

بررسی تاثیر طول آبشکن بر پایداری سنگ چین اطراف آن در قوس رودخانه

یاسمین سالمی^۱ و علیرضا مسجدی^{۲*}

(۱) 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: drmasjedi.2007@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۳

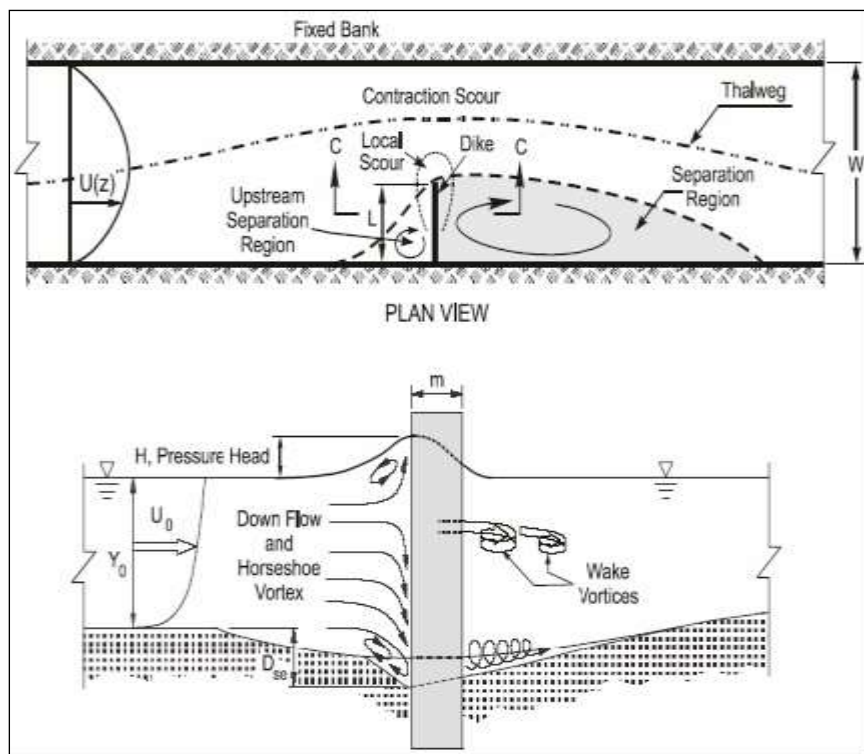
چکیده

یکی از موثرترین عوامل تخریب آبشکن‌ها آبشستگی موضعی اطراف آن‌ها است. یکی از روش‌های کنترل آبشستگی در اطراف آبشکن استفاده از سنگ چین است. در این مطالعه به منظور بررسی تاثیر طول آبشکن بر پایداری سنگ چین در اطراف آن، آزمایش‌هایی در یک فلوم آزمایشگاهی با قوس ۱۸۰ درجه از جنس پلکسی‌گلاس انجام پذیرفت. در این تحقیق با قرار دادن طول‌های مختلف آبشکن به همراه سنگ چین در اطراف آن آزمایش‌هایی انجام شد. آزمایش‌ها با استفاده از سنگ چین‌هایی که دارای سه نوع چگالی-های مختلف و با قطرهای متفاوت در یک دبی ثابت در حالت آب زلال انجام شد. در هر آزمایش عمق جریان در شرایط آستانه حرکت و آستانه شکست اندازه‌گیری و سپس با استفاده از داده‌های به دست آمده روابط مورد نظر محاسبه گردید. نتایج تحقیق نشان داد طول آبشکن بر پایداری سنگ چین‌ها تاثیر دارد و با افزایش طول آبشکن پایداری سنگ چین‌ها در هر دو حالت آستانه حرکت و شکست کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: آبشستگی، قوس ۱۸۰ درجه، طول آبشکن و ریپ رپ.

مقدمه

از جمله سازه‌های نسبتاً اقتصادی و مناسبی که برای اهداف مختلف ساماندهی رودخانه از دیر باز استفاده شده است، آبشکن‌ها می‌باشند. آبشکن‌ها موجب انقباض مجرای رودخانه شده که منجر به تغییر الگوی جریان ورودی می‌شوند. وجود یک آبشکن در یک مجرا باعث ایجاد تمرکز بالای سرعت‌های تنش برشی بستر، چرخش‌ها، جریان‌های روبه پایین و آبستگی در بالا دست دماغه می‌شود. احداث سازه‌هایی نظیر آبشکن در مسیر جریان منجر به ایجاد جریان‌های آشفته چرخشی و گردابی در اطراف آن خواهد شد. ترکیب این عوامل منجر به برداشته شدن مواد بستر از اطراف آبشکن و ایجاد یک حفره بر اثر پدیده آبستگی می‌شود که به نوبه خود این حفره در اطراف دماغه آبشکن وسیع‌تر گشته که آبشکن به مرور زمان از بین رفته و کارایی لازم را از دست می‌دهد (شکل ۱).



شکل ۱: الگوی جریان و حفره آبستگی موضعی اطراف یک آبشکن

یکی از روش‌های کاهش آبستگی در اطراف آبشکن استفاده از پوشش سنگ‌چین می‌باشد که به منظور تقویت بستر و بالا بردن مقاومت آن در برابر تنش برشی ناشی از جریان استفاده می‌شوند. استفاده از سنگ‌چین به دلیل در دسترس بودن مصالح، سادگی اجرا و هزینه‌های کم بسیار متداول است. یکی از موضوعات مهم بررسی تاثیر طول‌های مختلف آبشکن بر پایداری سنگ‌چین‌های اطراف آن است. Lewis و Simons (۱۹۷۱) رابطه ۱ را به منظور طراحی قطر سنگ چین در محل تکیه‌گاه پل ارائه نمودند:

$$\frac{D_{50}}{y} = \frac{0.67}{(G_S - 1)} Fr^2 \quad \text{رابطه ۱:}$$

که در آن: D_{50} : قطر متوسط سنگ چین، y : عمق آب، Fr : عدد فرود و G_S : چگالی سنگ چین می‌باشد.

Pagan-Ortiz (۱۹۹۱) رابطه‌های ۲ و ۳ را برای تکیه‌گاه با دیواره عمودی و تکیه‌گاه با دیواره نوک دایره‌ای ارائه دادند:

$$\frac{D_{50}}{y} = \frac{1.05}{(G_S - 1)^{0.81}} Fr^{1.62} \quad \text{رابطه ۲: تکیه‌گاه با دیواره عمودی}$$

در رابطه ۲ D_{50} : قطر متوسط سنگ چین، y : عمق آب، Fr : عدد فرود و G_S : چگالی سنگ چین می‌باشد.

$$\frac{D_{50}}{y} = \frac{0.535}{(G_S - 1)} Fr^2 \quad \text{رابطه ۳: تکیه‌گاه با دیواره نوک دایره‌ای}$$

در رابطه ۳: D_{50} : قطر متوسط سنگ چین، y : عمق آب، Fr : عدد فرود و G_S : چگالی سنگ چین می‌باشد.

Richardson و Davis (۱۹۹۵) بر اساس محدوده عدد فرود و با در نظر گرفتن نوع تکیه‌گاه K_S قابل تعریف است که

مقدار آن $0/۸۹$ برای تکیه‌گاه با دیواره نوک دایره‌ای و $۱/۰۲$ را برای تکیه‌گاه با دیواره عمودی رابطه ۴ را ارائه نمودند:

$$\frac{D_{50}}{y} = \frac{K_S}{(G_S - 1)} Fr^2 \rightarrow Fr \leq 0.8 \quad \text{رابطه ۴:}$$

کیخائی و همکاران (۱۳۸۸) در رابطه با بررسی الگوی سنگدانه در محل احداث گروه پایه‌های پل‌ها اشاره کرد که نتایج تحقیق این تحقیق نشان داد که مساحت محدوده پوشش سنگدانه در گروه پایه‌ها برای هر پایه نسبت به تک پایه کاهش یافته است که یکی از امتیازات کاربرد سنگ دانه برای حفاظت گروه پایه‌هاست. Zarrati و همکاران (۲۰۰۶) در محل گروه پایه‌های پل با استفاده از ترکیب سنگدانه و طوق نشان داد که در ۲ پایه‌های در یک خط موازی با جهت جریان استفاده از ترکیب سنگدانه و طوق پیوسته باعث کاهش آب شستگی در جلو و پشت پایه‌ها به ترتیب به میزان ۵۰ تا ۶۰ درصد شده است. در آنالیز ابعادی این تحقیق با صرف نظر از پارامترهای ثابت از جمله شعاع انحنای قوس، انحنای نسبی قوس، عرض فلوم می‌توان با در نظر گرفتن جریان دائمی و ثابت بودن خصوصیات سیال رابطه ۵ بین پارامترهای موثر بر پارامترهای سنگدانه در حالت تعادل برقرار است:

$$f_1(R, B, \alpha, V, y_t, g, \rho_w, s_0, d_{50}, L, \rho_s) = 0 \quad \text{رابطه ۶:}$$

که در آن: R : شعاع مرکزی قوس، B : عرض مجرا، α : زاویه موقعیت قرارگیری آبشکن در قوس، V : سرعت جریان، y_t : عمق جریان آب در پایین دست، g : شتاب ثقل، ρ_w : دجرم مخصوص آب، d_{50} : قطر متوسط سنگ چین، ρ_s : جرم مخصوص ذرات سنگ چین، L : طول آبشکن و S_0 : شیب طولی کف مجرا می باشد. با صرف نظر کردن از پارامترهای ثابت در رابطه ۶، رابطه ۷ به دست می آید:

$$f_1(V \cdot y_t \cdot g \cdot \rho_w \cdot d_{50} \cdot L \cdot \rho_s) = 0 \quad \text{رابطه ۷}$$

پس از تعیین متغیرهای تکراری بر اساس روش باکینگهام پارامترهای بدون بعد به صورت رابطه ۸ به دست می آیند:

$$f_2\left(\frac{g \cdot y_t}{v_t^2} \cdot \frac{V}{\sqrt{(G_s - 1)gD_{50}}} \cdot \frac{\rho_s}{\rho_w} \cdot \frac{L}{B}\right) = 0 \quad \text{رابطه ۸}$$

رابطه فوق را می توان به صورت رابطه ۹ نوشت :

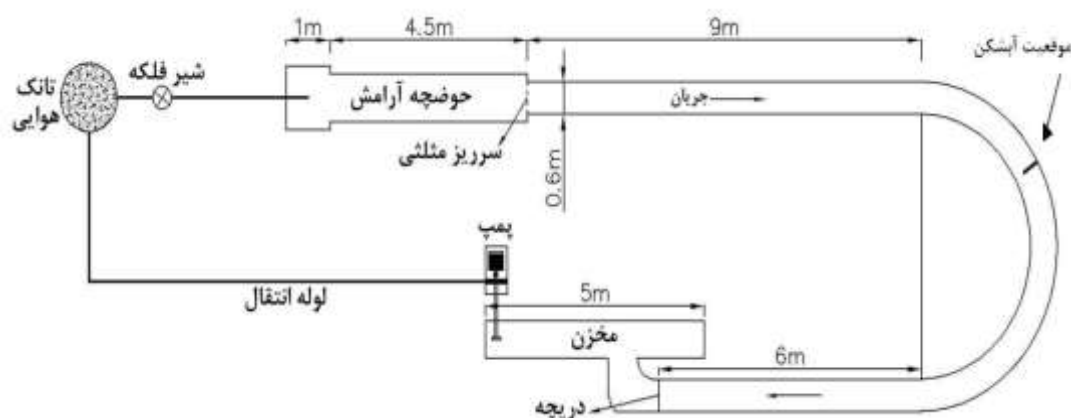
$$f_3\left(\frac{1}{Fr} \cdot Nc \cdot G_s \cdot \frac{L}{B}\right) = 0 \quad \text{رابطه ۹}$$

در این رابطه G_s : چگالی سنگ چین، Fr : عدد فرود، Nc : عدد پایداری و $\frac{L}{B}$: طول نسبی آبشکن می باشد.

مواد و روش ها

در این تحقیق به منظور بررسی اثر طول های آبشکن بر پایداری سنگ چین در قوس رودخانه یک مدل فیزیکی تهیه شد. آزمایش ها در یک فلوم از جنس پلاکسی گلاس قوسی شکل با زاویه مرکزی ۱۸۰ درجه، شعاع مرکزی (R) ۲/۸ متر و عرض (B) ۰/۶ متر انجام شد. انحنای نسبی قوس (R/B) ۴/۶۷ بوده که قوس را در رده قوس های ملایم قرار می دهد. کانال مستقیم ورودی به طول ۹/۱ متر به یک کانال با قوس ۱۸۰ درجه متصل می گردد. این کانال قوسی شکل توسط کانال مستقیم دیگری به طول ۵/۵ متر به دریچه کنترل عمق جریان و سپس مخزن خروجی متصل می شود (شکل ۲).

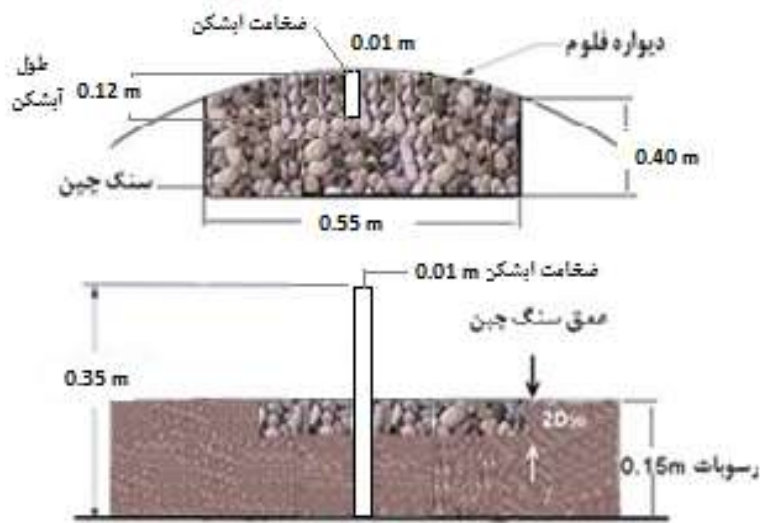
طبق توصیه Chiew و Melville (۱۹۸۷) تنگ شدگی نباید از ۱۰ درصد عرض کانال بیشتر باشد. لذا از یک آبشکن تخت به طول های ۱۰، ۱۲، ۸، ۶ سانتی متر نسبت طول به عرض ۰/۱۰، ۰/۱۳، ۰/۱۶ و ۰/۲۰، دارای مقدار ثابت ۶۰ سانتی متر، ارتفاع ۳۵ سانتی متر و ضخامت ۱ سانتی متر از جنس پلاکسی گلاس به طور عمود بر دیواره خارجی کانال در موقعیت ۷۰ درجه استفاده شد. سنگدانه های به کار رفته در این تحقیق از مصالح طبیعی گردگوشه با سه نوع چگالی ۱/۷، ۲/۱ و ۲/۴۲ اندازه قطر متوسط ۴/۷۶، ۹/۵۲، ۱۲/۷ و ۱۹/۱ میلی متر استفاده شد.



شکل ۲: پلان کانال قوسی شکل

برای تعیین مساحت سنگ چین در اطراف آبشکن، آزمایشی به منظور تعیین حداکثر ابعاد گودال آبشستگی آبشکن بدون بکارگیری سنگ چین در اطراف آبشکن انجام شد. آزمایش به مدت ۱۲ ساعت، در یک لایه از ماسه به ضخامت تقریبی ۱۵ سانتی متر با دبی حداکثر ۲۷ لیتر بر ثانیه در موقعیت ۷۰ درجه در قوس انجام گردید. پیش از راه اندازی، دریچه انتهایی فلوم را بسته و جهت جلوگیری از آبشستگی عمومی به ویژه در زمانی که عمق آب کم است، بستر را ابتدا از پایین دست توسط یک پمپ کف کش اشباع نموده و پس از بالا آمدن سطح آب در فلوم، شیر فلکه اصلی روی لوله ورودی به حوضچه آرامش را به تدریج باز کرده تا دبی به میزان مورد نظر برسد. با تنظیم دقیق و هم زمان شیر فلکه و دریچه پایین دست، عمق جریان ۱۰ سانتی متر و دبی مورد نظر حاصل می شود. پس از گذشت نیم ساعت، پمپ خاموش و آب موجود در کانال به آرامی زهکشی می شود تا تاثیری بر روی توپوگرافی بستر ایجاد نگردد. پس از تخلیه کامل آب از درون کانال، از یک دستگاه عمق سنج با دقت میلی متر، توپوگرافی بستر توسط دستگاه عمق سنج با دقت بالا در اطراف تکیه گاه برداشت شد. پس از انجام آزمایش محدوده سنگ چین در اطراف آبشکن برای انجام آزمایش ها به طول ۵۵ و عرض ۴۰ سانتی متر به دست آمد. با توجه به معیار ارائه شده توسط Melville و همکاران (۲۰۰۷)، ضخامت لایه سنگ چین دو برابر قطر متوسط سنگ چین انتخاب شد (شکل ۳).

به توصیه Raudkivi و Ettema (۱۹۸۳) برای جلوگیری از تشکیل ریپل قطر متوسط ذرات باید از 0.7 میلی متر بزرگتر باشد. همچنین برای حذف تاثیر غیریکنواختی رسوبات بر آبشستگی، انحراف معیار ذرات باید کمتر از $1/3$ باشد. با توجه به این موارد یک لایه از ماسه طبیعی رودخانه با قطر متوسط معادل $1/59$ میلی متر و ضریب انحراف استاندارد معادل $1/29$ انتخاب و در لایه ای به ضخامت تقریبی ۱۵ سانتی متر جهت انجام آزمایش ها مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۳: پلان آبشکن

در ابتدای هر آزمایش تکیه‌گاه مورد نظر را در موقعیت ۷۰ درجه در قوس نصب و سپس با استفاده از ارابه متحرک، رسوبات بستر کانال تحت شیب ثابت مسطح گردید. سپس سنگ چین مورد نظر با ضخامت 2D50 و هم تراز با مصالح بستر در اطراف تکیه‌گاه قرار داده شد. 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 راه‌اندازی 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 مورد نظر، عمق جریان توسط دریچه در پایین دست به آهستگی کاهش داده شد تا شرایط جریان برای جابجایی کم ذرات سنگ چین به وجود آید. 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 از محل خود کنده و به پایین دست منتقل شود آستانه حرکت گفته و در این شرایط عمق جریان در پایین دست قوس به عنوان عمق آستانه اندازه‌گیری شد. همچنین با کاهش بیشتر عمق جریان ذرات سنگ چین به صورت گروهي به پایین دست منتقل شد که در این شرایط عمق جریان به عنوان عمق شکست اندازه‌گیری شد (شکل ۴). در انتهای هر آزمایش، پمپ خاموش و دریچه انتهایی بسته گردید تا آب موجود در کانال به آرامی زهکشی شد و تاثیری بر روی توپوگرافی بستر ایجاد نگردد.



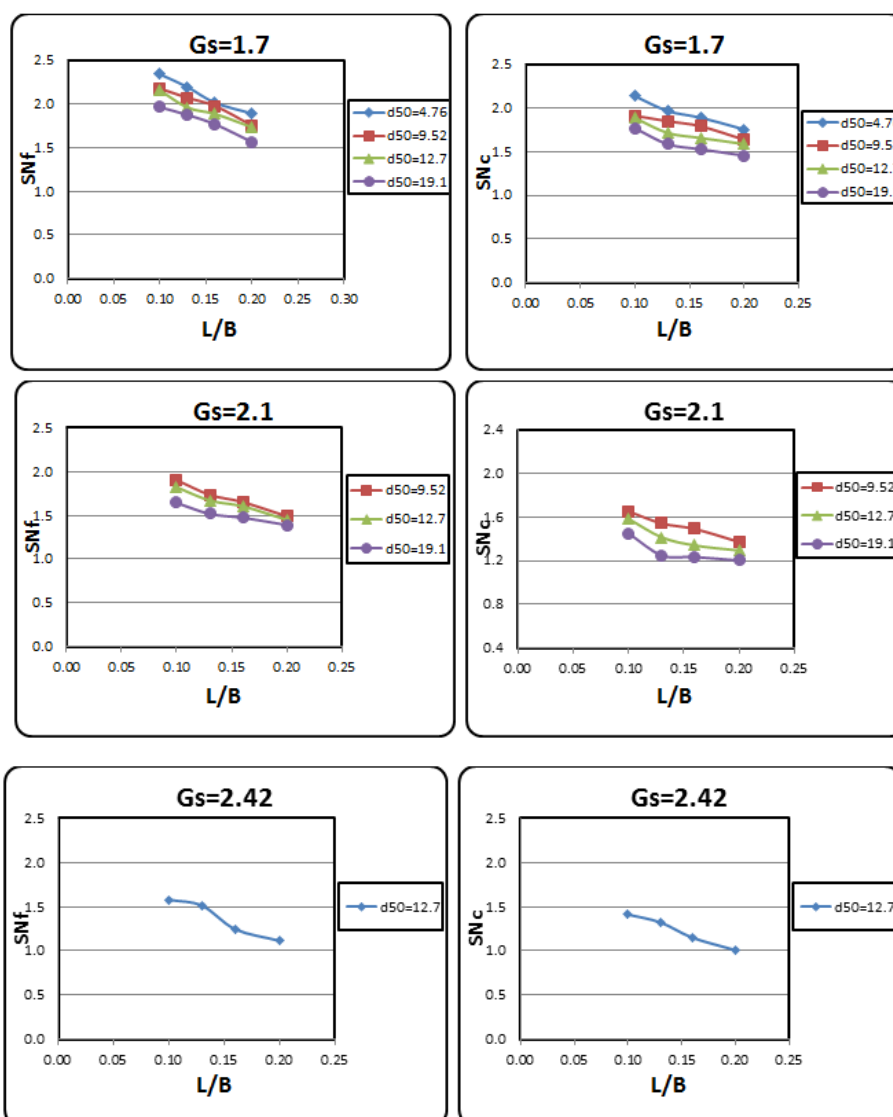
شکل ۴: آبخکن و سنگ چین اطراف آن قبل و بعد از آزمایش

نتایج و بحث

در کلیه آزمایش‌ها پس از تنظیم دبی، عمق جریان در حالت آستانه حرکت و آستانه شکست اندازه‌گیری شد. در کلیه آزمایش‌ها ناپایداری سنگ‌چین‌های اطراف آبخکن از پایین دست دماغه آغاز گردید. به ازای دبی‌های آزمایشی و عمق جریان اندازه‌گیری شده در آستانه حرکت و شکست و همچنین در قطر و چگالی‌های مورد استفاده برای ذرات سنگ‌چین، مقادیر سرعت متوسط جریان و عدد فرود در دو حالت آستانه حرکت و آستانه شکست محاسبه شد. شکل ۵ تاثیر طول نسبی آبخکن بر پایداری سنگ‌چین در اطراف آن با طول نسبی آبخکن ۰/۱۰، ۰/۱۳، ۰/۱۶ و ۰/۲۰ در چگالی ۱/۷، ۱/۲ و ۲/۴۲ و در قطر متوسط سنگ‌چین ۴/۷۶، ۹/۵۲، ۱۲/۷ و ۱۹/۱ میلی‌متر در دو حالت آستانه حرکت و شکست نشان داده شده است. نتایج نشان دهنده آن است که طول آبخکن بر پایداری سنگ‌چین‌های اطراف آبخکن تاثیر دارد و با افزایش طول آبخکن پایداری سنگ‌چین‌ها در اطراف آبخکن در هر دو حالت آستانه حرکت و شکست کاهش می‌یابد. با افزایش طول آبخکن، تنگ‌شدگی در عرض کانال افزایش یافته و قدرت جریان‌های گردابی در اطراف آبخکن افزایش می‌یابد و در نتیجه باعث جابجایی و حرکت سنگ‌دانه‌ها در اطراف آبخکن می‌گردد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق آزمایش‌ها جهت بررسی تاثیر طول آبخکن بر پایداری سنگ‌چین اطراف آن در قوس ۱۸۰ درجه با چهار طول آبخکن، چهار قطر متوسط سنگ‌چین و سه چگالی سنگ‌چین انجام گرفت. با افزایش طول آبخکن، تنگ‌شدگی در عرض کانال افزایش یافته و قدرت جریان‌های گردابی در اطراف آبخکن افزایش می‌یابد و در نتیجه باعث جابجایی و حرکت سنگ‌دانه‌ها در اطراف آبخکن می‌گردد.



شکل ۶: تاثیر طول نسبی آبشکن بر پایداری سنگ چین در شرایط آستانه حرکت و شکست در چگالی‌های مختلف

تشکر و قدردانی

از مساعدت مسئولین محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز به منظور قرار دادن امکانات، تسهیلات و کمک‌های مالی در این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

کیخائی، م.، حیدرپور، م. و موسوی، س. ف. ۱۳۸۸. بررسی الگوی پوشش سنگ‌چین در محل احداث گروه پایه های استوانه‌ای در پل‌ها. مجله علوم فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳(۴۹): ۲۹-۱۳.

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

Melville, B. W., Van Ballegooy, S., Coleman, S. E. and Barkdoll, B. 2007. Riprap size selectin at wing-wall abutments. *Journal of Hydraulic Engineering*, 133(11): 1265-1269.

Pagan-Ortiz, J. E. 1991. Stability of rock riprap for protection at the toe abutments located at the floodplain. Dept. of Transportation Rep.No. FHWA-RD-91-057:125, Federal Highway Administration, Washington, D.C.

Raudkivi, A. J. and Ettema, R. 1983. Clear-water scour at cylindrical piers. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, 109(3): 338-350.

Richardson, E. V. and Davis, S. R. 1995. Evaluating scour at bridges. *Hydraulic Engineering circular No. 18 (HEC-18) third edition*, FHWA-HI-96-031, Federal Highway. Administration, Washington, D.C.

Simons, D. B. and Lewis, G. L. 1971. Flood protection at bridge crossings. C.S.U. Civil Engineering Rep. No. CER71-72DBS-GL10. prepared for the Wyoming State Highway Dept. in conjunction with the U.S. Dept. of Transportation, Washington, D.C.

Zarrati, A. R., Nazariha, M. and Mashahir, M. B. 2006 Reduction of local scour in the vicinity of bridge pier groups using collars and riprap. *Journal of Hydraulic Engineering*, 132 (2): 154-162.

Investigation of the effect of the length of the spur dike on the stability of the rock around the river around the river

Y. Salemi¹ and A. Masjedi^{*2}

1) MSc, College of Water Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

2) Associated Professor College of Water Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

***Correspondence author: drmasjedi.2007@yahoo.com**

Received Date: 2019.06.24

Accepted Date: 2020.02.07

Abstract

One of the most effective factors in the destruction of spray guns is local scouring around them. One of the methods of scouring control around the spillway is the use of riprap. In this study, in order to investigate the effect of the spur dike on the resistance of the riprap around it, experiments were carried out on a bend 180 Plexiglas laboratory. In this research, experiments were carried out to determine the lengths of various spur dikes along with ripraps.. Experiments were carried out using ripraps with three different densities and different odors in a steady flow in clear water. In each test of depth of flow in the conditions of the threshold of motion and the deflection of the measured value, and then using the obtained data, the relations were specified. The results of the study showed that the length of the spillway affects the stability of the ripraps, and with increasing the length of the spur dike, the stability of the ripraps in both the thresholds of motion and failure decreases.

Keywords: Scour, Bend 180 degree, Spur dike length and Riprap.