



دانشگاه گوارن کورنی و منابع آب

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و یکم، شماره ششم، ۱۳۹۳
<http://jwsc.gau.ac.ir>

بررسی عملکرد آبیایه در کاهش آبستگي اطراف تک‌پایه و پایه‌های دوتایی عمود بر مسیر جریان

*نشاط موحدی^۱، امیراحمد دهقانی^۲، عبدالرضا ظهیری^۳ و محمدجواد اعرابی^۴

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشجویار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲ استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۵/۴

چکیده

وقوع آبستگي موضعی اطراف پایه‌های پل یکی از دلایل اصلی تخریب آن‌ها است. بنابراین پیش‌بینی عمق آبستگي و ارزیابی راهکارهایی برای کنترل و کاهش آن ضروری است. یکی از روش‌هایی که اخیراً مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است، استفاده از آبیایه در پایین‌دست پایه‌های پل می‌باشد. در این پژوهش، به بررسی آزمایشگاهی تأثیر استفاده از آبیایه در کنترل آبستگي اطراف پایه‌های تکی و دوتایی عمود بر مسیر جریان در شرایط آب زلال پرداخته شد. آبیایه هم‌تراز با بستر رسوبی و در دو فاصله در پایین‌دست تک‌پایه و پایه‌های دوتایی عمود بر مسیر جریان با فواصل مختلف بین پایه‌ها (یک و دو برابر قطر پایه) مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد در هر دو حالت تک‌پایه و پایه‌های دوتایی عمود بر مسیر جریان، هنگامی که آبیایه به پایه چسبیده است، حداکثر کارایی آبیایه حاصل می‌شود؛ به طوری که عمق آبستگي جلوی پایه در تک‌پایه ۲۹/۶ درصد و در پایه‌های دوتایی با فواصل دو برابر قطر پایه ۳۴ درصد کاهش می‌یابد. همچنین محل حداکثر عمق آبستگي در تک‌پایه در جلوی پایه رخ می‌دهد اما در پایه‌های دوتایی به پایین‌دست منتقل می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آبیایه، آبستگي، پایه پل، پایه‌های دوتایی

* مسئول مکاتبه: neshat.movahedi@gmail.com

مقدمه

راه‌های ارتباطی، شریان‌های حیاتی یک کشور هستند و پل‌ها یکی از مهم‌ترین سازه‌های راه‌ها هستند که در صورت خرابی آن‌ها به‌ویژه در مواقع بحرانی مانند وقوع سیل، مشکلات فراوانی را موجب می‌شوند. طبق گزارش‌های موجود، یکی از دلایل اصلی تخریب پل‌ها، وقوع آتشسوزی اطراف پایه‌ها و تکیه‌گاه‌های آن می‌باشد (کایاتورک، ۲۰۰۵). به همین دلیل آتشسوزی موضعی به‌عنوان یک مسأله مهم در مهندسی رودخانه و سواحل مطرح می‌باشد. بنابراین تخمین حداکثر عمق آتشسوزی اطراف پایه‌های پل به‌منظور طراحی ایمن و اقتصادی پی دارای اهمیت می‌باشد.

در طبیعت معمولاً طراحی پل‌ها، به‌صورت فرارگیری چندین پایه کنار هم عمود بر مسیر جریان و یا به‌صورت متوالی می‌باشد در نتیجه فرآیندهای حاکم بر آتشسوزی نسبت به تک‌پایه پیچیده‌تر می‌گردد. این موارد عبارتند از اثر تقویت کردن، اثر محافظت یا پناه دادن، اثر گرداب‌های جاری و اثر به‌هم فشردگی گرداب‌های نعل اسبی (هانا، ۱۹۸۷). لازم به ذکر است که در مورد دو پایه مجاور تنها اثر به‌هم فشردگی گردابه‌های نعل اسبی وجود دارد. در زمینه گروه پایه‌هایی دوتایی عمود بر مسیر جریان نوح (۱۹۸۶) آزمایش‌هایی را به‌منظور تعیین فاصله بین پایه‌ها بر عمق آتشسوزی صورت داد و نتیجه گرفت با افزایش فاصله عرضی بین پایه‌ها، عمق آتشسوزی کاهش می‌یابد. نظریه‌ها (۱۹۹۶) نیز در گروه پایه‌های دوتایی مجاور هم با نسبت‌های $S/D = 1, 3, 5, 7$ (S: فاصله مرکز به مرکز دو پایه و D: قطر پایه) به این نتیجه رسید که برای نسبت‌های $S/D > 4$ عمق آتشسوزی مستقل از نسبت S/D خواهد بود. عطایی و بهشتی (۲۰۰۶) در گروه پایه‌های دوتایی مجاور هم با نسبت‌های $G/D = 0.5, 1, 2, 4, 6$ (G: فاصله بین دو پایه) به این نتیجه رسیدند که با افزایش فاصله دو پایه عمق آتشسوزی کاهش می‌یابد و در حالتی که $G/D = 0.25$ ماکزیمم عمق آتشسوزی ۵۰ درصد بیش‌تر از تک‌پایه است.

در سال‌های اخیر استفاده از راهکارهای حفاظتی برای کنترل پدیده آتشسوزی به‌طور وسیعی مورد استفاده قرار گرفته است که به دو دسته تثبیت بستر (مانند سنگ‌چین و گابیون) و کاهش شدت گردابه‌ها (مانند طوق، شکاف و آبپایه) تقسیم می‌شوند. انتخاب هر یک از این راهکارهای حفاظتی به خصوصیات هیدرولیکی و شرایط ژئوتکنیکی بستر رودخانه بستگی دارد.

آبپایه یکی از روش‌هایی است که با جلوگیری از توسعه گردابه‌ها بر عمق آتشسوزی اثر می‌گذارد. چپو و لیم (۲۰۰۳) استفاده از آبپایه‌های قربانی‌شده را در بالادست پایه، به‌عنوان راهکار حفاظتی برای

کاهش آبشستگی موضعی پیشنهاد دادند. از آنجایی که قرارگیری آبپایه در بالادست خطرات سازه‌ای را در بر خواهد داشت، گرمالدی و همکاران (۲۰۰۹) کاربرد متفاوتی از آبپایه را ارائه نمودند؛ آن‌ها به بررسی مکانیزم آبشستگی آبپایه در پایین‌دست پایه در فواصل مختلف قرارگیری از پایه پرداختند. نتایج آنان نشان داد که با به‌کارگیری آبپایه در پایین‌دست پایه دو حفره در پایین‌دست ایجاد می‌شود و کم‌ترین فاصله بین پایه و آبپایه دارای بیش‌ترین تأثیر بوده، به‌طوری‌که عمق آبشستگی جلوی پایه را حدود ۲۶ درصد کاهش می‌دهد. آن‌ها بیان داشتند گرچه آزمایش‌هایی برای تعیین محل دقیق حداکثر عمق آبشستگی (بالادست پایه یا پایین‌دست آبپایه) انجام نشده است اما به‌نظر می‌رسد برای نسبت‌های عرض کانال به قطر پایه کوچک‌تر از $16/7$ ($B/D < 16/7$)، محل حداکثر عمق آبشستگی به پایین‌دست آبپایه منتقل می‌شود. رازی و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر موقعیت قرارگیری آبپایه را در کاهش عمق آبشستگی مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان می‌دهد هنگامی که آبپایه در بالادست پایه و یا درست در وسط پایه قرار می‌گیرد خطر آبشستگی در پایین‌دست پایه بیش‌تر احساس می‌شود در نتیجه قراردادن آبپایه در بالادست توصیه نمی‌شود. همچنین با قرارگیری آبپایه در پایین‌دست پایه و چسبیده به آن، عمق آبشستگی جلوی پایه حدود ۳۰ درصد کاهش می‌یابد. پاگلیارا و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی آزمایشگاهی استفاده هم‌زمان از آبپایه و گابیون در حضور تجمع توده شاخ و برگ پرداختند. نتایج آزمایش‌های آنان نشان داد، وجود آبپایه در ابتدا منجر به کاهش آبشستگی می‌شود اما هنگامی که آبپایه نمایان می‌شود، آبشستگی به سرعت توسعه یافته و به مقدار عمق آبشستگی در حالت بدون آبپایه و گابیون می‌رسد. تفرج‌نوروز و همکاران (۲۰۱۲) راهکارهای حفاظتی گوناگونی را برای کنترل آبشستگی در تک‌پایه مورد بررسی قرار دادند. در مورد آبپایه نتایج آنان نشان داد هنگامی که آبپایه کاملاً به پایه چسبیده است، عمق آبشستگی جلوی پایه $17/2$ درصد کاهش می‌یابد.

استفاده از گروه پایه در مقایسه با تک‌پایه با همان خصوصیات سازه‌ای، به‌طور قابل‌توجهی هزینه‌های ساخت را کاهش دهد. مروری بر پژوهش‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که مطالعات اندکی بر روی تأثیر راهکارهای حفاظتی در گروه پایه‌ها به‌ویژه در پایه‌های دوتایی عمود بر مسیر جریان صورت گرفته و در زمینه استفاده از آبپایه در پایه‌های پل نیز، بیش‌تر پژوهش‌ها در تک‌پایه‌ها استوار بوده است. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی عملکرد آبپایه در پایه‌های دوتایی عمود بر مسیر جریان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تحلیل ابعادی: منطقه عمق آبستگي (d_s) در پایه‌های دوتایی عمود بر مسیر جریان همراه با آبپایه که در فاصله L از پایه‌ها قرار گرفته است (شکل ۱)، می‌تواند به صورت تابعی از خصوصیات هندسی، هیدرولیکی و زمان به صورت رابطه ۱ باشد:

$$d_s = f(\rho, g, \nu, Y, U, d_o, \rho_s, U_c, \sigma_g, D, G, B, L, t) \quad (1)$$

که در آن، ρ : چگالی سیال، g : شتاب ثقل، ν : لزجت سینماتیک سیال، Y : عمق جریان، U : سرعت متوسط جریان، d_o : قطر متوسط ذرات رسوبی، ρ_s : چگالی رسوبات، U_c : سرعت بحرانی، σ_g : ضریب یکنواختی، D : قطر پایه، G : فاصله بین پایه‌ها، B : عرض کانال و t : زمان می‌باشد.

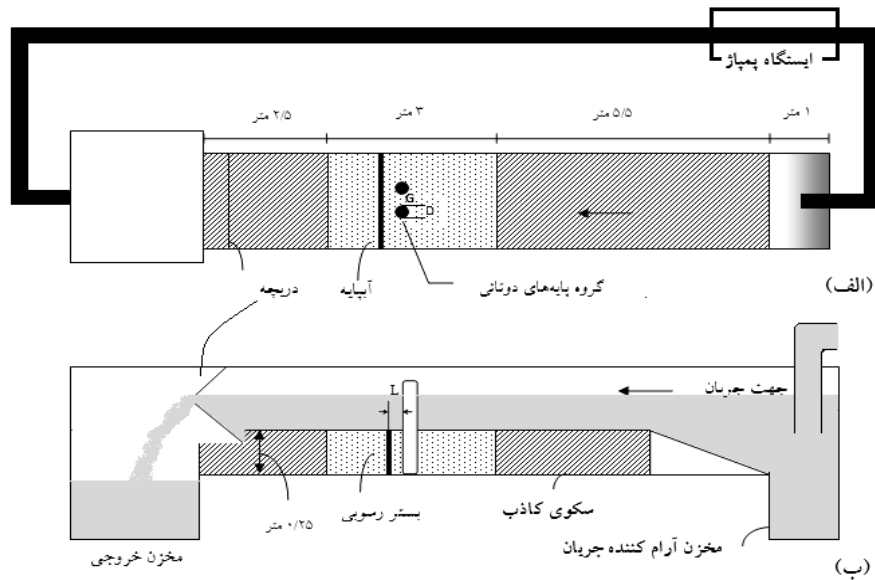
به منظور یافتن رابطه بین عوامل مؤثر بر آبستگي، آنالیز ابعادی به روش پی-باکینگهام بر روی پارامترهای مؤثر انجام شد و رابطه ۲ حاصل گردید:

$$\frac{d_s}{D} = f\left(\frac{\rho}{\rho_s}, \frac{U}{\sqrt{gD}}, \frac{Y}{D}, \frac{U}{U_c}, \frac{UD}{\nu}, \frac{d_o}{D}, \frac{G}{D}, \frac{B}{D}, \frac{L}{D}, \frac{U_t}{D}, \sigma_g\right) \quad (2)$$

که در آن، $\frac{U}{\sqrt{gD}}$ به عدد فرود پایه و $\frac{UD}{\nu}$ به عدد رینولدز پایه معروف است. با توجه به آشفته بودن جریان، می‌توان از عدد رینولدز صرف نظر کرد. در همه آزمایش‌ها عدد فرود، قطر متوسط ذرات، چگالی رسوب و عرض کانال ثابت می‌باشد، در نتیجه به ترتیب پارامترهای بی‌بعد $\frac{U}{\sqrt{gD}}$ و $\frac{d_o}{D}$

حذف شدند و رابطه ۳ به دست آمد:

$$\frac{d_s}{D} = f\left(\frac{Y}{D}, \frac{U}{U_c}, \frac{UD}{\nu}, \frac{G}{D}, \frac{B}{D}, \frac{L}{D}, \frac{U_t}{D}\right) \quad (3)$$



شکل ۱- کانال آزمایشگاهی و موقعیت نصب مدل‌ها؛ الف. پلان، ب. نمای جانبی.

تجهیزات آزمایشگاهی و مشخصات آزمایش‌ها: آزمایش‌های مورد نظر در کانالی به ۱۲ متر و عرض و ارتفاع ۰/۶ متر در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام پذیرفت. در قسمت ورودی کانال، مخزن آرام‌کننده جریان به طول ۱ متر وجود دارد که آشفتگی‌های جریان ورودی توسط این مخزن گرفته شده و جریان به آرامی وارد کانال می‌گردد. ابتدا و انتهای کانال نیز به کمک دو سکوی فلزی تا ارتفاع ۰/۲۵ متر بالا آورده شده و قسمت میانی کانال به طول ۳ متر و هم‌تراز با لبه بالای سکوها، با رسوبات با اندازه متوسط ذرات ۰/۹ میلی‌متر پر گردیده است. شکل ۱ نمای طولی و پلان کانال آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.

در انتهای هر آزمایش، مختصات نقاط مورد نظر با استفاده از دستگاه عمق‌سنج دیجیتال با دقت ۰/۱ میلی‌متر برداشت شده و توپوگرافی رسم می‌گردید. دبی جریان نیز با استفاده از دبی‌سنج اولتراسونیک اندازه‌گیری می‌شد.

مواردی باید در انتخاب اندازه متوسط ذرات رسوب (d_{50}) مد نظر قرار می‌گرفت؛ از جمله این که برای جلوگیری از تشکیل ریپل باید اندازه متوسط ذرات بیشتر از ۰/۷ میلی‌متر باشد بنابراین ۰/۹ میلی‌متر انتخاب گردید. همچنین برای حذف اثر اندازه رسوبات در عمق آبستگي، نسبت قطر پایه به

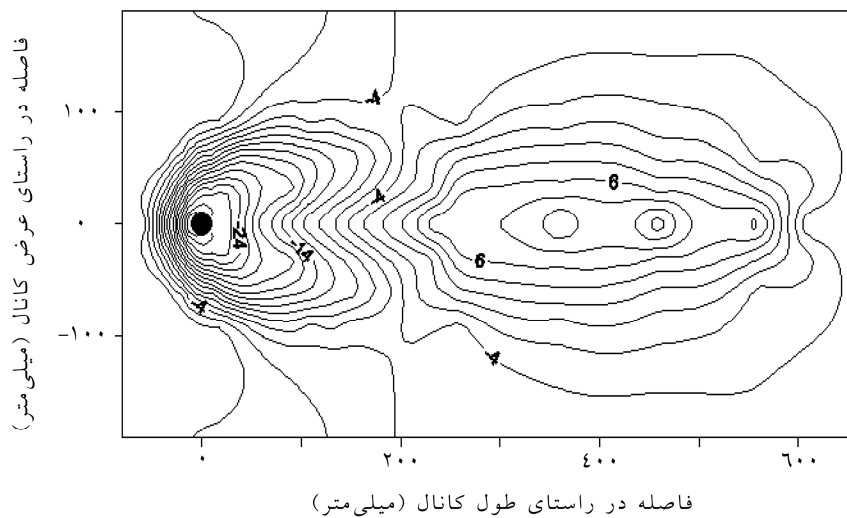
اندازه متوسط ذرات بزرگ‌تر از ۲۵-۲۰ انتخاب شد (رودکیوی و اتما، ۱۹۸۳) و برای حذف اثر غیریکنواختی مصالح بر آبشستگی از رسوبات با انحراف معیار ۱/۳ استفاده شد (شفاعی بچستان، ۲۰۱۱). مدل پایه‌ها و آبیایه به ترتیب از جنس پلاستیک تفلون و پلکسی گلاس انتخاب شدند. قطر پایه‌ها و فواصل بین آن‌ها طوری انتخاب گردید که دیواره‌های کانال اثری روی آبشستگی نداشته باشند. عطایی و بهشتی (۲۰۰۶) بیان داشتند اندازه مدل باید به گونه‌ای باشد که ناحیه مسدود شده از ۱۲ درصد مقطع جریان تجاوز نکند. در نتیجه پایه‌هایی به قطر ۲۰ میلی‌متر در فواصل یک و دو برابر قطر پایه از یکدیگر مورد آزمایش قرار گرفتند. در آزمایش‌های تک پایه نیز قطر پایه ۲۰ میلی‌متر انتخاب شد. در جدول ۱ خلاصه آزمایش‌های صورت گرفته ارائه شده است. در تمامی آزمایش‌ها، آبیایه هم‌تراز با بستر رسوبی، به طول عرض کانال و به‌طور کاملاً عمود در پایین دست پایه‌ها قرار می‌گرفت. شکل ۱ موقعیت قرارگیری آبیایه و پایه‌ها را نشان می‌دهد. برای اطمینان از توسعه یافتگی جریان در ابتدا مدل‌ها در فاصله مناسبی از ورودی جریان آب به داخل کانال قرار گرفتند و سپس کنترل آن با استفاده از دستگاه سرعت‌سنج صورت گرفت. سرعت آستانه حرکت ذرات رسوبی نیز از طریق مشاهده به دست آمد. مشاهده‌ها نشان داد برای دبی ۲۴ لیتر بر ثانیه و عمق ۱۳۰ میلی‌متر رسوبات در آستانه حرکت قرار می‌گیرند و سرعت آستانه حرکت ۰/۳۰۷ متر بر ثانیه می‌باشد. برای تعیین زمان تعادل آزمایش‌ها، یک آزمایش ۴۸ ساعته برای پایه‌های دوتایی با فاصله $G=D$ همراه با آبیایه در موقعیت $L=0$ صورت گرفت. نتایج نشان داد عمق آبشستگی جلوی و پشت پایه طبق معیار ملویل و چپو (۱۹۹۹) پس از ۲۴ ساعت به تعادل می‌رسد. بنابراین زمان انجام آزمایش‌ها ۲۴ ساعت در نظر گرفته شد.

جدول ۱- خلاصه آزمایش‌های صورت گرفته.

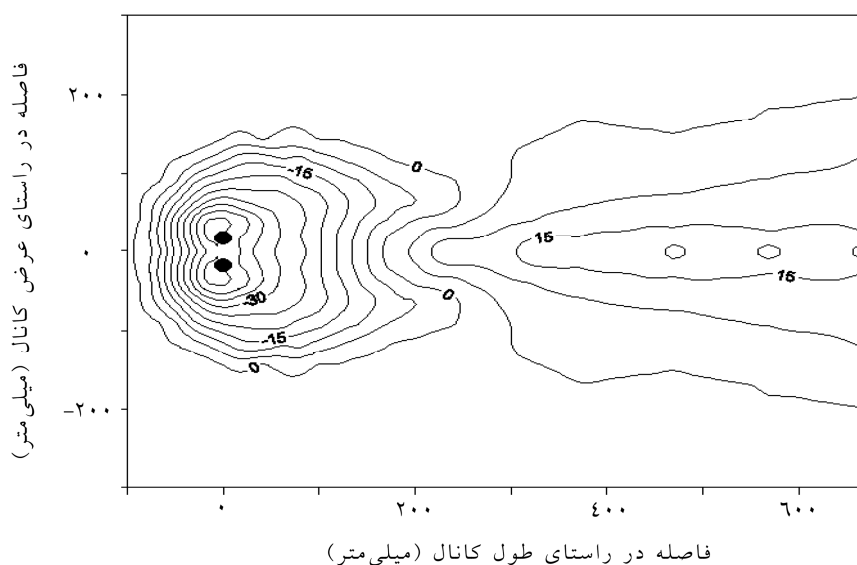
شماره آزمایش	نحوه قرارگیری پایه و آبیایه	G/D	L/D
۱	تک پایه بدون آبیایه	-	-
۲	تک پایه همراه با آبیایه	-	۰
۳	تک پایه همراه با آبیایه	-	۱
۴	پایه‌های دوتایی بدون آبیایه	۱	-
۵	پایه‌های دوتایی همراه با آبیایه	۱	۰
۶	پایه‌های دوتایی همراه با آبیایه	۱	۱
۷	پایه‌های دوتایی بدون آبیایه	۲	-
۸	پایه‌های دوتایی همراه با آبیایه	۲	۰
۹	پایه‌های دوتایی همراه با آبیایه	۲	۱

نتایج و بحث

توپوگرافی بستر در شرایط تعادل: در ابتدا آزمایش‌های شاهد برای تک‌پایه و پایه‌های دوتایی عمود بر مسیر جریان (به قطر ۲ سانتی‌متر) صورت گرفت. در تک‌پایه در اثر جریان پایین‌رونده در ابتدا در جلوی پایه حفره آبستگي ایجاد می‌شود سپس تحت تأثیر گرداب‌های نعل اسبی این حفره به سمت پایین دست توسعه یافته و عمیق تر می‌گردد. پشته رسوبی نیز در پشت پایه توسط جریان به سمت پایین دست حرکت می‌کند (شکل ۲). در پایه‌های دوتایی عمود بر میسر جریان، دو فاصله یک و دو برابر قطر پایه (۲, ۱) G/D مورد آزمایش قرار گرفتند. هنگامی که از گروه پایه استفاده می‌شود تداخل گرداب‌های نعل اسبی باعث افزایش عرض و عمق حفره آبستگي در جلوی پایه می‌شود (شکل ۳). در حالت تک‌پایه عرض حفره آبستگي جلوی پایه ۱۸۰ میلی‌متر می‌باشد و هنگامی که از دو پایه با نسبت $G/D=1$ استفاده می‌شود عرض حفره آبستگي جلوی پایه ۲۸۰ میلی‌متر می‌گردد.

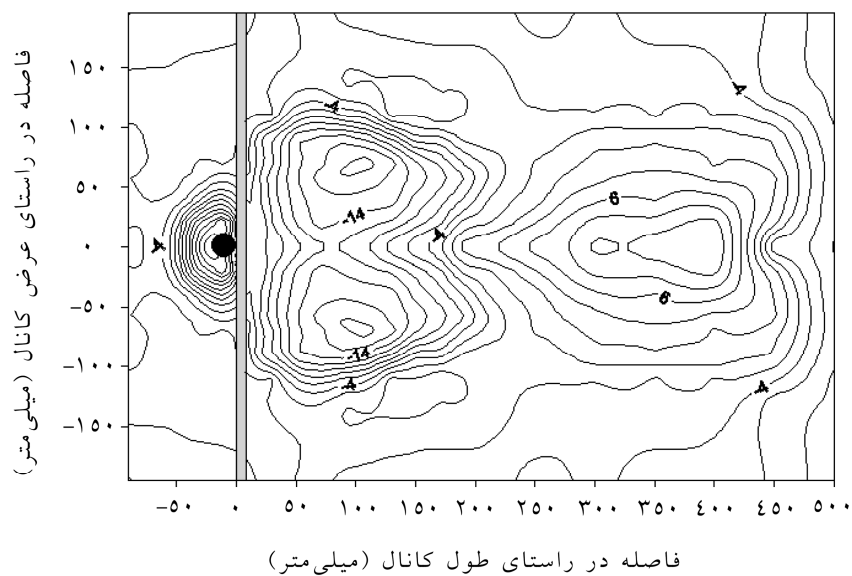


شکل ۲- توپوگرافی بستر برای تک‌پایه بدون آپیایه.

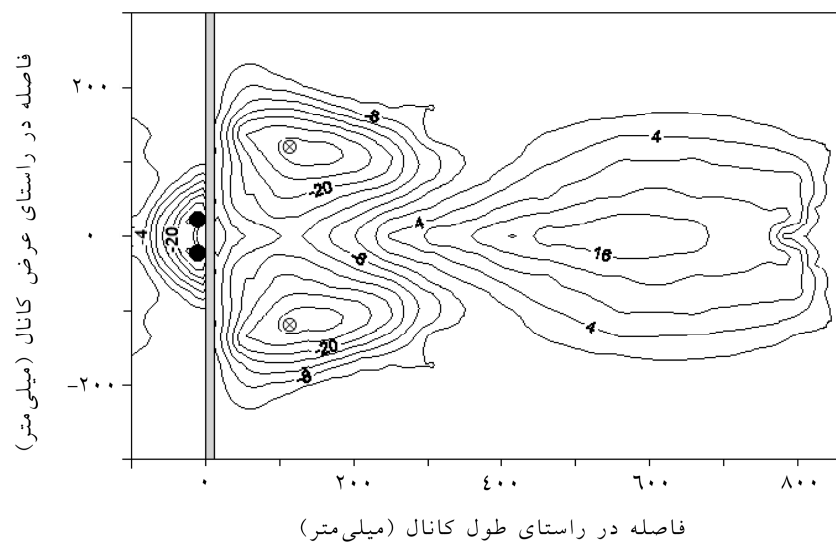


شکل ۳- توپوگرافی بستر برای پایه‌های دوتایی بدون آبیایه با نسبت $G/D=1$.

در سری دوم از آزمایش‌ها آبیایه هم‌سطح با بستر و در پایین‌دست تک‌پایه و پایه‌های دوتایی عمود بر مسیر جریان با نسبت‌های ۲، ۱ و $G/D=1$ و چسبیده به آن‌ها کار گذاشته شد تا عملکرد آن در کاهش آبشستگی مورد بررسی قرار گیرد. در شکل‌های ۴ و ۵ توپوگرافی بستر برای دو حالت تک‌پایه و گروه پایه با نسبت $G/D=1$ همراه با آبیایه ترسیم شده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌گردد در هر دو حالت در پایین‌دست آبیایه دو حفره متقارن شکل می‌گیرد که ناشی از فعالیت گرداب‌های برخاستگی در پشت آبیایه و جریانی است که به‌صورت متقارن از کناره‌های پایه عبور می‌کند. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود وجود آبیایه منجر به کاهش عمق و عرض حفره آبشستگی در جلوی آبیایه می‌شود. در تک‌پایه عرض حفره آبشستگی بالادست از ۱۸۰ میلی‌متر در حالت بدون آبیایه به ۱۲۰ میلی‌متر کاهش می‌یابد و در پایه‌های دوتایی عمود بر مسیر جریان نیز از ۲۸۰ میلی‌متر در حالت بدون آبیایه به ۲۰۰ میلی‌متر با وجود آبیایه چسبیده به پایه می‌رسد. هنگامی که از گروه پایه استفاده می‌شود محل حداکثر عمق آبشستگی پایین‌دست با افزایش فاصله بین پایه‌ها به جداره کانال نزدیک‌تر می‌شود.

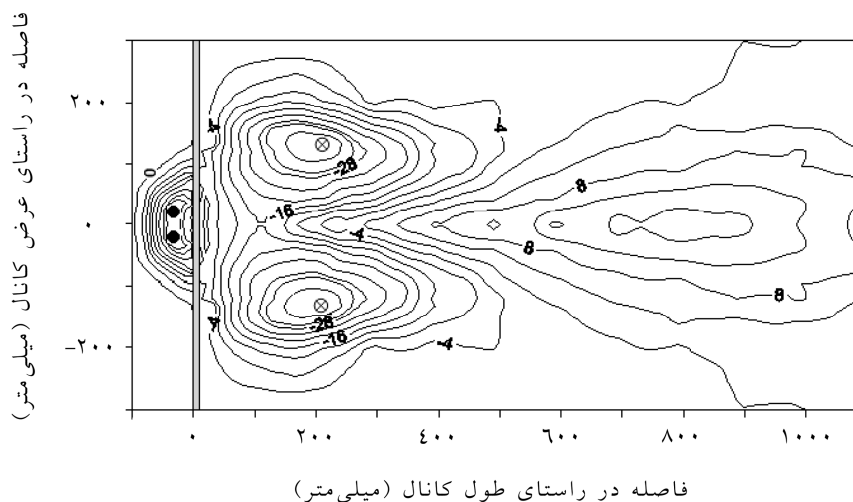


شکل ۴- توپوگرافی بستر برای تک پایه ۲ سانتی متر همراه آبپایه برای حالت $L=0$.



شکل ۵- توپوگرافی بستر برای پایه‌های دوتایی همراه آبپایه با نسبت $G/D=1$ و $L=0$.

در سری سوم از آزمایش‌ها باز هم آبپایه هم سطح با بستر و در پایین‌دست تک‌پایه و پایه‌های دوتایی عمود بر مسیر جریان با نسبت‌های ۲، ۱ و $G/D=1$ و به فاصله D از آن‌ها کار گذاشته شد. با افزایش فاصله بین پایه و آبپایه (مقایسه شکل‌های ۵ و ۶)، پایه دیرتر اثر آبپایه را احساس کرده و فرصت بیشتری برای جابه‌جایی و حمل رسوب خواهد داشت؛ در نتیجه ابعاد حفره آبشستگی در بالادست و پایین‌دست افزایش می‌یابد. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد محل حداکثر عمق آبشستگی پایین‌دست هنگامی که آبپایه کاملاً چسبیده به پایه قرار دارد، نسبت به حالتی که به اندازه قطر پایه از آن فاصله دارد، به آبپایه نزدیک‌تر است.



شکل ۶- توپوگرافی بستر برای پایه‌های دوتایی همراه آبپایه با نسبت $G/D=1$ و $L=0$.

مقادیر عمق آبشستگی: هنگامی که از آبپایه استفاده می‌شود، مدتی پس از شروع آزمایش گردابه‌ها دیگر توان بالا آوردن ذرات تا ارتفاع آبپایه و حمل آن‌ها به پایین‌دست پایه را ندارند، در نتیجه عمق آبشستگی جلوی پایه کاهش می‌یابد. به‌منظور بررسی اثر آبپایه بر آبشستگی از درصد کاهش عمق آبشستگی مطابق رابطه ۴ استفاده شده است:

$$r_{de}(\%) = \frac{d_{se0} - d_{seS}}{d_{se0}} \times 100 \quad (4)$$

که در آن، d_{se0} و d_{seS} : عمق آبخستگی جلوی پایه در حالت با و بدون آبپایه می‌باشد. در جدول ۲ درصد کاهش عمق آبخستگی جلوی پایه‌ها با وجود آبپایه نسبت به حالت بدون آبپایه ارایه شده است. d_{sed} عمق آبخستگی پایین‌دست آبپایه است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد وجود آبپایه منجر به کاهش عمق آبخستگی جلو پایه در هر دو فاصله شده است. در حالی که آبپایه کاملاً چسبیده به پایه است، عمق آبخستگی جلوی پایه ۲۹/۶ درصد کاهش یافته و بیانگر حداکثر عملکرد آبپایه است.

جدول ۲- درصد کاهش عمق آبخستگی تک‌پایه ۲ سانتی‌متر همراه با آبپایه.

شماره آزمایش	L/D	d_{se} (میلی‌متر)	r_{dse} (درصد)	d_{sed} (میلی‌متر)
۱	-	۳۵	-	۲۸
۲	۰	۲۴/۶	۲۹/۶	۱۸/۹
۳	۱	۲۷/۲	۲۲/۳	۱۵/۳

به‌دلیل منحرف شدن جریان و توسعه گردابه‌های برخاستگی در دو طرف پایه، در پایین‌دست آبپایه دو حفره متقارن تشکیل می‌گردد که عمق آن کم‌تر از عمق آبخستگی جلوی پایه است؛ به‌عبارت دیگر در تک‌پایه همراه با آبپایه با نسبت $B/D=30$ ، محل حداکثر عمق آبخستگی در بالادست و جلوی پایه می‌باشد (در هر دو حالت $L=0$, D) که این نتیجه با نتایج گریمالدی و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد. وی بیان کرد هنگامی که نسبت عرض کانال به قطر پایه از ۱۶/۷ تجاوز می‌کند، عمق آبخستگی پایین‌دست آبپایه کم‌تر از حداکثر عمق آبخستگی در محل پایه خواهد بود؛ چون در این حالت تأثیر جداره‌های کانال بر عمق آبخستگی پایین‌دست ناچیز است. همان‌طور که نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد با فاصله گرفتن آبپایه از پایه، عمق حفره آبخستگی پایین‌دست پایه به‌دلیل کاهش تأثیر گردابه‌ها کم‌تر شده است، در حالی که در بالادست، عمق حفره جلوی پایه افزایش یافته است. علت این است که با افزایش فاصله پایه و آبپایه ($L=D$) گردابه‌ها در فاصله دورتری اثر آبپایه را احساس کرده و در نتیجه فرصت بیشتری برای جابه‌جایی رسوبات خواهند داشت (نسبت به $L=0$).

در جدول ۳ درصد کاهش عمق آبستگی جلوی پایه‌ها با وجود آبپایه نسبت به حالت بدون آبپایه، طبق رابطه ۴ ارایه شده است. همان‌طور که در بخش‌های قبل ذکر شد، با افزایش فاصله بین پایه‌ها عمق آبستگی کاهش می‌یابد؛ بنابراین در حالتی که پایه‌ها در فاصله $2D$ از یکدیگر قرار دارند با وجود آبپایه چسبیده به پایه کم‌ترین میزان آبستگی یعنی $3/34$ درصد اتفاق افتاده است. هنگامی که پایه‌ها در فواصل کمی از یکدیگر قرار می‌گیرند، بدون حضور آبپایه، عمق آبستگی نسبت به تک‌پایه افزایش می‌یابد؛ نتایج نشان می‌دهد در صورت استفاده از پایه‌های دوتایی همراه آبپایه، عمق آبستگی جلوی پایه به تک‌پایه نزدیک شده و با افزایش فاصله بین پایه‌ها میزان اثرگذاری آبپایه بیش‌تر می‌گردد.

جدول ۳- درصد کاهش عمق آبستگی اطراف پایه‌های دوتایی همراه با آبپایه.

شماره آزمایش	G/D	L/D	d_{se} (میلی‌متر)	Γ_{dse} (درصد)	d_{sed} (میلی‌متر)
۴	۱	-	۴۴	-	۳۸
۵	۱	۰	۳۰/۵	۳۰/۷	۳۰/۹
۶	۱	۱	۳۵	۲۰/۴	۳۷/۶
۷	۲	-	۴۲	-	۳۵
۸	۲	۰	۲۷/۶	۳۴/۳	۳۲/۶
۹	۲	۱	۳۴/۵	۱۷/۸	۳۶/۱

نتایج نشان می‌دهد در پایه‌های دوتایی عمود بر مسیر جریان محل حداکثر عمق آبستگی به پایین‌دست منتقل می‌شود زیرا در این حالت با توجه به نسبت عرض کانال به قطر پایه‌ها، جداره‌های کانال بر عمق آبستگی اثر می‌گذارد؛ که این نتیجه نیز با فرض گریمالدی و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد. همچنین در هر دو حالت (پایه‌های دوتایی همراه با آبپایه) بر خلاف تک‌پایه، در حالتی که آبپایه به اندازه قطر پایه از پایه فاصله داشته باشد، عمق آبستگی پایین‌دست پایه بیش‌تر از حالتی است که به پایه چسبیده است. علت این مسأله ناشی از تداخل گردابه‌های بین دو پایه با گردابه‌های برخاستگی در پایین‌دست پایه و آبپایه است.

نتیجه گیری کلی

در این پژوهش، کارایی احداث آبپایه به صورت آزمایشگاهی برای کاهش عمق حداکثر آبشستگی در محل پایه های پل در دو حالت تک پایه و پایه های دوتایی عمود بر مسیر جریان مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از آبپایه در پایین دست پایه پل، منجر به کاهش عمق حداکثر آبشستگی جلوی پایه می گردد؛ به طوری که در بهترین حالت که پایه به آبپایه چسبیده است، در تک پایه ۲۹/۶ درصد و در پایه های دوتایی با نسبت های ۱، ۲ $G/D=$ به ترتیب ۳۰/۷ و ۳۴/۳ درصد کاهش آبشستگی اتفاق افتاده است. در تک پایه علاوه بر اینکه عمق آبشستگی پایین دست کاهش می یابد محل حداکثر آن نیز هنگامی که آبپایه کاملاً چسبیده به پایه قرار دارد، نسبت به حالتی که به اندازه قطر پایه از آن فاصله دارد، از آبپایه دورتر است. اما در مورد پایه های دوتایی عمود بر مسیر جریان حداکثر عمق آبشستگی در پایین دست اتفاق افتاده و محل حداکثر آن نیز با فاصله گرفتن آبپایه از پایه ها، از آبپایه دور می شود.

منابع

1. Ataei-Ashtiani, B., and Beheshti, A.A. 2006. Experimental investigation of clear-water local scour at pile groups. J. Hydr. Engin. 132: 10. 1100-1104.
2. Chiew, Y.M., and Lim, S.Y. 2003. Protection of bridge piers using a sacrificial sill. Proc. Inst. Civ. Eng. Water and Maritime Engineering. 156: 1. 53-62.
3. Grimaldi, C., Gaudio, R., Calomino, F., and Cardoso, A.H. 2009. Control of scour at bridge piers by a downstream bed sill. J. Hydr. Engin. 135: 1. 13-21.
4. Hannah, C.R. 1978. Scour at Pile Groups. University of Canterbury, N.Z., Civil Eng. Research Rep. No.78.
5. Kayaturk, S.Y. 2005. Scour and Scour Protection at Bridge Abutment. PhD Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 213p.
6. Melville, B.W., and Chiew, Y.M. 1999. Time-scale for local scour at bridge piers. J. Hydr. Engin. 125: 1. 59-65.
7. Nazariha, M. 1996. Design relationships for maximum local scour depth for bridge pier groups. Ph.D. Thesis, University of Ottawa, Canada, 335p.
8. Noh, M. 1986. Local scour at pile groups in meandering channels. Proc. of IAHR, Symp. On Scale Effects in Modeling Sediment Transport Phenomenon, Toronto, Canada, 25-28 Aug., Pp: 164-179.
9. Pagliara, S., Carnacina, I., and Cigni, F. 2010. Sills and gabions as countermeasures at bridge pier in presence of debris accumulations. J. Hydr. Res. 48: 6. 764-774.

10. Raudkivi, A.J., and Ettema, R. 1983. Clear-Water Scour at Cylindrical Piers. J. Hydr. Engin. 109: 3. 338-350.
11. Razi, S., Hoseinzade Dalir, A., Salmasi, F., and Farsadizade, D. 2010. Effect of bed sill location on reducing scour depth at cylindrical piers. 9th Hydraulic Conference of Iran, Tarbiat modares university. (In Persian)
12. Shafaei Bejestan, M. 2011. Basic theory and practice of hydraulics of sediment transport. Shahid chamran university press, 549p. (In Persian)
13. Tafarojnoruz, A., Gaudio, R., and Calomino, F. 2012. Control evaluation of flow-altering countermeasures against bridge pier scour. J. Hydr. Engin. 138: 3. 297-305.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(6), 2015
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Investigating the efficiency of using bed sill in reduction of scour around single pier and side-by-side piers

***N. Movahedi¹, A.A. Dehghani², A.R. Zahiri³ and M.J. Aarabi⁴**

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ⁴M.Sc. Graduate, Dept. of Civil Engineering, Isfahan University of Technology

Received: 01/19/2014; Accepted: 07/26/2014

Abstract

Occurrence of local scour phenomenon around the bridge piers is the main cause of bridge failure. Thus, estimation of scour depth as well as development of solutions to control or reduce its effect seems to be necessary. Using bed sill at downstream of the bridge pier is one of the ways that have recently attracted attention of researchers. In this study, the efficiency of bed sill in reduction of scour around single pier and side-by-side piers, have been investigated experimentally, for clear water conditions. Bed sill was located in a same level with the bed sediment and in two various positions downstream of single pier and two side-by-side piers with distances of an equal and twice of pier diameter. The results showed in both single pier and side-by-side piers when bed sill is located adjust to the pier the maximum efficiency of bed sill achieved. The scour depth in front of single pier and side-by-side piers with distance of twice of pier diameter reduced 29.6% and 34%, respectively. Also, the location of maximum scour depth in single pier occurs in front of the pier but in side-by-side piers it is transferred to the downstream.

Keywords: Bed sill, Scouring, Bridge pier, Side-by-side piers

* Corresponding Author; Email: neshat.movahedi@gmail.com

