مطالعه آزمایشگاهی و عددی الگوی جریان در آبگیر ۳۰ درجه منشعب از کانال ذوزنقه‌ای

مهدی کرمی مقدم[۱*]، محمود شفاعی بجستان[۲] و حسین صدقی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۳/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۱۶)

چکیده

شناخت الگوی جریان و بخصوص ابعاد لوله جریان در دهانه آبگیرهای جانبی، برای مطالعه میزان دبی و رسوب ورودی به آبگیر و نیز روش‌های کنترل رسوب ورودی به آبگیر حائز اهمیت می‌باشد. تأکید مطالعات گذشته بر شناخت الگوی جریان در آبگیرهای منشعب از کانال مستقیم بوده‌است. در مطالعه حاضر ابتدا آزمایش‌های مختلفی در فلوم آزمایشگاهی روی آبگیرجانبی که با زاویه ۳۰ درجه از دیواره کانال ذوزنقه‌ای منشعب شده بود انجام و مؤلفه‌های سه بعدی سرعت اندازه‌گیری شد. سپس با به‌کار بردن این داده‌ها مدل ریاضی SSIIM2 کالیبره و صحت‌سنجی شد و این مدل برای شرایط هیدرولیکی دیگری از جمله آبگیری از کانال مستطیلی نیز اجرا گردید تا محدوده قابل قبولی از داده‌ها حاصل شود. با استنتاج داده‌های حاصل، عرض تقسیم جریان برای شرایط هیدرولیکی مختلف تعیین و روابطی برای پیش‌بینی این ابعاد برازش و این روابط با روابط به دست آمده از دو محقق دیگر مقایسه گردید. نتایج نشان داد که عرض جریان جدا شده در کف و سطح با نسبت آبگیری رابطه مستقیم دارد. هم‌چنین نشان داده شد که در مقایسه با آبگیری از کانال مستقیم، عرض لوله جریان درآبگیری از کانال ذوزنقه‌ای در سطح افزایش و در کف کاهش می‌یابد و چون غلظت رسوب در کف بیشتر از لایه‌های سطحی است، مایل بودن دیواره کانال اصلی سبب کاهش رسوب ورودی نیز خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: آبگیر، عرض لوله جریان، کانال نیم ذوزنقه‌ای، مدل SSIIM2، الگوی جریان

۱. به ترتیب دانشجوی سابق دکتری و استاد مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران
۲. استاد سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m_karami_mo@yahoo.com

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.4.6]

مقدمه

مطالعه انحراف جریان در کانال‌های باز که از دیرباز مورد توجه مهندسین هیدرولیک بوده در طراحی و برنامه‌ریزی آب و شبکه‌های آبیاری و زه‌کشی استفاده می‌شود. شکل‌گیری جریان‌های انحرافی یا به طور طبیعی به صورت شریان و ایجاد میان بر در رودخانه‌های مئاندری بوده و یا آن‌که از نوع آبگیری از رودخانه‌ها جهت مصارف کشاورزی، آبرسانی شهری و صنعتی از نوع جریان انحرافی مصنوعی می‌باشد. جریان‌های انحرافی اساساً سه بعدی هستند. بعضی از مشخصات این جریان در شکل ۱ نشان داده شده است. این خصوصیات شامل یک منطقه جداشدگی در دیواره داخلی کانال انحرافی (منطقهA)، یک منطقه جریان فشرده در کانال انحرافی، یک جریان حلزونی یا ثانویه در کنار دیواره خارجی کانال انحرافی (Secondary circulation) و یک نقطه ایستائی نزدیک به گوشه پایین دست تقاطع آبگیر و کانال اصلی است(منطقه C). جریان چرخشی مخصوصا در قسمت مرکزی منطقه جداشدگی کاملاً آرام است. سطح جداشدگی جریان در سطح بیشتر از کف می‌باشد. در پایین دست تقاطع، در دیواره مقابل به خاطر توسعه و انبساط جریان ممکن است جداشدگی اتفاق بیفتد (منطقه B). پروفیل عمودی سرعت در کانال‌های باز غیر یک‌نواخت است. با توجه به شرایط غیر لغزشی، سرعت در کف ضرورتاً صفر، در نزدیکی سطح آب بالا و در بین این دو سطح لگاریتمی است.

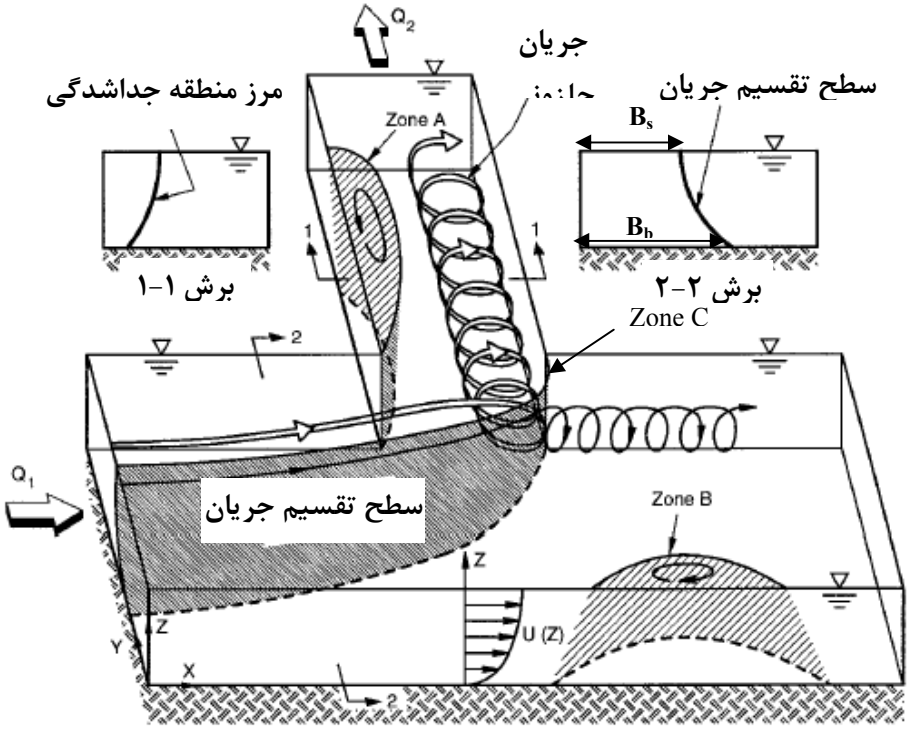
هنگامی که جریان به آبگیر نزدیک می‌شود، به خاطر فشار مکش انتهای آبگیر، جریان شتاب جانبی می‌گیرد. این شتاب باعث تقسیم جریان به دو قسمت می‌شود. یک قسمت به داخل آبگیر و مابقی به پایین دست کانال اصلی ادامه پیدا می‌کند. قسمتی که به داخل آبگیر وارد می‌شود به وسیله یک سطح که سطح تقسیم جریان یا DSS (Dividing Stream Surface) نامیده می‌شود در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل ۱ (مقطع ۲-۲) دیده می‌شود، در کانال‌های اصلی با مقطع مستطیلی، مقدار عرض جریان انحرافی در کف (B_b) بیشتر از مقدار عرض جریان انحرافی در سطح (B_s) می‌باشد.

انحنا دار بودن سطح تقسیم جریان باعث عدم تعادل و موازنه جریان انحرافی بین گرادیان فشار جانبی و نیروی گریز از مرکز و نیروی برشی شده که باعث تشکیل یک جریان ثانویه در جهت عقربه‌های ساعت می‌شود. چنین جریانی در کنار دیواره کانال اصلی نیز شکل می‌گیرد. با پیشروی به سوی پایین دست به خاطر ویسکوزیته جریان قدرت این جریان ثانویه کاهش می‌یابد. این جریان ثانویه همراه با ناحیه جداشدگی در طول دیواره داخلی آبگیر (منطقه A) منجر به یک جریان بسیار پیچیده سه بعدی می‌شود. اندازه سطح تقسیم جریان (DSS) در کانال اصلی میزان دبی انتقالی به کانال فرعی را تعیین می‌کند. عرض جریان انحرافی یا لوله جریان (Stream tube) درهر سطح جریان، فاصله دیواره کانال اصلی طرف آبگیر تا خط جریان منتهی به نقطه ایستائی نزدیک به گوشه پایین دست تقاطع آبگیر و کانال اصلی تعریف می‌شود.

تیلور (۱۱) جریان در آبگیر ۹۰ درجه را با استفاده از آزمایشاتی مورد بررسی قرار داد و یک راه حل گرافیکی پیشنهاد داد. مطالعه او از این نظر که فرض کرد جریان در آبگیر به وسیله دریچه کنترل نمی‌شود، دارای محدودیت می‌باشد. این تکنیک هم‌چنین برای حل آنالیزی آبگیر توسط تامسون (۱۲) استفاده شد هر چند فرض او مبنی بر ثابت بودن عمق جریان در کانال اصلی و فرعی برای کاربرد عملی غیر واقعی است. گریس و پریست (۱) نتایجی را برای جریان انحرافی در نسبت‌های مختلف عرض کانال انحرافی به عرض کانال اصلی به دست آوردند. تامسون (۱۲)، تاناکا (۱۰) و مورتوا (۶) با حل تحلیلی و با فرض ثابت بودن عمق آب در تمام کانال‌ها، جریان را مورد بررسی قرار دادند. لاو و رینولدز(۵) جریان انحرافی را از طریق آزمایش و حل تحلیلی مورد بررسی قرار دادند. هگر (۳) یک مدل ساده برای محاسبه ضریب اتلاف انرژی جریان انحرافی به داخل آبگیر پیشنهاد داد. او تغییرات سرعت را در ورودی شاخه فرعی ناچیز فرض کرد. هم‌چنین هگر (۳) رابطه‌ای را برای ضریب افت انرژی در جریان‌های انحرافی به‌دست آورد. نیری و همکاران

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.4.6]



شکل ۱. الگوی جریان سه بعدی در آبگیر

(۸) جریان ورودی به آبگیر را به صورت عددی با استفاده از مدل‌های آشفتگی دو معادله‌ای بدون در نظر گرفتن اثر سطح آب مورد بررسی قرار داد. وبر و همکاران(۱۳) یک مطالعه آزمایشگاهی وسیعی را در آبگیر ۹۰ درجه انجام دادند که شامل برداشت سه بعدی سرعت، تنش‌های آشفتگی و برداشت پروفیل سطح آب بود. هیونگ و همکاران (۴) یک مطالعه جامع عددی با استفاده از مدل‌های آشفتگی انجام دادند و مدل را با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی وبر و همکاران (۱۳) صحت سنجی و اعتبارسازی کردند. همان‌طور که قبلاً گفته شد در مجاری با مقطع مستطیلی عرض لوله جریان در کف بیشتر از سطح می‌باشد. نیری و ادگارد (۷) رابطه ۱ را برای بستر هیدرولیکی صاف و رابطه ۲ را برای بستر هیدرولیکی زبر ارائه کردند.

$$\frac{B_s}{W_1} = ۰/۶\frac{B_b}{W_1} \qquad [۱]$$

$$\frac{B_s}{W_1} = ۰/۴۶\frac{B_b}{W_1} \qquad [۲]$$

که در این رابطه W_1 عرض کانال اصلی، B_s و B_b عرض‌های لوله جریان به ترتیب در سطح و کف می‌باشد که در شکل ۱ نشان داده شده است.

رادکیوی (۹) نیز با استفاده از نتایج مطالعات خود روابط (۳ و ۴) را برای عرض‌های لوله جریان ارائه کرد.

$$\frac{B_s}{W_2} = a_s\frac{q_D}{q} \qquad [۳]$$

$$۰/۷۳ \le a_s \le ۰/۸۹$$

$$\frac{B_b}{W_2} = a_b + b_b\frac{q_D}{q} \qquad ۰/۳۷ \le a_b \le ۰/۴۵ \ ، \ ۱/۰۸ \le b_b \le ۱/۲۵$$

[۴]

که در آن q_D و q به ترتیب دبی در واحد عرض کانال آبگیر و کانال اصلی است.

علی‌رغم تحقیقات زیاد روی الگوی جریان در آبگیرها، اکثر آزمایش‌ها و مدل‌های ریاضی روی کانال‌های اصلی مستطیل شکل انجام شده و تحقیقات کمی نیز با استفاده از مدل ریاضی روی ابعاد لوله جریان در کانال اصلی ذوزنقه‌ای و قدرت جریان

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.4.6]

حلزونی در کانال آبگیر صورت گرفته است. با توجه به توزیع عمودی رسوب و این‌که مقدار عرض لوله جریان در کانال‌های مستطیلی، در نزدیکی کف بیشتر از سطح است، بنابراین رسوبات زیادی وارد آبگیر می‌شود. بنابراین برای کاهش رسوب ورودی به آبگیر باید به نحوی عرض لوله جریان را در کف کاهش و در سطح افزایش داد که از اهداف این تحقیق است.

در این تحقیق آزمایش‌هایی روی آبگیر ۳۰ درجه منشعب از کانال ذوزنقه‌ای انجام گردید تا اثر شیب دیواره کانال اصلی بر الگوی جریان مطالعه شود. برای رسیدن به این هدف ابتدا با به کار بردن سرعت‌های سه بعدی اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه، مدل سه بعدی SSIIM2 کالیبره و صحت‌سنجی شده و سپس با اجرای مدل برای شرایط هیدرولیکی مختلف داده‌های بیشتری حاصل شد. هم‌چنین مدل برای شرایطی که دیواره کانال اصلی قائم است نیز اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

مدل آزمایشگاهی

برای مطالعه لوله جریان در رودخانه‌ها و کانال‌ها با دیواره جانبی مایل، آزمایش‌هایی در یک فلوم مستقیم همراه با یک کانال انحرافی با زاویه ۳۰ درجه انجام شد. مدل آزمایشگاهی در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه چمران اهواز ساخته شد. شکل ۲ جانمایی تجهیزات آزمایشگاهی را نشان می‌دهد. کانال اصلی و کانال فرعی به ترتیب دارای طول حدود ۸ و ۵ متر و عرض کف ۲۲/۵ و ۲۰ سانتی‌متر بود. مقطع کانال اصلی نیم ذوزنقه و کانال فرعی مستطیل شکل بود. شیب دیواره مایل کانال اصلی ۱: ۱/۵ (m=1.5) انتخاب شد. ارتفاع هر دو کانال ۷۰ سانتی‌متر و دیواره‌های کانال‌ها از پلکسی با ضخامت ۱۰ میلی‌متر استفاده شد. کانال فرعی در فاصله ۵/۵ متری از ورودی کانال قرار گرفت. جهت تنظیم دبی و عمق آب در کانال‌ها دو دریچه کشویی در انتهای کانال‌ها نصب شد. جریان آب از مخزن زیرزمینی توسط یک پمپ تأمین می‌شد. برای اطمینان از توسعه یافتن جریان و آشفتگی کم، یک آرام کننده جریان در ورودی کانال اصلی نصب گردید. مقدار دبی کانال اصلی و فرعی به ترتیب توسط دو سرریز V شکل ۵۶ و ۹۰ درجه اندازه‌گیری می‌شد. جهت اندازه‌گیری مؤلفه‌های سرعت، سرعت سنج سه بعدی ADV مورد استفاده قرار گرفت. مش‌های ۲×۵ سانتی‌متری در بالادست آبگیر و مش‌های ۲×۲ سانتی‌متری در نزدیکی آبگیر برای اندازه‌گیری سرعت استفاده شد. اندازه‌گیری سرعت در نزدیکی کف، فاصله ۹ سانتی‌متری از کف و ۱۸ سانتی‌متری از کف در مدت زمان ۶۰ ثانیه و با میزان نمونه‌گیری ۶۵ هرتز صورت گرفت. برداشت سرعت از مبدأ مختصات (**o** در شکل ۲) که در ۷۰ سانتی‌متری بالادست آبگیر قرار داشت انجام گرفت. عمق آب بالادست کانال اصلی ۲۵ سانتی‌متر و عدد فرود انتخابی برای بالادست کانال اصلی ۰/۲۵، ۰/۳۰، ۰/۳۵، ۰/۴۰ و ۰/۴۵ بود. برای انجام هر حالت آزمایش، ابتدا دبی کانال اصلی به ازای عمق ۲۵ سانتی‌متری و عدد فرود مورد نظر محاسبه گردید، سپس این دبی در شرایطی که هر دو دریچه کانال‌ها کاملاً پایین بود (حالت آزاد) در کانال اصلی برقرار و پس از ثابت شدن جریان، نسبت دبی انحرافی با استفاده از سرریزهای **V** شکل اندازه‌گیری گردید. بعد از مشخص شدن نسبت دبی انحرافی، دریچه‌ها به میزانی بالا آورده شد که هم این نسبت دبی و هم عمق ۲۵ سانتی‌متری در بالادست تأمین شد. اندازه‌گیری های سرعت برای هر حالت بعد از پایدار شدن جریان و به طور مداوم و کامل در یک روز انجام گرفت.

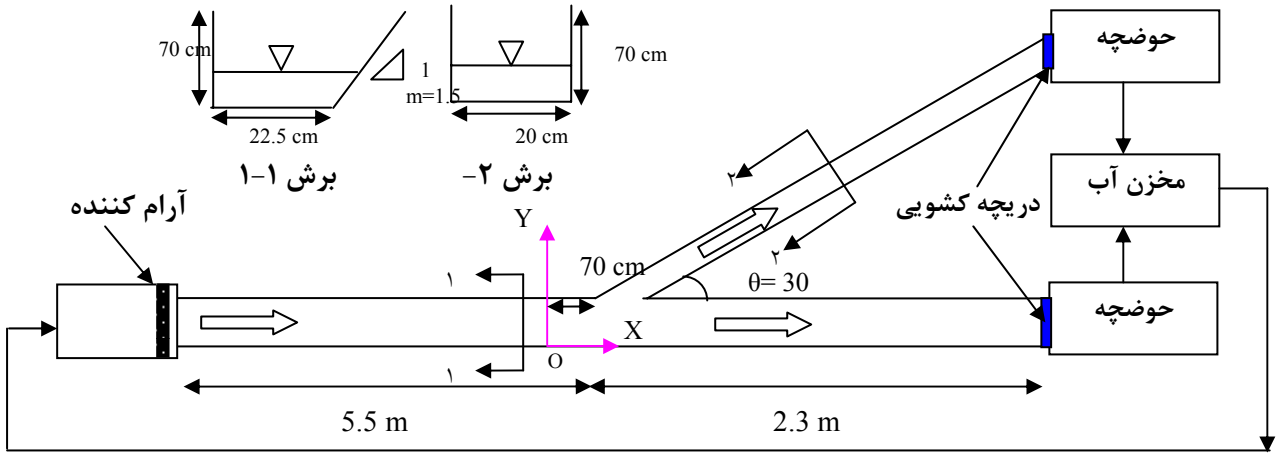
مدل SSIIM2

SSIIM مخفف Sediment Simulation In Intakes with Multiblock option می‌باشد. این برنامه در زمینه‌های مهندسی رودخانه، محیط زیست، هیدرولیک و رسوب کاربرد دارد. در این تحقیق از نسخه SSIIM2 استفاده شده است. معادلات ناویر- استوکس که سه بعدی هستند در جریان‌های آشفته جهت به‌دست آوردن سرعت آب استفاده می‌شوند. معادلات

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.4.6]

ناویر- استوکس برای جریان با دانسیته ثابت و غیر متراکم که



شکل ۲. پلان تجهیزات آزمایشگاهی در این مطالعه

در مدل می‌تواند استفاده شود به صورت زیر است:

$$\frac{\partial U_i}{\partial t}+U_j\frac{\partial U_i}{\partial x_j}=\frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial x_j}\left(-P\delta_{ij}-\rho\overline{U_iU_j}\right) \qquad [5]$$

که در رابطه فوق U: سرعت جریان، P: فشار و δ_{ij}: دلتای کرونکر می‌باشد (در صورتی که $i=j$ باشد مقدار آن یک و در صورتی که $i\neq j$ باشد مقدار آن صفر است). ترم اول در سمت چپ معادله، ترم انتقال است. ترم بعدی، ترم هدایت (Convective) می‌باشد. ترم اول سمت راست معادله، ترم فشار و ترم دوم، ترم تنش رینولدزی است. برای محاسبه این ترم، یک مدل آشفتگی مورد نیاز است. یک راه حل ضمنی یا غیر صریح (Implicit) برای حل معادلات استفاده می‌شود. روش SIMPLE روش پیش فرض استفاده شده برای تصحیح فشار در مدل است. برای ترم تنش برشی رینولدز در معادلات، مدل از تقریب بوزینسک استفاده می‌کند:

$$-\overline{U_iU_j}=\nu_T\left(\frac{\partial U_j}{\partial x_i}+\frac{\partial U_i}{\partial x_j}\right)+\frac{2}{3}k\delta_{ij} \qquad [6]$$

اولین ترم سمت راست معادله، ترم پخش (Diffusive) در معادله ناویر استوکس است. ترم دوم اغلب ناچیز است و ترم سوم قسمتی از فشار بوده و معمولاً ناچیز است. همان‌طور که می‌دانیم، گرادیان سرعت به سمت دیواره اغلب با شیب تند است. در SSIIM2 قانون دیواره به عنوان پیش فرض برای نزدیک به دیواره‌ها استفاده می‌شود. این قانون به صورت فرمول تجربی در دیواره‌های زبر به شکل زیر است:

$$\frac{U}{u_x}=\frac{1}{\kappa}Ln\left(\frac{30y}{k_s}\right) \qquad [7]$$

u_x: سرعت برشی، κ: ضریب فان کارمن (که برابر ۰/۴ می‌باشد)، y: فاصله از دیواره‌ها و k_s: زبری که برابر قطر ذرات در کف در نظر گرفته می‌شود. مدل‌های آشفتگی $k-\varepsilon$، $k-\omega$ و RNG می‌تواند برای مدل استفاده شود. در این تحقیق از مدل آشفتگی $k-\varepsilon$ همراه با RNG استفاده شده است.

در این مطالعه برای سرعت‌ها در جریان ورودی شرایط مرزی دریچلت(Drichlet) مورد استفاده قرار گرفت. برای تمامی پارامترها در مرزهای خروجی شرایط مرزی گرادیان صفر در نظر گرفته شد. به دلیل جریان کاملاً سه‌بعدی و پیچیده در آبگیرها نیاز است تا ابتدا مدل برای شرایط مطابق با شرایط آزمایشگاهی واسنجی شود. در این تحقیق با توجه به اهداف مطالعه از ابعاد لوله‌ی جریان برای واسنجی استفاده شد. بدین ترتیب که با تغییر دادن ضرایب واسنجی مدل، مقادیر ابعاد لوله جریان در مدل ریاضی و نتایج آزمایشگاهی مقایسه و درصورتی که تطابق قابل قبولی داشته باشند نشان‌دهنده آن می‌باشد که پروفیل‌های سرعت در جهت جریان کانال اصلی (U) و فرعی

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.4.6]

(V) بین مدل ریاضی و آزمایشگاهی همپوشانی مناسبی دارند. به منظور اطمینان، مؤلفه سرعت U در چند نقطه در کانال اصلی و مؤلفه سرعت V در چند نقطه در ابتدای کانال فرعی نیز مقایسه گردید. مش‌بندی منطقه مورد مطالعه بسیار حائز اهمیت است زیرا سرعت در همگرا شدن معادلات و دقت نتایج با توجه به فیزیک مسأله تحت تأثیر این موضوع است. هم‌چنین روش منفصل‌سازی، ضرایب انعطاف‌پذیری، گام زمانی، مدل تلاطمی مورد استفاده و ... از جمله پارامترهای مورد بررسی برای کالیبراسیون مدل هستند. اطلاعات سرعت در ۵ آزمایش به منظور کالیبراسیون و صحت‌سنجی مدل برداشت شد. در هر آزمایش سرعت‌ها در سه سطح، نزدیک کف، عمق ۹ و ۱۸ سانتی‌متر برداشت شد. با استفاده از داده‌های برداشت شده خطوط جریان ترسیم و عرض لوله جریان در سه سطح تعیین شد. به‌صورت تصادفی از ۱۵ عرض لوله جریان تعداد ۱۱ عدد به منظور واسنجی و تعداد ۴ عدد به منظور صحت‌سنجی انتخاب شد. سپس مدل با تغییر پارامترهای ذکر شده واسنجی گردید. در این مطالعه ابعاد مش‌ها ۱/۲۵cm×۲/۵cm و ۱/۲۵cm×۱/۲۵cm و در جهت قائم خطوط شبکه در ۰/۱، ۰/۲، ... ۰/۹ عمق انتخاب شدند. در شبکه سه‌بعدی، محاسبات برای تعداد ۷۶۰۰۰ سلول صورت گرفت. گام زمانی یک ثانیه برای اجرای مدل در نظر گرفته شد و محاسبات تا کاهش مقدار خطای مدل به مقدار کافی ادامه پیدا نمود.

مقدار ضریب هم‌بستگی و توابع خطای Root (RMSE) Mean Square و Percent Erroe (PE) در جدول ۱ آورده شده است. نتایج حاصل از مقایسه پروفیل سرعت هم بیانگر توانایی قابل قبول مدل SSIIM در شبیه‌سازی شرایط جریان آبگیر است.

با استفاده از ضرایب و پارامترهای کالیبره شده، مدل برای حالات مختلف جریان اجرا شد.

شکل ۳ نمونه‌ای از خطوط جریان رسم شده حاصل از نتایج مدل برای کف و اعماق ۹ و ۱۸ سانتی‌متر برای عدد فرود ۰/۲۵ و نسبت آبگیری ۰/۳در شرایط دیواره مایل را نشان می‌دهد.

همان‌طور که بیان شد عرض لوله جریان (B) فاصله دیواره کانال اصلی طرف آبگیر تا خط جریان منتهی به نقطه ایستائی نزدیک به گوشه پایین دست تقاطع آبگیر و کانال اصلی تعریف می‌شود. برای نمونه این فاصله در شکل ۴ نشان داده شده است.

نتیجه و بحث

جدول ۲ گزینه‌های مختلفی که در آزمایشگاه و یا توسط مدل SSIIM2 انجام شده است را نشان می‌دهد که نتایج آنها در این قسمت ارائه می‌شود.

آبگیری از کانال مستقیم

ابعاد لوله جریان در شرایطی که مقطع کانال اصلی مستطیل شکل باشد (m=0)، شکل a–۵، ابتدا بررسی شده است (مقطع abcd). در این حالت عرض کف کانال اصلی و فرعی به ترتیب ۲۲/۵ و ۲۰ سانتی‌متر هستند. عمق جریان ۲۵ سانتی‌متر و عدد فرود بالادست ۰/۳ می‌باشد. در این شکل سطح تقسیم جریان برای نسبت دبی‌های مختلف از کف تا نزدیک سطح مشخص شده است.

B فاصله سطح تقسیم جریان تا دیواره کانال اصلی سمت آبگیر (عرض لوله جریان)، T_1 فاصله سطح تقسیم جریان تا دیواره کانال اصلی در سمت مقابل آبگیر و T مجموع B و T_1 و Q_r نسبت دبی انحرافی است. هم‌چنین مقدار عرض لوله جریان (B) در فواصل مختلف از کف تا نزدیک سطح آب در شکل b–۵ مشخص شده است. مقدار z فاصله از کف و d_u عمق آب در بالادست کانال اصلی است. مقدار z و B به ترتیب توسط d_u و T بی بعد شده است.

آنچه از این دو شکل مشخص است این است که با افزایش نسبت دبی، مقدار عرض لوله جریان در تمامی فواصل از کف (z)، افزایش می‌یابد. شکل‌های c–۵، d–۵ و e–۵ و روابط زیر

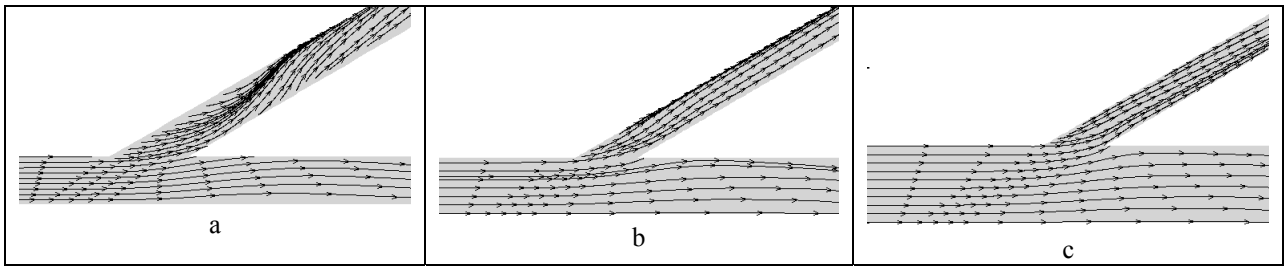
[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.4.6]

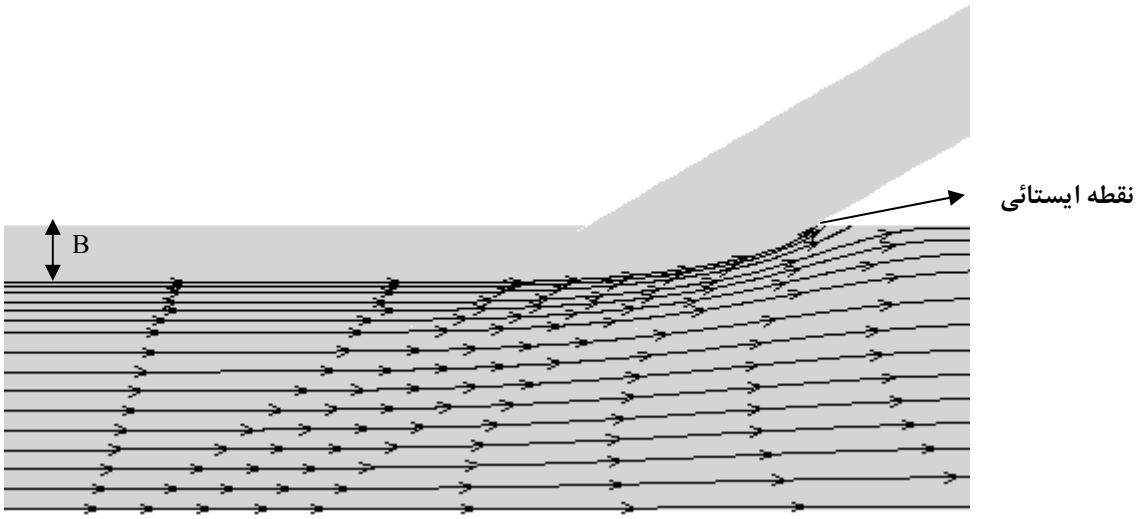
رابطه بین نسبت دبی انحرافی و عرض لوله جریان را در کف (B_b)، فاصله متوسط از کف (B_m) و نزدیک سطح آب (B_s)

جدول ۱. مقدار ضریب هم‌بستگی و مقادیر خطای مرحله کالیبراسیون و صحت‌سنجی

	کالیبراسیون	صحت‌سنجی
R^2	۰/۸۴	۰/۸۴
RMSE	۰/۰۱۳	۰/۰۱۵
PE	۱۲/۱۶	۱۱/۵۸



شکل ۳. خطوط جریان در فواصل a: نزدیک کف b: ۹ سانتی‌متری از کف و c: ۱۸ سانتی‌متری از کف



شکل ۴. عرض لوله جریان در فاصله ۱۸ سانتی‌متری از کف

نشان می‌دهند:

$$\frac{B_b}{T_b} = ۱/۹۲Q_r - ۰/۰۵ \quad R^۲ = ۰/۹۷ \quad Q_r, B_b > ۰ \qquad [۸]$$

$$\frac{B_m}{T_m} = ۰/۸۵Q_r + ۰/۰۳ \quad R^۲ = ۰/۹۹ \quad Q_r, B_m > ۰ \qquad [۹]$$

$$\frac{B_s}{T_s} = ۰/۵۷Q_r + ۰/۱۱ \quad R^۲ = ۰/۹۹ \quad Q_r, B_s > ۰ \qquad [۱۰]$$

نکته قابل توجه در شکل a-۵ و b-۵ این است که در تمامی نسبت‌های دبی، عرض لوله جریان از کف تا $\frac{z}{d_u} = ۰/۳۶$ یا z=0.09m بسیار بزرگ‌تر از عرض لوله جریان در سطح آب است. علاوه بر این روابط ۸، ۹ و ۱۰ نشان می‌دهند که با افزایش نسبت دبی انحرافی، عرض لوله جریان در کف با شدت بیشتری افزایش می‌یابد (شیب خط در کف بیشتر است).

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.4.6]

ضرایب این معادلات اندکی متفاوت از ضرایب معادلات رادکیوی (معادلات ۳ و ۴) بوده که این امر ناشی از تفاوت زاویه آبگیری در این دو تحقیق است. شکل f-۵ رابطه بین

جدول ۲. حالات مختلف جریان در آزمایشگاه و مدل

روش استفاده شده		d_u (m)	Q_r	Fr	m
مدل عددی	آزمایشگاهی				
√	√	۰/۲۵	۰/۳۱۲	۰/۲۵	۱/۵
√	√	۰/۲۵	۰/۲۹۷	۰/۳	
√	√	۰/۲۵	۰/۲۵۸	۰/۳۵	
√	√	۰/۲۵	۰/۳	۰/۴	
√	√	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۴۵	
√	--	۰/۱، ۰/۲، ۰/۲۵	۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶	۰/۲۵	
√	--	۰/۱، ۰/۲، ۰/۲۵	۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶	۰/۳	
√	--	۰/۱، ۰/۲، ۰/۲۵	۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶	۰/۳۵	
√	--	۰/۱، ۰/۲، ۰/۲۵	۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶	۰/۴	
√	--	۰/۱، ۰/۲، ۰/۲۵	۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶	۰/۴۵	
√	--	۰/۲۵	۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶	۰/۳	۰

عرض لوله جریان در سطح و عرض لوله جریان در کف را نشان می‌دهد. رابطه بین این دو به صورت زیر است.

$$\frac{B_s}{T_s} = ۰/۲۸\frac{B_b}{T_b} + ۰/۱۳ \quad R^۲ = ۰/۹۵ \quad B_b, B_s > ۰ \qquad [۱۱]$$

همان‌طور که ملاحظه می‌شود شیب خط برابر ۰/۲۸ بوده این در حالی است که شیب این خط طبق تحقیقات نیری و ادگارد(۷) در آبگیر ۹۰ درجه از کانال مستقیم برابر ۰/۴۶ می‌باشد. کاهش شیب به دلیل عرض از مبدأ متفاوت خطوط است. چرا که برخلاف این تحقیق، در تحقیق نیری عرض از مبدأ صفر در نظر گرفته شده و در صورتی که در این تحقیق نیز عرض از مبدأ صفر در نظر گرفته شود نتایج با هم هم‌آهنگی خواهند داشت.

آبگیری از کانال ذوزنقه‌ای

شکل a-f-۶، a-f-۷ و a-f-۸ سطح تقسیم جریان (لوله جریان) را برای اعماق ۱۰، ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر نشان می‌دهد. در این حالت مقطع کانال اصلی ذوزنقه است. به عبارتی دیگر دیواره کانال اصلی در سمت آبگیر مایل است (مقطع abcd). تمام حالات مربوط به عدد فرود بالادست برابر ۰/۳ می‌باشد. همان‌طور که از این شکل‌ها مشخص است، در مقطع نیم ذوزنقه همانند مقطع مستطیلی با افزایش نسبت دبی انحرافی، مقدار عرض لوله جریان (B) در تمامی فواصل از کف افزایش می‌یابد. رابطه بین عرض لوله جریان در کف (B_b)، فاصله متوسط از کف (B_m) ودر نزدیکی سطح آب (B_s) با نسبت دبی برای اعماق آب ۱۰، ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر در زیر نشان داده شده است:

$$d_u = ۱۰cm$$

$$\frac{B_b}{T_b} = ۱/۱۱۳Q_r + ۰/۰۳ \quad R^۲ = ۰/۹۹ \quad Q_r, B_b > ۰ \qquad [۱۲]$$

$$\frac{B_m}{T_m} = ۰/۸۲۳Q_r + ۰/۰۱ \quad R^۲ = ۰/۹۹ \quad Q_r, B_m > ۰ \qquad [۱۳]$$

$$\frac{B_s}{T_s} = ۰/۸۷Q_r \quad R^۲ = ۰/۷ \quad Q_r, B_s > ۰ \qquad [۱۴]$$

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

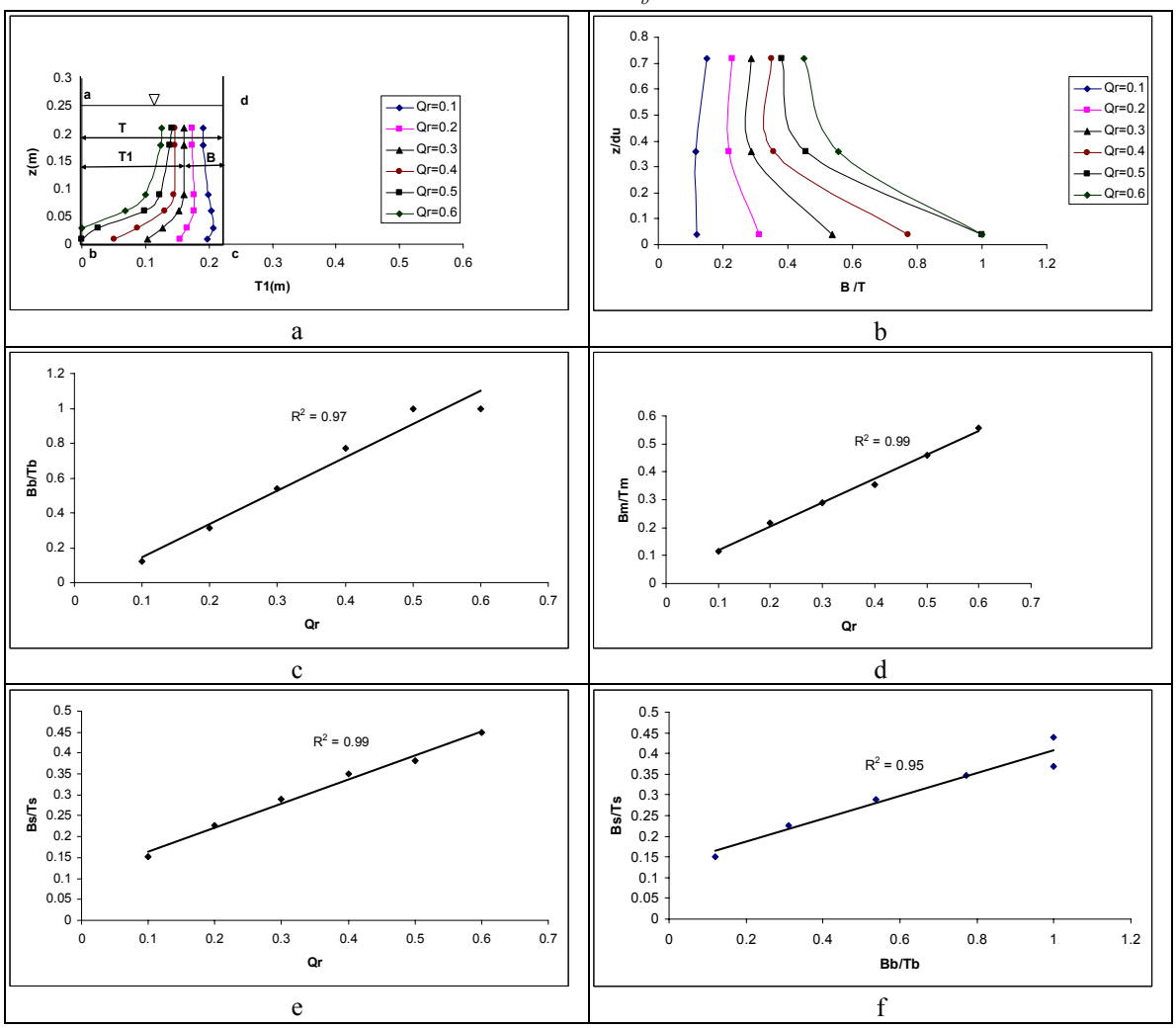
[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.4.6]

$$\frac{B_s}{T_s} = ۰/۷۷\frac{B_b}{T_b} - ۰/۰۳ \quad R^۲ = ۰/۹۹ \quad B_b, B_s > ۰ \qquad [۱۵]$$

$$d_u = ۲۰cm$$

$$\frac{B_b}{T_b} = ۰/۵۷Q_r + ۰/۰۸ \quad R^۲ = ۰/۹۶ \quad Q_r, B_b > ۰ \qquad [۱۶]$$

$$\frac{B_m}{T_m} = ۰/۵۵Q_r + ۰/۰۴ \quad R^۲ = ۰/۹۹ \quad Q_r, B_m > ۰ \qquad [۱۷]$$



شکل 5-a-f . عرض لوله جریان درکانال اصلی با دیواره قائم در فواصل مختلف از کف و رابطه آن با نسبت دبی

$$\frac{B_s}{T_s} = ۱/۰۲Q_r - ۰/۰۹ \quad R^۲ = ۰/۹۹ \quad Q_r, B_s > ۰ \qquad [۱۸]$$

$$\frac{B_s}{T_s} = ۱/۷۰\frac{B_b}{T_b} - ۰/۲۱ \quad R^۲ = ۰/۹۴ \quad B_b, B_s > ۰ \qquad [۱۹]$$

$$d_u = ۲۵cm$$

$$\frac{B_b}{T_b} = ۰/۴۴Q_r + ۰/۰۹ \quad R^۲ = ۰/۹۴ \quad Q_r, B_b > ۰ \qquad [۲۰]$$

$$\frac{B_m}{T_m} = ۰/۴۵Q_r + ۰/۰۶ \quad R^۲ = ۰/۹۷ \quad Q_r, B_m > ۰ \qquad [۲۱]$$

$$\frac{B_s}{T_s} = ۱/۰۳Q_r - ۰/۱۰ \quad R^۲ = ۰/۹۹ \quad Q_r, B_s > ۰ \qquad [۲۲]$$

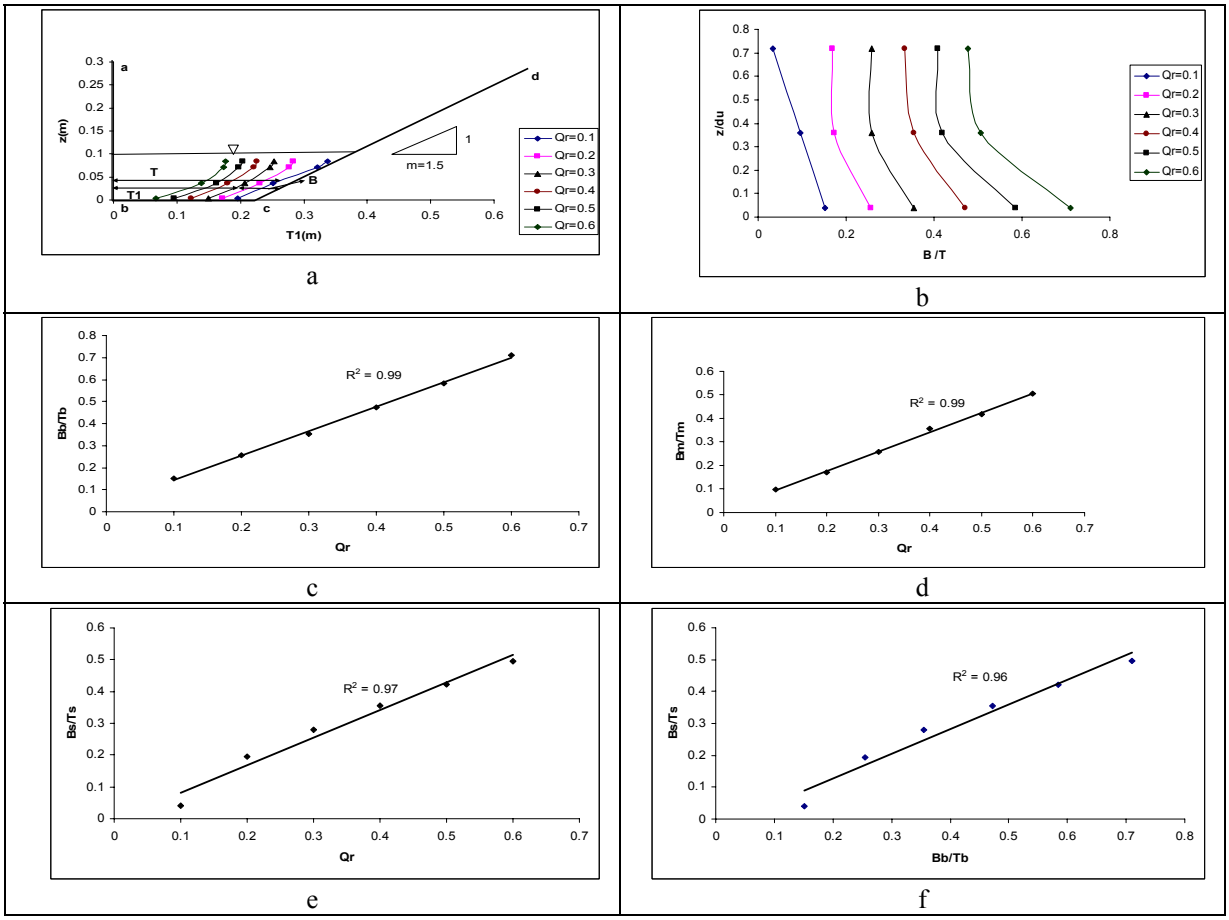
$$\frac{B_s}{T_s} = ۲/۲۰\frac{B_b}{T_b} - ۰/۲۷ \quad R^۲ = ۰/۹۲ \quad B_b, B_s > ۰ \qquad [۲۳]$$

همان‌طور که از شکل‌ها مشخص است، در عمق ۱۰ سانتی‌متر با افزایش نسبت دبی، مقدار عرض لوله جریان در کف و سطح به صورت تقریباً یک‌نواختی افزایش می‌یابد. مشاهده می‌شود که در حالت مقطع ذوزنقه بر خلاف حالت مقطع مستطیلی مخصوصاً در عمق‌های ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متری با افزایش نسبت دبی، مقدار عرض لوله جریان در سطح با شدت بیشتری

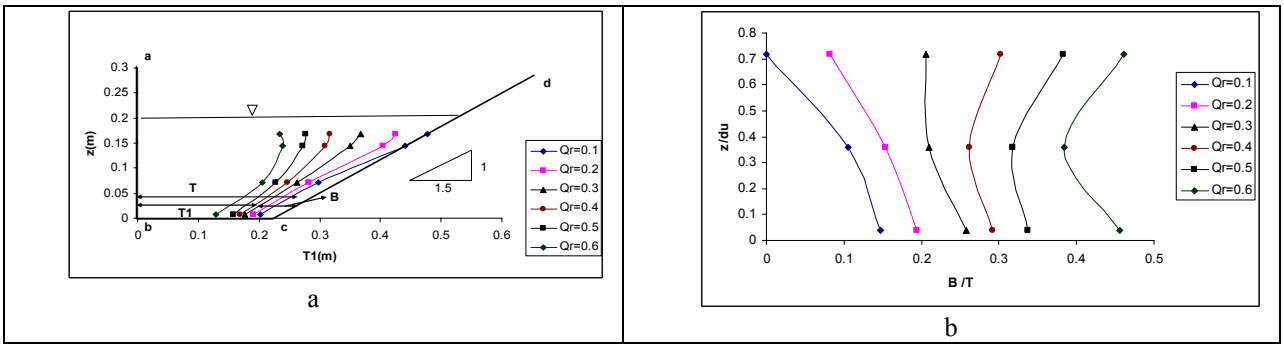
[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.4.6]

افزایش پیدا می‌کند. بنابراین هنگامی که نسبت دبی انحرافی افزایش می‌یابد، مقدار دبی اضافی بیشتر از سطح تأمین می‌شود تا از کف. در نتیجه در صورتی‌که جریان کانال اصلی حاوی رسوب باشد، به همان نسبت رسوبات کمتری وارد آبگیر خواهد شد. ضمن این‌که از روابط مشخص می‌شود که مقدار عرض لوله جریان در سطح بسیار بیشتر از عرض لوله جریان در کف است که این مسأله نیز در کاهش رسوب ورودی به آبگیر تأثیر مثبتی دارد. بنابراین با مایل کردن دیواره کانال اصلی

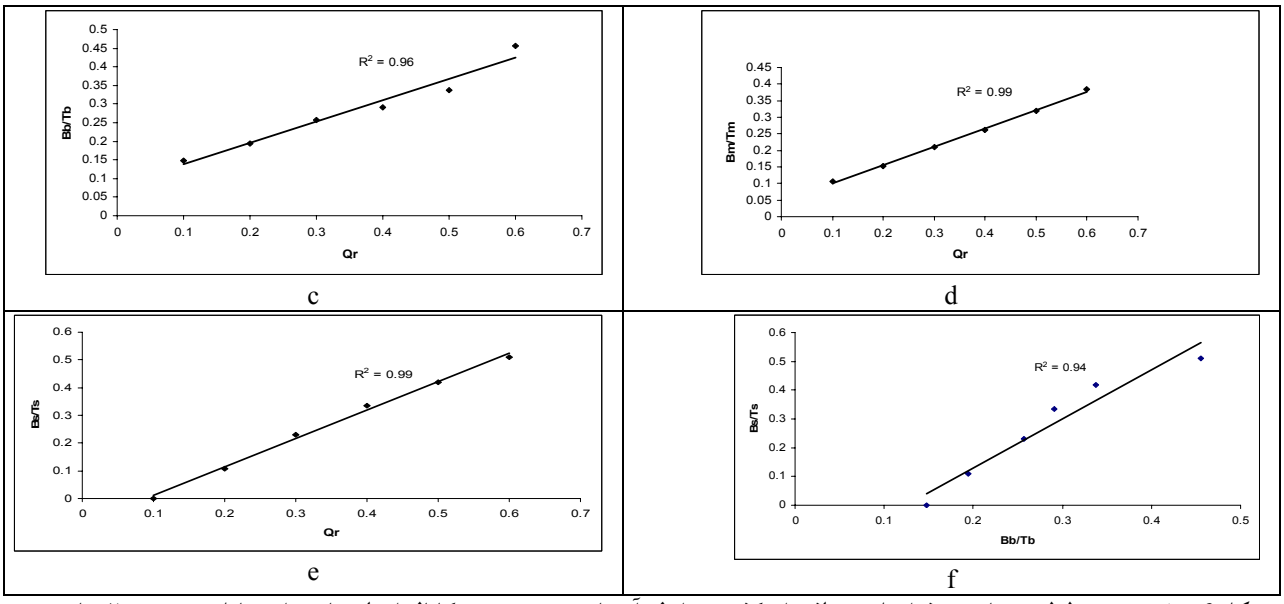


شکل ۶-a-f . عرض لوله جریان در فواصل مختلف از کف و رابطه آن با نسبت دبی در کانال اصلی با دیواره مایل و عمق ۱۰ سانتی‌متر

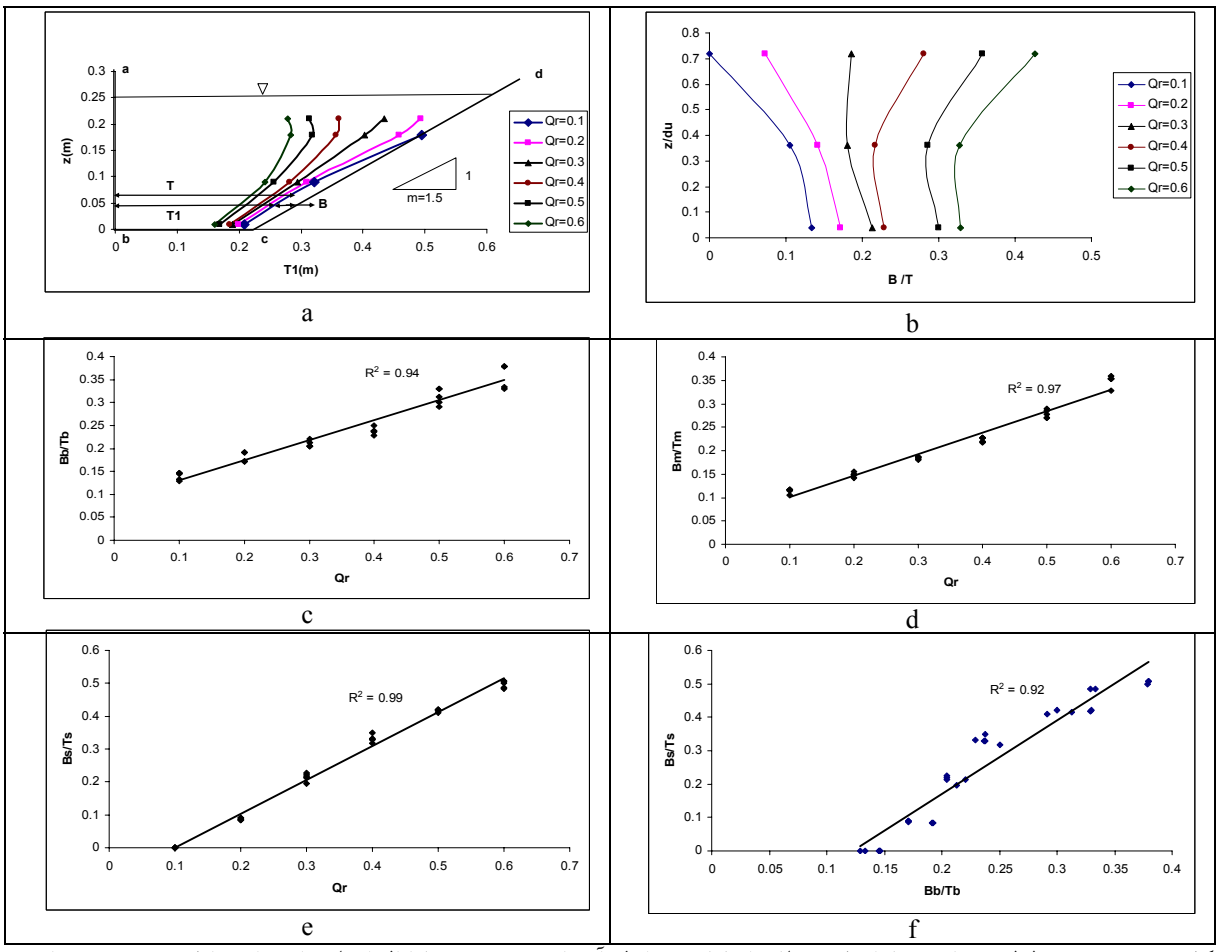


[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.4.6]



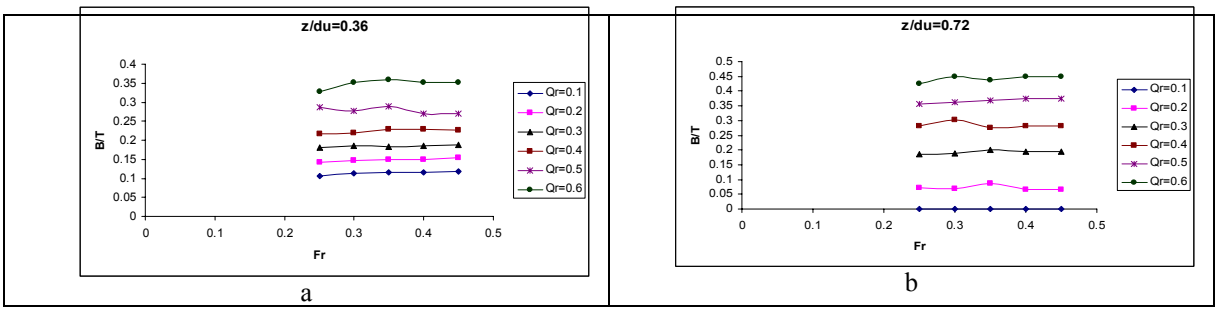
شکل ۷-a-f . عرض لوله جریان در فواصل مختلف از کف و رابطه آن با نسبت دبی در کانال اصلی با دیواره مایل و عمق ۲۰ سانتی‌متر



شکل ۸-a-f . عرض لوله جریان در فواصل مختلف از کف و رابطه آن با نسبت دبی درکانال اصلی با دیواره مایل و عمق ۲۵ سانتی‌متر

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.4.6]



شکل a-b-۹. رابطه بین عدد فرود بالادست کانال اصلی و عرض لوله جریان

در سمت آبگیر، مقدار عرض لوله جریان در کف کاهش و در سطح افزایش یافته که این مسأله سبب تغییر شکل سطح تقسیم جریان و در نتیجه کاهش رسوب ورودی به آبگیر می‌شود. با توجه شیب خطوط در معادلات ۱۲، ۱۴، ۱۶، ۱۸، ۲۰ و ۲۲ در اعماق کم آب (d_u=10cm)، کف بر خلاف سطح آب نقش بیشتری را در تخلیه جریان و یا نسبت دبی انحرافی بازی می‌کند. این در حالی است که در اعماق بالا (d_u=25cm)، درصد بیشتری از نسبت دبی انحرافی از سطح تأمین می‌شود بنابراین تأثیر دیواره مایل در اعماق بالا بیشتر است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با برداشت سرعت در محدوده آبگیر جانبی که با زاویه ۳۰ درجه از کانال ذوزنقه‌ای منشعب شده و کالیبره کردن واجرای مدل عددی سه بعدی SSIIM2 ، ابعاد لوله جریان برای گزینه‌های متفاوتی از شرایط هیدرولیکی و هندسه کانال اصلی به دست آمد. نتایج نشان داد با افزایش نسبت آبگیری مقدار عرض تقسیم جریان افزایش می‌یابد. هم‌چنین با مایل کردن دیواره کانال اصلی عرض لوله جریان در کف کاهش و در سطح افزایش یافت. نتایج نشان می‌دهد که در مقایسه با آبگیری از کانال مستقیم، ابعاد لوله جریان در آبگیری از کانال ذوزنقه‌ای طوری اصلاح می‌شوند که رسوب کمتری وارد آبگیر گردد.

سپاسگزاری

از شرکت مدیریت منابع آب ایران، پژوهش‌های کاربردی به خاطر تأمین مالی این طرح تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Grace, J. L. and M. S. Priest. 1958. Division of flow in open channel junctions. Engineering experimental Station, Alabama. Polytechnic Institute. Auburn. Ala. Bulletin No. 31
2. Hager, W. H. 1984. An approximate treatment of flow in branches and bends. Proc. Instn. Mech, Eng. 198C (4): 63–69.
3. Hager, W. H. 1992. Discussion of Dividing flow in open channels J. Hydraul. Eng. 118(4): 634–637.
4. Huang, J., L. J. Weber and Y. G. Lai. 2002. Three-dimensional numerical study of flows in open-channel junctions. J. Hydraul. Eng. 128(3): 268–280.
5. Law, S. W. and A. J. Reynolds. 1966. Dividing flow in an open channel. J. Hydraul. Div. 92(2): 4730–4736.
6. Murota, A. 1958. On the flow characteristics of a channel with a distributory. Technology Reports of the Osaka University. 6(198).
7. Neary, V. S. and A. J. Odgaard. 1993. Three-dimensional flow structure at open-channel diversions. J. Hydraul. Eng. ASCE 119(11): 1223-1230.
8. Neary, V. S., F. Sotiropoulos and A. J. Odgaard. 1999. Three dimensional numerical model of lateral-intake inflows. J. Hydraul. Eng. 125(2):126–140.
9. Raudkivi, A. J. 1993. Sedimentation, exclusion and removal of sediment from diverted water. IAHR. AIRH. Hydraulic Structures.
10. Tanaka, K. 1957. The improvement of the inlet of the power canal. Transactions of the Seventh General Meeting of I.A.H.R.
11. Taylor, E. 1944. Flow characteristics at rectangular open channel junctions. Hydraul. Eng. Div. ASCE. 109: 893-

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.4.6]

912.
12. Thomson, M. 1949. Theoretical Hydrodynamics. McMillan Co. Ltd., UK.
13. Weber, L. J., E. D. Schumate and N. Mawer. 2001. Experiments on flow at a 90° open-channel junction. J. Hydraul. Eng. 127(5): 340–350.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.4.6]