

تأثیر آستانه و صفحات مستغرق بر جریان حاوی رسوب ورودی به آبگیر جانبی

علی اکبر عباسی^۱، محمد ملک نژاد یزدی^۲

تاریخ دریافت ۱۳۹۲/۰۷/۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۲۷

چکیده

در این تحقیق در مورد روش‌های کنترل رسوب ورودی به آبگیرهای جانبی، در حالت به‌کارگیری آستانه و صفحات مستغرق به‌صورت آزمایشگاهی تحقیق شده است. تعیین ناحیه گردابی و سکون در ورودی آبگیر از جمله مواردی بوده که مورد بررسی قرار گرفته‌اند. پس از تعیین پارامترهای مهم، آنالیز ابعادی انجام و آزمایش‌ها طرح ریزی شد. آزمایش‌ها با زوایای آبگیری ۹۰، ۶۰، ۷۵ و ۴۵ درجه در حالت بدون آستانه، با آستانه، با صفحه و وجود توأم آستانه و صفحات مستغرق انجام شد. بر اساس تحلیل‌های آزمایشگاهی انجام شده، نسبت دبی آبگیری و زاویه آبگیر با جهت جریان از عوامل مهم در شکل‌گیری ناحیه گردابی و ابعاد هندسی آن می‌باشند. با افزایش نسبت آبگیری، طول و عرض ناحیه گردابی کاهش می‌یابد. با کاهش زاویه آبگیری طول ناحیه گردابی افزایش و عرض آن کاهش می‌یابد. ابعاد ناحیه گردابی در حالت وجود توأم آستانه و صفحات مستغرق بیشتر شبیه حالتی می‌باشد که آستانه به تنهایی وجود دارد. مشاهدات آزمایشگاهی نشان داد که وجود توأم آستانه و صفحات مستغرق سبب کاهش رسوب ورودی به آبگیر گردیده و در محدوده آزمایش‌های 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، رسوبات ورودی به آبگیر را کاهش داده است. همچنین وجود صفحات مستغرق به تنهایی تا نسبت آبگیری مشخصی (۰/۲) نسبت بدون بعد دبی در واحد عرض کانال آبگیر به دبی در واحد عرض کانال اصلی) سبب حذف رسوب ورودی به آبگیر شده است که با کاربرد توأم صفحات مستغرق و آستانه تا نسبت ۰/۲۷۵ دبی در واحد عرض کانال آبگیر به دبی در واحد عرض کانال اصلی سبب حذف کامل رسوبات ورودی به آبگیر شده است. عرض ناحیه جدایی جریان در جلوی آبگیر تابع نسبت دبی آبگیری و زاویه آبگیری می‌باشد به طوری که با افزایش نسبت دبی آبگیری این عرض افزایش و با کاهش زاویه آبگیری، کاهش می‌یابد. عرض ناحیه جدایی جریان در حالت وجود صفحات مستغرق از دو حالت دیگر بیشتر است که این امر ناشی از تأثیر جریان گردابی به وجود آمده در اثر صفحات مستغرق بر جریان سطحی می‌باشد. در حالت وجود توأم آستانه و صفحات مستغرق خط جدایی جریان سطحی شبیه حالتی است که صفحات مستغرق به تنهایی حضور دارند.

واژه‌های کلیدی: آبگیر جانبی، آستانه، زاویه آبگیری، صفحات مستغرق.

^۱ دکترای هیدرولیک، عضو هیئت علمی بخش حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی،

پست الکترونیکی: ak_abbasi@yahoo.com شماره تماس: ۰۹۱۵۵۱۹۲۵۷۱ (نویسنده مسئول)

^۲ کارشناس ارشد سازه‌های آبی، بخش حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی،

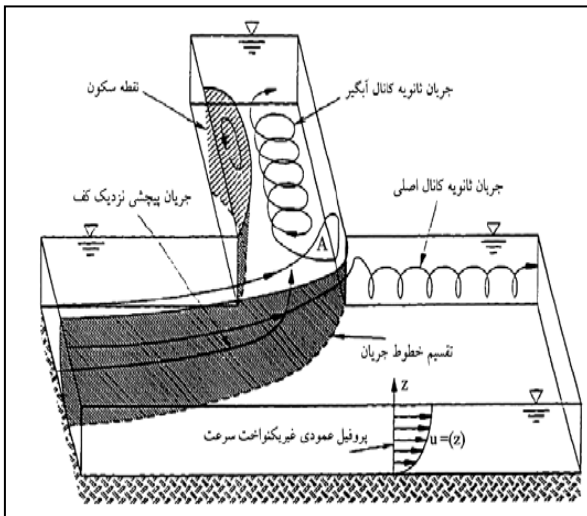
پست الکترونیکی: Mohamadmaleknejad@yahoo.com شماره تماس: ۰۹۱۵۵۰۲۲۲۴۹

مقدمه

مهار و بهره‌گیری از سیلاب رودخانه‌ها یکی از راه‌های مقابله با خشک‌سالی و حرکتی برای توسعه پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. وجود بار رسوبی زیاد خصوصاً بار بستر، که از مشخصه‌های اصلی سیلاب رودخانه‌ها می‌باشد، از مشکلات عمده آبرگیری در این مناطق به‌شمار می‌آید، زیرا بخشی از رسوب بار بستر وارد دهانه آبرگیر شده و در دهانه آبرگیر و یا در قسمت‌های ابتدایی کانال انتقال، رسوبگذاری می‌کند و سبب انسداد دهانه آبرگیر و یا کاهش ظرفیت کانال انتقال می‌گردد.

تحقیقات مختلفی در زمینه روش‌های کنترل رسوب بار بستر به آبرگیرها انجام شده و توصیه‌های طراحی نیز ارائه گردیده است. پیچیدگی و سه‌بعدی بودن جریان در محدوده دهانه آبرگیر، پیچیدگی پدیده حمل رسوب، تأثیر کاهش رسوبات ورودی به آبرگیر و کاهش ظرفیت حمل رسوب در کانال اصلی بر مورفولوژی بستر، سبب می‌گردد که تحقیق در این زمینه ادامه یابد.

بر طبق مطالعات نیری (۱۹۹۹) الگوی جریان سه‌بعدی در آبرگیر جانبی همانند شکل (۱) می‌باشد. وقتی جریان به آبرگیر نزدیک می‌شود، به دلیل فشار مکشی انتهایی کانال آبرگیر، جریان دارای شتاب عرضی شده و بخشی از جریان در کانال اصلی توسط مجرای جریان جدا و وارد آبرگیر می‌شود و مابقی جریان به سمت پایین دست کانال اصلی ادامه مسیر می‌دهد. مقطع عرضی مجرای جریان، تقریباً به شکل دوزنقه با قاعده بزرگتر در کف می‌باشد. الگوهای دیگری نیز در آبرگیرهای جانبی تشخیص داده شده است که در این شکل نشان داده شده اند. گردابه‌ی حلزونی عمودی ساعتگرد در کف کانال فرعی چسبیده به دیواره‌ی آن تشکیل می‌گردد، عامل اصلی انتقال بار بستر به آبرگیر می‌باشد. گردابه‌ی افقی که در ناحیه جدا شده در طول دیواره داخلی آبرگیر (ناحیه A) تشکیل و باعث تنگ شدن مقطع کانال فرعی می‌شود و از سطح مقطع موثر آبرگیر می‌کاهد. این الگوی جریان به‌صورتی می‌باشد که باعث تجمع رسوبات ورودی به آبرگیر شده در ناحیه A می‌گردد و از میزان دبی ورودی به آن می‌کاهد.



شکل (۱) الگوی جریان ورودی به آبرگیر جانبی

در داخل کشور تحقیقات گسترده‌ای در خصوص رفتار جریان در دهانه آبرگیرهای جانبی انجام شده است. ساجدی و همکاران (۱۳۷۶) روی آرایش صفحات مستغرق، قلابی و همکاران (۱۳۷۷) روی زاویه صفحات مستغرق، یونسی (۱۳۸۱) روی آرایش طولی صفحات بر تغییرات توپوگرافی بستر در جلوی آبرگیر و عباسی (۱۳۸۲) روی کاربرد صفحات مستغرق و کاربرد آستانه به‌صورت آزمایشگاهی، تحقیقاتی را انجام داده‌اند. اسماعیلی ورکی و فرهودی (۱۳۸۸) بر روی اثر زاویه آبرگیری بر مقدار رسوب ورودی به دهانه آبرگیر در بند انحرافی آزمایش‌هایی را انجام و بیان کردند با افزایش زاویه آبرگیری از ۹۰ درجه به ۱۱۰ درجه میزان رسوب ورودی ۲۵/۱ درصد کاهش می‌یابد. سیدیان و شفاعی بجستان (۱۳۸۹)، مطالعاتی بر روی مقایسه رسوب معلق ورودی به آبرگیر جانبی با تغییر زاویه دیواره کانال اصلی از قائم به ۴۵ درجه انجام دادند و بیان کردند این تغییر شیب سبب اصلاح الگوی جریان شده و رسوب ورودی به آبرگیر کاهش می‌یابد. جلیلی و همکاران (۱۳۹۰)، تأثیر هندسه دهانه آبرگیر بر مقدار و الگوی رسوب‌گذاری در آبرگیر جانبی را بررسی و بیان کردند، ایجاد قوس بهینه در دیواره کانال آبرگیر منجر به کاهش مقدار رسوب ورودی به میزان حداکثر ۶۰ درصد خواهد شد.

در خارج کشور نیز محققینی مانند ناکاتو و همکاران (۱۹۹۰)، روی آرایش و زاویه صفحات مستغرق، بارکدال و همکاران (۱۹۹۵) روی آرایش صفحات مستغرق، بارکدال

موثر، امکان برآورد مشخصات هیدرولیکی ناحیه گردابی جریان ورودی به آبگیر جانبی را فراهم می‌سازد. پارامترهای زیادی در جریان ورودی به آبگیر موثر می‌باشند. این پارامترها عبارتند از:

دبی جریان در کانال اصلی (Q_m)، دبی جریان در کانال آبگیر (Q_l)، عمق جریان در کانال اصلی (h)، سرعت جریان در کانال اصلی (V_m)، عرض کانال اصلی (B_m)، عرض کانال آبگیر (B_l)، شیب کانال اصلی (S_m)، شتاب ثقل (g)، دانسیته جریان (ρ)، لزجت سینماتیکی سیال (ν)، زاویه کانال آبگیر با کانال اصلی (β)، ارتفاع صفحات مستغرق (H)

طول صفحات مستغرق (L)، تعداد ردیف صفحات مستغرق (N)، ارتفاع آستانه در جلو دهانه آبگیر (h_s)، زاویه صفحات مستغرق با جهت جریان (α)، فاصله طولی صفحات مستغرق (δ_s)، فاصله عرضی صفحات مستغرق (δ_n)، فاصله صفحات مستغرق از دهانه آبگیر (δ_b)

در شکل (۲)، پارامترهای فوق بصورت شماتیک مشاهده می‌شوند.

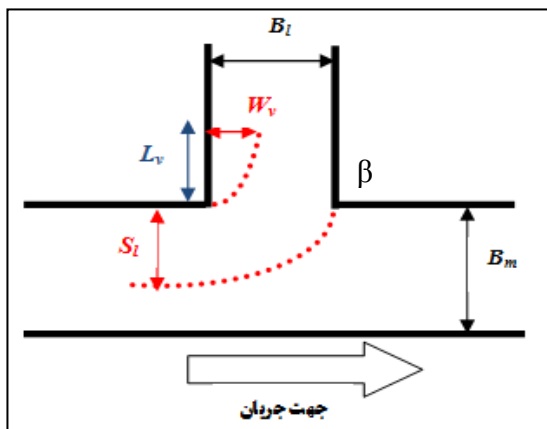
و همکاران (۱۹۹۷)، روی ترکیب صفحات مستغرق با دیواره جداکننده، ناکاتو و آدگن (۱۹۹۸)، روی آرایش صفحات مستغرق و ترکیب آن با آستانه، بارکدال و همکاران (۱۹۹۹) روی آرایش صفحات مستغرق، ترکیب صفحات با دیواره جداکننده و اصلاح دهانه آبگیر به صورت آزمایشگاهی یا مدل فیزیکی تحقیقاتی انجام دادند.

از آن جا که رسوب‌گذاری در محدوده گردابی در ورودی آبگیر جانبی انجام می‌شود و این محدوده تعیین کننده عرض مفید برای عبور جریان در کانال آبگیر می‌باشد، از این رو شناخت ابعاد ناحیه گردابی در ورودی آبگیر جانبی از اهمیت زیادی برخوردار است. به همین منظور در این مطالعه، تحلیل ابعاد محدوده گردابی در ورودی کانال آبگیر و ابعاد آن مورد بررسی قرار گرفت.

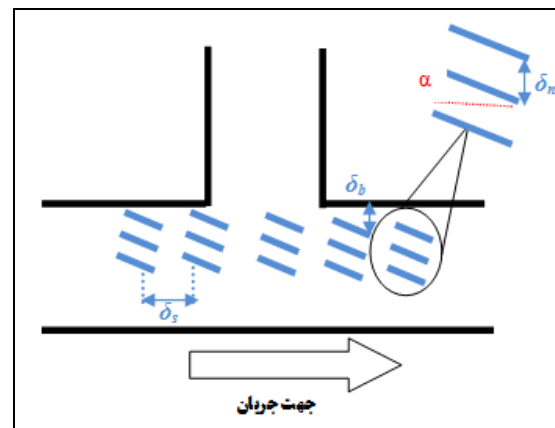
مواد و روش‌ها

آنالیز ابعادی

با بکارگیری متغیرهای هیدرولیکی و هندسی مؤثر بر رفتار جریان ورودی به آبگیر جانبی می‌توان رابطه‌ای جهت محاسبه ابعاد ناحیه گردابی بدست آورد. بدین منظور ابتدا با استفاده از آنالیز ابعادی، متغیرهای بدون بعد مؤثر بر این ناحیه، مشخص و سپس به بررسی چگونگی تأثیر آنها پرداخته می‌شود. مقایسه ابعاد این ناحیه در هر آزمایش و همچنین مقادیر اندازه‌گیری شده پارامترهای هیدرولیکی



(ب)



(الف)

شکل (۲) پارامترهای هیدرولیکی و هندسی مؤثر در جریان ورودی به آبگیر جانبی:

(الف): مشخصات هندسی صفحات مستغرق

(ب): پارامترهای مؤثر در ورودی آبگیر

در کانال اصلی و قبل از ورودی به آبگیر و SL_r نسبت عرض ناحیه جدایی جریان به عرض کانال اصلی می‌باشد.

همچنین، $Q_r = \frac{Q_l}{Q_m}$ نسبت دبی آبگیر به دبی

کانال اصلی، $F_r = \frac{V}{\sqrt{gh}}$ عدد فرود جریان و Re

عدد رینولدز جریان می‌باشد. در صورتی که جریان آشفته باشد، عدد رینولدز از روابط فوق حذف می‌گردد. پس از بررسی‌های اولیه و انتخاب محدوده تغییرات پارامترها که نتایج آن در جدول (۱) ارائه گردیده است، در محدوده پارامترهای انتخاب شده برای انجام آزمایش‌ها، عدد رینولدز جریان در محدوده ۳۶۴۶۶ تا ۶۱۶۶۷ می‌باشد که نشان دهنده جریان آشفته ($Re > 2000$) بوده و عدد رینولدز از رابطه فوق حذف می‌گردد.

برای آنالیز ابعادی از روش باکینگهام استفاده شده است. پس از حذف پارامترهای ثابت و انجام محاسبات مربوط به این روش، روابط بدون بعدی به صورت زیر تعیین گردیده است.

$$L_r = \frac{L_v}{B_l} = f(\beta, Q_r, \frac{h_s}{h}, \frac{H}{h}, F_r) \quad (۱)$$

$$W_r = \frac{W_v}{B_l} = f(\beta, Q_r, \frac{h_s}{h}, \frac{H}{h}, F_r) \quad (۲)$$

$$SL_r = \frac{SL}{B_m} = f(\beta, Q_r, \frac{h_s}{h}, \frac{H}{h}, F_r) \quad (۳)$$

همانگونه که در شکل (۲) الف نیز مشاهده می‌شود، در این روابط L_v و W_v طول و عرض ناحیه گردابی در ابتدای کانال آبگیر، L_r نسبت طول ناحیه گردابی به عرض کانال آبگیر و W_r نسبت عرض ناحیه گردابی به عرض کانال آبگیر می‌باشد. SL عرض خط جدایی جریان

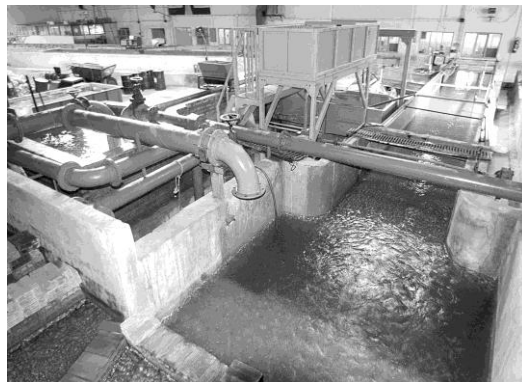
جدول (۱) محدوده تغییرات پارامترها

محدوده تغییرات	پارامترهای آزمایش
۹-۱۵/۵	h عمق جریان در کانال اصلی (سانتی‌متر)
۵۴/۷-۹۲/۷۵	Q_m دبی کانال اصلی (لیتر بر ثانیه)
۰/۲۹۵-۰/۴۳۱	F_r عدد فرود جریان در کانال اصلی بالادست آبگیر
۳/۹-۱۷/۱	Q_l دبی کانال فرعی (لیتر بر ثانیه)
۰/۰۷۱-۰/۱۹۳	Q_r نسبت دبی کانال آبگیر به دبی کانال اصلی

کانال آبگیر در فاصله ۱۰ متری از حوضچه آرام کننده بالادست و در فاصله ۴ متری از دریچه تنظیم سطح آب انتهای فلوم واقع شده است. مصالح بستر از ماسه با قطر متوسط یک میلی‌متر انتخاب گردیده و در لایه‌ای به ضخامت ۲۰ سانتی‌متر در بستر فلوم قرار داده شده است. مصالح بستر در تمام آزمایش‌ها یکسان استفاده گردیده است. محدوده‌ی آزمایش‌ها بنحوی انتخاب شده است که

تجهیزات آزمایشگاهی و چگونگی انجام آزمایشات آزمایش‌ها در آزمایشگاه هیدرولیک مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کرج، در فلومی به عرض ۱/۵، طول ۱۷ و عمق ۰/۸ متر و دارای سیستم گردش آب انجام شده است. آبگیری توسط کانال جانبی به عرض ۰/۶ متر و طول ۲/۵ متر و با زوایای ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درجه نسبت به جهت جریان در کانال اصلی انجام شده است.

کانال فرعی اندازه‌گیری می‌گردد. دبی ورودی به فلوم در محل ایستگاه پمپاژ توسط شیرهای قابل تنظیم کنترل می‌شود. عمق جریان توسط دریچه‌هایی که در انتهای هریک از کانال‌های اصلی و فرعی قرار دارد تنظیم می‌گردد. در شکل (۳) نمایی از فلوم مورد استفاده در آزمایشات این تحقیق مشاهده می‌شود.



شکل (۳) نمایی از فلوم مورد استفاده در آزمایشات

۱۰ سانتی‌متری برداشت گردید. از این اطلاعات برای برآورد حجم رسوبات جابجا شده در کانال اصلی و تغییرات توپوگرافی در جلوی دهانه آبگیر و داخل کانال آبگیر استفاده شد. تغییرات زمانی عمق آب‌شستگی در پایین‌دست دهانه آبگیر، با کمک اندازه‌گیر بستر اندازه‌گیری شده است. در شکل (۴)، تجهیزات مورد استفاده در آزمایشات مشاهده می‌شود.

فقط حرکت بار بستر وجود داشته باشد. بار بستر از جابجایی مصالح بستر در بالادست محل آبگیر فراهم می‌شود.

سیستم گردش آب فلوم به صورت مدار بسته می‌باشد. آب مورد نیاز از طریق مخازن زیرزمینی مرتبط به هم که در زیر فلوم تعبیه شده است، تأمین می‌گردد. جریان ورودی به فلوم از طریق ایستگاه پمپاژ موجود در بالادست فلوم تأمین گشته و میزان دبی جریان از طریق سرریزهای لبه‌تیز مستطیلی و مثلثی موجود در پایین‌دست فلوم و

برای اندازه‌گیری جریان در کانال‌های اصلی و فرعی از سرریزهای لبه‌تیز مستطیلی و مثلثی، برای اندازه‌گیری سرعت و جهت جریان از سرعت‌سنج ساخت مؤسسه هیدرولیک دلفت، برای اندازه‌گیری پروفیل سطح آب از ارتفاع سنج (Point Gage) و ترازیب و برای اندازه‌گیری تغییرات توپوگرافی بستر از اندازه‌گیر پروفیل بستر (Bed Profiler) و ترازیب استفاده شده است.

تغییرات توپوگرافی بستر، قبل از هر آزمایش و در انتهای هر آزمایش با استفاده از ترازیب برداشت شده است. توپوگرافی در نقاط شبکه بندی شده فلوم به ابعاد



شکل (۴) تجهیزات مورد استفاده در آزمایشات

بررسی پارامترهای هندسی در تعیین ناحیه گردابی جریان ورودی به آبگیر جانبی

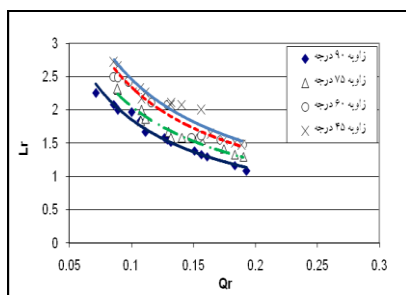
طول و عرض ناحیه گردابی در ورودی دهانه آبگیر که رسوب گذاری در آن صورت می گیرد با استفاده از الگوی رسوبگذاری پارامترهای طول و عرض ناحیه گردابی در ورودی کانال آبگیر و خط جدایی جریان که پیش از این معرفی گردید، ارائه شده است.

عدد فرود جریان در کانال اصلی و نسبت دبی آبیگری به دبی جریان در کانال اصلی از جمله پارامترهایی بوده اند که در هر زاویه آبیگری مورد بررسی قرار گرفته اند. نسبت دبی آبیگری به دبی جریان در کانال اصلی مهمترین عامل در ابعاد ناحیه گردابی در ورودی آبگیر و خط جدایی جریان در دهانه آبگیر بوده و تأثیر عدد فرود جریان در کانال اصلی ناچیز بوده است.

در ادامه برای هر زاویه آبیگری رابطه ای بین ابعاد ناحیه گردابی و عرض خط جدایی جریان با نسبت آبیگری برقرار گردیده است و در نهایت تأثیر زاویه آبیگری نیز در معادلات لحاظ شده است.

طول نسبی ناحیه گردابی در ورودی کانال آبگیر

تغییرات طول نسبی ناحیه گردابی در ورودی کانال آبگیر (L_r) برای زوایای مختلف آبیگری (β) در حالت وجود توأم آستانه و صفحات مستغرق در شکل (۵) نشان داده شده است. از این شکل روشن است که L_r به نسبت آبیگری و زاویه آبیگری وابسته است. با افزایش نسبت آبیگری، مقدار L_r کاهش می یابد و با افزایش زاویه آبیگری، برای نسبت آبیگری ثابت، کاهش L_r را خواهیم داشت. براساس پارامترهای مرتبط با L_r ، روابط مناسبی به دست آمده است.



شکل (۵) تغییرات L_r در مقابل Q_r برای زوایای مختلف آبیگری

قبل از هر آزمایش ابتدا مصالح بستر در کف کانال در لایه ای به ضخامت ۲۰ سانتی متر پهن شد. سپس شیب بندی بستر با استفاده از علامت گذاری روی دیواره فلوم که نشان دهنده شیب مورد نظر بود انجام و با کمک تراز یاب کنترل می گردید.

بعد از تراز کردن و آماده سازی بستر، آب به آرامی از طریق لوله های ورودی به حوضچه آرام کننده بالادست وارد و سپس وارد فلوم می گردید. ابتدا با کمک شیرهای کنترل موجود روی لوله های ورودی جریان دبی کمی وارد فلوم می گردید تا قادر به حرکت دادن مصالح بستر نباشد و بستر ثابت بماند. با بسته نگه داشتن دریچه های پایین دست، تراز آب در داخل فلوم بالا آورده می شد.

بعد از اینکه عمق آب به اندازه کافی بالا می آمد، با کمک شیرهای روی لوله های ورودی جریان، دبی به آهستگی افزایش داده می شد و به طور هم زمان با تغییر دریچه های پایین دست، عمق جریان و دبی کانال اصلی با کمک ارتفاع سنج های نصب شده روی کانال اصلی و بالادست سرریز اندازه گیری دبی، تنظیم می گردید. تغییر دبی و دریچه های پایین دست تا زمانی ادامه پیدا می کرد که عمق و دبی مورد نظر برای آزمایش ایجاد گردد.

نتایج و بحث

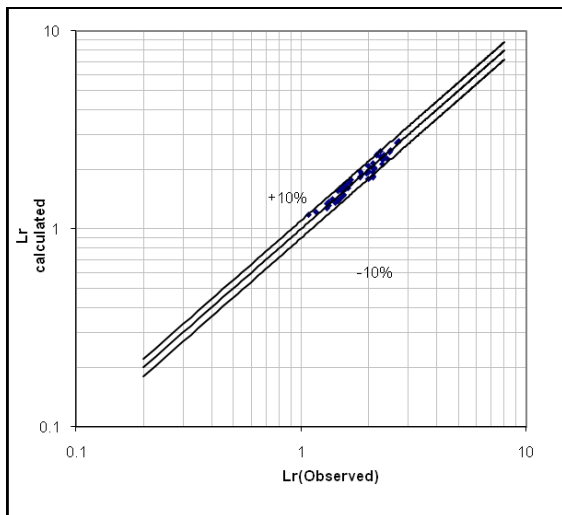
بخشی از جریان کانال اصلی در جلوی دهانه آبگیر جدا شده و وارد کانال آبگیر می شود. اگرچه موقعیت دقیق خط جدایی جریان، ثابت و مشخص نیست، ولی موقعیت تقریبی آن قابل تعیین می باشد. خط جدایی جریان سطحی با استفاده از جسم شناور در هر آزمایش اندازه گیری شده است. در چند آزمایش نیز با تزریق مواد رنگی و ردگیری آن روش اندازه گیری کنترل گردیده است. مطالعات مختلف نشان داده است که عرض ناحیه

جدایی جریان در عمق بیشتر از سطح می باشد.

از آنجا که لایه پایینی جریان حاوی رسوب بیشتری می باشد و رسوبات بار بستر نیز در لایه پایینی جریان حمل می شوند، از این رو به دلیل این که عرض لایه جدایی جریان در نزدیک بستر بیشتر می باشد، معمولاً نسبت رسوب بار بستر ورودی به کانال آبگیر به رسوب حمل شده در کانال اصلی، بیشتر از نسبت جریان ورودی به کانال آبگیر به جریان کانال اصلی می باشد.

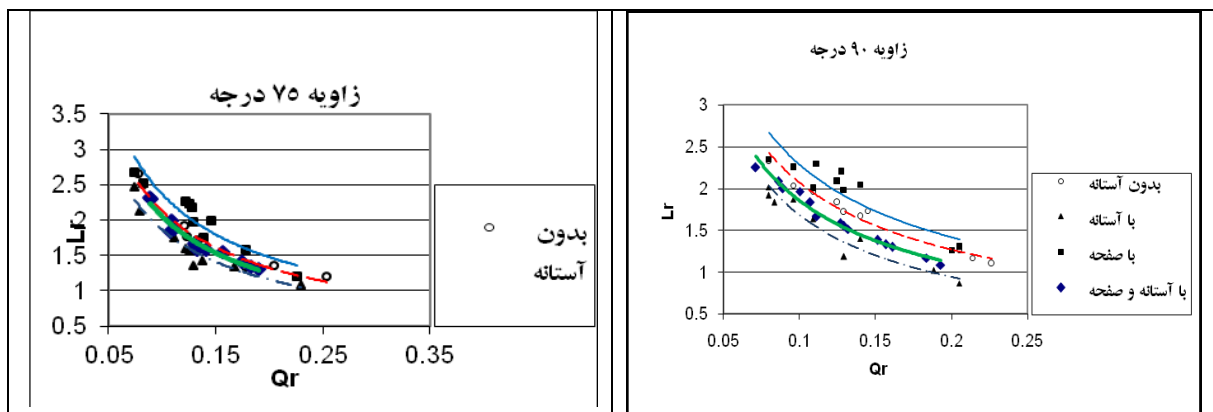
$$L_r = 1.930 \theta^{-0.381} Q_r^{-0.742} \quad r^2 = 0.94 \quad (10)$$

مقادیر L_r مشاهده‌ای و محاسبه‌ای از رابطه (۱۰) در شکل (۶) نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که تقریباً تمام داده‌ها در محدوده $\pm 10\%$ درصد خطا قرار می‌گیرند.



شکل (۶) مقایسه مقادیر L_r مشاهده‌ای و محاسبه‌ای از رابطه (۱۰)

تأثیر آستانه و صفحات مستغرق و حضور توأم آن‌ها در طول نسبی ناحیه گردابی در زوایای مختلف آبیاری در شکل (۷) نشان داده شده است. از این نمودارها روشن است که تأثیر حضور توأم آستانه و صفحات مستغرق در طول نسبی ناحیه گردابی در زوایای آبیاری مختلف بیشتر شبیه به حالتی می‌باشد که آستانه به تنهایی حضور دارد.



شکل (۷) تأثیر آستانه و صفحات مستغرق در طول نسبی ناحیه گردابی در زوایای مختلف آبیاری

ابتدا برای تأثیر نسبت آبیاری در هریک از زوایای آبیاری در حالت وجود توأم آستانه و صفحات مستغرق، روابطی به شرح زیر استخراج گردید و سپس تأثیر زاویه آبیاری در روابط اعمال گردید.

$$L_r = 0.332 Q_r^{-0.747} \quad r^2 = 0.98 \quad 90^\circ \text{ درجه} \quad (4)$$

$$L_r = 0.394 Q_r^{-0.717} \quad r^2 = 0.97 \quad 75^\circ \text{ درجه} \quad (5)$$

$$L_r = 0.410 Q_r^{-0.756} \quad r^2 = 0.94 \quad 60^\circ \text{ درجه} \quad (6)$$

$$L_r = 0.443 Q_r^{-0.746} \quad r^2 = 0.92 \quad 45^\circ \text{ درجه} \quad (7)$$

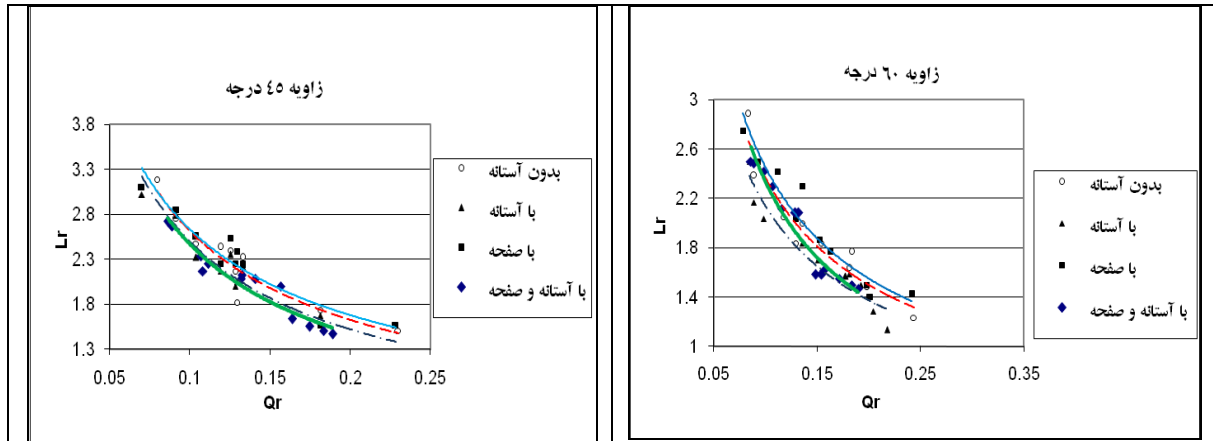
اگر L_r به صورت زیر تعریف شود.

$$L_r = a Q_r^b \quad (8)$$

که در آن a و b پارامترهایی هستند که ممکن است تابعی از زاویه آبیاری باشند. تحلیل داده‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهد که ضریب a تابعی از زاویه آبیاری بوده و رابطه آن به صورت زیر است.

$$a = 1.930 \beta^{-0.381} \quad (9)$$

در حالی که با تقریب قابل قبولی می‌توان پذیرفت که پارامتر b تابع زاویه آبیاری نبوده و متوسط آن برابر $b = -0.742$ است. پس از لحاظ تأثیر زاویه آبیاری، رابطه نهایی طول ناحیه گردابی در ورودی کانال آبیاری به صورت رابطه (۱۰) تعیین گردید.



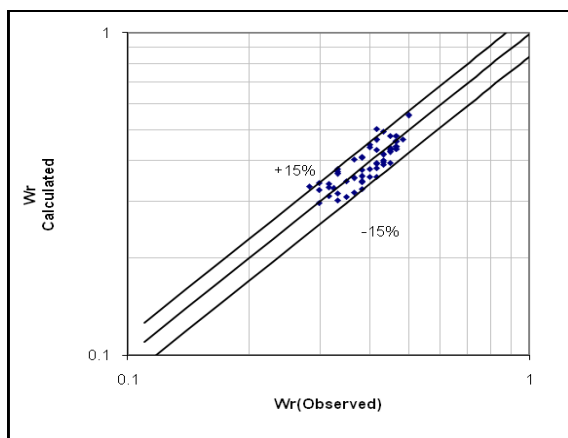
ادامه شکل (۷) تاثیر آستانه و صفحات مستغرق در طول نسبی ناحیه گردابی در زوایای مختلف آبیگری

در حالی که با افزایش زاویه آبیگری عرض ناحیه گردابی نیز افزایش می‌یابد. روابط مربوط به عرض ناحیه گردابی W_r در حالت وجود توأم آستانه و صفحه، به روش مشابه آنچه که در بحث طول نسبی ناحیه گردابی ارائه گردید، استخراج گردیده است که از ذکر جزئیات آن خودداری می‌گردد.

رابطه نهایی برای عرض ناحیه گردابی در حالت وجود توأم آستانه و صفحات مستغرق به شرح زیر می‌باشد.

$$W_r = 0.064 \theta^{0.18} Q_r^{-0.511} \quad r^2 = 0.85 \quad (11)$$

مقادیر مشاهده‌ای W_r و مقادیر محاسبه‌ای از رابطه (۱۱) در شکل (۹) ارائه گردیده است. این شکل نشان می‌دهد که تمام داده‌ها در محدوده $\pm 15\%$ خطا قرار می‌گیرند.

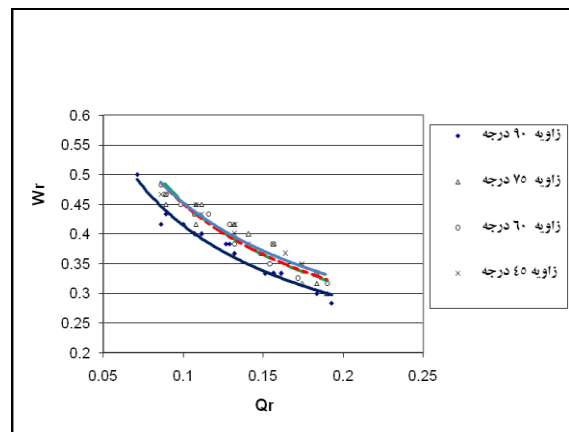


شکل (۹) مقایسه مقادیر W_r مشاهده‌ای و محاسبه‌ای از رابطه

(۱۱)

عرض نسبی ناحیه گردابی در ورودی کانال آبیگری

عرض ناحیه گردابی از این جهت که تعیین کننده عرض مؤثر برای عبور جریان در کانال آبیگری می‌باشد، از اهمیت بیشتری برخوردار است. هر چه عرض ناحیه گردابی کمتر باشد، عرض مفید برای عبور جریان در کانال آبیگری افزایش می‌یابد. در یک زاویه آبیگری ثابت، نسبت دبی آبیگری عامل مؤثر در عرض نسبی ناحیه گردابی بوده و تأثیر عدد فرود جریان در کانال اصلی ناچیز می‌باشد. از طرفی عرض ناحیه گردابی در زوایای مختلف آبیگری برای حالت‌های عدم وجود آستانه و صفحات مستغرق، وجود آستانه و وجود صفحات مستغرق در شکل (۸) نشان داده شده است.

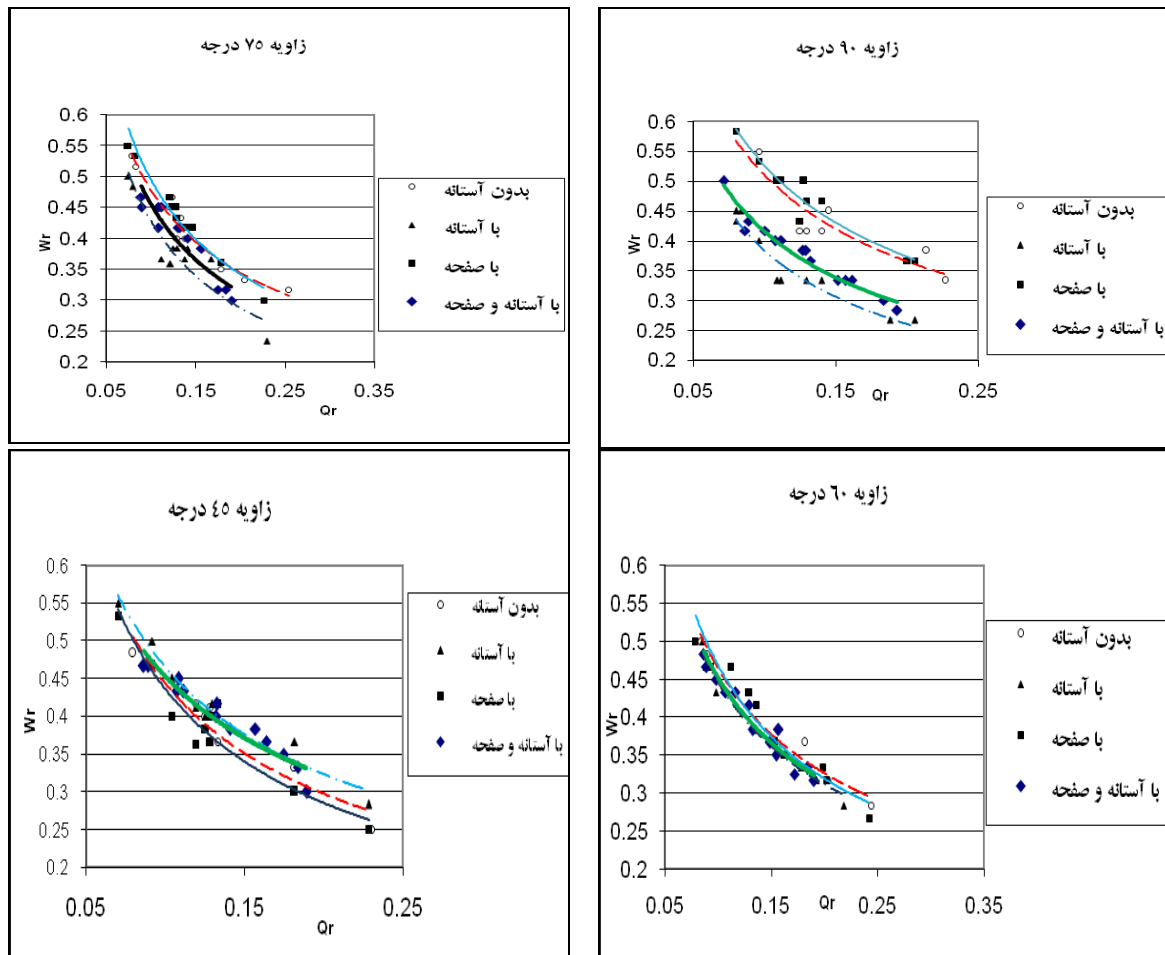


شکل (۸) تغییرات W_r در مقابل Q_r در حالت وجود توأم آستانه و صفحات مستغرق در زوایای مختلف آبیگری

این شکل نشان می‌دهد که عرض نسبی ناحیه گردابی به نسبت آبیگری و زاویه آبیگری وابسته است. با افزایش نسبت آبیگری عرض نسبی ناحیه گردابی کاهش می‌یابد

علت این امر آن است که صفحات مستغرق در داخل کانال اصلی واقع شده و تأثیر آن در داخل کانال آبگیر کمتر می‌باشد، در حالی که آستانه در ورودی کانال آبگیر واقع شده و جریان داخل کانال آبگیر را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

تأثیر آستانه و صفحات مستغرق در عرض نسبی ناحیه گردابی در زوایای مختلف آبگیری در شکل (۱۰) نشان داده شده است. از این شکل روشن است که تأثیر توأم آستانه و صفحات مستغرق در عرض نسبی ناحیه گردابی بیشتر شبیه حالتی است که آستانه به تنهایی وجود دارد.

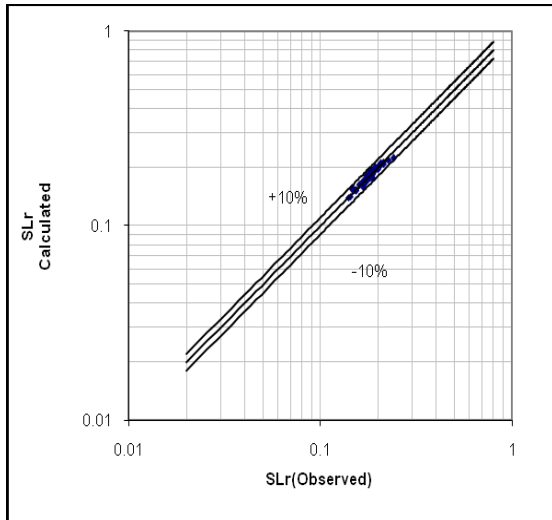


شکل (۱۰) تأثیر آستانه و صفحات مستغرق در عرض نسبی ناحیه گردابی در زوایای مختلف آبگیری

در شکل (۱۱) نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که عرض جدایی جریان به نسبت آبگیری و زاویه آبگیری وابسته است. با افزایش نسبت آبگیری عرض جدایی جریان افزایش می‌یابد. با افزایش زاویه آبگیری عرض جدایی جریان نیز افزایش می‌یابد. در حالت‌های عدم وجود آستانه و صفحات مستغرق، وجود آستانه و وجود صفحات مستغرق، تأثیر زاویه آبگیری بر عرض جدایی جریان دارای روند یکسان می‌باشد، به این ترتیب که در یک نسبت آبگیری ثابت، عرض جدایی جریان در زاویه آبگیری ۹۰ درجه دارای بیشترین مقدار و در زاویه

عرض جدایی ناحیه گردابی در ورودی کانال آبگیر

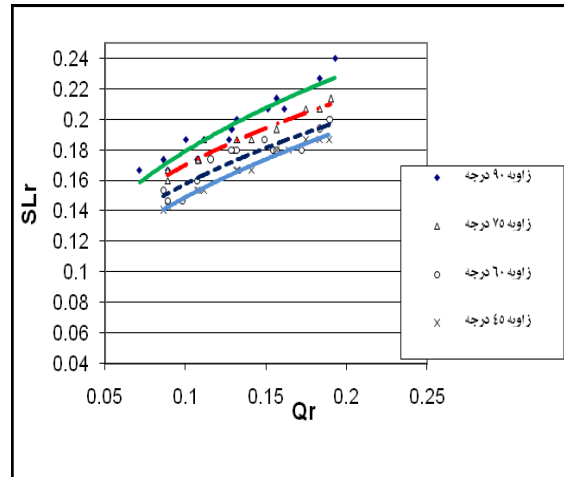
عرض جدایی جریان در دهانه آبگیر از این جهت که تعیین کننده میزان دبی جریان و رسوب ورودی به کانال آبگیر می‌باشد، از اهمیت زیادی برخوردار است. هر چه عرض جدایی جریان بیشتر باشد، میزان جریان ورودی به کانال آبگیر افزایش می‌یابد. در یک زاویه آبگیری ثابت نسبت دبی آبگیری عامل مؤثر در عرض جدایی جریان بوده و تأثیر عدد فرود جریان در کانال اصلی ناچیز می‌باشد. از طرفی عرض جدایی جریان در زوایای مختلف آبگیری برای حالت وجود توأم آستانه و صفحات مستغرق



شکل (۱۲) مقایسه مقادیر SLr مشاهده‌ای و محاسبه‌ای از رابطه (۱۲)

تأثیر آستانه، صفحات مستغرق، وجود توأم آن‌ها و عدم وجود آن‌ها در عرض جدایی جریان در زوایای مختلف آبیگری در شکل (۱۳) نشان داده شده است. از این شکل‌ها روشن است که تأثیر کاربرد توأم آستانه و صفحات مستغرق در عرض جدایی جریان بیشتر شبیه حالتی است که صفحات مستغرق به تنهایی حضور دارند. علت این امر آن است که صفحات مستغرق در داخل کانال اصلی واقع شده و گردابه‌های به وجود آمده در اطراف صفحات به سطح منتقل شده و جریان سطحی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و از این‌رو تأثیر آن بر خط جدایی جریان زیاد می‌باشد، در حالی که آستانه در ورودی کانال آبیگری واقع شده و جریان داخل کانال اصلی را کمتر تحت تأثیر قرار می‌دهد.

آبیگری ۴۵ درجه کمترین مقدار می‌باشد. روابط مربوط به عرض جدایی جریان SLr در حالت وجود توأم آستانه و صفحات مستغرق به روش مشابه آنچه که در بحث طول نسبی ناحیه گردابی ارائه گردید، استخراج گردیده است که از ذکر جزئیات آن خودداری می‌گردد.

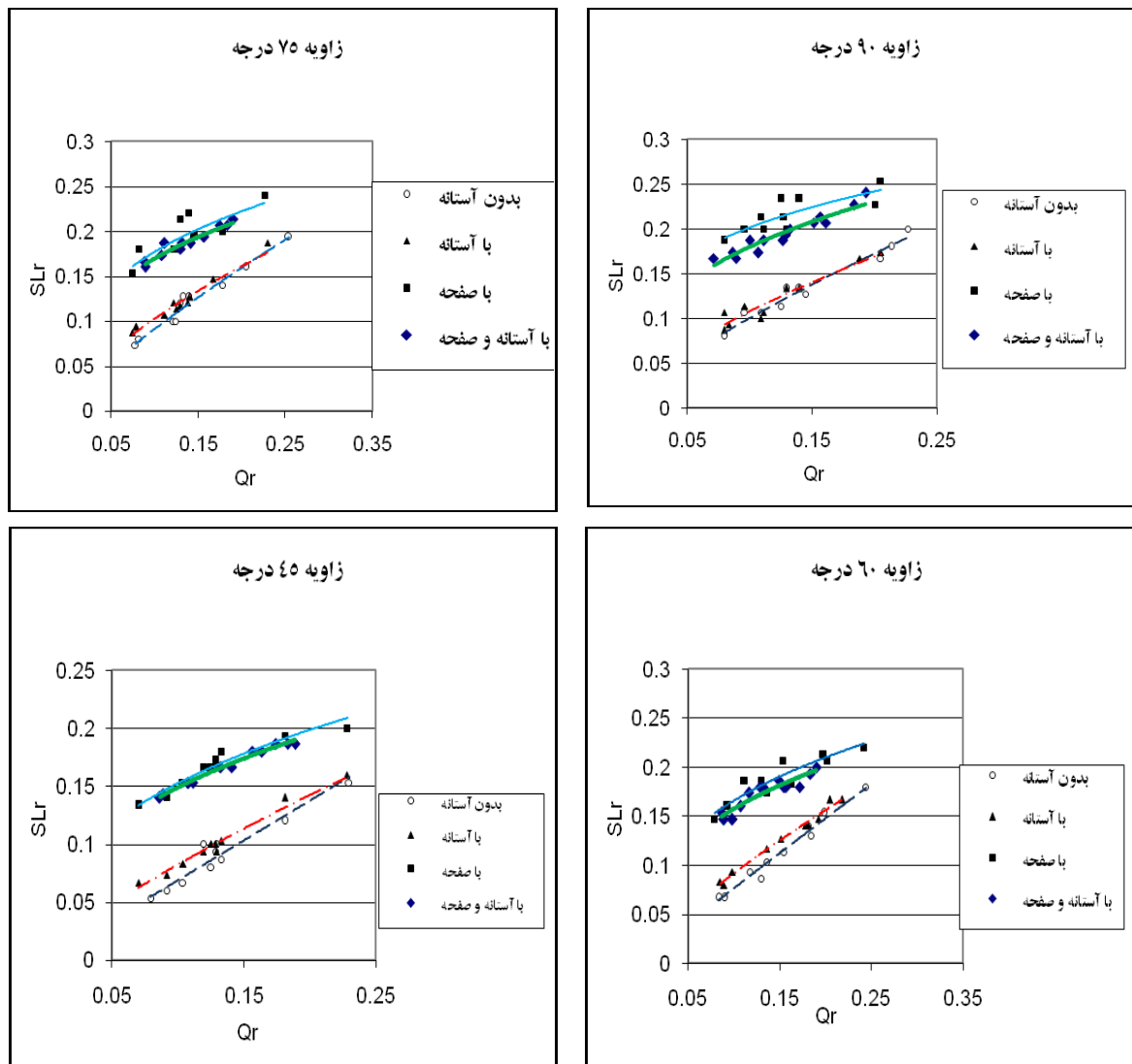


شکل (۱۱) تغییرات SLr در مقابل Qr در حالت وجود توأم صفحه و آستانه برای زوایای مختلف آبیگری

رابطه نهایی برای عرض جدایی جریان در هر یک از حالت کاربرد توأم صفحات مستغرق و آستانه به شرح رابطه (۱۲) می‌باشد.

$$SLr = 0.24 \beta^{0.086} Q_r^{0.862} \beta^{-0.203} \quad r^2 = 0.92 \quad (12)$$

مقادیر مشاهده‌ای SLr و مقادیر محاسبه‌ای از رابطه (۱۲) در شکل (۱۲) ارائه گردیده است. این شکل نشان می‌دهد که تمام داده‌ها در محدوده $\pm 10\%$ خطا قرار می‌گیرند.



شکل (۱۲) تاثیر آستانه و صفحات مستغرق در عرض جدایی ناحیه گردابی در زوایای مختلف آبیگری

نتیجه گیری

بر اساس نتایج آزمایش‌ها و بحث‌های انجام شده، نتایج حاصل از این تحقیق به شرح زیر ارائه می‌گردد. این نتایج در محدوده تغییرات پارامترهای بدون بعد مورد استفاده در این تحقیق که در جدول (۱) ارائه شد، به دست آمده و در این محدوده دارای اعتبار می‌باشد.

۳- وجود توأم آستانه و صفحات مستغرق سبب کاهش رسوب ورودی به آبیگر گردیده و در محدوده آزمایش‌های 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، رسوبات ورودی به آبیگر را کاهش داده است.

۴- وجود صفحات مستغرق به تنهایی تا نسبت آبیگری مشخصی (۰/۲) نسبت بدون بعد دبی در واحد

عرض کانال آبیگر به دبی در واحد عرض کانال اصلی) سبب حذف رسوب ورودی به آبیگر شده است در حالی که با کاربرد توأم صفحات مستغرق و آستانه تا نسبت ۰/۲۷۵ دبی در واحد عرض کانال آبیگر به دبی در واحد عرض کانال اصلی سبب حذف کامل رسوبات ورودی به آبیگر شده است.

۵- نسبت دبی آبیگری و زاویه جریان از عوامل مهم در شکل‌گیری و ابعاد ناحیه گردابی می‌باشند. با افزایش نسبت آبیگری، طول و عرض ناحیه گردابی کاهش می‌یابد. با کاهش زاویه آبیگری طول ناحیه گردابی افزایش و عرض آن کاهش می‌یابد.

۶- طول و عرض ناحیه گردابی در ورودی کانال آبیگر در حالت وجود توأم آستانه و صفحات مستغرق

کاهش زاویه آبگیری، عرض جدایی خط جریان کاهش می‌یابد.

۸- عرض جدایی جریان در حالت وجود توأم آستانه و صفحات مستغرق بیشتر شبیه حالتی می‌باشد که صفحات مستغرق به تنهایی وجود دارند.

بیشتر شبیه به حالتی است که آستانه به تنهایی وجود دارد.

۷- عرض خط جدایی جریان تابع نسبت دبی آبگیری و زاویه آبگیری می‌باشد. با افزایش نسبت دبی آبگیری، عرض خط جدایی جریان افزایش می‌یابد. با

منابع:

- ۱- اسماعیلی ورکی، م. و ج. فرهودی. ۱۳۸۸. مطالعه آزمایشگاهی اثر زاویه آبگیری بر مقدار ورود رسوب به دهانه آبگیر در بندهای انحرافی. هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. اهواز. دانشگاه شهید چمران.
- ۲- جلیلی، ح.، ع. حسین‌زاده دلیر و د. فرسادی‌زاده. ۱۳۹۰. تاثیر هندسه دهانه آبگیر بر مقدار و الگوی رسوب‌گذاری در آبگیر جانبی. مجله پژوهش آب ایران. سال پنجم. شماره نهم. ص ۱۰-۱.
- ۳- سیدیان، س.م.، و م. شفافی بجستان. ۱۳۸۹. مقایسه رسوب معلق ورودی به آبگیر با تغییر زاویه دیواره کانال اصلی از قائم به ۴۵ درجه. نشریه آب و خاک. جلد ۲۴. شماره ۵. ص ۹۸۵-۹۴۴.
- ۴- ساجدی سابق، م.، م. حبیبی و م. رحمانیان. ۱۳۷۶. بررسی کاربرد صفحات مستغرق به منظور جلوگیری از رسوب‌گذاری در داخل نهرهای آبرسانی سیستم پخش سیلاب. گزارش پایانی طرح تحقیقاتی، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آب‌خیزداری.
- ۵- عباسی، ع. ۱۳۸۲. مطالعه آزمایشگاهی کنترل رسوب بار بستر در آبگیرهای جانبی در مسیرهای مستقیم. رساله دکتری. دانشگاه تربیت مدرس.
- ۶- قلانی، ع. ۱۳۷۷. بررسی آزمایشگاهی درباره تأثیر زاویه قرارگیری صفحات مستغرق بر عملکرد آنها در مدخل‌های آبگیری از رودخانه‌ها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.
- ۷- یونسی، ح. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر آرایش طولی صفحات مستغرق بر تغییر مورفولوژی بستر رودخانه در مجاورت آبگیرهای ثقی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران. دانشکده کشاورزی.
- 9-Barkdoll, B.D., B.L. Hagen and A.J. Odgaard. 1995. Sediment Exclusion at Hydropower Intakes Using Submerged Vanes. Proc. of Water power Conference, pp. 368 – 377.
- 10-Barkdoll, B.D., R. Ettema and J. Tsou. 1997. Sediment Control at Riverside Water Intakes. Proc. of the International Joint Power Generation Conference, Denver, U.S.A., PP. 227-232.
- 11-Barkdoll, B.D. and R. Ettema. 1998. Promising New Idea for Sedimentation Exclusion from Intakes. Proc. of the International Water Resources Engineering Conference, Vol. 2, ASCE, PP. 1535-1540.
- 12-Barkdoll, B.D., K. Ettema and A.J. Odgaard. 1999. Sediment Control at Lateral Diversion: Limits and Enhancements to Vanes Use. Journal of Hyd. Eng., ASCE, Vol. 125, No. 8, pp. 862 – 870.
- 13-Neary, V., F. Sotiropoulos and A.J. Odgaard. 1999. Three-Dimensional Numerical Model of Lateral-Intake Inflows, J. Hydr. Eng. ASCE, 125: 2. 126-140.
- 14-Nakato, T. and F.L. Odgen. 1998. Sediment Control at Water Intakes along Sand - Bed Rivers. Journal of Hyd. Eng., ASCE, Vol. 124, No. 6, PP. 589 – 596.

The Impact of Sill and Submerged Vanes on Sediment Laden Flow at Lateral Intake

Abstract

In this Study, experimental investigation has been done on sediment control methods by using sill and submerged. Here, sediment inclusion into the intake, sedimentation pattern and separation zone in lateral channel were studied in a laboratory environment. After distinguishing the main affecting parameters, dimensional analysis was done and laboratory experiments were planned. Laboratory flume and measurement instruments were prepared and checked. In these tests, the angle of lateral diversion channel with the main channel changed from 45 degree to 60, 75 and 90 degree. Based on laboratory results, Q_r and θ are the main important parameters affecting the separation zone at the entrance of lateral channel and the separation line of flow in front of the intake. With increasing Q_r , the length and width of separation zone decrease and the width of separation line increases. With increasing θ the length of separation zone increases, the width of separation zone decreases and due to the change of surface flow pattern under the influence of submerged vanes, the width of surface separation line increases. The dimensions of separation zone in lateral channel in the case of using sill and submerged vane is the same of using sill, while the width of surface separation line is the same of using submerge vanes.

Keywords: Lateral Intake, Sill, Submerged Vane, Intake Angle.