

## بررسی خصوصیات هیدرولیکی سرریزهای استوانه‌ای و تاج دایره‌ای

### منوچهر حیدرپور<sup>۱</sup>، محمدرضا چمنی<sup>۲</sup> و اقبال خرمی<sup>۳</sup>

استادیار گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی و آستادیارگروه آب، دانشکده عمران دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان  
تاریخ دریافت: ۸۳/۱/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۸۴/۳/۲۴

### چکیده

سرریزهای استوانه‌ای و سرریزهای تاج دایره‌ای به دلیل اقتصادی بودن و سهولت ساخت در مقایسه با سایر سرریزها می‌توانند برای اندازه‌گیری شدت جریان، ساختمان‌های تخلیه جریان آب و کنترل سطح آب در کانال‌ها و مخازن مورد استفاده قرار گیرند. در این مطالعه، خصوصیات هیدرولیکی سرریزهای استوانه‌ای و تاج دایره‌ای مانند ضریب دبی، عمق روی تاج و افت انرژی در ۱۸ مدل آزمایشگاهی که در ۵ گروه طبقه‌بندی شده‌اند، بررسی گردید. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که در سرریزهای استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای با افزایش بار کل نسبی آب، ضریب دبی افزایش یافته و تغییرات شیب دیواره بالادست روی ضریب دبی بدون تأثیر است. همچنین افت نسبی انرژی در سرریزهای استوانه‌ای بیشتر از سرریزهای نیم استوانه‌ای بوده و افزایش شیب پایین دست موجب افزایش افت نسبی انرژی می‌گردد. عمق نسبی جریان روی تاج در سرریزهای استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای برابر ۰/۷ بوده و افزایش شیب بالادست، عمق نسبی جریان روی تاج را در مقادیر بزرگتر از ۰/۶ به مقدار کم افزایش داده و تغییرات شیب پایین دست بر عمق نسبی جریان روی تاج بدون تأثیر است.

**واژه‌های کلیدی:** سرریز تاج دایره‌ای، سرریز استوانه‌ای، سرریز نیم استوانه‌ای، ضریب دبی، افت انرژی

### مقدمه

سرریزهای استوانه‌ای<sup>۱</sup> و سرریزهای تاج دایره‌ای<sup>۲</sup> برای اندازه‌گیری جریان مورد استفاده قرار می‌گیرند و کاربردهای وسیعی در مهندسی هیدرولیک به‌عنوان ساختمان‌های تخلیه آب داشته و می‌توانند برای کنترل سطح آب در کانال‌ها و مخازن مورد استفاده قرار گیرند. شکل سرریز تاج دایره‌ای، شامل یک تاج دایره شکل با شعاع R و ارتفاع h است و زوایای دیواره‌های بالادست و

پایین دست آن برابر  $\alpha$  و  $\beta$  است (شکل ۱). با توجه به شکل ۱، می‌توان رابطه زیر را به‌عنوان معادله عمومی دبی در واحد عرض سرریز، q، بیان کرد (مانسون و همکاران، ۱۹۹۹):

$$q = C_d \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} g H_1^{3/2} \quad [1]$$

در رابطه فوق، g شتاب جاذبه و  $H_1$  بار کل (مجموع بار استاتیک و بار دینامیک) بالادست از سطح تاج می‌باشد.  $C_d$  ضریب دبی<sup>۳</sup> بوده و با اندازه‌گیری مستقیم

1- Coefficient of Discharge

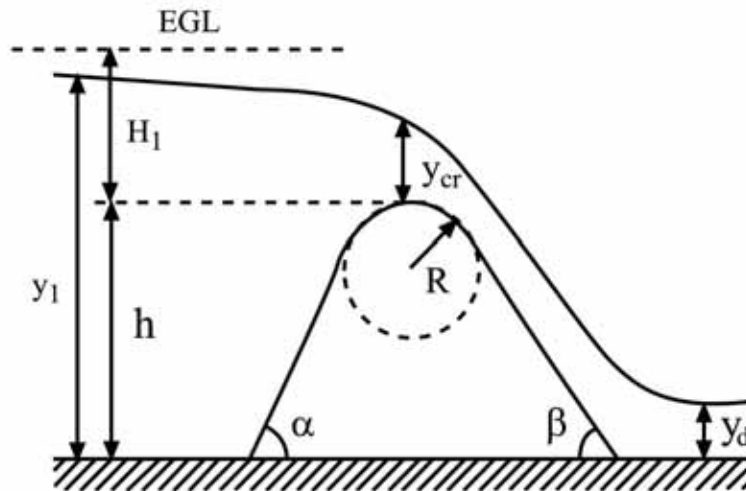
1- Cylindrical Weirs  
2- Circular Crested Weirs

شده توسط باس (۱۹۷۸)، معادله‌ای تجربی برای توزیع فشار جریان بر روی تاج ارائه گردید. رمامورثی و همکاران (۱۹۹۲) معادله اندازه حرکت را به کار بردند و ضریب انحراف از فشار هیدروستاتیک جریان بر روی تاج سرریز را از داده‌های آزمایشگاهی برآورد کردند. رمامورثی و وو (۱۹۹۳a) با استفاده از تئوری درسلا، توزیع سرعت را بر روی سرریز برآورد نمودند. رمامورثی و وو (۱۹۹۳b) تغییرات شیب بالادست و پائین دست بر ضریب دبی را مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که تغییرات شیب بالا دست بر ضریب دبی بدون تأثیر است ولی افزایش شیب پائین دست باعث افزایش ضریب دبی می‌گردد. رمامورثی و همکاران (۱۹۹۴) جریان انحنادار ایده‌آل را بر روی تاج سرریز به کار برده و خصوصیات هندسی جریان را برآورد نمودند. چنسون و مونتس (۱۹۹۸) مطالعاتی روی تأثیر وضعیت جریان بالادست بر خصوصیات هیدرولیکی سرریزهای استوانه‌ای انجام دادند و نتیجه گرفتند که پرش هیدرولیکی در بالادست سرریز باعث افزایش عمق نسبی روی تاج سرریز استوانه‌ای می‌شود.

تاکنون تحقیقات زیادی در باره خصوصیات هیدرولیکی سرریزهای تاج دایره‌ای صورت پذیرفته است، در تحقیق کنونی مقاطع جدیدی از سرریزهای تاج دایره‌ای (گروه‌های D و E در شکل ۲) بررسی شده است. همچنین، یکی از مهم‌ترین خصوصیات هیدرولیکی جریان که افت نسبی انرژی است و تاکنون مطالعه نشده است مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق علاوه بر افت نسبی انرژی، ضریب جریان و عمق نسبی روی تاج بررسی شده و در هر مورد با نتایج سایر محققین مقایسه گردیده است.

دبی عبوری از روی سرریز به دست می‌آید (کسیدی، ۱۹۶۵). نیمرخ عرضی تاج سرریزهای اوجی از نظر هندسی نزدیک به سرریزهای تاج دایره‌ای می‌باشد و آنها عملکرد هیدرولیکی مشابه دارند. این سرریزها در گروه سرریزهای تاج دایره‌ای قرار می‌گیرند (ابریشمی و حسینی، ۱۳۷۳).

مطالعه خصوصیات هیدرولیکی سرریزهای تاج دایره‌ای از اوائل قرن بیستم آغاز گردیده است (لکشمنا، ۱۹۷۵). کخ و کرسنتجن (به نقل از باس، ۱۹۷۸) اولین محققینی بودند که مطالعات تجربی را در این زمینه آغاز کردند. در قسمتی از مطالعات خود، ره‌بوک (۱۹۲۹) تغییرات ضریب دبی را بر حسب بار کل نسبی بالادست، رمامورثی و وو، (۱۹۹۳) تأثیر مکش و هوادهی تیغه ریزش آب را مورد بررسی قرار دادند و متوجه شدند که مکش جریان آب روی تاج سرریز مانع از جدایی لایه مرزی شده و ضریب دبی را ۱۵ تا ۲۰ درصد افزایش می‌دهد. جاگر (۱۹۵۶) رابطه‌ای برای بار فشار سطحی تاج بر حسب بار کل نسبی، عمق جریان روی تاج و انحنای خطوط جریان به دست آورد. متیو (۱۹۶۳) تئوری ساده‌ای را ارائه نمود که در آن تأثیرات کشش سطحی، ویسکوزیته و شعاع انحناء خطوط جریان روی ضریب دبی بیان شده است. کسیدی (۱۹۶۵) مدل جریان سیال ایده‌آل را در مورد سرریزهای تاج دایره‌ای و استوانه‌ای مطالعه نمود و توانست معادلات خطوط جریان را به دست آورد. سرگینسون (۱۹۷۲) تأثیر کشش سطحی را بر ضریب دبی سرریزهای تاج دایره‌ای و لبه تیز مطالعه نمود. لکشمنا راثو و جگنندا راثو (۱۹۷۳) خصوصیات هیدرولیکی سرریزهای هیدروفویل (از جمله سرریز نیم استوانه‌ای) را بررسی نمودند. در قسمتی از مطالعات انجام



شکل ۱- مشخصات هیدرولیکی و هندسی سرریز تاج دایره‌ای.

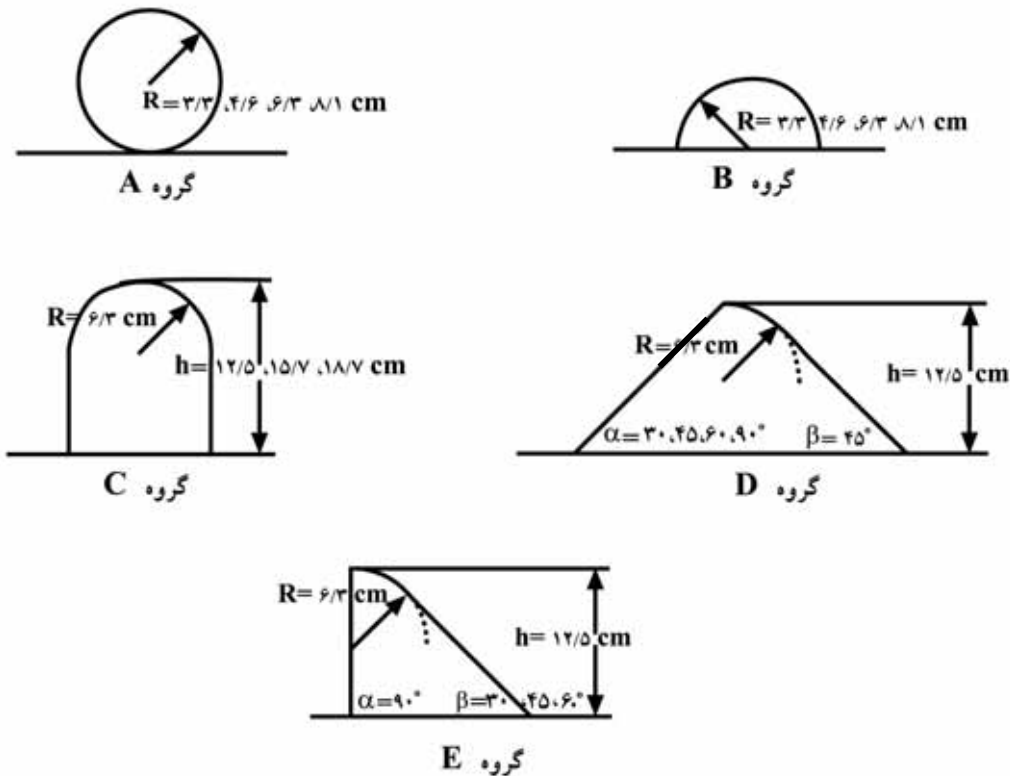
$$C_d = \frac{q}{\frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} g H_1^{3/2}}} = f\left(\frac{H_1}{R}\right) \quad [2]$$

ب- وضعیت آزمایش: سرریزهای مورد آزمایش از جنس P.V.C و در ۱۸ مدل انتخاب و به گروه‌های استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای تقسیم شدند. سایر گروه‌ها با تغییرات ارتفاع سرریز، شیب بالادست و پایین دست مورد آزمایش قرار گرفتند. اندازه و تعداد مدل‌ها در شکل ۲ مشاهده می‌گردد. آزمایش مدل‌های ذکر شده در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. مدل‌های هیدرولیکی در یک کانال شیشه‌ای به طول ۷ متر، عرض ۰/۳۲ متر و ارتفاع ۰/۳۵ متر نصب شدند. این کانال به وسیله یک پمپ با حداکثر دبی ۱۱/۵ لیتر در ثانیه تغذیه می‌شد. آب پس از عبور از کانال به یک مخزن اندازه‌گیری دبی وارد شده که در آن ارتفاع آب توسط پیزومتر نصب شده مشخص و دبی به روش حجم-زمان محاسبه می‌گردید. حداکثر خطای اندازه‌گیری دبی، ۱/۹ درصد می‌باشد. تراز سطح آب به وسیله یک عمق‌سنج که دقت اندازه‌گیری آن تا ۰/۱۵ میلی‌متر بود، اندازه‌گیری گردید.

## مواد و روشها

الف- فرضیات و ملاحظات تئوری: فرضیات زیر برای ساخت و توسعه مدل سرریزها در نظر گرفته شده است:

- کف کانال آزمایشگاهی افقی بوده و جریان در بالادست سرریز دائمی و زیربحرانی می‌باشد. نیروی اصطکاک در مرز جسم (جامد) بین مقطع بالادست و روی تاج ناچیز است.
- تاج سرریز افقی بوده و در مسیر عمود بر جریان قرار گرفته است.
- توزیع فشار در بالادست هیدرواستاتیک بوده و ضریب موئتم  $\beta$  برابر با ۱ است.
- عمق آب روی تاج بدون تغییر است و تأثیر خصوصیات از آب مانند کشش سطحی و گرانیروی روی خصوصیات جریان سرریز مهم و قابل توجه نمی‌باشد.
- با بکارگیری آنالیز ابعادی و با توجه به فرضیات فوق، ضریب دبی سرریزهای تاج دایره‌ای را می‌توان به صورت زیر بیان نمود (خرمی، ۱۳۷۹):

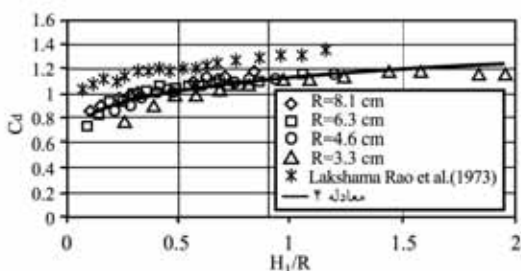


شکل ۲- مشخصات مدل‌های فیزیکی مورد آزمایش

دبی برای سرریزهای استوانه‌ای از  $0.76$  در  $H_1/R = 0.13$  تا  $1/28$  در  $H_1/R = 1/92$  افزایش می‌یابد. رابطه برآزش داده شده بین نقاط به صورت زیر می‌باشد ( $R^2 = 0.80$ ):

$$C_d = 1.185 \left( \frac{H_1}{R} \right)^{0.146} \quad [3]$$

چانسون و مونتس (۱۹۹۸) رابطه‌ای مشابه با ضریب  $1/185$  و توان  $0.136$  به دست آوردند. مدل‌های آنها شامل یک پایه مکعب مستطیل بود که بر سر آن یک استوانه دایره‌ای قرار داشت. همانطور که ملاحظه می‌شود داده‌های مدل‌های مورد مطالعه با رابطه ارائه شده توسط چانسون برای جریان کاملاً توسعه یافته از انطباق خوبی برخوردار است.



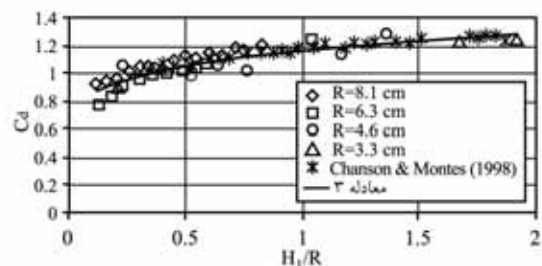
شکل ۴- تغییرات ضریب دبی با بار کل نسبی در سرریزهای نیم استوانه‌ای

## نتایج و بحث

### الف- ضریب دبی

#### ضریب دبی سرریزهای استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای:

شکل‌های ۳ و ۴ تغییرات ضریب دبی با بار کل نسبی بالادست ( $H_1/R$ ) را به ترتیب برای سرریزهای استوانه‌ای (گروه A) و نیم استوانه‌ای (گروه B) نشان می‌دهد. همان‌گونه که از شکل‌ها مشخص است مقدار ضریب دبی با افزایش بار کل نسبی بالادست برای سرریزهای هر دو گروه افزایش می‌یابد. در محدوده آزمایش، نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که مقدار ضریب دبی در یک  $H_1/R$  مشخص، مستقل از اندازه شعاع استوانه و یا نیم استوانه می‌باشد. همان‌گونه که از شکل ۳ مشخص است ضریب



شکل ۳- تغییرات ضریب دبی با بار کل نسبی بالا- دست در سرریزهای استوانه‌ای.

شکل ۴ روند تغییرات ضریب دبی را با  $H_1/R$  برای سرریزهای نیم استوانه‌ای (گروه B) نشان می‌دهد. همان‌گونه که از شکل مشخص است، مقدار ضریب دبی در سرریزهای نیم استوانه‌ای از  $0.73$  در  $H_1/R=0.1$  تا  $1.18$  در  $H_1/R=1.95$  افزایش می‌یابد. رابطه برآزش داده شده بین نقاط ضریب دبی سرریزهای نیم استوانه‌ای به صورت زیر می‌باشد ( $R^2=0.80$ ):

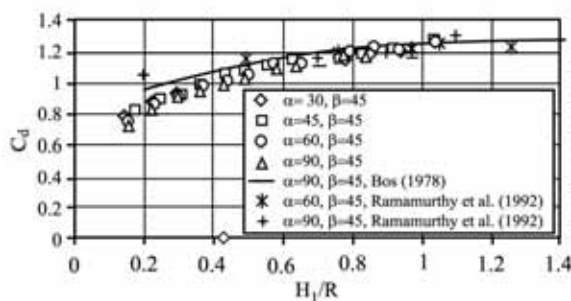
$$C_d = 1.135 \left( \frac{H_1}{R} \right)^{0.146} \quad [4]$$

مقایسه شکل‌های ۳ و ۴ نشان می‌دهد که تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین روند تغییرات ضریب دبی جریان با  $H_1/R$  برای سرریزهای استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای وجود ندارد. شیب منحنی‌ها با افزایش  $H_1/R$  کاهش می‌یابد و این‌گونه به نظر می‌رسد که در مقادیر  $H_1/R$  بیشتر از محدوده این آزمایش‌ها ضریب دبی دارای مقدار ثابتی می‌باشد. همچنین، مقدار ضریب دبی در یک  $H_1/R$  ثابت برای سرریزهای استوانه‌ای بیشتر از سرریزهای نیم استوانه‌ای است. دلیل این موضوع انحنای زیادتر خطوط جریان و افزایش مکش در سرریزهای استوانه‌ای می‌باشد.

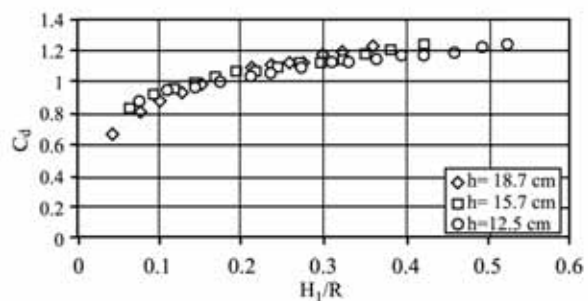
**تأثیر ارتفاع سرریز روی ضریب دبی:** شکل ۵ نشان دهنده رابطه بین ضریب دبی و  $H_1/R$  برای ارتفاع‌های مختلف سرریز برای سرریزهای گروه C می‌باشد. این گروه با شیب بالادست و پایین دست  $90^\circ$  درجه بوده و شعاع تاج مدل‌ها برابر  $6/3$  سانتی‌متر می‌باشند. همان‌گونه که از این شکل مشخص است، ضریب دبی با افزایش

ارتفاع سرریز تغییر محسوسی ندارد. مقایسه شکل‌های ۳، ۴ و ۵ نشان می‌دهد که ضریب دبی سرریزهای گروه C بیشتر از ضریب دبی سرریزهای استوانه‌ای و یا نیم استوانه‌ای هم ارتفاع می‌باشد.

**تأثیر تغییرات شیب بالادست بر روی ضریب دبی:** شکل ۶ تغییرات ضریب دبی را با  $H_1/R$  برای سرریزهای با شیب پایین دست ثابت ( $\beta=45^\circ$ ) و شیب بالادست متغیر نشان می‌دهد (مدل‌های گروه D). شیب‌های بالادست در نظر گرفته شده  $30^\circ$ ،  $45^\circ$ ،  $60^\circ$  و  $90^\circ$  درجه می‌باشند. همچنین، داده‌های مطالعات باس (۱۹۷۸) و رامامورثی و همکاران (۱۹۹۲) در شکل نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد تغییرات شیب بالادست برای یک مقدار ثابت  $H_1/R$  و شیب پایین دست ثابت، تأثیر محسوسی بر روی ضریب دبی ندارد. ضریب دبی با مقدار  $0.80$  در  $H_1/R=0.14$  شروع شده و در  $H_1/R=1.05$  مقدار آن به  $1.25$  می‌رسد. بنظر می‌رسد که برای مقادیر بیشتر  $H_1/R$ ، هنوز هم روند صعودی برای ضریب دبی ادامه داشته باشد. تفاوت ضریب دبی هنگامی که  $\alpha$  از  $30^\circ$  درجه به  $90^\circ$  درجه تغییر می‌کند کمتر از  $3\%$  درصد می‌باشد. مقادیر داده‌های مطالعات باس (۱۹۷۸) و رامامورثی و همکاران (۱۹۹۲) در  $H_1/R$  پائین بیشتر از داده‌های مطالعه کنونی است و این افزایش در  $H_1/R$  بالا کاهش می‌یابد.



شکل ۶- تأثیر تغییرات شیب بالادست سرریز بر ضریب دبی.



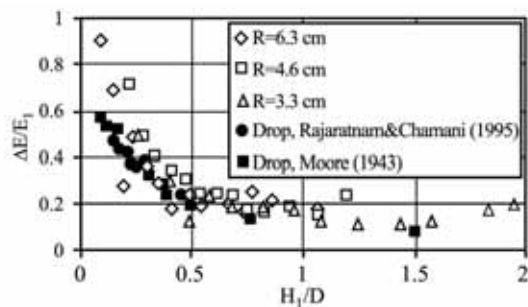
شکل ۵- تأثیر تغییرات ارتفاع سرریز بر ضریب دبی

سرریزهای استوانه‌ای، نیم استوانه‌ای و تاج دایره‌ای از رابطه زیر محاسبه شده است:

$$\frac{\Delta E}{E_1} = \frac{E_1 - E_2}{E_1} = \frac{(D + H_1) - \left( y_d + \frac{q^2}{2gy_d^2} \right)}{D + H_1} \quad [5]$$

در شیب شکن، انرژی پائین دست (مقطع d) از نمودار سرعت به دست آمده است و از دقت بالاتری برخوردار است. خطای ناشی در محاسبه افت نسبی انرژی در مطالعه کنونی بخاطر استفاده از عمق پائین دست ممکن است قابل ملاحظه باشد. همان‌گونه که در شکل‌ها مشخص است، برای سرریزهای استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای، افت نسبی انرژی با افزایش هد نسبی بالادست کاهش می‌یابد. همان‌گونه که در شکل‌های ۸ و ۹ مشاهده می‌شود افت نسبی انرژی در سرریزهای استوانه‌ای بیشتر از شیب شکن هم ارتفاع و در سرریزهای نیم استوانه‌ای تقریباً برابر شیب شکن هم ارتفاع می‌باشد.

تأثیر سایر پارامترها بر افت نسبی انرژی: شکل‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲ به ترتیب تأثیر تغییرات ارتفاع، شیب بالادست و شیب پائین دست را بر افت نسبی انرژی نشان می‌دهند و ملاحظه می‌شود که روند مشخصی برای تغییرات افت انرژی با تغییر پارامترهای فوق وجود ندارد. در تمام موارد با افزایش هد نسبی افت انرژی کاهش می‌یابد. همان‌گونه که از شکل ۱۲ مشخص است افزایش شیب پائین دست، باعث افزایش افت انرژی می‌شود.



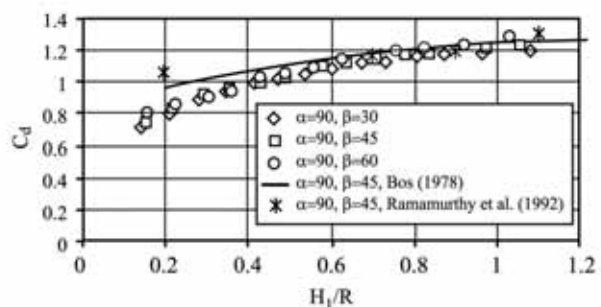
شکل ۸- تغییرات افت نسبی انرژی با بار کل نسبی بالادست در سرریزهای استوانه‌ای.

شکل‌های ۱۳ و ۱۴ نشان داده شده است. در این نمودارها، مقدار عمق روی تاج با شعاع تاج بدون بعد

تأثیر تغییرات شیب پائین دست روی ضریب دبی: شکل ۷ تغییرات ضریب دبی را با  $H_1/R$  در حالتی که شیب بالادست ثابت ( $\alpha = 90^\circ$ ) و شیب پائین دست متغیر است نشان می‌دهد (مدل‌های گروه E). در این شکل، تغییرات ضریب دبی برای شیب‌های پائین دست ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه است. همچنین، داده‌های مطالعات باس (۱۹۷۸) و رمامورثی و همکاران (۱۹۹۲) در شکل نشان داده شده است. همان‌گونه که از شکل مشخص است تغییر شیب پائین دست در مقادیر  $H_1/R$  کمتر از ۰/۷، تأثیر محسوسی روی ضریب دبی ندارد، ولی با افزایش  $H_1/R$ ، به نظر می‌رسد تأثیر تغییر شیب محسوس‌تر می‌شود. مقادیر داده‌های مطالعات باس (۱۹۷۸) و رمامورثی و همکاران (۱۹۹۲) در  $H_1/R$  پائین بیشتر از داده‌های مطالعه کنونی است و از  $H_1/R > 0.7$  تفاوت محسوسی با داده‌های کنونی ندارد.

ب- افت نسبی انرژی

افت نسبی انرژی در سرریزهای استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای: شکل‌های ۸ و ۹ افت نسبی انرژی سرریزهای استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای را برحسب  $H_1/D$  نشان می‌دهند. همچنین، به منظور مقایسه، افت انرژی در شیب شکن هم ارتفاع مطالعات راجاراتنام و چمنی (۱۹۹۵) و مور (۱۹۴۳) نشان داده شده است. افت انرژی در

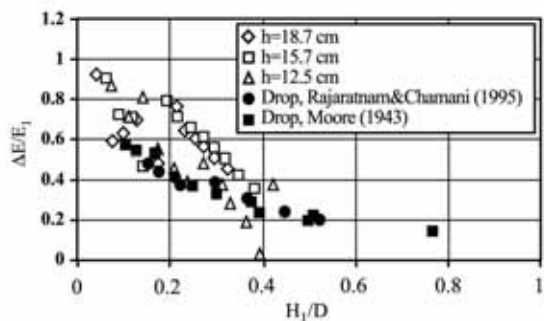


شکل ۷- تأثیر تغییرات شیب پائین دست سرریز بر ضریب دبی سرریزهای استوانه‌ای.

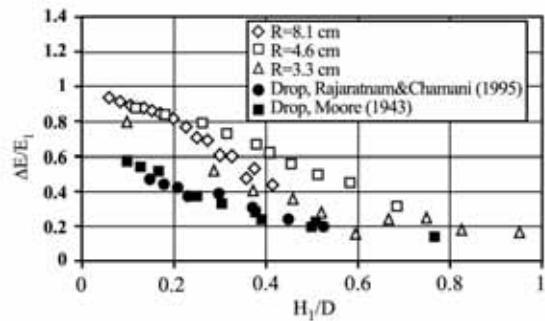
ج- عمق نسبی جریان روی تاج: عمق نسبی جریان روی تاج در سرریزهای استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای در

این خط در سرریزهای استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای در حدود  $0.69/R^2$  می‌باشد ( $R^2 = 0.997$ ).

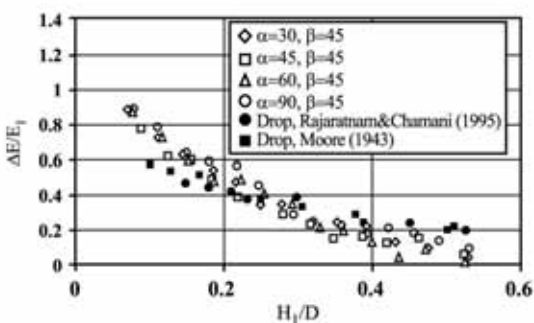
شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، رابطه  $H_1/R$  با  $y_{cr}/H_1$  بصورت خطی تغییر می‌نماید. چنین روندی در سرریزهای استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای دیده می‌شود. شیب



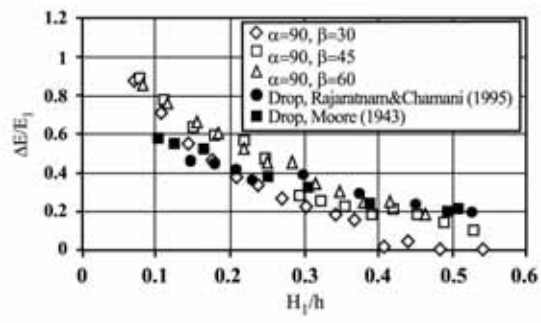
شکل ۱۰- تاثیر تغییرات ارتفاع سرریز بر افت نسبی انرژی.



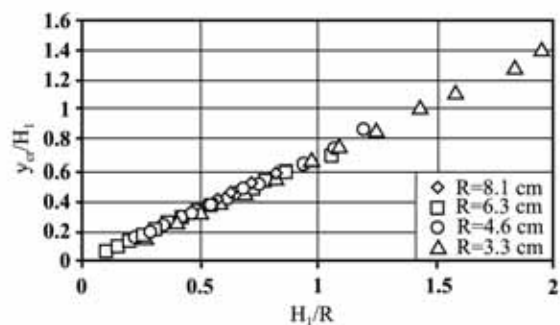
شکل ۹- تغییرات افت نسبی انرژی با بار کل نسبی بالادست در سرریزهای نیم استوانه‌ای



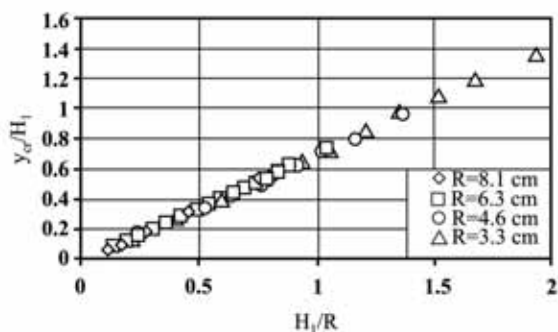
شکل ۱۲- تاثیر تغییرات شیب پائین دست سرریز بر افت نسبی انرژی.



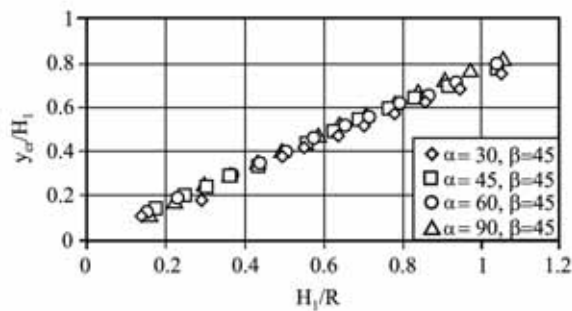
شکل ۱۱- تاثیر تغییرات شیب بالادست سرریز بر افت نسبی انرژی.



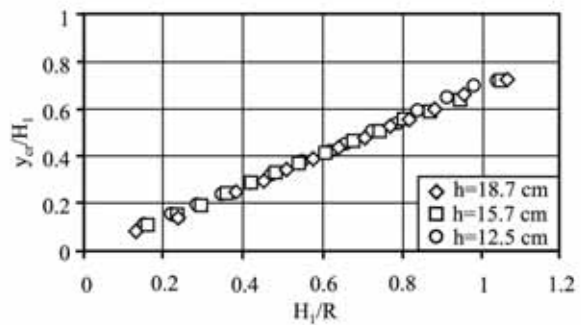
شکل ۱۴- تغییرات عمق نسبی جریان بر روی تاج با بار کل نسبی بالادست در سرریزهای نیم استوانه‌ای.



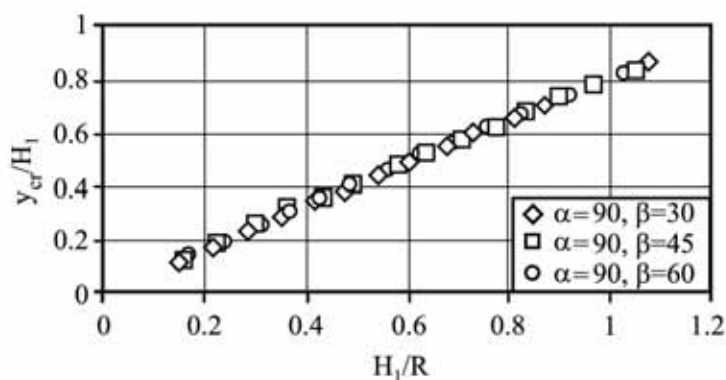
شکل ۱۳- تغییرات عمق نسبی جریان بر روی تاج با بار کل نسبی بالادست در سرریزهای استوانه‌ای.



شکل ۱۶- تاثیر تغییرات شیب بالادست سرریز بر عمق نسبی جریان بر روی تاج.



شکل ۱۵- تاثیر تغییرات ارتفاع سرریز بر عمق نسبی جریان بر روی تاج.



شکل ۱۷- تاثیر تغییرات شیب پایین دست سرریز بر عمق نسبی جریان بر روی تاج.

استوانه‌ای ضریب دبی با افزایش بار کل نسبی بالادست افزایش یافته و در یک  $H_1/R$  ثابت، مقدار ضریب دبی برای سرریزهای استوانه‌ای بیشتر از سرریزهای نیم استوانه‌ای است. تأثیر تغییرات شیب بالادست روی ضریب دبی ناچیز بوده و با افزایش شیب پایین دست در مقادیر بالای بار کل نسبی بالادست، مقدار ضریب دبی افزایش می‌یابد. افزایش ارتفاع سرریز نیز موجب افزایش ضریب دبی می‌گردد.

افت انرژی در تمامی مدل‌ها با افزایش بار کل نسبی بالادست کاهش یافته و افت انرژی در سرریزهای استوانه‌ای بیشتر از سرریزهای نیم استوانه‌ای می‌باشد. همچنین افت انرژی مدل‌های استوانه‌ای بیشتر از شیب شکن هم ارتفاع بوده و در مورد سرریزهای نیم استوانه‌ای، افت انرژی برابر شیب شکن هم ارتفاع می‌باشد. تغییرات شیب پایین دست روی افت انرژی محسوس بوده و زیاد شدن شیب پایین دست موجب افزایش افت انرژی می‌گردد.

تأثیر سایر پارامترها بر عمق نسبی جریان روی تاج : شکل ۱۵ تأثیر تغییرات ارتفاع را بر عمق روی تاج نشان می‌دهد. تغییرات ارتفاع بر عمق روی تاج بدون تأثیر است و عمق روی تاج مانند سرریزهای استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای برابر  $0.7$  بار کل می‌باشد. شکل ۱۶ اثر تغییرات شیب بالادست را بر عمق نسبی روی تاج نشان می‌دهد و مشخص است که افزایش شیب بالادست باعث می‌شود در مقادیر  $H_1/R$  بزرگتر از  $0.6$ ، مقدار عمق نسبی جریان روی تاج کمی افزوده گردد. شکل ۱۷ اثر تغییر شیب پایین دست را بر عمق روی تاج نشان می‌دهد و مشخص است، تأثیر تغییر شیب پایین دست بر عمق روی تاج ناچیز، و می‌تواند بدون تأثیر در نظر گرفته شود.

### نتیجه گیری

خصوصیات هیدرولیکی سرریزهای استوانه‌ای و تاج دایره‌ای در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داده است که در سرریزهای استوانه‌ای و نیم



افزایش کم عمق روی تاج در مقادیر  $H_1/R$  بزرگتر از  $0/6$  می شود. تأثیر ارتفاع سرریز، شیب پایین دست و شیب بالادست بر عمق نسبی روی تاج بدون تأثیر است.

عمق نسبی جریان روی تاج در سرریزهای استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای بصورت خطی با بار کل نسبی بالادست تغییر می نماید. همچنین افزایش شیب بالادست باعث

## منابع

۱. خرمی، ا. ۱۳۷۹. بررسی خصوصیات تعدادی سرریز تاج دایره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۰۸ صفحه.
۲. ابریشمی، ج. و م. حسینی. ۱۳۷۳. هیدرولیک کانالهای روباز، انتشارات آستان قدس رضوی، ۵۰۱ صفحه.
3. Bos, M.G. 1978. Discharge measurement structures. Publ. 20, Int. Inst. for land reclamation and improvement, Wageningen, the Netherlands, 464p.
4. Cassidy, J.J. 1965. Irrotational flow over spillways of finite height. ASCE, J. Eng. Mech. Div. 91(6): 155-173.
5. Chanson, H., and Montes, J.S. 1998. Overflow characteristics of circular weir. ASCE, J. Irrig. & Drain. Eng. 124(3): 152-162.
6. Jaeger, C. 1956. Engineering Fluid Mechanics. Blackie & Son, Ltd., London, 529 p.
7. Lakshmana Rao, N.S. and Jagannaadha Rao, VM.V. 1973. Characteristics of hydrofoil weirs. ASCE, J. Hyd. Div. 99(2): 259-283.
8. Lakshmana Rao, N.S. 1975. Theory of weirs. Advances in Hydrosience, V.T. Chow (ed.), Vol. 10, New York, 406 p.
9. Matthew, G.D. 1963. On the influence of the curvature, surface tension and viscosity on flow over round-crested weirs. Proc. Inst. Civil Eng. 25: 511-524.
10. Moore, W.L. 1943. Energy loss at the base of free overfall. Trans. ASCE, 108: 1343-1360.
11. Munson, B.R. Young, D.F. and Okiishi, T.H. 1999. Fundamentals of Fluid Mechanics. John Wiley & Sons, 843 p.
12. Rajaratnam, N. and Chamani, M.R. 1995. Energy loss at drops. IAHR, J. Hyd. Res. 33(3): 373-384.
13. Ramamurthy, A.S. Vo, N.D. and Vera, G. 1992. Momentum model of flow past weir. ASCE, J. Irrig. & Drain. Eng. 118(6): 988-994.
14. Ramamurthy, A.S. and Vo, N.D. 1993a. Application of Dressler theory to weir flow. ASME, J. Appl. Mech. Div. 60: 163-166.
15. Ramamurthy, A.S. and Vo, N.D. 1993b. Characteristics of circular crested weir. ASCE, J. Hyd. Eng. 119(9): 1055-1063.
16. Ramamurthy, A.S. Vo, N.D. and Balachandar, R. 1994. A note on irrotational curvilinear flow past a weir. Trans. ASME, 116: 378-381.
17. Rehbock, T. 1929. The river hydraulic laboratory of the Technical University of Karlsruhe. Hydraulic Laboratory Practice, ASME, New York, pp. 111-242.
18. Sarginson, E.J. 1972. The influence of surface tension on weir flow. IAHR, J. Hyd. Res. 10(4): 431-446.

## **Characteristics of circular-crested and cylindrical weirs**

**M. Heidarpour<sup>1</sup>, M.R. Chamani<sup>2</sup> and E. Khorami<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Assist. Prof., Dept., of Irrigation, College of Agric., and <sup>2</sup> Assist. Prof., Dept. of Civil Eng., <sup>3</sup>Former Grad., Student, Dept., of Irrigation, College of Agric., Isfahan Univ., Of Tech., Isfahan, Iran

---

---

### **Abstract**

Circular-crested and cylindrical weirs are used for flow measurement and have wide applications in hydraulic engineering. They can also be used to control the water level in farm ponds and reservoirs. The advantages of the circular-crested and cylindrical weirs compared to other weirs include the stable overflow pattern, the ease to pass floating debris, the simplicity of design, the higher discharge coefficient and the associated lower cost. In this study, the hydraulic characteristics of circular-crested and cylindrical weirs such as the coefficient of discharge, the relative depth over the crest and the energy loss were investigated. A total of eighteen physical models, divided in five groups were tested. It is found that the coefficient of discharge of cylindrical and semi-cylindrical weirs increase when the relative total head is increased. It is also shown that in circular-crested weirs the variation of upstream and downstream slopes do not change the coefficient of discharge for a specific relative total head. The head loss for cylindrical weir is more than that of semi-cylindrical for a specific relative total head. For all the models head loss increases when the downstream slope is increased. The relative flow depth over the crest is 0.7 for cylindrical and semi-cylindrical weirs. The relative flow depth over the crest increases a little for relative total head greater than 0.6 when the upstream slope is increased and does not change with the downstream slope.

**Keywords:** Circular-Crested Weir; Cylindrical weir; Semi-cylindrical weir; Discharge coefficient; Energy loss