

بررسی آزمایشگاهی موقعیت سازه سرریز- دریچه استوانه‌ای در راستای عمود بر جریان بر روی ضریب دبی جریان

ارمغان سوری^{۱*}، محسن مسعودیان^۲، کلوس راجر^۳ و اسماعیل کردی^۴

چکیده

یکی از انواع مدل‌های سازه ترکیبی، سرریز- دریچه استوانه‌ای است که دارای ویژگی‌هایی از جمله هزینه کم، طراحی آسان، راحتی ساخت و ضریب دبی بالا است. در این مطالعه به بررسی آزمایشگاهی موقعیت قرارگیری سازه استوانه‌ای در راستای عمود بر جریان بر روی ضریب دبی عبوری از سازه پرداخته شده است. آزمایش‌ها در فلومی به طول ۷/۵ متر و عرض ۴۰ سانتی‌متر و با استفاده از مدل‌های استوانه‌ای از جنس لوله پلاستیکی با قطرهای ۵۰، ۷۵، ۱۱۰ و ۱۲۵ میلی‌متر انجام شده است. طراحی آزمایش‌ها با میزان بازشدگی‌های مختلف از صفر تا ۶۰ میلی‌متر (رسیدن به دریچه استوانه‌ای با توجه به قطر و دبی موجود) انجام شده است. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین ضریب دبی به ترتیب در سازه‌های سرریز استوانه‌ای و دریچه استوانه‌ای مشاهده شده است. همچنین با تبدیل سازه از سرریز- دریچه استوانه‌ای به دریچه استوانه‌ای کاهش سریعی در مقادیر پارامترهای بدون بعد نسبت عمق آب بالادست به قطر سازه (y_{up}/D) و نسبت تفاضل عمق آب بالادست و پایین دست به قطر سازه $(y_{up} - y_d)/D$ حاصل شده است، که این روند ناشی از کاهش میزان پس‌زدگی آب و کاهش چشمگیر y_{up} است. همچنین افزایش قطر سازه موجب کاهش ضریب دبی شده که در این رابطه برازش‌های تجربی برای به کمیت درآوردن رفتار ضریب دبی ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: جریان عبوری هم‌زمان، دریچه استوانه‌ای، سرریز- دریچه استوانه‌ای، سرریز استوانه‌ای، ضریب دبی.

ارجاع: سوری ا. مسعودیان م. راجر ک. و کردی ا. ۱۳۹۴. بررسی آزمایشگاهی موقعیت سازه سرریز- دریچه استوانه‌ای در راستای عمود بر جریان بر روی ضریب دبی جریان. مجله پژوهش آب ایران. ۱۷: ۳۳-۴۱.

۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۳- استاد گروه عمران و محیط‌زیست دانشگاه اوستالیا، آلمان.

۴- عضو پیوسته ASCE و استادیار مؤسسه آموزش عالی میرداماد گرگان.

* نویسنده مسئول: armaghan.severi@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۳/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۸/۱۵

مقدمه

همیشه آب جاری در مسیر کانال‌ها دارای ذرات معلق رسوب و مواد شناور بوده که فرصت ته‌نشینی در پشت سرریز و تجمع در ورودی دریاچه را پیدا کرده و این امر علاوه بر کاهش حجم کانال در محدوده سازه سبب بروز مشکلاتی از جمله آبیگری زمین‌های اطراف به دلیل سرریز شدن آب از کناره‌های کانال، به خطر افتادن پایداری سازه و کاهش دقت اندازه‌گیری جریان می‌شود. مدل ترکیبی سرریز- دریاچه می‌تواند برخی از عیب‌های کاربرد جداگانه سرریز و دریاچه را برطرف کند، به طوری که مواد شناور (چوب، یخ و ...) را از روی سازه و مواد قابل ته‌نشین شدن (رسوبات) را از زیر سازه عبور دهد. پس مدل سرریز- دریاچه در مقایسه با وسایل رایج نظیر سرریز، دریاچه و فلوم پارشال امکان نزدیک کردن شرایط واقعی را به فرضیات اصلی تئوری استخراج معادله‌هایی فراهم کرده و تخمین دبی را با دقت بیشتر میسر می‌کند. مدل سرریز- دریاچه استوانه‌ای یکی از انواع سازه‌های ترکیبی است که با توجه به شکل آن، مزایایی چون راحتی طراحی، عبور اجسام شناور و رسوبات، ضریب دبی بالا نسبت به سایر سازه‌های جایگزین شونده و اقتصادی بودن را دارا است.

ایسرالسن و هانسن (۱۹۶۲) نشان دادند هنگامی که ۷۵ درصد ارتفاع سرریز را رسوب پر کند، حدود ۸ درصد افزایش در مقدار دبی جریان ایجاد می‌شود. نجم (۱۹۹۷) به بررسی آزمایشگاهی پارامترهای هیدرولیکی و هندسی مؤثر بر جریان همزمان از سازه ترکیبی سرریز لبه‌تیز مستطیلی روی دریاچه لبه‌تیز مستطیلی فشرده پرداخت و برای برآورد دبی عبوری از سازه ترکیبی معادله ۱ را در محدوده $0.15 \leq P/a \leq 3.05$ و $5 < b/a < 30.15$ با $R^2 = 0.991$ و تابع خطای استاندارد تخمین $SEE = 1.365$ استخراج کرد.

$$Q_s = 3.148 + 1.081(P/a)^{0.155} (H_w/a)^{1.522} (H_w/b)^{-1} + 0.012(P/a)^{2.155} (H_w/a)^{3.1505} (H_w/b)^{-2} \quad (1)$$

که در آن P ارتفاع سازه، b عرض سرریز یا دریاچه، H_w ارتفاع آب روی سرریز در بالادست و a ارتفاع

بازشدگی دریاچه است. همچنین نتایج مطالعات وی نشان داد که در بیشتر موردها دبی برآورد شده با معادله حاصل با انحراف کمتر از ۴ درصد، هماهنگی خوبی با داده‌های آزمایشگاهی دارد. به‌علاوه نتیجه گرفت که با استفاده از سازه ترکیبی می‌توان عیب‌های استفاده از سرریز و دریاچه تنها را برطرف کرد. چانسون و مونتس (۱۹۹۸) با بررسی نحوه رفتار جریان در سرریزهای استوانه‌ای نتیجه گرفتند که تحذب دیواره سرریز سبب ایجاد فشار مکش در سطح سرریز شده و تیغه‌ای ریزشی ایجاد می‌کند که سبب چسبیدگی سطح آب به بدنه سرریز می‌شود. مکش در دیواره و چسبیدگی تیغه ایجاد شده سبب می‌شود تا خطوط جریان با انحنای بیشتر و جریان با سرعت بالاتری شکل گرفته و در نتیجه ضریب دبی نسبت به سرریزهای لبه‌تیز و لبه‌پهن مستطیلی افزایش یابد. فرو (۲۰۰۰) با استفاده از آنالیز ابعادی براساس تئوری π باکینگهام و مدل ISS^۲ معادله دبی- اشل را برای جریان همزمان از رو و زیر دریاچه مستطیلی لبه‌پهن به دست آورد. وی در معادله استخراج شده نشان داد که y_e/a (عمق بحرانی متناظر با مقدار مشخصی دبی) با H_w/a رابطه مستقیم دارد. نجم و همکاران (۲۰۰۲) به بررسی آزمایشگاهی جریان همزمان از سازه ترکیبی سرریز- دریاچه لبه‌تیز مستطیلی با فشرده‌گی برابر در شرایط جریان آزاد پرداختند. نتایج مطالعات آنان نشان از آن بود که پارامترهای y_{up}/a و P/a دارای بیشترین اثر بر ضریب شدت جریان هستند و به علاوه رابطه ۲ را برای برآورد دبی در محدوده $0.165 \leq b/a \leq 5$ و $0.147 \leq y_{up}/a \leq 7.15$ و $0.161 \leq S_0 \leq 0.1$ ارائه کردند.

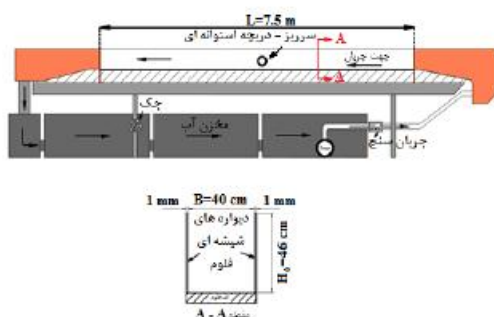
$$\left(\frac{q_s}{\sqrt{2ga^{1.5}}} \right) = -0.3863 + 0.8764(y_{up}/a) \quad (2)$$

که در آن q_s دبی کل عبوری از سازه در عرض واحد و y_{up} عمق جریان در بالادست است. همچنین نتیجه گرفتند اثر لزجت و کشش سطحی در جریان عبوری از سازه ترکیبی با میزان بازشدگی خیلی کم، $P/a < 0.15$ ، $b/a < 1$ بسیار مؤثر هستند. هایوی و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی جریان همزمان از سازه ترکیبی سرریز

می‌کند، در نتیجه ضریب دبی سازه ترکیبی نیز تغییر خواهد کرد. از جمله کاربردهای سازه استوانه‌ای با قابلیت جابه‌جایی در راستای عمود بر برای جریان می‌توان به کنترل و اندازه‌گیری هرچه دقیق‌تر جریان عبوری در شرایط مختلف کم آبی و پر آبی بر حسب مورد استفاده اشاره کرد؛ لذا در این مطالعه به بررسی آزمایشگاهی موقعیت سازه در راستای عمود بر برای جریان بر روی ضریب دبی عبوری از سازه استوانه‌ای در حالتی که در ارتفاع کانال حرکت کرده و هیدرولیک جریان از سرریز استوانه‌ای به سرریز- دریاچه استوانه‌ای و در نهایت به دریاچه استوانه‌ای تبدیل می‌شود، پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در کانالی با مقطع عرضی مستطیلی و شیب‌پذیر به طول ۷/۵ متر، عرض ۴۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۴۶ سانتی‌متر، دیواره‌هایی از جنس شیشه شفاف برای مشاهده جریان از هر دو سمت با ضخامت ۱ سانتی‌متر، بر بستر صاف و صلب و شیب کف ۰/۰۰۰۱ در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه اوستفالیان انجام شد. آب در سیکل بسته، شامل اجزای نشان داده شده در شکل ۱ جاری شد.



شکل ۱ فلوم آزمایشگاهی مورد استفاده و نمونه سرریز دریاچه استوانه‌ای

در آزمایش‌ها از لوله‌های پلاستیکی برای ساخت مدل‌های فیزیکی سازه‌های استوانه‌ای استفاده شد. آزمایش‌ها برای چهار قطر ۵۰، ۷۵، ۱۱۰ و ۱۲۵ میلی‌متر و ارتفاع بازشدگی دریاچه متغیر از حالت سرریز استوانه‌ای ($a = 0\text{mm}$) و افزایش تدریجی میزان بازشدگی با گام‌های ۱۰ میلی‌متر تا رسیدن به دریاچه استوانه‌ای ($H_w = 0\text{mm}$)، (با توجه به قطر و دبی موجود) انجام شده است. نسبت قطر سازه به عرض کانال محدوده $0.1 < D/B < 0.4$ را پوشش داده است. آزمایش‌ها در

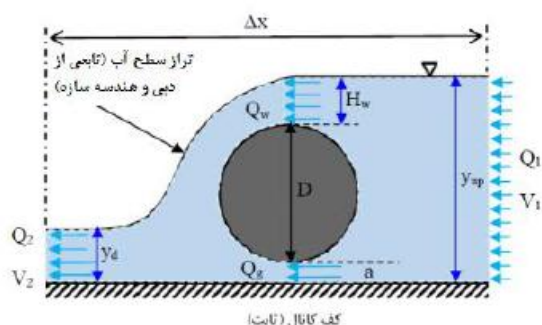
مثلی و دریاچه مستطیلی در شرایط جریان آزاد پرداختند و نتایج حاصل از مطالعات آن‌ها نشان داد که ضریب شدت جریان با افزایش پارامترهای b/H_w ، P/H_w و a/H_w کاهش می‌یابد. قره‌گزلو و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی آزمایشگاهی پارامترهای هندسی و هیدرولیکی مؤثر بر ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز- دریاچه استوانه‌ای در دبی‌های کم پرداختند. نتایج حاصل از مطالعات آنان نشان داد که دبی عبوری از مدل ترکیبی سرریز- دریاچه به عامل‌های هیدرولیکی و هندسی بستگی داشته و با افزایش هد آب بالادست ضریب دبی افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش مقدار پارامترهای v_{iip}/a و v_{iip}/D ضریب دبی افزایش می‌یابد. قره‌گزلو و همکاران (۱۳۹۱) به مقایسه آزمایشگاهی هیدرولیک سرریز- دریاچه استوانه‌ای و نیم‌استوانه‌ای پرداختند. نتایج آزمایش‌های آنان نشان داد که در هر سه حالت مدل ترکیبی سرریز- دریاچه استوانه‌ای، نیم‌استوانه‌ای با انحنا روبه بالادست و نیم‌استوانه‌ای با انحنا روبه پایین‌دست، با افزایش مقادیر بدون بعد v_{iip}/a و v_{iip}/D (قطر سازه استوانه‌ای) ضریب دبی افزایش می‌یابد و در یک v_{iip}/D ثابت، ضریب دبی سرریز- دریاچه استوانه‌ای به طور تقریبی برابر با ضریب دبی سرریز- دریاچه نیم‌استوانه‌ای با انحنا در بالادست و بیشتر از ضریب دبی نیم‌استوانه با انحنا در پایین‌دست است. نتایج مطالعات آزمایشگاهی قره‌گزلو (۱۳۹۱) در بررسی اثر سرریز بر دبی دریاچه، در مدل ترکیبی سرریز- دریاچه استوانه‌ای نشان از آن است که جریان عبوری از زیر سرریز- دریاچه استوانه‌ای تحت تأثیر میزان جریان عبوری از بخش سرریز است به طوری که با افزایش پارامترهای H_w/a و H_w/D روند ضریب دبی دریاچه در هنگام استفاده با سرریز، کاهش می‌یابد و در حالت استفاده بدون سرریز، افزایش می‌یابد و جریان عبوری از سرریز به دلیل ایجاد فشار مثبت و افزایش عمق آب در پایین‌دست سبب کاهش ۱ تا ۲۵ درصدی ضریب دبی دریاچه نسبت به حالت بدون سرریز می‌شود. همچنین در یک H_w/a ثابت، با افزایش قطر سیلندر اختلاف ضریب دبی دریاچه در دو حالت استفاده به تنهایی و با سرریز کاهش و در H_w/D با افزایش بازشدگی اختلاف ضریب دبی افزایش می‌یابد.

از آنجا که با جابه‌جا کردن موقعیت سازه در راستای عمودی، نسبت دبی عبوری از دریاچه و سرریز تغییر

روی سرریز عبور می‌کند، معادله‌های سرریز بر آن حکم‌فرما است (شکل ۳). بنابراین:

$$Q_s = Q_w + Q_g \quad (3)$$

Q_s دبی کل عبوری از سازه ترکیبی سرریز-دریچه Q_w (دبی عبوری از سرریز استوانه‌ای m^3/s) و Q_g (دبی عبوری از دریچه استوانه‌ای m^3/s) هستند (نجم و همکاران، ۲۰۰۲).



شکل ۳ سیستم کنترل ساده شده جریان عبوری از سازه ترکیبی استوانه‌ای

بوس (۱۹۷۶) معادله ۴ را برای برآورد دبی سرریزهای استوانه‌ای ارائه کرده است.

$$Q_w = C_{dw} B \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} g H_w^{1.5}} \quad (4)$$

که در آن Q_w دبی عبوری از سرریز استوانه‌ای (m^3/s) ، ارتفاع آب روی سرریز در بالادست H_w ، ضریب آگذری سرریز، C_{dw} (m) و B عرض کانال (m) و g شتاب ثقل (m/s^2) است.

معادله عمومی برآورد دبی دریچه به صورت معادله ۵ است (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۶).

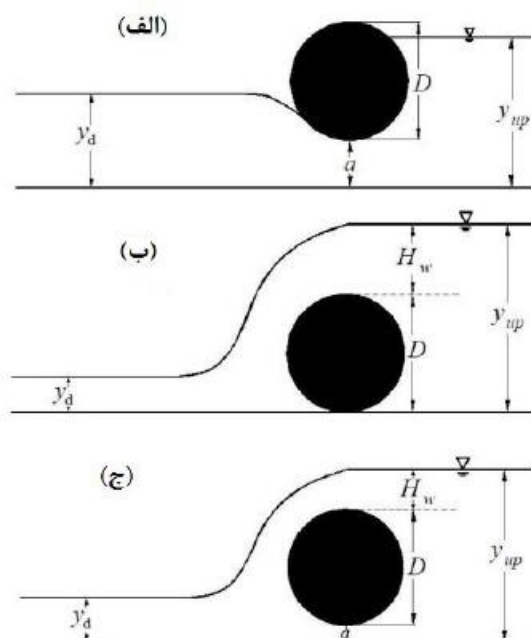
$$Q_g = C_{dg} a B \sqrt{2g y_{up}} \quad (5)$$

در این معادله Q_g دبی عبوری از زیر دریچه (m^3/s) ، C_{dg} ضریب آگذری دریچه، a ارتفاع بازشدگی دریچه (m) ، B عرض کانال (m) ، y_{up} عمق جریان در بالادست دریچه (m) ، g شتاب ثقل (m/s^2) است.

بنابراین ضریب دبی سازه ترکیبی (C_{ds}) از معادله ۶ به دست می‌آید (نجم و همکاران، ۲۰۰۲).

$$C_{ds} = \frac{Q_s}{a B \sqrt{2g y_{up}} + B \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} g H_w^{1.5}}} \quad (6)$$

شرایط جریان آزاد انجام شده و جریان ورودی محدوده فرود $0.1 < Fr_{up} < 0.6$ و رینولدز $30000 < Re_{up} < 62000$ را دربرگرفته است. به عبارت دیگر، جریان ورودی زیربحرانی و آشفته بوده است. محدوده دبی مورد مطالعه ۱۲ - ۲۲ لیتر بر ثانیه بوده و دبی ورودی به فلوم با استفاده از یک دبی‌سنج مغناطیسی کالیبره شده با دقت ± 0.1 لیتر بر ثانیه، اندازه‌گیری شد. جریان مورد مطالعه دائمی و متغیر سریع در محدوده سازه استوانه‌ای است. برای کاهش تلاطم جریان ورودی به کانال، از صفحه آرام‌کننده‌ای که در ابتدای فلوم نصب شده، بهره گرفته شده است و سازه در وسط‌های کانال نصب شده است. عمق آب در بالادست سازه، ارتفاع آب روی سرریز و عمق آب در پایین‌دست توسط لاینمتری با دقت ± 0.1 میلی‌متر برداشت شد. شکل ۲ مقطع کانال و سازه‌های استوانه‌ای مورد بررسی شامل دریچه استوانه‌ای، سرریز استوانه‌ای و سرریز-دریچه استوانه‌ای را نمایش می‌دهد.



شکل ۲ (الف) دریچه استوانه‌ای، (ب) سرریز استوانه‌ای، (ج) سرریز دریچه استوانه‌ای

تئوری جریان در سازه ترکیبی استوانه‌ای

دبی عبوری از سرریز-دریچه به دو قسمت تقسیم می‌شود؛ بخشی از آن از زیر دریچه عبور می‌کند که معادله‌های دریچه بر آن حاکم است و بخش دوم که از

$$C_{ds} = f_2 \left(\frac{Q_s}{g^{0.5} D^{2.5}}, \frac{y_{up}}{D}, \frac{y_d}{D}, \frac{H_w}{D}, \frac{a}{D}, \text{Re}, \text{We}, Fr_{up}, Fr_w, Fr_g \right) \quad (9)$$

در این مطالعه به بررسی اثر پارامترهای (y_{up}/D) و $(y_{up} - y_d)/D$ بر ضریب دبی عبوری از سازه‌های دریچه استوانه‌ای، سرریز استوانه‌ای و سرریز-دریچه استوانه‌ای پرداخته شده است.

نتایج و بحث

پارامترهای مؤثر بر ضریب دبی مدل ترکیبی سازه سرریز-دریچه استوانه‌ای شامل قطر سازه (D) ، ارتفاع بازشدگی دریچه (a) ، ارتفاع آب روی سرریز در بالادست (H_w) ، عمق آب بالادست سازه (y_{up}) و عمق آب پایین‌دست (y_d) بوده که (H_w) ، (y_{up}) و (y_d) برای هر مدل در دبی‌های مختلف اندازه‌گیری شده و با استفاده از معادله ۶ ضریب دبی سازه استوانه‌ای محاسبه شد. سپس پارامترهای بی‌بعد (y_{up}/D) و $(y_{up} - y_d)/D$ در برابر ضریب دبی سازه استوانه‌ای در میزان بازشدگی‌های مورد مطالعه، برای چهار قطر مورد بررسی قرار گرفتند.

شکل‌های ۴ تا ۶ رابطه بین ضریب دبی با نسبت عمق بالادست به قطر سازه را ضمن جابه‌جایی سازه در راستای عمود بر جریان در هر سازه از حالت سرریز استوانه‌ای به سرریز-دریچه استوانه‌ای و در نهایت رسیدن به دریچه استوانه‌ای برای بازشدگی‌ها و قطرهای مختلف در دبی ثابت نمایش می‌دهند. لازم به ذکر است که آزمایش‌ها در محدوده دبی ۱۲-۲۲ لیتر بر ثانیه انجام شده‌اند اما در این قسمت فقط شکل‌های مربوط به دبی‌های ۱۲، ۱۸ و ۲۲ لیتر بر ثانیه نمایش داده شده‌اند. شکل‌ها نشان می‌دهند، داده‌ها به سه ناحیه سرریز، سرریز-دریچه و دریچه استوانه‌ای تفکیک شده‌اند. دیده می‌شود که در هر چهار قطر سازه مورد بررسی با کاهش ارتفاع بازشدگی دریچه تغییرات ضریب دبی روندی افزایشی داشته، به گونه‌ای که بیشترین و کمترین ضریب دبی به ترتیب در سرریز استوانه‌ای در محدوده ۱/۲ تا ۱/۵ و دریچه استوانه‌ای در محدوده ۰/۴ تا ۰/۹۲ مشاهده شده است. به علاوه در دبی ثابت و ارتفاع بازشدگی دریچه ثابت با افزایش قطر سازه، ضریب دبی کاهش می‌یابد. این روند

که در آن Q_s دبی عبوری از سازه ترکیبی (m^3/s) است، که با کنتور حجمی اندازه‌گیری شده و مخرج کسر دبی در حالت ایده‌آل است، که با اندازه‌گیری پارامترهای آن مشخص می‌شود.

عامل‌های مؤثر بر جریان عبوری از سرریز و دریچه عبارتند از (شکل ۳):

$$f_0 \left(C_{ds}, Q_s, V_w, V_g, V_{up}, y_{up}, y_d, H_w, D, \delta, g, \sigma, \mu, \rho, S_0, B, a \right) = 0 \quad (7)$$

که در آن C_{ds} ضریب دبی عبوری از سازه ترکیبی، Q_s دبی کل عبوری از سازه (m^3/s) ، V_{up} سرعت جریان در بالادست سازه (m/s) ، V_w سرعت جریان روی سرریز (m/s) ، V_g سرعت جریان زیر دریچه (m/s) ، y_{up} عمق آب در بالادست سازه (m) ، y_d عمق آب در پایین‌دست سازه (m) ، H_w ارتفاع آب روی سرریز در بالادست (m) ، D قطر سازه (m) ، δ اندازه فشردگی (m) ، g شتاب ثقل (m/s^2) ، σ کشش سطحی (N/m) ، μ لزجت دینامیکی سیال $(N.s/m^2)$ ، ρ جرم مخصوص سیال (Kg/m^3) ، S_0 شیب کف در کانال اصلی، B عرض کانال اصلی (m) و a ارتفاع بازشدگی دریچه (m) است. با استفاده از آنالیز ابعادی گروه‌های بی‌بعد، مطابق معادله ۸ به دست آمده‌اند.

$$f_1 \left(\frac{Q_s}{g^{0.5} D^{2.5}}, \frac{y_{up}}{D}, \frac{y_d}{D}, \frac{H_w}{D}, \frac{\delta}{D}, \frac{a}{D}, \frac{B}{D}, \frac{\mu}{\rho g^{0.5} D^{1.5}}, \frac{\sigma}{\rho g D^2}, \frac{V_{up}}{g^{0.5} D^{0.5}}, \frac{V_w}{g^{0.5} D^{0.5}}, \frac{V_g}{g^{0.5} D^{0.5}}, S_0, C_{ds} \right) = 0 \quad (8)$$

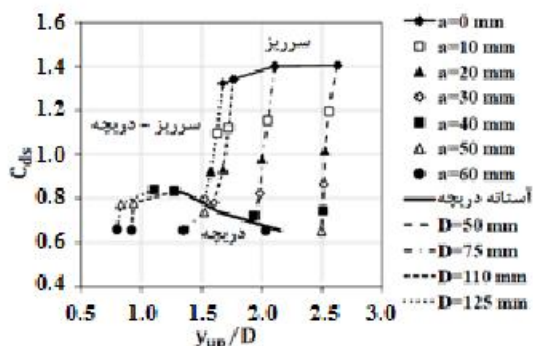
با توجه به اینکه $\frac{V_w}{g^{0.5} D^{0.5}} = Fr_w$ ، $\frac{V_{up}}{g^{0.5} D^{0.5}} = Fr_{up}$

$$\text{و} \quad \frac{\mu}{\rho g^{0.5} D^{1.5}} = \frac{1}{\text{Re}} \quad \frac{V_g}{g^{0.5} D^{0.5}} = Fr_g$$

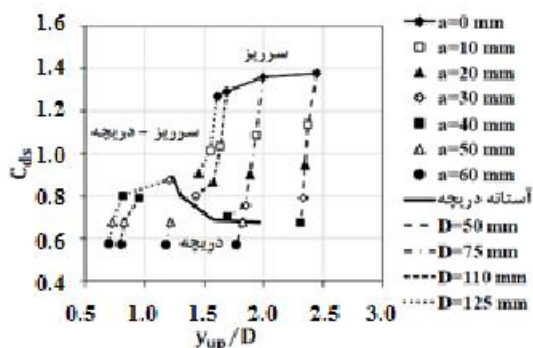
$$\text{و} \quad \frac{\sigma}{\rho g D^2} = \frac{1}{\text{We}}$$

دلیل‌های، عدم وجود فشردگی، ثابت بودن مقادیر S_0 و B رابطه فوق به صورت زیر خلاصه می‌شود.

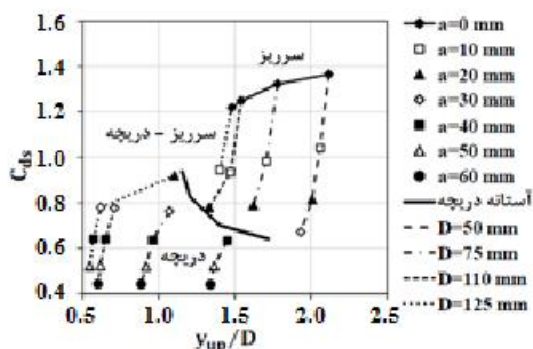
مورد نیاز بالادست و در نتیجه کاهش پس‌زدگی آب پشت سرریز- دریچه و کاهش چشمگیر عمق آب در بالادست سازه می‌شود.



شکل ۴ ضریب دبی در برابر (y_{up}/D) در دبی ثابت ۲۲ لیتر بر ثانیه



شکل ۵ ضریب دبی در برابر (y_{up}/D) در دبی ثابت ۱۸ لیتر بر ثانیه

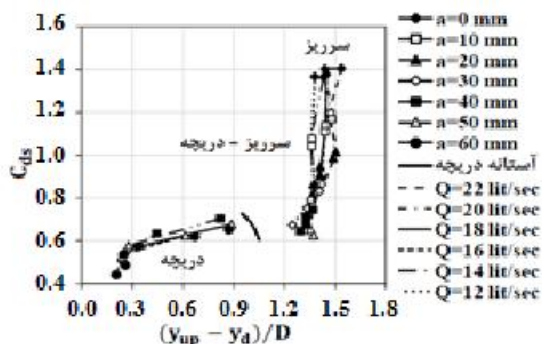


شکل ۶ ضریب دبی در برابر (y_{up}/D) در دبی ثابت ۱۲ لیتر بر ثانیه

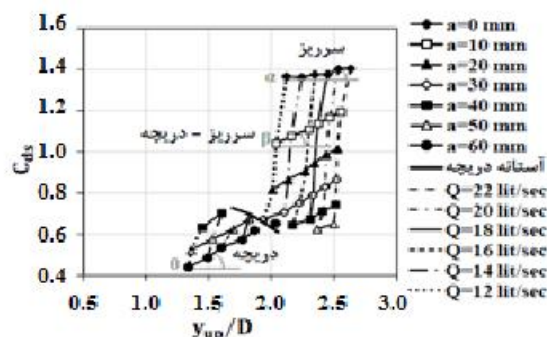
کاهش ضریب دبی را می‌توان این گونه استدلال کرد که با افزایش قطر سازه تیغه جریان از روی سرریز به زیر دریچه کشیده می‌شود، که این پدیده در خلاف جهت جریان عبوری از دریچه است. بنابراین روی جریان عبوری از دریچه فشار مثبت ایجاد می‌شود و سبب کاهش ضریب دبی می‌شود.

همچنین شکل‌های ۷ تا ۱۰ تغییرات ضریب دبی در برابر نسبت عمق بالادست به قطر سازه و شکل‌های ۱۱ تا ۱۴ تغییرات ضریب دبی در برابر نسبت اختلاف عمق آب بالادست و پایین‌دست، به قطر سازه را در هر سازه از حالت سرریز استوانه‌ای به سرریز- دریچه استوانه‌ای و در نهایت رسیدن به دریچه استوانه‌ای برای بازشدگی‌ها و دبی‌های مختلف در قطری ثابت نشان می‌دهند. دیده می‌شود که با کاهش ارتفاع بازشدگی دریچه پارامترهای بی‌بعد y_{up}/D و $(y_{up} - y_d)/D$ اندکی افزایش یافته، که این روند به دلیل افزایش میزان پس‌زدگی آب پشت سازه و افزایش عمق آب در بالادست سازه است. در ارتفاع بازشدگی دریچه ثابت در تمامی قطرهای مورد بررسی، با افزایش دبی مقدار پارامترهای بدون‌بعد $(y_{up} - y_d)/D$ و (y_{up}/D) افزایش یافته است. البته لازم به ذکر است که این روند افزایشی در سازه سرریز با شیب کمتری نسبت به سرریز- دریچه و سرریز- دریچه، با شیب کمتری نسبت به دریچه استوانه‌ای روی داده است (شکل ۷: $\alpha < \beta < \theta$) و این مسئله به این صورت قابل استدلال است که با افزایش عمق آب بالادست سازه ضریب دبی در حالت دریچه حاصل تقسیم دبی بر ضریبی در عمق آب به توان $0/5$ است؛ در حالیکه ضریب دبی در حالت سرریز، حاصل تقسیم دبی بر ضریبی در عمق آب به توان $1/5$ است. در نتیجه تغییرات ضریب دبی در حالت دریچه نسبت به سرریز بیشتر بوده و شیب هم بیشتر خواهد بود.

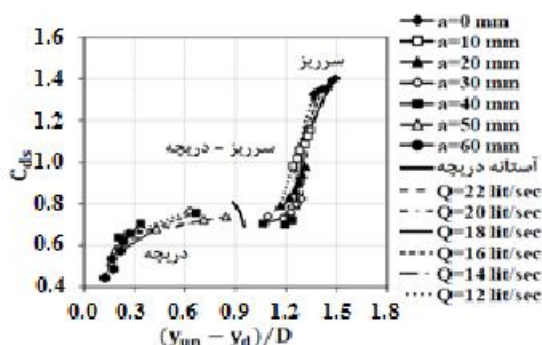
شکل‌های ۴ تا ۱۴ نشان می‌دهند در تمامی دبی‌ها و هر چهار قطر مورد بررسی با تبدیل سازه از سرریز- دریچه استوانه‌ای به دریچه استوانه‌ای منحنی‌های حاصل از ترسیم مقادیر C_d در مقابل y_{up}/D و $(y_{up} - y_d)/D$ به سمت چپ جابه‌جا می‌شوند. این روند ناشی از کاهش میزان ضریب دبی عبوری است، که بیانگر افزایش ظرفیت عبور جریان و کاهش انرژی



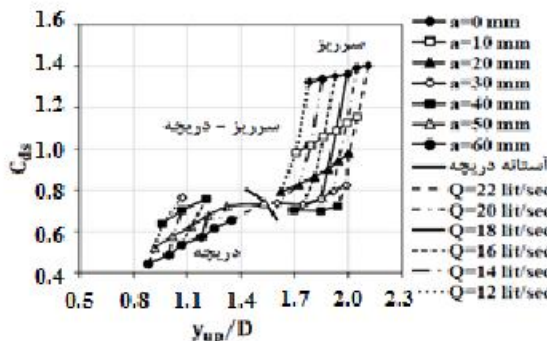
شکل ۱۱ تغییرات ضریب دبی در برابر $(y_{up} - y_d) / D$ در برابر ضریب دبی برای قطر ۵۰ میلی‌متر



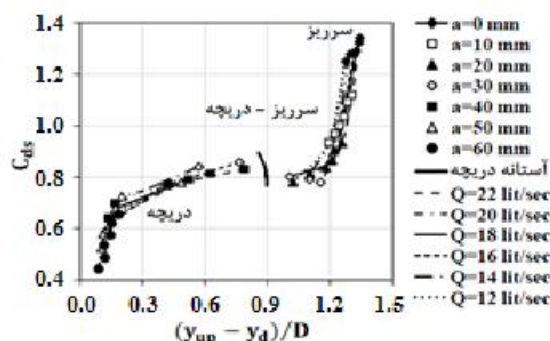
شکل ۷ تغییرات ضریب دبی در برابر y_{up} / D برای سرریز یا قطر ۵۰ میلی‌متر



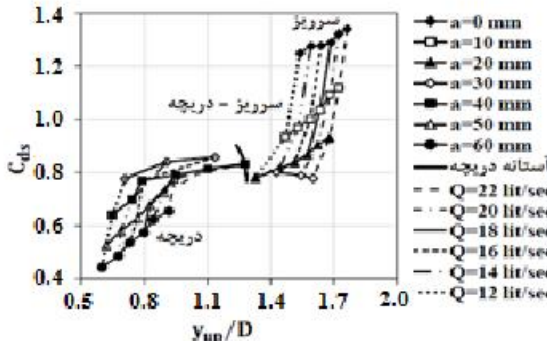
شکل ۱۲ تغییرات ضریب دبی در برابر $(y_{up} - y_d) / D$ در برابر ضریب دبی برای قطر ۷۵ میلی‌متر



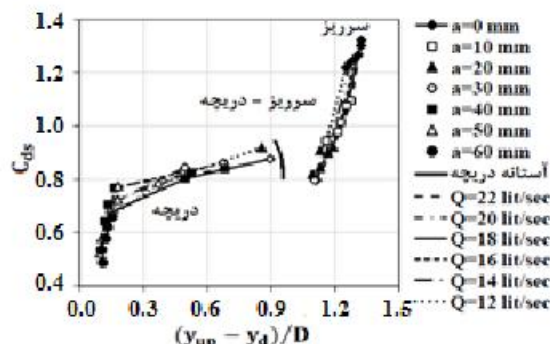
شکل ۸ تغییرات ضریب دبی در برابر y_{up} / D برای سرریز یا قطر ۷۵ میلی‌متر



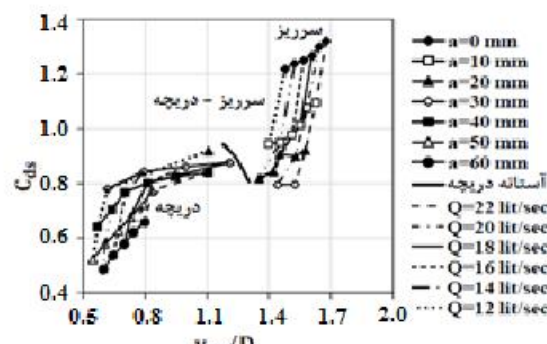
شکل ۱۳ تغییرات ضریب دبی در برابر $(y_{up} - y_d) / D$ در برابر ضریب دبی برای قطر ۱۱۰ میلی‌متر



شکل ۹ تغییرات ضریب دبی در برابر y_{up} / D برای سرریز یا قطر ۱۱۰ میلی‌متر



شکل ۱۴ تغییرات ضریب دبی در برابر $(y_{up} - y_d) / D$ در برابر ضریب دبی برای قطر ۱۲۵ میلی‌متر



شکل ۱۰ تغییرات ضریب دبی در برابر y_{up} / D برای سرریز یا قطر ۱۲۵ میلی‌متر

انرژی مورد نیاز بالادست و در نتیجه کاهش پس‌زدگی آب پشت سرریز- در بچه و کاهش چشمگیر عمق آب بالادست سازه می‌شود.

- تغییرات قطر سازه استوانه‌ای با تغییرات ضریب دبی رابطه عکس داشته است.
- در سازه‌های سرریز استوانه‌ای، سرریز- در بچه استوانه‌ای و در بچه استوانه‌ای تغییرات پارامترهای بی‌بعد (y_{up}/D) و $(y_{up} - y_d)/D$ رابطه مستقیم با تغییرات ضریب دبی دارند.
- تغییرات پارامترهای بی‌بعد (y_{up}/D) و $(y_{up} - y_d)/D$ با افزایش دبی روندی افزایشی داشته به طوری که این روند در سرریز استوانه‌ای با شیب کمتری نسبت به در بچه استوانه‌ای انجام شده است.
- معادلات استخراج شده برای برآورد ضریب دبی سازه‌های سرریز استوانه‌ای (معادله ۱۰)، سرریز- در بچه استوانه‌ای (معادله ۱۱) و در بچه استوانه‌ای (معادله ۱۲) در محدوده آزمایش‌های مورد مطالعه معتبر هستند.

منابع

۱. حسینی م. و ابریشمی ج. ۱۳۸۶. هیدرولیک کانال‌های باز. انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، دانشگاه امام رضا (ع). ویرایش دوم. ۴۴۳ ص.
۲. قره‌گزلو م. مسعودیان م. صالحی‌نیشابوری ع. ا. سوری ا. و نادری ف. ۱۳۹۰. بررسی آزمایشگاهی ضریب آبدگری مدل ترکیبی سرریز- در بچه استوانه‌ای در دبی‌های کم. مجموعه مقالات دهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه گیلان، گیلان، ۱۷ الی ۱۹ آبان. ۶ ص.
۳. قره‌گزلو م. مسعودیان م. صالحی‌نیشابوری ع. ا. سوری ا. و نادری ف. ۱۳۹۱. مقایسه آزمایشگاهی هیدرولیک سرریز- در بچه استوانه‌ای و نیم‌استوانه‌ای. مجموعه مقالات نهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ۱۹ الی ۲۱ اردیبهشت. ۷ ص.
۴. قره‌گزلو م. ۱۳۹۱. بررسی آزمایشگاهی جریان هم‌زمان از مدل ترکیبی سرریز- در بچه استوانه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه علوم کشاورزی

استخراج معادلات تجربی

از طریق آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS، رابطه‌های همبستگی بین ضریب دبی و شناسه‌های بی‌بعد حاصل از آنالیز ابعادی براساس رگرسیون غیرخطی چندگانه در قالب معادلات ۸، ۹ و ۱۰ به دست آمده است. معادله ۱۰ برای برآورد ضریب دبی سرریز استوانه‌ای در $0.147 < y_{up}/D < 2.64$ ، $0.32 < H_w/y_{up} < 0.62$ ، و $0.37 < Fr_{up} < 0.12$ با $SEE = 0.13$ و $R^2 = 0.941$ معتبر است.

$$C_{dw} = 2.218 \left(\frac{y_{up}}{D} \right)^{-0.256} \left(\frac{H_w}{y_{up}} \right)^{0.438} \quad (10)$$

معادله ۱۱ برای برآورد ضریب دبی سازه سرریز- در بچه استوانه‌ای در محدوده $1.32 < y_{up}/D < 2.56$ ، $0.14 < H_w/D < 1.37$ و $2.32 < y_{up}/a < 2.5$ ، $0.13 < Fr_{up} < 0.41$ و $SEE = 0.26$ با $R^2 = 0.965$ معتبر است.

$$C_{ds} = 0.648 \left(\frac{y_{up}}{a} \right)^{0.211} \left(\frac{H_w}{D} \right)^{0.176} \quad (11)$$

معادله ۱۲ برای برآورد ضریب دبی در بچه استوانه‌ای در محدوده $0.16 < a/D < 1/2$ ، $0.154 < y_{up}/D < 2/1$ و $0.18 < Fr_{up} < 0.58$ و $1/0.8 < y_{up}/a < 7/15$ با $SEE = 0.26$ و $R^2 = 0.931$ به دست آمده است.

$$C_{dg} = 0.464 \left(\frac{y_{up}}{D} \right)^{0.006} \left(\frac{y_{up}}{a} \right)^{0.563} \quad (12)$$

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش حاکی از آن هستند که:

- در یک قطر ثابت و دبی ثابت، با افزایش ارتفاع بازشدگی در بچه تغییرات ضریب دبی با روندی کاهشی توأم بوده است، به گونه‌ای که بیشترین ضریب دبی در سرریز استوانه‌ای و کمترین ضریب دبی در در بچه استوانه‌ای مشاهده شده است.
- با تبدیل سازه از سرریز- در بچه استوانه‌ای به در بچه استوانه‌ای کاهش سریعی در مقادیر پارامترهای (y_{up}/D) و $(y_{up} - y_d)/D$ مشاهده شده که این روند ناشی از کاهش میزان ضریب دبی عبوری است، که بیانگر افزایش ظرفیت عبور جریان و کاهش

و منابع طبیعی ساری. ۸۴ ص.

5. Bos M. G. 1976. Discharge Measurement Structures. International Institute for Land Reclamation and Improvement/ ILRI, Wageningen, the Netherlands. 20(1):107- 126.
6. Chanson H. and Montes J. S. 1998. Over flow characteristics of Circular Weirs: Effects of inflow condition. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 32:152-161.
7. Ferro V. 2000. Simultaneous Flow Over and Under Gate. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 126(3):190-193.
8. Hayawi H. A. M. Yahia A. A. G. and Hayawi G. A. M. E. 2008. Free Combined Flow Over a Triangular Weir and Under Rectangular Gate. Damascus University Journal. 24(1):9-22.
9. Israelsen O. W. and Hansen V. E. 1962. Irrigation Principles and Practices. Third Edition, John Wiley and Sons Inc, New York. 447 p.
10. Negm A. A. M. 1997. Characteristics of Combined Flow over Weirs and Below Gates. Sudan Engineering Society Journal, January. 43(34):30-37.
11. Negm A. A. M. Al-Brahim A. M. and Alhamid A. A. 2002. Combined- Free Flow Over Weirs and Blew Gates. Journal of Hydraulic Research. 40(3):359-365.