



شاپا چاپی: ۲۲۵۱-۷۴۸۰
شاپا الکترونیکی: ۲۲۵۰-۷۴۰۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:

<https://wsrcj.srbiau.ac.ir>

پست الکترونیک:

iauwsrcj@srbiau.ac.ir

iauwsrcj@gmail.com

سال دوازدهم

شماره یک (۴۵)

پاییز ۱۴۰۱

تاریخ دریافت:

۱۳۹۸/۰۸/۰۵

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۰/۰۶/۲۹

صفحات: ۲۱-۳۳



ارزیابی آزمایشگاهی پروفیل طولی و عرضی آبشستگی در بستر کانال با قوس ۱۸۰ درجه: کاربرد آبشکن مثلثی نفوذپذیر

محمد رضا کلامی زاده^۱، امیرعباس کمان بدست^{۲*}، محمود شفاعی بجنستان^۳،
علیرضا مسجدی^۴ و هوشنگ حسونی زاده^۵

(۱) دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، پردیس علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
(۲) استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
(۳) گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
(۴) دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
(۵) عضو کمیته تحقیقات، سازمان آب و برق خوزستان، اهواز، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول: kamanbedast@iauahvaz.ac.ir

چکیده:

زمینه و هدف: یکی از روش‌های جدید جهت کنترل فرسایش در ساحل خارجی قوس رودخانه‌ها استفاده از صفحات متصل به ساحل می‌باشد. صفحات متصل به ساحل از جمله سازه‌های زیست‌محیطی هستند که برای کنترل فرسایش سواحل، انحراف جریان از سواحل به طرف مرکز مجرا، بهتر شدن وضعیت انتقال رسوب، توسعه رودخانه جهت قایقرانی، ترمیم و توسعه زیستگاه آبریان رودخانه استفاده می‌شوند. علیرغم مزایای فراوان صفحات متصل به ساحل اما اطلاعات دقیقی در رابطه با وضعیت فرسایش و رسوب‌گذاری و الگوی جریان در اطراف آنها تحت شرایط هیدرولیکی و هندسی مختلف وجود ندارد و تحقیقات بسیار اندکی صورت گرفته است. در تحقیق حاضر تأثیر سناریوهای مختلف نصب آبشکن‌های نفوذپذیر مثلثی بر تغییرات پروفیل طولی و عرضی رسوب بستر در کانال آزمایشگاهی با قوس ۱۸۰ درجه ارزیابی شده است.

روش پژوهش: در این تحقیق هدف اصلی بررسی الگوی رسوب‌گذاری و فرسایش در قوس رودخانه‌ها با استفاده از صفحات مثلثی متصل به ساحل می‌باشد؛ که در این راستا در مورد تأثیر فاصله بین صفحات مثلثی و طول مؤثر صفحات مثلثی و نیز عدد فرود جریان بر کنترل فرسایش دیواره خارجی قوس ۱۸۰ درجه تمرکز شده است. آزمایش‌ها در یک فلوم آزمایشگاهی با قوس ۱۸۰ درجه ملایم با نسبت $(\frac{B}{B_0}=3)$ و مقطع عرضی مستطیلی به عرض 0.6 متر انجام می‌پذیرد. زاویه نصب صفحات مثلثی ثابت برابر با ۶۰ درجه نسبت به ساحل بالادست، ارتفاع صفحات مثلثی نفوذپذیر از سطح رسوب ثابت برابر 10cm و نفوذپذیری صفحات مثلثی ثابت برابر ۱۲ درصد در نظر گرفته شد. آزمایش‌ها در حالت آب زلال انجام شد. طول مؤثر صفحات تهیه شده برابر با $W/L=3$ ، $W/L=4$ ، $W/L=5$ و $W/L=3$ عرض مقطع جریان برابر ۶۰ سانتیمتر، $L=$ طول مؤثر به ترتیب برابر ۱۲ و ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر) و با فواصل نصب برابر با $\frac{D}{L} = 5$ (D فواصل نصب به ترتیب ۶۰، ۷۵ و ۱۰۰ سانتیمتر برای ۳ طول مؤثر) در نظر گرفته شد و در دو دبی ورودی مختلف اجرا گردید.

یافته‌ها: بررسی تأثیر تغییرات فاصله قرارگیری صفحات مثلثی نفوذپذیر بر توپوگرافی بستر نشان می‌دهد در هر عدد فرود با افزایش فاصله صفحات از یکدیگر، حداکثر عمق آبشستگی افزایش می‌یابد، نتایج مطالعه نشان می‌دهد استفاده از صفحات مثلثی نفوذپذیر باعث انحراف جریان از قوس بیرونی به طرف مرکز و سپس قوس داخلی فلوم خواهد شد که این مزیت در عمل باعث کنترل فرسایش در قوس بیرونی رودخانه‌ها می‌شود. با افزایش دبی جریان ورودی و افزایش طول مؤثر صفحات مثلثی (طول عمود بر جریان) و فاصله صفحات مثلثی از یکدیگر در قوس ۱۸۰ درجه، حداکثر عمق آبشستگی و حجم آبشستگی افزایش پیدا کرده است، نصب صفحات مثلثی با طول مؤثر برابر $(\frac{W}{5}=12cm)$ و فاصله صفحات مثلثی برابر 5L، باعث انحراف جریان از ساحل بیرونی به طرف دماغه صفحات و میانه فلوم و در نتیجه تنش برشی بستر در میانه فلوم کاهش می‌یابد و این امر سبب کاهش حداکثر عمق آبشستگی کانال فرسایشی و ایجاد خط‌القعر در دماغه صفحات خواهد شد.

نتایج: نتایج نشان داد که با نصب آبشکن، تپه‌های رسوبی در حدفاصل بین آن‌ها ایجاد می‌شوند. بنابراین در طول مؤثر برابر با $\frac{W}{L} = 5$ معادل ۱۲ سانتیمتر حداکثر ارتفاع تپه رسوبی در دیواره خارجی برابر با ۳۰ و ۳۱ درصد عمق آب، به ترتیب بین زاویه‌های صفر تا ۱۷۰ درجه و ۶۸/۷ تا ۱۱۵ درجه معادل ۱۱ برابر و ۳ برابر فاصله بین صفحات به ترتیب برای دبی‌های ۱۳/۵ و ۱۵/۵ لیتر بر ثانیه بوده است. همچنین برای شرایط ذکر شده عرض تپه رسوبی در دیواره خارجی به ترتیب به ۸۵ و ۷۵ درصد طول مؤثر صفحات رسید. آبشکن‌های مثلثی نفوذپذیر شش پایه برای رودخانه‌های مئاندری مانند کارون و در قوس ۹۰ و ۱۸۰ درجه توصیه می‌شوند. این رودخانه‌ها دارای پیچش و انحنای زیاد و همچنین عمق جریان زیاد و سرعت جریان در آنها کم که حاوی رسوبات معلق زیاد می‌باشند و شیب این نوع رودخانه‌ها ۰/۰۰۱ یا کمتر بوده و به واسطه شیب کم پتانسیل حمل رسوب آنها کم و بار رسوبی عمدتاً ریزدانه دارند.

کلیدواژه‌ها: چاله آبشستگی، ساحل خارجی، فرسایش، رسوب‌گذاری، هیدرولیک

مقدمه

حذف معضل یاد شده داشته باشند. در این راستا انواع مختلفی از آب‌شکن‌ها در شرایط هیدرولیکی و آزمایشگاهی متفاوت از جمله آب‌شکن مستطیلی (Shaker and Kashefipour, 2015)، آب‌شکن تیغ‌ای (Mehraein, Alizadeh Armmaki et al., 2018)، آب‌شکن‌های سرسپری (Abbasi and Malek Nejad, 2014؛ al, 2015) شبیه‌سازی و ارزیابی شده است. صفحات نفوذپذیر نوعی از آب‌شکن است که به دلیل کاهش حجم مصالح و نیز احداث بدون نیاز به خشکاندن محیط کار برای رودخانه‌های پیمان‌رودی عمیق مناسب می‌باشد. برخی از این آب‌شکن‌ها در مطالعات جراح زاده و شفافی بجهستان، (۱۳۹۱)، شجاعیان و همکاران، (۱۳۹۴) مورد بررسی قرار گرفته است.

یکی از المان‌هایی که می‌تواند از اجزای تشکیل دهنده یک سازه مصنوعی باشد المان شش‌پایه است. المان‌های شش‌پایه از شش قطعه T شکل که در وسط به هم متصل هستند تشکیل شده که در نتیجه دارای شش‌پایه می‌باشد. در گذشته این المان‌ها برای تولید سازه‌های پوششی (مانند حفاظت کننده ساحل رودخانه یا دریا، تکیه‌گاه و پایه پل، پوشش بستر) یا کنترل کننده (مانند آب‌شکن، موج‌شکن و تغییر مسیر جریان) کاربرد مؤثری داشته است (Zolghadr et al., 2016).

هدف این تحقیق ارزیابی تغییرات طولی و عرضی رسوب‌گذاری در بستر یک کانال آزمایشگاهی با قوس ۱۸۰ درجه تحت اثر سناریوهای استقرار آب‌شکن‌های مثلثی نفوذپذیر در اندازه و موقعیت‌ها و رژیم‌های جریان مختلف است. از جمله نوآوری‌ها این تحقیق ساخت صفحات مثلثی نفوذپذیر از المان‌های شش‌پایه از جنس پلکسی گلاس است، این المان‌ها به شکلی در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند که تشکیل یک صفحه نفوذپذیر مثلثی را بدهند. برتری المان‌های شش‌پایه در سرعت عمل ساخت و اجرا و همچنین هزینه پایین ساخت این المان‌های تشکیل دهنده صفحات مثلثی نفوذپذیر می‌باشد. همچنین با این المان‌ها می‌توان سازه‌های اصلاح‌الگوی

فرسایش و تغییر شکل قوس رودخانه‌ها موجب برهم خوردن شرایط اکولوژیکی، از بین رفتن اراضی زراعی و تخریب تأسیسات آبی می‌گردد. یکی از سازه‌هایی که بدین منظور مورد مطالعه محققان زیادی بوده است آب‌شکن است. این سازه از انواع طبیعی و مصنوعی، نفوذپذیر یا نفوذناپذیر و در شکل‌های مختلف احداث می‌گردد (shafai Bejestan, 2009). هر یک از این ساختارها عملکرد متفاوتی را در کنترل آبستگي یا توزیع رسوب در رودخانه یا کانال دارند. از این رو مطالعات متعددی با هدف افزایش پایداری و کارایی، کاهش زمان و هزینه احداث و بهبود عملکرد هیدرولیکی آن‌ها انجام شده است (Yan et al., 2012; Jung and Yoon, 1998; Zhang et al., 2010). (Najjabhari et al., 2010). دادند که عمق بزرگ‌ترین چاله آبستگي در دماغه آب‌شکن نفوذناپذیر حدود ۵۰ درصد بیشتر از آب‌شکن نفوذپذیر است.

با احداث آب‌شکن‌ها در فواصل معینی از طول ساحل خارجی رژیم جریان را تحت تأثیر قرار داده و جریان‌های گردابی در بین صفحات ایجاد می‌شود. این جریان‌های موجب حرکت و جابجایی رسوب و در نتیجه ایجاد تپه‌های یا چاله رسوبی را می‌کنند. همچنین با کاهش سرعت طولی در اطراف ساحل خارجی و شدت گرفتن جریان در دماغه آب‌شکن محل تشکیل چاله فرسایشی در این محدوده‌ها واقع می‌گردد (Liu Kalamizadeh, 2009; et al., 2018).

صفحات مثلثی گونه‌ای از آب‌شکن‌ها هستند که به واسطه تغییر شکل دماغه آب‌شکن نسبت به صفحات مستطیلی می‌توانند عمق چاله آبستگي را در دماغه کاهش داده و مانع از خود تخریبی آب‌شکن گردند. (Shahabi and Ghodsian and Vaghefi, 2009; Kashefipour, 2015).

ساخت آب‌شکن از مواد طبیعی در بستر رودخانه نیاز به خشکاندن و یا تغییر مسیر آن دارد. آب‌شکن‌های پیش ساخته می‌توانند راه‌حل مناسب برای سرعت بخشیدن و

خصوصیات مربوط به سیال: جرم مخصوص (ρ) و ویسکوزیته دینامیکی (μ)
 بنابراین رابطه بین این پارامترها را می‌توان به صورت معادله (۱) نوشت:

$$f(S_0, B, R, \delta, L, \theta, D, h, U, y, g, d_{50}, \rho_s, d_s, \rho, \mu) = 0$$

اگر سه متغیر عمق جریان (y)، سرعت جریان (U) و جرم مخصوص سیال (ρ) به عنوان عامل‌های تکراری انتخاب شوند، بر اساس آنالیز ابعادی به روش π باکینگهام خواهیم داشت:

$$f(S_0, \frac{B}{Y}, \frac{R}{Y}, \delta, \frac{L}{Y}, \theta, \frac{D}{Y}, \frac{h}{Y}, \frac{d_{50}}{Y}, \frac{\rho_s}{\rho}, \frac{d_s}{Y}, \frac{\mu}{\rho U Y}, \frac{U^2}{g Y}) = 0 \quad (2)$$

در این مطالعه شیب طولی فلوم برابر 0.01 و زاویه مرکزی قوس، زاویه صفحات نسبت به ساحل بالادست و ارتفاع صفحات در تمامی آزمایش‌های ثابت است که می‌توان از آن‌ها صرف نظر کرد. همچنین به علت ثابت بودن اندازه و جنس مصالح، نوع سیال و نیز عمق جریان در تمامی آزمایش‌های از نسبت $\frac{d_{50}}{Y}$ و $\frac{\rho_s}{\rho}$ نیز می‌توان صرف نظر کرد. بنابراین با صرف نظر کردن از پارامترهای مذکور و تقسیم $\frac{B}{Y}$ بر $\frac{R}{Y}$ و $\frac{L}{Y}$ خواهیم داشت:

$$f\left(\frac{R}{B}, \frac{L}{B}, \frac{D}{Y}, \frac{h}{Y}, \frac{d_s}{Y}, Fr, Re\right) = 0 \quad (3)$$

در رابطه فوق، با توجه به اینکه در فلوم مورد استفاده نسبت شعاع به عرض $\frac{R}{B}$ و $\frac{h}{Y}$ ثابت هستند، بنابراین می‌توان از این دو پارامتر صرف نظر کرد. همچنین از آنجا که جریان در فلوم آشفته است می‌توان عدد رینولدز را نیز از معادله حذف کرد. بنابراین داریم:

$$f\left(\frac{L}{B}, \frac{D}{Y}, \frac{d_s}{Y}, Fr\right) = 0 \quad (4)$$

مدل آزمایشگاهی

برای تهیه مدل فیزیکی تحقیق از یک فلوم آزمایشگاهی به عرض ۶۰ سانتیمتر که دارای یک ورودی به طول ۴ متر، قوس ۱۸۰ درجه و کانال خروجی به طول چهار متر است. مشخصات و اندازه بخش‌های مختلف قوس در شکل ۱ نشان داده شده است.

در این فلوم برای تنظیم عمق آب ثابت ۱۰ سانتیمتر از سرریزهای چوبی در انتهای فلوم و برای تنظیم دبی از

جریان را به اشکال و نفوذپذیری متفاوت اجرا کرد. از دیگر مزایای آنها ساخت در محل اجرا می‌باشد و می‌توان از مصالح رودخانه‌ای و یا چوب تنه درختان برای ساخت آنها استفاده نمود. این صفحات مثلثی به دلیل نفوذپذیر بودن قابلیت جذب مصالح رسوبی و همچنین شاخه و تنه درختان که از بالادست حرکت کرده را دارا می‌باشند به مرور زمان و با پرشدن خلل و فرج بین صفحات ساحل‌سازی ایجاد می‌شود. همچنین از دیگر نوآوری‌های این تحقیق بررسی روند آبشستگی و رسوب‌گذاری در قوس ۱۸۰ درجه با نسبت شعاع قوس به عرض جریان برابر ۳ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تحلیل ابعادی

در مطالعه پدیده‌ها در آزمایشگاه روابط بین عوامل مؤثر بر آن پدیده مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در اینجا نقش مهم گروه‌های بدون بعد در تفسیر و ارائه نتایج آزمایشگاهی و برقراری روابط بین عوامل درگیر در شناخت پدیده مورد مطالعه روشن می‌شود. عوامل مهم در آبشستگی پیرامون صفحات مثلثی نفوذپذیر متصل به ساحل در این تحقیق عبارت‌اند از:

عوامل مربوط به هندسه کانال: عرض کانال (B)، شعاع قوس (R)، شیب طولی فلوم (S_0)، زاویه مرکزی قوس (δ).

عوامل مربوط به هندسه صفحات: طول مؤثر صفحات (L)، زاویه قرارگیری صفحات مثلثی نسبت به ساحل بالادست (θ)، فاصله بین صفحات (D)، ارتفاع صفحات (h).

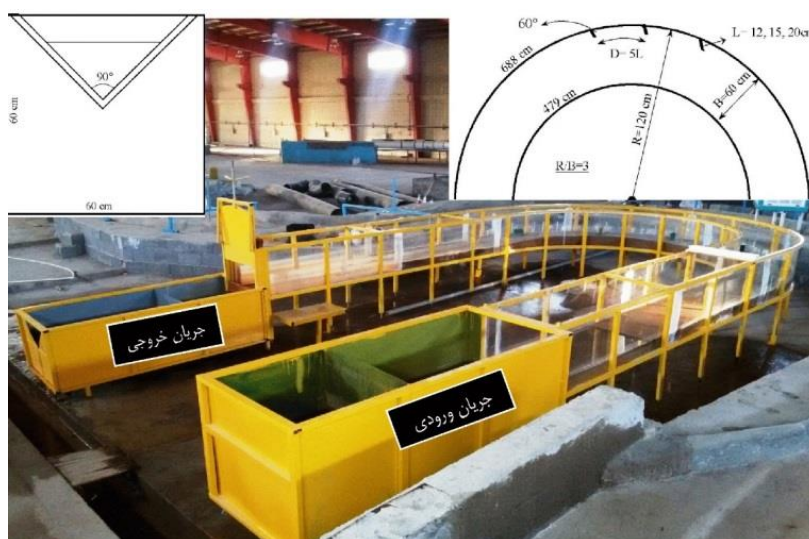
خصوصیات مربوط به شرایط هیدرولیکی جریان: سرعت جریان در بالادست (U)، عمق جریان (y) و شتاب ثقل (g).

خصوصیات مربوط به رسوب: قطر متوسط رسوبی (d_{50})، چگالی رسوبات (ρ_s)، بیشینه عمق آبشستگی رسوبات (d_s)

دبی سنج دیجیتال اولتراسونیک مدل Digi sonic E+ استفاده شده است. صفحات مثلثی نفوذپذیر متصل به ساحل از سازه‌های ۶ وجهی از جنس پلکسی گلاس با ضخامت ۶ میلیمتر ساخته شده و دارای نفوذپذیری ثابت ۱۲ درصد و ضخامت ۴ سانتیمتر هستند. طول طراحی صفحات مثلثی نفوذپذیر برابر با ۱۴، ۱۷/۵ و ۲۳/۵ سانتیمتر به ترتیب با طول مؤثر صفحات ۱۲، ۱۵ و ۲۰ سانتیمتری با زاویه ۶۰ درجه نسبت به بالادست روی دیواره خارجی قوس ۱۸۰ درجه نصب شدند. منظور از طول مؤثر صفحات طول عمود بر ساحل آن‌ها می‌باشد.

نتایج نشان داد که با افزایش فاصله قرارگیری صفحات از یکدیگر شدت عمق آبشستگی در دیواره خارجی و حجم آبشستگی افزایش پیدا کرده است. از این‌رو در این مقاله بهینه طول مؤثر یعنی 5L برای ۳ طول مؤثر در نظر گرفته شد. از سوی دیگر شکل مثلثی صفحات باعث می‌شود که شدت گردابه‌های ایجاد شده حول صفحات کاهش پیدا کند. برای تعیین دبی‌های ورودی آزمایشات متعددی صورت گرفت. با توجه به اینکه قطر متوسط ذرات برابر ۰/۷۵ میلی‌متر در نظر گرفته شده بود باید دبی‌های در نظر گرفته می‌شد تا در مسیر مستقیم ورودی آبشستگی ایجاد نشود، از طرفی پمپ موجود در آزمایشگاه حداکثر توان ۱۹ لیتر بر ثانیه را داشت و با افزایش دبی جریان (بیشتر از ۱۶/۵ لیتر بر ثانیه) آبشستگی در مسیر مستقیم رخ می‌داد و با کاهش دبی جریان (کمتر از ۱۳/۵ لیتر بر ثانیه) هیچ‌گونه آبشستگی در مسیر مستقیم و قوس ۱۸۰ درجه رخ نمی‌دهد. بنابراین چهار دبی جریان برابر ۱۳/۵، ۱۴/۵، ۱۵/۵ و ۱۶/۵ لیتر بر ثانیه برای این آزمایشات مورد نظر قرار گرفت.

بررسی مطالعات گذشته نشان داد که حداکثر طول مؤثر صفحات معادل یک سوم عرض مقطع جریان است که می‌توان طول مؤثر را برابر یک سوم و یک چهارم و یک پنجم عرض مقطع جریان در نظر گرفت (Bahrami



شکل ۱. مشخصات کلی از فلوم آزمایشگاهی و قوس ۱۸۰ درجه



شکل ۲. نمایی از صفحات مثلثی نفوذپذیر متصل به ساحل

جدول ۱. شماره و محل قرارگیری صفحات مثلثی نفوذپذیر متصل به ساحل

| شماره صفحات مثلثی نفوذپذیر | زاویه قرارگیری دماغه نفوذپذیر (درجه) | زاویه قرارگیری پاشنه نفوذپذیر (درجه) | موقعیت طولی پاشنه قرارگیری (متر) | طول مؤثر از دیواره خارجی |
|-------------------------------|---|---|-------------------------------------|-----------------------------|
| ۱ | ۰ | ۱/۹۵ | ۰/۰۷ | W/5=12cm |
| ۲ | ۱۶/۶۹ | ۱۸/۶۳ | ۰/۷۱ | |
| ۳ | ۳۳/۳۸ | ۳۵/۳۲ | ۱/۳۵ | |
| ۴ | ۵۰/۰۶ | ۵۲/۰۱ | ۱/۹۸ | |
| ۵ | ۶۵/۷۵ | ۶۸/۷ | ۲/۶۲ | |
| ۶ | ۸۳/۴۴ | ۸۵/۳۹ | ۳/۲۶ | |
| ۷ | ۱۰۰/۱۳ | ۱۰۲/۰۷ | ۳/۹۰ | |
| ۸ | ۱۱۶/۸۲ | ۱۱۸/۷۶ | ۴/۵۴ | |
| ۹ | ۱۳۳/۵ | ۱۳۵/۴۵ | ۵/۱۷ | |
| ۱۱۰ | ۱۵۰/۱۹ | ۱۵۲/۱۴ | ۵/۸۱ | |
| ۱۱ | ۱۶۶/۸۸ | ۱۶۸/۸۳ | ۶/۴۵ | |
| ۱ | ۰ | ۲/۴۸ | ۰/۰۹ | W/4=15cm |
| ۲ | ۲۱/۱۸ | ۲۳/۶۵ | ۰/۹۰ | |
| ۳ | ۴۲/۳۵ | ۴۴/۸۳ | ۱/۷۱ | |
| ۴ | ۶۳/۵۳ | ۶۶ | ۲/۵۲ | |
| ۵ | ۸۴/۷ | ۸۷/۱۸ | ۳/۳۳ | |
| ۶ | ۱۰۵/۸۸ | ۱۰۸/۳۶ | ۴/۱۴ | |
| ۷ | ۱۲۹/۵۳ | ۱۲۹/۵۳ | ۴/۹۵ | |
| ۸ | ۱۵۰/۷۱ | ۱۵۰/۷۱ | ۵/۷۶ | |
| ۹ | ۱۷۱/۸۸ | ۱۷۱/۸۸ | ۶/۵۷ | |
| ۱ | ۰ | ۳/۴ | ۰/۱۳ | W/3=20cm |
| ۲ | ۲۸/۹۴ | ۳۲/۳۴ | ۱/۲۴ | |
| ۳ | ۵۷/۸۷ | ۶۱/۲۷ | ۲/۳۴ | |
| ۴ | ۸۶/۸۱ | ۹۰/۲۱ | ۳/۴۵ | |
| ۵ | ۱۱۵/۷۴ | ۱۱۹/۲ | ۴/۵۵ | |
| ۶ | ۱۴۴/۶۸ | ۱۴۸/۳ | ۵/۶۶ | |
| ۷ | ۱۷۳/۶۲ | ۱۷۷/۲ | ۶/۷۷ | |

اجرای آزمایش

آرامی کاهش داده و از فرسایش بعد از زمان آزمایش جلوگیری شد. پس از گذشت زمان و تخلیه آب درون فلوم شروع به داده‌برداری کرده که این امر توسط عمق سنج لیزری که بر روی یک ریل متحرک با استفاده از یک پایه فلزی نصب شده است انجام می‌پذیرد.

در دو آزمایش بدون آبشکن (با دبی‌های ۱۳/۵ و ۱۵/۵ لیتر بر ثانیه)، پس از پایان مراحل آزمایش، به کمک عمق سنج لیزری، در مسیر قوس ۱۸۰ درجه مقاطع عمود بر دیواره فلوم به فاصله ۲/۵ درجه داده‌برداری انجام گرفت. در آزمایش‌های با حضور صفحات مثلثی نفوذپذیر پس از اینکه صفحات مثلثی نفوذپذیر در فواصل مشخص به دیواره خارجی فلوم و کف فلوم نصب گردید، رسوب انتخاب شده که در تمام آزمایش‌ها ثابت بوده را به آرامی در اطراف صفحات مثلثی نفوذپذیر پراکنده شد. در آزمایش‌هایی که با حضور صفحات مثلثی نفوذپذیر انجام شده‌اند علاوه بر، داده‌برداری در مقاطع عمود بر دیواره فلوم، برای بررسی جزئی‌تر میزان آبشستگی در محل ابتدا و انتهای صفحات مثلثی نفوذپذیر، نیز اقدام به برداشت داده در مقاطع عرضی شده است.

دانه‌بندی ذرات رسوب

بار رسوبی مورد استفاده در عملیات آزمایشگاهی با مشخصات ارائه شده در جدول ۲ می‌باشد. مطابق با جدول ۲، رابطه استفاده شده برای تعیین سرعت برشی بحرانی به‌ازای اندازه متوسط دانه‌های بستر از جنس کوارتز و دمای ۲۰ درجه سلسیوس معادله Melville (۱۹۹۷) و سرعت بحرانی با استفاده از رابطه توزیع لگاریتمی سرعت به دست آمده است. همچنین مشاهدات آزمایشگاهی در دامنه‌ای از عمق‌ها و سرعت‌های مختلف نشان داد که سرعت جریان آستانه حرکت برابر با ۰/۲۷۵ متر بر ثانیه است. بنابراین در کلیه آزمایش‌ها، این سرعت به‌عنوان مبنای سرعت بحرانی در نظر گرفته شد. جهت تعیین مدت زمان انجام آزمایش معیار Ettema (1980) در نظر گرفته شد، که عبارت است

پس از تسطیح و تراز سطح رسوب، کنترل استخر (منبع آب اصلی)، بسته بودن تمامی شیرها و دریچه کشویی، در جهت تأمین دبی ۲ پمپ (هر کدام با دبی اسمی ۱۵۰ لیتر بر ثانیه) روشن گردید و بعد از گذشت مدت زمان مناسب که آب درون مخزن هد ثابت کنترل شد به آرامی شیر کشویی را باز کرده تا اینکه سطح آب درون مخزن ورودی فلوم به آرامی افزایش یابد. با استفاده از شیر کشویی ۶ اینچ آب را به آرامی وارد فلوم کرده به طوریکه سرعت حرکت جریان عبوری روی سطح رسوب با سرعت حرکت آب درون رسوب برابر باشد. تا اطمینان حاصل گردد که قبل از آماده شدن شرایط آزمایش، فرسایشی صورت نگیرد. پس از برخورد جریان به سرریزهای چوبی سطح آب بالا آمده و تا لبه بالایی فلوم رسید. زمانیکه سطح آب در بالاترین اندازه باشد (۶۰ سانتیمتر ارتفاع دیواره فلوم)، عدد فرود کاهش یافته و جریان عبوری ایجاد فرسایش نمی‌کند (با مقدار آن بسیار اندک است). در این هنگام با برداشتن تعداد مشخصی از سرریزهای چوبی دبی جریان و عمق جریان موردنظر حاصل می‌شود. بعد از تثبیت یافتن ارتفاع آب در مانومتر نصب شده بر روی سرریز مثلثی و حصول از جریان یافتن دبی موردنظر (۱۳/۵ یا ۱۵/۵ لیتر بر ثانیه)، ارتفاع سرریز چوبی را با برداشتن تعداد مشخصی از چوب‌ها سرریز کم کرده تا عمق آب روی رسوبات به آرامی کم شود، این امر برای جلوگیری از افت سریع آب و وقوع فرسایش ناگهانی و همچنین خطا در آزمایش انجام می‌گردد. با ادامه یافتن این روند، ارتفاع جریان را به ۱۰ سانتی‌متری از سطح رسوب رسانیده که بر اساس ابعاد فلوم آزمایشگاهی شرایط جریان ورودی موردنیاز آزمایش با اعداد فرود ۰/۲۲۷ و ۰/۲۶۱ حاصل می‌گردد. در طی زمان انجام آزمایش (۱۸۰ دقیقه) بایستی عمق جریان روی بستر رسوبی ثابت باشد. پس از اتمام زمان ۱۸۰ دقیقه آزمایش از طریق شیر کشویی ورودی و سرریز چوبی که در انتهای مسیر مستقیم خروجی تعبیه شده است سطح آب را به

مقایسه کرده است. در دبی ۱۳/۵ لیتر بر ثانیه بیشترین عمق چاله آبشستگی با ۶/۲ سانتیمتر برای صفحات با فواصل ۱۰۰ سانتیمتر و طول مؤثر ۲۰ سانتیمتر بوده است. که ۵ میلیمتر از آزمایش بدون آبشکن نیز بیشتر بوده است. حداکثر چاله فرسایشی برای آزمایش بدون آبشکن در بخش‌های انتهایی قوس ولی در آزمایش W/3 به دلیل ایجاد جریان‌های گردابی در بخش مرکزی قوس اتفاق افتاده است. عمیق‌ترین چاله فرسایشی ایجاد شده توسط دبی ۱۵/۵ لیتر در ثانیه در آزمایش W/5 از تمامی آزمایش‌های دیگر حتی با دبی پایین‌تر نیز کمتر است.

با توجه به اینکه طول ۱۲ سانتیمتر بهترین عملکرد را در کاهش عمق و حجم آبشستگی داشته است، در شکل ۳ میزان کاهش آبشستگی در دماغه این آبشکن نسبت به دو آبشکن دیگر بر حسب درصد مقایسه شده است. همانگونه که در شکل مشاهده می‌شود، تأثیر طول مؤثر بر کاهش حداکثر عمق آبشستگی در دبی ۱۳/۵ لیتر بر ثانیه بیشتر از دبی ۱۵/۵ لیتر بر ثانیه است. زیرا با افزایش عدد فرود جریان، آشفتگی موجود در برخورد بردار جریان با دماغه صفحات افزایش یافته و عمق آبشستگی بیشتر در اثر اندرکنش جریان‌های ثانویه با مؤلفه‌های طولی سرعت جریان حلزونی ایجاد می‌شود که نقش مهمی در تغییرات ساحل خارجی رودخانه و انتقال رسوب ایفاء می‌کند.

از مدت زمانی که تغییرات در عمق آبشستگی در یک بازه زمانی ۴ ساعته کمتر از یک میلی‌متر باشد. بر اساس این مفهوم، زمان تعادل در آزمایش بدون آبشکن با عدد فرود ۰/۲۶ معادل ۳ ساعت برآورد می‌شود که در آن نرخ تغییرات عمق آبشستگی به اندازه کافی کاهش یافته است.

جدول ۲. مشخصات رسوب بکار برده شده در آزمایش‌ها

| پارامتر | نماد | اندازه |
|------------------------|---|------------|
| قطر متوسط | d_{50} | ۰/۷۵ mm |
| قطر ۸۴ درصد ریزتر | d_{84} | ۰/۸۳۶ mm |
| قطر ۱۶ درصد ریزتر | d_{16} | ۰/۶۲۶ mm |
| انحراف معیار استاندارد | $\sigma_g = \sqrt{d_{84}/d_{16}}$ | ۱/۱۵۵ |
| ضریب یکنواختی | $C_u = d_{60}/d_{10}$ | ۱/۲۵۴ |
| سرعت برشی بحرانی | $\frac{U_{*c}}{U_{*c}} = 0.0115 + 0.0125d_{50}^{1.4}$ | ۰/۰۱۹۵ m/s |
| سرعت بحرانی | $\frac{V_c}{U_{*c}} = 5.75 \log(5.53 \frac{y}{d_{50}})$ | ۰/۳۲ m/s |

نتایج و بحث

حداکثر عمق آبشستگی

هدف از تحقیق حاضر بررسی پروفیل‌های طولی و عرضی رسوب‌گذاری در قوس ۱۸۰ درجه حاصل از کاربرد صفحات مثلی نفوذپذیر در شرایط دو دبی ورودی ۱۳/۵ و ۱۵/۵ لیتر بر ثانیه است. جدول ۳ موقعیت و مقدار حداکثر عمق چاله فرسایشی را در طول قوس با یکدیگر

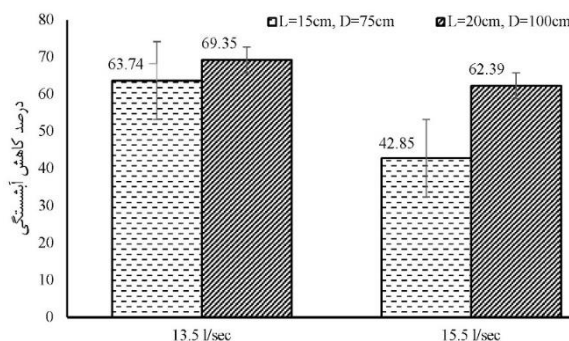
جدول ۳. تغییرات حداکثر عمق فرسایش در مسیر قوس ۱۸۰ درجه

| دبی l/sec | طول مؤثر (cm) | مشخصات صفحات مثلی نفوذپذیر متصل به ساحل | | | | محل وقوع چاله فرسایشی در قوس ۱۸۰ درجه (degree) |
|--------------|------------------|---|-------------------------|---------------------------------|------------------------------------|--|
| | | ارتفاع از سطح رسوب (cm) | فاصله با یکدیگر (cm) | زاویه با محور جریان (degree) | حداکثر عمق چاله فرسایشی (cm) | |
| ۱۳/۵ | - | - | - | - | ۱۷۰ | |
| ۱۵/۵ | - | - | - | - | ۱۳۷/۵ | |
| ۱۳/۵ | W/5=12 | ۱۰ | 5L=60 | ۳۰ | ۶۶/۷۵ | |
| ۱۵/۵ | W/5=12 | ۱۰ | 5L=60 | ۳۰ | ۶۶/۷۵ | |
| ۱۳/۵ | W/4=15 | ۱۰ | 5L=75 | ۳۰ | ۱۰۵/۸۸ | |
| ۱۵/۵ | W/4=15 | ۱۰ | 5L=75 | ۳۰ | ۱۰۵/۸۸ | |
| ۱۳/۵ | W/3=20 | ۱۰ | 5L=100 | ۳۰ | ۸۶/۸۱ | |
| ۱۵/۵ | W/3=20 | ۱۰ | 5L=100 | ۳۰ | ۸۶/۸۱ | |

نفوذپذیر با طول مؤثر متفاوت باعث کنترل آبستگی در دیواره خارجی قوس ۱۸۰ درجه و انتقال رسوبات به دیواره داخلی و ایجاد خط‌القعر در فاصله‌ای به میزان طول مؤثر صفحات از دیواره خارجی قوس می‌شود.

در سناریوهای بدون آبشکن اختلاف عمق آبستگی در ابتدا و انتهای قوس با تفاوت بیش از ۵۰ درصد نسبت فرسایش به عمق جریان مشاهده می‌شود (شکل ۴). بیشترین آبستگی در این حالت در نیمه دوم قوس و در دیواره خارجی اتفاق افتاده است. برخلاف دیواره داخلی که بیشتر تغییرات در انباشت رسوب در یک‌چهارم ابتدایی قوی مشاهده می‌گردد.

با نصب صفحات مثلثی نفوذپذیر با فاصله و طول مؤثر به ترتیب ۶۰ و ۱۲ سانتیمتر رسوب‌گذاری در ۳۵ درجه انتهایی برای دبی ۱۳/۵ لیتر بر ثانیه و ۱۵ درجه انتهایی برای دبی ۱۵/۵ لیتر بر ثانیه به کمترین مقدار خود رسیده است (شکل ۵). این موضوع به‌استثنای بخش ابتدایی قوس خواهد بود که تحت تأثیر حضور شرایط هیدرولیکی قوس و حضور آبشکن‌ها عمل نمی‌کند. نتایج شکل ۵ چهار نشان می‌دهد در دبی بالاتر تأثیر آبشکن در انتقال اثر آبستگی از دیواره به سمت دماغه بیشتر است و در هر دو مورد حداکثر عمق آبستگی در زاویه ۶۷ درجه پدید آمده است.

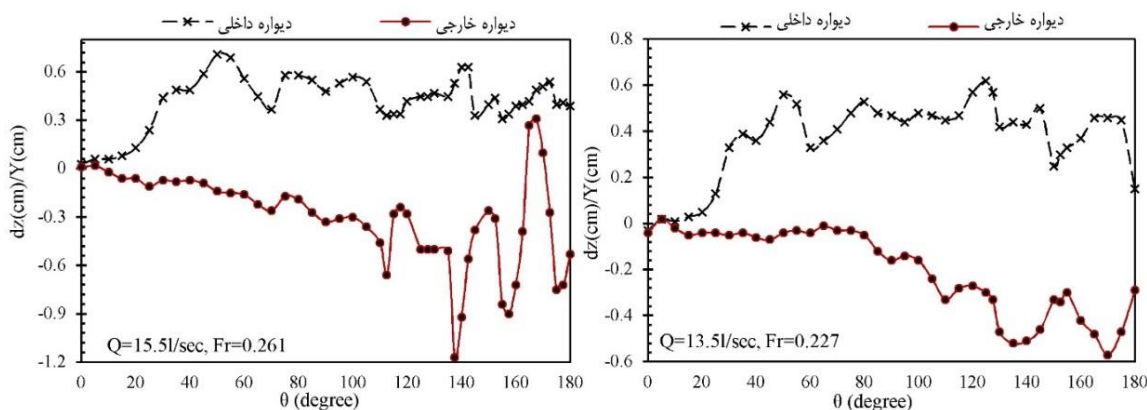


شکل ۳. درصد کاهش حداکثر عمق آبستگی در طول مؤثر ۱۲ سانتیمتر نسبت به سایر طول‌ها

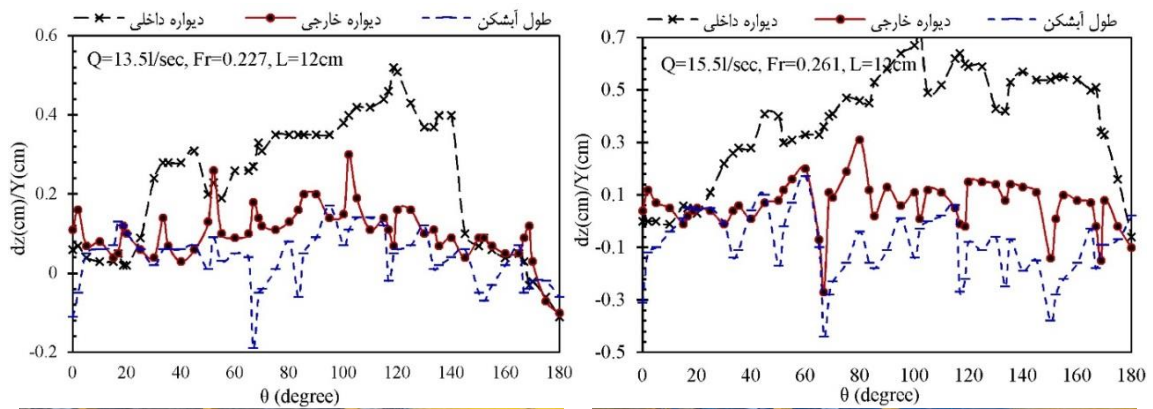
پروفیل طولی

جهت بررسی بیشتر روند فرسایشی، شکل‌های ۳ تا ۶ پروفیل طولی بستر در محل دیواره داخلی و دیواره خارجی قوس ۱۸۰ درجه و مسیری به فاصله طول آبشکن از دیواره خارجی قوس (محل قرارگیری دماغه صفحات مثلثی نفوذپذیر) در طول مسیر قوس ۱۸۰ درجه برای شرایط جریان ورودی (Fr=0.227, 0.261) نمایش داده شده است. در این نمودارها محور عمودی نسبت حداکثر عمق آبستگی به عمق جریان آب که در کل زمان آزمایش در ارتفاع ۱۰ سانتیمتر ثابت نگه‌داشته شده است (dz(cm)/Y(cm)) و محور افقی تقسیم‌بندی قوس به مقاطع عرضی بر حسب (درجه) در طول مسیر قوس ۱۸۰ درجه می‌باشند.

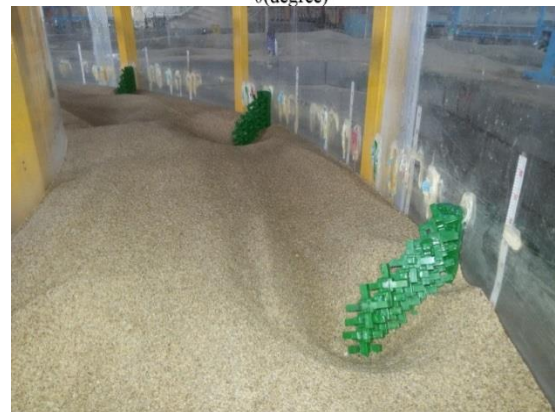
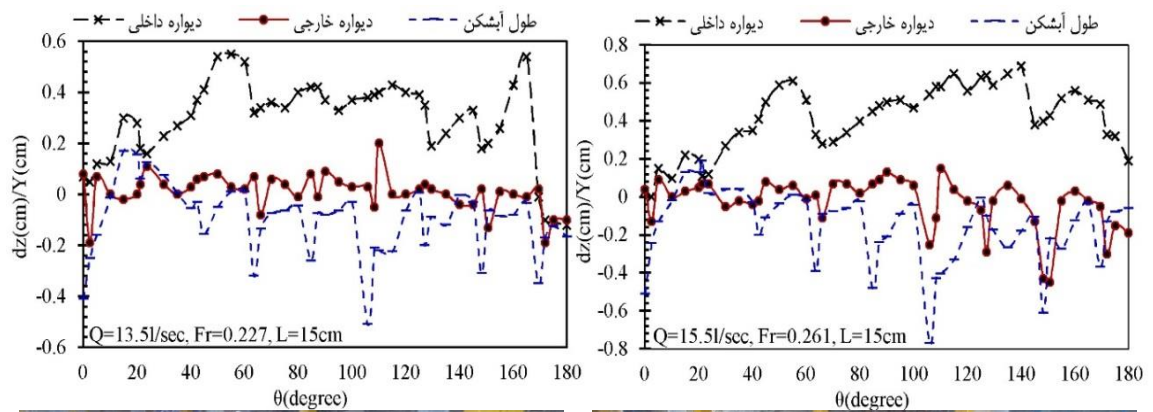
مقایسه کلی سناریوهای نصب صفحات با آزمایش‌های بدون آبشکن نشان می‌دهد حضور صفحات مثلثی



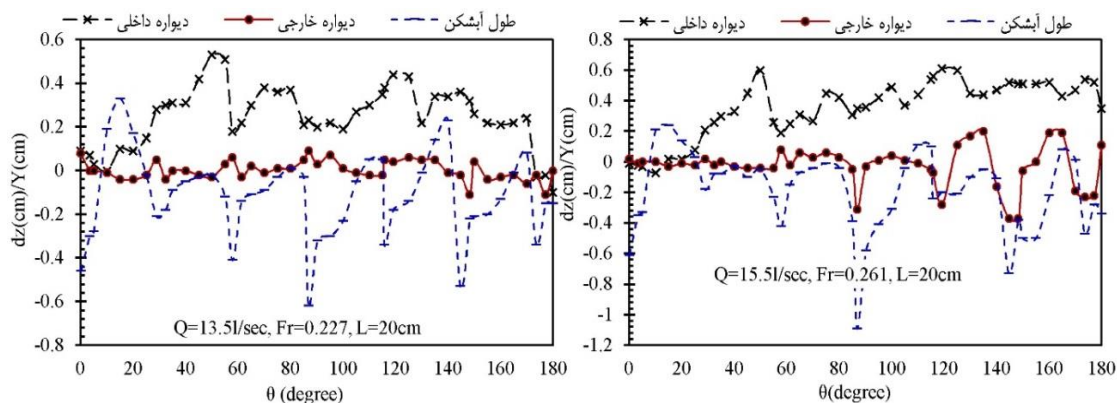
شکل ۴. تغییرات عمق فرسایش در دیواره‌های داخلی و خارجی در آزمایش بدون آبشکن



شکل ۵. تغییرات عمق فرسایش در سه مسیر دیواره‌های داخلی و خارجی و دماغه آب‌شکن با طول مؤثر ۱۲ سانتیمتر



شکل ۶. تغییرات عمق فرسایش در سه مسیر دیواره‌های داخلی و خارجی و دماغه آب‌شکن با طول مؤثر ۱۵ سانتیمتر

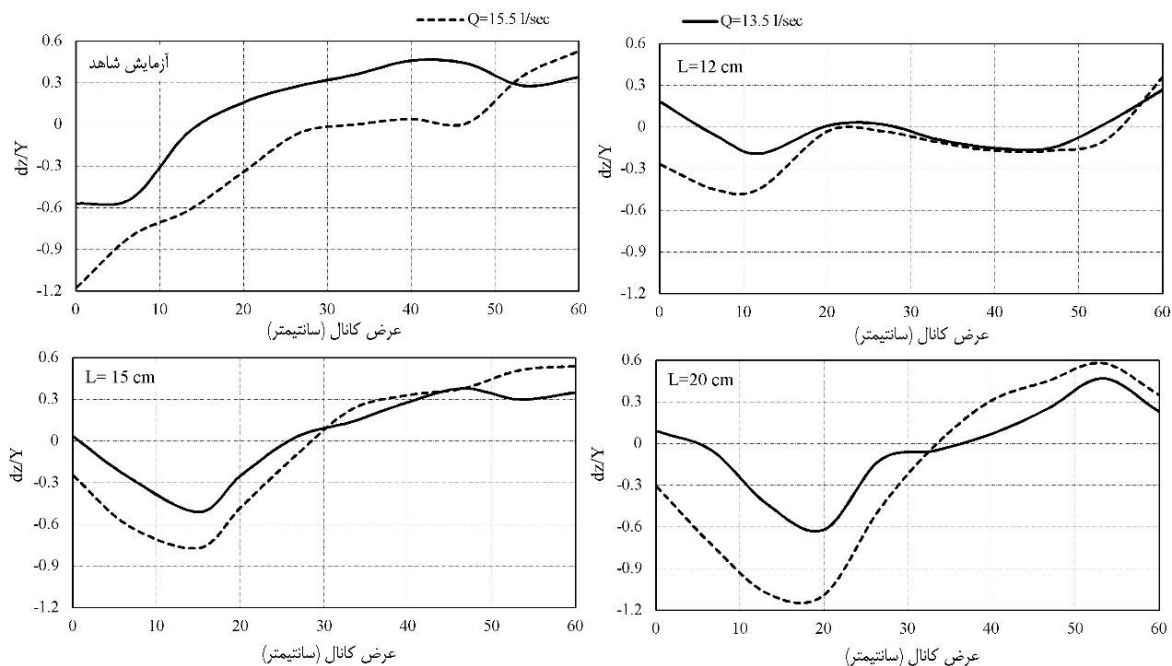


شکل ۷. تغییرات عمق فرسایش در سه مسیر دیواره‌های داخلی و خارجی و دماغه آب‌شکن با طول مؤثر ۲۰ سانتیمتر

برای دبی ۱۵/۵ لیتر بر ثانیه در ۶۰ درجه یا یک‌سوم انتهای قوس با موفقیت کمتری همراه بوده است. دلایل آن به سه عامل تأثیرگذار جریان‌های ثانویه، آشفتگی خطوط جریان در انتهای قوس و فاصله زیاد بین آب‌شکن‌ها باز می‌گردد. با توجه به نتایج کلی تحقیق می‌توان پیشنهاد نمود کاهش هزینه احداث و نگهداری و نیز کاهش میزان آبشستگی در قوس‌های ۱۸۰ درجه، طول و فواصل آب‌شکن‌ها ابتدا بیشتر بوده و در ادامه مسیر تا انتهای قوس به تدریج کاهش یابد.

با افزایش طول مؤثر و فواصل بین صفحات مثلی محل تشکیل چاله‌های آبشستگی در دماغه آن‌ها با وضوح بیشتر نمایان شده است (شکل ۶). اختلاف بین دماغه با حداکثر عمق چاله فرسایشی و سایر دماغه‌ها در این آب‌شکن نسبت به آب‌شکن ۱۲ سانتیمتری کاهش یافته و محل آن با ۳۸ درجه تغییر به زاویه ۱۰۵ درجه به ازای هر دو دبی ورودی رسیده است.

با توجه به شکل ۷، کنترل آبشستگی دیواره خارجی در حالت نصب صفحات مثلی نفوذپذیر ۲۰ سانتیمتری



شکل ۸. مقایسه پروفیل عرضی حداکثر چاله فرسایشی با حضور صفحات مثلی نفوذپذیر نسبت به آزمایش بدون آب‌شکن

پروفیل عرضی

با بررسی پروفیل عرضی برای حداکثر چاله فرسایشی برای آزمایش بدون آبشکن و مقایسه آن با شرایطی که صفحات مثلثی نفوذپذیر با طول مؤثر (L=12, 15, 20cm) در قوس خارجی ۱۸۰ درجه جاگذاری شده‌اند (شکل ۸)، می‌توان به این نتیجه رسید که حضور صفحات مثلثی نفوذپذیر با طول مؤثر ۱۲ سانتیمتر روند آبستنگی را بهبود داده و باعث کنترل حداکثر عمق آبستنگی و ایجاد خط‌القعر در محل دماغه آب‌شکن‌ها و انتقال رسوبات به دیواره داخلی قوس ۱۸۰ درجه نسبت به آزمایش بدون آبشکن شده است. علاوه بر این در این سناریو تغییرات پروفیل عرضی توزیع رسوب به صورت یکنواخت‌تر نسبت به دو سناریوی نصب صفحات مثلثی نفوذپذیر با طول‌های مؤثر ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر شده است. از سوی دیگر، با افزایش فواصل نصب صفحات، دبی جریان تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر فرسایش در فواصل بین صفحات داشته است. علاوه بر این، همان‌گونه که مشاهده می‌شود در تمامی شرایط جریان ورودی در آزمایش بدون آبشکن حداکثر عمق آبستنگی از فاصله ۰/۱ سانتیمتر از دیواره خارجی آغاز و بیشینه آن تا فاصله ۸ سانتیمتر از دیواره خارجی ادامه دارد.

نتیجه‌گیری

تغییرات فرسایش و رسوب‌گذاری در ابعاد طولی و عرضی کانالی با قوس ۱۸۰ درجه با نصب آبشکن‌های نفوذپذیر مثلثی هدف اصلی مورد ارزیابی در این مطالعه بوده است. در این راستا هشت آزمایش با دو دبی ۱۳/۵ و ۱۵/۵ لیتر بر ثانیه در شرایط ۱. بدون نصب صفحات، ۲. نصب صفحات با طول مؤثر ۱۲ سانتیمتر، ۳. نصب صفحات با طول مؤثر ۱۵ سانتیمتر و ۴. نصب صفحات با طول مؤثر ۲۰ سانتیمتر برنامه‌ریزی گردید. نصب صفحات در جداره خارجی کانال و با فواصلی برابر یا برابر با ۵ برابر طول مؤثر صفحه می‌باشد. نتایج نشان داد در آزمایش بدون آبشکن بزرگ‌ترین انباشت رسوبی در نزدیکی زاویه ۵ درجه برای عدد فرود ۰/۲۲۷ و در زاویه ۱۶۵ الی ۱۷۰ درجه برای عدد

فرود ۰/۲۶۱ اتفاق افتاده است و شیب طولی بستر با افزایش عدد فرود، به دلیل افزایش قدرت جریان ثانویه بیشتر شده است. همچنین با افزایش عدد فرود ورودی، شیب عرضی بستر از سمت دیواره داخلی به سمت دیواره خارجی به صورت افزایشی مشاهده شد. با تحلیل پروفیل‌های ترسیم شده طولی حداکثر عمق آبستنگی در مسیر قوس، این‌گونه نتیجه‌گیری می‌گردد که حضور صفحات مثلثی نفوذپذیر نسبت به آزمایش بدون آبشکن (عدم حضور صفحات مثلثی نفوذپذیر) باعث انتقال چاله فرسایشی از انتهای قوس به سمت مرکز قوس و نیمه اول قوس ۱۸۰ درجه و انتقال خط‌القعر به فاصله‌ای برابر با طول مؤثر صفحات شده است. مقایسه پروفیل عرضی در محل وقوع حداکثر چاله فرسایشی، در قوس ۱۸۰ درجه برای آزمایش‌های بدون آبشکن و آزمایش‌های با حضور صفحات مثلثی نفوذپذیر نشان داد که نصب صفحات مثلثی نفوذپذیر با طول مؤثر ۱۲ سانتیمتر و فاصله ۶۰ سانتیمتر نسبت به دو سناریوی دیگر و نیز آزمایش بدون آبشکن، باعث کنترل بهتر حداکثر عمق آبستنگی در دیواره خارجی قوس ۱۸۰ درجه و ایجاد خط‌القعر در دماغه آبشکن و انتقال رسوبات به دیواره داخلی شده است. به‌طورکلی برای تمامی شرایط جریان ورودی با حضور صفحات مثلثی نفوذپذیر با کلیه طول‌های مؤثر مورد آزمایش، می‌توان یک پشته رسوبی در نیمه دوم قوس ۱۸۰ درجه در محل دیواره داخلی مشاهده نمود. ارزیابی شیب بستر جریان بر عملکرد صفحات مثلثی نفوذپذیر و نیز بررسی تأثیر درصد نفوذپذیری (تخلخل) صفحات مثلثی بر کنترل آبستنگی دیواره خارجی قوس ۱۸۰ درجه می‌تواند از اهداف مورد مطالعه در رابطه با این موضوع باشد. با توجه به آزمایشات صورت گرفته در این تحقیق می‌توان گفت که استفاده از آبشکن‌های مثلثی نفوذپذیر با طول مؤثر برابر با ۲۰ درصد عرض جریان و فاصله قرارگیری آبشکن‌ها از یکدیگر برابر با ۵ برابر طول مؤثر بیشترین راندمان را در کنترل آبستنگی ساحل خارجی و انتقال رسوبات بین آبشکن‌ها و کاهش حجم آبستنگی و ایجاد خط‌القعر در میانه رودخانه را دارد.

Reference:

- Ettema, R. 1980. Scour at Bridge Piers. Report No 216, University of Auckland, School of Engineering.
- Melville, B.W. 1997. Pier and abutment scour: Integrated approach. *Journal of Hydraulic Engineering*. 123(2): 125-136.
- Jung, J.W. Yoon, S.E. 1998. An experimental study on the characteristics of flow and bed topography with changing bed material in a curved channel. *J KWRA*. 31(3): 291-301.
- Zhang, H., Nakagawa, H., Ogura, M. and Mizutani, H. 2013. Experiment Study on Channel Bed Characteristics around Spur Dykes of Different Shapes. *International Journal of Sediment Research*. 28: 489-499.
- Liu, X., Zhou, Q., Huang, S., Guo, Y., and Liu, C. 2018. Estimation of flow direction in meandering compound channels. *Journal of Hydrology*. 556: 143-153.
- Ghodsian, M. and Vaghefi, M. 2009. Experimental study on scour and flow field in a scour hole around a T-shape spur dike in a 90° bend. *International Journal of Sediment Research*. 24(2): 145-158. [In Persian]
- Shafai Bejestan, M. 2009. Transport Sediment of Hydraulics of Practice and Theory Basic. University Chamran Ahvaz, 549 p. [In Persian]
- Kalamizadeh, M.R. 2009. Experimental Investigation of Distance of Submerged Vannes on The Local Scour in a 90 Degree Converge Bend. Master's Thesis. Islamic Azad University, Science and Research Branch, Khuzestan. [In Persian]
- Najiabari, M., Ghodsian, M., Vaghefi, M., and Panahpur, N. 2010. Experimental and Numerical Simulation of Flow in a 90 degree Bend, *Flow Measurement and Instrumentation*. 21: 292-298. [In Persian]
- Abbasi, A.A., Malek Nejad, M. 2014. Experimental Investigation on The Effect of Length, Space and Shape of Gabion Groynes on Local Scouring Depth. *Journal of Water and Soil Protection Research*. 21(4): 231-246. [In Persian]
- Bahrami Yarahmadi, M. 2014. Experimental Study of The Combined Bank Attached-Vane and Footing on Bed Topography Variations in a 90 Degree Bend. PhD Thesis. Shahid Chamran University of Ahvaz. [In Persian]
- Shaker, E., Kashefipour, S.M. 2015. Experimental Investigation on the Effect of Length and Angle of Groynes on Velocity and Shear Stress Distribution in a 90 Degree Bend. *Irrigation Science and Engineering*. 38(3): 1-12. [In Persian]
- Shojaeian, z. Kashefipour, S.M., Mosavi Jahromi, S, M. 2015. Experimental Study of Effect of Permeability Percentage of Bandal Like Spur Dike on Maximum Depth of Scour Hole. *Water and Soil Science Journal*. 25(3): 1-11. [In Persian]
- Alizadeh Armaki, H., Ghodsian, M., Vaghefi, M., Khosravi, M. 2015. Experimental Investigation of Flow and Scour Pattern Around Submerged Attracting and Repelling T head Spur Dike. *Madras Civil Engineering Quarterly*. 15(2): 137-148. [In Persian]
- Shahabi, M. Kashefipour, S, M. 2016. Experimental Investigation of The Effect of The Permeable Spur Dikes on Scour Hole Dimensions in a Mild 90 Degree Bend. *Irrigation Science and Engineering*. 39(4): 13-22. [In Persian]
- Zolghadr, M., Shafai-Bejestan, M., Rezaeianzadeh, M. 2016. Topographic State of the Rectangular Bridge Abutments in Different Flow Conditions in The Presence of Six-Legged Elements. *Conference on Materials and Modern Structures in Civil Engineering Sciences*. [In Persian]
- Mehraein, M. 2018. Flowfield Investigation around Straight and T-Shaped Spur Dikes Using Spectral Analysis and Stochastic Parameters. *Journal of Civil Engineering and Environment*. 48(3): 75-86. [In Persian]



Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
**Water and Soil
Resources Conservation
(WSRCJ)**

Web site:
<https://wsrcj.srbiau.ac.ir>

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

**Vol. 12
No. 1 (45)
Autumn 2022**

Received:
2019-10-27

Accepted:
2021-09-20

Pages: 21-33



Laboratory Valuation of Longitudinal and Transverse Profiles of Scour in a 180-Degree Channel: Application of Permeable Triangular Vanes

Mohammad Reza Kalamizadeh¹, Amir Abbas Kamanbedast^{2*}, Mahmood Shafai-Bejestan³, Ali Reza Masjedi⁴ and Hooshang Hasoonizadeh⁵

- 1) PhD Student, Department of Water Science and Engineering, Khuzestan Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
 - 2) Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
 - 3) Faculty of Water Science Engineering, Shahid Chamran university of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
 - 4) Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
 - 5) Research Committee Member, Khuzestan Water and Power Authority, Ahvaz, Iran.
- *Corresponding author email: kamanbedast@iauahvaz.ac.ir

Abstract:

Background and Objectives: One of the new methods for controlling erosion on the outer bank of river curve is the use of plates connected to the riverbank. Coastal vanes are the environmental structures which are used to control bank erosion, divert flow from bank to river center, improve sediment transport status, develop river for sailing, restore and develop river's aquatic habitat. Despite the many advantages of coastal vanes, there is no detailed information about erosion and sedimentation and flow patterns around them under different hydraulic and geometric conditions and fewer research have been done. In the present study, the effect of different installation scenarios of triangular permeable vanes on bed sediment longitudinal and transverse profile changes in a laboratory channel with a 180-degree bend is evaluated.

Methods: In this research, the main purpose is to investigate sedimentation and erosion patterns in the rivers' bend using coastal triangular vanes; in this regard, the impact of distance between triangular vanes, their effective length, and Froud number on the erosion control of the outer bank of the 180 degree bend is focused. Experiments in a laboratory flume with a mild 180-degree bend with a $(W/B=3)$ ratio and a rectangular cross section with a width of 0.6 meters is done. The angle of fixed triangular vanes is 60 degrees, the height of the permeable triangular vanes from the sediment surface is 10cm and the permeability of the triangular vanes is 12%. The experiments were carried out with limpid water mode. The effective lengths of the prepared vanes were 12, 15 and 20 cm with installation intervals of 60, 75 and 100 cm respectively and were run at two different inlet discharges.

Results: Investigating the effect of the distance between permeable triangular vanes on bed topography shows that in each Froud number, with increasing the distance of vanes from each other, the maximum scour depth will be increased. The results demonstrate the use of permeable triangular vanes causes the flow deviation from the outer bank to the center and then the inner bank of the flume, which leads to control the erosion in the river outer bank. By increasing the inlet flow discharge and increasing the effective length of triangular vanes and the distance of triangular vanes from each other in a 180-degree bend, the maximum scour depth and volume are increased. The installation of triangular vanes with an effective length of $(W/5=12cm)$ and a distance of 5L causes the flow deviation from the outer bank to the vanes cape and the middle of the flume, consequently results in a decrease in the shear stress in the middle of the flume and scour depth of the erosion channel and creates thalweg in the vanes cape.

Conclusion: The results illustrate that by installing the triangular vanes, the point-bars are created in the interval between them. Therefore, during the effective length of 12cm, the maximum height of the point-bar on the outer bank equals to 30 and 31% of water depth, between the 0 to 170 degrees and 68.7 to 115 degrees equal to 11 times and 3 times the distance between the vanes, for discharge values of 13.5 and 15.5 l/sec, respectively. Also, for the mentioned conditions the width of the point-bar on the outer bank reaches 85% and 75% of vanes' effective length, respectively. Permeable triangular vanes with six pillars are recommended for meandering rivers like Karun in 90 and 180-degree arcs. These rivers have high torsion and curvature as well as high flow depth and low flow velocity in them, which contain high suspended sediments and the slope of this type of rivers is 0.001 or less and due to the low slope, their sediment carrying potential. Sediment loads are mostly fine.

Keywords: Scour, Outer riverbank, Erosion, Sedimentation, Hydraulic