

بررسی عملکرد هیدرولیکی سرریزهای تنگ‌شونده

وحید بابازاده ۱

عباس نقوی * ۲

مهرداد نوروزی ۳

بهزاد خلیلی ۴

چکیده

برای کاهش هزینه‌های بالای ساخت سرریزها، استفاده از سرریزهای با دیواره‌های همگرا راهکاری کارا و مقرون‌به‌صرفه است. استفاده از این نوع سرریزها با روند روبه رشدی مواجه بوده، ولی در اکثر مطالعات انجام‌شده بر روی این نوع سرریزها توجه‌ای به بررسی تأثیر همگرایی دیواره‌ها بر جریان روی سرریز و نیز تأثیر آن بر عملکرد سازه پایانه انتهایی سرریز نشده است. در این تحقیق جهت مدل‌سازی عددی از نرم‌افزار Flow-3D و مدل آشفتگی RNG و برای مدل‌سازی مرزهای جامد از نرم‌افزار CATIA استفاده شده است. برای انفصال میدان، یک بلوک محاسباتی بکار رفته که در مجموع شامل ۴ میلیون حجم محاسباتی می‌شود. جهت بررسی صحت مدل عددی، ابتدا جواب‌های مدل عددی با نتایج مربوط به مدل فیزیکی سد گاوشان مقایسه گردید و پس از حصول اطمینان از صحت مدل عددی، اثر تنگ‌شوندگی سازه سرریز سد گاوشان بر مشخصه‌های هیدرولیکی جریان علاوه بر زاویه دو درجه که در طراحی سد گاوشان مورد استفاده قرار گرفته است، با زوایای جمع شدگی ۰، ۱، ۲/۵ و ۳ درجه مدل‌سازی شده و برای سه دبی ۶۰۰، ۹۵۰ و ۱۳۵۰ مترمکعب بر ثانیه بررسی گردید. نتایج حاکی از این است که با اعمال جمع‌شوندگی میانگین عمق جریان در طول تنداب به تدریج کاهش می‌یابد تا جایی که به کمترین مقدار خود می‌رسد. البته فاصله مینیمم عمق جریان از تاج سرریز با افزایش زاویه تنگ‌شدگی دیواره‌ها کاهش یافته است، بعد از کاهش عمق جریان بر روی تنداب روند افزایشی عمق جریان مشهود است که این روند افزایشی برای زاویه ۳ درجه بیشتر است.

واژه‌های کلیدی

سرریز با دیواره همگرا، شبیه‌سازی عددی، سرریز سد گاوشان، مدل آشفتگی RNG

۱- کارشناسی ارشد مهندسی عمران، سازه‌های هیدرولیکی، شرکت مهندسی مشاور ترازاب جامع

۲- کارشناسی ارشد مهندسی عمران، سازه‌های هیدرولیکی، شرکت مهندسی مشاور ترازاب جامع، naghavi62@gmail.com

۳- کارشناسی ارشد مهندسی عمران، آب، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گلستان

۴- کارشناسی ارشد مهندسی عمران، محیط‌زیست، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گلستان

مقدمه

سرریز یکی از سازه‌های هیدرولیکی وابسته سد است که وظیفه تخلیه سیلاب ورودی به مخزن سد با ایمنی کافی به پایین دست سد را به عهده دارد. جریان عبوری از سرریز از شرایط جریان آرام زیربحرانی در بالادست آن به شرایط جریان فوق بحرانی در پایین دست تبدیل شده و پس از عبور از سازه پایانه سرریز و استهلاك انرژی جریان، بدون اینکه آسیبی به پایین دست سرریز برسد وارد رودخانه می‌گردد. در این میان سازه پایانه سرریز به عنوان یکی از اجزای جدانشدنی سرریز نقش بسیار مهمی در استهلاك انرژی بازی می‌کند. به طور کلی سازه‌های مستهلک کننده انرژی به سه دسته تقسیم می‌شوند: حوضچه‌های آرامش با پرش هیدرولیکی، پرتابه غلتکی مستغرق و پرتابه جامی شکل آزاد. پرتابه‌های جامی شکل با پرتاب جریان به فاصله‌ای دور از پای سرریز و پودر شدن آن در هوا و ریزش جریان پودر شده به پایاب، انرژی آن را مستهلک می‌کنند. ارزان بودن این سازه‌ها، اجرا و نگهداری ساده آن در طول عمر سد باعث شده است در صورت مناسب بودن شرایط زمین‌شناسی بستر رودخانه در پایاب از این سازه در بیشتر سدها استفاده شود.

اختلاف ناچیز در دبی عبوری، تراز سطح آب و فشار روی تاج بر اثر تغییر زبری سطح بود؛ اما تأثیرات زبری روی سرعت فراوان بوده و با کاهش مقیاس مقدار سرعت به بیشترین حد ممکن می‌رسد. استفاده از مدل عددی در بررسی جریان‌های عبوری از سرریزها، اولین بار در سال ۱۹۶۵ توسط کسیدی^۱ برای تعیین فشار روی تاج سرریز بر اساس فرضیه جریان پتانسیل به صورت دوبعدی صورت گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق همخوانی مناسبی با نتایج آزمایشگاهی داشته و نشان می‌دهد که لزجت در تعیین سطح آزاد جریان تأثیر ناچیزی دارد و از طرفی به ازای یک مقدار هد معین بالای سرریز، مقادیر فشار مینیمم روی تاج بستگی به شرایط مرزی دارد. جانسون^۲ در سال ۲۰۰۶، دو مدل فیزیکی و عددی را برای مطالعه جریان روی سرریز در زمان وجود پایاب بکار بردند. نتایج به دست آمده از تحلیل عددی که توسط نرم‌افزار Flow-3D^۳ با روش حجم محدود صورت گرفته با نتایج آزمایشگاهی انطباق خوبی داشته است. در این نرم‌افزار پروفیل سطح آب به کمک روش حجم سیال تعیین می‌شود که با مدل فیزیکی تطبیق مناسبی دارد.

مشخصات هندسی و هیدرولیکی میدان جریان

سد مخزنی گاوشان با عنوان طرح ملی گاوشان از نوع سنگریزه‌ای با هسته قائم رسی است که بر روی رودخانه گاو رود، در غرب ایران و در ۲۰ کیلومتری شهرستان کامیاران^۴ (۷۵ کیلومتری کرمانشاه) قرار دارد. این سد به منظور آبیاری حدود ۳۱ هزار هکتار از زمین‌های دشت‌های بیله‌ور^۵ و میان دربند توسط شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران اجرا شده است. سرریز این سد از نوع اوجی با طول کل تاج ۵۰ متر است که وجه بالادست آن سطح شیب‌دار ۱:۱ و وجه پایین دست آن قوسی از یک دایره به شعاع ۱۲ متر و زاویه مرکزی ۲۵/۳۰ درجه است. عرض تنداب در ابتدا ۴۹/۳۵ متر و در انتها ۳۱/۲ متر و طول آن ۲۵۱ متر است که در انتها به پرتابه جامی شکل با شعاع ۲۰ متر که عرض ابتدای آن ۳۱/۲

مارتین^۱ و همکاران (۱۹۶۰) با ایجاد مدل آزمایشگاهی از سرریز و پرتابه جامی شکل سد ترینیتی^۲ در کالیفرنیا به بررسی تأثیر انحناى جام بر روی مسیر جت آب خروجی از پرتابه و همچنین میزان استهلاك انرژی پرداختند. ایسبستر^۳ و همکاران (۱۹۶۷) با مطالعه بر روی مدل آزمایشگاهی سرریز و پرتابه جامی شکل سد الوادو^۴ اقدام به بررسی تأثیر پرتابه در کاهش فرسایش در بستر رودخانه و ارائه یک مدل مناسب از پخش‌شدگی جریان روی پرتابه نمودند. کیم^۵ و همکاران (۲۰۰۵) جریان عبوری از روی سرریز آزاد را با مدنظر قرار دادن اثر شرایط مقیاس و اثر زبری با استفاده از نرم‌افزار Flow-3D^۳ مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها حاکی از

^۱ Martin^۲ Trinity Dam^۳ Isbester^۴ El vado Dam^۵ Kim^۱ Cassidy^۲ Jounson^۴ Kamiaran^۵ Bilevar

تعریف هندسه مرزهای جامد و شبکه‌بندی مدل عددی برای تعریف هندسه مرزهای جامد همان‌طور که در شکل (۱) نشان داده‌شده از نرم‌افزار CATIA استفاده گردیده است. برای انفصال میدان یک بلوک محاسباتی بکار رفته که در مجموع شامل ۴ میلیون حجم محاسباتی می‌شود. میدان جریان سه‌بعدی به‌وسیله مدل آشفتگی RNG حل شده است. دلیل استفاده از این مدل آشفتگی را می‌توان در ویژگی‌ها و مزیت آن نسبت به مدل‌هایی چون $k-\epsilon$ دانست. این مدل به‌واسطه داشتن ترم اضافی در معادله ϵ ، برای تحلیل جریان‌ها سریعاً کرنش یافته و جریان‌ها بر روی سطوح با انحناهای زیاد بهبود یافته است. همچنین این مدل در شبیه‌سازی جریان‌ها گذرا توان بالایی دارد. در طراحی مدل سرریزهای تنگ شونده، حداکثر زاویه تبدیل نسبت به محور کانال بر اساس پیشنهاد USBR به‌صورت رابطه ۴ در نظر گرفته می‌شود.

$$\tan \alpha = \frac{1}{3.375 Fr_a} \quad (4)$$

که در این رابطه Fr_a متوسط عدد فرود در ابتدا و انتهای تبدیل است.

$$Fr_a = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}} \quad (5)$$

در این رابطه h عمق جریان و V سرعت جریان است.

در نتیجه علاوه بر زاویه دو درجه که در طراحی سد گاوشان مورد استفاده قرار گرفته است، سد گاوشان با زوایای جمع شدگی ۰، ۱، ۲، ۵/۲ و ۳ درجه مدل‌سازی شده و برای سه دبی ۶۰۰، ۹۵۰ و ۱۳۵۰ مترمکعب بر ثانیه بررسی گردید. در شکل (۱) هندسه مرزهای جامد و شبکه‌بندی مدل عددی برای سرریز سد گاوشان و با زاویه جمع شدگی ۲ درجه نمایش داده شده است.

و عرض انتهای آن ۳۰ متر است، منتهی می‌شود. برای کالیبراسیون و صحت سنجی مدل عددی از داده‌های آزمایشگاهی مدل هیدرولیکی سرریز سد گاوشان با مقیاس ۱:۴۰ موجود در موسسه تحقیقات آب استفاده گردید. اندازه‌گیری پارامترهای هیدرولیکی مانند عمق آب و سرعت جریان روی سرریز، در محدوده تاج سرریز در ۵ محور و همچنین بر روی تنداب و پرتاب‌کننده جامی شکل در سه محور (جناح راست، چپ و وسط) انجام گرفت.

روابط حاکم بر میدان

معادلات حاکم بر حرکت سیال عبارتند از معادله پیوستگی و معادله مومنتم که برای جریان آشفته تراکم ناپذیر با لزجت و چگالی ثابت به‌صورت معادلات (۱) و (۲) بیان می‌شود.

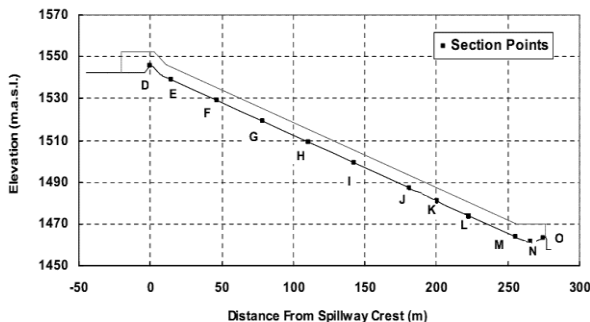
$$\frac{\partial}{\partial x}(uA_x) + \frac{\partial}{\partial y}(vA_y) + \frac{\partial}{\partial z}(wA_z) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + \frac{1}{V_F} \left(U_i A_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} \right) = \frac{1}{\rho} \frac{\partial P'}{\partial x_i} + g_i + f_i \quad (2)$$

در معادلات فوق، متغیرهای u, v, w به ترتیب سرعت جریان در راستای x, y و z است. V_F نسبت حجم مایع در هر المان و مقادیر A_x, A_y و A_z مساحت جزئی از وجوه هر المان است که سیال در آن حضور دارد. ρ چگالی سیال، P' فشار، g_i نیروی گرانش در راستای i و f تنش رینولدز در مدل‌های آشفتگی است. در المان‌هایی که از مایع پر باشند مقادیر V_F و A مساوی ۱ بوده و معادلات به معادلات پایه RANS برای جریان‌های تراکم ناپذیر تبدیل می‌گردد.

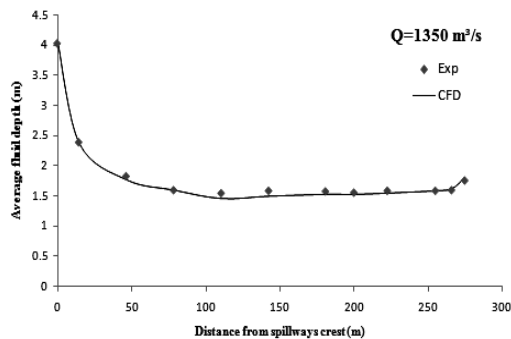
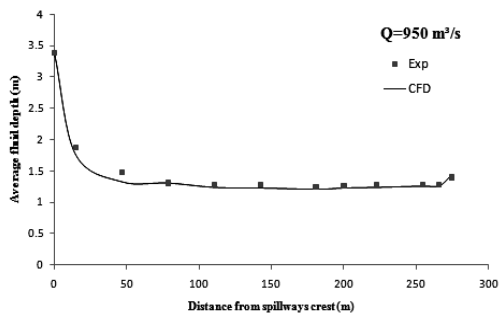
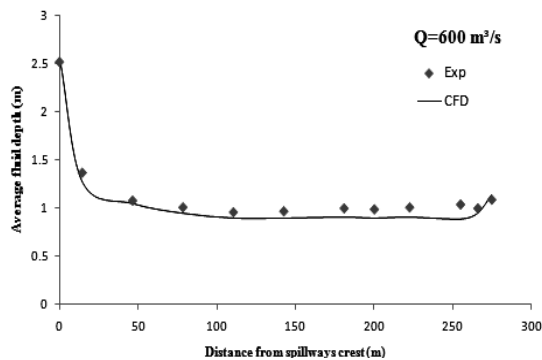
در تعیین سطح آزاد به روش حجم سیال از یک تابع به نام جزء حجم سیال F استفاده می‌شود. شکل دیفرانسیلی تابع F در حالت سه‌بعدی توسط رابطه ۳ بیان می‌شود.

$$\frac{\partial F}{\partial t} + u \frac{\partial F}{\partial x} + v \frac{\partial F}{\partial y} + w \frac{\partial F}{\partial z} \quad (3)$$

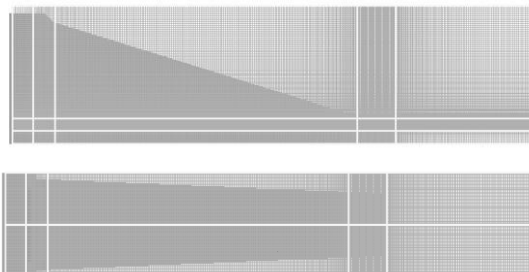
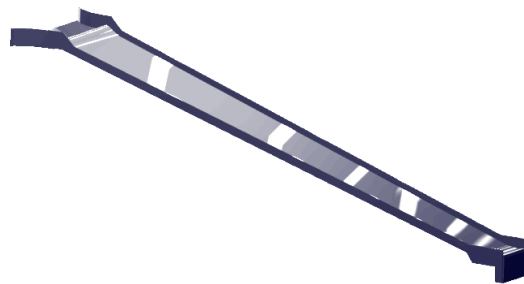


شکل (۳): موقعیت مقاطع اندازه گیری سرعت و عمق آب بر روی

سرریز



شکل (۴): مقایسه مقادیر میانگین عمق جریان برای مدل عددی و آزمایشگاهی



شکل (۱): هندسه مرزهای جامد و شبکه بندی مدل عددی (سرریز سد گاوشان - زاویه جمع شدگی ۲ درجه)

جدول (۲) حاوی اطلاعاتی در مورد شبکه بندی، شرایط مرزی و انفصال معادلات می باشد.

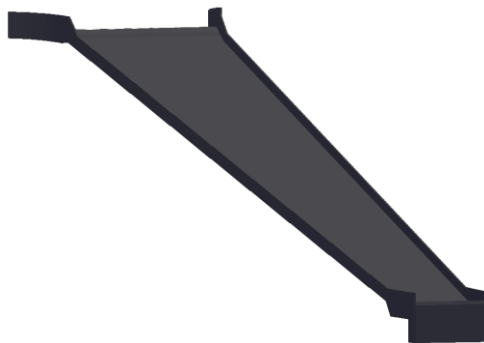
جدول (۲): مرزهای جامد و شبکه بندی مدل عددی

FVM	نوع مدل	شبکه
مستطیلی تطبیقی	نوع شبکه	
۰/۵	متوسط اندازه مش (متر)	
۴۰۰۰۰۰	تعداد حجم های محاسباتی	شرایط مرزی
Solid	بدنه سرریز	
Symmetry	مرزهای کناری	
Specific velocity	ورودی	معادلات
Outlet	خروجی	
RNG	مدل آشفتگی	
GMRES	الگوریتم حل معادلات فشار	معادلات
الگوی حجم سیال	مدل سطح آزاد	

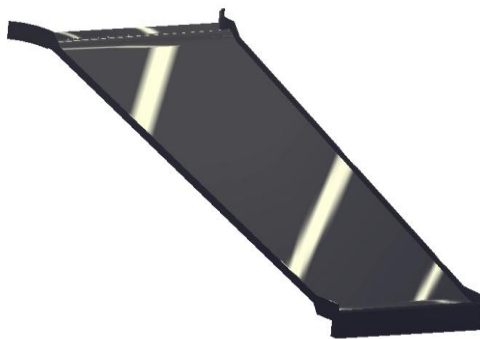
نتایج به دست آمده از صحت سنجی شامل متوسط سرعت جریان و عمق آب در مقاطع ذکر شده در طول سازه سرریز سد گاوشان شکل (۳) به ازای سه دبی ۶۰۰، ۹۵۰ (دبی) سیلاب با دوره بازگشت ۱۰ هزارساله و ۱۳۵۰ مترمکعب بر ثانیه (دبی حداکثر سیلاب محتمل) است.

تحلیل نتایج

پس از اطمینان از صحت نتایج مدل عددی، جریان عبوری از سرریز سد گاوشان برای حالت سرریز بدون جمع‌شدگی دیواره‌ها (زاویه جمع‌شدگی صفر) و جمع‌شدگی دیواره‌ها به ازای زوایای ۱، ۲، ۲/۵ و ۳ درجه برای سه دبی ۶۰۰، ۹۵۰ و ۱۳۵۰ مترمکعب بر ثانیه معادل موردبررسی و مقایسه قرار گرفت. در شکل (۶) مدل سرریز بدون تنگ‌شدگی و با تنگ‌شدگی عرضی ۳ درجه نشان داده شده است.



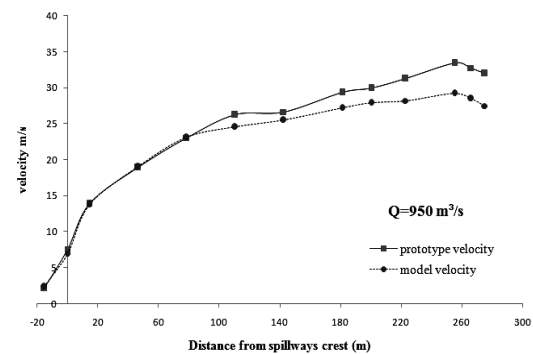
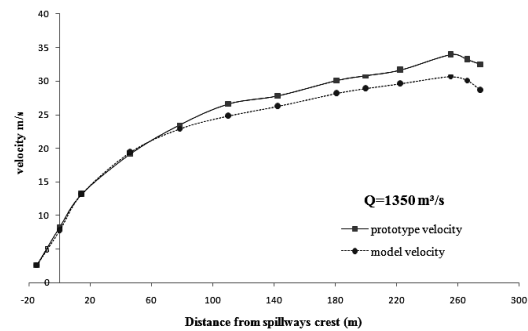
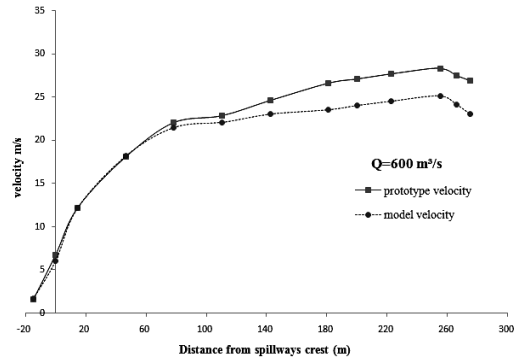
الف) سرریز با ۳ درجه تنگ‌شدگی



ب) سرریز بدون تنگ‌شدگی

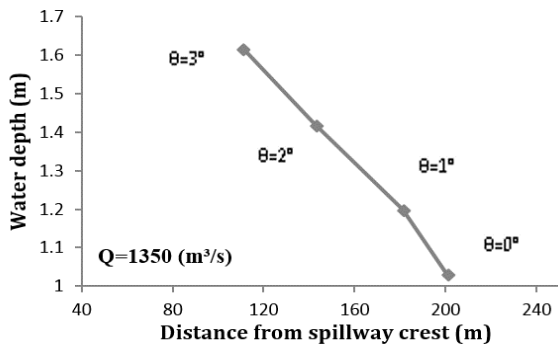
شکل (۶): نمایش سه‌بعدی از سرریز سد گاوشان الف) با زاویه ۳ درجه جمع‌شدگی دیواره و ب) بدون جمع‌شدگی

نتایج شامل ارائه الگوی جریان عبوری از روی سرریز به همراه مشخصه‌های هیدرولیکی جریان در مقطع‌های ذکر شده در شکل (۷) ارائه شده است. با مقایسه منحنی‌های شکل (۷) مشخص است که با اعمال جمع‌شدگی افزایش هنگفتی در پروفیل سطح آزاد جریان مشهود است و درازای زوایای جمع‌شدگی بیشتر، عمق جریان افزایش بیشتری داشته است. در اثر تنگ‌شدگی میانگین عمق جریان در طول تنداب به تدریج کاهش می‌یابد تا جایی که به کمترین مقدار خود می‌رسد. با

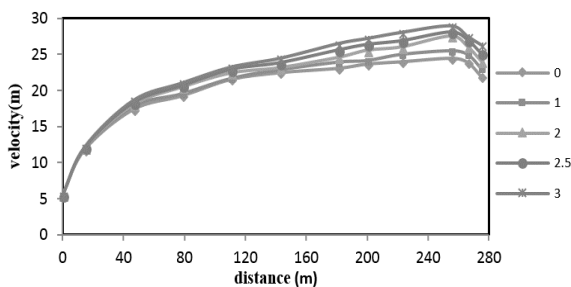


شکل (۵): مقایسه مقادیر عددی و آزمایشگاهی توزیع سرعت

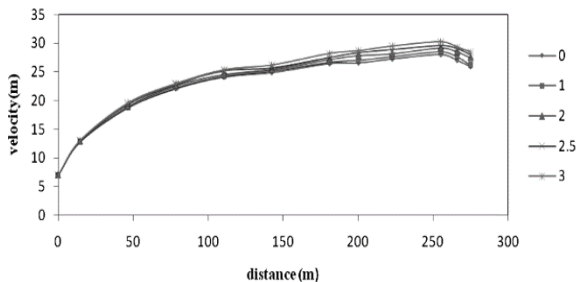
همان‌طور که در شکل‌های (۴) و (۵) مشاهده می‌گردد، نتایج حاصل از مدل عددی تطابق مناسب و خوبی را در مقایسه با نتایج آزمایشگاهی بیان می‌دارد. با توجه به نحوه برخورد شبکه‌بندی نرم‌افزار با مرزهای جامد در مدل عددی، کف تنداب در مدل به صورت کاملاً مسطح شبیه‌سازی نمی‌گردد و دارای ناهمواری‌هایی می‌باشد که این مسئله باعث کاهش رشد سرعت در طول تنداب و افزایش خطا نسبت به نتایج آزمایشگاهی می‌گردد. با افزایش دبی میزان اثر این ناهمواری‌ها بر مشخصات جریان کم شده و کاهش اختلاف مابین نتایج آزمایشگاهی و عددی مشهود است.



شکل (۸): موقعیت مینیمم عمق جریان روی سرریز برای سرریز جهت زوایای جمع شدگی مختلف دیواره بر اساس نمودارهای ارائه شده در شکل ۹ برای تمامی حالات جمع شوندهی مقطع، سرعت جریان بر روی انحنای تاج سرریز افزایش سریع و ناگهانی داشته و در طول تنداب نیز این روند افزایشی ادامه دارد، البته روند افزایش سرعت برای زوایای جمع شوندهی مختلف به لحاظ تأثیر امواج یکسان نیست و برای زوایای بیشتر این روند نسبتاً تندتر است. درازای تنگ شوندهی سرریز، سطح تماس جریان با کف و جداره‌های سرریز کاهش یافته و تأثیر اصطکاک کمتر شده در نتیجه سرعت متوسط جریان افزایش می‌یابد.

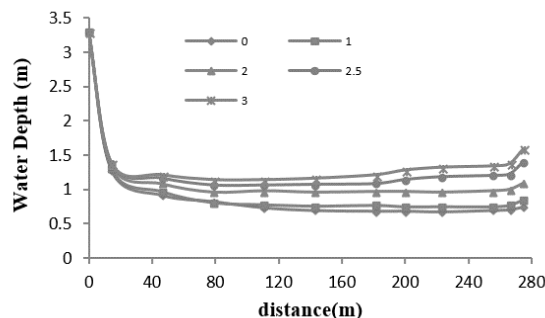


الف) دبی ۶۰۰ مترمکعب در ثانیه

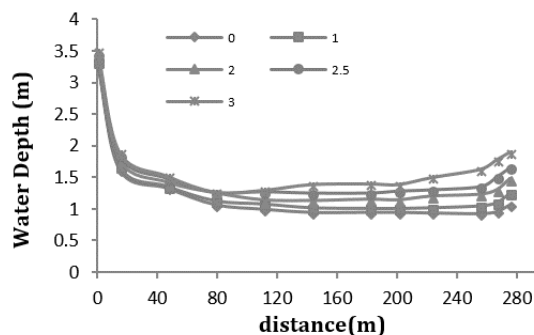


ب) دبی ۹۵۰ مترمکعب در ثانیه

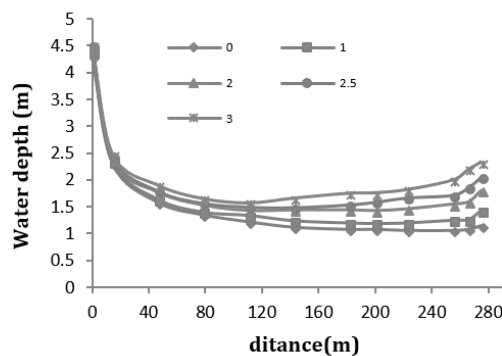
توجه به شکل (۸)، این فاصله (فاصله مینیمم عمق جریان از تاج سرریز) با افزایش زاویه تنگ‌شدگی دیواره‌ها کاهش یافته است. بعد از کاهش عمق جریان بر روی تنداب روند افزایشی عمق جریان مشهود است که این روند افزایشی برای زاویه سه درجه بیشتر است.



الف) دبی ۶۰۰ مترمکعب در ثانیه

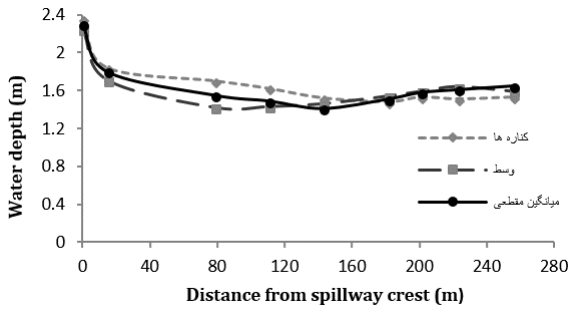


ب) دبی ۹۵۰ مترمکعب در ثانیه



ج) دبی ۱۳۵۰ مترمکعب در ثانیه

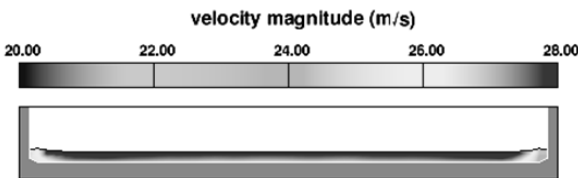
شکل (۷): پروفیل‌های عمق متوسط جریان آب روی سرریز سد گاوشان برای حالت‌های مختلف جمع شوندهی



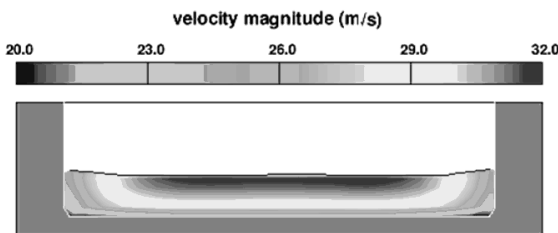
(ب) برای حالت جمع‌شوندگی دو درجه و دبی بیشینه

شکل (۱۰): پروفیل‌های طولی عمق جریان در محور کناری و مرکزی سرریز برای جمع‌شوندگی دو و سه درجه و دبی بیشینه

به‌طور کلی با افزایش زاویه جمع‌شوندگی دیواره سرریز در هر مقطع از جریان، عمق آب افزایش می‌یابد و در بخش ابتدایی جریان سرریز شدت این افزایش اندک بوده ولی در بخش‌های انتهایی سرریز بیشتر است. برای بیان این مسئله می‌توان گفت که سرعت روی تنداب رفته‌رفته افزایش و عرض مقطع کاهش می‌یابد که شدت افزایش سرعت نسبت به شدت کاهش عرض مقطع کمتر بوده و باعث افزایش عمق آب‌شده و در انتهای تنداب که این نسبت بیشترین مقدار خود را دارد، اختلاف در عمق جریان نیز بیشتر می‌باشد.

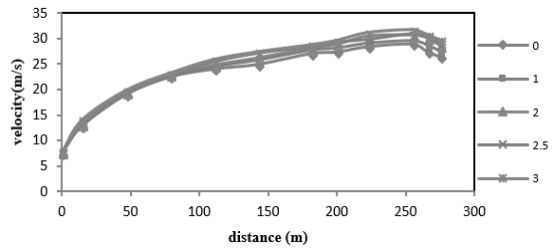


الف) برای سرریز بدون جمع‌شدگی دیواره‌ها



الف) برای سرریز با سه درجه جمع‌شدگی دیواره‌ها

شکل (۱۱): مقادیر سرعت متوسط در محل ابتدای جام پرتابی برای حالت‌های مختلف جمع‌شوندگی درازای دبی بیشینه

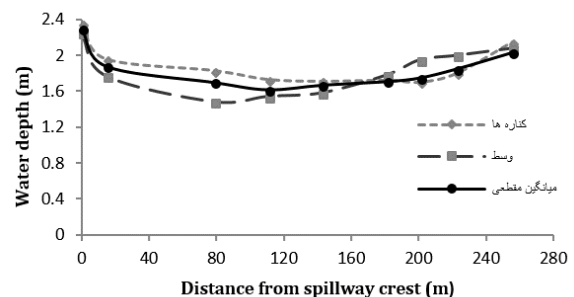


(ج) دبی ۱۳۵۰ مترمکعب در ثانیه

شکل (۹): مقادیر سرعت متوسط جریان روی سرریز سد گاوشان برای حالت‌های مختلف جمع‌شوندگی

در اثر تنگ‌شوندگی و برخورد جریان با دیواره‌های کناری سرریز یک جبهه آشفته‌گی (امواج ایستا) با زاویه ضربه‌ای تشکیل می‌گردد که باعث افزایش عمق جریان در کناره‌های دیواره سرریز می‌گردد، این امواج پس از انعکاس از کناره‌ها به سمت محور مرکزی سرریز در جهت جریان حرکت می‌کنند و پس از برخورد با یکدیگر باعث افزایش عمق آب و تشکیل امواجی روی محور مرکزی سرریز می‌شوند. سپس این امواج به سمت کناره‌ها حرکت کرده و در اثر برخورد با دیواره‌های سرریز تقریباً مستهلک می‌شوند.

این امواج با افزایش دبی عبوری از سرریز (دبی در واحد عرض) تقویت‌شده و بی‌نظمی آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. تشکیل این امواج ضمن متلاطم کردن جریان روی سطح سرریز و بخصوص پرتاب‌کننده جامی، موجب ایجاد نوسان‌های شدید فشار هیدرودینامیکی می‌گردد که خود منشأ وقوع ارتعاش‌های سازه‌ای روی کف و دیواره‌های پرتاب‌کننده جامی خواهد بود. ضمن آنکه جت پرتابی خروجی را درهم‌ریخته و ناموزون می‌نماید. این مطلب در شکل ۱۰ به‌وضوح زیاد است.



الف) برای جمع‌شوندگی سه درجه و دبی بیشینه

5. Isbester, T.J.(1967), "Hydraulic model studies of the ELVado outlet works flip bucket", ColoradoHydraulic Laboratory Report No. Hyd-567
6. Kim, D.G. Park, J.H. (2005), "Analysis of Flow Structure over Ogee-Spillway in Consideration of Scale and Roughness Effects by Using CFD Model", Journal of Civil Engineering, 9(2): 161-169.
7. Cassidy, J. J, (1965), "Irrotational flow over spillway of finite height," J. Eng Mech. Division ASCE, 91(6), pp 157-173.
8. Jounson, M. and Savage, B. (2006), "Physical numerical comparison of flow over ogee spillway in the presence of tail water", J. Hydraul. Eng. 132 (12), pp 1353-1357.
9. Ferziger J. and Peric. M. (1996), "Computational methods for fluid dynamics", Springer Verlag.
10. Hirt. C. and Nichols B. (1981), "Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries", Journal of Computational Physics. (39): pp201-225.

همان‌طور که در شکل (۱۱) نشان داده شده است مقدار حداکثر سرعت جریان آب که در محل ابتدای جام پرتابی رخ می‌دهد با افزایش تنگ‌شدگی دیواره‌ها افزایش یافته، همچنین بالا رفتگی سطح آب در نزدیکی دیواره‌ها برای سرریز با سه درجه تنگ‌شدگی مشهود است.

نتیجه‌گیری

با توجه به مقادیر به دست آمده برای متوسط سرعت و عمق جریان برای سرریز سد گاوشان نتایج زیر حاصل می‌گردد. با اعمال جمع‌شوندگی میانگین عمق جریان در طول تنداب به تدریج کاهش می‌یابد تا جایی که به کمترین مقدار خود می‌رسد، البته فاصله مینیمم عمق جریان از تاج سرریز با افزایش زاویه تنگ‌شدگی دیواره‌ها کاهش یافته است، بعد از کاهش عمق جریان بر روی تنداب روند افزایشی عمق جریان مشهود است که این روند افزایشی برای زاویه سه درجه بیشتر است.

برای تمامی حالات جمع‌شوندگی مقطع، سرعت جریان بر روی انحنای تاج سرریز افزایش سریع و ناگهانی داشته و در طول تنداب نیز این روند افزایشی ادامه دارد، البته روند افزایش سرعت برای زوایای جمع‌شوندگی مختلف به لحاظ تأثیر امواج یکسان نیست و برای زوایای بیشتر این روند نسبتاً تندتر می‌باشد.

در اثر جمع‌شدگی دیواره‌ها، یکسری موج‌های ضربدری در طول سرریز ایجاد می‌شود که باعث افزایش پروفیل سطح آب در نزدیکی دیواره‌ها می‌گردد و ارتفاع این موج‌ها با افزایش جمع‌شدگی سرریز بیشتر می‌شود.

مراجع

۱. موسسه تحقیقات آب (وابسته به وزارت نیرو)، گزارش نهایی مدل هیدرولیکی سرریز سد گاوشان، آبان ماه ۱۳۸۲.
2. Novak, P. Moffat, A.I.B. Nalluri, C. Narayanan, R. (1990), "Hydraulic Structures", London, Unwin Hyman.
3. USBR (1990), "Hydraulic design of spillway", Chap 7.
4. Martin, H.M (1960), "Hydraulic model studies of the Trinity dam spillway flip bucket", Central Valley Project, California" Hydraulic Laboratory Report No, Hyd-467.

Study of Hydraulic Performance of Constricted Spillways

Vahid Babazadeh 1
Abbas Naghavi *2
Mehrdad Norouzi 3
Behzad Khalili 4

Abstract

In order to reducing spillways construction costs, using Spillway with Converging Walls is cost effective and appropriate solution. Although the use of these type of spillways growing, most studies do not consider effects of the converging walls on flow pattern and structural performance of the spillway. In this study, Flow-3D software and RNG Turbulence model used for numerical simulation of the flow. CATIA software is used to define the geometry of the solid boundaries. A computational block consists of 4 million Elements used to separating the flow field. In order to verify the numerical model, at first the results of numerical model compared with results of Gavshan dam physical model and after ensuring the accuracy of the numerical model, the effect of Gavshan dam spillway constriction on hydraulic characteristics of the flow modeled with angles of shrinkage 0,1, 2.5, and 3 in addition to the two-degree angle, which is used in the design of the Gavshan dam, and evaluated for three flow rates of 600, 950, and 1350 cubic meters per second.

Keywords

Spillway with Converging Walls, Numerical Simulation, Gavshan Dam Spillway, RNG Turbulence Model.

1. M.Sc. Civil Engineering, Hydraulic Structures, TARAZAB Consulting Engineers

2.* M.Sc. Civil Engineering, Hydraulic Structures, TARAZAB Consulting Engineers, naghavi62@gmail.com

3. M.Sc. Civil Engineering, Water Resources Management, Golestan Regional Water Co. Golestan

4. M.Sc. Civil & Environmental Engineering, Golestan Regional Water Co. Golestan