

بررسی آزمایشگاهی ضریب دبی سرریزهای جانبی کنگره‌ای دوزنقه‌ای

فرزانه نظامی¹، داود فرسادی‌زاده^{2*}، علی حسین‌زاده دلیر³، فرزین سلماسی⁴

تاریخ دریافت: 90/06/02 تاریخ پذیرش: 90/12/13

¹ دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

² دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

³ استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

⁴ دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبه E-mail: farsadi_d@yahoo.com

چکیده

سرریز جانبی به عنوان سازه تنظیم آب برای کنترل دبی و سطح آب در رودخانه‌ها و کانال‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. سرریز جانبی کنگره‌ای نوعی سرریز است که لبه آن در جانمایی مستقیم و صاف نمی‌باشد. در صورتی که طول بازشدگی محدود باشد، با افزایش طول مؤثر توسط این سرریزها می‌توان آب بیشتری به بیرون از کانال منحرف کرد. به منظور بررسی عملکرد سرریز و برآورد جریان عبوری از روی آن نیاز به تعیین ضریب دبی می‌باشد. در این تحقیق، رفتار هیدرولیکی سرریز جانبی کنگره‌ای با جانمایی دوزنقه‌ای در حالت تک سیکل به صورت آزمایشگاهی بررسی شده است. عدد فرود بالادست سرریز جانبی در هر آزمایش تغییر داده شد و تاثیر طول بازشدگی، ارتفاع و زوایای جانبی بر ضریب دبی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش‌های انجام شده برای یافتن اثر پارامترهای بی بعد طولی، ارتفاعی و زوایای رأس مختلف روی ضریب دبی در جریان زیر بحرانی تحلیل شد. نتایج این تحقیق نشان داد که ضریب دبی سرریز جانبی کنگره‌ای دوزنقه‌ای در مقایسه با سرریزهای جانبی معمولی حدودا 30-15 درصد افزایش داشته است. همچنین ضریب دبی با افزایش عدد فرود و زاویه جانبی سرریز کاهش و با افزایش طول بازشدگی و ارتفاع سرریز افزایش می‌یابد. در محدوده آزمایش‌های انجام شده زاویه 30 درجه بیشترین ضریب دبی را بدست می‌دهد که 1/5 برابر زوایای دیگر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بررسی آزمایشگاهی، جریان زیر بحرانی، سرریز جانبی کنگره‌ای، ضریب دبی

Experimental Study of Discharge Coefficient of Trapezoidal Labyrinth Side-Weirs

F Nezami¹, D Farsadizadeh^{2*}, A Hosseinzadeh Delir³, F Salmasi⁴

Received: 24 August 2011 Accepted: 4 March 2012

¹-MSc Student, Dept. of Water Engin., Univ. of Tabriz, Iran

²-Assoc. Prof., Dept of Water Engin., Univ. of Tabriz, Iran

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

⁴-Assist. Prof., Dept of Water Engin., Univ. of Tabriz, Iran

*Corresponding author: E-mail: farsadi_d@yahoo.com

Abstract

Side weir is used as a regulator structure to control discharge and water level in rivers and channels. A labyrinth side weir is a kind of weirs which does not have a direct and smooth edge in the plan view. When the opening length is limited, these side weirs can divert more water out of the channel by increasing the effective length. To evaluate performance of the side weir and estimate the rate of flow passing through it, the discharge coefficient should be determined. In this research, hydraulic behavior of a labyrinth side weir with a trapezoidal plan in the single-cycle has been studied experimentally. Upstream Froude number of the side weir was modified in each test and the effects of opening length, height and side angles on the discharge coefficient were investigated. The results of the tests were analyzed to find out the effect of defined dimensionless parameters such as length, height and angle on the discharge coefficient in subcritical flow. The results obtained showed that in comparison with the normal side weirs the discharge coefficient of the trapezoidal labyrinth side weir increased about 15-30 percent. Also, the discharge coefficient decreased with increasing the Froude number and side angles and increased with increasing the opening length and height of the weir. In the range of experiments, the angle of 30 degrees gives the highest discharge coefficient that is approximately 1.5 times the other angles.

Keywords: Discharge coefficient, Experimental study, Labyrinth side-weir, Subcritical flow

زهکشی به منظور انحراف آب مازاد و یا آبیگری مورد استفاده قرار می‌گیرد. سرریز جانبی با ارتفاعی کمتر از ارتفاع دیواره کانال احداث شده و هنگامی که سطح آب بالا می‌آید، قسمتی از جریان از روی سرریز به صورت

مقدمه

سرریزهای جانبی از انواع سازه‌های هیدرولیکی هستند که با اهداف مختلف در سیستم‌های انتقال آب احداث می‌شوند. این سازه در شبکه‌های آبیاری و

$$\frac{dy}{dx} = \frac{Qy \left(\frac{-dQ}{dx} \right)}{gB^2y^3 - Q^2} \quad [1]$$

که در آن $\frac{dy}{dx}$ تغییرات عمق در طول کانال، Q

دبی جریان، y عمق جریان، B عرض کانال، $\frac{dQ}{dx}$

تغییرات دبی در طول کانال، g شتاب ثقل می‌باشد.

دی‌مارچی (1934) رابطه طول سرریز (L) را

بر اساس مشخصات هیدرولیکی جریان به صورت زیر ارائه نمود:

$$L = \frac{3}{2} \frac{B}{C_M} (\Phi_2 - \Phi_1) \quad [2]$$

که در آن:

$$\Phi(y, E, w) = \frac{2E - 3w}{E - w} \sqrt{\frac{E - y}{y - w}} - \quad [3]$$

$$3 \sin^{-1} \sqrt{\frac{E - y}{E - w}}$$

Φ_1 و Φ_2 مقادیر Φ به ترتیب در مقاطع

بالادست و پایین‌دست سرریز در کانال اصلی، y و E

عمق و انرژی جریان در بالادست و پایین‌دست

سرریز و w ارتفاع سرریز می‌باشد.

بعد از ارائه رابطه دی‌مارچی (1934)، مطالعات

وسيعی برای بدست آوردن رابطه ضریب دبی در

سرریزهای جانبی صورت گرفت که در اکثر این روابط،

محققین تغییرات انرژی در طول سرریز را ناچیز فرض

کرده‌اند. سابرامانیا و آواستی (1972) به بررسی ضریب

دبی سرریز جانبی پرداخته و روابطی را برای محاسبه

ضریب دبی سرریز به ارتفاع صفر، برای جریان زیر

بحرانی و فوق بحرانی ارائه نمودند. ناسامورتی و

تامسون (1972) با بررسی روابط سابرامانیا و

آواستی (1972) و مدنظر قراردادن شرایط نامطلوب

حدی رابطه‌ای را برای ضریب C_M ارائه کردند.

یوتچ (1972) با مطالعه تحقیقات سابرامانیا و

آواستی (1972) بیان کرد که معادله ارائه شده توسط

آنها برای سرریز با شرایط ($Fr_1 > 0.6, w > 0$) دارای

خطا می‌باشد و رابطه‌ای برای تعیین ضریب C_M در

جانبی منحرف می‌شود. سرریز جانبی باعث تنظیم دبی

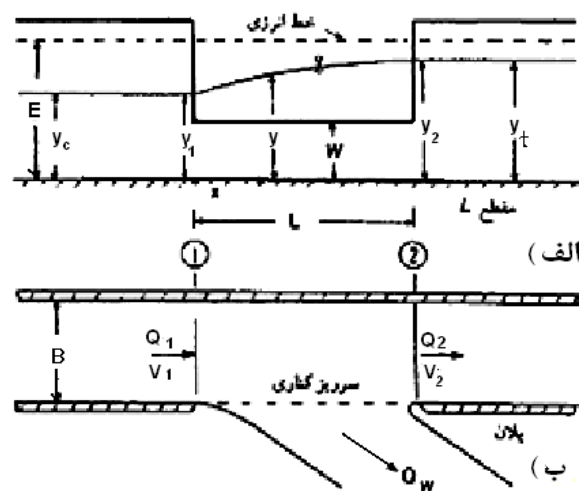
و کنترل سطح آب در کانال اصلی می‌گردد. کنترل و

انحراف سیلاب در مخازن سدها، انحراف جریان و

محافظت سازه در برابر سیلاب در رودخانه‌ها از دیگر

موارد کاربرد سرریزهای جانبی می‌باشد. در شکل 1

نمای ساده‌ای از سرریز جانبی نشان داده شده است.



شکل 1- طرح شماتیک سرریز جانبی؛ الف) مقطع طولی (ب) جانمایی

در شکل 1، y_1 ، y_2 عمق آب در بالادست و

پایین‌دست سرریز، y_c عمق بحرانی، y_t عمق پایاب، w

ارتفاع سرریز، B عرض کانال، L طول سرریز، Q_1 ،

Q_2 دبی جریان در قبل و بعد از سرریز، Q_w دبی

سرریز، V_1 ، V_2 سرعت جریان در قبل و بعد از سرریز

می‌باشد.

جریان در سرریزهای جانبی از نوع متغیر مکانی

با کاهش دبی می‌باشد. تحقیقات زیادی بر روی این

جریان انجام گرفته است. مطالعات دی‌مارچی (1934)

پایه و اساس تحقیقات بعدی بر روی جریان متغیر

مکانی با کاهش دبی در سرریزهای جانبی قرار گرفت.

دی‌مارچی (1934) با فرض ثابت بودن انرژی در طول

سرریز برای یک کانال مستطیلی با شیب کف و

اصطکاک صفر، معادله عمومی جریان متغیر مکانی با

کاهش دبی را به صورت رابطه 1 نوشت:

های عصبی مصنوعی برای تعیین ضریب تخلیه سرریزهای جانبی در کانال‌های مستطیلی ارائه کردند. مقایسه آماری نتایج حاصل از شبکه عصبی مصنوعی با نتایج محققین دیگر نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی قادر است با دقت بالاتری ضریب تخلیه سرریزهای جانبی را تعیین نماید.

یورا و همکاران (2001) مطالعات تحلیلی و آزمایشگاهی بر روی سرریز جانبی مایل انجام دادند (شکل 2). آنها بر این باور بودند که سرریزهای جانبی معمولی دارای معایب ذاتی از جمله وقوع پدیده جداسازی جریان و نیز کاهش ضریب دبی با افزایش عدد فرود در کانال اصلی می‌باشند. به این ترتیب با قرار دادن سرریز جانبی بصورت مایل نسبت به کانال اصلی سعی در کاهش اثرات این معایب ذاتی داشتند. آنها رابطه تحلیلی زیر را برای تعیین ضریب دبی ارائه دادند:

$$C_M = 0.611 \sin q \quad [5]$$

$$\cdot \left[\cos q \sqrt{\frac{3Fr_1^2}{2+Fr_1^2} + \sin q \sqrt{1 - \frac{3Fr_1^2}{2+Fr_1^2}}} \right]$$

که در آن Fr_1 عدد فرود بالادست و q زاویه کناری سرریز می‌باشد.

طاهری و برقی (1384) نیز تحقیقاتی را بر روی سرریزهای مایل انجام دادند. آنها با ثابت در نظر گرفتن طول وتر و زاویه قائم، زاویه کناری q را تغییر داده و باعث افزایش طول مؤثر سرریز و درعین حال ثابت ماندن بازشدگی گردیدند (شکل 2). همچنین تحقیق ایشان شامل خروج آب از هر دو وجه سرریز نیز بود. آنها رابطه 6 را برای ضریب دبی سرریز پیشنهاد کردند.

$$C_M = (0.5 + 0.142 \frac{L}{B} \sin q - 0.293 Fr_1 (\frac{w}{y})^{-0.354}) \quad [6]$$

که در آن Fr_1 عدد فرود بالادست، $\frac{L}{B}$ نسبت طول دهانه بازشدگی سرریز به عرض کانال و q زاویه کناری سرریز می‌باشند.

سرریزهای جانبی مستطیلی پیشنهاد کرد. هاگر (1987) با در نظر گرفتن تغییرات موضعی عدد فرود در طول سرریز مفهوم جدید ضریب دبی جریان المانی را ارائه کرد. سوامی و همکاران (1994) سرریزهای جانبی با دیواره و بدون دیواره را با استفاده از ضریب دبی جریان المانی بررسی نمودند.

برقی و همکاران (1999) آزمایش‌های زیادی برای یافتن اثر هیدرولیک جریان، هندسه کانال و شکل سرریز روی ضریب دبی سرریز جانبی لبه تیز در شرایط جریان زیر بحرانی انجام دادند. نتایج آنها نشان داد که در جریان زیر بحرانی فرض دی‌مارچی (1934) در مورد ثابت بودن انرژی قابل قبول است. همچنین شیب کف کانال در جریان زیر بحرانی را می‌توان نادیده گرفت. بنابراین رابطه زیر را برای ضریب دبی معرفی نمودند:

$$C_M = 0.7 - 0.48 Fr_1 - 0.3 \frac{w}{y_1} + 0.06 \frac{L}{B} \quad [4]$$

که در آن Fr_1 عدد فرود بالادست، $\frac{w}{y_1}$ نسبت ارتفاع سرریز به عمق جریان بالادست، $\frac{L}{B}$ نسبت طول سرریز به عرض کانال می‌باشد.

کشاورزی و فرارویی (2004) مطالعات خود را بر روی ضریب دبی سرریزهای جانبی در کانال نوزنقه‌ای با شیب‌های دیواره 1:0، 1:0/5، 1:1 و 1:1/5 انجام دادند و مدل عددی خود را با نتایج این آزمایش‌ها مقایسه کرده و تطابق خوبی مشاهده کردند. آنها نتیجه گرفتند که ضریب دبی سرریز جانبی در کانال نوزنقه‌ای با شیب جداره 1:0/5 بیشتر از سرریزهای نصب شده در بقیه کانال‌های اصلی می‌باشد. برقی و صالحی (1382) به تعیین ضریب دبی با استفاده از پروفیل سطح آب در سرریزهای جانبی پرداختند. آنها رابطه‌ای را با فرض جریان بحرانی روی سرریز و رابطه دیگری را در جریان زیر بحرانی برای ضریب دبی سرریز جانبی ارائه کردند. قبادیان و شفاعی بجزستان (1385) روش جدیدی براساس شبکه-

دبی سرریز جانبی منقاری پرداخت. در آزمایش‌های انجام شده، تاثیر زاویه، ارتفاع، طول سرریز، دبی و عدد فرود بالادست بر روی ضریب دبی بررسی شد. مقایسه نتایج نکوئی (1385) با نتایج سایر محققین در مورد سرریز جانبی معمولی افزایش ضریب دبی را نشان داد. این محقق با تحلیل نتایج حاصل از آزمایش‌ها و به کار بردن پارامترهای بی‌بعد حاصل از تحلیل ابعادی، رابطه 7 را برای سرریز جانبی منقاری تک سیکل پیشنهاد کرد:

$$C_M = 0.253 - 0.119 \left(\frac{w \times \sin(\delta/2)}{y_1 - w} \right) - 0.021 \left(\frac{w \sin(\delta/2)}{y_1 - w} \right)^2 + 0.299 \left(\frac{Fr_1}{\sin(\delta/2)} \right) - 0.064 \left(\frac{Fr_1}{\sin(\delta/2)} \right)^2 + \left(0.044 \frac{L'}{B} + 0.172 \frac{L'}{L} \right) \left(\frac{w \sin(\delta/2)}{y_1 - w} \right) \quad [7]$$

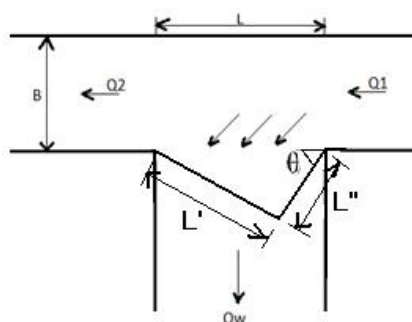
که در آن d زاویه منقار سرریز بوده و بقیه پارامترها قبلاً تعریف شده است.

امیراوغلو و همکاران (2010) مطالعه خود را بر روی سرریز جانبی کنگره‌ای منقاری به طریق آزمایشگاهی برای تعیین ضریب دبی انجام دادند. زاویه سرریز کنگره‌ای مثلثی، ارتفاع سرریز و طول آن در آزمایش‌ها متغیر بوده و هر سری از آزمایش‌ها برای دبی و عدد فرود بالادست مختلف اجرا شده است. مقایسه نتایج بدست آمده با نتایج سایر محققین برای انواع سرریزهای جانبی نشان داد که ضریب دبی افزایش چشمگیری داشته است. رابطه بدست آمده از داده‌های آزمایشگاهی این محققین بصورت زیر می‌باشد:

$$C_M = \left[18.6 - 23.535 \left(\frac{L'}{B} \right)^{0.412} + 0.769 \left(\frac{L'}{L} \right)^{0.412} - \left(\frac{w \sin(\delta/2)}{y_1 - w} \right)^{1.421} \right] \left[0.502 \left(\frac{w}{y_1} \right)^{4.034} + 0.094 \sin \theta - 0.393 Fr_1^{2.155} \right] \quad [8]$$

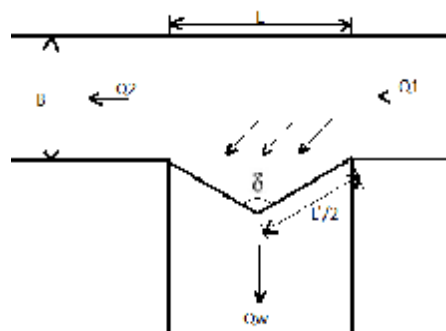
که در آن q زاویه منقار سرریز بوده و بقیه پارامترها قبلاً تعریف شده است.

بر اساس نتایج تحقیقات محققین کاربرد سرریزهای کنگره‌ای منقاری بعنوان سرریز جانبی



شکل 2- شمای سرریز جانبی مایل

نکوئی (1385) برای اولین بار سرریز کنگره‌ای منقاری¹ را به صورت سرریز جانبی مورد استفاده قرار داد. سرریزهای کنگره‌ای سرریزهایی هستند که لبه آنها در جانمایی مستقیم و صاف نمی‌باشد. طول موثر جریان در این سرریزها نسبت به سرریزهای معمولی بیشتر است. بنابراین کاربرد این سرریزها باعث افزایش ظرفیت آبگذری سیستم می‌شود. ارتفاع تاج، زاویه دیواره‌ها، تعداد سیکل‌ها، ضخامت و شکل تاج در جریان از روی این سرریزها موثر می‌باشند. در صورتی که طول دهانه بازشدگی برای سرریز جانبی محدود باشد و یا هدف حداقل کردن این طول باشد می‌توان از سرریز جانبی کنگره‌ای استفاده کرد (شکل 3).



شکل 3- شمای سرریز جانبی کنگره‌ای

در این شکل، d زاویه منقار سرریز و L' طول موثر سرریز می‌باشد.

نکوئی (1385) به بررسی آزمایشگاهی ضریب

¹ Duckbill labyrinth side weir

بالای فلوم قرار داده شده است که محل استقرار سطح سنج جهت اندازه‌گیری پروفیل سطح آب می‌باشد.

سرریزهای کنگره‌ای نوزنقه‌ای از صفحات فلزی با ضخامت دو میلی‌متر به صورت لبه تیز ساخته شدند. این سرریزها به عنوان سرریز جانبی بر روی یک صفحه از جنس پلی اتیلن در امتداد دیواره فلوم نصب می‌شدند. آزمایش‌ها با دهانه‌های بازشدگی 60، 80 و 100 سانتی‌متر، ارتفاع 10 و 15 سانتی‌متر و زوایای جانبی 30، 45 و 60 درجه سرریزهای کنگره‌ای نوزنقه‌ای انجام پذیرفت. در مجموع 110 آزمایش انجام شد. متغیرهای مورد آزمایش و محدوده‌های اندازه‌گیری در جدول 1 ارائه شده است. شکل‌های 4 و 5 پارامترهای اندازه‌گیری شده را نمایش می‌دهند.

به منظور مقایسه نتایج این تحقیق با سرریزهای جانبی معمولی یک سری آزمایش نیز بر روی سرریز جانبی معمولی انجام شد. سرریزهای معمولی به شکل مستطیل با طولی معادل با طول بازشدگی سرریزهای کنگره‌ای (100، 80 و 60 سانتی‌متر) و ارتفاعی برابر با ارتفاع همین سرریزها (10 و 15 سانتی‌متر) در نظر گرفته شد. آزمایش‌ها برای هر مدل سرریز جانبی با 5 دبی مختلف از طریق تنظیم شیر فلکه و دریچه انتهایی انجام شد. مقادیر دبی Q_1 و Q_2 و عمق y_1 و y_2 به ترتیب در بالادست و پایین‌دست سرریز در امتداد محور فلوم اندازه‌گیری شد.

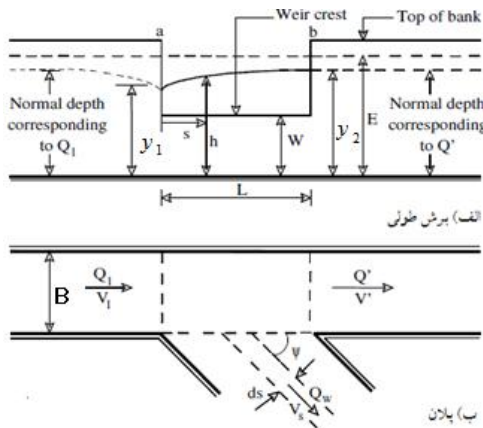
کانال‌های روباز باعث افزایش ضریب دبی و ظرفیت آب‌گذری این سرریزها شده است. کاربرد سرریزهای کنگره‌ای نوزنقه‌ای به عنوان سرریز جانبی مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین هدف از این تحقیق بررسی عملکرد سرریز جانبی کنگره‌ای نوزنقه‌ای و تاثیر عوامل هندسی و هیدرولیکی بر روی ضریب دبی این سرریزها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

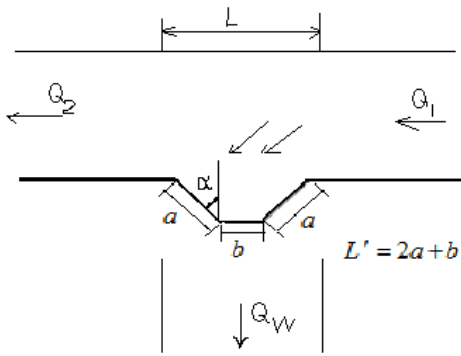
آزمایش‌های این تحقیق در آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی آب دانشگاه تبریز مجهز به یک فلوم مستطیلی فلزی- شیشه‌ای به طول 6 متر، عرض 80 سانتی متر و ارتفاع 50 سانتی متر انجام شد. فلوم آزمایشگاهی جهت انجام آزمایش‌ها روی شیب صفر تنظیم شد. سیستم گردش آب در این مجموعه بصورت بسته می‌باشد. آب توسط پمپ از مخزن اصلی به فلوم شیشه‌ای هدایت می‌شود. قسمتی از جریان داخل فلوم (Q_{1v}) پس از رسیدن به سرریز جانبی، از مسیر اصلی منحرف و در مخزن جانبی تخلیه می‌شود. فلوم مجهز به یک مخزن انتهایی است که با استفاده از سرریز مستطیلی نصب شده در آن، می‌توان دبی جریان را اندازه‌گیری کرد. تنظیم عمق پائین دست جریان نیز با استفاده از یک دریچه کشویی که در انتهای فلوم تعبیه گردیده انجام می‌شود. دو میله فلزی ریلی شکل در

جدول 1- متغیرها و محدوده اندازه‌گیری‌های انجام شده

دبی بالادست	عدد فرود بالادست	زاویه راس	طول بازشدگی	ارتفاع سرریز
Q_1 (L/s)	Fr_1	α	L (cm)	w (cm)
20 - 30	0/1 - 0/3	30 - 45 - 60	60	10 - 15
20 - 35	0/2 - 0/4	30 - 45 - 60	80	10 - 15
30 - 40	0/2 - 0/4	30 - 45 - 60	100	10 - 15



شکل 4- شمای سرریز جانبی با جریان زیر بحرانی



شکل 5- جانمایی سرریز جانبی کنگره‌ای دوزنقه‌ای

ضریب دبی با فرض ثابت بودن انرژی در امتداد سرریز از رابطه 12 محاسبه شد:

$$C_M = \frac{3B}{2L} (\Phi_2 - \Phi_1) \quad [12]$$

در این رابطه B عرض کانال برابر با $0/8$ متر بوده و مقدار L مطابق با اندازه‌های مدل سرریز در سه طول جاگذاری شد. برای محاسبه Φ در مقاطع 1 و 2 از رابطه 3 استفاده می‌شود که پارامترهای این رابطه تعریف شده است. به جای مقدار y در رابطه 3 با توجه به شکل 4 عمق‌های اندازه‌گیری شده در مقاطع 1 و 2 برای محاسبه Φ_1 و Φ_2 جاگذاری می‌شود.

تعریف متغیرهای بدون بعد با استفاده از تحلیل ابعادی انجام گرفت. پارامترهای اساسی سرریزهای جانبی کنگره‌ای دوزنقه‌ای در اشکال 4 و 5 نشان داده شده است. تابع کلی متغیرهای موثر در سرریز جانبی کنگره‌ای را می‌توان بصورت زیر نوشت:

$$\Phi(r, m, g, s, y_1, v_1, L, L', \sin a, B, w, S_0) = 0 \quad [9]$$

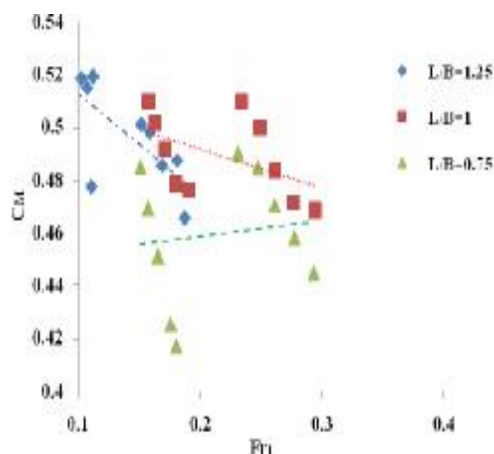
که در آن ρ جرم حجمی سیال، μ ویسکوزیته سیال، g شتاب گرانش، σ کشش سطحی، y_1 عمق آب در بالادست سرریز، v_1 سرعت در بالادست سرریز، L طول بازشدگی سرریز، L' طول موثر سرریز، α زاویه جانبی سرریز، B عرض کانال، w ارتفاع سرریز و S_0 شیب طولی کانال می‌باشد. تابع C_M با استفاده از روش باکینگهام بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$C_M = \Phi \left(\frac{y_1 g}{v_1^2}, \frac{m}{r v_1 y_1}, \frac{s}{r y_1 v_1^2}, \frac{L}{y_1}, \frac{B}{y_1}, \frac{w}{y_1}, \frac{L'}{L}, S_0, \sin a \right) \quad [10]$$

جریان در سرریز جانبی کانال با محدوده عدد رینولدز 35000-18500 متلاطم بوده و می‌توان از عدد رینولدز $\left(\frac{r v_1 y_1}{m} \right)$ صرفنظر کرد. با توجه به اینکه حداقل ارتفاع آب روی سرریز برای جلوگیری از تأثیر کشش سطحی معادل 3 سانتی‌متر در آزمایش‌های این تحقیق منظور شده است می‌توان از عدد وبر $\left(\frac{s}{r y_1 v_1^2} \right)$ نیز صرفنظر نمود. همچنین شیب کف کانال در جریان زیربحرانی تأثیر چندانی ندارد (برقی و همکاران 1999)، در نتیجه S_0 نیز از تابع حذف گردید. حالت نهایی تابع C_M را با ترکیب متغیرهای بی بعد می‌توان بصورت زیر نوشت:

$$C_M = \Phi \left(Fr_1, \frac{L}{B}, \frac{L'}{L}, \frac{w}{y_1}, \sin a \right) \quad [11]$$

بسیاری از محققین به عنوان پارامتر موثر پیشنهاد شده است. شکل‌های 7 تا 9 تغییرات C_M را برای مقادیر مختلف Fr_1 به ازای زوایای جانبی مختلف a و نسبت $\frac{L}{B}$ نشان می‌دهد. باتوجه به این شکل‌ها با افزایش عدد فرود ضریب دبی کاهش یافته است. در آزمایش‌های انجام شده، به دلیل عرض زیاد کانال و محدودیت افزایش دبی در بالادست، به منظور افزایش سطح آب بر روی سرریز جانبی میزان بازشدگی دریچه انتهایی کاهش داده شد. افزایش سطح آب باعث افزایش ضریب دبی شده و از طرفی با افزایش سطح آب، سرعت در طول کانال و در نهایت عدد فرود کم شده است. در این تحقیق با توجه به اینکه کانال دارای شیب صفر بوده و همواره ارتفاع سرریز بیشتر از عمق بحرانی جریان در کانال می‌باشد، عمق جریان محل ورود به سرریز بیشتر از عمق بحرانی جریان بوده ولی از عمق نرمال جریان بالادست سرریز کمتر است بنابراین پروفیل M_2 در ابتدای سرریز تشکیل می‌شود.



شکل 7- تغییرات C_M به ازای Fr_1 با زاویه جانبی 60 درجه

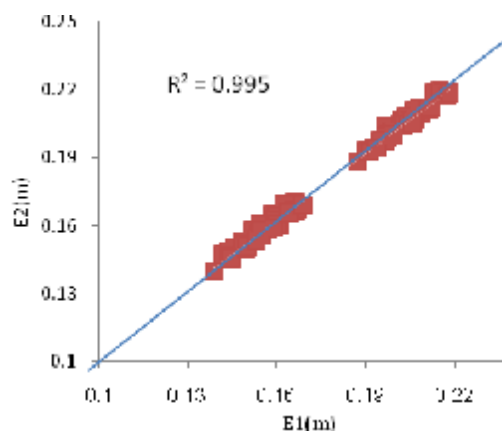
نتایج و بحث

ثابت بودن انرژی

مقادیر انرژی در مقاطع 1 و 2 از رابطه انرژی مخصوص براساس داده‌های آزمایشی محاسبه شد. مقایسه مقادیر E_1 و E_2 در شکل 6 نشان داده شده است. مقدار متوسط درصد تغییرات انرژی مخصوص در طول سرریز نیز از رابطه زیر بدست آمد:

$$RE = \frac{100}{n} \sum \frac{|\Delta E|}{E_1} = \frac{100}{79} \times 0.594 = 0.752\% \quad [13]$$

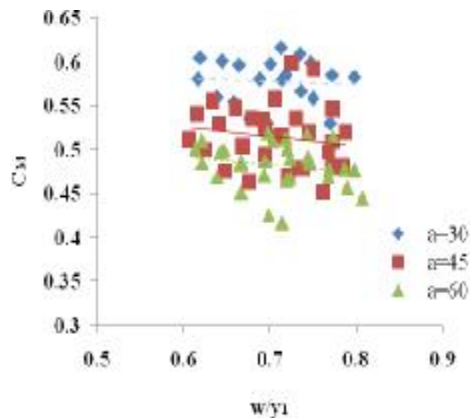
باتوجه به ناچیز بودن درصد تغییرات انرژی در این تحقیق (0/752 درصد) فرض ثابت بودن انرژی در $E_1 = E_2$ در امتداد سرریز برقرار می‌باشد. درصد تغییرات انرژی در آزمایش‌های الخشاب و اسمیت (1976)، برقی و همکاران (1999)، طاهری و برقی (1384) به ترتیب 2، 3/7 و 1/66 گزارش شده است.



شکل 6- مقایسه مقادیر انرژی E_2, E_1

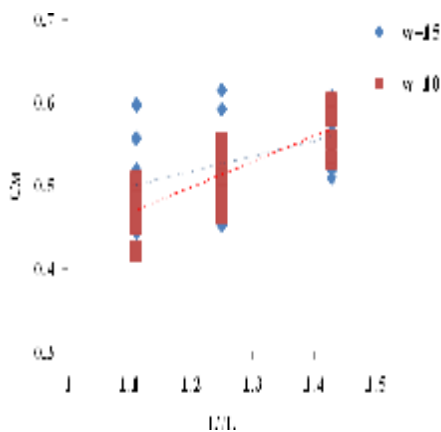
تغییرات ضریب دبی

همانطور که اشاره شد C_M تابعی از پارامترهای بی‌بعد $\frac{L'}{L}, \frac{L}{B}, \frac{w}{y_1}, Fr_1$ و $\sin(a)$ است. بنابراین با استفاده از نتایج آزمایشگاهی، تاثیر این متغیرها بر روی ضریب دبی ارزیابی شد. عدد فرود بالادست Fr_1 توسط



شکل 10- تغییرات C_M به ازای $\frac{w}{y_1}$

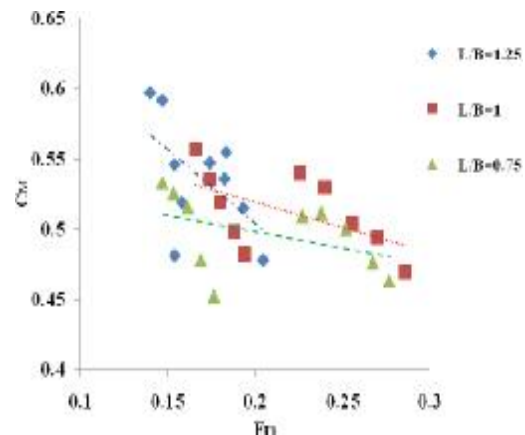
تاثیر پارامتر $\frac{L'}{L}$ نیز در شکل 11 نشان داده شده است. در این شکل، افزایش ضریب دبی با پارامتر طول موثر مشاهده می‌شود که از مزایای اصلی سرریزهای کنگره-ای می‌باشد.



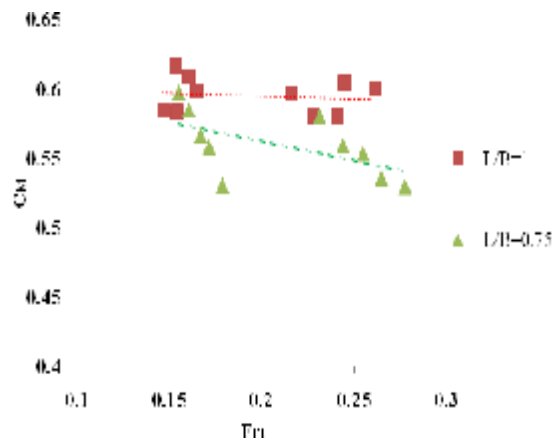
شکل 11- تغییرات C_M به ازای $\frac{L'}{L}$

با توجه به شکل 11، با افزایش ارتفاع سرریز مقدار ضریب دبی نیز افزایش می‌یابد.

در شکل 12 تغییرات ضریب دبی با زاویه جانبی سرریز نشان داده شده است. با افزایش زاویه و تبدیل سرریز به سرریز معمولی ($a=90^\circ$) ضریب دبی کاهش می‌یابد. بنابراین بیشترین مقدار ضریب دبی در این تحقیق به ازای ($a=30^\circ$) بدست آمد.

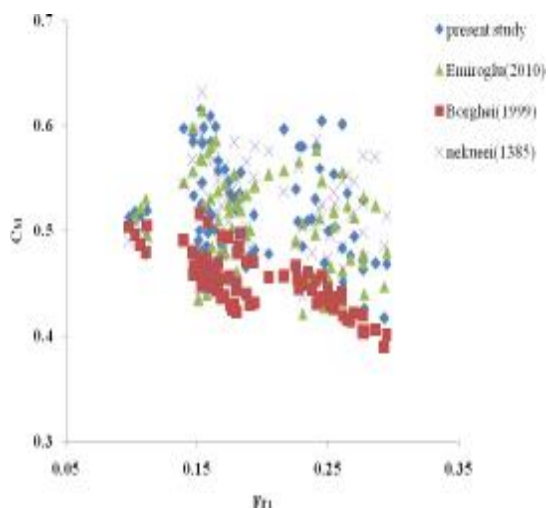


شکل 8- تغییرات C_M به ازای Fr_1 با زاویه جانبی 45 درجه

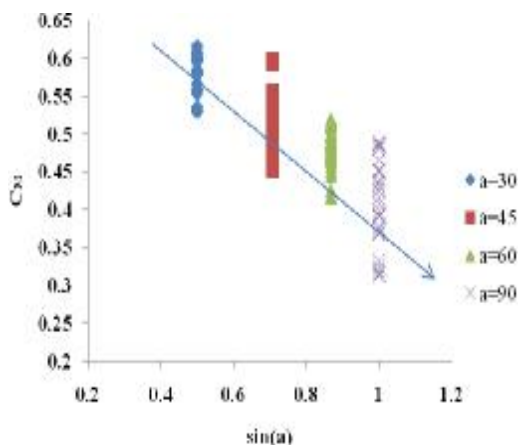


شکل 9- تغییرات C_M به ازای Fr_1 با زاویه جانبی 30 درجه

تغییرات C_M در برابر $\frac{w}{y_1}$ در شکل 10 نشان داده شده است. با توجه به این شکل، رابطه معکوس ضریب دبی با نسبت $\frac{w}{y_1}$ بیانگر این نکته است که تاثیر y_1 بر روی ضریب دبی بیشتر از ارتفاع سرریز می‌باشد.



شکل 13- مقایسه مقادیر C_M با روابط محققین دیگر



شکل 12- تغییرات C_M به ازای $\sin(a)$

نتیجه‌گیری کلی

بررسی‌های انجام گرفته در این تحقیق نتایج زیر

را بدست داد:

ضریب دبی سرریز جانبی کنگره‌ای با جانمایی نوزنقه‌ای در مقایسه با سرریز جانبی معمولی حدودا 15-30 درصد افزایش داشته و به تبع آن دبی عبوری از این نوع سرریز نیز افزایش یافته است.

با افزایش نسبت طولی $\frac{L'}{L}$ ، $\frac{L}{B}$ ضریب دبی سرریز افزایش و با افزایش $\frac{w}{y_1}$ کاهش می‌یابد.

ضریب دبی سرریز جانبی با عدد فرود Fr_1 و زاویه جانبی a سرریز نسبت عکس و با طول بازشدگی L و ارتفاع سرریز w نسبت مستقیم دارد.

با افزایش زاویه جانبی سرریز کنگره‌ای مقدار ضریب دبی کاهش می‌یابد، در آزمایش‌های انجام شده زاویه 30 درجه بیشترین مقدار ضریب دبی را در طول‌های متناظر دارد. ضریب دبی در سرریزهای آزمایش شده با زاویه 30 درجه تقریباً 1/5 برابر زوایای دیگر می‌باشد.

تاثیر y_1 بر روی ضریب دبی بیشتر از ارتفاع سرریز می‌باشد.

مطالعات محدودی بر روی سرریزهای جانبی

کنگره‌ای انجام شده است. در شکل 13 مقادیر ضریب دبی حاصل از نتایج آزمایشگاهی با روابط ارائه شده توسط محققین مقایسه شده است. همانطور که انتظار می‌رفت نتایج بدست آمده از آزمایش‌ها ضرایب دبی بالاتری نسبت به سرریز جانبی معمولی بر اساس مطالعات برقی و همکاران (1999) نشان داد. این موضوع به دلیل افزایش طول موثر در سرریزهای کنگره‌ای می‌باشد. تغییرات ضریب دبی در مقایسه با تحقیقات نکونئی (1385) و امیراوغلو و همکاران (2010) روندی مشابه دارد، اما تصمیم‌گیری جهت ارائه بهترین حالت نیاز به بررسی بیشتری دارد. در مقایسه کار تحقیقی حاضر با سرریزهای جانبی کنگره‌ای با جانمایی مثلثی می‌توان عنوان کرد که این نوع از سرریز جانبی بدلیل کاهش بیرون آمدگی از امتداد دیواره کانال به جهت طراحی مناسب‌تر می‌باشد.

سپاسگزاری

راهنمایی‌های ارزشمند در این تحقیق ارائه نمودند، تشکر

و قدردانی می‌شود.

از آقای مهندس نکوئی فارغ التحصیل کارشناسی

ارشد دانشکده فنی مهندسی دانشگاه صنعتی شریف که

منابع مورد استفاده

- برقعی س م و صالحی ح، 1382. بررسی آزمایشگاهی ضریب دبی سرریزجانبی با استفاده از مدل آزمایشگاهی. صفحه‌های 50 تا 60. ششمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، 15-17 اردیبهشت، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- طاهری نو برقعی س م، 1384. تعیین ضریب دبی سرریز جانبی مایل بصورت آزمایشگاهی. صفحه‌های 134 تا 144. دومین کنگره ملی عمران، 20-22 اردیبهشت، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- قبادیان ر و شفاعی بجستان م، 1385. بهینه یابی ضریب تخلیه سرریزهای جانبی در کانال‌های آبیاری با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. صفحه‌های 3 تا 10. همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، 12-14 اردیبهشت، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- نکوئی م ع، 1385. تعیین ضریب دبی سرریز جانبی منقاری بصورت آزمایشگاهی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی مهندسی دانشگاه صنعتی شریف.
- Borghei SM, Jalili MR and Ghodsian M, 1999. Discharge coefficient for sharp crested side weirs in subcritical flow. *J Hydr Engrg ASCE* 125(10): 1051- 1056.
- De Marchi G, 1934. Essay on the performance of lateral weirs (in Italian). *L'Energia Ellectrica Milan* 11(11): 849-860.
- El-Khashab A and Smith KVH, 1976. Experimental investigation of flow over side weirs. *J Hydr Engrg ASCE* 102(9): 1255-1268.
- Emiroglu ME, Kaya N and Agaccioglu H, 2010. Discharge capacity of labyrinth side-weir located on a straight channel. *J Irrig & Drain Engrg ASCE* 136(1): 37-46.
- Hager WH, 1987. Lateral outflow over side weirs. *J Hydr Engrg ASCE* 113(4): 491-504.
- Keshavarzi AR and Fararooi AR, 2004. The effect of upstream side slope on discharge coefficient in the side-weirs. *The Scient J Agric* 27(1):93-104.
- Nadesamoorthy T and Thomson A, 1972. Discussion of spatially varied flow over side weir. *J Hydr Engrg ASCE* 98(2): 2234-2235.
- Subramanya K and Awasthy SC, 1972. Spatially varied flow over side-weir. *J Hydr Engrg ASCE* 98(1): 1-10.
- Swamee PK, Pathak SK, Mohan M, Agrawal SK and Ali MS, 1994. Subcritical flow over rectangular side weir. *J Hydr Engrg ASCE* 120(1): 212-217.
- Ura M, Kita Y, Akiyama J, Moriyama H and Kumar Jha A, 2001. Discharge coefficient of oblique side weirs. *J. Hydrosience and Hydraulic Engineering* 19(1): 85-96.
- Yu-Tech L, 1972. Discussion of spatially varied flow over side weirs, *J Hydr Engrg ASCE* 98(11): 2046-2048.