Archive of SID

گزارش کوتاه علمی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و سوم، شماره اول، ۱۳۹۵
http://jwsc.gau.ac.ir

مدل‌سازی عددی جریان با بررسی اثرات بازشدگی دریچه بر هیدرولیک جریان و جت پرتابی

*محمد کاکش‌پور[۱]، محمدرضا پیرستانی[۲] و محمود ذاکری‌نیری[۳]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی عمران آب، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران،
[۲]استادیار گروه مهندسی عمران، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران،
[۳]استادیار گروه مهندسی عمران، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۶

چکیده

سابقه و هدف: امروزه اهمیت مدیریت مخازن سدها استفاده از دریچه‌ها بر روی سرریزها را ضروری می‌کند. این موضوع سبب تغییر هیدرولیک جریان بر روی سرریز می‌شود و هدف از این پژوهش بررسی برخی از این تغییرات هیدرولیکی است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش به کمک نرم‌افزار Flow-3D به مدلسازی جریان از روی سرریز شوت با آستانه اوجی شکل و پرتاب‌کننده‌جامی و با استفاده از روش حجم سیال VOF و مدل تلاطمی RNG پرداخته شده است.

یافته‌ها: بررسی تأثیر ۴ بازشدگی ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۱۰۰ درصد که به‌وسیله دریچه شعاعی اعمال گردید، نشان می‌دهد که افزایش بازشدگی‌ها سبب ایجاد روند افزایشی سرعت و عمق و پتانسیل کاویتاسیون بر روی سرریز می‌شود. همچنین در برخی از بازشدگی‌ها با دبی پایین، به‌علت ایجاد دبی کم‌تر از دبی جارو شدن، امکان جمع‌شدگی جریان بر روی سرریز وجود داشته و اثرات هیدرولیکی ناشی از آن باید در نظر گرفته شود.

نتیجه‌گیری: همچنین مدلسازی جت پرتابی از پرتاب‌کننده‌جامی شکل، نشانگر خطای پایین طول و حداکثر ارتفاع جت بوده و به این ترتیب استفاده از Flow-3D در پیش‌بینی حفاظت پایین‌دست پرتاب‌کننده‌جامی توصیه می‌گردد. همچنین دو رابطه در مورد ارتباط میزان طول جت پرتابی، حداکثر ارتفاع جت، دبی و میزان بازشدگی ارائه گردید.

واژه‌های کلیدی: دریچه شعاعی، مدل آشفتگی RNG، عدد کاویتاسیون، جت پرتابی

* مسئول مکاتبه: mohammadkakeshpoor@yahoo.com

www.SID.ir

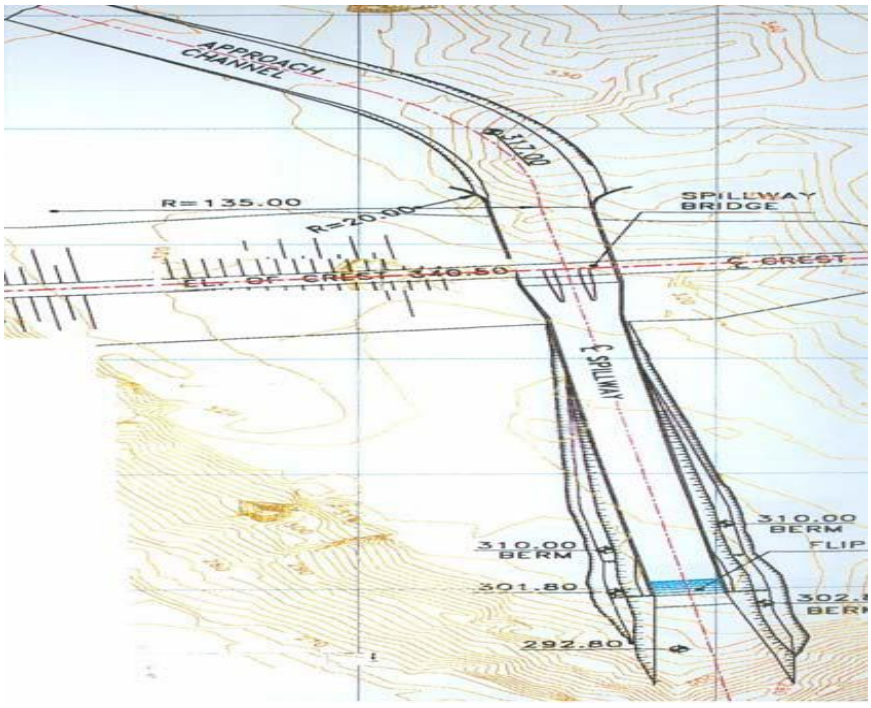
Archive of SID

مقدمه

نکته مهم و قابل‌توجه در طراحی سرریزها آن است که عموماً جریان بر روی سرریزها فوق بحرانی و دارای سرعت و انرژی جنبشی بالایی است (۵). ازجمله روش‌های استهلاک انرژی، ایجاد پرتاب‌کننده‌های جامی شکل خصوصاً در انتهای سرریزهای شوت است (۸). در سال‌های اخیر به‌دلیل ابداع روش‌های پیشرفته و دقیق حل عددی معادلات و وجود رایانه‌های قوی برای انجام محاسبات، طراحی این سازه‌های پیچیده از طریق روش‌های حل عددی مقدور شده است (۱، ۲). بررسی پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهد هر چند مطالعات عددی- آزمایشگاهی در خصوص ویژگی‌های هیدرولیک جریان بر روی سرریزهای شوت با جام انتهایی انجام‌شده و نتایج قابل‌قبولی ارائه شده است، ولی نیاز به پژوهش‌های بیش‌تر بر روی تأثیر بازشدگی بر هیدرولیک جریان روی سرریز و جت پرتابی از پرتاب‌کننده‌جامی لازم به‌نظر می‌رسد. مسایلی هم‌چون مدیریت مخازن سدها که استفاده از دریچه‌ها بر روی سرریزها را ضروری می‌کند سبب تغییر هیدرولیک جریان بر روی سرریز می‌شود و هدف از این پژوهش بررسی برخی از این تغییرات است.

مواد و روش‌ها

سد مخزنی بالارود از نوع سنگریزه‌ای با هسته رسی به همراه تأسیسات جانبی آن در استان خوزستان در فاصله ۲۷ کیلومتری شمال شهرستان اندیمشک است. در سد بالارود از سرریز اوجی شوت با دریچه کنترلی استفاده شده است. ظرفیت عبوردهی رودخانه بالارود ۸۷۰ مترمکعب در ثانیه و بیش‌ترین دبی ناشی از بزرگ‌ترین سیلاب محتمل (PMF) ۳۸۵۱ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد (۳).



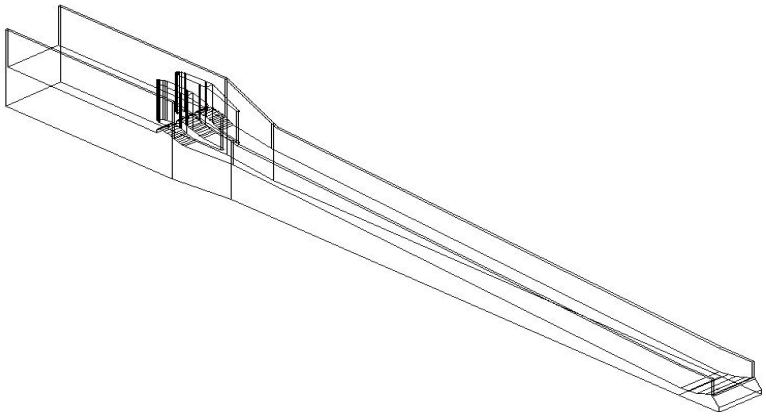
شکل ۱- موقعیت سرریز نسبت به محور سد.

Figure 1. Position relative to the axis of the dam spillway.

www.SID.ir

Archive of SID

مدل فیزیکی سرریز سد بالارود که از نوع اوجی دریچه‌دار با تندآب و پرتاب‌کننده‌جامی شکل توسط مهری و همکاران (۲۰۰۸) و با استفاده از مصالح پلکسی‌گلاس در مقیاس ۱:۱۱۰ ساخته‌شده و در فلوم آزمایشگاه مدل‌های هیدرولیکی دانشکده مهندسی آب دانشگاه شهید چمران اهواز نصب گردید (۷). آزمایش‌ها با برقراری ۵ دبی مختلف در مقیاس ۱:۱۱۰ و متناسب با شرایط واقعی با اندازه‌گیری‌ها پارامترهایی مانند فشار، سرعت، ضریب خوردگی در مقاطع مختلف در ۲۰ مقطع در طول سرریز و همچنین طول و حداکثر ارتفاع جت پرتابی از پرتاب‌کننده‌جامی بررسی گردید. در شکل‌های ۲ و ۳ مدل فیزیکی سرریز سد بالارود قابل مشاهده است (۷).



شکل ۲- نمای سه‌بعدی از سرریز سد بالارود.

Figure 2. 3D view of Balarood spillway dam.

شکل ۳- مدل آزمایشگاهی سرریز سد بالارود.

Figure 3. Phisical model of Balarood spillway.

با انجام خطاگیری و استفاده از آزمون سطح اطمینان t-student بر روی پارامترهای هیدرولیکی، نتایج حاکی از سطح اطمینان بالای ۷۰ درصد و خطای ۱۵ درصدی پارامترها می‌باشد (۶).

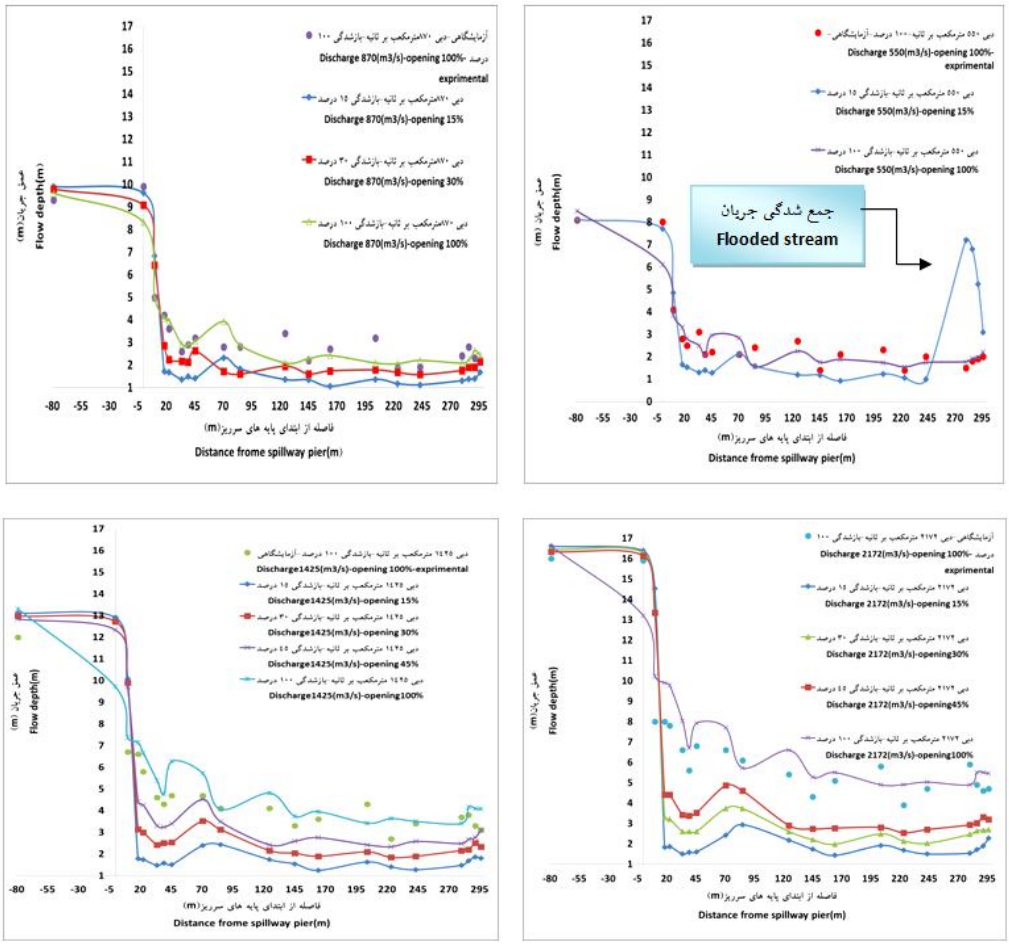
نتایج و بحث

شکل ۴ نتایج بررسی بر روی عمق تحت اثر بازشدگی‌ها را نشان می‌دهد. در فاصله بین ۳۹/۳ متر تا ۱۶۳/۳ متر از تاج تغییرات عمقی مشاهده‌شده که

www.SID.ir

Archive of SID

به‌دلیل امواج دم‌خروسی (امواجی که در اثر وجود پایه‌های سرریز تشکیل‌شده و در طول شوت به‌تدریج مستهلک می‌شوند) معروف هستند. در قسمت پرتاب‌کننده‌جامی شکل به‌ازای دبی ۵۵۰ مترمکعب بر ثانیه و بازشدگی ۱۵ درصد دریچه به‌علت پایین‌تر بودن دبی جریان از دبی جارو شدن، پرتاب جریان شکل نگرفته و جمع‌شدگی جریان در قسمت پرتاب‌کننده جریان روی داده است. دبی جارو شدن حداقل دبی بر ایجاد جت پرتابی برای پرتاب‌کننده است و محدوده ایجاد دبی جارو شدن ۲۸۵ مترمکعب بر ثانیه تعیین شده است. لازم به ذکر است سطح آب در بالادست سرریز در تمامی حالت‌های بازشدگی ثابت فرض شده است.



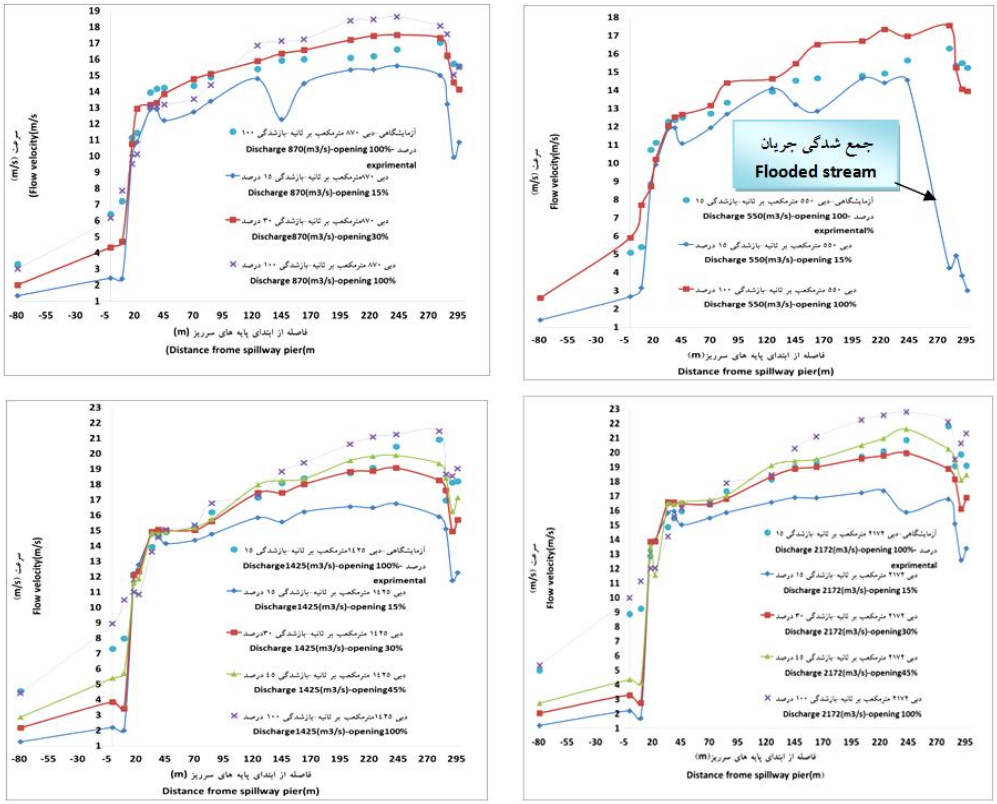
شکل ٤- مقایسه عمق جریان در طول سرریز، در بازشدگی‌های ۱۵، ۳۰، ٤٥ و ۱۰۰ درصد در ٤ دبی.

Figure 4. Chanchig flow depth in spillway in 15, 30, 45 and 100 percent opening gate in 4 discharge.

در شکل ۵ میزان تغییرات سرعت به‌ازای ۵ دبی دیده می‌شود و به غیر از دبی ۵۵۰ مترمکعب در بازشدگی ۱۵ درصد، تغییرات مقدار سرعت دارای روندی یکنواخت و یکسان است. افزایش سرعت حاصل در فاصله ۴۵ متری از تاج سرریز به‌علت اتمام پایه‌های پل بوده که در ادامه و تا مقطع انتهایی شوت این افزایش سرعت ادامه یافته و سپس در قسمت انتهایی سرریز به‌علت وجود پرتاب‌کننده سرعت کاهش می‌یابد.

www.SID.ir

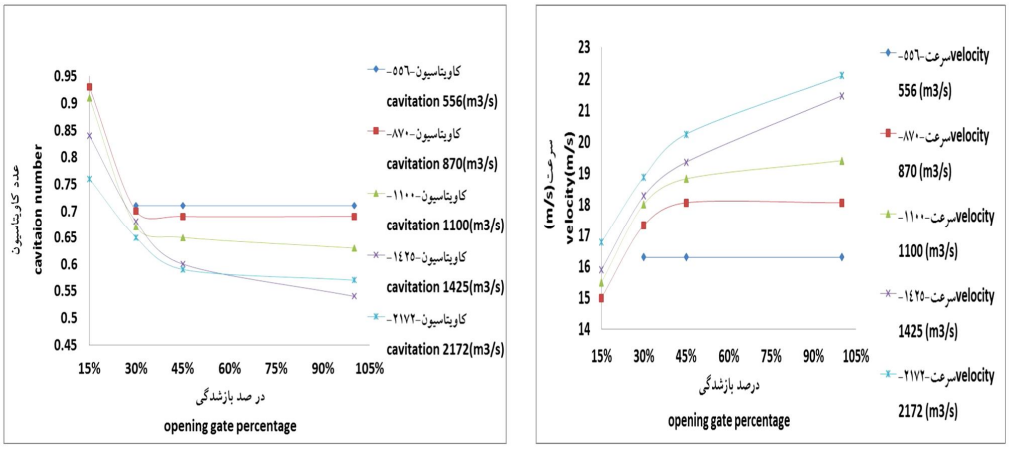
Archive of SID



شکل ۵- مقایسه سرعت جریان در طول سرریز، در بازشدگی‌های ۱۵، ۳۰، ٤٥ و ۱۰۰ درصد در ٤ دبی.

Figure 5. Chanchig flow velocity in spillway in 15, 30, 45 and 100 percent opening gate in 4 discharge.

بررسی‌های انجام‌شده مقطع ابتدای پرتاب‌کننده (مقطع ۱۷) از نظر پتانسیل خوردگی، بحرانی‌ترین وضعیت را دارا می‌باشند. شکل ۶ به بررسی تغییرات سرعت و عدد کاویتاسیون به‌ازای چهار حالت بازشدگی در این ۲ نقطه پرداخته است. چنان‌که در شکل ۶ مشاهده می‌شود رونده افزایش سرعت به‌ازای بازشدگی و کاهش پتانسیل کاویتاسیون در هر دو مقطع کاملاً مشهود است.



شکل ٦- سرعت و کاویتاسیون در بازشدگی‌های ۱۵، ۳۰، ٤٥ و ۱۰۰ در ۵ دبی در ابتدای پرتاب‌کننده.

Figure 6. Chanchig velocity against cavitation number in spillway in 15, 30, 45 and 100 percent opening gate in 5 discharge in start of flip bucket.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۷ جریان پرتابی از پرتاب‌کننده‌جامی با عبور ۵ و با ۴ بازشدگی جت پرتابی از پرتاب‌کننده‌جامی را نشان می‌دهد. رابطه ۱ به‌ازای درصد میزان بازشدگی دریچه بر درصد افت برد جریان پرتابی را نسبت به حالت ۱۰۰ درصد بازشدگی به‌دست آمده است. همچنین رابطه ۲ به‌ازای درصد میزان بازشدگی دریچه می‌توان درصد افت حداکثر ارتفاع را نسبت به حالت ۱۰۰ درصد بازشدگی به‌دست آورد. با کم کردن میزان افت از برد و حداکثر ارتفاع در هر دبی می‌توان میزان برد و حداکثر ارتفاع بر اساس میزان بازشدگی خواسته شده را به‌دست آورد.

$$R_{opening} = R_{\%100} - [(-0.275\ln(\%opening)^{-0.0238})] * R_{\%100} \quad (۱)$$

$$H_{opening} = H_{\%100} - (0.228(\%opening)^{-0.896}) * H_{\%100} \quad (۲)$$

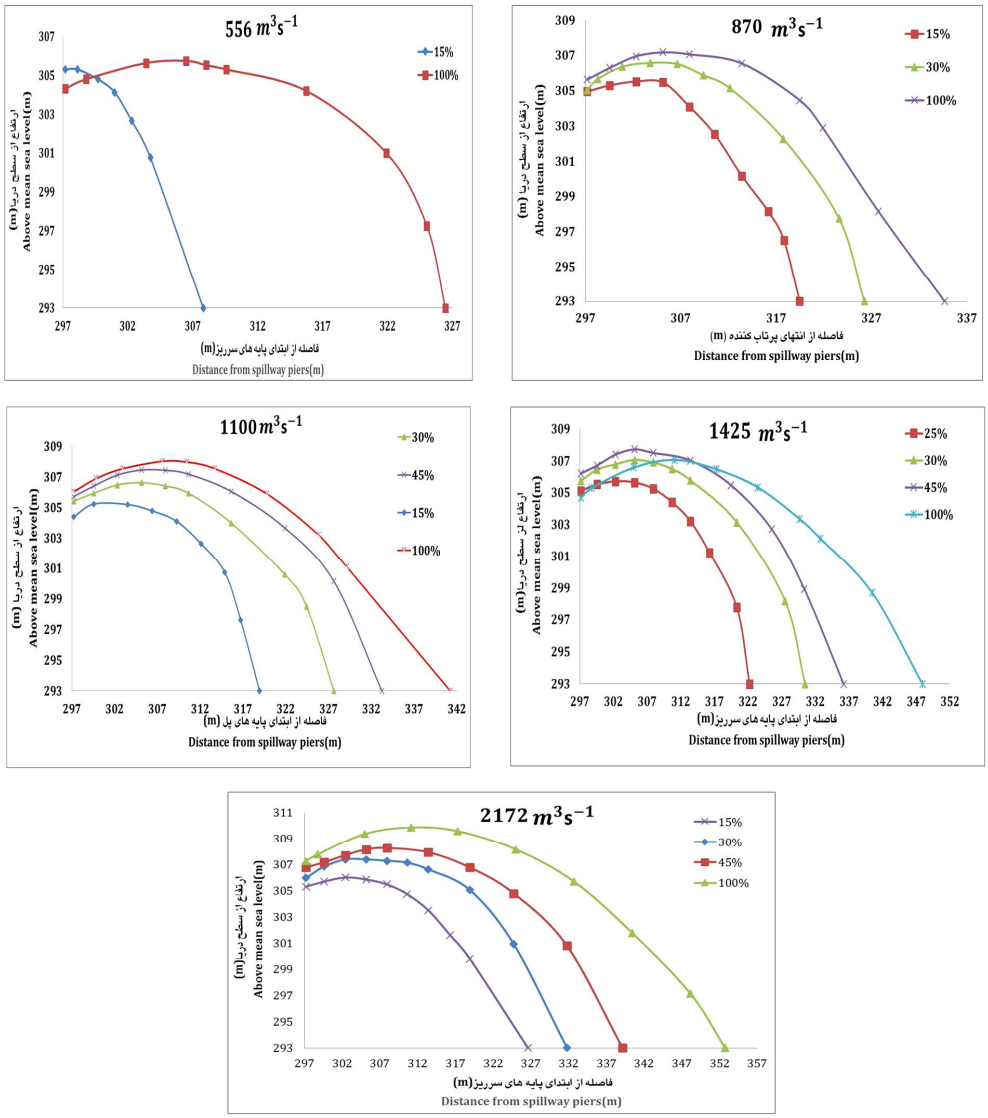
در رابطه‌های ۱ و ۲، $R_{opening}$ میزان بازشدگی بر حسب درصد است و $R_{opening}$ برد جریان پرتابی در میزان بازشدگی دریچه و $H_{opening}$ حداکثر ارتفاع جریان پرتابی در حالت بازشدگی موردنظر است. R_{100} و H_{100} میزان برد و حداکثر ارتفاع جریان پرتابی در حالت ۱۰۰ درصد بازشدگی است. لازم به ذکر است رابطه‌های ۱ و ۲ با بررسی جت پرتابی در ۵ دبی با ۴ بازشدگی مختلف و با بررسی ۲۰۰ نقطه روی منحنی جت‌های پرتابی به‌دست آمده است. همچنین صحت‌سنجی‌های صورت گرفته نشان داد معادلات لگاریتمی از بیش‌ترین دقت در شبیه‌سازی جریان برخوردار بودند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی تغییرات هیدرولیکی عمق، سرعت، عدد کاویتاسیون و جریان پرتابی از پرتاب‌کننده‌جامی، سرریز سد بالارود تحت اثر چهار بازشدگی ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۱۰۰ درصد و به کمک مدل عددی Flow-3D مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی تغییرات عمق در دبی ۵۵۰ مترمکعب بر ثانیه و به‌ازای بازشدگی ۱۵ درصد پدیده جمع‌شدگی جریان به‌علت کم‌تر شدن جریان ورودی از دبی جارو شدن رخ داده است. بررسی نیمرخ‌های سرعت در طول سرریز نشان‌دهنده تأثیر امواج دم‌خروسی بر نوسانات سرعت و همچنین تأثیر پرتاب‌کننده‌جامی شکل در افت سرعت را نشان می‌دهد. افزایش بازشدگی سبب افزایش مقدار سرعت و افزایش فاصله بین نیمرخ‌های سرعت شده است. بررسی بر روی مقاطع بدنه سرریز مشخص شد ابتدای پرتاب‌کننده دارای بیش‌ترین پتانسیل خوردگی بوده و افزایش میزان بازشدگی‌ها سبب کاهش ضریب خوردگی در این نقطه گردیده است. نتایج مدل‌سازی جت ریزشی از پرتاب‌کننده‌جامی شکل مدل عددی نشان داد خطای برد جت پرتابی در حدود ۸/۵ درصد و خطای حداکثر ارتفاع جت پرتابی در حدود ۷/۵ درصد بود و می‌توان در پیش‌بینی مدل‌سازی جت ریزشی از آن بهره برد. همچنین دو رابطه برای تعیین میزان برد جریان پرتابی و حداکثر ارتفاع جریان پرتابی بر اساس دبی و بازشدگی ارائه گردید.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷- نمودار جت پرتابی در ۵ دبی و چهار بازشدگی.

Figure 7. Jet trajectory in 5 discharge and 4 opening gates.

منابع

1.Azimiyan, A. 1998. Computational Fluid Mechanics. Industrial University of Esfahan, 445p. (In Persian)

2.Dargahi, B. 2006. Experimental study and 3D numerical simulations for a free-overflow spillway. J. Hydr. Engin. 132: 9. 899-907. (In Persian)

3.Dezab consult company. 2004. Report of first project of ballarood dam. (In Persian)

4.Flow science, Inc. Flow-3d user manual version 10.

5.Hoseyni, M. 2004. Hydraulic of open channel. Emam Reza University, 612p. (In Persian)

6.Kakeshpour, M. 2013. Numerical Simulation of free surface flow of ogee spillway with flip bucket (ballarood dam). M.Sc. Thesis, Islamic Azad university of Islamshahr. (In Persian)

7.Mehri, M., Fathi Moghadam, M., and Ebnejallal, R. 2008. Survey of cavitation on ballarood dam spillway with physical model. National conference civil. (In Persian)

8.Samani, H. 2008. Design of Hydraulic structure. Dezab consult company, 495p.

9.Wilcox, D.C. 1993. Turbulence modeling for CFD. DCW Industries Inc. 566p.

www.SID.ir

Archive of SID

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(1), 2016
http://jwsc.gau.ac.ir

Short Technical Report

Numerical simulation of overflow with effect of opening ratio gates on hydraulic of flow and jet trajectory

***M. Kakeshpour[1], M.R. Pirestani[2] and M. Zakeri Niri[3]**

[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Civil Engineering, Islamshahr Branch, Islamic Azad University, Islamshahr, Iran,
[2]Assistant Prof., Dept. of Civil Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran,
[3]Assistant Prof., Dept. of Civil Engineering, Islamshahr Branch, Islamic Azad University, Islamshahr, Iran
Received: 03/05/2014; Accepted: 04/26/2015

Abstract

Background and Objectives: Nowadays the importance of reservoirs management makes the use of gates on the spillways crucial. This causes the change in hydraulic flow over the spillway and the aim of this study is to explore some of these hydraulic changes.

Materials and Methods: In this research by using Flow-3D and volume of fluid (VOF method) and k-ε (RNG) turbulence model, chute spillway with ogee crest and flip bucket has been simulated.

Results: Additionally investigation on the effects of 4 openings 15%, 30%, 45% and 100% which is done by radial gates, has shown that the increscent of openings causes increscent velocity, depth and cavitation potential on spillways. Also in some openings with low discharge, due to the formation of low discharge which is lower than sweep discharge, formation of flow aggregated on the spillway is possible and the hydraulic effects of this phenomena should be taken into consideration. Also by simulation of jet trajectory from the flip bucket, results showed low error in length and maximum height of the trajectory.

Conclusion: In conclusion, using Flow-3D for prediction of tail water preservation is highly recommended. Eventually, two correlation for the dependency of length of the trajectory, maximum height, flow discharge and opening gate ratio were presented.

Keywords: Radial gates, Turbulence model RNG, Cavitation number, Jet trajectory

* Corresponding Author; Email: mohammadkakeshpoor@yahoo.com

www.SID.ir