

بررسی تخلخل مصالح هگزاپاد بر میزان آبشستگی در آبشکن های نفوذپذیر

غلامعباس بروجردی^۱، امیر عباس کمان بدست^{۲*}

۱. گروه فنی مهندسی - سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲. گروه علوم ومهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۰۶

شناسه دیجیتال (DOI): [10.22113/jmst.2019.133504.2166](https://doi.org/10.22113/jmst.2019.133504.2166)

چکیده

یکی از موارد بسیار مهم در ارتباط با مجاری قوسی، فرسایش ساحل رودخانه در قوس بیرونی می‌باشد، که دلیل عمده‌ی آن، وجود جریان‌های ثانویه بوده. حفاظت و تثبیت دیواره‌های رودخانه به‌طور کلی شامل دو روش مستقیم و غیرمستقیم (آرام کننده‌ها و انحراف دهنده‌ها) است. یکی از مهم‌ترین سازه‌های حفاظتی انحراف دهنده، آبشکن‌های رودخانه‌ای هستند. در این تحقیق به بررسی مصالح هگزاپاد بر میزان آبشستگی در آبشکن های نفوذپذیر پرداخته شد. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از آبشکن هگزاپاد با نفوذپذیری ۱۲، ۲۰، ۲۷ و ۳۵ درصد به ترتیب باعث کاهش ۱۷، ۲۷/۹، ۳۸ و ۴۵/۳ درصدی آبشستگی نسبت به مدل شاهد بدون نفوذپذیری شده است. افزایش نفوذپذیری آبشکن‌های هگزاپاد باعث کاهش آبشستگی حول آبشکن‌ها می‌شود. افزایش درصد نفوذپذیری آبشکن‌های هگزاپاد از ۱۲ به ۳۵ درصد باعث کاهش آبشستگی به میزان ۳۴/۱ درصد شده‌اند. این پدیده به علت عبور راحت‌تر جریان آب از بین آبشکن هگزاپاد شده و گردآب‌های کمتری نیز به وجود می‌آورد که باعث کاهش آبشستگی می‌شود. همچنین با افزایش عدد فرود از ۰/۲ به ۰/۳۶ شاهد ۱۱/۸ برابر شدن آبشستگی می‌شود. البته باید این نکته را شاهد بود که با افزایش عدد فرود تأثیر افزایش نفوذپذیری آبشکن‌ها بر کاهش آبشستگی بیشتر می‌شود. به‌طوری که با نصب آبشکن نفوذپذیر ۳۵ درصد در عدد فرود ۰/۲ و ۰/۳۶ به ترتیب شاهد کاهش ۲۰ و ۶۱ درصدی آبشستگی نسبت به مدل شاهد هستیم.

واژگان کلیدی: آبشکن، مصالح هگزاپاد، فرسایش، هیدرولیک جریان، مدل فیزیکی

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: Ka57_amir@yahoo.com

۱. مقدمه

رودخانه‌ها از دیرباز به عنوان یکی از اساسی‌ترین منابع تأمین آب مورد توجه انسان بوده است به طوری که تمدن‌های بزرگ بشری برای بهره‌گیری از نعمت آب در حاشیه رودخانه‌ها شکل گرفته‌اند و از این رو نقشی حیاتی در زندگی بشر ایفا کرده‌اند. ولی علیرغم این نقش حیاتی و به علت عدم شناخت ماهیت رودخانه‌ها، به هنگام طغیان‌ها رودخانه خسارات جبران ناپذیری را به حاشیه نشینان آن وارد می‌کند. جریان در کانال‌ها و مجاری روباز با بستر متحرک^۱ اغلب توأم با انتقال رسوبات است (Radkive 1997). آبستگی^۲ معمولاً در اثر تغییر در خصوصیات جریان در کانال و یا در اثر نتیجه فعالیت‌ها و اعمال بشری روی سیستم رودخانه اتفاق می‌افتد. فعالیت‌هایی از قبیل ساخت سازه‌ها در کانال و یا برداشت مصالح از بستر رودخانه (Yardghol 2009). آبستگی به صورت فرسایش^۳ رسوبات بستر رودخانه حول یک مانع در میدان جریان تعریف می‌شود (Chang 2008). برآورد عمق آبستگی متعادل در اطراف سازه‌های هیدرولیکی مسئله بسیار مهمی است که به ما کمک می‌کند که در طراحی از نظر شکل هندسی، محل قرارگیری و ... کمتر دچار خطا شویم و طرحی مقرون به صرفه داشته باشیم. از جمله این سازه‌ها می‌توان به آبشکن‌ها اشاره نمود. هندسه آبشکن در مقابل جریان موجب ایجاد جریان چرخشی و گردابی می‌شود که به تشکیل حفره‌های آبستگی کمک می‌کند. کثرت پارامترهای موثر بر روی پدیده آبستگی، بر پیچیدگی آن می‌افزاید. (Sharifi manesh 1995) با استفاده از مدل فیزیکی به انجام آزمایش‌هایی به منظور مطالعه حداکثر عمق آبستگی اطراف آبشکن پرداخت. این آزمایش‌ها در یک فلوم آزمایشگاهی به طول ۱۴ متر، عرض ۲ متر و عمق ۰/۵ متر که در مرکز تحقیقات آب وزارت نیرو به همین منظور طراحی و ساخته شده بود انجام گرفت. در طی انجام آزمایش‌ها عمق جریان، دبی جریان و نسبت بازشدگی آبشکن‌ها به عنوان پارامترهای متغیر در نظر گرفته شده و تأثیر هر یک از این عوامل بر روی آبستگی اطراف آبشکن‌ها مورد

بررسی قرار گرفت. در هر آزمایش تعداد آبشکن به طول ۰/۵ متر مورد استفاده قرار گرفت، همچنین فاصله آبشکن‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شده بود. نتایج حاصل از این آزمایش‌ها نشان داد که: (۱) هر چه درصد بازشدگی آبشکن‌ها بیشتر باشد از میزان حداکثر عمق آبستگی اطراف آن کاسته می‌شود (۲) در آبشکن بسته حفره آبستگی اطراف دماغه آبشکن می‌باشد در حالی که در آبشکن باز آبستگی در سرتاسر آبشکن اتفاق می‌افتد. (Ghodssyan & Nasrolahi 2001) با استفاده از فلوم آزمایشگاهی به طول ۱۲ متر و عرض ۲ متر و عمق ۶۰ سانتی‌متر به بررسی خصوصیات چاله فرسایش اطراف آبشکن پرداختند. این محققین از ۳ اندازه دانه‌بندی ذرات بستر و آبشکن‌های نیمه تراوا با طول نیمه تراوایی ۰، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ درصد طول آبشکن استفاده کردند و در نهایت روابطی برای تخمین حداکثر عمق آبستگی، میزان گسترش آبستگی به سمت بالادست، در جهت پایین دست و در جهت محور آبشکن ارائه دادند. (Akbari 2010). با انجام مطالعات آزمایشگاهی تأثیر آبشکن ال شکل (سر کج) بر میزان آبستگی پیرامون آن در قوس ۱۸۰ درجه با $R/B = 4/7$ (قوس ملایم) را مورد بررسی قرار داد. او با تغییر اندازه جان، عدد فرود و زاویه آبشکن، تأثیر این تغییرات را بر میزان عمق آبستگی مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق با قرار دادن ۴ آبشکن L شکل در ۴ موقعیت با زوایای ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۷۵ درجه نسبت به جهت جریان در قوس، دبی‌های ۱۸، ۲۰، ۲۲ و ۲۵ لیتر بر ثانیه و عمق ثابت ۱۲ سانتی‌متر، پدیده آبستگی حول آبشکن در حالت آب زلال مورد بررسی قرار گرفته است. نتیجه این تحقیق نشان داد که میزان حداکثر آبستگی در زاویه ۷۵ درجه و کمترین عمق آبستگی در زاویه ۳۰ درجه رخ می‌دهد. در زوایای مختلف با افزایش عدد فرود، عمق آبستگی افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش طول بال و جان آبشکن ال شکل، عمق و حجم چاله آبستگی افزایش می‌یابد. سازه‌های آبشکن هر چند با هدف رسوب گذاری و جلوگیری از فرسایش کناره‌ها و حواشی رودخانه و

کمک به حفظ طبیعی ساحل رودخانه نیز می شوند. در مورد المان‌های شش پایه مطالعات اندکی از دیدگاه سازه ای و هیدرولیکی انجام شده که مطالعات هیدرولیکی عموماً به کاربرد آن‌ها در حفاظت سواحل دریا‌ها به عنوان موج شکن، و تا حدودی به حفاظت تکیه‌گاه پل و اطراف پایه پل پرداخته شده است. آبشکن ساخته شده از این نوع المان‌ها دارای نفوذپذیری می‌باشد و میزان نفوذپذیری آن البته به نوع چیدمان آن دارد و در نتیجه بخشی از جریان از لابلای المان‌ها حرکت کرده و در نتیجه الگوی جریان اطراف آن تغییر می‌کند.

۲. مواد و روش‌ها

جهت بررسی آزمایشگاهی این تحقیق، فلومی در دانشگاه آزاد واحد اهواز با مشخصات زیر مورد استفاده قرار گرفت. کانال‌های ورودی و خروجی فلوم ساخته شده، روباز مستطیلی با جداره ورق پلکسی گلاس می‌باشد، بطوریکه که طول کانال‌های مستقیم ورودی در ابتدای فلوم و خروجی در انتهای فلوم بترتیب ۴/۵ و ۲/۵ متر است، عرض و ارتفاع فلوم نیز به ترتیب ۰/۵ و ۰/۶ متر بوده و بدنه فلوم در ارتفاع ۰/۷ متری از سطح زمین قرار دارد. مسیر ورودی مستقیم (جهت ایجاد جریان یکنواخت و توسعه یافته)، کف آن از جنس ورق فلزی به ضخامت ۳ میلی‌متر و دیواره‌ها از جنس پلکسی گلاس به ضخامت ۱۰ میلی‌متر و به طول ۴/۵ متر ساخته شده که هم اثر زبری جداره را کاهش می‌دهد و هم پدیده‌های هیدرولیکی در محفظه قابل رویت می‌باشند، مسیر خروجی نیز مستقیم، کف آن از جنس ورق فلزی به ضخامت ۳ میلی‌متر و دیواره آن از جنس پلکسی گلاس با ضخامت ۱۰ میلی‌متر به طول ۲/۵ متر می‌باشد، کف فلوم به صورت بستر ثابت و بدون شیب و در حد دقت اجرایی به صورت افقی ساخته شده است، (شکل ۲).

تتبیست موقعیت رودخانه احداث می‌گردند، درعین حال خود تحت تأثیر پدیده فرسایش ناشی از تمرکز جریان بخصوص در قسمت دماغه می‌باشند. در قسمت دماغه، افزایش تنش‌های حاصله از افزایش سرعت و وقوع جریان چرخشی منجر به تشکیل چاله آبستگ گردیده و سلامت سازه را به مخاطره می‌اندازد لذا در این تحقیق سعی شده است تا اثر مصالح هگزاپاد در آبشکن بر جریان بررسی شود.

در تحقیق حاضر با هدف استفاده از مصالح جدید به نام المان‌های شش پایه تلاش شده است تا عملکرد آبشکن ساخته شده از این المان‌ها بررسی شود. این المان‌ها در مناطقی که تهیه قطعات سنگی مورد نیاز برای احداث آبشکن پر هزینه باشد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. هر یک از این المان‌ها از دو قطعه بتن T شکل که در وسط به هم متصل هستند تشکیل شده که در نتیجه دارای شش پایه می‌باشد (شکل ۱).

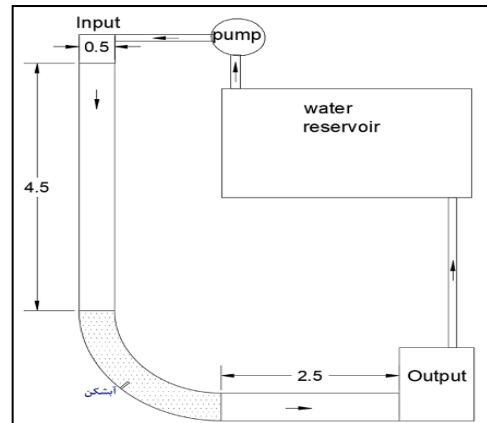


شکل ۱- نمایی از المان شش پایه

این المان‌ها بعنوان یک روش پوششی بستر و به منظور کنترل فرسایش پنجه ساحل رودخانه‌ها نیز توصیه شده‌اند (Tornton at al. 2001). این المان‌ها یا به صورت درهم و یا به صورت یکنواخت کنار هم قرار می‌گیرند و از ۶ جهت با المان‌های کناری خود قفل می‌شوند در نتیجه به صورت یکپارچه عمل می‌کنند. المان‌های شش پایه با جلوگیری از ایجاد چاله فرسایشی گرداب اصلی را حذف یا تضعیف می‌نمایند. این المان‌ها ضمن ایجاد پوشش و افزایش ضریب مانینگ تا حدود ۰/۱ امکان رشد پوشش گیاهی در بینابین پایه‌ها و



شکل ۳- سرریزهای ورودی و خروجی مثلثی با رأس ۹۰ درجه، در ابتدا و انتهای فلوم



شکل ۲- نمایی از فلوم و شماتیک آن

برای چرخش آب در فلوم آزمایشگاهی با توجه به دبی مورد نظر از یک پمپ سانتریفیوژ به قدرت ۳ کیلووات، قطر لوله مکش و دهش ۴ اینچ استفاده شد. ارتفاع مکش پمپ تقریباً ۲ متر و ارتفاع دهش آن حدود ۲۰ متر و حد اکثر دبی قابل انتقال توسط پمپ ۱۵ لیتر در ثانیه است.

در تحقیق حاضر با هدف استفاده از مصالح جدید به نام المان‌های شش پایه (هگزاپاد) تلاش شده است تا عملکرد آبشکن ساخته شده از این المان‌ها بررسی شود. این المان‌ها بعنوان یک روش پوششی بستر و به منظور کنترل فرسایش پنجه ساحل رودخانه‌ها نیز توصیه شده‌اند (Tornton at al. 2001). این المان‌ها یا به صورت درهم و یا به صورت یکنواخت کنار هم قرار می‌گیرند و از ۶ جهت با المان‌های کناری خود قفل می‌شوند در نتیجه به صورت یکپارچه عمل می‌کنند. المان‌های شش پایه با جلوگیری از ایجاد چاله فرسایشی گرداب اصلی را حذف یا تضعیف می‌نمایند. این المان‌ها ضمن ایجاد پوشش و افزایش ضریب مانینگ تا حدود ۰/۱ امکان رشد پوشش گیاهی در بینابین پایه‌ها و کمک به حفظ طبیعی ساحل رودخانه نیز می‌شوند. آبشکن ساخته شده از این نوع المان‌ها دارای نفوذپذیری می‌باشد و میزان نفوذپذیری آن البته به نوع چیدمان آن دارد و در نتیجه بخشی از جریان از لابلای المان‌ها حرکت کرده و در نتیجه الگوی جریان اطراف آن تغییر

بعد از مخزن فلوم، یک دریچه کشویی جهت تنظیم دبی ورودی به فلوم و یک سرریز مثلثی ۹۰ درجه برای اندازه‌گیری دبی ورودی و یک دریچه کشویی در ابتدای آبگیر جانبی جهت باز و قطع جریان ورودی به آبگیر جانبی و همچنین سرریز مثلثی ۹۰ درجه در انتهای فلوم، جهت اندازه‌گیری دبی خروجی از فلوم، از جنس ورق فلزی در نظر گرفته شده است. و برای جلوگیری از ورود امواج به کانال از یک توری مشبک، بعد از سرریز ابتدایی استفاده شده است (شکل ۳).



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

۴- خصوصیات مربوط به رسوب: قطر متوسط رسوبی (d_s)، چگالی رسوبات (ρ_s)، بیشینه‌ی عمق آبشستگی رسوبات (ds)

۵- خصوصیات مربوط به سیال: جرم مخصوص (ρ) و ویسکوزیته دینامیکی (μ) بنابراین می‌توان نوشت:

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

(اگر سه متغیر عمق جریان (y)، سرعت جریان (U)

و جرم مخصوص سیال (ρ) به عنوان عامل‌های تکراری انتخاب شوند، براساس آنالیز ابعادی به روش π باکینگهام خواهیم داشت:

$$f\left(S_0, \frac{B}{Y}, \frac{R}{Y}, \delta, \frac{L}{Y}, \theta, \frac{S}{Y}, \frac{h}{Y}, \frac{d_{50}}{Y}, \frac{\rho_s}{\rho}, \frac{d_s}{Y}, \frac{\mu}{\rho u y}, \frac{u^2}{g y}\right) = 0$$

د

ر این مطالعه شیب طولی فلوم برابر صفر بود، زاویه مرکزی قوس، زاویه صفحات نسبت به ساحل بالادست و ارتفاع صفحات در تمامی آزمایشات ثابت بود بنابراین میتوان از آنها صرف‌نظر کرد همچنین به علت ثابت بودن قطر و جنس رسوب، نوع سیال و نیز عمق جریان در تمامی آزمایشات از نسبت $\frac{d_{50}}{Y}$ و $\frac{\rho_s}{\rho}$ نیز میتوان

صرف‌نظر کرد. بنابراین با صرف‌نظر کردن از پارامترهای مذکور و تقسیم $\frac{L}{Y}$ بر $\frac{B}{Y}$ ، و $\frac{R}{Y}$ بر $\frac{B}{Y}$ خواهیم داشت:

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

در فلوم مورد استفاده در این آزمایشات نسبت $\frac{R}{B} = 3$

و $\frac{L}{B}$ ثابت می‌باشد بنابراین می‌توان از این دو پارامتر

صرف‌نظر کرد. همچنین از آنجا که جریان در فلوم آشفته می‌باشد می‌توان از عدد رینالدز صرف‌نظر کرد در نهایت خواهیم داشت:

می‌کند. از این رو هدف این تحقیق بررسی آزمایشگاهی تأثیر این سازه آبشکن ساخته شده از المان‌های شش پایه بر تغییرات الگوی فرسایش در بستر رودخانه می‌باشد. صفحات آبشکن نفوذپذیر در این تحقیق از المان‌های شش پایه که از جنس پلکسی گلاس با ضخامت ۶ میلی‌متر ساخته شده اند استفاده گردید. المان‌های شش پایه‌ها از طریق پایه‌ها به هم متصل شدند تا تشکیل یک صفحه با نفوذپذیری متفاوت برابر با ۱۲، ۲۰، ۲۷ و ۳۵ درصد را دهند. ضخامت صفحات نفوذپذیر برابر ابعاد المان‌ها و طول موثر (طول عمود بر ساحل) صفحات نفوذپذیر ثابت برابر بیست درصد عرض فلوم یعنی ۱۰ سانتیمتر می‌باشد. شکل ۴ نمایی کلی از صفحات (آبشکن) نفوذپذیر را که با استفاده از المان‌های شش پایه و از جنس پلکسی گلاس ساخته شده اند نمایش می‌دهد.



شکل ۴: نمایی از آبشکن هگزپاد نفوذپذیر متصل به ساحل

در مطالعه پدیده‌ها در آزمایشگاه روابط بین عوامل موثر 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 متصل به ساحل در این تحقیق عبارتند از:

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

۲- عوامل مربوط به هندسه صفحات: طول موثر صفحات (L)، ارتفاع صفحات (h).

آهستگی آب وارد فلوم شد تا سطح آب به اندازه کافی بالا بیاید. بعد از گذشت مدت زمان مناسب که آب درون مخزن ثابت شد به آرامی شیر ورودی را باز کرده تا اینکه جریان بیشتری به درون فلوم وارد و همزمان دریچه کشویی پایین دست به آرامی باز می‌گردید به‌طوری‌که 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 اتفاق نیفتد. پس از اتمام زمان ۱۸۰ دقیقه آزمایش تلاش گردید از طریق تنظیم شیر کشویی ورودی و خروجی تعبیه شده، سطح آب به آرامی افت کند و فرسایش بعد از زمان آزمایش صورت نپذیرد. پس از گذشت زمان و تخلیه آب درون فلوم شروع به داده برداری کرده و توسط عمق سنج لیزری که بر روی یک ریل متحرک با استفاده از یک پایه فلزی نصب شده است انجام می‌پذیرد. به کمک عمق سنج لیزری در ابتدای دماغه و انتهای هگزاپاد برداشت داده در مقاطع عرضی انجام می‌شود.

۳. نتایج

نتایج به دست آمده برای آزمایشات در بردارنده‌ی نتایج به سه شکل تصویری، عددی و نموداری می‌باشد. نتایج تصویری شامل نمای فلوم و فرسایش حول آبشکن‌ها در فلوم آزمایشگاهی می‌باشد. شکل ۶ تصاویری از آزمایش‌ها می‌باشد. در این بخش نتایج عددی و نموداری آزمایشات با آبشکن هگزاپاد با نفوذپذیری مختلف ارائه می‌گردد. جدول ۱ و اشکال ۷ تا ۱۰.

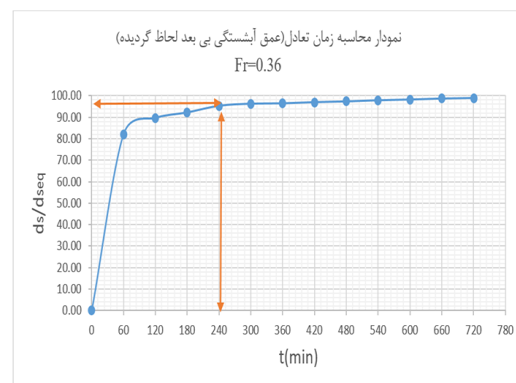


$$f(R, Fr) = 0$$

آزمایشات برای ۵ دبی (شرایط جریان ورودی) و ۴ تخلخل مورد مطالعه قرار می‌گیرد، جمعا ۲۰ آزمایش صورت خواهد گرفت.

(Miliol & Chilol 1999) حداکثر مقدار آبهستگی را برابر 2.4D بیان کرده‌اند که در این تحقیق این مقدار برابر ۱۲ سانتی‌متر می‌باشد که برای اطمینان بیشتر ۲۰ سانتی‌متر انتخاب شد.

مدت زمان انجام آزمایش برابر با معیار (Atma 1980) انتخاب شد، که عبارت است از مدت زمانی که تغییرات در عمق آبهستگی در یک بازه زمانی ۴ ساعته کمتر از یک میلیمتر باشد. در شکل ۵ نمودار توسعه زمانی برای پایه شاهد (پایه استوانه‌ای) آورده شده است. با توجه به نمودار شکل ۸ مشاهده می‌شود که تغییرات عمق آبهستگی در ابتدا زیاد بوده ولی با گذشت زمان رفته رفته کم می‌شود و به دلیل وقوع بخش عمده آبهستگی در بازه ۲ ساعت اولیه آزمایش، این زمان برای کلیه آزمایشها یکسان در نظر گرفته شد. نمودار زیر زمان تعادل برای عدد فرود ۰/۳۶ را نشان می‌دهد. که در این شکل محور افقی بیانگر زمان بر حسب دقیقه و محور عمودی نسبت عمق آبهستگی به عمق آبهستگی متعادل است.



شکل ۵: نمودار توسعه زمانی آبهستگی

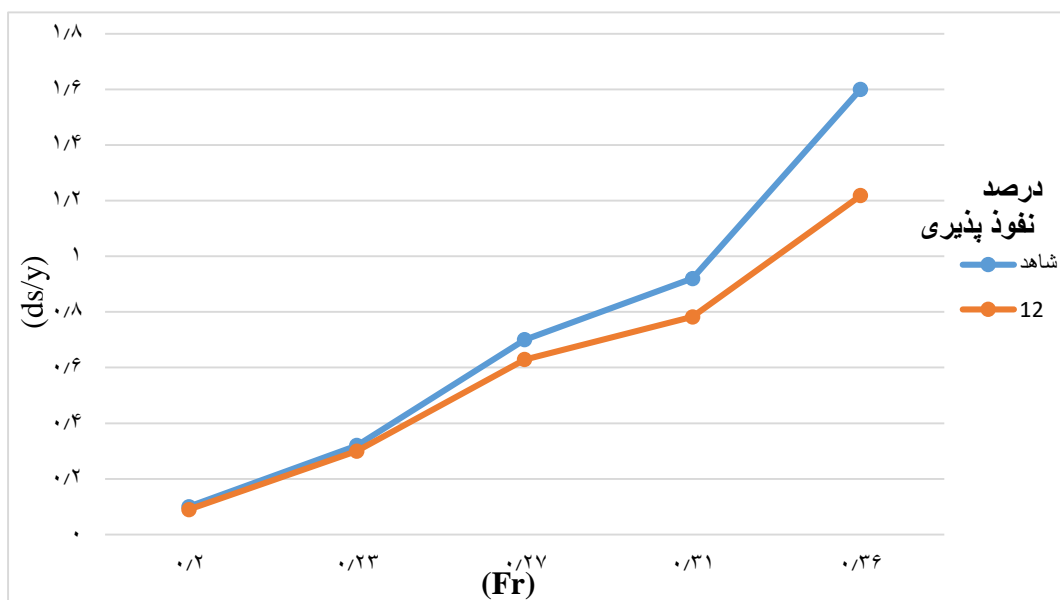
برای هر آزمایش ابتدا سطح مصالح رسوبی بستر کاملا تسطیح می‌گردید و توسط تراز یاب لیزری کنترل می‌گردید. در آزمایش‌های اصلی آبشکن هگزاپاد در محل خود قرار گرفته سپس سطح بستر تراز می‌شد. سپس دریچه پائین دست کاملا بسته نگه داشته و به

شکل ۶: تصاویری از آزمایش‌ها

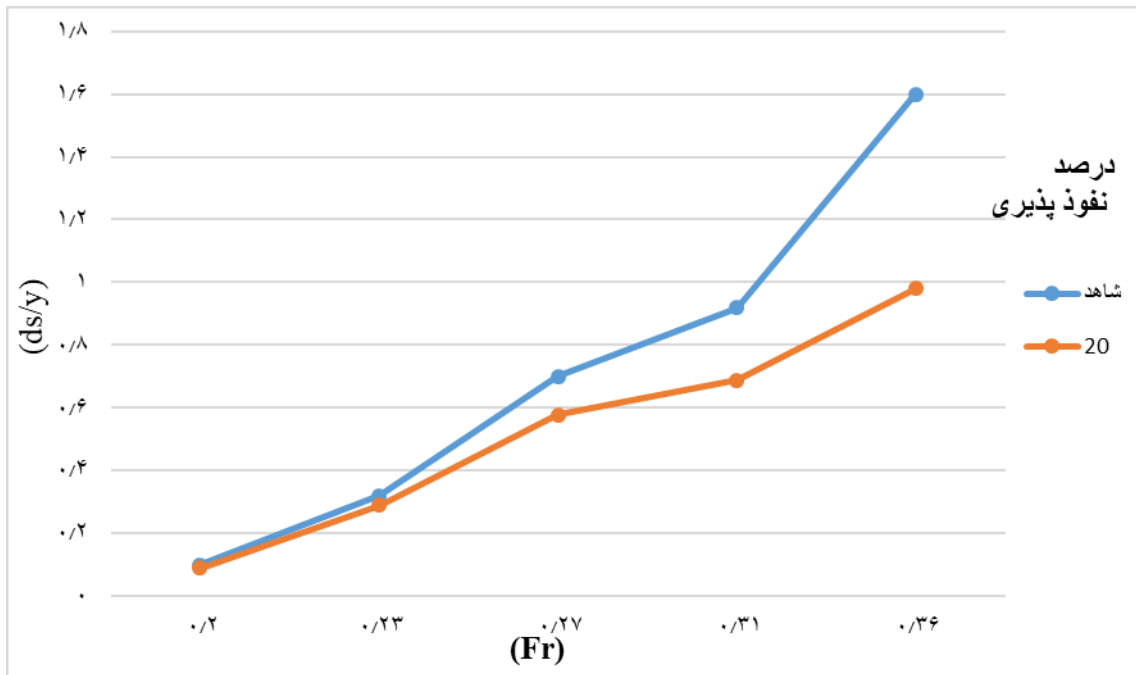


جدول ۱: نتایج حداکثر عمق فرسایش حول آبشکن هگزاپاد

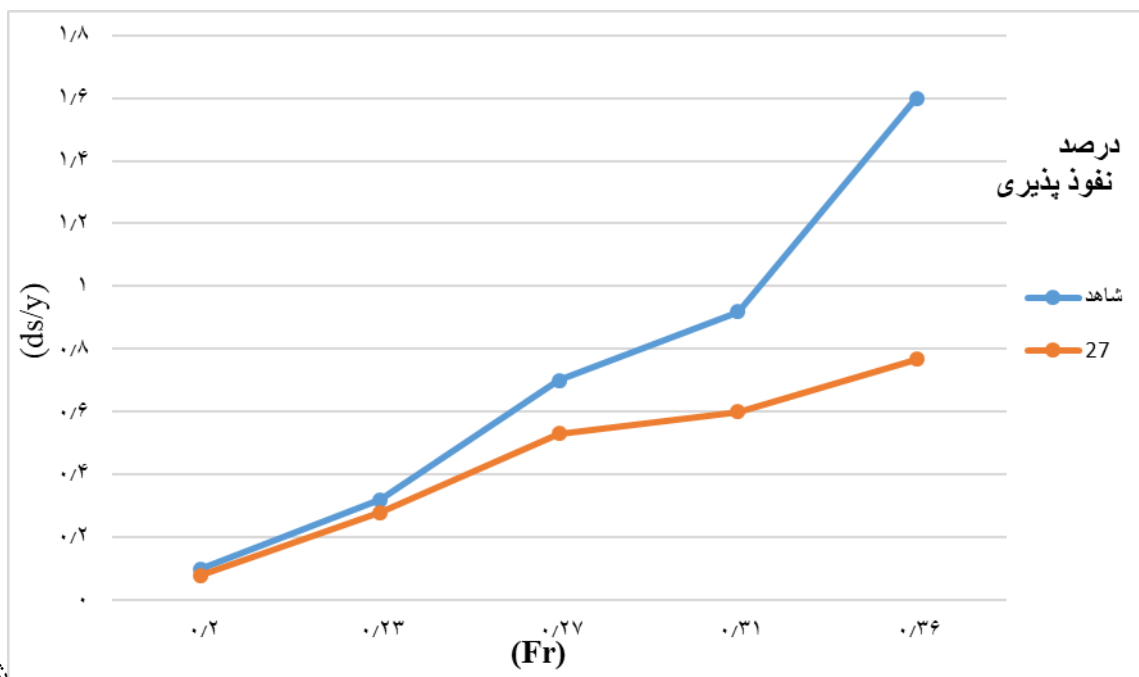
آبشکن با نفوذپذیری					
۳۵ درصد	۲۷ درصد	۲۰ درصد	۱۲ درصد	شاهد	Fr
۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۱	۰/۲
۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۳	۰/۳۲	۰/۲۳
۰/۴۸	۰/۵۳	۰/۵۸	۰/۶۳	۰/۷	۰/۲۷
۰/۵۴	۰/۶	۰/۶۹	۰/۷۸	۰/۹۲	۰/۳۱
۰/۶۳	۰/۷۷	۰/۹۸	۱/۲۲	۱/۶	۰/۳۶



شکل ۷: نمودار نتایج حداکثر عمق فرسایش حول آبشکن هگزاپاد با نفوذپذیری ۱۲ درصد

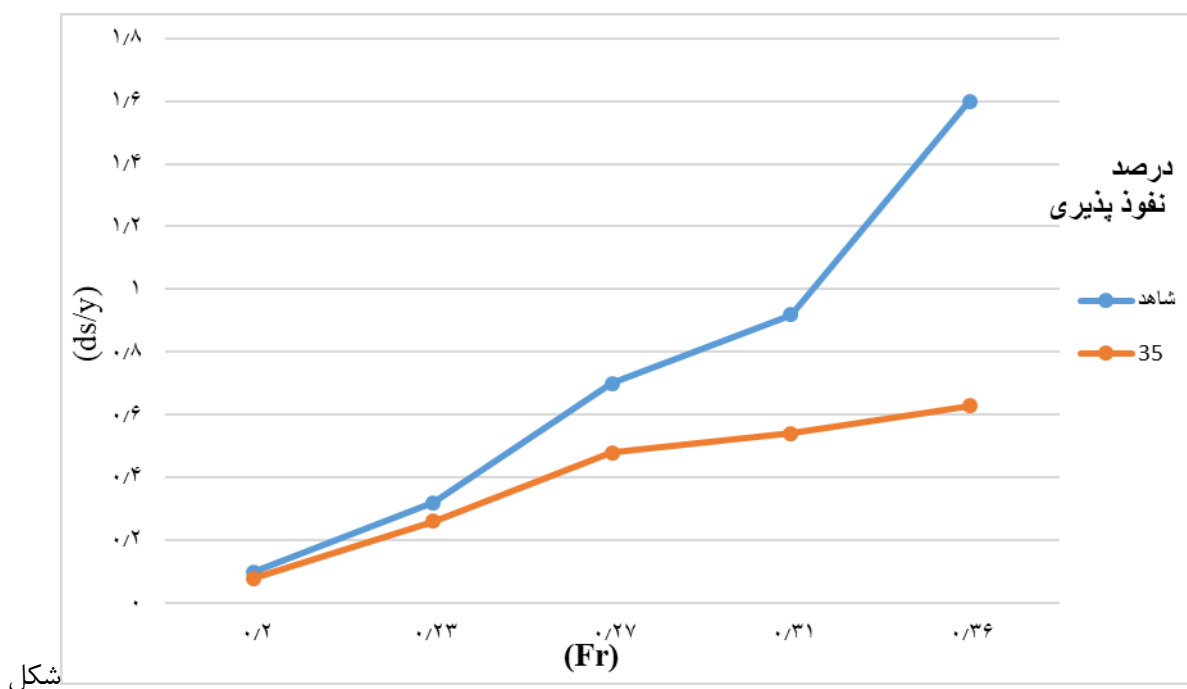


شکل ۸ : نمودار نتایج حداکثر عمق فرسایش حول آبشکن هگزاپاد با نفوذپذیری ۲۰ درصد



شکل

۹ : نمودار نتایج حداکثر عمق فرسایش حول آبشکن هگزاپاد با نفوذپذیری ۲۷ درصد



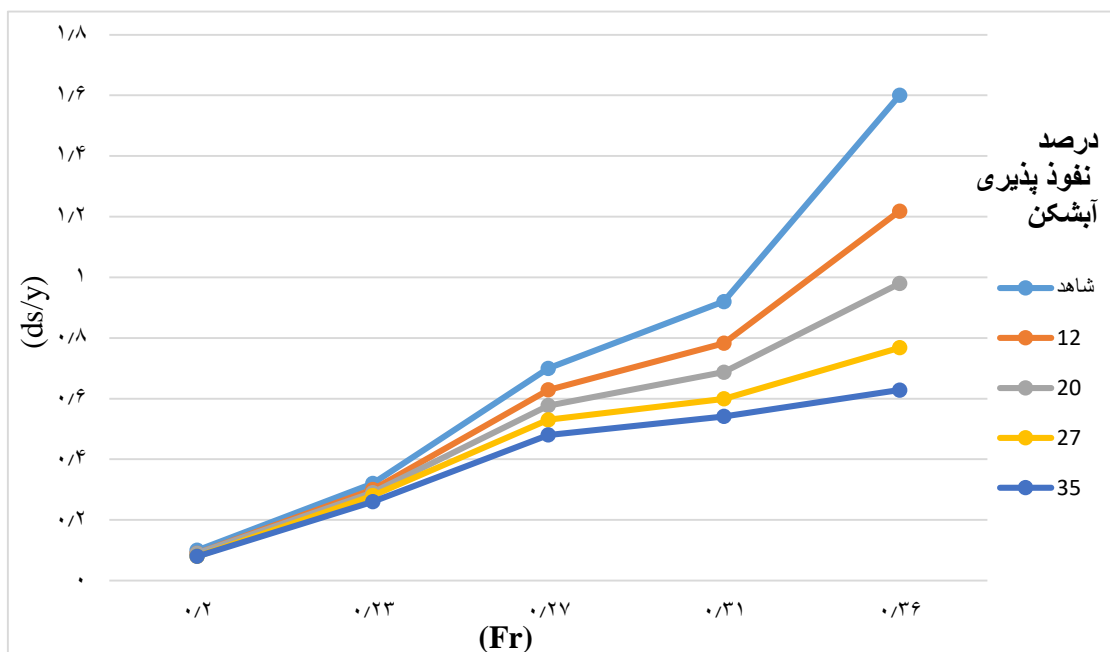
شکل

۱۰: نمودار نتایج حداکثر عمق فرسایش حول آبشکن هگزپاد با نفوذپذیری ۳۵ درصد

نفوذپذیری ۲۷ درصد باعث کاهش ۳۸ درصدی آبشستگی نسبت به مدل شاهد بدون نفوذپذیری شده است. همچنین با افزایش عدد فرود از ۰/۲ به ۰/۳۶ با نصب آبشکن با نفوذپذیری ۲۷ درصد آبشستگی از ۰/۰۸ به ۰/۷۷ درصد رسیده است. استفاده از آبشکن هگزپاد با نفوذپذیری ۳۵ درصد باعث کاهش ۴۵/۳ درصدی آبشستگی نسبت به مدل شاهد بدون نفوذپذیری شده است. همچنین با افزایش عدد فرود از ۰/۲ به ۰/۳۶ با نصب آبشکن با نفوذپذیری ۳۵ درصد آبشستگی از ۰/۰۸ به ۰/۶۳ درصد رسیده است.

در ادامه در این بخش به بررسی تأثیر میزان نفوذپذیری آبشکن‌ها بر میزان آبشستگی پرداخته خواهد شد. شکل ۱۱.

با توجه به جدول ۱ و نمودار شکل‌های ۷، ۸، ۹ و ۱۰ می‌توان به خوبی مشاهده کرد استفاده از آبشکن هگزپاد با نفوذپذیری ۱۲ درصد باعث کاهش ۱۷ درصدی آبشستگی نسبت به مدل شاهد بدون نفوذپذیری شده است. همچنین با افزایش عدد فرود از ۰/۲ به ۰/۳۶ با نصب آبشکن با نفوذپذیری ۱۲ درصد آبشستگی از ۰/۰۹ به ۱/۲۲ درصد رسیده است. استفاده از آبشکن هگزپاد با نفوذپذیری ۲۰ درصد باعث کاهش ۲۷/۹ درصدی آبشستگی نسبت به مدل شاهد بدون نفوذپذیری شده است. همچنین با افزایش عدد فرود از ۰/۲ به ۰/۳۶ با نصب آبشکن با نفوذپذیری ۲۰ درصد آبشستگی از ۰/۰۹ به ۰/۹۸ درصد رسیده است. استفاده از آبشکن هگزپاد با

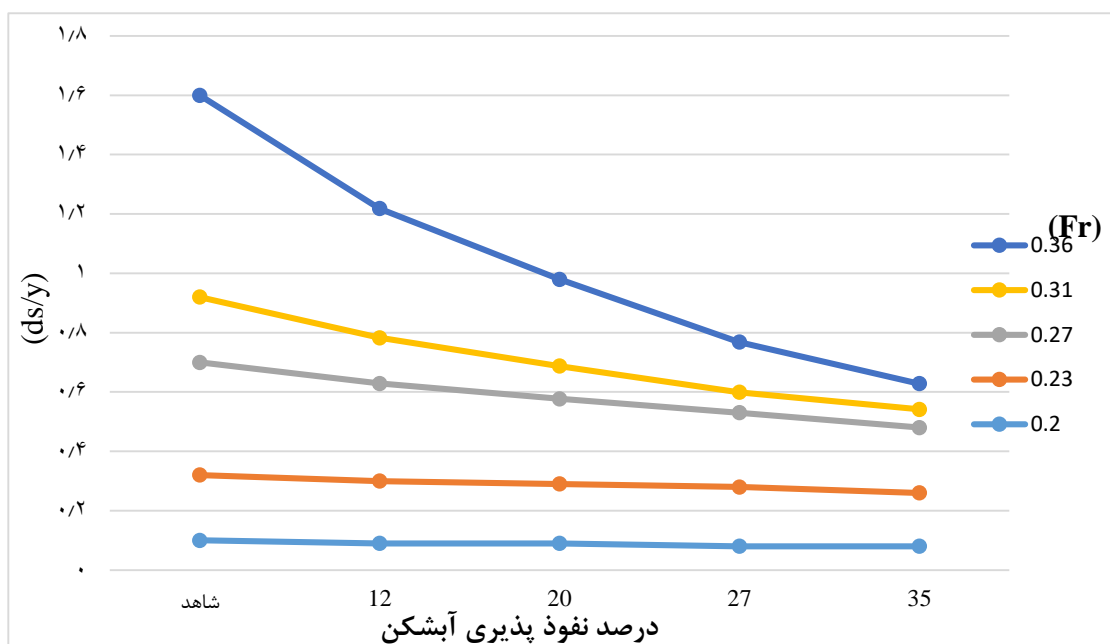


شکل

۱۱: نمودار تأثیر میزان نفوذپذیری آبشکن‌ها بر میزان آبشستگی

پدیده به علت عبور راحت‌تر جریان آب از بین آبشکن هگزاپاد شده و گردآب‌های کمتری نیز به وجود می‌آورد که باعث کاهش آبشستگی می‌شود. در ادامه در این بخش به بررسی تأثیر عدد فرود بر میزان آبشستگی پرداخته خواهد شد. شکل ۱۲.

با توجه به نمودار شکل ۱۱ می‌توان به خوبی مشاهده کرد افزایش نفوذپذیری آبشکن‌های هگزاپاد باعث کاهش آبشستگی حول آبشکن‌ها می‌شود. افزایش درصد نفوذپذیری آبشکن‌های هگزاپاد از ۱۲ به ۳۵ درصد باعث کاهش آبشستگی به میزان ۳۴/۱ درصد شده‌اند. این



شکل ۱۲: نمودار تأثیر عدد فرود بر میزان آبشستگی

شاهد بود که با افزایش عدد فرود تأثیر افزایش نفوذپذیری آبشکن‌ها بر کاهش آبشستگی بیشتر می‌شود. به طوری که با نصب آبشکن نفوذپذیر ۳۵ درصد در عدد فرود ۰/۲ و ۰/۳۶ به ترتیب شاهد کاهش ۲۰ و ۶۱ درصدی آبشستگی نسبت به مدل شاهد هستیم.

منابع

Shafai Bajestan, M. (1388). Theoretical and Scientific Principles of Hydraulic Sediment Transmission. Shahid Chamran University of Ahvaz, 549 pages.

Shafai Bajestan, M. (Translator) (1391). River Reform and sediment management by submerged panels. Shahid Chamran University Press, Ahwaz, 313 p.

Publication of Management and Planning Organization of the country "Guidelines for the design, construction and maintenance of river spillways", No. 516.

Publication of Management and Planning Organization of the country "Erosion and Sedimentation in the Spill Area", Issue 284.

Nasrallah, AS, 2001. "Investigation of openings for scouring around open spills". Master's thesis for Civil and Water Engineering, Faculty of Engineering and Engineering, Tarbiat Modares University.

Fazli, M. and Ghodsian, M. and Salehi, S.a.a. 2008. Scour and flow field around a spur dike in a 90° bend. International Journal of Sediment Research. 23 (1):56-68

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

Masjedi, A. and Akbari, I. and Abyar, H. 2011. Evaluating scour at L-shape spur -dike In a 180 degree bend. World Applied Sciences Journal. 15 (12):1740-1745

Melville, B. W. 1997. Pier and abutment scour: Integrated approach. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 132(2): 125-136.

Najjabhari, M., Ghodsian, M., Vaghefi, M., and Panahpur, N. (2010). "Experimental and Numerical Simulation of Flow in a 90 degree Bend", Flow Measurement and Instrumentation, Vol. 21, pp. 292-298.

Van den heever, A. (2013). "An Investigation of the Use of Groynes as a means of Riverbank

با توجه به نمودار شکل ۱۲ می‌توان به خوبی مشاهده کرد با افزایش عدد فرود آبشستگی حول آبشکن‌ها بیشتر شده است. به طور متوسط با افزایش عدد فرود از ۰/۲ به ۰/۳۶ شاهد ۱۱/۸ برابر شدن آبشستگی می‌شود. البته باید این نکته را شاهد بود که با افزایش عدد فرود تأثیر افزایش نفوذپذیری آبشکن‌ها بر کاهش آبشستگی بیشتر می‌شود. به طوری که با نصب آبشکن نفوذپذیر ۳۵ درصد در عدد فرود ۰/۲ و ۰/۳۶ به ترتیب شاهد کاهش ۲۰ و ۶۱ درصدی آبشستگی نسبت به مدل شاهد هستیم.

۴. بحث و نتیجه گیری

یکی از مهم‌ترین سازه‌های حفاظتی انحراف دهنده، آبشکن‌های رودخانه‌ای هستند. در این تحقیق به بررسی مصالح هگزاپاد بر میزان آبشستگی در آبشکن‌های نفوذپذیر پرداخته شد. نتایج اخذ شده از شبیه سازی نشان می‌دهد که استفاده از مصالح هگزاپاد در آبشکن‌های نفوذپذیر باعث کاهش آبشستگی حول آبشکن‌ها می‌شود.

❖ **بررسی تمامی آبشکن‌های هگزاپاد :**
استفاده از آبشکن هگزاپاد با نفوذپذیری ۱۲، ۲۰، ۲۷ و ۳۵ درصد به ترتیب باعث کاهش ۱۷، ۲۷/۹، ۳۸ و ۴۵/۳ درصدی آبشستگی نسبت به مدل شاهد بدون نفوذپذیری شده است.

❖ **تأثیر درصد نفوذپذیری آبشکن‌ها بر میزان آبشستگی :** افزایش نفوذپذیری آبشکن‌های هگزاپاد باعث کاهش آبشستگی حول آبشکن‌ها می‌شود. افزایش درصد نفوذپذیری آبشکن‌های هگزاپاد از ۱۲ به ۳۵ درصد باعث کاهش آبشستگی به میزان ۳۴/۱ درصد شده‌اند. این پدیده به علت عبور راحت‌تر جریان آب از بین آبشکن هگزاپاد شده و گردآب‌های کمتری نیز به وجود می‌آورد که باعث کاهش آبشستگی می‌شود.

❖ **تأثیر عدد فرود بر میزان آبشستگی :** به طور متوسط با افزایش عدد فرود از ۰/۲ به ۰/۳۶ شاهد ۱۱/۸ برابر شدن آبشستگی می‌شود. البته باید این نکته را

submerged groins in lower yellow river training works. procedia engineering , v. 28, pp:781-785

Erosion Protection”, Ms.c thesis. Department of Civil Engineering Stellenbosch University.
yan, l. baomin, w. and yong qiang, 1.2012.
Research on application of removable non-rescue

Investigation of porosity of Hexapod materials on scouring in permeable spills

Gholam Abbas Borujerdi¹, Amir Abbas Kamanbedast^{*2}

1. Department of Civil Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

2. Department of Water Sciences and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

(DOI): [10.22113/jmst.2019.133504.2166](https://doi.org/10.22113/jmst.2019.133504.2166)

Abstract

One of the most important issues related to arc ducts is the erosion of the river bank in the outer arc, which is largely due to the existence of secondary currents, in which the mechanism of these currents was elaborated in the previous section. Protecting and fixing the river walls generally involves both direct and indirect methods (relaxants and deviators). One of the most important diversion protection structures is river flows. In this research, hexapod materials were evaluated for scouring in permeable spills. The results obtained from the simulation show that the use of Hexapod spray with 12, 20, 27 and 35% permeability reduced scours by 17, 27.9, 38 and 45.3%, respectively, compared to the control without permeability. Increasing the permeability of the hexapod spoil reduces scouring around the spillway. Increasing the permeability of Hexapod spray guns from 12 to 35 percent resulted in a reduction of sputum by 34.1 percent. This phenomenon is due to the easier flow of water through the hexapod sprayer and creates less pollen, which reduces scouring. Also, with an increase in the landing value from 0.2 to 0.36, the scour is 11.8 times higher. Of course, it should be noted that increasing the landing number increases the permeability of the spillway to increase scouring. So that with the installation of permeable sprinkler 35% in the number of 0.2 and 0.36, respectively, we saw a decrease of 20 and 61% scouring compared to the control model, respectively.

Keywords: Sprinkler, Hexapod materials, Erosion, Hydraulic flow, Physical model

List of figures

Fig. 1 View of Six Base Elements

Fig. 2 A look at Flume and its schematic

Fig. 3 Inputs and outputs of triangles with vertices of 90 degrees, at the beginning and end of the flume

Fig. 4 A view of the permeable hexapod spray attached to the coast

Fig. 5 Schedule Development Schedule

Fig. 6 Results of experiments with different permeability of Hexapod spray

Fig. 7 Results the maximum depth of erosion around the Hexapod spray with a permeability of 12%

Fig. 8 Results the maximum depth of erosion around the Hexapod spray with a permeability of 20%

Fig. 9 Results the maximum depth of erosion around the Hexapod spray with a permeability of 27%

Fig. 10 Results the maximum depth of erosion around the Hexapod spray with a permeability of 35%

Fig. 11 Influence diagram of spillway permeability on scour

Fig. 12 Chart of the effect of landing number on scour

* Corresponding author E-mail: Ka57_amir@yahoo.com