

بررسی اثر نفوذپذیری آبشکن باندال لایک بر حداکثر عمق آبشستگی در قوس ۹۰ درجه و در شرایط مستغرق

پریسا کوچک*، سید محمود کاشفی پور، مهدی قمشی و احمد فتحی

گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۲۹

شناسه دیجیتال (DOI): [10.22113/jmst.2017.60804.1897](https://doi.org/10.22113/jmst.2017.60804.1897)

چکیده

یکی از راه‌های کنترل فرسایش قوس خارجی استفاده از سازه‌ی آبشکن می‌باشد. در سال‌های اخیر آبشکن‌های سنتی از نظر بهره‌وری، قیمت و مناسب بودن برای محیط زیست مورد انتقاد قرار گرفته‌اند. بدین ترتیب اتخاذ روش‌هایی که مقرون به صرفه بوده و سازگار با محیط زیست باشند مورد اهمیت قرار گرفته است. آبشکن باندال لایک ترکیبی از آبشکن نفوذپذیر و نفوذناپذیر است که در شبه قاره هند به منظور کنترل فرسایش و بهبود عمق جریان برای کشتی‌رانی در رودخانه‌های آبرفتی احداث می‌گردد. این سازه از ساقه‌های درخت بامبو ساخته شده است، بدین ترتیب مقرون به صرفه بوده و با محیط زیست سازگار می‌باشد. در این مطالعه اثر درصد نفوذپذیری آبشکن باندال لایک بر حداکثر عمق آبشستگی اطراف آبشکن در فلومی با قوس ملایم ۹۰ درجه و در شرایط مستغرق بررسی شده است. بدین منظور سری آبشکن‌های نفوذناپذیر (نفوذپذیری ۰٪) و باندال لایک با سه درصد نفوذپذیری (۳۳، ۵۰ و ۶۴) درصد درون فلوم جایگذاری شده و تحت شرایط هیدرولیکی متفاوت (اعداد فرود ۰/۲۱، ۰/۲۳، ۰/۲۶، ۰/۲۹) مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. نتایج نشان داد که حداکثر عمق آبشستگی اطراف سازه‌ی باندال لایک به میزان قابل ملاحظه‌ای کمتر از آبشکن نفوذناپذیر می‌باشد. همچنین با افزایش درصد نفوذپذیری آبشکن باندال لایک حداکثر عمق آبشستگی اطراف آن کاهش می‌یابد.

کلمات کلیدی: آبشکن باندال لایک، قوس ۹۰ درجه، شرایط مستغرق، حداکثر عمق آبشستگی

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: Parisa_koochak@yahoo.com

۱. مقدمه

تغییرات بستر و سواحل رودخانه‌ها امر بسیار مهمی بوده و تحقیقات زیادی را به خود اختصاص داده است. با توجه به هیدرولیک جریان در قوس، قوس خارجی همواره تحت تأثیر بردارهای شدید سرعت بوده و دچار فرسایش می‌گردد. از آنجا که تخریب ساحل در قوس خارجی می‌تواند ضررهای زیادی را به همراه داشته باشد، حفاظت از این قسمت از ساحل ضروری می‌باشد. استفاده از آبشکن از جمله بهترین و اقتصادی‌ترین روش جهت محافظت سواحل در اغلب شرایط بوده و در اکثر نقاط دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این سازه چاله آبشستگی با عمق بیشتری نسبت به ساحل بیرونی، در محل پنجه‌ی سازه که در معرض مستقیم جریان قرار دارد، شکل می‌گیرد و هرچند به دلیل فاصله‌ی سازه از ساحل باعث تخریب ساحل نمی‌شود ولی باعث ناپایداری سازه و تخریب آن می‌شود. پدیده‌ی آبشستگی دماغه و گسترش آن به حدی است که باعث تخریب خود سازه نیز می‌شود. بنابراین اطلاع از مقدار حداکثر آبشستگی اطراف سازه‌هایی که در رودخانه‌ها احداث می‌شوند، از اهمیت خاصی برخوردار است. آبشکن‌ها انواع مختلفی دارند و می‌توانند بصورت نفوذپذیر و یا نفوذناپذیر ساخته شوند. آبشکن‌های نفوذپذیر عموماً از تیرک یا شمع‌های بتنی، چوبی، یا ساقه‌های بامبو در (یک، دو و یا سه ردیف) ساخته می‌شوند. آرایش ردیف پایه‌ها سبب افزایش مقاومت بستر همراه با توسعه جریان‌های چرخشی موضعی در اطراف پایه‌های منفرد شده و سبب کاهش سرعت جریان و همچنین کاهش انتقال رسوبات کف می‌گردد. از جمله مطالعاتی که بر روی آبشکن‌های نفوذپذیر انجام شده است شامل: Nasrollahi et al. (2008)، Sharifimanesh (1995)، Saneie (2011) و Yabarehpoor and Kashefipour (2013) می‌باشد. نتایج این مطالعات نشان داد که آبشکن نفوذپذیر در مقایسه با آبشکن نفوذناپذیر حداکثر عمق آبشستگی را

به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد. همچنین با افزایش نفوذپذیری آبشکن آبشستگی اطراف آن کاهش می‌یابد.

اگر چه آبشکن‌های سنتی از ساحل رودخانه محافظت می‌کنند ولی ساخت و نگهداری این سازه‌ها گران قیمت بوده و در سال‌های اخیر از نظر بهره‌وری، قیمت و مناسب بودن برای محیط زیست مورد انتقاد قرار گرفته‌اند. بدین ترتیب اتخاذ روش‌هایی که مقرون به صرفه بوده و سازگار با محیط زیست باشند مورد اهمیت قرار گرفته است. آبشکن باندا لایک سازه‌ای است که پتانسیل برآورده کردن این نیازها را دارد. سازه‌ی باندا لایک ترکیبی از آبشکن نفوذپذیر و نفوذناپذیر است که در شبه قاره هند به منظور کنترل فرسایش و بهبود عمق جریان برای کشتی‌رانی در رودخانه‌های آبرفتی احداث می‌گردد. این سازه از ساقه‌های درخت بامبو ساخته شده است که بصورت محلی در دسترس می‌باشد بدین ترتیب این سازه مقرون به صرفه بوده و با محیط‌زیست سازگار می‌باشد. تاکنون مطالعات محدودی در زمینه آبشکن باندا لایک انجام شده است از جمله: Rahman et al (2003a,b) به بررسی اثر سازه‌ی باندا لایک در شکل‌گیری رودخانه پایدار و آبشستگی و رسوب‌گذاری در اطراف این سازه پرداختند. آن‌ها آبشستگی و انتقال رسوبات در اطراف سازه باندا لایک را با استفاده از مدل تحلیلی بررسی کردند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که الگوی جریان در اطراف این سازه در مقایسه با آبشکن‌های نفوذناپذیر متفاوت است و آبشستگی ایجاد شده در اطراف این سازه به مراتب کمتر از سازه‌ی نفوذناپذیر می‌باشد. نتایج همچنین نشان داد که استفاده از سازه‌ی باندا لایک سبب ایجاد اختلالات کمتری در رودخانه شده و رودخانه فرصت کافی برای تطبیق و سازگاری با شرایط جدید را دارد. (Teraguchi et al (2011) به صورت آزمایشگاهی به بررسی الگوی جریان و رسوب پیرامون

های باندا لایک بر توپوگرافی بستر در مسیر مستقیم و در شرایط آب زلال پرداختند. نتایج آزمایش‌های آن‌ها نشان داد که در یک زاویه مشخص، با افزایش فاصله بین آبشکن‌ها، میزان حداکثر عمق آبشستگی نسبی روند کاهشی دارد و این روند کاهشی با افزایش عدد فرود محسوستر است. همچنین آبشکن قائم بیشترین و آبشکن جاذب کمترین میزان آبشستگی را دارند. اگرچه اثر بخشی سازه‌ی باندا لایک در گذشته شناسایی شده است و این سازه با موفقیت در برخی رودخانه‌های آبرفتی اجرا شده است ولی هیچ دستور العملی برای طراحی این سازه‌ها در دسترس نیست. عمده‌ی مطالعاتی که تا کنون در زمینه‌ی سازه‌ی باندا لایک انجام شده است در شرایط غیر مستغرق و همه‌ی این مطالعات در مسیر مستقیم انجام شده است و تاکنون مطالعه‌ای در زمینه بررسی تاثیر درصد نفوذپذیری آبشکن باندا لایک در قوس انجام نشده است. بدین ترتیب هدف از این مطالعه بررسی اثر درصد نفوذپذیری آبشکن باندا لایک بر حداکثر عمق آبشستگی اطراف آن، در قوس ملایم ۹۰ درجه و در شرایط مستغرق می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

آنالیز ابعادی

پارامترهای موثر بر پدیده آبشستگی حول آبشکن در قوس ۹۰ درجه با رابطه‌ی ذیل مشخص می‌شود:

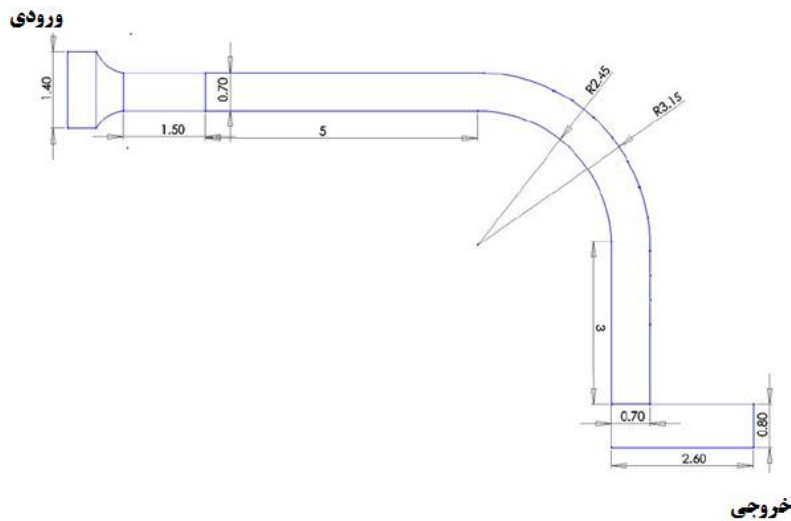
$$R_s = f(S_m, B, R, \varphi, \theta, S, h, L, \alpha, Q, y, g, \rho, \mu, d_s, \rho_s, \sigma)$$

در این رابطه (R_s) بیشینه عمق آبشستگی اطراف سازه‌ی آبشکن، (S_m) شیب کانال اصلی، (B) عرض کانال اصلی، (R) شعاع قوس، (φ) زاویه مرکزی محل استقرار آبشکن در قوس، (θ) زاویه آبشکن، (s) فاصله طولی آبشکن‌ها، (h) ارتفاع آبشکن، (L) طول آبشکن، (α) درصد نفوذپذیری آبشکن، (Q) دبی جریان، (y)

سازه باندا لایک در دو حالت مستغرق و غیر مستغرق پرداختند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که به دلیل اینکه بخش پایینی سازه نفوذپذیر است رسوبات معلق از این بخش عبور کرده و در پایین دست سازه ته‌نشست می‌شوند. همچنین اثر قسمت بالایی سازه باندا لایک که جریان را به مسیر اصلی هدایت می‌کند بر افزایش عمق به منظور بهبود کشتیرانی و تثبیت مسیر رودخانه به اثبات رسید. از این رو این سازه در رودخانه‌های آبرفتی می‌تواند کارایی خوبی در جهت حفاظت از سواحل و بستر رودخانه داشته باشد. (Nakagawa et al (2013) در مطالعه‌ای ویژگی‌های هیدرولیکی حفاظت ساحل را در رودخانه براهماپترا- جامونا در بنگلادش مورد ارزیابی قرار دادند. عملکرد اقدامات موجود از جمله پوشش‌ها و آبشکن‌ها مورد بررسی قرار گرفت و راه‌های ممکن ارائه شد. مشاهده شد که روش‌های قدیمی هزینه‌ی بسیار بالایی داشته و سبب اختلال در پویایی رودخانه و اکوسیستم می‌شوند. درحالی‌که سازه باندا لایک سازه‌ی محلی است که مقرون به صرفه بوده و با محیط زیست سازگار می‌باشد. در این تحقیق استفاده از سازه‌ی باندا لایک برای تثبیت کانال و مدیریت سیلاب پیشنهاد می‌شود. (Shojaeian et al (2015 a,b) به بررسی تاثیر درصد نفوذپذیری بر بیشینه عمق آبشستگی و پروفیل طولی سرعت در اطراف آبشکن باندا لایک در مسیر مستقیم پرداختند. نتایج این مطالعات نشان داد که این سازه نقش مهمی در کنترل سرعت و آرام کردن جریان در کناره‌ها دارد و با افزایش درصد نفوذپذیری مقدار سرعت ماکزیمم در پروفیل‌های سرعت افزایش می‌یابد. همچنین کمترین مقدار کاهش عمق نسبی آبشستگی در باندا لایک‌ها نسبت به آبشکن بسته در نفوذپذیری ۳۰٪ و بیشترین در نفوذپذیری ۶۴٪ رخ می‌دهد. (Shojaeian et al (2015 c) در مطالعه‌ای به بررسی اثر زاویه و فاصله‌ی سری آبشکن-

امکانات آزمایشگاهی و چگونگی انجام آزمایش‌ها

آزمایش‌های این تحقیق در آزمایشگاه مدل‌های فیزیکی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز در فلوم شیشه‌ای قوسی با زاویه مرکزی ۹۰ درجه و با عرض ۷۰ سانتیمتر و نسبت شعاع به عرض قوس $(R/B)=4$ انجام شد. طول کانال مستقیم در بالادست قوس ۵ متر و در پایین دست قوس ۳ متر است. به منظور تنظیم عمق جریان از دریچه‌ی کشویی که در انتهای فلوم قرار دارد استفاده شد و به منظور اندازه‌گیری دبی جریان، دبی‌سنج آلتراسونیک مدل TFM3100-F1 مورد استفاده قرار گرفت. شکل شماتیک فلوم استفاده شده در این تحقیق در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱. نمای شماتیک فلوم آزمایشگاهی

در لایه‌ای به ضخامت ۲۲ سانتیمتر در کف فلوم گسترانیده شد. در تمام آزمایش‌ها، اولین آبشکن، نفوذناپذیر است که با زاویه ۱۳۵ درجه از بالادست و به فاصله ۴ برابر طول موثر سازه (۵۶ سانتیمتر) در بالادست اولین آبشکن جایگذاری شده است و در واقع نقش آبشکن محافظ یا قربانی را ایفا می‌کند. زیرا در قوس رودخانه‌ها دماغه اولین آبشکن معمولاً تحت

عمق جریان در کانال اصلی، (g) شتاب ثقل، (ρ) جرم واحد حجم آب، (μ) لزوجت دینامیکی، (d_s) قطر متوسط ذرات رسوبی، (ρ_s) چگالی رسوبات و (σ) انحراف معیار رسوبات بستر تعریف شده است.

با استفاده از تئوری باکینگهام پارامترهای بی‌بعد استخراج شد. با توجه به اینکه فاصله، ارتفاع، زاویه و طول آبشکن‌ها در این تحقیق ثابت می‌باشد. پس از حذف پارامترهای ثابت و پارامترهای کم اهمیت، در نهایت رابطه زیر برای بررسی اثر نفوذپذیری آبشکن بر آبستتگی حول آبشکن باندا لایک در قوس بدست آمد:

$$\frac{R_s}{y} = f(\alpha, F_r)$$

در رابطه فوق F_r عدد فرود جریان در مسیر مستقیم بالادست قوس و α درصد نفوذپذیری سازه‌ها می‌باشند.

در این تحقیق نه عدد آبشکن با مشخصات: طول موثر ۱۴ سانتیمتر (معادل ۲۰ درصد عرض فلوم)، فاصله‌ی ۵۶ سانتیمتر (معادل ۴ برابر طول موثر سازه) و ارتفاع ۸/۵ سانتیمتر بصورت سری درون فلوم جایگذاری شدند. رسوبات بستر از ماسه‌ی طبیعی رودخانه با اندازه‌ی متوسط (d_{50}) ۱/۵ میلیمتر، چگالی نسبی ۲/۶۵ و ضریب انحراف استاندارد (σ) معادل ۱/۲۲ انتخاب و

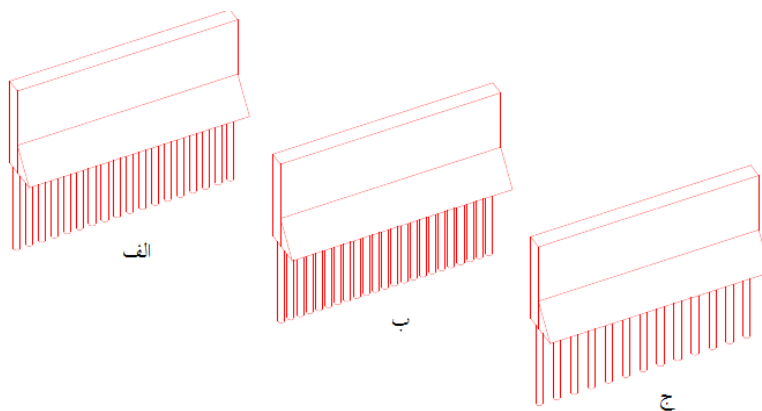
نفوذناپذیر به صورت یک صفحه با زاویه ۳۰ درجه (زاویه دفلیکتور) نسبت به محور عمودی قرار داده شده است. این صفحه از جنس چوب ساخته شده و سبب کاهش قدرت جریان رو به پایین و در نتیجه کاهش فرسایش موضعی در اطراف سازه می‌گردد. سازه‌ی باندال لایک در شکل‌های (۳) و (۴) و همچنین الگوی کلی آزمایش‌ها در جدول (۱) نشان داده شده است.



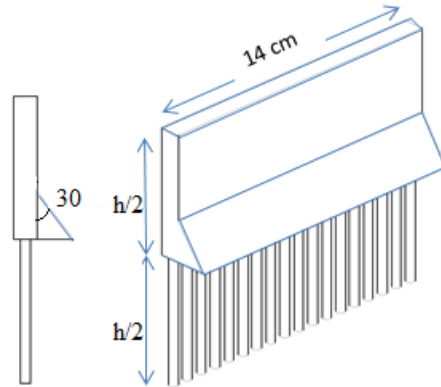
شکل ۲. جانمایی سازه‌ها در فلوم

آبشستگی شدید قرار می‌گیرد که در نهایت منجر به صدمه دیدن و یا تخریب آن می‌شود. سایر آبشکن‌ها با زاویه ۹۰ درجه در فلوم جایگذاری شدند. جانمایی سازه‌ها در فلوم در شکل (۲) ارائه شده است.

در این تحقیق آبشکن‌های نفوذناپذیر (نفوذپذیری ۰ درصد) و باندال لایک با سه درصد نفوذپذیری (۳۳، ۵۰ و ۶۴ درصد، مورد آزمایش قرار گرفتند و اثر نفوذپذیری سازه‌ها بر توپوگرافی بستر در شرایط هیدرولیکی متفاوت (اعداد فرود ۰/۲۱، ۰/۲۳، ۰/۲۶، ۰/۲۹) مورد بررسی قرار گرفت. آبشکن‌های نفوذناپذیر از جنس پلکسی گلاس با ضخامت یک سانتیمتر ساخته شدند. سازه‌های باندال لایک متشکل از دو بخش نفوذپذیر و نفوذناپذیر می‌باشند که قسمت نفوذناپذیر از جنس پلکسی گلاس و قسمت نفوذپذیر از میله‌های آهنی به قطر ۴ میلیمتر ساخته شده است. برای بهبود عملکرد این سازه، مرز بین قسمت نفوذپذیر و



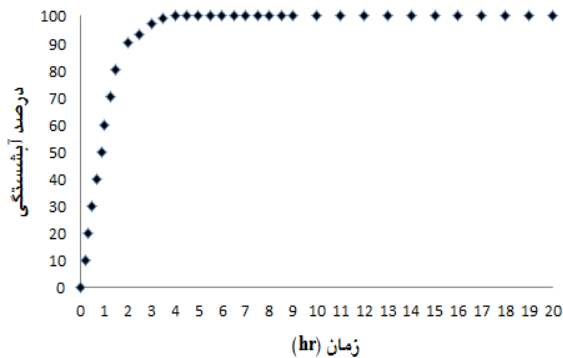
شکل ۳. سازه‌ی باندال لایک با سه درصد نفوذپذیری الف) - ۵۰٪ ب) - ۳۳٪ ج) - ۶۴٪



شکل ۴. سازه‌ی باندا لایک در دو نمای سه بعدی و عرضی

جدول ۱. الگوی کلی آزمایش‌ها

عدد فرود	دبی (lit/s)	عمق آب (y) (cm)	h/2 (cm)	ارتفاع سازه (h) (cm)	درصد نفوذپذیری (/.)	نوع آبشکن
-۰/۲۳-۰/۲۱	-۲۷-۲۵	۱۴	۴/۲۵	۸/۵	۰/۰	نفوذناپذیر
۰/۲۹-۰/۲۶	۳۳-۳۰				-۰/۵۰-۰/۳۳	باندا لایک



شکل ۵. تغییرات درصد آبشستگی نسبت به زمان

برای انجام هر آزمایش ابتدا آبشکن‌ها را در موقعیت مورد نظر خود قرار داده و سپس سطح بستر را کاملا صاف نموده و با استفاده از دستگاه متر لیزری مدل Leica Disto A5 و با دقت اندازه‌گیری ± 1.5 mm، توپوگرافی بستر برداشت شد تا پس از آزمایش بتوان مقادیر رسوبگذاری و فرسایش را به طور دقیق تعیین کرد. قبل از راه اندازی پمپ، دریچه انتهایی بسته و آب

در تمام آزمایش‌ها عمق آب ۱۴ سانتیمتر و شرایط آب زلال حاکم است. به منظور دستیابی به زمان تعادل آزمایش‌ها، یک آزمایش طولانی مدت (۲۰ ساعت) در دبی ۳۳ لیتر بر ثانیه انجام شد و مشاهده شد ۹۷٪ آبشستگی در مدت زمان ۱۸۰ دقیقه انجام شده است. بدین ترتیب زمان انجام هر آزمایش ۳ ساعت در نظر گرفته شد. نمودار تغییرات درصد آبشستگی نسبت به زمان در شکل (۵) ارائه شده است.

قوس خارجی بیشتر شده و لذا آبشستگی در آبشکن‌های پنجم و ششم به یک باره افزایش می‌یابد و به دنبال آن آبشکن‌های هفتم و هشتم نیز از آبشستگی قابل ملاحظه‌ای برخوردارند. در تمامی آزمایش‌ها حداکثر عمق آبشستگی مربوط به آبشستگی در دماغه-ی آخرین آبشکن (آبشکن هشتم) می‌باشد که در پایین‌دست قوس قرار دارد. لذا بیشترین میزان آبشستگی در پایین‌دست قوس ایجاد می‌شود. زیرا در قوس خارجی پس از خروجی قوس عمق آب که بر اثر انحنای خم افزایش یافته است تمایل دارد که به حالت مسیر مستقیم برگردد، لذا کاهش می‌یابد و این کاهش عمق سبب منفی شدن گرادیان طولی و در نتیجه افزایش بیشتر سرعت جریان می‌شود (Fazli et al (2008)). همچنین در تمامی آزمایش‌ها رسوب‌گذاری در قوس داخلی از زاویه ۴۵ درجه که محدوده تقریبی تغییرموقعیت سرعت بیشینه از جداره داخلی به محدوده وسط قوس است آغاز شده و تا انتهای قوس ادامه دارد. بیشترین میزان رسوب‌گذاری در قوس داخلی در کلیه آزمایش‌ها در محدوده ۸۵ تا ۹۰ درجه می‌باشد. حضور این توده رسوبی که بر اثر حضور جریان ثانویه کم قدرت تشکیل می‌شود به تشکیل چاله آبشستگی در موقعیت خروجی قوس کمک می‌کند (Fazli et al (2008)). همانطور که در شکل (۶) مشاهده می‌شود تاثیر الگوی جریان بر تغییر بستر در سازه‌ی نفوذناپذیر بیشتر از سازه‌ی باندا لایک می‌باشد. دلیل این امر تشکیل گردابه‌های عمودی در بالادست سازه است که منجر به عمق آبشستگی بیشتر می‌شود و می‌تواند ایمنی سازه را به خطر اندازد. همچنین بیشترین رسوب‌گذاری در قوس داخلی نیز مربوط به آبشکن نفوذناپذیر می‌باشد. همانگونه که مشاهده می‌شود عمق آبشستگی در اطراف سازه‌های باندا لایک در مقایسه با سازه‌های نفوذناپذیر کمتر می‌باشد. صفحه‌ی

به آرامی به داخل فلوم انتقال داده شد. در این آزمایش‌ها دبی به تدریج زیاد شده تا به دبی از پیش تعیین شده برسد. پس از رسیدن به دبی مورد نظر، دریچه انتهایی به تدریج بالا آورده شد تا عمق لازم در فلوم تامین گردد. سپس آزمایش به مدت ۱۸۰ دقیقه ادامه می‌یافت. پس از آن به آرامی آب داخل فلوم خارج شده به گونه‌ای که تغییری در توپوگرافی بستر بوجود نیاید. پس از تخلیه کامل آب فلوم با استفاده از دستگاه متر لیزری توپوگرافی بستر برداشت می‌شد.

۳. نتایج

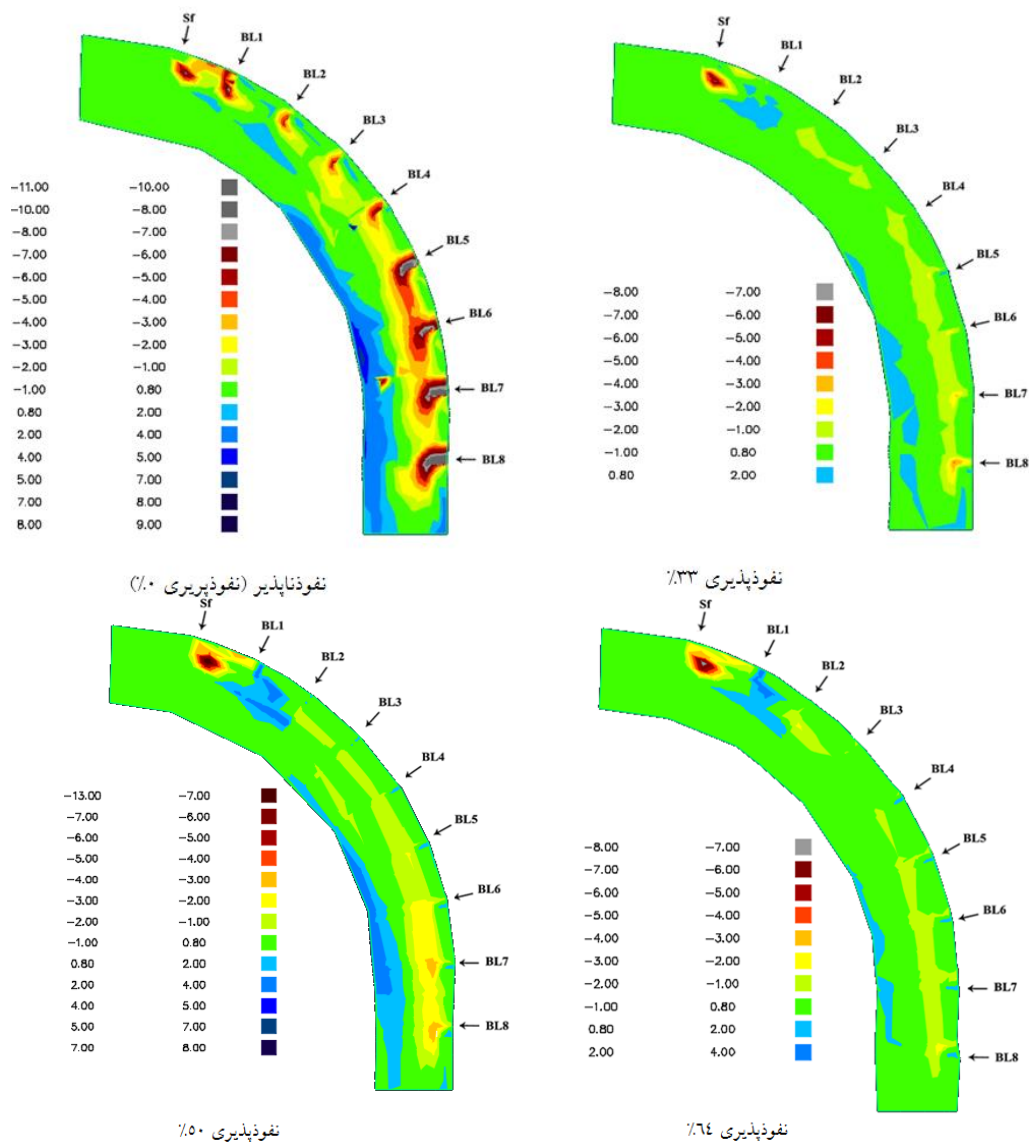
تغییرات توپوگرافی بستر در اطراف سازه‌ها

توپوگرافی بستر برداشت شده و با استفاده از نرم افزار Civil 3D ترسیم شد. به عنوان نمونه شکل (۶) تغییرات توپوگرافی بستر را تحت شرایط مستغرق برای آبشکن نفوذناپذیر و آبشکن باندا لایک با سه درصد نفوذپذیری مختلف (۳۳، ۵۰ و ۶۴) درصد و تحت عدد فرود ۰/۲۶ نشان می‌دهد.

در تمامی آزمایش‌ها جریان آب پس از برخورد به آبشکن محافظ به سمت میانه‌ی کانال منحرف شده و لذا ساحل خارجی در مقابل فرسایش محافظت می‌شود. با توجه به شکل (۶) در نفوذپذیری ۰٪ (آبشکن نفوذناپذیر) آبشکن اول تحت آبشستگی شدید قرار گرفته است و آبشکن محافظ بخوبی از آبشکن اول محافظت نکرده است. در صورتیکه در سایر نفوذپذیری‌ها، رسوبات شسته شده از اطراف آبشکن محافظ در مقابل و پایین‌دست آبشکن اول ترسیب یافته و بدین ترتیب آبشکن محافظ بخوبی از آبشکن اول در برابر فرسایش محافظت نموده است. در تمامی آزمایش‌ها آبشکن‌های دوم و سوم نیز به علت این که جریان توسط آبشکن محافظ تغییر جهت می‌دهد، آبشستگی کمتری دارند. حدوداً از زاویه‌ی ۶۰ درجه به بعد، به علت اثر نیروهای گریز از مرکز، انحراف جریان به سمت

کانال منحرف می‌شود. بنابراین ناحیه بین آبشکن‌ها در مقایسه با آبشکن نفوذناپذیر بیشتر محافظت می‌شود. همچنین با مقایسه آبشکن‌های باندال لایک با نفوذپذیری‌های مختلف در شکل (۶) مشاهده می‌شود که با افزایش درصد نفوذپذیری میزان فرسایش در اطراف سازه‌ها کاهش می‌یابد.

زاویه‌دار باعث کاهش ایجاد جریان‌های به سمت پایین شده و حداکثر سرعت را به سمت کانال اصلی منحرف می‌سازد. کاهش آبشستگی اطراف سازه‌ها از ویژگی‌های مهم سازه‌ی باندال لایک است. همچنین در سازه‌ی باندال لایک سرعت جریان با عبور از قسمت نفوذپذیر کاهش یافته و پس از عبور از سازه، به سمت مرکز

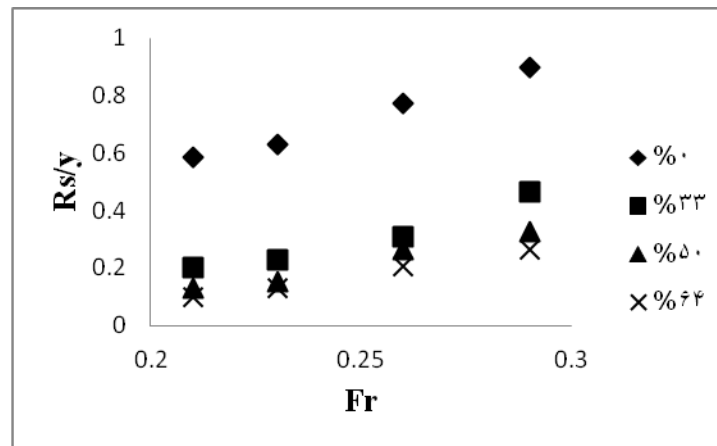


شکل ۶. توپوگرافی بستر برای سری آبشکن‌های نفوذناپذیر و باندا لایک با نفوذپذیری‌های مختلف در عدد فرود ۰/۲۶ (آبشستگی بر حسب سانتیمتر)

آبشکن باندا لایک با سه درصد نفوذپذیری مختلف (۳۳، ۵۰ و ۶۴) درصد و چهار عدد فرود متفاوت (۰/۲۱، ۰/۲۳، ۰/۲۶، ۰/۲۹) در شکل (۷) نمایش داده شده است.

تاثیر درصد نفوذپذیری آبشکن بر حداکثر عمق آبشستگی

نمودار حداکثر عمق آبشستگی نسبی در برابر عدد فرود جریان برای آبشکن نفوذناپذیر (نفوذپذیری ۰٪) و



شکل ۷. نمودار تغییرات حداکثر عمق آبشستگی نسبی در برابر عدد فرود برای نفوذپذیری‌های متفاوت

جریان های چرخشی کاهش یافته به همین دلیل چاله فرسایشی کوچک‌تری در مقایسه با آبشکن نفوذناپذیر ایجاد می‌گردد. در واقع در آبشکن‌های نفوذناپذیر آبشستگی به دلیل جدایی جریان و گرداب‌های نعل اسبی ایجاد شده در پشت آبشکن می‌باشد ولی در آبشکن باندال لایک آبشستگی به دلیل جدایی جریان و گرداب‌های ایجاد شده بین میله‌ها می‌باشد. بدین ترتیب همانگونه که در شکل (۷) مشاهده می‌شود با افزایش درصد نفوذپذیری آبشکن باندال لایک حداکثر عمق آبشستگی اطراف آن کاهش می‌یابد. زیرا با افزایش درصد نفوذپذیری فاصله بین میله‌ها افزایش یافته و قدرت گردابه‌های بین میله‌ها کاهش می‌یابد. به عنوان مثال همانگونه که در شکل (۷) نیز مشاهده می‌شود در عدد فرود ۰/۲۱ با افزایش درصد نفوذپذیری از ۳۳ تا ۶۴ درصد حداکثر عمق آبشستگی ۵۰٪ کاهش یافته است و در عدد فرود ۰/۲۹ نیز با افزایش درصد نفوذپذیری از ۳۳ تا ۶۴ درصد حداکثر عمق آبشستگی ۴۳٪ کاهش یافته است. این نتیجه با نتایج Yabarehpoor and Kashefipour (2013) و Nasrollahi et al (2008) برای آبشکن نفوذپذیر و همچنین نتایج Shojaeian et al (2015a) برای آبشکن باندال لایک در مسیر مستقیم، مطابقت دارد. با توجه به

همانگونه که در شکل (۷) مشاهده می‌شود در تمامی اعداد فرود حداکثر عمق آبشستگی در اطراف آبشکن نفوذناپذیر (نفوذپذیری ۰٪) به میزان قابل ملاحظه‌ای بیشتر از آبشکن‌های باندال لایک می‌باشد به عنوان مثال در عدد فرود ۰/۲۱ آبشکن نفوذناپذیر دارای بیشترین عمق آبشستگی نسبی می‌باشد که ۶۶٪، ۷۷٪ و ۸۳٪ بیشتر از آبشکن‌های باندال لایک با نفوذپذیری به ترتیب (۳۳، ۵۰ و ۶۴) درصد می‌باشد. همچنین برای عدد فرود ۰/۲۹ نیز آبشکن نفوذناپذیر دارای بیشترین عمق آبشستگی نسبی می‌باشد که ۴۹٪، ۶۳٪ و ۷۰٪ بیشتر از آبشکن‌های باندال لایک با نفوذپذیری به ترتیب (۳۳، ۵۰ و ۶۴) درصد می‌باشد می‌باشد. به این دلیل است که آبشکن های بسته به صورت مانعی غیرقابل نفوذ در برابر جریان آب عمل می‌کنند، از این رو تمرکز جریان و اغتشاش در دماغه این نوع آبشکن‌ها از شدت بیشتری برخوردار است. برخورد جریان به آبشکن و انحراف خطوط جریان باعث تشکیل جریان‌های گردابی نعل اسبی و چرخشی در دماغه آبشکن شده که همین جریان‌ها باعث فرسایش در دماغه آبشکن می‌شوند. در آبشکن‌های باندال لایک به دلیل وجود قسمت نفوذپذیر در پایین سازه، بخشی از جریان از میدان آبشکن عبور می‌نماید. در نتیجه قدرت گردابه های نعل اسبی و

باندال لایک با نفوذپذیری‌های مختلف و درصد کاهش آن نسبت به آبشکن نفوذناپذیر، در جدول (۲) ارائه شده است.

شکل (۷) در نفوذپذیری‌های مختلف با افزایش عدد فرود حداکثر عمق آبشستگی نسبی نیز افزایش می‌یابد. زیرا افزایش عدد فرود سبب افزایش سرعت جریان و تنش برشی شده که نتیجه آن افزایش عمق آبشستگی است. حداکثر عمق آبشستگی نسبی برای آبشکن

جدول ۲. مقایسه حداکثر عمق آبشستگی در نفوذپذیری‌های مختلف

نوع آبشکن	عدد فرود (F_r)	درصد نفوذپذیری (%)	حداکثر عمق آبشستگی نسبی (R_s/y)	درصد کاهش (R_s/y) نسبت به آبشکن نفوذناپذیر (%)
نفوذناپذیر	۰/۲۱	۰	۰/۵۸۵	۰
	۰/۲۱	۳۳	۰/۲	۶۶
باندال لایک	۰/۲۱	۵۰	۰/۱۳	۷۷
	۰/۲۱	۶۴	۰/۱	۸۳
نفوذناپذیر	۰/۲۳	۰	۰/۶۳	۰
	۰/۲۳	۳۳	۰/۲۳	۶۳/۵
باندال لایک	۰/۲۳	۵۰	۰/۱۵	۷۶
	۰/۲۳	۶۴	۰/۱۳	۷۹
نفوذناپذیر	۰/۲۶	۰	۰/۷۷	۰
	۰/۲۶	۳۳	۰/۳	۶۱
باندال لایک	۰/۲۶	۵۰	۰/۲۶۴	۶۵/۷
	۰/۲۶	٪۶۴	۰/۲	۷۴
نفوذناپذیر	۰/۲۹	٪۰	۰/۹	۰
	۰/۲۹	٪۳۳	۰/۴۶	۴۹
باندال لایک	۰/۲۹	٪۵۰	۰/۳۳	۶۳
	۰/۲۹	٪۶۴	۰/۲۶۴	۷۰

مختلف حداکثر عمق آبشستگی در دماغه‌ی آبشکن هشتم و در پایین دست قوس بوقوع می‌پیوندد. همچنین آبشکن باندال لایک حداکثر عمق آبشستگی را به میزان قابل ملاحظه‌ی نسبت به آبشکن نفوذناپذیر کاهش می‌دهد. به عنوان مثال در عدد فرود ۰/۲۹ حداکثر عمق آبشستگی آبشکن باندال لایک با نفوذپذیری ٪۶۴، ٪۷۰ کمتر از حداکثر عمق آبشستگی در اطراف آبشکن نفوذناپذیر می‌باشد. همچنین با افزایش درصد

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثر درصد نفوذپذیری آبشکن باندال- لایک بر تغییرات توپوگرافی بستر در قوس ۹۰ درجه و در شرایط مستغرق برای سه درصد نفوذپذیری (۳۳، ۵۰ و ۶۴) درصد و تحت چهار عدد فرود مختلف (۰/۲۱، ۰/۲۳، ۰/۲۶، ۰/۲۹) مورد مطالعه قرار گرفته است و نتایج آن با آبشکن نفوذناپذیر مقایسه شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که در نفوذپذیری‌های

scouring. J. of watershed engineering and management 3(3): 140-149.

Sharifimanesh, H. 1995. Evaluation and comparison of scour around permeable spur dikes using hydraulic model. MSc thesis, Department of agriculture, Tarbiat Modarres University.

Shojaeian, Z., Kashefipour, SM. and Mosavi Jahromi, SH. 2015a. Experimental Study of the Effect of Permeability Percentage of Bandal Like Spur Dike on Maximum Depth of Scour Hole. J. of Water and Soil Science- University of Tabriz 25(3):105-116.

Shojaeian, Z., Kashefipour, SM., Mosavi Jahromi, SH. and Shafae Bajestan, M. 2015b. Study on the Longitudinal Velocity Profiles Around Series of Bandal-like Spur Dike. J. of Water and Soil Science- University of Tabriz 25(2): 1-11.

Shojaeian, Z., Kashefipour, SM., Mosavi Jahromi, SH. and Shafae Bajestan, M. 2014c. Experimental Study on The Local Scouring of Series of Bandal-Like spurs in Clear Water Condition. J. of Irrigation Science and Engineering 38 (2): 21-32.

Teraguchi, H., Nakagawa, H., Kawaike, K., Bans, Y. and Zhang, H. 2011 a. Effects of hydraulic structures on river morphological processes. International J. of Sediment Research 26(3): 283-303.

Yabarehpoor, E. and Kashefipour, S M. 2013. Laboratory investigation on the effect of spur dike permeability on the scour hole dimensions. J. of Water and Soil Science- University of Tabriz 24(3): 27-40.

نفوذپذیری آبشکن باندال لایک حداکثر عمق آبشستگی اطراف آن کاهش می‌یابد. به عنوان مثال در عدد فرود ۰/۲۹ با افزایش درصد نفوذپذیری آبشکن باندال لایک از ۳۳٪ تا ۶۴٪ حداکثر عمق آبشستگی اطراف آن ۴۳٪ کاهش می‌یابد.

منابع

Fazli, M., Ghodsian, M. and Salehi Neyshabouri SAA. 2008. Bed topography changes in a 90 degree bend in different flow conditions. J. of Modarres Technical and Engineering 35: 123-142.

Nakagawa, H., Zhang, H., Baba, Y., Kawaike, K. and Teraguchi, H. 2013. Hydraulic characteristics of typical bank-protection works along the Brahmaputra/Jamuna River, Bangladesh. J. of flood risk management 6: 345-359.

Nasrollahi, A., Ghodsian, M. and Salehi Neyshabouri, S A A. 2008. Local scour at permeable spur dikes. J. of Applied Sciences 8 (19): 3398-3406.

Rahman, M M., Nakagawa, H., Ishigaki, T. and Khaleduzzaman, A T M. 2003a. Channel Stabilization using bandalling. Annual of Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University 46B: 613-618.

Rahman, M M., Nakagawa, H., Khaleduzzaman, A T M. and Ishigaki, T. 2003b. Flow and scour-deposition around bandals. Proc. Fifth International Summer Symposium, JSCE: 177-180.

Saneie, M. 2011. Experimental study on effect of minor spur dike to reduce main spur dike

Investigation of the effect of the Bandal-like permeability on the maximum scour depth in a 90 degree bend and in submerged condition

Parisa Koochak^{*}, Seyed Mahmood Kashefipour, Mehdi Ghomeshi, Ahmad Fathi

Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

Abstract

One of the ways to control the erosion in the outer bend of rivers is to use spur dikes. In recent years, the efficiency, affordability and environmental suitability of traditional spur dikes has been criticized. Therefore the importance of adopting methods which are both cost-effective and eco-friendly has been addressed. The bandal-like spur dike is a combination of a permeable and an impermeable spur dike, which is usually used in Indian Sub-Continents for riverbank protection and improvement of navigation conditions in alluvial rivers. It is made of bamboo therefore it is inexpensive and environmental friendly. In this research the effect of the permeability percentage of the bandal-like structure on the maximum scour depth around it in a 90 degree mild bend flume and in submerged condition is investigated. Therefore a series of impermeable spur dikes (0% permeability) and bandal-like structures with (33,50 and 64) percent permeability are placed in the flume and examined under four different Froude numbers (0.21, 0.23, 0.26, 0.29). The results showed that the maximum scour depth around the bandal-like structure is considerably less than the maximum scour depth around impermeable spur dikes. Also by increasing the permeability percentage of the bandal-like structures the maximum scour depth around it decreases.

Keywords: Bandal-like spur dike- 90 degree bend- submerged condition- maximum scour depth

Fig. 1 Schematic view of laboratory flume

Fig. 2 Placement of structures in flume

Fig. 3 Bandal-like structure with three permeability percentages a) - 50% b) - 33% c) - 64%

Fig. 4 Bandal-like structure in three-dimensional and transverse views

Fig.5 The variation of scour percentage versus time

Fig. 6 Bed topography for impermeable spur dikes and bandal-like structures with different permeability percentages for a Froude number of 0.26 (cm)

Fig. 7 The variation of maximum relative scour depth versus Froude number for different permeability percentages

Table 1 Pattern of experiments

Table 2 Comparison of maximum scour depth for different permeability percentages

[†] Corresponding Author's Email: Parisa_koochak@yahoo.com