

## بررسی مشخصات هندسی شکاف در آبشکن برپایداری سنگ چین در قوس رودخانه

اردشیر منجزی<sup>۱</sup>، علیرضا مسجدی<sup>۲\*</sup>، محمد حیدر نژاد<sup>۳</sup>، محمدحسین پور محمدی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۹

### چکیده

وقوع پدیده فرسایش در اطراف آبشکن، یکی از اصلی ترین عوامل تخریب این سازه ها بوده و هر ساله باعث اعمال خسارات فراوان مالی در جهان می شود. یکی از روش های کنترل آبشستگی در اطراف آبشکن استفاده از سنگ چین در اطراف آن می باشد. در این تحقیق به منظور بررسی اثر هندسه شکاف در بدنه آبشکن بر پایداری ذرات سنگ چین بکاررفته در اطراف آن، با قراردادن یک مدل آبشکن در یک فلوم آزمایشگاهی با مقطع مستطیلی و قوس ۱۸۰ درجه، آزمایش هایی انجام شد. آزمایش ها با استفاده از یک نوع سنگ چین با چگالی ثابت و با چهار قطر متفاوت در دبی ثابت در حالت آب زلال انجام شد. در هر آزمایش عمق جریان در شرایط آستانه شکست اندازه گیری و سپس با استفاده از داده های به دست آمده عدد پایداری محاسبه گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که در شرایط آستانه شکست، با افزایش فاصله نسبی شکاف از دماغه آبشکن عدد پایداری کاهش و با افزایش عرض نسبی شکاف، عدد پایداری افزایش می یابد. همچنین نتایج این تحقیق نتایج آزمایشگاهی سایر محققین را تایید نموده و تطابق خوبی با یافته های آنها داشت.

**واژه های کلیدی:** آبشکن، سنگ چین، عدد پایداری، آبشستگی

### مقدمه

اگر آبشکن به طور عمودی در مسیر جریان قرار گیرد، جریان آب در اطراف آن متلاطم شده و جریانهای گردابی در اطراف آن ایجاد می شود. این جریان ها مکانیسم اصلی آبشستگی به حساب آمده که در دراز مدت باعث ایجاد حفره در محل دماغه شده و ممکن است موجب ریزش و خرابی آبشکن گردد (۳). یکی از روش های کاهش آبشستگی در اطراف آبشکن ها، استفاده از پوشش سنگ چین که به منظور تقویت بستر و بالابردن مقاومت آن در برابر تنش برشی ناشی از جریان استفاده می شوند. یکی از پارامترهای مهم برای بررسی مقاومت سنگ چین در برابر تنش برشی ناشی از جریان، پارامتر بدون بعد عدد پایداری است.

آبشکن ها سازه هایی هستند که به صورت عمود بر جریان در ساحل رودخانه احداث می شوند. این شکل ساماندهی رودخانه ها یک

یا بیشتر وظایف مثل ساماندهی رودخانه در امتداد بازه مورد نظر، کاهش تراکم جریان در نقطه حمله، تولید یک جریان برای ته نشینی رسوب در ناحیه ای مجاور سازه و محافظت ساحل بوسیله دور نگهداشتن جریان از آن را ایفا می نماید (۱۶). قربانی و حیدرپور (۱۳۸۴) به منظور کنترل و کاهش آبشستگی موضعی با استفاده از چهار اندازه سنگ چین و دو اندازه شکاف پایه نشان داد وجود شکاف باعث مقاوم تر شدن و افزایش پایداری سنگ چین می گردد (۶). پیرمحمدی (۱۳۸۳) تأثیر استفاده از شکاف بر افزایش پایداری سنگ چین و همچنین تأثیر استفاده توام از شکاف و سنگ چین بر کاهش آبشستگی در پایه استوانه ای شکل را بررسی نمود. نتایج نشان می دهد که وجود شکاف باعث مقاوم تر شدن و افزایش پایداری سنگ چین می گردد که این مسئله در شکاف بزرگ تر مشهودتر بود. با بزرگ تر شدن اندازه سنگ چین از عملکرد هر دو اندازه شکاف در افزایش پایداری سنگ چین کاسته می شود که کاهش عملکرد در شکاف بزرگ نسبت به شکاف کوچک بیشتر است (۱). مارتین و همکاران (۲۰۱۰) تحقیقاتی در زمینه مقابله با آبشستگی در قوس انجام دادند. در این تحقیق کل قوس بیرونی توسط سنگ چین پوشانده شد. نتایج آزمایشگاهی نشان داد سنگ چین میتواند به صورت مؤثر از آبشستگی قوس بیرونی بکاهد. همچنین سنگ چین با انتقال خط القعر به سمت مرکز کانال، ساحل بیرونی قوس را محافظت

۱- گروه علوم و مهندسی آب، پردیس علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲- گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۳- گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۴- گروه علوم و مهندسی آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

\* نویسنده مسئول: (Email: drmasjedi.2007@Yahoo.com)

جریان های پایین رونده و گرداب های اولیه در گوشه بالادست آبشکن با گرداب های ثانویه و برخاسته در بخش میانی و گوشه پایین دست آبشکن، باعث اثر متقابل بین جریان آب و مواد بستر شده و عامل اصلی آبشستگی اطراف آبشکن می باشد ترکیب این فاکتورها منجر به برداشته شدن مواد بستر از اطراف آبشکن شده و در دراز مدت باعث ایجاد حفره های بزرگ در محل دماغه آبشکن گردیده و احتمال تخریب سازه را به دنبال خواهد داشت. به همین دلیل با کنترل و محافظت از این سازه در برابر آبشستگی و ارائه ی روش های مناسب کاهش آبشستگی، می توان از این خسارت پیش گیری کرد. یکی از روش های کاهش آبشستگی استفاده از روش مقاوم سازی بستر می باشد. در این روش منظور تقویت بستر و بالا بردن مقاومت آن در برابر تنش برشی ناشی از جریان از سنگ چین استفاده می شود (۱۱).

بدر نظر گرفتن جریان دائمی و ثابت بودن خصوصیات سیال رابطه ذیل بین پارامترهای موثر بر پایداری سنگ چین در آبشکن شکاف دار در حالت تعادل برقرار است:

$$f1(R, B, W, Y, X, L, \theta, V, \gamma_t, g, \rho_w, S_0, d_{50}, \rho_s) = 0 \quad (1)$$

در رابطه (۱) شعاع مرکزی قوس،  $B$  عرض مجرا،  $W$  عرض شکاف،  $Y$  ارتفاع شکاف،  $X$  فاصله لبه شکاف از دماغه آبشکن،  $L$  طول آبشکن،  $\theta$  زاویه موقعیت قرارگیری آبشکن آب،  $V$  سرعت جریان،  $\gamma_t$  عمق جریان آب در پائین دست یا عمق ناپایداری،  $g$  شتاب ثقل،  $\rho_w$  جرم مخصوص سنگ چین،  $S_0$  شیب طولی کف مجرا،  $d_{50}$  قطر متوسط در قوس و  $\rho_s$  جرم مخصوص ذرات سنگ چین می باشد. با استفاده از روش باگینکهم رابطه ۲ بدست می آید:

$$f2\left(\frac{W}{L}, \frac{Y}{L}, \frac{X}{L}, Fr, \frac{d_{50}}{\gamma_t}\right) = 0 \quad (2)$$

در رابطه (۲)،  $W/L$  عرض نسبی شکاف،  $Y/L$  ارتفاع نسبی شکاف،  $X/L$  فاصله نسبی شکاف از دماغه آبشکن،  $Fr$  عدد فرود و  $d_{50}/\gamma_t$  قطر نسبی سنگ چین می باشد. از ترکیب سه پارامتر رابطه (۲)، رابطه (۳) عدد فرود ذره یا عدد پایداری بصورت زیر بدست می آید:

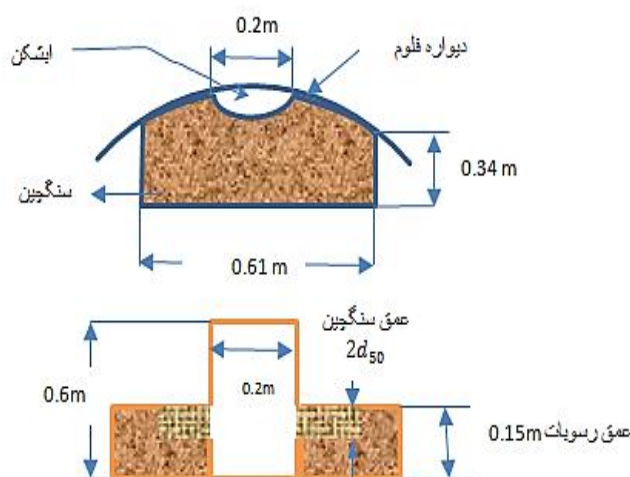
$$SN = \frac{V}{\sqrt{g(G_s - 1)d_{50}}} \quad (3)$$

که در رابطه (۳)،  $G_s$  چگالی ذرات سنگ چین می باشد. با توجه به این که بیشتر تحقیقات در خصوص پایداری سنگ چین در اطراف آبشکن عمودی در مسیر مستقیم بوده و از آنجائی که الگوی جریان در مسیر مستقیم با مسیرهای غیرمستقیم متفاوت است. لذا در این تحقیق اقدام به بررسی اثر شکاف در پایداری سنگ چین در اطراف آبشکن در موقعیت ۷۰

می کند و با قراردادن سنگ چین به داخل خط القعر، توسعه آبشستگی کاهش یافته و ساحل بیرونی کمتر تحت تأثیر فرسایش قرار می گیرد. (۱۲). سلتا و همکاران (۲۰۱۳) پدیده آبشستگی در اطراف پایه های پل بصورت سه بعدی جریان و همچنین جریان حاصل از گردابان معکوس فشار در بالادست پایه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد جداسازی در اطراف پایه سبب تشکیل یک گردابه در لبه های اتصال پایه و انتقال بار بستر رسوب می گردد (۱۷). جعفری (۱۳۹۲) کارایی شکاف به عنوان یک روش کاهش آبشستگی در اطراف آبشکن تخت نصب شده در قوس ۱۸۰ درجه رارزیابی نموده و توسعه آبشستگی آبشکن شکاف دار با آبشکن بدون شکاف مقایسه کرد. نتایج آزمایش ها نشان داد وجود شکاف در بدنه آبشکن باعث کاهش چاله آبشستگی در اطراف آبشکن می شود. همچنین در هر دو ارتفاع شکاف، کمترین عمق آبشستگی در نزدیکترین فاصله قرارگیری شکاف از دماغه آبشکن و بیشترین عمق آبشستگی، در دورترین فاصله قرارگیری شکاف از دماغه آبشکن اتفاق افتاد (۲). نوحانی و همکاران (۱۳۹۱) به منظور بررسی پایداری سنگ چین در اطراف پایه پل در قوس ۱۸۰ تحقیقی انجام دادند. در این تحقیق با قرار دادن یک پایه استوانه ای به همراه سه طوقه دایره ای با اندازه های مختلف در چهار موقعیت از قوس و چهار اندازه مختلف سنگ چین، پایداری لایه سنگ چین حول پایه پل در حالت آب زلال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد افزایش قطر متوسط سنگ دانه ها، باعث ناپایداری آنها می گردد. همچنین با افزایش عدد فرود در شرایط استانه حرکت، عدد پایداری کاهش می یابد (۸). سبهانی و مسجدی (۱۳۹۴) بمنظور مقایسه پایداری سنگ چین ها در اطراف دو تکیه گاه پل با دوشکل متفاوت، آزمایش هایی در یک فلوام آزمایشگاهی با قوس ۱۸۰ درجه انجام دادند. در این تحقیق با قرار دادن دو مدل تکیه گاه پل با دیواره عمودی بال دار و قائم به همراه سنگ چین در اطراف آنها اقدام به انجام یک سری آزمایش گردید. نتایج حاصل نشان داد در شرایط یکسان، پایداری سنگ چین در تکیه گاه بال دار بیشتر از تکیه گاه قائم می باشد. همچنین بال دار بودن تکیه گاه با زاویه ۴۵ درجه به طور متوسط باعث افزایش ۹ درصدی پایداری سنگ چین ها در مقایسه با تکیه گاه قائم می شود (۳). مسجدی و مرادی (۱۳۸۸) بر روی آبشستگی در اطراف آبشکن در قوس ۱۸۰ درجه تحقیقاتی انجام دادند و نتیجه گرفتند که حداکثر آبشستگی در نزدیکی دماغه و بالادست آبشکن اتفاق می افتد. ایشان با قرار دادن آبشکن در موقعیت های مختلف با دبی های ۲۰، ۲۴ و ۲۶ لیتر بر ثانیه به این نتیجه رسیدند که حداکثر عمق آبشستگی در نیمه اول قوس (صفر تا ۹۰ درجه) کمتر از نیمه دوم قوس (۹۰ تا ۱۸۰ درجه) می باشد. همچنین ابعاد چاله آبشستگی نیز همانند عمق آبشستگی با جابجایی آبشکن از نیمه اول به نیمه دوم قوس افزایش می یابد (۷).



متحرک، رسوبات بستر کانال تحت شیب ثابت مسطح گردید. سپس سنگ چین مورد نظر با ضخامت  $2d_{50}$  و هم تراز با مصالح بستر در اطراف آبشکن قرار داده شد (شکل ۲). پیش از راه اندازی پمپ، دریچه انتهایی بسته و سپس آب زلال به آرامی به درون کانال هدایت گردید تا از ایجاد ریپل و ناهمواری در سطح بستر جلوگیری شود. مدت زمان اشباع کانال بین ۲۰ تا ۳۰ دقیقه بود. پس از بالا آمدن آب و اطمینان از مرطوب شدن رسوبات بعد از گذشت چند دقیقه، پمپ با دبی کمی راه اندازی شد و به آرامی توسط شیر فلکه اصلی روی لوله ورودی به حوضچه آرامش، دبی به میزان مورد نظر رسانده شد. پس از تنظیم دبی موردنظر، عمق جریان توسط دریچه در پائین دست به آهستگی کاهش داده شد تا شرایط جریان برای جابجایی ذرات سنگ چین به وجود آید.



شکل ۲- مشخصات آبشکن و سنگ چین در اطراف آن

## نتایج و بحث

در کلیه آزمایش ها پس از تنظیم دبی و عمق جریان در حالت آستانه شکست، بلافاصله در اطراف آبشکن، گردابه ها تشکیل و سنگ چین ها تحت تأثیر جریان ثانویه به سمت پائین دست منتقل شدند. همچنین در کلیه آزمایش ها جابجایی سنگ چین ها در قسمت پایین دست و به سمت قوس داخلی مشاهده می شود که نشان دهنده قدرت بالای جریان ثانویه در این ناحیه می باشد.

## پایداری سنگ چین بر اساس فاصله نسبی شکاف از دماغه در آبشکن

شکل ۵ پایداری سنگ چین بر اساس فاصله نسبی شکاف  $0/25$ ،  $0/42$ ،  $0/58$  و  $0/75$ ، در چهار عرض نسبی شکاف و در ارتفاع نسبی

زهکشی شد تا تأثیری بر روی توپوگرافی بستر ایجاد نشود. پس از تخلیه کامل آب از درون کانال، محدوده چاله آبشستگی در اطراف آبشکن توسط عمق سنج با دقت میلیمتر اندازه گیری شد. پس از انجام آزمایش محدوده سنگ چین در اطراف آبشکن برای انجام آزمایش ها به طول ۶۱ و عرض ۳۴ سانتیمتر به دست آمد. براساس مطالعات ملویل و همکاران (۲۰۰۷) چیدمان سنگ چین در اطراف تکیه گاه به صورت مستطیلی و همتراز مصالح بستر در نظر گرفته شد (۱۳). همچنین با توجه به معیار ارائه شده توسط ملویل و همکاران، ضخامت لایه سنگ چین دو برابر قطر متوسط سنگ چین انتخاب شد (شکل ۲). کلیه آزمایش ها در این تحقیق در دبی ثابت ۲۷ لیتر بر ثانیه انجام شد. دبی مورد نیاز توسط سرریز مثلی ۶۰ درجه در ابتدای ورودی فلوم اندازه گیری شد. در ابتدای هر آزمایش آبشکن مورد نظر را در موقعیت ۷۰ درجه در قوس نصب و سپس با استفاده از ارابه

پس از اطمینان از ثابت بودن عمق جریان در طول فلوم نحوه حرکت ذرات سنگ چین به صورت چشمی بررسی گردید. شرایط جریان در حالتی که ذرات سنگ چین بصورت گروهی شروع به حرکت کردند. این شرایط را آستانه شکست گفته و در این لحظه عمق جریان در پائین دست نیز بعنوان عمق آستانه شکست گفته می شود. در کلیه آزمایش ها برای رسیدن به آستانه شکست، دریچه پائین دست را به آرامی باز کرده تا عمق جریان کاهش یابد. سپس در شرایطی که ذرات سنگ چین بصورت گروهی شروع به حرکت نمودند، به وسیله عمق سنج با دقت میلی متری عمق جریان اندازه گیری شد. در انتهای هر آزمایش، پمپ خاموش و دریچه انتهایی بسته گردید تا آب موجود در کانال به آرامی زهکشی شود تا تأثیری بر روی توپوگرافی بستر ایجاد نگردد (شکل ۳ و ۴).



**پایداری سنگ چین بر اساس عرض نسبی شکاف در آبشکن**  
 همچنین شکل ۶ پایداری سنگ چین بر اساس عرض نسبی شکاف ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴ و رادر چهارفاصله نسبی شکاف از دماغه آبشکن و در ارتفاع نسبی شکاف مستغرق ۰/۷ با دبی ثابت ۲۷ لیتر در ثانیه در حالت آستانه شکست و چگال ثابت ۱/۷ را نشان می دهد. نتایج حاصل از نمودارها نشان می دهد که عرض شکاف در بدنه آبشکن نیز عامل موثری در پایداری سنگ چین ها بوده و در چهارفاصله نسبی شکاف از دماغه آبشکن، عدد پایداری در آستانه شکست در ارتفاع نسبی ۰/۷ با افزایش عرض شکاف افزایش می یابد. افزایش عرض شکاف در بدنه آبشکن باعث عبور جریانهای گردابی از بدنه آن شده در نتیجه باعث ضعیف شدن جریانهای گردابی در اطراف آبشکن می شود.

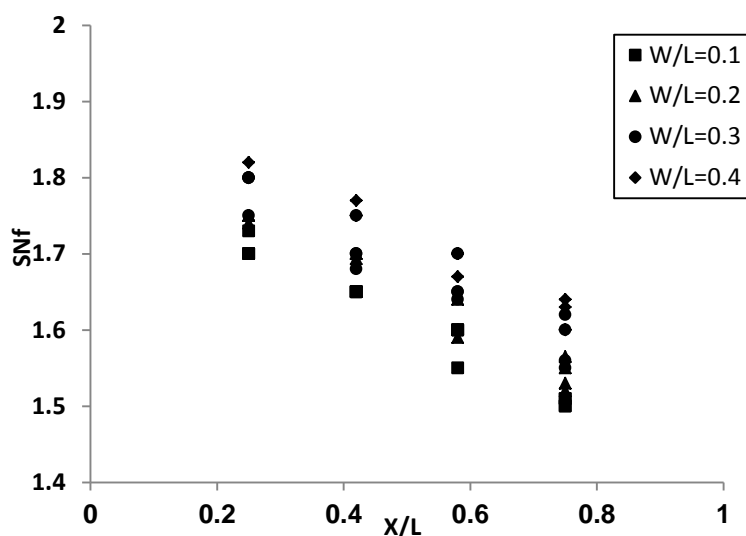
شکاف مستغرق ۰/۷ با دبی ثابت ۲۷ لیتر بر ثانیه و چگالی ثابت ۱/۷ در حالت آستانه شکست را نشان می دهد. نتایج حاصل از این شکل نشان می دهد در عرض های مختلف شکاف، با افزایش فاصله نسبی شکاف از دماغه آبشکن، پایداری سنگ چین در اطراف آن کاهش می یابد. با توجه به اینکه محل برخورد جریان به بدنه آبشکن بیشتر در دماغه آن رخ می دهد، لذا وجود شکاف در نزدیکی دماغه آبشکن باعث ضعیف شدن جریان های گردابی در محل دماغه جلویی آبشکن و افزایش پایداری سنگ چین ها در اطراف آبشکن می گردد و هرچقدر که شکاف از دماغه جلویی آبشکن فاصله داشته باشد، عبور جریان های گردابی کمتر و پایداری سنگ چین نسبت به فاصله نسبی شکاف نزدیک به دماغه کمتر می گردد.



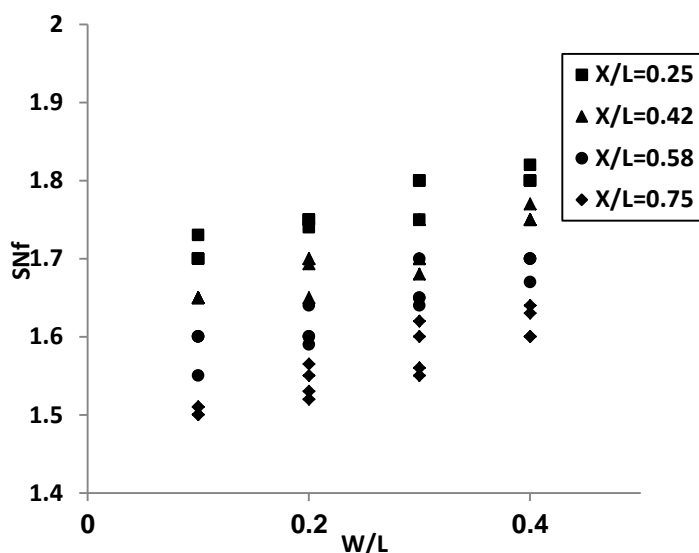
شکل ۳- آبشکن شکاف دار و سنگ چین اطراف آن قبل از آزمایش



شکل ۴- آبشکن شکاف دار و سنگ چین اطراف آن بعد از آزمایش



شکل ۵- تاثیر فاصله شکاف در آبشکن بر پایداری سنگ چین در حالت آستانه شکست

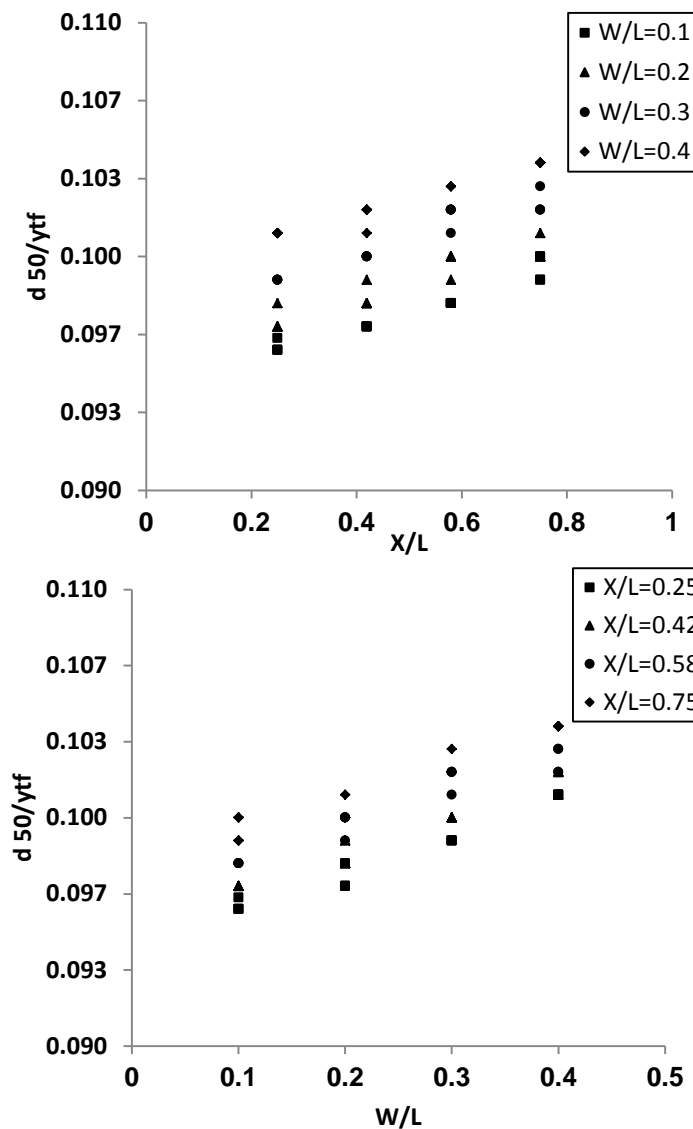


شکل ۶- تاثیر عرض شکاف در آبشکن بر پایداری سنگ چین در حالت آستانه شکست

شکاف از دماغه آبشکن عمق ناپایداری به ازاءزدياد عرض نسبی شکاف کاهش یافته و سنگ چین های با قطر بزرگتر، مقاومت بیشتری در برابر تنش برشی ناشی از جریان از خود نشان می دهند. همچنین این نمودارها نشان می دهد که با افزایش عرض نسبی شکاف، قطر نسبی سنگ چین ها در دو حالت آستانه حرکت و شکست با ازدیاد فاصله نسبی شکاف فزونی می یابد. به عبارت دیگر در دبی و چگالی ثابت و در هر دو ارتفاع شکاف، با افزایش عرض نسبی شکاف عمق ناپایداری فزونی یافته و می توان از سنگ چین های کوچکتری در فاصله های نسبی شکاف کم استفاده کرد.

#### بررسی تاثیر فاصله نسبی شکاف از دماغه و عرض نسبی شکاف از دماغه بر قطر نسبی سنگ چین

شکل ۷ نمودار بدون بعد قطر نسبی سنگ چین اطراف آبشکن را نسبت به چهار فاصله نسبی شکاف ۰/۲۵، ۰/۴۲، ۰/۵۸، و ۰/۷۵ و چهار عرض نسبی شکاف ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۴ در حالت آستانه شکست و برای حالت شکاف مستغرق نشان می دهد. نتایج نشان می دهد که در دبی و چگالی ثابت قطر نسبی سنگ چین در آستانه شکست با افزایش طول نسبی شکاف از دماغه افزایش می یابد. به عبارت دیگر در هر دو ارتفاع نسبی شکاف با افزایش فاصله نسبی



شکل ۷- تاثیر فاصله نسبی و عرض نسبی شکاف بر قطر نسبی سنگ چین در آستانه شکست

به کمک آنالیز رگرسیون غیر خطی مقادیر جدول ۱ جهت ضرایب و توان های رابطه ۴ ارائه گردید. سپس مدل با ۸۵ درصد داده ها ساخته شد و با ۱۵ درصد آن ها صحت سنجی انجام گردید. آنالیز آماری مربوط به ارزیابی معادله ارائه شده با ۱۵٪ داده هایی که در توسعه این مدل ها استفاده نشده بودند در جدول ۲ آمده است. به منظور همبستگی میان مقادیر قطر نسبی اندازه گیری شده  $(d_{50}/y_{tf})_m$  و مقادیر محاسبه شده  $(d_{50}/y_{tf})_p$  رابطه ۵، نمودار شکل ۸ برای ۱۵ درصد باقی مانده داده ها بوده و دو خط چین معرف  $+20\%$  و  $-20\%$  درصد انحراف نسبی نسبت به خط ۴۵ درجه می باشد. به منظور مقایسه اندازه سنگ چین در تحقیق حاضر با سایر محققین، از نتایج تحقیقات ظهیری و همکاران (۱۳۹۱) استفاده شد (۵).

#### ارائه رابطه جهت تخمین اندازه سنگ چین در اطراف آبشکن شکاف دار

به منظور تخمین اندازه قطر سنگ چین در اطراف آبشکن شکاف دار در قوس ۱۸۰ درجه، با استفاده از نرم افزار آماری SPSS رابطه ۴ با استفاده از رگرسیون غیر خطی بین عدد فرود، قطر نسبی سنگ چین ها، فاصله نسبی شکاف و عرض نسبی شکاف در شرایط آستانه شکست و شکاف مستغرق ایجاد گردید.

$$\frac{d_{50}}{y_{tf}} = a \times \left(\frac{X}{L}\right)^b \times \left(\frac{W}{L}\right)^c \times (Fr)^d \quad (4)$$

در رابطه ۴،  $a, b, c, d$  مقادیر تجربی بوده که بر اساس روش کمترین مربعات محاسبه گردید. با استفاده از داده های آزمایشگاهی و

جدول ۱- آنالیز آماری جهت تخمین ضرایب و توان های رابطه ۴

پارامتر	مقدار	انحراف استاندارد	محدوده اطمینان ۹۵٪	
			حداقل	حداکثر
a	۰/۱۰۷	۰/۰۰۱	۰/۱۰۶	۰/۱۰۸
b	۰/۰۲۹	۰/۰۰۲	۰/۰۲۵	۰/۰۳۳
c	۰/۰۳۳	۰/۰۰۲	۰/۰۳۰	۰/۰۳۷
d	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	-۰/۰۱۲	۰/۰۰۸

جدول ۲- آنالیز آماری معادله پیشنهادی برای طراحی قطر سنگ چین در آبشکن با شکاف مستغرق

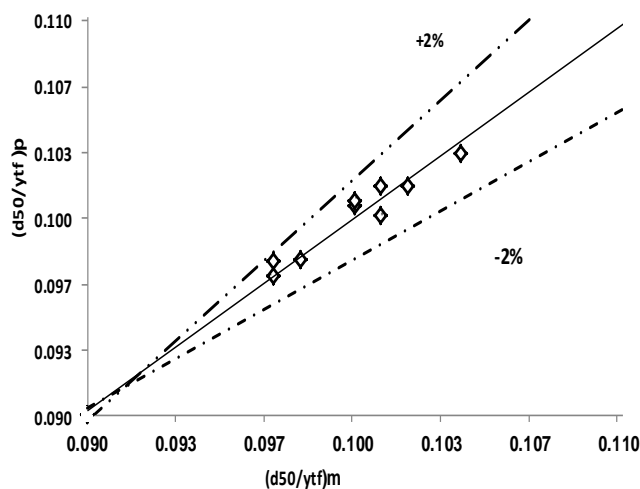
رابطه ۵	$R^2$	RMSE	%Error
$\frac{d_{50}}{y_{tf}} = 0.107 \times \left(\frac{X}{L}\right)^{0.029} \times \left(\frac{W}{L}\right)^{0.033} \times (Fr_f)^{-0.002}$	۰/۹۰۸	۰/۰۰۰۲	۰/۵۶۰۷۲۲

شکل ۹ نتایج تحقیق حاضر را با نتایج ظهیری و همکاران (۱۳۹۱) در شرایط آبشکن شکاف دار را نشان می دهد. نتایج حاصل از این نمودارها تطابق مناسب این تحقیق با تحقیقات محققین دیگر را نشان می دهد.

### نتیجه گیری

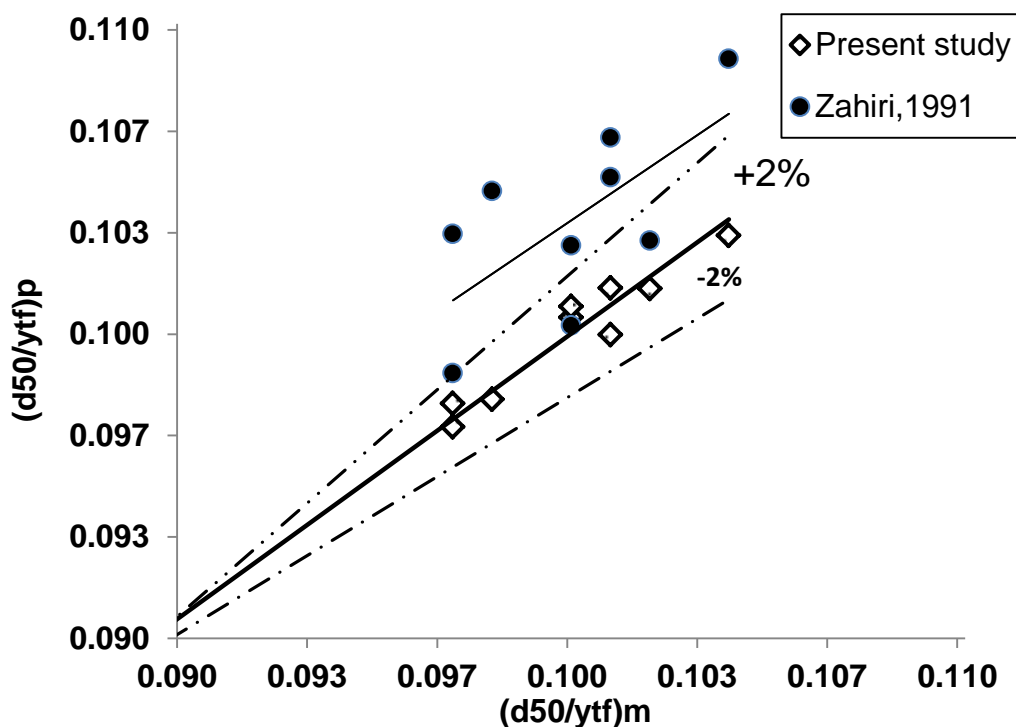
در این تحقیق آزمایش هایی جهت تعیین اثر شکاف بر پایداری سنگ چین در اطراف آبشکن عمودی در قوس ۱۸۰ درجه دردی و چگالی ثابت و چهار اندازه مختلف سنگ چین انجام گرفت. متغیرهای مؤثر در این تحقیق عرض شکاف، فاصله شکاف از دماغه آبشکن و قطر نسبی سنگ چین بود. نتایج این تحقیق نشان می دهد افزایش فاصله نسبی شکاف از دماغه آبشکن باعث کاهش

پایداری در سنگ چین اطراف آن می گردد. افزایش عرض نسبی شکاف در بدنه آبشکن باعث افزایش پایداری در سنگ چین اطراف آن می گردد. برای پایداری سنگ چین ها می توان با کاهش فاصله نسبی شکاف، از سنگ چین های کوچکتری به شرط کاربرد عرض نسبی شکاف بزرگتر استفاده کرد. در دی و چگالی ثابت قطر نسبی سنگدانه ها در آستانه شکست با افزایش طول نسبی شکاف از دماغه افزایش می یابد. با افزایش عرض نسبی شکاف، قطر نسبی سنگ چین آستانه شکست با ازدیاد فاصله نسبی شکاف افزایش می یابد. بنابراین پیشنهاد می شود به منظور افزایش پایداری در سنگ چین های اطراف آبشکن، از شکاف در بدنه اسفاده شود تا ابعاد سنگ چین ها کوچکتر و هزینه های خرید، حمل و اجرا کمتر شود.



شکل ۸- همبستگی میان مقادیر قطر نسبی اندازه گیری شده و مقادیر محاسبه شده توسط رابطه ۵





شکل ۹ - مقایسه مقادیر مشاهداتی و نتایج به دست آمده از رابطه ۵ و رابطه ظهیری (۱۳۹۱)

قربانی، ب. و حیدرپور، م.، ۱۳۸۴، کنترل و کاهش آبشستگی موضعی با استفاده هم زمان از شکاف و سنگ چین، گزارش طرح تحقیقاتی، دانشگاه شهرکرد و صنعتی اصفهان، ۱۱۲ص.

مسجدی، ع. و مرادی، ا.، ۱۳۸۸، بررسی آزمایشگاهی اثر موقعیت تک آبشکن بر عمق آبشستگی اطراف آن در خم ۱۸۰ درجه، علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۱۳(۱۳): ۵-۵۰.

نوحانی، ا.، شفاعی بجستانی، م.، مسجدی، ع.، کشکولی، ح. و سامانی، ج. ۱۳۹۱، کنترل آبشستگی پایه پل در فلوم ۱۸۰ درجه با روش های سنگ چین و طوقه، پایان نامه دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، ۱۸۹ ص.

Chiew, Y.M. and Melville, B.W., 1987. Local scour around bridge piers. *Journal of Hydraulic Research*, 25(1): pp.15-26.

Donat, M., 1995. Bioengineering techniques for streambank restoration. A Review of Central European Practices. Vancouver, BC, Canada: Watershed Restoration Program. Ministry of Environment, Lands and Parks, and Ministry of Forests.

Gill, M.A., 1972. Erosion of sand beds around spur dikes. *Journal of the Hydraulics Division*, 98(hy9).

Martin-Vide, J.P., Roca, M. and Alvarado-Ancieta, C.A., 2010. Bend scour protection using riprap.

## منابع

پیرمحمدی، ر. ۱۳۸۳، تأثیر شکاف بر پایداری سنگ چین در کنترل و کاهش آبشستگی موضعی پایه های پل. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

جعفری، ب. ۱۳۹۲، بررسی آزمایشگاهی اثر شکاف در بدنه آبشکن بر کنترل آبشستگی اطراف آن در قوس ۱۸۰ درجه، پایان نامه دکتری، رشته سازه های آبی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، ۱۶۶ ص.

سبهانی، م. و مسجدی، ع. ۱۳۹۴، بررسی شکل هندسی تکیه گا پل در پایداری سنگچین در قوس رودخانه، نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۱۹(۷۴): ۶۱-۵۳.

صفرزاده گندشمین، م.، ۱۳۸۳، شبیه سازی الگوی جریان در آبگیری جانبی از قوس ۱۸۰ درجه. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس.

ظهیری، ج ۱، ۱۳۹۱. بررسی هیدرولیک جریان و پایداری ریپرپ اطراف آبشکن ها در قوس ۹۰. پایان نامه دکتری مهندسی آب، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

- at cylindrical piers. *Journal of Hydraulic Engineering*, 109(3):pp.338-350.
- Sethi, L.N., Kumar, D.N., Panda, S.N. and Mal, B.C., 2002. Optimal crop planning and conjunctive use of water resources in a coastal river basin. *Water resources management*, 16(2), pp.145-169.
- Selta, B and Bhatla, U.K., 2013. Scour protection by a slot through a model bridge pier, *Journal Of Indian Water Resources Society*, vol33.No1, pp.9-15
- Proceedings of the Institution of Civil Engineers- Water Management, 163(10):pp. 489-497.
- Melville, B.W., Van Ballegooy, S., Coleman, S.E. and Barkdoll, B., 2007. Riprap size selection at wing-wall abutments. *Journal of Hydraulic Engineering*, 133(11): pp.1265-1269.
- Oliveto, G. and Hager, W.H., 2002. Temporal evolution of clear-water pier and abutment scour. *Journal of Hydraulic Engineering*, 128(9):pp.811-820.
- Raudkivi, A.J. and Ettema, R., 1983. Clear-water scour

## Experimental Study of Slot Effect on the Riprap Stability Around Spur Dike in River Bend

A.Monjezi<sup>1</sup>, A. Masjedi<sup>2\*</sup>, M. Heidarnejad<sup>3</sup>, M.H. Pourmohammadi<sup>4</sup>

Received: July.20, 2018

Accepted: Oct.01, 2018

### Abstract

occurring scour phenomenon around spur dike is one of the most fundamental scour factors that every year is caused exercising much financial recompense in world Using riprap around groin is one of the procedures to control scouring around it. In this study, some experiments were conducted in a laboratory plexiglass made the rectangular flume with a bend of 180 degree in order to evaluate effects of slot geometry in the groin on the riprap stability. A series of experiments was conducted by inserting a plexiglass made groin there with riprap around it. The experiments achieved by application of one type of riprap with constant density and four different diameter in constant discharge and clear water state. In each test measured flow depth in condition failure incipient and then calculation the stability number by use obtained data. The results this investigation showed that in failure incipient case decreased stability number with increase the slot relative distance from head of groins but increases with excess the slot relative width.

**Keyword:** Spur dike, Riprap, Stability number, Scour

---

1-Department of Water Science and Engineering, Khuzestan Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

2-Department of Water Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

3-Department of Water Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

3-Department of Water Science and Engineering, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran

(\*-Corresponding Author Email: drmasjedi.2007@Yahoo.com)