

بررسی آزمایشگاهی تاثیر طول آبشکن چوگانی بر آبشستگی در کانال مستقیم

مهناز خلیج^۱، سعید گوهری^{۲*}

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۹/۰۴

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۰۵

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته سازه های آبی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

۲-استادیار سازه های آبی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

* مسؤل، مکاتبات، پست الکترونیک: saeedgohari@yahoo.com

چکیده

یکی از روش‌های محافظت و تثبیت سواحل رودخانه‌ها استفاده از آبشکن می‌باشد. آبشکن‌ها با انحراف جریان از کناره‌ها و هدایت آن به سمت محور اصلی رودخانه، باعث ته نشینی مواد رسوبی و تثبیت کناره رودخانه ها می‌شود. آبشستگی در اطراف آبشکن و شکل دماغه آن از جمله پارامترهای مهم در مطالعات مهندسی رودخانه است. تغییر الگوی جریان در کناره ها، عامل موثری روی میزان آبشستگی موضعی در دماغه آبشکن می‌باشد. در این مقاله با انجام مطالعات آزمایشگاهی به بررسی اثر طول آبشکن چوگانی (L) بر آبشستگی در کانال مستقیم پرداخته شده است. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که تغییرات ابعاد چاله آبشستگی (شامل بیشینه عمق آبشستگی (d_s))، طول چاله آبشستگی در بالادست و پایین دست آبشکن و بیشینه عرض آبشستگی) با طول آبشکن چوگانی نسبت مستقیم دارند. همچنین فاصله حفره آبشستگی از دیواره کانال در آبشکن چوگانی نسبت به آبشکن مستقیم بیشتر بوده است که سبب کاهش آبشستگی ساحل شده و به پایداری آبشکن کمک می‌کند. با توجه به هدایت مناسب جریان به سمت پایین دست، بیشینه میزان آبشستگی در آبشکن چوگانی نسبت به آبشکن مستقیم کمتر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آبشکن چوگانی، آبشستگی، رسوب، طول آبشکن، مدل آزمایشگاهی

Experimental Investigation of Hockey groyne Length, on Scouring at Straight Channel

Mahnaz khalaj¹, Saeed. Gohari^{*2}

Received: November 24, 2016

Accepted: May 26, 2019

¹M.Sc. of Water Structure Engineering, Dept. of Water Science Eng., Faculty of Agric. Bu Ali Sina University, Hamadan, Iran

²Assistant Prof., Dept. of Water Structure Eng., Faculty of Agric. Bu Ali Sina University, Hamadan, Iran

*Corresponding Author ,Email: saeedgohari@yahoo.com

Abstract

One of the regular methods for stabilizing and protecting the riverbanks is use of groyne structure. Groynes alter flow direction to the main axis of the river resulting sediment deposition and stabilization of river sides. Therefore, scour around the groyne and the effect of nose on scour are important parameters in river engineering. It should be noted that change of flow pattern in river side is an affective factor on the rate of scouring around the groyne nose. In this study, the effects of the hockey groyne length (L) on scour in straight channel has been investigated through experimental tests. The results showed that there was a direct relation between scour hole dimensions (including the maximum scour depth (ds), the length of scour hole in up and downstream and the maximum scour width) and hockey groyne length. Also, scour hole distance the from channel wall was longer in hockey groyne comparing to that in straight groyne which prevent from scour in river bank and stabilizing the groyne structure. Thus, maximum scour around the hockey groyne was less than that straight groyne around due to suitable flow direction to the downstream.

Key words: Experimental study, Hockey groyne, Scour, Sediment transport, groyne length

مقدمه

دیواره خارجی یا داخلی پیچ‌ها) مورد استفاده قرار می‌گیرند. در دماغه آبشکن با تمرکز جریان و تشدید تلاطم موجب وقوع فرسایش موضعی و تشکیل چاله فرسایشی می‌گردد. تعیین عمق فرسایش در دماغه آبشکن‌ها از جمله موارد مهم و اساسی در طراحی این گونه سازه‌ها می‌باشد. رشد و توسعه چاله فرسایشی تابعی از نوع و مشخصات آبشکن، دانه بندی مواد بستر، وضعیت بار رسوبی و شرایط هیدرولیکی رودخانه می‌باشد. برای اصلاح مسیر رودخانه‌های عریض و شریانی و به ویژه با بار رسوبی کف زیاد (از نوع ماسه، شن و درشت‌تر) و برای شرایط مختلف جریان مناسب و موثر هستند (حسین زاده تبریزی و همکاران، ۱۳۹۳). اکثر مطالعات صورت گرفته در زمینه آبشستگی حول آبشکن‌ها با دماغه مستقیم، L شکل و T شکل انجام گرفته است و تحقیقات کمی در رابطه با آبشکن چوگانی شکل صورت گرفته است. سادات موسوی و همکاران (۱۳۸۹)

آبشکن‌ها، از سازه‌های مهم ساماندهی رودخانه به شمار می‌آیند. آبشکن‌ها سازه‌های متقاطع یا عرضی هستند که از دیواره طبیعی رودخانه با طول و با زاویه مناسبی نسبت به راستای عمومی جریان توسعه یافته و سبب انحراف جریان از کناره‌ها و نواحی بحرانی شده و جریان را به سمت محور مرکزی رودخانه هدایت می‌نمایند. این سازه به طور رایج به عنوان سازه‌های مهندسی جهت متمرکز نمودن جریان، ایجاد کانال اصلی عمیق و حفاظت از کناره‌های رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. با انحراف جریان از کناره رودخانه در حد فاصل دیواره‌های طبیعی موجود به تدریج با ته نشست رسوبات توسعه یافته و با استقرار تدریجی پوشش گیاهی در دراز مدت تثبیت می‌یابد. آبشکن‌ها در شرایط مختلف رودخانه (کوهستانی تا سیلاب دشتی، مستقیم، شریانی تا مارپیچی در مجرای اصلی و یا در بستر سیلاب دشت رودخانه در کناره‌های با راستای مستقیم یا منحنی و در

نیم‌دایره‌ای بیشینه عمق آبشستگی (ds) در زاویه بین ۴۵ تا ۶۰ درجه ایجاد می‌شود. میرپنجی و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی اثرات متقابل طول آبشکن بر فرایند آبشستگی کناره رودخانه در سه دبی مختلف با استفاده از نتایج آزمایشگاهی و شبیه سازی دو بعدی هیدرولیک جریان و رسوب پرداختند. آنها استفاده از مدل عددی دو بعدی CCHE2D در حالت‌های بدون آبشکن و با آبشکن قائم با طولهای ۲۵، ۳۰ و ۳۵ سانتی‌متر با دبی های ۱۵، ۲۰ و ۲۵ لیتر بر ثانیه مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که تطابق مناسبی بین مدل عددی و آزمایشگاهی برقرار است به نحوی که در هر دو مدل با افزایش طول آبشکن فرسایش کناره رودخانه کاهش یافته و کمترین سطح فرسایش یافته در بیشترین طول آبشکن و کمترین دبی مورد بررسی رخ داده است. ایشان دریافتند که تطابق مناسبی بین نتایج شبیه سازی شده و مشاهده شده وجود دارد و این مدل امکان بکارگیری به منظور ارزیابی عملکرد آبشکن‌ها در شرایط مختلف را دارد. باصر و همکاران (۱۳۹۰) به مدل سازی عددی تاثیر طول آبشکن بر خصوصیات جریان اطراف آن پرداختند. الگوی سه بعدی جریان اطراف آبشکن غیر مستغرق نفوذ پذیر و عمود بر محور جریان را با نرم افزار SSIIM2 مدل سازی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که با افزایش طول آبشکن، طول ناحیه جداسازی در پایین دست سازه افزایش می‌یابد. مطالعات انجام شده فوق نشان می‌دهد که با افزایش طول آبشکن، میزان آبشستگی نیز افزایش می‌یابد. آبشکن چوگانی به دلیل شکل انحنا در دماغه آن و آشفتگی کمتر جریان می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. با توجه به بررسی‌های انجام شده، آبشکن چوگانی کمتر مورد مطالعه قرار گرفته و همچنین با توجه به شکل این نوع از آبشکن و نحوه هدایت جریان می‌توان با بررسی مزیت‌های آن جایگزینی برای سایر آبشکن‌ها معرفی کرد.

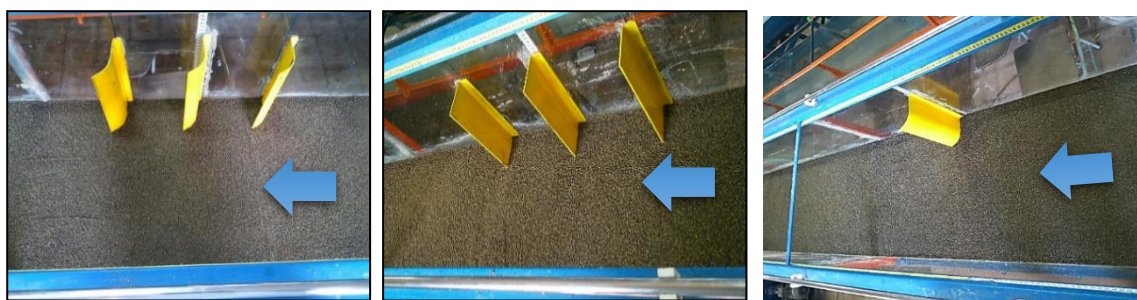
مواد و روش‌ها

تجهیزات آزمایشگاهی و روش انجام آزمایش‌ها

به بررسی تاثیر طول آبشکن ساده در حفاظت رودخانه و کاهش فرسایش کناری با استفاده از مدل آزمایشگاهی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که افزایش طول آبشکن از ۲۵ به ۳۵ سانتی‌متر مقدار فرسایش کناری را از ۲۰ تا ۴۰ درصد در دبی‌های ۱۵ تا ۲۵ لیتر در ثانیه کاهش یافته است. منصوری و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند با تغییر در هندسه دماغه آبشکن میتوان تا ۸۹ درصد مقدار آبشستگی را کاهش داد. خسروی نیا و همکاران (۱۳۹۰) با نصب طوقه در اطراف آبشکن نشان دادند که با کاهش میزان گرداب، مقدار آبشستگی در اطراف آبشکن نیز کاهش می‌یابد. با تامیناگو و جانگ (۲۰۰۸) برای حفاظت کناره‌های رودخانه از آبشکن‌های مستقیم استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که طول آبشکن تاثیر زیادی در جریان اطراف آبشکن‌ها دارد. زیفانگ و همکاران (۲۰۱۲) توزیع شدت آشفتگی جریان حول آبشکن‌ها با دماغه‌های متفاوت را تحت شرایط یکسان جریان از طریق مدل‌های آزمایشگاهی بررسی کردند و خطوط تراز آشفتگی را ارائه کردند. آن‌ها با آنالیز تئوری دریافتند که شدت آشفتگی در آبشکن کم‌انگی شکل و بادبزی شکل نسبتاً ضعیف‌تر از چوگانی شکل است و بیشترین آشفتگی حول آبشکن ذورنقه‌ای شکل رخ می‌دهد. مهرنهاد و قدسیان (۱۳۹۱) به بررسی آزمایشگاهی تاثیر پارامترهای طول آبشکن و قطر مصالح بر آبشستگی پیرامون آبشکن T شکل مستقر در قوس ۹۰ درجه پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که ابعاد چاله آبشستگی با طول آبشکن نسبت مستقیم دارند و بیشینه عمق آبشستگی و طول چاله آبشستگی در بالادست آبشکن با قطر متوسط مصالح نسبت معکوس دارد. مراد پور و همکاران (۱۳۹۱) توسعه زمانی آبشستگی و توپوگرافی حفره آبشستگی در آبشکن‌های نیم‌دایره‌ای به صورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار داده و با نتایج محققین دیگر مقایسه کردند. نتایج آنها نشان داد که آبشستگی ابتدا در جلوی آبشکن و با زاویه ۴۵ تا ۶۰ درجه نسبت به دیواره جانبی فوم در بالا دست آبشکن شروع می‌شود و در آبشکن‌های

دیواره‌ها از جنس شیشه می‌باشد. آبشکن های چوگانی سازه هایی هستند که به ساحل رودخانه اتصال داشته و دارای یک طول مستقیم و همچنین در دماغه به شکل منحنی و عصایی شکل ساخته می‌شوند (شکل ۱).

مجموعه آزمایش‌ها در کانال آزمایشگاهی با طول ۱۰/۵ متر، عرض (B) ۰/۵ متر و ارتفاع ۰/۵ متر انجام شده است. ارتفاع کانال از کف آزمایشگاه ۱/۳ متر و شیب کف بستر ۰/۰۰۱ است. جنس کف کانال ورق گالوانیزه و



ج) آبشکن سری چوگانی

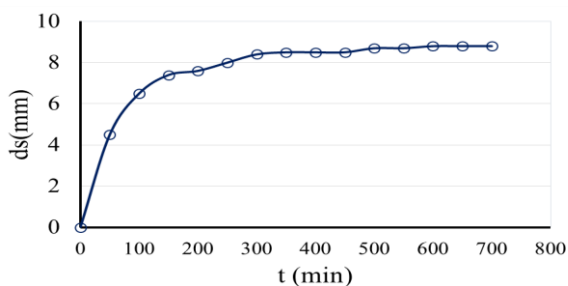
ب) آبشکن سری مستقیم

الف) تک آبشکن چوگانی

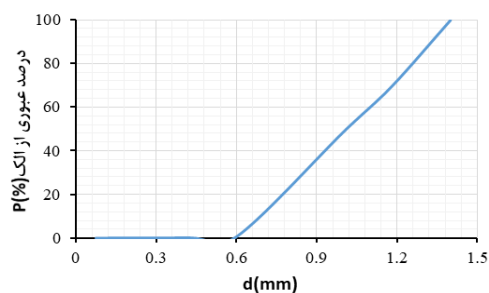
شکل ۱- نمایی از آبشکن چوگانی نصب شده بر دیواره کانال همراه با بستر رسوبی.

گرفته شده است. در این تحقیق از مصالح ماسه‌ای یکنواخت با قطر متوسط ۱ میلی‌متر و انحراف معیار هندسی ۱/۲ استفاده گردید (شکل ۲- الف). کف کانال به ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر توسط رسوبات پر شده است. آزمایشات در حالت آب زلال و دبی‌های مختلف انجام گرفته است. سرعت متوسط جریان به سرعت بحرانی آستانه حرکت ذرات در حدود ۰/۹۵ انتخاب شده است. مدت زمان آزمایش با توجه به تغییرات آبشستگی در کناره آبشکن و برقراری برای تعادل نسبی (طبق مشاهدات آزمایشگاهی) ۸ ساعت تعیین شده است. و بیش از ۷۵ درصد آبشستگی در ۳ ساعت اول اتفاق افتاده است (شکل ۲- ب).

آبشکن‌های مورد استفاده در این پژوهش نفوذ ناپذیر و غیر مستغرق از جنس ورق فلزی با ضخامت ۳ میلی‌متر و دارای طول‌های مختلف ($L=8, 10, 12$ cm) می‌باشند. طول آبشکن بهتر کمتر از ۳۰ درصد از عرض رودخانه انتخاب شده است (پیترسن، ۱۹۸۶). با توجه به عرض کانال (۵۰ سانتی‌متر) و استفاده از آبشکن‌هایی با طول ۸، ۱۰ و ۱۲ سانتی‌متر، سه تنگ شدگی موضعی (L/B) ۱۵٪، ۲۰٪ و ۲۵٪ را مورد بررسی قرار داده‌ایم. فاصله محل نصب آبشکن تا ابتدای کانال ۴/۷۵ متر در نظر گرفته شد تا اغتشاش محتمل در ورودی به محل آبشکن نرسد. همچنین به منظور مقایسه عمق آبشستگی آبشکن چوگانی با آبشکن‌های مستقیم سه آبشکن مستقیم نیز با همان ابعاد در نظر



ب



الف

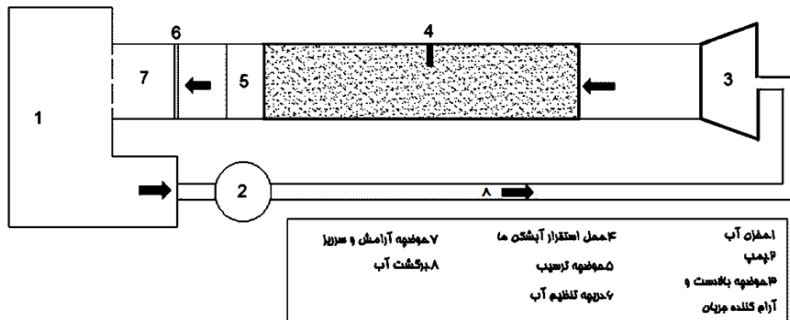
شکل ۲- الف) منحنی دانه بندی رسوبات و ب) منحنی عمق آبشستگی اطراف آبشکن چوگانی با گذشت زمان.

آزمایش‌ها با قطع جریان آب و همزمان بستن دریچه انتهایی (به منظور جلوگیری از تخریب ناگهانی فرم های بستر) زهکشی کامل بستر به تدریج انجام شده و پروفیل آبشستگی با استفاده از عمق سنج نقطه‌ای با دقت ۱ میلی‌متر قرائت شده است. نمایی از کانال آزمایشگاهی در شکل (۳) نشان داده شده است.

آنالیز ابعادی

پارامترهای متعددی در عملکرد آبشکن‌ها برای حفاظت سواحل و آبشستگی اطراف دماغه آن‌ها موثر می‌باشند. عوامل موثر در این زمینه عبارتند از: عرض کانال (B)، شیب طولی کانال (S_0)، طول آبشکن (L)، طول زبانه آبشکن (l)، زاویه اتصال آبشکن با ساحل (θ)، سرعت متوسط جریان (u)، عمق جریان (h)، عمق

عمق جریان پایین دست نیز توسط دریچه ای کشویی که در انتهای فلوم تعبیه شده است کنترل می‌شود. به منظور کنترل دقیق دبی جریان از یک سرریز لبه تیز مثلثی استاندارد در انتهای کانال که قبلاً به روش حجمی کالبیره شده استفاده شده است. روش انجام آزمایش‌ها به نحوی بود که ابتدا سطح بستر صاف شده و آب با دبی کم از انتهای کانال وارد می‌شد این عمل به منظور جلوگیری از شسته شدن رسوبات به کار می‌رود. بعد از اینکه عمق مناسبی از آب ساکن بر روی رسوبات ایجاد شد، پمپ با دبی کم روشن شده و سپس به تدریج با افزایش مقدار دبی به دبی مورد نظر رسانده شده و دریچه انتهایی نیز همزمان تا رسیدن به شرایط مورد نظر تنظیم می‌شود. بعد از رسیدن به انتهای



(الف)



(ب)

شکل ۳- نمایی از کانال آزمایشگاهی الف (شکل شماتیک ب) شکل واقعی

سیال (ρ)، لزجت دینامیکی (μ).
با استفاده از روش π -باکینگهام و با انتخاب d_s به عنوان متغیر وابسته، و انتخاب ρ ، h ، u به عنوان پارامترهای

آبشستگی در دماغه آبشکن (d_s)، شتاب ثقل (g)،
قطر متوسط ذرات (d_{50})، جرم مخصوص رسوب (ρ_s)،
انحراف معیار توزیع اندازه ذرات (σ_g)، جرم مخصوص

تکراری رابطه زیر بدست می‌آید.

$$d_s = f_1(\mu, \rho, \theta, \rho_s, b, B, S_0, h, u, \sigma_g, d_{50}, g, L, l) \quad [1]$$

رابطه میان پارامترهای بی بعد، به صورت رابطه

زیربدست می‌آید:

$$\frac{d_s}{h} = f_2\left(\frac{b}{h}, \frac{B}{h}, \frac{l}{h}, \frac{L}{h}, \frac{u}{\sqrt{gh}}, \frac{\rho_s}{\rho}, \frac{uh}{g}, \theta, S_0, \sigma_g, \frac{d_{50}}{h}\right) \quad [2]$$

با توجه به اینکه در این تحقیق شیب طولی کانال

ثابت بوده و مصالح از یک جنس و یکنواخت می‌باشد،

پارامترهای d_{50} , S_0 , σ_g , $\frac{\rho_s}{\rho}$ از تابع فوق حذف می‌شوند.

از طرفی با توجه به آشفتگی جریان می‌توان از پارامتر

رینولدز $\left(\frac{uh}{g}\right)$ نیز صرف‌نظر نمود. با توجه به ثابت بودن

زاویه اتصال آبشکن به دیواره کانال، θ نیز حذف

می‌شود. روابط نهایی به صورت زیر پیشنهاد می‌شود:

$$\frac{d_s}{h} = f\left(\frac{L}{B}, Fr\right) \quad [3]$$

نتایج و بحث

از جمله پارامترهای مهمی که بر بیشینه عمق

آبشستگی در اطراف آبشکن و نیز توپوگرافی بستر

تاثیر مستقیم دارد، طول آبشکن است. با توجه به

مشاهدات آزمایشگاهی، با تغییر طول آبشکن

پارامترهایی نظیر ابعاد ناحیه جدایی جریان، میزان

انحراف ایجاد شده در جریان و تنش برشی بستر در

اطراف آبشکن تغییر می‌کند. با افزایش طول آبشکن،

میزان تنگ شدگی مقطع بیشتر شده و این مساله باعث

افزایش طول ناحیه جدایی جریان در پایین دست آبشکن

می‌گردد. افزایش طول ناحیه جدا شدگی بیانگر افزایش

انحراف ایجاد شده در جریان بوده و سبب می‌شود که

تمرکز جریان در دماغه آبشکن افزایش یافته و در نتیجه

بیشینه عمق آبشستگی افزایش یابد. در ضمن در نتیجه

احداث آبشکن و افزایش جریان‌های عرضی در بالادست

آبشکن، قدرت جریان ثانویه افزایش یافته و باعث

گسترش عرضی چاله آبشستگی می‌گردد. در پایین

دست آبشکن نیز به دلیل انحنای دماغه آبشکن چوگانی

نقش حفاظتی را ایفا می‌کند و میزان آبشستگی کاهش

چشمگیری دارد. در شکل ۴ نسبت عمق بیشینه

آبشستگی به عمق جریان (ds/h) برای طول‌های متفاوت

آبشکن (L/B) و در دبی‌های مختلف نشان داده شده

است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود نسبت

بی بعد عمق آبشستگی به عمق جریان با افزایش نسبت

بی بعد طول آبشکن به عمق جریان افزایش می‌یابد.

همچنین با افزایش مقدار دبی جریان عمق بی بعد

آبشستگی (ds/h) افزایش پیدا می‌کند. توپوگرافی بستر

برای آبشکن‌های چوگانی شکل به طول ۸، ۱۰ و ۱۲

سانتی‌متر با دبی ۲۰ لیتر بر ثانیه در شکل ۵ نشان داده

شده است. جهت بررسی و تحلیل الگوهای ایجاد شده،

داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم افزار Tecplot 360

ترسیم شد. لازم به ذکر است که رقوم اولیه کف بستر

۰/۱۵ متر می‌باشد. بنابراین اعداد کوچک‌تر از این مقدار،

آبشستگی و اعداد بزرگ‌تر رسوب‌گذاری را نشان

می‌دهند. با افزایش طول آبشکن و تنگ‌شدگی موضعی،

ابعاد و عمق چاله آبشستگی افزایش یافته است و چاله

آبشستگی بیشتر به سمت پایین دست کشیده شده است.

همچنین گسترش پشته رسوبی در پایین دست آبشکن

با افزایش طول آبشکن افزایش یافته است. با افزایش

طول آبشکن چاله آبشستگی دیگری در پایین دست چاله

آبشستگی اول شکل می‌گیرد. با افزایش طول آبشکن،

افزایش عمق چاله آبشستگی و در نهایت افزایش ارتفاع

پشته رسوبی در پایین دست آبشکن را خواهیم داشت و

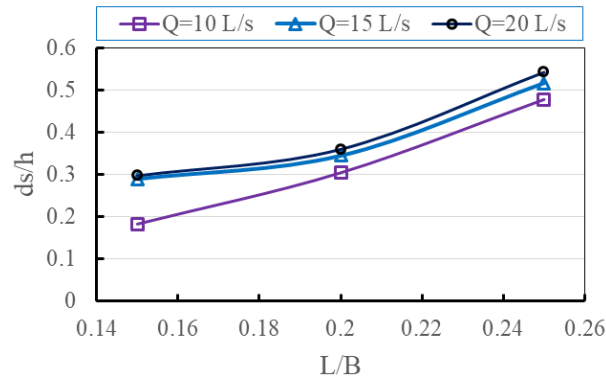
به دلیل افزایش ارتفاع پشته رسوبی، جریان چرخشی

در انتهای پشته رسوبی شکل می‌گیرد که منجر به

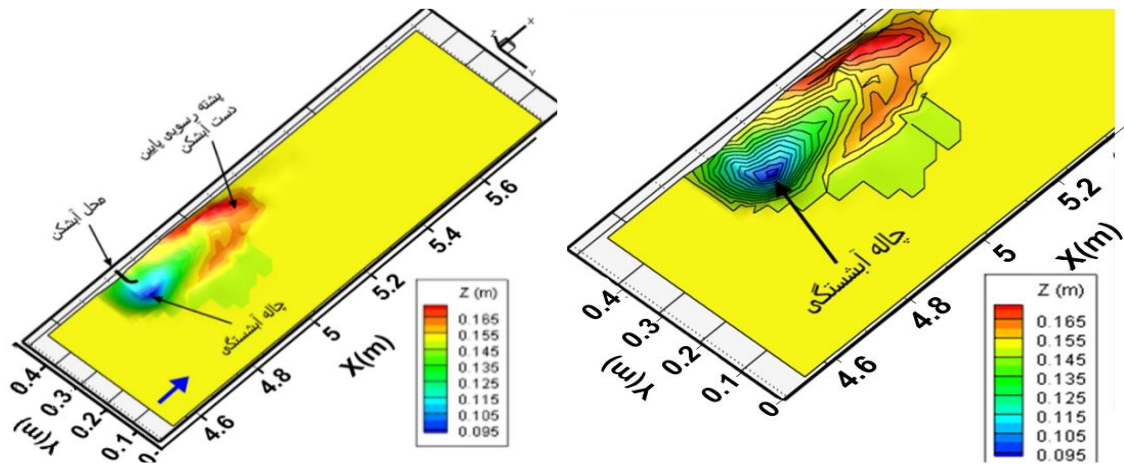
تشکیل چاله آبشستگی دیگری در این ناحیه می‌شود.

همچنین گسترش پشته رسوبی در پایین دست آبشکن

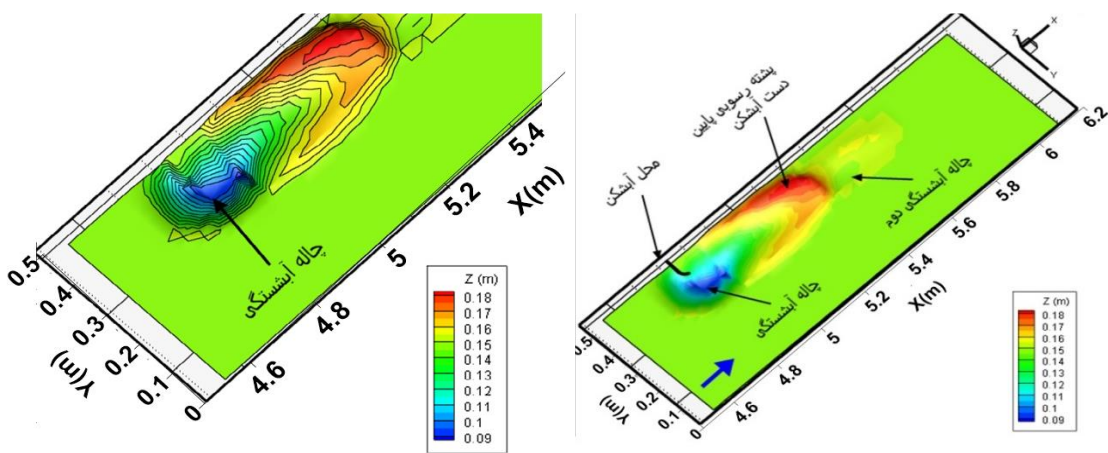
با افزایش طول آبشکن افزایش یافته است.



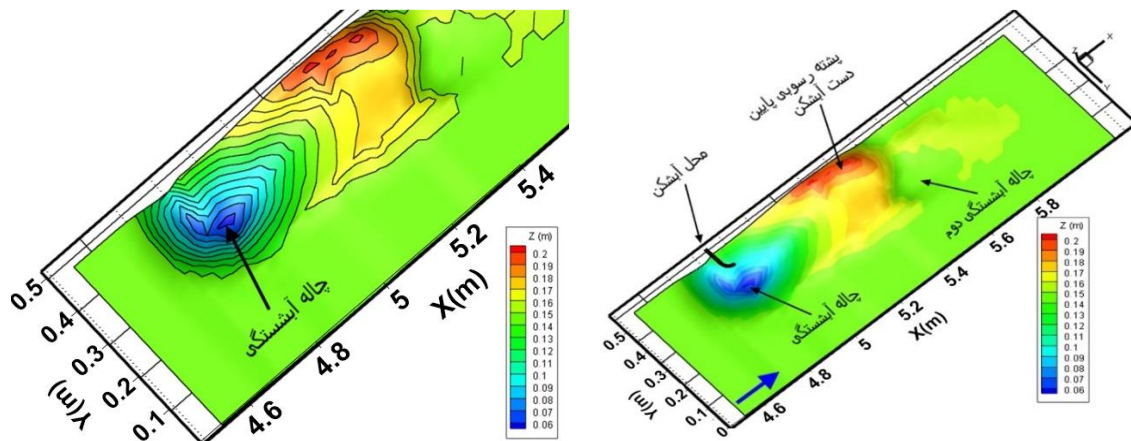
شکل ۴- تغییرات عمق چاله آبشستگی با افزایش طول آبشکن.



الف) تغییرات توپوگرافی بستر برای آبشکن $L/B = 0.15$.



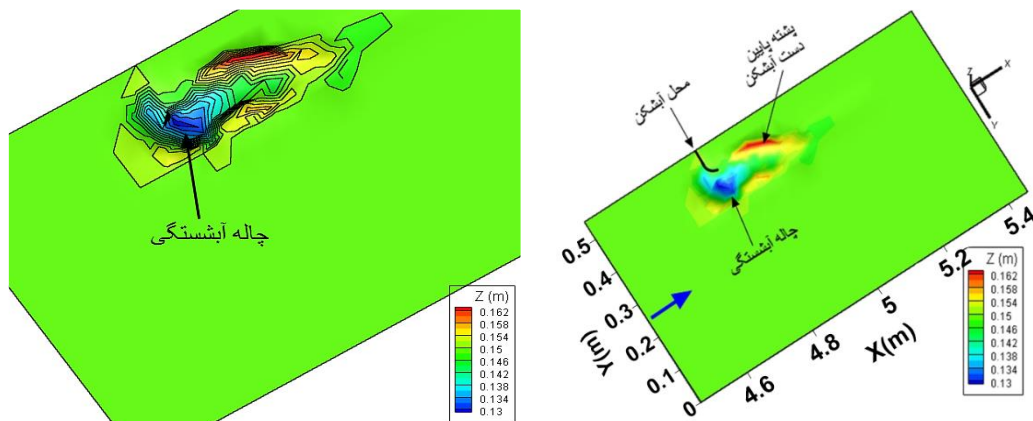
ب) تغییرات توپوگرافی بستر برای آبشکن $L/B = 0.2$.



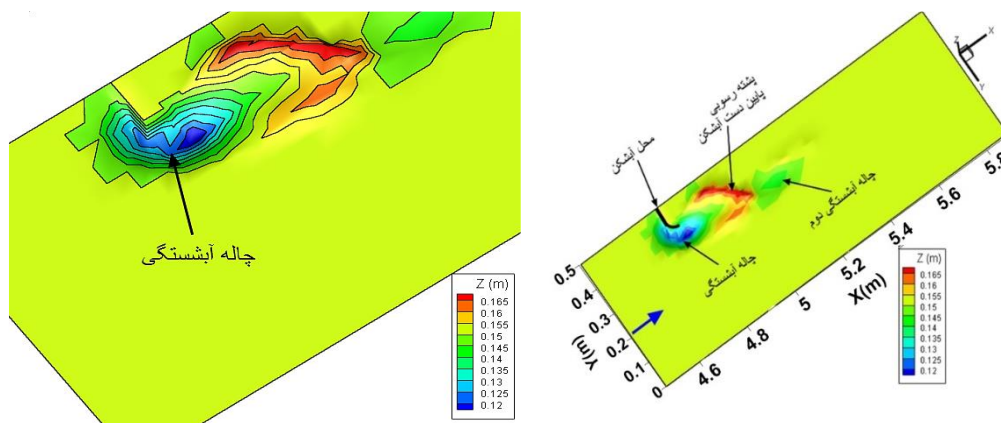
ج) تغییرات توپوگرافی بستر برای آبشکن $L/B=0.25$

شکل ۵- تغییرات توپوگرافی بستر برای طول‌های مختلف آبشکن چوگانی در دبی ۲۰ لیتر بر ثانیه.

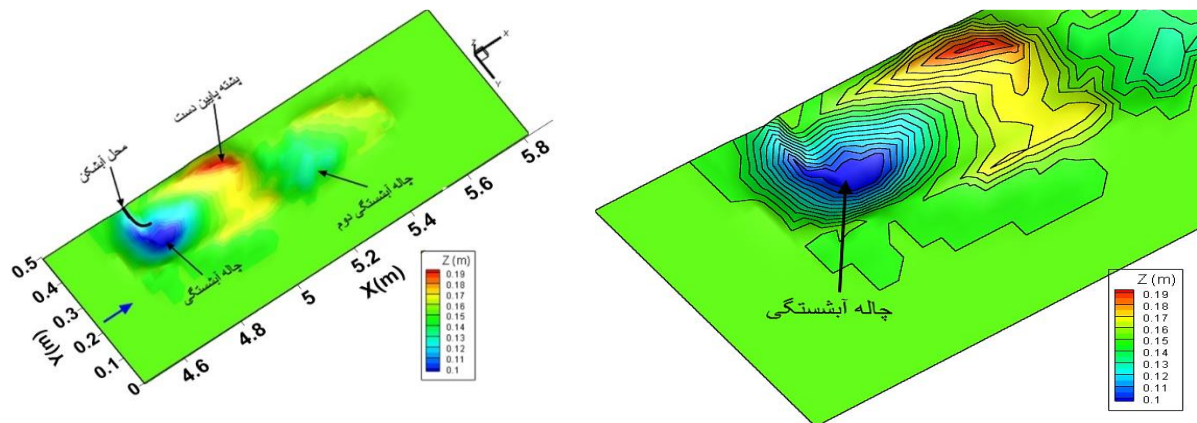
همچنین تغییرات توپوگرافی بستر برای دبی ۱۰ لیتر بر ثانیه در شکل ۶ نشان داده شده است.



الف) تغییرات توپوگرافی بستر برای آبشکن $L/B=0.15$



ب) تغییرات توپوگرافی بستر برای آبشکن $L/B=0.2$



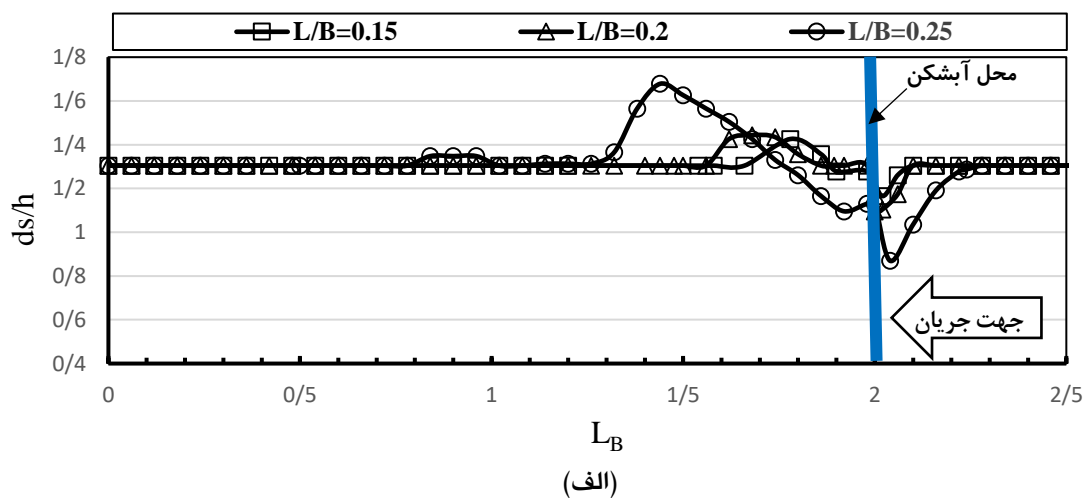
ج) تغییرات توپوگرافی بستر برای آبشکن $L/B=0.25$

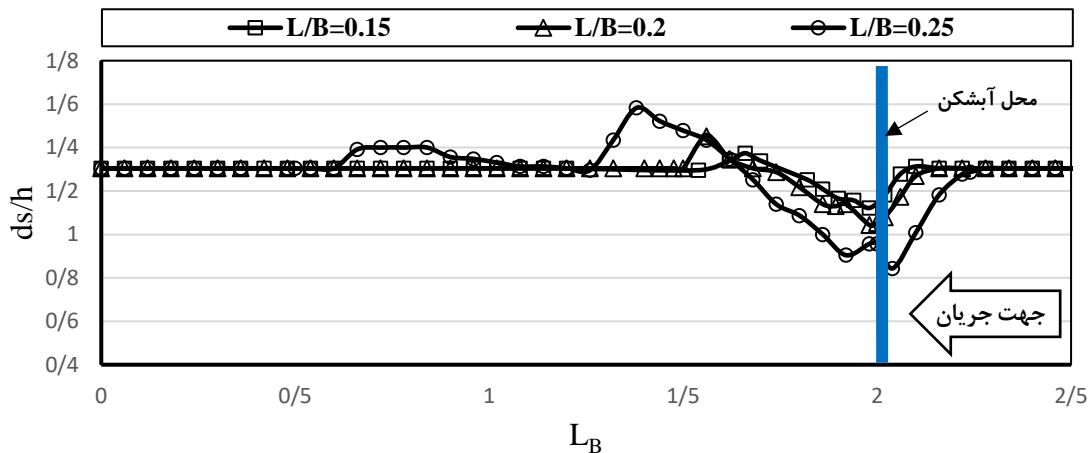
شکل ۶ - تغییرات توپوگرافی بستر حول آبشکن چوگانی برای دبی ۱۰ لیتر بر ثانیه.

با توجه به تغییرات توپوگرافی مشخص است که پشته رسوبی برای آبشکن با طول ۱۲ سانتی‌متر یعنی $L/B=0.25$ کشیده‌تر است و تا حدود 0.7 برابری عرض کانال در پایین دست آبشکن همچنان ادامه دارد ولی پشته رسوبی برای آبشکن به طول ۸ سانتی‌متر یعنی $L/B=0.15$ تا فاصله حدود 0.46 برابری عرض کانال در پایین دست آبشکن به صفر بازگشته است. پروفیل‌های آبشستگی از نظر هندسی در زمان‌های مختلف مشابه‌اند، که این نشان دهنده لایه به لایه بودن مراحل آبشستگی تا زمان دستیابی به تعادل آبشستگی می‌باشد.

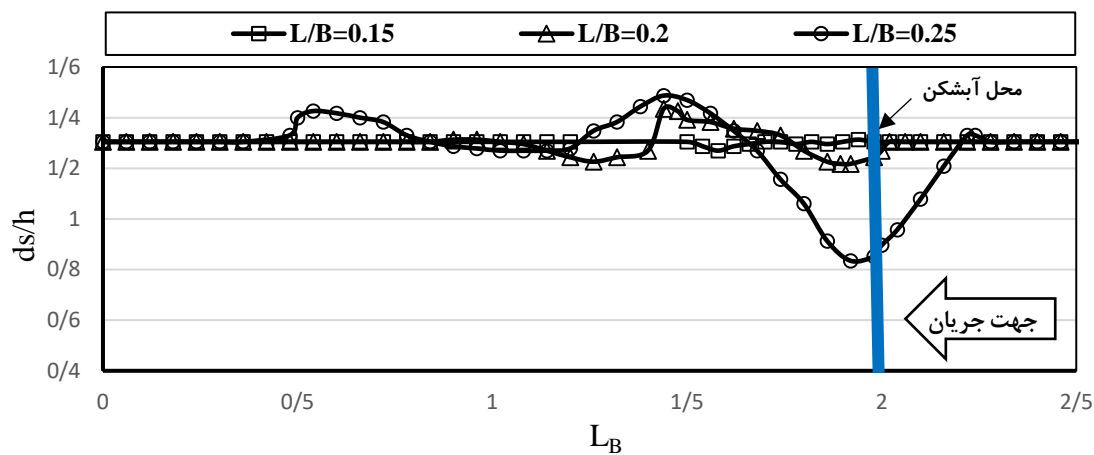
از طرفی همانگونه که در شکل ۶ مشاهده می‌شود با افزایش طول آبشکن و تنگ‌شدگی موضعی، ابعاد و عمق چاله آبشستگی افزایش یافته است، و چاله آبشستگی بیشتر به سمت پایین دست کشیده شده است. همچنین گسترش پشته رسوبی در پایین دست آبشکن با افزایش طول آبشکن افزایش یافته است.

برای بررسی دقیق‌تر در شکل ۷ پروفیل طولی در فاصله ۶، ۹ و ۱۵ سانتی‌متری از دیواره مجاور آبشکن ($0.12B$ ، $0.18B$ و $0.30B$) به صورت بی بعد ارائه شده است. در پایین دست آبشکن و در فاصله یک متری، نقطه‌ای به عنوان مبدا برای برداشت توپوگرافی انتخاب شده (L_B) و از آن به عنوان بنچ مارک نام برده شده است.





(ب)



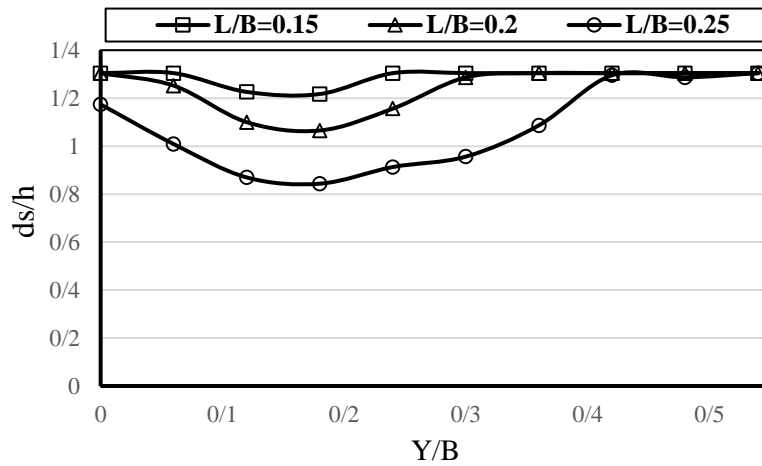
(ج)

شکل ۷- پروفیل طولی بستر برای فاصله های به ترتیب الف: $0.12B$ ، ب: $0.18B$ و ج: $0.3B$ از دیواره مجاور آبشکن

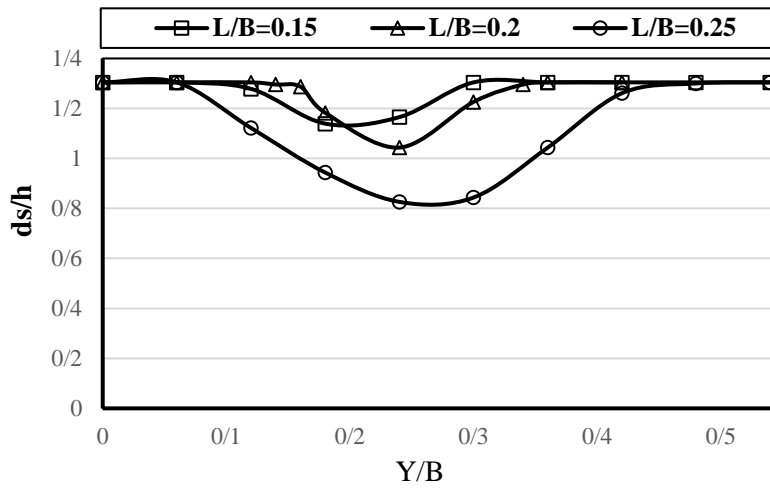
چوگانی برای دبی $10/5$ لیتر بر ثانیه.

تنگ شدگی مشاهده می شود میزان آبشستگی و ابعاد چاله آبشستگی با افزایش نسبت تنگ شدگی به عمق آب افزایش می یابد. همچنین در مقطع پایین دست آبشکن مشاهده می شود که در مجاورت دیواره کانال بدون آبشستگی می باشد. با توجه به تغییرات توپوگرافی مشخص است که پشته رسوبی برای آبشکن با طول ۱۲ سانتی متر یعنی $L/B=0/25$ کشیده تر است و تا حدود $0/8$ برابری عرض کانال در پایین دست آبشکن همچنان ادامه دارد ولی پشته رسوبی برای آبشکن به طول ۸ سانتی متر یعنی $L/B=0/15$ تا فاصله حدود $0/7$ برابری عرض کانال در پایین دست آبشکن به صفر بازگشته است (شکل ۹).

همچنین پروفیل عرضی بستر (نسبت فاصله آبشکن از دیواره در عرض کانال (Y) به عرض کانال (B)) در اطراف آبشکن چوگانی (بالادست و پایین دست) در شکل (۸) نشان داده شده است. همانطور که در این شکل ها مشاهده می شود ابعاد حفره آبشستگی در هر سه آبشکن چوگانی کمتر از آبشکن مستقیم می باشد و روند آبشستگی برای هر سه آبشستگی، قبل و بعد از آبشکن یکسان می باشد. همچنین کشیدگی پشته ها با افزایش طول آبشکن افزایش می یابد و برای آبشکن با طول ۱۲ سانتی متر پشته رسوبی دوم شکل گرفته است. نسبت فاصله شروع اولین پشته به طول آبشکن با افزایش ابعاد آبشکن کاهش می یابد. پس از مقایسه مقاطع عرضی و توپوگرافی بستر برای هر سه درصد

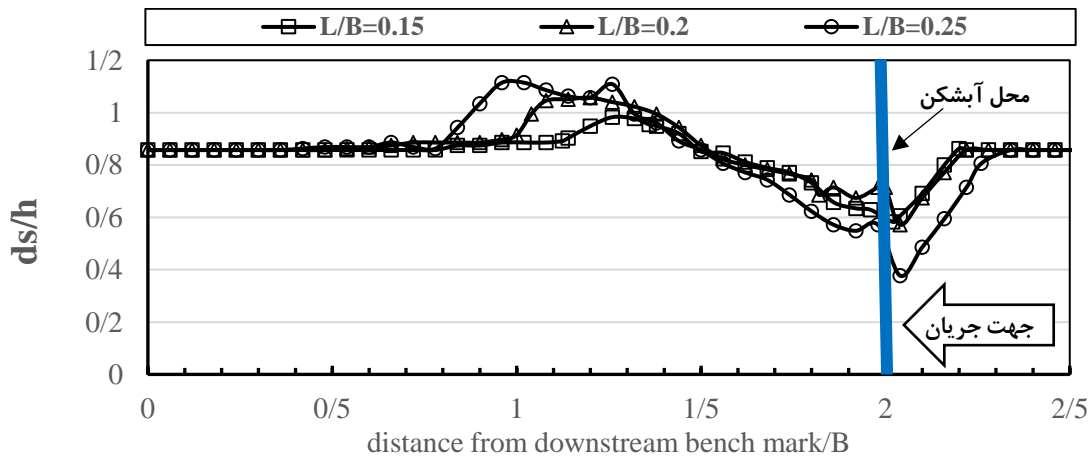


(الف)

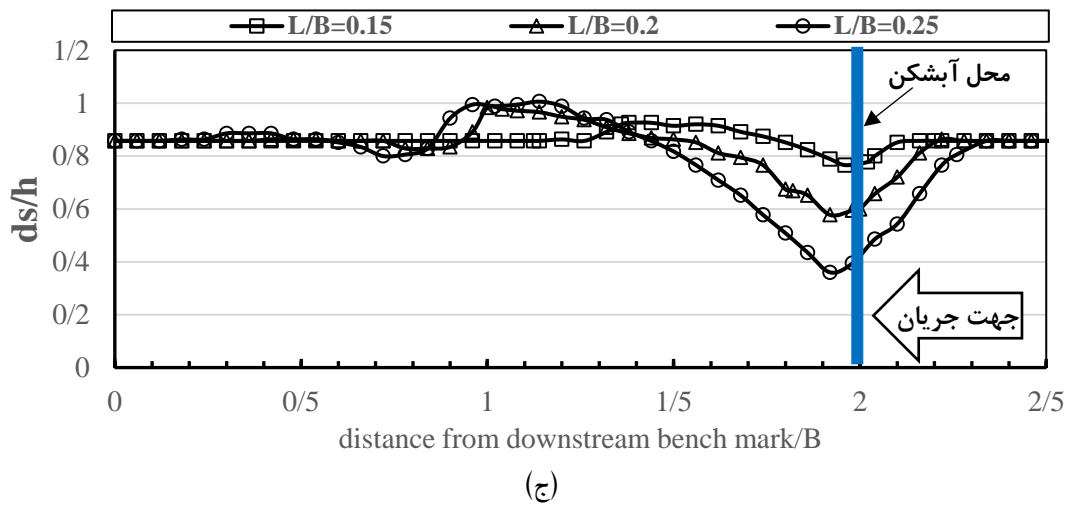
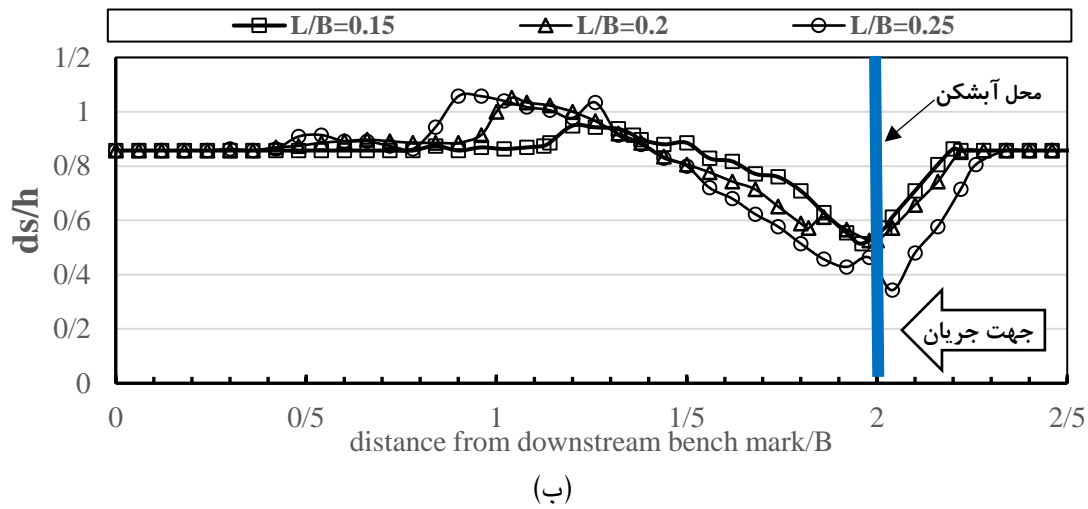


(ب)

شکل ۸- مقایسه پروفیل عرضی بستر آبشکن چوگانی (الف) ۲۰ میلی متری بالادست و (ب) ۲۰ میلی متری پایین دست .

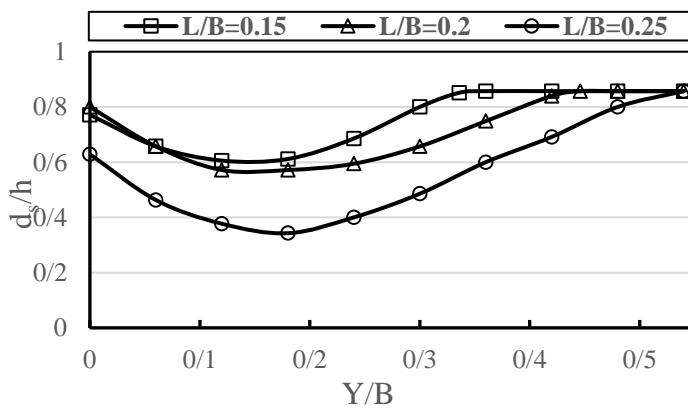


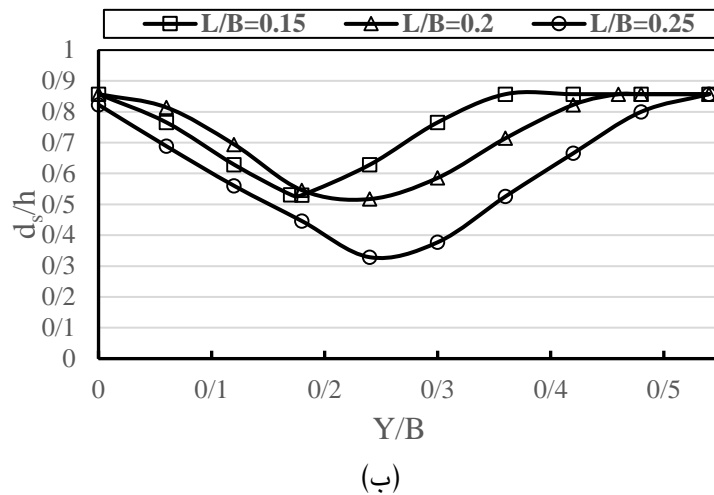
(الف)



شکل ۹- پروفیل طولی بستر برای فاصله های الف: $0.12B$ ، ب: $0.18B$ و ج: $0.3B$ از دیواره مجاور آبشکن چوگانی برای دبی ۲۰ لیتر بر ثانیه.

در شکل ۱۰ پروفیل های عرضی بستر در مقاطع ۲۰ میلی متری بالادست و پایین دست آبشکن با طول های مختلف نشان داده شده است. در این شکل ها، ds/h بیانگر عمق بی بعد شده آبشستگی نسبت به عمق جریان می باشد.

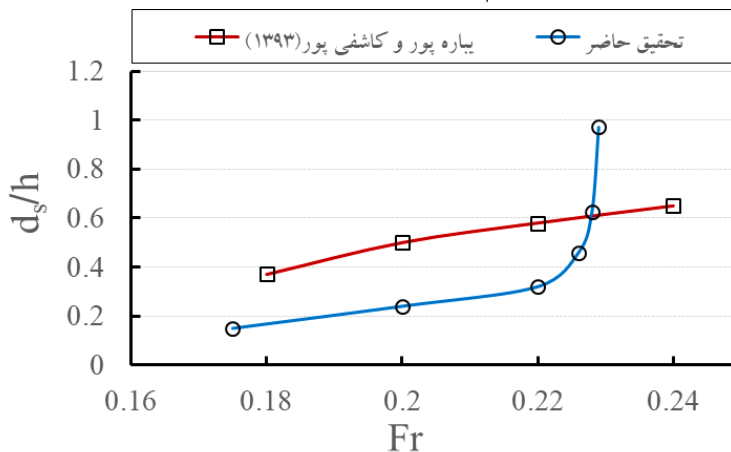




شکل ۱۰- مقایسه پروفیل عرضی بستر الف) ۲۰ میلی متر بالادست و ب) ۲۰ میلی متری پایین دست آبشکن چوگانی.

نشده است. همچنین با توجه به شکل خاص این نوع از آبشکن‌ها در هدایت جریان به سمت پایین دست، می‌توان انتظار آبشستگی کمتری را در دماغه آبنوع از آبشکن‌ها داشته باشیم. مقایسه بیشینه میزان آبشستگی در آبشکن چوگانی با آبشکن مستقیم در شکل (۱۱) نشان داده شده است. با توجه میزان آبشستگی در آبشکن چوگانی در اعداد فرود کمتر است که با افزایش عدد فرود (افزایش قدرت حمل جریان) نیز این مقدار افزایش پیدا کرده است.

همانطور که از شکل ۱۰ نیز مشخص است در بالادست آبشکن با افزایش طول آبشکن میزان آبشستگی افزایش می‌یابد. در پایین دست آبشکن با افزایش طول آبشکن محدوده ناحیه جدایی جریان افزایش یافته و همچنین محدوده بدون آبشستگی در پایین دست آبشکن در کنار دیواره مجاور آبشکن کاهش می‌یابد. بیشینه عرض چاله آبشستگی نیز با افزایش طول آبشکن می‌یابد. با توجه به سابقه تحقیق، مطالعات جامعی بر روی آبشکن‌های چوگانی انجام



شکل ۱۱- مقایسه میزان آبشستگی در آبشکن مستقیم با آبشکن چوگانی.

نتیجه گیری کلی

چوگانی شکل در کانال مستقیم پرداخته شده است. نتایج آزمایش‌ها بیانگر این است که ابعاد چاله

در این مقاله با انجام مطالعات آزمایشگاهی به بررسی اثر طول آبشکن بر آبشستگی پیرامون آبشکن

موجب محافظت دیواره از آبشستگی توسط این نوع آبشکن می‌شود که برای محافظت ساحل و خود آبشکن مفید می‌باشد. با توجه به هدایت مناسب جریان به سمت پایین دست، بیشینه میزان آبشستگی آبشکن‌های چوگانی نسبت به آبشکن مستقیم (با همان ابعاد) می‌تواند مقدار کمتری داشته باشد.

آبشستگی (شامل بیشینه عمق آبشستگی، طول چاله آبشستگی در بالادست و پایین دست آبشکن و بیشینه عرض آبشستگی) با طول آبشکن نسبت مستقیم دارند. همچنین در مقطع پایین دست آبشکن چوگانی و در مجاورت دیواره کانال فاصله بیشتری از دیواره تا حفره آبشستگی، بدون آبشستگی می‌باشد که در نهایت

منابع مورد استفاده

- Anonymous, 2012. Design, construction and maintenance guide for river groynes. Presidential Strategic Planning and Control Directorate. (In Farsi)
- Baser H, Ardeshir A and Karami H, 2011. Numerical modeling of spur dike length on flow pattern characteristics. Sixth National Congress on Civil Engineering. May 6th and 7th. Semnan University. (In Farsi)
- Hosseinzadeh Tabrizi H, vaghefi, M and ghodsian, M, 2015. Effect of Froude Number on flow pattern and scouring around series in direct and submerged mode. Journal of Modares Civil Engineering 14(3): 71-82. (In Farsi)
- Khosravi Nia P, A Hosseinzadeh Dalir A, Farsadizadeh D and Fakheri-Fard A, 2011. Effect of collar on scour reduction around abutments. Water and Soil Science-University of Tabriz 21(1):15-28. (In Farsi)
- Mansouri, B, and Hossainzadeh Dalir A and Farsadizadeh D, 2014. Experimental study of shape of spur dikes in series to control scour in river bends. Water and Soil Science-University of Tabriz 26(1):69-81. (In Farsi)
- Mehrnehad, A and Ghodsian, M, 2013. Experimental investigation of the effect of spur dike length and diameter of materials on scouring around T-shaped dikes arranged at 90 degrees bend. Iranian Water Resources Research 8(2): 9-71. (In Farsi)
- Mirpangeji S, Naseri M and Mousavi Jahromi, H, 2013. Investigation of length of spur dike on river erosion using numerical model and comparison with the results of the laboratory model. First National Conference on Water and Pollution, Tehran Institute of Water Research. (In Farsi)
- Moradpour M, Farsadi Zadeh D, Hosseinzadeh Delir A and Arvanaghi, H, 2013. Experimental investigation of scour around semi-circular groynes, 9th International River Engineering Conference, Ahvaz, Shahid Chamran University. (In Farsi)
- Petersen, M. S. (1986). River Engineering, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Sadat Mousavi B, Sanei M, Salajeghah A and Motamed Vaziri B, 2010. Experimental investigation of Groyne length effect on river bank erosion reduction. Journal of Watershed Management Sciences and Engineering 4(12):65-68. (In Farsi)
- Tominaga A and Jaehun J, 2008. Flow structure and sediment transport around groynes in compound open channels. The 8th International Conference on Hydro-Science and Engineering. September, Nagoya, Japan.
- Xiufang Z, Pingyi W and Chengyu Y, 2012. Experimental study on flow turbulence distribution around a spur dike with different structure, International Conference on Modern Hydraulic Engineering, Nanjing, Jiangsu Province, China, pp. 72-775.
- Yebaehpour, A, and Kashefipoor S M, 2015. Investigation of the effect of groynes infiltration on the scour hole Dimensions Water and Soil Science-University of Tabriz 24(3):27-40. (In Farsi)