

# بررسی آزمایشگاهی تأثیر کابل و آبیایه در کاهش آبشستگی پایه پل استوانه ای

رضا قاسمی<sup>۱</sup> محسن سلیمانی بابرصاد<sup>۲\*</sup> رحمن دوستی<sup>۳</sup>

۱- دانش آموخته دانشکده علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

۲- گروه مهندسی آب، مرکز تحقیقات علوم آب و محیط زیست، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

تلفن: ۰۹۱۶۹۰۹۹۷۸۴ [Mohsen.solb@gmail.com](mailto:Mohsen.solb@gmail.com)

۳- کارشناس ارشد سنجش از دور زمین شناختی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۳۱

## چکیده

آبشستگی موضعی اطراف پایه‌های پل یکی از علل تخریب آنها می باشد. از این رو جهت کاهش و کنترل این پدیده، تحقیقات گسترده‌ای صورت گرفته، و راهکارهایی در این راستا ارائه گردیده است. این راهکارها شامل دو بخش مستقیم و غیرمستقیم بوده، که در این تحقیق با تعریف سناریوهایی، بررسی هر دو روش و تأثیر همزمان آنها انجام شد. در این مطالعه، روش استفاده از کابل که باعث تغییر در الگوی جریان اطراف پایه می‌گردد، بعنوان روش غیرمستقیم و آبیایه که باعث انحراف خطوط جریان از روی بستر می‌شود، به عنوان روش مستقیم در نظر گرفته شدند. از این رو حالت‌های مختلف از آبیایه، در جلوی پایه، پشت پایه و کابل دور پایه با گام‌های نسبی برابر  $0/33$ ،  $0/5$  و  $0/67$  در شرایط آب زلال مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به آزمایش‌های مقایسه‌ای، استفاده از آبیایه در جلو نسبت به آبیایه در پشت پایه، بطور متوسط در محدوده ۱۵ تا ۲۰ درصد عمق آبشستگی کمتری را نتیجه می‌دهد. بنابراین بطور کلی با توجه به نمودارهای می‌توان نتیجه گرفت که استفاده توأم کابل و آبیایه عمق آبشستگی را کاهش داده است و بعنوان یک روش کاهش عمق آبشستگی توأمان پایه مورد قبول می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آبشستگی، پایه پل، آبیایه، کابل.

## مقدمه

پیش بینی میزان آن و لحاظ کردن آن در طراحی پل‌ها و مهمتر از همه بکار بردن تمهیدات لازم برای کنترل و کاهش آبشستگی موضعی بسیار ضروری است (Safaei et al., 2015). محققین زیادی نظیر (Solimani Babarsad et al., 2021)، (Solimani Babarsad and Safaei, 2021) برای جلوگیری و کاهش قدرت عوامل فرسایش روش‌های مختلفی را ارائه کرده‌اند که از مهمترین آنها می‌توان از روش‌های حفاظتی و روش‌های تغییر الگوی جریان نظیر استفاده از سنگ چین (ریپ‌رپ) صفحات مستغرق، طوق، شکاف و

پل‌ها از جمله مهمترین و پرکاربردترین سازه‌های رودخانه‌ای هستند که از دیرباز مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند (Solimani Babarsad et al., 2021). تجربه طولانی مدت احداث پل بر روی رودخانه‌ها، مشخص نموده که در طراحی پل‌ها تنها در نظر داشتن مسائل سازه‌ای و فنی کافی نبوده بلکه طراحی هیدرولیکی نیز باید مورد توجه قرار گیرد. با شناخت الگوی جریان در اطراف اشکال هندسی پایه‌ها می‌توان صدمات ناشی از تخریب پایه پل‌ها را به طرز چشمگیری کاهش داد. بنابراین شناخت این پدیده،

آبشستگی پرداختند. نتایج آزمایشهای آنها نشان داد که استفاده از طوق با عرض دو برابر قطر پایه میتواند آبشستگی را ۵۵ تا ۹۶ درصد کاهش دهد. مطالعاتی توسط (Khwaierakpam and Mazumdar, 2009) انجام شد، نتایج حاصل از پژوهش آنها نشان داد که کاربرد کابل، در انحراف جریانهای رو به پایین و تضعیف قدرت گردابهای نعل اسبی است. همچنین عمق آبشستگی با افزایش قطر کابل و تعداد گامهای دور پایه کاهش می یابد. در این راستا (Aghli and Zomorodian, 2013) طی پژوهشی بر روی تأثیر همزمان کابل و طوق بر روی عمق آبشستگی پیرامون گروه پایه های پل به این نتیجه رسیدند که با کاهش فاصله بین گامهای کابل عمق آبشستگی کاهش می یابد. در این تحقیق از دو ضخامت کابل ۰/۴D و ۰/۲D و در سه گام متفاوت استفاده شد، که برای کابل هایی که نسبت ضخامت به قطر پایه بزرگتر از ۰/۴D باشد، افزایش ضخامت کابل تأثیر چندانی روی کاهش عمق آبشستگی ندارد.

استفاده از کابل اشاره کرد. در این راستا از جمله پژوهشگرانی که به بررسی روشهای کاهش قدرت و تغییرات الگوی جریان پرداخته اند اشاره می گردد (Akhlaghi et al., 2020). عملکرد طوق های مستقل و پیوسته با سنگ چین در کاهش آبشستگی موضعی در اطراف گروه پایه را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که با دو پایه در یک خط ترکیب طوق های پیوسته و سنگ چین منجر به کاهش ۵۰ و ۶۰ درصد عمق آبشستگی در جلو و عقب پایه می شود. به بررسی صفحات مستغرق در کنترل آبشستگی اطراف پایه های پل مستطیلی با دماغه گرد پرداختند. نتایج مطالعات آنها نشان داد که تکنیک استفاده از صفحات مستغرق یک روش مناسب برای کاهش آبشستگی در اطراف پایه ها میباشد و همچنین با افزایش زاویه پایه پل نسبت به جهت جریان بر میزان آبشستگی در اطراف پایه افزوده میشود و از تأثیر صفحات مستغرق در این حالت کاسته می شود (Moncada-M et al., 2009)، به بررسی عملکرد طوق و شکاف در کاهش

## مواد و روشها

### تجهیزات آزمایشگاهی

کلیه آزمایش ها در آزمایشگاه هیدرولیک سازمان آب و برق خوزستان، در یک فلوم مستطیلی روباز دارای ابعادی به طول ۷،۵ متر، عرض ۰/۳ متر و ارتفاع ۴۵ سانتی متر انجام شد. اسکلت سازه فلوم فلزی و جنس جداره ها از فایبر گلاس مقاوم بود. شیب کف فلوم توسط جک هیدرولیکی قابلیت تنظیم داشته و رسوبات بستر به ارتفاع ۱۴ سانتی متر از کف فلوم توسط دو محفظه محصور گردیدند. جهت تأمین آب از سه مخزن زمینی روباز از جنس فایبرگلاس استفاده شد. همچنین جهت تنظیم ارتفاع آب مورد نیاز در کانال از یک سرریز مستطیلی ریزشی در قسمت خروجی استفاده شد. به

منظور کنترل دبی ورودی به فلوم یک شیر قبل از ورودی دستگاه تعبیه شد و بمنظور ثابت نگه داشتن دبی در طول آزمایش و نظارت بر دبی مورد نظر از یک دبی سنج دیجیتال بهره برده شده است. پس از هدایت آب به درون فلوم، جریان ورودی آب توسط سرریز ریزشی در انتهای فلوم تنظیم می گردید تا آب در تراز مورد نظر در فلوم بصورت دائمی برای انجام آزمایش تأمین شود. رسوبات مورد استفاده در پژوهش حاضر از ماسه طبیعی رودخانه با دانه بندی یکنواخت  $d_{50}=0.95$  mm و ضریب یکنواخت  $\delta g = \sqrt{\frac{d_{84}}{d_{16}}} = 1.16$  استفاده گردید.



شکل ۱ - تصویر فلوم آزمایشگاهی در شرایط آزمایش

حذف گردیدند. لازم به ذکر است جهت بررسی آبشستگی پایه ها در شرایط یکسان هیدرولیکی با توجه به اینکه  $B, \gamma, d_50$  در تمام آزمایش‌های انجام گرفته ثابت می‌باشند، لذا می‌توان از تأثیر این پارامترها در سناریوهای تعریف شده صرف‌نظر کرده و رابطه ۴ را به صورت زیر نوشت :

$$\frac{d_s}{d} = f_3 \left( \text{Re}, Fr_d, \frac{U_c}{U}, \frac{d_{50}}{d}, \frac{Y}{d}, \frac{H}{d}, \frac{B}{d} \right) \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$\frac{d_s}{d} = f_3 \left( Fr, \frac{U_c}{U}, \frac{H}{d} \right) \quad \text{رابطه (۴)}$$

همچنین طبق مطالعات پیشین در آزمایشات برای رسیدن به حداکثر آبشستگی باید موارد زیر رعایت شود:

### الف) قطر پایه

در انتخاب قطر یا عرض مدل پایه های مورد استفاده باید اثر جانبی به وسیله دیواره های فلوم روی آبشستگی موضعی اطراف پایه در نظر گرفته شود. (Raudkivi and Ettema, 1983) حداکثر نسبت عرض پایه به عرض فلوم را ۰/۱۶ بیان کرده اند که در این پژوهش نیز همین نسبت رعایت شده است.

### ب) اندازه و یکنواختی ذرات

### آنالیز ابعادی

تعداد پارامترهای موثر برای آبشستگی موضعی بسیار زیاد می باشد. از طرفی منظور کردن تأثیر کلیه پارامترها کار بسیار مشکل و پیچیده‌ای می‌باشد. از اینرو تعدادی از این پارامترها که تأثیر بیشتری بر روی آبشستگی دارند و در روابط محققان قبلی بیشتر از آنها استفاده شده در نظر گرفته می‌شود. این پارامترها شامل هندسه پایه، متغیرهای جریان، خواص سیال و رسوب می‌باشند. عمق آبشستگی تابعی از پارامترهای ذکر شده به شکل زیر می باشد.

$$d_s = f_1(d, d_{50}, d_s, Y, U_c, U, g, \rho, \mu, B, H) \quad \text{رابطه (۱)}$$

با بکارگیری تئوری باکینگهام در آنالیز ابعادی ، رابطه (۱) را می توان بصورت تابع بدون بعد زیر نوشت :

$$\frac{d_s}{d} = f_2 \left( \frac{\rho d u}{\mu}, \frac{U}{\sqrt{gd}}, \frac{U_c}{U}, \frac{d_{50}}{d}, \frac{Y}{d}, \frac{H}{d}, \frac{B}{d} \right) \quad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه فوق (Re) عدد رینولدز، طبق مطالعه (Ahmed and Rajaratnam, 1998) با توجه به اینکه در تمامی آزمایش‌ها جریان کاملاً مغشوش و عدد رینولدز بیشتر از ۳۰۰۰ بود از عدد رینولدز در محاسبات صرف‌نظر گردید. همچنین  $Fr_c$  و  $Re_c$  به ترتیب فرود و رینولدز جریان در آستانه حرکت می باشند که به دلیل اینکه کلیه آزمایش ها در کمتر از آستانه حرکت صورت گرفتند

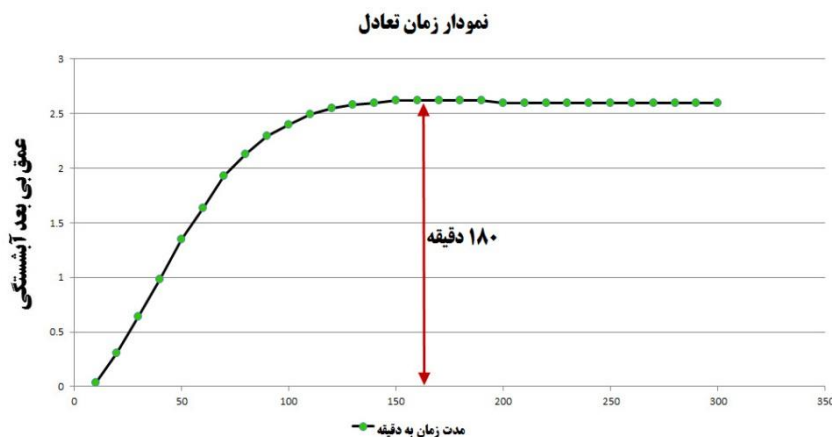
### ج) ضخامت مصالح بستر

(Melville, 1997) حداکثر مقدار آبستگي را برابر  $D/4$  بیان کرده اند که در این تحقیق این مقدار ۱۲ سانتی متر بوده است که برای اطمینان بیشتر ۱۴ سانتی متر در نظر گرفته شد.

### د) مدت زمان انجام آزمایش

برای تعیین زمان تعادل آزمایش‌ها، یک آزمایش طولانی به مدت ۵ ساعت بر روی پایه شاهد انجام گرفت. با توجه به نمودار شکل ۲ مشاهده شد که در ۱۸۰ دقیقه اول تقریباً ۹۸٪ آبستگي رخ می دهد. بنابراین در کلیه آزمایش‌ها، زمان تعادل ۳ ساعت در نظر گرفته شد.

قطر متوسط ذرات رسوبي باید به گونه ای باشد که حداکثر مقدار عمق آبستگي ایجاد شود ملویل (۱۹۹۷) برای این موضوع شرط  $D/d_{50} > 25$  (D قطر پایه و  $d_{50}$  اندازه متوسط ذرات رسوبي) را مطرح کرده است. رادکیوی و اتما (۱۹۸۳) نیز برای این موضوع شرط  $D/d_{50} > 20-25$  را مطرح کرده‌اند. همچنین (Lee and Sturm, 2009) حداقل مقدار را برای  $D/d_{50}$  برابر با ۲۵ بیان کرده اند. در این پژوهش با توجه به نمودار دانه بندی ذرات برابر است با  $D/d_{50} = 20\text{mm}$  همچنین برای حذف اثر غیر یکنواختی ذرات بر میزان آبستگي موضعی لازم است که انحراف معیار هندسی کوچکتر از ۱/۵ باشد. در این حالت مصالح بستر را میتوان یکنواخت فرض کرد (Shafai Bajestan et al., 2018). در این پژوهش از ماسه طبیعی رودخانه با دانه بندی یکنواخت با  $d_{50} = 0.95\text{ mm}$  استفاده شد که خصوصیات آن در معیارهای بیان شده صدق می کند.



شکل ۲- منحنی زمان تعادل

### نحوه انجام آزمایشات

مشابه یکدیگر بوده و به شرح زیر است. پیش از شروع آزمایش سطح رسوبات بستر به وسیله تسطیح کننده کاملاً تراز شده سرریز انتهایی بر روی ارتفاع ۱۰ سانتی متر تنظیم شده و آب زلال به آرامی از پایین دست به درون کانال هدایت شده تا از ایجاد و ناهمواری در سطح بستر جلوگیری شود پس از بالا آمدن آب و اطمینان از مرطوب شدن رسوبات بعد از گذشت چند دقیقه پمپ با

طبق سناریو، آزمایش‌ها به سه دسته آزمایش شاهد، آزمایش در حضور پایه کابلی و آزمایش پایه کابلی در مجاورت آبپایه انجام شد. در گروه اول تغییرات آبستگي در پایه در دبی ماکزیمم دبی مورد بررسی قرار گرفت آزمایش‌های دسته دوم و سوم تاثیر قرار گیری فاصله کابل‌ها از یکدیگر و در مجاورت آبپایه را بر روند آبستگي بررسی می کردند. روند کلی انجام آزمایش‌ها

تاثیر نگذارد. پس از گذشت چند دقیقه و تخلیه کامل آب از درون کانال توسط شیرهای زهکش تعبیه شده در کف کانال پروفیل آبستگي توسط متر ليزری و صفحه شبکه بندی شده در ابعاد یک در یک سانتی متر برداشت گردید شکل های (۲۸-۳) نمونه ای از حفره آبستگي اطراف پایه پل را نشان میدهد.



شکل ۳- شکل حفره آبستگي در مجاورت آبپایه و با کابل بدون آبپایه

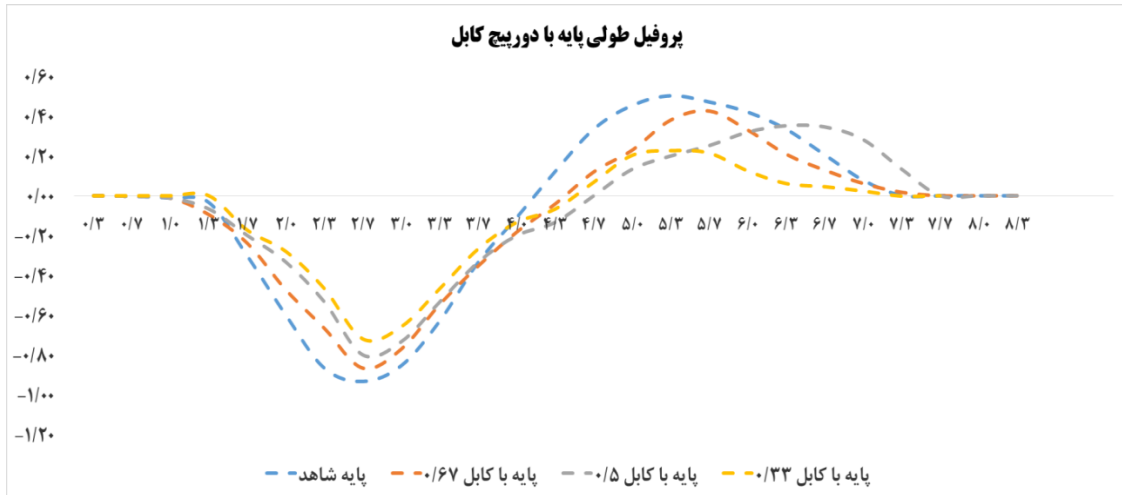
دبی کم افزایش و جریان ورودی با سرعت بسیار کم وارد کانال می‌گردید تا سطح ناحیه رسوبی از ارتفاع چند سانتیمتری از آب پوشیده شود، پس از رسیدن آب به سرریز انتهایی و رسیدن آب به ارتفاع مورد نظر دبی را افزایش داده تا دبی به دبی مورد نظر برسد و پس از مدت ۱۸۰ دقیقه پمپ را خاموش کرده و می‌گذاریم تا رسوبات به آرامی زهکشی شود و بر توپوگرافی بستر

## نتایج و بحث

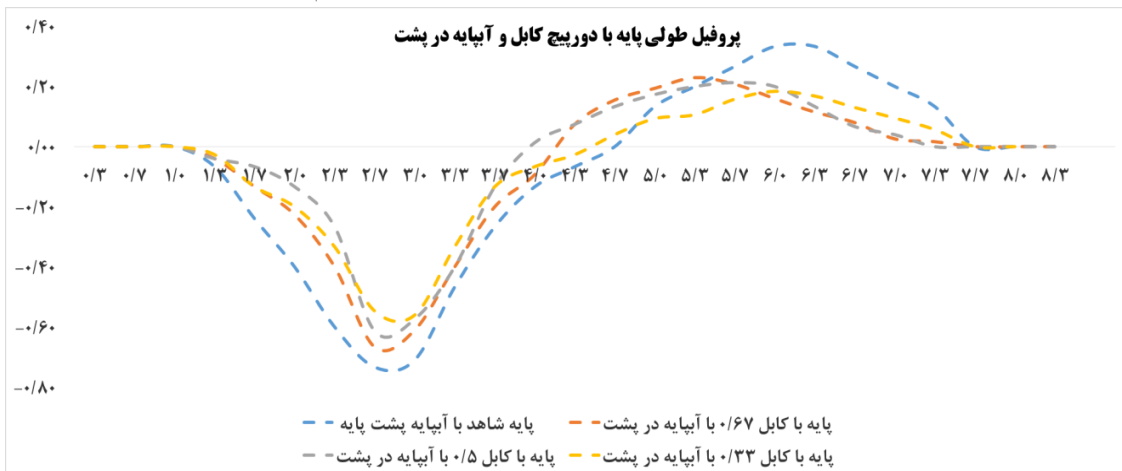
پایین رونده و گرداب‌های نعل اسبی آغاز شد و بعد از نفوذ و گسترش خود به اطراف پایه منتقل شد. در حین شروع آبستگي ذرات از اطراف پایه توسط شدت جریان حمل و به بیرون از چاله منتقل می‌شدند و این عمل باعث ایجاد پشته رسوبی در پشت پایه شد اما این میزان پشته در هرپایه یکسان مشاهده نشد. در پایه های کابلی با حضور آبپایه در جلوپایه پس از برخورد جریان پایین رونده به پایه حفر چاله آبستگي در جلو آبپایه با شدت کمتری انجام می‌گرفت و آبپایه در کاهش سرعت حفر چاله تاثیر واضحی را داشت. در هنگامی که آبپایه در پشت پایه قرار داشت با آبپایه از عبور جریان های ثانویه در پشت پایه جلوگیری کرده و باعث کاهش قدرت این جریان‌ها می‌گردید اما مقدار تاثیر آبپایه در پشت نسبت

نمودارهای شکل ۴ تا ۶ مقایسه‌ای هستند برای پایه با نسبت ارتفاع نسبی کابل  $(H=0/33,0/5,0/67)$  در فرود ماکزیمم  $0/26$  با آزمایش شاهد (پایه بدون کابل و آبپایه در فرود ماکزیمم) با توجه به مشاهدات آزمایشگاهی مشاهده شد که هنگام شروع آزمایش برای پایه با کابل در هر سه حالت نسبت ارتفاع کابل  $H$  در ابتدا بعلت وجود کابل گرداب های برخوردی به پایه به علت عبور از روی کابل از انرژی تخریبی آنها کاسته می‌شد و مقداری زمان شروع آبستگي را به تعویق انداخت اما پس از گذشت حدود ۵ دقیقه از شروع آزمایش رفته رفته با نفوذ گرداب ها به اطراف پایه آبستگي آغاز و حفر چاله آبستگي اطراف پایه شروع شد. هنگام آزمایش مشاهده شد که حفر چاله آبستگي از جلو پایه بعلت برخورد گرداب‌های

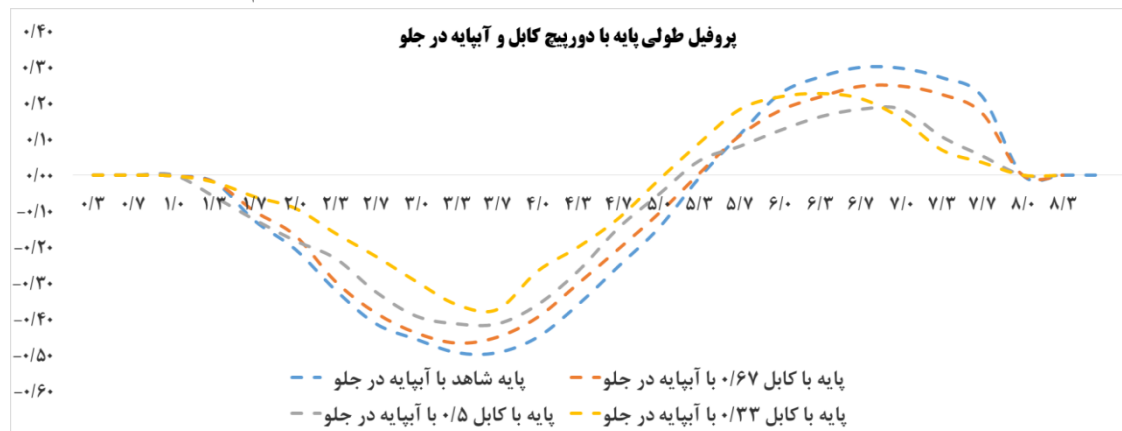
به آبپایه در جلو متفاوت روئیت شد که در نمودارهای زیر پروفیل های عرضی و طولی در فرود ماکزیمم گویای این مطلب هستند.



شکل ۴- مقایسه پروفیل طولی آبستگي پایه کابلي در فرود ماکزیمم ۰/۲۶

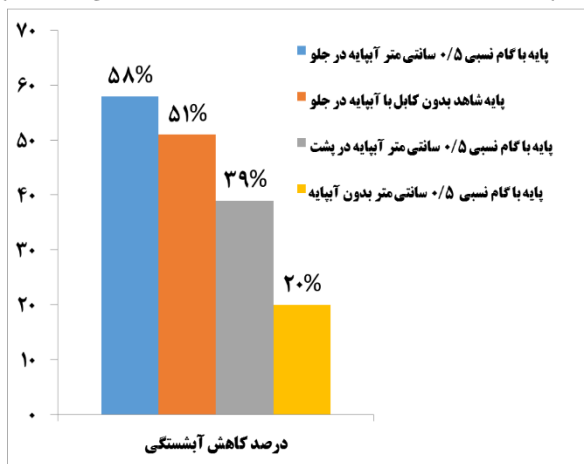


شکل ۵- مقایسه پروفیل طولی آبستگي پایه کابلي با آبپایه در پشت در فرود ماکزیمم ۰/۲۶



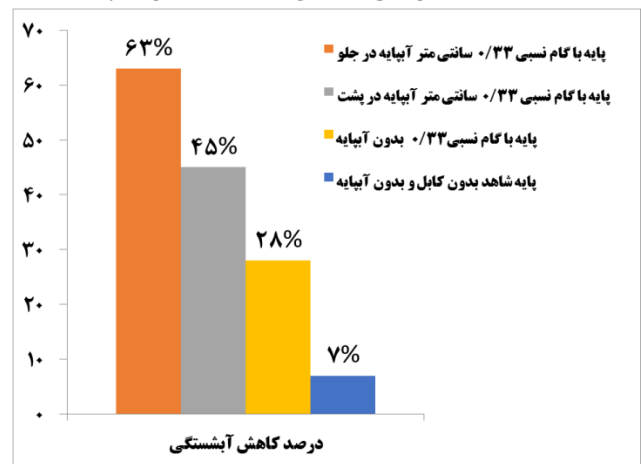
شکل ۶- مقایسه پروفیل طولی آبستگي پایه کابلي با آبپایه در پشت در فرود ماکزیمم ۰/۲۶

که در شکل نیز نشان داده شده است، پایه کابلی با گام نسبی ۰/۳۳ و آبپایه در جلو با میزان ۶۳٪ بیشترین مقدار کاهش عمق آبستگي را در بین سایر سناریوها نشان می‌دهد. در همین راستا پایه کابلی با گام نسبی ۰/۳۳ و آبپایه در جلو متناظر پایه کابلی با گام نسبی ۰/۳۳ و آبپایه اما با آبپایه در پشت، دارای درصد کاهش ۴۵ درصد می باشد که نشان می دهد در شرایط یکسان با جابجایی آبپایه از پشت پایه به جلو پایه، ۱۸ درصد کاهش عمق آبستگي را افزایش می‌دهد. همچنین برای سایر حفاظت‌های متناظر، این نسبت وجود دارد.

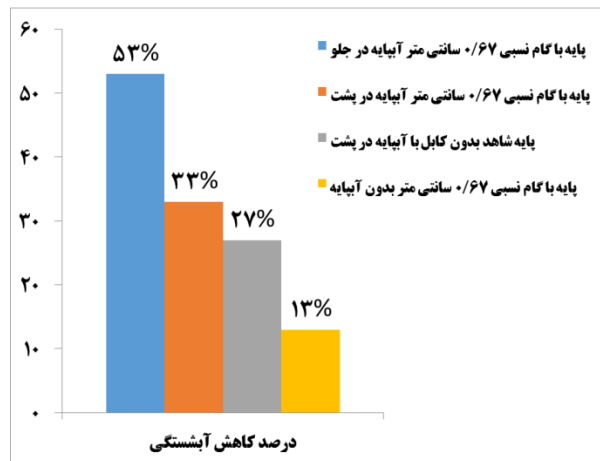


شکل ۸- مقایسه نمودارهای کاهش درصد آبستگي پایه کابلی و آبپایه در پشت در فرود ماکزیمم ۰/۲۶

با توجه به نمودارهای شکل ۷ تا ۹ درصد کاهش عمق آبستگي برای سناریوهای انجام آزمایش‌ها در زمان تعادل را نشان می‌دهد. با توجه به شکل‌ها، نمودارها برای سه نوع از پایه‌های کابلی بدون آبپایه، که کمترین درصد کاهش را نشان می‌دهند، پایه‌های با آبپایه در پشت و با آبپایه در جلو که نصب آبپایه در جلو بیشترین کاهش عمق آبستگي را دارا بود. نشان می‌دهد که پایه‌های کابلی با گام نسبی ۰/۳۳ دارای درصد کاهش بیشتر حفره آبستگي می‌باشند و هرچه گام کابل افزایش می‌یابد این نسبت کاهش نموده است. همانطور



شکل ۷- مقایسه نمودارهای کاهش درصد آبستگي پایه کابلی در فرود ماکزیمم ۰/۲۶



شکل ۹- مقایسه نمودارهای کاهش درصد آبستگي پایه کابلی و آبپایه در جلو در فرود ماکزیمم ۰/۲۶

## نتیجه گیری کلی

۱- جلو باعث کاهش بیشتر آبستگي و بهبود شرایط را دارد.

۱- در پایه‌های پایه کابلی با آبپایه در جلو و پایه کابلی با آبپایه در پشت که کمترین مقدار آبستگي را داشته، شرایط اطراف پایه‌ها یکسان است، اما تأثیر آبپایه در

پیچشی اطراف پایه، باعث ایجاد میدانی در محیط پایه می‌گردد که باعث جذب شدن جریان برخوردی شده و از انحراف بخشی از جریان به سمت بستر جلوگیری می‌نماید که نتیجه آن کمتر شدن عمق آبستنگی می‌گردد و در پایه‌ها به همراه آبپایه، وجود آبپایه باعث می‌گردد که جریان‌های نعل اسبی کمتر به سمت پایین دست انتقال یافته، موجب کنترل و کاهش قدرت گردابه‌های برخاستگی گردند.

۵- با توجه به آزمایش‌های مقایسه‌ای، استفاده از آبپایه در جلو نسبت به آبپایه در پشت پایه، بطور متوسط در محدوده ۱۵ تا ۲۰ درصد عمق آبستنگی کمتری را نتیجه می‌دهد.

۶- بطور کلی با توجه به نمودارهای می‌توان نتیجه گرفت که استفاده توأم کابل و آبپایه عمق آبستنگی را کاهش داده است و بعنوان یک روش کاهش عمق آبستنگی توأمان پایه مورد قبول می‌باشد.

۲- استفاده از حفاظت آبپایه و کابل بصورت مجزا و ترکیب آنها با هم باعث کاهش عمق آبستنگی گردید.  
۳- با توجه به شکل توسعه عرضی آبستنگی برای حالت‌های پایه کابلی با آبپایه در جلو، پایه کابلی با آبپایه در پشت و پایه کابلی که هر سه دارای محافظت می‌باشند، نسبت به نمونه شاهد، کاهش چشمگیر یافته‌اند و برای حالت پایه کابلی که پایه کابل پیچ، بدون آبپایه است، قدری نسبت به دو حالت دارای آبپایه توسعه بیشتری دارد.

۴- با توجه به اینکه در سناریوهای آزمایش‌ها ترکیب حفاظت‌ها مدنظر قرار گرفته است، لذا تحلیل دلایل کاهش عمق آبستنگی پیچیده می‌گردد. در نمونه شاهد به دلایلی که قبلاً به آن پرداخته شده، قدرت جریان‌های پایین رونده، گردابه‌های برخاستگی و گردابه‌های نعل اسبی زیاد بوده و حداکثر عمق آبستنگی را ایجاد می‌نمایند، در پایه‌های محافظت شده با کابل، جریان

## منابع

- Aghli, M. and Zomorodian, S. (2013). Effect of Cable and Collar on Scouring Depth Around Cylindrical Bridge Pier in Meandering River. *Irrigation Sciences and Engineering* 36, 31-40
- Ahmed, F. and Rajaratnam, N. (1998). Flow around bridge piers. *Journal of Hydraulic Engineering* 124, 288-300
- Akhlaghi, E., Babarsad, M.S., Derikvand, E. and Abedini, M. (2020). Assessment the effects of different parameters to rate scour around single piers and pile groups: a review. *Archives of Computational Methods in Engineering* 27, 183-197
- Khwairakpam, P. and Mazumdar, A. (2009). Local scour around hydraulic structures. *International Journal of Recent Trends in Engineering* 1, 59
- Lee, S.O. and Sturm, T.W. (2009). Effect of sediment size scaling on physical modeling of bridge pier scour. *Journal of hydraulic engineering* 135, 793-80
- Melville, B.W. (1997). Pier and abutment scour: integrated approach. *Journal of hydraulic Engineering* 123, 125-136
- Moncada-M, A., Aguirre-Pe, J., Bolivar, J. and Flores, E. (2009). Scour protection of circular bridge piers with collars and slots. *Journal of Hydraulic Research* 47, 119-126
- Raudkivi, A.J. and Ettema, R. (1983). Clear-water scour at cylindrical piers. *Journal of hydraulic engineering* 109, 338-50



Safaei, A., Choramin, M., Khajavi, S., Parmoon, A.A. and Arezoo, A.A. (2015). Analyzing the affective parameters on the amount of bridge scour in the vicinity of the rough collar in laboratory model. WALIA journal, 17-21.

Shafai Bajestan, M., Hassanzadeh, H. and Paydar, G.R. (2018). Performance evaluation of correction coefficients to optimize sediment rating curves on the basis of the Karkheh dam reservoir hydrography, west Iran. Arabian Journal of Geosciences 11, 595

Solimani Babarsad, M., Hojatkah, A., Safaei, A. and Aghamajidi, R. (2021). Laboratory investigation of deflector structure effect on bridge pier scouring. Irrigation Sciences and Engineering 43, 91-104

Solimani Babarsad, M. and Safaei, A. (2021). Experimental study of scour around pier with inclined head. Water Resources Engineering 14, 53-72

Solimani Babarsad, M., Safaei, A. and Aghamajidi, R. (2021). Laboratory Study of Cable and Sill Protection on Scouring Pattern Around the Bridge Pier. Iranian Journal of Soil and Water Research 52, 523-538

## **Experimental study effect of cable and sill on circular pier scouring depth**

### **Abstract**

Local scouring around the bridge piers is one of the causes of their destruction. Therefore, in order to reduce and control this phenomenon, extensive research has been done and solutions in this regard have been presented. These solutions consist of two parts, direct and indirect, which in this study by defining scenarios, reviewing both methods and their simultaneous impact was done. In this study, the method of using cable, which changes the flow pattern around the base, was considered as an indirect and groundwater method that causes the flow lines to deviate from the substrate, as a direct method. Therefore, different states of the foundation, in front of the base, behind the base and the cable around the base with relative steps equal to 0.33, 0.5 and 0.67 in clear water conditions were investigated. According to comparative experiments, the use of a waterfront in the front results in an average scouring depth of 15 to 20% less than a footstool in the back of the base. Therefore, in general, according to the diagrams, it can be concluded that the combined use of cable and groundwater has reduced the scour depth and is accepted as a method of reducing the base scour depth.

**Keywords:** scour, bridge pier, Sill, Cable.