

بررسی مشخصات هیدرولیکی سرریز جانبی کنگره‌ای نیم‌دایره‌ای یک طرفه

لیدا اسماعیل‌پور^{1*}، داود فرسادی زاده²، علی حسین زاده دلیر³

تاریخ دریافت: 93/05/20 تاریخ پذیرش: 94/08/30

¹ دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

² استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

³ استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: esmaeilpour.lida@yahoo.com

چکیده

سرریز جانبی یک سازه کنترل هیدرولیکی است که در شبکه‌های آبیاری، زهکشی و فاضلاب شهری کاربرد گسترده‌ای دارد. در این تحقیق با انجام 220 آزمایش، ضریب دبی و پروفیل سطح آب در سرریز جانبی کنگره‌ای نیم‌دایره‌ای یک طرفه تحت شرایط جریان زیربحرانی مورد مطالعه قرار گرفت. تأثیر عدد فرود بالادست، نسبت طول سرریز به عرض کانال، ارتفاع سرریز به عمق آب بالادست، تعداد سیکل و شعاع کنگره‌ها بر روی ضریب دبی سرریز بررسی شد. نتایج تحقیق نشان داد که در سرریزهای کنگره‌ای نیم‌دایره‌ای ضریب دبی نسبت به سرریز جانبی مستطیلی 21 درصد افزایش می‌یابد. با استفاده از نرم‌افزار SPSS، یک رابطه کلی بر اساس پارامترهای بی‌بعد برای محاسبه ضریب دبی سرریز جانبی کنگره‌ای نیم‌دایره‌ای ارائه گردید. ضریب تعیین این رابطه 0/93، و خطای آن 0/28 است. پروفیل سطح آب در امتداد محور مرکزی کانال اصلی تقریباً افقی بود.

واژه‌های کلیدی: پروفیل سطح آب، جریان زیربحرانی، سرریز جانبی، کنگره نیم‌دایره‌ای

Investigation of Hydraulic Characteristics of One-Side Semi-Circular Labyrinth Side Weir

L Esmaeilpour^{*1}, D Farsadizadeh², A Hosseinzadeh Dalir³

Received: 11 August 2014

Accepted: 24 April 2015

¹- Former M.Sc. Student, Dept. of Water Engineering, Univ. of Tabriz, Iran

²- Prof., Dept. of Water Engineering, Univ. of Tabriz., Iran

³- Prof., Dept. of Water Engineering, Univ. of Tabriz., Iran

*Corresponding Author, Email: esmaeilpour.lida@yahoo.com

Abstract

Side weir is a hydraulic control structure that is widely used in irrigation, drainage and urban sewage purification. In this research, 220 tests were carried out to study discharge coefficient and water surface profile of one-side semi-circular labyrinth side weir under subcritical flow condition. The effects of upstream Froude number, the ratio of length to width of the channel, weir height to upstream water depth, number of cycles and the radius of the Labyrinth on the discharge coefficient of the weir were investigated. The results showed that discharge coefficient of the semi-circular labyrinth side weir was 21 percent higher than rectangular side weir. Using SPSS software, a general equation based on the dimensionless parameters was presented for calculating the discharge coefficient of the semi-circular labyrinth side weir. The determination coefficient and NRMSE of this equation were obtained, 0.93 and 0.28 respectively. The water surface profile along the central axis of the main channel was almost horizontal.

Keywords: Semi-circular labyrinth, Side weir, Subcritical flow, Water surface profile

سرریزهای جانبی قرار گرفت. دی‌مارچی (1934) رابطه

طول سرریز جانبی (L) را بر اساس مشخصات هیدرولیکی جریان به صورت زیر ارائه نمود:

$$L = \frac{3}{2} \frac{B}{C_M} (F_2 - F_1) \quad [1]$$

که در آن

$$F(y, E, w) = \frac{2E - 3w}{E - w} \sqrt{\frac{E - y}{y - w}} - 3 \sin^{-1} \sqrt{\frac{E - y}{E - w}}$$

[2]

مقادیر Φ_1 و Φ_2 به ترتیب مقادیر Φ در مقاطع بالادست و پایین‌دست سرریز در کانال اصلی، y و E عمق و انرژی جریان در بالادست و پایین‌دست سرریز و w ارتفاع

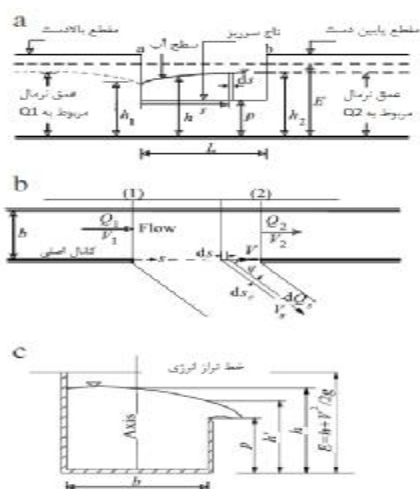
مقدمه

سرریز جانبی یک سازه کنترل هیدرولیکی است که برای انحراف آب از کانال اصلی به کانال جانبی زمانی که سطح آب در کانال اصلی از حد مشخصی بالاتر رود، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سازه جریان آب را به کانال جانبی به صورت آزاد و تحت شتاب ثقل تخلیه می‌کند. پیش‌بینی مقدار آبی که توسط سرریز جانبی منحرف می‌شود در طراحی سازه‌های انحراف و کاهش اثرات مخرب سیل ضروری است.

مطالعات دی‌مارچی (1934) پایه و اساس مطالعات

بعدی بر روی جریان متغیر مکانی با کاهش دبی در

دبی سرریز جانبی مثلثی در امتداد خم به عدد فرود بالادست در کانال اصلی، زاویه رأس سرریز جانبی و زاویه خم بستگی دارد. آقایی و همکاران (2009) با انجام مطالعات آزمایشگاهی تأثیر ارتفاع، عرض و شیب تاج سرریز جانبی روی ضریب دبی سرریز جانبی لبه‌پهن مایل را در شرایط جریان زیربحرانی در کانال مستطیلی بررسی کردند.



شکل 1- نمای کلی سرریز جانبی و پارامترهای آن.

سابرامانیا و آواستی (1972)، رانگا راجو و همکاران (1979) و برقی و همکاران (1999) در مورد ضریب دبی سرریزهای جانبی مستطیلی روابطی را به صورت زیر ارائه نمودند:

$$C_d = 0.864 \frac{\alpha - Fr_2}{\alpha + Fr_1} \frac{2}{\phi} \frac{\phi^{0.5}}{\phi} \quad [3]$$

$$C_d = 0.81 - 0.6 Fr_1 \quad [4]$$

$$C_d = 0.7 - 0.48 Fr_1 - 0.3 \frac{w}{y_l} + 0.06 \frac{L}{B} \quad [5]$$

در روابط بالا Fr_1 عدد فرود جریان در بالادست سرریز و B عرض کانال اصلی می‌باشد.

سرریز است. پارامترهای سرریز جانبی در شکل 1 نشان داده شده است.

جریان بر روی سرریز جانبی از نوع جریان متغیر مکانی با کاهش دبی است. سرریز جانبی نیز مانند سرریز معمولی می‌تواند لبه‌تیز، لبه‌پهن و یا کنگره‌ای باشد. سرریزهای کنگره‌ای سرریزهایی هستند که لبه آن‌ها در جانمایی مستقیم و صاف نیست. جریان در کانال اصلی می‌تواند زیربحرانی یا فوق بحرانی باشد. در موارد کاربرد سرریز جانبی جریان عموماً زیربحرانی است. این تحقیق شرایط جریان زیربحرانی بررسی شده است.

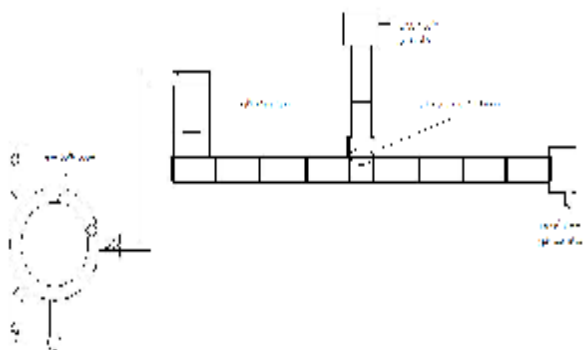
مطالعات اخیر نشان داد که سرریز جانبی لبه‌تیز به طور گسترده بررسی شده است. از جمله سابرامانیا و آواستی (1972)، الخشاب و اسمیت (1976)، اویوماز و موسلو (1985)، سوامی و همکاران (1994)، آقاجیلو و یوکسل (1998) و برقی و همکاران (1999) ضریب دبی سرریزهای جانبی مستطیلی لبه‌تیز را در رژیم جریان زیربحرانی بررسی کردند و معادله‌ای را برای آن ارائه نمودند. همچنین، برای مطالعه تغییرات دبی در طول سرریز جانبی، سوامی و همکاران (1994) با استفاده از روش تحلیل المان‌ها در یک نوار باریک در طول سرریز، ضریب دبی سرریزهای جانبی را به دست آوردند. رانگا راجو و همکاران (1979) بر اساس عرض کانال اصلی به طول مؤثر سرریز جانبی، عدد فرود و نسبت عمق آب به ارتفاع سرریز، رابطه‌ای برای ضریب دبی سرریز جانبی مستطیلی لبه‌پهن را ارائه نمودند. کومار و پات‌هک (1987) ضریب دبی سرریزهای جانبی مثلثی لبه‌تیز و لبه‌پهن را با فرض ثابت بودن انرژی در طول سرریز بر اساس زاویه رأس سرریز به دست آوردند. قدسیان (2003) جریان فوق بحرانی را در سرریزهای جانبی مستطیلی مطالعه کرد و روشی را برای محاسبه دبی سرریزهای جانبی معرفی نمود. کوشار و آقاجیلو (2004) ضریب دبی سرریز جانبی مثلثی را در دو کانال مستقیم و صاف مطالعه کردند. نتایج نشان داد که ضریب

باشد. بنابراین زاویه انحراف (Ψ) در معادله سرریز جانبی وارد نشده و در این تحقیق نیز به طور جداگانه بررسی نشده است.

هدف از این تحقیق بررسی ضریب دبی سرریز جانبی با کنگره‌های نیم دایره‌ای یک‌طرفه و پروفیل سطح آب در مجاورت سرریز جانبی در شرایط هیدرولیکی مختلف می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های تحقیق حاضر در فلوم آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام پذیرفت. فلوم آزمایشگاهی مورد استفاده در این تحقیق شامل یک کانال اصلی و یک کانال جانبی از جنس فلز با دیواره‌ها و کف شیشه‌ای به طول 10 متر، عرض 40 سانتی‌متر، و ارتفاع 50 سانتی‌متر و شیب طولی 0/001 است. مطابق شکل 2 ابتدای کانال جانبی محل استقرار سرریز جانبی بوده و دارای یک تبدیل به طول 35 سانتی‌متر، عرض 62 سانتی‌متر و ارتفاع 50 سانتی‌متر است. ابتدای کانال مجهز به یک مخزن بوده که دارای آرام‌کننده توری است و یک سرریز مستطیلی لبه تیز که دبی جریان ورودی را اندازه‌گیری می‌کند. در انتهای کانال اصلی یک سرریز لبه‌پهن واسنجی شده وجود دارد که دبی خروجی را اندازه‌گیری می‌کند. همچنین کانال مجهز به یک سطح سنج برای اندازه‌گیری پروفیل سطح آب با دقت 0/1 میلی‌متر است.



شکل 2- نمای کلی فلوم آزمایشگاهی.

نکوئی (1385) برای اولین بار سرریز کنگره‌ای منقاری را به صورت سرریز جانبی مورد استفاده قرار داد و روابطی را برای محاسبه ضریب دبی سرریز منقاری تک سیکل و دو سیکل ارائه نمود. نظامی (1389) ضریب دبی سرریز جانبی کنگره‌ای ذوزنقه‌ای را مطالعه کرد و معادله‌ای برای محاسبه ضریب دبی این سرریز ارائه نمود. امیراوغلو و همکاران (2010) ضریب دبی سرریز کنگره‌ای با پلان مثلثی را مورد آزمایش قرار دادند. کایا و همکاران (2011) ضریب تخلیه سرریزهای جانبی نیمه بیضوی در شرایط جریان زیربحرانی را بررسی کردند. امیراوغلو و همکاران (2010) با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی رابطه ضریب دبی سرریز جانبی کنگره‌ای مثلثی را با پارامترهای بی‌بعد زیر را بررسی نمودند:

$$C_M = f(Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g h_1}}, \frac{L}{B}, \frac{L}{L}, \frac{p}{L}, q, \gamma) \quad [6]$$

در رابطه فوق، Fr_1 عدد فرود در ابتدای سرریز در کانال اصلی، V_1 سرعت میانگین جریان در ابتدای سرریز در کانال اصلی، L عرض سرریز جانبی، B عرض کانال اصلی، h_1 عمق آب در ابتدای سرریز جانبی در محور کانال، θ زاویه رأس مثلث و Ψ زاویه انحراف جریان است. زاویه انحراف جریان Ψ زاویه انحراف تیغه آب به طرف سرریز جانبی است که با رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$\sin \gamma = \sqrt{1 - \frac{\frac{\infty}{e} \frac{v_1}{v_s} \frac{\delta}{\delta}}{e}}^2 \quad [7]$$

در رابطه فوق، V_s سرعت تیغه آب منحرف شده (dQ_s) است. با توجه به این رابطه، Ψ برای هر ذره آب و عدد فرود مقدار متفاوت خواهد داشت. با کاهش عدد فرود در امتداد سرریز جانبی زاویه انحراف افزایش می‌یابد. الخشاب (1975) اظهار داشت که پارامتر بی‌بعد طول سرریز به عرض کانال ($\frac{L}{B}$) شامل تأثیر زاویه انحراف می-

به‌طور جداگانه بر روی کانال نصب و طی 220 آزمایش، مشخصه‌های هیدرولیکی جریان روی سرریز و در فلوم اصلی مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

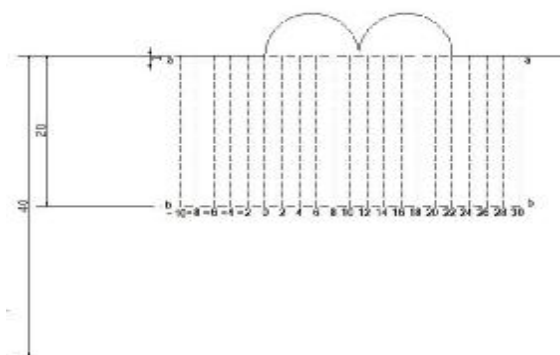
در این تحقیق 21 مدل آزمایشگاهی سرریز جانبی با چهار طول بازشدگی، چهار سیکل، چهار شعاع مورد آزمایش قرار گرفتند. مشخصات کلیه سرریزها در جدول 1 نشان داده شده است. هر یک از این سرریزها

جدول 1 - محدوده متغیرهای استفاده شده در آزمایش‌ها.

نوع سرریز	طول بازشدگی	تعداد سیکل	شعاع کنگره‌ها	فرود بالادست	دبی بالادست
	L(cm)	n	(cm)	Fr ₁	Q ₁ (Ls ⁻¹)
مسطحی	20-30-40-50	-	-	0/05-0/35	5-55
نیم‌دایره یک‌طرفه	20-30-40-50	2-3-4-5	2-3-4-5	0/05-0/35	5-55

پروفیل سطح آب در طول محوری به فاصله یک سانتی‌متری از سرریز جانبی (a-a) و در محور کانال (b-b) برای مشاهده تغییرات سطح آب با وجود سرریز جانبی در کانال اصلی برداشت شد. همان‌طوری که در شکل 4 مشاهده می‌شود عمق آب در ابتدای سرریز جانبی کمتر از عمق آب در انتهای آن می‌باشد. این شرایط که در همه آزمایش‌های انجام شده و در همه مطالعات اخیر بر روی سرریز جانبی مشاهده گردیده است به علت شرایط جریان زیربحرانی است. همان‌طوری که در شکل 5 مشاهده می‌گردد تراز سطح آب در امتداد یک سانتی‌متری سرریز جانبی افت کمی در قسمت ابتدایی سرریز دارد، که الخشاب (1975) و امیراوغلو و همکاران (2011) علت این پدیده را تأثیر جریان ورودی سرریز بر جریان بالادست می‌دانند. پس‌ازاین ناحیه، تراز سطح آب به سرعت به سمت انتهای سرریز افزایش می‌یابد و از اواسط سرریز نرخ افزایش کم می‌شود. امیراوغلو و همکاران (2011) دلیل این رفتار آب را تأثیر جریان‌های ثانویه ناشی از جریان‌های عرضی اعلام کرده‌اند. پدیده مزبور به این صورت توجیه شد که جریان‌های عرضی منجر به ایجاد ناحیه جدایی در انتهای سرریز می‌گردند و در پی آن انرژی توانی کاهش یافته و به انرژی جنبشی تبدیل می‌گردد. با توجه به شکل 4 پروفیل سطح آب در محور کانال یکنواخت است و

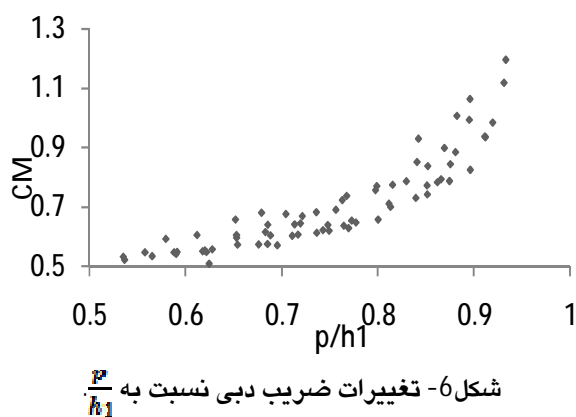
مطابق شکل 3 عمق آب در هر آزمایش در مجاورت سرریز و به فاصله یک سانتی‌متری آن (محور a-a) و در محور کانال (محور b-b) به وسیله عمق سنج با دقت 0/1 میلی‌متر اندازه‌گیری شد. کلمن و اسمیت (1923) اظهار داشتند که برای جلوگیری از اثر کشش سطحی کمترین ارتفاع آب بر روی سرریز جانبی 0/019 متر باشد. بنابراین کمترین ارتفاع آب بر روی سرریز 0/020 متر در نظر گرفته شد.



شکل 3- موقعیت پروفیل‌های طولی برداشت شده در کانال اصلی.

نتایج و بحث پروفیل سطح آب

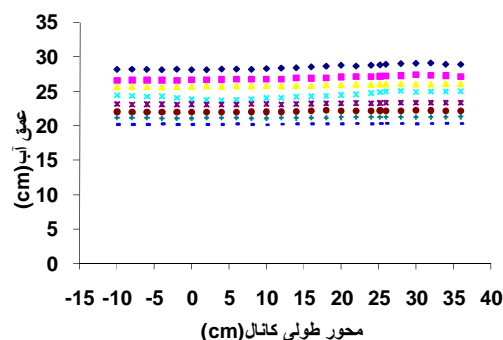
همان طوری که در شکل 6 نشان داده شده است با افزایش مقدار $\frac{P}{h_1}$ ضریب دبی افزایش می یابد. افزایش مقدار C_m با $\frac{P}{h_1}$ بسیار چشمگیر است. تأثیر $\frac{P}{h_1}$ بر C_m را می توان با ناحیه جداشدگی جریان تشریح کرد. ناحیه جداشدگی جریان باعث ایجاد جریان های ثانویه شدید در محدوده سرریز جانبی می گردد. شدت این جریان های ثانویه به نسبت ارتفاع سرریز جانبی به عمق آب بالادست بستگی دارد و با افزایش ارتفاع سرریز کاهش می یابد. در تحقیقات کایا و همکاران (2011) و برقی و همکاران (1999) نیز همین روند مشاهده گردیده است.



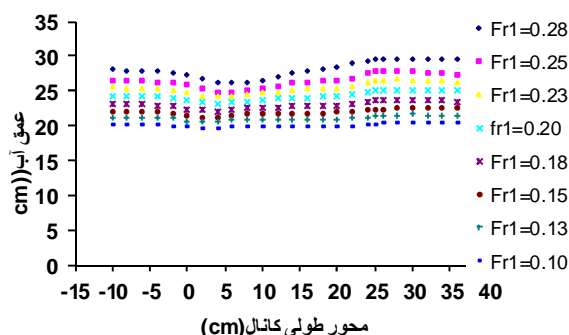
شکل 6- تغییرات ضریب دبی نسبت به $\frac{P}{h_1}$.

شکل 7 تغییرات ضریب دبی را در مقابل عدد فرود به تفکیک شعاع کنگره ها نشان می دهد. با توجه به نمودارها، مشاهده می شود که با افزایش شعاع نیم دایره ها مقادیر ضریب دبی افزایش می یابد. به طوری که شعاع 6/25 سانتی متر بیشترین ضریب دبی و شعاع 2/5 سانتی متر کمترین مقادیر ضریب دبی را ارائه می دهد. با افزایش شعاع نیم دایره (با در نظر گرفتن تعداد سیکل ثابت دو) طول مؤثر کنگره ها افزایش می یابد و این مستقیماً بر روی ضریب دبی تأثیر گذاشته و باعث افزایش آن می گردد.

این نشان می دهد که تأثیر سرریز جانبی تا محور کانال پیش نمی رود. از مقایسه مطالعه حاضر با دو نظریه فوق می توان بیان نمود که نتایج با هم همخوانی داشته و صحیح می باشند.



شکل 4- پروفیل طولی در محور مرکزی سرریز.



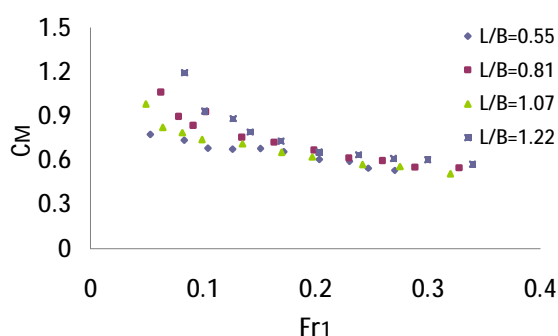
شکل 5- پروفیل طولی در فاصله یک سانتی متری سرریز.

ضریب دبی

مطالعات آزمایشگاهی تحقیق حاضر به منظور تعیین ضریب دبی سرریز جانبی کنگره ای نیم دایره ای انجام گرفت. ضریب دبی با استفاده از معادله دی مارچی (1934) محاسبه گردید. پارامترهای بی بعد زیر با کاربرد تحلیل ابعادی برای سرریز جانبی در این تحقیق ارائه شد:

$$C_M = f\left(Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g h_1}}, \frac{L}{B}, \frac{L}{L'}, \frac{p}{h_1}, n, \frac{R}{B}\right) \quad [8]$$

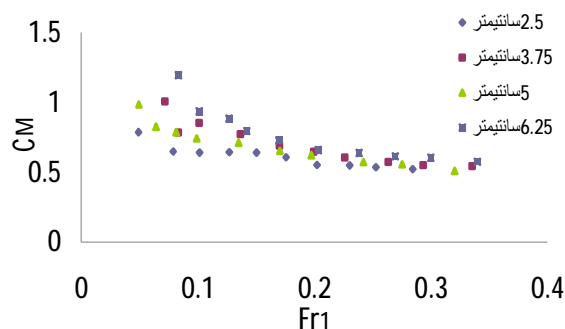
با افزایش نسبت $\frac{L}{B}$ به دلیل افزایش جریان‌های ثانویه ایجاد شده به وسیله جریان جانبی می‌باشد. الخشاب و اسمیت (1976) نیز اشاره کردند که با طولانی بودن طول سرریز جریان‌های ثانویه غالب گردیده و این باعث افزایش ضریب دبی با افزایش نسبت $\frac{L}{B}$ می‌گردد.



شکل 9- تغییرات ضریب دبی نسبت به $\frac{L}{B}$

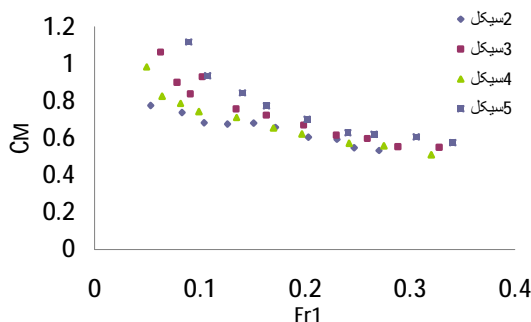
در یک طول بازشدگی ثابت، افزایش شعاع نسبت به افزایش تعداد سیکل تأثیر بیشتری در افزایش ضریب دبی دارد. با مقایسه نتایج به دست آمده مشاهده می‌شود که در طول بازشدگی 30 سانتی‌متر در سرریز سه سیکل با شعاع 5 سانتی‌متر نسبت به سرریز چهار سیکل با شعاع 3/75 سانتی‌متر ضریب دبی 6 درصد و در طول بازشدگی 50 سانتی‌متر در سرریز چهار سیکل با شعاع 6/25 سانتی‌متر نسبت به سرریز پنج سیکل با شعاع 5 سانتی‌متر ضریب دبی 5 درصد افزایش یافته است.

با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS و با وارد نمودن پارامترهای بی‌بعد و انتخاب روابط متعدد بین مقادیر ارائه شده به نرم‌افزار و روش سعی و خطا، رابطه 9 با دقت بالا و کمترین خطا برای سرریز جانبی کنگره‌ای نیم‌دایره‌ای استخراج و پیشنهاد گردید. مقادیر R^2 و NRMSE به عنوان معیاری برای انتخاب رابطه مناسب در ارزیابی روابط به کار گرفته شد. رابطه پیشنهادی باید



شکل 7- تغییرات ضریب دبی نسبت به شعاع کنگره‌ها.

به منظور بررسی تأثیر تعداد سیکل بر ضریب دبی با ثابت در نظر گرفتن شعاع نیم‌دایره‌ها (5 سانتی‌متر)، حالت‌های دو سیکل، سه سیکل، چهار سیکل و پنج سیکل مورد آزمایش قرار گرفت. با توجه به شکل 8 با افزایش تعداد سیکل ضریب دبی افزایش می‌یابد به طوری که حالت دو سیکل کم‌ترین مقادیر ضریب دبی و حالت پنج سیکل بیشترین مقادیر ضریب دبی را دارا می‌باشد. با افزایش تعداد سیکل طول مؤثر کنگره‌ها در شعاع ثابت افزایش می‌یابد. نسبت افزایش ضریب دبی در حالت سه سیکل، چهار سیکل و پنج سیکل به ترتیب 25/5، 30/3 و 32/2 درصد نسبت به حالت دو سیکل بوده است.



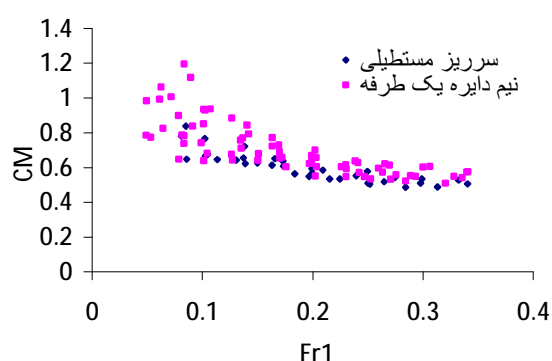
شکل 8- تأثیر تعداد سیکل بر ضریب دبی جریان.

همان‌طور که در شکل 9 دیده می‌شود با افزایش نسبت $\frac{L}{B}$ ضریب دبی افزایش می‌یابد. افزایش ضریب دبی

دارای R^2 بیشتر و NRMSE کمتر باشد تا رابطه انتخابی کمترین خطا را داشته باشد.

$$C_M = 1.736 \cdot n^{-0.306} + Fr_1^{0.092} + \frac{\alpha_p \ddot{\theta}}{e h_1 \phi}^{4.322} \quad [9]$$

$$- \frac{\alpha_L \ddot{\theta}}{e_B \phi}^{-0.247} - \frac{\alpha_L \ddot{\theta}}{e_L \phi}^{0.285} - \frac{\alpha_R \ddot{\theta}}{e_B \phi}^{-0.16}$$



شکل 11- مقایسه ضریب دبی سرریز جانبی کنگره‌ای نیم دایره‌ای با سرریز جانبی مستطیلی.

دبی انجام گرفت و رابطه تجربی برای محاسبه ضریب دبی ارائه گردید. نتایج به دست آمده به صورت زیر می‌باشد:

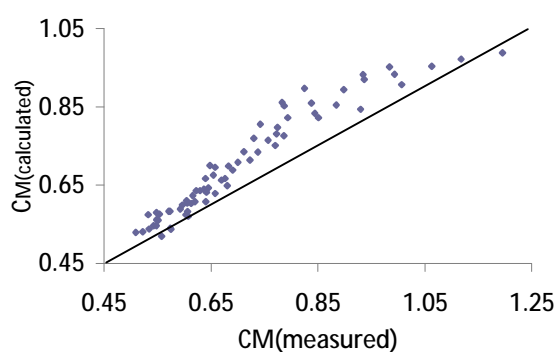
پروفیل سطح آب در فاصله یک سانتی‌متری سرریز ابتدا کاهش یافته و سپس افزایش می‌یابد.

پروفیل سطح آب در محور مرکزی سرریز یکنواخت است.

با افزایش عدد فرود ضریب دبی کاهش می‌یابد.

با افزایش تعداد سیکل و شعاع کنگره‌ها ضریب دبی افزایش می‌یابد.

ضریب دبی سرریز جانبی کنگره‌ای نیم‌دایره‌ای در مقایسه با سرریز مستطیلی بیشتر است. مقدار این افزایش 21 درصد می‌باشد.



شکل 10- مقایسه مقادیر ضریب دبی محاسباتی با مقادیر اندازه‌گیری شده.

مقدار R^2 و NRMSE برای رابطه ارائه شده به ترتیب 0/93 و 0/28 است. مقایسه مقادیر ضریب دبی محاسباتی با مقادیر اندازه‌گیری شده در شکل 10 نشان داده شده است. ضریب دبی سرریزهای جانبی کنگره‌ای بیشتر از سرریزهای مستطیلی می‌باشد. مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد که در سرریز جانبی کنگره‌ای نیم‌دایره‌ای نسبت به سرریز جانبی مستطیلی ضریب دبی 21 درصد افزایش یافته است. در شکل 11 مقایسه ضریب دبی سرریز جانبی کنگره‌ای نیم دایره‌ای با سرریز جانبی مستطیلی نشان داده شده است.

نتیجه‌گیری کلی

مطالعات آزمایشگاهی بر روی سرریز جانبی کنگره‌ای نیم‌دایره‌ای به منظور بررسی اثر پارامترهای فیزیکی و هیدرولیکی بر روی پروفیل سطح آب و ضریب

منابع مورد استفاده

- نظامی ف، 1389. بررسی آزمایشگاهی مشخصه‌های هیدرولیکی سرریزهای جانبی کنگره‌ای نوزنقه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
- نکویی م، 1385. تعیین ضریب دبی سرریز جانبی منقاری به صورت آزمایشگاهی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه صنعتی شریف.
- Agaccioglu H and Yüksel Y, 1998. Side-weir flow in curved channels. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* 124(3): 163–175.
- Aghayari F, Honar T and Keshavarzi AA, 2009. Study of spatial variation of discharge coefficient in broad-crested inclined side weirs. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* 58(2): 46–54.
- Borghai M, Jalili MR and Ghodsian M, 1999. Discharge coefficient for sharp-crested side weir in subcritical flow. *Journal of Hydraulic Engineering ASCE* 125(10): 1051-1056.
- Coleman GS and Smith D, 1923. The discharging capacity of side weirs. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers (London)* 6: 288–304.
- Coşar A and Agaccioglu H, 2004. Discharge coefficient of a triangular side weir located on a curved channel. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* 130(5): 321–333.
- De Marchi G, 1934. Essay on the performance of lateral weirs (in Italian). *L'Energia Ellectrica, Milan* 11(11): 849–860.
- El-Khashab AMM, 1975. Hydraulics of flow over side weirs. Ph.D. Thesis. University of Southampton, England.
- El-Khashab AMM and Smith KVH, 1976. Experimental investigation of flow over side weirs. *Journal of Hydraulic Division ASCE* 102: 1255–1268.
- Ghodsian M, 2003. Supercritical flow over rectangular side weir. *Canadian Journal of Civil Engineering* 30(3): 596–600.
- Emiroglu ME, Bilhan O and Kisi O, 2010. Neural networks for estimation of discharge capacity of triangular labyrinth side-weir located on a straight channel. *Expert Systems with Applications* 38(1): 867–874.
- Emiroglu ME Agaccioglu H and Kaya N, 2011. Discharge capacity of rectangular side weir in straight open channels. *Journal. Flow Measurement and Instrumentation* 22: 319-330.
- Kaya N, Emiroglu ME and Agaccioglu H, 2011. Discharge coefficient of a semi-elliptical side weir in subcritical flow. *Flow Measurement and Instrumentation* 22(1): 25-32.
- Kumar CP and Pathak, SK, 1987. Triangular side weirs. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* 113(1): 98–105.
- Ranga Raju KG, Prasad B and Grupta SK, 1979. Side weir in rectangular channel. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* 105(5): 547–554.
- Subramanya K and Awasthy SC, 1972. Spatially varied flow over side weirs. *Hydraulic Division ASCE* 981: 1–10.
- Swamee PK, Santosh KP and Masoud SA, 1994. Side weir analysis using elementary discharge coefficient. *Jornal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* 120(4): 742-755.
- Uyumaz A and Muslu Y, 1985. Flow over side weir in circular channels. *Journal of Hydraulic Engineering ASCE* 111(1): 144–160.