نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

سال دوازدهم- شماره ۴۳- زمستان ۱۳۹۷ Vol. 12, No. 43, Winter 2019

مطالعه‌ی آزمایشگاهی تأثیر استقرار آبشکن‌های نفوذپذیر با آرایش شعاعی دافع بر حداکثر نرخ آبشستگی موضعی دماغه

فاطمه ملکی[۱] و سعید عباسی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۲۴

چکیده

آبشکن‌ها سازه‌هایی هستند که به منظور حفاظت از کرانه‌های رودخانه، در مسیر جریان احداث می‌شوند. یکی از چالش‌های مهم در عملکرد آبشکن‌ها، ایجاد حفره‌ی آبشستگی در محل دماغه است. در این مطالعه، آرایش جدیدی برای آبشکن‌های نفوذپذیر ارائه گردیده است و اثر این آرایش روی حداکثر عمق چاله‌ی آبشستگی در محل دماغه‌ی آبشکن به صورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرارگرفته است. مقدار نفوذپذیری آبشکن برابر ۴۰درصد ،۶۰ درصد و ۸۰ درصد انتخاب و آزمایشات در شرایط آب زلال انجام شد. عدد فرود در همه‌ی آزمایشات ثابت در نظر گرفته شد و مقدار عمق چاله‌ی آبشستگی توسط متر لیزری با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری گردید. هم‌چنین اثر تعداد آبشکن‌ها در هر درصد نفوذپذیری مورد بررسی واقع شد. سپس رفتار آبشکن‌ها، تحت اثر تغییر در نفوذپذیری و همچنین حداکثر عمق چاله‌ی آبشستگی ایجاد شده در محل دماغه‌ی آبشکن در تعداد متفاوت میله‌ها مقایسه شد. بررسی آزمایشات نشان می‌دهد که در بین آزمایشات صورت گرفته برای آبشکن با آرایش شعاعی دافع، در شرایط نفوذ پذیری ۸۰ درصد و آبشکن هفت میله‌ای، عمق حداکثر چاله‌ی آبشستگی حدود ۸۰٪ نسبت به برخی حالات کاهش نشان می‌دهد.

کلید واژه‌ها: *آبشستگی، آبشکن شعاعی نفوذپذیر، الگوی آبشستگی، کنترل آبشستگی، مدل آزمایشگاهی*

مقدمه

خطوط جریان در رودخانه‌ها در خلال عبور از آبراهه‌ی خود، تمایل به انحراف از مسیر مستقیم دارد. این انحراف به تغییر مومنتوم و تغییرات تنش برشی وارده از جریان به بستر و کرانه‌ها می‌انجامد. فرسایش بستر و علی‌الخصوص کناره‌ی آبراهه در اثر عبور جریان آب و یا در اثر ایجاد جریان‌های متلاطم موضعی، باعث ایجاد آبشستگی می‌گردد. آبشستگی در حقیقت جابجایی ذرات توسط جریان از محل استقرار اولیه‌ی آنها به مکان دیگری است و کمینه‌سازی عمق ناشی از فرسایش بستر نسبت به بستر اولیه (عمق آبشستگی) مورد توجه محققان است. مشخصات اغتشاشات در جریان خروجی به شکل و اندازه‌ی سازه و جهت گیری آن نسبت به جهت جریان خروجی بستگی دارد. الگوی جریان در اطراف سازه‌ها بسیار پیچیده است که این پیچیدگی با تشکیل حفره‌ی آب شستگی در اطراف آن تشدید می‌شود. توسعه‌ی این گودال در اطراف سازه‌ها می‌تواند باعث خالی شدن زیر آن‌ها و خرابی سازه شود. دو عامل مهم باعث ایجاد چنین سامانه‌هایی می شود، یکی برخورد جریان به سازه و تشکیل گرداب نعل اسبی[۳] و دیگری جدایی جریان از سازه و تشکیل گرداب‌هایی که به گرداب برخاستگی[۴] موسومند. گرداب نعل اسبی عامل اصلی فرسایش بستر رودخانه در اطراف سازه به ویژه در جلوی آن می‌باشد [۱] و برای کاهش آبشستگی بایستی تأثیر جریان پایین دست سازه و گرداب نعل اسبی را به حداقل رساند. ب از سازه‌های مهم ساماندهی رودخانه که بیشتر برای حفاظت کرانه‌ی رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد، آبشکن‌ها هستند. یکی از موارد مبتلا به آبشکن‌ها مثل پایه پل و غیره، ایجاد آبشستگی موضعی و خرابی آبشکن است که برای مقابله با آن از روش‌های مختلف از جمله انتخاب هندسه و آرایش قرارگیری مناسب برای آبشکن، استفاده می‌شود. اصلی‌ترین تقسیم بندی از نظر مصالح و روش ساخت آبشکن است که با توجه به نفوذپذیری آبشکن، به دو دسته‌ی آبشکن‌های نفوذپذیر و آبشکن‌های نفوذناپذیر تقسیم می‌شوند. این تقسیم بندی‌ها برای الگوی جریان و هندسه و نفوذپذیری، اهمیت به سزایی در به کارگیری و شناخت عملکرد آبشکن‌ها دارد. به دلیل اهمیت این سازه‌ها، مطالعات زیادی بر روی آن‌ها انجام شده است. حفاظت غیرمستقیم دیواره ها از طریق احداث آبشکن نفوذپذیر در کناره رودخانه، سبب گسترش جریان های چرخشی موضعی ضعیف

۱- کارشناس ارشد سازه‌های هیدرولیکی دانشگاه زنجان
۲- نویسنده مسئول و استادیار گروه عمران دانشگاه زنجان، پست الکترونیک: Abbasi.saeed@znu.ac.ir

3- Horseshoe Vortex
4- Wake Vortex

شده که علاوه بر کاهش سرعت جریان اولیه رودخانه (در جهت طولی مسیر)، سبب رسوب گذاری و جذب مواد شناور و معلق میگردد و سرانجام سبب توسعه تدریجی و پایداری طبیعی دیواره رودخانه خواهد شد [۲].

ژانگ و ناکاوا[1] (۲۰۰۸) با انجام آزمایش بر روی آبشکن تک نفوذپذیر و نفوذناپذیر و مقایسه‌ی نتایج حاصل از آبشستگی اطراف این دو نوع آبشکن دریافتند که عمق آبشستگی حداکثر در آبشکن نفوذپذیر حدود نصف این مقدار در آبشکن نفوذناپذیر است[۳]. تلعت[2] و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند الگوی جریان در اطراف آبشکن‌های نفوذپذیر و نفوذ ناپذیر رفتاری کاملا متفاوت دارند و ناحیه‌ی فرسایش در آبشکن‌های نفوذپذیر به مراتب کمتر از این ناحیه در آبشکن‌های نفوذناپذیر است [۴]. کنگ[3] و همکاران (۲۰۱۱) نتایج یک مطالعه ی آزمایشگاهی بر روی مشخصات جریان حول یک آبشکن با هندسه و نفوذپذیری متفاوت را بیان کردند. آبشکن‌های نفوذناپذیر مستطیلی، نفوذپذیر شمعی و آبشکن مثلثی شکل مورد بررسی قرار گرفته‌اند. افزایش سرعت در دماغه‌ی آبشکن و یک محدوده‌ی عریض نواحی باز چرخش برای آبشکن نفوذناپذیر مستطیلی مشاهده می‌شود. برای آبشکن شمعی سرعت در دماغه‌ی آن، شدت گرداب و مقیاس ناحیه‌ی بازچرخش وابسته به کاهش بازشدگی بین شمع‌ها است. همچنین آبشکن مثلثی شکل درطول مقطع عرضی جریان در مقایسه با شمعی دارای ناحیه‌ی بازچرخش بلندتر و کم عرض تری است [۵].

در کنار مطالعات پیرامون آبشکن‌های نفوذپذیر، بررسی شرایط انواع مختلف آبشکن‌ها نیز مورد توجه محققان است که از نتایج کلی آنها میتوان در مطالعات آتی برای آبشکن‌های نفوذناپذیر و نفوذپذیر بهره گرفت. کادوتا و سوزوکی[4] (۲۰۱۰) در تحقیقی آزمایشگاهی بر روی مشخصات آبشستگی موضعی و شکل بستر پایین دست در آبشکن‌های L شکل و T شکل نشان دادند که عمق آبشستگی موضعش برای آبشکن‌های L شکل در رأس پایین دست آن‌ها بیشتر است و رسوبات موضعی با فاصله از آبشکن‌ها ایجاد می‌شود و در مورد رأس بالادست آبشکن L شکل، کمتر است[۶]. کادوتا[5] و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای برروی آبشکن‌های L شکل دریافتند که نواحی با آشفتگی بالا نزدیک سر آبشکن‌ها است و گرداب‌های قوی به سمت پایین دست توسعه می‌یابند [۷]. ژنگ[6] و همکاران (۲۰۱۲)، در مقاله‌ای توزیع شدت آبشستگی پیرامون آبشکن‌ها با ساختار مختلف تحت شرایط یکسان توسط یک مدل آزمایشگاهی را مطالعه کردند. با در نظر گرفتن همزمان تحلیل‌های نظری، شدت آشفتگی در آبشکن قوسی شکل و پره‌ای شکل ضعیف تر از آبشکن چوگانی به دست آمد و ملاحظه گردید که شدیدترین آشفتگی اطراف آبشکن ذوزنقه‌ای اتفاق می‌افتد [۸]. در مطالعه‌ای دیگر دهقانی و همکاران (۲۰۱۳) آبشستگی موضعی اطراف آبشکن‌های L شکل را بررسی کردند که نتایج نشان می‌دهد حداکثر عمق آبشستگی برای این نوع آبشکن‌ها در بالادست کمتر از پایین دست و آبشکن مستقیم است و این اختلاف به دلیل شدت جریان بیشتر در آبشکن مستقیم است [۹].. ابراهیم (۲۰۱۴) درمطالعه‌ای عددی و آزمایشگاهی به بررسی تاثیر زاویه‌ی گردش آبشکن در کانال مستقیم پرداخت. نتایج نشان داد طول آبشکن تاثیر به سزایی در هندسه‌ی توپوگرافی بستر در میدان آبشکن دارد در حالیکه زاویه‌ی گردش و دبی اثرات کمتری دارند [۱۰]. پاندی[7] (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای به بررسی دقت مطالعات موجود درمحاسبه‌ی حداکثر عمق آبشستگی پرداخت. این بررسی با استفاده از مقالات نوشته شده انجام گرفته است وسه رابطه‌ی جدید نیز برای تعیین حداکثرعمق آبشستگی وحداکثر طول آبشستگی دربالا دست و پایین دست آبشکن پیشنهاد شده است که معادله‌ی تعیین حداکثر عمق آبشستگی از معادلات موجود قبلی دقت بیشتری دارد، نتایج نشان می‌دهد مقدار عدد فرود تأثیر بسیاری بر عمق آبشستگی معادل دارد [۱۱]. حسن مهدی و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی آزمایشگاهی آبشستگی موضعی ذیل آبشکن‌های منحنی نفوذناپذیر پرداختند که نتایج حاکی از آن است که به ازای افزایش طول آبشکن عمق آبشستگی کاهش می‌یابد. همچنین با کاهش نسبت طول آبشکن به عرض جریان اصلی، عمق آبشستگی کمتر می‌شود [۱۲]. بیاره پور و کاشفی پور در یک مطالعه آزمایشگاهی به مقایسه توپوگرافی بستر برای آبشکنهای نفوذپذیر و نفوذناپذیر پرداختند و نشان دادند که با افزایش درصد نفوذپذیری، حداکثر عمق آبشستگی حول آبشکن و همچنین میزان حجم رسوبگذاری بین آبشکن‌ها کاهش می‌یابد [۱۳].

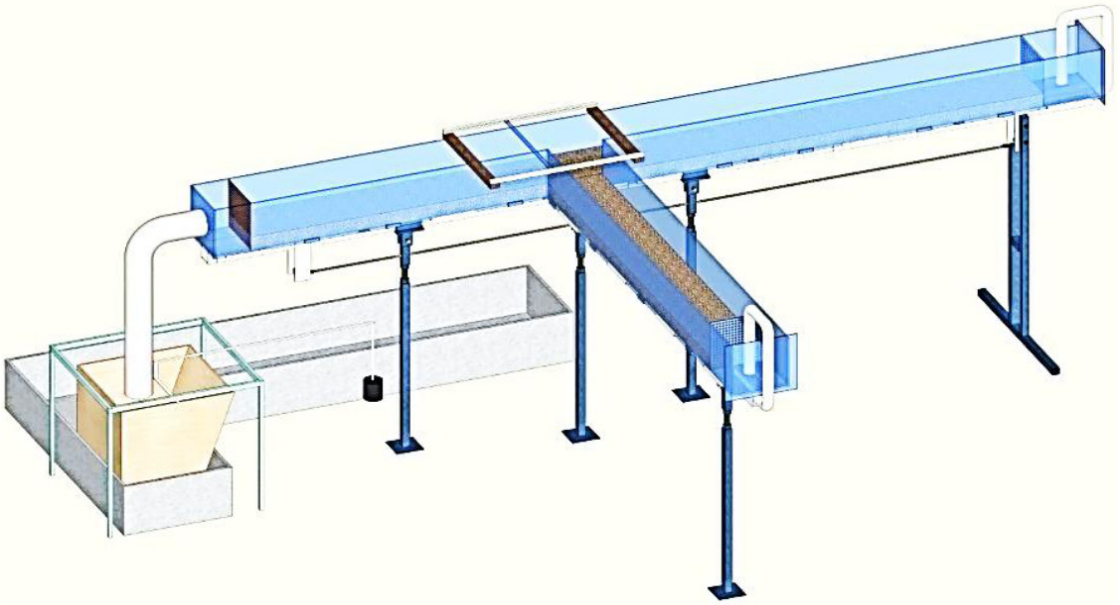
یکی از مهم‌ترین معیارهای طراحی آبشکن‌ها، پایداری آبشکن در مقابل اثرات جریان آب در اطراف آن است. آبشکن برای آن که بتواند کرانه‌ی رودخانه را حفاظت نماید، باید بتواند در طول سالیان متمادی پایداری خود را حفظ نماید. یکی از اصلی‌ترین عوامل ناپایداری آبشکن، موضوع فرسایش موضعی در اطراف و پای آبشکن است. در این مطالعه آرایش جدیدی برای آبشکن‌های نفوذپذیر پیشنهاد شده است. حداکثر عمق فرسایش موضعی برای آرایش شعاعی آبشکن‌های نفوذپذیر دافع با شرایط آزمایشگاهی تعیین شده است و رفتار این آرایش جدید تحت نفوذپذیری‌ها و همچنین تعداد قرارگیری متفاوت در هر حالت تعیین و مورد بررسی قرارگرفته است.

مواد و روش‌ها

تجهیزات آزمایشگاهی

آزمایشات در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه زنجان انجام گرفت.

1- Zhang, Nakagawa
2- Thollet
3- Kang
4- Kadota, Suzuki
5- Kadota
6- ZHANG
7- Pandey



شکل ۱- شکل شماتیک فلوم مورد استفاده برای آزمایشات [۱۵]

Figure 1. Schematic of utilized flume for the experiments [15]

برای انجام آزمایشات از فلومی به طول ۵ متر، عرض و ارتفاع ۰/۳ متر استفاده شد. کانال مورد اشاره یک کانال متقاطع است که به منظور انجام آزمایشات، انشعاب فرعی میانی مسدود گردید. شکل شماتیک این فلوم در شکل ۱ آورده شده است.

در ابتدای کانال برای جلوگیری از انتقال آشفتگی جریان خروجی از پمپ و آرام‌سازی جریان ورودی به کانال، صفحه‌ی مشبکی قرار داده شده است. سیستم جریان موجود در فلوم به صورت چرخشی است که جریان آب از مخزن به داخل کانال پمپاژ می‌شود و سپس مجدداً به داخل مخزن تخلیه می‌شود. بستر کانال به طول ۳ متر از ابتدا و ۰/۹ متر از انتهای آن با سنگدانه‌های بسیار درشت تراز شد تا به صورت بستر فرسایش ناپذیر رفتار کند. در قسمت باقی مانده‌ی طول فلوم به میزان ۸۰ سانتیمتر، از سنگدانه‌ی ریز با دانه بندی یکنواخت استفاده شد. قطر متوسط مصالح بستر فرسایش پذیر به گونه‌ای انتخاب شد که با دبی قابل پمپاژ توسط سیستم و طبق دیاگرام شیلدز، فرسایش مصالح بستر اتفاق بیفتد که به این منظور، مصالح مانده روی الک استاندارد شماره‌ی ۳۰ و عبوری از الک استاندارد شماره‌ی ۲۰ مناسب تشخیص داده شد. بر همین اساس بستر فرسایش‌پذیر توسط مصالح با دانه‌بندی d_{50}=mm۷۵ و به ارتفاع ۱۲ سانتی متر تراز شد. چگالی ویژه‌ی مصالح فرسایش پذیر برابر ۲/۴ اندازه گیری و ثبت گردید. همچنین به منظور اشباع شدن مصالح، ذرات بستر به مدت حدود ۹۰ ساعت پس از دانه‌بندی به روش تَر در آب قرار گرفتند. پیر ژولین (۲۰۰۲) حداکثر درصد تنگ‌شدگی در رودخانه‌ها را برای جلوگیری از ایجاد اختلال در روند جریان، برابر ۲۵ درصد توصیه کرده است [۱۶]. هنگام قرارگیری تعداد کامل آبشکن‌ها در آرایش شعاعی، محدودیت مورد نظر مد نظر قرار گرفت و رعایت شد. پارامترهای مؤثر در این مقدار در حالت قرارگیری آرایش شعاعی دافع در شکل ۲ نشان داده شده است. به منظور امکان بررسی مؤثر بودن آرایش شعاعی، آزمایشاتی بر اساس آرایش مستقیم آبشکن‌های نفوذپذیر که به صورت معمول مورد استفاده قرار می‌گیرد نیز در لیست آزمایشات گنجانده شد. همچنین شکل ۳ آبشکن‌ها در آرایش مستقیم را نشان می‌دهد. جدول ۱ مقادیر پارامترها برای هر میزان نفوذپذیری را در آرایش شعاعی و مستقیم نشان می‌دهد.

آنالیز ابعادی

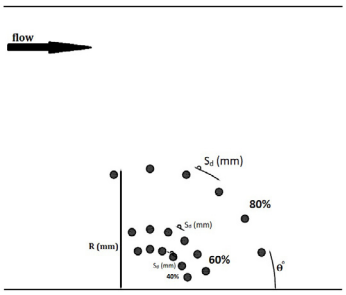
عوامل موثر بر عمق آبشستگی در اطراف آبشکن نفوذپذیر در کانال شامل شرایط جریان، ماهیت رسوبات، قطر میله‌ها و فواصل آنها می‌باشند که ارتباط آنها بر طبق رابطه زیر مشخص می‌شود:

$$d_s = f(\rho, \rho_s, \upsilon, v, y, g, d_s, d, S_d, R, B) \qquad (۱)$$

که در آن ρ چگالی آب، ρ_s چگالی رسوبات، υ ویسکوزیته آب، Q دبی جریان، y عمق جریان، g شتاب گرانش، ds قطر متوسط ذرات، d قطر میله، S_d فواصل میله‌ها، R شعاع دایرهٔ محیطی آرایش میله‌های آبشکن، B عرض کانال و ds عمق تعادل آبشستگی تعریف شده اند. با بکار بردن تئوری باکینگهام بر پارامترهای موجود در رابطه (۳-۱) و ناچیز بودن اثر عدد رینولدز (سامرو فردس،۱۹۹۰) و همچنین در نظر نگرفتن اعداد ثابت در نهایت رابطه زیر بدست میآید:

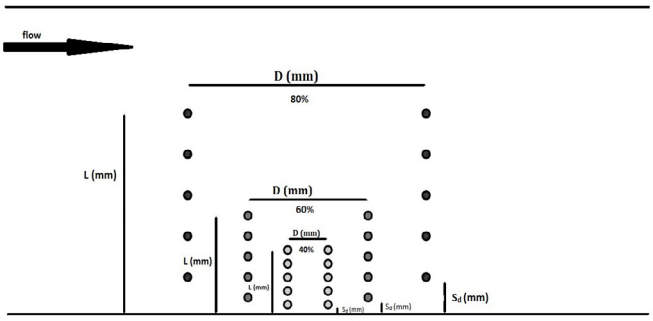
$$\frac{d_s}{d} = \psi\left(\frac{d}{y}, F, \theta_c, r_0 = S_d/(d+S_d), K = R/B\right) \qquad (۲)$$

که در آن Fr عدد فرود جریان، θ_c پارامتر شیلدز، B نسبت اشغال عرض و r0 نسبت نفوذپذیری آبشکن می‌باشد.



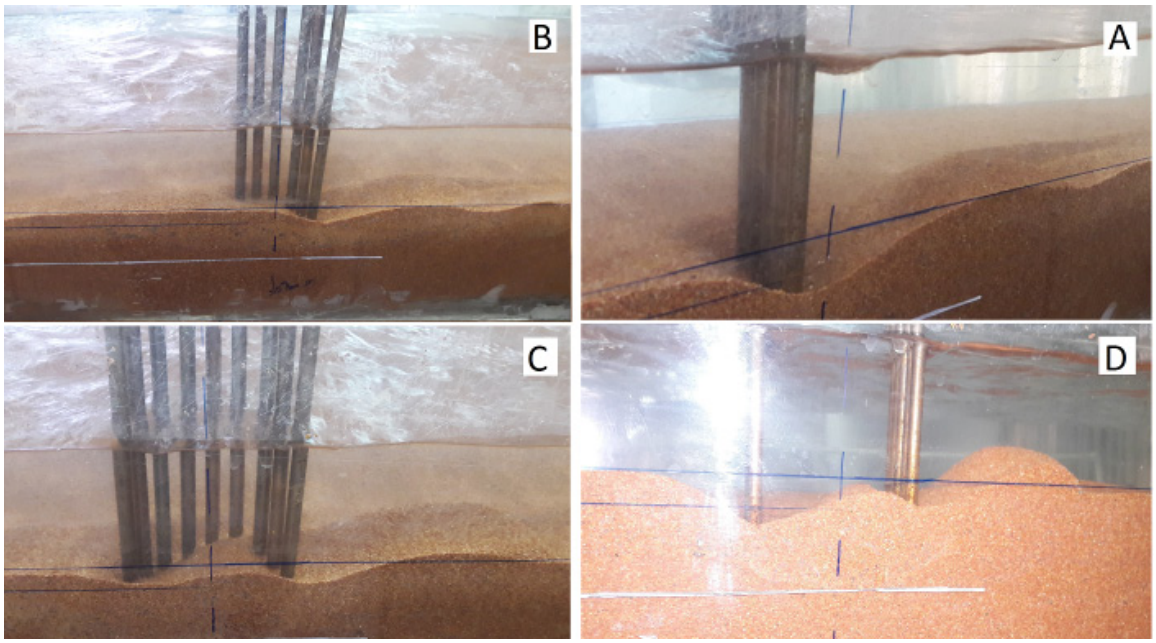
شکل ۲- هندسه‌ی آبشکن‌ها در آرایش شعاعی دافع

Figure 2. Groynes geometry in radial deflecting arrangement



شکل۳- هندسه‌ی آبشکن‌ها در آرایش مستقیم

Figure 3. Groynes geometry in straight arrangement



شکل۴- جانمایی مدل آزمایشگاهی A) مستقیم تک B) شعاعی دافع ۶ میله‌ای C) نیم‌دایره‌ی کامل D) مستقیم دوبل

Figure 4. Installation of the experimental model A) single straight B) radial deflecting with 6 bars C) full half-circle D) double straight

جدول ۱- پارامترهای هندسیِ آبشکن‌های مستقیم و شعاعی

Table 1. Geometric parameters of Straight and radial groynes

	پارامتر	نماد	مقادیر		
آبشکن‌های شعاعی (Radial groynes)	نفوذپذیری (Permeability)	r_0	40	60	80
	قطر میله‌های آبشکن (Groyne bars diameter)	d (mm)	8	8	8
	زاویه قرارگیری نسبت هم (Relative arrangement angle)	Θ (deg)	18	18	18
	شعاع دایره محیطی آرایش (Peripheral circle radius)	R (mm)	43	64	127
	فاصله قرارگیری نسبت بهم (Relative placement distance)	S_d (mm)	5.51	12.11	31.9
	درصد اشغال از عرض (Cross section holding percentage)	K=R/300	14.33	21.33	42.33
آبشکن‌های مستقیم (groynes Straight)	نفوذپذیری (Permeability)	r_0	40	60	80
	قطر میله‌های آبشکن (Groyne bars diameter)	d (mm)	8	8	8
	فاصله قرارگیری ردیف‌ها نسبت هم (Rows relative placement distance)	D (mm)	86	128	254
	طول قرارگیری آرایش (Arrangement placement length)	L (mm)	6.66	100	200
	فاصله قرارگیری نسبت بهم (Relative placement distance)	S_d (mm)	5.3	12	32
	درصد اشغال از عرض (Cross section holding percentage)	K=R/300	28.66	42.66	66.66

محدوده‌ی پارامترهای اصلی موجود دراین آزمایشات در جدول ۲ مشخص شده است. روابط مربوط به پارامتر شیلدز بحرانی و عدد رینولدز مرزی برای بررسی وقوع آستانه‌ی حرکت و تعیین سایز مصالح مورد استفاده در بستر فرسایش پذیر به ترتیب در معادلات۳ و ۴ آورده شده است.

$$\theta_c = \frac{\tau_c}{(\gamma_c - \gamma)D_s} \qquad (۳)$$

$$R_* = \frac{u_* D_s}{\upsilon} \qquad (۴)$$

که در آن: $u_* = \sqrt{gRS}$: سرعت برشی، $\tau_0 = \gamma RS$: تنش برشی، υ: لزجت سیال و Ds: متوسط قطر ذرات بستر است.

جدول ۲- پارامترهای شرایط هیدرولیکی جریان

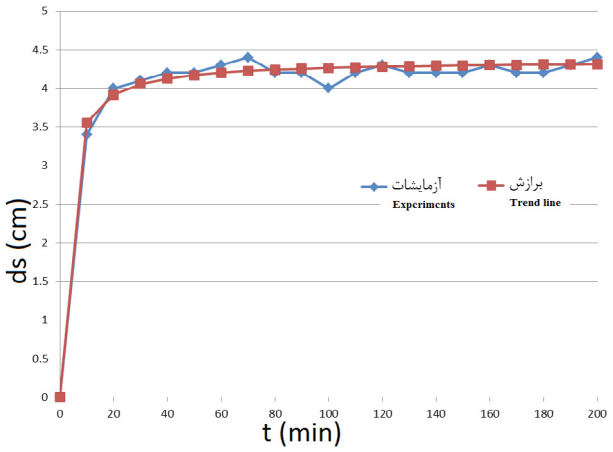
Table 2. Hydraulic parameters of the flow

پارامتر	شرح	مقدار
Q (m^3/s)	دبی (Discharge)	0.0036
hw (m)	هد (Head)	0.06
V (m/s)	سرعت (Velocity)	0.20
Fr	عدد فرود (Froude No.)	0.26
Θc	پارامتر شیلدز (Shields parameter)	0.41
R*	رینولدز مرزی (Boundary Reynolds)	48.7
V/Vcr	نسبت سرعت‌ها (Velocities proportion)	0.60

در مجموع ۲۷ آزمایش مختلف در شرایط مختلف به عمل آمد. سه نفوذپذیری مختلف برای آبشکن‌های نفوذپذیر منظور گردید. آزمایشات در حالت آرایش دافع انجام گرفت. همچنین به منظور امکان مقایسه‌ی حالات مختلف چیدمان آبشکن‌ها، یک حالت نیم‌دایره‌ی کامل با ۹ میله، یک آبشکن مستقیم معمولی با ۵ میله و دو آبشکن مستقیم موازی هرکدام با ۵ میله نیز در مسیر جریان قرار داده شده مورد بررسی قرار گرفتند. در جدول ۳ تمام حالات موجود در آزمایش آورده شده است.

نتایج

برای انجام هر آزمایش بعد از جانمایی آرایش مورد نظر آبشکن‌ها در فاصله‌ی ۳/۵ متری از ورودی کانال، بستر متحرک به ارتفاع ۱۲سانتی متر کاملاً تراز شده و سپس جریان وارد کانال گردید. مدت زمان انجام آزمایش برای ایجاد عمق تعادل آبشستگی طبق مطالعات چیو(۱۹۹۲) برابر ۱۲۰ دقیقه منظور گردید [۱۷]. برای اطمینان از کفایت زمان منظور شده برای آزمایشات، به صورت نمونه، یک پایه‌ی پل به صورت یک میله شبیه‌سازی گردید و با برقراری جریان در اطراف آن، آبشستگی موضعی پای آن هر ۱۰ دقیقه یک بار و به مدت ۲۱۰ دقیقه اندازه‌گیری شد. با بررسی نتایج و رسم نمودار فرسایش-زمان عمق نهایی تعادل برابر ۴/۳۶ سانتی‌متر تخمین زده می‌شود که این عمق در زمان ۱۲۰ دقیقه برابر ۴/۳۰ سانتی‌متر برداشت گردیده است (شکل ۵). اختلاف بین این دو مقدار، ۱/۳۷٪ است که خطای قابل پذیرشی محسوب می‌گردد.



شکل ۵- نمودار روند فرسایش موضعی زیر پایه‌ی پل در طول زمان

Figure 5. Scouring process with time beneath the bridge pier

جدول ۳- طرحواره‌ی آزمایشات

Table 3. Experimental layout

شماره ردیف (Row No.)		1	2	3	4-9						
نحوه چیدمان آبشکن‌ها (Groynes arrangement style)		مستقیم تک (Single Straight)	مستقیم دوبل (Double Straight)	نیم‌دایره کامل (Full half a circle)	شعاعی دافع (Deflecting radial)						
تعداد آبشکن‌ها (Number of groynes)		5	2x5	9	8	7	6	5	4	3	
دبی (Discharge) 3.6 L/s	نفوذپذیری (Permeability) 40%	A1	A2	A3	A9	A8	A7	A6	A5	A4	
	60%	B1	B2	B3	B9	B8	B7	B6	B5	B4	
	80%	C1	C2	C3	C9	C8	C7	C6	C5	C4	

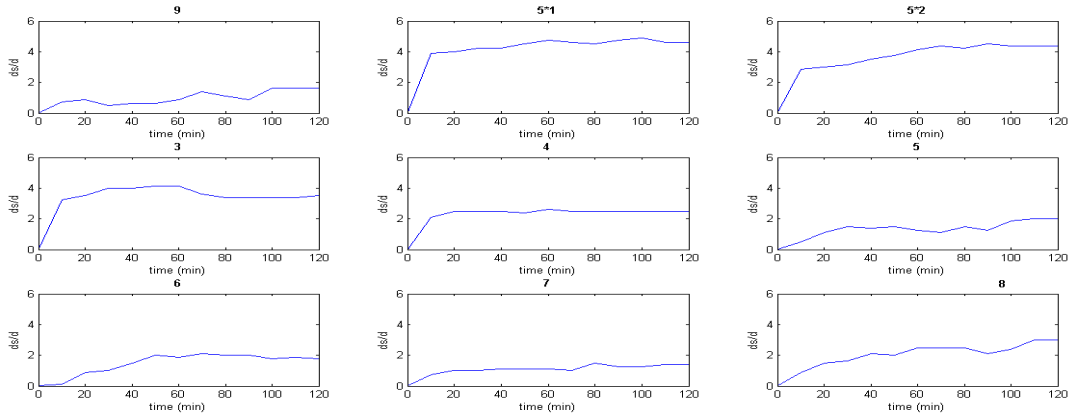
در اشکال ۶و ۷ و ۸، نمودار مربوط به روند فرسایش در طول مدت ۱۲۰ دقیقه‌ی آزمایش به ترتیب برای نفوذپذیری۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نشان داده شده است. محور عمودی این نمودارها نسبت به قطر آبشکن و بدون بعد رسم شده‌اند. مشاهدات حاصل از این نمودارها بصورت زیر قابل بحث است:

الف) نفوذپذیری آبشکن‌ها:

با توجه به نتایج حاصله از آزمایشات (اشکال ۶ تا ۸) مشاهده می‌شود که با افزایش نفوذپذیری، مقادیر بی بعد محور فرسایش مقادیر کمتری به خود می‌گیرند. این امر بدان معنی است که در آبشکن‌های دوبل مستقیم با افزایش نفوذپذیری، میزان حداکثر عمق چاله‌ی آبشستگی از نفوذپذیری۴۰ به ۶۰ درصد و از ۶۰ به ۸۰ درصد به ترتیب ۱۲ و ۱۰درصد کاهش می‌یابد. این کاهش در میزان عمق چاله آبشستگی در آرایش شعاعی نیز مشاهده می‌شود. دلیل این امر آن است که با افزایش نفوذپذیری، گرادیان آشفتگی جریان آب در میدان آبشکن زیاد می‌شود و بنابراین نرخ انرژی جریان بیشتر کاهش می‌یابد. در عین حال آرایش شعاعی آبشکن‌های نفوذپذیر با هدایت هموارتر خطوط جریان به سمت خارج از کرانه، باعث کمتر شدن گرداب‌های نعل اسبی و برخاستگی شده‌اند.

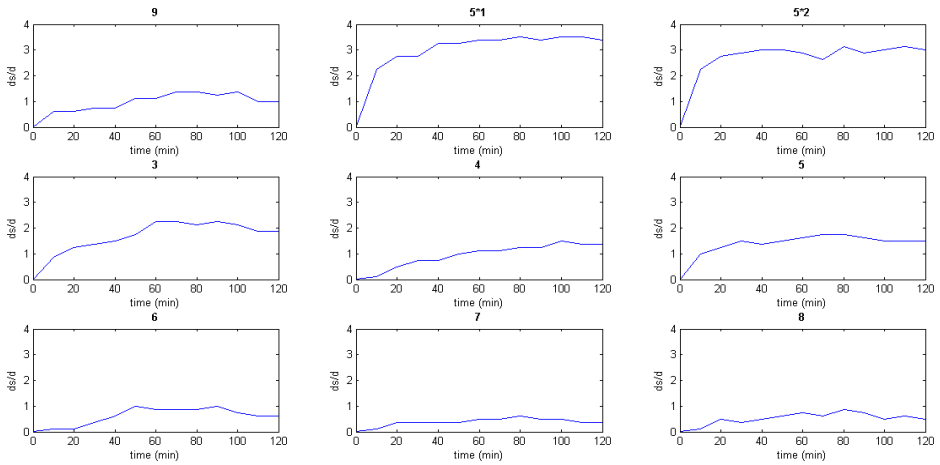
ب) تعداد میله‌های آبشکن‌ها:

بررسی اشکال ۶ تا ۸ مؤید آن است که تعداد میله‌های آبشکن‌ها در روند فرسایش موضعی موثر است. در این آزمایشات زمانی که آبشکن از هفت میله تشکیل شده است، مقدار آبشستگی موضعی، حداقل است. دلیل این امر را می‌توان درگسترش جریان های چرخشی موضعی ضعیف شده دانست که علاوه بر کاهش سرعت جریان اولیه رودخانه (در جهت طولی مسیر)، انرژی کمتری برای فرسایش خواهند داشت، استدلال نمود.



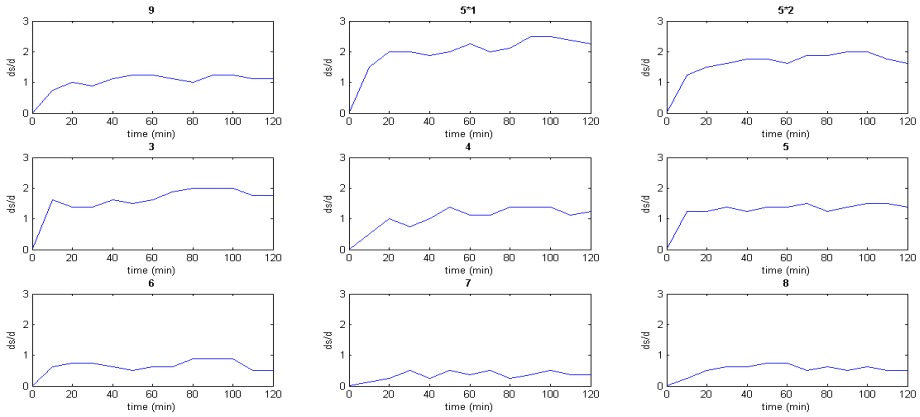
شکل ۶- نمودار فرسایش-زمان برای نفوذپذیری ۴۰ درصد (اعداد بالای نمودارها بیانگر تعداد میله‌ها هستند)

Figure 6. Scouring-Time chart for 40% permeability (Numbers on the charts indicate the bars count)



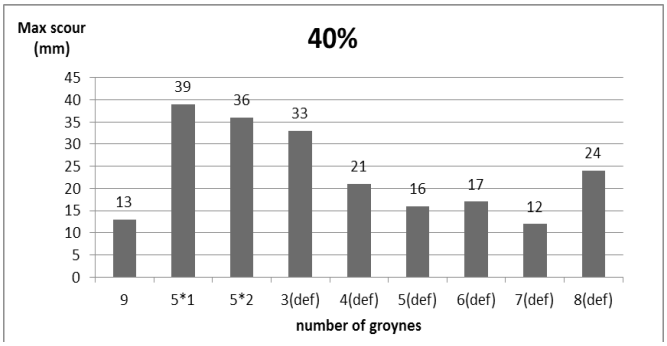
شکل ۷- نمودار فرسایش-زمان برای نفوذپذیری۶۰ درصد (اعداد بالای نمودارها بیانگر تعداد میله‌ها هستند)

Figure 7. Scouring-Time chart for 60% permeability (Numbers on the charts indicate the bars count)



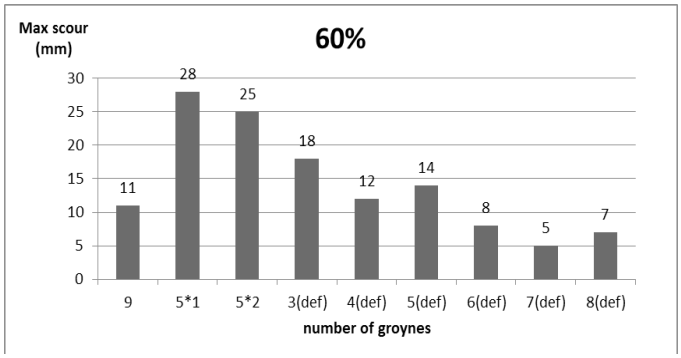
شکل ۸- نمودار فرسایش-زمان برای نفوذپذیری ۸۰ درصد (اعداد بالای نمودارها بیانگر تعداد میله‌ها هستند)

Figure 8. Scouring-Time chart for 80% permeability (Numbers on the charts indicate the bars count)



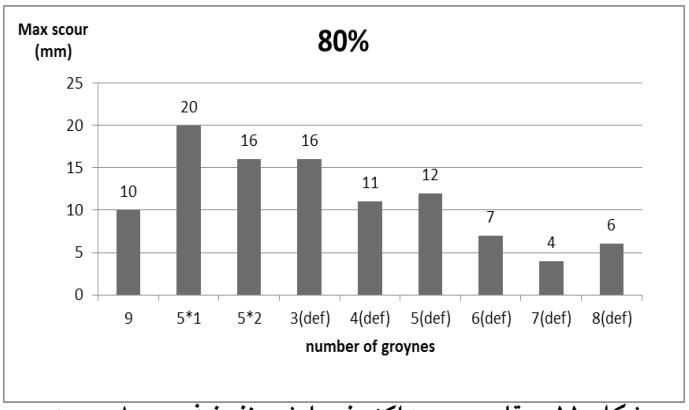
شکل ۹- مقایسه‌ی حداکثر فرسایش، نفوذپذیری ۴۰ درصد (def: دافع)

Figure 9. Comparison of maximum scouring depth, 40% permeability (Deflecting)



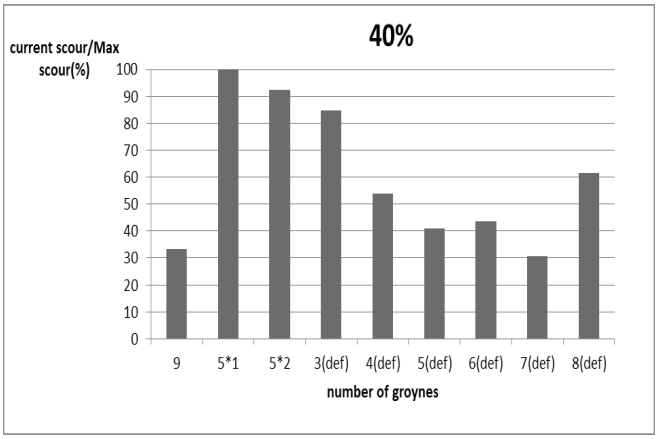
شکل ۱۰- مقایسه‌ی حداکثر فرسایش، نفوذپذیری ۶۰ درصد (def: دافع)

Figure 10. Comparison of maximum scouring depth, 60% permeability (Deflecting)



شکل ۱۱- مقایسه‌ی حداکثر فرسایش، نفوذپذیری ۸۰ درصد (def: دافع)

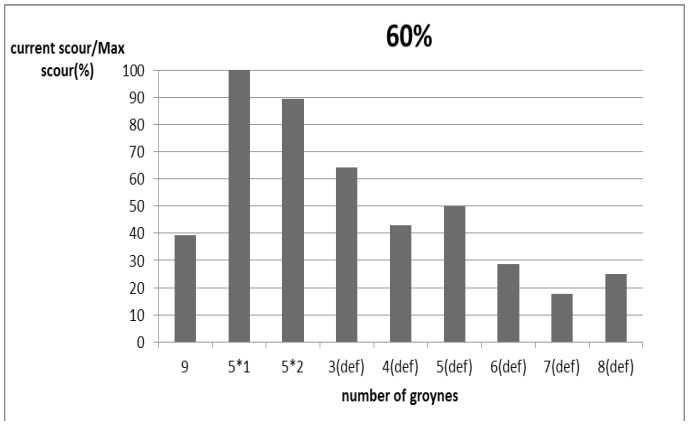
Figure 11. Comparison of maximum scouring depth, 80% permeability (Deflecting)



شکل ۱۲- نسبت حداکثر فرسایش هر حالت قرارگیری به میزان حداکثر فرسایش رخ داده در حالت ۵ میله‌ای مستقیم (نفوذپذیری:۴۰٪)

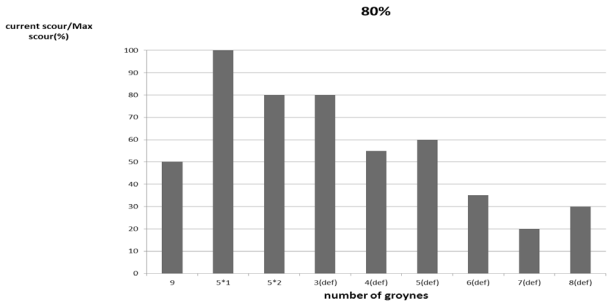
Figure 12. Ratio of maximum scouring of each arrangement to maximum scouring on 5 bars with straight arrangement (40% permeability)

برای امکان مقایسه‌ی نتایج، مقادیر نسبت‌های فرسایش موضعی در دماغهٔ آبشکن‌های نفوذپذیر با آرایش شعاعی به مقدار فرسایش موضعی در حالت پنج میله‌ای مستقیم (که حالت معمول اجرای آبشکن‌های نفوذپذیر است) در قالب شکل‌های ۱۱ تا ۱۳ ارائه



شکل ۱۳- نسبت حداکثر فرسایش هر حالت قرارگیری به میزان حداکثر فرسایش رخ داده در حالت ۵ میله‌ای مستقیم (نفوذپذیری:۶۰٪)

Figure 13. Ratio of maximum scouring of each arrangement to maximum scouring on 5 bars with straight arrangement (60% permeability)



شکل ۱۴- نسبت حداکثر فرسایش هر حالت قرارگیری به میزان حداکثر فرسایش رخ داده در حالت ۵ میله‌ای مستقیم (نفوذپذیری:۸۰٪)

Figure 14. Ratio of maximum scouring of each arrangement to maximum scouring on 5 bars with straight arrangement (80% permeability)

گردیده است. این جداول نشان می‌دهند که تأثیر آرایش هر آبشکن نسبت به حداکثر چاله‌ی ایجاد شده در هر نفوذپذیری و حالت قرارگیری چه میزان بهبود دارد.

همانطور که مشاهده می‌شود در حالت چیدمان دافع، برای هرسه مقدار نفوذپذیری، تعداد ۷ میله‌ای مطلوب ترین نتیجه در مقابله با آبشستگی موضعی حداکثر را نشان می‌دهد. این مقادیر برای نفوذپذیری ۴۰ و ۶۰ و ۸۰ درصد به ترتیب برابر با ۶۳/۶۴، ۷۲/۲۳ و ۷۵ درصد می‌باشند.

بحث و نتیجه‌گیری

در این کار پژوهشی، آرایش جدیدی از آبشکن‌های نفوذپذیر ارائه گردیده و تأثیر آن بر روی آبشستگی موضعی بستر در پای میله مستقر در دماغهٔ آبشکن به صورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته است. به دلیل طبیعت آزمایشگاهی این کار پژوهشی، به منظور بررسی میزان مؤثر بودن آرایش شعاعی آبشکنهای نفوذپذیر، تعداد شش آزمایش با آبشکن‌های نفوذپذیر مستقیم نیز به آزمایشات افزوده شد و نتایج به دست آمده با نتایج حاصله از آنها مقایسه گردید. در عین حال روند نتایج با کار یباره پور و کاشفی [۱۳] نیز مورد مقایسه قرار گرفت و نشان داد که نتایج حاصله همخوانی خوبی با کار ایشان دارد. با بررسی نتایج و تجزیه وتحلیل داده‌ها نتایج زیر قابل استدلال است:

– عمق آبشستگی موضعی در آرایش شعاعی نسبت به آرایش دوبل مستقیم در نفوذپذیری‌های ۴۰،۶۰و۸۰ به ترتیب به میزان ۷۷ ،۸۰ و۷۵ درصد کمتر است. بنابراین به نظر می‌رسد این آرایش با استهلاک مؤثرتر انرژی ناشی از گردابه‌ها، عمل‌کرد بهتری برای به کارگیری در پروژه‌های اجرایی داشته باشد؛ چرا که با کمتر شدن عمق آبشستگی موضعی، ضریب پایداری سازه‌ی خود آبشکن بیشتر می‌شود.

– با افزایش نفوذپذیری آبشکن‌های شعاعی از ۴۰ درصد به۶۰درصد، میزان فرسایش موضعی حول آبشکن‌ها ۱۱درصد کاهش نشان می‌دهد. این امر بیانگر آن است که با افزایش نفوذپذیری هدایت جریان بطور یکنواخت‌تری انجام می‌گیرد و توسعه‌ی گردابه‌های مولد آبشستگی در سطح بیشتری اتفاق می‌افتد.

– حداکثر عمق آبشستگی در چیدمان با آرایش شعاعی، در آبشکن ۳ میله‌ای رخ می‌دهد که این عمق در نفوذپذیری ۴۰ درصد برابر ۳۳ میلی‌متر، در نفوذپذیری۶۰ درصد برابر ۱۸ میلی‌متر و در نفوذپذیری ۸۰ درصد برابر ۱۶ میلی‌متر است. این امر بیان‌گر آن است که با افزایش نفوذپذیری از ۴۰٪ به ۶۰٪ و ۸۰٪ عملکرد آبشکن به ترتیب حدود ۴۶ و ۱۲ درصد بهبود می‌یابد..

– مقایسه میزان آبشستگی موضعی در چیدمان شعاعی آبشکن با چیدمان مستقیم دوبل نشان می‌دهد که در استفاده از آرایش شعاعی هفت میله‌ای دافع، علاوه براینکه میزان عمق فرسایش در تمامی حالات کاهش نشان می‌دهد، به دلیل نوع آرایش، تعداد میله‌های مورد استفاده نیز کمتر است. کاهش تعداد میله‌ها می‌تواند به معنی کاهش عملیات اجرایی و کاهش هزینه‌ها تلقی گردد.

در نهایت پیشنهاد می‌گردد محققین بعدی، تأثیر پارامترهایی چون افزایش نفوذپذیری، تغییر شعاع آرایش، تعداد میله‌ها را روی عملکرد آبشکن در فرسایش کرانه‌ی مخالف رودخانه مورد بررسی قرار دهند.

منابع

1. Unknown. 2011. Guide to local scour estimation methods. No. 549 bulletin. Management and planning organization (In Persian)

2. Perdok U. H. 2002. Application of timber groyns in coastal engineering. M.Sc. Thesis. TU Delft university of Technology

3. Hao Zhang. Hajime Nakagawa. 2008. Characteristics of local flow and bed deformation at impermeable and permeable spur dykees. Annual Journal of Hydraulic Engineering. JSCE. Vol.53

4. Baba Y. Camenen B. Peltier Y. Thollet F. and Zhang. 2010. Flows and bed load dynamics around spur dyke in a compound channel. 11th international symposium on river sedimentation (ISRS)

5. Joongu Kang. Hongkoo Yeo. Sungjung Kim. & UN Ji. 2011. Permeability effects of single groin on flow characteristics. Journal of Hydraulic Research. 49:6. 728-735

6. Kadota A. Suzuki K. 2010. Local scour and development of sand wave around T-type and L-type groyns. International Conference of Scour Erosion. 707–714

7. Kadota A. Suzuki K. Kojima E. 2010. Flow visualization of mean and coherent flow structures around T-type and L-type groyns. River Flow. 203–210

8. Zhang Xiufang. Wang Pingyi. YANG Chengyu. 2012. Experimental Study on Flow Turbulence Distribution around a Spur Dike with Different Structure. International Conference on Modern Hydraulic Engineering. Vol 28 (772 – 775)

9. Dehghani A. A. H. Md. Azamathulla S. A. Hashemi Najafi S. Ayyoubzadeh A. 2013. Local scouring around L-head groyns. Journal of Hydrology. 504 (2013) 125–131

10. Ibrahim M. M. 2014. Local bed morphological changes due to oriented groins in straight channels. Ain Shams Engineering Journal. 5 (2). 333–341

11. Pandey M. 2015. Estimation of Maximum Scour Depth near a Spur Dike. Canadian Journal of Civil Engineering. DOI: 10.1139/cjce-2015-0280

12. Hasan Mahdi M. Al-Khateeb. Hayder Abdulameer K. AL-Thamiry. Huda Hadi Hassan. 2016. Evaluation of local scour development around curved non-submerged impermeable groyns. International Journal of Scientific & Technology Research. Volume 5. ISSUE 01

13. Yebare pour, E., Kashefi pour, S.M., 2015, Comparison of bed topography for permeable and impermeable spur dykes, Irrigation science and engineering journal, volume 37, no. 4 (in Persian)

14. Abedi H. Reza and Abbasi Saeed. 2015. Investigation of impact of bed elevation difference of two channels on erosion and sedimentation pattern of confluence. M.Sc. thesis of Hydraulic structures. University of Zanajn (In Persian)

15. Julien Y. Pierre. 2002. River mechanics. Cambridge University Press

16. Chiew, Y.M. (1992) scour protection at bridge pires. ASCE, J. Hydraul. Eng. 1992.118:1260-1269.

نشریه علمی- پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering
Vol. 12, No. 43, Winter 2019
سال دوازدهم- شماره ۴۳- زمستان ۱۳۹۷

Abstract

Experimental Investigation of Impact of Radial Deflecting Arrangement of Permeable Groyns on Maximum Scour Rate of Nose

F. Maleki[1] and S. Abbasi[2]

Received: 19-09-2017 Accepted: 15-07-2018

Groyns are some structures which are constructed in flow path to protect the river bank. One of the most significant challenges in groyns operation is production of scour hole at the nose. In this study; new arrangement is proposed for permeable groyns and effect of this arrangement on maximum depth of scour hole at the nose of the groyn is investigated experimentally. Amount of permeability for the groyn is selected to be 40%. 60% and 80% and the experiments were performed in clear water. The Froude number is considered to be constant in all experiments and the depth of scour hole was measured with laser meter with an accuracy of 1 mm. Impact of number of groyns in each permeability was investigated as well. Then, behavior of groyns because of change of permeability and also maximum depth of produced scour hole in the situation of nose of groyn with various numbers of bars was compared. Result of experiments shows that between performed experiments for groyn with radial deflecting arrangement, the scour hole depth is minimum on permeability of 80% and groyn with seven bars.

Keywords: Scouring, Radial permeable groyne, Scouring pattern, Scouring control, Experimental model

1. M.Sc. in Civil Engineering, University of Zanjan, Iran
2. Corresponding Author and Assistant professor, University of Zanjan, Email: Abbasi.saeed@znu.ac.ir