

بررسی تاثیر سامانه‌های مختلف کنترل رسوب بر توپوگرافی بستر در آبگیر جانبی ۹۰ درجه

علی عطارزاده^{۱*}، مسعود قدسیان^۲

۱. استادیار گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه صنعتی قم

۲. استاد دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس تهران

*attarzadeh@qut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۹/۹/۱۴

تاریخ دریافت: ۹۸/۶/۱۰

چکیده

در این پژوهش، به صورت آزمایشگاهی، تاثیر ترکیب سازه‌های کنترل رسوب از قبیل آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق با ابعاد مختلف بر توپوگرافی بستر در اطراف آبگیر جانبی ۹۰ درجه در یک کانال مستقیم و نیز بر ابعاد ناحیه آبستگي در پایین دست آبگیر در کانال اصلی بررسی شده است. پژوهشها در شش سامانه کنترل رسوب و در سه نسبت آبگیری ۰/۱۲، ۰/۱۵ و ۰/۱۸ انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد هم ترکیب و هم ابعاد سازه‌های مذکور، از مولفه‌های تاثیرگذار بر توپوگرافی بستر در اطراف دهانه آبگیر در کانال اصلی و به ویژه در اطراف ساحل متصل به آبگیر است که قاعدتا بر میزان رسوب ورودی به آبگیر اثرگذار خواهد بود. همچنین سازه‌های مذکور و ترکیب آنها با ابعاد مختلف، بر ابعاد و مساحت ناحیه آبستگي بسیار موثر است ولی رفتار آنها در نسبت‌های مختلف دبی انحرافی، متفاوت است. در حالیکه آستانه در جلوی آبگیر باعث انباشت رسوب می‌شود ولی در نسبت آبگیری ۰/۱۲، ۰/۱۵ و ۰/۱۸ بترتیب کاهش ۴۳ و ۵۹ درصدی و افزایش ۱۹ درصدی بیشینه عمق آبستگي در پایین دست آبگیر در اطراف ساحل را موجب میشود که این میزان برای آبشکن بترتیب افزایش ۷۵ و ۷۵ و کاهش ۴۹ درصدی است و با افزودن صفحات مستغرق به ترکیب آستانه و آبشکن بطور متوسط کاهش ۲۱ درصدی را تجربه می‌کند در حالی که در تمام نسبت‌های آبگیری هم آبشکن و هم صفحات مستغرق در جلو و بالادست آبگیر موجب آبستگي می‌شوند. همچنین آستانه و آبشکن بطور متوسط بترتیب باعث کاهش ۵۹ و افزایش ۱۵۵ درصدی مساحت ناحیه آبستگي در پایین دست آبگیر می‌شوند در حالیکه صفحات مستغرق در نسبت آبگیری ۰/۱۲، ۰/۱۵ بترتیب کاهش ۲۸ و ۸۴ درصدی را تجربه میکنند ولی در نسبت آبگیری ۰/۱۸ تغییر چندانی ایجاد نمی‌کند.

واژگان کلیدی: آستانه، آبشکن، صفحات مستغرق، توپوگرافی بستر، آبگیر، آبستگي

۱- مقدمه

رودخانه و ارائه روش‌های بهتر برای استفاده از منابع آبی رودخانه‌ها

بسیار ضروری است. از آنجا که انحراف آب توسط آبگیرها برای

مصارف شرب، صنعتی و کشاورزی در رودخانه‌های بسیاری اجرا

در کشور ما با توجه به شرایط اقلیمی و از طرفی نیاز شدید به آب

و همچنین حرکت برای توسعه پایدار، پژوهش در مسائل مهندسی

شده است، پژوهش های زیادی در این حوزه انجام شده و موضوعاتی از قبیل الگوی جریان مقابل آبگیر، پروفیل سطح آب، هیدرولیک جریان، جریان ثانویه در آبگیر، ابعاد ناحیه گردابی درون آبگیر و تاثیر شکل مقطع کانال اصلی را بررسی کرده است [1-8].

با توجه به اینکه کنترل رسوب و تامین آب مورد نیاز با کمترین رسوبات از اهداف مهم در انحراف آب از رودخانه ها محسوب می شود پس پژوهش های دیگری با هدف کنترل رسوب انجام شده است و در این راستا، علاوه بر بررسی تاثیر هیدرولیک و رژیم جریان بر میزان رسوب ورودی به آبگیر، سازه های مختلفی به منظور کنترل رسوب مورد ارزیابی قرار گرفته است که از آن جمله می توان به آستانه، صفحات مستغرق، آبشکن و ... اشاره کرد که مسائلی همچون تاثیر هیدرولیک و رژیم جریان بالادست بر عملکرد آنها، یافتن ابعاد فواصل و زاویه بهینه برخورد صفحات با جریان، تاثیر آرایش های مختلف صفحات بر الگوی جریان در اطراف آبگیرها و نیز بر کنترل رسوب ورودی به آبگیر، تاثیر ابعاد آستانه و آبشکن و موقعیت و زاویه قرارگیری، آرایش تک یا سری آبشکن و موقعیت و ابعاد آن بر میزان رسوب ورودی به آبگیر مورد تحقیق قرار گرفته است [9-28].

پژوهش های مذکور اخیر نشان می دهد که هر یک از سازه های کنترل رسوب با اعمال تاثیر بر الگوی جریان اطراف دهانه آبگیر، موجب کنترل رسوب ورودی به آبگیر شده اند. برای نمونه آستانه با جلوگیری مستقیم از ورود جریان نزدیک بستر (که حاوی رسوب است) یا صفحات مستغرق با ایجاد جریان ثانویه القایی و دور کردن رسوبات از دهانه آبگیر و ایجاد آبشستگی در این ناحیه یا آبشکن با افزایش سرعت جریان کانال اصلی در جلوی آبگیر و ایجاد یک آبشستگی سرتاسری در اطراف دهانه آبگیر، نقش زیادی در کنترل رسوب و بعلاوه در بعضی شرایط، افزایش آبگیری داشته اند. ولی در کنار نقش های مفید مذکور برای این سازه ها، پژوهش ها نشان می دهد که این سازه ها، در بعضی شرایط و برای بعضی نقاط اطراف دهانه آبگیر می توانند نقش مضر و مخربی ایفا کنند. به عبارت بهتر، آبشستگی و رسوبگذاری ناشی از وجود صفحات مستغرق و یا آبشکن می تواند پایداری سواحل و یا تاسیسات اطراف ساحل و عملکرد آنها را تحت الشعاع قرار داده و مشکلاتی را رقم بزند

بعلاوه اینکه پژوهش های قبلی بر ترکیب سازه های مذکور به منظور افزایش راندمان کنترل رسوب و یا آبگیری تاکید می کند که این

موضوع می تواند در بعضی شرایط موجب تشدید رسوبگذاری و آبشستگی شود و به تبع آن، افزایش تهدیدات در بعضی شرایط شود. پس موضوع دیگری که به نظر می رسد باید مورد پژوهش بیشتر قرار گیرد تاثیر این سازه ها و ترکیب و ابعاد آنها بر توپوگرافی بستر است که از چند جنبه حائز اهمیت است، در واقع، بررسی توپوگرافی بستر، نقاط مستعد آبشستگی و رسوبگذاری را مشخص می کند که در طراحی آبگیرها و موقعیت سنجی سازه های وابسته به آن، مهم است. همچنین اطلاع از حجم آبشستگی و رسوبگذاری ناشی از این سازه ها و به تبع آن هزینه های تحمیلی، در طراحی سازه بهینه کنترل رسوب بسیار مفید است. بعلاوه موقعیت اعمال و ابعاد تمهیدات لازم برای مقابله با آبشستگی یا رسوبگذاری مخرب و تقویت آبشستگی یا رسوبگذاری مفید را پیش روی طراحان قرار می دهد. نکته دیگر اینکه به پژوهشگران در تجزیه و تحلیل میزان رسوب بستر ورودی به آبگیر کمک می کند. از اینرو، در این پژوهش تاثیر تک تک سازه های کنترل رسوب مذکور و ترکیب آنها در ابعاد و آرایش مختلف بر توپوگرافی بستر اطراف آبگیر جانبی در شرایط هیدرولیکی مختلف و نیز بر چاله آبشستگی در مجاورت ساحل پایین دست آبگیر در کانال اصلی ارزیابی می شود.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- شرح آزمایشها و تجهیزات آزمایشگاهی

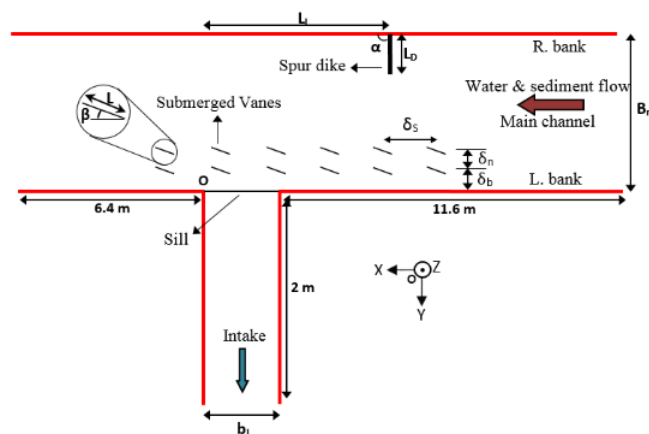
در این پژوهش از کانالی به ابعاد طول و عرض به ترتیب ۱۸ و ۱ متر با بستر رسوبی از جنس سیلیس به قطر متوسط ۱ میلی متر، جرم مخصوص ۲/۶۵ و انحراف معیار هندسی ۱/۱ استفاده شد. دیواره کانال شفاف و از جنس پلکسی گلاس و به ضخامت ۱ سانتی متر است. همچنین کانال آبگیر به طول و عرض ۲ و ۰/۴ متر با زاویه ۹۰ درجه نسبت به کانال اصلی در ۱۱/۲ متر پایین دست ابتدای کانال اصلی در ساحل چپ نصب شده است. در انتهای کانال اصلی و آبگیر به ترتیب از دریچه کشویی رو و زیر گذر برای تنظیم نسبت دبی آبگیری استفاده شد. هر دو قسمت کانال اصلی و آبگیر، دارای سیستم چرخشی رسوب هستند که در آن جریان و رسوب خروجی از آبگیر و کانال اصلی توسط پمپ لجن کش به ابتدای کانال اصلی بر می گردد. در راستای اهداف پژوهش در دو مرحله آزمایش ها انجام شد. مرحله اول: شامل چهار سامانه یا حالت است، سامانه اول: حالت "no

s10+d20" نامیده می‌شود، مشابه سامانه سوم از دو سازه آستانه و آبشکن بطور همزمان در همان موقعیت قبلی ولی ابعاد متفاوت استفاده میشود. در این حالت، آستانه دارای ارتفاع ۱۰ درصد عمق نرمال جریان بالادست و آبشکن به طول ۲۰ درصد عرض کانال اصلی است. سامانه ششم: حالت "s10+d20+vane" یا حالتی که علاوه بر دو سازه مذکور در موقعیت و ابعاد حالت قبل، در جلوی آبگیر در کانال اصلی شش ردیف دو تایی از صفحات مستغرق نصب شده است. لازم به ذکر است برای طراحی آرایش صفحات در حالت چهارم و ششم از توصیه های اوینگ استفاده شده است [19]. در شکل (۱) آرایش سازه‌های کنترل رسوب سامانه چهارم و ششم ارائه شده است. در این شکل مبدا مختصات لبه پایین دست آبگیر در کانال اصلی است و سطح مبنا یا به عبارتی $z=0$ سطح اولیه رسوب بستر قبل از شروع آزمایش هست که همتراز با کف آبگیر می‌باشد.

در هر کدام از حالات مذکور، سه آزمایش در سه نسبت دبی آبگیری ۰/۱۲، ۰/۱۵ و ۰/۱۸ انجام شد تا تاثیر Q_r بر توپوگرافی و آبشستگی بستر در حالات مختلف نیز بررسی شود. در کلیه آزمایش‌ها، دبی جریان بالادست کانال اصلی برابر ۵۶ لیتر در ثانیه در نظر گرفته شد که موجب تشکیل فرم بستر به صورت دیون می‌شود.

"structure" یا حالت بدون سازه که حالت شاهد بوده و در آن سازه ای برای کنترل رسوب ورودی به آبگیر تعبیه نشده است. سامانه دوم، که در آن یک آستانه به ارتفاع ۳۰ درصد عمق نرمال جریان بالادست در ورودی آبگیر نصب شده است که به نام حالت "s30" است. سامانه سوم، حالت "s30+d25" یا حالتی که همزمان علاوه بر آستانه با مشخصات سامانه دوم، آبشکنی به طول ۲۵ درصد عرض کانال اصلی در بالادست آبگیر در کانال اصلی نصب می‌شود. لازم به ذکر است که موقعیت و ابعاد آبشکن بر اساس پژوهش گوهری تعیین شده است [28]. سامانه چهارم: حالت "s30+d25+vane" یا حالتی که علاوه بر دو سازه مذکور در موقعیت و ابعاد قبلی، در جلوی آبگیر در کانال اصلی شش ردیف دو تایی از صفحات مستغرق نصب شده است. در واقع مرحله اول با هدف ارزیابی تاثیر تک تک سازه‌ها بر توپوگرافی بستر طراحی شده است. مرحله دوم: از آنجا که نتایج نشان می‌دهد سامانه سوم و چهارم عملکرد بسیار بهتری در کنترل رسوب داشته‌اند ولی در آبشکن و آستانه به ترتیب طول و ارتفاع زیاد است که به همراه صفحات ممکن است وضعیت انسداد را در کانال اصلی ایجاد کنند که احتمالاً تبعات منفی در بالادست را موجب شود در این مرحله دو سامانه دیگر بررسی شد که به شرح ذیل است: سامانه پنجم که حالت "

شکل ۱. آرایش سازه های کنترل رسوب در سامانه چهارم و ششم (ابعاد (متر)، زاویه (درجه))



Design characteristics	H_s	L_I	L_D	α	β	L	B_m	B_I	δ_s	δ_b	δ_n	H_v	h_m
for the fourth pattern	.035	1	0.25	90	20	.108	1	0.4	0.18	.108	.108	.036	0.118
for the sixth pattern	.012	1	0.2	90	20	.108	1	0.4	0.18	.108	.108	.036	0.118

Fig. 1. Array of sediment control structures in the fourth and sixth pattern (dimensions (m), angles (degree))

سطح رسوبات بوسیله تسطیح کننده در کلیه آزمایش‌ها صاف شده و سپس با راه اندازی جریان توسط پمپ، آزمایش‌ها

۳- نتایج و بحث

۳-۱- توپوگرافی بستر در اطراف دهانه آبگیر

در شکل (۳) پروفیل عرضی بستر در کانال اصلی در $X=-500$ mm (بالادست آبگیر) در ترکیب و ابعاد مختلف از سازه‌های کنترل رسوب، ارائه شده است. با بررسی حالت سوم و اول و مقایسه آنها با یکدیگر می‌توان گفت در بالادست آبگیر در کانال اصلی، در حالت سوم در تمام Q_f ها وجود آبشکن، باعث تنگ شدگی مجرا و افزایش سرعت می‌شود که این موضوع آبشستگی عمومی را در نیمه چپ بستر و اطراف ساحل متصل به آبگیر $(y=0)$ ، در پی دارد. همچنین افزایش Q_f باعث افزایش مکش آبگیر و سرعت جریان در نیمه چپ مجرا شده و آبشستگی عمومی را در این ناحیه تشدید می‌کند. نکته دیگر اینکه با بررسی دقیق‌تر نیمه چپ بستر، میتوان گفت اگر بستر در نیمه چپ مجرا به دو قسمت تقسیم شود شکل بستر در سمت چپ (اطراف ساحل چپ)، با سمت راست مقداری متفاوت است. در واقع به نظر میرسد که آبشکن با ایجاد یک مسیر منحنی‌الخط برای جریان، باعث جریان ثانویه در مسیر جریان شده که در پژوهش گوهری نیز مشاهده شده است. این جریان ثانویه به همراه جریان طولی پرسرعت، آبشستگی در کنار ساحل چپ را پدید می‌آورد در حالیکه در سمت راست این نیمه، بیشتر جریان‌های طولی پرسرعت در شکل‌گیری بستر تاثیر گذارند و با افزایش Q_f ، این قسمت به سمت ساحل چپ گسترش بیشتری پیدا می‌کند.

بررسی حالت پنجم نیز نشان می‌دهد که بطور کلی در تمام Q_f ها مشابه حالت سوم است ولی در نیمه چپ مجرا، آبشستگی ناشی از جریان طولی و همچنین جریان ثانویه در حالت پنجم کوچکتر از حالت سوم هست که ناشی از کاهش طول آبشکن و به تبع آن کاهش سرعت طولی جریان مجرا است. همچنین کاهش طول آبشکن، کاهش انحنا و مسیر و به تبع آن کاهش قدرت جریان ثانویه را در پی دارد. در نیمه راست مجرا نیز آبشستگی ناشی از جریانهای نعل اسبی در حالت پنجم کاهش یافته و مقداری به سمت ساحل راست منتقل شده است.

شروع می‌شد. اندازه‌گیری و ثبت داده‌ها بعد از به تعادل رسیدن جریان آب و رسوب انجام شد. زمان تعادل زمانی فرض شده است که در آن رسوب خروجی از آبگیر و کانال اصلی به مقدار متوسط تقریباً ثابتی برسد. بعلاوه برای اطمینان بیشتر سری زمانی عمق چاله آبشستگی در مجاورت ساحل چپ در پایین دست آبگیر در کانال اصلی برداشت شد که در شکل (۲) ارائه شده است. با توجه به حرکت دیون‌ها در بستر نوسانات عمق آبشستگی مشهود است که تقریباً بعد از ۱۵۰ دقیقه تعادل دینامیکی بستر برقرار می‌شود و بعد از این زمان، تغییرات عمق آبشستگی در بازه کوچکتر و طی زمان بیشتر اتفاق می‌افتد که برای اطمینان بیشتر، بعد از ۵ ساعت و زمانی که عمق آبشستگی تقریباً ماکزیمم است، کانال از آب تخلیه و رقوم بستر در راستای عرضی و طولی توسط پروفایلر لیزری بستر برداشت شده است.

شکل ۲. تغییرات زمانی عمق ناحیه آبشستگی مجاور ساحل پایین دست آبگیر در کانال اصلی

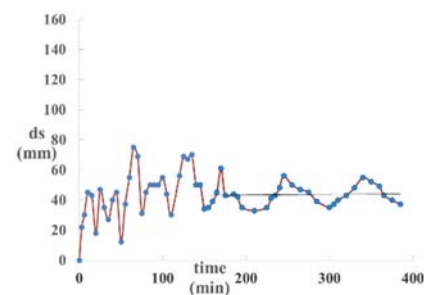


Fig. 2. Time variation of depth of the scour region near the bank at the downstream of the intake in the main channel

بعلاوه ابعاد چاله آبشستگی در پایین دست آبگیر شامل (بیشینه) عمق (D_s)، طول (L_s)، عرض (W_s) و مساحت (A_s) برداشت شد. سپس بمنظور تجزیه و تحلیل بهتر نتایج، ابعاد و مساحت چاله با انجام آنالیز ابعادی توسط روابط ذیل بدون بعد شد که در این روابط h_m عمق جریان بالادست آبگیر در کانال اصلی است.

$$ND_s = \frac{D_s}{h_m}, \quad NL_s = \frac{L_s}{h_m}, \quad NW_s = \frac{W_s}{h_m}, \quad NA_s = \frac{A_s}{h_m^2}$$

لازم به ذکر است سری زمانی عمق آبشستگی با استفاده از نوارهای اندازه‌گیری فلزی که بر دیواره شفاف کانال نصب شده است بدست آمده است.

بیشتر است. همچنین در هر دو حالت، با افزایش Q_r آبشستگی بیشتری در ساحل چپ ایجاد می شود که البته در مقایسه با آبشستگی در بالادست آبرگیر کمتر است.

شکل ۳: پروفیل عرضی بستر در کانال اصلی در $X=-500mm$ در Q_r های یکسان و ترکیب و ابعاد مختلف سازه های کنترل رسوب

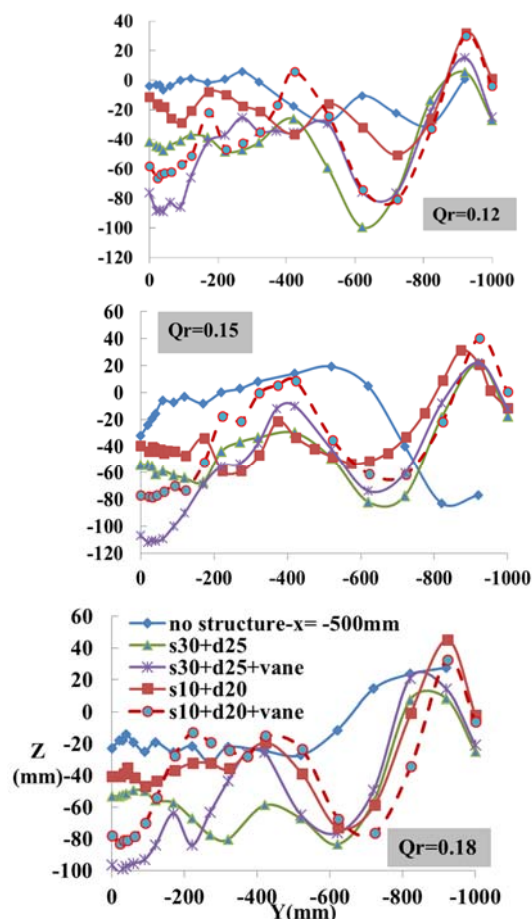
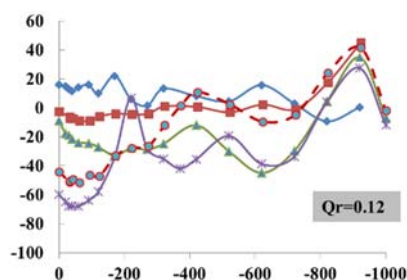


Fig. 3. Bed transversal profile in the main channel at $x=-500mm$ under different conditions of sediment control and the same discharge ratio

شکل ۴: پروفیل عرضی بستر در کانال اصلی در $X=-200mm$ در Q_r های یکسان و ترکیب و ابعاد مختلف سازه های کنترل رسوب



افزودن صفحات مستغرق به دو ترکیب قبلی، تغییرات قابل توجهی را در بستر ایجاد میکند. مقایسه حالت چهارم با سوم نشان میدهد وجود صفحات در اطراف ساحل چپ کانال اصلی، باعث آبشستگی شدید در اطراف ساحل چپ میشود که با افزایش Q_r میزان آبشستگی بیشتر شده است. همچنین با ارزیابی حالت ششم و مقایسه آن با حالت چهارم می توان به این نکته اشاره کرد که از لحاظ کیفی بستر اتفاقات مشابهی را تجربه میکند ولی از لحاظ کمی، در حالت ششم آبشستگی کمتری نسبت به حالت چهارم در ساحل چپ رخ میدهد که این موضوع به دلیل کاهش سرعت طولی و به تبع آن کاهش قدرت جریان ثانویه القایی صفحات است. همچنین نتایج نشان می دهد که آبشستگی در نیمه راست مجرا به دلیل کاهش طول آبشکن مقداری به سمت راست انتقال یافته است.

در شکل (۴)، در موقعیت $x=-200mm$ (یعنی در موقعیت وسط دهانه آبرگیر) پروفیل عرضی بستر در کانال اصلی، در ترکیب و آرایش مختلف از سازه های کنترل رسوب با Q_r یکسان ارائه شده است. نتایج نشان می دهد در حالت سوم در مقایسه با حالت بدون سازه، در تمام Q_r ها در بازه از ساحل چپ ($y=0$) تا موقعیت آبشستگی عمومی قابل توجهی رخ می دهد و در مقایسه با موقعیت $x=-500mm$ ، در نیمه چپ مجرا فقط ناحیه آبشستگی عمومی مشاهده می شود و ناحیه آبشستگی موضعی در کنار ساحل چپ وجود ندارد که نشان می دهد جریان ثانویه القایی آبشکن، با توجه به مکش آبرگیر و ایجاد جریان در امتداد و به سمت آبرگیر به ویژه در لایه های پایین جریان، تقریباً از بین رفته است.

با بررسی حالت پنجم و مقایسه آن با حالت سوم می توان گفت از لحاظ کیفی پروفیل عرضی بستر در هر دو حالت در سرتاسر عرض، مشابه هم هستند ولی از لحاظ کمی، پروفیل عرضی بستر در نیمه چپ مجرا در حالت پنجم، آبشستگی کمتری را در مقایسه با حالت سوم، در Q_r کم تجربه میکند ولی با افزایش Q_r این تفاوت از بین می رود. با افزودن صفحات در دو حالت چهارم و ششم، آبشستگی زیادی در ساحل چپ رخ می دهد. این آبشستگی برای حالت چهارم با توجه به سرعت طولی بیشتر و به تبع آن جریان ثانویه قویتر،

۰/۱۸ می‌شود.

شکل ۵. پروفیل عرضی بستر در کانال اصلی در موقعیت چاله آبشستگی (X= 400mm) در نسبت آبگیری یکسان و ترکیب و ابعاد مختلف از

سازه‌های کنترل رسوب

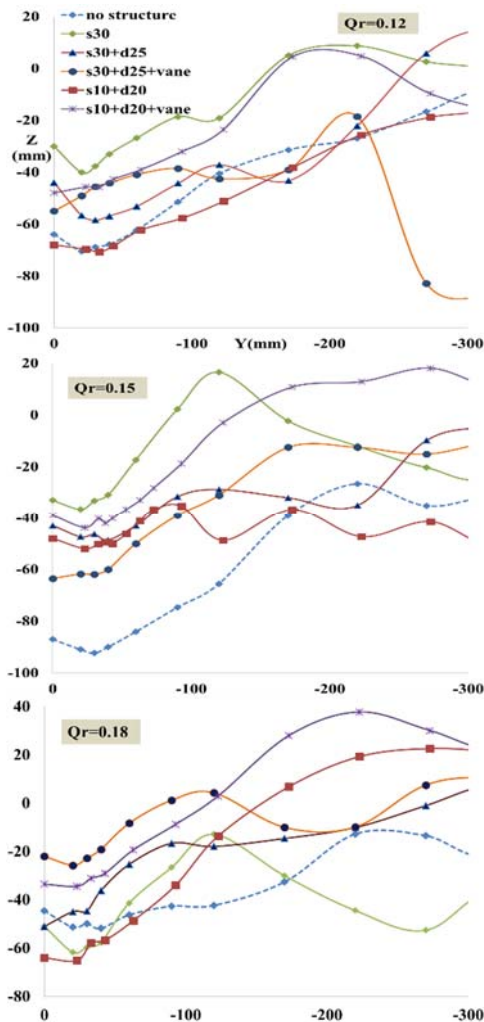


Fig. 5. Bed transversal profile in the position of scour hole (x=400mm) under different conditions of sediment control and the same discharge ratio

با افزودن آبشکن در حالت سوم، در Q_r معادل ۰/۱۲ و ۰/۱۵ افزایش طول و عمق آبشستگی و در Q_r معادل ۰/۱۸ کاهش طول و عدم تغییر میزان ماکزیمم عمق آبشستگی در مقایسه با حالت دوم رخ می‌دهد. با افزودن صفحات مستغرق در Q_r معادل ۰/۱۲، افزایش عمق و طول آبشستگی در مقایسه با حالت قبل مشاهده می‌شود در حالیکه در Q_r های بالاتر کاهش عمق و طول آبشستگی اتفاق می‌افتد.

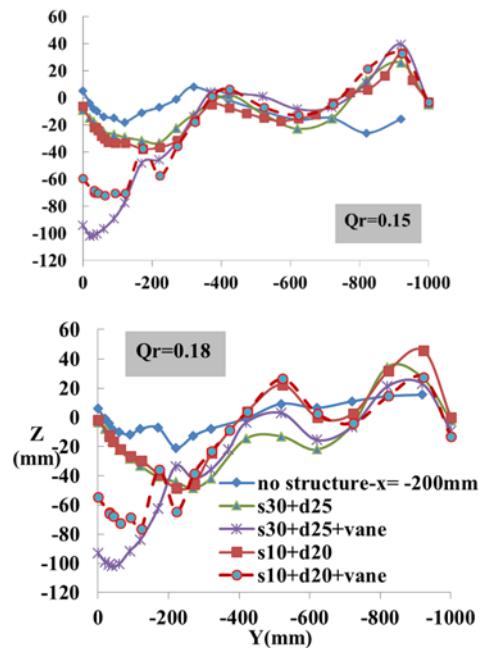


Fig. 4. Bed transversal profile in the main channel at x=-200mm, under different conditions of sediment control and the same discharge ratio

۲-۳- وضعیت کیفی چاله آبشستگی

برای بررسی تاثیر سازه‌های کنترل رسوب و ابعاد و ترکیب آنها بر چاله آبشستگی مجاور ساحل چپ پایین دست آبگیر، در شکل (۵) پروفیل عرضی بستر در $x=400mm$ (یعنی موقعیتی که بر اساس مشاهدات میدانی، آبشستگی تقریباً بیشترین توسعه عرضی را داشته است) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که حالت آستانه (حالت دوم) باعث کاهش توسعه عرضی ناحیه آبشستگی در مقایسه با حالت بدون سازه شده است. با افزودن آبشکن در حالت سوم، در Q_r معادل ۰/۱۲ و ۰/۱۵ ناحیه آبشستگی گسترش عرضی را در مقایسه با حالت دوم تجربه می‌کند. در حالی که در حالت چهارم، افزودن صفحات مستغرق موجب کاهش وسعت عرضی ناحیه آبشستگی می‌شود.

در شکل (۶) پروفیل طولی بستر در $y=0$ در پایین دست آبگیر در کانال اصلی در حالات مختلف ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد آستانه در مقایسه با حالت اول باعث کاهش وسعت طولی ناحیه آبشستگی در تمام Q_r ها می‌شود و همچنین باعث کاهش عمق ماکزیمم آبشستگی در Q_r معادل ۰/۱۲ و ۰/۱۵ و افزایش عمق ماکزیمم آبشستگی در Q_r معادل

عمق ناحیه آبشستگی در Qr معادل $0/15$ و $0/18$ به ترتیب کاهش و افزایش را در مقایسه با حالت اول تجربه می کند. نکته دیگر اینکه در حالت پنجم در قیاس با حالت سوم اگرچه در Qr معادل $0/12$ عمق آبشستگی تغییر چندانی ندارد ولی در Qr های بالاتر عمق ناحیه آبشستگی مقداری افزایش می یابد. همچنین در Qr معادل $0/12$ و $0/15$ طول ناحیه آبشستگی نسبت به حالت سوم کمتر است ولی در Qr معادل $0/18$ بیشتر است. با افزودن صفحات مستغرق در حالت ششم عمق ناحیه آبشستگی در مقایسه با حالت پنجم در تمام Qr ها کاهش می یابد در حالیکه طول ناحیه آبشستگی در Qr معادل $0/15$ کاهش و در Qr معادل $0/12$ و $0/18$ افزایش را تجربه می کند.

۳-۳- وضعیت کمی چاله آبشستگی

در شکل (۷) نتایج بیشینه عمق آبشستگی در حالات و شرایط آبیگری مختلف ارائه شده است. نتایج نشان می دهد که نصب آستانه در حالت دوم در Qr معادل $0/12$ و $0/15$ به ترتیب باعث کاهش 43% و 59% در صدی بیشینه عمق آبشستگی و در Qr معادل $0/18$ باعث افزایش 19% در صدی در مقایسه با حالت اول میشود. همچنین افزودن آبشکن در حالت سوم افزایش حدود 75% در صدی بیشینه عمق آبشستگی را در Qr معادل $0/12$ و $0/15$ و کاهش ناچیز 4% درصد را در Qr معادل $0/18$ در مقایسه با حالت دوم در پی دارد.

در حالت چهارم نصب صفحات مستغرق اگرچه باعث افزایش حدود 14% در صدی عمق آبشستگی در Qr معادل $0/12$ می شود ولی در Qr معادل $0/15$ و $0/18$ به ترتیب کاهش 4% و 56% در صد را موجب می شود. همچنین بیشینه عمق آبشستگی در حالت سوم و پنجم در مقایسه با حالت اول اگرچه در Qr معادل $0/12$ چندان تغییر نمی کند ولی در حالت سوم در Qr معادل $0/15$ و $0/18$ به ترتیب کاهش 28% و افزایش 14% درصد را تجربه می کند. در حالیکه در حالت پنجم در Qr معادل $0/15$ و $0/18$ به ترتیب کاهش 27% و افزایش 26% درصد رخ می دهد. همچنین افزودن صفحات در حالت ششم بطور متوسط باعث کاهش 21%

شکل ۶. پروفیل طولی بستر در کانال اصلی در موقعیت چاله آبشستگی ($Y=0$) در نسبت آبیگری یکسان و ترکیب و ابعاد مختلف از سازه های کنترل رسوب

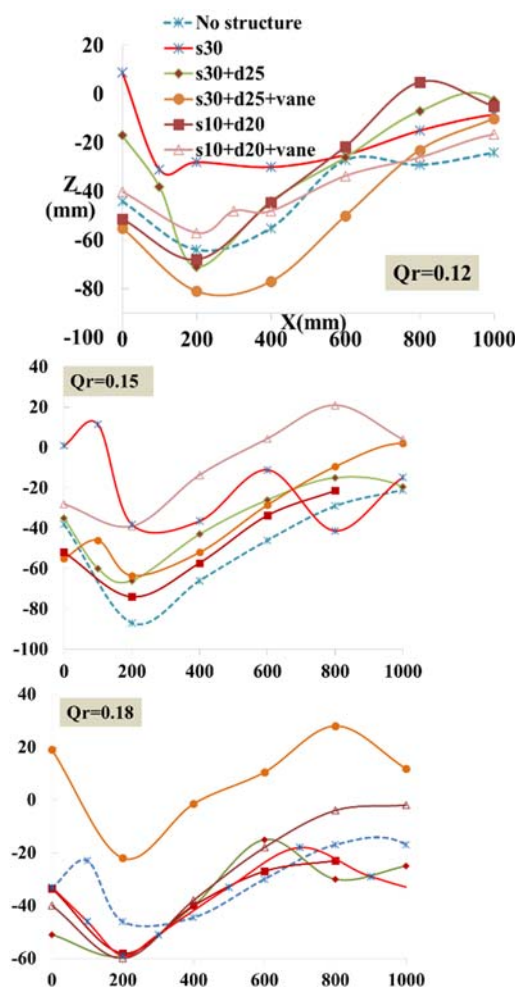


Fig. 6. Bed longitudinal profile in the position of scour hole ($Y=0$) under different conditions of sediment control and the same discharge ratio

با افزودن صفحات مستغرق در حالت چهارم، اگر چه در Qr معادل $0/15$ طول ناحیه آبشستگی چندان تغییر نمی کند ولی در Qr معادل $0/12$ و $0/18$ نسبت به حالت سوم به ترتیب افزایش و کاهش را تجربه میکند. همچنین اگر چه در Qr معادل $0/15$ عمق ناحیه آبشستگی اندکی کاهش می یابد ولی در Qr معادل $0/12$ و $0/18$ نسبت به حالت سوم به ترتیب افزایش و کاهش رخ می دهد. در حالت پنجم در مقایسه با حالت اول، در Qr معادل $0/12$ عمق و طول ناحیه آبشستگی تغییر چندانی ندارد ولی در Qr های بالاتر طول ناحیه آبشستگی با کاهش مواجه میشود در حالیکه

شکل ۸. ماکزیمم عرض بی بعد شده چاله آبشستگی بر حسب نسبت دبی آبیگری

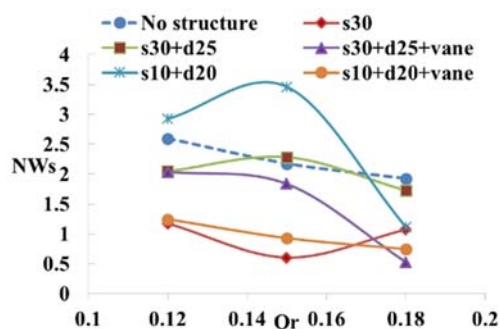


Fig. 8. The maximum scour hole width nondimensionalized against the discharge ratio

بیشینه عرض آبشستگی در حالت سوم در مقایسه با حالت اول اگرچه در Qr معادل ۰/۱۲ و ۰/۱۸، بترتیب ۲۱ و ۱۰ درصد کاهش را نشان می‌دهد ولی در Qr معادل ۰/۱۵، ۵ درصد افزایش می‌یابد. در حالیکه در حالت پنجم در مقایسه با حالت اول اگرچه در Qr معادل ۰/۱۲ و ۰/۱۵، بترتیب ۱۳ و ۵۹ درصد افزایش را نشان می‌دهد ولی در Qr معادل ۰/۱۸، ۴۲ درصد کاهش می‌یابد. همچنین افزودن صفحات در حالت ششم بطور متوسط باعث کاهش ۵۵ درصدی بیشینه عرض آبشستگی در مقایسه با حالت پنجم می‌شود. نکته دیگر اینکه بیشینه عرض آبشستگی در حالت چهارم در Qr های مختلف بطور متوسط کاهش بیش از ۳۶ درصدی عرض آبشستگی در مقایسه با حالت بدون سازه مشاهده می‌شود. در حالیکه در حالت ششم در مقایسه با حالت بدون سازه در Qr های مختلف بطور متوسط کاهش بیش از ۵۷ درصدی عرض آبشستگی رخ می‌دهد.

در حالات و شرایط آبیگری متفاوت نتایج طول آبشستگی در شکل (۹) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که نصب آستانه در حالت دوم در Qr معادل ۰/۱۲ باعث افزایش ۲۵ درصدی طول آبشستگی و در Qr معادل ۰/۱۵ و ۰/۱۸ باعث کاهش ۴۰ و ۱۱ درصدی در مقایسه با حالت اول می‌شود. همچنین افزودن آبشکن در حالت سوم کاهش حدود ۱۵ و ۲۱ درصدی طول آبشستگی را در Qr معادل ۰/۱۲ و ۰/۱۸ و افزایش ۲۹ درصد را در Qr معادل ۰/۱۵ در مقایسه با حالت دوم در پی دارد.

درصدی بیشینه عمق آبشستگی در مقایسه با حالت پنجم می‌شود. نکته دیگر اینکه بیشینه عمق آبشستگی در حالت چهارم در مقایسه با حالت اول در Qr معادل ۰/۱۲، افزایش ۱۵ درصدی و در Qr معادل ۰/۱۵ و ۰/۱۸ بترتیب کاهش ۳۱ و ۵۰ درصدی را تجربه می‌کند در حالیکه در حالت ششم در مقایسه با حالت اول در Qr معادل ۰/۱۲ و ۰/۱۵ بترتیب کاهش ۱۸ و ۵۲ درصدی و در Qr معادل ۰/۱۸ افزایش ۱۲ درصدی رخ می‌دهد.

شکل ۷. ماکزیمم عمق بی بعد شده چاله آبشستگی بر حسب نسبت دبی آبیگری

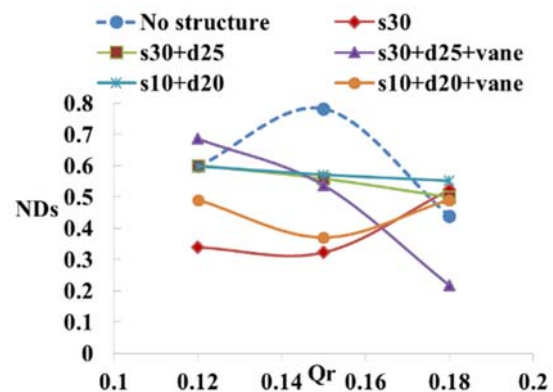


Fig. 7. The maximum scour hole depth nondimensionalized against the discharge ratio

نتایج بیشینه عرض آبشستگی در شرایط متفاوت در شکل (۸) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که نصب آستانه در حالت دوم بطور متوسط در Qr های مختلف باعث کاهش ۵۷ درصدی عرض آبشستگی در مقایسه با حالت بدون سازه می‌شود در حالیکه با افزودن آبشکن در حالت سوم، عرض آبشستگی بیش از ۱۳۷ درصد رشد را در مقایسه با حالت دوم تجربه می‌کند. همچنین نصب صفحات مستغرق بطور میانگین موجب کاهش قریب به ۳۰ درصد در مقایسه با حالت سوم می‌شود که البته در Qr معادل ۰/۱۲ کاهش ناچیز و در Qr معادل ۰/۱۵ و ۰/۱۸ بترتیب کاهش ۲۰ و ۶۹ درصدی رخ می‌دهد.

دوم تجربه می‌کند. همچنین نصب صفحات مستغرق در حالت چهارم در مقایسه با حالت سوم اگرچه در Qr معادل $0/12$ افزایش حدود 16 درصد را در پی دارد ولی در Qr معادل $0/15$ و $0/18$ بترتیب کاهش 19 و 85 درصدی را موجب می‌شود.

همچنین سطح آبشستگی در حالت سوم در مقایسه با حالت اول در Qr های مختلف بطور میانگین حدود 24 درصد کاهش را نشان می‌دهد در حالیکه در حالت پنجم در Qr معادل $0/12$ و $0/15$ بترتیب حدود 7 و 17 درصد افزایش و در Qr معادل $0/18$ ، 54 درصد کاهش را در مقایسه با حالت اول تجربه می‌کند. با افزودن صفحات در حالت ششم اگرچه در Qr معادل $0/18$ تغییر چندانی در سطح آبشستگی رخ نمی‌دهد ولی باعث کاهش 28 و 84 درصدی سطح در Qr معادل $0/12$ و $0/15$ در مقایسه با حالت پنجم می‌شود. نکته دیگر اینکه سطح آبشستگی در حالت چهارم در تمام Qr ها بطور میانگین کاهش 42 درصدی را در مقایسه با حالت اول را نشان می‌دهد. در حالیکه در حالت ششم در مقایسه با حالت اول میزان کاهش بطور متوسط 53 درصد است.

شکل ۱۰. مساحت بی بعد شده چاله آبشستگی بر حسب نسبت دبی آبگیری

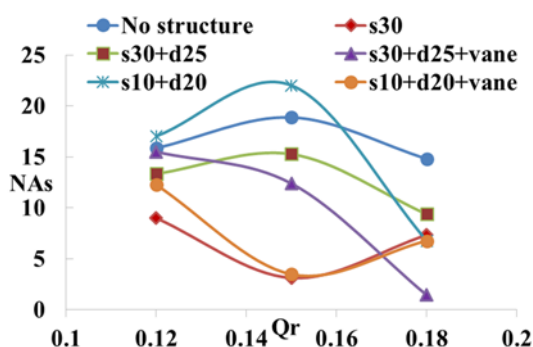


Fig. 10. The nondimensionalized area of scour hole against the discharge ratio

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش تاثیر شش حالت کنترل رسوب بر توپوگرافی بستر در اطراف دهانه آبگیر در کانال اصلی در سه نسبت آبگیری مختلف، بررسی و مقایسه شد. در شش حالت مذکور تاثیر آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق و ترکیب آنها و نیز تاثیر ابعاد آستانه و آبشکن مورد ارزیابی قرار گرفت. حالت‌های

شکل ۹. طول بی بعد شده چاله آبشستگی بر حسب نسبت دبی آبگیری

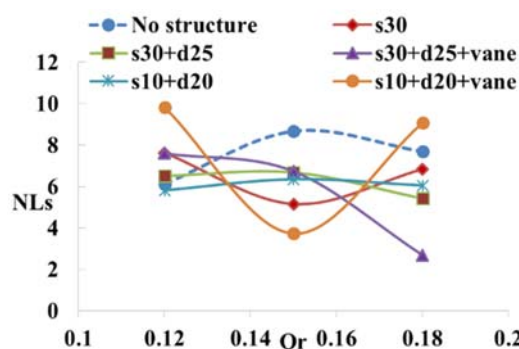


Fig. 9. The nondimensionalized length of scour hole against the discharge ratio

در حالت چهارم نصب صفحات مستغرق اگرچه تغییر چندانی در طول آبشستگی در Qr معادل $0/15$ در مقایسه با حالت قبل ایجاد نمی‌کند ولی در Qr معادل $0/12$ و $0/18$ بترتیب حدودا افزایش 17 و کاهش 50 درصد را موجب می‌شود. همچنین طول آبشستگی در حالت سوم در مقایسه با حالت اول در Qr معادل $0/15$ و $0/18$ بترتیب 23 و 29 درصد کاهش و در Qr معادل $0/12$ ، 6 درصد افزایش می‌یابد. در حالی‌که در حالت پنجم در مقایسه با حالت اول بطور میانگین حدود 18 درصد کاهش را نشان می‌دهد. افزودن صفحات در حالت ششم در Qr معادل $0/12$ و $0/18$ بترتیب 69 و 50 درصد افزایش و در Qr معادل $0/15$ ، 41 درصد کاهش را تجربه می‌کند. نکته دیگر اینکه طول آبشستگی در حالت چهارم در Qr معادل $0/12$ افزایش 24 درصدی و در Qr معادل $0/18$ کاهش 22 و 65 درصدی در مقایسه با حالت اول را نشان می‌دهد. در حالیکه در حالت ششم در مقایسه با حالت اول در Qr معادل $0/12$ و $0/18$ افزایش 61 و 18 درصدی و در Qr معادل $0/15$ کاهش 57 درصدی مشاهده می‌شود.

در شکل (۱۰) نتایج سطح آبشستگی در حالات و شرایط آبگیری متفاوت ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که نصب آستانه در حالت دوم در Qr های مختلف بطور میانگین باعث کاهش 59 درصدی سطح آبشستگی در مقایسه با حالت بدون سازه می‌شود در حالیکه با افزودن آبشکن در حالت سوم، سطح آبشستگی حدود 155 درصد رشد را در مقایسه با حالت

- of lateral-intake inflows. *Journal of Hydraulic Engineering*, 125(2), 126-140.
- [3] Hsu C., Tang C., Lee W. & Shieh M. 2002 Subcritical 90 equal-width open-channel dividing flow. *Journal Of Hydraulic Engineering*, 128(7), 716-720.
- [4] Vasquez J.A. 2005 Two- dimensional numerical simulation of flow diversions. 17th Canadian Hydrotechnical Conference.
- [5] Keshavarzi A. & Habibi L. 2005 Optimizing water intake angle by flow separation analysis. *Journal of Irrigation and Drainage*. 54(4), 543-552.
- [6] Ramamurthy A., Qu J. & Vo D. 2007 Numerical and experimental study of dividing open-channel flows. *Journal Of Hydraulic Engineering*, 133(10) , 1135-1144.
- [7] Karami Moghadam M., Shafai Bajestan M. & Sedghi H. 2010 Sediment Entry Investigation at the 30 Degree Water Intake Installed at a Trapezoidal Channel. *World Applied Sciences Journal*, 11 (1), 82-88.
- [8] Seyedian S. M. & Shafai Bajestan 2010 Comparison of Suspended Load Delivered Into the Intake by Changing the Canal Side Angle from Perpendicular to 45 Degrees. *Journal of Water and Soil*, 24(5), 985-994 (In Persian).
- [9] Wittaker, J. G. 1984 A solution for sediment control at intakes, channel and channel control proc., springer publications, Berlin. Edited by Smith, K.V. H.
- [10] Razvan E. 1989 River Intake and Diversion Dams. Elsevier Science Publishing Company Inc., New York, USA.
- [11] Raudkivi A. J. 1993 Sedimentation, Exclusion and Removal of Sediment from Diverted Water. IAHR, AIRH Hydraulic Structures, Design Manual, 63-87.
- [12] Nakato T. & Odgen F. L. 1998 Sediment Control at Water intakes along Sand Bed Rivers. *Journal of Hyd. Eng., ASCE*, 116(1), 119-128.
- [13] Abbasi A. A. 2003 Experimental

مذکور اگرچه طبق پژوهش‌های گذشته در کنترل رسوب عملکرد مناسبی داشتند ولی تبعات بعضاً مخربی از نوع آب‌شدگی و یا رسوبگذاری را برای بستر کانال در مجاورت سواحل و نواحی اطراف دهانه آبگیر در کانال اصلی ایجاد می‌کنند و موجب عدم پایداری در سواحل شده و یا عملکرد تجهیزات اطراف دهانه آبگیر را تحت الشعاع قرار می‌دهند پس بررسی دقیق این تبعات ضروری است.

نتایج نشان می‌دهد که سازه‌هایی مانند آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق و ترکیب آنها در ابعاد مختلف در کلیه Q_r های پژوهش شده، بر توپوگرافی بستر در بالادست تا پایین دست آبگیر در کانال اصلی موثر است و تاثیر آبشکن و صفحات مستغرق بارزتر است. همچنین سازه‌های مذکور و ترکیب آنها در ابعاد مختلف بر میزان و چگونگی توسعه چاله آبشستگی در مجاورت ساحل پایین دست آبگیر در کانال اصلی بسیار موثر است. در واقع در Q_r کم، قدرت مکش آبگیر پایین است و حجم آب کمتری به سمت ساحل کانال اصلی در سمت آبگیر منحرف می‌شود که قسمت اعظم آب منحرف شده وارد آبگیر نشده بلکه به سمت پایین دست و موقعیت ناحیه آبشستگی مجاور ساحل، هدایت می‌شود در حالیکه در Q_r بالاتر به دلیل افزایش مکش آبگیر، حجم آب بیشتری به سمت ساحل کانال اصلی در سمت آبگیر منحرف می‌شود ولی نسبت آب کمتری در مقایسه با قبل به سمت پایین دست و موقعیت ناحیه آبشستگی مجاور ساحل، جریان می‌یابد پس در موضوع میزان و چگونگی توسعه چاله آبشستگی در مجاورت ساحل پایین دست دهانه آبگیر در کانال اصلی، در Q_r و سامانه‌های مختلف رفتارهای کمی و کیفی متفاوت و بعضاً متضاد، مشاهده می‌شود.

۵- مراجع

- [1] Neary V. S. & Odgaard A. J. 1993 Three-dimensional flow structure at open channel diversions. *Journal of Hydraulic Engineering*, 119(11), 1224-1230.
- [2] Neary V., Sotiropoulos F. & Odgaard A.J. 1999 Three-dimensional numerical model

- National Science Foundation, Research Education for Under graduation, pp.15.
- [22] Karami Moghadam, M., Keshavarzi, A. 2009 An optimized water intake with the presence of submerged vanes in irrigation canals. Journal of Irrigation and Drainage. Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com) DOI: 10.1002/ird.504
- [23] Younesi H. , Omid M. & Sajedi Sabegh M. 2002 A study of the effects of the longitudinal arrangement of submerged vanes on decreasing sedimentation near the intake entrance , Fourth Iranian Hydraulic Conference, Shiraz University, Shiraz, Iran(In Persian)
- [24] Neil, C. R., & Evans, B. J. 1997 Discussion on sediment control at water intakes, J. Hydr. Eng., ASCE, 123(7),p 670
- [25] Michell F., Ettema R. & Muste M. 2006 Case study: Sediment control at water intake for large thermal-power station on a small river. Journal Of Hydraulic Engineering, 132(10), 440-449.
- [26] Ahmadi M. M. 2002 Experimental Study on the Effect of Groin on The Efficiency of Lateral Intake. M.Sc. Thesis , Tarbiat Modarres Univ. (In Persian).
- [27] Sajedi Sabegh M. & Habibi M. 2002 Experimental consideration of the effect of using submerged vanes and spur dike on increase of the intake efficiency. Fourth Iranian Hydraulic Conference, Shiraz University, Shiraz, Iran(In Persian)
- [28] Gohari S. 2009 The Investigation of Flow Pattern and Sediment Control at Lateral Intake with Spur Dike and Submerged Vanes. PhD thesis,Tarbiat Modarres University (In Persian).
- investigation on sediment control at Lateral Intake in straight channel. ,PhD thesis,Tarbiat Modarres University (In Persian).
- [14] Hassanpour F. 2006 Performance of Lateral Intake with Compound Submerged Vanes and Sill.PhD thesis,Tarbiat Modarres University (In Persian).
- [15] Esmaeili Varaki. M. 2008. Experimental investigation on the effect of the intake angle on the flow structure and amount of sediment entry to the lateral intake in diversion dam. PhD thesis,Tehran University (In Persian).
- [16] Nakato, T., Kennedy, J.F. and Bauerly, D. 1990 "Pump - Station Intake - Shoaling Control With Submerged Vanes", Journal of Hyd. Eng., ASCE, , Vol. 116 , No. 1 , PP. 119 - 128 .
- [17] Wang Y., Odgaard J., Melville W.& Jain, C. 1996 Sediment control at water intakes. Journal Of Hydraulic Engineering, 122(6), 353-356.
- [18] Barkdoll D., Ettema R. & Odgaard A.J. 1999 Sediment control at lateral diversions, limits and enhancement to vane use. Journal Of Hydraulic Engineering, 125(8), 862-870
- [19] Ouyang H. T. 2001 Design optimization of submerged vane system for sediment control. PhD. Thesis , IOWA University.
- [20] Keshavarzi A. & Shamsaddini-Nejad A. 2002 Plain secondary current at water intakes and its effect on sedimentation process. CSCE/EWRI of ASCE Environmental Engineering Conference, Niagara Falls 21-24 July.
- [21] Ho, J., Johnson, A., and White, S. 2004 3-D Numerical simulation study of permanent sediment control submerged vanes.

Study of the effect of the various layout of sediment control on bed topography at the 90° lateral intake

Ali Attarzadeh^{1*}, Masoud Ghodsian²

- 1- Assistant professor of Hydraulic Engineering, Department of Civil Engineering, Qom University of Technology, Qom, Iran
- 2- Professor of Hydraulic Engineering, Faculty of Civil & Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

*attarzadeh@qut.ac.ir

Abstract

Two main goals of water diversion away from rivers are sediment control and water supply with minimum sediment. These goals are commonly accomplished by using some hydraulic structures such as: sills, spur dikes and submerged vanes. These structures make changes in the pattern of flow and consequently the bed topography that lead to control of sediment entry into an intake. Despite their important role in sediment control, the results of previously published works indicate that in some cases these structures can cause substantial scour near the bank at the downstream of the intake on the main channel that may seriously jeopardize the stability of the bank in this area.

Using six layouts this report presents the results of an experimental study on the individual and combined effects of these structures (with different dimensions) on the bed topography at the upstream to downstream of main channel and the intake entrance. Furthermore, by measuring the length, width, depth and area, the scour region near the bank at the downstream of the intake on the main channel was qualitatively/quantitatively evaluated. Experiments were performed in a direct flume equipped with a recirculating sediment having a 90° lateral diversion channel at three discharge ratios of 0.12, 0.15 and 0.18 and in six sediment control systems. The results show that both individual structures (in particular, spur dikes and submerged vanes), and their combination, have significant effects on the bed topography at the upstream/downstream of the main channel, the intake entrance, and particularly at the bank connected to the intake that thus affect the amount of sediment entry into the intake. In fact, submerged vanes, by creating a secondary flow, generate a helical motion near the bank connected to the intake causing important changes in the bed topography in an area at the intake. The spur dikes, by flow deviation to the reservoir and also increase in the flow velocity, create a general scour along the flow path from upstream to downstream of the intake on the main channel. Additionally, they, by creating fluid flow in a curved path and thus a helical motion, cause local scour around the bank connected to the intake on the main channel.

The results also indicate that these structures and their combination play an important role on the size and area of the scour region near the bank at downstream of the intake on the main channel, but their response varies with discharge ratio. It was also observed that in many conditions sill causes a decrease in the size and area of the scour region at the downstream of intake. Similarly, although submerged vanes cause significant scouring at the upstream and downstream of the intake, in some conditions, they reduce the size and area of the scour region at the downstream of the intake. Last but not least, although spur dike causes a rise in the area of the scour region throughout the main channel as well as the intake entrance, its combination with sill and submerged vanes in some conditions reduces the area of the scour region at the intake downstream.

Key words: sill, spur dike, submerged vanes, bed topography, intake, scour