

Experimental Study of the Effect of Guide Vanes Angle on Discharge Coefficient in Triangular and Trapezoidal Labyrinth Weirs

GHASEM AGHA SHIRMOHAMMADI^{1,2}, MOHAMMAD HEIDARNEJAD^{2*}, MOHAMMAD HOSEIN PURMOHAMMADI³, ALIREZA MASJEDI², AMIRABBAS KAMANBEDAST²

1. Department of Water Science Engineering, Khouzestan Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

2. Department of Water Science Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

3. Department of Water Science Engineering, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.

(Received: Jan. 15, 2018- Revised: June. 13, 2019- Accepted: Aug. 11, 2019)

ABSTRACT

The discharge coefficient of labyrinth weirs increases with increasing the crest length within a certain width range. This study compares the discharge coefficient in two types of one-cycle triangular and trapezoidal labyrinth weirs. Experiments were conducted on a laboratory flume with length of 6, width of 0.6 and height of 0.6 m. The hydraulic performance of one-cycle triangular and trapezoidal labyrinth weirs with two, four and 6 guide vanes was compared. According to the results, the vanes with a placement angle of 60° in the trapezoidal weirs and a placement angle of 45° in the triangular weirs on the crests of weirs caused a further increase in the discharge coefficients of weirs. Consequently, at a constant hydraulic head (H_d/P) of 0.2, the discharge coefficient of a trapezoidal weir with two and six guide vanes increased by 38.8 and 10.3%, respectively, as compared to a trapezoidal weir without a guide vane. Furthermore, at a constant hydraulic head (H_d/P) of 0.2, the discharge coefficient of a triangular weir with two and six guide vanes increased 28.3% and 11.7%, respectively, as compared to a triangular weir without a guide vane.

Keywords: One-cycle labyrinth weir, Discharge coefficient, Guide vane.

بررسی آزمایشگاهی تاثیر زاویه پره‌های هادی بر ضریب دبی در سرریزهای زیگزاگی تک‌سیکل مثلثی و دوزنقه‌ای

قاسم آقاشرمحمدی^{۱،۲}، محمد حیدرنژاد^{۳*}، محمدحسین پورمحمدی^۲، علیرضا مسجدی^۲ و امیرعباس کمان‌بدست^۲

۱. گروه علوم و مهندسی آب، پردیس علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲. گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۳. گروه علوم و مهندسی آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۵ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۳/۲۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۵/۲۰)

چکیده

سرریزهای زیگزاگی با افزایش طول تاج در یک محدوده معین عرضی، موجب افزایش ظرفیت انتقال جریان از روی سرریز می‌شوند. تحقیق حاضر به بررسی و مقایسه ضریب دبی عبوری سرریز در دو نوع سرریز زیگزاگی تک‌سیکل مثلثی و دوزنقه‌ای در حضور پره‌های هادی می‌پردازد. آزمایش‌ها بر روی یک فلوم آزمایشگاهی به طول ۶، عرض ۰/۶ و ارتفاع ۰/۶ متر انجام شد. با استفاده از سرریزهای زیگزاگی تک‌سیکل مثلثی و دوزنقه‌ای که هر کدام دارای تعداد دو، چهار و شش پره بودند، عملکرد هیدرولیکی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت و سپس نتایج آن‌ها با یکدیگر مقایسه شد. نتایج تحقیق نشان داد در سرریز دوزنقه‌ای زاویه قرارگیری ۶۰ درجه پره‌ها و در سرریز مثلثی زاویه قرارگیری ۴۵ درجه پره‌ها بر روی تاج (دوزنقه‌ای، مثلثی)، شرایط مطلوب‌تری را جهت افزایش ضریب دبی دارا بود. از این رو می‌توان بیان داشت در یک نسبت بار هیدرولیکی ثابت ($H_d/P = 0.2$)، سرریز دوزنقه‌ای با دو و شش پره به ترتیب ۳۸/۸ و ۱۰/۳ درصد نسبت به شرایط بدون پره سبب افزایش ضریب دبی شده‌اند؛ همچنین در یک نسبت بار هیدرولیکی ثابت ($H_d/P = 0.2$)، سرریز مثلثی با دو و شش پره به ترتیب ۲۸/۳ و ۱۱/۷ درصد نسبت به شرایط بدون پره سبب افزایش ضریب دبی شده‌اند.

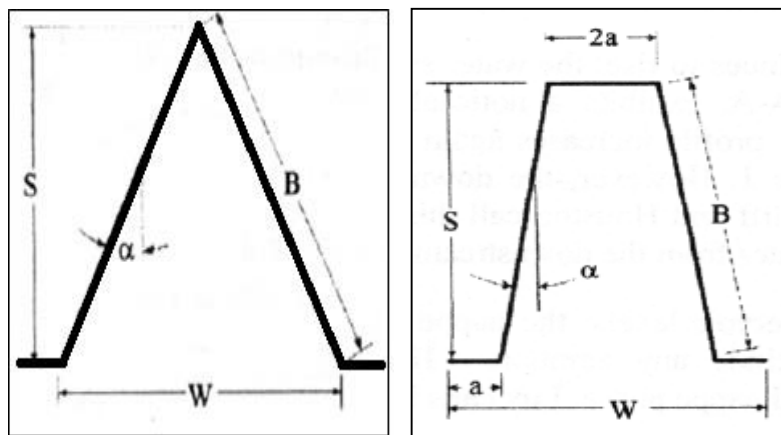
واژه‌های کلیدی: سرریز زیگزاگی تک‌سیکل، ضریب دبی، پره هادی.

مقدمه

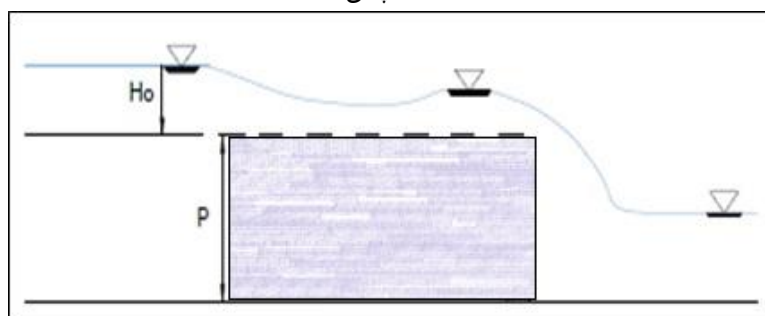
کنترل ورودی نیروگاه و به طور معمول می‌توانند بعنوان سرریز سدها مطرح شوند. به طور خلاصه مهم‌ترین موارد کاربرد سرریزهای زیگزاگی عبارتند از الف) محدودیت عرض مقطع احداث سرریز، ب) محدودیت ارتفاع سطح آب در بازه بالادست سرریز و خطر آبگرفتگی اراضی بالادست به خصوص در رودخانه‌های سیلاب‌دستی، پ) افزایش حجم مفید مخزن سدها از طریق افزایش ارتفاع ثابت سرریز با تأمین ظرفیت انتقال سیلابی سرریز، ت) اصلاح و توسعه طرح سرریزهای موجود جهت افزایش ظرفیت انتقال سیلاب، و ث) سادگی ساخت، توجیه برتر اقتصادی و سهولت مدیریت بهره‌برداری در مقایسه با گزینه سرریز خطی با کنترل دریچه.

شکل (۱)، پلان- پروفیل سرریز زیگزاگی مثلثی و دوزنقه‌ای به همراه پارامترهای هندسی و هیدرولیکی مربوط به آن را نشان می‌دهد.

سازه سرریز به صورت مانعی با ارتفاع معین در مسیر جریان احداث شده و جریان رودخانه لزوماً از روی آن عبور می‌نماید. لذا با توجه به حساس بودن نقش آن، می‌بایست قوی، مطمئن و با راندمان بالا طراحی و ساخته شود، تا در هر لحظه آمادگی لازم برای بهره‌برداری را دارا باشد. با توجه به رابطه دبی و بار هیدرولیکی در سرریزها، یکی از راه‌های کاهش این نوسانات که ناشی از تغییرات دبی می‌باشد، افزایش طول تاج سرریز است. استفاده از سرریزهای زیگزاگی از راه‌های مؤثر و اقتصادی به منظور افزایش طول مؤثر تاج است. این سرریزها از وجوه متصل به هم تشکیل شده که ممکن است به شکل دوزنقه، مثلث و یا شکل‌های دیگر با تکرار چند سیکل دیده شوند. این شکل هندسی ممکن است متناوباً در عرض جریان با سیکل زیگزاگی تکرار گردد (Tullis et al. 1995). سرریزهای زیگزاگی برای عبور جریان با بار هیدرولیکی کم، به عنوان سازه مناسبی برای آبیگری از کانال‌ها، مقسم‌ها، سازه



(الف) پلان



(ب) پروفیل

شکل ۱. پلان- پروفیل سرریز زیگزاگی تک سیکل مثلثی و ذوزنقه ای و پارامترهای هندسی

در مدل با زاویه راس پایین موجب افزایش تداخل جریان می‌باشد. از این رو، وجود این پرها می‌تواند باعث هدایت جریان در جهت عمود بر سرریز شده و جریان مانند سرریز نرمال عمل کند و در نتیجه عملکرد هیدرولیکی سرریز بهبود یابد. Monjezi (2002) به بررسی دو نوع سرریز زیگزاگی با پلان مثلثی و ذوزنقه‌ای پرداخت و دریافت که در شرایط جریان آزاد، مقدار ضریب دبی نسبت به (H_0/P) تغییر می‌کند. بطوریکه در ابتدا با افزایش این نسبت، ضریب دبی روندی افزایشی داشته و سریعاً به نقطه‌ای اوج خود می‌رسد و پس از آن با افزایش (H_0/P) مقدار ضریب دبی روند کاهشی پیدا می‌کند. Gupta et al. (2014) به بررسی آزمایشگاهی خصوصیات جریان مربوط به سرریزهای زیگزاگی مثلثی پرداختند و دریافتند که سرریز زیگزاگی مثلثی راندمان بهتری نسبت به سرریز خطی دارد. ضمن آنکه یک معادله استخراج نمودند که به میزان $\pm 5\%$ درصد با داده‌های مشاهداتی اختلاف داشت، که دلیل آن را می‌توان در حساسیت سرریز به تغییر در بار هیدرولیکی (بخصوص بارهای هیدرولیکی کم) و نسبت (L/B) بالا جستجو کرد. Kabiri-Samani and Javaheri (2012)، با بررسی تأثیر پارامترهای هندسی مختلف، معادله (۱) را جهت برآورد ضریب دبی برای سرریزهای کلید پیانویی در شرایط جریان آزاد ارائه نمودند.

در شکل (۱)، بار هیدرولیکی بر روی سرریز (H_0) ، ارتفاع تاج سرریز (P) ، ضخامت دیواره‌های سرریز (t) ، عرض کل سرریز (W) ، عرض یک سیکل از سرریز (w) ، طول دیواره جانبی سرریز (B) ، زاویه دیواره سرریز با راستای اصلی جریان (α) ، عرض دماغه سرریز (s) طول دیواره جانبی سرریز در راستای قائم می‌باشد. در این تحقیق از پره‌های هادی جریان بر روی سرریزهای زیگزاگی تک‌سیکل مثلثی و ذوزنقه‌ای جهت بررسی تأثیر آن‌ها بر ضریب دبی استفاده شده است که به دلیل داشتن ساختاری نسبتاً ساده به عنوان سازه‌ای اقتصادی تلقی می‌شوند و نیز راه‌حلی بسیار قوی برای نیازهای پروژه‌های سدسازی و مهندسی رودخانه از قبیل افزایش ظرفیت دبی یا کاهش مقطع اختصاص داده شده جهت تخلیه سیلاب هستند.

با شروع تحقیقات در زمینه سرریزهای زیگزاگی، محققین مختلف به تحلیل هر چه بهتر هیدرولیک این سرریزها و توسعه روش‌های طراحی پرداختند. Hosseini Tashnizi et al. (2013) به بررسی آزمایشگاهی پره‌های هادی مستغرق واقع در بالادست سرریز زیگزاگی مثلثی با زاویه راس ۹۰ و ۴۵ درجه پرداختند و دریافتند که پره‌های با عرض کمتر، تأثیر مثبت بیشتری دارند و عملکرد سرریز ۴۵ درجه در تمامی زوایای استقرار، بهتر از سرریز ۹۰ درجه می‌باشند. همچنین دریافتند افزایش ظرفیت آگذری

(رابطه ۱)

$$C_{dv} = \left[0.212 \left(\frac{H}{P} \right)^{-0.675} \left(\frac{L}{W} \right)^{0.377} \left(\frac{W_i}{W_o} \right)^{0.377} \left(\frac{B}{P} \right)^{0.306} \exp(1.504 \frac{B_o}{B} + 0.093 \frac{B_i}{B}) \right] + 0.606$$

سرریزهای (Taylor, 1968) و (Hay & Taylor, 1970)

زیگزاگی را با پلان متفاوت (مثلثی، دوزنقه‌ای) مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نتایج تحقیق را در قالب رسم منحنی بین نسبت دبی سرریز زیگزاگی (Q) به سرریز خطی (Qn) و (h/p) بیان نمودند، (p، ارتفاع سرریز است). ایشان دریافتند که سرریز زیگزاگی با پلان مثلثی راندمان هیدرولیکی بیشتری نسبت به سرریز زیگزاگی با پلان دوزنقه‌ای دارد. (Tullis et al. 1995) دریافتند که ظرفیت آبگذری سرریز زیگزاگی تابع بار هیدرولیکی کل، طول تاج و ضریب دبی است. ضریب دبی نیز به عواملی همچون ارتفاع سرریز، بارهیدرولیکی کل، ضخامت دیواره سرریز، شکل تاج سرریز و زاویه دیواره جانبی بستگی دارد. (Tullis et al. 2007) به بررسی استغراق در سرریزهای زیگزاگی با هندسه متفاوت پرداختند و دریافتند که میزان استغراق به زاویه دیواره جانبی سرریز بستگی دارد. (Gupta et al. 2013)، با بررسی آزمایشگاهی خصوصیات جریان بر روی یک سرریز مثلثی لبه تیز تحت شرایط جریان آزاد بیان داشتند که راندمان هیدرولیکی سرریز مثلثی بهتر از سرریز خطی است. (Gupta et al. 2015)، با بررسی آزمایشگاهی تاثیر ارتفاع سرریز بر رفتار هیدرولیکی جریان در سرریزهای زیگزاگی با پلان مستطیلی دریافتند راندمان هیدرولیکی سرریز زیگزاگی با پلان مستطیلی بهتر از سرریز خطی است. همچنین سرریز زیگزاگی با پلان مستطیلی نسبت به بار هیدرولیکی کم و نیز پایین بودن ارتفاع سرریز حساسیت نشان می‌دهد. (Crookston 2010) با بررسی آزمایشگاهی دریافت که با حضور شکافنده‌های جریان، تیغه آب از بدنه سرریز جدا شده و جریان قادر به هواگیری خواهد بود و محل مناسب برای نصب این شکافنده‌ها، دماغه‌های پایین دست سرریز کنگره‌ای می‌باشد. علی‌رغم اینکه در خصوص سرریزهای زیگزاگی تحقیقات زیادی صورت گرفته شده است، در تحقیق حاضر میزان ضریب دبی جریان با استفاده از زوایای مختلف قرارگیری پره‌های هادی بر روی

تاج سرریزهای زیگزاگی تک‌سیکل مثلثی و دوزنقه‌ای مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

محققین معمولاً یک معادله آبگذری را بکار برده و برای تعیین ضریب دبی از نتایج آزمایشگاهی برآمده از مدل‌سازی فیزیکی بهره می‌برند. معادله (۲)، معادله عمومی سرریزها است که توسط Tullis et al. (1995) برای سرریزهای زیگزاگی بکار گرفته شد.

$$Q = \frac{2}{3} C_d L \sqrt{2g} H_0^{\frac{3}{2}} \quad (\text{رابطه ۲})$$

در معادله (۲)، Q دبی عبوری از سرریز، L طول مشخصه (مانند طول تاج سرریز)، g شتاب ثقل، H₀ بار هیدرولیکی کل و C_d ضریب دبی بدون بعد است که از طریق انجام آزمایش تعیین می‌گردد. بطور کلی کمیت‌های موثر در ضریب دبی سرریز زیگزاگی به صورت زیر بیان می‌شود:

(رابطه ۳)

$$t, p, W, Nv, H_0, Hd, Se, S, Y, V, g, \mu, Cd = f(Q, \alpha, B, \rho, \nu, \sigma)$$

که در آن Q دبی جریان در کانال، B طول سرریز در جهت جریان، α زاویه پره، Y عمق جریان در کانال، V سرعت جریان در کانال، g شتاب ثقل، μ ویسکوزیته دینامیکی، ρ چگالی سیال، t ضخامت دیواره سرریز، ν ویسکوزیته سینماتیکی، P ارتفاع سرریز در بالادست، W عرض کانال Nv تعداد پره، σ کشش سطحی، H₀ بار هیدرولیکی کل جریان در پایین دست سرریز، Hd بار هیدرولیکی کل بر روی بالادست سرریز، S شیب کانال، B عرض کانال، Se فاکتور تعیین کننده شکل مقطع تاج هستند.

پس از انجام آنالیز ابعادی و مشخص نمودن پارامترهای متغیر، تاثیر چهار پارامتر متغیر بر ضریب دبی سرریزهای زیگزاگی مثلثی و دوزنقه‌ای با توجه به معادله (۴) مورد تحقیق قرار گرفت.

$$Cd = f(\alpha, Se, Nv, Hd/P) \quad (\text{رابطه ۴})$$

در رابطه (۴)، Cd معرف ضریب دبی و تابع Se (شکل سرریز)، α (زاویه پره)، Nv (تعداد پره) و Hd/P معرف مقدار آب عبوری از سرریز می‌باشد.

جدول ۱. طرح انجام آزمایشات برای سرریزهای زیگزاگی در تحقیق حاضر

تعداد آزمایش‌ها	α (°)	Nv	Hd/P	Q (l/s)	نوع سرریز زیگزاگی
۱۸۰	۹۰، ۶۰، ۴۵	۶، ۴، ۲	۰/۲ - ۰/۹	۵ - ۵۰	دوزنقه ای مثلثی

می‌باشد که در جدول (۲)، مشخصات هندسی و هیدرولیکی سرریزهای مورد استفاده در تحقیق حاضر آمده است.

با توجه به پیچیدگی الگوی جریان و تاثیر عوامل مختلف بر هیدرولیک جریان عبوری، مناسب‌ترین روش بررسی و مطالعه سرریزهای زیگزاگی، ساخت مدل فیزیکی آن‌ها با مقیاس مناسب

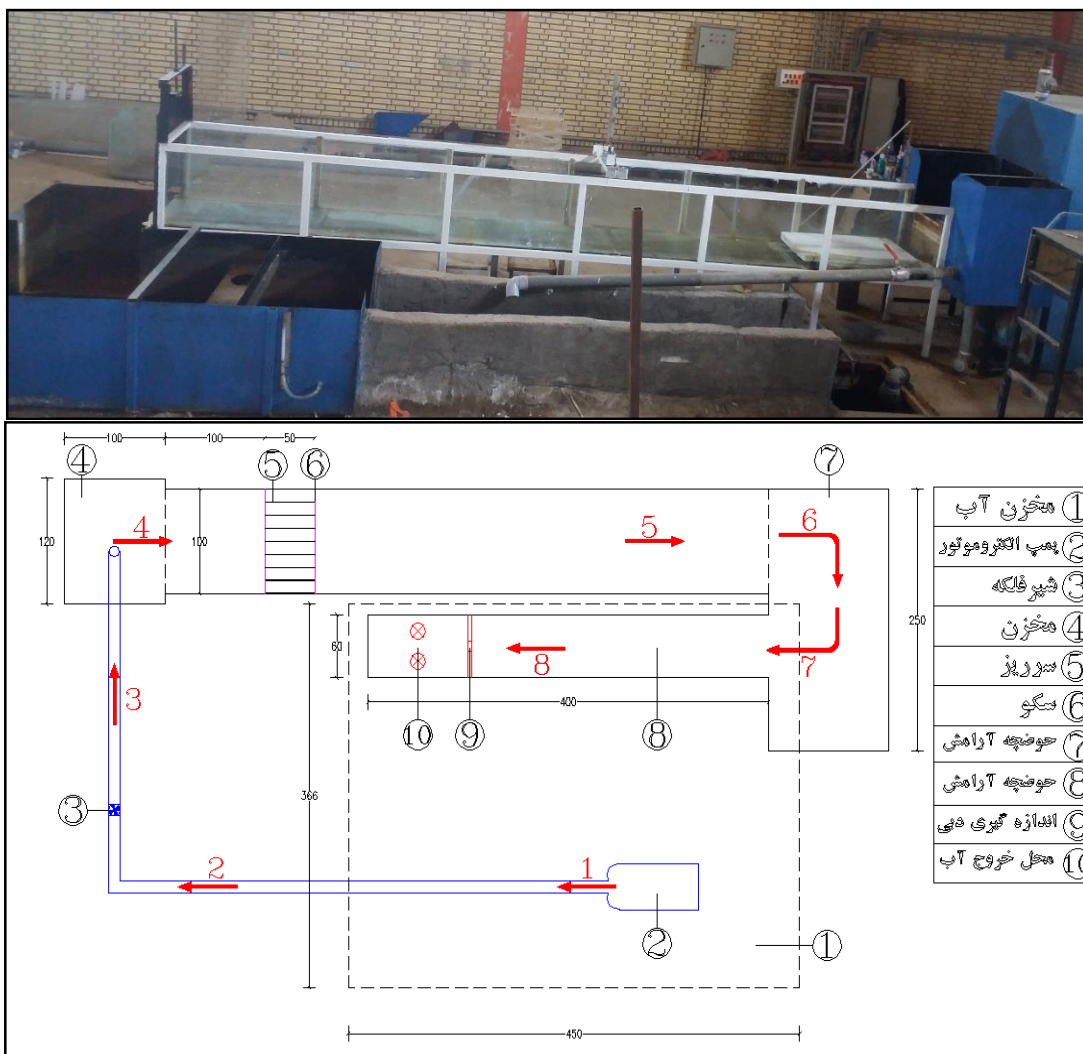
جدول ۲. مشخصات هندسی و هیدرولیکی سرریزهای زیگزاگی مثلثی و دوزنقه‌ای

نوع سرریز	ارتفاع کل سرریز (P) cm	طول کل تاج سرریز (L) mm	عرض کل سرریز (W) cm	ضخامت دیواره سرریز (T _s) cm	طول دیواره جانبی سرریز (B) cm
مثلثی	۱۰	۹۶۱	۶۰	۱	۳۰
دوزنقه ای	۱۰	۸۳۷	۶۰	۱	۲۰

۱۰۰ سانتی‌متر از بالادست سرریز و دو نقطه دیگر نیز به فواصل ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متری از پایین دست سرریز قرائت شد. نکته قابل ذکر در مورد برقراری دبی‌های مستغرق این است که باید عمق پایاب سرریز با تراز تاج سرریز برابر شود، در این حالت گفته می‌شود که سرریز به آستانه استغراق رسیده و دبی در آن حالت، دبی آستانه استغراق می‌باشد و ترازهای پایاب بالاتر از تراز تاج سرریز، این سازه را کاملاً مستغرق می‌کنند و دبی‌ها در این حالت، دبی‌های مستغرق محسوب می‌شوند. در این تحقیق انجام تمام آزمایش‌ها بدون کنترل پایین دست صورت گرفت.

تحقیق حاضر در آزمایشگاه هیدرولیک و رسوب سازمان آب و برق خوزستان و بر روی یک فلوم آزمایشگاهی انجام شد. فلوم مورد اشاره دارای طول ۶ متر، عرض ۰/۶ متر و ارتفاع ۰/۶ متر بود که در شکل (۲)، این فلوم به همراه سازه‌های مرتبط با آن نشان داده شده است.

نصب سرریزها در کف فلوم و در فاصله ۳/۵ متری از ابتدای آن انجام شد که البته شکل (۳) نمونه مدل فیزیکی از سرریز ساخته شده در تحقیق حاضر را نشان می‌دهد. برداشت اطلاعات هیدرولیکی جریان بدین صورت بود که دو نقطه به فواصل ۴۰ تا



شکل ۲. فلوم آزمایشگاهی مورد استفاده در تحقیق حاضر



شکل ۳. نمونه ساخته شده از مدل فیزیکی سرریزهای زیگزاگی مثلثی و دوزنقه ای در تحقیق حاضر

نتایج و بحث

در این تحقیق عملکرد هیدرولیکی سرریزهای زیگزاگی مثلثی و دوزنقه‌ای در حالت و بصورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت.

الف) بررسی عملکرد هیدرولیکی سرریز زیگزاگی دوزنقه‌ای

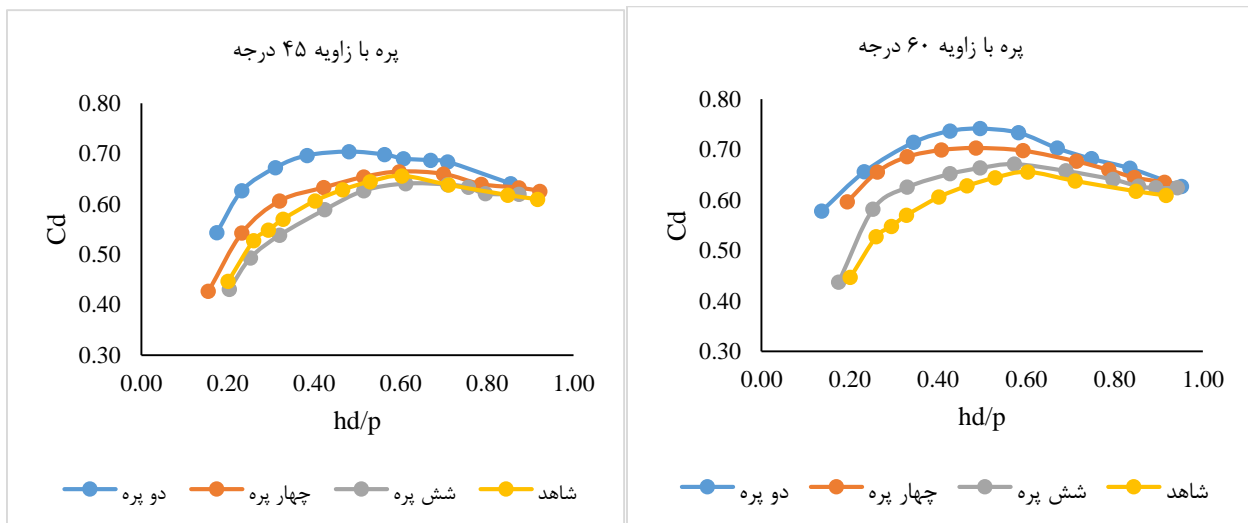
در شکل (۴) به ازای زوایای مختلف قرارگیری پره (در سرریز دوزنقه‌ای) مشاهده شد که با افزایش نسبت بار هیدرولیکی (H_d/P)، ضریب دبی در ابتدا سیر افزایشی داشته و در ادامه نیز بطور نسبی سیر کاهشی پیدا می‌کند؛ همچنین با افزایش تعداد پره، ضریب دبی به ازای زوایای مختلف قرارگیری پره کاهش می‌یابد.

عملکرد هیدرولیکی سرریز دوزنقه‌ای به ازای زوایای مختلف قرارگیری پره بر روی تاج سرریز بطور تقریبی از نسبت ($H_d/P > 0.60$) روند یکسان و ملایمی را در جهت کاهش ضریب دبی خواهد داشت. همچنین به‌طور کلی می‌توان بیان داشت که

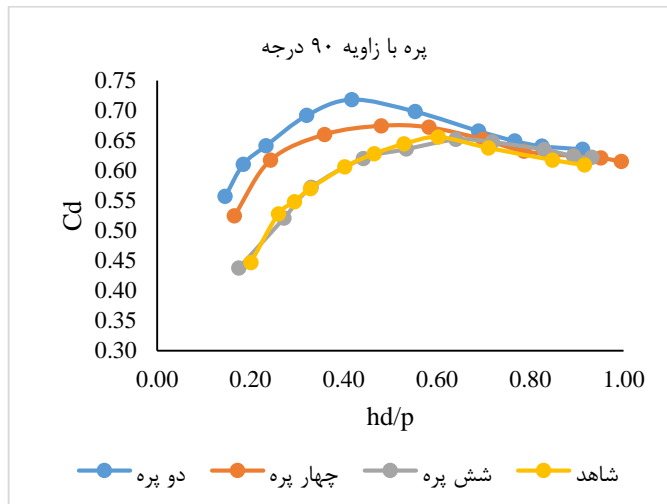
سرریز دوزنقه‌ای با زاویه ۶۰ درجه روند مطلوب‌تری را از نظر پایدار بودن شرایط هیدرولیکی در جهت افزایش ضریب دبی دارد. با توجه به شکل (۴-الف) در سرریز زیگزاگی دوزنقه‌ای، مقدار ضریب دبی در حالت دو پره با زاویه ۶۰ درجه بیشترین مقدار را دارد. نتایج نشان داد بیشترین مقدار ضریب دبی در این حالت حدود ۲۷ درصد نسبت به حالت شاهد (بدون پره) و حدود ۲۲ درصد نسبت به حالت نصب شش پره افزایش داشت.

مطابق شکل (۴-ب) در پره‌های با زاویه ۶۰ درجه نیز در حالت نصب دو پره، بیشترین ضریب دبی مشاهده شد به‌طوری‌که ضریب دبی در حالت دو پره حدود ۳۸/۸ درصد از حالت شاهد و ۳۲/۱ درصد از حالت شش پره بیشتر بود.

طبق شکل (۴-ج) در پره‌های با زاویه ۹۰ درجه نیز حالت نصب دو پره حدود ۲۷/۳ درصد از حالت شش پره و حدود ۳۶/۶ درصد از حالت شاهد بیشتر بود. به‌طور کلی در حالت دو پره، مقدار ضریب دبی در پره با زاویه ۶۰ درجه حدود ۳ تا ۵ درصد از دیگر زوایا بیشتر بود.



الف) سرریز دوزنقه‌ای با نصب پره ۴۵ درجه (ب) سرریز دوزنقه‌ای با نصب پره ۶۰ درجه



ج) سرریز دوزنقه‌ای با نصب پره ۹۰ درجه

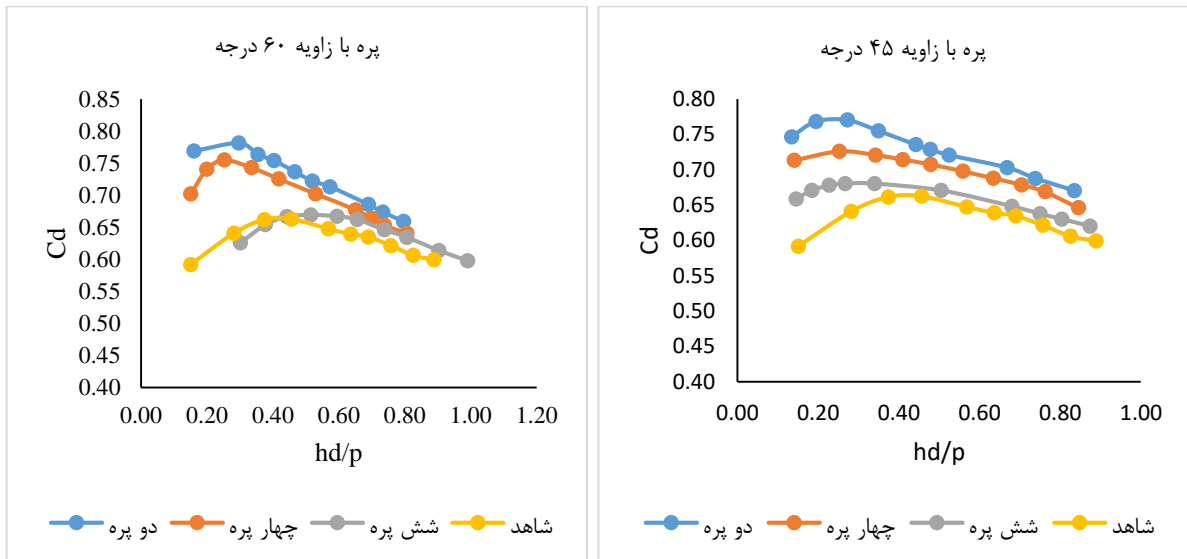
شکل ۴. ضریب دبی (Cd) بصورت تابعی از (h_d/P) و Nv در سرریز دوزنقه‌ای با زوایای نصب پره ۶۰، ۴۵ و ۹۰ درجه

افزایش داشت.

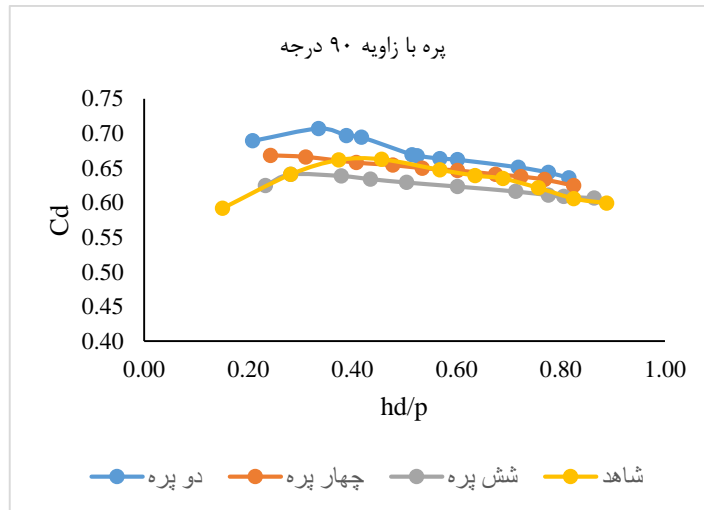
با توجه به شکل (۵-الف) در سرریز زیگزاگی مثلثی، مقدار ضریب دبی در حالت دو پره با زاویه ۴۵ درجه بیشترین مقدار را دارد. نتایج نشان داد بیشترین مقدار ضریب دبی در این حالت حدود ۲۸ درصد نسبت به حالت شاهد (بدون پره) و حدود ۱۳/۳ درصد نسبت به حالت نصب شش پره افزایش داشت. مطابق شکل (۵-ب) در پره‌های با زاویه ۶۰ درجه نیز در حالت نصب دو پره بیشترین ضریب دبی مشاهده شد به طوری که ضریب دبی در حالت دو پره حدود ۲۹/۸ درصد از حالت شاهد و ۲۴/۹ درصد از حالت شش پره بیشتر بود. طبق شکل (۵-ج)، در پره‌های با زاویه ۹۰ درجه نیز حالت نصب دو پره حدود ۱۰/۱ درصد از حالت شش پره و حدود ۱۶/۵ درصد از حالت شاهد بیشتر بود.

ب) بررسی عملکرد هیدرولیکی سرریز زیگزاگی مثلثی

در شکل (۵) مشاهده شد که به ازای افزایش زاویه قرارگیری پره (در سرریز مثلثی)، ضریب دبی روند کاهشی دارد. از سوی دیگر با توجه به زوایای مختلف قرارگیری پره مشاهده شد که با افزایش نسبت (H_d/P) ، ضریب دبی به ازای تعداد مختلف پره با شیب نسبتاً تندی روند کاهشی را طی می‌کند. عملکرد هیدرولیکی سرریز مثلثی با توجه به زوایای مختلف قرارگیری پره و به ازای تعداد مختلف پره، از نسبت $(H_d/P > 0.50)$ دارای روند کاهشی تقریباً ثابت و یکسانی است. همچنین به طور کلی می‌توان بیان داشت که سرریز مثلثی با زاویه ۴۵ درجه روند مطلوب‌تری را از نظر پایدار بودن شرایط هیدرولیکی در جهت افزایش ضریب دبی در نسبت‌های بار هیدرولیکی مختلف دارد. نتایج نشان داد ضریب دبی در حالت نصب دو پره نسبت به حالت شش پره تا ۳۰ درصد



الف) سرریز مثلثی با نصب پره ۴۵ درجه (ب) سرریز مثلثی با نصب پره ۶۰ درجه



ج) سرریز مثلثی با نصب پره ۹۰ درجه

شکل ۵. ضریب دبی (C_d) بصورت تابعی از (H_0/P) و Nv در سرریز مثلثی با زوایای نصب پره ۶۰، ۴۵ و ۹۰ درجه

نتیجه گیری

افزایش نسبت بار هیدرولیکی سبب کاهش ضریب دبی شده است. به عبارت دیگر هرچه تعداد پره به ازای کاهش زاویه قرارگیری بر روی تاج سرریز کمتر باشد افزایش عملکرد هیدرولیکی سرریز را سبب خواهد شد. نکته قابل توجه در مورد شکل (۴) این است که ضریب دبی جریان در تمام زوایای قرارگیری پره بر روی تاج سرریز روند افزایشی دارد به گونه‌ای که از یک نسبت بار هیدرولیکی مشخص به بعد روند ثابتی خواهد داشت در صورتی که در مورد شکل (۵) شرایط هیدرولیکی جریان به گونه‌ای است که به دلیل افت انرژی بالا در سرریز مثلثی (به ازای افزایش بار هیدرولیکی) شاهد روند کاهشی ضریب دبی جریان و ثابت شدن آن از یک نسبت بار هیدرولیکی مشخص به بعد خواهیم بود. از نظر کمی نیز، در سرریز مثلثی زاویه قرارگیری ۴۵ درجه پره‌ها و در سرریز دوزنقه‌ای زاویه قرارگیری ۶۰ درجه پره‌ها بر روی تاج

این تحقیق به منظور بررسی تأثیر زوایای مختلف قرارگیری پره بر روی تاج سرریزهای دوزنقه‌ای و مثلثی انجام شد. با توجه به نتایج شکل‌های (۴) و (۵) در خصوص زوایای مختلف قرارگیری پره بر روی تاج سرریز، کاهش عملکرد هیدرولیکی سرریز (دوزنقه‌ای، مثلثی) و نیز کاهش ضریب دبی به ازای افزایش نسبت بار هیدرولیکی، به دلیل تأثیر منفی عواملی چون وقوع استغراق موضعی، تداخل لایه‌های جریان عبوری از روی تاج سرریز و نیز بالا بودن افت انرژی در سرریز زیگزآگی دوزنقه‌ای نسبت به سرریز زیگزآگی مثلثی بوده است. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش زاویه قرارگیری پره بر روی تاج سرریز (دوزنقه‌ای، مثلثی)، ضریب دبی روند کاهشی خواهد داشت. این در حالی است که افزایش تعداد قرارگیری پره بر روی تاج سرریز (دوزنقه‌ای، مثلثی) به ازای

شده‌اند؛ همچنین در یک نسبت بار هیدرولیکی ثابت ($Hd/P = 0.2$)، سرریز مثلثی با دو و شش پره به ترتیب $۲۸/۳$ و $۱۱/۷$ درصد نسبت به شرایط بدون پره سبب افزایش ضریب دبی شده‌اند.

سرریزها، شرایط مطلوب‌تری را جهت افزایش ضریب دبی دارا بود. از این رو می‌توان بیان داشت در یک نسبت بار هیدرولیکی ثابت ($Hd/P = 0.2$)، سرریز دوزنقه‌ای با دو و شش پره به ترتیب $۳۸/۸$ و $۱۰/۳$ درصد نسبت به شرایط بدون پره سبب افزایش ضریب دبی

REFERENCES

- Crookston, B.M. (2010). Labyrinth Weirs. PhD thesis, Utah State University, Logan, Utah.
- Gupta, K.K., Kumar, S. and Kumar, K. (2013). Flow Characteristics of Sharp-Crested Triangular Planform Contracted weirs. *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, 2(12), 1252-1258.
- Gupta, K.K., Kumar, S. and Ahmad, Z. (2014). Flow Characteristics of Sharp-Crested W- Planform weirs. *International Journal of Advanced Technology & Engineering Research, (IJATER)*, 1th International Conference on Research in Science, Engineering & Management (IOCRSEM 2014), 176-180.
- Gupta, K.K., Kumar, S. and Ahmad, Z. (2015). Effect of Weir Height on Flow Performance of Sharp Crested Rectangular-Planform Weir. *World Applied Sciences Journal*, 33 (1), 168-175.
- Hay, N. and Taylor, G. (1970). Performance and Design of Labyrinth Weirs. *Journal of the Hydraulics Division, (ASCE)*, 96 (11), 2337-2357.
- Hosseini Tashnizi, S.Z., Heidarpour, M. and Eslamian, S. S. (2013) Effect of width, angle of placement and spacing of submerged guide vanes on the performance of triangular labyrinth weir with an apex angle of 45° and 90° in a straight channel. In: *Proceeding of the 7th National Congress on Civil Engineering, Zahedan, Sistan and Baluchestan University, Iran*, pp. 6. (In Farsi)
- Kabiri-Samani, A. and Javaheri, A. (2012). Discharge Coefficients for Free and Submerged Flow over Piano Key Weirs. *Journal of Hydraulic Research*, 50 (1), 114-120.
- Monjezi, A. (2002). *Hydrological assessment of multifaceted wire and determination of its discharge coefficient*. MSc. Irrigation plant, University of Shahid Chamran, Ahvaz, Iran. (In Farsi).
- Taylor, G. (1968). *The Performance of Labyrinth Weirs*, PhD thesis, University of Nottingham, Nottingham, England.
- Tullis, J.P., Amanian, N. and Waldron, D. (1995). Design of Labyrinth Weir Spillways. *Journal of Hydraulic Engineering, (ASCE)*, 121(3): 247-255.
- Tullis, B.P., Young, J.C. and Chandler, M.A. (2007). Head-discharge relationships for submerged Labyrinth weirs. *Journal of Hydraulic Engineering, (ASCE)*, 133(3), 248-53.