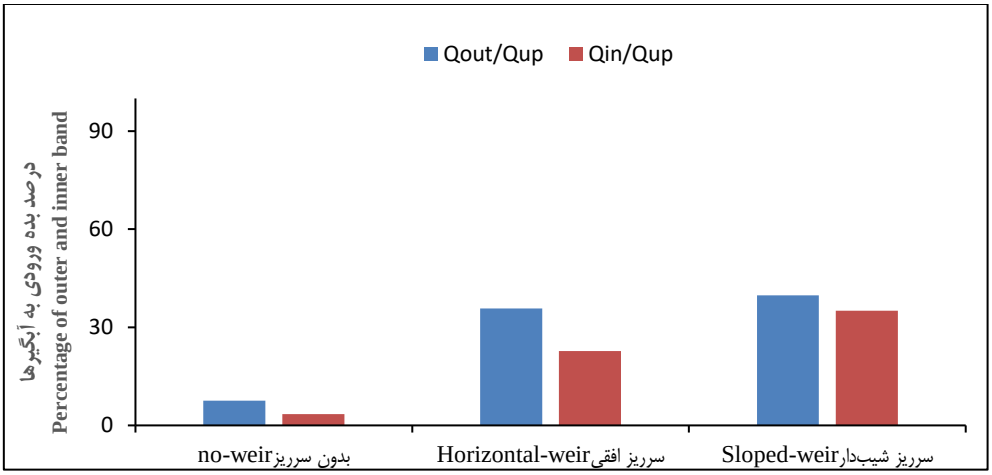
Table 2- Inflow ratio of the outer and inner intakes for no weir, and horizontal and sloping weirs

بده کل (لیتر بر ثانیه) Discharge (l/s) Q_{up}	بده آبگیر داخلی/ بده آبگیر خارجی Outer bank discharge / Inner bank discharge Q_{out} / Q_{in}		
	بدون سرریز	سرریز افقی	سرریز شیب‌دار
۳۷	۲/۲	۱/۵	۱/۱۳
۵۰	۲/۱	۰/۹	۱
۶۰	۰/۷	۱/۰۴	۱/۰۶

با در نظر گرفتن نسبت بده آبگیر داخلی به بده کل و نسبت بده آبگیر خارجی به بده کل می‌توان به درصد بده ورودی به آبگیرها پی برد. نتایج به‌دست آمده از مقایسهٔ نسبت‌های مذکور در شکل‌های ۸ تا ۱۰ ارائه شده است. در حالت بدون استقرار سرریز، با عبور بده ۳۷ و ۵۰ لیتر بر ثانیه، ۳ درصد بده وارد آبگیر داخلی و ۷ درصد بده وارد آبگیر خارجی می‌شود و با عبور بده ۶۰ لیتربر ثانیه ۹ و ۷ درصد جریان وارد آبگیر به ترتیب داخلی و خارجی می‌شود. با استقرار سرریز افقی، با عبور بده ۳۷ لیتر بر ثانیه، ۲۲ درصد بده وارد آبگیر داخلی و ۳۵ درصد بده وارد آبگیر خارجی می‌شود، با عبور بده ۵۰ لیتربرثانیه ۳۰ و ۲۷ درصد جریان وارد آبگیر به‌ترتیب داخلی و خارجی می‌شود و در بده ۶۰ لیتر بر ثانیه ۲۶ و ۲۷ درصد جریان وارد آبگیر به‌ترتیب داخلی و خارجی می‌شود. مقایسه نسبت بده ورودی به آبگیر داخلی و خارجی، در حالت بدون سرریز و سرریز افقی نشان می‌دهد در هر سه بده ورودی استقرار سرریز افقی سبب افزایش یکنواختی در بده ورودی و افزایش بده ورودی به آبگیرها شده است.

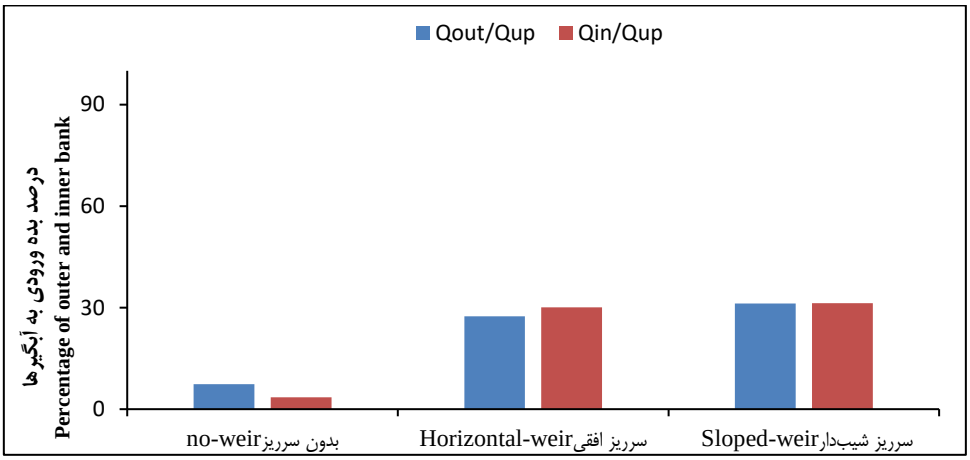
به هنگام استقرار سرریز شیب‌دار، با عبور بده ۳۷ لیتر بر ثانیه، ۳۵ درصد بده وارد آبگیر داخلی و ۳۹ درصد بده وارد آبگیر خارجی می‌شود. با عبور بده ۵۰ لیتر بر ثانیه، ۳۱ درصد بده وارد به‌ترتیب پیچ داخلی و خارجی می‌شود. با عبور بده ۶۰ لیتر بر ثانیه نیز ۲۶ و ۲۷ درصد بده به‌ترتیب وارد آبگیر پیچ داخلی و خارجی می‌شود. مقایسهٔ دو حالت استقرار سرریز افقی و شیب‌دار نشان می‌دهد که در هر سه بده ورودی استقرار سرریز شیب‌دار سبب افزایش یکنواختی در بده ورودی و افزایش بده ورودی به آبگیرها شده است. عملکرد هر دو سرریز نیز در دبی بیشتر، بهتر است. می‌توان به این مورد نیز اشاره کرد که با استقرار سرریزها، بده بیشتری نسبت به حالت بدون سرریز وارد آبگیرها می‌شود. با توجه به اینکه چگونگی توزیع بده واحد عرض کانال تابعی از شیب عرضی کف و شیب عرضی سطح آب است، با استقرار سرریز و تغییر شیب تاج سرریز، شدت تغییرات بده در واحد عرض تقریباً ثابت می‌شود.

همین امر باعث ورود بده تقریباً یکسان به آبگیرها می‌شود.



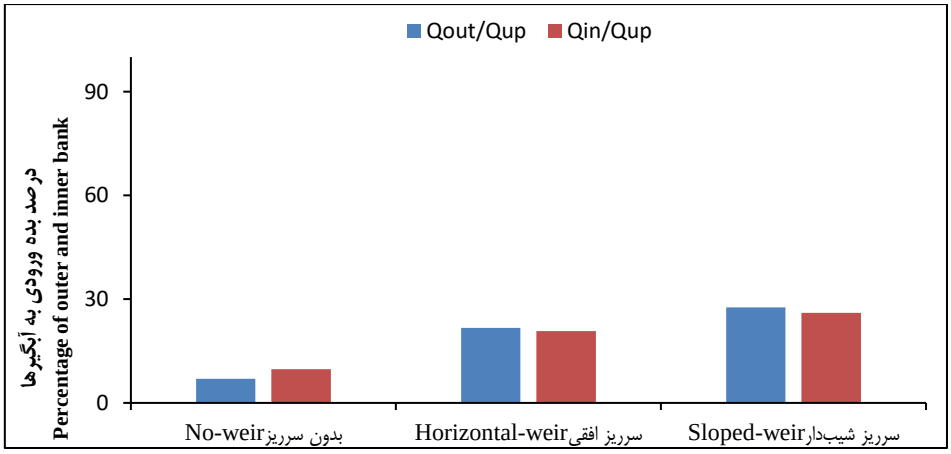
شکل ۸. نسبت بده آبگیر داخلی و خارجی به بده کل در سه حالت بدون استقرار سرریز، سرریز افقی و با سرریز شیب‌دار (بده ورودی ۳۷ لیتر بر ثانیه)

Fig. 8- The ratio of the flow into the inner and outer intake to the upstream discharge for no weir, and horizontal and sloping weirs (Q=37l/s)



شکل ۹-نسبت بده آبگیر داخلی و خارجی به بده کل در سه حالت بدون استقرار سرریز، با سرریز افقی و با سرریز شیب‌دار (بده ورودی ۵۰ لیتر بر ثانیه)

Fig. 9- The ratio of the flow into the inner and outer intake to the upstream discharge for no weir, and horizontal and sloping weirs (Q=50l/s)



شکل ۱۰. نسبت بده آبگیر داخلی و خارجی به بده کل در سه حالت بدون استقرار سرریز، با سرریز افقی و با سرریز شیب‌دار (بده ورودی ۶۰ لیتر بر ثانیه)

Fig. 10- The ratio of the flow into the inner and outer intake to the upstream discharge for no weir, and horizontal (and sloping weirs (Q=60l/s)

نتیجه‌گیری

ساخت سد انحرافی و سرریز در محدودهٔ پیچ رودخانه، مشکلاتی از نظر غیریکنواختی هدایت جریان به آبگیرهای دو طرف پدید می‌آورد. در این تحقیق، اثربخشی شیب تاج سرریز بر بده ورودی به آبگیرهای دو طرف سرریز در یک پیچ تند ۹۰ درجه آزمایش شد. خلاصهٔ نتایج این بررسی به شرح زیر است:

- وجود شیب عرضی سطح آب در پیچ تند در حالت بدون سرریز، باعث غیریکنواختی در توزیع بده ورودی به آبگیرهای داخلی و خارجی می‌شود.
- صرف‌نظر از شیب تاج سرریز، احداث سرریزهای لبه‌پهن برای یکنواختی توزیع بده آبگیرهای دو طرف سرریز در پیچ رودخانه توصیه می‌شود.
- آبگیری در زمان‌های پر آبی در آبگیرهای دو طرف سرریز در پیچ تند بهتر است.

- در سه حالت بدون سرریز، با سرریز افقی و با سرریز شیب‌دار، بیشترین یکنواختی در بده ورودی به دو آبگیر در بده حدکثر جریان بالادست (۶۰ لیتر بر ثانیه) بوده است که در آن نسبت بده آبگیر دیوارهٔ خارجی به دیوارهٔ داخلی به‌ترتیب ۰/۷، ۱/۰۴و ۱/۰۶ بوده است.

- متوسط نسبت بده آبگیر در دیوارهٔ خارجی به دیوارهٔ داخلی در سه حالت بدون سرریز، با سرریز افقی و با سرریز شیب‌دار به‌ترتیب ۱/۶، ۱/۱۷ و ۱/۰۶ بوده است.

- در شرایط مختلف جریان از بالادست، سرریز با تاج شیب‌دار بیشترین اثربخشی را بر یکنواختی بده ورودی به دو آبگیر داشته است. به‌طور متوسط، نسبت بده آبگیر در دیوارهٔ خارجی به داخلی در سرریز شیب‌دار، ۱۱ درصد افزایش در یکنواختی بده ورودی به آبگیرها داشته است.

مراجع

Abdollahpour, M., Yasi, M., Behmanesh, J. & Vaghefi, M. (2013). Experimantal investigation of sloping sharp crested weir in a channel bend. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 7(22), 79-82. (in Persian)

Anjum, N., Ghani, U., Ahmed Pasha, G., Latif, A., Sultan, T. & Ali, S. (2018). To Investigate the Flow Structure of Discontinuous Vegetation Patches of Two Vertically Different Layers in an Open Channel. *Water*, 10(1), p.75.

Asnaashari A. & Merufinia E. (2015). Numerical Simulation of Velocity Distribution in the River Lateral Intake Using the SSIIM2 Numerical Model. *Cumhuriyet Science Journal*, 36(3): 1473-1486.

Biswal, S.K., Mohapatra, P. & Muralidhar, K. (2016). Hydraulics of combining flow in aright-angled compound open channel junction. *Sadhana*, 41(1), pp.97-110.

Boss. M. (1988). Discharge Measurement Structures. *2nd Ed. International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI Wageningen*. 1978, Netherlands.

Elyasi, S., Eghbalzadeh, A., Vaghefi, M. & Javan, M. (2012). NUMERICAL SIMULATION OF FLOW pattern in 90 degree bend using Flow 3D, *11th Iranian Hydraulic Conference*. November. 6. Urmia university, Urmia, Iran. (in Persian)

Farhadi, A., & Yasi, M. (2019). Study of Uniformity of Flow Rate at Bilateral Water intakes of a Broad-Crested Weir in a Channel Bend. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 5(13), p. 1294-1306. (in Persian)

Farhadi, A., & Yasi, M. (2020). Study of the effect of sloping-broad crested weir on the uniformity of flow into bilateral intakes in a channel bend. *Journal of Water and Irrigation Management*, 10 (13), 317-330. (in Persian)

Gholami, A., Akhtari, A.A. & Mahmoudi nia, Sh. (2012). Investigation of flow characteristics in 90 Degree Sharp Rectangular Bend using a three-dimensional numerical model. *11th Iranian Hydraulic Conference*. November. 6. Urmia university, Urmia, Iran. (in Persian)

Gómez-Zambrano, H.J. López-Ríos, V.I. & Toro-Botero, F.M. (2017). New methodology for calibration of hydrodynamic models in curved open-channel flow. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (83), p.82.

Goudarzizadeh, R. Hedayat, N. & Jahromi, S. (2010). Three-dimensional simulation of flow pattern at the lateral intake in straight path, using finite-volume method. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 47, 656-661.

Haddad, H. Ahmad, E. & Azizi, K. (2017). Numerical simulation of the inlet sedimentation rate to lateral intakes and comparison with experimental results. *Journal of Research on*

Ecology, 5(1):464 - 472.

Heidarirad, P. Kamanbedast, A. A. Heidarnezhad, M. Masjedi, A. R. & Hasoonizadeh, H. (2020). The Effect of Convergence and Divergence on Flow Pattern and Sediment Transport in Lateral Intakes. *JWSS*, 24 (1) :69-82.

hosseini mobara, E. & Yasi, M. (2016). Performance of Crump Weirs in a Channel Bend. *Iranian Water Researches Journal*, 10(1), 59-67. (in Persian)

Mirzaei, S.H.S., Ayyoubzadeh, S.A. & Firoozfar, A.R. (2014). The Effect of Submerged-Vanes on Formation Location of the Saddle Point in Lateral Intake from a Straight Channel. *American Journal of Civil Engineering and Architecture*, 2(1), pp.26-33.

Mozaffari, J., Mohseni Movahhed, S.A. & maghami, D. (2017). COMPARISON OF TURBULENCE MODELS ON SHARP BEND using Fluent model. *Iranian Water Researches Journal*, 11(1), 129-138. (in Persian)

Ouyang, H.T. & Lin, C. P. (2016). Characteristics of interactions among a row of submerged vanes in various shapes. *Journal of hydro-environment research*, (13), 14-25.

Ramamurthy, A.S., Junying Q.U. & Diep, V.O. (2007). Numerical and experimental study of dividing open-channel flows. *Journal of Hydraulic Engineering*, 133(10):1135-1144.

Rozovskii, I.L. (1957). Flow of Water in Bends of Open Channels. *Academy of Sciences of the Ukrainian SSR*, Kiev, 233 p.

Salehzadeh, M., Hemmati, M., Yasi, M. & Lanzoni, S. (2020). The Patterns of Erosion and Sedimentation with Bendway Weirs at a 90 ° Bend. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, No. 3, Vol. 14, P. 905-917.

Serajian, T.M., Kamanbedast, A., Masjedi, A., Heidarnejad, A. & Hasonizadeh, A. (2020). Laboratory evaluation of the combined effect of convergence and submerged vanes on lateral Intakes sediment input at 90^0 river bends. *Ain Shams Engineering Journal*, 11(1), 245-252.

Seyedian S M., Bajestan M S. & Farasati, M. (2014). Effect of bank slope on the flow patterns in river intakes. *Journal of Hydrodynamics*, 26(3), 482-492.

Schindfessel, L., Creëlle, S. & De Mulder, T. (2017). How Different Cross-Sectional Shapes Influence the Separation Zone of an Open-Channel Confluence. *Journal of Hydraulic Engineering*, 143(9), p.04017036.

Sozepour, A., Shafaei, M. & Ghado, Y. (2012). Experimental Investigation of Flow Pattern at a 90 Degree Sharp Rectangular Bend. *Journal of Water and Soil Science*, 23(2), 257-268. (in Persian)

Valimohamadi, A. & Yasi, M. (2016). Hydraulic Evaluation of Horizontal and Sloping Broad-Crested Weirs in a Channel Bend. *Journal of Applied Research in Irrigation and Drainage Structures Engineering, 16(65), 55-70.* (in Persian)

Wang, J., Chen, L., Zhang, W. & Chen, F. (2019). Experimental study of point bar erosion on a sand-bed sharp bend under sediment deficit conditions. *Sedimentary Geology*, 385, 15–25.

Zahiri, A. & Najafzadeh, M. (2018). Optimized expressions to evaluate the flow discharge in main channels and floodplainsusing evolutionary computing and model classification. *International Journal of River Basin Management*, 16(1), 123-132.

Irrigation and Drainage Structures Engineering Research/Vol.22/No.85/ Winter 2021/P:75-90

Experimental Investigation of the Effect of Sloping-Broad Crested Weirat Bilateral Water Intakes in 90^0 Sharp Bend

L. Mehrdar, M. Hemmati* and M. Yasi

* Corresponding Author: Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran. Email: mhemmati1982@yahoo.com
Received: 16 December 2021, Accepted: 15 June 2022

Introduction

Most rivers are naturally meandering and are constantly eroding on the outer bank and sedimentation on the inner bank. As a result, cognition of the flow pattern in river bends is critical. Today, one of the constructions employed in river bends is the diversion dam. When the position of the bend changes, the diversion dam alters and its position shifts. Moreover, the adjacent agricultural lands' water requirements necessitate the intake construction on both sides. Hence, it is significant to study broad-crested weirs as one of the structures for maintaining uniformity of flow in river bends and during dewatering. In general, the presence of in-stream structures such as sediment control structures or out-of-river structures such as intakes at the bend of rivers require further investigations on sedimentation problems and flow patterns. One way to maintain a uniform flow in river bends is to create a secondary flow by broad crested weirs. Accordingly, the primary purpose of this study is to investigate the flow pattern and evaluate the uniformity of the distribution of unit flow discharge distribution at the intakes located on both sides of the broad crested weir in a 90-degree bend using a laboratory model.

Methodology

The experiments were carried out in a rectangular flume trough 0.92 width, 0.6 depth, and 90-degrees bend. Indeed, the radius of relative curvature of the bend is 2.05, which falls into the category of sharp bends. The weir model is of the broad crested weir type, and the intakes were placed on both sides of the weir in the direction of flow and with an angle of zero. The weir was installed at an angle of 60 degrees from the bend inlet, and velocity and depth were measured in various transverse and longitudinal sections. All experiments were run at three flow rates of 37, 50, and 60 liters per second.

Results and Discussion

In general, the results show that bends and secondary flows affected the water level and caused a difference in water depth in the inner and outer banks in the case of without weir. This difference is indeed due to the effects of the bend. In this event, the side slope of the water surface deviates from the horizontal position and falls towards the inner bank of the bend, and rises towards the outer bank of the bend. One of the motives for the problems associated with sedimentation in river bend dewatering is related to this issue and the flow pattern in river bends. With the installation of a horizontal crest weir in the bend, the uniformity of the distribution of unit flow discharge has increased.

However, in the case of the inclined sloped weir, the difference in unit flow discharge of the inner and outer bank is the largest compared to the other two cases. Therefore, the performance of the sloped crest weir was not acceptable in the sharp bend and upstream control section. The

results of the discharge distribution in the intakes on both sides of the bend confirms the effectiveness of the hypothesis that the slope of the weir crest directs flow to the catchments on both sides of the bend. With the weir installation, more water flows into the intakes than without a weir.

Conclusions

- Regardless of the effect of the weir slope, the distribution of flow in the intakes on either side of the weir is more uniform than without the weir due to weir construction in the bend.
- The sloped crest weir has contributed to the distribution of intakes discharge.
- The highest uniformity of dewatering on either side of the weir was at an inlet in maximum flow discharge. The discharge ratio of the outer bank intake to the inner bank in the horizontal crest weir and sloped crest weir was 1.04 and 1.06, respectively.
- A sloped crest weir crown has the most significant influence on the uniformity water flow on both sides of the weir in all cases of the upstream inlet flows. An average, the discharge ratio of intakes in the outer bank to the inner bank in sloped crest increased by 11%, compared to the case of horizontal crest weir.

Keywords: broad crested weir, crest slop, intake, sharp bend