

بررسی تأثیر عملکرد صفحات مستغرق پادساعتگرد بر کاهش آبشستگی پایه پل منفرد مستقر در قوس تند

ندا صفری پور^۱، محمد واقفی^۲، امین محمودی^۳

تاریخ ارسال ۱۳۹۵/۰۴/۱۵

تاریخ پذیرش ۱۳۹۶/۰۷/۱۷

چکیده

در این مقاله به بررسی تأثیر صفحات مستغرق پادساعتگرد بر کاهش آبشستگی پیرامون پایه پل منفرد پرداخته شده است. آزمایش‌ها در یک فلوم با خم U شکل تحت تأثیر استقرار پایه پل استوانه‌ای انجام شد. صفحات مستطیلی از جنس پلگسی گلاس با طول و ضخامت به ترتیب $1/5$ و $0/2$ برابر قطر پایه و استغراق ۷۵ درصد استفاده شد. کلیه آزمایشات در شرایط آب زلال ($\frac{\rho_s}{\rho_f} = 0/97$)، دبی ۷۰ لیتر بر ثانیه و رسوبات با دانه‌بندی متوسط برابر $1/5$ میلی‌متر انجام شد. نتایج بیانگر این است که استفاده از صفحات مستغرق پادساعتگرد، حجم حفره و عمق آبشستگی در اطراف پایه پل را کاهش می‌دهد. درصد کاهش حجم حفره‌ی آبشستگی پیرامون پایه در حالت استفاده از صفحات مستغرق پادساعتگرد حدود ۴۰-۲۵ درصد است. به عنوان نمونه در آزمایش قرارگیری صفحات با فاصله‌ی ۵ برابر قطر پایه از مرکز پایه و فاصله‌ی $1/5$ برابر قطر پایه از هم، عمق آبشستگی به میزان $8/8$ درصد و حجم حفره ۳۸ درصد کاهش یافته است.

واژه‌های کلیدی: آبشستگی، پایه پل، زاویه پادساعتگرد، صفحات مستغرق، خم U شکل

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران، ۰۹۱۷۹۵۲۸۲۴۲، n.safaripour70@gmail.com

^۲ دانشیار سازه‌های هیدرولیکی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران، ۰۹۱۷۳۱۳۷۶۰۹، Vaghefi@pgu.ac.ir (نویسنده

مسئول)

^۳ استادیار سازه‌های هیدرولیکی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران، ۰۹۱۷۳۲۲۰۰۷۵، a_mahmoudi@pgu.ac.ir

کاربرد صفحات مستغرق ۳۶ درصد می‌باشد. نتایج آزمایشگاهی (Ghorbani et al. (2007) در کانال مستطیلی، تحت تأثیر عملکرد صفحات مستغرق تکی و دو تایی بر کاهش آبشستگی پایه‌ی پل منفرد نشان داد استفاده از دو صفحه مستغرق با طولی برابر قطر پایه پل دایره‌ای در بالادست آن در حالت چسبیده به پایه، آبشستگی را $87/7\%$ درصد کاهش می‌دهد. تحقیقات (دبردانی و همکاران، ۱۳۸۸) در فلوم مستطیلی تحت اثر زاویه‌های قرارگیری صفحات با طول‌های متفاوت در موقعیت قرارگیری ۴۵ درجه نسبت به رأس پایه انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد کاربرد صفحات با طولی برابر $0/66$ قطر پایه با زاویه‌ی قرارگیری ۳۰ درجه در جهت جریان عملکرد بهتری حاصل می‌شود.

(حسینی و همکاران، ۱۳۸۸) آزمایشات خود را در کانال مستطیلی تحت تأثیر ۶ پره‌ی مستغرق با زاویه‌ی ۳۰ درجه با جهت جریان و نسبت طول به ارتفاع‌های مختلف بر آبشستگی پیرامون پایه‌ی مستطیلی با لبه‌های گردشده انجام دادند. نتایج تحقیق نشان داد با کاهش زاویه‌ی پایه، اثر صفحات مستغرق بر کاهش آبشستگی افزایش می‌یابد. (Ouyang et al. (2009) به مطالعات عددی کانال آبرفتی تحت اثر صفحات مستغرق با سه مدل مختلف به صورت مستطیل، دوزنقه و متوازی الاضلاع با ابعاد مختلف پرداختند. نتایج حاصله نشان داد برای پره‌ی مستطیل شکل ارتفاع بهینه با نسبت ارتفاع پره به عمق آب بین $0/58$ و $0/7$ است. صفحه‌ی متوازی الاضلاع با ضلع بالایی رو به جریان و به صورت معکوس نسبت به پره‌ی مستطیل شکل به ترتیب عملکرد بهتر و ضعیف‌تری داشته است.

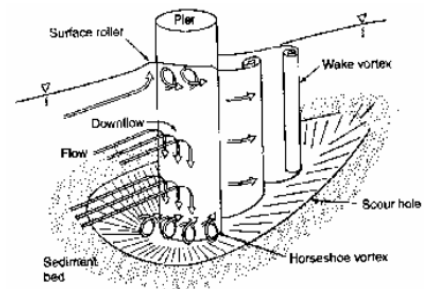
(Han et al. (2011) با قرار دادن صفحه‌هایی به صورت تکی و سه تایی در کانال قوسی ۹۰ درجه نشان دادند که توزیع سرعت یکنواخت‌تر از حالتی است که کانال بدون پره باشد.

(Masjedi et al. (2011) اثر زاویه‌ی قرارگیری صفحه بر کنترل رسوبات بستر در یک کانال قوسی خم U با انحنای $4/7$ بررسی کردند. با قراردادن صفحه تحت زاویه‌های مختلف ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰

مقدمه

آبشستگی موضعی یکی از معضلاتی است که گریبان‌گیر پایه پل‌ها در رودخانه‌ها و باعث تخریب پایه می‌شود. هر ساله تعداد زیادی از این پل‌ها بر اثر سیلاب تخریب می‌گردند که خسارت جانی و مالی زیادی در برمی‌گیرد. شکل (۱) گردابه‌های اطراف پایه که باعث ایجاد چاله‌ی آبشستگی می‌شود را نشان می‌دهد.

روش‌های پیشنهاد شده برای محافظت پایه پل‌ها در برابر آبشستگی به دو روش کلی تقسیم بندی شده است. روش اول مقاوم سازی مصالح بستر و مستحکم سازی پی پل‌ها می‌باشد که در آن مصالح بستر حرکتی نداشته و مواد درشت دانه‌ی اطراف پایه از آبشستگی آن جلوگیری به عمل می‌آورد. روش دوم محافظت پایه پل و بستر، توسط سازه‌های هیدرولیکی هستند که با تغییر الگوی جریان اطراف پایه موجب پایداری رسوبات پیرامون پایه می‌شود. صفحات مستغرق از جمله سازه‌های هیدرولیکی است با ایجاد گرداب ثانویه و تغییر الگوی جریان اطراف پایه پل‌ها و بستر رودخانه‌ها، آبشستگی موضعی را کاهش می‌دهد.



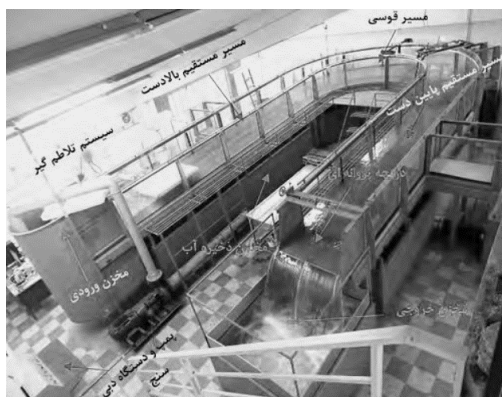
شکل (۱): الگوی جریان و حفره آبشستگی موضعی اطراف یک پایه پل استوانه‌ای شکل (به نقل از (Melville, 1988))

اولین بار (Odgaard and wang. (1987) تعدادی آزمایش از ترکیب صفحات مستغرق، صفحات مدفون و طوق برای کاهش آبشستگی موضعی پایه پل در شرایط زنده بستر انجام دادند. نتایج آزمایش آن‌ها نشان داد که بیشترین کاهش آبشستگی، در حالت

از آنجایی که مطالعات زیادی در خصوص پایه پل توأم با صفحه مستقر در قوس انجام نشده است. در این تحقیق به بررسی تأثیر موقعیت قرارگیری صفحات مستغرق با زاویه پادساعتگرد ۲۵ درجه با افق بر کاهش آبشستگی پایه پل منفرد مستقر در قوس خم U تند پرداخته شده است.

مواد و روش ها

آزمایشات در آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی عمران دانشگاه خلیج فارس با کانالی به مشخصات، فلوم قوسی شکل با دیواره‌های شیشه‌ای و کف فلزی انجام گرفت. قوس با انحنای نسبی $R/B = 2$ با ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر و عرض ۱۰۰ سانتی‌متر می‌باشد. خم توسط دو مسیر بالادست و پایین‌دست به ترتیب با طولی برابر ۵/۱ و ۶/۵ متر بهم متصل شده است. در شکل (۲) نمایی از کانال آزمایشگاه و اجزای تشکیل دهنده آن قابل مشاهده است.



شکل (۲): تصویری از کانال آزمایشگاه (واقعی، ۱۳۹۴).

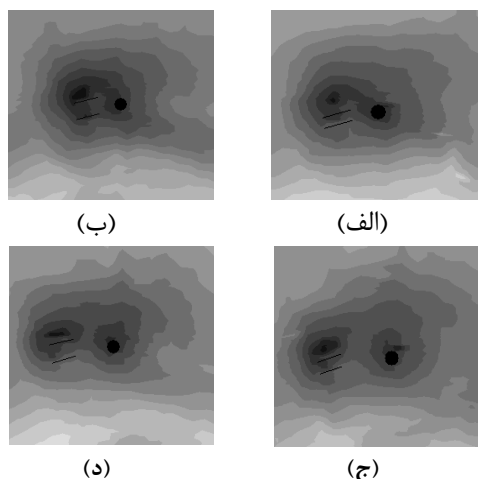
عمق جریان توسط دریچه‌ی پروانه‌ای واقع در انتهای کانال قابل تنظیم می‌باشد. از آنجایی که در این تحقیق حداکثر آبشستگی مدنظر است برای رسیدن به شرایط آب زلال $\frac{u_*}{u_{*c}} = 0.97$ ، دبی برابر ۷۰ لیتر بر ثانیه و عمق جریان ۱۸ سانتی‌متر تعیین شد. رسوباتی از جنس سیلیس با متوسط دانه بندی (d_{50}) برابر ۱/۵ میلی‌متر و انحراف معیار هندسی (σ_g) برابر ۱/۱۴ در بستر کانال به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر تعیین شدند. برای مدلسازی پایه پل یک لوله‌ی استوانه‌ای شکل از جنس PVC به قطر ۵ سانتی‌متر تعیین شد.

درجه نسبت به جهت جریان به این نتیجه رسیدند که زاویه‌ی بهینه ۱۵ درجه نسبت به جهت جریان می‌باشد.

Shafai Bejestan et al. (2012) آزمایش را در کانال مستطیلی تحت تأثیر هندسه‌ی صفحات مستغرق بر کاهش تغییرات توپوگرافی بستر انجام دادند. صفحات به صورت ۴ تیپ مختلف، مستطیلی و سه پره که در لبه‌ی پیشرو با زاویه‌های ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه نسبت به خط عمود اریب شده بودند. نتایج حاصل شد برش در لبه‌ی پیشرو عمق آبشستگی را کاهش می‌دهد و حداکثر کاهش عمق آبشستگی با توجه به حداکثر پخ در لبه‌ی پیشرو صفحه‌ی مستغرق رخ داده است. نتایج تحقیقات آزمایشگاهی (شجاعی و همکاران، ۱۳۹۱) در فلوم مستطیلی با آرایش قرارگیری صفحات به صورت همگرا نشان داد با افزایش تعداد صفحات مستغرق و کاهش فاصله‌ی صفحات مستغرق در جهت جریان و نیز در راستای عمود بر جهت جریان، عملکرد آنها در کاهش عمق آبشستگی افزایش می‌یابد.

(عزیزی و همکاران، ۱۳۹۲) تأثیر هندسه‌ی صفحات مستغرق تحت شرایط هیدرولیکی مختلف بر فرایندهای رسوبی در فلوم مستطیلی بررسی کردند، به این نتیجه رسیدند که صفحه با لبه‌ی ابتدایی گرد شده و ضخامت کاهش یافته در امتداد طول صفحه مناسب‌ترین صفحه برای کاهش آبشستگی بستر می‌باشد. (Tronpi et al. (2014) تأثیر هندسه و زاویه‌ی های قرارگیری صفحات مستغرق در کانال مستطیلی مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل شده نشان داد با افزایش زاویه، بیشینه‌ی عمق آبشستگی در اطراف صفحات رخ می‌دهد. حجم حفره‌ی آبشستگی در اطراف صفحات دوزنقه‌ای در مقایسه با صفحات مستطیلی و منحنی کم‌تر می‌باشد.

Khajeh et al. (2017) به بررسی آبشستگی پیرامون تک پایه‌ی کج شده با زاویه‌ی ۲۱ درجه نسبت به خط عمود در ۴ جهت مختلف در قوس خم U تند پرداختند. نتایج نشان داد آبشستگی بیشینه و کمینه به ترتیب در پایه با کج شدگی به سمت ساحل خارجی و داخلی رخ می‌دهد.



شکل (۴): توپوگرافی اطراف پایه الف (PV1، ب) PV2، ج (PV3 و د) PV4

نتایج و بحث

در جدول (۱) مشخصات مربوط به آزمایش‌ها توضیح داده شده است.

جدول (۱): مشخصات مربوط به آزمایش‌ها

ردیف	نام آزمایش	فاصله از پایه (s)	فاصله صفحات از هم (d)	حداکثر عمق آبشستگی جلوی پایه (cm)	درصد کاهش و افزایش
۱	P	-	-	۱۳/۶	-
۲	PV1	۲/۵D	۱D	۱۳/۷	-۰/۷
۳	PV2	۲/۵D	۱/۵D	۱۳/۷	-۰/۷
۴	PV3	۵D	۱D	۱۲/۷	۶/۶
۵	PV4	۵D	۱/۵D	۱۲/۴	۸/۸

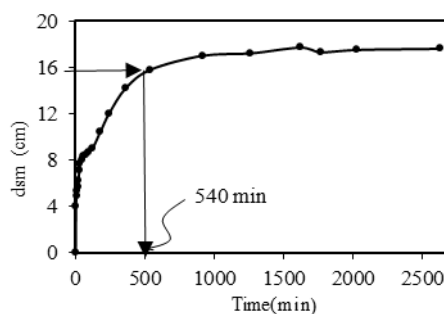
طبق جدول (۱) مشاهده می‌شود صفحاتی که با فاصله‌ی ۲/۵ برابر قطر، از پایه قرار گرفته‌اند تأثیری بر کاهش آبشستگی پایه نداشته و مقدار آبشستگی را افزایش داده‌اند. هنگامی که صفحات در فاصله‌ی ۵ برابر قطر پایه قرار می‌گیرند کمتر از ۱۰ درصد کاهش عمق آبشستگی حاصل می‌شود.

در شکل (۵) نمونه‌ایی از توپوگرافی بستر را نشان می‌دهد. شکل (الف) آزمایش PV2 را نشان می‌دهد که رسوبات در مسیر مستقیم پایین دست تا ۳۶ برابر قطر پایه پیشروی داشته‌اند و مقدار بیشینه عمق آبشستگی اطراف صفحه رخ داده که مقدار آن ۰/۹

صفحاتی از جنس پلگسی گلاس با طولی برابر ۱/۵ برابر قطر پایه (۷/۵ سانتی متر) و با ضخامت ۲۰ درصد قطر پایه (۱ سانتی متر) به عنوان صفحات مستغرق استفاده شدند. آرایش صفحات به صورت موازی با زاویه‌ی پادساعتگرد ۲۵ درجه با افق و در موقعیت‌های ۲/۵ و ۵ برابر قطر پایه از مرکز آن قرار گرفتند. فاصله‌ی صفحات از هم در دو تیپ مختلف ۱ و ۱/۵ برابر قطر پایه و درصد استغراق مقدار ثابت ۷۵ درصد (۰/۲۵ درصد عمق آب از بستر اولیه) تعیین شدند. محل استقرار پایه در موقعیت ۹۰ درجه و صفحات در فاصله‌های مختلف واقع در خط مرکزی کانال تحت آزمایش قرار گرفتند.

برای تعیین زمان تعادل، یک آزمایش‌ها ۴۴ ساعته بر روی تک پایه مستقر در مرکز قوس با دبی ۷۰ لیتر بر ثانیه انجام شد. نتایج نشان داد بعد از پایان ۹ ساعت، میزان آبشستگی ۰/۹۰ برابر آبشستگی کل می‌باشد. لذا در تمامی آزمایش‌ها زمان تعادل نسبی برابر ۹ ساعت انتخاب گردید. شکل (۳) زمان تعادل نسبی را

نشان می‌دهد.

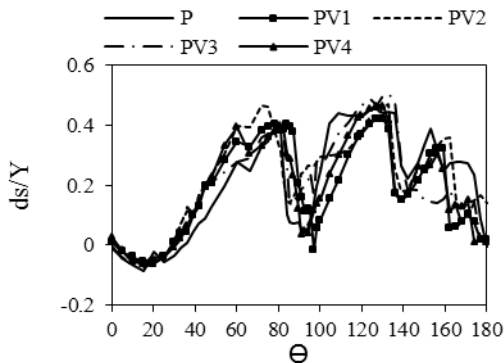


شکل (۳): منحنی توسعه زمانی آبشستگی در آزمایش زمان تعادل

آزمایش‌ها

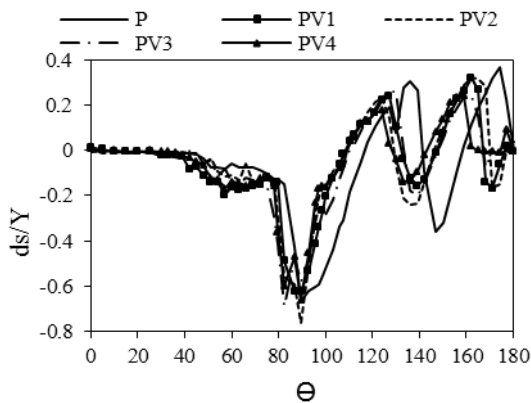
تعداد ۶ آزمایش مختلف شامل قوس خالی، تک پایه و پایه پل توأم با صفحات مستغرق انجام شدند. صفحات مستغرق با زاویه‌ی ۲۵ درجه نسبت به افق به صورت پادساعتگرد در خط مرکزی کانال با فاصله‌ی مرکز به مرکز ۲/۵ و ۵ برابر قطر پایه از آن قرار گرفتند. در شکل (۴) شکل شماتیک محل استقرار پایه و صفحات نشان داده شده است.

رسوب گذاری به صورت نزولی و سینوسی تا آخر قوس ادامه پیدا کرده است. در تمامی آزمایش ها موقعیت ۸۰ تا ۱۰۰ درجه (حدود ۶۰ - ۷۰ برابر قطر پایه از ابتدای قوس) شیب نمودار کاهش پیدا کرده و در مرکز قوس تغییرات بستر رو به کاهش است. می توان نتیجه گرفت جریان در این محل تأثیر کمتری بر روی توپوگرافی با مقایسه با حالت تک پایه دارد.



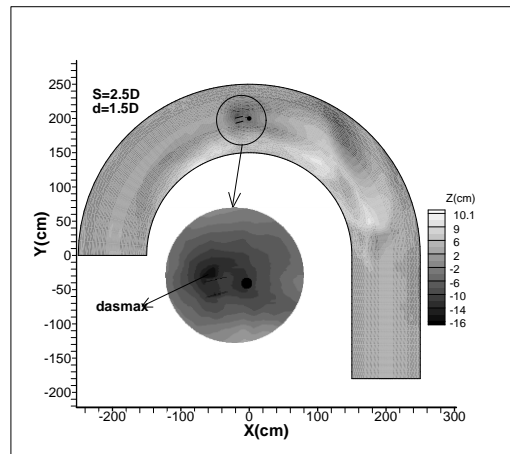
شکل (۶): نمونه ای از مقطع طولی در فاصله ی ۱۰ درصدی عرض کانال از ساحل داخلی

شکل (۷) نمونه از مقطع طولی از محل استقرار مرکز پایه واقع در میانه ی کانال را نشان می دهد. طبق شکل مشاهده می شود تا ۳۰ درصد ابتدایی قوس تغییرات چندانی در توپوگرافی بستر مشاهده نمی شود. سپس آبشستگی موضعی ناشی از تنگ شدگی مقطع توسط پایه و صفحات در مرکز کانال مشاهده می شود. با قرارگیری صفحات، عمق بیشینه ی آبشستگی در پایین دست صفحات تا محل استقرار پایه افزایش یافته است.

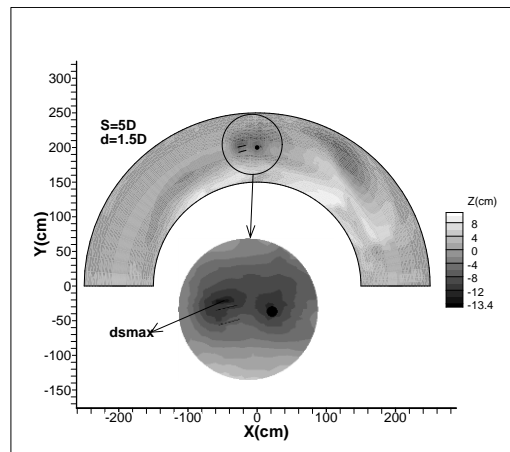


شکل (۷): نمونه ای از مقطع طولی در میانه ی کانال، محل استقرار پایه پل

برابر عمق جریان می باشد. شکل (ب) آزمایش PV4 را نشان می دهد که بیشینه ی پشته ی رسوبی در موقعیت ۱۳۰ درجه (۹۰ برابر قطر پایه از ابتدای قوس) اتفاق افتاده است. پیشروی رسوبات تا انتهای قوس بوده و بیشینه ی عمق آبشستگی پیرامون صفحه ۰/۷۵ برابر عمق جریان می باشد.



(الف)

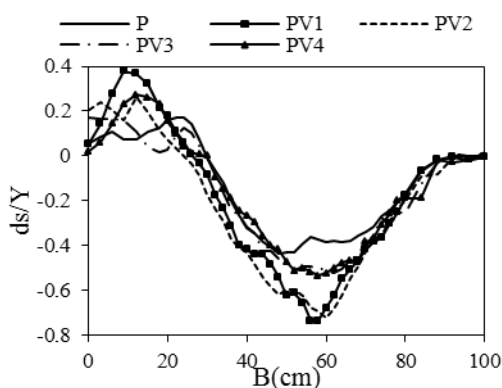


(ب)

شکل (۵): نمونه ایی از توپوگرافی بستر در آزمایش PV2 (الف) و PV4 (ب)

شکل (۶) نمونه ای از مقطع طولی به فاصله ی ۱۰ درصدی عرض کانال از ساحل داخلی را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود میزان رسوب گذاری از موقعیت ۶۰ تا ۱۲۰ درجه (۳۰ درصد ابتدایی و انتهایی قوس) مقدار بیشینه را داراست. با توجه به تند بودن قوس و بیشینه بودن مکان هندسی سرعت در این موقعیت ها، باعث تجمع رسوبات در نزدیکی دیواره ی ساحل داخلی می شود. سپس این روند

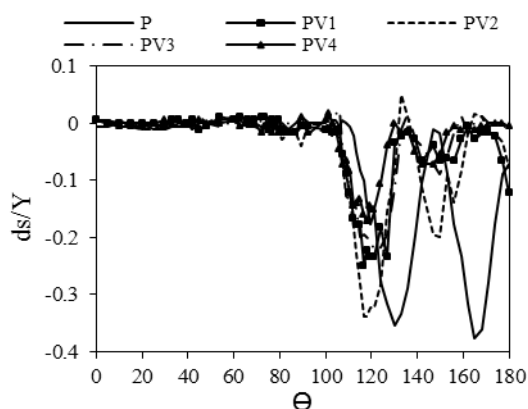
بوده و باعث به وجود آمدن گردابه‌هایی در جهات مختلف می‌گردد. این مقدار آبستکی حدود ۱/۵ برابر آزمایشی است که صفحات در فاصله‌ی ۵ برابر قطر پایه قرار گرفته باشد. همانطور در شکل (۹) مشاهده می‌شود چاله‌ی آبستکی پایه توأم با صفحه در کلیه آزمایش‌ها گسترده‌تر از حالت تک پایه می‌باشد.



شکل (۹): نمونه‌ای از مقطع عرضی به فاصله‌ی معادل ۲ برابر قطر پایه به سمت بالادست از محل استقرار پایه

نمونه‌ای از مقطع عرضی در محل استقرار مرکز پایه یا رأس قوس در شکل (۱۰) نشان داده شده است. با قرارگیری صفحات عمق آبستکی در محل پایه کاهش چندانی نیافته و در آزمایش PV4 به طور میانگین عمق‌های آبستکی پیرامون پایه ۵ درصد کاهش داشته است. پشته‌های رسوبی در عرض تا ۲۰ درصد عرض کانال از ساحل داخلی در آزمایش پایه پل توأم با صفحه تشکیل شده است. این پشته ناشی از انتقال رسوبات اطراف صفحات می‌باشد که در آزمایش PV1 مشهودتر است.

همانطور از شکل (۷) مشاهده می‌شود بعد از محل قرارگیری پایه، در فاصله‌ی ۷۰ و ۸۰ برابر قطر پایه از ابتدای قوس، روند آبستکی حدود ۳/۵ درصد کاهش پیدا کرده است. مقدار رسوب‌گذاری در آزمایش تک پایه در محل ۱۳۰ و ۱۷۰ درجه (حدود ۹۰ و ۱۲۰ برابر قطر پایه از ابتدای قوس) بیشینه بوده که با حضور صفحات به حداقل مقدار خود رسیده است.

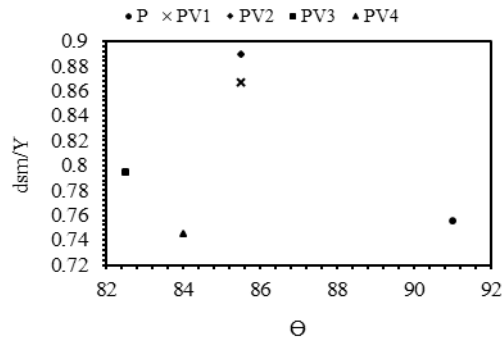


شکل (۸): نمونه‌ای از مقطع طولی در فاصله‌ی ۹۰ درصدی عرض کانال از ساحل داخلی

شکل (۸) نمونه‌ای از مقطع طولی در فاصله‌ی ۹۰ درصدی عرض کانال از ساحل داخلی را نشان می‌دهد. تغییرات توپوگرافی ساحل خارجی تا ۵۰ درصد ابتدایی قوس ناچیز بوده سپس از مرکز قوس تا انتهای قوس در آزمایش تک پایه آبستکی بیشینه بوده است. با حضور صفحات آبستکی ساحل خارجی از موقعیت محل قرارگیری پایه تا ۳۰ برابر قطر پایه ادامه پیدا کرده سپس بعد از آن به کمترین مقدار خود رسیده است.

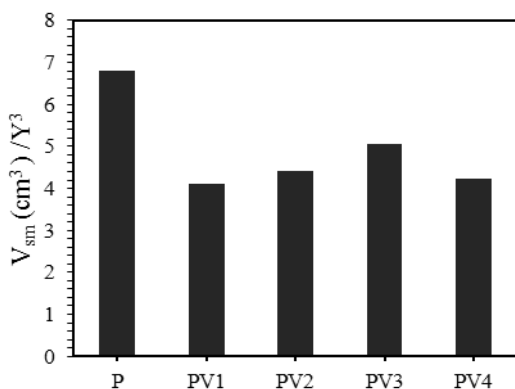
نمونه‌ای از مقطع عرضی به فاصله‌ی معادل ۲ برابر قطر پایه به سمت بالادست از محل استقرار پایه در شکل (۹) نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود پشته‌ی رسوبی حاصل از انتقال رسوب بین صفحات در آزمایش PV1 در ۱۰ درصد عرض کانال از ساحل داخلی تجمع پیدا کرده است. با توجه به مشاهدات به صورت کیفی نمایان شد در آزمایش PV1 و PV2 به دلیل نزدیک بودن صفحات به پایه، جریان رو به پایین بین صفحه و پایه غالب

موقعیت‌ها بین ۵ برابر قطر پایه در بالادست تا محل استقرار پایه بوده و تغییرات آن بین ۰/۹ تا ۰/۷۵ برابر عمق جریان آب در بالادست قوس می‌باشد.

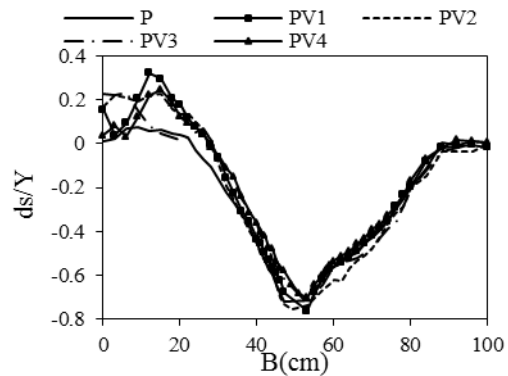


شکل (۱۲): عمق آبشستگی بی بعد شده بیشینه و موقعیت آنها

در شکل (۱۳) حجم چاله‌ی آبشستگی پیرامون پایه را نشان می‌دهد. برای محاسبه‌ی حجم چاله عمق آبشستگی از لبه‌ی بالادست صفحات و تا پایین دست پایه‌ها و تا جاییکه توپوگرافی بستر به اندازه‌ی ۱۰ درصد عمق جریان در انتهای مسیر مستقیم بالادست در آن آبشستگی ایجاد شده، در نظر گرفته شده است و محاسبات توسط نرم افزار surfer انجام شده است. همانطور که در شکل (۱۳) مشاهده می‌شود با قرارگیری صفحات به صورت پادساعتگرد چاله‌ی آبشستگی پیرامون پایه به طور میانگین ۳۵ درصد نسبت به حالت آزمایش پایه تنها کاهش یافته است. بیشترین کاهش حجم آبشستگی در آزمایش PV1 به میزان ۴۰ درصد مشاهده گردید. آزمایش PV3 با ۲۵ درصد کمترین مقدار را دارا بود.

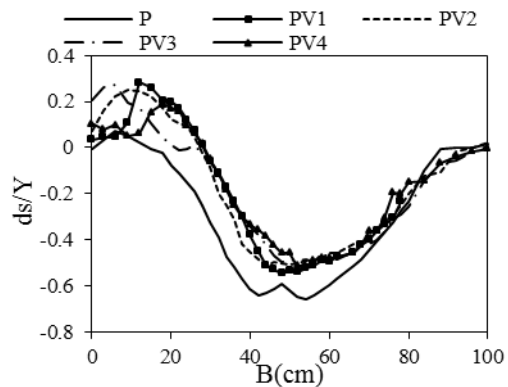


شکل (۱۳): حجم چاله‌ی آبشستگی اطراف پایه در کلیه‌ی آزمایش‌ها



شکل (۱۰): نمونه‌ای از مقطع عرضی در محل استقرار مرکز پایه

نمونه‌ای از مقطع عرضی به فاصله‌ی معادل ۱/۵ برابر قطر پایه به سمت پایین دست از محل استقرار پایه در شکل (۱۱) نشان داده شده است.



شکل (۱۱): نمونه‌ای از مقطع عرضی به فاصله‌ی معادل ۱/۵ برابر قطر پایه به سمت پایین دست از محل استقرار پایه

همانطور که در شکل (۱۱) مشاهده می‌شود با قرارگیری صفحات تا حدود ۸۰ درصد عرض کانال از ساحل داخلی عمق چاله‌ی آبشستگی به طور میانگین ۴۰ درصد کاهش یافته که آزمایش PV4 عملکرد بهتری داشته است. تجمع رسوبات در نزدیکی ساحل داخلی (۲۰ درصد عرض کانال) در آزمایش‌های پایه همراه با صفحه‌ی مستغرق نسبت به تک پایه‌ی منفرد در این مقطع، به طور میانگین حدود ۱۵ برابر است.

شکل (۱۲) محل قرارگیری عمق بیشینه‌ی آبشستگی را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در آزمایش‌های پایه توأم با صفحه، آبشستگی بیشینه در محل قرارگیری صفحات رخ داده است. این

خم U شکل پرداخته شد مهم‌ترین نتایج آن به شرح زیر می‌باشد.

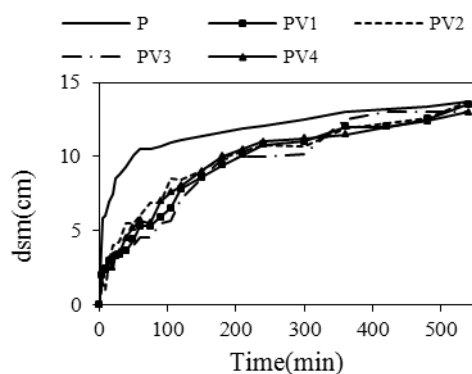
با قرارگیری صفحات به فاصله‌ی ۲/۵ برابر قطر پایه از آن و فاصله‌ی صفحات برابر قطر پایه از هم، رسوبات جابجا شده از بین صفحات سمت ساحل داخلی تجمع پیدا کرد. حجم حفره‌ی آبشستگی پیرامون پایه نسبت به حالت تک پایه ۴۰ درصد کاهش یافت.

با افزایش قرارگیری صفحات از پایه، افزایش فاصله‌ی صفحات از هم و برای کاهش فاصله‌ی قرارگیری صفحات از پایه، کاهش فاصله‌ی صفحات از هم عملکرد بهتر مشاهده گردید.

دامنه‌ی تغییرات عمق آبشستگی بیشینه حول پایه ۰/۷۵ تا ۰/۹ برابر عمق جریان در بالادست قوس اندازه‌گیری شد و بیشینه‌ی عمق آبشستگی در آزمایش‌های پل توأم با صفحه، اطراف صفحات مستغرق رخ داد.

در آزمایش صفحات با فاصله از پایه و فاصله‌ی صفحات از هم به ترتیب ۲/۵ و ۱/۵ برابر قطر پایه، ۰/۷ درصد عمق آبشستگی افزایش و در آزمایش صفحات با فاصله از پایه و فاصله از هم به ترتیب ۵ برابر و ۱/۵ برابر قطر پایه به میزان ۸/۸ درصد عمق آبشستگی نسبت به آزمایش پایه تنها کاهش یافت. با قرارگیری صفحات به صورت پادساعتگرد کاهش عمق آبشستگی بعد از محل قرارگیری پایه مشهودتر بود.

شکل (۱۴) نمودار تغییرات زمانی عمق آبشستگی بیشینه را نشان می‌دهد. طبق شکل مشاهده می‌شود با به کار بردن صفحات مستغرق عمق آبشستگی بیشینه در طول زمان کمتر از حالت تک پایه بوده و کاهش آن در زمان‌های اولیه مشهودتر بوده و با گذشت زمان تغییرات به صورت همگرا ادامه پیدا کرده است. عمق آبشستگی انتهای ۹ ساعت در آزمایش PV4 نسبت به حالت تک پایه ۸/۸ درصد کاهش داشته است.



شکل (۱۴): نمودار تغییرات آبشستگی برای پایه‌ی پل توأم با صفحه و بدون صفحه

نتیجه‌گیری

در این آزمایش به تأثیر صفحات مستغرق پادساعتگرد در حالت‌های تغییر پارامتر فاصله صفحات از هم و فاصله از پایه و در حالت استقرار پایه در یک

منابع

- حسینی، س.، ح.، ع. حسین زاده، د. فرسادی زاده، ه. ارونقی و م. قربانی. ۱۳۹۰. کاربرد صفحات مستغرق در کنترل آبشستگی اطراف پایه‌های پل مستطیلی با دماغه‌ی گرد. نشریه مهندسی عمران و نقشه برداری، دانشکده فنی، دوره ۴۵، شماره ۳، ص ۳۱۰-۳۰۱.
- دردانی، ا.، ب. قربانی، م. صناعی و ح. صمدی. ۱۳۸۸. اثر زاویه قرارگیری صفحات دوگانه در کاهش آبشستگی پایه پل در موقعیت ۴۵ درجه. هشتمین کنفرانس هیدرولیک ایران.
- رضاپوریان، س.، ح. صمدی بروجنی و ب. قربانی. ۱۳۸۸. بررسی آزمایشگاهی تعیین موقعیت مناسب سری پره‌های مستغرق در کنترل آبشستگی پای پل‌ها. هشتمین کنفرانس هیدرولیک ایران.
- شجاعی، پ.، د. فرسادی زاده، ع. حسین زاده دلیر، ف. سلماسی و م. قربانی. ۱۳۹۱. کاربرد صفحات مستغرق در کاهش آبشستگی پایه استوانه‌ای پل‌ها. نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۲، شماره ۱.
- عزیزی، ر.، م. شفاعی بجستان و م. قمشی. ۱۳۹۲. تأثیر عامل شکل صفحات مستغرق بر مدیریت رسوبات بار بستر.

مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۱۴، شماره ۳، ص ۵۰-۳۷.

Ghorbani, B and A. Karimi. 2007. A Comparison of Single and Double Submerged Vanes Effect on the Scour Occurring at a Cylindrical Pier. Proc of 6th Conf of Hydraul, 260-276.

Han, S. S., A. S. Ramamurthy and P. M. Biron. 2011. Characteristics of flow around open channel 90 bends with vanes. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 137(10): 668-676.

Khajeh, S.B.M., M. Vaghefi and A. Mahmoudi. 2017. The Scour Pattern Around an Inclined Cylindrical Pier in a Sharp 180-degree Bend: an Experimental Study. Int. J. of River Basin Management. 1-12.

Masjedi, A. R., B. Morattab B and A. Savari. 2011. Study of effect Angle of Submerged Vanes on Scour Hole at Flume Bed. World Applied Sciences Journal, 13(9): 2047-2051.

Odgaard, A. J and Y. Wang. 1987. Scour Prevention at Bridge Piers. Proc of National Conference on Hydraulic Engineering (ASCE), 523-527.

Teronpi, J and Kumar. 2014. Experimental investigation of local scour around submerged vane. International journal of innovative research in advanced engineering, 2(7): 21-24.

Ouyang, H. T. 2009. Investigation on the Dimensions and Shape of a Submerged Vane for Sediment Management in Alluvial Channel. Journal of Hydraulic Engineering, 135(3): 209-217.

Shafai Bejestan, M and R. Azizi. 2012. Experimental Investigation of Scour Depth at the Edge of Different Submerged Vanes Shapes. World Environmental and Water Resources Congress.

Investigation of the effect of counterclockwise submerged vanes on reduced scour around single bridge pier in the sharp bend

Neda safaripour¹, mohammad vaghfi², Amin mahmoudi³

Abstract

In this paper, the effect of counterclockwise submerged vanes on the scouring around the single pier of bridge has been investigated. The experiments were performed on a U-shaped flume with a cylindrical bridge pier. Rectangular vanes were made of Plexiglass. The length and thickness of vanes were used 1.5 and 0.2 times the pier diameter and 75 percent submergence respectively. All experiments were carried out in clear water $\frac{u_*}{u_{*c}} = 0.97$, discharge 70 l/s and medium sediment size of 1.5 mm. The results indicated that use of counterclockwise submerged vanes, decreased scour hole volume and scour depth around bridge pier. The percentage of scour volume reduction around the piers in the case of counterclockwise submerged vanes are used was approximately 25-40 %. For example, in the experiment of vanes installation with a distance of 5 times the pier diameter from the pier center and distance of 1.5 times the pier diameter of the lateral side, the depth of scour and the volume of scour hole were decreased 8.8 % and 38 % respectively.

Keywords: Bridge pier, Counter clockwise submerged vanes, Scouring, Submerged vanes, U Shape bend.

1 M.Sc. Student of Hydraulic Structures, Civil Engineering Department, Persian Gulf University, Bushehr, Email: n.safaripour70@gmail.com

2 Associate Professor of Hydraulic Structures, Civil Engineering Department, Persian Gulf University, Bushehr, Email: vaghefi@pgu.ac.ir (Corresponding Author)

3 Assistant Professor of Hydraulic Structures, Civil Engineering Department, Persian Gulf University, Bushehr, Email: a_mahmoudi@pgu.ac.ir