

## بررسی آزمایشگاهی اثر موقعیت تک آبشکن بر عمق آبشستگی اطراف آن در خم ۱۸۰ درجه

علیرضا مسجدی<sup>۱\*</sup> و امین مرادی<sup>۲</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۴/۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۰/۲۹)

### چکیده

در این مطالعه به منظور بررسی اثر موقعیت نصب آبشکن در قوس بر فرآیند آبشستگی، آزمایش‌هایی در یک فلوم آزمایشگاهی با قوس ۱۸۰ درجه با  $R/B = 4/7$  (شعاع مرکزی قوس،  $B =$  عرض فلوم) از جنس پلاکسی گلاس انجام پذیرفت. در این تحقیق با قرار دادن یک آبشکن در فلوم آزمایشگاهی با موقعیت‌های ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۶۰ درجه با دبی‌های ۲۰، ۲۴ و ۲۸ لیتر بر ثانیه و عمق ثابت جریان ۱۳ سانتی‌متر پدیده آبشستگی حول آبشکن در حالت آب زلال مورد بررسی قرار گرفت. برای مصالح کف فلوم از ماسه با دانه بندی یک‌نواخت با  $D_{50} = 2 \text{ mm}$  و ضریب یک‌نواختی ۱/۷ استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که حداکثر عمق آبشستگی هنگام نصب آبشکن در نیمه اول قوس (از صفر تا ۹۰ درجه) کمتر از نیمه دوم قوس (۹۰ تا ۱۸۰ درجه) است. هم‌چنین ابعاد چاله آبشستگی نیز همانند عمق حداکثر آبشستگی با جابجایی آبشکن از نیمه اول به نیمه دوم قوس افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: قوس ۱۸۰ درجه، عمق آبشستگی، آبشکن، موقعیت قرارگیری آبشکن

### مقدمه

یافته و موجب تنگ شدگی موضعی در داخل جریان می‌گردد. این سازه‌ها که گاهی منفرد و گاهی به صورت یک سری متوالی ساخته می‌شوند موجب انحراف جریان از کناره‌ها گردیده و از برخورد آن با دیواره ساحلی جلوگیری می‌نمایند. علاوه بر این در صورتی که به طور سری نصب شده باشند با ایجاد جریان‌های چرخشی در پایین دست خود موجب ته نشینی رسوبات در مجاورت ساحل و حد فاصل بین دو آبشکن اصلی می‌گردند. این عمل به تدریج موجب توسعه و تثبیت طبیعی و

آبشکن‌ها سازه‌هایی هستند که برای ساماندهی رودخانه در قوس و یا مسیر مستقیم استفاده می‌شود. یکی از مشکلات اساسی در قوس رودخانه‌ها، ایجاد جریان‌های ثانویه و فرسایش دیواره خارجی قوس بوده که با احداث آبشکن در قوس خارجی می‌توان الگوی جریان را به نحوی اصلاح کرد تا از فرسایش کناره‌ها جلوگیری شود.

این سازه‌ها از طرف ساحل به داخل جریان اصلی امتداد

۱. استادیار مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد تأسیسات آبیاری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: drmasjedi.2007@yahoo.com

بیولوژیکی دیواره رودخانه می‌شود.

هر ساله با وقوع سیلاب در رودخانه‌ها تعداد زیادی از این آبشکن‌ها درست زمانی که بیشترین نیاز به آنها وجود دارد، تخریب می‌گردند. یکی از مؤثرترین عوامل این تخریب‌ها آبشستگی موضعی اطراف آبشکن‌ها در قوس رودخانه است. تخریب آبشکن‌ها به علت آبشستگی، زیان‌های سنگین اقتصادی و جانبی به دنبال دارد. بنابراین با بررسی پارامترهای مهم آبشکن می‌توان میزان تأثیرگذاری آن را روی حداکثر عمق آب شستگی اطراف آن و حفاظت سواحل مورد بررسی و ارزیابی قرار داد.

در خصوص آبشستگی حول آبشکن در مسیر مستقیم مطالعات نسبتاً زیادی صورت گرفته است و روابط زیادی برای محاسبه عمق آبشستگی اطراف آبشکن موجود است. از جمله مطالعات انجام شده در مسیر مستقیم رودخانه‌ها به مواردی از جمله میری (۱)، نصراللهی (۲)، احمدی (۴)، گارده و همکاران (۶)، گیل (۸)، راجاراتنام و واچوکو (۱۳)، قدسیان و تهرانی (۷) اشاره نمود.

پیچیدگی شرایط الگوی جریان در قوس همراه با پیچیدگی جریان حول آبشکن، شرایط الگوی جریان حول آبشکن در قوس را بیشتر می‌سازد. تحقیقات انجام شده درباره آبشکن در قوس نیز بسیار کم می‌باشد که از جمله آنها می‌توان به مصباحی (۱۰)، پرزدوفسکی و همکاران (۱۱)، سلیمان و همکاران (۱۵) و جیری و شیموزو (۹) اشاره نمود.

قدسیان (۳) تحقیقاتی در خصوص بررسی موقعیت و طول آبشکن بر آبشستگی اطراف آن در قوس ۹۰ درجه انجام دادند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که حداکثر عمق آبشستگی هنگام نصب آبشکن در نیمه اول قوس کمتر از نیمه دوم قوس است. هم‌چنین ابعاد چاله آبشستگی نیز همانند عمق حداکثر آبشستگی با جابه‌جایی آبشکن از نیمه اول به نیمه دوم قوس افزایش می‌یابد.

در این تحقیق به منظور بررسی اثر آبشکن در موقعیت‌های مختلف بر حداکثر عمق آبشستگی در قوس با نصب تک آبشکن در موقعیت‌های مختلف در فلوم آزمایشگاهی با قوس

۱۸۰ درجه با عمق ثابت و برداشت توپوگرافی بستر در دبی‌های مختلف ارتباط بین موقعیت نصب تک آبشکن و ابعاد حفره آبشستگی تعیین گردید.

بر اساس مطالعات انجام شده توسط سایر محققان، پدیده آبشستگی حول آبشکن از پنج عامل اصلی هندسه مجرا، مشخصات آبشکن، مشخصات رسوب، خصوصیات جریان و خواص سیال تأثیر می‌پذیرد. در این تحقیق پارامترهای هندسه مجرا، طول آبشکن، عمق جریان، خصوصیات مصالح بستر و خواص سیال (آب زلال) ثابت بوده و پارامترهای زاویه موقعیت قرارگیری در قوس و دبی جریان در طول آزمایش‌ها متغیر بود (۳). با توجه به موارد فوق، رابطه زیر جهت بررسی اثرات متغیرهای مؤثر بر آبشستگی تعادل یافته حول آبشکن در قوس ارائه شد:

$$\frac{dz_{\max}}{L} = f(\theta, Q) \quad [1]$$

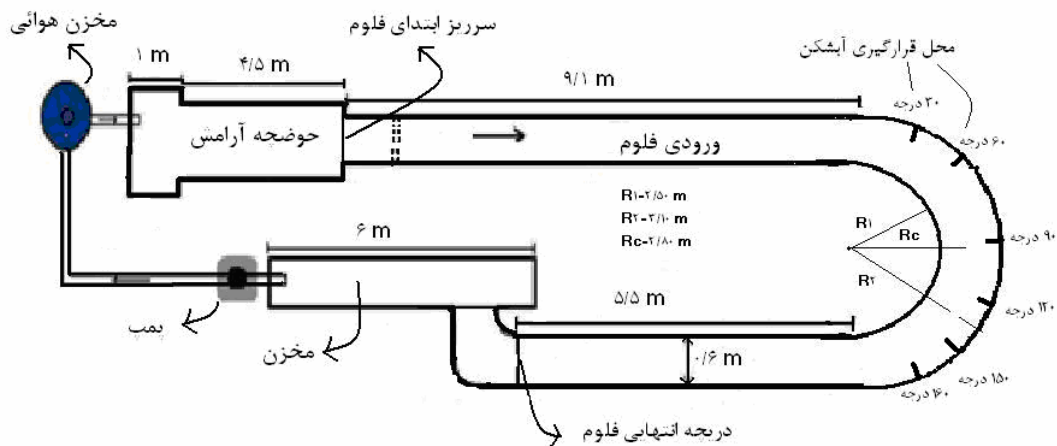
که در آن  $\theta$  = زاویه موقعیت قرارگیری آبشکن در قوس،  $Q$  = دبی جریان،  $dz_{\max}$  = عمق حداکثر آبشستگی در حالت تعادل و  $L$  = طول آبشکن است.

### مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در یک فلوم شیشه‌ای قوسی شکل با زاویه مرکزی ۱۸۰ درجه، شعاع مرکزی  $R_c = 2/8m$  و عرض  $B = 0/6m$  انجام شد. انحنای نسبی قوس  $R_c/B = 4/7$  شعاع مرکزی قوس،  $B$  = عرض فلوم) بوده که قوس را در رده قوس‌های ملایم قرار می‌دهد.

کانال مستقیم ورودی به طول ۹/۱ متر به یک کانال با قوس ۱۸۰ درجه متصل می‌گردد. این کانال قوسی شکل توسط کانال مستقیم دیگری به طول ۵/۵ متر به دریچه کنترل عمق جریان و سپس مخزن خروجی متصل می‌شود (شکل ۱).

طبق توصیه دونات (۵) حداکثر طول آبشکن بین ۱۰ تا ۲۰ درصد عرض کانال باید در نظر گرفته شود. بنابراین در این تحقیق آبشکن از جنس چوب با ضخامت ۳ میلی‌متر با طول ثابت ۱۱ سانتی‌متر ساخته و با زاویه ۷۰ درجه نسبت به ساحل بالادست



شکل ۱. پلان کانال قوسی شکل و موقعیت نصب آبشکن

در ابتدای ورودی فلوم اندازه‌گیری شدند. برای انجام آزمایش‌ها، ابتدا آبشکن با زاویه ۷۰ درجه نسبت به ساحل بالادست (۱۱۰ درجه نسبت به جریان) در موقعیت‌های ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ درجه در جداره قوس خارجی نصب گردید. سپس در هر مرحله مصالح بستر از ماسه رودخانه‌ای با دانه‌بندی یک‌نواخت و با قطر متوسط معادل ۲ میلی‌متر و ضریب انحراف استاندارد معادل ۱/۳ انتخاب و در لایه‌ای به ضخامت تقریبی ۲۰ سانتی‌متر توسط اربه متحرک به طور یکسان در سراسر فلوم گسترانده شد. برای محاسبه زمان تعادل آزمایش‌ها، یک آزمایش طولانی به مدت ۴۸ ساعت در موقعیت ۱۵۰ درجه آبشکن با دبی حداکثر ۲۸ لیتر بر ثانیه انجام شد. در این آزمایش‌ها مشاهده گردید که در مدت ۱۰ ساعت اول تقریباً بیش از ۹۰ درصد آبشستگی رخ می‌دهد. بنابراین در این آزمایش‌ها زمان ۱۰ ساعت به عنوان زمان آزمایش‌ها لحاظ گردید (شکل ۲).

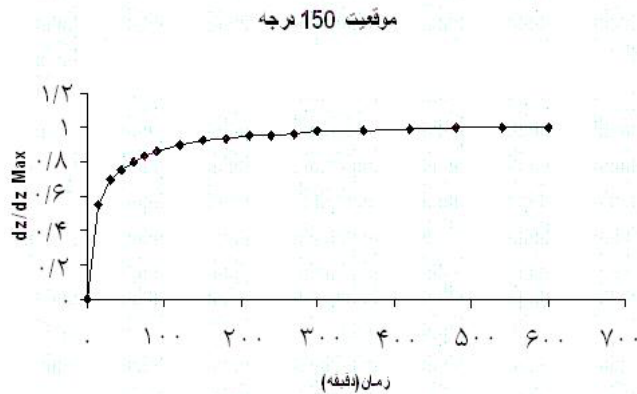
پیش از راه اندازی پمپ، دریچه انتهایی بسته شده و سپس آب زلال به آرامی به درون کانال هدایت گردید. پس از بالا آمدن آب و اطمینان از مرطوب شدن رسوبات بعد از گذشت چند ساعت، پمپ با دبی کمی راه اندازی شد و به آرامی توسط شیر فلکه اصلی روی لوله ورودی به حوضچه آرامش، دبی به

(۱۱۰ درجه نسبت به جریان) بر دیواره خارجی قوس فلوم نصب گردید.

به توصیه راودکیوی و اتما (۱۴) برای جلوگیری از تشکیل رپیل قطر متوسط ذرات باید از ۰/۷ میلی‌متر بزرگ‌تر باشد. با توجه به این موارد یک لایه از ماسه طبیعی رودخانه‌ای با قطر متوسط معادل ۲ میلی‌متر و ضریب انحراف استاندارد معادل ۱/۳ انتخاب و در لایه‌ای به ضخامت تقریبی ۲۰ سانتی‌متر جهت انجام آزمایش‌ها استفاده شد.

طبق توصیه الیوتو و هاگر (۱۲) برای جلوگیری از اثرات زیری عمق آب را بیشتر از ۲۰ میلی‌متر پیشنهاد نموده‌اند که در کلیه آزمایش‌ها عمق آب ثابت و برابر ۱۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. با توجه به این‌که آبشستگی موضعی در شرایط آب زلال بررسی گردید. لذا به منظور جلوگیری از فرسایش و انتقال رسوبات در بالادست آبشکن، سرعت متوسط جریان باید کمتر از سرعت بحرانی ( $u < u_c$ ) باشد که دبی‌های ۲۰، ۲۴ و ۲۸ لیتر بر ثانیه در کلیه آزمایش‌ها انتخاب شد.

به منظور بررسی تأثیر دبی بر آبشستگی ۳ دبی ۲۰، ۲۴ و ۲۸ لیتر بر ثانیه برای آزمایش روی آبشکن در شرایط زیر بحرانی در موقعیت‌های ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ درجه روی قوس در نظر گرفته شد که توسط سرریز مثلی ۶۰ درجه



شکل ۲. منحنی بی بعد زمان تعادل برای دبی ۲۸ لیتر بر ثانیه در موقعیت ۱۵۰ درجه

کاهش یافته است و اثر گردابه‌های پشت آبشکن ناچیز می‌گردد. در این وضعیت رسوبات انتقالی از حفره آبشستگی تحت تأثیر جریان ثانویه به سمت جداره داخلی منتقل گشته و تعداد دو و یا بیشتر دیون کوچک در جداره داخلی تشکیل می‌گردد. هم‌چنین در همین محدوده در جداره خارجی قوس بسته به شرایط هیدرولیکی جریان، رسوب‌گذاری با حداقل آبشستگی ایجاد می‌شود (شکل ۳).

به دلیل وجود آبشکن، بخشی از جریان منحرف شده و با سرعت بیشتری به سمت قوس داخلی حرکت می‌نماید و ضمن حرکت سریع دیون‌ها سبب می‌گردد که آنها بر هم سوار شده و یک توده رسوبی را به وجود آورند. حداکثر ارتفاع این توده رسوبی در غالب آزمایش‌ها در جداره داخلی و در پایین دست خروجی قوس به وقوع می‌پیوندد.

در اثر جریان منحرف شده توسط آبشکن فروافتادگی در بالادست آبشکن ایجاد می‌شود که در کلیه آزمایش‌های انجام شده، فروافتادگی مذکور مشاهده می‌گردد. لیکن ابعاد آن برای موقعیت‌های مختلف نصب آبشکن متفاوت است. این فروافتادگی در پایین دست آبشکن گاهی در جداره داخلی برخورد نموده و منجر به وقوع آبشستگی در جداره قوس می‌گردد و گاهی این برخورد صورت نگرفته که در این صورت آبشستگی فوق‌الذکر ایجاد نشده و رسوب‌گذاری واقع می‌گردد. بدیهی است پارامترهای اثر گذار بر

میزان مورد نظر رسانده شد. با تنظیم دقیق و هم‌زمان شیرفلکه و دریچه پایین دست عمق جریان ۱۳ سانتی‌متر و دبی مورد نظر حاصل شد.

پس از گذشت ۱۰ ساعت، پمپ خاموش گردید و آب موجود در کانال به آرامی زه‌کشی شد تا تأثیری روی توپوگرافی بستر ایجاد نگردد. پس از گذشت چند ساعت و تخلیه کامل آب از درون کانال، به وسیله عمق‌سنج با دقت دهم میلی‌متر، توپوگرافی بستر حول آبشکن در موقعیت‌ها و دبی‌های مختلف برداشت شد. به منظور بررسی دقیق تغییرات ایجاد شده در بستر در امتداد عرضی فاصله نقاط برداشت ۲ سانتی‌متر و در امتداد طولی با توجه به موقعیت ۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در مجموع کل نقاط برداشت شده برای ۱۸ آزمایش در طول تمام آزمایش‌های جهت تشکیل شبکه توپوگرافی بستر و جزئیات آن ۲۰۰۰ نقطه بود.

### بحث و نتیجه‌گیری

در همه آزمایش‌ها پس از تنظیم دبی و عمق جریان، بلافاصله در دماغه آبشکن گردابه‌ها تشکیل و پروسه آبشستگی با سرعت بسیار بالا آغاز گردید. با شکل‌گیری حفره آبشستگی رسوب‌ها برخاسته از حفره به سمت پایین دست منتقل گردیدند.

پس از مدتی از شروع آزمایش، رسوبات برخاسته از حفره آبشستگی به محدوده‌ای می‌رسند که تأثیر آبشکن بر آن محدوده



شکل ۳. فروافتادگی و رسوب‌گذاری در پایین دست آبشکن به دلیل انحراف جریان

ابعاد این فروافتادگی ایجاد شده، موقعیت آبشکن در قوس و دبی جریان است.

### ۱-۳- تأثیر موقعیت آبشکن بر آبشستگی اطراف آبشکن

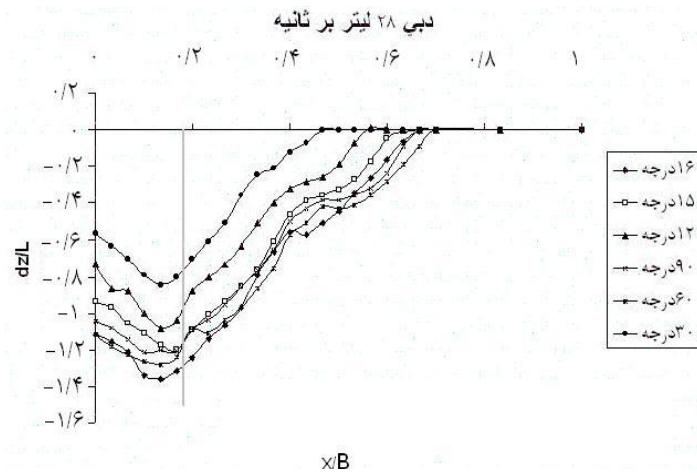
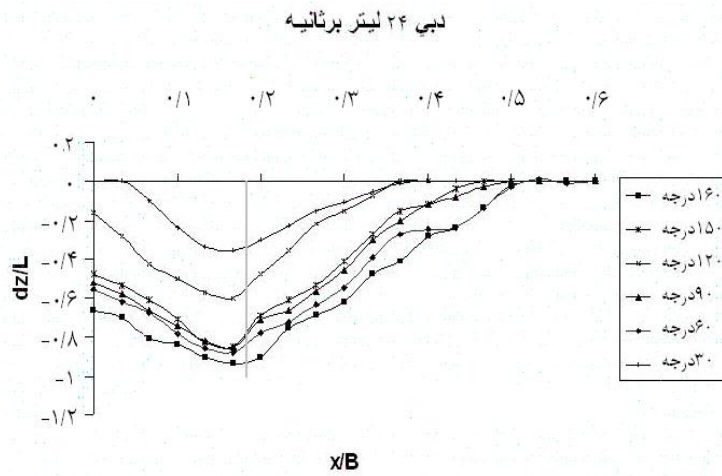
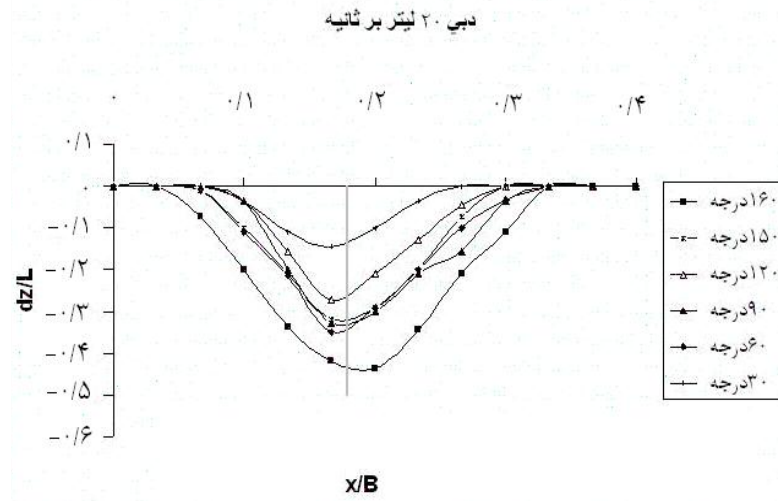
به دلیل تفاوت در الگوی جریان در موقعیت‌های مختلف در قوس، نصب آبشکن در موقعیت‌های مختلف هم بر توپوگرافی بستر و هم بر حداکثر آبشستگی در اطراف آبشکن تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشت. شکل ۴ پروفیل‌های عرضی تک آبشکن در موقعیت‌های ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۶۰ درجه برای دبی‌های ۲۰، ۲۴ و ۲۸ لیتر بر ثانیه که دارای حداکثر آبشستگی است نشان می‌دهند. پروفیل‌های عرضی نشان می‌دهند بین عمق آبشستگی و موقعیت آبشکن رابطه مستقیمی وجود دارد و با افزایش زاویه استقرار آبشکن در قوس، عمق آبشستگی افزایش می‌یابد. تحقیقات انجام گرفته توسط سلیمان و همکاران (۱۵) و قدسیان و همکاران (۳) نشان دادند که با افزایش زاویه استقرار آبشکن، عمق آبشستگی افزایش می‌یابد که علت اصلی آن قدرت بالای جریان‌های ثانویه در طول قوس و در نتیجه ایجاد حداکثر عمق آبشستگی در اطراف آبشکن در موقعیت‌های مختلف می‌شود.

۲-۳- تغییرات عمق آبشستگی نسبت به دبی جریان در قوس شکل ۵ پروفیل‌های طولی و عرضی تک آبشکن در موقعیت ۱۶۰ درجه که دارای حداکثر آبشستگی برای سه دبی ۲۰، ۲۴ و ۲۸ لیتر بر ثانیه را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۵ می‌توان نتیجه گرفت شکل کلی توپوگرافی بستر برای هر سه دبی تقریباً شبیه یکدیگر بوده ولی ابعاد و عمق چاله آبشستگی با کاهش دبی جریان، کاهش و طول پشته رسوبی در پایین دست آبشکن، به دلیل قدرت بالای گرداب‌های برخاستگی، با افزایش دبی سرعت افزایش پیدا می‌کند. هم‌چنین پروفیل عرضی نیز نشان می‌دهد که بین عمق آبشستگی و دبی جریان در مسیر قوسی شکل رابطه مستقیمی وجود دارد و با افزایش دبی جریان، قدرت جریان‌های ثانویه در قوس بیشتر شده که در نتیجه باعث افزایش عمق آبشستگی در اطراف آبشکن‌ها می‌گردد (۳).

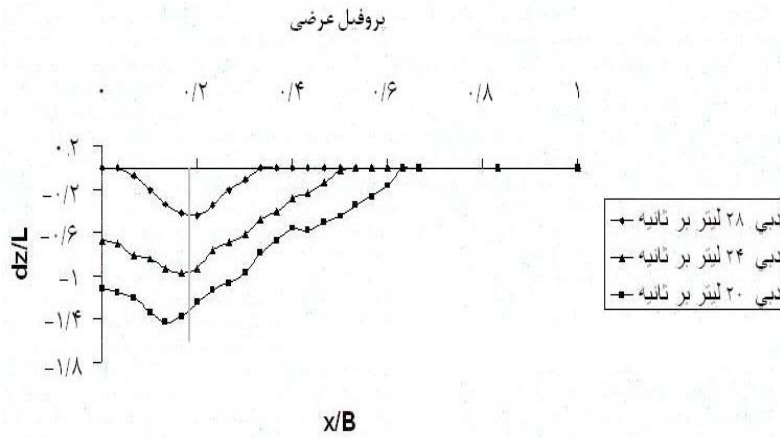
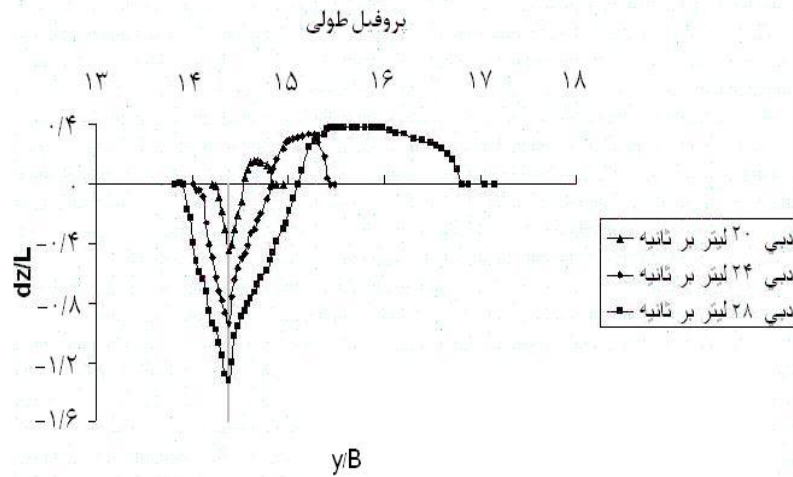
### ۳-۳- تغییرات عمق آبشستگی نسبت به دبی جریان و

#### موقعیت آبشکن در قوس

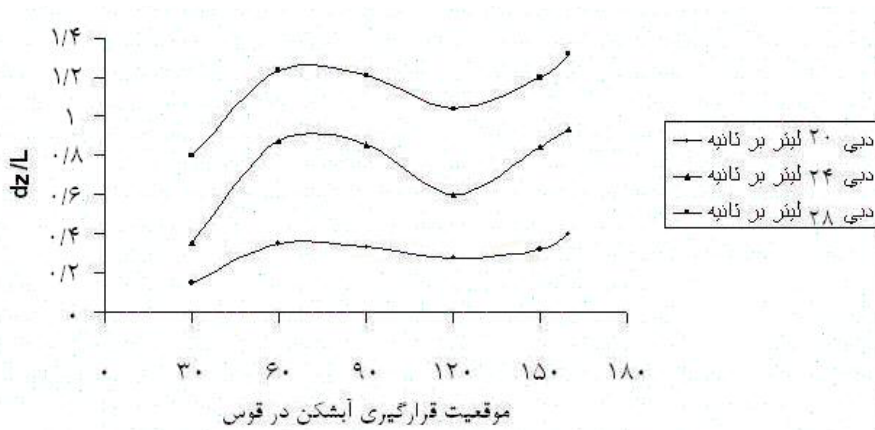
به منظور بررسی هم‌زمان اثر دبی جریان و موقعیت آبشکن در قوس تغییرات  $dz/L$  بر حسب موقعیت آبشکن در قوس برای سه دبی جریان آزمایش و ترسیم شد. با توجه به شکل ۶



شکل ۴. پروفیل عرضی حفره آبستگي در موقعیت های مختلف و دبی های ۲۰، ۲۴ و ۲۸ لیتر بر ثانی



شکل ۵. پروفیل‌های طولی و عرضی حداکثر آبستنگی در موقعیت ۱۶۰ درجه با دبی‌های مختلف



شکل ۶. تغییرات آبستنگی نسبی دماغه آبشکن‌ها در موقعیت و دبی‌های مختلف

قدرت بالای جریان‌های ثانویه در این دو موقعیت، حداکثر عمق آبشستگی ایجاد شده است.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از مسئولین محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز برای حمایت مالی، تأمین وسایل و ایجاد تسهیلات، صمیمانه قدردانی می‌گردد.

مشاهده می‌شود که حداکثر عمق آبشستگی اطراف آبشکن با دبی جریان و نیز موقعیت آبشکن ارتباط مستقیم داشته و با افزایش موقعیت استقرار آبشکن و نیز افزایش دبی عمق آبشستگی افزایش می‌یابد. هم‌چنین با توجه به شکل می‌توان نتیجه گرفت کمترین و بیشترین میزان آبشستگی به ترتیب در موقعیت‌های ۳۰ و ۱۶۰ درجه بوده و بعد از موقعیت ۶۰ درجه مقدار آبشستگی تا موقعیت ۱۲۰ درجه نسبت به موقعیت ۶۰ درجه کاهش یافته و سپس افزایش می‌یابد و در موقعیت ۱۶۰ درجه میزان آبشستگی به حداکثر مقدار خود می‌رسد. به دلیل

### منابع مورد استفاده

۱. میری، م. ۱۳۷۸. بررسی و مقایسه عملکرد آبشکن‌های باز و بسته یک ردیفه و دو ردیفه با استفاده از مدل هیدرولیکی. دومین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.
۲. نصراللهی، ع. ۱۳۸۰. بررسی درصد بازشدگی روی آبشستگی اطراف آبشکن‌های باز. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران-آب، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۳. قدسیان، م. ۱۳۸۵. بررسی موقعیت و طول آبشکن بر آبشستگی اطراف آن در قوس. هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. بهمن ۱۳۸۵، دانشگاه شهید چمران اهواز.
4. Ahmed, M. 1953. Experiments on the design and behavior of spur dikes, Proceedings of the International Hydraulics Convention, ASCE and IAHR, University of Minnesota, Minneapolis, MN, pp. 145-159.
5. Donat, M. 1995. Bionengineering techniques for streambanj restoration: A review of Central European practices. Watershed Restoration Project Report No. 2, University of British Colombia, Austria.
6. Garde, R. J., K. Subramanya and K. D. Nambudripad. 1961. Study of scour around spur-dikes. J. Hydraul. Eng. ASCE, 87(6):23-37.
7. Ghodsian, M. and A. Tehrani. 2001. Scour around groins. Intl. J. Sediment Res. 16(1):60-68.
8. Gill M.A. 1972. Erosion of sand beds around spur dikes. ASCE J. Hydraul. Div. 98(9):1587-1602.
9. Giri S. and Y. Shimizu. 2004. Observation on bed variation in a meandering like flume with river training structures. JSCE, Vol. 48.
10. Mesbahi J. 1992. On combined scour near groynes in river bends. MSc. Thesis, Delft Hydraulics Report HH 132.
11. Przedwojski, B., P. Blazejewski and K. W. Pilarzyk. 1995. River Training Techniques: Fundamentals, Design and Application. Balkema, Rotterdam.
12. Oliveto, G. and W. H. Hager. 2002. Temporal evolution of clear-water pier and abutment scour. J. Hydraul. Eng. ASCE, 128(9): 811-820.
13. Rajaratnam, N. and B. A. Nwachukwu. 1983. Flow near groin-like structures. J. Hydraul. Eng. ASCE, 109(3):463.
14. Raudkivi, A. J. and R. Ettema. 1983. Clear-Water Scour at Cylindrical Piers. J. Hydraul. Eng. ASCE, 109(3):339-350.
15. Soliman M. M., K. M. Attia. A. M. Kotb Talaat and A. F. Ahmed. 1997. Spur dike effects on the river Nile morphology after high Aswan dam. Congress of the International Association of Hydraulic Research, IAHR.