

بررسی اثر افزایش طول بال آبشکن L شکل بر آبشستگی اطراف آن در قوس ۹۰ درجه

ایمان دیوسالار^{۱*} و سید حبیب موسوی جهرمی^۲

* - نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز i.divsalar_rce@yahoo.com

۲- دانشیار گروه سازه های آبی، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۲۴

چکیده

آبشکن از جمله سازه های متداول در ساماندهی و کنترل فرسایش در ساحل رودخانه است و سبب دور کردن جریان های قوی از ساحل و هدایت جریان به سمت محور رودخانه می گردد. از سویی تغییر الگوی جریان باعث آبشستگی در اطراف آبشکن می شود. این مطالعه سعی در بررسی تأثیر افزایش طول در بال آبشکن بر عمق آبشستگی دارد. آزمایش ها در فلوم قوس ۹۰ درجه با سه طول بال مختلف، سه دبی متفاوت و عمق ثابت انجام شد و در ضمن با آبشکن ساده مقایسه گردید. که نتیجه حاصل نشان دهنده آن بود که با افزایش در طول بال آبشکن، عمق و حجم آبشستگی کاهش می یابد. درصد کاهش عمق آبشستگی در آبشکن L شکل به آبشکن ساده در حدود ۳/۲۵ تا ۲۳/۸۵ درصد می باشد. با تحلیل داده های آزمایشگاهی، معادله ای با $R^2 = 0.98$ برای آبشکن های L شکل ارائه گردید که هم خوانی خوبی با نتایج آزمایشگاهی دارد.

کلید واژه ها: آبشستگی، بال آبشکن L شکل، قوس ۹۰ درجه

Investigation of the Effect of Increasing the Wing Length of the L – Shape Spur Dike on the Scouring Around in the 90 Degree Bend

I. Divsalar¹ and S. H. Musavi Jahromi²

1- M.Sc Student of River Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz

2- Associate Professor, Department of Water Structures, Shahid Chamran University of Ahvaz

Received: 13 Feb. 2013

Accepted: 11 Sep. 2013

Abstract

Spur dike is one of the conventional structures in organizing and controlling erosion on the river side slopes. It causes the strong flows to be taken away of coastal and flow is guided towards river axis. On the other hand, changes in the flow pattern cause scour around spur dike. This study tries to evaluate the effect of increasing length in spur dike wing on the scour depth. Experiments were performed in the 90 degree meander with three different wing length, three different discharges and fixed depth. In addition L– shape spur dike was compared with ordinary spur dike. The result indicates that the scour depth and volume decreases with increase in wing length of spur dike. Comparing L-shape spur dike to ordinary spur dike show to be increase 3.25% up to 23.85%. Finally, an experimental predictor is presented for scouring in L-shape spur dike. This predictor has shown significant correlation with observation data in scour depth prediction.

Keywords: Scour, Wing length, L-shape spur dikes, 90 Degree bend.

مقدمه

چاره ای اندیشیده شود و به نحوی سواحل رودخانه ها را تثبیت و محافظت نمود. از جمله اقدامات ممکن احداث آبشکن می باشد. آبشکن ها سازه هایی هستند که با هدف انحراف جریان از ساحل فرسایش پذیر رودخانه و یا ایجاد مسیر مناسب برای هدایت جریان

تخریب و فرسایش سواحل رودخانه ها به ویژه در قوس ها امری طبیعی و انکار ناپذیر است که سبب تغییر در مرفولوژی رودخانه ها و همچنین تغییر در مالکیت اراضی ساحلی برای اشخاص می شود. از این رو لازم است تا برای مقابله با این پدیده

و کنترل سیلاب و در واقع برقراری عمق لازم برای اهداف کشتیرانی احداث می گردند (پرزدوجسکی و همکاران، ۱۹۹۵). سازه‌های آبشکن هر چند با اهداف رسوب گذاری و جلوگیری از فرسایش کناره‌ها و حواشی رودخانه و تثبیت موقعیت رودخانه احداث می گردند، در عین حال خود تحت تأثیر پدیده فرسایش ناشی از تمرکز جریان به خصوص در قسمت دماغه، افزایش موضعی سرعت جریان ناشی از تنگ شدگی مقطع و وقوع جریان چرخشی پایین رونده منجر به تشکیل حفره آبستنگی می شود که پیشرفت آن استحکام سازه را به مخاطره می اندازد. که البته این امر در قوس ها به دلیل وجود جریان های چرخش قوی تشدید می شود. لذا لازم است در حالی که از ساحل محافظت می شود اقداماتی برای حفاظت سازه در نظر گرفته شود که تحقق این امر مستلزم دانستن مقدار عمق و حجم آبستنگی در اطراف این سازه‌ها می باشد.

آبشکن‌ها انواع مختلف دارند (شکل ۱) که برحسب شرایط رودخانه‌های و اهداف مورد نظر در شکل‌ها و انواع مختلف طراحی و احداث می گردند.

عمده تحقیقات انجام شده، در مورد آبشکن‌های ساده و در فلوم مستقیم بوده حال آن که بیشترین کاربرد آبشکن‌ها در قوس می باشد و سایر آبشکن‌ها هم چون آبشکن L شکل، T شکل، چوگانی و غیره به نحوی بر میزان آبستنگی تأثیر گذار می باشند. در ادامه به برخی از تحقیقات مهم صورت گرفته اشاره شده است: دهقانی و همکاران (۱۳۸۸) به مطالعه آزمایشگاهی آبستنگی موضعی اطراف سری آبشکن‌های L شکل در فلوم مستقیم در شرایط آب زلال، با سه نوع دانه بندی مختلف، چهار فاصله بین آبشکن پرداختند که نتایج پژوهش نشان داد حداکثر عمق آبستنگی اطراف آبشکن اول اتفاق می افتد و هر چه قطر متوسط ذرات بستر افزایش می یابد حداکثر عمق آبستنگی کاهش می یابد هم چنین در یک دانه بندی مشخص با افزایش فاصله بین آبشکن ها حداکثر عمق آبستنگی نسبی روند کاهشی دارد و این کاهش با افزایش عدد فرود محسوس تر است. سادات موسوی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی آزمایشگاهی تأثیر طول آبشکن در کاهش فرسایش کنار رودخانه‌ای با سه طول بال مختلف در پنج دبی متفاوت پرداختند که مشاهده شد با افزایش طول آبشکن از ۲۵ به ۳۵ سانتی متر مقدار سطح فرسایش کناری را از ۲۰ به ۴۰ درصد در دبی های ۱۵ تا ۲۵ لیتر در ثانیه کاهش داده است. واقفی و همکاران (۱۳۸۷) به مطالعه آزمایشگاهی الگوی آبستنگی پیرامون آبشکن T شکل منفرد در قوس ۹۰ درجه پرداختند. نتایج بیانگر آن بود که افزایش طول آبشکن، کاهش طول بال آبشکن، افزایش عدد فرود و تغییر موقعیت آبشکن به سمت پایین دست قوس باعث افزایش عمق و ابعاد چاله آبستنگی می گردد.

فضلی و همکاران (۲۰۰۷) نیز به بررسی آزمایشگاهی تغییرات آبستنگی و چگونگی تشکیل چاله آبستنگی در اطراف

آبشکن‌های مستقیم و مستقر در موقعیت‌های مختلف قوس ۹۰ درجه پرداختند و نتیجه گرفتند که هر چه موقعیت استقرار آبشکن به سمت انتها قوس پیش می رود مقدار آبستنگی بیشتر می گردد. گارد و همکاران^۲ (۱۹۶۱) آزمایش هایی بر روی چهار اندازه آبشکن با نسبت انقباض ۰/۹، ۰/۸۳۵، ۰/۶۶۷، ۰/۵۳ در یک کانال با عرض ۰/۶۱ متر انجام دادند. این پژوهشگر هم چنین از رسوباتی با چهار اندازه قطر متوسط ۰/۳، ۰/۴۶، ۱، ۲/۳ میلی متر استفاده کرد. براساس یافته های گارد و همکاران (۱۹۶۱)، عدد فرود پارامتر بسیار مهمی در آبستنگی اطراف تنگ شدگی ها می باشد همچنین اندازه ذرات بستر هم در سرعت آبستنگی و هم در حداکثر عمق آبستنگی مؤثر است و همچنین بیان کردند که حداکثر عمق آبستنگی تابعی از نسبت بازشدگی، عمق جریان، زاویه آبشکن با کانال، عدد فرود جریان و ضریب رانش رسوبات بستر می باشد. گیل^۳ (۱۹۷۲) با تغییر شعاع انحنای قوس عمق جریان و قطر ذرات در کانال مستقیم و قوسی نشان داد که فاصله‌ی بین آبشکن‌ها وابستگی زیادی به شعاع انحنای قوس دارد. و در مسیرهای قوسی حدود یک تا دو برابر طول آبشکن خواهد بود. مل ویل^۴ (۱۹۹۲) نیز رابطه ای تجربی برای پیش بینی حداکثر عمق فرسایش موضعی در آبشکن ها ارائه نمود. این پژوهشگر حداکثر عمق آبستنگی را به طول آبشکن مربوط کرده است. از جمله تحقیقات صورت گرفته دیگر می توان به هاشمی نجفی (۲۰۰۸)، فرقانی و همکاران (۲۰۰۷) و سلیمان و همکاران^۵ (۱۹۹۷) اشاره کرد. در قوس‌ها، تخریب و فرسایش سواحل امری طبیعی و انکار ناپذیر است و کاربرد عمده آبشکن محافظت از قوس خارجی در مقابل فرسایش می باشد و با توجه به این موضوع که این سازه خود در معرض فرسایش در کناره‌ها و دماغه قرار می گیرد، بررسی راه کارهایی برای کاهش عمق آبستنگی ضرورت می یابد.

مواد و روش‌ها

تحلیل ابعادی

پارامترهای زیادی بر عملکرد آبشکن‌های L شکل برای حفاظت از ساحل و آبستنگی اطراف آن مؤثر است. بنابراین به منظور یافتن رابطه ای بین عوامل مؤثر بر آبستنگی در دماغه آبشکن L شکل تحلیل ابعادی صورت گرفت که پارامترهای مؤثر عبارتند از:

۱- خصوصیات مربوط به هندسه سیستم

عرض کانال اصلی بدون آبشکن (B)، شعاع قوس (R)، زاویه مرکزی محل استقرار آبشکن در قوس (φ)، طول جان آبشکن (W)، طول بال آبشکن (B_f)

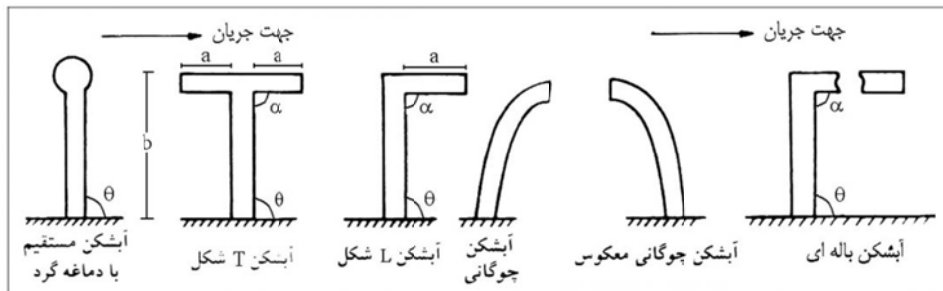
2 - Garde et al

3- Gill

4- Melville

5- Soliman et al

1 - Przedwojski et al



شکل ۱- انواع آبشکن از نظر شکل هندسی، نشریه ۵۱۶، ۱۳۸۸

متر به یک کانال با قوس ۹۰ درجه به طول ۵ متر متصل که کانال قوسی توسط کانال مستقیم دیگر به طول ۳ متر به دریچه کنترل عمق جریان و سپس مخزن خروجی متصل می‌گردد (شکل‌های ۳ و ۲). آبشکن استفاده شده در این آزمایش‌ها از جنس پلکسی گلاس با طول جان ثابت ۱۴ سانتی‌متر و اندازه بال‌های مختلف به طول ۷، ۱۰/۵، ۱۴ سانتی‌متر و همچنین آبشکن ساده می‌باشد (شکل ۴). که عمود بر جهت جریان بر دیواره خارجی به صورت منفرد نصب گردیدند. ذرات بستر به قطر ۱/۸۲ میلی‌متر با ضریب انحراف استاندارد معادل ۱/۲۲ انتخاب و در لایه‌ای به ضخامت ۲۳ سانتی‌متر جهت آزمایش در کانال استفاده شد. در کلیه آزمایش‌ها عمق ثابت و برابر ۱۵/۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آزمایش در شرایط آب زلال $U/U_c < 1$ با دبی‌های ۲۱/۳، ۲۵/۴ و ۲۹/۲ لیتر بر ثانیه صورت پذیرفت که مقادیر U/U_c به ترتیب برابر ۵۰/۳، ۶۰ و ۶۹ درصد می‌باشد تا از فرسایش و انتقال رسوب از بالادست آبشکن جلوگیری شود. همچنین عدد فرود محاسبه شده به ترتیب برابر ۰/۱۶، ۰/۱۹، ۰/۲۲ می‌باشد. دبی‌ها توسط دبی سنج دیجیتالی اندازه‌گیری شدند. آبشکن‌ها به صورت منفرد در موقعیت‌های ۴۰، ۶۵ و ۹۰ درجه روی قوس ۹۰ درجه قرار گرفتند. نحوه آزمایش به این صورت بود که ابتدا آبشکن در موقعیت مذکور بر دیواره خارجی نصب سپس مصالح بستر به قطر ۱/۸۲ میلی‌متر و ضخامت ۲۳ سانتی‌متر در سراسر فلوام گسترانده و سطح صاف می‌شد. پمپ روشن و آب زلال به آرامی توسط مخزن ورودی به درون کانال هدایت تا روی تمامی مصالح را بپوشاند. پس از آن پمپ خاموش، زهکش باز تا آب تخلیه و تمامی مصالح به تراکم یکسان برسند. پس از انجام این کار دریچه انتهایی و زهکش بسته، پمپ روشن و به آرامی آب در کانال هدایت می‌شد و پس از ارتفاع گرفتن جریان دریچه انتهایی را باز تا به عمق ۱۵/۳ سانتی‌متری برسد، عمق، توسط عمق سنج (خطکش) در ورودی کانال کمی بالاتر از قوس قرار داده و قرائت می‌گردد. پس از گذشت ۱۴۰ دقیقه از زمان آزمایش دریچه انتهایی را کمی بسته پمپ را خاموش و زهکش باز می‌شود تا آب به آرامی تخلیه گردد در انتها حداکثر عمق و حجم آبشستگی برداشت می‌شود. در جدول (۱) محدوده تغییرات پارامترهای مؤثر در آزمایش‌های تحقیق ارائه شده است.

۲- خصوصیات مربوط به هیدرولیک جریان
سرعت جریان در بالادست (V)، عمق جریان در کانال اصلی (y)، شتاب ثقل (g)
۳- خصوصیات مربوط به سیال
جرم واحد حجم مایع (ρ)، لزجت دینامیکی (μ)، زمان آزمایش (t)، زمان نهایی آزمایش (t_e)
۴- خصوصیات مواد رسوبی
قطر متوسط ذرات رسوبی (d_{50})، چگالی رسوبات (ρ_s)

$$d_s = f(\mu, \rho, g, d_{50}, \rho_s, V, y, R, W, \phi, B_f, B, t, t_e) = 0 \quad (1)$$

با استفاده از روش باکینگهام- π و انتخاب V, ρ, y به عنوان پارامترهای تکراری، رابطه میان پارامترهای بی بعد به دست می‌آید:

$$\frac{d_s}{y} = f\left(\frac{B}{y}, \frac{B_f}{y}, \frac{W}{y}, \frac{R}{y}, \phi, \frac{gy}{V^2}, \frac{\mu}{\rho y V}, \frac{d_{50}}{y}, \frac{\rho_s}{\rho}, \frac{t}{t_e}\right) \quad (2)$$

با توجه به پارامترهای بی بعد حاصل و با تقسیم پارامتر B_f/y بر W/y و صرفه نظر کردن از پارامتر B/y و R/y به علت ثابت و یکسان بودن و همچنین از d_{50}/y و ρ/ρ_s به خاطر آنکه جنس مصالح و نوع سیال در تمامی آزمایش‌ها یکسان در نظر گرفته شده است می‌توان نوشت:

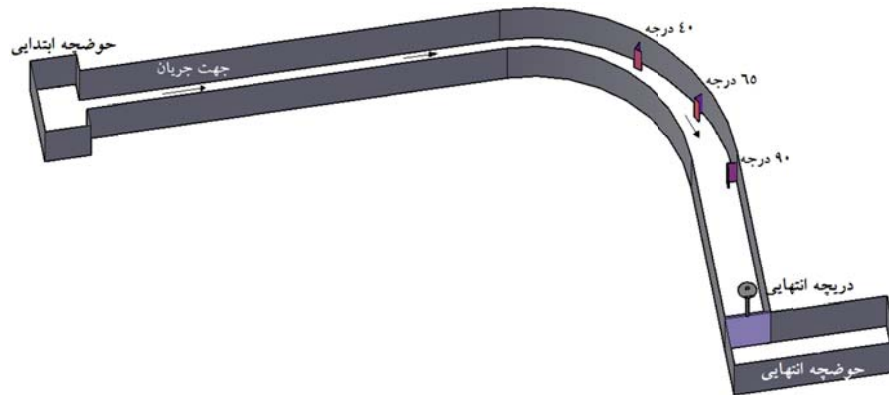
$$\frac{d_s}{y} = f\left(\frac{B_f}{W}, \phi, F_r, R_e, \frac{t}{t_e}\right) \quad (3)$$

مقدار عدد رینولدز بین ۵۱۰۰۰ تا ۳۷۰۰۰ می‌باشد که به علت مغشوش بودن جریان قابل صرفه نظر کردن می‌باشد، لذا:

$$\frac{d_s}{y} = f\left(\frac{B_f}{W}, \phi, F_r, \frac{t}{t_e}\right) \quad (4)$$

تجهیزات آزمایشگاهی و نحوه انجام آزمایش

آزمایش‌ها در آزمایشگاه هیدرولیک شهید چمران اهواز بر روی فلوام قوسی شکل با زاویه مرکزی ۹۰ درجه و شعاع مرکزی ۳/۱۵ متر و عرض ۰/۷ متر انجام شد. کانال مستقیم ورودی به طول ۶/۵



شکل ۲- شماتیک سه بعدی از فلوم آزمایشگاهی مورد استفاده



شکل ۴- نمونه آبشکن‌های استفاده شده در آزمایش‌های مختلف

شکل ۳- فلوم مورد استفاده در این تحقیق

جدول ۱- محدوده تغییرات پارامترهای مؤثر

پارامترهای مؤثر	محدوده تغییرات
دبی جریان	۲۹/۲، ۲۵/۴، ۲۱/۳ لیتر بر ثانیه
عمق جریان در بالادست	۱۵،۳ سانتی‌متر
طول جان آبشکن	۱۴ سانتی‌متر
طول بال آبشکن	۱۴، ۱۰/۵، ۷ سانتی‌متر و آبشکن ساده
عدد فرود	۰/۱۶، ۰/۱۹، ۰/۲۲
موقعیت آبشکن در قوس	۴۰، ۶۵، ۹۰ درجه

نتایج و بحث

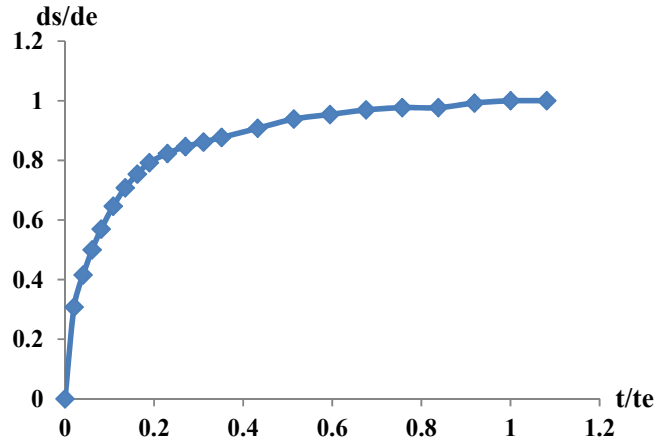
تأثیر موقعیت آبشکن بر آبشستگی

شکل‌های (۶)، (۷) و (۸) تاثیر موقعیت آبشکن بر آبشستگی را برای دبی‌های $(Q=29.2 \text{ l/s}, Q=25.4 \text{ l/s}, Q=21.3 \text{ l/s})$ نشان می‌دهد که در تمامی دبی‌ها مشاهده می‌گردد با تغییر موقعیت به سمت پایین دست قوس بر میزان عمق و حجم

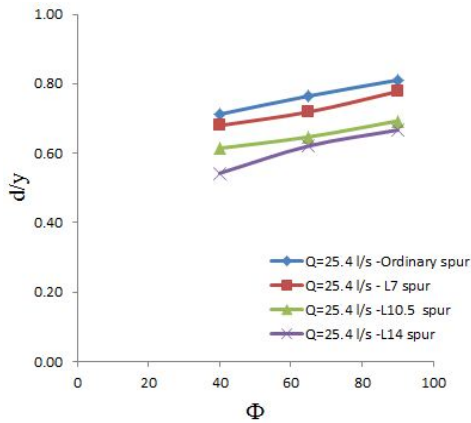
برای محاسبه زمان تعادل تجربی، آزمایش طولانی به مدت ۱۲ ساعت در موقعیت ۹۰ درجه با آبشکن به طول بال ۱۴ سانتی‌متر و دبی ۲۵/۴ لیتر بر ثانیه انجام شد که مشاهده می‌شود ۸۰ درصد آبشستگی در ۱۴۰ دقیقه ابتدایی از زمان آزمایش رخ می‌دهد. بنابراین برای تمامی آزمایش‌ها مدت زمان ۱۴۰ دقیقه لحاظ گردید (شکل ۵).

سرعت در دماغه آبشکن این فرایند تشدید می‌شود. با توجه به آنچه که بیان شد و با توجه به شکل‌ها، مشاهده می‌گردد در همه موارد، موقعیت ۹۰ درجه از قوس، عمق آبستنگی مقدار حداکثر را نشان می‌دهد. همچنین آبشکن ساده در مقایسه با آبشکن‌های L شکل در تمامی موقعیت‌ها از عمق و حجم آبستنگی بیشتری برخوردار است.

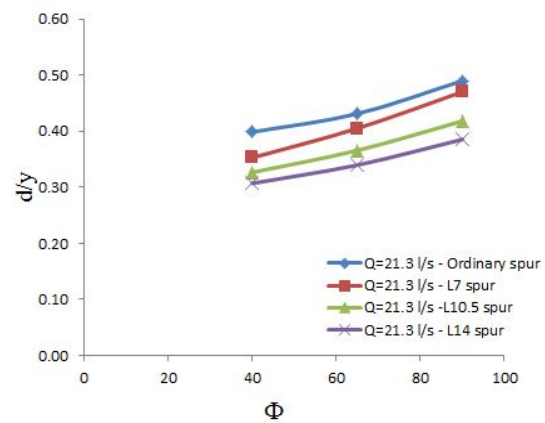
آبستنگی افزوده می‌شود. علت این امر را می‌توان اثر نیروی گریز از مرکز بر جریان دانست که سبب شکل‌گیری جریان عرضی قوی می‌گردد که ترکیب آن با جریان طولی سبب شکل‌گیری جریان حلزونی می‌شود که هرچه به سمت پایین دست قوس پیش می‌رویم جریان حلزونی شکل کامل‌تری به خود می‌گیرد تا آنجا که پس از قوس، جریان به حالت قبل از قوس بر می‌گردد. حال با قرار گرفتن آبشکن در مسیر جریان و تمرکز



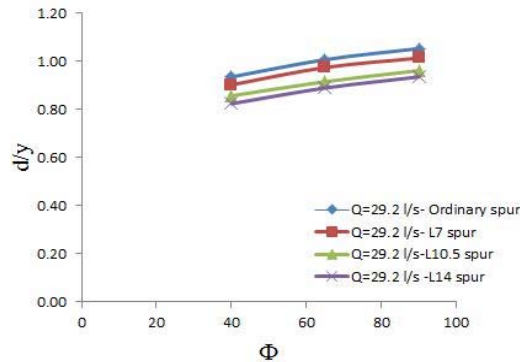
شکل ۵- منحنی استخراج زمان تعادل



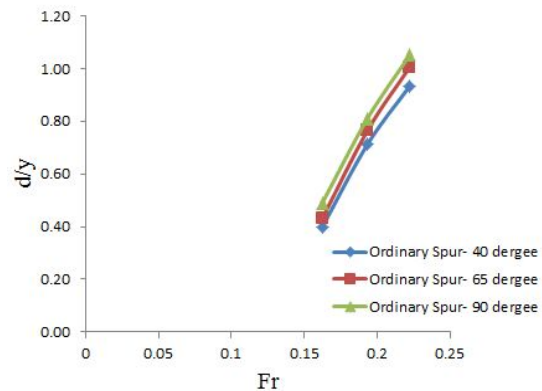
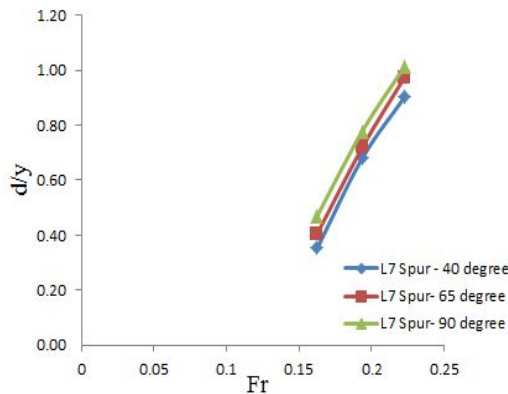
شکل ۷- تأثیر موقعیت آبشکن بر آبستنگی با Q=۲۵/۴ لیتر بر ثانیه



شکل ۶- تأثیر موقعیت آبشکن بر آبستنگی با Q=۲۱/۳ لیتر بر ثانیه

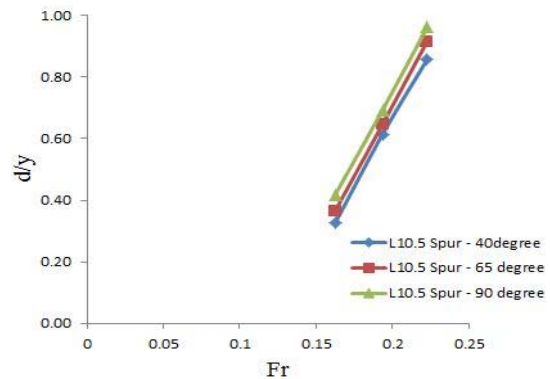
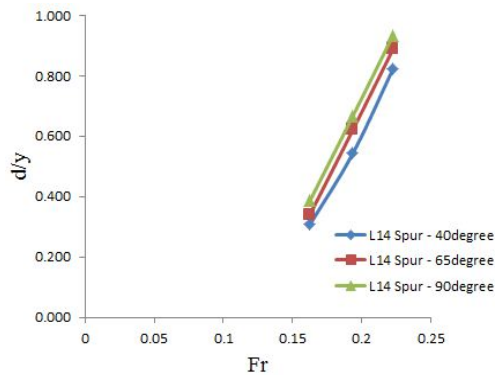


شکل ۸- تأثیر موقعیت آبشکن بر آبستنگی با Q=۲۹/۲ لیتر بر ثانیه



شکل ۹- تأثیر عدد فرود بر آبشستگی در آبشکن ساده

شکل ۱۰- تأثیر عدد فرود بر آبشستگی در $B_f=7$ سانتی متر



شکل ۱۱- تأثیر عدد فرود بر آبشستگی در $B_f=10,5$ سانتی متر

شکل ۱۲- تأثیر عدد فرود بر آبشستگی در $B_f=14$ سانتی متر

این جریان گردابی نمی‌تواند به طور کامل شکل و از قدرت مکش مصالح توسط گردابه در دماغه آبشکن کاسته می‌شود. افزایش طول بال نیز سبب دور کردن این نوع گردابه می‌شود که به نوبه خود کمک می‌کند مصالح به راحتی جابجا نگردد. در این حالت کمترین عمق آبشستگی در آبشکن با نسبت بال به جان یک رخ می‌دهد. شکل (۱۶) نمونه‌ای از آزمایش‌های انجام شده را نشان می‌دهد. با توجه به آنچه که در بالا بیان شد با در نظر گرفتن تأثیر هم زمان عوامل فوق می‌توان درصد کاهش عمق آبشستگی را در آبشکن‌های L شکل نسبت به آبشکن ساده با استفاده از مقادیر حاصل از اندازه گیری‌های آزمایشگاهی محاسبه نمود (جدول ۲). برای محاسبه درصد کاهش عمق آبشستگی از رابطه (۵) استفاده شد.

$$E = \left(\frac{l_0 - l_1}{l_0} \right) * 100 \quad (5)$$

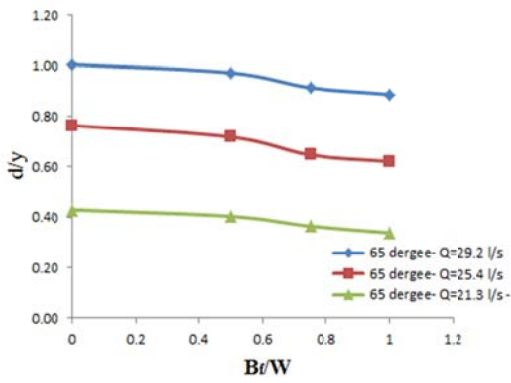
که در این رابطه E: درصد کاهش یافته، l_1 : عمق آبشستگی در آبشکن ساده و l_0 : عمق آبشستگی در آبشکن L شکل می‌باشد.

تأثیر عدد فرود بر آبشستگی

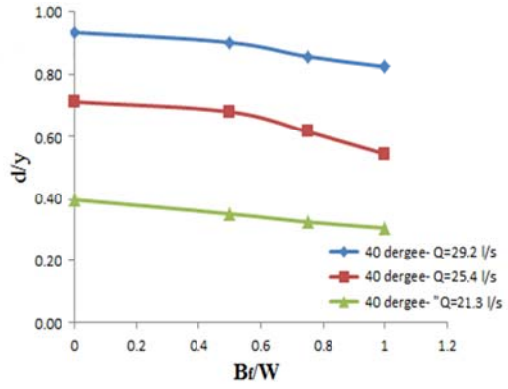
شکل‌های (۹)، (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) تأثیر عدد فرود بر آبشستگی در آبشکن L شکل ($L=7$ mc, $L=10/5$ cm, $L=14$ cm) و ساده را نشان می‌دهد. که در تمامی چهار نمودار با افزایش عدد فرود بر میزان آبشستگی افزوده می‌گردد که در تمامی حالت‌ها عمق آبشستگی در عدد فرود 0.22 بیشترین مقدار می‌باشد. دلیل این امر آن است که با زیاد شدن عدد فرود سرعت جریان بیشتر شده و در نتیجه تنش برشی اعمالی از طرف جریان افزایش و عمق و حجم آبشستگی افزایش می‌یابد.

تأثیر تغییر نسبت طول بال به جان بر آبشستگی

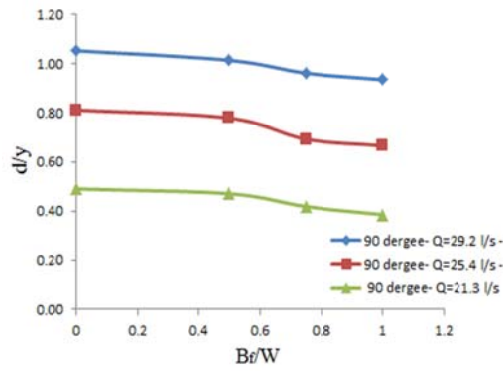
شکل‌های (۱۳)، (۱۴) و (۱۵) تأثیر این امر را بر آبشستگی در موقیت‌های ($\phi=90^\circ$, $\phi=65^\circ$, $\phi=40^\circ$) از قوس نشان می‌دهد که در تمامی حالت‌ها با افزایش نسبت بال به جان B_f/W از مقدار عمق و حجم آبشستگی کاسته شد، همان گونه که مشخص است در آبشکن ساده در تمامی موارد عمق آبشستگی بیشتر از آبشکن‌های L شکل می‌باشد. علت این امر را می‌توان ایجاد اختلال در جریان گردابی دانست که در پشت آبشکن شکل می‌گیرد. به سبب وجود بال آبشکن



شکل ۱۴- تأثیر تغییر بال آبشکن بر آبشستگی در $\phi=65^\circ$



شکل ۱۳- تأثیر تغییر بال آبشکن بر آبشستگی در $\phi=40^\circ$



شکل ۱۵- تأثیر تغییر بال آبشکن بر آبشستگی در $\phi=90^\circ$

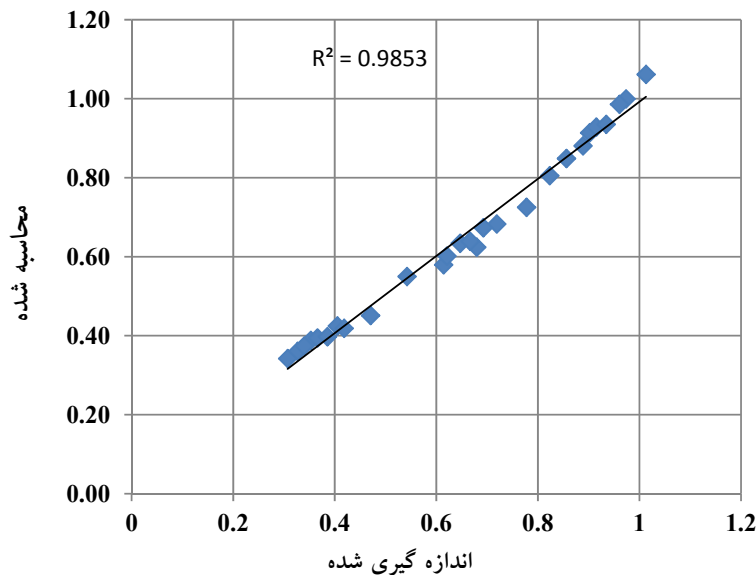


شکل ۱۶- نمونه‌ای از آزمایش انجام شده (آبشکن L با اندازه بال ۱۰/۵ سانتی‌متر، $Q=25.4$ لیتر بر ثانیه و $\phi=90^\circ$) بستر قبل و بعد از آبشستگی

جدول ۲- درصد عمق آبستگی کاهش یافته

Fr	φ	E	E	E
۰/۲۲	۴۰	۳/۵۰	۸/۳۹	۱۱/۸۹
۰/۲۲	۶۵	۳/۲۵	۹/۰۹	۱۱/۶۹
۰/۲۲	۹۰	۳/۷۳	۸/۷۰	۱۱/۱۸
۰/۱۹	۴۰	۴/۵۹	۱۳/۷۶	۲۳/۸۵
۰/۱۹	۶۵	۵/۹۸	۱۵/۳۸	۱۸/۸۰
۰/۱۹	۹۰	۴/۰۳	۱۴/۵۲	۱۷/۷۴
۰/۱۶	۴۰	۱۱/۴۸	۱۸/۰۳	۲۲/۹۵
۰/۱۶	۶۵	۶/۰۶	۱۵/۱۵	۲۱/۲۱
۰/۱۶	۹۰	۴/۰۰	۱۴/۶۷	۲۱/۳۳

نسبت بال به جان $Bf/W = ۰/۵$ $Bf/W = ۰/۷۵$ $Bf/W = ۱$



شکل ۱۷- مقایسه عمق آبستگی اندازه گیری شده و محاسبه شده با رابطه (۷)

$$\frac{d_s}{y} = \left(\frac{B_f}{W}\right)^{-0.183} * \left(\frac{\varphi * \pi}{180}\right)^{0.185} * (F_r)^{2.719} * \exp\left(\frac{t+t_e}{t_e}\right)^{3.295} \quad (۳)$$

شکل (۱۷) مقایسه بین مقادیر آبستگی حاصل از انجام آزمایش‌ها با مقدار به دست آمده از رابطه (۷) را نشان می‌دهد که مقدار $R^2 = ۰/۹۸$ می‌باشد. بدیهی است که رابطه (۷) حداکثر عمق آبستگی را با دقت قابل قبولی پیش بینی می‌کند. محدوده رابطه فوق $۰ < \frac{B_f}{W} \leq ۱$ می‌باشد.

نتیجه گیری

با توجه به آنچه که بیان گردید می‌توان نتایج زیر را به اختصار بیان کرد:

معادله ارائه شده در محاسبه عمق آبستگی

مطالعه نتایج آزمایش‌ها نشان داد که مقادیر پارامترهای بررسی شده با توجه به تأثیر آنها بر روی عمق آبستگی شکل‌توانی دارد و در نتیجه رابطه (۴) به صورت زیر تغییر می‌کند لازم به ذکر است رابطه (۶) ارائه شده برای آبشکن‌های L شکل می‌باشد و لذا:

$$\frac{d_s}{y} = \left(\frac{B_f}{W}\right)^a * (\varphi)^b * (F_r)^c * \left(\frac{t}{t_e}\right)^d \quad (۶)$$

ضرایب a, b, c و d در رابطه فوق بر اساس روش کمترین مربعات محاسبه گردیده و در نهایت رابطه (۷) برای محاسبه عمق آبستگی در آبشکن‌های L شکل ارائه گردید:

- عمق آبستنگی با افزایش عدد فرود افزایش می‌یابد.
- عمق آبستنگی با افزایش در بال آبشکن کاهش و این در حالی است که عمق آبستنگی در آبشکن ساده بیش از L شکل است.
- هر چه به سمت نیمه دوم قوس برویم عمق آبستنگی افزایش می‌یابد.
- با توجه به شکل (۵) - زمان تعادل تجربی- می‌توان گفت هر چه زمان افزایش یابد عمق آبستنگی افزایش می‌یابد ولی بعد از گذشت زمانی طولانی آبستنگی به حالت تعادل می‌رسد.
- بیشترین عمق آبستنگی در بین آبشکن‌های L شکل در زاویه ۹۰ درجه از قوس با عدد فرود ۰/۲۲ و نسبت طول بال به جان ۰/۵ رخ می‌دهد.
- کمترین عمق آبستنگی در بین آبشکن‌های L شکل در زاویه ۴۰ درجه از قوس با عدد فرود ۰/۱۶ و نسبت طول بال به جان یک رخ می‌دهد.
- مقایسه بین مشاهده آزمایشگاهی و رابطه ارائه شده نشان می‌دهد همبستگی بالایی بین آنها برقرار است به طوری که داریم $R^2 = ۰/۹۸$
- آزمایش‌ها نشان داد که در آبشکن ساده در مقایسه با آبشکن L شکل عمق آبستنگی بیشتری رخ می‌دهد.
- درصد کاهش عمق آبستنگی در آبشکن L شکل به آبشکن ساده در حدود ۳/۲۵ تا ۲۳/۸۵ درصد می‌باشد.

منابع

- ۱- راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری آبشکن‌های رودخانه‌ای. ۱۳۸۸. نشریه ۵۱۶.
- ۲- دهقانی، ا. ا.، برزعلی، م.، فضل‌اولی، ر. و ضیاء تباراحمدی، م. ۱۳۸۸. "مطالعه آزمایشگاهی آبستنگی موضعی اطراف سری آبشکن‌های L شکل در فلوام مستقیم در شرایط آب زلال" مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک ۱۶(۳): ۱۶۲-۱۴۱.
- ۳- سادات موسوی، ب.، صانعی، م.، سلاجقه، ع. و معتمد وزیری، ب. ۱۳۸۹. "بررسی آزمایشگاهی تاثیر طول آبشکن در کاهش فرسایش کنار رودخانه‌ای" مجله علمی - پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۳(۱۲): ۶۸-۵۶.
- ۴- واقفی، م.، قدسیان، م. و صالحی نیشابوری، س. ع. ا. ۱۳۸۷. "مطالعه آزمایشگاهی الگوی آبستنگی پیرامون آبشکن T شکل منفرد در قوس ۹۰ درجه" مجله تحقیقات منابع آب ایران، ۱۲(۳): ۷۰-۵۷.
- 5- Fazli, M., Ghodsian, M. and S. A. A. Salehi. 2007. Experimental investigation on scour around spur dikes located at different positions in a 90 bend. 32nd Congress of IAHR, Venice, Italy, pp. 248-256.
- 6- Forghani, M. J., Fazli, M. and M. Ghodsian. 2007. Experimental study on flow field and scouring around a spur dike in ninety degree bend. 32nd Congress of IAHR, Venice, Italy, pp. 301-309.
- 7- Garde, R. J., Subramanya, K. and K.D. Nambudripad. 1961. Study of scour around spur dikes. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 87(HY6): 23-37.
- 8- Gill, M. A. 1972. Erosion of sand beds around spur dikes. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 98(HY9):1587-1602.
- 9- Hashemi Najafi, F. 2008. Experimental investigation of scouring around L-head groins under clear water condition. M.sc thesis, Tarbiat Modarres University, Iran.
- 10- Melville, B.W. 1992. Local scour at bridge abutments. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 118(4): 615-631.
- 11- Przedwojski, B., R. Blazejewski and K.W. Pilarczyk. 1995. River training techniques: Fundamentals, Techniques and Applications. AA. Balkema, Rotterdam, Netherlands.
- 12- Soliman, M. M, Attia, K. M., Kotb, Talaat A. M. and A. F. Ahmed. 1997. Spur dike effects on the river Nile morphology after high Aswan Dam. Congress of the International Association of Hydraulic Research, LAHR, 120(9): 125-146.