نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۲، ص. ۲۳۴-۲۲۴

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No. 1, Mar.-Apr. 2013, p. 224-234

بررسی مشخصات هیدرولیکی جریان بر روی سرریزهای کنگره‌ای با پلان نیم‌دایره‌ای

مهدی اسمعیلی ورکی[۱*] – میلاد صفررضوی‌زاده[۲]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۸/۲۰
تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۱۲/۸

چکیده

سرریزها یکی از سازه‌های متداول برای تنظیم سطح آب و کنترل جریان در کانال‌های انتقال آب و سازه‌های هیدرویکی می‌باشند. یکی از راه‌کارهای موثر و اقتصادی جهت افزایش راندمان آنها، استفاده از سرریزهای کنگره‌ای بوده که با تغییر هندسه پلان و افزایش طول سرریزی در عرض ثابت از کانال، ظرفیت عبور جریان بیشتر می‌گردد. در این تحقیق ضریب دبی جریان و مقدار دبی واحد طول عبوری از سرریزهای کنگره‌ای با پلان نیم‌دایره‌ای–خطی و نیم‌دایره‌ای با شعاع‌های مختلف و تعداد سیکل‌های متفاوت بصورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه‌های بعمل آمده نشان داد که در کلیه سرریزهای کنگره‌ای مورد مطالعه، ضریب دبی جریان با افزایش H_T / p (نسبت ارتفاع انرژی کل بالادست به ارتفاع سرریز) تا ۰/۳۷، روند افزایشی داشته و سپس به دلیل تداخل تیغه‌های ریزشی ضریب دبی جریان کاهش می‌یابد و بتدریج با استغراق نسبی سرریز، ضریب دبی جریان به سمت ضریب دبی جریان در سرریزهای لبه پهن متمایل می‌گردد. ارزیابی‌های بعمل آمده حاکی از آن است که در محدوده دبی‌های مورد آزمایش، سرریزهای کنگره‌ای با پلان نیم‌دایره‌ای دارای عملکرد مناسب‌تری نسبت به سرریزهای کنگره‌ای با پلان نیم‌دایره‌ای–خطی می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: سرریز کنگره‌ای، سرریز با پلان نیم‌دایره، ضریب دبی جریان، تیغه ریزشی، منحنی دبی–اشل

مقدمه

مدیریت و انتقال آب یکی از مباحث مهم در طول توسعه تمدن بشر می‌باشد. برای پاسخ‌گویی به نیازها، سازه‌های هیدرولیکی متنوعی طراحی و ساخته شده است. یکی از سازه‌های متداول در بسیاری از سدها و کانال‌های انتقال آب، سرریزها می‌باشند که به منظور تخلیه، اندازه‌گیری و کنترل سطح آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. از آنجاکه حجم جریان عبوری از سرریز تابع طول و شکل تاج سرریز می‌باشد، لذا تاکنون تحقیقات زیادی در خصوص تاثیر پارامترهای هیدرولیکی و هندسی بر ضریب تخلیه جریان و مقدار دبی عبوری از روی سرریزها انجام شده است.

یکی از راه‌کارهای موثر بر افزایش طول سرریزی جریان در یک عرض معین، استفاده از سرریزها با پلان غیر خطی نظیر مثلثی، ذوزنقه‌ای، دایره‌ای، سهموی و غیره می‌باشد که به آنها سرریزهای چندوجهی، کنگره‌ای و یا زیگزاگی گفته شده و معمولا بصورت یک سیکل یا چند سیکل ساخته می‌شوند. در نتیجه احداث این نوع از سرریزها، حجم جریان عبوری از آنها افزایش یافته و ارتفاع آزاد کمتری در بالادست نسبت به سرریزهای خطی نیاز خواهد بود. این موضوع در مواقعی که به عنوان سازه تخلیه سیلاب عمل می‌نماید، بسیار حائز اهمیت بوده و منجر به تسهیل عبور جریان سیلاب می‌گردد (۴).

کوزاک و سواب (۱۹۶۱)، یازده سرریز کنگره‌ای با پلان ذوزنقه‌ای متفاوت را مورد بررسی قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که حجم دبی عبوری از سرریز کنگره‌ای به ازای یک هد مشخص در بالادست، به صورت قابل توجه‌ای از سرریز خطی بیشتر است. همچنین آنها به این نتیجه رسیدند که به ازای یک طول معادل، تعداد سیکل‌های کوچک نسبت به سیکل‌های بزرگ دارای کارایی بیشتری می‌باشد (۷). تیلور (۱۹۶۸) و تیلور و هی (۱۹۷۰)، کارایی هیدرولیکی سرریزهای زیگزاگی با پلان مثلثی و ذوزنقه‌ای را نسبت به سرریزهای خطی لبه تیز مورد بررسی قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که کارایی سرریزها زیگزاگی با پلان مثلثی از ذوزنقه‌ای مناسب‌تر می‌باشد (۷). داراواس (۸)، با استفاده از نتایج آزمایشگاهی حاصل از مدل فیزیکی سرریزهای ورونوا و آون در استرالیا، مجموعه‌ای از منحنی‌ها را برای طراحی سرریزهای زیگزاگی ارائه نمودند. کاسیدی و

۱– استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت
(*– نویسنده مسئول: Email: esmaeili.varaki@yahoo.com)
۲– دانشجوی کارشناسی‌ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

همکارن (۳)، با بررسی تاثیر ضریب دبی بر روی سرریزهای کنگره‌ای به این نتیجه رسیدند که مقدار این ضریب در ارتفاع‌های بالای جریان عبوری نسبت به سرریزهای مستقیم کاهش می‌یابد. لاکس (۱۲)، با انجام آزمایش‌هایی بر روی مدل فیزیکی سرریز کنگره‌ای، ضریب دبی عبوری از این سرریزها را بصورت تابعی از هد کل بالادست معرفی نمودند.

تولیس و همکاران (۱۳ و ۱۴)، با انجام مطالعه آزمایشگاهی بر روی سرریز کنگره‌ای با پلان ذوزنقه‌ای و زوایای راس ۶ تا ۱۸ درجه، رابطه‌ای را برای ضریب دبی عبوری از این سرریزها که تابعی از هد کل بالادست، ارتفاع سرریز، طول یال‌های سرریز و زاویه راس آنها بود، ارائه نمودند. همچنین آنها با انجام آزمایش‌هایی تاثیر شرایط استغراق بر عملکرد این نوع از سرریزها بررسی نموده و رابطه‌ای برای تعیین منحنی دبی اشل ارائه نمودند.

کومار و همکاران (۱۱)، مطالعه آزمایشگاهی بر ضریب سرریز کنگره‌ای با پلان مثلثی انجام دادند. مقایسه نتایج نشان داد که با کاهش زاویه راس سرریز، طول ناحیه تداخل جریان افزایش یافته و ضریب دبی جریان سرریز کاهش محسوسی می‌یابد. همچنین در این تحقیق روابطی برای محاسبه ضریب دبی جریان با زوایای راس مختلف ارائه شده است. کروکستون و تولیس (۵ و ۶)، خصوصیات تداخل تیغه‌های ریزشی و استغراق موضعی در سرریزهای کنگره‌ای با دو و چهار سیکل مثلثی و زوایای راس مختلف را بصورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار دادند. بررسی‌های انجام شده نشان داد که در دبی‌های کم، به دلیل تداخل کم تیغه‌های ریزشی ضریب دبی جریان از سرریز خطی بیشتر بوده و بتدریج با افزایش دبی جریان شدت تداخل بیشتر می‌گردد. این موضوع منجر به کاهش ضریب دبی جریان شده و مقدار آن متمایل به ضریب دبی جریان در سرریزهای لبه‌پهن می‌گردد.

حیدرپور و همکاران (۱)، وضعیت ضریب دبی در سرریزهای کنگره‌ای با یک سیکل که در پلان به شکل مستطیل و U بود را بصورت آزمایشگاهی مطالعه نمودند. نتایج آزمایش‌های صورت گرفته حاکی از آن بود که با افزایش ارتفاع سرریز، مقدار ضریب دبی در یک H_T / P (نسبت انرژی کل بالادست به ارتفاع سرریز) مشخص افزایش می‌یابد. همچنین مقایسه‌های بعمل آمده نشان داد که افزایش طول موازی با جهت جریان در سرریزهای کنگره‌ای باعث کاهش ضریب دبی و افزایش طول عمود بر جهت جریان باعث افزایش آن می‌شود. یاسی و محمدی (۲)، تاثیر تغییر شعاع انحنای دماغه سرریزهای کنگره‌ای با دو سیکل و پلان‌های مثلثی، ذوزنقه‌ای و مستطیلی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آزمایش‌های انجام شده نشان داد که قوسی نمودن دماغه سرریز منجر به بهبود راندمان هیدرولیکی سرریز می‌گردد.

از آنجاکه تاکنون تحقیقی در خصوص عملکرد هیدرولیکی سرریزهای کنگره‌ای با پلان نیم‌دایره‌ای انجام نشده است، لذا هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر تعداد سیکل‌های نیم‌دایره‌ای با شعاع و پلان مختلف بر تغییرات ضریب دبی جریان و منحنی دبی اشل می‌باشد.

مواد و روش ها

تحلیل ابعادی

پارامترهای موثر بر ضریب دبی جریان در سرریزهای کنگره‌ای شامل هد کل در بالادست و پایین‌دست سرریز، ارتفاع سرریز، شعاع انحناء سیکل‌ها، شکل تاج سرریز، مشخصات تیغه ریزشی، شرایط جریان نزدیک‌شونده می‌باشد که آنها را می‌توان به صورت رابطه تابعی زیر نوشت:

$$C_d = f\left(B, L, H_T, H_d, P, R, CR, Na, AF, N\right) \qquad (۱)$$

در این رابطه B، عرض کانالی که سرریز در آن نصب می‌گردد L، طول سرریز، H_T، هد کل جریان در بالادست سرریز که برابر با $h+V^2/2g$، H_d، هد کل جریان در پایین‌دست سرریز، P، ارتفاع سرریز، R، شعاع انحناء سیکل‌های نیم‌دایره‌ای، CR، پارامتر معرف شکل تاج سرریز که می‌تواند بصورت لبه‌تیز، صاف، ربع دایره‌ای با شعاع‌های کوچک تا بزرگ، نیم‌دایره‌ای و اوجی باشد، Na، نماینده شکل ریزش تیغه جریان در سرریزهای کنگره‌ای است که می‌تواند بصورت ریزش آزاد، ریزش تداخلی، هوادهی شده، هوادهی ناقص یا مستغرق باشد، AF، شرایط جریان نزدیک شونده و تاثیر دیواره‌های جانبی و N تعداد سیکل‌ها می‌باشد. با بکارگیری تئوری باکینگهام در تحلیل ابعادی، رابطه ۱ را می‌توان به صورت رابطه بی‌بعد ۲ زیر نوشت:

$$C_d = f\left(\frac{H_T}{P}, \frac{L}{B}, \frac{R}{B}, N, \frac{H_d}{P}, CR', Na', AF'\right) \qquad (۲)$$

چهار پارامتر آخر در رابطه فوق، عبارت‌های بی‌بعدی بوده که بیانگر تاثیر شکل تاج سرریز، وضعیت ریزش تیغه جریان، شرایط جریان نزدیک شونده و تاثیر جریان پایاب می‌باشند. با توجه به شرایط آزمایشگاهی در تحقیق حاضر، شکل لبه کلیه سرریزهای مورد استفاده بصورت لبه تیز انتخاب شد لذا، از تاثیر CR' صرف نظر گردید. همچنین سرریزها بصورت عمود بر جریان اصلی نصب شده و هیچگونه تنگ‌شدگی موضعی در محل نصب آن ایجاد نگردید، بنابراین شرایط جریان نزدیک شونده، AF'، برای همه آزمایش‌ها یکسان بوده و برای ریزش آزاد جریان و حذف تاثیر عمق آب پایین‌دست سرریز (H_d / P)، رابطه ۲ بصورت معادله زیر ساده می‌گردد:

$$C_d = f\left(\frac{H_T}{P}, \frac{L}{B}, \frac{R}{B}, N, Na'\right) \quad (۳)$$

در این تحقیق رابطه ۳ به عنوان یک رابطه پایه‌ای برای انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

تجهیزات آزمایشگاهی

آزمایش‌ها در آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی آب دانشگاه گیلان و در فلومی با سیستم بازچرخانی به طول ۸/۶ متر، عرض ۰/۹۲ متر و عمق ۱ متر که دارای دیواره‌های از جنس شیشه و کف پلاکسی‌گلاس بود، انجام شد. جهت تامین دبی جریان از پمپ سانتریفیوژ که قادر بود دبی سیستم را تا ۷۰ لیتر بر ثانیه تامین نموده و مجهز به یک دستگاه کنترل دور موتور تنظیم بود، استفاده شد (شکل ۱).

جریان ورودی توسط پمپ وارد مخزن اندازه‌گیری بالادست شده که در انتهای آن سرریز مثلثی جهت اندازه‌گیری دبی جریان نصب شد. سپس جریان با عبور از سرریز وارد مخزن آرام‌کننده پایین‌دست شده و در ادامه وارد کانال می‌گردید. جهت کاهش تلاطم جریان ورودی به کانال و ممانعت از شکل‌گیری جریان‌های عرضی در ورودی، از مستقیم‌سازنده جریان در ابتدای کانال استفاده شد. برای تنظیم عمق جریان در کانال از دریچه پروانه‌ای که در انتهای آن نصب شده بود، استفاده گردید.

مدل‌های سرریزهای آزمایشگاهی

سرریزهای ساخته شده در این تحقیق ترکیبی از سرریزهای خطی و کنگره‌ای با پلان نیم‌دایره‌ای با شعاع‌ها و آرایش کارگذاری‌های مختلف بودند که از لوله‌های پلی‌کا ساخته شدند. سپس با برش دقیق و کارگذاری آنها در کف کانال آزمایشگاهی، تیغه‌ای از جنس پلاکسی‌گلاس با ضخامت ۲ میلیمتر بر روی آن نصب گردید تا شرایط ریزش برای کلیه مدل‌ها یکسان باشد.

مطالعات انجام شده نشان داده است که حداقل دو سیکل برای مدل‌سازی سرریزهای کنگره‌ای لازم است (۱۲)، از این رو دامنه سیکل‌های ساخته شده برای مدل‌های سرریز در این تحقیق با توجه به عرض کانال آزمایشگاهی بین ۲ تا ۷ انتخاب شد.

بررسی‌های انجام شده نشان داده است که آرایش سرریزها بصورت نرمال برای جریان در کانال از کارایی بیشتری برخوردار است (۱۰)، لذا در آرایش‌های مختلف مورد استفاده، سرریزها بگونه‌ای نصب گردیدند که حداکثر تناوب در جهت پایین‌دست باشد. همچنین در کلیه آزمایش‌ها، ارتفاع سرریز در بالادست و پایین‌دست ثابت در نظر گرفته شد. در شکل ۲ نمایی از پلان سرریزهای ساخته شده به همراه نمونه‌ای از تصاویر عبور جریان از روی آن نشان داده شده است. همچنین مشخصات هندسی و دامنه پارامترهای آزمایشگاهی مربوط به هر یک از مدل‌ها در جدول ۱ آورده شده است. در این جدول Li، WLi و WRi به ترتیب معرف سرریز نوع خطی، نیم‌دایره‌ای–خطی و نیم‌دایره‌ای می‌باشد. همچنین عبارت‌های $WRi_{aerated}$ و $WLi_{aerated}$، معرف سرریزهای پلان نیم‌دایره‌ای و نیم‌دایره‌ای – خطی با تیغه‌های هوادهی شده، می‌باشد.

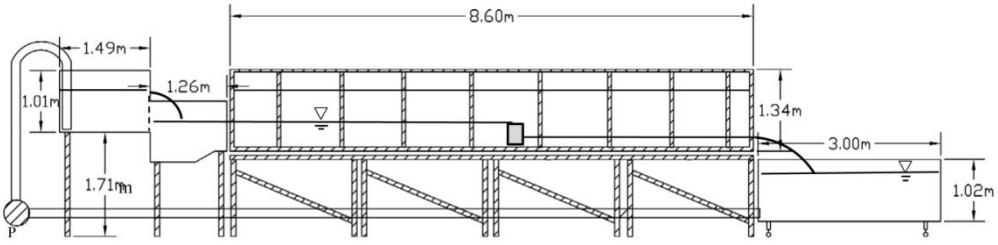
در این تحقیق کلیه سرریزها در فاصله ۵ متری از ورودی کانال اصلی نصب گردیدند. بعد از نصب هر یک از سرریزها، عمق جریان در فاصله $4\ h_{max}$ از سرریز با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ ± میلیمتر قرائت گردید. همچنین در کلیه آزمایش‌ها از نیمرخ سطح آب تصویربرداری بعمل آمد. سپس با استفاده از نرم‌افزار Grapher نسخه ۹، نیمرخ سطح آب رقومی گردید.

نتایج و بحث

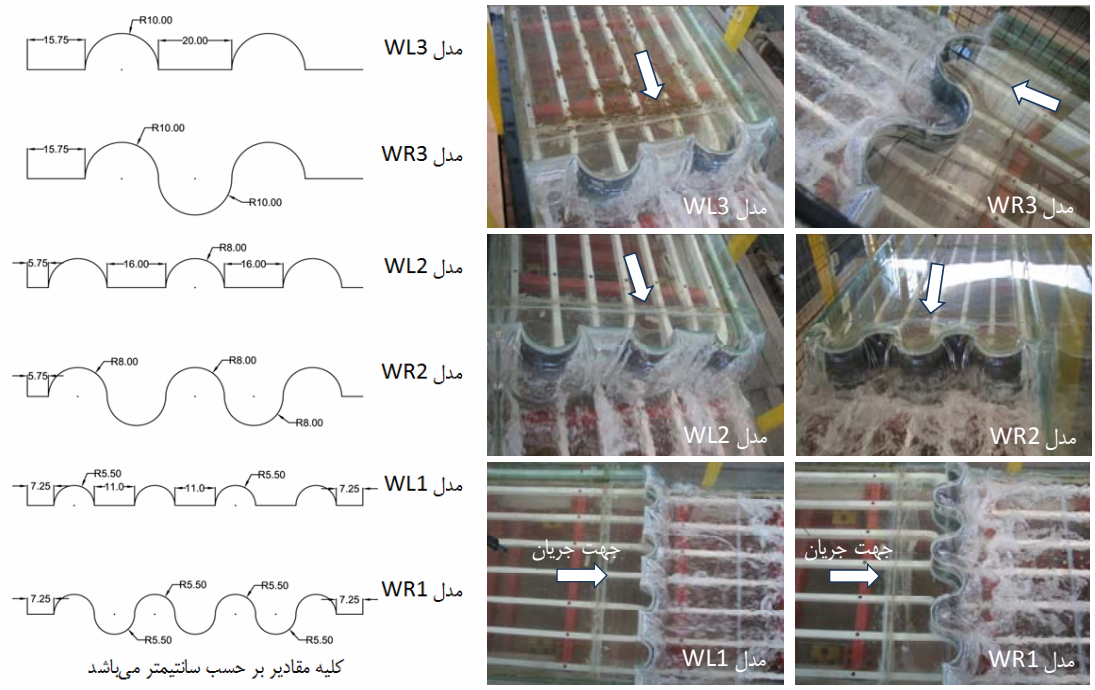
جریان عبوری از روی سرریزهای کنگره‌ای دارای ساختار سه‌بعدی و پیچیده می‌باشد از این رو، امکان حل صریح آن وجود ندارد (۷). لذا برای محاسبه ضریب دبی از معادله عمومی سرریزها که بصورت معادله زیر می‌باشد، استفاده گردید:

$$Q = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g}\, L\, H_T^{3/2} \quad (۴)$$

در این تحقیق در مجموع ۲۴۰ آزمایش برای بررسی تغییرات ضریب دبی جریان سرریزهای کنگره‌ای پلان نیم‌دایره‌ای–خطی و پلان نیم‌دایره‌ای انجام شده که نتایج حاصل در ادامه تشریح شده است.



شکل ۱- طرح کلی کانال آزمایشگاهی



شکل ۲- مشخصات هندسی و نمایی از سرریزهای کنگره‌ای با هندسه‌های مختلف

جدول ۱- دامنه داده‌های آزمایشگاهی

شماره سرریز	قطر هر سیکل (cm)	ارتفاع سرریز (cm)	تعداد سیکل‌ها	طول بخش خطی (cm)	طول کل سرریز (cm)	تغییرات h/P	تغییرات دبی (L/s)
L1	***	۲۰	***	۹۱/۵	۹۱/۵	۰/۱۵ – ۰/۵۹	۷/۱ – ۶۹/۰۲
L2	***	۲۵	***	۹۱/۵	۹۱/۵	۰/۱۲ – ۰/۴۶	۷/۸۳ – ۶۸/۶۹
WL1	۱۱	۲۰	۴	۴۷/۵	۱۱۶/۶۲	۰/۱۳ – ۰/۵۵	۷/۶۱ – ۶۸/۴۱
WL2	۱۶	۲۰	۳	۴۳/۵	۱۱۸/۹	۰/۱۲ – ۰/۵۴	۸/۱ – ۶۸/۱۴
WL3	۲۰	۲۰	۲	۵۱/۵	۱۱۴/۳	۰/۱۳ – ۰/۵۵	۶/۲۹ – ۶۸/۱۴
WR1	۱۱	۲۰	۷	۱۴/۵	۱۳۵/۴۵	۰/۱۱ – ۰/۴۹	۶/۶۹ – ۶۸/۴۱
WR2	۱۶	۲۰	۵	۱۱/۵	۱۳۷/۱۶	۰/۱۲ – ۰/۴۸	۷/۶۸ – ۶۸/۴۱
WR3	۲۰	۲۰	۳	۳۱/۵	۱۲۵/۷	۰/۱۲ – ۰/۵۱	۷/۳۹ – ۶۸/۹۶
$WL1_{aerated}$	۱۱	۲۰	۴	۴۷/۵	۴۷/۵	۰/۱۳ – ۰/۵۹	۷/۸۳ – ۶۸/۴۱
$WR1_{aerated}$	۱۱	۲۰	۷	۱۴/۵	۱۳۵/۴۵	۰/۱۳ – ۰/۵۸	۸/۰۵ – ۶۹/۱۸

بررسی تغییرات ضریب دبی جریان در سرریزهای کنگره‌ای پلان خطی-نیم‌دایره‌ای

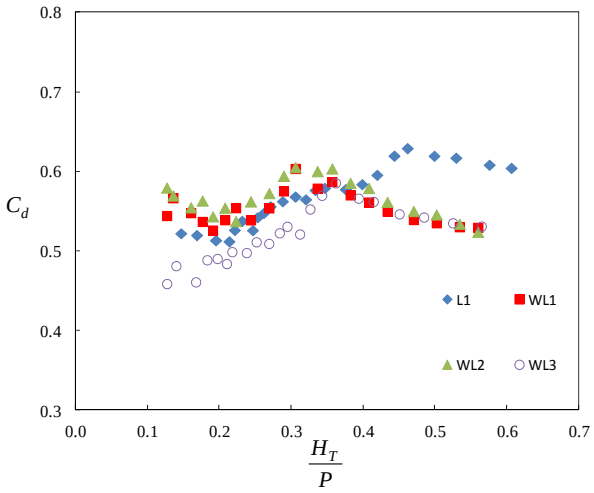
در شکل ۳، تغییرات ضریب دبی سرریزهای پلان کنگره‌ای خطی-نیم‌دایره‌ای نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد تغییرات ضریب دبی سرریز برای کلیه هندسه‌ها دارای دو رفتار افزایشی و سپس کاهشی است. مقایسه‌های انجام شده نشان داد که در مدل WL3 با نسبت $R/B=0.22$ و $L/B=1.25$، با افزایش نسبت H_T/P ضریب سرریز افزایش یافته و در محدوده $H_T/P=0.38$ و $H_T/R=0.38$، به حداکثر مقدار خود می‌رسد. سپس با افزایش این نسبت مقدار ضریب دبی جریان روند کاهشی یافته و به در ۰/۵۴ ثابت باقی می‌ماند. این روند در مدل سرریز WL2 با نسبت $R/B=0.17$ و $L/B=1.3$، در $H_T/P=0.35$ و $H_T/R=0.44$ و مدل سرریز WL1 با نسبت $R/B=0.12$ و $L/B=1.27$، حداکثر مقدار ضریب سرریز در $H_T/P=0.33$ و $H_T/R=0.6$ رخ می‌دهد. به عنوان یک جمع‌بندی کلی هر چه شعاع نیم‌دایره‌ها کمتر گردد، حداکثر ضریب دبی عبوری در H_T/P کوچکتری رخ می‌دهد. علت اصلی این موضوع به استغراق موضعی سرریزها در

H_T / P های بالا مربوط می‌گردد. به عبارت دیگر هر چه شعاع کوچکتر باشد، شرایط مذکور در H_T / P کوچکتری شکل می‌گیرد.

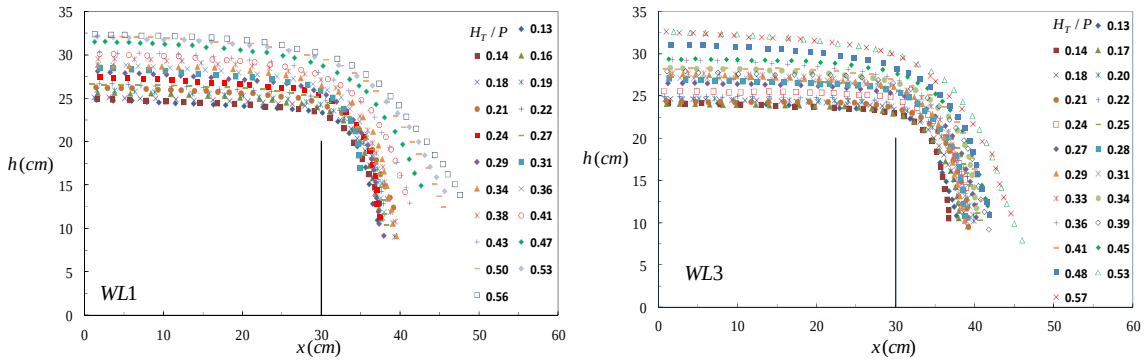
مشاهدات آزمایشگاهی و نیز مقایسه نیمرخ ریزش جریان از روی سرریزها (شکل ۴) حاکی از آن است که بتدریج با افزایش جریان عبوری از روی سرریزها از مقدار هوای محبوس در زیر تیغه‌های ریزشی کاسته می‌شود. این موضوع سبب کاهش مقدار مومنتوم وارده توسط هوای چرخشی در زیر تیغه و نیز فشار منفی موجود در آن ناحیه شده و در نتیجه افزایش ضریب دبی جریان را در پی داشته است. از سوی دیگر با افزایش دبی عبوری از روی سرریزها، بتدریج مقدار تداخل تیغه‌های ریزشی افزایش می‌یابد. بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است که در حداکثر ضریب دبی عبوری از سرریزها، تقریبا کلیه هوای محبوس زیر تیغه‌های ریزشی از بین می‌رود.

مشاهدات آزمایشگاهی نشان داد که در $H_T / P > 0.4$، تداخل تیغه‌ها به‌گونه‌ای می‌باشد که بخش عمده جریان عبوری با یکدیگر ترکیب شده و ایجاد استغراق موضعی می‌گردد. در این وضعیت ریزش جریان از روی سرریز کنگره‌ای متمایل به سرریزهای خطی لبه پهن شده که در نتیجه آن مقدار ضریب دبی جریان برای کلیه مدل‌های ساخته شده بر یکدیگر منطبق می‌گردد. نمونه‌ای از تصاویر جریان عبوری از سرریزها برای این شرایط در شکل ۵ نشان داده شده است.

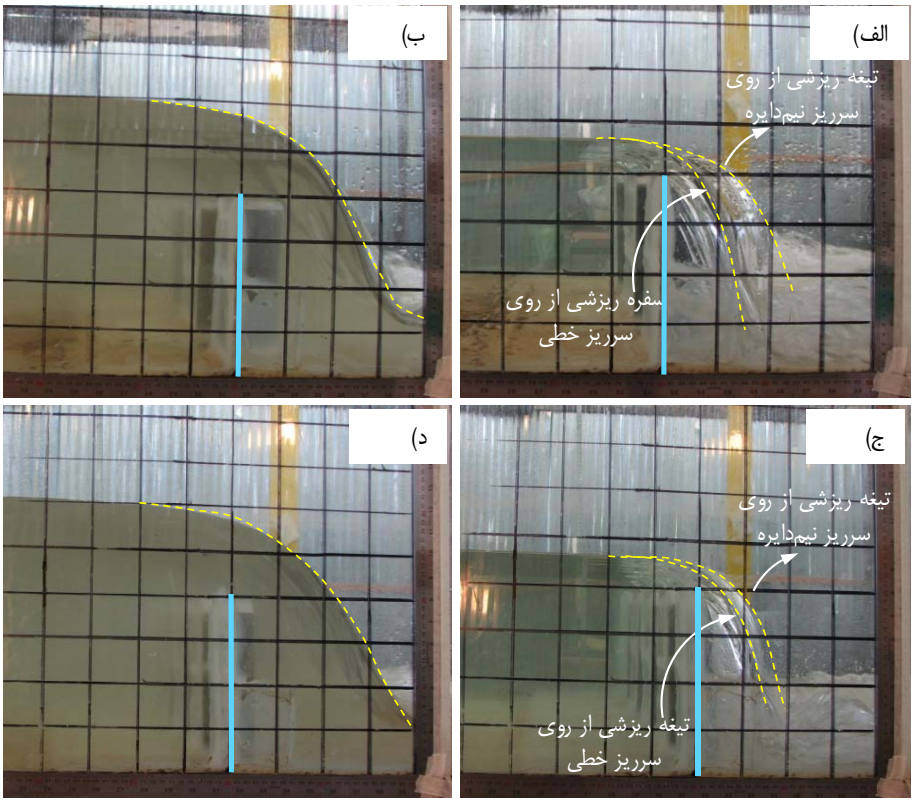
همانطور که در شکل ۳ مشخص است، در شاخه صعودی منحنی‌های تغییرات ضریب سرریز، کنگره‌ای شدن سرریزها باعث افزایش محسوسی در ضریب سرریز نسبت به سرریز خطی می‌گردد. مقایسه نتایج نشان داد که از میان سه سرریز مورد آزمایش، مدل سرریز WL2 به دلیل داشتن کمترین طول سرریز خطی نسبت به دو مدل دیگر دارای بهترین دبی واحد طول عبوری از روی سرریز می‌باشد.



شکل ۳- تغییرات ضریب دبی جریان در سرریزهای کنگره‌ای با پلان خطی-نیم‌دایره‌ای



شکل ٤- تغییرات نیمرخ جریان در سرریزهای کنگره‌ای با پلان خطی-نیم‌دایره‌ای مختلف



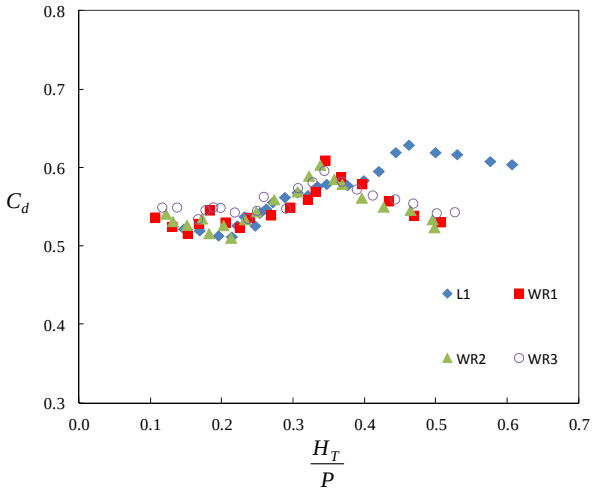
شکل ۵- تیغه ریزشی جریان از روی سرریزهای کنگره‌ای با پلان خطی-نیم‌دایره در شرایط مختلف هیدرولیکی، الف) سرریز WL3 و $H_T / P = 0.15$ ب) سرریز WL3 و $H_T / P = 0.5$، ج) و سرریز WL1 و $H_T / P = 0.14$ و د) سرریز WL3 و $H_T / P = 0.53$

بررسی تغییرات ضریب دبی جریان در سرریزهای کنگره‌ای نیم‌دایره‌ای

در شکل ۶ تغییرات ضریب سرریزهای کنگره‌ای با پلان نیم‌دایره‌ای متوالی نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد، برای کلیه سرریزها کنگره‌ای تا محدوده $H_T / P = 0.22$، ضریب سرریز کنگره‌ای از سرریز خطی بیشتر است. مشاهدات آزمایشگاهی نشان داد که در محدوده ذکر شده، جریان تقریبا بصورت عمودی از روی تیغه سرریز عبور می‌نماید. همچنین در دامنه مذکور تداخل تیغه‌ها حداقل می‌باشد. این موضوع توسط کومار و همکاران (۱۱) و کروکستون و همکاران (۴، ۵ و ۶) نیز گزارش شده است. با افزایش نسبت $H_T / P = 0.35$، ضریب دبی جریان بتدریج افزایش یافته می‌یابد. با این وجود، مقدار آن تقریبا برابر با سرریز خطی بوده و حتی برای سرریز نوع WR1 اندکی کمتر از سرریز خطی می‌باشد. بررسی‌های انجام شده نشان داد که در این محدوده از جریان ریزشی از روی سرریز، بتدریج تداخل تیغه‌ها شکل گرفته و با افزایش دبی جریان بر مقدار آن افزوده می‌شود. همانطور که در شکل ۶ مشخص است، در کلیه آزمایش‌ها برای $H_T / P > 0.35$، سرریزها دچار استغراق موضعی شده و ضریب دبی جریان به سمت سرریز لبه پهن متمایل می‌گردد.

جهت بررسی عملکرد سرریزهای کنگره‌ای با پلان نیم‌دایره‌ای-خطی و نیز نیم‌دایره‌ای، منحنی تغییرات دبی-اشل کلیه سرریزهای ساخته شده در شکل ۷، نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد در دامنه $H_T / P < 0.35$، عملکرد سرریزها با هندسه‌های مختلف با سرریز خطی منطبق است. بعبارت دیگر علی‌رغم وجود تداخل تیغه‌های ریزشی، دبی واحد طول سرریز عبوری از سرریزهای کنگره‌ای برابر با سرریزهای خطی می‌باشد. مقایسه‌های بعمل آمده حاکی از آن است که در این محدوده، اگر چه سرریزها دارای طول‌های متفاوتی می‌باشند ولی بطور متوسط مقدار دبی عبوری از آنها ۳۰ درصد نسبت به سرریز خطی بیشتر می‌باشد.

مقایسه‌های بعمل آمده نشان داد که در دامنه $H_T / P > 0.35$ به دلیل استغراق موضعی سرریزها، دبی واحد طول سرریزهای کنگره‌ای نسبت به سرریز خطی کمتر می‌گردد. همانطور که در شکل ۷ ملاحظه می‌گردد، عملکرد هیدرولیکی سرریزهای نیم‌دایره‌ای نسبت به سرریزهای نیم‌دایره‌ای-خطی مناسبت‌تر می‌باشد.

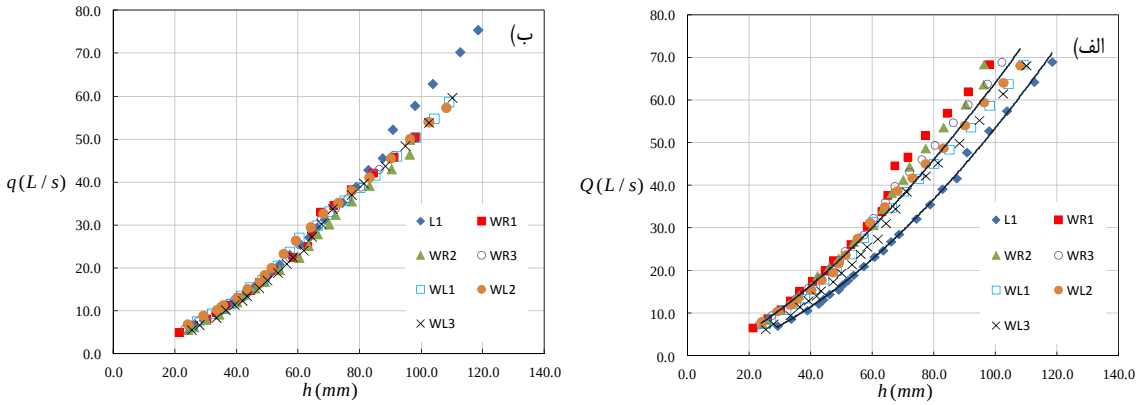


شکل ٦- تغییرات ضریب دبی جریان در سرریزهای کنگره‌ای با پلان نیم‌دایره‌ای

علت اصلی این موضوع آن است که در سرریزهای پلان نیم‌دایره‌ای-خطی، استغراق نسبی منجر به یکپارچه‌گی کامل تیغه ریزشی از روی سرریز می‌گردد ولی در سریزهای نیم‌دایره‌ای تیغه‌های ریزشی تنها در سرریزهایی که به سمت بالادست قرار دارند، با تیغه‌های ریزشی سیکل کناری خود ترکیب می‌شود و نیم‌دایره‌هایی که دارای سیکل رو به پایین‌دست هستند، دچار یکپارچه‌گی تیغه‌ها نمی‌گردند. این موضوع در شکل‌های ۸ نشان داده شده است.

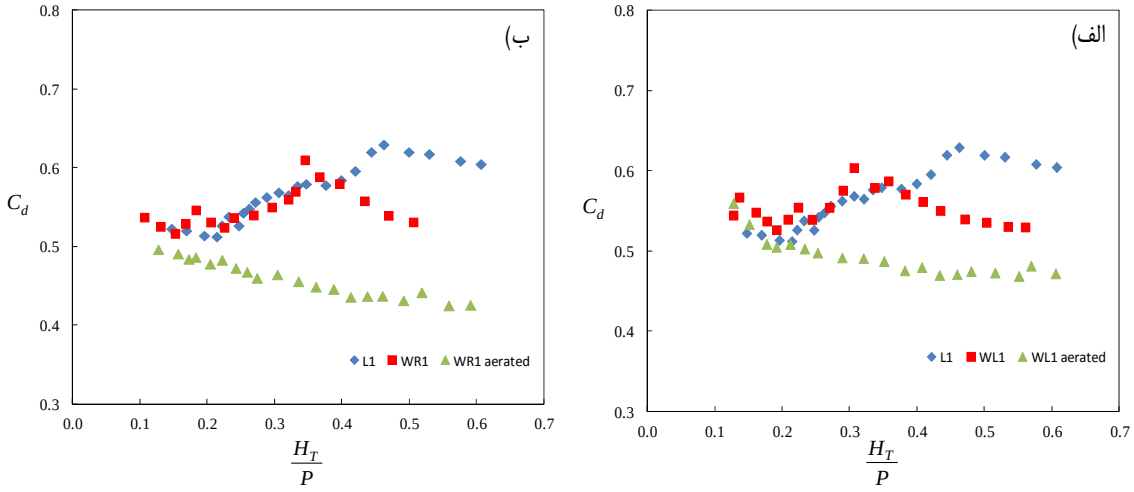
بررسی تاثیر هوادهی سرریزها بر ضریب دبی جریان در سرریزهای کنگره‌ای

به منظور بررسی تاثیر هوادهی بر عملکرد هیدرولیکی سرریزهای مورد بررسی، هندسه‌های WL1 و WR1، که دارای قطر ۱۱ سانتی‌متر بود، انتخاب و با نصب تیغه‌های هوادهی بر روی آن، نیمرخ جریان عبوری از روی سرریز برای دبی‌های مختلف اندازه‌گیری شد. در نمودارهای شکل ۹ و ۱۰، تاثیر هوادهی بر ضریب دبی جریان و منحنی دبی-اشل سرریزهای مذکور نشان داده شده است. بررسی‌های انجام شده نشان داد که با ایجاد امکان هوادهی در سرریزها، در کلیه دبی‌ها مورد آزمایش همواره مقدار هوایی در زیر تیغه‌ها باقی خواهد ماند. این موضوع باعث می‌شود که مومنتوم ناشی از چرخش هوا در زیر تیغه ریزشی و ایجاد نوعی مقاومت در ریزش آزاد آن باعث کاهش ضریب دبی جریان عبوری از روی سرریز کنگره‌ای گردد. همانطور که در شکل ۱۰ (الف و ب) مشخص است، تاثیر هوادهی بر کاهش دبی عبوری از سرریزهای پلان خطی-نیم‌دایره‌ای نسبت به سرریزهای پلان نیم‌دایره‌ای در کل دامنه عمق‌های جریان سرریز عبوری رخ داده و عملکرد آن مشابه با سرریز خطی شده است.

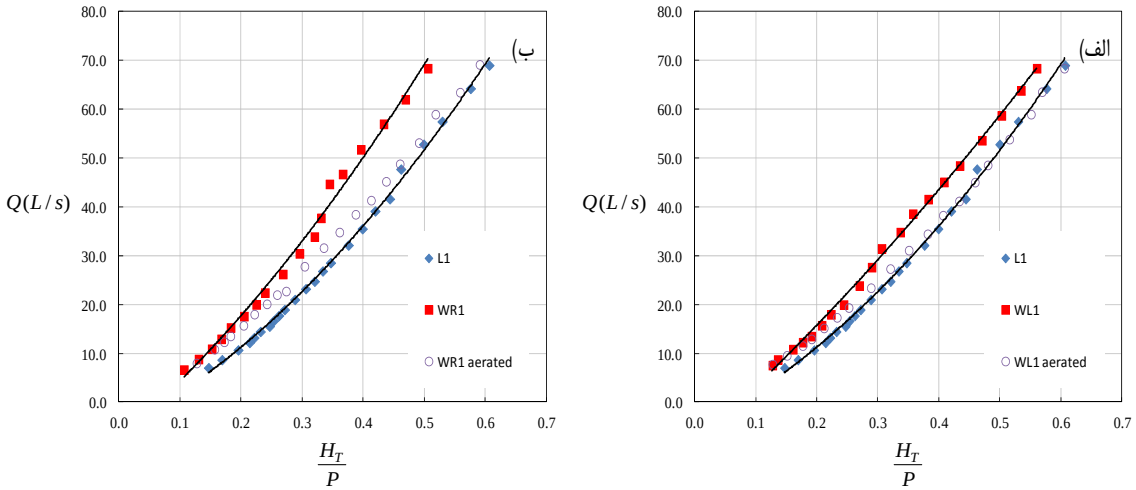


شکل ۷- الف- منحنی دبی-اشل جریان عبوری از روی سرریز کنگره‌ای با هندسه‌های مختلف
ب- تغییرات دبی واحد طول سرریز عبوری

شکل ۸- تیغه ریزشی جریان از روی سرریزهای کنگره‌ای با پلان ،
الف) و ب) سرریز WL3 و WR3، ج) و د) سرریز WL1 و WR1



شکل ۹- تاثیر هوادهی بر ضریب دبی جریان عبوری از سرریزهای کنگره‌ای با پلان‌های مختلف،
الف) سرریز پلان خطی-نیم‌دایره‌ای و ب) سرریز پلان نیم‌دایره‌ای



شکل ۱۰- تاثیر هوادهی بر منحنی دبی-اشل جریان عبوری از سرریزهای کنگره‌ای با پلان‌های مختلف، الف) سرریز پلان خطی- نیم‌دایره‌ای و ب) سرریز پلان نیم‌دایره‌ای

نتیجه‌گیری

سرریزهای کنگره‌ای با پلان‌های هندسی مستطیلی، مثلثی، ذوزنقه‌ای، قوسی و غیره، یکی از سازه‌های کارآمد جهت تنظیم و تخلیه جریان در یک عرض محدود می‌باشند. در این تحقیق عملکرد هیدرولیکی سرریزهای پلان نیم‌دایره‌ای با هندسه‌های خطی- نیم‌دایره و نیم‌دایره‌ای و تعداد سیکل‌های مختلف بصورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه‌های انجام شده نشان داد که در کلیه هندسه‌های مورد بررسی، تا قبل از شروع استغراق موضعی که در محدوده $H_T / P > 0.35$، رخ می‌دهد، ضریب دبی جریان سرریزهای کنگره‌ای با پلان نیم‌دایره منطبق بر سرریز خطی و سرریزهای با پلان نیم‌دایره-خطی اندکی کمتر از سرریز خطی می‌باشد. مقایسه‌های بعمل آمده نشان داد که با افزایش هد نسبی موثر، سرریزها دچار استغراق نسبی شده و ضرایب دبی جریان سرریزها با هندسه‌های مختلف، متمایل به سرریز لبه‌پهن می‌گردد و در نتیجه آن، دبی واحد طول عبوری از سرریزها نسبت به سرریز خطی کاهش می‌یابد. تجزیه و تحلیل نتایج حاکی از آن است که به دلیل تداخل بیشتر تیغه‌های ریزشی در سرریزهای پلان نیم‌دایره-خطی، مقدار کاهش دبی مذکور در این سرریزها نسبت به سرریزهای پلان نیم‌دیراه‌ای بیشتر می‌باشد. به عنوان جمع‌بندی کلی، مقایسه‌های بعمل آمده نشان داد که در دامنه هندسه‌های مختلف سرریزهای مورد آزمایش، دبی جریان عبوری از سرریزهای کنگره‌ای نسبت به سرریز خطی ۳۰ درصد بیشتر می‌باشد. همچنین تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد که با ایجاد هوادهی در سرریزها دبی عبوری کاهش یافته که مقدار متوسط آن برای سرریزهای پلان نیم‌دایره‌ای-خطی و پلان نیم‌دایره‌ای بطور متوسط به ترتیب ۱۰ و ۱۶ درصد می‌باشد.

منابع

۱- حیدرپور م.، موسوی ف. و روشنی زرمهری ع.ر. ۱۳۸۵. بررسی سرریزهای چندوجهی با پلان مستطیلی و U شکل. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان. سال دهم، شماره سوم. الف. صفحه ۱۱-۱.

۲- یاسی م. و محمدی م. ۱۳۸۶. بررسی سرریزهای زیگزاگی با پلان قوسی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان. سال یازدهم، شماره چهل و یک .الف. صفحه ۱۲-۱.

3- Cassidy J.J., Cardner C.A., and Peacock R.T. 1985. Bordman labyrinth crest. J. Hydraul. Eng. ASCE 3(3): 398-416.

4- Crookston B.M., and Tullis B.P. 2012b. Discharge efficiency of reservoir application specific labyrinth weirs. J. Irrig. Drain. Engr. ASCE. 138(6) 773-776.

5- Crookston B.M., and Tullis B.P. 2012c. Arced labyrinth weirs. J. of Hydraul. Eng. ASCE. 138(6): 555-562.

6- Crookston B.M., and Tullis B.P. 2012 d. Labyrinth weirs: nappe interference and local submergence. J. Irrig. Drain Eng. ASCE. 138(8): 757-765.

7- Crookston B.M. 2010. Labyrinth weirs. Ph.D. thesis, Utah State Univ., Logan, UT.

8- Darvas L.A. 1971. Performance and design of labyrinth weirs. J. Hyd. Div., ASCE 97(8): 1246-1251.

9- Hay N., and Taylor G. 1970. Performance and design of labyrinth weirs. J. Hyd. Div., ASCE 96 (2): 2337-2357
10- Houston K. 1983. Hydraulic model study of Hyrum Dam auxiliary labyrinth spillway. Report No. GR-82-13. U.S. Bureau of Reclamation. Denver. Colo.
11- Kumara S., Ahmada Z., and Mansoorb T. 2011. A new approach to improve the discharging capacity of sharp-crested triangular plan form weirs". Flow Measurement and Instrumentation 22: 175–180.
12- Lux, F. 1993. Design methodologies for labyrinth weirs. Proc. of water power and dam construction: 1379-1407.
13- Tullis P., Amanian N., and Waldron D. 1995. Design of labyrinth weir spillways. J. Hydraul. Eng. ASCE, 121(3), 247–255.
14- Tullis B., Young J., and Chandler M. 2007. Head-Discharge Relationships for Submerged Labyrinth Weirs. J. Hydraul. Eng. 133(3), 248–254.

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No. 1, Mar.-Apr. 2013, p. 224-234

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۲، ص. ۲۳۴-۲۲۴

Study of Hydraulic Features of Flow Over Labyrinth Weir with Semi-circular Plan form

M. Esmaeili Varaki[1*]- M. Safarrazavi Zadeh[2]

Received: 10-11-2012
Accepted: 26-02-2013

Abstract

Weirs are common structure to regulate water surface and flow control in water conveyance channel and hydraulic structure. One of effective and economical method to increase the efficiency of weirs is utilization of labyrinth weirs which length of weirs increase with modification of plan form and therefore flow discharge will be increase. In this research, the discharge coefficient and the unit length discharge of labyrinth weir with liner-semi circular and semi circular with radius of 11, 16 and 20 cm and cycle of 2 to 6 was experimentally investigated. Comparison of results showed that in all labyrinth flow discharge coefficient had increasing trend with increase of relative effective head (H_T / P) then decrease for $H_T / P > 0.37$ due to collision of nape and with increasing H_T / P, weir coefficient tend to broad crest weir because of local submergence. Comparison of results showed that the labyrinth weirs with circular plan have a better performance in comparison with liner-circular plans.

Keywords: Labyrinth weir, Circular pan form weir, Flow discharge coefficient, Hydraulic structure

1- Assistant Professor, Department of Water Engineering, University of Guilan, Rasht
(*- Corresponding Author Email: esmaeili.varaki@yahoo.com)
2- Msc Student, Department of Water Engineering, University of Agricultural and Natural Resource Science of Sari