Civil and Project Journal, 2022, 4(2), 51-64
https://doi.org/10.22034/CPJ.2022.04.02.1139

Civil and Project Journal
http://www.cpjournals.com/

Research Article

Calculating the Overflow Coefficient of Stepped and Non-Stepped Morning Glory Spillway and Investigating its Behavior Using antiVortex blades

Saeed Radmanesh[1]*, Amirhossein Bazaee[2], Roozbeh Agha Majidi[3]

1- Master of Structural Engineering, Department of Civil Engineering, Tabnak Lamerd Non-Profit Institute,Fars.Iran

2- Instructor, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Firoozabad Unit (Meymand Center), Fars, Iran

3- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Sepidan Branch,Fars, Iran

Received: 04 June 2022; Revised: 21 June 2022; Accepted: 21 June 2022; Published: 21 June 2022

Abstract

In general, Spillway are divided into two types linear and non-linear, among which, the Morning Glory overflow is a non-linear overflow. In some cases, the hydraulic performance of the overflow is affected by the immersion coefficient and its hydraulic efficiency is reduced and affected by the immersion. Structures such as vortex breakers (separators of flow lines to increase transit efficiency) and to increase overflow efficiency should be used. In this regard, using dimensional analysis by Buckingham method, it was determined that the overflow coefficient of the overflow is a function of variables such as vortex breaker height ratio (Hvb / Rs), vortex breaker thickness ratio (Tvb / Rs), number of vortex breakers (VB) and overflow shape factor (Sf) is. The experiments of the present study were performed on a square flume with dimensions of 2.5 × 2.5 and a height of 2 m 0.20 1 1.05 /0 1.05 m3. The results showed that the overflow of stepped Morning Glory (12 steps) and vortex breaker with high height and 6-array arrangement has a much better and more suitable performance compared to non-stepped overflow and has increased the permeability coefficient by 23%.

Keywords:

Stepped morning Glory spillway, Non-stepped morning glory spillway, Vortex breaker, Spillway coefficient

Cite this article as: Radmanesh S, Bazaee A, Aghamajidi R. (2022). Calculating the Overflow Coefficient of Stepped and Non-Stepped Morning Glory Spillway and Investigating its Behavior Using antiVortex blades. Civ Proj , 4(2),51–64. https://doi.org/10.22034/cpj.2022.04.02.1139

ISSN: 2676-511X / **Copyright:** © 2022 by the authors.

Open Access: This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Journal's Note: CPJ remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

*Corresponding author E-mail address: *saeedrad071@gmail.com*

نشریه عمران و پروژه، ۱۴۰۱، ۴(۲)، ۵۱-۶۴
https://doi.org/10.22034/CPJ.2022.04.02.1139

نشریه عمران و پروژه
http://www.cpjournals.com/

محاسبه ضریب عبوردهی سرریز نیلوفری پلکانی و غیرپلکانی و بررسی رفتار آن با استفاده از گرداب شکن

سعید رادمنش[1*]، امیرحسین بازایی[2]، روزبه آقامجیدی[3]

۱- کارشناس ارشد مهندسی سازه، گروه مهندسی عمران، موسسه غیرانتفاعی تابناک لامرد، فارس، ایران

۲- مربی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی‌واحد فیروز آباد (مرکز میمند)، فارس، ایران

۳- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی‌واحد سپیدان، فارس، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴ خرداد ۱۴۰۱؛ تاریخ بازنگری: ۳۱ خرداد ۱۴۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۳۱ خرداد ۱۴۰۱؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۳۱ خرداد ۱۴۰۱

چکیده

بطور کلی سرریزها به دو نوع خطی و غیر خطی تقسیم می‌شوند که در میان آن‌ها، سرریز نیلوفری از نوع سرریز غیر خطی بشمار می‌رود. در برخی از مواقع عملکرد هیدرولیکی سرریز تحت تاثیرضریب استغراق قرار می‌گیرد و راندمان هیدرولیکی آن کاهش و تحت تاثیر استغراق قرار می‌گیرد. و باید از سازه‌هایی همچون گرداب شکن (جدا کننده خطوط جریان جهت افزایش راندمان گذر) و جهت افزایش کارایی سرریز استفاده نمود. در این راستا با استفاده از آنالیز ابعادی به روش باکینگهام مشخص شد ضریب آبگذری سرریز تابع متغیرهایی همچون نسبت ارتفاع گرداب شکن (Hvb/Rs)، نسبت ضخامت گرداب شکن (Tvb/Rs)، تعداد گرداب شکن (VB) و فاکتور شکل سرریز(Sf) می‌باشد. آزمایشات تحقیق حاضر بر روی‌یک فلوم به شکل مربع و با ابعاد ۲/۵×۲/۵ و به ارتفاع ۲ متر ۱/۲۰× ۱/۰۵× ۰/۹۱۱ مترمکعب انجام شد. نتایج نشان داد سرریز نیلوفری پلکانی (۱۲پله) و گرداب شکن با ارتفاع زیاد و با آرایش ۶ تایی در مقایسه با سرریز غیرپلکانی دارای عملکرد بسیار بهتر و مناسب¬تر می‌باشد و باعث افزایش ضریب آبگذری به میزان ۲۳٪ شده است.

کلمات کلیدی:

سرریز نیلوفری پلکانی، سرریز نیلوفری غیرپلکانی، گرداب شکن، ضریب آبگذری سرریز

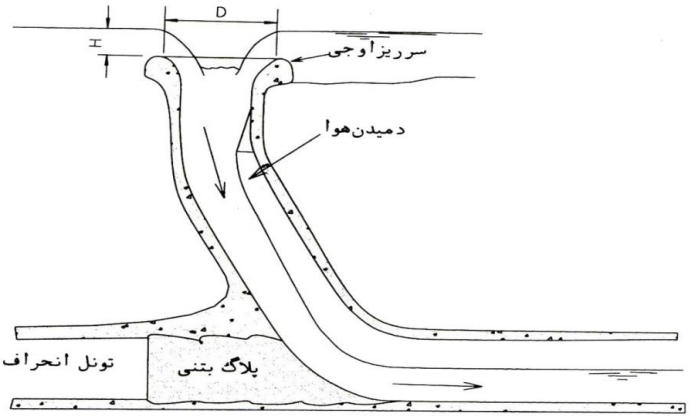
* پست الکترونیک نویسنده مسئول: *saeedrad071@gmail.com*

۱. مقدمه

توزیع غیر یکنواخت مکانی و زمانی منابع آب یکی از عوامل کمبود آب در مناطق مختلف جهان است. ساخت یک سد می تواند در این زمینه اقدام بسیار مؤثر در توسعه کامل منابع آب و بهره وری مناسب از آن‌ها بشمار رود. در دهه‌های اخیر سدهای زیادی ساخته شده اند و یا در حال ساخت می باشند. با توجه به به بالا بودن نیاز به آب و نیز فرسایش روز افزون خاک در مناطق مختلف در طبیعت لزوم احداث سد کاملاً محسوس می باشد. از دهه ۷۰ میلادی ساخت سدها توسعه روز افزونی داشته است که این گسترش در مناطق آسیایی، آمریکای مرکزی و جنوبی نمود بسیار بیشتری داشته است. هر سازه سد بنا به هدف ساخت باید بتواند حجم آب مازاد ناشی از سیلاب را از خود عبور دهد که بدین منظور از سازه‌های مختلفی مانند انواع سرریز بهره گرفته می شود. سرریزها بنا بر نوع بهره برداری و نوع پروژه متفاوت است. بنابراین سرریز باید سازهای قوی، مطمئن و با کارایی بالا انتخاب شود که هر لحظه بتواند برای بهره برداری آمادگی داشته باشد. انتخاب نوع سرریز تابع شرایط محل، نوع سد و هزینه‌ی طرح بوده می‌باشد (ر.آقامجیدی, ۱۳۹۹).

سرریز نیلوفری یکی از محدود سازه‌های مجزا از بدنه سد می‌باشد که برای تخلیه سیلاب‌ها از مخزن سد مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سرریز به شکل قیف می‌باشد و در انتها به تونلی با انحنای مشخص ختم می‌گردد. این سازه معمولاً در تنگه‌های باریک و در جاهایی که شیب کناره‌ها تند است مورد استفاده قرار می‌گیرد. سه کنترل در سرریز نیلوفری وجود دارد: کنترل در تاج که در دبی های پایین می‌باشد، کنترل روزنه یا کنترل گلوگاه که با افزایش دبی انجام می‌گردد و کنترل خروجی که در تونل پایین دست می‌باشد (موسوی و همکاران، ۲۰۱۳). از آنجایی که در ورودی این نوع سرریز جریان به صورت گردابی تشکیل می‌شود، مسیر خطوط جریان طولانی شده و در نتیجه کاهش ضریب دبی سرریز را به همراه خواهد داشت. به همین دلیل ضریب دبی این نوع سرریزها از سرریزهایی که به صورت آزاد عمل می‌کنند کمتر می‌باشد. جریان های گرداب‌های در اثر تغییر جهت جریان، لزجت و کشش سطحی رخ می‌دهند. وجود این نوع جریان‌ها تأثیر منفی در عملکرد سازه‌هایی نظیر سرریز نیلوفری می‌گذارد. بررسی این نوع جریان در این نوع سرریزها مسئله‌ای مهم می‌باشد، زیرا ممکن است تأثیر منفی آن بر عملکرد سرریز نیلوفری باعث خسارت‌های جبران ناپذیری شود (م.حیدری, ۱۳۹۷). در دهانه ورودی سرریزهای نیلوفری براحتی جریان گردابی ایجاد می‌شود، از اینرو باید با انتخاب موقعیت مناسب برای مجرای افقی، متناسب با توپوگرافی مخزن و محور سد، از وقوع جریان گردابی با راندمان بالا و به روش‌های معمول جلوگیری شود. با توجه به اهمیت این سرریزها در سدهایی که امکان اجرای دیگر سرریزها هزینه بر و غیر ممکن است، انجام راهکارهایی به منظور افزایش آبگذری و ضریب آبگذری سرریزهای نیلوفری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و استفاده بهینه از تیغه‌های گرداب شکن نیز می‌تواند تأثیر بیشتری بر افزایش آبگذری و ضریب آبگذری سرریز نیلوفری داشته باشد. بنابراین با قرار گیری و آرایش مناسب تیغه‌های گرداب شکن بر روی تاج سرریز، وضعیت جریان‌های شعاعی را می‌توان اصلاح کرد. قطر سرریز در تاج باید بیش از قطر محور قائم و تونل باشد، تا تیغه جریان بتواند به راحتی از روی سرریز عبور کند. با توجه به شکل تاج سرریز نیلوفری، فشار منفی بر روی ظرفیت آبگذری سرریز تاثیر گذار است. دهانه ورودی سرریزهای نیلوفری در اکثر نقاط دنیا با جداره‌های کاملاً صاف و زبری نسبتاً کم طراحی می‌گردد در نتیجه عملیات طراحی و ساخت این سرریزها با وجود انحنای جداره از لحاظ سازه ایی و بتن ریزی، بسیار مشکل خواهد بود. از نظر سهولت طراحی و ساخت، استفاده از سرریزهای نیلوفری با دهانه و مجرای پلکانی ازیک طرف و استفاده از گرداب شکن بر روی این سازه‌ها از طرف دیگر، بسیار موثر است (ج.رضایی, ۱۴۰۰).

شکل ۱. سرریز نیلوفری [۳,۲,۱]



شکل ۲. سرریز نیلوفری بهمراه قسمت‌های مختلف آن [۲]

مکانیزم تشکیل گرداب نتیجه بقاء مومنتم زاویه ای در محل انقباض جریان است. در این شرایط سرعت زاویه‌ای افزایش یافته و سطح مقطع جریان کاهش می‌یابد. پدیده گرداب در سرریزهای نیلوفری غالباً مشکلات عدیده‌ای را به دنبال دارد و گاه باعث کاهش دبی جریان، ارتعاش، خرابی، موج و پخش و جدایی خطوط جریان می‌شود و در مواردی ایمنی سازه را به مخاطره می‌اندازد (ب.مظفری, ۱۳۹۶). به طور کلی در بررسی جریان گردابی دو ناحیه قابل مشاهده است در ناحیه اول جریان مستقیماً وارد مجرای خروجی می‌شود در حالیکه در ناحیه دوم جریانی مشاهده نمی‌شود و سیال ساکن و بدون حرکت می‌باشد. اختلاف در توزیع سرعت بین این دو ناحیه باعث ایجاد تنش‌های برشی در مرز بین دو ناحیه می‌شود که این تنش‌ها باعث اعمال نیروی گریز از مرکز بر ذرات سطح سیال شده و باعث دور شدن ذرات از محور دوران و نهایتاً تشکیل هسته هوا در محور جریان چرخشی می‌گردد در نتیجه این امر فشار در اطراف محور دوران کاهش یافته و سطح آب پایین می‌افتد و هسته هوا در عمق جریان پایین‌تر می‌رود. در آبگیرها با کاهش سطح مقطع جریان سرعت افزایش یافته و فشار کاهش می یابد. در این شرایط تا زمانیکه هنوز فشار از فشار اتمسفر کمتر نشده است هسته هوا تشکیل نمی گردد اما به محض تقلیل فشار به مقداری کمتر از فشار اتمسفر هسته هوا شکل می گیرد (م.روستا, ۱۳۹۷). در میان عوامل متعددی که بر مکانیزم شکل گیری گرداب مؤثر هستند، مسئله خروج از مرکزیت جریان نزدیک شونده به مجرای آبگیر بیشتر مدنظر قرار گرفته است که این عامل نیز نتیجه عدم تقارن در میدان جریان ورودی ناشی از شکل هندسی سازه آبگیر می باشد از دیگر عوامل مؤثر بر شکل گیری گرداب کافی نبودن استغراق، جدایی جریان، تغییر ناگهانی در جهت جریان و سرعت‌های بالاتر از ۰/۶ متر بر ثانیه در میدان جریان نزدیک شونده را می توان نام برد (سلماسی، ۱۳۹۲). شکل ۲ قسمت‌های مختلف جریان دریک سرریز نیلوفری را نشان می‌دهد.

۲. پیشینه پژوهش

ع.ویسی زاده و همکاران در سال ۱۳۹۳ به بررسی مقایسه آزمایشگاهی گرداب شکن‌های باله ای با مستطیلی شکل بر ضریب دبی سرریز نیلوفری پلکانی پرداختند. در این تحقیق با انجام ۵۶ آزمایش بر روی مدل فیزیکی به بررسی مقایسه ای تاثیرگرداب شکن‌های باله ای و مستطیلی شکل در دو طول مختلف بر روی ضریب دبی سرریز نیلوفری پلکانی پرداخته شد. نتایج بدست

آمده از این تحقیق نشان داد که گرداب شکن باله ای در هر دو طول دارای راندمان بالاتری نسبت به گرداب شکن مستطیلی می‌باشد و در حدود ۵ درصد در محدوده بعد ازگرداب و ۹ درصد در حالت قبل از گرداب بیشتر از شکل مستطیلی ضریب دبی را افزایش می‌دهد.

م.صفاریان و همکاران در سال ۱۳۹۰ به بررسی بررسی آزمایشگاهی تأثیر پله‌ها بر دبی عبوری از سرریز نیلوفری و میزان افت انرژی در مدخل خروجی آن پرداختند. در این تحقیق سعی بر بررسی هیدرولیک جریان در سرریزهای نیلوفری و تأثیر پلکانی کردن رویه داخلی سرریز و اندازه گیری میزان افت انرژی در مدخل خروجی و دبی عبوری از آن بوده است. بنابراین با استفاده از مدل‌های هیدرولیکی و سرریز با قطرهای مختلف دبی‌های متفاوتی را از سرریزهای ساده (سرریز مبنا) و سرریزهای پلکانی عبور داده و مشخصات جریان مانند دبی عبوری، ارتفاع آب روی سرریز، افت انرژی در گالری تخلیه و غیره اندازه گیری شد. نتایج حاصل از پلکانی کردن نشان داد که در حالت کنترل روزنه بر اثر کاهش افت روی سرریز هد آب و دبی عبوری از سرریز افزایش می‌یابد.

م. سلیمانی و همکاران در سال ۱۳۹۳ به بررسی آزمایشگاهی تاثیر تیغه‌های گرداب شکن درون دهانه سرریز در ضریب دبی سرریز نیلوفری پلکانی پرداختند. در این تحقیق به بررسی تاثیر گرداب شکن‌هایی که به طور کامل درون دهانه سرریز قرار دارند بر روی ضریب دبی سرریز پلکانی شده پرداخته شد و نتایج حاصل نشان داد که با قرارگیری گرداب شکن درون دهانه سرریز ضریب دبی سرریز می‌تواند تا۵۵ درصد نسبت به سرریز بدون گرداب شکن افزایش‌یابد.

ج.روزگار و همکاران در سال ۱۳۹۸ به بررسی تاثیر هندسه پلان ورودی سرریز نیلوفری-زیگزاگی در شرایط با و بدون تیغه گرداب شکن بر ضریب دبی پرداختند. وجود گرداب در سرریزهای نیلوفری می‌تواند باعث کاهش دبی، ضریب دبی و عملکرد سرریز شود. بنابراین سرریزهای زیگزاگی به عنوان گزینه ای مناسب برای اصلاح سرریزهایی که برای عبور دبی حداکثر محتمل با مشکل رو به رو هستند، مطرح می‌شوند. در این تحقیق با ساخت مدل فیزیکی سرریز نیلوفری-زیگزاگی در دو مقطع دایره ای و مربعی در آزمایشگاه هیدرولیک کاربردی گروه آبیاری مجتمع عالی آموزش صنعت آب و برق خوزستان، هیدرولیک جریان مورد بررسی قرار گرفته شد. تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایشگاهی برای سرریز دایره ای و مربعی نشان داد که با افزایش طول سرریز، ضریب تخلیه سرریز کاهش می‌یابد. در بهترین وضعیت برای هر دو سرریز دایره ای و مربعی به لحاظ طول قرارگیری تیغه‌ها، سرریز مربعی در شرایط چهار تیغه و طول سرریزی ۱/۰۱ متر در مقابل جریان‌های گردابی، کمترین تاثیر را در افزایش دبی و ضریب دبی در مقایسه با سرریز مربعی با هشت تیغه و طول سرریزی ۱/۰۱ متر، داراست. طبق نمودارهای دبی اشل بدون بعد، شرایط جریان در سرریز مربعی، در مقایسه با بهترین حالت تعداد گرداب شکن در سرریز دایره ای، مناسب تر است، همچنین میزان جریان ورودی و ارتفاع آب روی سرریز بیشتر از سرریز دایره ای است.

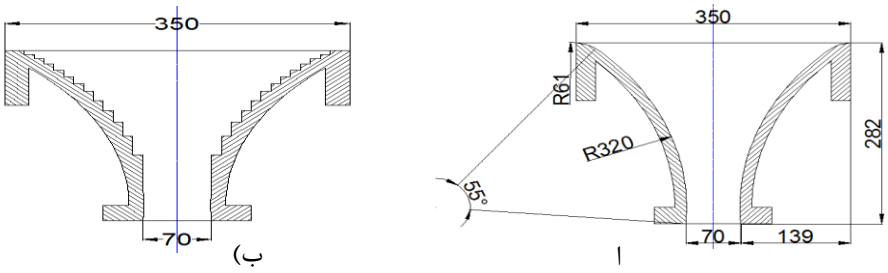
س.نوروزی و همکاران در سال ۱۳۹۶ به بررسی تاثیر تیغه‌های گرداب شکن ۴۵ درجه برضریب تخلیه سرریز نیلوفری با استفاده از مدل FLOW-3D پرداختند. در این تحقیق هدف، مدل سازی عددی جریان عبوری از سرریز نیلوفری و بررسی تاثیر تیغه‌های گرداب شکن در جریان سرریز نیلوفری به کمک مدل ریاضی FLOW-3D می باشد. بنابراین در این تحقیق مدل سازی سرریز در حالت با و بدون تیغه‌ها (۳، ۴ و ۶ تیغه با زاویه ۴۵ درجه) انجام شد. کلیه مدل‌ها در دبی‌های مختلف با استفاده از مدل آشفتگی اصلاح شده k-e تحت عنوان RNG k-e اجرا و با نتایج آزمایشگاهی مقایسه شدند. نتایج نشان داد که در سرریز نیلوفری به طور کلی با کاهش ارتفاع آب روی سرریز در حدود ۲۵درصد، ضریب دبی به میزان ۴۲ درصد افزایش می یابد. در بین سه آرایش تیغه‌های گرداب شکن، آرایش شش تایی دارای نتایج مطلوب تری نسبت به حالت‌های دیگر است و همچنین بیشترین تاثیر را در کاهش ارتفاع آب دارد. مقایسه نتایج با مدل شاهد نشان می دهد که با افزودن شش تیغه، در محدوده ۰.۱-۰ ارتفاع نسبی آب، ضریب دبی به میزان حدود ۴۰ درصد افزایش یافته استو در محدوده ۰.۱-۰.۲ ارتفاع نسبی آب، ضریب دبی به میزان حدود ۵۷درصد افزایش یافته است.

۳. مواد و روش‌ها

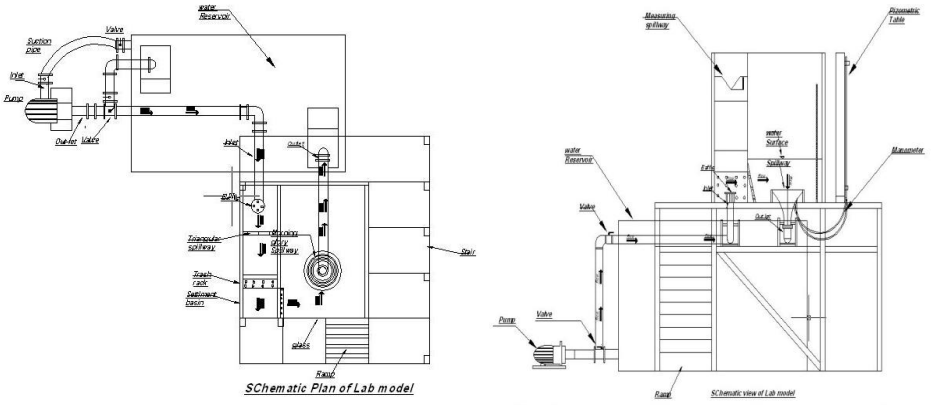
هدف از انجام این تحقیق در مرحله اول تأمین امنیت سازه‌ای سد و سرریز بوده و در مرحله دوم طرح ساختمآن‌هایی از سرریز نیلوفری است که بتوان در مدت زمان کوتاه تری آن‌ها را طراحی و اجرا کرد. همچنین بتوان راندمان و کارایی این سازه را تا حد امکان افزایش داد. به همین دلیل دو نوع سرریز نیلوفری با بدنه غیرپلکانی (صاف) و دیگری با بدنه پلکانی (زبر) به همراه گرداب‌شکن، ساخته و مورد آزمایش قرار گرفته و با سایر تحقیقات در این زمینه مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت.

۴. تشریح مدل فیزیکی مخزن و سرریز

بالاترین قسمت این مدل، مخزن سد می‌باشد که متشکل ازیک کانال ذوزنقه‌ای بانضمام دهانه ورودی سرریز است. این کانال آب را به سمت دهانه تاج سرریز هدایت نموده و ابعاد این مخزن ۱/۲۰× ۱/۰۵× ۰/۹۱۱ مترمکعب می‌باشد. مدل فیزیکی سرریز نیلوفری با طول تقریبی ۱/۴۶ متر، قطر تاج ۳۵ سانتیمتر، قطر گلویی ۷ سانتیمتر، قطر خم ۱۰/۱۶ سانتیمتر و قطر تونل پایین‌دست ۷/۶۲ سانتیمتر، عمل تخلیه مخزن سد را انجام می‌دهد. در پایین‌دست تونل سد، یک مخزن ۲۰۰۰ لیتری جهت ذخیره آب در نظر گرفته شده است. در این مدل جریان توسطیک پمپ ۳ اینچ با حداکثر ظرفیت آبگذری ۱۶ لیتر بر ثانیه از مخزن پایین دست به کانال ذوزنقه‌ای درون مخزن سد هدایت می‌شود و پس از آنکه مخزن پر شد، جریان از تاج سرریز عبور کرده و به سمت خم، تونل سد و در نهایت مخزن پایین دست انتقال می‌یابد. این عمل برای ظرفیت‌های آبگذری مختلف، تکرار گردید. شکل‌های۴ و ۶ قسمت‌های مختلف مدل فیزیکی مخزن و سرریز را نشان می‌دهد. کنترل جریان ورودی به مدل آزمایشگاهی بوسیله شیر قطع و وصل انجام گرفت. بدین صورت که در مسیر جریان بلافاصله بعد از پمپ، جریان به وسیله یک زانویی ۹۰ درجه به درون مخزن آب منتقل می شد و انرژی اضافی جریان نیز بوسیله بافل گرفته شد و سپس جریان به سمت سرریز نیلوفری انتقال می‌یافت. همچنین میزان جریان ورودی به مخزن توسط یک سرریز مثلثی اندازه‌گیری گردید. قبل از انجام آزمایشات از تراز بودن سرریز و مخزن، آب بند بودن مدل آزمایشگاهی و سرریزها اطمینان حاصل شد. پس از گذشت مدت زمان ۱۰ دقیقه از شروع آزمایش و ثابت شدن و یکنواخت شدن شرایط هیدرولیکی جریان، اقدام به برداشت اطلاعات هیدرولیکی هر آزمایش گردید.



شکل ۲. طراحی مدل سرریز نیلوفری الف) غیرپلکانی (صاف)، ب) پلکانی (۱۲پله)



شکل ۳. مقطع عرضی مدل فیزیکی فلوم بهمراه جانمایی سرریز نیلوفری

۱ ۲

۳ ۴

شکل ۴. ۱) مدل فیزیکی مخزن سد بهمراه محل قرارگیری سرریز، ۲) مخزن آب، ۳) سرریز مثلثی و۴)- بافل ارام کننده جریان

۱) ۲)

شکل ۵ -مدل فیزیکی سرریز نیلوفری ۱) غیرپلکانی (صاف)، ۲) پلکانی (زبر)

کنترل فشار پیزومتریک در نقاط مختلف سرریز نیلوفری، بوسیله تابلو پیزومتریک انجام شد. شکل ۷ در این تحقیق نصب پیزومتر بر روی سرریز نیلوفری را نشان می‌دهد.

-۷۱

۷-

شکل ۶. الف) تابلو پیزومتریک، ب) نصب پیزومتر بر روی سرریز نیلوفری

۵. آنالیز ابعادی

در تحقیق حاضر از تئوری باکینگهام برای آنالیز ابعادی استفاده شد. در این راستا رابطه (۱) پارامترهای تاثیرگذار در ضریب آبگذری سرریز نیلوفری را نشان می‌دهد (ر.آقامجیدی, ۱۳۹۹).

$$f\ (\mathrm{Cd}.Ds.Rs.H.\rho.\mu.VB.L_v.T_{vb}.H_{vb}.L_c.H_c.Q.\mathrm{S_f}) = 0 \qquad (۱)$$

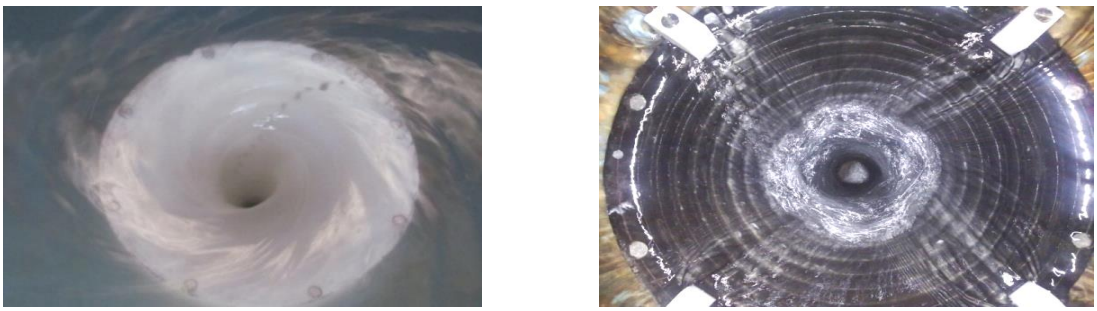
در رابطه (۱)، Cd ضریب آبگذری سرریز نیلوفری، H هد هیدرولیکی روی سرریز، D_s قطر سرریز نیلوفری، R_s شعاع سرریز نیلوفری، ρ چگالی سیال، V سرعت جریان، L_v طول گرداب شکن، T_{vb} ضخامت گرداب شکن،VB تعداد گرداب شکن، H_{vb} ارتفاع گرداب شکن، L_c طول پلکان، H_c ارتفاع پلکان، S_f فاکتور شکل سرریز (غیرپلکانی، پلکانی)، Q ظرفیت آبگذری سرریز می‌باشد. پس از انجام آنالیز ابعادی به روش باکینگهام، پارامترهای ثابت حذف شد، در نتیجه پارامترهای بدون بعد متغیر و تاثیرگذار در بررسی ضریب آبگذری سرریز نیلوفری در رابطه (۲) ارائه شده است (ر.آقامجیدی, ۱۳۹۹).

$$\mathrm{Cd} = f\ (\frac{\mathrm{H}}{\mathrm{R_s}}.\frac{\mathrm{H_{vb}}}{\mathrm{R_s}}.\frac{\mathrm{T_{vb}}}{\mathrm{R_s}}.\mathrm{VB}.\mathrm{S_f}) \qquad (۲)$$

در رابطه (۲)، Cd معرف ضریب آبگذری سرریز، $\frac{\mathrm{H}}{\mathrm{R_s}}$ معرف نسبت هد هیدرولیکی به شعاع تاج سرریز، $\frac{\mathrm{H_{vb}}}{\mathrm{R_s}}$ معرف نسبت ارتفاع گرداب شکن به شعاع تاج سرریز، $\frac{\mathrm{T_{vb}}}{\mathrm{R_s}}$ معرف نسبت ضخامت گرداب شکن به شعاع تاج سرریز، VB معرف تعداد گرداب شکن و S_f معرف فاکتور شکل سرریز (غیرپلکانی، پلکانی) می‌باشد. در جدول (۱)، طرح انجام آزمایشات ارائه شده است (ر.آقامجیدی, ۱۳۹۹).

جدول ۱. طرح انجام آزمایشات در تحقیق حاضر

ردیف	S_f	No. Step	D_s (mm)	R_s (mm)	$\frac{H}{R_s}$	H_{vb} (mm)	$\frac{H_{vb}}{R_s}$	T_{vb} (mm)	$\frac{T_{vb}}{R_s}$	VB	تعداد آزمایشات
۱	سرریز غیرپلکانی	-	۳۵۰	۱۷۵	۱/۳ - ۰	۳۵	۰/۳	۹	۰/۱۱	۶	۸۰
۲	سرریز پلکانی	۱۲			۰/۷ - ۰	۵۵	۰/۲	۲۰	۰/۰۵	۳	



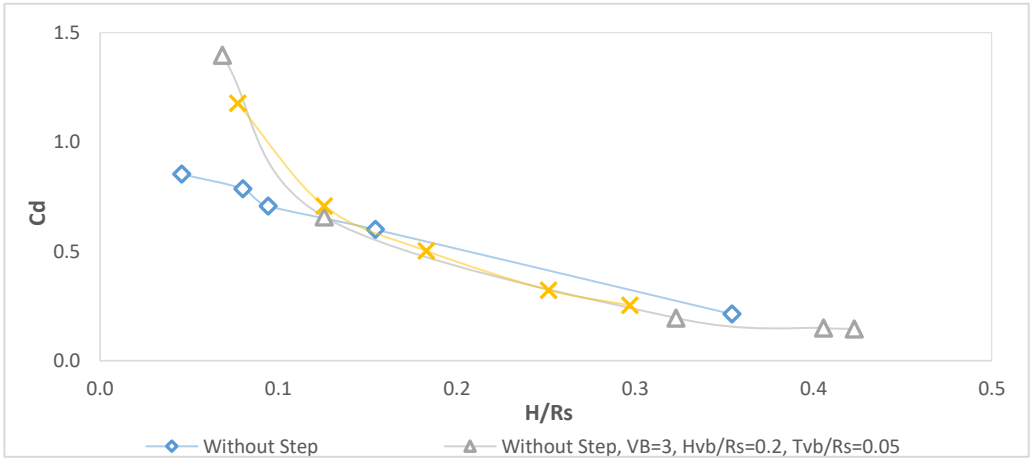
شکل ۷. عملکرد هیدرولیکی سرریز نیلوفری الف) پلکانی، ب) غیرپلکانی

با توجه به جدول (۱) باید بیان داشت، برای انجام آزمایشات ۲ نسبت ($\frac{T_{vb}}{R_s}$)، ۲ نسبت ($\frac{H_{vb}}{R_s}$)، ۲نسبت (T_{vb})، ۲ حالت قرارگیری گرداب شکن (VB) و ۵ نسبت استغراق ($\frac{H}{R_s}$) مختلف در نظر گرفته شد که بطور کلی تعداد ۸۰ آزمایش انجام شد. شکل شماره ۸ عملکرد هیدرولیکی سرریز نیلوفری پلکانی و غیرپلکانی را نشان می‌دهد.

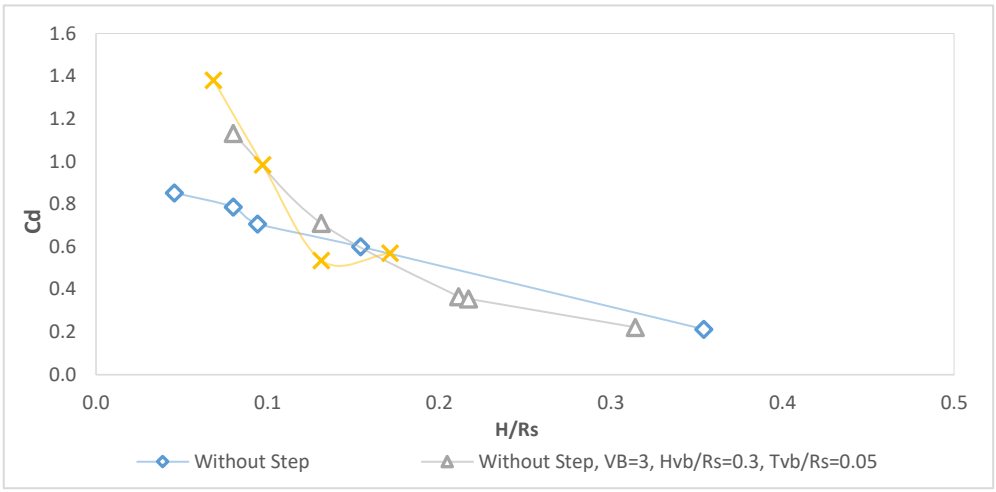
۶. ضریب آبگذری

۱.۶. سرریز نیلوفری غیرپلکانی (با و بدون استفاده از گرداب شکن)

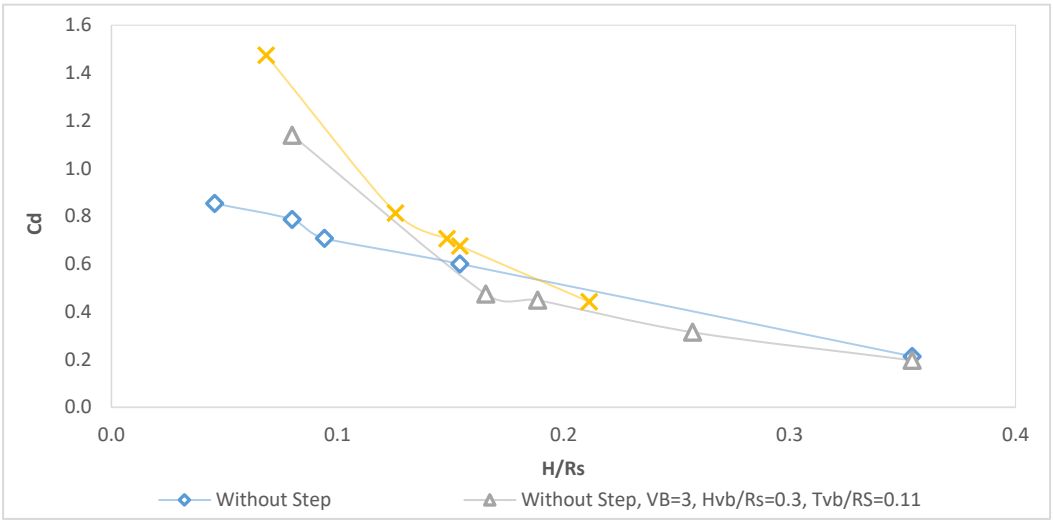
در نمودار شماره ۱ مشاهده گردید که افزایش مقدار (H/Rs) باعث کاهش مقدار (Cd) می‌شود. از سوی دیگر سرریز نیلوفری غیرپلکانی در حالتی که از گرداب شکن استفاده نکرده باشد دارای ضریب آبگذری کمتری خواهد بود. همچنین این نمودار نشان می‌دهد افزایش تعداد گرداب شکن (VB) و نیز مقدار (Hvb/Rs) باعث افزایش مقدار (Cd) می‌شود. از نظر هیدرولیکی باید بیان داشت که برای (H/Rs) از ۰ تا ۰/۱۸، سرریز در مرحله چسبندگی خطوط جریان و هوادهی کامل قرار داشته و برای (H/Rs) از ۰/۱۸ تا ۰/۳، سرریز در مرحله هوداهی جزئی و از مقدار ۰/۳ به بعد، سرریز در مرحله خفگی و انسداد قرار می‌گیرد.



نمودار ۱. رابطه ضریب دبی و نسبت ضریب استغراق با سرریز ساده و سرریز نیلوفری با گرداب شکن



نمودار ۲. رابطه ضریب دبی و نسبت ضریب استغراق با سرریز ساده و سرریز نیلوفری با گرداب شکن با ارایش ۳ و۶ تایی گرداب شکن روی سرریز



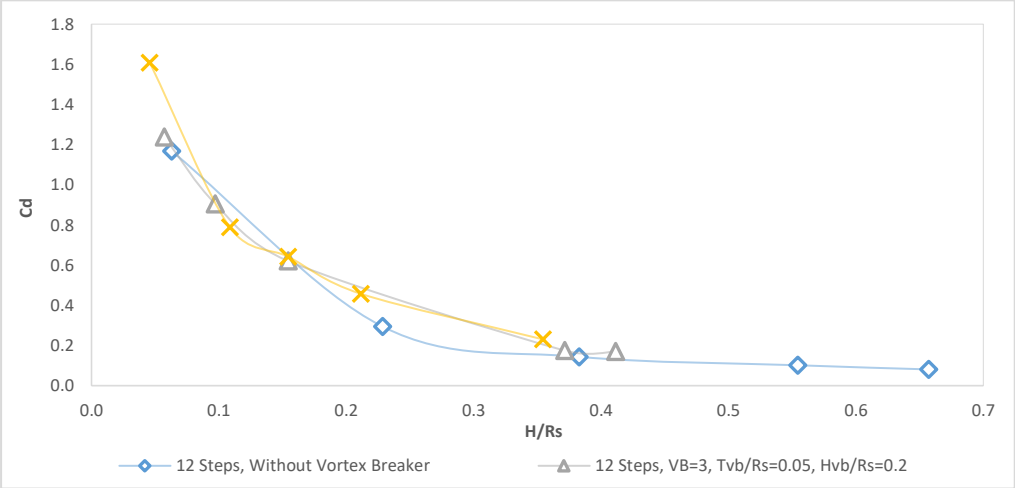
نمودار ۳. رابطه ضریب دبی و نسبت ضریب استغراق با سرریز ساده و سرریز نیلوفری با گرداب شکن با ارایش ۳ و۶ تایی گرداب شکن روی سرریز

در مقایسه نمودار شماره ۱ و ۲ مشاهده گردید که ضریب دبی از ۰/۸ الی ۱/۱ می‌باشد و با افزایش گرداب شکن، دامنه ضریب دبی به ۰/۴ الی ۱/۴ افزایش می‌یابد. این امر نشان دهنده عملکرد مناسب دبی در دامنه بالا می‌باشد. همچنین در نمودار شماره ۲ رقابت اصلی بین آرایش گرداب شکن ۳ و ۶ تایی برروی تاج سرریر است که با توجه به نمودار می‌توان نشان داد عملکرد گرداب شکن با ۳ ارایش برروی تاج دارای محنی دامنه مناسب تر و دارای عملکرد بهتری می‌باشد.

در نمودار شماره ۳ با افزایش ضخامت گرداب شکن عملکرد و دامنه تغییرات ضریب دبی تا ضخامت (Tvb/Rs) برابر با ۰/۱۵ افزایش یافته و پس از دچار اثرات منفی می‌گردد. لذا با توجه به افزایش ضخامت گرداب شکن افزایش ضریب دبی در حدود ۱۱٪ پیشرفت خواهد داشت.

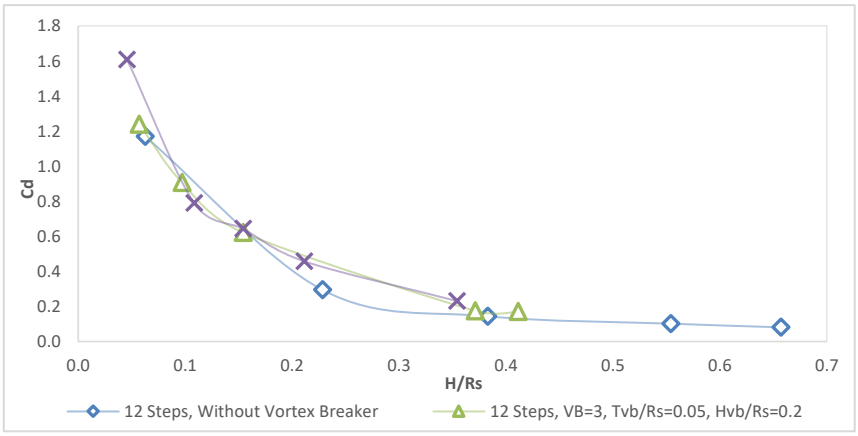
۲.۶. سرریز نیلوفری پلکانی (۱۲ پله – با و بدون استفاده از گرداب شکن)

مطابق با نمودار شماره ۴ افزایش مقدار (H/Rs) باعث کاهش مقدار (Cd) می‌شود. به عبارت دیگر افزایش تعداد گرداب شکن باعث افزایش ضریب آبگذری سرریز می‌شود. همچنین افزایش مقادیر (Tvb/Rs) و (Hvb/Rs) باعث افزایش مقدار ضریب آبگذری می‌شود. برای مقادیر مربوط به (H/Rs) از ۰ تا ۰/۱۵، سرریز در مرحله چسبندگی و هوادهی کامل و از ۰/۱۵ تا ۰/۳۵، سرریز در مرحله هوادهی جزئی و برای مقادیر بیشتر از ۰/۳۵، سرریز در مرحله خفگی و انسداد قرار می‌گیرد. در این قسمت ابتدا جریان و ضریب دبی تحت تاثیر ضریب استغراق قرار گرفته و جدایی جریان در سرعت‌های کم اتفاق می‌افتد و پس از افزایش دبی درصورت وجود تیغه جدا کننده دبی بصورت خطوط موازی در بین گرداب شکن به مجرای اصلی سرریز حرکت می‌کنند، بنابراین درصورت عدم وجود گرداب شکن‌ها این جدایش جریان بخوبی انجام نمی‌پذیرد و پس از گذشت مدتی باعث انسداد جریان می‌شود. از طرفی اگر ابعاد گرداب شکن بلند باشد جدایش جریان و جداشدگی و عبور دبی بخوبی انجام می‌پذیرد. پس از برخورد جریان از تاج برروی پلکان‌ها پس از عبور از روی تاج سرریر استهلاک انرژی و هوادهی باعث ایجاد اشفتگی در طول جریان می‌گردد. اگر ابعاد پلکان بزرگ باشد میزان استهلاک بخوبی انجام نمی‌پذیرد و در کل باعث کاهش دبی عبوری و تداوم انسداد می‌گردد.



نمودار ۴. ضریب دبی و استغراق با و بدون گرداب شکن با ۱۲ پله طبقه در بدنه سرریز

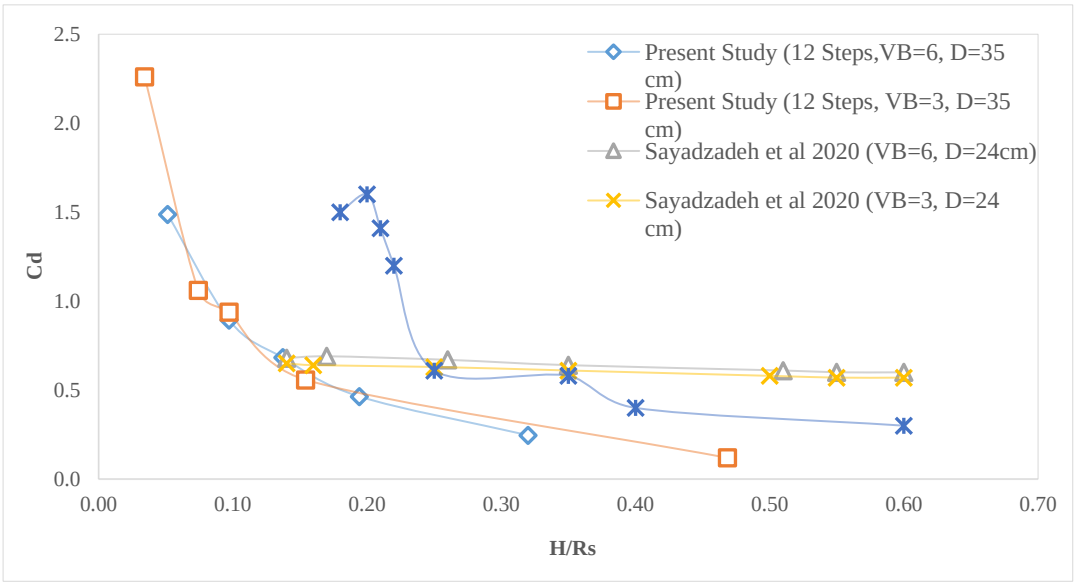
در بررسی نمودار شماره ۵ مشخص گردید که دامنه حرکت ضریب دبی در سرریز پلکانی ساده دارای قدرت مانور کمتری است و از ۰/۱۵ الی ۱/۶ متغیر می‌باشد که این امر نشان می‌دهد در نسبت استغراق بیشتر از ۰/۳ تغییرات ضریب ابگذری تغییرات گسترده‌ای ندارد. لکن با افزایش گرداب شکن برروی سرریز عملکرد ضریب دبی افزایش یافته و شاهد افزایش ۲۰ الی ۲۳ درصد راندمان خواهیم بود. این افزایش راندمان تا نسبت استغراق ۰/۳۸ می‌باشد و پس از آن با تغییر حالت نوع جریان از سرریز به روزنه، ضریب دبی تغییر نموده و عملاً بخشی از عبور دبی با انسداد همراه است. با افزایش تعداد گرداب شکن تا میزان ۰/۱۸ شعاع سرریز با افزایش دبی مواجه خواهیم بود و پس از آن این افزایش دبی محتمل نخواهد بود. بطور کلی از روی نمودارها می‌توان نتیجه گرفت که ضریب دبی در آرایش ۶ پلکانی عملکرد مناسبی برای سرریز را نشان می‌دهد.



نمودار ۵. ضریب دبی و استغراق با و بدون گرداب شکن با ۱۲ پله طبقه در بدنه سرریز

۷. جمع بندی

مقایسه داده‌های اندازه‌گیری شده در تحقیق حاضر با نتایج ارائه شده توسط سایر منابع و مراجع مقایسه گردید. در نمودار شماره ۶ مشاهده می‌شود با افزایش هد (ارتفاع) هیدرولیکی از میزان ضریب آبگذری کاسته می‌شود. در این راستا تحقیق حاضر شرایط هیدرولیکی مطلوب تری را نشان می‌دهد به این دلیل که دارای میزان ضریب آبگذری بیشتری نسبت به تحقیقات دیگر است. همچنین باید بیان داشت افزایش قطر تاج سرریز نیلوفری نیز در بالا رفتن ضریب آبگذری موثر است. دامنه تغییرات ضریب آبگذری در تحقیق حاضر از ۲/۲ تا ۰/۱، در تحقیق صیادزاده و همکاران (۲۰۲۰) از ۰/۶۸ تا ۰/۵۷ و در تحقیق باقری و همکاران (۲۰۱۰) از ۱/۶ تا ۰/۳ متغیر است. از نسبت هد هیدرولیکی برابر ۰/۲۵ به بعد تمامی‌سرریزها در تحقیقات مختلف تقریبا عملکرد هیدرولیکی یکسانی دارند زیرا هد هیدرولیکی به حداکثر مقدار رسیده است و در این حالت ضریب آبگذری سرریزها دارای شیب نسبتاً ثابتی است که نشان دهنده کاهش کارایی راندمان هیدرولیکی جریان در سرریزها می‌باشد. در تحقیق حاضر و دیگر تحقیقات، سرریز نیلوفری تمامی‌مراحل هیدرولیکی (شامل چسبندگی، هوادهی کامل و خفگی) را طی کرده است. در مرحله هوادهی کامل، کارایی هیدرولیکی سرریز به حداکثر می‌رسد و خطر کاویتاسیون از بین می‌رود از سوی دیگر کیفیت جریان نیز افزایش می‌یابد. در حالی که در محله خفگی، خطر کاویتاسیون وجود دارد و کارایی هیدرولیکی سرریز تا حد بسیار بالایی کاهش می‌یابد.



نمودار ۶. مقایسه ضریب دبی و استغراق در تمامی مدل های مورد آزمایش

۸. نتیجه گیری

با توجه به بررسی‌های بعمل آمده بر روی ضریب آبگذری سرریز نیلوفری پلکانی و غیرپلکانی مشخص شد که افزایش مقدار (H/Rs) باعث کاهش مقدار (Cd) می‌شود. ضمن آنکه افزایش مقادیر (Hvb/Rs) و (Tvb/Rs) باعث افزایش ضریب آبگذری می‌شود. باید توجه داشت که کاهش ضریب آبگذری به دلیل افزایش هد هیدرولیکی اتفاق می‌افتد. افزایش هد هیدرولیکی باعث می‌شود که تاج سرریز دچار استغراق موضعی و موقتی شود و در نتیجه افت انرژی افزایش یابد و بدنبال آن ضریب آبگذری سرریز و راندمان هیدرولیکی آن کاهش‌یابد. در همین راستا استفاده از گرداب شکن باعث می‌شود هوادهی و راندمان هیدرولیکی سرریز افزایش یابد و زمان رسیدن به مرحله خفگی نیز به تعویق اُفتد. بعبارت دیگر باعث ایجاد تاخیر در هم شدگی جریان و افزایش زمان برای عبور بیشتر جریان تا استغراق کامل و انسداد موضعی هیدرولیک جریان می‌گردد و نیز افزایش تعداد گرداب شکن باعث افزایش ضریب آبگذری سرریز می‌شود. تأثیرگرداب شکن‌ها بر روی ضریب آبگذری بسیار زیاد است بگونه‌ایی که این ضریب برای سرریز با مجرای پلکانی دارای تأثیر مثبت است در حالی که اگر تعداد گرداب شکن از حد معینی بیشتر شود باعث کاهش عرض عبوری جریان و نهایتاً کاهش ضریب آبگذری می‌شود. استفاده از گرداب شکن دارای نتایج بهینه‌تری نسبت به عدم استفاده از آن خواهد شد. هنگامی که هد هیدرولیکی روی سرریز کم باشد، جریان به صورت تیغه‌ایی عبور می‌کند و کنترل از سوی تاج سرریز قرار می‌گیرد. حرکت جریان از حالت تیغه‌ایی به حالت گردابه ایی تغییر می‌کند و باعث ایجاد گرداب‌هایی در قسمت انتهایی بدنه سرریز می‌شود. استفاده از گرداب شکن‌ها تأثیر بسیار زیادی بر تغییرات فشار بدنه سرریز دارند. با افزایش ضخامت گرداب شکن، فشار در بدنه سرریز تغییر می‌کند. اما این تغییرات نسبت به تغییر ارتفاع دارای تأثیرات کمتری است.

مراجع

Kashkoli, H.A., Sedghi, H., Jahromi, H.M., Aghamajidi, R.(2013). Simultaneous study effect of guide pier and stepped chamber on hydraulic behavior of morning glory spill way. World Applied Sciences Journal, 21(4), pp. 548-557

Mohammad Rafi Rafiei, Roozbeh Aghamajidi "Estimation And Estimation Of The Useful Life Of The Dam Under The Influence Of Incoming Sediments Using Karun 92 Software" Bi-Quarterly Journal Of Water Engineering, Volume: 8, Issue: 3, 2013. (in persian)

R Aghamajidi(2014). Computerized simulation of hydraulic behavior of shaft spillway vortex breaker on crest and semi long stepped chamber throatTechnical Journal of Engineering and Applied Sciences 23 (3), 3325-3332

Sara Amirzadeh, Roozbeh Aghamjidi "Study And Analysis Of The Sensitivity Of Indicators Affecting The Dynamic Pressure Of GRP Pipes In Water Supply Projects (Case Study Of Water Supply Project In Songhar City Of Kermanshah)" Bi-Quarterly Journal Of Water Engineering, Volume: 9, Issue: 3, 1400. (in persian)

Amin Hojjatkhah, Roozbeh Agha Majidi "Laboratory Study Of The Effect Of The Shape Of The Deflector Structure On The Scour Depth Around The Bridge Pier" Hydraulic Quarterly, Volume: 17, Issue: 1, 1401. (in persian)

Reza Momenzadeh, Roozbeh Aghamajidi "Investigation Of The Effects Of Diameter Change, Pipe Thickness And Different Flow Velocities On The Dynamic Loads Due To Ram Impact In Water Supply Lines" 17th Iranian Hydraulic Conference, 1397. (in persian)

Kazem Bahmani Rad, Roozbeh Aghamajidi "Study And Analysis Of The Causes Of Failure Of Earth Dams And Its Consequences Numerically Case Study: Darvardzan Dam" First National Conference On Infrastructure Engineering, 1397. (in persian)

Reza Afshari, Roozbeh Aghamjidi "Investigation Of The Effect Of Diversion Flow On The Amount Of Sediments Entering The Lateral Catchments In The 180 Degree Arc And Hydraulic Conditions Around The Pipe On The Trapping Efficiency" Journal Of Water Engineering, Volume: 7, Issue: 2, 1398. (in persian)

Amin Moradi, Roozbeh Aghamajidi "Investigation Of The Effect Of Diversion Flow On The Amount Of Sediments Entering The Lateral Catchments At 180 ° And Hydraulic Conditions Around The Pipe On The Trapping Efficiency" Second National Conference On Water And Hydraulic Structures, 1397. (in persian)

Mohammad Hossein Mohebbi "Numerical Study And Analysis Of The Effect Of Mixing Intensity In The Body Of Concentrated Flow Using Different Turbulence Models" Second National Conference On Water And Hydraulic Structures, 1397. (in persian)

Masoud Haghbin, Ahmad Sharafati, Roozbeh Aghamajidi, Seyed Babak Haji Seyed Asadollah, Mohamadreza Hosseinian Moghadam Noghani, María L Jalón(2022) Determination of discharge coefficient of stepped morning glory spillway using a hybrid data-driven methodFlow Measurement and Instrumentation 85, 102161

Amir Hossein Nozari, Roozbeh Aghamajidi "Laboratory Study Of The Simultaneous Effect Of Sharp Corner Roughness And Positive Slope On The Length Of Hydraulic Jump In Classical Relaxation Ponds" Journal Of Water Engineering, Volume: 7, Issue: 4, 1397. (in persian)

J Jafari, R Aghamajidi(2022). optimizing geometric dimensions and vortex breaker of morning glory spillway using genetic algorithm: Case study of physical model of San Louis Forebay Dam in California, USA. International Journal of Health Sciences 6 (s3), 3926-3942