

حَسْبُكَ اللَّهُ

وَأَنْ يَكْفُرَ الَّذِينَ كَفَرُوا لَنْ يُكْفُونَا بِأَبْصَارِهِمْ لَنْ يَسْمَعُوا الذِّكْرَ وَيَقُولُونَ إِنَّهُ لَمَجْنُونٌ 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 آزمایشگاهی هیدرولیک جریان در سرریز فیوزگیت

استاد راهنما:

دکتر رامین فضل‌اولی

استاد مشاور:

دکتر علی‌رضا عمادی

استادان داور:

دکتر محسن مسعودیان      دکتر محمدعلی غلامی

دانشجو:

زکيه غلامی

بهمن ۱۳۹۲

تقدیم بہ پاکترین ہدایای الہی زندگیم

پدر و مادر عزیزم

## سپاسگزاری

سپاس خدای را که نوید نیتیم از رحمت او، نه مایوس از مغفرت او، و نه سرپیچیده از عبادت او، خدایی که رحمت او پیوسته است و نعمت او ناکسته. در این راستا لازم می دانم مراتب سپاس خود را از کلیه اساتید و عزیزانی که اینجانب را در مراحل مختلف این پژوهش یاری نمودند، اعلام دارم.

از جناب آقای دکتر امین فضل اولی استاد محترم راهنما که همواره با راهنمایی های بی دریغشان در مراحل تحقیق همراه من بودند، نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

از زحمات بی دریغ و تلاش های فراوان استاد مشاورم جناب آقای دکتر علی رضا عمادی که با نظرات کاربردی خود بر غنای علمی این تحقیق افزودند، صمیمانه قدردانی و حق شناسی می نمایم.

هم چنین از کمک های بی دریغ آقای مهندس نادر شهابی را دکمال تشکر و قدردانی را دارم. در خاتمه از یکایک افرادی که به نحوی در انجام این پایان نامه با اینجانب همکاری نمودند بسیار سپاسگزارم و سلامتی و سعادت آن ها را از خداوند منان مسئلت دارم.

## چکیده

سرریزها یکی از سازه‌های هیدرولیکی می‌باشند که برای تنظیم سطح آب، اندازه‌گیری جریان، پایداری و امنیت سدها و رودخانه‌ها احداث می‌شوند. فیوزگیت یکی از انواع سرریزها می‌باشد که با توجه به نمای از بالا، به دو مدل تاج مستقیم و تاج کنگره‌ای تقسیم می‌شود. فیوزگیت تاج کنگره‌ای با افزایش طول تاج، ظرفیت تخلیه و ذخیره آب در مخزن، می‌تواند در زمان سیلابی با کاهش ارتفاع آب بالای سازه، از آب‌گرفتگی زمین‌های بالادست جلوگیری کند که شامل سه نوع: دریاچه باریک با بار کم (NLH)، دریاچه عریض با بار کم (WLH) و دریاچه عریض با بار زیاد (WHH) می‌باشد. در این تحقیق، به بررسی آزمایشگاهی تأثیر پارامترهای هندسی و هیدرولیکی بر ضریب دبی سرریز فیوزگیت پرداخته شد و آزمایش‌ها در دو بخش با دو فلوم متفاوت انجام گردید. بخش اول آزمایش‌ها در فلومی به طول ۵ متر و عرض ۷۵ میلی‌متر و بخش دوم آن در کانالی به طول ۱۲ متر و عرض ۰/۵ متر، در آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا شد. در بخش اول، از فیوزگیت مدل WLH که از جنس پلکسی گلاس با ضخامت ۳ میلی‌متر و ارتفاع جام ۵۰ میلی‌متر بوده، با ۶ چاهک با ارتفاع‌های متفاوت و در بخش دوم، از چهار مدل فیوزگیت NLH، WLH، خطی و خطی مایل از نیم‌رخ که از جنس پلکسی گلاس با ضخامت ۱۰ میلی‌متر بوده و به ترتیب دارای ارتفاع جام ۲۵، ۱۶/۷، ۱۶/۷ و ۱۶/۷ سانتی‌متر می‌باشند، در شیب‌ها و چاهک‌هایی با ارتفاع متفاوت، استفاده شد. نتایج نشان داد که در کانال‌های کوچک، ضریب دبی سرریز فیوزگیت قبل از واژگونی به پارامترهای بدون بعد  $h/H$  و  $We$ ، و در کانال‌های بزرگ به پارامتر  $h/H$  بستگی دارد. در فیوزگیت کنگره‌ای با افزایش این پارامترهای بدون بعد، ضریب دبی به علت استغراق پایین‌دست و کاهش هوادهی، کاهش می‌یابد. بعد از واژگونی، سازه جدید نقش سرریز لبه پهن را دارد و ضریب دبی به پارامتر  $h/W$  وابسته است که افزایش آن، سبب افزایش ضریب دبی به صورت خطی می‌شود و مقدار آن بیش‌تر از حالت قبل از واژگونی است. با افزایش شیب، استغراق پایین‌دست سرریز کم، هوادهی افزایش و بر مقدار ضریب دبی افزوده می‌شود. هم‌چنین، با افزایش ارتفاع چاهک، ضریب دبی کاهش می‌یابد که در چنین حالتی در یک دبی ثابت، ارتفاع آب بالای سازه در چاهک‌های بلندتر افزایش می‌یابد، به عبارتی دبی واژگونی افزایش و مدل دیرتر واژگون می‌گردد. ضریب دبی فیوزگیت خطی نسبت به WLH، افزایش ۵۷ درصدی داشته است و در یک دبی ثابت، ارتفاع آب بالادست آن نسبت به سرریز WLH، ۴۴ درصد افزایش و در یک ارتفاع ثابت، ظرفیت تخلیه آن ۱۲۸ درصد کاهش می‌یابد. مدل WLH نسبت به خطی، ۱۲ درصد حجم آب بیش‌تری را در خود ذخیره می‌کند و به علت بیش‌تر بودن طول محفظه در مسیر جریان نسبت به مدل خطی در هد بیش‌تری واژگون خواهد شد. در نهایت، معادله ضریب دبی در فیوزگیت‌های کنگره‌ای و مستقیم به ترتیب به صورت توانی و خطی استخراج شد که پارامترهای آماری محاسبه شده حاکی از دقت بالای معادلات می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** سرریز، ضریب دبی، فیوزگیت، واژگونی.

## فهرست

- ۱- فصل اول- مقدمه ..... ۱
- ۱-۱- مقدمه ..... ۲
- ۲-۱- تعریف مسئله و اهمیت پژوهش ..... ۲
- ۳-۱- فرضیات پژوهش ..... ۳
- ۴-۱- اهداف پژوهش ..... ۳
- ۲- فصل دوم- کلیات و بررسی منابع ..... ۴
- ۱-۲- مقدمه ..... ۵
- ۲-۲- تئوری سرریز کنگره‌ای ..... ۵
- ۳-۲- تئوری سرریز فیوزگیت ..... ۶
- ۴-۲- مطالعات انجام شده در زمینه سرریزهای کنگره‌ای و فیوزگیت ..... ۱۰
- ۵-۲- جمع‌بندی ..... ۱۴
- ۳- فصل سوم- مواد و روش‌ها ..... ۱۵
- ۱-۳- مقدمه ..... ۱۶
- ۲-۳- بخش اول آزمایش‌ها ..... ۱۶
- ۱-۲-۳- معرفی فلوم و سیستم بسته جریان ..... ۱۶
- ۲-۲-۳- مدل مورد استفاده ..... ۱۷
- ۳-۲-۳- اندازه‌گیری دبی و عمق ..... ۱۸
- ۴-۲-۳- نحوه انجام آزمایش‌ها ..... ۱۹
- ۵-۲-۳- فهرست آزمایشات ..... ۱۹
- ۳-۳- بخش دوم آزمایش‌ها ..... ۲۰
- ۱-۳-۳- معرفی فلوم و سیستم بسته جریان ..... ۲۰
- ۲-۳-۳- مدل مورد استفاده ..... ۲۱
- ۳-۳-۳- اندازه‌گیری دبی و عمق ..... ۲۴
- ۴-۳-۳- نحوه انجام آزمایش‌ها ..... ۲۴
- ۵-۳-۳- فهرست آزمایشات ..... ۲۴
- ۴-۳- موقعیت نصب سازه ..... ۲۶
- ۵-۳- آنالیز ابعادی، عوامل مؤثر بر ضریب دبی، تعیین رابطه‌ای بین ارتفاع و دبی ..... ۲۶
- ۴- فصل چهارم- نتایج و بحث ..... ۲۸

- ۱-۴-۱- مقدمه ..... ۲۹
- ۲-۴-۲- آزمایشات بخش اول ..... ۲۹
- ۱-۲-۴-۱- اثر افزایش ارتفاع چاهک بر پارامترهای بدون بعد در سرریز فیوزگیت مدل WLH ..... ۲۹
- ۲-۲-۴-۲- تأثیر افزایش جرم وزنه بر پارامترهای بدون بعد در سرریز فیوزگیت مدل WLH ..... ۳۱
- ۳-۲-۴-۳- تأثیر افزایش ارتفاع چاهک و افزایش وزنه بر هد واژگونی ..... ۳۲
- ۴-۲-۴-۴- اثر افزایش ارتفاع پاشنه بر سرریز فیوزگیت مدل WLH ..... ۳۳
- ۵-۲-۴-۵- مقایسه روند تغییرات ضریب دبی قبل و بعد از واژگونی فیوزگیت ..... ۳۴
- ۶-۲-۴-۶- استخراج معادله ضریب دبی برای تمامی حالتها ..... ۳۷
- ۷-۲-۴-۷- جمع‌بندی نتایج بخش اول ..... ۳۸
- ۳-۴-۳- آزمایشات بخش دوم ..... ۳۹
- ۱-۳-۴-۱- فیوزگیت مدل NLH ..... ۳۹
- ۱-۱-۳-۴-۱- تغییرات روند ضریب دبی، دبی و ارتفاع آب بالادست با افزایش شیب در سرریز فیوزگیت مدل NLH ..... ۴۰
- ۲-۱-۳-۴-۲- تغییرات روند ضریب دبی، دبی و ارتفاع آب بالادست با افزایش ارتفاع چاهک در سرریز فیوزگیت مدل NLH ..... ۴۱
- ۳-۱-۳-۴-۳- رابطه بین دبی ماکزیمم و ارتفاع چاهک در سرریز فیوزگیت مدل NLH ..... ۴۲
- ۲-۳-۴-۲- فیوزگیت مدل WLH ..... ۴۳
- ۱-۲-۳-۴-۱- تغییرات روند ضریب دبی، دبی و ارتفاع آب بالادست با افزایش شیب در سرریز فیوزگیت مدل WLH ..... ۴۴
- ۲-۲-۳-۴-۲- تغییرات روند ضریب دبی، دبی و ارتفاع آب بالادست با افزایش ارتفاع چاهک در سرریز فیوزگیت مدل WLH ..... ۴۵
- ۳-۲-۳-۴-۳- رابطه بین دبی ماکزیمم و ارتفاع چاهک در سرریز فیوزگیت مدل WLH ..... ۴۶
- ۳-۳-۴-۳- فیوزگیت خطی ..... ۴۶
- ۱-۳-۳-۴-۱- تغییرات روند ضریب دبی، دبی و ارتفاع آب بالادست با افزایش شیب در سرریز فیوزگیت خطی ..... ۴۷
- ۴-۳-۴-۴- فیوزگیت خطی مایل از نیمرخ ..... ۴۸
- ۱-۴-۳-۴-۱- تغییرات روند ضریب دبی، دبی و ارتفاع آب بالادست با افزایش شیب در سرریز فیوزگیت خطی مایل از نیمرخ ..... ۴۹
- ۵-۳-۴-۵- مقایسه روند تغییرات ضریب دبی قبل و بعد از واژگونی ..... ۴۹
- ۶-۳-۴-۶- تعیین ضریب دبی سرریز فیوزگیت برای ۴ مدل ..... ۵۱

۷-۳-۴- مقایسه در صد تغییرات ضریب دبی، ظرفیت تخلیه و ارتفاع آب بالادست با افزایش ۰/۰۱ شیب	
در ۴ مدل .....	۵۴
۸-۳-۴- مقایسه مدل WLH و NLH.....	۵۴
۹-۳-۴- مقایسه مدل خطی، خطی مایل از نیمرخ و WLH.....	۵۶
۱۰-۳-۴- مقایسه ضریب دبی آزمایشات بخش اول و دوم، قبل و بعد از واژگونی مدل.....	۵۸
۱۱-۳-۴- جمع‌بندی نتایج بخش دوم.....	۵۹
۵- فصل پنجم- نتیجه‌گیری و پیشنهادها.....	۶۱
۱-۵- مقدمه.....	۶۲
۲-۵- نتیجه‌گیری.....	۶۲
۳-۵- پیشنهادها.....	۶۴
فهرست منابع.....	۶۵



## فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۲- نماى از بالا براى برخى از انواع سرريزهاى کنگره‌اى الف) مستطیلی ب) ذوزنقه‌اى و ج) مثلثی .. ۶
- شکل ۲-۲- نماى سه‌بعدى سرريز فيوزگيت ..... ۷
- شکل ۳-۲- نيروهاى وارد بر مدل فيوزگيت ..... ۸
- شکل ۴-۲- مراحل عملکرد فيوزگيت ..... ۹
- شکل ۵-۲- مقطع عرضى سرريز اوجى با سرريز فيوزگيت (فالوى و تريله، ۱۹۹۵) ..... ۱۰
- شکل ۱-۳- شکل و اجزای فلوم آزمایشگاهی مورد استفاده به‌همراه موقعیت نصب مدل فيوزگيت ..... ۱۷
- شکل ۲-۳- نیم‌رخ طولی سرريز فيوزگيت با چاهک و وزنه دوم (واحد اندازه‌گیری بر حسب میلی‌متر می‌باشد) ..... ۱۷
- شکل ۳-۳- نما از بالای سرريز فيوزگيت با چاهک و وزنه دوم (واحد اندازه‌گیری بر حسب میلی‌متر می‌باشد) ..... ۱۸
- شکل ۴-۳- نمايى سه بعدى از فيوزگيت مدل WLH ..... ۱۸
- شکل ۵-۳- نمايى از ۵ چاهک مورد استفاده ..... ۱۸
- شکل ۶-۳- نمايى کلی از فلوم آزمایشگاهی مورد استفاده در این بخش ..... ۲۰
- شکل ۷-۳- سيستم گردش آب در فلوم مورد استفاده در بخش دوم آزمایش‌ها (نما از بالا) ..... ۲۱
- شکل ۸-۳- نما از بالای سرريز فيوزگيت WLH با چاهک دوم (واحد اندازه‌گیری بر حسب میلی‌متر می‌باشد) ..... ۲۲
- شکل ۹-۳- نیم‌رخ طولی سرريز فيوزگيت WLH چاهک دوم (واحد اندازه‌گیری بر حسب میلی‌متر می‌باشد) ..... ۲۲
- شکل ۱۰-۳- مدل NLH ..... ۲۲
- شکل ۱۱-۳- مدل WLH ..... ۲۳
- شکل ۱۲-۳- مدل فيوزگيت خطی ..... ۲۳
- شکل ۱۳-۳- مدل فيوزگيت خطی مایل از نیم‌رخ ..... ۲۳
- شکل ۱۴-۳- نمونه‌اى از آب‌بندى فيوزگيت مدل خطی از سه جهت ..... ۲۴
- شکل ۱-۴- مقایسه ارتباط بين ضريب دبی و  $h/H$  در ۶ چاهک براى حالت وزنه دوم ..... ۳۰
- شکل ۲-۴- مقایسه ارتباط بين ضريب دبی و  $h$  در ۶ چاهک براى حالت وزنه دوم ..... ۳۰
- شکل ۳-۴- مقایسه ارتباط بين دبی و  $h$  در ۶ چاهک براى حالت وزنه دوم ..... ۳۱
- شکل ۴-۴- ضريب دبی در برابر  $h/H$  براى سه حالت (بدون وزنه، وزنه ۱، وزنه ۲) در چاهک دوم ..... ۳۲
- شکل ۵-۴- ضريب دبی در برابر  $We$  براى سه حالت (بدون وزنه، وزنه ۱، وزنه ۲) در چاهک دوم ..... ۳۲

- شکل ۴-۶- رابطه بین ارتفاع چاهک و دبی واژگونی در سه حالت (بدون وزنه، وزنه ۱، وزنه ۲)..... ۳۳
- شکل ۴-۷- رابطه بین ارتفاع چاهک و هد واژگونی در سه حالت (بدون وزنه، وزنه ۱، وزنه ۲)..... ۳۳
- شکل ۴-۸- مقایسه ارتباط بین ضریب دبی و نسبت  $h/H$  در سه ارتفاع متفاوت پاشنه..... ۳۴
- شکل ۴-۹- مقایسه ارتباط بین ضریب دبی و نسبت  $h/P$  در سه ارتفاع متفاوت پاشنه..... ۳۴
- شکل ۴-۱۰- مقایسه ارتباط بین ضریب دبی و عدد وبر در سه ارتفاع متفاوت پاشنه..... ۳۴
- شکل ۴-۱۱- رابطه بین  $Cd$  و  $h/H$  قبل و بعد از واژگونی در فیوزگیت  $WLH$ ..... ۳۵
- شکل ۴-۱۲- رابطه بین  $Cd$  و  $We$  قبل و بعد از واژگونی در فیوزگیت  $WLH$  با ارتفاع پاشنه ۳۵ میلی متر..... ۳۶
- شکل ۴-۱۳- رابطه دبی-اشل در سرریز فیوزگیت قبل و بعد از واژگونی..... ۳۶
- شکل ۴-۱۴- رابطه ضریب دبی با  $h/H$  در ۵ شیب مختلف در سه چاهک در مدل  $NLH$ ..... ۴۰
- شکل ۴-۱۵- رابطه دبی-اشل در ۵ شیب با سه چاهک در مدل  $NLH$ ..... ۴۰
- شکل ۴-۱۶- رابطه ضریب دبی با  $h/H$  در ۵ شیب مختلف و با سه چاهک در مدل  $NLH$ ..... ۴۱
- شکل ۴-۱۷- رابطه ضریب دبی با  $h/H$  در ۵ شیب مختلف با چاهک دوم در مدل  $NLH$ ..... ۴۱
- شکل ۴-۱۸- رابطه دبی-اشل در ۵ شیب با چاهک دوم در مدل  $NLH$ ..... ۴۱
- شکل ۴-۱۹- رابطه ضریب دبی با  $h/H$  در ۳ چاهک با ارتفاع مختلف در شیب صفر در مدل  $NLH$ ..... ۴۲
- شکل ۴-۲۰- رابطه دبی-اشل با سه چاهک در شیب صفر درجه در مدل  $NLH$ ..... ۴۲
- شکل ۴-۲۱- رابطه بین ارتفاع چاهک و دبی واژگونی مدل  $NLH$  در شیب صفر درجه..... ۴۳
- شکل ۴-۲۲- رابطه ضریب دبی با  $h/H$  در ۳ شیب مختلف در سه چاهک در مدل  $WLH$ ..... ۴۳
- شکل ۴-۲۳- رابطه دبی-اشل در ۳ شیب با سه چاهک در مدل  $WLH$ ..... ۴۳
- شکل ۴-۲۴- رابطه ضریب دبی با  $h/H$  در ۳ شیب مختلف و با سه چاهک در مدل  $WLH$ ..... ۴۴
- شکل ۴-۲۵- رابطه ضریب دبی با  $h/H$  در ۳ شیب مختلف با چاهک دوم در مدل  $WLH$ ..... ۴۴
- شکل ۴-۲۶- رابطه دبی-اشل در ۳ شیب با چاهک دوم در مدل  $WLH$ ..... ۴۵
- شکل ۴-۲۷- رابطه ضریب دبی با  $h/H$  در ۳ چاهک با ارتفاع مختلف در شیب صفر در مدل  $WLH$ ..... ۴۶
- شکل ۴-۲۸- رابطه دبی-اشل با سه چاهک در شیب صفر درجه در مدل  $WLH$ ..... ۴۶
- شکل ۴-۲۹- رابطه بین ارتفاع چاهک و دبی واژگونی مدل  $WLH$  در شیب صفر درجه..... ۴۶
- شکل ۴-۳۰- رابطه ضریب دبی با  $h/H$  در ۳ شیب مختلف در مدل خطی..... ۴۷
- شکل ۴-۳۱- رابطه دبی-اشل در ۳ شیب مختلف در مدل خطی..... ۴۷
- شکل ۴-۳۲- رابطه ضریب دبی با  $h/H$  در ۳ شیب مختلف در مدل خطی..... ۴۸
- شکل ۴-۳۳- رابطه دبی-اشل در ۳ شیب مختلف در مدل خطی..... ۴۸
- شکل ۴-۳۴- رابطه ضریب دبی با  $h/H$  در ۳ شیب مختلف در مدل خطی مایل از نیمرخ..... ۴۸

- شکل ۴-۳۵- رابطه دبی-اشل در ۳ شیب مختلف در مدل خطی مایل از نیمرخ..... ۴۸
- شکل ۴-۳۶- رابطه ضریب دبی با  $h/H$  در ۳ شیب مختلف در مدل خطی مایل از نیمرخ..... ۴۹
- شکل ۴-۳۷- رابطه دبی-اشل در ۳ شیب مختلف در مدل خطی مایل از نیمرخ..... ۴۹
- شکل ۴-۳۸- رابطه بین  $Cd$  و  $h/H$  قبل و بعد از واژگونی در فیوزگیت  $WLH$  با چاهک دوم در شیب صفر درجه..... ۵۰
- شکل ۴-۳۹- رابطه دبی-اشل در سرریز فیوزگیت قبل و بعد از واژگونی در شیب صفر درجه..... ۵۰
- شکل ۴-۴۰- مقایسه تغییرات ضریب دبی، ظرفیت تخلیه و ارتفاع آب بالادست در ۴ مدل..... ۵۴
- شکل ۴-۴۱- مقایسه تغییرات ضریب دبی نسبت به  $h/H$  در دو مدل  $WLH$  و  $NLH$  در شیب صفر..... ۵۵
- شکل ۴-۴۲- رابطه دبی-اشل در دو مدل  $WLH$  و  $NLH$  در شیب صفر..... ۵۵
- شکل ۴-۴۳- مقایسه تغییرات ضریب دبی نسبت به  $h/H$  در سه مدل خطی، خطی مایل از نیمرخ و  $WLH$  در شیب صفر..... ۵۷
- شکل ۴-۴۴- رابطه دبی-اشل در سه مدل خطی، خطی مایل از نیمرخ و  $WLH$  در شیب صفر..... ۵۷
- شکل ۴-۴۵- مقایسه تغییرات ضریب دبی نسبت به  $h/H$  در دو مدل کوچک و بزرگ  $WLH$  قبل از واژگونی..... ۵۸
- شکل ۴-۴۶- مقایسه تغییرات ضریب دبی نسبت به  $h/H$  در دو مدل کوچک و بزرگ  $WLH$  بعد از واژگونی..... ۵۸

## فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۲- معیارهای طراحی برای سه مدل استاندارد فیوزگیت (فالوی و تریله، ۱۹۹۵)..... ۸
- جدول ۲-۲- ضرایب تجربی تخلیه برای فیوزگیت‌ها (فالوی و تریله، ۱۹۹۵)..... ۱۲
- جدول ۱-۳- محدوده پارامترهای متغیر و ثابت بخش اول آزمایش‌ها..... ۱۹
- جدول ۲-۳- حالت‌های مختلف انجام آزمایش..... ۲۵
- جدول ۳-۳- محدوده پارامترهای متغیر و ثابت بخش دوم آزمایش‌ها..... ۲۶
- جدول ۱-۴- تشخیص نوع سرریز بعد از واژگونی (هیگر و اسوالت، ۱۹۹۴)..... ۳۵
- جدول ۲-۴- مقادیر ضرایب ثابت معادله ضریب دبی به‌همراه پارامترهای ارزیابی آن..... ۳۷
- جدول ۳-۴- مقادیر ضرایب ثابت معادله ضریب دبی به‌همراه پارامترهای ارزیابی آن در مدل WLH و NLH..... ۵۲
- جدول ۴-۴- مقادیر ضرایب ثابت معادله ضریب دبی به‌همراه پارامترهای ارزیابی آن در فیوزگیت‌های خطی..... ۵۳
- جدول ۵-۴- مقادیر ضرایب ثابت معادله ضریب دبی به‌همراه پارامترهای ارزیابی آن برای حالت بعد از واژگونی..... ۵۳
- جدول ۶-۴- مقادیر ضرایب ثابت معادله ضریب دبی برای تمامی شیب‌ها در مدل WLH و NLH..... ۵۳

# ۱- فصل اول

مقدمه

## ۱-۱- مقدمه

برای عبور آب‌های اضافی و سیلاب‌ها از سراب به پایاب سدها، از سازه‌ای هیدرولیکی به نام سرریز استفاده می‌شود که یکی از سازه‌های مهم تشکیل‌دهنده هر سد می‌باشد (بیرامی، ۱۳۸۷). این سازه‌ها برای تنظیم سطح آب، اندازه‌گیری جریان، پایداری و امنیت سدها و رودخانه‌ها احداث می‌شوند (رضایی، ۱۳۹۱). انتخاب نوع سرریز تابع شرایط توپوگرافی، مقدار سیلاب طراحی و نوع سد می‌باشد. مسائلی که در طراحی سرریزها مطرح است، شامل بررسی فشار منفی بر روی تاج، ارزیابی ظرفیت آب‌گذری و مشاهدات اثرات پایه‌های میانی می‌باشد. سرریزها به صورت‌های مختلفی ساخته می‌شوند. متداول‌ترین آن‌ها سرریزهای آزاد<sup>۱</sup> و یا سرریزهای سطحی (روگذر)<sup>۲</sup> می‌باشند (نیک‌صفت، ۱۳۸۰). سرریزهای ریزشی کنترل نشده یا آزاد، جزء معتبرترین سرریزها جهت ایمنی سد هستند. از آنجا که این سرریزها دارای هزینه ساخت بالاتری می‌باشند و باعث اتلاف قابل ملاحظه‌ای آب از مخزن می‌شوند، به کارگیری فیوزگیت‌ها می‌تواند راه‌حلی برای تطبیق ایمنی سد با حداکثر ظرفیت ذخیره باشد (افشار و همکاران، ۲۰۰۳).

## ۱-۲- تعریف مسئله و اهمیت پژوهش

فیوزگیت‌ها بر اساس نمای از بالا، به دو مدل تقسیم می‌شوند: تاج مستقیم و تاج کنگره‌ای. هر کدام از انواع فوق دارای مزایایی می‌باشد، از جمله این‌که: (۱) فیوزگیت‌های تاج مستقیم، پایداری سرریزها را فراهم می‌کنند (بیش‌تر از سه برابر وزنشان)؛ و (۲) فیوزگیت‌های تاج کنگره‌ای جریان بیش‌تری را برای یک عمق معین از خود عبور می‌دهند (بارکودا و همکاران، ۲۰۰۶).

سرریز فیوزگیت، نوع خاصی از سرریز کنگره‌ای می‌باشد (فال‌وی، ۲۰۰۳). از جمله مزایای این سازه نسبت به سرریز کنگره‌ای، عملکرد مؤثرتر آن در برابر سیل‌های بزرگ‌تر می‌باشد، در صورتی که سرریز کنگره‌ای برای سیل‌های متوسط با هد نسبتاً پایین قابل استفاده است (خات سوریا، ۲۰۰۰). هم‌چنین، فیوزگیت شبیه سرریز کنگره‌ای هواده‌ی شده عمل می‌کند (هایت و همکاران، ۲۰۰۰).

قابلیت کاربرد سرریز فیوزگیت کنگره‌ای در مناطقی است که سرریز مستقیم جوابگوی تأمین نیاز آب شیرین موجود نیست. در واقع، این سرریزها می‌توانند با افزایش ذخیره آب در مخازن، نیاز به آب شرب و کشاورزی را برطرف کنند. لذا، فیوزگیت‌های تاج کنگره‌ای در یک عرض ثابت با افزایش طول تاج سرریز و افزایش ظرفیت تخلیه می‌توانند در زمان سیلابی با کاهش ارتفاع آب بالای سازه (نسبت به سرریزهای خطی)، از آب‌گرفتگی زمین‌های بالادست جلوگیری کنند. هم‌چنین، این سازه با کنترل سیل در سدها و کانال‌ها، خطرات جانی را کاهش می‌دهد. سرریز مذکور، بدون نیاز به نیروی محرکه برق کار می‌کند که می‌تواند با زمان

1- Overfall Spillways

2- Overflow Spillways

اجرای کم و هزینه نگهداری پایین، موجب افزایش ایمنی در سدها می‌گردد. طراحی این سرریزها نیاز به شناخت رفتار هیدرولیکی آنها می‌باشد. مرور کارهای پیشین نشان می‌دهد بیش‌تر محققان به هیدرولیک جریان عبوری از سرریزهای کنگره‌ای پرداخته‌اند و هنوز هیدرولیک جریان در سرریز فیوزگیت کنگره‌ای و خطی مطالعه نشده است. لذا در این پایان نامه با استفاده از مطالعات آزمایشگاهی، مشخصات هیدرولیکی جریان از جمله ضریب دبی سرریز فیوزگیت بررسی می‌شود و رابطه‌ای برای دبی عبوری سرریز استخراج می‌گردد.

### ۱-۳- فرضیات پژوهش

- ۱- از رابطه دبی سرریز خطی برای تخمین دبی در فیوزگیت‌ها می‌توان استفاده نمود.
- ۲- می‌توان نشان داد با افزایش هد روی فیوزگیت، ضریب دبی کاهش می‌یابد.

### ۱-۴- اهداف پژوهش

- ۱- عوامل موثر بر ضریب دبی مشخص خواهد شد.
- ۲- رابطه‌ای برای ضریب دبی با استفاده از آنالیز ابعادی بدست خواهد آمد.
- ۳- رابطه‌ای بین دبی و ارتفاع تعیین می‌گردد.
- ۴- رابطه‌ای بین دبی ماکزیمم و ارتفاع چاهک بدست خواهد آمد.

## ۲- فصل دوم

### کلیات و بررسی منابع



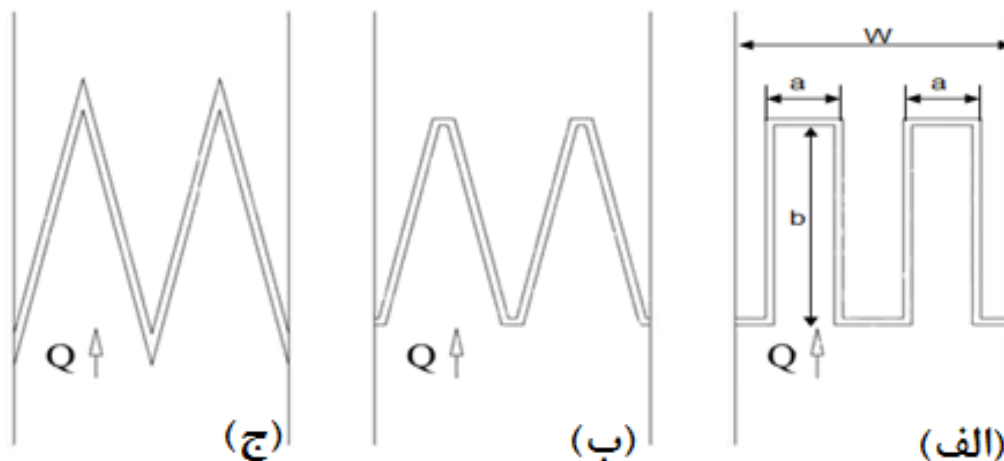
## ۲-۱- مقدمه

در این فصل خلاصه‌ای از تئوری سرریز کنگره‌ای بیان شده و سرریز فیوزگیت به‌طور کامل به‌همراه روش عملکرد آن شرح داده شده است. در ادامه فصل نیز به بررسی برخی از پژوهش‌های انجام شده در زمینه این سرریزها پرداخته شده تا اهمیت تحقیق حاضر بیش‌تر نشان داده شود.

## ۲-۲- تئوری سرریز کنگره‌ای

سرریزهای کنگره‌ای در سال ۱۹۲۰ ساخته شده‌اند، اما مطالعات گسترده عملکرد هیدرولیکی آن‌ها از سال ۱۹۶۸ آغاز شده و روش‌های مختلفی برای طراحی سرریزهای کنگره‌ای دوزنقه‌ای و مثلثی ارائه شده است (تیلور و هی، ۱۹۶۸).

سرریزهای کنگره‌ای، سرریزهای خطی یا غیر خطی هستند که در پلان دارای خطوط شکسته و دیواره‌های پیوسته هستند. در واقع محور تاج آن‌ها غیر مستقیم است. به دلیل غیر مستقیم بودن تاج آن‌ها نسبت به سرریزهای با تاج مستقیم طول تاج مؤثر بیش‌تری دارند. بنابراین برای یک ارتفاع آب بالادست ثابت نسبت به سرریزهای با تاج مستقیم دبی بیش‌تری را عبور می‌دهند. این مزیت در کانال‌ها و رودخانه‌ها باعث می‌شود که ارتفاع آزاد کمتری در کانال مورد نیاز باشد و مقدار خاکریزی در طول ساحل برای حفاظت زمین‌های بالادست را کاهش می‌دهد، همچنین در هزینه‌ها صرف جویی می‌شود. در سرریزهای کنگره‌ای ارتفاع آب بالادست و سرعت کم است بنابراین پدیده کاویتاسیون و فشار منفی کاهش می‌یابد. در مقایسه با سرریزهای درجه‌دار چون هزینه تعمیر و نگه‌داری درجه‌دار زیاد است می‌توان از این سرریزها استفاده کرد (تقی‌زاده، ۱۳۹۰). با رشد جمعیت نیاز به آب شیرین در حال افزایش است. برای تأمین این نیاز حجم مخازن سدهای موجود و در حال احداث باید افزایش یابد. افزایش حجم مخازن که به‌صورت افزایش ارتفاع آن است به گونه‌ای انجام می‌شود که امنیت سد حفظ شود و سرریز توانایی عبور دبی سیلاب مورد نظر را داشته باشد، بنابراین اکثر سرریزهای مستقیم موجود کوچک بوده و نیاز به اصلاح دارند. محققین به این نتیجه رسیده‌اند که در سرریزهای مستقیم با اصلاح یک یا ترکیبی از سه عامل ضریب دبی، طول تاج سرریز و ارتفاع آب بالادست می‌توان دبی عبوری را تغییر داد. تغییر ضریب دبی تأثیر ناچیزی روی دبی دارد و تابعی از شکل تاج، نحوه قرارگیری و محل سرریز است که انجام این تغییرات پرهزینه و غیراقتصادی است. در سرریزهای مستقیم باید محل احداث سرریز عریض شود تا طول مؤثر افزایش یابد چون شکل تاج مستقیم است که روشی غیراقتصادی است. سرریزهای کنگره‌ای سه شکل کلی دوزنقه‌ای، مثلثی و مستطیلی دارند (شکل ۲-۱). اما در بعضی طراحی‌های خاص می‌توانند شکل نیم دایره‌ای، نوک اردکی و ... نیز داشته باشند (رضایی، ۱۳۹۱).



شکل ۲-۱- نمای از بالا برای برخی از انواع سرریزهای کنگره‌ای الف) مستطیلی ب) دوزنقه‌ای و ج) مثلثی  
 $W$ : عرض کانال،  $a$ : عرض دماغه و  $b$ : طول دماغه (نما از بالا).

## ۲-۳- تئوری سرریز فیوزگیت

فیوزگیت‌ها در سال ۱۹۸۹ به وسیله فرانسویس لمپریه<sup>۱</sup>، به عنوان یک سیستم ساده و ایمن برای افزایش ذخیره مخزن، افزایش ظرفیت تخلیه سرریز و در نتیجه افزایش ایمنی سد اختراع (فال‌وی و تریله، ۱۹۹۵) و در بیشتر از ۴۰ سد در ۱۴ کشور مختلف در بین ۵ قاره اجرا گردیده است (ککاهان، ۲۰۰۳). اولین بار این سرریز بر روی سد ذخیره‌ای لوساس<sup>۲</sup> واقع در فرانسه در سال ۱۹۹۱ به اجرا در آمد که توانست ظرفیت مخزن را حدود ۱۵ درصد افزایش دهد (لمپریه، ۱۹۹۲).

از موارد کاربرد فیوزگیت می‌توان به سرریز مدل WHH<sup>۳</sup> برای افزایش ایمنی سد شانگ‌ونی<sup>۴</sup> در افریقای جنوبی در سال ۱۹۹۴ (هکین و تریسلر، ۱۹۹۴)، فیوزگیت تاج مستقیم برای حل مسئله لای‌روبی مخزن سد بنی آمرانه<sup>۵</sup> در الجزایر در سال ۲۰۰۳ (چوالیر، ۲۰۰۴)، سرریز مدل WHH بر روی سد ترمینیوس<sup>۶</sup> در کالیفرنیا در سال ۲۰۰۴ جهت کنترل سیل و تأمین آب کشاورزی (ککاهان و سوتر، ۲۰۰۴)، اجرای سرریز فیوزگیت به عنوان جایگزینی برای لای‌روبی بر روی سد قریب<sup>۷</sup> در الجزایر در سال ۲۰۰۷ (بلنس، ۲۰۰۶) و

1- François Lempérière  
 2- Lussas  
 3- Wide, High Head  
 4- Shongweni  
 5- Beni Amrane  
 6- Terminus  
 7- Ghrib

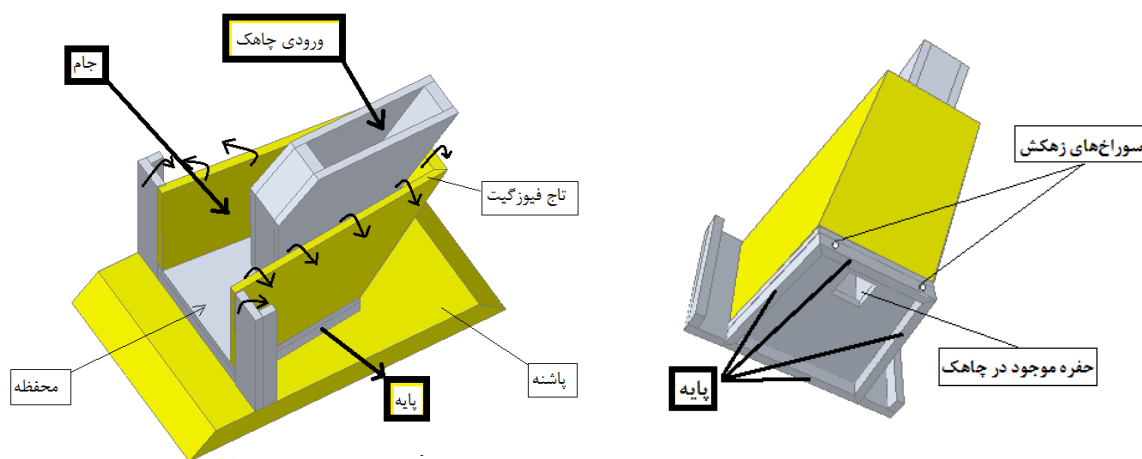
سرریز مدل WHH بر روی سد یورا<sup>۱</sup> واقع در کلمبیا در سال ۲۰۰۹ جهت مزایای فنی، زیست محیطی و اقتصادی (منتیل و همکاران، ۲۰۰۹) اشاره کرد.

سرریز فیوزگیت ترکیبی از سرریز کنگره‌ای و فیوزپلاگ می‌باشد. سرریز فیوزگیت نسبت به سرریز کنگره‌ای، برای سیل‌های بزرگ‌تری عمل می‌کند (خات سوریا، ۲۰۰۰) و عملکرد آن شبیه سرریز کنگره‌ای هوادهی شده می‌باشد (هایت و همکاران، ۲۰۰۰). مشکل عمده فیوزپلاگ نیز تخلیه شدید و آبی ظرفیت افزوده شده مخزن است که می‌تواند مشکلاتی را برای پایین دست ایجاد کند. در واقع با شروع کار یک فیوزپلاگ، کل پلاگ از بین می‌رود. ولی در فیوزگیت‌ها فقط تعدادی از دریچه‌ها که نیاز به عبور سیل دارند، قابل استفاده می‌باشند. به علاوه، ارتفاع مخزنی که هر دریچه آن سرریز می‌شود، می‌تواند به دقت کنترل گردد (فال‌وی و تریله، ۱۹۹۵). سرریز فیوزگیت دارای معایبی نیز می‌باشد. از جمله مشکلات اصلی آن، می‌توان به هزینه جایگزینی و کاهش مقطعی حجم مخزن اشاره کرد (لمپیر و ویگنی، ۲۰۰۷). این سرریز شامل ۳ جزء اصلی که در شکل زیر نشان داده شده، می‌باشد:

۱- جام<sup>۲</sup>، از فلز یا بتن مسلح

۲- پایه<sup>۳</sup>

۳- چاهک ورودی<sup>۴</sup>، که به محفظه‌ای<sup>۵</sup> که در پایه می‌باشد، متصل است (چوالیر و همکاران، ۱۹۹۶).



شکل ۲-۲- نمای سه بعدی سرریز فیوزگیت

- 1- Urra
- 2- Bucket
- 3- Base
- 4- Inlet Well
- 5- Chamber

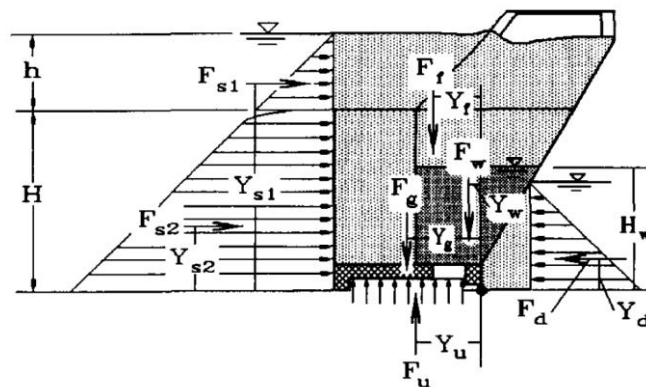
فیوزگیت‌های تاج کنگره‌ای، توسط سازنده‌ها از نظر نسبت عرض دریاچه به ارتفاع آن، به دو گروه عریض (W) و یا باریک (N)، و با توجه به محدوده سرریز شدن آن، که دارای هد کم (LH) باشد و یا هد زیاد (HH)، به سه مدل استاندارد: دریاچه باریک با بار کم<sup>۱</sup> (NLH)، دریاچه عریض با بار کم<sup>۲</sup> (WLH)، دریاچه عریض با بار زیاد (WHH) تولید می‌شوند که استاندارد طراحی آن‌ها مطابق روابط زیر می‌باشد.

جدول ۱-۲- معیارهای طراحی برای سه مدل استاندارد فیوزگیت (فال‌وی و تریله، ۱۹۹۵)

NLH	$W=1.0H$	$L_c=3.76H$	$L_a=1.0H$
WLH	$W=1.5H$	$L_c=4.09H$	$L_a=1.0H$
WHH	$W=1.8H$	$L_c=5.22H$	$L_a=1.2H$

در جدول فوق،  $W$  = عرض،  $H$  = ارتفاع،  $L_c$  = طول مؤثر تاج و  $L_a$  = طول کف فیوزگیت می‌باشد.

واژگونی یک فیوزگیت بستگی به گشتاور نیروهای مقاوم و محرک آن حول لبه پایین دست دارد. نیروهای محرک (لغزشی) شامل نیروی هیدرواستاتیک بالادست مدل و نیروی بالابر در محفظه است. گشتاور نیروهای مقاوم نیز به وسیله جرم سازه، جرم آب در مدل و نیروی هیدرواستاتیک پایین دست به وجود می‌آید. در شکل (۳-۲) نیروهای وارد شده به این مدل نشان داده شده است.



شکل ۳-۲- نیروهای وارد بر مدل فیوزگیت

در شکل فوق، نیروهای محرک وارد بر مدل:  $F_{s1}$  = نیروی هیدرواستاتیک بالادست وارد بر چاهک،  $F_{s2}$  = نیروی هیدرواستاتیک بالادست وارد بر جام،  $F_u$  = نیروی بالابر، و نیروهای مقاوم وارد بر مدل:  $F_g$  = نیروی جرم سازه،  $F_w$  = نیروی جرم آب و  $F_d$  = نیروی هیدرواستاتیک پایین دست می‌باشد.

1- Narrow, Low Head

2- Wide, Low Head