



دانشگاه گوارش و مین آب

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و نهم، شماره پنجم، ۱۳۹۸
۷۷-۹۳

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2019.16010.3124

بررسی تأثیر زاویه نصب صفحات مغروق بر آبستگي اطراف تکیه‌گاه پل

*ریحانه پورمنصوری^۱، محمود شفاعی بجستان^۲ و محمد بهرامی یاراحمدی^۳

^۱دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران،

^۲استاد گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران،

^۳استادیار گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۷

چکیده

سابقه و هدف: از مهم‌ترین عوامل تخریب پل‌ها قبل از پایان عمرشان، آبستگي بستر رودخانه در محدوده پل است. وقوع آبستگي در تکیه‌گاه پل‌ها، مهم‌ترین علت تخریب پل‌ها در همه کشورها گزارش شده است. در میان روش‌ها برای کاهش آبستگي اطراف تکیه‌گاه پل، روش‌های غیرمستقیم باعث تغییر الگوی جریان و کاهش قدرت گرداب‌هایی که عامل اصلی آبستگي هستند، می‌شوند. در پژوهش حاضر برای اولین بار، عملکرد صفحات مغروق در فاصله ثابت ۲ برابر طول موثر تکیه‌گاه و ۴ زاویه مختلف تحت چهار شرایط جریان مختلف (عدد فرود ۰/۱۵، ۰/۱۷، ۰/۲ و ۰/۲۲) مورد بررسی قرار گرفته است. تخریب صفحات مغروق بر اثر آبستگي، به دلیل نصب آن‌ها در بالای بستر و در میان عمق جریان غیرممکن است. در نتیجه هدف اصلی از انجام این پژوهش تعیین مناسب‌ترین زاویه قرارگیری صفحات مغروق در بالادست تکیه‌گاه پل می‌باشد که کم‌ترین آبستگي را ایجاد کند.

مواد و روش‌ها: آزمایش‌ها در یک فلوم با طول ۸ متر و عرض ۱ متر انجام شد. یک تکیه‌گاه مستطیلی در بستری که توسط شن و ماسه ریز پر گشته، نصب شده بود. هر آزمایش با روشن کردن پمپ شروع شد که دبی جریان مورد نیاز را از مخزن زیر آزمایشگاه انتقال می‌دهد. آب پس از عبور از توری که به وسیله الیاف به منظور استهلاک نوسانات جریان پر شده است درون فلوم جریان پیدا کرد و در پایان فلوم، پس از عبور از دریچه کشویی، جریان وارد حوضچه جمع‌آوری شد. در انتهای حوضچه، یک سرریز ۵۳ درجه مثلثی برای اندازه‌گیری دبی جریان قرار داده شد که پس از آن جریان وارد مخزن زیرزمینی می‌شود. در آغاز هر آزمایش، پس از تسطیح بستر با باز کردن دریچه‌ای که در ابتدای فلوم قرار دارد، جریان به تدریج وارد فلوم می‌شد به طوری که بستر رسوبی را تخریب نکند. پس از افزایش سطح آب در فلوم، نرخ جریان به آرامی افزایش می‌یابد تا به نرخ جریان موردنظر برسد. پس از تنظیم دبی جریان، سطح آب در سطح مورد نظر ۱۵ سانتی‌متر تنظیم شد و سپس آزمایش برای مدت زمان تعیین شده به مدت چهار ساعت ادامه یافت. در انتهای هر آزمایش، آب به آرامی از فلوم تخلیه شد. هدف از این پژوهش، مقایسه الگوی فرسایش و رسوبگذاری در اطراف تکیه‌گاه پل با تغییر زوایای صفحات بود، بنابراین زمان هر آزمایش ۴ ساعت در نظر گرفته شد. در انتها،

* مسئول مکاتبه: r.pourmansouri@yahoo.com

عمق حداکثر آبشستگی و توپوگرافی گودال آبشستگی که در اطراف لبه تکیه‌گاه ساخته شده توسط یک متر لیزری با دقت یک میلی‌متر گرفته شد و داده‌ها در فایل‌های اکسل ذخیره شدند.

یافته‌ها: در این پژوهش توپوگرافی بستر برای تمام آزمایش‌ها با استفاده از متر لیزری اندازه‌گیری شد و سپس با استفاده از نرم‌افزار Surfer طراحی شد. نتایج نشان داد که در تمام آزمایش‌ها، عمق حداکثر آبشستگی در دماغه بالادست تکیه‌گاه مشاهده شد و با افزایش شرایط جریان، به علت افزایش تنش برشی بستر و قدرت گرداب‌ها در اطراف سازه، عمق حداکثر آبشستگی و حجم گودال افزایش یافته است. همچنین در این پژوهش مشخص شد که زاویه نصب صفحات مغروق تأثیر زیادی بر عملکرد صفحات در کاهش عمق، سطح و حجم گودال آبشستگی دارد.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهد که استفاده از صفحات مغروق، آبشستگی را به‌طور قابل‌توجهی نسبت به حالت بدون صفحات کاهش داد. مؤثرترین زاویه نصب صفحات، برابر با ۶۵ درجه است که به‌طور متوسط عمق حداکثر آبشستگی، طول و سطح چاله آبشستگی را به ترتیب ۶۶، ۷۱ و ۶۹ درصد کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: آبشستگی، پایداری پل، تکیه‌گاه پل، رودخانه، صفحات مغروق

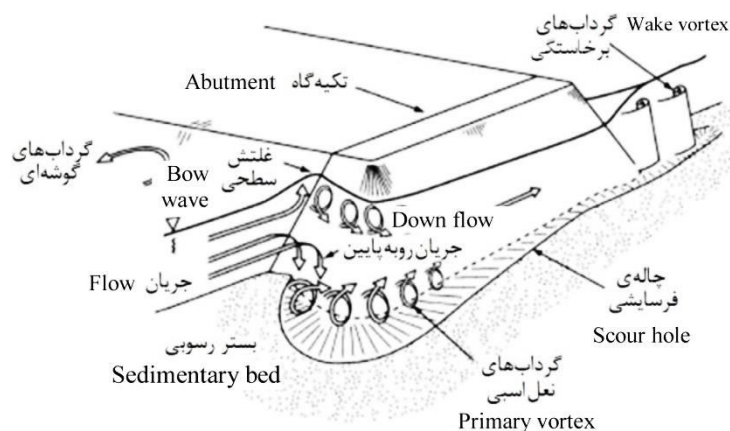
مقدمه

تاکنون پژوهش‌های بسیاری در زمینه اصلاح الگوی جریان و کاهش قدرت فرساینده جریان رو به پایین و گردابه‌های نعل‌اسبی در اطراف پایه و تکیه‌گاه پل‌ها به‌منظور کنترل آبشستگی در اطراف آن‌ها صورت گرفته است که منجر به معرفی و پیشنهاد روش‌ها و سازه‌های مختلفی مانند؛ ایجاد شیر در پایه، نصب طوقه و همچنین کاربرد صفحات مستغرق در اطراف پایه و تکیه‌گاه شده است. ایجاد شیر بیش‌تر به‌عنوان روشی برای کاهش فرسایش پایه‌پل مورد پژوهش قرار گرفته است. شیر در پایه‌های پل می‌تواند برای پایه‌ها از نظر پایداری سازه مشکلاتی ایجاد کند. علاوه بر این؛ گرفتگی شیرها در طول زمان، به‌خصوص در مواقع سیلابی باعث از بین رفتن عملکرد آن‌ها خواهد شد. اردشیر و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر طوقه در کاهش عمق آبشستگی اطراف کوله‌های مستطیلی و دیوار باله‌ای را بررسی کردند. نتایج نشان داد که با افزایش طول طوقه حداکثر عمق آبشستگی کاهش می‌یابد و محل وقوع آن به ناحیه‌ای دورتر از کوله منتقل می‌گردد. با توجه به نتایج آزمایشگاهی در بهترین حالت، کاهش عمق آبشستگی کناره کوله

طراحی، محاسبه و احداث پایه و تکیه‌گاه پل‌ها از مهم‌ترین مراحل یک پروژه پل‌سازی به‌شمار می‌آید. یکی از مواردی که طراح باید در طراحی به آن توجه کند عمق حداقل پی در محل پایه‌ها و تکیه‌گاه‌ها می‌باشد که در صورت در نظر نگرفتن آن باید شاهد عواقب خطرناکی، از جمله تهدید پایداری پل و در نهایت خرابی آن بود. هر ساله در اثر وقوع آبشستگی در محل پایه‌ها و تکیه‌گاه‌ها، شکست و تخریب پل‌های زیادی در دنیا و در کشورمان مشاهده می‌شود که خسارات مالی و جانی زیادی را به دنبال دارد. مطالعات انجام‌شده روی شکست ۳۸۳ پل در ایالات متحده نشان می‌دهد که در ۲۵ درصد آن‌ها تخریب پایه و در ۷۲ درصد تخریب تکیه‌گاه، علت شکست پل بود (۸). در شکل ۱ فرآیند الگوی جریان و آبشستگی پیرامون تکیه‌گاه پل نشان داده شده است (۲). یانماز و کووسه (۲۰۰۷) نشان دادند که در تکیه‌گاه‌های پل با شکل هندسی دیواره عمودی (عمود بر جهت جریان)، حداکثر عمق آبشستگی در گوشه بالادست تکیه‌گاه رخ می‌دهد (۱۳).

مستطیلی (طوقه در تراز پایین‌تر از بستر) و دیوار باله‌ای (طوقه در تراز بستر) برای طوقه به طول $2.5L_a$ / ۲ به ترتیب برابر با $8/7$ و $8/6$ درصد می‌باشد (۱). خزیمه‌نژاد و همکاران (۲۰۱۴) مطالعه‌ای برای مقایسه عملکرد طوقه‌های مستطیلی متقارن و نامتقارن در کاهش آب‌شستگی موضعی تکیه‌گاه پل انجام دادند. نتایج نشان داد که با افزایش ابعاد هر دو نوع طوقه، بر عملکرد آن‌ها افزوده می‌شود. با مقایسه دو نوع طوقه مشخص شد که اگر عرض طوقه نامتقارن در بالادست نسبت به عرض آن در پایین‌دست تکیه‌گاه بزرگ‌تر باشد، نسبت به طوقه متقارن هم مساحت خود از عملکرد بهتری برخوردار خواهد بود. هم‌چنین تأثیر تراز نصب طوقه در حالت متقارن نیز مورد بررسی قرار گرفت که نتایج بیانگر عملکرد بهتر طوقه‌های زیر بستر نسبت به طوقه‌های روی بستر و بالاتر از بستر بود (۷). خادمی و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی تأثیر نصب تیغه متصل به کوله پل بر آب‌شستگی موضعی دریافتند که با افزایش ارتفاع تیغه، عملکرد آن در کاهش آب‌شستگی پیرامون کوله پل بهبود می‌یابد و هم‌چنین زاویه نصب 40° درجه مناسب‌ترین زاویه گزارش شد (۶). مونوکادا و همکاران (۲۰۰۹) به مطالعه عملکرد طوقه و شکاف در کاهش آب‌شستگی پایه پل پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که استفاده از

طوقه‌ای با عرض دو برابر قطر پایه می‌تواند آب‌شستگی را ۵۵ تا ۹۶ درصد کاهش دهد (۹). جانسون و همکاران (۲۰۰۱) مطالعه‌ای را برای کاربرد صفحات مستغرق به منظور کنترل آب‌شستگی در کوله‌های عمودی انجام دادند. آزمایش‌ها به ازای تعداد، زوایا و موقعیت‌های مختلف کارگذاری صفحات صورت گرفت. نتایج نشان داد که میزان کاهش عمق آب‌شستگی در زوایای 20° ، 25° و 30° درجه به میزان 62 ، 58 و 90 درصد نسبت به حالت بدون صفحات بود که زاویه بهینه بین زاویه 25° تا 30° درجه گزارش شد (۵). قربانی و پارس‌مهر (۲۰۱۶) آزمایش‌هایی را به منظور بررسی اثر تنگ‌شدگی بر آب‌شستگی کوله پل و کاربرد صفحات مستغرق برای کنترل و کاهش آن انجام دادند. آزمایش‌ها برای سه زاویه 10° ، 20° و 30° درجه نسبت به جهت جریان انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که میزان عمق آب‌شستگی با عدد فرود و تنش برشی رابطه مستقیم دارد ولی با نسبت تنگ‌شدگی رابطه عکس دارد. بهترین عملکرد صفحات در تمامی آزمایش‌ها هنگامی بود که صفحات مستغرق زاویه 20° درجه را نسبت به جریان داشتند. بیش‌ترین میزان آب‌شستگی در این زاویه و نسبت تنگ‌شدگی (عرض تنگ‌شدگی به عرض فلوم) 0.83 معادل 75 درصد بود (۳).



شکل ۱- فرآیند جریان و الگوی آب‌شستگی پیرامون تکیه‌گاه پل (۲).

Figure 1. Flow process and scour pattern around abutment of bridge (2).

آب‌شستگی اطراف دماغه نمی‌باشند. هم‌چنین با توجه به پژوهش‌های ذکر شده، صفحات مغروق عملکرد مناسبی را در کاهش آب‌شستگی قوس خارجی از خود نشان داده‌اند. بنابراین در این پژوهش برای اولین بار از سازه جدید صفحات مغروق، برای کاهش آب‌شستگی پیرامون تکیه‌گاه جانبی استفاده شده است که در ارتباط با پارامترهای طراحی آن اطلاعاتی وجود ندارد. مهم‌ترین فرضیه پژوهش حاضر این است که صفحه‌های مغروق مستطیلی شکل می‌توانند روی الگوی جریان اطراف تکیه‌گاه جانبی تأثیر بگذارند به طوری که باعث کاهش قدرت گردابه‌ها و دور شدن خطوط جریان از اطراف تکیه‌گاه گردند و عمق حفره آب‌شستگی را کاهش دهند و ممکن است چاله آب‌شستگی را به جایی دورتر از تکیه‌گاه منتقل کنند. در نتیجه هدف اصلی از انجام این پژوهش تعیین مناسب‌ترین زاویه قرارگیری صفحات مغروق در بالادست تکیه‌گاه پل است که کم‌ترین آب‌شستگی را ایجاد کند. این صفحات بافاصله ثابت (دو برابر طول مؤثر تکیه‌گاه) و در ۴ زاویه مختلف نصب شدند

مواد و روش‌ها

آنالیز ابعادی: پارامترهای مؤثر بر میزان آب‌شستگی اطراف تکیه‌گاه مستطیلی با نصب صفحات مغروق به شرح زیر است:

بررسی‌ها نشان داد کاربرد صفحات مستغرق موجب می‌شود که علاوه بر تکیه‌گاه پل، در دماغه و اطراف صفحات نیز آب‌شستگی ایجاد شود. اگر آب‌شستگی اطراف صفحات از عمق کارگذاری آن‌ها در بستر بیشتر باشد باعث تخریب آن‌ها و در نهایت پل خواهد شد.

شفاعی‌بجستان و همکاران (۲۰۱۶) در دانشگاه شهید چمران اهواز یک سازه جدید را برای کاهش و کنترل فرسایش در قوس‌ها معرفی کردند (۱۱). این سازه که بدون اتصال به کف و ساحل کارگذاری می‌شود، صفحات مغروق (شناور) نام‌گذاری شد. شفاعی‌بجستان و همکاران (۲۰۱۶) برای اولین بار از صفحات مغروق (شناور) در کاهش کنترل آب‌شستگی پنجه ساحل خارجی قوس ۱۸۰ درجه استفاده کردند. در این پژوهش صفحات با فواصل مختلف مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج نشان داد که با نصب صفحات به فاصله دو برابر طول صفحه، میزان عمق آب‌شستگی تا ۶۷ درصد کاهش می‌یابد (۱۱). در مطالعه دیگری سوزه‌پور و شفاعی‌بجستان (۲۰۱۸) تأثیر زاویه قرارگیری صفحات مغروق در کنترل آب‌شستگی پنجه ساحل خارجی قوس را مطالعه نمودند (۱۲). در این پژوهش بهترین زاویه نصب صفحات، ۴۰ درجه تعیین شد. با توجه به این که صفحات مغروق به بستر متصل نیستند بنابراین برخلاف صفحات مستغرق دارای مشکلات

$$F_1(B, L_a, B_a, N, \alpha, H_v, L_v, L_c, L_b, Z_1, Z_2, d_{50}, d_s, d_{sv}, v, g, y, \rho, \rho_s - \rho, \mu, X_{sv}, Y_{sv}) = 0 \quad (1)$$

مرکز صفحات از سطح جریان، Z_2 فاصله مرکز صفحات از بستر رسوبی، d_{50} قطر متوسط ذرات رسوبی، d_s عمق آب‌شستگی دماغه بدون حضور صفحات، d_{sv} عمق آب‌شستگی دماغه تکیه‌گاه با حضور صفحات، v سرعت جریان، g شتاب ثقل

که در آن، B عرض کانال، L_a طول تکیه‌گاه، B_a عرض تکیه‌گاه، N تعداد صفحات مغروق، α زاویه قرارگیری صفحات، H_v ارتفاع صفحات، L_v طول صفحات، L_c فاصله افقی مرکز صفحات از هم و از تکیه‌گاه، L_b فاصله مرکز صفحات تا ساحل، Z_1 فاصله

با به کار بردن تئوری باکینگهام و انتخاب متغیرهای y, V, μ به عنوان متغیرهای تکراری و هم چنین با حذف متغیرهایی که در این پژوهش ثابت بوده اند از جمله $d_{50}, Z_2, Z_1, L_b, L_c, L_v, H_v, N, B_a, L_a, B$ رابطه ۲ حاصل خواهد شد:

$$0 = F_2(\alpha, d_s/y, d_{sv}/y, X_{sv}/y, Y_{sv}/y, Re, Gs, Fr) \quad (2)$$

گردید. Gs نیز ثابت بوده است. در جدول ۱ پارامترهای بی بعد و مقادیرشان در پژوهش حاضر نشان داده شده است.

زمین، y عمق جریان در بالادست باکس رسوبی، ρ جرم واحد حجم آب، $\rho_s - \rho$ جرم واحد حجم مستغرق ذره رسوبی، μ ضریب لزوجت دینامیکی آب، X_{sv} طول چاله آب شستگی، Y_{sv} عرض چاله آب شستگی می باشند.

که در آن، Fr عدد فرود جریان، Gs چگالی ذرات رسوب و Re عدد رینولدز جریان است و سایر پارامترها قبلاً تعریف شده اند. به دلیل آشفته بودن جریان در تمامی آزمایش ها، عدد رینولدز حذف

جدول ۱- پارامترهای بی بعد و مقادیر بررسی شده.

Table 1. Dimensionless parameters and values checked.

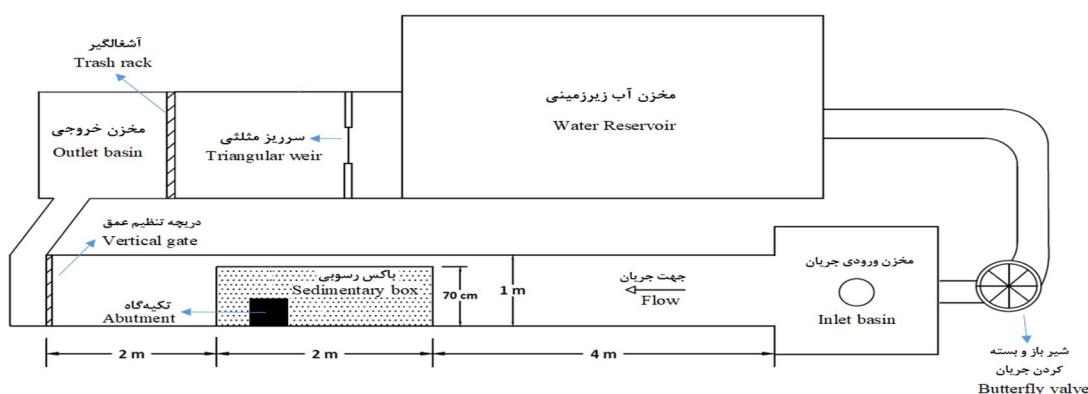
مقادیر مورد بررسی Values Examined	پارامتر بی بعد Dimensionless parameter
115, 90, 65, 40	α
0.22, 0.2, 0.17, 0.15	Fr

(۱۵ سانتی متر) قرار داشت. جریان خروجی از فلوم وارد حوضچه ای می شد که در انتهای آن یک سرریز مثلثی ۵۳ درجه استاندارد جهت اندازه گیری دبی جریان نصب شده بود. در این پژوهش از تکیه گاه مستطیلی با طول (L_a) و عرض (B_a) به ترتیب برابر با ۱۷ و ۱۵ سانتی متر، که از ورق گالوانیزه ساخته شده بود، استفاده گردید (بعد عمود بر جریان تکیه گاه به عنوان طول تکیه گاه نام گذاری شد). اندازه طول و ارتفاع صفحات مغروق با آزمایش های سعی و خطا تعیین گردید و مشخص شد که ابعاد کوچک تر تأثیری در کاهش آب شستگی تکیه گاه ندارند. ابعاد صفحات مغروق چون بر اساس سعی و خطا با انجام آزمایش های اولیه تعیین شد. بدین ترتیب که ابتدا ارتفاع صفحه بر اساس معیار صفحات مستغرق، رجوع شود به اودگارد (۲۰۰۹) تعیین شدند و در ادامه

تجهیزات آزمایشگاهی: آزمایش های این پژوهش در فلومی به طول ۸ متر، عرض ۱ متر، ارتفاع ۰/۶ متر و شیب ثابت ۰/۰۰۰۳ واقع در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد (شکل ۲). دیواره های فلوم از جنس پلکسی گلاس و به ضخامت یک سانتی متر ساخته شدند. در فاصله ۴ متری از ابتدای فلوم در بستر فلوم جعبه ای تعبیه شده که طول و عمق آن به ترتیب ۲ و ۰/۳ متر قرار داشت و از ماسه یکنواخت با قطر متوسط (d_{50}) برابر ۰/۷ میلی متر پر شد به گونه ای که پس از تسطیح رسوبات درون جعبه، بستر فلوم و رسوبات دارای تراز یکسان بودند. هم چنین به منظور پرهیز از غیریکنواختی زبری بستر، بستر فلوم توسط همان ماسه با چسب پوشیده شده بود. در انتهای فلوم دریچه ای جهت تنظیم عمق جریان در رقوم مورد نظر

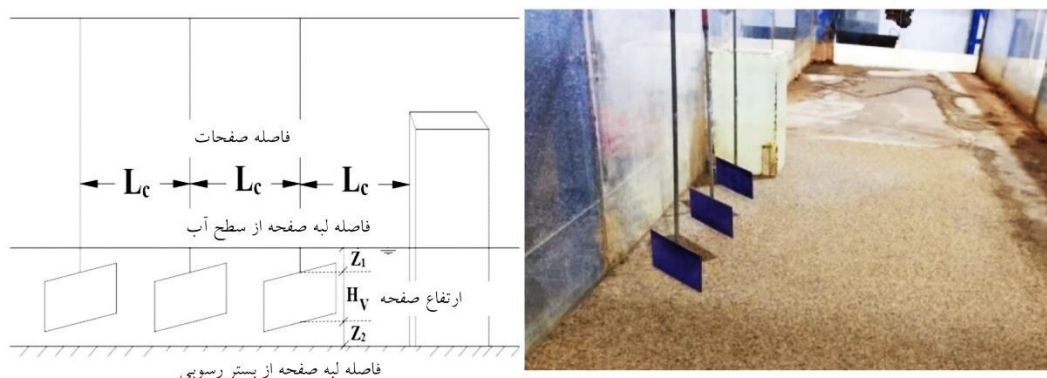
به لبه دیواره فلوم نصب می‌شود، در وسط عمق جریان $(Z_1=Z_2)$ قرار می‌گرفتند. زوایای صفحات مغروق نسبت به ساحل بالادست برابر ۶۰، ۷۵، ۹۰ و ۱۱۵ درجه بود و فاصله آن‌ها (L_c) از یکدیگر ثابت و برابر با ۳۴ سانتی‌متر (حیدری، ۲۰۱۷) انتخاب شد (شکل ۳) (۴).

با تغییر ابعاد ارتفاع صفحات مغروق برابر $(H_v) 7/5$ سانتی‌متر و طول آن (L_v) ۱۵ سانتی‌متر از جنس ورق گالوانیزه به ضخامت ۲ میلی‌متر و به تعداد ۳ عدد ساخته شدند (۱۰). همچنین فاصله مرکز صفحات از ساحل و محل قرارگیری آن‌ها در عمق جریان با آزمایش‌های سعی و خطا محاسبه شد و موقعیت بهینه آن‌ها تعیین گردید. صفحات به وسیله میله L شکلی که



شکل ۲- فلوم آزمایشگاهی پژوهش حاضر بدون حضور صفحات مغروق.

Figure 2. Plan view of the flume without immerse vanes.



شکل ۳- صفحات مغروق نصب شده پیرامون تکیه‌گاه.

Figure 3. Installed immerse vanes around the abutment.

تحت شرایط هیدرولیکی انجام گردید و نرخ تغییرات عمق آب‌شستگی نسبت به زمان ترسیم شد و مشخص گردید که ۷۵ درصد حداکثر عمق آب‌شستگی در زمان چهار ساعت اتفاق می‌افتد و سپس نرخ تغییرات بشدت کاهش یافت. در انتهای هر

در این پژوهش چون هدف مقایسه الگوی آب‌شستگی و رسوب‌گذاری اطراف تکیه‌گاه جانبی به‌ازای تغییرات زوایای صفحات مغروق بود، بنابراین زمان هر آزمایش ۴ ساعت در نظر گرفته شد. برای تعیین این زمان، ابتدا آزمایش طولانی مدت ۱۷ ساعته

حرکت چند ذره که با چشم قابل مشاهده باشد، به عنوان معیار آستانه حرکت در نظر گرفته شد که برابر مقدار سرعت جریان در کانال است. سرعت بحرانی در این روش $0/28$ متر بر ثانیه اندازه گیری شد. عدد فرود در شرایط آستانه حرکت ذرات رسوبی نیز برابر $0/23$ محاسبه گردید. در این پژوهش آب شستگی در شرایط آب زلال بررسی شده است که برای این نوع آب شستگی نسبت سرعت جریان به سرعت بحرانی ذرات باید کوچکتر از یک باشد. مشخصات جریان در آزمایش های مختلف در جدول ۲ آورده شده است.

آزمایش پس از زهکشی شدن بستر رسوبی، الگوی توپوگرافی ایجاد شده در اطراف تکیه گاه به وسیله متر لیزری لایکا D2 با دقت $1/5$ میلی متر در 100 متر، برداشت می گردید. برای تعیین سرعت آستانه حرکت، آزمایشی بدون حضور تکیه گاه تعیین انجام شد. یکی از روش های تعیین سرعت آستانه حرکت استفاده از سرعت بحرانی است. با توجه به این که تمامی آزمایش ها در عمق ثابت $0/15$ متر انجام شدند و سرعت آستانه حرکت متأثر از عمق جریان هست، بنابراین سرعت بحرانی جریان با برقراری عمق ثابت و افزایش تدریجی دبی جریان، به صورت چشمی در چند مرحله محاسبه گردید. در این پژوهش، شروع

جدول ۲- شرایط جریان در آزمایش های مختلف.

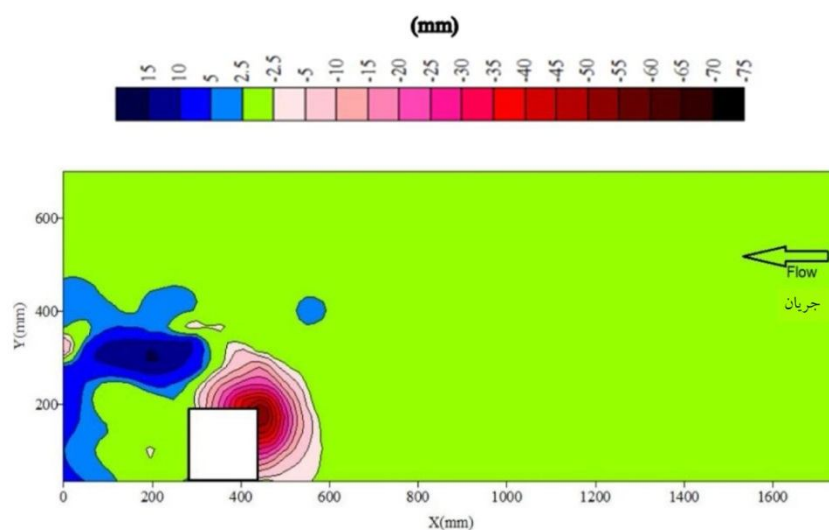
Table 2. Flow conditions at different tests.

سرعت بحرانی / سرعت V/V_c Velocity/Critical velocity	عدد فرود Fr Froude number	سرعت بحرانی V_c (m/s) Critical velocity	سرعت جریان V (m/s) Flow velocity	عمق جریان y (m) Flow depth	دبی جریان Q (m ³ /s) Flow discharge
0.68	0.15	0.28	0.19	0.15	0.028
0.75	0.17	0.28	0.21	0.15	0.032
0.86	0.2	0.28	0.24	0.15	0.036
0.96	0.22	0.28	0.27	0.15	0.04

تکیه گاه بسیار زیاد بوده و حداکثر عمق آب شستگی در دماغه تکیه گاه رخ داده است. چاله آب شستگی تا ساحل بالادست تکیه گاه گسترش یافته است که این مسأله تهدیدی برای پایداری پل می باشد. رسوب گذاری تا پایین دست تکیه گاه پل و تا انتهای جعبه رسوبی امتداد یافته است. در تمامی اعداد فرود مشاهده شد که عمق حداکثر آب شستگی چاله، در گوشه بالادست تکیه گاه رخ داده است. همچنین با افزایش عدد فرود جریان، حداکثر عمق آب شستگی، حجم و سطح تخریب شده چاله آب شستگی افزایش پیدا کرد.

نتایج و بحث

الگوی توپوگرافی بستر برای آزمایش های بدون حضور صفحات مغروق (آزمایش های شاهد): در این مرحله ۴ آزمایش با اعداد فرود جریان $0/15$ ، $0/17$ ، $0/2$ و $0/22$ به مدت ۴ ساعت صورت گرفت و توپوگرافی بستر به وسیله متر لیزری برداشت گردید. در شکل ۴ به عنوان نمونه الگوی فرسایش و رسوب گذاری در اطراف تکیه گاه پل به ازای عدد فرود $0/2$ نشان داده شده است. همان طور که در الگوی فرسایش و رسوب گذاری آزمایش شاهد ملاحظه می گردد عمق آب شستگی و سطح تخریب شده در



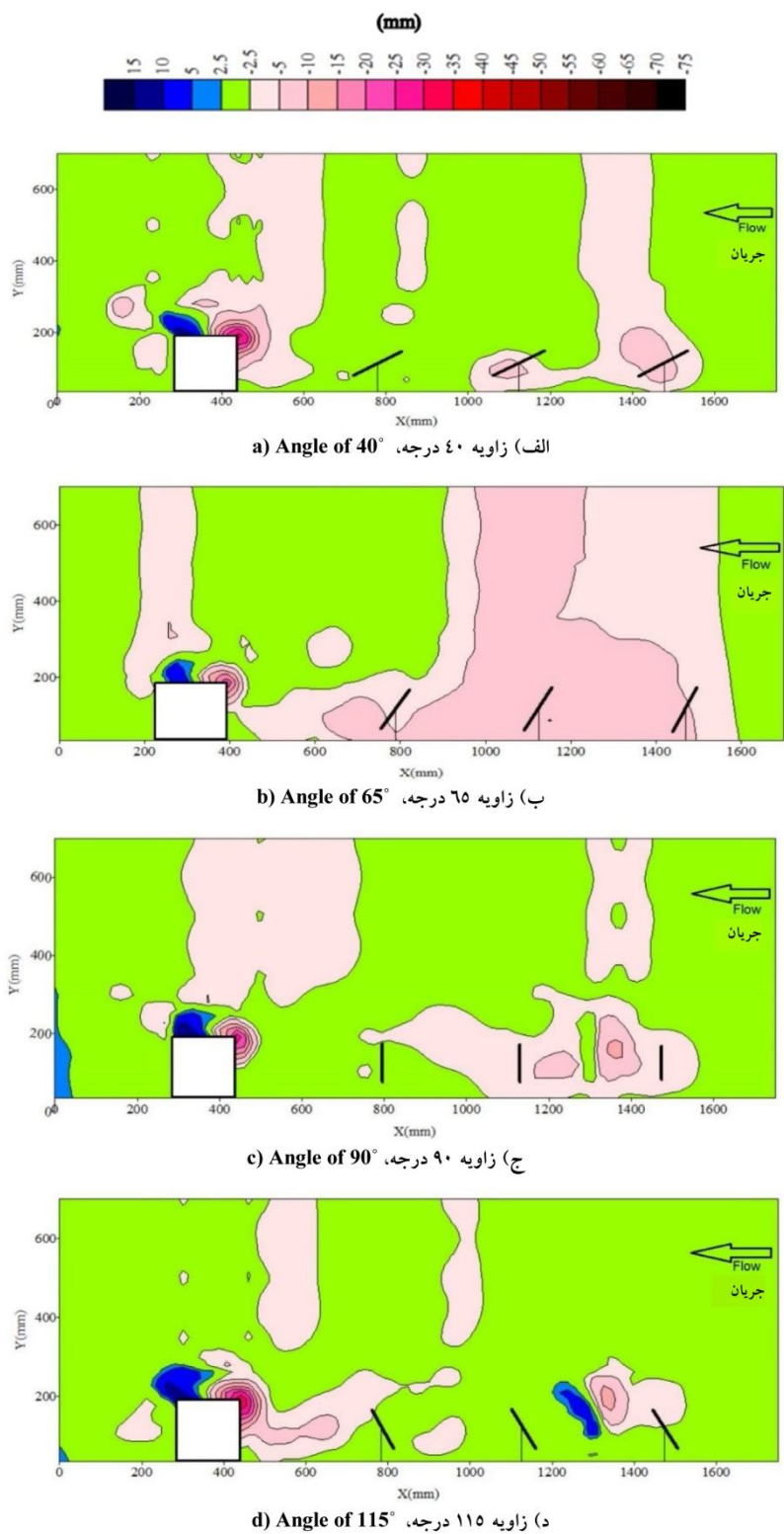
شکل ۴- الگوی فرسایش و رسوب‌گذاری در عدد فرود ۰/۲ بدون حضور صفحات مغروق (بر حسب میلی‌متر).

Figure 4. Scour and sedimentation pattern without the immerse vanes at Froude number of 0.2 (in Milimeter).

با زاویه نصب ۱۱۵ درجه نسبت به ساحل بالادست اتفاق افتاد. در تمامی آزمایش‌ها، حداکثر عمق آب‌شستگی تکیه‌گاه در گوشه بالادست تکیه‌گاه رخ داده و چاله از تکیه‌گاه دور نشده است.

در آزمایش‌هایی که با حضور صفحات صورت گرفت، مشاهده گردید که در زیر صفحات نیز آب‌شستگی اتفاق افتاده است. علت این پدیده برخورد جریان آب به صفحات و انحراف جریان به طرف بستر می‌باشد. پس از برخورد جریان به صفحه، خطوط جریان به طرف بالا و پایین صفحه منحرف می‌شوند و جریانی که از زیر عبور می‌کند به علت تنگ‌شدگی عمق جریان، مانند یک جت عمل کرده و باعث آب‌شستگی بستر می‌شود. پس از بررسی این چاله‌ها، این نتیجه حاصل شد که حداکثر عمق آب‌شستگی در زیر صفحات در حدفاصل صفحه اول و دوم رخ داده است که در مقایسه با عمق چاله آب‌شستگی تکیه‌گاه دارای مقادیر بسیار کم‌تری می‌باشد ضمن این‌که چاله تشکیل شده هم از ساحل و هم از تکیه‌گاه بسیار دور می‌باشد و نمی‌تواند باعث تخریب ساحل یا پل گردد. عمیق‌ترین آب‌شستگی در زیر صفحات مغروق با زاویه ۱۱۵ درجه تشکیل شد.

الگوی توپوگرافی بستر برای آزمایش‌های با حضور صفحات مغروق: در این مرحله ۱۶ آزمایش با ۴ زاویه نصب ۴۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۱۵ درجه نسبت به ساحل بالادست، برای اعداد فرود ۰/۱۵، ۰/۱۷، ۰/۲ و ۰/۲۲ با فاصله ثابت از یکدیگر (۲ برابر طول مؤثر تکیه‌گاه) انجام گردید. توپوگرافی بستر برای تمامی آزمایش‌ها با نرم‌افزار Surfer ترسیم شد. در شکل ۵ به‌عنوان نمونه الگوی فرسایش و رسوب‌گذاری در عدد فرود ۰/۲ (دبی ۳۶ لیتر بر ثانیه) برای ۴ زاویه مختلف نصب صفحات مغروق، نشان داده شده است. با بررسی الگوهای آب‌شستگی و رسوب‌گذاری مشاهده گردید که ابعاد چاله آب‌شستگی تکیه‌گاه با حضور صفحات مغروق در مقایسه با حالت بدون صفحات، کاهش یافته است. با افزایش زاویه صفحات، روند تغییرات آب‌شستگی اطراف تکیه‌گاه ابتدا به‌صورت نزولی و سپس صعودی بوده است. به‌طوری‌که از زاویه ۴۰ درجه با افزایش زاویه، آب‌شستگی تکیه‌گاه روندی کاهشی داشت و مقدار آن در زاویه ۶۵ درجه به کم‌ترین حد خود رسید و سپس با افزایش زاویه، شاهد افزایش آب‌شستگی در تکیه‌گاه بودیم. ضعیف‌ترین عملکرد در کاهش عمق آب‌شستگی، توسط صفحات



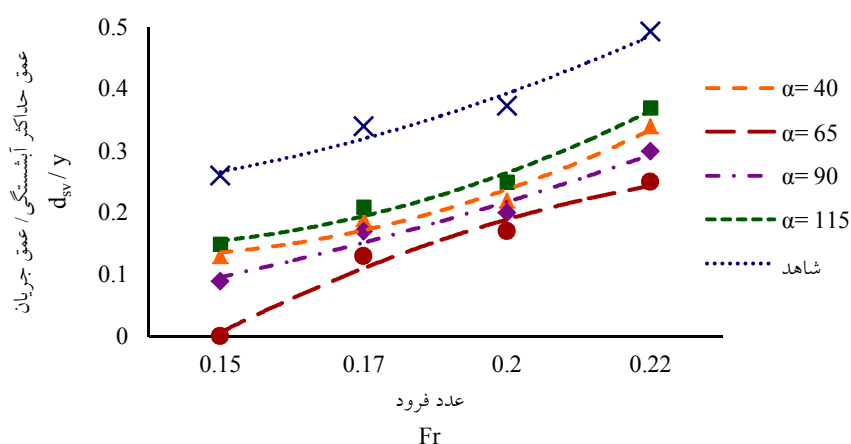
شکل ۵- الگوی فرسایش و رسوب گذاری در عدد فرود 0.2 به ازای زوایای مختلف صفحات مغروق (بر حسب میلی متر) الف) زاویه 40° درجه، ب) زاویه 65° درجه، ج) زاویه 90° درجه، د) زاویه 115° درجه.

Figure 5. Scour and sedimentation pattern at Froude number of 0.2 for different angles of immerse vanes (in Milimeter) a) Angle of 40° , b) Angle of 65° , c) Angle of 90° , d) Angle of 115° .

عمق آب‌شستگی از خود نشان داده است. همچنین شکل ۶ نشان می‌دهد که با افزایش عدد فرود جریان، به علت افزایش تنش برشی و قدرت گردابه‌ها در اطراف سازه، عمق حداکثر آب‌شستگی تکیه‌گاه در همه زوایا افزایش یافته است.

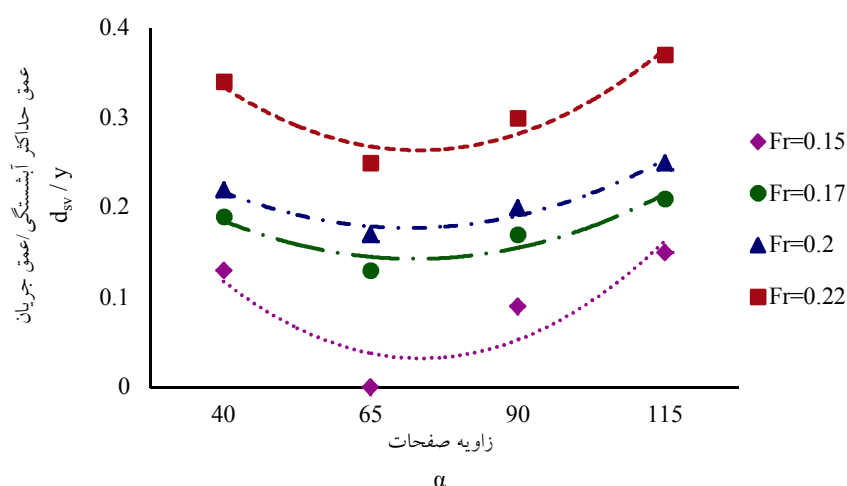
شکل ۷ نشان می‌دهد که در هر عدد فرود، با افزایش زاویه صفحات نسبت به ساحل بالادست تا ۶۵ درجه، عمق حداکثر آب‌شستگی کاهش می‌یابد و سپس با افزایش زاویه تا ۱۱۵ درجه عمق آب‌شستگی روندی افزایشی پیدا می‌کند به طوری که در زوایای ۶۵ و ۱۱۵ درجه به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین عمق آب‌شستگی اتفاق افتاده است. در اعداد فرود ۰/۱۷ و ۰/۲ روند تغییرات حداکثر عمق آب‌شستگی در زوایای مختلف زیاد نیست ولی در اعداد فرود ۰/۱۵ و ۰/۲۲ این روند شدیدتر است. به طور متوسط عمق حداکثر آب‌شستگی تکیه‌گاه در صفحات با زوایای ۴۰، ۶۵، ۹۰ و ۱۱۵ درجه به ازای اعداد فرود ۰/۱۵، ۰/۱۷، ۰/۲ و ۰/۲۲ به ترتیب ۰/۱۴، ۰/۲۲ و ۰/۱۹ و ۰/۲۴ برابر عمق جریان در بالادست تکیه‌گاه است.

عمق حداکثر چاله آب‌شستگی تکیه‌گاه: در شکل‌های ۶ و ۷ نمودارهای حداکثر عمق چاله آب‌شستگی تکیه‌گاه به ازای زوایای مختلف نصب صفحات و برای اعداد فرود مختلف نشان داده شده است. محور افقی در شکل‌های ۶ و ۷ به ترتیب بیانگر عدد فرود جریان (Fr) و زاویه صفحات نسبت به ساحل بالادست (α) است. محور عمودی آن‌ها نسبت به بعد عمق حداکثر آب‌شستگی به عمق جریان بالادست تکیه‌گاه (d_{sv}/y) است. با دقت در شکل ۶ می‌توان ملاحظه کرد که در همه آزمایش‌ها، استفاده از صفحات مغروق باعث کاهش عمق آب‌شستگی تکیه‌گاه نسبت به حالت شاهد شده است. بیش‌ترین و کم‌ترین کاهش در عمق آب‌شستگی تکیه‌گاه به ترتیب برای صفحات با زوایای ۶۵ و ۱۱۵ درجه نسبت به ساحل بالادست رخ داده است. به طور متوسط میزان کاهش حداکثر عمق چاله آب‌شستگی تکیه‌گاه در زوایای ۴۰، ۶۵، ۹۰ و ۱۱۵ درجه به ازای اعداد فرود ۰/۱۵، ۰/۱۷، ۰/۲ و ۰/۲۲ به ترتیب ۴۲، ۶۶، ۵۰ و ۳۴ درصد است که نشان می‌دهد صفحه با زاویه ۶۵ درجه نسبت به دیگر زوایا عملکرد بهتری در کاهش



شکل ۶- تأثیر عدد فرود جریان بر حداکثر عمق آب‌شستگی تکیه‌گاه برای آزمایش‌های با و بدون حضور صفحات.

Figure 6. Effect of Froude number on maximum scour depth of the abutment for tests with and without the immerse vanes.



شکل ۷- تأثیر زوایای صفحات مغروق بر حداکثر عمق آب‌شستگی تکیه‌گاه برای اعداد فرود مختلف.

Figure 7. Effect of angles of the immerse vanes on maximum scour depth of abutment for different Froude numbers.

فرود، علاوه بر عمیق‌تر شدن چاله تکیه‌گاه، عمق چاله آب‌شستگی زیر صفحات نیز افزایش پیدا کرده است. با قرارگیری صفحات در زوایای ۴۰ و ۶۵ درجه در عدد فرود ۰/۱۵، چاله‌ای زیر صفحات ایجاد نشده است. همچنین در زاویه ۶۵ درجه در اطراف تکیه‌گاه پل نیز چاله آب‌شستگی تشکیل نگردید. در نتیجه صفحات با زاویه ۶۵ درجه به‌ازای عدد فرود ۰/۱۵ دارای عملکردی برابر ۱۰۰ درصد در کاهش عمق آب‌شستگی هم در تکیه‌گاه و هم زیر صفحات، در مقایسه با حالت بدون حضور صفحات، می‌باشند. در صفحات با زاویه ۱۱۵ درجه در تمامی اعداد فرود جریان، عمق آب‌شستگی زیر صفحات در مقایسه با زوایای دیگر بیش‌تر بوده است به‌طوری‌که مقادیر عمق آب‌شستگی زیر صفحات در اعداد فرود ۰/۱۵، ۰/۱۷، ۰/۲ و ۰/۲۲ به‌ترتیب ۲۳، ۲۰، ۲۱ و ۳۰ درصد عمق آب‌شستگی تکیه‌گاه در آزمایش شاهد است.

همان‌گونه که قبلاً ذکر گردید، در اعداد فرود و زوایای مختلف عملکرد صفحات در کاهش عمق آب‌شستگی متفاوت بود. در جدول ۳ مقادیر عمق حداکثر چاله آب‌شستگی برای آزمایش‌های با و بدون حضور صفحات مغروق و همچنین مقادیر عمق حداکثر آب‌شستگی در زیر صفحات مغروق ذکر شده است. در این جدول؛ α = زاویه صفحات مغروق نسبت به ساحل بالادست، Fr = عدد فرود جریان، d_s = عمق چاله آب‌شستگی دماغه تکیه‌گاه در آزمایش شاهد (بدون حضور صفحات)، d_{sv} = عمق چاله آب‌شستگی دماغه تکیه‌گاه با حضور صفحات مغروق، d_{uv} = عمق چاله آب‌شستگی زیر صفحات مغروق، B = درصد عمق چاله آب‌شستگی تکیه‌گاه نسبت به آزمایش شاهد و C = درصد عمق چاله آب‌شستگی زیر صفحات مغروق نسبت به عمق چاله آب‌شستگی تکیه‌گاه در آزمایش شاهد است. با دقت در جدول ملاحظه می‌گردد که در همه زوایا با افزایش عدد

جدول ۳- مقادیر عمق چاله آب‌شستگی در دماغه تکیه‌گاه و زیر صفحات مغروق.

Table 3. Values of scour hole depth at abutment tip and under immerse vanes.

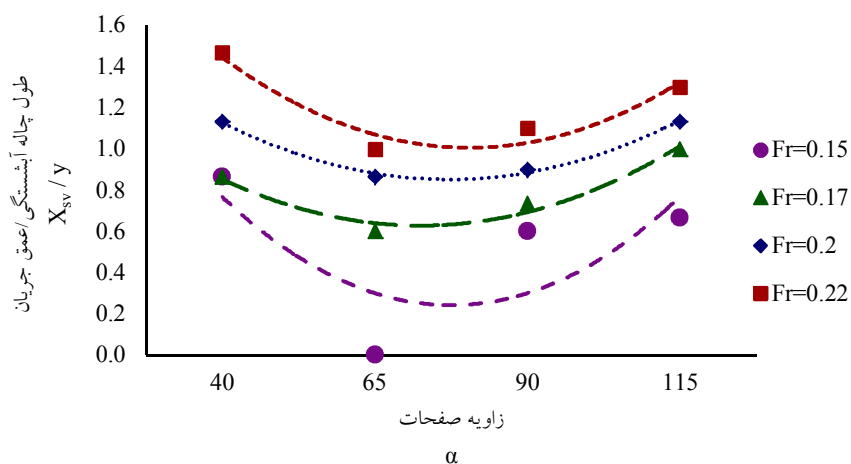
C (%)	B (%)	d_{sv} (Cm)	d_{sv} (Cm)	d_s (Cm)	Fr	α
درصد عمق چاله آب‌شستگی زیر صفحات مغروق percent of reduced scour hole depth under vanes	درصد عمق چاله آب‌شستگی تکیه‌گاه نسبت به آزمایش شاهد percent of reduced scour hole depth	عمق چاله آب‌شستگی زیر صفحات مغروق Scour hole depth under vanes	عمق چاله آب‌شستگی دماغه تکیه‌گاه با حضور صفحات مغروق Scour hole depth with vanes	عمق چاله آب‌شستگی دماغه تکیه‌گاه با حضور صفحات مغروق Scour hole depth without vanes	عدد فرود Froude number	زاویه صفحات مغروق Angle of immerse vanes
0	49	0	1.9	3.9	0.15	
10	55	0.5	2.8	5.1	0.17	40
12.5	59	0.7	3.3	5.6	0.2	
30	69	2.2	5.1	7.4	0.22	
0	0	0	0	3.9	0.15	
12	39	0.6	2	5.1	0.17	65
18	44.6	1	2.5	5.6	0.2	
21.6	50	1.6	3.7	7.4	0.22	
18	36	0.7	1.4	3.9	0.15	
19.6	49	1	2.5	5.1	0.17	90
18	53.6	1	3	5.6	0.2	
23	61	1.7	4.5	7.4	0.22	
23	59	0.9	2.3	3.9	0.15	
19.6	61	1	3.1	5.1	0.17	115
21.4	68	1.2	3.8	5.6	0.2	
30	74	2.2	5.5	7.4	0.22	

حالت شاهد کاهش پیدا کرد. همان‌گونه که شکل ۱۱ نشان می‌دهد بیش‌ترین کاهش طول چاله آب‌شستگی، در صفحات با زاویه نصب ۶۵ درجه رخ داد به‌طوری‌که طول چاله آب‌شستگی در اعداد فرود ۰/۱۵، ۰/۱۷، ۰/۲ و ۰/۲۲ به ترتیب ۱۰۰، ۶۴، ۵۳ و ۶۷ درصد نسبت به آزمایش‌های شاهد کاهش یافت. در اعداد فرود ۰/۱۵، ۰/۲ و ۰/۲۲ صفحات با زاویه ۴۰ درجه و در عدد فرود ۰/۱۷ صفحات با زاویه ۱۱۵ درجه کم‌ترین تأثیر را در کاهش طول چاله آب‌شستگی نسبت به حالت بدون حضور صفحات

طول چاله آب‌شستگی تکیه‌گاه: شکل ۸ تأثیر زوایای صفحات مغروق بر طول چاله آب‌شستگی را به‌ازای تمامی اعداد فرود نشان می‌دهد. محور عمودی آن نسبت بی‌بعد طول چاله آب‌شستگی (X_{sv}/y) است. بعدی که به موازات محور x ها در توپوگرافی قرار دارد به‌عنوان طول چاله آب‌شستگی نام‌گذاری شد و حداکثر مقدار آن در تمامی آزمایش‌ها مورد بررسی قرار گرفت. بررسی داده‌های برداشت‌شده نشان داد که با نصب صفحات مغروق در بالادست تکیه‌گاه در زوایای مختلف، طول چاله آب‌شستگی نسبت به

در زوایای ۴۰، ۶۵، ۹۰ و ۱۱۵ درجه به‌ازای اعداد فرود ۰/۱۵، ۰/۱۷، ۰/۲ و ۰/۲۲ به‌ترتیب ۴۰، ۷۱، ۵۴ و ۴۴ درصد است.

داشته‌اند. همچنین با افزایش عدد فرود، طول چاله آب‌شستگی در تمامی زوایا افزایش پیدا کرد. به‌طور متوسط میزان کاهش طول چاله آب‌شستگی تکیه‌گاه

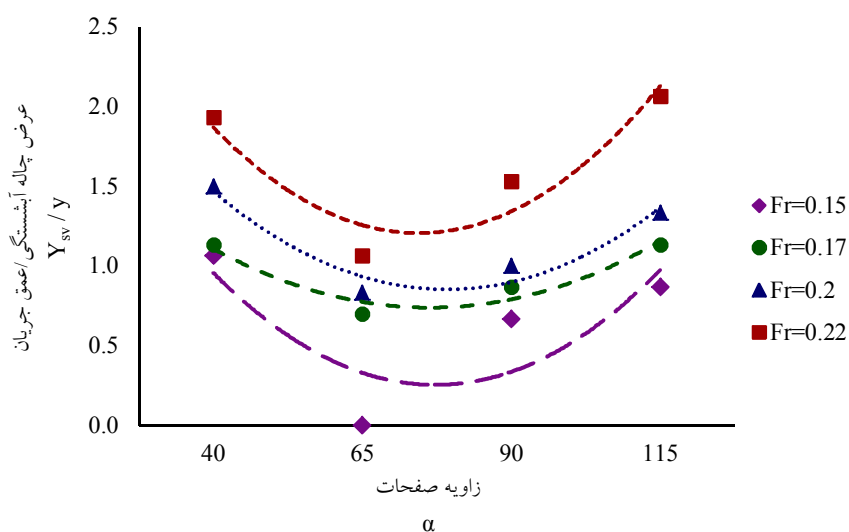


شکل ۸- تأثیر زاویه صفحات مغروق بر طول چاله آب‌شستگی تکیه‌گاه برای اعداد فرود مختلف.

Figure 8. Effect of angle of the immerse vanes on the scour hole length at different Froude numbers.

به‌ترتیب به‌میزان ۱۰۰، ۶۱، ۵۸ و ۵۶ درصد برآورد شده است. در اعداد فرود ۰/۱۵، ۰/۱۷ و ۰/۲ صفحات با زاویه ۴۰ درجه ضعیف‌ترین عملکرد را در کاهش عرض چاله آب‌شستگی داشته‌اند و در عدد فرود ۰/۲۲ عملکرد صفحات با زوایای ۴۰ و ۱۱۵ درجه بسیار نزدیک به هم بوده است. در ضمن شکل ۱۲ نشان می‌دهد که با افزایش عدد فرود جریان در همه زوایا، عرض چاله آب‌شستگی گسترش یافته است. به‌طور متوسط میزان کاهش عرض چاله آب‌شستگی تکیه‌گاه در زوایای ۴۰، ۶۵، ۹۰ و ۱۱۵ درجه به‌ازای اعداد فرود ۰/۱۵، ۰/۱۷، ۰/۲ و ۰/۲۲ به‌ترتیب ۲۵، ۶۹، ۴۷ و ۳۰ درصد است.

عرض چاله آب‌شستگی تکیه‌گاه: کاربرد صفحات مغروق باعث شد که علاوه بر طول چاله آب‌شستگی، عرض آن نیز کاهش یابد. در شکل ۹ تأثیر زوایای مختلف صفحات مغروق بر عرض چاله آب‌شستگی تکیه‌گاه در همه آزمایش‌ها نشان داده شده است. محورهای افقی و عمودی آن به‌ترتیب بیانگر زاویه صفحات نسبت به ساحل بالادست (α) و نسبت بی‌بعد عرض چاله آب‌شستگی (y_{sv}/y) می‌باشند. نتایج نشان داد که صفحات با زاویه ۶۵ درجه، بیش‌ترین تأثیر را در کاهش عرض چاله آب‌شستگی تکیه‌گاه در مقایسه با حالت داشته‌اند به‌طوری‌که در اعداد فرود ۰/۱۵، ۰/۱۷، ۰/۲ و ۰/۲۲ این کاهش



شکل ۹- تأثیر زاویه صفحات مغروق بر عرض چاله آب‌شستگی تکیه‌گاه برای اعداد فرود مختلف.

Figure 9. Effect of angle of the immerse vanes on the scour hole width at different Froude numbers.

همچنین صفحات با زاویه ۱۱۵ درجه، ضعیف‌ترین عملکرد را در کاهش عمق آب‌شستگی از خود نشان داده‌اند به طوری که میزان کاهش عمق حداکثر آب‌شستگی به طور متوسط ۳۴ درصد بود. ۲- بیش‌ترین کاهش در طول و عرض چاله آب‌شستگی تکیه‌گاه نسبت به آزمایش شاهد، در صفحات مغروق با زاویه ۶۵ درجه رخ داده است به گونه‌ای که میزان کاهش در طول و عرض چاله آب‌شستگی تکیه‌گاه به ترتیب برابر ۷۱ و ۶۹ درصد بود.

نتیجه‌گیری کلی

در پژوهش حاضر فرض مؤثر بودن صفحات مغروق در بالادست تکیه‌گاه مستطیلی به عنوان یک سازه کنترل یا کاهش‌دهنده آب‌شستگی مورد بررسی قرار گرفت. با انجام آزمایش‌های مختلف مشخص گردید:

۱- در همه آزمایش‌ها مشاهده گردید که استفاده از صفحات مغروق باعث کاهش عمق چاله آب‌شستگی تکیه‌گاه شده است. زاویه ۶۵ درجه دارای مؤثرترین عملکرد در کاهش عمق آب‌شستگی تکیه‌گاه می‌باشد که به طور متوسط عمق حداکثر آب‌شستگی را ۶۶ درصد کاهش داده است.

منابع

1. Ardeshir, A., Cheraghchi, R., and Karami, H. 2012. Experimental study of effect of collar on local scour reduction around vertical and 45° wing wall abutments. J. Civil Engin. 24: 1. 60-70. (In Persian)
2. Barbhuiya, A.K., and Dey, S. 2004. Local scour at abutments: a review. Sadhana, Indian Academy of Sciences, 29: 139. 449-476.
3. Ghorbani, B., and Parse Mehr, M. 2016. Impact of channel contraction on the abutment scour and application of submerged vanes in scour prevention and control. J. Hydr. 10: 4. 65-72. (In Persian)
4. Heydari, A. 2017. Bridge abutment scour control by installing the immersed vanes with different distances. Master's thesis. Shahid chamran university of Ahvaz. P 89-91. (In Persian)

5. Johnson, P.A., Hey, R.D., Tessier, M., and Rosgen, D.L. 2001. Use of vanes for control of scour at vertical wall abutments. *J. Hydr. Engin.* 127: 9. 772-778.
6. Khademi, Kh., Shafai-Bejestan, M., and Khozaymehnezhad, H. 2016. Experimental investigation of effect of attached vane installing on bridge abutment local scour and flow pattern. *J. Water Soil Cons.* 22: 6. 187-201. (In Persian)
7. Khozeime Nezhad, H., Ghomshi, M., and Shafai Bejestan, M. 2014. Comparison of symmetrical and unsymmetrical rectangular collars on reduction of local scour at bridge abutment. *Irrigation Science and Engineering (JISE) (Sci. J. Agric.)*. 37: 2. 1-12.
8. Melville, B.W. 1992. Local scour at bridge abutments. *J. Hydr. Engin. ASCE*. 118: 4. 615-631.
9. Monocad, M.A.T., Aguirre-Pe, J., Bolivar, J.C., and Flores, E.J. 2009. Scour protection of circular bridge piers with collars and slots. *J. Hydr. Res.* 47: 1. 119-126.
10. Odgaard, J.A. 2009. River training and sediment management with submerged vane, ASCE, 184p.
11. Shafai-bajestan, M., Selej-Mahmoodi, H., and Soozepour, A. 2016. Floating vanes for bend scour control. *The International Conference On Fluvial Hydraulics (River Flow 2016)*, St.Louis, USA. Pp: 1-6.
12. Soozepour, A., and Shafai-Bejestan, M. 2018. Best installation angle for immersion vanes as a measure for meander bank erosion. *J. Civil Engin.* 31: 1. 31-44. (In Persian)
13. Yanmaz, A.M., and Kose, O. 2007. Time-wise variation of scouring at bridge abutments. *Sadhana*. 32: 3. 199-213.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 26(5), 2020

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2019.16010.3124

Investigation of the effect of the immersed vanes angle on scouring around the bridge abutment

***R. Pourmansouri¹, M. Shafaei Bejestan² and M. Bahrami Yarahmadi³**

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Water Structures, Faculty of Water Science Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran,

²Professor, Dept. of Water Structures, Faculty of Water Science Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran,

³Assistant Prof., Dept. of Water Structures, Faculty of Water Science Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Received: 12.10.2018; Accepted: 07.08.2019

Abstract

Background and Objectives: The scouring of river bed around bridge is one of the most important issues in bridges destruction. It has been found that the occurrence of scouring on the bridges abutment is the most important cause of the destruction of bridges in all countries. Among the techniques of reducing scouring around the bridge abutment which are called “indirect measures” is to modify the flow pattern and reduce the power of vortex vortices which are the main cause of scour. At the present study the performance of immerse vanes was investigated at a constant distance of 2 times of the abutment effective length and 4 different angles under four different flow conditions (Froude numbers = 0.15, 0.17, 0.2 and 0.22). The destruction of immerse vanes is impossible due to the installation of them above the bed and within the depth of the flow. Therefore, the main purpose of this study is to determine the most suitable angle of displacement of the vanes in the upstream of the bridge abutment, which will cause the least scouring.

Materials and Methods: The experimental tests were conducted in a flume of 8 meters long and 1 meters wide. A rectangular abutment was installed at the middle of the test section (2 meters long) covered with bed of fine sand. Each test started by turning on the pump, which transfers the flow from the reservoir below the laboratory. The water flows through the flume after passing through a net that is filled with fibers in order to depreciate the flow fluctuations. At the end of the flume, after passing through the sliding valve, the flow into the pool was collected. At the end of the pond, a 53-degree triangular overflow was placed in order to measure the flow rate, which then flows into the underground reservoir. At the beginning of each experiment, after the leveling of the bed by opening the opening at the beginning of the flume, the flow gradually entered the flume so that the sediment would not be destroyed. After increasing the water level in the flume, the flow rate slowly increases to reach the desired flow rate. After adjusting the flow rate, the water level was set at the desired level of 15 cm and then the experiment lasted for four hours at a specified time. At the end of each experiment, the water was slowly drained from the flume. the purpose of this study was to compare the erosion and sedimentation pattern around the bridge abutment by changing the angles of the vanes, Therefore, the time of each test was considered to be 4 hours. At the end, the maximum scour depth and topography of the scour hole created around the ridge were taken by a laser meter with a precision of one millimeter and the data was saved in Excel files.

* Corresponding Author; Email: r.pourmansouri@yahoo.com

Results: In this study, bed topography was taken for all experiments using laser meter and then plotted using Surfer software. The results showed that in all experiments, maximum scour depth was observed in the upper nose of the abutment and with increasing flow conditions, due to increased bed shear stress and the power of vortices around the structure, the maximum scour depth and scour hole volume increased. Also in this study, it was found that the angle of installation of the immerse vans has a great effect on the performance of the vanes in reducing the depth, surface and volume of the scouring hole.

Conclusion: Generally, the results show that the use of immerse vanes significantly reduced the scouring compared to the case of no vanes. The most effective angle of installation was found to be equal to 65 degrees, which, on average, reduced the maximum depth of scouring, length and width by 66, 71 and 69 percent, respectively.

Keywords: Bridge abutment, Immerse vanes, River, Scour, Sustainability of the bridge

