نشریه علمی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

سال هجدهم- شماره ٦٤- بهار ١٤٠٣

Vol. 18, No. 64, Spring 2024

بررسی تأثیر بازشدگی دریچه سرریز اوجی بر آبشستگی موضعی پایین‌دست حوضچه‌های آرامش

محمد سعید چلداوی[1]، محمد حیدرنژاد[2]* و اصلان اگدرنژاد[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۵

DOI: 10.22034/18.64.114

چکیده مبسوط

مقدمه

برای تخلیه آب اضافی، همچنین تخلیه سیلاب‌های بزرگ و جلوگیری از خسارات ناشی از سیل در سدها انواع مختلف سرریزها ساخته می‌شود. عبور جریان از روی سرریزها با اتلاف انرژی همراه است، با این حال مقداری انرژی مستهلک نشده باقی می‌ماند که موجب فرسایش بستر و ایجاد حفره در پایین‌دست می‌شود. از جمله سازه‌های هیدرولیکی که مورد توجه خاص مهندسان طراح قرار گرفته است، سرریزهای اوجی است. سرریزهای اوجی اولین بار در سدهای بتنی و سپس در سدهای خاکی توسعه یافته‌اند. این سرریزها در واقع نمونه‌ای ساده‌ای از آبراهه با ضریب زبری بالاست، با توجه به استهلاک کم انرژی در طول آن، در پنجه سد نیاز به استفاده از سازه‌های مستهلک‌کننده انرژی است. طی جریانی که از روی بدنه سرریز اوجی ریزش می‌کند، در محل پاشنه سازه، انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود. توجه به اینکه پایین‌دست حوضچه‌های آرامش همواره در معرض آبشستگی قرار دارند لزوم بررسی روش‌های حفاظتی بستر پایین‌دست حوضچه اهمیت خاصی خواهد داشت. محققان و دانشمندان در دهه‌های گذشته به مطالعه پارامترهای مؤثر بر آبشستگی پایین‌دست حوضچه‌ها پرداختند. در این تحقیقات مکانیزم وقوع آبشستگی، اثر هندسی سازه و خصوصیات ذرات رسوبی بر ابعاد آبشستگی بررسی شده است. در تحقیق حاضر سعی شد درک بهتری از تأثیر دریچه نصب شده بر روی سرریز اوجی و آبشستگی در پایاب سرریز حاصل شود، در همین راستا مدلی از سرریز اوجی ساخته شد و آزمایشاتی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

درتحقیق حاضرجهت بررسی تأثیر ابعاد دریچه نصب شده بر روی تاج سرریز اوجی و آبشستگی پایاب سرریز، آزمایشاتی طراحی شد. به منظور انجام آزمایشات از فلوم سازمان آب و برق خوزستان، از جنس فلز و با دیواره ای از جنس پلاکسی گلاس و کف فلزی به طول ۷ متر و عرض ٦٠ سانتی‌متر و ارتفاع ٥٠ سانتی‌متر استفاده شده است، بطوریکه ٤٥ آزمایش بر روی تأثیر عوامل هندسی دریچه و دبی جریان بر میزان آبشستگی در پایین دست سرریز اوجی صورت گرفت. همچنین مقدار دبی با استفاده از سرریز مثلثی کالیبره شده و مانومتری که در انتهای فلوم نصب شده، اندازه گیری شد. به منظور قرائت ارتفاع سطح آب در قسمت‌های مورد نیاز از عمق‌یاب مستقر روی فلوم استفاده شد. برای آزمایشات ابتدا مدل آماده و نصب شد. سپس با باز کردن دریچه به دبی مشخص به مدت ٤٠ دقیقه صبر نموده تا شرایط جریان به حالت پایدار برسد، در ادامه مقدار ابعاد عرض و طول آبشستگی برداشت شده است. همچنین به منظور دستیابی به اهداف مد نظر در این پژوهش حاضر، ابتدا اقدام به معرفی پارامترهای حاکم بر هیدرولیک جریان سرریز اوجی شد و سپس پارامترهای حاکم مؤثر در این پژوهش با استفاده از روش π (باکینگهام) ارائه شد.

نتایج و بحث

بررسی نتایج تأثیر H/b بر Ds/Ls در شرایطی که عرض دریچه ثابت است نشان می‌دهد که با افزایش مقدار بازشدگی، مقدار عدد بدون بعد Ds/Ls کاهش می‌یابد به نحوی که با کاهش ٥٠٠ درصدی بازشدگی دریچه به مقدار ٥٥٪، نسبت Ds/Ls کاهش داشته است، در واقع میتوان گفت که با افزایش ۱ درصدی بازشدگی دریچه میزان آبشستگی ۰/۱۱ درصد کاهش مییابد. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که افزایش بازشدگی دریچه موجب افزایش بیشتر آبشستگی در طول می‌شود و در عمق اثر کمتری از خود نشان می‌دهد. همچنین بررسی تأثیر H/b بر Ds/Ls در شرایطی که بازشدگی دریچه ثابت است نشان می‌دهد که با افزایش عرض دریچه مقدار عدد بدون بعد Ds/Ls کاهش می‌یابد به نحوی که با افزایش ٤٠٠ درصدی عرض دریچه به مقدار ٦٠٪، نسبت Ds/Ls کاهش می‌یابد همچنین تأثیر H/b بر عمق آبشستگی (Ds) نشان می‌دهد که با افزایش مقدار عرض دریچه میزان عمق چاله آبشستگی افزایش می‌یابد، به نحوی که با افزایش ٤٠٠ درصدی عرض دریچه، به میزان ٢٤% عمق آبشستگی افزایش می‌یابد. همچنین بررسی تأثیر H/b بر عمق آبشستگی (L) نشان می‌دهد که با افزایش مقدار عرض دریچه میزان طول آبشستگی هم افزایش می‌یابد،

۱- دانش‌آموخته گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز ، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز ، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران * نویسنده مسئول mo_he3197@yahoo.com
۳- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز ، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

به نحوی که با افزایش ٤٠٠ درصدی عرض دریچه به میزان ۸۲٪ طول آبشستگی افزایش می‌یابد. نتایج نشان داد که افزایش بیشتر بازشدگی دریچه موجب افزایش آبشستگی در طول می‌شود و با افزایش دبی جریان نیز میزان Ds/Ls کاهش می‌یابد، به نحوی که با کاهش ۵۰ درصدی دبی جریان به میزان ۱۵٪ نسبت Ds/Ls افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

یکی از سازه‌های که در انتقال آب از اهمیت بالایی برخوردار است سرریزهای اوجی است که در بسیاری از شبکه‌های انتقال آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. آبشستگی در پایین‌دست این سازه‌ها سبب شد تا محققین این پژوهش به بررسی تأثیر ابعاد و میزان بازشدگی دریچه‌های نصب شده بر روی سرریز اوجی و میزان آبشستگی در پایین‌دست این سازه بپردازند. به عبارت دیگرآبشستگی یکی از معضلات در سازه‌های آبی است که سبب ویران شدن این سازه‌ها و در بهترین شرایط سبب ایجاد افزایش رسوبات معلق در جریان رودخانه می‌شود. در این تحقیق به بررسی سرریز اوجی پرداخته شد و تأثیر این سازه بر مقدار آبشستگی در پایین‌دست مطالعه شد. با بررسی جامع مطالعات پیشین و انجام آنالیز ابعادی، پارامترهای بدون بعد مؤثر بر پدیده آبشستگی شناسایی و آزمایشها بر مبنای آن‌ها طرح‌ریزی شد. نتایج نشان می‌دهد که افزایش بازشدگی دریچه میتواند تا ۵۵ درصد میزان عمق آبشستگی را افزایش دهد. همچنین عرض دریچه هر چه بیشتر شود میزان عمق آبشستگی را کاهش میدهد به نحوی که با کاهش یک درصدی میزان آبشستگی، باید ٦/٥ درصد عرض دریچه را افزایش داد. همچنین با افزایش مقدار عرض دریچه میزان طول آبشستگی هم افزایش می‌یابد، به نحوی که با افزایش ٤٠٠ درصدی عرض دریچه به میزان ۸۲٪ طول آبشستگی افزایش می‌یابد. و با افزایش دبی جریان میزان Ds/Ls هم کاهش می‌یابد و با افزایش هر یک درصد از دبی جریان میزان Ds/Ls ۰/۳، درصد کاهش میابد. همچنین افزایش عرض دریچه باعث رسوب گذاری بیشتر در طول و تاثیر کمتری در عمق می شود.

کلیدواژه‌ها: ***آبشستگی، سرریز اوجی، دریچه، پرش هیدرولیکی***

مقدمه

آبشستگی موضعی یکی از موضوعات مهم و قابل توجه در مهندسی رودخانه و هیدرولیک جریان در بسترهای آبرفتی میباشد .چنانچه در یک بازه مورد بررسی، مقدار رسوب وارد شده کمتر از مقدار رسوب خارج شده باشد، عمل فرسایش کف رودخانه و یا بدنه آن رخ میدهد و کف رودخانه بتدریج گود میشود. از جمله اثرات منفی گود شدن بستر رودخانه، میتوان به شکستِ برشی و لغزش در بستر و نیز افزایش گرادیان هیدرولیکی خروجی اشاره کرد که در نهایت، افزایش فشارِ بالابرنده و ایجاد پدیده تَراوش را در پی دارد. جریان در محل وقوعِ آبشستگی، یک فرایند دوفازی (آب و رسوب) است. بنابراین آبشستگی متاثر از متغیرهای بسیاری از قبیل پارامترهای جریان، مشخصات بستر آبرفتی، زمان و هندسه آبراهه میباشد. به همین دلیل محققین، هر یک به مطالعه بخشی از این وقایع پرداخته و آن را به صورت آزمایشگاهی و تجربی بررسی کردهاند. نکته مهمی که در مورد بستر فرسایش یافته باید اشاره نمود این است که اگر پروفیلها بر اساس یک پارامتر مناسب بیبعد گردند، شکل آنها از نظر هندسی مشابه و مستقل از زمان خواهد بود و همچنین اندازه ذرات بر روی آن تاثیرگذار نیست[۷] .

برای تخیله آب اضافی، همچنین تخلیه سیلاب‌های بزرگ و جلوگیری از خسارات ناشی از سیل در سدها انواع مختلف سرریزها ساخته می‌شود. عبور جریان از روی سرریزها با اتلاف انرژی همراه است، با این حال مقداری انرژی مستهلک نشده باقی می‌ماند که موجب فرسایش بستر و ایجاد حفره در پایین‌دست می‌شود [۱۲]. از جمله سازه‌های هیدرولیکی که مورد توجه خاص مهندسان طراح قرار گرفته است، سرریزهای اوجی است. سرریزهای اوجی اولین بار در سدهای بتنی و سپس در سدهای خاکی توسعه یافته‌اند [۱]. سرریزهای اوجی در واقع نمونه‌ای ساده‌ای از آبراهه با ضریب زبری بالاست، با توجه به استهلاک کم انرژی در طول آن، در پنجه سد نیاز به استفاده از سازه‌های مستهلک‌کننده انرژی است. طی جریانی که از روی بدنه سرریز اوجی ریزش می‌کند، در محل پاشنه سازه، انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود که بخشی از آن در حوضچه آرامش بر اثر پرش هیدرولیکی مستهلک و بخش دیگر در انتهای حوضچه آرامش به دلیل سرعت بالا، سبب بروز پدیده جدایی جریان می‌شود و جریان‌های ثانویه حاصل از آن در درزهای مواد بستر نفوذپذیر وارد می‌شوند، در نتیجه میزان حرکت رسوب و میزان فرسایش در اطراف این سازه افزایش می‌یابد که به پایین رفتن موضعی بستر نسبت به تراز عمومی بستر آبراهه می‌انجامد [٤]. با توجه به اینکه پایین‌دست حوضچه‌های آرامش همواره در معرض آبشستگی قرار دارند لزوم بررسی روش‌های حفاظتی بستر پایین‌دست حوضچه اهمیت خاصی خواهد داشت. محققان و دانشمندان در دهه‌های گذشته به مطالعه پارامترهای موثر بر آبشستگی پایین‌دست حوضچه‌ها پرداختند [۹]. در این تحقیقات مکانیزم وقوع آبشستگی، اثر هندسی سازه و خصوصیات ذرات رسوبی بر ابعاد آبشستگی بررسی شده است.

درگاهی [۲]، با بررسی توسعه آبشستگی در پایین‌دست سرریز به این نتیجه رسید که با افزایش زبری حوضچه آرامش با وجود اینکه تغییر به خصوصی در الگوی معمولی جریان شکل نمی‌گیرد اما باعث کاهش شدید انتقال رسوب می‌شود و حفره آبشستگی نسبت به حالت بدون زبری ۱۷٪ تا ۵۷٪ کوچک‌تر می‌شود. دی و سرکار [۳]، آبشستگی رسوبات غیرچسبنده (یکنواخت و غیریکنواخت) پایین‌دست کف‌بند بر اثر جت افقی مستغرق ناشی از بازشدگی دریچه در فلوم آزمایشگاهی به طول ۱۰ متر، عرض ۰/٦ متر و ارتفاع ۰/۷۱ متر را بررسی کردند و نشان دادند که پروفیل‌های آبشستگی در زمان‌های مختلف از شباهات هندسی خاصی پیروی می‌کنند. همچنین، تغییرات زمانی عمق آبشستگی به صورت تابع نمایی مشخص شد که

به صورت خطی با افزایش عدد فرود ذره افزایش می‌یابد. حمیدی‌فر و همکاران [۵]، به منظور بررسی آبشستگی پایین‌دست کف‌بند زبر واقع در پایین‌دست پرش هیدرولیکی، به آزمایش‌هایی بر روی فلوم با مقطع مستطیلی و به ابعاد طول ۹ متر، عرض ۰/۵ متر و ارتفاع ۰/۶ متر دادند و تأثیر پنج اندازه زبری مختلف (صفر، ۱، ۵/۸۵، ۳/۱ و ۵ میلی‌متر) چسبانده شده بر کف بند افقی به طول ۱ متر را بر ابعاد آبشستگی پایین‌دست کف بند مطالعه کردند. نتایج مطالعات این محققان نشان داد که عمق آبشستگی با افزایش زبری و با افزایش عدد فرود ذره به ترتیب کاهش و افزایش می‌یابد. تائبی و همکاران [۱۰]، تأثیر اندازه سنگچین برای جلوگیری از پیشرفت آبشستگی در پایاب حوضچه آرامش سد نمرود را بررسی کردند و نشان دادند به ازای تراز مشخص (پایین‌تر از کف حوضچه)، با افزایش عمق پایاب، دبی بیشتری برای حرکت دادن دانه‌های سنگچین لازم است. همچنین در عمق ثابت، با افزایش اختلاف تراز، قطر مورد نیاز سنگچین برای حفاظت پایین‌دست حوضچه‌های آرامش افزایش می‌یابد و نیز با افزایش عمق بحرانی، قطر ذره سنگچین که بتواند در برابر جریان مقاومت کند افزایش می‌یابد. نیروبخش و همکاران[۸]، یکی از روش‌های کنترل آبشستگی در پایین‌دست سرریزها را استفاده از سنگ‌چین معرفی نمودند. نتایج ایشان نشان داد قطر نسبی سنگ‌چین عامل مؤثری در پایداری سنگ‌چین‌ها بوده است. کوچک و شفاعی بجستانی [۶]، اثر اختلاف زبری کف بند افقی و مصالح رسوبی بستر را بر آبشستگی پایین‌دست آن‌ها بررسی کردند و نشان دادند که برای تمام زبری‌ها با افزایش عدد فرود ذره، مقدار عمق آبشستگی نسبی افزایش می‌یابد. آزمایش‌های ایشان نشان داد که افزایش عدد فرود ذره باعث افزایش ابعاد آبشستگی می‌شود و اندازه دانه‌بندی رسوبات بستر با ابعاد چاله فرسایشی رابطه معکوس دارد. این محققان همچنین مشاهده کردند که افزایش ارتفاع زبری کف بند تأثیر بسزایی در کاهش چاله آبشستگی دارد. علاوه بر این، با افزایش دانه‌بندی مصالح بستر و زبری کف بند میزان عمق آبشستگی کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده تأثیر چشم‌گیر زبری کف بند و نیز اندازه مصالح بستر بر عمق آبشستگی است. در تحقیق تونا و امیراوغلو[1] [۱۱]، پروفیل‌های آبشستگی در پایاب سرریزهای پلکانی را برای سه نوع رژیم جریان مختلف بررسی کردند. نتایج ایشان نشان داد که نوع رژیم جریان ایجاد شده روی سرریز پلکانی در بیشینه عمق آبشستگی بسیار مهم است بدین ترتیب که در رژیم جریان ریزشی بیشینه عمق آبشستگی نسبت به رژیم جریان غیرریزشی کمتر بود و ایشان به این نتیجه رسیدند که افزایش عدد فرود جریان باعث افزایش عمق آب شستگی خواهد شد. همچنین بر اساس پروفیل‌های عرضی برداشت شده، الگوی آبشستگی متقارن نیست و بیشینه عمق آبشستگی در چپ و راست خط طولی مرکزی اتفاق می‌افتد. در این تحقیق سعی شد درک بهتری از تأثیر دریچه نصب شده بر روی سرریز اوجی و آبشستگی در پایاب سرریز حاصل شود، در همین راستا مدلی از سرریز اوجی ساخته شد و آزمایشاتی طراحی و اجرا گردید.

1. Tuna, and Emiroglu

مواد و روش‌ها

در این تحقیق جهت بررسی تأثیر ابعاد دریچه نصب شده بر روی تاج سرریز اوجی و آبشستگی پایاب سرریز، آزمایشاتی طراحی شد که در ادامه نحوه انجام آزمایشات، ادوات و تجهیزات مورد استفاده بیان می‌شود. اما در ابتدا به بررسی روابط حاکم بر پدیده پرداخته می‌شود.

آنالیز ابعادی

به منظور دستیابی به اهداف مد نظر در این تحقیق، ابتدا اقدام به معرفی پارامترهای حاکم بر هیدرولیک جریان سرریز اوجی می‌شود و سپس پارامترهای حاکم مؤثر در این پژوهش با استفاده از روش π (باکینگهام) به صورت روابط بدون بعد ارائه خواهد شد (رابطه۱).

$$F = (U, L, D_{S,}, L_s, h, g, \rho_s, \sigma, H, b, \rho_w, L, \mu, Q, D_{50}, y \qquad (۱)$$

در رابطه ۱، U سرعت جریان (m/s)، μ لزجت دینامیکی، g شتاب ثقل، h ارتفاع اب در بالادست سرریز، ρ_w جرم مخصوص آب، H میزان بازشدگی دریچه، Q دبی جریان، L عرض سرریز، b عرض دریچه، ρs جرم مخصوص رسوبات در پایاب، y عمق جریان، D_{50} قطر متوسط رسوبات در پایاب، σ کشش سطحی، Ds عمق چاله آبشستگی در پایاب و Ls طول چاله آبشستگی در پایاب میباشد. پس از انجام آنالیز ابعادی به روش π باکینگهام پارامترهای بی بعد، مطابق رابطه ۲ خواهد بود.

$$f = (\frac{H}{b}, \frac{D_{S,}}{L_s}, \frac{L_s}{b}, \frac{L}{b}, \frac{h}{b}, \frac{D_{50}}{b}, \frac{y}{b}, We, Re, Fr) = 0 \qquad (۲)$$

در رابطه ۲، پارامترهای بدون بعد معروف عدد رینولدز ($R_e = \frac{\rho u D}{\mu}$)، عدد فرود ($F_R = \frac{U}{\sqrt{gh}}$)، عدد وبر ($We = \frac{\rho V^2 H_s}{\sigma}$) بدست می‌آید.

تجهیزات آزمایشگاهی

جهت انجام آزمایشات از فلوم سازمان آب و برق خوزستان، از جنس فلز و با دیواره‌های شیشه‌ای و کف فلزی به طول ۷ متر و عرض ۶۰ سانتی متر و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر استفاده شده است (شکل ۱). در ورودی فلوم آزمایشگاهی جهت آرام نمودن جریان و کاهش نوسانات سطح آب در بالادست سرریز، از صفحات آرام کننده جریان استفاده شد.

دبی جریان در محدوده ۱ الی ۵۰ لیتر بر ثانیه قابل تنظیم است. دبی جریان از طریق مخزن زمینی توسط دو پمپ سانتریفیوژ به یک هد تانک وارد و سپس دبی فلوم از هد تانک تأمین شد. همچنین مقدار دبی با استفاده از سرریز مثلثی کالیبره شده و مانومتری که در انتهای فلوم نصب شده، اندازه گیری شد. به منظور قرائت ارتفاع سطح آب در قسمت‌های مورد نیاز از عمق‌یاب مستقر روی فلوم استفاده شد. جهت تنظیم دبی ورودی از یک شیر فلکه‌ای پروانه‌ای استفاده شد. همچنین برای اندازه‌گیری میزان دبی جریان از یک سرریز مثلثی و یک مانومتر استفاده شد. همچنین جهت ساخت سرریز اوجی با توجه به ابعاد فلوم آزمایشگاهی اقدام به ساخت این سازه شد، این سرریز اوجی از جنس پلاکسی گلاس به عرض ۶۰،

(الف)

(ب)

شکل ۱- الف) فلوم آزمایشگاهی. ب) مخزن ورودی فلوم

Fig 1. a) Laboratory flume. b) flume inlet tank

ارتفاع ٤٠ و طول ٦٠ سانتی‌متر ساخته شده است (شکل۲). برای شبیه‌سازی، دیواره جداکننده وسط نیز از صفحات پلکسی‌گلاس استفاده شد که بر اساس قوس‌های موجود در سرریز طراحی و ساخته شده است (شکل۲).

در این تحقیق به بررسی تأثیر میزان بازشدگی، عرض دریچه و بار آبی بر روی سرریز و مقدارآبشستگی در پایین‌دست سرریز پرداخته شد.

جدول۱- متغیرهای پژوهش

Table 2. Research variables

ردیف	نماد متغیر	نام متغیر	تعداد مورد بررسی	مشخصات مدل
۱	L_g	عرض دریچه	۳ شکل	۱۰، ۲۰ و ۵۰ درصد عرض کل سرریز اوجی
۲	h_g	بازشدگی دریچه	۵ارتفاع بازشدگی	۱۰، ۲۰، 30، ٤٠، ٥٠ درصد عرض دریچه (L_g)
۳	Q	دبی جریان	۳	۵، ۱۰ و ۱۵ بار آبی بر روی سرریز

(الف)

(ب)

شکل ۲- سرریز اوجی نصب شده در فلوم.

Fig 2. Ogee Spillway installed in the flume

همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است در این تحقیق ٤٥ آزمایش بر روی تأثیر عوامل هندسی دریچه و دبی جریان بر میزان آبشستگی در پایین دست سرریز اوجی صورت گرفت. برای آزمایشات ابتدا شرایط مدل آماده و نصب شد. سپس با باز کردن دریچه به دبی مشخص به مدت ٤٠ دقیقه صبر نموده تا شرایط جریان به حالت پایدار برسد، در ادامه مقدار ابعاد عرض و طول

آبشستگی برداشت شده است.

نتایج

آبشستگی و فرسایش در پایین‌دست سرریزهای اوجی سبب ایجاد بار معلق در رودخانه و تخریب زیر بنای سازه سرریز می‌شود که باعث ایجاد صدمات جبران ناپذیر هم برای خود سازه و هم برای سازه‌های پایین دست‌می‌شود. در همین راستا، در این تحقیق به بررسی تأثیر عوامل هیدرولیکی و سازه‌ای از قبیل دبی جریان، مقدار عرض دریچه و میزان بازشدگی دریچه بر میزان آبشستگی در پایین دست سرریز پرداخته شد. نتایج این تحقیق در ادامه در بخش‌های مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

بررسی تأثیر H/b بر Ds/Ls

در این بخش به بررسی تأثیر عدد بدون بعد H/b (H: بازشدگی دریچه و b مقدار عرض دریچه) بر عدد بدون بعد Ds/Ls (Ds: عمق آبشستگی و Ls طول آبشستگی) پرداخته می‌شود.

در شکل ۳، به بررسی تأثیر H/b بر Ds/Ls در شرایطی که عرض دریچه ثابت است پرداخته شده است، نتایج این نمودارها نشان می‌دهد که با افزایش مقدار بازشدگی، مقدار عدد بدون بعد Ds/Ls کاهش می‌یابد به نحوی که با کاهش ۵۰۰ درصدی بازشدگی دریچه به مقدار ۵۵٪، Ds/Ls کاهش می‌یابد، یا میتوان گفت که با افزایش ۱ درصدی بازشدگی دریچه میزان آبشستگی ۰/۱۱ درصد کاهش میابد. همچنین می‌توان بر اساس این نمودارها نتیجه گرفت که افزایش بازشدگی دریچه موجب افزایش بیشتر آبشستگی در طول می‌شود و در عمق اثر کمتری از خود نشان می‌دهد.

در شکل ٤ نیز به بررسی تأثیر H/b بر Ds/Ls در شرایطی که بازشدگی دریچه ثابت است پرداخته شده است، نتایج این نمودارها نشان می‌دهد که با افزایش عرض دریچه مقدار عدد بدون بعد Ds/Ls کاهش می‌یابد به نحوی که با افزایش ٤۰۰ درصدی عرض دریچه به مقدار ٦۰٪ Ds/Ls کاهش می‌یابد یا به ازای هر ۱ درصد افزایش عرض دریچه میزان ۰/۱۵ درصد میزان آبشستگی کاهش میابد.

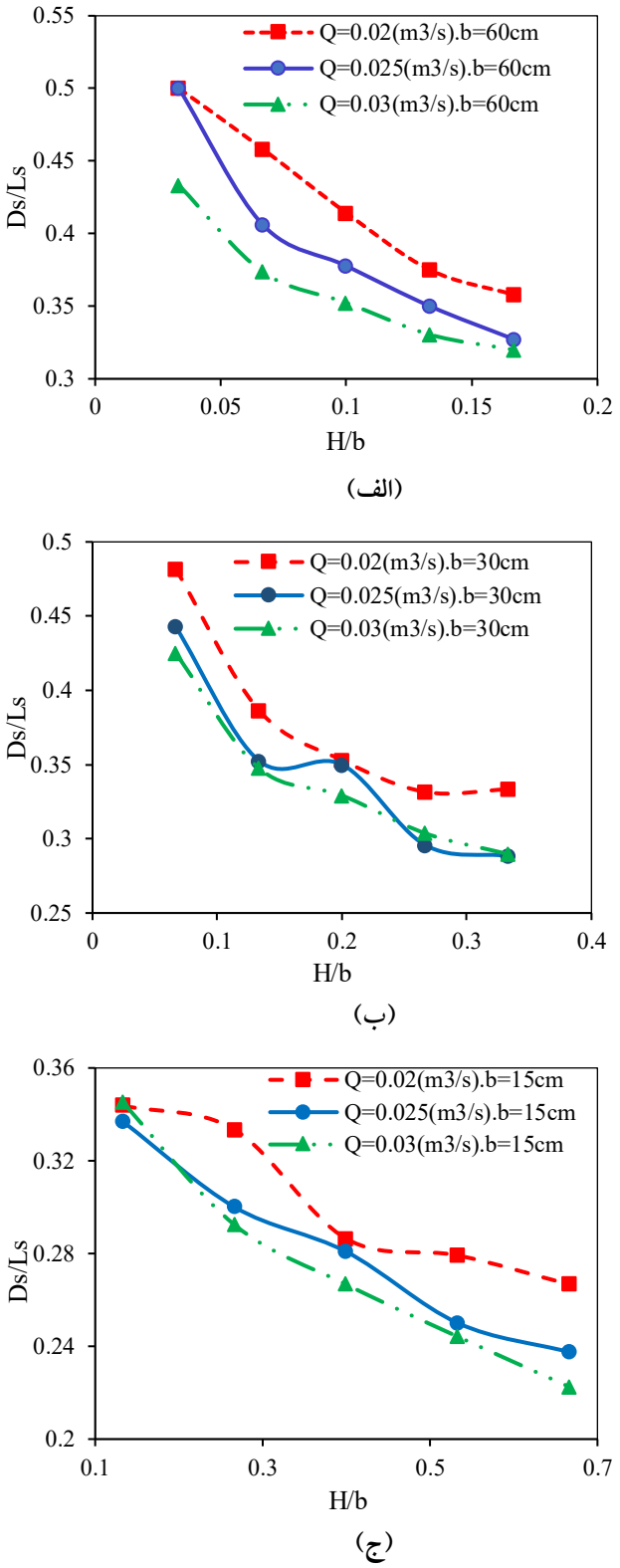
افزایش عرض دریچه باعث افزایش بیشتر آبشستگی در طول می‌شود و در عمق اثر کمتری از خود نشان می‌دهد.

عرض دریچه تاثیر بیشتری به نسبت میزان بازشدگی بر آبشستگی میگذارد به نحوی به ازای تغییر یک درصدی عرض (b) و بازشدگی دریچه (h) به میزان ۰/۰٤ درصد عرض تاثیر بیشتری بر آبشستگی میگذارد.

بررسی تأثیر H/b بر Ds و Ls

در این بخش تأثیر H/b بر Ds و Ls به صورت جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

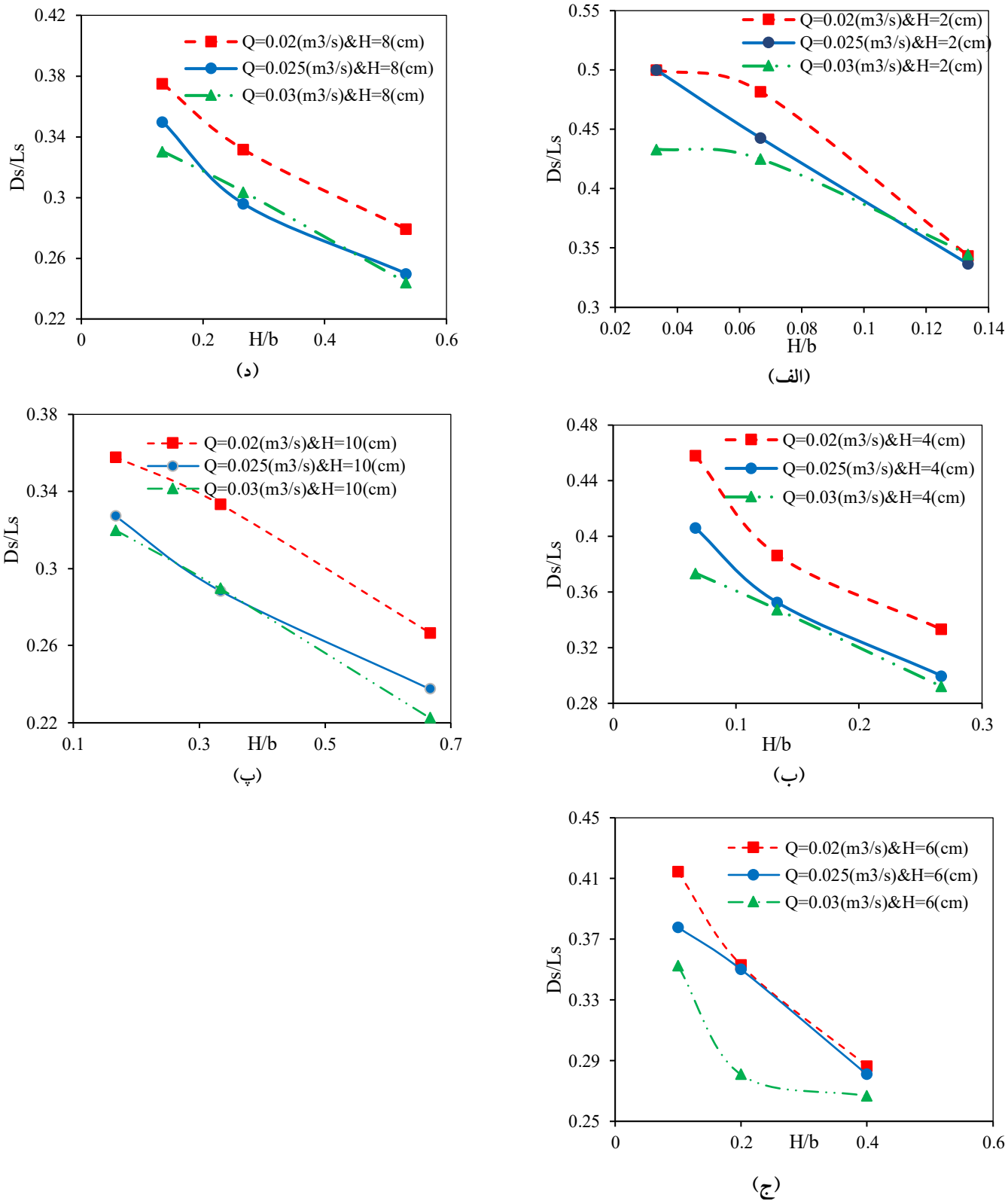
در شکل ۵ تأثیر H/b بر عمق ابشستگی (Ds) را نشان می‌دهد. در این نمودارها مقدار b ثابت است. از نمودارهای می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش مقدار عرض دریچه میزان عمق چاله آبشستگی



شکل ۳- تأثیر H/b بر Ds/Ls در عرض دریچه ثابت

Fig 3. Effect of H/b on Ds/Ls at fixed gate width

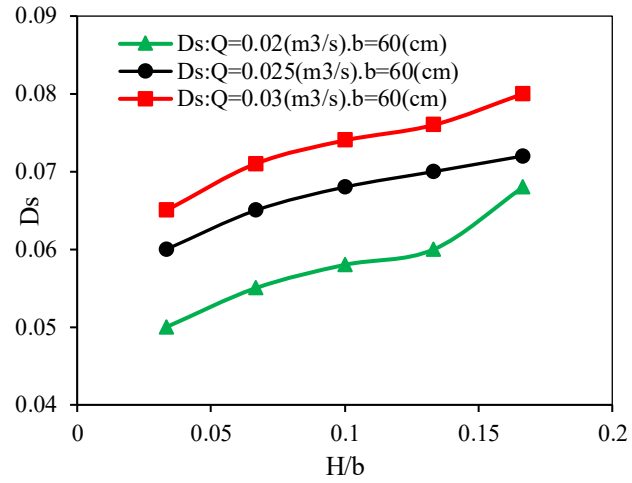
افزایش می‌یابد، به نحوی که با افزایش ٤۰۰ درصدی عرض دریچه، به میزان ۲٤% عمق آبشستگی افزایش می‌یابد.



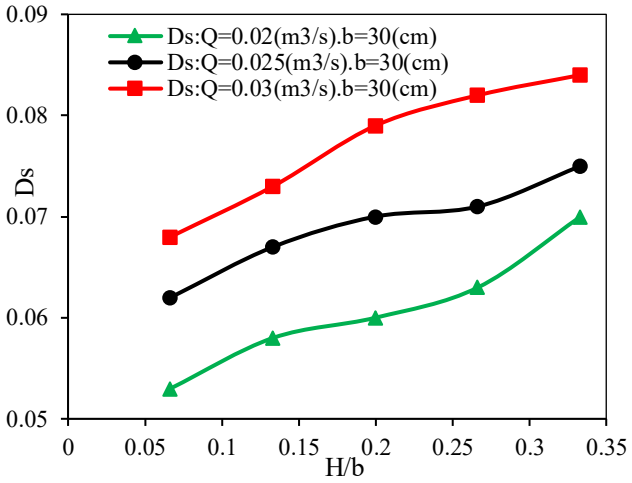
شکل ٤- تأثیر H/b بر Ds/Ls در بازشدگی دریچه ثابت

Fig 4. Effect of H/b on Ds/Ls in constant gate opening

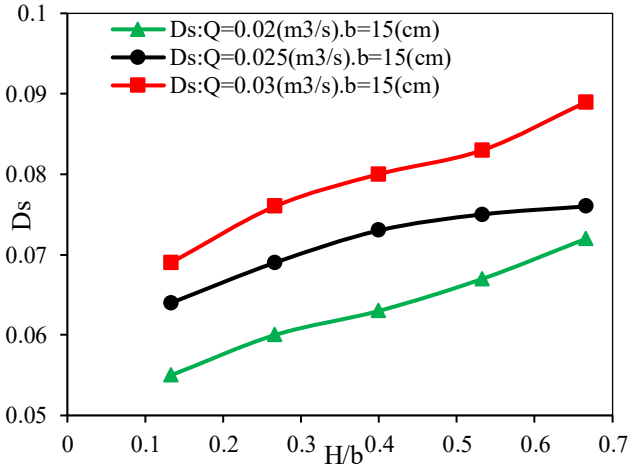
شکل ٦ تأثیر H/b بر عمق آبشستگی (L) را نشان می‌دهد. در این نمودارها مقدار b ثابت است. از نمودارهای شکل ٦ می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش مقدار عرض دریچه میزان طول آبشستگی هم افزایش می‌یابد، به نحوی که با افزایش ٤٠٠ درصدی عرض دریچه به میزان ٨٢٪ طول آبشستگی افزایش می‌یابد. از نتایج بالا می‌توان نتیجه گرفت که افزایش بیشتر بازشدگی دریچه موجب افزایش



(الف)



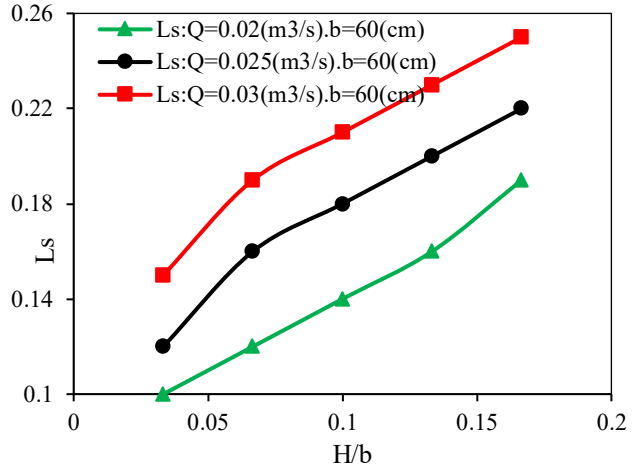
(ب)



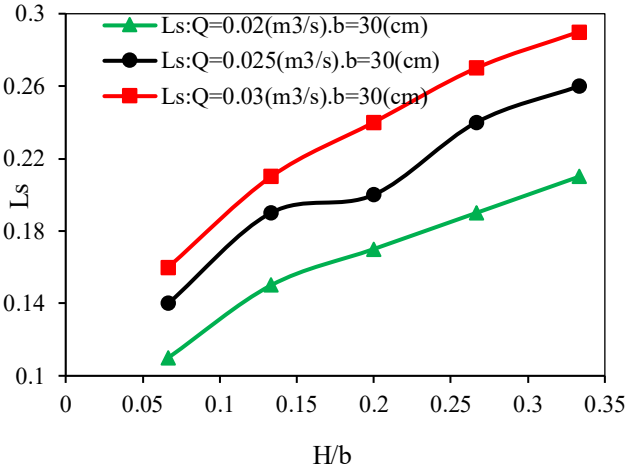
(ج)

شکل ۵- تأثیر H/b بر Ds در عرض دریچه ثابت

Fig 5. Effect of H/b on Ds at fixed gate width



(الف)



(ب)

شکل٦ - تأثیر H/b بر Ls در عرض دریچه ثابت

Fig 6. Effect of H/b on Ls at fixed gate width

آبشستگی در طول می‌شود. با افزایش دبی جریان نیز میزان Ds/Ls کاهش می‌یابد، به نحوی که با کاهش ۵۰ درصدی دبی جریان به میزان ۱۵٪ Ds/Ls افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

آبشستگی یکی از معضلات در سازه‌های آبی است که سبب ویران شدن این سازه‌ها و در بهترین شرایط سبب ایجاد افزایش رسوبات معلق در جریان رودخانه می‌شود. در همین راستا در این تحقیق به بررسی یکی از سازه‌های مهم در صنعت انتقال آب پرداخته شده است، این سازه سرریز اوجی است و تأثیر این سازه بر مقدار آبشستگی در پایین‌دست موضوع این تحقیق بوده است. در این تحقیق با بررسی جامع مطالعات پیشین و انجام آنالیز ابعادی، پارامترهای بدون بعد موثر بر پدیده آبشستگی شناسایی و آزمایشها بر مبنای آنها طرح ریزی شد. در زیر نتایج تحقیق بصورت خلاصه آورده شده است.

افزایش بازشدگی دریچه میتواند تا ۵۵ درصد میزان عمق آبشستگی

را افزایش دهد.

عرض دریچه هر چه بیشتر شود میزان عمق آبشستگی را کاهش میدهد به نحوی که کاهش یک درصدی میزان آبشستگی باید ٦/٥ درصد عرض دریچه را افزایش داد.

با افزایش مقدار عرض دریچه میزان طول آبشستگی هم افزایش می‌یابد، به نحوی که با افزایش ٤٠٠ درصدی عرض دریچه به میزان ٨٢٪ طول آبشستگی افزایش می‌یابد.

با افزایش دبی جریان میزان Ds/Ls هم کاهش می‌یابد، با افزایش هر یک درصد از دبی جریان میزان Ds/Ls ٠/٣ درصد کاهش مییابد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از سازمان آب و برق خوزستان به جهت در اختیار گزاردن تجهیزات آزمایشگاهی سپاسگزارند.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

دسترسی به داده‌ها

داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

مشارکت نویسندگان

محمد سعید چلداوی: نگارش نسخه اولیه مقاله

محمد حیدرنژاد: راهنمایی، ویرایش و بازبینی مقاله، منابع، نرم‌افزار

اصلان اگدرنژاد: مشاوره، روش تحقیق، تجزیه و تحلیل داده‌ها

منابع

1. Aminpour, Y. Farhoudi, J. and Roshan, R. 2015. Investigation of Local Scour Phenomenon Downstream of Stilling Basins in the Presence of Stepped Spillway. Journal of Hydraulics. 9(4): 25-38.

2. Dargahi, B. 2003. Scour development downstream of a spillway. Journal of Hydraulic Research. 41(4): 417-426.

3. Dey, S. and Sarkar, A. 2007. Effect of upward seepage on scour and flow downstream of an apron due to submerged jets. Journal of Hydraulic Engineering. 133(1): 59-69.

4. Farhoudi, J. and Shayan, H. K. 2014. Investigation on local scour downstream of adverse stilling basins. Ain Shams Engineering Journal. 5: 361-375. (In Persian)

5. Hamidifar, H. Omid, M. H. and Nasrabadi, M. 2011. Scour downstream of a rough rigid apron. World Applied Sciences Journal. 14(8): 1169-1178. (In Persian)

6. Koochak, P. and Shafai-Bajestan. M. 2011. The effect of horizontal plate roughness and bed sedimentary materials on their downstream scour. Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering. 6(17), 23-30. (In Persian)

7. Nik Hassan N., and Narayanan R. 1985. Local scour downstream of an apron. Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 111, No. 11, 1371-1385.

8. Nirobakhsh, M. Masjedi, A. Haidarnejad, M. and Bordbar, A. 2024. Investigating the Effect of the Flip Buckets with Dentated for Stability of Riprap at Downstream of the Structure.Iranian Journal of Watershed Management Science.17(63): 51-60.

9. Shayan, H.K. Farhoudi, J. and Hamidifar, H. 2015. Estimation of maximum scour depth downstream of horizontal and adverse stilling basins using a semi-theorical approach. International Journal of Civil Engineering. 13(1):1-15. (In Persian)

10. Taebi, H. Fathi-Moghadam M. and Shafai-Bajestan, M. 2011. Estimating riprap size to prevent scouring in downstream of stilling basins (Case study: Namrood Dam). Iranian Water Researches Journal. 5(8), 23-32. (In Persian)

11. Tuna, M. and Emiroglu, M. 2013. Scour profiles at downstream of cascades. Scientia Iranica. 18(3): 338-347.

12. Vandiver, J. K. 2012. Damping Parameters for flow-induced vibration. Journal of Fluids and Structures. 35:105–119.

نشریه علمی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 18, No. 64, Spring 2024
سال هجدهم- شماره ٦٤- بهار ١٤٠٣

Investigating the Effect of Ogee Spillway Gate Opening on the Local Scour Downstream of Stilling Basins

Mohammad Saeed. Cheldavi[1], Mohammad. Heidarnejad [2]* and Aslan. Egdernezhad[3]
Received: 2023-09-27 Accepted: 2023-01-25

Abstract

Introduction:

Spillways are constructed in a variety of types to discharge excess water and major flood streams to avoid damage to dams. Flowing over spillways dissipates energy; however, the non-dissipated portion of energy leads to bed erosion and holes downstream. Ogee spillways are hydraulic structures that have been of interest to researchers. They were developed first in concrete dams and then in embankment dams. These spillways are actually simple examples of a high roughness coefficient channel, considering the low energy dissipation along its length, in the toe of the dam, there is no need to use energy dissipating structures. During the flow passing over the crest of the spillway structure, potential energy is converted to kinetic energy at the toe of the structure. Scouring occurs downstream of the stilling basin, and it is important to evaluate techniques to protect the downstream bed. Scholars have studied parameters influencing scouring downstream of stilling basins in recent decades. They analyzed the scouring mechanism and the effects of the structure shape and sediment particle parameters on the scour size. This study aims to obtain deeper insights into the effects of a gate used over the ogee spillway and scouring in the tailrace wall. Thus, an ogee spillway model was developed, and experiments were designed to test the system.

Materials and Methods:

Experiments were designed to evaluate the effects of the gate size in the ogee spillway crest and tailrace scour. A plexiglass-walled flume with a metal bottom from Khuzestan Water and Power Organization was used. It had a length of 7 m, a width of 60 cm, and a height of 50 cm, and a total of 45 tests were performed to evaluate the effects of the gate shape and discharge rate on scouring downstream of the ogee spillway. The flow rate was also measured using a calibrated triangular weir and a manometer installed at the end of the flume. A depth gauge was used to read the water level in the required sections, mounted on the flume. A butterfly valve was used to adjust the input flow rate. Additionally, a triangular weir and a manometer were used to measure the flow rate. The flow rate was also measured using a calibrated triangular weir and a manometer installed at the end of the flume. A depth gauge was used to read the water level in the required sections, mounted on the flume. The model was prepared, and the gate was opened until the flow became steady in 40 min. Then, the scour width and length were measured. Furthermore, in order to achieve the goals of this research, the governing parameters of the hydraulic flow of the weir were first introduced, and then the effective governing parameters in this study were presented using the π (Buckingham) method.

1. Former M.Sc., Department of Water Science Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2. Associate professor, Department of Water Science Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. mo_he3197@yahoo.com
3 .Assistant professor, Department of Water Science Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

Results and Discussions:

For a given gate width, an increase in the gate opening reduced the Ds/Ls ratio; the Ds/Ls ratio reduced by 55% when the gate opening decreased by 500%. In fact, it can be said that with a 1% increase in valve opening, sedimentation decreases by 11.0%. As well, it can be concluded that increasing the valve opening leads to further sedimentation along the length and has less effect at depth. For a given gate opening, an increase in the gate width reduced the Ds/Ls ratio; a 400% increase in the gate width reduced the Ds/Ls ratio by 60%. Furthermore, the effect of H/b on the scour depth (Ds) was studied, and the scour depth increased as the gate width increased; a 400% increase in the gate width led to a 24% increase in the scour depth. The effect of H/b on the scour length (L) was evaluated, and a 400% increase in the gate width increased the scour length by 82%. It can be inferred that a further increase in the gate opening would increase the scour length, while an increase in the discharge reduced the Ds/Ls ratio; the Ds/Ls ratio increased by 15% when the discharge decreased by 50%.

Conclusion:

One of the structures that is of great importance in water conveyance is the ogee spillways, which are used in many water conveyances networks. Scouring at the downstream of these structures has led researchers in this study to investigate the effect of dimensions and gate opening levels on the ogee spillway and the amount of sedimentation downstream of this structure. In other words, scouring is one of the problems in water structures that can lead to their destruction and, under the best conditions, can cause an increase in suspended sediments in river flow. This study evaluated the contributions of ogee spillways to scour reduction downstream. By comprehensively reviewing previous studies and conducting dimensional analysis, the dimensionless parameters affecting scouring were identified, and experiments were planned based on them. The results indicated that the scour depth could increase by 55% as the gate opening increased. Moreover, an increase in the gate width decreased the scour depth; a 6.5% increase in the gate width would lead to a 1% in the scour depth. A 400% increase in the gate width increased the scour depth by 82%. Moreover, A 1% rise in the discharge reduced the Ds/Ls ratio by 0.3%. Also, Increasing the width of the valve causes more sedimentation along the length and has less of an effect in depth.

Keywords: *Scour, Ogee spillway, Gate, Hydraulic jump*

Acknowledgement

The authors of the article are grateful to the Khuzestan Water and Power Organization for providing laboratory equipment.

Conflicts of interest

The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Data Availability Statement:

The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Authors' contribution

M.S. Cheldavi: Writing - Original draft preparation

M. Heidarnejad: Resources, Software, Manuscript editing, Supervision

A. Egdernezhad: Formal analysis