

بررسی عملکرد شمع‌های حفاظتی بر کنترل و کاهش آبشستگی پایه پل‌های استوانه‌ای



فصلنامه علمی تخصصی

مهندسی و مدیریت ساخت

سال اول، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۵

نویسنده مسئول: سید امیرحسین

محمودی

آدرس ایمیل:

Amir.mahmoodi1991@gmail.com

سید امیرحسین محمودی*
دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان
منوچهر حیدری‌پور
استاد گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده:

مسئله آبشستگی یکی از مهم‌ترین مسائل در بحث مهندسی رودخانه می‌باشد. سالانه تعداد بسیار زیادی از پل‌ها در سراسر جهان تخریب می‌شوند که عمدتاً به دلیل سازه‌ای نیست. بلکه به دلیل در نظر نگرفتن نقش هیدرولیکی در طراحی آن‌ها می‌باشد. تعیین عمق آبشستگی از این جهت که بیانگر میزان پتانسیل تخریب جریان در اطراف سازه بوده دارای اهمیت است. از این رو پیش‌گویی الگوی آبشستگی برای ایجاد ایمنی در سازه‌هایی که در معرض آب قرار دارند امری ضروری است. از جمله روش‌های کنترل و کاهش آبشستگی موضعی می‌توان از استفاده از زبری‌ها، طوق، صفحات مستغرق و شمع‌های حفاظتی نام برد. در تحقیق حاضر به بررسی تأثیر شمع‌های حفاظتی در کنترل و کاهش آبشستگی در اطراف پایه‌های استوانه‌ای پرداخته شده است. در این مطالعه از شمع‌های حفاظتی با آرایش مثلثی و تعداد ثابت ۵ شمع استفاده شده است. در این مطالعه با ثابت در نظر گرفتن اغلب پارامترها در آرایش شمع‌های مورد نظر، تنها با تغییر دو پارامتر اصلی زاویه راس و فاصله افقی شمع‌ها از یکدیگر متمایز می‌گردند. آرایش‌های مورد آزمایش در دو زاویه راس ۳۰ و ۴۵ درجه و فاصله افقی شمع‌ها از یکدیگر ۰/۷، ۱، ۱/۳ برابر قطر پایه، بر روی پایه با قطر ۳ سانتی‌متر مورد آزمایش و مقایسه قرار گرفته‌اند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد با کاهش زاویه راس و یا کاهش فاصله افقی شمع‌ها راندمان شمع‌ها افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی: پایه پل، آبشستگی موضعی، شمع‌های حفاظتی، توپوگرافی بستر

Evaluate The Performance Of The Control And Reduction Of Scour Protection Of Bridge Piers Cylindrical Candles



V. 01 No. 03 - autumn 2016

Corresponding author:

Seyed Amir Hossein Mahmoudi

Email address:

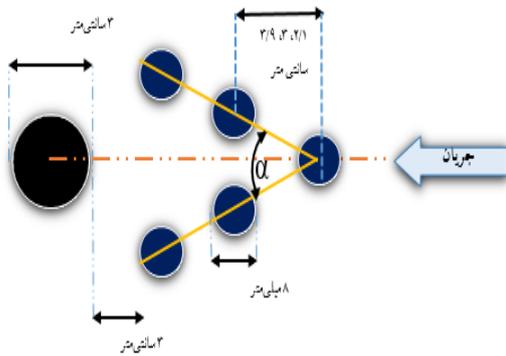
Amir.mahmoodi1991@gmail.com

Seyed Amir Hossein Mahmoudi*

graduate student Department of Water Engineering University of Technology, Isfahan

Manouchehr Heidar Pour

Professor, Department of Water Engineering University of Technology, Isfahan



شکل ۴- محل قرارگیری پایه و آرایش شمع‌های حفاظتی

۳- نتایج

حضور شمع‌های حفاظتی سبب کاهش قدرت جریان رو به پایین گردید. از آنجایی که گرداب‌های نعل اسبی در اثر جریان رو به پایین تشکیل می‌شوند. حضور شمع‌های حفاظتی سبب انحراف خطوط جریان و ایجاد تأخیر و تضعیف پدیده جدایی جریان در پشت پایه گردید که نتیجه آن تأخیر و کاهش قدرت گرداب‌های برخاستگی در پشت پایه است.

بطور کلی در تمامی آزمایش‌ها در حالت حضور شمع‌های حفاظتی آبخستگی در اثر جریان رو به پایین ابتدا در جلوی شمع‌های حفاظتی آغاز می‌گردد و سپس با شدت کمتری در پای پایه اصلی ادامه پیدا می‌کند. دلیل کاهش شدت آبخستگی در پای پایه اصلی مکانیزم آبخستگی در حالت استفاده از شمع‌ها است که شمع‌های حفاظتی، همزمان با پایه اصلی مورد آبخستگی شدید قرار می‌گیرند و رسوبات حاصله از آبخستگی در پای شمع‌های حفاظتی به گودال آبخستگی پایه اصلی وارد می‌گردد و تعادل ایجاد شده بین رسوبات وارده به گودال و آبخستگی پایه اصلی باعث کاهش چشمگیر شدت آبخستگی در ۲ ساعت ابتدایی آزمایش می‌گردد.



شکل ۵- گودال آبخستگی پس از ۵ ساعت با آرایش ۳۰ درجه و آرایش $1/d_3$ در راست و با آرایش ۴۵ درجه و فاصله d_1 در چپ

نتایج آزمایش نشان دهنده این است که زاویه رأس شمع‌ها مقدم بر فاصله شمع‌ها است. بطوریکه در آرایش شمع‌ها با فواصل کم رسوب‌گذاری بین شمع‌ها رخ می‌دهد. همچنین این‌طور استنباط می‌شود که شمع‌ها با آرایش متراکم‌تر، شرایط بهتری جهت کاهش مقدار آبخستگی نهایی دارند [۸]. همچنین طبق مشاهدات در آرایش‌های متراکم‌تر رسوب‌گذاری در بین پایه‌ها کاملاً مشهود است و سطح بستر در بین شمع‌ها بالا می‌رود.

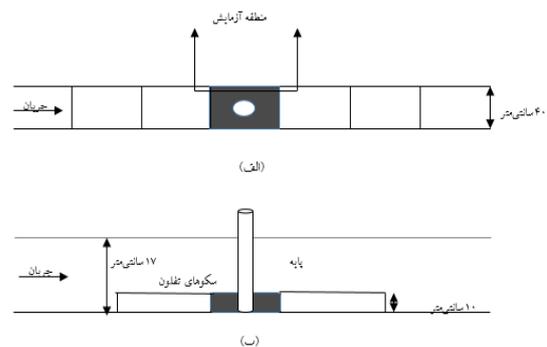
سانتی متر استفاده گردید. دلیل انتخاب این قطر برای پایه و این نوع دانه بندی این است که D/d ۵۰ بزرگتر از ۲۵-۲۰ گردد تا آبخستگی تحت اثر اندازه ذرات رسوب قرار نگیرد. از طرف دیگر برای تشکیل نشدن ریبیل در بالادست باید d ۵۰ بزرگتر از 0.7 میلی متر باشد. همچنین برای حذف اثر دیواره کانال بر آبخستگی باید نسبت فاصله محور پایه تا دیوار کانال به قطر پایه، بزرگتر از $6/25$ باشد. [۱۶]. برای نصب شمع‌های حفاظتی صفحه‌های کوچکی از جنس نفلون و با ضخامت ۱۰ سانتی‌متر آماده گردید و به‌دقت زوایای موردنظر جهت آزمایش روی این صفحات علامت‌گذاری و سوراخ گردید تا در زمان آزمایش موردنظر در جای مناسب در جلوی پایه قرار گیرند.



شکل ۲- نمای کانال آزمایشگاهی و مخازن

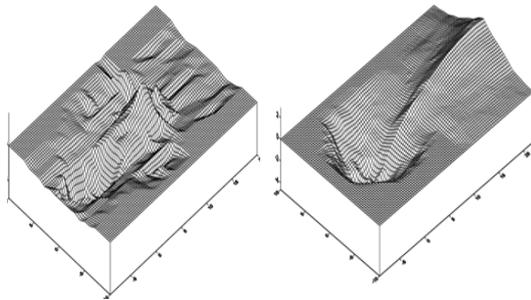
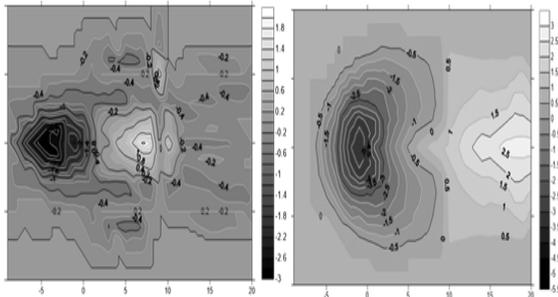
برای رسیدن به حداکثر میزان آبخستگی لازم است آبخستگی در شرایط آب زلال بررسی شود. در این حالت ذرات بستر هنوز به آستانه حرکت نرسیده و این شرایط زمانی برقرار است که u_c $0.95u_c$ که u سرعت متوسط و u_c سرعت بحرانی است [۱۴]. قبل از شروع آزمایش‌ها لازم بود که سرعت آستانه حرکت برای قطر رسوبات مورد استفاده مشخص گردد. به این منظور با دبی ثابت ۲۱ لیتر بر ثانیه نهایتاً در عمق ۱۷ سانتی متری، حالت آستانه حرکت بدست آمد. در نهایت سرعت متوسط جریان 0.3 متر بر ثانیه تعیین گردید.

در مطالعه حاضر تمامی آزمایش‌ها در دبی ۲۱ لیتر بر ثانیه، عمق ۱۷ سانتی‌متری و نسبت u_c/u_c 0.9 انجام گرفته است. آبخستگی در اطراف پایه‌های پل، پدیده‌ای تابع زمان است و با گذشت زمان گسترش پیدا کرده و به حالتی تعادلی می‌رسد. به منظور تعیین زمان تعادل آزمایشی بلندمدت ۱۲ ساعته هم برای حالت شاهد هم برای حالت استفاده از شمع‌های حفاظتی ترتیب داده شد. نهایتاً مشاهده گردید در حالت شاهد زمان تعادل ۸ ساعت است و برای حالت استفاده از شمع‌های حفاظتی زمان تعادل به ۵ ساعت می‌رسد. با توجه به زیر بحرانی بودن جریان، کنترل عمق جریان با استفاده از دریچه کشویی انجام می‌گرفت. در شروع آزمایش برای جلوگیری از آغاز آبخستگی پیش از رسیدن به شرایط آزمایش دریچه کاملاً بسته و آب از ابتدای کانال به آرامی وارد فلوم می‌شد، سپس هنگامی که عمق آب در فلوم به ۱۵ سانتی‌متری می‌رسد به تدریج دبی افزایش و دریچه باز شده تا شرایط موردنظر تنظیم گردد. برای هر آزمایش بستر رسوبی توسط تراز جبابی در بالادست و پایین دست تسطیح و جریان به مدت ۸ ساعت برای حالت شاهد و ۵ ساعت برای حضور شمع‌ها در فلوم برقرار می‌گردید. پس از اتمام زمان آزمایش، دریچه انتهایی بسته و پمپ خاموش می‌گردید تا آب موجود در کانال به آرامی زهکشی شود و روی توپوگرافی بستر تأثیری نگذارد. پس از گذشت چندساعت به‌وسیله عمق سنج، توپوگرافی بستر در اطراف پایه در یک شبکه 1×1 برداشت گردید.



شکل ۳- نمایی از منطقه انجام آزمایش‌ها، الف) پلان ب) مقطع طولی

طبق نتایج بدست آمده حضور شمع‌های حفاظتی باعث تأخیر افتادن و دورتر شدن محل تشکیل گرداب‌های نعل اسبی از محل پایه می‌شود. با کشیده شدن گرداب‌های نعل اسبی به پایین‌دست و کاهش قدرت شکل گودال آبستنگی کمایش حالت متقارن دارد. اگرچه در زاویه‌های کمتر شمع‌های حفاظتی شکل گودال کمی از حالت تقارن خارج و بیضوی شکل می‌شود. پس از گذر ۲ ساعت شکل گودال به تدریج حالت تخت پیدا می‌کند. با توجه به شکل‌های زیر در حالت شاهد تپه تشکیل شده در پشت پایه دارای ارتفاع بیشتری نسبت به حالت استفاده از شمع‌های حفاظتی است. همچنین حضور شمع‌های حفاظتی شکل گودال آبستنگی را تا حدی از حالت تقارن خارج می‌کند.



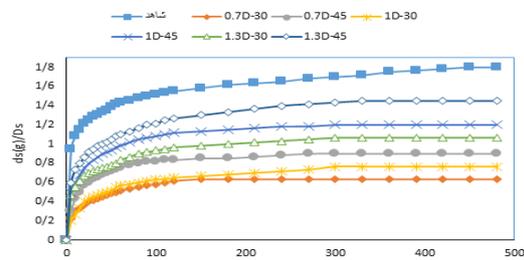
شکل ۷- شکل بستر و خطوط تراز برای حالت شاهد در راست و برای حالت حضور شمع‌های حفاظتی با آرایش ۳۰ درجه با فاصله $1/d_3$

مراجع

- [1] Chiew, Y. M. 1992. Scour protection at bridge piers. J. Hydraul. Engr. ASCE. 118 : 1260-1269.
- [۲] شفاعی بجستان، م.، ۱۳۷۳. هیدرولیک رسوب، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.
- [۳] حسونی زاده، ه.، ۱۳۷۰. بررسی روش‌های پیش‌بینی آب‌شستگی موضعی اطراف پایه پل، پایان‌نامه کارشناسی ارشد تاسیسات آبیاری، گروه آبیاری و آبادانی، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- [4] Breusers, H., G. Nicollet, and H. Shen. 1977. Local scour around cylindrical piers. J. Hydraul. Res. 15(3): 211-252.
- [5] Chiew, Y. M. 1992. Scour protection at bridge piers. J. Hydraul. Engr. ASCE. 118 : 1260-1269.
- [۶] مصباحی، م. و شمسانی، ا. «بررسی روش‌های نوین کاهش آبستنگی پایه‌های پل».
- [7] Chabert, J., and P. Engeldinger. ۱۹۵۹. Etude des afouillements autour des piles des ponts. Report, Laboratoire National d'Hydraulique, Chatou, France.
- [8] Melville, B. W. and A. C. Hadfield. ۱۹۹۹. Use of sacrificial piles as pier scour countermeasures. J. Hydraul. Eng. ۱۲۵(۱۱): ۱۲۲۱-۱۲۲۴.

در شکل نمودار توسعه زمانی آبستنگی در جلوی پایه رسم شده است. در این نمودار محور قائم، مقدار عمق آبستنگی نسبت به قطر پایه و در محور افقی پیشرفت زمان بر حسب دقیقه قرار دارد. نمودار زیر به خوبی نشانگر کاهش زمان تعادل آبستنگی در حالت استفاده از شمع‌های حفاظتی است. همچنین با توجه به نمودار می‌توان اثر شمع‌های حفاظتی بر کاهش شیب نمودار آبستنگی و در نتیجه کاهش شدت آبستنگی در ۲ ساعت ابتدایی آزمایش را به خوبی مشاهده نمود.

مرحله دوم سبب حفر حفره آبستنگی می‌گردند. مرحله مستقیماً وابسته به شرایط و آرایش شمع‌های حفاظتی و تعامل بین فرسایش در پای شمع‌ها و رسوب گذاری در پای پایه است. همچنین با گذر زمان به تدریج شکل گودال به حال شکل توسعه گودال آبستنگی در پای پایه بدین شکل است که در ابتدا به آرامی و در زاویه حدوداً ۳۰ درجه به مرکز پایه آبستنگی به آرامی شروع می‌شود. حضور گرداب‌های نعل اسبی در این منطقه در مرحله اول سبب شسته شدن بستر و در متقارن و تخت در می‌آید. همچنین مشاهدات نشان داد که با شروع آزمایش با تشکیل گرداب‌های برخاستگی در پشت پایه شیارهایی موازی در پشت پایه تشکیل شده و با گذر زمان به آرامی از پایه فاصله می‌گیرند



شکل ۸- نمودار پیشرفت آبستنگی در جلوی پایه با حضور شمع‌های حفاظتی

جدول ۱- راندمان آرایش‌های مختلف شمع‌های حفاظتی برای حالت تک‌پایه

درصد کاهش آبستنگی نسبت به پایه شاهد	آرایش شمع‌های حفاظتی
۶۵	فاصله شمع‌ها $0.7d_3$ ، زاویه رأس شمع‌ها ۳۰ درجه
۵۵	فاصله شمع‌ها d_3 ، زاویه رأس شمع‌ها ۳۰ درجه
۵۰	فاصله شمع‌ها $0.7d_3$ ، زاویه رأس شمع‌ها ۴۵ درجه
۴۱	فاصله شمع‌ها $1/d_3$ ، زاویه رأس شمع‌ها ۳۰ درجه
۳۴	فاصله شمع‌ها d_3 ، زاویه رأس شمع‌ها ۴۵ درجه
۲۰	فاصله شمع‌ها $1/d_3$ ، زاویه رأس شمع‌ها ۴۵ درجه

نهایتاً با دز نظر گیری شرایط آزمایش و مدت زمان ۵ ساعت راندمان ۶۵ درصدی برای شمع با آرایش $0.7d_3$ و زاویه رأس ۳۰ درجه بدست آمد. همچنین طبق انتظار آرایش شمع‌ها وقتی به حد مناسبی مترکم هستند پوشش بهتر و قابل توجه‌تری از آرایش‌های بازتر ارائه می‌کنند. طبق نتایج، استفاده از شمع‌های حفاظتی سبب کاهش ابعاد گودال آبستنگی می‌گردد. استفاده از شمع‌های حفاظتی سبب برخورد جریان با شمع‌ها و اغتشاش جریان در کنار آن‌ها و کاهش انرژی جریان رو به پایین در مقایسه با حالت شاهد می‌گردد. آن‌ها، گودال آبستنگی کوچک‌تر و عمق آبستنگی نهایی کمتر از حالت شاهد می‌گردد.

- [9] Haque, M. A., Md. M. Rahman, G. M. T. Islam and M. A. Hussain. ۲۰۰۷. Scour mitigation at bridge piers using sacrificial piles. *Int. J. Sediment. Res.* ۱۱(۱): ۳۹-۴۹.
- Hydraul. Eng. Conf., San Francisco, CA, ۱۰۱-۱۰۶۶.
- [10] Chang, F. F. M. and M. Karim. ۱۹۷۲. An experimental study of reducing scour around bridge piers using piles. Report, South Dakota Department of Highways, Pierre, SD.
- [11] Kayaturk, S. Y., M. A. Kokpinar, and M. Gogus. ۲۰۰۵. Application of collars and sacrificial piles to control Scouring around The Piers. Proc. ۳۱th IAHR Congress, Seoul, Korea. PP: ۲۹۹۹-۲۹۹۱.
- [12] Paice, C. and R. Hey. ۱۹۹۳. The Controlling and Monitoring of Local Scour at Bridge Piers. Proc.
- [13] Shen, H. W., V. R. Schneider and S. Karaki. ۱۹۹۹. Local scour around bridge piers. *J. Hydraul. Div. Am. Soc. Civ. Eng.* ۱۲۵(۶): ۶۹۵-۷۰۰.
- [۱۴] ایزدی نیا، ا.، ۱۳۹۱. کنترل و کاهش آب-شستگی موضعی تک پایه با استفاده از روش-های حفاظتی ترکیبی کابل، شیار، طوق و شبکه تزریق حباب هوا، رساله دکتری مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- [15] Chiew, Y. M. and B. W. Melville. 1987. Local scour around bridge piers. *J. Hydraul. Res.* 25(1): 15-26.
- [16] Raudkivi, A. J. and R. Ettema. 1977. Effect of sediment gradain on Clear-water scour. *J. Hydraul. Eng. ASCE.* ۱۰3(10): 1209-1213.