

مطالعه آزمایشگاهی تأثیر زاویه دیوار جدا کننده روی کنترل رسوب در دهانه آبگیر

امیر مرادی نژاد^۱، امیر حمزه حقی آبی^{۲*}، مجتبی صانعی^۳ و حجت ا. یونسی^۴

^۱ دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، ^۲ دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران و ^۴ استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۲۵

چکیده

مقدار رسوب ورودی به آبگیرهای جانبی به الگوی جریان در محل دهانه آبگیر بستگی دارد. استفاده از سازه در جلوی دهانه آبگیر می‌تواند باعث تغییر این الگو و در نتیجه مقدار رسوب ورودی شود. یکی از روش‌های مؤثر برای تغییر الگوی جریان و کنترل رسوب ورودی به آبگیر جانبی، کاربرد دیوار جداکننده می‌باشد. دیوار جداکننده با دور کردن رسوبات از دهانه آبگیر باعث کاهش حجم ورود رسوبات به آبگیر می‌شود. به منظور هدایت جریان به سمت آبگیر و افزایش کارایی دیوار جداکننده، معمولاً از آبشکن در مقابل آبگیر استفاده شده است. آبشکن با زاویه ۶۰ درجه با طول $0.25B$ و در فاصله $2b$ از مرکز آبگیر قرار داشت (B عرض کانال اصلی و b عرض آبگیر). در این تحقیق، زاویه‌های دیوار جداکننده با ساحل، ترکیب آبشکن و دیوار جداکننده و تغییرات دبی بر کنترل رسوب ورودی به آبگیر، نسبت آبگیری و توپوگرافی بستر به صورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته است. ابتدا تأثیر دیوار جداکننده با سه زاویه (15° ، 14° ، 10°) در جلوی آبگیر و سپس ترکیب دیوار جداکننده در جلوی آبگیر و آبشکن در مقابل آبگیر مورد بررسی قرار گرفت. با انجام تحلیل ابعادی، نسبت‌های بدون بعد استخراج و رابطه بین متغیرها در آزمایش‌ها مشخص شد. نتایج حاکی از آن بود که در حالت وجود دیوار جداکننده و ترکیب آن با آبشکن مقدار رسوب ورودی به آبگیر به طور متوسط در دیوار با زاویه ۱۰ درجه ۸۱ درصد، دیوار با زاویه ۱۴ درجه ۷۸ درصد و دیوار با زاویه ۱۸ درجه ۷۶ درصد کاهش یافته است. ترکیب دیوار جداکننده و آبشکن نسبت به دیوار جداکننده به تنهایی در کاهش رسوبات ورودی به آبگیر به طور متوسط برای هر سه زاویه به میزان ۱۵ درصد بیشتری دارد.

واژه‌های کلیدی: آبگیر جانبی، آبشکن، انحراف جریان، کنترل رسوب، راندمان آبگیری

مقدمه

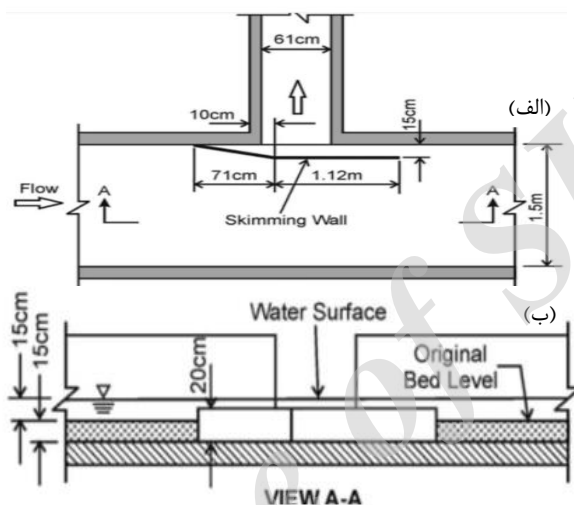
مناسب‌ترین و در عین حال قدیمی‌ترین روش‌های برداشت آب رودخانه برای مصارف گوناگون است. انحراف آب با استفاده از آبگیر جانبی همواره مشکل ورود رسوبات به کانال‌ها و سامانه‌های انتقال آب را به دنبال دارد. با نزدیک شدن جریان به آبگیر، به دلیل

با توجه به اهمیت رودخانه‌ها به عنوان یکی از منابع مهم تأمین آب، آبگیری از رودخانه و انشعاب جریان از آن یکی از مباحث مهم در مهندسی هیدرولیک و رودخانه است. استفاده از آبگیرهای ثقلی از

* مسئول مکاتبات: haghiaibi.a@lu.ac.ir

به وجود می‌آورد. به دلیل پیچیدگی نحوه انتقال جریان و رسوب در محدوده دهانه آبگیر، نیاز به مطالعات بیشتری در این زمینه است. در این تحقیق به بررسی تغییرات زاویه دیوار جداکننده و نقش آن در کنترل رسوب ورودی به آبگیر پرداخته شده است. دیوار جداکننده سازه‌ای است که از دو صفحه تشکیل شده و از یک طرف یک صفحه با زاویه‌ای به ساحل وصل و صفحه دوم به موازات دیوار جانبی ادامه داده می‌شود. شکل ۱، پلان و مقطع عرضی آن را نشان می‌دهد.

جدایش جریان به طرف کانال جانبی، جریان در جهت عرضی شتاب گرفته و به دو قسمت تقسیم می‌شود. قسمتی وارد آبگیر شده و مابقی در کانال اصلی پایین دست جریان می‌یابد. یکی از مشکلاتی که در بیشتر آبگیرها به وجود می‌آید، تجمع و ورود رسوبات به دهانه آبگیر است. عدم کنترل رسوبات ورودی به آبگیرها موجب انتقال آن به داخل کانال‌های آبیاری و تأسیسات شده و مشکلات زیادی را در نتیجه حمل رسوبات و یا ته نشین شدن آن‌ها در قسمت‌های مختلف



شکل ۱- الف) پلان و ب) مقطع دیوار جداکننده جلوی آبگیر (Barkdoll و همکاران، ۱۹۹۹)

صفحات مستغرق، دو راه حل مناسب شناخته شد، یکی قرار دادن دیواره جانبی در کنار صفحات مستغرق و دیگری عریض کردن ورودی آبگیر بود (Ardeshiri و همکاران، ۲۰۱۴). Ahmed (۱۹۵۳)، نشان داد که به لحاظ قدرت جریان و رسوب‌گیری، آبشکن‌هایی که متمایل به بالادست هستند، عملکرد بهتری از خود نشان می‌دهند. Gu و همکاران (۲۰۱۱) با انجام آزمایش‌هایی به بررسی انتقال رسوب معلق در کانال با حضور آبشکن‌های نفوذپذیر پرداختند. در این تحقیق تأثیر نسبت فاصله بین آبشکن‌ها به طول آبشکن بر روی خصوصیات جریان و رسوب، ساختار جریان ثانویه و غلظت رسوب معلق مورد مطالعه قرار گرفت، نتایج نشان داد که رسوبات معلق بین آبشکن‌های نفوذپذیر به سمت پایین دست به صورت یکنواخت توزیع می‌شوند، همچنین، با افزایش آن نسبت، شدت تنش رینولدز افزایش می‌یابد. Zhang و Nakagawa (۲۰۰۹) الگوی

Neary و همکاران (۱۹۹۹) مدل عددی سه بعدی جریان روی انشعابی ۹۰ درجه در کانالی با مقطع مستطیلی را توسعه دادند و با نتایج آزمایشگاهی صحت‌یابی کرده‌اند. بر اساس یافته‌های این محققان، با افزایش نسبت انحراف جریان، عرض ناحیه گردابی کم و بر طول آن افزوده می‌شود (Barkdoll و همکاران، ۱۹۹۹). Ramamurthy و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که با افزایش نسبت انحراف جریان، طول و عرض ناحیه جدایی جریان در کانال آبگیر کاهش می‌یابد. همچنین، وسعت ناحیه جدایی در کانال آبگیر در کف کمتر از سطح می‌باشد. تحقیقات Barkdoll و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد که شدت رسوبات ورودی بستر به داخل آبگیر پس از نصب صفحات مستغرق زمانی می‌تواند ناچیز باشد که نسبت دبی واحد عرض آبگیر به دبی واحد عرض کانال اصلی (qr) کمتر از حدود ۰/۲ باشد. پس از بررسی آزمایشگاهی، برای افزایش qr و حفظ کارایی

بین این حالت با حالت بدون سازه صورت پذیرد. از این رو، هدف اصلی این مطالعه استفاده از دیوار جداکننده در کنترل رسوب ورودی به آبگیر جانبی با زاویه ۶۰ درجه از کانال مستطیلی شکل است.

مواد و روش‌ها

تحلیل ابعادی: با استفاده از روش تحلیل ابعادی از روش باکینگهام با توجه به پارامترهای مؤثر در پدیده یک سری گروه بدون بعد تشکیل و با اجرای یک سری محاسبه، روابط بدون بعد ایجاد می‌شود. پارامترهای زیادی در جریان ورودی به آبگیر مؤثر می‌باشند، این پارامترها عبارتند از:

دبی جریان در کانال اصلی (Q_m)، دبی جریان در کانال آبگیر (Q_i)، دبی رسوب در کانال اصلی (Q_{sm})، دبی رسوب در کانال آبگیر (Q_{sl})، عمق جریان در کانال اصلی (d)، سرعت جریان در کانال اصلی (V_m)، عرض کانال اصلی (B_m)، عرض کانال آبگیر (b)، شیب کانال اصلی (S_m)، شتاب ثقل (g)، دانسیته جریان (ρ)، لزجت سینماتیکی سیال (ν)، زاویه کانال آبگیر با کانال اصلی (θ)، زاویه آبشکن با ساحل کانال اصلی (α)، طول آبشکن (L_D)، فاصله آبشکن از خط مرکزی کانال آبگیر (L)، زاویه سازه دیوار جداکننده با ساحل (β_1)، زاویه بین دو ضلع سازه دیوار جداکننده (β_2)، ارتفاع صفحات دیواره جداکننده (H)، طول شاخه ابتدایی دیوار جداکننده (L_1)، طول شاخه دوم دیوار جداکننده (L_2)، زمان آزمایش (t)، قطر متوسط رسوبات (d_{50})، دانسیته رسوبات (ρ_s)، زبری بستر (K_s)، با توجه به ثابت بودن $\theta, B_m, g, d_{50}, \rho_s, \nu, H, t, S_m, L_D, L_1, L_2, K_s, \beta_1, \beta_2$ با استفاده از آنالیز ابعادی و روش باکینگهام و حذف پارامترهای ثابت رابطه بدون بعد نهایی به صورت زیر قابل ارائه است.

$$G_r = f(F_r, Q_r, \frac{d}{H}, \beta) \quad (1)$$

که در آن، $G_r = \frac{Q_{sl}}{Q_{sm}}$ نسبت دبی رسوب ورودی به کانال آبگیر به دبی رسوب ورودی به کانال اصلی، $Q_r = \frac{Q_L}{Q_m}$ نسبت دبی کانال آبگیر به دبی کانال اصلی (نسبت آبگیری)، F_r عدد فرود جریان بالادست آبگیر،

جریان و تغییرات بستر در حضور آبشکن‌های نفوذپذیر و نفوذناپذیر را مورد بررسی آزمایشگاهی و عددی قرار دادند. نتایج نشان داد که نفوذپذیری تأثیر مهمی بر روی الگوی جریان و تغییرات بستر می‌گذارد. Atarzadeh و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی آزمایشگاهی تأثیر آستانه، آبشکن و صفحات مستغرق بر کنترل رسوب و توپوگرافی بستر در آبگیرهای جانبی پرداختند، نتایج نشان داد که در کنترل رسوب تأثیر آبشکن بیش از بقیه است (Ahmed, ۱۹۵۳). Sajedi sabegh و Habibi (۲۰۰۳) کاربرد توام صفحات مستغرق و مجموعه آبشکن‌ها را در افزایش راندمان آبگیری بررسی کردند و نشان دادند با کاربرد توام صفحات مستغرق و مجموعه آبشکن‌ها ورود رسوبات به آبگیر کاهش می‌یابد. Ardeshiri و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیق خود به تأثیر طول و موقعیت آبشکن بر میزان آبگیری با استفاده از آبشکن نفوذپذیر در آبگیر جانبی پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که آبگیری با نسبت دبی‌های پنج، ۱۱ و ۲۰ درصد و افزایش طول آبشکن باعث افزایش درصد آبگیری شد و در درصد آبگیری پنج و ۱۱ درصد افزایش فاصله به سمت پایین دهانه آبگیر باعث افزایش ۲۰ درصد آبگیری شد. Abbasi و Maleknejad (۲۰۱۵) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که به کارگیری توام آستانه و صفحات مستغرق باعث کاهش رسوب ورودی به آبگیر شده و در محدوده آزمایش‌ها انجام شده به طور متوسط ۷۲ درصد نسبت به حالتی که آستانه به تنهایی و ۴۵ درصد نسبت به حالتی که صفحات مستغرق به تنهایی وجود دارد، می‌توان رسوبات ورودی به آبگیر را کاهش داد. Nazari و Shafai bejestani (۱۹۹۸) تعداد ۳۴ آزمایش بر روی زاویه‌های مختلف آبگیری ۱۵، ۴۵، ۶۰ و ۷۵ درجه با بستر متحرک انجام دادند، نتایج نشان داد که زاویه ۶۰ درجه جریان بیشتر با کمینه رسوب را منتقل می‌کند. با توجه به سوابق تحقیق تاکنون عمده مطالعات انجام شده در زمینه آبگیر بر روی صفحات مستغرق، آستانه و اپی یا ترکیب آن‌ها بوده است. لذا، مطالعات بیشتری در این زمینه به خصوص در حالتی که از دیواره جداکننده در جلوی آبگیر استفاده شود، ضروری است. همچنین برای نشان دادن میزان اثر زاویه دیواره جداکننده بر میزان رسوب ورودی به آبگیر، لازم است که از ترکیب دیوار و اپی استفاده شود و مقایسه‌ای

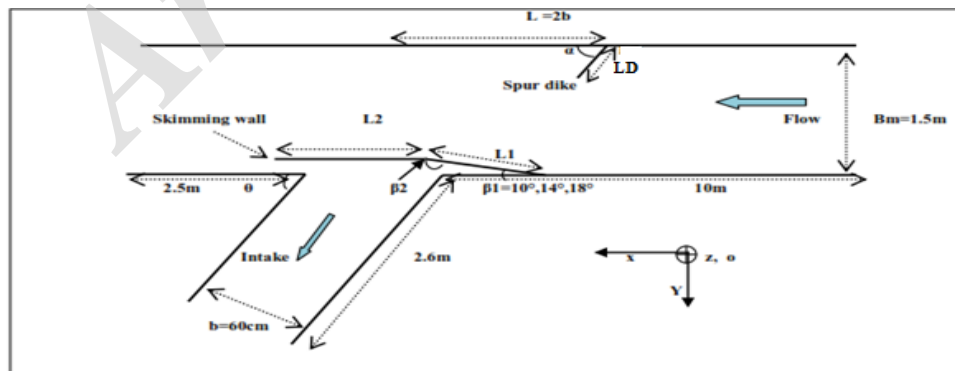
محدوده اندازه‌گیری سرعت، پروفیل سطح آب و بستر از سه متری بالای آبگیر تا دو متری پایین آن بود. برای سرعت، عرض کانال هر ۱۰ سانتی‌متر یک نقطه، طول کانال در محدوده مورد نظر از سه متری بالا تا ۶۰ سانتی‌متر پایین آبگیر هر ۴۰ سانتی‌متر (شبکه 40×10)، برای پروفیل بستر و سطح آب طول کانال از سه متری بالا تا دو متری پایین آبگیر هر ۱۰ سانتی‌متر طول و ۲۰ سانتی‌متر عرض نقاط شبکه برداشت شد (شبکه 20×10).

در نزدیک دهانه سمت آبگیر شبکه ریزتر شد، فاصله عرضی به صورت پنج، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ تقسیم شد. این محدوده شبکه‌بندی و در نقاط شبکه، سرعت در سه عمق و پروفیل بستر و سطح آب برداشت شد. سازه دیوار جداکننده از دو شاخه تشکیل شده، شاخه ابتدایی که طول آن ۷۵ و ارتفاع آن ۲۵ سانتی‌متر که یک سمت آن با زاویه (۱۰، ۱۴ و ۱۸ درجه) به ساحل سمت آبگیر و سمت دیگر آن به شاخه دوم وصل می‌شود. شاخه دوم موازی ساحل با طول ۱۱۲ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر در جهت جریان ادامه دارد (شکل ۲). بر اساس تحقیقات Barkdoll و همکاران (۱۹۹۹)، نسبت طول شاخه‌ها $\frac{L_2}{L_1} = 1/5$ و مقدار ارتفاع خارج از بستر دیوار جداکننده یک سوم عمق جریان در نظر گرفته شد. آبشکن با زاویه ۶۰ درجه با طول $0.25B$ و در فاصله $2b$ از مرکز آبگیر قرار داشت (شکل ۲). جدول ۱، مقادیر تغییرات پارامترها را نشان می‌دهد.

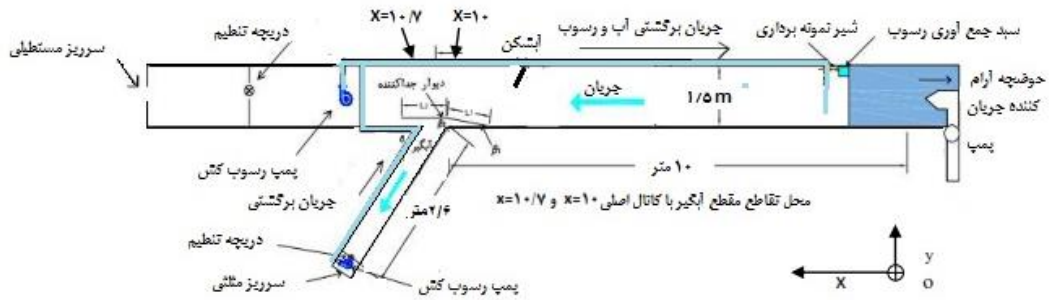
$\frac{d}{H}$ نسبت عمق جریان در کانال اصلی به ارتفاع صفحات دیوار جداکننده، β_1 زاویه دیوار جداکننده با ساحل در کانال اصلی است.

آزمایش‌ها در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری در فلومی به طول ۱۲ متر و عرض $1/5$ و ارتفاع $0/9$ متر و دارای سامانه گردش آب و رسوب انجام گرفت. آبگیری به وسیله کانال جانبی به عرض $0/6$ متر و طول $2/5$ و با زاویه ۶۰ درجه نسبت به جهت جریان در کانال اصلی انجام می‌شود. کانال آبگیر در فاصله نه متری از حوضچه آرام کننده بالادست و در فاصله سه متری از دریچه تنظیم سطح آب انتهای فلوم واقع شده است (شکل ۲). سامانه گردش آب فلوم به صورت مدار بسته بوده، آب مورد نیاز از طریق مخازن زیرزمینی مرتبط به هم که در زیر فلوم تعبیه شده است، می‌شود. دبی ورودی نیز در محل ایستگاه پمپاژ به وسیله شیرهای قابل تنظیم کنترل می‌شود. عمق جریان به وسیله دریچه‌هایی که در انتهای هر یک از کانال‌های اصلی و آبگیر قرار دارد، تنظیم می‌شود (شکل ۳).

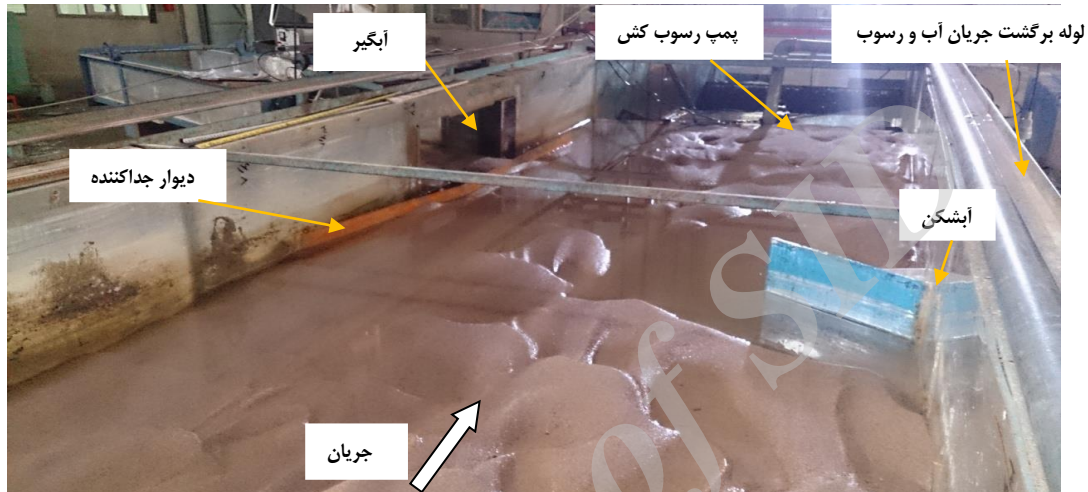
برای اندازه‌گیری جریان در کانال‌های اصلی و آبگیر از سرریزهای لبه تیز مستطیلی و مثلثی، برای اندازه‌گیری سرعت و جهت جریان از سرعت‌سنج الکترومغناطیس دو بعدی ساخت موسسه هیدرولیک دلف، با دقت $\pm 0/01$ متر بر ثانیه، برای اندازه‌گیری پروفیل سطح آب از ارتفاع‌سنج (Point Gage) و بستر نگار (پروفایلر) با دقت $\pm 0/1$ میلی‌متر استفاده شد.



شکل ۲- نمای کلی فلوم، آبشکن، دیوار جداکننده به صورت شماتیک



شکل ۳- نمای کلی فلوم، آبشکن، دیوار جداکننده و سامانه چرخش آب و رسوب به صورت شماتیک



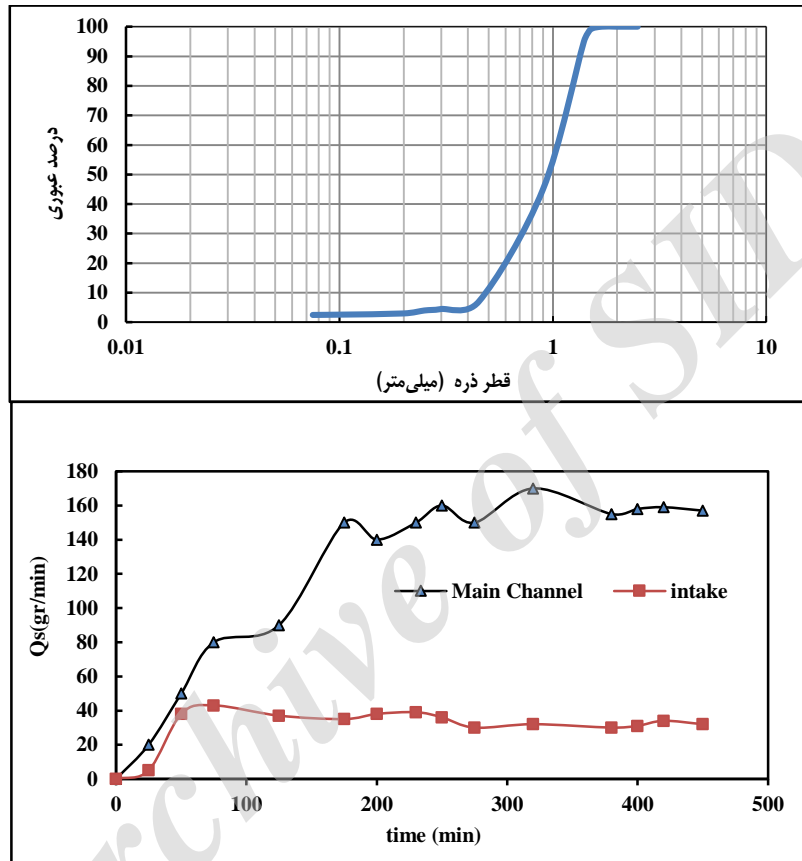
شکل ۴- نمای فلوم، آبگیر، آبشکن و دیوار جداکننده

هیدرولیکی 0.0452 ، سرعت برشی 0.298 ، عدد رینولدز مرزی $25/48$ و پارامتر شیلدز 0.0548 محاسبه شد. با توجه به پارامتر شیلدز (θ) و رینولدز مرزی (Re^*) محاسباتی برای شرایط فوق الذکر و بر اساس نمودار شیلدز، پارامتر شیلدز بزرگتر از پارامتر شیلدز بحرانی است ($\theta > \theta_{cr}$) و حرکت رسوبات بستر برای این دبی و دبی بیشتر از آن وجود دارد. در آزمایش‌های این تحقیق، از روشی موسوم به سامانه چرخشی رسوب استفاده می‌شود. هر دو قسمت کانال اصلی و آبگیر، دارای سامانه چرخشی رسوب می‌باشد که در آن قسمتی از جریان و کل رسوب خروجی از آبگیر و کانال اصلی به وسیله پمپ رسوب کش به ابتدای کانال اصلی در عرض کانال تزریق می‌شود. این سامانه پس از مدتی به تعادل می‌رسد، یعنی میزان رسوب ورودی به کانال با میزان رسوبی که از کانال خارج می‌شود، برابر خواهد شد. اندازه‌گیری‌ها و ثبت داده‌ها بعد از به تعادل رسیدن جریان آب و رسوب انجام می‌شود. در آزمایش با سازه‌های دیوار جداکننده، به خاطر وجود دیوار جداکننده

رسوبات به کار رفته در این آزمایش‌ها باید طوری انتخاب می‌شد که به صورت تعلیق، معلق نشوند و به صورت بار بستر حرکت کنند. لذا، از ماسه به قطر متوسط یک میلی‌متر، جرم مخصوص $2/65$ ، انحراف معیار $1/47$ و ضریب یکنواختی $2/2$ می‌باشد. شکل (۵- الف) منحنی دانه‌بندی مصالح بستر مورد استفاده را نشان می‌دهد. نمونه‌گیری از رسوبات ورودی به کانال اصلی و آبگیر با استفاده از سبد توری با قطر کمتر از $0/2$ میلی‌متر انجام پذیرفت. رسوبات بعد از گذشت 30 دقیقه از زمان نمونه‌برداری و خروج آب ثقلی از آن‌ها با ترازو با دقت ± 1 وزن و رطوبت آن‌ها تعیین شد. رطوبت این رسوبات بعد از خروج آب ثقلی 23 درصد تعیین شد که بر همین اساس وزن رسوبات خشک محاسبه شد. برای کنترل حرکت رسوبات به صورت بار بستر در محدوده دبی انتخابی، از دیاگرام شیلدز استفاده شد، دبی جریان با توجه به شرایط آزمایشگاهی در کمترین مقدار برابر 25 لیتر بر ثانیه، شیب بستر متحرک برابر $0/02$ ، عمق جریان برابر $4/6$ سانتی‌متر، شعاع

به وسیله نمونه برداری در هر دو مسیر در فواصل زمانی مختلف انجام شد. به منظور تعیین زمان تعادل، نمونه برداری از رسوبات کانال اصلی و آبگیر در طول زمان صورت پذیرفت نمودارهای زمان تعادل در شکل (۵-ب) آورده شده است. نتایج اولیه به دست آمده از آزمایشها در جدول ۱ آورده شده است.

جلوی آبگیر و کنترل رسوب به وسیله این سازه رسوب بسیار کم وارد آبگیر می‌شد و اصلاً رسوبی از انتهای آبگیر خارج نمی‌شد. فقط در چهار آزمایش شاهد رسوب از آبگیر خارج می‌شد. زمان تعادل در این آزمایشها زمانی است که مقدار رسوب بستر وارده به ابتدای کانال اصلی (مجموع رسوب خروجی از آبگیر و انتهای کانال اصلی) در طول زمان تقریباً یکسان باشد. این کار



شکل ۵- الف) نمودار دانه بندی مواد رسوبی، ب) تغییرات دبی رسوب با زمان

نسبت رسوب انحرافی در حالت مربوط به شاهد، سازه دیوار جداکننده و سازه دیوار جداکننده و آبشکن، به ترتیب ۴۲/۵، ۶۵ و ۸۷/۵ درصد افزایش یافته است. در نمودار شکل (۶-ب) مربوط به دیوار جداکننده با زاویه ۱۴ درجه، با افزایش ۴۶ درصد نسبت دبی انحرافی به آبگیر، نسبت رسوب انحرافی به آبگیر در حالت مربوط به شاهد، سازه دیوار جداکننده و سازه دیوار جداکننده و آبشکن، به ترتیب ۴۲/۵، ۶۹ و ۹۶/۵ درصد افزایش یافته است. در نمودار شکل (۶-ج) مربوط به دیوار جداکننده با زاویه ۱۸ درجه، با افزایش ۵۷ درصد نسبت دبی انحرافی به آبگیر، نسبت رسوب انحرافی به آبگیر

نتایج و بحث

نسبت رسوب انحرافی به آبگیر: شکل ۶، رابطه میان نسبت آبگیری با نسبت رسوب انحرافی به آبگیر به ازای زاویه‌های مختلف دیوار جداکننده در سه حالت بدون سازه یا شاهد، با دیوار جداکننده و با دیوار جداکننده و آبشکن نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، برای یک حالت دیوار جداکننده با زاویه مشخص با افزایش نسبت آبگیری نسبت رسوب ورودی به آبگیر نیز افزایش یافته است. با توجه به شکل (۶-الف) و نمودار مربوط به دیوار جداکننده با زاویه ۱۰ درجه، با افزایش ۵۰ درصد نسبت دبی انحرافی به آبگیر،

به شکل در سازه دیوار جداکننده ۱۰ درجه، دیوار جداکننده و ترکیب دیوار جداکننده و آبشکن به ترتیب ۶۷ و ۸۰/۷ درصد، در دیوار جداکننده ۱۴ درجه ۶۴/۵ و ۷۸ درصد، در دیوار جداکننده با زاویه ۱۸ درجه ۵۷/۵ و ۷۵/۳ درصد رسوب ورودی به آبگیر را کاهش داده است.

در حالت مربوط به شاهد، سازه دیوار جداکننده و سازه دیوار جداکننده و آبشکن، به ترتیب ۴۲/۵، ۶۶/۵ و ۹۲ درصد افزایش یافته است. در نمودار مربوط به کل داده-ها (شکل ۶-د)، با افزایش ۱۰۰ درصد نسبت دبی انحرافی به آبگیر (دو برابر دبی اولیه آبگیر)، نسبت رسوب انحرافی به آبگیر ۸۷ درصد افزایش یافته است. با توجه

جدول ۱- مقادیر متغیرها در آزمایش‌ها

شماره آزمایش	شرایط سازه**	دبی (Ls ⁻¹)	عمق جریان (cm)	دبی کانال اصلی (Ls ⁻¹)	دبی آبگیر (Ls ⁻¹)	Fr	G _r	Q _r
۱	A	۳۰	۷/۵	۲۵/۶	۲/۷۶	۰/۳۱	۰/۲۲۲	۰/۱۰۸
۲	A	۴۰	۸	۲۹/۱۲	۴/۰۴	۰/۳۷	۰/۲۷۲	۰/۱۳۹
۳	A	۵۰	۹	۳۷/۴	۵/۷۲	۰/۳۹	۰/۲۸۹	۰/۱۵۳
۴	A	۶۰	۱۱	۴۶/۷	۷/۶۱	۰/۳۵	۰/۳۱۶	۰/۱۶۳
۵	B ₁₀	۳۰	۷/۵	۲۴/۲۸	۲/۷۴	۰/۳۱	۰/۰۶۶	۰/۱۱۳
۶	B ₁₀	۴۰	۸	۳۲/۶۴	۳/۹۱	۰/۳۷	۰/۰۸۵	۰/۱۲۰
۷	B ₁₀	۵۰	۹	۳۹/۴	۴/۸۸	۰/۳۹	۰/۰۹۵	۰/۱۲۴
۸	B ₁₀	۶۰	۱۱	۴۷/۱۸	۷/۰۷	۰/۳۵	۰/۱۱۰	۰/۱۵۰
۹	B ₁₄	۳۰	۷/۵	۲۴/۲۸	۲/۶۴	۰/۳۱	۰/۰۷۱	۰/۱۰۹
۱۰	B ₁₄	۴۰	۸	۳۱/۷۶	۳/۵۹	۰/۳۷	۰/۰۹۲	۰/۱۱۳
۱۱	B ₁₄	۵۰	۹	۴۰	۴/۹۲	۰/۳۹	۰/۰۹۸	۰/۱۲۳
۱۲	B ₁₄	۶۰	۱۱	۴۷/۱۸	۷/۰۷	۰/۳۵	۰/۱۱۲	۰/۱۵۰
۱۳	B ₁₈	۳۰	۷/۵	۲۲/۹۶	۲/۲۰	۰/۳۱	۰/۰۸۶	۰/۰۹۶
۱۴	B ₁₈	۴۰	۸	۳۱/۳۲	۴/۵۷	۰/۳۷	۰/۰۹۱	۰/۱۴۶
۱۵	B ₁₈	۵۰	۹	۳۹/۴	۶/۱۸	۰/۳۹	۰/۰۹۸	۰/۱۵۷
۱۶	B ₁₈	۶۰	۱۱	۴۸/۶۲	۸/۱۶	۰/۳۵	۰/۱۴۳	۰/۱۶۸
۱۷	C ₁₀	۳۰	۷/۵	۲۲/۹۶	۳/۱۰	۰/۳۱	۰/۰۳۶	۰/۱۳۵
۱۸	C ₁₀	۴۰	۸	۳۱/۷۶	۴/۴۱	۰/۳۷	۰/۰۴۰	۰/۱۳۹
۱۹	C ₁₀	۵۰	۹	۳۸/۴	۵/۳۷	۰/۳۹	۰/۰۵۲	۰/۱۴۰
۲۰	C ₁₀	۶۰	۱۱	۴۷/۱۸	۷/۴۰	۰/۳۵	۰/۰۶۷	۰/۱۵۷
۲۱	C ₁₄	۳۰	۷/۵	۲۳/۰۹	۳/۰۳	۰/۳۱	۰/۰۴۰	۰/۱۳۲
۲۲	C ₁₄	۴۰	۸	۳۰/۴۴	۴/۵۳	۰/۳۷	۰/۰۴۵	۰/۱۴۹
۲۳	C ₁₄	۵۰	۹	۳۹/۴	۶/۱۸۹	۰/۳۹	۰/۰۵۸	۰/۱۷۵
۲۴	C ₁₄	۶۰	۱۱	۴۶/۲۲	۸/۸۷	۰/۳۵	۰/۰۷۸	۰/۱۹۲
۲۵	C ₁₈	۳۰	۷/۵	۲۳/۱	۲/۴۲	۰/۳۱	۰/۰۴۵	۰/۱۰۵
۲۶	C ₁₈	۴۰	۸	۳۲/۶۴	۴/۳۰	۰/۳۷	۰/۰۵۲	۰/۱۳۲
۲۷	C ₁₈	۵۰	۹	۳۹/۴	۵/۶۰	۰/۳۹	۰/۰۶۵	۰/۱۴۲
۲۸	C ₁₈	۶۰	۱۱	۴۷/۱۸	۷/۷۸	۰/۳۵	۰/۰۸۷	۰/۱۶۵

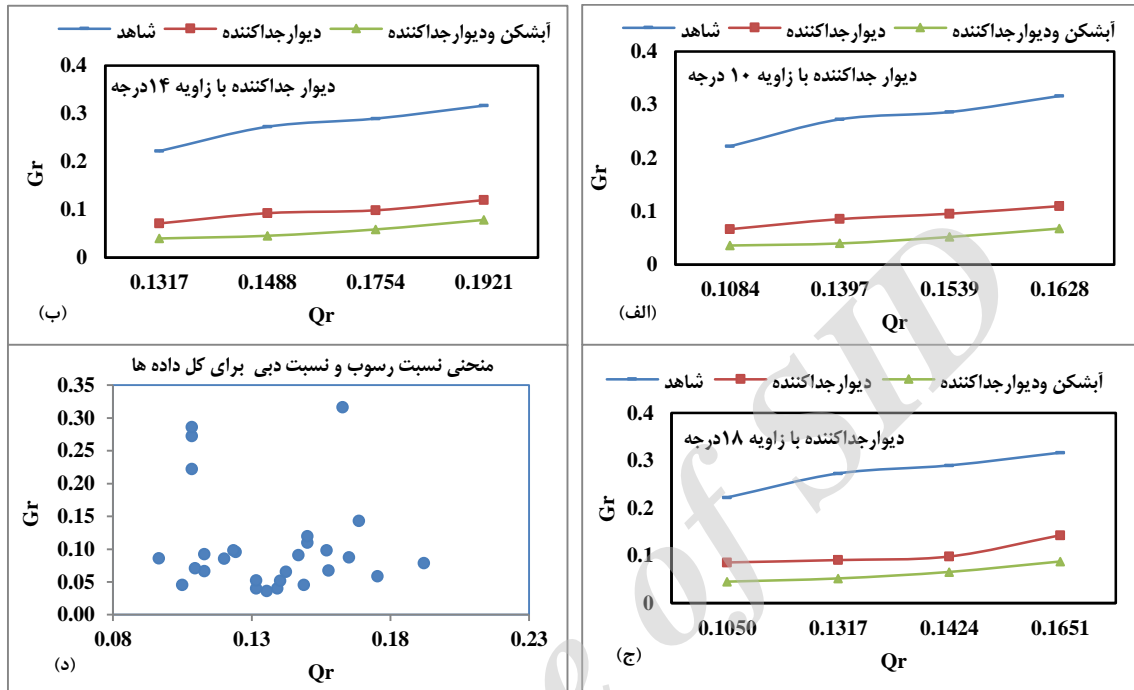
** A بدون سازه، B₁ با دیوار جداکننده، C₁ با دیوار جداکننده و آبشکن، اندیس I زاویه دیوار جداکننده می‌باشد.

درجه ۸۱ درصد، دیوار با زاویه ۱۴ درجه ۷۸ درصد و دیوار با زاویه ۱۸ درجه ۷۶ درصد کاهش یافته است. ترکیب دیوار جداکننده و آبشکن نسبت به دیوار جداکننده به تنهایی در کاهش رسوبات ورودی به آبگیر

مقایسه سه حالت شاهد با سازه دیوار جداکننده و دیوار جداکننده با آبشکن نشان می‌دهد که در حالت وجود دیوار جداکننده و ترکیب آن با آبشکن مقدار رسوب ورودی به آبگیر به طور متوسط در دیوار با زاویه ۱۰

می‌دهد ولی به دلیل برخورد جریان نزدیک کف به آن، در نسبت‌های آبگیری بالاتر آشفتگی در اطراف دیوار افزایش می‌یابد که باعث می‌شود بخشی از رسوبات از کف بلند شده و وارد آبگیر شوند.

تأثیر بیشتری دارد. در نسبت آبگیری پایین تأثیر این سازه‌ها در کنترل رسوب بیشتر و در نسبت آبگیری بالا کمتر است که علت را می‌توان در نتایج عرض جدایی جریان جستجو کرد. در واقع دیوار جداکننده ورود رسوبات بار بستر در کانال اصلی به آبگیر را کاهش



شکل ۶- نسبت رسوب انحرافی به آبگیر بر حسب نسبت دبی آبگیری، الف) دیوار با زاویه ۱۰ درجه، ب) دیوار با زاویه ۱۴ درجه، ج) دیوار با زاویه ۱۸ درجه، د) برای کل داده‌ها

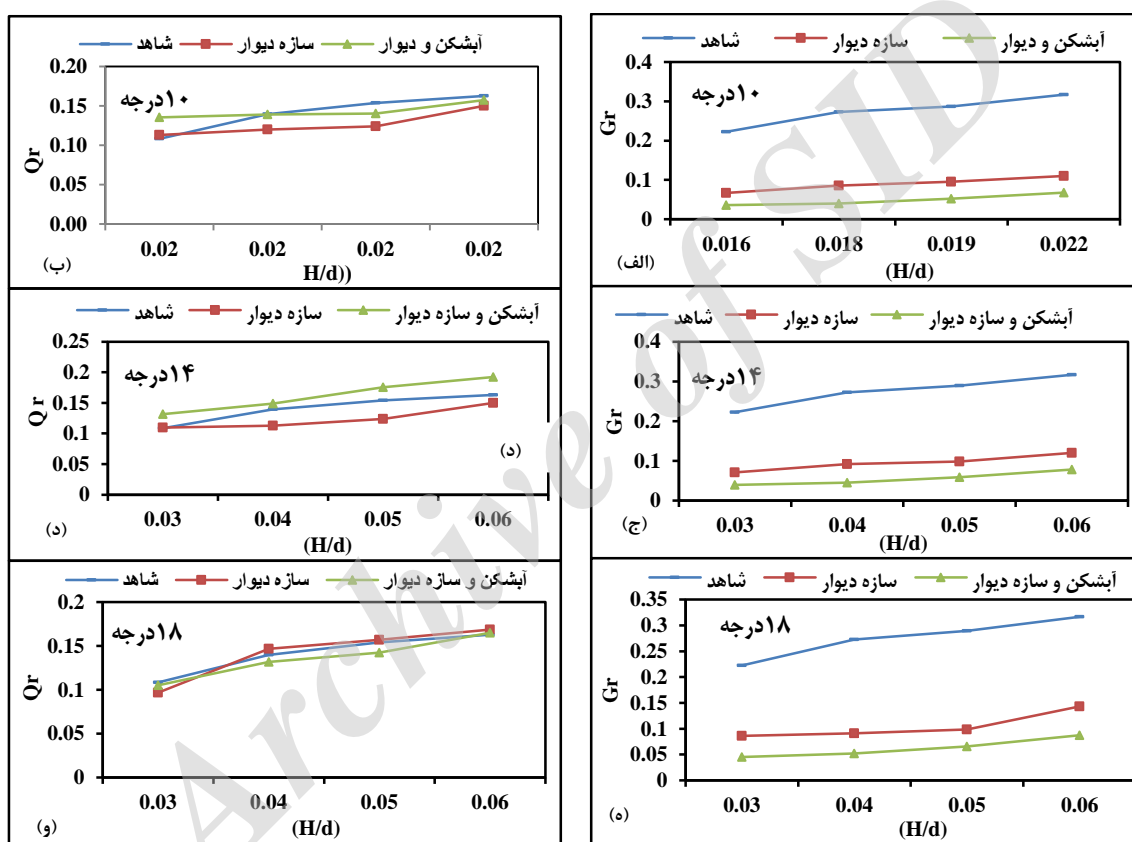
Gr به ترتیب ۴۲/۵، ۸۸/۵ و ۵۷ درصد و مقدار Q_r ۵۰، ۷۴/۶ و ۵۷ درصد افزایش یافته است. تغییرات پارامتر بدون بعد (d/H) به علت تغییرات دبی و در نتیجه تغییرات عمق جریان می‌باشد. با افزایش عمق جریان دبی بیشتری وارد آبگیر می‌شود و مولفه عرضی سرعت افزایش می‌یابد، باعث می‌شود رسوب بیشتری وارد آبگیر شود.

ارتباط بین زاویه دیوار جداکننده (β) و نسبت رسوب ورودی به آبگیر: در این تحقیق آزمایش‌ها با سه زاویه دیوار جداکننده ۱۰، ۱۴ و ۱۸ درجه نسبت به ساحل انجام گرفت. آزمایش‌ها برای هر زاویه با چهار دبی ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ لیتر بر ثانیه و برای سه حالت بدون سازه، با سازه دیوار جداکننده و با سازه دیوار جداکننده و آبشکن انجام گرفت. همان‌طور که از شکل ۸ مشاهده می‌شود، با افزایش زاویه دیوار جداکننده از

ارتباط بین نسبت H/d به نسبت رسوب انحرافی به آبگیر: شکل ۷، تغییرات نسبت دبی (Q_r) و رسوب انحرافی (Gr) به آبگیر را نسبت به H/d (نسبت ارتفاع خارج از بستر دیوار جداکننده H به عمق جریان) نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۷ (الف و ب) مشاهده می‌شود، در دیوار جداکننده با زاویه ۱۰ درجه، با افزایش ۳۷/۵ درصد در مقدار H/d ، در حالت شاهد، دیوار جداکننده و دیوار جداکننده و آبشکن، مقدار Gr به ترتیب ۴۲/۵، ۶۳/۵ و ۸۷/۵ درصد و مقدار Q_r ۵۰، ۳۳ و ۱۶/۵ درصد افزایش یافته است. در (شکل ۷-ج و د) دیوار جداکننده با زاویه ۱۴ درجه، با افزایش ۱۰۰ درصد در مقدار H/d ، مقدار Gr به ترتیب ۴۲/۵، ۶۹ و ۹۶/۵ درصد و مقدار Q_r ۵۰، ۳۷ و ۴۶ درصد افزایش یافته است. در (شکل ۷-ه و و) دیوار جداکننده با زاویه ۱۸ درجه، با افزایش ۱۰۰ درصد در مقدار H/d ، مقدار

پس از برخورد به سازه دیوار جداکننده و عبور از روی آن به علت سرعت روبه پایین و اختلاف فشار دو طرف سازه باعث ایجاد جریان ثانویه، تغییرات در تنش برشی بستر و انتقال کل رسوبات و خالی کردن پشت سازه می‌شود. در آزمایش‌های با دبی ۵۰ و ۶۰ لیتر بر ثانیه پشت سازه دیوار جداکننده از محل نصب به ساحل تا محل تقاطع دو ضلع سازه دیوار جداکننده تا ۹۰ درصد رسوبات شسته و به داخل آبگیر منتقل شدند. مطابق شکل ۸ با افزایش دبی مقدار دبی انحرافی و نسبت رسوب نیز افزایش یافته است.

۱۰ به ۱۸ درجه در هر دو حالت دیوار جداکننده به تنهایی (شکل ۸- الف و ب) و دیوار جداکننده و آبشکن (شکل ۸- ج و د)، نسبت رسوب انحرافی به آبگیر بیشتر می‌شود. هرچه زاویه کوچک‌تر باشد، فاصله سازه دیوار جداکننده تا ساحل سمت آبگیر کمتر در واقع عرض پشت دیوار کوچک‌تر می‌شود و حجم رسوبات پشت دیوار نیز کمتر می‌شود. مطابق شکل ۹ و پروفیل عرضی کانال اصلی در محل آبگیری مشاهده می‌شود که در این آزمایش‌ها درصد بالایی از رسوبات انتقال یافته به داخل آبگیر از قسمت پشت دیوار جداکننده می‌باشد. جریان



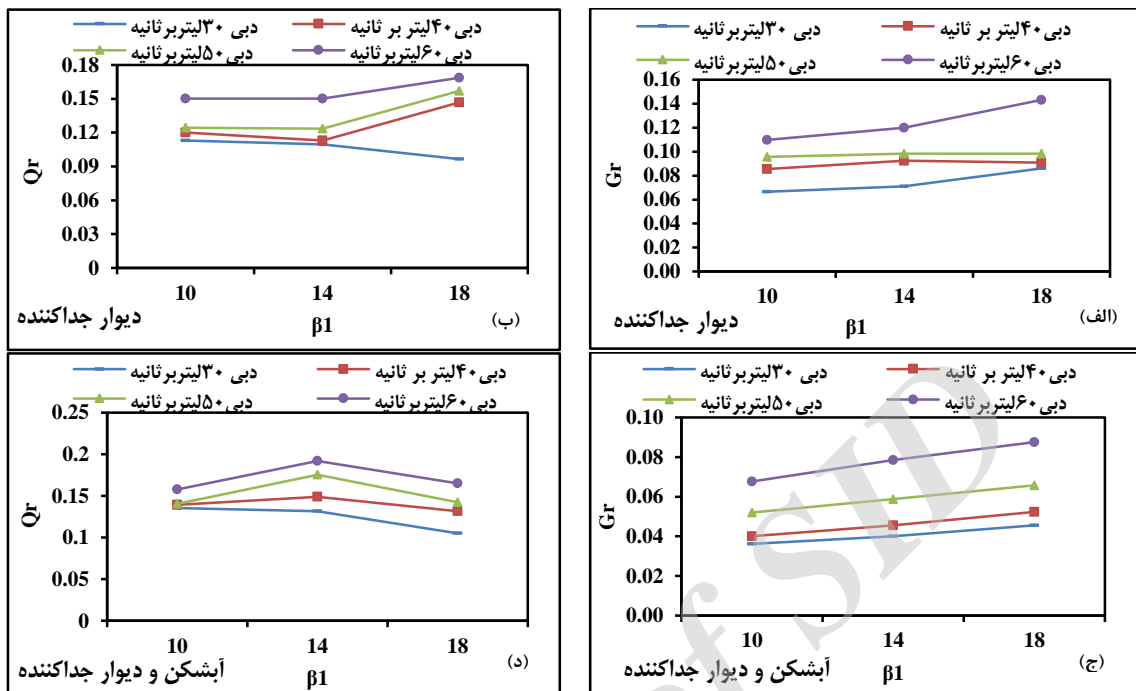
شکل ۷- نسبت ارتفاع خارج از بستر دیوار جداکننده به عمق جریان به نسبت رسوب انحرافی به آبگیر، الف و ب) زاویه ۱۰ درجه، ج و د) زاویه ۱۴ درجه، ه و و) زاویه ۱۸ درجه

جریان در کانال اصلی، تشکیل فرم‌های بستر از ابتدای کانال اصلی در بالادست کانال آبگیر و پایین دست کانال آبگیر شروع می‌شود و به پایین دست توسعه می‌یابد. فرم‌های بستر پس از رسیدن به مقابل آبگیر متوقف می‌شوند و به تدریج از پیشانی آن‌ها شسته و به پایین دست منتقل می‌شوند. به دلیل وجود ناحیه جدایی جریان در پایین دست آبگیر و کاهش سرعت جریان در ناحیه جدایی، رسوبات در داخل آبگیر

تغییرات پروفیل عرضی بستر در موقعیت بالا و پایین دهانه: پروفیل عرضی بستر در کانال اصلی در دو موقعیت طولی بالای دهانه ($X=10$) و پایین دهانه ($X=10/7$) برداشت شد و مطابق شکل‌های ۱۰ و ۱۱ برای زوایای مختلف دیوار جداکننده و حالت‌های مختلف شاهد، سازه دیوار جداکننده و با سازه دیوار جداکننده و آبشکن پروفیل عرضی ترسیم شد. با شروع

شکل ۹، دیوار جداکننده و رسوبات انباشت شده جلوی دهانه آبگیر را نشان می‌دهد.

انباشته می‌شوند. بیشینه ارتفاع انباشت رسوبات در پشت آبشکن تا ۹۰ در صد عمق جریان افزایش می‌یابد.



شکل ۸- ارتباط بین زاویه دیوار جداکننده و نسبت رسوب و دیی ورودی به آبگیر، الف) و ب) دیوار جداکننده، ج) و د) آبشکن و دیوار جداکننده



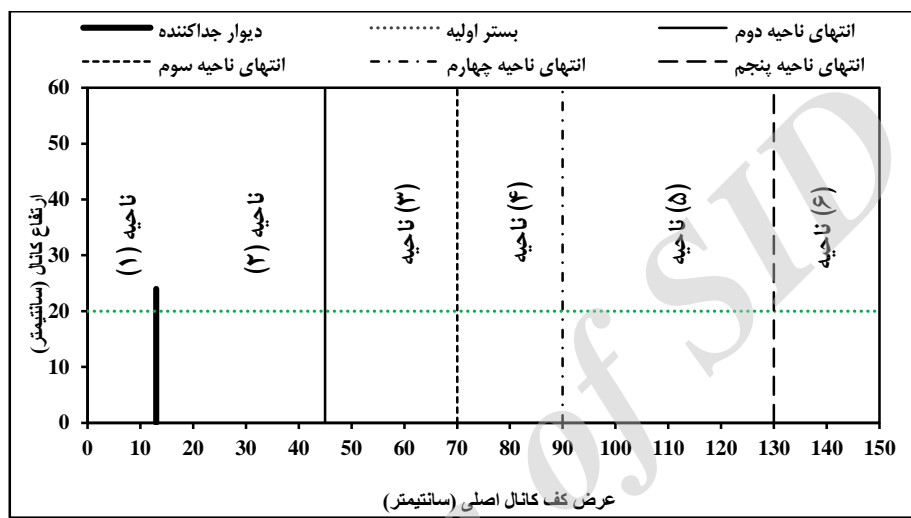
شکل ۹- دیوار جداکننده و رسوبات انباشت شده جلوی دهانه آبگیر

و با زاویه ۱۸ درجه (۰-۲۳/۱۸) سانتی‌متری می‌باشد. معیار انتخاب این فواصل بر اساس سینوس زوایای سازه دیوار جداکننده به دست آمده‌اند. در این ناحیه به محض ورود جریان به این قسمت و عبور جریان از روی سازه دیوار جداکننده، جریان شروع به کندن رسوبات پشت سازه و حمل آن‌ها به داخل آبگیر می‌کند. پس از

با بررسی پروفیل عرضی بستر در بالای دهانه (X=۱۰) می‌توان مطابق شکل ۱۰ این مقطع عرضی را بر اساس تغییرات بستر و نمودارهای شکل‌های ۱۱ و ۱۲ به شش ناحیه تقسیم کرد. قسمت اول از ساحل سمت آبگیر تا خود سازه دیوار جداکننده که برای دیوار با زاویه ۱۰ درجه (۰-۱۳)، با زاویه ۱۴ درجه (۱۸/۱۴)-

را وجود دارد. با توجه به این که ارتفاع سازه دیوار جداکننده از ارتفاع لایه بستر بیشتر بوده انتظار می‌رفت رسوبی وارده کانال نشود ولی به دلیل اغتشاش جریان در محدوده ورودی آبگیر و همچنین، ته‌نشست بخشی از رسوبات و ایجاد شیب در جلوی دیوار جداکننده رسوبات روی شیب غلتیده و وارد کانال آبگیر می‌شود (شکل ۹).

مدتی این قسمت گود و تا انتهای آزمایش کف‌کنی از این قسمت وجود دارد. در بعضی از آزمایش‌ها عمق این کف‌کنی به نزدیک کف کانال هم می‌رسد. در تمام آزمایش‌ها قسمت عمده رسوبات وارد شده به آبگیر مربوط به قسمت پشت سازه دیوار جداکننده (از ساحل سمت آبگیر تا دیوار جداکننده) است. ناحیه دوم از جلوی سازه دیوار جداکننده تا فاصله عرضی ۴۵ سانتی-متری (۴۵-۱۳) می‌باشد. در این ناحیه انباشت رسوب



شکل ۱۰- تقسیم مقطع عرضی به شش قسمت بر اساس تغییرات بستر در جلوی آبگیر

بیشینه مقدار خود می‌رسد. این تغییر مکان عرضی سریع سرعت بیشینه، در زاویه ۱۸ درجه باعث شده کف به اندازه ۷۰ میلی‌متر کف‌کنی داشته باشد. نمودارهای شکل ۱۲- الف، ج و و پروفیل کف بستر در بالای دهانه و نمودارهای شکل ۱۲- ب، د و ه پروفیل بستر در پایین دهانه برای زاویه‌های 10° ، 14° و 18° را نشان می‌دهد. ناحیه چهارم از فاصله عرضی ۷۰ تا ۹۰ سانتی‌متری می‌باشد. این ناحیه تحت تاثیر شدید آبشکن قرار دارد. در نزدیکی آبشکن، با افزایش قدرت جریان ثانویه رسوبات از محل کنده می‌شوند و به پایین دست آبشکن انتقال پیدا می‌کنند. در نزدیکی دماغه آبشکن، متوسط مولفه قائم سرعت تقویت و باعث شستن رسوبات و انتقال آن‌ها به پایین دست آبشکن می‌شود، بیشینه ارتفاع انباشت رسوبات در پشت آبشکن تا ۵۰ میلی‌متر یا ۳۰ درصد ارتفاع کل رسوبات نیز افزایش می‌یابد. ورود رسوبات به آبگیر با نصب آبشکن در مقابل کانال آبگیر کاهش می‌یابد. علت این پدیده را می‌توان کاهش

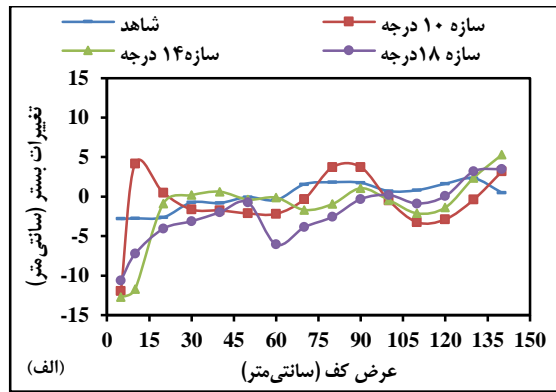
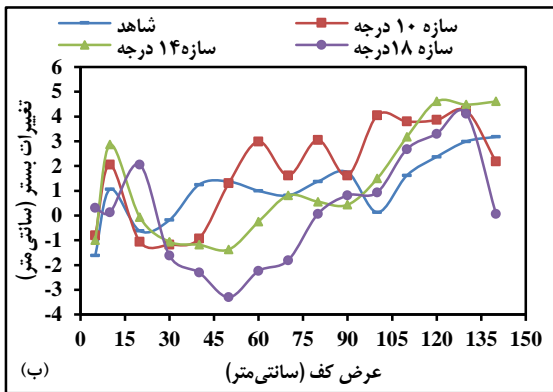
اگرچه دیوار جداکننده تمام رسوبات را کنترل نکرده ولی کاهش قابل ملاحظه‌ای در رسوبات ورودی به آبگیر داشته است. ناحیه سوم از فاصله عرضی ۴۵ تا ۷۰ سانتی‌متری می‌باشد. شکل ۱۱، پروفیل عرضی بستر در کانال اصلی در بالا نمودار (شکل ۱۱- الف) و پایین (شکل ۱۱- ب) دهانه آبگیر با سازه و بدون سازه را نشان می‌دهد. در این ناحیه با نصب آبشکن در ساحل مقابل و بالاتر از آبگیر، سرعت طولی جریان افزایش می‌یابد و باعث تقویت عملکرد دیوار جداکننده و ایجاد جریان ثانویه قوی، از ورود رسوبات به داخل آبگیر جلوگیری می‌شود. این جریان ثانویه در کف کانال در خلاف جهت جریان آبگیر در سطح به سمت آبگیر است. وجود همزمان آبگیر و آبشکن در ساحل مقابل باعث تغییر مکان عرضی سرعت بیشینه و در نتیجه باعث تغییر مکان خط‌القعر می‌شود. تغییر مکان سرعت عرضی بیشینه از بالادست آبشکن شروع می‌شود و در مقابل آبگیر، به دلیل شتاب‌گیری جریان از ناحیه آبگیر، به

مقدار مربوط به دیوار جداکننده با زاویه ۱۴ درجه می-باشد. مطابق شکل ۱۲-الف در ناحیه عرضی بالای دهانه برای دیوار جداکننده با زاویه ۱۰ درجه بیشترین آبشستگی جلوی آبگیر فاصله عرضی (۳۰-۴۵) مربوط به سازه دیوار جداکننده به تنهایی و در ناحیه عرضی (۹۰-۱۳۰) مربوط به ترکیب آبشکن و دیوار می-باشد. برای سازه با زاویه ۱۴ و ۱۸ درجه ترکیب آبشکن و دیوار بیشترین آبشستگی جلوی دهانه آبگیر را دارد. عمق آبشستگی در زاویه ۱۴ درجه به ۱۵۰ میلی-متر و برای زاویه ۱۸ درجه برای بالا و پایین دهانه به ترتیب ۳۰ و ۹۵ درصد عمق لایه رسوب می-رسد.

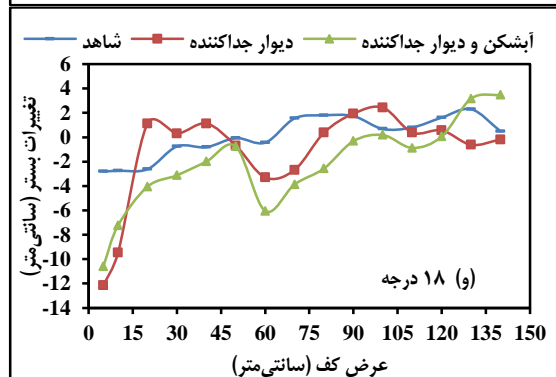
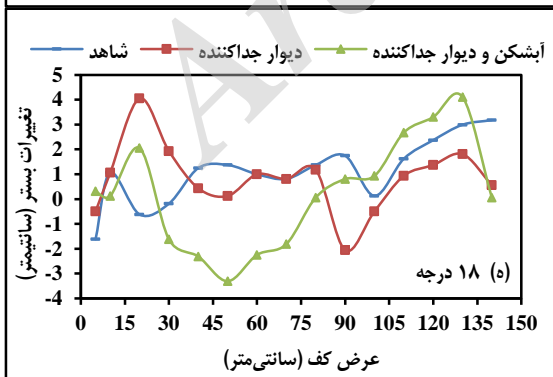
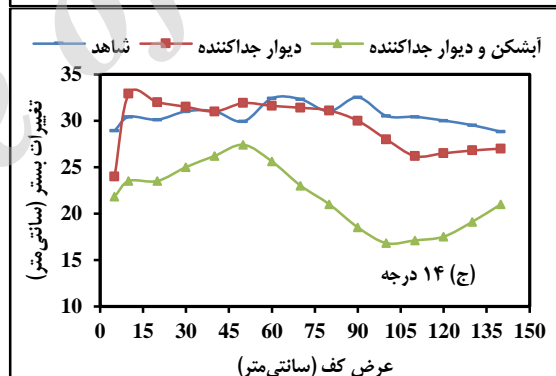
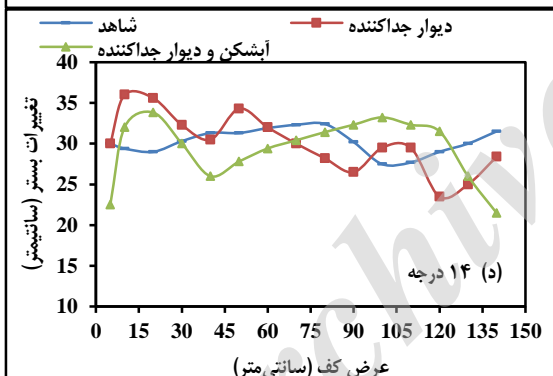
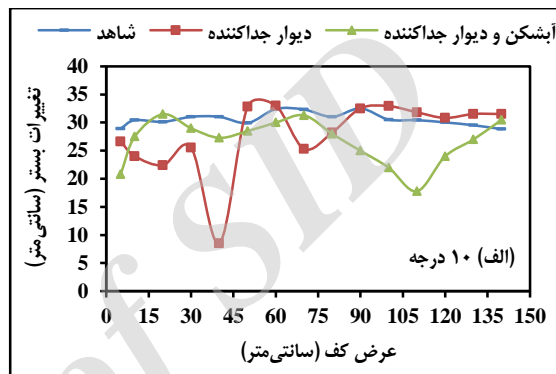
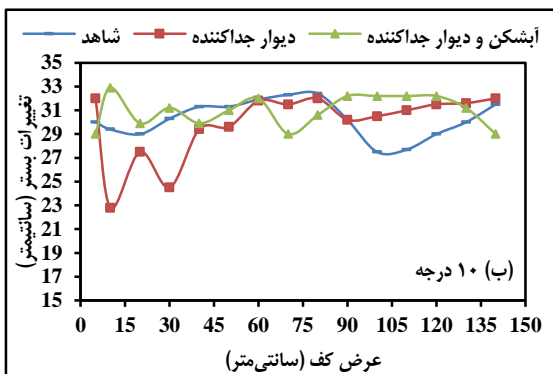
در قسمت دماغه، افزایش موضعی سرعت جریان ناشی از تنگ‌شدگی مقطع و وقوع جریان چرخشی پایین رونده منجر به تشکیل حفره آبشستگی می-شود. خطوط جریان با نزدیک شدن به آبشکن، آرایش خود را تغییر داده و به تبعیت از ساختار هندسی، نوع سازه و سایر مشخصات فنی، الگوهای متفاوتی از جریان در دماغه آبشکن پدیدار می-شود. تأثیر این جریان‌ها، ایجاد ناحیه آبشستگی پیرامون آبشکن و نشست رسوبات در پایین دست و کناره‌های کانال را در پی خواهد داشت. جریان‌های لایه‌های بالایی سطح آب، به صورت جریان-های رو به پایین عمل کرده و به علت اصطکاک کمتر با لایه‌های مجاور، زودتر از جریان‌های لایه‌های پایینی خود را به دماغه آبشکن می-رسانند و گردابه‌هایی عمودی که محور آن‌ها عمود بر مسیر جریان است، تشکیل می-شود و همزمان با آن نیز، گردابه‌های افقی ناشی از جریان لایه‌های پایین در محل تماس آبشکن با سطح بستر در بالادست و داخل محدوده بال و بدنه آبشکن تشکیل می-شود. گردابه‌های قائم به جداسازی رسوبات از بستر می-پردازند و گردابه‌های افقی، رسوبات جدا شده را به خارج از سطح خود پرتاب می-کنند. این گردابه‌ها عامل اصلی ایجاد آبشستگی در دماغه آبشکن است. بعد از عبور جریان از آبشکن و کاهش سرعت جریان رسوب‌گذاری انجام می-شود. رسوبات انتقال یافته از آبشستگی اطراف آبشکن‌ها در پایین دست هر آبشکن به صورت پشته‌ای رسوبی شکل می-گیرد. با توجه به فاصله آبشکن از دهانه آبگیر این آبشستگی و پشته رسوبی بعد از آن نیز نسبت به دهانه بالا و پایین آبگیر تغییر می-کند.

عرض خط جدایی جریان با نصب آبشکن دانست. در آبگیرها عرض خط جدایی جریان در کف زیاد است و به دلیل غلظت بالای رسوبات در کف، با مکش آبگیر مقدار زیادی از رسوبات به داخل آبگیر راه می-یابند. طبق نتایج تحقیقات گوهری با نصب آبشکن در مقابل آبگیر، عرض خط جدایی جریان در کف کانال کاهش و در سطح کانال افزایش می-یابد که با این عمل ناحیه تحت تأثیر آبگیر در کف کانال کاهش و مقدار ورود رسوب به آبگیر کاهش می-یابد. از طرف دیگر، با توسعه خط جدایی جریان در سطح، مقدار ورود جریان به آبگیر نیز افزایش می-یابد. ناحیه پنجم از فاصله عرضی ۹۰ تا ۱۳۰ سانتی‌متری می-باشد. اثر آبشستگی دماغه آبشکن در این ناحیه ادامه دارد، در پروفیل مربوط به شاهد کف‌کنی دیده نمی-شود. عمق کف‌کنی برای زاویه ۱۰ درجه بیشتر از بقیه می-باشد. ناحیه ششم از فاصله عرضی ۱۳۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متری می-باشد، در این ناحیه آبشستگی وجود ندارد و انباشت رسوب دیده می-شود.

بررسی پروفیل عرضی بستر در پایین دهانه ($X=10/7$) مطابق شکل ۱۱-ب و شکل ۱۲-ب، دو ه نشان می‌دهد که تفاوت این دهانه با دهانه بالا در ناحیه اول و دوم می‌باشد. در ناحیه اول فاصله عرضی صفر تا سازه پشت دیوار جداکننده، در پایین دهانه، انباشت مقداری رسوب وجود دارد در حالی که در بالای دهانه در پشت دیوار جداکننده کف‌کنی وجود دارد. جریان در پایین دهانه پس از برخورد به گوشه کانال (در مختصات طول ۳۱۰ و عرض ۰) به دو قسمت تقسیم می‌شود. قسمتی به داخل کانال آبگیر و قسمت دیگر به پایین دست کانال اصلی ادامه پیدا می‌کند. در این نقطه که نقطه سکون نام دارد، عمق جریان افزایش می‌یابد. رسوبات پس از برخورد جریان به گوشه و تقاطع کانال به پایین سقوط و در این قسمت انباشت می‌شوند. در ناحیه دوم و سوم و چهارم فاصله بین سازه تا عرضی ۹۰ به علت مولفه قائم سرعت در این ناحیه انباشت رسوبی وجود ندارد و ایجاد آبشستگی در فاصله طولی پایین دست از این ناحیه شروع می‌شود. در این ناحیه بیشترین آبشستگی مربوط به دیوار جداکننده با زاویه ۱۸ درجه می‌باشد که عمق آن به ۵۰ درصد عمق جریان هم می‌رسد. در ناحیه عرضی ۹۰ تا ۱۴۰ سانتی-متری در دهانه پایین رسوب‌گذاری وجود دارد. بیشترین



شکل ۱۱- پروفیل عرضی بستر در کانال اصلی در بالا و پایین دهانه آبگیر با سازه و بدون سازه



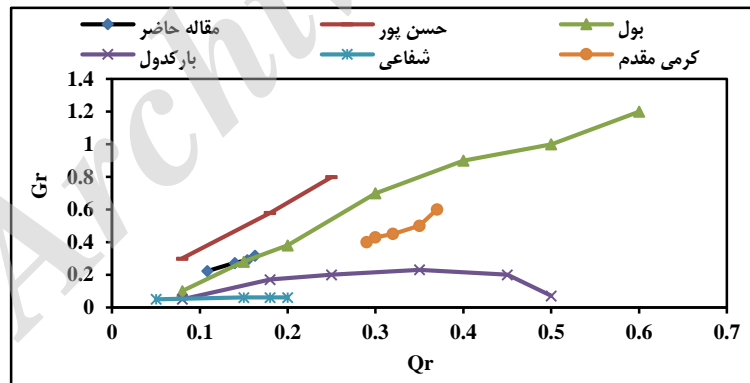
شکل ۱۲- پروفیل عرضی بستر در کانال اصلی در بالا و پایین دهانه آبگیر با سازه و بدون سازه

(۱۹۹۹)، حسن پور در سال ۱۳۸۵ و شفافی در سال ۱۳۷۸ استفاده شد. شکل ۱۳، ارتباط بین نسبت دبی ورودی به آبگیر و نسبت رسوب انحرافی به آبگیر در

مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات دیگر: به منظور مقایسه نتایج این تحقیق با تحقیقات انجام شده، از نتایج تحقیقات Barkdoll و همکاران

آزمایش‌های بول که در آبگیری با زاویه ۳۰ درجه انجام شد نقطه عطفی وجود دارد که بعد از این نقطه با افزایش آبگیری رسوب ورودی به آبگیر افزایش کمتری دارد. در منحنی ارائه شده توسط حسن‌پور یک رابطه خطی بین نسبت آبگیری و رسوب انحرافی در محدوده آبگیری کمتر از ۲۵ درصد وجود دارد. حسن‌پور با استناد به این‌که تأثیر نسبت آبگیری بیشتر از عدد فرود است، آزمایش‌ها را برای یک عدد فرود ثابت انجام نداد، بلکه آزمایش‌ها او در بازه فرود $(0.4-0.6)$ صورت پذیرفت. در آزمایش‌های Barkdoll و همکاران (۱۹۹۹) در نسبت آبگیری ۳۸ درصد، با افزایش آبگیری میزان رسوب انحرافی کاهش می‌یابد. نتایج آنان نیز تنها در عدد فرود 0.45 انجام شد و روش اندازه‌گیری دبی رسوب در آزمایش‌های آنان بدین گونه بود که نصف متوسط ارتفاع تلماسه در طول موج تلماسه ضرب شد و عدد حاصله در سرعت تلماسه ضرب شد تا دبی رسوب به دست آید. لذا، اندازه‌گیری مستقیم دبی رسوب در آزمایش‌های Barkdoll و همکاران صورت نپذیرفت که این خود می‌تواند سبب بروز تفاوت با نتایج این تحقیق شود.

حالت بدون سازه کنترل رسوب را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، در همه تحقیقات با افزایش Q_r نسبت رسوب انحرافی به آبگیر (G_r) نیز افزایش می‌یابد هر چند که تفاوت‌هایی هم در شیب نمودارها و هم در مقادیر وجود دارد که عمدتاً به خاطر شرایط مختلف آزمایش‌ها است. مسلماً انتظار نمی‌رود که نتایج تحقیقاتی که در شرایط مختلف آزمایشگاهی انجام شده است با هم مشابه باشد ولی با بررسی روند تغییرات می‌توان تأثیر نوع سازه، شیب دیواره را بررسی کرد. علت این‌که در تحقیقات مختلف، الگوی افزایش نسبت رسوب ورودی به ازا افزایش نسبت آبگیری متفاوت است، این است که تحقیقات مختلف در عدد فرودهای مختلف و در شرایط هندسی متفاوت کانال اصلی و فرعی انجام شده است. در نتایج Barkdoll و همکاران (۱۹۹۹) یک نقطه عطفی وجود دارد که از آن نقطه به بعد با افزایش نسبت دبی انحرافی، مقدار نسبت رسوب ورودی کاهش می‌یابد. در تحقیقات شفعی بجنستان و نظری در سال ۱۳۷۸ چون آبگیری از قوس ۹۰ درجه با زاویه آبگیری ۶۰ درجه می‌باشد، رسوب ورودی به آبگیر کمتر از محققین دیگر می‌باشد. در



شکل ۱۳- مقایسه نتایج نسبت رسوب انحرافی در این تحقیق با نتایج تحقیقات دیگر در حالت بدون سازه کنترل رسوب

- با افزایش نسبت دبی انحرافی به آبگیر نسبت دبی رسوبی ورودی به آبگیر افزایش می‌یابد.
- در حالت وجود دیوار جداکننده و ترکیب آن با آبشکن مقدار رسوب ورودی به آبگیر به طور متوسط در دیوار با زاویه ۱۰ درجه ۸۱ درصد، دیوار با زاویه ۱۴درجه ۷۸/۵ درصد و دیوار با زاویه ۱۸ درجه ۷۶ درصد کاهش یافته است.

پیشنهادات

هدف اصلی این مطالعه استفاده از دیوار جداکننده در کنترل رسوب ورودی به آبگیر جانبی ۶۰ درجه از کانال مستطیلی شکل می‌باشد. در این تحقیق به بررسی تغییرات زاویه دیوار جداکننده و نقش آن در کنترل رسوب ورودی به آبگیر پرداخته و نتایج زیر حاصل شده است.

بر میزان افزایش دبی آبخیزی و کنترل رسوب نسبت به زاویه های ۱۴ و ۱۸ درجه به ترتیب پنج و شش درصد تأثیر بیشتری دارد.

- با توجه به جدید بودن ترکیب دیوار جداکننده و آبخکن پیشنهاد می شود آزمایش های دیگری با فرودهای مختلف و آبخکن با ابعاد و موقعیت های مختلف انجام پذیرد.

- ترکیب دیوار جداکننده و آبخکن نسبت به دیوار جداکننده به تنهایی در کاهش رسوبات ورودی به آبخیز ۱۵ درصد تأثیر بیشتری دارد.

- در دهانه آبخیز پشت دیوار جداکننده در قسمت بالا گودال آبخستگی و در قسمت پایین دهانه انباشت رسوب مشاهده شد.

- دیوار جداکننده با زاویه ۱۰ درجه در ترکیب با آبخکن با زاویه ۶۰ درجه و در فاصله ۲b از مرکز دهانه آبخیز

منابع مورد استفاده

1. Abbasi, A., A. Maleknejad Yazdi. 2003. The impact of sill and submerged vanes on sediment laden flow at lateral intake. *Journal of Irrigation and Water Management*. 16(2014): 106-17 (in Persian).
2. Ahmed, M. 1953. Experimental on design and behavior of spur dikes. *Proc. Cong. IAHR*, محل کنفرانس؟
3. Ardeshiri, M., A. Sanei, M. Rezaei. 2014. Experimental study effect of length and distance on permeable and non-submerged spur dike on the intake discharge changes with the angle of 90°. 9th International Conference on River Engineering, Ahvaz, Iran (in Persian).
4. Atarzadeh, A., S.A. Ayyoubzadeh, M. Ghodsian and A. Salehi Neishabouri. 2014. Experimental investigation of sediment control effect of the threshold, spur dike and submerged vanes on the bed topography, sediment control and lateral intakes. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University, 158 pages (in Persian).
5. Barkdoll, B.D., R. Ettema and J. Odgaard. 1999. Sediment control at lateral diversion: limits and enhancements to vane use. *Journal of Hydraulic Engineering*, 125(8): 862-870.
6. Ghohari, S., S.A. Ayyoubzadeh, M. Ghodsian and A. Salehi Neishabouri. 2009. The impact of spur dike and submerged vanes on sediment control at lateral intake. *Journal of Water and Soil Conservation*, 16(2): 35-59 (in Persian).
7. Odgaard, J. and Y. Wang. 2009. River training and sediment management with submerged vanes, ii: applications. *Journal of Hydraulic Engineering*, 117(3): 284-302.
8. Ramamurthy, A.S., Q. Junying and V. Diep. 2007. Numerical and experimental study of dividing open-channel flows. *Journal of Hydraulic Engineering*, 133(10): 1135-1144.
9. Sajedi Sabegh, M. and M. Habibi. 2003. Laboratory investigation of using submerged vane and dikes on efficiency of intakes. *Proceeding of the 4th Hydraulic Conference*, Shiraz, Shiraz University, 35-42 (in Persian).
10. GU, Z., R. Akahori and S. Ikeda. 2011. Study on the transport of suspended sediment in an open channel flow with permeable spur dikes. *International Journal of Sediment Research*, 26(1): 96-111.
11. Zhang, H. and H. Nakagawa. 2009. Characteristics of local flow and bed deformation at impermeable and permeable spur dykes. *Annual Journal of Hydraulic Engineering*, 53: 145-150.

Experimental study on the effect of skimming wall angle on sediment control in lateral intake

Amir Moradinejad¹, Amir Hamzeh Haghabi^{*2}, Mojtaba Saneie³ and Hojatila Yonesi⁴

¹ PhD student, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Lorestan Province, Iran,

² Associate Professor, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Lorestan Province, Iran, ³ Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute,

Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran and ⁴ Assistance Professor, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Lorestan Province, Iran

Received: 14 June 2016

Accepted: 12 December 2016

Abstract

Sediment entering lateral intakes depend on flow pattern in intake entrance. Using a structure in front of the intake entrance can change this pattern and as a result the entering sediment. One of the effective methods to change pattern and manage sediment entering lateral intake is using skimming wall. By removing sediments from intake entrance, the skimming wall reduces the volume of sediments entering the intake. To direct the flow towards intake and increase skimming wall efficiency, a spur dike is used on the opposite side of the intake. The length and angle of the spur dike were $0.25B$ and 60° and was located at distances $2b$ from intake center. In this study, the effect of skimming walls angle with the bank, a combination of spur dike and skimming walls and discharge changes on controlling sediments entering the intake, intake ratio and bed topography were investigated experimentally. The effect of the skimming walls with three angles ($\beta_1=10, 14, \text{ and } 18$ degrees) and a combination of skimming walls and spur dike on opposite sides of the intake was investigated. Conducting dimensional analysis, non-dimensional ratios were extracted and test variables were specified. Results showed that in the case of having a skimming wall combined with spur dike, the amount of sediment entering the intake has decreased to 81%, 78.5% and 76% on average in walls with an angle of 10, 14 and 18 degrees respectively. The combination of using skimming wall and spur dike has a superior effect on reducing entrance sediments to intake than employing skimming wall alone, namely about 15% for three angles.

Key words: Intake efficiency, Lateral intake, Spur dike, Sediment control, Skimming wall

* Correspondent author: haghbi.a@lu.ac.ir