



مطالعه خصوصیات هیدرولیکی جریان از رو و زیر دریچه نیم‌استوانه‌ای با چرخش ۱۸۰ درجه‌ای حول محور مرکزی

فروغ علی‌زاده صنمی^{۱*} - محسن مسعودیان^۲ - مجتبی صنمی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۲۰

چکیده

در این پژوهش به مطالعه خصوصیات هیدرولیکی جریان از رو و زیر دریچه نیم‌استوانه‌ای با چرخش ۱۸۰ درجه‌ای حول محور مرکزی پرداخته شد، به نحوی که از نظر عملکرد سازه می‌تواند ضمن چرخش به صورت سرریز و سرریز-دریچه عمل نماید. آزمایش‌ها در کانالی افقی به طول ۸ متر و عرض ۰/۲۸۲ متر با استفاده از لوله‌های PVC با قطرهای ۰/۷۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر به عنوان دریچه انجام شد. نتایج پژوهش نشان داد در تمام زوایای قرارگیری سازه، ضریب دبی و افت جریان با افزایش عدد فرود، و کاهش پارامتر بی‌بعد a/H (نسبت بازشدگی دریچه به عمق آب بالادست) به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد و با افزایش پارامتر بی‌بعد H/P (نسبت عمق آب بالادست به قطر سازه)، ضریب دبی از مقدار متوسط ۰/۷۴ به ۱/۴۲ افزایش می‌یابد. مقایسه نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار ضریب دبی به ترتیب مربوط به زاویه ۹۰ درجه و زاویه صفر درجه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: افت انرژی جریان، سازه نیم‌استوانه‌ای، سرریز-دریچه، ضریب دبی، هیدرولیک جریان

مقدمه

جدید می‌توان بعضی از محدودیت‌های استفاده جداگانه آن‌ها را برطرف و از مزایای آن‌ها استفاده نمود. به طوری که در این حالت مواد قابل‌تنشین شدن به راحتی از قسمت دریچه خارج و مواد شناور به شکل بهتری از روی سرریز تخلیه می‌شوند. سازه دریچه نیم-استوانه‌ای با محور دوران حول مرکز، به دلیل قابلیت چرخش حول مرکز، به نحوه ساده تبدیل به سازه‌های سرریز، سرریز-دریچه با ارتفاع‌های بازشدگی مختلف (با چرخش خود بازشدگی در دامنه صفر الی شعاع سرریز در ناحیه دریچه، ایجاد می‌نماید) می‌شود. انحنای سرریز به دلیل ایجاد انحنا در خطوط جریان تأثیر بسزایی در کاهش افت و افزایش ضریب دبی نسبت به دیگر انواع سرریز-دریچه‌ها دارد و نحوه قرار گرفتن این انحنا می‌تواند سبب افزایش یا کاهش این اثر گردد.

هایاوی و همکاران (۵) به بررسی سازه ترکیبی سرریز مثلثی و دریچه مستطیلی پرداختند و نتیجه حاصل از مطالعات آنان نشان داد که با افزایش P/H (ارتفاع سرریز به عمق آب بالادست) ضریب دبی کاهش می‌یابد. مزلر (۱۳) ضریب دبی دریچه قوسی را به نسبت عمق آب بالادست دریچه (H)، به فاصله محور دریچه تا کف کانال ($P/2$) ربط داد و برای مقادیر مختلف بازشدگی دریچه و شعاع دریچه گراف-های متعددی که شبیه به خطوط کانتوری هستند را ارائه کرد. رسته

به منظور بهینه‌سازی مصرف آب، مدیریت و حفاظت از منابع آب نقش به‌سزایی دارد و در این راستا عملکرد صحیح سازه‌های کنترل و اندازه‌گیری جریان می‌تواند نقش موثری را ایفا نماید. از میان سازه‌های کنترل و اندازه‌گیری، همچون سرریز و دریچه به‌طور عمده به-علت دارا بودن روابط ساده و نسبتاً دقیق در اندازه‌گیری جریان و کنترل سطح آب کاربرد بیشتری داشته و از قدیمی‌ترین سازه‌های هیدرولیکی ساخته دست بشر می‌باشند (۳ و ۱۲). همواره آب جاری شده در مسیر کانال‌ها دارای ذرات معلق رسوب و مواد شناور بوده که در پشت سرریز و ورودی دریچه تجمع پیدا می‌نمایند و این امر علاوه بر کاهش حجم کانال در محدوده سازه سبب مشکلاتی از جمله آلودگی زمین‌های اطراف به علت سرریز شدن آب از جناحین کانال، به خطر افتادن پایداری سازه و کاهش دقت اندازه‌گیری جریان می‌شود. با ترکیب سرریز و دریچه به عنوان یک سازه هیدرولیکی

۱ و ۲- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

*-نویسنده مسئول: (Email: F.alizadeh@sanru.ac.ir)

۳- دانشیار سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری، تهران

استغراق H_{TW}/H (عمق پایاب به عمق آب بالادست) بر مشخصات هیدرولیکی جریان پرداختند. نتایج آزمایش‌های آنان نشان داد با افزایش پارامترهای بی‌بعد H/a و H/P در حالت مستغرق ضریب دبی کاهش می‌یابد و با افزایش درصد استغراق ضریب دبی کاهش می‌یابد به طوری که تاثیر استغراق بر ضریب دبی از استغراق ۶۰٪ شروع می‌شود. ضیایی‌فر (۱۹) در پژوهشی به بررسی آزمایشگاهی ضریب دبی سرریز - دریچه نیم‌استوانه‌ای در زوایای مختلف قرارگیری و بازشدگی ثابت دریچه در جریان آزاد پرداخت. نتایج تحقیق آن نشان داد ضریب دبی سرریز - دریچه نیم‌استوانه‌ای با افزایش پارامتر بی‌بعد H/a افزایش می‌یابد و بیشترین و کمترین ضریب دبی در زوایای ۳۳۰ و ۹۰ درجه رخ می‌دهد. همچنین نتایج پژوهش ایشان نشان داد در یک H/a ثابت، برای زوایای مورد بررسی با افزایش قطر، ضریب دبی سازه کاهش می‌یابد. به عبارتی علاوه بر زاویه قرارگیری انحنا نیم‌استوانه نسبت به افق، قطر سازه نیز بر ضریب دبی موثر می‌باشد.

مقایسه پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های دیگر در مورد سرریز - دریچه نشان می‌دهد تاکنون تحقیقی در مورد تغییرات ضریب دبی مدل ترکیبی سرریز - دریچه نیم‌استوانه‌ای با بازشدگی متغییر دریچه، انجام نگرفته است لذا در این تحقیق به بررسی پارامترهای تاثیرگذار بر سازه نیم‌استوانه‌ای هنگامی که به عنوان یک دریچه عمل می‌نماید، پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

تحلیل ابعادی

عوامل موثر بر جریان عبوری از سرریز دریچه نیم‌استوانه‌ای عبارتند از:

$$f_0(H, H_w, H_d, P, V, \delta, g, \sigma, \mu, \rho, S_0, D, \alpha, \theta, D, C_d) = 0 \quad (1)$$

که در آن: H : عمق آب در بالادست سازه، H_w : ارتفاع آب بالای سازه ترکیبی، P : طول تصویر سازه، V : سرعت جریان در بالادست، D : قطر سازه، δ : اندازه فشرده‌گی، g : شتاب ثقل، σ : کشش سطحی، μ : لزوجت دینامیکی، ρ : جرم مخصوص سیال، S_0 : شیب فلوم، B : عرض فلوم، α : میزان بازشدگی دریچه، θ : زاویه قرارگیری سازه، H_d : عمق پایاب، C_d : ضریب دبی، ΔH : افت انرژی.

با استفاده از تحلیل ابعادی گروه‌های بدون بعد، مطابق رابطه (۲) حاصل آمده‌اند.

$$C_d = f_1\left(\frac{gH}{V^2}, \frac{\mu}{\rho HV}, \frac{\sigma}{\rho HV^2}, \frac{\delta}{H}, \frac{B}{H}, \frac{\alpha}{H}, \frac{H_w}{H}, \frac{H_d}{H}, \frac{\Delta H}{H}, \frac{H}{D}, S_0, \theta\right) \quad (2)$$

با صرف نظر از مقادیر δ ، S_0 و B به دلایل، عدم وجود فشرده‌گی،

مهندسين ارتش آمریکا (۱۵) طی پژوهش‌هایی ضریب دبی دریچه قوسی در حالت جریان آزاد را به نسبت بازشدگی دریچه (a) و زاویه لبه دریچه با خط افق () ربط داده‌اند و نتیجه را به صورت گرافی ارائه کردند. الحمید (۱) معادله رگرسیونی برای تخمین دبی جریان از روی سرریز مستطیلی فشرده و دریچه مثلثی ارائه نمود. صفرنژاد (۱۶) به بررسی دریچه قطاعی در شبکه آبیاری درودزن فارس پرداخت و برای به‌دست آوردن دبی، رابطه‌ای را پیشنهاد نمود. جان فلو و همکاران (۶) معادلات تئوری برای ضریب و حداکثر بازشدگی مجاز دریچه‌های قطاعی را استخراج نمودند. مسعودیان و همکاران (۷) به بررسی آزمایشگاهی پارامترهای هندسی و هیدرولیکی اثر گذار بر دبی عبوری از دریچه استوانه‌ای پرداختند و نتیجه مطالعات آنان حاکی از آن است که با افزایش مقادیر پارامترهای بدون بعد H/P (نسبت عمق آب بالادست به طول تصویر سازه) و H/a (نسبت عمق آب بازشدگی دریچه) ضریب دبی در ابتدا با شیبی تند از ۰/۴ به ۰/۹ و سپس با شیب کمتر از ۰/۹ به ۰/۹۵ افزایش یافته و در نهایت به مقدار ثابت $C_d = 1$ میل می‌نماید. همچنین نتایج پژوهش آنان نشان داد در یک H/P ثابت، با افزایش بازشدگی دریچه، ضریب دبی کاهش می‌یابد. مسعودیان و همکاران (۱۰) به بررسی تاثیر زاویه قرارگیری سازه ترکیبی سرریز - دریچه نیم‌استوانه‌ای بر میزان افت انرژی جریان پرداختند، نتایج تحقیق آنان نشان داد که در سازه ترکیبی سرریز - دریچه نیم‌استوانه‌ای موقعیت قرارگیری انحنا سازه و زاویه وجه تخت سازه نسبت به افق بر میزان افت انرژی جریان موثر است و در محدوده زوایای مورد آزمایش بیشترین و کمترین میزان افت انرژی به ترتیب در زوایای ۹۰ و ۱۸۰ درجه رخ می‌دهد. قره گزلو و همکاران (۴) به بررسی آزمایشگاهی پارامترهای هندسی و هیدرولیکی موثر بر ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز - دریچه استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای در دبی‌های کم پرداخته‌اند، مقایسه نتایج آنان نشان داد پارامترهای بدون بعد نسبت عمق آب بالادست به بازشدگی دریچه (H/a) و نسبت عمق آب بالادست به ارتفاع سازه (H/P) روی ضریب دبی هر سه نوع سازه ترکیبی (استوانه کامل، نیم استوانه با انحنا در بالادست، نیم استوانه با انحنا در پایین دست) موثرند. مسعودیان و همکاران (۹) به بررسی خصوصیات جریان ترکیبی از سرریز - دریچه نیم‌استوانه‌ای با انحنا در بالادست در زوایای مختلف قرارگیری نسبت به افق و (چرخش سرریز - دریچه حول لبه دریچه به طوری که بازشدگی ثابت باشد) پرداخته و به این نتیجه رسیدند برای تمام زوایا با افزایش پارامترهای بی‌بعد H/P (عمق آب بالادست به قطر سرریز) و H/a (عمق آب بالادست به بازشدگی دریچه) ضریب دبی افزایش می‌یابد و در یک H/a ثابت، برای تمام زوایا با افزایش قطر ضریب دبی کاهش می‌یابد. مسعودیان و همکاران (۸) در تحقیقی به بررسی تاثیر پارامترهای بی‌بعد H/a (عمق آب بالادست به بازشدگی دریچه)، H/P (عمق آب بالادست به ارتفاع سازه) و درصد

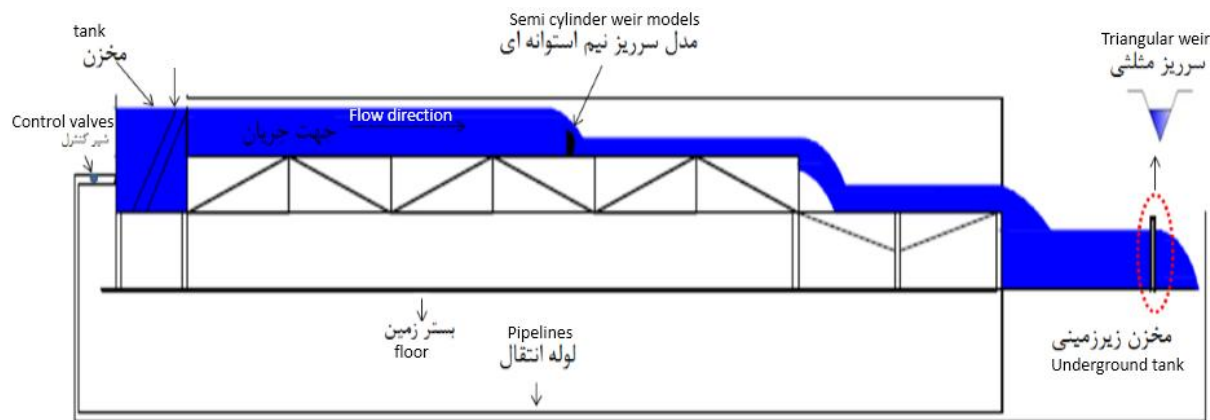
به منظور ساخت سرریزها پی وی سی با سه قطر ۷۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر، برای ساخت مدل سازه نیم‌استوانه‌ای استفاده شد. آزمایش‌ها روی مدل نیم‌استوانه‌ای در دو حالت انحنا به سمت بالادست و انحنا به سمت پایین‌دست برای زوایای صفر تا ۹۰ درجه با بازشدگی متغیر (از صفر تا شعاع سازه)، در محدوده دبی ۲-۲۷ لیتر بر ثانیه، محدوده نسبت ارتفاع سازه به عرض کانال محدوده $0/57 < D/B < 0/25$ و ترکیبات مختلف دبی و عمق جریان آب بالادست در شرایط جریان آزاد و محدوده اعداد فرود $0/55 < Fr < 0/12$ و عدد رینولدز $25000 < Re < 500000$ انجام شد. به عبارت دیگر، جریان ورودی زیربحرانی و آشفته بوده است.

ثابت بودن مقادیر S_0 و B رابطه فوق به صورت زیر خلاصه می‌گردد.

$$C_d = f_2(Fr^2, We, Re, \frac{B}{H}, \frac{a}{H}, \frac{H}{P}, \frac{H}{D}, \frac{H_w}{H}, \frac{\Delta H}{H}, \theta) \quad (3)$$

تجهیزات آزمایشگاهی

آزمایش‌ها در کانالی با مقطع عرضی مستطیلی و افقی به طول ۸ متر، عرض ۰/۲۸۲ متر و ارتفاع ۰/۳ متر، دیواره‌هایی به ضخامت ۱۰ میلی‌متر از جنس شیشه در بستر صاف و صلب واقع در آزمایشگاه پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری انجام شد. آب در سیکل بسته، شامل اجزای نشان داده شده در شکل (۱) جاری گردید.



شکل ۱- شمای توصیفی فلوم آزمایشگاه پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
Figure 1- A plan of flume (SCWMRI)



شکل ۲- تصویر فلوم آزمایشگاه پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
Figure 2- A Photo of flume laboratory (SCWMRI)

در این فرمول Q_g : دبی عبوری از زیر دریچه، C_{dg} : ضریب آنگذری دریچه، a : میزان بازشدگی دریچه b : عرض کانال، H : عمق جریان در بالادست دریچه و g : شتاب ثقل است.

باس (۲) در مطالعه‌ای که در مورد سرریزهای لوله‌ای انجام داد به این نتیجه رسید که فرمول دبی سرریزهای لوله‌ای مطابق رابطه (۵) می‌باشد.

$$Q_w = C_{dw} b \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} g H_w^{1.5}} \quad (5)$$

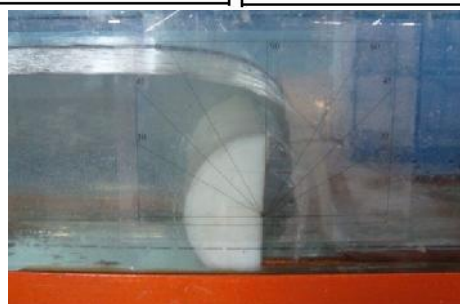
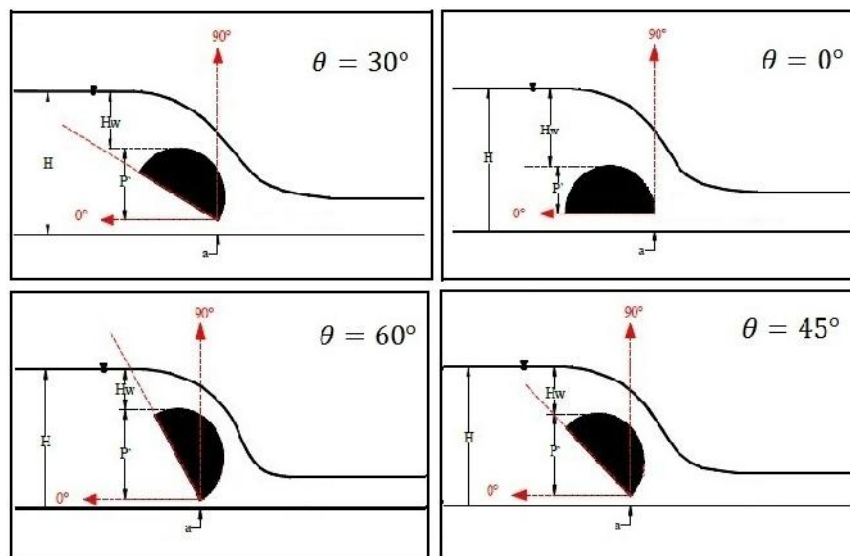
که در آن Q_w : دبی عبوری از سرریز استوانه‌ای، H_w : ارتفاع آب روی سرریز و C_{dw} ضریب آنگذری سرریز است. بنابراین ضریب دبی سازه ترکیبی از رابطه (۶) بدست می‌آید.

برای کاهش تلاطم جریان ورودی به کانال، از صفحات آرام‌کننده و توری مشبک استفاده شد. سرریز در فاصله ۴ متری از ابتدای کانال نصب گردید. آزمایش‌های مربوط به هر قطر حداقل در ۶ دبی صورت گرفت و در هر دبی ارتفاع آب روی سرریز مثلثی جهت اندازه‌گیری دبی ورودی، عمق آب در بالادست سازه (در فاصله ۵ برابر ارتفاع آب روی سرریز) و عمق پایاب توسط عمق‌سنج با دقت $\pm 0/1$ میلی‌متر برداشت شد. در شکل (۳) شمای توصیفی مدل نیم‌استوانه‌ای را نمایش می‌دهد.

برآورد ضریب دبی جریان

رابطه عمومی برآورد دبی دریچه به صورت رابطه (۴) می‌باشد.

$$Q_g = C_{dg} a b \sqrt{2gH} \quad (4)$$



شکل ۳- مقطع سرریز دریچه نیم‌استوانه‌ای در حالت انحنا به بالادست و انحنا به پایین دست
Figure 3- Section of the semi-cylindrical wire-gate in the upstream curve and downstream curve

نتایج و بحث

نتایج آزمایش‌ها پس از بررسی صحت و پایش داده تحلیل گردیده و با توجه به روابط فوق الذکر افت و ضریب دبی به صورت تابعی از پارامترهای بدون بعد $\frac{\Delta H}{H}$ ، $\frac{a}{H}$ ، $\frac{H}{p}$ و Fr مورد بررسی قرار گرفتند.

شکل ۴ تغییرات ضریب دبی را در مقابل نسبت بی‌بعد a/H (نسبت بازشدگی دریاچه به عمق آب بالادست) برای زوایا و قطرهای مورد بررسی نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌گردد برای زوایای مورد بررسی با کاهش نسبت بی‌بعد a/H ضریب دبی افزایش می‌یابد به طوری که بیشترین ضریب دبی مربوط به زاویه ۹۰ درجه و کمترین مربوط به زاویه صفر درجه می‌باشد. با توجه به نمودار، برای زوایای ۹۰، ۶۰ و ۴۵ درجه بیشترین ضریب دبی مربوط به قطر ۱۶۰ میلی‌متر و کمترین مربوط به ۷۰ میلی‌متر و برای زوایای ۳۰ و صفر درجه روند خاصی مشاهده نمی‌شود H که با پژوهش راجاراتنام (۱۷) و تاج (۱۸) که به بررسی ضریب دبی جریان دریاچه‌های قطاعی پرداختند، همخوانی دارند.

$$C_d = \frac{Q_s}{b \sqrt{\frac{2}{3} g H_W^{1.5} + a b \sqrt{2gH}}} \quad (6)$$

که در آن Q_s دبی عبوری از سازه ترکیبی می‌باشد (۵).

برآورد افت انرژی دریاچه

معادله انرژی بین دو مقطع به صورت زیر نوشته می‌شود.

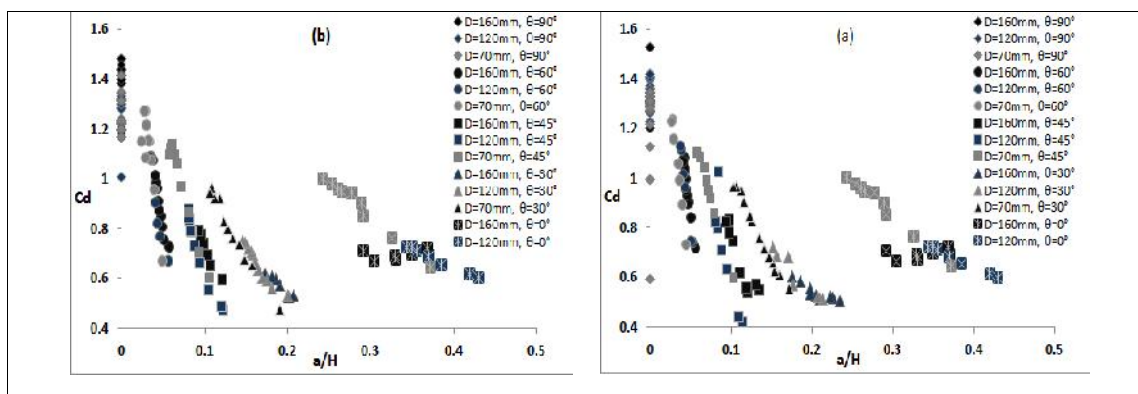
$$H_1 + \frac{V_1^2}{2g} = H_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta Z + \Delta H \quad (7)$$

در رابطه فوق H_1 : عمق آب در مقطع ۱ (متر)، V_1 : سرعت آب در مقطع ۱ (متر بر ثانیه)، H_2 : عمق آب در مقطع ۲ (متر)، V_2 : سرعت آب در مقطع ۲ (متر بر ثانیه)، ΔZ : اختلاف ارتفاع بین مقطع ۱ و ۲ و در نهایت ΔH : افت انرژی بین مقطع ۱ و ۲ است. در تحقیق حاضر با توجه به افقی بودن کانال آزمایشگاهی ΔZ برابر صفر است. محدوده پارامترهای ثابت و متغیر هیدرولیکی و هندسی در جدول (۱) آورده شد.

جدول ۱- مشخصات کلی و محدوده پارامترهای هیدرولیکی و هندسی

Table 1- General Characteristics and range of hydraulic and geometric parameters

محدوده تغییرات Ranges	نماد و واحد Symbols and units	پارامتر parameter	
صفر (Zero)	S_0	شیب کانال Channel slope	
۷۰ - ۱۶۰	D (mm)	قطر سرریز Weir diameter	
صفر - شعاع Radius - Zero	a (mm)	بازشدگی دریاچه Gate opening	پارامترهای هندسی geometric parameters
۲۸	B (mm)	طول دریاچه Gate Length	
۲۸۲	b (mm)	عرض کانال Channel width	
۲-۲۷	Q_s (Lit/s)	دبی Discharge	
۲۵۰۰۰ - ۵۰۰۰۰۰	Re_{up}	عدد رینولدز Reynolds number	
۰/۰۱۲ - ۰/۵۵	Fr_{up}	عدد فرود Froude number	پارامتر هیدرولیکی hydraulic parameters
۰/۴ - ۸	y_{down} (cm)	عمق پایاب Tail water	
۷/۵ - ۲۰/۳۰	y_{up} (cm)	عمق آب بالادست Water depth upstream	



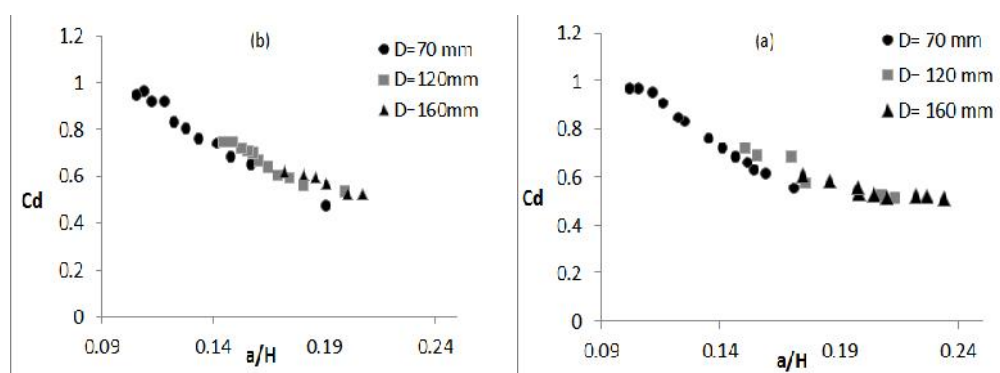
شکل ۴- پارامتر بی بعد a/H در برابر ضریب دبی برای زوایای و قطرهای مختلف، (a) انحنا به سمت بالادست و (b) پایین دست
Figure 4- a/H dimensionless parameter against discharge coefficient, for different angles and diameters, a) Upstream curve and b) Downstream curve

دو حالت انحنا به سمت بالادست و انحنا به سمت پایین دست، ضریب دبی افزایش می یابد. و در یک H/P ثابت با افزایش قطر ضریب دبی تقریباً ثابت است. همانطور که از نمودارهای سه قطر پیدا است در یک H/P ثابت، ضریب دبی در حالت انحنا به سمت بالادست بیشتر از حالت انحنا به سمت پایین دست می باشد که می توان این گونه استنتاج کرد که انحنا نیم استوانه سبب جمع شدن خطوط جریان و ایجاد حالت آترو دینامیکی در مقطع ورودی و در نتیجه کاهش مقاومت در برابر جریان و افت ورودی می گردد و ضریب دبی سازه را افزایش می دهد.

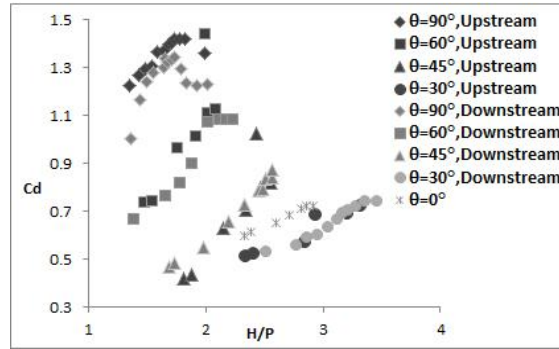
شکل ۸ تغییرات عدد فرود در برابر نسبت بی بعد $\frac{\Delta H}{H}$ را برای

زوایای و قطرهای مورد بررسی در حالت انحنا به سمت بالادست و انحنا به سمت پایین دست نشان می دهد.

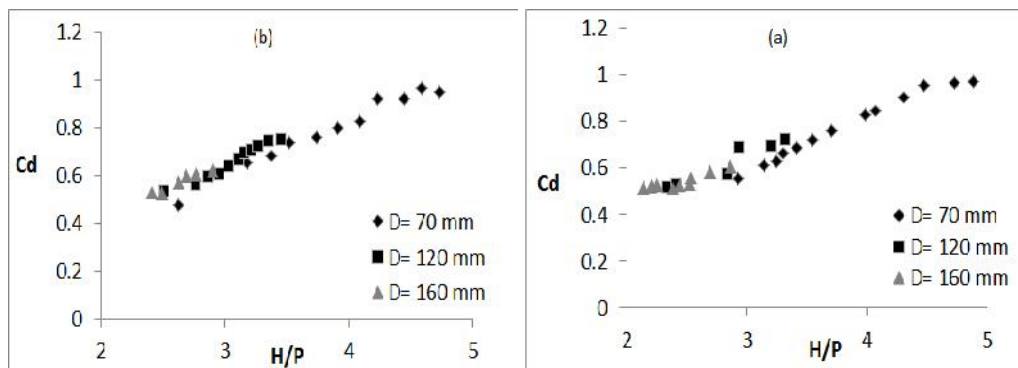
شکل (۵) پارامتر بی بعد a/H را در برابر ضریب دبی برای قطرهای ۷۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی متر را در زاویه ۳۰ درجه نسبت به افق در حالت انحنا به سمت بالادست و انحنا به سمت پایین دست نشان می دهد. نتایج بیانگر آن است که در یک a/H ثابت، برای انحنا به سمت پایین دست و بالادست، با افزایش قطر ضریب دبی تقریباً ثابت بوده و این در حالی است که در پژوهش ضیائی فر (۱۹) که به بررسی آزمایشگاهی ضریب دبی سرریز- دریچه نیم استوانه ای با بازشدگی ثابت پرداخت، برای زوایای مورد بررسی بیشترین و کمترین ضریب دبی به ترتیب مربوط به قطر ۷۰ میلی متر و ۱۶۰ میلی متر بوده است که بیانگر آن است که در سرریز- دریچه نیم استوانه ای موقعیت انحنا سرریز و زاویه قرارگیری، تاثیر بیشتری نسبت بازشدگی دریچه هم بر ضریب دبی عبوری دارد. نتایج شکل (۶) و (۷) حاکی از آن است با افزایش H/P برای هر



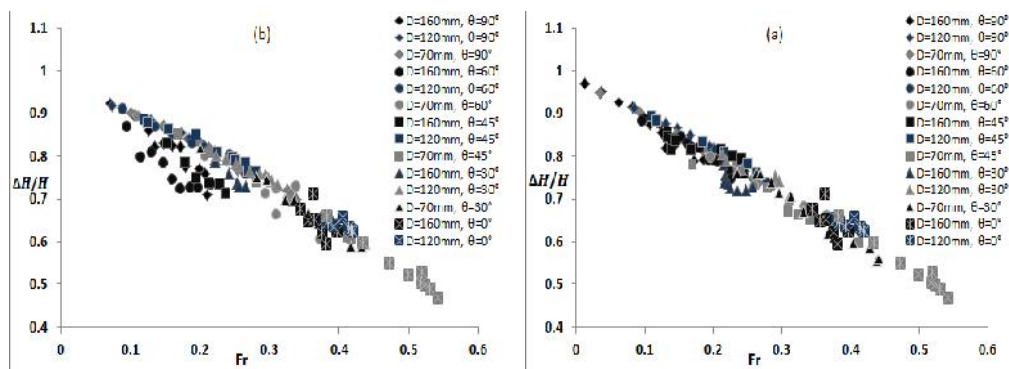
شکل ۵- پارامتر بی بعد a/H در برابر ضریب دبی برای قطرهای مختلف و زاویه ۳۰ درجه، (a) انحنا به سمت بالادست و (b) پایین دست
Figure 5- a/H dimensionless parameter against discharge coefficient, for different diameters and 30 angle, a) Upstream curve and b) Downstream curve



شکل ۶- پارامتر بی بعد H/P در برابر ضریب دبی برای زوایای مختلف و قطر ۱۲۰ میلی متر
Figure 6- a/H dimensionless parameter against discharge coefficient, for different angles and diameter of 120 mm



شکل ۷- پارامتر بی بعد H/P در برابر ضریب دبی برای قطرهای مختلف و زاویه ۳۰ درجه،
Figure 7- H/P dimensionless parameter against discharge coefficient, for different diameters and 30 angle,
a) Upstream curve and b) Downstream curve



شکل ۸- عدد Fr در برابر نسبت $\frac{\Delta H}{H}$ برای زوایای و قطرهای مختلف (a) انحنا به سمت بالادست و (b) پایین دست
Figure 8- Fr number against $\frac{\Delta H}{H}$, for different diameters and angles, a) Upstream curve and b) Downstream curve

دست نسبت $\frac{\Delta H}{H}$ روند کاهشی داشته، که این روند در تمامی قطرهای مورد مطالعه دیده شد. همچنین در یک عدد فرود و زاویه ثابت، با

با توجه به نتایج، با در نظر گرفتن یک زاویه ثابت با افزایش عدد فرود برای تمام زوایا در هر دو حالت انحنا به سمت بالادست و پایین-

استوانه‌ای سبب انحنای جریان و افزایش مکش و بیشتر شدن ضریب دبی می‌گردد. از دیگر نتایج می‌توان به وسیع‌تر بودن محدوده ضریب دبی پژوهش حاضر اشاره نمود، و دلیل این امر را می‌توان در پروفیل توزیع سرعت لایه مرزی جستجو کرد.

افزایش قطر نسبت بی‌بعد $\frac{\Delta H}{H}$ ثابت می‌باشد.

مقایسه نتایج با دستاوردهای پژوهش‌های دیگر

پژوهش‌های نجم و همکاران (۱۷) و رضویان و حیدرپور (۴) بر روی سرریز دریاچه مستطیلی و قره‌گزلو و همکاران (۵) و مسعودیان و همکاران (۱۰) بر روی سرریز دریاچه نیم‌استوانه‌ای نشان داد ضریب دبی پژوهش آنان به ترتیب در محدوده $0.51 < C_d < 0.68$ ، $0.55 < C_d < 0.61$ ، $0.38 < C_d < 0.96$ و $0.75 < C_d < 1.05$ متغیر است، در حالی که نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد در سرریز- دریاچه نیم- استوانه‌ای ضریب دبی بیشتر و در محدوده $0.42 < C_d < 1.45$ متغیر است؛ که می‌توان این گونه بیان نمود که انحنای سازه نیم-

نتیجه‌گیری

دریاچه نیم‌استوانه‌ای با محور دوران حول مرکز، به دلیل قابلیت چرخش حول مرکز، به نحوه ساده تبدیل به سازه‌های سرریز، سرریز- دریاچه با ارتفاع‌های بازشدگی مختلف می‌شود. انحنای سرریز به دلیل ایجاد انحنا در خطوط جریان تأثیر بسزایی در کاهش افت و افزایش ضریب دبی نسبت به دیگر انواع سرریز- دریاچه‌ها دارد و نحوه قرار گرفتن این انحنا می‌تواند سبب افزایش یا کاهش این اثر گردد.

جدول ۲- مقایسه‌ی محدوده ضریب دبی پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های دیگر

Table 2- Comparison of discharge coefficient of this study and the results of other researchers

نتیجه Results	محدوده آزمایش Test range	موضوع subject	محقق Researcher
$0.51 < C_d < 0.68$	$2.5 < H/a < 7.6$ $0.647 < b/a < 5$ $0.473 < y/a < 4$	بررسی جریان ترکیبی سرریز مستطیلی با فشردگی جانبی و دریاچه مستطیلی با فشردگی جانبی Combined free flow over weirs and below gates	نجم و همکاران، ۲۰۰۲ Najm et al, 2002.
$0.55 < C_d < 0.61$	$3 < H/a < 7$ $2 < b/a < 4.5$ $1.5 < y/a < 2.67$	بررسی جریان ترکیبی از روی سرریز مستطیلی با فشردگی جانبی و زیر دریاچه مستطیلی بدون فشردگی و لبه‌تیز Investigating the characteristics of the combinational flow through a compressed rectangular Weir and under the rectangular Gate without compression in the Sharpe -Edge Model	رضویان و حیدرپور، ۱۳۸۶ Razavian and Heydarpour, 2007.
$0.38 < C_d < 0.96$	$5.5 < H/a < 13$	بررسی آزمایشگاهی ضریب دبی مدل ترکیبی سرریز-دریاچه استوانه‌ای و نیم‌استوانه‌ای در کانال کوچک Laboratory investigation of Combination of cylindrical and semi cylindrical weir-gate model in a small channel	قره‌گزلو و همکاران، ۱۳۹۲ Gharaqezlo et al, 2013
$0.75 < C_d < 1.05$	$3 < H/a < 16$	بررسی ضریب دبی جریان سرریز- دریاچه نیم‌استوانه‌ای و تعیین رابطه‌ی آن با ضریب دبی دریاچه‌ی و سرریز جداگانه The Coefficient Discharge semi cylindrical weir-gate and set its relation Coefficient Discharge gate and wire	مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۲ Masoudian et al. 2013.
$0.42 < C_d < 1.45$	$1.05 < H/D < 2.7$ $0.1 < F_r < 0.58$ $0.105 < H_w/H < 0.75$	مطالعه خصوصیات هیدرولیکی جریان از رو و زیر دریاچه نیم- استوانه‌ای با چرخش ۱۸۰ درجه‌ای حول محور مرکزی Experimental Study of Flow Over and Under Half-Cylindrical Gate with Rotation 180 Degree Around Central Axis	تحقیق حاضر This research

در هر دو انحنا به بالادست و انحنا به پایین دست روند کاهش می‌دهد. خطی داشته، که این روند در تمامی قطره‌های مورد مطالعه دیده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد بیشترین میزان ضریب در یک مقدار ثابت دبی و پارامتر بی بعد عمق آب بالادست به تصویر سرریز، برای حالت انحنا به بالادست و پایین دست، در زاویه ۹۰ درجه از مقدار ۱ به ۱/۴۵، به علت عمود قرار گرفتن سرریز و کاهش تاثیر انحنا سرریز بر انحنا خطوط جریان رخ می‌دهد.

بر این مبنا نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که ضریب دبی دریچه نیم استوانه‌ای با چرخش حول مرکز نیم استوانه در حالت‌های سرریز و سرریز -دریچه از زوایای صفر تا ۹۰ درجه در حالت انحنا به بالادست و پایین دست به نسبت بی بعد a/H و H/P وابسته بوده و به ترتیب با نسبت‌های H/P و a/H رابطه مستقیم و معکوس دارد. با در نظر گرفتن قطر و دبی ثابت، با افزایش زاویه، ضریب دبی هر دو حالت انحنا نیم استوانه به بالادست و پایین دست از مقدار ۰/۴۲ به ۱/۴۵ افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش عدد فرود، نسبت بی بعد

منابع

- 1- Alhamid A A., Husain D., and Negm A. M. 1996. Discharge Equation for Combined flow Over Rectangular Weirs and below Inverted Triangular Gates weirs. Arab Gulf Journal for Scientific Research, vol.14,no.3,Riyadh.Saudi Arabia. pp.595-607.
- 2- Bos M. G. 1976. Discharge Measurement structures. International Institute for land Reclamation and Employment /LIRI Wageningen, the Netherlands.P:107- 126.
- 3- Beyrami M.K. 2009. Structures Water transfer. University of Technology. Seventh Edition. Pp. 462.(in Persian)
- 4- Gharahgezlou M., Masoudian M., Salehi Neyshabouri S.A.A., Naderi F., and Severi A. 2013. Laboratory investigation of Combination of cylindrical and semi cylindrical weir- gate model in a small canal.J. of water and Soil Conservation, Vol. 20(1), 2013.Pp: 185-198.(in Persian with English abstract).
- 5- 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, Vol.24, No.1, Pp: 9- 22.
- 6- Jun-Fu Y., Chih-Han L., and Chang-Tai T. 2001. Hydraulic Characteristics and discharge control of sluice gates, Journal of Chinese Institute of Engineers. Vol.24, No.23, Pp: 301- 310.
- 7- Masudian M., Gharagezlo M., and Haber B. (2012).The impact of hydraulic and geometric parameters cylindrical gate discharge coefficient. InnovaCiencia. July, 2012. Vol.4, No.7, Pp: 61- 72
- 8- Masoudian M., Gharegezlo M., Naderi F., and Fenderski N. 2012. Hydraulic submerged flow in midel semi chlinfer wire- gate. The fifth conference of watershed management and soil and water resources. Kerman.(in Persian)
- 9- Masoudian M., Gharahgezlou M., Severi A., and Ziaefar S. 2011. Characterization of Combination of semi cylindrical wire -gate curvature Upstream positioned at different degree to the horizon. Eleventh Conference on Irrigation and evaporation Reduction. (in Persian)
- 10- Masoudian M., Gharahgezlou M., Severi A., and Ziaefar. 2012. The effect rotation semi cylinder weir- gate on the flow rate of loss energy. Eleventh Conference Hydraulic Iran. (in Persian).
- 11- Masoudian M., Fenderski F., and Gharegezlo M. 2014. Study discharge coefficient of cylinder wire- gate and determine its relationship with the coefficient gate flow and a wire separate. Journal of Water Resources Engineering, Vol. VI, pp. 62-51.
- 12- Majmodian Shoshtari M. 2010. flow in open channels, shahid Chamran University, Ahvaz, Iran, 985 p. (in Persian)
- 13- Metzler D E. A model study of tainter gate operation.M.Sc. Thesis. Iowa State University. Iowa City.Iowa. 1948.
- 14- Negm A.M., Al-Brahim A.M., and Alhamid A.A. 2002. Combined free flow over weirs and below gates. J. Hydraul. Res. 40: 359-365
- 15- U.S. Army Engineers Waterways Experiment Station. 1959. Hydraulic Design Criteria.Charts. 320-3 to 320-8.
- 16- Safarnezhad D. 1991. Govern the determination of the arc discharge gate mounted on irrigation canals. MS Thesis, University of Shiraz. (in Persian with English abstract).
- 17- Rajaratnam N., and Subramanya K. 1967. Flow equation for the sluice gate. J. Hydrural. Div., Am. Soc. Civ. Eng. 93: 4. 57-77.
- 18- Toch A. 1955. Discharge characteristics of Tainter gates. ASCE Trans. Am. Soc. Civ. Eng. 120: 290-300.
- 19- Ziaefar S. 2014. Experimental Investigation of semi cylindrical weir – gate discharge Coefficient with various position angles in free flow. Master Thesis hydraulic structures. Gorgan University. 164 pp. (in Persian with English abstract).



Experimental Study of Flow over and Under Half-Cylindrical Gate with Rotation 180 Degree around Central Axis

F. Alizadeh Sanami^{*1} - M. Masoudian² - M. Saneie³

Received: 22-07-2014

Accepted: 10-05-2015

Introduction: Because of the fairly simple equations for accurate flow measurement and controlling the water level, weir and gate method is more useful than the separate weir, gate and partial flume methods. Since the flowing water in the channel always contains sediment particles and floating debris, they are deposited at the gate inlets and behind the weirs which reduces the size of the channel in the structure range and which reduces some problems such as neighboring land flooding due to overflow of water from the channel banks, threatening the structure stability and reducing the measurement accuracy. Using a combination of weir- gate model, in comparison with other conventional devices, will make it possible to get the actual conditions closer to main hypotheses derived from the relations and accurately measure the discharge coefficient. In this model, the deposited materials are easily passed through the gates and the suspended debris are easily passed over the weirs. One of the combined weir- gate structures is semi cylindrical weir- gate structure. Regarding about the form of the combined weir- gate structures, it has some advantages, including simple design, sediments and floating material flow, high flow discharge coefficient compared with other replaceable structures and its being economic. Semi Cylindrical gate turning around center Axis, for reason of rotation the center becomes Conversion to wire gate with opening with different height.

Materials and Methods: The experiments were conducted in a rectangular flume with the length of 8 m, width of 0.282 m and height of 0.3 m in Soil Conservation and Watershed Management Research Institute. In this research, PVC pipes were used as semi cylindrical gate structures. The experiments were conducted for three diameters 70, 120 and 160 mm with height of the opening between zeros until radius, angles zero, 30, 45, 60 and 90 degree and differently discharging. Experiments were performed at a discharge limit of 2-27 l/s. In order to decrease turbulence of the flow, the gate was installed at the end 4 m of the flume. The ratio of cylindrical structure diameter to channel width (D/B) was in the range of 0.25 to 0.57 and the Froude number was in the range of 0.08 to 0.55.

Results and Discussion: Coefficient discharge of semi cylindrical structure and then dimensionless parameters of $[H/P]$, $[a/H]$, $[\Delta H / H]$ and $[Fr]$ against the discharge coefficient in the studied gate opening between zero until radius were investigated. According to result with decrease dimensionless parameter of a/H , discharge coefficient increased, So that the maximum Coefficient discharge rate of angle 90 degrees and minimum angle 0 degrees. Also in a constant of a/H for the curvature of the downstream and upstream, with increasing the diameter of semi cylinder, discharge coefficient remains and has no change, shows that changes in diameter of semi cylinder have no significant impact on discharge coefficient. With increasing H/P for both curves upstream and the downstream, discharge coefficient increased. Also in a constant of H/P for the curvature of the downstream and upstream, with increasing the diameter of semi cylinder, discharge coefficient remains. With constant of angles with increasing Freud for all angles, both the curvature of the downstream and upstream, $\Delta H / H$ decreased. Also in a constant of Freud and angles, with increasing the diameter of semi cylinder, $\Delta H / H$ remains. According to the result, discharge coefficient of semi cylindrical gates varies, in Experimental limit, from 0.45 to 1.45 which is more than that of sluice gates reported by the USBR. One of the reasons, this is ascribed to this is the difference between the amount of entrance, head loss in this structure, because when the flow approaches cylindrical gate, due to curvedness of the wall upstream, a gradual gathering of flow lines gives the aerodynamic method to entrance section, thus decreasing resistance against the flow and entrance head loss and increasing discharge coefficient. However, in sluice gates the vertical wall in entrance section is conducive to fast gathering of flow line, thereby increasing resistance against flow, increasing entrance head loss, and decreasing discharge coefficient relative to a semi cylindrical method.

1 and 2- Graduate Master and Assistant Professor of Water Engineering Department, Agricultural Sciences and Natural Resources of Sari University, Sari, Iran, Respectively

(*-Corresponding Author Email: F.alizadeh@sanru.ac.ir)

3- Associate Professor of Hydraulic Structures, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREO), Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran

Conclusion: The results showed that increasing Froude coefficient and decreasing the a/H (ratio of gate opening to upstream water depth) dimensionless parameter decrease, respectively increase the discharge coefficient and decrease head loss in all aspects of structural alignment. Within addition by increasing the H/P dimensionless parameter (ratio of upstream water depth to structure diameter) discharge coefficient increased. Results showed that the maximum and minimum values of discharge coefficient are related respectively to 90 degree and 0 degree angle.

Keywords: Flow Loss, Discharge Coefficient, Hydraulic Flow, Semi-Cylindrical Structure, Weir-Gate