

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

دانشکده مهندسی زراعی

گروه مهندسی آب

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد در رشته مهندسی آب - سازه‌های آبی

موضوع:

اثر انحنای سرریز تخلیه بر عملکرد هیدرولیکی آن

(مطالعه موردی سد گرمی چای میانه)

استادان راهنما:

دکتر رامین فضل‌اولی - دکتر مجتبی صانعی

استاد مشاور:

دکتر علیرضا عمادی

دانشجو:

طاهره عشرتی

دی ماه ۱۳۹۲

با سپاس از ایند منان که منت نهاد بر من تا یابم آنچه را که میخواهم.

با سپاس از خانواده عزیزم

این پایان نامه را تقدیم می‌کنم به نگاه مهربان و مهربانی در یغشان

چکیده

سرریزها در کارهای عملی مهندسی عمران مورد استفاده‌ی فراوان دارند، بنابراین بررسی و مطالعه‌ی آنها از اهمیت خاصی برخوردار است. در برخی از موارد به دلیل محدودیت‌های اجرایی، طراحی سرریزهای بانحن در پلان اجتناب‌ناپذیر است. در چنین شرایطی مطالعه توزیع جریان در طول سرریز و دیگر پارامترهای مربوط به آن، حائز اهمیت خواهد بود. در این پژوهش یک مدل فیزیکی از سرریز سدگرمی‌چای میانه که از نوع اوجی آزاد با قوس محوری در پلان (مدل اصلی) است، در مقیاس ۱:۷۵ مورد آزمایش قرار گرفت. هم‌چنین به منظور بررسی اثر انحنای سرریز بر عملکرد هیدرولیکی آن یک مدل دیگر از سرریز با محور مستقیم و شرایط هندسی مشابه (مدل صاف) مورد مقایسه قرار گرفت. اندازه‌گیری‌ها در سراسر بدنه سرریز و برای ۱۴ دبی (۱۴ مقدار از نسبت عمق آب روی سرریز به عمق طراحی (h/H_d) در مدل اصلی و ۱۱ دبی (۱۱ مقدار از نسبت عمق آب روی سرریز به عمق طراحی (h/H_d) در مدل صاف انجام شد. نتایج مربوط به فشار استاتیک در مدل اصلی نشان داد حداقل فشار برای همه دبی‌های مورد آزمایش تا قبل از استغراق سرریز، در محل اتصال پروفیل اوجی به تنداب سرریز و برای دبی‌های استغراق روی تاج آن اتفاق می‌افتد. هم‌چنین با افزایش دبی مقطع وقوع پرش هیدرولیکی و آشفتگی جریان، در جهت بالادست و روی بدنه سرریز حرکت می‌کند که حداقل اندیس کاویتاسیون و حداکثر سرعت نیز برای هر دبی در مقاطع یکسان و در مقطع بحرانی مذکور محاسبه می‌شود. از طرفی با افزایش سرعت در هر دبی و کاهش فشار، ضریب خوردگی کاهش یافته و در مقطع انتهایی بدنه سرریز و برای کم‌ترین دبی به حداقل می‌رسد که این مقدار بزرگ‌تر از مقدار بحرانی آن و برابر ۱/۴۵ محاسبه می‌شود. نتایج مربوط به راندمان سرریز نشان داد با افزایش هد جریان تا ۱/۱۳ برابر هد طراحی، ضریب دبی و کارایی سرریز افزایش می‌یابد و برای دبی‌های بزرگ‌تر (هد جریان بزرگ‌تر از ۱/۲۶ برابر هد طراحی)، استغراق سرریز و کاهش ضریب دبی تا مقدار ۰/۹۲ در ۲/۰۸ برابر هد طراحی مشاهده می‌شود. برای سرریز با محور مستقیم افزایش ضریب دبی تا مقدار ۱/۲۵ برابر هد طراحی و پس از آن استغراق سرریز و کاهش ضریب تا مقدار ۰/۸۵ و در عمق جریان ۱/۹۸ برابر عمق طراحی محاسبه می‌شود که در مدل صاف به‌ازای هر دبی متناظر با مدل اصلی، ضریب سرریز مقدار کمتر و استغراق سریع‌تر اتفاق می‌افتد. میزان تأثیر افزایش ضریب دبی برای سرریز با قوس محوری به سمت بالادست و یا کاهش ضریب برای شکل نرمال سرریز در این پژوهش، برابر ۸ درصد محاسبه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: انحنای سرریز، سرریز اوجی، دبی و ضریب دبی، قوس محوری، کاویتاسیون، محور مستقیم، همگرایی

جریان

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات ۱

مقدمه ۲

۱-۱. موضوع و هدف طرح ۲

۲-۱. مفاهیم و شرایط حاکم بر پدیده ۵

۱-۲-۱. محاسبه دبی نظری سرریز ۶

۲-۲-۱. ضریب دبی ۸

۳-۲-۱. فشار استاتیکی ۱۰

۴-۲-۱. استغراق ۱۲

۵-۲-۱. کاویتاسیون ۱۳

اندیس کاویتاسیون ۱۴

۶-۲-۱. عمق و سرعت جریان ۱۵

فصل دوم: مرور منابع و سوابق پژوهشی ۱۶

مقدمه ۱۷

۱-۲. بیزین ۱۷

۲-۲. برادلی ۱۷

۳-۲. کسیدی ۱۸

۴-۲. فالوی ۱۸

- ۱۹-۲.....ورماین.....۵-۲
- ۲۰-۲.....اولسن و جلسویگ.....۶-۲
- ۲۰-۲.....بورگیسر و راشمن.....۷-۲
- ۲۰-۲.....سویج و جانسون.....۸-۲
- ۲۱-۲.....توفی.....۹-۲
- ۲۱-۲.....بو حاجی.....۱۰-۲
- ۲۱-۲.....هو و همکاران.....۱۱-۲
- ۲۲-۲.....چاتیلا و تابارا.....۱۲-۲
- ۲۲-۲.....بهاجانتری.....۱۳-۲
- ۲۳-۲.....درگاهی.....۱۴-۲
- ۲۳-۲.....جانسون و سویج.....۱۵-۲
- ۲۴-۲.....مارجیرسون.....۱۶-۲
- ۲۵-۲.....تولیس و نیلسون.....۱۷-۲
- ۲۶-۲.....هانت و همکاران.....۱۸-۲
- ۲۷-۲.....انصار و چن.....۱۹-۲
- ۲۹-۲.....مورالس و همکاران.....۲۰-۲
- ۳۰-۲.....کومار و همکاران.....۲۱-۲
- ۳۱-۲.....خسروجردی.....۲۲-۲
- ۳۱-۲.....خسروجردی و مهرجردی.....۲۳-۲

۳۱..... ۲۴-۲. فتحی مقدم و همکاران

۳۲..... ۲۵-۲. مهری و همکاران

۳۲..... ۲۶-۲. مهری و همکاران

۳۲..... ۲۷-۲. لطیفی

۳۳..... ۲۸-۲. بهمنی و همکاران

۳۳..... ۲۹-۲. فضل‌اولی و همکاران

۳۳..... ۳۰-۲. مددی و عمادی

۳۴..... ۳۱-۲. گوهرریزی و اژدریمقدم

۳۴..... ۳۲-۲. دانشخواه و همکاران

۳۵..... ۳۳-۲. آرامی و همکاران (الف)

۳۵..... ۳۴-۲. آرامی و همکاران (ب)

۳۷..... فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳۸..... مقدمه

۳۸..... ۱-۳. مشخصات کلی سد گرمی چای میانه

۴۰..... ۱-۱-۳. مدل‌سازی فیزیکی

۴۱..... مصالح

۴۱..... ساخت

۴۳..... نصب

۴۵..... ۲-۳. تجهیزات آزمایشگاهی

۴۵..... ۱-۲-۳. سامانه تأمین آب

۴۶..... ۲-۲-۳. سامانه اندازه‌گیری دبی جریان

۴۷..... ۳-۲-۳. امکانات فلوم مستطیلی و مخزن

۴۸..... ۴-۲-۳. ارتفاع سنج

۴۸..... ۵-۲-۳. دماسنج

۴۹..... ۳-۳. روش انجام آزمایش

۵۱..... فصل چهارم: ارائه و تفسیر نتایج

۵۲..... مقدمه

۵۲..... ۱-۴. عملکرد جریان روی سرریز

۵۴..... ۲-۴. تعیین ظرفیت آگذری اوجی در دبی‌های مختلف عبوری از آن

۵۷..... ۳-۴. توزیع فشار استاتیکی در طول سرریز

۵۹..... ۴-۴. بررسی اثرات استغراق احتمالی سرریز در ظرفیت تعیین شده

۵۹..... ۱-۴-۴. اثر پایاب

۶۱..... ۲-۴-۴. اثر کف‌بند پایین‌دست

۶۱..... ۵-۴. بررسی امکان وقوع کاویتاسیون

۶۴..... ۶-۴. بررسی تغییرات سطح آب و سرعت جریان در طول سرریز

۷۰..... ۷-۴. مقایسه نتایج مدل در شکل قوس‌دار و نرمال (بدون قوس در محور عرضی)

۷۲.....۱-۷-۴. بررسی ظرفیت آبگذری اوجی در دبی‌های مختلف عبوری از آن

۷۵.....۲-۷-۴. تغییرات سطح آب

۷۶.....۸-۴. استفاده از تحلیل ابعادی به منظور تعیین عوامل مؤثر بر ضریب دبی

۸۳..... فصل پنجم: جمع‌بندی و ارائه پیشنهادها

۸۴..... مقدمه

۸۴.....۱-۵. نتایج

۸۶.....۱-۵. پیشنهادها

۸۹..... منابع و مآخذ

۹۳..... پیوست‌ها

۹۴..... توزیع فشار استاتیک روی سرریز (بدون در نظر گرفتن پروفیل سرریز)

۹۵..... تغییرات سطح آب روی سرریز (بدون در نظر گرفتن پروفیل سرریز)

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱. چگونگی تشکیل پروفیل تاج و جلو سرریز لبه‌آبریز ۳
- شکل ۲-۱. منحنی‌های پروفیل‌های جلو و تاج یک سرریز لبه‌آبریز ۳
- شکل ۳-۱. شمای جریان از روی سرریز لبه‌تیز ۶
- شکل ۴-۱. ضریب دبی برای سرریز اوجی با وجه قائم ۹
- شکل ۵-۱. ضریب دبی برای دبی‌های غیر از دبی طرح ۱۰
- شکل ۶-۱. توزیع فشار روی یک سطح شیب‌دار ۱۱
- شکل ۷-۱. توزیع فشار روی سطح انحنادار (الف. سطح مقعر، ب. سطح محدب) ۱۱
- شکل ۸-۱. نسبت ضریب دبی در نتیجه اثر پایاب ۱۲
- شکل ۹-۱. نسبت ضریب دبی در نتیجه اثر کفبند پایین‌دست ۱۳
- شکل ۱-۲. نمایی از مدل مورد آزمایش، ورماین ۱۹۹۱ ۱۹
- شکل ۲-۲. سرریز سد Vatnsfellsstífla واقع در ایسلند ۲۴
- شکل ۳-۲. شمای کلی از سرریز اوجی در شکل مستغرق ۲۵
- شکل ۴-۲. نمایی از سرریز مورد آزمایش، هانت و همکاران ۲۰۰۸ ۲۶
- شکل ۵-۲. شمای کلی سرریز روزه‌ای مستغرق ۲۷
- شکل ۶-۲. شمای کلی سرریز مستغرق ۲۷
- شکل ۷-۲. شمای کلی سرریز روزه‌ای آزاد ۲۸
- شکل ۸-۲. شمای کلی سرریز آزاد ۲۸
- شکل ۹-۲. نمایی از مدل مورد آزمایش در دبی طراحی، مورالس و همکاران ۲۰۱۲ ۲۹
- شکل ۱-۳. پلان عمومی سد گرمی‌چای و سازه‌های وابسته ۳۹

- شکل ۳-۲. پلان سرریز سد گرمی چای ۳۹
- شکل ۳-۳. پروفیل سرریز سد گرمی چای ۳۹
- شکل ۳-۴. پلان سرریز اوجی همگرا و کانال پایین دست در مقیاس ۱:۷۵ ۴۲
- شکل ۳-۵. مقطع طولی مدل سرریز اوجی در مقیاس ۱:۷۵ ۴۲
- شکل ۳-۶. پلان سرریز اوجی در شکل صاف و در مقیاس ۱:۷۵ ۴۲
- شکل ۳-۷. تعبیه منافذ فشار پیزومتریک روی سرریز ۴۳
- شکل ۳-۸. نصب سرشلنگی به بدنه سرریز ۴۳
- شکل ۳-۹. جانمایی مدل اصلی سرریز در مخزن ۴۳
- شکل ۳-۱۰. نمایی از مدل صاف ۴۳
- شکل ۳-۱۱. تابلو پیزومتر به منظور اندازه گیری فشار استاتیک ۴۴
- شکل ۳-۱۲. دوربین تراز یاب نیوو به منظور تراز کردن سرریز ۴۴
- شکل ۳-۱۳. نمایی از مدل آماده برای آزمایش ۴۴
- شکل ۳-۱۴. قرار دادن پوشال و فیلتر در مخزن ۴۵
- شکل ۳-۱۵. نمایی از مدل مورد آزمایش (مدل اصلی) ۴۵
- شکل ۳-۱۶. نمایی از مدل دوم جانمایی شده در مخزن ۴۵
- شکل ۳-۱۷. نمایی از مدل مورد آزمایش (مدل صاف) ۴۵
- شکل ۳-۱۸. سامانه تأمین آب ۴۶
- شکل ۳-۱۹. سرریز مثلثی لبه تیز با زاویه رأس ۹۰ درجه ۴۶
- شکل ۳-۲۰. سبد فلزی مشبک انباشته از مصالح درشت دانه ۴۶
- شکل ۳-۲۱. منحنی دبی اشل سرریز مثلثی ۴۷

- شکل ۳-۲۲. نمایی از فلوم آزمایشگاهی مستطیلی ۴۷
- شکل ۳-۲۳. مخزن و کفبند سرریز ساخته شده از پلکسی گلاس ۴۷
- شکل ۳-۲۴. ارتفاع سنج برای اندازه‌گیری عمق جریان روی سرریز ۴۸
- شکل ۳-۲۵. ارتفاع سنج برای اندازه‌گیری ارتفاع جریان در پایاب ۴۸
- شکل ۳-۲۶. دماسنج جیوه‌ای ۴۸
- شکل ۳-۲۷. نمایی از پلان سرریز و مقاطع اندازه‌گیری در مدل اصلی ۵۰
- شکل ۳-۲۸. نمایی از پلان سرریز و مقاطع اندازه‌گیری در مدل اصلی ۵۰
- شکل ۴-۱. تشکیل موج دم‌خروسی در اثر برخورد دو جت جریان ۵۳
- شکل ۴-۲. تشکیل پرش دم‌خروسی در پایین‌دست سرریز ۵۳
- شکل ۴-۳. پرش در پای سرریز ۵۴
- شکل ۴-۴. استغراق سرریز ۵۴
- شکل ۴-۵. تشکیل گردابه در مجاورت پیشانی سرریز ۵۴
- شکل ۴-۶. تغییرات ضریب دبی در مقابل عمق آب روی سرریز به عمق طراحی ۵۵
- شکل ۴-۷. تغییرات ضریب دبی جریان در مقایسه با داده‌های منتشر شده از USBR ۵۶
- شکل ۴-۸. توزیع فشار استاتیک به‌ازای نسبت عمق جریان به عمق طراحی در دبی‌های مورد آزمایش ۵۸
- شکل ۴-۹. نمودار دبی اشل مدل سرریز ۵۹
- شکل ۴-۱۰. اثر پایاب در استغراق سرریز در مقایسه با داده‌های منتشر شده توسط USBR ۶۰
- شکل ۴-۱۱. تغییرات اندیس کاپیتاسیون به‌ازای نسبت عمق جریان به عمق طراحی در دبی‌های مورد آزمایش ۶۳
- شکل ۴-۱۲. پرش دم‌خروسی به‌ازای $h/H_d=0/53$ ۶۵
- شکل ۴-۱۳. پرش دم‌خروسی به‌ازای $h/H_d=0/64$ ۶۵

- شکل ۴-۱۴. پرش دم‌خروسی به‌ازای $h/H_d=0/74$ ۶۵
- شکل ۴-۱۵. پرش هیدرولیکی در مقطع ششم به‌ازای $0/90$ و $h/H_d=1/83$ ۶۶
- شکل ۴-۱۶. پرش هیدرولیکی در مقطع پنجم به‌ازای $1/08$ و $h/H_d=0/96$ ۶۶
- شکل ۴-۱۷. پرش هیدرولیکی در مقطع چهارم به‌ازای $h/H_d=1/13$ ۶۶
- شکل ۴-۱۸. استغراق سرریز در $h/H_d=1/98$ ۶۷
- شکل ۴-۱۹. استغراق سرریز در $h/H_d=2/08$ ۶۷
- شکل ۴-۲۰. پروفیل جریان به‌ازای نسبت عمق جریان به عمق طراحی در دبی‌های مورد آزمایش ۶۹
- شکل ۴-۲۱. تغییرات سرعت جریان برای نسبت عمق جریان به عمق طراحی با‌ازای دبی‌های قبل از استغراق ۷۰
- شکل ۴-۲۲. پرش در پای سرریز به‌ازای $h/H_d \leq 0/81$ ۷۱
- شکل ۴-۲۳. ادغام پرش و بالازدگی جریان به‌ازای $0/93 \leq h/H_d \leq 1/25$ ۷۱
- شکل ۴-۲۴. استغراق سرریز و تشکیل گردابه در $h/H_d=1/51$ ۷۲
- شکل ۴-۲۵. استغراق سرریز و تشکیل گردابه در $h/H_d=1/98$ ۷۲
- شکل ۴-۲۶. تغییرات ضریب دبی در مقابل عمق آب روی سرریز به عمق طراحی در مدل دوم ۷۳
- شکل ۴-۲۷. مقایسه تغییرات ضریب دبی بین مدل اصلی و مدل دوم ۷۳
- شکل ۴-۲۸. تغییرات ضریب دبی جریان در مقایسه با داده‌های منتشر شده از USBR در دو مدل ۷۴
- شکل ۴-۲۹. تغییرات سطح آب در مدل دوم به‌ازای دبی‌های مورد آزمایش ۷۶
- شکل ۴-۳۰. مقادیر ضریب دبی مشاهده شده و برآورد شده با رابطه ۴-۸ و ۴-۹ و بازه خطای $\pm 2\%$ ۷۹
- شکل ۴-۳۱. مقادیر خطای تخمین ضریب دبی با استفاده از روابط ۴-۸ و ۴-۹ ۷۹
- شکل ۴-۳۲. مقادیر ضریب دبی مشاهده شده و برآورد شده با رابطه ۴-۱۰ و ۴-۱۱ و بازه خطای $\pm 4\%$ ۸۰
- شکل ۴-۳۳. مقادیر خطای تخمین ضریب دبی با استفاده از روابط ۴-۱۰ و ۴-۱۱ ۸۰

شکل ۴-۳۴. مقادیر ضریب دبی مشاهده شده و برآورد شده با رابطه ۴-۱۲ و ۴-۱۳ و بازه خطای $\pm 2\%$ ۸۱

شکل ۴-۳۵. مقادیر خطای تخمین ضریب دبی با استفاده از روابط ۴-۱۲ و ۴-۱۳ ۸۱

شکل ۴-۳۴. مقادیر ضریب دبی مشاهده شده و برآورد شده با رابطه ۴-۱۴ و ۴-۱۵ و بازه خطای $\pm 2\%$ ۸۲

شکل ۴-۳۵. مقادیر خطای تخمین ضریب دبی با استفاده از روابط ۴-۱۴ و ۴-۱۵ ۸۲

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۱. تعیین عوامل مختلف برای طراحی سرریز لبه‌آبریز ۴
- جدول ۱-۲. ویژگی‌های آب خالص ۱۴
- جدول ۱-۳. ضوابط طراحی برای پیش‌گیری از خسارات خلاءزایی ۱۸
- جدول ۱-۴. نسبت‌های تشابه و روابط آن‌ها در مدل و پروتوتایپ ۴۰
- جدول ۲-۳. پارامترهای طراحی در مدل‌های مورد آزمایش ۴۱
- جدول ۱-۴. پارامترهای هیدرولیکی جریان در دبی‌های مختلف ۵۵
- جدول ۲-۴. نسبت استغراق به‌ازای دبی‌های مورد آزمایش ۶۰
- جدول ۳-۴. نتایج مربوط به حداقل اندیس کاویتاسیون، حداقل فشار و حداکثر سرعت روی سرریز ۶۴
- جدول ۴-۴. پارامترهای هیدرولیکی جریان در مدل دوم و به‌ازای دبی‌های مورد آزمایش ۷۲
- جدول ۵-۴. ابعاد و واحدهای متغیرهای هندسی، دینامیکی و سینماتیکی مورد نظر در تحلیل ابعادی سرریز ۷۷
- جدول ۶-۴. روابط پیشنهادی با استفاده از تحلیل ابعادی ۸۲

فصل اول:

مقدمه و کلیات

مقدمه

هنگامی که ارتفاع سطح آب دریاچه‌ی پشت سد به حداکثر مقدار خود برسد و در همین زمان سیل دیگری اتفاق بیافتد، بایستی وسیله‌ای در سد تعبیه شده باشد که بتواند این آب اضافی را از سد خارج کند. ساختمان هیدرولیکی را که بدین منظور، یعنی دفع آب اضافی به کار می‌رود سرریز می‌نامند. به عبارت دیگر یکی از کاربردهای مهم سرریزها، کنترل ارتفاع و حجم آب دریاچه‌ی پشت سد است که در این حالت شکل و ابعاد سرریز تابعی از موقعیت جغرافیایی و هیدرولوژیکی منطقه خواهد بود. علاوه بر این در شبکه‌های آبیاری از سرریزها برای کنترل سطح آب و اندازه‌گیری شدت جریان نیز استفاده می‌شود. قابلیت اندازه‌گیری بالا، محدوده‌ی وسیع و هزینه کمتر، سبب طراحی اشکال مختلف از سرریزها شده است [۱۸].

سرریز با توجه به حساس بودن کاری که انجام می‌دهد باید سازه‌ای مطمئن و با راندمان بالا انتخاب شود که در هر لحظه بتواند برای بهره‌برداری آمادگی داشته باشد. تاکید بسیار بر اهمیت سرریزهای مطمئن بی‌دلیل نیست. شکست سدهای بسیاری حاصل طراحی نادرست سرریز و یا مجهز بودن به سرریزی گزارش شده که دارای ظرفیت کافی نبوده است [۱۸].

در این فصل ابتدا موضوع و هدف پژوهش و در ادامه شرایط حاکم بر پدیده و مفاهیم کلی مربوط به اندازه‌گیری جریان عبوری از سرریز مورد مطالعه ارائه می‌گردد.

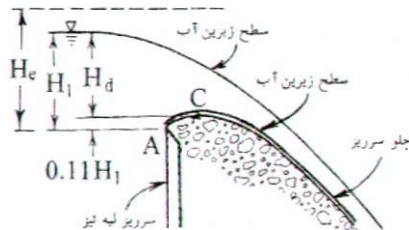
۱-۱. موضوع و هدف طرح

معمول‌ترین و در عین حال ارزان‌ترین سرریز که بتواند مقدار زیادی آب را از روی خود عبور دهد، سرریز لبه‌آبریز^۱ یا همان سرریز اوجی^۲ می‌باشد. هم‌چنین از این نوع سرریز در سدهای انحرافی به منظور بالا آوردن سطح آب و انحراف آن به مزرعه استفاده می‌شود. این سرریزها بر اساس محاسبات هیدرولیکی مربوط به سرریزهای با تاج مدور به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که پروفیل تاج و جلو ساختمان آن‌ها منطبق بر سطح زیرین آب لبریز شده از یک سرریز لبه‌تیز مستطیلی با همان مشخصات مورد نیاز در بالادست سرریز اصلی می‌باشد. به همین منظور یک سرریز مستطیلی لبه‌تیز با همان مشخصات بالا-دست سرریز لبه‌آبریز انتخاب شده و همان مقدار دبی از روی سرریز لبه‌تیز عبور داده می‌شود. آب ضمن پرتاب از روی سرریز دارای دو سطح بالا و پایین خواهد بود که در هر دو قسمت فشار اتمسفریک حاکم است. هر شکلی که سطح زیرین آب به خود اختصاص داده برای تاج و جلو سرریز اصلی انتخاب می‌شود که در این صورت حداکثر دبی بدون ایجاد پدیده کاویتاسیون از روی سرریز عبور خواهد کرد. تعیین این منحنی بر اساس دبی حداکثری که از روی سرریز عبور خواهد نمود و اصطلاحاً دبی طرح نامیده می‌شود، صورت می‌گیرد. با در نظر گرفتن این مطلب، مقدار H_d که به ارتفاع طرح مرسوم است، از مقدار H_1

^۱ Overfall Spillway

^۲ Ogee Spillway

(شکل ۱-۱)، کمتر بوده و هرگاه در عمل به جهت کاهش دبی، مقدار ارتفاع آب نسبت به تاج سرریز (H_e)، از H_d کمتر شود، فشار وارده بر سطح سرریز مثبت و در صورتی که مساوی H_d باشد، فشار صفر و احتمالاً چنانچه بیشتر از H_d گردد، فشار منفی خواهد بود. در صورت اخیر احتمال ایجاد پدیده کاویتاسیون و لذا خرابی سرریز بوده و بنابراین هرگز پیشنهاد نمی‌شود که سرریز را به گونه‌ای طراحی کنند که در عمل امکان ایجاد ارتفاعی بیشتر از H_d به وجود آید [۱].

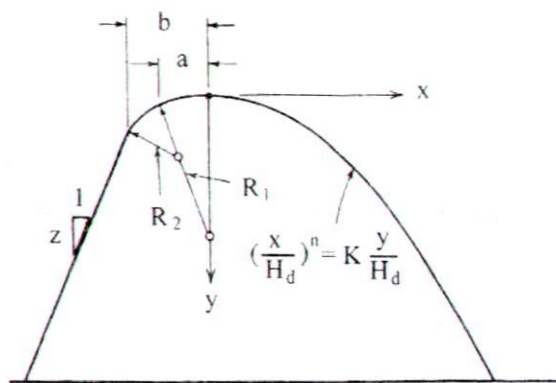


شکل ۱-۱. چگونگی تشکیل پروفیل تاج و جلو سرریز لبه‌آبریز [۱]

برای طراحی سرریزهای اوجی و با توجه به اصول فوق، تحقیقات بسیار ارزنده‌ای به وسیله USBR انجام گرفته که به روابط نسبتاً ساده‌ای برای تعیین منحنی تاج و جلو سرریز منتهی می‌گردد. چنانچه در حالت کلی یک سرریز لبه‌آبریز را مطابق شکل ۲-۱ در نظر بگیریم، طبق پیشنهاد USBR، منحنی جلو سرریز می‌تواند معادله زیر را دارا باشد:

$$(X/H_d)^n = K y/H_d \quad (1-1)$$

که مقادیر K و n تابعی از شیب سرریز در بالادست بوده و برای تعیین آن‌ها و هم‌چنین محاسبه پروفیل تاج سرریز در بالادست می‌توان از جدول ۱-۱ استفاده نمود. این منحنی تا نقطه‌ای ادامه خواهد داشت که مماس بر شیب پایین‌دست جلو سرریز گردد و این شیب خود براساس پایداری عمومی سازه تعیین می‌گردد [۱].



شکل ۲-۱. منحنی‌های پروفیل‌های جلو و تاج یک سرریز لبه‌آبریز [۱]

جدول ۱-۱. تعیین عوامل مختلف جهت طراحی سرریز لبه آبریز [۱]

b	a	R_2	R_1	k	n	z
$0.282 H_d$	$0.175 H_d$	$0.20 H_d$	$0.50 H_d$	۲/۰۰۰	۱/۸۵۰	∞ قائم
$0.237 H_d$	$0.139 H_d$	$0.21 H_d$	$0.68 H_d$	۱/۹۳۶	۱/۸۳۶	۳
$0.214 H_d$	$0.115 H_d$	$0.22 H_d$	$0.48 H_d$	۱/۹۳۹	۱/۸۱۰	۱/۵
$0.119 H_d$	$0.119 H_d$	۰	$0.45 H_d$	۱/۸۷۳	۱/۷۷۶	۱

پارامترهای بسیاری در عملکرد مناسب سرریز یک سد و بهره‌برداری مطلوب از آن تأثیرگذار است. از جمله این پارامترها هندسه تاج و سرریز، پارامترهای دبی، مشخصه‌های استغراق و عمق آب در بالادست و پایین‌دست سرریز، ضریب دبی یا همان ظرفیت تخلیه سرریز و غیره می‌باشد. ظرفیت تخلیه مناسب یکی از عوامل مهم در طراحی سرریز سدها است که با پارامتری به نام ضریب گذردهی سرریز سنجیده می‌شود. به منظور ساخت یک سرریز با راندمان بالا و نیاز کم به نگهداری، شکل تاج می‌باید به گونه‌ای باشد که ضریب گذردهی بالا و فشارهای نسبتاً یکنواخت و قابل پیش‌بینی روی تاج ایجاد کند [۱۸]. ضریب گذردهی بالا بیانگر توان مناسب سرریز در تخلیه دبی مازاد است. برای اطمینان از عملکرد ایمن سرریز در شرایط سیلابی مختلف باید ضریب گذردهی آن مورد بررسی قرار گیرد. ضرایب طراحی سرریزهای تخلیه که در مراجع استاندارد طراحی در دسترس است مربوط به سرریزهایی است که امتداد آن‌ها عمود بر جهت جریان است. در برخی از موارد به دلیل محدودیت‌های اجرایی و طراحی، استفاده از سرریزهای کنگره‌ای^۱، سرریزهای جانبی^۲ و همچنین طراحی سرریزهای با انحنا در پلان اجتناب‌ناپذیر است. در چنین شرایطی توزیع جریان در طول سرریز می‌تواند انحراف قابل توجهی از فرض‌هایی که در طراحی در نظر گرفته شده است تجربه کند. این پدیده به نوبه خود می‌تواند ضریب تخلیه سرریز و رفتار هیدرولیکی کانال نزدیک‌شونده^۳ و کانال پایین‌دست را به شدت تحت تأثیر قرار دهد. چنین تأثیری اگر در زمان طراحی مورد بررسی آزمایشگاهی قرار نگیرد و مسائل ناشی از آن حل نشود شرایط بهره‌برداری نامطلوبی ایجاد می‌کند که می‌تواند عملکرد متداول سازه را به مخاطره اندازد. از این رو نادیده گرفتن مسئله و عدم پرداخت به آن در زمان طراحی می‌تواند هزینه‌های هنگفت اصلاح شرایط جریان را در زمان بهره‌برداری تحمیل کند. بر این اساس و با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش، عملکرد هیدرولیکی سرریز با انحنا در پلان به صورت بررسی و مقایسه پارامترهای جریان عبوری از آن مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. برای این منظور مدل فیزیکی سرریز سد گرمی‌چای میانه که یک سرریز اوجی با انحنا در پلان می‌باشد، در مقیاس ۱:۷۵ ساخته و در آزمایشگاه هیدرولیک پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری جهاد کشاورزی نصب گردید. از آنجا که هدف پژوهش ارزیابی اثر انحنا بر سرریز بر عملکرد هیدرولیکی آن می‌باشد، آزمایش‌ها برای یک مدل دیگر از سرریز در شکل صاف در مقیاس ۱:۷۵ و تحت همان شرایط قبل تکرار شد. به‌طور کلی در این رساله ابتدا با استفاده از داده‌های واقعی از آزمایش‌های انجام شده یک تجزیه و تحلیل از عملکرد هیدرولیکی سرریز در شرایط قوس محوری به سمت بالادست و سرریز در شکل صاف صورت گرفته و پس از آن برای ارزیابی عملکرد سرریز در شرایط قوس‌دار و بررسی اثر انحنا، نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها، بر اساس مقایسه پارامترهای موجود،

^۱ Labyrinth Spillways^۲ Side Channel Spillways^۳ Approach channel

مورد بررسی قرار گرفته است. فرضیات این پژوهش به طور کلی شامل این موارد است: سرریز با پلان قوسی عملکرد متعادل تری نسبت به شکل بدون قوس آن خواهند داشت. بارزترین اثر آن می‌تواند در افزایش جریان عبوری از سرریز یا همان ظرفیت آبگذری سرریز باشد؛ احتمال وقوع پدیده کاویتاسیون در لبه اوجی در دبی‌های بالا وجود دارد و و عمق آب در ابتدای بخش همگرا در نزدیکی دیواره‌ها افزایش و به تدریج و با نزدیک شدن به انتهای سرریز کاهش می‌یابد.

لازم به ذکر است که منظور از مدل فیزیکی ساخت نمونه‌ای از طرح واقعی با مقیاس کوچک‌تر می‌باشد، به طوری که کلیه رفتارهای هیدرولیکی-دینامیکی در نمونه منطبق با اصل باشد. مسلماً مدل‌های فیزیکی در مقایسه با شرایط واقعی دارای تفاوت‌هایی می‌باشند، اما مقایسه نتایج به دست آمده از مدل‌های فیزیکی نشان داده که تناظر رفتار آن‌ها اغلب قابل قبول می‌باشد. لذا، از آنجا که رفتار هیدرولیکی در مدل فیزیکی با واقعیت شباهت زیادی دارد و جریان‌های سه‌بعدی را می‌توان به راحتی مدل کرد، هنوز مدل‌های فیزیکی در علم هیدرولیک کاربرد زیادی دارند. علاوه بر این بسیاری از پدیده‌های هیدرولیکی به حدی پیچیده هستند که روابط ریاضی حاکم بر آن‌ها بسیار مشکل و یا گاهی هنوز امکان‌پذیر نیست، در نتیجه روش تحلیلی برای آن‌ها در حال حاضر وجود ندارد. بر این اساس با توجه به دقت مورد نیاز برای اندازه‌گیری و مشاهده پارامترها و پدیده‌های مورد مطالعه، ماهیت هیدرولیکی پدیده‌های مورد بحث، محدودیت‌های آزمایشگاه (مانند فضای مناسب و موجود برای ساخت مدل، حجم عملیات ساختمانی، حداکثر دبی قابل تأمین و دقت تجهیزات اندازه‌گیری) و خطای مقیاسی (Scale Effect) اقدام به تعیین مدل مقیاس مدل فیزیکی و معیارهای شبیه‌سازی در مدل می‌شود [۹].

۲-۱. مفاهیم و شرایط حاکم بر پدیده

در این تحقیق به مطالعه جریان عبوری از سرریز اوجی و بررسی اثر انحنای محور طولی بدنه آن در عملکرد هیدرولیکی سرریز پرداخته شده است. با توجه به اهمیت موضوع و به منظور بررسی دقیق شرایط هیدرولیکی سرریز شرایط زیر در تحقیق حاضر در نظر گرفته شده است.

الف) شرایط هندسی:

مدل‌های سرریز هر دو با پروفیل اوجی یکسان و شرایط همگرایی مشابه (دیواره‌های جانبی همگرا با زاویه برابر) ساخته شده‌اند با این تفاوت که در مدل اصلی، محور طولی سرریز به صورت قوس‌دار و در مدل مقایسه‌ای محور سرریز به شکل مستقیم طراحی و عمود بر جهت عمومی جریان در یک مخزن مستطیلی مورد آزمایش قرار گرفته‌اند.

ب) شرایط هیدرولیکی:

انتهای کانال پایین دست در هر دو سازه سرریز با یک جریان ریزشی آزاد، به منظور جلوگیری از اثر پایاب بر خصوصیات هیدرولیکی جریان، در نظر گرفته خواهند شد.

هم‌چنین برای انجام این تحقیق از مفاهیم پایه مطابق بخش‌های زیر استفاده گردیده است.