



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

دانشکده مهندسی زراعی

گروه مهندسی آب

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته سازه‌های آبی

موضوع:

بررسی اثر هوادهی بر عملکرد هیدرولیکی سرریزهای کنگره‌ای

مستطیلی

استاد راهنما:

دکتر علیرضا عمادی

دانشجو:

علی اصغر بابایی نوده

بهمن ۱۳۹۳

الحمد لله رب العالمين  
والصلاة والسلام على  
سيد المرسلين وآله الطيبين  
الطاهرين أجمعين

وَأَنْ يَكْفُرُوا الَّذِينَ كَفَرُوا وَلَمْ يُقِيمُوا بَابَ الصَّامِ لَهَا مَعْمُورًا الذِّكْرُ وَيَقُولُونَ رَبُّنَا الْمَجْمُوعُ وَمَا هُوَ إِلَّا ذِكْرٌ لِلْعَالَمِينَ



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

دانشکده مهندسی زراعی

گروه مهندسی آب

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته سازه‌های آبی

موضوع:

بررسی اثر هوادهی بر عملکرد هیدرولیکی سرریزهای کنگره‌ای مستطیلی

استاد راهنما:

دکتر علیرضا عمادی

استاد مشاور:

مهندس قاسم آقاجانی مازندرانی

دانشجو:

علی اصغر بابایی نوده

بهمن ۱۳۹۳

## فهرست مطالب

۱- فصل اول: مقدمه و کلیات.....	۱
۱-۱- مقدمه .....	۲
۲-۱- تعریف مسئله و اهمیت پژوهش .....	۲
۳-۱- فرضیات پژوهش .....	۴
۴-۱- اهداف پژوهش .....	۴
۲- فصل دوم: سابقه تحقیق.....	۵
۱-۲- مقدمه .....	۶
۲-۲- بررسی منابع .....	۶
۳-۲- نتیجه گیری .....	۱۷
۳- فصل سوم: مواد و روش ها.....	۱۸
۱-۳- مقدمه .....	۱۹
۲-۳- تجهیزات آزمایشگاهی .....	۱۹
۳-۳- سرریزهای کنگره ای مورد استفاده .....	۲۱
۴-۳- هوادهنده ها .....	۲۳
۳-۴-۱- تیغه شکافنده جریان .....	۲۳
۳-۴-۲- ایجاد حفره در سرریز .....	۲۵
۳-۵- آنالیز ابعادی .....	۲۶
۳-۵-۱- آنالیز ابعادی تیغه های شکافنده .....	۲۷
۳-۵-۲- آنالیز ابعادی برای لوله های هوادهنده .....	۲۹
۳-۶- فرمول های محاسباتی و نحوه به دست آوردن آن ها .....	۳۰
۴- فصل چهارم: نتایج و بحث.....	۳۴
۱-۴- مقدمه .....	۳۵
۲-۴- تغییرات ضریب دبی با پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) در دبی های مختلف برای سرریز با تیغه شکافنده .....	۳۵
۳-۴- بررسی تأثیر طول دماغه سرریز کنگره ای با تیغه های شکافنده روی ضریب دبی .....	۳۶
۴-۴- بررسی تأثیر ارتفاع سرریز کنگره ای با تیغه شکافنده روی ضریب دبی .....	۳۸
۵-۴- بررسی تأثیر تعداد تیغه شکافنده جریان آب روی ضریب دبی .....	۴۰
۶-۴- بررسی تأثیر شکل تیغه شکافنده جریان آب روی ضریب دبی .....	۴۲
۷-۴- بررسی تأثیر ضخامت تیغه شکافنده جریان آب روی ضریب دبی .....	۴۳
۸-۴- بررسی تأثیر مکان تیغه شکافنده جریان آب در میزان ضریب دبی .....	۴۵

۴۷	۹-۴- بررسی تاثیر تیغه های شکافنده آب بر هوادهی سرریزهای کنگره ای
۴۹	۱۰-۴- تغییرات ضریب دبی با پارامتر (H/P) در دبی های مختلف برای سرریز کنگره ای با لوله هوادهنده
۵۰	۱۱-۴- بررسی تاثیر لوله هوادهنده روی ضریب دبی سرریز کنگره ای
۵۲	۱۲-۴- بررسی تاثیر محل قرار گیری لوله های هوادهنده در سرریز کنگره ای روی ضریب دبی
۵۴	۱۳-۴- بررسی تاثیر ارتفاع سرریز در سرریزهای کنگره ای با وجود لوله هوادهنده
۵۶	۱۴-۴- مقایسه بین لوله های هوادهنده و تیغه شکافنده جریان
۵۷	۱۵-۴- استخراج معادلات تجربی
۶۲	۵- فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادها
۶۳	۱-۵- مقدمه
۶۳	۲-۵- خلاصه نتایج
۶۵	۳-۵- پیشنهادها
۶۷	فهرست منابع

## فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- نما از بالای سرریزهای کنگره ای در حالات مختلف (A: مثلثی B: دوزنقه ای C: مستطیلی) ..... ۳
- شکل ۱-۲- نمودار طراحی ارائه شده برای سرریز کنگره ای (هی و تیلور) ..... ۷
- شکل ۲-۲- نمودار CW در برابر L/W (لاکس و هینچلیف، ۱۹۸۵) ..... ۹
- شکل ۱-۳- سرریز مثلثی ۹۰ درجه برای اندازه گیری دبی جاری در فلوم ..... ۲۰
- شکل ۲-۳- فلوم تحقیقاتی (نما از بالا) ..... ۲۰
- شکل ۳-۳- نحوه قرار گیری مدل فیزیکی در فلوم ..... ۲۲
- شکل ۴-۳- نمایی از مدل فیزیکی در فلوم ..... ۲۲
- شکل ۵-۳- نما از بالا نصب تیغه های شکافنده ..... ۲۳
- شکل ۶-۳- تیغه های شکافنده مورد استفاده ..... ۲۴
- شکل ۷-۳- تیغه شکافنده نصب شده در سرریز ..... ۲۴
- شکل ۸-۳- نما از بالای سیکل های دارای حفره ..... ۲۵
- شکل ۹-۳- موقعیت ایجاد حفره در سیکل سرریز ..... ۲۵
- شکل ۱۰-۳- نصب شیلنگ تراز در سیکل های دارای حفره ..... ۲۶
- شکل ۱۱-۳- نصب شیلنگ تراز در سیکل های دارای حفره ..... ۲۶
- شکل ۱۲-۳- جریان شماتیک از روی سرریز لبه تیز ..... ۳۱
- شکل ۱-۴- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) برای مدل (۱) در حالت ۳ با ۲ تیغه شکافنده دایره ای ..... ۳۶
- شکل ۲-۴- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) برای مدل های (۱) و (۲) در حالت ۵ برای تیغه مربعی ۱ سانتیمتری ..... ۳۷
- شکل ۳-۴- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) برای مدل های (۱) و (۲) در حالت ۳ برای تیغه دایره ای ۱ سانتیمتری ..... ۳۸
- شکل ۴-۴- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_T/P$ ) برای مدل های (۱) و (۲) در حالت ۴ برای تیغه ۲ سانتیمتری ..... ۳۸
- شکل ۵-۴- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) برای مدل های (۳) و (۴) در حالت ۵ برای تیغه ۲ سانتیمتری ..... ۳۹
- شکل ۶-۴- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/L$ ) برای مدل های (۳) و (۴) در حالت ۳ برای تیغه ۱ سانتیمتری ..... ۴۰
- شکل ۷-۴- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/L$ ) برای مدل های (۳) و (۴) در حالت ۴ برای تیغه ۲ سانتیمتری ..... ۴۰

شکل ۴-۸- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) برای مدل (۱) با تیغه شکافنده دایره ای ۱ سانتیمتری ..... ۴۱

شکل ۴-۹- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) برای مدل (۱) با تیغه شکافنده مربعی ۱ سانتیمتری ..... ۴۲

شکل ۴-۱۰- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) برای مدل (۱) با تیغه شکافنده دایره‌ای و مربعی حالت ۳ ..... ۴۳

شکل ۴-۱۱- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) برای مدل (۱) با تیغه شکافنده مربعی ای و مربعی حالت ۶ ..... ۴۳

شکل ۴-۱۲- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) برای مدل (۱) با تیغه شکافنده مربعی یک و دو سانتیمتری در حالت ۵ ..... ۴۴

شکل ۴-۱۳- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) برای مدل (۱) با تیغه شکافنده مربعی یک و دو سانتیمتری در حالت ۶ ..... ۴۵

شکل ۴-۱۴- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) برای مدل (۱) با تیغه شکافنده مربعی یک سانتیمتری ..... ۴۶

شکل ۴-۱۵- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) برای مدل (۱) با تیغه شکافنده مربعی دو سانتیمتری ..... ۴۶

شکل ۴-۱۶- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) برای مدل (۱) با تیغه شکافنده دایره‌ای ..... ۴۷

شکل ۴-۱۷- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) برای مدل (۱) با تیغه شکافنده مربعی ۱ سانتیمتری ..... ۴۸

شکل ۴-۱۸- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) برای مدل (۱) با تیغه شکافنده دایره‌ای ۱ سانتیمتری ..... ۴۸

شکل ۴-۱۹- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) برای مدل (۱) در حالت ۲ برای لوله هوادهنده ..... ۴۹

شکل ۴-۲۰- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) برای مدل (۱) در حالت‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ برای لوله هوادهنده ..... ۵۱

شکل ۴-۲۱- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) برای مدل (۴) در حالت‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ برای لوله هوادهنده ..... ۵۱

شکل ۴-۲۲- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) برای مدل (۵) در حالت‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ برای لوله هوادهنده ..... ۵۲

شکل ۴-۲۵- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد ( $H_t/P$ ) برای مدل (۱) در حالت ۲ و ۳ برای لوله هوادهنده ..... ۵۳

- شکل ۴-۲۴- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد  $(H_t/P)$  برای مدل (۴) در حالت‌های ۲ و ۳ برای لوله هوادهنده ..... ۵۳
- شکل ۴-۲۵- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد  $(H_t/P)$  برای مدل (۱) در حالت‌های ۴ و ۵ برای لوله هوادهنده ..... ۵۴
- شکل ۴-۲۶- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد  $(H_t/P)$  برای مدل (۴) در حالت‌های ۴ و ۵ برای لوله هوادهنده ..... ۵۴
- شکل ۴-۲۷- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد  $(H_t/L)$  برای مدل (۳) و (۴) در حالت ۲ ..... ۵۵
- شکل ۴-۲۸- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد  $(H_t/L)$  برای مدل (۳) و (۴) در حالت ۴ ..... ۵۶
- شکل ۴-۲۹- تغییرات ضریب دبی در مقابل پارامتر بدون بعد  $(H_t/P)$  برای مدل (۴) در حالت ۳ برای تیغه شکافنده دایره ای ۱ سانتیمتری و در حالت ۱ برای لوله هوادهنده ..... ۵۷



## فهرست جدول ها

- جدول ۱-۲- ضریب های ثابت رابطه ضریب دبی برای سرریز کنگره ای مثلثی (تالپس و همکاران (۱۹۹۵)) ..... ۱۰
- جدول ۲-۲- ضریب های ثابت رابطه (۶-۲)، ضریب دبی در واحد عرض برای سرریز کنگره ای دوزنقه ای (خود و همکاران (۲۰۱۲)) ..... ۱۳
- جدول ۳-۲- ضریب های ثابت رابطه (۶-۲)، ضریب دبی در واحد طول برای سرریز کنگره ای دوزنقه ای (خود و همکاران (۲۰۱۲)) ..... ۱۴
- جدول ۱-۳- مشخصات سرریزها ..... ۲۱

فصل اول

مقدمه و کلیات

## ۱-۱- مقدمه

سرریزها یکی از سازه‌های مناسب، برای تنظیم سطح آب و کنترل جریان، در کانال‌های انتقال آب و سازه‌های هیدرولیکی می‌باشند. یکی از راه کارهای موثر در کاهش مشکلات اجرایی، هزینه‌ها و افزایش راندمان سرریز، استفاده از نوع کنگره‌ای آن است. این سرریز در پلان دارای خطوط شکسته و دیوارهای پیوسته می‌باشد. در واقع محور تاج آنها غیر مستقیم است. در سرریزهای کنگره‌ای، ضریب دبی به طور مستقیم با طول تاج افزایش می‌یابد و در واقع مهم‌ترین مزیت این سرریز این است که در یک عرض معین و ارتفاع هیدرولیکی معادل در مقایسه با سایر سرریزها، دبی بیشتری از خود عبور می‌دهند. ولی با افزایش ضخامت تیغه آب روی آستانه این سرریزها ضریب دبی سریعاً کاهش و حالت فشردگی جریان رخ می‌دهد که در نهایت به صورت یک سرریز پهن کار می‌کند، این فرایند ناشی از عدم هوادهی کافی است. به منظور هوادهی می‌توان از تیغه‌های شکافنده جریان و حفره روی این نوع سرریزها استفاده کرد.

## ۱-۲- تعریف مسئله و اهمیت پژوهش

سرریزها یکی از سازه‌های هیدرولیکی می‌باشند که با اهدافی چون تنظیم سطح آب، اندازه‌گیری جریان و حفظ امنیت سدها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سازه‌ها بر اساس شکل تاج در عرض رودخانه به دو گروه سرریزهای

مستقیم و غیر مستقیم تقسیم می‌شوند. با توجه به این رابطه در سرریزها دبی عبوری از سرریزهای مستقیم براساس رابطه (۱-۱) محاسبه می‌شود.

$$Q = C_d * L * H^{3/2} \quad (1-1)$$

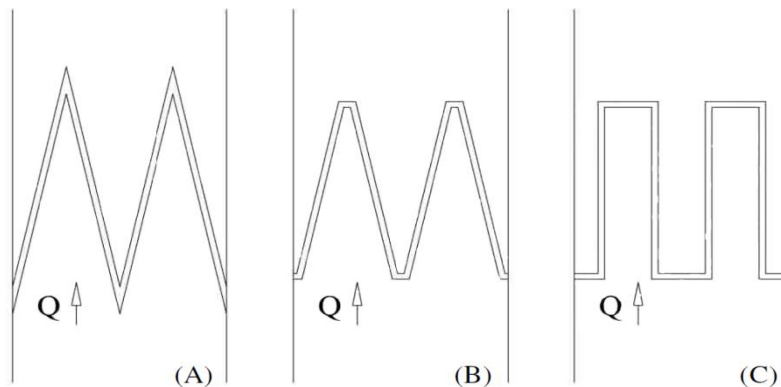
Q: دبی

$C_d$ : ضریب دبی

L: طول سرریز

H: ارتفاع آب بالای تاج سرریز

در سرریزهای با عرض کوچک طول تاج سرریز دارای محدودیت است؛ در این حالت بهترین گزینه برای تغییر دبی عبوری تغییر طول تاج سرریز است. برای افزایش طول تاج سرریز استفاده از سرریزهای غیرمستقیم پیشنهاد می‌شود. از انواع سرریزهای غیرمستقیم می‌توان به سرریزهای کنگره‌ای اشاره کرد، این سرریزها دارای تاج غیر خطی می‌باشند. شکل (۱-۱) حالت‌های مختلف سرریزهای کنگره‌ای را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱- نما از بالای سرریزهای کنگره‌ای در حالات مختلف (A: مثلثی، B: دوزنقه‌ای، C: مستطیلی)

از مزایای سرریز کنگره‌ای می‌توان به بالا بودن ظرفیت سرریز، هوادهی آسان جریان و پایین بودن نوسانات سطح آب در آستانه عبوری جریان از روی سرریز اشاره کرد (مهرانی و بنی‌هاشمی، ۱۳۸۷). با استفاده از سرریزهای کنگره‌ای ضمن افزایش ارتفاع سرریز، مقدار ذخیره نیز افزایش می‌یابد. پدیده کاویتاسیون را می‌توان

از مهم‌ترین تهدیدهای سازه سرریز نام برد. با توجه به کم بودن ارتفاع آب بالادست و سرعت در سرریزهای کنگره‌ای، فشار منفی کاهش یافته و در نتیجه پدیده‌ی کاویتاسیون هم کاهش می‌یابد (تقی زاده و همکاران، ۱۳۸۹). از مؤثرترین و اقتصادی‌ترین روش‌ها برای جلوگیری از خسارت ناشی از کاویتاسیون و نیز بالا بردن راندمان هیدرولیکی جریان، هواده‌ی جریان می‌باشد. هواده‌ها سازه‌هایی هستند که به منظور هواده‌ی جریان روی سرریزها ساخته می‌شوند. هواده‌ی یک فرایند طبیعی یا فیزیکی برای افزایش تماس بین آب و هوا برای اهدافی مثل اکسیژن‌دهی، بالا بردن کیفیت آب، جلوگیری از کاویتاسیون و خطرات ناشی از آن و بالا بردن راندمان هیدرولیکی از قبیل ضریب دبی و سرعت می‌باشد که انتخاب شکل، تعداد، نوع و اندازه هواده‌نده تاثیر زیادی در این عوامل دارد. مکانیزم ورود هوا به جریان آب بسیار پیچیده است و برای طراحی آن‌ها اغلب از مدل فیزیکی استفاده می‌شود (صفوی و همکاران، ۱۳۸۷). با توجه به تغییر مشخصه‌های هیدرولیکی جریان به موجب استفاده از هواده، مطالعه و بررسی این تغییرات در مدل‌های آزمایشگاهی قبل از کاربرد در سازه‌های اصلی ضروری می‌باشد.

### ۱-۳- فرضیات پژوهش

- ۱- هواده‌ی در سرریزهای کنگره‌ای مستطیلی روی ضریب دبی تاثیر دارد.
- ۲- محل هواده‌ی در سرریزهای کنگره‌ای بر ضریب دبی تاثیر دارد.
- ۳- نوع هواده‌نده در سرریزهای کنگره‌ای بر ضریب دبی تاثیر دارد.

### ۱-۴- اهداف پژوهش

- ۱- تعیین محل نصب هواده‌نده
- ۲- تعیین تاثیر هواده‌نده بر دبی
- ۳- تعیین تاثیر تعداد هواده‌نده روی هیدرولیک جریان
- ۴- تعیین بهترین شکل هواده‌نده

## فصل دوم

### سابقه تحقیق

## ۲-۱- مقدمه

سابقه ساخت و استفاده از سرریزهای کنگره‌ای به قبل از سال ۱۹۲۰ بر میگردد. تیلور (۱۹۶۸) نخستین کسی بود که مطالعاتی را در زمینه طراحی هیدرولیکی سرریزهای کنگره‌ای انجام داد. نتایج مطالعات هی و تیلور (۱۹۷۰) در زمینه سرریزهای کنگره‌ای، کامل‌ترین مجموعه بود. تاکنون پژوهشگران زیادی روی سرریزهای کنگره‌ای و نصب هوادهنده روی سرریزها مطالعه و تاثیر هوادهنده روی سرریز و پارامترهای طراحی این سرریزها را مشخص کرده‌اند. در ادامه این فصل به بررسی پژوهش‌های انجام شده در این زمینه پرداخته می‌شود.

## ۲-۲- بررسی منابع

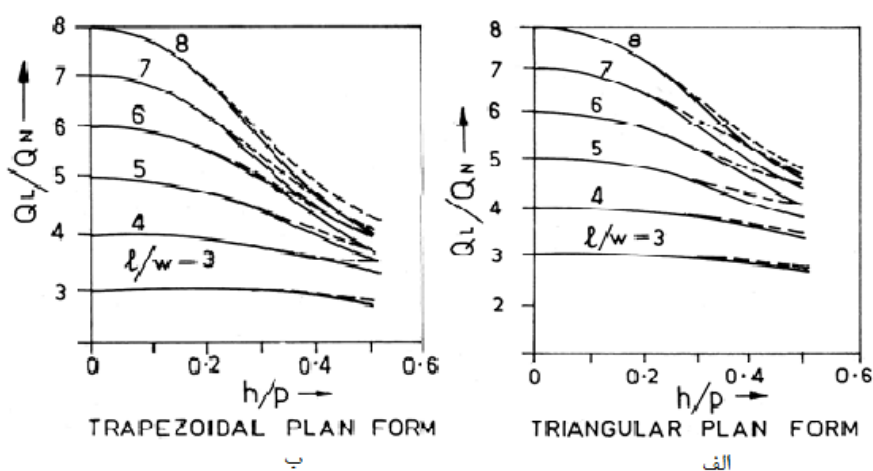
جنتیلینی<sup>۱</sup> (۱۹۴۰) با استفاده از مطالعات سرریز مورب، آزمایش‌هایی روی سرریز کنگره‌ای مثلثی با زوایه‌های  $30^\circ$ ،  $45^\circ$  و  $60^\circ$  برای نسبت‌های  $w/p$  (P: ارتفاع سرریز و w: عرض سیکل) کوچک انجام داد. به دلیل مقدار بالای ارتفاع آب بالادست در مقایسه با عرض سیکل جنتیلینی نشان داد که دبی مستقل از  $w/p$  است و تابعی از  $H/w$  که H ارتفاع آب روی سرریز است. تیلور (۱۹۶۸) تعداد زیادی آزمایش روی سرریز کنگره‌ای با شکل تاج نیم دایره‌ای و لبه تیز و ترکیب شیب کف‌بندهای<sup>۲</sup> مختلف انجام داد. آزمایش‌ها برای ۲۴ مدل فیزیکی سرریز کنگره‌ای مثلثی و تعداد محدودی سرریز کنگره‌ای مستطیلی و دوزنقه‌ای در محدوده نسبت  $H/P$  بین  $0/55$ -

---

<sup>۱</sup> Gentilini

<sup>۲</sup> Apron

۰/۰۵ انجام شد. هی و تیلور (۱۹۷۱) عملکرد هیدرولیکی را در پارامتر بزرگ نمایی جریان یا نسبت دبی سرریز کنگره‌ای به دبی سرریز معمولی (مستقیم) تعریف کردند. همچنین دو نمودار که رابطه بین نسبت‌های  $H/P$  و  $\frac{Q_L}{Q_N}$  (دبی سرریز کنگره‌ای و  $Q_N$ : دبی سرریز معمولی) برای طراحی سرریز کنگره‌ای مثلی و دوزنقه‌ای ارائه کردند. آنها از مؤلفه ارتفاع سرعت صرف نظر و پیشنهاد کردند در شرایط استغراق از سرریز کنگره‌ای استفاده نشود، چون فضای هوادهی زیر جت آب از بین می‌رود.



شکل ۱-۲- نمودار طراحی ارائه شده برای سرریز کنگره‌ای (هی و تیلور)  
الف: با تداخل در پایین دست و ب: بدون تداخل در پایین

داروس (۱۹۷۱) رابطه تجربی (۱-۲) را ارائه کرد.

$$C = \frac{Q_L}{w \cdot H^{1.5}} \quad (1-2)$$

که در این رابطه  $Q_L$ : دبی سرریز (lit/s)،  $w$ : عرض سیکل (m)،  $H$ : هد کل آب روی سرریز (m)، و  $C$ : ضریب دبی سرریز می‌باشند. ضریب دبی تابعی از نسبت‌های  $L/W$  و  $H/P$  است. آزمایش‌ها برای سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای بدون کف بند در نسبت‌های  $W/P$  بزرگ‌تر مساوی ۲ و نسبت  $H/P$  بین ۰/۶-۰/۲ برای مدل فیزیکی



سد آون<sup>۱</sup> با زاویه ۲۲/۸° و برای مدل سد ورنورا<sup>۲</sup> با زاویه ۲۷/۵° انجام شد. لاکس (۱۹۸۴) رابطه ضریب دبی متفاوتی ارائه کرد که ضریب دبی از رابطه بی بعد (۲-۲) به دست می آید. این رابطه برای سرریز کنگره‌ای مثلثی و دوزنقه‌ای کاربرد دارد.

$$C = \frac{Q_{\text{Cycle}}}{\frac{w/P}{w/P + k} + w\sqrt{gH}^{1.5}} \quad (2-2)$$

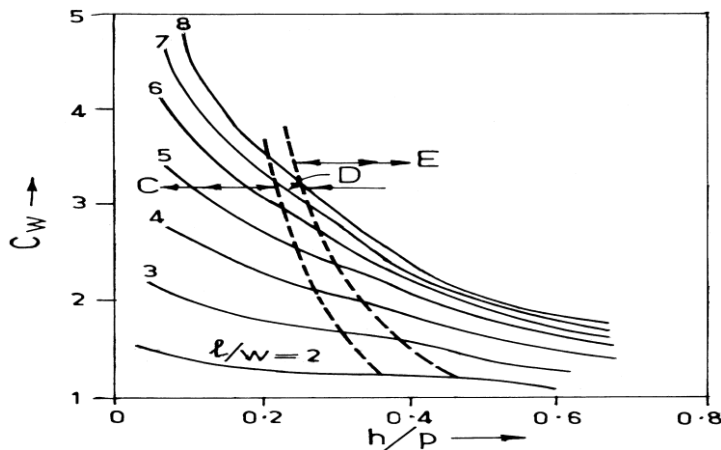
در رابطه (۲-۲)، k ضریب شکل است که به ترتیب برای شکل دوزنقه‌ای و مثلثی برابر با ۰/۱ و ۰/۱۸ است. w: عرض سیکل (m)، Q<sub>Cycle</sub>: دبی سرریز کنگره‌ای مثلثی، دوزنقه‌ای (lit/s)، H: ارتفاع آب روی سرریز (m) می‌باشد. حداقل نسبت w/P برابر با ۲ است. دبی جریان از رابطه (۳-۲) محاسبه می‌شود که n تعداد سیکل است.

$$Q = n \cdot Q_{\text{cycle}} \quad (3-2)$$

لاکس و هینچلیف (۱۹۸۵) نمودارهایی برای ضریب دبی سرریز کنگره‌ای مثلثی و دوزنقه‌ای ارائه کردند و ضریب دبی را تابعی از دو نسبت H/P و L/W دانستند. همچنین مناطق خود هوادهی، انتقالی و غیرهوادهی جت آب را مشخص نموده و نتیجه گرفتند با کاهش هوادهی و افزایش نسبت H/P مقدار ضریب دبی کاهش می‌یابد. کاسیدی و همکاران (۱۹۸۵) نشان دادند که راندمان سرریزهای کنگره‌ای در مقادیر بالای ارتفاع آب بالادست به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از مقادیری است که مطالعات دیگر نشان می‌دهد.

<sup>1</sup> Avon

<sup>2</sup> Woronora



شکل ۲-۲- نمودار  $C_w$  در برابر  $L/W$  (لاکس و هینچلیف، ۱۹۸۵)  
 C: تیغه هوا داده، D: ناحیه انتقالی و E: ناحیه فشردگی

مگالهااس و لورنا (۱۹۸۹) منحنی‌هایی شبیه منحنی دارواس (۱۹۷۱) را برای شکل تاج اوجی توسعه دادند و رابطه بی‌بعد (۴-۲) را برای ضریب دبی ارائه کردند.

$$C = \frac{Q_L}{w\sqrt{2gH^{1.5}}} \quad (4-2)$$

که  $w$ ، عرض سیکل (m) و  $Q_L$  دبی عبوری از سرریز کنگره‌ای (lit/s) می‌باشد. رابطه (۴-۲) شبیه رابطه سرریز مستقیم (رابطه ۵-۲) است که ترم  $\frac{2}{3}$  از آن حذف شده و به جای طول موثر از عرض کانال در رابطه استفاده شده است.

$$Q = \frac{2}{3} C \cdot L \sqrt{2gH^{1.5}} \quad (5-2)$$

امانیان (۱۹۸۷) سرریزهای کنگره‌ای مثلثی با تاج نیم دایره و سرریز مستقیم با شکل تاج نیم دایره، ربع دایره، لبه صاف و تیز را بررسی کرد. نتایج نشان داد که راندمان سرریز کنگره‌ای با افزایش  $H$  کاهش می‌یابد، همچنین راندمان شکل تاج نیم دایره‌ای بیشتر از ربع دایره‌ای، لبه صاف و تیز است. والدرون (۱۹۹۴) روی سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای با شکل تاج ربع دایره‌ای و سرریز خطی با شکل تاج ربع دایره و صاف آزمایش انجام داد. بر اساس

داده‌های سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای با زاویه بیشتر از  $12^\circ$  نتیجه گرفت که ضریب دبی مستقل از تعداد سیکل سرریز و حداکثر مقدار ضریب دبی برای محدوده‌ای است که بیشترین خود هوادهی<sup>۱</sup> وجود دارد. همچنین منحنی‌هایی شبیه امانیان (۱۹۸۷) ارائه کرد و پیشنهاد کرد از مقدار متوسط ضریب دبی برای طراحی استفاده شود. تالیس و همکاران (۱۹۹۵) سرریز کنگره‌ای مثلثی را برای زاویه‌های مختلف بررسی و رابطه (۶-۲) را برای ضریب دبی بدست آوردند.

$$C = A_1 + A_2 \left(\frac{H}{P}\right) + A_3 \left(\frac{H}{P}\right)^2 + A_4 \left(\frac{H}{P}\right)^3 + A_5 \left(\frac{H}{P}\right)^4 \quad (6-2)$$

که در این رابطه H: ارتفاع کل آب بالادست سرریز کنگره‌ای (m)، P: ارتفاع سرریز کنگره‌ای (m) و A1، A2، A3، A4 و A5 ضرایب ثابت و مقدار آن‌ها در جدول ۱-۲ آورده شده است.

جدول ۱-۲- ضریب‌های ثابت رابطه ضریب دبی برای سرریز کنگره‌ای مثلثی (تالیس و همکاران (۱۹۹۵))

A5	A4	A3	A2	A1	زاویه کناری ( $^\circ$ )
-۱/۰۳	۲/۱۷	-۱/۲۰	-۰/۲۴	۰/۴۹	۶
-۲/۸۳	۶/۷۹	-۵/۲۷	۱/۰۸	۰/۴۹	۸
-۱/۹۷	۵/۱۸	-۴/۴۳	۱/۰۶	۰/۴۹	۱۲
-۱/۳۸	۳/۸۲	-۳/۵۷	۱/۰۰	۰/۴۹	۱۵
-۱/۵۰	۴/۲۴	-۴/۱۳	۱/۳۲	۰/۴۹	۱۸
-۱/۰۵	۳/۴۰	-۳/۸۳	۱/۵۱	۰/۴۹	۲۵
-۱/۱۰	۳/۶۲	-۴/۰۵	۱/۶۹	۰/۴۹	۳۵
	۱/۴۴	-۲/۵۶	۱/۴۶	۰/۴۹	خطی

<sup>1</sup> Self-aerating

تالیس و همکاران پیشنهاد کردند برای زوایه‌هایی که در رابطه ضریب دبی ارائه نشده با استفاده از درون‌یابی ضریب دبی بین دو زاویه کناری، ضریب دبی زاویه مورد نظر محاسبه شده و دبی از رابطه (۲-۵) به دست آید. بایلر و باگاتور (۲۰۰۰) روی سرریزها با هندسه مقطع عرضی متفاوت و اثرات آنها در کاربرد هوادهی مطالعاتی انجام دادند و نشان دادند که کارایی هوادهی در سرریز شکافدار کنگره‌ای مثلثی<sup>۱</sup> غالباً از سرریزهای دیگر بهتر است. ملو و همکاران (۲۰۰۲) بر اساس آزمایش‌های انجام شده روی سرریز کنگره‌ای تک سیکلی در کانال با استفاده از روش مگالهااس و لورنا (۱۹۸۹)، رابطه (۲-۷) را به وسیله وارد کردن ضریب  $k_{\theta-CW}$  به عنوان تابعی از  $\theta_{CW} (0^\circ-90^\circ)$  که شامل اثر دیوارهای همگرا شونده است ارائه کردند. محدوده تغییرات  $k_{\theta-CW}$  بین  $1/4-1/0$  است.

$$C = \frac{Q_L}{k_{\theta-CW} \sqrt{2gH^{1.5}}} \quad (2-7)$$

امیرگلو و بایلر (۲۰۰۳) جریان در روی سرریزهای لبه پهن با هندسه مقطع عرضی متفاوت و اثر آن در میزان ورود هوا را مورد مطالعه قرار دادند. آنها نشان دادند میزان ورود هوا، برای سرریزهای لبه پهن مثلثی با زاویه ۳۰ درجه، بهتر از دیگر سرریزهای لبه پهن است. علاوه بر این، رابطه تجربی پیش بینی میزان ورود هوا، برای سرریزهای لبه پهن مثلثی را ارائه و توسعه دادند که مقدار شدت هوای پیش بینی شده و اندازه‌گیری شده برابر بود. ویلمور (۲۰۰۴) سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای را در فلوم آزمایشگاهی برای زاویه بین  $7^\circ$  تا  $35^\circ$  را بررسی کرد. همچنین به بررسی شکل تاج اوجی و ربع دایره‌ای برای سرریز کنگره‌ای با زاویه  $7^\circ$  و  $8^\circ$  پرداخت و منحنی‌های چند جمله‌ای را برای تعیین ضریب دبی براساس H/P توسعه داد و نشان داد که راندمان سرریزهای کنگره‌ای با شکل تاج اوجی، نیم دایره و ربع دایره به ترتیب کاهش می‌یابد. تالیس و همکاران (۲۰۰۵) آزمایشاتی برای بهینه کردن کارایی هیدرولیکی سرریزهای کنگره‌ای با زاویه کناری ۷ و ۸ درجه در ارتفاع‌های آب بالادست کم با شکل تاج‌های مختلف انجام دادند. با استفاده از نتایج، معیار طراحی را برای سرریز کنگره‌ای سد برازوس تعدیل نمودند. تالیس و همکاران (۲۰۰۷) اثر استغراق پایین‌دست سرریزهای کنگره‌ای را بررسی و روابط بی‌بعدی

<sup>۱</sup> Triangular notch weir