5th.International Congress on Civil Engineering , Architecture and Urban Development
26-28 December 2017, Shahid Beheshti University , Tehran , Iran

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شماره مجوز کنگره از وزارت علوم: ۷۲۶۴۰۳۸

بررسی عددی تاثیر شیب‌دار کردن تاج سرریزهای لبه پهن بر مشخصات هیدرولیکی

محمود ناعم وند[۱] ، رسول دانشفراز*[۲]، سینا صادق فام[۳]

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد عمران سازه های هیدرولیکی، دانشگاه آزاد مراغه، ایران،(معاون بهره برداری و توسعه شرکت آب و فاضلاب مراغه) (mahmood.naemvand@gmail.com)

۲- دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران، (daneshfaraz@yahoo.com)

۳- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران، (s.sadeghfam@gmail.com)

چکیده

اندازه‌گیری دبی یکی از مسائل مهم در مهندسی هیدرولیک است. سرریزهای لبه پهن از جمله سازه‌های مهم اندازه‌گیری دبی جریان بوده و در این بررسی رفتار جریان بر روی آن به صورت عددی ارزیابی شده است. هدف اصلی تحقیق، بررسی شیب تاج سرریز لبه پهن بر مشخصات هیدرولیکی همچون پروفیل سطح آب، عدد فرود و محل وقوع مقطع کنترل جریان بحرانی است. پس از صحت سنجی نتایج عددی با نتایج آزمایشگاهی، به منظور ارزیابی اثر شیب تاج سرریز، پنج شیب مختلف مثبت و منفی در نظر گرفته شده است. بر اساس نتایج در سرریز با تاج افقی یا شیب تاج مثبت، با افزایش دبی، مقطع کنترل به سمت بالادست تاج حرکت می‌کند. در حالیکه که با افزایش شیب در یک دبی ثابت، مقطع کنترل به سمت بالادست تاج حرکت می‌کند. در سرریزهای دارای شیب منفی نیز، مقطع کنترل بر روی تاج سرریز رخ نداده است.

واژه های کلیدی: سرریز لبه پهن، شیب تاج، عدد فرود، مقطع بحرانی

۱- مقدمه

بطور خلاصه اندازه‌گیری دبی جریان، یکی از مسائل مهم در بهره برداری از سیستم‌های آبیاری است. سرریزهای لبه پهن بعلت داشتن حساسیت کم نسبت به استغراق، مشخصات هندسی ساده و هزینه پایین اجرایی، از رایج‌ترین نوع سرریزها در شبکه‌های آبیاری هستند. این سرریزهای عموما از جنس بتن ساخته شده و به منظور اندازه‌گیری و تنظیم جریان در رودخانه-ها و کانالها احداث می‌شوند. مشخصات هندسی سرریز لبه پهن از عوامل مهمی است که شرایط جریان و راندمان تخلیه سرریز را می‌تواند تحت تاثیر قرار دهد. در این تحقیق اثر شیبدار کردن تاج سرریز لبه پهن بر مشخصات هیدرولیکی جریان با استفاده از مدل عددی فلوئنت بررسی شده است. فرض اساسی در این تحقیق بر این اساس استوار است که تغییرات شیب بدنه سرریز بر محل تشکیل عمق بحرانی تاثیر گذار است.

تحقیقات مختلفی بصورت آزمایشگاهی و شبیه‌سازی عددی در خصوص جریان عبوری از روی سرریزهای لبه پهن انجام شده است. سرریزهای لبه پهن مستطیلی اولین بار توسط بازین[۱] (۱۸۶۹) مطالعه و روابطی برای تغییرات طول سرریز نسبت به ارتفاع آن پیشنهاد گردیده است [۱]. بعدها سایر محققین در مورد اصول هیدرولیکی حاکم بر سرریزهای لبه پهن مطالعات خود را ادامه داده و توصیه های جدیدی را ارائه نمودند.

[1] Bazin

Archive of SID
www.SID.ir

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شماره مجوز کنگره از وزارت علوم: ۷۲۶۴۰۳۸

جانسون[۲] (۲۰۰۰) ضریب دبی جریان را برای سرریز های لبه پهن و لبه تیز بدست آورد [۲]. بایلار و امیراوغلو[۳] (۲۰۰۲) نرخ هوادهی یک سرریز ۳۰ درجه لبه تیز مثلثی مورد مطالعه قرار داده و نتایج را با سایر سرریزهای لبه تیز با هندسه‌های مختلف مقطعی مقایسه کردند. قدسیان[۴] (۲۰۰۳) هیدرولیک سرریزهای مستطیلی لبه تیز تحت جریان فوق بحرانی بررسی کردند [۴]. فرهودی و شاه عالمی[۵] (۲۰۰۵) مدل فیزیکی، الگوی جریان حاکم بر اصول هیدرولیکی سرریزهای مستطیلی لبه پهن – کوتاه را بررسی نمودند[۵]. فرهودی و شکری[۶] (۲۰۰۷) مشخصات جریان سرریز مستطیلی لبه پهن را با شیب وجه پایین دست به صورت آزمایشگاهی تعیین کرده اند [۶]. آنها اثرات شیب پایین دست بر بازده دبی سرریز و حساسیت آن بر نسبت استغراق پایین دست را درنظر گرفتند. سارجیسون و پرسی[۷] (۲۰۰۹) با انجام آزمایشاتی، ضریب دبی و همچنین پروفیل فشار بر روی سرریزهای لبه پهن مستطیلی با ترکیب شیب های مختلف در بالادست و پایین دست را بررسی نمودند [۷]. شبیه سازی عددی جریان روی سرریز های لبه پهن ذوزنقه‌ای شکل توسط هان و همکاران[۸] (۲۰۱۱) انجام گرفت، در این تحقیق از مدل عددی Flow-3D و روش VOF برای بررسی پروفیل سطح آب استفاده شد [۸]. حمزئی و همکاران (۱۳۹۰) اثر شیب دار کردن وجوه بالادست و پایین دست سرریزهای لبه پهن را برروی مشخصات جریان را توسط نرم افزار فلوئنت بررسی نمودند [۹]. نتایج بدست آمده از این شبیه سازی نشان داد که با شیب دار کردن وجه بالادست سرریز، محدوده جدایی جریان در ابتدای تاج کاهش یافته و در نتیجه ضریب دبی افزایش می‌یابد. صفرزاده و حکیمی (۱۳۹۳) جریان عبوری از روی سرریز لبه پهن مستطیلی با استفاده از نرم افزار دینامیک سیالات محاسباتی Flow-3D را بررسی و به ضرورت مطالعه سه بعدی تاکید کرده اند. بر اساس نتایج آنان با افزایش عمق پایاب میزان دبی عبوری کاهش یافته و ناحیه وقوع سرعت بیشینه بر روی تاج سرریز کشیده شده است [۱۰].

از آنجایی که در کارهای عملی دانستن محل دقیق تشکیل عمق بحرانی منجر به تخمین دقیق دبی جریان خواهد شد، لذا هدف اصلی مطالعه حاضر یافتن جنبه مجهول محل وقوع عمق بحرانی برروی سرریز لبه پهن و تاثیر شیب بدنه بر این پارامتر است. علاوه بر پارامتر عمق بحرانی، پروفیل سطح آب از جمله متغیرهای اصلی در این مطالعه می‌باشد که رفتار این متغیرها در اثر تغییرات شیب تاج سرریز از دیگر اهداف اساسی تحقیق حاضر است. بررسی تاثیر شیب تاج سرریز لبه پهن مستطیلی بر مولفه‌های هیدرولیکی نظیر پروفیل سطح آب و محل عمق بحرانی، با وجود بررسیهای عددی وآزمایشگاهی انجام شده در زمینه سرریزهای لبه پهن مستطیلی، مورد توجه قرار نگرفته است. لذا شیبدار نمودن تاج سرریز و بررسی اثرات آن از جنبه‌های نوآوری مطالعه حاضر است.

۲- معادلات حاکمه و معرفی مسئله مورد بررسی

معادلات حاکم بر یک سیال تراکم ناپذیر لزج در حالت آشفته توسط معادلات ناویر استوکس متوسط گیری شده در عمق موسوم به رینولدز بیان می‌شود که شامل معادلات پیوستگی و حرکت است [۱۱].

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \qquad (۱)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial_t} + \frac{\partial u_i u_j}{\partial x_i} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial x_i} + g_i + \frac{\partial}{\partial x_j} S_{ij} \qquad (۲)$$

[2] Johnson
[3] Baylar and Emiroglu
[4] Ghodsian
[5] Farhoudi and Shahalami
[6] Farhoudi and Shokri
[7] Sargison and Percy
[8] Haun et al.

Archive of SID

www.SID.ir

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شماره مجوز کنگره از وزارت علوم: ۷۲۶۴۰۳۸

در معادلات فوق u_i مولفه سرعت در جهت x_i ، P فشار کل، ρ چگالی سیال، g_i شتاب ثقل در جهت x_i، S_{ij} تانسور تنش بوده که برای جریان آشفته به صورت معادله‌ی زیر بیان می‌شود:

$$S_{ij} = \left[\rho(v+v_t)\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)\right] - \left[\frac{2}{3}\rho(k+v_t)\frac{\partial u_i}{\partial x_i}\delta_{ij}\right] \quad (۳)$$

در معادلات فوق v_t لزجت گردابه‌ای است که تابع خصوصیات جریان است و تابع خصوصیات جریان و آشفتگی است. δ_{ij} برای کاربردی کردن تعریف لزجت گردابه‌ای استفاده می‌شود. انرژی جنبشی آشفتگی بر واحد جرم توسط رابطه‌ی ۴ بیان می‌شود.

$$k = \frac{1}{2}\left(\overline{u_i'^2} + \overline{u_j'^2} + \overline{u_k'^2}\right) \quad (۴)$$

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & i = j \\ 0 & i \neq j \end{cases} \quad (۵)$$

به منظور حل میدان جریان آشفته بر اساس معادلات پیوستگی و رینولدز، نیاز است تا تنش‌های رینولدز در معادلات به روش خاصی مدل شوند. در این شرایط برای یک جریان سه بعدی با چهار معادله (پیوستگی و حرکت در سه بعد)، چهار مجهول (سرعت در سه جهت عمود و فشار) بدست خواهند آمد. برای حاکم کردن سیستم معادلات فوق از مدل‌های آشفتگی استفاده می‌شود. در این بررسی از مدل‌های آشفتگی RNG k- ε بهره گرفته شده است.

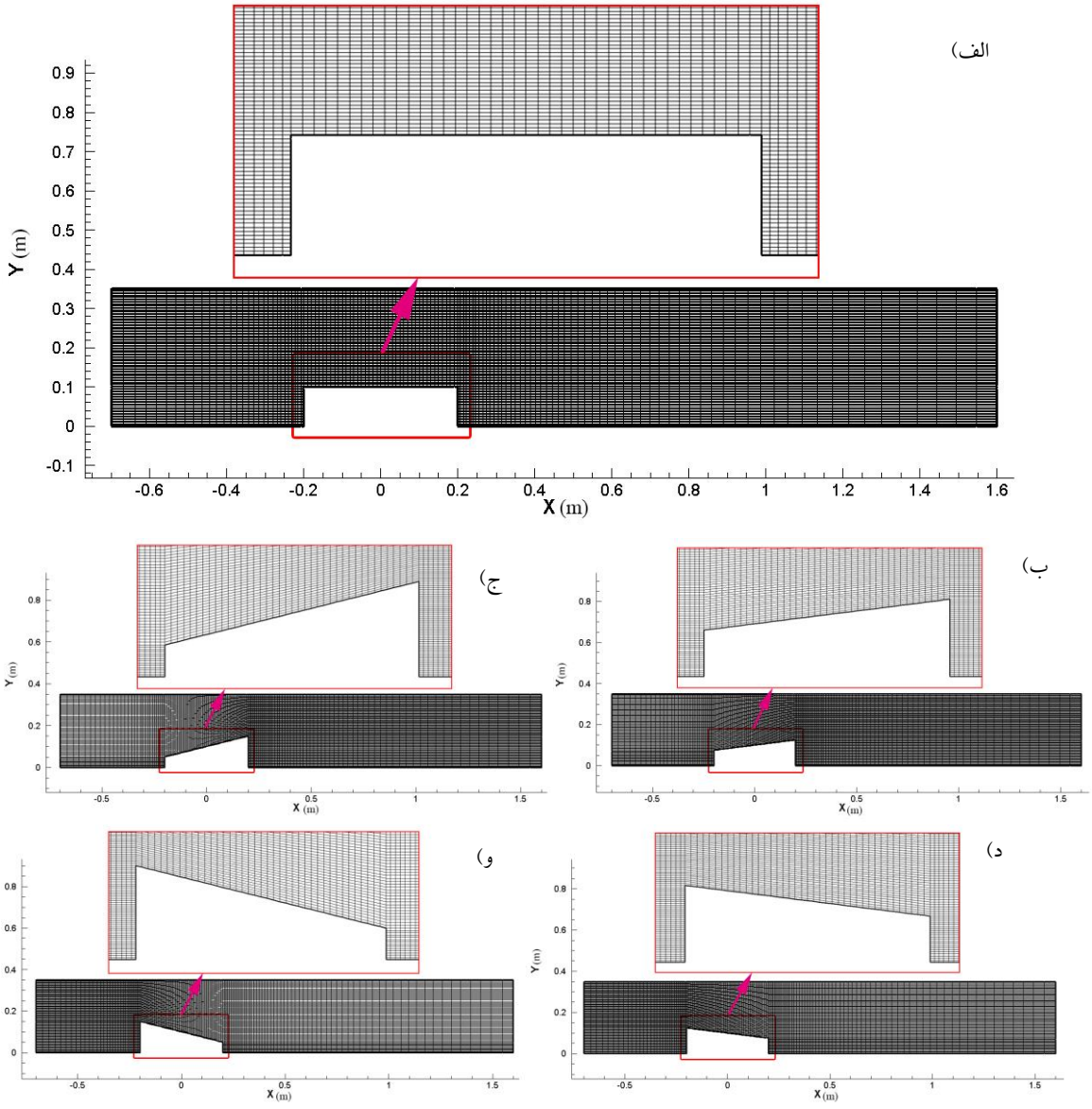
در این بررسی جریان بر روی سرریز لبه پهن به صورت عددی توسط نرم افزار فلوئنت شبیه‌سازی شده است. سرریز لبه پهن شبیه‌سازی شده بر اساس مدل آزمایشگاهی سارکر و رودز (۲۰۰۴) توسعه داده شده است [۱۲]. این کانال دارای عرض ۱۰۵ میلیمتر و طول ۳۱۶۲ میلیمتر است. در این کانال سرریز لبه پهن لبه‌تیزی با طول ۴۰۰ میلیمتر و ارتفاع ۱۰۰ میلیمتر نصب شده است. مقادیر ارتفاع سطح آب در ۳۵ ایستگاه قرائت شده است. لازم به ذکر است شیب کانال افقی بوده و مقدار جریان ۴/۶۸۴ لیتر بر ثانیه در آن برقرار شده است. همچنین دمای آب ۱۸ ± ۱ درجه سانتی‌گراد بوده است.

به منظور ارزیابی تاثیر شیب تاج سرریز لبه‌پهن بر مشخصات هیدرولیکی نظیر عدد فرود و محل تشکیل عمق بحرانی، ۴ شیب متفاوت بر مدل آزمایشگاهی سارکر ورودز اعمال شده است. بدین ترتیب مقادیر شیب اعمال شده شامل شیب ۱ به ۴ (۱ قائم و ۴ افقی)، شیب ۱ به ۸، شیب ۱- به ۴، شیب -۱ به ۸ و شیب صفر در نظر گرفته شده است. شکل ۱ اعمال مقادیر شیب مذکور و مش‌بندی دامنه حل توسط نرم‌افزار پیش‌پردازنده گمبیت را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است حدالامکان تعداد مش‌های چهاروجهی اعمال شده برای حالات مختلف نزدیک به هم انتخاب شده است. تعداد مش‌های ایجاد شده عبارتند از: ۱۳۱۰۰، ۱۱۵۰۰، ۱۲۳۰۰، ۱۰۵۴۰ و ۱۱۸۲۰ به ترتیب برای شیبهای صفر، ۱ به ۴، ۱ به ۸، ۱- به ۴ و ۱- به ۸.

Archive of SID

www.SID.ir

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شماره مجوز کنگره از وزارت علوم: ۷۲۶۴۰۳۸



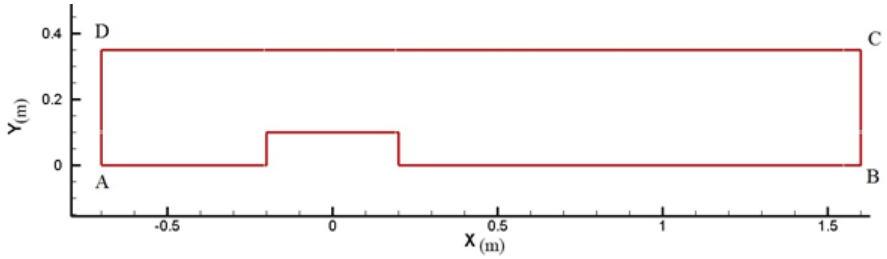
شکل ۱- مش بندی و شیب‌های مختلف تاج سرریز: الف) شیب صفر؛ ب) شیب ۱ به ۴؛ ج) شیب ۱ به ۸؛ د) شیب ۱- به ۴؛ و) شیب ۱- به ۸

یکی از ویژگی‌های مشترک روش‌های عددی، تبدیل معادلات دیفرانسیلی حاکمه به معادلات جبری است. بدین منظور محیط پیوسته دامنه حل به محیط گسسته مش‌بندی شده تبدیل شده و توسط طرح‌هایی معادلات دیفرانسیلی نیز گسسته سازی می‌شوند. طرح‌های متنوعی برای گسسته سازی معادلات در نرم‌افزار فلوئنت قابل انتخاب است. بر این اساس برای گسسته سازی فشار از طرح استاندارد[9]، برای انفصال جملات جابجایی معادلات ممنتم و جملات جابجایی معادلات آشفتگی از طرح آپویند مرتبه اول[10] و همچنین برای حل همزمان نمودن سرعت و فشار از الگوریتم سیمپل[11] استفاده شده است.

[9] Standard
[10] Firs order upwind
[11] Simple

www.SID.ir

مطابق با آنچه قبلا نیز ذکر شد، یکی مراحل مهم شبیه‌سازی عددی مشخص کردن شرایط مرزی است. شرایط مرزی در این بررسی توسط نرم‌افزار گمبیت انجام شده است. در شکل ۲، دامنه حل نشان داده شده است. با توجه به این شکل، مرز AB شامل کف کانال و بدنه سرریز لبه پهن، ازنوع شرط مرزی دیوار[۱۲] است. مرز ورودی یا مرز AD با توجه به معلوم بودن دبی جریان و ارتفاع هد آبی ورودی و در نتیجه سرعت ورودی از نوع مرز ورودی فشار[۱۳] بوده که در آن مقدار سرعت ورودی جریان و هد آبی در مرز ورودی در نرم افزار فلوئنت وارد شده است. در این بررسی سه دبی متفاوت بر روی هریک از سرریزهای معرفی شده اعمال شده است. جدول ۱ مقدار هد و سرعت در این مرز را برای دبی‌های مختلف نشان می دهد. همچنین مرزهای BC و CD از نوع شرایط مرزی خروجی فشار[۱۴] با فشار اتمسفر در نظر گرفته شده است.



شکل ۲- شرایط مرزی در سرریز مورد بررسی

جدول ۱- شرایط مرزی در مرز AD سرریز لبه پهن برای دبی‌های مختلف

بار آبی (متر)	سرعت ورودی (متر بر ثانیه)	دبی ورودی (لیتر بر ثانیه)
۰/۱۸	۰/۱۵۹	۳
۰/۱۹	۰/۲۳۲	۴/۶۸۴
۰/۲۰	۰/۲۸۶	۶

۳- نتایج و بحث

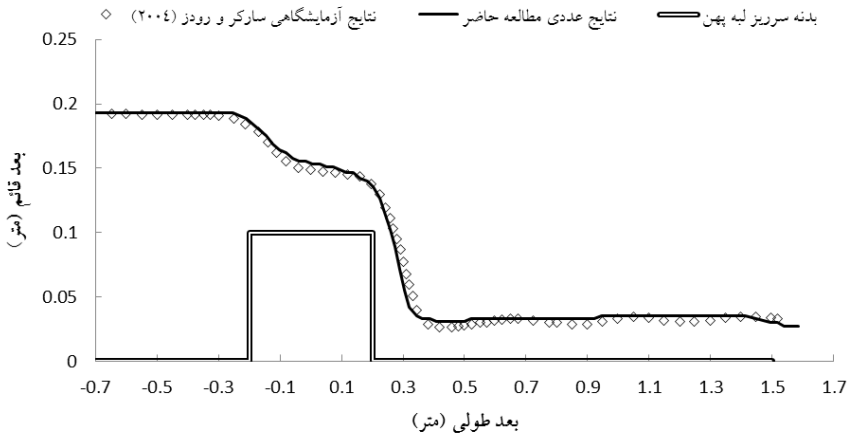
نتایج هر مدل شبیه‌سازی عددی با نتایج تجربی یا آزمایشگاهی مقایسه شد، تا از صحت نتایج عددی اطمینان حاصل گردد. در این مطالعه از نتایج پروفیل سطح آب سارکر ورودز (۲۰۰۴) جهت صحت سنجی نتایج عددی استفاده شد. شکل ۳ به مقایسه نتایج عددی مطالعه حاضر با نتایج آزمایشگاهی سارکر و رودز پرداخته است. لازم به ذکر است شیب کانال افقی بوده و مقدار جریان ۴/۶۸۴ لیتر بر ثانیه در آن برقرار شده است. همچنین دمای آب ۱۸ ± ۱ درجه سانتی‌گراد بوده است.

با توجه به این شکل می‌توان اظهار داشت تطابق قابل قبولی بین نتایج آزمایشگاهی و عددی با ضریب رگرسیون بالا (۰/۹۹۱۳) و مقدار کم مجذور مربعات خطا (۰/۰۰۶ متر) وجود دارد.

[4] Wall
[5] pressure inlet
[6] Pressure outlet

Archive of SID
www.SID.ir

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شماره مجوز کنگره از وزارت علوم: ۷۲۶۴۰۳۸



شکل ۳- مقایسه نتایج عددی و آزمایشگاهی پروفیل سطح آب

همانطوریکه قبلا نیز ذکر شد، در این بررسی تاثیر شیب تاج سرریز لبه پهن بر پارامترهای هیدرولیکی مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این راستا پس از ایجاد و مش‌بندی دامنه‌ی حل توسط نرم‌افزار گمبیت و گسسته سازی معادلات و نیز انتخاب مدل آشفتگی نظیر RNG k-ε در نرم‌افزار فلوئنت، جریان بر روی سرریز تحلیل شده است. لازم به ذکر است در این مسئله با انتخاب سایر مدل‌های آشفتگی تاثیر چندانی روی نتایج مشاهده نشد. گام زمانی در تمامی حالات‌های مورد بررسی برابر ۰/۰۱ ثانیه و تحلیل تمامی مدل‌ها تا رسیدن به زمان ۲۰ ثانیه ادامه داشته است. پس از ثانیه ۲۰ ام مدل به جواب نهایی رسیده و در پارامترهای جریان نظیر پروفیل سطح آب تغییری مشاهده نشد.

نتایج مربوط به پروفیل سطح آب در شکل ۴ برای سه دبی ۳، ۴/۶۸۴ و ۶ لیتر برثانیه و در پنج شیب معرفی شده (صفر، ۱ به ۴، ۱ به ۸، ۱- به ۴ و ۱- به ۸) خلاصه شده است. با توجه به این شکل‌ها می توان دریافت با افزایش دبی جریان عمق جریان در کل دامنه حل افزایش یافته است. بر اساس این شکل‌ها با اعمال شیب منفی یا مثبت بر تاج سرریز، عمق پایین‌دست سرریز تغییر یافته است. به طوریکه در صورت افزایش این شیب، عمق پایین‌دست کاهش یافته است.

در ادامه به بررسی تاثیر شیب تاج سرریز لبه پهن، بر عدد فرود جریان پرداخته خواهد شد. عدد فرود جریان بر اساس رابطه زیر در طول دامنه حل محاسبه و ترسیم شده است.

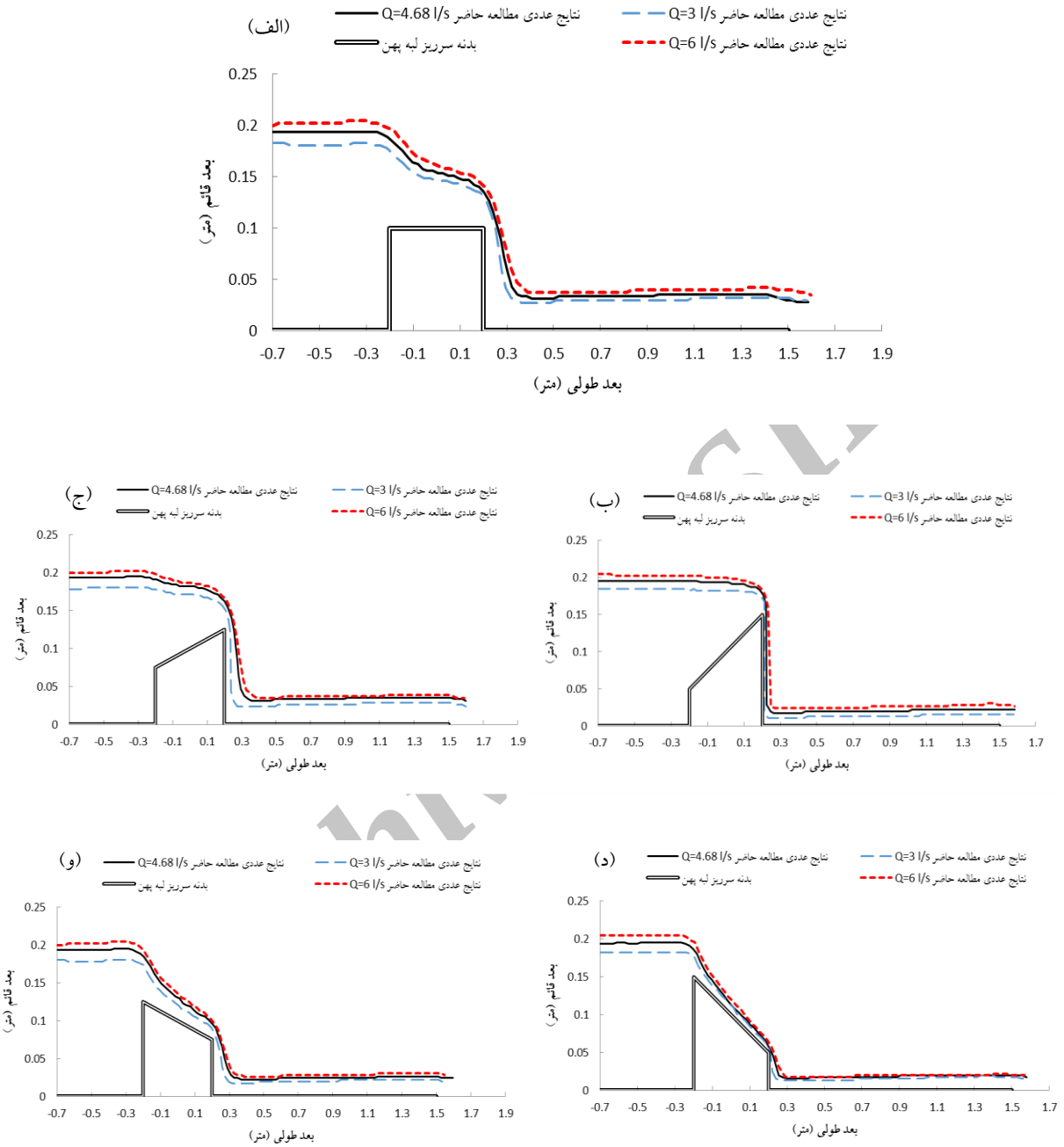
$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gy}} \qquad (۶)$$

در این رابطه V، y و g به ترتیب بیانگر سرعت متوسط، ارتفاع جریان و شتاب جاذبه ثقل است. در شکل ۵ تغییرات عدد فرود در طول دامنه حل ترسیم شده است. در این شکل محور افق بیانگر بعد طولی (بر حسب متر)، محور قائم سمت راست بیانگر ارتفاع سرریز (بر حسب متر) و ومحور قائم سمت چپ بیانگر عدد فرود است. همچنین مقادیر اعداد فرود محاسبه شده و موجود در هر نمودار برای سه دبی مختلف محاسبه شده است. با دقت در این شکل دیده می‌شود، عدد فرود قبل از سرریز لبه پهن در تمامی نمودارها زیر عدد یک قرار دارد و به عبارت دیگر جریان زیر بحرانی است.

در سرریزهای لبه پهن با شیب صفر و مثبت تاج، عدد فرود یک در روی تاج سرریز اتفاق افتاده است. به عبارت دیگر مقطع کنترل در این سرریزها روی تاج سرریز رخ می‌دهد. این در حالی است که در سرریزهایی با شیب منفی تاج، مقطع کنترل خارج از محدوده تاج رخ می‌دهد. بنابراین توصیه می‌گردد در صورتیکه از سرریز لبه پهن به عنوان سازه اندازه‌گیری دبی استفاده گردد، به هیچ عنوان تاج سرریز با شیب منفی ساخته نشود. جدول ۲ محل وقوع مقطع کنترل بر روی سرریزهای لبه پهن مورد بررسی را بر حسب دبی‌های مختلف نشان می‌دهد. در این جدول، محل وقوع مقطع کنترل نرمال شده است. به عبارت دیگر عدد یک نشان‌دهنده انتهای تاج و عدد صفر بیانگر ابتدای تاج سرریز لبه پهن است.

Archive of SID

www.SID.ir

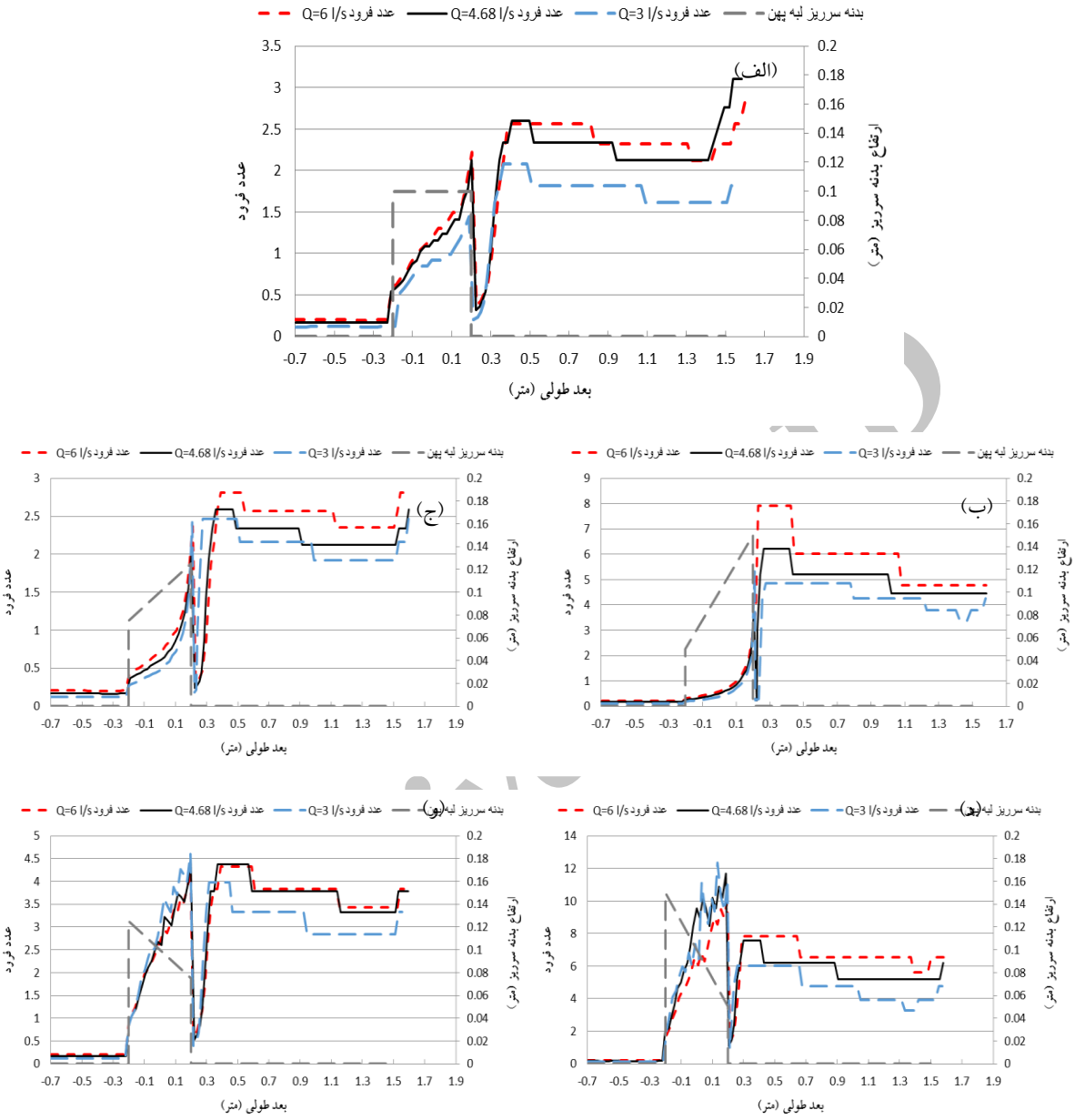


شکل ۴- پروفیل سطح آب در شیب‌های مختلف تاج سرریز لبه پهن: الف) شیب صفر؛ ب) شیب ۱ به ۴؛ ج) شیب ۱ به ۸؛ د) شیب ۱- به ۴؛ و) شیب ۱- به ۸

با توجه به جدول ۱ می‌توان اظهار داشت، در سرریزهای با تاج بدون شیب و شیب مثبت، با افزایش دبی جریان، مقطع کنترل به سمت ابتدای تاج حرکت می‌کند. همچنین با افزایش شیب در یک دبی ثابت، مقطع کنترل به سمت انتهای سرریز حرکت می‌کند.

www.SID.ir

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شماره مجوز کنگره از وزارت علوم: ۷۲۶۴۰۳۸



شکل ۵- تغییرات عدد فرود در شیب‌های مختلف تاج سرریز لبه پهن: الف) شیب صفر؛ ب) شیب ۱ به ۴؛ ج) شیب ۱ به ۸؛ د) شیب ۱- به ۴؛ و) شیب ۱- به ۸

جدول ۲- موقعیت نرمال شده مقطع بحرانی بر روی تاج سرریز لبه پهن

	دبی (لیتر بر ثانیه)		
شیب تاج سرریز	۳	۴/۶۸۴	۶
صفر	۰/۷۴۲	۰/۳۳۷	۰/۳۰۷
۱ به ۴	۰/۸۶۵	۰/۸۰۳	۰/۷۶۲
۱به ۸	۰/۸۷۶	۰/۸۱۵	۰/۷۶۴

www.SID.ir

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شماره مجوز کنگره از وزارت علوم: ۷۲۶۴۰۳۸

خارج از محدوده تاج	خارج از محدوده تاج	خارج از محدوده تاج	۱- به ۴
خارج از محدوده تاج	خارج از محدوده تاج	خارج از محدوده تاج	۱- به ۸

۴- نتیجه‌گیری

هدف اصلی این بررسی بر روی ارزیابی اثر شیب تاج سرریز لبه پهن بر مشخصات هیدرولیکی نظیر پروفیل سطح آب، عدد فرود و محل تشکیل عمق بحرانی با در نظر گرفتن سه نوع جریان با دبی‌های متفاوت استوار است. همانند هر بررسی عددی، یکی از مراحل مهم، صحت سنجی نتایج است که توسط نتایج آزمایشگاهی سرریز لبه پهن سارکر و رودز (۲۰۰۴) صورت گرفته است. لازم به ذکر است در آزمایشات سارکر و رودز شیب تاج صفر در نظر گرفته شده بود. مقایسه نتایج بدست آمده توسط شاخص‌های آماری (ضریب رگرسیون، میانگین مجذور مربعات خطا) با نتایج آزمایشگاهی آنان نشان می‌دهد، شبیه‌سازی عددی نتایج قابل قبولی ارائه کرده است. به منظور ارزیابی اثر شیب، پنج شیب مختلف بر روی تاج سرریز لبه پهن اعمال شده است. شیب‌های اعمال شده هم به صورت صعودی (شیب ۱ (قائم) به ۴ (افقی) و شیب ۱ به ۸)، هم به صورت نزولی (۱- به ۴ و ۱- به ۸) و هم به صورت افقی (شیب صفر) در نظر گرفته شده است. از مجموع پنج سرریز معرفی شده، ۳ جریان با مقادیر دبی ۳، ۴/۶۸۴ و ۶ لیتر برثانیه عبور داده شده است.

بر اساس نتایج بدست آمده مشاهده گردید با افزایش دبی جریان عمق جریان در کل دامنه حل افزایش یافته است. همچنین با اعمال شیب منفی یا مثبت بر تاج سرریز، عمق جریان در پایین‌دست سرریز تغییر یافته است. به طوریکه در صورت افزایش این شیب، عمق پایین‌دست کاهش یافته است. در سرریزهای لبه پهن با شیب صفر یا مثبت تاج، مقطع کنترل (عدد فرود برابر با یک) در روی تاج سرریز اتفاق افتاده است. این در حالی است که در سرریزهایی با شیب منفی تاج، مقطع کنترل خارج از محدوده تاج رخ می‌دهد. بنابراین استفاده از سرریزهایی با شیب مثبت به منظور اندازه‌گیری جریان توصیه نمی‌گردد. همچنین در سرریزهای با تاج بدون شیب و شیب مثبت، با افزایش دبی جریان، مقطع کنترل به سمت ابتدای تاج حرکت کرده است. با افزایش شیب در یک دبی ثابت، مقطع کنترل به سمت انتهای سرریز حرکت می‌کند. برای یک شیب یکسان تاج، با افزایش دبی، متوسط فرود در پایین دست سرریز نیز افزایش یافته است. تغییر شیب چه مقدار مثبت و چه مقدار منفی نیز، موجب افزایش متوسط عدد فرود پایین دست شده است.

۵- مراجع

[1] Bazin, M.H. (1869). Experiments nouvelles sur I ecoulement en deversoir, Ann. Ponds et Chausses, 7, ser.7: 249-347.

[2] Johnson, M.C. (2000). Discharge coefficient analysis for flat-topped and sharp-crested weirs, Irrigation Sciences 19:133–137.

[3] Baylar, A. and Emiroglu, E.M. (2002). The effect of sharpcrested weir shape on air entrainment, Canad. J. Civ. Eng., 29, 3: 375–383.

[4] Ghodsian M. (2003). Supercritical flow over a rectangular side weir, Canad. J. Civ. Engng, 30, 3: 596–600.

[5] Farhoudi, J. and Shahalami, H. (2005). Slope effect on discharge efficiency in rectangular broad crested weir with sloped upstream face, Int. J. Civ. Eng.,V 3, N1.

[۶] فرهودی، جواد،گودرزی،احسان ، شکری، ناصر، (۱۳۸۶)، بررسی تاثیر شیبدار کردن وجه بالادست سرریزهای لبه پهن مستطیلی در ضریب تخلیه و مشخصات جریان، مجموعه مقالات ششمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهرکرد.

[7] Sargison J.E. and Percy, A. (2009). Hydraulics of Broad-Crested Weirs with Varying Side Slopes, J. of Irrigation and Drainage Engng, ASCE. Vol. 135, No. 1: 115–118.

Archive of SID
www.SID.ir

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شماره مجوز کنگره از وزارت علوم: ۷۲۶۴۰۳۸

[8] Haun, S. and Olsen, N.R.B. Feurich, R. (2011). Numerical modeling of flow over trapezoidal broad-crested weir, Engineering Application of Computational Fluid Mechanics, Vol. 5, No. 3, pp: 397–405.

[۹] حمزئی، مصطفی، جوان، میترا، اقبال زاده، افشین، (۱۳۹۰)، بررسی اثر شیب وجوه بالادست و پایین دست سرریز لبه پهن بر مشخصات جریان با استفاده از نرم افزار فلوئنت، مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک، جلد بیست، شماره دوم.

[۱۰] صفرزاده اکبر، احمد حکیمی رحمان، (۱۳۹۳)، مدل عددی سه بعدی هیدرودینامیک جریان مستغرق روی سرریز لبه پهن مستطیلی، اولین کنفرانس سراسری توسعه محوری مهندسی عمران، معماری، برق ومکانیک ایران، دانشکاه گلستان.

[۱۱] شجاعی فرد م.ح. و نور پور ع.ر. (۱۳۸۹). مقدمه‌ای بر دینامیک سیالات محاسباتی. انتشارات دانشگاه علم وصنعت ایران. ۱۵۱-۱۹۸.

[۱۲] Sarker, M.A. and Rhodes, D.G. (2004). Calculation of free-surface profile over a rectangular broad-crested weir, Flow Meas. Instrum., 15: 215–219.

Archive of SID

www.SID.ir