



مقاله پژوهشی

Available Online: <http://jmst.kmsu.ac.ir>



بررسی آزمایشگاهی همگرایی مقطع جریان بر هیدرولیک سرریز جانبی

سمیه صفار*^۱، محسن سلیمانی بابرصاد^۲، محمد محمودیان شوشتری^۱، محمد حسین پورمحمدی^۱، روزبه ریاضی^۳

۱. گروه مهندسی عمران، مدیریت و مهندسی منابع آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.
۲. گروه مهندسی آب، مرکز تحقیقات علوم آب و محیط زیست، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.
۳. گروه مهندسی عمران، مدیریت و مهندسی منابع آب، واحد دهدشت، دانشگاه آزاد اسلامی، دهدشت، ایران.

*نویسنده مسئول، پست الکترونیک: somayesaffar@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۱۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱/۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۷

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22113/JMST.2021.253749.2401

چکیده

سرریزهای جانبی برای کنترل سطح آب و همچنین انحراف آب برای مصارف مختلف در کانالها و رودخانهها استفاده می‌شوند. با توجه به پیچیدگی شرایط جریان در سرریزهای جانبی، در این تحقیق به منظور ساده نمودن محاسبات و بالابردن کارایی آن، این سازه در شرایط کانال همگرا مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی دقیق این موضوع پارامترهای هندسی سرریز و هیدرولیک جریان متفاوت، مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس پارامترهای هندسی سرریز، سناریوهای آزمایشات در نظر گرفته شدند. براساس سناریوها، ۵ طول سرریز، ۴ ارتفاع تاج سرریز، ۳ عرض کانال پایین دست سرریز جانبی در نظر گرفته شد که در دبی‌های مختلف مورد آزمایش قرار گرفتند. با توجه به اینکه پارامترهای مختلف هندسی و هیدرولیکی در این آزمایشات متغیر فرض شدند، اثر هر کدام بر روی سازه آنالیز شده و راهکارهایی برای انتخاب ابعاد بهینه در کانال معرفی شد. براساس نتایج آزمایشات، این نتیجه حاصل شد که با به ازاء یک ارتفاع آب بالادست ثابت با ۱۹ درصد کاهش عرض کانال پایین دست سرریز جانبی، میزان نسبت انحراف جریان به کانال جانبی ۳۰ درصد افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است تغییر در مقطع جریان با همگرا کردن کانال عبوری باعث می‌گردد پروفیل طولی سطح آب در تمام طول سازه دارای نوسان ارتفاعی حداقلی باشد.

واژگان کلیدی: سرریز جانبی، ضریب دبی، مدل آزمایشگاهی، کنترل سطح آب، اندازه‌گیری دبی، جریان متغیر تدریجی

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



۱. مقدمه

سرریزهای جانبی یکی از مهم‌ترین سازه‌هایی هستند، که از دیرباز در پروژه‌های آبیاری، آبرسانی و زهکشی استفاده شده‌اند. سرریزهای جانبی برای تنظیم دبی، کنترل سطح آب و انحراف جریان استفاده می‌شوند. این سازه از نظر شکل و نحوه کارگذاری انواع مختلفی دارند. آنها می‌توانند به صورت موازی با جریان کانال اصلی یا به صورت زاویه‌دار نصب گردند. در معمولترین نوع آنها، سرریز به صورت موازی با جهت جریان در کانال اصلی قرار می‌گیرد که در این حالت کانال جانبی دارای زاویه ۹۰ درجه نسبت به کانال اصلی می‌باشد. جریان در سرریزهای جانبی در ردیف جریان متغیر مکانی با کاهش دبی (Spatially Varied Flow) SVF طبقه بندی می‌گردد. تحقیقات بسیاری بر روی رفتار هیدرولیکی جریان در سرریزهای جانبی و تعیین ضریب آبگذری این سازه انجام شده است. نحوه قرارگیری سرریز جانبی در کانال، تاثیر قابل توجهی بر مشخصات هیدرولیکی جریان دارد. محققان بسیاری جهت شناخت شرایط جریان، بهبود فرایند انحراف و افزایش ضریب دبی سرریز بر روی این سازه مطالعه نموده‌اند.

یکی از روش‌های بررسی عملکرد سازه‌های هیدرولیکی ساخت مدل‌های فیزیکی است، که محققان زیادی همچون Bakhtiari et al. (2015)، Shahnji karamzadeh et al. (2016)، Al-Hashimi et al. (2015)، Yuce et al. (2016) و Akhlaghi et al. (2019) مطالعات خود را بدین گونه انجام دادند.

با توجه به ساختار سه بعدی و پیچیده الگوی جریان گذرنده از سرریز جانبی در کانال مستقیم، تحقیقات بسیاری پیرامون جریان فوق صورت گرفته است. اولین مطالعات بر روی این نوع سازه توسط Engels et al. (1920) و سپس توسط Coleman و Smith (1923) انجام گرفته، و به دنبال مطالعات دقیق Forchheimer et al. (1930) یک روش تحلیلی با فرض موازی بودن خط انرژی با تاج سرریز، کف کانال و هم‌چنین فرض خطی بودن پروفیل سطح آب برای سرریزهای جانبی لبه تیز ارائه شده است. DeMarchi et al. (1934) معادله جریان متغیر مکانی با کاهش دبی را با فرض ثابت بودن انرژی در طول سرریز، برای کانال‌های افقی مستطیلی، زمانی که بتوان از اصطکاک صرف نظر کرد را حل نمود. DeMarchi et al. (1934) معادله عمومی

جریان متغیر مکانی با کاهش دبی را به صورت رابطه ۱ ارائه نمود. در رابطه ۱، $\frac{dy}{dx}$ تغییرات عمق در طول کانال، y عمق جریان، Q دبی جریان، B عرض کانال، $\frac{dQ}{dx}$ تغییرات دبی در طول کانال، g شتاب ثقل می‌باشد.

DeMarchi et al. (1934) بر اساس مشخصات هیدرولیکی رابطه ۲ را برای طول سرریز مطرح کرد. مقادیر Φ_1 و Φ_2 از رابطه ۳ محاسبه می‌گردد. در رابطه ۳، E انرژی جریان در بالادست، w ارتفاع سرریز و Φ_1 و Φ_2 مقادیر Φ به ترتیب در بالادست و پایین‌دست سرریز جانبی هستند. بعد از DeMarchi et al. (1934)، Subramanya و Awasthy (1972) به بررسی ضریب دبی پرداختند و ضریب دبی را برای حالتی که ارتفاع سرریز برابر صفر بود، در شرایط جریان زیر بحرانی و فوق بحرانی بررسی کردند. Ranga Raju et al. (1979) با انجام آزمایش‌هایی، درستی معادله دیماچی در برآورد دبی خروجی از سرریز جانبی لبه تیز و لبه پهن را تأیید نموده و رابطه‌ای برای محاسبه ضریب دبی این سرریزها ارائه نمودند. Singh et al. (1994) نشان دادند که ضریب شدت جریان علاوه بر عدد فرود بالادست به نسبت ارتفاع سرریز به عمق جریان بالادست سرریز نیز بستگی دارد و با استفاده از رگرسیون گیری چند متغیره، معادله ای برای محاسبه ضریب تخلیه به دست آوردند (رابطه ۴) که در آن C_d ضریب دبی سرریز جانبی می‌باشد.

Swamee et al. (1994) سرریزهای جانبی بادیواره و بدون دیواره را با استفاده از ضریب دبی جریان المانی بررسی کرده، و Agaccioglu et al. (1998) خصوصیات سرریز جانبی مستطیل شکل در کانال‌های قوس دار با قوس ۱۸۰ درجه را مورد مطالعه قرار داده و دریافتند که گرادیان سرعت در نزدیکی سطح آب در پایین‌دست سرریز برابر صفر بوده و وسعت ناحیه سکونی که در نزدیکی ساحل داخلی ایجاد می‌شود وابسته به عدد فرود می‌باشد. آن‌ها نشان دادند که ضریب دبی در طول قوس بستگی به عدد فرود بالادست، نسبت طول سرریز به عرض کانال و نسبت ارتفاع سرریز به عمق جریان در بالادست سرریز دارد.

Oliveto et al. (2001) مطالعاتی روی سرریزهای جانبی نصب شده در یک کانال دایره‌ای انجام دادند، آنها شرایط آزمایشگاهی خود را به گونه‌ای تنظیم نمودند که جریان در بالادست سرریز زیر بحرانی و در طول سرریز فوق بحرانی باشد..

$$\frac{dy}{dx} = \frac{Qy(-\frac{dQ}{dx})}{gB^2y^3 - Q^2} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$L = \frac{3}{2} \frac{B}{C_M} (\Phi_2 - \Phi_1) \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\Phi(y, E, w) = \frac{2E-3w}{E-w} \sqrt{\frac{E-y}{y-w}} - \sin^{-1} \sqrt{\frac{E-y}{y-w}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$C_M = 0.33 - 0.18Fr_1 + 0.49 \frac{P}{y_1} \quad \text{رابطه (۴)}$$

امکان تداوم آزمایش‌ها را برای مدت زمان طولانی فراهم می‌ساخت. به‌منظور تأمین آب درون فلوم از یک پمپ با حداکثر دبی ۵۱ لیتر بر ثانیه استفاده شد. یک شیر کنارگذر میزان ورود دبی به پمپ را کنترل می‌کرد و یک دبی‌سنج الکترومغناطیس با دقت ± 0.1 لیتر بر ثانیه میزان دبی ورودی به فلوم را نمایش می‌داد. یک مخزن آرام‌کننده جریان نیز در انتهای فلوم قرار داشت تا جریان پس از عبور از روی سرریز انتهایی وارد آن شود و توسط لوله‌ای وارد مخزن ذخیره آب گردد و به این ترتیب سیستم گردش آب کامل شود.

اندازه‌گیری سطح آب در فلوم بوسیله یک عمق یاب مجهز به کولیس مدرج انجام گرفت. این وسیله اندازه‌گیری بر روی یک ارايه با قابلیت حرکت در طول کانال نصب شده است. دقت اندازه‌گیری این کولیس تا 0.1 میلی‌متر می‌باشد. اندازه‌گیری عمق جریان در فاصله ۱ متری از بالادست مدل در شرایطی که جریان آرام برقرار بود، انجام شد.

جهت شبیه‌سازی سرریز جانبی، مدل از جنس شیشه با ضخامت ۶ میلی‌متر به شکل مستطیلی لبه‌تیز ساخته شد. جهت جداسازی جریان انحرافی سرریز، در ابتدا یک دیواره از جنس شیشه در قسمت میانی کانال به موازات دیواره نصب شد، تا کانال را به دو قسمت کانال اصلی و کانال جانبی تقسیم کند. برای اندازه‌گیری دبی عبوری از کانال اصلی پایین‌دست سرریز جانبی، یک سرریز مستطیلی با کمک دبی‌سنج الکترومغناطیس کالیبره و نصب گردید. در نهایت با کسر مقدار دبی عبوری از سرریز پایین‌دست کانال اصلی، میزان دبی انحرافی سرریز جانبی محاسبه گردید. در شکل های (۲) و (۳) تصاویری از مدل و نحوه کارگذاری آن در کانال آمده است.

پارامترهای موثر در تحلیل ابعادی در این پژوهش جهت بررسی شرایط مدل سرریز در مقطع همگرا در رابطه ۵ بیان شده است. در این رابطه g شتاب ثقل، ρ چگالی حجمی، σ نیروی کشش سطحی، μ ویسکوزیته، H ارتفاع آب بالادست سرریز، h ارتفاع آب روی سرریز، L طول سرریز، w ارتفاع تاج سرریز از کف، B عرض کانال بالادست سرریز، b عرض کانال پایین‌دست سرریز، Q دبی ورودی، Q_w دبی عبوری از روی سرریز می‌باشد. در شکل (۴) برخی پارامترها معرفی شده اند.

با توجه به تاثیر ناچیز کشش سطحی و ویسکوزیته می‌توان از این دو فاکتور چشم‌پوشی کرد. حال با استفاده از تئوری باکینگهام پارامترهای بی بعد در رابطه ۶ بدست می‌آیند. در رابطه ۶ F_p عدد فرود بالادست سرریز جانبی می‌باشد.

در جدول ۱ مشخصات هیدرولیکی حاکم بر سناریوهای آزمایش‌ها ارائه شده است. مقدار این پارامترها را براساس تحقیقات پیشین و آنالیز ابعادی صورت گرفته، انتخاب شدند. در شکل ۴ نمایی شماتیک از مدل با نمایش پارامترها روی آن نشان داده شده است

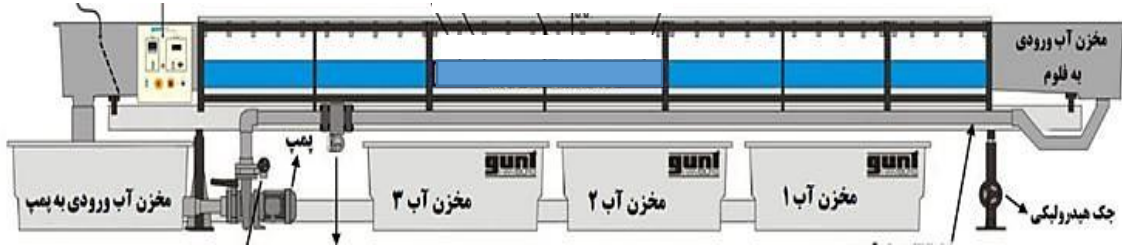
براساس عملیات آزمایشگاهی و داده‌های آن‌ها بعضی خصوصیات جریان باقیمانده در کانال اصلی که شامل توزیع جریان در کانال اصلی، زاویه و سرعت جریان خروجی از آن است، بررسی شد. آن‌ها با اندازه‌گیری دبی جزئی در طول تاج سرریز بیان داشتند که شدت جریان در کانال اصلی با افزایش نسبت $\frac{x}{D}$ کاهش می‌یابد (D قطر کانال دایره‌ای و x فاصله طولی از ابتدای سرریز است). همچنین Jan et al. (2006) با انجام یک سری آزمایش، دبی جریان برای ۴ نوع سرریز لبه‌تیز مرکب را اندازه‌گیری نموده و روابط ساده‌ای را ارائه نمودند. در تحقیقی Javan و Honar (2007) سرریز جانبی را به صورت مایل در دیواره کانال نصب کردند و یک رابطه بین ضریب دبی و زاویه سرریز کناری با کانال به‌دست آوردند. Mwafaq و Ahmed (2011) معادله ضریب دبی سرریز جانبی لبه تیز با تاج شیب‌دار را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها شیب‌هایی را برای تاج سرریز، در دو جهت موافق و مخالف جریان در نظر گرفتند و با استفاده از نتایج آزمایشگاهی و پارامترهای موثر در این مطالعه، روابطی را برای ضریب دبی به دست آوردند. Machiels et al. (2012) مطالعات را بر روی سرریزهای کلیدپیانویی انجام داد و با بررسی پروفیل‌های سرعت، فشار، سطح آب و همچنین عدد فرود، هیدرولیک جریان بر روی این نوع سرریز را تحلیل کرد. Maranzoni et al. (2017) به بررسی آزمایشگاهی و عددی یک بعدی جریان روی سرریز جانبی در کانال همگرا شونده پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که سرریز جانبی در یک کانال همگرا نسبت به کانال معمولی، می‌تواند مقدار بهره‌وری بالاتری داشته باشد، که تحقیق ایشان مبنایی جهت معرفی مقطع جدید در سازه سرریز جانبی، در این تحقیق گردید. به همین دلیل افزایش بازدهی سازه سرریز جانبی، در این مطالعه، اثر همگرایی کانال بر روی این سازه مورد بررسی قرار گرفت. در مطالعات انجام شده قبلی، تاثیر نسبت عرض کانال پایین‌دست نسبت به عرض کانال بالادست سرریز یا در حقیقت زاویه بکارگیری سرریز در مسیر جریان، بررسی نشده است، و بدین ترتیب سه عرض متفاوت برای کانال پایین دست انتخاب، تا اثر این پارامتر، در تخمین دبی خروجی از سرریز جانبی ارزیابی گردد.

۲. مواد و روش‌ها

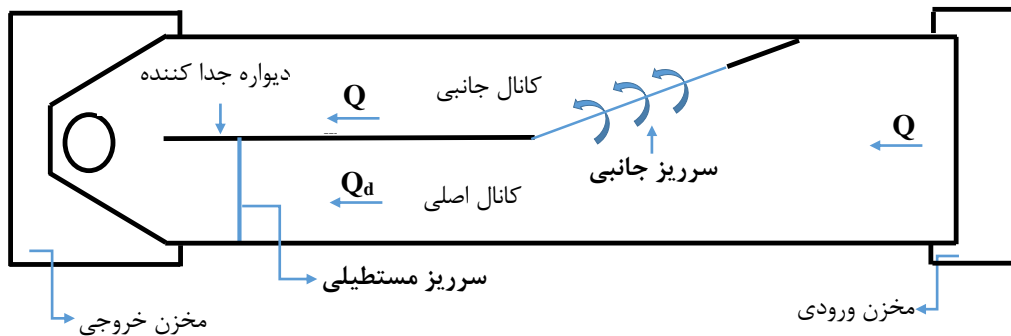
این تحقیق در آزمایشگاه هیدرولیک مجتمع عالی آموزشی آب و برق خوزستان انجام گرفته است. فلوم استفاده شده ساخت شرکت گانت Gunt آلمان بوده و دارای کف استیل و جنس دیواره‌های آن از شیشه می‌باشد، که امکان روئیت جریان را می‌دهد. فلوم نشان داده شده در شکل (۱) دارای طول ۱۰ متر، عرض ۳۱ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر با قابلیت تغییر شیب می‌باشد. جنس اسکلت فلوم فلزی بوده و دیواره‌های فلوم از جنس شیشه ساخته شده بود که امکان مشاهده جریان و پدیده‌ها در کانال را فراهم می‌کرد. در ابتدای کانال ورودی به فلوم یک مخزن آرام‌کننده جریان قرار داشت. تا از ورود تلاطم جریان ورودی به فلوم جلوگیری کند. سیستم تأمین کننده آب به صورت گردش بود که

$$C_d = f_1(g \cdot \sigma \cdot \mu \cdot \rho \cdot H \cdot h \cdot L \cdot w \cdot B \cdot w \cdot b \cdot Q \cdot Q_w) \quad \text{رابطه (۵)}$$

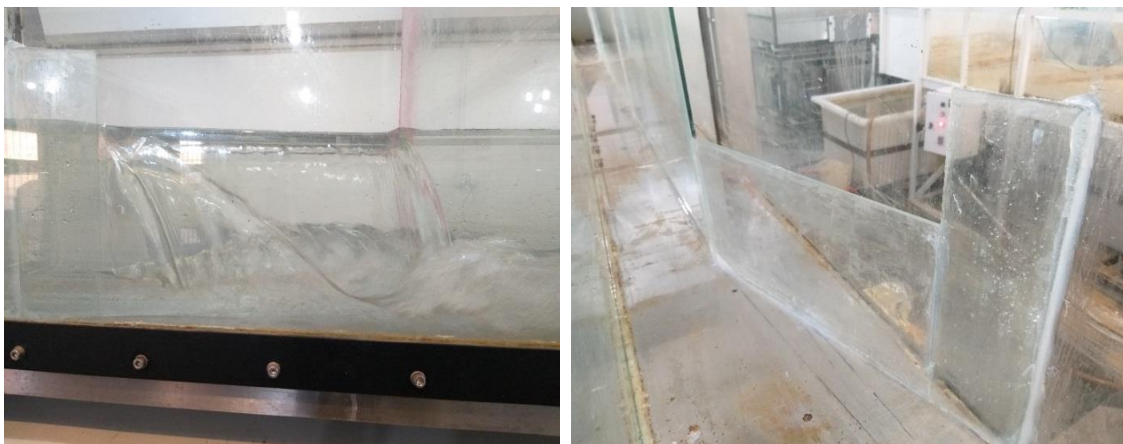
$$C_d = f_1 \left(F_r \cdot \frac{b}{B} \cdot \frac{H}{B} \cdot \frac{h}{b} \cdot \frac{w}{H} \cdot \frac{w}{L} \cdot \frac{w}{b} \cdot \frac{H}{w} \cdot \frac{w}{B} \cdot \frac{Q_w}{Q} \right) \quad \text{رابطه (۶)}$$



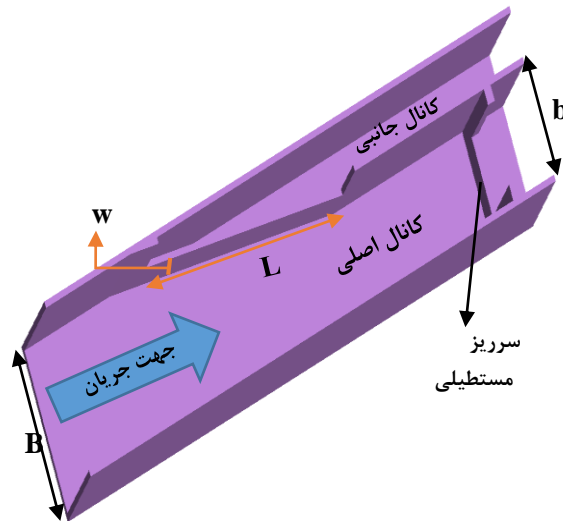
شکل ۱- نمایی از کانال و محل قرار گیری مخازن تامین آب
Fig. 1- View of The Channel and The Location of Water Supply Tanks



شکل ۲- پلان نحوه کارگذاری مدل در کانال
Fig. 2- A Plan of the Side Weir Installed in The Channel



شکل ۳. تصاویری از نصب سرریز جانبی در کانال
Fig. 3- Pictures of Installing a Side Weir in The Channel



شکل ۴ - نمای شماتیک مدل
Fig. 4 - Schematic Plan of Model

جدول ۱. محدوده تغییرات متغیرها
Table 1. Range of Parameter Changes

پارامترها	B (سانتی متر)	b (سانتی متر)	L (سانتی متر)	w (سانتی متر)	H (سانتی متر)	H (سانتی متر)	Q (متر مکعب بر ساعت)
محدوده تغییرات	۳۱	۳۱-۱۵	۱۱۵-۲۰	۲۰-۱۴	۲۶,۵-۱۴۵	۶,۲-۰,۵	۱۰۰-۱۰

در شکل (۷) برای نسبت طول $\frac{L}{B}$ و ارتفاع سرریز ثابت $\frac{w}{B}$ گراف‌های میزان نسبت دبی انحراف $\frac{Qw}{Q}$ در مقابل نسبت $\frac{H}{B}$ ترسیم شده است. همانطور که مشاهده می‌شود به ازای یک ارتفاع سطح آب مشخص می‌توان با کاهش عرض کانال پایین دست میزان دبی خروجی از سرریز جانبی را افزایش داد. بنابراین راندمان طرح به این صورت بالا می‌رود.

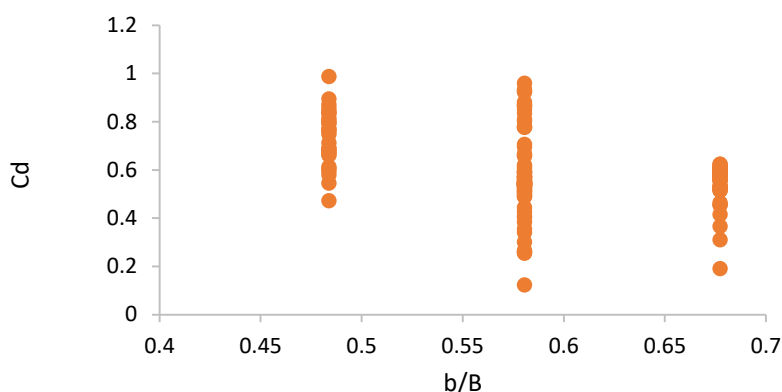
با توجه به شکل (۷) به طور تقریبی می‌توان گفت به ازاء یک ارتفاع آب بالادست ثابت با ۱۹ درصد کاهش عرض کانال پایین دست سرریز جانبی، میزان نسبت انحراف ۳۰ درصد افزایش می‌یابد. همچنین می‌توان اشاره کرد که با کاهش عرض کانال پایین دست می‌توان کسری دبی عبوری از سرریز جانبی ناشی از کاهش طول سرریز را جبران کرد.

در شکل (۸) تاثیر عدد فرود بر ضریب دبی در نسبت‌های همگرایی مختلف بررسی شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت برای یک عدد فرود مشخص، هرچه نسبت $\frac{b}{B}$ کاهش یابد، ضریب دبی افزایش می‌یابد. Javan و Honar (2007) تاثیر عدد فرود را در کانال منشوری و همگرا با هم مقایسه کرده که به نتیجه مشابه دست پیدا کرده است یعنی به ازاء یک عدد فرود مشخص، ضریب دبی در کانال همگرا از کانال منشوری بالاتر است.

۳. نتایج

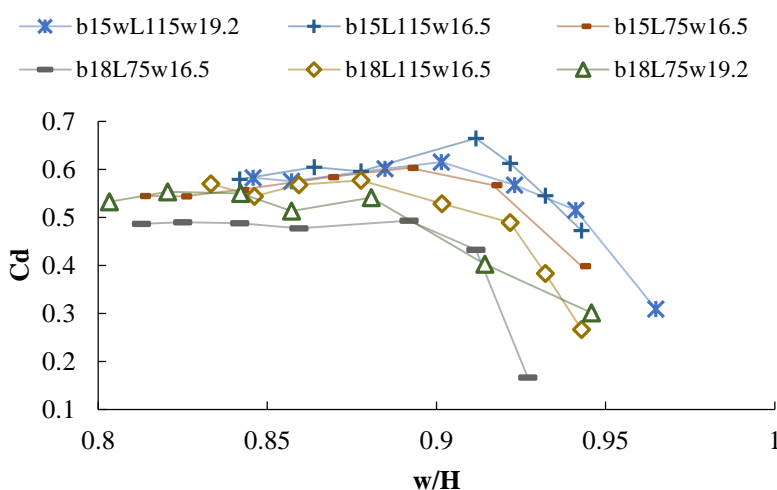
با توجه به مطالب گفته شده پارامترهای زیادی بر روی ضریب دبی سرریز موثرند. با توجه به سناریوی آزمایش‌ها یکی از این پارامترها، نسبت بدون بعد تغییر عرض مجرا $\left(\frac{b}{B}\right)$ می‌باشد، که در واقع مقدار همگرایی کانال را نشان می‌دهد. براساس شکل (۵) هر چه میزان این نسبت $\left(\frac{b}{B}\right)$ کاهش یابد، ضریب دبی (C_d) ، افزایش پیدا می‌کند. در حقیقت با کاهش عرض کانال در پایین دست، زاویه سرریز انحرافی نسبت به خطوط جریان افزایش یافته و تقاطع جریان و سرریز بیشتر می‌گردد، که این امر انحراف خطوط جریان را کمتر و ضریب دبی عبور را افزایش می‌دهد. همچنین با کاهش عرض کانال پایین دست، تراز سطح آب بر روی کل طول سرریز (L) ثابت می‌ماند و این باعث می‌گردد، ضریب دبی (C_d) افزایش یابد.

شکل (۶) تاثیر نسبت بدون بعد هد آب روی سرریز $\left(\frac{w}{H}\right)$ بر ضریب دبی (C_d) بررسی شده است. با توجه به شکل به ازای تغییر در مقطع جریان، حساسیت ضریب دبی (C_d) نسبت به تغییر هد آب روی سرریز (H) مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به شکل با افزایش میزان $\left(\frac{w}{H}\right)$ ضریب دبی سرریز کاهش می‌یابد. همچنین در این شکل نیز دیده می‌شود که با افزایش میزان همگرایی در پایین دست، میزان انحراف جریان از سرریز بیشتر می‌شود.



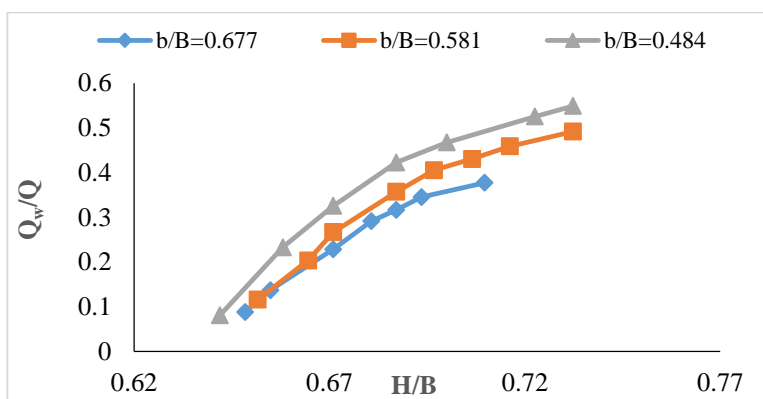
شکل ۵- بررسی تاثیر نسبت $\frac{b}{B}$ بر روی ضریب دبی سرریز جانبی

Fig 5- Investigation of the effect of $\frac{b}{B}$ ratio on discharge coefficient



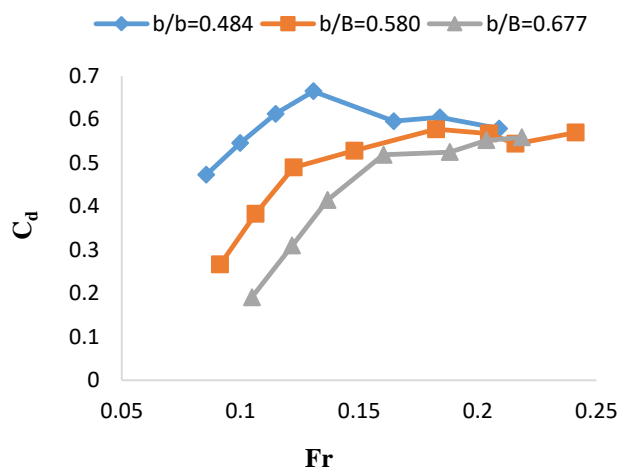
شکل ۶- بررسی تاثیر نسبت $\frac{w}{H}$ بر روی ضریب دبی سرریز جانبی

Fig 6- Investigation of the effect of $\frac{w}{H}$ ratio on discharge coefficient



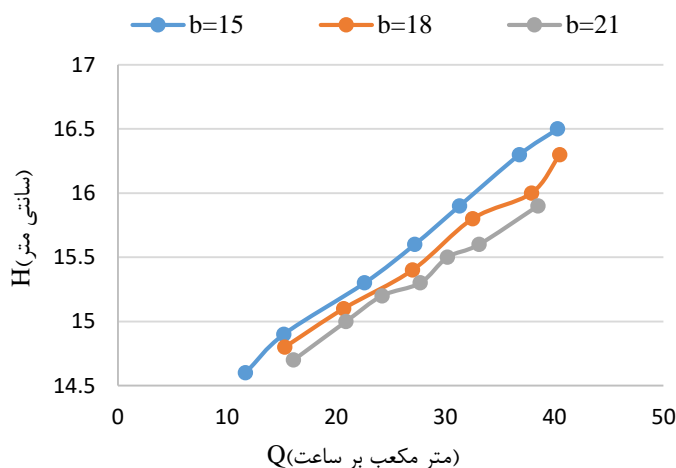
شکل ۷- بررسی اثر همگرایی کانال پایین دست سرریز جانبی بر روی میزان انحراف آب

Fig. 7- Investigation of the effect of downstream channel width reduction on the overflow rate for a constant side weir length



شکل 8- بررسی اثر عدد فرود بالا دست سرریز جانبی بر روی میزان ضریب دبی

Fig. 8 - Investigation of the effect of upstream Froude number of side weir on the discharge coefficient



شکل 9- بررسی اثر کاهش عرض کانال پایین دست بر روی عمق آب بالادست

Figure 9- Investigation of the effect of downstream channel width reduction on upstream water depth

می‌باشد. به دلیل انحراف جریان آب دبی عبوری، در کانال پایین دست، سطح آب کاهش می‌یابد، در نتیجه تراز سطح آب دستخوش تغییرات می‌شود. با همگرا کردن کانال در طول سرریز و کاهش عرض کانال پایین دست می‌توان ارتفاع آب را در طول سرریز و بعد از آن ثابت نگه داشت و از به وجود آمدن پدیده‌ای همچون پرش هیدرولیکی و یا رسوب گذاری در کانال پایین دست جلوگیری کرد.

۴. بحث و نتیجه گیری

هدف از انجام این آزمایشات بررسی پارامترهای هندسی و هیدرولیکی است تا بتوان از سازه سرریز جانبی با عملکرد بالا بهره‌برداری شود. بنابراین در این تحقیق این سازه را در کانال همگرا نصب شد.

یکی دیگر از محدودیت‌هایی که ممکن است در طراحی این سازه به وجود آید، مسئله انتخاب ارتفاع سرریز است. ارتفاع آب در کانال بالادست، در انتخاب ارتفاع تاج سرریز جانبی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در این راستا نیز، با انتخاب بهینه عرض کانال پایین دست، می‌توان محدوده طراحی این فاکتور را گسترش داد، تا بتوان به میزان بهینه، دبی را منحرف کرد.

همانطور که در شکل (۹) دیده می‌شود، کم کردن عرض کانال پایین دست باعث افزایش سطح آب در کانال بالادست می‌شود بدین ترتیب در صورتیکه ارتفاع کف کانال جانبی بالاتر از کانال اصلی باشد باز انحراف آب به کانال فرعی میسر است.

یکی از مشکلاتی که در سرریزهای جانبی که در کانال‌های منشوری ایجاد می‌شود تغییرات زیاد سطح آب در طول سرریز

با استفاده از نتایج، مطالب زیر استنباط می‌شود:

۱. با کاهش عرض کانال پایین دست، ضریب دبی افزایش پیدا می‌کند.

۲. در مکان‌هایی که امکان افزایش طول موثر سرریز وجود ندارد می‌توان با همگرا کردن کانال، میزان دبی خروجی از سرریز را افزایش دهیم.

۳. در مکان‌هایی که کد ارتفاعی کف کانال جانبی از کف کانال اصلی بالاتر است، می‌توان پس زدگی آب را با کمک همگرا کردن کانال اصلی ایجاد کرد. بنابراین سطح آب روی سرریز بالا می‌آید و ورود آب به کانال جانبی را آسان می‌کند.

۴. با کوچک کردن کانال پایین دست سرریز با توجه به کاهش دبی در پایین دست سرریز جانبی، شرایط جریان در آن بهینه می‌شود و می‌توان سطح آب را روی سرریز و بعد از آن ثابت نگه داشت.

۵. با توجه به کاهش دبی در کانال پایین دست سرریز، احتمال رسوبگذاری افزایش می‌یابد. بدین ترتیب با کاهش عرض کانال سرعت جریان افزایش می‌یابد و خطر رسوبگذاری کاهش می‌یابد.

۶. برای یک عدد فرود مشخص، هرچه نسبت $\frac{b}{B}$ کاهش یابد، ضریب دبی افزایش می‌یابد.

۷. با کاهش عرض کانال پایین دست سرریز جانبی، صرفه جویی اقتصادی در اجرای این سازه حاصل می‌شود.

قدردانی

با توجه به اینکه این تحقیق در مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی آب و برق خوزستان انجام شده است، شایسته است از زحمات کارکنان مجتمع به دلیل همکاری بی‌وقفه در جهت هر چه بهتر برگزار شدن این آزمایشات تشکر و قدردانی کنم.

References

Agaccioglu, H. and Yüksel, Y., 1998. Side-weir flow in curved channels. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 124(3), pp.163-175.

Akhlaghi, E., Babarsad, M.S., Derikvand, E. and Abedini, M., 2020. Assessment the effects of different parameters to rate scour around single piers and pile groups: a review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 27(1), pp.183-197.

Al-Hashimi A.S., Madhloom M.H. and Nahi N.T., 2017. Experimental and Numerical Simulation of Flow Over Broad Crested Weir and Stepped Weir using Different Turbulence Models. *Journal of Engineering and Sustainable Development* 21(2), pp 28-45.

Anderson, R.M., 2011. *Piano key weir head discharge relationships*. Utah State University.

Bagheri, S. and Heidarpour, M., 2012. Characteristics of flow over rectangular sharp-crested side weirs. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 138(6), pp.541-547.

Bakhtiari, M., Kashefipour, S.M. and GHomeshi, M., 2016. Laboratory investigation on the effect of depth-placed riprap on its stability for protection of Spur Dike in 90° Bend in order to using in navigable Rivers and Gulfs.

Coleman, G.S. And Smith, D., 1923. The Discharging-Capacity of Side Weirs. (Includes Appendices). *Selected Engineering Papers*, 1(6).

DeMarchi G., 1934. Essay on the performance of lateral weirs. *L'Energia elettrica Milan* 11(11), pp.849-860. (In Italian).

Engels H., 1920. Releases from the dresdner river engineering laboratory. *Zver Dtsch Ing* 64(5), pp.101-106. (in German)

Forchheimer P., 1930. *Hydraulics Teubner* Verlagsgevelschaft.

Honar, T. and Javan, M., 2008. ِDischarge Coefficient in Oblique Side Weirs. *Iran Agricultural Research*, 25(1.2), pp.27-36.

Jan, C.D., Chang, C.J. and Lee, M.H., 2006. Discussion of "Design and calibration of a compound sharp-crested weir" by J. Martinez, J. Reza, MT Morillas, and JG Lopez. *Journal of Hydraulic Engineering*, 132(8), pp.868-871

Leite Ribeiro, M., Bieri, M., Boillat, J.L., Schleiss, A., Delorme, F. and Laugier, F., 2009. Hydraulic capacity improvement of existing spillways—design of a piano key weirs. In *Proceedings (on CD) of the 23rd Congress of the Int. Commission on Large Dams CIGB-ICOLD* (Vol. 2, No. CONF, pp. 100-118).

Machiels, O., 2012. Experimental study of the hydraulic behaviour of Piano Key Weirs.

Maranzoni, A., Pilotti, M. and Tomirotti, M., 2017. Experimental and numerical analysis of side weir flows in a converging channel. *Journal of Hydraulic Engineering*, 143(7), p.04017009.

- Mohammed, M.Y. and Mohammed, A.Y., 2011. Discharge coefficient for an inclined side weir crest using a constant energy approach. *Flow Measurement and Instrumentation*, 22(6), pp.495-499.
- Muslu, Y., Tozlu, H. and Yüksel, E., 2003. Effect of lateral water surface profile on side weir discharge. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 129(5), pp.371-375.
- Oliveto, G., Biggiero, V. and Fiorentino, M., 2001. Hydraulic features of supercritical flow along prismatic side weirs. *Journal of Hydraulic Research*, 39(1), pp.73-82.
- Qu, J., 2005. *Three-dimensional turbulence modeling for free surface flows* (Doctoral dissertation, Concordia University).
- Ramamurthy, A.S., Qu, J. and Vo, D., 2006. Nonlinear PLS method for side weir flows. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 132(5), pp.486-489.
- Ranga Raju, K.G., Gupta, S.K. and Prasad, B., 1979. Side weir in rectangular channel. *Journal of the Hydraulics Division*, 105(5), pp.547-554.
- Říha, J. and Zachoval, Z., 2014. Discharge coefficient of a trapezoidal broad-crested side weir for low approach Froude numbers. *Journal of Hydraulic Engineering*, 140(8), p.06014013.
- Shahni Karamzadeh N., Mosavi Jahromi H., Mahmoodian Shoshtari M. And Shafei Bajestan M., 2015. Experimental Investigation the Effect of Head Angle of T-Type Spur Dike On Riprap Stability for Protection of Spurdike at Navigable River at 90 Degree Bend. *Journal of Marine Science and Technology*. 14(3), pp.72-86.
- Singh, R., Manivannan, D. and Satyanarayana, T., 1994. Discharge coefficient of rectangular side weirs. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 120(4), pp.814-819.
- Swamee, P.K., Pathak, S.K. and Ali, M.S., 1994. Side-weir analysis using elementary discharge coefficient. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 120(4), pp.742-755
- Venutelli, M., 2008. Method of solution of nonuniform flow with the presence of rectangular side weir. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 134(6), pp.840-846.
- Yuce, M.I., Al-Babely, A.A. and Al-Dabbagh, M.A., 2015. Flow simulation over oblique cylindrical weirs. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 42(6), pp.389-407.
- Zahiri, A., 2012. Quasi-Two Dimensional Mathematical Model for Prediction of Flow Discharge Over Compound Sharp-Crested Weirs.
- Zahiri, A., 2012. Quasi-Two Dimensional Mathematical Model for Prediction of Flow Discharge Over Compound Sharp-Crested Weirs.



Available Online: <http://jmst.kmsu.ac.ir>

Original Article



Experimental study of flow converging section side weir hydraulics

Somayyeh Saffar^{*1}, Mohsen Solimani Babarsad², Mohammad Mahmoodian Shoostari¹,
Mohammad Hosein Poormohammadi¹, Roozbeh Riazi³

1. Department of Civil Engineering, Faculty of Water Resource Engineering and Management, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.
2. Department of Water Sciences, Faculty of Water Science and Environmental Research Center, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.
3. Department of Civil Engineering, Faculty of Water Resource Engineering and Management, Dehdasht Branch, Islamic Azad University, Dehdasht, Iran.

*Corresponding author: somayesaffar@yahoo.com

Received: 28 October 2020.

Revise Date: 26 March 2021

Accepted: 07 April 2021

DOI: 10.22113/JMST.2021.253749.2401

Abstract

Side weirs are used to control water levels as well as water diversion for various uses in canals and rivers. Due to the complexity of flow conditions inside weirs, in this study, in order to simplify the calculations and increase its efficiency, this structure was investigated in convergent channel conditions. To investigate this issue, different geometric parameters of weir and hydraulic currents were investigated. Based on the geometric parameters of the side weir, experimental scenarios were considered. Based on the scenarios, 5 side weir lengths, 4 side weir heights, and 3 downstream channel widths were considered as side weirs that were tested at different discharges. Due to the fact that different geometric and hydraulic parameters were assumed to be variable in these experiments, the effect of each on the structure was analyzed and solutions for selecting the optimal dimensions in the channel were introduced. Based on the experimental results, it was found that for a fixed upstream water height with a 19% reduction in the width of the downstream channel, the ratio of the flow deflection to the lateral channel increases by 30%. It should be noted that the change in the flow section by converging the passage channel causes the longitudinal profile of the water surface to have a minimum height fluctuation along the entire length of the structure.

Keywords: Side weir, Flow coefficient, Experimental model, Water level control, Flow measurement, gradually varied flow

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

