



سرریزهای زیگزاگی با پلان قوسی

"سیما ذوالفقاری، شبنم علی نژاد، آگرین موثقی، محمد محمدی و مهدی یاسی"

گروه آب، دانشگاه ارومیه، E-mail: m_yasi@yahoo.com

چکیده

سرریزهای زیگزاگی (Labyrinth Spillways) سازه های هیدرولیکی مهم جهت تنظیم سطح آب و کنترل جریان در کانال ها، رودخانه ها و مخازن سدها بشمار می آیند. در این تحقیق، اصلاح طرح هندسی پلان سرریز زیگزاگی نوع مثلثی، دوزنقه ای و مستطیلی از طریق تغییر فرم دماغه سرریز به شکل قوسی از دایره مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان میدهد که: شکل قوسی «دماغه سرریز» همگام با واگرایی بیشتر «کانال پایین دست سرریز» منجر به افزایش کارایی هیدرولیکی می گردد. سرریزهای با دماغه قوسی باریکتر ($R/w \leq 0.2$) در محدوده نسبت ارتفاعی ($w/p < 3$) از کارایی هیدرولیکی پایداری برخوردار هستند. سرریزهای زیگزاگی با پلان مستطیلی کارایی مناسبی ندارد. سرریزهای زیگزاگی با پلان مثلثی، با وجود افزایش شدت واگرایی «کانال سرریز» بدلیل شدت توسعه تداخل جریان در محدوده «دماغه سرریز» کارایی هیدرولیکی برتری ندارد. سرریز با پلان قوسی نسبت به سرریزهای معادل دوزنقه ای و مثلثی (با طول تاج یکسان) ظرفیت جریان بیشتری را دارند.

واژه های کلیدی: سازه های هیدرولیکی؛ سرریز زیگزاگی؛ سرریز با پلان قوسی؛ کارایی هیدرولیکی

مقدمه

سرریزهای زیگزاگی (Labyrinth Spillways) از سازه های هیدرولیکی مهم جهت تنظیم سطح آب و کنترل جریان در کانال ها، رودخانه ها و مخازن سدها بشمار می آیند. محور تاج این نوع سرریز بصورت غیر خطی بوده و در یک عرض معین، طول تاج بیشتری نسبت به سرریزهای متداول خطی دارد. بطوریکه در نمایش سطح افق، از دیواره های متصل به هم تشکیل یافته و با هندسه مثلثی، دوزنقه ای، مستطیلی و یا قوسی؛ با تناوب مناسبی در عرض جریان تکرار میگردد.

فرضیه اصلی در توسعه طرح گزینه زیگزاگی سرریزها، افزایش ظرفیت انتقال جریان بر روی یک سرریز با تاج ثابت و به ازای ارتفاع معین سطح آب در بالادست سرریز بوده است. مهمترین امتیازات توسعه کاربرد سرریزهای زیگزاگی در رودخانه ها عبارتند از: (۱) محدودیت عرضی مقطع جهت انتقال سیل ماکزیمم طراحی بخصوص در شرایط رودخانه های نیمه کوهستانی و یا رودخانه های سیلاب دشتی با مقطع مرکب؛ (۲) محدودیت ارتفاع سطح آب در بازه بالادست سرریز و خطر آبگرفتگی اراضی بالادست بخصوص در سیلاب دشت ها؛ (۳) سادگی ساخت و سهولت مدیریت بهره برداری در مقایسه با گزینه سرریز خطی با کنترل درپچه ای.

محدودیت مطالعات انجام یافته در مورد کارکرد هیدرولیکی هندسه های متفاوت سرریزهای زیگزاگی، مانع از توسعه گزینه یابی این نوع سازه در طرحهای مهندسی رودخانه بوده است. اولین مطالعات در خصوص ضوابط طراحی و کارکرد هیدرولیکی سرریزهای زیگزاگی توسط Hay and Taylor (1970) بر روی مدل های با پلان هندسی مثلثی و دوزنقه ای با شکل تاج با لبه تیز صورت پذیرفت (۵). با توسعه اطلاعات تجربی، نتایج ارزیابی ظرفیت جریان عبوری بر روی این نوع سرریزها توسط Lux and Hinchliff (1985) و Lux (1993) اصلاح گردید (۷۶). مطالعات تکمیلی بر روی مدل سرریزهای زیگزاگی با شکل تاج ربع دایره ای توسط Darvas (1971) و Tullis, et.al. (1995) توسعه یافت (۸۴). روشنی زرمهری (۱۳۷۹) نشان داد که: کارایی هیدرولیکی سرریزهای زیگزاگی U شکل موثرتر از سرریزهای با پلان مستطیلی است (۱). برای سرریزهای زیگزاگی مثلثی، مطالعات شنوایی (۱۳۸۰) بیانگر برتری هیدرولیکی شکل تاج نیمدایره ای نسبت به شکل لبه تیز است (۲). منابع موجود فاقد ارزیابی معینی در خصوص کارکرد سرریزهای زیگزاگی با پلان قوسی می باشد. جزئیات مطالعات و نتایج پیشین توسط محمدی (۱۳۸۱) ارائه گردیده است (۳). در این تحقیق، اصلاح طرح هندسی پلان سرریز زیگزاگی نوع مثلثی، دوزنقه ای و یا مستطیلی از طریق تغییر در فرم دماغه یا پیشانی سرریز از حالت خطی به شکل قوسی از دایره مورد نظر قرار گرفته است. (شکل ۱). هدف از این بررسی، بعنوان اولین قدم، ارزیابی ظرفیت جریان به روش تحلیلی و تجربی بر روی سرریزهای زیگزاگی با پلان قوسی و با شکل تاج نیمدایره ای، و نیز مقایسه کارکرد هیدرولیکی سرریزهای معادل با پلان هندسی متفاوت بوده است.

تئوری جریان

معادله عمومی جریان بر روی یک سرریز زیگزاگی با توجه به شکل (۱) به صورت زیر ارائه گردیده است (۳).

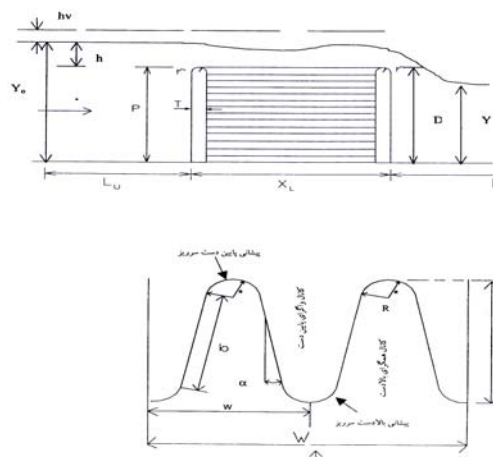
$$Q = C_d \frac{2}{3} \sqrt{2g} LH^{\frac{3}{2}} \quad (1)$$

$$C_d = F(H_0/P, R/w, w/P, D/P, T/P, r/P, l/w, h_d/h \text{ or } \psi) \quad (2)$$

که در آن: L = طول تاج سرریز؛ H_0 = ارتفاع انرژی کل جریان بالادست نسبت به تاج سرریز؛ P = ارتفاع دیواره سرریز در بالادست؛ D = ارتفاع دیواره سرریز در پایین دست؛ l = طول تاج یک سیکل سرریز؛ w = عرض یک سیکل سرریز؛ R = شعاع قوس دماغه سرریز در پلان؛ T = ضخامت دیواره سرریز؛ h = ارتفاع انرژی سطح آب بالادست نسبت به تاج سرریز؛ h_d = ارتفاع سطح پایاب از تاج سرریز؛ و $\psi = F(h_d/h)$ ضریب استغراق جریان می باشد.

روش تحقیق تجربی

مدل فیزیکی سرریزهای زیگزاگی با پلان قوسی در فلوم مرکز تحقیقات هیدرولیک کاربردی دانشگاه ارومیه به طول ۸/۴ متر، عرض ۰/۶ متر و عمق ۰/۴۲ متر مورد آزمون قرار گرفت. براساس توصیه های طراحی از مطالعات گذشته و مطابق شکل (۱): نسبت بزرگنمایی طولی تاج سرریز ثابت و معادل (۱/w=3)؛ فرم تاج سرریز بصورت نیمدایره با شعاع (r=15mm)؛ و دیواره های سرریز بصورت قائم با ضخامت (T=2r) در نظر گرفته شده است (۳). مطابق جدول (۱)، مجموعه دوازده مدل سرریز از جنس چوب به ضخامت تحت سه شعاع قوس مختلف دماغه سرریز (R/w= 0.15, 0.2, 0.25)؛ هر کدام در چهار ارتفاع تاج متفاوت (w/p=4, 3, 2, 1.5)؛ با استقرار دو سیکل سرریز با عرض کانال (n=2)، در محدوده وسیعی از جریان (۷۲۰ اندازه گیری) مورد آزمون قرار گرفته است. در هر آزمون، دبی جریان عبوری توسط یک سرریز مثلثی واسنجی شده در مخزن خروجی فلوم با دقت ۴٪ ± و ارتفاع سطح آب با دقت ۱٪ ± اندازه گیری گردید. بررسی تاثیر عمق پایاب بر روی جریان از روی سرریز، از طریق تنظیم دریچه انتهایی فلوم انجام گردید.



شکل (۱) : نمایش هندسی جریان بر روی مدل سرریز زیگزاگی با پلان قوسی

جدول (۱) : مشخصات مدل فیزیکی سرریزهای زیگزاگی با پلان قوسی

آزمون	P (m)	w (m)	n	l (m)	R (m)	R/w	w/P	l/w	α^0	X_L (m)
W1-R1	0.20	0.3	2	0.9	0.075	0.25	1.5	3	0	0.40
W1-R2	0.15	0.3	2	0.9	0.075	0.25	2	3	0	0.40
W1-R3	0.10	0.3	2	0.9	0.075	0.25	3	3	0	0.40
W1-R4	0.075	0.3	2	0.9	0.075	0.25	4	3	0	0.40
W2-R1	0.20	0.3	2	0.9	0.06	0.2	1.5	3	6	0.41
W2-R2	0.15	0.3	2	0.9	0.06	0.2	2	3	6	0.41
W2-R3	0.10	0.3	2	0.9	0.06	0.2	3	3	6	0.41
W2-R4	0.075	0.3	2	0.9	0.06	0.2	4	3	6	0.41
W3-R1	0.20	0.3	2	0.9	0.045	0.15	1.5	3	11	0.42
W3-R2	0.15	0.3	2	0.9	0.045	0.15	2	3	11	0.42
W3-R3	0.10	0.3	2	0.9	0.045	0.15	3	3	11	0.42
W3-R4	0.075	0.3	2	0.9	0.045	0.15	4	3	11	0.42

* پارامترهای جدول در شکل (۱) نمایش داده شده است.

نتایج و بحث

ارزیابی ظرفیت جریان بر روی سرریز زیگزاگی با پلان قوسی از رابطه (۱) صورت یافته است. براساس نتایج تجربی در نسبت های معین $D/P, T/P, r/P, l/w$ ، ضریب جریان آزاد (C_D) بصورت تابعی از پارامترهای $(H_0/P, R/W, W/P)$ قابل ارزیابی خواهد بود. شکل (۲) نمونه این ارزیابی را برای سرریز با نسبت پلان قوسی $R/W=0.25$ نشان میدهد. نتایج کاملتر برای نسبت های دیگر هندسی توسط محمدی (۱۳۸۱) ارائه

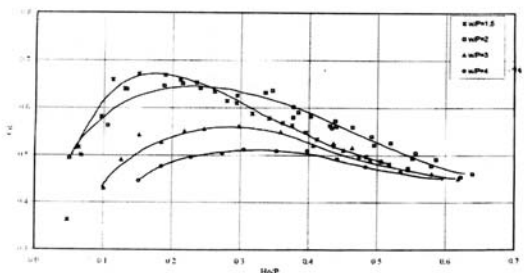
شده است (۳). شدت جریان آزاد (Q_f) از معادله (۱) برآورد می گردد. برای تشخیص شرایط جریان آزاد یا مستغرق ، حد آستانه استغراق جریان بر روی سرریز از رابطه تجربی زیر قابل ارزیابی می باشد.

$$h/P = + 0.467(R/w) - 0.035(w/P) + 0.547 \quad (3)$$

برای شرایط جریان مستغرق ، ضریب تصحیح استغراق جریان ($\Psi = Q_s/Q_f$) بر اساس نسبت بدون بعد (h_d/h) از رابطه عمومی (۴) ارزیابی می گردد. شدت جریان واقعی در شرایط جریان مستغرق ، از طریق رابطه ($Q_s = Q_f * \Psi$) قابل محاسبه خواهد بود .

$$\Psi = 1.522 (R/w) - 0.232 (h_d/h) + 0.685 \quad (4)$$

از نظر کارایی هیدرولیکی ، محدوده مناسب جریان بر روی سرریزهای قوسی بصورت ($0.1 < H_0/P < 0.6$) توصیه می گردد. در جریانهای زیاد ($H_0/P > 0.6$) ، شرایط استغراق بحدی توسعه می یابد که رفتار هیدرولیکی هندسه زیگزاگی سرریز مشابه با یک سرریز خطی نرمال ، ولی با افت انرژی بیشتری می گردد. در این حالت ، ضریب جریان تا حدود $C_d = 0.3$ کاهش می یابد .



شکل (۲) : ضریب جریان آزاد (C_d) بصورت تابعی از w/P و H_0/P به ازای ($R/w=0.25$) - آزمون (W1-Ri)

در تحقیق حاضر ، سه گزینه سرریزهای زیگزاگی با پلان قوسی (0.15 , 0.2 , 0.25) با دو گزینه معادل پلان مثلثی و پلان دوزنقه ای از نظر کارایی هیدرولیکی در شرایط جریان آزاد مورد مقایسه و بررسی قرار گرفته است. در این بررسی ، جهت ارزیابی عامل شکل هندسی پلان سرریز ، لزوماً برخی پارامترهای هندسی (نظیر : عرض سرریز w ؛ تعداد سیکل های سرریز n ؛ و شکل تاج سرریز ؛ بصورت نیم دایره ای) یکسان در نظر گرفته شده اند. جهت محاسبه جریان (C_d) و شدت جریان (Q) برای سرریزهای با پلان قوسی از نتایج تحقیق حاضر ؛ و برای سرریزهای با پلان مثلثی و دوزنقه ای از روش (Lux and Hinchliff (1985) استفاده گردیده است (۲ و ۶) .

ارزیابی تاثیر هندسه پلان سرریز با نسبت (l/w) یکسان

در این بررسی ، نسبت بزرگنمایی طولی (l/w) نیز یکسان در نظر گرفته شده است. ظرفیت هیدرولیکی جریان آزاد در پنج گزینه مورد نظر مطابق شکل (۳) ، برای سه ارتفاع مختلف سرریز (P) و تحت سه شرایط مختلف جریان آزاد (h متفاوت) محاسبه گردیده که ، نتایج آن بطور نمونه برای ارتفاع $P=0.15$ در جدول (۲) ارائه گردیده است. نتایج این ارزیابی بصورت زیر ارائه می گردد :

- ۱- تفاوت کارایی دو نوع سرریز با پلان مثلثی و دوزنقه ای در نسبتهای متفاوت w/P و h/P ناچیز بوده و روند مشخص و معنی داری ندارد. بطور کلی، در محدوده ($w/P < 2$) سرریز مثلثی؛ و در محدوده ($w/P < 2$) سرریز دوزنقه ای
- ۲- بهترین قوشنی با نسبت هندسی ($R/w < 0.2$) از کارایی هیدرولیکی برتری نسبت به سرریز مثلثی برخوردار است. بعبارت دیگر ، با وجودی که زاویه دیواره واگرای

کانال پایین دست سرریز (α) در سرریز قوسی بطور قابل ملاحظه ای کوچکتر از سرریز معادل مثلثی است ، ولی تاثیر قوس دماغه سرریز در افزایش راندمان هیدرولیکی جریان غالب می گردد .

۳- کارایی هیدرولیکی سرریزهای قوسی با نسبت هندسی ($R/w < 0.25$) بطور کلی برتر از سرریزهای دوزنقه ای است . تاثیر قوس دماغه سرریز بخصوص در نسبت های هندسی ($R/w \leq 0.2$) بنحو مطلوبی می تواند تاثیر منفی زاویه کمتر α را از نظر کنترل شدت تلاطم در کانال واگرای پایین دست سرریز جبران نماید.

۴-مقایسه سه گزینه سرریزهای قوسی نشان میدهد که : سرریزهای با دماغه قوسی باریکتر ($R/w \leq 0.2$) از کارائی هیدرولیکی برتری برخوردار هستند. به ازای h (یا h/P) معین ، شدت برتری سرریزهای قوسی در نسبت $w/P = 1.5$ بطور قابل

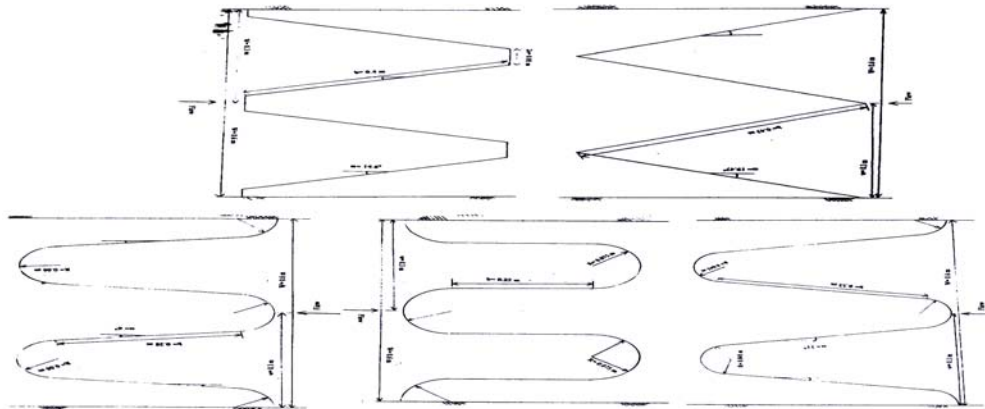
ارزیابی تاثیر دماغه پلان بیشتر از $R/w \leq 0.2$ بر دبیولته جانبی (α) یکسان

در این بررسی، سه گزینه سرریز زیگزاگی (پلان مثلثی ، دوزنقه ای و قوسی) با زاویه دیواره جانبی یکسان (α) مطابق شکل (۴) مورد مقایسه قرار گرفته اند. در این ارزیابی ، لزوما طول تاج سرریز (L) و در نتیجه نسبت بزرگنمایی طولی (l/w) متفاوت خواهد بود. از این رو ارزیابی کارائی هیدرولیکی سرریزهای فوق براساس مقایسه ضریب جریان (C_d) و دبی واحد طول تاج سرریز ($q=Q/L$) امکان پذیر خواهد بود. به منظور استفاده از نتایج تجربی موجود، مدل سرریز قوسی ($W3-Ri$) با شعاع دماغه $R=0.045m$ ، نسبت $R/w=0.15$ و زاویه دیواره جانبی $\alpha=11^\circ$ بعنوان مدل مینا انتخاب گردیده است. براین اساس ، گزینه های معادل پلان دوزنقه ای و مثلثی تعیین شده است. ظرفیت هیدرولیکی جریان آزاد در سه گزینه مورد نظر، برای سه ارتفاع مختلف سرریز (P) و تحت سه شرایط مختلف جریان آزاد (h متفاوت) محاسبه گردیده که ، نتایج آن بطور نمونه برای ارتفاع $P=0.15m$ در جدول (۳) ارائه گردیده است. نتایج این ارزیابی بصورت زیر خلاصه می گردد.

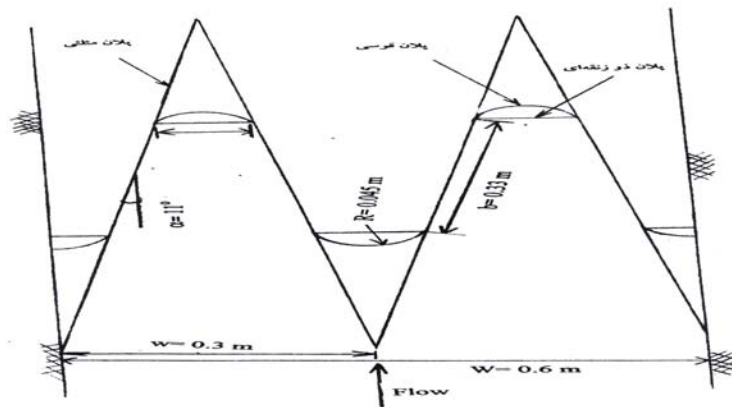
۱- برای زاویه معین دیواره جانبی سرریز (α): طول تاج سرریز (L) و یا نسبت بزرگنمایی طولی تاج سرریز (l/w) در سرریزهای قوسی بیشتر از سرریز معادل دوزنقه ای و کمتر از سرریز معادل مثلثی است.

۲- برای ارتفاع معین سطح آب در بالادست سرریز (h) : سرریز مثلثی کمترین C_d و q و بیشترین Q را دارد. در محدوده جریان $h/P \leq 0.3$ ؛ سرریز قوسی بیشترین C_d ، q و Q را دارد. در محدوده جریان آزاد $h/P > 0.3$: سرریز قوسی C_d و q کمتری از سرریز دوزنقه ای ولی Q بیشتری نسبت به سرریز دوزنقه ای دارد.

۳- برای ارتفاع معین تاج سرریز (P) : سرریز مثلثی کمترین C_d و q و بیشترین Q را دارد. در محدوده های مختلف جریان ؛ کارائی سرریز قوسی و سرریز دوزنقه ای از نظر C_d و q همسان بوده؛ ولی در هر حال ظرفیت جریان عبوری (Q) در سرریزهای قوسی بیشتر از سرریزهای دوزنقه ای می باشد . در محدوده $h/P \leq 0.3$: سرریز قوسی بیشترین C_d و q را دارد. در محدوده $h/P > 0.3$: سرریز قوسی C_d و q کمتر ، ولی Q بیشتری نسبت به سرریز دوزنقه ای دارد .



شکل (۳) ارزیابی هیدرولیکی سرریزهای زیگزاگی با پلان هندسی متفاوت- و با نسبت p/w یکسان



شکل (۴) ارزیابی هیدرولیکی سرریزهای زیگزاگی با پلان هندسی متفاوت و زاویه دیواره جانبی (α) یکسان

جدول (۲): ارزیابی کارائی هیدرولیکی سرریزهای زیگزاگی با پلان هندسی متفاوت * - ($l/w=3 ; P=0.15m$)

هندسه پلان	w/P	L (m)	l/w	h/P	H_0/P	C_d	$Q \times 10^3$ (m^3/s)	$Q \times 10^3$ (m^2/s)	روش ارزیابی
مثلثی	2	3.1	1.57	5.23	0.23	0.55	33.5	10.7	Lux & Hinchliff (1985)
دوزنقه	2	1.6	0.82	2.73	0.21	0.70	18.5	1.2	Lux & Hinchliff (1985)
قوسی	2	1.8	0.90	3.00	0.21	0.71	21.6	12.0	تحقیق حاضر
مثلثی	2	3.1	1.57	5.23	0.41	0.47	65.9	21.0	Lux & Hinchliff (1985)
دوزنقه	2	1.6	0.82	2.73	0.33	0.65	35.2	21.5	Lux & Hinchliff (1985)

تحقیق حاضر	21.1	38.0	0.64	0.33	3.00	0.90	1.8	2	قوسی
Lux & Hinchliff (1985)	28.9	90.9	0.39	0.58	5.23	1.57	3.1	2	مثلثی
Lux & Hinchliff (1985)	33.2	54.4	0.62	0.46	2.73	0.82	1.6	2	ذوزنقه
تحقیق حاضر	29.3	52.8	0.56	0.45	3.00	0.90	1.8	2	قوسی

* پارامترهای جدول در شکل (1) نمایش داده شده است.

جدول (3): ارزیابی هیدرولیکی سرریزهای زیگزاگی با پلان هندسی متفاوت ($\alpha=11^0$; $P=0.15\text{ m}$)^{*}

روش ارزیابی	$Q \times 10^3$ (m^3/s)	C_d	H_0/P	h/P	R/w	α^0	w/P	هندسه پلان
Lux & Hinchliff (1985)	20.9	0.69	0.21	0.2	-	19.47	2	مثلثی
Lux & Hinchliff (1985)	20.5	0.67	0.21	0.2	-	14.6	2	ذوزنقه
تحقیق حاضر	21.6	0.71	0.21	0.2	0.15	11	2	قوسی
تحقیق حاضر	19.4	0.67	0.21	0.2	0.2	6	2	قوسی
تحقیق حاضر	18.9	0.65	0.21	0.2	0.25	0	2	قوسی
Lux & Hinchliff (1985)	38.6	0.65	0.33	0.3	-	19.47	2	مثلثی
Lux & Hinchliff (1985)	38.0	0.63	0.34	0.3	-	14.6	2	ذوزنقه
تحقیق حاضر	36.2	0.6	0.33	0.3	0.15	11	2	قوسی
تحقیق حاضر	59.1	0.63	0.33	0.3	0.2	6	2	قوسی
تحقیق حاضر	62.6	0.61	0.33	0.3	0.25	0	2	قوسی
Lux & Hinchliff (1985)	58.1	0.59	0.47	0.4	-	19.47	2	مثلثی
Lux & Hinchliff (1985)	52.8	0.58	0.47	0.4	-	14.6	2	ذوزنقه
تحقیق حاضر	52.8	0.56	0.45	0.4	0.15	11	2	قوسی
تحقیق حاضر	52.8	0.56	0.45	0.4	0.2	6	2	قوسی
تحقیق حاضر	52.8	0.56	0.45	0.4	0.25	0	2	قوسی

خلاصه نتایج

ترکیب هندسه بهینه فرم قوسی شکل دماغه سرریز و زاویه دیواره های جانبی سبب بهبود قابل ملاحظه ای در کارائی هیدرولیکی سرریزهای زیگزاگی می گردد. نتایج ارزیابی هیدرولیکی سرریزهای زیگزاگی با پلان متفاوت نشان میدهد که: شکل قوسی «دماغه سرریز» همگام با واگرائی بیشتر «کانال

پایین دست سرریز» منجر به افزایش کارائی هیدرولیکی می گردد. سرریزهای با دماغه قوسی باریکتر ($R/w \leq 0.2$)؛ در محدوده نسبت ارتفاعی ($2 \leq w/P < 3$) در بازه وسیعتری از جریانات آزاد تا مستغرق ($0.1 < H_0/P < 0.6$) از کارائی هیدرولیکی پایدارتر و برتری برخوردار هستند. از اینرو میتوان نتیجه گرفت که: سرریزهای زیگزاگی با پلان مستطیلی (حتی با اصلاح قوس شکل دماغه سرریز) از کارائی مناسب هیدرولیکی برخوردار نیستند. سرریزهای زیگزاگی با پلان مثلثی، با وجود افزایش شدت واگرائی «کانال سرریز» (زاویه زیادتر α)، بدلیل شدت توسعه تداخل جریان در محدوده «دماغه سرریز» کارائی عمومی برتری از نظر هیدرولیکی ندارد. سرریزهای قوسی با نسبت پلان هندسی ($R/w \leq 0.2$)، کارائی هیدرولیکی برتری نسبت به سرریزهای معادل ذوزنقه ای و مثلثی (با طول تاج یکسان) دارند.

منابع مورد استفاده

- ۱- روشنی زرمهری، ع. ۱۳۷۹. "بررسی سرریزهای چند وجهی موجود در شبکه های آبیاری نکوآباد ورودشت". پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.
- ۲- شنوائی، ح. ۱۳۸۰. "تاثیر شکل تاج بر ضریب آبگذری در سرریزهای کنگره ای مثلثی شکل در پلان/ کنفرانس بین المللی سازه های هیدرولیکی، کرمان ۱۲ و ۱۳ اردیبهشت. ص ۱۷۷-۱۶۷.
- ۳- محمدی، م. ۱۳۸۱. "جریان بر روی سرریزهای زیگزاگی با پلان قوسی". پایان نامه کارشناسی ارشد تاسیسات آبیاری، دانشگاه ارومیه، ارومیه.

- 4- Darvas, L.A. (1971), "Performance and Design of Labyrinth Weirs" Journal of Hydraulic Division, ASCE, 97 (8) : 1246-1251
- 5- Hay, N., and Taylor, G.1970, "Performance and Design of Labyrinth Weir", Journal of Hydraulic Division, ASCE, 96 (2) : 2337-2357.
- 6- Lux, F., and Hinchliff, D.L. 1985, "Design and Construction of Labyrinth Spillways", 15Th Congress of ICOLD, Lausanne Switzerland, 249-274
- 7- Lux, F. 1993, "Design Methodologies for Labyrinth Weirs", Water Power and Dam Construction Proceeding, 1379-1407.
- 8- Tullis, J.P., Amanajan, N., and Waldron, D.1995,"Design of Labyrinth Spillways", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 121 (3) : 247-255.