

تحلیل هیدرولیکی چرخش سرریز - دریچه نیم‌استوانه‌ای با بازشدگی ثابت

سمیرا ضیایی فر^۱، مهدی مفتاح هلقی^{۲*}، محسن مسعودیان^۳، امیراحمد دهقانی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۹

چکیده

سازه‌های کنترل و اندازه‌گیری جریان نظیر دریچه‌ها و سرریزها از اجزای مهم شبکه‌های آبیاری و زهکشی می‌باشند. باتوجه به مشکل رسوب‌گذاری در سرریزها و تجمع مواد شناور پشت دریچه‌ها، مدل سازه ترکیبی سرریز-دریچه پیشنهاد گردید تا مواد قابل ته‌نشین به راحتی از دریچه خارج و مواد معلق به شکل بهتری از روی سرریز تخلیه شوند. یکی از انواع آن، سرریز-دریچه نیم‌استوانه‌ای است که به علت انحنا خطوط جریان و چسبیدن جریان به بدنه‌ی سازه دارای مزایایی از جمله سهولت عبور اجسام شناور، سهولت طراحی، ضریب دبی عبوری بالا نسبت به سایر سازه‌های ترکیبی (لبه‌تیز و لبه پهن و ...) می‌باشد. در این پژوهش، هیدرولیک جریان عبوری از مدل فیزیکی سرریز-دریچه نیم‌استوانه‌ای با چرخش حول مرکز و لبه‌نیم‌استوانه از صفر تا ۱۸۰ درجه با ارتفاع بازشدگی دریچه ثابت، بررسی شد. آزمایش‌ها در کانالی مستطیلی و افقی به طول ۱۱ متر و عرض ۳۰ سانتی‌متر، تحت سه مدل سرریز-دریچه نیم‌استوانه‌ای با قطرهای ۷۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر انجام شد. کم‌ترین ضریب دبی در زاویه ۹۰ درجه و بیش‌ترین آن به ترتیب در زوایای ۴۵ و ۳۰ درجه اتفاق افتاد. برای قطرهای ۷۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر، کم‌ترین پس‌زدگی آب به ترتیب در زاویه‌ی صفر، ۴۵ و ۳۰ درجه مشاهده شد و بیش‌ترین آن برای هر سه قطر، در ۹۰ درجه حاصل گردید. هم‌چنین، در نسبت عمق آب بالادست به میزان بازشدگی دریچه ثابت، برای زوایای مورد بررسی، با افزایش قطر، ضریب دبی سازه ترکیبی کاهش یافت. نتایج نشان داد که علاوه بر زاویه‌ی قرارگیری انحنا نیم‌استوانه نسبت به افق، قطر سازه بر ضریب دبی و پس‌زدگی سازه ترکیبی موثر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پس‌زدگی آب، سازه ترکیبی، ضریب دبی، محور چرخش

مقدمه

سرریز شدن آب از طرفین کانال، به‌خطر افتادن پایدار سازه و کاهش دقت اندازه‌گیری جریان می‌شود. در مدل ترکیبی سرریز و دریچه مواد قابل ته‌نشین شدن به راحتی از قسمت دریچه خارج و مواد معلق به شکل بهتری از روی سرریز تخلیه می‌شوند. یکی از انواع سازه‌های ترکیبی، سرریز-دریچه نیم‌استوانه‌ای می‌باشد. مدل ترکیبی سرریز-دریچه نیم‌استوانه‌ای با توجه به شکلی که دارد، مزایایی از جمله سهولت طراحی، عبور اجسام شناور و رسوبات، ضریب دبی عبوری بالا نسبت به سایر سازه‌های جایگزین شونده و اقتصادی بودن را دارا می‌باشد. اسیرالسن و هانسن آزمایشات گسترده‌ای در این زمینه انجام دادند و مشاهده کرده‌اند، هنگامی که ۷۵٪ ارتفاع سرریز را رسوب پر نماید، حدود ۸٪ افزایش در مقدار دبی جریان ایجاد می‌شود (Israelsen and Hanson., 1962). نجم و همکاران پارامترهای هیدرولیکی و هندسی موثر روی جریان ترکیبی را مورد بررسی قرار داده و برای جریان سرریز مثلثی روی دریچه مستطیلی فشرده معادلاتی استخراج نمودند. آن‌ها ثابت نمودند استفاده از ضریب شدت جریان معمول برای این‌گونه سرریزها و دریچه‌ها درحالت ترکیبی می‌تواند خطای بزرگی ایجاد نماید (Negm et al., 1997). چانسون و مونتس با بررسی نحوه رفتار جریان در سرریزهای استوانه‌ای نتیجه

به‌منظور بهینه‌سازی مصرف آب، مدیریت و حفاظت از منابع آب نقش به‌سزایی دارد. در این راستا، کنترل، اندازه‌گیری و تنظیم جریان نقش اصلی را ایفا می‌کند (محمودیان شوشتری، ۱۳۸۸). سرریزها و دریچه‌ها سازه‌های هیدرولیکی ساده‌ای هستند که برای اندازه‌گیری، کنترل و تنظیم جریان در مجاری روباز مورد استفاده قرار می‌گیرند. همواره آب جاری در مسیر کانال دارای ذرات معلق رسوب و مواد شناور بوده که فرصت ته‌نشینی در پشت سرریز و تجمع در ورودی دریچه را پیدا نموده و این امر علاوه بر کاهش حجم کانال در محدوده سازه سبب مشکلاتی از جمله آب‌گیری زمین‌های اطراف به‌علت

۱- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. کارشناس گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۴- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

*- نویسنده ی مسئول: (meftahhalaghi@gmail.com)

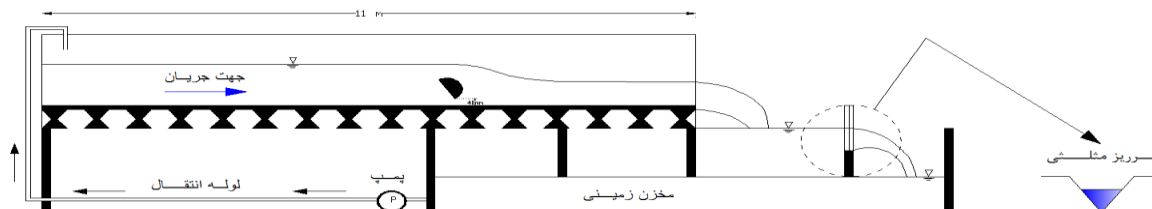
گرفتند که تحدد دیواره سرریز باعث ایجاد فشار مکش در سطح سرریز شده و تیغه‌ای ریزشی ایجاد می‌کند که باعث چسبیدگی سطح آب به بدنه سرریز می‌شود. مکش در دیواره و چسبیدگی تیغه‌ای ایجاد شده باعث می‌شود تا خطوط جریان با انحنای بیش‌تر و جریان با سرعت بالاتری شکل گرفته و در نتیجه ضریب دبی نسبت به سرریزهای لبه‌تیز و لبه‌پهن مستطیلی افزایش یابد (Chanson and Montes., 1998). حیدرپور و همکاران (۱۳۸۵) به بررسی توزیع فشار روی تاج سرریزهای استوانه‌ای و تاج دایره‌ای با ارتفاعات مختلف پرداختند و نشان دادند که برای سرریزهای استوانه‌ای و تاج-دایره‌ای با افزایش بار روی سرریز، توزیع فشار از حالت هیدرواستاتیک خارج می‌شود. هم‌چنین ارتفاع سرریز تاثیر زیادی بر توزیع فشار نداشته و با تغییر ارتفاع سرریز توزیع فشار تقریباً به‌صورت هیدرواستاتیک باقی می‌ماند. فیض‌اله و همکاران (۱۳۸۵) به بررسی پارامترهای موثر بر ضریب شدت جریان هم‌زمان دریچه و سرریز جانبی در خم ۱۸۰ پرداختند و نتیجه گرفتند بیش‌ترین ضریب دبی در موقعیت آب‌گیری ۱۱۵ درجه است زیرا جریان‌های ثانویه بیش‌ترین شدت را در این موقعیت دارد. شهابی و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی ضریب آبگذری دریچه شعاعی در جریان آزاد و مستغرق بیان کردند که در جریان آزاد دبی عبوری از زیر دریچه بیش‌تر و در نتیجه ضریب آبگذری بیش‌تر است. هم‌چنین نتیجه گرفتند در مقادیر کم ضریب جریان می‌توان از تاثیر عدد فرود جریان قبل از دریچه صرف‌نظر نموده و ضریب جریان را تنها تابعی از نسبت عمق جریان در بالادست به عمق جریان پایین‌دست دانست. چانسون به بررسی اثر گردشگری لبه سرریز بر توزیع فشار و ضریب دبی آن پرداخت و نشان داد که گردشگری لبه سرریز روی الگوی جریان و ضریب دبی موثر است (Chanson., 2009). سامانی و مظاهری 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 نمودند. در هر دو حالت مشاهده شد که پایاب بر عمق بالادست سازه و در نتیجه بر دبی جریان فوق‌تاثیر می‌گذارد (Samani and Mazaheri., 2009). مسعودیان و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی آزمایشگاهی جریان عبوری از سرریز- دریچه‌ی نیم- استوانه‌ای با انحنا در بالادست در زوایای مختلف پرداختند و نتیجه گرفتند که در تمام زوایا با افزایش پارامتر بدون بعد نسبت عمق آب بالادست جریان منهای تصویر قایم سازه به میزان بازشدگی دریچه $(H - p'/a)$ ، ضریب دبی افزایش می‌یابد. مظلوم شهرکی و هنر به بررسی خصوصیات هیدرولیکی سرریزهای جانبی استوانه‌ای و نیم- استوانه‌ای پرداختند و افزایش ۴۰ درصدی ضریب دبی در سرریزهای جانبی استوانه‌ای و نیم‌استوانه‌ای را نسبت به سایر سرریزهای لبه‌پهن مشاهده نمودند (Mazlom Shahraki and Honar., 2012). قره‌گزلو (۱۳۹۱) به بررسی آزمایشگاهی تاثیر پارامترهای هندسی و

هیدرولیکی ضریب دبی جریان هم‌زمان از مدل ترکیبی سرریز- دریچه استوانه‌ای پرداخت. نتایج تحقیقات وی نشان داد که ضریب دبی سرریز- دریچه استوانه‌ای به پارامترهای بدون بعد نسبت عمق آب بالادست به بازشدگی دریچه و نسبت عمق آب بالادست به قطر سازه وابسته است. هم‌چنین نشان داد که ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز- دریچه استوانه‌ای در یک y_{up}/D و y_{up}/a ثابت، به میزان ۵۰ درصد بیش‌تر از ضریب دبی سرریز- دریچه لبه‌تیز در حالت مشابه است. مسعودیان و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی آزمایشگاهی سرریز- دریچه نیم‌استوانه‌ای بر میزان افت انرژی جریان پرداختند، که کم‌ترین میزان افت انرژی در زاویه‌ای می‌باشد که قسمت تخت نیم‌استوانه به سمت دریچه است و زاویه ۲۷۰ درجه (انحنای سازه به سمت بالادست و قسمت تخت آن به سمت پایین‌دست) نسبت به زاویه ۹۰ درجه (وجه پایین‌دست منحنی و وجه بالادست تخت) دارای افت کم-تری است. قره‌گزلو و همکاران (۱۳۹۱) به مقایسه آزمایشگاهی هیدرولیک سرریز- دریچه استوانه‌ای و نیم‌استوانه‌ای پرداخته‌اند. نتایج آزمایش‌های آنان نشان داده است که در هر سه حالت مدل ترکیبی سرریز- دریچه استوانه‌ای، نیم‌استوانه‌ای با انحنا رو به بالادست و نیم‌استوانه‌ای با انحنا رو به پایین‌دست، با افزایش مقادیر بدون بعد y_{up}/a (نسبت عمق بالادست جریان به میزان بازشدگی دریچه) و y_{up}/D (نسبت عمق بالادست جریان به قطر استوانه) ضریب دبی افزایش می‌یابد و در یک y_{up}/D ثابت، ضریب دبی سرریز- دریچه استوانه‌ای تقریباً برابر با ضریب دبی سرریز- دریچه نیم‌استوانه‌ای با انحنا در بالادست و بیش‌تر از ضریب دبی نیم‌استوانه با انحنا در پایین‌دست است. مدل ترکیبی سرریز و دریچه امکان نزدیک نمودن شرایط واقعی را به فرضیات اصلی تئوری استخراج روابط نزدیک‌تر و تخمین دبی را با دقت بالا میسر می‌کند. سرریز- دریچه استوانه‌ای به علت انحنای زیاد خطوط جریان و چسبیدن جریان به بدنه‌ی سازه دارای مزایایی از جمله سهولت عبور اجسام شناور، سهولت طراحی، ضریب دبی عبوری بالا نسبت به سایر سازه‌های ترکیبی جایگزین شونده (سرریز- دریچه لبه‌تیز و لبه‌پهن و...) می‌باشد. در سرریز- دریچه نیم‌استوانه‌ای علاوه بر انحنای سازه، جهت قرارگیری انحنای آن نسبت به افق نیز روی خصوصیات هیدرولیکی جریان مانند ضریب دبی، افت انرژی و ... موثر است. از جمله کاربردهای سازه نیم‌استوانه- ای با قابلیت چرخش حول محوری خارج از مرکز می‌توان به کنترل و اندازه‌گیری هر چه دقیق‌تر جریان عبوری در شرایط مختلف کم‌آبی و پراپی بر حسب مورد استفاده اشاره نمود. از این‌رو، در این پژوهش، با توجه به اقتصادی بودن سازه نیم‌استوانه‌ای نسبت به استوانه کامل به بررسی آزمایشگاهی هیدرولیک جریان عبوری از مدل فیزیکی سرریز- دریچه نیم‌استوانه‌ای با چرخش حول محوری خارج از مرکز نیم‌استوانه از صفر تا ۱۸۰ درجه به‌گونه‌ای که ارتفاع بازشدگی دریچه ثابت بماند، در جریان آزاد پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های لازم برای انجام این تحقیق در فلومی با اسکلت فلزی، مقطع مستطیل شکل و بدون شیب انجام شد. طول، عرض و ارتفاع فلوم به ترتیب ۱۱، ۰/۳ و ۰/۷ متر می‌باشد و دیواره‌های آن به طول ۱۱ متر دارای شیشه‌های شفاف به منظور مشاهده جریان از هر دو طرف می‌باشد. سیستم گردش آب در این فلوم به این صورت است که ابتدا آب از مخزن توسط پمپ با یک خط لوله به مخزن دیگری با هد ثابت پمپاژ شده و سپس توسط صفحه‌های آرام‌کننده جریان وارد فلوم می‌شود و بعد از طی طول فلوم، وارد مخزن واقع در انتهای آن می‌شود. لازم به ذکر است که خط انتقال بعد از پمپ دارای یک شیر به منظور تنظیم میزان جریان عبوری است. اندازه‌گیری دبی توسط یک سرریز مثلثی ۹۰ درجه موجود در خروجی مخزن واقع در انتهای فلوم، انجام شد. همچنین جهت اندازه‌گیری عمق آب روی سرریز مثلثی و عمق آب درون فلوم از یک عمق سنج دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر استفاده گردید. جریان آب در یک سبکله بسته که شامل اجزای نشان داده شده در شکل ۱ می‌باشد، جاری شد. جهت ساخت مدل‌های فیزیکی سازه ترکیبی سرریز-دریچه نیم‌استوانه‌ای از استوانه‌هایی توپر از جنس پی‌وی‌سی استفاده شد. آزمایش‌ها برای سه قطر و ارتفاع بازشدگی ثابت دریچه انجام شد. نسبت ارتفاع سازه (D') به عرض کانال (B) محدوده $0.4 < D'/B < 1.1$ را پوشش داد. محدوده دبی مورد مطالعه ۹ تا ۴۴ لیتر بر ثانیه بود. جهت سهولت

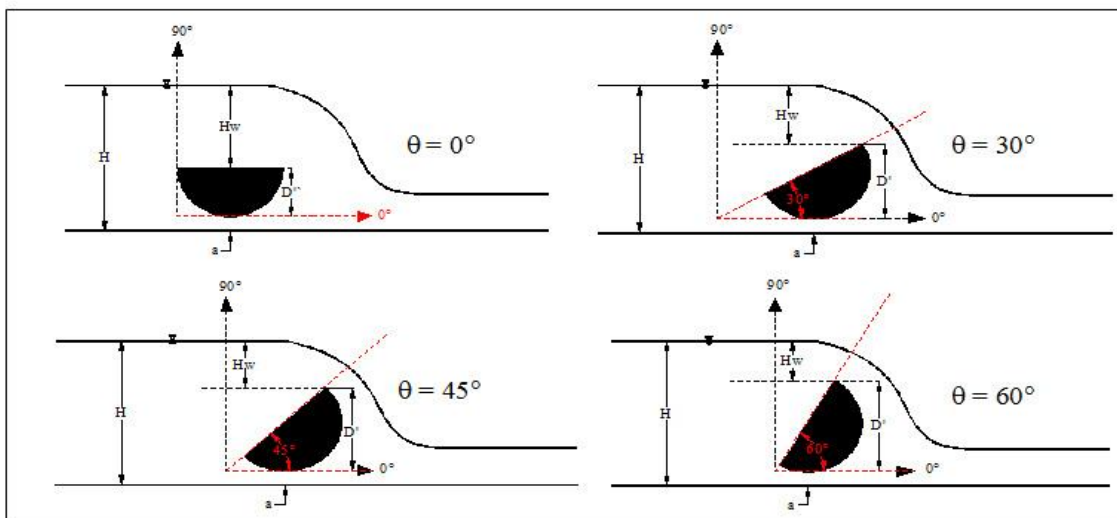
انجام آزمایش‌ها، زوایای مورد نظر (محدوده صفر تا ۱۸۰ درجه) با استفاده از صفحات شفاف ترسیم و روی دیواره کانال در محل نصب سازه، که یک سوم انتهای خروجی کانال بود، چسبانده شد. جهت نصب مدل با قطر و زاویه قرارگیری مورد نظر از زوایای مشخص شده بر دیواره جهت تنظیم نمودن زاویه و از مکعب‌هایی به اضلاع ۴۰ میلی‌متر جهت تنظیم میزان بازشدگی دریچه استفاده شد. پس از تنظیم دبی و ثابت ماندن آن، اعماق روی سرریز مثلثی و روی تاج سرریز-دریچه نیم‌استوانه‌ای، عمق آب در بالادست سازه ترکیبی (H)، و ارتفاع آب روی سرریز در بالادست (H_w) توسط ترازسنج دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر برداشت شد. این روند برای همه قطرهای سازه ترکیبی در زوایای مختلف (θ) انجام شد. در این تحقیق از پارامترهای ثابت و متغیر هیدرولیکی و هندسی استفاده شد. پارامترهای ثابت عبارتند از S₀: شیب کانال (تقریباً صفر)، B: عرض کانال (۳۰ سانتی‌متر)، b: طول سازه ترکیبی (۳۰ سانتی‌متر)، a: میزان بازشدگی دریچه سازه ترکیبی (۴۰ میلی‌متر) و پارامترهای متغیر عبارتند از D: قطر سازه (۷۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر)، H: عمق آب در بالادست سازه ترکیبی (m)، θ: زاویه قرارگیری سازه ترکیبی (محدوده صفر تا ۱۸۰ درجه) و Q_s: دبی جریان عبوری (m³/s). تعداد آزمایشات انجام شده در این پژوهش ۲۷۰ بود. پارامتر بدون بعد H/a که ضریب دبی جریان عبوری از سازه‌ی ترکیبی به صورت تابعی از پارامتر بدون بعد است، در مبحث نتایج بررسی گردید.



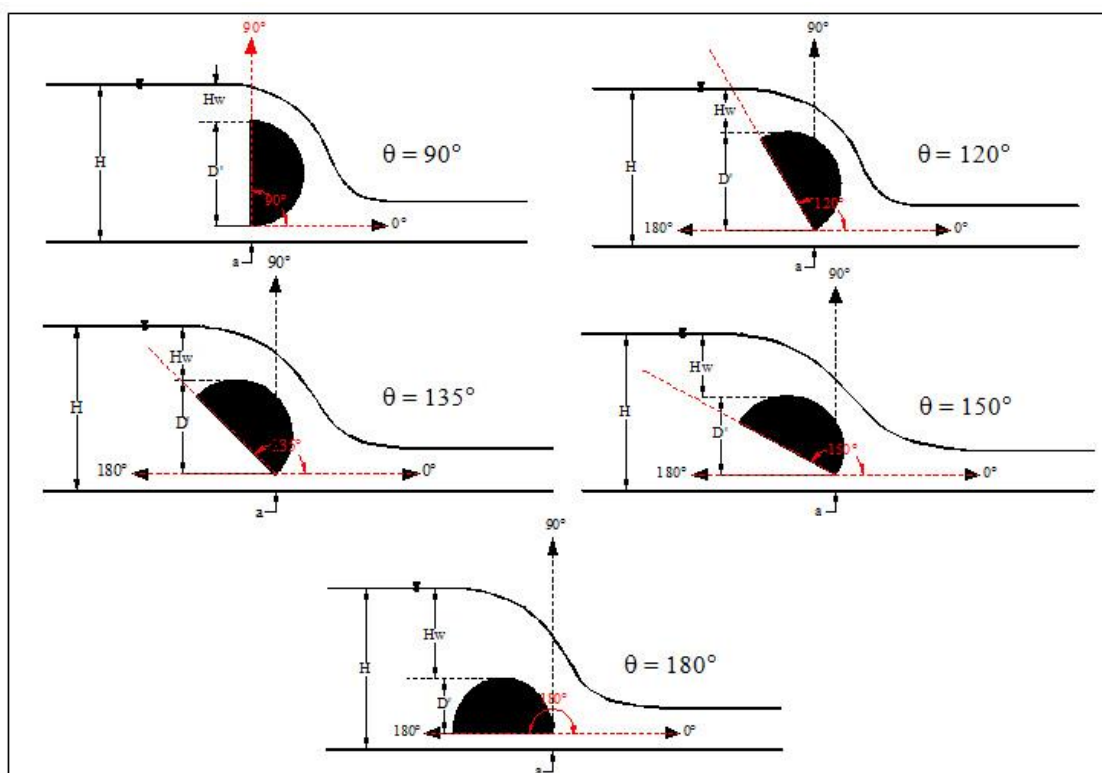
شکل ۱- شکل شماتیک فلوم آزمایشگاهی و نمونه سرریز-دریچه نیم‌استوانه‌ای با زاویه قرارگیری ۱۲۰ درجه

شکل ۲ مقطع کانال و سرریز-دریچه با ارتفاع بازشدگی دریچه ثابت (a) را در زوایای صفر، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه که چرخش حول محور عبوری از مرکز نیم‌استوانه است را نشان می‌دهد. در زوایای ۹۰، ۱۲۰، ۱۳۵، ۱۵۰ و ۱۸۰ درجه با توجه به ثابت بودن میزان بازشدگی، چرخش حول لبه‌ی پایینی نیم‌استوانه انجام شد که شکل ۳ نمایش دهنده‌ی نحوه چرخش در زوایای فوق می‌باشد.

تئوری جریان سازه ترکیبی سرریز-دریچه نیم‌استوانه‌ای
دبی کل عبوری از سرریز-دریچه بر اساس اصل پیوستگی به دو قسمت تقسیم می‌شود (رابطه ۱). بخشی از جریان از روی سرریز عبور می‌کند که روابط سرریز بر آن حاکم است و بخش دوم از زیر دریچه عبور می‌کند و روابط دریچه بر آن استوار است. در رابطه ۱، Q_s: دبی کل عبوری از سازه ترکیبی سرریز-دریچه نیم‌استوانه‌ای (m³/s)، Q_w: دبی عبوری از سرریز نیم‌استوانه‌ای (m³/s) و Q_g: دبی عبوری از دریچه نیم‌استوانه‌ای (m³/s) می‌باشند.



شکل ۲- سرریز- دریچه نیم‌استوانه‌ای با بازشدگی θ و زوایای چرخش حول محور عبوری از مرکز نیم‌استوانه



شکل ۳- سرریز- دریچه نیم‌استوانه‌ای با بازشدگی θ و زوایای چرخش حول لبه ی پایینی نیم‌استوانه

آب روی سرریز (m)، C_{dw} : ضریب آبگذری سرریز، B: عرض کانال (m) و g: شتاب ثقل (m/s^2) می‌باشد. (Bos, M.G., 1976)

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

بوس، رابطه ۲ را جهت برآورد دبی سرریزهای استوانه‌ای ارائه داد که در آن، Q_w : دبی عبوری از سرریز استوانه‌ای (m^3/s); H_w : ارتفاع

نتایج و بحث

ضریب دبی جریان عبوری از سازه‌ی ترکیبی به صورت تابعی از پارامترهای H/a ، θ و عمق آب بالادست، به صورت تابعی از پارامتر θ مورد بررسی قرار گرفتند. شکل‌های ۴ و ۵ تغییرات ضریب دبی سازه‌ی ترکیبی نسبت به پارامتر بدون بعد نسبت عمق آب بالادست به بازشدگی دریچه، را برای زوایای مورد بررسی نشان می‌دهند. برای زوایایی که چرخش حول محور عبوری از مرکز نیم‌استوانه است، به جز صفر و ۳۰ درجه، کم‌ترین ضریب دبی مربوط به قطر ۱۶۰ میلی‌متر و بیش‌ترین مربوط به قطر ۷۰ میلی‌متر بود.

در زوایای صفر و ۳۰ درجه، بیش‌ترین ضریب دبی مربوط به قطر ۱۶۰ درجه بود. البته در زاویه ۳۰ درجه در یک H/a ثابت با افزایش قطر، ضریب دبی تقریباً ثابت بود که با پژوهش علیزاده (۱۳۹۳) که به بررسی آزمایشگاهی ضریب دبی سرریز - دریچه نیم‌استوانه‌ای با چرخش ۱۸۰ درجه‌ای حول محور مرکزی پرداخت، هم‌خوانی دارد. برای زوایایی که چرخش حول لبه‌ی پایینی نیم‌استوانه است، کم‌ترین ضریب دبی مربوط به قطر ۱۶۰ میلی‌متر و بیش‌ترین مربوط به قطر ۷۰ میلی‌متر می‌باشد.

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

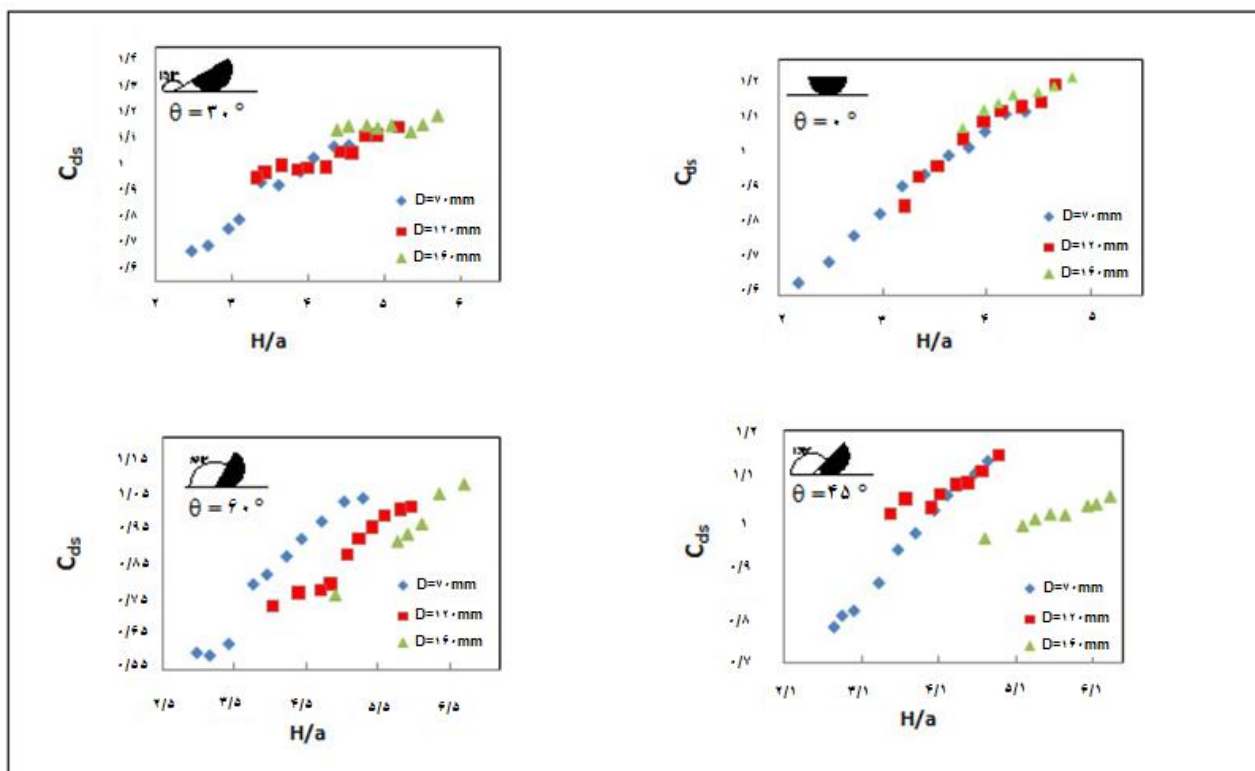
حسینی و ابریشمی (۱۳۸۶)، دبی دریچه را به صورت رابطه ۳ بیان کردند. در رابطه ۳، Q_g : دبی عبوری از زیر دریچه (m^3/s) ، C_{dg} : ضریب آبگذری دریچه، a : ارتفاع بازشدگی دریچه (m) ، B : عرض کانال (m) ، H : عمق جریان بالادست دریچه (m) ، g : شتاب ثقل (m/s^2) می‌باشد.

$$Q_g = a B C_{dg} \sqrt{2gH} \quad (3)$$

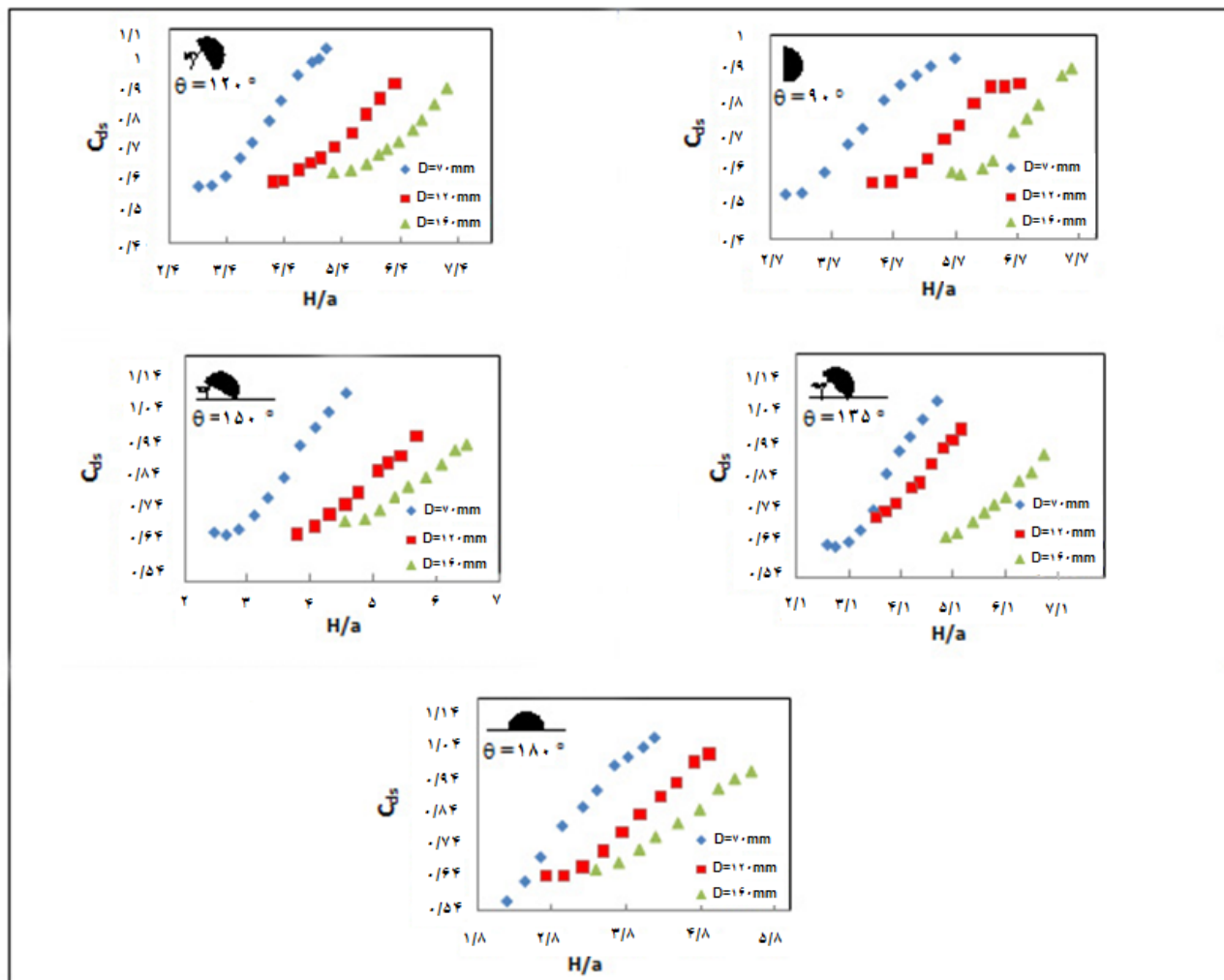
بنابراین، نجم و همکاران ضریب دبی سازه ترکیبی را از رابطه ۴ بدست آوردند که در آن، C_{ds} ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز - دریچه نیم‌استوانه‌ای است. در این تحقیق نیز از همین روش برای محاسبه ضریب آبگذری سازه ترکیبی استفاده شد. (Negm et al., 2002)

$$C_{ds} = \frac{Q_s}{a B \sqrt{2gH} + B \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} g H_w^{1.5}}} \quad (4)$$

پارامترهای موثر بر هیدرولیک جریان، قطر سازه D ، ارتفاع آب روی سرریز H_w ، میزان بازشدگی دریچه a و عمق آب بالادست H ، زاویه قرارگیری سازه نسبت به افق θ می‌باشند که پس از اندازه‌گیری عمق آب روی سرریز مثلی جهت برآورد میزان دبی جریان، H_w ، H و پالایش داده‌ها، با استفاده از معادله ۴ تغییرات ضریب دبی سازه - ترکیبی به دست آمد.



شکل ۴- تغییرات ضریب دبی نسبت به H/a برای قطرهای و زوایای چرخش عبوری از مرکز نیم‌استوانه

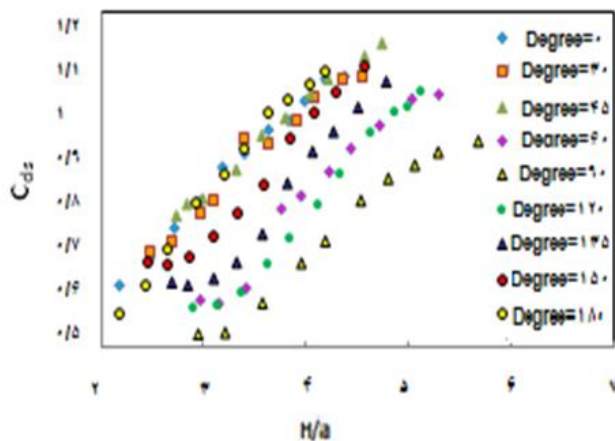


شکل ۵- تغییرات ضریب دبی نسبت به H/a برای قطرهای و زوایای چرخش حول لبه پایینی نیم‌استوانه

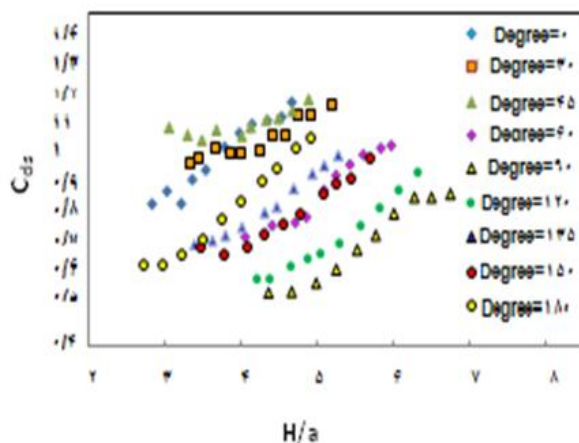
قطرهای مورد بررسی را نشان می‌دهند. با افزایش H/a ، ضریب دبی برای زوایایی که تحت چرخش حول محور نیم‌استوانه و حول لبه‌ی پایینی نیم‌استوانه است، افزایش یافت. همچنین، در حالتی که انحنا‌ی نیم‌استوانه به سمت پایین است (انحنا به سمت دریچه و صفحه تخت به سمت سرریز)، ضریب دبی سازه بیش‌تر از حالت معکوس آن (انحنا به سمت سرریز و صفحه تخت به سمت دریچه) بود. در مدل ترکیبی سرریز- دریچه، ضریب دبی دریچه بیش‌تر از سرریز و انحنا‌ی دریچه سبب افزایش هر چه بیش‌تر انطباق خطوط جریان با شکل سازه و جمع شدن خطوط جریان، کاهش افت ورودی و در نتیجه افزایش ضریب دبی سازه ترکیبی می‌شود که این امر با افزایش قطر، بهتر نمایان است. علیزاده (۱۳۹۳) نیز، این موضوع را در شرایط مشابه گزارش کرد.

همچنین در هر دو حالت چرخش، با افزایش H/a برای تمام زوایا، ضریب دبی افزایش یافت. به عبارتی دیگر، در سرریز- دریچه‌ی نیم‌استوانه‌ای، علاوه بر موقعیت انحنا‌ی سازه و زاویه‌ی قرارگیری وجه تخت سازه نسبت به افق، قطر سازه نیز بر میزان ضریب دبی عبوری موثر می‌باشد. در زوایایی که چرخش حول محور عبوری از مرکز نیم‌استوانه است، نمودار هر سه قطر تقریباً روی هم یا نزدیک هم قرار گرفتند. در صورتی که در زوایایی که چرخش حول لبه‌ی پایینی نیم‌استوانه است، نمودارهای فوق از هم فاصله دارند که بیانگر تاثیر بیش‌تر قطر در زوایای فوق می‌باشد. در این زوایا وجود انحنا در بالادست و در پی آن افزایش تصویر عمودی سازه‌ی نیم‌استوانه سبب افزایش عمق آب بالادست شده که نتیجه‌ی آن جدا شدن نمودارهای سه قطر است.

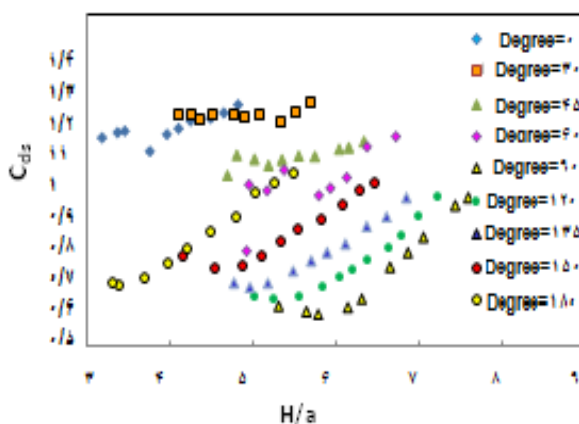
شکل‌های ۶ تا ۸ تغییرات ضریب دبی نسبت به H/a برای



شکل ۶- پارامتر بی بعد H/a در برابر ضریب دبی برای قطر ۷۰ میلی‌متر در زوایای مختلف قرارگیری



شکل ۷- پارامتر بی بعد H/a در برابر ضریب دبی برای قطر ۱۲۰ میلی‌متر در زوایای مختلف قرارگیری



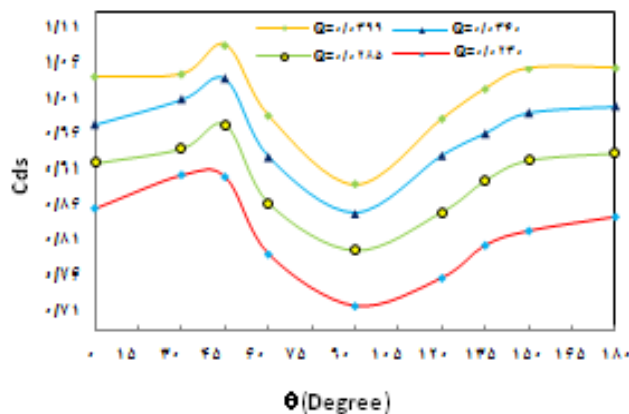
شکل ۸- پارامتر بی بعد H/a در برابر ضریب دبی برای قطر ۱۶۰ میلی‌متر در زوایای مختلف قرارگیری

دارد. نتایج نشان می‌دهد کم‌ترین ضریب دبی در هر سه قطر مربوط به زاویه ۹۰ درجه است که به دلیل تخت بودن سازه در مسیر جریان و کم‌بودن همگرایی خطوط جریان، ضریب دبی در زاویه فوق نسبت

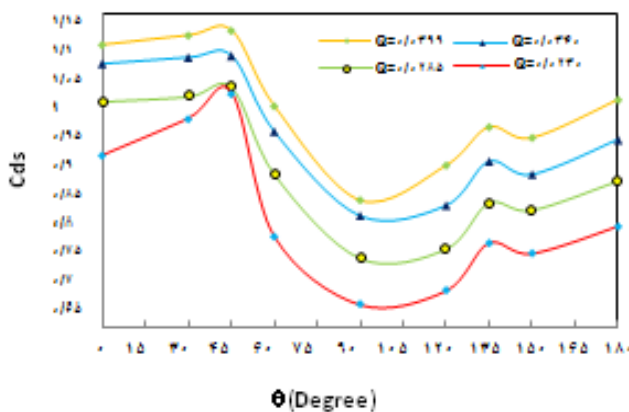
شکل‌های ۹ تا ۱۱ تغییرات ضریب دبی با زاویه‌ی قرارگیری، برای میزان جریان عبوری یکسان را در قطرهای فوق نشان می‌دهند. با توجه به شکل‌ها در هر سه قطر سازه، نمودار فوق روند سینوسی

انحنای سازه، در بالادست و در پایین دست است. هنگام نزدیک شدن جریان به مدل ترکیبی سرریز- دریچه نیم استوانه‌ای به علت منحنی بودن دیواره بالادست، جمع شدن تدریجی خطوط جریان حالت آیرودینامیکی به مقطع ورودی داده و مقاومت در برابر جریان و افت ورودی کاهش یافته، در نتیجه ضریب دبی افزایش می‌یابد. هم‌چنین با توجه به این که انحنا در پایین دست سبب چسبیدن جریان به بدنه‌ی سازه شده، منجر به کم‌تر شدن افت حاصل از تداخل جریان عبوری از سرریز و جریان عبوری از دریچه شده و در پی آن ضریب دبی جریان عبوری افزایش می‌یابد. این در حالی است که پژوهش علیزاده (۱۳۹۳) بیش‌ترین میزان ضریب دبی را در ۹۰ درجه مطرح کرد که دلیل آن، عدم وجود بازشدگی و عمل کردن سازه به صورت سرریز، در این زاویه است.

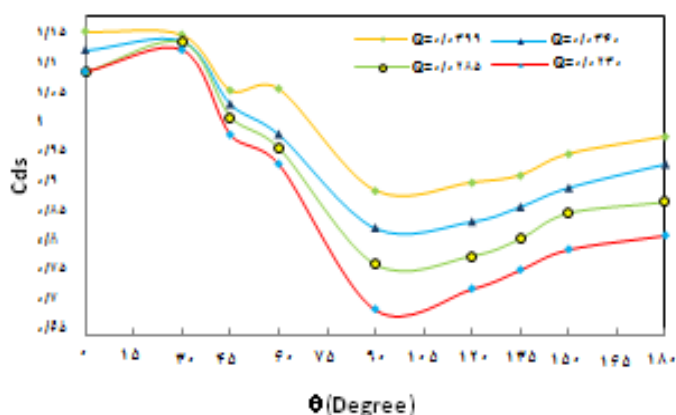
به زوایای دیگر قرارگیری کاهش می‌یابد. این در حالی است که مسعودیان و همکاران (۱۳۹۳) کم‌ترین ضریب دبی را در زاویه ۹۰ درجه مطرح کردند. بیش‌ترین میزان ضریب دبی در قطرهای ۷۰ و ۱۲۰ میلی‌متر در زاویه ۴۵ درجه و در قطر ۱۶۰ میلی‌متر در زاویه ۳۰ درجه ایجاد شد و این‌گونه استنتاج می‌گردد که در این زاویه‌ی قرارگیری انحنای سازه در قسمت دریچه مشهودتر است. می‌توان تحلیل نمود که در مدل ترکیبی سرریز- دریچه نیم استوانه‌ای، انحنای دریچه سبب افزایش هر چه بیش‌تر انطباق خطوط جریان با شکل سازه و کاهش میزان افت و برگشت آب کم‌تر و در نتیجه افزایش ضریب دبی عبوری نسبت به حالتی که لبه دریچه تیز بوده و انحنا سمت سرریز، شده است. زوایای دیگر که ضریب دبی بالا را بعد از این دو زاویه دارند، عبارتند از صفر و ۱۸۰ درجه، که به دلیل وجود



شکل ۹- ضریب دبی در برابر زاویه‌ی قرارگیری سازه با قطر ۷۰ میلی‌متر برای جریان یکسان برحسب مترمکعب بر ثانیه



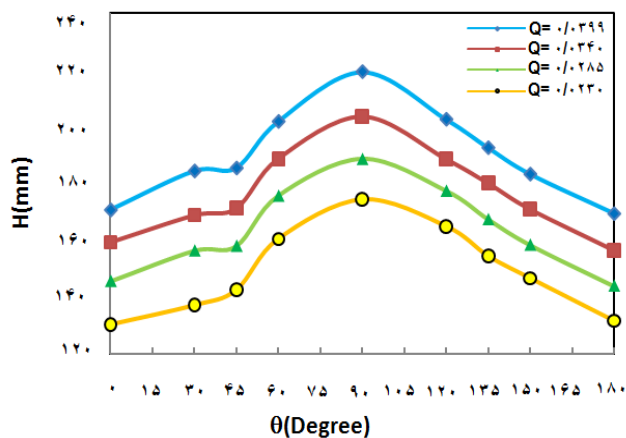
شکل ۱۰- ضریب دبی در برابر زاویه‌ی قرارگیری سازه با قطر ۱۲۰ میلی‌متر برای جریان یکسان برحسب مترمکعب بر ثانیه



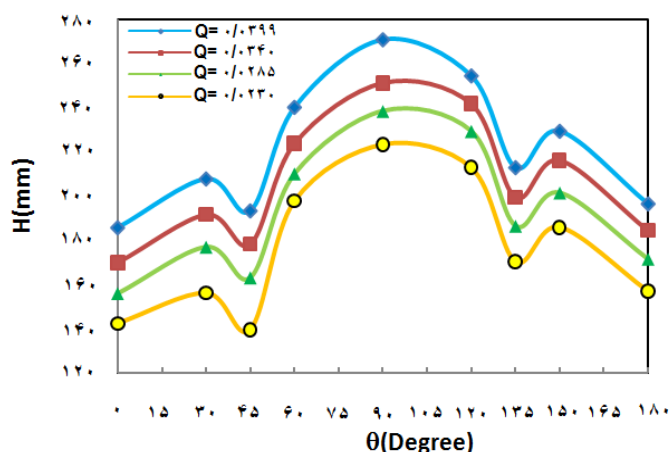
شکل ۱۱- ضریب دبی در برابر زاویه‌ی قرارگیری سازه با قطر ۱۶۰ میلی‌متر برای جریان یکسان برحسب مترمکعب بر ثانیه

سازه در مسیر جریان و کم‌بودن همگرایی خطوط جریان است که باعث برگشت بیش‌تر آب شده است. همان‌گونه که در شکل‌ها مشاهده می‌گردد میزان پس‌زدگی آب با افزایش قطر افزایش می‌یابد. پژوهش حاضر نشان می‌دهد که ضریب دبی سرریز-دریچه نیم استوانه بیش‌تر از ضریب دبی سایر سازه‌های ترکیبی پژوهش‌های نجم و همکاران (Negm et al., 2002)، رضویان و حیدرپور (۱۳۸۶)، قره‌گزلو و همکاران (۱۳۹۲) و مسعودیان و همکاران (۱۳۹۲) می‌باشد. محدوده ضریب دبی در تحقیقات مذکور به‌ترتیب $0.38 < C_d < 0.96$ ، $0.55 < C_d < 0.61$ ، $0.51 < C_d < 0.68$ و $0.75 < C_d < 1.05$ می‌باشد در حالی که در پژوهش حاضر، $0.52 < C_d < 1.25$ است که این امر به دلیل نوع سازه ترکیبی نیم-استوانه و همچنین نحوه‌ی چرخش آن می‌باشد. در این شرایط وجود انحناى جریان، سبب کاهش افت ورودی و همچنین چسبیدن جریان به بدنه‌ی سازه فوق، مکش بیش‌تر و در نتیجه افزایش ضریب دبی سازه‌ی ترکیبی می‌گردد.

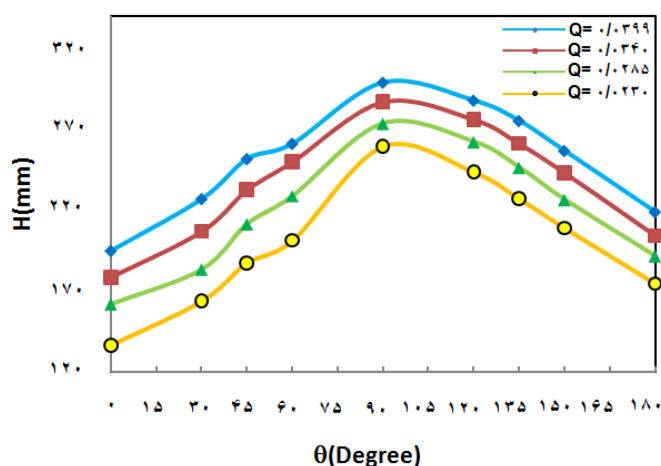
شکل‌های ۱۲ تا ۱۴ تغییرات پس‌زدگی آب را با زاویه‌ی قرارگیری سازه سرریز-دریچه نسبت به افق، در جریان یکسان عبوری برای سه قطر مورد بررسی نشان می‌دهند. با توجه به شکل‌ها در هر سه قطر، نمودار فوق روند سینوسی دارد. نتایج نشان می‌دهد کم‌ترین میزان پس‌زدگی آب در قطر ۷۰ میلی‌متر در زاویه صفر درجه، در قطر ۱۲۰ در زاویه ۴۵ درجه و در قطر ۱۶۰ میلی‌متر در زاویه ۳۰ درجه و بیش‌ترین میزان پس‌زدگی آب در هر سه قطر در زاویه ۹۰ درجه ایجاد می‌گردد و این‌گونه استنتاج می‌گردد که در مدل ترکیبی سرریز-دریچه انحناى دریچه سبب افزایش هر چه بیش‌تر انطباق خطوط جریان با شکل سازه و کاهش پس‌زدگی آب روی سازه شده است. پس‌زدگی آب روی سازه در زوایای صفر تا ۶۰ درجه با زوایای ۱۸۰ تا ۱۲۰ درجه تقریباً هم‌خوانی دارد، که در نمودارها این تقارن نسبی، مشخص است. می‌توان این‌گونه استدلال کرد که نحوه‌ی قرارگیری سازه‌ی ترکیبی نسبت به افق و در نتیجه آن، چگونگی قرارگیری انحناى سازه در بالادست و در پایین‌دست بر میزان پس‌زدگی آب روی سازه موثر است. بیش‌ترین میزان پس‌زدگی آب در هر سه قطر که مربوط به زاویه ۹۰ درجه است به دلیل تخت بودن



شکل ۱۲- پس‌زدگی آب در برابر زاویه‌ی قرارگیری سازه با قطر ۷۰ میلی‌متر برای جریان یکسان برحسب مترمکعب بر ثانیه



شکل ۱۳- پس زدگی آب در برابر زاویه‌ی قرارگیری سازه با قطر ۱۲۰ میلی‌متر برای جریان یکسان برحسب مترمکعب بر ثانیه



شکل ۱۴- پس زدگی آب در برابر زاویه‌ی قرارگیری سازه با قطر ۱۶۰ میلی‌متر برای جریان یکسان برحسب مترمکعب بر ثانیه

نتیجه گیری

خطوط جریان گشته که حالت آیرودینامیکی به مقطع ورودی داده و مقاومت در برابر جریان و افت انرژی ورودی کاهش یافته، در نتیجه ضریب دبی افزایش می‌یابد. در جریان یکسان، کم‌ترین میزان پس-زدگی آب در قطر ۷۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر به ترتیب متعلق به زوایای صفر درجه، ۴۵ درجه و ۳۰ درجه و بیش‌ترین آن، برای هر سه قطر در زاویه ۹۰ درجه می‌باشد که بیانگر بیش‌تر بودن اثر دریچه روی میزان برگشت آب است. وقتی لبه دریچه، دارای انحنا است ضریب دبی آن بیش‌تر و در نتیجه میزان افت کم‌تر و در نهایت برگشت آب نسبت به حالتی که لبه‌ی دریچه تیز بوده و انحنا، سمت سرریز است، کم‌تر می‌شود. همچنین وجود انحنا در پایین‌دست جریان به دلیل منحنی بودن دیواره پایین‌دست و در نتیجه جمع شدن خطوط جریان و مقاومت در برابر جریان و کاهش افت انرژی خروجی، سبب افزایش پس‌زدگی آب می‌شود. به‌طور کلی انحنا رو به بالادست تاثیر بیش‌تری در میزان افزایش ضریب دبی عبوری دارد. از دیگر نتایج می‌توان به

ضریب دبی سرریز- دریچه‌ی نیم‌استوانه‌ای در تمام زوایای اندازه‌گیری شده در محدوده صفر تا ۱۸۰ درجه به پارامتر بی‌بعد H/a وابسته و با افزایش آن، افزایش می‌یابد. همچنین در یک H/a ثابت برای تمام زوایای مورد بررسی با افزایش قطر، ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز- دریچه کاهش می‌یابد به عبارتی علاوه بر زاویه‌ی قرارگیری انحنای نیم‌استوانه نسبت به افق، قطر سازه نیز بر ضریب دبی سازه ترکیبی موثر است. موقعیت قرارگیری انحنای سازه و زاویه وجه تخت سازه نسبت به افق بر میزان ضریب دبی عبوری و میزان پس‌زدگی آب روی سازه موثر است. در جریان یکسان، کم‌ترین ضریب دبی در زاویه ۹۰ درجه و بیش‌ترین در زوایای ۴۵ و ۳۰ درجه می‌باشد. انحنا رو به بالادست تاثیر بیش‌تری در میزان افزایش ضریب دبی دارد زیرا منحنی بودن دیواره بالادست سبب جمع شدن تدریجی

و نیم‌استوانه‌ای، مجموعه مقالات نهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران، ۱۹-۲۱ اردیبهشت، ۷ ص.

محمودیان شوشتری، م. ۱۳۸۸. اصول جریان در مجاری باز، انتشارات دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران، ۹۸۵ ص.

مسعودیان، م.، قره‌گزلو، م.، سوری، ا. و ضیایی‌فر، س. ۱۳۹۰. بررسی خصوصیات جریان ترکیبی از سرریز-دریچه نیم‌استوانه‌ای با انحنا بالادست در زوایای مختلف قرارگیری نسبت به افق، مجموعه مقالات یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر کرمان.

مسعودیان، م.، قره‌گزلو، م.، سوری، ا. و ضیایی‌فر، س. ۱۳۹۱. بررسی اثر چرخش سرریز-دریچه نیم‌استوانه‌ای بر میزان افت انرژی جریان عبوری، مجموعه مقالات یازدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران، آبان، ۷ ص.

مسعودیان، م.، فدرسکی، ر. و قره‌گزلو، م. ۱۳۹۲. مطالعه‌ی ضریب بدهی سرریز-دریچه استوانه‌ای و تعیین رابطه‌ی آن با ضریب بدهی دریچه و سرریز جداگانه. مجله‌ی مهندسی منابع آب، دوره ششم، شماره ۱۶. صص: ۶۲-۵۱.

مسعودیان، م.، سوری، ا. و ضیایی‌فر، س. ۱۳۹۳. اثر چرخش سرریز-دریچه نیم‌استوانه‌ای بر میزان افت کارمايه و ضریب بده. مجله‌ی مهندسی منابع آب. ۷. ۲۲: ۱۰۰-۸۵.

Bos, M. G. 1976. Discharge measurment structures, international institute for land reclamation and implovment / LIRI wageningen, the netherlands. Pp: 107-126.

Chanson, H and Montes, J. S. 1998. Over flow characteristics of circular weirs: effects of inflow condition, Journal of Irrigation And Drainage Engineering. Vol.32, No.1, Pp: 152-161.

Chanson, H. 2009. Discussion of hydraulics of broad-crested weirs with varying side slopes, Journal of irrigation and drainage engineering, ASCE, Vol.136, No.7, Pp: 508-509.

Israelsen, O.W and Hanson, V.E. 1962. Irrigation principle and practices. 3rd. ed. New York. 447 p.

Masoudian, M., Gharahgezlou, M. 2012. Flow characteristics of cylindrical weirs in a small laboratory canal, Journal of Science Series Data Report. April, Vol.4, No.4, Pp: 12-23.

Mazlom Shahraki, S and Honar, T. 2012. Check specifications hydraulic cylinder and semi side wire. 9th international congress on civil engineering isfahan university of technology. 19 to 21 May.

-Negm, A. M. Al- Brahim, A. M. and Alhamid, A. A.

تأثیر قطر سرریز بر ضریب دبی و میزان پس‌زدگی آب در تمام زوایای مورد آزمایش اشاره نمود.

منابع

حسینی، م و ابریشمی، ج. ۱۳۹۴. هیدرولیک کانال‌های باز، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، دانشگاه امام رضا(ع)، ۶۱۶ ص.

حیدرپور، م.، ایزدی‌نیا، ا. و سعادت‌پور، ع. ۱۳۸۵. بررسی توزیع فشار روی تاج سرریزهای استوانه‌ای و تاج دایره‌ای با ارتفاعات مختلف، مجموعه مقالات اولین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران، ۱۲ الی ۱۴ اردیبهشت، ۷ ص.

رضویان، ح و حیدرپور، م. ۱۳۸۶. بررسی خصوصیات جریان ترکیبی از روی سرریز مستطیلی با فشردگی جانبی و زیر دریچه مستطیلی بدون فشردگی در حالت لبه‌تیز، مجموعه مقالات نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان، ایران، ۸ ص.

شهابی، م.، طالب بیدختی، ن. و دهقانی، ا. ۱۳۸۹. تعیین ضریب آبگذری دریچه شعاعی در حالت جریان آزاد و مستغرق، مجموعه مقالات نخستین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران، ۲۱ الی ۲۳ اردیبهشت، صص: ۶۰۸-۵۹۹.

علیزاده، ف. ۱۳۹۳. بررسی آزمایشگاهی و عددی میدان جریان اطراف سرریز-دریچه نیم‌استوانه‌ای، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، ۱۰۱ ص.

فیض‌اله، ف.، قدسیان، م. و دهقانی، ا. ۱۳۸۵. بررسی آزمایشگاهی بر روی ضریب تخلیه جریان هم‌زمان دریچه و سرریز جانبی در خم ۱۸۰ درجه، مجموعه مقالات هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، ۸ ص.

قره‌گزلو، م. ۱۳۹۱. بررسی آزمایشگاهی جریان هم‌زمان از مدل ترکیبی سرریز-دریچه استوانه‌ای، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، ۸۴ ص.

قره‌گزلو، م.، مسعودیان، م.، صالحی‌نیشابوری، ع.ا.، نادری، ف. و سوری، ا. ۱۳۹۲. مقایسه آزمایشگاهی ضریب دبی مدل ترکیبی سرریز-دریچه استوانه‌ای و نیم‌استوانه‌ای در کانال کوچک، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۰: ۱۹۵-۱۸۵.

قره‌گزلو، م.، مسعودیان، م.، صالحی‌نیشابوری، ع.ا.، سوری، ا. و نادری، ف. ۱۳۹۱. مقایسه آزمایشگاهی هیدرولیک سرریز-دریچه استوانه‌ای

below submerged gates, Proc. of Al- Mansoura engineering, Vol.3, No.2, Pp: 259-272.

Samani, J. M. V. and Mazaheri, M. 2009. Combined flow over weir and under gate, Journal of hydraulic engineering, Vol.135, No.3, Pp: 224-227.

2002. Combined free flow over weirs and below gates, Journal of hydraulic research, Vol.40, No.3, Pp: 359-365.

Negm, A. M. El-Saiad, A. A. and Saleh, O. K. 1997. Characteristics of combined flow over weirs and

Hydraulic Analysis of Inclination of Half-Cylindrical Weir-Gate With Fixed Opening

S. Ziaefar¹, M. Meftahhalaghi^{2*}, M. Masoudian³, A. dehghani⁴

Recived: Jan.25, 2018

Accepted: Feb.18, 2018

Abstract

Flow control and measurement structures such as gates and weirs are important components in irrigation and drainage networks. With regard to the problem of sedimentation in weirs and the accumulation of floating materials behind the gates, a combined weir-gate structure to facilitate draining of materials through the gate and suspended materials through weir. One of its types is half-cylindrical weir-gate which, due to the curvature of the flow lines and adhesion on body of the structure, it has advantages including ease of passage of floating objects, ease of design, higher flow discharge coefficient compared with other combined structures (sharp-crested and broad-crested, etc.). This research was aimed to analyze the hydraulic of passing flow from half-cylindrical weir-gate structure by rotating around the center and edges half-cylindrical from 0° to 180° with fixed gate opening height. Experiments were done in a rectangular and horizontal flume with 11 meter length and 30cm width under three models of half-cylindrical weir-gate with 70, 120 and 160 mm diameters. The minimum discharge coefficient occurred at 90° and its maximum happened at 45° and 30° angles, respectively. For diameters of 70, 120 and 160 mm, the minimum back water was observed at 0°, 45° and 30°, respectively, and the largest one was observed at 90° for all three diameters. Moreover, in relation to the depth of upstream water to the opening of the fixed valve, for the angles, by increasing diameter, the discharge coefficient of the combined structure decreased. The results showed that, in addition to the angle of the half-cylindrical curvature relative to horizon line, the diameter of the structure is effective on the discharge coefficient and back water of the combined structure.

Keywords: Back water, Combined structure, Discharge coefficient, Rotation axis

1-MSc Graduated of Water structures engineering, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University
Expert of Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2-Associate Professor, Water Engineering Department, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University
3-Associate Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
4-Associate Professor, Water Engineering Department, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University
(*-Corresponding Author Email: meftahhalaghi@gmail.com)