

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی آزمایشگاهی جریان در سازه ترکیبی سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای تک سیکل - دریچه

بهزاد خلیلی^۱، اکرم عباسپور^{۲*}، داود فرسادی‌زاده^۳، جواد پارسا^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۶/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۸

چکیده

سرریزهای توام با دریچه سازه مهم و کلیدی در مدیریت آب در کانال‌های آبیاری می‌باشند. از طرف دیگر استفاده از سرریزهای کنگره‌ای به دلیل طول تاج بیش‌تر نسبت به سرریزهای خطی، در یک دبی ثابت، موجب کاهش نوسانات سطح آب می‌گردد. از آنجایی که با انباشت مواد رسوبی در بالادست سرریزها، شرایط جریان تغییر یافته و دقت روابط استخراج شده کاهش می‌یابد، به همین منظور، استفاده از ترکیب سرریز با دریچه می‌تواند راه‌حلی مفید برای عبور مواد شناور از روی سرریز و انتقال مواد رسوبی از زیر دریچه باشد. در تحقیق حاضر، به بررسی آزمایشگاهی جریان در سازه‌ی سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای تک سیکل همراه با دریچه برای سه زاویه راس ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه و با بازشدگی‌های دریچه ۲، ۴ و ۶ سانتی‌متر و سه ارتفاع سرریز ۱۴، ۱۷ و ۲۰ سانتی‌متر در یک کانال مستطیلی پرداخته شده است. با توجه به پارامترهای مؤثر بر مدل ترکیبی، مقدار ضریب دبی اندازه‌گیری شده به طور متوسط در محدوده ۰/۶۱-۰/۷۵ به دست آمد. نتایج نشان داد که با افزایش نسبت H/P ، ضریب دبی روند نزولی را طی می‌کند و به ازای $H/P > 0.6$ ضریب دبی به مقدار ثابت ۰/۶۱ می‌رسد. ضریب دبی مدل ترکیبی با افزایش زوایای رأس سرریز، افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد ضریب دبی مدل سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای تک سیکل - دریچه با زاویه رأس سرریز ۲۵ درجه و بازشدگی ۲ سانتی‌متر، در مقایسه با مدل‌های ترکیبی با زاویه رأس سرریز ۱۵ و ۲۰ درجه بیشترین مقدار ضریب دبی را دارا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: زاویه رأس، سرریز کنگره‌ای - دریچه، ضریب دبی، مدل آزمایشگاهی

مقدمه

واقع محور تاج آن‌ها غیرمستقیم است. به دلیل غیرمستقیم بودن تاج آن‌ها نسبت به سرریزهای با تاج مستقیم، طول تاج مؤثر بیش‌تری دارند. بنابراین برای یک ارتفاع آب بالادست ثابت نسبت به سرریزهای با تاج مستقیم دبی بیش‌تری را عبور می‌دهند. این مزیت در کانال‌ها و رودخانه‌ها باعث می‌شود که ارتفاع آزاد کم‌تری در کانال موردنیاز باشد و مقدار خاکریزی برای حفاظت زمین‌های بالادست را کاهش می‌دهد (Lux, 1984).

با توجه به مزیت‌های سرریز کنگره‌ای کاربرد اصلی این سرریزها در مناطقی است که دارای عرض ثابت کم بوده و سرریز مستقیم جوابگوی نیاز دبی موجود نیست. با این مسئله در مخازن سدها و شبکه‌های آبیاری ممکن است مواجه شد. برای طراحی سرریزها آگاهی از عملکرد هیدرولیکی آن‌ها مورد نیاز است. پروژه سرریز کنگره‌ای برآزون روی دریاچه واکوس ۵ در تگزاس با افزایش جریان عبوری ارتفاع آزاد کمتری در مقایسه با سرریزهای خطی نیاز دارد و هوادهی مناسب و افزایش راندمان استهلاک از مزایای استفاده از این سرریز می‌باشد (Crookston, 2010). اکثر پژوهش‌های سرریزهای

اندازه‌گیری میزان جریان عبوری در شبکه‌های انتقال آب و فاضلاب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا روش‌های بسیاری برای اندازه‌گیری دبی آب در کانال‌های روباز وجود دارد. انواع سرریزها، دریچه‌ها و پارشال فلوم‌ها به صورت عمده در اندازه‌گیری جریان و کنترل سطح آب استفاده می‌شوند. از مهم‌ترین دلایل استفاده از این سازه‌ها به عنوان وسایل اندازه‌گیری داشتن رابطه دبی-اشل ساده است (Chow, 1959). سرریزهای کنگره‌ای، سرریزهایی می‌باشند که در پلان دارای خطوط شکسته و دیواره‌ای پیوسته هستند. در

۱- کارشناس ارشد سازه‌های آبی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران

۳- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران

۴- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران

(*- نویسنده مسئول: Email akabbaspour@yahoo.com)

DOR: 20.1001.1.20087942.1400.15.1.6.6

Gharahgezlou, 2014). فتاحی (۱۳۹۴)، به بررسی آزمایشگاهی ضریب دبی در سازه ترکیبی سرریز دریچه لبه تیز - قوسی در پلان پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش پارامترهای h/a (نسبت عمق بالادست جریان به بازشدگی دریچه) و H/a (نسبت هد آب روی سرریز به بازشدگی دریچه) منجر شده است تا ضریب دبی به ازای بازشدگی ۱ و ۲ سانتی‌متر کاهش و در بازشدگی ۳ سانتی‌متر افزایش یابد. پاشازاده و همکاران (۱۳۹۵)، خصوصیات هیدرولیکی ۱۸ مدل ترکیبی سرریز - دریچه‌ی دوزنقه‌ای را در سه گروه متفاوت با سه بازشدگی مختلف دریچه در انتهای کانال باز با مقطع دایره‌ای بررسی کردند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که ضریب دبی به‌دست آمده مطابقت خوبی با نتایج آزمایشگاهی داشت. موسویان شیراز (۱۳۹۶)، ضریب دبی در مدل ترکیبی سرریز-دریچه منشوری را با استفاده از نرم‌افزار FLUENT بررسی نمودند. نتایج نشان داد ضریب دبی در سرریز-دریچه منشوری برای مدل منشوری رو به پایین نسبت به مدل‌های منشوری متقارن و منشوری رو به بالا بیش‌تر بود. پسر کلو و عمادی (۱۳۹۷)، هیدرولیک جریان در سازه‌ی ترکیبی سرریز دریچه با سرریز مرکب دایره‌ای - دوزنقه‌ای - مستطیلی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که براساس داده‌های آزمایشگاهی، ضریب دبی در سرریز-دریچه مرکب، در محدوده $0/38$ تا $0/78$ است. فو و همکاران به بررسی آزمایشگاهی دبی جریان عبوری از سازه ترکیبی سرریز-دریچه پرداختند. نتایج حاصل با شاخص‌های آماری مورد بررسی قرار گرفت و نشان داد روابط تجربی مدل‌های مختلف با مقادیر آماری $RMSE=0.053$ ، $AMCC=0.870$ و $MAPE=0.058$ تطابق خوبی با نتایج آزمایشگاهی داشت (Fu et al., 2018). صالحی و عظیمی، شش مدل ترکیبی سرریز-دریچه را به‌صورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار دادند و خصوصیات دبی جریان را ارزیابی کردند. در نهایت، براساس هندسه و دبی سرریز-دریچه، معادلات تجربی عمومی برای تخمین بار آبی نرمال برای کاربردهای مهندسی عملی تهیه شد (Salehi and Azimi, 2019).

با توجه به این‌که استفاده از سرریزها در سیستم انتقال آب در رودخانه‌ها و کانال‌های خاکی نیز انجام می‌گیرد و با توجه به درصد رسوب و مواد معلق بالا در این مکان‌ها و با مطالعه در پژوهش‌های انجام شده، تاکنون تحقیقات اندکی بر روی جریان‌های ترکیبی سرریزهای کنگره‌ای صورت گرفته است. از آن‌جا که تلفیق دو سازه سرریز و دریچه برخی از نواقص کاربرد جداگانه سرریز و دریچه را برطرف نموده و نتایج ارزشمندی از آن حاصل شده است و با در نظر گرفتن نتایج قابل‌توجهی که از کاربرد سرریزهای کنگره‌ای در مقایسه با سرریزهای مستقیم حاصل شده است، لذا در این تحقیق به بررسی سازه ترکیبی سرریزهای کنگره‌ای همراه با دریچه کشویی پرداخته شده است.

کنگره‌ای برای شکل نمای از بالای مستطیلی و مثلثی انجام گرفته است. مقدار دبی عبوری از سرریزها با ارتفاع آب روی سرریز به توان $1/5$ متناسب است ولی در دریچه‌ها این توان برابر $0/5$ می‌باشد (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۴). بنابراین سرریزها نسبت به تغییرات ارتفاع آب روی سرریز نسبت به دریچه‌ها حساس‌تر می‌باشند، اما دقت سرریز در تنظیم ارتفاع بالادست خود نسبت به دریچه بیش‌تر است. تجمع مواد رسوبی در بالادست وسائل کنترل و اندازه‌گیری دبی در لوله‌ها، شبکه‌های آبیاری و زهکشی، کانال‌های آبیگری و همچنین فاضلاب از معضلات اندازه‌گیری دبی می‌باشد. مدل سرریز-دریچه در مقایسه با وسایل رایج امکان نزدیک نمودن شرایط واقعی را به فرضیات اصلی تئوری با توجه به کاهش نوسانات سطح آب و افت انرژی، استخراج روابط و تخمین دبی را با دقت بیش‌تر میسر می‌نماید. در این مدل مواد قابل‌تنه‌نشین شدن به راحتی از قسمت دریچه خارج و مواد معلق به شکل بهتری از سرریز تخلیه می‌شوند. برای کم‌تر کردن مشکلات و نواقص سرریزها و دریچه‌ها و همچنین استفاده از مزایای هر کدام می‌توان از این دو سازه به‌صورت ترکیبی استفاده کرد.

در زمینه ترکیب سرریز با دریچه تحقیقات بسیاری صورت گرفته است. از جمله در ارتباط با دریچه‌ها می‌توان به تحقیقات راجاراتنام و سویرامانیا و راجاراتنام، اشاره نمود (Rajaratnam and Subramaniya, 1967, 1976; Rajaratnam, 1977) در ارتباط با جریان از روی سرریزها هم می‌توان به تحقیقات کیندروتر و کارتر، آکرز و همکاران و سوامی، اشاره کرد (Kindsvater and Carter, 1957; Ackers et al., 1978; Swamee, 1988) سازه‌های ترکیبی را اولین بار احمد معرفی کرد (Ahmad, 1985).

هایاوی و همکاران به بررسی سازه ترکیبی سرریز مثلثی و دریچه مستطیلی پرداختند و نتیجه حاصل از مطالعه آنان نشان داد که با افزایش نسبت P/H_w (نسبت ارتفاع سرریز به هد آب روی سرریز) ضریب دبی کاهش می‌یابد (Hayawi et al., 2008). سامانی و همکاران جریان ترکیبی بر روی سرریز دریچه مستطیلی لبه تیز بدون فشرده‌گی جانبی را در دو حالت استغراق (سرریز آزاد و دریچه مستغرق، سرریز و دریچه مستغرق) مدل‌سازی نمودند. در هر دو حالت مشاهده شد که پایاب بر عمق بالادست جریان و در نتیجه بر دبی جریان تأثیر می‌گذارد (Samani et al., 2009). قره‌گزلو و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی آزمایشگاهی اثر سرریز روی ضریب دبی دریچه استوانه‌ای در مدل ترکیبی پرداختند. نتایج آزمایش‌های آن‌ها نشان داد که روند تغییرات ضریب دبی دریچه با پارامترهای هیدرولیکی و هندسی مؤثر بر آن، در مدل ترکیبی و استفاده جداگانه، متفاوت خواهد بود. مسعودیان و همکاران سازه ترکیبی استوانه‌ای و لبه تیز را در شرایط مختلف استغراق مورد آزمون قرار دادند و نشان دادند که علاوه بر موارد فوق، نسبت عمق پایاب به عمق بالادست نیز روی ضریب دبی مؤثر است (Masoudian and

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های مربوط به این تحقیق در آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی آب دانشگاه تبریز انجام پذیرفت. جنس فلوم فلزی بوده که دیواره‌های آن در فاصله ۲ متری از مخزن تأمین فشار، از جنس شیشه می‌باشد. طول فلوم ۱۰ متر و عرض آن ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع

آن ۵۰ سانتی‌متر بوده و شیب فلوم ۰/۰۰۲ می‌باشد. مدل‌های مورد آزمایش در فاصله ۲/۷ متری از مخزن فلوم و ۷۰ سانتی‌متری پایین‌تر از دیواره شیشه‌ای فلوم نصب می‌شدند. در شکل ۱، مدل‌های سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای تک سیکل - درپچه مورد استفاده در این آزمایش‌ها نشان داده شده است.



شکل ۱- نمایی از مدل‌های سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای تک سیکل - درپچه

اندازه‌گیری گردید. رابطه دبی در این سرریز به صورت زیر بدست آمده است:

$$Q = 0.6918(H)^{2.5} \quad (1)$$

که H ارتفاع آب روی تاج سرریز بر حسب متر و Q دبی بر حسب متر مکعب بر ثانیه می‌باشد.

تحلیل ابعادی جریان عبوری از مدل ترکیبی سرریز- درپچه

در این تحقیق ابتدا از روش پی- باکینگهام برای تعیین پارامترهای بی بعد استفاده شده است. پارامترهای سرعت (V)، چگالی (ρ) و عمق آب بالادست سرریز (y) به عنوان متغیر تکراری انتخاب شده که پارامترهای بی بعد ارائه شده در رابطه‌های ۲ و ۳، به- دست می‌آید:

$$f(P, L, W, \alpha, a, b, H_t, y, v, g, \sigma, \mu, \rho, C_d) = 0 \quad (2)$$

$$(3)$$

در رابطه ۲، P ارتفاع سرریز، H_t بار آبی بالادست، L طول مؤثر سرریز، W عرض کانال، α زاویه رأس سرریز، a ارتفاع درپچه، b عرض درپچه، σ کشش سطحی، μ لزجت دینامیکی سیال، g شتاب ثقل، C_d ضریب دبی می‌باشند.

در رابطه فوق پس از جایگزین نمودن اعداد وبر، فرود و رینولدز،

پس از اینکه مدل‌ها در داخل فلوم مستطیلی نصب گردید، با روشن کردن پمپ و تنظیم شیر فلکه، آب از روی سرریز عبور کرده و پس از اینکه جریان به حالت پایدار رسید، عمق آب در بالادست سرریز با استفاده از سطح سنج متحرک با دقت ۰/۱ میلی‌متر و دبی جریان از رابطه دبی- اشل سرریز مثلثی انتهایی فلوم اندازه‌گیری شد. این آزمایشات با ترکیب حالت‌های مختلف متغیرهای آزمایش شامل زوایای مختلف (α)، ارتفاع‌های مختلف (P)، بازشدگی‌های متفاوت درپچه (a)، طول مؤثر سرریز (L)، دبی (Q) و عمق جریان (y)، در شرایط مختلف از سرریز کنگره‌ای انجام شد. برای تعیین ضریب دبی سرریزهای کنگره‌ای با وجود درپچه و بررسی تأثیر پارامتر H_t/P (تغییرات ضریب دبی با پارامتر بدون بعد نسبت بار آبی بالادست به ارتفاع سرریز)، در این پژوهش تعداد ۲۸۸ آزمایش صورت گرفت. برای مشاهده جریان عبوری از زیر درپچه و روی سرریز، عمق جریان و همچنین مشاهده پروفیل سطح آب، مدل‌های ساخته شده ۲/۷ متر پایین‌تر از ابتدای فلوم (در قسمتی از فلوم با دیواره شیشه‌ای) نصب گردید. پس از اطمینان کامل از نصب صحیح سرریزها در داخل فلوم و آب‌بندی کامل، آب پشت سرریز جمع شده و با عبور از زیر درپچه و بالای سرریز، در نهایت در پایین‌دست از سرریز مثلثی عبور کرده و مجدداً به مخزن برمی‌گردد، لذا در هر آزمایش اندازه‌گیری سطح آب در بالادست سرریز و تاج سرریز به وسیله سطح سنج متحرک انجام گرفته و در پایین‌دست فلوم دبی جریان توسط سرریز مثلثی

سیکل - دریچه (شکل ۲)، تابعی از پارامترهای بدون بعد در رابطه ۶ می‌باشد:

$$C_d = f\left(\text{Fr}, \frac{H_t}{P}, \frac{L}{H_t}, \frac{H_t}{a}, \alpha\right) \quad (۶)$$

در جدول ۱، مشخصات هندسی و هیدرولیکی مدل سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای تک سیکل - دریچه و در شکل ۲، پلان و جریان عبوری از روی مدل ترکیبی سرریز - دریچه ارائه شده است. با ترکیب رابطه‌های سرریز و دریچه، معادله مدل ترکیبی به دست می‌آید.

$$C_d = \frac{Q}{a b \sqrt{2gh} + \frac{2}{3} L \sqrt{2g} H_t^{3/2}} \quad (۷)$$

که در این رابطه Q دبی عبوری از سازه ترکیبی، a میزان بازشدگی دریچه، b عرض دریچه، L طول مؤثر سرریز، h بار آبی بالادست دریچه و C_d ضریب دبی سازه ترکیبی است.

به جای سه پارامتر بی بعد اول رابطه ۳، رابطه را به فرم زیر می‌توان نوشت:

$$f\left(\text{Re}, \text{We}, \text{Fr}, \frac{H_t}{b}, \frac{H_t}{P}, \frac{L}{H_t}, \frac{H_t}{W}, \frac{H_t}{a}, \alpha, C_d\right) = 0 \quad (۴)$$

اگر جریان روی مدل ترکیبی ورقه‌ای نباشد و به‌ازای اعداد رینولدز بالا تأثیرات لزجت در الگوی جریان را نادیده گرفت (Chow, 1959). بدین ترتیب عدد بی بعد رینولدز از رابطه بالا حذف می‌شود.

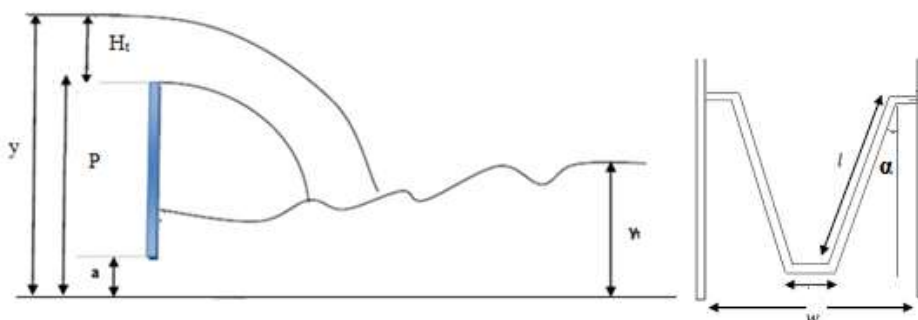
چنانچه مقدار محدودیت حداقل ارتفاع آب روی سرریز مدل ترکیبی ($H_t > 3 \text{ cm}$) رعایت شود، می‌توان کشش سطحی (عدد وبر) را نیز نادیده گرفت (به نقل از سامانی و جواهری، ۱۳۹۰). بدین ترتیب در آزمایش‌های انجام گرفته عرض دریچه (b) و عرض کانال (w) ثابت در نظر گرفته شده است و رابطه فوق را می‌توان به فرم ساده‌تری نوشت:

$$f\left(\text{Fr}, \frac{H_t}{P}, \frac{L}{H_t}, \frac{H_t}{a}, \alpha, C_d\right) = 0 \quad (۵)$$

در نتیجه، ضریب دبی در مدل سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای تک

جدول ۱- مشخصات هندسی و هیدرولیکی سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای تک سیکل - دریچه

دبی جریان (lit/s)	زاویه رأس سرریز (α)	ارتفاع سرریز (a) (cm)	ارتفاع سرریز (H_t) (cm)	عرض دریچه (b) (cm)	عرض کانال (w) (cm)
۵-۳۰	۱۵-۲۰-۲۵	۲-۴-۶	۱۴-۱۷-۲۰	۳-۱۰	۵



شکل ۲- شماتیک پلان و جریان عبوری از مدل سرریز - دریچه (حیدری و همکاران، ۱۳۹۱)

به مقدار ثابتی میل می‌کند. مدل ترکیبی با زاویه تاج سرریز ۲۵ درجه دارای بیشترین ضریب دبی می‌باشد. همانگونه که در شکل‌ها نیز دیده می‌شود، به‌ازای یک H_t/P ثابت، ضریب دبی مدل ترکیبی با زاویه تاج سرریز ۲۵ درجه در مقایسه با زاویه تاج سرریز ۱۵ و ۲۰ درجه، به ترتیب ۱۱ و ۶ درصد افزایش می‌یابد.

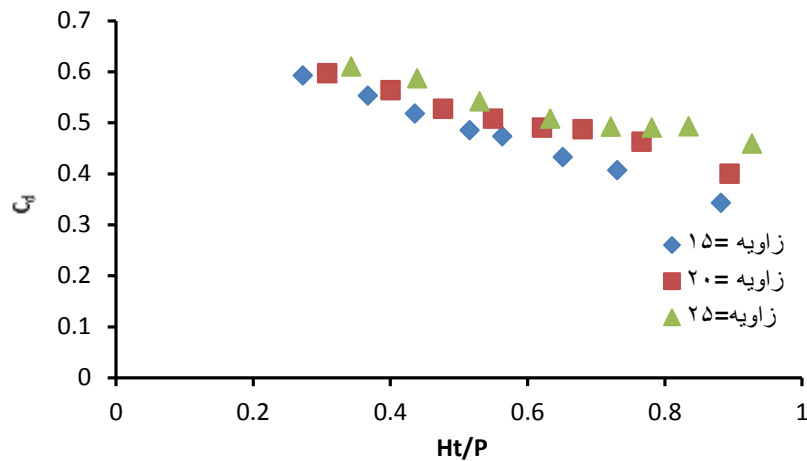
همچنین مدل ترکیبی با زاویه تاج سرریز ۲۵ درجه و بازشدگی دریچه ۲ سانتی‌متر دارای بیشترین ضریب دبی می‌باشد، همانگونه که در شکل‌ها نیز دیده می‌شود، به‌ازای یک H_t/P ثابت، با کاهش بازشدگی دریچه و افزایش زاویه تاج سرریز، ضریب دبی مدل ترکیبی افزایش می‌یابد.

نتایج و بحث

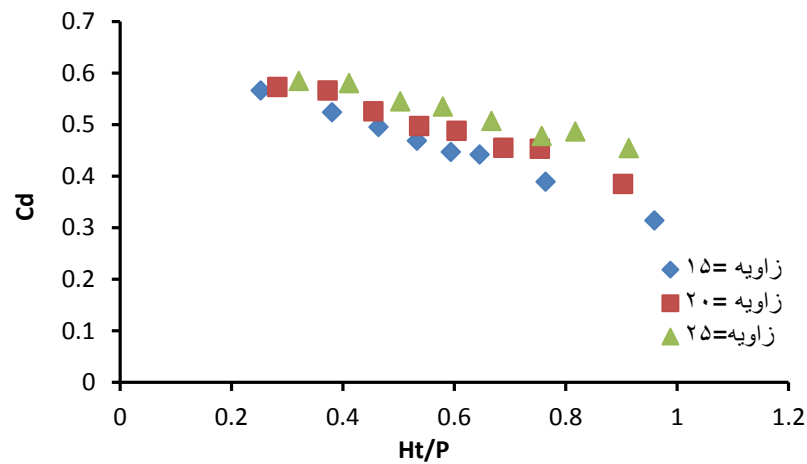
تأثیر زاویه سرریز و بازشدگی‌های مختلف دریچه بر روی ضریب دبی مدل ترکیبی

در شکل‌های ۳ تا ۵، تغییرات ضریب دبی به‌ازای H_t/P های مختلف برای مدل‌های ترکیبی با زوایای تاج سرریز ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه و بازشدگی‌های دریچه ۲، ۴ و ۶ سانتی‌متر به‌ازای ارتفاع ثابت ۱۴ سانتی‌متر مورد مقایسه قرار گرفته است.

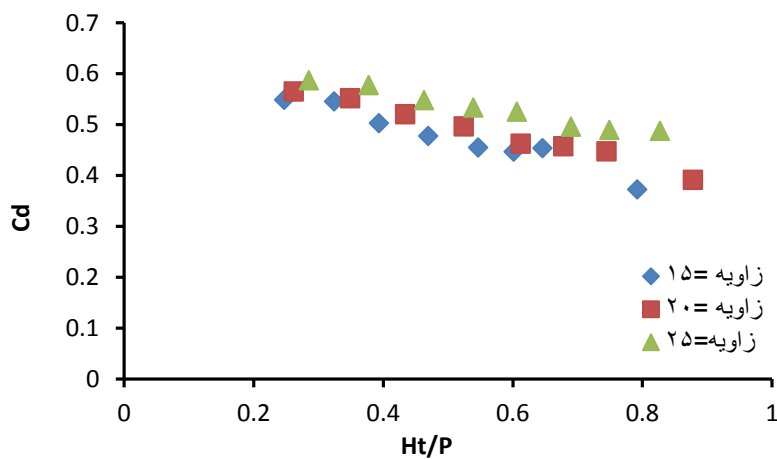
با توجه به شکل‌های ۳ تا ۵ می‌توان استنباط کرد که ضریب دبی مدل ترکیبی مقدار نزولی داشته و با افزایش مقدار H_t/P ، ضریب دبی



شکل ۳- مقایسه ضریب دبی مدل ترکیبی با زوایای مختلف برای بازشدگی درپچه ۲ سانتی متر



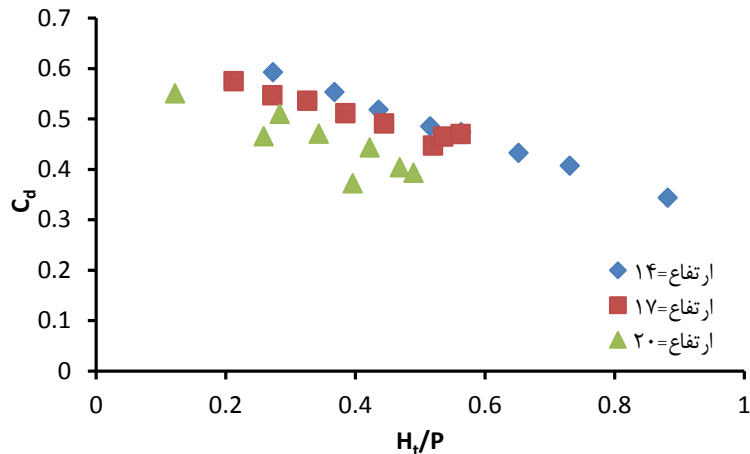
شکل ۴- مقایسه ضریب دبی مدل ترکیبی با زوایای مختلف برای بازشدگی درپچه ۴ سانتی متر



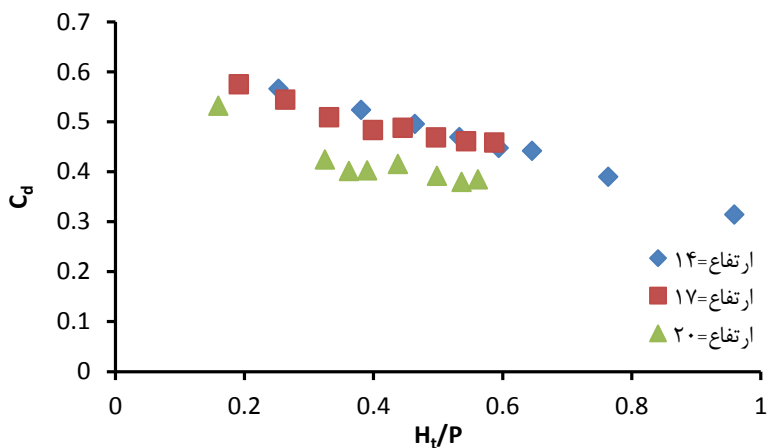
شکل ۵- مقایسه ضریب دبی مدل ترکیبی با زوایای مختلف برای بازشدگی درپچه ۶ سانتی متر

تأثیر ارتفاع و زوایای راس سرریز بر ضریب دبی مدل ترکیبی در شکل‌های ۶ تا ۱۱، تغییرات ضریب دبی به ازای H_t/P در سرریزها با ارتفاع‌های ۱۴، ۱۷ و ۲۰ سانتی‌متری برای سه زاویه ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه نشان داده شده است.

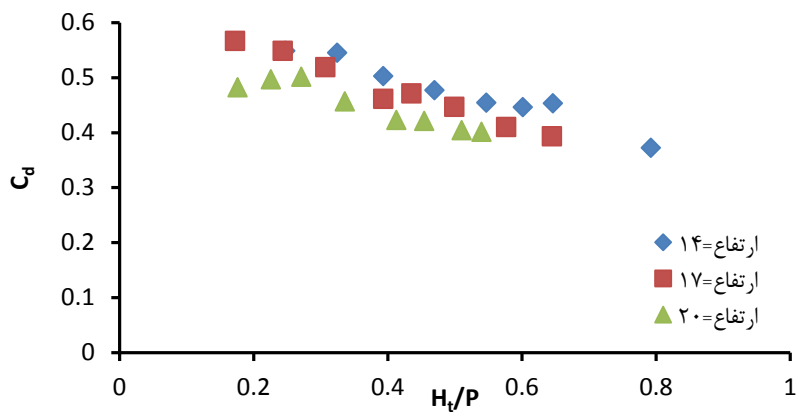
زیرا با افزایش زاویه، طول سرریز کاهش می‌یابد و با کاهش طول تداخل جریان ضریب دبی افزایش یافته است. همچنین با کاهش بازشدگی دریچه دبی خروجی از دریچه کاهش یافته و بار آبی بالایی سرریز افزایش می‌یابد. در نتیجه جریان تخلیه شده از روی سرریز افزایش می‌یابد ($Q \propto H_t^{3/2}$).



شکل ۶- تغییرات ضریب دبی به ازای ارتفاع‌های مختلف سرریز با زاویه تاج ۱۵ درجه و ارتفاع بازشدگی ۲ سانتی‌متر



شکل ۷- تغییرات ضریب دبی به ازای ارتفاع‌های مختلف سرریز با زاویه تاج ۲۰ درجه و ارتفاع بازشدگی ۴ سانتی‌متر

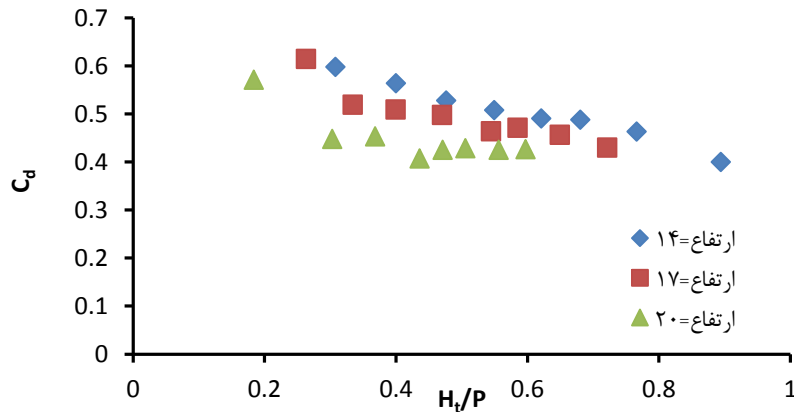


شکل ۸- تغییرات ضریب دبی به ازای ارتفاع‌های مختلف سرریز با زاویه تاج ۲۵ درجه و ارتفاع بازشدگی ۶ سانتی‌متر

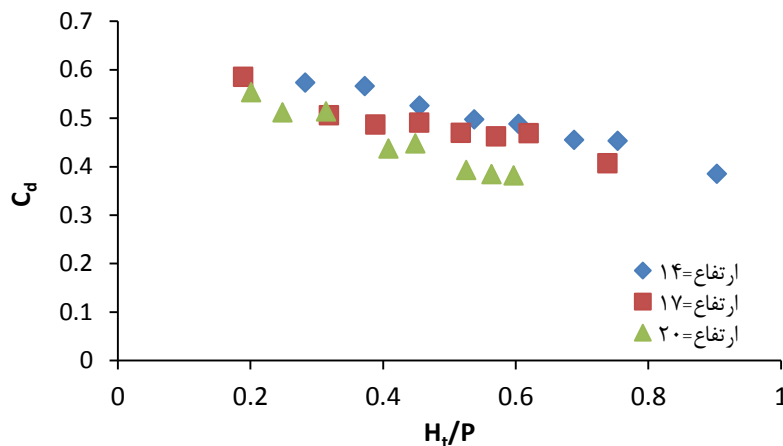
دریچه دبی خروجی از دریچه افزایش یافته و بار آبی بالای سرریز کاهش می‌یابد. در نتیجه سهم جریان تخلیه شده از روی سرریز کاهش می‌یابد.

در شکل‌های ۹ تا ۱۱، تغییرات ضریب دبی به ازای H_t/P در سرریزها با ارتفاع‌های ۱۴، ۱۷ و ۲۰ سانتی‌متری برای زاویه تاج ۲۰ درجه نشان داده شده است.

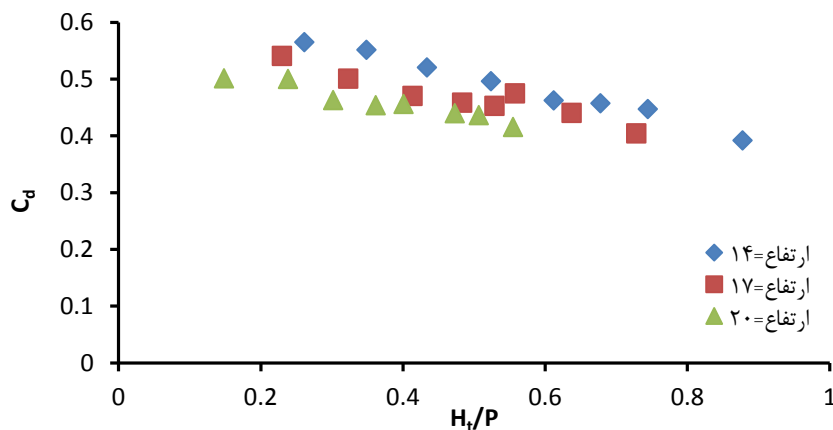
با توجه به شکل‌های ۶ تا ۸، مشاهده می‌شود که به‌ازای یک H_t/P ثابت و زاویه تاج ۱۵ درجه، ضریب دبی سرریز با ارتفاع ۱۴ سانتی‌متر بیش‌تر از سرریز با ارتفاع ۱۷ و ۲۰ سانتی‌متر است. در تمامی نمودارها می‌توان نتیجه گرفت ضریب دبی مدل ترکیبی با افزایش H_t/P روند نزولی طی می‌کند. هم‌چنین با افزایش بازشدگی دریچه (۲ تا ۶ سانتی‌متر)، ضریب دبی مدل ترکیبی با ارتفاع‌های مختلف سرریز اندکی کاهش می‌یابد، زیرا با افزایش ارتفاع بازشدگی



شکل ۹- تغییرات ضریب دبی به‌ازای ارتفاع‌های مختلف سرریز با زاویه تاج ۲۰ درجه و ارتفاع بازشدگی ۲ سانتی‌متر



شکل ۱۰- تغییرات ضریب دبی به‌ازای ارتفاع‌های مختلف سرریز با زاویه تاج ۲۰ درجه و ارتفاع بازشدگی ۴ سانتی‌متر



شکل ۱۱- تغییرات ضریب دبی به‌ازای ارتفاع‌های مختلف سرریز با زاویه تاج ۲۰ درجه و ارتفاع بازشدگی ۶ سانتی‌متر

مدل‌های ترکیبی با همان زاویه و بازشدگی‌های ۴ و ۶ سانتی‌متر به ترتیب دارای افزایش ۱/۸ و ۳/۳ درصدی در مقدار ضریب دبی می‌باشد که می‌تواند ناشی از خطای آزمایشگاهی باشد در نتیجه با افزایش ارتفاع باز شدگی دریچه، ضریب دبی مدل ترکیبی تغییر چندانی نمی‌یابد.

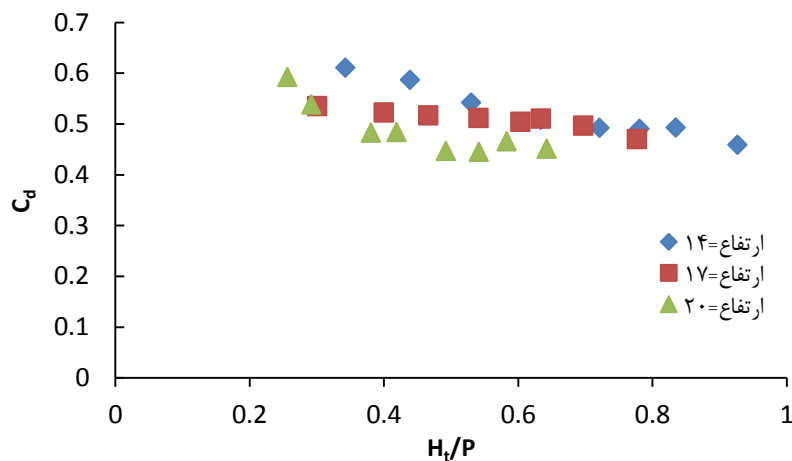
تأثیر زاویه تاج سرریز و بازشدگی‌های مختلف دریچه بر دبی مدل ترکیبی

در شکل‌های ۱۵ تا ۱۷، تغییرات دبی مدل ترکیبی به‌ازای بارهای آبی و ارتفاع بازشدگی مختلف نشان داده شده است.

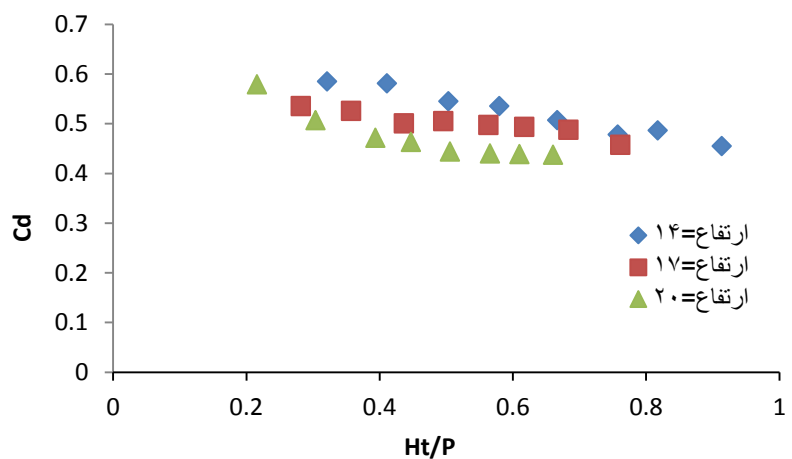
با توجه به این شکل‌ها می‌توان نتیجه گرفت که سرریز با ارتفاع ۱۴ سانتی‌متر در مقایسه با دو ارتفاع ۱۷ و ۲۰ سانتی‌متری مورد بررسی، ضریب دبی بالاتری دارد. همچنین با افزایش بازشدگی دریچه، ضریب دبی کاهش می‌یابد. که این مقدار در مدل ترکیبی با بازشدگی دریچه ۶ سانتی‌متر به پایین‌ترین حد خود می‌رسد.

در شکل‌های ۱۲ تا ۱۴، تغییرات ضریب دبی به‌ازای H_t/P در سرریزها با ارتفاع‌های ۱۴، ۱۷ و ۲۰ سانتی‌متری برای زاویه تاج ۲۵ درجه ارائه شده است.

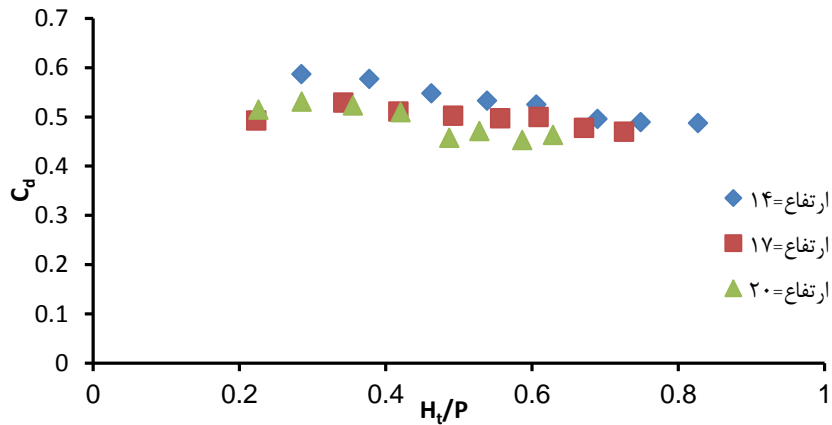
همانگونه که از شکل‌های ۱۲ تا ۱۴، مشخص است، ضریب دبی در تمامی مدل‌ها به‌ازای H_t/P روند نزولی داشته و در نهایت به مقدار ثابتی میل می‌کند. در بین مدل‌های ترکیبی مورد بررسی سرریز با ارتفاع ۱۴ سانتی‌متر و بازشدگی دریچه ۲ سانتی‌متر در مقایسه با



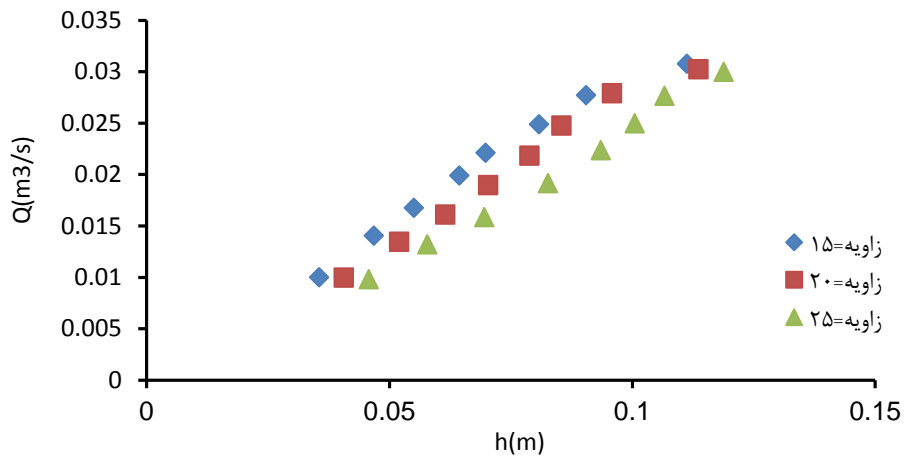
شکل ۱۲- تغییرات ضریب دبی به‌ازای ارتفاع‌های مختلف سرریز با زاویه تاج ۲۵ درجه و ارتفاع بازشدگی ۲ سانتی‌متر



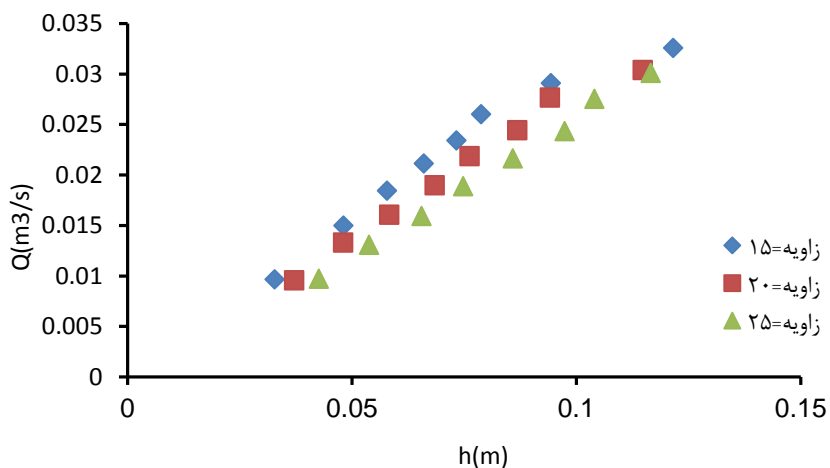
شکل ۱۳- تغییرات ضریب دبی به‌ازای ارتفاع‌های مختلف سرریز با زاویه تاج ۲۵ درجه و ارتفاع بازشدگی ۴ سانتی‌متر



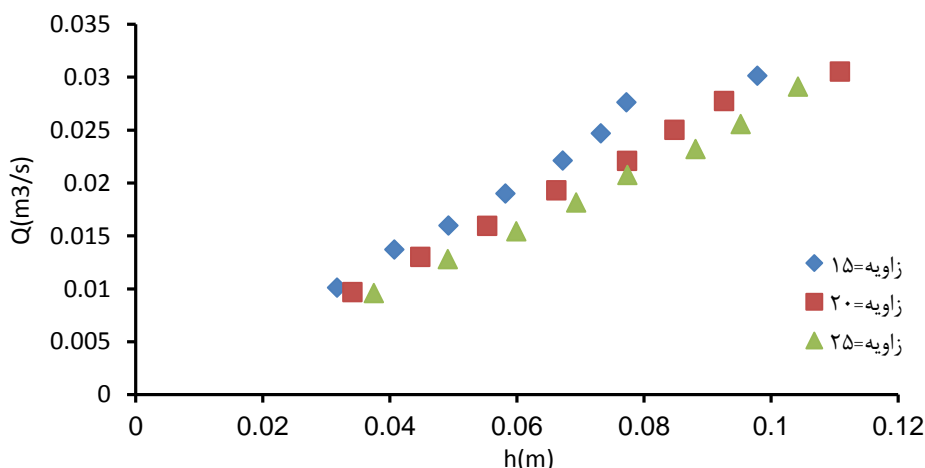
شکل ۱۴- تغییرات ضریب دبی به ازای ارتفاع‌های مختلف سرریز با زاویه تاج ۲۵ درجه و ارتفاع بازشدگی ۶ سانتی‌متر



شکل ۱۵- نمودار دبی- بار آبی جریان در مدل ترکیبی سرریز درجه با زوایای مختلف تاج سرریز و ارتفاع بازشدگی ۲ سانتی‌متر



شکل ۱۶- نمودار دبی- بار آبی جریان در مدل ترکیبی سرریز درجه با زوایای مختلف تاج سرریز و ارتفاع بازشدگی ۴ سانتی‌متر

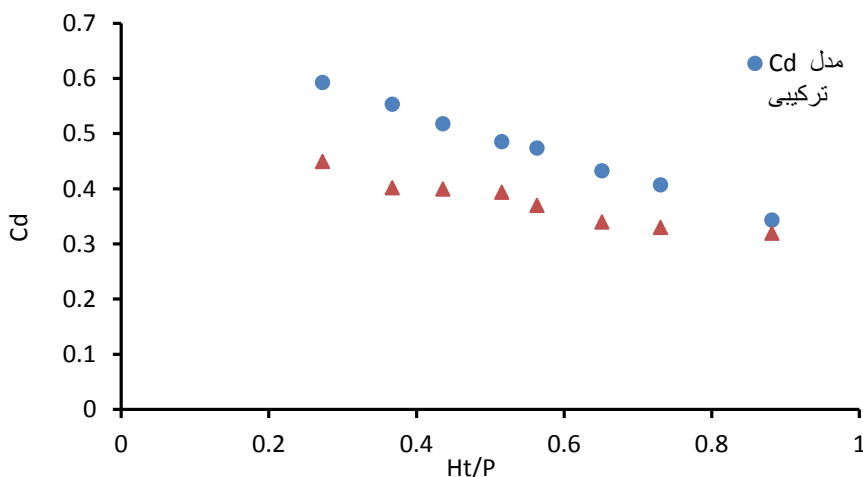


شکل ۱۷- نمودار دبی- بار آبی جریان در مدل ترکیبی سرریز دریچه با زوایای مختلف تاج سرریز و ارتفاع بازشدگی ۶ سانتی‌متر

در شکل ۱۸، روند تغییرات ضریب دبی مدل ترکیبی سرریز دریچه‌دار با شرایط بدون دریچه کروکستون (۲۰۱۰) به ازای H_t/P نشان داده شده است. با بررسی‌های انجام شده مشخص شد که ضریب دبی در مدل ترکیبی سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای دریچه دار بیش‌تر از مدل سرریز کنگره‌ای بدون دریچه است. در واقع وجود دریچه در یک سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای ضریب دبی را افزایش می‌دهد. از طرفی این تفاوت در افزایش ضریب دبی تقریباً در تمام محدوده‌های H_t/P ثابت بوده و یک روند افزایشی را طی می‌کند.

با توجه به این شکل‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش بار آبی، مقدار دبی افزایش می‌یابد و به ازای $h > 0.03$ مدل سرریز ترکیبی عملکرد بیش‌تری را نشان می‌دهد. هرچه زاویه تاج سرریز کاهش یافته، دبی نیز افزایش یافته است، زیرا با کاهش زاویه، طول سرریز افزایش می‌یابد. همچنین بیش‌ترین مقدار دبی مربوط به مدل ترکیبی با بازشدگی ۲ سانتی‌متر و زاویه تاج سرریز ۱۵ درجه است.

مقایسه نتایج مدل ترکیبی سرریز کنگره ای توام با دریچه با نتایج کروکستون (۲۰۱۰)



شکل ۱۸- مقایسه ضریب دبی به ازای H_t/P های مختلف در سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای ترکیبی و مدل کنگره‌ای تک سیکل ($\alpha=15$)

فلوم مستطیلی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد افزایش نسبت H_t/P باعث کاهش ضریب دبی مدل ترکیبی سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای- دریچه می‌شود که ناشی از افزایش تداخل جریان به ازای

نتیجه گیری

در این تحقیق تاثیر زاویه راس و ارتفاع سرریز بر ضریب دبی مدل ترکیبی سرریز- دریچه کنگره‌ای دوزنقه‌ای تک سیکل در یک

ترکیبی سرریز دریاچه منشوری. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، گرایش سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

میرناصری، م. ۱۳۹۲. بررسی آزمایشگاهی جریان هم‌زمان از مدل ترکیبی سرریز کنگره‌ای مستطیلی همراه با دریاچه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، گرایش سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

Ackers, A., White, W. R. and Perkins, J. A. 1978. Weirs and Flumes for Flow Measurements. John Wiley & Sons Pub., New York.

Swamee, P. K. 1988. Generalized rectangular weir equations, Journal of Hydraulic Engineering. 114(8): 945-949.

Ahmed, F. H. 1985. Characteristics of discharge of the combined flow through sluice gates and over weirs. Journal Engineering and Technology. Iraq. 3(2) 49-63.

Chow, V.T. 1959. Open -channel hydraulics. McGraw Hill Book Company, New York.

Fu, Z. F., Cui, Z.h., Dai, W. H. and Chen, Y. J. 2018. Discharge coefficient of combined orifice-weir flow. Water. 10(699): doi: 10.3390/w10060699.

Hayawi, H. A. M. Yahia, A. A. G. and Hayawi. G. A. M. 2008. Free combined flow over a triangular weir and under rectangular gate. Journal of Damascus University. 24(1): 9-22.

Lux, F. 1984. Discharge characteristics of labyrinth weirs, Proceedings of conference on Water for Resource Development. Coeur d' Alene, ID, Aug., ASCE.

Crookston, B.M. 2010. Labyrinth Weirs, graduate theses, Utah State University.

Kindsvater, C. E. and Carter, R. W. 1957. Discharge characteristics of thin plate weirs. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE. 83(6): 31- 36.

Masoudian, M. and Gharahgezlou, M. 2014. Flow characteristics of cylindrical weirs in a small laboratory canal. Journal of Science Series Data Report. 4(4): 12- 23.

Rajaratnam, N. and Subramaniya, K. 1967. Flow equation for sluice gates. Journal Irrigation and Drainage (ASCE). 93(3): 167- 186.

Rajaratnam, N. and subramaniya, K. 1976. Flow Equation for sluice gates. Journal of Irrigation and Drainage Division, Proc. ASCE. 93(3): 167-186.

Rajaratnam, N. 1977. Free flow immediately below sluice gates. Journal of Hydraulic Engineering (ASCE). 103 (4): 345- 351.

دبی‌های بالا است. از بین مدل‌های سرریز مورد مطالعه بیش‌ترین مقدار ضریب دبی جریان مربوط به مدل با زاویه تاج سرریز ۲۵ درجه و باز شدگی دریاچه برابر با ۲ سانتی‌متر می‌باشد. در بین مدل‌های ترکیبی مورد بررسی سرریز با ارتفاع ۱۴ سانتی‌متر و باز شدگی دریاچه ۲ سانتی‌متر در مقایسه با مدل‌های ترکیبی با همان زاویه و باز شدگی‌های ۴ و ۶ سانتی‌متر به ترتیب دارای افزایش ۱/۸ و ۳/۳ درصدی در مقدار ضریب دبی می‌باشد بنابراین می‌توان نتیجه گرفت ارتفاع سرریز تاثیر چندانی بر روی ضریب دبی ندارد. هم‌چنین با افزایش زوایای رأس سرریز مقدار ضریب دبی افزایش می‌یابد. زیرا با افزایش زاویه تاج سرریز طول مؤثر سرریز کاهش یافته و در نتیجه ضریب دبی افزایش می‌یابد. نتایج نشان داد ضریب دبی در مدل ترکیبی سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای-دریاچه بیش‌تر از مدل سرریز بدون دریاچه است. در واقع تأثیر وجود دریاچه در یک سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای در جهت افزایش ضریب دبی مشخص است.

منابع

حسینی، س.م. و ابریشمی، ج. ۱۳۸۴. هیدرولیک کانال‌های باز. انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

پاشازاده، م.، حیدرپور، م.، سقائیان‌نژاد، س.ح. و رضویان، س.ح. ۱۳۹۵. بررسی جریان هم‌زمان از زیر دریاچه‌ی کشویی و روی سرریز دوزنقه‌ای در کانال دایره‌ای. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۱۷ (۶۷): ۳۳-۴۶.

پسر کلو، م. و عمادی، ع. ر. ۱۳۹۷. مطالعه‌ی هیدرولیک جریان در سازه‌ی ترکیبی سرریز دریاچه با سرریز مرکب-دایره‌ای دوزنقه‌ای مستطیلی. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۱۹ (۷۱): ۹۹-۱۱۲.

سامانی، م. و جواهری، ا. ۱۳۹۰. تعیین ضریب دبی سرریزهای کلید پیانویی در حالت جریان آزاد. اولین کنفرانس بین‌المللی و سومین کنفرانس سد و نیروگاه‌های برقی.

فتاحی، م. ۱۳۹۴. بررسی آزمایشگاهی ضریب دبی در سازه ترکیبی سرریز دریاچه لبه تیز- قوسی در پلان. پایان نامه کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۹۴ صفحه.

قره‌گزلو، م.، مسعودیان، م.، هابر، ب.، و صالحی نیشابوری، س.ع.ا. ۱۳۹۲. بررسی آزمایشگاهی ضریب دبی مدل ترکیبی سرریز دریاچه استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای در کانال‌های کوچک. فصلنامه پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. ۸ (۱۱): ۸۶-۹۵.

موسویان شیراز، ف. ۱۳۹۶. بررسی عددی ضریب دبی جریان در مدل

characteristics of weir-orifice and weir-gate structures. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 145(11): 45-54.

Samani, J. M. V. and Mazaheri, M. 2009. Combined flow over weir and under gate. *Journal of Hydraulic Engineering*, 135(3): 224- 227.

Salehi, S. and Azimi, A. H. 2019. Discharge

Experimental Study of Combined Flow Trapezoidal Labyrinth Weir-Gate with One Cycle

B. Khalili¹, A. Abbaspour^{2*}, D. Farsadizadeh³, J. Parsa⁴

Received: Sep.06, 2020

Accepted: Jun.07, 2021

Abstract

The combined weir- gate is important hydraulic structure in management of irrigation canals. On the other hand, the use of labyrinth weirs can reduce water level fluctuations due to longer crest lengths than linear weirs for a specific discharge. Because of the sediments deposition in upstream of the weirs the flow conditions change and the accuracy of the presented relationship is reduced. Therefore, the use of combined flow trapezoidal labyrinth weir-gate can be a useful solution for passage of floating substances over the weir and sediment transport under the gate. In this research, experimental study of combined flow trapezoidal labyrinth weir-gate with one cycle has done for three sidewall angles of 15, 20 and 25 degrees, three gate openings 2, 4 and 6 cm and three weir heights of 14 , 17 and 20 cm in a rectangular channel. Based on the effective parameters of the combined models, the mean discharge coefficient has obtained in the range of 0.61-0.75. The results show that the discharge coefficient decreases with increasing the ratio of Ht/P , and it reaches a constant discharge coefficient of 0.61 for $Ht/P > 0.6$. The discharge coefficient of the combined model increases by increasing the angle of weir. Also the results show that the discharge coefficient of trapezoidal labyrinth weir-gate has the highest value for weirs with a sidewall angle of 25° and gate opening of 2 cm.

Key words: Discharge coefficient, Experimental model, Labyrinth weir-gate, Sidewall angle

1- M.Sc. Student, Department of Water Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2- Associate Prof, Department of Water Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran
3- Prof, Department of Water Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran
4- Assistant Prof, Department of Water Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran
(* - Corresponding Author Email: akabbaspour@yahoo.com)