بررسی الگوی جریان روی سرریزهای جانبی تاج‌دایره‌ای

الهام ایزدی‌نیا[۱]، منوچهر حیدرپور[۱*] و عبدالرضا کبیری سامانی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۱/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۰/۲۹)

چکیده

در این تحقیق با استفاده از اندازه‌گیری ناحیه جدایی جریان، نیمرخ سطح آب و پروفیل سرعت در مدل سرریز جانبی تاج‌دایره‌ای، خصوصیات جریان روی این سازه‌ها بررسی شده است. با استفاده از آنالیز ابعادی، تحلیل آماری و ایجاد رگرسیون، معادله‌ای برای ناحیه جدایی جریان پیشنهاد شده است. نتایج نشان داد که طول ناحیه جدایی جریان به عواملی چون نسبت عمق آب در بالادست به پایین‌دست سرریز، عرض کانال به عمق آب در پایین‌دست و عدد فرود در بالادست سرریز بستگی دارد. از بررسی نیمرخ‌های طولی و عرضی سطح آب در محل سرریز جانبی مشخص گردید که نیمرخ سطح آب در مجاورت سرریز دارای تغییرات شدید بوده که علت آن وجود ناحیه جدایی جریان می‌باشد. بنابراین مناسب‌ترین محل برای اندازه‌گیری مشخصات جریان در راستای محور کانال پیشنهاد می‌گردد. هم‌چنین با بررسی پروفیل‌های سرعت مشخص شد که سرعت بیشینه در سرریز جانبی تاج‌دایره‌ای در زیر سطح آب اتفاق می‌افتد که علت آن وجود جریان‌های ثانویه روی سرریز می‌باشد. با فاصله گرفتن از سرریز جانبی در جهت طولی و عرضی کانال از تأثیر جریان‌های ثانویه کاسته شده و پروفیل‌های سرعت یکنواخت‌تری حاصل می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: سرریز جانبی تاج‌دایره‌ای، جدایی جریان، پروفیل سطح آب، پروفیل سرعت، جریان متغیر مکانی

مقدمه

سرریزهای جانبی از انواع سازه های هیدرولیکی می‌باشند که در دیواره کانال اصلی احداث شده و هنگامی‌که سطح آب در کانال بالاتر از تاج سرریز قرار می‌گیرد قسمتی از جریان توسط آن به خارج از کانال هدایت می‌گردد. این سازه دارای کاربرد وسیعی درسیستم‌های فاضلاب شهری، آبرسانی و آبیاری، کنترل دبی، انحراف سیلاب و دبی مازاد رودخانه‌ها و کانال‌ها می‌باشد. جریان عبوری از یک سرریز جانبی از نوع جریان‌های متغیر مکانی می‌باشد. جریان متغیر مکانی به حالتی از جریان دائمی گفته می‌شودکه شدت جریان در طول کانال و در جهت جریان، افزایش یا کاهش می‌یابد (۶). تئوری جریان‌های متغیر مکانی با کاهش دبی، اولین بار در طراحی سرریزهای جانبی مطرح شد. اولین آزمایش‌ها روی این سرریزها در سال ۱۹۱۷ توسط انگلس و سپس توسط اسمیت و کلمن در سال ۱۹۳۰ انجام گرفت. نتایج حاصل از این آزمایش‌ها با یکدیگر تطابق نداشت. در آزمایش‌های اول، پروفیل جریان افزایشی و در آزمایش‌های دوم این پروفیل، کاهشی گزارش شده است. به دنبال مطالعات دقیق فورشمایر در سال ۱۹۳۰ یک روش تحلیلی با فرض موازی بودن خط انرژی با تاج سرریز و کف کانال و هم‌چنین فرض خطی بودن پروفیل جریان برای سرریزهای

۱. به ترتیب دانشجوی سابق دکتری و دانشیار مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲. استادیار گروه آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: heidar@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.60.9]

جانبی لبه‌تیز ارائه شد. دیمارچی برای اولین بار در سال ۱۹۳۴ معادله دینامیکی جریان متغیر مکانی با کاهش دبی را با فرض ثابت بودن انرژی در طول سرریز، برای کانال‌های افقی مستطیلی زمانی‌که بتوان از اصطکاک آن صرف نظر کرد حل نمود (۱۰).

آکرز در سال ۱۹۵۷ مقدار ضریب شدت جریان سرریز جانبی را در حالتی‌که مقدار عمق جریان در راستای محور نزدیک به دیواره بیرونی اندازه‌گیری شود برابر ۰/۶۲۵ و در حالتی‌که اندازه‌گیری درمجاورت سرریز انجام گیرد ۰/۷۲۵ پیشنهاد نمود (به نقل از۱۷). سابرامانیا و آوستی مطالعاتی را روی سرریزهای جانبی لبه‌تیز مستطیلی انجام دادند. آنها نشان دادند افت جریان در اثر وجود سرریز جانبی در ابتدای سرریز ناچیز می‌باشد. هم‌چنین با اندازه‌گیری پروفیل‌های سرعت نشان دادند سرریز جانبی مستطیلی تأثیر قابل ملاحظه‌ای در توزیع سرعت در مجاورت سرریز خواهد داشت (۱۷).

راجو و همکاران ضریب دبی سرریزهای جانبی لبه‌تیز و لبه پهن مستطیلی را در شرایط جریان زیربحرانی مورد مطالعه قرار داده و نشان دادند که ضریب دبی در سرریزهای لبه پهن علاوه بر عدد فرود، به نسبت ارتفاع آب بالادست به پهنای سرریز نیز بستگی دارد (۱۶). هاگر سرریزهای جانبی را با سرریزهایی که در جهت جریان قرار می‌گیرند با ثابت بودن شرایط، مورد مقایسه قرار داد و مشاهده نمود که میزان انرژی مخصوص در سرریزهای جانبی بیشتر از سرریزهای معمولی است و عمق جریان در سرریزهای جانبی تقریباً برابر با میزان انرژی مخصوص در سرریزهای معمولی خواهد بود (۱۱). آگاسیوگلو و یوکسل مطالعاتی را روی خصوصیات هیدرولیکی سرریزهای جانبی لبه‌تیز مستطیلی در کانال‌های قوس‌دار با قوس ۱۸۰ درجه انجام دادند (۷). برقعی و همکاران تأثیر پارامترهای هیدرولیکی و هندسی کانال و شکل سرریز را بر ضریب دبی در جریان زیر بحرانی برای سرریزهای جانبی لبه‌تیز مورد مطالعه قرار دادند (۸). ماسولا مدلی را بر اساس برازش منحنی‌ها برای به دست آوردن پارامترهای هیدرولیکی سرریزهای جانبی ارائه کرد (۱۳). اویماز و ماسولا مطالعات آزمایشگاهی و تئوری را براساس فرض ثابت بودن انرژی در طول سرریز روی سرریزهای جانبی لبه تیز مستطیلی در مقاطع دایره‌ای انجام دادند. هم‌چنین راه حلی را براساس روش تفاضل محدود برای معادله دنیامیکی جریان متغیر مکانی در مقاطع دایره‌ای ارائه کردند (۱۸). هاگر به بررسی خصوصیات هیدرولیکی جریان روی سرریزهای جانبی مستطیلی در مقاطع دایره‌ای در شرایط جریان فوق بحرانی پرداخت و معادله دینامیکی جریان در این مقاطع را ارائه نمود (۱۲). اولیویتو و همکاران خصوصیات جریان از روی سرریزهای جانبی را در شرایطی که جریان روی سرریز فوق بحرانی و بالادست سرریز زیر بحرانی باشد را در مقاطع دایره‌ای مورد مطالعه قرار دادند و با استفاده از معادله برنولی معادلاتی را برای سرعت جریان خروجی از سرریز جانبی به دست آوردند که نتایج این معادله با اندازه گیری‌های آزمایشگاهی تطابق خوبی را نشان می‌داد(۱۴).

اونن و آگاسیوگلو بررسی‌های آزمایشگاهی را روی عمق تعادل آبشستگی موضعی در اطراف سرریزهای جانبی ارائه دادند. آنها نشان دادند به علت کاهش سرعت و تنش برشی، ناحیه سکونی در نزدیکی ساحل داخلی و ناحیه جدایی جریان، در بالادست سرریز تشکیل می‌گردد (۱۵).

برقعی و کبیری با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده در مدل آزمایشگاهی سرریز جانبی با استفاده از روش تشابه ناقص و بهره‌گیری از نرم افزار SPSS، به ارائه روابط بهینه برای تعیین ضریب دبی و در نتیجه دبی عبوری از سرریز جانبی پرداختند (۴). آقایاری و همکاران تأثیر ارتفاع و پهنای تاج سرریز جانبی لبه‌پهن مستطیلی را بر ضریب دبی در جریان زیر بحرانی و کانال‌های منشوری مستطیلی مورد بررسی قرار دادند (۱). بزرگیان و یزدان‌دوست ممنتوم جریان جانبی را در معادله دینامیکی جریان متغیر مکانی در نظر گرفته و نشان دادند در این حالت پروفیل سطح آب محاسباتی با اندازه‌گیری شده روی سرریز جانبی اوجی در کانالی با هندسه غیر منشوری و مقطع ذوزنقه‌ای تطابق خوبی را دارد(۵).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.60.9]

همان‌طور که مشخص است تاکنون مطالعات زیادی در ارتباط با سرریزهای جانبی لبه‌تیز صورت گرفته است اما انواع دیگر سرریزهای جانبی کمتر مورد توجه بوده است. در مطالعه حاضر خصوصیات جریان روی سرریزهای جانبی تاج‌دایره‌ای که در گروه سرریزهای تاج کوتاه رار دارند مورد بررسی قرار می‌گیرد. تفاوت سرریزهای تاج کوتاه با دیگر انواع سرریزها در آن است که از انحنای خطوط جریان روی تاج نمی‌توان صرف‌نظر نمود، بنابراین خصوصیات جریان تحت تأثیر انحنای خطوط جریان روی تاج قرارخواهد گرفت (۹).

در طی انجام آزمایشات در گوشه بالادست سرریز ناحیه جدایی جریان دیده می‌شد. نقطه جدایی (S) نقطه‌ای است که درآن گرادیان سرعت مساوی صفرمی‌باشد، پس از نقطه S توزیع فشار روی سطح جسم به‌طور کامل تغییر می‌کند، به نحوی که این تغییر موجب ایجاد یک نیروی بزرگ و نامتعادل در مقابل حرکت سیال می‌گردد(۲). جدایی جریان باعث کاهش طول مؤثر سرریز و در نتیجه کاهش میزان دبی عبوری از روی سرریز می‌گردد. در صورتی‌که ناحیه جدایی جریان نادیده گرفته شود باعث تخمین بیشتر دبی عبوری از سرریز جانبی شده و این امر سبب افزایش هزینه‌ها در طراحی سازه‌های پایین‌دست سرریز می‌گردد. تاکنون مطالعات دقیقی روی ناحیه جدایی جریان صورت نگرفته است. در مطالعه حاضر با استفاده از آنالیز ابعادی وتحلیل آماری روی داده‌ها و انجام رگرسیون، معادله‌ای برای ناحیه جدایی جریان پیشنهاد می‌گردد. ناحیه جدایی جریان باعث تغییرات خصوصیات جریان در مجاورت سرریز جانبی می‌گردد. شکل (۱) ناحیه جدایی جریان را در مجاورت سرریز نشان می‌دهد.

از متغیرهای مهم در طراحی سرریزهای جانبی مشخص نمودن عمق جریان قبل وبعد از سرریز می‌باشد. با توجه به شکل (۲) در عمل می‌توان اندازه‌گیری‌ها را در راستای سه محورaa، cc و dd انجام داد. در مطالعه حاضر با بررسی نیمرخ‌های طولی و عرضی سطح آب محور مناسب برای اندازه‌گیری عمق جریان مشخص گردید.

هم‌چنین پروفیل‌های سرعت در راستای سه محور اندازه‌گیری شد و نحوه تغییرات آن در حضور سرریز جانبی تاج‌دایره‌ای مورد بررسی و با نتایج دیگران مقایسه خواهد شد.

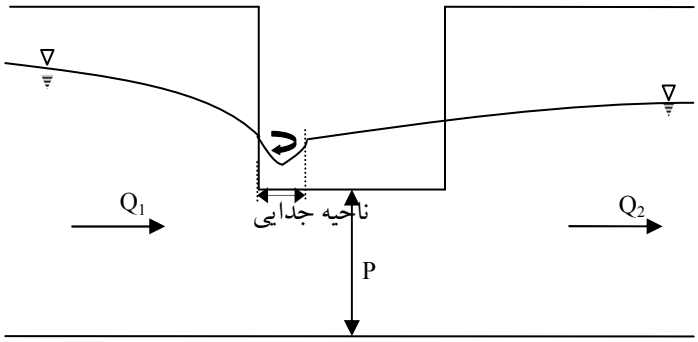
مواد و روش‌ها

آزمایشات این تحقیق در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه صنعتی اصفهان در یک فلوم آزمایشگاهی به طول ۸، عرض ۰/۴ و ارتفاع ۰/۶ متر از جنس پلکسی گلاس شفاف به ضخامت ۲ سانتی‌متر انجام گرفت. این کانال توسط پمپی با حداکثر دبی lit/s ۵۰ تغذیه می‌شد. تنظیم دبی خروجی از موتور پمپ توسط شیر تنظیم تعبیه شده در قبل از دهانه ورودی کانال صورت می‌گرفت. کانال دارای دو مخزن انتهایی و جانبی هر یک به حجم ۲/۵ متر مکعب بود. این دو مخزن از طریق لوله به یکدیگر متصل شده در نتیجه سطح آب در هر دو مخزن در یک ارتفاع، ثابت می‌ماند. آب در سیکل بسته مطابق شکل (۳-الف) ازمخزن انتهای کانال به مخزن آرام‌کننده ابتدای کانال پمپاژ شده و در آنجا با عبور از یک صافی آرام کننده وارد کانال می‌شد. مقداری از جریان توسط سرریز جانبی منحرف گشته و به مخزن جانبی کانال می‌ریخت، دبی باقی‌مانده در کانال به مخزن انتهایی انتقال می‌یافت.

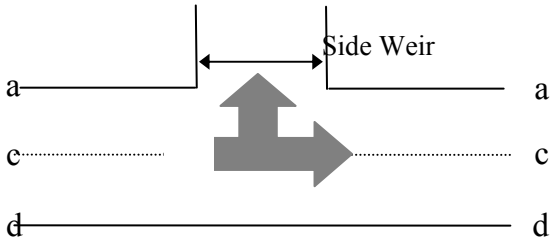
با توجه به پروفیل‌های سرعت به دست آمده در طول کانال، مشخص گردید که جریان در فاصله ۳/۵ متری از ابتدای کانال توسعه یافته در نتیجه سرریز جانبی در فاصله ۴/۵ متری از ابتدای کانال نصب گردید. اندازه‌گیری دبی جریان قبل از سرریزجانبی(Q1) با استفاده از دبی‌سنج واسنجی شده در فاصله بین شیر تنظیم و مخزن بالادست صورت می‌گرفت. در انتهای کانال دریچه کشویی قرار داشت که سطح آب را در کانال تنظیم کرده هم‌چنین برای اندازه‌گیری دبی جریان پس از سرریز جانبی(Q2) از آن استفاده می‌شد. از تفاضل دبی جریان قبل از سرریزجانبی و پس ازآن (Q1-Q2) دبی سرریز جانبی (Qs) به دست‌آمد. اندازه‌گیری تراز سطح آب توسط عمق‌سنج متحرک نصب شده روی کانال با دقت اندازه‌گیری ۰/۱ میلی‌متر صورت

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]

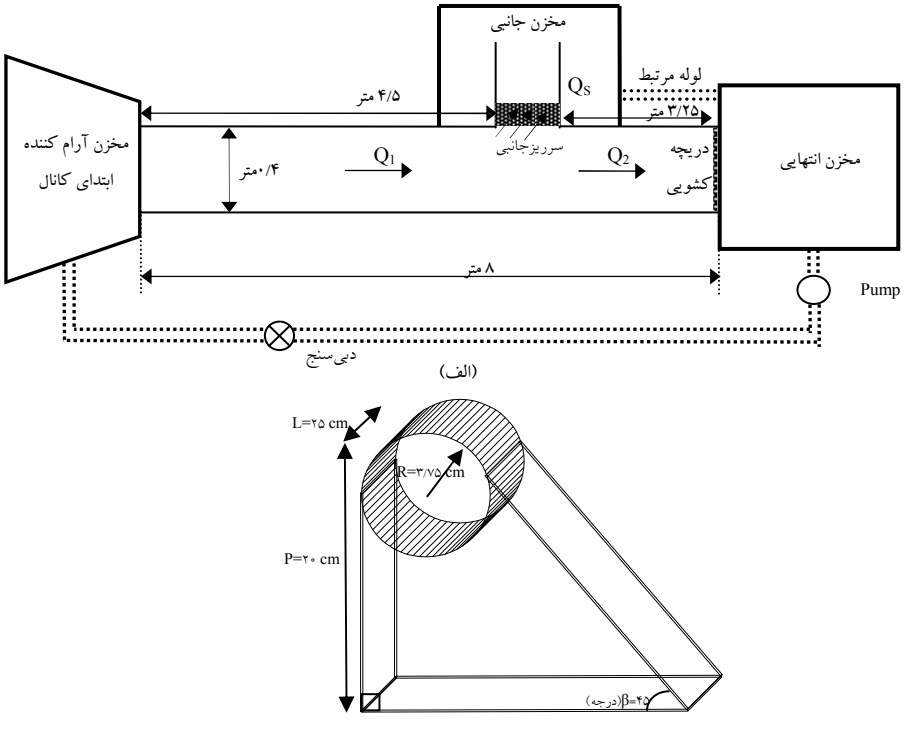
[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.60.9]



شکل۱. ناحیه جدایی جریان در مجاورت سرریز



شکل۲. محورهای اندازه‌گیری جریان



(ب)

شکل۳. الف) پلان مجموعه دستگاه آزمایش، ب) سرریز جانبی تاج‌دایره‌ای

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.60.9]

می‌گرفت. هم‌چنین برای اندازه‌گیری پروفیل سرعت از یک لوله پیتو متحرک نصب شده روی کانال با قطر خارجی ۲ میلی‌متر استفاده گردید.

مدل سرریزجانبی تاج‌دایره‌ای دارای طول ۲۵، ارتفاع ۲۰ و شعاع تاج ۳/۷۵ سانتی‌متر بود. شیب پایین‌دست و بالادست آن به ترتیب ۶۰ درجه و قائم در نظر گرفته شد(شکل ۳ ب). به علت سهولت برش و شکل‌گیری، جنس مدل از ورق گالوانیزه انتخاب گردید. دیواره کانال در محل نصب سرریز به اندازه طول سرریز برش داده شد. برای سهولت در نصب سرریز جانبی صفحه‌ای از جنس تفلون در کناره دیواره بیرونی کانال در محل سرریز نصب گردید. در کف سرریز ریل‌هایی از جنس تفلون متصل شد. این ریل‌ها به صورت کشویی در شیارهای ایجاد شده در صفحه تفلون کناره کانال وارد شده به‌طوری‌که سرریز در کناره دیواره کانال مستقر می‌گردید. پس از آن سرریز جانبی به وسیله لاستیک، خمیر درزگیر و چسب آکواریوم در جای خود کاملاً ثابت، درزگیری و آب‌بندی شد.

کلیه آزمایش‌ها در شرایط جریان زیربحرانی انجام گرفت. محدوده انتخابی دبی در بالادست سرریز جانبی بین ۲۲ تا ۵۰ و در پایین‌دست آن بین ۱۵ تا۴۰ لیتر در ثانیه در نظر گرفته شد. ناحیه جدایی جریان با تزریق ماده رنگی در آب و اندازه‌گیری این ناحیه در امتداد محور aa توسط اشل مدرج صورت گرفت. برای بررسی نیمرخ سطح آب، عمق جریان روی نقاط شبکه‌بندی شده در مجاورت سرریز در طول و عرض کانال مطابق شکل (۴) برداشت شد. هم‌چنین پروفیل‌های سرعت در راستای سه محور aa، cc وdd در فاصله ۱۰ سانتی‌متر قبل از سرریز (نقاط Ca,Cc,Cd)، ابتدای سرریز (نقاط Ga,Gc,Gd)، وسط سرریز (نقاط Ma,Mc,Md)، انتهای سرریز (نقاط Qa,Qc,Qd) و ۱۰ سانتی‌متر بعد از سرریز (نقاط Ua,Uc,Ud) برداشت شدند.

نتایج و بحث

با استفاده از تحلیل ابعادی می‌توان ناحیه جدایی جریان را وابسته به متغییرهای هندسی، جریان و سیال به شرح زیر نوشت:

$$f(S,Y1,Y2,Q1,Q2,P,R,L,V1,V2,\sigma,\mu,\rho,g)=0 \quad [1]$$

که در آن S طول ناحیه جدایی جریان، Y1 و Y2 به ترتیب عمق آب در بالادست و پایین‌دست سرریز، Q_1 و Q_2 به ترتیب دبی جریان در بالادست و پایین‌دست سرریز، P ارتفاع سرریز، R شعاع تاج سرریز، L طول سرریز، V_1 و V_2 به ترتیب سرعت جریان در بالادست و پایین‌دست سرریز، σ، ρ و μ به ترتیب کشش سطحی، جرم مخصوص و لزجت دینامیکی سیال و g شتاب ثقل می‌باشد. در رابطه فوق ۱۴ متغیر با سه کمیت اصلی (طول، جرم، زمان) وجود دارد. از این رو طبق تئوری باکینگهام ۱۱ پارامتر بدون بعد مستقل به صورت ذیل حاصل می‌گردد.

$$\frac{S}{Y_1}=f\left(\frac{Y_2}{Y_1},\frac{B}{Y_1},\frac{B}{Y_2},\frac{L}{Y_1},\frac{P}{Y_1},\frac{V_2}{V_1},\frac{R}{Y_1},Fr_1,Re,We\right) \quad [2]$$

به عنوان نمونه محاسبات مربوط به پارامتر B/Y_1 در ذیل آورده شده است.

$$\pi_3=Y_1^a V_1^b \rho^c Q_1=(L)^a\left(LT^{-1}\right)^b\left(ML^{-3}\right)^c\left(L^3T^{-1}\right)=M^0L^0T^0 \quad [3]$$

$$\Rightarrow a=-2,b=-1,c=0$$

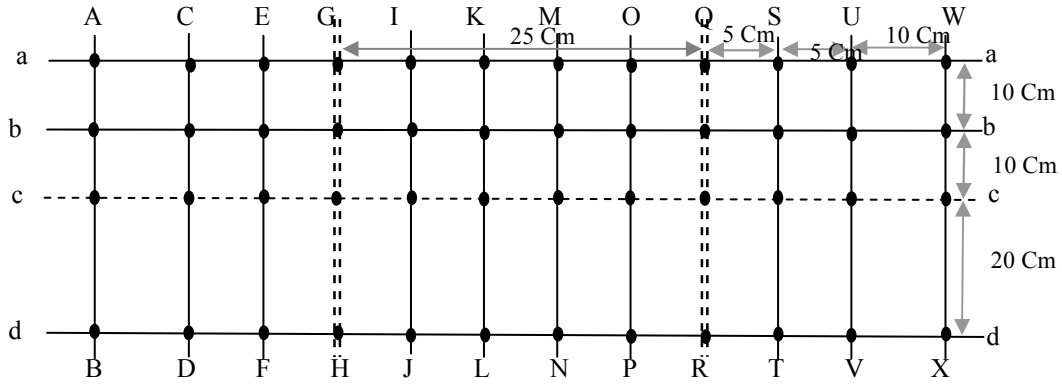
$$\pi=Y_1^{-2}V_1^{-1}\rho^0 Q_1=\frac{Q_1}{V_1Y_1^2}=\frac{A_1}{Y_1^2}=\frac{B}{Y_1}$$

که در آن Fr_1 عدد فرود در ابتدای سرریز، Re عدد رینولدز، We عدد وبر، A سطح مقطع جریان و B عرض کانال می‌باشد. عدد رینولدز در رابطه (۲) معرف اثر لزجت و عدد وبر معرف اثر کشش سطحی می‌باشند. از آن‌جا که تیغه آب روی مدل از ضخامت کافی برخوردار بود (حداقل ارتفاع آب روی سرریز ۴ سانتی‌متر در نظر گرفته شد) و هم‌چنین جریان روی سرریز آشفته می‌باشد (۶۵۰۰<Re<۱۲۰۰۰) بنابراین می‌توان از اثرات لزجت و کشش سطحی صرف‌نظر نمود.

با استفاده از نرم‌افزار SPSS تحلیل آماری روی داده‌ها صورت گرفت و مشخص گردید تأثیر متغییرهای $\frac{B}{Y_1},\frac{L}{Y_1},\frac{P}{Y_1},\frac{V_2}{V_1},\frac{R}{Y_1}$ نیز روی ناحیه جدایی ناچیز می‌باشد. در نهایت با ایجاد رگرسیون خطی برای بخشی از داده‌ها رابطه (۴) با ضریب هم‌بستگی R^2= ۰/۹۳۲ و خطای تخمین استاندارد SEE=۰/۰۰۵۵۷ در سطح ۹۵ درصد اطمینان به دست‌آمد. در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.60.9]



شکل ۴. شبکه‌بندی در نظرگرفته شده در مجاورت سرریز

رابطه زیر محدوده $Fr_1 < ۰/۵$ می‌باشد.

$$\frac{S}{Y_1} = ۷/۲۹۴(\frac{Y_2}{Y_1}) + ۰/۱۹۴(\frac{B}{Y_2}) - ۰/۱۲(Fr_1) - ۷/۴۸۷ \quad [۴]$$

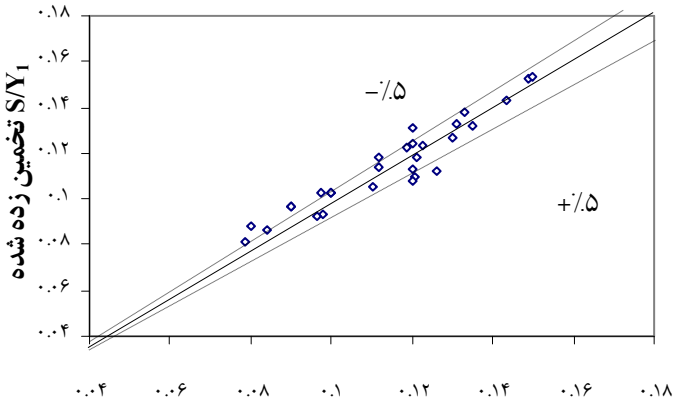
از بقیه داده‌ها برای بررسی میزان اعتبار مدل استفاده گردید. شکل (۵) مقادیر (S/Y_1) اندازه‌گیری شده در مقابل مقادیر تخمین زده شده با استفاده از رابطه (۴) را نشان می‌دهد. همان‌گونه که از شکل مشخص است رابطه (۴) از دقت مناسبی برخوردار می‌باشد.

شکل (۶) نیمرخ طولی سطح آب را در امتداد چهار محور aa، bb، cc وdd به ازای دبی‌های مختلف سرریزجانبی نشان می‌دهد. در این شکل روند افزایشی بودن نیمرخ سطح آب در امتداد هر چهار محور که نشان دهنده جریان زیربحرانی است مشخص می‌باشد. بررسی شکل نشان می‌دهد که با افزایش دبی سرریز جانبی نیمرخ سطح آب در امتداد هر چهار محور یکنواخت‌تر شده و از تغییرات سطح آب بویژه در راستای محورaa کاسته می‌شود. با توجه به شکل، نیمرخ سطح آب در امتداد محورaa دارای تغییرات شدید بوده که علت آن وجود ناحیه جدایی جریان در مجاورت سرریز می‌باشد. با فاصله گرفتن در جهت عرضی کانال از شدت تغییرات کاسته شده به طوری‌که درامتداد محورdd نیمرخ سطح آب تقریباً با کف کانال موازی شده و روند افزایشی بودن پروفیل سطح آب نیز بسیار ناچیز می‌گردد. بنابراین می‌توان اذعان نمود که سرریز جانبی بر محورdd دارای تأثیر ناچیز می‌باشد. همان‌طور که مشخص است اندازه‌گیری‌های انجام شده در راستای محور طولی aa وbb چار تغییرات زیاد می‌باشند که علت آن وجود جریان‌های ثانویه و ناحیه جدایی جریان در مجاورت سرریز می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که افت سطح آب محدود به مجاورت سرریز جانبی بوده و در راستای محور کانال این اثر از بین رفته و برای اندازه‌گیری قابل اطمینان است.

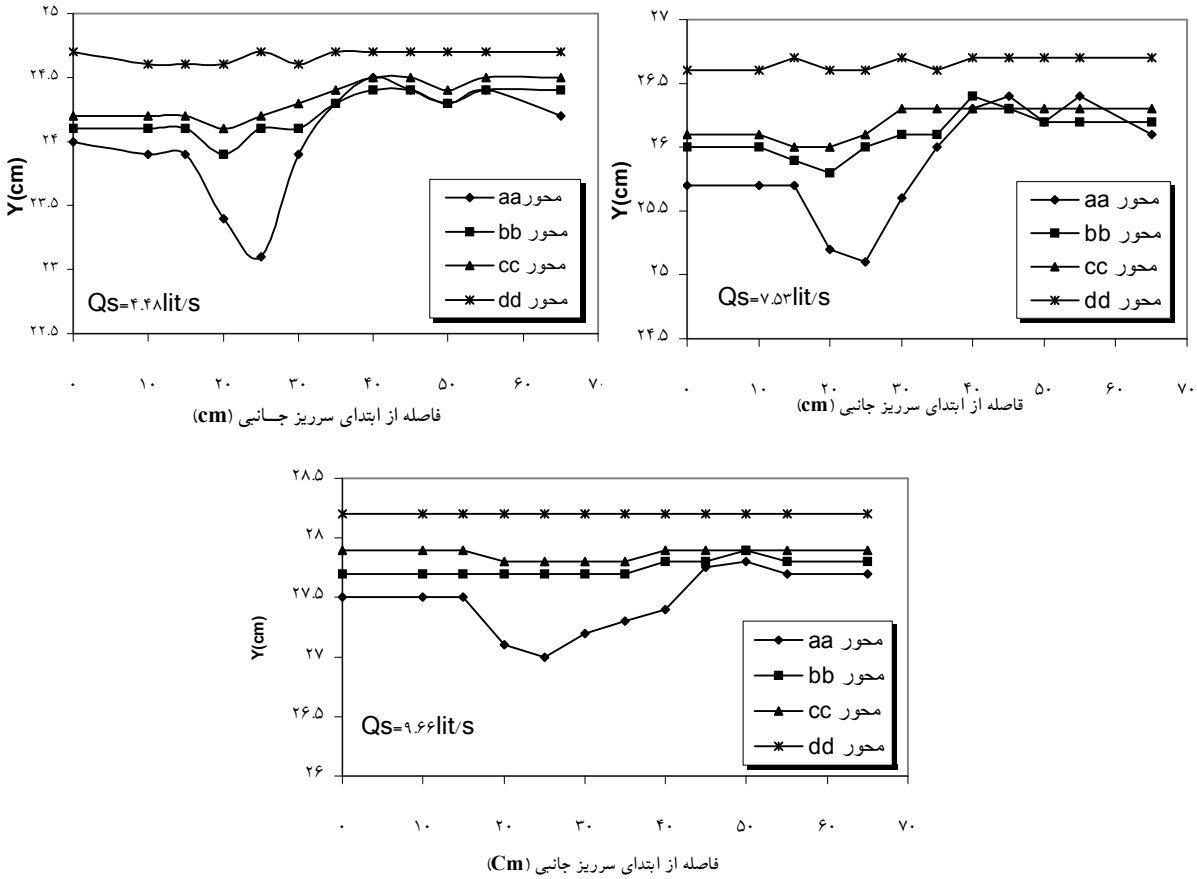
شکل (۷) نیمرخ عرضی سطح آب را به ازای یک دبی ثابت و در فواصل مختلف از سرریزجانبی به منظور مقایسه دقیق‌تر عمق‌های اندازه‌گیری شده روی سرریز نشان می‌دهد. با توجه به شکل مشخص است که نیمرخ سطح آب در تمام مقاطع در جهت عرضی کانال با فاصله گرفتن از سرریز زیاد می‌شود به‌طوری‌که بیشترین عمق اندازه‌گیری شده در کناره دیواره کانال و کمترین مقدار در مجاورت سرریز می‌باشد. مقاطع CD وUV به ترتیب مربوط به نیمرخ سطح آب در مقاطع عرضی به فواصل ۱۰ سانتی‌متر قبل و بعد از سرریز می‌باشد. با توجه به شکل روند تغییرات عمق جریان در این دو مقطع تقریباً یکسان می‌باشد. مقاطعGH وQR به ترتیب مربوط به مقاطع ابتدا و انتهای سرریز و مقطع KL تقریباً در وسط سرریز می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود از ابتدا به سمت انتهای سرریز نیمرخ‌های عرضی یکنواخت‌تر می‌شوند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.60.9]

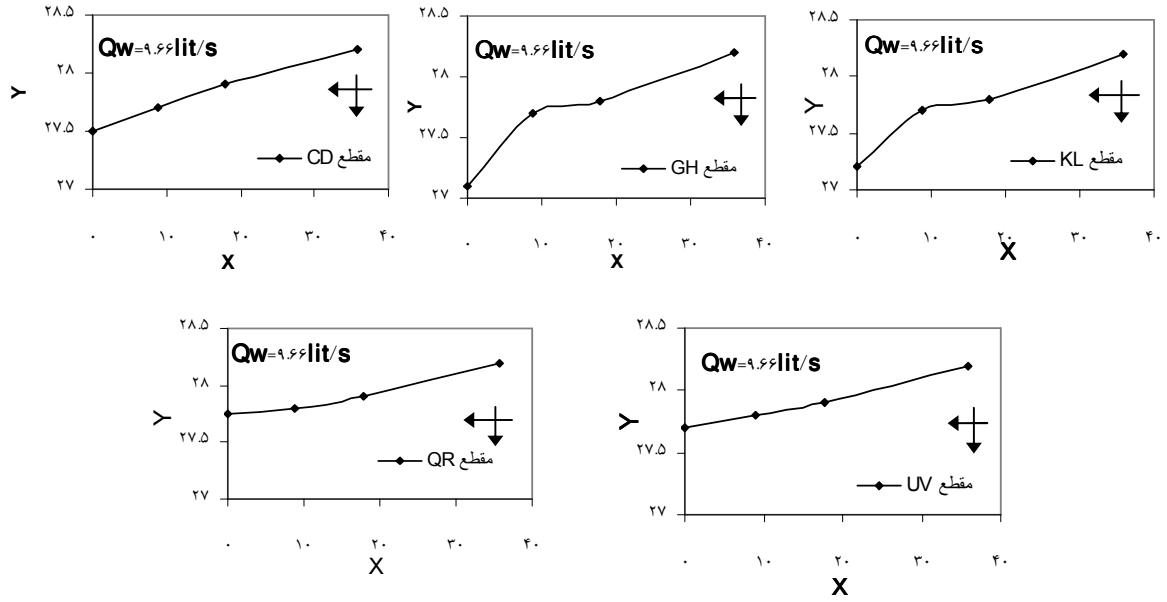


شکل ۵. مقادیر (S/Y_1) اندازه‌گیری شده در مقابل مقادیر تخمین زده شده با استفاده از رابطه (۳)

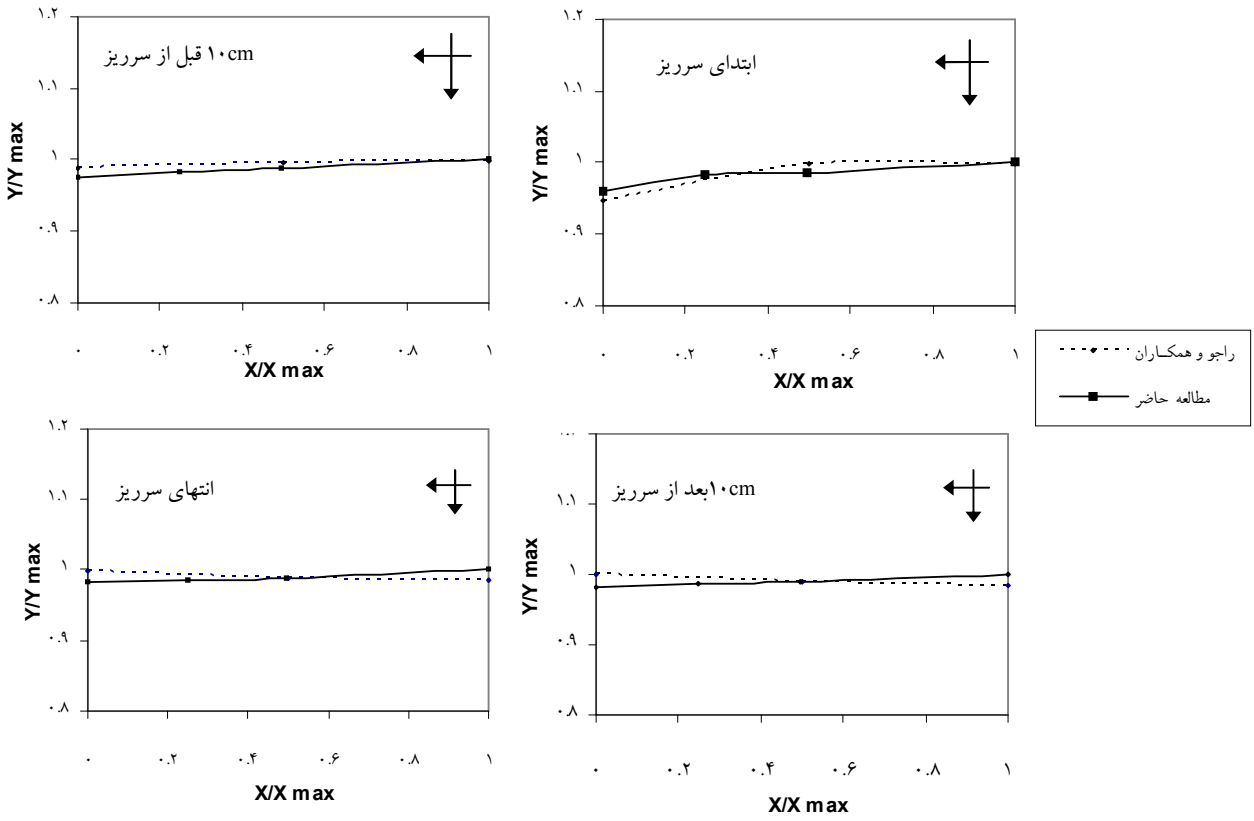


شکل۶. نیمرخ طولی سطح آب در امتداد چهار محور به ازای دبی‌های مختلف سرریزجانبی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.60.9]



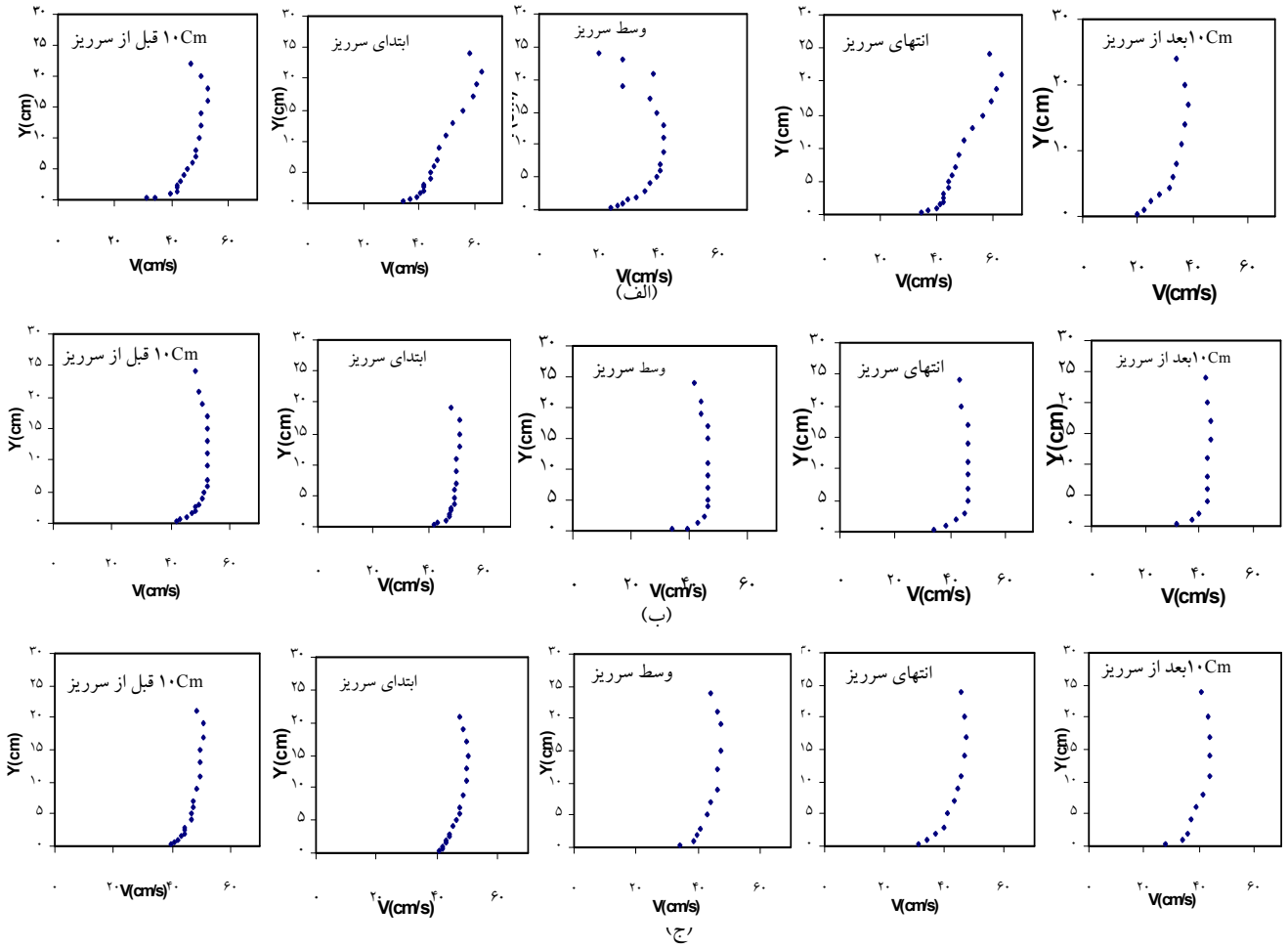
شکل ۷. نیمرخ عرضی سطح آب در فواصل مختلف از سرریزجانبی



شکل۸. مقایسه نیمرخ‌های عرضی اندازه‌گیری شده در مطالعه حاضر با داده‌های راجو و همکاران برای سرریز جانبی لبه‌تیز

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.60.9]



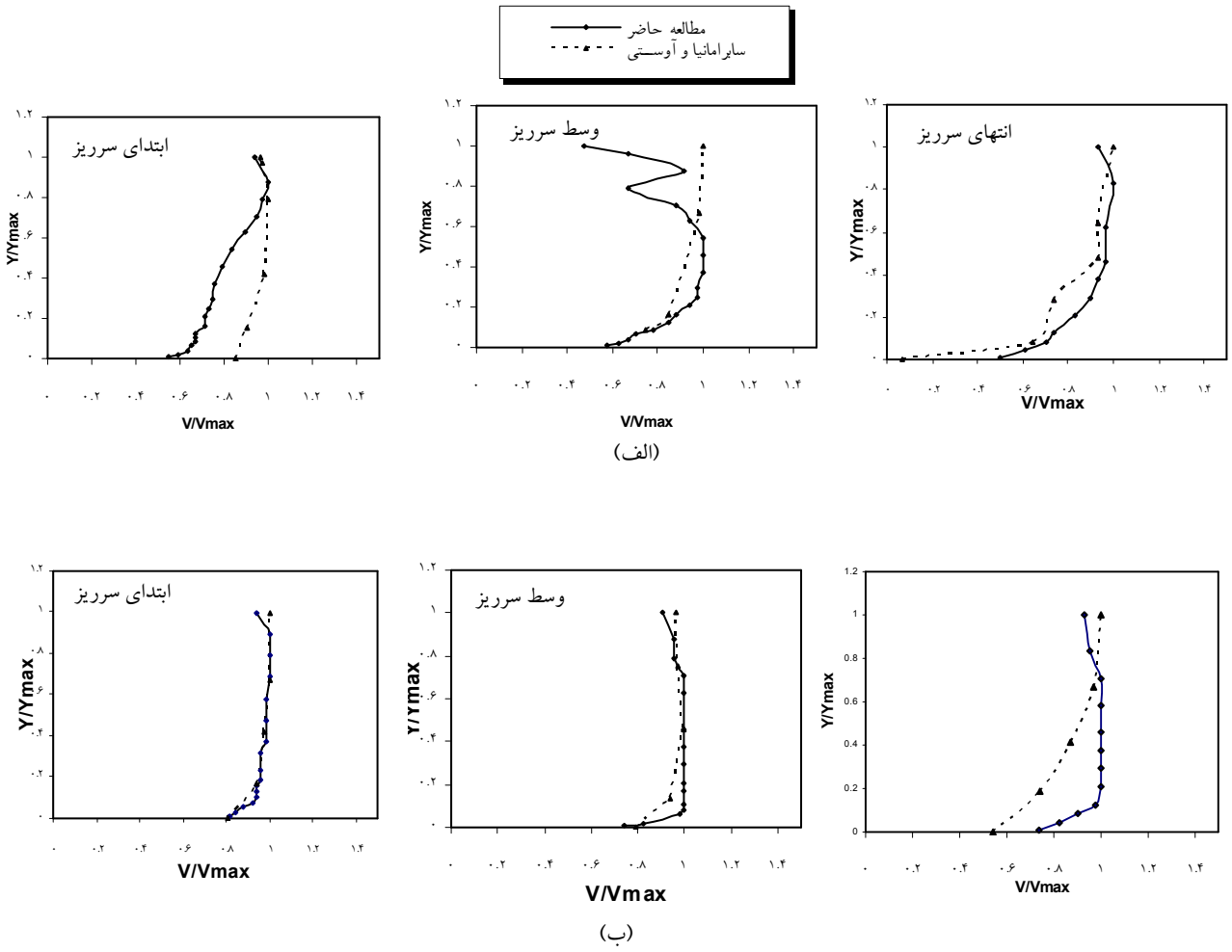
شکل۹. پروفیل‌های سرعت در راستای سه محورالف)aa، ب) cc وج)dd در فواصل مختلف از سرریزجانبی

در شکل (۸) پروفیل‌های عرضی سطح آب اندازه‌گیری شده در مدل سرریز جانبی تاج‌دایره‌ای در مطالعه حاضر با داده‌های راجو و همکاران برای سرریز جانبی لبه‌تیز مستطیلی مقایسه شده است. تغییرات نیمرخ‌های سطح آب در سرریز جانبی لبه‌تیز در قبل و بعد از سرریز و به سمت سرریز به ترتیب کاهشی و افزایشی است در صورتی‌که در سرریز جانبی تاج‌دایره‌ای در قبل و بعد از سرریز این روند کاهشی می‌باشد.

برسی پروفیل‌های سرعت اندازه‌گیری شده در راستای سه محور نشان می‌دهد که با فاصله گرفتن از محورaa در جهت عرضی کانال، پروفیل‌ها یکنواخت‌تر می‌شوند. به‌طوری‌که پروفیل‌های محورdd شکل (۹- ج) که در کنار دیواره کانال (دور از سرریز جانبی) قرار گرفته‌اند نسبت به دو محور aa و cc یکنواخت‌تر می‌باشند. هم‌چنین در محورaa (نزدیک به سرریز جانبی) با نزدیک شدن به سرریز جانبی در راستای طولی کانال غیریکنواختی پروفیل تشدید می‌شود به‌طوری‌که در ابتدا و وسط سرریز غیریکنواختی به بیشینه خود می‌رسد. غیریکنواختی پروفیل‌های سرعت در محورهای cc و dd کمتر مشهود می‌باشد. این مسأله را می‌توان به جریان‌های ثانویه در حضور سرریز جانبی نسبت داد. جریان‌های ثانویه جریان‌هایی هستند که در صفحه مقطع جریان و یا حول محوری عمود بر صفحه

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.60.9]



شکل ۱۰. مقایسه پروفیل‌های سرعت اندازه‌گیری شده توسط سابرامانیا و آوستی با مدل سرریز جانبی تاج‌دایره‌ای در امتداد دو محور الف)aa، ب)cc

مقطع جریان به وجود می‌آیند(۶). با توجه به جهت جریان عمودی شکل گرفته روی سرریز جانبی جریان‌های ثانویه ایجاد شده و باعث غیریکنواختی پروفیل سرعت در این ناحیه می‌شود.

در محور aa و در وسط سرریز یک پرش ناگهانی در پروفیل سرعت روی تاج دیده می‌شود که علت آن تغییر جهت جریان روی سرریز هم‌چنین ناحیه جدایی جریان در مجاورت سرریز می‌باشد. به علت انحراف جریان از روی تاج، سرعت جریان در این قسمت زیاد شده و یک ناحیه با سرعت کم در قسمت زیر تاج دیده می‌شود. وجود این ناحیه با سرعت کم باعث انتقال خطوط جریان با سرعت زیاد به سمت تاج سرریز می‌گردد. در این نقطه توزیع فشار روی سطح جسم به طور کامل تغییر می‌کند، به نحوی که این تغییر موجب ایجاد نیرویی بزرگ در مقابل حرکت سیال می‌گردد(۲).

در شکل (۱۰) پروفیل‌های سرعت اندازه‌گیری شده توسط سابرامانیا و آوستی روی سرریز جانبی لبه‌تیز با پروفیل‌های سرعت اندازه‌گیری شده در مدل سرریز جانبی تاج‌دایره‌ای مقایسه شده است. سابرامانیا و آوستی در پروفیل‌های خود مشاهده نمودند که سرعت ماکزیمم یا در سطح آب اتفاق افتاده و یا در زیرسطح آب بوده ولی تا سطح آب ثابت باقی می‌ماند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.60.9]

امـا پروفیـل‌هـای سـرعت بـه دسـت‌آمـده از سـرریز جـانبی تاج‌دایره‌ای نشان می‌دهد که سـرعت مـاکزیمم زیـر سـطح آب می‌باشد. علت آن‌کـه سـرعت مـاکزیمم در نزدیکـی سـطح آزاد پیش می‌آید بیش از آن‌کـه تحـت تـأثیر تـنش برشـی ناشـی از مقاومت هوا باشد تحت تأثیر جریان‌هـای ثانویـه اسـت (۳و۶). وجود جریان‌های ثانویه در نزدیکی سرریز جانبی باعـث وقـوع ماکزیمم سرعت در زیر سطح آب می‌گردد. شکل (۹) نیز بیانگر همین مسأله می‌باشد به‌طوری‌که با فاصله گرفتن از محور aa در جهت عرضی کانال و کم شدن تأثیر جریان‌های ثانویه مـاکزیمم سرعت به سطح آب نزدیک مـی‌شـود و در محـورdd مـاکزیمم سرعت تقریباً در سطح آب قرار گرفته است.

نتیجه‌گیری

با توجه به آنالیز ابعادی و تحلیل آماری صورت گرفته مشخص شد طول ناحیه جدایی جریان به عواملی چون نسبت عمـق آب در بالادست به پایین‌دست سرریز، عرض کانال به عمـق آب در پایین‌دست و عدد فـرود در بالادسـت سـرریز بـستگی دارد. از بررسی نیمرخ‌های طولی و عرضی سـطح آب در محـل سـرریز جانبی مشخص گردید که نیمرخ سطح آب در مجاورت سـرریز دارای تغییرات شدید بوده کـه علـت آن وجـود ناحیـه جـدایی جریان می‌باشد. بنابراین مناسب‌ترین محـل بـرای انـدازه‌گیـری مشخصات جریان در راستای محـور کانـال پیـشنهاد مـی‌گـردد. هم‌چنین با بررسی پروفیل‌های سرعت مشخص شد که سـرعت بیشینه در سرریز جانبی تـاج‌دایـره‌ای در زیـر سـطح آب اتفـاق می‌افتد که علت آن وجود جریان‌های ثانویه در مجاورت سرریز می‌باشد. با فاصله گرفتن از سـرریز جـانبی در جهـت طـولی و عرضی کانال از تأثیر جریان‌های ثانویه کاسته شده و پروفیل‌های سرعت یکنواخت‌تری حاصل می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. آقایاری، ف.، ت. هنر و ع. کشاورزی. ۱۳۸۴. مطالعه المانی ضریب تخلیه سرریزهای جانبی تخت لبه پهن در کانال‌های مـستطیلی. پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۲. افضلی‌مهر، ح. ۱۳۸۳. *آموزش مکانیک سیالات از طریق نکته، مسأله و تست*. انتشارات ارکان، اصفهان.

۳. افضلی‌مهر، ح. و م. حیدرپور. ۱۳۸۰. *مبانی هیدرودینامیک کانال‌های باز به انضمام تـست و مـسائل حـل شـده*. انتـشارات ارکـان، اصفهان.

۴. برقعی، م. و ع. کبیری سامانی. ۱۳۸۴. تعیین ضریب دبی سرریزهای جانبی با استفاده ازاطلاعات آزمایشگاهی وروش تشابه ناقص. پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۵. بزرگیان، ح. و ف. یزدان دوست. ۱۳۸۴. بهینه سازی طراحی جام سرریزهای جانبی با اصـلاح معادلـه دینـامیکی محاسـبه پروفیـل سطح آب به کمک نتایج آزمایشگاهی. پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۶. حسینی، م. و ج، ابریشمی. ۱۳۸۲. *هیدرولیک کانال‌های باز*. انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

7. Agaccioglu, H. and Y. Yuksel. 1998. Side-weir flow in curved channels. J. Irrig. Drain. Eng. ASCE. 124 :163-175.
8. Borghei, S. M. and M. R. Jalili and M. Ghodsian. 1999. Discharge coefficient for sharp-crested side weir in subcritical flow. J. Hydraul. Eng. ASCE. 125: 1051-1056.
9. Bos, M. G. 1976. Discharge Measurement Structures. Oxford and IBH Pub., lUK.
10. Chow. V.T. 1959. Open Channel Hydraulic. McGraw Hill Pub., New York.
11. Hager, W. H. 1987. Lateral outflow over side weirs, J. Hydraul. Eng. ASCE 113: 491-504.
12. Hager, W. H. 1994. Supercritical flow in circular-shaped side weir. J. Irrig. Drain. Eng. ASCE 120: 1-12.
13. Muslu, Y. 2002. Technical note of lateral weir flow model using a curve fitting analysis. J. Hydraul. Eng. ASCE 128 : 712-715.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.60.9]

14. Oliveto, G. and V. Biggiero and M. Fiorentino. 2001. Hydraulic features of supercritical flow along prismatic side weirs. J. Hydraul. Res. ASCE 39: 73-82.
15. Onen, F. and H. Agaccioglu. 2007. Scour at a side weir intersection located on an alluvial River, Nordic Hydro. 38: 165-176.
16. Raju, R. and B. Prasad, S. K Gupta. 1979. Side weir in rectangular channel. J. Hydraul. Div. 105: 547-554.
17. Subramanya, K. and S. C. Awasthy. 1972. Spatially varied flow over side weirs. ASCE J. Hydraul. Div. 98:1-10.
18. Uyumaz, A. and Y. Muslu. 1985. Flow over side weirs in circular channels, J. Irrig. Drain. Eng. ASCE 111: 144-160.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.60.9]