

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی آزمایشگاهی تاثیر ایجاد دندانه، روزنه و هوادهنده در سرریز کنگره‌ای مثلثی

مجتبی خیل‌پور^۱، جواد مظفری^{۲*}، سید اسد... محسنی موحد^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۱

چکیده

سرریز سدها جهت تنظیم سطح آب استفاده می‌شوند. در حدود ۳۳ درصد از شکست سدها به دلیل عدم ظرفیت کافی سرریزها رخ داده است. یکی از راهکارها، استفاده از سرریزهای با تاج غیرخطی است که از جمله این سرریزها می‌توان به سرریز کنگره‌ای اشاره نمود. در این پژوهش به بررسی تاثیر ایجاد دندانه و روزنه و همچنین حالتی ترکیبی از هر دو در سرریز و در سه نسبت بزرگنمایی ۲، ۳ و ۴ پرداخته شد. آزمایش‌ها در یک کانال آزمایشگاهی مستطیلی به طول ۱۵ متر، عرض ۰/۸ متر و ارتفاع ۰/۸ متر با محدوده دبی ۱۰ تا ۹۰ لیتر در ثانیه اجرا شدند. ۹ مدل فیزیکی سرریز، در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت که ضخامت ۳ میلی‌متر، ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر و طول ۶۰، ۴۰ و ۸۰ سانتی‌متر داشتند. همچنین ربع استوانه‌هایی با شعاع ۱/۵ سانتی‌متر به عنوان هواده روی بال مدل‌های ساده سرریز نصب شدند. نتایج پژوهش نشان داد که هواده‌ها حداکثر تا ۱۳ درصد سبب افزایش ضریب دبی نسبت به سرریز کنگره‌ای ساده می‌شوند. اما با افزایش دبی و همچنین افزایش بزرگنمایی سرریز، این تاثیر بسیار ناچیز خواهد شد. بررسی‌ها نشان داد برای $H/P = 0.2$ و $L/W = 2$ ، ضریب دبی سرریز دندانه-روزنه‌دار و سرریز دندانه‌دار به ترتیب ۷۵/۶ و ۱۷/۵ درصد بیشتر از سرریز کنگره‌ای ساده است. با این حال، دندانه و روزنه کارایی خود را در هدهای بالا از دست می‌دهند و ضریب دبی نزدیک به سرریز کنگره‌ای ساده خواهد شد. دلیل این تغییرات تداخل جریان در پایین دست سرریز می‌باشد که با ایجاد دندانه و روزنه بیشتر نیز خواهد شد. همچنین افزایش بزرگنمایی سرریزهای کنگره‌ای سبب کاهش ضریب دبی می‌شود اما این کاهش در سرریز کنگره‌ای دندانه-روزنه‌دار بسیار بیشتر از دو نوع سرریز دیگر بوده و تا ۴۰ درصد نیز می‌رسد. بنابراین عملکرد سرریز کنگره‌ای دندانه-روزنه‌دار در نسبت بزرگنمایی بالا مناسب بنظر نمی‌رسد.

واژه‌های کلیدی: تداخل جریان، سرریز کنگره‌ای ترکیبی، ضریب دبی، نسبت بزرگنمایی

مقدمه

عمق بالادست سازه و در نتیجه بر دبی جریان تأثیر می‌گذارد (Samani & Mazaheri, 2009). گوپتا و همکاران مشخصات جریان روی سرریزهای کنگره‌ای لیه تیز در پلان را مورد بررسی قرار دادند (Gupta et al., 2014). نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که سرریزهای کنگره‌ای بهره‌وری بیشتری از سرریزهای خطی دارند. میرناصری و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی آزمایشگاهی ابعاد دریچه بر ضریب آبگذری مدل ترکیبی سرریز کنگره‌ای مستطیلی دریچه‌دار پرداختند و نتیجه گرفتند وجود دریچه تاثیر بسیار زیادی بر افزایش ضریب دبی این نوع سرریز دارد و این تاثیر در جریان‌های با H/P کم یعنی در واقع با عمق و دبی کم بیش تر مشهود است. اسمعیلی ورکی و رضوی زاده (۱۳۹۲) ضریب دبی جریان و مقدار دبی در واحد طول عبوری از سرریزهای کنگره‌ای با پلان نیم‌دایره-خطی و نیم‌دایره‌ای با شعاع‌های مختلف و تعداد سیکل‌های متفاوت را بررسی کردند. نتایج نشان داد که در کلیه سرریزهای کنگره‌ای مورد آزمایش، ضریب دبی جریان با افزایش نسبت H/P تا مقدار ۰/۳۷ روندی صعودی داشته و سپس به دلیل تداخل تیغه‌های ریزشی، ضریب دبی کاهش

سرریزهای کنگره‌ای یکی از انواع سرریزهای دارای تاج غیرخطی بوده که به منظور تنظیم سطح آب و کنترل جریان در مخازن سدها، رودخانه‌ها و کانال‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نوع سرریزها در یک عرض معین، طول تاج بیشتری نسبت به سرریزهای خطی دارند. بنابراین می‌توانند در یک عرض مشخص، آب بیشتری را نسبت به سرریزهای خطی به پایین دست منتقل کنند. در پژوهشی سامانی و مظاهری جریان ترکیبی سرریز-دریچه مستطیلی لیه تیز بدون فشردگی جانبی را مدل‌سازی کردند و نتایج نشان داد که پایاب بر

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه اراک، اراک، ایران

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه اراک، اراک، ایران

۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه اراک، اراک، ایران

*- نویسنده مسئول: (Email: Javad_370@yahoo.com)

DOR: 20.1001.1.20087942.2021.15.4.14.4

نظر گرفتن سه زاویه ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه با سه بازشدگی دریاچه ۲، ۴ و ۶ سانتیمتر در سرریز انجام شد. نتایج نشان داد که سرریز-دریاچه کنگره‌ای تک سیکل با زاویه ۲۵ درجه و بازشدگی ۶ سانتیمتر بیشترین ضریب دبی در مقایسه با زوایا و بازشدگی های دیگر سازه ترکیبی دارا می‌باشد. عمادی و کاکویی (۱۳۹۹) به بررسی آزمایشگاهی تاثیر موقعیت دریاچه بر ضریب دبی سرریز-دریاچه کنگره‌ای مستطیلی پرداختند. نتایج نشان داد زمانی که موقعیت دریاچه عمود بر جهت جریان است ضریب دبی بیشتری به دست می‌آید. خلیلی و همکاران (۱۴۰۰) به بررسی آزمایشگاهی جریان در سازه ترکیبی سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای تک سیکل-دریاچه پرداختند. نتایج نشان داد ضریب دبی در مدل ترکیبی سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای-دریاچه بیشتر از مدل سرریز بدون دریاچه است. با توجه به این که در پژوهش‌های بررسی شده، اضافه شدن دریاچه به سرریز کنگره‌ای سبب افزایش ضریب دبی شده است، در این پژوهش به بررسی ضریب دبی سرریز کنگره‌ای با ایجاد دندانه و روزنه، پرداخته خواهد شد. هدف از ایجاد دندانه و روزنه فهم این مساله است که آیا با توجه به افزایش ارتفاع سطح آب در سیلاب‌های بزرگ، می‌توان با باز کردن آن‌ها، دبی عبوری را افزایش و ارتفاع سطح آب را کاهش داده و از خسارات سیل جلوگیری کرد.

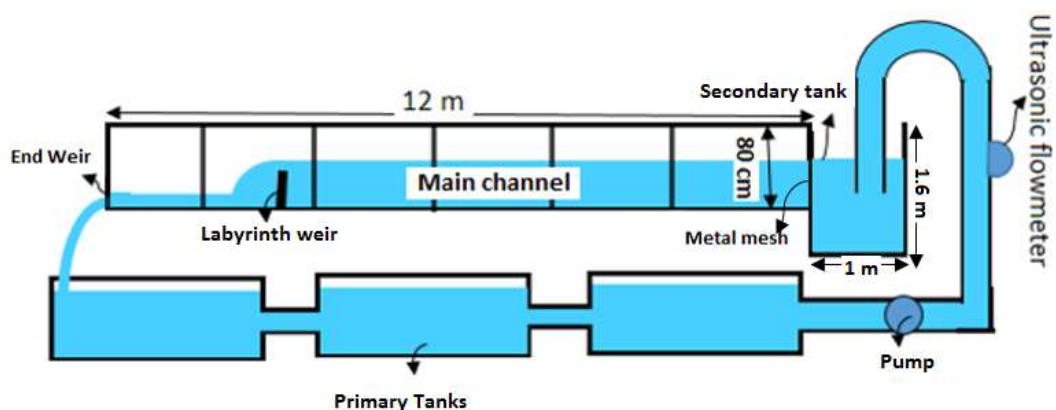
مواد و روش‌ها

آزمایش‌های این تحقیق درون یک فلوم شیشه‌ای به طول ۱۰ متر، ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر و عرض ۸۰ سانتی‌متر مورد انجام شده است. حداکثر دبی پمپ فلوم ۹۰ لیتر در ثانیه بود. شکل (۱) شمایی از کانال مورد استفاده را نشان می‌دهد.

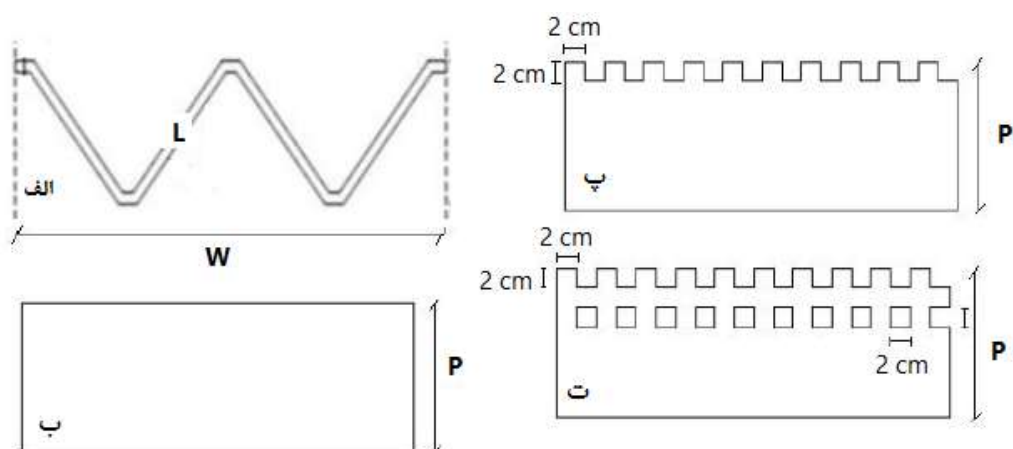
شکل (۲) شماتیکی از مدل‌های استفاده شده را نشان می‌دهد. بر طبق این شکل، P ارتفاع سرریز می‌باشد که در سرریز کنگره‌ای دندانه‌دار از پایین سرریز تا میانه ارتفاع دندانه در نظر گرفته شده است. همچنین هر دندانه و هر روزنه دارای عرض و طول ۲ سانتی‌متر می‌باشند.

تمامی مدل‌ها به صورت دو سیکلی ساخته شد که عرض هر سیکل ۴۰ سانتی‌متر بود. ارتفاع تمامی مدل‌ها نیز ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. جنس تمامی مدل‌ها از ورق پلکسی گلاس به ضخامت ۳ میلی‌متر انتخاب شده بودند. برای مقایسه تاثیر ایجاد روزنه و دندانه برای هر نسبت طول سرریز به عرض کانال (L/W) سه مدل سرریز ساخته شد (شکل ۳). بطوریکه یک سرریز کنگره‌ای ساده به عنوان سرریز شاهد، یک سرریز کنگره‌ای دندانه‌دار و یک سرریز دندانه-روزنه‌دار می‌باشد.

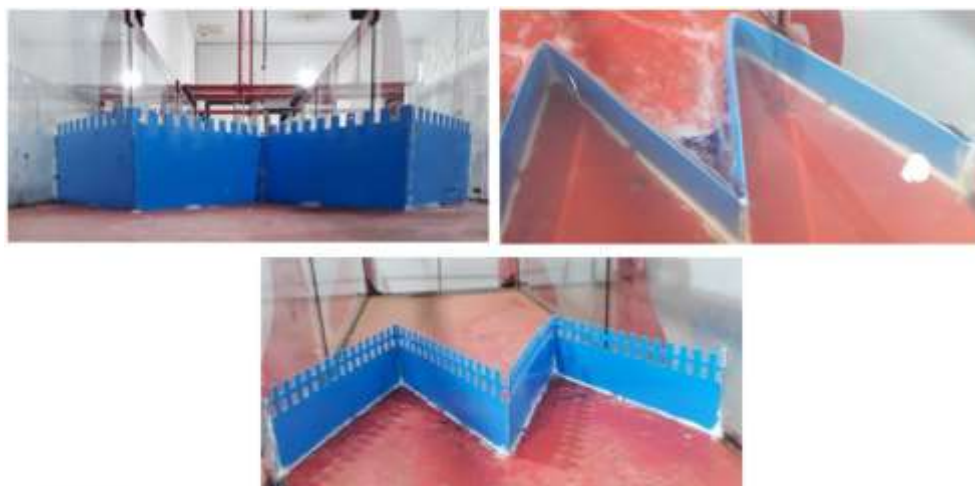
می‌یابد. رضایی و همکاران (۱۳۹۴) به مطالعه آزمایشگاهی سرریز کنگره‌ای مستطیلی پرداختند. نتایج نشان داد برای ارتفاع آب بالادست ثابت، دبی سرریز کنگره‌ای حداکثر $2/6$ برابر دبی سرریز مستقیم و در دبی ثابت، ارتفاع آب بالادست سرریز مستقیم $1/8$ برابر ارتفاع آب بالادست سرریز کنگره‌ای می‌باشد و بهترین محدوده نسبت H/P بین $0/2$ تا $0/4$ است و حداکثر ضریب دبی در این محدوده قرار گرفت. عارف و نوری طی مطالعات آزمایشگاهی، سرریز کنگره‌ای با تاج دایره‌ای را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که ضریب دبی تابعی از هد آب بالادست بوده و افزایش پارامتر H/P موجب کاهش ضریب دبی گردیده است (Aref & Noori, 2017). ضمیری و همکاران (۱۳۹۶) پژوهشی با هدف شناخت عوامل موثر بر عملکرد هیدرولیکی جریان عبوری از سرریز کنگره‌ای انجام دادند. بر اساس نتایج، با افزایش ۵۰ درصدی ضخامت دیواره سرریز، ضریب دبی $8/22$ درصد کاهش یافته و ضریب دبی در سرریز با تاج نیم‌دایره حدود ۵٪ بیش از سرریز با تاج ربع‌دایره است. تالیس و دابلینگ تحقیقات جدیدی روی سرریزهای کنگره‌ای انجام دادند (Tullis & Dabbling, 2017). پیش از مطالعه آن‌ها، تحقیقات همگی بر این فرض استوار بودند که کانال تقرب سرریز (با جریان ورودی از بالادست سرریز) به صورت عمود بر محور سرریز قرار دارد. از آنجایی که شاید موارد فوق در همه طراحی‌ها امکان‌پذیر نباشد، در این پژوهش جریان ورودی از بالادست در سه زاویه ۰، ۱۵ و ۴۵ درجه مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که جریان با زاویه ۱۵ درجه تغییرات محسوسی روی بهره‌وری سرریز نسبت به جریان صفر درجه ایجاد نکرده است ولی در جریان با زاویه ۴۵ درجه، میزان بهره‌وری سرریز ۱۱ درصد کاهش یافت. شکل زیر نمایان‌گر این تحقیق است. در پژوهشی سنگ‌سفیدی و همکاران، راندمان سرریز کنگره‌ای تا $4/5$ برابر سرریز ساده به دست آوردند (Sangsefidi et al., 2018). احمدی و همکاران با انجام آزمایشاتی سرریز کنگره‌ای ساده را با سرریز کنگره‌ای دندانه‌دار و سرریز کنگره‌ای روزنه‌دار در یک سیکل مقایسه کردند (Ahmadi et al., 2019). نتایج نشان داد که سرریز روزنه‌دار ظرفیت انتقال بیشتری نسبت به سرریز دندانه‌دار و ساده دار است. ماجدی اصل و فولادی پناه (۱۳۹۷) کاربرد سیستم‌های تکاملی در تعیین ضریب دبی سرریزهای کنگره‌ای مثلثی را بررسی کردند. در این تحقیق عملکرد ماشین بردار پشتیبان در برآورد ضریب دبی سرریزهای کنگره‌ای مثلثی لبه تیز بررسی و با داده‌های آزمایشگاهی مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که در ماشین بردار پشتیبان، ترکیب ورودی که فقط شامل (H/P) نسبت بار آبی، (L/W) نسبت بزرگنمایی و (θ) زاویه راس می‌باشد، بهترین نتایج را ارائه داده است. خلیلی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی آزمایشگاهی مشخصات جریان در مدل ترکیبی سرریز-دریاچه کنگره‌ای تک سیکل پرداختند. آزمایش‌ها با در



شکل ۱- شمایی از کانال مورد استفاده در تحقیق حاضر



شکل ۲- شماتیکی از الف) سرریز کنگره‌ای دو سیکل، ب) دیواره جانبی سرریز کنگره‌ای ساده، پ) دیواره جانبی سرریز کنگره‌ای دندانه‌دار و ت) دیواره جانبی سرریز کنگره‌ای دندانه-روزنه‌دار



شکل ۳- سرریزهای ساده، دندانه‌دار و سرریز دندانه-روزنه‌دار در $L/W = 3$



شکل ۴- سرریز کنگره‌ای مثلثی ساده و دارای هواده در $L/W = 2$

هستند. بنابراین این تفاوت ناچیز نشان می‌دهد که استفاده از فرمول (۲) تاثیر روزنه را نیز نشان خواهد داد.

نتایج و بحث

مقایسه سرریزهای کنگره‌ای مثلثی با شکل مشابه در نسبت‌های مختلف L/w

سرریز کنگره‌ای ساده در سه نسبت بزرگ‌نمایی (L/W) ۲، ۳ و ۴ در شکل (۵) نشان داده شده است. در $H/P = 0.2$ ، ضریب دبی سرریز کنگره‌ای ساده در نسبت‌های بزرگ‌نمایی ۲، ۳ و ۴ به ترتیب برابر 0.175 ، 0.167 و 0.159 می‌باشد. بنابراین ضریب دبی از نسبت بزرگ‌نمایی ۲ تا $21/3\%$ کاهش داشته است.

همچنین در $H/P = 0.5$ ، ضریب دبی سرریز کنگره‌ای در نسبت‌های بزرگ‌نمایی ۲، ۳ و ۴ به ترتیب 0.16 ، 0.151 و 0.142 می‌باشد و از نسبت بزرگ‌نمایی ۲ تا 30% کاهش یافته است. بنابراین در هد آب بیشتر، افزایش نسبت بزرگ‌نمایی سبب کاهش بیشتری در ضریب دبی نسبت به هد آب کم خواهد شد. بنظر می‌رسد با افزایش هد آب بر روی سرریز، تداخل جریان افزایش یافته و در نتیجه کاهش ضریب دبی نیز بیشتر خواهد بود. کاهش ضریب دبی در نسبت‌های بزرگ‌نمایی بالاتر نشان‌دهنده کاهش دبی عبوری نمی‌باشد زیرا پارامتر طول سرریز افزایش یافته است.

شکل (۶) نشان می‌دهد که در H/P ثابت، افزایش بزرگ‌نمایی سرریز با افزایش دبی عبوری از سرریز همراه بوده است. با توجه به شکل در $H/P = 0.3$ ، دبی از نسبت بزرگ‌نمایی ۲ تا ۳ و از نسبت بزرگ‌نمایی ۳ تا ۴، به ترتیب $33/3\%$ و 25% افزایش یافته است. علاوه بر این در $H/P = 0.6$ ، دبی از نسبت بزرگ‌نمایی ۲ تا ۳ و از نسبت بزرگ‌نمایی ۳ تا ۴، به ترتیب $21/4\%$ و $5/8\%$ افزایش داشته است. بنابراین در نسبت بزرگ‌نمایی بالاتر، سرریز دبی بیشتری از خود عبور می‌دهد اما از ضریب دبی آن کاسته شده است. بدین معنی که با دو برابر شدن طول سرریز ظرفیت عبور دبی دو برابر نخواهد شد.

هواده‌هایی از جنس چوب روی سرریز کنگره‌ای ساده برای هر سه نسبت $L/W = 2$ ، $L/W = 3$ و $L/W = 4$ طراحی شد. این هواده‌ها به شکل ربع‌استوانه با طول ۴۰، ۶۰ و ۸۰ سانتی‌متر برای هر چهار ضلع هر سرریز ساده و همچنین قطر $1/5$ سانتی‌متر طراحی شد (شکل ۴).

برای بررسی ضریب دبی سرریز کنگره‌ای از رابطه (۱) استفاده می‌گردد (Tullis et al., 1995):

$$Q = \frac{2}{3} C_d L \sqrt{2g} H_T^{\frac{3}{2}} \quad (1)$$

بنابراین، ضریب دبی سرریز کنگره‌ای به صورت رابطه ۲ تعریف خواهد شد:

$$C_d = \frac{Q}{\frac{2}{3} L \sqrt{2g} (H_T)^{\frac{3}{2}}} \quad (2)$$

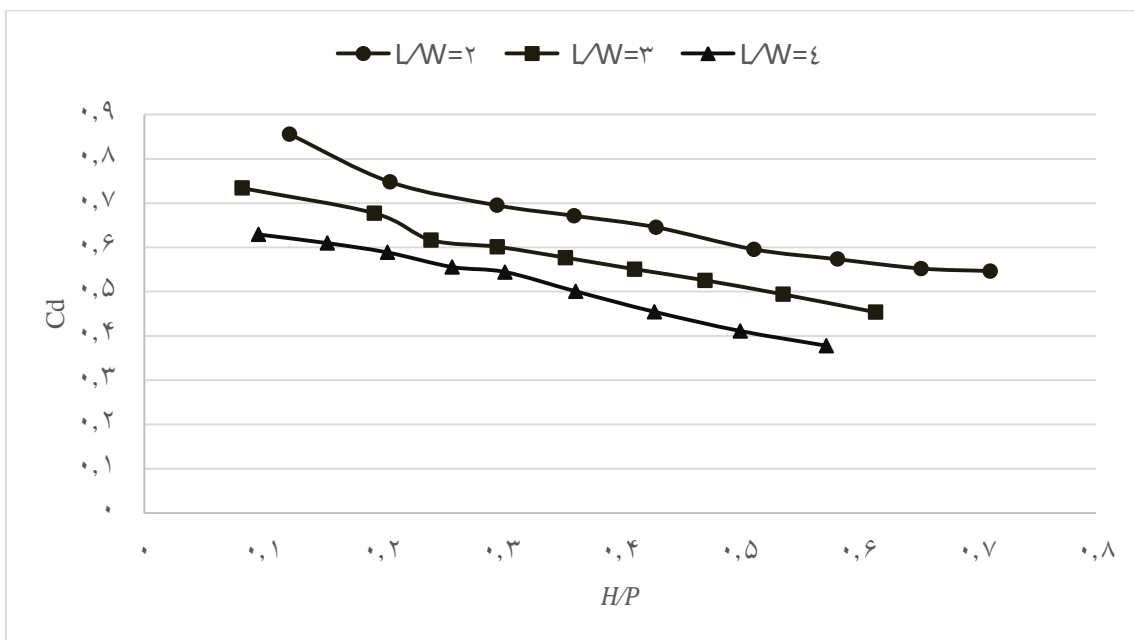
که در این رابطه Q دبی عبوری از سرریز کنگره‌ای (m^3/s)، C_d ضریب دبی سرریز کنگره‌ای، L طول سرریز کنگره‌ای (m)، H_T هد کل آب روی سرریز (m) و g شتاب ثقل می‌باشند. در سرریز کنگره‌ای دندانه-روزنه‌دار با توجه به این که آب از روزنه نیز عبور می‌کند باید رابطه روزنه نیز استفاده شود که عبارت است از:

$$Q = C_d A \sqrt{2gh} \quad (3)$$

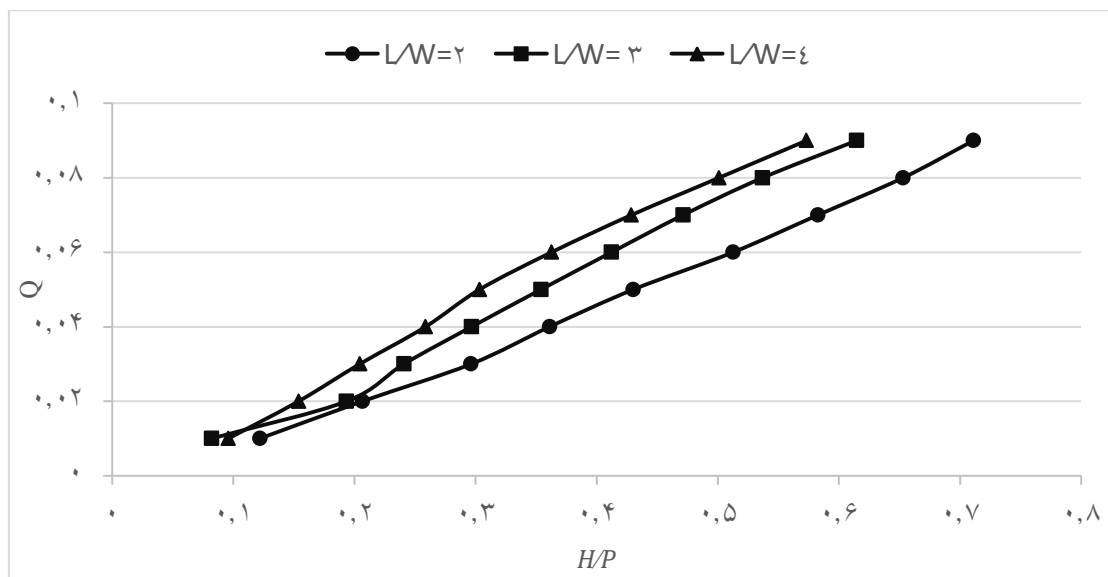
که در آن Q دبی عبوری از سرریز، C_d ضریب دبی، A مساحت روزنه و h ارتفاع سطح آب از وسط روزنه می‌باشد. بنابراین می‌توان با ترکیب رابطه (۳) با رابطه (۲) ضریب دبی سرریز کنگره‌ای دندانه-روزنه‌دار را به صورت زیر محاسبه کرد:

$$C_d = \frac{Q}{\frac{2}{3} L \sqrt{2g} H^{1/5} + A \sqrt{2gh}} \quad (4)$$

ضریب دبی به دست آمده از رابطه (۴) با ضریب تعیین شده از رابطه (۲) مقایسه شد و مشخص شد که اختلاف دو فرمول بسیار ناچیز می‌باشد. به عنوان مثال در $H/P = 0.4$ ضریب دبی با استفاده از فرمول (۲)، 0.9 و با استفاده از فرمول (۴)، 0.894 می‌باشد. همچنین در $H/P = 0.6$ ، این مقادیر به ترتیب 0.681 و 0.680



شکل ۵- منحنی تغییرات C_d نسبت به H/P در سرریز کنگره‌ای ساده در نسبت‌های بزرگ‌نمایی ۲، ۳، ۴، $L/W =$



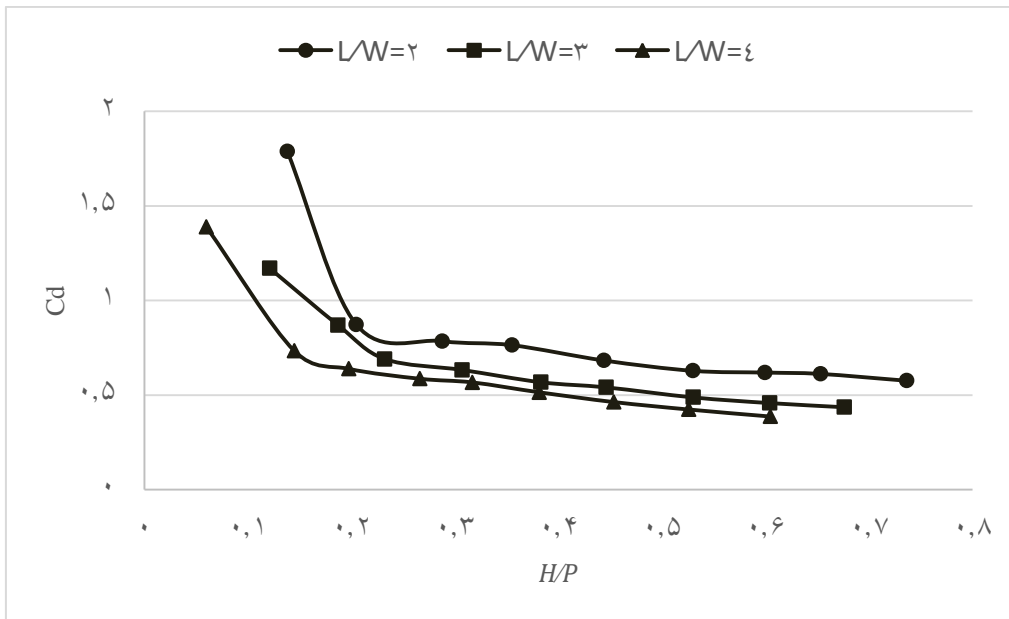
شکل ۶- منحنی تغییرات Q نسبت به H/P در سرریز کنگره‌ای ساده در نسبت‌های بزرگ‌نمایی ۲، ۳، ۴، $L/W =$

دبی از نسبت بزرگ‌نمایی ۲ تا ۴، به $\% 36/4$ کاهش یافته است. به مانند سرریز کنگره‌ای ساده در نسبت بزرگ‌نمایی ۴ با وجود ضریب دبی کوچک‌تر، جریان بیشتری عبور خواهد کرد. در این نوع سرریز نیز مانند سرریز کنگره‌ای ساده، افزایش بزرگ‌نمایی از ۲ به ۴ در هد آب بالاتر، سبب کاهش بیشتر ضریب دبی نسبت به هد آب کمتر شده است. همچنین مقایسه سرریز کنگره‌ای دندانه‌دار با سرریز کنگره‌ای ساده در شکل‌های (۶) و (۷) نشان می‌دهد که درصد کاهش ضریب

در شکل (۷) ضریب دبی سرریز کنگره‌ای دندانه‌دار در نسبت‌های مختلف بزرگ‌نمایی را نشان می‌دهد. در $H/P = 0/2$ ، ضریب دبی سرریز کنگره‌ای در نسبت‌های بزرگ‌نمایی ۲، ۳ و ۴ به ترتیب برابر $0/188$ ، $0/17$ و $0/64$ می‌باشد. بنابراین در $H/P = 0/2$ ، ضریب دبی از نسبت بزرگ‌نمایی ۲ تا ۴، $\% 27/3$ کاهش یافته است. در $H/P = 0/5$ ، ضریب دبی سرریز کنگره‌ای در نسبت‌های بزرگ‌نمایی ۲، ۳ و ۴ به ترتیب برابر $0/66$ ، $0/5$ و $0/42$ می‌باشد. بنابراین ضریب

نشاندهنده کاهش شدید کارایی دندان‌های روی سرریز برای عبور دبی بوده و ایجاد تداخل شدید جریان در این نوع سرریز می‌باشد.

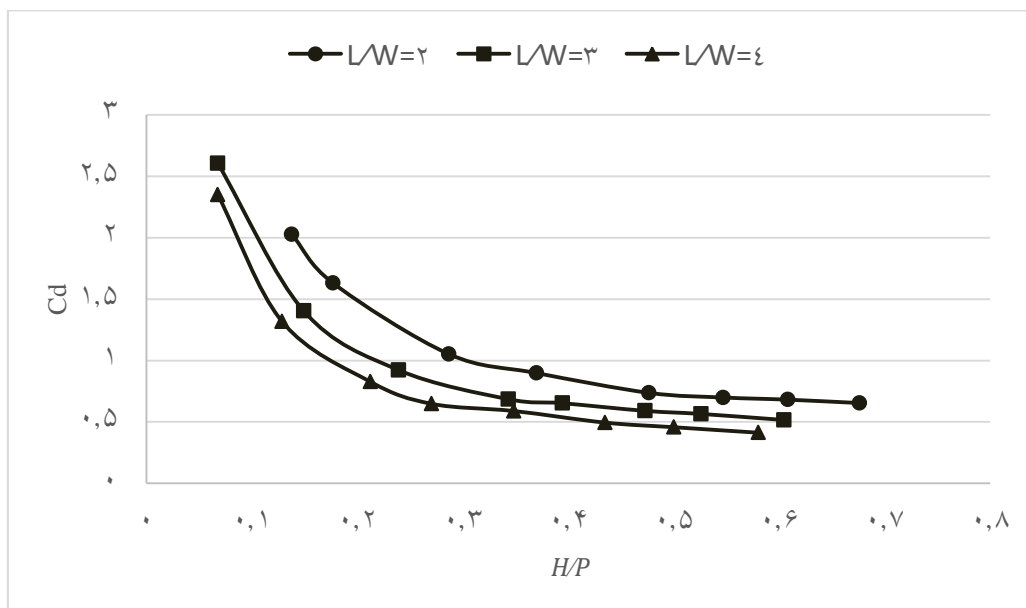
دبی با افزایش نسبت بزرگنمایی در سرریز کنگره‌ای دندان‌دار بیشتر از سرریز کنگره‌ای ساده می‌باشد. افت ناگهانی منحنی‌ها در شکل (۷)



شکل ۷- منحنی تغییرات C_d نسبت به H/P در سرریز کنگره‌ای دندان‌دار در نسبت‌های بزرگنمایی ۲، ۳، ۴ $L/W =$

نسبت بزرگنمایی ۲ تا ۴، $۳۵/۲\%$ کاهش یافته است. با مقایسه سرریز کنگره‌ای دندان‌دار-روزنه‌دار با سرریزهای دندان‌دار و ساده می‌توان نتیجه گرفت که در سرریز دندان‌دار-روزنه‌دار، افزایش نسبت بزرگنمایی تاثیر بیشتری روی کاهش ضریب دبی نسبت به سرریزهای دیگر استفاده شده در این تحقیق داشته است.

در شکل (۸) که مربوط به سرریز کنگره‌ای دندان‌دار-روزنه‌دار است، در $H/P = ۰/۲$ ضریب دبی در نسبت‌های بزرگنمایی ۲، ۳ و ۴ به ترتیب برابر $۱/۴۸$ ، $۱/۰۵$ و $۰/۸۸$ می‌باشد. یعنی ضریب دبی از نسبت بزرگنمایی ۲ تا ۴، $۴۰/۵\%$ کاهش یافته است. همچنین در $۰/۵$ $H/P =$ ضریب دبی سرریز کنگره‌ای در نسبت‌های بزرگنمایی ۲، ۳ و ۴ به ترتیب برابر $۰/۱۷$ ، $۰/۵۹$ و $۰/۴۶$ است. یعنی ضریب دبی از

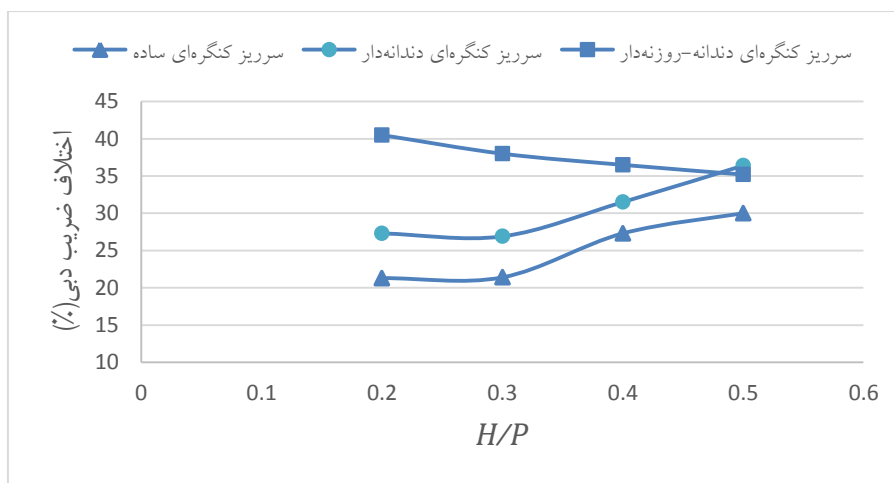


شکل ۸- تغییرات C_d نسبت به H/P در سرریز کنگره‌ای دندان‌دار-روزنه‌دار در نسبت‌های بزرگنمایی ۲، ۳، ۴ $L/W =$

پایین دست سرریز در حال افزایش است.

در سرریز کنگره‌ای دندان-روزنه‌دار روند کاهش ضریب دبی با افزایش بزرگنمایی متفاوت با دو نوع سرریز دیگر می‌باشد. در $H/P = 0.2$ ، شدت تداخل جریان سرریز و روزنه در نسبت بزرگنمایی ۴ از نسبت بزرگنمایی ۲ بسیار بیشتر است. بنابراین اختلاف ضریب دبی نسبت بزرگنمایی ۴ با ۲، زیاد می‌باشد. با افزایش H/P ، تداخل جریان در نسبت بزرگنمایی ۲ نیز به میزان زیادی افزایش یافته و اختلاف ضریب دبی نسبت بزرگنمایی ۲ با ۴ کمتر می‌شود. بهرحال عملکرد سرریز کنگره‌ای دندان-روزنه‌دار در نسبت بزرگنمایی بالا به علت تداخل شدید جریان مناسب بنظر نمی‌رسد.

در سرریز کنگره‌ای دندان-روزنه‌دار، افزایش نسبت بزرگنمایی در هد زیاد سبب کاهش کمتری در ضریب دبی نسبت به هد کم می‌شود که این تغییرات با سرریز کنگره‌ای ساده و سرریز کنگره‌ای دندان‌دار متفاوت است. شکل (۹) این موضوع را به خوبی نشان می‌دهد. بر طبق شکل (۹)، افزایش هد آب در سرریز کنگره‌ای ساده سبب شده است که اختلاف ضریب دبی نسبت بزرگنمایی ۲ با ۴، بیشتر شود. دلیل این امر کاهش زیاد ضریب دبی در نسبت بزرگنمایی ۴ با افزایش هد آب می‌باشد. سرریز کنگره‌ای دندان‌دار روندی مانند سرریز کنگره‌ای ساده دارد. کاهش ضریب دبی با افزایش بزرگنمایی در این دو نوع سرریز نشاندهنده آن است که تداخل جریان در



شکل ۹- منحنی اختلاف ضریب دبی نسبت بزرگنمایی ۲ با ۴ نسبت به H/P

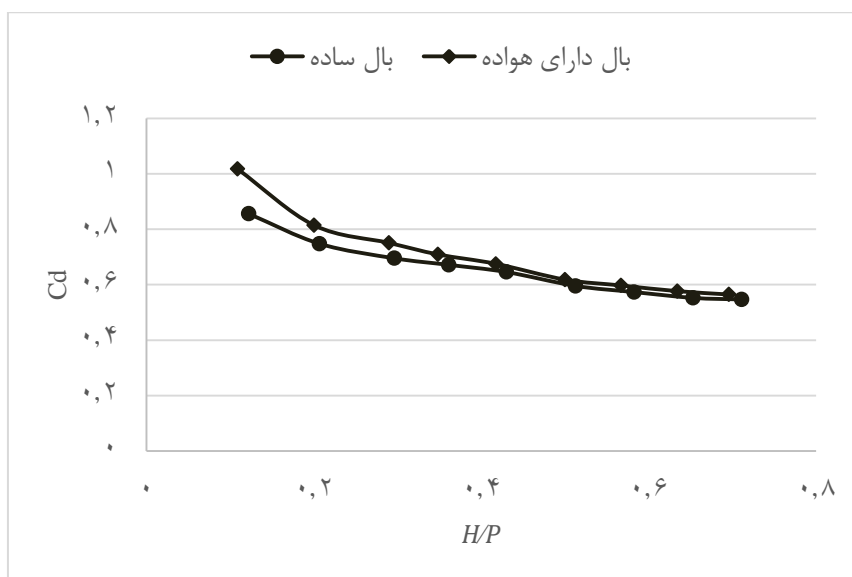
هواده در افزایش ضریب دبی در نسبت بزرگنمایی ۳، بیشتر از نسبت بزرگنمایی ۲ می‌باشد.

با توجه به شکل (۱۲) در نسبت $L/W = 3$ برای H/P برابر 0.2 ، ضریب دبی سرریز کنگره‌ای بدون هواده حدود 0.57 بوده و این در حالی است که در همان نسبت هد آب، ضریب دبی سرریز کنگره‌ای با هواده، تقریباً برابر 0.61 است. یا به طور مثال در نسبت H/P برابر 0.6 ، ضریب دبی سرریز کنگره‌ای بدون هواده برابر 0.35 بوده و این در حالی می‌باشد که در همان نسبت هد آب، ضریب دبی سرریز کنگره‌ای با هواده، تقریباً برابر 0.36 است. می‌توان نتیجه گرفت که در نسبت H/P برابر 0.2 ، ضریب دبی سرریز کنگره‌ای همراه با هواده، 7% و در نسبت H/P برابر 0.6 ، $2/8\%$ بیشتر از ضریب دبی سرریز کنگره‌ای بدون هواده می‌باشد. با توجه به شکل (۱۲)، هرچه دبی زیادتر می‌شود، هواده کارایی خود را از دست داده و به همین دلیل در دبی‌های بالا، ضریب دبی دو سرریز به یکدیگر نزدیک شده‌اند.

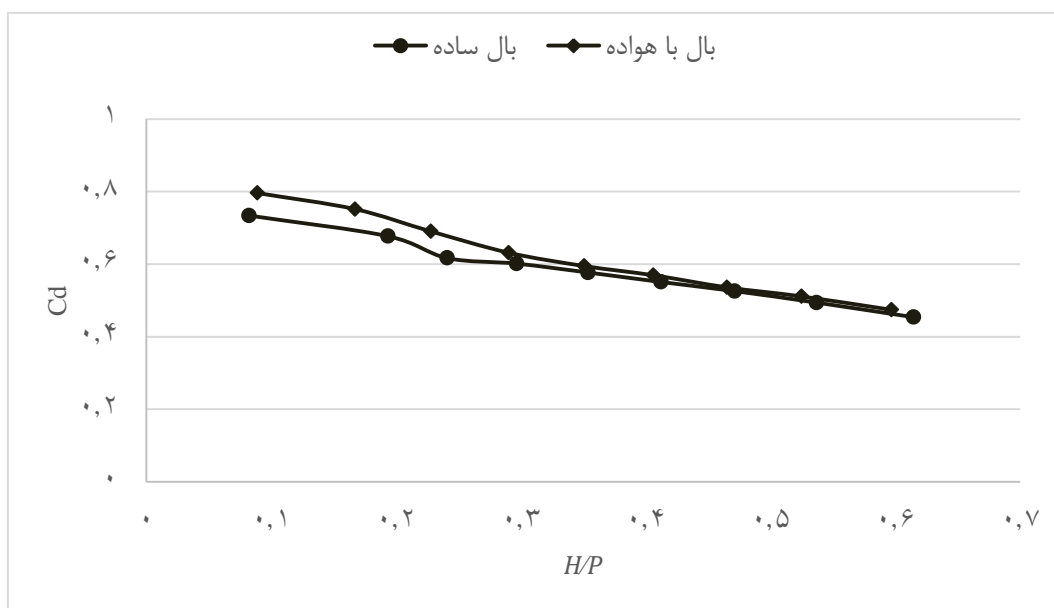
تاثیر ایجاد هواده روی بال سرریزهای کنگره‌ای

با توجه به شکل (۱۰)، ایجاد هواده در طول بال سرریز کنگره‌ای ساده با نسبت $L/W = 2$ موجب افزایش ضریب دبی می‌شود. همچنین با افزایش میزان دبی، از تاثیر هواده کاسته شده است. بعنوان مثال در نسبت H/P برابر 0.2 ، اختلاف ضریب دبی دو سرریز کنگره‌ای برابر 0.08 است ولی در نسبت H/P برابر 0.6 ، این اختلاف 0.03 می‌باشد. یعنی در حالت اول ضریب دبی سرریز با هواده 13% و در حالت دوم $6/6\%$ نسبت به سرریز بدون هواده افزایش یافته است. بنابراین با افزایش هد آب، تاثیر هواده بسیار ناچیز خواهد بود.

با توجه به شکل (۱۱) در سرریز کنگره‌ای با نسبت $L/W = 3$ ، مانند حالت قبل، ایجاد هواده در طول بال سرریز کنگره‌ای مثلی موجب افزایش ضریب دبی می‌شود اما با افزایش میزان دبی، از تاثیر هواده کاسته خواهد شد. با توجه به این که در نسبت بزرگنمایی ۲، افزایش ضریب دبی در نسبت‌های H/P برابر 0.2 و H/P برابر 0.6 به ترتیب برابر $7/4\%$ و 5% بوده است، می‌توان نتیجه گرفت که تاثیر



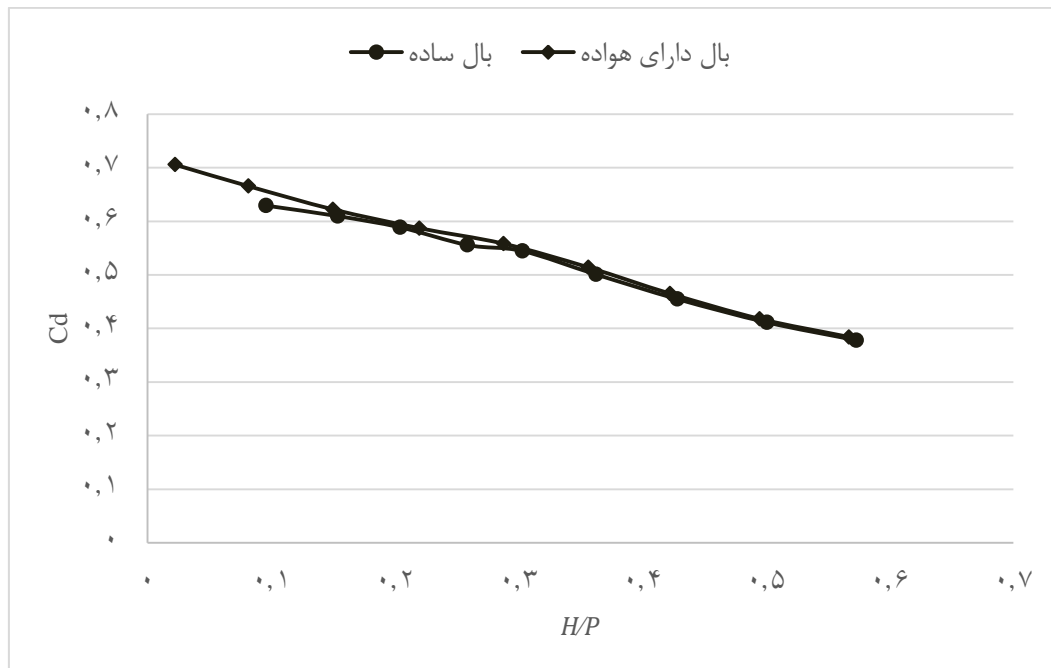
شکل ۱۰- تغییرات C_d بر حسب تغییرات H/P در سرریز کنگره‌ای مثلی با بال ساده بدون هواده و با هواده ر $L/W = 2$



شکل ۱۱- تغییرات C_d بر حسب H/P در سرریز کنگره‌ای با بال ساده بدون هواده و با هواده در $L/W = 3$

نسبت‌های H/P برابر $0/2$ و H/P برابر $0/6$ به ترتیب برابر $14/7\%$ و $4/4\%$ است، می‌توان نتیجه گرفت که تاثیر هواده در افزایش ضریب دبی در نسبت بزرگ‌نمایی ۴، کمتر از نسبت بزرگ‌نمایی ۲ و ۳ می‌باشد. بنابراین کارایی هواده با افزایش نسبت بزرگ‌نمایی کمتر شده است.

همچنین می‌توان به مانند نسبت‌های بزرگ‌نمایی قبلی مشاهده نمود که ایجاد هواده موجب افزایش ضریب دبی شده است. با توجه به این که در نسبت بزرگ‌نمایی ۲، افزایش ضریب دبی در نسبت‌های H/P برابر $0/2$ و H/P برابر $0/6$ به ترتیب برابر 13% و $6/6\%$ بوده و این که در نسبت بزرگ‌نمایی ۳، افزایش ضریب دبی در



شکل ۱۲- تغییرات C_d بر حسب H/P در سرریز کنگره‌ای مثلثی با بال ساده بدون هواده و با هواده $L/W = 4$

مذکور به یکدیگر نزدیک می‌شوند. البته روند کاهشی ضریب دبی در نسبت‌های بزرگ‌نمایی مختلف، در سرریز دنداندار کمتر از سرریز ساده با هواده و در سرریز ساده با هواده کمتر از سرریز بدون هواده است. این در حالی می‌باشد که روند کاهشی ضریب دبی در سرریز همراه با دندان و روزنه بیشتر از سرریز دنداندار بوده است.

منابع

اسمعیلی ورکی، م.، رضوی‌زاده، م. ۱۳۹۲. بررسی مشخصات هیدرولیکی جریان بر روی سرریزهای کنگره‌ای با پلان نیم‌دایره‌ای. نشریه آب و خاک علوم و صنایع کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد. (۱)۲۷: ۲۲۴-۲۳۴.

داوودمقامی، د.، بانزاد، ح.، صانعی، م. و محسنی موحد، س.ا. ۱۳۹۶. بررسی تاثیر رقوم بستر بالادست و پاییندست روی ضریب آبگذری سرریز نوک اردکی لبه تیز. نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز. ۹(۴): ۴۱۳-۴۲۵.

خلیلی، ب.، عباس پور، ا. و فرسادی زاده، د. ۱۳۹۸. بررسی آزمایشگاهی مشخصات جریان در مدل ترکیبی سرریز-دریچه کنگره ای تک سیکل، سومین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران، تبریز.

خلیلی، ب.، عباسپور، ا.، فرسادیزاده، د. و پارسا، ج. ۱۴۰۰. بررسی آزمایشگاهی جریان در سازه ترکیبی سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای

نتیجه گیری

در این پژوهش به بررسی تاثیر ایجاد دندان و روزنه بر روی سرریز کنگره‌ای و مقایسه آن با سرریز کنگره‌ای ساده پرداخته شده است. همچنین اثر هواده بر روی سرریز کنگره‌ای ساده نیز مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که افزایش نسبت بزرگ‌نمایی در پایین دست باعث تداخل بیشتر جریان و در بالادست باعث انحنای عرضی بیشتر جریان می‌شود که هر دوی این عوامل باعث کاهش ضریب دبی می‌شوند این نتایج با پژوهش‌های اسمعیلی ورکی و رضوی زاده (۱۳۹۲) و داود مقامی و همکاران (۱۳۹۶) همخوانی دارد. کاهش ضریب دبی با افزایش نسبت H/P ، به دلیل افزایش ارتفاع آب بالادست است که باعث افزایش تداخل جت‌های آب سیکل کنار یکدیگر و در نتیجه افزایش استغراق در پایین دست سرریز می‌شود. همچنین، ایجاد هواده روی بال سرریز کنگره‌ای مثلثی باعث کاهش ارتفاع عبوری از سرریز و افزایش ضریب دبی می‌گردد. در دبی‌های کمتر از ۵۰ لیتر در ثانیه اختلاف سرریزهای دارای هواده با سرریزهای بدون هواده بیشتر است و هرچه دبی بیشتر و یا به عبارتی جریان آب بیشتری از روی سرریز عبور کند، این اختلاف کاهش می‌یابد. همچنین درصد تغییرات ضریب دبی با افزایش نسبت بزرگ‌نمایی کاهش می‌یابد. مقایسه سه نوع سرریز مورد بررسی نشان داد که، سرریز کنگره‌ای مثلثی با دندان و روزنه، نسبت به سرریز کنگره‌ای دنداندار و سرریز دنداندار نسبت به سرریز کنگره‌ای ساده ضریب دبی بیشتری دارد. البته هرچه دبی بیشتر شود، منحنی سرریزهای

- Ahmadi, Z., Mohseni Movahed, S. and Mozaffari, J. 2019. The effects of dentate crest and a row of consecutive orifices along and below the crest edge on labyrinth weir efficiency. Canadian of journal of civil engineering. 46: 552-555.
- Gupta, K., Kumar, S. and Ahmad, Z. 2014. Flow characteristics of sharp-crested W-planform weirs. International Journal of Advanced Technology and Engineering Research. 176-180.
- Dabing, M. and Tullis, B. 2018. Labyrinth weirs with angled approach flow. Journal of hydraulic engineering. 144(12).
- Noori, B.M. and Aaref, N.T. 2017. Hydraulic Performance of Circular Crested Triangular Plan Form Weirs. Arabian Journal for Science and Engineering. 42:4023-4032.
- Samani, J.M.V. and Mazaheri, M. 2009. Combined Flow over Weir and under Gate. Journal of Hydraulic Engineering. 135(3): 224-22.
- Sangsefidi, Y., Mehraein, M. and Ghodsian, M. 2018. Experimental study on flow over in-reservoir arced labyrinth weirs. Flow Measurement and Instrumentation. 59:215-224.
- Tullis, B.P., Amanian, N. and Waldron, D. 1995. Design of labyrinth weir spillways. American Society of Civil Engineering. Journal of Hydraulic Engineering. 121(3): 247-255.
- تک سیکل-دریچه. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۵(۱): ۶۲-۷۴.
- رضایی، م. عمادی، ع. و آقاجانی مازندرانی، ق. ۱۳۹۴. مطالعه آزمایشگاهی سرریز کنگره‌ای مستطیلی، مجله آب و خاک. ۹(۶): ۱۴۴۶-۱۴۳۸.
- ضمیری، ا.، کرمی، ح.، فرزین، س. ۱۳۹۵. مطالعه عددی سرریز کنگره‌ای با استفاده از مدل آشفتگی RNG. پانزدهمین کنفرانس بین‌المللی هیدرولیک ایران. دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین.
- عمادی، ع. و کاکویی، س. ۱۳۹۹. بررسی آزمایشگاهی تاثیر موقعیت دریچه بر ضریب دبی سرریز - دریچه کنگره‌ای مستطیلی. مجله پژوهش آب ایران. ۳۸: ۱۱-۲۰.
- ماجدی اصل، م. و فولادی پناه، م. ۱۳۹۷. کاربرد سیستمهای تکاملی در تعیین ضریب دبی سرریزهای کنگره‌ای مثلثی. نشریه علوم آب و خاک. ۲۲(۴): ۲۷۹-۲۹۰.
- میرناصری، م.، عمادی، ع.، فضل اولی، ر. و آقاجانی، ق. ۱۳۹۲. بررسی آزمایشگاهی ابعاد دریچه بر ضریب آبگذری مدل ترکیبی سرریز کنگره‌ای مستطیلی دریچه دار. دوازدهمین همایش سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان.

Experimental Study of the Effect of Dentate, Orifice and Aerator on a Triangular Labyrinth Weir

M. Kheilapour¹, J. Mozaffari^{*2}, S.A. Mohseni Movahed³

Received: Apr. 19, 2021

Accepted: May. 22, 2021

Abstract

Dam Weirs are used to regulate the water level. About 33 percent of dam failures have occurred due to insufficient capacity of weirs. One way to prevent is to use weir with nonlinear crest, such as labyrinth weir. In this study, the effect of dentate and orifice as well as a combination of both in the weir and in three magnification ratios of 2, 3 and 4 were investigated. The experiments were performed in a rectangular laboratory channel 15 meters long, 0.8 meters wide and 1 meter high with a flow rate of 10 to 90 liters per second. Nine physical models of weirs were used in this study, which were 3 mm thick, 15 cm high and 40, 60 and 80 cm long. Also, quarter cylinders with a radius of 1.5 cm were installed as aerators on the simple weir models. The results showed that aerators increase the discharge coefficient up to 13% compared to simple labyrinth weir. But with the increase in flow as well as the magnification of the labyrinth weir, this effect will be very small. Studies showed for $L/W=2$ and $H/P=0.2$, the discharge coefficient of orifice-dentate weir and dentate weir are 75.6 and 17.5 percent, respectively, more than the simple labyrinth weir. However, dent and orifice may lose their efficiency in high heads and the discharge coefficient will be close to simple labyrinth weir. The reason for these changes is the flow interference in downstream of weir which will be more by creating dentate and orifices. Also, increasing the magnification of labyrinth weir reduces the discharge coefficient, but this reduction in orifice-dentate labyrinth weir is much greater than the other two types of weirs and reaches up to 40%. Therefore, the orifice-dentate labyrinth weir performance at high magnification ratios does not seem appropriate.

Key words: Combined labyrinth weir, Discharge coefficient, Magnification ratio, Flow interference

1- MSc Student, Water Science & Engineering Department, Arak University, Arak, Iran

2- Corresponding Author, Associate Professor, Water Science & Engineering Department, Arak University, Arak, Iran

3- Associate Professor, Water Science & Engineering Department, Arak University, Arak, Iran

(* Corresponding Author Email: Javad_370@yahoo.com)