

مقایسه آزمایشگاهی روشهای مختلف از نظر کنترل رسوب و آبشستگی در آبگیرهای ۹۰ درجه

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

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

۲ و ۴- استاد دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانشیار گروه سازه های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

*attarzadeh@qut.ac.ir

تاریخ پذیرش ۹۷/۱۲/۲۲

تاریخ دریافت ۹۶/۰۶/۲۷

چکیده

در این تحقیق به صورت آزمایشگاهی، تاثیر ترکیب سازه های آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق بر کنترل رسوب بستر ورودی به آبگیر جانبی ۹۰ درجه از یک کانال مستقیم و نیز ابعاد آبشستگی در پایین دست آبگیر در کانال اصلی مورد بررسی قرار گرفته است. تحقیقات در چهار حالت بدون سازه، حالت فقط آستانه، حالت آستانه و آبشکن و حالت آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق و در سه نسبت آبگیری ۰/۱۲، ۰/۱۵ و ۰/۱۸ انجام شده است. در هر حالت نسبت رسوب انحرافی، نسبت حجم رسوب انباشته در آبگیر، پروفیل عرضی بستر و طول، عرض و عمق ناحیه آبشستگی مورد تحقیق قرار گرفته است. نتایج نشان میدهد در نسبتهای آبگیر مذکور، در حالت آستانه و آبشکن بطور متوسط ۹۰ درصد رسوب ورودی به آبگیر کاهش می یابد ولی آبشستگی در پایین دست آبگیر در مقایسه با حالت بدون سازه بیش از ۵۵ درصد افزایش می یابد در حالیکه حالت آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق علاوه بر اینکه توانسته است تقریباً از ورود تمام رسوبات بستر به آبگیر جلوگیری کند و راندمان ۱۰۰ درصدی داشته باشد، در نسبتهای آبگیری بالاتر از ۰/۱۵ میزان آبشستگی را نسبت به حالت بدون سازه، کاهش داده و در نسبت آبگیری ۰/۱۸ به کمتر از نصف رسانده است.

واژگان کلیدی: کنترل رسوب، عمق آبشستگی، آبگیر، آستانه، صفحات مستغرق، آبشکن

۱- مقدمه

از اهداف مهم در انحراف آب از رودخانه ها است. حمل بار رسوبی همواره بخش جدایی ناپذیری از سیستم رودخانه هاست

کنترل رسوب و تامین آب مورد نیاز با کمترین رسوبات

دیگر اینکه وجود این سامانه‌های کنترل رسوب، بر الگوی جریان نیز تاثیرگذار بوده و ممکن است تبعات دیگری علاوه بر کنترل رسوب را موجب شود که از آن جمله می‌توان به آبستگي اطراف سواحل متصل به آبگیر در کانال اصلی و به ویژه در پایین دست آبگیر در کانال اصلی اشاره کرد که غفلت از آن می‌تواند پایداری سواحل اطراف آبگیر در کانال اصلی را تحت الشعاع قرار دهد. پس در این پژوهش به صورت آزمایشگاهی، علاوه بر بررسی سامانه‌های مختلف کنترل رسوب شامل ترکیب سازه‌های مذکور، تاثیر این سامانه‌ها بر آبستگي در پایین دست آبگیر در کانال اصلی نیز بررسی شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تجهیزات آزمایشگاهی

به منظور انجام آزمایش‌ها از کانالی به طول و عرض به ترتیب ۱۸ و ۱ متر در آزمایشگاه سازه‌های آبی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس استفاده شده است. این کانال، جداره‌ای از جنس پلکسی گلاس به ضخامت ۱ سانتی‌متر دارد و کف دارای بستر رسوبي از جنس سیلیس به قطر متوسط ۱ میلی‌متر، جرم مخصوص ۲/۶۵ و انحراف معیار هندسی ۱/۱ است که توسط یک تیغه مسطح، شیب ۰/۰۰۱ در آن ایجاد می‌شود. 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 استفاده شده است. 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 لجن‌کش به ابتدای کانال اصلی بر می‌گردد.

در این پژوهش چهار سامانه برای بررسی تاثیر ترکیب سازه‌ها بر کنترل رسوب در نظر گرفته شده است که به شرح زیر است:

سامانه اول: حالت "no structure" یا حالت بدون سازه که حالت شاهد است و در آن هیچگونه سازه‌ای برای کنترل

که در شرایط آبگیری، به ناچار مقداری از رسوبات وارد آبگیر شده و ممکن است سبب انسداد دهانه آبگیر شده و روند آبگیری را مختل نمایند. مهندسان و طراحان سازه‌های مرتبط با آب و رسوب همواره در پی روش‌های کارآمد با کمترین هزینه‌ها در کنترل رسوب ورودی به شبکه‌های آبیاری و زهکشی، ایستگاه‌های پمپاژ، تأمین آب شرب و تأسیسات صنعتی هستند.

الگوی جریان در محل انشعاب رودخانه‌ها به صورت کاملاً سه بعدی و پیچیده است. در آبگیرها پژوهش‌های زیادی در زمینه هیدرولیک و الگوی جریان و نیز کنترل رسوب انجام پذیرفته است. در پژوهش‌ها آبگیری از مسیر مستقیم، مسائلی همچون الگوی جریان مقابل آبگیر، پروفیل سطح آب، هیدرولیک جریان، جریان ثانویه در آبگیر، ابعاد ناحیه گردابی درون آبگیر و تاثیر شکل مقطع کانال اصلی بررسی شده است [8-1]. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که لایه‌های زیرین جریان که نزدیک بستر بوده و حاوی رسوبات بیشتری است، سهم بیشتری در تغذیه آبگیر دارند. پس در روش‌های کنترل رسوب بستر ورودی به آبگیر، مبنای روش، جلوگیری از ورود لایه‌های زیرین جریان به داخل آبگیر و در عوض تغذیه آبگیر از لایه‌های سطحی که حاوی رسوب کمتری هستند است.

از جمله سازه‌های کنترل رسوب آستانه می‌باشد که با وجود سادگی، توانسته است به مقدار قابل توجهی، از ورود رسوبات بستر به آبگیر جلوگیری کند [15-9]. همچنین در پژوهش‌های دیگر علاوه بر بررسی صفحات مستغرق و یافتن ابعاد، فواصل و زاویه بهینه برخورد با جریان، با ارزیابی آرایش‌های مختلف نصب صفحات و الگوی جریان اطراف صفحات در آبگیرها به این جمع بندی رسیدند که صفحات مستغرق نقش بسیار موثری در دور کردن رسوبات بار بستر از دهانه آبگیر و کنترل رسوب دارند [14-13] و [23-16]. همچنین پژوهشگران دیگری آرایش تک یا سری آبشکن و موقعیت و ابعاد آن را با هدف کاهش رسوب انحرافی به آبگیر بررسی کردند [28-24].

موضوع دیگری که به نظر می‌رسد باید پژوهش بیشتری بشود تاثیر ترکیب این سازه‌ها بر کنترل رسوب است. نکته

آن D_{84} و D_{16} به ترتیب اندازه ذراتی است که ۸۴ و ۱۶ درصد مصالح رسوبی از آن کوچکترند)، S شیب کانال اصلی، 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 است. با استفاده از آنالیز ابعادی π باکینگهام و ترکیب بعضی از گروه‌های بی بعد و به دلیل آنکه شرایط جریان در بالادست آبگیر شامل دبی، عمق و عرض جریان و مشخصه‌های رسوب بستر و ابعاد و موقعیت آبشکن، آستانه و صفحات مستغرق در تمام آزمایش‌ها یکسان است پارامترهای فرود و رینولدز جریان و فرود و رینولدز رسوب و بسیاری پارامتر بدون بعد دیگر حذف می‌شود، و دو پارامتر بدون بعد $G_r = \frac{Q_{SI}}{Q_m}$ و $Q_r = \frac{Q_I}{Q_m}$ باقی می‌ماند، پس رابطه ذیل منتج می‌شود:

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

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 است.

اگر آنالیز ابعادی برای سه حالت دیگر نیز انجام پذیرد، برای هر حالت، رابطه‌ای مشابه رابطه (۲) بدست می‌آید 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 است:

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

رسوب ورودی به آبگیر تعیبه نشده است. سامانه 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 است، رسوب ورودی به آبگیر کنترل می‌شود. سامانه 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 می‌شود. لازم به توضیح است که موقعیت و ابعاد آبشکن بر اساس نتایج تحقیق (Gohari(2007 در نظر گرفته شده است [28]. سامانه 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 توصیه‌های (Ouyang(2001 استفاده شده است [19]. در شکل (۱) آرایش سازه‌های کنترل رسوب حالت چهارم 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 است. لازم به توضیح است که در ادامه برای اختصار، هر یک از حالات مذکور با عنوان حالت یک تا چهار بیان می‌شود.

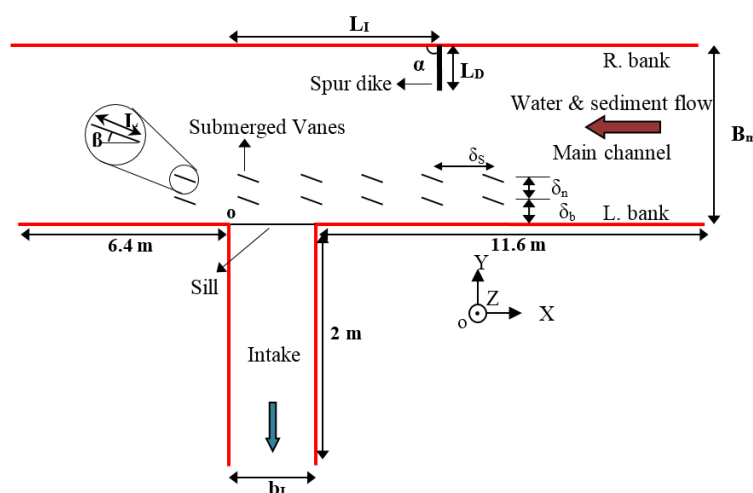
۲-۲- آنالیز ابعادی و شرح آزمایش‌ها

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:

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

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، B_m عرض کانال اصلی، h_m عمق جریان در بالادست کانال اصلی، b_I عرض کانال آبگیر، D_{50} قطر متوسط رسوب بستر، g شتاب ثقل، $\sigma_g = (D_{84}/D_{16})^{0.5}$ ، انحراف معیار هندسی رسوبات بستر (که در

شکل ۱. آرایش سازه‌های 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 |
|------------------------|-------|-------|-------|----------|---------|------|-------|-------|------------|------------|------------|-------|-------|
| | .035 | 1 | 0.25 | 90 | 20 | .108 | 1 | 0.4 | 0.18 | .108 | .108 | .036 | 0.118 |

Fig. 1. Array of sediment control structures in "sill, dike and vane" case(dimensions (m),angles(degree))

رسد و رسوب خروجی از کانال اصلی با رسوب ورودی به آن تقریباً برابر می‌شود. در نمودار مربوط به آبگیر، در ابتدا در آبگیر، مقاومت در برابر جریان کم است پس، مقادیر زیاد رسوب به پایین دست آبگیر منتقل می‌شوند. ولی با گذشت زمان، بخشی از رسوب ورودی به آبگیر در ناحیه گردابی انباشت می‌شود و دبی رسوب انتقالی به پایین دست کاهش می‌یابد. انباشت رسوب در آبگیر مقاومت در برابر جریان را افزایش داده و باعث کاهش بیشتر دبی رسوب انتقالی به پایین دست آبگیر می‌شود. این روند تا رسیدن به تعادل ادامه می‌یابد تا در نهایت میزان رسوب ورودی به آبگیر با میزان رسوب خروجی از آبگیر برابر می‌شود. در نمودار مربوط به آبگیر، بعد از قریب به سه ساعت دبی رسوب انتقالی به پایین دست آبگیر به تعادل می‌رسد. 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 به دهانه آبگیر رسیده است، محاسبه کرد و در تعیین نسبت حجم رسوب انباشته در آبگیر بکار گرفت. لازم به توضیح است که داده‌ها بعد از رسیدن هر دو سیستم آبگیر و کانال اصلی به تعادل یعنی حداقل چهار ساعت برداشت شده است، در این زمان

از اینرو در هر کدام از چهار حالتی که پیشتر به آن اشاره شد، سه آزمایش در سه نسبت دبی آبگیری ۰/۱۲، ۰/۱۵ و ۰/۱۸ انجام شد. مقدار دبی جریان بالادست آبگیر در کلیه آزمایش‌ها برابر ۵۶ لیتر در ثانیه در نظر گرفته شد که در این حالت فرم بستر به صورت دیون تشکیل می‌شود. سطح رسوبات در کانال اصلی هم تراز کف آبگیر و عمق رسوبات در کلیه آزمایش‌ها ثابت و برابر ۳۴ سانتی‌متر بوده

است. سطح رسوبات به وسیله تسطیح کننده در کلیه آزمایش‌ها صاف شده و سپس با راه اندازی جریان توسط پمپ، آزمایش‌ها شروع می‌شود.

تمامی اندازه‌گیری‌ها 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 تقریباً ثابتی برسد. این کار بوسیله نمونه‌گیری در هر دو مسیر در فواصل زمانی مختلف انجام شده است. در شکل (۲) تغییرات زمانی دبی رسوب در کانال اصلی و آبگیر ارائه شده است. با بررسی نمودارها مشخص می‌شود که پس از حدود چهار ساعت سیستم کانال اصلی تقریباً به تعادل دینامیکی می‌

تمام حالات با افزایش نسبت آبیگری میزان رسوب انحرافی نیز افزایش می‌یابد. همچنین وجود آستانه در دهانه آبیگر باعث کاهش ۱۶ تا ۶۸ درصدی G_r در نسبت‌های آبیگری ۰/۱۸ تا ۰/۱۲ می‌شود. در واقع آستانه، ورود رسوبات نزدیک کف به آبیگر را کاهش می‌دهد ولی در نسبت‌های آبیگری بالاتر، آشفستگی در اطراف آستانه افزایش یافته که باعث می‌شود بخشی از رسوبات از کف بلند شده و وارد آبیگر شوند از اینرو تاثیر آستانه با افزایش نسبت آبیگری کاهش می‌یابد. با افزودن آبشکن (یعنی حالت آستانه و آبشکن)، رسوب ورودی به آبیگر بیش از ۹۰ درصد کاهش می‌یابد. در واقع آبشکن از طرفی باعث به ترتیب افزایش و کاهش سهم لایه‌های سطحی و کفی در تغذیه آبیگر می‌شود و از طرفی باعث دور کردن رسوبات نزدیک کف از آبیگر و به تبع آن کاهش رقوم بستر در جلوی آبیگر می‌شود که هر دو از عوامل کاهنده در میزان رسوب ورودی به آبیگر محسوب می‌شوند از اینرو ترکیب آبشکن و آستانه کاهش شدیدی در میزان رسوب ورودی به آبیگر را موجب می‌شوند. همچنین وجود صفحات مستغرق به همراه آستانه و آبشکن، موجب می‌شود رسوب ورودی به آبیگر نزدیک به صفر شود. مشاهدات توپوگرافی و جریان نشان می‌دهد که جریان ثانویه القایی صفحات در صورت وجود آبشکن شدت تقویت می‌شود که هم موجب افزایش سهم لایه‌های بالایی جریان در تغذیه آبیگر می‌شود و هم رقوم بستر در جلوی آبیگر را با دور کردن رسوبات شدت کاهش می‌دهد پس رسوب ورودی به آبیگر تقریباً صفر می‌شود. بطور کلی می‌توان رابطه ذیل را برای نسبت رسوب انحرافی بر حسب نسبت دبی آبیگری و نوع سامانه کنترل رسوب ارائه کرد:

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

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

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

که مقدار St حسب عدد حالت مورد استفاده که بیشتر تشریح شد، برابر اعداد یک تا چهار است.

رسوب ورودی به آبیگر با رسوب خروجی از آن برابر 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.

شکل ۲. تغییرات زمانی دبی رسوب در کانال اصلی و آبیگر

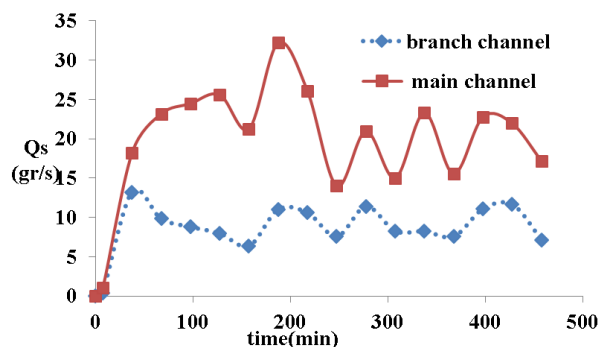


Fig. 2. Time variation of sediment discharge in the main and branch channel

در این پژوهش علاوه بر پارامترهای مذکور، ابعاد حفره آبشستگی ناشی از انحراف آب به آبیگر، در پایین دست دهانه آبیگر در کانال اصلی بررسی شد. با آنالیز ابعادی مشابه آنچه پیشتر انجام شد، می‌توان نوشت:

$$D_s^*, L_s^*, W_s^* = F(Q_r, St) \quad (4)$$

در این رابطه $D_s^* = D_s/h_m$ ، $L_s^* = L_s/b_l$ و $W_s^* = W_s/B_m$ به ترتیب عمق، طول و عرض آبشستگی در پایین دست آبیگر در اطراف ساحل چپ کانال اصلی، به ترتیب در راستای x ، z و y است. همچنین $A_s^* = L_s^* * W_s^*$ و $V_s^* = L_s^* * W_s^* * D_s^*$ به عنوان مساحت و حجم آبشستگی در نظر گرفته شد. به منظور بررسی آبشستگی، توسط یک بستر نگار لیزری با دقت ۱ میلی‌متر، توپوگرافی بستر در اطراف دهانه آبیگر در کانال اصلی برداشت شده است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نسبت رسوب انحرافی به آبیگر

در شکل (۳) نسبت رسوب انحرافی به آبیگر بر حسب نسبت دبی آبیگری ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که در

در مورد ترکیب صفحات مستغرق و آبشکن نیز می توان گفت نتایج گوهری نشان می دهد که استفاده همزمان از دو سازه مذکور باعث کاهش شدید رسوب ورودی به آبگیر میشود. بر اساس این نتایج، در حالت وجود فقط صفحات مستغرق، Gr نسبت به حالت بدون سازه کاهش ۳۸ تا ۷۳ درصد را در نسبت آبگیری ۰/۱۸ تا ۰/۱۳ تجربه میکند. در حالیکه استفاده همزمان از صفحات مستغرق و آبشکن باعث می شود در نسبت آبگیری ۰/۱۸ تا ۰/۱۳، Gr ۹۲ تا ۱۰۰ درصد کاهش یابد. نکته دیگر اینکه راندمان کنترل رسوب در حالت صفحات و آبشکن در نسبت آبگیری کمتر، بالاتر است. همچنین نتایج نشان می دهند که راندمان کنترل رسوب حالت صفحات و آبشکن، حالت آستانه و آبشکن و حالت آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق در نسبت آبگیری حدود ۱۲ تا ۱۳ درصد، نزدیک به صد در صد است و در حالت صفحات و آبشکن و حالت آستانه و آبشکن، با افزایش نسبت آبگیری از راندمان سازه ها اندکی کاسته می شود در حالی که در حالت آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق، در تمام نسبت های آبگیری پژوهش شده، راندمان کنترل رسوب نزدیک به صد در صد است.

۲-۳- نسبت حجم رسوب انباشته در آبگیر

انباشت رسوب در آبگیر، تقارن عرضی جریان انتقالی به پایین دست را بر هم می زند که می تواند از راندمان عملکرد تاسیسات پایین دست بکاهد پس اگر میزان تقارن جریان آب در آبگیر تابع میزان حجم رسوب انباشته در آبگیر در نظر گرفته شود، بررسی نسبت حجم رسوب انباشته در آبگیر در شرایط مختلف میتواند مفید باشد [18].

با بررسی نمودارهای نسبت حجم رسوب انباشته در آبگیر در شکل (۵) 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 پس، حجم رسوب انباشته 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

شکل ۳. نسبت رسوب انحرافی به آبگیر بر حسب نسبت دبی آبگیری در

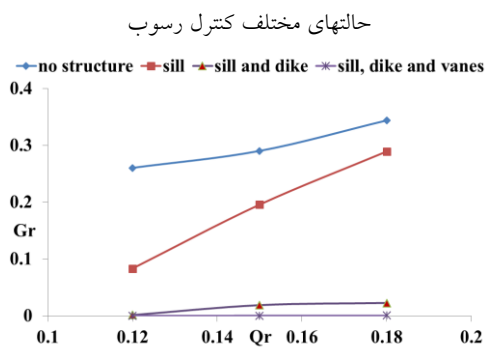


Fig. 3. Rate of Sediment Transport into Diversion versus discharge ratio in the various cases of sediment control

نظر به تفاوت در شرایط آزمایشگاهی دیگر پژوهش ها، برای بررسی بهتر، در شکل (۴)، درصد تغییر رسوب انحرافی به آبگیر در حالات مختلف در هر پژوهش نسبت به حالت بدون سازه کنترل رسوب در همان تحقیق، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حسن پور نشان می دهد که تاثیر استفاده همزمان از آستانه و صفحات مستغرق در کنترل رسوب مشابه حالت وجود فقط صفحات مستغرق است و حتی می توان گفت وجود فقط صفحات نسبت به حالت ترکیب آستانه و صفحات عملکرد موفق تری در کنترل رسوب دارد که به نظر می رسد وجود آستانه موجب اختلال در عملکرد صفحات در کنترل رسوب میشود. در هر دو حالت آستانه و حالت آستانه و صفحات، راندمان کنترل رسوب آنها با افزایش آبگیری کاهش یافته است و در نسبت آبگیری ۱۲/۱ تا ۱۸/۰، Gr به ترتیب حدود ۵۶ تا ۲۵ درصد نسبت به حالت بدون سازه کاهش یافته است.

شکل ۴. درصد کاهش نسبت رسوب انحرافی به آبگیر در حالات مختلف در هر تحقیق نسبت به حالت بدون سازه کنترل رسوب در همان تحقیق

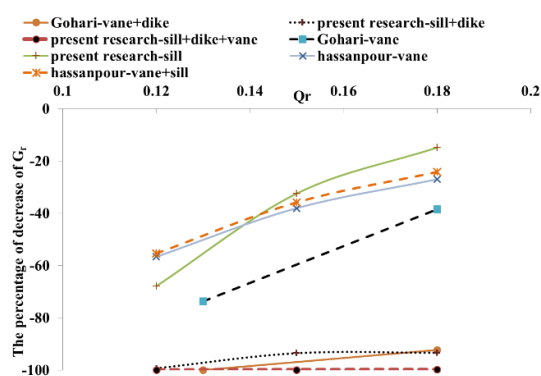


Fig. 4. decrease percentage of Gr under different conditions in comparison with "no structure" condition in this and other studies

پس از برخورد به ساحل کانال اصلی در پایین دست آبگیر، جریان رو به بستر و به تبع آن، جریان حلزونی شکل پادساعتگرد را شکل داده که به سمت پایین دست کانال اصلی ادامه می‌یابد (شکل ۶). این جریان رو به بستر باعث ایجاد حفره آبستگي در پایین دست آبگیر می‌شود که به تدریج در راستای عرضی و طولی گسترش می‌یابد و می‌تواند پایداری سواحل این ناحیه را تحت الشعاع قرار دهد.

توپوگرافی بستر در کل عرض کانال اصلی در اطراف دهانه آبگیر در حالات مختلف کنترل رسوب در شکل (۷) ارائه شده است. در حالت بدون سازه آنچه به وضوح قابل مشاهده است وجود ناحیه آبستگي در پایین دست آبگیر و همچنین تپه رسوبي در جلوی آبگیر است که در شکل (۶) کاملاً مشخص است. در حالت آستانه به دلیل وجود آستانه رقوم بستر در جلوی دهانه آبگیر بالا آمده است. نکته قابل توجه در این حالت این است که در پایین دست آبگیر هم عمق و هم وسعت آبستگي کاهش یافته است که علت آن انباشت رسوب در پشت آستانه و انتقال آن به پایین دست آبگیر است. در حالت آستانه و آبسکن، تقریباً در نیمه چپ به دلیل انتقال جریان به سمت ساحل چپ و افزایش سرعت، رقوم بستر کاهش قابل ملاحظه‌ای نسبت به نیمه راست مقطع یافته است و در واقع یک آبستگي عمومی رخ می‌دهد و همچنین در پایین دست آبگیر در کانال اصلی در کنار ساحل چپ به دلیل وجود جریان‌هایی که پیشتر به آن اشاره شد آبستگي موضعی چشمگیری نیز رخ می‌دهد که در مقایسه با حالت قبل، علاوه بر عمق از وسعت بیشتری نیز برخوردار است که در پروفیل عرضی بستر در پایین دست آبگیر شکل (۸) با وضوح بیشتری دیده می‌شود.

شکل ۶. نمایی از الگوی جریان در اطراف دهانه آبگیر

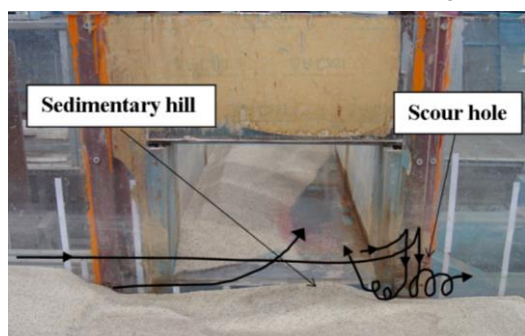


Fig. 6. A view of flow patterns around the intake entrance

توان حمل رسوب در آبگیر افزایش و از طرف دیگر میزان رسوب انحرافی به آبگیر افزایش می‌یابد ولی درصد افزایش Qr با توجه به شکل (۳) بسیار بیشتر از درصد افزایش رسوب انحرافی به آبگیر است. از اینرو، نسبت حجم رسوب انباشته در آبگیر به شدت کاهش می‌یابد.

در حالت دو نیز سازوکار انباشت رسوب مشابه حالت یک است ولی با توجه به شکل (۳) رسوب ورودی به آبگیر در این حالت نسبت به حالت یک کاهش می‌یابد و میزان کاهش Qr کمتر، شدیدتر است بنابراین در Qr های کمتر، کاهش شدیدتری در میزان حجم رسوب انباشته در آبگیر نسبت به حالت یک رخ می‌دهد. لازم به ذکر است که در این حالت میزان کاهش نسبت به حالت یک، در Qr های ۱۸ و ۱۲ درصد به ترتیب ۱۶ و ۳۸ درصد است. در حالت سه، چون رسوب ورودی به آبگیر نسبت به حالت قبل بشدت کاهش می‌یابد، حجم رسوب انباشته در آبگیر نیز کاهش ۴۸ تا ۶۰ درصد را به ترتیب برای Qr های ۱۸ تا ۱۲ درصد نسبت به حالت قبل دارد. ولی چون طبق شکل ۳ افزایش رسوب ورودی به آبگیر به ازای افزایش Qr ناچیز است کاهش حجم رسوب انباشته در آبگیر به ازای افزایش Qr بسیار کم است. در حالت چهار، چون طبق شکل (۳) رسوب ورودی به آبگیر نزدیک صفر است حجم رسوب انباشته در آبگیر در تمام Qr ها بسیار ناچیز است.

شکل ۵. نسبت حجم رسوب انباشته در آبگیر بر حسب نسبت دبی

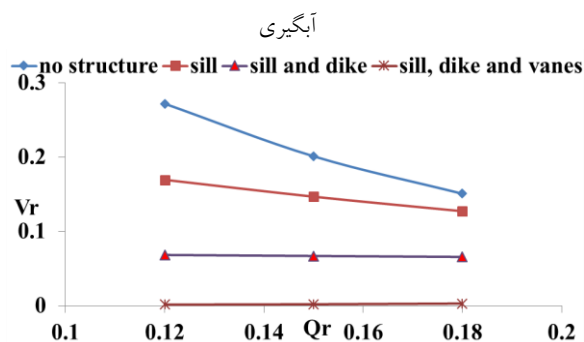


Fig. 5. Volume Ratio of Sediment Deposited in Diversion versus discharge ratio in the various cases

۳-۳- عمق آبستگي در پایین دست آبگیر در کانال اصلی وقتی بخشی از جریان بالادست کانال اصلی به سمت آبگیر منحرف می‌شوند، قسمتی از آن وارد آبگیر شده و مابقی

در حالت آستانه، آبشکن و صفحات، با توجه به شکل (۷)، رقوم بستر در نیمه چپ مقطع بویژه در محدوده صفحات مستغرق بشدت کاهش یافته است. عمق آبشستگی در اطراف لبه بالادست آبگیر بیشترین مقدار است و به سمت پایین دست و به ویژه در اطراف آخرین ردیف صفحات عمق آبشستگی به شدت کاهش یافته است. در واقع کاهش سرعت در پایین دست آبگیر و عدم وجود صفحه در پایین دست آن و نیز امتداد جریان در این ناحیه که عملکرد صفحات را کاهش مدهد، پتانسیل رسوب گذاری را در این ناحیه افزایش داده و موجب انباشت رسوب در این ناحیه می شود.

شکل ۸. پروفیل عرضی بستر در $X=-200\text{mm}$ در Qr های یکسان و

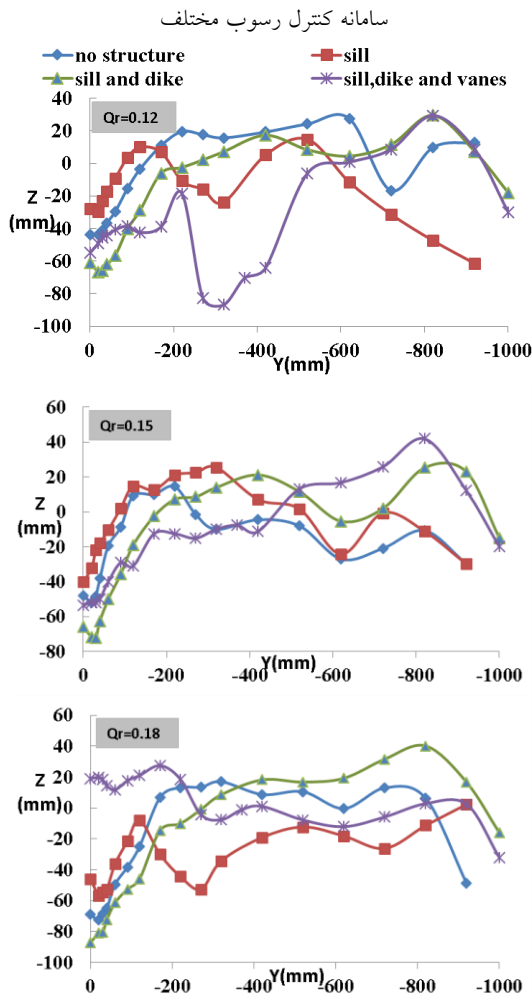


Fig. 8. Bed transversal profile at $x=-200\text{mm}$ under different conditions of sediment control and the same discharge ratio

در شکل (۸) توپوگرافی عرضی بستر در $x=-200\text{mm}$ (یعنی پایین دست آبگیر در کانال اصلی و در موقعیت ناحیه

شکل ۷. توپوگرافی بستر در اطراف دهانه آبگیر در حالات مختلف کنترل

رسوب در نسبت آبگیری یکسان (۰/۱۵)

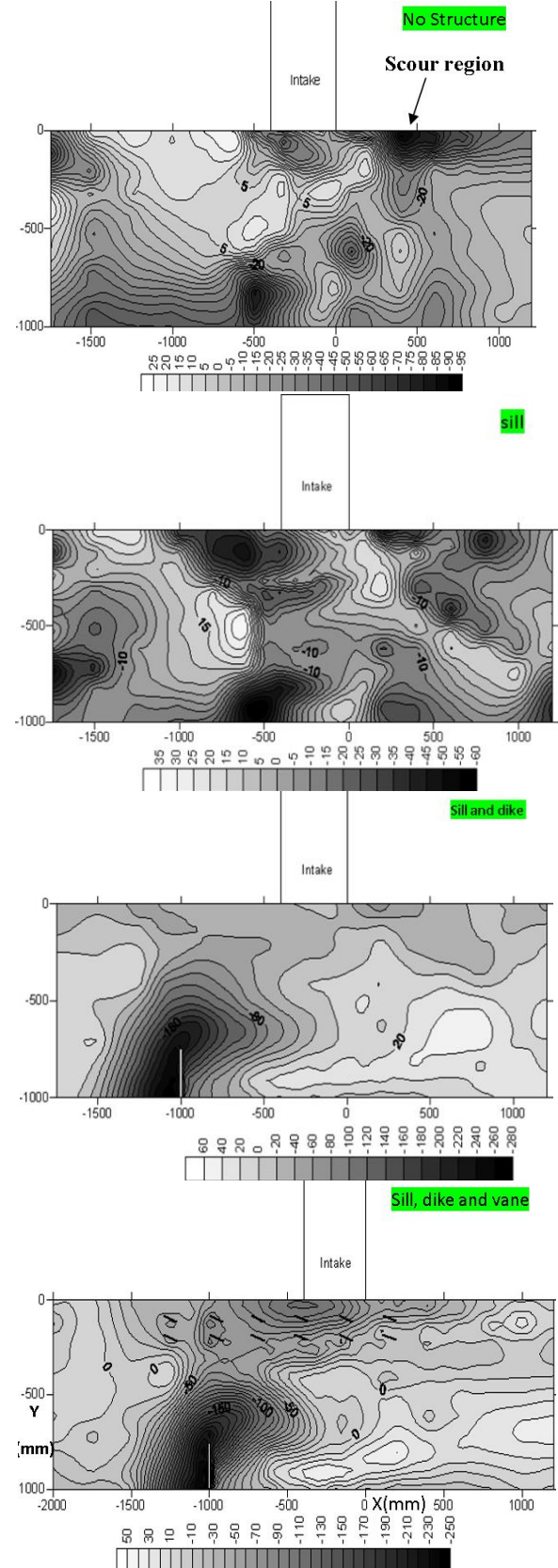


Fig. 7. Bed topography around the intake entrance under different conditions of sediment control and the same discharge ratio (0.15)

شکل ۹. مشخصه‌های حفره آبستگي در پايين دست آبيگر تحت شرايط

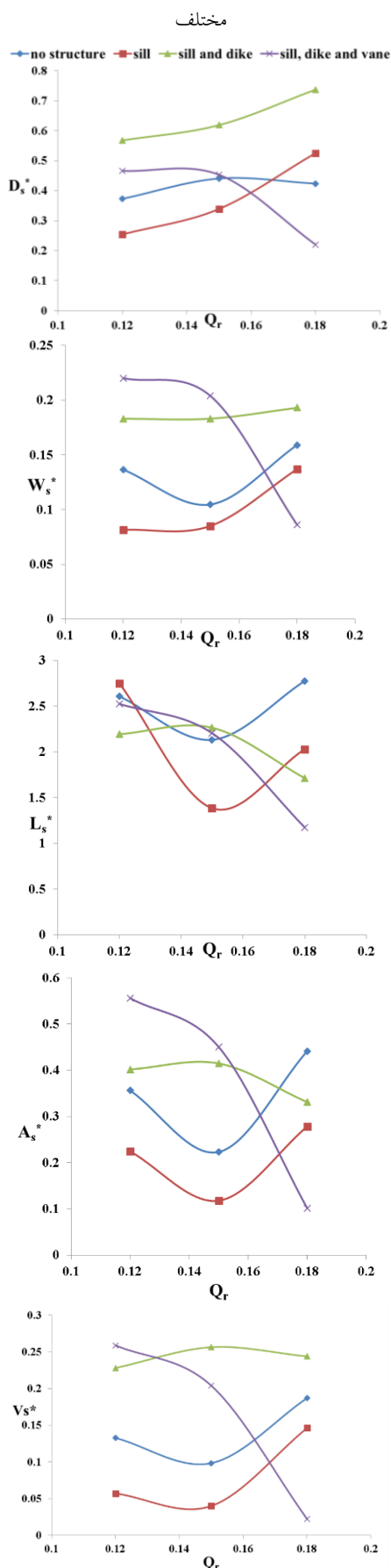


Fig. 9. Characteristics of scour hole at downstream of intake entrance under different conditions

آبستگي) در نسبت آبيگري و حالات کنترل رسوب مختلف نشان داده شده است. نتايج نشان مي دهد که در حالات یک تا سه (يعني حالت بدون سازه، آستانه و حالت آستانه و آبشکن) با افزايش نسبت آبيگري، عمق آبستگي در ساحل چپ افزايش مي يابد. همچنين همان گونه که پيشتر بيان شد وجود آستانه باعث کاهش عمق آبستگي در تمام نسبت هاي آبيگري مي شود. نکته ديگر اينکه ترکيب آستانه و آبشکن در تمام Q_r ها، افزايش عمق و وسعت آبستگي را در پي دارد. در حالت آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق با آرايش فعلي صفحات مستغرق، کاهش عمق آبستگي در اين مقطع نسبت به حالت قبل رخ مي دهد که با افزايش نسبت آبيگري شدت بيشتری نیز می گیرد.

در شکل (۹) نتايج ابعاد حفره آبستگي در پايين دست آبيگر ارائه شده است. نتايج نشان مي دهد که حالت آستانه در مقايسه با حالت بدون سازه به استثنای Q_r بيشينه، عمق آبستگي به واسطه انباشت رسوب در جلوی آبيگر ناشی از وجود آستانه و هدايت رسوبات به پايين دست آبيگر در کانال اصلي، کاهش یافته است و در Q_r بيشينه به دليل کاهش راندمان آستانه در کنترل رسوب، عمق آبستگي مقداری افزايش یافته است.

با افزودن آبشکن، در حالت آستانه و آبشکن به دليل هدايت جريان به سمت آبيگر و ايجاد جريان در مسير منحنی شکل و به تبع آن جريان چرخشی ثانويه و همچنين کاهش مقطع عبوري جريان و افزايش سرعت جريان، آبستگي قابل توجهی را ايجاد می کند. نتايج نشان مي دهد که در تمام Q_r ها افزايش آبستگي رخ مي دهد که اين ميزان در Q_r کمتر، بسيار بيشتر است و بيش از ۱۲۰ درصد مي باشد و در Q_r بيشينه به حدود ۴۰ درصد می رسد.

با افزودن صفحات مستغرق نتايج قابل توجهی راجع به آبستگي بدست می آید. بر خلاف انتظار، افزودن صفحات به جمع آبشکن و آستانه، کاهش قابل توجه آبستگي را به ویژه در Q_r معادل ۰/۱۵ تا ۰/۱۸ در پي دارد و در Q_r معادل ۰/۱۲ تا ۰/۱۸ عمق آبستگي نسبت به حالت قبل بترتيب ۱۸ تا ۷۰ درصد کاهش می يابد که دلایل در بخش پروفيل عرضی بستر تشریح شد.

بازه‌های مختلف Qr و حالات مختلف رفتارهای متفاوتی شکل گیرد. بطور کلی برای تخمین پارامترهای آبهستگی در نسبت دبی آگیری و نوع حالت آزمایشی مختلف، می‌توان روابط ذیل را ارائه کرد:

$$Ds^*, Ls^*, Ws^* = aQr^2 + bQr + c \quad (6)$$

$$a, b, c = M St^3 + N St^2 + O St + P$$

که در جدول (۱) مقادیر آن ارائه شده است. لازم به توضیح است که طول، عرض و عمق آبهستگی در پایین دست آگیری در آزمایش‌ها، از مبدا مختصات (نقطه o در شکل ۱) اندازه گیری شده است. نکته دیگر اینکه این روابط فقط در محدوده Qr های ۰/۱۲ تا ۰/۱۸ صادق است.

جدول ۱. مقادیر ضرایب روابط تخمین پارامترهای آبهستگی (رابطه (۶))

| Ds^* | M | N | O | P |
|--------|---------|---------|---------|---------|
| a | -3.139 | -42.372 | 252.67 | -254.24 |
| b | 0.9653 | 9.8859 | -63.816 | 67.937 |
| c | -0.2119 | 0.4873 | 1.6992 | -2.7204 |
| Ls^* | M | N | O | P |
| a | 561.78 | -4349.7 | 9612.6 | -5203.8 |
| b | -174.74 | 1351.6 | -2995 | 1634.7 |
| c | 13.144 | -101.49 | 225.08 | -121.06 |
| Ws^* | M | N | O | P |
| a | -6.741 | 40.252 | -94.57 | 109 |
| b | 1.9667 | -12.396 | 30.27 | -33.849 |
| c | -0.1758 | 1.2071 | -2.966 | 3.0614 |

Table 1. value of coefficients of scour parameters estimate (Eq. 6)

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش، تاثیر ترکیب سازه‌های آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق بر کنترل رسوب ورودی به آگیری و میزان آبهستگی در پایین دست آگیری در چهار حالت با آرایش سازه‌ای مختلف شامل حالت بدون سازه، حالت وجود فقط آستانه در ابتدای آگیری، حالت وجود آستانه در ابتدای آگیری و وجود آبشکن در ساحل مقابل آگیری در بالادست کانال اصلی بطور همزمان و حالت وجود آستانه در ابتدای آگیری، وجود آبشکن در ساحل مقابل آگیری در بالادست کانال اصلی و وجود چند ردیف صفحات مستغرق در جلوی آگیری بطور همزمان در نسبت دبی‌های آگیری مختلف پژوهش شد. در هر حالت نسبت رسوب انحرافی، نسبت حجم رسوب مانده

نتایج همچنین نشان می‌دهد که عرض ناحیه آبهستگی در پایین دست آگیری، در حالت آستانه کاهش محسوسی را در مقایسه با حالت بدون سازه تجربه میکند و این کاهش در Qr های کمتر، قابل توجه‌تر است. در حالت آستانه و آبشکن، وجود آبشکن باعث گسترش عرضی ناحیه آبهستگی بطور چشمگیری در تمامی Qr ها میشود که در Qr های کمتر، بیشتر است و در $Qr=0.12$ درصد افزایش عرض، به بیش از ۱۲۰ درصد نسبت به حالت قبل می‌رسد. با افزودن صفحات به جمع سازه‌های قبلی، در Qr های کمتر، با وجود کاهش عمق آبهستگی، عرض ناحیه آبهستگی افزایش حداکثر ۲۰ درصد را تجربه میکند ولی در Qr های بیشتر شدت کاهش یافته و در $Qr=0.18$ بیش از ۵۵ درصد کاهش می‌یابد. با بررسی سطح و حجم آبهستگی نیز میتوان گفت وجود آستانه باعث کاهش سطح و حجم آبهستگی می‌شود ولی وجود آبشکن باعث افزایش قابل توجه ابعاد آبهستگی میشود به نحوی که سطح و حجم آبهستگی در Qr های پژوهش شده بطور متوسط به ترتیب افزایش حدود ۱۱۵ و ۳۰۰ درصد نسبت به حالت آستانه را تجربه می‌کند. در حالت آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق اگرچه در Qr های کمتر سطح و حجم آبهستگی نسبت به حالت آستانه و آبشکن مقداری افزایش می‌یابد ولی در Qr های بیشتر روند عکس شده و کاهش سطح و حجم آبهستگی رخ میدهد به گونه‌ای که در $Qr=0.18$ سطح و حجم آبهستگی به ترتیب کاهش حدود ۷۰ و ۹۰ درصد را تجربه میکند.

به طور کلی میزان و سرعت آب برخوردی به ساحل پایین دست آگیری، میزان مکش آگیری که تابع Qr است، نیروی ثقل در جهت پایین دست کانال اصلی، جریان ثانویه ناشی از وجود جریان منحنی الخط انحرافی به آگیری- که در Qr های بالاتر محرزتر است- ناشی از وجود آبشکن یا صفحات مستغرق و نیز وجود آستانه که باعث انباشت رسوب در جلوی آگیری می‌شود و همچنین میزان آبی که علیرغم انحراف از امتداد کانال اصلی به سمت آگیری، وارد آگیری نشده و در مجاورت ساحل چپ کانال اصلی، به پایین دست هدایت میشود را میتوان از عوامل تاثیر گذار بر میزان آبهستگی نام برد و مجموعه این عوامل باعث می‌شوند که در

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 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. 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

در آبگیر و توپوگرافی بستر و به ویژه ابعاد آبشستگی در پایین دست آبگیر مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان می دهد که از میان حالات مذکور، ترکیب آبشکن و آستانه و ترکیب آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق در تمامی نسبتهای آبگیری عملکرد فوق العاده ای در کنترل رسوب داشته اند و ترکیب آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق توانسته است رسوب ورودی به آبگیر و حجم رسوب انباشت در آبگیر را به تقریباً صفر برساند. ولی از منظر میزان آبشستگی در پایین دست آبگیر در کانال اصلی، در ترکیب آبشکن و آستانه، عمق آبشستگی بالایی رخ می دهد که می تواند پایداری ساحل پایین دست آبگیر را تحت الشعاع قرار دهد. با افزودن صفحات مستغرق به جمع آستانه و آبشکن، اگرچه عرض ناحیه آبشستگی در Q_r های کم مقداری افزایش یافته است ولی از آن مهمتر، عمق آبشستگی بطور چشمگیری کاهش یافته است که درصد کاهش، در Q_r های بالاتر به مراتب بیشتر است. از اینرو از هر دو منظر میزان رسوب ورودی به آبگیر و عمق آبشستگی، ترکیب آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق در تمامی Q_r ها عملکرد فوق العاده مناسبی داشته است.

References

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- 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-

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).

intake entrance , Fourth Iranian Hydraulic Conference, Shiraz University, Shiraz, Iran(In Persian)

24- Neil, C. R., and 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).

Experimental comparison of different methods with regard to sediment control and scour at the 90 degree water intakes

Ali Attarzadeh^{1*}, Masoud Ghodsian², Seyed Ali Ayyoubzadeh³, Seyed Ali Akbar Salehi Neishaboori⁴

1- Assistant professor of Hydraulic Engineering, Department of Civil Engineering, Qom University of Technology, Qom, Iran

2,4- 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

*attarzadeh@qut.ac.ir

Abstract:

An important goal of deviation of water flowing in a river is to control sediment and supply required water with minor sediment. This goal can be achieved using some sediment control structures, such as sill, spur dike and submerged vanes. These structures, however, can influence the flow pattern in a water intake, which induces scouring at downstream of the intake in main channel. For instance, generated helical motion due to secondary circulation induced by submerged vanes is the main cause of scouring at downstream of these structure. As for spur dikes, the generated helical motion is also the main cause of scouring in the main channel downstream, which occurs through increased flow velocity and curvilinear flow near the spur dikes. The induced scouring may impact the stability of coastal region near the channel/river that must be taken into account in designing process.

In this study some experimental tests were carried out to understand the effect of sill, spur dike and submerged vanes on sediment control and scouring in the downstream of intake in the main channel. Four different cases were considered to be discussed; in the first case, there was no sediment control structure installed. In the second one, however, the effects of a sill with a height of one third of the flow depth at the entrance of the intake was evaluated. In the third case the effect of installing both sill and spur was studied. In this case, in addition to a sill installed at the intake entrance, an impermeable direct non-submerged spur, with a length of 1/4 of width of the main channel at upstream, was mounted on the opposite side of the intake at upstream of the main channel. In the fourth case, submerged vanes were added up to the two other mentioned structures earlier. The submerged vanes were put in two parallel rows in front of the intake in the main channel.

All experimental tests were conducted in a flume equipped with a recirculating sediment system and a 90° lateral diversion channel. Three important parameters including the ratio of bed sediment transport into intake (Gr), the volume fraction of sediment deposited within intake (Vr), and the dimensions/volume/area of scouring at upstream in the main channel were evaluated in this study under three different discharge ratios of 0.12, 0.15 and 0.18.

The experimental results indicate that the mentioned parameters are mainly determined by the discharge ratio and the mechanism of sedimentation control. It can be noted that Gr increases with Qr , whereas Vr decreases as Qr raises up. It was also observed that all sediment control structures play an important role in sediment control at the intake entrance, although the influence of spur dike and submerged vanes is greater as compared with that of sill, which causes a significant reduction in Gr and Vr . It was also found that the dimensions/volume/area of scouring area at upstream in the main channel is mainly controlled by existence of those structures.

Generally speaking, the dimensions/volume/area of scouring area is mainly controlled by the velocity of water in contact with the downstream bank of intake, Qr , the power of induced secondary flow by the submerged vanes and the spur dike, and the cumulative sediment in front of the intake due to existence of sill. It was also noticed that in some cases both the submerged vanes and the spur dike may result in scour increase. The dimensions/volume/area of scouring area demonstrated different behavior over different Qr ranges that could be described through this fact that these parameters are influenced by many causes simultaneously. To approximate Gr , Vr and dimensions/volume/area of scouring area in different situations, some relationships have been presented in this study. A comparison has also been made between the results obtained from the current study and those presented by other authors, based on which the most proper structure was chosen with respect to sediment control and scouring. Eventually, the third and fourth cases were found as the most desirable system able to control sediment more efficiently comparing to other cases.

Key words: sediment control, scour depth, intake, sill, submerged vanes, spur dike