مطالعه آب‌شستگی در اثر تنگ‌شدگی موضعی آب‌راهه در مجاورت تکیه‌گاه پل

سینا شیرمحمدی[۱] ، ابراهیم نوحانی*[۲]

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، ایران

۲) استادیار گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دزفول، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دزفول، ایران

*نویسنده مسئول: Nohani_e@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۴/۲۰ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۸**

چکیده

تکیه‌گاه یک پل در بستر یک آب‌راهه موجب کاهش سطح مقطع و انقباض جریان می‌شود. در چنین شرایطی علاوه بر آب‌شستگی موضعی تکیه‌گاه سازه، زمینه لازم برای وقوع پدیده آب‌شستگی انقباضی نیز فراهم می‌شود. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر تنگ‌شدگی بر آب‌شستگی تکیه‌گاه پل در اثر تنگ‌شدگی‌هایی با زوایای مختلف انجام شد. برای این منظور، سه زاویه تنگ‌شدگی با زوایای ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه در نظر گرفته شد و تکیه‌گاه‌ها در سه موقعیت ابتدا وسط و انتها مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج این مطالعه نشان داد که با کاهش زاویه برخورد تنگ‌شدگی عمق آب‌شستگی کاهش می‌یابد و کاربرد شکاف موجب کاهش آب‌شستگی تکیه‌گاه به میزان درصد نسبت به حالت تکیه‌گاه بدون شکاف می‌گردد.

کلمات کلیدی: آب‌شستگی، تنگ‌شدگی، تکیه‌گاه پل، مدل آزمایشگاهی.

مقدمه

وقتی سازه‌ای در بستر رودخانه یا در طرفین یک آب‌راهه قرار می‌گیرد، مقطع جریان کاهش یافته و یک تنگ‌شدگی در مسیر جریان ایجاد می‌شود، که موجب تغییر شرایط هیدرولیکی آب‌راهه، به ویژه در مواقع سیلابی می‌شود. محدود کردن مسیر سیلابی منجر به افزایش سرعت و تنش برشی جریان و در نتیجه بالا رفتن انرژی فرسایشی و ظرفیت حمل مواد جامد بستر و افزایش ضریب انتقال رسوب در سیال می‌شود. در چنین شرایطی زمینه لازم برای وقوع پدیده آب‌شستگی انقباضی در مسیر جریان و آب‌شستگی موضعی در کنار موانع و سازه‌های هیدرولیکی سرعت در تکیه‌گاه تا ۱۰ برابر تنش برشی بستر و سرعت در بالادست افزایش می‌یابد. در اینجا تنش برشی تابعی از نسبت بازشدگی، عدد فرود جریان و طول برآمدگی است (شفاعی بجستان، ۱۳۷۳). Chang و همکاران (۲۰۱۳) مطالعاتی بر روی آب‌شستگی انقباضی ناشی از وجود پل در رودخانه تحت شرایط آب‌شستگی بستر زنده انجام دادند که طبق گزارش آن‌ها بیشترین آب‌شستگی زمانی اتفاق افتاد که سرعت بحرانی جریان برای ذرات بستر بیشتر از سرعت متوسط جریان بوده است. Keshavarzi و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی ساختار جریان و آب‌شستگی موضوعی در پایه‌های تکی و گروه پایه دوتایی مشخص کردند که اثر متقابل دو پایه با فاصله کم روی یکدیگر باعث تشدید فرایند آب‌شستگی در فاصله بین دو پایه و محل پایه دوم شده است. Memar و همکاران (۲۰۱۹) در مورد اثر زاویه برخورد جریان با گروه پایه دوتایی نشان دادند که افزایش زاویه قرارگیری پایه‌ها نسبت به جهت جریان، سبب افزایش عمق و زمان تعادل آب‌شستگی در پایه‌ها می‌شود. Gorbani and Kells (۲۰۰۸) در تحقیقات خود تأثیر صفحات مستغرق را در کاهش آب‌شستگی موضعی در کنار پایه استوانه‌ای مورد بررسی قرار دادند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که برای صفحات دوگانه نیز یک کاهش ۸۷/۷ درصدی در عمق آب‌شستگی با زاویه حمله ۱۸/۵ درجه و تراز صفر صفحه‌ها از بستر صورت گرفت. رضاپوریان و همکاران (۱۳۸۸) آزمایش‌هایی را به منظور بررسی عملکرد صفحات مستغرق در کاهش آب‌شستگی موضعی پایه پل انجام دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که هر چه صفحات به پایه نزدیکتر باشند، عملکرد آن‌ها نیز بیشتر است، به طوری که اگر صفحات به صورت چسبیده به پایه پل تحت زاویه ۳۰ درحه قرار گیرند، میزان آب‌شستگی ۷۳/۹ درصد کاهش می‌یابد. Keykhee و همکاران (۲۰۰۹)، Heidarpour و همکاران (۲۰۱۰) و Diab و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقاتی در مورد هندسه گودال آب‌شستگی و روش‌های کنترل و کاهش میزان آب‌شستگی، وجود اطلاعات مربوط به وضعیت گودال آب‌شستگی در طراحی بهینه پایه‌های پل در رودخانه (به ویژه گروه پایه‌های پل) و انتخاب روش‌های مناسب مقابله با آب‌شستگی، جانمایی مناسب آن‌ها و میزان گسترش تجهیزات مورد استفاده در این روش‌ها را ضروری دانستند. تاکنون مطالعات و تحقیقات قابل توجهی برای بررسی تأثیر زاویه تنگ‌شدگی بر کاهش عمق آب‌شستگی تکیه‌گاه پل شکافدار انجام نشده است. لذا هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر تنگ‌شدگی در زوایای مختلف بر کاهش آب‌شستگی در محل تکیه‌گاه پل می‌باشد. از جمله

سازه‌هایی که می‌توانند این تنگ‌شدگی را در مقطع رودخانه ایجاد کنند، پایه‌های پل، تکیه گاه‌ها یا خاک‌ریزهای تقرب پل (جهت کاهش دهانه پل)، سازه‌های حفاظتی نظیر آب‌شکن‌ها در مجاری روباز برای حفاظت دیواره‌ها در مقابل فرسایش و خاکریزهای سیل‌بند می‌باشند.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در یک فلوم به طول ۱۰ متر و عرض ۳۰ سانتی‌متر در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده صنعت آب و برق اهواز انجام شد (شکل ۱). اسکلت سازه فلوم، فلزی و جنس جداره‌ها از فایبرگلاس مقاوم بوده است. شیب کف فلوم توسط جک هیدرولیکی قابلیت تنظیم دارد و رسوبات بستر به ارتفاع ۱۴ سانتی‌متر از کف فلوم و در فاصله ۳ متری از ورودی فلوم در نظر گرفته شد. جهت تامین آب از سه مخزن زمینی روباز از جنس فایبر گلاس به همراه در پوش از جنس استیل که حجم معادل هرکدام از این مخازن ۱۱۰۰ لیتر می‌باشد، استفاده شد. برای انتقال آب به فلوم ازیک پمپ سانتریفیوژ با دبی حداکثر ۱۰۰ مترمکعب بر ساعت استفاده شد و به منظور کنترل دبی ورودی به کانال یک شیر کنارگذر قبل از ورودی کانال تعبیه شد. به منظور ثابت نگه داشتن دبی در طول آزمایش از یک دبی‌سنج دیجیتال استفاده گردید. پس از هدایت آب به درون کانال، جریان ورودی آب توسط سرریز ریزشی انتهایی فلوم تنظیم گردید.

شکل ۱: نمایی کلی از فلوم

قطر ذرات رسوبی

طبق توصیه برای جلوگیری از بوجود آمدن ریپل ، متوسط ذرات رسوبی باید از ۰/۷ میلی‌متر بزرگتر در نظر گرفته شود. (جدول ۱) مشخصات آزمایش مکانیک خاک را نشان می‌دهد. باتوجه به مشخصات دانه‌بندی قطر متوسط رسوبات بستر $d_{50}=0.95mm$ بوده و رسوب مورد نظر با $d_{84}=1.1mm$ و $d_{16}=0.85mm$ دارای انحراف معیار استاندارد $\sigma_g = 1.1$ می‌باشد.

جدول ۱: مشخصات رسوبات مورد آزمایش

σg	D95	D84	D50	D16	D10
۱/۱	۲	۱/۱	۰/۹۵	۰/۸۵	۰/۷۵

مدت زمان آزمایش

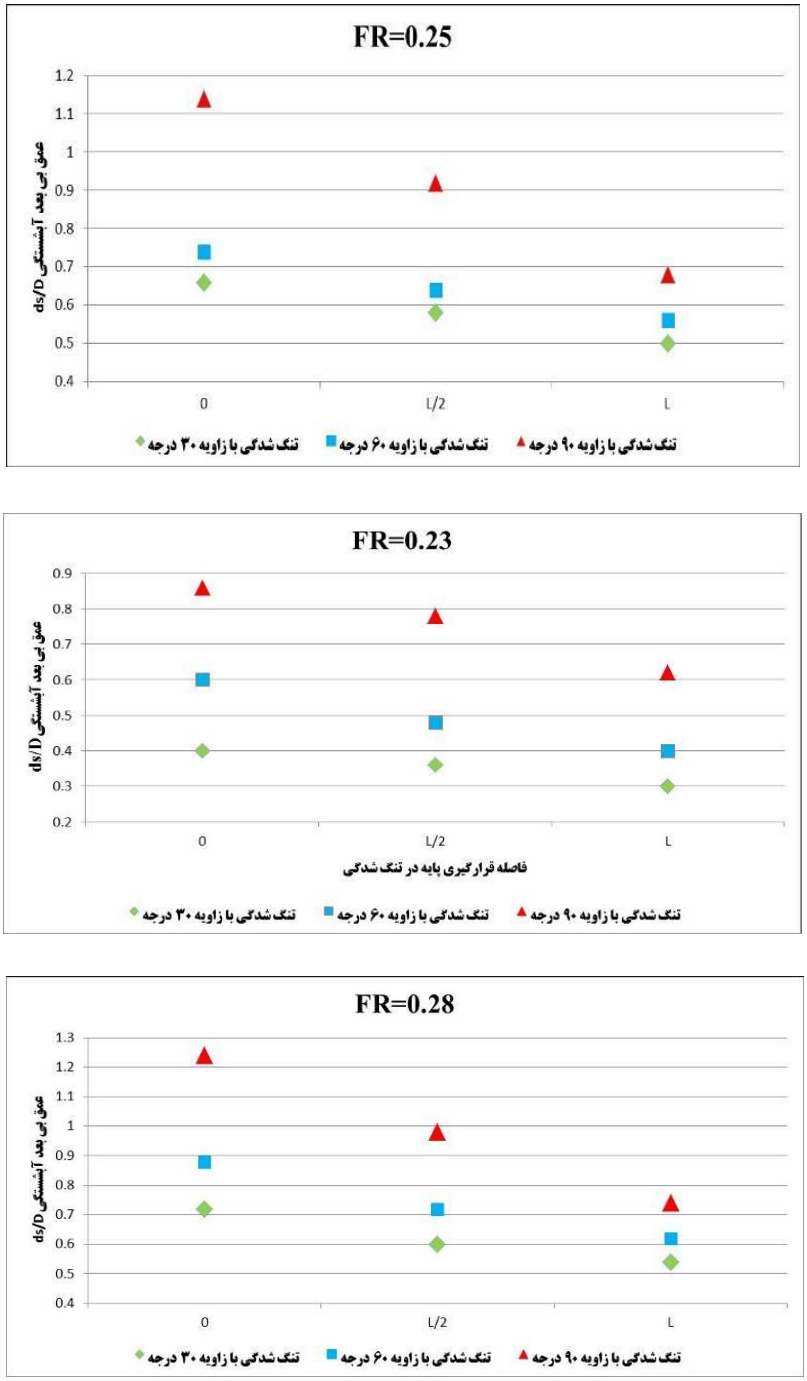
Ghorbani and Kells (۲۰۰۸) در طی پژوهش خود بر روی تأثیر صفحات مستغرق در تنگ‌شدگی، آزمایشات بلند مدت ۲۴ ساعته انجام دادند و در نهایت مشاهده نمودند که بیش از ۷۵ درصد آب‌شستگی در کنار پایه پل‌ها در ۷ ساعت اول آزمایش رخ می‌دهد. لذا در این تحقیق زمان انجام آزمایش‌ها یک دوره ۷ ساعته انتخاب گردید. در این مطالعه تعداد کل آزمایش‌های مورد تحقیق شامل ۲۸ آزمایش بر روی تکیه‌گاه با عرض ۴ سانتی‌متر و تنگ‌شدگی‌هایی با زاویه‌های متغیر (۹۰،۶۰،۳۰) در دبی‌های آستانه حرکت و زیر آستانه حرکت انجام شد. (شکل ۲) نمونه ای از آزمایش‌های انجام شده را نشان می‌دهد.

شکل ۲: نمونه آزمایش‌های انجام شده

نتایج و بحث

آب‌شستگی در محل تنگ‌شدگی

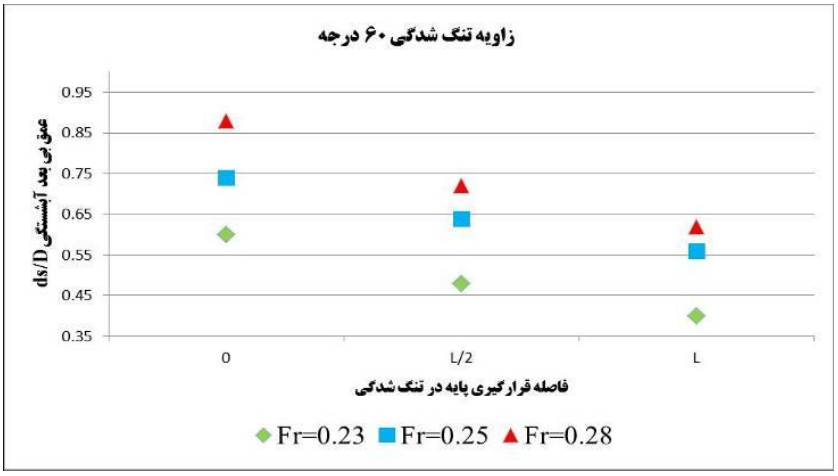
در این مرحله تعداد ۱۸ آزمایش در حضور تنگ‌شدگی تحت سه زاویه ورودی حمله ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه نسبت به جهت جریان و همچنین با سه عدد فرود ۰/۲۳ ، ۰/۲۵ ، ۰/۲۸ مورد نظر انجام گرفت. اشکال ۳ و ۴ تغییرات آب‌شستگی را در این شرایط به تصویر کشیده شده‌اند.

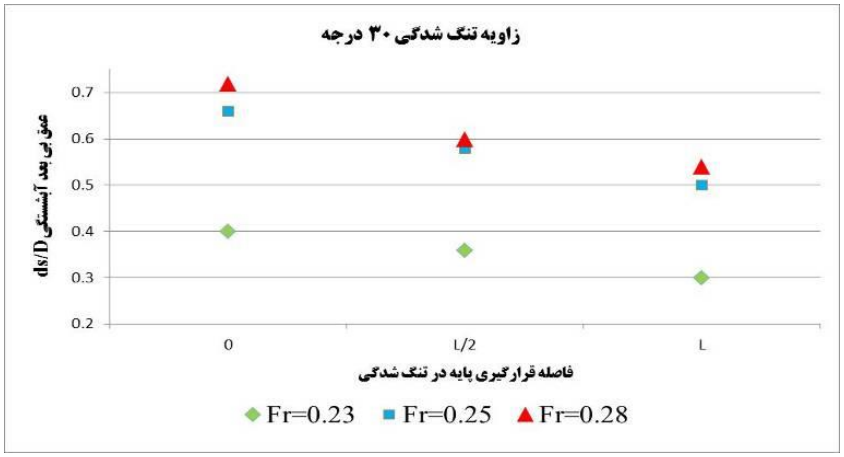


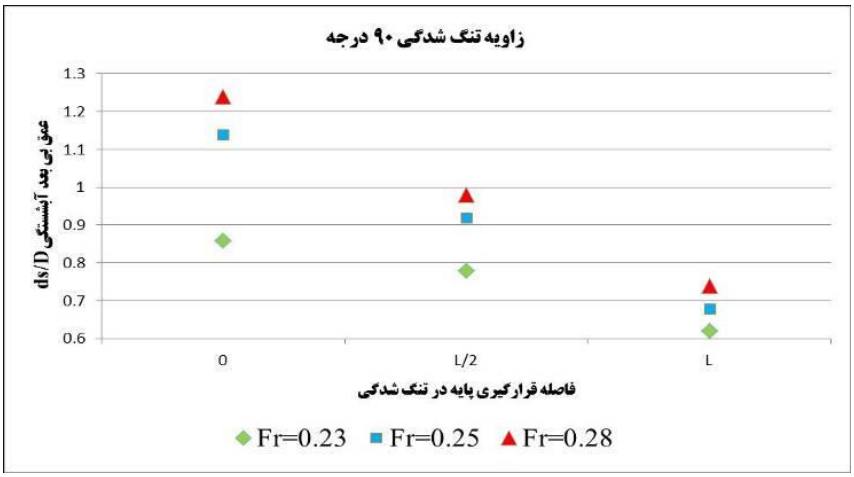
شکل۳: نمودارهای مقایسه نقاط ماکزیمم آب‌شستگی در فرود ۰/۲۳ و ۰/۲۵ و ۰/۲۸ در زوایای تنگ‌شدگی ۳۰ ، ۶۰ و ۹۰

همانطور که در نمودارهای ترسیمی مشاهده می‌شود، مقایسه ای است بین میزان ماکزیمم عمق آب‌شستگی در فرودهای (۰/۲۳، ۰/۲۵ و ۰/۲۸) که تکیه‌گاه در سه موقعیت قرارگیری ابتدا وسط و انتها را نشان می‌دهد. با توجه به نقاط ترسیم شده مشاهد شد که

با افزایش عدد فرود میزان آب‌شستگی در اثر افزایش سرعت در هر سه زاویه تنگ‌شدگی بیشتر شده و به ازای یک عدد فرود ثابت با کاهش زاویه تنگ‌شدگی عمق آب‌شستگی در هر سه مکان قرارگیری پایه کاهش پیدا کرده است.







شکل۴: نمودارهای مقایسه نقاط ماکزیمم آب‌شستگی در زوایای تنگ‌شدگی ۳۰ ، ۶۰ و ۹۰

نتیجه‌گیری

نتایج نشـان داد که تغییر زاویه تنگ‌شـدگی باعث تغییر در عمق آب‌شـسـتگی می‌گردد به نحوی که بهترین عملکرد زاویه در کاهش عمق آب‌شـسـتگی مربوط به زاویه ۳۰ درجه می‌باشـد. به این معنی که با کاهش زاویه تنگ‌شـدگی مشـاهده شـد که عمق آب‌شـسـتگی کاهش می‌یابد و این کاهش به ترتیب برای زاویه ۳۰ درجه سـپس ۶۰ درجه و در نهایت ۹۰ درجه عملکرد بهتری در کاهش عمق آب‌شستگی را نشان داد. زیرا با کاهش زاویه تنگ‌شدگی میزان آب‌شستگی به علت عبور ملایم‌تر خطوط جریان از کنار پایه و کاهش آشفتگی ناشی از برخورد خطوط جریان با پایه کاهش می‌یابد. همچنین عمق آب‌شستگی برای پایه پل با افزایش عدد فرود از ۰/۲۱ به ۰/۲۵ افزایش یافت و به ازای یک عدد فرود ثابت میزان آب‌شـسـتگی برای وقتی پایه در ابتدا تنگ‌شـدگی قرار می‌گرفت. برای هر سه زاویه تنگ‌شدگی مقدار آب‌شستگی ماکزیمم بود. اما همین مقدار آب‌شستگی برای عدد فرود وقتی پایه در انتها قرار داشت مینیمم عمق آب‌شستگی را نشان می‌داد.

منابع

شفاعی بجستانی، م. (۱۳۷۳). هیدرولیک رسوب. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

رضاپوریان، س.، قربانی، ب. و صمدی بروجنی، ح. (۱۳۸۸). مطالعه آزمایشگاهی تأثیر فاصله قرارگیری سری پره‌های مستغرق درکاهش آب‌شستگی موضعی پایه پل استوانه‌ای. هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه شهید چمران اهواز. ۶ بهمن ۱۳۸۸، اهواز، ایران.

Chang, W.Y., Constantinescu, G., Lien, H.C., Tsai, W.F., Lai, J.S. and Loh, C.H. (2013). Flow structure around bridge piers of varying geometrical complexity. Journal of Hydraulic Engineering, 139(8), pp: 812-826.

Diab, R., Link, O. and Zanke, U. (2010). Geometry of developing and equilibrium scour holes at bridge piers in gravel. Canadian Journal of Civil Engineering, 37(4), pp: 544-552.

Ghorbani, B. and Kells, J.A. (2008). Effect of submerged vanes on the scour occurring at a cylindrical pier. Journal of Hydraulic Engineering, 46(5), pp: 610-619.

Heidarpour, M., Afzalimehr, H. and Izadinia, E. (2010). Reduction of local scour around bridge pier groups using collars. International Journal of Sediment Research, 25(4), pp: 411-422.

Keshavarzi, A., Hamidifar, H. and Khajehnouri, L. (2019). Mean flow structure and local scour around single and two column bridge piers. Irrigation Sciences and Engineering, 42(4), pp: 75-90.

Keykhee, M., Heidarpour, M. and Mousavi, S.F. (2009). Investigation of riprap pattern in the vicinity of bridge piers group. Journal of Water and Soil Science, 13(3), pp: 13-29.

Memar, S., Zounemat Kermani, M., Rahimpour, M., Beheshti, A.A. and Schleiss, A.J. (2019). An investigation on the impacts of the skew angle on two bridge piers with respect to the flow direction on the equilibrium scour depth at the piers front. Journal of Hydraulics, 14(1), pp: 107-121.

Study of scour due to local narrowing of the canal near the bridge abutment

Sina Shirmohammadi[1], Ebrahim Nohani [*2]

1) M.Sc. Student, Department of Civil Engineering, Hydraulic Structures, Islamic Azad University, Dezful Branch, Iran

2) Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Dezful Branch, Young and Elite Researchers Club, Dezful, Iran

*** corresponding author:** Nohani_e@yahoo.com

Received Data: 2019. 07. 11 **Accepted Data: 2021. 06. 08**

Abstract

Bridge pillar in the bed of a canal reduces the cross-sectional area and shrinks the flow. In such conditions, in addition to local scouring of the structural support, the necessary ground for the occurrence of contractile scouring phenomenon is also provided. The aim of this study was to investigate the effect of narrowing on the scour of the bridge abutment due to narrowing with different angles. For this purpose, three tightening angles with angles of 30, 60 and 90 degrees were considered and the supports were examined in three positions, beginning, middle and end. The results showed that by reducing the angle of collision, the scour depth decreases and the application of the gap reduces the scour of the abutment by a percentage compared to the abutment without the gap.

Keywords: scour, narrowing, bridge abutment, laboratory model