

بررسی خصوصیات جریان ترکیبی در سرریز لبه تیز مرکب و دریچه مستطیلی

مهسا پسرکلو^۱، علی رضا عمادی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۰

چکیده

دریچه‌ها و سرریزها از جمله سازه‌هایی هستند که برای اندازه‌گیری و کنترل جریان به کار می‌روند. با توجه به تغییرات دبی در کانال‌ها سازه سرریز باید کارایی اندازه‌گیری و کنترل دبی را در محدوده زیادی داشته باشد. این محدودیت با کاربرد سرریزهای مرکب قابل رفع می‌باشد. همچنین در سرریزها مشکل تجمع رسوب در بالادست، بر روی هیدرولیک جریان و بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری تأثیر می‌گذارد. بنابراین استفاده هم‌زمان سازه سرریز مرکب - دریچه می‌تواند مناسب باشد. هدف از این پژوهش، بررسی خصوصیات هیدرولیکی سرریز و سرریز - دریچه مرکب لبه تیز با سه مقطع (مثلثی - دوزنقه‌ای - مستطیلی) در بازشدگی‌های دریچه برابر ۱/۵، ۳ و ۴/۵ سانتی‌متر و زاویه راس ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۱۵ درجه و مقایسه آن با سرریز دریچه مستطیلی است. بدین منظور آزمایش‌ها در یک فلووم مستطیلی به طول ۱۲ متر و عرض نیم متر انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش زاویه راس سرریز، میزان دبی عبوری از مدل‌ها، افزایش می‌یابد. همچنین به ازای بار آبی معین با افزایش بازشدگی دریچه، دبی عبوری افزایش ولی ضریب دبی جریان کاهش یافت. بر اساس داده‌های آزمایشگاهی تغییرات ضریب دبی جریان در سرریزهای مرکب در محدوده ۰/۴۳ تا ۰/۹۵ و در سرریز - دریچه مرکب در محدوده ۰/۳۸ تا ۰/۸۲ بود. مقادیر ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) برای ضریب دبی جریان به ترتیب ۰/۹۴ و ۰/۰۳ به دست آمد. نتایج به دست آمده نشان داد که استفاده از ترکیب خطی روابط جریان در سرریز و سرریز - دریچه با دقت قابل قبول قادر به برآورد ضریب دبی جریان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: دریچه مستطیلی، سرریز مرکب، سرریز مستطیلی، ضریب دبی

مقدمه

با حساسیت مناسبی انجام می‌دهد. در جریان‌های زیاد، دهانه بالایی مانع افزایش زیاد سطح آب بالادست سرریز شده و اندازه‌گیری دبی را با دقت قابل قبولی امکان‌پذیر می‌سازد (Jan et al., 2006). همواره آب جاری در شبکه‌های انتقال و توزیع آب دارای مواد معلق و رسوبی بوده که با قرارگیری سرریز به‌عنوان یک سازه کنترل یا اندازه‌گیری در مسیر جریان به علت کاهش سرعت جریان، سبب مشکلاتی از قبیل ته‌نشینی رسوب در بالادست آن، کاهش حجم کانال در محدوده سازه، سرریز شدن آب از کانال، کاهش پایداری سازه و از همه مهم‌تر کاهش دقت اندازه‌گیری جریان می‌شود. تجمع مواد معلق در ورودی دریچه‌ها نیز بر عملکرد آن‌ها اثرگذار است و سبب کاهش دقت اندازه‌گیری می‌شود. برای رفع مشکل ذکر شده، این دو سازه (سرریز و دریچه) ترکیب شده و در قالب یک سازه ترکیبی به نام سرریز دریچه ارائه شده است؛ بنابراین این سازه ترکیبی تا حدودی مشکلات مطرح شده را برطرف نموده به طوری که مواد معلق (چوب، یخ و...) از روی سازه و مواد قابل ته‌نشین شدن (رسوبات) از زیر سازه به پایین دست منتقل می‌شود (Najm et al., 2002). یکی از راه‌ها جهت افزایش کارایی سازه سرریز - دریچه ترکیب سرریزهای مرکب که در بالا به آن اشاره شد با دریچه می‌باشد. مارتینز و همکاران با بررسی آزمایشگاهی روی سرریز لبه تیز مرکب مثلثی - مثلثی نشان دادند که

اندازه‌گیری میزان جریان عبوری در شبکه‌های انتقال آب و فضالاب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا روش‌های بسیاری برای اندازه‌گیری دبی آب در کانال‌های روباز وجود دارد. انواع سرریزها و دریچه‌ها به صورت عمده در اندازه‌گیری جریان و کنترل سطح آب استفاده می‌شوند. سرریزهای لبه تیز مرکب برای اندازه‌گیری دبی جریان با دقت و حساسیت معقول در طیف گسترده‌ای از جریان‌ها، مورد استفاده قرار می‌گیرند (Boss et al., 1988). سرریزهای لبه تیز مرکب از چندین دهانه تشکیل شده و به شکل‌های مختلف طراحی می‌شوند یکی از مزایای هیدرولیکی سرریزهای مرکب این است که در محدوده وسیع‌تری از دبی، در کانال کاربرد داشته و در جریان‌های کم قسمت مرکزی سرریز به صورت منفرد عمل کرده و اندازه‌گیری جریان را با توجه به نوع شکل سرریز در قسمت مرکزی

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*) نویسنده مسئول
(Email: Emadia355@yahoo.com)

خطای بزرگی ایجاد نماید. آن‌ها معادله‌ای نیز برای زاویه ۹۰ درجه دریچه پیشنهاد کردند (Negm et al., 1994 and 1997). اسماعیلی و فتحی مقدم (۱۳۸۵) ضریب دبی در مدل ترکیبی سرریز-دریچه را بررسی نمودند و نشان دادند سیستم سرریز-دریچه موجب اصلاح خطوط جریان می‌شود و همچنین ضریب دبی به پارامتر بی بعد H/D (D قطر لوله) وابسته است. همچنین رضویان و حیدرپور (۱۳۸۶) با مطالعه جریان هم‌زمان از زیر دریچه کشویی و روی سرریز لبه تیز دوزنقه‌ای نتیجه گرفتند با افزایش میزان بازشدگی دریچه میزان ضریب دبی کاهش می‌یابد و با افزایش H/b (a عرض سرریز و H عمق آب بالادست)، میزان ضریب دبی افزایش می‌یابد. صفار و کاشفی پور (۱۳۸۷) با مدل سازی اثرات هیدرولیکی جریان و هندسه مجرا بر شدت جریان در سیستم سرریز-دریچه نتیجه گرفتند، موثرترین پارامتر در تعیین دبی عبوری از مدل با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی H/a (a بازشدگی دریچه و H عمق آب بالادست)، می‌باشد. حیدرپور و همکاران (۱۳۹۳) خصوصیات جریان ترکیبی از روی دریچه کشویی و سرریز دوزنقه‌ای در حالت لبه تیز را بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش دبی و ارتفاع آب در بالادست سرریز ضریب دبی افزایش می‌یابد، همچنین با ثابت در نظر گرفتن فاصله مسدود بین سرریز و دریچه و با افزایش بازشدگی دریچه مقدار ضریب دبی کاهش می‌یابد. پاشازاده و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی جریان هم‌زمان از زیر دریچه کشویی و روی سرریز لبه تیز بدون فشردگی در کانال دایره‌ای نشان دادند، در یک دبی ثابت با افزایش میزان بازشدگی دریچه ضریب دبی کاهش می‌یابد. خاصف و عباس به بررسی ضریب دبی در مدل سرریز مرکب مستطیلی-دوزنقه‌ای-مستطیلی با دریچه نیم‌دایره‌ای پرداختند. بررسی نتایج آزمایشگاهی نشان داد که ضریب دبی با افزایش دبی و ارتفاع آب در بالادست سرریز افزایش و با افزایش فاصله مسدود بین سرریز و دریچه، کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش ارتفاع سرریز مستطیلی پایینی در فاصله ثابت بین سرریز مستطیلی و دریچه، مقدار ضریب دبی کاهش می‌یابد (Khassaf and Abbas, 2013). هدف از این پژوهش، بررسی خصوصیات هیدرولیکی سرریز مرکب (مثلثی-دوزنقه‌ای-مستطیلی)-دریچه در بازشدگی و زاویه راس مختلف و مقایسه با سرریز مرکب و سرریز-دریچه مستطیلی است.

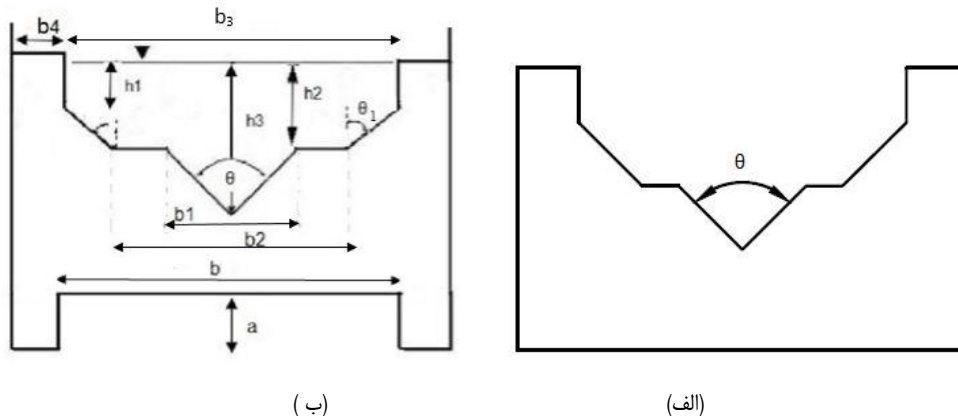
مواد و روش‌ها

مبانی ریاضی

مشخصات هندسی و هیدرولیکی سرریز و سرریز-دریچه لبه تیز مرکب با دهانه مثلثی، دوزنقه‌ای، مستطیلی، در یک کانال مستطیلی به صورت شکل ۱ نشان داده شده است.

برای زاویه‌های راس متفاوت در قسمت مرکزی سرریز، با افزایش مقدار هد موثر بر روی سرریز، ضریب دبی بیشتر می‌شود، همچنین دبی محاسباتی و دبی حاصل از سنجش مستقیم در آزمایشگاه تفاوت ناچیزی با هم دارند (Martinez et al., 2005). پیرادین و همکاران با بررسی آزمایشگاهی سرریز لبه تیز مرکب مثلثی-مثلثی با زوایای راس ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۸۰ درجه، رابطه‌ای برای محاسبه دبی جریان ارائه نمودند (Piratheepan et al., 2006). اورنقی و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی ضریب دبی جریان در سرریز مرکب دوزنقه‌ای-نیم‌دایره‌ای پرداختند و نشان دادند با ترکیب سرریز دوزنقه‌ای و سرریز دایره‌ای میزان ضریب دبی جریان حدود ۱۵ درصد نسبت به ضریب دبی سرریز دوزنقه‌ای افزایش می‌یابد. ظهیری (۱۳۹۱) به کمک مدل ریاضی شبه دوبعدی و ایده تشابه هیدرولیک سرریزهای مرکب با هیدرولیک کانال‌های مرکب، توزیع عرضی سرعت روی سرریز مرکب را حل کرد. سپس با این روش دبی جریان در انواع مختلف سرریزهای مرکب را محاسبه و با داده‌های آزمایشگاهی مقایسه نمود. نتایج تحقیق وی نشان داد مدل پیشنهادی دارای دقت بیش‌تری در تخمین دبی نسبت به روابط معمول سرریزهای لبه تیز است. لی و همکاران آزمایش‌های متعددی را در مورد سرریز مرکب لبه تیز دوزنقه‌ای-دوزنقه‌ای-مستطیلی انجام دادند. آن‌ها جهت بررسی توزیع سرعت جریان بر هندسه سرریز مرکب و تعیین فاکتورهای تصحیح انرژی جنبشی، به اندازه‌گیری دقیق سرعت پرداختند. نتایج نشان داد که فاکتورهای تصحیح انرژی جنبشی با افزایش هد بالادست سرریز کاهش یافته است و ضریب دبی تابعی از نسبت ارتفاع سرریز به هد موثر می‌باشد (Lee et al., 2012). عامری و همکاران بررسی ضریب دبی سرریز مرکب جانبی مثلثی-مستطیلی در شرایط جریان زیر بحرانی پرداختند. نتایج به دست آمده نشان داد، ضریب تخلیه یک سرریز جانبی مرکب تابعی از عدد فرود بالادست، نسبت ارتفاع وزنی تاج به عمق آب بالادست و نسبت طول به عمق آب بالادست می‌باشد (Ameri et al., 2015).

التوخی و ابراهیم به بررسی توزیع سرعت در جهت عرضی و طولی در پایین دست سرریزهای مرکب پرداختند. نتایج نشان داد که توزیع سرعت عمودی و طولی، با هد بالادست آب و با بستر پلاستیکی افزایش می‌یابد. همچنین توزیع سرعت برای سرریز عریض تر و عمق آب پایین دست بیش تر، کاهش می‌یابد (Eltoukhy and Ibrahim., 2015) در مورد مدل ترکیبی سرریز-دریچه می‌توان به پژوهش‌های نجم و همکاران اشاره نمود. ایشان اثر پارامترهای هندسی مدل روی جریان ترکیبی در حالت سرریز مثلثی با فشردگی جانبی و دریچه معکوس مثلثی که زاویه آن بین ۴۵ تا ۱۱۰ درجه متغیر است و همچنین سرریز مثلثی روی دریچه مستطیلی فشرده را بررسی نمودند و نشان دادند استفاده از ضریب شدت جریان معمول برای این گونه سرریزها و دریچه‌ها در حالت ترکیبی می‌تواند



شکل ۱- (الف) سرریز مرکب (ب) سرریز - دریاچه مرکب مثلثی - دوزنقه - مستطیلی

$$Q = c_{d3} \frac{2}{3} b_3 \sqrt{2g} (h_1)^{1.5} + c_{d2} \frac{2}{3} \sqrt{2g} (h_2 - h_1)^{1.5} (b_2 + \frac{4}{5} \tan \frac{\theta}{2} (h_2 - h_1)) + c_{d1} \frac{8}{15} \sqrt{2g} \tan \frac{\theta}{2} (h_3 - h_2)^{2.5} + c_{d4} ab \sqrt{2gy} \quad (3)$$

که در این رابطه y ، α ، b و c_{d4} به ترتیب عمق آب بالادست سرریز - دریاچه، بازشدگی، عرض و ضریب دبی دریاچه مستطیلی می‌باشند.

در حالت کلی در صورت عبور آب از سه مقطع ضریب دبی عبوری از سرریز - دریاچه مرکب مثلثی - دوزنقه‌ای - مستطیلی (مشاهداتی) طبق رابطه ۴ محاسبه می‌گردد.

$$Q = c_d (\frac{2}{3} b_3 \sqrt{2g} (h_1)^{1.5} + \frac{2}{3} \sqrt{2g} (h_2 - h_1)^{1.5} (b_2 + \frac{4}{5} \tan \frac{\theta}{2} (h_2 - h_1)) + \frac{8}{15} \sqrt{2g} \tan \frac{\theta}{2} (h_3 - h_2)^{2.5} + ab \sqrt{2gy}) \quad (4)$$

برای محاسبه c_d به روش آنالیز ابعادی جملات بی‌بعد موثر روی این ضریب مشخص شده سپس با استفاده از رگرسیون گیری چندمتغیره، رابطه‌ای برای آن ایجاد می‌شود و با قرار دادن c_d در رابطه دبی ترکیبی مقدار دبی به دست می‌آید.

تحلیل ابعادی

با توجه به شکل ۱، رابطه کلی ۵ را می‌توان برای پیوند بین متغیرهای حاکم بر جریان ترکیبی سرریز و دریاچه نوشت.

$$f(h, a, P, w, b_2, b_3, b, v, \rho, \sigma, \mu, g, \theta, y, c_d) = 0 \quad (5)$$

در رابطه ۵، ۱۵ متغیر مستقل با سه کمیت اصلی (طول، جرم و زمان) وجود دارد. در این رابطه P ارتفاع سرریز، μ لزوجت دینامیکی، σ کشش سطحی، Q دبی جریان عبوری از سازه ترکیبی، ρ جرم

در تحقیق حاضر، با فرض یک ضریب دبی برای سازه ترکیبی سرریز - دریاچه، از ترکیب خطی روابط متداول ارایه شده برای محاسبه ضریب دبی سرریز و سرریز - دریاچه استفاده شده است. وقتی آب از سه مقطع سرریز می‌گذرد، دبی از مجموع یک مقطع مستطیلی، یک مقطع دوزنقه‌ای و یک مقطع مثلثی با دریاچه و قرار دادن عمق موثر بر روی هر مقطع به دست آمد.

در حالت سرریز - دریاچه دبی کل از مجموع دبی عبوری از سرریز و دریاچه (رابطه ۱) به دست می‌آید.

$$Q_t = Q_w + Q_g \quad (1)$$

در رابطه ۱ دبی عبوری از روی سرریز Q_w ، دبی عبوری از زیر دریاچه Q_g و دبی عبوری از مدل ترکیبی Q_t است.

در صورت عبور آب از سه مقطع دبی عبوری از سرریز مرکب، از ترکیب خطی جریان در سرریزهای مستطیلی، دوزنقه‌ای و مثلثی طبق رابطه ۲ محاسبه می‌گردد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۴).

$$Q = c_{d3} \frac{2}{3} b_3 \sqrt{2g} (h_1)^{1.5} + c_{d2} \frac{2}{3} \sqrt{2g} (h_2 - h_1)^{1.5} (b_2 + \frac{4}{5} \tan \frac{\theta}{2} (h_2 - h_1)) + c_{d1} \frac{8}{15} \sqrt{2g} \tan \frac{\theta}{2} (h_3 - h_2)^{2.5} \quad (2)$$

در رابطه ۲، h_1 ، h_2 و h_3 بار آبی موثر بر هر مقطع سرریز و b_2 و b_3 عرض موثر سرریز در مقطع ۲ و ۳ می‌باشند. C_{d1} ، C_{d2} و C_{d3} به ترتیب ضریب دبی جریان در دهانه سرریز مثلثی، دوزنقه‌ای و دهانه مستطیلی می‌باشند (Kindsvater and Carter., 1959).

همچنین دبی عبوری از سرریز - دریاچه مرکب، از ترکیب خطی جریان در سرریزهای مستطیلی، دوزنقه‌ای و مثلثی و دریاچه مستطیلی طبق رابطه ۳ محاسبه می‌گردد (Khassaf and Abbas., 2013).

$$f(Fr, \frac{h}{b}, \frac{h}{b_2}, \frac{h}{b_3}, \frac{w}{p}, \frac{h}{a}, \frac{h}{y}, \theta) \quad (۹)$$

با استفاده از تابع ابعادی فوق، ضریب دبی جریان آزاد برحسب پارامترهای فیزیکی و هیدرولیکی معین در آن و نیز تاثیر عوامل نامعین پنهان (نظیر لزوجت، کشش سطحی، توزیع غیر هیدرواستاتیکی فشار بر روی سرریز و غیره) مستقیماً و به صورت تجربی قابل ارزیابی است.

فلوم آزمایشگاهی

آزمایش‌ها در کانال مستطیلی آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، به طول ۱۲ متر، عرض ۰/۵ و ارتفاع ۰/۸ متر انجام شد. مدل‌ها در فاصله ۴ متری از انتهای کانال قرار داده شد و کانال توسط پمپی با حداکثر دبی ۴۰ لیتر در ثانیه تغذیه شد. دیواره کانال از جنس پلکسی گلاس بوده و اندازه‌گیری دبی با استفاده از سرریز مثلثی ۹۰ درجه صورت پذیرفت. در این پژوهش از صفحات پلکسی گلاس به‌عنوان مدل سرریز مرکب و سرریز-دریچه مرکب مثلثی-دوونقه‌ای-مستطیلی با زاویه راس ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۱۵ درجه با بازشدگی‌های ۱/۵، ۳ و ۴/۵ سانتی‌متر، دوونقه با شیب ۴۵ درجه و سرریز به ارتفاع ۳۱ سانتی‌متر که در شکل ۱ نشان داده شده است، استفاده شد. به‌منظور سادگی ارایه نتایج و همچنین شکل‌های مرتبط سرریز-دریچه مرکب مثلثی-دوونقه‌ای-مستطیلی با نام اختصاری WGCTTR-□-a و سرریز مرکب مثلثی-دوونقه‌ای-مستطیلی با نام اختصاری WGCTTR-□-a عملکرد سرریز-دریچه مرکب، از سرریز-دریچه مستطیلی با نام اختصاری WGR-a با بازشدگی‌های دریچه ۱/۵ و ۳ سانتی‌متر که در شکل ۲ نشان داده شده است، استفاده شد. در این بررسی برای استقرار هر مدل ترکیبی ۱۴ تا ۱۶ دبی متفاوت (حداقل ۲۷۰ آزمایش) بر اساس مدل‌ها و ابعاد کانال در نظر گرفته شد. به طوری که در دبی حداکثر، جریان از روی مدل سرریز ننموده و در حداقل دبی، جریان روی تاج سرریز از ۲ سانتی‌متر کمتر نباشد. جدول‌های ۱ و ۲ مشخصات مدل‌های مورد آزمایش را نشان می‌دهد.

مخصوصاً، g شتاب ثقل، h هد موثر روی هر مقطع سرریز در بالادست، θ درجه شیب سرریز مثلثی، a بازشدگی دریچه، b_2 و b_3 عرض دهانه مستطیلی و عرض دهانه دوونقه‌ای، w فاصله کف مقطع اول سرریز تا ابتدای بازشدگی دریچه و b عرض دریچه می‌باشند. با استفاده از تحلیل ابعادی به روش باکینگهام رابطه ۵، بی‌بعد شده و به صورت رابطه ۶ بیان می‌شود.

$$f(R, W, \frac{Q}{g^{0.5} b_2 h^{1.5}}, \frac{Q}{g^{0.5} b_3 h^{1.5}}, \frac{Q}{g^{0.5} b h^{0.5}}, \frac{h}{b}, \frac{h}{b_2}, \frac{h}{b_3}, \frac{w}{p}, \frac{h}{a}, \frac{h}{y}, \theta) = 0 \quad (۶)$$

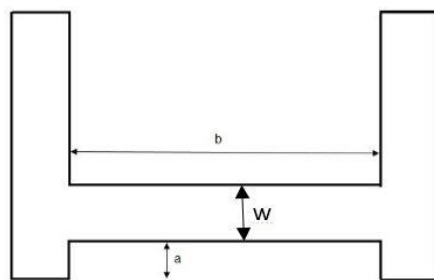
در رابطه ۶ R عدد بدون بعد رینولدز است که بیانگر نیروی اینرسی به نیروی لزجت است و برای حالت‌هایی که عدد رینولدز پایین است اثر خود را نشان می‌دهد، بنابراین از تاثیر آن چشم‌پوشی می‌شود. w عدد وبر است که نشان‌دهنده نیروی اینرسی به نیروی کشش سطحی است و در صورتی که ضخامت تیغه آب کافی باشد، اثر آن ناچیز شده و قابل صرف‌نظر کردن است (Chanson., 2009). با صرف‌نظر از نیروهای کشش سطحی و لزوجت، برای شرایط جریان آزاد روی سرریز-دریچه مرکب، روابط ابعادی به صورت رابطه ۷ نوشته می‌شود.

$$\frac{Q}{g^{0.5} b_2 h^{1.5} + g^{0.5} b_3 h^{1.5} + g^{0.5} b h^{0.5}} = f(\frac{h}{b}, \frac{h}{b_2}, \frac{h}{b_3}, \frac{w}{p}, \frac{h}{a}, \frac{h}{y}, \theta) = 0 \quad (۷)$$

با مقایسه و ترکیب روابط ۴ و ۷، رابطه جریان آزاد بر روی سرریز-دریچه مرکب به صورت رابطه ۸ ارایه می‌شود.

$$c_d = \frac{Q}{\frac{2}{3} b_3 \sqrt{2g} (h_1)^{1.5} + \frac{2}{3} \sqrt{2g} (h_2 - h_1)^{1.5} (b_2 + (\frac{4}{5} \tan \frac{\theta}{2})(h_2 - h_1)) + \frac{8}{15} \sqrt{2g} \tan \frac{\theta}{2} (h_3 - h_2)^{2.5} + ab \sqrt{2gy}} \quad (۸)$$

با استفاده از آنالیز ابعادی ضریب دبی ارایه شده در رابطه ۸، با استفاده از رابطه ۹ به دست می‌آید.



شکل ۲- سرریز-دریچه مستطیلی مورد آزمایش

با استفاده از یک عمق سنج با دقت ± 0.1 میلی‌متر برداشت شد. شکل ۴ مدل ترکیبی سرریز - دریچه در کانال را نشان می‌دهد.

شکل ۳ نمای کلی فلوم تحقیقاتی را نشان می‌دهد. در آزمایش‌ها عمق جریان در بالادست سرریز - دریچه، عمق آب در پایین دست سرریز - دریچه، عمق آب روی سرریز مثلثی (جهت اندازه‌گیری دبی)



شکل ۳- نمای کلی فلوم تحقیقاتی



(ب)

(الف)

شکل ۴- سرریز - دریچه نصب شده در کانال (الف) در حالت عبور جریان (ب) بدون عبور جریان

جدول ۱- مشخصات سرریز و سرریز - دریچه مرکب به کار رفته در پژوهش

مدل	θ	a	b_1	b_2	b_3	b_4	B	b	P	W	P_1
WGCTTR	۳۰.۶۰.۹۰.۱۱۵	۴/۵.۳/۰.۱/۵	۴.۸.۱۴.۲۲	۲۲	۳۶	۶/۷۵	۵۰	۳۶	۱۱	۶/۵.۸/۰.۹/۵	۳۱
WCTR	۳۰.۶۰.۹۰.۱۱۵	۰	۲۲.۱۴.۸.۴	۲۲	۳۶	۶/۷۵	۵۰	۰	۱۱	۰	۳۱

جدول ۲- مشخصات سرریز - دریچه مستطیلی

مدل	A	b4	B	B	P	W
WGR	۳.۱/۵	۶/۷۵	۵۰	۳۶	۱۱	۸.۹/۵

فاصله کف مقطع سوم سرریز تا ابتدای بازشدگی دریچه (w)، بازشدگی دریچه (a)، عرض دریچه (b)، درجه شیب نوزنقه (θ_1) و

با توجه به جداول ارتفاع سرریز (P) عرض دهانه نوزنقه‌ای سرریز (b_2)، عرض دهانه مستطیلی سرریز (b_3)، ارتفاع سازه ترکیبی (P_1)،

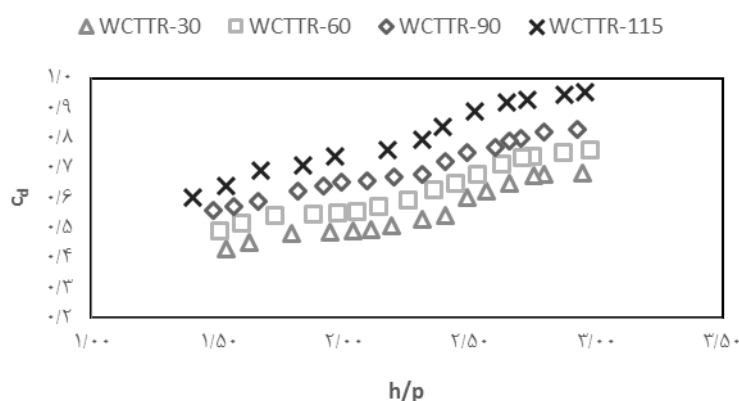
افزایش می‌یابد. وقتی جریان در محدوده سرریز دوزنقه‌ای قرار می‌گیرد، یعنی در $2/6 < (h/p) < 1/7$ ، ضریب دبی با افزایش h/p افزایش می‌یابد ولی به دلیل تداخل جریان در دو شکل مختلف مثلثی و مستطیلی و همچنین تغییر ناگهانی شعاع هیدرولیکی، نرخ افزایش ضریب دبی ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. هنگامی که سطح جریان در محدوده سرریز مستطیلی قرار می‌گیرد یعنی $(h/p) > 2/6$ ، سهم جریان در مقطع مستطیلی غالب و ضریب دبی با افزایش h/p با شیب کمتری افزایش می‌یابد. در واقع با توجه به این که در سرریز مستطیلی، دبی متناسب با $h^{3/2}$ باشد، تغییرات ضریب دبی به تدریج تعدیل می‌یابد. تاثیر توام تداخل جریان در محدوده مستغرق سبب ناپایداری در روند تغییرات ضریب دبی C_d می‌شود. شرح کامل این روند با تغییر شکل دهانه سرریز و توسعه تلاطم در شرایط جریان نیاز به مطالعات بیشتر دارد. همچنین با توجه به شکل می‌توان مشاهده کرد که در یک h/p ثابت، با افزایش بازشدگی زاویه راس مثلثی، میزان ضریب دبی افزایش می‌یابد. بنابراین این مساله به دلیل کاهش تداخل جت آب عبوری در زوایای بزرگ‌تر راس و در نتیجه کاهش استغراق محلی می‌گردد.

درجه شیب سرریز مثلثی به صورت (θ) نشان داده شده است. در این جدول θ بر حسب درجه و بقیه پارامترها بر حسب سانتی‌متر می‌باشد. در این پژوهش ابتدا تاثیر پارامترهای بدون بعد h/a و h/p با تغییر زاویه راس سرریز و تغییر بازشدگی دریچه بر مقدار ضریب دبی مورد تحلیل قرار گرفت و با مدل‌های سرریز مرکب و سرریز-دریچه مستطیلی مقایسه شد. سپس منحنی دبی-اشل و میزان آبدهی سرریز-دریچه مرکب و سرریز مرکب در حالت‌های مختلف بررسی شد. در نهایت رابطه تجربی برای محاسبه ضریب دبی به دست آمد.

نتایج و بحث

بررسی تغییرات ضریب دبی با پارامتر بدون بعد h/p

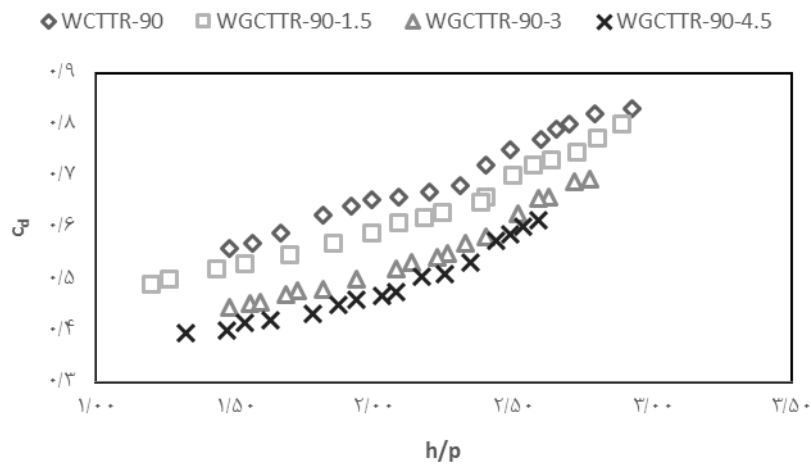
با توجه به شکل ۵ روند تغییرات ضریب دبی (C_d) با افزایش ارتفاع سطح آب بالادست (h)، تحت تاثیر محدوده تداخل هندسه جریان مثلثی، دوزنقه‌ای و مستطیلی و توسعه شدت تلاطم بر سطح آب بالادست، قرار می‌گیرد. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که با افزایش پارامتر بدون بعد h/p در زوایای راس مختلف، ضریب دبی تابع رفتارهای متفاوت می‌باشد. به طوری که وقتی جریان در محدوده سرریز مثلثی، یعنی $1/7 < (h/p) < 1/3$ ، ضریب دبی با افزایش h/p



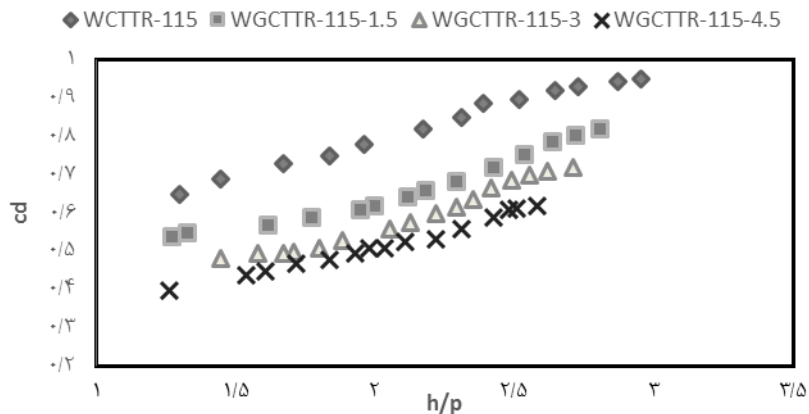
شکل ۵- تغییرات C_d با پارامتر بدون بعد h/p در سرریز مرکب

دبی سازه ترکیبی کاهش می‌یابد. از طرف دیگر جریان سرریز می‌تواند سبب استغراق دریچه و در نتیجه فشار مثبت در مقابل جریان دریچه ایجاد نموده و سبب کاهش ضریب دبی شود. همچنین با افزایش بازشدگی دریچه اثر دریچه بر هیدرولیک جریان افزایش می‌یابد و با توجه به این که ضریب دبی دریچه از سرریز کم‌تر می‌باشد، در یک h ثابت با افزایش بازشدگی دریچه، ضریب دبی سرریز-دریچه کاهش می‌یابد. نتایج این پژوهش با نتایج اسماعیلی و فتحی مقدم (۱۳۸۵) و همچنین نتایج حیدرپور و همکاران (۱۳۹۳) که خصوصیات جریان ترکیبی را بررسی نمودند هم‌خوانی دارد.

همان‌طور که در شکل‌های ۶ و ۷ مشاهده می‌شود، با افزایش پارامتر بدون بعد h/p میزان ضریب دبی در سرریز مرکب و سرریز-دریچه مرکب، افزایش می‌یابد. آنچه دارای اهمیت می‌باشد این است که در یک مقدار ثابت h/p ، ضریب دبی سرریز بیش‌تر از مدل ترکیبی سرریز-دریچه لبه‌تیز مرکب می‌باشد. این مساله به دلیل اثر جریان عبوری از سرریز روی جریان عبوری از زیر دریچه در مدل ترکیبی سرریز-دریچه جستجو نمود، چرا که هنگام عبور جریان از سرریز و دریچه به‌طور هم‌زمان، جریان سرریزی سبب ایجاد تلاطم در پایین دست سازه شده و در نتیجه انرژی جریان کاهش یافته و ضریب



شکل ۶- تغییرات C_d با پارامتر بدون بعد h/p در مدل‌های WCTTR-90 و WGCTTR-90

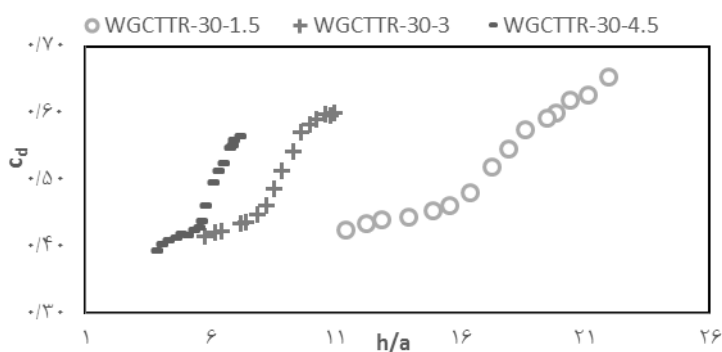


شکل ۷- تغییرات C_d با پارامتر بدون بعد h/p در مدل‌های WCTTR-115 و WGCTTR-115

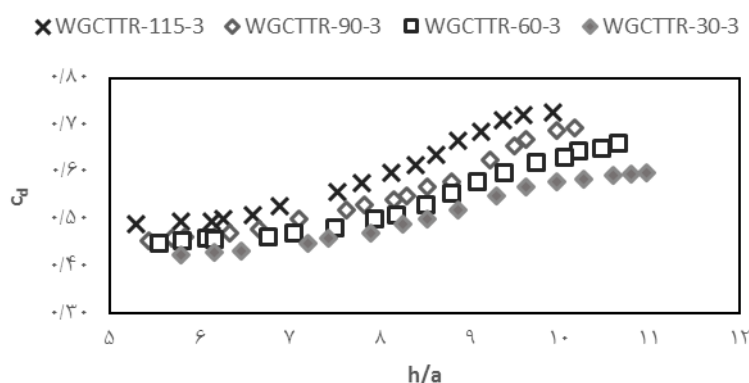
گرفته است. در واقع با کاهش عمق آب بالادست و در بازشدگی‌های بیشتر وقتی جریان وارد مقاطع پایین‌تر می‌شود، جریان در سازه به مرحله‌ای می‌رسد که بیش‌تر تحت تاثیر دریچه قرار می‌گیرد و ضریب دبی در بازشدگی‌های بیشتر کم‌تر می‌شود. همچنین مطابق شکل ۹ در یک h/a ثابت با افزایش زاویه راس سرریز، ضریب دبی بیش‌تر شده. علت این موضوع را می‌توان به اثرات فشردگی کم‌تر در سرریز-دریچه، در نتیجه کاهش گرادیان هیدرولیکی و تغییرات سرعت نسبت داد. همچنین با افزایش زاویه راس مثلثی، و به علت کاهش تداخل جت‌های آب عبوری و در نتیجه کاهش استغراق محلی، مقدار دبی عبوری از سرریز افزایش یافته و ضریب دبی بیش‌تر می‌شود.

بررسی C_d با پارامتر بدون بعد h/a

با توجه به شکل‌های ۸ و ۹، با افزایش h/a در یک زاویه راس ثابت، ضریب دبی سازه سرریز-دریچه مرکب افزایش می‌یابد. با توجه به شکل ۸ با افزایش بازشدگی دریچه، در یک زاویه راس ثابت، از میزان ضریب دبی کاسته می‌شود، در واقع با افزایش بازشدگی اثر دریچه بر هیدرولیک جریان افزایش می‌یابد و با توجه به این‌که ضریب دبی دریچه از سرریز کم‌تر می‌باشد، در یک h ثابت با افزایش بازشدگی دریچه، ضریب دبی سرریز-دریچه کاهش می‌یابد (حیدرپور و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین، تغییرات ضریب دبی در سرریز-دریچه مرکب با بازشدگی کم‌تر در محدوده وسیع‌تری از ضریب دبی قرار



شکل ۸- تغییرات C_d با پارامتر بدون بعد h/a در بازشدگی مختلف



شکل ۹- تغییرات C_d با پارامتر بدون بعد h/a در زاویه راس مختلف

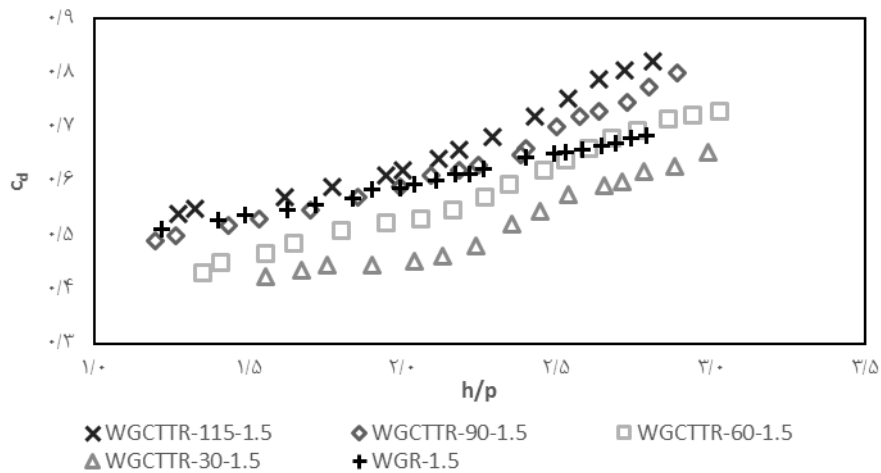
هیدرولیکی سرریز- دریچه مرکب با زاویه راس ۶۰ درجه در $h/p < 2/4$ کاهش می‌یابد. همچنین مدل WGCTTR-30-1.5 نسبت به سرریز- دریچه مستطیلی عملکرد هیدرولیکی پایینی دارد. در واقع در این جا دو عامل، یکی بحث فشردگی مقطع و دیگری بحث میزان تداخل جریان سرریز و دریچه مطرح می‌شود. در سرریز- دریچه مستطیلی چون نسبت به مدل WGCTTR-30-15 مقطع بازتر است، پس افت کم‌تر شده و ضریب دبی هم بیش‌تر می‌شود. درست است که به علت عبور حجم کم‌تر جریان ممکن است که تداخل در سرریز مرکب مثلثی- دوزنقه- مستطیلی کم‌تر باشد ولی احتمالاً اثر فشردگی نسبت به تداخل بیش‌تر بوده و سبب شده ضریب دبی کاهش پیدا کند. در مدل WGCTTR-115-1.5 اگرچه تغییرات عرضی مقطع کم‌تر از عرض مقطع سرریز مستطیلی است. ولی احتمالاً اثر تداخل جریان و استغراق روی ضریب دبی تا زاویه خاصی کم‌تر از اثر فشردگی است. بعد از آن زاویه اثر تداخل و استغراق بیش‌تر شده و سبب شده است که ضریب دبی مقطع مستطیلی نسبت به مقطع مرکب کم‌تر شود. از طرف دیگر در سرریز- دریچه مستطیلی با توجه به تشکیل جت یک‌پارچه جریان عبوری از سرریز باعث کاهش ضریب دبی می‌شود.

سرریز- دریچه مرکب به علت عبور جریان از مقاطع مرکب

مقایسه مدل‌های WGCTTR با مدل سرریز- دریچه مستطیلی

به منظور مقایسه این مدل سرریز- دریچه مستطیلی با مدل ترکیبی سرریز مرکب و سرریز- دریچه مرکب، مشخصات آن‌ها از قبیل ارتفاع سرریز، ضخامت دیواره سرریز، ارتفاع و عرض دریچه‌ها در هر دو نوع مدل ترکیبی باید برابر باشند؛ بنابراین تغییراتی که در جریان عبوری و ضریب جریان ایجاد می‌شود تنها ناشی از تغییر شکل سرریز - دریچه مرکب به سرریز- دریچه مستطیلی است. با توجه به شکل ۱۰ در یک h/p ثابت، میزان ضریب دبی در مدل WGCTTR-115-1.5 بیش‌تر از سرریز- دریچه مستطیلی می‌باشد. بنابراین در یک بازشدگی ثابت، سرریز مرکب مثلثی- دوزنقه‌ای- مستطیلی با زاویه راس ۱۱۵ درجه عملکرد هیدرولیکی بهتری نسبت به حالت سرریز- دریچه مستطیلی دارد. همچنین تا $h/p=2$ میزان ضریب دبی در مدل WGCTTR-90-1.5 تقریباً برابر سرریز- دریچه مستطیلی می‌باشد و در $h/p > 2$ ، میزان ضریب دبی در مدل WGCTTR-90-1.5 بیش‌تر از سرریز- دریچه مستطیلی می‌شود. این در حالی است که در مدل WGCTTR-60-1.5 میزان ضریب دبی در $h/p > 2/4$ بیش‌تر از ضریب دبی سرریز مستطیلی می‌باشد، در واقع عملکرد

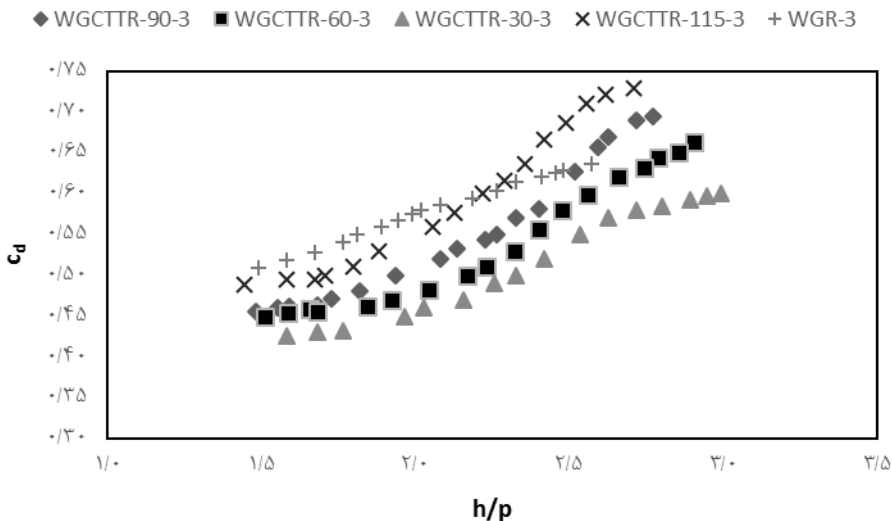
سرریز، باعث کاهش اثر استغراق جریان می‌شود.



شکل ۱۰- C_d در برابر پارامتر بدون بعد h/p در WGR-1.5 و WGCTTR-1.5

می‌باشد. از نکات قابل توجه دیگر، افت انرژی به دست آمده از برخورد دو جریان است. هر چه عمق آب در بالادست این سازه بیش تر شود، برخوردها شدیدتر بوده و در نتیجه ضریب دبی سرریز- دریچه مرکب با بازشدگی‌های کم‌تر زاویه راس، نسبت به سرریز- دریچه مستطیلی، کم‌تر می‌شود. همچنین ممکن است با ایجاد شرایط استغراق جریان عبوری از روی سرریز تحت تاثیر قرار گرفته و با توسعه تلاطم در سطح جریان، دقت اندازه‌گیری را نیز کاهش دهد.

با توجه به شکل ۱۱، با افزایش بازشدگی دریچه، سرریز مرکب مثلثی- ذوزنقه‌ای- مستطیلی نسبت به سرریز مستطیلی بیش‌تر تحت تاثیر بازشدگی دریچه قرار می‌گیرد و ضریب دبی کاهش بیش‌تری خواهد داشت. علت کم‌تر بودن ضریب دبی در مدل ترکیبی این است که جریان عبوری از زیر دریچه در برابر خود با مقاومت ناشی از جریان ریزشی سرریز مواجه شده و در نتیجه جریان عبوری از دریچه با یک مانع و یا به عبارتی تغییر مومنتوم اجباری روبه‌رو می‌شود که عامل ایجاد گردابه‌هایی در محل برخورد دو جریان در پشت سازه

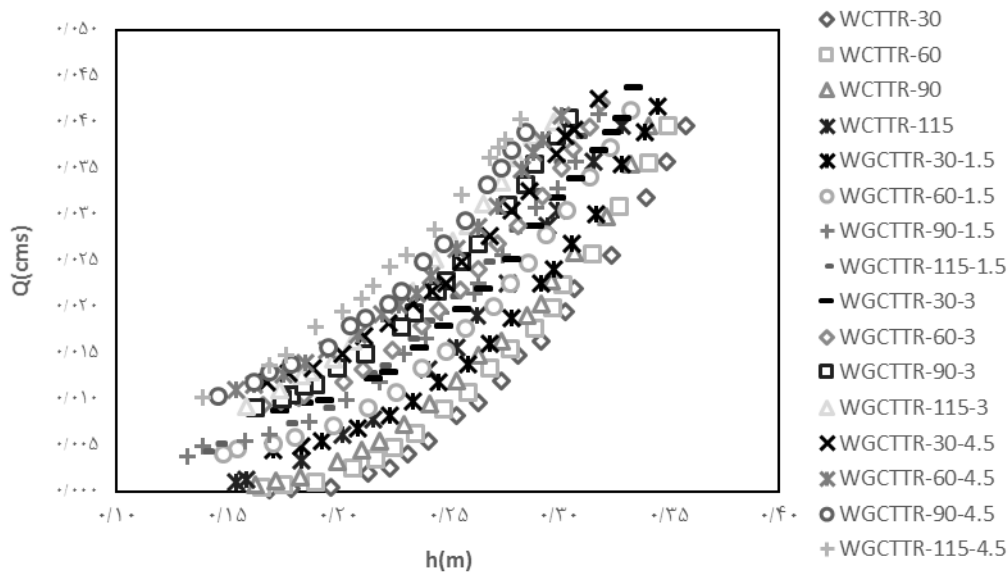


شکل ۱۱- C_d در برابر پارامتر بدون بعد h/p در WGR-3 و WGCTTR-3

نمودار دبی جریان - بار آبی

با توجه به شکل ۱۲ می‌توان گفت که در یک ارتفاع ثابت هر چه مقدار بازشدگی زاویه راس سرریز و سرریز - دریچه مرکب بیش‌تر شود دبی عبوری از سرریز افزایش می‌یابد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در رابطه دبی - اشل سرریز و سرریز - دریچه مرکب در تمامی عمق‌های جریان، پیوستگی وجود دارد. نتایج این پژوهش با نتایج مارتینز و همکاران (۲۰۰۵) و لی و همکاران (۲۰۱۲) که به پیوستگی جریان در این نوع سرریزها رسیدند هم‌خوانی دارد. این سرریز و سرریز - دریچه مرکب از دبی‌های کم تا دبی‌های زیاد (زمان‌های

سیلابی) کاربرد دارد، به این صورت که از سرریز مثلثی پایینی برای اندازه‌گیری دقیق دبی‌های کم و از سرریز مستطیلی بالایی جهت اندازه‌گیری دبی‌های زیاد استفاده می‌شود. همچنین سرریز - دریچه مرکب مثلثی - دوزنقه‌ای - مستطیلی با زاویه راس ۱۱۵ درجه و بازشدگی ۴/۵، بیش‌ترین میزان دبی عبوری و کم‌ترین عمق بالادست را دارد و افزایش بازشدگی دریچه به میزان ۴/۵ سانتی‌متر نسبت به حالت سرریز، موجب کاهش ۱۶/۴ درصدی عمق آب بالادست می‌شود.



شکل ۱۲ - منحنی دبی - اشل سرریز و سرریز - دریچه مرکب در همه حالات آزمایش

دریچه و تغییر زاویه راس، با مشخصه $\frac{h}{a}, \frac{h}{w}, \frac{h}{p}$ رابطه عکس دارد و با سایر پارامترها رابطه مستقیم دارد و حساسیت ضریب دبی در این حالت به تغییرات مشخصه $\frac{h}{a}$ بیش‌تر می‌باشد.

آزمون صحت‌سنجی با استفاده از ۲۰ درصد داده‌ها، برای سرریز - دریچه مرکب مثلثی - دوزنقه‌ای - مستطیلی با تغییر بازشدگی دریچه، نشان می‌دهد که رابطه ۱۰ به لحاظ مهندسی از دقت خوبی برخوردار است و مقادیر ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) به ترتیب ۰/۹۴ و ۰/۰۳ می‌باشند. در شکل ۱۳ ضریب دبی به‌دست آمده در آزمایشگاه با ضریب دبی به‌دست آمده از معادله ۱۰ مقایسه شد. با توجه به شکل مقادیر ضریب دبی جریان محاسباتی و ضریب دبی جریان مشاهداتی، انطباق قابل‌قبولی با هم دارند.

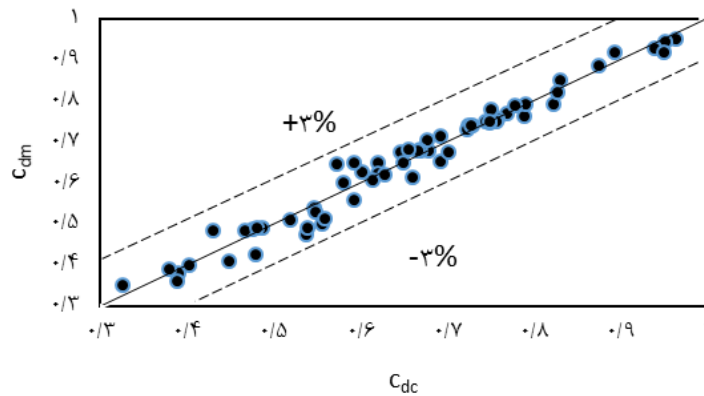
از طریق آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار solver Excel، روابط هم‌بستگی غیرخطی بین ضریب دبی و شناسه‌های بی‌بعد

$Fr, \frac{h}{b}, \frac{h}{b_2}, \frac{h}{b_3}, \frac{h}{p}, \frac{w}{a}, \frac{h}{a}, \frac{h}{y}, \theta$

برای حالت سرریز - دریچه مرکب مثلثی - دوزنقه‌ای - مستطیلی در قالب رابطه ۱۰ به‌دست آمده است.

$$c_d = (0.96 Fr^{0.767} + 0.576 (\frac{h}{b})^{0.631} - 0.014 (\frac{h}{b_2})^{0.453} + 0.59 (\frac{h}{b_3})^{0.621} + 0.43 (\frac{h}{p})^{-0.793} - 1.38 (\frac{w}{a})^{-0.084} - 0.249 (\frac{h}{y})^{-1.976} + (\frac{h}{a})^{-24.31} + 0.289 (\tan \frac{\theta}{2})^{0.176}) \quad (10)$$

بر اساس ضرایب ثابت رابطه ۹ مشخص می‌شود که ضریب دبی سرریز - دریچه مرکب مثلثی - دوزنقه‌ای - مستطیلی با تغییر بازشدگی



شکل ۱۳- مقایسه مقدار ضریب دبی مشاهداتی (C_{dm}) در برابر ضریب دبی محاسباتی (C_{dc})

نتیجه گیری

در این پژوهش مجموعه‌ای از آزمایش‌ها به منظور بررسی ضریب دبی در سرریز مرکب و سرریز-دریچه مرکب مثلثی-دو زنگه‌ای-مستطیلی با تغییر ارتفاع آب بالادست، تغییر زاویه راس مثلثی و تغییر بازشدگی دریچه انجام شد. مزیت این سرریزها در اندازه‌گیری طیف گسترده‌ای از جریان‌ها می‌باشند. از بررسی نتایج تجربی، نکات زیر را می‌توان بیان نمود.

۱- با توجه به پارامترهای موثر بر سرریز و سرریز-دریچه، ضریب دبی جریان در سرریزهای لبه تیز مرکب در محدوده $0/43$ تا $0/95$ و در سرریز-دریچه مرکب در محدوده $0/42$ تا $0/82$ تغییر کرد.

۲- وجود دریچه در سرریز مرکب در محدوده جریان‌های کم تاثیر بیش‌تری بر کاهش ضریب دبی و در نتیجه بر افزایش دبی عبوری خواهد داشت بنابراین بالاترین کارایی مدلی ترکیبی سرریز-دریچه مرکب در h/p بیش‌تر توصیه می‌شود.

۳- در یک مقدار ثابت h/p ، ضریب دبی سرریز مرکب بیش‌تر از مدل سرریز-دریچه مرکب لبه تیز است که می‌توان علت کم‌تر بودن ضریب دبی سرریز-دریچه نسبت به ضریب دبی سرریز را در اثر جریان عبوری از سرریز روی جریان عبوری از زیر دریچه در مدل ترکیبی سرریز-دریچه جستجو نمود.

۴- استفاده از سرریزهای مرکب لبه تیز با زوایای راس کوچک‌تر از 90 درجه، جهت کاربرد این نوع سرریزها در کانال‌های با عمق بیش‌تر و عرض کم‌تر توصیه می‌شود.

۵- بر اساس معیارهای ارزیابی، استفاده از ترکیب خطی روابط جریان در سرریز و سرریز-دریچه لبه تیز مرکب، با دقت خوبی قادر به برآورد ضریب دبی جریان می‌باشد.

۶- در رابطه دبی-اشل مدل‌های مورد آزمایش در تمامی عمق-

های جریان، پیوستگی وجود دارد.

۷- در بازشدگی‌های کم‌تر و در دبی‌های بالا، سرریز-دریچه مرکب کارایی بیش‌تری نسبت به سرریز-دریچه مستطیلی ساده دارد و چون احتمالاً مقدار استغراق محلی در پایین‌دست سرریز-دریچه مرکب نسبت به سرریز-دریچه مستطیلی کاهش می‌یابد، جریان آب به سهولت به سمت پایین‌دست حرکت می‌کند.

منابع

اسماعیلی، ک و فتحی مقدم، م. ۱۳۸۵. ضریب دبی در مدل سرریز-دریچه، مجموعه مقالات اولین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، اهواز، ایران. ۱۱ ص.

اورنقی، ه، مهتابی، ق، ولی‌نیا، م، قویدل، س، عظیمی، و. ۱۳۹۰. بررسی ضریب دبی جریان در سرریز مرکب دو زنگه‌ای - دایره‌ای. دهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، رشت، ایران. ۷ ص.

پاشازاده، م، حیدرپور، م، ساغیان‌نژاد، س. ه و رضویان، س. ه. ۱۳۹۵. بررسی جریان هم‌زمان از زیر دریچه کشویی و روی سرریز دو زنگه‌ای در کانال دایره‌ای. نشریه تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۱۷، ۶۷: ۸۰-۷۰.

حیدرپور، م، رضویان، ح، حسینی، ی. ۱۳۹۳. مطالعه جریان هم‌زمان از زیر یک دریچه کشویی و روی یک سرریز لبه تیز دو زنگه‌ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی - علوم آب و خاک. ۱۸، ۶۸: ۱۵۶-۱۴۷.

رضویان، ح، حیدرپور، م. ۱۳۸۶. بررسی خصوصیات جریان ترکیبی از روی سرریز مستطیلی با فشرده‌گی جانبی و زیر دریچه مستطیلی بدون فشرده‌گی در حالت لبه تیز، مجموعه مقالات نهمین سمینار

- Over Compound Weir and Below Semi Circular Gate. *International Journal of Scientific and Engineering Research*. 4. 10: 1486-2229.
- Kindsvater, C.E., Carter, R.W. 1959. Discharge characteristics of rectangular thin-plate weirs. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*. 124:772-822.
- Lee, J.T., Chan, H.C., Huang, C.K., Leu, J.M. 2012. Experiments on hydraulic relations for flow over a compound sharp-crested weir. *International Journal of Physical Sciences*. 7.14: 2229-2237.
- Martinez, J., Recca, J., Morillas, M.T., Lopez, J.G. 2005. Design and calibration of a compound sharp-crested weir. *Journal of Hydrology Engineer*. 131:2:112-116.
- Negm, A.M., El-Saiad, A.A., Alhamid, A.A., Husain, D. 1994. Characteristics of simultaneous flow over Weirs and below inverted V-Notches Gate. *Civil Engineer. Research Magazine (CERM). Civil Eng. Department. Faculty of Eng. Al-Azhar Univ. Cairo. Egypt*. 16:9. 786-799.
- Negm, A.M., El-Saiad, A.A., Saleh, O.K. 1997. Characteristics of combined flow over Weirs and below submerged Gates. *Proc. of Al-Mansoura Engineer. 2nd Int. Conf. (MEIC'97). 1-3 April. Faculty of Engineering. Al-Mansoura University. Al-Mansoura. Egypt*. 3: 259-272.
- Negm, A.M., Al-Brahim, A.M and Alhamid, A.A. 2002. Combined-free flow over weirs and below gates. *Journal of Hydraulurgy. Research*. 40:3:359-365.
- Piratheepan, M., Winston, N.E.F., Pathirana, K.P.P. 2006. Discharge measurements in open channels using compound sharp-crested weirs. *J. Institution of engineers, Sri Lanka*. 3: 31-38.
- سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان، ایران. ۱۲. ص.
- صفار، س و کاشفی پور، م. ۱۳۸۷. تخمین دبی در مدل سرریز - دریچه با استفاده از مدل شبکه‌های عصبی، مجموعه مقالات دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، اهواز، ایران. ۶. ص.
- ظهیری، ع. ۱۳۹۱. مدل ریاضی شبه دوبعدی تخمین دبی جریان در سرریزهای لبه تیز مرکب، مجله پژوهش‌های آب و خاک گرگان. ۱۹. ۳: ۲۷-۴۲.
- موسوی، س.ن.، فرسادی زاده، د.، ارونقی، ه.، عباسپور، ا. ۱۳۹۴. بررسی پارامترای موثر بر ضریب دبی جریان در سرریزهای لبه تیز مرکب قوس دایره‌ای - مستطیلی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۹. ۴: ۸۷۳-۸۶۱.
- Ameri, M., Ahmadi, A., Dehghani, A.A. 2015. Discharge coefficient of compound triangular-rectangular sharp-crested side weirs in subcritical flow conditions. *Flow Measurement and Instrumentation*. 45: 170-175.
- Boss, M.G. 1988. Discharge measurement structures. *ILRI Publication, Wageningen, USA*: 34-42.
- Eltoukhy, M., Ibrahim, M. 2015. Velocity distribution Downstream compound Weirs. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. Pages: 238-245.
- Chanson, H. 2009. Discussion of Hydraulics of Broad-Crested Weirs with Varying Side Slopes, *Journal of Irrigation and Drainage Engineer, ASCE*. 136.7: 508-509.
- Jan, C.D., Chan, D., Lee, M.H. 2006. Discussion of Design and calibration of harp-crested weir. *Journal of Hydraulurgy. Engineer*. 132:8: 868-872.
- Khassaf, S.I., Abbas, H.A. 2013. Study the free Flow

Study of Compound flow in Compound Sharp Crested Weir and Rectangular Gates

M. pesarkloo¹, A.R. Emadi^{2*}

Received: Nov.21, 2017

Accepted: Dec.31, 2017

Abstract

Weir and gates are the structures that used to flow measurement and control water surface. According to the changes discharge in the channels, the weir structure should have a wide range of measurement and control efficiency. This limitation can be addressed by the use of Compound weir. Also in the weirs, sediment accumulation in the upstream on the hydraulic flow and exploitation of irrigation networks is affected. Therefore, simultaneous use of the weir-gate structure can be appropriate. The purpose of this research was to study the hydraulic properties of weirs and weirs-gates with three sections (triangular- trapezoidal -rectangular) in gate openings equal to 1.5, 3 and 4.5 cm and the angle of the vertex 30, 60, 90 and 115 degrees as compared to rectangular weir- gate. Therefore, experiments were performed on a rectangular flume with length of 12 meters and width of 0.5 meter. The results showed that the amount of flow through the models increases with increasing of the vertex angle of the weir. Also the discharge was increased for a known head over the weir with increasing of height of the gate, but the discharge coefficient decreased. Based on experimental data the discharge coefficient in compound weir was in the range of 0.48 to 0.95 and in compound weir-gate was in the range of 0.38 to 0.82. The amount of determination coefficient (R^2) and the normalized root mean square error (NRMSE) was obtained 0.94 and 0.03, respectively. The results showed that the use of a linear combination of flow equations is able to estimate the discharge coefficient with acceptable accuracy in weir and compound weir-gate.

Keywords: Compound Weir, Discharge Coefficient, Rectangular Gate, Rectangular Weir

1- Graduated of Master in Water Structure, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

2- Associate Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

(*- Corresponding Author Email: Emadia355@yahoo.com)