

بررسی آزمایشگاهی تأثیر موقعیت دریچه بر ضریب دبی سرریز - دریچه کنگره‌ای مستطیلی

علیرضا عمادی^{۱*} و ساحله کاکویی^۲

چکیده

از جمله انواع سرریز - دریچه‌ها، سازه ترکیبی سرریز - دریچه کنگره‌ای مستطیلی است. سازه ترکیبی سرریز - دریچه با داشتن قابلیت عبور هم‌زمان مواد قابل ته‌نشین شدن از قسمت دریچه و مواد معلق از روی سرریز، از انباشته شدن رسوب و مواد معلق در پشت سرریز تا حد زیادی جلوگیری و به افزایش دقت اندازه‌گیری و عبور جریان کمک زیادی می‌کند. پژوهش‌هایی که در زمینه جریان ترکیبی هم‌زمان از روی سرریز و زیر دریچه صورت گرفته، به ندرت به مدل ترکیبی سرریزها همراه دریچه‌های کشویی پرداخته‌اند. در این پژوهش، با مدل‌های فیزیکی با ارتفاع ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر در پانزده حالت قرارگیری دریچه کشویی در موقعیت‌های مختلف، اثر مکان دریچه روی ضریب دبی بررسی شد. آزمایش‌ها در فلوم تحقیقاتی به عرض ۰/۵ متر و طول ۱۲ متر در محدوده دبی ۱۰ تا ۵۰ لیتر بر ثانیه انجام شد. در این پژوهش در مجموع ۳۹۰ آزمایش انجام شد. نتایج نشان داد برای همه حالت‌های قرارگیری دریچه، زمانی که موقعیت دریچه عمود بر جهت جریان است و به ترتیب ابتدا در پیشانی وجه بالادست و سپس وجه پایین‌دست، ضریب دبی بیشتری به دست آمد. همچنین با افزایش نسبت H/P مقدار ضریب دبی با توجه به تداخل جت آب کاهش (حداکثر ۹ درصد) می‌یابد. برای یک دبی و طول مؤثر ثابت با افزایش ارتفاع سرریز، مقدار ارتفاع آب بالادست سرریز کاهش می‌یابد و چون مقدار استغراق در پایین‌دست سرریز کنگره‌ای کاهش می‌یابد و جریان آب به سهولت به سمت پایین‌دست حرکت می‌کند، باعث افزایش بازدهی هیدرولیکی مدل سرریز - دریچه کنگره‌ای مستطیلی می‌شود و در نتیجه ضریب جریان افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: ابزار اندازه‌گیری، سرریز - دریچه کنگره‌ای مستطیلی، ضریب دبی، مدل فیزیکی.

ارجاع: عمادی ع. و کاکویی س. ۱۳۹۹. بررسی آزمایشگاهی تأثیر موقعیت دریچه بر ضریب دبی سرریز - دریچه کنگره‌ای مستطیلی. مجله پژوهش آب ایران. ۳۸: ۲۰-۱۱.

۱- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
۲- دانش‌آموخته دکتری سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

نویسنده مسئول: Emadia355@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۰۷

مقدمه

از آنجا که حجم جریان عبوری از سرریز تابع طول و شکل تاج سرریز است، از جمله راه‌کارهای مؤثر بر افزایش طول سرریزی جریان در یک عرض معین، استفاده از سرریزها با پلان غیرخطی است که به آنها سرریزهای چندوجهی یا کنگره‌ای گفته می‌شود و معمولاً به صورت یک یا چند سیکل ساخته می‌شوند؛ در نتیجه احداث این نوع از سرریزها، حجم جریان عبوری از آنها افزایش می‌یابد و ارتفاع آزاد کمتری در بالادست نسبت به سرریزهای خطی مورد نیاز خواهد بود و همچنین مقدار خاکریزی برای حفاظت زمین‌های بالادست را کاهش می‌دهد. دریچه‌ها از جمله سازه‌های کنترل جریان هستند که در شکل‌ها یا شیوه عملکردهای متفاوتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با استفاده از دریچه در سرریزهای کنگره‌ای به صورت ترکیبی می‌توان از مزایای دریچه در این سازه‌ها استفاده کرد. سازه ترکیبی سرریز- دریچه با داشتن قابلیت عبور هم‌زمان مواد قابل ته‌نشین شدن از قسمت دریچه و مواد معلق از روی سرریز، از انباشته شدن رسوب و مواد معلق در پشت سرریز تا حد زیادی جلوگیری و به افزایش دقت اندازه‌گیری و عبور جریان کمک زیادی می‌کند.

نخستین پژوهش‌های انجام شده روی سرریزهای کنگره‌ای را جنتلینی (۱۹۴۰)، تیلور (۱۹۶۸) و هی و تیلور (۱۹۷۱) برای نشان دادن عملکرد سرریزهای کنگره‌ای است. پس از آن مطالعات دیگری توسط لاکس و هینچلوف (۱۹۸۵)، امانیان (۱۹۸۷)، ویلمور (۲۰۰۴)، قره و همکاران (۲۰۰۸)، امیراوغلو و همکاران (۲۰۱۰ و ۲۰۱۷)، کارلو و همکاران (۲۰۱۲)، رضایی (۱۳۹۱)، کروکستون و تولیس (۲۰۱۳)، نظامی و همکاران (۱۳۹۲)، عظیمی و همکاران (۲۰۱۶) انجام داد. از جمله پژوهش‌هایی که در مورد دریچه‌ها انجام شد، می‌توان به مطالعات سازمان احیا و اراضی آمریکا (۱۹۹۷)، کای و باراتو (۲۰۰۱)، لین و همکاران (۲۰۰۲)، شاما و همکاران (۲۰۰۵)، خلیلی شایان و همکاران (۱۳۹۴) و حامدی و فانتس (۲۰۱۶) اشاره کرد. جریان عبوری از سرریز و جریان از زیر دریچه نیز مورد مطالعه فراوان؛ قرار گرفته اما در زمینه جریان هم‌زمان از رو و زیر دریچه پژوهش‌های اندکی انجام شده است. نجم و همکاران (۱۹۹۷) تأثیر میزان استغراق پایین دست بر دبی جریان در مدل ترکیبی سرریز مثلثی در بالای دریچه مستطیلی و بالعکس را بررسی کردند و نتیجه گرفتند

نسبت استغراق دریچه روی عمق بالادست و دبی تأثیر می‌گذارد. فرو (۲۰۰۰) با استفاده از آنالیز ابعادی بر اساس تئوری باکینگهام و مدل ISS یک رابطه دبی- اشل برای جریان هم‌زمان از رو و زیر دریچه قائم به دست آورد. وی در مطالعات خود فرض کرد زمانی که جریان هم‌زمان از سازه ترکیبی عبور می‌کند، دریچه با حداکثر ظرفیت دبی عبوری عمل می‌کند و در مقطع سرریز جریان بحرانی اتفاق می‌افتد. نتایج آزمایشگاهی پژوهش‌های پایوی و همکاران (۲۰۰۸) نشان داده است که ضریب شدت جریان با افزایش زاویه رأس سرریز مثلثی کاهش می‌یابد. سامانی و مظاهری (۲۰۰۹) جریان ترکیبی روی سرریز- دریچه مستطیلی لبه‌تیز بدون فشردگی جانبی را در دو حالت استغراق (سرریز آزاد و دریچه مستغرق، سرریز و دریچه مستغرق) مدل‌سازی کردند. در دو حالت مشاهده شد که پایاب بر عمق بالادست سازه و در نتیجه بر دبی جریان تأثیر می‌گذارد. قره گزولو و همکاران (۱۳۹۶) برای بررسی تغییرات نقطه جدایش روی سازه و زیر سازه، محل وقوع همگرایی لایه مرزی جدا شده از دو طرف، پروفیل سرعت در رو و پایین دست سازه و همچنین اندازه دنباله با تغییرات میزان بازشدگی، آزمایش‌هایی با استفاده از تکنیک سرعت‌سنجی ذرات به روش تصویربرداری (PIV) انجام دادند. نتایج نشان داد برای تمام نسبت‌های بازشدگی دریچه به قطر سازه، محل وقوع جدایش جریان از بدنه سازه در قسمت دریچه و سرریز متفاوت است و در حالت دریچه جدایش زودتر رخ می‌دهد؛ به گونه‌ای که در محدوده آزمایش‌ها بیشترین و کمترین اختلاف زاویه انحراف جدایش سرریز و دریچه از همدیگر به ترتیب ۴۰ و ۳ درجه است. نتایج پژوهش میرناصری (۱۳۹۲) روی سرریز- دریچه کنگره‌ای نشان داد که ارتفاع دریچه در مدل ترکیبی سرریز کنگره‌ای مستطیلی- دریچه در افزایش ارتفاع سرریز برای افزایش ضریب دبی، تأثیری ندارد. همچنین در مدل ترکیبی سرریز کنگره‌ای مستطیلی- دریچه برای یک دبی عبوری و ارتفاع سرریز ثابت با افزایش طول دماغه سرریز یا در واقع همان افزایش طول مؤثر سرریز، مقدار ارتفاع آب بالادست سرریز کاهش پیدا می‌کند؛ زیرا آب عبوری در سطح بیشتری از سرریز جاری می‌شود. بسیاری از پژوهش‌های انجام شده درباره سرریزهای کنگره‌ای مربوط به سرریزهای کنگره‌ای مثلثی و دوزنقه‌ای است؛ در حالی که از لحاظ اجرایی، سرریزهای

با توجه به معادله (۳)، ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز کنگره‌ای مستطیلی- دریاچه در پژوهش حاضر از معادله (۴) به دست می‌آید.

$$C_d = \frac{Q}{\frac{2}{3} \cdot L \cdot \sqrt{2g} \cdot (H_T)^{\frac{3}{2}} + a \cdot b \cdot \sqrt{2gH}} \quad (۴)$$

یکی از موارد مهم در سازه ترکیبی سرریز- دریاچه کنگره‌ای مستطیلی مکان قرارگیری دریاچه که تاکنون ارزیابی نشده است؛ بنابراین در این پژوهش هدف بررسی تأثیر مکان دریاچه بر ضریب دبی سرریز- دریاچه کنگره‌ای مستطیلی و بررسی تأثیر افزایش ارتفاع سرریز بر ضریب دبی سازه ترکیبی فوق در مکان‌های مختلف دریاچه است.

مواد و روش‌ها

فلوم آزمایشگاهی

همه آزمایش‌های این پژوهش در یک کانال مستطیل شکل از جنس شیشه با طول ۱۲، عرض ۰/۵ و ارتفاع ۰/۷ متر با شیب طولی صفر درجه انجام شد. در قسمت ورودی این فلوم، مخزنی روی ارتفاع قرار داشت که آشفتگی جریان آبی را که از پمپ‌های گریز از مرکز وارد فلوم می‌شد، می‌گرفت و جریان نسبتاً آرامی را وارد فلوم آزمایشگاهی می‌کرد. دبی فلوم از سه پمپ تأمین و با سرریز مثلی که در خروجی فلوم قرار گرفته بود اندازه‌گیری می‌شد. صفحه‌های یونولیت برای کاهش موج‌های سطحی در بالادست فلوم قرار داده شد. برای آرام شدن آب در خروجی فلوم صفحات مشبکی قرار داده شد. به این ترتیب آب به آرامی وارد حوضچه‌ای می‌شود که در آن سرریز مثلی قرار دارد. سپس آب وارد یک مخزن مکعب مستطیل و از قسمت کف این مخزن پمپاژ و در ادامه وارد لوله می‌شود و سیستم آب دوباره به گردش در می‌آید (شکل ۲). برای اندازه‌گیری عمق آب در بالادست سرریز مورد آزمایش و سرریز مثلی از عمق‌سنج نقطه‌ای با دقت ۰/۱ میلی‌متر استفاده شد.

مدل‌های سرریز- دریاچه‌ای آزمایشگاهی

در این پژوهش از مدل‌های فیزیکی سرریز کنگره‌ای مستطیلی، با جنس پلکسی‌گلاس استفاده و با توجه به عرض فلوم آزمایشگاهی و کاهش اثر کشش سطحی دیواره‌های سرریز کنگره‌ای مستطیلی تعداد دو سیکل برای سرریز انتخاب شد. سرریزهای ساخته شده، همراه یک، دو، سه و چهار دریاچه کشویی هستند و تاج سرریزها

کنگره‌ای مستطیلی قابلیت ساخت و اجرای بهتری در بعضی از مناطق دارند. همچنین پژوهش‌هایی که در زمینه جریان ترکیبی هم‌زمان از روی سرریز و زیر دریاچه صورت گرفته، به‌ندرت به مدل ترکیبی سرریزها همراه دریاچه‌های کشویی پرداخته شده است. بوس (۱۹۷۶) رابطه دبی عبوری از زیر دریاچه کشویی (شکل ۱ الف) را به شکل معادله (۱) ارائه داده است.

$$Q_g = b \cdot C_{dg} \cdot a \cdot \sqrt{2gH} \quad (۱)$$

که در این معادله، Q_g دبی عبوری از زیر دریاچه (m^3/s)، C_{dg} ضریب دبی دریاچه، a میزان بازشدگی دریاچه (m)، b عرض دریاچه (m)، H عمق جریان در بالادست دریاچه (m) و g شتاب ثقل (m/s^2) است.

همچنین با توجه به پژوهش تویس و همکاران (۱۹۹۵) دبی عبوری از سرریز کنگره‌ای (شکل ۱ ب) به صورت معادله (۲) است.

$$Q_w = \frac{2}{3} \cdot C_{dw} \cdot L \cdot \sqrt{2g} \cdot H_T^{\frac{3}{2}} \quad (۲)$$

که در این معادله Q_w دبی عبوری از سرریز کنگره‌ای C_{dw} (m^3/s) ضریب دبی سرریز کنگره‌ای، L طول مؤثر سرریز کنگره‌ای (m) و H_T هد کل آب روی سرریز (m) است.



(الف)



(ب)

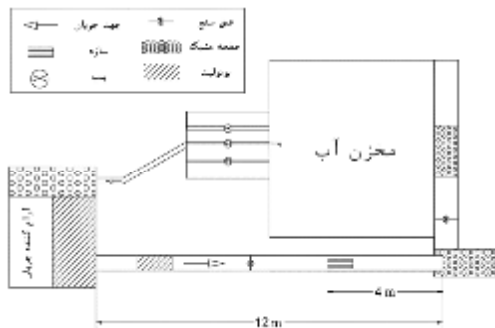
شکل ۱- نمایی از الف) جریان عبوری از دریاچه ب) جریان از روی سرریز

دبی عبوری از سازه ترکیبی سرریز- دریاچه کنگره‌ای مستطیلی با توجه به معادلات (۱) و (۲) از طریق معادله (۳) به دست می‌آید:

$$Q = Q_w + Q_g = \frac{2}{3} \cdot C_{dw} \cdot L \cdot \sqrt{2g} \cdot H_T^{\frac{3}{2}} + b \cdot C_{dg} \cdot a \cdot \sqrt{2gH} \quad (۳)$$

که در این معادله Q دبی عبوری از سازه ترکیبی سرریز- دریاچه کنگره‌ای مستطیلی (m^3/s) است.

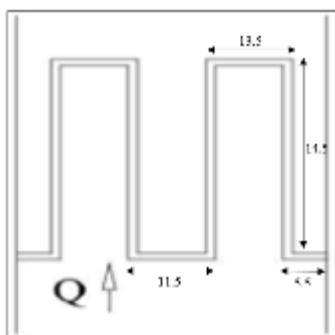
جریان انجام شد که نتایج به دست آمده در ادامه تشریح شده است.



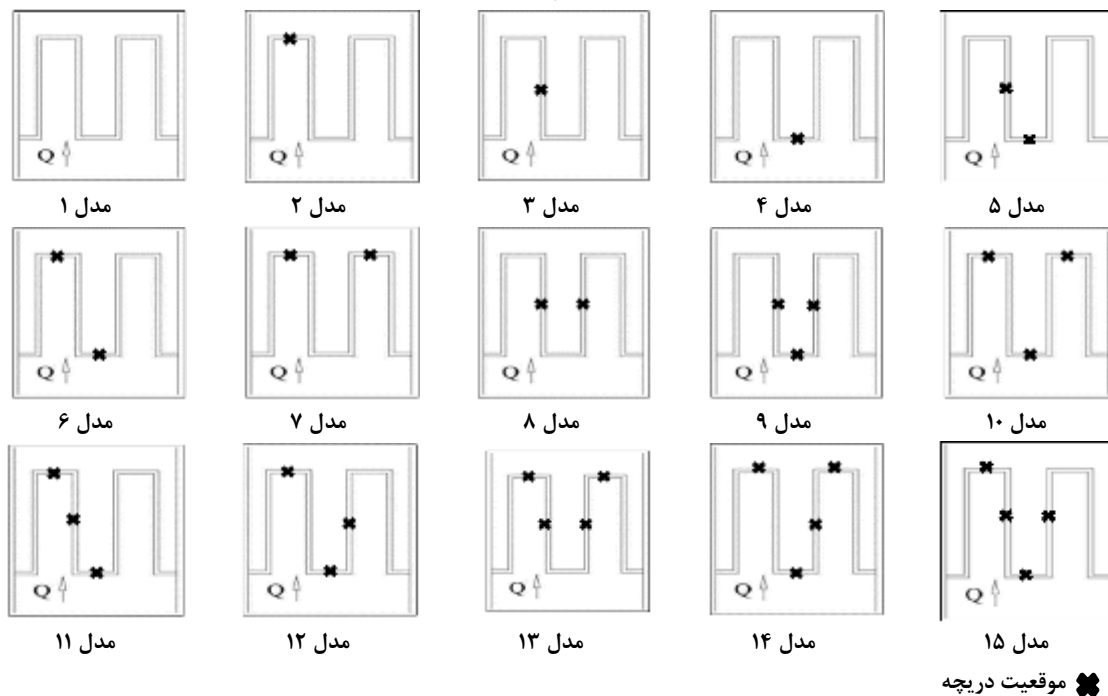
شکل ۲- فلوم تحقیقاتی (نمای بالا)

به شکل ۹۰ درجه (صاف) و با ضخامت ۱۰ میلی‌متر است. شکل ۳ ابعاد سازه و موقعیت‌های مختلف فرارگیری دریچه را در مدل‌های ترکیبی سرریز- دریچه کنگره‌ای مستطیلی نشان می‌دهد. مدل‌ها در چهار متری بالادست خروجی کانال نصب شده‌اند. آزمایش‌ها در محدوده دبی ۱۰ تا ۵۰ لیتر بر ثانیه انجام شد که ارتفاع آب در یک متری بالادست محل نصب سرریز اندازه‌گیری شده است. ابعاد دو سازه مورد آزمایش در این پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است. در این پژوهش در مجموع ۳۹۰ آزمایش در مکان‌های مختلف با تعداد دریچه‌های متفاوت در دو ارتفاع ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر برای بررسی تغییرات ضریب دبی

(الف)



(ب)



شکل ۳- (الف) ابعاد سازه، (ب) موقعیت‌های مختلف دریچه در سازه سرریز دریچه کنگره‌ای مستطیلی

جدول ۱- مشخصات هندسی مدل‌های هیدرولیکی

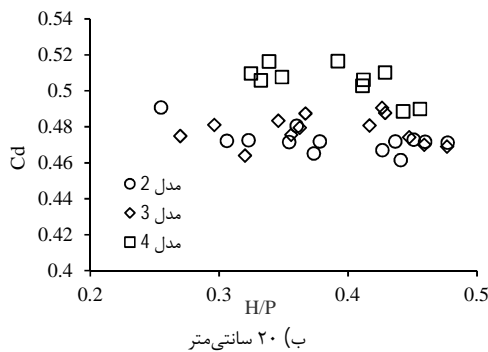
سازه	دریچه			سرریز		
	عرض (cm)	ارتفاع بازشدگی (cm)	L/W	ارتفاع (cm)	طول (cm)	عرض (cm)
۱	۵/۵	۶	۲/۱۵	۱۵	۱۰۷/۵	۵۰
۲	۵/۵	۶	۲/۱۵	۲۰	۱۰۷/۵	۵۰

۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر با توجه به این‌که هر دو دریچه عمود بر جهت جریان واقع شده‌اند، ضریب دبی بیشتری نسبت به سه مدل دیگر (بین ۶ تا ۲۵ درصد) به دست آمد. با توجه به شکل‌های ۶ و ۷ برای حالت‌های سه و چهار دریچه به ترتیب در مدل‌های ۱۰ و ۱۴ ضریب دبی بیشتری به دست آمد. در حالت ۳ دریچه افزایش ۲ تا ۲۴ درصدی و در حالت ۴ دریچه، افزایش ۱ تا ۱۴ درصدی داشته است. در این حالت‌ها نیز زمانی که تعداد دریچه‌ها بیشتر است، تأثیر عمود بر جهت جریان واقع شده‌اند، تأثیر بیشتری بر ضریب دبی نسبت به دیگر حالت‌ها دارند. با توجه به زیاد شدن تعداد دریچه‌ها، سازه مورد بررسی از حالت سرریز -دریچه به دریچه کامل نزدیک شده و تغییر موقعیت دریچه‌ها تأثیر چندانی در ضریب دبی به مانند تعداد دریچه‌های کمتر نخواهند داشت.

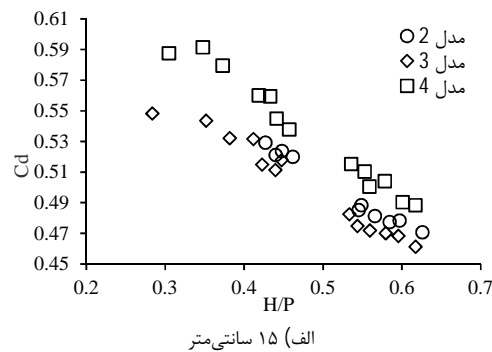
نتایج و بحث

اثر تغییر مکان دریچه با تعداد دریچه‌های متفاوت بر ضریب دبی

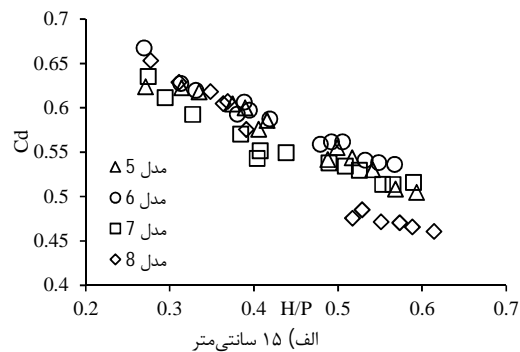
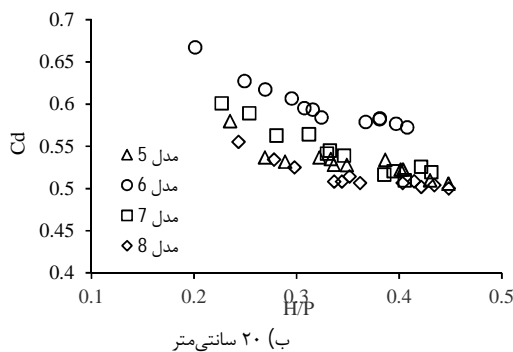
برای بررسی اثر مکان دریچه روی ضریب دبی، آزمایش‌هایی با تعداد ۱، ۲، ۳ و ۴ دریچه در مکان‌ها مختلف مطابق با شکل ۳ انجام شد. در شکل ۴ تغییرات ضریب دبی نسبت به پارامتر H/P در حالت یک دریچه ارائه شده است. با توجه به شکل در این حالت (برای مدل‌های سرریز با ارتفاع ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر) زمانی که موقعیت دریچه در پیشانی وجه بالادست سرریز است (مدل ۴)، به دلیل این‌که موقعیت دریچه عمود بر جهت جریان واقع شده است، ضریب دبی بیشتر از دو حالت دیگر (بین ۳ تا ۱۰ درصد) به دست آمد. در شکل ۵ تغییرات ضریب دبی نسبت به پارامتر H/P برای حالت دو دریچه نیز در هر دو سرریز با ارتفاع

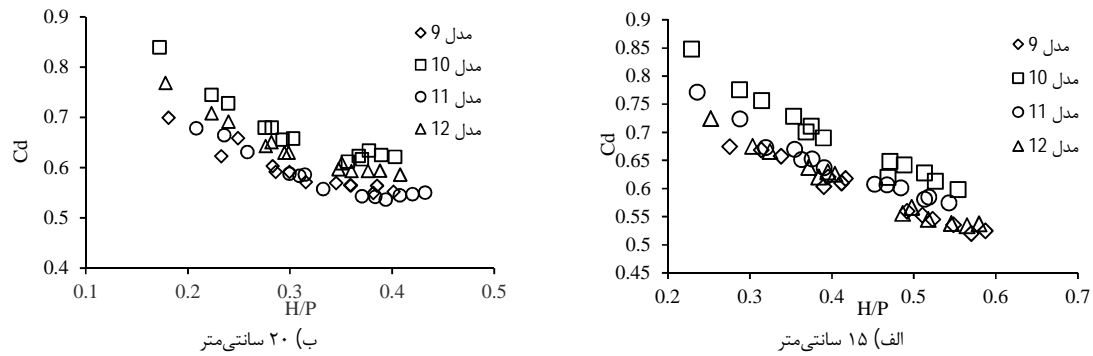


شکل ۴- تغییرات ضریب دبی نسبت به H/P برای حالت یک دریچه

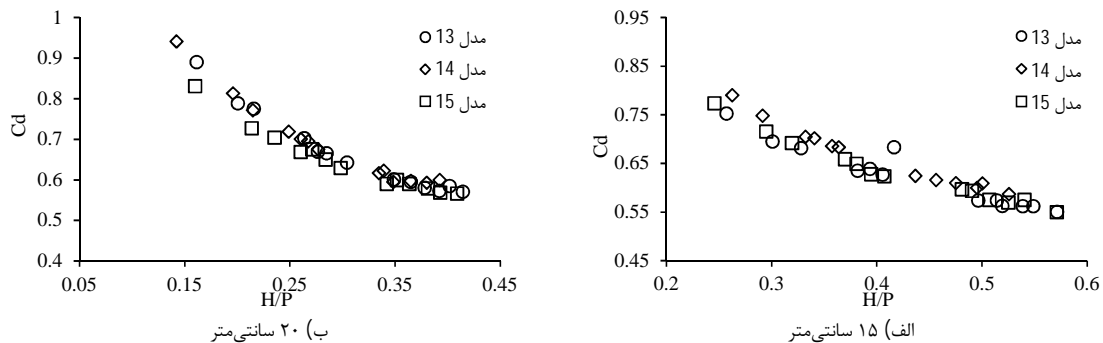


شکل ۵- تغییرات ضریب دبی نسبت به H/P برای حالت دو دریچه





شکل ۶- تغییرات ضریب دبی نسبت به H/P برای حالت سه دریچه

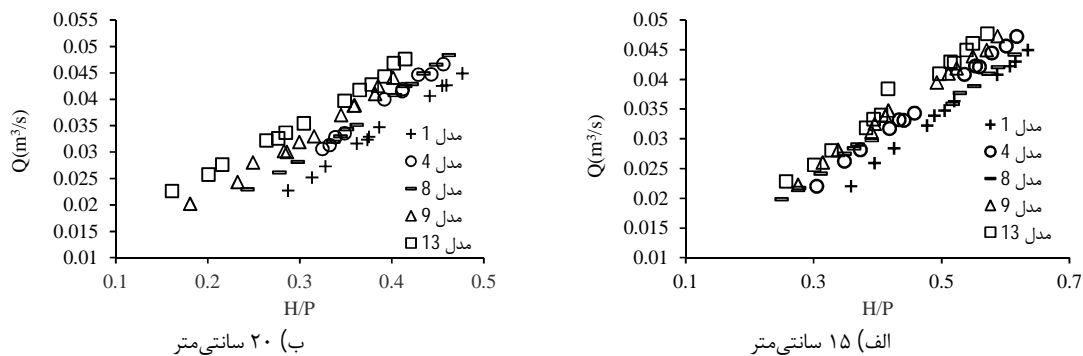


شکل ۷- تغییرات ضریب دبی نسبت به H/P برای حالت چهار دریچه

بدون دریچه است و در واقع تأثیر وجود دریچه در یک سرریز کنگره‌ای مستطیلی در جهت افزایش دبی را نشان می‌دهند.

اثر بازشدگی دریچه بر ضریب دبی

در شکل ۸ تغییرات دبی مدل‌های ۱، ۴، ۸، ۹ و ۱۳ را در برابر پارامتر بدون بعد نسبت ارتفاع کل آب بالادست به ارتفاع سرریز (H/P) ارائه شده است. با توجه به شکل‌ها دبی در مدل ترکیبی سرریز- دریچه بیشتر از مدل سرریز



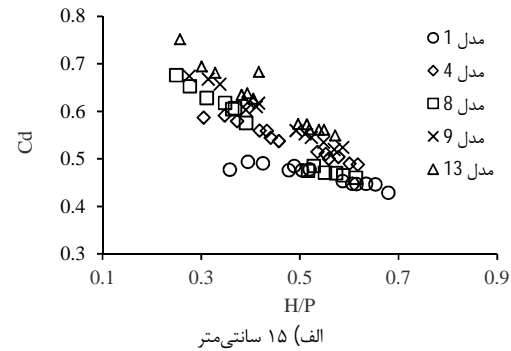
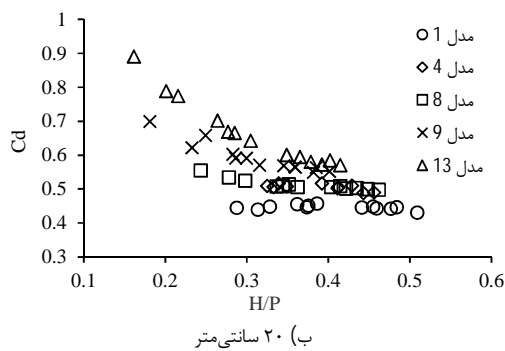
شکل ۸- تغییرات دبی نسبت به H/P برای سرریز

مستطیلی (بدون دریچه) است. در واقع تأثیر وجود دریچه در یک سرریز کنگره‌ای مستطیلی در جهت افزایش ضریب دبی می‌باشد. با توجه به شکل‌ها می‌توان دریافت که افزایش ضریب دبی در محدوده جریان کم (H/P کمتر) بیشتر از محدوده جریان زیاد (H/P زیادتر) است. جدول ۲

در شکل ۹ تغییرات ضریب دبی مدل‌های ۱، ۴، ۸، ۹ و ۱۳ را در برابر پارامتر بدون بعد نسبت ارتفاع کل آب بالادست به ارتفاع سرریز (H/P) نشان داده شده است. این شکل‌ها نشان می‌دهد ضریب دبی در مدل ترکیبی سرریز- دریچه کنگره‌ای مستطیلی بیشتر از مدل سرریز کنگره‌ای

بخشی از نتایج آزمایش‌های انجام شده روی مدل‌های ۱، ۴، ۸، ۹ و ۱۳ برای سرریز با ارتفاع ۱۵ سانتی متر است. در این جدول سعی شده است تا در سه محدوده جریان (H/P)، دبی و ضریب دبی مقایسه شوند و همچنین از مقادیر (H/P) با تفاوت بسیار کم استفاده شد. با توجه به جدول، با کاهش مقدار پارامتر بدون بعد نسبت ارتفاع کل آب بالادست به ارتفاع سرریز (H/P)، محدوده تغییرات دبی و ضریب دبی در حالت با و بدون دریچه افزایش پیدا می‌کند. در واقع این نتایج نشان می‌دهند وجود دریچه در سرریز کنگره‌ای مستطیلی در محدوده

جریان‌های کم (H/P کمتر) تأثیر بیشتری بر افزایش ضریب دبی و در نتیجه بر افزایش دبی عبوری خواهد داشت. با توجه به اینکه کاهش ضریب دبی با افزایش نسبت H/P به دلیل افزایش تداخل جت‌های آب سیکل‌های کنار یکدیگر و در نتیجه افزایش استغراق محلی سرریز است، در اینجا علاوه بر این تداخل، جریان عبوری از زیر دریچه نیز باعث ایجاد تداخل جدید بین جریان آب در پایین‌دست سازه و در نتیجه کاهش ضریب دبی می‌شود.



شکل ۹- تغییرات ضریب دبی نسبت به H/P در سرریز

جدول ۲- تغییرات پارامترهای مربوط به سرریز با ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر

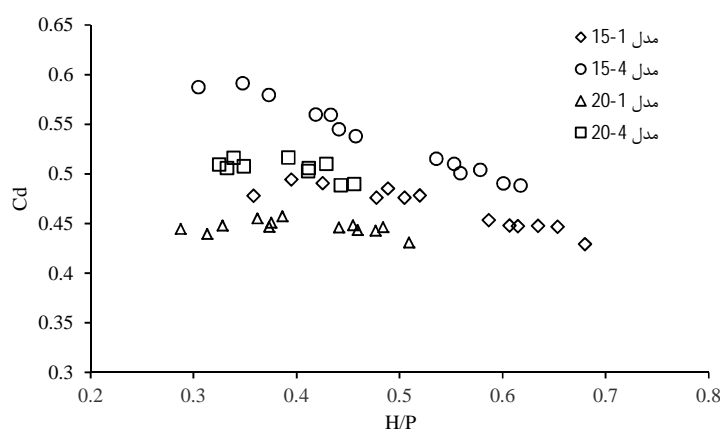
Cd	Q (مترمکعب بر ثانیه)	H/P	مدل
۰/۴۵	۰/۰۴	۰/۵۸	مدل ۱
۰/۴۹	۰/۰۲	۰/۴۲	
۰/۴۷	۰/۰۲	۰/۳۵	
۰/۵	۰/۰۴	۰/۵۸	مدل ۴
۰/۵۵	۰/۰۳	۰/۴۲	
۰/۵۹	۰/۰۳	۰/۳۵	
۰/۴۶	۰/۰۴	۰/۵۸	مدل ۸
۰/۵۷	۰/۰۳	۰/۳۹	
۰/۶۲	۰/۰۳	۰/۳۵	
۰/۵۲	۰/۰۴	۰/۵۸	مدل ۹
۰/۶۲	۰/۰۳	۰/۴۲	
۰/۶۵	۰/۰۳	۰/۳۴	
۰/۵۵	۰/۰۴	۰/۵۷	مدل ۱۳
۰/۶۸	۰/۰۴	۰/۴۲	
۰/۶۸	۰/۰۳	۰/۳۳	

بالادست به ارتفاع سرریز (H/P) نشان می‌دهد. در این شکل در محدوده جریان زیاد (H/P زیادتر) ضریب دبی مدل ترکیبی سرریز- دریچه کنگره‌ای مستطیلی (مدل ۴) به سرریز کنگره‌ای مستطیلی (بدون دریچه- مدل ۱) نزدیک می‌شود.

همچنین این شکل نشان می‌دهد ضریب دبی در مدل ترکیبی سرریز- دریچه کنگره‌ای مستطیلی بیشتر از سرریز بدون دریچه است. برای رسیدن به بالاترین کارایی مدل ترکیبی سرریز- دریچه، محدوده H/P برای سرریز با ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر کمتر از ۰/۵ و برای سرریز با ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر کمتر از ۰/۷ توصیه می‌شود.

بالاترین کارایی مدل ترکیبی سرریز- دریچه کنگره‌ای مستطیلی در H/P کمتر توصیه می‌شود و حداکثر نسبت آبی (H/P) را با توجه به نتایج بدست آمده برای رسیدن به بالاترین کارایی می‌توان کمتر از ۰/۷ توصیه کرد. این مسأله با نتایج لوکس (۱۹۸۴) که حداکثر نسبت هد آبی (H/P) را برای یک سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای ۰/۴۵ تا ۰/۵ پیشنهاد کرده است، تقریباً مطابقت دارد. این در حالی است که برخی از سرریزهای کنگره‌ای با حداکثر نسبت هد آبی (یک) طراحی و اجرا شده‌اند.

شکل ۱۰ تغییرات ضریب دبی مدل‌های ۱ و ۴ را در دو سرریز در برابر پارامتر بدون بعد نسبت ارتفاع کل آب

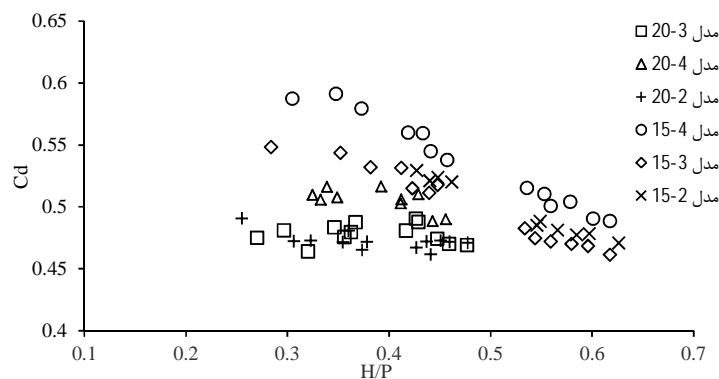


شکل ۱۰- تغییرات ضریب دبی نسبت به H/P

و چهار بازشدگی همزمان دریچه در موقعیت‌های مختلف) نیز به دست آمد. میزان کاهش ضریب دبی بین ۱ تا ۱۵ درصد است. رضایی (۱۳۹۱) نشان داد که افزایش پارامتر بی‌بعد H/P باعث کاهش ضریب دبی سرریزهای کنگره‌ای مستطیلی می‌شود. از طرفی کاهش این ضریب در یک جریان ترکیبی سرریز- دریچه کنگره‌ای مستطیلی نیز اتفاق می‌افتد. کاهش ضریب دبی با افزایش نسبت H/P به دلیل افزایش ارتفاع آب بالادست است که باعث افزایش تداخل جت‌های آب سیکل کنار یکدیگر می‌شود و در نتیجه افزایش استغراق محلی سرریز است که با نتایج کاسیدی (۱۹۸۵)، امانیان (۱۹۸۷)، فالوی (۲۰۰۳)، تالیس و همکاران (۲۰۰۷) و رضایی (۱۳۹۱) و همچنین میرناصری (۱۳۹۲) مطابقت دارد.

اثر افزایش ارتفاع سرریز بر ضریب دبی

در یک سرریز کنگره‌ای مستطیلی با طول مؤثر ثابت و در یک دبی مشخص، افزایش ارتفاع سرریز باعث کاهش ارتفاع آب بالادست سرریز می‌شود. در این حالت مقدار استغراق (تلاطم جریان) در پایین‌دست سرریز کنگره‌ای کاهش و جریان آب به سهولت به سمت پایین‌دست حرکت می‌کند که این اتفاق موجب افزایش بازدهی هیدرولیکی مدل ترکیبی سرریز- دریچه و افزایش ضریب جریان می‌شود (رضایی، ۱۳۹۱). با توجه به شکل ۱۱ که مربوط به مدل‌های ۲، ۳ و ۴ در سرریز با ارتفاع ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر است، می‌توان کاهش ضریب دبی را در برابر افزایش پارامتر بی‌بعد H/P مشاهده کرد که کاهش این ضریب، باعث کاهش بازدهی هیدرولیکی مدل ترکیبی سرریز- دریچه می‌شود. همچنین این نتایج برای سرریز با ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر و دیگر بازشدگی‌های دریچه (دو، سه



شکل ۱۱- تغییرات ضریب دبی نسبت به H/P

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ۶۹

ص.

۳. قره‌گزلو م. مسعودیان م. شاهین ب. و کردی ا. ۱۳۹۶. بررسی اثر تغییرات بازشدگی روی نقطه جدایش، اندازه دنباله و توزیع سرعت در سرریز-دریچه استوانه‌ای مستغرق. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. (۶): ۲۴-۱۷۷-۱۹۳.

۴. میرناصری م. ۱۳۹۲. بررسی آزمایشگاهی ضریب آبگذری مدل ترکیبی سرریز کنگره‌ای مستطیلی همراه با دریچه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ۹۰ ص.

۵. نظامی ف. فرسادی‌زاده د. حسین‌زاده دلیر ع. و سلماسی ف. ۱۳۹۲. بررسی آزمایشگاهی ضریب دبی سرریزهای جانبی کنگره‌ای دوزنقه‌ای. نشریه دانش آب و خاک. (۱): ۲۳-۲۴۷-۲۵۷.

6. Amanian N. 1987. Performance of and design of labyrinth spillways. M.S. thesis. Utah State University. Utah. 99 p.
7. Azimi A. H. Rajaratnam N. and Zhu D. Z. 2016. Water Surface Characteristics of Submerged Rectangular Sharp-Crested Weirs. Journal of Hydraulic Engineering. 142(5): 1-9.
8. Bos M. G. 1976. Discharge Measurement Structures, International Institute for Land Reclamation and Implovment / LIRI Wageningen, the Netherlands. 107-126.
9. Cai R. and Boroto R. 2001. Discharge Characteristics of Conduit Radial Gate. World Water and Environmental Resources Congress.
10. Carollo F. G. Ferro V. and Pampalone V. 2012. Experimental investigation of the outflow process over a triangular labyrinth weir. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 138(1): 73-79.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش تأثیر موقعیت دریچه بر ضریب دبی در سازه ترکیبی سرریز-دریچه کنگره‌ای مستطیلی بررسی شد. با توجه به نتایج در حالت‌های مورد بررسی زمانی که تعداد دریچه‌های بیشتری عمود بر جهت جریان واقع شده‌اند، تأثیر بیشتری بر ضریب دبی دارند. همچنین دبی و ضریب دبی در مدل ترکیبی سرریز-دریچه کنگره‌ای مستطیلی بیشتر از مدل سرریز کنگره‌ای مستطیلی (بدون دریچه) است. در واقع تأثیر وجود دریچه در یک سرریز کنگره‌ای مستطیلی در جهت افزایش دبی و ضریب دبی است. برای رسیدن به بالاترین کارایی مدل ترکیبی سرریز -دریچه، محدوده H/P برای سرریز با ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر کمتر از ۰/۵ و برای سرریز با ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر کمتر از ۰/۷ توصیه می‌شود.

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری که اعتبارات این پژوهش را در قالب طرح پژوهشی با کد ۱۲-۱۳۹۵-۰۲ تأمین کرده است، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

۱. خلیلی شایان ح. فرهودی ج. و روشن ر. ۱۳۹۴. برآورد ضریب دبی جریان عبوری از دریچه‌های کشویی و قطاعی. مجله پژوهش آب ایران. (۱): ۹-۱۶۷-۱۵۳.
۲. رضایی م. ۱۳۹۱. رابطه دبی-اشل در سرریز کنگره‌ای مستطیلی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد،

- Congress of ICOLD, Lausanne, Switzerland. 249-274.
25. Negm A. M. Abdel-aal G. M. Matin A. M. and Aahamid A. A. 1997. Discharge equation for free and submerged flow through combined weir, Proc. of Al-Azhar Engineering 3rd International Conference, Al-Azhar University. 456-470.
 26. Samani J. M. V. and Mazaheri M. 2009. Combined Flow over Weir and under Gate. Journal of Hydraulic Engineering. 135(3): 224-22.
 27. Shammaa Y. Zhu D. and Rajaratnam N. 2005. Flow Upstream of Orifices and Sluice Gates. Journal of Hydraulic Engineering. 131(2):127-133.
 28. Taylor G. 1968. The performance of Labyrinth weir. thesis presented to university of Nottingham, England. 410 p.
 29. Tullis J. P. Nosratollah A. and Waldron D. 1995. Design of Labyrinth Spillways. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE. 121(3): 247-255.
 30. Tullis J. P. Youngand J. C. and Chandler M. A. 2007. Head-discharge relationship for submerged Labyrinth weir. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE. 133(3): 248-254.
 31. USBR. 1997. Water Measurement Manual, 3th ed., U.S Department of interior. 161 p.
 32. Willmore C. 2004. Hydraulic characteristics of labyrinth weirs. M.S. report, Utah State University, Utah. 102 p.
 11. Casidy J. J. 1985. Irrotational flow over spillway of finite height. Journal of engineering Mech. Div. ASCE. 91(6): 155-73.
 12. Crookston B. M. and Tullis B. P. 2013. Hydraulic Design and Analysis of Labyrinth Weirs. II:Nappe Aeration, Instability, and Vibration. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 139(5): 371-377.
 13. Emiroglu M. E. Gogus M. Tunc M. and Islamoglu K. 2017. Effects of Antivortex Structures Installed on Trapezoidal Labyrinth Side Weirs on Discharge Capacity and Scouring. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 143(6): 37-46.
 14. Emiroglu M. E. Kaya N. and Agaccioglu H. 2010. Discharge capacity of labyrinth side-Weir located on a straight channel. Journal of Irrigation and Drainage ASCE. 136(1): 37-46.
 15. Falvey H. T. 2003. Hydraulic Design of labyrinth weirs. ASCE press, reston, Virginia, USA. 162 p.
 16. Ferro V. 2000. Simultaneous flow over and under Gate. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 126(3): 190-193.
 17. Gentilini B. 1940. Weirs within Plan Oblique Crest and Zig-zag. Memories and Studies of the Institute of Hydraulics and Hydraulic Regil the Polytechnic of Milan.
 18. Ghare A. D. Mhaisalkar V. A. and Porey P. D. 2008. An Approach to Optimal Design of Trapezoidal Labyrinth Weirs. World Applied Sciences Journal. 3(6): 934-938.
 19. Hamedi A. and Fuentes H. R. 2016. New Relationship between a Vertical Gate Opening and Downstream Flow Stability: Experimental Development. World Environmental and Water Resources Congress.
 20. Hay N. and Taylor G. 1971. Performance and design of labyrinth weirs. Journal of Hydraulic Engineering. ASCE. 96(11): 2337-2357.
 21. 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.
 22. Lin C. H. Yen J. F. and Tsai C. T. 2002. Influence of Sluice Gate Contraction Coefficient on Distinguishing Condition. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 128(4): 249-252.
 23. Lux F. 1984. Discharge characteristics of labyrinth weirs, Proceedings of conference on Water for Resource Development. Coeur d, Alene, ID.: ASCE. 385-389.
 24. Lux F. and Hinchliff D. L. 1985. Design and construction of labyrinth spillway. 15th