

بررسی تاثیر شکل دهانه آبگیر بر الگوی جریان و گرداب های ایجاد شده در اطراف دهانه

با استفاده از مدل عددی

حمیدرضا جلیلی^{1*}، علی حسین زاده دلیر² و داود فرسادی زاده³

تاریخ دریافت: 89/08/02 تاریخ پذیرش: 92/02/28

¹- کارشناس ارشد، سازه های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

²- استاد گروه سازه های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

³- دانشیار گروه سازه های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Jalili_hr@ms.tabrizu.ac.ir

چکیده

جداشدگی جریان در در بالادست دهانه آبگیر یکی از عمده مشکلاتی است که همواره در آبگیری با آن مواجه ایم. علت اصلی این پدیده که موجب کاهش راندمان و همچنین رسوبگذاری در دهانه می‌شود، اختلاف سرعت جریان بین بالادست و پایین دست دهانه می‌باشد که این تفاوت سرعت موجب ایجاد گرداب‌هایی در خلاف جهت جریان می‌گردد که با عنوان جداشدگی جریان شناخته می‌شود. در این ناحیه جریان چرخشی به وجود آمده و این چرخش مانع عبور جریان از دهانه آبگیر می‌گردد، این مساله باعث کاهش دبی ورودی و تجمع رسوب در دهانه می‌شود. یکی از بهترین روش‌های شناخته شده برای افزایش راندمان آبگیری و حذف این گرداب‌ها ایجاد شرایط هیدرولیکی بهینه در دهانه آبگیر می‌باشد. بدین صورت هر اقدامی که یکنواختی سرعت بین بالادست و پایین دست دهانه آبگیر را بیشتر کند، باعث کاهش ابعاد جداشدگی جریان، کاهش رسوبگذاری در دهانه آبگیر و افزایش راندمان آبگیری خواهد شد. در این تحقیق، با استفاده از مدل عددی SSIIM 2.0 تاثیر شکل دهانه آبگیر بر گرداب‌های ایجاد شده در اطراف دهانه آبگیر مورد بررسی قرار گرفته است. با روش آزمون و خطایی که در این تحقیق به کار برده شد.

واژه‌های کلیدی: آبگیر جانبی، الگوی جریان، دهانه آبگیر، رسوب، جدا شدگی جریان، مدل SSIIM 2.0

Investigating Effect of Inlet Shape on the Flow Pattern and Vortex Generation Around Inlet of Intake Using Numerical Model

HR Jalili^{*1}, A HoseinzadeDalir² and D Farsadizadeh³

Received: 24 October 2010 Accepted: 18 May 2013

¹-M.Sc student, Dept of water Engin., Univ.of Tabriz, Iran

²- prof., Dept of water Engin., Univ. of Tabriz, Iran

³- Assoc. Prof., Dept of water Engin., Univ. of Tabriz, Iran

*Coressponding Author Email: Jalili_hr@ms.tabrizu.ac.ir

Abstract

Flow separation at upstream of the inlet is one of the major problems that occurs in the intakes. The reason for this, which results in reduction of intake efficiency and sedimentation in front of the intake inlet, is the velocity difference at the upstream and downstream of the inlet. The velocity difference creates a separation zone at which flow circulation prevents the flow transition resulting in accumulation of sediments at the inlet of intake. One of the best methods to increase intake efficiency and eliminate vortices is to determine the optimal hydraulic conditions. Any method producing a uniform velocity between upstream and downstream of the inlet, reduces the secondary flow, separation zone, sedimentation and hence increases the intake efficiency. In this study a numerical model (SSIIM 2.0) was applied to determine the optimal hydraulic conditions.

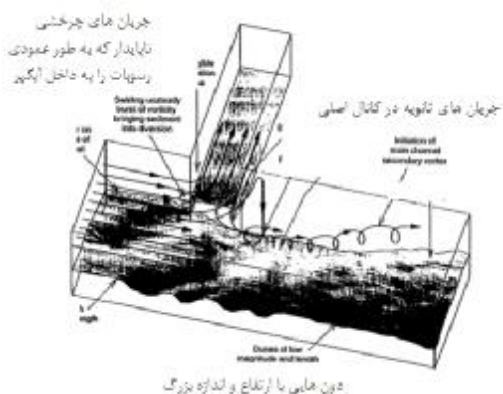
Keywords: Flow separation, Intake inlet, Numerical model, SSIIM 2.0

مقدمه

در محدوده دهانه آبگیر، تاثیر رسوبات ورودی بر روی شرایط جریان در دهانه آبگیر و تغییر در مورفولوژی بستر در کانال اصلی و کانال آبگیر در پی رسوبگذاری سبب گشته است که تحقیق در این زمینه همچنان ادامه یابد. به طور کلی مشکلات موجود در انشعاب جریان را می‌توان به ترتیب زیر عنوان کرد:

1- جداسازی جریان در بالادست دهانه آبگیر (ایجاد جریان‌های ثانویه و کاهش دبی آبگیری و در نتیجه رسوبگذاری در دهانه آبگیر).

رودخانه‌ها یکی از ارزان‌ترین و در دسترس‌ترین منابع آب بشر می‌باشند که آبگیری از آنها برای استفاده‌های متفاوت حائز اهمیت می‌باشد. لذا آبگیری از رودخانه و انشعاب از آن یکی از مباحثی است که همواره در مهندسی رودخانه با آن مواجه هستیم. جریان در یک انشعاب جریان (شکل 1) به طور ذاتی یک جریان 3 بعدی بوده و از پیچیدگی‌های خاص خود برخوردار می‌باشد. تحقیقات مختلفی در زمینه کنترل رسوب در آبگیرها انجام شده و توصیه‌های طراحی مختلفی نیز ارائه گردیده است، اما پیچیدگی انتقال جریان و رسوب



شکل 2- نمایی از گرداب های ایجاد شده در پای آبگیر و در کانال اصلی با نسبت دبی 0/8 (بارکلد 1997).

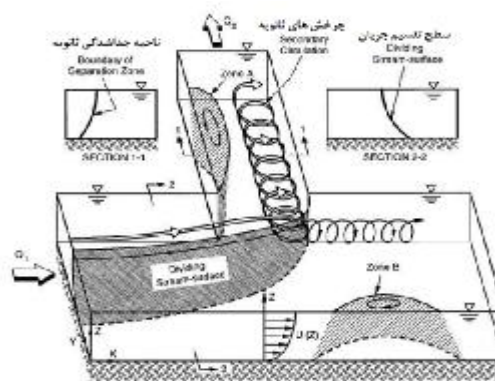
عوامل تاثیر گذار که بر شرایط جریان در دهانه آبگیر را می توان به صورت زیر تقسیم بندی کرد: 1- نوع کانال (مستقیم یا قوس دار) 2- نسبت دبی کانال فرعی به اصلی 3- شرایط جریان (عدد فرود) 4- نوع بار رسوبی (بار بستر یا بار معلق) 5- محل قرارگیری آبگیر (در یک کانال قوس دار) 6- زاویه آبگیری 7- وجود سازه هایی همچون آستانه و صفحات مستغرق و یا وجود آبگیرهای دیگر در بالادست (عباسی و حبیبی 1385).

به همین علت شاید بتوان این گونه بیان داشت که با تغییر در شکل ورود جریان به آبگیر و با ایجاد یکنواختی سرعت بین دماغه بالادست و پایین دست، به مقدار زیادی از ابعاد جداشدگی جریان کاست. با کاهش در ابعاد جداشدگی جریان، از ابعاد رسوب گذاری در دهانه کاسته خواهد شد، زیرا به علت ایجاد یک جریان گردابی راکد در این ناحیه رسوبات تمایل بسیاری برای ته نشینی در این ناحیه دارند. همچنین یکی از مزایای دیگر استفاده از این روش نسبت به دیگر روش ها، کاهش در ایجاد گرداب ها در اطراف دهانه آبگیر می باشد، این گرداب ها به علت سرعت بالای جریان در دماغه پایین دست رخ می دهد و این در حالی است که با استفاده از این روش و یکنواخت کردن سرعت بین دو دماغه آبگیر از شدت این گرداب ها کاسته خواهد شد.

2- جریان های گردابی عمودی در پای آبگیر (فرسایش مواد بستر در جلوی دهانه آبگیر و ایجاد چاله آبشستگی در زیر دهانه) (شکل 2).

3- ایجاد ناحیه راکد جریان در پایین دست دهانه آبگیر.

شاید عمده ترین مشکلی که در یک انشعاب جریان وجود دارد، جداشدگی جریان در دیواره بالادست آبگیر می باشد. هنگامی که آب وارد دهانه آبگیر می شود، سرعت در پایین دست دهانه، حداکثر و در بالادست دهانه حداقل می باشد، این تفاوت سرعت باعث ایجاد جریان های ثانویه و گردابی می گردد. در ناحیه جداشدگی، جریان چرخشی به وجود آمده و این چرخش مانع عبور جریان از دهانه آبگیر می گردد، این مساله باعث کاهش دبی ورودی، ته نشینی رسوبات در این ناحیه و در نتیجه بسته شدن آبگیر می گردد. در طول چند دهه تلاش همواره سعی بر آن بوده است که از ابعاد این ناحیه جداشدگی کاسته شود تا آبگیری مناسب تر و مطمئن تری از نظر رسوب گذاری صورت گیرد. اما تاکنون تحقیق کاملی در باره ارتباط شکل دهانه آبگیر و الگوی جریان و مقدار رسوب گذاری در آبگیر انجام نگرفته است.



شکل 1- مشخصات جریان در یک انشعاب (نمای 3 بعدی) (نیری و ادگارد 1993).

جریان در آبگیر 45 درجه پرداختند. نتایج آنها نشان داد که مکان و شکل ناحیه جدا شدگی، تابعی از نسبت جریان در آبگیر (Q_r) است، بدین طریق که در مقادیر زیاد Q_r ، جدا شدگی در پایین دست و در مقادیر کم Q_r جدا شدگی در بالادست دهانه آبگیر رخ می‌دهد.

در تحقیق‌هایی که تاکنون بر روی تغییر شکل دهانه صورت گرفته است، تنها پخش شدگی بالادست دهانه مورد بررسی قرار گرفته است، در این تحقیق سعی شده است بهترین تغییر شکل در بالادست دهانه با استفاده از داده‌های هیدرولیکی به دست آید. با توجه به آن که بررسی شکل‌های مختلف دهانه آبگیر، به روش آزمون و خطا در مدل فیزیکی مستلزم زمان و هزینه بسیار بالایی می‌باشد، به همین علت، در این تحقیق با استفاده از مدل عددی SSIIM 2.0 به روش آزمون و خطا به بررسی شکل‌های مختلف دهانه آبگیر پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

برنامه‌های محاسباتی دینامیک سیالات (CFD) به دو نوع تقسیم می‌شوند. نوع اول برنامه‌های جامع و نوع دوم برنامه‌هایی که منحصراً برای مدل‌سازی در مهندسی رودخانه کاربرد دارند. مدل SSIIM¹ 2.0 یکی از مدل‌های 3 بعدی، از نوع دوم برنامه‌ها می‌باشد. این برنامه برای مهندسی رسوب، هیدرولیک، محیط‌زیست و رودخانه نوشته شده است. در ابتدا این برنامه برای شبیه‌سازی انتقال رسوب در کانال و رودخانه نوشته شد اما بعدها این برنامه برای موضوعات مهندسی هیدرولیک دیگر از قبیل مدل‌سازی سرریز، افت هد در تونل‌ها، روابط دبی اشل در رودخانه‌ها، جریان‌های غلیظ و ... توسعه داده شد. نسخه مقدماتی این مدل در سال 1991-1990 در انستیتو تکنولوژی نروژ توسط پروفیسور السون تهیه شده و در سال 2002 نسخه تحت ویندوز این برنامه توسط زیر برنامه‌های DLL توسعه یافت که حاوی الگوریتم‌هایی برای انتقال رسوب و مقاومت جریان در

تحقیق‌های گسترده‌ای تا کنون بر روی انشعاب یا جریان صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به تحقیق رامامورتی و همکاران (2007) بر روی انشعاب جریان اشاره کرد که حاصل نتایج او نشان می‌داد که عرض و طول منطقه جدا شدگی در کانال فرعی با افزایش دبی خروجی زوایه خروجی جریان (زاویه خطوط جریان وارد شده به کانال فرعی نسبت به کانال اصلی) کاهش می‌یابد (در یک عمق ثابت)، همچنین نتایج وی نشان داد که منطقه جدا شدگی در نزدیکی کف کانال نسبت به سطح آب کوچکتر می‌باشد. در ایران نیز تحقیقات بسیاری بر روی دهانه آبگیر برای کاهش ناحیه جدا شدگی جریان و مقدار رسوبات ورودی و نیز کاهش اثبات رسوبات در دهانه آبگیر صورت گرفته است. سیدیان و همکاران (1387) با استفاده از مدل SSIIM2.0 و مدل فیزیکی به بررسی الگوی جریان در آبگیر 90 و 55 درجه با گردشگری ورودی پرداختند. نتایج حاصل نشان داد که برای نسبت دبی‌های کمتر از 0/5 مترمکعب در ثانیه، شعاع 10 سانتی‌متر برای گردشگری فقط بالادست دهانه ورودی بهترین شعاع می‌باشد. رحیمی جمنانی (1381) مطالعاتی بر روی مدل سه‌بعدی جریان برای شبیه‌سازی یک دهانه آبگیر اجرا شده (طرح کوثر) انجام داد. تکلو و بارانی (1387) با استفاده از مدل SSIIM2.0 و مدل فیزیکی به بررسی اثر شکل صفحات مستغرق در کنترل رسوب‌گذاری در محل دهانه آبگیر پرداختند. نتایج نشان می‌داد که صفحات انحادار، نسبت به صفحات تخت و زاویه‌دار در کاهش عمق رسوبات جلوی دهانه آبگیر موثرتر بوده است. نجفی و همکاران (1386) با استفاده از مدل SSIIM به مطالعه موردی آبگیر منطقه شرق شبکه آبیاری دز در سد انحرافی دز پرداختند. نتایج آنها نشان داد که یکی از روش‌های بهبود وضعیت آبگیر تغییر زاویه آبگیری و احداث آبشکن می‌باشد. کشاورزی و کاظم‌زاده (1384) به تحلیل عددی و آزمایشگاهی تاثیر نسبت دبی‌های کانال آبگیر به کانال اصلی، بر جدا شدگی

¹ Sediment Simulation in istakes with multiblock option

معمولا از مدل های 2 معادله ای بهره گرفته می شود که در این نوع مدل ها، مدل $k-\epsilon$ بیشترین کاربرد را دارد (السن 2007). در این تحقیق از مدل آشفتگی $k-\epsilon$ استفاده می گردد. در محاسبه فشار سیستم و در نهایت محاسبه سرعت از آن، چون در ابتدا یک مقدار برای فشار فرض می شود و این مقدار ممکن است خطا ایجاد نماید، لزوما باید روشی اعمال نمود تا این خطاها اصلاح شود. در مدل SSIIM 2.0 از روش SIMPLE جهت تصحیح فشار استفاده می گردد. در این مدل این امکان وجود دارد که متناسب با بررسی پدیده، از هر یک از قسمت های معادلات فوق صرف نظر شود.

قوانین دیواره (Wall laws)

گردان سرعت به سمت دیواره ها معمولا پر شیب بوده و برای بررسی آن به شبکه های بسیاری نیاز است، اما از قانون دیواره نیز استفاده می شود. به این معنی که فرض می شود پروفیل سرعت از یک سری توابع تجربی پیروی کند که به قانون دیواره معروف می باشد. قانون دیواره در SSIIM که یک فرمول تجربی برای دیوارهای زیر می باشد به صورت زیر می باشد (شلختینگ 1979):

$$\frac{U}{u_*} = \frac{1}{k} \ln\left(\frac{30y}{k_s}\right) \quad [2]$$

در معادله (2) u_* سرعت برشی، k ثابت فن کارمن (برابر 0.4)، K_s زبری مطلق مواد دیواره (قطر ذرات بستر)، y فاصله از دیواره و U سرعت در جهت جریان می باشد.

نتایج و بحث

در این تحقیق بیش از 15 مدل عددی مورد آزمایش قرار گرفت (جدول 1). از بین این 15 مدل، بهترین مدل انتخاب و بررسی گرداب ها و جریان های ثانویه بر روی این مدل و مدل نرمال صورت گرفت. در مدل عددی ساخته شده طول کانال اصلی 8 متر و کانال فرعی 4 متر تعیین شده است که کانال فرعی در وسط کانال اصلی قرار گرفته است که فرض بر این است که در

برابر گیاهان بود (السن 2007). مدل SSIIM معادلات ناویر - استوکس و مدل آشفتگی $k-\epsilon$ استاندارد را با استفاده از یک شبکه سه بعدی غیر متعامد بدون ساختار (Three Dimensional Non-Orthogonal Unstructured Grid) حل می کند. برای منفصل سازی نیز از روش حجم کنترل با استفاده از الگوریتم توانی (Power Law) یا الگوریتم جهت مند مرتبه دوم (Second Order) استفاده می شود. برای ارتباط ترم فشار و سرعت هم روش SIMPLE مورد استفاده قرار می گیرد.

محاسبات جریان آب در مدل SSIIM

در یک هندسه سه بعدی معادلات ناویر استوکس برای محاسبه سرعت جریان حل می شوند. مدل های آشفتگی (به صورت پیش فرض $k-\epsilon$) مورد استفاده قرار می گیرند تا تنش برشی آشفتگی محاسبه گردد. معادله ناویر استوکس برای مایع غیر قابل تراکم با چگالی ثابت به صورت زیر نوشته می شود:

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + U_i \frac{\partial u_i}{\partial x_i} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x_i} (-P\delta_{ij} - \overline{\rho u_i u_j}) \quad [1]$$

در معادله 1 جمله اول از سمت چپ، ترم گذرا¹ که از روش غیر صریح به دست می آید، جمله دوم از سمت چپ، ترم جابجایی² می باشد که از روش first/second order scheme به دست می آید. جمله اول از سمت راست، ترم تنش³ می باشد که از روش Boussinesq Approx & $K-\epsilon$ به دست می آید. جمله دوم از سمت راست نیز ترم فشاری⁴ می باشد که از روش Simple method به دست می آید. δ_{ij} دلتای کرونگر (در صورتی که $i=j$ باشد مقدار آن 1 و در صورتی که $i \neq j$ باشد مقدار آن صفر خواهد بود)، U سرعت جریان، P فشار می باشد.

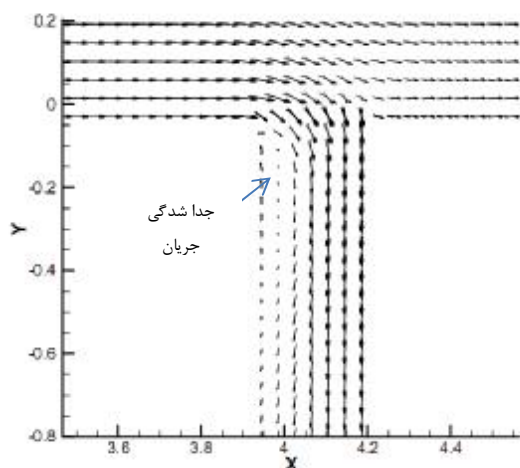
اکثر مدل های آشفتگی معتبر در مدل SSIIM 2.0 وجود دارد. در شبیه سازی عددی جریان های آشفته

¹ Transient term

² Convective term

³ Pressure term

⁴ Pressure term



شکل 1- نمایی از خطوط جریان در تراز 1 جریان در مدل 1.

مقایسه خطوط جریان

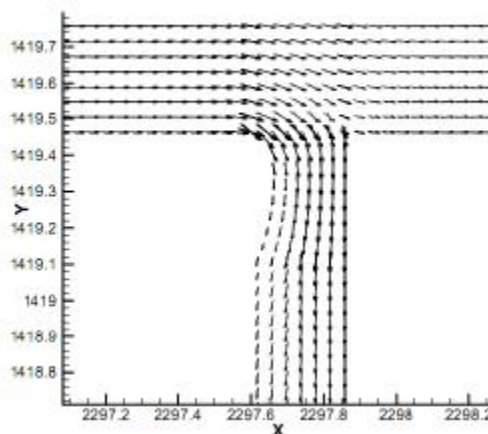
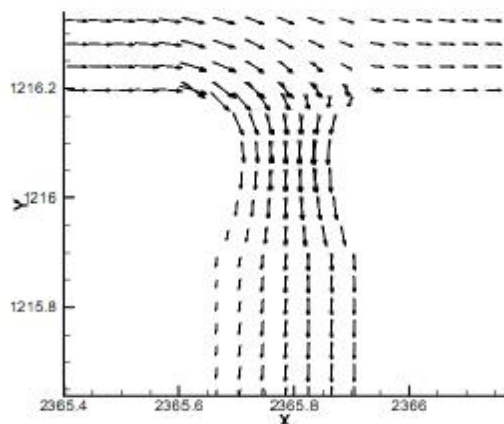
جداشدگی جریان در یک کانال آبگیر 90 درجه به خوبی در شکل 1 قابل مشاهده می‌باشد. ابعاد جداشدگی جریان ایجاد شده در مدل 1 در واقع ایده‌ی ایجاد مدل شماره 5 (شکل شماره 2) بوده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود مدل 5 تقریباً با ابعاد جداشدگی جریان در مدل 1 یکسان می‌باشد. در مدل 5 دیگر اثری از جداشدگی جریان مشاهده نمی‌شود. ایجاد تنگ‌شدگی در کانال آبگیر نباید از حدی فراتر رود زیرا موجب افزایش سرعت جریان در این محل و مکش بیشتر هنگام وارد شدن جریان به آبگیر می‌شود که این افزایش مکش بر شدت گرداب‌های ایجاد شده در جلوی آبگیر می‌افزاید. این تغییر در مدل 12 (شکل 3) به خوبی نمایان است، که در این مدل خطوط جریان به طور فشرده‌ای به هم نزدیک شده‌اند که نشان از سرعت بالای جریان در آن ناحیه دارد.

این طول، جریان پیش از رسیدن به آبگیر به حالت توسعه یافته رسیده است. همچنین عمق جریان در کانال برابر 15 سانتی‌متر تعیین شده است.

با توجه به آنکه نتایج مدل فیزیکی در یک فلوم آزمایشگاهی با همین ابعاد و در نسبت دبی 0/4 موجود بود (جلیلی 1389) لذا مدل‌های اجرا شده در مدل عددی SSIM نیز در نسبت دبی بالای 0/4 مورد بررسی قرار گرفتند تا بتوان به یک نتیجه مطمئن‌تر دست یافت.

نتایج حاصل از مدل SSIM، با استفاده از نرم افزار Tecplot 360، به صورت نموداری ترسیم گشته است. به دلیل آنکه آوردن کلیه نتایج مدل‌های عددی در این تحقیق تنها بر حجم این مقاله می‌افزود و نتیجه خاصی نیز در بر نداشت، از آوردن نتایج به غیر از مدل نرمال آبگیر و همچنین مدل بهینه انتخاب شده صرف نظر شده است. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته بین 15 مدل عددی (جدول 1)، مدل‌های 11، 5 و 15 به طور متوسط در کلیه مدل‌ها بهترین نتایج را ارائه نمودند. اما به دلیل آنکه نتایج در این مدل‌ها تفاوت چشم‌گیری با یکدیگر نداشت، مدل بهینه با در نظر گرفتن هزینه‌های ساخت و طراحی این نوع از آبگیرها، مدل شماره 5 تعیین گردید. شایان ذکر است که مدل 2 برای بررسی استقلال شبکه ایجاد شده است، که نتیجه به دست آمده حاکی از آن است که نتایج دو مدل ارائه شده 1 و 2 تنها 3 درصد دارای تفاوت نتایج می‌باشند (در نتایج سلول‌های فشار و سرعت). که این تفاوت در این تغییر 4 برابری تعداد شبکه‌ها بسیار ناچیز می‌نماید و به نظر می‌رسد تعداد شبکه‌های مدل 1 مناسب و کافی بوده و بیش از آن تنها بر زمان محاسبات می‌افزاید.

برای بررسی اثر شکل دهانه بر روی شرایط جریان در اطراف آبگیر در زیر به بررسی مدل‌های 1 و 5 پرداخته می‌شود.

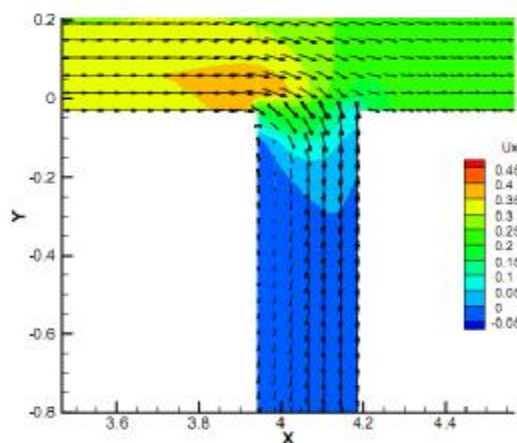


شکل 3- نمایی از خطوط جریان در تراز 1 جریان در مدل 2.

شکل 2- نمایی از خطوط جریان در تراز 1 جریان در مدل 5.

جدول 1- جزئیات مدل های عددی مورد آزمایش.

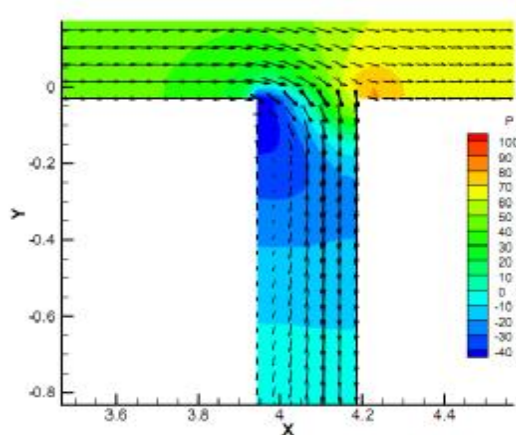
شماره مدل	روش حل	جزئیات مدل
1	1st-order implicit	آبگیر نرمال با تعداد شبکه 20000
2	1st-order implicit	آبگیر نرمال با تعداد شبکه 50000
3	1st-order implicit	آبگیر با پخ شدگی بالادست با شعاع 5 سانتی متر
4	1st-order implicit	آبگیر با پخ شدگی بالادست با شعاع 10 سانتی متر
5	1st-order implicit	آبگیر با قوس یک طرفه (قوس ترکیبی 7 و 63 سانتی متر)
6	1st-order implicit	آبگیر با قوس ترکیبی دو طرفه متقارن (10 و 47 سانتی متر)
7	1st-order implicit	آبگیر با قوس ترکیبی دو طرفه متقارن (9 و 25 سانتی متر)
8	1st-order implicit	آبگیر با قوس دو طرفه متقارن 19 سانتی متری
9	1st-order implicit	آبگیر با قوس دو طرفه متقارن 10 سانتی متری
10	1st-order implicit	آبگیر با قوس دو طرفه متقارن 28 سانتی متری
11	1st-order implicit	آبگیر با قوس دو طرفه نامتقارن (بالادست: 7 و 63 سانتی متر، پایین دست پخ شدگی 10 سانتی متری)
12	1st-order implicit	آبگیر با قوس دو طرفه متقارن (قوس ترکیبی 7 و 63 سانتی متری)
13	1st-order implicit	آبگیر با قوس 8 سانتی متری در کانال اصلی
14	1st-order implicit	آبگیر با صفحات موج دار 3 سانتی متری در کانال اصلی
15	1st-order implicit	آبگیر با قوس دو طرفه معکوس ترکیبی (7 در 63 سانتی متری)



شکل 6- نمایی از خطوط جریان به همراه خطوط تراز سرعت در جهت x در مدل 1.

مقایسه خطوط تراز سرعت در جهت x

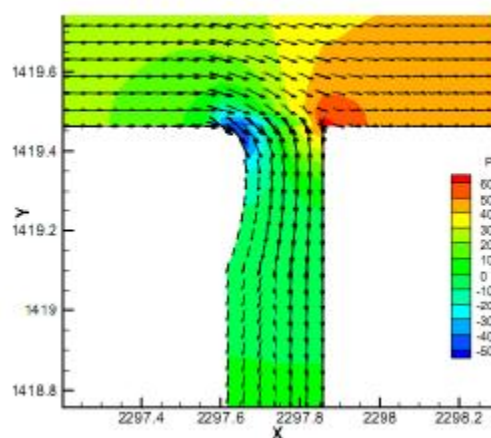
همان‌طور که از شکل‌های 6 و 7 مشاهده می‌شود، سرعت در جهت x در مدل 1 بیشتر می‌باشد و به همین علت در ورودی آبگیر تغییر جهت ناگهانی و یکباره دیده می‌شود، که این تغییر جهت یکباره باعث جداسدگی جریان در گوشه بالادست آبگیر می‌شود، این در حالی است که با ایجاد قوس در کانال آبگیر (شکل 7) از سرعت جریان در جهت x کاسته می‌شود و جریان مجبور به تغییر جهت یکباره و بسیار شدید نمی‌شود و به همین علت به آرامی و بدون جداسدگی و ایجاد گرداب و وارد آبگیر می‌شود.



شکل 4- نمایی از خطوط جریان به همراه خطوط تراز فشار در مدل 1.

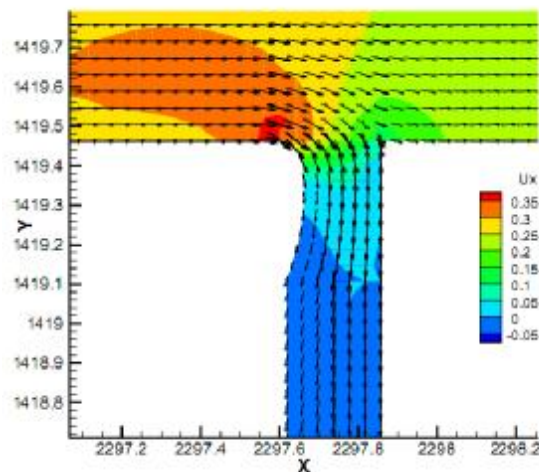
مقایسه خطوط تراز فشار

یکی از مشخصه‌های ورود مناسب جریان به آبگیر، که موجب ایجاد گرداب و جریان‌های ثانویه نگردد، ورود ملایم جریان و بدون مکش بسیار در جلوی آبگیر می‌باشد، این مکش در شکل‌های فشار با فشار منفی قابل مشاهده می‌باشد. همان‌طور که در شکل‌های 4 و 5 مشاهده می‌شود، در مدل 5 با کاهش قابل ملاحظه فشار منفی در جلوی آبگیر دیده می‌شود.

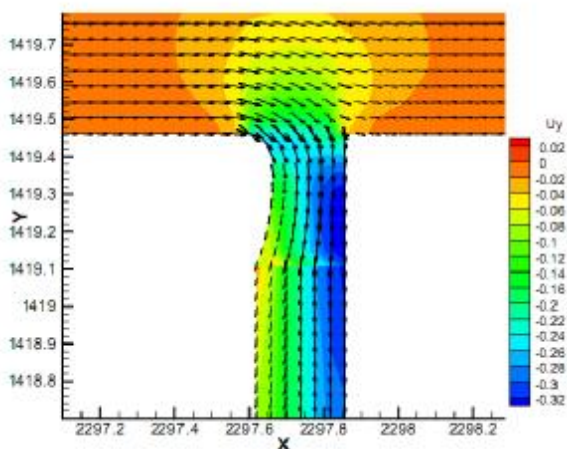


شکل 5- نمایی از خطوط جریان به همراه خطوط تراز فشار در مدل 5.

مشاهده می‌گردد این پدیده توسط محققان بسیاری چون رامامورتی و همکاران (2007) بیان گردیده است. همچنین با دور شدن از دهانه آبگیر به طرف داخل کانال آبگیر از میزان سرعت در جهت خلاف y در پایین دست دهانه این کانال کاسته می‌شود که این موجب نشست رسوبات حمل شده به داخل کانال آبگیر در این نواحی می‌گردد، این پدیده، یعنی کشیده شدن رسوبات کانال آبگیر به طرف پایین دست دهانه در نتایج مدل فیزیکی به خوبی نمایان است، همچنین نتایج محققانی چون بارکدل (1997) مویدی بر این پدیده می‌باشد.

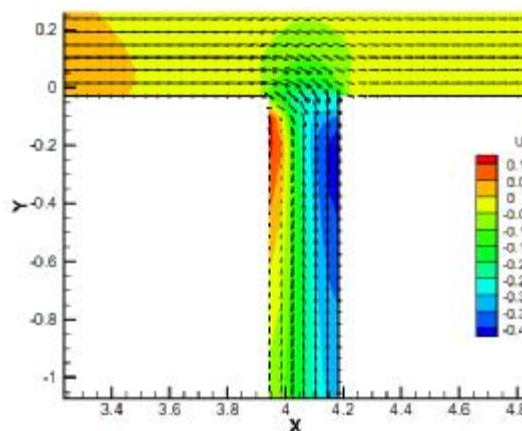


شکل 7- نمایی از خطوط جریان به همراه خطوط تراز سرعت در جهت x .



شکل 9- نمایی از خطوط جریان به همراه خط ترازهای سرعت در جهت y .

با توجه با شکل 9 می‌توان دریافت که با استفاده از قوس ایجاد شده در کانال آبگیر، می‌توان به خوبی جریان‌های منفی ایجاد شده در جهت y در دهانه کانال آبگیر را حذف نمود. همان‌طور که از مقایسه شکل‌های 8 و 9 می‌توان دریافت، در مدل 5 به دلیل ایجاد قوس و آرام‌تر شدن جریان ورودی، بر سرعت جریان در جهت خلاف y در بالادست دهانه آبگیر افزوده شده و متعاقباً اندکی از سرعت جریان در جهت خلاف y در پایین دست دهانه کانال آبگیر کاسته شده است و این به معنی ایجاد تعادل بین سرعت جریان در بالادست و پایین دست



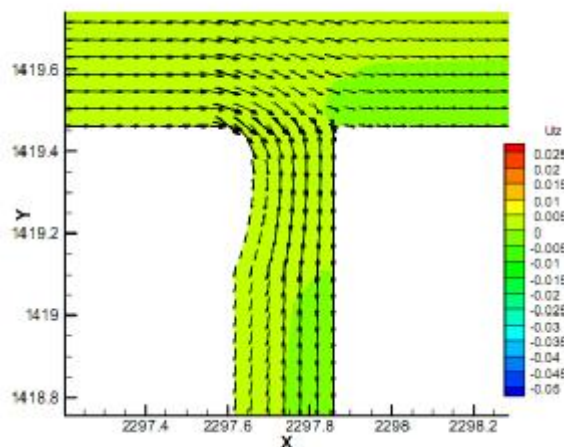
شکل 8- نمایی از خطوط جریان به همراه خطوط تراز سرعت در جهت y .

مقایسه خطوط تراز سرعت در جهت y

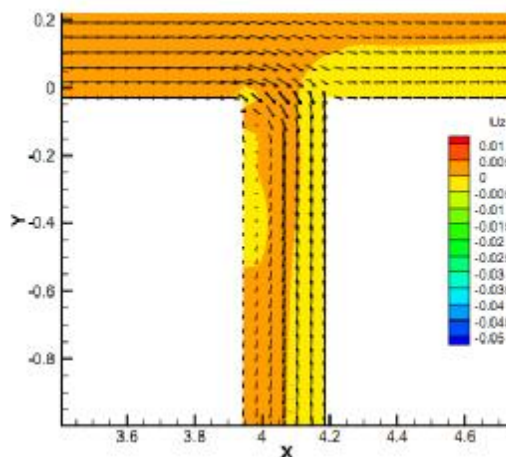
همان‌طور که در شکل 8 مشاهده می‌شود، در گوشه بالادست کانال آبگیر جریان‌های با سرعت در جهت y ، مشاهده می‌شود که نسبت به جهت جریان در کانال آبگیر معکوس می‌باشد. این نواحی نشان دهنده محل جداشدگی جریان می‌باشند. در این نواحی جریان چرخشی به وجود آمده و جریانی بر خلاف جهت جریان در کانال آبگیر ایجاد می‌شود.

حداکثر سرعت با توجه به آنچه در شکل 8 مشاهده می‌گردد، در قسمت پایین دست کانال آبگیر

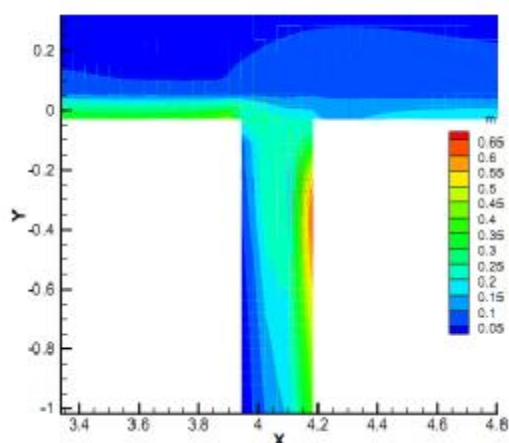
دهانه آبگیر و در نتیجه کاهش در جداسدگی جریان و جریان های ثانویه می باشد.



شکل 11- نمایی از خطوط جریان به همراه خطوط تراز سرعت در جهت z در مدل 5.



شکل 10- نمایی از خطوط جریان به همراه خطوط تراز سرعت در جهت Z در مدل 1.



شکل 12- نمایی از خطوط تراز تنش برشی بستر در مدل 1.

مقایسه خطوط تراز سرعت در جهت z

همان طور که از مقایسه شکل های 10 و 11 مشخص می باشد، جریان های عمودی (در جهت z) در داخل آبگیر دچار تغییر گردیده است. در مدل 1 در بالادست دهانه (محل که جداسدگی جریان رخ می دهد) و نیز در پایین دست دهانه (محل تشکیل جریان های ثانویه) جریان های در جهت خلاف z وجود دارد، این در حالی است که در مدل 5 در این نواحی تنها جریان عمودی (در جهت z) مشاهده می گردد. هر چند که مقدار سرعت در جهت z در دو مدل تغییری نکرده است، اما تغییر در جهت جریان عمودی در بالادست و پایین دست دهانه آبگیر نشان از کاهش و یا حذف جریان های ثانویه و گردابی در این نواحی دارد. نکته قابل توجه دیگر که با استفاده از شکل 10 می توان به آن اشاره کرد، آن است که وجود جریان در جهت خلاف z نشان از وجود جریان های ثانویه ای می دارد که توسط محققان بسیاری چون بارکدل (1997) در دیواره پایین دست کانال آبگیر و نیز دیواره کانال اصلی بعد از آبگیر گزارش شده است.

مقایسه خطوط تراز تنش برشی در کانال آبگیر همان طور که در شکل های 12 و 13 دیده می شود، تنش برشی در بالادست دهانه، با استفاده از مدل 5 افزایش می یابد. این افزایش تنش برشی سبب فرسایش رسوبات جمع شده در بالادست دهانه آبگیر و حرکت آنها به طرف پایین دست آبگیر می شود. با توجه به شکل های 12 و 13 می توان به این نکته پی برد، که در حالت کلی با حرکت به طرف پایین دست کانال آبگیر، تنش برشی در بستر روبه کاهش گذاشته و موجب نشست رسوبات و عدم جابجایی آنها خواهد شد.

5- حداکثر سرعت در جهت خلاف y در پایین دست دهانه آبگیر و در داخل کانال آبگیر رخ می دهد.

6- قوس ایجاد شده در کانال آبگیر، به خوبی قادر به حذف جریان های در جهت y در بالادست دهانه آبگیر (محل جداسازی جریان) خواهد بود.

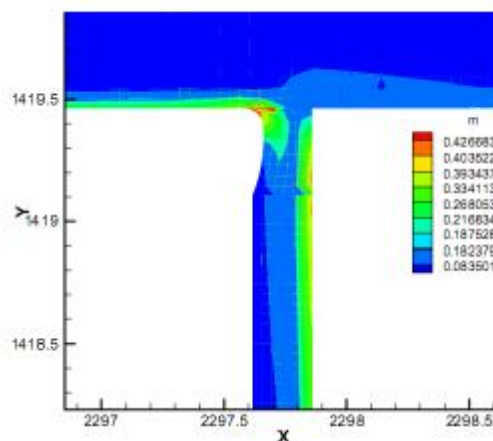
7- با ایجاد قوس و آرام تر کردن جریان ورودی، بر سرعت جریان در جهت خلاف y در بالادست دهانه آبگیر افزوده شده و متعاقباً اندکی از سرعت جریان در جهت خلاف y در پایین دست دهانه کانال آبگیر کاسته شده و این به معنی ایجاد تعادل بین سرعت جریان در بالادست و پایین دست دهانه آبگیر و در نتیجه کاهش در جداسازی جریان و جریان های ثانویه می باشد.

8- با ایجاد قوس، جریان های در جهت خلاف z در بالادست دهانه (محل جداسازی جریان رخ می دهد) و نیز در پایین دست دهانه (محل تشکیل جریان های ثانویه) حذف می گردند. هرچند که این جریان ها در کانال اصلی (محل ایجاد جریان های ثانویه) و نیز در پایین دست دهانه (در داخل آبگیر) همچنان وجود دارند.

9- وجود جریان های ثانویه با استفاده از جریان های در جهت خلاف z در کانال قابل اثبات می باشد، محل تشکیل این جریان ها با نتایج محققانی چون بارکدل (1997) و نیری و ادگارد (1993) مطابقت دارد.

10- با ایجاد قوس تنش برشی در بالادست دهانه افزایش یافته و رسوب گذاری در این ناحیه کاهش می یابد. همچنین جهت کاهش تنش برشی به سمت دیواره پایین دست آبگیر می باشد، که موجب کشیده شده رسوبات به طرف دیواره پایین دست آبگیر می باشد.

همچنین به خوبی قابل مشاهده است که جهت این کاهش به طرف دیواره پایین دست کانال آبگیر می باشد به طوری که رسوبات رفته رفته به دیواره پایین دست کانال آبگیر متصل شده و موجب بسته شدن آبگیر می گردند.



شکل 13- نمایی از خطوط تراز تنش برشی بستر در مدل 5.

نتیجه گیری کلی

- 1- با توجه به نتایج به دست آمده، مدل 5 (آبگیر با قوس یک طرفه (قوس ترکیبی 7 و 63 سانتی متر) بهترین نتیجه را برای کنترل شرایط جریان و رسوب را ارائه می نماید.
- 2- با تغییر در شکل دهانه آبگیر و ملایم کردن جریان ورودی از فشارهای منفی ایجاد شده در بالادست دهانه (محل جداسازی جریان) کاسته خواهد شد.
- 3- حداکثر سرعت در جهت x در بالادست دهانه آبگیر رخ می دهد.
- 4- با ایجاد قوس در بالادست دهانه آبگیر از سرعت جریان در جهت x کاسته خواهد شد. این کاهش سرعت از ابعاد جداسازی خواهد کاست.

منابع مورد استفاده

- تکلو م و بارانی غ، 1387. بررسی عددی و آزمایشگاهی اثر صفحات مستغرق در کنترل رسوبگذاری در محل دهانه آبگیر رودخانه ها. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز.
- جلیلی ح، 1389. بررسی تاثیر شکل دهانه آبگیر بر الگوی جریان و رسوب گذاری با استفاده از مدل عددی و فیزیکی. پایان نامه کارشناسی ارشد، سازه های آبی، دانشگاه تبریز.
- رحیمی جمنانی م، 1381. استفاده از مدل سه بعدی برای شبیه سازی آبگیر (مطالعه موردی آبگیر کوثر). ششمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران، اهواز.
- سیدیان م، کرمی مقدم م و شفاعی بجستان م، 1387. تعیین شعاع بهینه در ورودی آبگیرهای 55 و 90 درجه با استفاده از تغییرات سرعت جریان. هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه صنعت آب و برق، آبان. تهران.
- عباسی ع و حبیبی م، 1385. بررسی آزمایشگاهی تاثیر توام آستانه و صفحات مستغرق در کنترل رسوب آبگیر های قائم. هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه چمران. اهواز.
- کشاورزی ع و کاظم زاده م، 1384. تحلیل عددی و آزمایشگاهی تاثیر نسبت دبی های کانال آبگیر به کانال اصلی بر جدا شدگی جریان در آبگیر 45 درجه با انتهای باز. مجله استقلال، سال 24، جلد اول، شماره 1، صفحه های 213 تا 232.
- نجفی ل، صدرنژاد ا، بهادری ف، یزدی س و کیامنش ح، 1386. مطالعه و بررسی مشکلات آبگیرها در سدهای انحرافی و ارائه راه حل های مناسب برای مقابله با آن (مطالعه موردی آبگیر منطقه شرق شبکه آبیاری دز در سد انحرافی دز). سومین کنفرانس ملی مهندسی عمران، دانشگاه تبریز.
- Barkdoll BD, 1997. Sediment control at lateral diversions. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the Doctor of Philosophy degree in Civil and Environmental Engineering, Graduate College of The University of Iowa. UMI Number: 9731762.
- Neary, VS and Odgaard, AJ, 1993. Three dimensional flow structure at open channel diversions. J Hydraul Eng 119(11): 1223-1230.
- Olsen NR, 2007. A Three-Dimensional Numerical Model for Simulation of Sediment Movements in Water Intakes With Multiblock Option, User's Manual.
- Ramamurthy AS, Junying QU and Diep VO, 2007. Numerical and experimental study of dividing open channel flows. J. Hydraul Eng 133(10): 1135-1144.
- Schlichting HS, 1979. Boundary Layer Theory, McGraw- Hill, Newyork.