

مقاله علمی - پژوهشی

دبی عبوری سرریز جانبی در کانال های دایره ای

کاظم الله دادی^۱، احسان پارسی^۲، امیررضا بهره بر^{۳*}، رسول فرهادی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۳۱

چکیده

سرریزهای جانبی یکی از مهم ترین سازه های حفاظتی در بالادست سازه های نظیر سیفون معکوس و زیرگذر جاده ها در شبکه های آبیاری و زهکشی هستند. در این تحقیق با استفاده از داده های آزمایشگاهی و حل عددی در حالت جریان به صورت آزاد در لوله روابط جدیدی بر اساس عمق بحرانی جریان بالادست برای تعیین ظرفیت تخلیه سرریزهای جانبی در کانال های دایره ای (لوله) در حالات بحرانی و فوق بحرانی ارائه شده است. این رابطه به پارامترهای مؤثر از قبیل P/Y_1 ، ارتفاع تاج سرریز به عمق جریان در ابتدای سرریز، ارتفاع جریان روی تاج سرریز به ارتفاع سرریز $(Y_1-P)/P$ و عمق بحرانی جریان گذشته روی تاج سرریز بستگی دارد. نتایج این پژوهش نشان داد، مقدار دبی عبوری جریان در بالادست در حالت جریان زیر بحرانی بیشتر از حالت جریان فوق بحرانی است. همچنین روابط ارائه شده جهت محاسبه دبی عبوری سرریزهای جانبی در کانال های دایره ای به علت دارا بودن رگرسیون بالا و همخوانی نتایج محاسباتی و مشاهداتی جهت طراحی این نوع سرریزهای جانبی در کانال های دایره ای پیشنهاد می شود.

واژه های کلیدی: سازه های حفاظتی، ضریب تخلیه، عمق بحرانی، رگرسیون

مقدمه

دقیق قابل پیش بینی باشد. رفتار جریان در سرریزهای جانبی توجه قابل ملاحظه ای را به خود معطوف داشته است و مطالعات زیادی در این خصوص انجام گرفته است که اغلب ماهیت تجربی دارند (Borghai et al., 1999). دیمارچی با فرض ثابت بودن انرژی معادله حاکم بر جریان را به دست آورد و برای محاسبه دبی خروجی از سرریز جانبی ضریب شدت جریان را که به نام ضریب دیمارچی نیز شناخته شده است معرفی نمود. از آنجایی که اطلاعات دقیقی در مورد تغییرات ضریب دیمارچی در دسترس نمی باشد، بنابراین در عمل نمی توان معادله دیمارچی را با اطمینان مورد استفاده قرار داد (De Marchi, 1934). یوماز و همکاران به بررسی برآورد ضریب تخلیه سرریز جانبی مستطیلی در کانال های دایره ای پرداختند (Yumaz et al., 2014). تحقیقات راجو و همکاران در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه رورکی هندوستان که در ابتدا به منظور بررسی صحت معادله دیمارچی در برآورد میزان تخلیه از سرریزهای لبه تیز و لبه پهن انجام شد نهایتاً منجر به ارائه روابطی برای محاسبه ضریب تخلیه برای هریک از سرریزهای ذکر شده گردید (Raju et al. 1979). هاگر 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

سرریزهای جانبی به طور وسیعی برای کنترل سطح آب در سیستم کانال های آبیاری و زهکشی و در پروژه های حفاظت سیلاب برای خارج نمودن آب اضافی به درون کانال تخلیه و همچنین در سیستم های زهکشی شهری مورد استفاده قرار می گیرند (El-Khashab and Smith, 1976). علاوه بر این سرریزهای جانبی برای برداشت مقدار معینی آب از رودخانه ها و مخازن سدها و کانال های آبیاری به طور پیوسته و به صورت ثقلی از اهمیت ویژه ای برخوردارند (El-Khashab and Smith, 1976). رفتار هیدرولیکی این سرریزها پیچیده تر از آن است که به وسیله روش های ساده، به طور

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ایران

۲- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ایران

۳- شرکت آب منطقه ای استان کهگیلویه و بویراحمد، یاسوج، ایران

۴- مدیرعامل شرکت آب منطقه ای استان کهگیلویه و بویراحمد

*- نویسنده مسئول: Bahrebarsh@yahoo.com

DOR: 20.1001.1.20087942.1400.15.3.5.9

و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی سرریزهای جانبی نیم دایره‌ای در ارتفاع و طول‌های مختلف پرداختند. آن‌ها تأثیر پارامترهای مختلف هندسی و هیدرولیکی بر روی ضریب تخلیه سرریز جانبی (Cm) مورد بررسی قرار داده و نتیجه‌گیری نمودند که سرریزهای نیم‌دایره‌ای با افزایش ۱/۵۷ برابری طول سرریز، مقدار ضریب (Cm) را ۱/۵ تا ۲ برابر نسبت به سرریزهای مستطیلی ساده افزایش می‌دهد. جدول (۱) برخی از مهم‌ترین روابط محاسبه ضریب تخلیه سرریز جانبی در شرایط جریان زیربحرانی را همراه با ذکر محقق ارائه می‌نماید. کلیه محققین بر اساس رابطه (۱) ضریب دبی را با اندازه‌گیری‌های مورد نظر خویش و صرفاً برای مقاطع مستطیل شکل برآورد کرده‌اند.

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

در جدول (۱)، C_d ضریب دبی، p ارتفاع لبه تاج سرریز از کف کانال، y_1 عمق آب ابتدای سرریز، L طول سرریز، B عرض کانال اصلی، Fr_1 عدد فرود جریان قبل از سرریز و y عمق آب در هر نقطه از کانال می‌باشد. اما با جستجو در مراجع معتبر در مورد ضریب دبی در مقاطع دایره‌ای تحقیقات کمی صورت گرفته است که با توجه به پیشرفت روزافزون تکنولوژی ساخت لوله‌های سبک و مقاوم و به قطرهای زیاد (GRP) که جایگزین مناسبی برای لوله‌های فولادی که دارای وزن زیادی بودند و برای اتصالات هزینه زیادی برای جوشکاری انجام می‌گرفت، هستند ضرورت بررسی ضریب خصوصیات هیدرولیکی این مقطع احساس می‌شود. در این تحقیق با استفاده از عمق بحرانی بالادست سرریز که با استفاده از روابط معمول هیدرولیک مثلاً رابطه استراب، به دست می‌آید، فرمولی ارائه می‌گردد که بتوان به کمک بعضی خصوصیات هندسی و هیدرولیکی که به راحتی در آزمایشگاه و در صحرا قابل اندازه‌گیری هستند ضریب تخلیه سرریزهای جانبی برآورده شود. مهم‌ترین تحقیقات صورت گرفته در مورد ضریب دبی سرریزهای جانبی در کانال‌های دایره‌ای به شرح زیر است:

تحقیقاتی در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه پلی تکنیک لندن در یک کانال دایره‌ای به قطر داخلی ۶ اینچ و طول ۷ فوت انجام شد. در این مدل آزمایشگاهی از ۴ طول سرریز مختلف ۱۵، ۱۸، ۲۵، ۳۰ اینچ (نسبت طول سرریز به قطر ۱.۵۴، ۲.۵۰، ۳.۰۰) استفاده شد. همچنین سه ارتفاع تاج سرریز از کف مقطع برابر با $P=1, 1.50, 2$ اینچ و در حالت رژیم زیربحرانی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این پژوهش منجر به ارائه نمودارهایی گشت که بر اساس طول سرریز و ارتفاع تاج سرریز و هد جریان بالادست، دبی عبوری سرریز به دست می‌آید. نمونه نتایج این تحقیق در شکل (۱) آمده است. این جداول کاربردی عملی ندارند چون محدود به فقط شرایط آزمایشگاهی ایشان می‌باشد (Allen, 1957).

جریان، زاویه جریان خروجی و شکل کانال می‌باشد (Hager, 2010). پیونگ تحقیقات خود را بر روی سرریزهای جانبی مستطیلی در کانال‌های دوزنقه‌ای متمرکز نمود و رابطه‌ای برای محاسبه ضریب تخلیه در این حالت ارائه نمود (Chong, 1991). 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, 1997). یوماز سرریز جانبی در کانال‌های مثلثی را مورد مطالعه قرار داد و یک مدل عددی تقاض 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 (Yumaz, 2014).

هنر و مظلومی (۱۳۹۳) به مطالعه خصوصیات هیدرولیکی سرریزهای استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای نظیر ضریب دبی و عمق جریان روی تاج سرریز در آزمایشگاه هیدرولیک بخش مهندسی آب دانشگاه شیراز پرداختند. نتایج این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که به دلیل عدم جداشدگی جریان از بدنه سرریز، ضریب دبی جریان در سرریزهای جانبی استوانه‌ای و نیم‌استوانه‌ای نسبت به سایر سرریزهای از جمله لبه پهن افزایش می‌یابد که این افزایش تا ۵۷ درصد هم مشاهده گردید و مشخص شد که با افزایش بار آبی در بالادست سرریز ضریب دبی افزایش می‌یابد. لذا نتیجه‌گیری می‌شود که اجرای سرریزهای استوانه‌ای و یا نیم‌استوانه‌ای به صورت سرریز جانبی در مقایسه با سایر سرریزهای جانبی لبه پهن، ضمن کاهش در طول سرریز، افزایش راندمان هیدرولیکی و کاهش هزینه‌های اجرایی را به دنبال دارد. ساغری و همکاران (۱۳۹۸) سرریزهای جانبی کلید پیانویی از سال ۲۰۱۷ مورد مطالعه قرار گرفتند. این سرریزها دارای ضرایب آبگذری قابل توجهی نسبت به سرریز جانبی مستطیلی کلاسیک در عرض محدود کانال جانبی هستند. آن‌ها نشان دادند که راندمان سرریزهای جانبی کلید پیانویی در مقایسه با سرریزهای جانبی مستطیلی کلاسیک با افزایش هد روی سرریز کاهش می‌یابد تا جایی که در نسبت عمق جریان بالادست به ارتفاع سرریز بیشتر از ۱/۴۵ به مقدار خاصی مجانب می‌شود ولایتی و وطن‌خواه (۱۳۹۸) به بررسی ضریب بده سرریز جانبی لبه پهن دوزنقه‌ای، تحت شرایط رژیم جریان زیربحرانی پرداختند. از آنجایی که معادله دینامیکی حاکم بر سرریزهای جانبی به دلیل غیرخطی بودن و دارا بودن متغیرهای زیاد، دارای حل تحلیلی کامل نمی‌باشد، لذا در تحقیق آن‌ها با استفاده از روش عددی رانگ کوتای مرتبه چهارم، نیمرخ سطح آب در طول سرریز جانبی محاسبه شد. آن‌ها با بررسی نتایج آزمایشگاهی و با استفاده از تحلیل ابعادی و آماری روابطی به منظور تخمین ضریب بده پیشنهاد نمودند. بر اساس نتایج آن‌ها مشخص گردید ضریب بده سرریز جانبی دوزنقه‌ای لبه پهن به عدد فرود جریان بالادست، نسبت عمق جریان به پهنای تاج سرریز و شیب جداره جانبی سرریز بستگی دارد. زاهدی

جدول ۱- روابط شناخته شده برای محاسبه ضریب دبی

نام محقق	رابطه پیشنهادی ضریب دبی C_d
Nandesamoorthy and Thomson (1972)	$C_d = 0.432 \sqrt{\frac{2 - Fr_1^2}{1 + 2Fr_1^2}}$
Subramanya and Awasthy (1972)	$C_d = 0.611 \sqrt{1 - \left(\frac{3Fr_1^2}{2 + Fr_1^2}\right)}$
Yu-Tech (1972)	$C_d = 0.623 - 0.222Fr_1$
Ranga Raju et al. (1979)	$C_d = 0.81 - 0.60Fr_1$
Hager (1982)	$C_d = 0.485 \sqrt{\frac{2 + Fr_1^2}{2 + 3Fr_1^2}}$
Cheong (1991)	$C_d = 0.45 - 0.221Fr_1^2$
Singh et al. (1994)	$C_d = 0.33 - 0.18Fr_1 + 0.49 \frac{P}{y_1}$
Jalili and Borghei (1996)	$C_d = 0.71 - 0.41Fr_1 - 0.22 \frac{P}{y_1}$
Borghei et al. (1999)	$C_d = 0.70 - 0.48Fr_1 - 0.3 \frac{P}{y_1} + 0.06 \frac{L}{B}$
Swamee et al (1994)	$C_d = 1.06 \left[\left(\frac{14.14P}{8.15P + y_1} \right)^{10} + \left(\frac{y_1}{P + y_1} \right)^{15} \right]^{-0.10}$
Emiroglu et al. (2010)	$C_d = \left[0.836 + \left(-0.035 + 0.39 \left(\frac{P}{y_1} \right)^{12.69} + 0.158 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.59} + 0.049 \left(\frac{L}{y_1} \right)^{0.42} + 0.244Fr_1^{2.125} \right)^{3.018} \right]^{5.36}$

$$m = \frac{Q_w}{L(y-P)^{1.5} \sqrt{2g}} \quad (2)$$

که برای جریان زیربحرانی مقدار m را به شکل رابطه (۳) و ضرایب B و C موجود در رابطه را با روابط (۴) و (۵) به دست می آید.

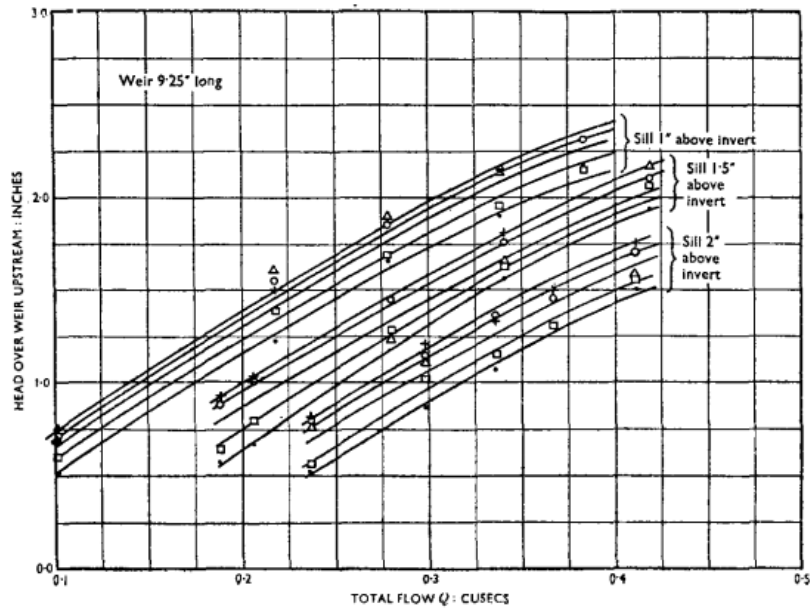
$$m = B + C \sqrt{1 - Fr_1} \quad (3)$$

$$B = 0.21 + 0.094 \sqrt{1.75 \left(\frac{L}{D} \right) - 1} \quad (4)$$

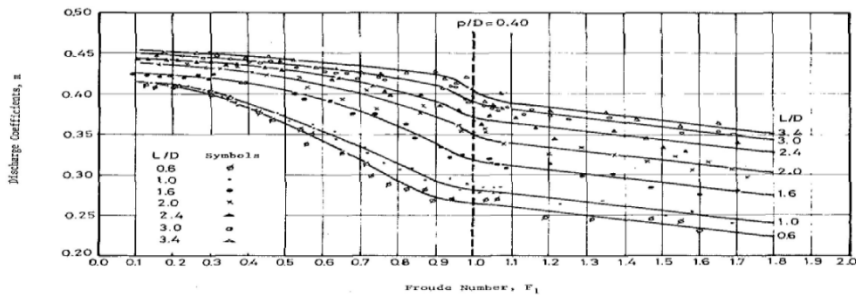
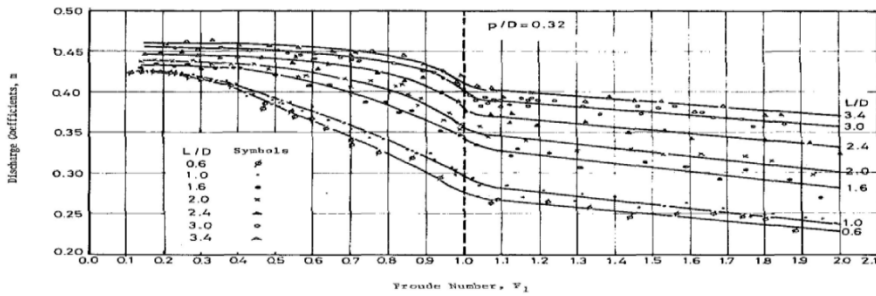
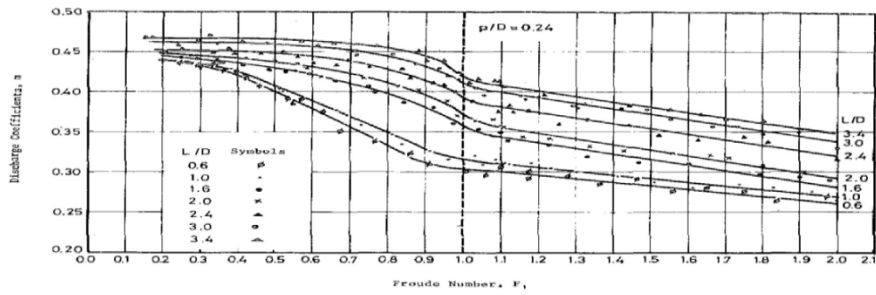
$$C = 0.22 + 0.08 \sqrt{1.68 \left(\frac{L}{D} \right) - 1} \quad (5)$$

از نتایج این محققین مشخص است که با افزایش عدد فرود در بالادست سرریز، مقدار ضریب m کاهش پیدا می کند.

پژوهشی دیگر در یک کانال دایره ای به قطر ۲۵ سانتیمتر و طول ۱۲ متر در دانشگاه صنعتی استانبول ترکیه انجام گرفت. در این پژوهش مدل سرریزها دارای هفت طول ۱۵، ۲۵، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۵ و ۸۵ سانتیمتر و هفت نسبت L/D برابر ۳/۴۰، ۳/۰۰، ۲/۴۰، ۲/۰۰، ۱/۶۰، ۱/۰۰ و ۰/۶۰ بود. همچنین پنج ارتفاع تاج ۶، ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ سانتیمتری از کف و پنج نسبت P/D برابر ۰/۲۴، ۰/۳۲، ۰/۴۰، ۰/۴۸ و ۰/۵۶ برای رژیم زیربحرانی و رژیم جریان بالادست فوق بحرانی انجام گرفت. نتایج ایشان بر اساس عدد فرود بالادست سرریز و نسبت ارتفاع تاج سرریز به قطر مجرا P/D و نسبت L/D طول سرریز به قطر مجرا به صورت ۵ دسته گراف ارائه شد. ایشان رابطه (۲) را برای دبی عبوری از سرریز جانبی پیشنهاد دادند (Uyumaz and Muslu, 1987).



شکل ۱- منحنی محاسبه دبی بر اساس نسبت L/D مختلف بر اساس پژوهش (Allen, 1957)



شکل ۲- منحنی محاسبه دبی بر اساس نسبت L/D ، p/D و Fr_1 های مختلف بر اساس پژوهش (Uyumaz and Muslu, 1987)

Parsi et al. (2020) در پژوهشی به بررسی اثر تنگ‌شدگی پایین دست بر روی دبی سرریز جانبی پرداختند. آن‌ها 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 این پژوهش نشان داد که دبی عبوری سرریزهای جانبی که در دیواره مورب قسمت انتقالی قرار گرفته است به طور میانگین برای حالات مختلف حدود ۷/۵۰ درصد بیشتر از حالتی است که سرریز در دیواره مستقیم سرریز قرار گرفته است. Parsi et al. (2020) با تحقیق بر روی دبی عبوری سرریزهای زیگزاگی قوسی با مقطع دوزنقه‌ای یک رابطه جدید جهت محاسبه دبی با استفاده از عمق بحرانی ارائه کردند. Alahdadi et al. (2020) در مطالعه خود از عمق بحرانی روی تاج سرریز جهت محاسبه دبی عبوری سرریزهای مورب استفاده کردند و با ارائه ضریب هندسی سرریز، رابطه‌ای جدید جهت محاسبه دبی عبوری به طور مستقیم ارائه کردند.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از داده‌های آزمایشگاهی پژوهش Ramamurthy et al. (1995) که مشخصات هندسی و هیدرولیکی کانال و سرریز بر اساس شکل (۳) و جدول (۲) بیان شده است، در حالت جریان به صورت آزاد، استفاده شده است. رابطه جدیدی بر اساس عمق بحرانی جریان بالادست برای تعیین ظرفیت تخلیه سرریزهای جانبی در کانال‌های دایره‌ای (لوله) ارائه شده است. با دقت در روابط ارائه شده محققین قبلی مشاهده می‌گردد که روابط نیاز به داشتن نمودارهایی هستند که پس از محاسبه اعداد بدون بعد دیگر بتوان ضریب دبی را محاسبه کرد که فقط برای یک شرایط خاص کاربرد دارند.

رامامورتی و همکاران در تحقیقات خود با استفاده از یک فلوم با مقطع دایره‌ای با قطر ۳۰ سانتیمتر و طول ۶/۲۰ متر از جنس PVC با سه طول سرریز (L) ۱۵، ۲۲، ۳۰ و ۵۰ سانتیمتر و سه ارتفاع تاج سرریز (P) ۳/۸۱، ۸/۴۶، ۱۳ و ۷۵ سانتیمتر و نسبت‌های L/D برابر ۰/۵۰، ۰/۷۵ و ۱/۰۰ و نسبت‌های P/D برابر ۰/۱۲۷، ۰/۲۸۲ و ۰/۴۵۸ انجام دادند و نتایج خود را در قالب تعدادی گراف و رابطه (۶) ارائه دادند (Ramamurthy, 1995).

$$Q_w = C_d A_w V_j \quad (۶)$$

در این پژوهش دبی عبوری از سرریز جانبی Q_w ، ضریب دبی جریان C_d ، مساحت جت جریان عبوری از سرریز A_w ، سرعت جریان خروجی از سرریز V_j ، مقدار سطح مقطع جریان $A_w = (y_1 - P)L$ محاسبه شد. مقدار سرعت جریان خروجی از سرریز از رابطه (۷) محاسبه گردید.

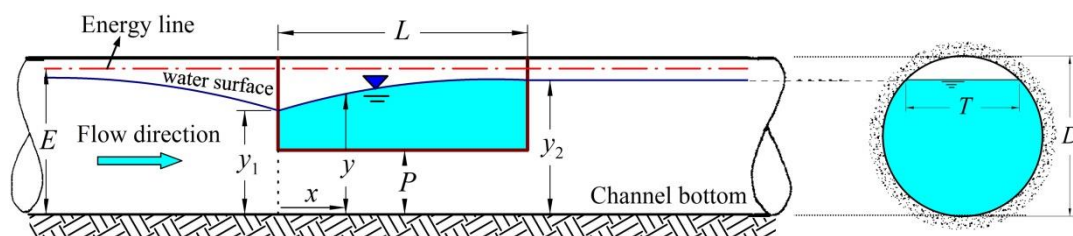
$$V_j = \frac{V_1^2}{3g(y_1 - P)} \left(\frac{1}{\eta^2} - 1 \right) \quad (۷)$$

پارامتر سرعت جت V_1 و سرعت جریان در بالادست سرریز، از رابطه (۸) محاسبه شد. η خروجی از سرریز

$$\eta^2 = \frac{\left(\frac{V_1}{\sqrt{2gD}} \right)}{\sqrt{\left(\frac{y_1 - P}{D} \right) + \left(\frac{V_1^2}{2gD} \right)}} \quad (۸)$$

در رابطه (۶) مقدار A_w مساحت جت جریان خروجی برابر است با $A_w = (y_1 - P)L$

عمق بحرانی به علت وابستگی به دو فراسنجه هیدرولیکی (دبی جریان) و هندسی سرریز (عرض مقطع و طول تاج سرریز) و تأثیرگذاری مستقیم بر دبی جریان در سال‌های اخیر مورد توجه محققین قرار گرفته است. در تحقیقات نظیر (Ferro (2000), Bijankhan and Ferro, Shahrokhnia and Javan (2006), Stefano and Ferro (2016) و Stefano et al. (2018)، (2018) از فراسنجه عمق بحرانی برای محاسبه دبی جریان استفاده شده است.



شکل ۳- مشخصات هندسی و هیدرولیکی سرریز جانبی (Ramamurthy et al., 1995)

جدول ۲- مشخصات هندسی و هیدرولیکی تحقیق

شماره سری آزمایش	قطر لوله D (cm)	ارتفاع سرریز P (cm)	طول سرریز L (cm)	L/D	P/D	دبی بالادست سرریز Q (lit/sec)	y ₁ عمق در ابتدای سرریز (cm)
۱	۳۰	۳/۸۱	۱۵/۰۰	۰/۵۰	۰/۱۲۷	۸۱-۵/۶۰	۲۱-۵
۲	۳۰	۳/۸۱	۲۲/۵۰	۰/۷۵	۰/۱۲۷	۸۱-۵/۶۰	۲۱-۵
۳	۳۰	۳/۸۱	۳۰/۰۰	۱/۰۰	۰/۱۲۷	۸۱-۵/۶۰	۲۱-۵
۱	۳۰	۸/۴۶	۱۵/۰۰	۰/۵۰	۰/۲۸۲	۸۱-۵/۶۰	۲۱-۵
۲	۳۰	۸/۴۶	۲۲/۵۰	۰/۷۵	۰/۲۸۲	۸۱-۵/۶۰	۲۱-۵
۳	۳۰	۸/۴۶	۳۰/۰۰	۱/۰۰	۰/۲۸۲	۸۱-۵/۶۰	۲۱-۵
۱	۳۰	۱۳/۷۵	۱۵/۰۰	۰/۵۰	۰/۴۵۸	۸۱-۵/۶۰	۲۱-۵
۲	۳۰	۱۳/۷۵	۲۲/۵۰	۰/۷۵	۰/۴۵۸	۸۱-۵/۶۰	۲۱-۵
۳	۳۰	۱۳/۷۵	۳۰/۰۰	۱/۰۰	۰/۴۵۸	۸۱-۵/۶۰	۲۱-۵

تحلیل ابعادی

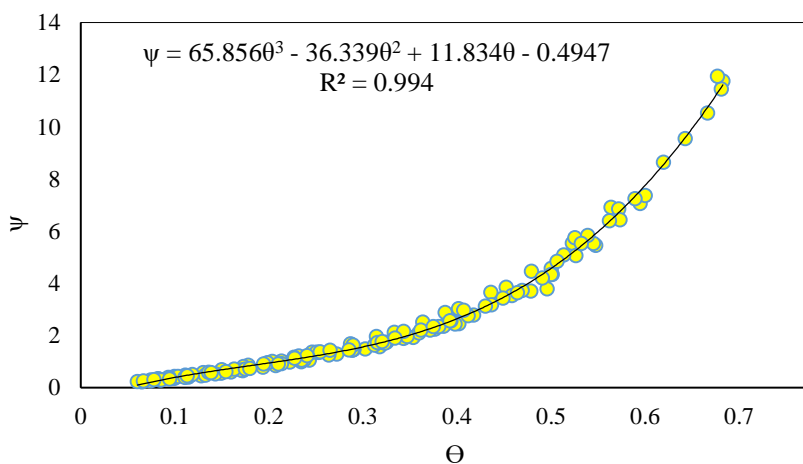
یا استفاده از تحلیل ابعادی و با در نظر گرفتن پارامترهای هندسی و هیدرولیکی مؤثر بر دبی عبوری از سرریزهای جانبی در کانال‌های دایره‌ای، رابطه‌های (۹) و (۱۰) به دست آمد.

$$\theta = \left(\frac{P}{y_1} \right)^2 \quad (9)$$

$$\psi = \left[\left(\frac{y_1 - P}{P} \right)^2 \left(\frac{y_{cl}}{P} \right) \right]^{-0.5} \quad (10)$$

نتایج و بحث:

در شکل ۴ با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی پژوهش ارتباط بین رابطه‌های (۹) و (۱۰) بررسی شد و رابطه (۱۱) حاصل شد. رابطه (۱۱) که دارای معادله سهمی درجه سه هست، دارای رگرسیون بالا و با دقت زیاد می‌تواند مقدار عمق بحرانی گذرنده از تاج سرریز را پیش‌بینی نماید.



شکل ۴- رابطه بین ضریب هندسی θ و ضریب عمق بحرانی هیدرولیکی ψ در رژیم زیربحرانی بالادست

قابل اندازه‌گیری هستند، محاسبه می‌گردند. به عبارت دیگر با استفاده از رابطه (۱۱) مقدار عمق بحرانی روی تاج سرریز y_{cl} به دست می‌آید و سپس با رابطه (۱۲) دبی عبوری در طول سرریز q_w و در نهایت دبی عبوری کل گذرنده از تاج سرریز با همان رابطه (۱۲) محاسبه می‌گردد. از روابط (۹) و (۱۰) پیاداست که برای همه نسبت‌های مختلف ارتفاع تاج سرریز به قطر مجرا P/D و نسبت طول سرریز به قطر

(۱۱) $\psi = 65.856\theta^3 - 36.339\theta^2 + 11.834\theta - 0.4947$ در رابطه (۱۱) مقادیر اعداد بی‌بعد θ و ψ که به ضریب هندسی سرریز و ضریب عمق بحرانی سرریز نام‌گذاری می‌شوند از روابط (۹) و (۱۰) که به‌سادگی در پروتوتایپ^۱ و مدل‌های آزمایشگاهی

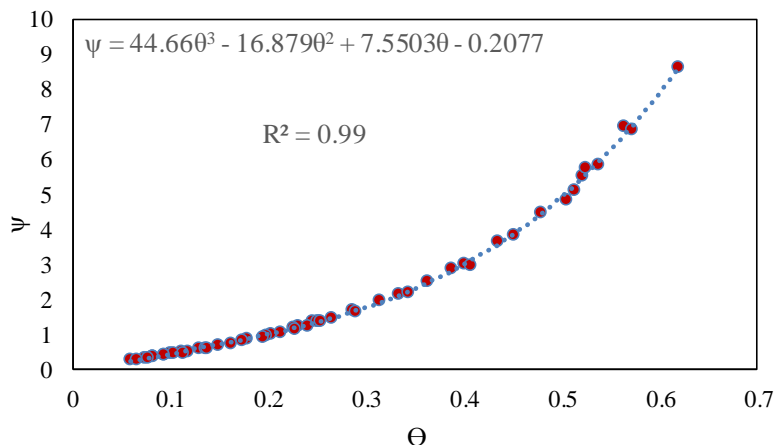
1 Prototype

برای حالتی که جریان بالادست فوق بحرانی باشد از شکل (۵) و رابطه (۱۳) برای محاسبه عمق بحرانی روی تاج سرریز استفاده می-شود و با رابطه (۱۲) مقدار دبی عبوری گذرنده از سرریز جانبی محاسبه می-گردد.

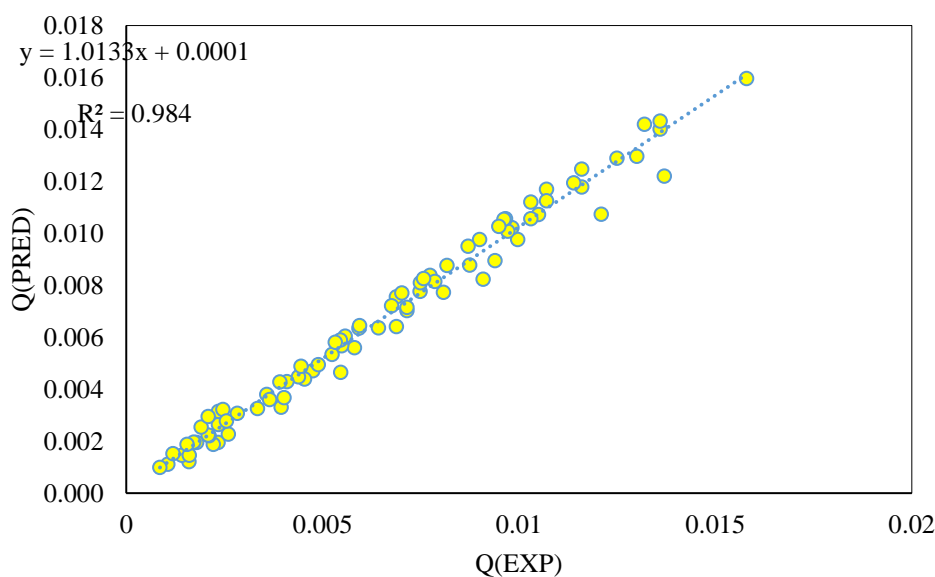
$$\psi = 44.66\theta^3 - 16.879\theta^2 + 7.5503\theta - 0.2077 \quad (13)$$

مجرا L/D و همه اعداد فرود زیربحرانی بالادست سرریز، می-توان از این رابطه استفاده کرد. دبی عبوری جریان پس از محاسبه عمق بحرانی گذرنده از تاج y_{cl} ، از رابطه (۱۲) به دست می-آید و نیازی به محاسبه ضریب دبی نیست.

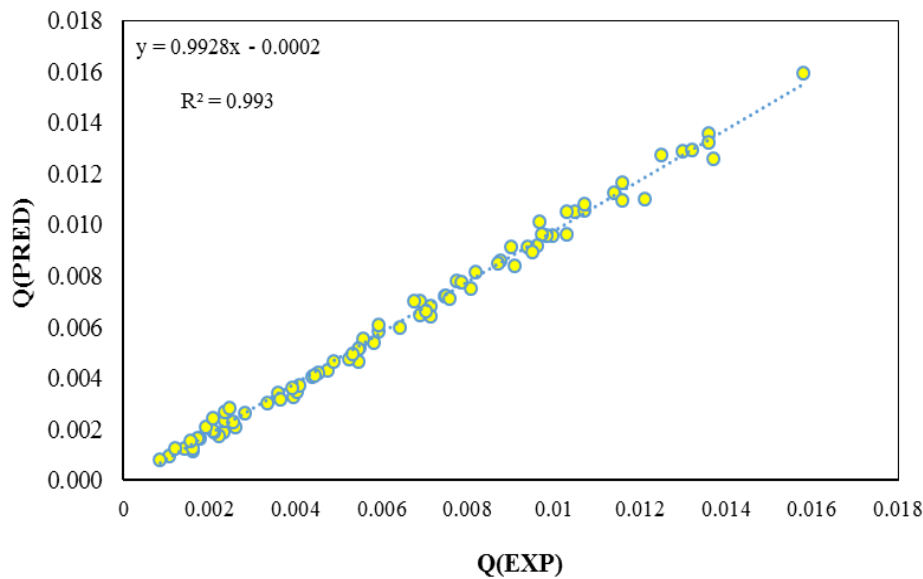
$$q_w = \sqrt{gy_{cl}^2} \rightarrow Q_w = q_w L \quad (12)$$



شکل ۵- رابطه بین ضریب هندسی θ و ضریب عمق بحرانی هیدرولیکی ψ در رژیم فوق بحرانی بالادست



شکل ۶- رابطه بین دبی آزمایشگاهی و دبی محاسباتی بر اساس فرمول Q_w در حالت جریان زیربحرانی



شکل ۷- رابطه بین دبی آزمایشگاهی و دبی محاسباتی بر اساس فرمول C_d در حالت زیربحرانی

$$C_d = 0.6 - 0.15 \left(\frac{s}{y_1} \right) + 0.15 \left(\frac{L}{D} \right) \quad (15)$$

با توجه به شکل ۶ و ۷ نسبت بین دبی آزمایشگاهی و دبی محاسباتی در حالت جریان زیربحرانی مورد بررسی و صحت سنجی قرار گرفتند. با توجه به عدد رگرسیون شکل‌ها مشخص شد همبستگی بسیار خوبی بین داده‌های آزمایشگاهی و داده‌های محاسباتی به دست آمده از رابطه‌های (۱۴) و (۱۵) می‌باشد که این نتیجه قابل قبول بودن این روابط را نشان می‌دهد اما با توجه به اینکه رگرسیون شکل ۷ به عدد یک نزدیک‌تر هست پس رابطه (۱۵) پیشنهاد می‌گردد.

$$\frac{y_{CL}}{(y_1 - P)} = 0.58 \rightarrow Q_w = 1.383(y_1 - P)^{1.5} L \quad (16)$$

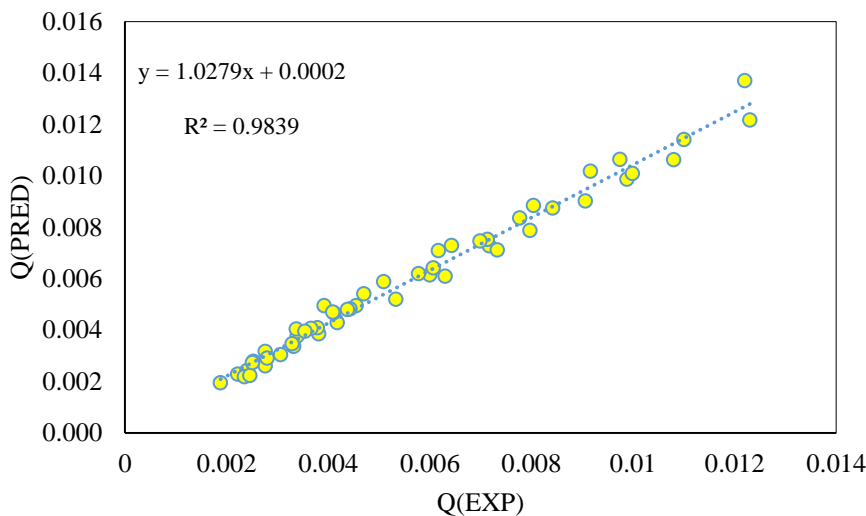
همان‌طور که از شکل (۸) مشهود است نسبت بین دبی آزمایشگاهی و دبی محاسباتی در حالت جریان فوق بحرانی مورد بررسی و صحت سنجی قرار گرفت، با توجه به عدد رگرسیون مشخص شد تطابق بسیار خوبی بین داده‌های آزمایشگاهی و داده‌های محاسباتی به دست آمده از رابطه (۱۶) می‌باشد که این نتیجه قابل قبول بودن رابطه (۱۶) را نشان می‌دهد.

با مقایسه روابط (۱۱) و (۱۳) مشاهده می‌گردد، مقدار دبی عبوری جریان در بالادست در حالت جریان زیربحرانی بیشتر از حالت جریان فوق بحرانی است. رابطه دیگری که از این تحقیق استخراج شد رابطه (۱۴) است که دارای دقت خوب و قابل قبولی است و به سادگی و بدون نیاز به محاسبات طولانی دبی عبوری جریان را محاسبه می‌کند. رابطه (۱۴) برای رژیم زیربحرانی بالادست و رابطه (۱۵) برای رژیم فوق بحرانی بالادست است.

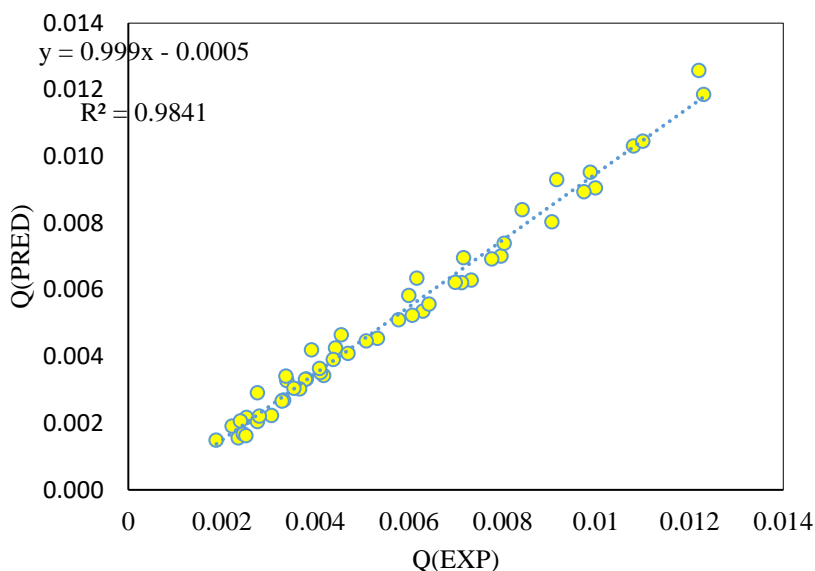
$$\frac{y_{CL}}{(y_1 - P)} = 0.7 \rightarrow Q_w = 1.834(y_1 - P)^{1.5} \quad (14)$$

همان‌طور که از شکل (۶) مشهود است نسبت بین دبی آزمایشگاهی و دبی محاسباتی در حالت جریان زیربحرانی مورد بررسی و صحت سنجی قرار گرفت، با توجه به عدد رگرسیون مشخص شد تطابق بسیار خوبی بین داده‌های آزمایشگاهی و داده‌های محاسباتی به دست آمده از رابطه (۱۴) می‌باشد که این نتیجه قابل قبول بودن رابطه (۱۴) را به ما نشان می‌دهد.

نمودار به دست آمده از شکل (۷) بررسی و صحت سنجی نسبت بین دبی آزمایشگاهی و دبی محاسباتی بر اساس فرمول C_d در حالت جریان زیربحرانی می‌باشد. با توجه به عدد رگرسیون مشخص شد همبستگی بسیار خوبی بین داده‌های آزمایشگاهی و داده‌های محاسباتی به دست آمده از فرمول ۱۵ می‌باشد که این نتیجه قابل قبول بودن فرمول ۱۵ را به ما نشان می‌دهد؛ و برای تعیین C_d در حالت جریان زیربحرانی در سرریزهای جانبی در مقاطع دایره‌ای رابطه (۱۵) پیشنهاد می‌گردد.



شکل ۸- رابطه بین دبی آزمایشگاهی و دبی محاسباتی بر اساس فرمول Q_w در حالت جریان فوق بحرانی



شکل ۹- رابطه بین دبی آزمایشگاهی و دبی محاسباتی بر اساس فرمول C_d در حالت فوق بحرانی

$$C_d = 0.34 - 0.15 \left(\frac{s}{y_1} \right) + 0.15 \left(\frac{L}{D} \right) \quad (17)$$

با توجه به شکل ۸ و ۹ نسبت بین دبی آزمایشگاهی و دبی محاسباتی در حالت جریان فوق بحرانی مورد بررسی و صحت سنجی قرار گرفت، با توجه به عدد رگرسیون شکل‌ها مشخص شد همبستگی بسیار خوبی بین داده‌های آزمایشگاهی و داده‌های محاسباتی به‌دست‌آمده از رابطه‌های (۱۶) و (۱۷) می‌باشد که این نتیجه قابل قبول بودن این روابط را نشان می‌دهد اما با توجه به اینکه

نمودار به‌دست‌آمده از شکل (۹) بررسی و صحت سنجی نسبت بین دبی آزمایشگاهی و دبی محاسباتی بر اساس فرمول C_d در حالت جریان فوق بحرانی می‌باشد. با توجه به عدد رگرسیون مشخص شد همبستگی بسیار خوبی بین داده‌های آزمایشگاهی و داده‌های محاسباتی به‌دست‌آمده از رابطه (۱۷) می‌باشد که این نتیجه قابل قبول بودن رابطه (۱۷) را نشان می‌دهد؛ و برای تعیین C_d در حالت جریان فوق بحرانی در سرریزهای جانبی در مقاطع دایره‌ای رابطه (۱۷) پیشنهاد می‌گردد.

زیربحرانی، نشریه علوم آب و خاک. ۱۸ (۶۹): ۱۴۹-۱۴۱.

Allahdadi, K., Ansari-Ghojghar, M., Zeinali, M. and Parsi, E. 2020. Predicting the Discharge coefficient of Arched Piano Key with a Trapezoidal Cross Section. Iranian Journal of Soil and Water Research. DOI: 10.22059/IJSWR.2020.309833.668733. (In Persian)

Allahdadi, K., Ansari-Ghojghar, M., Parsi, E. and Behdarvandi-Askar, M., 2020. Evaluation of a New Method for Calculating Discharge in Oblique Linear Weirs. Iranian Journal of Soil and Water Research. DOI: 10.22059/IJSWR.2020.312976.668788. (In Persian)

Allen J. W. 1957. "The discharge of water over side weirs in circular pipes." ICE Proc. 6(2): 270-287.

Bijankhan, M. and Ferro, V. 2018. Experimental Study and Numerical Simulation of Inclined Rectangular Weirs. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 144(7): 04018012.

Borghai M., Jalili, M., R., Ghodsian, M. 1999. "Discharge coefficient for sharp-crested side weir in subcritical flow." Journal of Hydraulic Engineering. 125(10): 1051-1056.

Cheong, H. 1991. Discharge coefficient of sidediversion from trapezoidal channel. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 117(4):461-475.

Chong, H. 1991. Discharge coefficient of sidediversion from trapezoidal channel. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 117(4), 461-475.

De Marchi, G. 1934. Saggio di teoria Del funzionamento degli stramazzi laterali. L'Energia Elettrica. 11(11): 849-860 (in Italian).

El-Khashab, A. and Smith, K. V. H. (1976). "Experimental investigation of flow over side weirs." Journal of the Hydraulics Division. 102(9): 1255-1268.

Emiroglu, M.E., Kaya, N., Agaccioglu, H. 2010. Discharge capacity of labyrinth side weir located on a straight channel. ASCE J Irrig Drain Eng 136(1):37-46.

Ferro, V. 2000. Simultaneous Flow Over and Under a Gate. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 126: 190-193.

Ghodsian M. 1997. Elementary discharge coefficient for rectangular side weir, P 36-42. In: 4th Int. Conf. on Civil Engineering, Tehran.

Hager W. H. 2010. Discussion of 'Flow over side weir in circular channels. Journal of Hydraulic Engineering. 113(5): 685-688.

Hager, W.H. 1982. Die Hydraulik von Verteilkanälen (in German). Teil 1-2, Mitteilung Nr.55 56, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und

رگرسیون شکل ۹ به عدد یک نزدیکتر هست پس رابطه (۱۷) پیشنهاد می‌گردد.

نتیجه گیری

سرریزهای جانبی به‌عنوان سرریز انتهایی برای تخلیه آب مازاد ناشی از بهره‌برداری غیر صحیح آبگیرهای بالادست در انتهای کانال-های اصلی قرار می‌گیرد. این سازه برای برداشت مقدار معینی آب از رودخانه یا کانال به‌طور پیوسته و به‌صورت ثقلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هست. در این تحقیق از داده‌های آزمایشگاهی برای پیش-بینی دبی عبوری سرریزهای جانبی در مقاطع دایره‌ای به روش جریان به‌صورت آزاد استفاده شده است و همچنین اینکه با استفاده از روش باکینگهام به روش عددی فرمول‌هایی برای به دست آوردن دبی محاسباتی به جهت صحت‌سنجی بین داده‌های آزمایشگاهی و داده-های محاسباتی در دو حالت زیربحرانی و فوق بحرانی و چهار روش به دست آمد و نسبت بین دبی آزمایشگاهی و دبی محاسباتی در حالت جریان زیربحرانی مورد بررسی و صحت‌سنجی قرار گرفتند، با توجه به عدد رگرسیون شکل‌ها مشخص شد همبستگی بسیار خوبی بین داده-های آزمایشگاهی و داده‌های محاسباتی به‌دست‌آمده می‌باشد که این نتیجه قابل قبول بودن روابط نهایی را به نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش نشان داد، استفاده از عمق بحرانی در محاسبه دبی عبوری سرریزهای جانبی در مقاطع دایره‌ای از دقت بالایی برخوردار می‌باشد. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد، مقدار دبی عبوری جریان در بالادست در حالت جریان زیربحرانی بیشتر از حالت جریان فوق بحرانی است.

منابع

زاهدی خامنه، ح.، خداشناس، س.، اکبر زاده، م. و اسماعیلی، ک. ۱۳۹۳. تأثیر افزایش طول مؤثر بر مشخصات هیدرولیکی و ضریب تخلیه سرریز جانبی. نشریه مهندسی عمران فردوسی. ۲۶ (۱): ۲۵-۳۸.

ساغری، ا.، صانعی، م. و حسینی، خ. ۱۳۹۸. مطالعه آزمایشگاهی تیپ‌های مختلف سرریز جانبی کلید پیمانویی دوزنقه‌ای، نشریه آبیاری و آب ایران، دوره ۱۰، شماره ۲، ص ۳۰-۴۰.

ولایتی، ف. و وطن‌خواه، ع. ۱۳۹۸. محاسبه بده سرریز جانبی لبه پهن دوزنقه‌ای در رژیم جریان زیربحرانی بر اساس تئوری جریان متغیر مکانی، نشریه تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۲۰ (۷۴): ۱-۱۲.

هنر، ت. و مظلومی شهرکی، ص. ۱۳۹۳. تحلیل ضریب دبی سرریزهای جانبی استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای در جریان‌های

- Discharge coefficient of rectangular side-weirs. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 120(4):814–819.
- Shahrokhnia, M. A. and Javan, M. 2006. Dimensionless Stage–Discharge Relationship in Radial Gates. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 132: 180-184.
- Subramanya, K., 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*. 120(1): 212–217. doi:10.1061/(ASCE)0733-9437(1994)120:1(212).
- Uyumaz A. and Muslu, Y. 1987. Flow over side weirs in circular channels. *Journal of Hydraulic Engineering*. 113(5), 688–690.
- Yu-Tech, L. 1972. Discussion of spatially varied flow over side weir. *ASCE Journal of the Hydraulics Division*. 98(11): 2046–2048.
- Yumaz, A., Danandeh Mehr, A., Kahya, E., Erdem, H. 2014. Rectangular side weir discharge coefficient estimation in circular channels using linear genetic programming approach. *Journal of Hydroinformatics*. 1318-1333.
- Glaziologie, ETH, Zurich
- Jalili, M., Borghei, S.M. 1996. Discussion discharge coefficient of rectangular side weirs. *ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 122(4): 132.
- Nandesamoorthy, T., Thomson, A. 1972. Discussion of spatially varied flow over side weir. *ASCE Journal of the Hydraulics Division*. 98(12): 2234–2235.
- Parsi, E., Allahdadi, K., Bahrebar, A.R., Farhadi, R. 2020. Effect of downstream contraction on side weirs discharge. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. (In Persian)
- Parsi, E. M., Zeinali, M., Allahdadi, K., Ansari-Ghojghar, 2020. Prediction of Discharge for Arced Labyrinth Weirs with Trapezoidal Cross Section. *Journal of Hydraulic*. (In Persian)
- Raju, K. G. R., Gupta, S. K., and Parasad, B. 1979. Side weir in rectangular channel. *Journal of the Hydraulics Division*. 105(5), 547–554.
- Ramamurthy, A. S., Zhu, W., VO, D. 1995. Rectangular Side Weirs in Circular Open Channels. *Journal of Hydraulic Engineering*, Volume 121 Issue 8.
- RangaRaju, K.G., Prasad, B., Gupta, S.K. 1979. Side weir in rectangular channel. *Journal of the Hydraulics Division*. 105(5): 547–554.
- Singh, R., Manivannan, D., Satyanarayana, T.e. 1994.

Discharge Capacity of Side Weirs in Circular Channels

K. Allahdadi¹, E. Parsi², A. Bahrebar^{3*}, R. Farhadi⁴

Received: Jan.17, 2020

Accepted: Apr.21, 2021

Abstract

Side weirs are one of the most important protective structures upstream of structures such as reverse siphons and underpasses in irrigation and drainage networks. In this research, using laboratory data and numerical solution in free flow mode in the pipe, new relationships based on the critical depth of the upstream flow to determine the discharge capacity of sideweirs in circular channels (pipes) in critical situations and Supercritical is presented. This relationship depends on effective parameters such as P / y_1 , weir crown height to the depth of flow at the beginning of the weir, flow height over the weir crown to weir height $((y_1 - p) / p)$ and critical depth of the flow passing over the weir crown. The results of this study showed that the upstream flow rate in the subcritical flow mode is higher than the supercritical flow mode. Also, the relations provided for calculating the flow rate of side weirs in circular channels are suggested due to having high regression and consistency of computational and observational results for designing this type of side weirs in circular channels

Keywords: Critical depth, Discharge coefficient, Protective structures, Regression.

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- Regional water company Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad, Yasouj, Iran

4- Managing Director of Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Regional Water Company, Iran

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