

Experimental Investigation on the Effect of Length of Spur Dike and Grain Size on Scour Around T-shaped Spur dike in a ۹۰° Bend

A.R. Mehrnahad^{1*} and M. Ghodsian^۲

Abstract

Spur dikes are one of the protective and stabilizing tools of river banks by deviating the flow from the banks toward the central axis of the flow. This can however cause scouring at the head of the spur dike.

If the depth of the scour extends to the foundation of the structure, the spur dike may be destructed. In this experimental study, the effect of the length of a spur dike and the grain size is investigated on the scouring around a T-shaped spur dike at ۹۰ degree bend. Results showed that the dimensions of the scour hole is directly related to the length of the spur dike while the maximum depth of the scouring and the length of the scour hole in the upstream showed an indirect relation to the grain size.

Keywords: Scour, T-Shape Spurdike, Length of Scour, Grain Size, ۹۰° Bend.

Received: October ۳, ۲۰۱۰

Accepted: October ۱۶, ۲۰۱۲

بررسی آزمایشگاهی تاثیر پارامترهای طول آبشکن و قطر مصالح بر آبشستگی پیرامون آبشکن T شکل مستقر در قوس ۹۰ درجه

علیرضا مهرانهاد^{۱*} و مسعود قدسیان^۲

چکیده

یکی از روشهای محافظت و تثبیت سواحل رودخانهها استفاده از آبشکن می باشد. استفاده از آبشکن باعث انحراف جریان از کنارهها گردیده، آن را به سمت محور اصلی رودخانه هدایت کرده که این امر سبب حفاظت سواحل می گردد. با انحراف جریان به سمت محور رودخانه، بحث آبشستگی در دماغه آبشکن مطرح می گردد. اگر عمق آبشستگی به پی آبشکن برسد، سبب واژگونی و تخریب آبشکن گردیده و خسارات فراوانی را به همراه خواهد داشت. در این مقاله با انجام مطالعات آزمایشگاهی به بررسی اثر توام طول آبشکن و قطر مصالح بستر بر آبشستگی پیرامون آبشکن T شکل مستقر در قوس ۹۰ درجه پرداخته شده است. نتایج آزمایشات بیانگر این است که ابعاد چاله آبشستگی (شامل حداکثر عمق آبشستگی، طول چاله آبشستگی در بالادست آبشکن و حداکثر عرض چاله آبشستگی) با طول آبشکن نسبت مستقیم دارند در حالیکه حداکثر عمق آبشستگی و طول چاله آبشستگی در بالادست آبشکن با قطر متوسط مصالح نسبت معکوس دارد.

کلمات کلیدی: آبشستگی، آبشکن T شکل، طول آبشکن، قطر متوسط مصالح، قوس ۹۰ درجه.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۱ مهر ۱۳۸۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۲۵ مهر ۱۳۹۱

۱- MSc, Water Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, Email: Mehrnahad_Alireza@yahoo.com.

۲- Professor, Water Engineering, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

*- Corresponding Author

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی آب، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۲- استاد دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست و پژوهشکده مهندسی آب، دانشگاه تربیت

مدرس، تهران، ایران

*- نویسنده مسئول

۱- مقدمه

استفاده از آبشکن از جمله روشهای غیر مستقیم حفاظت از سواحل می باشد. آبشکنها سازه هایی هستند که به صورت عرضی از ساحل رودخانه به طرف محور آن و با زوایای مختلف نسبت به کناره رودخانه امتداد می یابند. این سازه ها با انحراف جریان از دیواره و هدایت جریان به سمت محور رودخانه سبب کاهش آبستگي دیواره می گردند. این سازه ها از مصالح سنگی، پاره سنگی، شن و ماسه، خاکریزی، گابیونی، شمع کوبی و غیره ساخته می شوند.

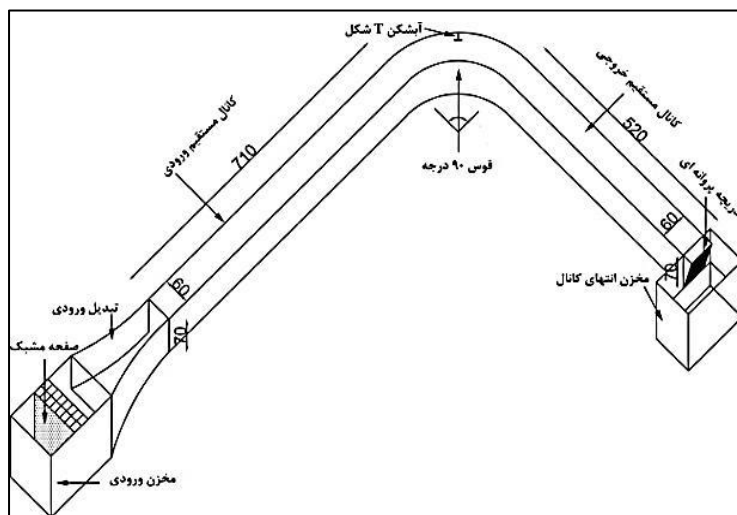
اکثر مطالعات مربوط به آبشکنها در مسیر مستقیم بوده که از جمله آنها می توان به تحقیقات (Melville, ۱۹۹۲)، (Kuhnel et al., ۱۹۹۹)، (Rahman & Muramoto, ۱۹۹۹)، (قدسیان و نصرالهی، ۱۳۸۰)، (صانعی، ۱۳۸۵)، (بهرامی و همکاران، ۱۳۸۵) و فرهادیان (۱۳۸۷) اشاره کرد. مطالعات آزمایشگاهی مربوط به آبشکن در قوس رودخانه محدودتر می باشد که از جمله آنها می توان به (Mesbahi، ۱۹۹۲)، (سلاجقه، ۱۳۸۲)، (پناه پور، ۱۳۸۴)، (فضلی و همکاران، ۱۳۸۵)، (واقفی، ۱۳۸۸) و (موسوی نائینی، ۱۳۸۸) اشاره کرد. در اکثر قریب به اتفاق مطالعات مربوط به آبشکنها چه در مسیر مستقیم و یا در قوس رودخانه، آبشکن مورد استفاده تیغه ای شکل بوده و مطالعات مربوط به آبشکن T شکل در قوس ۹۰ درجه بسیار محدود است. واقفی (۱۳۸۸) و موسوی نائینی (۱۳۸۸) به بررسی اثر خصوصیات جریان بر آبستگي اطراف آبشکن در قوس ۹۰ درجه پرداختند. Vaghefi et al (۲۰۰۹، ۲۰۱۲) به بررسی اثر طول آبشکن و عدد فرود جریان بر آبستگي اطراف آبشکن در قوس ۹۰ درجه پرداختند. این محققین به بررسی اثر قطر مصالح بر آبستگي پرداختند. در این تحقیق به منظور بررسی اثر قطر متوسط مصالح بستر و طول آبشکن بر الگوی آبستگي، آزمایشهایی انجام و سپس به تجزیه و تحلیل نتایج پرداخته شده است.

۲- تجهیزات آزمایشگاهی و روش انجام آزمایش

آزمایشها در یک کانال شیشه ای قوسی شکل با زاویه مرکزی ۹۰ درجه در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه تربیت مدرس انجام گردید. این کانال از یک قسمت مستقیم به طول $7/1$ متر در بالادست و یک قسمت

مستقیم به طول $5/2$ متر در پایین دست تشکیل می شود که این دو مسیر مستقیم توسط قوس ۹۰ درجه به شعاع انحنای مرکزی (R_c) $1/8$ متر به هم متصل می گردند. عرض کانال (B) برابر با $0/6$ متر و

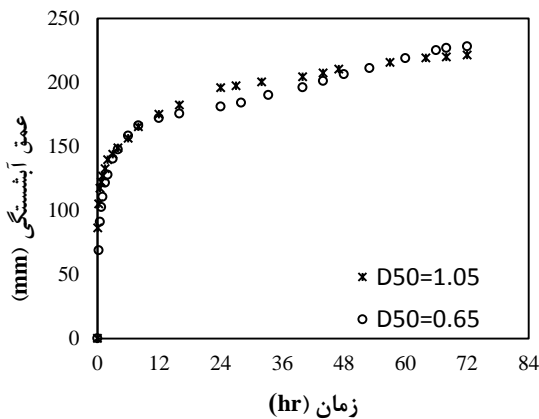
ارتفاع کانال برابر با $0/7$ متر می باشد. در انتهای مسیر مستقیم پایین دست کانال، دریچه پروانه ای، تنظیم ارتفاع آب در بالادست کانال را به عهده دارد. اندازه گیری ارتفاع سطح آب و همچنین پروفیل بستر به وسیله عمق سنج نقطه ای (Point Gauge) با دقت صدم میلی متر صورت می گیرد. این عمق سنج بر روی ارابه قابل حمل بر روی کانال مستقر می گردد و امکان جابجایی در جهت عرضی را نیز دارا می باشد. آبشکنهای مورد استفاده در این تحقیق از جنس پلکسی گلاس با ضخامت یک سانتیمتر و ارتفاع ۶۰ سانتیمتر بوده و دارای طولهای مختلف ($L=6, 9, 12, 15$ cm) می باشند. این آبشکنها دارای نسبت طول بال (l) به طول جان (L) برابر با یک ($l/L = 1$) بوده و در موقعیت ۴۵ درجه از قوس و عمود بر جهت جریان استقرار می یابند. در این تحقیق از سه نوع مصالح ماسه ای یکنواخت استفاده گردید که قطرهای متوسط آنها با انجام آزمایش دانه بندی برابر با $1/28$ ، $1/05$ و $0/65$ میلی متر به دست آمد. تمام آزمایشات در حالت آب زلال (Clear Water) و دبی ۲۵ لیتر بر ثانیه انجام گرفت. در ابتدای هر آزمایش، سطح بستر توسط ارابه تسطیح کننده بستر صاف گردید. همچنین با تنظیم دریچه پروانه ای، ارتفاع آب در بالادست طوری تنظیم گردید که نسبت سرعت متوسط جریان (U) به سرعت آستانه حرکت مصالح (U_c) نزدیک به یک باشد ($U/U_c = 0.98$). پس از اتمام آزمایش در مدت زمان ۲۴ ساعت و پس از زهکشی کامل، برداشت پروفیل بستر به منظور ترسیم توپوگرافی بستر در سرتاسر کانال صورت گرفت. به منظور برداشت دقیق پروفیل بستر، برداشت داده ها در ۴۰ مقطع عرضی در طول قوس و ۳۲ نقطه در هر مقطع از کانال انجام گردید. نمایی از کانال آزمایشگاهی مورد نظر در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- نمایی از کانال آزمایشگاهی

۳- آزمایش زمان تعادل

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 بالادست آبشکن می‌گردد. افزایش طول ناحیه جداشدگی بیانگر افزایش انحراف ایجاد شده در جریان بوده و سبب می‌شود که تمرکز جریان در دماغه آبشکن افزایش یافته و در نتیجه



شکل ۲- تغییرات زمانی آبشستگی برای مصالح با قطر متوسط ۰/۶۵ mm و ۱/۰۵ mm

حداکثر 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 نقش حفاظتی بال آبشکن، میزان آبشستگی کاهش چشمگیری دارد. در شکل‌های (۳) و (۴) پروفیل‌های عرضی بستر در مقاطع بلافاصله قبل و بعد از آبشکن برای آبشکن با طول‌های مختلف و مصالح مختلف نشان داده شده است. در این شکل‌ها، ds/y بیانگر عمق بی بعد شده آبشستگی نسبت به عمق جریان می‌باشد.

همانطور که از شکل ۳ نیز مشخص است در بالادست آبشکن با افزایش طول آبشکن میزان آبشستگی افزایش می‌یابد. همچنین محدوده‌هایی با دایره خط چین در این شکل مشخص شده است که عمق آبشستگی به صورت پله‌ای کاهش یافته است. این کاهش آبشستگی به علت واقع شدن بال بالادست آبشکن در مسیر پروفیل عرضی مورد نظر می‌باشد که باعث گردیده عمق آبشستگی در دو طرف بال آبشکن متفاوت باشد. همانگونه که مشخص است ضخامت آبشکن ناچیز بوده و تاثیری در الگوی آبشستگی ندارد. با دقت در شکل ۳ می‌توان دریافت که عمق آبشستگی در نزدیکی ساحل خارجی در آبشکن با نسبت $L/B=0.25$ از عمق آبشستگی با نسبت

تعاریف گوناگونی برای زمان تعادل ارائه شده است. Vittal et al. (۱۹۹۴)، زمانی را به عنوان زمان تعادل انتخاب کردند که ۶ ساعت پس از آن، عمق آبشستگی کمتر از یک میلیمتر تغییر نماید. Kumar et al. (۱۹۹۹)، زمانی را به عنوان زمان تعادل در نظر گرفتند که در بازه زمانی ۳ ساعته، عمق آبشستگی کمتر از یک میلیمتر تغییر کند. در این تحقیق معیار زمان تعادل Kumar انتخاب گردید ابتدا آزمایشاتی برای یافتن زمان تعادل انجام گرفت. از آنجا که زمان تعادل برای شدیدترین وضعیت آبشستگی تعیین می‌گردد و با توجه به اینکه محققین قبلی، واقفی (۱۳۸۸) و موسوی نائینی (۱۳۸۸)، موقعیت ۷۵ درجه را بحرانی‌ترین محل معرفی نمودند، با استفاده از آبشکن به طول ۱۵ سانتیمتر در موقعیت ۷۵ درجه، آزمایشاتی به مدت ۷۲ ساعت انجام گردید. در مصالح با قطر متوسط ۱/۲۸ میلیمتر زمان تعادل ۲۴ ساعت تعیین گردید. در مصالح با قطر متوسط ۰/۶۵ و ۱/۰۵ میلیمتر، با توجه به اینکه چاله آبشستگی در مدت زمان ۷۲ ساعت به دیواره داخلی قوس می‌رسید، زمانی که نسبت عمق آبشستگی (ds) در آن زمان به عمق آبشستگی در زمان ۷۲ ساعت برابر با ۰/۸۰ می‌باشد، زمان تعادل نسبی در نظر گرفته شد که این زمان نیز برابر با ۲۴ ساعت می‌باشد. Gill (۱۹۷۲)، با انجام آزمایشات بر روی دو نوع ماسه با قطر متوسط $d_s=0.914$ mm نتیجه گرفت که نرخ گسترش آبشستگی برای ماسه ریز دانه بیشتر از نرخ آبشستگی برای ماسه درشت دانه می‌باشد. همچنین وی برای مقادیر تنش برشی یکسان بیان کرد که رسوبات ریزدانه دارای آبشستگی بیشتری می‌باشند.

در این تحقیق مشاهده شد که در ابتدا، میزان آبشستگی مصالح با قطر متوسط ۱/۰۵ میلیمتر بیشتر از مصالح با قطر متوسط ۰/۶۵ میلیمتر می‌باشد ولی در نهایت بعلا بزرگتر بودن نرخ آبشستگی مصالح ریزتر، مقدار آبشستگی نهایی مصالح ریزتر (۰/۶۵ mm) بیشتر از مصالح درشت تر (۱/۰۵ mm) می‌باشد، (شکل ۲). کاهش مقدار آبشستگی در رسوبات درشت دانه می‌تواند به علت اثر زبری بیشتر و مقاومت بیشتر در مقابل جریان باشد که سبب کاهش انرژی جریان گردیده و در واقع ذرات درشت مانع از فرایند فرسایش در منطقه فرسایش یافته می‌گردند (مهرزاده، ۱۳۸۹).

۴- بررسی اثر طول آبشکن

از جمله پارامترهای مهمی که بر حداکثر عمق آبشستگی در اطراف آبشکن و نیز توپوگرافی بستر تاثیرریا مستقیم دارد طول آبشکن است. با تغییر طول آبشکن پارامترهایی نظیر ابعاد ناحیه جدایی

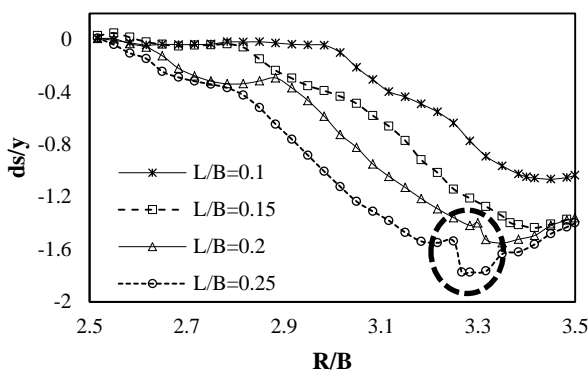
در آبشکن ۱۲ سانتیمتری (معادل ۲۰ درصد عرض کانال)، محل حداکثر عمق آبشستگی در نزدیکی این مقطع واقع شده در حالیکه برای آبشکن ۱۵ سانتیمتری این مقطع فاصله بیشتری با محل حداکثر عمق آبشستگی دارد.

در شکل ۴ نیز مشاهده می شود که در پایین دست آبشکن، میزان آبشستگی در دیواره خارجی قوس با افزایش طول آبشکن کاهش می یابد. این امر به دلیل نقش حفاظتی بال آبشکن در پایین دست آبشکن می باشد. بنابراین می توان یکی از مزایای آبشکن T شکل نسبت به آبشکن مستقیم را وجود بال آبشکن T شکل دانست که با ایجاد یک ناحیه سکون نسبی، سبب محافظت دیواره خارجی قوس در پایین دست آبشکن می گردد. در این شکل نیز افزایش ابعاد چاله آبشستگی با افزایش طول آبشکن مشخص می باشد.

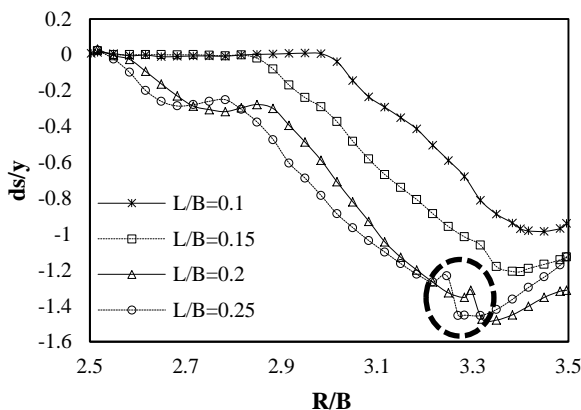
در شکل ۵ نمونه ای از توپوگرافی بستر در مصالح با قطر متوسط ۰/۶۵ میلیمتر نشان داده شده است. در این شکل مقادیر مثبت (ds/y) بیانگر ارتفاع رسوبگذاری بی بعد و مقادیر منفی بیانگر عمق آبشستگی بی بعد می باشد.

همانگونه که در شکل ۵ نیز دیده می شود با افزایش طول آبشکن ابعاد چاله آبشستگی افزایش می یابد به نحوی که در آبشکن ۱۵ سانتیمتر عرض چاله آبشستگی تا نزدیک قوس داخلی کشیده شده است. همچنین با افزایش طول آبشکن، به علت افزایش طول بال آبشکن و در نتیجه افزایش طول حفاظت شده توسط بال پایین دست آبشکن، ناحیه کنار قوس خارجی بلافاصله در پایین دست آبشکن، از پدیده آبشستگی محفوظ مانده و در این محل رسوبگذاری داریم که این پدیده در آبشکن با طول ۲۵ درصد عرض کانال مشخص می باشد. در شکل ۶ نمونه ای از پروفیل طولی بستر برای آبشکن با طول های مختلف برای مصالح با قطر متوسط ۰/۶۵ میلیمتر نشان داده شده است. در شکل (۶-الف) مقطع طولی در محل حداکثر آبشستگی نشان داده شده است. این مقطع در فاصله ۱ تا ۲ سانتیمتری پشت آبشکن قرار دارد. مقطع طولی گذرنده از وسط کانال، شکل (۶-ب)، نیز بیانگر گسترش عرضی چاله آبشستگی به ویژه در آبشکن با طول ۹، ۱۲ و ۱۵ سانتیمتر می باشد. شکل (۶-ج) نیز پروفیل طولی بستر در کناره قوس داخلی را نشان می دهد. این پروفیل نشان دهنده این است که برای ابعاد مختلف آبشکن در کناره قوس داخلی در پایین دست آبشکن، ناحیه رسوب گذاری در کنار ساحل داخلی مشاهده می شود که این ناحیه در مسیر مستقیم پایین دست نیز ادامه دارد.

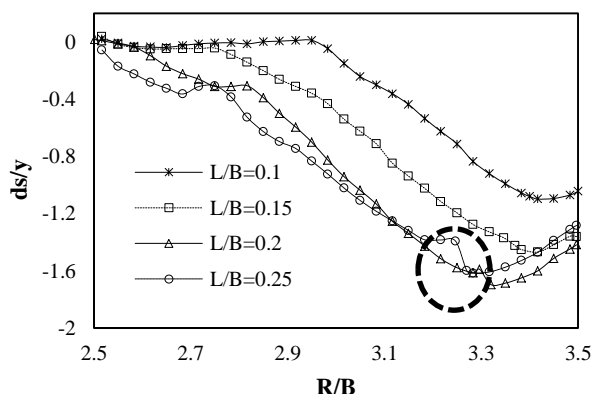
$L/B=0.2$ ، کمتر می باشد. این امر بدین علت است که مقطع مورد بررسی (۴۳/۷۵ درجه) در فاصله ای برابر با ۴/۶ سانتیمتری بالادست آبشکن واقع شده است.



د_۰=۱٫۲۸ mm (الف)



د_۰=۱٫۰۵ mm (ب)



د_۰=۰٫۶۵ mm (ج)

شکل ۳- پروفیل عرضی بستر در مقطع ۴۳/۷۵ درجه در بالادست آبشکن

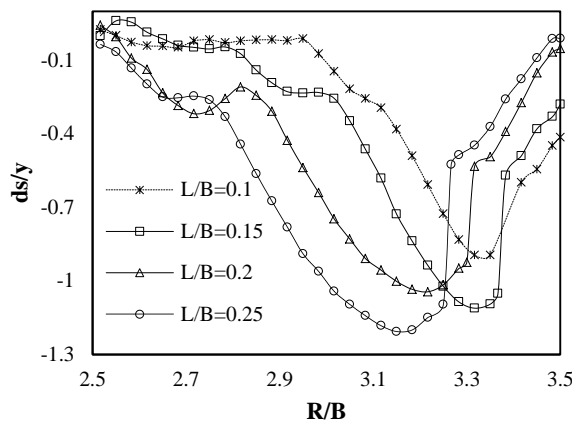
چاله آبستگي در بالادست آبشكن به عمق جريان (L_u/y)، افزايش چشمگيري دارد، به نحوي كه با دو برابر شدن طول آبشكن گسترش چاله آبستگي در بالادست به ميزان ۷۵ درصد افزايش مي يابد. اين افزايش در مصالح مختلف مشاهده مي گردد. همچنين به منظور بررسي حداكثر عرض چاله آبستگي از پارامتر بدون بعد L_{wmax}/y استفاده گرديده است. با دقت در روند تغييرات اين پارامتر مي توان بيان كرد كه با افزايش طول آبشكن، حداكثر عرض چاله آبستگي افزايش محسوسي را دارا مي باشد. به نحوي كه با دو برابر شدن طول آبشكن، حداكثر عرض چاله آبستگي به ميزان ۸۰ تا ۹۰ درصد افزايش يافته است. بنا بر اين مي توان بيان كرد كه طول آبشكن رابطه مستقيمي با ابعاد چاله آبستگي داشته به نحوي كه با افزايش طول آبشكن ابعاد مختلف چاله آبستگي شامل طول چاله در بالادست آبشكن (L_u) و گسترش چاله آبستگي در عرض رودخانه (L_{wmax}) و عمق ماكزيمم آبستگي (d_s) افزايش مي يابد.

جدول ۱- تغييرات پارامترهاي مربوط به چاله آبستگي براي طولهاي مختلف آبشكن و مصالح مختلف

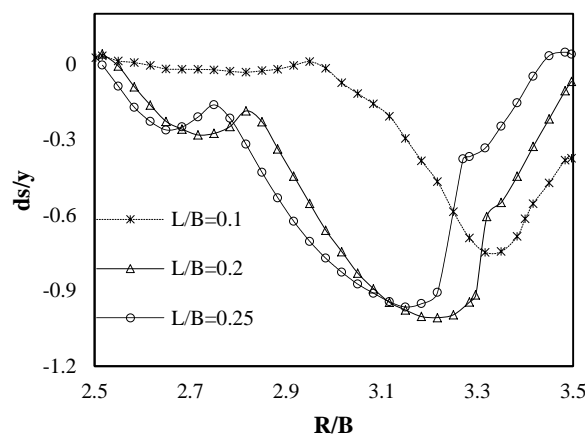
d_s (mm)	L/B	L_u/y	L_{wmax}/y
۱/۲۸	۰/۱	۲/۳۳	۲/۶۳
۱/۲۸	۰/۱۵	۳/۴۲	۳/۹
۱/۲۸	۰/۲	۴/۰۴	۴/۷۵
۱/۲۸	۰/۲۵	۴/۵۱	۴/۷۵
۱،۰۵	۰/۱	۲/۳۵	۲/۴
۱/۰۵	۰/۱۵	۳/۵	۳/۶
۱/۰۵	۰/۲	۴/۱	۴/۵۶
۱/۰۵	۰/۲۵	۴/۳	۴/۸
۰/۶۵	۰/۱	۲/۳۵	۲/۴
۰/۶۵	۰/۱۵	۳/۵۷	۳/۸۹
۰/۶۵	۰/۲	۴/۱۴	۴/۴۷
۰/۶۵	۰/۲۵	۴/۶۳	۴/۶۷

۵- بررسي اثر قطر مصالح

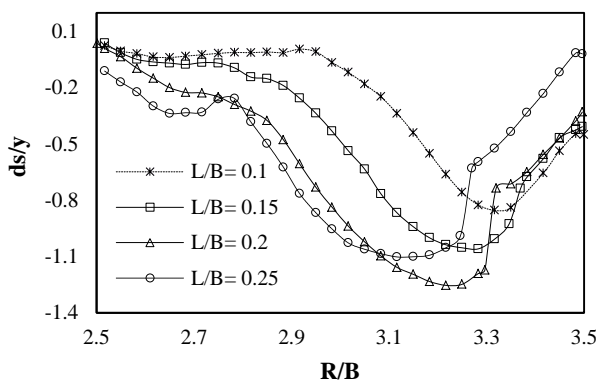
در اين بخش به بررسي تأثير قطر مصالح بر روي ابعاد چاله آبستگي پرداخته شده است. با رجوع به جدول ۱ مي توان دريافت كه با کاهش قطر مصالح و براي آبشكن با طول ثابت، نسبت طول چاله آبستگي در بالادست آبشكن به عمق جريان (L_u/y) داراي روند افزايشي مي باشد كه اين افزايش در مصالح مورد استفاده در آزمايشات به ميزان ۲ الي ۵ درصد مشاهد گرديد.



الف) $d_s=1,28$ mm



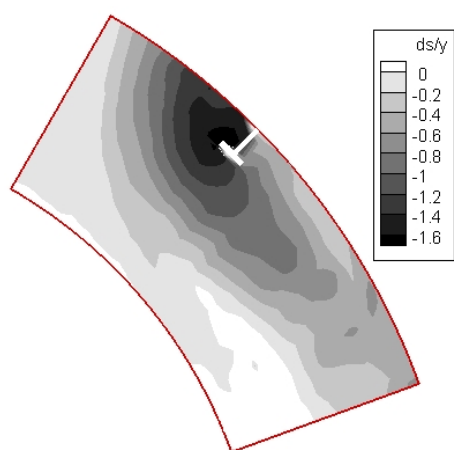
ب) $d_s=1,05$ mm



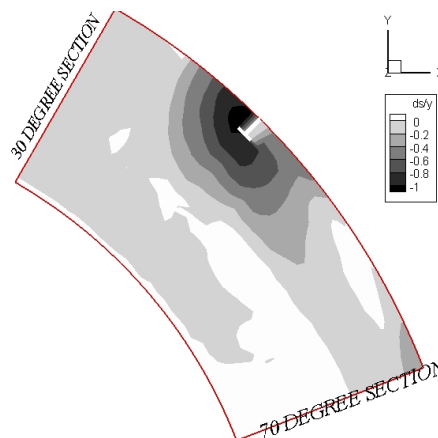
ج) $d_s=0,65$ mm

شكل ۴- پروفيل عرضي بستر در مقطع ۴۶/۲۵ درجه در پايين دست آبشكن

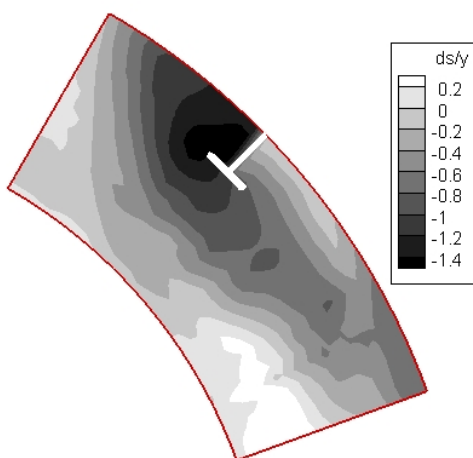
به منظور بررسي نحوه تأثير طول آبشكن بر ديگر ابعاد چاله آبستگي (طول چاله آبستگي در بالادست آبشكن و عرض حداكثر چاله آبستگي)، در جدول ۱ ابعاد چاله آبستگي براي آبشكن با طولهاي متفاوت و مصالح مختلف آورده شده است. همانگونه كه از جدول ۱ مي توان نتيجه گرفت، با افزايش طول آبشكن، نسبت طول



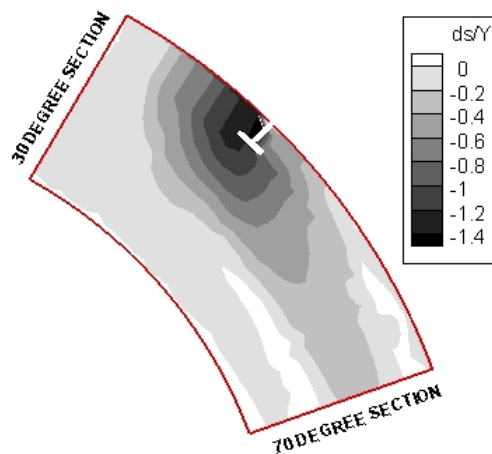
(ج) آبشکن ۱۲ سانتیمتر



(الف) آبشکن ۶ سانتیمتر



(د) آبشکن ۱۵ سانتیمتر



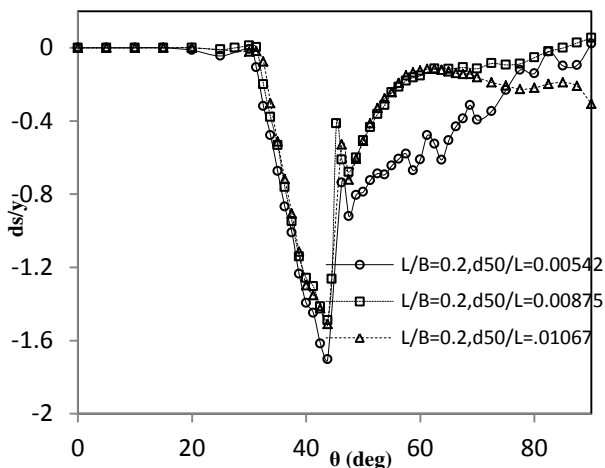
(ب) آبشکن ۹ سانتیمتر

شکل ۵- توپوگرافی بستر برای آبشکن با طولهای مختلف مستقر در موقعیت ۴۵ درجه و مصالح $d_{50} = 0.65 \text{ mm}$

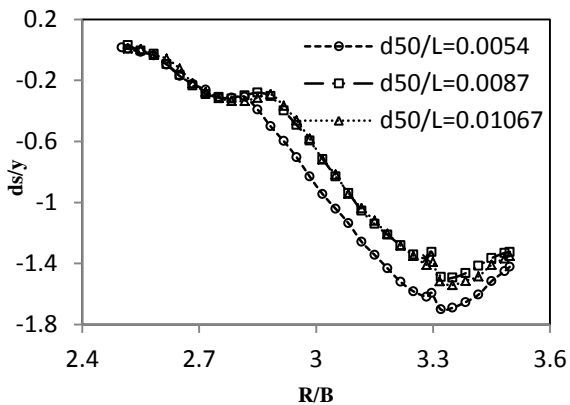
در مصالح با قطر متوسط 0.65 میلیمتر مشاهده کرد. به منظور مقایسه توپوگرافی بستر با مصالح مختلف، در شکل ۹ توپوگرافی بدون بعد بستر برای آبشکن با $L/B=0.2$ آورده شده است. همانگونه که در این شکل نیز مشخص است در تمام مصالح مورد استفاده الگوی آبشستگی و رسوبگذاری تقریباً مشابه می‌باشد. در تمام حالات، چاله آبشستگی پیرامون آبشکن تشکیل گردیده و رسوبگذاری در کناره دیواره داخلی در انتهای قوس و ابتدای مسیر مستقیم مشاهده می‌گردد. تفاوت موجود بین الگوی آبشستگی در مصالح مورد آزمایش در این است که در مصالح با قطر متوسط $1/0.5$ و $1/2.8$ میلیمتر، ناحیه کنار قوس خارجی در پایین دست آبشکن از آبشستگی مصون مانده است، شکل (۹- ب، ج). ولی در مصالح با قطر متوسط 0.65 میلیمتر ناحیه آبشستگی به دیواره قوس خارجی می‌رسد. از دیگر تفاوت‌های موجود در الگوی آبشستگی می‌توان به تشکیل چاله دوم آبشستگی، شکل (۹ ب و ج)، اشاره کرد.

بر خلاف پارامتر L_{w1}/y ، با کاهش قطر مصالح، روند کاهشی در پارامتر L_{wmax}/y به میزان ۵ الی ۱۰ درصد مشاهده گردید. به منظور بررسی اثر قطر متوسط مصالح بر عمق ماکزیمم آبشستگی، پروفیل طولی مربوط به آبشکن ۱۲ سانتیمتری برای مصالح مختلف در محل حداکثر عمق آبشستگی در شکل ۷ آورده شده است. همانگونه که از این شکل مشخص است، مشاهده می‌گردد با کاهش قطر مصالح، عمق آبشستگی بی بعد شده (ds/y) همانند پارامتر L_{w1}/y دارای روند افزایشی می‌باشد.

در شکل ۸ پروفیل عرضی بستر در مقطع $43/75$ درجه در بالادست آبشکن ۱۲ سانتیمتری نشان داده شده است. در این شکل نیز مشخص است که با کاهش قطر مصالح، عمق آبشستگی بی بعد در مصالح با قطر متوسط $1/0.5$ و $1/2.8$ میلیمتر تغییر چندانی نداشته ولی می‌توان روند افزایش عمق آبشستگی با کاهش قطر مصالح را



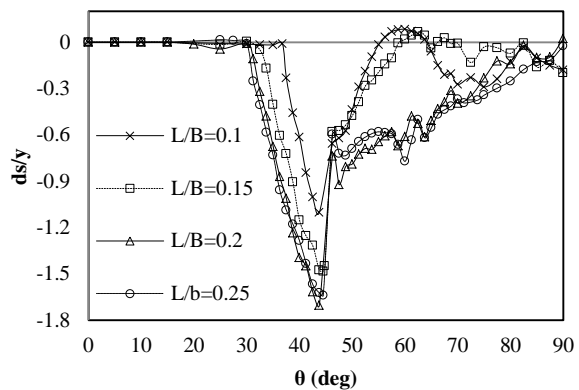
شکل ۷- پروفیل طولی حفره آبستگي برای مصالح مختلف و آبشکن ۱۲ سانتیمتر



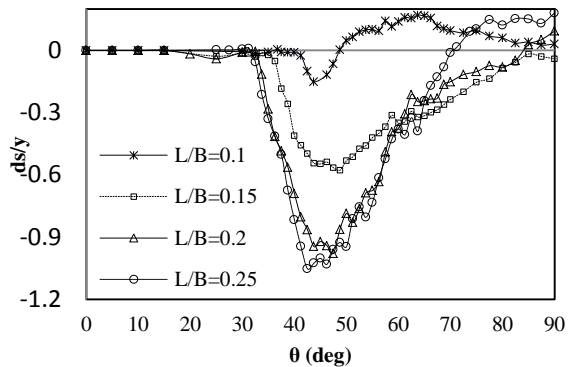
شکل ۸- پروفیل عرضی بستر در محل ۴۳/۷۵ درجه در بالا دست آبشکن (L/B=۰/۲)

در شکل ۱۰ نیز مقایسه ای بین حداکثر عمق آبستگي در مصالح مختلف در آبشکن با طولهای متفاوت صورت گرفته است.

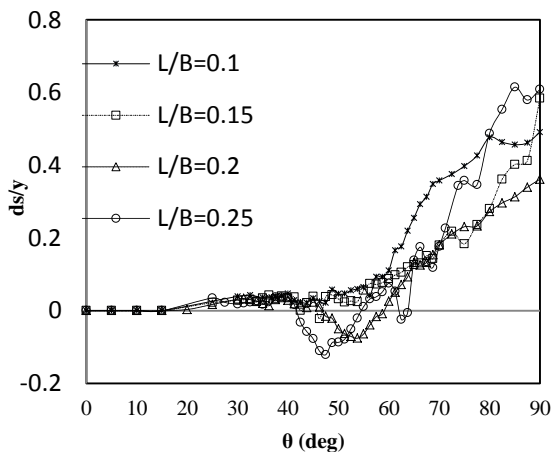
همانگونه که از شکل ۱۰ مشخص است کاهش قطر نسبی مصالح از ۱/۲۸ میلیمتر به ۰/۶۵ میلیمتر، افزایش ۵ تا ۱۰ درصدی پارامتر d_{50}/y را به دنبال دارد. برای نسبت تنگ شدگی کانال برابر با ۰/۲۵، به دلیل توسعه آبستگي تا دیواره داخلی کانال، مقادیر مربوط به مصالح با قطر متوسط ۱/۰۵ و ۰/۶۵ میلیمتر با مقادیر مربوط به مصالح ۱/۲۸ میلیمتر همخوانی ندارد. بنابراین با توجه به مطالب فوق می‌توان نتیجه گرفت که عمق حداکثر آبستگي و طول چاله آبستگي در بالادست با قطر متوسط مصالح رابطه معکوس داشته به نحوی که با کاهش قطر مصالح پارامترهای ds/y و L_u/y روند افزایشی داشته در حالیکه پارامتر L_{wmax}/y با قطر متوسط مصالح رابطه مستقیم دارد.



(الف) مقطع حداکثر آبستگي



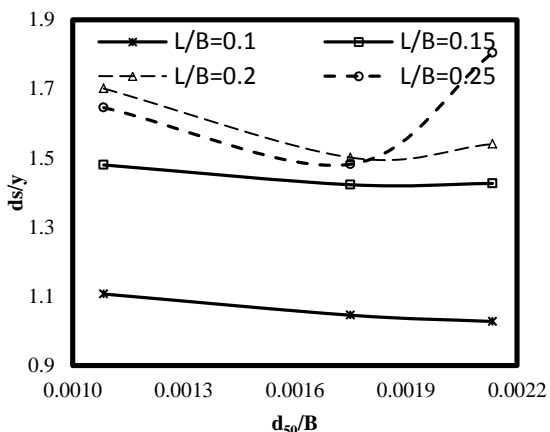
(ب) وسط کانال



(ج) کناره قوس داخلی

شکل ۹- پروفیل طولی برای آبشکن با طولهای مختلف و مصالح با $d_{50}=۰/۶۵\text{mm}$

علت تشکیل این چاله می‌تواند ناشی از افزایش سرعت جریان به علت تنگ شدگی مقطع ناشی از تشکیل رسوبات گروه اول در کناره داخلی قوس باشد. در حالیکه در مصالح با $d_{50}=۰/۶۵\text{mm}$ به علت توسعه چاله اصلی آبستگي تا انتهای قوس، چاله دوم آبستگي مشاهده نگردید، شکل (۹-الف).



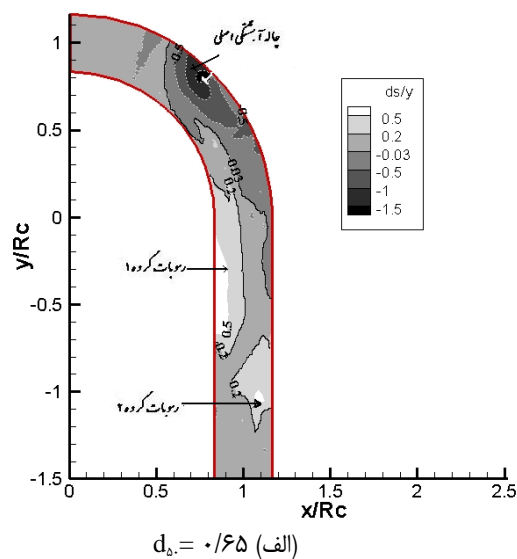
شکل ۱۰- حداکثر عمق آبشستگی در مصالح مختلف و طولهای مختلف آبشکن

۵- جمع بندی

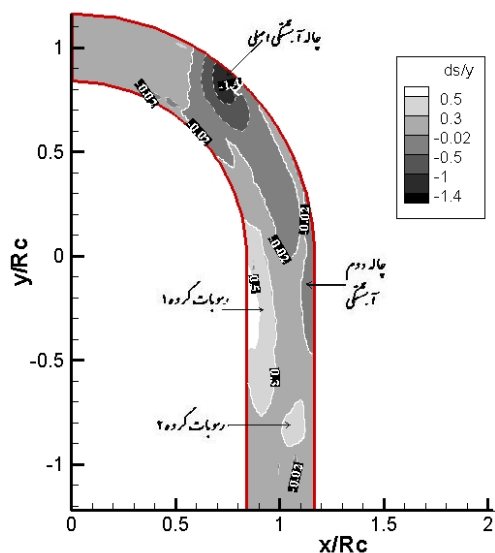
نرخ گسترش آبشستگی برای ماسه ریز دانه بیشتر از نرخ مربوط به ماسه درشت دانه می‌باشد که این امر سبب می‌گردد حداکثر عمق آبشستگی رسوبات درشت دانه از عمق آبشستگی رسوبات درشت دانه می‌باشند. با افزایش طول آبشکن عمق حداکثر آبشستگی افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش طول آبشکن، نسبت طول چاله آبشستگی در بالادست آبشکن (L_{II}) و همچنین عرض چاله آبشستگی (L_{wmax}) افزایش محسوسی را دارا می‌باشند. در آزمایشات مذکور مشاهده گردید که با دو برابر شدن طول آبشکن مقدار L_{II}/y به میزان ۷۵ درصد و پارامتر L_{wmax}/y به میزان ۸۰ الی ۹۰ درصد افزایش داشته است.

در تمام مصالح مورد استفاده الگوی آبشستگی و رسوبگذاری تقریباً مشابه می‌باشد به نحوی که در تمام حالات چاله آبشستگی در پیرامون آبشکن تشکیل و رسوبگذاری در کناره دیواره داخلی در انتهای قوس و ابتدای مسیر مستقیم مشاهده می‌گردد. همچنین در پایین دست آبشکن، با افزایش طول آبشکن، نقش حفاظتی بال آبشکن بیشتر شده و میزان آبشستگی کاهش چشمگیری دارد. همچنین در ابتدای مسیر مستقیم پایین دست، ناحیه رسوب گذاری در کنار ساحل داخلی مشاهده می‌شود که با افزایش طول آبشکن ابعاد این ناحیه رسوبگذاری بیشتر می‌گردد.

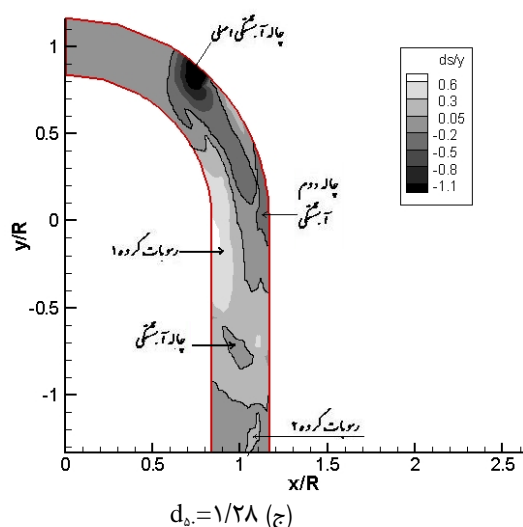
با افزایش قطر مصالح، ناحیه کنار قوس خارجی در پایین دست آبشکن از آبشستگی مصون می‌ماند. همچنین با کاهش قطر مصالح و برای آبشکن با طول ثابت، نسبت طول چاله آبشستگی در بالادست آبشکن به عمق جریان (L_{II}/y) به میزان ۲ الی ۵ درصد افزایش داشت. در حالیکه با کاهش قطر مصالح، روند کاهشی در پارامتر L_{wmax}/y به میزان ۵ الی ۱۰ درصد به دست آمد.



(الف) $d_{50} = 0/65$



(ب) $d_{50} = 1/05$



(ج) $d_{50} = 1/28$

شکل ۹- توپوگرافی بدون بعد بستر برای مصالح مختلف و آبشکن با $L/B=0,2$

با توجه به میزان تاثیر گذاری بیشتر طول آبشکن نسبت به قطر مصالح بر ابعاد چاله آبشستگی، می توان دریافت که ابعاد چاله آبشستگی نسبت به تغییر طول آبشکن دارای حساسیت بیشتری می باشد.

۶- تشکر

این مقاله برگرفته از پروژه ای است که بخشی از هزینه های آن توسط شرکت مدیریت منابع آب ایران تامین شده است. بدینوسیله از شرکت فوق قدردانی می گردد.

۷- مراجع

بهرامی، ا. جوان، م. کشاورزی، ع. (۱۳۸۵). "مقایسه الگوی آبشستگی پیرامون سه آب شکن متوالی با زاویه ۶۰ و ۱۲۰ درجه در شرایط جریان زیر بحرانی و آشفته با بستر متحرک." هفتمین سمینار بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه شهید چمران اهواز.

پناهپور، ن. (۱۳۸۴). "بررسی آزمایشگاهی الگوی جریان اطراف آب شکن منفرد در خم ۹۰ درجه". پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده فنی. دانشگاه تربیت مدرس.

سلاجقه، م. (۱۳۸۲). "بررسی آزمایشگاهی الگوی جریان حول آب شکن در قوس ۱۸۰ درجه با بستر صلب". پایان نامه دکتری. دانشگاه تهران.

صانعی، م. (۱۳۸۵). بررسی آزمایشگاهی اثر درصد انسداد در آبشستگی موضعی آبشکنها. هفتمین سمینار بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه شهید چمران اهواز.

فرهادیان، ح. (۱۳۸۷). مطالعه آزمایشگاهی الگوی آبشستگی اطراف آبشکن های T شکل در کانال مستقیم. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده فنی و مهندسی. دانشگاه تربیت مدرس.

فضلی و همکاران (۱۳۸۵). "بررسی موقعیت و طول آبشکن بر آبشستگی اطراف آن در قوس". هفتمین سمینار بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه شهید چمران اهواز.

قدسیان، م. و نصراللهی، ع. (۱۳۸۰). "تأثیر زمان بر روی عمق آبشستگی اطراف آب شکنها". سومین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشکده فنی، دانشگاه تهران. ۳۰۹-۳۱۴.

موسوی نائینی، س. ع. (۱۳۸۸). بررسی آزمایشگاهی الگوی جریان پیرامون آبشکن T شکل منفرد و مستقر در قوس ۹۰ درجه. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس.

مهرنهاد، ع. (۱۳۸۹). بررسی آزمایشگاهی تاثیر قطر مصالح بر آبشستگی آبشکن T شکل مستقر در قوس ۹۰ درجه. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران آب، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس.

واقفی، م. (۱۳۸۸). مطالعه آزمایشگاهی الگوی جریان و آبشستگی پیرامون آبشکن های T شکل مستقر در قوس ۹۰ درجه. رساله دکتری. دانشکده فنی و. دانشگاه تربیت مدرس.

Gill, M.A. (۱۹۷۲). "Erosion of sand beds around spur dikes." *J. Hydraulic Division*. ۹۸(۹), pp. ۱۵۸۷-۱۶۰۲.

Kuhnle, R.A., Alonso C.V. and Shields, F.D., (۱۹۹۹). "Geometry of scour holes associated with spur dikes". *Journal of Hydraulic Engineering*, ۱۲۵(۹), pp ۹۷۲-۹۷۸.

Kumar, V., Ranga Raju, K. G. and Vittal, N. (۱۹۹۹). "Reduction of local scour around bridge piers using slots and collars", *Journal of Hydraulic Engineering*, ۱۲۵(۱۲), pp. ۱۳۰۲-۱۳۰۵.

Melville, B.W., (۱۹۹۲). "Local scour at bridge abutment", *J. Hydraulic Engineering*, ۱۱۸(۴), pp. ۶۱۵-۶۳۱.

Mesbahi, J., (۱۹۹۲). "On combined scour near groynes in river bends", M. Sc. Thesis Delft Hyd Netherland.

Rahman, M.M and Muramoto, Y, (۱۹۹۹), "Prediction of maximum scour depth around spur dike like structures", *Annual J. of Hydraulic Engineering, JSCE*, ۴۳.

Vaghefi, M., Ghodsian, M. and Salehi Neishaboori, S. A.A., (۲۰۰۹), "Experimental study on the effect of T-shaped spur dike on scour in a ۹۰ degree channel bend", *The Arabian Journal for Science and Engineering*, ۳۳(۲B), pp. ۳۳۷-۳۴۸.

Vaghefi, M., Ghodsian, M. and Adib, A., (۲۰۱۲), "Experimental study on the effect of Froude number on temporal variation of scour around a T- shaped spur dike in a ۹۰ degree bend" *Journal of Applied Mechanics and Material*, ۱۴۷, pp ۷۵-۷۹.

Vittal, N., Kothiyari, U. C. and Haghghat, M. (۱۹۹۴), "Clear-water scour around bridge pier group", *J. Hydraulic Engineering*, ۱۲۰(۱۱), pp. ۱۳۰۹-۱۳۱۸