

تأثیر فاصله استقرار آبشکن محافظ نفوذپذیر بالادست بر کنترل آبشستگی موضعی دماغه در سری آبشکن‌های نفوذناپذیر قائم

حسین خداکرمی^۱، سعید عباسی^{۲*}

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۶/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۷

مقاله پژوهشی

چکیده

یکی از مهم‌ترین ملاک‌ها برای طراحی آبشکن، پایداری خود آبشکن در مقابل اثرات مخرب جریان آب در اطراف آن است. استفاده از آبشکن محافظ نفوذناپذیر یکی از روشهای مقابله با پدیده فرسایش موضعی در اطراف و پای آبشکن است. در این مطالعه برای حفاظت و کاهش عمق فرسایش موضعی دماغه در سری آبشکن‌های نفوذناپذیر، از آبشکن محافظ نفوذپذیر در بالادست استفاده شده است. به این منظور حداکثر عمق فرسایش موضعی دماغه برای سری آبشکن-های نفوذناپذیر با شرایط آزمایشگاهی تعیین شد و عمق آبشستگی در دو حالت بدون آبشکن محافظ و با آبشکن محافظ در پنج فاصله‌ی مختلف 'L', '1.5L', '2L', '2.5L', '3L' (طول آبشکن محافظ) از اولین آبشکن از سری آبشکن‌های نفوذناپذیر، تعیین و مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که استقرار آبشکن محافظ نفوذپذیر در بالادست سری آبشکن‌های با طول مساوی در فاصله '3L' از اولین آبشکن، باعث کاهش حداکثر عمق آبشستگی اولین آبشکن به میزان ۳۴/۳ درصد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبشستگی موضعی، آبشکن محافظ نفوذپذیر، سری آبشکن، طول مساوی

^۱ کارشناس ارشد سازه‌های هیدرولیکی، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، h.khodakarami@znu.ac.ir

^{۲*} استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، Abbasi.saeed@znu.ac.ir (نویسنده مسئول)



مقدمه

تاکنون مطالعات زیادی بر روی پدیده‌ی آبشستگی و روش‌های جلوگیری از آن بر روی تکیه‌گاه‌ها، آبشکن‌ها و پایه‌ی پل‌ها صورت گرفته است. روش‌های جلوگیری از آبشستگی ساحل رودخانه به دو دسته‌ی کلی تقسیم می‌شوند: الف) روش‌های مستقیم که با مقاوم سازی بستر میزان حرکت ذرات را کاهش می‌دهند، همانند سنگچین، قطعات پیش‌ساخته بتنی و گابیون (ب) روش‌های غیر مستقیم که با تغییر الگوی جریان باعث دور شدن جریان از پایه‌ی پل یا آبشکن می‌شوند مانند استفاده از آبشکن محافظ، طوقه و صفحات مستغرق (نشریه شماره ۱۴۹). محققین زیادی از جمله Garde (1961), et al., Melville (1992), Rahman (2003), Kadota, Ghodsian et al. (2009), Saneie (2006), Osman and Saeed (2012), and Suzuki (2010), Vaghefi et al. (2017) و Dehghani et al. (2013) به بررسی الگوی فرسایش و رسوب گذاری، آبشستگی موضعی آبشکن‌ها تحت شرایط متفاوت پرداخته‌اند. از مهم‌ترین اصول طراحی آبشکن، کاهش احتمال تخریب خود آبشکن در اثر آبشستگی موضعی است. یکی از روش‌های کاهش آبشستگی موضعی در آبشکن‌ها، استفاده از آبشکن محافظ در بالادست است. اردشیر و همکاران مطالعاتی در یک فلوم آزمایشگاهی انجام دادند و در نهایت گزارش کردند که مناسب‌ترین طول برای آبشکن محافظ ۰/۶۶ تا ۰/۷۷ طول آبشکن اول است (اردشیر و همکاران، ۲۰۰۵). عزالدین و همکاران تحقیقاتی بر روی آبشکن تیغه‌ای با طول‌های مؤثر متفاوت ۰/۰۴، ۰/۰۷ و ۰/۱ متر و قطر مصالح غیریکنواخت $d_{50} = 0.6mm$ در کانالی به عرض ۰/۴ متر و طول ۱۲ متر انجام دادند. ایشان به این نتیجه رسیدند که با افزایش تنگ‌شدگی ابعاد حفره‌ی آبشستگی افزایش یافته و طول بالادست حفره‌ی آبشستگی حدود دو برابر طول مؤثر آبشکن می‌باشد. همچنین ایشان نشان دادند که طول بالادست و پایین‌دست حفره‌ی آبشستگی در این نوع آبشکن‌ها به ترتیب حدود دو و سه برابر حداکثر عمق آبشستگی می‌باشد (Ezzedine et al.,

2007). کرمی و همکاران در یک مطالعه‌ی آزمایشگاهی، تأثیر آبشکن محافظ نفوذناپذیر بر آبشستگی موضعی اطراف آبشکن اول در سری آبشکن‌ها را نشان دادند. نتایج مطالعه‌ی ایشان طول آبشکن محافظ را بین ۰/۵ تا ۰/۵۸ طول سری آبشکن (L) و فاصله‌ی بین اولین آبشکن و آبشکن محافظ (X) را در محدوده‌ی ۱/۵-۲ برابر L توصیه می‌کند. یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که استفاده از آبشکن محافظ می‌تواند به طور مؤثری میزان فرسایش را در آبشکن اول کاهش دهد (کرمی و همکاران، ۲۰۰۸). ژنگ و ناکاوا با انجام آزمایش بر روی دو 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 (Zhang and Nakagawa, 2009). آچاریا و دوان به بررسی جریان متلاطم و الگوی فرسایش و رسوب‌گذاری در اطراف سری آبشکن‌های موازی در شرایط بستر صلب و فرسایش‌پذیر پرداختند. گزارشات آن‌ها نشان داد که نتایج شبیه‌سازی میدان جریان تطابق خوبی با داده‌های آزمایشگاهی دارد (Acharya and Duan, 2011). کرمی و همکاران در مطالعه‌ی عددی بر روی داده‌های آزمایشگاهی حاصل از آبشستگی پیرامون آبشکن‌ها، مشاهده شد که ۸۰ درصد آبشستگی در ۲۰ درصد اولیه‌ی زمان تعادل آبشستگی اتفاق می‌افتد. همچنین در سری آبشکن‌ها، آبشکن اول و آخر بیشترین عمق آبشستگی را دارند (کرمی و همکاران، ۲۰۱۴). لی ژنگ و همکاران در مطالعه‌ی تأثیر زبری نسبی و امتداد آبشکن بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی حفره‌ی آبشستگی را مورد بحث قرار دادند. نتایج نشان داد که حداکثر عمق آبشستگی رابطه‌ی توانی با مساحت حفره‌ی آبشستگی و حجم حفره‌ی آبشستگی دارد. با کاهش زاویه‌ی امتداد، موقعیت حداکثر عمق آبشستگی به تدریج به سمت دماغه‌ی آبشکن نزدیک می‌شود. آرایش آبشکن به طور قابل توجهی موقعیت عمق آبشستگی موضعی و شکل هندسی حفره‌ی آبشستگی را تغییر می‌دهد (Zhang Li et al., 2018). حقیقت پناه و همکاران در یک مطالعه‌ی

رسوبگذاری در اطراف سری آبشکن‌های موازی با طول نامساوی پرداختند که در آن آبشکن‌های پیشین، نقش آبشکن محافظ را برای آبشکن‌های پسین ایفا می‌کرد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۷). از آنجایی که در مطالعات صورت گرفته از آبشکن نفوذپذیر به عنوان آبشکن محافظ استفاده نشده است، در این کار پژوهشی از آبشکن محافظ نفوذپذیر در بالادست استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها درون کانال مستقیمی در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده مهندسی دانشگاه زنجان با مشخصات طول ۵ متر، عرض و ارتفاع ۰/۳ متر و با شیب کف ۰/۰۱ صورت گرفت. شکل‌های (۱) و (۲) نمایی از آزمایشگاه و این کانال را نشان می‌دهند.

آزمایشگاهی، صفحاتی مستغرق در سه طول و سه زاویه مختلف در کانالی با قوس ملایم سینوسی قرار دادند و عملکرد آن‌ها را با یکدیگر مورد مقایسه قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که با افزایش طول و فاصله بین صفحات مستغرق در یک عدد فرود ثابت، حداکثر عمق آبشستگی افزایش می‌یابد، به طوری که حداکثر عمق آبشستگی صفحه اول در زاویه ۱۱۰ درجه و طول ۲/۶۶ مشاهده شد. همچنین مناسب‌ترین زاویه برای استقرار صفحات مستغرق، زاویه ۱۴۰ درجه و مخرب‌ترین زاویه استقرار، زاویه ۱۱۰ درجه است (حقیقت‌پناه و همکاران، ۱۳۹۸). عباسی و همکاران در مطالعه‌ای عددی به بررسی تاثیر اثر زاویه‌های مختلف آبشکن‌ها با جهت جریان (۴۵، ۶۰، ۷۵، ۹۰، ۱۰۵، ۱۲۰ و ۱۳۵ درجه)، چینش‌های متفاوت آبشکن‌ها (۲ چینش مختلف از بزرگ به کوچک و از کوچک به بزرگ) بر الگوی جریان، فرسایش و



شکل (۱): نمایی از آزمایشگاه و کانال استفاده شده



شکل (۲): نمایی از درون فلوم آزمایشگاه

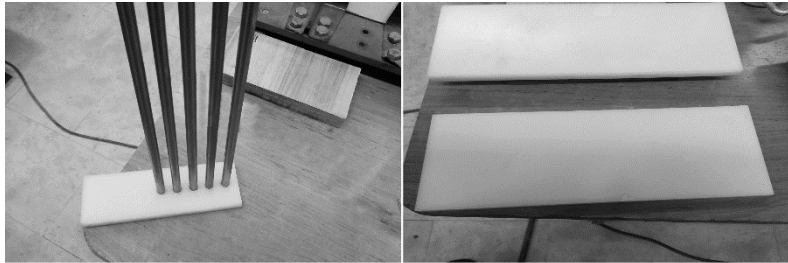
کانال، از پوشال و صفحه‌ای مشبک استفاده شد. سیستم جریان موجود در فلوم به صورت گردشی است که جریان

در ابتدای کانال برای جلوگیری از انتقال آشفتگی جریان خروجی از پمپ و آرام سازی جریان ورودی به



آزمایش‌ها آبشکن‌ها به صورت غیر مستغرق قرار گرفتند و برای تنظیم ارتفاع آب روی بستر از یک سرریز در انتهای فلوم بهره‌گیری شد. تنظیم دبی نیز با اشلی که در پایین دست کانال قرار داده شده بود و به کمک شیر کنارگذر پمپ صورت گرفت. بعد از اتمام هر آزمایش و بعد از اینکه جریان آب بطور کامل از بستر زهکشی می‌شد، پروفیل و ابعاد حفره آبشستگی و توپوگرافی بستر به صورت شبکه‌ای 2×2 سانتی متر به صورت نقطه‌ای برداشت می‌شد (از ابزار برداشت سطح لیزری با دقت ± 1 میلی‌متر استفاده شد).

آب از کانال وارد مخزن شده و سپس مجدداً به داخل کانال پمپ می‌شود. برای اندازه‌گیری دبی جریان از روش حجمی استفاده شد. بستر کانال به طول ۳ متر از ابتدا و $0/9$ متر از انتهای آن با سنگدانه‌های درشت تراز شد تا این قسمت از کانال به صورت بستر فرسایش ناپذیر رفتار کند. قسمت باقی مانده‌ی طول فلوم، با استفاده از رسوبات با دانه‌بندی یکنواخت $d_{50} = 0.82mm$ و به ارتفاع ۱۳ سانتی‌متر تراز شد. پایه‌های آبشکن‌های نفوذناپذیر از جنس ورق تغلون و شمعه‌های استوانه‌ای از جنس فولاد زنگ‌نزن انتخاب شدند (شکل ۳). در تمام



شکل (۳): آبشکن‌های نفوذناپذیر و آبشکن محافظ نفوذپذیر

$$\frac{V_c}{u_c^*} = 5.75 \log(5.53 \frac{y_0}{d_{50}}) \quad (۶)$$

که در روابط فوق u_c^* : سرعت برشی بحرانی، V_c : سرعت بحرانی، d_{50} : متوسط قطر ذرات بستر هستند. براساس توصیه‌ی Oliveto and Hager (2002) برای جلوگیری از اثر زبری بر عمق آبشستگی، عمق آب باید بیشتر از ۲۰ میلی‌متر انتخاب شود. همچنین طبق نظر Ettema (1980) در جریان‌های کم‌عمق، گرداب‌های موج کم‌انی^۱ ایجاد شده در سطح آب، به دلیل گردش در خلاف جهت جریان با جریان تداخل یافته و موجب کاهش در جریان روبه پایین و کاهش عمق آبشستگی می‌شود. بنابراین باید عمق جریان به گونه‌ای انتخاب شود که تأثیر این پدیده بر عمق آبشستگی از بین برود.

برای بررسی شرایط آستانه‌ی حرکت و تعیین سایز مصالح مورد استفاده در بستر فرسایش پذیر از معادلات (۱) تا (۴) مربوط به پارامتر شیلدز بحرانی و عدد رینولدز مرزی استفاده می‌شود اما در این تحقیق جهت سهولت روند محاسبات از معادلات (۵) و (۶) Melville (1997)، برای محاسبه سرعت برشی استفاده شده است.

$$\theta_c = \frac{\tau_c}{(\gamma_c - \gamma)D_s} \quad (۱)$$

$$R_* = \frac{u_* D_s}{\nu} \quad (۲)$$

$$\tau_0 = \gamma R S \quad (۳)$$

$$u_* = \sqrt{g R S} \quad (۴)$$

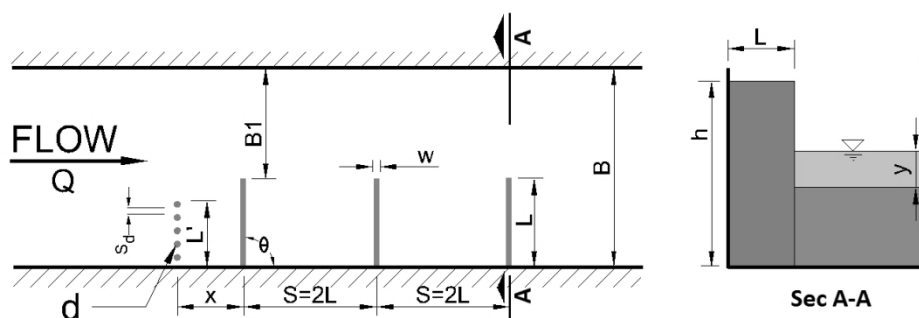
$$u_c^* = 0.0115 + 0.0125 d_{50}^{1.4} \quad (۵)$$

$$0.1mm < d_{50} \leq 1mm$$

^۱ Bow wave vortexes

محدوده‌ی توصیه شده باشد که طول آبشکن‌ها با توجه به این معیار تعیین شد. این مقدار در رودخانه‌ها برای جلوگیری از ایجاد تنگ شدگی در مسیر جریان باید حداکثر ۳۰ درصد باشد، در رودخانه‌های کوچک حداقل عرض ۱۰ متر رودخانه باید تأمین شود و یا عرض رودخانه نباید از دو سوم موجود آن کمتر گردد (نشریه شماره ۵۴۹). پارامترهای هندسی مؤثر در این آزمایشات در حالات مختلف و نحوه‌ی استقرار آبشکن‌ها در شکل (۴) نشان داده شده و همچنین در جدول‌های (۱)، (۲) و (۳) مقادیر این پارامترها به صورت کمی آورده شده است.

بنابراین در این آزمایشات عمق جریان برابر ۵/۵ سانتیمتر تعیین گردید. برای جلوگیری از تشکیل ریپل طبق توصیه Raudkivi and Ettema (1983) قطر ذرات باید بزرگتر از ۰/۷ میلی‌متر باشد. همچنین برای حذف اثر نایک‌نواختی رسوبات بر کاهش آبستگي موضعی، میزان انحراف معیار هندسی ذرات () $\sigma_g = \sqrt{D_{84}/D_{16}}$ باید از ۱/۳ کمتر باشد (شفافی بجستان، ۱۳۸۷). با توجه به شرایط ذکر شده، اندازه‌ی مصالح مانده روی الک شماره‌ی ۳۰ و عبوری از الک شماره‌ی ۲۰ با قطر متوسط ۰/۸۲ میلی‌متر، با انحراف معیار ۱/۲۵ و چگالی ویژه‌ی ۲/۶۳ انتخاب شد. هنگام قرارگیری آبشکن‌ها، درصد اشغال عرض کانال باید طبق



شکل (۴): پلان و مقطع هندسی آبشکن‌های با طول مساوی و آبشکن محافظ

جدول (۱): پارامترهای هندسی آبشکن نفوذپذیر محافظ

پارامتر	نماد	مقادیر
درصد نفوذپذیری سطح آبشکن-محافظ	r_0 (%)	50
قطر میله‌ها	d (mm)	10
تعداد میله‌ها	N	5
زاویه قرارگیری نسبت به جریان	Θ (deg)	90
فاصله قرارگیری میله‌ها نسبت هم	S_d (mm)	10
طول آبشکن محافظ	L' (mm)	100
فاصله قرارگیری آبشکن محافظ نسبت به اولین آبشکن	x (mm)	100-150-200-250-300 ($L', 1.5L', 2L', 2.5L', 3L'$)
درصد اشغال کننده از عرض	$K=L/B$ (%)	33.3

جدول (۲): پارامترهای هندسی سری آبشکن‌های نفوذناپذیر با طول مساوی

پارامتر	نماد	مقادیر
طول آبشکن‌ها	L (mm)	100

ضخامت آبشکن‌ها	w (mm)	10
تعداد آبشکن‌ها	N	3
زاویه قرارگیری نسبت به جهت جریان	Θ (deg)	90
فاصله قرارگیری نسبت بهم	S (mm)	200
درصد اشغال کننده از عرض	K=L/B (%)	33.3

آبشکن محافظ نفوذپذیر از سری آبشکن‌ها، بعنوان متغیر در نظر گرفته شده است. محدوده پارامترهای شرایط هیدرولیکی جریان موجود در این آزمایشات در جدول (۳) مشخص شده است.

آزمایشات تحت شرایط آب زلال^۱، در حالت بدون آبشکن محافظ نفوذپذیر و با آبشکن محافظ نفوذپذیر در پنج فاصله ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ سانتی‌متری از سری آبشکن‌های نفوذناپذیر قائم با دبی ثابت و بستر با دانه‌بندی یکنواخت انجام شد. در این مطالعه تغییر فاصله

جدول (۳): پارامترهای شرایط هیدرولیکی جریان

پارامتر	شرح	مقدار
Q (m ³ /s)	دبی	0.002
y (m)	عمق	0.055
V (m/s)	سرعت	0.121
Fr	عدد فرود	0.165
Re	عدد رینولدز	4878.05
u_c^* (m/s)	سرعت برشی بحرانی	0.012
V_c (m/s)	سرعت بحرانی	0.170
$\frac{V}{V_c}$	نسبت سرعت‌ها	0.713

که در آن ρ چگالی آب، ρ_s چگالی رسوبات، μ ویسکوزیته‌ی آب، θ زاویه استقرار آبشکن‌ها، V سرعت جریان، y عمق جریان، g شتاب گرانش، d_{50} قطر متوسط ذرات، D قطر میله، r_0 درصد نفوذپذیری آبشکن محافظ، L طول آبشکن نفوذناپذیر، L' طول آبشکن محافظ نفوذپذیر، B عرض کانال، B_1 عرض تنگ شدگی کانال، S_0 شیب کانال، S فاصله طولی آبشکن‌ها، x فاصله‌ی آبشکن محافظ از اولین آبشکن و

آنالیز ابعادی

عوامل مؤثر بر عمق آبشستگی در اطراف آبشکن‌های نفوذناپذیر در کانال شامل شرایط جریان، ماهیت رسوبات، قطر میله‌ها و فواصل آنها می‌باشند که ارتباط آنها بر طبق رابطه (۷) مشخص می‌شود:

$$d_s = f(\rho, \rho_s, \mu, V, y, B, B_1, g, D, d_{50}, L, L', \theta, x, r_0, S_0, S) \quad (7)$$

¹ Clear water

تعیین مدت زمان آزمایش

برای تعیین مدت زمان آزمایشات یک آزمایش تعادلی به مدت ۸ ساعت برای سری آبشکن‌های نفوذناپذیر با طول مساوی بدون حضور آبشکن محافظ نفوذپذیر انجام پذیرفت. حداکثر عمق چاله‌ی آبشستگی موضعی در آزمایش تعادلی در ۳۰ دقیقه اول هر پنج دقیقه، تا دقیقه ۱۲۰ هر ۱۰ دقیقه، تا دقیقه ۱۸۰ هر ۱۵ دقیقه، تا دقیقه ۳۰۰ هر ۳۰ دقیقه و تا دقیقه ۴۸۰ هر یک ساعت به وسیله‌ی کولیس اندازه‌گیری شده است. زمانی که حداکثر عمق آبشستگی به یک حد ثابتی رسید، مقدار نهایی (d_s) اندازه‌گیری شد و در نهایت مطابق شکل (۵) مدت زمان انجام آزمایش با توجه به اینکه ۹۰ درصد آبشستگی (در آبشکن اول) در این زمان اتفاق افتاده است برابر ۱۰۰ دقیقه تعیین شد. (عمق آبشستگی در پای آبشکن اول، دوم و سوم در زمان ۱۰۰ دقیقه به ترتیب برابر با ۸۱-، ۳+ و ۷- میلی‌متر است).

d_s عمق آبشستگی اطراف دماغه‌ی آبشکن تعریف شده- اند. با انجام آنالیز ابعادی به روش پی‌باکینگهام و انتخاب متغیرهای V و L' به عنوان متغیرهای تکراری و حل معادلات بدست آمده، رابطه (۸) نتیجه می‌شود که با حذف تعدادی از پارامترها که در شرایط آزمایش‌های انجام شده در این پژوهش ثابت بودند، رابطه (۹) برای عمق حداکثر آبشستگی استحصال گردید که:

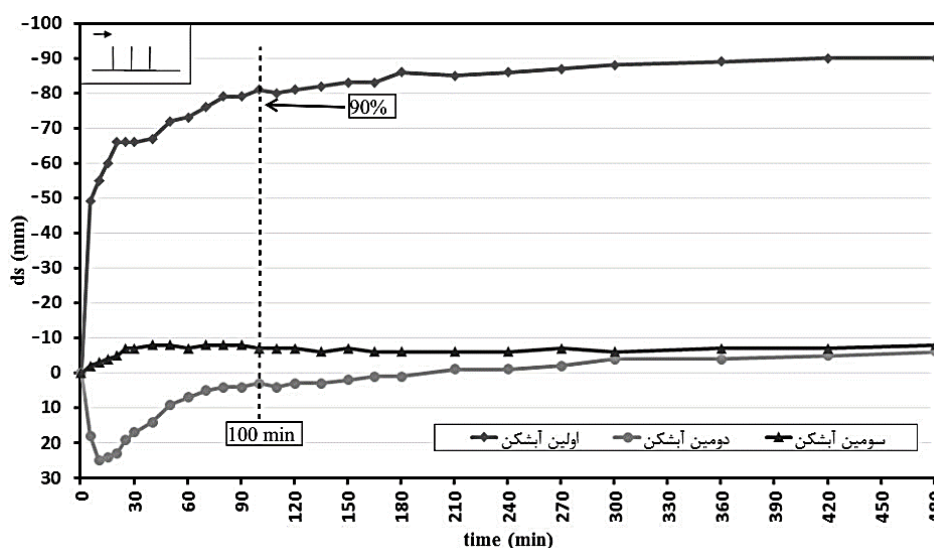
$$f\left(\frac{d_s}{L'}, \frac{B}{L'}, \frac{B_1}{L'}, \frac{D}{L'}, \frac{d_{50}}{L'}, \frac{L}{L'}, \frac{x}{L'}, \frac{S}{L'}, Fr, Re, \theta, r_0\right) = 0 \quad (8)$$

$$\frac{d_s}{L'} = f\left(\frac{L}{L'}, \frac{x}{L'}, \theta\right) \quad (9)$$

برای حجم آبشستگی نیز پس از آنالیز ابعادی رابطه- های (۱۰) و (۱۱) بدست می‌آید:

$$f\left(\frac{V_s}{L'^3}, \frac{B}{L'}, \frac{B_1}{L'}, \frac{D}{L'}, \frac{d_{50}}{L'}, \frac{L}{L'}, \frac{x}{L'}, \frac{S}{L'}, Fr, Re, \theta, r_0\right) = 0 \quad (10)$$

$$\frac{V_s}{L'^3} = f\left(\frac{L}{L'}, \frac{x}{L'}, \theta\right) \quad (11)$$



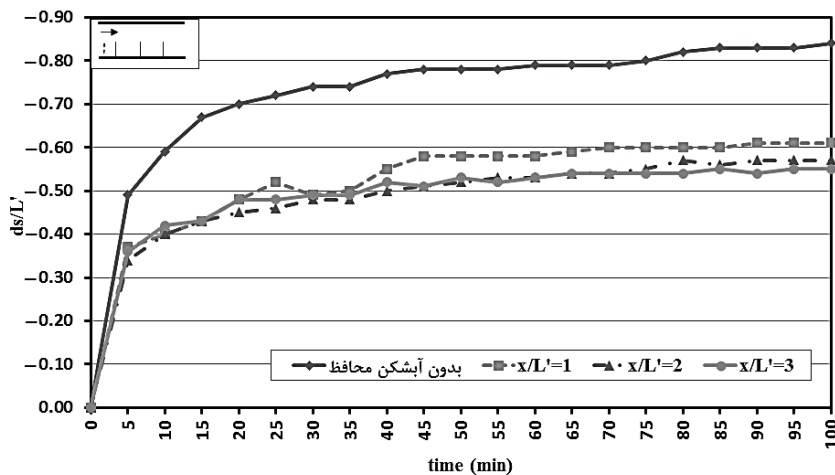
شکل (۵): نمودار آزمایش تعادلی روند آبشستگی در طول زمان برای سری آبشکن با طول مساوی (بدون آبشکن محافظ)



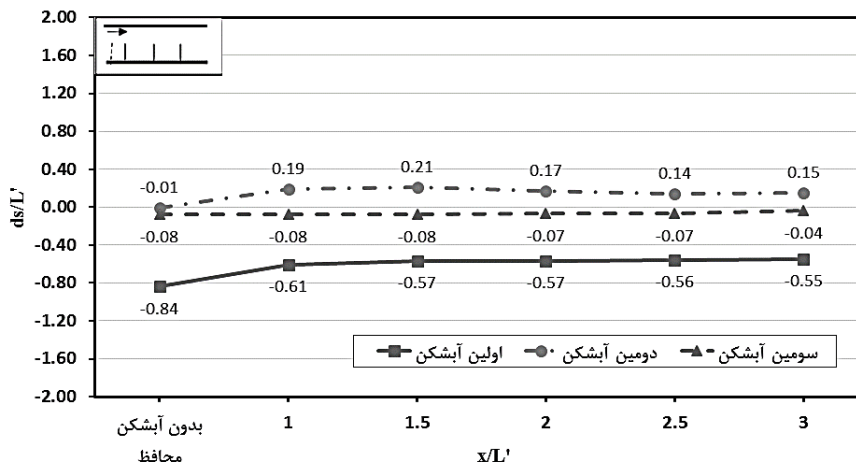
نتایج و بحث

در حالت بدون آبشکن محافظ و با آبشکن محافظ) ترسیم شد که مشاهدات حاصل بر مبنای نمودارهای مختلف در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در شکل (۶) نمودار آبشستگی- زمان اولین آبشکن از سری آبشکن‌های با طول مساوی نشان داده شده است. بر اساس این نمودار، میزان حداکثر عمق آبشستگی در حالت با آبشکن محافظ نسبت به حالت بدون آبشکن محافظ کاهش نشان می‌دهد. تأثیر مثبت آبشکن محافظ بر کنترل فرسایش زیر آبشکن اول در حدود ۳۲٪ است که دلیل آن انحراف خطوط جریان و ممانعت از برخورد مستقیم قسمتی از جریان با آبشکن اول است. در نتیجه گردابه‌های نعل اسبی و برخاستگی دارای انرژی کمتری برای ایجاد آبشستگی خواهند بود.

در این پژوهش تعداد شش آزمایش با دبی ثابت، در شرایط آب زلال ($V_c = 0.713$) و همچنین با بستر با دانه بندی یکنواخت در حالت بدون آبشکن محافظ نفوذپذیر و با آبشکن محافظ نفوذپذیر در پنج فاصله L' ، $1.5L'$ ، $2L'$ ، $2.5L'$ ، $3L'$ از سری آبشکن‌های نفوذناپذیر انجام گرفت. برداشت توپوگرافی بستر و همچنین ابعاد حفره آبشستگی فقط برای سه آزمایش L' ، $2L'$ ، $3L'$ فاصله آبشکن محافظ از اولین آبشکن از سری آبشکن‌ها انجام شده است. پس از انجام آزمایش‌ها، نمودارهای بی بعد (تغییرات زمانی عمق آبشستگی بی بعد شده به ازای فاصله آبشکن محافظ، پروفیل‌های طولی و عرضی آبشستگی برای سری آبشکن‌ها و حجم حفره آبشستگی



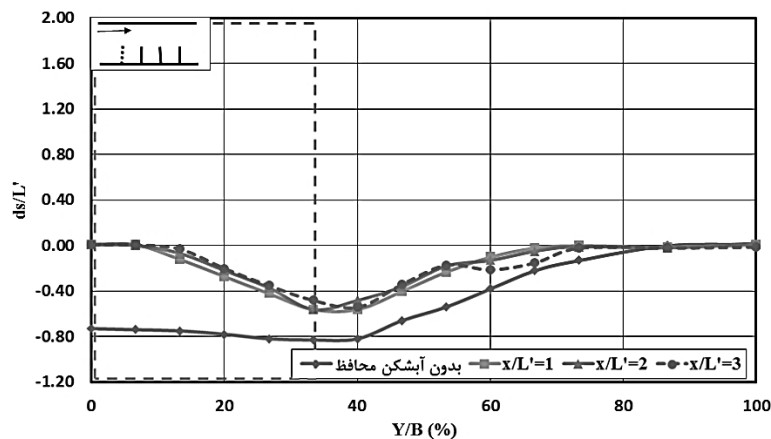
شکل (۶): آبشستگی- زمان اولین آبشکن از سری آبشکن‌های با طول مساوی



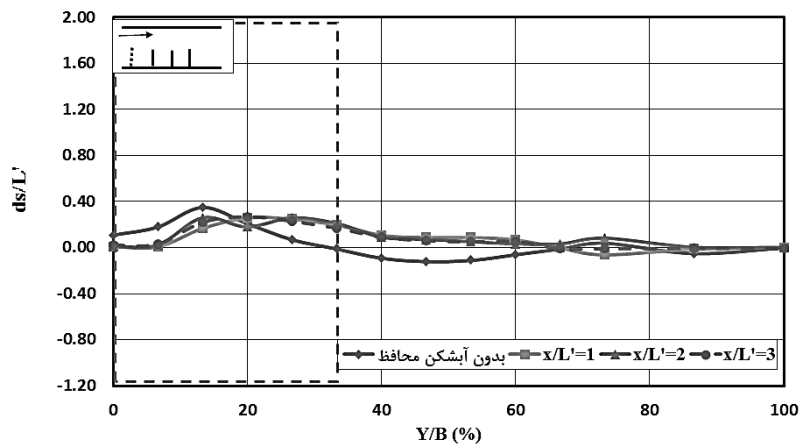
شکل (۷): حداکثر عمق آبشستگی سری آبشکن‌های با طول مساوی به ازای فواصل آبشکن محافظ

جریان از دماغه آبشکن و کاسته شدن از انرژی جنبشی جریان دانست (منفی بودن مقادیر برای آبشکن دوم نشان دهنده‌ی انباشت رسوب در کنار این آبشکن است). در آبشکن سوم، تغییر چشمگیری در حداکثر عمق آبستنگی بعد از استقرار آبشکن محافظ رخ نداده است. علت این امر را می‌توان عملکرد آبشکن اول و دوم به عنوان آبشکن محافظ برای آبشکن سوم دانست که باعث دور شدن خطوط جریان از دماغه‌ی آبشکن می‌شوند. پروفیل عرضی بستر در محل اولین آبشکن از سری آبشکن‌ها در شکل (۸) نشان داده شده است. این نمودار نشان می‌دهد که استفاده از آبشکن محافظ در بالادست و در فواصل مختلف، باعث کاهش عرض حفره‌ی آبستنگی در پای آبشکن اول می‌شود.

در شکل (۷) حداکثر عمق آبستنگی سری آبشکن‌های با طول مساوی به ازای فواصل آبشکن محافظ نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که برای اولین آبشکن از سری آبشکن‌های با طول مساوی، استفاده از آبشکن محافظ باعث کاهش حداکثر عمق آبستنگی می‌شود، که علت آن حضور آبشکن محافظ، از شدت مومنتوم فرسایشی جریان در مجاورت دماغه آبشکن اول کاسته است که نتیجه آن کاهش قدرت جریانهای گردابه‌ای می‌باشد. بعد از فاصله‌ی $1/5L'$ آبشکن محافظ، تغییرات محسوسی در حداکثر عمق آبستنگی ایجاد نمی‌شود. برای دومین آبشکن نیز بیشترین ارتفاع پشته رسوبی به ازای فاصله $1/5L'$ آبشکن محافظ از اولین آبشکن اتفاق افتاده است که علت آن را می‌توان در دور شدن خطوط



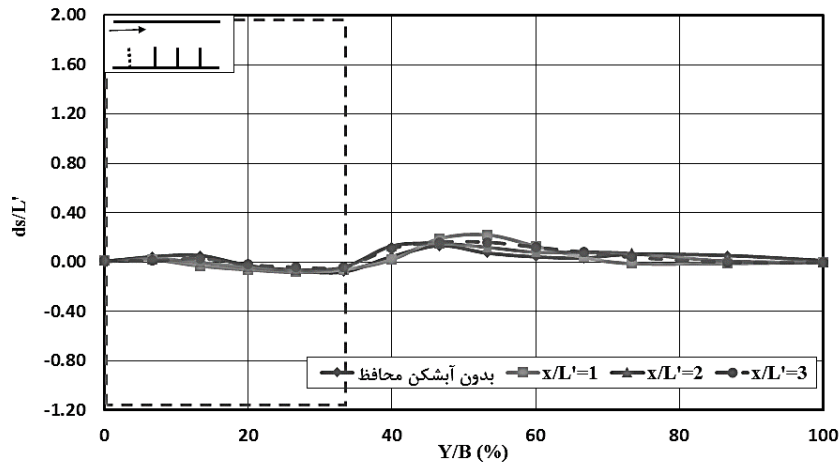
شکل (۸): پروفیل عرضی بستر در محل اولین آبشکن از سری آبشکن‌های با طول مساوی



شکل (۹): پروفیل عرضی بستر در محل دومین آبشکن از سری آبشکن‌های با طول مساوی

ترسیب رسوبات از دماغه‌ی آبشکن دوم است. شکل (۱۰) پروفیل عرضی بستر در محل آبشکن سوم را نشان می‌دهد و حاکی از آن است که با استقرار آبشکن محافظ در بالادست، تغییری زیادی در پروفیل عرضی آبشکن سوم ایجاد نشده است.

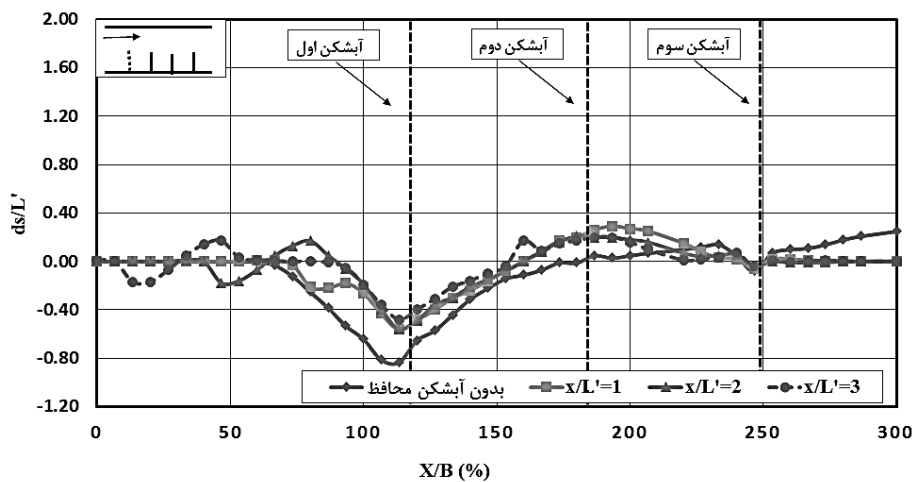
پروفیل عرضی بستر در محل آبشکن دوم از سری آبشکن‌ها در شکل (۹) نشان داده شده است. دیده می‌شود که با استقرار آبشکن محافظ در بالادست، رسوب‌گذاری در اطراف آبشکن دوم افزایش می‌یابد که علت آن ایجاد محیط آرام‌تر و مهیا ساختن شرایط برای



شکل (۱۰): پروفیل عرضی بستر در محل سومین آبشکن از سری آبشکن‌های با طول مساوی

دومین آبشکن می‌گردد. همچنین به عنوان مثال در فاصله $3L'$ ، کاهش $35/3$ درصدی طول حفره‌ی آبستنگی در اولین آبشکن از سری آبشکن‌های با طول مساوی مشاهده می‌شود.

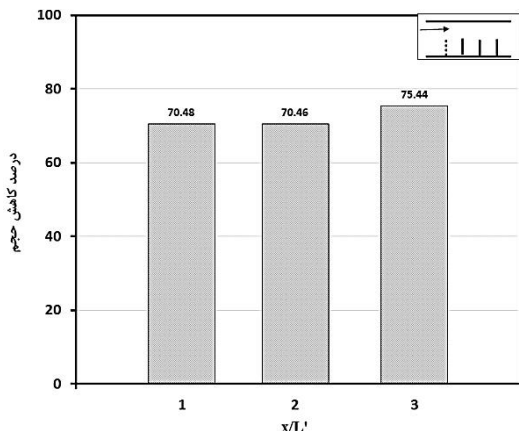
پروفیل طولی بستر در حالات مختلف در شکل (۱۱) آورده شده است. استقرار آبشکن محافظ در بالادست، موجب کاهش حداکثر عمق آبستنگی در دماغه‌ی اولین آبشکن و افزایش رسوب‌گذاری موضعی بین اولین و



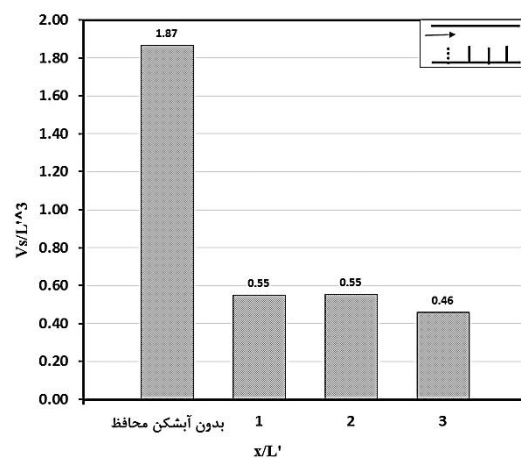
شکل (۱۱): پروفیل طولی بستر در محل سری آبشکن‌های با طول مساوی

همانطور که ملاحظه می شود، استقرار آبشکن محافظ در بالا دست سری آبشکن با طول مساوی باعث کاهش حجم آبشستگی برای اولین آبشکن از سری آبشکن ها نسبت به حالت بدون آبشکن محافظ به میزان ۷۵/۴ درصدی در فاصله ۳L' شده است.

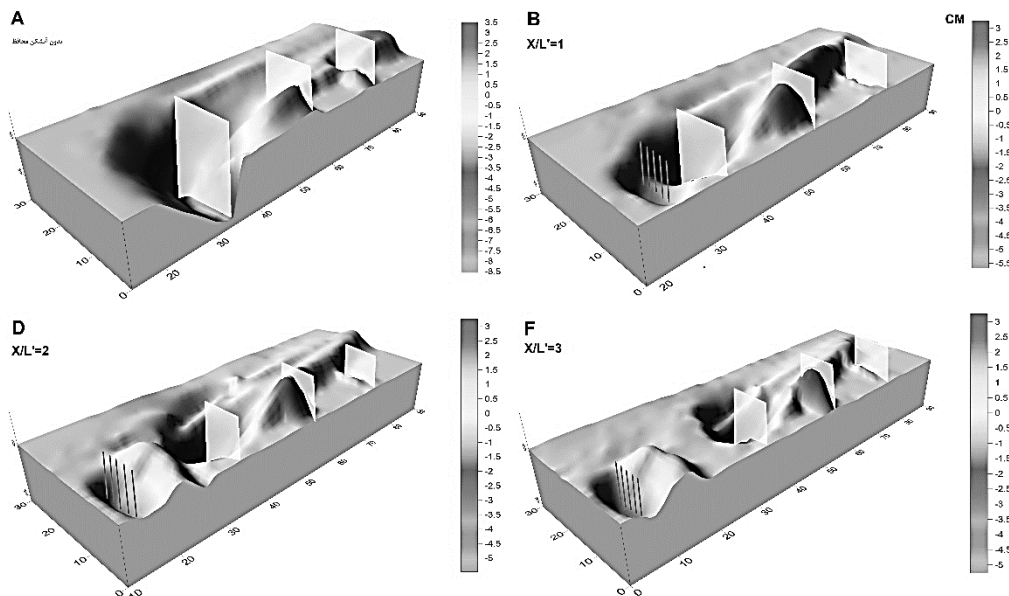
در شکل های (۱۲) و (۱۳) به ترتیب حجم حفره آبشستگی و درصد کاهش حجم حفره آبشستگی در اطراف آبشکن اول نشان داده شده است که حجم حفره آبشستگی با استفاده از نرم افزار Surfer بدست آمده است.



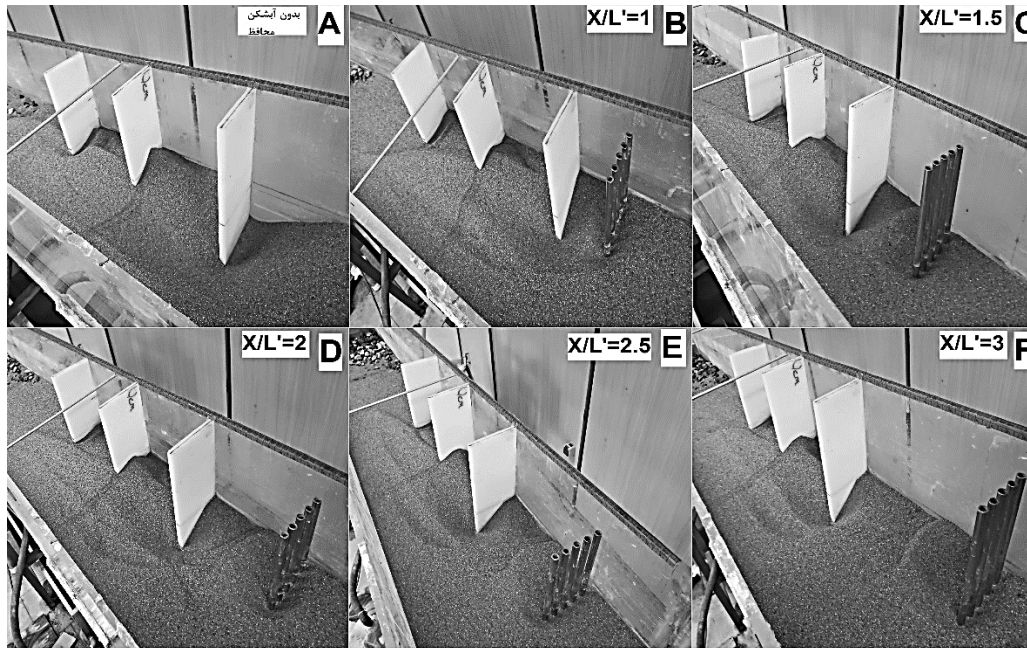
شکل (۱۳) نمودار درصد کاهش حجم آبشستگی برای اولین آبشکن از سری آبشکن ها نسبت به حالت بدون آبشکن



شکل (۱۲) نمودار حجم آبشستگی برای اولین آبشکن از سری آبشکن های با طول مساوی



شکل (۱۴) توپوگرافی بستر کانال در سری آبشکن با طول مساوی (A: بدون آبشکن محافظ B: آبشکن محافظ در فاصله X/L'=1 D: آبشکن محافظ در فاصله X/L'=2 F: آبشکن محافظ در فاصله X/L'=3)



شکل (۱۵): سری آبشکن با طول مساوی: (A) بدون آبشکن محافظ (B) آبشکن محافظ در فاصله $X/L'=1$ (C) آبشکن محافظ در فاصله $X/L'=1.5$ (D) آبشکن محافظ در فاصله $X/L'=2$ (E) آبشکن محافظ در فاصله $X/L'=2.5$ (F) آبشکن محافظ در فاصله $X/L'=3$

- فاصله متناظر با کمترین عمق آبستگی برای آبشکن محافظ از اولین آبشکن برای سری آبشکن با طول مساوی برابر با $1.5L'-3L'$ می‌باشد. تغییرات نمودار آبستگی پس از فاصله $1.5L'$ تقریباً نامحسوس است.

- در اولین آبشکن از سری آبشکن‌های با طول مساوی، استقرار آبشکن محافظ باعث کاهش $۷۵/۴$ درصدی حجم حفره‌ی آبستگی در فاصله‌ی $3L'$ از اولین آبشکن شده است.

- استقرار آبشکن محافظ در فاصله‌ی $3L'$ از اولین آبشکن، باعث کاهش $۳۵/۳$ درصدی طول حفره‌ی آبستگی در اولین آبشکن از سری آبشکن‌های با طول مساوی می‌گردد.

- استقرار آبشکن محافظ در بالا دست سری آبشکن با طول مساوی باعث افزایش رسوب‌گذاری بین آبشکن‌های اول و دوم نسبت به حالت بدون آبشکن محافظ می‌شود.

در شکل‌های (۱۴) و (۱۵) توپوگرافی سه بعدی بستر در اثر استقرار آبشکن محافظ در بالا دست سری آبشکن با طول مساوی نشان داده شده است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، تأثیر استقرار آبشکن محافظ نفوذپذیر در پنج فاصله مختلف L' ، $1.5L'$ ، $2L'$ ، $2.5L'$ ، $3L'$ در بالا دست سری آبشکن‌های قائم با طول مساوی بر کاهش آبستگی موضعی و افزایش ساحل‌سازی مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی و تجزیه و تحلیل داده‌ها نتایج زیر قابل استدلال است:

- برای اولین آبشکن از سری آبشکن‌های با طول مساوی، استقرار آبشکن محافظ در فاصله $3L'$ باعث کاهش $۳۴/۳$ درصدی حداکثر عمق آبستگی اولین آبشکن شده است.

منابع

- حقیقت‌پناه، ه. خسروی‌نیا، پ و حسین‌زاده دلیر، ع. ۱۳۹۸. مطالعه آزمایشگاهی کاربرد صفحات مستغرق در حفاظت از ساحل خارجی رودخانه. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، دوره ۱۰، شماره ۳۸، ص ۶۱-۴۱.
- شفاعی بجستان، م. ۱۳۸۷. مبانی نظری و عملی هیدرولیک انتقال رسوب. ویرایش دوم. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.
- عباسی، س. پورشهباز، ح و تقوایی، پ. ۱۳۹۷. بررسی عددی الگوی جریان، فرسایش و رسوب‌گذاری در اطراف آبشکن‌های با طول نامساوی تحت شرایط هیدرولیکی و هندسی متفاوت. نشریه هیدرولیک، دوره ۱۳، شماره ۳، ص ۲۹-۱۷.
- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبری رئیس‌جمهور. ۱۳۹۰. راهنمای روش‌های محاسبه آبستگي موضعی. انتشارات دفتر نظام فنی اجرایی، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا و دفتر نظام فنی اجرایی. نشریه شماره ۵۴۹.
- وزارت نیرو. ۱۳۸۳. راهنمای مهار فرسایش و حفاظت رودخانه‌ها. نشریه شماره ۱۴۹-ن.
- Acharya, A. and Duan, J.G. 2011. Three dimensional simulation of flow field around series of spur dikes. In World Environmental and Water Resources Congress. Bearing Knowledge for Sustainability.
- 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.
- Ezzeldin, M. M., Saafan, T. A., Rageh O. S. and Nejm, L. M. 2007. Local scour around Spur dikes. Eleventh International Water Technology Conference. 779-795.
- Garde. R. J., Subramanya. K., Nambudripad. K. D. 1961. Study of scour around spur-dikes. Journal of Hydraulics Division, ASCE, 87(6), 23-37.
- 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), pp.145-158.
- Kadota, A., Suzuki, K. 2010. Local scour and development of sand wave around T-type and L-type groynes. International Conference of Scour Erosion, 707-714.
- Karami, H., Basser, H., Ardeshir, A. and Hosseini, S. H. 2014. Verification of numerical study of scour around spur dikes using experimental data. Water and environment journal, 28(1), 124-134.
- Karami, H., Ardeshir, A., Saneie, M., Behzadian, K. and Jalilsani, F. 2008. Reduction of local scouring with protective spur dike. In World Environmental and Water Resources Congress 2008: Ahupua'A (pp. 1-9).
- Melville, B.W., 1992, Local scour at bridge abutments, Journal of Hydraulic Engineering, 118(4), pp.615-631.
- Oliveto, G., and Hager, W. H. 2002. Temporal evolution of clear-water pier and abutment scour. Journal of Hydraulic Engineering, 128(9), 811-820.
- Osman, M.A., Negmaldin Saeed, H. 2012. Local scour depth at the nose of permeable and impermeable spur dykes. University of Khartoum Engineering Journal. 2(1):1-9.



Radan, P. and Vaghefi, M. 2016. Flow and scour pattern around submerged and non-submerged T-shaped spur dikes in a 90° bend using the SSIIM model. *International Journal of River Basin Management*, 14(2), pp.219-232.

Rahman MD., Haque M.A., Nakagagawa H., Muramoto Y. 2003. Local scour around spur dikes in a braided river. *Proc. of XXX IAHR Congress*, AUTH, Thessaloniki, Greece.

Raudkivi, A. J. and Ettema, R. 1983. Clear-water scour at cylindrical piers. *Journal of Hydraulic Engineering*, 109(3), 338-350.

Saneie, M. 2006. Experimental study on effect of minor spur dike to reduce main spur dike scouring. *Water and Watershed: Journal of Science and Research in Watershed Management*.

Vaghefi, M., Safarpoor, Y. and Akbari, M. 2017. Numerical comparison of the parameters influencing the turbulent flow using a T-shaped spur dike in a 90 bend. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 10(1), 231-241.

Zhang, H., and Nakagawa, H. 2009. Characteristics of local flow and bed deformation at impermeable and permeable spur dykes. *Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE*, 53, 145-150.

Zhang, L., Wang, P., Yang, W., Zuo, W., Gu, X. and Yang, X. 2018. Geometric Characteristics of Spur Dike Scour under Clear-Water Scour Conditions. *Water*, 10(6), 680.

Impact of Establishment Distance of Permeable Protective Groyne on Local Scouring Depth Control of the Nose on a Series of Vertical Impermeable Groynes

Hossein Khodakarami¹, Saeed Abbasi^{2*}

Abstract

One of the most important criteria for designing groynes is the stability of groynes during floods passing around them. To be able to protect the riverbank, the groynes should maintain their stability over the years. One of the main reasons for groynes instability is the local scouring around them. In this study, to protect and reduce the maximum local scouring depth of the nose of a series of impermeable groynes, a permeable protective groyne (PPG) is installed upstream. For this purpose, the maximum local erosion depth of the nose of series of impermeable groynes was determined under laboratory conditions and the scour depth in two cases without protective groyne and with protective groyne at five different distances i.e. L' , $1.5L'$, $2L'$, $2.5L'$, $3L'$ (L' : Protective groyne Length) at the upstream side of the first groyne was determined and evaluated. The results show that the establishment of permeable protective groyne at the upstream of a series of impermeable groynes with equal length at $3L'$ distance from the first groynes reduces the maximum local scouring depth of the first groyne by 34.3% at $3L'$ distance from the first groynes.

Keywords: Local Scour, Permeable Protective Groyne, Series of Groynes, Equal length

¹ Master of civil engineering, Department of Civil Engg., University of Zanjan, Iran, h.khodakarami@znu.ac.ir

^{2*} Assistant professor, Department of Civil Engg., University of Zanjan, Iran, abbasi.saeed@znu.ac.ir

Research Paper

Impact of Establishment Distance of Permeable Protective Groyne on Local Scouring Depth Control of the Nose on a Series of Vertical Impermeable Groynes

Hossein Khodakarami¹,Saeed Abbasi^{2*}¹ Master of civil engineering, Department of Civil Engg., University of Zanjan, Zanjan, Iran² Assistant professor, Department of Civil Engg., University of Zanjan, Zanjan, Iran

10.22125/IWE.2021.201988.1207

Received:

August.27.2020

Accepted:

January.06.21

Available online:

June.01.2022**Keywords:****Local Scour,
Permeable Protective
Groyne, Series of
Groynes, Equal length****Abstract**

One of the most important criteria for designing groynes is the stability of groynes during floods passing around them. To be able to protect the riverbank, the groynes should maintain their stability over the years. One of the main reasons for groynes instability is the local scouring around them. In this study, to protect and reduce the maximum local scouring depth of the nose of a series of impermeable groynes, a permeable protective groyne (PPG) is installed upstream. For this purpose, the maximum local erosion depth of the nose of series of impermeable groynes was determined under laboratory conditions and the scour depth in two cases without protective groyne and with protective groyne at five different distances i.e. L', 1.5L', 2L', 2.5L', 3L' (L': Protective groyne Length) at the upstream side of the first groyne was determined and evaluated. The results show that the establishment of permeable protective groyne at the upstream of a series of impermeable groynes with equal length at 3L' distance from the first groynes reduces the maximum local scouring depth of the first groyne by 34.3% at 3L' distance from the first groynes.

1. Introduction

So far, many studies have been done on the phenomenon of scouring and methods to prevention it on abutments, groynes and piers. Methods of preventing the riverbank scouring are divided into two general categories: a) Direct methods that reduce the movement of particles by retrofitting bed, such as beached bank, precast concrete parts and gabions b) Indirect methods that change the flow pattern to move the flow away from the base of the pier or groyne, such as use protective groyne, collar and submerged vanes. Many researchers including Garde et al. (1961), Melville (1992), Rahman (2003), Saneie (2006), Ghodsian et al. (2009), Kadota and Suzuki (2010), Osman and Saeed (2012), Dehghani et al. (2013) and Vaghefi et al. (2017) have studied the pattern of erosion and sedimentation, the local scouring groynes under different conditions. One way to reduce local scouring in groynes is to use protective groyne at the upstream.

*** Corresponding Author:** Saeed Abbasi

Address: Department of Civil Engg., University of Zanjan, Zanjan, Iran,

Email: abbasi.saeed@znu.ac.ir

Tel: 0982433052368

2. Materials and Methods

The experiments were performed inside a straight channel with specifications of length 5 m, width and height of 0.3 m and bed slope of 0.01 m. At the beginning of the channel, chaff and perforated plate were used to prevent of transfer the turbulent flow of the output from the pump and to relaxation the inlet flow to the channel. The bed of the canal was leveled with coarse aggregates of 3 m long from the beginning and 0.9 m from the end so that this part of the canal would behave as a nonerrodible bed. The remaining part of the flume was leveled with uniformly graded sediments. In all experiments, groynes were unsubmerged and a spillway at the end of the flume was used to adjust the water height on the bed. for investigation motion threshold conditions and determine the size of the materials in the erodible bed of equations (1) and (2) Melville (1997) have been used to calculate the shear velocity.

$$u_c^* = 0.0115 + 0.0125d_{50}^{1.4} \quad (1)$$

$$0.1mm < d_{50} \leq 1mm$$

$$\frac{V_c}{u_c^*} = 5.75 \log(5.53 \frac{y_0}{d_{50}}) \quad (2)$$

Which in the above relations are: u_c^* : critical shear velocity, V_c :critical velocity, d_{50} :average diameter particles of the bed.

In these experiments, the flow depth was determined to be 5.5 cm. The size of materials with an average diameter of 0.82 mm, with a standard deviation of 1.25 and a specific density of 2.63 was selected. Experiments were performed under clear water conditions, without protective groyne and with protective groyne at five distances i.e. L', 1.5L', 2L', 2.5L', 3L' (L': Protective groyne Length) at the upstream side of the first groyne with constant discharge (2 Lit/s) and bed with uniform granulation. In this study, the change in the distance of the permeable protective groyne from the series of impermeable groynes is considered as a variable.

3. Results

For the first groyne of the series of groyne s of equal length, the placement of a protective groyne at a distance of 3L ' reduced the maximum scouring depth of the first groyne by 34.3%. The distance corresponding to the minimum scouring depth for the protective groyne is 1.5L'-3L ' from the first groyne for the groyne series of equal length. In the first groyne of the series of groyne s of equal length, deployment of a protective groyne has reduced the volume of the scouring cavity by 75.4% at a distance of 3L ' from the first groyne. Placement of a protective groyne at a distance of 3L ' from the first groyne reduces the length of the rinsing cavity in the first groyne of the series of groyne s of equal length by reducing the length of the groyne by 35.3%.

4. Discussion and Conclusion

According to the results, the maximum scouring depth has decreased in the state with the protective groyne compared to the state without the protective groyne. The positive effect of protective groyne on erosion control under the first groyne is about 34.3% due to the deviation of flow lines and prevention of direct contact of part of the flow with the first groyne. As a result, horseshoe and upright vortices will have less energy to cause scouring. After the distance 1.5L' of the protective groyne, no significant changes occur at the maximum scouring depth. For the second groyne, Maximum sedimentary ridge height occurred for the distance of 1.5L' protective groyne from the first groyne, the reason for this can be seen in moving away of the flow lines from groyne nose and the reduction of the kinetic energy of the flow. In the third groyne, no significant change in the maximum scouring depth occurred after deployment of the protective groyne. The reason for this can be considered the function of the first and second groynes as a protective groyne for the third groyne, which causes the flow lines to moveing away from the groyne nose.

5. Six important references

1. Abbasi, S., Poorshahbaz, H. and Taghvai, P., 2018. Numerical investigation of flow pattern, erosion and sedimentation around parallel unequal spur dikes under different geometric and hydraulic condition: Numerical analysis. *Journal of Hydraulics*, 13(3), pp.17-29.
2. 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.
3. Karami, H., Ardeshir, A., Saneie, M., Behzadian, K. and Jalilsani, F. 2008. Reduction of local scouring with protective spur dike. In *World Environmental and Water Resources Congress 2008: Ahupua'A* (pp. 1-9).
4. Melville, B.W., 1992, Local scour at bridge abutments, *Journal of Hydraulic Engineering*, 118(4), pp.615-631.
5. Zhang, H., and Nakagawa, H. 2009. Characteristics of local flow and bed deformation at impermeable and permeable spur dykes. *Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE*, 53, 145-150.
6. Zhang, L., Wang, P., Yang, W., Zuo, W., Gu, X. and Yang, X. 2018. Geometric Characteristics of Spur Dike Scour under Clear-Water Scour Conditions. *Water*, 10(6), 680.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.