

مقایسه رسوب معلق ورودی به آبگیر با تغییر زاویه دیواره کانال اصلی از قائم به ۴۵ درجه

سید مرتضی سیدیان^{۱*} - محمود شفاعی بجستان^۲

تاریخ دریافت: ۸۹/۱/۲۱

تاریخ پذیرش: ۸۹/۵/۲۴

چکیده

آبگیر جانبی سازه‌ای است که به منظور انحراف آب از رودخانه برای مصارف آبیاری، ذخیره و اهداف صنعتی و غیره احداث می‌گردد. بخش عمده‌ای از آبگیرهای جانبی منشعب از کانال‌های با دیواره جانبی مایل می‌باشند که تاکنون کمتر مورد توجه محققین قرار گرفته است. از آنجا که میزان جریان و رسوب ورودی به آبگیرهای جانبی به الگوی جریان در محل دهانه آبگیر بستگی داشته و شیب دیواره کانال اصلی می‌تواند باعث تغییر این الگو و در نتیجه رسوب ورودی شود، این مطالعه انجام شده است. در این مطالعه آزمایش‌هایی با دیواره قائم و دیواره با زاویه ۴۵ درجه انجام گردید. در تمام آزمایش‌ها رسوب ورودی به صورت معلق و با غلظت ثابت تزریق گردید. در هر آزمایش نیم‌رخ سطح آب، دبی کانال اصلی و فرعی، سرعت جریان در دهانه آبگیر و رسوب ورودی به آبگیر اندازه‌گیری گردید. با توجه به آنالیز ابعادی نسبت‌های بدون بعد استخراج و مقادیر آن‌ها با توجه به داده‌ها محاسبه شد. نتایج نشان داد تغییر شیب دیواره کانال اصلی باعث اصلاح الگوی جریان می‌شود به طوری که رسوب ورودی به آبگیر کاهش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد که در عدد فرود حدود ۰/۳۷، میزان رسوب معلق ورودی به آبگیر حداقل می‌گردد. در جریان‌های با عمق کم به دلیل اثر زبری بستر بر قدرت جریان گردابی، میزان رسوب معلق ورودی به آبگیر در مقایسه با اعماق بیشتر، کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: آبگیر جانبی، رسوب معلق، دیواره مایل، نسبت آبگیری

مقدمه

آبگیر جانبی سازه‌ای است که به منظور انحراف بخشی از جریان کانال اصلی در کنار آن احداث می‌شود. طراحی سازه‌ی بهینه مستلزم تعیین ابعاد، زاویه قرارگیری، تعیین اختلاف تراز کف کانال اصلی و فرعی و با هدف انتقال بیشترین میزان آب با کمترین بار آبی و نیز به حداقل رساندن رسوب ورودی به کانال فرعی می‌باشد. رسوب بستر ورودی به کانال فرعی به دلیل کاهش سرعت جریان در این کانال‌ها به سرعت در ابتدای کانال ترسیب و مشکلاتی از جمله انسداد کانال، کاهش ظرفیت انتقال آن و نیز افزایش زبری به دلیل تشکیل فرم بستر را به وجود می‌آورد. از طرفی انتقال رسوب معلق به شبکه کانال‌های فرعی و ترسیب آن در این کانال‌ها مشکلات بیشتری را ایجاد می‌کند چرا که باعث می‌شود تا هزینه‌های حفظ و نگهداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی به دلیل لایروبی در سطح وسیع بسیار افزایش یابد. بدین جهت انجام تمهیداتی برای کاهش رسوب معلق

ورودی ضروری می‌باشد.

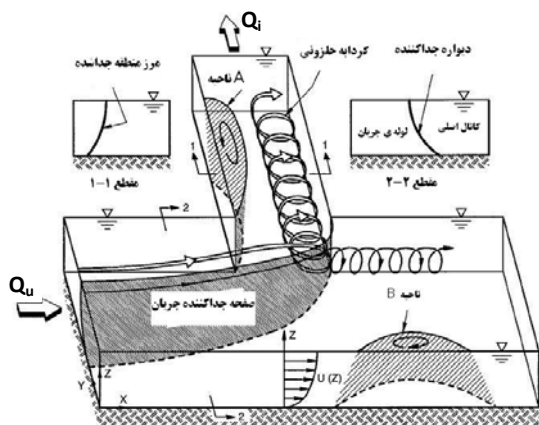
مطالعات محققین نشان داده است که ورود رسوب به مقدار قابل توجهی به نحوه تشکیل الگوی جریان در محل دهانه آبگیر بستگی دارد و هر اقدامی که باعث کاهش جریان‌های ثانویه و گردابی در دهانه آبگیر شود، کاهش تجمع رسوب در دهانه آبگیر و همچنین کاهش رسوب (بستر یا معلق) ورودی به آبگیر را به همراه دارد (۱۱). از جمله اقداماتی که می‌توان در این زمینه انجام داد، تعیین شرایط بهینه آبگیر از جمله تغییر زاویه انحراف آبگیر، شکل هندسی آبگیر و موارد دیگر می‌باشد که این امر باعث بهبود الگوی جریان ورودی به آبگیر می‌شود. استفاده از سازه‌های کنترل رسوب از دیگر روش‌ها می‌باشد. تحقیقات نیری و ادگارد (۸) در مورد الگوی جریان در آبگیر ۹۰ درجه نشان داد که جریان در کانال انحرافی، سه‌بعدی می‌باشد. همچنین نتایج این مطالعه حاکی از آن بود که توصیف رفتار انتقال رسوب به آبگیر، نیاز به درک ساختار سه‌بعدی جریان و استفاده از مدل‌های پیشرفته فیزیکی دارد.

چچن در سال ۱۹۶۷ (به نقل از شوکلیچ) در مطالعه‌ای به منظور مقایسه بین آبگیر جانبی و آبگیر جلویی، نشان داد که رسوب ورودی به آبگیر همواره متأثر از زبری نسبی (k_s/y_0) و عدد رینولدز

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و استاد گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

(*- نویسنده مسئول: Email: s.m.seyedian@gmail.com)

می‌گردد عامل اصلی انتقال بار بستر به آبگیر می‌باشد. گردابه‌ی افقی که در ناحیه جداشده در طول دیواره داخلی آبگیر (ناحیه A) تشکیل و باعث تنگ شدن مقطع کانال فرعی می‌شود و از سطح مقطع مؤثر آبگیر می‌کاهد. این الگوی جریان به گونه‌ای می‌باشد که باعث تجمع رسوبات ورودی به آبگیر در ناحیه‌ی A می‌گردد و از میزان دبی ورودی به آبگیر می‌کاهد (۸).



شکل ۱- الگوی جریان سه‌بعدی در آبگیر جانبی با دیواره قائم در کانال اصلی (Neary 1993)

منتصری و همکاران در سال ۱۳۸۷ با استفاده از سرعت‌های برداشت شده توسط یک سرعت‌سنج سه‌بعدی ADV در یک کانال قوسی با زاویه مرکزی ۱۸۰ درجه با حضور آبگیر جانبی در موقعیت ۱۱۵ درجه از قوس نشان دادند دو جریان چرخشی در خلاف جهت یکدیگر در مقطع جریان و قوس خارجی شکل می‌گیرد که جریان چرخشی بعد از آبگیر از ساحل خارجی به سمت قسمت فوقانی ساحل داخلی تغییر مکان می‌دهد. همچنین نشان دادند ابعاد لوله‌ی جریان در سطح بیشتر از کف می‌باشد (۵).

پیرستانی و همکاران (۱) با انجام آزمایشاتی در یک فلوم U شکل نشان دادند با افزایش عدد فرود تغییرات رقوم سطح آب تشدید می‌گردد و نسبت دبی انحرافی کاهش می‌یابد. همچنین در صورت عدم اهمیت رسوبات ورودی به آبگیر، موقعیت آبگیر ۷۵ نسبت به دو موقعیت آبگیر ۴۰ و ۱۱۵ دارای بیشترین نسبت دبی انحرافی می‌باشد.

سیدیان و شفاعی (۳) بجزستان با استفاده از مدل سه‌بعدی 2 SSIM بر بررسی الگوی جریان در دهانه‌ی آبگیر جانبی برای دو حالت کانال اصلی با دیواره قائم و شیبدار اقدام نمودند و نشان دادند که شیبدار کردن باعث اصلاح الگوی جریان می‌شود به گونه‌ای که عرض مجرای جریان در کف کاهش و در سطح بیشتر می‌شود. همچنین آن‌ها نشان دادند مساحت سطح مقطع لوله‌ی جریان نسبت

ذرات $Re_* = u_* d / \nu$ می‌باشد که k_s اندازه زبری بستر کانال اصلی و γ_0 عمق آب در کانال اصلی، d اندازه ذرات رسوبی، u_* سرعت برشی و ν نیز لزجت کینماتیک می‌باشد. بدین ترتیب با افزایش ضریب زبری بستر، ورود رسوبات انحرافی به آبگیر جانبی با کاهش قدرت جریانات ثانویه، کاهش می‌یابد. برای آبگیرهای موجود در قوس، با افزایش زبری بستر رسوبات انحرافی به دلیل کاهش قدرت جریان ثانویه، افزایش خواهد یافت (۱۱). در خصوص تأثیر ارتفاع آستانه در آبگیرهای جانبی مطالعاتی توسط رزوان انجام شده است (۱۲). همچنین در خصوص زاویه آبگیر توصیه‌هایی توسط نوواک پیشنهاد شده است (۹). بارکدول و همکاران (۷) در مطالعات خود بر روی آبگیر جانبی که در مسیر مستقیم و با زاویه آبگیری ۹۰ درجه انجام گردید، نشان دادند که نسبت دبی انحرافی بیشترین تأثیر را بر روی نسبت رسوب انحرافی دارد.

نتایج تحقیقات عباسی و همکاران (۶) بر آبگیر در مسیر مستقیم رودخانه نشان داد که حضور آستانه باعث کاهش عرض گردابه در ابتدای آبگیر شده و در نتیجه باعث کاهش ورود رسوبات و عرض رسوبگذاری در دهانه آبگیر خواهد شد. میزان تأثیر آستانه در نسبت انحراف‌های بالا در مقایسه با نسبت‌های پائین انحراف موثرتر است.

نتایج تحقیقات شفاعی بجزستان و نظری (۴) با انجام ۳۴ آزمایش بر روی آبگیری در خم ۹۰ درجه در موقعیت ۶۰ درجه با ۵ زاویه مختلف آبگیری ۱۵، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درجه با بستر متحرک نشان داد که زاویه ۶۰ درجه، جریان بیشتر با حداقل میزان رسوب را منتقل می‌نماید.

رامامورتی و همکاران (۱۰) با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی و مقایسه آن با یک مدل عددی که معادلات استاندارد سه‌بعدی RANS را برای جریان غیرماندگار آشفته حل می‌کند نشان دادند، جریان ورودی به آبگیر از بالادست دهانه آبگیر توسط صفحه‌ای که عرض آن در سطح بیشتر از کف است جدا می‌شود. ناحیه بین این سطح و دیواره کانال اصلی به مجرای جریان معروف است. طول و عرض مجرای جریان با تغییر نسبت دبی انحرافی تغییر می‌یابد.

بر طبق مطالعات نیری الگوی جریان سه‌بعدی در آبگیر جانبی همانند شکل (۱) می‌باشد. وقتی جریان به آبگیر نزدیک می‌شود به دلیل فشار مکشی انتهای کانال آبگیر، جریان دارای شتاب عرضی شده و بخشی از جریان در کانال اصلی توسط مجرای جریان جدا و وارد آبگیر می‌شود و مابقی جریان به سمت پایین دست کانال اصلی ادامه مسیر می‌دهد. همانگونه که در شکل (۱) نشان داده شده است مقطع عرضی مجرای جریان تقریباً به شکل دوزنقه با قاعده بزرگتر در کف می‌باشد. الگوهای دیگری نیز در آبگیر جانبی تشخیص داده شده است که در این شکل نشان داده شده‌اند. گردابه‌ی حلزونی عمودی ساعتگرد که در کف کانال فرعی چسبیده به دیواره آن تشکیل

به حالت با دیواره‌ی قائم کاهش می‌یابد.

بررسی‌ها نشان می‌دهد تاکنون عمده تحقیقات در خصوص آبگیرهای جانبی بر روی آبگیرهای واقع در کنار کانال با دیواره قائم و استفاده از بار بستر صورت گرفته است اما بر اساس اطلاعات موجود مطالعه‌ای در آبگیری از کانال مستقیم با دیواره مایل و رسوب معلق مشاهده نشده است. از طرفی مطالعات قبلی نویسندگان این مقاله نشان می‌دهد که شیبدار کردن باعث کاهش عرض مجرای جریان در کف می‌شود و این شرایط می‌تواند میزان انتقال بار رسوب معلق به آبگیر را کاهش دهد زیرا غلظت بار معلق در نزدیک کف بسیار بیشتر از سطح آب است (۱۱) و شیبدار کردن باعث انحراف آب بیشتری از لایه‌های بالائی می‌گردد. از اینرو هدف تحقیق حاضر مطالعه آزمایشگاهی تغییر میزان دبی جریان و رسوب به آبگیر جانبی در دو حالت کانال اصلی با دیواره‌ی عمودی و مایل با شیب ۴۵ درجه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور رسیدن به اهداف این مطالعه، آزمایشات متعددی در یک کانال با شیب جانبی متغیر در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. تجهیزات آزمایشگاهی شامل کانال اصلی به طول ۸ متر، عرض کف ۲۵ سانتیمتر، ارتفاع مفید ۷۰ سانتیمتر و با شیب کف صفر می‌باشد. کانال آبگیر به طول ۲/۲۵ متر، عرض کف ۲۰ سانتیمتر، ارتفاع مفید ۷۰ سانتیمتر، شیب کف صفر می‌باشد که با زاویه ۹۰ درجه به کانال اصلی متصل شده است. به منظور مشاهده بهتر الگوی جریان شکل گرفته و نحوه انتقال رسوبات، دیواره کانال اصلی و آبگیر از جنس پلکسی گلاس با چهار چوب فلزی ساخته شد.

کانال به گونه‌ای طراحی و ساخته شد که دیواره سمت آبگیر امکان مایل شدن داشته باشد. آزمایشات در حالت قائم و شیب $Z=1$ (۱ در جهت قائم و Z در جهت افق) انجام شد. برای تزریق رسوب معلق با غلظت ثابت $1 \text{ gr}/\ell$ از یک الکتروموتور با دور متغیر استفاده گردید که توسط آن دستگاه تزریق رسوب که در ابتدای کانال قرار دارد را به حرکت در آورد. در قسمت پایین دستگاه استوانه‌ای شیاردار قرار دارد که رسوبات در این شیارها قرار می‌گیرند و چرخش استوانه باعث ریزش رسوبات می‌گردد. مزیت این دستگاه، عدم تغییر میزان تزریق در ضخامت‌های مختلف رسوب در مخزن دستگاه می‌باشد. در ابتدای کانال اصلی یک مخزن آرام کننده نصب شده و در انتهای کانال اصلی و آبگیر، دریچه کشویی به منظور تنظیم سطح آب قرار داده شد. سیستم گردش آب به صورت مدار بسته می‌باشد و آب از طریق مخزن زیرزمینی تأمین گردید. در کانال اصلی و فرعی جریان وارد سبد جمع کننده رسوب می‌شود. برای تله‌اندازی رسوبات، قطر

حفرات توری این سبدها به گونه‌ای انتخاب گردید که از قطر رسوبات کمتر باشد و مانع عبور آن‌ها گردد. پس از تله‌اندازی رسوبات و آرام شدن جریان، دبی جریان کانال اصلی توسط یک سرریز ۵۶ درجه و دبی کانال فرعی توسط یک سرریز ۹۰ درجه اندازه‌گیری می‌شود. شکل (۲) پلان فلوم و جانمایی تجهیزات آزمایشگاهی و اشکل (الف) و (ب) مقطع عمود بر جهت جریان در کانال اصلی را در زاویه قائم و مایل نشان می‌دهد.

آزمایشات در سه عمق ۱۰، ۲۰ و ۲۵ سانتیمتر برای شش عدد فرود در محدوده ۰/۴۵-۰/۲ انجام شد. برای انجام آزمایشات ابتدا در هر عمق دبی برای اعداد فرود مورد نظر تعیین گردید. در حالی که دریچه‌های کانال اصلی و فرعی پایین بود (شرایط جریان آزاد) دبی مورد نظر در کانال جریان یافت. پس از ماندگار شدن جریان با استفاده از سرریزهای انتهایی کانال اصلی و فرعی نسبت آبگیری تعیین می‌گردد. سپس دریچه‌های پایین دست به گونه‌ای تنظیم می‌شدند که هم عمق مورد نظر در کانال برقرار شود و هم نسبت آبگیری برابر با حالت شرایط جریان آزاد باشد. سپس با توجه به دبی تعیین شده تزریق رسوب با غلظت ثابت $1 \text{ gr}/\ell$ در مدت زمان ۹۰ دقیقه انجام گرفت. پس از پایان آزمایش رسوبات جمع‌آوری شده خشک و سپس توزین گشته و وزن رسوب ورودی به آبگیر نسبت به وزن رسوب تزریقی تعیین می‌شد. محدوده متغیرها در این مطالعه در جدول (۱) ارائه شده است.

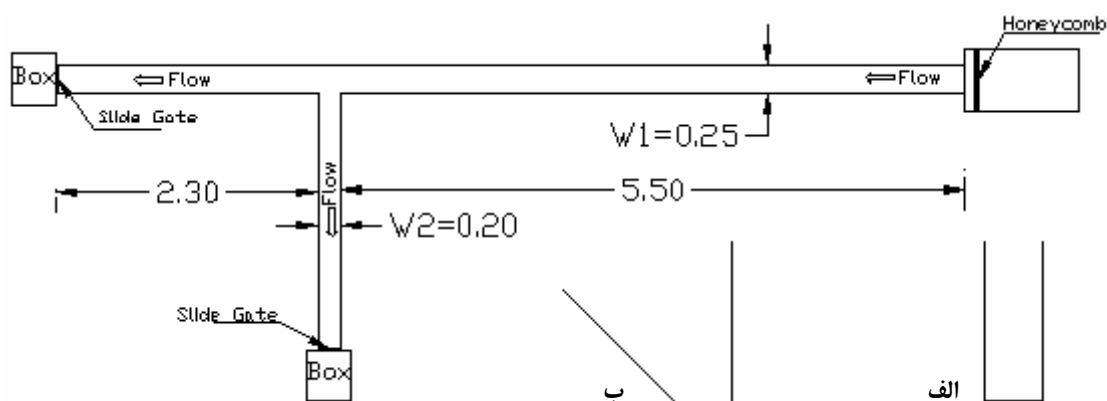
آنالیز ابعادی

با استفاده از آنالیز ابعادی عوامل بدون بعد مؤثر در پدیده مورد مطالعه شناخته شد.

عوامل مؤثر بر پدیده عبارتند از: دبی رسوب در بالادست دهانه آبگیر (Q_{su})، دبی رسوب ورودی به آبگیر (Q_{si})، دبی جریان در بالادست کانال اصلی (Q_u)، دبی جریان در آبگیر (Q_i)، سرعت جریان در بالادست کانال اصلی (V_u)، عمق هیدرولیکی جریان در بالادست کانال اصلی (D_u)، عمق هیدرولیکی جریان در پایین دست کانال اصلی (D_d)، زمان آزمایش (t)، قطر متوسط رسوبات (d_{50})، دانسیته آب (ρ)، دانسیته رسوبات (ρ_s)، شتاب ثقل (g)، زبری بستر (k_s)، ویسکوزیته (ν)، سرعت برشی (U_*)، سرعت سقوط (ω) و شیب جانبی دیواره (θ)

بر اساس روش باکینگهام و حذف عامل‌های ثابت رابطه بدون بعد به صورت زیر قابل ارائه می‌باشد.

$$\frac{Q_{si}}{Q_{su}} = f\left(\frac{Q_i}{Q_u}, \frac{k_s}{D_u}, Fr_u, \theta, Re_*\right) \quad (1)$$



شکل ۲- پلان فلوم آزمایشگاهی

دیواره کانال اصلی عمودی

برای بررسی تأثیر عدد فرود بر میزان انحراف رسوب به آنگیر، از عامل بی بعد G_r/Q_r استفاده گردید. این عامل در مقابل عدد فرود (Fr) برای دیواره با حالت قائم در شکل (۳) آورده شده است. همانگونه که مشاهده می‌گردد با افزایش عدد فرود در هر سه زبری نسبی میزان رسوب ورودی به آنگیر کاهش می‌یابد اما در محدوده عدد فرود حدود 0.37 این میزان به حداقل می‌رسد و بعد از آن افزایش نسبی نشان می‌دهد. نتایج مربوط به دو عمق 20 و 25 سانتیمتر مشابه یکدیگر می‌باشد اما مقدار G_r/Q_r با عمق 10 سانتیمتر اختلاف بیشتری را نشان می‌دهد.

یکی از عواملی که باعث تغییر G_r در اعماق مختلف می‌شود

تأثیر عامل $\frac{k_s}{D_u}$ (زبری نسبی) می‌باشد. همانگونه که ذکر گردید بر

اساس مطالعات رادکیوی با افزایش زبری، قدرت جریان ثانویه کاهش و در نتیجه رسوب ورودی به آنگیر کاهش می‌یابد (۱).

با توجه به اینکه زبری در طول آزمایشات ثابت در نظر گرفته شده

است با افزایش عمق مقدار عامل $\frac{k_s}{D_u}$ کاهش می‌یابد. با کاهش

مقدار زبری نسبی، قدرت جریان ثانویه افزایش یافته و در نتیجه رسوب بیشتری وارد آنگیر می‌شود. با توجه به شکل (۳)، تأثیر زبری نسبی بر قدرت جریان ثانویه در یک محدوده مشخص قابل توجه بوده و کمتر از این محدوده، جریان ثانویه بطور کامل شکل گرفته و اثر زبری نسبی کاهش می‌یابد.

به منظور بررسی رابطه نسبت آنگیری با نسبت رسوب ورودی به آنگیر، شکل (۴) ترسیم گردید. همانند شکل (۳) در یک نسبت آنگیری اختلاف دو عمق 20 و 25 cm نسبت به عمق 10 cm کم می‌باشد.

که Fr_u : عدد فرود در بالادست، $G_r = \frac{Q_{si}}{Q_{su}}$: نسبت رسوب

ورودی به آنگیر، $Q_r = \frac{Q_i}{Q_u}$: نسبت آنگیری و θ : شیب دیواره جانبی

و Re_{*} عدد رینولدز ذره می‌باشد. با توجه به اینکه برای آشفتگی جریان باید معیار $100 - 70 > Re_{*}$ رعایت شود (۱۱) و در کلیه آزمایش‌ها عدد رینولدز ذره بیشتر از این مقدار بوده، لذا از تأثیر آن صرف‌نظر گردید.

جدول ۱- محدوده تغییرات پارامترها

| پارامترهای آزمایش | محدوده تغییرات |
|--|----------------|
| D_u : عمق جریان (cm) | ۱۰، ۲۰ و ۲۵ |
| Q_u : دبی کانال اصلی (l/s) (بالادست) | ۵-۵۴/۰۴ |
| Q_i : دبی آنگیر (l/s) | ۱/۱-۷/۳۴ |
| Q_r : نسبت آنگیری | ۰/۰۷-۰/۲۳ |
| F_r : عدد فرود | ۰/۱۹-۰/۴۵ |
| θ : شیب دیواره کانال اصلی | ۱ و ۰ |

نتایج و بحث

در مطالعه حاضر در مجموع ۳۶ آزمایش انجام شد که ۱۸ آزمایش مربوط به دیواره قائم و ۱۸ آزمایش مربوط به دیواره مایل با زاویه 45° می‌باشد. برای هر حالت، عمق جریان در کانال اصلی برابر 10 ، 20 و 25 سانتیمتر بود. دبی جریان طوری تغییر داده شد تا تعداد ۶ عدد فرود در محدوده بین 0.19 تا 0.45 حاصل شود.

نتایج اولیه به دست آمده در جدول (۲) درج گردیده است که در ادامه در سه بند مورد بررسی قرار می‌گیرد.

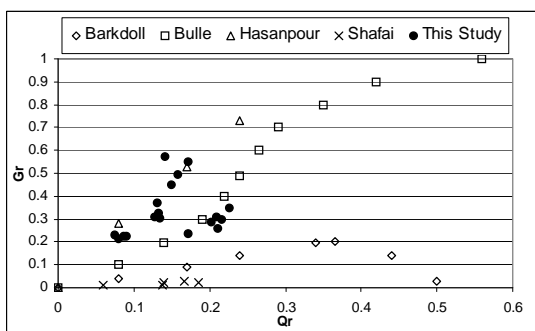
جدول ۲- مقادیر متغیرها و پارامترهای مورد مطالعه

| شماره آزمایش | θ | عمق جریان (cm) | Q_{in} /s)l(| k_s/D_{in} | F_r | Q_r | Q_{sr} |
|--------------|----------|----------------|----------------|------------------|-------|-------|----------|
| ۱ | ۰ | ۱۰ | ۵ | $15/0 * 10^{-6}$ | ۰/۲ | ۰/۲۲ | ۰/۳۵ |
| ۲ | ۰ | ۱۰ | ۶/۳ | $15/0 * 10^{-6}$ | ۰/۲۵ | ۰/۲۱ | ۰/۳۱ |
| ۳ | ۰ | ۱۰ | ۷/۵ | $15/0 * 10^{-6}$ | ۰/۳ | ۰/۲۲ | ۰/۳۰ |
| ۴ | ۰ | ۱۰ | ۸/۷ | $15/0 * 10^{-6}$ | ۰/۳۵ | ۰/۲۱ | ۰/۲۶ |
| ۵ | ۰ | ۱۰ | ۱۰/۲۶ | $15/0 * 10^{-6}$ | ۰/۴۱ | ۰/۲۰ | ۰/۲۸ |
| ۶ | ۰ | ۱۰ | ۱۱/۱۵ | $15/0 * 10^{-6}$ | ۰/۴۵ | ۰/۱۷ | ۰/۲۳ |
| ۷ | ۰ | ۲۰ | ۱۴/۷۳ | $7/5 * 10^{-6}$ | ۰/۲۱ | ۰/۱۷ | ۰/۵۵ |
| ۸ | ۰ | ۲۰ | ۱۷/۷۵ | $7/5 * 10^{-6}$ | ۰/۲۵ | ۰/۱۵ | ۰/۴۵ |
| ۹ | ۰ | ۲۰ | ۲۰/۸۱ | $7/5 * 10^{-6}$ | ۰/۳ | ۰/۱۳ | ۰/۳۱ |
| ۱۰ | ۰ | ۲۰ | ۲۵/۲۱ | $7/5 * 10^{-6}$ | ۰/۳۶ | ۰/۱۳ | ۰/۳۱ |
| ۱۱ | ۰ | ۲۰ | ۲۹/۴ | $7/5 * 10^{-6}$ | ۰/۴۲ | ۰/۱۳ | ۰/۳۲ |
| ۱۲ | ۰ | ۲۰ | ۳۱/۵ | $7/5 * 10^{-6}$ | ۰/۴۵ | ۰/۰۹ | ۰/۲۳ |
| ۱۳ | ۰ | ۲۵ | ۲۰/۶۵ | $6/0 * 10^{-6}$ | ۰/۲۱ | ۰/۱۴ | ۰/۵۷ |
| ۱۴ | ۰ | ۲۵ | ۲۴/۸۸ | $6/0 * 10^{-6}$ | ۰/۲۵ | ۰/۱۶ | ۰/۴۹ |
| ۱۵ | ۰ | ۲۵ | ۳۰/۳۲ | $6/0 * 10^{-6}$ | ۰/۳۱ | ۰/۱۳ | ۰/۳۷ |
| ۱۶ | ۰ | ۲۵ | ۳۴ | $6/0 * 10^{-6}$ | ۰/۳۵ | ۰/۰۹ | ۰/۲۲ |
| ۱۷ | ۰ | ۲۵ | ۳۸/۹ | $6/0 * 10^{-6}$ | ۰/۴ | ۰/۰۸ | ۰/۲۱ |
| ۱۸ | ۰ | ۲۵ | ۴۳/۸ | $6/0 * 10^{-6}$ | ۰/۴۵ | ۰/۰۷ | ۰/۲۳ |
| ۱۹ | ۱ | ۱۰ | ۵/۱۵ | $17/5 * 10^{-6}$ | ۰/۱۹ | ۰/۲۱ | ۰/۲۹ |
| ۲۰ | ۱ | ۱۰ | ۶/۴۵ | $17/5 * 10^{-6}$ | ۰/۲۳ | ۰/۲۰ | ۰/۲۳ |
| ۲۱ | ۱ | ۱۰ | ۷/۱۸ | $17/5 * 10^{-6}$ | ۰/۲۶ | ۰/۱۹ | ۰/۱۹ |
| ۲۲ | ۱ | ۱۰ | ۹/۰۲ | $17/5 * 10^{-6}$ | ۰/۳۳ | ۰/۱۷ | ۰/۱۶ |
| ۲۳ | ۱ | ۱۰ | ۱۰/۲۶ | $17/5 * 10^{-6}$ | ۰/۳۷ | ۰/۱۸ | ۰/۱۷ |
| ۲۴ | ۱ | ۱۰ | ۱۱/۵۷ | $17/5 * 10^{-6}$ | ۰/۴۲ | ۰/۱۶ | ۰/۱۵ |
| ۲۵ | ۱ | ۲۰ | ۱۶/۴۳ | $9/64 * 10^{-6}$ | ۰/۱۹ | ۰/۱۹ | ۰/۳۵ |
| ۲۶ | ۱ | ۲۰ | ۲۰/۴۹ | $9/64 * 10^{-6}$ | ۰/۲۴ | ۰/۱۸ | ۰/۲۶ |
| ۲۷ | ۱ | ۲۰ | ۲۴/۶۵ | $9/64 * 10^{-6}$ | ۰/۲۸ | ۰/۱۶ | ۰/۲۱ |
| ۲۸ | ۱ | ۲۰ | ۲۸/۷۱ | $9/64 * 10^{-6}$ | ۰/۳۳ | ۰/۱۴ | ۰/۱۶ |
| ۲۹ | ۱ | ۲۰ | ۳۲/۷۶ | $9/64 * 10^{-6}$ | ۰/۳۸ | ۰/۱۵ | ۰/۱۹ |
| ۳۰ | ۱ | ۲۰ | ۳۷/۱۸ | $9/64 * 10^{-6}$ | ۰/۴۳ | ۰/۱۴ | ۰/۱۹ |
| ۳۱ | ۱ | ۲۵ | ۲۴/۲۸ | $8/0 * 10^{-6}$ | ۰/۱۹ | ۰/۱۷ | ۰/۴۰ |
| ۳۲ | ۱ | ۲۵ | ۳۰/۱۴ | $8/0 * 10^{-6}$ | ۰/۲۴ | ۰/۱۶ | ۰/۳۰ |
| ۳۳ | ۱ | ۲۵ | ۳۶/۴۹ | $8/0 * 10^{-6}$ | ۰/۲۹ | ۰/۱۵ | ۰/۲۷ |
| ۳۴ | ۱ | ۲۵ | ۴۲/۶۰ | $8/0 * 10^{-6}$ | ۰/۳۳ | ۰/۱۳ | ۰/۱۹ |
| ۳۵ | ۱ | ۲۵ | ۵۰/۳۵ | $8/0 * 10^{-6}$ | ۰/۴ | ۰/۱۳ | ۰/۱۹ |
| ۳۶ | ۱ | ۲۵ | ۵۴/۰۴ | $8/0 * 10^{-6}$ | ۰/۴۳ | ۰/۱۰ | ۰/۱۵ |

می‌باشد. نکته قابل توجه در این شکل شیب یکسان خطوط برآزش داده شده برای دو عمق ۲۰ و ۲۵ cm می‌باشد. شیب یکسان خطوط نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد که با افزایش میزان آبگیری، نسبت

پراکندگی نقاط و مجزا نبودن دو عمق ۲۰ و ۲۵ cm به دلیل در نظر نگرفتن تأثیر عدد فرود در این شکل می‌باشد. زیرا همانگونه که توضیح داده شد عدد فرود یکی از عوامل موثر بر رسوب ورودی

... می‌باشند که با تحلیل الگوی سه‌بعدی جریان امکان‌پذیر خواهد بود.



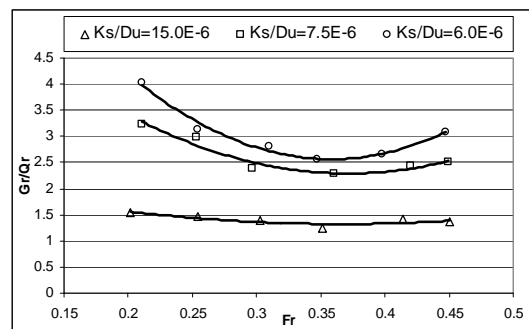
شکل ۵- مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققین

به منظور مقایسه نتایج این تحقیق با تحقیقات انجام شده، از نتایج بارکدول و همکاران، بول (به نقل از Schokitsch)، شفافی و نظری و حسن‌پور استفاده گردید (۷، ۱۳، ۴ و ۲). در شکل (۵) نتایج حاصل از تحقیقات این محققین ارائه شده است. در آزمایشات بارکدول در نسبت آبیگری حدود ۳۸٪، با افزایش آبیگری میزان رسوب انحرافی کاهش می‌یابد. در منحنی ارائه شده توسط بول (آزمایشات بول در آبیگری با زاویه ۳۰ درجه می‌باشد)، یک نقطه عطف وجود دارد که بعد از این نقطه با افزایش آبیگری رسوب ورودی به آبیگری، افزایش کمتری نشان می‌دهد. در آزمایشات حسن‌پور در محدوده آبیگری کمتر از ۲۵٪ یک رابطه خطی بین نسبت آبیگری و رسوب انحرافی وجود دارد. با توجه به اینکه تحقیقات شفافی بچستان و نظری در آبیگری از قوس ۹۰ درجه با زاویه آبیگری ۶۰ درجه بوده، رسوب ورودی به آبیگری کمتر از محققین دیگر است. در این تحقیق نتایج مربوط به دو عمق ۲۰ cm و ۲۵ cm مشابه نتایج حسن‌پور بوده و با توجه به شکل در این محدوده آبیگری، رابطه خطی بین نسبت آبیگری و نسبت رسوب ورودی وجود دارد. نتایج در عمق ۱۰ cm مشابه نتایج بول بوده که در آبیگری از یک مسیر مستقیم با زاویه ۳۰ درجه به دست آمده است. همانگونه که ذکر گردید به دلیل تأثیر زبری نسبی بر قدرت جریان گردابی میزان رسوب ورودی به آبیگری در عمق ۱۰ cm کاهش می‌یابد. در آبیگری با زاویه ۳۰ درجه نیز تغییر الگوی جریان به گونه‌ای است که رسوب کمتری وارد آبیگری می‌گردد در نتیجه نتایج عمق ۱۰ cm مشابه نتایج آبیگری با زاویه ۳۰ درجه می‌باشد.

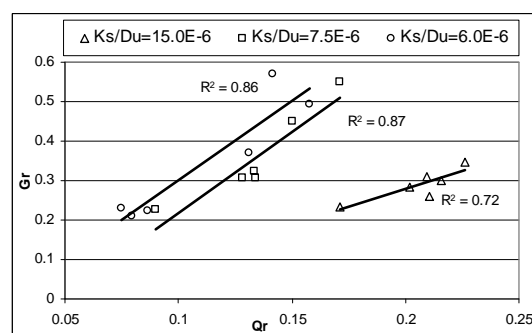
دیواره کانال اصلی دارای شیب ۴۵ درجه

شکل (۶) نسبت G_r/Q_r را در مقابل عدد فرود برای شیب دیواره $Z=1$ نشان می‌دهد. همانند دیواره با زاویه قائم، در محدوده

رسوب ورودی به آبیگری برای هر دو عمق به یک میزان افزایش می‌یابد.



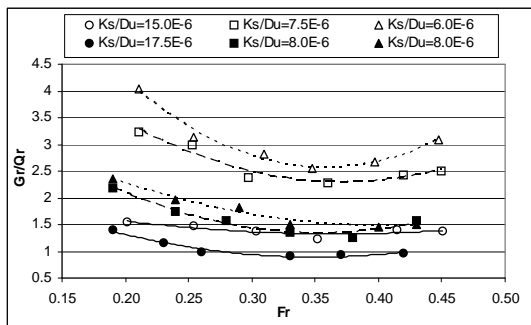
شکل ۳- تغییرات G_r/Q_r بر حسب Fr برای نسبت‌های مختلف K_s/Du



شکل ۴- مقایسه نسبت رسوب ورودی به آبیگری در نسبت‌های مختلف آبیگری

با توجه به نحوه انجام آزمایشات نمی‌توان نتیجه‌گیری نمود که برای یک نسبت آبیگری، میزان رسوب ورودی به آبیگری در عمق ۲۵ سانتیمتر بیشتر از عمق ۲۰ سانتیمتر می‌باشد، زیرا ممکن است اعداد فرود در دو عمق برای یک نسبت آبیگری متفاوت باشد و در نتیجه میزان رسوب ورودی به آبیگری متأثر از عدد فرود متفاوت می‌باشد. شیب خط برازش داده شده برای عمق ۱۰ cm کمتر از دو عمق دیگر می‌باشد. در این عمق با افزایش نسبت آبیگری نرخ میزان رسوب ورودی به آبیگری نسبت به دو عمق دیگر کمتر می‌باشد. با افزایش نسبت آبیگری قدرت جریان ثانویه افزایش می‌یابد (۸) اما در عمق ۱۰ cm به دلیل اثر زبری نسبی، جریان ثانویه کاملاً شکل نگرفته و افزایش نسبت آبیگری تأثیر کمتری بر قدرت جریان ثانویه دارد که باعث کاهش شیب خط برازش شده نسبت به دو عمق دیگر می‌گردد. مطابق شکل (۴)، R^2 برای عمق ۱۰ cm نسبت به سایر خطوط کمتر است از سوی دیگر در شکل (۳) خط برازش شده در عمق ۱۰ cm تقریباً افقی می‌باشد و تغییرات آن با عدد فرود کم است. از این نتایج استنباط می‌گردد نقش سایر عوامل به جز عدد فرود باید مورد بررسی قرار گیرد. این عوامل شامل ابعاد ناحیه جداشدگی، ابعاد لوله جریان و

به ازای یک عدد فرود برای دیواره مایل کمتر از دیواره قائم است. اختلاف مقدار G_r/Q_r در دو زاویه برای عمق ۱۰ cm نسبت به دو عمق دیگر کمتر می‌باشد. این موضوع نشان می‌دهد در اعماقی که $\frac{k_s}{D_u}$ حائز اهمیت می‌باشد تأثیر تغییر زاویه بر نسبت G_r/Q_r کم می‌باشد. برای عمق ۱۰ cm تأثیر عدد فرود در شاخه نزولی در دیواره مایل نسبت به قائم بیشتر می‌باشد. در این محدوده با افزایش عدد فرود، G_r/Q_r نسبت به زاویه قائم کاهش بیشتری نشان می‌دهد.



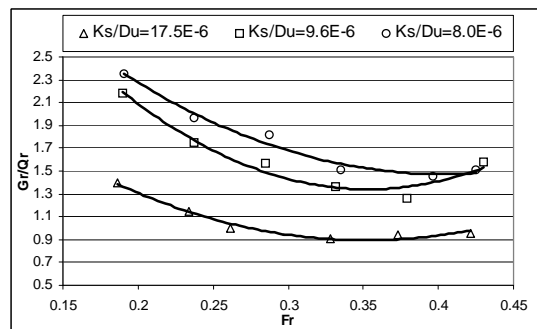
شکل ۸- تأثیر زاویه دیواره بر نسبت G_r/Q_r

به منظور بررسی تأثیر زاویه دیواره بر میزان کاهش رسوب ورودی در هر عمق شکل (۹) ترسیم گردید. اشکال (الف)، (ب) و (ج) به ترتیب مربوط به اعماق ۱۰، ۲۰ و ۲۵ سانتیمتر می‌باشد. شیب خطوط برازش داده شده برای هر دو زاویه به جز عمق ۱۰ cm یکسان است که نشان می‌دهد با تغییر زاویه، نرخ رشد رسوب ورودی به آبگیر با افزایش نسبت آبگیری تغییر نمی‌کند. در عمق ۱۰ cm شیب خط برازش داده شده برای زاویه مایل افزایش پیدا کرده است. در این عمق با افزایش آبگیری، نرخ رسوب ورودی به آبگیر نسبت به زاویه قائم بیشتر افزایش می‌یابد. با توجه به محدوده آبگیری در این تحقیق که به صورت آزاد مورد بررسی قرار گرفته است با وجود افزایش نرخ رسوب ورودی به آبگیر در حالت زاویه‌دار نسبت به قائم در عمق ۱۰ cm، در نسبت‌های آبگیری یکسان، میزان رسوب ورودی به آبگیر برای تمامی اعداد فرود در حالت دیواره مایل کمتر از حالت قائم می‌باشد. در این عمق تأثیر زاویه دیواره در کاهش رسوب ورودی به آبگیر با افزایش نسبت آبگیری کاهش می‌یابد. این شکل نشان می‌دهد تأثیر تغییر زاویه در کاهش رسوب ورودی به آبگیر برای عمق ۱۰ cm کمتر از دو عمق دیگر است.

نتیجه‌گیری

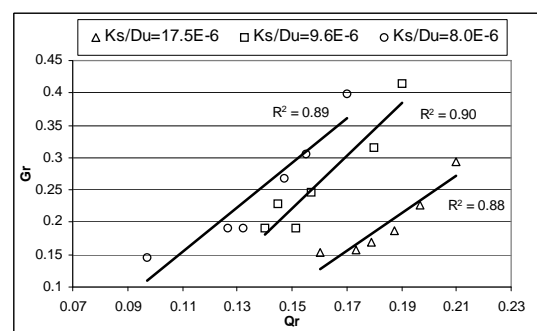
در این مطالعه تغییر زاویه دیواره کانال اصلی در یک آبگیر ۹۰ درجه در دو حالت قائم و مایل با شیب ۴۵ درجه و در سه عمق جریان مطالعه شده است.

عدد فرود حدود ۰/۳۷ برای تمامی عمق‌های انتخابی یک حداقل برای مقدار G_r/Q_r وجود دارد و با افزایش عمق، کاهش تأثیر عامل $\frac{k_s}{D_u}$ بر روی G_r/Q_r مشخص بوده و همچنین شیب شاخه نزولی برای هر سه عمق تقریباً یکسان است که نشان‌دهنده تأثیر یکسان افزایش عدد فرود بر کاهش نسبت G_r/Q_r می‌باشد. شیب شاخه صعودی در مقایسه با شاخه نزولی کمتر بوده و با افزایش عدد فرود مقدار G_r/Q_r افزایش کمی نشان می‌دهد که بیانگر تأثیر کم عدد فرود در شاخه صعودی می‌باشد.



شکل ۶- تأثیر عدد فرود و زبری نسبی بر نسبت رسوب ورودی به نسبت آبگیری

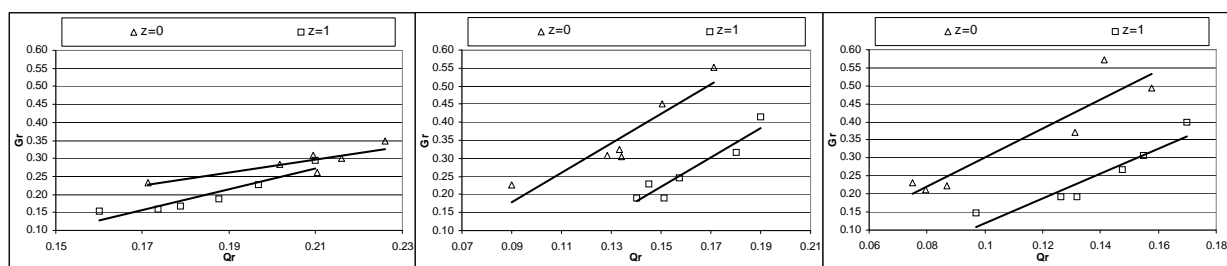
در شکل (۷) میزان رسوب ورودی به آبگیر در مقابل نسبت آبگیری در کانال با شیب دیواره مایل ($z=1$) مورد بررسی قرار گرفت. شیب خطوط برازش داده شده برای سه عمق دارای اختلاف کمی می‌باشند و نشان می‌دهد با افزایش نسبت آبگیری، نرخ رشد رسوب ورودی به آبگیر در سه عمق تقریباً برابر است.



شکل ۷- تأثیر زبری نسبی بر رسوب ورودی به آبگیر

مقایسه کانال دیواره قائم با کانال شیب‌دار

در شکل (۸) نشانه‌های توخالی و توپر به ترتیب مربوط به دیواره قائم و مایل می‌باشند که در آن مقدار G_r/Q_r برای تمامی اعماق



شکل ۹- مقایسه تأثیر نسبت آبیگری بر رسوب ورودی به آبیگر

می‌یابد اما در محدوده آبیگری مورد مطالعه، میزان رسوب ورودی در حالت دیواره ۴۵ درجه همیشه کمتر از حالت قائم می‌باشد. تأثیر شیبدار کردن دیواره کانال اصلی بر روی رسوب ورودی در عمق ۱۰ cm نسبت به دو عمق دیگر کمتر مشاهده گردید که ناشی از تأثیر زبری نسبی بر نسبت آبیگری می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بخشی از هزینه‌های این طرح در غالب قرارداد شماره ۰۲۳-۰۲-۰۱ توسط دفتر تحقیقات و استانداردهای شبکه آبیاری و زهکشی، سازمان آب و برق خوزستان تأمین شده است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

نتایج نشان می‌دهد رسوب ورودی به آبیگر به عواملی مانند عدد فرود، زبری نسبی و نسبت آبیگری بستگی دارد. در عمق ۱۰ cm به دلیل زبری نسبی بیشتر و کاهش قدرت جریان گردابی، رسوب ورودی به آبیگر کاهش یافته و با افزایش عمق، اثر زبری نسبی کاهش یافته و رسوب ورودی به آبیگر افزایش می‌یابد. در یک عدد فرود با افزایش عمق، به دلیل کاهش تأثیر زبری نسبی، مقدار G_r/Q_r برای دو عمق ۲۰ و ۲۵ سانتیمتر اختلاف کمی دارد. نتایج مبین این موضوع می‌باشد که تغییر زاویه دیواره از حالت قائم به ۴۵ درجه به میزان قابل توجهی باعث کاهش رسوب ورودی به آبیگر می‌شود. در هر سه عمق مورد مطالعه و در هر دو حالت شیب دیواره، مقدار G_r/Q_r در عدد فرود حدود ۰/۳۷ حداقل می‌باشد. در حالت دیواره ۴۵ درجه نرخ رشد رسوب ورودی به آبیگر در عمق ۱۰ cm نسبت به حالت قائم افزایش

منابع

- ۱- پیرستانی م.، صالحی نیشابوری ع. و طباطبائی م. ۱۳۸۵. بررسی آزمایشگاهی جریان انحرافی آبیگرهای جانبی در کانال‌های قوسی. مجله تحقیقات منابع آب، سال ۲، شماره ۲، پاییز.
- ۲- حسن پور ف. ۱۳۸۵. بررسی عملکرد آبیگرهای جانبی در حضور صفحات مستغرق مرکب و آستانه. پایان‌نامه دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۳- سیدیان م. و شفاعی بجستان م. ۱۳۸۷. تعیین بهترین الگوی جریان در آبیگرهای جانبی با استفاده از مدل ریاضی. سومین کنفرانس منابع آب، دانشگاه تبریز.
- ۴- شفاعی بجستان م. و نظری س. ۱۳۷۸. تأثیر زاویه انحراف آبیگر بر میزان رسوب ورودی به آبیگرهای جانبی در خم قائم رودخانه. مجله علمی کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، جلد ۲۲ شماره ۱.
- ۵- منتصری ح.، قدسیان م.، شفیع‌فر م. و صالح نیشابوری ع. ۱۳۸۷. مطالعه آزمایشگاهی میدان جریان و آبستگي در قوس ۱۸۰ درجه با حضور آبیگر جانبی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۵، شماره ۲، خرداد-تیر.
- 6- Abassi A. A., Ghodsian M., Habibi M., and Salehi Neishabouri A.A. 2002. Experimental Investigation on Sediment Control in Lateral Intake using Sill. proceeding of the 13th IAHR-APD Congress, Singapore, Vol. 1. pp. 230-233.
- 7- Barkdoll B.D. 1999. Sediment Control at Lateral Diversions: Limits and Enhancements to vane Use. Journal of Hydraulic Engineering. ASCE. Vol.125. No. 8: 826-870.
- 8- Neary V. S. and Odgaard A.J. 1993. Three-Dimensional Flow Structure at Open-Channel Diversions. Journal of Hydraulic Engineering. ASCE. Vol.119. No. 11: 1223-1230.
- 9- Novak P., Moffat A., and Nalluri C. 1990. Hydraulic Structures. Pitman, London, 546p.

- 10-Ramamurthy A. S., Qu. Junying and Vo. Diep. 2007. Numerical and Experimental Study of Dividing Numerical and Experimental Study of Dividing. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, 133 (10), 1135-1144.
- 11-Raudkivi, A. J. 1993. *Sedimentation, Exclusion and Removal of Sediment from Diverted Water*. AIRH, Hydraulic Structures.
- 12-Razvan E. 1989. *River Intake and Diversion Dams*. Elsevier Science Publishing Company Inc. New York, NY. 10010, U.S.A.
- 13-Schoklitsch A. 1937. *Hydraulic Structures*. Vol. 2, Translated by S. Shulits, American Society of mechanical Engineers, New York, N.Y., pp. 722- 751.

Comparison of Suspended Load Delivered Into the Intake by Changing the Canal Side Angle from Perpendicular to 45 Degrees

S. M. Seyedian^{1*} - M. Shafai Bajestan²

Received: 10-4-2010

Accepted: 15-7-2010

Abstract

Lateral intake is a hydraulic structure which is used for diversion of some portion of water from a river for the purpose of irrigation, storage and industrial. Most of lateral intakes from canal are installed at canal with inclined banks which has not received the attention of the researchers in the past. Since the flow discharge and sediment which enters the intake canal depends on the flow patterns at the head of the intake and the inclined banks can affect the flow patterns and so the sediments, this study has been conducted. In this study a series of experimental tests are conducted using canal of vertical bank and a series of tests with canal of inclined banks. In all tests the suspended sediment feed with a constant concentration upstream of the intake. Sediments which enter the intake canal were collected after each test and weighted. Using dimensional analysis a general non-dimensional relation was developed. By applying the experimental data it was found that the flow patterns at the upstream of the intake has been modified in such a way that more water from surface layers are diverted. Therefore less suspended sediment enters the intake. Also it was found that in all tests the amount of sediment enters the intake reaches its minimum value at Froude number equal 0.37. In low flow depth because of the effect of bed roughness, the suspended sediment enters the intake is higher compare to the higher flow depth for the same conditions.

Keywords: Lateral intake, Suspended load, Inclined banks, Sediment delivery ratio

1,2- Ph.D. Student and Professor, Dept. of Hydraulic structures, Water Sciences Engineering School, Shahid Cahmran University, Ahvaz
(*-Corresponding Author Email: s.m.seyedian@gmail.com)