

بررسی آزمایشگاهی تاثیر مجرای پلکانی و تعداد آن در عملکرد هیدرولیک جریان عبوری از روی سرریز نیلوفری

امیر روشن^۱
روزبه آقا مجیدی^{۲*}

چکیده

سرریزها بنا برنوع شرایط بهره برداری، نوع سازه، محل احداث سد و خصوصیات هیدرولیکی در انواع مختلف طراحی می شوند. سرریز نیلوفری گونه ای است که شامل یک دهانه دایروی، یک تبدیل دایروی قائم و یک تونل تحت فشار افقی است. در این مطالعه آزمایشگاهی به بررسی تاثیر پلکان و تعداد آن و همچنین تاثیر وجود گرداب شکن بر عملکرد هیدرولیکی سرریز نیلوفری پرداخته شده است. که علت آن ساده سازی شکل هندسی در هنگام اجرا و افزایش بازدهی انتقال دبی هنگام عبور جریان می باشد. بر اساس نتایج، مشاهده شد که در ضرایب نسبت استغراق، پایین سرریز با ۴ طبقه بیشترین عملکرد را در انتقال دبی دارد و با افزایش ضریب نسبت استغراق وجود پلکان باعث کاهش عملکرد هیدرولیکی سرریز می شود. از طرفی در تمامی حالات به جزء سرریز با ۱۲ طبقه، وجود گرداب شکن با آرایش ۳ تایی بر جدایی گرداب شکن ها تاثیر دارد و راندمان انتقال دبی از سرریز و جداسازی خطوط جریان بهتر انجام می شود.

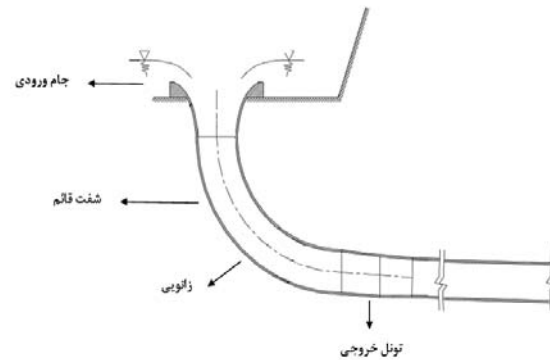
واژه های کلیدی :

سرریز نیلوفری ، مجرای پلکانی ، ضریب سرریز

^۱ دانش آموخته دکتری تخصصی مهندسی منابع آب ، گروه مهندسی آب ، واحد علوم و تحقیقات ، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. amirrowshan@yahoo.com
^{۲*} نویسنده مسئول : استادیار، دانشکده فنی و مهندسی بخش عمران ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سپیدان. roozbeh1381@yahoo.com

مقدمه

هر سازه سد بنا به هدف ساخت باید بتواند حجم آب مازاد ناشی از سیلاب را از خود عبور دهد که بدین منظور از سازه های مختلفی مانند انواع سرریز بهره میگیرند. سرریزها بنا بر نوع بهره برداری، نوع سازه سد و خصوصیات هیدرولیکی در انواع مختلف طراحی می شوند. یکی از این نوع سرریزها، سرریز دایروی است. این سرریز از یک دهانه دایروی، یک تبدیل دایروی قائم و یک تونل تحت فشار افقی که نهایتاً آب را از مخزن سد به پایین دست منتقل می کند، تشکیل می شود (شکل (۱)). به عبارت دیگر، سرریز نیلوفری از یک تاج دایره ای تشکیل می گردد که جریان را به یک محور مایل یا قائم هدایت می نماید.



شکل (۱): ساختار سرریز نیلوفری

در سرریزهای نیلوفری وجود گرداب می تواند باعث کاهش دبی، ضریب دبی و عملکرد سرریز شود. بدین منظور در این نوع سرریزها از تیغه های گرداب شکن و سازه های جداکننده استفاده می شود که در جهت جلوگیری از ایجاد جریان گردابی و افزایش دبی جریان بسیار موثر می باشند. البته نوع و نحوه قرارگیری تیغه ها بر روی سرریز نیز حائز اهمیت است. بررسی ها نشان می دهند اگر تعداد، زاویه و شکل تیغه ها بر روی سرریز از حد مشخصی بیشتر گردد، این امر باعث کاهش سطح و کاهش دبی عبوری از روی سرریز می گردد. در ادامه چند نمونه از تحقیقات صورت گرفته در این زمینه آورده شده است.

آقای سانداوسوارا^۱ در سال ۲۰۰۶، در مطالعه ای به بررسی تاثیر زبری سطح بتن بر روی پدیده کاویتاسیون در سرریزهای نیلوفری پرداختند. نتایج نشان داد؛ کاهش زبری سطح بتن و حذف محل اتصال ساختمان ها در مجاورت قیف ورودی سبب کاهش پدیده کاویتاسیون می شود. آقای توانا و همکاران^۲ در سال ۲۰۱۱، با مدل آزمایشگاهی سرریز نیلوفری به مطالعه تاثیر تعداد و ارتفاع تیغه های گرداب شکن بر ضریب دبی پرداختند و نتیجه گرفتند که تیغه ها موجب افزایش ضریب تخلیه می شوند و با افزایش عمق استغراق، ضریب تخلیه سرریز کاهش می یابد.

آقایان پادمانابهان و هچر^۳ سال ۲۰۰۹ در مطالعه ای به بررسی جریانهای چرخشی در سرریزهای نیلوفری پرداختند و نتیجه گرفتند که در مورد جریانهای چرخشی مستغرق، تولید پی در پی این جریانها و مدلسازی شدت جریانهای چرخشی ایجاد شده بوسیله گردابها نیازمند وجود حداقل تأثیر لزجت می باشد. جین و همکاران^۴ سال ۱۹۷۸ در تحقیقات خود نشان نشان دادند که در صورت افزایش عدد وبر^۵ به بیش از ۱۲۰ می توان از تأثیر کشش سطحی بر گرداب صرفنظر کرد. وگنر^۶ در ۱۹۵۶ در مطالعه ای نشان داد که اگر ارتفاع آب روی تاج سرریز در مدل بیشتر از ۵ سانتی متر باشد؛ می توان از تأثیر کشش سطحی بر ضریب تخلیه سرریز صرفنظر نمود. نوواک و همکاران^۷ سال ۲۰۰۷، مطالعه جدیدی روی سرریزهای نیلوفری انجام داده اند و نتیجه مطالعات خود را در قالب فرمولهای استغراق جریان سرریز بیان نموده اند.

آقای وین کالمن و لیندل^۸ سال ۲۰۰۴، مطالعات نسبتاً جدیدی جدیدی در زمینه تغییر دهانه سرریزهای نیلوفری انجام داده اند. فتحی مقدم و همکاران نیز به بررسی توزیع فشار هیدرودینامیکی بر روی سرریز سد بالا رود پرداخته و فشار در

¹ Thandaveswara

² Tavana et al.

³ Padmanabhan and Hecher

⁴ Jain & et al.

⁵ Weber number

⁶ Wagner

⁷ Novak & et al.

⁸ Wayne coleman & lindell

۳..... بررسی آزمایشگاهی تاثیر مجرای پلکانی و تعداد آن در عملکرد هیدرولیک جریان عبوری از روی سرریز نیلوفری

روش انجام کار

ساخت مدل فیزیکی

هدف این مطالعه در مرحله اول تأمین امنیت سازه‌ای سد و سرریز بوده و در مرحله دوم طراحی ساختمان‌هایی از سرریز نیلوفری گلو کوتاه می باشد. در این تحقیق یک مدل فیزیکی، مشابه مدل سرریز سد سن لوئیس فرمای^۲ واقع در دره مرکزی ایالت کالیفرنیا آمریکا (سرریز نیلوفری گلوکوتاه) انتخاب شده است. این مدل با پاره‌ای تغییرات در ابعاد و مقیاس آن، جهت انجام آزمایشات جدید آماده‌سازی شده است. بالاترین قسمت این مدل، مخزن سد می‌باشد که متشکل از یک کانال دوزنقه‌ای به انضمام دهانه ورودی سرریز است. این کانال آب را به سمت دهانه تاج سرریز هدایت می‌کند. این مخزن مکعب شکل، در ابعاد $1/20 \times 1/05 \times 0/911$ متر در مقیاس آزمایشگاهی مطابق با جدول (۱) است.

جدول (۱): مشخصات ابعادی مدل آزمایشگاهی سرریز

ابعاد (m)	پارامتر
۱/۴۶	طول سرریز
۰/۳۵	قطر تاج
۰/۰۷	قطر گلوبی هر سرریز
۰/۱۰۱۶	قطر خم
۰/۰۷۶۲	قطر تونل پایین دست

در پایین دست تونل سد، یک مخزن مکعب مستطیلی ۲۰۰۰ لیتری با ابعاد $2/1 \times 1/1 \times 1/1$ متر و با ورق فولادی ۳ میلیمتری جهت ذخیره آب در نظر گرفته شده است. از طرفی مخزن سرریز (محل قرارگیری سرریز) با ابعاد $1/2 \times 1/1 \times 1/2$ متر ساخته شده است. در این مدل آب توسط یک پمپ سه اینچی از مخزن پایین دست به کانال دوزنقه‌ای در مخزن سد هدایت شده و پس از مدت زمانی که مخزن بالادست پر شد آب از روی تاج سرریز (بدون مجرای سرریز) عبور می کند و وارد مخزن پایین دست می‌شود. این عمل

نقاط مختلف سرریز سد رصد شده و مورد مطالعه قرار گرفته است. کبیری و برقای^۱ در سال ۲۰۱۳ تأثیر نصب صفحات گردابشکن مستطیلی در رأس ورودی مدل آزمایشگاهی لوله آبگیر قائم را بر قدرت گرداب مطالعه نمودند؛ نتایج حاصله نشان داد که هرگونه عدم تقارن در قرارگیری صفحات گردابشکن، درصد هوای موجود در گرداب را افزایش میدهد و در نتیجه دبی عبوری کاهش مییابد. کشکولی و همکاران سال ۲۰۱۳ در تحقیقی به وسیله مدل فیزیکی سرریز نیلوفری، تأثیر تیغه های گردابشکن در اشکال مختلف را بر ضریب دبی بررسی نمودند؛ نتایج حاصله نشان داد که عملکرد سرریز با آرایش شش تایی گردابشکن های تیغه ای، دارای بازده و راندمان بالا تری است. موسوی و همکاران در سال ۲۰۱۶ با استفاده از مدل فیزیکی سرریز نیلوفری، تأثیر گردابشکنهای زاویه دار بر ضریب دبی را مطالعه نمودند. نتایج نشان داد که آرایش شش تایی گرداب شکن با زاویه ۴۲ درجه بیشترین تأثیر را در کاهش ارتفاع آب و افزایش ضریب دبی دارد.

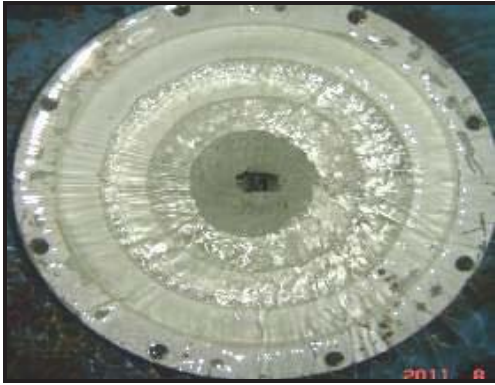
شمشی و کریمی سال ۲۰۱۷ با ساخت مدل آزمایشگاهی سرریز نیلوفری، در نظر داشتند که تأثیر هندسه ورودی کلید پیانویی در تاج سرریز را بر آستانه استغراق و ضریب دبی مورد ارزیابی قرار دهند که با توجه به سناریوهای بررسی شده، نقش ورودی کلید پیانویی را در کاهش قدرت گرداب و افزایش ضریب دبی عبوری سرریزهای نیلوفری مناسب معرفی نمودند.

دهانه ورودی سرریزهای نیلوفری در اکثر نقاط دنیا با جداره‌های کاملاً صاف و زبری نسبتاً کم طراحی می‌گردد. روشن است که عملیات طراحی و ساخت این سرریزها با وجود انحنای جداره از لحاظ سازه ایی و بتن ریزی، بسیار مشکل خواهد بود، از اینرو سرریزهای نیلوفری با دهانه پلکانی می‌تواند گامی مؤثر در جهت سهولت طراحی و ساخت در دنیا بردارد. در واقع ضرورت انجام این تحقیق، تعیین عملکرد هیدرولیکی سرریزهای پلکانی نسبت به سرریز پلکانی ساده و سرریز ساده نیلوفری می‌باشد.

² San Luis Reservoir Dam

¹ Kabiri and borghaei

متصل می باشد و بر روی آن می توان ارتفاع مختلف آب را با توجه به محل قرارگیری آن در سد قرائت نمود. در اشکال (۳) تا (۵) تغییر رژیم جریان در سرریز نیلوفری با مجرای پلکانی مشاهده می شود.



شکل (۳): نمایی آغاز جریان با دبی کم در سرریز با مجرای پلکانی



شکل (۴): نمایی تغییر رژیم جریان در سرریز نیلوفری با مجرای پلکانی



شکل (۵): نمایی تغییر رژیم جریان در سرریز نیلوفری با مجرای پلکانی (ایجاد حالت گردابه ای)

جهت دبی سنجی از رابطه دبی بصورت وزنی و حجمی استفاده شده است و جهت واسنجی دبی از فلومتر ساخت

تحت تأثیر دبی های جریان متفاوت که توسط پمپ ایجاد می شود به دفعات مورد نیاز تکرار می گردد.

در ادامه جهت کنترل دبی های موجود، از سه راهی به همراه دو شیر استفاده گردید. بدین صورت که در مسیر جریان بلافاصله بعد از پمپ، جریان به درون مخزن آب بازگشته و قسمت دیگر بلافاصله به وسیله یک زانویی ۹۰ درجه به درون مخزن منتقل می گردد. لازم به توضیح است جهت ورودی آب مخزن به پمپ از یک لوله ۳ اینچی خرطومی پلاستیکی که به شیر خروجی مخزن متصل شده، استفاده گردید تا عملیات چرخش^۱ آب به خوبی انجام پذیرد. جهت اندازه گیری دبی ورودی به مخزن سد از یک سرریز مثلی با ابعاد ۰/۲۵×۰/۲۵×۰/۲ متر (با زاویه داخلی ۶۰ درجه) استفاده شده که این سرریز با دبی های مختلف کالیبره شده است. آب پس از پمپاژ از مخزن آبیگیر و پس از ورود به مخزن سرریز و عبور از ضربه گیر به صورت آرام به سرریز منتهی شده که پس از عبور جریان از درون آن توسط یک زانویی فلنجی- جوش ۹۰ درجه سه اینچ به لوله خروجی مخزن و نهایتاً به مخزن آبیگیری اتصال می یابد. در شکل (۲) نمایی از سرریزهای استفاده شده آورده شده است.



شکل (۲): نمایی از انواع مقاطع سرریزها

جهت کنترل فشار در نقاط مختلف سرریز نیلوفری، از یک تابلو پیزومتریک استفاده شده است. که در آن لوله های ۴ میلیمتری باریک شفاف قرار گرفته که به نقاط مختلف سرریز

^۱ Circulation

۵..... بررسی آزمایشگاهی تاثیر مجرای پلکانی و تعداد آن در عملکرد هیدرولیک جریان عبوری از روی سرریز نیلوفری

محاسبه شده و رابطه (۲) مربوط به برازش کلی با استفاده از کل نتایج برای یک سرریز و برای تمام سرریز ها بکار رفته است.

بررسی هیدرولیک جریان در سرریز نیلوفری سه پلکانی با رابطه ضریب تخلیه و نسبت استغراق

در این حالت ضریب تخلیه سرریز نیلوفری سه پلکانی با رابطه ضریب تخلیه و نسبت استغراق مورد بررسی قرار گرفت. در شکل (۶) میزان تغییرات ضریب تخلیه با رابطه ضریب گردابشکن، ارتفاع گرداب شکن و ضخامت آن با ۳ پلکان نشان داده شده است.

با توجه به شکل (۶) مشاهده می شود که ضریب تخلیه از ۰/۱۵ الی ۱/۴۵ و نسبت استغراق بین ۰ تا ۰/۶ متغیر می باشد. در این نمودار مشخص است که بیشترین میزان تغییرات مربوط به آرایش ۳ تایی گرداب شکن با ارتفاع ۵/۵ سانتیمتر و ضخامت ۲۰ میلیمتر است.

چین بنام فلومتر D118I استفاده گردید. که این دبی سنج دارای دقت تا $\pm 5\%$ لیتر بر ثانیه است.

بحث و بررسی نتایج

در این بخش نتایج حاصل از آزمایشات به طور جداگانه برای انواع حالات سرریزهای نیلوفری مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه در ابتدا به بررسی رابطه دبی - اشل در سرریزهای مثلثی می پردازیم و بعد نتایج به همراه صحت سنجی ها آورده می شود.

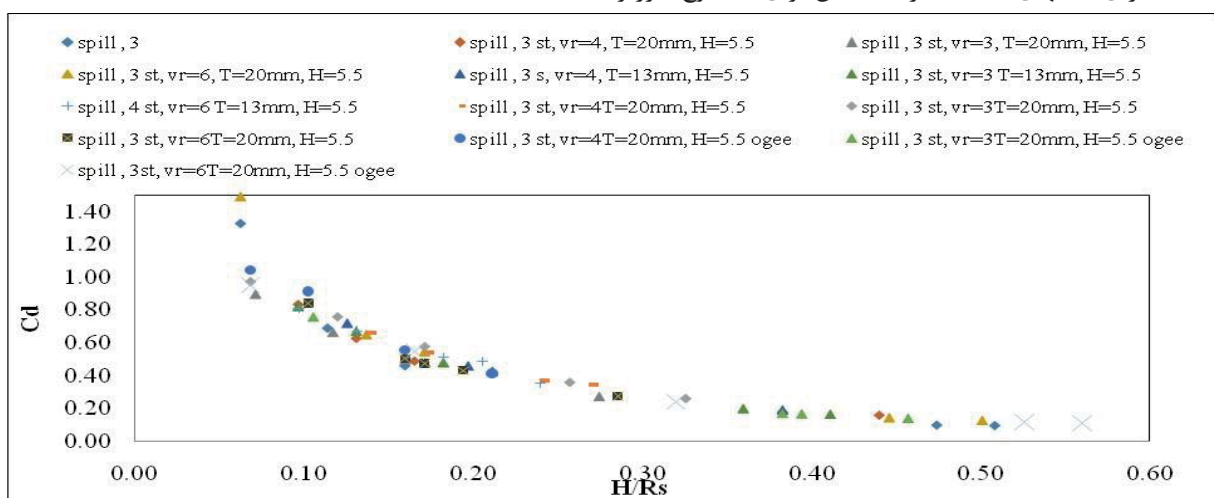
روابط ریاضی برای تعیین ضریب تخلیه سرریز

جهت محاسبه میزان مناسب ضریب تخلیه سرریز بر اساس نسبت استغراق، با استفاده از نرم افزار آماری S.P.S.S یک سری روابط ریاضی استخراج شده است. جهت تعمیم روابط ریاضی سری روابط حاصل به صورت روابط (۱) و (۲) می باشد.

$$cd = a * (H / r_s)^b \quad (1)$$

$$cd = a * (H / r_s)^b * c * (Fr)^d \quad (2)$$

در روابط ۱ و ۲ ضرایب آزمایشگاهی می باشند. رابطه (۱) برای حالت های مختلف گرداب شکن برای یک نوع سرریز

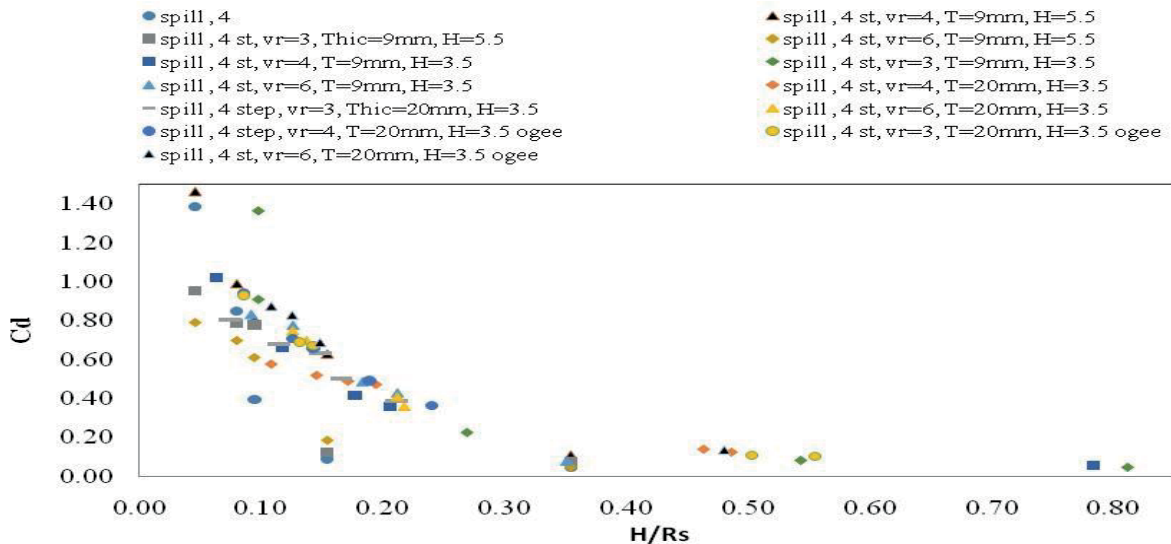


شکل (۶): ضریب تخلیه سرریز با سرریز نیلوفری و با مجرای ۳ پلکانی با رابطه ضریب تخلیه و نسبت استغراق

بررسی هیدرولیک جریان در سرریز نیلوفری چهار پلکانی با رابطه ضریب تخلیه و نسبت استغراق

در این بخش ضریب تخلیه سرریز با سرریز نیلوفری و با مجرای چهار پلکانی با رابطه نسبت استغراق به ضریب تخلیه

مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل (۷) میزان تغییرات ضریب تخلیه با رابطه نسبت استغراق به ضریب تخلیه برای حالات مختلف تعداد گردابشکن، ارتفاع گرداب شکن و ضخامت آن با چهار پلکان آورده شده است.



شکل (۷): رابطه ضریب تخلیه و نسبت استغراق در حالات مختلف / آزمایش با و بدون گرداب شکن

شکل (۹) رابطه ضریب تخلیه سرریز و نسبت استغراق مشاهده می شود.

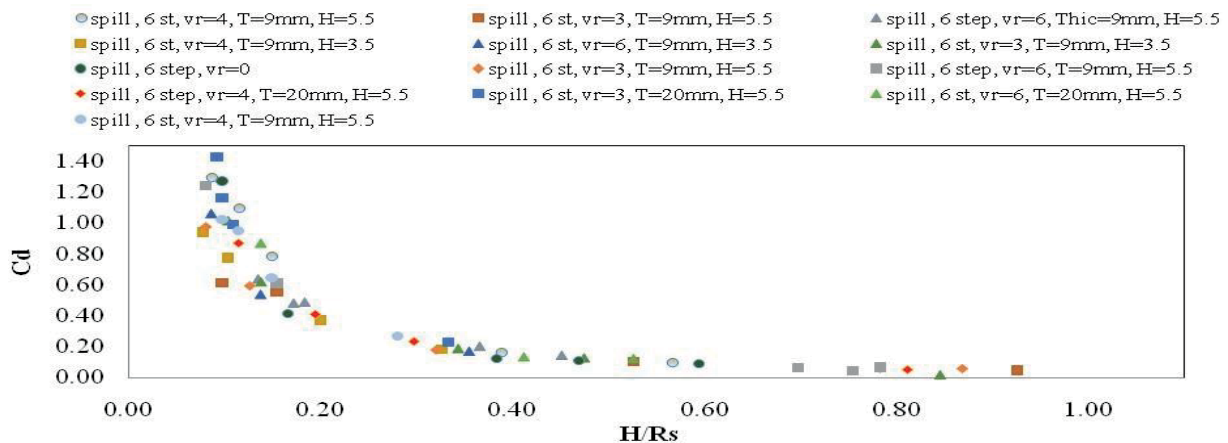
بر اساس نتایج شکل (۸) مشاهده می شود که بیشترین تغییرات ارتفاع روی آب بر اساس دبی های مختلف مربوط به جریان با وجود سه گرداب شکن، ارتفاع و ضخامت گرداب شکن ۵/۵ سانتی متر و ۹ میلی متر می باشد. لازم به ذکر است که ارتفاع گرداب شکن از ۳/۵ الی ۵/۵ سانتی متر تاثیر زیادی بر جدایش جریان ندارد. به عبارت دیگر خطوط جریان در مجرا با سه گرداب شکن بیش از سایر حالات بر جدایی گرداب شکن ها تاثیر دارد و راندمان انتقال دبی از سرریز و جدایش خطوط جریان با سه تیغه بهتر انجام می شود و سایر تیغه ها در جدایش و جلوگیری از تشکیل گردابه دارای تاثیر کمتری می باشند.

با توجه به شکل (۷) مشاهده می شود که تغییرات ضریب تخلیه از نزدیک صفر تا ۱/۴۵ و نسبت استغراق از صفر تا ۰/۸ متغیر می باشد. بیشترین میزان تغییرات مربوط به آرایش ۳ تایی گرداب شکن با ارتفاع ۳/۵ سانتیمتر و ضخامت ۹ میلیمتر است. در این بررسی می توان بیان داشت که در نسبت استغراق برابر ۰/۳۴ کنترل سرریز به کنترل روزنه تبدیل میشود یا بعبارت دیگر ۰/۳۴ مرز تغییرات جریان از حالت سرریزی به روزنه ای می باشد.

بررسی هیدرولیک جریان در سرریز نیلوفری شش پلکانی با و بدون گرداب شکن با رابطه ضریب تخلیه و نسبت استغراق

در این حالت با جانمایی سرریز نیلوفری شش پلکانی ضریب تخلیه سرریز در حالت با و بدون گرداب شکن از رابطه نسبت استغراق به ضریب تخلیه مورد بررسی قرار گرفت. در

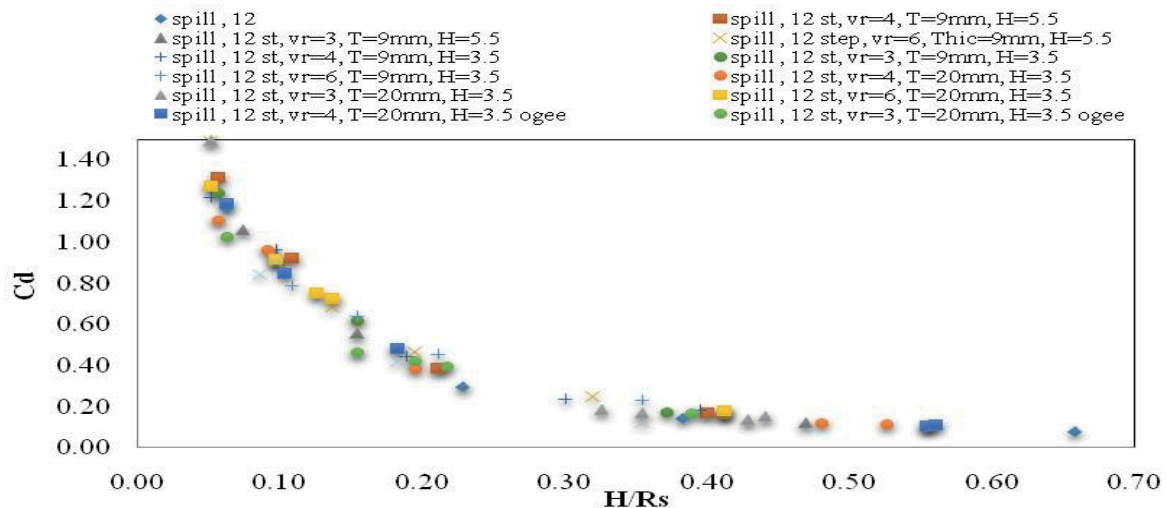
۷..... بررسی آزمایشگاهی تاثیر مجرای پلکانی و تعداد آن در عملکرد هیدرولیک جریان عبوری از روی سرریز نیلوفری



شکل (۸): رابطه ضریب تخلیه سرریز و نسبت استغراق در سرریز نیلوفری با مجرای پلکانی شش پلکان

با مشاهده شکل (۹) می توان دریافت که ضریب تخلیه از ۰/۱ الی ۱/۴ و نسبت استغراق بین ۰ تا ۰/۷ متغیر می باشد. در این شکل مشخص است که بیشترین میزان تغییرات مربوط به حالت بدون گرداب شکن است.

بررسی هیدرولیک جریان در سرریز نیلوفری دوازده پلکانی با رابطه ضریب تخلیه و نسبت استغراق در این بخش ضریب تخلیه سرریز با سرریز نیلوفری با مجرای دوازده پلکان با رابطه ضریب تخلیه و نسبت استغراق مورد ارزیابی قرار گرفت. در شکل (۹) میزان تغییرات ضریب تخلیه با رابطه ضریب تخلیه و نسبت استغراق برای مقادیر مختلف تعداد، ضخامت و ارتفاع گردابشکن و همچنین دبی های مختلف آورده شده است.



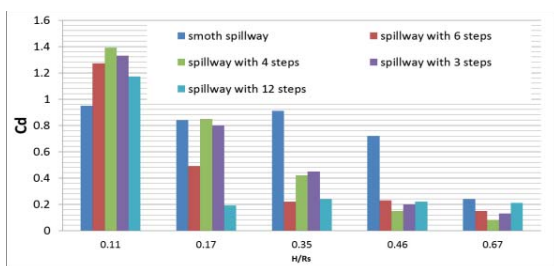
شکل (۹) : رابطه ضریب تخلیه و نسبت استغراق در دبیهای مختلف و انواع گرداب شکن در سرریز با دوازده پلکان

شبیه سازی عددی و اعتبار سنجی

جهت شبیه سازی هیدرولیکی و بررسی عددی سرعت جریان در حالات مختلف بر روی پلکان سرریز نیلوفری با مجرای صاف و پلکانی، از نرم افزار دو بعدی المان محدود کومسول^۱ بهره گرفته شد. در این بررسی دبی های مختلف برای دو حالت سرریز صاف و با مجرای پلکانی با دوازده پلکان از این مدل استفاده شده است. جهت کالیبراسیون این مدل دو بعدی، سرعت ورودی با تغییرات شرایط مرزی ورودی مانند سرعت با تغییر شدت آشفتگی و طول آشفتگی بطوری تغییر داده می شود که بتوان فشار اولیه روی سرریز (پروفیل اولیه آب) را با مدل اصلی و اجرا آزمایش یکسان گردد. در اشکال ۱۰ و ۱۱ مشخصات مربوط به تغییرات جریان در سرریز با جدار صاف و دوازده پلکانی آورده شده است.

بررسی میزان تأثیر گرداب شکن بر روی دبی عبوری سرریزهای ساده و پلکانی

با استفاده از مجرای پلکانی تغییرات زیادی بر ضریب سرریز ایجاد میگردد، که معمولاً باعث کاهش ضریب دبی عبوری از سرریز می شود. در شکل (۱۲) تغییرات ضریب سرریز با نسبت استغراق در سرریزهای پلکانی مختلف نشان داده شده است.



شکل (۱۲): مقایسه تغییرات ضریب تخلیه سرریز برای حالات مختلف سرریز با تعداد پلکان مختلف

همانطور که در شکل (۱۲) مشاهده می شود برای ضریب نسبت استغراق تا ۰/۱۷ بیشترین ضریب عبوری دبی مربوط به سرریز چهار طبقه بوده و با افزایش ضریب نسبت استغراق با اختلاف زیاد بیشترین ضریب عبوری دبی مربوط به سرریز صاف می باشد. از طرفی با توجه به شکل (۱۰) می توان دریافت که با افزایش ضریب نسبت استغراق میزان ضریب عبوری دبی با افزایش تعداد طبقات سرریز کاهش می یابد.

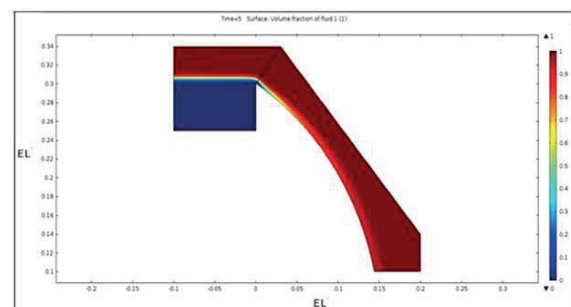
استخراج روابط ریاضی برای ضریب تخلیه سرریز

در این بخش برای نمونه به استخراج روابط ریاضی برای ضریب تخلیه سرریز با بدنه صاف و شش پلکان می پردازیم.

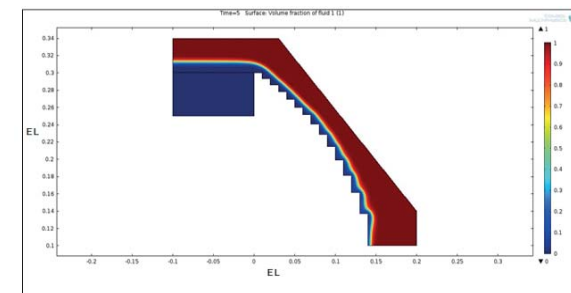
سرریز با بدنه صاف:

در این حالت جهت برآزش از رابطه (۱) بر اساس انواع گرداب شکن انجام شده است که نتایج به شرح ذیل می باشد.

$$Cd = 0.235 * (H/r_s)^{-0.44} \quad (3)$$



شکل (۱۰): مشخصات مربوط تغییرات جریان در سرریز با جدار صاف



شکل (۱۱): مشخصات مربوط به تغییرات جریان در سرریز با جدار پلکانی

همانگونه که مشخص است با فاصله گرفتن از تاج سرریز دبی افزایش می یابد و در قسمت انتهایی پایین دست سرریز مکان ایجاد کلویتاسیون بشدت افزایش می یابد.

۹..... بررسی آزمایشگاهی تاثیر مجرای پلکانی و تعداد آن در عملکرد هیدرولیک جریان عبوری از روی سرریز نیلوفری

جدول (۲): روابط برازش داده شده برای سرریز با مجرای ۶ پلکانی

ردیف	توضیحات	رابطه برازش داده شده
۱	سرریز ۶ پلکان بدون گرداب شکن	$Cd = 0.016 * \left(\frac{H}{rs}\right)^{-1.875}$
۲	سرریز با ۶ گرداب شکن ۹ میلیمتری و ارتفاع ۵/۵ سانتیمتر	$Cd = 0.061 * \left(\frac{H}{rs}\right)^{-1.175}$
۳	سرریز با ۶ گرداب شکن ۹ میلیمتری و ارتفاع ۳/۵ سانتیمتر	$Cd = 0.035 * \left(\frac{H}{rs}\right)^{-1.476}$
۴	سرریز با ۶ گرداب شکن ۲۰ میلیمتری و ارتفاع ۵/۵ سانتیمتر	$Cd = 0.042 * \left(\frac{H}{rs}\right)^{-1.392}$
۵	سرریز با ۶ گرداب شکن ۲۰ میلیمتری و ارتفاع ۵/۵ سانتیمتر	$Cd = 0.065 * \left(\frac{H}{rs}\right)^{-1.202}$

۳- در مقایسه انواع حالات سرریزها مشاهده می شود که در ضرایب نسبت استغراق پایین بیشترین میزان افزایش دبی مربوط به آرایش ۴ تایی به همراه گرداب شکن می باشد و با افزایش ضریب نسبت استغراق وجود تعداد پله ها بر ضریب عبوری دبی تاثیر منفی داشته و باعث کاهش ضریب عبوری دبی می گردد. می توان نتیجه گرفت که در ضرایب نسبت استغراق بالا سطح صاف سرریز نیلوفری می تواند عملکرد بهتری در انتقال دبی داشته باشد.

۴- نتایج این تحقیق می تواند در دست یابی به هندسه مناسب سرریزها در نیروگاه ها، کنترل دبی و افزایش آن با توجه به عدم ایجاد کاویتاسیون در قسمت مجرای انتهایی سرریزهای نیلوفری در اتصال به مجرای انتقال، کاهش هزینه در ساخت سرریزهای نیلوفری و امکان به کارگیری در سازه های بزرگ اشاره کرد.

از طرفی محدودیت های این طرح شامل؛ ۱- عدم امکان استفاده از گرداب شکن با عرض زیاد که باعث ایجاد انسداد در عبور جریان می گردد. ۲- با توجه به شکل سرریز، این مطالعه برای سرریزهای گلوکوتاه انجام شده است و نتایج به دست آمده مربوط به سرریزهای نیلوفری گلوکوتاه مورد استفاده می باشد. ۳- امکان به کارگیری جریان های نوسانی به علت استفاده از آرام کننده جریان در بالادست وجود ندارد و نیاز به انجام آزمایشات بیشتر با امکانات بیشتر می باشد.

پس از برازش کلی روابط حاصل از رابطه ۲ برای برازش و تولید رابطه بین ضریب تخلیه و نسبت استغراق در سرریز شاهد استفاده شده است. که نتایج به صورت ذیل است .

$$Cd = 0.089 * (H/r_s)^{-0.968} * Fr^{0.261} \quad (4)$$

سرریز با بدنه شش پلکانی

همانند حالت قبل از رابطه (۱) برای محاسبه ضریب تخلیه نسبت به نسبت استغراق استفاده شده است. که نتایج آن مطابق جدول (۲) می باشد.

نتیجه گیری

در این مطالعه به بررسی سرریز نیلوفری با حالات مختلف وجود گردابشکن و همچنین وجود پله با تعداد مختلف در بدنه سرریز نیلوفری و تاثیر این پارامترها بر ضریب تخلیه پرداخته شد. نتایج این تحقیق به طور خلاصه به صورت موارد زیر می باشد:

- ۱- وجود گرداب شکن هنگامیکه دبی جریان کم است یک ناحیه جداسدگی در اطراف گرداب شکن ایجاد می کند که باعث کم شدن فشار در دبی های کم می گردد.
- ۲- در سرریز با ۴ پلکان بعلت بزرگتر شدن طول پله ها برخورد آب شدیدتر بوده و طول پرش ایجاد شده به همراه نوسان گردابه بیشتر می باشد. در نتیجه ورود هوا به آن بهتر و عملیات انتقال جریان آب با سختی بیشتری انجام می شود.

فهرست علائم

معنا	علائم اختصاری
تعداد پلکان	St
تعداد گردابشکن	Vr
ضخامت گردابشکن	T
ارتفاع گردابشکن	H
ضریب تخلیه	Cd
ضریب نسبت استغراق	H/Rs

مراجع

- 1- Thandaveswara, B 2006. "National Programme on Technology Enhanced Learning (NPTEL)". Adras, India: Indian Institute of Technology.
- 2- M.H. Tavana, S.H. Moosavi-Jahromi, M. Shafai-Bajestan, A.R. Masjedi, H. Sedghi, 2011, "Optimization of Number and Direction of Vortex Breakers in the Morning Glory Spillway Using Physical Mode", Eco. Env. & Cons., EM International, 17(2) 435-440.
- 3- Padmanabhan, M & Hecher, G. 2009. "hydraulicsof Skimming Flowon Modeled Stepped Spillways". Journal of Hydraulic Engineering, 125 (5).
- 4- Jain, A. K., & K. G. Ranga Raju & R. J. Grade. 1978. "Vortex Formation at Vertical Pipe Intakes". Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 104, (HY 10): 1429-1445.
- 5- Wagner, W.E. 1956. "Morning glory spillways: Determination of pressure -controlled profiles". Transaction, ASCE. 121:345.
- 6- Novak, P. and et al. 2007. "Hydraulic structures. Fourth edition published by talor & francis". University of new castle upon tyne, uk, London and new york.
- 7- Wayne Coleman, H. Wei, C. Y. and Lindell, J. E. 2004. "Hydraulic design of spillway. McGraw-Hill", New York.
- 8- Kabiri-Samani AR, Borghei S, 2013, "Effects of anti-vortex plates on air entrainment by free vortex", Scientia Iranica A, 20 (2), 251-258.
- 9- Kashkoli HA, Mousavi-Jahromi SH, Sedghi, Aghamajidi R. 2013, "Simultaneous Study Effect of Guide Pier and Stepped Chamber on Hydraulic Behavior of Morning Glory Spillway", World Applied Sciences Journal, 21 (4), 548-557. Mousavi SR,
- 10- Musavi-Jahromi SH, Hajipour G, Eghdam M, 2016, "Discharge coefficient in the morning glory spillways due to longitudinal angles of vortex breakers", Bulletin of Enviroment, Pharmacology and Life Sciences (BEPLS), 5 (5), 34-41.
- 11- Shemshi R, Kabiri-Samani AB, 2017, "Swirling flow at vertical shaft spillways with circular piano-key inlets", Journal of Hydraulic Research, 55 (2), 248- 258.

Investigating the effect of stepped duct and its number on the hydraulic performance of the flow passing through the glory spillway

Amir Roshan¹
Roozbeh Aghamajidi^{2*}

Abstract

Spillways are designed in different methods according to the operating conditions, type of structure, site conditions of the dam, and hydraulic characteristics. One of them is the Glory spillway, which consists of a circular opening, a vertical circular opening, and a horizontal pressurized tunnel. The present study investigates the effect of stairs and their numbers as well as the effect of the presence of a vortex breaker on the hydraulic performance of the Glory spillway. This is due to the simplification of the geometric shape during construction and increasing the efficiency of the flow. Based on the results, it was observed with the coefficients of low immersion ratio, 4 floors have the highest performance in discharge transfer. Also, increasing the immersion ratio coefficient of stairs will reduce the hydraulic performance of the spillway. On the other hand, in all cases (except in the case of spillway with 12 floors), the presence of a vortex breaker with a triple arrangement can affect the separation of vortex breakers, which ameliorates the flow transfer efficiency from the spillway and separation of flow lines.

Keywords

Glory spillway, Stepped duct, Spillway Coefficient

¹ Department of Agricultural Systems Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
E-mail: amirrowshan@yahoo.com.

² * Corresponding author. Professor Assistant, Civil Department, Islamic Azad University, Sepidan Branch, Sepidan, Iran.
E-mail : roozbeh1381@yahoo.com.