Gonbad Kavous University

Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment

Online ISSN: 2981-0280

Homepage: https://nawee.gonbad.ac.ir

Analysis of the Hydraulic Performance of a Middle–Hinged Gate in Weir and Gate Modes

Samira Salamati[1], Mohsen Masoudian[2*]

[1]Department of Water Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Mazandaran, Iran.

[2] Department of Water Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Mazandaran, Iran.

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 21 October 2024

Revised form 30 November 2024

Accepted 12 February2025

Published online 28 June 2025

Keywords:

Hinged Gate

middle-hinged

discharge coefficient

Weir-gate

ABSTRACT

Objective: Gates are devices used to regulate flow rates or water levels. A middle-hinged gate can operate as a weir and a gate, or a combination of both by rotating around its hinge.

Methods: This study analyzes the hydraulic performance of the middle-hinged gate in three modes using a laboratory model. The structure of the middle-hinged gate model is constructed from two equal parts without lateral compression, rotating around a central hinge. Experiments were conducted in a rectangular, non-sloping channel with 3.7 meters in length and 14 centimeters in width.

Results: The experimental results indicate that in the weir mode, when the blade rotates in the upper half, at sharp angles (30 degrees), with rotating downstream at a constant upstream water height, an average of 3.17% more discharge passes through it. As the angle increases, the direction of rotation (upstream or downstream) has little effect on flow rate changes. In the gate mode, at a constant upstream water height, after an angle of 90 degrees, both the angle and the direction of rotation do not affect the discharge. Additionally, in the weir-gate mode, at a constant water height, an increase in angle in the weir (the gate angle is 30° and the weir angle increases from 30° to 45°) has 48.6% less discharge than the same increase in the gate mode (the weir angle is 30° and the gate angle increases from 30° to 45).

Conclusions: The results of this study showed that in the weir mode, when the blade rotates in the upper half and downstream, it creates better hydraulic conditions. In the gate mode, the angle of rotation towards the upstream side increases the discharge because there is less resistance the downstream side. In the weir-gate mode, it can also be said that at a constant water height, the effect of the gate is greater than that of the weir.

*Corresponding author**:** E-mail: masoudian@sanrru.ac.ir

Cite this article: Salamati, S., & Masoudian, M. (2024). Analysis of the Hydraulic Performance of a Middle-Hinged Gate in Weir and Gate Modes. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, http//doi.org/

© The Author(s).

Publisher: Gonbad Kavous University.

DOI: http//doi.org/10.22034/nawee.2025.484734.1111

رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست
شاپا الکترونیکی: ۲۹۸۱-۰۲۸۰
Homepage: https://nawee.gonbad.ac.ir

تحلیل عملکرد هیدرولیکی دریچه میان لولایی در حالت سرریز و دریچه

سمیرا سلامتی[۱]، محسن مسعودیان*[۲]

[۱]گروه مهندسی آب، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران
[۲] گروه مهندسی آب، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۳۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۹/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۰۷

کلیدواژه‌ها:
دریچه لولایی
میان‌لولایی
ضریب دبی سرریز
ضریب دبی دریچه

چکیده

هدف: دریچه‌ها سازه‌هایی هستند که برای تنظیم دبی و یا سطح آب استفاده می‌شوند. دریچه میان لولایی با چرخش حول لولای خود می‌تواند به صورت سرریز، دریچه و یا ترکیب سرریز- دریچه عمل کند.

مواد و روش: در این تحقیق عملکرد هیدرولیکی دریچه میان لولایی در سه حالت با استفاده از مدل آزمایشگاهی مورد تحلیل قرار گرفته است. مدل سازه دریچه میان‌لولایی از دو قسمت مساوی بدون فشردگی جانبی ساخته شده که حول لولای مرکزی دوران می‌کند. آزمایش‌ها درکانالی مستطیلی و بدون شیب به طول ۳/۷ متر و عرض ۱۴ سانتی‌متر انجام شد.

یافته‌ها: نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که در حالت سرریز زمانی که تیغه در نیمه بالایی چرخش دارد، در زوایای تیز (۳۰ درجه) چرخش به سمت پایین دست در یک ارتفاع آب بالادست ثابت، به طور میانگین ۳/۱۷ درصد دبی بیشتری از خود عبور می‌کند و هرچه زاویه بیشتر شود جهت چرخش به سمت بالادست یا پایین دست تأثیر زیادی بر میزان تغییرات دبی ندارد. در حالت دریچه در یک ارتفاع آب بالادست ثابت، از زاویه ۹۰ درجه به بعد، هم زاویه و هم جهت چرخش تاثیری بر دبی عبوری ندارد. همچنین در حالت سرریز- دریچه، در یک ارتفاع آب ثابت، افزایش زاویه در حالت سرریز (زاویه دریچه ۳۰درجه و زاویه سرریز از ۳۰ درجه به ۴۵ درجه افزایش یابد) نسبت به همان میزان افزایش در حالت دریچه (زاویه سرریز ۳۰درجه و زاویه دریچه از ۳۰ درجه به ۴۵ درجه افزایش یابد)، ۶/۴۸ درصد دبی کمتری از خود عبور می‌دهد.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در حالت سرریز، زمانی که تیغه در نیمه بالایی و در پایین‌دست می‌چرخد، شرایط هیدرولیکی بهتری ایجاد می‌کند. در حالت دریچه، زاویه چرخش به سمت بالادست باعث افزایش دبی جریان می‌شود، زیرا افت کمتری نسبت به زاویه چرخش به سمت پایین‌دست وجود دارد. در حالت سرریز- دریچه نیز می‌توان گفت، در یک ارتفاع آب ثابت، اثر دریچه، از سرریز بیشتر است.

***نویسنده مسئول**، Email: masoudian@sanrru.ac.ir

استناد: سلامتی، سمیرا؛ و مسعودیان، محسن. (۱۴۰۴). تحلیل عملکرد هیدرولیکی دریچه میان لولایی در حالت سرریز و دریچه. *رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست*،
http//doi.org/ nawee.2025.484734.1111/۱۰,۲۲۰۳۴

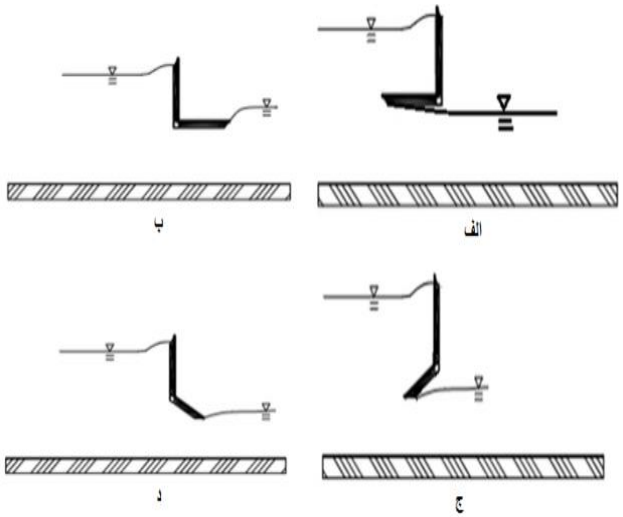
ناشر: دانشگاه گنبد کاووس.
© نویسندگان.

مقدمه

دریچه‌ها از جمله سازه‌های کنترل کننده جریان هستند که در شکل‌ها و با نحوه عملکردهای متفاوتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. از جمله محل‌های استفاده دریچه‌ها می‌تواند در روی تاج سرریزهای لبه‌تیز یا در محل خروج آب از دریاچه به رودخانه و کانال باشد. هرنوع دریچه امتیازات و معایب مربوط به خود را داشته و با توجه به موقعیت کاربرد و خصوصیات استفاده از آن، می‌توان یکی از انواع را انتخاب نمود (تقوی و آذرپیوند ۱۳۹۶).

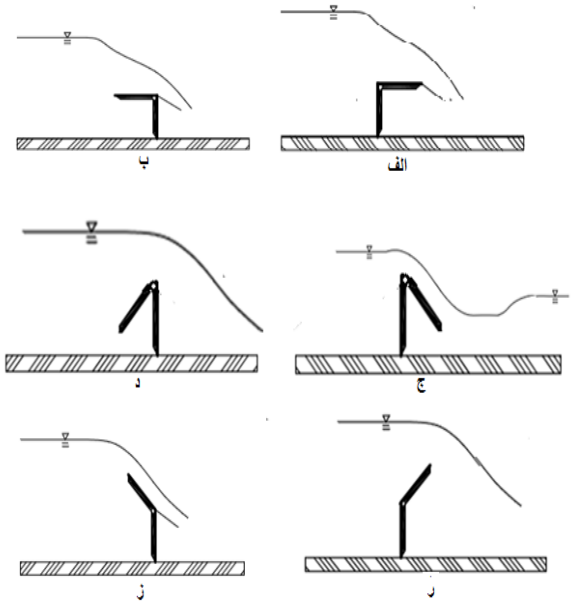
کانال‌های آبیاری براساس حداکثر آب مورد نیاز آبیاری طراحی می‌شوند. میزان آب مورد نیاز تابعی از زمان بوده و در طول دوره زراعی ثابت نیست و این خصوصیت، نوسان در تراز سطح آب در کانال را به همراه دارد. بنابراین نیاز به طراحی و اجرای یک سازه است که بتواند اثر نوسانات دبی در کانال اصلی را کنترل نموده و با یک ضریب اطمینان مناسب مقدار آب مورد نیاز کانال فرعی را تامین نماید. در عمل تراز سطح آب به وسیله سازه‌های آب‌بند و یا تنظیم کننده‌های عرضی کنترل می‌گردد، به طوری که عمق آب مورد نیاز در محل آبگیر تثبیت شده و امکان آبگیری در حد ظرفیت طراحی برای کانال فرعی همواره وجود داشته باشد (منعم و کیاپاشا ۱۳۸۸). همچنین در زمان‌هایی که دبی عبوری حداکثر است، این سازه کنترل و تنظیم کننده سطح آب باید کمترین افت را در مسیر جریان ایجاد نماید تا کانال اصلی دبی با حداکثر ظرفیت خود را عبور داده و موجب کاهش خسارات حاصل از آبگیری زمین‌های اطراف گردد؛ بنابراین وجود سازه‌ای که با تغییرات دبی کانال اصلی بتوان با تغییر ارتفاع آن شرایط لازم برای آبگیری کانال فرعی یا ایجاد مسیر عبور آب با وجود کمترین مانع در جهت جریان آب را فراهم کند ضروری است. در این طرح بر اساس نیاز احساس شده، ایده طراحی و استفاده از دریچه میان‌لولایی تنظیم‌کننده سطح آب مطرح گردیده که می‌تواند با چرخش حول لولای خود تمام شرایط گفته شده در بالا را در زمان‌های مختلف ایجاد نموده و دارای مزایایی از جمله سادگی، اقتصادی، عبور اجسام شناور از سطح و رسوبات از کف و از همه مهمتر یک سازه که قابلیت تبدیل شدن به سازه مورد نیاز با توجه به تغییرات دبی جهت تنظیم سطح آب مورد نیاز، نسبت به سازه‌های موجود می‌باشد (مسعودیان و همکاران ۱۳۹۲).

فرم‌های مختلف سازه مذکور در حالت دریچه به این صورت است که نیمه بالایی ثابت و نیمه پایینی متحرک است. شکل ۱ حالت‌هایی از این دریچه است که تقریباً می‌توان شکل ۱-الف را مشابه روزنه و شکل ۱-ب را مشابه سیستم مخزن به لوله و شکل‌های ۱-ج و ۱-د را مشابه دریچه قطاعی از نظر عملکرد هیدرولیکی دانست.



شکل ۱- شماتیکی از حالت‌های مختلف چرخش در حالت دریچه (مسعودیان و همکاران ۱۳۹۳)

همان طور که ذکر شد یک بخش کارکردی این سازه به صورت سرریز می‌باشد که در این حالت فرم‌های مختلفی به وجود می‌آید به این صورت که نیمه پایینی ثابت است و فقط نیمه بالایی حرکت می‌کند. شکل ۲ حالت‌هایی از این سازه است که شکل ۲-الف و ۲-ب را به سرریز لبه‌پهن و شکل‌های۲-ج، ۲-د، ۲-ر و ۲-ز را به اثر شیب در بالادست و پایین دست از لحاظ عملکرد هیدرولیکی تقریباً می‌توان تشبیه کرد.



شکل ۲- شماتیکی از حالت‌های مختلف چرخش در حالت سرریز (مسعودیان و همکاران ۱۳۹۳)

Shisha prakash و همکاران (۲۰۱۱) با توسعه مدل دبی-ارتفاع-شیب برای جریان روی سرریز مستطیلی مایل لولا در کف با زوایای ۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه نسبت به قائم به این نتیجه رسیدند که ظرفیت دبی سرریز با افزایش شیب سرریز افزایش می‌یابد؛ به عبارت دیگر در $\alpha=60^\circ$ با کمترین ارتفاع آب، حداکثر دبی حاصل می‌شود. نورسته و منعم (۱۳۹۰) با توسعه و آزمون سیستم کنترل خودکار بالادست فازی سازه سرریز لولایی در کف در مقیاس آزمایشگاهی به این نتایج دست یافتند که بیشترین مقدار برای شاخص‌های MAE و IAE، ۹/۲ و ۰/۸۲ درصد بوده و این انحرافات طی زمان کوتاهی (کمتر از ۲ دقیقه) اصلاح شده است. با در نظر گرفتن این مقادیر و با توجه به شدت تغییرات دبی، عملکرد سامانه کنترل خودکار فازی در کنترل سطح آب مطلوب ارزیابی می‌شود. Azimfar و همکاران (۲۰۱۸) تحقیقاتی را بر روی محاسبه ضریب دبی سرریزهای لولایی در جریان‌های آزاد و مستغرق با روش‌های تحلیلی انجام دادند. روابط ارائه شده برای هردو حالت جریان آزاد و مستغرق بر مبنای معادلات برنولی و ممنتوم انجام گرفته است. مقایسه نتایج نشان داد که روابط ارائه شده دارای پیچیدگی کمتر و دقت بالاتر است. تحقیقات فوق نشان داد که معادله ممنتوم برای جریان آزاد و مستغرق و معادله برنولی فقط برای جریان آزاد قابل کاربرد است. Khatamipour و همکاران (۲۰۲۲ و ۲۰۲۳) به شبیه‌سازی جریان آشفته دو فازی سرریزهای لولایی با شکل تاج مختلف پرداختند. محاسبه ضریب دبی در سرریزهای لولایی نشان داد که ضریب دبی برای سرریز با زاویه ۷۰ درجه و لبه تاج نیم‌دایره به ترتیب ۰/۷ تا ۷/۹ درصد بیشتر از سرریزهای با تاج نیم‌دایره و لبه‌تیز می‌باشد. این اختلاف برای سرریز با زاویه ۲۷/۸ درجه بین ۰/۴ تا ۳/۲ درصد به دست آمد. به عبارتی می‌توان نتیجه گرفت با کاهش زاویه، ضریب دبی افزایش می‌یابد. فرزین و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی عددی مشخصات هیدرولیکی جریان اطراف سرریز لبه‌تیز قائم و مورب با سه زاویه ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درجه با شبیه‌سازی در نرم‌افزار Flow3D پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند با افزایش شیب سرریز در جهت جریان، دبی و ضریب دبی سرریز افزایش می‌یابد و سرریز با زاویه ۵۰ درجه بیشترین مقدار آبگذری را دارا می‌باشد.

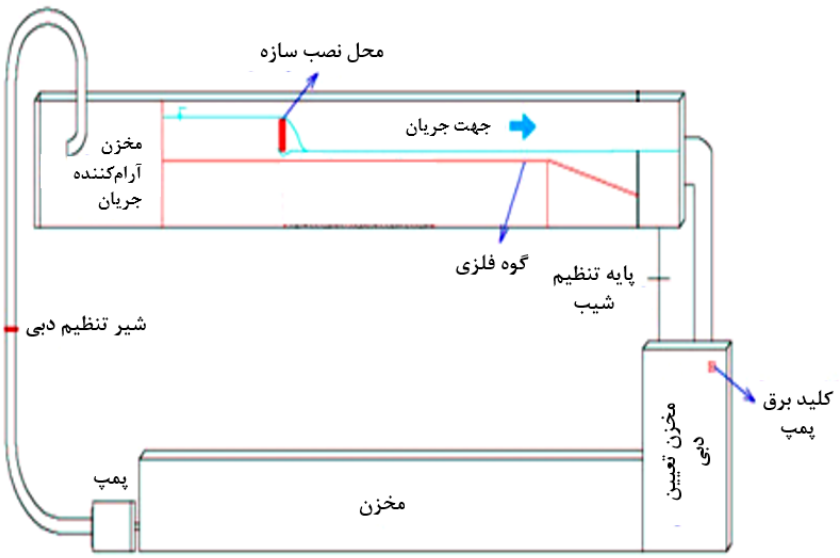
شاهرخ‌نیا و جوان (۱۳۸۴)، تحقیقات متعددی بر روی دریچه‌های قطاعی به منظور ارائه روابطی برای بدست آوردن دبی عبوری از آنها انجام دادند. آن‌ها ابتدا رابطه بی‌بعدی را برای دریچه‌های قطاعی با جریان آزاد ارائه کردند. سپس با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی منتشر شده توسط محققان قبلی و برازش چند متغیره غیرخطی، روابطی را برای برآورد ضریب دبی جریان در دریچه‌های قطاعی بدست آوردند. ایلخانی و همکاران (۱۳۹۴) اثر شیب صفحه دریچه کشویی بر ویژگی‌های هیدرولیکی آن را بررسی کردند. ایشان به این نتیجه رسیدند که شیب صفحه دریچه کشویی در مشخصات جریان در بالادست و پایین‌دست دریچه تاثیر می‌گذارد. تحقیقات نشان داد که با افزایش زاویه شیب صفحه دریچه به ازای ارتفاع آب بالادست و بازشدگی مشخص دریچه، یک افزایش نسبی در ضریب تخلیه دریچه وجود دارد.

مسعودیان و همکاران (۱۳۹۲)، سازه دریچه میان لولایی را تحت عنوان دریچه لولایی تنظیم کننده سطح آب ثبت اختراع کردند که در این تحقیق به تحلیل هیدرولیک جریان عبوری از این سازه در سه حالت سریز، دریچه و سرریز-دریچه پرداخته می‌شود.

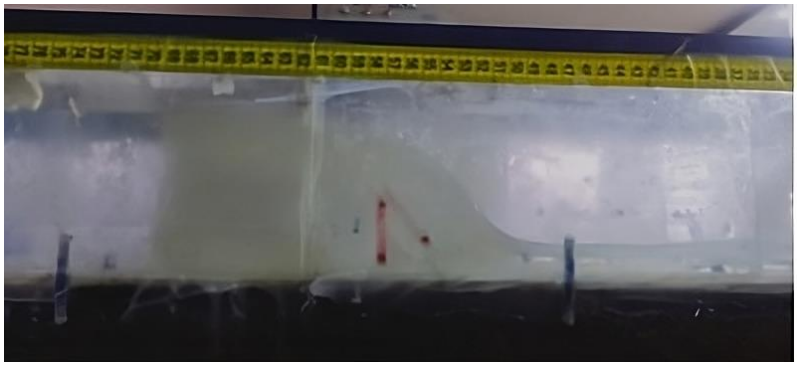
مواد و روش‌ها

مدل سازه دریچه میان‌لولایی از دو قسمت مساوی از جنس پلکسی گلاس ساخته شده که دو نیمه بالایی و پایینی سازه مذکور حول لولای مرکزی دوران می‌کند.

آزمایش‌ها روی مدل بدون فشردگی جانبی در حالت عمود بر جهت جریان درکانالی مستطیلی و افقی به طول ۳/۷ متر و عرض ۱۴ سانتی‌متر انجام شد. این کانال آزمایشگاهی، از پنج بخش اصلی تشکیل شده است که عبارتند از: مخزن، پمپ، شیر تنظیم دبی، مخزن تعیین دبی، مخزن آرام‌کننده جریان و کانال آزمایشگاهی. شکل ۳ نمای کلی مدل و شکل ۴ تصویری از یک مدل در حالت سرریز را نشان می‌دهد.

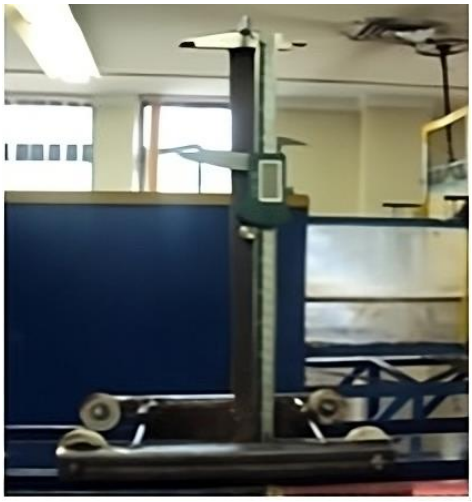


شکل ۳ -نمایی از مدل فلوم آزمایشگاهی



شکل ۴- تصویری از مدل در حالت سرریز

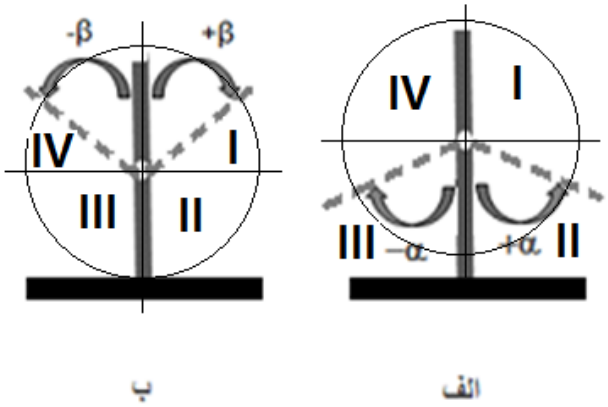
به منظور تأمین آب مورد نیاز برای این فلوم از یک مخزن در قسمت پایین خود فلوم استفاده شده است. همچنین کف کانال توسط ورق آهن گالوانیزه به صورت صلب در آمد. دریچه میان‌لولایی در فاصله ۱۷۰ سانتیمتری از ابتدای کانال نصب شد. سپس بیشترین و کمترین دبی با توجه به شرایط آزمایشگاهی تعیین شد. در هر مدل ۴ الی۶ بار اندازه‌گیری دبی در شرایط ماندگار و ثابت شدن ارتفاع سطح آب صورت می‌گرفت. در هر آزمایش، ابتدا دبی مورد نظر به صورت حجمی تنظیم شده و سپس پروفیل سطح آب به وسیله یک ترازسنج دیجیتالی مجهز با درجه دقت ۰/۰۱ میلیمتر (شکل ۵) به اندازه ۵۰ سانتیمتر قبل و بعد از سازه مذکور اندازه‌گیری گردید. جدول ۱ محدوده تغییرات متغیرها و شکل ۶ جهت تغییرات زوایا را نشان می‌دهد.



شکل ۵- تصویری از ترازسنج دیجیتال

جدول ۱- محدوده تغییرات دبی و زوایای α و β

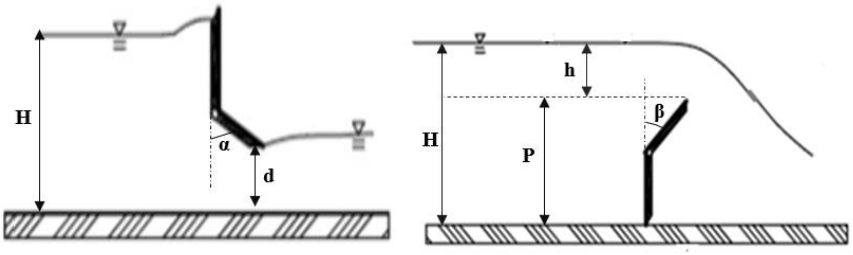
	دبی (Lit/s)	زاویه β (درجه)	زاویه α (درجه)
سرریز	۰/۸۲ الی ۴/۳۹	۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۳۵، ۱۵۰، ۱۸۰ -۳۰، -۴۵، -۶۰، -۹۰، -۱۲۰، -۱۳۵، -۱۵۰	صفر
دریچه	۰/۳۰ الی ۴/۲۹	صفر	۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰، -۳۰، -۴۵، -۶۰ ، -۹۰، -۱۲۰، -۱۳۵، -۱۵۰
سرریز- دریچه	۰/۸۸ الی ۴/۳۹	۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰،	۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰



شکل ۶- جهت تغییرات زوایای α و β

لازم به ذکر است که در همه آزمایش‌ها عرض فلوم آزمایشگاهی و عرض سرریز یکسان بود و تاج سرریزهای به کار رفته افقی و جهت آن عمود بر جهت اصلی جریان قرار گرفته است آزمایش‌ها در شرایط جریان آزاد و شیب طولی صفر انجام پذیرفت. همچنین لازم به ذکر است در هر مدل، اندازه‌گیری دبی در شرایط ماندگار و ثابت شدن ارتفاع سطح آب صورت گرفت.

جهت تحلیل ابعادی از تئوری پی-باکینگهام استفاده شده که پارامترهای مؤثر بر میزان دبی عبوری از دریچه میان لولایی شامل: سرعت جریان (V)، ارتفاع آب بالادست (H)، ارتفاع آب روی سرریز (h)، بازشدگی دریچه (d)، فاصله کف دریچه تا بالای سرریز (P)، طول سرریز (L)، زاویه چرخش قسمت پایین سازه(α)، زاویه چرخش قسمت بالای سازه(β)چگالی سیال (ρ)، لزجت سیال (μ)، شتاب ثقل (g) و کشش سطحی (σ) می‌باشد. شکل ۷ این پارامترها را نشان می‌دهد.



شکل ۷- پارامترهای موثر بر دبی جریان

با توجه به این پارامترها تابع عمومی جریان آزاد بر روی سازه مذکور به صورت رابطه ۱ خواهد بود.

$$Cd = f(V, H, h, d, P, L, \alpha, \beta, \rho, \mu, g, \sigma)$$ رابطه ۱

با توجه به اینکه طول سرریز ثابت است و پرامتر h از اختلاف H و P بدست می‌آید، می‌توان آن‌ها را حذف نمود. مقادیر عدد رینولدز و عدد وبر تأثیری در آشفتگی جریان و تنش سطحی ندارند، بنابراین می‌توان آن‌ها را حذف کرد. در نتیجه با توجه به آنالیز ابعادی انجام شده و موارد حذف شده، ضریب دبی در سازه مورد نظر تابع پارامترهای رابطه ۲ است.

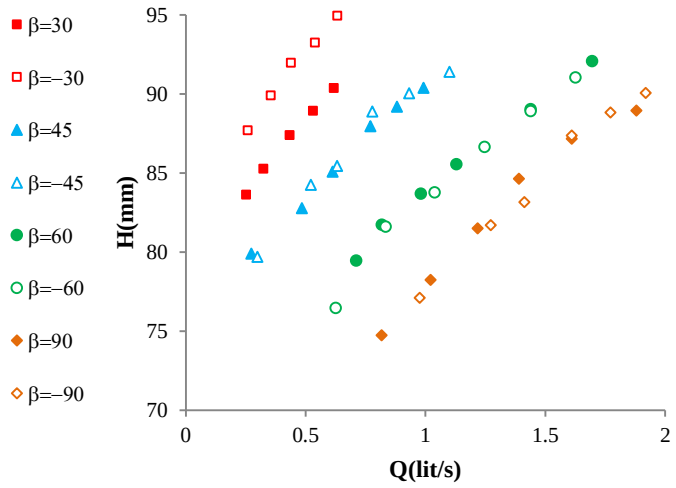
$$C_d = f(\frac{H}{d}, \frac{P}{H}, \alpha, \beta, Fr, R_e, W_e)$$ رابطه ۲

نتایج و بحث

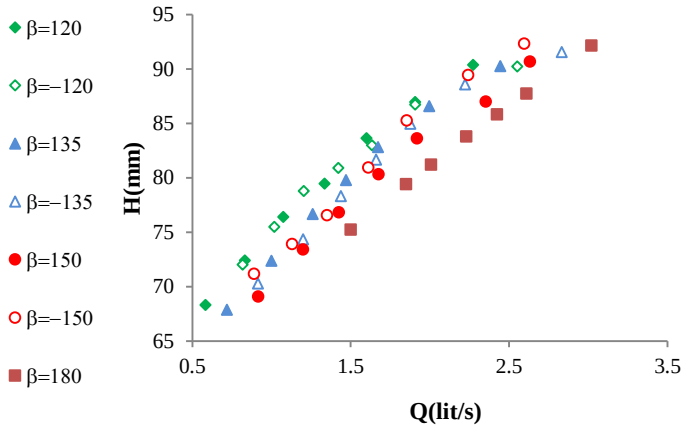
نتایج آزمایش‌ها پس از بررسی صحت و پالایش داده‌ها تحلیل گردید. برای این منظور ابتدا به بیان مشاهدات آزمایشگاهی و نتایج حاصل از آزمایش‌های مربوط به حالت سرریز پرداخته سپس به ترتیب مشاهدات آزمایشگاهی و نتایج حاصل از آزمایش‌های مربوط به دریچه و سرریز-دریچه بیان می‌شود.

نتایج حاصل از آزمایش‌های سرریز

شکل‌های ۸ و ۹ روند تغییرات دبی در مقابل ارتفاع آب بالادست را نشان می‌دهد. همان گونه که از شکل ۸ مشخص است، زمانی که تیغه در نیمه بالایی چرخش دارد، در زوایای تیز (۳۰ درجه) چرخش به سمت پایین دست در یک ارتفاع آب بالادست ثابت، میزان دبی بیشتری از خود عبور می‌کند و هرچه زاویه بیشتر می‌شود منحنی‌های دبی اشل به یکدیگر نزدیک‌تر می‌شوند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که چرخش به سمت پایین دست شرایط هیدرولیکی بهتری ایجاد می‌کند. شکل ۹ که نمایانگر تغییرات در زمانی است که تیغه در نیمه پایینی چرخش دارد، نیز بیان می‌کند هرچه زاویه بیشتر می‌شود دبی عبوری نیز بیشتر می‌شود ولی جهت چرخش به سمت بالادست یا پایین دست تأثیر ندارد.

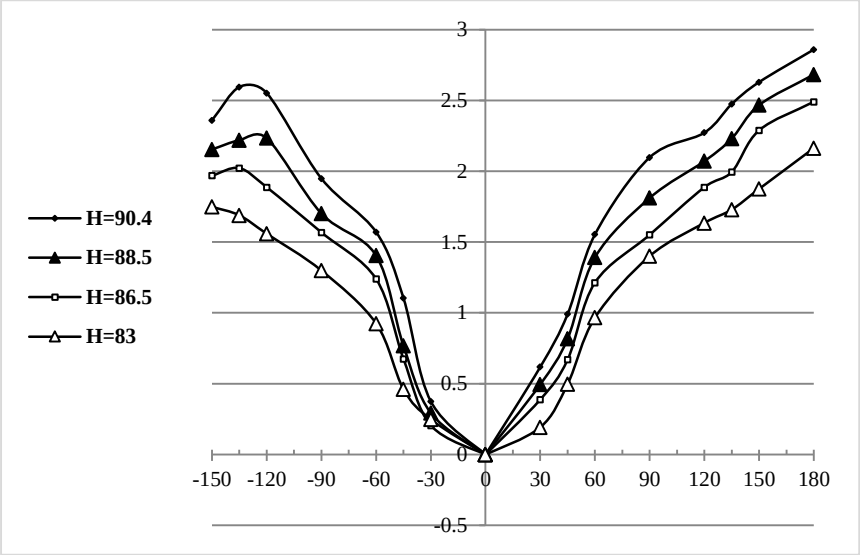


شکل ۸- تغییرات دبی در برابر ارتفاع آب بالادست در زوایای مختلف در حالت سرریز (تیغه در ربع I وIV)



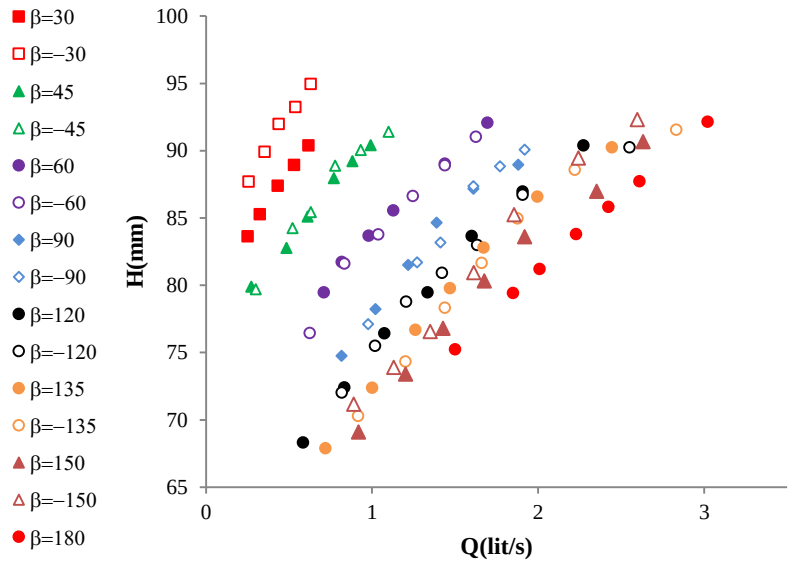
شکل ۹- تغییرات دبی در برابر ارتفاع آب بالادست در زوایای مختلف در حالت سرریز (تیغه در ربع II و III)

شکل ۱۰ تغییرات دبی را در زوایای مختلف در ارتفاع‌های مشخص نشان می‌دهد. همان گونه که در شکل مشخص است، با چرخش قسمت بالای دریچه ارتفاع سرریز تغییر نموده و سطح جریان روی سرریز بیشتر می‌شود، یعنی در شرایط ثابت H بالادست می‌توان با مانور سرریز محدوده تغییرات دبی را تعیین کرد که این می‌تواند در آبگیرها در شرایط تغییرات دبی کانال اصلی کاربرد فراوانی داشته باشد.



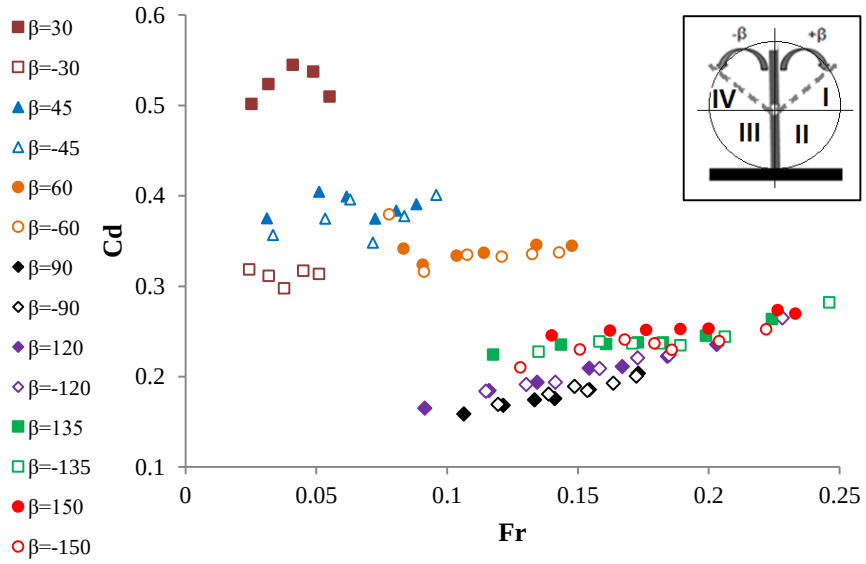
شکل ۱۰- تغییرات دبی در زوایای مختلف در ارتفاع آب بالادست ثابت

شکل ۱۱ بازه دبی-اشل مربوط به سازه در حالت سرریز را نشان می‌دهد که سازه دبی بین ۰/۲۵ الی ۳/۰۲ لیتر بر ثانیه را با ارتفاع آب بالادست بین ۶۷/۹ الی ۹۵ میلی‌متر از خود عبور می‌دهد.



شکل ۱۱- تغییرات دبی در برابر ارتفاع آب بالادست در همه زوایا

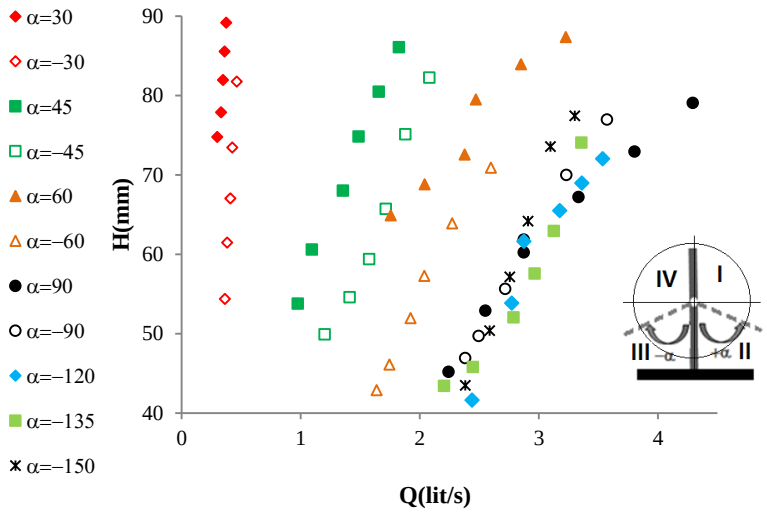
شکل ۱۲ تغییرات عدد فرود در برابر ضریب دبی را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار، تغییرات در ناحیه‌های I و IV با افزایش عدد فرود، ضریب دبی تغییر چشم‌گیری نمی‌کند و نوسان زیاد است ولی از زاویه ۹۰ درجه به بعد (ناحیه‌های II و III) افزایش عدد فرود، باعث افزایش ضریب دبی می‌گردد. همچنین در ناحیه‌های I و IV، در یک فرود ثابت، ضریب دبی زمانی که زاویه می‌چرخد نسبت به قرینه خود، زمانی که زاویه به سمت پایین‌دست قرار دارد، دبی بیشتری را نسبت به حالتی که در همین زاویه در بالادست قرار دارد، عبور می‌دهد. به عبارتی می‌توان گفت که از نظر عیدرولیکی، زوایای منفی باعث جمع‌شدگی جریان و هدایت آن شده ولی زوایای مثبت، باعث آزاد شدن جریان می‌شود بنابراین افت کمتر و در نتیجه ضریب دبی بیشتری را داراست. از زاویه ۹۰ درجه به بعد (ناحیه‌های II و III) چرخش زاویه به سمت بالادست یا پایین‌دست تاثیر چندانی بر خطوط جریان نداشته بنابراین در یک عدد فرود ثابت، ضریب دبی زمانی که زاویه در پایین‌دست قرار دارد نسبت به قرینه خود در بالادست تغییر نمی‌کند اما با افزایش زاویه از ۹۰ درجه به ۱۵۰ درجه که می‌توان گفت حالت سرریز از لبه‌پهن به لبه‌آبریز تغییر می‌کند به طور میانگین ۳۴,۷ درصد دبی افزایش می‌یابد.



شکل ۱۲- تغییرات عدد فرود در برابر ضریب دبی در زوایای مختلف در حالت سرریز

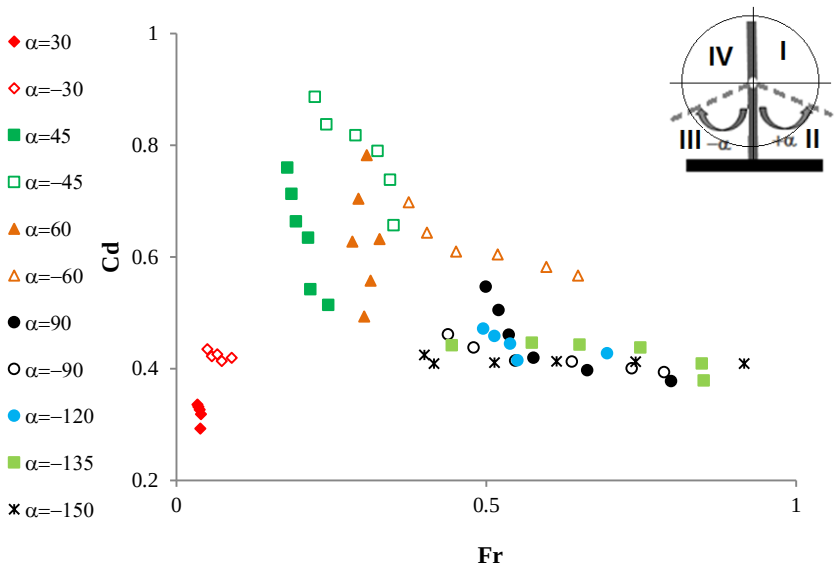
نتایج حاصل از آزمایش‌های دریچه

شکل ۱۳ روند تغییرات دبی در مقابل ارتفاع آب بالادست را نشان می‌دهد. همان گونه که از شکل مشخص است، در یک دبی ثابت، در ابتدا میزان آب بالادست در زمانی که سازه به سمت بالادست می‌چرخد نسبت به زمانی که سازه با همان زاویه به سمت پایین دست می‌چرخد، بیشتر است و در زاویه ۹۰ درجه به بعد به دلیل اینکه بازشدگی دریچه تاثیری بر خطوط جریان ندارد تغییرات چندانی مشاهده نمی‌شود. همچنین لازم به ذکر است در ناحیه I، نیمه پایینی سازه تأثیری بر جریان نداشته و مانند یک دریچه لبه‌تیز عمل می‌نماید. این شکل بازه دبی-اشل مربوط به سازه دریچه را نشان می‌دهدکه سازه دبی بین ۰/۳ الی ۴/۲۹ لیتر بر ثانیه را با ارتفاع آب بالادست بین ۴۱/۶ الی ۸۹/۲ میلی‌متر از خود عبور می‌دهد.



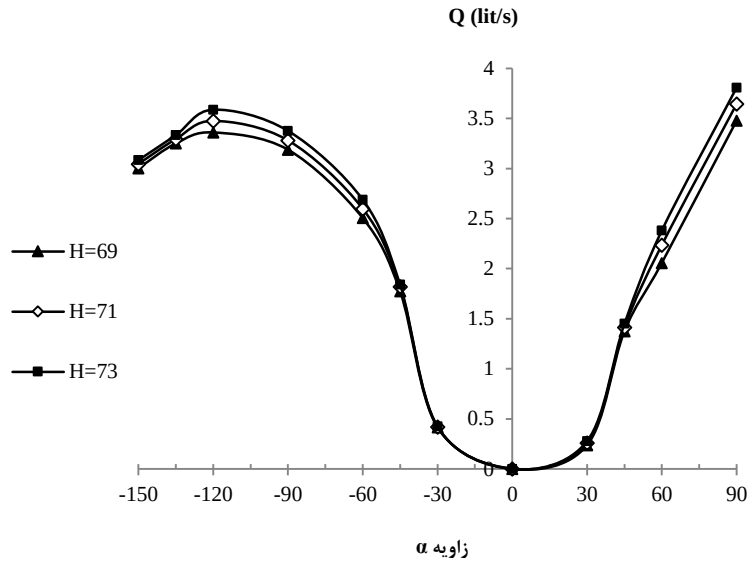
شکل ۱۳- تغییرات دبی در برابر ارتفاع آب بالادست در زوایای مختلف (ربع‌های II، III،IV)

شکل ۱۴ تغییرات ضریب دبی را نسبت به عدد فرود بالادست نشان می‌دهد. همان طور که در شکل مشخص است در یک عدد فرود ثابت، در ابتدا میزان ضریب دبی زمانی که سازه به سمت بالادست می‌چرخد نسبت به زمانی که با همان زاویه به سمت پایین دست می‌چرخد، کمتر است و این روند تا زاویه ۹۰ درجه ادامه دارد و از زاویه ۹۰ درجه به بعد، زاویه تأثیری بر ضریب دبی ندارد. علت این امر می‌تواند این باشد که زمانی که زاویه در ناحیه II قرار دارد، سازه تقریبا شبیه به تبدیل عمل کرده و این جمع‌شدگی باعث افت انرژی شده، درنتیجه ضریب دبی به طور میانگین ۱۷,۱ درصد کاهش می‌یابد.



شکل ۱۴- تغییرات عدد فرود بالادست در برابر ضریب دبی در زوایای مختلف

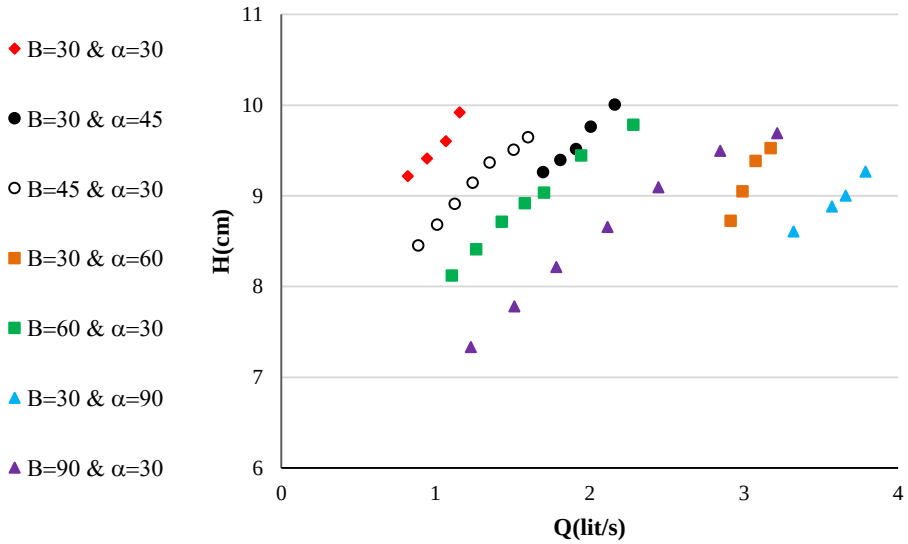
شکل ۱۵ تغییرات دبی را در زوایای مختلف در ارتفاع‌های مشخص نشان می‌دهد. همان گونه که در شکل مشخص است، در یک ارتفاع آب بالادست ثابت، با افزایش زاویه، دبی عبوری بیشتر می‌شود به عبارتی دیگر در یک دبی ثابت، هرچه زاویه بیشتر شود، ارتفاع آب بالادست کمتر می‌شود.



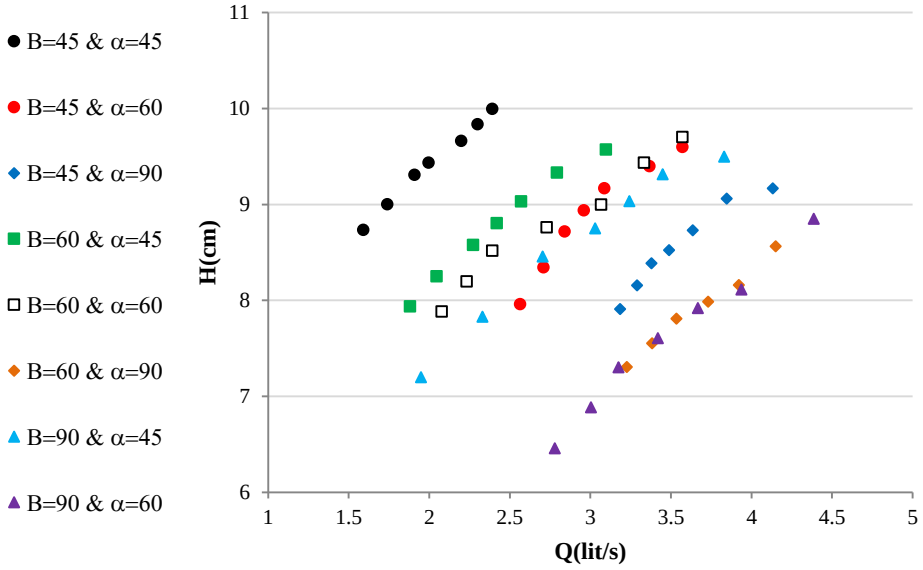
شکل ۱۵- تغییرات دبی در زوایای مختلف در ارتفاع آب بالادست ثابت

نتایج حاصل از آزمایش‌های سرریز-دریچه

با توجه به نمودارهای دبی- اشل (شکل‌های ۱۶ و ۱۷) می‌توان دریافت که در یک ارتفاع آب ثابت، با افزایش زاویه در بالای سازه (β) دبی افزایش کمتری نسبت به همان میزان افزایش زاویه در پایین سازه (α) می‌یابد. به عبارتی، در یک ارتفاع آب ثابت، در β=۳۰ با افزایش α در مقایسه با حالتی که α=۳۰ باشد و β افزایش یابد، ۴۸،۵ درصد دبی بیشتری را از خود عبور می‌دهد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در این سازه، اثر دریچه نسبت به سرریز بیشتر است. همچنین این نمودار نشان می‌دهد که در بیشترین بازشدگی یعنی در α=۶۰ و β=۹۰ و قرینه این حالت (α=۹۰ و β=۶۰) تغییراتی در دبی ایجاد نمی‌گردد و میزان آبگذری در هر دو حالت یکسان است. است به عبارتی در ترکیب این دو زاویه، تاثیر سرریز و دریچه یکسان است.



شکل ۱۶- تغییرات دبی در برابر ارتفاع آب بالادست در زوایای مختلف در حالت سرریز- دریچه



شکل ۱۷- تغییرات دبی در برابر ارتفاع آب بالادست در زوایای مختلف در حالت سرریز- دریچه

نتیجه‌گیری

در این تحقیق به بررسی عملکرد هیدرولیکی دریچه میان لولایی در حالت سرریز، دریچه و سرریز- دریچه با استفاده از مدل آزمایشگاهی پرداخته شد. محدوده دبی در این آزمایش‌ها بین ۰/۲۵ الی ۴/۳۹ لیتر بر ثانیه و محدوده اشل ۴۱/۶ الی ۱۰۰/۱ میلیمتر است. نتایج نشان داد که در حالت سرریز، زمانی که تیغه در ربع‌های I و IV باشد، چرخش به سمت پایین دست یعنی تیغه در ربع I باشد، شرایط هیدرولیکی بهتری ایجاد می‌کند و اگر تیغه در ربع‌های II و III باشد، جهت چرخش به سمت بالادست یا پایین دست تأثیر چشم‌گیری در میزان دبی عبوری ندارد ولی در حالت دریچه، چرخش زاویه به سمت بالادست به علت دارا بودن افت کمتر نسبت به چرخش زاویه به سمت پایین‌دست، دبی بیشتری از خود عبور داده و شرایط هیدرولیکی بهتری را دارد. در حالت سرریز- دریچه نیز، در یک ارتفاع آب ثابت، تغییرات زاویه در حالت سرریز نسبت به همان میزان تغییر در حالت دریچه، تاثیر کمتری بر تغییرات دبی دارد، به عبارتی اثر دریچه، در یک ارتفاع آب ثابت، بیشتر از سرریز است.

منابع

ایلخانی‌پور زینالی، ر.، موسوی جهرمی، س. ح.، کاشفی‌پور دزفولی، س. م.، فتحی‌مقدم، م. ۱۳۹۴. اثر شیب صفحه دریچه کشویی بر ویژگی‌های هیدرولیکی، *فصلنامه حفاظت منابع آب و خاک*، ۴(۴)، ۱-۱۰.

تقوی، ن. و آذرپیوند، ح. ۱۳۹۶. بررسی عملکرد دریچه‌های قوسی داده‌های میدانی در حالت جریان مستغرق با رابطه بدون بعد (مطالعه موردی: شبکه‌های آبیاری بهبهان)، *چهارمین کنفرانس ملی مهندسی عمران و توسعه پایدار ایران*، تهران.

شاهرخ‌نیا، ع. م.، جوان، م. ۱۳۸۴. برآورد ضریب دبی جریان در دریچه‌های قوسی، *مجله هیدرولیک*، ۱(۱)، ۱-۱۱.

فرزین، س.، کرمی، ح.، یحیوی، ف. و نیر، ش. ۱۳۹۷. بررسی عددی مشخصات هیدرولیکی جریان اطراف سرریز لبه تیز قائم و مورب با شبیه سازی در نرم افزار Flow3D، *پژوهش‌های زیرساخت‌های عمرانی*، ۴(۱)، ۱۵-۲۴.

مسعودیان، م.؛ فندرسکی، ر.، قره‌گزلو، م. ۱۳۹۲. دریچه لولایی تنظیم کننده سطح آب، شماره ثبت ۸۱۵۴۴.

منعم، م. ج. و کیاپاشا، م. ص. ۱۳۸۸. توسعه و ارزیابی مدل سیستم کنترل خودکار بالادست فازی در کانال آبیاری، *مجله پژوهش آب ایران*، ۳(۴)، ۴۱-۵۰.

نورسته، ر.، منعم، م. ج. ۱۳۹۰. توسعه و آزمون مدل سیستم کنترل خودکار بالادست فازی در سازه سرریز لولایی در مقیاس آزمایشگاهی، دهمین *کنفرانس هیدرولیک ایران*، دانشگاه گیلان.

Azimfar, S. M., Hosseini, S. A., Khosrojerrdi, A. 2018. Derivation of discharge coefficient of a pivot weir under free and submergence flow conditions. Flow Measurement and Instrumentation, 59, 45–510

Farzin, S., Karami, H., Yahyavi, F., Nayyer, SH. 2018. Numerical study of hydraulic characteristics around the vertical and diagonal sharp crested weirs using Flow3D simulation, Civil Infrastructure Researches, 4(1): 15-24 (In Persian)

Ilkhanipour Zeynali1, R., Mousavi Jahromi, S.H., Kashefipour Dezfouli, S.M., Fathi Moghadam, M. 2015. Influence of gate plate slope on hydraulic characteristics of sluice gates, Journal of water and soil resources conservation, 4(4): 1-10 (In Persian)

Khatamipour, B., Kavianpour, M., Khosrojerdi, A., GhodsiHassanabad, M. 2022. Numerical study of flow characteristics over pivot weirs, Journal of Hydraulic Structures, 8(3): 17-32.

Khatamipour, B., Khosrojerdi, A., Kavianpour, M., GhodsiHassanabad, M. 2023. Simulation of the Hydraulic Performance of Parallel Pivot Weirs with Different Angles, Journal of Applied Fluid Mechanics,16(10): 2019-2029

Masoudian, M., Fendereski, R., Gharegezlou, M. 2013. Water Level Control Hinged Gate. registration number 81544 (In Persian).

Momem, M.J, Kiapasha, M.S. 2009. Development and Evaluation of an Upstream Fuzzy Control System Model for Irrigation Canals. Iranian Water Research Journal, 3(4): 41-50 (In Persian).

Noraste, R., Monem, M.J. 2011. Development and Evaluation of an Upstream Fuzzy Control System Model for hinged weir structure in the laboratory scale. In 10th Iranian hydraulic conference, Gilan university, Rasht, Iran (In Persian).

Shisha prakash, M. N.; Ananthayya, M.B., Kovoor, G. M. 2011. Inclined rectangular weir-flow modeling, Open access e-Journal, Earth Science India. Vol. 4(II): 67.57.

Shahrokhnia, M.A., Javan, M. 2005. Estimation of Discharge Coefficients in Radial Gates. Journal of Hydraulics, 1(1): 1-12 (In Persian).

Taghavi, N., Azarpeyvand, H. 2017. Investigation of the Performance of Arc Gate Field Data in Submerged Flow Mode with Dimensionless Relationship (Case Study: Behbahan Irrigation Networks). The 4th National Conference on Civil Engineering and Sustainable Development of Iran, Tehran (In Persian).