

بررسی آزمایشگاهی تاثیر متقابل کالورت و سرریز کنگره‌ای در آبگذرهای زیر جاده بر میزان عبوری جریان سرریز در حالت های آزاد و مستغرق

مریم خان بابا^۱، روزبه ریاضی^{۲*}

۱- دانشجوی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲- استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دهدشت roozbehriazi@yahoo.com

چکیده

سرریزها، سازه های هیدرولیکی می باشند که برای کنترل سطح آب در کانال ها و رودخانه ها مورد استفاده قرار می گیرند و زمانی که ارتفاع آب به تاج سرریز می رسد، شروع به کار می کنند و آب اضافی را از جریان سیستم خارج می نمایند. این پژوهش با رویکردی آزمایشگاهی تغییرات هیدرولیکی روی چهار تیپ سرریز کنگره‌ای با طول های موثر متفاوت (L/P) را در حالت های جریان آزاد و مستغرق مورد تحلیل و مطالعه قرار می دهد. همچنین تاثیر قرارگیری کالورت در پایین دست سرریز در سه فاصله ($d/p=0.2, 0.4, 0.6$) بر روی خصوصیات جریان بالادست و پایین دست مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد در هر چهار تیپ سرریز کنگره ای مورد بررسی شده، با افزایش نسبت بار هیدرولیکی تا حدود $\frac{h_0}{p} = 0.1$ ضریب آبگذری جریان افزایش یافته و در این نسبت به حداکثر خود می رسد و سپس بعد از این مقدار کاهش می یابد. همچنین با افزایش نسبت طول موثر سرریز (L/P) آستانه استغراق $\left(\frac{t}{h}\right)^*$ نیز افزایش می یابد. بنابراین افزایش طول موثر سرریز در حالت کنگره ای نسبت به سرریز لبه تیز، ضریب دبی را بهبود بخشیده و از طرف دیگر آستانه استغراق را افزایش می دهد. در رابطه با نصب کالورت در پایین دست سرریز در فواصل ($d/p=0.2, 0.4, 0.6$) نتایج نشان داد که نصب کالورت در فاصله نزدیکتر به سرریز می تواند بر روی خصوصیات جریان بعد از سرریز بر اثر تشکیل اولین موج عبوری از سرریز (X_w) تاثیر بگذارد و عمق جریان بعد از سرریز را در حالت استغراق افزایش داده و باعث افزایش آستانه استغراق و افزایش نسبت استغراق (t/h) گردد. و با فاصله گرفتن کالورت از سرریز تا فاصله ($d/p=6$) تاثیرات کالورت بر روی جریان عبوری از سرریز کاهش می یابد.

واژه های کلیدی: ضریب آبگذری، آستانه استغراق، سرریز کنگره ای، کالورت

۱- مقدمه

و عملکرد آنها، نقش مهمی در این شبکه ها ایفا می کنند و در زمان کم آبی سطح آب را جهت آبیگری کانال های پایین دست تنظیم کرده و دبی لازم را فراهم می آورند. سرریزها به شکل های مختلفی ساخته می شوند و هر یک کارایی خاص خود را دارند و بر حسب شکل تاج و یا اینکه

مانعی که بر سر راه جریان در کانال قرار گیرد و باعث شود تا آب در پشت آن بالا آمده و بر سرعت آب در ضمن عبور از روی آن افزوده شود، سرریز نامیده می شود. سرریزها یکی از اجزای مهم شبکه های آبیاری و زهکشی و انتقال توزیع آب محسوب می شوند که با وجود ساده بودن ساختار

تمام یا قسمتی از عرض کانال را گرفته اند، تقسیم بندی می‌شوند در معمول‌ترین تقسیم‌بندی‌ها، سرریزها به دو گروه سرریزهای لبه‌تیز و سرریزهای لبه‌پهن تقسیم می‌شوند. پارامترهای مهم در تعیین ظرفیت سرریز ارتفاع آنها نسبت به عمق بالادست، شکل تاج و طول تاج است. از این رو ظرفیت عبور جریان یا دبی به عمق جریان روی تاج سرریز بر می‌گردد. از نظر طول تاج سرریزها به دو دسته خطی و غیرخطی تقسیم‌بندی می‌شوند. سرریزهای غیرخطی در یک عرض ثابت نسبت به سرریزهای ساده طول بیشتری دارند و به همین دلیل این سرریزها نسبت به سرریزهای خطی دبی بیشتری در یک هد ثابت بالادست از خود عبور می‌دهند. با توجه به ویژگی ذکر شده این سرریزها، برای بکارگیری در کانال‌های آبیاری و سدها و سازه‌هایی نظیر کالورت‌ها که نیاز به کنترل آب در هنگام خروج از آنها می‌باشد مورد توجه مهندسان قرار دارند، از نمونه این سرریزها، سرریزهای مایل، نوک منقاری و کنگره‌ای است. همانگونه که بیان شد یکی از انواع سرریزها، سرریز کنگره‌ای می‌باشد. توسعه سرریزهای کنگره‌ای به عنوان نوعی از سرریزهای غیرخطی بعد از پیشرفت گام به گام سرریزهای جانبی و سرریز مایل صورت گرفت. سرریزهای نوک منقاری نوع دیگری از سرریزهای کنگره‌ای هستند که به عنوان یک سازه تنظیمی و عبور دهنده جریان، به دلیل ویژگی آن در مقایسه با سایر سرریزها از جمله کارایی بالاتر در عبور جریان به ازای واحد عرض کانال و تغییرات جزئی سطح آب در بالادست سازه که در اثر نوسانات جریان رخ می‌دهد، مورد توجه است. سرریز کنگره‌ای طراحی ساده‌ای داشته و طول موثر بیشتری نسبت به سرریزهای خطی دارند، بدین ترتیب می‌تواند دبی بیشتری در مقایسه با

سرریزهای خطی برای کانال با عرض و ارتفاع آب مشابه، از خود عبور می‌دهد. در این راستا محققان بسیاری در

Allahdadi, ghojghar et al. (2021) طی تحقیقی بر روی محاسبه دبی عبوری در سرریزهای خطی مورب به روش جدید مطالعه انجام دادند که در این تحقیق آنها طی انجام ۱۶۵ آزمایش که از دو فلوم به عرض‌هایی با هفت نسبت طول سرریز به عرض فلوم B/L از $1/14$ تا $3/86$ و شش ارتفاع تاج سرریز از $0/10$ تا $0/506$ متر و در شرایط جریان آزاد بدست آمد، استفاده شد. در این پژوهش، از عمق بحرانی عبوری روی تاج سرریز جهت محاسبه دبی عبوری استفاده شد و با ارائه ضریب هندسی سرریز که کلیه مشخصات هندسی این سازه را در بر می‌گیرد، رابطه‌ای جدید جهت محاسبه دبی عبوری به طور مستقیم و بدون نیاز به ضریب دبی ارائه گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش ارتفاع تاج، هد جریان و زاویه سرریز نسبت به افق، دبی عبوری افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد که رابطه جدید با $R=0.9984$ از دقت بالایی جهت اندازه‌گیری و عمق بحرانی و دبی جریان برخوردار است.

Majedi-asl, daneshfaraz et al. (2021) بر روی پژوهشی با نام بررسی آزمایشگاهی عملکرد آبپایه تورسنگی بر میزان استهلاک انرژی پایین دست سرریزهای اوجی پژوهشی انجام دادند، آزمایش‌های آنها برای دبی‌های ۲۰ تا ۴۰ لیتر بر ثانیه با دو ارتفاع آبپایه ۵ و ۱۰ سانتی متر و بازشدگی‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ سانتی متر در عرض آبپایه و بدون بازشدگی انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش ارتفاع آبپایه، طول پرش هیدرولیکی نسبی افزایش یافته و میزان استهلاک انرژی نسبی نیز افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش قطر سنگدانه، طول پرش هیدرولیکی نسبی و میزان استهلاک انرژی نسبی کاهش یافته و بیشترین میزان استهلاک انرژی نسبی مربوط به

سنگدانه با قطر متوسط ۱/۵ سانتی متر است که میزان استهلاک انرژی نسبی و طول پرش هیدرولیکی نسبی به ترتیب حدود ۹ درصد و ۸/۳ درصد بیشتر از سنگدانه با قطر ۳ سانتیمتر است.

Feili, Heidarnejad et al. (2020) طی تحقیقی به بررسی آزمایشگاهی ضریب دبی در سرریزهای کنگره‌ای قوسی دوزنقه‌ای با شعاع قوس و طول سیکل متفاوت پرداختند. آزمایش‌ها بر روی یک فلوم مستطیلی به طول ۶ متر، ارتفاع و عرض ۰/۶ متر انجام شد. با استفاده از آنالیز ابعادی به روش باکینگهام مشخص شد که ضریب دبی تابع سه پارامتر هد هیدرولیکی، شعاع قوس سرریز و نسبت طولی سرریز خواهد بود. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش نسبت شعاع قوس در سرریز کنگره‌ای قوسی دوزنقه‌ای، ضریب دبی تا ۲۷/۳ درصد افزایش می‌یابد.

Mirzaei and sheibani (2020) به مطالعه تاثیر استغراق بر جریان گذری از سرریزهای لبه‌تیز دایره‌ای پرداختند در این پژوهش تاثیر استغراق بر مقدار جریان گذری از سرریزهای لبه‌تیز دایره‌ای، با قوس در پلان و به سمت بالادست مورد مطالعه بوده است. این تحقیق به صورت آزمایشگاهی و با بیست نمونه مختلف از سرریزهای لبه‌تیز دایره‌ای و هم‌عرض کانال، شامل چهار طول قوس مختلف محقق شده است. در این آزمایش‌ها، تحلیل جریان با شرایط استغراق سرریز همراه بوده است. چگونگی تاثیر استغراق بر مقدار دبی عبوری از سرریز دایره‌ای و یافتن رابطه‌ای برای تعیین این اثر، از تلاش‌های انجام شده در

این تحقیق می‌باشد. بررسی شرایط استغراق برای این نوع سرریزها ثابت نمود کاربری معادله حاصل از تحقیقات قبلی، یعنی معادله ویلموت که برای تعیین دبی در شرایط استغراق و برای انواع مختلف سرریزهای لبه‌تیز پیشنهاد شده است، برای سرریزهای دایره‌ای مورد بحث صدق نمی‌نماید آنها دریافتند که استفاده از این معادله خطایی بین صفر تا ۵۰ درصد و به‌طور متوسط ۱۴ درصد برای برداشت‌های مختلف آزمایشگاهی دارد. از این رو یک معادله اصلاح شده برای شرایط استغراق این نوع سرریز پیشنهاد کردند. این معادله در آزمایش‌های متفاوت، خطایی بین صفر تا ۱۷ درصد و بصورت میانگین ۴ درصد به خود اختصاص داد.

Shirmohammadi, heidarnejad et al. (2020) طی تحقیقی به بررسی آزمایشگاهی و مقایسه ضریب دبی عبوری سرریز در دو نوع سرریز کنگره‌ای تک سیکل مثلثی و دوزنقه‌ای در حضور پره‌های هادی پرداختند. آزمایش‌ها بر روی یک فلوم آزمایشگاهی به طول ۶ متر، عرض ۰/۶ و ارتفاع ۰/۶ متر انجام شد. با استفاده از سرریزهای کنگره‌ای تک سیکل 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 آنها نشان داد در سرریز دوزنقه‌ای زاویه قرارگیری ۶۰ درجه پره‌ها و در سرریز مثلثی زاویه قرارگیری ۴۵ درجه پره‌ها بر روی تاج شرایط مطلوب‌تری را جهت افزایش ضریب دبی دارا بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تحلیل ابعادی

پارامترهای موثر بر ضریب دبی جریان در سرریزهای کنگره‌ای را می‌توان به صورت رابطه ۱ نوشت

$$(1) \quad Cd = f_1(P, L, h_0, h^*, t, Q_f, Q_s, V, X_w, d, g, \rho)$$

(p) ارتفاع سرریز از تاج تا کف در بالادست آن، (L) طول موثر تاج سرریز، h_0 ارتفاع آب روی سرریز، h^* ارتفاع آب روی سرریز در حالت استغراق، t عمق در پایین دست سرریز، Q_f دبی عبوری از سرریز در حالت آزاد، Q_s دبی

از آنجا که خصوصیات سیال در طول تمام آزمایشات ثابت و وضعیت جریان نیز به صورت آشفته می‌باشد ($Re > 2000$)، از اینرو تأثیر لزجت سینماتیکی و عدد رینولدز $\frac{\rho VP}{\mu}$ صرف نظر می‌شود. پارامترهای بدون بعد باقیمانده نیز به عنوان متغیر در انجام آزمایشات در نظر

۲-۲- معرفی آزمایشگاه و مدلسازی

آزمایشات انجام گرفته در این پژوهش در کانال آزمایشگاه هیدرولیک آزمایشگاه هیدرولیک مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی صنعت آب و برق خوزستان انجام شد. آزمایش‌ها در کانالی با طول ۱۰ متر، ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر و عرض ۳۰ سانتی‌متر انجام گرفتند. جداره فلوم آزمایشگاهی از جنس شیشه می‌باشد و قابلیت مشاهده پدیده‌های آزمایشگاهی در آن میسر می‌باشد. کف کانال از جنس آهن گالوانیزه می‌باشد. در بالادست فلوم یک آرام کننده جریان جهت جلوگیری از اغتشاش آب ورودی

عبوری از سرریز در حالت مستغرق، V سرعت جریان، X_w فاصله افقی موج اول به لبه پایین دست سرریز، d، سرریز از لبه کالورت، g شتاب ثقل، ρ جرم مخصوص. در نهایت با استفاده از تکنیک باکینگهام رابطه‌ای به بی بعد برای حالت مختلف اهداف این پژوهش مطابق رابطه ۲ بدست آمد:

$$(2) \quad Cd = f_2\left(\frac{\rho VP}{\mu}, \sqrt{\frac{h_0 g}{V}}, \frac{h_0}{P}, \frac{Q_s}{Q_f}, \frac{t}{h}, \left(\frac{t}{h}\right)^*, \frac{X_w}{t}, \frac{L}{P}, \frac{d}{P}\right)$$

گرفته می‌شوند. در نهایت رابطه ساده شده زیر برای ضریب آبگذری سرریز کنگره‌ای به دست می‌آید:

$$(3) \quad Cd = f_3\left(Fr, \frac{h_0}{P}, \frac{Q_s}{Q_f}, \frac{t}{h}, \left(\frac{t}{h}\right)^*, \frac{X_w}{t}, \frac{L}{P}, \frac{d}{P}\right)$$

به فلوم قرار دارد. آب توسط یک پمپ سانترفیوژ با دبی حداکثر ۸۰ مترمکعب بر ساعت وارد فلوم می‌شود و کنترل دبی توسط یک شیر کنارگذر تنظیم می‌گردد. در پایین دست فلوم یک سرریز مستطیلی با قابلیت تغییر زاویه از صفر تا ۱۸۰ درجه جهت تنظیم شرایط جریان و ارتفاع آب تعبیه شده است. که بخصوص در شرایط جریان مستغرق مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل ۱ نمای کلی از شرایط قرارگیری سرریز درون فلوم آزمایشگاهی و سیکل گردش آب و موقعیت استقرار سرریز نشان داده شده است.

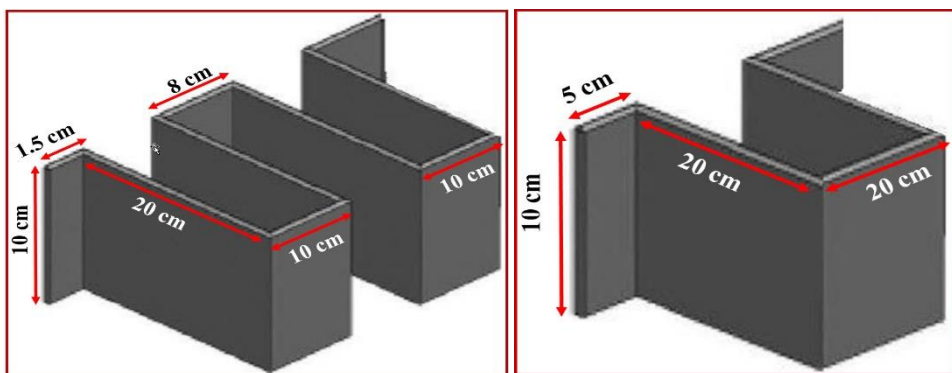
شکل ۱- محل قرارگیری سرریز درون فلوم آز مایشگاهی و پارامترهای اندازه گیری شده



۲-۳- ساخت مدل سرریزها و نحوه استقرار آن

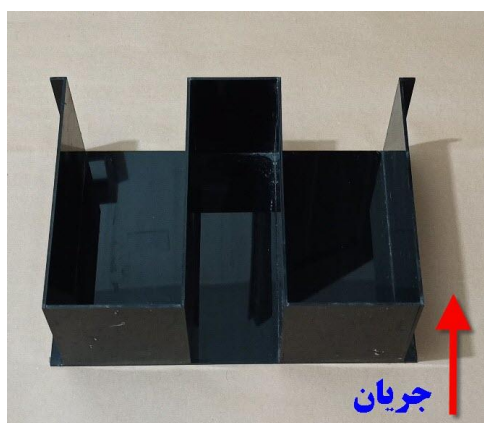
مدل سرریزها با استفاده از پلکسی گلاس ساخته شد. برای بررسی جزئیات جریان روی این سرریز پارامترهای هندسی مختلفی از سرریز نظیر تعدادسیکل، ارتفاع کف تا تاج سرریز، طول سرریز و... که در بالا به آنها اشاره کامل شد مورد بررسی قرار گرفت. بر همین اساس از ۴ مدل سرریز (۲ عدد سرریز کنگره‌ای تک‌سیکل و دوسیكل با جهت های قرارگیری مختلف) مطابق شکل های ۲ و ۳ جهت انجام آزمایشات استفاده گردید. همچنین حالت قرارگیری سرریزهای کنگره‌ای در مسیر جریان در دو حالت مختلف مطابق شکل‌های ۴ تا ۷ در نظر گرفته شد. کلیه سرریزهای مذکور از جنس پلکسی گلاس (بدلیل امکان ماشین‌کاری و برش دقیق و آراسته) با ضخامت سه میلی‌متر ساخته شدند. لازم به‌ذکر است که در هنگام نصب

سرریزها، تراز بودن تاج آنها با استفاده از تراز بنایی کنترل می‌گردید. ضمناً عمود بودن دیواره سرریز بر روی کف فلوم، هم در مرحله نصب و هم بعد از قرار گرفتن آب در پشت سرریز، با استفاده از گونیا کنترل گردید. کالورت انتهایی نیز از جنس شیشه انتخاب گردید و در پایین دست سرریز نصب شد. آزمایش هریک از سرریزهای نصب شده در سه فاصله متفاوت (۲۰، ۴۰، ۶۰) سانتی‌متر از کالورت انجام شد و برای تمامی حالات قرارگیری سرریز در جریان کانال داده‌های ارتفاعی در هر دو حالت آزاد و مستغرق و در دبی‌های متفاوت در دریاچه سرریز و ورودی کالورت جهت بررسی و تحلیل و رسم نمودارها برداشت و ثبت گردید.



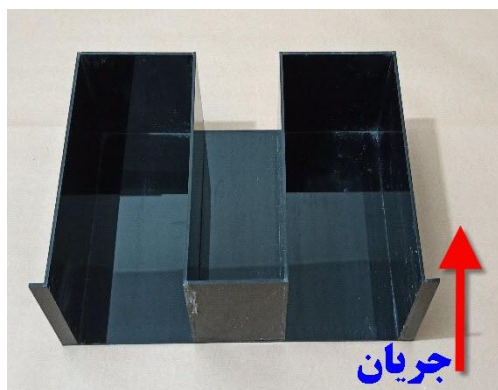
شکل ۳- مدل سرریز کنگره ای دو سیکل

شکل ۲- مدل سرریز کنگره ای تک سیکل



شکل ۵- مدل سرریز کنگره ای دو سیکل

شکل ۴- مدل سرریز کنگره ای تک سیکل



شکل ۷- مدل سرریز کنگره‌ای دو سیکل



شکل ۶- مدل سرریز کنگره‌ای تک سیکل

۲-۴- سناریو و نحوه انجام آزمایش‌ها

بعد از ساخت مدل سرریزها، اقدام به نصب سرریز بوسیله چسب آکواریوم در کف و در یکی از فواصل (۲۰، ۴۰، ۶۰) سانتی متر از کالورت شد. نصب سرریز بوسیله چسب آکواریوم به گونه‌ای انجام شد که هیچگونه آگذاری از گوشه‌ها و یا زیر سرریز و کالورت دیده نشود بعد از اجرای تمام مراحل فوق نوبت به راهاندازی سیستم فلوم می‌رسد، جهت انجام آزمایشات، ابتدا پمپ را روشن نموده و سپس به وسیله دبی‌سنج دیجیتالی، دبی‌های مورد نظر را تنظیم می‌نماییم و اجازه می‌دهیم تا جریان به خوبی در فلوم برقرار گردد که این مطلب برای جریان‌ات کم که اغتشاش کمتری دارند و یا بعضاً اصلاً اغتشاش ندارند به مدت ۱۰ دقیقه در نظر گرفته شد. پس از برقراری جریان یکنواخت در فلوم، به برداشت اطلاعات هیدرولیکی جریان پرداخته شد، بدین صورت که دو نقطه به فواصل ۵۰ تا ۱۰۰

سانتی‌متر از بالادست سرریز و ۲ نقطه دیگر نیز به فواصل دهانه ورودی کالورت و فاصله نصف درون کالورت از پایین دست سرریز قرائت می‌کنیم، دبی‌های مورد استفاده در این تحقیق، برای هر نوع سرریز در هر حالت جریان آزاد در نظر گرفته شد برای جریان مستغرق نیز با استفاده از سرریز مستطیلی انتهایی که قابلیت تغییر زاویه داشت شرایط جریان آستانه استغراق را محیا کرده و با افزایش دبی اطلاعات مربوط به حالت استغراق را مطابق حالت آزاد برداشت و ثبت می‌نماییم. سناریو آزمایش‌ها و دامنه تغییرات پارامترهای تحقیق در جدول ۱ محدوده تغییرات پارامترهای تحقیق و تعداد آزمایش‌های انجام شده برای سرریز کنگره‌ای در حالت‌های آزاد و مستغرق و محدوده قرارگیری آنها از کالورت آورده شده است.

جدول ۱- سناریوهای انجام آزمایشات

شماره سرریز	نام سرریز	نوع سرریز	دامنه تغییرات		حالات آزمایش	فاصله کالورت از سرریز d(cm)
			دبی	ارتفاع سرریز		
			مترمکعب بر ساعت	P		
۱	W-L1N1-1	تک سیکل کنگره‌ای	۲-۴۰	۱۰	آزاد	۲۰-۴۰-۶۰
۲	W-L1N1-2	تک سیکل کنگره‌ای	۲-۴۰	۱۰	آزاد	۲۰-۴۰-۶۰
۳	W-L2N2-1	دو سیکل کنگره‌ای	۲-۴۰	۱۰	آزاد	۲۰-۴۰-۶۰
۴	W-L2N2-2	دو سیکل کنگره‌ای	۲-۴۰	۱۰	آزاد	۲۰-۴۰-۶۰

۳-نتایج و بحث

مورد بررسی قرار گرفت. جریان آزاد در سرریزها زمانی اتفاق می‌افتد که تغییر در عمق پایین دست سرریز عمق جریان در بالادست آن را متاثر ننماید. در جریان حالت آزاد می‌توان با استفاده از فرمول عمومی سرریزها

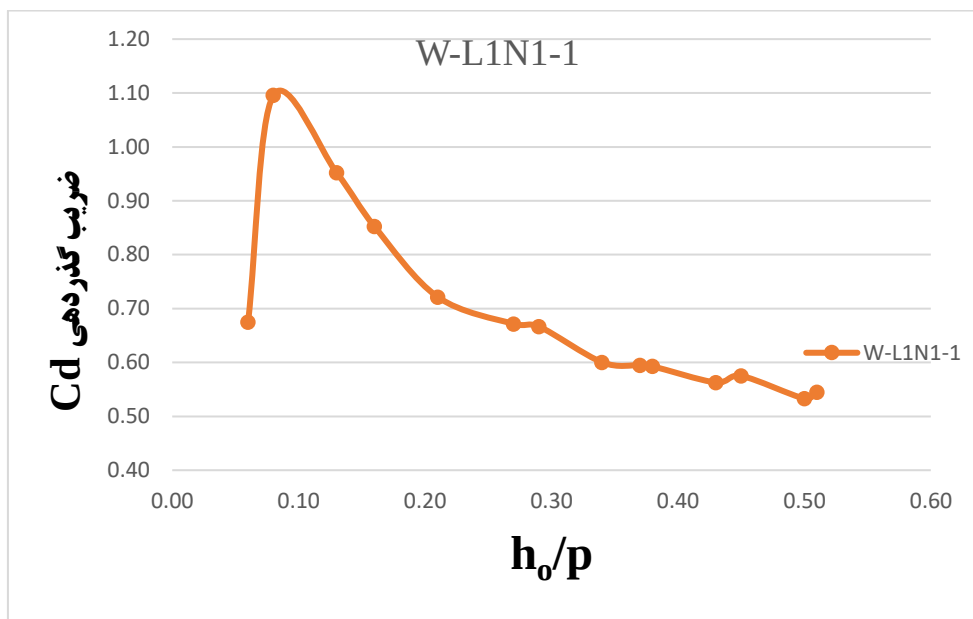
با توجه به هدف این پژوهش که بررسی تأثیرات متقابل کالورت و سرریز کنگره‌ای بر میزان عبور جریان سرریز در حالت آزاد می‌باشد. جهت بررسی سرریز کنگره‌ای با کمک رابطه جریان آزاد به بررسی خصوصیات هیدرولیکی پرداخته شد و بعد از آن تأثیر حضور کالورت

۳-۱- ضریب گذردهی جریان (Cd) در حالت جریان آزاد

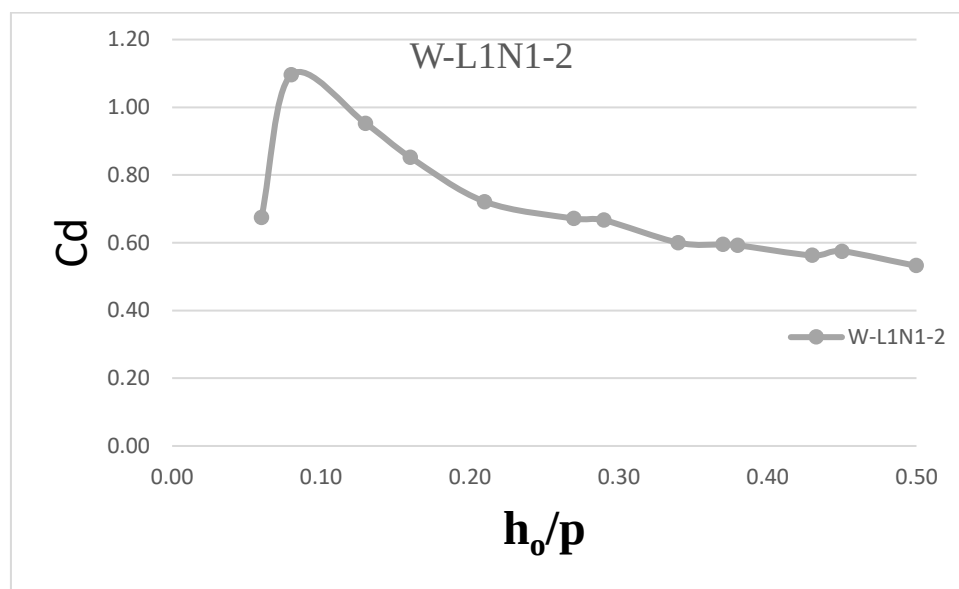
ضریب گذردهی جریان (Cd) در حالت

جریان آزاد را از رابطه زیر محاسبه نمود.

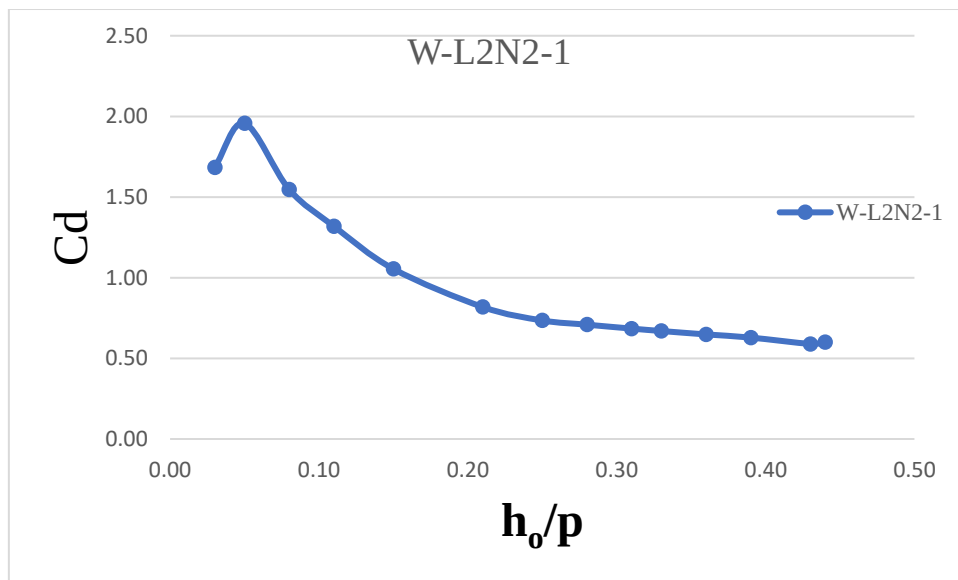
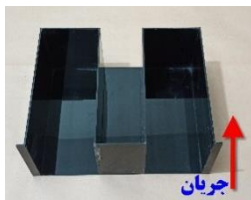
$$Q = \frac{2}{3} C_d L \sqrt{2g H_0^{1.5}} \quad (4)$$



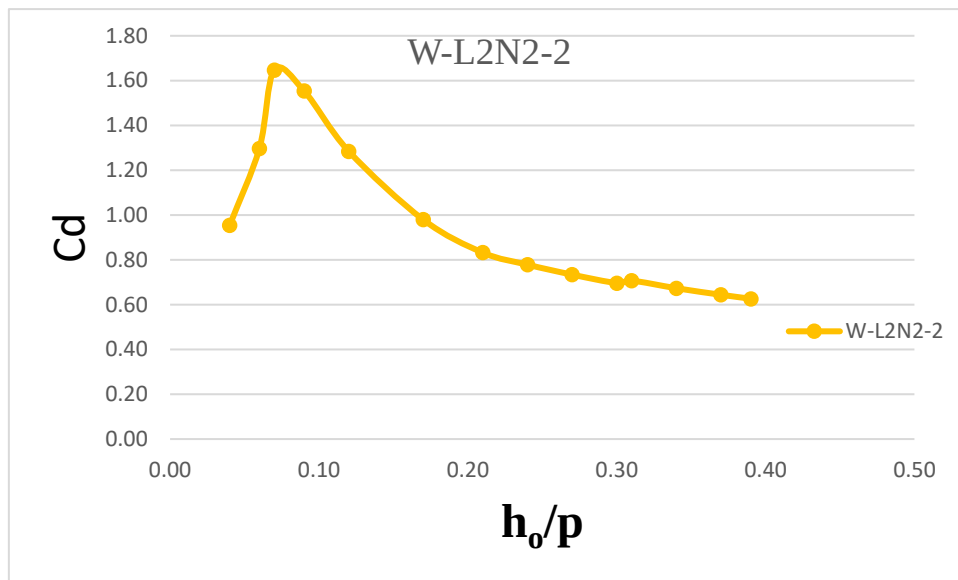
شکل ۸- روند تغییرات ضریب دیسی Cd در برابر پارامتر بدون بعد h_0/P برای تک سیکل ($L/P=7$)



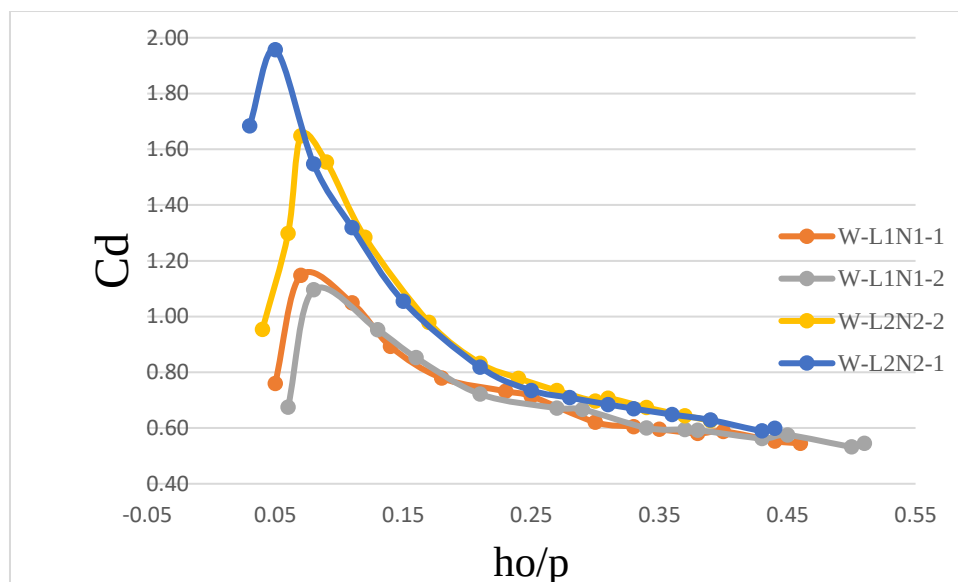
شکل ۹- روند تغییرات ضریب دیسی Cd در برابر پارامتر بدون بعد h_0/P برای تک سیکل ($L/P=6$)



شکل ۱۰- روند تغییرات ضریب دبی C_d در برابر پارامتر بدون بعد h_0/P برای دو سیکل ($L/P=7.8$)



شکل ۱۱- روند تغییرات ضریب دبی C_d در برابر پارامتر بدون بعد h_0/P برای دو سیکل ($L/P=6.8$)



شکل ۱۲- مقایسه روند تغییرات ضریب دبی Cd در برابر پارامتر بدون بعد h_0/P برای سرریزهای تک سیکل و

دو سیکل

بارهای هیدرولیکی بالا جت جریان شدید بین سیکل های سرریز تشکیل می گردد که مانع از عبور آب شده و باعث افزایش افت جریان از روی سرریز می شود. و در نتیجه این امر باعث کاهش ضریب دبی می شود همانطور که از شکل ۱۲ قابل مشاهده است روند کاهش ضریب گذردهی از $\frac{h_0}{P} = 0.1$ تا $\frac{h_0}{P} = 0.55$ بخوبی قابل مشاهده است. بخشی از روند کاهش ضریب گذردهی را می توان به تاثیرات آستانه عمق استغراق پایین دست بر بالادست سرریزهای کنگره ای دانست.

سرریز تحلیل شود. برای تعیین آستانه استغراق $\left(\frac{t}{h}\right)^*$ در سرریزهای کنگره ای مستطیلی از رابطه ۵ ارائه شده استفاده گردید.

$$\left(\frac{t}{h}\right)^* = \frac{5}{3} \left(\frac{h_0}{P}\right) - \frac{1}{2} \quad (5)$$

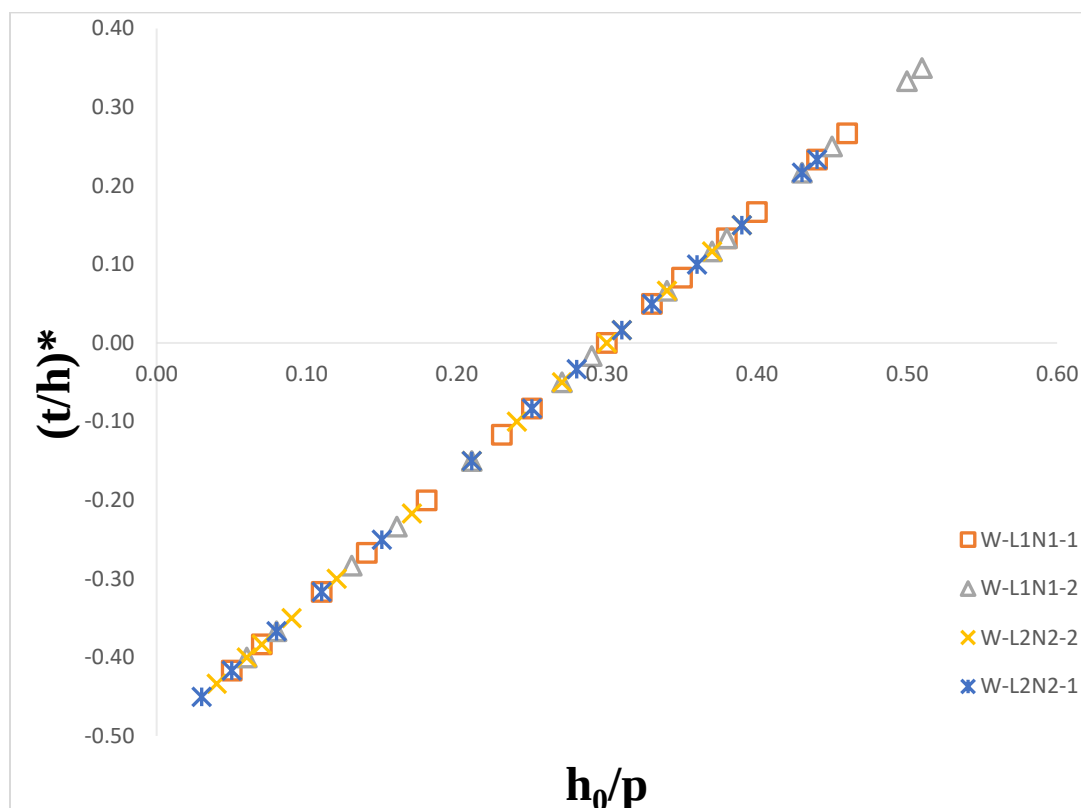
با توجه به نمودارهای ۸ تا ۱۲ نشان داد که در هر چهار تیپ سرریز کنگره ای مورد بررسی شده، با افزایش نسبت بار هیدرولیکی تا حدود $\frac{h_0}{P} = 0.1$ ضریب آبگذری جریان افزایش یافته و در این نسبت به حداکثر خود می رسد و سپس تا $\frac{h_0}{P} = 0.55$ کاهش می یابد بیشترین ضریب گذردهی مربوط به سرریز W-L2N2-1 و کمترین ضریب گذردهی در سرریز W-L1N1-2 مشاهده شد. علت این امر آنست که با افزایش هد آب در بالادست سازه و به تبع آن افزایش جریان عبوری از روی سرریز، جریان ریزشی از روی سرریز افزایش می یابد و در

۲-۳- جریان مستغرق

آستانه استغراق اولین عمق جریان در پایین دست سرریز است که سبب تأثیرگذاری بر خصوصیات هیدرولیکی جریان در بالادست سرریز می گردد. هرگاه هد آب پایین دست بیش از حد زیاد باشد به نحوی که بر جریان بالادست تأثیر گذارد، باید هیدرولیک جریان با در نظر گرفتن اثر همزمان شرایط جریان بالادست و پایین دست

می‌باشد، که دانستن نسبت استغراق برای تعیین لحظه وقوع جریان مستغرق حائز اهمیت می‌باشد.

در این رابطه h_0 و P به ترتیب ارتفاع آب در حالت جریان آزاد و ارتفاع سرریز هستند و $\left(\frac{t}{h}\right)^*$ آستانه استغراق



شکل ۱۳ تغییرات محدوده آستانه تشکیل استغراق برای جریان عبوری از سرریزهای کنگره ای مستطیلی با (L/P) متفاوت در مقابل h_0/p

آستانه استغراق $\left(\frac{t}{h}\right)^*$ نیز افزایش می‌یابد که این امر از محاسن آنها به شمار می‌رود. همانطور که از شکل ۱۳ مشخص است بیشترین آستانه استغراق در بیشترین دبی برای سرریز تک سیکل W-L1N1-2 با ۰/۳۵ $\left(\frac{t}{h}\right)^* =$ تعیین شده و کمترین آستانه استغراق در بیشترین دبی مربوط به سرریز دو سیکل W-L2N2-1 با ۰/۲۲ $\left(\frac{t}{h}\right)^* =$ می‌باشد. بنابراین افزایش طول موثر سرریز در حالت کنگره‌ای نسبت به سرریز لبه تیز،

با توجه به نمودار شکل ۱۳ تغییرات آستانه استغراق $\left(\frac{t}{h}\right)^*$ در مقابل $\left(\frac{h_0}{P}\right)$ برای طول های موثر متفاوت (L/P) سرریز نشان می‌دهد آستانه استغراق $\left(\frac{t}{h}\right)^*$ برای مقادیر $\left(\frac{h_0}{P}\right)$ کمتر از ۰/۳ منفی و برای بیش از آن مثبت می‌باشد. به عبارت دیگر در مقادیر $\left(\frac{h_0}{P}\right)$ بیش از ۰/۳، حساسیت سرریزهای کنگره‌ای مستطیلی نسبت به استغراق در مقابل سرریزهای لبه تیز کمتر است این بدان معنی است که با افزایش نسبت طول موثر سرریز (L/P)

افزایش هد آب پایین دست، سرریز همچنان به صورت آزاد عمل کند و از کارایی آن به واسطه مستغرق شدن کاسته نشود.

در حالت جریان مستغرق به دبی در حالت جریان آزاد مطابق رابطه

$$(7) \quad Q_s = Q_f \left[1 - \left(\frac{t}{h} \right)^{1.5} \right]^{0.385}$$

مشاهده نتایج حاصل از این تحقیق پارامتری بعد طول موثر سرریز (L/p) نیز بر ضریب دبی در حالت مستغرق مؤثر است.

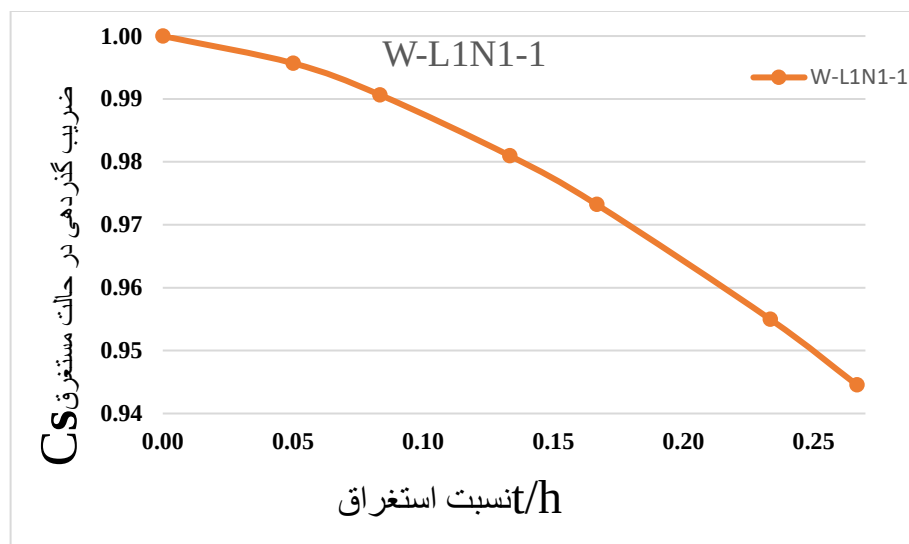
شکل (۱۴) روند تغییرات ضریب دبی در جریان مستغرق (C_s) در مقابل (t/h) را برای نسبت های مختلف (L/p) نشان می دهد.

اگرچه ضریب دبی را بهبود بخشیده اما بعلت تشکیل جت جریان در بین سیکل ها آستانه استغراق را نسبت به سرریز تک سیکل کاهش می دهد. همانطور که از نتایج پیداست افزایش آستانه استغراق این امکان را فراهم میسازد که با ۳-۳ ضریب گذردهی جریان مستغرق (C_s) همانطور که در بخش آنالیز ابعادی فصل سوم اشاره شد ضریب دبی در حالت جریان مستغرق برابر با نسبت دبی

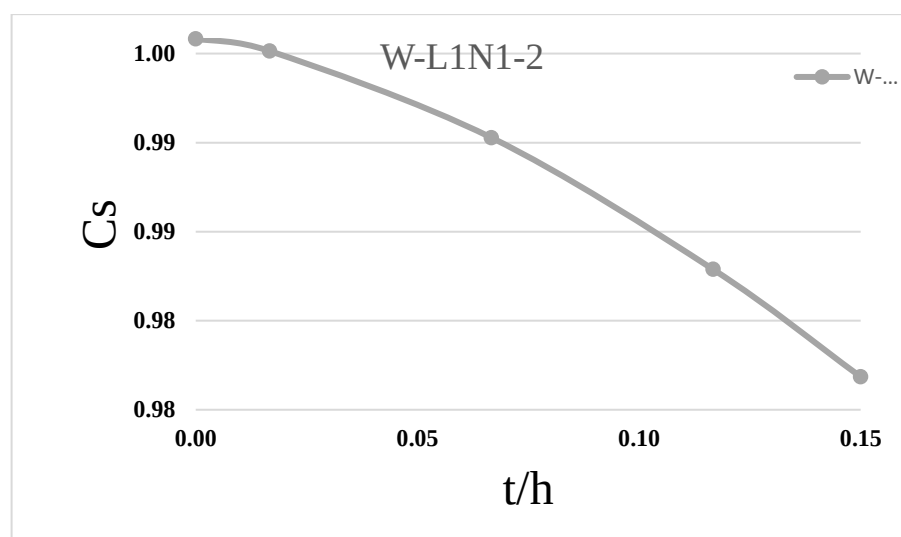
$$(6) \quad \left(\frac{Q_s}{Q_f} \right) = \psi = C_s$$

با استفاده از معادله ارائه شده توسط ابریشمی (Bina, Faghfour Maghrebi et al. 2012) دبی در حالت مستغرق (Q_s) از معادله (۷) به دست می آید

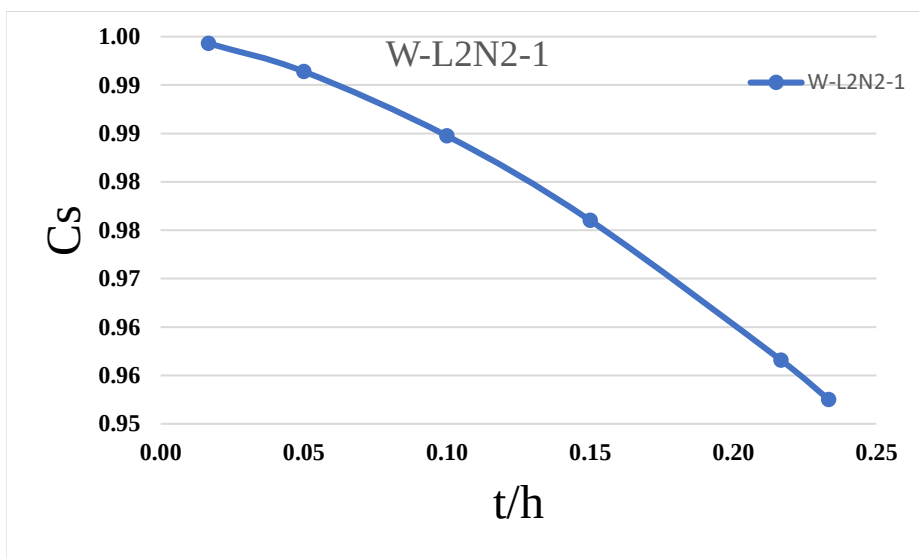
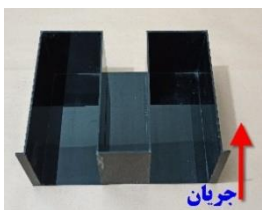
که در این روابط Q_s و Q_f به ترتیب دبی در حالت آزاد و دبی در حالت مستغرق می باشند. در شکل زیر متغیرهای دیگر رابطه نمایش داده شده است. پارامتر بی بعدی که بعد از مستغرق شدن سرریز در حالت استغراق تاثیر دارند نسبت هد آب در پایین دست سرریز به هد آب در بالادست (t/h) در حالت استغراق می باشد درهمچنین با توجه به مطالعات قبل (Azimi, Rajaratnam et al. 2016) و



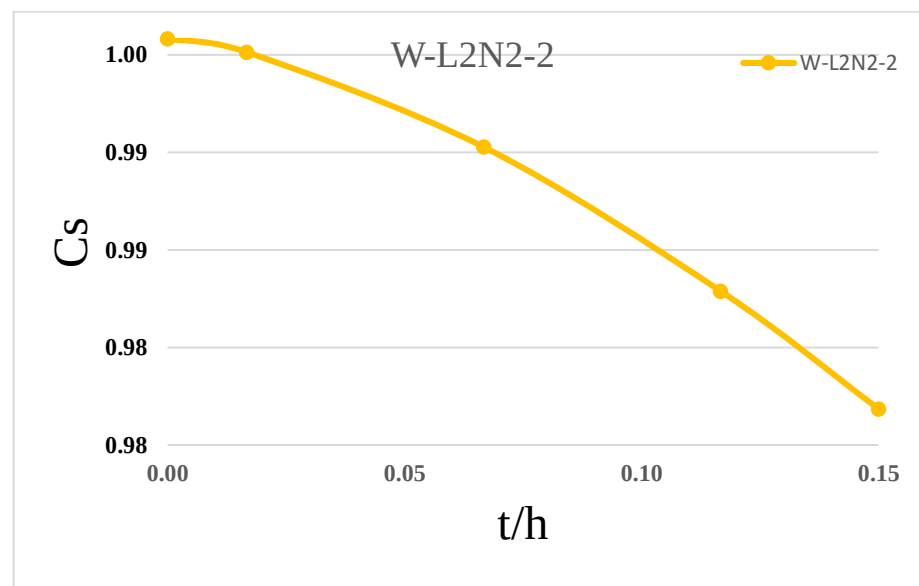
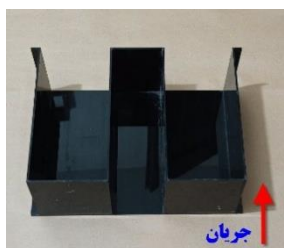
شکل ۱۴- تغییرات Cs در مقابل t/h برای نسبت بی بعد (L/P=7)



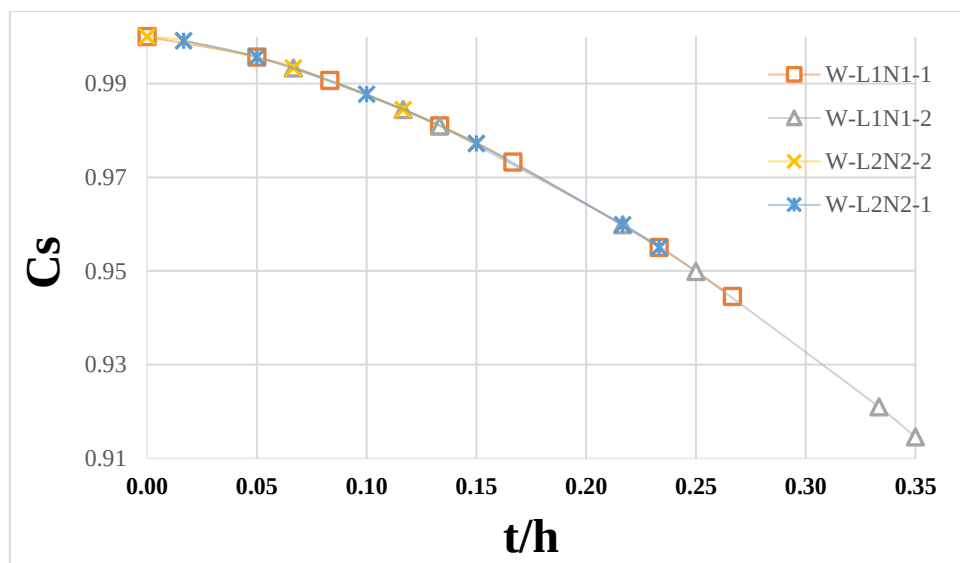
شکل ۱۵- تغییرات Cs در مقابل t/h برای نسبت بی بعد (L/P=6)



شکل ۱۶- تغییرات C_s در مقابل t/h برای نسبت بی بعد $(L/P=7.8)$



شکل ۱۷- تغییرات C_s در مقابل t/h برای نسبت بی بعد $(L/P=6.8)$



شکل ۱۸- تغییرات Cs در مقابل t/h برای نسبت های بی بعد مختلف (L/P)

بیشترین ضریب گذردهی مربوط به سرریز W-L2N2-1 به میزان ۱ می باشد. با رسم نمودار تغییرات Cs در مقابل (t/h) برای طول های مختلف موثر بی بعد سرریز (L/P) مشاهده شد که طول موثر بی بعد (L/P) بر ضریب دبی (Cs) مؤثر است. علاوه بر این مشاهده می شود که با کاهش نسبت استغراق (t/h) ضریب دبی در حالت مستغرق (Cs) به سمت ۱ میل می کند، و اثر استغراق از بین می رود.

با توجه به شکل های (۴-۶) تا (۴-۹) مشاهده گردید که اثر استغراق کارایی سرریز را کاهش می دهد. به این معنی که سرریز در حالت آزاد نسبت به حالت مستغرق دبی بیشتری را از خود عبور می دهد. همانطور که در شکل ملاحظه می شود، با افزایش نسبت استغراق (t/h) از ۰/۰۱ تا ۰/۳۵ ضریب دبی در حالت جریان مستغرق (Cs) کاهش می یابد همانطور که از شکل (۴-۹) مشخص است کمترین ضریب گذردهی در حالت مستغرق مربوط به سرریز تک سیکل W-L1N1-2 به میزان ۰/۹۱ و

نتیجه گیری

۱- با افزایش نسبت بار هیدرولیکی تا حدود $\frac{h_0}{P} = 0.1$ ضریب آبگذری جریان افزایش یافته و در این نسبت به حداکثر خود می‌رسد و سپس تا $\frac{h_0}{P} = 0.55$ کاهش می‌یابد بیشترین ضریب گذردهی مربوط به سرریز W-L2N2-1 و کمترین ضریب گذردهی در سرریز W-L1N1-2 مشاهده شد. علت این امر آنست که با افزایش هد آب در بالادست سازه و به تبع آن افزایش جریان عبوری از روی سرریز، جریان ریزشی از روی سرریز افزایش می‌یابد و در بارهای هیدرولیکی بالا جت جریان شدید بین سیکل‌های سرریز تشکیل می‌گردد که مانع از عبور آب شده و باعث افزایش افت جریان از روی سرریز می‌شود. و در نتیجه این امر باعث کاهش ضریب دبی می‌شود

۲- با توجه نتایج تغییرات آستانه استغراق $\left(\frac{t}{h}\right)^*$ در مقابل $\left(\frac{h_0}{P}\right)$ برای طول‌های موثر متفاوت (L/P) سرریز نتایج نشان می‌دهد، آستانه استغراق $\left(\frac{t}{h}\right)^*$ برای مقادیر $\left(\frac{h_0}{P}\right)$ کمتر از ۰/۳ منفی و برای بیش از آن مثبت می‌باشد.

۳- با افزایش نسبت طول موثر سرریز (L/P) آستانه استغراق $\left(\frac{t}{h}\right)^*$ نیز افزایش می‌یابد. بیشترین آستانه استغراق در بیشترین دبی برای سرریز تک سیکل W-L1N1-2 با $\left(\frac{t}{h}\right)^* = 0.35$ تعیین

شده و کمترین آستانه استغراق در بیشترین دبی مربوط به سرریز دو سیکل W-L2N2-1 با $\left(\frac{t}{h}\right)^* = 0.22$ می‌باشد. بنابراین افزایش طول موثر سرریز در حالت کنگره‌ای نسبت به سرریز لبه تیز، اگرچه ضریب دبی را بهبود بخشیده اما بعلت تشکیل جت جریان در بین سیکل‌ها آستانه استغراق را نسبت به سرریز تک سیکل کاهش می‌دهد.

۴- با افزایش نسبت استغراق (t/h) از ۰/۰۱ تا ۰/۳۵ ضریب دبی در حالت جریان مستغرق (Cs) کاهش می‌یابد کمترین ضریب گذردهی در حالت مستغرق مربوط به سرریز تک سیکل W-L1N1-2 به میزان ۰/۹۱ و بیشترین ضریب گذردهی مربوط به سرریز W-L2N2-1 به میزان ۰/۹۹ می‌باشد.

۵- با افزایش نسبت استغراق (t/h) از ۰/۰۱ تا ۰/۳۵ ضریب دبی در حالت جریان مستغرق (Cs) کاهش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد که با کاهش نسبت استغراق (t/h) ضریب دبی در حالت مستغرق (Cs) به سمت ۱ میل می‌کند، و اثر استغراق از بین می‌رود.

1. Allahdadi, k., et al. (2021). "Evaluation of a New Method for Calculating Discharge in Oblique Linear Weirs." Iranian Journal of Soil and Water Research **52**(1): 251-259

- Azimi, A. H., et al. (2016). "Water surface characteristics of submerged rectangular 2. sharp-crested weirs." Journal of Hydraulic Engineering **142**(5): 06016001.

3. Bina, K., et al. (2012). "Experimental investigation of discharge coefficient in mesh panel ۳-bottom intakes." Journal of Water and Wastewater; Ab va Fazilab (in persian) **23**(1): 24

4. Feili, J., et al. (2020). "Experimental Study of Discharge Coefficient of Trapezoidal Arced Labyrinth Weirs with Different Arc Radius and Cycle Length." Iranian Journal of Soil and Water Research **51**(5): 1115-1126

5. Majedi-asl, m., et al. (2021). "Laboratory Study of the Performance of Gabion Sill on the Energy Dissipation of Downstream of Ogee Weirs." Iranian Journal of Soil and Water Research **52**(1): 67-80

6. Mirzaei, k. and h. r. sheibani (2020). "Study of Submergence Effect on Discharge of Circular Sharp-crested Weirs." Iranian Journal of Soil and Water Research **51**(2): 417-425

7. Shirmohammadi, g. a., et al. (2020). "Experimental Study of the Effect of Guide Vanes Angle on Discharge Coefficient in Triangular and Trapezoidal Labyrinth Weirs".

Laboratory study of the interaction of convection and congressional overflow in underpasses on the flow rate of overflow in open and submerged states

Maryam khanbaba¹, roozbeh riaz^{2*}

1-M.s Student, Department of Water Science Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

2- Assistant Prof. of Department of Civil Engineering, Dehdasht Branch, Islamic Azad University, Dehdasht, Iran

Abstract:

Weirs are hydraulic structures used to control the water level in canals and rivers, and when the water reaches the height of the weirs, they start working and draw water out of the system. This laboratory study analyzes hydraulic changes on four types of congressional series with different lengths (L / P) in free and submerged flow modes. Also, the effect of Calvert placement downstream of the overflow at three distances ($d / p = 0.2, 0.4, 0.6$) on the upstream and downstream flow characteristics were investigated, and the results showed that in all four types of the congressional weir, with increasing The hydraulic load ratio increases to about $h_0 / P = 0.1$ of the flow rate and in this ratio reaches its value and then decreases after this value. Also, the immersion threshold increases with increasing overflow length (L / P). $(t / h)^*$ also increases. Relatively longer overflow in the congressional mode than the sharp-edged overflow improves the coefficient of run and, on the other hand, increases the immersion threshold. The results showed that the Calvert at a distance closer to the overflow could affect the characteristics of the flow after the overflow due to the formation of the first wave passing through the overflow (X_w) and increased the flow after the overflow in the submerged state and increased. Immersion threshold and increase immersion ratio (t / h). Moreover, by distance from the overflow to the distance ($d / p = 6$), the effects of Calvert on the flow through the overflow are reduced.

Key words: discharge coefficient modular limit, labyrinth weir, Culvert