بررسی آزمایشگاهی اثر زاویه و نفوذپذیری تک آبشکن بر روی ابعاد چاله آبشستگی در شرایط غیر مستغرق

پویا اهدایی[1*] و سید محمود کاشفی پور[2]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران- مهندسی رودخانه ، گروه سازه های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب ، دانشگاه شهید چمران اهواز Pouya_ehdaei@yahoo.com

۲- استاد گروه سازه های آبی ، دانشکده مهندسی علوم آب ، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱/۱۹

چکیده

آبشکن از جمله سازه‌هایی است که نقشی مهم و اساسی در کاهش نیروی برشی وارد بر ساحل رودخانه دارد. تقابل این سازه و جریان آب باعث ایجاد گردابه‌های قوی در دو راستای افقی و عمودی در اطراف آبشکن شده، که عامل اصلی پدیده آبشستگی اطراف سازه آبشکن و در نتیجه شکست آن می‌باشد. الگوی جریان پیرامون آبشکن و مقادیر فرسایش و رسوبگذاری بستر رودخانه به عوامل مختلفی مانند نوع آبشکن، موقعیت قرارگیری، زاویه‌ی آن نسبت به دیواره‌ها، و سایر پارامترها بستگی دارد. یکی از مهم‌ترین این پارامترها نفوذپذیری سازه آبشکن می باشد. در این مطالعه آزمایشگاهی، به بررسی اثر نفوذپذیری و زاویه تک آبشکن غیرمستغرق بر روی ابعاد چاله آبشستگی پرداخته شده است. نتایج نشان داد که با افزایش نفوذپذیری به میزان ۵۰ درصد، آبشستگی به میزان زیادی کاهش می یابد. برای Fr=۰/۲٤، درحالت قائم (۹۰ درجه) با ۵۰ درصد نفوذپذیری، عمق، طول و عرض آبشستگی نسبی در مقایسه با حالت نانفوذپذیر به ترتیب ٦۷، ۷۵/۳ و ٤۵/۵ درصد کاهش یافت. همچنین، برای زاویه ۱۲۰ درجه عمق، طول و عرض آبشستگی نسبی به ترتیب ٦٤/۱، ۷۲/۱ و ۳۵/٤ درصد کاهش یافت. به طور مشابه برای زاویه ٦۰ درجه نیز در عمق، طول و عرض نسبی چاله آبشستگی کاهش مشاهده شد که مقادیر مربوط به آن ها به ترتیب ٦۰/۲، ٦۸/۷ و ۳۸/۸ درصد اندازه‌گیری شد. همچنین در حالت ۵۰ درصد نفوذپذیری، بیشترین آبشستگی مربوط به آبشکن با زاویه ٦۰ درجه بود که متوسط عمق، طول و عرض آبشستگی نسبی برای این حالت به ترتیب برابر با ۰/۱۹، ۰/۷ و ۱/۲ تعیین گردید.

کلید واژه‌ها: آبشکن ،آبشستگی ، نفوذ پذیری.

Experimental Study of the Effect of Spur Dike Permeability and Angle on Scour Hole Dimensions in Non-Submerged Conditions

P. Ehdaei[1*] and S. M. Kashefipour[2]

1*- M. Sc. Student, Department of Water Structures, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
2- Professor, Department of Water Structures, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

Received:11 November 2013 Accepted: 8 April 2014

Abstract

Spur dike is a hydraulic structure which has an essential role in reducing the shear force on river banks. The interaction between the structure and flow makes vertical and horizontal vortices, which are the main reason for producing a local scour hole around spur dike and finally damaging it. The behavior of the flow around a spur dike and the intensity of degradation and aggradation depend on different factors such as the type of the spur dike, its position, its angle with the bank, and some other

parameters. One of the most important factors is the permeability of the spur dike. This experimental study focuses on the effect of spur dike's angle and its permeability on scour hole dimensions in non-submerged conditions. According to the results, when permeability increased up to 50%, scouring decreased significantly. For Fr=0.24, and in the vertical position of spur dike (90 degrees) with 50% permeability, relative depth, length, and width of the scour hole decreased 67%, 75.3% and 45.5%, respectively in comparison with impermeable spur dike. Also for the angle of 120 degrees, relative depth, length and width of the scour hole declined 64.1%, 72.1% and 35.4%, respectively. Similar results were obtained for the angle of 60 degrees with the reduction of relative depth, length and width of the scour hole being measured 60.2%, 68.7% and 38.8%, respectively. In addition, for 50% permeability, the highest level of scouring was for the angle of 60 degrees, whose average relative depth, length, and width were 0.19, 0.7 and 1.2, respectively.

Keywords: Spur dike, Scour, Permeability.

مقدمه

امروزه محافظت از کناره رودخانه در برابر پدیده فرسایش و تخریب ناشی از جریان آب با استفاده از انواع سازه‌های کنترل جریان از روش‌های متداول در علم مهندسی رودخانه محسوب می‌گردد. این سازه‌ها برای کاهش نیروهای هیدرودینامیک وارد بر ساحل رودخانه، از طریق کنترل جهت، سرعت و یا عمق جریان طرح می‌شوند. یکی از مهم‌ترین سازه‌های کنترل جریان، آبشکن‌ها هستند. آبشکن‌ها، سازه‌های متقاطع یا عرضی هستند که از دیواره طبیعی رودخانه با طول و زاویه‌ی مناسب نسبت به راستای عمومی جریان توسعه یافته، سبب انحراف حمله‌ی جریان از کناره‌ها و نواحی بحرانی شده و جریان را به سمت محور مرکزی رودخانه هدایت می‌نمایند. با انحراف جریان، کناره رودخانه در حد فاصل دیواره‌های طبیعی موجود با مرز راستای اصلاح شده، به تدریج با ته نشست رسوبات توسعه یافته و با استقرار تدریجی پوشش گیاهی در دراز مدت تثبیت می‌یابد. بنابراین در دراز مدت جریان در بخش میانه رودخانه متمرکز می‌گردد. همچنین با انحراف جریان بالادست به میانه رودخانه، سرعت متوسط و بده واحد عرض در مجرای اصلی افزایش می‌یابد. افزایش سرعت متوسط منجر به افزایش در گرادیان سرعت‌ها و توسعه گردابه‌ها و جریان تلاطمی شدید در دماغه آبشکن می‌گردد (بی‌نام، ۱۳۸۸). مانند سایر سازه‌های کنترل جریان، آبشکن‌ها نیز به دو نوع تراوا یا نفوذپذیر و ناتراوا یا نفوذناپذیر تقسیم می‌شوند. از یک آبشکن نفوذپذیر برای کاهش سرعت جریان استفاده می‌شود. به عبارت دیگر این نوع آبشکن در گروه سازه‌های آرام‌کننده به‌شمار می‌آید و عموماً از تیرک یا شمع‌های بتنی، چوبی و یا ساقه‌های بامبو ساخته می‌شود. آرایش ردیف پایه‌ها سبب افزایش مقاومت بستر، همراه با توسعه جریان‌های چرخشی موضعی پیرامون پایه‌های منفرد گردیده و باعث کاهش سرعت جریان، کاهش انتقال رسوبات کف، ته نشینی مواد رسوبی معلق درشت دانه و جذب مواد شناور می‌گردد(بی‌نام، ۱۳۸۸). همچنین الگوی جریان در این نوع آبشکن اساساً متفاوت از آبشکن‌های بسته (نفوذپذیر) می‌باشد. در این نوع آبشکن‌ها با نفوذ بخشی از جریان رودخانه به میدان آبشکن، تشکیل جریان گردابی میسر نبوده و انحراف جریان در دماغه چندان حاد نیست (بی‌نام، ۱۳۸۱). آبشکن‌ها از نظر آرایش و امتداد قرارگیری در رودخانه به سه دسته جاذب، عمودی و دافع تقسیم می‌شوند. بدون شک این نحوه‌ی قرارگیری بر روی الگوی جریان و رسوب‌گذاری در اطراف آبشکن مؤثر است. در ادامه به برخی از پژوهش های صورت گرفته مرتبط با موضوع تحقیق حاضر اشاره شده است: بر اساس آزمایش هایی که کوهنل و همکاران[1] (۲۰۰۲) بر روی تک آبشکن نفوذناپذیر برای سه زاویه قرارگیری نسبت به جریان و دو نسبت تنگ‌شدگی کانال انجام دادند، بیشترین میزان فرسایش بستر در مجاورت ساحل، مربوط به زاویه ۴۵ درجه (حالت جاذب) و کمترین مقدار و میزان متوسط این فرسایش به ترتیب برای زوایای ۱۳۵ درجه (حالت دافع) و ۹۰ درجه (حالت قائم) حاصل شد. همچنین برای زوایای ۱۳۵ و ۴۵ درجه، کوتاه شدن طول آبشکن تأثیر به سزایی در افزایش عمق چاله آبشستگی داشت. ازلدین و همکاران[2] (۲۰۰۷) به منظور بررسی تأثیر نسبت تنگ‌شدگی و زاویه حمله جریان بر روی ابعاد چاله آبشستگی، آزمایش‌هایی را بر روی تک آبشکن نفوذپذیر انجام دادند. بر اساس نتایج به دست آمده، به ازای شرایط جریان یکسان و میزان تنگ شدگی برابر، زاویه ۳۰ درجه دارای عملکرد مطلوبی برای کاهش عمق آبشستگی در دماغه و کنترل فرسایش ساحل تشخیص داده شد. همچنین مشاهده شد که در مقایسه با زاویه ۳۰ درجه، عمق آبشستگی برای آبشکن با زاویه ۶۰ درجه به طور قابل ملاحظه ای افزایش یافته و بنابراین عملکرد آبشکن جاذب با زاویه ۶۰ درجه، از نظر آبشستگی موضعی در دماغه مطلوب دانسته نشد. ژنگ و ناکاگاوا[3] (۲۰۰۸) با انجام آزمایشاتی بر روی تک آبشکن نفوذپذیر و

1- Kuhnle *et al.*
2 - Ezzeldin *et al.*
3 - Zhang and Nakagawa

نفوذناپذیر و مقایسه آبشستگی موضعی مربوط به آنها، نشان دادند که حداکثر عمق آبشستگی اطراف آبشکن نفوذپذیر، حدود ۵۰ درصد کمتر از آبشکن نفوذناپذیر می‌باشد. کرمان نژاد و همکاران (۱۳۹۰) در زمینه رابطه تخلخل با حداکثر عمق آبشستگی آبشکن‌های L شکل نفوذپذیر به سمت بالادست و پایین‌دست آزمایش‌هایی را انجام دادند. نتایج نشان داد که به ازای تخلخل ۴۵ تا ۵۰ درصد کمترین میزان آبشستگی در اطراف آبشکن با زبانه به سمت پایین‌دست و بیشترین میزان آن در اطراف آبشکن با زبانه به سمت بالادست رخ می دهد.

مروری بر تحقیقات گذشته نشان‌دهنده اهمیت دو پارامتر نفوذپذیری و زاویه قرارگیری، در شرایط فرسایش در اطراف یک سازه آبشکن است. لذا هدف اصلی از این تحقیق، بررسی ابعاد چاله آبشستگی برای درصدهای نفوذپذیری، زوایای قرارگیری متفاوت و به ازای دبی‌های مختلف می باشد.

تحلیل ابعادی

قبل از انجام آزمایش‌ها ابتدا به واسطه تحلیل ابعادی، پارامترهای مهم در پدیده آبشستگی در اطراف دماغه آبشکن بررسی شد. عوامل مورد استفاده در تحلیل ابعادی عبارتند از:

۱- عوامل مربوط به هندسه کانال: عرض کانال در مقطع قبل از آبشکن (B_1) عرض کانال در مقطع تنگ شده (B_2) و شیب کانال (S).

۲- پارامترهای مربوط هندسه آبشکن : طول مؤثر آبشکن (L_1)، زاویه قرارگیری آبشکن (θ) و درصد نفوذپذیری (R).

۳- عوامل مربوط به هیدرولیک جریان : سرعت متوسط جریان در مقطع قبل از آبشکن (V)، عمق جریان (Y)، حداکثر عمق آبشستگی دماغه آبشکن (h_s)، شتاب ثقل (g)، طول چاله آبشستگی (L) و عرض چاله آبشستگی (W).

۴- عوامل مربوط به اندازه رسوبات بستر: قطر متوسط ذرات (D_{50})، چگالی رسوبات بستر (G_s) و سرعت آستانه حرکت رسوبات بستر (V_c).

۵- عوامل مربوط به خواص سیال: جرم مخصوص سیال (ρ) و لزوجت دینامیکی (μ).

با در نظر گرفتن جرم مخصوص سیال (ρ)، عمق جریان (Y) و سرعت متوسط جریان (V) به عنوان پارامترهای تکراری و با استفاده از روش باکینگهام میتوان پارامترهای بدون بعد مهم را به صورت زیر بدست آورد:

$$\frac{h_s}{Y},\frac{W}{Y},\frac{L}{Y}=f(\theta,\frac{B_1}{Y},\frac{B_2}{Y},\frac{L_1}{Y},\frac{V}{V_C},\mathrm{Re},Fr,\frac{V}{\sqrt{g(Gs-1)D50}},S,R) \qquad (۱)$$

با توجه به این که قطر متوسط مصالح در تمام آزمایش ها برابر میباشد و اثر پارامتر سرعت در عدد فرود جریان لحاظ شده است، لذا عدد فرود ذره ($\frac{V}{\sqrt{g(1-Gs)D50}}$) و پارامتر $\frac{V}{V_c}$ از متغیر های بدون بعد کنار گذاشته شد. به علاوه به علت اینکه محدوه عدد رینولدز برای این آزمایش‌ها بیش از ۲۰۰۰۰ می‌باشد و جریان آشفته است، از پارامتر Re صرف نظر شد. پارامتر های S، $\frac{L_1}{Y}$، $\frac{B_1}{Y}$ و $\frac{B_2}{Y}$ نیز به دلیل ثابت بودن کنار گذاشته شدند. در نهایت داریم:

$$\frac{h_s}{Y},\frac{W}{Y},\frac{L}{Y}=f(\theta,Fr,R) \qquad (۲)$$

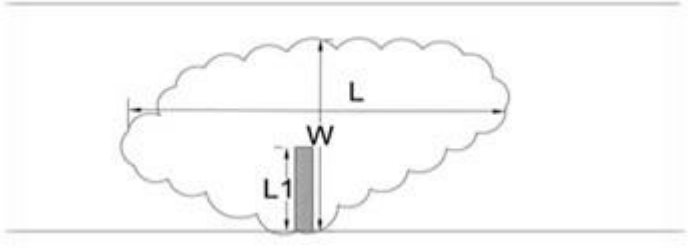
مواد و روش ها

آزمایش‌ها در فلوم آزمایشگاهی آزمایشگاه هیدرولیک گروه سازه‌های آبی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. این فلوم دارای طول ۷/۳۰متر، عرض ۵۶ سانتی‌متر و عمق ۵۳ سانتی‌متر می‌باشد. همچنین از ماسه با دانه‌بندی یکنواخت به عنوان مصالح بستر استفاده شده است، که قطر متوسط ذرات آن ثابت و برابر ۰/۷ میلی‌متر در نظر گرفته شد. تنظیم عمق جریان به کمک دریچه انتهای کانال صورت می‌گرفت. آزمایش‌ها در بازه دو متری از فلوم انجام و ابعاد چاله آبشستگی به کمک یک متر لیزری دیجیتالی اندازه‌گیری می‌شد. در این آزمایش‌ها سه درصد نفوذپذیری، که به ترتیب عبارتند از ۰ درصد (آبشکن بسته)، ۳۰ درصد و ۵۰ درصد، و سه زاویه‌ی قرارگیری ۹۰ درجه (قائم)، ۶۰ درجه (جاذب) و ۱۲۰ درجه (دافع)، برای تک آبشکن غیرمستغرق در نظر گرفته شد. برای آبشکن با صفر درصد نفوذپذیری از صفحات پلکسی گلاس با ابعاد ۳۲ × ۱۱ سانتی‌متر (برای حالت قائم) و ۳۲ × ۱۳ سانتی‌متر (برای حالت مایل) و ضخامت ۰/۸ سانتی‌متر استفاده شد. برای آبشکن با درصدهای نفوذپذیری ۳۰ درصد و ۵۰ درصد، از میله‌های فلزی به ارتفاع ۳۲ سانتی‌متر و قطرهای ۵/۴۲ و ۶ میلی‌متر، که در دو صفحه پلکسی در بالا و پایین تعبیه شدند، بهره گرفته شد. همچنین طول مؤثر آبشکن در شرایط عمودی، جاذب و دافع، با توجه به زاویه، محاسبه شده و در کلیه شرایط، این طول معادل ۲۰ درصد عرض فلوم در نظر گرفته شد. در مجموع بر حسب زاویه و نفوذپذیری، تعداد مدل‌های فیزیکی مورد نیاز شش عدد شد. شکل (۱)، یک آبشکن باز را در فلوم آزمایشگاهی نشان می‌دهد. همچنین شکل (۲) طول (L) و عرض (W) آبشستگی در اطراف یک آبشکن را نشان می‌دهد. در ابتدا و به منظور یافتن زمان تعادل، آزمایش‌های جداگانه‌ای به صورت طولانی مدت انجام گرفت. بر اساس این آزمایش‌ها، بیش از ۹۰ درصد عمق آبشستگی در مدت

۱۵۰ دقیقه رخ داد. لذا این زمان به عنوان زمان تمام آزمایش‌ها در نظر گرفته شد. نحوه انجام هر آزمایش بدین قرار بود که ابتدا سطح بستر کاملاً تسطیح شده و سپس، در حالی که دریچه‌ی انتهای کانال کاملاً بسته شد، آب به تدریج از ابتدای فلوم وارد شده، بعد از رساندن عمق آب به میزان مورد نظر، که به کمک تمهیداتی مانند تنظیم دریچه‌ی انتهایی کانال امکان‌پذیر گردید، اجازه داده شد که جریان تا زمان مورد نظر ۱۵۰ دقیقه ادامه یافته و در خلال آن، مشاهدات ثبت شد. سپس، آزمایش متوقف و آب درون کانال به تدریج زهکشی و تخلیه شده و با استفاده از متر لیزری توپوگرافی کف در محدوده آبشستگی برداشت گردید. همچنین، با توجه به آزمایش‌های انجام شده در شرایط بدون حضور آبشکن، سرعت بحرانی ۰/۳۲ متر بر ثانیه اندازه‌گیری شد. در این تحقیق شرایط آبشستگی از نظر وضعیت حمل بستر به صورت آب زلال در نظر گرفته شد. شرایط آب زلال به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن حرکت رسوب از بالادست محل آبشستگی صورت نمی‌پذیرد. به عبارت دیگر، در این حالت، شرایط جریان در فلوم آزمایشگاهی کمتر از شرایط آستانه حرکت می‌باشد و در نتیجه مصالح بستر در بالادست محدوده آبشستگی در جای خود ثابت می‌مانند. لذا برای اینکه جریان آب زلال برقرار گردد، دبی‌های مورد استفاده به نحوی بوده که سرعت‌ها کمتر از ۰/۹۵ سرعت بحرانی شوند. بر این اساس چهار عدد فرود برای چهار دبی مختلف با عمق جریان ثابت ۱۶ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. با توجه به سه حالت نفوذپذیری، سه زاویه و چهار عدد فرود، در مجموع ۳۶ آزمایش انجام پذیرفت. جدول (۱) محدوده پارامترهای مختلف در آزمایش‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱- یک آبشکن باز در فلوم آزمایشگاهی



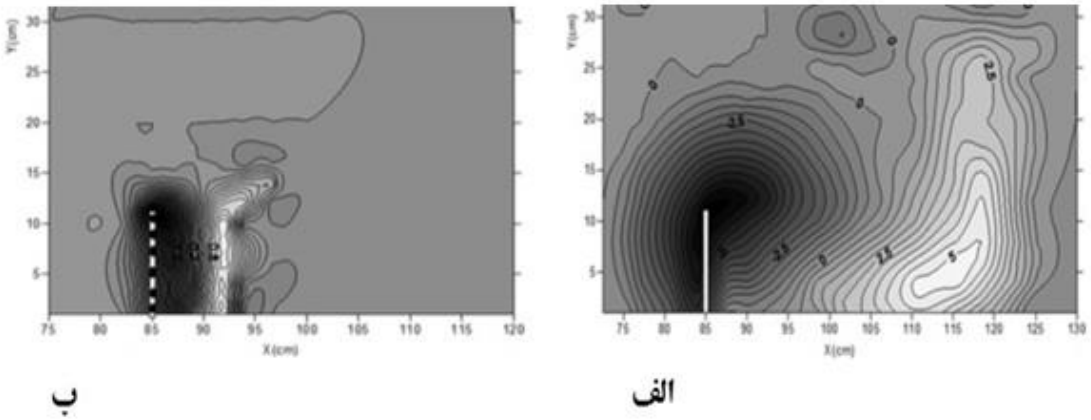
شکل ۲- طول و عرض چاله آبشستگی

جدول ۱- محدوده ی پارامترهای آزمایشگاهی

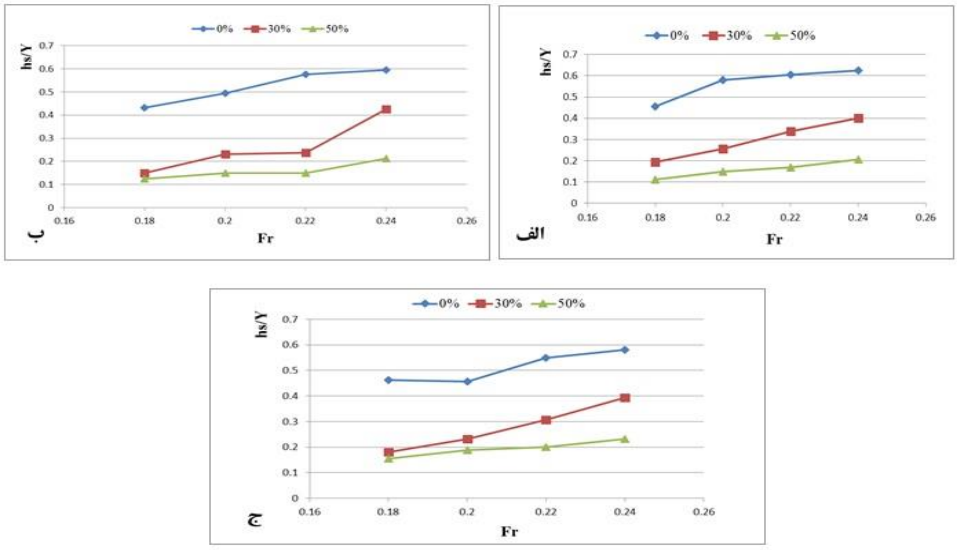
دبی جریان (لیتر بر ثانیه)	V/VC (نسبت سرعت جریان به سرعت بحرانی)	عدد فرود	درصد نفوذپذیری	زاویه قرارگیری (درجه)
۲۰/۱	۰/۷۱	۰/۱۸	۰،۳۰،۵۰	۰،۶۰،۱۲۰
۲۲/۵	۰/۷۸	۰/۲۰	۰،۳۰،۵۰	۰،۶۰،۱۲۰
۲۴/۵	۰/۸۶	۰/۲۲	۰،۳۰،۵۰	۰،۶۰،۱۲۰
۲۶/۹	۰/۹۴	۰/۲۴	۰،۳۰،۵۰	۰،۶۰،۱۲۰

نتایج و بحث

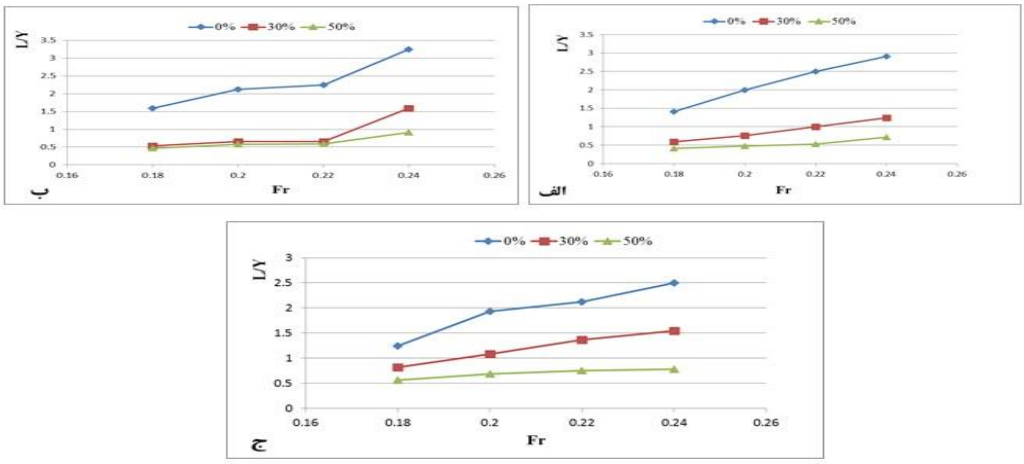
تعداد ۳۶ آزمایش مطابق آنچه ذکر گردید، برای آبشکن بسته و نفوذپذیر، در شرایط مختلف هندسی آبشکن و هیدرولیکی جریان انجام گرفت. مقایسه توپوگرافی کف و اطراف تک آبشکن تفاوت واضح را در ابعاد آبشستگی آبشکن بسته و آبشکن باز نشان می‌دهد. به عنوان نمونه، شکل (۳) (الف و ب) توپوگرافی کف و اطراف آبشکن بسته و آبشکن با ۵۰ درصد نفوذپذیری در حالت قائم و به ازای عدد فرود ۰/۱۸ را نشان می‌دهد. به این ترتیب، با استفاده از نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌ها برای بررسی اثر نفوذپذیری آبشکن (R) بر روی ابعاد چاله آبشستگی، نسبت حداکثر عمق آبشستگی به عمق جریان (hs/Y) در برابر اعداد فرود (Fr) مختلف و به ازای سه حالت عمودی، جاذب و دافع ترسیم شد. همین کار برای برای نسبت‌های طول آبشستگی به عمق جریان (L/Y) و عرض آبشستگی به عمق جریان (W/Y) انجام شد. شکل های (۴) تا (۶) نمودارهای حاصل را نشان می‌دهند. نمودارهای شکل (۴) (الف تا ج) تغییرات عمق آبشستگی نسبی را با عدد فرود برای سه حالت قائم، دافع و جاذب نشان می‌دهند. بر اساس این نمودارها، ملاحظه می‌شود که در هر سه حالت قائم (۹۰ درجه)، دافع (۱۲۰ درجه) و جاذب (۶۰ درجه) با افزایش میزان نفوذپذیری آبشکن، عمق آبشستگی نسبی به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. بر اساس نمودارهای به‌دست آمده، برای$Fr=۰/۲۴$، با افزایش نفوذپذیری به میزان ۵۰ درصد نسبت حداکثر عمق آبشستگی به عمق جریان (hs/Y) به ترتیب، درحالت قائم ۶۷ درصد، درحالت دافع ۶۴/۱ درصد و در حالت جاذب ۶۰/۲ درصد نسبت به حالت نفوذناپذیر کاهش یافته است. همچنین برای $Fr=۰/۲۴$، با افزایش نفوذپذیری به میزان ۳۰ درصد، حداکثر عمق آبشستگی به عمق جریان (hs/Y) به ترتیب درحالت قائم ۳۶ درصد، در حالت دافع ۲۸/۵ درصد و در حالت جاذب ۳۲/۲ درصد نسبت به حالت نفوذناپذیر کاهش یافته است. همچنین، در هر سه نمودار شکل (۴) (الف تا ج) مشاهده می‌شود که به ازای $Fr=۰/۱۸$، میزان عمق آبشستگی نسبی برای آبشکن‌های ۳۰ و ۵۰ درصد نفوذپذیر نزدیک به هم می‌باشد، در حالی که با افزایش عدد فرود و سرعت جریان، به تدریج اختلاف مقدار عمق نسبی برای این دو نوع آبشکن زیاد شده، به طوری که در $Fr=۰/۲۴$ میزان عمق آبشستگی نسبی برای آبشکن ۳۰ درصد نفوذپذیر حدود دو برابر عمق آبشستگی نسبی برای آبشکن ۵۰ درصد نفوذپذیر می‌شود. بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که در هر سه حالت قائم، دافع و جاذب با افزایش نفوذپذیری آبشکن عمق آبشستگی نسبی به میزان قابل ملاحظه ای کاهش می‌یابد، که علت آن را می توان اینگونه توجیه نمود که با افزایش میزان نفوذپذیری و در نتیجه افزایش جریان عبوری از آبشکن، انحراف جریان در دماغه و تشکیل جریان گردابی بسیار ضعیف‌تر شده و در نتیجه عمق آبشستگی کاهش می‌یابد.



شکل ۳- توپوگرافی اطراف آبشکن قائم بسته (الف) و با نفوذپذیری ۵۰ درصد (ب)

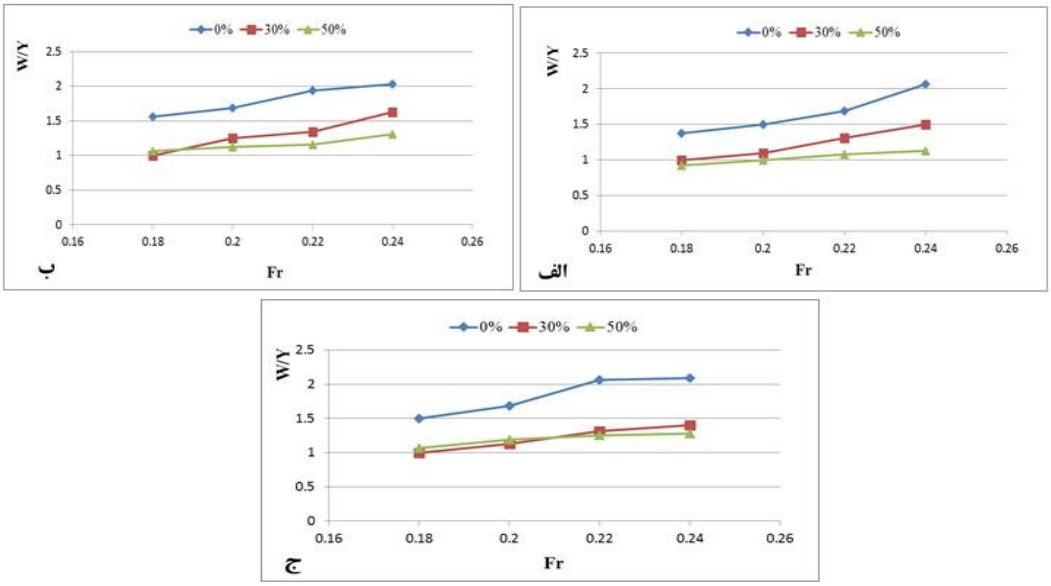


شکل٤- تغییرات عمق آبشستگی نسبی با عدد فرود با درصد نفوذپذیری مختلف برای حالت قائم (الف)، دافع (ب) و جاذب (ج)



شکل٥- تغییرات طول آبشستگی نسبی با عدد فرود با درصد نفوذپذیری مختلف برای حالت قائم (الف)، دافع (ب) و جاذب (ج)

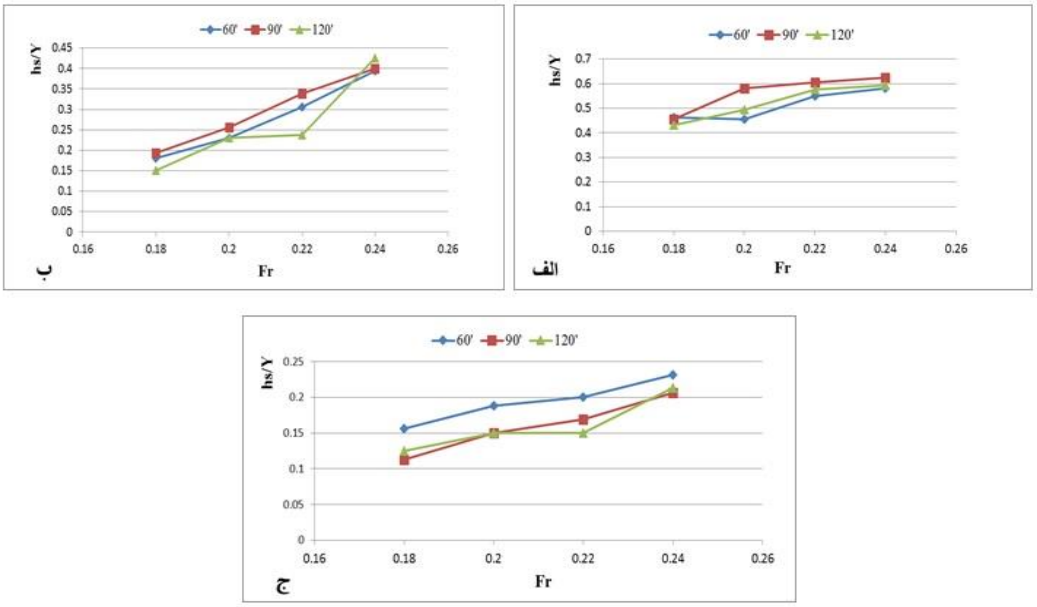
با مشاهده و مقایسه نمودارهای شکل (۵) (الف تا ج)، ملاحظه می‌شود که در هر سه حالت قائم (۹۰ درجه)، دافع (۱۲۰ درجه) و جاذب (۶۰ درجه) با افزایش میزان نفوذپذیری آبشکن، طول چاله آبشستگی کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج حاصل شده، برای Fr=۰/۲۴، با افزایش نفوذپذیری به میزان ۵۰ درصد، طول آبشستگی نسبی (L/Y) به ترتیب درحالت قائم ۷۵/۳ درصد، در حالت دافع ۷۲/۱ درصد و در حالت جاذب ۶۸/۷ درصد نسبت به حالت نفوذناپذیر کاهش یافته است. همچنین برای Fr=۰/۲۴، با افزایش نفوذپذیری به میزان ۳۰ درصد، نسبت مزبور به ترتیب درحالت قائم ۵۷/۴ درصد، در حالت دافع ۵۱ درصد و در حالت جاذب ۳۸/۳ درصد کاهش یافته است.



شکل٦- تغییرات عرض آبشستگی نسبی با عدد فرود با درصد نفوذپذیری مختلف برای حالت قائم (الف)، دافع (ب) و جاذب (ج)

شکل (۶) (الف تا ج)، اثر میزان آبگذری بر عرض چاله آبشستگی (W) را نشان می‌دهد. در نمودارهای مربوط به این شکل، محور افقی نشان دهنده عدد فرود (Fr) و محور عمودی بیانگر نسبت عرض آبشستگی به طول آبشکن (W/Y) می‌باشد. بر اساس این شکل می‌توان نتیجه گرفت که افزایش نفوذپذیری باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در عرض آبشستگی می‌شود. به عنوان نمونه، برای$Fr=۰/۲۴$، با افزایش نفوذپذیری به میزان ۵۰ درصد، عرض آبشستگی نسبی (W/Y) به ترتیب برای حالت قائم، ۴۵/۵ درصد، برای حالت دافع ۳۵/۴ درصد و برای حالت جاذب ۳۸/۸ درصد کاهش می‌یابد. برای $Fr=۰/۲۴$، با افزایش نفوذپذیری به میزان ۳۰ درصد، نسبت W/Y به ترتیب برای حالت قائم ۲۷/۳ درصد، برای حالت دافع ۲۰ درصد و برای حالت جاذب ۳۲/۸ درصد کاهش یافته است.

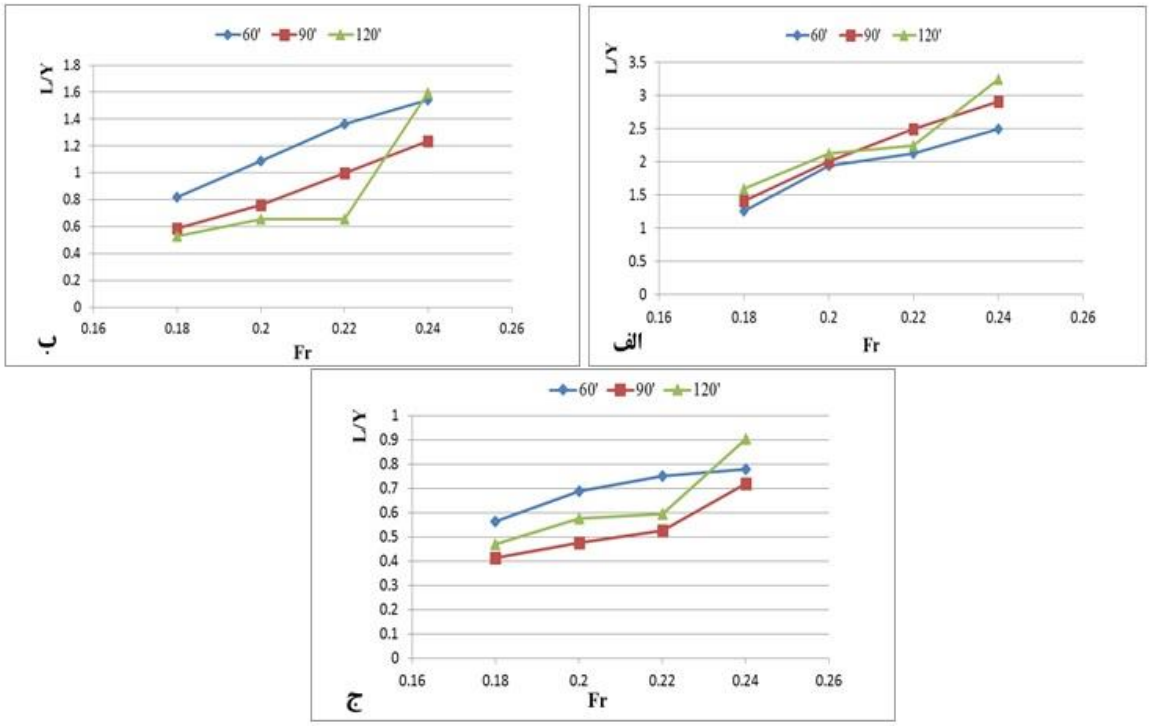
در شکل (۷) (الف تا ج)، تغییرات نسبت حداکثر عمق آبشستگی به عمق جریان یا همان عمق آبشستگی نسبی (hs/Y) با عدد بدون بعد فرود (Fr) در سه حالت جاذب (۶۰ درجه)، قائم (۹۰ درجه) و دافع (۱۲۰ درجه)، برای درصد نفوذپذیری مختلف (۰ درصد، ۳۰ درصد و ۵۰ درصد) مقایسه شده‌اند. بر اساس شکل (۷-الف)، در حالت نفوذناپذیر، به طور کلی بیشترین مقدار عمق آبشستگی نسبی مربوط به حالت قائم می‌باشد، که برای این حالت و به ازای$Fr=۰/۲۴$، عمق آبشستگی نسبی برابر با ۰/۶۳ شد. همچنین کمترین مقدار عمق آبشستگی نسبی مربوط به حالت جاذب می‌باشد، که برای این حالت و به ازای$Fr= ۰/۲۴$، عمق آبشستگی نسبی برابر با ۰/۵۸ شد. بر اساس شکل (۷-ب)، در حالت ۳۰ درصد نفوذپذیر، در مجموع حالت قائم دارای بیشترین عمق آبشستگی نسبی است. متوسط عمق آبشستگی نسبی برای این حالت برابر ۰/۳ شد. البته مطابق شکل مزبور، در$Fr =۰/۲۴$، بیشترین عمق آبشستگی نسبی متعلق به حالت دافع (۱۲۰ درجه) بوده، که مقدار آن برابر با ۰/۴۳ اندازه‌گیری شد. مطابق شکل (۷-ج)، با افزایش میزان نفوذپذیری به ۵۰ درصد، این حالت جاذب است که دارای بیشترین عمق آبشستگی نسبی است که برای این حالت، مقدار متوسط عمق آبشستگی برابر با ۰/۱۹ می‌باشد. همچنین در این حالت، به ازای$Fr =۰/۲۴$، عمق آبشستگی نسبی ۰/۲۳ شد.



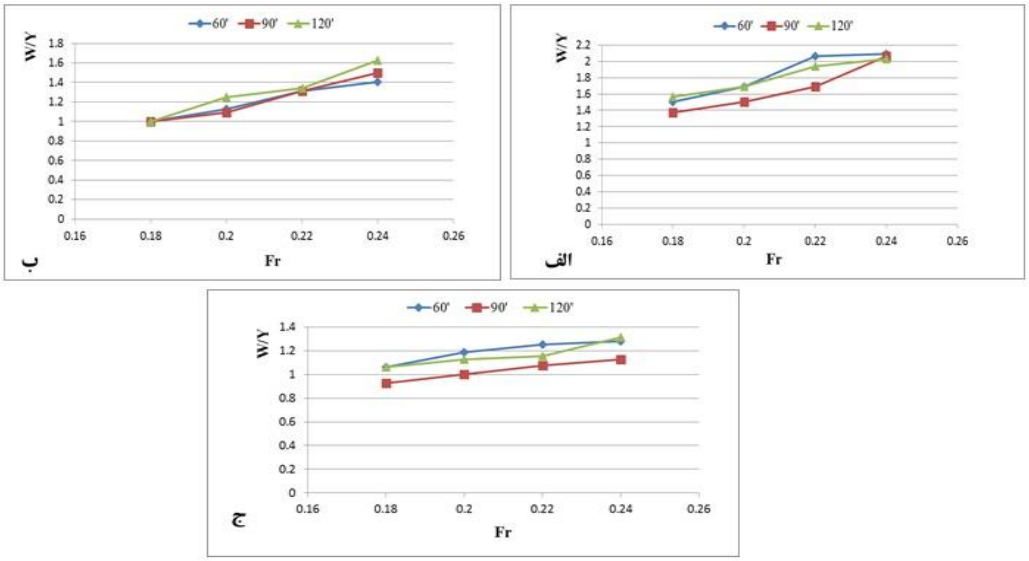
شکل ۷- تغییرات عمق آبشستگی نسبی با عدد فرود و زوایای قرارگیری مختلف برای حالت نفوذناپذیر (الف)، ۳۰ درصد نفوذپذیری (ب) و ۵۰ درصد نفوذپذیری (ج)

مقایسه شکل‌های (۴) و (۷) نشان می‌دهد که اثر نفوذپذیری بر روی عمق آبشستگی نسبی به مراتب بیشتر از زاویه قرار گرفتن آبشکن نسبت به جریان می‌باشد. به عبارت دیگر، کاهش جریان‌های گردابی به واسطه‌ی عبور جریان از بخش میانی تأثیر بیشتری روی کاهش عمق آبشستگی داشته است. در شکل (۸) (الف تا ج)، تغییرات طول آبشستگی نسبی (L/Y) با عدد فرود (Fr) نشان داده شده است. با بررسی شکل (۸–الف)، مشخص می‌شود که در حالت نفوذناپذیر در مجموع بیشترین طول آبشستگی نسبی مربوط به حالت دافع (۱۲۰ درجه) است، که در این حالت برای Fr=۰/۲۴ طول آبشستگی نسبی برابر با ۳/۲۵ شد. همچنین، کمترین طول آبشستگی نسبی مربوط به حالت جاذب شد که به ازای Fr= ۰/۲۴ برابر با ۲/۵ محاسبه شد. بر اساس شکل (۸–ب)، برای حالت ۳۰ درصد نفوذپذیر، به طور کلی بیشترین طول آبشستگی نسبی برای موقعیت جاذب (۶۰ درجه) است، و برای این حالت، مقدار متوسط طول آبشستگی نسبی برابر با ۱/۲ شد. البته، به ازای Fr= ۰/۲۴ بیشترین طول آبشستگی نسبی مربوط به حالت دافع (۱۲۰ درجه) است که مساوی ۱/۵۹ می‌باشد. همچنین، شکل (۸–ج) نشان می‌دهد که در حالت ۵۰ درصد نفوذپذیر، در مجموع بیشترین طول آبشستگی نسبی متعلق به موقعیت جاذب (۶۰ درجه) است که متوسط آن برابر با ۰/۷ می‌باشد. البته، در Fr=۰/۲۴، حالت دافع دارای بیشترین طول آبشستگی نسبی است، که مساوی با ۰/۹۱ شد. نکته جالب توجه اینکه، در هر سه شکل مزبور عملکرد حالت دافع (۱۲۰ درجه) بر روی الگوی جریان به گونه ای است که طول آبشستگی نسبی به ازای اعداد فرود ۰/۲ و ۰/۲۲ بسیار به هم نزدیک و تقریباً با هم برابر می‌باشند. در حالی که با افزایش عدد فرود به ۰/۲۴ این طول به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد.

در شکل (۹) (الف تا ج)، تغییرات عرض آبشستگی نسبی (W/Y) با عدد فرود (Fr) نشان داده شده است. با بررسی شکل (۹–الف)، در حالت نفوذ ناپذیر، در مجموع بیشترین عرض آبشستگی نسبی مربوط به حالت جاذب (۶۰ درجه) می‌باشد، که بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده در آزمایش‌ها، مقدار متوسط عرض آبشستگی نسبی برابر با ۱/۸۴ شد. به همین ترتیب، بر اساس شکل (۹–ب)، در حالت ۳۰ درصد نفوذ پذیر، حالت دافع (۱۲۰ درجه) دارای بیشترین متوسط عرض آبشستگی نسبی است که مقدار آن برابر با ۱/۳۱ می‌باشد. با توجه به شکل (۹–ج)، در ۵۰ درصد نفوذپذیری، موقعیت جاذب دارای بیشترین عرض آبشستگی نسبی است که مقدار متوسط آن برابر با ۱/۲ شد.



شکل ۸- تغییرات طول آبشستگی نسبی با عدد فرود و زوایای قرارگیری مختلف برای حالت نفوذناپذیر (الف)، ۳۰ درصد نفوذپذیری (ب) و ۵۰ درصد نفوذپذیری (ج)



شکل ۹- تغییرات عرض آبشستگی نسبی با عدد فرود و زوایای قرارگیری مختلف برای حالت نفوذناپذیر (الف)، ۳۰ درصد نفوذپذیری (ب) و ۵۰ درصد نفوذپذیری (ج)

نتیجه گیری

در این تحقیق تلاش شده است، به واسطه‌ی مدل‌سازی فیزیکی در آزمایشگاه، اثر زاویه قرارگیری و نفوذپذیری بر روی ابعاد چاله آبشستگی برای تک آبشکن مورد بررسی قرار گیرد. نتایج حاصل شده به شرح ذیل خلاصه می‌گردد:

۱- در هر سه حالت جاذب (۶۰ درجه)، دافع (۱۲۰ درجه) و قائم (۹۰ درجه)، با افزایش نفوذپذیری آبشکن، میزان آبشستگی به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد.

۲- نتایج نشان داد که با افزایش نفوذپذیری به میزان ۵۰ درصد، آبشستگی به میزان زیادی کاهش می‌یابد. برای Fr=۰/۲۴، درحالت قائم (۹۰ درجه) با ۵۰ درصد نفوذپذیری، عمق، طول و عرض آبشستگی نسبی، در مقایسه با حالت نانفوذپذیر به ترتیب ۶۷، ۷۵/۳ و ۴۵/۵ درصد کاهش یافت. همچنین، برای زاویه ۱۲۰ درجه، عمق، طول و عرض آبشستگی نسبی به ترتیب ۶۴/۱، ۷۲/۱ و ۳۵/۴ درصد کاهش یافت. به طور مشابه برای زاویه ۶۰ درجه نیز در عمق، طول و عرض نسبی چاله آبشستگی کاهش مشاهده شد که مقادیر مربوط به آن‌ها به ترتیب ۶۰/۲، ۶۸/۷ و ۳۸/۸ درصد اندازه‌گیری شد.

۳- در حالت ۵۰ درصد نفوذپذیری، بیشترین آبشستگی مربوط به حالت جاذب می باشدکه متوسط عمق، طول و عرض آبشستگی نسبی برای این حالت به ترتیب برابر با ۰/۱۹، ۰/۷ و ۱/۲ گردید.

۴- در حالت نفوذناپذیر، موقعیت جاذب دارای آبشستگی کمتری نسبت به حالت قائم و دافع است. در حالی که، با افزایش نفوذپذیری موقعیت جاذب نسبت به سایر حالت های قرارگیری، دارای بیشترین آبشستگی و کمترین پایداری طبیعی می شود. به عبارتی می‌توان گفت که تأثیر پارامتر نفوذپذیری بر روی آبشستگی قابل توجه‌تر از زاویه قرارگیری آبشکن نسبت به جریان است.

منابع

۱- بی‌نام. ۱۳۸۸. راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری آبشکن‌های رودخانه ای، نشریه شماره ۵۱۶، وزارت نیرو، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور.

۲- بی‌نام. ۱۳۸۱. فرسایش و رسوب گذاری در محدوده آبشکن ها، نشریه شماره ۲۴۸، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور فنی.

۳- کرمان نژاد، ج.، فتحی مقدم، م.، دهقانی، ا. ا. و م. محمودیان. ۱۳۹۰. بررسی رابطه ی تخلخل با حداکثر عمق آبشستگی آبشکن های L شکل نفوذپذیر با زبانه ی به سمت بالادست و پایین دست در شرایط آب زلال. نشریه آب و خاک، ۲۵ (۲) : ۳۱۴-۳۰۵.

4- Ezzeldin, M. M., Saafan, T. A., Rageh, O. S. and L. M. Nejm. 2007. Local scour around spur dike. 11th International Water Technology Conference, Sharm El-sheikh, Egypt, 779-794.

5- Kuhnle, R. A., Alonso, C.V. and F. D. Shields. 2002. Local scour associated with angled spur dikes. Journal of Hydraulics Engineering, ASCE, 128 (12): 1087-1093.

6- Zhang, H. and H. Nakagawa. 2008. Scour around spur dykes: Recent advances and future researches. Annuals of Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 51B.: 633-652.