

بررسی آزمایشگاهی تاثیر توام صفحات مستغرق و تغییر عرض شکاف پایه به قطر پایه

امین پالیزبان*^۱، ابراهیم نوحانی^۲

(۱) دانش آموخته گروه عمران، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران.

(۲) گروه عمران، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران.

*نویسنده مسئول: amin.palizban99@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۱

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۴/۲۰

چکیده

آبشستگی پدیده‌ای طبیعی است، که در نتیجه عمل فرسایش بستر و کناره‌های رودخانه‌های آبرفتی و پایه پل‌ها توسط جریان آب رخ می‌دهد. در این تحقیق با استفاده از مدل‌های آزمایشگاهی، اثرات توام تغییر عرض شکاف به قطر پایه (Bs/Dp) و تغییر تعداد صفحات مستغرق با عدد فرود ثابت ($Fr = 0.16$) در گروه پایه‌های استوانه‌ای شکل در آب زلال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد با افزایش (Bs/Dp) = (0.2, 0.3, 0.4) و افزایش تعداد صفحات مستغرق $Nv = (1, 2, 3)$ کاهش میزان آبشستگی بیشتر می‌شود که بطور متوسط مقدار کاهش از ۱۷/۶۴ به ۴/۷۹ افزایش پیدا می‌کند. با افزایش تعداد صفحات (به ازای عدد فرود 0.21 و نسبت عرض شکاف به قطر پایه یکسان)، میزان نسبت عمق آبشستگی به ازای تغییر موقعیت قرارگیری پایه‌های پل (از ۱ به ۳) کاهش می‌یابد.

کلمات کلیدی: آبشستگی، صفحات مستغرق، شکاف پایه

مقدمه

با توجه به عوارض طبیعی زمین استفاده از پل‌ها در مسیر راه‌ها اجتناب ناپذیر است. وجود پایه‌ها و تکیه‌گاه‌های جانبی پل در عرض رودخانه باعث کاهش عرض عبوری جریان، برخورد جریان به پایه و انحراف خطوط جریان اطراف پایه به کف بستر و در نتیجه ایجاد آبشستگی موضعی پایه پل‌ها می‌شوند. سالیانه بسیاری از پل‌ها بر اثر پدیده آبشستگی و لغزش پایه‌ها در مواقع سیلابی که شریان‌های ارتباطی به مناطق سیل زده هستند تخریب می‌شوند و دسترسی و امداد رسانی به مناطق سیل زده با مشکلاتی مواجه می‌شود که بیانگر اهمیت بررسی این پدیده است. افزایش مقاومت مواد بستر و کاهش قدرت فرسایش جریان اطراف پایه، دو روشی هستند که برای کنترل و کاهش آبشستگی موضعی استفاده می‌شوند. صفحات مستغرق (Submerged vanes) با ایجاد جریان گرداب‌های باعث تغییر در رژیم حرکت بار بستر و در نتیجه تغییر محل رسوب‌گذاری و فرسایش می‌شوند. این صفحات در مقطع عرضی کانال طراحی و با زاویه کوچکی نسبت به جهت جریان به صورت عمود در بستر نصب می‌شوند. جریان چرخشی ناشی از تغییرات فشار عمودی در دو طرف سطح صفحه است. ترکیب چرخش ایجاد شده با سرعت در جهت جریان، سبب ایجاد یک حرکت مارپیچی در پایین دست صفحات می‌شود. این حرکت مارپیچی یک تنش برشی عرضی به بستر رودخانه القا می‌کند که باعث انتقال رسوب در جهت عرضی می‌شود (Odgaard and wang, 1991). صفحات مستغرق اساساً برای حفاظت ساحل رودخانه‌ها، عمیق کردن کانال‌ها و جلوگیری از رسوب‌گذاری در دهانه آبیگرها به کار می‌روند. همچنین این صفحات در تغییر توزیع سرعت و عمق در پیچ رودخانه‌ها مؤثرند (بارانی و همکاران، ۱۳۸۰)؛ وقتی که یک صفحه مستغرق در بستر رودخانه با زاویه کوچک نسبت به امتداد جریان نصب شود، به علت اختلاف فشار موجود در دو طرف صفحه، گرداب و گردش القایی در اطراف صفحه به وجود می‌آید. در نتیجه این گرداب، در پایین دست صفحات رسوبات از قسمت مکشی صفحه برداشته شده و در قسمت فشاری صفحه ته‌نشین می‌شوند. لذا با نصب ردیف صفحات در بستر رودخانه می‌توان رسوبات را روی سطح بزرگ‌تری توزیع کرد. صفحات مستغرق اولین بار در اوایل سال ۱۹۳۰ در هند و پاکستان به نام صفحات کینگ (King's Vane) مورد استفاده قرار گرفتند. Lauchlan (۱۹۹۹) به بررسی عملکرد صفحات مستغرق و غیر مستغرق پرداخت و به این نتیجه رسید که تنها صفحات مستغرق در عمل مفید واقع می‌شوند. وی به بررسی اثر صفحات مستغرق در کاهش آبشستگی پایه پل در هر دو حالت جریان آب زلال و بستر زنده پرداخت و از دو سری صفحات مستغرق متفاوت استفاده کرد. صفحه مستغرق نوع ۱ دارای نسبت L/H (نسبت طول صفحه در امتداد جریان به ارتفاع آن) کمتر از ۱ بود و همانند صفحات مستغرق نوع ۲ همانند صفحات مستغرق آیوا دارای نسبت L/H بزرگ‌تر از یک بودند. صمیمی‌بهبهان و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از صفحاتی با زاویه مشخص بین ۱۰ تا ۳۰ درجه نسبت به امتداد جریان در ردیف‌های چندتایی و با آرایش خاص برای اصلاح شکل جریان نزدیک بستر، عمق آبشستگی پایه پل استوانه‌ای را کاهش دادند. Ghorbani

و Karimi (۲۰۰۷) به بررسی استفاده از یک صفحه مستغرق با طولی برابر قطر پایه پل دایره‌ای در جلوی پایه و هم چنین به بررسی استفاده از دو صفحه مستغرق در بالادست پایه در حالت چسبیده به پایه پرداختند. لذا این تحقیق با هدف بررسی تاثیر توام صفحات مستغرق و تغییر عرض شکاف پایه به قطر پایه انجام شد.

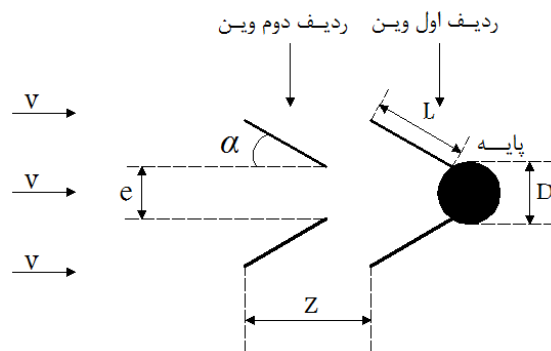
مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی آب و برق دانشگاه اهواز که مجهز به یک کانال مستطیلی با جداره شیشه‌ای به طول ۷/۵۰ متر، عرض ۳۰ و ارتفاع ۴۵ سانتی‌متر بود، انجام شد. کانال مجهز به یک مخزن انتهایی است که با استفاده از سرریز مستطیلی نصب شده در آن می‌توان دبی جریان را اندازه‌گیری کرد.

آزمایش‌ها بر اساس آبشستگی آب زلال با $U0/UOC = 0/9$ انجام شد تا حداکثر عمق آب‌شستگی رخ دهد. برای مدل پایه، از یک لوله استوانه‌ای شکل پلی‌اتیلن به قطر ۶ سانتی‌متر استفاده شد. مدل پایه بر روی یک صفحه افقی متصل گردید و در فاصله ۳ متری از ابتدای محدوده رسوبات قرار داده شد.

مدل صفحات مستغرق، از ورقه‌های گالوانیزه به ضخامت ۱ میلی‌متر به شکل مربع مستطیل ساخته شد. این صفحات با طولی برابر (L) ۹ سانتی‌متر (۱/۵ برابر قطر پایه) ساخته شدند و روی بستر صفر تحت آزمایش قرار گرفتند. زاویه صفحات با جهت جریان (α) برابر ۲۰ درجه که بر اساس مطالعات برخی از محققین در محدوده کارایی مؤثر صفحات مستغرق می‌باشد، در نظر گرفته شد. پارامترهای متغیر و نحوه قرارگیری صفحات نسبت به پایه در شکل ۱ آمده است. در این شکل α زاویه قرارگیری صفحات نسبت به جهت جریان، Z فاصله صفحات در راستای جریان، e فاصله صفحات عمود بر جریان و D قطر پایه می‌باشد. متغیرهای آزمایش‌ها شامل: نسبت عرض شکاف به قطر پایه (۰/۴، ۰/۳، ۰/۲)، (B_S/D_P) ، تعداد صفحات مستغرق (۳، ۲، ۱) (N_V) و عدد فرود ۰/۲۱ $Fr =$ در نظر گرفته شد. کلیه نتایج حاصل از انجام آزمایشات بصورت نمودارهایی که بوسیله قطر پایه (DP) بی بعد شده‌اند آورده شده است؛ ضمن آنکه پارامترهای N_P و d_s/D_P به ترتیب معرف شماره پایه پل و نسبت عمق آبشستگی به قطر پایه می‌باشند. لازم بذکر است پس از انجام آزمایش دانه بندی، d_{50} رسوبات مورد استفاده در این تحقیق برابر ۰/۹ میلی‌متر بدست آمد.

در همه آزمایش‌ها، عمق جریان ۲۵ سانتی‌متر و دبی جریان ۲۳ مترمکعب بر ثانیه، عدد فرود برابر ۰/۲۱ بود. عمق و سرعت آب در کانال با استفاده از سطح سنج با دقت ۰/۱ سانتی‌متر بر ثانیه اندازه‌گیری شد.



شکل ۱: نحوه قرارگیری صفحات و پارامترهای مربوطه

نتایج و بحث

آزمایش پایه بدون حفاظت

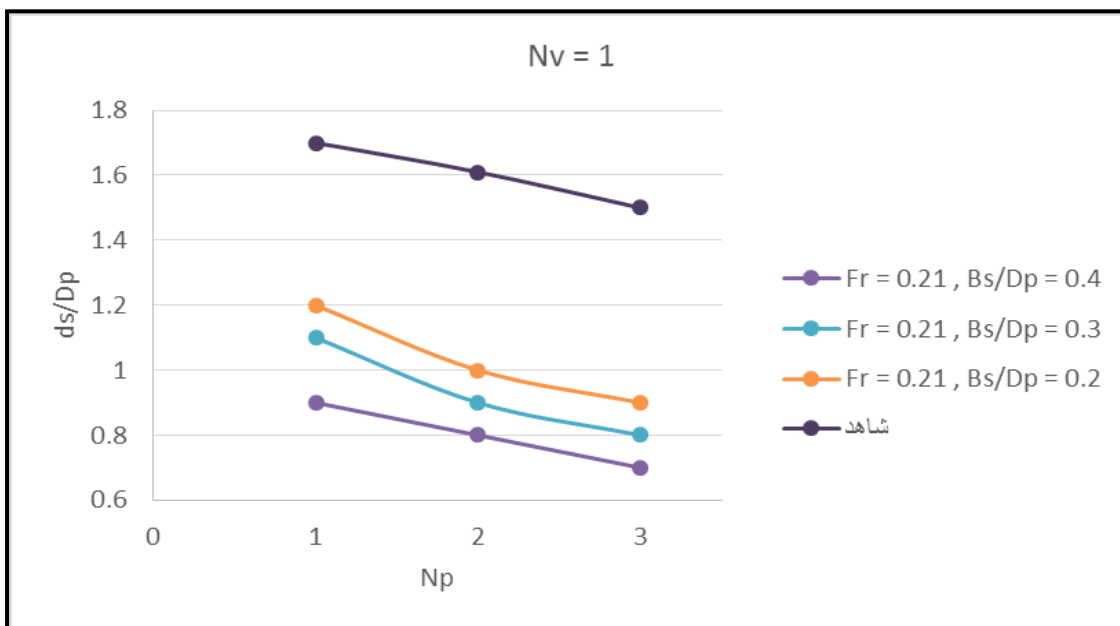
ابتدا آزمایش شاهد بدون حضور صفحات مستغرق به منظور به دست آوردن حداکثر آبشستگی موضعی و زمان تعادل انجام شد. سپس نمودار توسعه زمانی حفره آبشستگی تا زمان رسیدن به تعادل رسم گردید و زمان تعادل (۲ ساعت) به دست آمد. نتایج حاصل از آزمایش شاهد نشان داد که سرعت آبشستگی در ابتدای آزمایش بسیار زیاد بوده به طوریکه پس از گذشت ۱۰ دقیقه از شروع آزمایش ۲۰ درصد از کل آبشستگی موضعی تشکیل شد و با گذشت زمان نرخ تغییرات حفره آبشستگی کاهش یافت.

تاثیر توام نسبت متغیر عرض شکاف به قطر پایه (B_s/D_p) و عدد فرود ثابت $(F_r = 0.21)$ به ازای تعداد صفحات

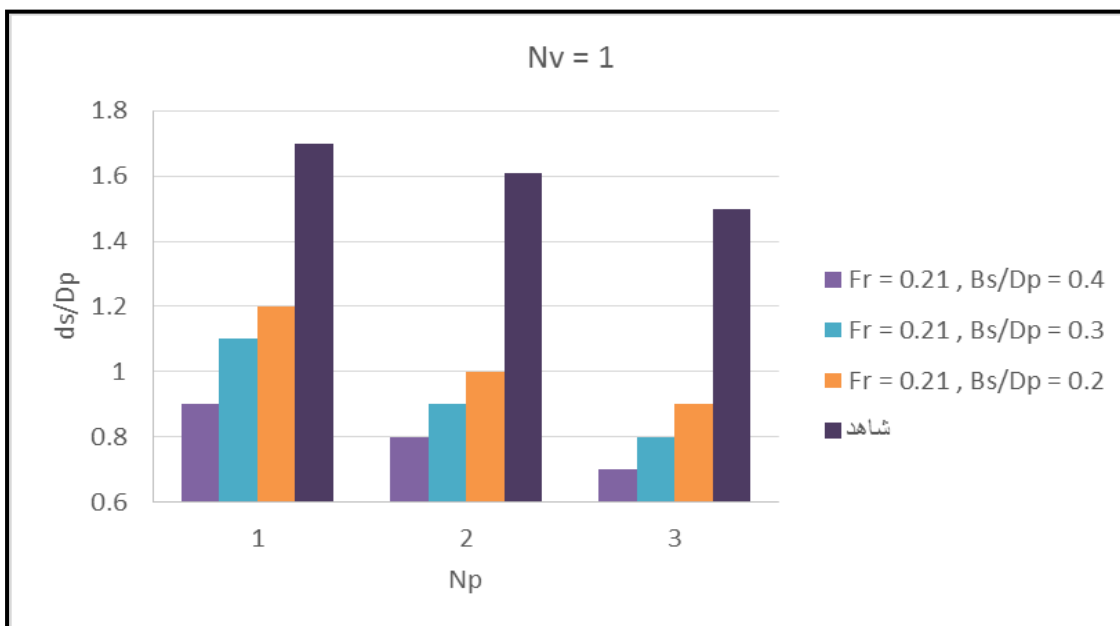
مستغرق (N_v)

در مرحله بعد با قرار دادن تعداد مختلف صفحات مستغرق و شکاف‌های پایه مختلف عمق چاله آبشستگی مورد ارزیابی قرار گرفت. شکل ۲ تغییرات عمق آبشستگی در مقابل موقعیت‌های مختلف پایه پل به ازای عدد فرود ثابت 0.21 و حضور یک صفحه مستغرق و ۳ تیپ شکاف پایه را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که به ازای عدد فرود ثابت 0.21 و تعداد صفحات یکسان (یک عدد)، از پایه شماره ۱ تا ۳ از میزان نسبت عمق آبشستگی به قطر پایه (d_s/D_p) کاسته می‌شود و سیر نزولی دارد که پایه شماره ۱ بیشترین و پایه شماره ۳ کمترین میزان آبشستگی را دارا بودند. به عبارت دیگر با افزایش نسبت عرض شکاف به قطر پایه (B_s/D_p) ، از میزان نسبت d_s/D_p کاسته می‌شود. لازم بذکر است بیشترین میزان نسبت عمق آبشستگی در شکل (۲)، تمامی بخش‌ها) به ترتیب مربوط به تعداد صفحات (N_v) ۱، ۲ و ۳ می‌باشد. با توجه به ثابت بودن عدد فرود $(F_r = 0.21)$ در تمامی بخش‌ها از شکل (۲)، درصد کاهش نسبت عمق آبشستگی در مقایسه با آزمایش شاهد (بحرانی ترین حالت، $d_s/D_p = 1/7$) به ازای هر یک از نسبت‌های عرض

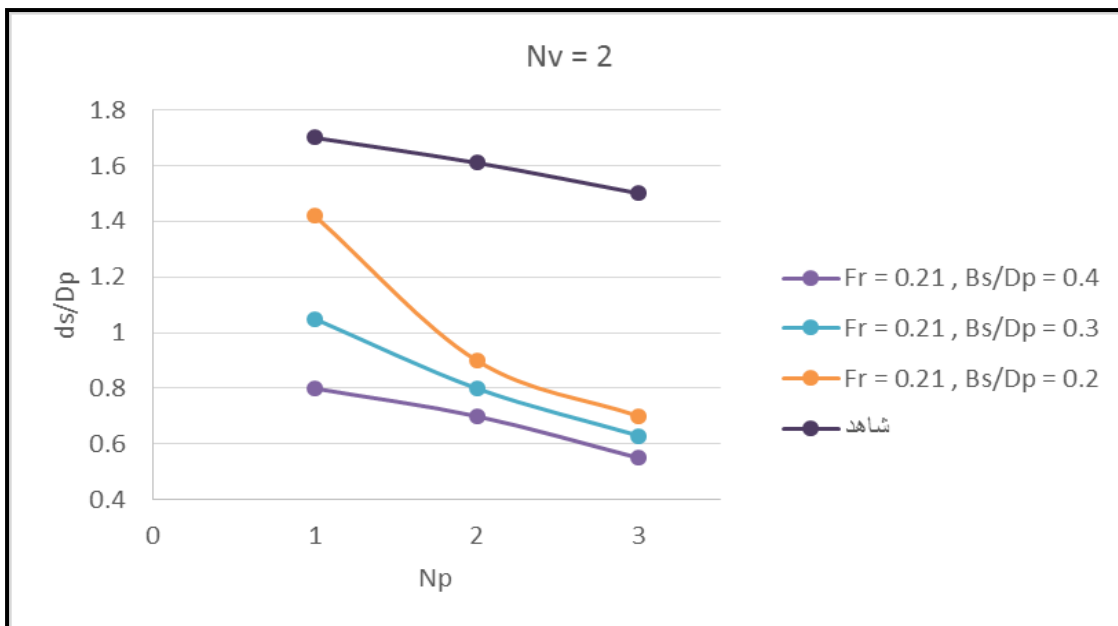
شکاف به قطر پایه $(B_s/D_p = 0.4)$ ، $(B_s/D_p = 0.3)$ و $(B_s/D_p = 0.2)$ برای بخش (۲) بترتیب برابر با ۴۷، $35/3$ و ۳۰ درصد و برای بخش (۲-۳ خطی) $52/9$ ، $41/17$ و $17/64$ درصد و برای بخش (۲-۵ خطی) $58/8$ ، $52/9$ و ۴۷ درصد می‌باشد.



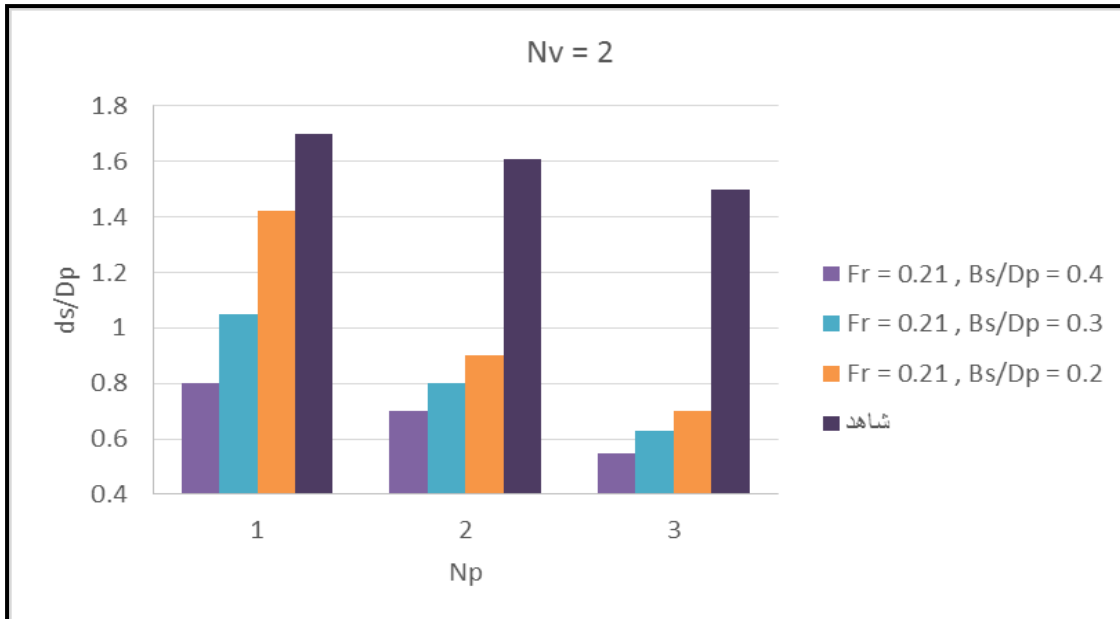
شکل ۲: تغییرات خطی عمق آبشستگی در مقابل موقعیت پایه پل به ازای عدد فرود ثابت ۰/۲۱ و یک صفحه مستغرق



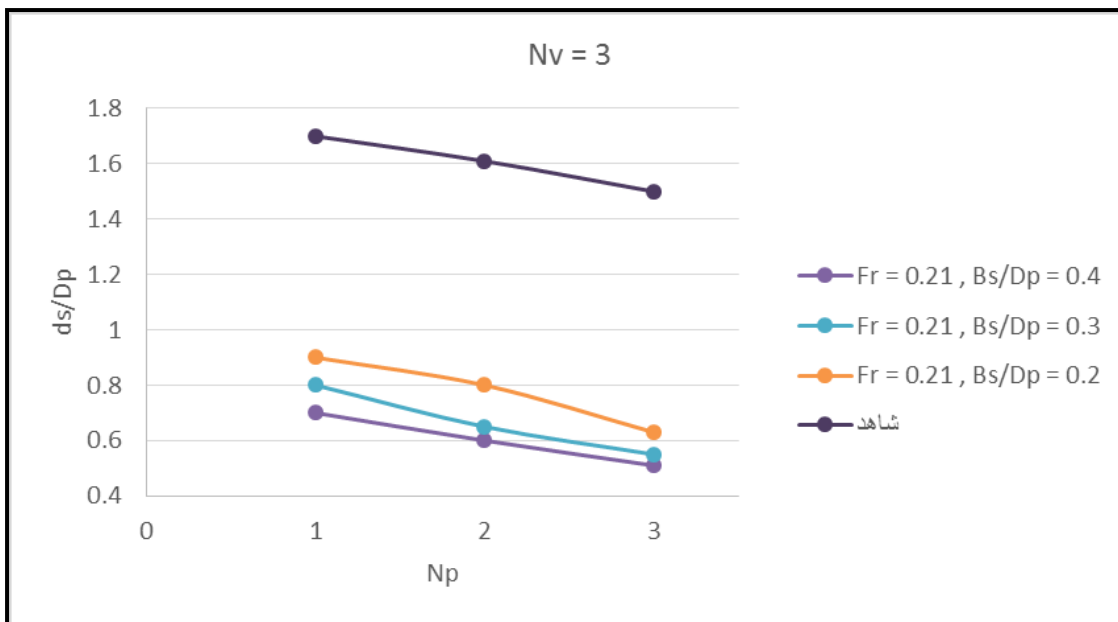
شکل ۳: تغییرات ستونی عمق آبشستگی در مقابل موقعیت پایه پل به ازای عدد فرود ثابت ۰/۲۱ و یک صفحه مستغرق



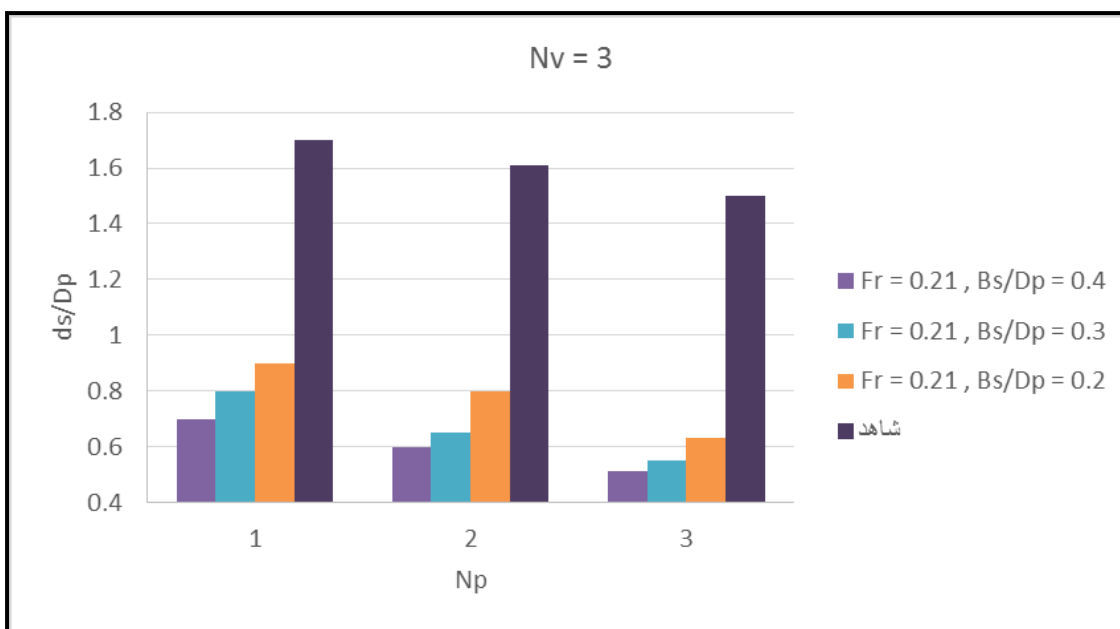
شکل ۴: تغییرات خطی عمق آبشستگی در مقابل موقعیت پایه پل به ازای عدد فرود ثابت ۰/۲۱ و دو صفحه مستغرق



شکل ۵: تغییرات ستونی عمق آبشستگی در مقابل موقعیت پایه پل به ازای عدد فرود ثابت ۰/۲۱ و دو صفحه مستغرق



شکل ۶: تغییرات خطی عمق آبشستگی در مقابل موقعیت پایه پل به ازای عدد فرود ثابت ۲۱/۰ و ۳ صفحه مستغرق

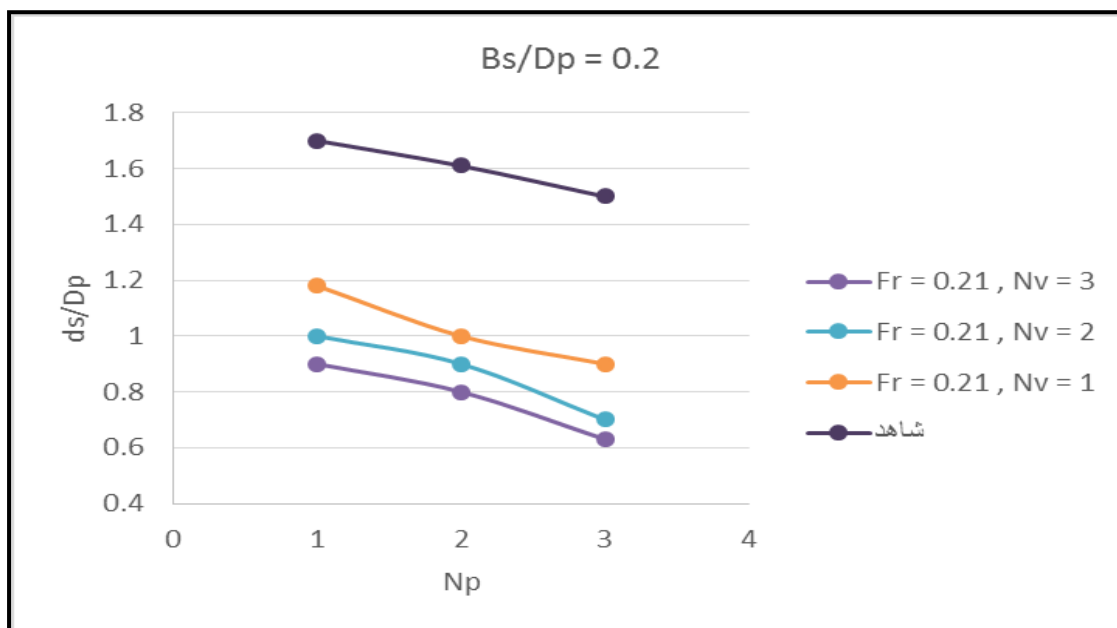


شکل ۷: تغییرات ستونی عمق آبشستگی در مقابل موقعیت پایه پل به ازای عدد فرود ثابت ۲۱/۰ و ۳ صفحه مستغرق

تأثیر توام تعداد متغیر صفحات مستغرق (N_v) و عدد فرود ثابت ($Fr = 0.21$) به ازای نسبت عرض شکاف به قطر

پایه (B_s/D_p)

نتایج نشان داد با افزایش تعداد صفحات (به ازای عدد فرود 0.21 و نسبت عرض شکاف به قطر پایه یکسان)، میزان نسبت عمق آبستنگی به ازای تغییر موقعیت قرارگیری پایه‌های پل (از ۱ به ۳) کاهش می‌یابد (شکل ۸). به عبارت دیگر با تغییر موقعیت قرارگیری پایه‌های پل (از ۱ به ۳) میزان نسبت عمق آبستنگی کاهش می‌یابد. روند کاهش نسبت عمق آبستنگی در شکل ۸ دارای شیب تند بوده که نشان دهنده حساسیت بالای نسبت B_s/D_p به ازای هر مقدار، به تغییر موقعیت قرارگیری پایه‌های پل است. کمترین و بیشترین میزان نسبت عمق آبستنگی در شکل ۸ به ترتیب مربوط به پایه‌های شماره ۱ و ۳ می‌باشد. نتایج نشان داد که با افزایش نسبت عرض شکاف به قطر پایه (B_s/D_p)، مقادیر نسبت عمق آبستنگی به قطر پایه (d_s/D_p) به ازای تعداد صفحات (N_v) مختلف بطور نسبی کاهش می‌یابد. با توجه به ثابت بودن عدد فرود ($Fr = 0.21$) همانطور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، درصد کاهش نسبت عمق آبستنگی در مقایسه با آزمایش شاهد (بحرانی‌ترین حالت، $d_s/D_p = 1/7$) به ازای هر یک از تعداد صفحات ($N_v = 1$)، ($N_v = 2$) و ($N_v = 3$) به ازای گروه پایه‌های سه تایی با عدد فرود $Fr = 0.21$ رو به افزایش می‌باشد.



شکل ۸: تغییرات خطی عمق آبستنگی در مقابل عرض شکاف به قطر پایه پل

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با استفاده از مدل آزمایشگاهی، اثرات توام تغییر عرض شکاف به قطر پایه (Bs/Dp) و تغییر تعداد صفحات مستغرق با عدد فرود ثابت در گروه پایه‌های استوانه‌ای شکل در آب زلال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد، با افزایش تعداد صفحات به ۳ عدد، عملکرد بهتری در کاهش عمق آبشستگی در جلوی پایه حاصل شد. همچنین استفاده از شکاف موجب گردید تا جریان‌های رو به پایین را که عامل اصلی ایجاد گرداب نعل اسبی و یکی از عوامل اصلی فرسایش اطراف پایه‌های پل است را به فاصله‌ای دورتر از پایه منحرف کند و بدین صورت باعث کاهش عمق آبشستگی شود. با گذشت زمان و تغییر موقعیت قرارگیری پایه‌های پل (از ۱ به ۳) نرخ آبشستگی و نیز تغییرات عمق آبشستگی بطور محسوسی کاهش می‌یابد.

منابع

- بارانی، غ. ع.، خانجانی، م. ج. و احمد عالی، ج. (۱۳۸۰). محاسبه ابعاد و آرایش بهینه صفحات مستغرق در دهانه‌های آبگیر با روش جهات امکان پذیر. نشریه استقلال، دوره ۲۰، شماره ۲، ص ۲۱۶-۲۰۷.
- صمیمی‌بهبهان، ت.، بارانی، غ. ع.، رحیم خانی، م. و خانجانی، م. ج. (۱۳۸۵). بررسی آزمایشگاهی اثر صفحات مستغرق بر آبشستگی پایه پل‌ها. مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران. ۱۱۲ لی ۱۴ اردیبهشت ۱۳۸۵، اهواز، ایران.

Ghorbani, B. and Karimi, A. (2007). A comparison of single and double submerged vanes effect on the scour occurring at a cylindrical pier. Pp. 260-276. Proc.of 6th Conf. of hydraul., Sep. 4-6, Shahrekord, Iran.

Lauchlan, C.S. (1999). Pier scour countermeasures. PhD Thesis, University of Auckland, New Zealand.

Odgaard, A. J. and Wang, Y. (1991). Sediment management with submerged vanes. I: theory, J. Hydraul. Eng. ASCE, 117(3), pp: 267-283.

Experimental study of the combined effect of submerged plates and the pier gap width change on the pier diameter

Amin Palizban ^{*1}, Ebrahim Nohani²

- 1) Graduate of Civil Engineering, Dezful Branch, Islamic Azad University, Dezful, Iran.
- 2) Department of Civil Engineering, Dezful Branch, Islamic Azad University, Dezful, Iran.

Received Data: 2019. 07. 11

Accepted Data: 2020. 11. 22

Abstract

Scouring is a natural phenomenon, which occurs as a result of erosion of the bed and sides of alluvial rivers and at the pier of bridges by the flow of water. In this study using laboratory models, The combined effects of changing the width of the gap to the pier diameter (B_s/D_p) and Changing the number of submerged plates with fixed Froude number ($Fr = 0.16$) were examined in the group of cylindrical pier in clear water. The results showed that with increasing gap width to the pier diameter ratio ($B_s / D_p = 0.2, 0.3$ and 0.4) and increasing the number of submerged plates $N_v = (1,2,3)$, decreases the amount of scouring increases which on average decreases from 17.64 to 4.79. With increasing number of plates (Froude number= 0.21 and the same ratio of the gap width to the diameter), the ratio of scour depth decreases with changing the position of the bridge piers (from 1 to 3).

Keywords: scouring, submerged plates, base pier