

Experimental Investigation of Scour Pattern around Submerged T-Shape Spur Dike in Straight Channel

S. M. Noorbakhsh Saleh¹, M. Vaghefi^{2*}
and M. Ghodsian³

Abstract

Spur dikes are used for preventing river banks' erosions. Spur dike causes variations in flow field, sediment transport and bed topography. In this paper the topography of bed and flow pattern around of submerged T shape spur dike in direct channel was assessed. Experiments were conducted in rectangular flume having 0.6 m width, 0.7 m height. The variations of parameters like the length of the spur dike and its wing, depth of submergence and Froude number on dimensions of scour around T shaped spur dike and the bed's topography were studied. The results show that by increasing the Froude number and length of spur dike the amount of scour increases. Also with increasing the depth of submergence in a limited area, at first amount of scour and extension dune, increases and then decreases. Analysis of results relevant to scour pattern in cross and longitudinal sections, and different plans are among other points introduced in this paper.

Keywords: T Shaped spur dikes, Local narrowing, wing to web length ratio, Submergence percentage, Flow pattern

Received: December 27, 2011

Accepted: April 8, 2013

مطالعه آزمایشگاهی الگوی آبشستگی اطراف آبشکن T شکل مستغرق در مسیر مستقیم

سید ماجد نوربخش صالح^۱، محمد واقفی^{۲*}
و مسعود قدسیان^۳

چکیده

آبشکن‌ها سازه‌های هیدرولیکی هستند که برای حفاظت از سواحل رودخانه بکار می‌روند. استقرار آبشکن‌ها باعث ایجاد تغییرات در میدان جریان، الگوی آبشستگی و توپوگرافی بستر می‌شود. در این مقاله به بررسی توپوگرافی بستر اطراف آبشکن T شکل مستغرق واقع در مسیر مستقیم پرداخته شده است. برای این منظور از یک فلوم مستطیلی به عمق ۷۰ سانتیمتر و عرض ۶۰ سانتیمتر استفاده گردیده است. در این آزمایشات تأثیر پارامترهای طول آبشکن، طول بال آبشکن، عمق استغراق و همچنین عدد فرود جریان بر تغییرات ابعاد چاله آبشستگی حول آبشکن T شکل و تغییرات توپوگرافی بستر مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد با افزایش عدد فرود (Fr) و طول آبشکن میزان عمق و ابعاد چاله آبشستگی افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش عمق استغراق در یک ناحیه محدود، ابتدا میزان آبشستگی و گسترش پشته‌ها افزایش و سپس کاهش می‌یابد. تجزیه و تحلیل نتایج مربوط به آبشستگی در مقاطع عرضی، طولی و پلان‌های مختلف از دیگر موارد مطرح شده در این مقاله می‌باشد.

کلمات کلیدی: آبشکن سرسپری، تنگ شدگی عرضی، نسبت طول بال به جان، درصد استغراق، الگوی جریان.

تاریخ دریافت مقاله: ۶ دی ۱۳۹۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۹ فروردین ۱۳۹۲

1- M.Sc Student of Water Engineering, Tarbiat-Modares University, Tehran, Iran. Email: vaghefi@pgu.ac.ir

2- Assistant Professor of Hydraulic Structures, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.

3- Professor of Hydraulic, Tarbiat-Modares University, Tehran, Iran.

*- Corresponding Author

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران آب، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- استادیار سازه‌های هیدرولیکی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران.

۳- استاد هیدرولیک، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

*- نویسنده مسئول

۱- مقدمه

آبشکن یکی از سازه‌های هیدرولیکی است که در مهندسی رودخانه به دلایلی از جمله حفاظت ساحل پایین دست، حفاظت قوس خارجی، تنظیم ارتفاع جریان و کنترل توپوگرافی بستر استفاده می‌شود. هنگام بکارگیری آبشکن در مسیر مستقیم، خطوط جریان پس از رسیدن به آبشکن‌ها بسته به فاصله از دیواره و عمق دارای رفتارهای متفاوت هستند.

بخشی از خطوط جریان که در عمق کمتر از ارتفاع آبشکن و در مجاورت دیواره هستند پس از برخورد به آبشکن تشکیل جریان روبه به پایین می‌دهند و به بستر برخورد می‌کنند. این جریان منحرف شده به سمت بستر، از دید برخی از محققین عامل اصلی آبشستگی در بالادست آبشکن می‌باشد. به دلیل شرایط ایجاد شده در این ناحیه و به سبب کاهش سرعت، جریان جدید وارد شده به این محدوده به سمت بالادست آبشکن باز می‌گردد و تشکیل نوعی جریان گردابی هم در پلان هم در مقاطع طولی و عرضی می‌دهد که بخشی از آن با عنوان گردابهای برخاستی در بین محققین مشهور است. در آبشکن مستغرق جریان مجاور دیواره که در عمقی بالاتر از ارتفاع آبشکن قرار دارند، ضمن افزایش سرعت از روی آبشکن عبور کرده و بصورت جریان ریزشی به بستر در پایین دست برخورد می‌کند. همچنین محدوده‌ای از جریان عبوری که دور از دیواره شامل آبشکن قرار دارند با نزدیکی به آبشکن به سمت مرکز کانال منحرف می‌شوند، البته میزان انحراف جریان تابعی از عمق و سرعت جریان و مشخصات هندسی آبشکن می‌باشد. همچنین در پایین دست آبشکن و در مجاورت دیواره، ناحیه‌ای با سرعت جریان بسیار کم بوجود می‌آید که عمدتاً ناچیز بودن سرعت در این محدوده باعث ترسیب رسوبات می‌شود. در گذشته تحقیقات متعددی در مورد انواع آبشکن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. اما تاکنون تحقیقی بر روی آبشکن مستغرق سر سپری واقع در مسیر مستقیم انجام نشده است. در مورد آبشکن‌های سر سپری و یا T شکل مطالعات انجام گرفته عمدتاً در دهه اخیر بوده است. فرهادیان (۱۳۸۷) به بررسی آبشستگی و الگوی جریان اطراف آبشکن T شکل غیر مستغرق در مسیر مستقیم پرداخت و به نتایجی رسید که مهمترین آنها عبارتند از: با افزایش طول بال آبشکن عرض ناحیه جدایی جریان افزایش می‌یابد، جریان پایین رونده عامل اصلی آبشستگی پایین دست آبشکن می‌باشد، عمده آبشستگی در بالادست آبشکن رخ می‌دهد، با افزایش طول آبشکن و عدد فرود ابعاد چاله آبشستگی افزایش می‌یابد، برای آبشکن با نسبت طول بال به طول جان به ترتیب ۰/۵ و ۰/۲۵، برترتیب کمترین و بیشترین مقدار آبشستگی رخ می‌دهد. همچنین

مطالعات گسترده‌ای پیرامون آبشکن T شکل توسط واقفی و همکاران انجام گرفته که این تحقیقات برای شرایط غیر استغرق و نیز در حالت استقرار آبشکن در قوس بوده است و عمده‌ترین آنها عبارتند از: واقفی و همکاران (۱۳۸۷) به مطالعه آزمایشگاهی الگوی آبشستگی پیرامون آبشکن T شکل منفرد و مستقر در قوس ۹۰ درجه پرداختند و به تعیین پارامترهای طول آبشکن، طول بال آبشکن، موقعیت استقرار آبشکن و عدد فرود جریان بر تغییرات توپوگرافی بستر قوس ۹۰ درجه پرداختند. Ghodsian and Vaghefi (2009) نیز به بررسی ابعاد چاله آبشستگی مستقر در قوس ۹۰ درجه و تغییرات توپوگرافی بستر پایین دست آبشکن پرداختند.

واقفی و همکاران (۱۳۸۹) به مطالعه آزمایشگاهی الگوی جریان پیرامون آبشکن T شکل در قوس ۹۰ درجه در شرایط بستر متحرک پرداختند و تاثیر توپوگرافی بستر بر قدرت گردابه‌ها را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. Vaghefi et al. (2012) به تعیین معادلاتی جهت برآورد ابعاد هندسه چاله آبشستگی موضعی پیرامون آبشکن شکل تحت تاثیر پارامترهای طول آبشکن، طول بال آبشکن، موقعیت استقرار آبشکن، شعاع انحنای قوس و عدد فرود جریان پرداختند. نوربخش و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی پارامترهای زمان به تعادل رسیدن توپوگرافی بستر، تنگ شدگی موضعی و نسبت طول بال به جان آبشکن سر سپری، مستغرق و مستقر در کانال مستقیم بر تغییرات توپوگرافی بستر پرداختند. در این تحقیق نیز به بررسی توپوگرافی بستر اطراف آبشکن سر سپری مستغرق واقع در مسیر مستقیم پرداخته شده و نقش پارامترهایی نظیر عدد فرود و میزان تنگ شدگی عرض کانال مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- مواد و روشها

در این قسمت ابتدا به بررسی آنالیز ابعادی و سپس به نحوه انجام آزمایش‌ها و تجهیزات آزمایشگاهی پرداخته می‌شود.

۲-۱- آنالیز ابعادی

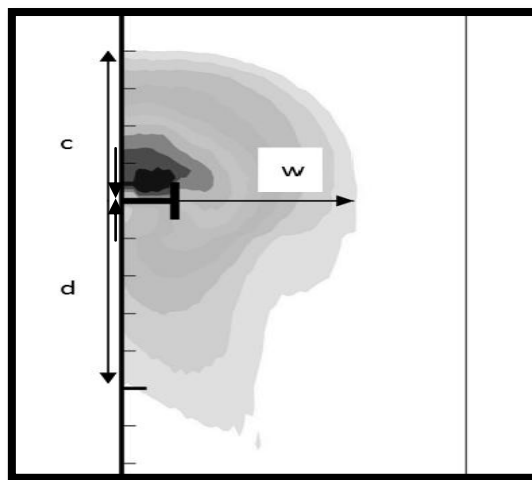
با در نظر گرفتن جریان دائمی رابطه زیر بین پارامترهای موثر بر ابعاد چاله آبشستگی در حالت تعادل برقرار است.

$$\phi = f(L, l, Y, h, B, t, S_0, U, g, d_{50}, t_e) \quad (1)$$

در رابطه فوق ϕ معرف پارامترهای چاله آبشستگی از جمله عمق حداکثر چاله آبشستگی d_s ، عرض چاله آبشستگی W ، میزان پیشروی چاله آبشستگی در پایین دست d و میزان پیشروی چاله

آبستنگی در بالادست c می‌باشد. شکل ۱ مشخصات چاله آبستنگی را نشان می‌دهد.

همچنین L طول جان آبشکن، S_0 طول بال آبشکن، S_0 شیب کف کانال، U سرعت جریان، d_{50} قطر متوسط مصالح بستر، y عمق جریان، h ارتفاع آبشکن، B عرض کانال، t زمان انجام آزمایش، t_e زمان به تعادل رسیدن آزمایش می‌باشد.



شکل ۱- پارامترهای چاله آبستنگی

از بین روشهای متداول برای آنالیز ابعادی از روش π باکینگهام جهت تعیین پارامترهای بدون بعد موثر استفاده شده است. با توجه به یکسان بودن قطر متوسط ذرات و شیب کانال پارامترهای مربوطه را می‌توان حذف نمود که نتیجه عبارتست از:

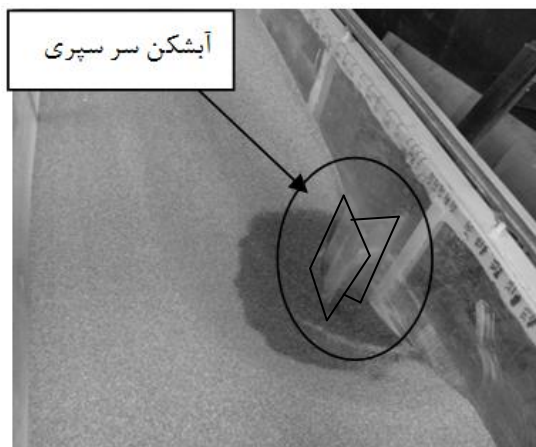
$$\frac{\phi}{Y} = f\left(Fr, \frac{L}{B}, \frac{L}{L'}, \frac{y-h}{y}, \frac{t}{t_e}, \frac{L}{y'}, \frac{L}{y}\right) \quad (2)$$

که در این رابطه Fr بیانگر عدد فرود می‌باشد.

۲-۲- تجهیزات آزمایشگاهی

آزمایش‌ها در کانال مستقیم آزمایشگاهی موجود در دانشگاه تربیت مدرس انجام گرفته است. فاصله آبشکن از ابتدای کانال برابر ۵ متر می‌باشد. دیواره کانال از جنس پلکسی گلاس و کف آن از جنس شیشه می‌باشد و پروفیل‌های فولادی سازه کانال را تشکیل می‌دهد. عرض کانال ۶۰ سانتیمتر است. کف کانال با مصالح بستر با قطر متوسط ۱/۲۸ میلی‌متر پر شده است. دبی در آزمایشات ثابت و برابر ۲۵ لیتر بر ثانیه می‌باشد که توسط سرریز مثلی در پایین دست اندازه‌گیری شده و تغییرات چاله آبستنگی و سطح آب توسط خط‌کش الکترونیکی (Point Gage) با دقت ۰/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری

شده است. آبشکن‌های استفاده شده در این آزمایشات از جنس پلکسی گلاس و به ضخامت ۱ سانتیمتر ساخته شده‌اند که در شکل ۲ مشاهده می‌شود. در شروع آزمایش‌ها جریان با دبی بسیار پایین و از پایین دست به نحوی وارد کانال شده است که باعث آبستنگی در اطراف آبشکن قبل از شروع آزمایش نشود و سپس دبی کانال بصورت تدریجی به دبی مورد نظر می‌رسد. در این تحقیق اثر تنگ‌شدگی موضعی، استغراق و عدد فرود بررسی شده است. به منظور بررسی اثر تغییرات تنگ‌شدگی، آبشکن‌هایی با طول ۹ و ۱۲ و ۱۵ سانتیمتر مورد استفاده قرار گرفته است. تمامی این مقادیر از یک سوم عرض کانال که برای طول حداکثر آبشکن پیشنهاد شده، کمتر می‌باشند. به منظور بررسی اثر تغییرات طول بال آبشکن، نسبت‌های طول بال به طول جان ۱، ۰/۷۵ و ۰/۵ مورد آزمایش قرار گرفته است. برای بررسی عدد فرود با توجه به دبی ۲۵ لیتر بر ثانیه و با تغییرات در عمق جریان از سه عدد فرود ۰/۳۴، ۰/۲۸ و ۰/۲۳ در آزمایش‌ها استفاده شده است. همچنین کلیه آزمایشات در شرایط آب زلال انجام گرفته است.

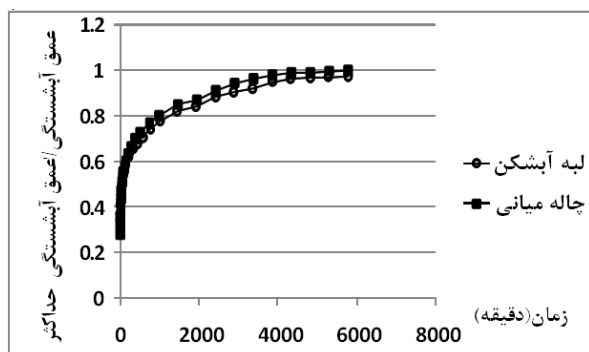


شکل ۲- موقعیت شماتیک آبشکن T شکل در مسیر مستقیم

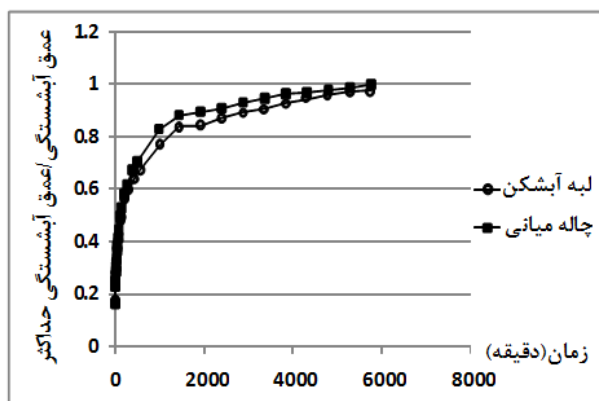
۲-۳- آزمایش زمان تعادل

به منظور محاسبه زمان مناسب برای انجام آزمایش‌ها، برای دو آبشکن با نسبت طول جان به بال واحد و به ترتیب معادل ۱۵ و ۲۰ درصد عرض کانال، آزمایش‌هایی به مدت ۹۶ ساعت انجام شد. معیارهای متفاوتی برای تعیین کمی زمان نسبی به پایان رسیدن آبستنگی ارائه شده‌اند که در این تحقیق زمان لازم برای اتمام آزمایش براساس معیار (Melville (1997) در نظر گرفته شد. بر این اساس زمانی را که در آن تغییرات عمق چاله آبستنگی به کمتر از ۱ میلی‌متر برای مدت زمان ۳ ساعت برسد به عنوان زمان تعادل انتخاب می‌گردد و سپس مدت زمانی که عمق حداکثر چاله آبستنگی به

صحيح توپوگرافی بوسیله دستگاه، می‌بایست زهکشی کامل تا عمیق‌ترین نقطه توپوگرافی بستر انجام شده باشد برداشت بستر حدوداً ۷ ساعت بعد از اتمام هر آزمایش انجام شد. همچنین با توجه به عرض کانال و بمنظور دقت بیشتر در هر مقطع عرضی ۵۹ نقطه قرائت شد و با توجه به گستردگی چاله آبستتگی و پشته‌های رسوبی بین ۷۰ تا ۸۰ مقطع عرضی در طول کانال برداشت گردید.



(الف)



(ب)

شکل ۳- زمان تعادل آبستتگی: (الف) تنگ شدگی ۱۵ و (ب) تنگ شدگی ۲۰٪

۳- نتایج و بحث

در این بخش به بررسی تاثیر متغیرهای تنگ شدگی موضعی، عمق استغراق و عدد فرود پرداخته می‌شود.

۳-۱- بررسی تاثیر میزان تنگ شدگی موضعی بر الگوی آبستتگی

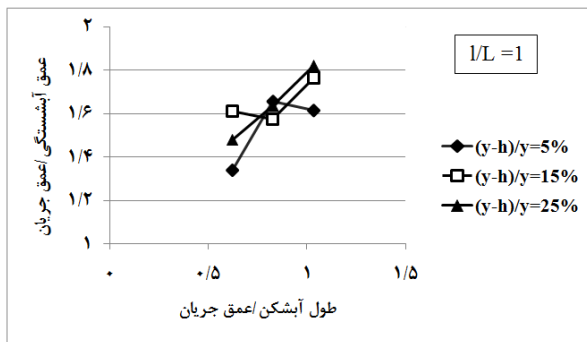
در این قسمت به بررسی درصد تنگ شدگی عرضی کانال توسط آبشکن سر سپری مستغرق در مسیر مستقیم پرداخته شده است. بدین منظور سه درصد تنگ شدگی موضعی ۱۵٪، ۲۰٪ و ۲۵٪ را مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به اینکه عرض کانال ۶۰

۰/۸۵ عمق حداکثر آبستتگی در آزمایش برسد را به عنوان زمان تعادل نسبی جهت انجام سایر آزمایش‌ها مدنظر قرار می‌گیرد. این مقدار برای آبشکن‌های بانسبت طول جان به بال واحد و به ترتیب معادل ۱۵ و ۲۰ درصد عرض کانال، حدود ۲۴ ساعت می‌باشد که در این زمان میزان آبستتگی به ترتیب برابر با ۱۸۸/۶۴ و ۲۱۷/۳۴ میلیمتر اندازه‌گیری شده است. در شکل ۳ جزئیات به تعادل رسیدن آزمایش‌ها ارائه شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌گردد تا دقیقه ۵۰، به دلیل تنش برشی بالا ناشی از تنگ شدگی در مسیر کانال، میزان حداکثر عمق آبستتگی در لبه بالادست بال آبشکن بوده که در ادامه پس از گذشت این زمان، میزان حداکثر آبستتگی به نقطه‌ای بین بال و جان آبشکن انتقال یافته است. در هر دو مورد، آبستتگی از لبه بالادست بال آبشکن ها شروع شده و سپس این مقدار به فاصله بین ۰/۷-۰/۸ طول آبشکن از دیواره محل نصب آبشکن انتقال می‌یابد. همچنین مشاهده شد که هرچند میزان آبستتگی برای آبشکن با طول بال و جان ۱۲ سانتیمتر بیشتر از آبستتگی آبشکن با طول بال و جان ۹ سانتیمتر است ولی در شروع آزمایش و تا زمانی نزدیک به ۱۵۰ دقیقه از شروع آزمایش میزان آبستتگی برای آبشکن با طول بال و جان ۹ سانتیمتر دارای مقدار بیشتری نسبت به آبشکن با طول بال و جان ۱۲ سانتیمتر می‌باشد. برای آبشکن با طول بال و جان ۹ سانتیمتر حدود ۵۱٪ از میزان آبستتگی تا ۶۰ دقیقه از شروع آزمایش و برای آبشکن با طول بال و جان ۱۲ حدود ۵۰٪ آبستتگی تا ۱۲۰ دقیقه از شروع آزمایش رخ داده است. مشاهدات نشان می‌دهند که هرچه چاله آبستتگی اطراف آبشکن بزرگتر باشد سرعت آبستتگی در شروع آزمایش‌ها کندتر است. با توجه به زمان ۲۴ ساعته در نظر گرفته شده برای آزمایش‌ها پس از اتمام زمان آزمایش پمپ را خاموش کرده به منظور جلوگیری از کاهش ناگهانی عمق و افزایش عدد فرود جریان و تغییرات ناگهانی توپوگرافی بستر، دریچه پایین دست کانال بسته شده تا فرایند خروج آب از کانال به تدریج انجام پذیرد.

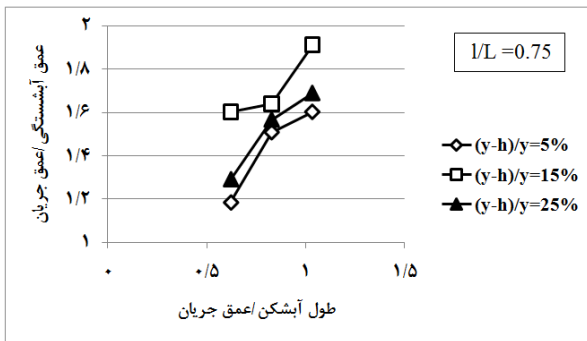
در آزمایشات انجام شده، برداشت توپوگرافی بستر توسط دستگاه ساخته شده توسط واقفی و همکاران (۱۳۹۰) تحت عنوان (Laser Bed Profiler) انجام گرفته است که این دستگاه در شکل ۴ نشان داده شده است. دستگاه برداشت پروفیل بستر لیزری به منظور برداشت داده در کانالهای آزمایشگاهی ساخته شده است. این دستگاه قابلیت برداشت پروفیل بستر را در مسیرهای قوسی و مستقیم دارد. این دستگاه به صورت خودکار، بر روی عرض کانال حرکت کرده و بدون هیچگونه تماسی با بستر کانال، تراز رسوبهای کف کانال را با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر ثبت کرده و به صورت مختصات سه بعدی در اختیار کاربر قرار می‌دهد. با توجه به اینکه برای برداشت

آبشکن به سمت سطح آب حرکت کرده و از روی آبشکن عبور می‌کنند. در ادامه نسبت عمق حداکثر آبشستگی به عمق جریان برای طول‌های متفاوت آبشکن ارائه گردیده است.

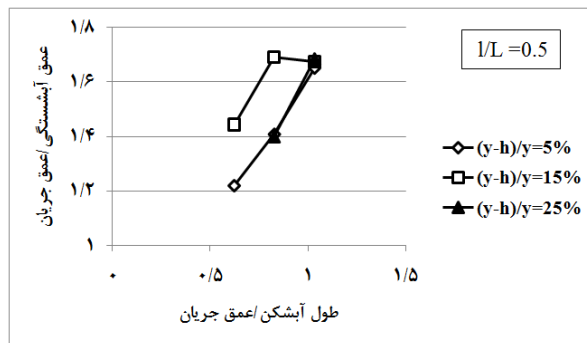
در شکل (۵-الف) همانطور که مشاهده می‌شود، نسبت عمق آبشستگی به عمق جریان با افزایش نسبت طول آبشکن به عمق جریان افزایش می‌یابد این روند در تمامی نسبت‌های استغراق ۵٪، ۱۵٪ و ۲۵٪ برقرار است و برای سایر نسبت‌های طول بال به جان که در شکل ۵ نشان داده شده نیز روند افزایش میزان آبشستگی با افزایش طول واضح و مبرهن است.



(الف)



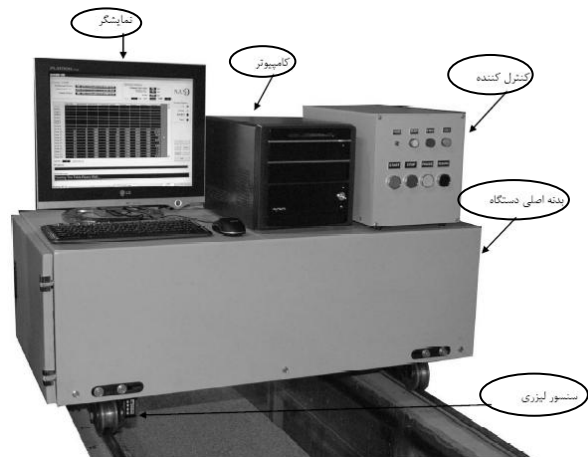
(ب)



(ج)

شکل ۵ - تغییرات نسبت بی بعد عمق چاله آبشستگی به عمق جریان با افزایش نسبت طول جان به عمق برای نسبت‌های مختلف طول بال به طول جان آبشکن

سانتیمتر است از آبشکنهایی با طول جان به ترتیب برابر با ۹، ۱۲، ۱۵ سانتیمتر استفاده شده است. چون هدف از انجام این مجموعه آزمایش بررسی اثر استغراق در آبشکن T شکل بوده، لذا درصدهای مختلف استغراق ۵٪، ۱۵٪ و ۲۵٪ مورد مقایسه قرار گرفته است. همچنین عدد فرود جریان در این مجموعه از آزمایش‌ها ۲۳٪ در نظر گرفته شده است.



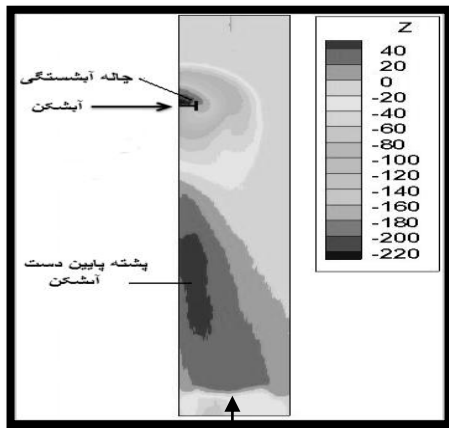
شکل ۴- نمای عمومی از دستگاه لیزری برداشت پروفیل بستر (واقفی و همکاران، ۱۳۸۷)

۳-۱-۱- بررسی تأثیر میزان تنگ‌شدگی موضعی بر پارامترهای چاله آبشستگی

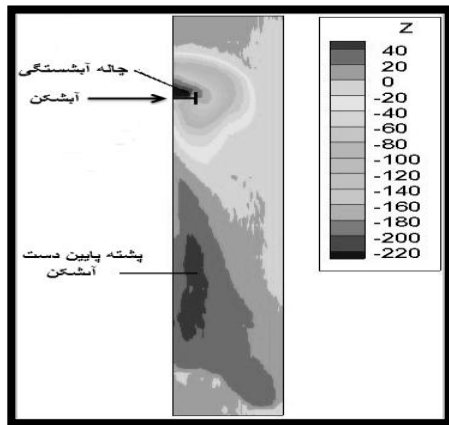
در بررسی الگوی جریان مشاهده می‌شود که در بالا دست آبشکن هر چقدر طول آبشکن افزایش یابد با کاهش در عرض کانال و انحراف جریان به سمت ساحل مقابل، سرعت جریان، قدرت جریان رو به پایین و همچنین ابعاد جریان گردابی در بالا دست آبشکن افزایش می‌یابد. به دلیل افزایش سرعت، تنش برشی در مجاورت بستر، میزان آبشستگی افزایش می‌یابد. در مجموع عوامل افزایش سرعت مانند تنگ‌شدگی مقطع و افزایش قدرت جریان رو به پایین، همچنین افزایش قدرت گردابه‌های برخاستی در بالادست باعث افزایش آبشستگی می‌شود.

مشاهدات مربوط به الگوی جریان کیفی که با نصب روبانهای رنگی در ترازهای مختلف و ثبت تغییرات، حاصل شده بیانگر این است که گردابه برخاستی پس از برخورد با بستر در یک حرکت رو به بالا در مقطع قائم و یک چرخش ساعتگرد در پلان تشکیل یک نوع جریان حلزونی را می‌دهد. همچنین بخشی از جریان لایه‌های فوقانی از روی آبشکن عبور کرده و بخشی از خطوط جریان که در تراز پایین‌تر واقع شده‌اند در جریان رو به بالای تشکیل شده در پایین دست

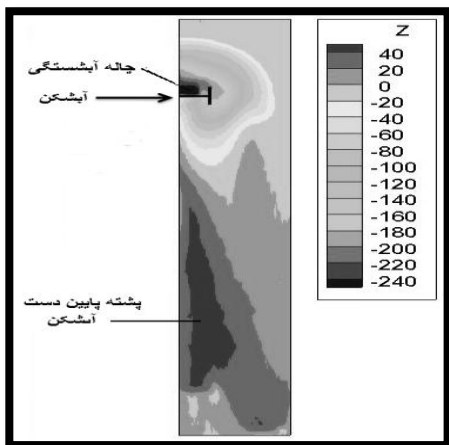
همچنین با توجه به پارامترهای بررسی شده چاله آبستگي مشاهده می شود که طول گسترش چاله آبستگي در پایین دست آبشکن بین $1/3$ تا $7/77$ برابر طول آبشکن، طول گسترش چاله در بالادست بین $3/53$ تا $6/44$ برابر طول آبشکن و عرض چاله آبستگي به سمت ساحل مقابل بین $3/4$ تا $6/44$ برابر طول آبشکن می باشد. همچنین در بررسی تغییرات مقادیر ابعاد چاله آبستگي مشاهده می گردد که مقادیر گسترش طول چاله آبستگي در پایین دست آبشکن و عرض چاله آبستگي دارای مقادیر نزدیک به هم می باشد. با توجه به نتایج ارائه شده در شکل ۵ برای آبشکن های مستغرق بررسی شده با جریان $Fr=0.23$ و نسبت برابر طول بال و جان، حداکثر عمق آبستگي بین $1/54$ تا $2/59$ برابر طول آبشکن می باشد. فرهادیان در بررسی حداکثر عمق آبستگي برای آبشکن غیر مستغرق برای جریان با اعداد فرود بین $0/24$ تا $0/3$ و با مصالح با قطر متوسط $0/6$ حداکثر عمق آبستگي بین $1/54$ تا $2/2$ برابر طول آبشکن ثبت نمود. از بررسی شرایط آزمایش ها می توان نتیجه گیری نمود هر چند که افزایش قطر متوسط مصالح و کاهش عدد فرود می بایست موجب کاهش آبستگي شود ولی نقش استغراق بسیار تاثیر گذار بوده و باعث تغییرات ذکر شده می شود.



الف) تغییرات توپوگرافی بستر برای آبشکن $L/B = 0/15$ و $L/L = 1$ بر حسب میلی متر



ب) تغییرات توپوگرافی بستر برای $L/B = 0/2$ و $L/L = 1$ بر حسب میلی متر



ج) تغییرات توپوگرافی بستر برای آبشکن $L/B = 0/25$ و $L/L = 1$ بر حسب میلی متر

شکل ۶ - تغییرات توپوگرافی بستر.

۳-۱-۲ بررسی تأثیر میزان تنگ شدگی موضعی بر توپوگرافی بستر

توپوگرافی بستر برای آبشکن های با طول جان 12.9 و 15 سانتیمتر، استغراق 5% و طول برابر بال و جان در شکل ۶ نشان داده شده است. در این شکل فلش جهت جریان را نشان می دهد. همانگونه که مشاهده می شود با افزایش طول آبشکن و تنگ شدگی موضعی، ابعاد و عمق چاله آبستگي افزایش یافته است، و چاله آبستگي بیشتر به سمت پایین دست کشیده شده است. همچنین گسترش پشته رسوبي در پایین دست آبشکن با افزایش طول آبشکن افزایش یافته است. در شکل ۷ به مقایسه پروفیل عرضی در مقاطع بالادست و پایین دست آبشکن ها پرداخته شده است. در این شکل عدد فرود جریان $0/23$ و استغراق 5% است.

پس از مقایسه مقاطع عرضی و توپوگرافی بستر برای هر سه درصد تنگ شدگی مشاهده می شود میزان آبستگي و ابعاد چاله آبستگي با افزایش نسبت تنگ شدگی به عمق آب افزایش می یابد. همچنین در مقطع پایین دست آبشکن مشاهده می شود که با افزایش تنگ شدگی (افزایش ابعاد آبشکن) در فاصله بین جداره و بال آبشکن عمق آبستگي کاهش می یابد ولی در فاصله بین بال و دیواره مقابل آبشکن عمق آبستگي افزایش می یابد.

تنگ‌شدگی، ابعاد حفره آبستستگی در پلان افزایش می‌یابد، در موارد طراحی که برای حفاظت از ساحل از این سازه استفاده می‌شود، این مورد را باید مدنظر قرار داد که استفاده از آبشکن ممکن است باعث تغییرات شدید و ناخواسته در ساحل مقابل گردد.

۳-۲- بررسی اثر درصد استغراق بر الگوی آبستستگی

از جمله موثرترین پارامترهایی که در این تحقیق مد نظر قرار گرفت میزان استغراق آبشکن می‌باشد. به همین منظور بررسی اثر استغراق آبشکن‌های با طول ۹، ۱۲ و ۱۵ سانتیمتر و نسبت‌های طول بال به طول جان برابر با ۱، ۰/۷۵ و ۰/۵، در درصد استغراق‌های ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۲-۱- بررسی اثر درصد استغراق بر پارامترهای چاله آبستستگی

همانگونه که در بررسی مولفه‌های سرعت و خطوط هم سرعت جریان مشاهده شد، جریان گذرنده از روی آبشکن باعث افزایش سرعت در پایین دست آبشکن می‌شود و موقعیت رسوبگذاری را به فاصله دورتری از آبشکن به سمت پایین دست منتقل می‌کند. از شروع آزمایش به مرور زمان و افزایش تدریجی چاله آبستستگی، از سرعت و ابعاد گردابه پایین دست کاسته شده و خطوط جریان آزادانه‌تر به سمت بستر حرکت می‌کنند. این در حالی است که در صورت عدم عبور جریان از روی آبشکن (حالت آبشکن غیر مستغرق) در محدوده پایین دست آبشکن امکان رسوبگذاری بیشتر پدید می‌آید. با افزایش عمق استغراق در نسبت طول بال به جان ثابت از حالت غیر مستغرق به سمت استغراق‌های بیشتر، در محدوده کوچکی از استغراق‌های کم، ابتدا میزان آبستستگی افزایش می‌یابد که احتمالاً به دلیل عبور جریان رو به پایین گذرنده از روی آبشکن و افزایش سرعت جریان می‌باشد که باعث افزایش سرعت در نقطه تماس با گردابه رو به بستر در بالا دست آبشکن و افزایش آبستستگی می‌شود. شکل ۹ میزان بی بعد آبستستگی به استغراق برای آبشکن با درصد تنگ‌شدگی متفاوت و نسبت برابر طول بال به جان را نشان می‌دهد. در این شکل عدد فرود جریان ۰/۲۳ است.

همانگونه که در شکل ۹ مشاهده می‌شود در ابتدا گذر جریان از روی آبشکن باعث افزایش شدید سرعت در بالا دست می‌شود که این افزایش سرعت بر گردابه برخاستی بالادست و جریان روبه پایین موثر بوده و باعث افزایش قدرت آنها و در نتیجه باعث افزایش عمق حداکثر چاله آبستستگی می‌شود. در ادامه با افزایش استغراق، کاهش عمق آبستستگی مشاهده می‌شود. همچنین برای آبشکن‌های با نسبت طول جان به بال یک، مشاهده می‌شود که در استغراق ۵

برای بررسی دقیق‌تر در شکل ۸ سه پروفیل طولی در فاصله ۱۰۶ و ۱۵ میلیمتر از ساحل مجاور آبشکن، بصورت بی بعد ارائه شده است. در پایین دست آبشکن و در فاصله ۳۰۰۰ میلیمتری یا ۵۰ برابری عرض کانال، نقطه‌ای به عنوان مبدا برای برداشت توپوگرافی انتخاب شده و از آن به عنوان سطح مبنا نام برده شده است.



(الف)



(ب)

شکل ۷- مقایسه پروفیل عرضی بستر (الف) ۲۰ میلی‌متر بالادست و (ب) ۲۰ میلی‌متری پایین دست آبشکن با مشخصات $\frac{L}{B} = 1$

با توجه به تغییرات توپوگرافی مشخص است که پشته رسوبی برای آبشکن با طول جان ۱۵ سانتیمتر یعنی نسبت جان آبشکن به عرض کانال برابر ۲۵ درصد عرض کانال، کشیده تر است و تا حدود ۵۰ برابر عرض کانال در پایین دست آبشکن همچنان ادامه دارد ولی پشته رسوبی برای آبشکن به طول ۹ سانتیمتر یعنی طول جان آبشکن به عرض کانال برابر ۱۵ درصد عرض کانال، تا فاصله حدود ۳۵ برابری عرض کانال در پایین دست آبشکن به تراز صفر بازگشته است. در کل مشاهدات، با افزایش طول آبشکن و افزایش سرعت جریان ابعاد چاله آبستستگی افزایش یافته و حجم بیشتری از رسوبات در پایین دست آبشکن ته‌نشین شده و همین امر باعث می‌شود محدوده وسیع‌تری از ساحل پایین دست آبشکن مورد محافظت قرار گیرد.

نکته قابل توجه دیگر این است که با توجه به اینکه با افزایش



(الف)



(ب)

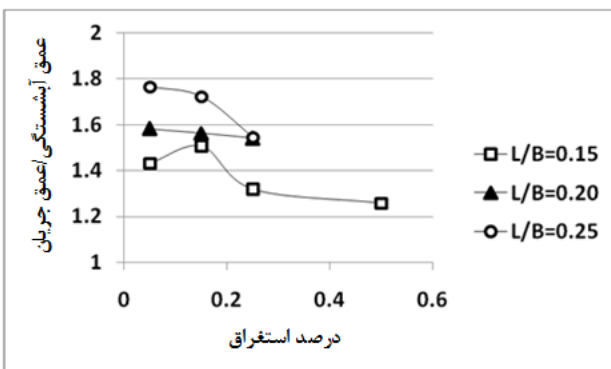


(ج)

شکل ۸- پروفیل طولی بستر برای فاصله‌های به ترتیب: الف) $0.15B$ ، ب) $0.15B$ و ج) $0.25B$ از دیواره مجاور آبشکن با مشخصات $\frac{l}{L} = 1$

درصد، حداکثر عمق آبشستگی بین $2/30$ تا $2/84$ برابر طول آبشکن، برای استغراق ۱۵ درصد حداکثر عمق آبشستگی بین $1/82$ تا $2/08$ برابر طول آبشکن و برای استغراق ۲۵ درصد حداکثر عمق آبشستگی بین $1/27$ تا $1/49$ برابر طول آبشستگی می‌باشد.

در نتیجه با افزایش عمق استغراق نسبت حداکثر عمق آبشستگی کاهش می‌یابد، علت اصلی این امر اینست که هرچه عمق استغراق بیشتر باشد میزان جریان عبوری از روی آبشکن بیشتر شده لذا از میزان جریان روبه پایین در بالادست آبشکن و همچنین از سرعت جریان گذرنده از مجاورت آبشکن کاسته می‌شود، لذا عمق حداکثر چاله آبشستگی کاهش می‌یابد.



شکل ۹- نسبت عمق آبشستگی به درصد استغراق

خود قرار داده که باعث گسترش هرچه بیشتر چاله آبستنگی به سمت بالادست آبشکن می‌شود. همچنین جریان عبوری از روی آبشکن بعد از عبور از روی آبشکن به سمت بستر در پایین دست متمایل شده که باعث افزایش امتداد چاله آبستنگی در پایین دست آبشکن می‌گردد.

۳-۲-۲- بررسی اثر درصد استغراق بر توپوگرافی بستر

همانطور که در شکل ۱۱ مشخص است پروفیل های طولی بستر اطراف آبشکن T شکل با طول جان معادل ۱۵ درصد عرض کانال و نسبت طول جان به بال برابر یک با نسبت استغراق های گوناگون در فاصله ده درصد عرض کانال از دیواره مجاور آبشکن بررسی شده است.

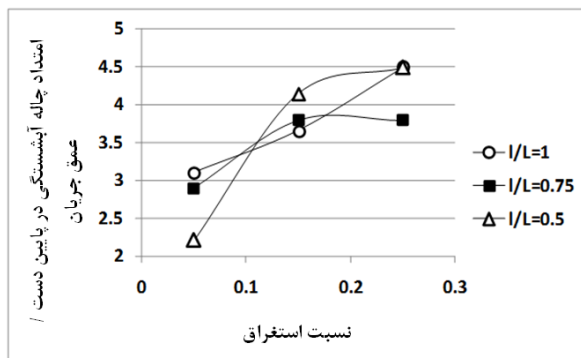
همچنین مشاهده می‌گردد که شروع پشته رسوبی در پایین دست با افزایش عمق استغراق کاهش می‌یابد در نتیجه برای حفاظت کاهش گسترده دیواره می‌توان از آبشکن با استغراق کمتر و برای حفاظت ناحیه مجاور محل آبشکن از آبشکن با استغراق بیشتر استفاده نمود.

۳-۳- بررسی تغییرات عدد فرود جریان بر آبستنگی و توپوگرافی بستر

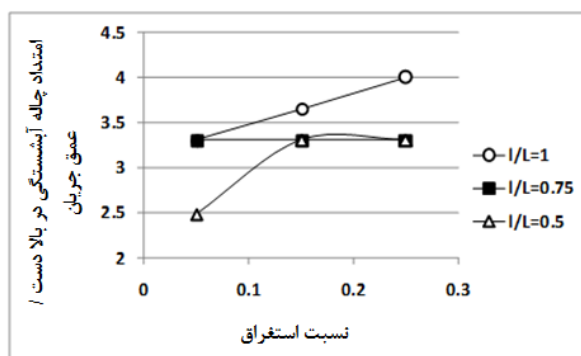
یکی از موثرترین پارامترهای مربوط به آبستنگی، خصوصیات جریان ورودی از بالادست می‌باشد در این تحقیق با توجه به دبی ۲۵ لیتر بر ثانیه که توسط پمپ در بالادست مخزن اولیه تامین گردید تغییرات عدد فرود جریان بوسیله دریچه پروانه ای پایین دست کانال با تغییر عمق جریان اعمال شد.

۳-۳-۱- بررسی اثر تغییرات عدد فرود جریان بر پارامترهای چاله آبستنگی

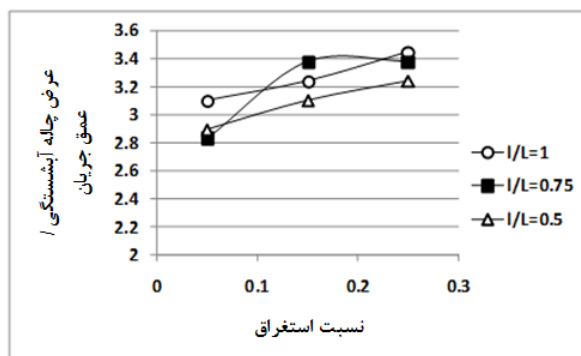
به منظور بررسی تاثیر عدد فرود جریان بر شرایط ابعاد چاله آبستنگی در شکل ۱۲ پارامترهای مختلف چاله آبستنگی برای آبشکن با نسبت طول جان به عرض کانال ۱۵ درصد، طول جان به بال برابر یک و استغراق ۲۵ درصد ارائه شده است. همانگونه که در شکل (۱۲-الف) مشاهده می‌شود با افزایش عدد فرود میزان عمق حداکثر چاله آبستنگی به عمق جریان افزایش می‌یابد. این افزایش عمق چاله به دلیل افزایش سرعت در محدوده آبشکن می‌باشد که باعث افزایش تنش برشی بستر در محدوده آبشکن می‌شود. افزایش سرعت همچنین باعث افزایش سرعت جریان رو به پایین (Down Flow) و گردابه های برخاستی در محدوده بالادست



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۱۰- اثر نسبت استغراق بر پارامترهای هندسی چاله آبستنگی

در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود که روند تغییرات سایر پارامترهای چاله آبستنگی بجز عمق حداکثر چاله آبستنگی ناچیز می‌باشد. همچنین برعکس عمق حداکثر چاله آبستنگی که با افزایش عمق استغراق کاهش می‌یافت سایر مولفه های چاله آبستنگی از جمله طول امتداد چاله در بالادست و پایین دست آبشکن و همچنین عرض چاله آبستنگی با افزایش استغراق افزایش می‌یابند. عبور بخشی از جریان از روی آبشکن مستغرق و ادامه حرکت در مسیر مستقیم باعث می‌شود که گردابه‌ها در بالادست آبشکن کشیده‌تر باشند به همین دلیل فرسایش محدوده بیشتری از بالادست آبشکن را تحت تاثیر

تغییرات عدد فرود با دبی ثابت ۲۵ لیتر بر ثانیه حداکثر عمق آبستگي بين ۱/۳۳ تا ۱/۹۷ برابر عمق جریان در بالادست آبشکن را بوجود می آورد.

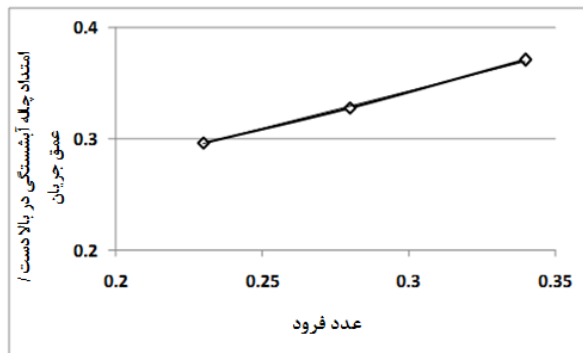
۳-۲-۲- بررسی تغییرات عدد فرود جریان بر توپوگرافی بستر

در شکل ۱۳ پروفیل طولی بستر برای فاصله ده درصد عرض کانال از دیواره مجاور آبشکن برای اعداد فرود متفاوت ترسیم گردیده است.

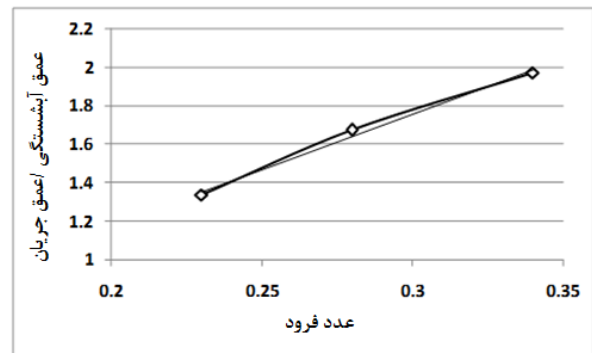
آبشکن می شود. با توجه به افزایش سرعت روبه بستر و عبوری از روی آبشکن، آبستگي در این محدوده گسترده تر شده و به سمت پایین دست حرکت می کند. این تاثیر باعث افزایش آبستگي در پایین دست آبشکن همانگونه که در شکل (۱۲-ب) ارائه شده می شود. همچنین اثر سایر شرایط آبشکن و جریان در طول امتداد چاله آبستگي در بالا دست نیز کم اثر هستند. همچنین در بررسی تنش برشی بستر تحت نیز مشاهده گردید شروع آبستگي در این ناحیه می باشد. شکل (۱۲-د) نشان می دهد که افزایش عدد فرود، باعث افزایش تنش برشی در ناحیه عرض چاله آبستگي می شود.



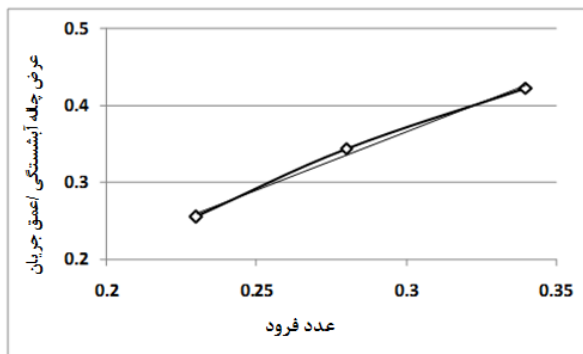
شکل ۱۱- پروفیل های طولی بستر در فاصله ده درصد عرض کانال از دیواره مجاور آبشکن



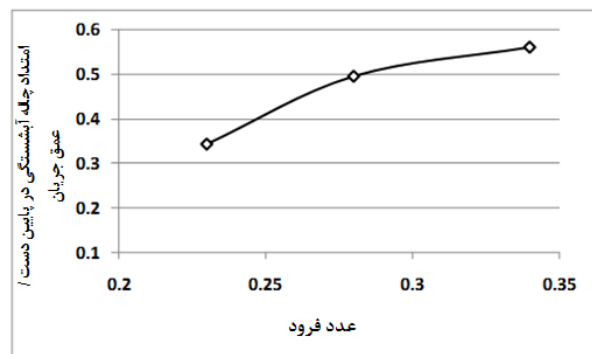
(ج)



(الف)



(د)



(ب)

شکل ۱۲- تغییرات پارامترهای ابعاد چاله آبستگي در برابر عدد فرود

تا ۶/۴۴ برابر طول آبشکن و عرض چاله آبستنگی بین ۳/۴ تا ۶/۴۴ برابر طول آبشکن می‌باشد.

با افزایش عمق استغراق از میزان حداکثر عمق آبستنگی کاسته و سایر مولفه‌های ابعاد چاله آبستنگی افزایش می‌یابند. البته استغراق ۱۵ درصد حالت بحرانی برای عمق حداکثر چاله آبستنگی می‌باشد.

در استغراق ۵ درصد، حداکثر عمق آبستنگی بین ۲/۳۰ تا ۲/۸۴ برابر طول آبشکن، در استغراق ۱۵ درصد حداکثر عمق آبستنگی بین ۱/۸۲ تا ۲/۰۸ برابر طول آبشکن و برای استغراق ۲۵ درصد حداکثر عمق آبستنگی بین ۱/۲۷ تا ۱/۴۹ برابر طول آبستنگی می‌باشد.

با افزایش عدد فرود تمامی مولفه‌های چاله آبستنگی افزایش طول می‌دهند. برای تغییرات عدد فرود از ۰/۲۳ تا ۰/۳۴ حداکثر تغییرات عمق آبستنگی از ۲/۱۵ تا ۲/۵۴ برابر طول آبشکن یا ۱/۳۳ تا ۱/۹۷ برابر عمق جریان در بالادست آبشکن می‌باشد. همچنین مشاهده شد بیشترین اثر افزایش فرود جریان بر پارامتر عمق حداکثر چاله آبستنگی می‌باشد.

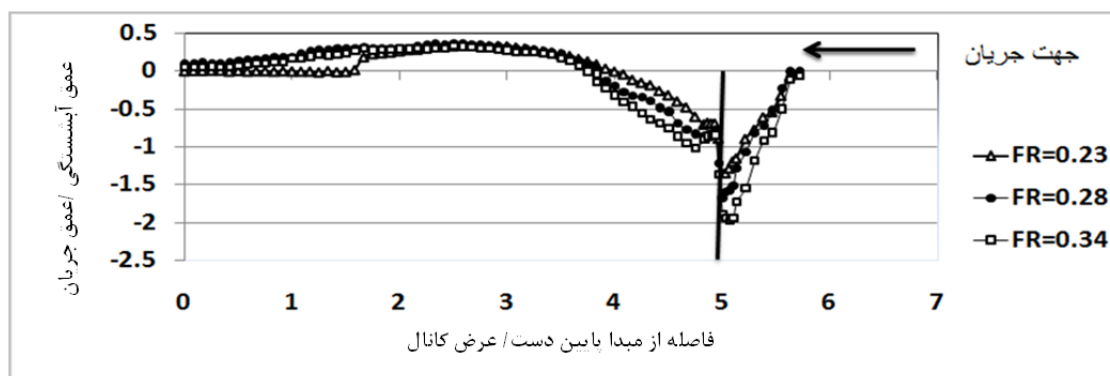
شکل (۱۳-الف) نشان می‌دهد که با افزایش عدد فرود میزان حداکثر عمق آبستنگی به عمق جریان افزایش می‌یابد. همچنین با توجه به افزایش عدد فرود علاوه بر حداکثر عمق آبستنگی، ابعاد حفره آبستنگی و طول و امتداد پشته نیز افزایش می‌یابد. نکته مهم دیگر این است که پشته‌های رسوبی در پایین دست آبشکن دارای الگوی یکسان بوده و تا حد زیادی دارای انطباق می‌باشند.

۴- نتیجه‌گیری

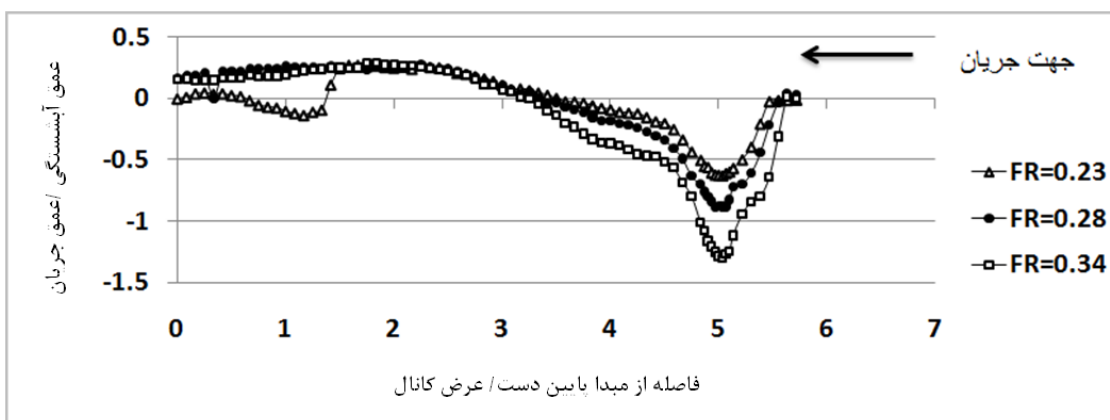
در این تحقیق که به بررسی تاثیر متغیرهای طول جان، طول بال و عمق استغراق بر آبستنگی اطراف آبشکن T شکل واقعدر مسیر مستقیم در حالت مستغرق پرداخته شد نتایج به شرح زیر می‌باشد:

با افزایش طول آبشکن به واسطه تنگ شدگی موضعی، ابعاد چاله آبستنگی افزایش می‌یابد همچنین ناحیه مورد حفاظت در پایین دست آبشکن گسترده‌تر می‌شود.

طول گسترش چاله آبستنگی در پایین دست آبشکن بین ۱/۳ تا ۷/۷۷ برابر طول آبشکن، طول گسترش چاله در بالادست بین ۳/۵۳ تا



(الف)



(ب)

شکل ۱۳- اثر عدد فرود جریان بر پروفیل طولی بستر در: الف) ۰/۱B، ب) ۰/۳B

مستغرق در کانال مستقیم. چهارمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه امیرکبیر.

نوربخش صالح م، واقفی م، قدسیان م (۱۳۹۰) بررسی اثر تنگ‌شدگی موضعی در تغییرات توپوگرافی بستر ناشی از استقرار آبشکن سرسپری مستغرق در کانال مستقیم. چهارمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه امیرکبیر.

نوربخش صالح م، قدسیان م و واقفی م (۱۳۹۰) بررسی اثر نسبت طول بال به جان آبشکن سرسپری مستغرق در تغییرات توپوگرافی بستر. دهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه گیلان.

Ghodsian M, Vaghefi M (2009) Experimental study on scour and flow field in scour hole around a T shaped spur dike in a 90° bend. International Journal of Sediment Research. 24(2): Issue 2, 145-158.

Vaghefi M, Ghodsian M, Salehi SA (2012) Experimental Study on Scour around a T-Shaped Spur Dike in a Channel Bend. Journal of Hydraul. Eng. 138(5): 471-474.

Melville BW (1997) Pier and Abutment Scour: Integrated Approach. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 123 (2): 125-136.

۵- مراجع

فرهادیان ح (۱۳۸۷) بررسی آبشستگی پیرامون آبشکن سرسپری. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس.

واقفی م، قدسیان م، صالحی نیشابوری ع (۱۳۸۷) مطالعه آزمایشگاهی الگوی آبشستگی پیرامون آبشکن T شکل منفرد مستقر در قوس ۹۰ درجه. مجله منابع آب ایران. سال چهارم، شماره ۳: ۷۰-۵۷.

واقفی م، قدسیان م، صالحی نیشابوری ع (۱۳۸۹) مطالعه آزمایشگاهی الگوی جریان پیرامون آبشکن T شکل در قوس ۹۰ درجه با بستر متحرک. نشریه مهندسی عمران و نقشه‌برداری - دانشکده فنی، دوره ۴۴، شماره ۲: ۲۷۶-۲۶۵.

واقفی م، قدسیان م، بهنام تقدسی م (۱۳۹۰) معرفی دستگاهی جدید برای اندازه‌گیری پروفیل بستر. مجله عمران مدرس. دوره یازدهم، شماره ۱: ۸۵-۱۱۷.

نوربخش صالح م، واقفی م، قدسیان م (۱۳۹۰) بررسی زمان به تعادل رسیدن توپوگرافی بستر ناشی از استقرار آبشکن سرسپری