

## کنترل آب‌شستگی موضعی توسط طوقه‌های متقارن و نامتقارن در اطراف پایه پل در قوس رودخانه‌ها

پریسیما عباسی<sup>۱</sup>، علیرضا مسجدی<sup>۱\*</sup>، محمد حیدرنژاد<sup>۱</sup>

(۱) گروه سازه های آبی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

\*نویسنده مسئول: drmasjedi2007@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۴

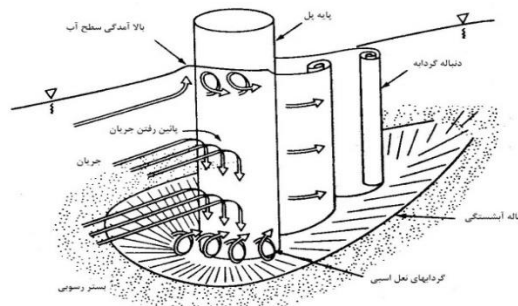
### چکیده

وقوع آب‌شستگی در اطراف پایه های پل یکی از عمده ترین دلایل تخریب پل‌ها است. یکی از روش‌های کاهش آب‌شستگی اطراف پایه‌های پل نصب طوقه محافظ بر روی پایه است. برای این منظور جهت بررسی اثر طوقه یک سری آزمایش در یک فلوم آزمایشگاهی با قوس ۱۸۰ درجه و شعاع مرکزی ۲/۸ متر و عرض ۰/۶ متر با  $R/B = ۴/۶۷$  از جنس پلاکسی گلاس انجام پذیرفت. در این تحقیق با قرار دادن یک پایه به قطر ۵ سانتی‌متر به همراه طوقه‌های مختلف به طول نسبی در بالا دست و پایین دست ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸ و ۱ در موقعیت ۷۰ درجه قوس با دبی ثابت ۱۶ لیتر بر ثانیه و عمق ثابت ۱۲ سانتی‌متر پدیده آب‌شستگی حول پایه در حالت آب زلال مورد بررسی قرار گرفت. برای مصالح کف فلوم از ماسه طبیعی با دانه بندی یکنواخت با  $D_m = 2 \text{ mm}$  و ضریب یکنواختی ۱/۸ استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش طول نسبی طوقه در بالا دست و پایین دست میزان آب‌شستگی موضعی در اطراف پایه به طور ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد و همچنین بیشترین و کمترین درصد کاهش در عمق آب‌شستگی در اطراف طوقه با طول نسبی بالا دست و پایین دست به ترتیب ۶۸ و ۱۲ بدست آمده است.

کلمات کلیدی: طول نسبی طوقه، آب‌شستگی، پایه استوانه‌ای، قوس ۱۸۰ درجه.

## مقدمه

پل‌ها از جمله مهم‌ترین سازه‌های رودخانه‌ای هستند که در راه‌سازی از اهمیت زیادی برخوردار هستند. طراحی، محاسبه و احداث پایه‌های پل، از مهم‌ترین و حساس‌ترین مراحل یک پروژه پل‌سازی می‌باشد. بخصوص وقتی که این پل در محل عبور یک رودخانه واقع شده باشد. هر ساله با وقوع سیلاب در هر رودخانه تعداد زیادی از این پل‌ها درست زمانی که بیش‌ترین نیاز به آن‌ها وجود دارد، تخریب می‌گردند. یکی از موثرترین عوامل این تخریب‌ها آب‌شستگی موضعی اطراف پایه‌ها در رودخانه می‌باشد. تخریب پل‌ها به علت آب‌شستگی زبان‌های سنگین اقتصادی و جانبی به دنبال دارد. Richardson و Davies (۱۹۹۵) بر اساس گزارش اداره راه فدرال آمریکا از تخریب ۳۸۳ پل به دلیل سیلاب‌های مخرب سال ۱۹۷۳، ۲۵ درصد خرابی‌ها در اثر تخریب پایه و ۷۵ درصد در اثر تخریب کوله‌ها یا تکیه گاه‌های پل‌ها بود. سیلاب سال ۱۹۹۳ در می‌سی‌سی‌پی شمالی باعث ۲۳ عدد تخریب پل با تخمین حدود ۱۵ میلیون دلار خسارت شد. در سال ۱۹۹۴ در سیلاب حاصل از طوفان آلبرتو در جورجیا، بیش از ۵۰۰ پل دچار آب‌شستگی شدید شدند به گونه‌ای که ۷۳ عدد از آن‌ها باید تعمیر اساسی و یا تعویض می‌شدند. Raudkivi (۱۹۹۸) مکانیزم آب‌شستگی بدین صورت است که پس از برخورد جریان به پایه پل، با توجه به اینکه سرعت جریان از بستر رودخانه به طرف سطح آب بیش‌تر می‌شود فشار بیش‌تری نیز در ترازهای بالاتر بر روی پایه ایجاد می‌شود و به این ترتیب گرادیان فشاری روی پایه از بالا به پایین به وجود می‌آید که خود باعث ایجاد یک جریان رو به پایین در جلو پایه می‌شود. جریان رو به پایین همانند یک جت عمودی عمل کرده و پس از برخورد به بستر رودخانه ضمن حفر بستر ذرات رسوبی به اطراف پراکنده می‌شود. بخشی از جریان رو به پایین که به سمت بالا بازگشت می‌کند، در برخورد به جریان عمومی رودخانه، مجبور به حرکت در جهت جریان شده و مجدداً به پایه برخورد می‌کند. این چرخش جریان و بازگشت آن در داخل حفره کنده شده، گردابی تشکیل می‌دهد که به تدریج در دو طرف پایه، امتداد یافته و شکل شبیه نعل اسب پدید می‌آورد که به آن گرداب نعل اسبی می‌گویند. تشکیل گرداب نعل اسبی در داخل حفره آب‌شستگی، باعث تسریع در حفره آن شده و ذرات جدا شده از بستر، توسط جریان اصلی رودخانه به پایین‌دست حمل می‌شوند (Breusers et al., 1977). شکل ۱ نمونه‌ای از جریان آشفته و گرداب‌هایی را که باعث آب‌شستگی موضعی و حفره می‌گردند را نشان می‌دهد.



شکل ۱: الگوی جریان و حفره آب‌شستگی موضعی اطراف یک پایه پل استوانه‌ای

Chiew و همکاران (۱۹۸۷) با توجه به مطالعات انجام شده نصب طوقه روی پایه باعث کاهش و کنترل عمق آبشستگی می‌گردد. با نصب طوقه در اطراف پایه، جریان روبه پائین در حین برخورد به طوقه از بستر منحرف شده و باعث کاهش آبشستگی می‌شود. Chiew (۱۹۹۲) تاثیر طوقه‌های محافظ را در کاهش آبشستگی پایه پل مورد آزمایش قرار داد و با استفاده از طوقه به اندازه دو برابر قطر پایه عمق آبشستگی به میزان ۲۰ درصد کاهش یافت. همچنین او اظهار داشت که طراحی و کاربرد صحیح طوقه می‌تواند جایگزین مناسبی برای سنگ چین در حل مشکلات آبشستگی موضعی پایه‌های پل باشد. Kumar و همکاران (۱۹۹۹) برای کاهش عمق آبشستگی از پنج اندازه مختلف طوقه با قطر ۱/۵، ۲، ۲/۵، ۳ و ۴ برابر قطر پایه در اطراف پایه استفاده کردند و مشاهده نمود که طوقه‌های کوچک باعث بوجود آمدن چاله‌های بزرگ در وجه بالادست پایه می‌شوند. همچنین آن‌ها با استفاده از تحلیل نتایج حاصل از آزمایش‌ها، معادله زیر را برای تعیین ماکزیمم عمق آبشستگی در اطراف پایه استوانه‌ای شکل که توسط طوقه محافظت شده است، ارائه دادند.

$$\left( \frac{ds_p - ds_c}{ds_p} \right) = 0.057 \left( \frac{B}{b} \right)^{1.612} \left( \frac{H}{Y_0} \right)^{0.837} \quad \text{رابطه ۱:}$$

در رابطه ۱،  $ds_p$ : عمق تعادل آبشستگی بدون طوقه،  $ds_c$ : عمق تعادل آبشستگی با طوقه،  $B$ : قطر طوقه،  $b$ : قطر پایه،  $H$ : ارتفاع طوقه نسبت به سطح آزاد آب و  $Y_0$ : عمق جریان می‌باشند. Singh و همکاران (۲۰۰۱) عملکرد طوقه‌ها را در کاهش آبشستگی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که چنانچه فاصله بین تراز بستر و تراز نصب طوقه افزایش یابد، ماکزیمم عمق آبشستگی افزایش می‌یابد. بهترین محل نصب طوقه در آزمایش‌ها برابر  $D/10$  (D = قطر پایه) زیر سطح بستر بود که در این حالت طوقه به قطر دو برابر قطر پایه مقدار آبشستگی را ۹۱ درصد کاهش می‌دهد. همچنین طوقه‌هایی با قطرهای ۱/۵، ۲ و ۲/۵ برابر قطر پایه زیر بستر کانال قرار گیرند به میزان ۵۰ درصد، ۶۸ درصد و ۱۰۰ درصد نسبت به پایه بدون محافظ کاهش آبشستگی مشاهده می‌گردد. Zarrati و همکاران (۲۰۰۶) نیز عملکرد طوقه‌های مستقل و پیوسته همراه با سنگ چین را در گروه پایه‌های پل بررسی کردند. نتایج نشان داد که ترکیبی از یک طوقه پیوسته و سنگ چین منجر به کاهش عمق آبشستگی به میزان ۵۰ و ۶۰ درصد به ترتیب در جلو و پشت پایه می‌شود. همچنین عملکرد طوقه‌های مستقل بر روی هر پایه بهتر از عملکرد یک طوقه پیوسته بر روی دو پایه بود. اصولاً پل‌ها در بازه‌ای از رودخانه احداث می‌شوند که رودخانه پایدارتر باشد. در این مسیر، ممکن است به علت محدودیت‌های احداث راه و یا عدم پایداری رودخانه در بازه‌های مستقیم، اقدام به احداث پل در قوس رودخانه شود. قوس رودخانه به خاطر داشتن الگوی خاص جریان بنام جریان حلزونی، همواره مورد توجه مهندسیین هیدرولیک بوده است. با توجه به مطالعات انجام گرفته توسط صفرزاده گندشمین (۱۳۸۳) در خصوص الگوی جریان در قوس ۱۸۰ درجه، بیش‌ترین توزیع سرعت در زاویه ۶۰ درجه بدلیل قدرت بالای جریان‌های ثانویه ایجاد می‌گردد (صفرزاده گندشمین، ۱۳۸۳). بهرامی و قمشی (۱۳۹۶) گزارش کردند که طوقه ۷۰ درصد مشبک با کاهش ۸۶ درصدی عمق آبشستگی و ۹۸ درصدی

حجم آبشستگی بالاترین راندمان را از میان طوقه‌های مشبک دارا بود. طاهری و قمشی (۱۳۹۹) گزارش کردند که بهترین موقعیت نصب طوقه روی سطح بستر و به فاصله‌ی  $B/12$  در زیر بستر بود که در این حالت‌ها راندمان طوقه به ترتیب ۱۰۰ و ۸۸ درصد اندازه‌گیری شد. در این تحقیق بررسی تاثیر طوقه مربعی شکل متقارن و نامتقارن در کاهش آبشستگی اطراف پایه پل در موقعیت ۷۰ درجه در قوس مورد بررسی قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها

با در نظر گرفتن جریان دائمی و ثابت بودن خصوصیات سیال رابطه ذیل بین پارامترهای موثر بر عمق آبشستگی در حالت تعادل برقرار است:

$$f_1(B, W, D, L_u, L_d, ds, y, V, g) = 0 \quad \text{رابطه ۲:}$$

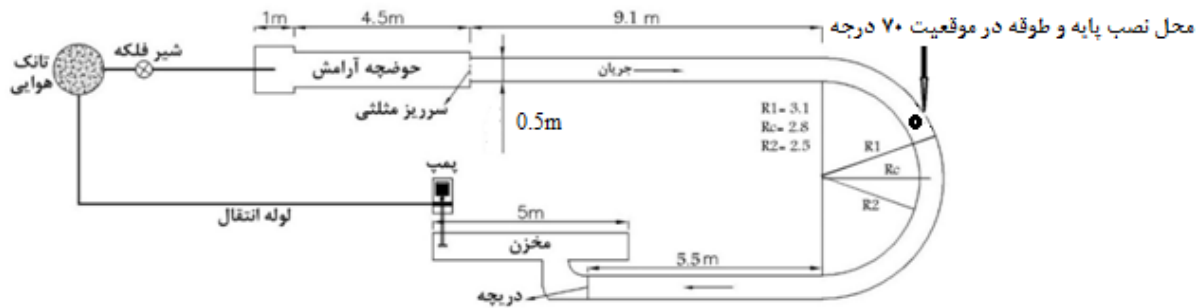
در رابطه ۲،  $B$ : عرض مجرا،  $W$ : عرض طوقه،  $D$ : قطر پایه استوانه ای،  $L_u$ : طول طوقه در بالادست پایه،  $L_d$ : طول طوقه در پایین دست پایه،  $ds$ : عمق آبشستگی،  $y$ : عمق جریان آب،  $V$ : سرعت جریان،  $g$ : شتاب ثقل می‌باشد. با صرف نظر کردن از پارامترهای ثابت و با استفاده از تئوری باکینگهام رابطه ۲ بصورت زیر بدون بعد می‌شود:

$$\frac{ds}{y} = f_2\left(\frac{L_u}{D}, \frac{L_d}{D}, Fr\right) \quad \text{رابطه ۳:}$$

در رابطه ۳،  $ds/y$ : عمق آبشستگی بدون بعد،  $L_u/D$ : طول نسبی طوقه در بالادست پایه،  $L_d/D$ : طول نسبی طوقه در پایین دست پایه و  $Fr$ : عدد فرود می‌باشد. در کلیه آزمایش‌ها با توجه به آشفتگی جریان در اطراف پایه استوانه‌ای، جریان از نوع متلاطم بوده و عدد رینولدز حذف گردید و عدد فرود ثابت در نظر گرفته شد.

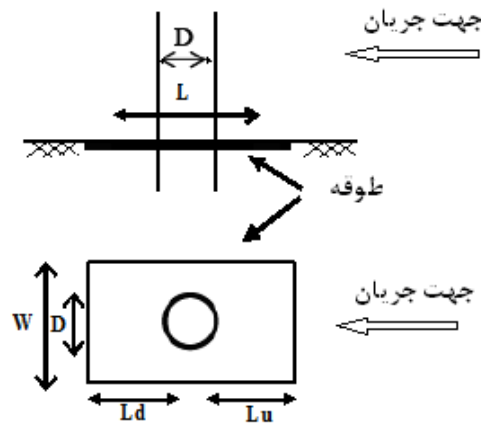
$$\frac{ds}{y} = f_3\left(\frac{L_u}{D}, \frac{L_d}{D}\right) \quad \text{رابطه ۴:}$$

به منظور بررسی اثر طوقه مربعی متقارن و نامتقارن در کاهش آبشستگی اطراف پایه پل استوانه‌ای در قوس رودخانه، آزمایش‌ها در یک فلوم از جنس پلاکسی گلاس قوسی شکل با زاویه مرکزی ۱۸۰ درجه، شعاع مرکزی  $R_c = 18 \text{ m}$  و عرض  $B = 10 \text{ m}$  انجام شد. انحنای نسبی قوس  $R_c/B = 1/2$  بوده که قوس را در رده قوس‌های ملایم قرار می‌دهد. کانال مستقیم ورودی بطول ۹/۱ متر به یک کانال با قوس ۱۸۰ درجه متصل می‌گردد. این کانال قوسی شکل توسط کانال مستقیم دیگری بطول ۵/۵ متر به دریچه کنترل عمق جریان و سپس مخزن خروجی متصل می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲: پلان کانال قوسی شکل

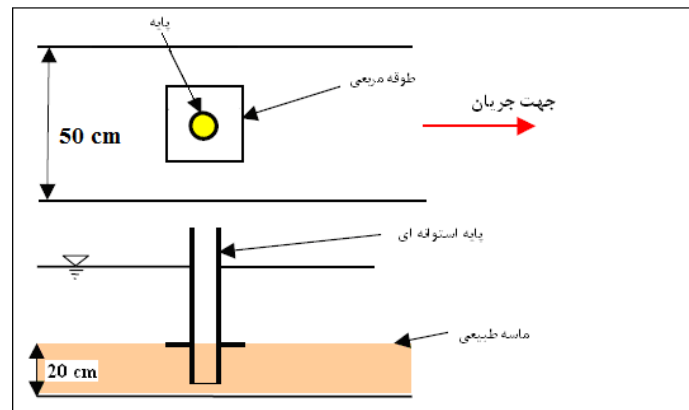
در کلیه آزمایش‌ها برای از بین رفتن تاثیر دیواره‌های کانال بر آبشستگی موضعی، طبق توصیه‌های Chiew و Melville (۱۹۸۷) قطر پایه نباید از ۱۰ درصد عرض کانال بیشتر باشد. لذا پایه‌ای با قطر ۵ سانتی‌متر استفاده شد که جهت مدل کردن پایه پل از لوله PVC به قطر ۵ سانتی‌متر استفاده شد. به منظور بررسی اثر طول طوقه نامتقارن از چهار طول در بالادست و چهار طول در پایین‌دست پایه با نسبت‌های ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸ و ۱ استفاده شد. در کلیه آزمایش‌ها طوقه‌ها بر روی بستر رسوبات نصب شدند (شکل ۳).



شکل ۳: پایه و طوقه مربعی شکل در اطراف آن

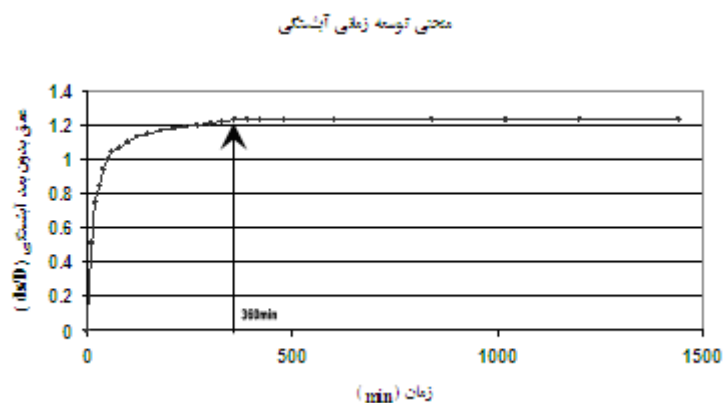
به توصیه Raudkivi و Ettema (۱۹۸۳) برای جلوگیری از تشکیل ریپل در رسوبات قطر متوسط ذرات باید از ۰/۷ میلی‌متر بزرگتر باشد. همچنین برای حذف اثر قطر رسوبات روی عمق آبشستگی نسبت قطر پایه به متوسط ذرات باید کم‌تر از ۵۰ باشد. در همین راستا Raudkivi و Ettema (۱۹۸۳) این نسبت را ۲۵-۳۰ پیشنهاد نموده‌اند. با توجه به این موارد یک لایه از ماسه طبیعی رودخانه‌ای با قطر متوسط معادل ۲ میلی‌متر و ضریب انحراف استاندارد معادل ۱/۳ انتخاب و در لایه‌ای به ضخامت تقریبی ۲۰ سانتی‌متر جهت انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. برای جلوگیری از اثرات زبری عمق آب را بیش‌تر از ۲۰

میلی‌متر پیشنهاد نموده‌اند که در کلیه آزمایش‌ها عمق آب ثابت و برابر ۱۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه آبستگي موضعی در شرایط آب زلال بررسی گردید لذا به منظور جلوگیری از فرسایش و انتقال رسوبات در بالادست پایه، سرعت متوسط جریان باید کم‌تر از سرعت بحرانی ( $u < u_c$ ) باشد. در کلیه آزمایش‌ها نسبت سرعت برشی به سرعت برشی بحرانی  $0.93$  بود که سرعت برشی بحرانی بر اساس پارامتر بحرانی شیلدز به دست آمد. دبی مورد نیاز توسط سرریز مثلثی  $60$  درجه در ابتدای ورودی فلوم اندازه‌گیری شد (شکل ۴).



شکل ۴: پایه استوانه‌ای با طوقه مربعی

به منظور تعیین زمان تعادل آزمایش‌ها، یک آزمایش طولانی به مدت ۲۴ ساعت بر روی پایه پل بدون طوقه در دبی ۱۶ لیتر بر ثانیه در موقعیت  $70$  درجه انجام گردید. با توجه به نمودار شکل ۵ مشاهده شد که در ۶ ساعت اول تقریباً ۹۸ درصد آبستگي رخ می‌دهد. لذا در کلیه آزمایش‌ها، زمان تعادل ۶ ساعت در نظر گرفته شد.



شکل ۵: زمان تعادل در موقعیت  $70$  درجه و دبی ۱۶ لیتر بر ثانیه

در ابتدای هر آزمایش با استفاده از ارابه متحرک، بستر کانال تحت شیب ثابت مسطح گردید. سپس پایه در موقعیت ۷۰ درجه نصب گردید. پیش از راه اندازی پمپ، دریچه انتهائی بسته و سپس آب زلال به آرامی به درون کانال هدایت گردید تا از ایجاد ریبیل و ناهمواری در سطح بستر جلوگیری شود. مدت زمان اشباع بستر کانال بین ۲۰ تا ۳۰ دقیقه بود. پس از بالا آمدن سطح آب و اطمینان از خیس 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 تنظیم شد. سپس با تنظیم دقیق و همزمان شیرفلکه و دریچه پائین دست عمق جریان ۱۲ سانتی متر و دبی مورد نظر حاصل شد. پس از گذشت ۶ ساعت، پمپ خاموش و دریچه‌ی انتهایی بسته گردید تا آب موجود در کانال به آرامی زهکشی شد تا تاثیری بر روی توپوگرافی بستر ایجاد نگردد. به منظور تعیین توسعه زمانی آبشستگی، در طول آزمایش حداکثر عمق آبشستگی در بالادست پایه و در طول آزمایش توسط عمق سنج با دقت میلی متر برداشت شد. پس از زمان تعادل دریچه انتهایی کانال به آرامی باز شده تا آب به آرامی از درون کانال تخلیه شود.

### نتایج و بحث

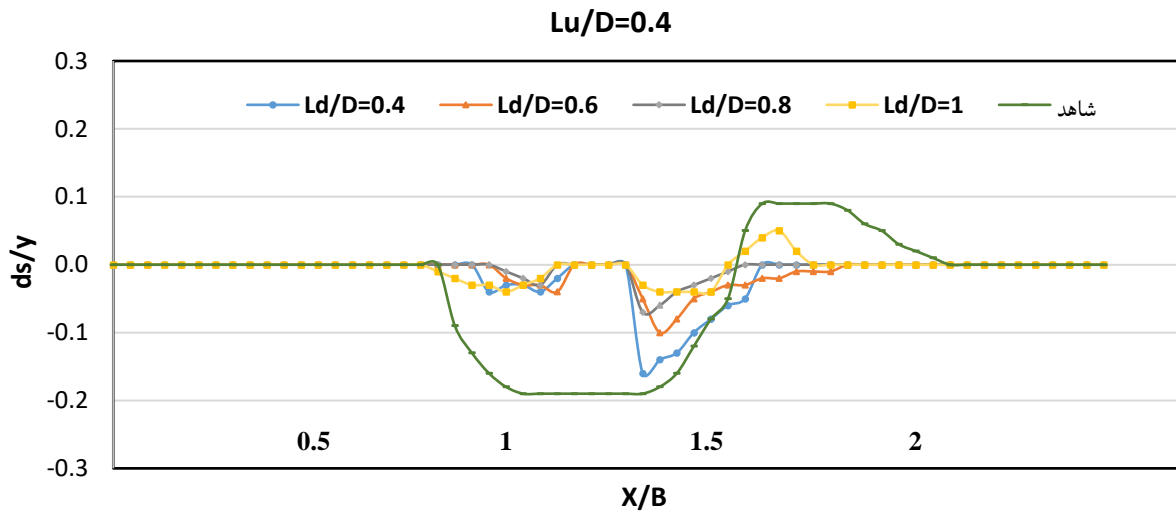
در کلیه آزمایش‌ها پس از تنظیم دبی و عمق جریان، بلافاصله در اطراف پایه گردابه‌ها تشکیل و آبشستگی با سرعت بسیار بالا آغاز گردید. با شکل‌گیری حفره آبشستگی رسوبات برخاسته از حفره به سمت پائین دست منتقل گردیدند. پس از مدتی از شروع آزمایش، رسوبات برخاسته از حفره آبشستگی به محدوده‌ای می‌رسند که تاثیر پایه بر آن محدوده کاهش یافته است و اثر گردابه‌های پشت پایه ناچیز می‌گردد. در این وضعیت رسوبات انتقالی از حفره آبشستگی تحت تاثیر جریان ثانویه به سمت پائین دست منتقل گشته و تعداد دو و یا بیش تر شیارهای کوچک در اطراف پایه تشکیل گردید (شکل ۶).



شکل ۶: محل تشکیل آبشستگی و رسوب‌گذاری در اطراف پایه با طوقه

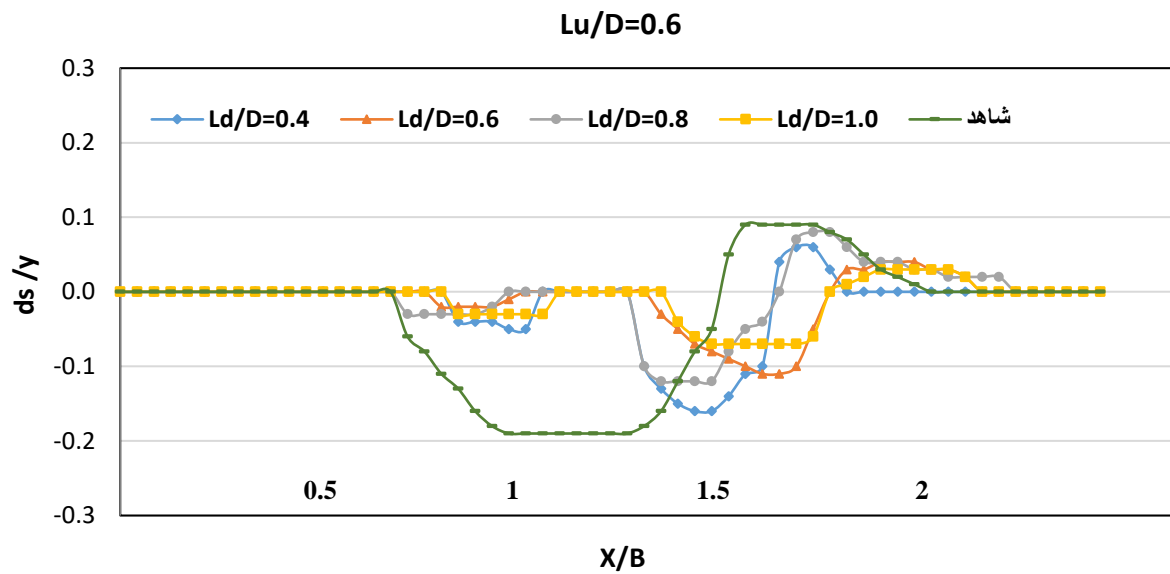
### تأثیر ابعاد طوقه نامتقارن در توسعه آبشستگی اطراف پایه استوانه‌ای

در شکل ۷ پروفیل‌های طولی آبشستگی بدون بعد در اطراف طوقه روی محور مرکزی پایه پل استوانه‌ای برای دبی ثابت ۱۶ لیتر بر ثانیه و در چهار طول نسبی طوقه در بالادست و پایین‌دست ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸ و ۱ نشان داده شده است. نتایج حاصل از نمودارها نشان می‌دهد وجود طوقه در اطراف پایه پل استوانه‌ای در مقایسه با حالت بدون طوقه (شاهد) باعث کاهش آبشستگی در اطراف آن می‌گردد. همچنین به ازای هر طول نسبی طوقه در پائین‌دست، هرچه طول نسبی طوقه در بالادست افزایش یابد، عمق نسبی آبشستگی کاهش می‌یابد. بطوریکه حداکثر عمق نسبی آبشستگی در طول نسبی طوقه بالادست و پایین‌دست ۰/۴ و حداقل آن در ۱ مشاهده می‌شود. زمانیکه طوقه روی پایه نصب می‌شود، گرداب‌های نعل اسبی رو به پایین در حین برخورد به طوقه از بستر منحرف شده و باعث کاهش عمق آبشستگی می‌شود و هرچه طول بستر طوقه در بالادست و پایین‌دست افزایش یابد مقدار عمق آبشستگی در محدوده گرداب‌های نعل اسبی کاهش می‌یابد.

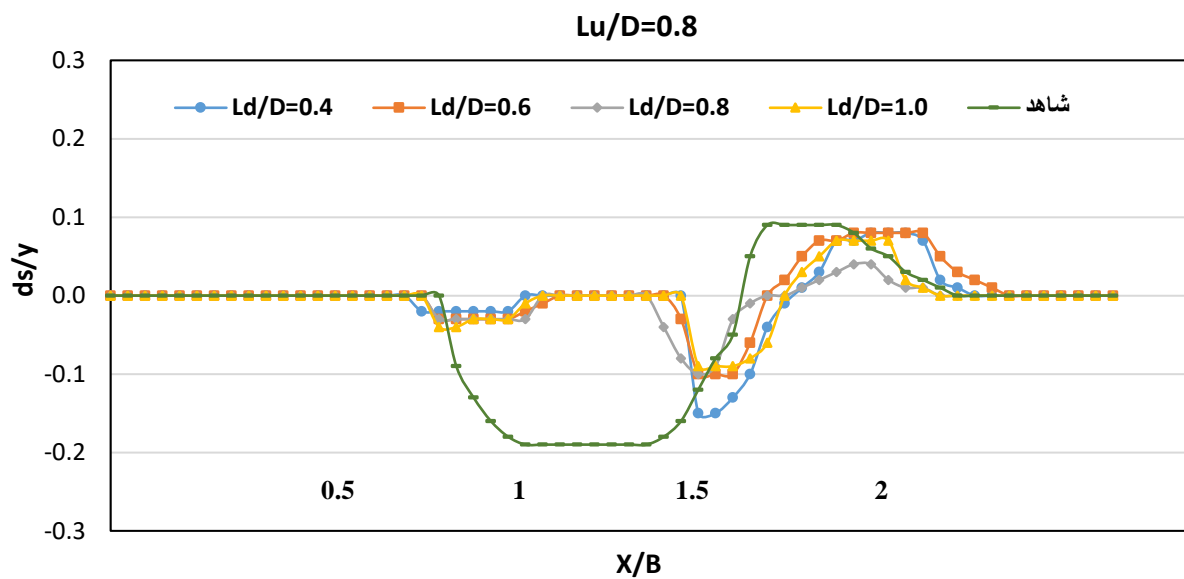


شکل ۷: اثر طول نسبی طوقه در بالادست پایه پل استوانه‌ای بر عمق نسبی آبشستگی  $Ld/D=0.4$

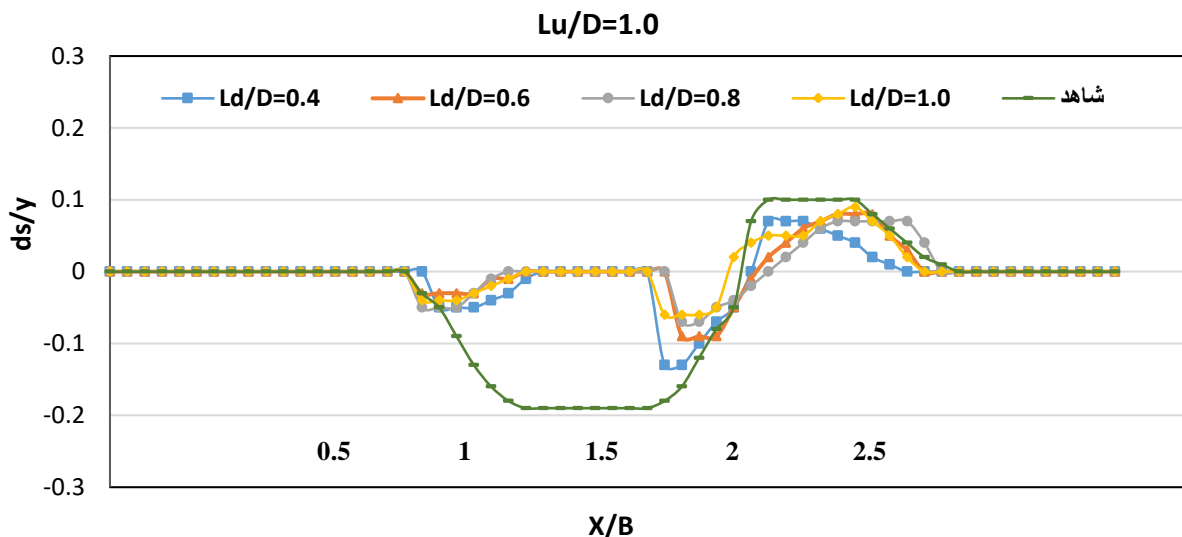




شکل ۸: اثر طول نسبی طوقه در بالادست پایه پل استوانه‌ای بر عمق نسبی آب‌شستگی  $Lu/D=0.6$



شکل ۹: اثر طول نسبی طوقه در بالادست پایه پل استوانه‌ای بر عمق نسبی آب‌شستگی  $Lu/D=0.8$



شکل ۹: اثر طول نسبی طوقه در بالادست پایه پل استوانه‌ای بر عمق نسبی آب‌شستگی  $Lu/D=1$

#### نتیجه‌گیری نهایی

در این تحقیق آزمایش‌ها جهت تعیین عمق آب‌شستگی در اطراف پایه پل استوانه‌ای با طوقه مربعی شکل مستقر در قوس ۱۸۰ درجه با هدف بررسی تاثیر طول نسبی طوقه در بالادست و پایین‌دست بر روی عمق آب‌شستگی در اطراف پایه پل استوانه‌ای و مقایسه آن با حالت بدون طوقه انجام گرفت. متغیرهای موثر در این تحقیق طول طوقه در بالادست و پایین‌دست در یک دبی ثابت ۱۶ لیتر بر ثانیه بود و نتایج این تحقیق نشان داد وجود طوقه در اطراف پایه پل استوانه‌ای باعث کاهش آب‌شستگی در اطراف آن می‌گردد. حداکثر عمق نسبی آب‌شستگی در طول نسبی طوقه بالادست و پایین‌دست ۰/۴ و حداقل آن در ۱ مشاهده می‌شود. طوقه  $Lu/D=1$  و  $Ld/D=1$  باعث کاهش ۶۸ درصد عمق آب‌شستگی اطراف طوقه می‌شود و هر چه طول نسبی طوقه در بالادست و پایین‌دست پایه پل استوانه‌ای افزایش یابد عمق نسبی آب‌شستگی در بالادست و پایین‌دست کاهش می‌یابد.

#### تشکر و قدردانی

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

#### منابع

صفرزاده، گندشمین، ا.، (۱۳۸۳) شبیه‌سازی الگوی جریان در آبگیری جانبی از قوس ۱۸۰ درجه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

**Breusers, H.N.C., Nicollet, G. and Shen, H.W. (1977).** Local scour around cylindrical piers. *Journal of Hydraulic Research*, 15(3): 211-252.

**Chiew, Y.M. and Melville, B.W.(1987).** Local Scour Around Bridge Piers. *Journal of Hydraulic Research*, Vol. 25, No. 1, pp. 15-26.

**Chiew, Y.M. (1992).** Scour Protection at Bridge Piers. *JHE, ASCE*, Vol. 118, No.9, ppl 260-1269.

**Kumar, V., Ranga Raju, K.G. and Vittal, N.(1999).** Reduction of local scour around bridge piers using slots and collars. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, 125(12): 1302-1305.

**Raudkivi, A.J. and Ettema, R. (1983).** Clear-Water Scour at Cylindrical Piers. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, 109(3).

**Raudkivi, A.J. (1998).** Loose boundary hydraulics. 4th Edition. Rotterdam ; Brookfield, VT : Balkema. 496 p.

**Richardson, E.V., Davies, S.R. (1995).** Evaluating scour at bridges. Report. No FHWAIP- 90-017 (HEC 18), Federal Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C.

**Singh, C.P., Setia, B. and Verma, D.V.S. (2001).** Collar-sleeve combination as a scour protection device around a circular pier. *Proceedings of Theme D, 29th Congress on Hydraulics of Rivers, Water Works and Machinery, Chinese Hydraulic Engineering Society, Beijing, China. September 16-21, 2002-209.*

**Zarrati, A.M., 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, ASCE*, 132(2): 154-162.

## **Control of local scour by symmetrical and asymmetrical collar around the bridge pier in river bend**

Parisima Abbasi<sup>1</sup>, Alireza Masjedi<sup>1\*</sup>, Mohammad Heydarnejad<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Water structure, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

\* Correspondence author: drmasjedi2007@yahoo.com

**Received Date: 2020. 11. 14**

**Accepted Date: 2021. 07. 05**

### **Abstract**

Scouring around the bridge piers is one of the main reasons for the destruction of bridges. One of the methods to reduce scouring around the bridge piers is installing a protective collar on the base. For this purpose, to investigate the effect of the collar, a series of experiments in a laboratory flume with an bend of 180 degrees and a central radius of 2.8 meters and a width of 0.6 meters with  $R/B = 4$  was made of Plexiglas. In this research, by placing a base with a diameter of 5 cm with different collars of relative length upstream and downstream 0.4, 0.6, 0.8 and 1 in the position of  $70^\circ$  bend with a constant flow of 16 liters Per second and a constant depth of 10 cm. The scouring phenomenon around the base in the state of clear water was investigated. Natural sand with uniform granulation with  $D_m = 2$  mm and uniformity coefficient of 1.8 was used for canal floor. The results of this study showed. Increasing the relative length of the collar upstream and downstream significantly reduces the amount of local scour around the base and also the highest and lowest percentage of reduction in scour depth around the collar with the relative length of upstream and downstream, respectively, 68 and 12 has been achieved.

**Keywords:** Relative collar length, scour, cylindrical base, 180 degree bend.