

مقایسه توپوگرافی بستر برای سری آبشکن‌های نفوذپذیر و نفوذناپذیر

الهام یاباره پور^{۱*} و سیدمحمود کاشفی پور^۲

* نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی دانشگاه شهید چمران اهواز e.yabarepoor14@gmail.com

۲- استاد گروه سازه‌های آبی دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ پذیرش: ۹۲/۷/۱۷

تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۱۱

چکیده

استفاده از آبشکن‌ها یکی از روش‌هایی است که به طور معمول برای حفاظت از سواحل و به منظور ساماندهی در دهه‌های اخیر در رودخانه‌ها مورد توجه قرار گرفته است. در واقع آبشکن‌ها با اصلاح شرایط هیدرولیکی جریان، قدرت فرسایشی آب و توان حمل رسوبی را در فاصله دو آبشکن کاهش داده و زمینه رسوب‌گذاری و تثبیت کناره‌های رودخانه را فراهم می‌آورند. با ساخت آبشکن شرایط جدیدی در رودخانه ایجاد می‌شود که منجر به آبشستگی اطراف دماغه آبشکن‌ها می‌گردد. با اطلاع از میزان آبشستگی و الگوی جریان اطراف آبشکن‌ها می‌توان طراحی آبشکن را با دقت بیشتری انجام داد. در این تحقیق به بررسی آزمایشگاهی آبشستگی و رسوب‌گذاری اطراف سری آبشکن‌ها پرداخته شده است. آزمایش‌ها در شرایط آب زلال و با آبشکن‌های با درصد‌های نفوذپذیری ۰ درصد (بسته) تا ۵۰ درصد درون فلومی به عرض ۰/۵۶ متر و طول ۷/۳ متر و ارتفاع ۰/۶ متر انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش درصد نفوذپذیری، حداکثر عمق آبشستگی اطراف آبشکن اول به میزان ۷۵ درصد کاهش پیدا کرد و همین‌طور میزان حجم رسوب‌گذاری بین آبشکن‌ها با افزایش نفوذپذیری آبشکن کاهش یافت.

کلید واژه‌ها: آبشکن نفوذپذیر، حفاظت ساحل رودخانه، توپوگرافی بستر، سری آبشکن‌ها.

Comparison of Bed Topography for the Permeable and Impermeable Spur Dikes Group

E. Yabarepoor¹ and S. M. Kashefipour²

1-M.S.c Student, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz-Iran

2- Professor, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz-Iran

Received: 1 May 2013

Accepted: 9 Oct. 2013

Abstract

In recent decades spur dike has been one of the methods for bank protection and sediment deposition in rivers. In fact the spur dikes decrease the erosion and sediment potential rate of flow between them by improving the flow hydraulic conditions and controlling the shear velocities. Spur dike construction creates new conditions in river, which causes scour around the spur dike. Having knowledge about the amount of scour and sedimentation patterns around the spurs, helps for better and improved design of dikes. Therefore in this study the scour and sedimentation patterns around a Series of permeable and impermeable spur dikes is investigated. The experiments were carried out under the conditions of clear water and the percent of permeability of 0% (closed) to 50% in a flume with 0.56m-wide, 7.3m-long and 0.6m-depth. The results show that the maximum depth of scour around the series of spur dikes and the amount of deposition between spurs reduced with increasing the spur permeability.

Keywords: Spur dike, Permeable spur dike, River bank Protection, Bed topography, Series of spur dike.

مقدمه

هدایت جریان، مهارسیل، فراهم آوردن شرایط لازم برای رسوب‌گذاری در امتداد کناره‌ها و تثبیت موقعیت رودخانه و بعضاً

آبشکن‌ها سازه‌هایی هستند که عموماً با هدف دور ساختن جریان از ساحل فرسایش‌پذیر رودخانه، ایجاد مسیر مناسب برای

طول و زاویه آیشکن فرعی بر آیشستگی آیشکن اول پرداختند. این آزمایش‌ها تحت شرایط بستر متحرک انجام شد. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که مناسب‌ترین طول برای آیشکن فرعی ۰/۶۶ تا ۰/۷۷ طول آیشکن اول می‌باشد. همچنین با توجه به این که آیشکن اول باعث انحراف جریان به سمت دیواره‌ی روبرو می‌شود، همواره کمترین مقدار آیشستگی مربوط به آیشکن دوم می‌باشد. کرمی (۱۳۸۴) آزمایش‌هایی به منظور بررسی تأثیر آیشکن محافظ که به صورت عمود بر جریان در بالادست اولین آیشکن قرار می‌گیرد انجام داد. بر اساس نتایج این پژوهش، با افزایش نسبت طول آیشکن فرعی به آیشکن اول میزان آیشستگی آیشکن اول کاهش می‌یابد. صانعی (۱۳۸۶) به بررسی تأثیر درصد انسداد در آیشستگی اطراف آیشکن‌های بسته پرداخت. بر اساس نتایج این مطالعه با افزایش عدد فرود جریان و یا به عبارتی دیگر کاهش عمق جریان در دبی ثابت، میزان آیشستگی در دماغه آیشکن کاهش می‌یابد. ناجی اهری و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی تأثیر دبی بر توپوگرافی بستر حول آیشکن بسته در کانال قوسی شکل پرداختند. نتایج نشان داد که با افزایش دبی موقعیت رسوب‌گذاری حداکثر در جداره داخلی در حوالی خروجی قوس و موقعیت آیشستگی در بالادست و پایین دست آیشکن تقریباً مشابه می‌باشد ولی در مقابل فاصله بین دو چاله آیشستگی شکل گرفته در اطراف آیشکن و خروجی قوس کاهش می‌یابد. کرمان نژاد و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی آزمایشگاهی رابطه تخلخل با حداکثر عمق آیشستگی آیشکن‌های L شکل نفوذپذیر با زبانه به سمت بالا دست و پایین دست پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که به ازای تخلخل ۵۰-۴۵ درصد کمترین میزان آیشستگی در اطراف آیشکن با زبانه به سمت پایین دست و بیشترین آیشستگی در اطراف آیشکن با زبانه به سمت بالادست رخ می‌دهد. حسین‌زاده تبریزی و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی آزمایشگاهی اثر عدد فرود جریان بر آیشستگی و تغییرات توپوگرافی بستر در مسیر مستقیم به دلیل استقرار آیشکن T شکل پرداختند. تغییرات توپوگرافی بستر، چاله فرسایشی، عمق رسوب‌گذاری پایین دست تحت تأثیر عدد فرود و زاویه قرارگیری آیشکن‌ها نسبت به ساحل مجاور بالادست مد نظر قرار گرفته است. نتایج به طور کلی بیانگر کاهش ابعاد چاله فرسایشی و حجم چاله با کاهش عدد فرود می‌باشند. عباسی و ملک‌نژاد یزدی (۱۳۹۱) به مطالعه آزمایشگاهی تأثیر مشخصات هندسی آیشکن‌های نفوذپذیر مستقیم و T شکل بر آیشستگی اطراف آن‌ها پرداختند. نتایج نشان داد در آیشکن‌های مستقیم نسبت فاصله به طول سه و در آیشکن‌های T شکل نسبت فاصله به طول چهار می‌تواند به عنوان نسبت‌های مناسب پیشنهاد شود. همچنین استفاده از آیشکن T شکل به لحاظ داشتن عمق آیشستگی کمتر دماغه و پایداری سازه بر آیشکن مستقیم ارجحیت دارد. موراکا و همکاران^۵ (۲۰۰۸) به بررسی اثر طول آیشکن نفوذپذیر گابیونی پرداختند. نتایج نشان داد که با افزایش طول

تأمین عمق لازم برای کشتیرانی احداث می‌گردند (بی نام، ۱۳۸۱). آیشکن‌ها برحسب مورد و شرایط رودخانه‌ای و اهداف مورد نظر در شکل‌ها و انواع مختلف طراحی و اجرا می‌گردند. از دیدگاه کلی آیشکن‌ها را می‌توان به دو گروه عمده شامل آیشکن‌های باز و بسته (نفوذپذیر و نفوذناپذیر) طبقه بندی نمود. آیشکن‌های بسته معمولاً به صورت خاکریز سنگی و گابیونی اجرا می‌شوند، ولی آیشکن‌های باز اغلب به صورت شمع کوبی و یا به وسیله تنه درختان اجرا می‌شوند و با کاهش سرعت جریان بخشی از قدرت فرسایشی جریان کاسته و از تخریب سواحل جلوگیری می‌کنند (بی نام، ۱۳۸۶). آیشکن‌های نفوذپذیر در آرام‌تر ساختن جریان موثرند در حالی که آیشکن‌های نفوذناپذیر برای منحرف کردن جریان به کار می‌روند (بی نام، ۱۳۸۳). با احداث آیشکن و نصب در فواصل مناسب بخشی از مواد رسوبی رودخانه تله اندازی شده و زمینه تثبیت کناره‌های فرسایشی را فراهم می‌نماید. کاهش مقطع رودخانه در محل احداث آیشکن‌های متوالی موجب افزایش سرعت جریان و در نتیجه افزایش تنش برشی اعمالی به کف می‌شود، در نتیجه باعث بروز آیشستگی عمومی در مقطع تنگ شده و آیشستگی موضعی می‌گردد. آیشستگی موضعی در پایین دست سازه‌های هیدرولیکی، اطراف آیشکن‌ها، در محل پایه‌های پل و به طور کلی در هر مکانی که شدت جریان‌های درهم به طور موضعی افزایش یابد، به وجود می‌آیند. در اثر آیشستگی، بستر رودخانه فرسایش یافته و این فرسایش سبب گود شدن بستر می‌گردد و این امر ممکن است خطر تخریب سازه را افزایش دهد. در مروری بر تحقیقات گذشته ملویل^۱ (۱۹۹۲) رابطه‌ای تجربی برای پیش بینی حداکثر عمق فرسایش موضعی در آیشکن ارائه نمود و حداکثر عمق آیشستگی را به طول آیشکن مربوط کرده است. شریفی‌منش (۱۳۷۴) نیز با استفاده از مدل آزمایشگاهی به انجام آزمایش‌هایی به منظور مطالعه آیشستگی اطراف آیشکن‌های نفوذپذیر و نفوذناپذیر پرداخت. نتایج این تحقیق نشان داد که در آیشکن بسته حفره آیشستگی اطراف دماغه آیشکن می‌باشد، در حالی که در آیشکن باز آیشستگی در سر تا سر آیشکن اتفاق می‌افتد. سلیمان و همکاران^۲ (۱۹۹۷) تأثیر آیشکن‌ها را بر مرفولوژی رودخانه نیل بررسی نمودند و نتیجه گرفتند که حداکثر اغتشاش در جهت طولی در پشت آیشکن غیر مستغرق، در فاصله حدود شش برابر طول آیشکن در آیشکن باز دو ردیفه و حدود هشت برابر طول آیشکن در آیشکن متخلخل می‌باشد، هم چنین جدایی جریان در دماغه اولین آیشکن اتفاق افتاد. کوهنل و همکاران^۳ (۱۹۹۹) مطالعه‌ای روی الگوی آیشستگی اطراف آیشکن‌های بسته انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که نسبت تنگ شدگی و عمق جریان رابطه قطعی با حجم گودال آیشستگی اطراف آیشکن دارند. اردشیر و همکاران^۴ (۲۰۰۵) به بررسی تأثیر

- 1- Melville
- 2- Soliman et al
- 3- Kuhnle et al
- 4- Ardeshir et al

با توجه به این که قطر متوسط مصالح در تمام آزمایش‌ها یکسان بود و اثر پارامتر سرعت در عدد فرود جریان لحاظ شده است، بنابراین فرود ذره از متغیرهای بی بعد کنار گذاشته شد. همچنین با توجه به این که محدوده عدد رینولدز در نظر گرفته شده برای این آزمایشات بیش از ۳۰۰۰۰ بود (جریان کاملاً آشفته) از پارامتر Re صرف نظر گردید. پارامترهای $\theta, S, \frac{L}{Y}, \frac{D}{Y}, \frac{B_1}{Y}, \frac{B_2}{Y}$ و به دلیل ثابت بودن، کنار گذاشته شدند و در نهایت رابطه (۲) به دست آمد.

$$\frac{h_s}{Y} = f(\%R, Fr) \quad (2)$$

آزمایش‌ها درون فلوم آزمایشگاهی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران با طول ۷/۳ متر و عرض ۰/۵۶ متر و ارتفاع ۰/۶ متر انجام شده است. مصالح بستر با دانه‌بندی یکنواخت و $\sigma = 1/3$ و $d_{50} = 0/7$ میلی‌متر انتخاب شده‌اند. در این مطالعه از دو نوع آبشکن باز و بسته استفاده گردید.

برای آبشکن بسته یا نفوذناپذیر، صفحه‌ای به ارتفاع ۰/۳۵ متر و طول ۲۰ درصد عرض فلوم یعنی ۰/۱۱ متر از جنس پلکسی گلاس ساخته شد (شکل ۱). برای آبشکن باز از یک سری میله‌های برنجی به قطر ۶ میلی‌متر و ارتفاع ۰/۳۵ متر و طول معادل با آبشکن بسته برای سه درصد بازشدگی که شامل ۳۰ درصد، ۴۰ درصد، ۵۰ درصد است، استفاده گردید. میله‌های مزبور بر روی یک صفحه از جنس پلکسی گلاس نصب شده و از بالا نیز جهت تثبیت فاصله بین آن‌ها از یک تسمه با همان جنس استفاده گردید (شکل ۲).

آبشکن‌ها در یک بازه ۲ متری به فاصله ۰/۳۳ متر از یکدیگر نصب گردید و در هر سری چهار عدد آبشکن استفاده شد. کلیه آزمایش‌ها در این بازه ۲ متری و تحت شرایط غیر مستغرق انجام گرفت. فاصله بین آبشکن‌ها، سه برابر طول آبشکن انتخاب شد. این فاصله با توجه به این که حداقل فاصله بین آبشکن‌ها معادل طول حفره آبشستگی دماغه آبشکن در جهت جریان است (بی‌نام، ۱۳۸۱) و این فاصله طبق مطالعات یاسی (۱۹۹۷) در بازه مستقیم، سه برابر طول موثر آبشکن است، انتخاب شده است.

فاصله ابتدای این بازه تا ابتدای کانال ۳/۵ متر در نظر گرفته شد تا اغتشاش محتمل در ورودی به محل آبشکن نرسد. ضمن اینکه عمق پیش بینی شده رسوبات به نحوی بود که در بدترین شرایط، عمق آبشستگی به کف فلوم نمی‌رسید. این عمق ۱۲ سانتی‌متر اختیار شد. سپس به ازای دبی‌های مختلف و عمق ثابت درون کانال شرایط فرسایش در حالت آب زلال فراهم گردید. به منظور فراهم آوردن شرایط آب زلال برای آزمایش‌ها، ابتدا آزمایش‌هایی برای تعیین سرعت بحرانی رسوبات بستر ترتیب داده شد، به این صورت که به ازای دبی‌های مختلف و عمق جریان ثابت ۰/۱۵ متر، دبی که در آن لرزش و حرکت جزئی ذرات رسوب

آبشکن به دلیل افزایش تنش برشی ناشی از کاهش عرض مقطع جریان، طول تل ماسه‌ای افزایش می‌یابد.

عثمان و نجم‌الدین سعید (۲۰۱۲) با انجام آزمایش‌هایی، به بررسی اثر تنگ شدگی بر روی سری آبشکن‌های نفوذپذیر و نفوذناپذیر پرداختند. نتایج این آزمایش‌ها نشان داد که عمق آبشستگی اطراف آبشکن‌های نفوذناپذیر با نسبت تنگ شدگی ۶۰ درصد، ۲/۶ برابر عمق آبشستگی اطراف آبشکن‌ها با نسبت تنگ شدگی ۸۰ درصد است و این نسبت برای آبشکن‌های نفوذپذیر با همان شرایط به میزان سه برابر می‌باشد.

با توجه به مطالعات صورت گرفته در خصوص آبشکن‌های نفوذپذیر و نفوذناپذیر، در این مقاله اثر درصد نفوذپذیری آبشکن و عدد فرود جریان بر روی نحوه توسعه آبشستگی و رسوب‌گذاری در سری آبشکن‌ها به صورت آزمایشگاهی بررسی می‌گردد.

مواد و روش‌ها

قبل از انجام آزمایش، توسط تحلیل ابعادی پارامترهای مهم به صورت زیر بررسی شد:

۱- عوامل مربوط به هندسه کانال: عرض کانال در مقطع قبل از آبشکن (B_1)، عرض کانال در مقطع تنگ شده (B_2)، شیب کانال (S).

۲- عوامل مربوط به هندسه آبشکن: فاصله بین آبشکن‌ها (a)، طول آبشکن (L)، زاویه اتصال آبشکن به دیواره فلوم (θ)، قطر میله‌ها (D)، درصد بازشدگی ($R = \frac{X}{X+D}$) که (X) فاصله بین دو میله متوالی است.

۳- عوامل مربوط به شرایط هیدرولیکی جریان: سرعت متوسط جریان در مقطع قبل از آبشکن (U)، عمق جریان (Y)، عمق آبشستگی دماغه آبشکن (h_s)، شتاب ثقل (g).

۴- عوامل مربوط به اندازه رسوبات بستر: قطر متوسط (D_{50}) چگالی مصالح بستر (G_s)، سرعت آستانه حرکت رسوبات بستر (U_c).

۵- عوامل مربوط به خواص سیال: جرم مخصوص سیال (ρ)، لزجت دینامیکی (μ).

با انتخاب Y و U به عنوان پارامترهای تکراری و با استفاده از روش باکینگهام پارامترهای بی بعد به صورت رابطه (۱) به دست می‌آید:

$$\frac{h_s}{Y} = f\left(\theta, \frac{B_1}{Y}, \frac{B_2}{Y}, \frac{L}{Y}, \frac{U}{U_c}, Re, Fr, s, \%R, F_d = \frac{U}{\sqrt{g(G_s - 1)D_{50}}}\right) \quad (1)$$

بنابراین زمان سایر آزمایش‌ها ۱۵۰ دقیقه اختیار شد که معادل ۹۰ درصد عمق آبخستگی در زمان ۱۴ ساعت است (شکل ۳).

پس از مشخص شدن زمان تعادل که همان مدت زمان آزمایش است، نحوه انجام آزمایش‌ها به این صورت بود که پس از نصب آبخن‌ها و قرار دادن مصالح بستر در کف فلوم، ابتدا سطح بستر صاف می‌گردید و آب با دبی کم از انتهای فلوم روی رسوبات را می‌پوشاند، سپس پمپ با دبی کم روشن و به تدریج به دبی مورد نظر می‌رسید، پس از رسیدن به زمان تعادل، آزمایش متوقف و آب درون آن زهکشی می‌شد. سپس با استفاده از متر لیزری توپوگرافی بستر در محدوده ۲ متری برداشت می‌شد. محدوده تغییرات پارامترهای استفاده شده در این مطالعه به صورت جدول (۱) می‌باشد.

(آستانه حرکت) وجود داشت، برداشت شد و از روی آن سرعت بحرانی محاسبه گردید.

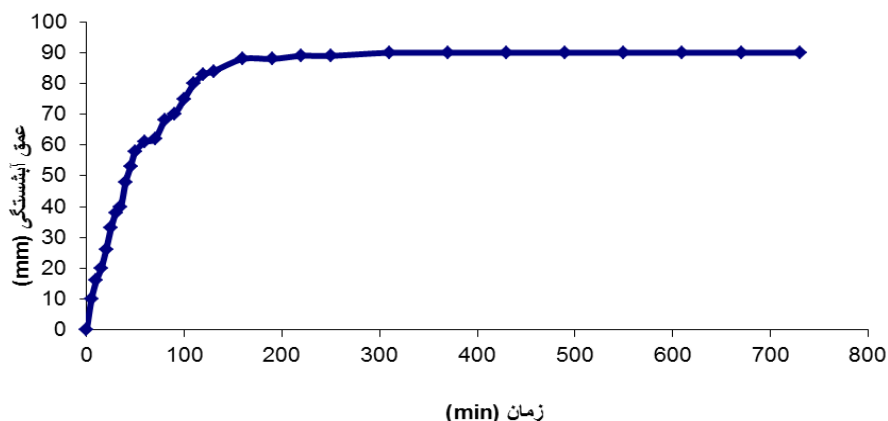
لازم به ذکر است که دبی مربوط به حرکت جزئی ذرات رسوب 0.025 متر مکعب بر ثانیه است. به این ترتیب سرعت نظیر آن به عنوان سرعت بحرانی ($U_c = 0.3$ متر بر ثانیه) در نظر گرفته شد. به منظور یافتن زمان تعادل، آزمایش جداگانه‌ای همراه با آبخن نفوذناپذیر انجام شد. نحوه انجام این آزمایش به این صورت بود که عمق آبخستگی در زمان‌های مختلف اطراف آبخن اول ثبت و سپس از روی منحنی رسم شده زمان تعادل مشخص شد. در کلیه آزمایش‌ها، برداشت کف به کمک دستگاه متر لیزری از نوع Lica DISTO A5 با دقت یک میلی‌متر انجام گرفت. گسترش عمق آبخستگی در اولین آبخن نشان می‌دهد که پس از مدت زمانی، افزایش عمق آبخستگی کم شده و این زمانی است که به عنوان زمان تعادل برای تمام آزمایش‌ها در نظر گرفته شد.



شکل ۱- نمایی از سری آبخن‌های بسته



شکل ۲- نمایی از سری آبخن‌های نفوذپذیر



شکل ۳- عمق آبستگي با زمان برای تعیین زمان تعادل

جدول ۱- محدوده تغییرات پارامترهای موثر در آزمایشها

درصد نفوذپذیری آبشکن	عدد فرود	دبی (لیتر بر ثانیه)
۵۰ - ۰	۰/۱۸ - ۰/۲۴	۱۸-۲۴

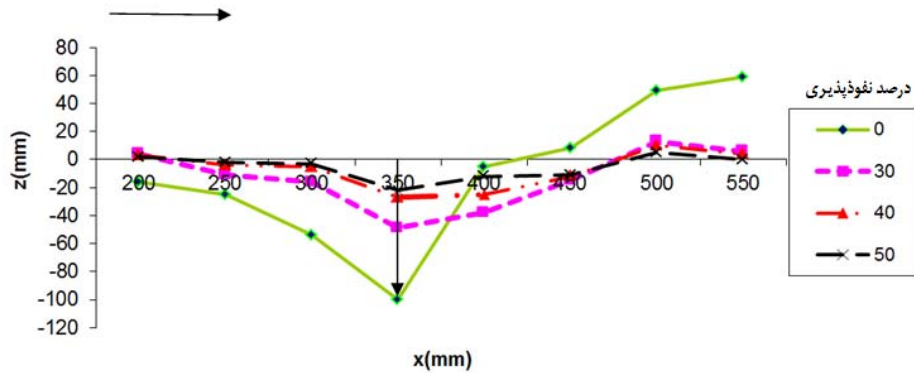
نتایج و بحث

ضمن این که جریان‌های چرخشی بین دو آبشکن متوالی شکسته شده، لذا رسوب‌گذاری کم می‌شود.

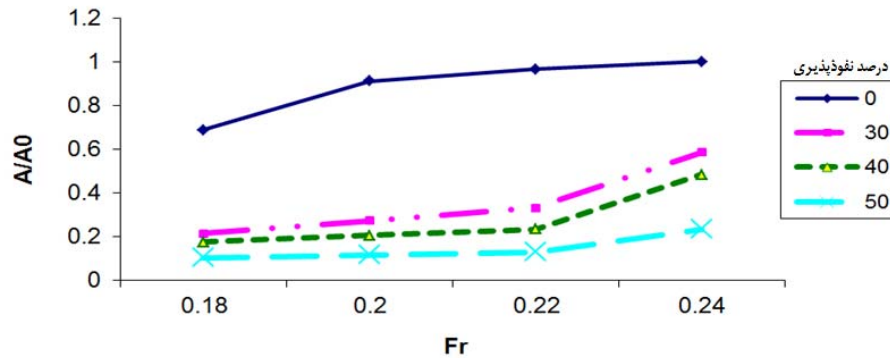
با استفاده از نرم افزار Surfer مساحت چاله آبستگي اطراف آبشکن اول محاسبه و منحنی آن مطابق شکل (۵) رسم گردید. در این شکل $(\frac{A}{A_0})$ نسبت مساحت چاله آبستگي اطراف آبشکن

اول برای آبشکن‌ها با نفوذپذیری‌های مختلف به مساحت چاله آبستگي اطراف آبشکن بسته در برابر عدد فرود رسم شده است. طبق این شکل مساحت سطح گسترش چاله آبستگي برای آبشکن بسته بیشترین و برای نفوذپذیری ۵۰ درصد کمترین مقدار را دارد. نسبت مساحت سطح گسترش چاله آبستگي برای این دو درصد نفوذپذیری آبشکن‌ها، بیش از چهار برابر می‌باشد و به این دلیل است که آبشکن‌های بسته به صورت مانعی غیرقابل نفوذ در مقابل 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 دماغه آبشکن می‌شوند. ولی در آبشکن‌های باز برخلاف آبشکن‌های بسته بخشی از جریان از میدان آبشکن عبور می‌نماید و دیواره آبشکن قسمتی از جریان را منحرف می‌کند، در نتیجه قدرت گردابه‌های نعل اسبی و جریان‌های چرخشی کاهش یافته به همین دلیل چاله فرسایشی کوچک‌تری را نسبت به حالت آبشکن نفوذناپذیر سبب می‌گردد. همچنین طبق این شکل با افزایش عدد فرود مساحت چاله

در این مطالعه اثر نفوذپذیری آبشکن بر آبستگي و رسوب‌گذاری اطراف سری آبشکن‌ها بررسی شد. پروفیل طولی به فاصله ۱۶/۵ سانتی‌متر بالادست و پایین دست اولین آبشکن (این فاصله نصف فاصله بین دو آبشکن متوالی است) با توجه به داده‌های برداشت شده مطابق شکل (۴) رسم شد. در این شکل محور طولی منطبق بر راستای جریان و محور قائم، عمق آبستگي یا رسوب‌گذاری را نشان می‌دهد. اعداد مثبت مربوط به رسوب‌گذاری و اعداد منفی مربوط به آبستگي است. مشاهدات نشان داد که حداکثر عمق آبستگي در دماغه آبشکن اول که آبشکن حساس در مسیر مستقیم می‌باشد اتفاق افتاده است. همان‌طور که از این شکل مشخص است حداکثر عمق آبستگي با افزایش نفوذپذیری افزایش می‌یابد به طوری که عمق آبستگي در آبشکن بسته، به میزان بیش از چهار برابر بیشتر از عمق آبستگي در نفوذپذیری ۵۰ درصد است. محل آبشکن در تمام نمودارها، نقطه حداکثر عمق آبستگي است و با فلش نشان داده شده است. همچنین جهت جریان نیز با فلش مشخص شده است. در این شکل عمق آبستگي با نزدیک شدن به محل آبشکن در همه آبشکن‌ها افزایش پیدا کرده است. همچنین با توجه به این شکل میزان رسوب‌گذاری در فاصله بین دو آبشکن بسته به میزان قابل توجهی بیشتر از نفوذپذیری‌های دیگر است. در واقع با افزایش نفوذپذیری حداکثر عمق آبستگي و رسوب‌گذاری کاهش یافت و به این دلیل است که در آبشکن‌های باز با افزایش نفوذپذیری، سرعت جریان آب در میدان آبشکن‌ها افزایش یافته و



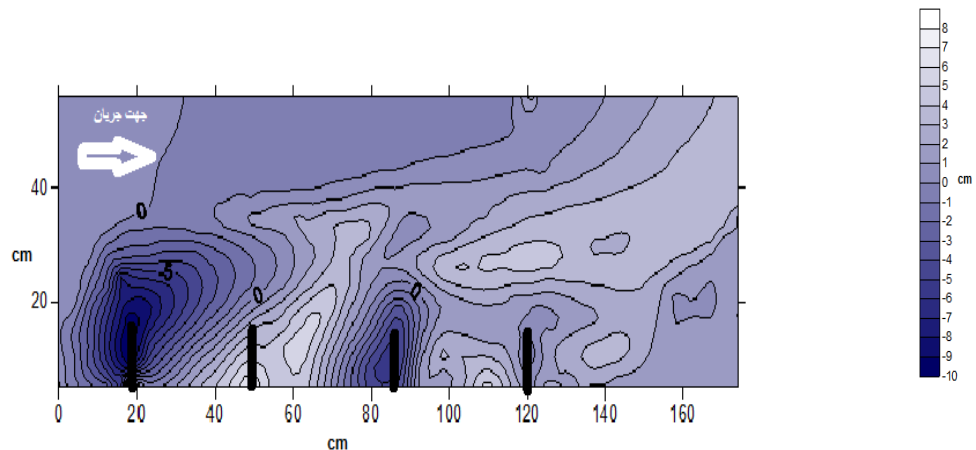
شکل ۴- پروفیل طولی بستر پس از فرسایش برای آبشکن اول برای درصدهای نفوذپذیری مختلف و عدد فرود ۰/۲۴



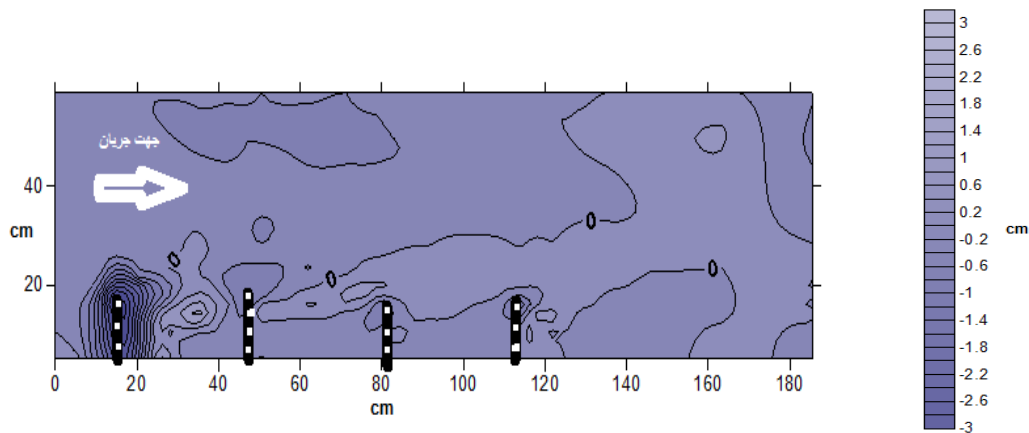
شکل ۵- مساحت نسبی سطح چاله آبستگي برای آبشکن اول برای درصدهای نفوذپذیری مختلف با عدد فرود

می‌شود زیرا در سری آبشکن‌ها، برخورد جریان به آبشکن اول و انحراف آن به سمت محور مرکزی جریان باعث می‌شود که حمله جریان به مقدار کمتری متوجه دماغه آبشکن‌های بعدی شود، لذا عمق آبستگي در آبشکن‌های بعدی در هر دو حالت نفوذپذیر و نفوذناپذیر کمتر است. در آبشکن‌های نفوذناپذیر بیشترین آبستگي متوجه دماغه آبشکن می‌باشد، ولی در آبشکن‌های نفوذپذیر آبستگي در تمام طول آبشکن اتفاق می‌افتد که این مشاهده در مطالعه نصراللهی و همکاران (۲۰۰۸) نیز مشاهده می‌شود. از طرفی در آبشکن‌های بسته تشکیل گرداب و به وجود آمدن جریان چرخشی در میدان آبشکن موجب می‌گردد که ترسیب مواد معلق به صورت یکنواخت‌تری صورت گیرد ولی در آبشکن‌های باز با افزایش باز شدگی، سرعت جریان آب در میدان آبشکن افزایش یافته و ضمن اینکه جریان‌های چرخشی بین دو آبشکن متوالی شکسته شده، لذا رسوب‌گذاری کم می‌گردد. همچنین عمق

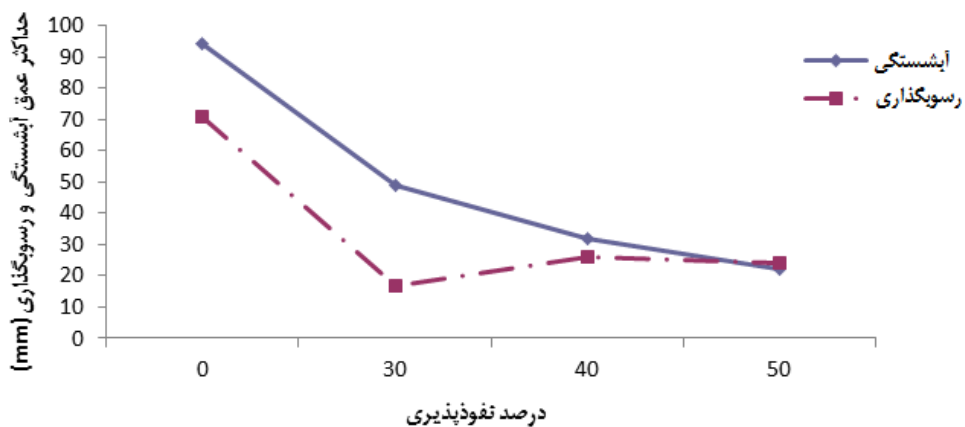
آبستگي آبشکن اول در حالت بسته به میزان ۱/۵ برابر افزایش داشته است. زیرا افزایش عدد فرود باعث افزایش سرعت جریان و افزایش قدرت گردابه‌هایی که نزدیک بستر و اطراف صفحه آبشکن قرار دارد، می‌شود و به این ترتیب تنش برشی اطراف آبشکن افزایش می‌یابد و این مسئله باعث افزایش مساحت چاله آبستگي در اطراف آبشکن می‌گردد. برای بررسی توپوگرافی بستر در کل بازه دو متری (محدوده سری آبشکن‌ها) پروفیل بستر در سه جهت طول، عرض، ارتفاع برداشت شد و با استفاده از نرم افزار Surfer خطوط هم‌تراز آن رسم شد (شکل‌های ۶ و ۷). در همه شکل‌ها محل آبشکن‌ها مشخص شده است. مقایسه این شکل‌ها نشان می‌دهد که در یک عدد فرود ثابت، حداکثر عمق آبستگي در آبشکن ردیف اول (اولین آبشکن در جهت جریان) نسبت به آبشکن‌های ردیف بعدی بیشتر بوده و به طرف پایین دست از میزان حداکثر عمق آبستگي اطراف آبشکن‌ها کاسته



شکل ۶- خطوط هم تراز اطراف سری آبشکن های نفوذناپذیر با فرود ۰/۲۴



شکل ۷- خطوط هم تراز اطراف سری آبشکن های با نفوذپذیری ۵۰ درصد برای فرود ۰/۲۴



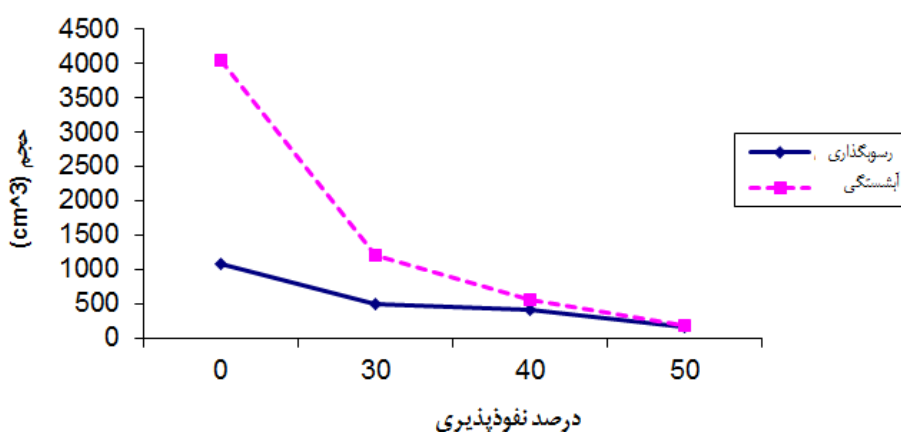
شکل ۸- تغییرات حداکثر عمق آبشستگی و رسوب گذاری برای درصدهای نفوذپذیری مختلف و برای عدد فرود ۰/۲۴

بیشتر است در حالی که در آبشکن باز به علت انحراف بخشی از جریان چاله کوچکتری تشکیل می‌شود. شکل (۸) نمودارهای

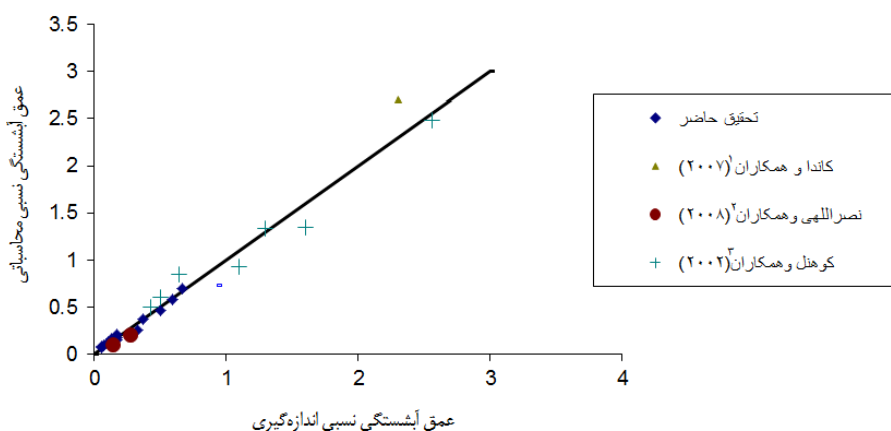
چاله فرسایشی در آبشکن‌های بسته به علت انحراف کل جریان به سمت محور فلوم و ایجاد جریان‌های گردابی در دماغه آبشکن

می‌یابد زیرا انحراف جریان در دماغه آبشکن‌های نفوذپذیر مانند نفوذناپذیر زیاد نیست و جریان گردابی تشکیل شده از شدت کمتری برخوردار بوده و باعث کاهش حداکثر عمق آبشستگی می‌گردد. شکل (۹) نمودارهای حجم رسوب‌گذاری و فرسایش را برای نفوذپذیری‌های مختلف اطراف آبشکن اول نشان می‌دهد. با مقایسه دو منحنی مشخص شد برای آبشکن بسته (نفوذناپذیر) مقدار حجم آبشستگی بیش از سه برابر حجم رسوب‌گذاری شده بین دو آبشکن متوالی است ولی برای آبشکن‌ها با نفوذپذیری ۴۰ درصد و ۵۰ درصد حجم رسوب‌گذاری و فرسایش برابر شده است. به این دلیل است که با افزایش نفوذپذیری، جریان کمتری منحرف می‌شود و حجم چاله فرسایشی کاهش می‌یابد. همچنین با

حداکثر عمق آبشستگی و رسوب‌گذاری را در برابر درصد نفوذپذیری‌های مختلف نشان می‌دهد. از مقایسه این دو نمودار مشخص شد روند تغییر حداکثر عمق آبشستگی با افزایش نفوذپذیری کاهش می‌یابد، در حالی که در نمودار حداکثر ارتفاع رسوب‌گذاری این روند برای حالت آبشکن نفوذناپذیر تا نفوذپذیری ۳۰ درصد کاهش می‌یابد، ولی از نفوذپذیری ۳۰ درصد به ۴۰٪ افزایش می‌دهد. به این دلیل که با کاهش فضای بین میله‌ها مقدار رسوب ورودی نیز کاهش یافته و باعث کاهش رسوب‌گذاری می‌گردد و منحنی آبشستگی بالاتر از منحنی رسوب‌گذاری است. ولی با افزایش نفوذپذیری از ۳۰ درصد به نفوذپذیری ۴۰ درصد دو منحنی به هم نزدیک‌تر شده و در نهایت در نفوذپذیری ۵۰ درصد ارتفاع رسوب‌گذاری و آبشستگی برابر است. حداکثر عمق آبشستگی نیز با افزایش نفوذپذیری به میزان ۷۵ درصد کاهش



شکل ۹ - تغییرات حجم رسوب‌گذاری و فرسایش اطراف آبشکن اول برای عدد فرود ۰/۲۴



۱۰- مقایسه داده‌های محاسباتی با رابطه (۳) و مشاهدات آزمایشگاهی سایر محققین و تحقیق حاضر

- 1- Kanda et al
- 2- Nasrollahi et al
- 3- Kuhnle et al

با درصد‌های نفوذپذیری ۳۰ درصد، ۴۰ درصد و ۵۰ درصد بود که نتایج حاصل شده عبارتند از:

- عمق آبستتگی آبشکن اول با افزایش نفوذپذیری به میزان ۷۵ درصد کاهش یافت.

- رسوب‌گذاری در میدان آبشکن‌های بسته به دلیل وجود جریان چرخشی، به صورت یکنواخت‌تری نسبت به آبشکن‌های باز، صورت گرفت.

- عمق آبستتگی، در دماغه آبشکن اول نسبت به آبشکن‌های بعدی هم در حالت نفوذپذیر و هم در حالت نفوذناپذیر بیشتر بود.

- در فرود ثابت میزان آبستتگی با افزایش درصد نفوذپذیری کاهش یافت به طوری که حداکثر عمق آبستتگی در آبشکن بسته به میزان بیش از چهار برابر از آبشکن‌ها با نفوذپذیری ۵۰ درصد بیشتر بود.

- حجم رسوب‌گذاری و فرسایش در نفوذپذیری ۴۰ درصد و ۵۰ درصد اطراف آبشکن اول با هم برابر شد.

پس از انجام آزمایش‌ها و برداشت حداکثر عمق آبستتگی اطراف آبشکن اول برای عددهای فرود مختلف، با استفاده از نرم افزار SPSS رابطه بدون بعدی بین حداکثر عمق آبستتگی به عمق جریان و عدد فرود و درصد نفوذپذیری به دست آمد که به صورت رابطه (۳) است:

$$\frac{h_s}{Y} = 16.537 Fr^{2.185} e^{-0.035R} \quad (3)$$

ضریب (R^2) برابر با ۰/۹۷۲ می‌باشد. در این رابطه از ۸۵ درصد داده‌ها برای بدست آوردن رابطه استفاده شد و ۱۵ درصد داده‌ها برای آزمون صحت سنجی استفاده شد. همچنین به منظور صحت سنجی از داده‌های کار سایر محققین استفاده شد که در شکل (۱۰) برازش خوب این داده‌های مشاهداتی و محاسباتی را اطراف خط ۴۵ درجه نشان می‌دهد.

نتیجه گیری

در این مطالعه با بررسی آزمایشگاهی، به مقایسه توپوگرافی بستر در سری آبشکن‌های نفوذپذیر و نفوذناپذیر پرداخته شد. آبشکن‌های مورد آزمایش آبشکن بسته (نفوذناپذیر) و آبشکن‌های

منابع

- ۱- بی‌نام، ۱۳۸۱. فرسایش و رسوب‌گذاری در محدوده آبشکن‌ها. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، نشریه شماره ۲۴۸.
- ۲- بی‌نام، ۱۳۸۳. راهنمای مهار فرسایش و حفاظت رودخانه‌ها. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، نشریه شماره ۱۴۹-ن.
- ۳- بی‌نام، ۱۳۸۶. راهنمای مطالعات فرسایش و رسوب در ساماندهی رودخانه‌ها. وزارت نیرو، نشریه شماره ۲۸۳.
- ۴- شریفی منش، ح. ۱۳۷۴. مقایسه آبستتگی اطراف آبشکن‌های نفوذپذیر با استفاده از مدل آزمایشگاهی. پایان نامه کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- ۵- صاعی، م. ۱۳۸۶. مدل آزمایشگاهی اثر زمان و درصد انسداد بر آبستتگی موضعی. ششمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهرکرد.
- ۶- عباسی، ع. الف و ملک‌نژادیزدی، م. ۱۳۹۱. مطالعه آزمایشگاهی تاثیر مشخصات هندسی آبشکن‌های نفوذپذیر مستقیم و T شکل بر آبستتگی اطراف آن‌ها. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال دوم، شماره هشتم، صفحات ۹۵ تا ۱۰۷.
- ۷- کرمان‌نژاد، ج. فتحی مقدم، م. دهقانی، الف. محمودیان شوشتری، م. ۱۳۹۰. بررسی رابطه تخلخل با حداکثر عمق آبستتگی آبشکن‌های L شکل نفوذپذیر با زبانه به سمت بالا دست و پایین دست در شرایط آب زلال. مجله آب و خاک، (۲): ۳۱۴-۳۰۵.
- ۸- کرمی، ح. ۱۳۸۴. بررسی آزمایشگاهی تاثیر نسبت فاصله و طول آبشکن فرعی در میزان آبستتگی دماغه آبشکن اصلی. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ایران.
- ۹- حسین زاده تبریزی، ح. قدسیان، م. واقفی، م. ۱۳۹۱. تاثیر عدد فرود جریان و زاویه آبشکن‌های سرسپری سری بر توپوگرافی بستر در مسیر مستقیم. یازدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه ارومیه، ایران.
- ۱۰- ناجی ابهری، م. قدسیان، م. فضلی، م. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر دبی بر روی توپوگرافی بستر حول آبشکن بسته در کانال قوسی شکل. نهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه تربیت مدرس.
- 11- Ardeshir, A., Karami, H. and M. Saneie. 2005. Experimental study on the effect of secondary groyne on local scouring around First groyne. 7th International Civil Engineering Conference, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.
- 12- Kanda, K., Samoto, Y. and Z. Li. 2007. Study on morphodynamics around stone-lined spur dike in the Akashi river. Proceedings of the 5th IAHR Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics, Enschede, pp. 1197-1206.
- 13- Kuhnle, R. A., Alonso, V. and Shields, F. D. 1999. Geometry of scour holes as associated with 90 degree spur dikes. Journal of Hydraulics Engineering, ASCE, 125 (9): 972-978.
- 14- Kuhnle, R. A., Alonso, C. V., and F. D. Shields. 2002. Local scour associated with angle spur dikes. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 128(12): 1087-1093.

- 15- Melville, B.W. 1992. Local scour at bridge abutments. *Journal of Hydraulic Engineering*, 118: (4). 615-631.
- 16- Muraoka, H., Fushimi, T., Kadota, A. and K. Suzuki. 2008. Experimental study on changes of bed configuration caused by a permeable groyne of stone gabion. *Proceedings of 16th IAHR-ADP Congress and 3rd Symposium of IAHR-ISHS*, PP. 1073-1077.
- 17- Nasrollahi, A., Ghodsian, M. and S.A.A, Salehi Neyshabouri. 2008. Local Scour at Permeable Spur Dikes. *Journal of Applied Sciences*, 8(19): 3398 – 3406.
- 18- Osman, M.A. and H. Negmaldin Saeed. 2012. Local scour depth at the nose of permeable and impermeable spur dykes. *Engineering Journal*, 2(1): 1-9.
- 19- Soliman, M. M., Attia, K. M., Kotb Talaat, A. M. and A.F. Ahmed. 1997. Spur dike effects on the river Nile morphology after high Aswan dam. *Proceedings of the 27 th Congress, IAHR*, 5: 803-805.
- 20- Yasi, M. 1997. Flow and bed topography behind a groin. Ph.D. Thesis, Department of Civil Engineering, Monash University, Melbourne, Australia, 340 p.