Archive of SID.ir

Advanced Technologies in Water Efficiency
homepage:https://atwe.razi.ac.ir
Online ISSN:2783-4964
Razi University

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

Sanaz Mesbah Gharehtapeh[1], Hossein Khozeymehnezhad[2]✉, Mehdi Dastourani [3]

[1] M.Sc. Student in Water structures, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran. E-mail: mesbahsanaz@gmail.com
[2] Corresponding Author, Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran. E-mail: Hkhozeymeh@birjand.ac.ir
[3] Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran. E-mail: mdastourani@birjand.ac.ir

ABSTRACT

The present study was carried out to determine the discharge coefficient of a combined structure of a semi-circular-rectangular weir and a sliding gate in a rectangular laboratory flume with a width of 0.3, a length of 10 and height of meters. The experiments were carried out in two conditions: one with a constant gate opening and varying flow rates, and the other with varying gate openings and constant flow rates, at slopes of 0.002 and 0.004. At the end, the discharge coefficient is obtained with the existing relations. Furthermore, using Buckingham theory, a general relationship was developed to investigate the effect of various dimensionless parameters on the flow coefficient The results of the experiments show that the discharge coefficient first decreases and then increases with the increase of the Y/D parameter. Also, no significant changes have been made in the discharge coefficient by changing the slope of the floor. And with the reduction of the Hg/D parameter, the discharge coefficient is almost fixed and tends to a constant number of 0.74. The comparison of the results of the present study with those of other similar researches indicates a consistency in the findings.

Keywords: Sliding gate, Combined weir, water transfer channel and flow measurement.

Article Type: Research Article
Article history: Received: 11 September 2023 **Revised:** 17 November 2023 **Accepted:** 23 December 2023 **ePublished:** 23 December 2023

1.Introduction

The overflow structure is used to organize and control the water level in open canals and relaxation ponds. Composite sharp edge overflows are designed in different ways and are made up of several openings in such a way that when there is a shortage of water, The flow only passes through the main section of the spillway and more discharge is created on it, and during the flood, with the increase of the discharge, the upper section also starts working, and as a result, it prevents the return of water and the increase of the water level upstream of the spillway. In this situation, the measurement is done with more accuracy (Boss, 1988). Due to the ability to control the water level and the ease of construction and measurement of flow intensity, sharp edge spillways and sliding gates have been widely investigated. On the other hand, most of the overflows in their upstream cause the formation of a region with relatively still water, which creates favorable conditions for sediments and waste materials to settle in the water, which is considered one of the defects of this structure. With the combination of overflow and gate, the difficulties and disadvantages of using each one alone can be reduced so that materials with sedimentation properties are easily emptied from the gate part and mineral and floating materials are emptied from the overflow (Negm et al, 2002).

2.Methodology

The experiments of this research were carried out in the hydraulic laboratory channel of the Faculty of Agriculture of Birjand University. The channel used in this experiment has a rectangular cross section with a width of 0.3 meters, a length of 10 meters, a height of 0.5 meters and a maximum flow rate of 30 liters per second. The current research was carried out in the form of establishing flow with constant opening of the gate and different flow rates, as well as establishing flow with opening of different gates and constant flow rate in two slopes of 0.004 and 0.002 to determine the flow coefficient.

In order to carry out the present experiment, a semi-circular-rectangular overflow structure and a sliding gate is made of galvanized sheet and installed in the test section. Figure (1) shows a simple schematic of the combined flow measurement structure. The characteristcs of semi-circular-rectangular overflow and sliding gate are as follows.

Overall height (H): 30 cm
Overall width (B): 30 cm
Length of rectangular overflow crown (Wrw): 19.7 cm
Semicircular overflow diameter (d): 10 cm
Rectangular overflow height (Hrw): 10 cm
The height of the semi-circular overflow (radius) (Hcw): 5 cm
Maximum gate opening (Hg): 5.7 cm

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Gate width (Wg): 14.7 cm

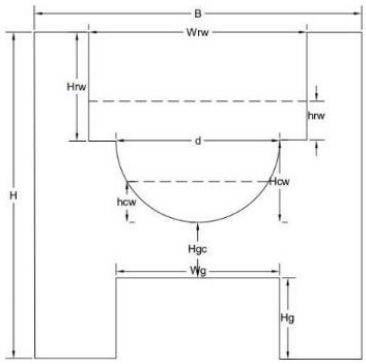


Figure 1. A simple schematic of the composite structure and geometric parameters

2.1. Dimensional analysis

By including all effective parameters and dimensional analysis by Buckingham's method and considering ρ, v and y as repeated variables, the general equation of dimensionless parameters is obtained as follows after simplification.

$$f_3\left(\frac{H_g}{D}.\frac{y}{D}.\frac{h_{rw}}{D}.\frac{h_{cw}}{D}.F_r.s\right) \quad (1)$$

In the present study, dimensionless parameters Hg/D, y/D and **S** were investigated.

3.Results and discussion

According to the collected data and the hydraulic and geometrical parameters of the structure, the discharge coefficient of the structure was investigated. The flow coefficient of the combined structure was calculated in two states of constant gate and different flow rates, and constant flow rate and different gates.

Also, in order to control some of the experiments, the discharge coefficient of the combined structure was investigated in two slopes of 0.004 and 0.002. In all these researches, the discharge coefficient of the combined structure was between 0.6 and 0.8.

4.Conclusion

The test results show that the discharge coefficient depends on whether the gate is submerged or not and the height of the upstream water. Also, the flow coefficient in the conditions of water passing through the gate decreases with the increase of Y/D parameter, and the flow coefficient increases with the increase of Y/D when water passes through the gateand semi-circular-rectangular overflow. By changing the slope of the floor, the discharge coefficient has not changed significantly and with the decrease of Hg/D, the discharge coefficient is almost fixed and tends to a constant number of 0.74.

5. References

Boss, M. G. (1988). Dischage Measurement Structures. ILRI Pub. Wageningn, USA.

Negm, A.-A. M., Al-Brahim, A. M., & Alhamid, A. A. (2002). Combined-free flow over weirs and below gates. Journal of Hydraulic Research, 40(3), 359–365. https://doi.org/10.1080/00221680209499950

6. Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

7. Acknowledgments

The authors thank Birjand University for providing the facilities to conduct the laboratory experiments of this paper

Cite this article: Mesbah Gharehtapeh, S., Khozeymehnezhad, H., & Dastourani, M. (2023). Determining the discharge coefficient in the combined model of rectangular semi-circular spillway and sliding gate, *Advanced Technologies in Water Efficiency*, 3(4), 61-79. DOI: 10.22126/atwe.2024.10111.1098

Publisher: Razi University

© The Author(s).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

فناوری های پیشرفته در بهره وری آب
وبگاه نشریه: https://atwe.razi.ac.ir شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۹۶۴

بررسی شرایط هیدرولیکی و تعیین ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز نیم‌دایره‌ای–مستطیلی و دریچه کشویی با استفاده از مدل آزمایشگاهی

ساناز مصباح قره‌تپه[۱]، حسین خزیمه‌نژاد[۲]✉، مهدی دستورانی[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی‌ارشد سازه‌های آبی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. رایانامه: mesbahsanaz@gmail.com

[۲] نویسنده مسئول، دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. رایانامه: Hkhozeymeh@birjand.ir

[۳] دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. رایانامه: mdastourani@birjand.ac.ir

چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور تعیین ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز نیم‌دایره‌ای–مستطیلی و دریچه کشویی در یک کانال آزمایشگاهی مستطیلی به عرض ۰/۳، طول ۱۰ متر و عرض ۰/۵ متر انجام شد. آزمایش‌ها در دو وضعیت، برقراری جریان با بازشدگی ثابت دریچه و دبی‌های مختلف و برقراری جریان با بازشدگی‌های مختلف دریچه و دبی‌های ثابت در دو شیب ۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۴ انجام شد. در انتها با استفاده از روابط موجود، ضریب دبی به دست آمد. همچنین با استفاده از تئوری باکینگهام یک رابطه کلی جهت بررسی تأثیر پارامترهای بی‌بعد مختلف بر ضریب دبی جریان توسعه داده شد. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که ضریب دبی با افزایش پارامتر Y/D، ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. همچنین با تغییر شیب کف، تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای در ضریب دبی ایجاد نشده است و با کاهش پارامترHg/D، ضریب دبی تقریباً ثابت‌شده و به عدد ثابت ۰/۷۴ میل می‌کند. بررسی نتایج پژوهش حاضر با نتایج سایر پژوهش‌هایی مشابه، نشان از تطابق نتایج دارند.

واژه‌های کلیدی: دریچه کشویی، سرریز مرکب، کانال انتقال آب، اندازه‌گیری جریان.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

سابقه مقاله: دریافت: ۲۰ شهریور ۱۴۰۲ **اصلاح:** ۲۶ آبان ۱۴۰۲ **پذیرش:** ۰۲ دی ۱۴۰۲ **چاپ الکترونیکی:** ۰۲ دی ۱۴۰۲

استناد: مصباح قره‌تپه. س.، خزیمه نژاد، حسین.، و دستورانی، م. (۱۴۰۲). بررسی شرایط هیدرولیکی و تعیین ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز نیم‌دایره‌ای–مستطیلی و دریچه کشویی با استفاده از مدل آزمایشگاهی، *فناوری‌های پیشرفته در بهره‌وری آب*، ۳(۴)، ۷۹-۶۱. شناسه دیجیتال: 10.22126/atwe.2024.10111.1098

ناشر: دانشگاه رازی

© نویسندگان.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مقدمه

استفاده از سرریزها، فلومها و دریچه‌ها از متداول‌ترین روش‌های اندازه‌گیری دبی جریان است. از اصلی‌ترین دلایل استفاده از سرریزها به‌عنوان وسایل اندازه‌گیری جریان، داشتن رابطه دبی–اشل ساده است. سرریزها به علت دقت اندازه‌گیری دبی در شرایط متفاوت جریان شکل-های مختلفی دارند که هر یک کاربرد ویژه خود را دارد. در کانال‌های روباز اندازه‌گیری دبی جریان از مهم‌ترین کاربرد سرریزها است. لذا با توجه به حساس بودن این کار، باید سازه‌های مطمئن و با بازدهی بالا انتخاب شود. سرریزهای لبه تیز مرکب اکثراً برای محاسبه دامنه‌ای گسترده از جریان استفاده و با دقت بیشتری در کانال‌های روباز به کار گرفته می‌شوند. سرریزهای لبه تیز مرکب به شکل‌های مختلف طراحی و از چندین دهانه تشکیل‌شده‌اند به‌نحوی‌که در زمان کم‌آبی، جریان فقط از روی مقطع اصلی سرریز عبور و دبی بیشتری روی آن ایجاد می‌شود و در هنگام سیلاب با افزایش دبی، مقطع بالایی هم شروع به کار می‌کند و درنتیجه مانع برگشت آب و افزایش سطح آب بالادست سرریز می‌شود که در این شرایط، اندازه‌گیری با دقت بیشتری صورت می‌گیرد (باس[1]، ۱۹۸۸). به دلیل قابلیت کنترل سطح آب و سهولت ساخت و اندازه‌گیری شدت‌جریان در سرریزهای لبه‌تیز و دریچه‌های کشویی، بررسی‌های وسیعی روی آن‌ها صورت گرفته است. از طرف دیگر اکثر سرریزها در بالادست خود سبب تشکیل منطقه‌ای دارای آب نسبتاً ساکن می‌شوند که این امر موجب ایجاد شرایطی مساعد برای ته‌نشینی رسوبات و مواد زائد در آب می‌گردد که از عیب‌های این سازه محسوب می‌شود. با ترکیب سرریز و دریچـه مـی‌تـوان دشواری‌ها و معایب استفاده جداگانه هر یک از این سازه‌ها به‌تنهایی را کم کرد به‌نحوی‌که مـواد با خاصیت ته‌نشینی به‌آسانی از بخش دریچـه خـارج و مواد معدنی و شناور به گونه مناسب‌تری از بخش سرریز تخلیه شوند (نجم و همکاران[2]، ۲۰۰۲).

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

برگمن[3] (۱۹۶۳) در مورد سرریزهای مرکب با فشردگی جانبی، اولین مطالعات تجربی خود را انجام داد. وی ظرفیت جریان روی سه مدل سرریز لبه‌تیز مرکب با فشردگی جانبی در یک کانال را مورد ارزیابی قرار داد. نتایج به‌صورت یک معادله تجربی، به‌منظور ارزیابی دبی جریان برحسب بار هیدرولیکی نسبت به دهانه مثلثی، بار هیدرولیکی نسبت به تاج افقی دهانه مستطیلی و عرض دهانه مستطیلی سرریز ارائه شد. پیرادیپن و همکاران[4] (۲۰۰۷) بر روی سرریز لبه تیز مرکب مثلثی– مثلثی پژوهشی انجام دادند و برای محاسبه دبی جریان معادله‌ای ارائه کردند. یاسی و عباسپور[5] (۲۰۰۵) با بررسی جریان در سرریز لبه‌تیز مرکب مثلثی–مستطیلی با زاویه رأس ۹۰ درجه در حالت فشردگی و بدون فشردگی جانبی به این نتیجه رسیدند که با افزایش ارتفاع سطح آب روی سرریز و در محدوده تداخل جریان در مرز سرریزهای مثلثی و مستطیلی، ضریب دبی جریان به‌طور متناوب افزایش و کاهش می‌یابد. جان و همکاران[6] (۲۰۰۶) طی پژوهشی بر روی چهار نوع سرریز لبه تیز مرکب مستطیلی– مستطیلی، مستطیلی– ذوزنقه‌ای، مثلثی– مستطیلی، مثلثی– ذوزنقه‌ای و بهره‌گیری از مجموع دبی سرریزهای ساده با ساختار خطی به‌عنوان دبی کل سرریز مرکب به این نتیجه رسیدند که ناپیوستگی در ناحیه دو سرریز، در رابطه دبی– اشل این‌گونه سرریزها وجود دارد. ظهیری[7] (۲۰۱۱) توانست توزیع عرضی سرعت بر روی سرریز مرکب، به کمک ایده شباهت هیدرولیک کانال‌های مرکب با هیدرولیک سرریزهای مرکب و مدل ریاضی شبه دوبعدی را حل کند. او با محاسبه دبی جریان در سرریزهای مرکب مختلف و مقایسه آن‌ها با داده‌های آزمایشگاهی، به این نتیجه رسید که مدل پیشنهادی، دقت بیشتری در تخمین دبی نسبت به روابط متداول سرریزهای لبه تیز دارد. حسینی و همکاران (۱۳۹۰) طی پژوهشی بر روی جریان هم‌زمان از روی سرریز لبه تیز بدون فشردگی و زیر دریچه کشویی در کانال دایره‌ای به این نتیجه رسیدند که ضریب

[1] Boss
[2] Negm et al
[3] Bergmann
[4] Piratheepan et al
[5] Yasi & Abbaspour
[6] Jan et al
[7] Zahiri

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

دبی با زیادشدن میزان گشودگی دریچه در دبی ثابت، زیاد می‌شود. اسماعیلی و فتحی مقدم (۱۳۸۵) طی پژوهشی بر روی سیستم ترکیبی سرریز مستطیلی- دریچه در کانال‌های دایره‌ای آب و فاضلاب به این نتیجه رسیدند که ضریب شدت‌جریان سرریز- دریچه در مقابل نسبت‌های بی‌بعد پارامترهای هیدرولیکی از رویه معینی پیروی نمی‌کند. رضویان و همکاران (۱۳۸۶) طی پژوهشی بر روی سرریز مستطیلی با فشردگی جانبی و دریچه مستطیلی بدون فشردگی، خصوصیات جریان را موردبررسی قرار دادند و ضریب دبی با خطای متوسط ۴ درصد بیان کردند. مارتینز و همکاران[1] (۲۰۰۵) وضعیت جریان را بر روی سرریز لبه تیز مثلثی – مثلثی بررسی کردند و با اثبات پیوستگی رابطه دبی- اشل روی این سرریز در تمامی عمق‌های جریان، آن را برای استفاده در حوضه‌های کوهستانی و سدهای رسوب‌گیر پیشنهاد دادند. جلیل و سرهان[2] (۲۰۱۳) به بررسی ضریب جریان در مدل ترکیبی سرریز-دریچه در حالت قرارگیری مورب در آبراهه پرداختند. آنان نتیجه گرفتند با کاهش زاویه قرارگیری، ضریب دبی کاهش می‌یابد، اما به علت افزایش طول سازه، میزان دبی عبوری افزایش می‌یابد. آلتین- ساکاریا[3] و کوک پینار[4] (۲۰۱۳) طی پژوهشی بر روی سیستم ترکیبی سرریز- دریچه مستطیلی به این نتیجه رسیدند که می‌توان برای محاسبه دبی عبوری، رابطه‌ای با استفاده از روش بهینه-سازی به دست آورد. حسان و همکاران[5] (۲۰۱۵) دبی جریان عبوری آب را در سرریز مرکب و دریچه بررسی و ارزیابی کردند. در این زمینه سرریز مرکب مستطیلی و ذوزنقه‌ای با هر یک از دریچه‌های مستطیلی، قوسی و مثلثی ترکیب‌شده و موردبررسی قرارگرفته‌اند. با افزایش ارتفاع آب روی سرریز مرکب، دبی جریان عبوری افزایش می‌یابد. افزایش پهنای قسمت‌های مختلف سرریز مرکب و همچنین افزایش فاصله میان سرریز مرکب و دریچه، میزان دبی جریان عبوری را کاهش می‌دهد. خاسف و عباس[6] (۲۰۱۳) با بررسی ضریب دبی در مدل سرریز مرکب مستطیلی-ذوزنقه‌ای-مستطیلی با دریچه نیم‌دایره‌ای در آزمایشگاه نشان دادند که ضریب دبی با افزایش دبی و ارتفاع آب در بالادست سرریز افزایش و با افزایش فاصله مسدود بین سرریز و دریچه کاهش می‌یابد. همچنین، با افزایش ارتفاع سرریز مستطیلی پایینی در فاصله ثابت بین سرریز مستطیلی و دریچه، میزان ضریب دبی کاهش می‌یابد. اسعدی‌نیا و همکاران (۱۴۰۳) طی پژوهشی بر روی سیستم ترکیبی سرریز مثلثی- مستطیلی و دریچه به این نتیجه رسیدند که با افزایش $\frac{y}{D}$ (عمق بی‌بعد جریان در بالادست سازه) ضریب دبی ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد و به سمت ۰/۷ میل می‌کند. بررسی پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد؛ تاکنون پژوهشی در موردمحاسبه ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز مرکب نیم‌دایره‌ای- مستطیلی و دریچه کشویی صورت نگرفته است؛ بنابراین در این پژوهش با استفاده از انجام آزمایش، ضریب دبی جریان در شرایط متفاوت هیدرولیکی تعیین گردید.

مواد و روش‌ها

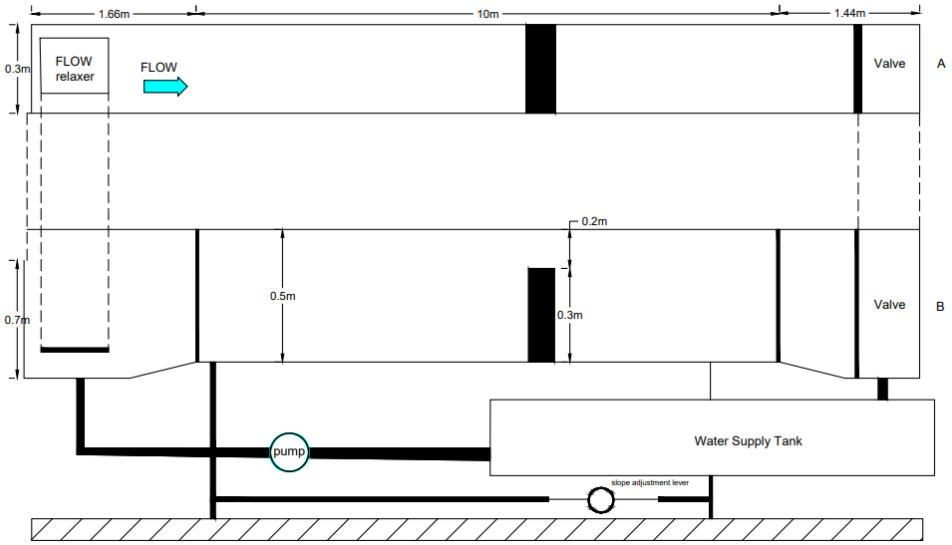
تجهیزات آزمایشگاهی و نحوه انجام آزمایش

آزمایش‌های این پژوهش در کانال آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شده است. کانال مورداستفاده در این پژوهش، شیب پذیر و دارای سطح مقطع مستطیلی است. این کانال با عرض ۰/۳ متر، طول ۱۰ متر، ارتفاع ۰/۵ متر و حداکثر دبی ۳۰ لیتر بر ثانیه، دارای دبی‌سنج الکترومغناطیس است. دیوارهای کانال از جنس پلکسی‌گلاس با ضخامت ۱۰ میلی‌متر که امکان رؤیت جریان را فراهم می‌کند؛ تشکیل‌شده است. در شکل (۱) نمای کلی کانال به نمایش گذاشته شده است.

[1] Martinez et al
[2] Jalil and Sarhan
[3] Altin-Sakarya
[4] Kokpinar
[5] Hassan et al
[6] Khassaf & Abbas

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۱. شماتیک ساده‌ای از کانال آزمایشگاهی و سازه ترکیبی الف) پلان کانال ب) مقطع طولی

جهت انجام آزمایش‌ها در این پژوهش حاضر یک سازه ترکیبی سرریز مرکب نیم‌دایره‌ای- مستطیلی و دریچه کشویی از جنس ورق گالوانیزه ساخته و در مقطع آزمایش نصب شد. در شکل (۲) شماتیک ساده‌ای از سازه ترکیبی اندازه‌گیری جریان نشان داده شده است. مشخصات سرریز مرکب نیم‌دایره‌ای- مستطیلی و دریچه کشویی به شرح زیر است:

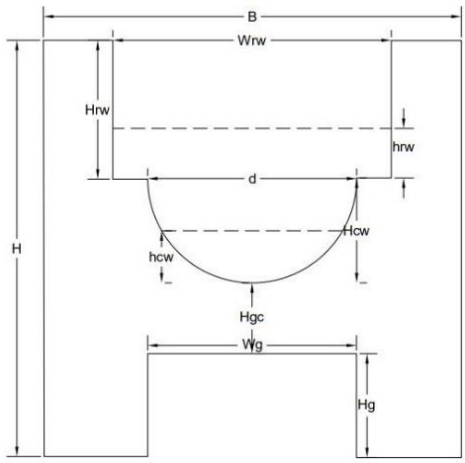
- ارتفاع کلی (H): ۳۰ سانتی‌متر؛
- عرض کلی (B): ۳۰ سانتی‌متر؛
- طول تاج سرریز مستطیلی (W_{rw}): ۱۹/۷ سانتی‌متر؛
- قطر سرریز نیم دایره‌ای (d): ۱۰ سانتی‌متر؛
- ارتفاع سرریز مستطیلی (H_{rw}): ۱۰ سانتی‌متر؛
- ارتفاع سرریز نیم دایره‌ای (شعاع) (H_{cw}): ۵ سانتی‌متر؛
- حداکثر بازشدگی دریچه (H_g): ۷/۵ سانتی‌متر؛
- عرض دریچه (W_g): ۱۴/۷ سانتی‌متر.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



ب)



الف)

شکل ۲. الف) شماتیکی ساده‌ای از سازه ترکیبی و پارامترهای هندسی ب) نمای کلی سازه ترکیبی در کانال

پژوهش حاضر به دو صورت برقراری جریان با بازشدگی ثابت دریچه و دبی‌های مختلف و همچنین برقراری جریان با بازشدگی مختلف دریچه و دبی‌های ثابت انجام شد. روند آزمایش‌ها بدین‌صورت بود که با چرخاندن اهرم تنظیم شیب، نشانگر، روی صفحه مدرج حرکت می‌کند و با ثابت کردن اهرم، شیب قابل‌محاسبه است. در آغاز شیب کانال ثابت روی ۰/۰۰۲ تنظیم‌شده و سپس با روشن کردن پمپ، آب به درون کانال آزمایشگاهی منتقل می‌شود. آب در آغاز وارد حوضچه آرام‌کننده جریان شده، آنگاه با عبور از مقطع‌های مختلف کانال، با گذشتن از دریچه انتهایی، به درون مخزن ریزش می‌کند. به‌منظور اندازه‌گیری شدت‌جریان از دبی‌سنج الکترومغناطیسی با دقت ۰/۰۱ لیتر بر ثانیه استفاده شده است. با تنظیم بازشدگی دریچه و یکنواختی جریان، آزمایش آغازشده و رخدادهای جریان بررسی شد. به‌منظور ثبت نتایج در دبی‌ها و بازشدگی-های مختلف میزان بار آب روی سرریزها از ارتفاع‌سنج سوزنی با دقت ۰/۱ میلی‌متر و میزان بار آب روی دریچه از مبدأ بالای دریچه توسط خط‌کش اندازه‌گیری می‌شد. با پایان آزمایش‌ها به‌منظور محاسبه ضریب دبی به کمک رابطه‌های (۱ تا ۳)، رابطه نهایی محاسبه ضریب دبی (رابطه ۵) به دست می‌آید. سپس شیب آبراهه را بر روی ۰/۰۰۴ تنظیم کرده و همین مراحل دوباره تکرار شد.

مبانی تئوری

برای به دست آوردن دبی عبوری از سرریز لبه تیز نیم‌دایره‌ای فرض شده که دبی عبوری از روی سرریز بحرانی بوده و عمق آب روی سرریز بحرانی است با توجه به چنین فرضی معادله به‌دست‌آمده با استفاده از ضریب دبی که برای سرریز در نظر گرفته می‌شود؛ اصلاح‌شده و معادله (۱) برقرار می‌شود (سوامی، ۱۹۸۸ به نقل از حیدرپور و همکاران، ۱۳۹۲):

$$Q_{cw} = C_{tc} \left(\sqrt{\frac{g A_{cw}^3}{T}} \right) \qquad (۱)$$

دبی عبوری از سرریز مستطیلی برابراست با:

$$Q_{rw} = \frac{2}{3} C_{tr} \sqrt{2g}\, W_{rw}\, h_{rw}^{\frac{3}{2}} \qquad (۲)$$

دبی عبوری از دریچه کشویی مستطیلی برابر است با:

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

$$Q_g=C_{tg}\,(w_g\times H_g)\sqrt{2gH_d} \quad (۳)$$

ضریب دبی با توجه به پژوهش‌های، عمادی و پسرکلو (۱۳۹۷)، ظهیری و همکاران (۲۰۱۴) در هر سه مقطع یکسان در نظر گرفته می‌شود؛ به عبارتی:

$$Q_T = C_t\left(\sqrt{\frac{gA_{cw}^3}{T}} + \frac{2}{3}\sqrt{2g}\,W_{rw}\,h_{rw}^{\frac{3}{2}} + (w_g\times H_g)\sqrt{2gH_d}\right) \quad (۴)$$

لذا ضریب دبی ترکیبی با داشتن دبی عملی (Q_a) و دبی تئوری (Q_T) از رابطه (۵) به دست می‌آید.

$$C_t=\frac{Q_a}{Q_T}=\frac{Q_a}{\sqrt{\frac{gA_{cw}^3}{T}} + \frac{2}{3}\sqrt{2g}\,W_{rw}\,h_{rw}^{\frac{3}{2}}+(w_g\times H_g)\sqrt{2gH_d}} \quad (۵)$$

در ادامه پژوهش برای شناسایی پارامترهای بی‌بعد از تئوری باکینگهام استفاده شد. به‌طورکلی پارامترهایی که در سازه ترکیبی بر ضریب دبی اثرگذارند را می‌توان به‌صورت رابطه (۶) نوشت:

$$f_1(y, v, B, D, \rho, \mu, S, H, g, H_g, W_g, C_t, H_{cw}, H_{gc}, H_{rw}, W_{rw}, H_d, d) \quad (۶)$$

که در آن Y عمق آب بالادست، v سرعت جریان روی تاج سرریزها و عبوری از دریچه، D ارتفاع کانال، B عرض کانال، ρجرم واحد حجم سیال، μ ضریب دینامیکی سیال، S شیب کانال، H ارتفاع سازه، g شتاب ثقل است؛ سایر متغیرها در شکل (۲) نشان داده‌شده است.

با استفاده از تحلیل ابعادی و قضیه باکینگهام اگر پارامترهای جرم واحد حجم سیال (ρ)، سرعت جریان روی تاج سرریزها و عبوری از دریچه (V) و عمق آب بالادست (y) به‌عنوان پارامترهای تکراری در نظر گرفته شوند؛ رابطه (۶) به رابطه (۷) تبدیل می‌شود:

$$f_2\left(R_e, \frac{B}{y}, \frac{D}{y}, s, \frac{H}{y}, \frac{H_g}{y}, \frac{W_g}{y}, F_r, \frac{H_{gc}}{y}, \frac{W_{rw}}{y}, \frac{H_{cw}}{y}, \frac{H_{rw}}{y}, C_t, \frac{H_d}{y}, \frac{d}{y}\right) \quad (۷)$$

در فرآیند بی‌بعد کردن پارامترها، عدد بدون بعد رینولدز (R_e) نیز تولید می‌شود. در آزمایش‌های پژوهش حاضر، به دلیل اینکه عدد رینولدز بزرگ‌تر از حد جریان متلاطم بوده (بیش از ۲۵۰۰) می‌توان از تأثیر آن چشم‌پوشی کرد. همچنین با حذف پارامترهای ثابت که به دلیل محدودیت‌های آزمایشگاهی ثابت در نظر گرفته‌شده‌اند و پارامترهای بی‌تأثیر، رابطه نهایی را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$f_3\left(\frac{H_g}{D}, \frac{y}{D}, \frac{h_{rw}}{D}, \frac{h_{cw}}{D}, F_r, s\right) \quad (۸)$$

در پژوهش حاضر پارامترهای بی‌بعد S، $\frac{y}{D}$ و $\frac{H_g}{D}$ موردبررسی قرار گرفتند. در جدول (۱) دامنه تغییر این پارامترها نشان داده‌شده است:

جدول ۱. پارامترهای بی‌بعد موردبررسی و دامنه تغییر آن‌ها در پژوهش حاضر

متغیر	مقادیر
S	۰/۰۰۲ و ۰/۰۰٤
$\frac{y}{D}$	$0/056 < \frac{y}{D} < 0/57$
$\frac{H_g}{D}$	$0/01 < \frac{H_g}{D} < 0/15$

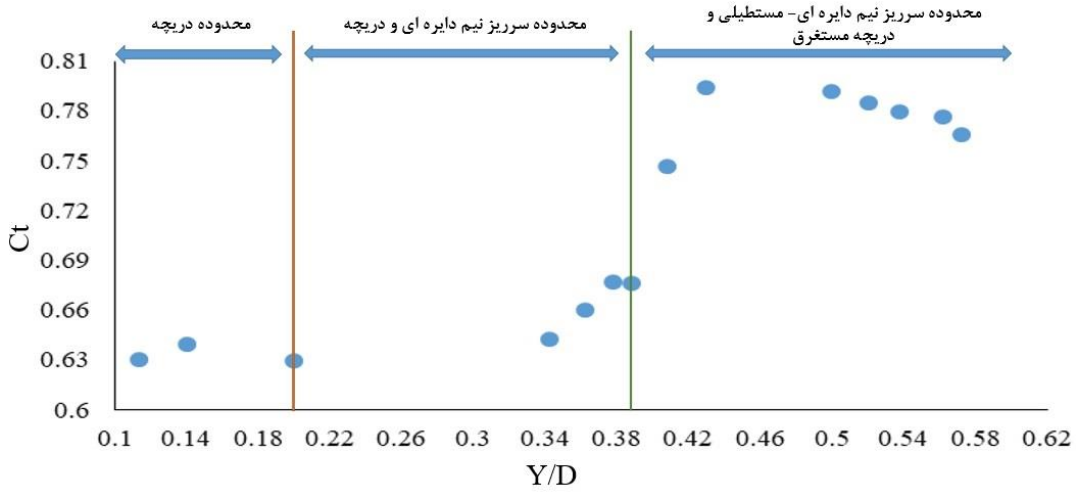
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

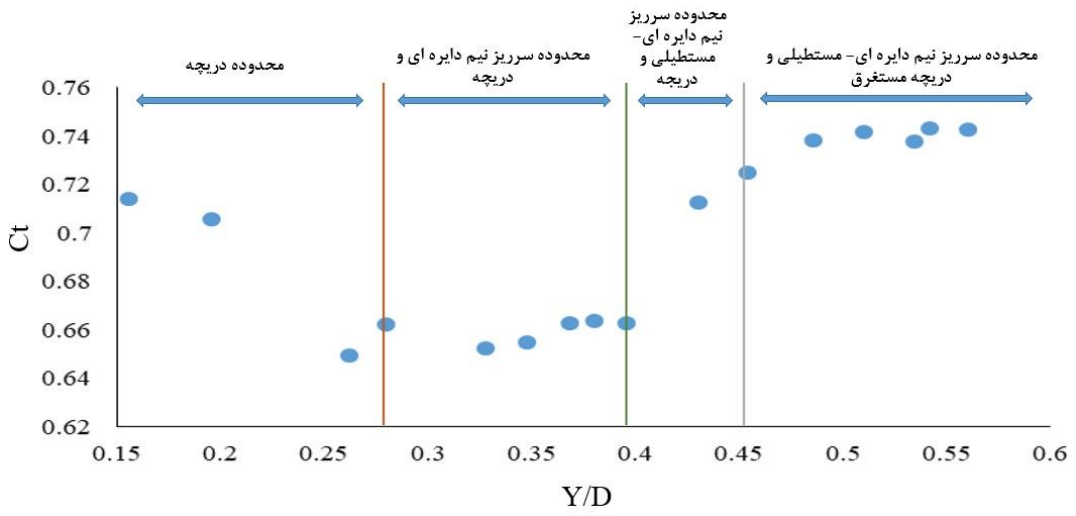
یافته‌ها

تعیین ضریب دبی سازه در دبی‌های متفاوت و بازشدگی ثابت دریچه

در بازشدگی‌های ۱، ۱/۵، ۲، ۲/۵، ۳، ۳/۵، ۴، ۴/۵، ۵، ۵/۵، ۶، ۶/۵، ۷، ۷/۵ سانتی‌متر دریچه و دبی‌های مختلف، ضریب دبی سازه ترکیبی پژوهش حاضر محاسبه شد. به‌عنوان نمونه، نمودار ضریب دبی نسبت به $\frac{y}{D}$ در بازشدگی ۱، ۴/۵ و ۷/۵ سانتی در شکل‌های (۳)، (۴) و (۵) نشان داده شده است.



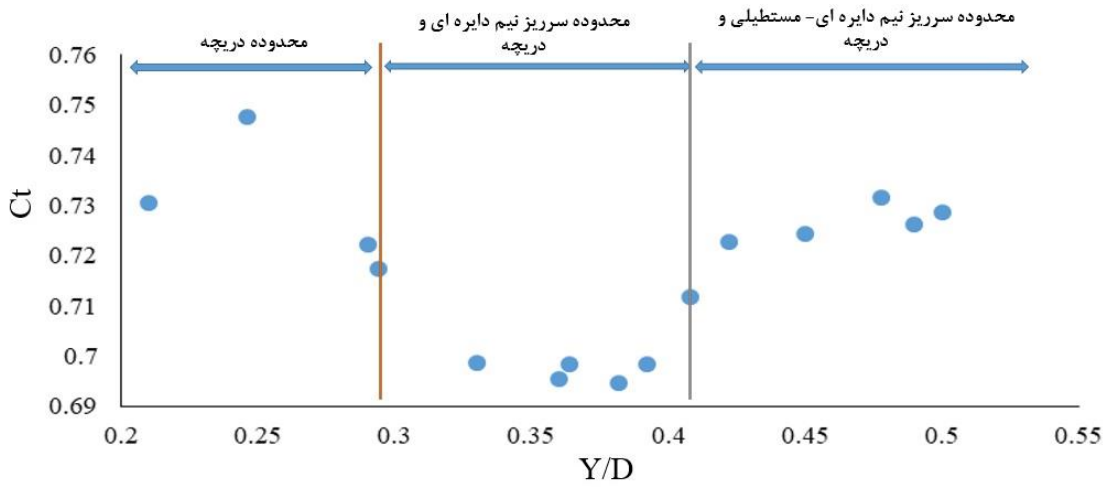
شکل ۳. ضریب دبی در بازشدگی ۱ سانتی‌متری دریچه با دبی‌های متفاوت



شکل ٤. ضریب دبی در بازشدگی ٤/٥ سانتی‌متری دریچه با دبی‌های متفاوت

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

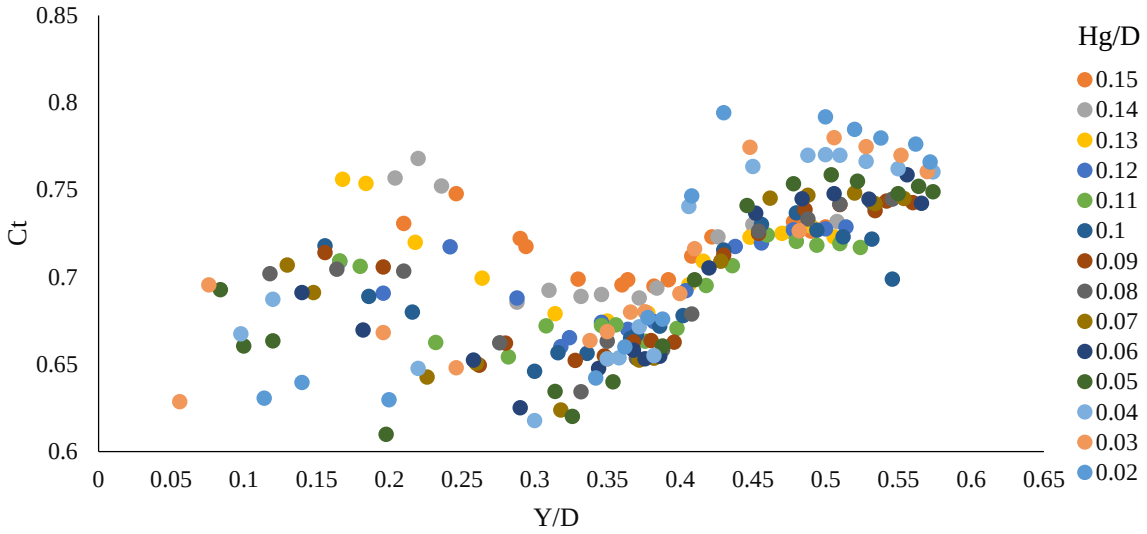


شکل ۵. ضریب دبی در بازشدگی ۷/۵ سانتی‌متری دریچه با دبی‌های متفاوت

در حالت بازشدگی ثابت دریچه و دبی‌های متفاوت چهار محدوده مشاهده می‌شود که این محدوده‌ها در شکل‌های (۳)، (۴) و (۵) نشان داده‌شده‌اند. در محدوده اول که جریان تنها از دریچه عبور می‌کند؛ روند نمودارها در همه بازشدگی‌ها در این قسمت کاهشی است؛ یعنی با افزایش $\frac{y}{D}$ ضریب دبی در این ناحیه در حال کاهش است. در محدوده دوم که جریان از دریچه و سرریز نیم‌دایره‌ای عبور می‌کند؛ روند نمودارها در همه بازشدگی‌ها در این محدوده به روند کاهشی خود در محدوده پیشین ادامه می‌دهد؛ یعنی همچنان با افزایش $\frac{y}{D}$ ضریب دبی کاهش می‌یابد که با نتایج حاصل‌شده از پژوهش بلوچی و زینی‌وند (۱۳۹۱)، محبی کند سری و همکاران (۲۰۱۵) و اسعدی‌نیا و همکاران (۱۴۰۳) همخوانی دارد. همان‌طور که در نتایج پژوهش‌های یادشده نیز اشاره شده است؛ در شرایطی که ویژگی‌های هندسی سازه ترکیبی مانند بازشدگی دریچه، قطر سرریز نیم‌دایره و طول تاج سرریز مستطیلی (که در روابط ۱ تا ۳ دیده می‌شوند)؛ در طی یک آزمایش ثابت باشند؛ بنا بر رابطه‌های یادشده ضریب دبی تنها به دبی جریان و بار آب در بالادست سازه بستگی دارد؛ اما همان‌طور که در این رابطه‌ها مشاهده می‌شود؛ دبی جریان و بار آب هرکدام تأثیر متفاوتی بر ضریب دارند؛ به‌عنوان‌مثال در محدوده اول که تنها جریان از دریچه عبور می‌کند بار آب با توان ۰/۵ در رابطه ظاهرشده و به همین دلیل تأثیر تغییرپذیری‌های بار آب از دبی جریان کمتر بوده و لذا با افزایش بار آب، ضریب دبی کاهش می‌یابد. در محدوده دوم، بخش از جریان از سرریز نیم‌دایره عبور می‌کند و تأثیرگذاری بار آب در سرریز نیم‌دایره متفاوت با دریچه است به‌گونه‌ای که بار آب –که در پارامتر سطح مقطع سرریز نیم‌دایره مستتر است؛ با توان ۱ در رابطه ظاهر می‌شود؛ اما در این محدوده با توجه به اینکه عمده جریان از دریچه عبور می‌کند و بخش کمی از جریان از سرریز نیم‌دایره عبور می‌کند؛ روند محدوده اول با شیب کمتری در محدوده دوم هم تکرار می‌شود. در محدوده سوم، روند کاهشی نمودارها در بازشدگی‌های مختلف تا حدودی متوقف‌شده و نمودارها در این محدوده به‌طورکلی روندی افزایشی دارند؛ این بدان معناست که با ادامه روند افزایش $\frac{y}{D}$، ضریب دبی در بیشتر دبی‌ها اندکی افزایش می‌یابد. در این محدوده، جریان افزون بر دریچه از سرریز نیم‌دایره و مستطیلی هم عبور می‌کند و بار آب روی سرریزهای نیم‌دایره –که همان‌طور که گفته شد در پارامتر سطح مقطع سرریز نیم-دایره مستتر است؛ و مستطیلی به ترتیب با ضریب‌های ۱ و ۱/۵ در رابطه‌ها ظاهر می‌شوند و لذا افزایش بار آب، باعث افزایش ضریب دبی می-شود؛ نتایج به‌دست‌آمده در این وضعیت، با نتایج زونگ‌فو و همکاران (۲۰۱۸) همخوانی دارد. در محدوده چهارم، روند نمودارها در همه بازشدگی-ها در این حالت با آغاز یک‌روند افزایشی ادامه یافته و درنهایت به سمت عدد ثابتی میل می‌کند. می‌توان نتیجه گرفت که با استغراق دریچه و افزایش $\frac{y}{D}$، ضریب دبی تا حدودی ثابت شده است. در شکل (۵) محدوده چهارم به دلیل محدود بودن حداکثر و حداقل دبی پمپ آزمایشگاه وجود ندارد. برای بررسی بهتر و دقیق‌تر این روندها نتایج مربوط به همه بازشدگی‌ها در شکل (۶) نشان داده شده است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

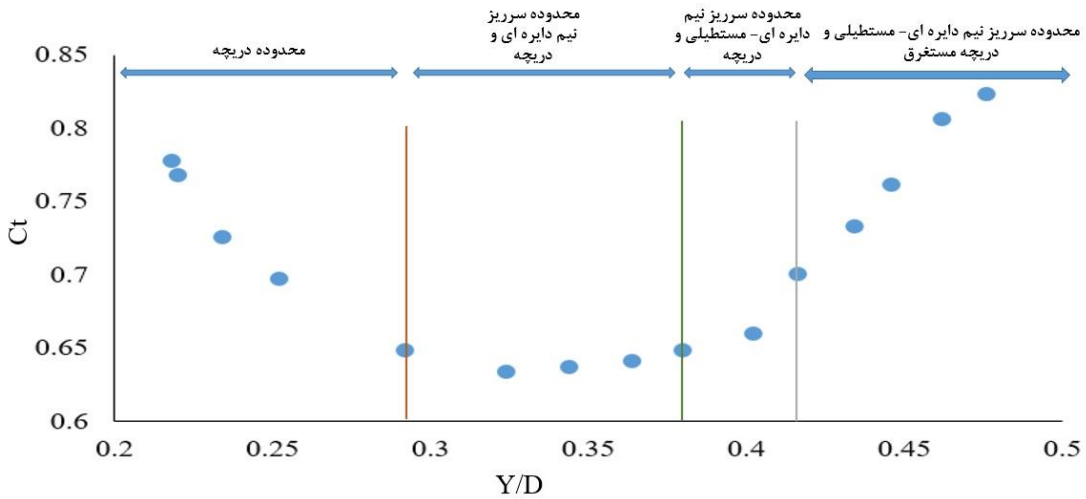


شکل ٦. ضریب دبی در تمام بازشدگی دریچه با دبی‌های متفاوت

با افزایش بار آب بالادست سازه یا همان عمق جریان، به دلایلی که در بخش پیشین توضیح داده شد؛ ضریب دبی در محدوده‌ای که جریان از دریچه و سرریز نیم‌دایره عبور می‌کند؛ کاهش می‌یابد و در شرایطی که همه ظرفیت سازه ترکیبی برای عبور جریان استفاده می‌شود؛ ضریب دبی روند افزایشی پیداکرده و درنهایت در همه بازشدگی‌های بی‌بعد دریچه به سمت عدد ثابت میل می‌کند. از شکل (۶) نتیجه می‌شود که به‌طورکلی ضریب دبی سازه بین ۰/۶ تا ۰/۷۹ است اما با افزایش دبی و در پی آن افزایش سطح آب بالادست، ضریب دبی تا حدودی ثابت و بین ۰/۷ تا ۰/۷۶ قرار می‌گیرد.

تعیین ضریب دبی سازه در بازشدگی‌های متفاوت و دبی ثابت

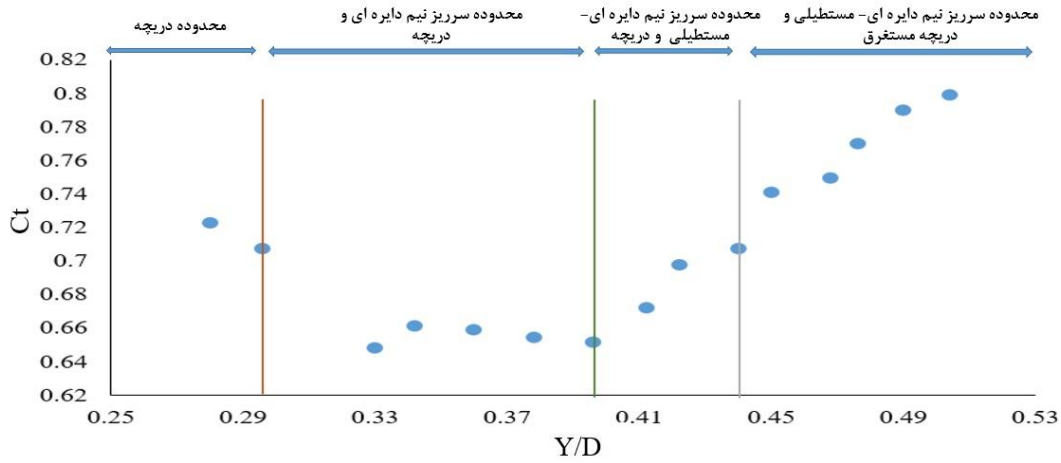
در اینجا برای تحلیل بهتر، نمودارهای ضریب دبی برحسب $\frac{Hg}{D}$ و $\frac{y}{D}$ در دبی‌های ۷، ۹، ۱۱، ۱۳و ۱۵ لیتر بر ثانیه موردبررسی قرار می‌گیرند.



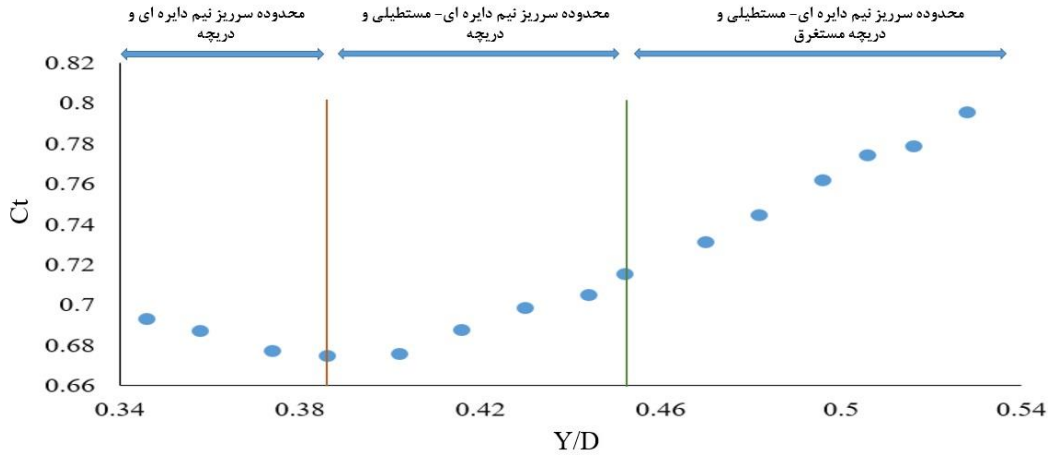
شکل ۷. ضریب دبی در دبی۷ لیتر بر ثانیه برحسب $\frac{y}{D}$ با بازشدگی‌های مختلف دریچه

Archive of SID.ir

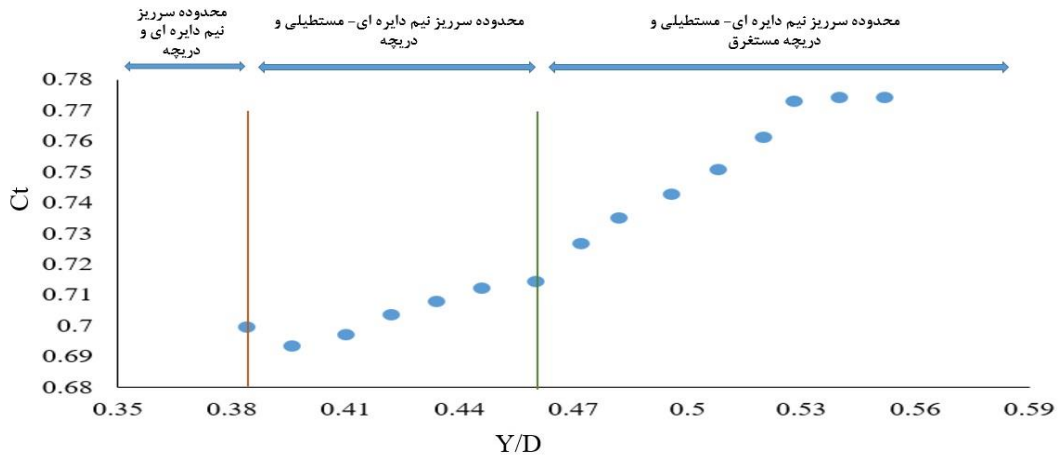
Archive of SID.ir



شکل ۸. ضریب دبی در دبی۹ لیتر بر ثانیه برحسب $\frac{y}{D}$ با بازشدگی‌های مختلف دریچه



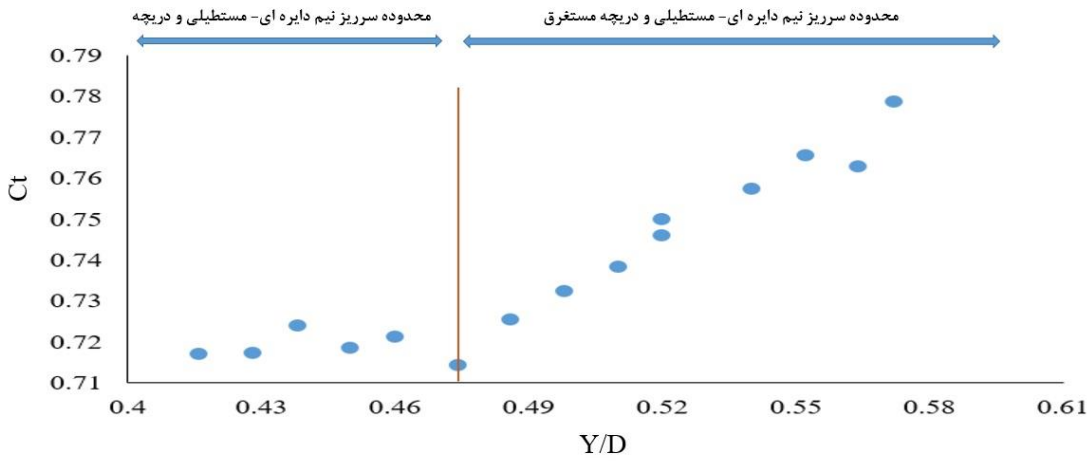
شکل ۹. ضریب دبی در دبی۱۱ لیتر بر ثانیه برحسب $\frac{y}{D}$ با بازشدگی‌های مختلف دریچه



شکل ۱۰. ضریب دبی در دبی۱۳ لیتر بر ثانیه برحسب $\frac{y}{D}$ با بازشدگی‌های مختلف دریچه

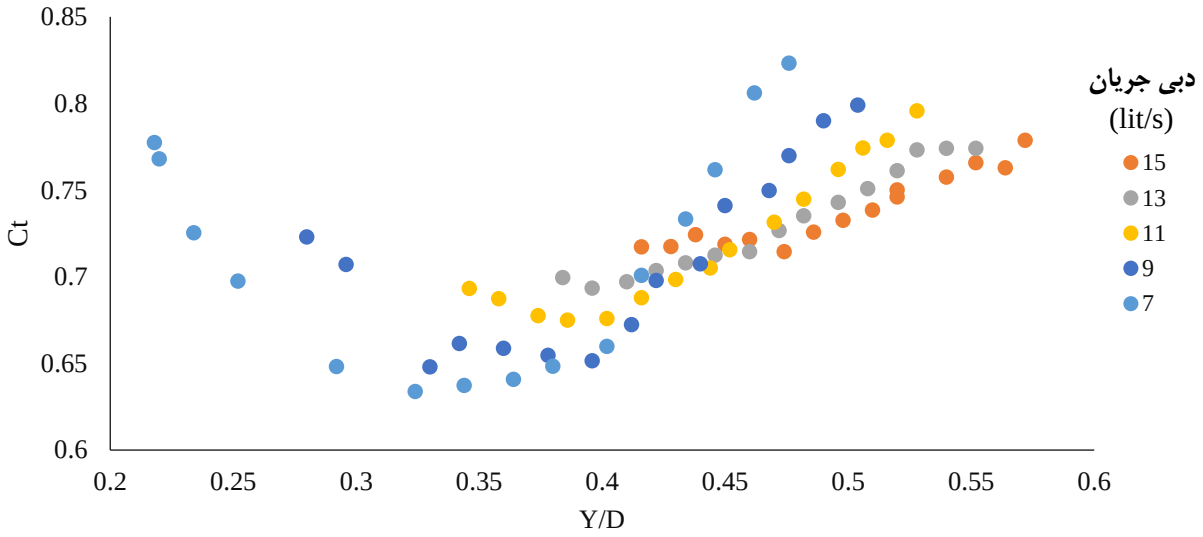
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۱۱. ضریب دبی در دبی۱۵ لیتر بر ثانیه برحسب $\frac{y}{D}$ با بازشدگی‌های مختلف دریچه

با افزایش بازشدگی دریچه سهم عبور جریان از دریچه بیشتر شده و همان‌طور که پیش‌تر توضیح داده شد با افزایش بازشدگی دریچه ضریب دبی جریان در برابر افزایش بار آب روند کاهشی دارد. همان‌طور که در شکل‌های (۷) و (۸) –مربوط به دبی‌های ۷ و ۹ لیتر بر ثانیه– مشخص است؛ شرایط جریان به‌گونه‌ای است که محدوده ۱ در نمودارها دیده می‌شود؛ یعنی در شماری از آزمایش‌ها جریان تنها از دریچه عبور می‌کند؛ اما در دبی‌های بالاتر محدوده ۱ وجود ندارد. در شکل‌های (۹) و (۱۰)– مربوط به دبی ۱۱ و ۱۳ لیتر بر ثانیه– آغاز نمودارها از محدوده ۲ است؛ در محدوده ۲ همان‌طور که پیش‌تر گفته شد باوجود عبور بخشی از جریان از سرریز نیم‌دایره کماکان سهم دریچه در عبور جریان بیشتر است؛ لذا با افزایش بار آب بالادست، کماکان ضریب دبی روند کاهشی دارد. در شکل (۱۱) آغاز نمودار از محدوده سوم است. در محدوده سوم و چهارم روند کاهشی ضریب دبی متوقف و وارد روند افزایشی شده و درنهایت همان‌طور که در ادامه در شکل (۱۱) مشاهده خواهد شد به سمت عدد ثابتی میل می‌کند. درشکل (۱۲) تمام دبی‌های ثابت با بازشدگی‌های مختلف، برای تحلیل و درک بهتر نشان داده‌شده است.



شکل۱۲. ضریب دبی در دبی۷، ۹، ۱۱، ۱۳ و ۱۵ لیتر بر ثانیه برحسب $\frac{y}{D}$ با بازشدگی‌های مختلف دریچه

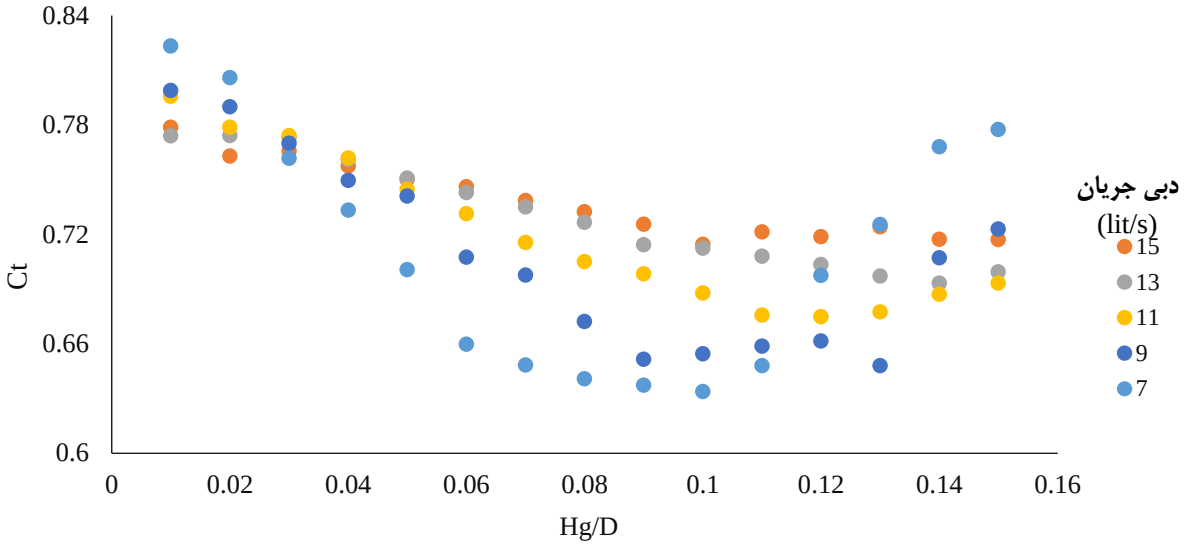
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

همان‌طور که در شکل (۱۲) مشاهده می‌شود ضریب دبی بین عدد ۰/۶۳ و ۰/۸۲ است و ضریب دبی با افزایش سطح آب بالادست و دبی، تغییرات کمی دارد و بین ۰/۷ تا ۰/۷۳ متغیر است.

بررسی تأثیر پارامتر $\frac{Hg}{D}$ بر ضریب سازه دبی

نتایج این بخش را می‌توان از روی نمودار ضریب دبی در دبی۷، ۹، ۱۱، ۱۳ و ۱۵ لیتر بر ثانیه برحسب $\frac{Hg}{D}$ با بازشدگی‌های مختلف دریچه در شکل (۱۳) بررسی کرد.



شکل۱۳. ضریب دبی در دبی ۷، ۹، ۱۱، ۱۳ و ۱۵ لیتر بر ثانیه برحسب $\frac{Hg}{D}$ با بازشدگی‌های مختلف دریچه

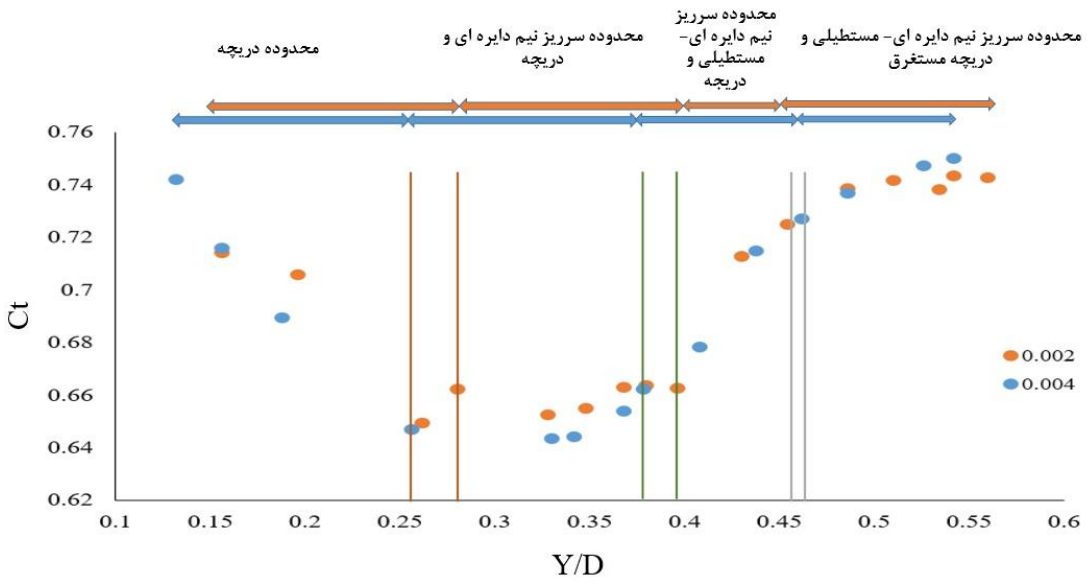
در شکل (۱۳) از چپ به راست بازشدگی‌ها از ۰/۰۱ (بازشدگی بسیار کم) تا ۰/۱۵ (بازشدگی کامل دریچه) تغییر می‌کند. برابر شکل مشاهده می‌شود که با افزایش میزان بازشدگی دریچه، ضریب دبی به سمت عدد ثابتی میل می‌کند. در دبی‌های ۷ و ۹ لیتر بر ثانیه با افزایش بازشدگی بی‌بعد دریچه تا بازشدگی (Hg/D=۰/۱) و برای دبی ۱۱ لیتر بر ثانیه تا (Hg/D=۰/۱۲) روند ضریب دبی جریان کاهشی است. در این محدوده بیشتر جریان از سرریزها عبور می‌کند؛ اما از این میزان به بعد سهم سرریزها کم شده و تا جایی که در بازشدگی‌های بیشتر جریان تنها از دریچه عبور می‌کند (عمده بخشی که روند ضریب دبی در آن افزایشی است) و همان‌طور که پیش‌تر توضیح داده شد؛ هنگامی‌که جریان تنها از دریچه برقرار است ضریب دبی جریان میزان بالاتری دارد به عبارتی با افزایش بازشدگی، ضریب دبی افزایش می‌یابد. در دبی‌های ۱۳ و ۱۵ لیتر بر ثانیه شرایط جریان به‌گونه‌ای است که در بازشدگی بالا نیز عموماً جریان تنها از دریچه عبور نمی‌کند و لذا روند این دو دبی با دبی‌های ۷، ۹ و ۱۱ لیتر بر ثانیه متفاوت است. درمجموع نتایج نشان داد هرچه ارتفاع آب بالادست بیشتر شود ضریب دبی به عدد ثابت ۰/۷۴ میل می‌کند. درنتیجه پر شدن ظرفیت سازه با افزایش دبی و کاهش بازشدگی دریچه رابطه مستقیم دارد.

بررسی تأثیر شیب کف کانال بر ضریب دبی سازه

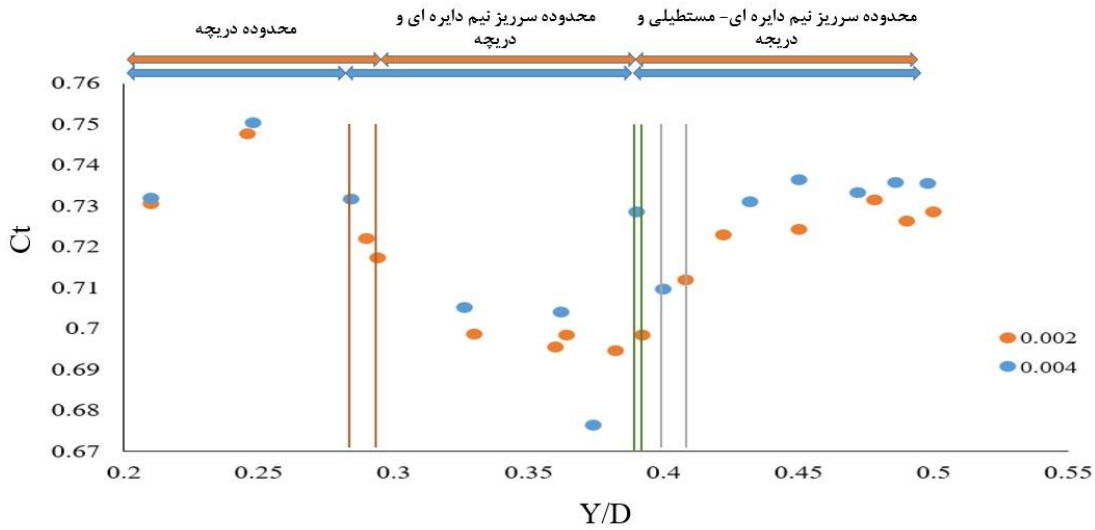
در شکل‌های (۱۴) و (۱۵) برای بررسی بهتر آزمایش‌های انجام‌شده، آزمایش را در بازشدگی‌های ۴/۵ و ۷/۵ سانتی‌متر درشیب ۰/۰۰۴ تکرار کرده و نتایج قابل‌مشاهده است. باید توجه داشت که در پژوهش حاضر تمام آزمایش‌ها درشیب ۰/۰۰۲ انجام‌شده است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل۱٤. بررسی ضریب دبی در بازشدگی ٤/٥ سانتی‌متر در دو شیب ۰/۰۰۲ و ۰/۰۰٤



شکل۱۵. بررسی ضریب دبی در بازشدگی ۷/۵ سانتی‌متر در دو شیب ۰/۰۰۲ و ۰۰٤/

همان‌طور که در شکل‌های (۱۴) و (۱۵) مشاهده می‌شود تغییر در شیب فلوم، تغییر قابل‌ملاحظه‌ای در ضریب دبی سازه ایجاد نکرده است. بررسی منبع‌هایی در این زمینه نیز نشان می‌دهد که تاکنون پژوهشی تأثیر شیب فلوم را به‌عنوان پارامتر مؤثر بر ضریب دبی جریان تأیید نکرده است؛ در رابطه‌های نظری سازه‌های دریچه و سرریز نیز شیب مقطع جریان دیده نشده است. همان‌طور که پیش‌تر بیان شد؛ یکی از علت‌های انجام برخی از آزمایش‌های این پژوهش در شیب ۰/۰۰۴، کنترل روندها و اطمینان از دقت و درستی داده‌ها بوده است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

بررسی و مقایسه نتایج پژوهش حاضر با نتایج سایر پژوهشگران

نتایج پژوهش حاضر در جدول (۲) نشان داده‌شده است که می‌توان آن را با نتایج سایر پژوهش‌ها برای انواع مدل‌ها که در جدول ذکرشده است مقایسه کرد. اختلاف بازه ضریب دبی در پژوهش‌های جدول را می‌توان به تفاوت داشتن بین نوع سرریزها نسبت داد. به‌طورکلی بازه مشترک در همه پژوهش‌های قیدشده در جدول برای اکثر سازه‌های سرریز مرکب با دریچه ضریب دبی را می‌توان ۰/۷ در نظر گرفت.

جدول ۲. محدوده ضریب دبی پژوهشگران مختلف

منبع	موضوع	محدوده ضریب دبی
پسرکلو و عمادی (۱۳۹۷)	مطالعه هیدرولیک جریان در سازه ترکیبی سرریز -دریچه با سرریز مرکب دایره-ذوزنقه‌ای-مستطیلی	۰/۳۸< C_t<۰/۷۸
حیدرپور و همکاران (۱۳۹۳)	تعیین ضریب دبی در مدل ترکیبی سرریز نیم دایره‌ای و دریچه کشویی در کانال دایره‌ای	۰/٦٤< C_t<۰/۷
اسعدی نیا و همکاران (۱٤۰۳)	تعیین ضریب دبی در مدل ترکیبی سرریز مرکب مثلثی-مستطیلی و دریچه کشویی	۰/٦< C_t<۰/۹
پژوهش حاضر	تعیین ضریب دبی در مدل ترکیبی سرریز مرکب نیم دایره‌ای-مستطیلی و دریچه کشویی	۰/٦< C_t<۰/8

بحث

به‌منظور تعیین ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز نیم‌دایره‌ای-مستطیلی و دریچه کشویی تحقیقی بر روی فلوم آزمایشگاهی انجام شد. آزمایش‌های این پژوهش در کانال آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شده است. کانال مورداستفاده در این پژوهش، شیب پذیر و دارای سطح مقطع مستطیلی است. این کانال با عرض ۰/۳ متر، طول ۱۰ متر، ارتفاع ۰/۵ متر و حداکثر دبی ۳۰ لیتر بر ثانیه، دارای دبی‌سنج الکترومغناطیس است. دیوارهای کانال از جنس پلکسی‌گلاس با ضخامت ۱۰ میلی‌متر که امکان رؤیت جریان را فراهم می‌کند؛ تشکیل‌شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که در سازه ترکیبی سرریز مرکب نیم دایره‌ای- مستطیلی و دریچه کشویی، ضریب دبی به مستغرق شدن یا نشدن دریچه و ارتفاع آب بالادست بستگی دارد. همچنین ضریب دبی در شرایط عبور آب از دریچه با افزایش پارامتر $\frac{Y}{D}$کاهش می‌یابد و ضریب دبی با عبور آب از دریچه و سرریز نیم دایره‌ای- مستطیلی با افزایش $\frac{Y}{D}$افزایش می‌یابد. با تغییر شیب کف، ضریب دبی تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای در آن ایجاد نشده است و با کاهش $\frac{H_g}{D}$، ضریب دبی تقریباً ثابت شده و به عدد ثابت ۰/۷۴ میل می‌کند. در استفاده از سازه ترکیبی سرریز نیم‌دایره‌ای-مستطیلی و دریچه کشویی و دیگر سازه‌های ترکیبی نظیر سازه مورداستفاده در این پژوهش باید توجه داشت که زمانی که از تمام ظرفیت سازه ترکیبی برای عبور جریان استفاده می‌شود ضریب دبی به سمت عدد ثابتی میل می‌کند و بنابراین می‌توان از آن به‌عنوان یک سازه مطمئن اندازه‌گیری دبی جریان در کنار بهره‌وری از سایر مزایای آن نظیر سهولت در عبور اجسام شناور و رسوبات بالادست سازه استفاده نمود. یکی از مشکلاتی که در پژوهش‌های نظیر پژوهش حاضر می‌تواند بروز کند؛ اثر مقیاس است که با کوچک شدن ابعاد مختلف مدل شامل فلوم و سازه اندازه‌گیری جریان و بنابراین کوچک شدن اعماق جریان عبوری از سازه اندازه‌گیری به‌ویژه سرریز، بیشتر هم می‌شود. در چنین شرایطی امکان تأثیرگذاری نیروی لزجت و کشش سطحی دور از انتظار نیست؛ لذا حتی‌الامکان باید مراقبت شود که با انتخاب ابعاد مناسب مدل آزمایشگاهی این خطا اتفاق نیفتد.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

منابع

اسعدی‌نیا، محمد.، خزیمه نژاد، حسین.، و قاسم اکبری، محمد. (۱۴۰۳). تعیین ضریب دبی در مدل ترکیبی سرریز مرکب مثلثی- مستطیلی و دریچه کشویی. انجمن هیدرولیک ایران نشریه هیدرولیک، ۱۹(۱)، ۶۶-۵۱. https://jhyd.iha.ir/article_176090.html

اسماعیلی، کاظم.، و فتحی‌مقدم، منوچهر. (۱۳۸۵). ضریب دبی در مدل سرریز-دریچه، همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی اهواز، اهواز، ایران. https://profdoc.um.ac.ir/paper-abstract-1012884.html

بلوچی، بهنام.، و زینی‌وند، مهدی. (۱۳۹۱). بررسی آزمایشگاهی ضریب دبی در سازه ترکیبی سرریز- روزنه در شرایط سیلابی. نشریه دانش آب و خاک. ۲۲(۲)، ۱۶۴-۱۵۲. https://water-soil.tabrizu.ac.ir/article_828_22.html

پسرکلو، مهسا.، و عمادی، علیرضا. (۱۳۹۷). مطالعه هیدرولیک جریان در سازه ترکیبی سرریز-دریچه با سرریز مرکب دایره‌ای- ذوزنقه‌ای- مستطیلی. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، ۱۹(۷۱)، ۱۱۲ - ۹۹. https://idser.areeo.ac.ir/article_113411.html

حسینی، یاسین.، رضویان، سید حسین.، و حیدرپور، منوچهر (۱۳۹۰). بررسی جریان همزمان از زیر یک دریچه کشویی و روی یک سرریز لبه تیز بدون فشردگی در کانال دایره‌ای. دهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، رشت، ایران. https://civilica.com/doc/140682

حیدرپور، منوچهر.، رضویان، سید حسین.، و حسینی، یاسین. (۱۳۹۳). تعیین ضریب دبی در مدل ترکیبی سرریز نیم‌دایره‌ای و دریچه کشویی در کانال دایره‌ای. مجله پژوهش آب ایران، ۷ (۱۳)، ۱۵۵-۱۴۹. https://iwrj.sku.ac.ir/article_10973.html

رضویان، سیدحسین.، و حیدرپور، منوچهر. (۱۳۸۶). بررسی ضریب دبی در مدل ترکیبی سرریز-دریچه لبه‌تیز. ششمین کنفرانس هیدرولیک ایران، شهرکرد، ایران. https://civilica.com/doc/71821

ظهیری، عبدالرضا. (۱۳۹۱). مدل ریاضی شبه دوبعدی تخمین دبی در سرریزهای لبه تیز مرکب. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک (علوم کشاورزی و منابع طبیعی)، ۱۹(۳)، ۴۲-۲۷. https://jwsc.gau.ac.ir/article_992.html

محبی کندسری، مهدیه.، مفتاح هلقی، مهدی.، دهقانی، امیراحمد.، و ظهیری، عبدالرضا. (۱۳۹۵)، بررسی آزمایشگاهی ضریب آبگذری سازه سرریز لبه تیز مثلثی در پلان، پنجمین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، تهران، ایران. https://civilica.com/doc/521302

یاسی، مهدی.، و عباس‌پور، اکرم. (۱۳۸۴). ارزیابی جریان بر روی سرریز لبه‌تیز مرکب "مثلثی-مستطیلی". مجله علمی کشاورزی، ۲۸(۲)، ۱۸۲-۱۶۵. https://www.sid.ir/paper/24824/fa

References

Altan-Sakarya, A. B., & Kökpınar, M. A. (2013). Computation of discharge for simultaneous flow over weirs and below gates (H-weirs). Flow Measurement and Instrumentation, 29, 32–38. https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2012.09.007

Asadiniya, M., Khozeymehnezhad, H., & Qasem-Akbari, M. (2024). Determining the discharge coefficient in the combined triangular-rectangular overflow model and sliding gate. Iranian Hydraulic Association, Hydraulic Journal, 19(1), 51-66. https://jhyd.iha.ir/article_176090.html [In Persian]

Balouchi, B., & Zinivand, M. (2012). Experimental Investigation on Discharge Coefficient for Combined Structure of Weir Gate under Flood Conditions. J. Water and Soil Science. 22(2), 152-164. https://water-soil.tabrizu.ac.ir/article_828_22.html [In Persian]

Boss, M. G. (1988). Dischage Measurement Structures. ILRI Pub. Wageningn, USA. https://edepot.wur.nl/333324

Bergmann, M. (1963), “Specal Weirs”, USBR, Water Measurment Manual. Water Resources Research Laboratory Publisher. https://books.google.com/books?id=o_dRAAAAMAAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Esmaeili, K., & Fathi- Moghadam, M. (2006). Flow coefficient in overflow-valve model, national conference on management of irrigation and drainage networks in Ahvaz, Ahvaz, Iran. https://profdoc.um.ac.ir/paper-abstract-1012884.html [In Persian]

Hassan, F.A., Khassaf, S.I., & Hassan, A.O. (2015). Determining the Coefficient of Discharge due to Flow over Combined Weir and below Gates, Kufa Journal of Engineering. 7(1), 115-128. https://www.researchgate.net/publication/311821799_Determining_the_coefficient_of_discharge_due_to_flow_over_composite_weir_and_below_gate

Hosseini, Y., Razaviyan, S. H., & Heydarpour, M. (2010). Investigating the simultaneous flow under a sliding valve and over a sharp edge weir without compression in a circular channel, 10th Iran Hydraulic Conference, Rasht, Iran. https://civilica.com/doc/140682 [In Persian]

Heydarpour, M., Razaviyan, S. H., & Hosseini, Y. (2013). Determining the flow coefficient in the combined model of semi-circular overflow and sliding valve in a circular channel. Iranian Journal of Water Research, 7 (13), 149-155. https://iwrj.sku.ac.ir/article_10973.html [In Persian]

Jalil, SH., & Sarhan, SA. (2013). Experimental study of combined oblique weir and gate structure. Engineering and Applied Sciences. 8(4), 306-315. https://www.researchgate.net/publication/286515635_Experimental_study_of_combined_oblique_weir_and_gate_structure

Jan, C.D., Chang, C.J., & Lee, M.H. (2006). Discussion of "Design and Calibration of a Compound Sharp-Crested Weir" by J. Martínez, J. Reca, M. T. Morillas, and J. G. López. Journal of Hydraulic Engineering, 132(8), 868–871. https://www.researchgate.net/publication/245297443_Discussion_of_Design_and_Calibration_of_a_Compound_Sharp-Crested_Weir_by_J_Martinez_J_Reca_M_T_Morillas_and_J_G_Lopez

Khassaf, S.I., & Abbas, H.A. (2013). Study the free flow over compound weir and below semicircular gate. Int. J. Science Engineering Research, 4(10), 1486-1491. https://www.ijser.org/paper/Study-The-Free-Flow-Over-Compound-Weir-and-Below-Semi-Circular-Gate.html

Martínez, J., Reca, J., Morillas, M. T., & López, J. G. (2005). Design and Calibration of a Compound Sharp-Crested Weir. Journal of Hydraulic Engineering, 131(2), 112–116. https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9429%282005%29131%3A2%28112%29

Mohebbi, M., Meftah Halaghi, M., Dehghani, A., & Zahiri, A. (2015). Experimental Study of Discharge Coefficient of Triangular-in-plan weir structure. 5th National Conference Sustainable Architecture, Theran, Iran. https://civilica.com/doc/521302 [In Persian]

Negm, A.-A. M., Al-Brahim, A. M., & Alhamid, A. A. (2002). Combined-free flow over weirs and below gates. Journal of Hydraulic Research, 40(3), 359–365. https://doi.org/10.1080/00221680209499950

Piratheepan, M., Winston, N. E. F., & Pathirana, K. P. P. (2007). Discharge Measurements in Open Channels using Compound Sharp-Crested Weirs. Engineer: Journal of the Institution of Engineers, Sri Lanka, 40(3), 31. https://www.researchgate.net/publication/279848764_Discharge_Measurements_in_Open_Channels_using_Compound_Sharp-Crested_Weirs

Pesarakloo, M., & Emadi, A. (2017). Hydraulic study of flow in a combined overflow-valve structure with a circular-trapezoidal-rectangular composite overflow. Irrigation and Drainage Engineering Research 19(71), 112-99. https://idser.areeo.ac.ir/article_113411.html [In Persian]

Razaviyan, S. H., and Heydarpour, M. (2006). Investigating the flow coefficient in the combined overflow model - sharp edge valve. 6th Iranian Hydraulic Conference, Shahrekord, Iran. https://civilica.com/doc/71821 [In Persian]

Yasi, M. and Abbaspour. A. (2005). Flow over sharp-crested, truncated-traingular weirs. The Scientic Journal of Agriculture (SJA), 28(2), 165-182. https://www.sid.ir/paper/24824/fa [In Persian]

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Zahiri, A. R. (2011). A pseudo-two-dimensional mathematical model for estimation of discharge in compound sharp edge spillways. Water and Soil Conservation Research (Agricultural Sciences and Natural Resources), 19(3), 27-42. https://jwsc.gau.ac.ir/article_992.html [In Persian]

Zahiri, A., Tang, X., & Azamatulla, H. (2014). Mathematical modeling of flow discharge over compound sharp-crested weirs. J. Hydro-Environ. Res. 8: 3. 194-199. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1570644314000033

Zong, F., Zhen, C., Wen-Hong, D., & Yue-Jun, C. (2018). Discharge Coefficient of Combined Orifice-Weir Flow. Water journal. 10(6), 699. https://www.mdpi.com/2073-4441/10/6/699

Archive of SID.ir