

Investigation of the Discharge Coefficient of a Composite Weir Section with a Bottom Gate in a Laboratory Setting

Fatemeh Mahvidi¹, Hossein Khozaymehnezhad^{2*}, Yousef Ramezani³

1- M.Sc. Graduated of Water Structures, Department of Water Science and Engineering, University of Birjand.
2- Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand.
3- Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand.

* [hkhodzaymeh@birjand.ac.ir](mailto:hkhozaymeh@birjand.ac.ir)

Received: 6 October 2025
Revised: 20 November 2025
Accepted: 25 November 2025
Discussion: 22 June 2026



J. Hydraul.
Iranian Hydraulic Association
Homepage: www.jhyd.iha.ir

Abstract

Introduction: In this research, a comprehensive laboratory investigation of the combined weir with a bottom gate was conducted to examine its performance under varying hydraulic conditions. This type of structure is significant in hydraulics and water management as it combines the benefits of both a weir and a gate, by providing controlled flow regulation while minimizing hydraulic losses.

Methodology: The experiments for this research were conducted in the hydraulic laboratory of the Faculty of Agriculture at the University of Birjand. The study was performed in a rectangular channel measuring 10 meters in length, 0.5 meters in height, and 0.3 meters in width. To assess and calculate the flow coefficient, the experiments were conducted under two distinct configurations: (1) at constant Gate openings with varying flow rates, and (2) at constant flow rates with different Gate openings. These experiments were conducted at two slopes, 0.002 and 0.004, enabling a detailed analysis of how slope influences flow characteristics.

Results and Discussion: The results of the present study indicated that as the dimensionless parameter $\frac{Y}{D}$ (the height of water on the Gate compared to the height of the channel) increased, the discharge coefficient exhibited a downward trend. Conversely, a decrease in $\frac{Y}{D}$ led to an increase in the discharge coefficient, approaching a value of 0.76. Furthermore, the increase in the dimensionless parameter $\frac{H_g}{D}$ corresponded to a rise in the flow coefficient, which remained within the range of $C_T \leq 0.72$. Notably, variations in the slope of the channel floor did not produce significant changes in the discharge coefficient of the structure, suggesting that other factors may play a more critical role in achieving optimal hydraulic performance.

Conclusion: Comparing the findings of the present research with those of other scholars in this area reveals a commendable consistency in results. This alignment underscores the validity of the current research methodology and findings, indicating that the combined weir with a bottom gate operates efficiently under the tested conditions. The insights gained from this study contribute to the ongoing discourse on hydraulic structure optimization in water resource management.

Keywords: Flow measurement, combined weir with a bottom gate, discharge coefficient, and laboratory model.

Conflict of Interest: The authors declared no potential conflicts of interest concerning the research, authorship, and publication of this article.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and publication of this article.

Data Availability Statements: All information and results are presented in the text of the article. The datasets generated and/or analyzed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Authors' contribution:

First Author: Conducted the experiments and drafted the initial manuscript.

Second Author: Reviewed the results and analyzed the data.

Third Author: Reviewed the final manuscript and edited it.

بررسی آزمایشگاهی تعیین ضریب آبگذری سازه سرریز با مقطع مرکب همراه با دریچه تحتانی

فاطمه مهویدی^۱، حسین خزیمه نژاد^{۲*}، یوسف رضانی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته سازه‌های آبی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند.

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند.

۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند.

*hkhozeymeh@birjand.ac.ir

نشریه هیدرولیک
انجمن هیدرولیک ایران
وب‌گاه نشریه هیدرولیک: www.jhyd.iha.ir



دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۱۴
بازنگری: ۱۴۰۴/۰۸/۲۹
پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۰۴
نقد و بررسی: ۱۴۰۵/۰۴/۰۱

چکیده: در این پژوهش به مطالعه آزمایشگاهی سازه ترکیبی سرریز با مقطع مرکب همراه با دریچه تحتانی پرداخته شد و ضریب دبی در شرایط هیدرولیکی مختلف مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش‌های مربوط به این پژوهش در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در کانال مستطیلی به طول ۱۰ متر، ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر و عرض ۳۰ سانتی‌متر انجام گرفته است. به منظور بررسی و محاسبه ضریب دبی، آزمایش‌ها در دو حالت جریان با بازشدگی ثابت دریچه با دبی‌های متفاوت و بازشدگی متفاوت دریچه با دبی‌های ثابت در دو شیب ۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۴ صورت گرفت. نتایج پژوهش حاضر نشان داد با افزایش پارامتر بدون بعد $\frac{Y}{D}$ (ارتفاع آب روی دریچه نسبت به ارتفاع کانال)، ضریب دبی دارای روند نزولی می‌باشد. از طرفی با کاهش $\frac{Y}{D}$ ، ضریب دبی افزایش یافته و به سمت عدد ۰/۷۶ میل می‌کند. همچنین با افزایش پارامتر بدون بعد $\frac{H_g}{D}$ (میزان بازشدگی دریچه نسبت به ارتفاع کانال)، ضریب دبی افزایش می‌یابد و ضریب دبی در محدوده $0.72 \leq C_T$ قرار می‌گیرد. تغییر شیب کف کانال نیز تغییرات قابل توجه‌ای در ضریب دبی سازه ایجاد نکرد. مقایسه نتایج پژوهش حاضر با سایر پژوهش‌های مرتبط نشان از همخوانی و تطابق نتایج دارد؛ به عبارتی با افزایش پارامتر ارتفاع بی‌بعد آب روی دریچه ضریب دبی سازه ترکیبی کاهش و با افزایش پارامتر بازشدگی بی‌بعد دریچه، ضریب دبی سازه ترکیبی افزایش می‌یابد.

کلیدواژگان: اندازه‌گیری جریان، سرریز با مقطع مرکب، ضریب دبی، مدل آزمایشگاهی.

یکنواخت توزیع کرده و انرژی جنبشی جریان را کاهش می‌دهد. در عین حال، دریچه‌های زیرین نیز به‌عنوان یک راهکار مؤثر برای تخلیه سریع آب و رسوب‌های از مخزن‌ها و آبراهه‌ها، نقش حیاتی در مدیریت مخزن‌ها ایفا می‌کنند. از سازه‌های ترکیبی سرریز-دریچه در مهار انرژی آب و استفاده بهینه از آن باتوجه به بحران کمبود آب، استفاده می‌شود. سازه ترکیبی این قابلیت را دارا می‌باشد که مواد معلق را از روی سرریز و مواد ته‌نشین شده در کف را از

۱- مقدمه

سرریزها و دریچه‌ها، از اجزای مهم شبکه‌های انتقال و توزیع آب آبیاری هستند که به‌منظور مهار (کنترل) سطح آب و اندازه‌گیری جریان استفاده می‌شوند. سرریز با مقطع مرکب به دلیل طراحی خاص و توانایی آن در مهار جریان‌های بزرگ و جلوگیری از فرسایش در پایین‌دست، به از جمله اجزای مهم در سازه‌های هیدرولیکی تبدیل شده است. این نوع سرریز با شکل منحنی ویژه خود، جریان آب را به‌صورت

مدل ترکیبی سرریز-دریچه دوزنقه‌ای را برای سه بازشدگی مختلف دریچه در آبراهه روباز با مقطع دایره‌ای بررسی و ارزیابی کردند. در این بررسی مقدار ضریب دبی مدل به‌طور میانگین برابر 0.756 و بزرگ‌تر از مقدار ضریب دبی همان سازه در آبراهه مستطیلی است که علت آن همگرایی بیشتر خطوط جریان در آبراهه دایره‌ای و افت انرژی کمتر ربط دادند.

(Pesarkalo et al., 2017) به بررسی ویژگی‌های هیدرولیکی سازه ترکیبی سرریز-دریچه در سه بازشدگی $1/5$ ، 3 و $4/5$ سانتی‌متری پرداختند و با سرریز مرکب مقایسه کردند. نتایج این پژوهش نشان داد ضریب دبی در سازه سرریز-دریچه در محدوده 0.38 تا 0.78 می‌باشد. ضریب دبی در سرریز لبه‌تیز مرکب را در محدوده 0.58 تا 0.85 به دست آوردند. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش بازشدگی دریچه، دبی عبوری افزایش یافته و ضریب دبی کاهش می‌یابد.

(Banitamim et al., 2019) در پژوهش خود به شبیه‌سازی هیدرولیک جریان در سرریزهای زیگزاگی با پلان قوسی با استفاده از نرم‌افزار Flow-3D پرداختند. همچنین روند ضریب دبی را با استفاده از منحنی دبی-اشل بررسی کردند. از سوی دیگر نتایج ناشی از مدل‌سازی عددی را با داده‌های آزمایشگاهی مقایسه کردند. نتایج نشان داد با افزایش 50% ارتفاع سرریز، به‌طور حدودی ضریب دبی $25/15\%$ افزایش یافت.

(Mesbah Gharretapeh et al., 2023) به بررسی شرایط هیدرولیکی و تعیین ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز نیم‌دایره‌ای-مستطیلی و دریچه کشویی با استفاده از مدل آزمایشگاهی پرداختند. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که ضریب دبی با افزایش فراسنجه Y/D ، در آغاز کاهش و آنگاه افزایش می‌یابد. همچنین با تغییرپذیری‌های شیب کف، تغییرپذیری‌های قابل ملاحظه‌ای در ضریب دبی ایجاد نشده است و با کاهش فراسنجه Hg/D ، ضریب دبی تقریباً ثابت شده و به عدد ثابت 0.74 میل می‌کند. بررسی نتایج این پژوهش با نتایج دیگر پژوهش‌های همانند، نشان از همخوانی نتایج دارند.

(Asadinia et al., 2024) به تعیین ضریب دبی در مدل

قسمت روزنه عبور دهد و به‌همین جهت شرایط بهتر و نزدیک به واقعی را فراهم می‌سازد. باتوجه به تجمع رسوب‌های پشت سرریز و به‌دنبال آن سرریز شدن جریان از پیرامون آبراهه، پس‌زدگی آب و مسئله‌های از این‌گونه، استفاده از سازه سرریز-دریچه به‌صورت ترکیبی پیشنهاد می‌شود. ترکیب این دو سازه در قالب یک سازه مرکب، می‌تواند بهبود قابل‌توجهی در عملکرد هیدرولیکی سامانه‌های مدیریت آب به همراه داشته باشد. با این حال، ارزیابی دقیق و علمی بر روی رفتار هیدرولیکی این سازه مرکب، به‌ویژه در شرایط مختلف جریان اعم از دبی‌های مختلف، ارتفاع آب روی سرریز، بازشدگی دریچه، ضروری است تا اطمینان حاصل شود که این ترکیب می‌تواند به‌طور مؤثر به هدف‌های مورد نظر شامل اندازه‌گیری دبی با دقت مناسب همراه با عملکرد صحیح سازه در عبور رسوب‌های معلق و شناور بدون نهشته‌شدن رسوب در پشت سازه دست یابد (Asadinia et al., 2024).

تاکنون بیشتر تحقیقات به بررسی و ارزیابی جداگانه سرریزهای با مقطع مرکب و دریچه‌های زیرین پرداخته‌اند. بررسی‌های جامع و منسجم که به تعامل‌های هیدرولیکی بین این دو سازه بپردازد؛ کمتر انجام شده است. مرور نتایج پژوهش‌های پیشین نشان داد ارزیابی در زمینه دبی عبوری از سرریزها و دریچه‌ها به تنهایی و به صورت ترکیبی دارای اهمیت بالایی بوده و رابطه‌های مناسبی نیز برای تعیین ضریب دبی ارائه شده است؛ اما بررسی تحقیقات و منبع‌های منتشر شده در این زمینه نشان می‌دهد؛ تحقیقات در مورد سرریزهای با مقطع مرکب محدود است.

(Heydarpour et al., 2013) با بررسی مدل ترکیبی سرریز نیم‌دایره‌ای و دریچه در آبراهه دایره‌ای با استفاده از تحلیل آماری، یک معادله برای ضریب دبی ارائه کردند. نتایج کلی نشان داد در هر استقرار مدل با افزایش میزان دبی میزان ارتفاع بالادست سرریز نیز تغییر یافته و به ضریب دبی نیز افزوده می‌شود. در دبی ثابت با افزایش میزان بازشدگی دریچه، ضریب دبی کاهش پیدا کرده و در حالت دبی و بازشدگی ثابت دریچه، با افزایش ارتفاع آب روی سرریز-دریچه میزان ضریب دبی با کاهش جزئی همراه بود.

(Pashazadeh et al., 2016) ویژگی‌های هیدرولیکی ۱۸

انجام نشده است؛ لذا هدف از انجام این پژوهش، بررسی تغییرپذیری‌های ضریب دبی سازه مرکب سرریز با مقطع مرکب همراه با دریچه تحتانی است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تجزیه و تحلیل ابعادی

در این پژوهش از روش پی-باکینگهام^۱ برای انجام تجزیه و تحلیل ابعادی استفاده شد. به‌طور کلی فراسنجه‌های مؤثر بر ضریب دبی در سازه ترکیبی مورد نظر به شرح زیر است:

الف) ویژگی‌های مربوط به سازه:

H: ارتفاع سازه، H_{dw} : ارتفاع مؤثر سرریز با مقطع مرکب، L_e : طول مؤثر سرریز با مقطع مرکب، h: فاصله بین نوک سرریز تا دریچه، L_g : عرض دریچه، H_g : میزان بازشدگی دریچه، C_t : ضریب دبی سازه (بدون بعد). متغیرهای مورد اشاره در شکل شماره (۳) نشان داده شده است.

ب) ویژگی‌های هندسی آبراهه:

D: ارتفاع آبراهه، L: طول آبراهه، B: عرض آبراهه، S: شیب (بدون بعد).

ج) ویژگی‌های مربوط به جریان:

V: سرعت جریان در بالادست سازه ترکیبی

Y: عمق آب بالادست سازه

د) ویژگی‌های مربوط به سیال:

μ : گرانروی دینامیکی^۲ سیال،

ρ : چگالی سیال.

ه) دیگر ویژگی‌ها:

g: شتاب ثقل.

بنابراین ضریب دبی در مدل ترکیبی سرریز با مقطع مرکب همراه دریچه مستطیلی به فراسنجه‌های زیر وابسته است:

(1)

$$f_1(D, L, B, S, H, h, Y, V, H_{dw}, L_e, L_g, H_g, C_t, g, \mu, \rho) = 0$$

با استفاده از تجزیه و تحلیل ابعادی به روش پی-باکینگهام، با در نظر گرفتن متغیرهای عمق آب بالادست سازه (Y)،

ترکیبی سرریز مرکب مثلثی-مستطیلی و دریچه کشویی پرداختند. نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش Y/D (عمق بی‌بعد جریان در بالادست سازه) ضریب دبی در آغاز کاهش و آنگاه افزایش می‌یابد و به سمت ۰/۷ میل می‌کند. از طرفی با کاهش Hg/D (بازشدگی بی‌بعد دریچه) نیز ضریب دبی به سمت ۰/۷ میل می‌کند. تغییرپذیری‌های شیب هم در تعیین ضریب دبی سازه ترکیبی تأثیری ندارد. نتایج این پژوهش با نتایج دیگر پژوهش‌هایی که در این زمینه کار شده است، همخوانی دارد.

(Khasraf et al. (2013 طی پژوهشی بر روی سرریز مرکب مستطیلی-دووزنقه‌ای-مستطیلی و دریچه نیم‌دایره‌ای با ارزیابی در زمینه ضریب دبی در آزمایشگاه نشان دادند که با زیاد شدن دبی و بالا آمدن ارتفاع آب در بالادست سرریز، ضریب دبی زیاد می‌شود و با زیاد شدن فاصله مسدود بین سرریز و دریچه، میزان ضریب دبی کم می‌شود و میزان ضریب دبی با زیاد شدن ارتفاع سرریز مستطیلی پایینی در فاصله ثابت بین سرریز مستطیلی و دریچه کاهش می‌یابد.

(Hassan et al. (2015 دبی جریان عبوری آب را در سرریز مرکب و دریچه بررسی و ارزیابی کردند. در این ارزیابی، سرریز مرکب مستطیلی و دوزنقه‌ای با هر یک از دریچه‌های مستطیلی، قوسی و مثلثی ترکیب شده و بررسی و ارزیابی شدند. با افزایش ارتفاع آب روی سرریز مرکب دبی جریان عبوری افزایش می‌یابد. افزایش پهناهای قسمت‌های مختلف سرریز مرکب و همچنین افزایش فاصله میان سرریز مرکب و دریچه، میزان دبی جریان عبوری را کاهش می‌دهد.

مرور نتایج پژوهش‌های پیشین نشان داد ارزیابی در زمینه دبی عبوری از سرریزها و دریچه‌ها به تنهایی و به صورت ترکیبی دارای اهمیت بالایی بوده و رابطه‌های مناسبی نیز برای تعیین ضریب دبی ارائه شده است اما بررسی نتایج تحقیقات و منبع‌های منتشرشده در این زمینه نشان می‌دهد تحقیقات درمورد سرریزهای با مقطع مرکب محدود است؛ به ویژه اینکه در زمینه شرایط هیدرولیکی و تعیین ضریب دبی سرریز با مقطع مرکب همراه با دریچه زیرین در دبی‌ها و بازشدگی‌های مختلف دریچه تحقیقی

1. P Buckingham
2. Dynamic viscosity

جدول ۱ بررسی فراسنجه‌های بدون بعد مربوط به سازه

اندازه‌گیری و دامنه تغییرپذیری‌های آن در این پژوهش

Table 1 Dimensionless parameters related measurement structure investigated and range changing them in the present study

Range of variations	Variable
$0.064 < \frac{Y}{D} < 0.6$	$\frac{Y}{D}$
$0.02 < \frac{H_g}{D} < 0.15$	$\frac{H_g}{D}$

دارای مقطع مستطیلی شیب‌پذیر، به طول ۱۰ متر، ارتفاع ۰/۵ متر و عرض ۰/۳ متر می‌باشد. آبراهه با چارچوب آهن و دیواره‌های آن از جنس پلکسی‌گلاس با ضخامت ۱۰ میلی‌متر می‌باشد. دیواره‌های پلکسی‌گلاس این امکان را فراهم می‌سازد، که شرایط جریان در درون آبراهه به راحتی قابل مشاهده می‌باشد. در شکل‌های (۱) و (۲) نمای کلی از آبراهه آزمایشگاهی قابل مشاهده است. برای بررسی آزمایشگاهی شرایط هیدرولیکی در این پژوهش، از مدل ترکیبی سرریز با مقطع مرکب همراه با دریچه مستطیلی کشویی استفاده شده است. سازه از جنس ورقه گالوانیزه ساخته شده و در مقطع آبراهه آزمایشگاهی نصب می‌شود. برای اندازه‌گیری دقیق ارتفاع آب و کاهش آشفتگی و تغییرپذیری‌های سطح آب موقعیت و محل قرارگیری سازه مورد نظر، با فاصله از محل ورود جریان و به تقریب در وسط آبراهه آزمایشگاهی قرار دارد. سازه ترکیبی با ارتفاع کل (H) ۳۰ سانتی‌متر و عرض کل برابر با عرض آبراهه (B) ۳۰ سانتی‌متر، طول کل مؤثر تاج سرریز با مقطع مرکب $(L_e = L_{dw1} + L_{dw2} + L_{dw3} + L_{dw4} + L_{dw5})$ ۳۶ سانتی‌متر، ارتفاع آب روی سرریز با مقطع مرکب (H_{dw}) عرض دریچه مستطیلی (L_g) ۱۴/۷ سانتی‌متر، بیشینه ارتفاع بازشدگی دریچه (H_g) ۷/۵ سانتی‌متر می‌باشد. شکل (۳) و (۴) نمای کلی سازه همراه با ابعاد آن را به صورت سه‌بعدی و چگونگی عبور جریان از سازه را نشان می‌دهد. طراحی سازه مرکب مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار اتوکد صورت گرفته است. پس از طراحی، در کارگاه برش لیزر بر روی ورق‌های گالوانیزه دو میلی‌متری توسط دستگاه‌های لیزری به‌طور کامل دقیق برش زده شده است. شکل (۵) طراحی پیاده شده سازه مورد نظر بر روی ورقه‌های آهنی را پیش از برش لیزری نشان می‌دهد.

سرعت جریان در بالادست سازه ترکیبی (V) و چگالی سیال (ρ) به عنوان متغیرهای تکراری، رابطه (۱) به رابطه زیر تبدیل می‌شود.

(2)

$$f_2 \left(\frac{D}{Y}, \frac{L}{Y}, \frac{B}{Y}, \frac{H}{Y}, \frac{h}{Y}, \frac{V}{Y}, \frac{H_{dw}}{Y}, \frac{L_e}{Y}, \frac{L_g}{Y}, \frac{H_g}{Y}, S, C_t, R_e, F_r \right) = 0$$

در رابطه (۲) برخی از فراسنجه‌ها، فراسنجه‌های بدون بعدی هستند که با قرارگیری عمق جریان در مخرج کسر بی‌بعد شده و اجزای آنها پیشتر معرفی شده‌اند. S شیب آبراهه، C_t ضریب دبی جریان، R_e عدد رینولدز جریان، F_r عدد فرود جریان در بالادست سازه ترکیبی و θ : همان‌طور که پیشتر معرفی شد، زاویه نوک سرریز است، از میان فراسنجه‌های مشخص شده در رابطه (۲)، فراسنجه‌های هندسی آبراهه به‌جز شیب آبراهه و فراسنجه‌های هندسی سازه به‌جز بازشدگی دریچه، به دلیل محدودیت‌ها و امکانات آزمایشگاهی در اختیار، ثابت در نظر گرفته شده‌اند. مقدار عدد رینولدز جریان در آزمایش‌های این پژوهش در محدوده بین ۱۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ قرار دارد که بسیار بالاتر از حد جریان آشفته است و لذا از بررسی تأثیر آن صرف‌نظر شد. (شفاعی بجمستان، ۲۰۰۵). فراسنجه‌های S ، $\frac{H_g}{D}$ و $\frac{Y}{D}$ فراسنجه‌های بدون بعدی هستند که در این پژوهش بررسی و ارزیابی شده‌اند و دامنه تغییرپذیری‌های آن در جدول (۱) نمایش داده شده است.

بنابراین ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز-دریچه با داشتن دبی تئوری (Q_T) و دبی عملی (Q_a)، از رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

$$C_T = \frac{Q_a}{Q_T} = \frac{Q_a}{\sqrt{2g} \left(\frac{2}{3} L_e H_{dw}^{\frac{3}{2}} + A_g Y^{\frac{1}{2}} \right)} \quad (3)$$

دبی واقعی با استفاده از دبی سنج الکترومغناطیسی محاسبه و بر روی صفحه نمایشگر نشان داده می‌شود. آزمایش‌ها در دو شیب ۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۴ انجام شدند.

۲-۲- مدل آزمایشگاهی و چگونگی انجام آزمایش‌ها

آزمایش‌های مربوط به این پژوهش، در آزمایشگاه هیدرولیک گروه علوم و مهندسی آب در دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام گرفت. آبراهه آزمایشگاهی مورد استفاده،

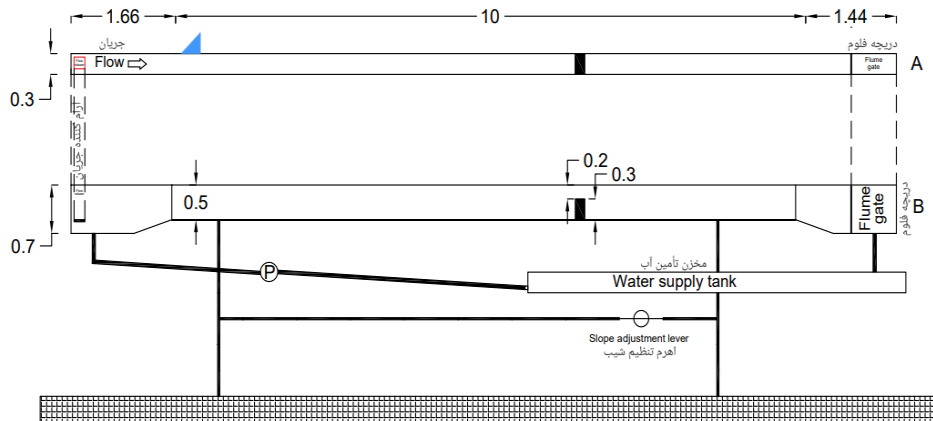


Fig. 1 Schematic of laboratory channel & combined structure A-View from above B-Longitudinal profile
 شکل ۱ نمای کلی آبراهه آزمایشگاهی و سازه مرکب (ابعاد بر حسب متر) A- نمای از بالا B- نیمرخ طولی



Fig. 2 Channel overview
 شکل ۲ نمای کلی آبراهه

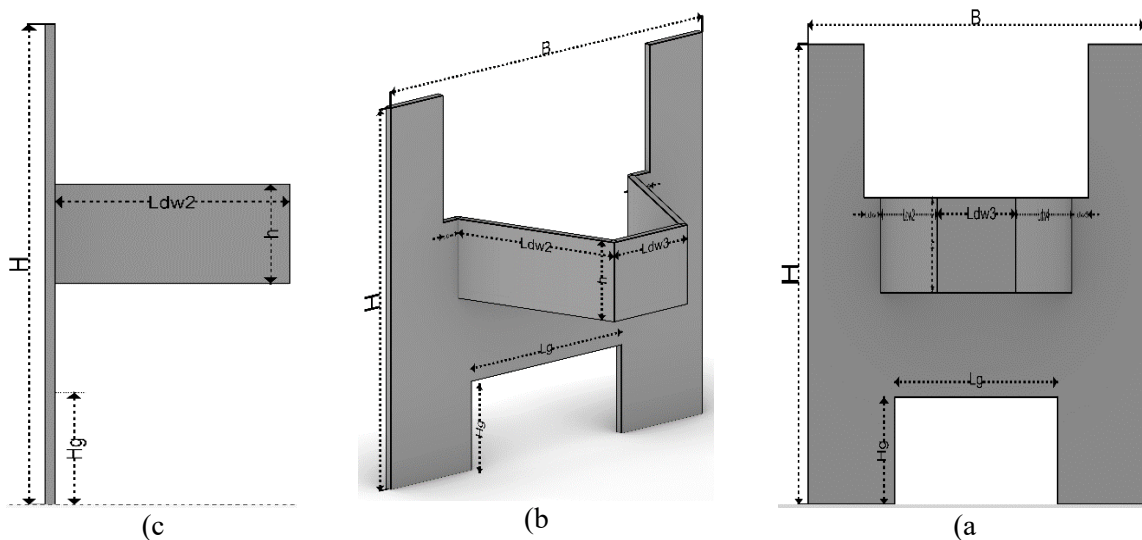


Fig. 3 a, b and c- A simple schematic of the composite structure and its parameters from different views
 شکل ۳ c- نمای کلی ساده‌ای از سازه ترکیبی و فراسنجه‌های آن از نماهای مختلف

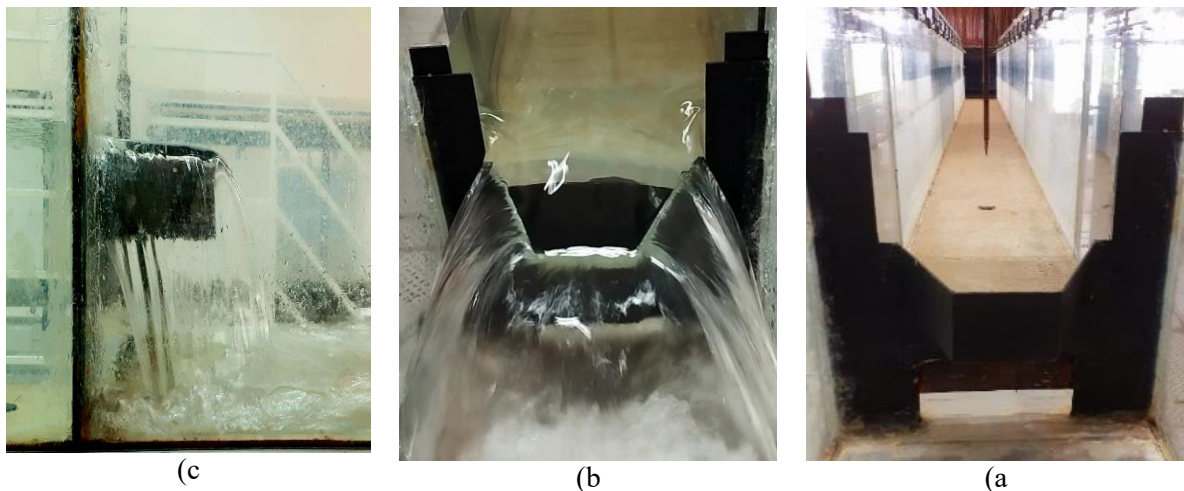


Fig. 4 a, b and c- Overview of the cobined structure and the flow of current through the structure

شکل ۴ a, b, c- نمای کلی سازه ترکیبی و چگونگی عبور جریان از سازه

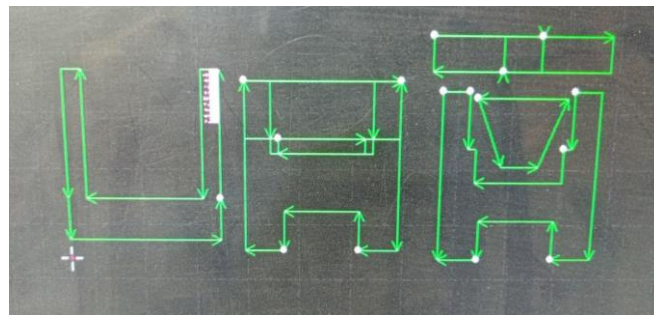


Fig. 5 how to implement the design on the galvanized sheet

شکل ۵ نحوه پیاده سازی طراحی بر روی ورق گالوانیزه

می شود. برای خواندن و اندازه گیری ارتفاع آب روی سرریز با مقطع مرکب، از ارتفاع سنج سوزنی استفاده شد. همچنین برای خواندن ارتفاع آب بالادست دریچه از خط کش مدرج استفاده شد. مرحله های فوق و روند آزمایش برای شیب آبراهه ۰/۰۰۴ نیز بار دیگر تکرار می شود. ضریب دبی از رابطه (۷) بدست می آید:

محاسبه جریان عبوری از سرریز با مقطع مرکب:

$$Q_d = \frac{2}{3} \sqrt{2g} C_d L_e H_{dw}^{\frac{3}{2}} \quad (4)$$

محاسبه جریان عبوری از دریچه مستطیلی:

$$Q_g = A_g (= L_g * H_g) \sqrt{2g} C_g Y^{\frac{3}{2}} \quad (5)$$

همچنین دبی عبوری از سازه ترکیبی از مجموع جریان عبوری از روی سرریز با مقطع مرکب و جریان عبوری از دریچه مستطیلی بدست می آید:

باتوجه به اینکه بخشی از آزمایش ها در بازشدگی های مختلف دریچه صورت خواهد گرفت، طراحی دریچه به گونه ای است که به راحتی می توان دریچه را در بازشدگی های دلخواه باز و بسته کرد. در نهایت با استفاده از چسب سیلیکون آکواریوم سازه مورد نظر، آب بندی و نصب می شوند. همچنین برای آب بندی دریچه در هنگام باز و بسته شدن، از یک نوع پلاستیک فشرده استفاده شد.

آزمایش های این پژوهش در دو حالت انجام شد:

الف) جریان در دبی های ثابت با بازشدگی های متفاوت دریچه؛

ب) جریان با دبی های متفاوت در بازشدگی های ثابت دریچه. پیش از انجام آزمایش، در ابتدا آبراهه روی شیب ۰/۰۰۲ تنظیم می شود و با روشن کردن پمپ به تدریج جریان در آبراهه برقرار می شود، تا به دبی مورد نظر برسد. با ایجاد بازشدگی های متفاوت دریچه و پس از اطمینان از ثبات جریان، آزمایش ها آغاز و رخداد های جریان بررسی و ثبت

مشخص است با افزایش نسبت $\frac{Y}{D}$ ، روند تغییرپذیری‌های ضریب دبی با شیب ملایم، نزولی می‌باشد که با نتایج به دست آمده از پژوهش Mesbah و Asadinia et al. (2024) و Gharretape et al. (2023) هم‌خوانی دارد.

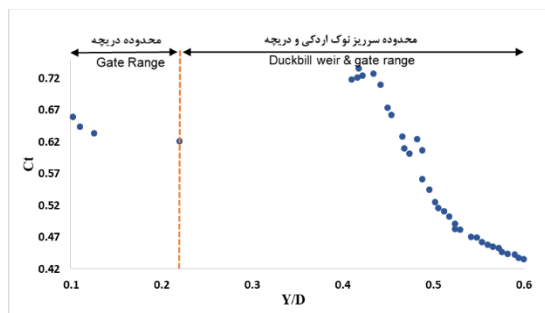


Fig. 5 Flow coefficient according to the dimensionless parameter Y/D in the 13/3% relative opening of the Gate with different flow rates.

شکل ۵ ضریب دبی بر حسب فراسنجه بدون بعد Y/D در بازشدگی نسبی ۱۳/۳ درصد دریچه با دبی‌های مختلف

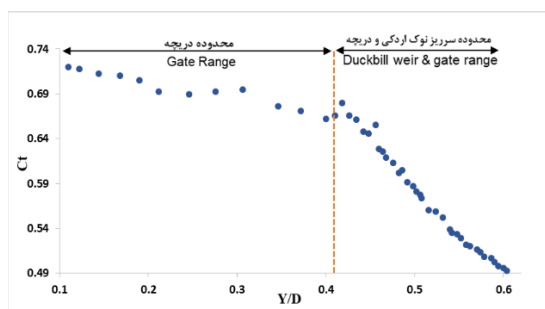


Fig. 6 Flow coefficient according to the dimensionless parameter Y/D in the 60% relative opening of the Gate with different flow rates.

شکل ۶ ضریب دبی بر حسب فراسنجه بدون بعد Y/D در بازشدگی نسبی ۶۰ درصد دریچه با دبی‌های مختلف

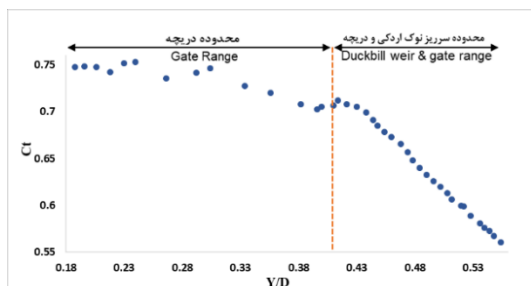


Fig. 7 Flow coefficient according to the dimensionless parameter Y/D in the 100% relative opening of the Gate with different flow rates.

شکل ۷ ضریب دبی بر حسب فراسنجه بدون بعد Y/D در بازشدگی نسبی ۱۰۰ درصد دریچه با دبی‌های مختلف

$$Q_T = Q_d + Q_g \quad (6)$$

با توجه به پژوهش‌های (Pesarakloo & Emadi (2017) و Nikpik & Kashefipour و Pashazadeh et al. (2015) (2016) ضریب دبی در دو مقطع یکسان فرض شده و لذا رابطه (۷) بدست می‌آید:

$$Q_T = C_T \left(\frac{2}{3} \sqrt{2g} L_e H_{dw}^{\frac{3}{2}} + A_g \sqrt{2g} Y^{\frac{1}{2}} \right) \quad (7)$$

در رابطه (۷) متغیرها عبارت‌اند از:

Q_T دبی تئوری جریان؛ C_T ضریب دبی، g شتاب ثقل جریان، L_e طول مؤثر سرریز با مقطع مرکب، H_{dw} ارتفاع مؤثر سرریز با مقطع مرکب، A_g سطح مقطع دریچه و Y : عمق آب بالادست سازه است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- روند تغییرپذیری‌های ضریب دبی سازه در

دبی‌های متفاوت با بازشدگی‌های ثابت

با توجه به داده‌های ناشی از انجام آزمایش‌ها و معادله‌های ارائه شده و استخراج داده‌های مورد نیاز، تغییرپذیری‌های ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز با مقطع مرکب همراه با دریچه کشویی در مقدارهای ۱، ۱/۵، ۲، ۲/۵، ۳، ۳/۵، ۴، ۴/۵، ۵، ۵/۵، ۶، ۶/۵، ۷، ۷/۵ سانتی‌متر که به ترتیب برابر با ۱۳/۳، ۲۰، ۲۶/۷، ۳۳/۳، ۴۰، ۴۶/۷، ۵۳/۳، ۶۰، ۶۶/۷، ۷۳/۳، ۸۰، ۸۶/۷، ۹۳/۳ و ۱۰۰ درصد بازشدگی کامل دریچه هستند - و در نمودارهای مربوطه به عنوان بازشدگی نسبی معرفی شده‌اند- با دبی‌های متفاوت در هر بازشدگی محاسبه و ارائه شد. در شکل‌های (۵) و (۶) و (۷) به ترتیب تغییرپذیری‌های ضریب دبی سازه در بازشدگی‌های نسبی ۱۳/۳، ۶۰ و ۱۰۰ درصد در برابر فراسنجه بدون بعد $\frac{Y}{D}$ نشان داده شده است. دو محدوده در بخش پیش معرفی شد که در حالت بازشدگی ثابت با دبی متفاوت در منحنی شکل‌های (۵) و (۶) و (۷) نشان داده شده است. در محدوده اول، تغییرپذیری‌های ضریب دبی دریچه نسبت به ارتفاع آب روی دریچه به ارتفاع آبراهه $(\frac{Y}{D})$ ، در همه بازشدگی‌های دریچه نشان داده شده است. همان‌طور که

مشاهده است. در شکل‌های (۶) و (۷) همچنان با افزایش نسبت $\frac{Y}{D}$ ضریب دبی کاهش می‌یابد که نتایج به دست آمده در این وضعیت، با نتایج پژوهش‌های Emami et al. (2014)، (2019) و Tajari et al. و Esmacili Varaki et al. (2016) همخوانی دارد.

محدوده دوم، تغییرپذیری‌های ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز با مقطع مرکب همراه با دریچه در برابر فراسنجه بدون بعد $\frac{Y}{D}$ در همه بازشدگی‌های دریچه نشان داده شده است. در شکل (۵) با توجه با اینکه در آغاز ضریب دبی روند افزایشی داشته ولی با افزایش نسبت $\frac{Y}{D}$ به دلیل افزایش افت انرژی، روند کاهشی تغییرپذیری‌های ضریب دبی قابل

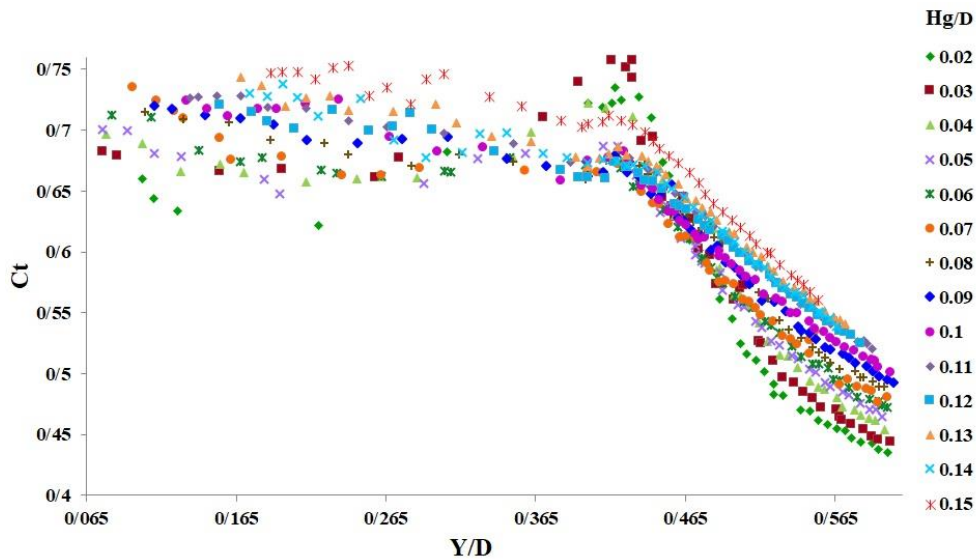


Fig. 8 changes in the flow coefficient according to the dimensionless parameter Y/D in all the constant opening of the Gate with different flow rates

شکل ۸ تغییرپذیری‌های ضریب دبی بر حسب فراسنجه بدون بعد Y/D در همه بازشدگی ثابت دریچه با دبی‌های متفاوت

۳-۲- بررسی روند تغییرپذیری‌های ضریب دبی سازه در بازشدگی متفاوت با دبی‌های ثابت

برای بررسی روند تغییرپذیری‌های ضریب دبی در دبی‌های ثابت سازه ترکیبی سرریز با مقطع مرکب همراه با دریچه زیرین، ضریب دبی در دبی‌های ثابت ۷، ۹، ۱۱، ۱۳ و ۱۵ لیتر بر ثانیه با بازشدگی‌های متفاوت محاسبه و نمودار ضریب دبی بر حسب فراسنجه‌های بدون بعد $\frac{Y}{D}$ و $\frac{H_g}{D}$ ارائه می‌شود.

۳-۲-۱- بررسی تأثیر فراسنجه $\frac{Y}{D}$ بر ضریب دبی سازه

در این بخش روند تغییرپذیری‌های فراسنجه $\frac{Y}{D}$ بر ضریب دبی در دبی‌های ثابت ۷، ۹، ۱۱، ۱۳ و ۱۵ لیتر بر ثانیه با بازشدگی‌های متفاوت دریچه در شکل‌های ۹ تا ۱۳ نشان داده شده است.

در شرایطی که عمق آب بالادست سازه (Y) و فراسنجه بدون بعد $\frac{Y}{D}$ افزایش می‌یابد و جریان از سازه سرریز-دریچه عبور می‌کند، ضریب C_t کاهش می‌یابد. در واقع می‌توان گفت با افزایش دبی تداخل جریان از روی سرریز و جریان خروجی از دریچه زیاد می‌شود. تداخل جریان بدون فاصله در پایین دست و در مقابل دریچه رخ می‌دهد که بر روی جریان عبوری از دریچه تأثیر می‌گذارد و در نتیجه افت ورودی جریان، سبب کاهش ضریب دبی می‌شود. به همین دلیل افزایش نسبت $\frac{Y}{D}$ باعث کاهش ضریب می‌شود. در زمانی که جریان افزایش می‌یابد و همزمان از ظرفیت کامل سازه استفاده می‌شود، ضریب دبی با روند کاهشی به عدد ثابتی میل می‌کند. بررسی نمودار شکل (۸) نشان می‌دهد که به طور کلی ضریب دبی بین عدد ۰/۴۳ و ۰/۷۶ متغیر می‌باشد. اما با کاهش $\frac{Y}{D}$ ، تغییرپذیری‌های ضریب دبی تا حدودی ثابت و به عدد ۰/۷۶ میل می‌کند.

ادامه می‌دهد. در این پژوهش میزان بازشدگی دریاچه در خلال آزمایش‌ها تغییر کرده و به عنوان یک متغیر مؤثر در نظر گرفته می‌شود. در شکل‌های (۹)، (۱۰) و (۱۱) شرایط جریان به گونه‌ای است که محدوده اول و محدوده دوم قابل مشاهده است؛ یعنی در بعضی از آزمایش‌ها جریان تنها از زیر دریاچه عبور می‌کند. در شکل‌های (۱۲) و (۱۳) شرایط جریان به گونه‌ای است که تنها عملکرد محدوده دوم قابل مشاهده است. نتایج، این نکته را بیان می‌کند که افزایش میزان بازشدگی دریاچه تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر ضریب دبی دارد.

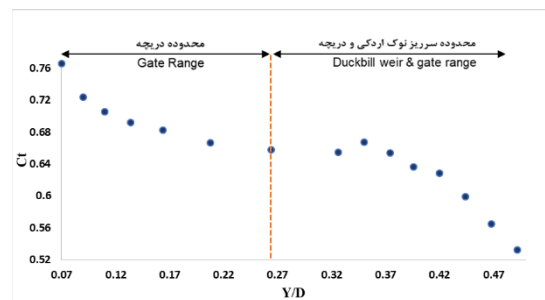


Figure 9 Flow coefficient according to the dimensionless parameter Y/D at a constant flow rate of 7 liters per second with different Gate openings. شکل ۹ ضریب دبی بر حسب فراسنجه بدون بعد Y/D در دبی ثابت ۷ لیتر بر ثانیه با بازشدگی‌های متفاوت دریاچه

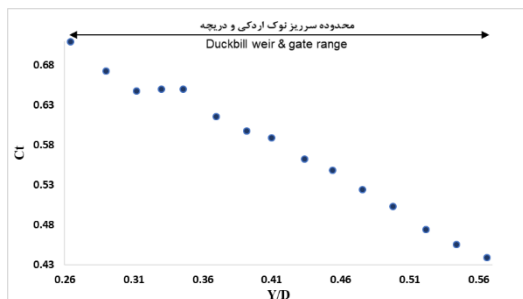


Fig. 12 Flow coefficient according to the dimensionless parameter Y/D at a constant flow rate of 13 liters per second with different Gate openings.

شکل ۱۲ ضریب دبی بر حسب فراسنجه بدون بعد Y/D در دبی ثابت ۱۳ لیتر بر ثانیه با بازشدگی‌های متفاوت دریاچه

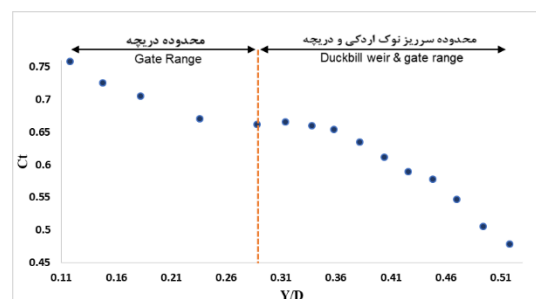


Fig. 10 Flow coefficient according to the dimensionless parameter Y/D at a constant flow rate of 9 liters per second with different Gate openings.

شکل ۱۰ ضریب دبی بر حسب فراسنجه بدون بعد Y/D در دبی ثابت ۹ لیتر بر ثانیه با بازشدگی‌های متفاوت دریاچه

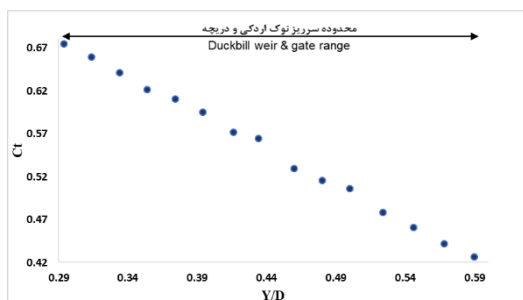


Fig. 13 Flow coefficient according to the dimensionless parameter Y/D at a constant flow rate of 15 liters per second with different Gate openings.

شکل ۱۳ ضریب دبی بر حسب فراسنجه بدون بعد Y/D در دبی ثابت ۱۵ لیتر بر ثانیه با بازشدگی‌های متفاوت دریاچه

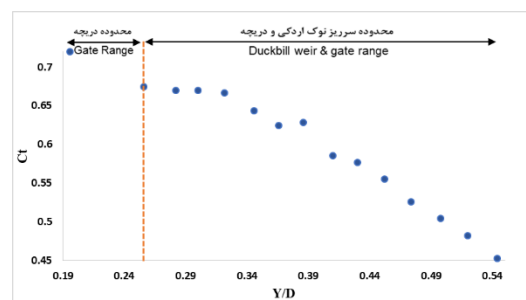


Fig. 11 Flow coefficient according to the dimensionless parameter Y/D at a constant flow rate of 11 liters per second with different Gate openings.

شکل ۱۱ ضریب دبی بر حسب فراسنجه بدون بعد Y/D در دبی ثابت ۱۱ لیتر بر ثانیه با بازشدگی‌های متفاوت دریاچه

برای درکی بهتر از موضوع، در شکل ۱۴ نتایج مربوط به تغییرپذیری‌های ضریب دبی در همه دبی‌های ثابت با بازشدگی‌های متفاوت دریاچه آمده است.

همان گونه که در نمودارها ملاحظه می‌شود، با افزایش میزان بازشدگی دریاچه روند ضریب دبی در برابر فراسنجه بدون بعد Y/D ، کاهشی می‌باشد. همچنین هنگامی که جریان از همه ظرفیت سازه ترکیبی سرریز-دریاچه عبور می‌کند؛ تغییری در شیب نمودار رخ نداد و ضریب دبی به روند کاهشی خود

راست بازشدگی‌ها از ۰/۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر توسط فراسنجه (D) که همان ارتفاع آبراهه است، بی‌بعد شده است. در دبی‌های ۱۳ و ۱۵ لیتر بر ثانیه جریان تنها از سرریز عبور نمی‌کند و در دبی‌های ۹، ۷ و ۱۱ لیتر بر ثانیه سهم سرریز کم شده تا آنجا که در بازشدگی‌های بیشتر، جریان تنها از دریچه عبور می‌کند. همان‌گونه که پیشتر گفته شد هرچه میزان بازشدگی دریچه افزایش می‌یابد بر عدد ضریب دبی نیز افزوده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد هرچه ارتفاع آب بالادست سازه بیشتر می‌شود ضریب دبی نیز به عدد ثابت ۰/۷۲ میل می‌کند. بنابراین افزایش دبی جریان و کاهش میزان بازشدگی دریچه با پرشدن گنجایش سازه رابطه مستقیم دارد.

۳-۳- بررسی تأثیر فراسنجه شیب کف آبراهه

(S) بر ضریب دبی سازه

در این پژوهش حاضر همه آزمایش‌ها در شیب ۰/۰۰۲ انجام شد و در ادامه برای کنترل نتایج آزمایش‌ها و بررسی اثرگذاری‌های شیب بر روی ضریب دبی، بار دیگر آزمایش‌ها در دو بازشدگی ثابت ۴/۵ و ۷/۵ سانتی‌متر در شیب ۰/۰۰۴ تکرار شد. در شکل‌های ۱۶ و ۱۷ نتایج به دست آمده در دو شیب متفاوت ۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۴ نشان داده شده است.

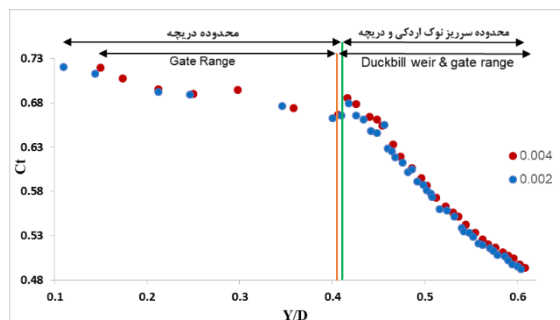


Figure 16 checking the changes in discharge coefficient in the 60% relative opening of gate in two slopes 0.004 and 0.002

شکل ۱۶ بررسی تغییرپذیری‌های ضریب دبی در بازشدگی

نسبی ۶۰ درصد دریچه در دو شیب ۰/۰۰۴ و ۰/۰۰۲

نتایج بالا نشان می‌دهد تغییرپذیری‌های شیب کف آبراهه، تغییرپذیری‌های قابل توجه‌ای در ضریب دبی سازه ایجاد

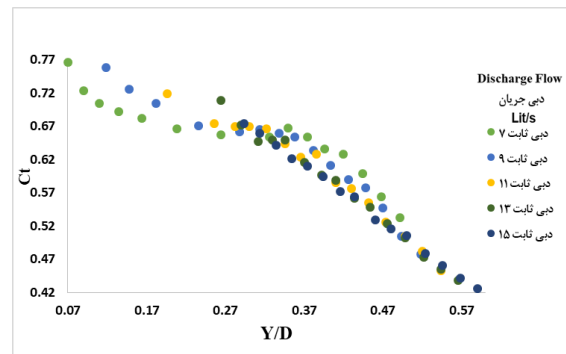


Fig. 14 Variations of the flow coefficient according to the dimensionless parameter Y/D at constant flow rates of 7, 9, 11, 12 and 15 with different Gate openings.

شکل ۱۴ ضریب دبی بر حسب فراسنجه بدون بعد Y/D در دبی ثابت ۱۵ لیتر بر ثانیه با بازشدگی‌های متفاوت دریچه

باتوجه به نمودار شکل ۱۴، مشاهده می‌شود، به‌طور کلی ضریب دبی بین عدد ۰/۴۲ و ۰/۷۶ متغیر می‌باشد. همچنین با افزایش میزان دبی جریان و ارتفاع آب بالادست سازه، تغییرپذیری‌های ضریب دبی به نسبت کمتر و بین عدد ۰/۴۲ و ۰/۵۳ متغیر است.

۳-۲-۲- بررسی تأثیر فراسنجه $\frac{H_g}{D}$ بر ضریب دبی سازه

در این بخش نیز همانند بخش قبل روند تغییرپذیری‌های ضریب دبی سازه ترکیبی این بار در برابر فراسنجه بدون بعد $\frac{H_g}{D}$ در شکل زیر بررسی می‌شود.

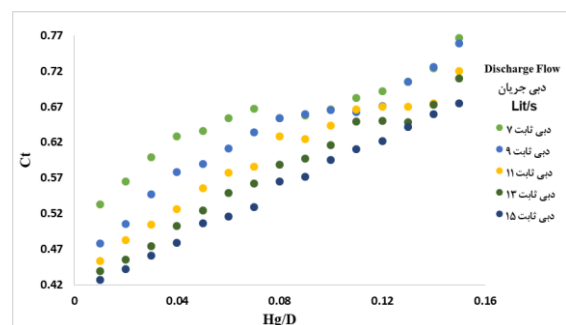


Fig. 15 Variations of the flow coefficient according to the dimensionless parameter $\frac{H_g}{D}$ at constant flow rates of 7, 9, 11, 12, and 15 with different Gate openings.

شکل ۱۵ تغییرپذیری‌های ضریب دبی بر حسب فراسنجه

بدون بعد $\frac{H_g}{D}$ در دبی‌های ثابت ۷، ۹، ۱۱، ۱۲ و ۱۵ با

بازشدگی‌های متفاوت دریچه

همان‌طور که در شکل قابل مشاهده است، از طرف چپ به

ترکیبی سرریز با مقطع مرکب همراه با دریچه زیرین در دبی‌ها و بازشدگی‌های متفاوت ارزیابی شد. افزون بر ضریب دبی، تأثیر فراسنجه‌های هندسی سازه مرکب بر روی ضریب دبی مورد پژوهش قرار گرفت.

ضریب دبی در برابر فراسنجه بدون بعد Y/D دارای روند کاهشی می‌باشد. هنگامی که هد آب بالادست سازه و ارتفاع روی سرریز افزایش می‌یابد ضریب دبی کاهش می‌یابد. علت این امر افت جریان ورودی در هنگام برخورد جریان ریزشی از روی سرریز با جریان خروجی از دریچه می‌باشد. از سوی دیگر با کاهش فراسنجه بدون بعد Y/D ، ضریب دبی افزایش یافته و تا حدودی ثابت شده و به عدد 0.76 میل می‌کند. به طور کلی در بازشدگی ثابت دریچه، ضریب دبی روند کاهشی دارد و به عدد 0.43 میل می‌کند. با افزایش فراسنجه Hg/D ، ضریب دبی افزایش یافته و به سمت عدد 0.72 میل می‌کند. شیب کف آبراهه، تغییرپذیری‌های قابل توجه‌ای در ضریب دبی سازه فراهم نمی‌سازد. با نگرش به عملکرد مطلوب سرریز با مقطع مرکب همراه دریچه کشویی در هد آب کم، می‌توان از آن در زمان‌های کم آبی بهره جست.

نتایج این تحقیق می‌تواند به ایجاد یک پایگاه داده تجربی جامع منجر شود که به عنوان مرجع برای پژوهش‌های آینده و در طراحی سازه‌های هیدرولیکی استفاده شود. شناسایی خلاءهای تحقیقاتی و ضرورت انجام این تحقیق در زمینه بررسی آزمایشگاهی شرایط هیدرولیکی سازه ترکیبی سرریز با مقطع مرکب همراه با دریچه زیرین نه تنها به افزایش دانش علمی و فنی در این حوزه کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به بهبود عملکرد و ایمنی سازه‌های هیدرولیکی و مدیریت بهینه منابع آبی منجر شود.

۵- فهرست نشانه‌ها

H	ارتفاع سازه [L]
H_{dw}	طول موثر سرریز با مقطع مرکب [L]
L_c	طول موثر سرریز با مقطع مرکب [L]
h	فاصله بین نوک سرریز تا دریچه [L]
L_g	عرض دریچه [L]
H_g	میزان بازشدگی دریچه [L]

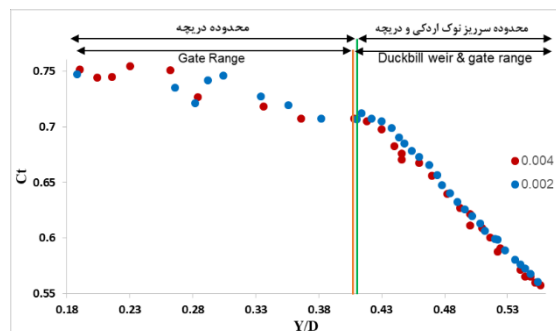


Fig. 17 checking the changes in discharge coefficient in the 100% relative opening of gate in two slopes 0.004 and 0.002

شکل ۱۷ بررسی تغییرپذیری‌های ضریب دبی در بازشدگی نسبی ۱۰۰ درصد دریچه در دو شیب 0.004 و 0.002 .

نکرده است و در هر دو نمودار روند به طور کامل همانند می‌باشد. تاکنون نیز در پژوهش‌های دیگر فراسنجه شیب به عنوان فراسنجه مؤثر بر ضریب دبی تأیید نشده است.

۳-۴- مقایسه و بررسی نتایج دیگر پژوهش‌ها با

این پژوهش

برای بررسی صحت و مقایسه نتایج بیان شده در زمینه ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز با مقطع مرکب همراه با دریچه کشویی مستطیلی، با نتایج بیان شده دیگر پژوهشگران برای انواع مدل‌ها، در جدول زیر ارائه شده است. نتایج بیان شده از این پژوهش قابل مقایسه با نتایج تحقیقات دیگر پژوهشگران می‌باشد و گستره فراسنجه‌های مورد بررسی در این پژوهش در گستره فراسنجه‌های بررسی‌های دیگر پژوهشگران می‌باشد. از سوی دیگر اختلاف بازه تغییرپذیری‌های ضریب دبی در مقایسه با پژوهش‌های دیگر قابل مشاهده است. می‌توان گفت علت این امر تفاوت نوع سرریزها و انتخاب دبی‌ها و بازشدگی‌های ثابت دریچه در مقایسه با نتایج دیگر پژوهش‌ها می‌باشد. در حالت کلی در اغلب پژوهش‌های پیشین، بازه مشترک محدوده ضریب دبی مشاهده می‌شود و برای بیشتر سازه‌های ترکیبی سرریز با دریچه میزان ضریب دبی را می‌توان به صورت میانگین 0.7 در نظر گرفت.

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش بررسی‌ها بر روی شرایط هیدرولیکی سازه

جدول ۲ مقایسه و بررسی محدوده ضریب دبی دیگر پژوهشگران

Table 2 Comparison and review of the range of discharge coefficient of other researchers

Discharge coefficient range	Subject	Source
$0.3 < C_T < 0.75$	Duckbill weir	Effect of the hydraulic conditions and structure geometry on mathematical modelling of discharge coefficient for duckbill and oblique weirs Nikpeik & Kashefipour (2016)
$0.54 < C_T < 0.95$	Oblique Weir	
$0.43 < C_T < 0.95$	Compound sharp crested weirs	Study of Compound flow in Compound Sharp Crested Weir and Rectangular Gates Pesarkloo & emadi (2019)
$0.38 < C_T < 0.82$	Compound weir-Bottom gate	
$0.28 < C_T < 0.93$	The effect of the height of the Duckbill weir on flow characteristics	Emami et al (2018)
$0.64 < C_T < 0.7$	Investigation of hydraulic conditions and determination of the discharge coefficient of the combined structure of semi-circular-rectangular weir and sliding gate using a laboratory model	Mesbahgharre tapehe et al (2023)
$0.58 < C_T < 0.61$	Determining the discharge coefficient in model of the triangular-rectangular combined weir and sliding gate	Asadinia et al (2024)
$0.6 < C_T < 0.9$	Laboratory Investigation of Hydraulic conditions of the composite structure Duckbill weir with a bottom Gate	The Present Study

نویسنده (نویسندگان) هیچ گونه حمایت مالی برای تحقیق، تالیف و انتشار این مقاله دریافت نکردند.

دسترسی به داده‌ها

همه اطلاعات و نتایج در متن مقاله ارائه شده است. مجموعه داده‌های تولید شده و یا تحلیل شده در طول مطالعه حاضر، در صورت درخواست معقول، از نویسنده مسئول در دسترس هستند.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: انجام آزمایش‌ها و نگارش نسخه اولیه مقاله. نویسنده دوم: بررسی نتایج و تجزیه و تحلیل داده‌ها. نویسنده سوم: بررسی نسخه نهایی مقاله و ویرایش.

۶- منابع

Asadinia, M., Khozaymehnezhad, H. & Akbari, M. (2024). Estimating the Discharge Coefficient in a Model of the Triangular-Rectangular Combined Weir and Sliding Gate. *Journal of Hydraulics*, 19(1), 51-66. (In Persian)

Bani Tamim, N. & Haideranjad, M. (2019).

ضریب دبی سازه (بدون بعد)
زاویه نوک سرریز (بدون بعد)
ارتفاع آبراهه [L]
طول آبراهه [L]
عرض آبراهه [L]
شیب (بدون بعد)
سرعت جریان روی سرریز و سرعت عبوری از دریچه [LT⁻¹]
عمق آب بالادست سازه [L]
ویسکوزیته دینامیکی سیال [ML⁻¹T⁻¹]
چگالی سیال [MT⁻³]
شتاب ثقل [LT⁻²]

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تضاد منافی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

منابع مالی

- over compound weir and below semicircular gate. *Int. J. Science Engineering Research.*, 4(10), 1486-1491.
- Mesbah Gharretape, S., Khozaymehnezhad, H. & Dasturani, M. (2023). Investigating the hydraulic conditions and determining the discharge coefficient of the semi-circular-rectangular overflow structure and sliding valve using a laboratory model. *Advanced Technologies in Water Productivity*, 3(4), 61-79. (In Persian)
- Nikpiek, P. & Kashefipour, S.M. (2016). Effect of the hydraulic conditions and structure geometry on mathematical modelling of discharge coefficient for duckbill and oblique weirs. *Irrigation Sciences and Engineering*, 39(1), 1-10. (In Persian)
- Pashazadeh, M., Heydarpour, M., Seqaiannejad, H. & Razavian, H. (2015). Investigating the simultaneous flow under the sliding valve and on the trapezoidal spillway in the circular channel. *Engineering Research of Irrigation and Drainage Structures*, 17(67), 70-80.
- Pesarakloo, M. & Emadi, A. (2017). Study the Hydraulic Flow on the Compound Structure of Weir-Gate with Compound Weir of Circular-Trapezoidal Rectangular. *Research Journal of Irrigation and Drainage Structures Engineering*, 19(71), 99-112. (In Persian)
- Shafai-Bajestan, M. (2005). Basic concepts and application of physical hydraulic modeling, Shahid Chamran University press, Ahvaz, Iran, 268p. (In Persian)
- Tajari, M., Dehghani, A.A. & Meftahhalaghi, M. (2019). Simulation of Sedimentation Pattern in Upstream of Duckbill Weirs Using Submerged Vanes. *Journal of Civil Engineering*, 33(2), 2-18. (In Persian)
- Experimental and numerical investigation of flow coefficient in parabolic zigzag spillways. *Environment and Water Engineering*, 7(3), 386-397. (in Persian)
- El-Hamid, A., Negm, A. & Waheed, E. (1997). Simultaneous flow over weirs and below gates. *Civil Engineering Research Magazine*, 17(7). 62-71.
- Esmaili Varaki, M., Shafaat Talab Dehghani, H. & Ashrafzadeh, A. (2016). Experimental study of the effect of geometry and upstream channel bed level on the discharge coefficient of flow in trapezoidal labyrinth weirs. *Journal of Hydraulics*, 11(2), 61-76. (In Persian)
- Hay, N. & Taylor, G. (1970). Performance and design of labyrinth weirs. *J. Hydr. Engrg., ASCE*, 96(11), 2337-2357.
- Emami, S., Arounqi, H. & Parsa, J. (2013). Numerical investigation of flow in weirs with triangular and curved plan using Fluent software. *Specialized Quarterly Journal of Water Science and Engineering*, 4(9), 63-76. (in Persian)
- Emami, S., Arvanaghi, H. & Parsa, J. (2014). Numerical study of flow of labyrinth weir with triangular and curved plan form using Fluent software. *Journal of Water Science & Engineering*, 4(9), 63-76. (In Persian)
- Hassan, F., Khassaf, S. & Hassan, A. (2015). Determining the Coefficient of Discharge due to Flow over Combined Weir and below Gates, *Kufa Journal of Engineering*, 7(1), 115-128.
- Heydarpour, M., Razavian, S.H. & Hosseini, Y. (2014). Study of Simultaneous Flow over Sharp-Crested Trapezoidal Weir and Below Sluice Gate. *JWSS - Isfahan University of Technology*, 18(68), 147-156. (In Persian)
- Khassaf, S. & Abbas, H. (2013). Study the free flow



© 2026 The Author(s). Published by Iranian Hydraulic Association, Tehran, Iran. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.