

مقاله پژوهشی

اثر تنگ‌شدگی پایین دست بر روی دبی سرریز جانبی

احسان پارسی^۱، کاظم الله‌دادی^۲، امیررضا بهره‌بر^{۳*}، رسول فرهادی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۱

چکیده

سرریزهای جانبی از جمله سازه‌های مهم در شبکه‌های آبیاری و زهکشی هستند که به عنوان سازه حفاظتی در بالادست سیفون‌های معکوس و زیرگذر جاده‌ها بکار برده می‌شوند. در این تحقیق با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی، برای دو موقعیت قرارگیری سرریز جانبی به صورت مورب و در دیواره تغییر عرض و به صورت مستقیم و در دیواره بدون تغییر عرض، رابطه جدیدی بر اساس عمق بحرانی جریان روی سرریز، برای تعیین دبی تخلیه سرریزهای جانبی (Q_w) در کانال‌های مستطیلی با تنگ‌شدگی در پایین دست سرریز ارائه شده است. نتایج نشان داد که ظرفیت تخلیه سرریزهای مورب با کاهش عرض در پایین دست بیشتر از سرریزهای نرمال است و همچنین سرریزهای مورب که در دیواره کاهش عرض قرار گرفته‌اند بیشتر از حالتی است که سرریز در دیواره مستقیم و بدون کاهش عرض قرار دارد. در نهایت با مقایسه روابط بدست آمده از آنالیز ابعادی در دو نوع سرریز می‌توان نتیجه گرفت که دبی عبوری سرریزهای جانبی که در دیواره مورب قسمت انتقالی قرار گرفته است به‌طور میانگین برای حالات مختلف حدود ۷/۵۰ درصد بیشتر از حالتی است که سرریز در دیواره مستقیم سرریز قرار گرفته که علت آن تداخل کمتر خطوط جریان می‌باشد. همچنین قسمت تنگ‌شده پایین دست مانند مانع عمل کرده و باعث افزایش عمق جریان و انحنای کمتر خطوط جریان شده و جریان با افت کمتری از روی این سرریز عبور می‌کند.

واژه‌های کلیدی: سرریز، ضریب تخلیه، عمق بحرانی، کاهش عرض مقطع

مقدمه

برخورد دارند. با وجود موارد کاربرد وسیع سرریزهای جانبی تاکنون حل کامل تحلیلی معادلات حاکم بر جریان سرریزهای جانبی صورت نپذیرفته است (Haddadi and Rahim pour, 2012). شرایط هیدرولیکی جریان در این نوع سرریزها به صورت سه‌بعدی است و خطوط جریانی که از کف و جداره مقابل سرریزها به سمت سرریز حرکت می‌کنند باعث آشفتگی جریان می‌شود بنابراین اندازه‌گیری دبی با روش‌های ساده و روابط معمول امکان‌پذیر نخواهد بود (Borghei and Parvaneh, 2011). از آغاز قرن قبل تاکنون رفتار جریان در سرریزهای جانبی توجه زیادی را به خود معطوف داشته و مطالعات زیادی در این خصوص انجام گرفته است که اغلب ماهیت تجربی دارند. دیمارچی با فرض ثابت بودن انرژی معادله حاکم بر جریان را بدست آورد و برای محاسبه دبی خروجی از سرریز جانبی ضریب شدت جریان را که به نام ضریب دیمارچی نیز شناخته شده است معرفی نمود (De Marchi, 1934). سایرامانی و آواستی معادله دیفرانسیل عمومی جریان متغیر مکانی با کاهش دبی در یک کانال مستطیلی افقی را که در آن یک سرریز جانبی با ارتفاع صفر یا محدود را مورد توجه قرار داد و با انجام آزمایش‌ها برای جریان زیربحرانی و

سرریزهای جانبی به‌طور گسترده برای کنترل سطح آب در سیستم کانال‌های آبیاری و زهکشی، در پروژه‌های حفاظت سیلاب جهت خارج نمودن آب اضافی به درون کانال تخلیه و در سیستم‌های زهکشی شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند. علاوه بر این سرریزهای جانبی برای برداشت مقدار معینی آب از رودخانه‌ها، مخازن سدها و کانال‌های آبیاری به‌طور پیوسته و به صورت ثقلی از اهمیت ویژه‌ای

- ۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، اهواز، ایران
- ۲- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، اهواز، ایران
- ۳- دکتری مهندسی آب، شرکت آب منطقه‌ای استان کهگیلویه و بویراحمد، یاسوج، اهواز، ایران
- ۴- کارشناس مهندسی آب، مدیرعامل شرکت آب منطقه‌ای استان کهگیلویه و بویراحمد، یاسوج، اهواز، ایران

* - نویسنده مسئول: (Email: bahrebarsh@yahoo.com)
DOR: 20.1001.1.20087942.1400.15.2.18.0

نمودند و مدل ریاضی برای تعیین ضریب تخلیه سرریز جانبی در کانال دوزنقه ای پیشنهاد کردند. یوماز سرریز جانبی در کانال‌های مثلثی را مورد مطالعه قرار داد و یک مدل عددی تفاضل محدود را بر اساس فرض ثابت بودن انرژی در شرایط جریان زیربحرانی و فوق-بحرانی برای محاسبه دبی تخلیه و پروفیل سطح آب ارائه نمود (Uymaz, 1992). هنر و جوان در تحقیقات خود بر روی ضریب دبی در سرریزهای جانبی مایل به این نتیجه رسیدند که زاویه تمایل $17/5$ درجه در این نوع سرریزها، عملکرد تخلیه سرریز را نسبت به سرریزهای غیرمایل تا 40 درصد بهبود می‌بخشد (Honar and Javan, 2007). امیرقلو و همکاران با مطالعه بر روی ضریب تخلیه سرریزهای جانبی مستطیلی لبه تیز تحت شرایط جریان بحرانی، معادله‌ای برای محاسبه ضریب تخلیه این نوع سرریزها با ضریب خطای $4/54$ درصد ارائه دادند (Emiroglu et al., 2011). پروانه و همکاران معادله‌ای برای ضریب تخلیه سرریزهای زیگزاگی نامتقارن ارائه دادند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که ضریب تخلیه سرریزهای زیگزاگی نامتقارن به ترتیب تا $1/6$ و $2/35$ برابر کارآمدتر از سرریز زیگزاگی متقارن و سرریز مستطیل است (Parvaneh et al., 2012). کاسترو اورگاز و هگر نقش ضرایب تصحیح مومنتوم و انرژی در سرریزهای جانبی در کانال مستطیلی را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند (Castro-Orgaz and Hager, 2012). نوآک و همکاران خصوصیات جریان زیربحرانی را در سرریزهای لبه‌تیز مستطیلی در کانال مستطیلی مورد بررسی قرار دادند و معادله‌ای برای محاسبه ضریب تخلیه سرریزهای جانبی در شرایط مورد آزمایش ارائه دادند (Novak et al., 2013). عظیمی و همکاران در تحقیقی، تلاطم جریان و تغییرات سطح آزاد فوق‌بحرانی در یک کانال دایره‌ای در امتداد یک گودال جانبی با استفاده از مدل تلاطم RNG $k-\epsilon$ و حجم سیال (VOF) به صورت سه‌بعدی شبیه‌سازی کردند (Azimi et al., 2016). عظیمی و همکاران به مطالعه سرریز جانبی مستطیلی در کانال دوزنقه‌ای پرداختند و معادله‌ای را برای تخمین ضریب بده سرریز ارائه نمودند (Azimi et al., 2017a). عظیمی و همکاران در تحقیقی دیگر به تحلیل حساسیت عوامل مؤثر بر ضریب بده سرریزهای جانبی مستطیلی واقع در کانال دوزنقه‌ای پرداختند. طبق این تحقیق عدد فرود مؤثرترین پارامتر بر ضریب بده سرریز جانبی می‌باشد (Azimi et al., 2017b). طبق مطالعات پارسایی و حقیایی نیز عدد فرود مؤثرترین پارامتر بر ضریب بده سرریز جانبی مستطیلی می‌باشد (Parsaie and Haghiabi, 2017). مانرازونی و همکاران به بررسی آزمایشگاهی و عددی یک‌بعدی جریان روی سرریز جانبی در کانال همگرا شونده پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که سرریز جانبی در یک کانال همگرا نسبت به کانال معمولی، می‌تواند مقدار بهره‌وری بالاتری داشته باشد (Maranzoni et al., 2017). قربان‌نیا و اقبال‌زاده (۱۳۹۶) در پژوهش خود با استفاده از

فوق‌بحرانی، روابطی را برای محاسبه ضریب تخلیه سرریزهای جانبی لبه تیز ارائه نمود (Subramanian and Awasthy, 1972). یوتج با مطالعه پژوهش‌های سابرامانیا و آواستی بیان کرد که معادله ارائه شده توسط نامبردگان برای ارتفاع سرریز ($w > 0$) و عدد فرود ($Fr > 0$) دارای خطا است و رابطه‌ای را برای تعیین ضریب شدت جریان در سرریزهای جانبی مستطیلی شکل پیشنهاد کرد (Yu-Tech, 1972). تحقیقات رانگاراجو در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه رورکی هندوستان که در ابتدا به منظور بررسی صحت معادله دیمارچی در برآورد میزان تخلیه از سرریزهای لبه تیز ولبه پهن انجام شد نهایتاً منجر به ارائه روابطی برای محاسبه ضریب تخلیه برای هریک از سرریزهای ذکر شده گردید (Ranga Raju et al., 1979). هگر با صادق ندانستن فرض رابطه دبی سرریز نرمال در سرریزهای جانبی فرمول جدیدی را برای سرریزهای جانبی پیشنهاد کرد و اظهار داشت که ضریب شدت جریان وابسته به عوامل نسبت سرعت به عمق جریان، زاویه جریان خروجی و شکل کانال می‌باشد (Hager, 1987). چئونگ تحقیقات خود را بر روی سرریزهای جانبی مستطیلی در کانال‌های دوزنقه‌ای متمرکز نمود و رابطه‌ای برای محاسبه ضریب تخلیه در این حالت ارائه نمود (Cheong, 1991). سینگ و همکاران نشان دادند که ضریب شدت جریان علاوه بر عدد فرود بالادست به نسبت ارتفاع سرریز به عمق جریان بالادست سرریز نیز بستگی دارد و با استفاده از رگرسیون گیری چندمتغیره، رابطه‌ای برای محاسبه ضریب تخلیه بدست آوردند (Singh et al., 1994). در مطالعات سوامی و همکاران مفهوم جدیدی به نام ضریب شدت جریان موضعی مورد توجه قرار گرفت و برای محاسبه ضریب شدت جریان در سرریزهای لبه‌تیز بدون دیواره در دو طرف کانال جانبی رابطه‌ای ارائه کردند (Swam et al., 1994). ایزدجو و شفافی‌بجستان (۱۳۷۵) پس از ارائه یک مدل کامپیوتری برای محاسبه پروفیل سطح آب در طول سرریز جانبی رابطه‌ای برای محاسبه ضریب تخلیه جریان در سرریزهای مستطیلی لبه تیز پیشنهاد نمودند. جلیلی و همکاران در مطالعات تاثیر پارامترهای مختلف بر ضریب تخلیه بررسی شده است (Jalili et al., 1996). برقی و همکاران (۱۳۸۲) نشان دادند که در جریان‌های فوق‌بحرانی فرض ثابت بودن انرژی مخصوص در طول سرریز صحیح نمی‌باشد و توصیه کردند در تحلیل سرریزهای جانبی در حالت جریان فوق‌بحرانی از معادله اندازه حرکت استفاده شود. آن‌ها همچنین با در نظر گرفتن عمق روی سرریز به عنوان عمق بحرانی دبی سرریز جانبی را محاسبه و رابطه‌ای برای محاسبه ضریب تخلیه ارائه دادند. قدسیان مفهوم جدید ضریب دبی تحت عنوان ضریب دبی المانی به صورت تابعی از نسبت عمق جریان با ارتفاع سرریز ارائه نمود و روشی را برای محاسبه دبی سرریزهای جانبی معرفی کرد (Ghodsian, 1998). فراروی و همکاران (۱۳۸۰) اثر شیب جانبی دیواره کانال اصلی و ارتفاع سرریز جانبی را روی ضریب تخلیه سرریز جانبی بررسی

دست، به کمک خصوصیات هندسی و هیدرولیکی است. نوآوری دیگر این تحقیق استفاده از عمق بحرانی بالادست سرریز در ارائه رابطه‌ای جدید است که در آن، با استفاده از خصوصیات هندسی و هیدرولیکی اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه، دبی سرریزهای جانبی یا مقدار عمق بحرانی روی تاج سرریز، برآورد می‌شود.

مواد و روش‌ها

در جدول (۱) برخی از مهمترین روابط محاسبه ضریب تخلیه سرریز جانبی در شرایط جریان زیر بحرانی ارائه شده است. کلیه محققین بر اساس رابطه (۱) ضریب دبی را با اندازه‌گیری‌های مورد نظر خویش و صرفاً برای مقاطع مستطیل شکل برآورد کرده‌اند.

$$q = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g} (y - w)^{\frac{3}{2}} \quad (1)$$

پارامترهای رابطه (۱) C_d ضریب دبی، y عمق جریان روی سرریز، w ارتفاع تاج سرریز، q دبی در عرض واحد طول سرریز می‌باشند.

نرم‌افزار Flow3D، به بررسی الگوی جریان روی سرریز جانبی در یک کانال مستطیلی همگرا (دارای کاهش عرض در جهت طولی جریان)، با بهره‌گیری از مدل آشفتگی RNG k-ε به‌منظور بستن معادله‌های ناویراستوکس، و روش حجم سیال برای مدل‌سازی تغییرات پروفیل سطح آزاد، پرداختند. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده قابلیت مدل عددی در شبیه‌سازی الگوی جریان از روی این نوع سرریز می‌باشد.

در خصوص ضریب دبی در کانال‌های مستطیلی با تنگ‌شدگی پایین‌دست سرریز تاکنون پژوهشی صورت نپذیرفته است. این تنگ‌شدگی در پایین‌دست، مانند یک مانع عمل می‌کند و باعث افزایش عمق آب و دبی عبوری روی تاج سرریز می‌شود. لذا ضرورت بررسی‌های تکمیلی جهت تعیین دبی عبوری و خصوصیات هیدرولیکی سرریزهای جانبی در کانال‌های مستطیلی با تنگ‌شدگی در پایین‌دست احساس می‌شود. نوآوری این تحقیق نسبت به پژوهش‌های پیشین در این زمینه، ارائه رابطه‌ای جهت محاسبه مستقیم دبی عبوری سرریزهای جانبی در کانال‌های مستطیلی با تنگ‌شدگی در پایین-

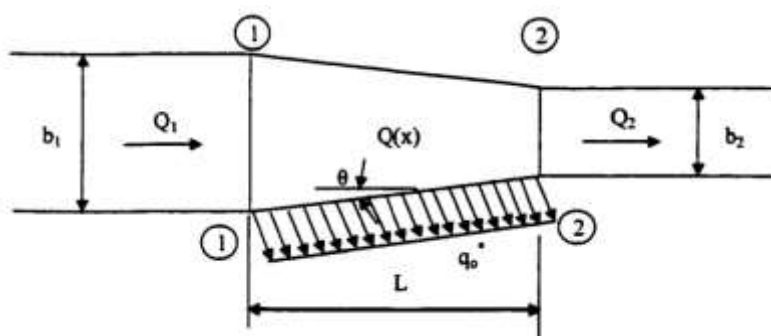
جدول ۱- مهمترین روابط ارائه‌شده در زمینه محاسبه ضریب دبی سرریزهای جانبی

نام محقق	رابطه
Subramanian (1972)	$C_d = 0.864 \sqrt{\frac{1 - Fr_1^2}{2 + Fr_1^2}}$
Yu-Tech (1972)	$C_d = 0.622 - 0.222 Fr_1^2$
Nandesamoorthy, and Thomson, (1972)	$C_d = 0.432 \sqrt{\frac{2 - Fr_1^2}{1 + 2Fr_1^2}}$
Ranga Raju et al., (1979)	$C_d = 0.81 - 0.6 Fr_1$
Hager (1987)	$C_d = 0.485 \sqrt{\frac{1 + Fr_1^2}{2 + 3Fr_1^2}}$
Cheong (1991)	$0.22 Fr_1^2 - C_d = 0.45$
Singh et al., (1994)	$C_d = 0.33 - 0.18 Fr_1 + 0.49 \frac{W}{y_1}$
Izadjoo and Shafai Bajestan (1996)	$0.0187 \frac{L}{y_1} + 0.199 - C_d = -0.0759 Fr_1^2 + 0.7364 \frac{W}{y_1}$
Borghei and Salehi (2003)	$0.22 \frac{W}{y_1} + 0.08 \frac{L}{B} - 0.38 Fr_1 - C_d = 0.82$

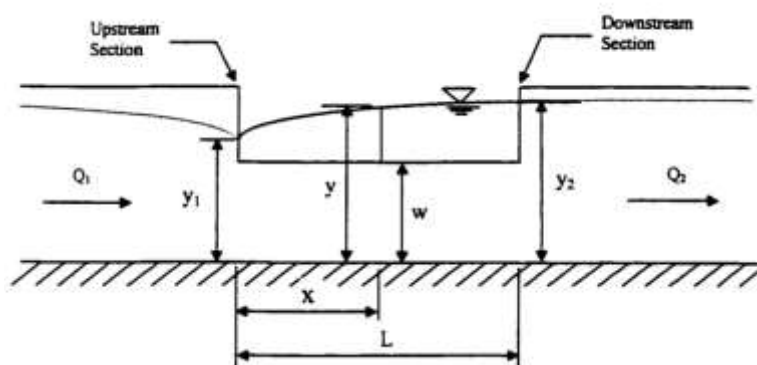
شکل (۱) شماتیک قرارگیری سرریز جانبی در قسمت دیواره مورب و تنگ‌شدگی را نشان می‌دهد. به منظور بررسی قرارگیری سرریز جانبی در قسمت دیواره مورب و تنگ‌شده (انتقالی) از نتایج تحقیقات آزمایشگاهی هگابو برای محاسبه دبی عبوری بصورت مستقیم استفاده شده است (Huagao, 2002).

در این تحقیق جهت بررسی دبی عبوری سرریزهای جانبی، دو موقعیت قرارگیری سرریز جانبی در دیواره سرریز مورد ارزیابی قرار گرفت.

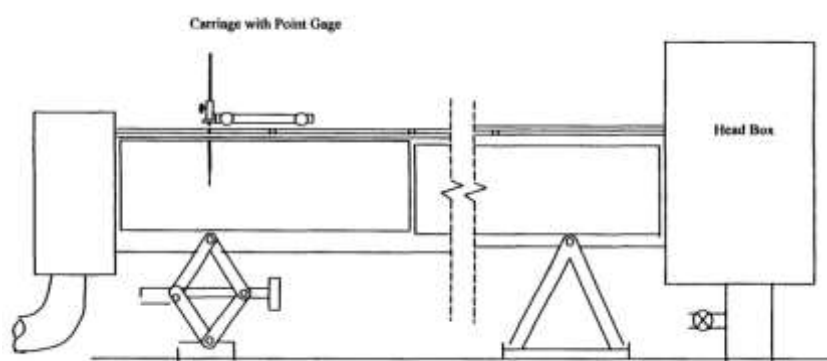
الف: قرارگیری سرریز جانبی در قسمت دیواره مورب و تنگ-شده (انتقالی)



الف: شماتیک فلوم آزمایشگاهی به عرض ۹۰ و طول ۷۲۰ سانتی‌متر



ب: پلان فلوم آزمایشگاهی



ج: پروفیل فلوم آزمایشگاهی

شکل ۱- شماتیک قرارگیری سرریز جانبی در قسمت دیواره مورب و تنگ شدگی (Huagao, 2002)

آزمایشگاهی بالمفورت برای محاسبه دبی عبوری بصورت مستقیم استفاده شده است (Balmforth, 1978).

با توجه به شکل (۲) که سرریز در دیواره مستقیم قسمت تنگ شده کانال قرار دارد، از ۲۸ داده آزمایشگاهی تحقیقات بالمفورت با سه نسبت تنگ‌شوندگی ۰/۵۶، ۰/۶۳، و ۰/۷۰ استفاده شده که در جدول (۳) بیان شده است (Balmforth, 1978).

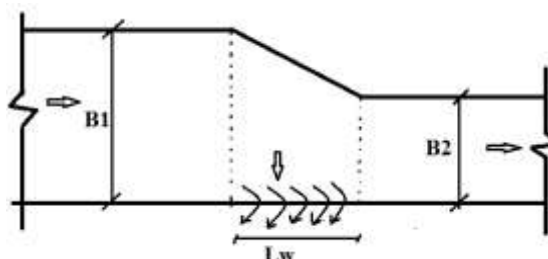
همچنین پارامترهای هندسی و هیدرولیکی این پژوهش در جدول (۲) بیان شده است.

ب: قرارگیری شرایطی که سرریز جانبی در قسمت دیواره مستقیم و تنگ‌شده (انتقالی)

شکل (۲) شماتیک قرارگیری سرریز جانبی در قسمت دیواره مستقیم و تنگ‌شده را نشان می‌دهد. به‌منظور بررسی قرارگیری سرریز جانبی در قسمت دیواره مستقیم و تنگ‌شده (انتقالی) از نتایج تحقیقات

جدول ۲- مشخصات هندسی و هیدرولیکی سرریز گزینه اول

Test	b ₁ (ft)	b ₂ (ft)	w (ft)	L _w (ft)	θ (Deg)	L (ft)	Q			y ₁ (ft)	y ₂ (ft)	fr ₁
							Q ₁ (cfs)	Q ₂ (cfs)	Q _w (cfs)			
۱	۳/۰۷۳	۰/۶۰۰	۰/۸۳۳	۳/۰۳۱	۵۴/۶۶۷	۱/۷۵۳	۱/۲۲۵	-۰/۲۰۷	۱/۰۱۸	۱/۰۳۸	۱/۰۴۸	-۰/۰۶۶
۲	۳/۰۷۳	۰/۶۰۰	۰/۸۳۳	۳/۰۳۱	۵۴/۶۶۷	۱/۷۵۳	۳/۰۱۹	-۰/۵۰۴	۲/۵۱۵	۱/۲۱۲	۱/۲۲۰	-۰/۱۳۰
۳	۳/۰۷۳	۰/۶۰۰	۰/۸۳۳	۳/۰۳۱	۵۴/۶۶۷	۱/۷۵۳	۵/۶۴۲	-۰/۹۳۳	۴/۷۰۹	۱/۴۰۲	۱/۴۱۷	-۰/۱۹۵
۴	۳/۰۷۳	۱/۲۰۸	۰/۸۳۳	۳/۰۳۱	۳۷/۹۷۲	۲/۳۸۹	۳/۰۱۹	-۰/۸۹۳	۲/۱۲۶	۱/۱۷۷	۱/۱۸۵	-۰/۱۳۶
۵	۳/۰۷۳	۱/۲۰۸	۰/۸۳۳	۳/۰۳۱	۳۷/۹۷۲	۲/۳۸۹	۴/۸۲۹	۱/۳۸۲	۳/۴۴۷	۱/۲۸۸	۱/۳۰۵	-۰/۱۸۹
۶	۳/۰۷۳	۱/۲۰۸	۰/۸۳۳	۳/۰۳۱	۳۷/۹۷۲	۲/۳۸۹	-۰/۹۴۴	-۰/۲۸۲	-۰/۶۶۲	-۰/۹۵۴	-۰/۹۹۳	-۰/۰۵۵
۷	۳/۰۷۳	۱/۲۰۸	۰/۸۳۳	۳/۰۳۱	۳۷/۹۷۲	۲/۳۸۹	۱/۸۷۹	-۰/۵۵۸	۱/۳۲۱	۱/۰۸۰	۱/۰۹۰	-۰/۰۹۶
۸	۳/۰۷۳	۱/۲۰۸	۰/۸۳۳	۳/۰۳۱	۳۷/۹۷۲	۲/۳۸۹	-۰/۵۲۹	-۰/۱۴۸	-۰/۳۹۱	-۰/۹۲۴	-۰/۹۳۵	-۰/۰۳۵
۹	۳/۰۷۳	۱/۲۰۸	۰/۶۶۷	۳/۰۴۲	۳۷/۸۱۶	۲/۴۰۳	-۰/۵۹۴	-۰/۰۰۰	-۰/۵۹۴	-۰/۸۰۷	-۰/۸۲۰	-۰/۰۴۷
۱۰	۳/۰۷۳	۱/۲۰۸	۰/۶۶۷	۳/۰۴۲	۳۷/۸۱۶	۲/۴۰۳	۱/۷۵۵	-۰/۱۹۹	۱/۵۵۶	-۰/۹۴۶	-۰/۹۵۹	-۰/۱۰۹
۱۱	۳/۰۷۳	۱/۲۰۸	۰/۶۶۷	۳/۰۴۲	۳۷/۸۱۶	۲/۴۰۳	۲/۵۶۱	-۰/۳۵۰	۲/۲۲۱	۱/۰۰۵	۱/۰۲۱	-۰/۱۴۶
۱۲	۲/۶۸۸	۱/۲۰۸	۱/۰۱۰	۳/۱۸۲	۲۷/۷۱۸	۲/۸۱۷	-۰/۸۱۷	-۰/۵۵۸	-۰/۲۵۹	۱/۰۸۰	۱/۰۹۲	-۰/۰۴۸
۱۳	۲/۶۸۸	۱/۲۰۸	۱/۰۱۰	۳/۱۸۲	۲۷/۷۱۸	۲/۸۱۷	۱/۰۷۲	-۰/۶۶۵	-۰/۴۰۷	۱/۱۱۳	۱/۱۲۶	-۰/۰۶۰
۱۴	۲/۶۸۸	۱/۲۰۸	۱/۰۱۰	۳/۱۸۲	۲۷/۷۱۸	۲/۸۱۷	۲/۱۱۸	۱/۰۳۱	۱/۰۸۷	۱/۲۱۰	۱/۲۲۲	-۰/۱۰۴
۱۵	۲/۶۸۸	۱/۲۰۸	۱/۰۱۰	۳/۱۸۲	۲۷/۷۱۸	۲/۸۱۷	۲/۵۰۱	۱/۴۸۸	۲/۰۱۳	۱/۳۱۵	۱/۳۳۸	-۰/۱۵۲
۱۶	۲/۶۸۸	۱/۲۰۸	۱/۰۱۰	۳/۱۸۲	۲۷/۷۱۸	۲/۸۱۷	۴/۹۰۵	۱/۹۴۵	۲/۹۶۰	۱/۴۰۶	۱/۴۲۴	-۰/۱۹۳
۱۷	۲/۶۸۸	۱/۲۰۸	۱/۰۱۰	۳/۱۸۲	۲۷/۷۱۸	۲/۸۱۷	۶/۱۳۷	۲/۳۴۲	۳/۷۹۵	۱/۴۷۷	۱/۴۹۹	-۰/۲۳۴
۱۸	۲/۷۰۸	۱/۲۰۸	۰/۵۰۰	۳/۰۰۰	۳۰/۰۰۰	۲/۵۹۸	-۰/۹۷۹	-۰/۰۰۰	-۰/۹۷۹	-۰/۷۰۳	-۰/۷۲۰	-۰/۱۰۸
۱۹	۲/۷۰۸	۱/۲۰۸	۰/۵۰۰	۳/۰۰۰	۳۰/۰۰۰	۲/۵۹۸	۲/۲۹۶	-۰/۰۶۱	۲/۲۳۵	-۰/۸۶۷	-۰/۸۸۶	-۰/۱۸۵
۲۰	۲/۷۰۸	۱/۲۰۸	۰/۵۰۰	۳/۰۰۰	۳۰/۰۰۰	۲/۵۹۸	۳/۳۲۶	-۰/۲۶۲	۳/۰۶۴	-۰/۹۶۳	-۰/۹۸۸	-۰/۲۲۹
۲۱	۲/۷۰۸	۱/۲۰۸	۰/۵۰۰	۳/۰۰۰	۳۰/۰۰۰	۲/۵۹۸	۲/۶۴۱	-۰/۱۲۷	۲/۵۱۴	-۰/۹۰۳	-۰/۹۲۵	-۰/۲۰۰



شکل ۲- شماتیک قرارگیری سرریز جانبی در قسمت دیواره مستقیم و تنگ‌شدگی

طول افق سرریز، Q_1 دبی جریان در بالادست سرریز، Q_2 دبی جریان در پایین دست، y_c عمق بحرانی روی سرریز، y_1 عمق جریان در ابتدای سرریز، y_2 عمق جریان در انتهای سرریز، g شتاب ثقل، μ ویسکوزیته سینماتیکی سیال و ρ جرم حجمی سیال می‌باشد. با آنالیز ابعادی پارامترهای بدون بعد به صورت رابطه (۳) بدست می‌آید.

$$Q_w = f\left(\frac{b_1}{b_2}, \frac{L}{w}, \frac{y_1}{w}, \frac{y_c}{w}, \frac{y_c}{y_1}, \frac{Q}{\sqrt{g} \times L^{2.50}}, Fr_1\right) \quad (3)$$

در این تحقیق از عمق جریان قبل از سرریز برای بی‌بعد کردن ارتفاع سرریز و عمق بحرانی در ابتدای سرریز (بالادست سرریز) برای

همچنین در شکل (۳) فلوم آزمایشگاهی پژوهش بالمفورت نشان داده شده است.

آنالیز ابعادی:

در این پژوهش، اثر سیزده پارامتر دخیل در دبی سرریز جانبی در نظر گرفته شد. به عبارت دیگر:

$$Q_w = f(b_1, b_2, w, L_w, L, Q_1, Q_2, y_c, y_1, y_2, g, \mu, \rho) \quad (2)$$

که در آن، b_1 عرض کانال در بالادست سرریز، b_2 عرض کانال در پایین دست سرریز، w ارتفاع سرریز از کف، L_w طول مورب سرریز، L

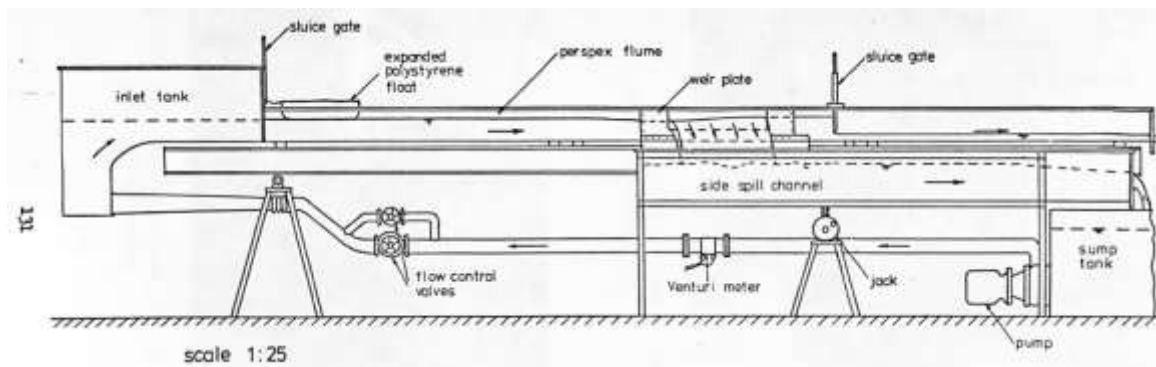
$$y_{C1} = \left(\frac{q_1^2}{g} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (5)$$

دبی در عرض واحد جریان روی سرریز

بی بعد کردن عمق آب در ابتدای سرریز استفاده گردید که در روابط (۴) الی (۷) مقادیر مربوطه محاسبه شده است.

$$q_1 = \frac{Q_1}{b_1} \quad (4)$$

عمق بحرانی در ابتدای سرریز



الف: شماتیک فلوم آزمایشگاهی



ب: نمایی از مدل آزمایشگاهی

شکل ۳- فلوم آزمایشگاهی سرریز جانبی در قسمت دیواره مستقیم و تنگ شده (Balmforth, 1978)

جدول ۳- مشخصات هندسی و هیدرولیکی سرریز گزینه دوم

b_1 (m)	b_2 (m)	L_w (m)	Q_1 (m ³ /s)	Q_w (m ³ /s)	y_1 (m)	y_{cw} (m)	b_1 (m)	b_2 (m)	L_w (m)	Q_1 (m ³ /s)	Q_w (m ³ /s)	y_1 (m)	y_{cw} (m)
۰/۷۳۵	۰/۴۶۳	۱/۱۰۷۲	۰/۰۲۶۱۲	۰/۰۰۷۸۶	۰/۳۸۱۳۷	۰/۰۱۷۲۶	۰/۷۳۵	۰/۴۱۲	۱/۱۰۷۲	۰/۰۳۸۱۵	۰/۰۱۶۸۷	۰/۳۹۷۴۵	۰/۰۲۸۷۱
۰/۷۳۵	۰/۴۶۳	۱/۱۰۷۲	۰/۰۲۸۹۴	۰/۰۱۰۷۲	۰/۳۸۶۶۴	۰/۰۲۱۲۲	۰/۷۳۵	۰/۴۱۲	۱/۱۰۷۲	۰/۰۳۴۶۸	۰/۰۱۵۱۲	۰/۳۹۴۹۶	۰/۰۲۶۶۹
۰/۷۳۵	۰/۴۶۳	۱/۱۰۷۲	۰/۰۳۳۸۹	۰/۰۱۲۸۸	۰/۳۹۱۰۵	۰/۰۲۳۹۸	۰/۷۳۵	۰/۴۱۲	۱/۱۰۷۲	۰/۰۴۱۸۵	۰/۰۱۸۳۲	۰/۴۰۰۰۱	۰/۰۳۰۲۲
۰/۷۳۵	۰/۴۶۳	۱/۱۰۷۲	۰/۰۳۷۷۴	۰/۰۱۳۲۳	۰/۳۹۱۶۳	۰/۰۲۴۴۱	۰/۷۳۵	۰/۴۱۲	۱/۱۰۷۲	۰/۰۴۵۴۹	۰/۰۲۰۱۸	۰/۴۰۲۶۴	۰/۰۳۲۳۵
۰/۷۳۵	۰/۴۶۳	۱/۱۰۷۲	۰/۰۴۲۹۴	۰/۰۱۵۸۱	۰/۳۹۶۳۴	۰/۰۲۷۴۹	۰/۷۳۵	۰/۵۰۹۲	۱/۱۰۷۲	۰/۰۲۲۸۵	۰/۰۰۷۲۲	۰/۳۷۹۹۲	۰/۰۱۶۳۱
۰/۷۳۵	۰/۴۶۳	۱/۱۰۷۲	۰/۰۴۶۱۸	۰/۰۱۷۱۳	۰/۳۹۸۲۲	۰/۰۲۹۰۰	۰/۷۳۵	۰/۵۰۹۲	۱/۱۰۷۲	۰/۰۲۶۰۰	۰/۰۰۸۳۹	۰/۳۸۲۴۸	۰/۰۱۸۰۲
۰/۷۳۵	۰/۴۶۳	۱/۱۰۷۲	۰/۰۳۹۷۵	۰/۰۱۵۰۵	۰/۳۹۷۴۸	۰/۰۲۶۶۰	۰/۷۳۵	۰/۵۰۹۲	۱/۱۰۷۲	۰/۰۲۹۲۰	۰/۰۰۹۱۴	۰/۳۸۳۹۸	۰/۰۱۹۰۹
۰/۷۳۵	۰/۴۶۳	۱/۱۰۷۲	۰/۰۲۲۰۰	۰/۰۰۸۶۱	۰/۳۸۲۷۴	۰/۰۱۸۳۳	۰/۷۳۵	۰/۵۰۹۲	۱/۱۰۷۲	۰/۰۲۲۵۲	۰/۰۱۰۲۴	۰/۳۸۶۱۷	۰/۰۲۰۵۹
۰/۷۳۵	۰/۴۶۳	۱/۱۰۷۲	۰/۰۱۶۳۷	۰/۰۰۶۵۳	۰/۳۷۸۵۱	۰/۰۱۵۲۵	۰/۷۳۵	۰/۵۰۹۲	۱/۱۰۷۲	۰/۰۳۶۱۱	۰/۰۱۱۲۸	۰/۳۸۸۰۶	۰/۰۲۱۹۵
۰/۷۳۵	۰/۴۱۲	۱/۱۰۷۲	۰/۰۱۸۶۸	۰/۰۰۸۵۵	۰/۳۸۲۶۵	۰/۰۱۸۲۵	۰/۷۳۵	۰/۵۰۹۲	۱/۱۰۷۲	۰/۰۴۰۶۲	۰/۰۱۲۷۲	۰/۳۹۰۷۹	۰/۰۲۳۷۸
۰/۷۳۵	۰/۴۱۲	۱/۱۰۷۲	۰/۰۲۱۷	۰/۰۰۹۶۴	۰/۳۸۵۰۲	۰/۰۱۹۷۷	۰/۷۳۵	۰/۵۰۹۲	۱/۱۰۷۲	۰/۰۴۶۱۲	۰/۰۱۴۲۲	۰/۳۹۳۴۷	۰/۰۲۵۶۲
۰/۷۳۵	۰/۴۱۲	۱/۱۰۷۲	۰/۰۲۴۷۴	۰/۰۱۰۸۷	۰/۳۸۷۴۳	۰/۰۲۱۴۲	۰/۷۳۵	۰/۵۰۹۲	۱/۱۰۷۲	۰/۰۴۷۰۰	۰/۰۱۵۲۷	۰/۳۹۵۰۰	۰/۰۲۶۶۶
۰/۷۳۵	۰/۴۱۲	۱/۱۰۷۲	۰/۰۲۷۸۸	۰/۰۱۲۳۸	۰/۳۸۹۸۸	۰/۰۲۳۳۶	۰/۷۳۵	۰/۵۰۹۲	۱/۱۰۷۲	۰/۰۵۲۱۲	۰/۰۱۵۹۹	۰/۳۹۶۵۹	۰/۰۲۷۷۰
۰/۷۳۵	۰/۴۱۲	۱/۱۰۷۲	۰/۰۳۱۲۲	۰/۰۱۳۶۷	۰/۳۹۲۴۶	۰/۰۲۴۹۵	۰/۷۳۵	۰/۵۰۹۲	۱/۱۰۷۲	۰/۰۵۷۱۲	۰/۰۱۷۲۸	۰/۳۹۸۸۱	۰/۰۲۹۱۸

از دبی کلی جریان و عمق و عرض کانال بالادست می‌باشد. این رابطه مطابق شکل (۴) دارای ضریب رگرسیون بالایی است. به کمک رابطه (۷) مقدار دبی در عرض واحد روی طول مورب سرریز (q_w) محاسبه شد و با استفاده از رابطه (۶) دبی عبوری از سرریز (Q_w) را محاسبه گردید.

$$\frac{y_c}{w} = 0.6832 \frac{y_1}{w} - 0.6622 \quad (۸)$$

رابطه (۸) را می‌توان به شکل رابطه (۹) نوشت که دبی بدست آمده از

رابطه (۹) با داده‌های آزمایشگاهی در شکل (۴) صحت‌سنجی شد و

به علت دقت و سادگی این رابطه، جهت طراحی پیشنهاد می‌گردد.

$$Q_w = 2(y_1 - w)^{1.5} L_w \quad (۹)$$

$$q_w = \frac{Q_w}{b_w} \quad (۶)$$

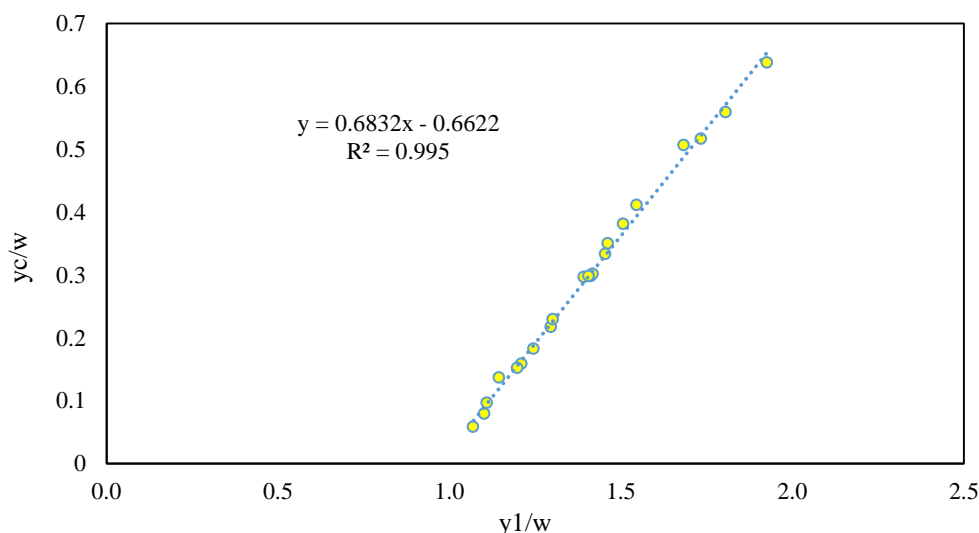
عمق بحرانی روی سرریز

$$y_{Cw} = \left(\frac{q_w^2}{g} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (۷)$$

نتایج و بحث

الف: قرارگیری سرریز جانبی در قسمت دیواره مورب و تنگ-شده (انتقالی)

با استفاده از روابط (۴) و (۵) عمق بحرانی در مقطع اصلی جریان و قبل از سرریز محاسبه شد. به کمک شکل (۴) و رابطه (۸)، مقدار عمق بحرانی روی سرریز y_{Cw} محاسبه گردید. لازم به ذکر است که رابطه ۸ تابعی از عدد فرود بالادست، و عدد فرود بالادست نیز تابعی

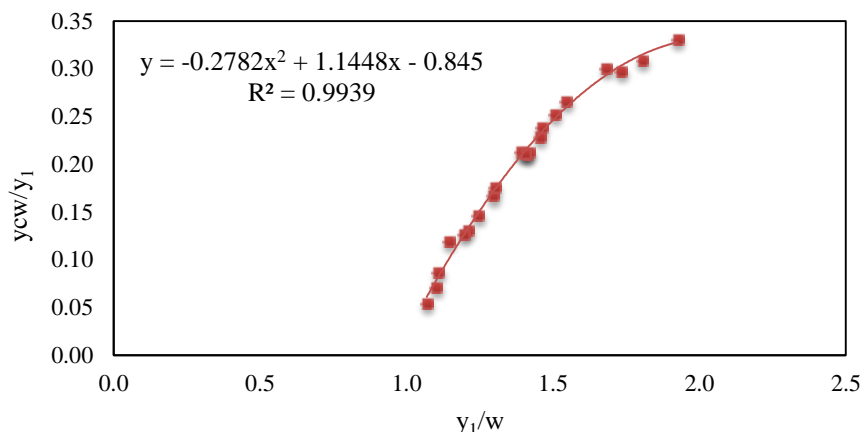


شکل ۴- تاثیر عمق ابتدای سرریز به ارتفاع سرریز y_1/w در مقابل y_c/w

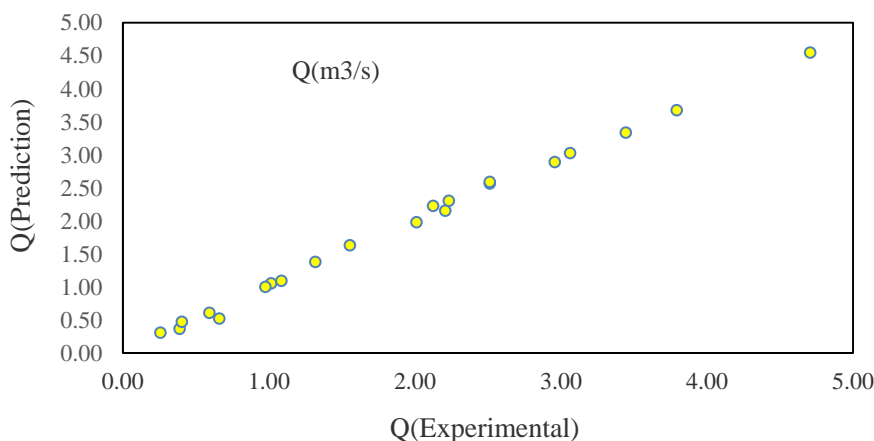
تاثیر بود، حداقل یک مشخصه هندسی سرریز نیز وارد رابطه شده و طبق شکل (۵) و رابطه (۱۰) عمق بحرانی روی سرریز و به کمک روابط (۶) و (۷) دبی عبوری از سرریز محاسبه شد. در شکل (۶) نتایج مقایسه دبی محاسباتی رابطه (۹) با مقادیر آزمایشگاهی بیان شده است که نشان‌دهنده دقت این رابطه می‌باشد.

$$\frac{y_{Cw}}{y_1} = -0.2782 \left(\frac{y_1}{w} \right)^2 + 1.1448 \frac{y_1}{w} - 0.845 \quad (۱۰)$$

شکل ۴ نشان می‌دهد که با افزایش عمق ابتدای سرریز، عمق بحرانی گذرنده از روی سرریز افزایش می‌یابد. با افزایش عمق بحرانی دبی عبوری جریان نیز افزایش خواهد یافت. بیشتر محققین در روابط پیشنهادی به جای عمق بحرانی که خود تابعی از مشخصات هندسی و هیدرولیکی بالادست سرریز است از عمق ابتدای سرریز برای بی‌بعد کردن ارتفاع سرریز استفاده می‌کنند. در این تحقیق نیز از عمق ابتدای سرریز برای بی‌بعد کردن ارتفاع سرریز و از عمق بحرانی روی طول سرریز برای بی‌بعد کردن طول مورب سرریز استفاده شده است که در رابطه حاصل شده، بر خلاف رابطه (۸) که هندسه سرریز در آن بی-



شکل ۵- تاثیر عمق ابتدای سرریز به ارتفاع سرریز (y_1/w) در مقابل y_{cw}/y_1



شکل ۶- مقایسه مقادیر آزمایشگاهی و محاسباتی رابطه (۱۰) دبی عبوری سرریز

عبوری از سرریزهای مورب می‌باشد (Maranzoni, 2017). در این داده‌های آزمایشگاهی $b_1 = 0.36$ ، $b_2 = 0.18$ و $L = 1/5$ متر است که این پارامترها به ترتیب عرض بالادست، عرض پایین‌دست و طول سرریز می‌باشد.

ب: قرارگیری شرایطی که سرریز جانبی در قسمت دیواره مستقیم و تنگ‌شده (انتقالی)

با استفاده از روابط (۶) و (۷) دبی در عرض واحد طول سرریز و عمق بحرانی روی تاج سرریز محاسبه گردید و با تقسیم بر عمق جریان در ابتدای سرریز y_{cw}/y_1 جهت بی‌بعد کردن آن و همچنین با تقسیم عمق جریان در ابتدای سرریز به ارتفاع تاج سرریز، y_1/w ، شکل (۷) بدست آمد که رابطه (۱۱) با دقت مناسب جهت محاسبه دبی عبوری از این تیپ سرریز بدست آمد.

ممکن است که دبی جریان بالادست سرریز مشخص نباشد که بتوان عدد فرود یا عمق بحرانی را محاسبه کرد و نیاز به محاسبه ضریب دبی توسط مشخصات هندسی و هیدرولیکی سرریز باشد. در این حالت با توجه به نسبت y_1/w و رابطه (۱۰) دبی عبوری بر اساس پارامترهای هندسی که در آزمایشگاه قابل اندازه‌گیری هستند، بدست می‌آید. روابط (۸) و (۹) نشان می‌دهد که دبی عبوری از سرریز جانبی بدون در نظر گرفتن نسبت تنگ‌شوندگی (b_2/b_1) بوده و روابط بر اساس هندسه خود سرریز و مشخصات هیدرولیکی بالادست و یا پایین‌دست سرریز ارائه شده است که نوآوری این تحقیق همین نکته می‌باشد. با محاسبه عمق بحرانی روی تاج سرریز و با داشتن طول مورب سرریز، دبی عبوری محاسبه شد. جهت صحت‌سنجی، رابطه (۹) با داده‌های آزمایشگاهی مارانزونی مقایسه شده که در جدول (۴) آورده شده است و نتایج حاکی از دقت این رابطه در پیش‌بینی دبی

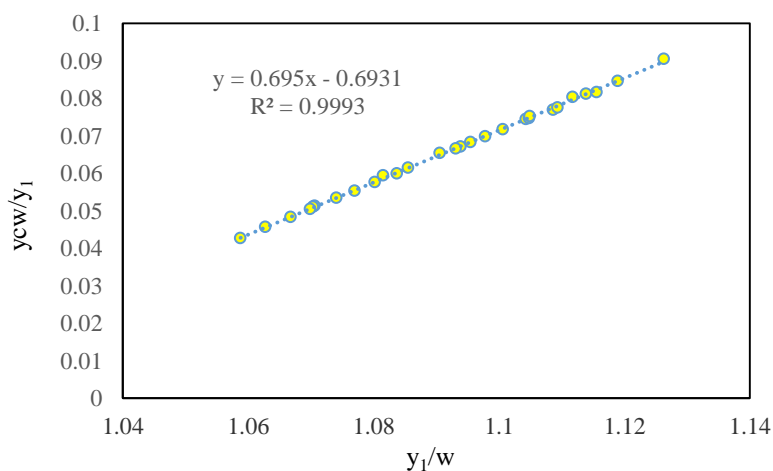
جدول ۴- نتایج صحت‌سنجی رابطه (۹) با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی (Maranzoni, 2017)

شماره تست	ارتفاع سرریز	عمق بالادست	دبی بالادست	دبی سرریز	دبی محاسباتی رابطه ۹	درصد خطا	شماره تست	ارتفاع سرریز	عمق بالادست	دبی بالادست	دبی سرریز	دبی محاسباتی رابطه ۹	درصد خطا
	w(m)	y ₁ (m)	Q ₁ (m ³ /s)	Q _w (m ³ /s)	Q _{w(P)} (m ³ /s)			w(m)	y ₁ (m)	Q ₁ (m ³ /s)	Q _w (m ³ /s)	Q _{w(P)} (m ³ /s)	
N1	۰/۲۰۳	۰/۲۳۱	۰/۰۱۹۹۱	۰/۰۱۱۷۷	۰/۰۱۵۸۶	۳۴/۸۲	N21	۰/۱۸۳	۰/۲۲۳	۰/۰۲۷۷۰	۰/۰۲۴۸۶	۰/۰۲۵۰۶	۰/۸۰
N2	۰/۲۰۳	۰/۲۳۰	۰/۰۲۰۰۰	۰/۰۱۴۸۸	۰/۰۱۵۱۵	۱/۸۵	N22	۰/۱۸۳	۰/۲۲۶	۰/۰۲۸۱۱	۰/۰۲۶۲۵	۰/۰۲۷۷۱	۵/۵۹
N3	۰/۲۰۳	۰/۲۳۳	۰/۰۲۰۰۱	۰/۰۱۷۰۴	۰/۰۱۷۳۳	۱/۷۰	N23	۰/۱۸۳	۰/۲۲۵	۰/۰۳۳۹۰	۰/۰۲۵۸۳	۰/۰۲۶۸۲	۳/۸۴
N4	۰/۲۰۳	۰/۲۳۵	۰/۰۱۹۹۹	۰/۰۱۸۵۳	۰/۰۱۸۸۴	۱/۶۹	N24	۰/۱۸۳	۰/۲۲۷	۰/۰۳۳۹۲	۰/۰۲۶۶۲	۰/۰۲۸۶۲	۰/۰۳
N5	۰/۲۰۳	۰/۲۳۷	۰/۰۲۵۸۹	۰/۰۱۶۶۲	۰/۰۲۰۴۰	۲۲/۷۹	N25	۰/۱۸۳	۰/۲۲۹	۰/۰۳۳۹۴	۰/۰۳۰۸۸	۰/۰۳۰۴۸	-۱/۲۹
N6	۰/۲۰۳	۰/۲۳۷	۰/۰۲۵۹۹	۰/۰۲۰۳۳	۰/۰۲۰۴۰	۰/۸۷	N26	۰/۱۸۳	۰/۲۳۰	۰/۰۳۳۸۹	۰/۰۳۲۰۹	۰/۰۳۱۴۲	-۲/۰۷
N7	۰/۲۰۳	۰/۲۳۷	۰/۰۲۵۷۰	۰/۰۲۲۶۸	۰/۰۲۲۸۴	۰/۷۲	N27	۰/۱۸۳	۰/۲۲۹	۰/۰۴۱۲۸	۰/۰۳۲۵۸	۰/۰۳۰۴۸	-۶/۴۴
N8	۰/۲۰۳	۰/۲۴۰	۰/۰۲۵۶۷	۰/۰۲۴۱۰	۰/۰۲۳۶۷	-۱/۷۴	N28	۰/۱۸۳	۰/۲۳۳	۰/۰۴۷۸۱	۰/۰۳۸۰۰	۰/۰۳۳۳۱	-۹/۶۸
N9	۰/۲۰۳	۰/۲۴۱	۰/۰۳۲۸۲	۰/۰۲۲۲۹	۰/۰۲۵۳۸	۱۳/۸۹	N29	۰/۱۵۳	۰/۲۴۰	۰/۰۵۸۵۹	۰/۰۴۶۹۲	۰/۰۴۱۴۳	-
N10	۰/۲۰۳	۰/۲۴۳	۰/۰۳۲۷۲	۰/۰۲۶۶۵	۰/۰۲۵۳۸	-۴/۷۳	N30	۰/۱۵۳	۰/۱۸۵	۰/۰۱۸۰۶	۰/۰۱۵۴۲	۰/۰۱۸۰۲	۱۹/۸۹
N11	۰/۲۰۳	۰/۲۴۶	۰/۰۳۲۷۱	۰/۰۲۹۳۲	۰/۰۲۸۰۳	-۴/۳۸	N31	۰/۱۵۳	۰/۱۸۴	۰/۰۱۷۹۸	۰/۰۱۵۹۵	۰/۰۱۷۲۵	۸/۱۹
N12	۰/۲۰۳	۰/۲۴۸	۰/۰۳۲۷۳	۰/۰۳۱۰۳	۰/۰۲۹۸۵	-۳/۳۸	N32	۰/۱۵۳	۰/۱۸۵	۰/۰۱۷۹۱	۰/۰۱۶۵۸	۰/۰۱۸۰۲	۸/۷۱
N13	۰/۲۰۳	۰/۲۴۹	۰/۰۴۲۶۵	۰/۰۳۰۹۰	۰/۰۳۰۷۸	-۰/۳۷	N33	۰/۱۵۳	۰/۱۸۵	۰/۰۱۷۸۹	۰/۰۱۷۰۹	۰/۰۱۸۰۲	۵/۴۷
N14	۰/۲۰۳	۰/۲۵۰	۰/۰۴۵۱۶	۰/۰۳۲۹۲	۰/۰۳۱۷۲	-۳/۶۳	N34	۰/۱۵۳	۰/۱۸۹	۰/۰۲۱۹۶	۰/۰۱۸۷۹	۰/۰۲۱۲۳	۱۲/۹۹
N15	۰/۱۸۳	۰/۲۱۴	۰/۰۲۱۷۱	۰/۰۱۵۷۷	۰/۰۱۷۷۳	۱۲/۴۳	N35	۰/۱۵۳	۰/۱۸۶	۰/۰۲۱۸۴	۰/۰۱۹۵۱	۰/۰۱۸۸۰	-۳/۵۹
N16	۰/۱۸۳	۰/۲۱۶	۰/۰۲۲۰۷	۰/۰۱۷۵۲	۰/۰۱۹۲۷	۱۰/۰۰	N36	۰/۱۵۳	۰/۱۸۷	۰/۰۲۱۷۶	۰/۰۲۰۱۰	۰/۰۱۹۶۰	-۲/۴۷
N17	۰/۱۸۳	۰/۲۱۹	۰/۰۲۱۹۹	۰/۰۱۹۳۵	۰/۰۲۱۶۸	۱۲/۰۴	N37	۰/۱۵۳	۰/۱۸۸	۰/۰۲۱۷۳	۰/۰۲۰۸۷	۰/۰۲۰۴۱	-۲/۱۹
N18	۰/۱۸۳	۰/۲۲۰	۰/۰۲۲۰۳	۰/۰۲۰۳۰	۰/۰۲۲۵۰	۱۰/۸۷	N38	۰/۱۵۳	۰/۲۰۰	۰/۰۳۴۶۱	۰/۰۲۹۶۸	۰/۰۳۱۴۰	۴/۶۰
N19	۰/۱۸۳	۰/۲۲۰	۰/۰۲۸۱۲	۰/۰۲۰۹۹	۰/۰۲۲۵۰	۷/۲۳	N39	۰/۱۵۳	۰/۲۱۰	۰/۰۴۸۷۲	۰/۰۴۱۷۱	۰/۰۴۱۰۹	-۱/۴۶
N20	۰/۱۸۳	۰/۲۲۱	۰/۰۲۷۸۹	۰/۰۲۳۱۲	۰/۰۲۳۳۴	۰/۹۸	N40	۰/۱۵۳	۰/۲۰۷	۰/۰۴۳۶۳	۰/۰۳۷۳۷	۰/۰۳۷۹۸	۱/۶۳

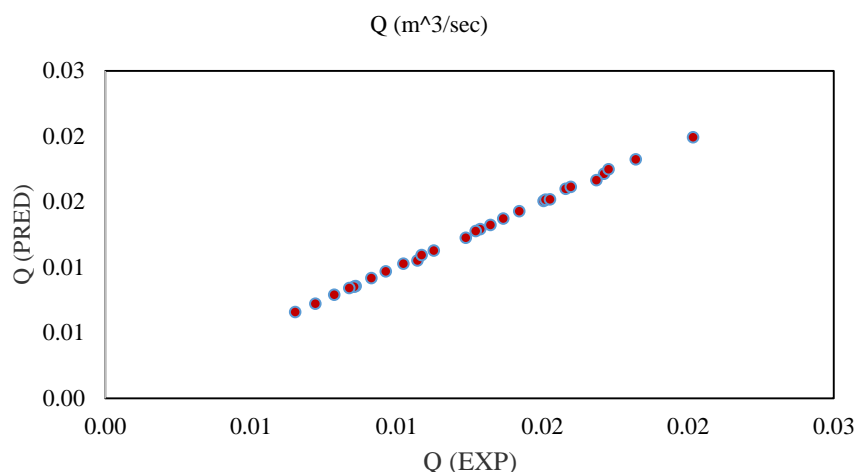
اینکه بدون نیاز به محاسبه ضریب دبی، دبی عبوری به صورت مستقیم و با داشتن پارامترهای هندسی و هیدرولیکی که براحتی در آزمایشگاه و در صحرا قابل اندازه‌گیری هستند مثل عمق جریان ابتدای سرریز، ارتفاع تاج سرریز و طول مورب سرریز و بدون نیاز به دبی بالادست یا عدد فرود بالادست، مقدار دبی عبوری روی تاج سرریز بدست می‌آید.

$$\frac{y_{cw}}{y_1} = 0.695 \left(\frac{y_1}{w} \right) - 0.6931 \quad (11)$$

جهت صحت‌سنجی دقت این رابطه، مقادیر دبی محاسباتی و دبی آزمایشگاهی در شکل (۸) با هم مقایسه شده است که حاکی از دقت بالای این رابطه جهت پیش‌بینی دبی عبوری می‌باشد. نوآوری روابط (۸) و (۱۰) این است که هم به صورت خطی و ساده هستند و هم



شکل ۷- تاثیر عمق ابتدای سرریز به ارتفاع سرریز (y₁/w) در مقابل y_{cw}/y_w



شکل ۸- مقایسه مقادیر آزمایشگاهی و محاسباتی رابطه (۱۲) دبی عبوری سرریز

استفاده از آنالیز ابعادی و مشخصات هندسی سرریز جانبی دیواره مورب و همچنین سرریز جانبی مستقیم روابط محاسبه دبی جریان، حاصل شد. ممکن است که دبی جریان بالادست سرریز مشخص نباشد که بتوان عدد فرود یا عمق بحرانی را محاسبه کرد و نیاز به محاسبه ضریب دبی توسط مشخصات هندسی و هیدرولیکی سرریز باشد. در این حالت با توجه به پارامترهای هندسی از جمله عمق جریان ابتدای سرریز، ارتفاع تاج سرریز و طول سرریز با محاسبه عمق بحرانی روی تاج سرریز و با داشتن طول مورب سرریز، دبی عبوری محاسبه شد. نتایج صحت‌سنجی‌های روابط بدست آمده حاکی از دقت این روابط در پیش‌بینی دبی عبوری از سرریزهای مورب می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که دبی عبوری سرریزهای جانبی که در دیواره مورب قسمت انتقالی قرار گرفته است به‌طور میانگین برای حالات مختلف حدود ۷/۵۰ درصد بیشتر از حالتی است که سرریز در دیواره مستقیم سرریز قرار گرفته که علت آن تداخل کمتر خطوط جریان می‌باشد. همچنین قسمت تنگ‌شده پایین‌دست مانند مانع عمل کرده و باعث افزایش عمق جریان و انحنای کمتر خطوط جریان شده و جریان با افت کمتری از روی این سرریز عبور می‌کند.

منابع

ایزدجو، ف. و شفاعی بجستان، م. ۱۳۷۵. بررسی آزمایشگاهی ضریب تخلیه در سرریزهای جانبی. چهارمین سمینار بین‌المللی رودخانه. دانشگاه شهید چمران اهواز. ص ۴۴-۲۹.

برقعی، س.م. و صالحی، ح. ۱۳۸۲. بررسی ضریب تخلیه در سرریزهای جانبی با استفاده از مدل فیزیکی. ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران. اردیبهشت ماه، دانشگاه صنعتی

مشابه رابطه (۹) که دبی عبوری بصورت مستقیم و بدون نیاز به محاسبه عمق بحرانی روی تاج سرریز، بدست آمده رابطه (۱۲) می‌باشد که مقدار دبی عبوری را بصورت مستقیم با داشتن عمق ابتدای سرریز و ارتفاع تاج سرریز بر حسب m^3/s محاسبه می‌نماید.

$$Q_w = 1.86(y_1 - w)^{1.5} L_w \quad (12)$$

با مقایسه روابط (۹) و (۱۲) می‌توان نتیجه گرفت که دبی عبوری سرریزهای جانبی که در دیواره مورب قسمت انتقالی قرار گرفته است حدود ۷/۵۰ درصد بیشتر از حالتی است که سرریز در دیواره مستقیم سرریز قرار گرفته که علت آن تداخل کمتر خطوط جریان می‌باشد. همچنین قسمت تنگ‌شده پایین‌دست مانند مانع عمل کرده و باعث افزایش عمق جریان و انحنای کمتر خطوط جریان شده و جریان با افت کمتری از روی این سرریز عبور می‌کند.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق جهت بررسی دبی عبوری سرریزهای جانبی، دو موقعیت قرارگیری سرریز جانبی مورد ارزیابی قرار گرفت. موقعیت اول قرارگیری سرریز جانبی در قسمت دیواره مورب و تنگ‌شده و موقعیت دوم در قسمت دیواره مستقیم و تنگ‌شده (انتقالی) دو موقعیت مورد نظر این پژوهش می‌باشد. برای بررسی این دو گزینه از داده‌های آزمایشگاهی استفاده گردید. در هر یک از این حالات قرارگیری سرریز جانبی، با استفاده از رگرسیون نمودار حاصل از خصوصیات هندسی و هیدرولیکی اندازه‌گیری شده آزمایشگاهی رابطه‌ای جدید، جهت محاسبه مستقیم دبی عبوری ارائه شد. روابط ارائه شده، به y_1 (عمق جریان در ابتدای سرریز) و w (ارتفاع سرریز از کف) و L_w (طول مورب سرریز) وابستگی دارند. لذا به همین جهت با توجه به دقت بالا و سادگی جهت طراحی پیشنهاد می‌گردند. در این تحقیق با

- Instrumentation. 26: 63–67.
- Hager, W. H. 1987. Lateral outflow over side weirs. *Journal of Hydraulic Engineering*. 10.1061/0733-9429(1987)113. 4(491): 491–504.
- Honar, T. and Javan, M. 2007. Discharge coefficient in oblique side weirs. *Iranian journal of Agricultural Research*. 25–26(1–2), 27–36.
- Huagao, T. 2002, Flow over skew side weirs. PhD thesis, Utah State University, 246 pages
- Jalili, M.R., and Borghei, S.M. 1996. Discussion of Discharge coefficient of rectangular side weir, by Singh R., Manivannan, D. and Satyanarayana, T. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 122: 2. 132.
- Maranzoni, A. Pilotti, M. Tomirotti, M. 2017. Experimental and Numerical Analysis of Side Weir Flows in a Converging Channel. *Journal of Hydraulic Engineering*. 143 (7).
- Novak, G. Kozelj, D. Steinman, F. and Bajcar, T. 2013. Study of flow at side weir in narrow flume using visualization techniques *Flow Measurement and Instrumentation*. 29: 45–51.
- Parvaneh, A., Borghei, S. M. Jalili Ghazizadeh, M. R. 2012. Hydraulic performance of asymmetric labyrinth side weirs located on a straight channel. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 10.1061/IR.1943-4774.0000455. 766–772.
- Parsaie, A. and Haghiabi, A. H. 2017. Prediction of side weir discharge coefficient by genetic programming technique. *Jordan Journal of Civil Engineering*. 11(1).
- Ranga Raju, K. G., Gupta, S. K., and Prasad, B. 1979. Side weir in rectangular channel. *Journal of the Hydraulics Division*. 105(5): 547–554.
- Singh, R. Manivannan, D. and Satyanarayana, T. 1994. Discharge coefficient of rectangular side weirs. (ASCE). 0733-9437(1994) 120. 4(814): 814–819.
- Subramanya, K. and Awasthy, S. C. 1972. Spatially varied flow over side weirs. *Journal of the Hydraulics Division*. 98(1): 1–10.
- Swamee, P. K., Pathak, S. K., Mohan, M., Agrawal, S. K. and Ali, M. S. 1994. Subcritical flow over rectangular side weir. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, DOI: 10.1061/0733-9437(1994). 120:1(212).
- Uymaz A. 1992. Side weir in triangular channel. *Journal of Irrigation and Drainage Eng. (ASCE)*. 118(6) 965-970.
- Yu-Tech, L. 1972. Discussion of spatially varied flow over side weirs, *Journal of Hydraulic Engineering ASCE*. 98(11): 2046-2048.
- فراروئی، ع.، کشاورزی، ع. و جوان، م. ۱۳۸۰. اثر شیب کناره کانال بالا دست بر روی هیدرولیک جریان در سرریزهای جانبی. سومین کنفرانس هیدرولیک ایران. آبان، دانشگاه تهران.
- قربان‌نیا، د. و اقبال‌نژاد، ا. ۱۳۹۶. شبیه‌سازی عددی سرریز جانبی در کانال مستطیلی همگرا شونده. چهارمین همایش بین‌المللی مهندسی سازه، انجمن مهندسی سازه ایران، تهران، ایران.
- Azimi, H., Shabanlou, S., Ebtehaj, I. and Bonakdari, H. 2016. Discharge Coefficient of Rectangular Side Weirs on Circular Channel. *International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation*. 17(7).
- Azimi, H., Bonakdari, H. and Ebtehaj, I. 2017a. A highly efficient gene expression programming model for predicting the discharge coefficient in a side weir along a trapezoidal canal. *Irrigation and Drainage*. 66(4): 655-666.
- Azimi, H., Bonakdari, H. and Ebtehaj, I. 2017b. Sensitivity analysis of the factors affecting the discharge capacity of side weirs in trapezoidal channels using extreme learning machines. *Flow Measurement and Instrumentation*. 54: 216-223.
- Balmforth, D.J. 1978. Flow over side weirs. PhD thesis, University of Sheffield.
- Borghei, S. M. and Parvaneh, A. 2011. Discharge characteristics of a modified oblique side weir in subcritical flow. *Flow Measurement and Instrumentation*. 22(5): 370–376.
- Castro-Orgaz, O. and Hager, W. H. 2012. Subcritical side-weir flow at high lateral discharge. *Journal of Hydraulic Engineering*, 10.1061/HY.1943-7900.0000581. 777–787.
- Cheong, H. 1991. Discharge coefficient of lateral diversion from trapezoidal channel. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 117 (4): 461–475.
- De Marchi G. (1934). Essay on the performance of lateral weirs. *L'Energia Elettrica*, Milan. 11(11): 849-860 (in Italian),
- Emiroglu, M. E., Agaccioglu, H. and Kaya, N. 2011. Discharging capacity of rectangular side weir in straight open channels. *Flow Measurement and Instrumentation*. 22(4): 319–330.
- Ghodsian, M. 1998. Viscosity and surface tension effects on rectangular weir flow. *International Journal of Engineering Science*. 9(4): 111-117.
- Haddadi, H. and Rahim pour, M. 2012. A discharge coefficient for a trapezoidal broad-crested side weir in subcritical flow. *Flow Measurement and*

Effect of Downstream Contraction on Side Weirs Discharge

E. Parsi¹, K. Allahdadi², A. Bahrebar^{3*}, R. Farhadi⁴

Recived: Dec.28, 2020

Accepted: Jan.30, 2021

Abstract

Side weirs are important structures in irrigation and drainage networks that are used as a protective structure upstream of reverse siphons and road underpasses. In this research, using laboratory data, for two positions of lateral overflow placement diagonally in the width change wall and directly and in the wall without change width, a new relationship based on the critical depth of flow on the weir to determine the discharge discharge weir (QW) are provided in rectangular channels with narrowing downstream of the weir. The results showed that the discharge capacity of oblique weir decreasing width downstream is more than normal overflows and also diagonal weirs located in the width reduction wall are more than the case where the weir is in the direct wall without width reduction. Finally, by comparing the relationships obtained from dimensional analysis in two types of overflows, it can be concluded that the flow rate of side weirs located in the diagonal wall of the transition section is about 7.50 percent higher than the case where the side is located in the direct wall of the weir. The reason is less interference of flow lines. Also, the narrowed part of the downstream acts as a barrier, increasing the depth of flow and less curvature of the flow lines, and the flow passes through this weir with less drop.

Keywords: Critical depth, Discharge coefficient, Weir, Width reduction

1- Ph.D. Candidate, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University Ahwaz, Ahwaz, Iran

2- Ph.D. Candidate, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University Ahwaz, Ahwaz, Iran

3- PhD in Water Engineering, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Regional Water Company, Yasuj, Iran

4- Ceo of the yasouj Region water Company, Yasuj, Iran

(*- Corresponding Author Email: Bahrebarsh@yahoo.com)