

سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

## بررسی الگوی آبشستگی پیرامون سری سه تایی آبشکن‌های چوگانی و تیغه‌ای

مهرداد مهربانی<sup>۱</sup>، مهناز خلیج<sup>۱</sup>، سعید گوهری<sup>۲</sup>

۱- کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

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

mehrdad\_mehrabani1989@yahoo.com

### چکیده

آبشکن‌ها سازه‌هایی هستند که به صورت عرضی از ساحل رودخانه به طرف محور آن و با زوایای مختلف نسبت به کناره رود و به صورت مورب نسبت به جریان تا فاصله‌ای به سمت درون بستر جریان امتداد می‌یابند. استفاده از آبشکن به عنوان یکی از روش‌های غیر مستقیم و معمول در کنترل فرسایش کناری و حفاظت سواحل از اهمیت بسزایی برخوردار است. از جمله پارامترهای مهم برای طراحی آبشکن، شکل دماغه آبشکن می‌باشد. در این تحقیق با بکارگیری مدل آزمایشگاهی به بررسی الگوی آبشستگی پیرامون سری سه تایی آبشکن‌های چوگانی و تیغه‌ای با دبی‌های ۱۰/۵ و ۲۰ لیتر بر ثانیه پرداخته شده است. جهت ساخت آبشکن‌ها از ورق‌های فلزی با ضخامت ۳ میلی‌متر استفاده شده است و طول آبشکن‌ها ۱۰ سانتیمتر و فاصله بین آبشکن‌ها نیز دو برابر طول آبشکن یعنی ۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته شده است. نتایج آزمایشات بیانگر این است که بیشترین عمق آبشستگی حول دماغه آبشکن اول شکل گرفته است و در آبشکن‌های چوگانی نسبت به آبشکن‌های تیغه‌ای آبشستگی کمتری رخ داده است.

**کلمات کلیدی:** سری آبشکن چوگانی، عمق آبشستگی، مدل آزمایشگاهی

### ۱- مقدمه

آبشکن‌ها سازه‌هایی هستند که به صورت عرضی از ساحل رودخانه به طرف محور آن و با زوایای مختلف نسبت به کناره رود و به صورت مورب نسبت به جریان تا فاصله‌ای به سمت درون بستر جریان امتداد می‌یابند. آبشکن‌ها معمولاً بصورت یک سری متوالی و گاهی به صورت منفرد باعث انحراف آب از محل کناره‌ها شده و در حفاظت دیواره خارجی قوس‌ها و نیز در طرح‌های اصلاح مسیر و کاهش عرض رودخانه بطور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. آبشکن‌ها با کاهش مقطع رودخانه، الگوی جریان را بطور محسوسی تحت تاثیر قرار می‌دهند. خطوط جریان با نزدیک شدن به سازه آبشکن آرایش خود

## سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

را تغییر داده و به تبعیت از ساختار هندسی، نوع سازه (آبشکن نفوذ پذیر یا نفوذ ناپذیر) و سایر مشخصات فنی، الگوهای متفاوتی از جریان در دماغه و میدان آبشکن پدیدار می‌گردد.

آبشکن‌ها از نوع سازه‌های هیدرولیکی چند کاره می‌باشند که برای اهدافی چون محافظت از سواحل رودخانه از آبشستگی و جلوگیری از بوجود آمدن پدیده پیچانرود، کشتیرانی و نیز لایروبی کاربرد گسترده‌ای دارند. احداث سازه‌هایی نظیر آبشکن در مسیر جریان، باعث ایجاد جریان‌های آشفته چرخشی و گردابی در اطراف آن خواهد شد. این جریان‌های گردابی به همراه تمرکز شدید سرعت‌ها و آشفته‌گی در دماغه بالادست، مکانیزم اصلی آبشستگی موضعی به حساب می‌آیند. ترکیب این عوامل منجر به برادشته شدن مواد بستر از حوالی تکیه گاه و توسعه یک حفره آبشستگی شده که در دراز مدت باعث ایجاد حفره‌های بزرگ در محل نوک آبشکن شده و احتمال شکست سازه را به دنبال خواهد داشت.

از جمله مسائل مهم در طراحی آبشکن‌ها، پدیده آب شستگی موضعی دماغه آن‌ها می‌باشد که به علت تنگ شدگی مقطع جریان و وجود گردابه‌های قوی بوجود می‌آید. با مشاهده تحقیقات گذشته در می‌یابیم که تحقیقات گذشته بصورت عمده بر روی آبشکن‌های تیغه‌ای، L و T شکل بوده و استفاده از آبشکن‌های چوگانی شکل به منظور کاهش آبشستگی دماغه آبشکن را می‌توان بررسی کرد به همین منظور ضرورت تحقیق بر روی آبشکن‌های چوگانی شکل احساس می‌شود. این تحقیق به منظور بررسی آزمایشگاهی آب شستگی در حالت آب زلال بر روی آبشکن چوگانی شکل و مقایسه آن با آبشکن تیغه‌ای انجام گرفته است.

## ۲- مروری بر منابع

دهقانی و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی آزمایشگاهی آبشستگی موضعی اطراف سری آبشکن‌های L شکل در شرایط آب زلال پرداختند. نتایج آنها نشان داد که بیشترین میزان عمق آبشستگی در اطراف آبشکن اول اتفاق می‌افتد و هر چه در طول سری آبشکن به سمت پایین دست پیش رویم میزان عمق آبشستگی در فاصله بین آبشکن‌ها روند کاهشی دارد. همچنین با افزایش فاصله بین آبشکن‌ها مقدار فرسایش بین آبشکن‌ها روند افزایشی دارد و مقدار رسوبگذاری پایین دست بعد از سری آبشکن‌ها روند افزایشی دارد. زیفانگ و همکاران (۲۰۱۲) توزیع شدت آشفته‌گی جریان حول آبشکن‌ها با دماغه‌های متفاوت را تحت شرایط یکسان جریان از طریق مدل‌های آزمایشگاهی بررسی کردند و خطوط تراز آشفته‌گی را ارائه کردند. با در نظر گرفتن آنالیز تئوری دریافتند که شدت آشفته‌گی در آبشکن کمانی شکل و بادبزی شکل نسبتاً ضعیف‌تر از چوگانی شکل است و بیشترین آشفته‌گی حول آبشکن ذورنقه‌ای شکل رخ می‌دهد. مراد پور و همکاران (۱۳۹۱) توسعه زمانی آبشستگی و توپوگرافی حفره آبشستگی در آبشکن‌های نیمدایره‌ای به صورت آزمایشگاهی مورد بررسی و با نتایج محققین دیگر مقایسه کردند. در آزمایشات ملاحظه شد که آبشستگی ابتدا در جلوی آبشکن و با زاویه ۴۵ تا ۶۰ درجه نسبت به دیواره جانبی فلووم در بالا دست آبشکن شروع می‌شود. با شروع آبشستگی، مواد رسوبی فرسایش یافته به طرف پایین دست منتقل شده و تشکیل ریپل دادند. نتایج آزمایشات نشان داد در آبشکن‌های نیمدایره‌ای حداکثر عمق آبشستگی در زاویه بین ۴۵ تا ۶۰ درجه ایجاد می‌شود. و همین طور سرعت آبشستگی آبشکن در لحظات اولیه آزمایش بیشتر بوده و با گسترش حفره آبشستگی، سرعت آن کاهش می‌یابد تا به عمق تعادل می‌رسد. (ایران‌شاهی و همکاران، ۱۳۹۱) تاثیر فاصله قرار گیری سری سه تایی آبشکن‌های T شکل در قوس ۹۰ درجه را مورد بررسی قرار دادند. ایشان آبشکن اول را در موقعیت ۳۰ درجه تعیین کردند و فاصله آبشکن اول و دوم برابر فاصله آبشکن دوم و سوم تعیین کردند و آزمایشات را برای سه فاصله ۲/۵، ۳/۵ و ۵ برابر طول آبشکن انجام

### سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

دادند. به این نتیجه رسیدند که عمق حفره آبستگي با افزایش فاصله بين آبشکن‌ها، در بالادست آبشکن اول تغییر نمی‌کند اما در آبشکن دوم، افزایش می‌یابد و در آبشکن سوم، این عمق در حالت ۳/۵L بیشترین است. (Bhuiyan و همکاران، ۲۰۱۰) به منظور حفاظت از ساحل در قوس رودخانه‌های ماندري، آبشکن‌هایی به صورت منفرد و سری در حالت جاذب برای زوایای ۲۰ و ۳۰ درجه نسبت به ساحل پایین دست، آزمایش نمودند.

### ۳- مکانیزم جریان پیرامون آبشکن

هنگامی که جریان به یک آبشکن در مسیر مستقیم می‌رسد، الگوی جریان به دلیل کاهش عرض مقطع تغییر می‌کند و در نتیجه آن توزیع تنش برشی در اطراف آبشکن دستخوش تغییر می‌شود. میدان جریان در اطراف یک آبشکن در مسیر مستقیم به دو ناحیه تقسیم می‌شود. در ناحیه اول از بالادست تا مقطعی که بیشترین تنگ شدگی را دارد، جریان دارای یک شتاب تند شونده می‌باشد و در ناحیه‌ی دوم از مقطعی که بیشترین تنگ شدگی را دارد تا پایین دست، جریان با یک شتاب کند شونده دنبال می‌شود و یک نقطه جدایی جریان در راس آبشکن قرار دارد. در پایین دست آبشکن نیز جریان اصلی از یک گردابه بزرگ جدا و در پایین دست نقطه اتصال مجدد، جریان نرمال مجدداً برقرار می‌شود. البته در بالادست آبشکن نیز یک نقطه جدایی و گردابه‌های کوچک می‌تواند وجود داشته باشد. بنابراین در وجه بالادست آبشکن نیز یک نقطه اتصال مجدد وجود دارد. همچنین در نزدیکی دیواره‌های قائم آبشکن یک حرکت مارپیچی شدید ناشی از جریان‌های برگشتی در نزدیکی بستر تولید می‌گردد.

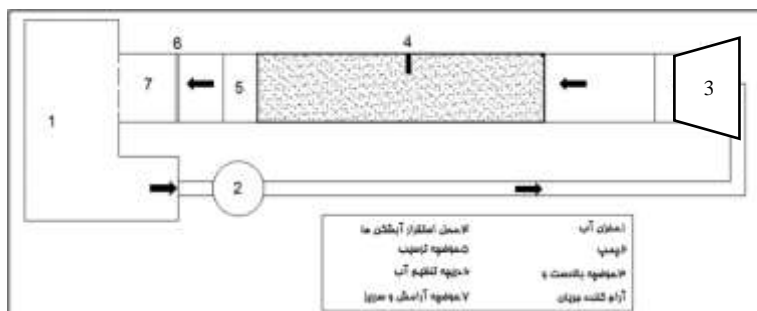
### ۴- مواد و روشها

آبشکن چوگانی عبارت است از دیواره‌هایی که به ساحل رودخانه اتصال و دارای یک طول مستقیم و همچنین در دماغه به شکل‌های انحناء و عصایی شکل ساخته می‌شوند، در دماغه آبشکن تمرکز جریان و تشدید تلاطم موجب وقوع فرسایش موضعی و تشکیل چاله فرسایشی می‌گردد. تعیین عمق فرسایش در دماغه آبشکن‌ها از جمله موارد مهم و اساسی در طراحی این گونه سازه‌ها می‌باشد. رشد و توسعه چاله فرسایشی تابعی از نوع و مشخصات آبشکن - دانه بندی مواد بستر - وضعیت بار رسوبی - شرایط هیدرولیکی رودخانه می‌باشد.

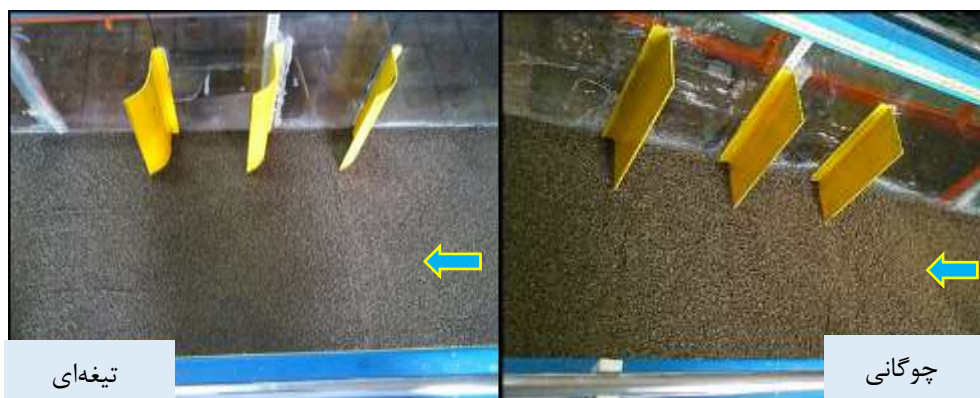
مشخصات مدل آزمایشگاهی به شرح زیر است: کانال آزمایشگاهی گروه مهندسی آب دانشگاه بوعلی سینا همدان به طول ۱۰ متر، عرض ۰/۵ متر و ارتفاع ۰/۵ متر و شیب کف آن ۰/۰۰۱ می‌باشد. شکل ۱ نمایی از کانال آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.

فاصله محل نصب اولین آبشکن تا ابتدای کانال ۴/۵۵ متر در نظر گرفته شد تا اغتشاش محتمل در ورودی به محل آبشکن نرسد. برای ساخت سری آبشکن‌های چوگانی و تیغه‌ای از جنس ورق آهنی رنگ شده با ضخامت ۳ میلیمتر استفاده شده است. سه آبشکن با طول ۱۰ سانتیمتر و با فاصله دو برابر طول آبشکن یعنی ۲۰ سانتیمتر مورد آزمایش قرار گرفتند. شکل ۲ نمایی از سری آبشکن‌های چوگانی و تیغه‌ای مورد استفاده در آزمایشات را نشان می‌دهد. بستر کانال از یک لایه ماسه یکنواخت به ضخامت ۱۵ سانتیمتر با قطر متوسط ۱ میلیمتر پوشیده است.

سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



شکل (۱): نمایی از کانال آزمایشگاهی



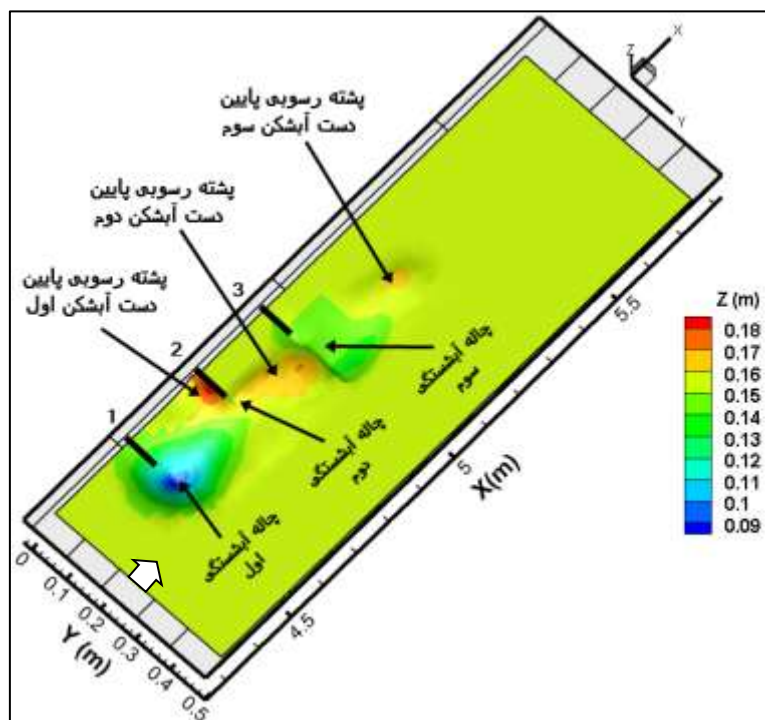
شکل (۲): نمایی از سری آبشکن‌های چوگانی و تیغه‌ای نصب شده بر دیواره کانال همراه با بستر رسوبی

مدت زمان تعادل نسبی آزمایش طبق مطالعات پیشین انجام گرفته ۵ ساعت در نظر گرفته شد ۷۵٪ آبشستگی در ۳ ساعت اول اتفاق افتاد. عمق جریان در پایین دست نیز توسط دریچه‌ای در انتهای فلوم و یک سرریز لبه تیز مثلثی استاندارد تنظیم شد. روش انجام آزمایش‌ها بنحوی بود که ابتدا سطح بستر صاف شده و آب با دبی کم از انتهای کانال وارد می‌شد این عمل به منظور جلوگیری از شسته شدن رسوبات به کار می‌رود بعد از اینکه آب روی رسوبات را فرا گرفت پمپ با دبی کم روشن گردید و سپس کم کم دبی به مورد نظر رسانده شد و دریچه انتهایی تا اندازه ای باز می‌شد که رسوبات در کل منطقه مورد آزمایش به حرکت در نیاید. بعد از زهکشی کامل بستر، پروفیل آبشستگی با استفاده از ترازسنج قرائت گردید.

سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

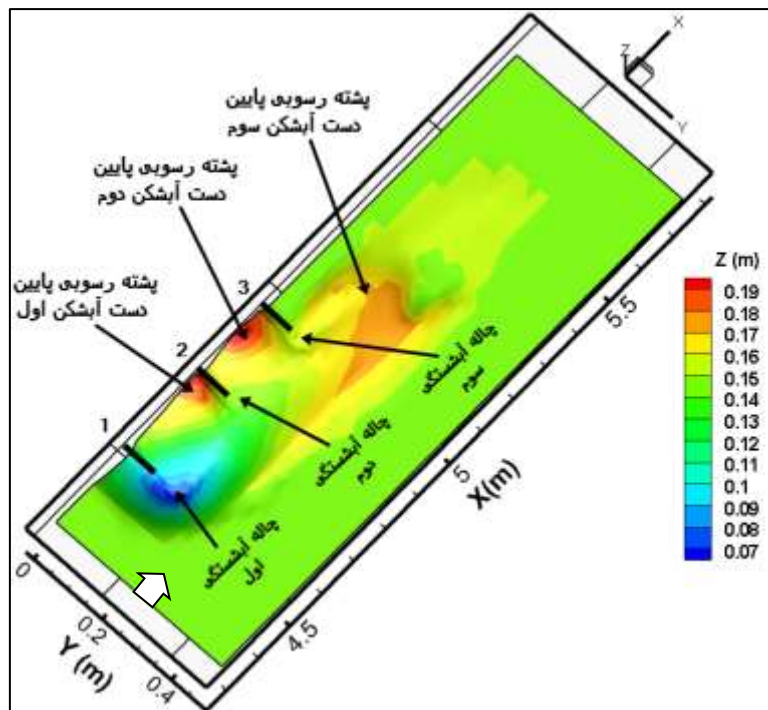
۴- بحث و نتایج

توپوگرافی بستر برای سری آبشکن‌های تیغه‌ای با طول ۱۰ سانتیمتر و دبی‌های ۱۰/۵ و ۲۰ لیتر بر ثانیه در شکل ۳ نشان داده شده است. جهت بررسی و تحلیل الگوهای ایجاد شده، داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم افزار Tecplot 360 ترسیم شد. در اشکال فوق فلش جهت جریان و اعداد ۱ تا ۳ نیز شماره آبشکن‌ها را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود حداکثر عمق آبشستگی حول آبشکن اول شکل گرفته و به مراتب آبشستگی حول آبشکن‌های بعدی کمتر می‌شود. با افزایش دبی مقدار آبشستگی حول هر سه آبشکن افزایش می‌یابد.



(الف)

سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

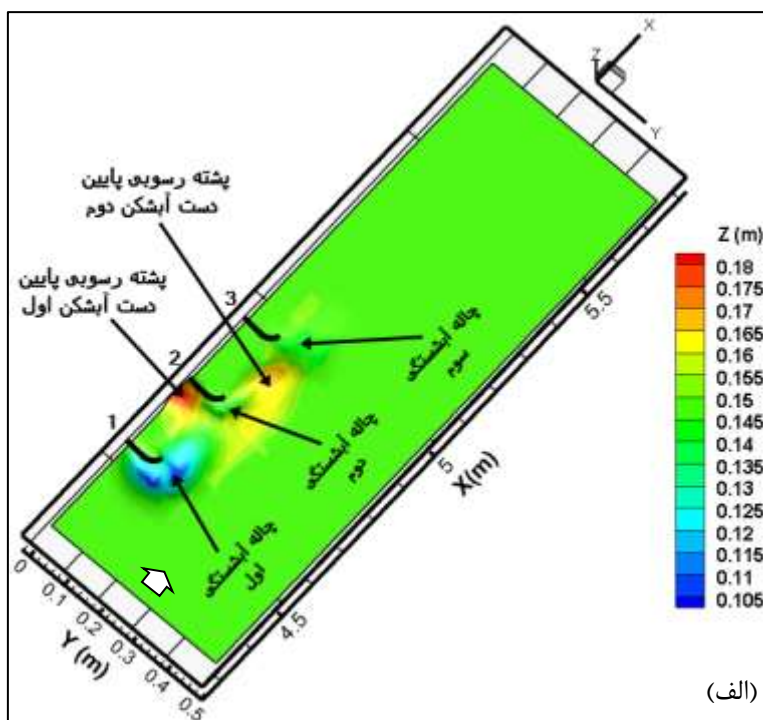


(ب)

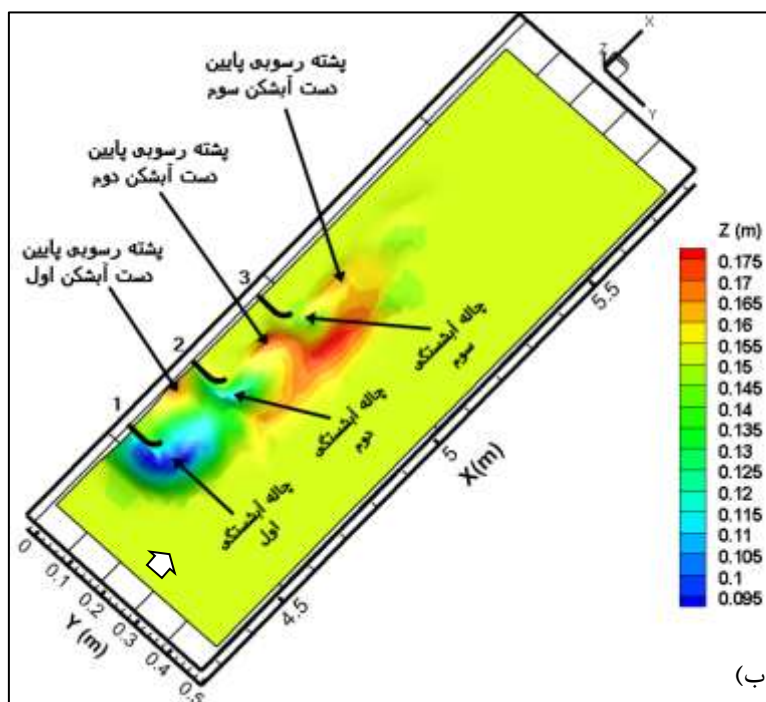
شکل (۳): تغییرات توپوگرافی بستر برای سری آبشکن‌های تیغه ای الف) دبی ۱۰/۵ و ب) دبی ۲۰ لیتر بر ثانیه

شکل ۴ توپوگرافی بستر پیرامون سری آبشکن چوگانی با طول ۱۰ سانتیمتر و دبی‌های ۱۰/۵ و ۲۰ لیتر بر ثانیه را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌کنید حداکثر عمق آبشستگی پیرامون آبشکن اول شکل گرفته است در آبشکن دوم در بالادست آبشکن رسوبگذاری شکل گرفته و در آبشکن سوم مقدار آبشستگی بسیار کم می‌باشد. با افزایش دبی مقدار آبشستگی حول دماغه هر سه آبشکن افزایش می‌یابد.

سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



(الف)



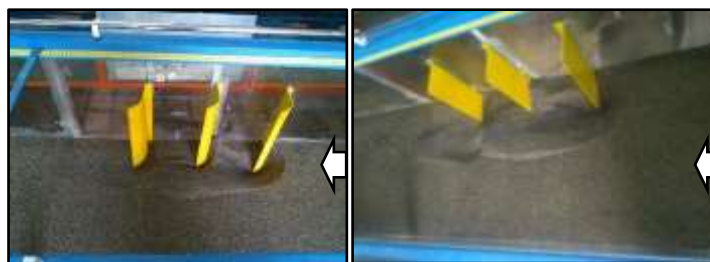
(ب)

شکل (۴): تغییرات توپوگرافی بستر برای سری آبشکن‌های چوگانی الف) دبی ۱۰/۵ و ب) دبی ۲۰ لیتر بر ثانیه

## سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

با مقایسه آبشستگی حول سری آبشکن چوگانی با آبشکن تیغه‌ای مطابق شکل‌های ۳ و ۴ در می‌یابیم که آبشستگی پیرامون آبشکن‌های چوگانی بسیار کمتر از آبشکن تیغه‌ای می‌باشد. در آبشکن‌های دوم و سوم چوگانی شکل در بالادست آبشکن آبشستگی صورت نگرفته است و در دبی ۲۰ لیتر بر ثانیه نیز نسبت به آبشکن تیغه‌ای در بالادست آبشکن سوم در مجاورت دیواره کانال آبشستگی صورت نگرفته است، که این نشان دهنده محافظت دیواره مجاور آبشکن از آبشستگی می‌باشد. در آبشکن چوگانی به دلیل قوسی بودن دماغه آبشکن جریان به نرمی منحرف می‌شود که باعث می‌شود گودال آبشستگی کم‌عمق‌تری نسبت به آبشکن تیغه‌ای ایجاد گردد و هندسه رودخانه را کمتر تحت تاثیر قرار می‌دهد. در پشت این آبشکن گردابه‌ای که تشکیل می‌شود منطقه کمی را تحت تاثیر قرار می‌دهد، در دبی‌های پایین نواحی بدون آبشستگی در آبشکن‌های چوگانی بیشتر از آبشکن تیغه‌ای مشاهده گردید. انحنا دماغه این آبشکن موجب می‌گردد تا جریان از مرکز کانال منحرف شده و بیشترین رسوبگذاری در کنار دیواره کانال ایجاد گردد و موجب حفاظت دیواره کانال می‌شود.

برای درک بیشتر نمونه‌ای از آزمایشات صورت گرفته در شکل‌های ۵ و ۶ آورده شده است.



شکل (۵): آبشستگی آزمایشگاهی پیرامون سری آبشکن تیغه‌ای و چوگانی با دبی ۱۰/۵ لیتر بر ثانیه



شکل (۶): آبشستگی آزمایشگاهی پیرامون سری آبشکن تیغه‌ای و چوگانی با دبی ۲۰ لیتر بر ثانیه

### ۵- نتیجه گیری

در این پژوهش الگوی آبشستگی اطراف سری آبشکن‌های چوگانی و تیغه‌ای به صورت آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار گرفته است. بر اساس نتایج آزمایشات، آبشکن چوگانی شکل عملکرد بهتری نسبت به آبشکن تیغه‌ای دارد. عمق و ابعاد چاله آبشستگی پیرامون سری سه تایی آبشکن چوگانی کمتر از آبشکن تیغه‌ای می‌باشد.

مراجع





## سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

- ۱- ایرانشاهی، مرضیه و همکاران، مطالعه آزمایشگاهی آبشستگی سری سه تایی آبشکن های T شکل در قوس ۹۰ درجه تند، یازدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، آبان ماه، دانشگاه ارومیه، ۱۳۹۱.
- ۲- دهقانی، امیر احمد و همکاران، مطالعه آزمایشگاهی آبشستگی موضعی اطراف سری آبشکن های L شکل، نشریه پژوهش های حفاظت آب و خاک، جلد شانزدهم، شماره سوم، ص ۱۶۲-۱۴۱، ۱۳۸۸.
- ۳- راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری آبشکن های رودخانه ای، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۸۸.
- ۴- مراد پور، میکائیل و همکاران، بررسی آزمایشگاهی آبشستگی در اطراف آبشکن های نیمدایره ای، نهمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران، ۱۳۹۱.
- 5- Bhuiyan, F., Hey, R.D. and Wormleaton P.R. (2010). *Bank-Attached Vanes for Bank Erosion Control and Restoration of River Meanders*, Journal of Hydraulic Engineering, 136(9). pp. 583-596.
- 6- Xiufang, Z., Pingyi, W. and Chengyu, Y. (2012). *Experimental Study on Flow Turbulence Distribution around a Spur Dike with Different Structure*, International Conference on Modern Hydraulic Engineering, 28: 772-775.