

بررسی آزمایشگاهی تاثیر آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق بر کنترل رسوب و توپوگرافی بستر در آبگیرهای جانبی

علی عطارزاده^۱، مسعود قدسیان^{۲*}، سیدعلی ایوب زاده^۳، سید علی اکبر صالحی نیشابوری^۴

- ۱- استادیار گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه صنعتی قم، قم
- ۲- استاد دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
- ۳- استاد گروه سازه های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
- ۴- استاد دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

* ghods@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۱/۴/۳ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۲/۹

چکیده

در این تحقیق، تاثیر هر یک از سازه های آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق بر کنترل رسوب ورودی به آبگیر و توپوگرافی بستر در اطراف آبگیر در نسبت دبی آبگیری ۰/۱۲، ۰/۱۵ و ۰/۱۸ بصورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته است. در هر حالت نسبت رسوب انحرافی، نسبت حجم رسوب مانده در آبگیر، پروفیل عرضی بستر، عرض جدایی جریان و میزان آبستگي در پایین دست آبگیر برداشت گردید و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان می دهد که هر یک از سازه های مذکور تاثیرات قابل توجه ای بر عرض جدایی جریان، کنترل رسوب، پروفیل عرضی بستر در کانال اصلی دارند. تاثیر آبشکن و صفحات مستغرق بر عرض جدایی جریان و پروفیل عرضی بستر بسیار بیشتر است در حالیکه در کنترل رسوب تاثیر آبشکن بیش از بقیه است و در حالت استفاده همزمان از آبشکن و آستانه نسبت رسوب انحرافی به آبگیر نسبت به حالت استفاده از فقط آستانه، بیش از ۹۰ درصد کاهش می یابد.

واژگان کلیدی: آستانه، آبشکن، صفحات مستغرق، نسبت رسوب انحرافی، پروفیل عرضی بستر، عرض جدایی جریان، نسبت دبی آبگیری

۱- مقدمه

روز افزون به آب و همچنین حرکت در جهت توسعه پایدار، تحقیق بیشتر در مسائل مهندسی رودخانه و ارائه راه کارهای مناسب جهت استفاده بهتر از منابع آبی رودخانه ها، لازم به نظر

به دلیل قرار گرفتن بخش عمده ای از مساحت کشور در ناحیه خشک و نیمه خشک، وجود خشکسالی های پی در پی و نیز نیاز

از جمله سازه های کنترل رسوب میتوان به آستانه اشاره کرد که با وجود سادگی، توانسته به مقدار قابل توجهی، از ورود رسوبات بستر به آبگیر جلوگیری کند [15-21]. بعلاوه تحقیقات نشان داده اند که صفحات مستغرق نقش بسیار موثری در دور کردن رسوبات بار بستر از دهانه آبگیر و کنترل رسوب در آنها دارند و تحقیقات مختلفی برای یافتن ابعاد، فواصل، و زاویه بهینه برخورد با جریان، آرایش های مختلف نصب صفحات و الگوی جریان در اطراف آنها در آبگیرها صورت پذیرفته است [22-29] و [19-20].

سازه دیگری که مدتی است مورد توجه بعضی محققان کنترل رسوب در آبگیر قرار گرفته آبشکن است که موضوعاتی همچون آرایش تک یا سری آبشکن با یا بدون صفحات مستغرق و ابعاد و موقعیت بهینه مکانی آن را با هدف کاهش رسوب انحرافی به آبگیر مورد بررسی قرار دادند [30-34].

نظر به تاثیر مثبت آبشکن در کنترل رسوب ورودی به آبگیر در تحقیقات قبلی، در این تحقیق تاثیر تک آبشکن، آستانه و صفحات مستغرق در کنترل رسوب مورد بررسی بیشتر قرار می گیرد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- تجهیزات آزمایشگاهی

به منظور انجام آزمایش ها از کانالی به طول و عرض بترتیب ۱۸ و ۱ متر استفاده شده است. این کانال، جدارهای از جنس پلکسی گلاس به ضخامت ۱ سانتیمتر دارد و در کف دارای بستر رسوبی از جنس سیلیس به قطر ۱ میلیمتر، جرم مخصوص ۲/۶۵ و انحراف معیار هندسی ۱/۱ که توسط یک تیغه مسطح، شیب ۰/۰۰۱ در آن ایجاد می شود. حداکثر جریان قابل تنظیم در کانال ۱۲۰ لیتر در ثانیه می باشد و دارای یک مخزن آب زیر زمینی به حجم ۵۰ متر مکعب می باشد. علاوه بر کانال اصلی، 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 بترتیب از دریچه کشویی رو و زیر گذر برای تنظیم نسبت دبی آبگیری

می رسد. کنترل رسوب و تامین آب مورد نیاز با حداقل رسوبات از اهداف مهم و پیچیده در انحراف آب از رودخانه ها می باشد. مهندسان و طراحان سازه های مرتبط با آب و رسوب همواره در پی روشهای کارآمد با حداقل هزینه ها در کنترل رسوب ورودی به شبکه های آبیاری و زهکشی، ایستگاههای پمپاژ، تامین آب شرب و تأسیسات صنعتی می باشند. حمل بار رسوبی همواره بخشی جدایی ناپذیر از سیستم رودخانه هاست. بنابراین به ناچار مقداری از رسوبات وارد آبگیر شده و ممکن است سبب انسداد دهانه آبگیر گشته و هدف اصلی آبگیری را مختل نمایند.

شرایط سه بعدی جریان در انشعاب رودخانه بر پیچیدگی شناخت جریان و رسوب آبگیرها می افزاید. در آبگیرها تحقیقات زیادی چه در زمینه هیدرولیک و الگوی جریان و چه در زمینه کنترل رسوب انجام گرفته است. بعنوان مثال در آبگیر از مسیر مستقیم بعضی از مسائل ذیل را مورد بررسی قرار دادند: الگوی جریان مقابل آبگیر، پروفیل سطح آب، جریان ثانویه در آبگیر، ابعاد ناحیه گردابی درون آبگیر، تاثیر نسبت عرض آبگیر به عرض کانال اصلی بر الگوی جریان، تاثیر شکل مقطع کانال اصلی، تاثیر زبری بستر در کانال اصلی بر مشخصه های جریان، نسبت عمق جریان در بالادست به عمق جریان در پایین دست آبگیر [1-14]. نظر به اینکه در کانال اصلی، عرض صفحه جدایی جریان در کف بیشتر از سطح می باشد (مقطع ۲-۲ در شکل ۱)، در نتیجه لایه های زیرین جریان که نزدیک بستر بوده و حاوی رسوبات بیشتری می باشند، سهم بیشتری در جریان ورودی به آبگیر دارند. به همین دلیل معمولاً در روشهای کنترل بار بستر ورودی به آبگیرها، تأکید بر جلوگیری از ورود لایه های پایینی جریان به داخل آبگیر می باشد [1].

شکل ۱. الگوی سه بعدی جریان در آبگیر جانبی

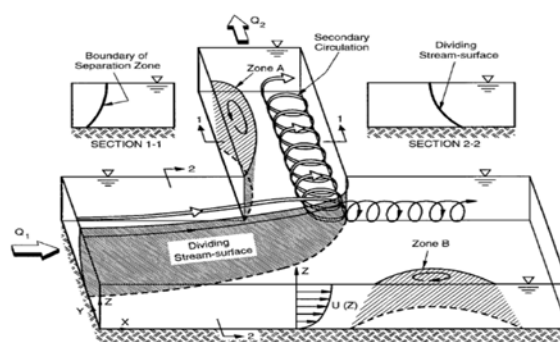


Fig.1. Main features of three- dimensional diversion flow [1]

$$Q_{SI} = f(Q_{Sm}, Q_m, Q_I, h_m, B_m, b_I, S, D_{50}, \sigma_g, g, t, \rho, \rho_s, \nu, \theta, H_s, H_v, L, N, \beta, \delta_s, \delta_n, \delta_b, L_D, H_D, L_I, \alpha) \quad (1)$$

که در این رابطه، Q_{SI} دبی رسوب ورودی به آبگیر، Q_{Sm} دبی رسوب حمل شده در کانال اصلی، Q_m دبی جریان در کانال اصلی، Q_I دبی جریان در کانال آبگیر، h_m عمق جریان در بالادست کانال اصلی، B_m عرض کانال اصلی، b_I عرض کانال آبگیر، S شیب کانال اصلی، D_{50} قطر متوسط رسوب بستر، $\sigma_g = (D_{84}/D_{16})^{0.5}$ انحراف معیار هندسی رسوبات بستر که در آن D_{84} و D_{16} بترتیب اندازه ذراتی است که ۱۶ و ۸۴ درصد مصالح رسوبی از آن کوچکترند، g شتاب ثقل، t زمان از شروع آزمایش، ρ جرم حجمی سیال، ν لزجت سینماتیکی سیال، ρ_s جرم حجمی رسوبات، θ زاویه کانال آبگیر با کانال اصلی، H_s ارتفاع آستانه، H_v و L ارتفاع و طول صفحات مستغرق، N تعداد ردیف صفحات مستغرق، β زاویه صفحات مستغرق با جریان، δ_s فاصله طولی صفحات مستغرق، δ_n فاصله عرضی صفحات مستغرق، δ_b فاصله عرضی اولین ردیف صفحات مستغرق از دهانه آبگیر، L_D طول آبشکن، H_D ارتفاع آبشکن، L_I فاصله آبشکن تا لبه پایین دست آبگیر و α زاویه آبشکن با جریان اصلی میباشند. با استفاده از آنالیز ابعادی π باکینگهام و ترکیب بعضی از گروه‌های بی بعد و پس از انجام ساده سازی به دلیل شرایط آزمایشها، رابطه ذیل منتج می شود:

$$G_r = H(Q_r) \quad (2)$$

که G_r نسبت رسوب انحرافی و به عبارت دیگر نسبت رسوب ورودی به کانال آبگیر به رسوبات ورودی به ابتدای کانال اصلی (که با رسوب بالادست آبگیر برابر است) و Q_r نسبت دبی انحرافی به کانال آبگیر میباشند.

حال اگر آنالیز ابعادی برای سه حالت دیگر نیز انجام پذیرد، برای هر حالت، رابطه ای مشابه رابطه (۲) بدست می آید با این تفاوت که میزان تابعیت G_r به Q_r ، در هر حالت متفاوت است از اینرو بطور کلی میتوان رابطه ذیل را ارائه نمود که در آن St ، معرف نوع حالت آزمایشی می باشد:

$$G_r = F(Q_r, St) \quad (3)$$

استفاده شده است. هر دو قسمت کانال اصلی و آبگیر، دارای سیستم چرخشی رسوب می‌باشند که در آن جریان و رسوب خروجی از آبگیر و کانال اصلی توسط پمپ لجن کش به ابتدای کانال اصلی بر می‌گردد. در این تحقیق چهار آرایش برای بررسی تاثیر آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق بر کنترل رسوب در نظر گرفته شده است که بشرح ذیل می باشد:

حالت اول: حالت "no structure" یا حالت بدون سازه که حالت شاهد می باشد و در آن هیچگونه سازه ای برای کنترل رسوب ورودی به آبگیر تعبیه نشده است. حالت دوم: حالت "sill" یا حالتی که در آن با نصب آستانه‌ای در ورودی آبگیر که دارای ارتفاعی معادل ۳۰ درصد عمق نرمال جریان بالادست کانال اصلی می باشد، رسوب ورودی به آبگیر کنترل می شود. حالت سوم: حالت "sill and dike" یا حالتی که علاوه بر نصب آستانه در ورودی آبگیر، یک آبشکن غیر مستغرق به طول ۲۵ درصد عرض کانال اصلی، در بالادست آبگیر در کانال اصلی نصب می شود. لازم به توضیح است که موقعیت و ابعاد آبشکن بر اساس نتایج تحقیق گوهری (۱۳۸۷) در نظر گرفته شده است. حالت چهارم: حالت "sill, dike and vane" یا حالتی که علاوه بر نصب آستانه در ورودی آبگیر و آبشکن در بالادست آبگیر، در جلوی آبگیر در کانال اصلی شش ردیف دو تایی از صفحات مستغرق نصب شده است. برای طراحی آرایش صفحات از توصیه های Ouyang(2001) استفاده شده است (جدول ۱). در شکل ۲ آرایش سازه های کنترل رسوب حالت چهارم ارائه شده است. در این شکل، مبدا مختصات لبه پایین دست آبگیر در کانال اصلی می باشد و سطح مبنا یا به عبارتی $z=0$ ، سطح اولیه رسوب بستر قبل از شروع آزمایش می باشد. لازم به توضیح است که در ادامه جهت اختصار، هر یک از حالات مذکور با عنوان حالت یک تا چهار بیان می شود.

۲-۲- آنالیز ابعادی و شرح آزمایش ها

در حالتی که از آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق بطور همزمان برای کنترل رسوب استفاده شود (یعنی حالت چهارم)، متغیرهای موثر در میزان رسوبات ورودی به کانال آبگیر (Q_{SI}) عبارتند از:

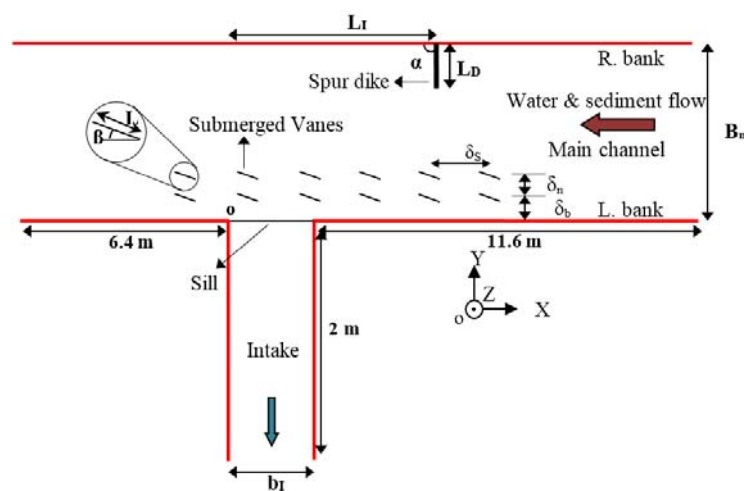
از اینرو در هر کدام از چهار حالتی که قبلاً به آن اشاره شد، سه آزمایش در سه نسبت دبی آبیگری ۰/۱۲، ۰/۱۵ و ۰/۱۸ انجام شد. مقدار دبی جریان بالادست آبیگر در کلیه آزمایش‌ها برابر

جدول ۱. پارامترهای مربوط به صفحات مستغرق بر اساس تحقیق Ouyang(2001)

parameters	β	$\frac{H_v}{h_m}$	L	δ_s	δ_n	δ_b
recomended	$15 < \beta < 45$	$0.2 < \frac{H_v}{h_m} < 0.5$	$2 H_v < L < 3 H_v$	$8 H_v < \delta_s < 10 H_v$	$2 H_v < \delta_n < 3 H_v$	$3 H_v$
used	20°	$0.3 H_v$	$3 H_v$	$8 H_v$	$3 H_v$	$3 H_v$

Table 1. Parameters in relation to submerged vanes based on Ouyang(2001) research

شکل ۲. آرایش سازه های کنترل رسوب در حالت "sill, dike and vane" (ابعاد (متر)، زاویه (درجه))



Desion characteristics	H_s	L_I	L_D	α	β	L	B_m	B_I	δ_s	δ_b	δ_n	H_v	h_m
in "sill, dike and vane" case	.035	1	0.25	90	20	.108	1	0.4	0.18	.108	.108	.036	0.118

Fig . 2. Array of sediment control structures for "sill, dike and vane" case(dimensions (m),angles(degree))

نمونه‌گیری در هر دو مسیر در فواصل زمانی مختلف انجام شده است. پس از رسیدن سیستم به تعادل، با اندازه‌گیری وزن رسوبات داخل آبیگر و نیز رسوبات ورودی به آن، نسبت رسوبات انحرافی (G_r) و حجم نسبی رسوب انباشته در آبیگر (V_r) محاسبه شده است.

در راستای بررسی بهتر علل تغییرات میزان رسوب ورودی به آبیگر در حالات مختلف، مشابه تحقیق دیگر محققین، با استفاده از تزریق ماده رنگی در موقعیت طولی $b/4$ بالادست

سطح رسوبات در کانال اصلی هم تراز کف آبیگر در نظر گرفته شده است. عمق رسوبات در کلیه آزمایش‌ها ثابت و برابر ۳۴ سانتیمتر بوده است. سطح رسوبات بوسیله تسطیح کننده در کلیه آزمایش‌ها صاف شده و سپس با راه اندازی جریان توسط پمپ، آزمایش‌ها شروع می‌شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها و ثبت داده‌ها بعد از به تعادل رسیدن جریان آب و رسوب انجام شد. زمان تعادل حالتی فرض شده است که در آن رسوب خروجی از آبیگر و کانال اصلی به مقدار تقریباً ثابتی برسد. این کار بوسیله

در حالت وجود آستانه (حالت دو)، در حد فاصل سطح آب تا حوالی رقوم تاج آستانه ($z=35\text{mm}$) با حرکت به سمت کف، عرض جدایی جریان افزایش می یابد. ولی در حد فاصل بین حوالی تاج آستانه تا لایه های نزدیک کف روند افزایشی مذکور به هم خورده و حتی بعضاً به روند کاهشی تبدیل می شود که علت آن، ممانعت آستانه از ورود مستقیم جریان به داخل آبگیر می باشد.

شکل ۳. نمودار عرض جدایی جریان در عمق در موقعیت $X=500\text{mm}$ در Qr های مختلف و حالت ثابت

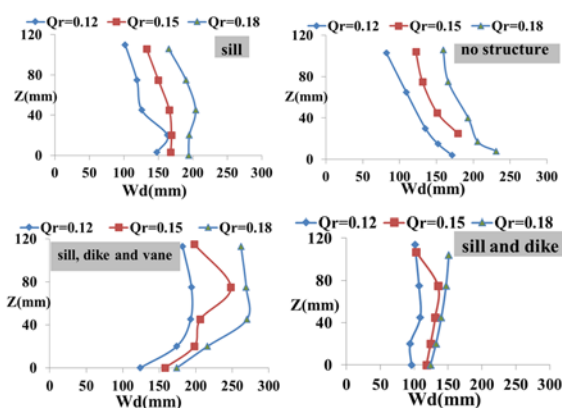


Fig. 3. Dividing stream-surface at $x=500\text{mm}$ for the same case and different discharge ratios

در حالت سه، بجز اطراف سطح آب در بعضی Qr ها، در مابقی عمق، با کاهش Z عرض جدایی جریان کاهش می یابد. در حالت وجود آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق (حالت چهار)، در حد فاصل سطح آب تا اواسط عمق، با کاهش Z ، عرض جدایی جریان مقداری افزایش می یابد ولی در مابقی عمق با کاهش Z ، عرض جدایی جریان به شدت کاهش می یابد.

نمودار عرض جدایی جریان در عمق جریان در حالات مختلف و Qr یکسان جهت مقایسه بین حالات در شکل ۴ ارائه شده است. با بررسی نمودارهای عرض جدایی جریان در این شکل، میتوان تاثیر تک تک هر یک از سازه های کنترل رسوب را بصورت جداگانه بر عرض جدایی جریان مورد ارزیابی قرار داد و از آن در تجزیه و تحلیل میزان رسوب ورودی به آبگیر در شرایط مختلف استفاده کرد.

آبگیر در اعماق مختلف، عرض جدایی جریان در عمق جریان بعنوان یک پارامتر تاثیرگذار بر میزان رسوب ورودی به آبگیر بدست آمده است. در واقع در موقعیت طولی مذکور، در هر عمق، در هر موقعیت عرضی که نیمی از ماده رنگی تزریقی به آبگیر وارد شود و نیم دیگر به پایین دست آبگیر در کانال اصلی منتقل شود، آن موقعیت بعنوان مختصات عرض جدایی جریان در آن عمق ثبت شده است [24]. لازم به ذکر است که مختصات عرض جدایی جریان در هر عمق در موقعیت طولی مذکور، همان فاصله صفحه جدایی جریان در آن عمق تا ساحل چپ کانال اصلی می باشد. علاوه بر آن، توسط پروفایلر لیزری بستر با دقت ۱ میلیمتر، پروفیل عرضی بستر در دو موقعیت ($x=200$ ، $x=500\text{mm}$) برداشت شده است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱ - عرض خط جدایی جریان و ارتباط آن با میزان رسوب ورودی به آبگیر

مشخصات عرض جدایی جریان در عمق، نشاندهنده سهم لایه های مختلف جریان در کانال اصلی، در تغذیه آبگیر می باشد. نمودار عرض جدایی جریان در عمق در Qr های مختلف در شکل ۳ ارائه شده است. در این شکل با بررسی نمودارها می توان گفت که در همه حالات مقدار عرض ناحیه جدایی جریان تابع نسبت دبی آبگیری (Qr) بوده و با افزایش Qr افزایش می یابد که به تبع آن میزان رسوب ورودی به آبگیر افزایش می یابد. البته افزایش عرض مذکور در حالات مختلف متفاوت می باشد بعنوان مثال با افزایش ۵۰ درصدی Qr ، میزان افزایش عرض خط جدایی جریان در حالت بدون سازه (حالت یک) در کل عمق حدود ۶۰ درصد و در حالت استفاده همزمان از آستانه و آبشکن (حالت سه) کمتر از ۳۷ درصد است که علت آن اینست که چون آبشکن موجود باعث تنگ شدگی مجرا در کانال اصلی می شود از اینرو میزان افزایش عرض خط جدایی جریان در این حالت از حالت یک بمراتب کمتر است. در حالت یک، عرض جدایی جریان در سطح کم و با کاهش Z زیاد می شود و در نزدیک کف به حداکثر مقدار می رسد.

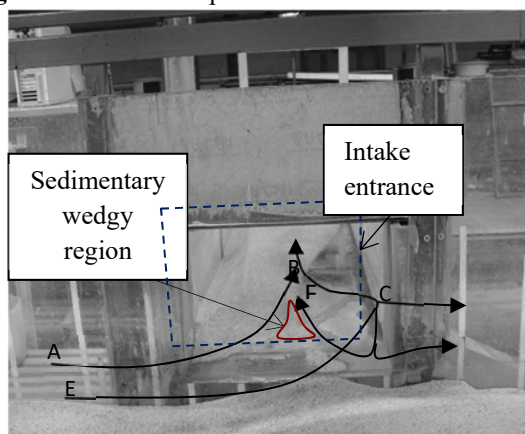
کف آبگیر و رقوم در کانال اصلی قبل از شروع آزمایش است ولی در انتهای آزمایش و زمان برداشت داده ها در این حالت، رقوم کف بسیار کمتر از رقوم صفر می باشد.

۲-۳ - الگوی جریان در اطراف آبگیر

مطابق شکل ۵ وقتی جریان یک مجرای مستقیم به آبگیر می رسد دبی انحرافی از حدود دو سوم بالادستی دهانه وارد آبگیر می شود (مسیر AB) که به نظر می رسد به دلیل بالا بودن شیب هیدرولیکی و تغییرات شدید ممتوم، باعث تنش برشی شدیدی در بستر می شود که آبشستگی و به تبع آن انتقال رسوبات به داخل آبگیر را در پی دارد.

بخش دیگر دبی انحرافی از یک سوم پایین دستی دهانه وارد آبگیر می شود. در واقع پس از برخورد جریان به ساحل پایین دست آبگیر، یک جریان رو به پایین شکل می گیرد که آبشستگی موضعی را در پی دارد و پس از آن بخشی از جریان مذکور به همراه رسوب به داخل آبگیر هدایت می شود (مسیر CF). برخورد دو مسیر جریان AB و CF، یک ناحیه گوه ای شکل رسوبی در دهانه آبگیر ایجاد می کند. همچنین یک تپه رسوبی در جلوی آبگیر و تقریباً متصل به ناحیه گوه ای مذکور ایجاد می شود که در شکل ۵ به وضوح قابل مشاهده است.

Fig. 5. A view of flow patterns around the intake entrance



شکل ۵. نمایشی از الگوی جریان در اطراف دهانه آبگیر

۳-۳ - پروفیل عرضی بستر و ارتباط آن با میزان رسوب ورودی به آبگیر

در شکل ۶ پروفیل عرضی بستر در کانال اصلی در $X=500\text{mm}$ (یعنی همان محلی که مشخصات عرض جدایی جریان برداشت

با بررسی نمودارهای عرض جدایی جریان در حالت دو در شکل ۴ و مقایسه آن با حالت یک می توان گفت در تمامی Q_r ها، در نزدیک کف عرض خط مذکور کاهش و در رقوم بالاتر جهت تامین آب موردنیاز آبگیر، عرض خط مذکور مقداری افزایش می یابد. در واقع آستانه علاوه بر ممانعت از ورود مستقیم جریان نزدیک کف در کانال اصلی به آبگیر، سهم رقوم بالاتر جریان را (که فاقد رسوب است) در تامین آب آبگیر بیشتر می کند از اینرو میزان رسوب ورودی به آبگیر کاهش می یابد.

شکل ۴. نمودار عرض جدایی جریان در عمق در $X=500\text{mm}$ در Q_r ثابت و حالات مختلف

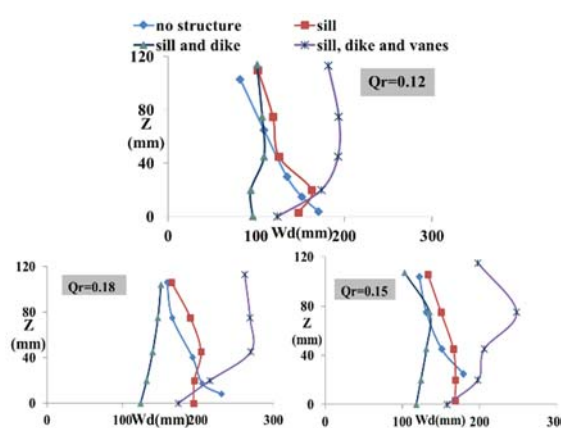


Fig. 4. Dividing stream-surface at $x=500\text{mm}$ for the different cases and the same discharge ratio

اگر نمودارهای عرض جدایی جریان حالت سه و دو با هم مقایسه شود، می توان گفت در تمامی Q_r ها، عرض جدایی جریان هم در رقوم نزدیکتر به کف (یعنی Z های کم) و هم در رقوم نزدیک به سطح (یعنی Z های زیاد) کاهش می یابد. این کاهش در نزدیک کف بیش از سطح و بترتیب ۳۴ و ۲۳ درصد است که کاهش شدید رسوب ورودی به آبگیر را موجب می شود.

در شکل ۴ با مقایسه نمودارهای عرض جدایی جریان حالت سه و چهار، میتوان به این نکته اشاره کرد که در تمامی Q_r ها، به دلیل وجود صفحات مستغرق عرض جدایی جریان هم در رقوم نزدیک سطح و هم در رقوم صفر افزایش می یابد ولی درصد افزایش در نزدیک سطح بیش از کف می باشد و بترتیب ۸۰ و ۳۴ درصد میباشد. لازم به ذکر است که رقوم صفر معادل رقوم

در QR های بررسی شده، نمودار حالت سه را میتوان به سه قسمت مشخص تقسیم کرد. در قسمت اول که در اطراف ساحل متصل به آبگیر قرار دارد، رقوم بستر نسبت به حالت دو کاهش چشمگیری دارد که بر میزان رسوب ورودی به آبگیر موثر بوده و باعث کاهش آن می شود، قسمت دوم که در نواحی میانی و دارای عمق آبشستگی زیاد است و قسمت سوم که در سمت راست و نزدیک به ساحل مقابل آبگیر است و رسوبگذاری قابل توجه در آن رخ داده است. به نظر می رسد علت ایجاد پروفیل عرضی بستر در قسمت اول و سوم ناشی از جریان ثانویه ای باشد که به دلیل تشکیل یک مسیر منحنی الخط ناشی از وجود آبشکن حادث می شود که در تحقیق گوهری به وضوح مشاهده شده است. این جریان ثانویه که البته با جریان طولی ترکیب شده و یک جریان حلزونی را شکل می دهد، باعث می شود رسوبات در کف از وجه خارجی این مسیر (که نزدیک به ساحل چپ است) به وجه داخلی آن (که نزدیک به ساحل راست است) منتقل شود و در نزدیک ساحل متصل به آبگیر و ساحل مقابل آبگیر بترتیب آبشستگی و رسوبگذاری رخ دهد.

در واقع آبشکن از طرفی باعث افزایش سهم لایه های نزدیک سطح آب و کاهش سهم لایه های نزدیک کف در تغذیه آبگیر می شود و از طرفی باعث دور کردن رسوبات نزدیک کف از آبگیر و به تبع آن کاهش رقوم بستر در جلوی آبگیر می شود که هر دو از عوامل کاهشدهنده در میزان رسوب ورودی به آبگیر محسوب می شوند از اینرو کاهش شدیدی در میزان رسوب ورودی به آبگیر و نیز حجم رسوب مانده در آبگیر رخ می دهد. در قسمت دوم نمودار بدلیل افزایش سرعت جریان ناشی از تنگ شدگی مجرا و وجود جریان نعل اسبی در اطراف آبشکن و گسترش آن به پایین دست، آبشستگی شدید در این ناحیه رخ داده است. نکته دیگر اینکه با افزایش QR، ناحیه دوم نمودار مذکور به سمت آبگیر گسترش پیدا کرده است که میتوان آن را با افزایش عرض جدایی جریان مرتبط دانست.

با مقایسه پروفیل عرضی بستر دو حالت سه و چهار در شکل ۶، می توان گفت در تمامی QR ها تاثیر جریان ثانویه ناشی از وجود صفحات مستغرق - که در تحقیقات مربوط به صفحات

شده است) در QR های یکسان و ترکیب سازه های کنترل رسوب مختلف، ارائه شده است.

با بررسی پروفیل عرضی بستر در حالت دو و مقایسه آن با حالت یک می توان گفت رقوم بستر در ساحل متصل به آبگیر ($Y=0$) در حالت دو بالاتر از رقوم بستر در حالت یک است و این اختلاف با افزایش QR افزایش می یابد. در واقع آستانه به دلیل ممانعت از ورود آب و رسوب در رقوم نزدیک کف به آبگیر، باعث انباشت رسوب پشت آستانه و نیز ساحل بالادست متصل به آبگیر می شود. هر چقدر QR بیشتر باشد چون جریان و به تبع آن رسوب بیشتری به سمت آبگیر منحرف می شود رسوب بیشتری در ساحل مذکور و پشت آستانه انباشت و رقوم بالاتری برای بستر اطراف ساحل بالادست و از جمله محل مورد بررسی حاصل می شود.

شکل ۶. پروفیل عرضی بستر در کانال اصلی در $X=500\text{mm}$ در QR های یکسان و ترکیب سازه های کنترل رسوب مختلف

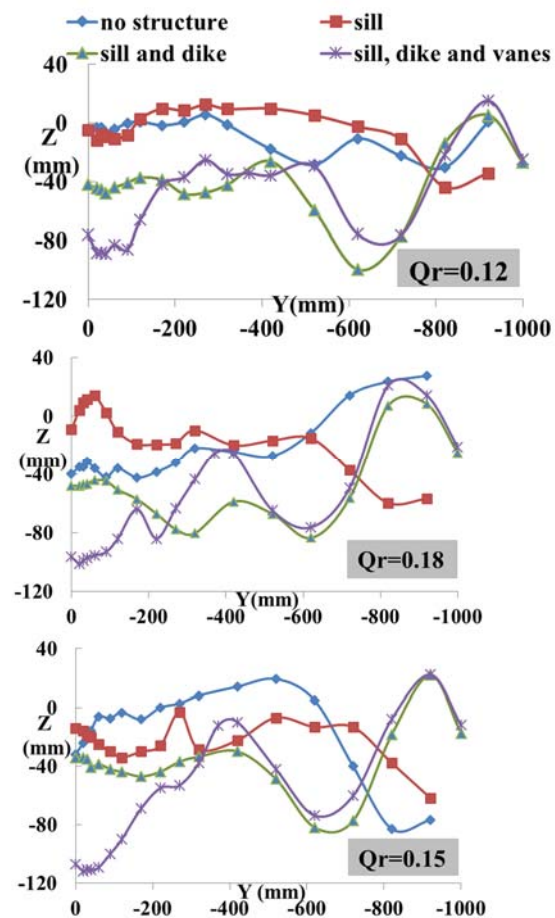


Fig. 6. Bed transversal profile at $x=500\text{mm}$ under different conditions of sediment control and the same discharge ratio

است، ناحیه سوم ($y=500-750\text{mm}$) ناحیه ای است که در آن آبشستگی محسوسی وجود دارد و ناحیه چهارم ($y=750-1000\text{mm}$) ناحیه ای است که در آن رسوبگذاری شدیدی شکل می گیرد.

با مقایسه دو نمودار حالت سه و چهار در شکل ۷ میتوان به تاثیر صفحات مستغرق بر توپوگرافی بستر در جلوی آبگیر پی برد. در تمامی Qr ها، در صورت وجود صفحات آبشستگی شدیدی در نزدیک ساحل چپ (تقریباً در $y=0-200\text{mm}$) رخ می دهد. علت آن، همانطور که قبلاً تشریح شد، به دلیل ایجاد جریان ثانویه القایی توسط صفحات می باشد. در Qr کمتر، علاوه بر ناحیه آبشستگی در $y=0-200\text{mm}$ ، یک ناحیه رسوبگذاری در حوالی نقطه $y=200\text{mm}$ رخ می دهد که در Qr بالاتر، رسوبگذاری اگرچه با مقدار کمتر ولی بصورت گسترده (و نه متمرکز) در $y=300-750\text{mm}$ رخ می دهد. بعبارتی، در Qr کمتر تاثیر جریان ثانویه القایی صفحات به اطراف صفحات محدود می شود در حالیکه در Qr های بیشتر، این تاثیر تا فاصله بیشتری از صفحات در عرض مجرا قابل مشاهده است.

۴-۳- تغییرات زمانی دبی رسوب در کانال اصلی و آبگیر

در شکل ۸ تغییرات زمانی دبی رسوب در کانال اصلی و آبگیر ارائه شده است. با بررسی نمودارها مشخص می شود که پس از حدود چهار ساعت سیستم تقریباً به تعادل دینامیکی می رسد و رسوب خروجی از سیستم با رسوب ورودی به آن تقریباً برابر می شود.

مشاهده شده است- بر توپوگرافی بستر مشهود است. در Qr های بررسی شده، نمودار حالت چهار را میتوان به چهار قسمت مشخص تقسیم کرد. از ساحل چپ ($Y=0$) به سمت ساحل راست ($Y=1000\text{mm}$)، قسمت اول که در نزدیکی ساحل چپ قرار دارد و دارای آبشستگی شدیدی است و نیز قسمت دوم که نسبت به نمودار حالت سه دارای رسوب گذاری است هر دو در نیمه چپ مجرا واقعند. قسمت سوم که دارای آبشستگی زیادی است بخش اعظم آن در نیمه راست مجرا قرار دارد و قسمت چهارم که رسوبگذاری در آن زیاد است تماماً در نیمه راست مجرا و نزدیک به ساحل راست واقع است.

در قسمت اول به نظر می رسد به دلیل هم جهت بودن جریان ثانویه ناشی از وجود آبشکن و جریان ثانویه ناشی از وجود صفحات مستغرق، آبشستگی بسیار شدیدی رخ می دهد. در قسمت دوم که بیشتر تحت تاثیر جریان ثانویه ناشی از وجود صفحات می باشد رسوبگذاری قابل مشاهده است. جریان ثانویه ناشی از صفحات مستغرق باعث برداشت رسوب از اطراف ساحل چپ و انتقال آن به فاصله ای دورتر از ساحل چپ و بعبارتی به قسمت دوم و انباشت آن در این قسمت می شود. از اینرو رقوم بستر در اطراف دهانه آبگیر و به تبع آن رسوب ورودی به آبگیر بشدت کاهش می یابد.

در شکل ۷، در موقعیت $x=200\text{mm}$ (یعنی در موقعیت وسط دهانه آبگیر) پروفیل عرضی بستر در کانال اصلی، در ترکیب مختلف از سازه های کنترل رسوب با Qr یکسان ارائه شده است. مقایسه دو نمودار حالت یک و دو در این شکل نشان می دهد که وجود آستانه (به دلیل ممانعت از ورود رسوب به آبگیر) باعث انباشت رسوب در جلوی آبگیر و بالا آمدن رقوم بستر در اطراف ساحل چپ می شود و در دیگر نقاط تاثیر مشخصی دیده نمی شود. با بررسی دو نمودار حالت دو و سه در شکل ۷ تاثیر آبشکن بر توپوگرافی بستر در جلوی آبگیر مشخص می شود. در این شکل در تمام Qr ها، میتوان کل عرض مجرا را به چهار ناحیه مجزا با ابعاد تقریباً یکسان تقسیم کرد. ناحیه اول ($y=0-250\text{mm}$) ناحیه ای است که در آن آبشستگی شدیدی رخ داده و متصل به دهانه آبگیر می باشد، ناحیه دوم ($y=250-500\text{mm}$) ناحیه ای است که نسبت به دو ناحیه اطراف خود دارای رقوم بستر بالاتری

به دهانه آبرگیر رسیده است، محاسبه کرد و در تعیین نسبت حجم مانده رسوب در آبرگیر بکار گرفت. لازم به توضیح است که داده ها بعد از رسیدن سیستم به تعادل برداشت شده است، در این حالت رسوب ورودی به آبرگیر با رسوب خروجی از آن برابر است.

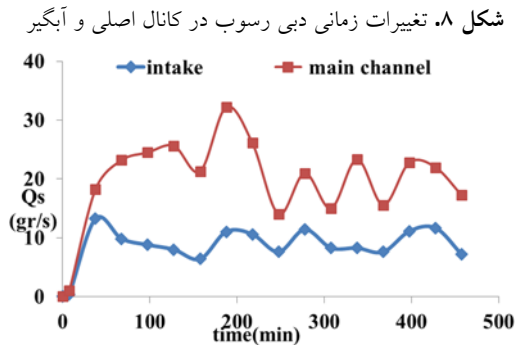


Fig. 8. Time variation of sediment discharge in the main channel and intake

۳-۵ - نسبت رسوب انحرافی به آبرگیر

در شکل ۹ نسبت رسوب انحرافی به آبرگیر بر حسب نسبت دبی آبرگیری ارائه شده است. با بررسی نمودارها در این شکل میتوان گفت که در تمام حالات با افزایش نسبت آبرگیری میزان رسوب انحرافی نیز افزایش می یابد که علت را میتوان در نتایج عرض جدایی جریان جستجو کرد که در بخشهای قبل تشریح شد. همچنین در حالتی که از آستانه بعنوان یک سازه کنترل رسوب در دهانه آبرگیر استفاده شود رسوب انحرافی به آبرگیر در نسبتهای آبرگیری ۱۲ تا ۱۸ درصد بترتیب حدود ۶۸ تا ۱۶ درصد کاهش می یابد. در واقع آستانه ورود رسوبات نزدیک کف در کانال اصلی به آبرگیر را کاهش می دهد ولی بدلیل برخورد جریان نزدیک کف به آن، در نسبتهای آبرگیری بالاتر آشفتنگی در اطراف آستانه افزایش می یابد که باعث می شود بخشی از رسوبات از کف بلند شده و وارد آبرگیر شوند از اینرو آستانه با افزایش نسبت آبرگیری کاهش می یابد. در صورتیکه علاوه بر وجود آستانه در دهانه آبرگیر، یک آبشکن (با مشخصاتی که قبلاً بیان شده است) در ساحل مقابل آبرگیر نصب شود، در مقایسه با حالتی که آبشکن نصب نشده باشد (یعنی همان حالت قبلی) رسوب ورودی به آبرگیر بیش از ۹۰ درصد کاهش می یابد.

شکل ۷. پروفیل عرضی بستر در کانال اصلی در $X=200\text{mm}$ در Qr های یکسان و ترکیب سازه های کنترل رسوب مختلف

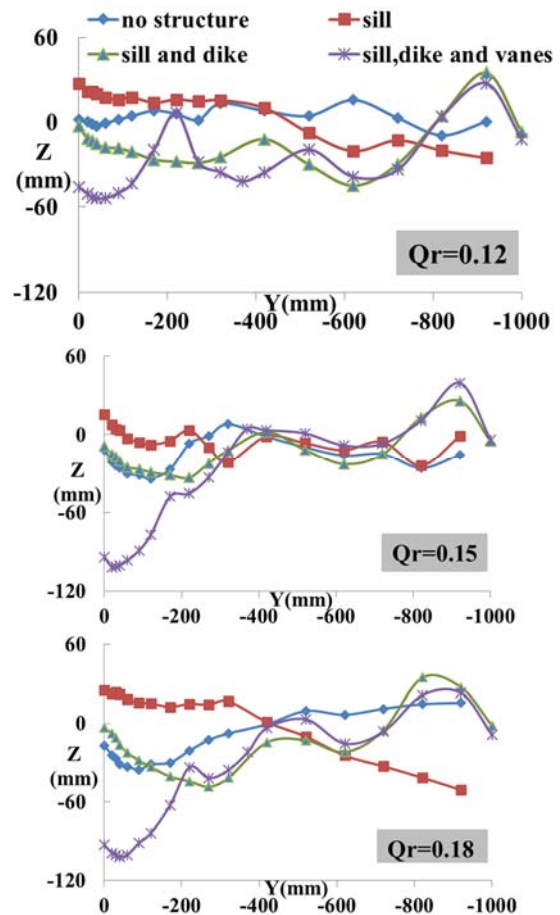


Fig. 7. Bed transversal profile at $x=200\text{mm}$ under different conditions of sediment control and the same discharge ratio

در نمودار مربوط به آبرگیر، در ابتدا به دلیل عدم وجود رسوب در آبرگیر، مقاومت در برابر جریان کم است از اینرو، مقادیر زیاد رسوب به پایین دست آبرگیر منتقل می شوند. ولی با گذشت زمان، بخشی از رسوب ورودی به آبرگیر در ناحیه گردابی انباشت می شوند و دبی رسوب انتقالی به پایین دست کاهش می یابد. انباشت رسوب در آبرگیر مقاومت در برابر جریان را افزایش داده و باعث کاهش بیشتر دبی رسوب انتقالی به پایین دست آبرگیر میشود. این روند تا رسیدن به تعادل ادامه می یابد تا در نهایت میزان رسوب ورودی به آبرگیر با میزان رسوب خروجی از آبرگیر برابر می شود. در نمودار مربوط به آبرگیر، بعد از قریب به سه ساعت دبی رسوب انتقالی به پایین دست آبرگیر به تعادل می رسد. با استفاده از این زمان و دبی متوسط رسوب در کانال اصلی میتوان میزان کل رسوبی را که در طی این مدت از بالادست کانال اصلی

رسوب مانده در آبگیر کاهش می یابد که در حالت یک، این کاهش حجم رسوب بسیار بیشتر است. در این حالت وقتی نسبت دبی آبگیری افزایش می یابد از طرفی توان حمل رسوب در آبگیر افزایش و از طرف دیگر میزان رسوب انحرافی به آبگیر افزایش می یابد ولی درصد افزایش Q_r با توجه به شکل ۹ بسیار بیشتر از درصد افزایش رسوب انحرافی به آبگیر است. از اینرو، نسبت حجم رسوب مانده در آبگیر به شدت کاهش می یابد.

شکل ۱۰. نسبت رسوب رسوب مانده در آبگیر بر حسب نسبت دبی آبگیری

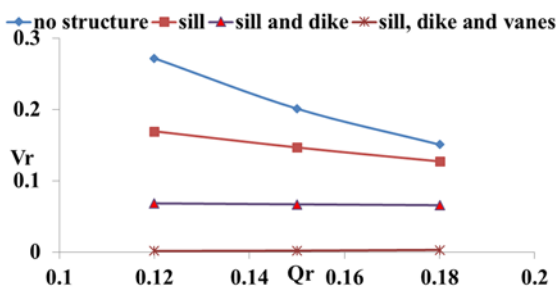


Fig. 10. volume fraction of sediment deposited within intake versus discharge ratio under the different cases

در حالت دو نیز مکانیسم انباشت رسوب مشابه حالت یک است ولی با توجه به شکل ۹ رسوب ورودی به آبگیر در این حالت نسبت به حالت یک کاهش می یابد و میزان کاهش در Q_r کمتر، شدیدتر است لذا در Q_r های کمتر، کاهش شدیدتری در میزان حجم رسوب مانده در آبگیر نسبت به حالت یک رخ می دهد. لازم به ذکر است که در این حالت میزان کاهش نسبت به حالت یک، در Q_r های ۱۸ و ۱۲ درصد بترتیب ۱۶ و ۳۸ درصد است.

در حالت سه، چون رسوب ورودی به آبگیر نسبت به حالت قبل بشدت کاهش می یابد، حجم رسوب مانده در آبگیر نیز کاهش ۴۸ تا ۶۰ درصد را بترتیب برای Q_r های ۱۸ تا ۱۲ درصد نسبت به حالت قبل دارد. ولی چون طبق شکل ۹ افزایش رسوب ورودی به آبگیر به ازای افزایش Q_r ناچیز می باشد کاهش حجم رسوب مانده در آبگیر به ازای افزایش Q_r بسیار کم است. در حالت چهار، چون طبق شکل ۹ رسوب ورودی به آبگیر نزدیک صفر است حجم رسوب مانده در آبگیر در تمام Q_r ها بسیار ناچیز است.

شکل ۹. نسبت رسوب انحرافی به آبگیر بر حسب نسبت دبی آبگیری

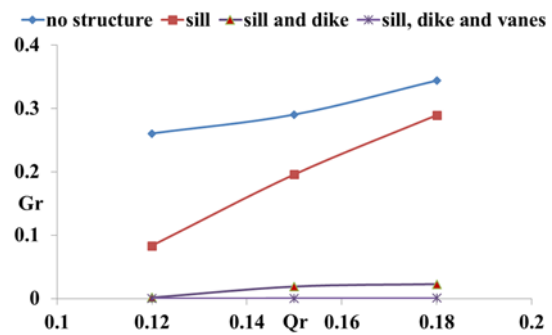


Fig. 9. Ratio of bed sediment transport into intake versus discharge ratio under the different cases

اگر علاوه بر وجود آستانه در دهانه آبگیر و آبشکن در بالادست آبگیر در ساحل مقابل آبگیر، دو ردیف صفحات مستغرق در مقابل آبگیر نصب شود میزان رسوب ورودی به آبگیر نزدیک به صفر می شود که علت تمام موارد مذکور را میتوان در بررسی خط جدایی جریان و توپوگرافی بستر جستجو کرد که در بخشهای قبل به آن پرداخته شد.

بطور کلی میتوان رابطه ذیل را برای نسبت رسوب انحرافی بر حسب نسبت دبی آبگیری و نوع سازه کنترل رسوب ارائه کرد:

$$Gr = A Q_r^2 + B Q_r \quad (5)$$

که در آن:

$$A = 7.076 St^3 - 58.056 St^2 + 142.98 St - 95.847$$

$$B = -0.836 St^3 + 7.197 St^2 - 19.285 St + 15.505$$

همچنین مقدار St حسب عدد حالت مورد استفاده که قبلاً تشریح شد، برابر اعداد یک تا چهار میباشد.

۳-۶- نسبت حجم رسوب مانده در آبگیر

انباشت رسوب در آبگیر، تقارن عرضی جریان هدایت شده به پایین دست را بر هم می زند که میتواند از راندمان عملکرد تاسیسات پایین دست بکاهد از اینرو اگر میزان عدم تقارن جریان آب در آبگیر تابع میزان حجم رسوب مانده در آبگیر در نظر گرفته شود، بررسی نسبت حجم رسوب مانده در آبگیر در شرایط مختلف میتواند مفید باشد [24].

با بررسی نمودارهای نسبت حجم رسوب مانده در آبگیر در شکل ۱۰ میتوان گفت که با افزایش نسبت دبی آبگیری، به دلیل افزایش سرعت جریان در آبگیر رسوبات بیشتری به پایین دست منتقل و امکان انباشت رسوب در آبگیر کمتر می شود لذا، حجم

جدایی جریان نیز برداشت گردید. نتایج نشان می دهد که هر یک از سازه های مذکور تاثیرات قابل توجه ای هم بر عرض جدایی جریان و به تبع آن بر کنترل رسوب و هم بر توپوگرافی بستر در کانال اصلی دارند. در کنترل رسوب تاثیر آبشکن بیش از بقیه است و در حالت وجود همزمان آبشکن و آستانه در مقایسه با حالت وجود فقط آستانه نسبت رسوب انحرافی به آبگیر بیش از ۹۰ درصد کاهش می یابد. در مورد پروفیل عرضی بستر نیز می توان گفت آبشکن و نیز صفحات مستغرق تاثیر بسیار زیادی بر بستر می گذارند و باعث دور کردن رسوبات بستر از دهانه آبگیر و پایین آمدن رقوم بستر در آن ناحیه می شود که علت آن را میتوان در انقباض جریان و ایجاد جریان ثانویه جستجو کرد.

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 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] Lama S. K., Kuroki M. & Hasegawa K. 2002 Study of flow bifurcation at the 30° open channel junction when the width ratio of branch channel to main channel is large. *Annual Journal of Hyd. Eng., JSCE*, Vol 46, February, pp. 583-588.
- [5] Lama S. K., Kudoh K. & Kuroki M. 2003 Study flow of characteristics of junction flow with free flow condition at branch channel. *Annual Journal of Hyd. Eng., JSCE*, Vol 47, February. pp. 601-606.
- [6] Vasquez J.A. 2005 Two- dimensional numerical simulation of flow diversions. 17th Canadian Hydrotechnical Conference.

۳-۷- مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج دیگر تحقیقات

در شکل ۱۱ نتایج نسبت رسوب انحرافی به آبگیر در حالت بدون سازه کنترل رسوب در این تحقیق با نتایج تحقیقات دیگر مقایسه شده است. همانطور که در این شکل دیده می شود در همه تحقیقات با افزایش Q_r نسبت رسوب انحرافی به آبگیر (G_r) نیز افزایش می یابد هر چند که تفاوتی هم در شیب نمودارها و هم در مقادیر G_r وجود دارد که عمدتاً به خاطر شرایط مختلف آزمایشگاهی است. لازم به توضیح است که در شکل مذکور $Fr^* = V_m / \sqrt{(\frac{\rho_s}{\rho} - 1)gD_{50}}$ میباشد.

شکل ۱۱. مقایسه نتایج نسبت رسوب انحرافی در این تحقیق با نتایج تحقیقات دیگر در حالت بدون سازه کنترل رسوب

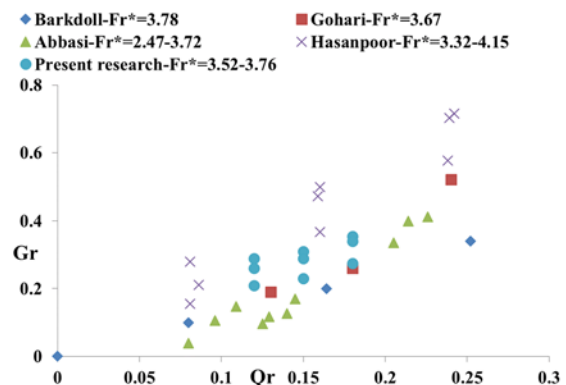


Fig. 11. comparison of results of G_r of present research and other studies for "no structure" case

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق، تاثیر هر یک از سازه های آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق بر کنترل رسوب ورودی به آبگیر، پروفیل عرضی بستر در اطراف آبگیر در چهار حالت با آرایش سازه ای مختلف شامل حالت بدون سازه، حالت وجود فقط آستانه در ابتدای آبگیر، حالت وجود آستانه در ابتدای آبگیر و وجود آبشکن در ساحل مقابل آبگیر در بالادست کانال اصلی بطور همزمان و حالت وجود آستانه در ابتدای آبگیر، وجود آبشکن در ساحل مقابل آبگیر در بالادست کانال اصلی و وجود چند ردیف صفحات مستغرق در جلوی آبگیر بطور همزمان در نسبت دیبهای آبگیری مختلف مورد تحقیق قرار گرفت. در هر حالت علاوه بر نسبت رسوب انحرافی، نسبت حجم رسوب مانده در آبگیر و پروفیل عرضی بستر، جهت تجزیه و تحلیل بهتر نتایج، عرض

- [16] Razvan E. 1989 River Intake and Diversion Dams. Elsevier Science Publishing Company Inc., New York ,USA.
- [17] Raudkivi A. J. 1993 Sedimentation, Exclusion and Removal of Sediment from Diverted Water. IAHR, AIRH Hydraulic Structures, Design Manual, 63-87.
- [18] Nakato T. & Odgen F. L. 1998 Sediment Control at Water intakes along Sand Bed Rivers. Journal of Hyd. Eng., ASCE, 116(1), 119-128.
- [19] Abbasi A. A. 2003 Experimental investigation on sediment control at Lateral Intake in straight channel. ,PhD thesis,Tarbiat Modarres University (In Persian).
- [20] Hassanpour F. 2006 Performance of Lateral Intake with Compound Submerged Vanes and Sill.PhD thesis,Tarbiat Modarres University (In Persian).
- [21] Esmaili 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).
- [22] 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 .
- [23] Wang Y., Odgaard J., Melville W.& Jain, C. 1996 Sediment control at water intakes. Journal Of Hydraulic Engineering, 122(6), 353-356.
- [24] 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
- [25] Ouyang H. T. 2001 Design optimization of submerged vane system for sediment control. PhD. Thesis ,IOWA University.
- [26] 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.
- [27] Ho, J., Johnson, A., and White, S. 2004 3-D Numerical simulation study of
- [7] Keshavarzi A. & Habibi L. 2005 Optimizing water intake angle by flow separation analysis. Journal of Irrigation and Drainage. 54(4), 543–552.
- [8] Ramamurthy A., Qu J.& Vo D. 2007 Numerical and experimental study of dividing open-channel flows. Journal Of Hydraulic Engineering, 133(10) , 1135-1144.
- [9] Shamloo, H., Pirzadeh, B. 2008 Investigation of Characteristics of Separation Zones in T-Junctions, Wseas transaction on mathematics, Vol. 7, No. 5, PP: 303-312
- [10] Li C.W.& Zeng C. 2009 3D numerical modeling of flow divisions at open channel junction with or without vegetation. advances in water resource, 32, 49-60.
- [11] Omidbeigi, M.A., Ayyoubzadeh, S.A ,and Safarzadeh, A. 2009 Experimental and Numerical Investigations of Velocity Field and Bed Shear Stresses in a Channel with Lateral Intake, Proceedings of 33rd IAHR Congress: Water Engineering for a Sustainable Environment, International Association of Hydraulic Engineering & Research (IAHR).
- [12] 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.
- [13] Keshvarzi A.& Kazemzadeh Parsee M. J. 2005 Numerical and experimental analysis of the effect of flow discharge ratio on flow separation at 45 degree open end water intake. Journal of Esteghlal, 24(1) No. 1 (In Persian).
- [14] 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).
- [15] 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.

- small river. *Journal Of Hydraulic Engineering*, 132(10), 440-449.
- [32] 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).
- [33] 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).
- [34] 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).
- permanent sediment control submerged vanes. National Science Foundation, Research Education for Under graduation, pp.15.
- [28] 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
- [29] 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)
- [30] Neil, C. R., and Evans, B. J. 1997 Discussion on sediment control at water intakes, *J. Hydr. Eng., ASCE*, 123(7), p 670
- [31] Michell F., Ettema R. & Muste M. 2006 Case study: Sediment control at water intake for large thermal-power station on a

Experimental study of the effect of sill, spur dike and submerged vanes on sediment control and bed topography at lateral intakes

Ali Attarzadeh¹, Masoud Ghodsian^{2*}, Seyed Ali Ayyoubzadeh³, Seyed Ali Akbar Salehi Neishaboori⁴

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

3- professor of Water Structure Engineering, Department of Water Structure Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

4-Professor of Hydraulic Engineering, Faculty of Civil & Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

*ghods@modares.ac.ir

Abstract: This paper presents the results of laboratory flume experiments, concerning the effect of sill, spur dike and submerged vanes on sediment control at lateral intakes and bed topography around them. Since a larger portion of the flow in the vicinity of bed, is diverted, the intake will receive a relatively large amount of bed load materials. So, appropriate and reliable methods are required to minimize the amount of diverted sediment material into the intake of a river. using submerged vanes, spur dike or sill, dividing stream-surface is contracted in the vicinity of bed and sediment transported into intake channel decreases. Because either submerged vanes set up a tip vortex and thereupon a helical flow in downstream, or spur dike generates curved stream in the river resulting in helical flow. On the other hand, sill prevents direct movement of bed sediment into the lateral intake. For specifying the effect of mentioned structures, four sets of experiment were considered. In the first set, no structure was used to control sediment. In the second set, sill was placed at the intake entrance whose height is equal to one third of upstream uniform depth of main channel. In the third one, a single straight, non permeable and non submerged spur dike with the length equal to one fourth of main channel width, was placed at the opposite bank of intake besides sill at the intake entrance, and eventually, parallel submerged vanes was placed at the front of diversion entrance besides sill at the intake entrance and spur dike at the opposite bank of intake.

A recirculating sediment flume fitted with a 90 degree lateral diversion channel was used in all experiments. Three flow diversion ratios were used and studied some subjects including ratio of bed sediment transport into intake (G_r), volume fraction of sediment deposited within the diversion, bed sectional profile, divided stream-surface and amount of scour in downstream of main channel beyond the intake. In this research discharge ratio (Q_r) and type of experiment set are independent parameters.

Results show that mentioned parameters depend mainly on those independent parameters. In all sets, as Q_r increases, G_r goes up and dividing stream-surface extends in throughout depth. However, volume fraction of deposited sediment within the intake channel decreases. It can be seen that using the sill at the intake entrance make rate of diversion sediment to decrease up to 68 percent for lower values of Q_r , but the submerged vanes and the spur dike cause more significant effects on bed level in front of the intake entrance and dividing stream-surface, resulting high decrease in G_r . However, the spur dike mainly affects the sediment control and it causes G_r to decrease by 90 percent. the results also show that the sill generally has significant effects on scouring beyond the intake in downstream of main channel, while the spur dike and the submerged vanes have a more significant role. This paper also presents some relations to estimate rate of diversion sediment and dimensions of scouring beyond the intake in downstream of main channel.

Keywords: sill, spur dike, submerged vanes, sediment diversion ratio, bed sectional profile, dividing stream-surface, discharge ratio