

اثر انحنای سرریز تخلیه بر ضریب بده و رفتار هیدرولیکی کانال رسش، مطالعه موردی: سد گرمی چای

سجاد کیانی^{۱*}، صلاح کوچکزاده^۲ و سید احمد حسینی^۳

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، ^۲ استاد، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران و ^۳ استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۱۶

چکیده

سرریز اوجی با پلان قوسی نسبت به سرریز با تاج خطی، دارای طول تاج بیشتری است. از این رو در یک رقوم معین دریاچه، قادر به تخلیه بده بالاتری نسبت به سرریز مستقیم است و به همین دلیل در طرح‌هایی که استفاده از آن‌ها میسر است، ارجحیت دارند. هدف از این پژوهش، بررسی آزمایشگاهی تأثیر انحناء در پلان سرریز اوجی بر توزیع بده در واحد طول سرریز، تعیین ضریب جریان و شناخت رفتار هیدرولیکی جریان می‌باشد. این بررسی بر روی مدل فیزیکی سرریز سد گرمی چای و ضمایم آن که در آزمایشگاه هیدرولیک پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری ساخته شد، صورت گرفت. نتایج این بررسی به اصلاح ضوابط طراحی اولیه منجر شد و طرح اصلی را تدقیق نمود. نتایج آزمایشگاهی نشان داد که ضریب بده این سرریز در حالت آزاد، به طور متوسط نه درصد کمتر از ضریب بده در سرریزهای اوجی با محور مستقیم است. از طرفی سرریز در بده‌های بیشتر از $1/3$ بده طراحی، حالت مستغرق داشته و ضریب بده جریان با افزایش بار آبی بالادست سرریز، روند نزولی دارد.

واژه‌های کلیدی: استغراق سرریز، پلان قوسی، پلان خطی، سرریز اوجی، طراحی اولیه

مقدمه

با توجه به حساس بودن کاری که سرریزها انجام می‌دهند، سرریزها باید از لحاظ سازه‌ای مستحکم، مطمئن و با راندمان بالا طراحی و احداث شوند. سرریزها را می‌توان بر اساس شکل، به دو گروه عمومی سطحی (اوجی، جانبی، کنگره‌ای و پلکانی) و زیرسطحی (نیلوفری، سیفونی و آبرو) تقسیم‌بندی نمود. سرریز مورد مطالعه در این پژوهش، سرریز اوجی با قوس محوری بوده و به نوعی ترکیبی از سرریزهای اوجی و نیلوفری (یک سوم سرریز نیلوفری) می‌باشد.

برای عبور آب‌های اضافی و سیلاب‌ها از سراب به پایاب سدها از سازه‌ای به نام سرریز استفاده می‌شود. سرریزها برای منظورهای مختلفی ساخته می‌شوند که از جمله مهم‌ترین این اهداف می‌توان به گذر آب‌های اضافی ناشی از سیلاب، عبور دادن جریان‌های مازاد بر ظرفیت انتقال کانال‌های آگیر، بالا آوردن و تثبیت تراز سطح آب برای ورود به کانال‌های انحرافی، تعدیل شیب مسیل‌ها به وسیله احداث متوالی سرریزها و اندازه‌گیری بده اشاره نمود.

* مسئول مکاتبات: sajad.kiani@ut.ac.ir

Savage و Johnson (۲۰۰۶)، دو مدل فیزیکی و عددی را برای جریان روی سرریز در زمان وجود پایاب مقایسه کردند. در مدل عددی از نرم‌افزار Flow-3D استفاده شد. نتایج به‌دست آمده از تحلیل عددی به‌وسیله نرم‌افزار Flow-3D با روش حجم محدود با نتایج مدل فیزیکی آزمایشگاهی انطباق خوبی داشت. اما تحقیقات آزمایشگاهی محدودی بر تأثیر انحنا در پلان سرریز اوجی بر ضریب جریان صورت گرفت. هدف از این پژوهش بررسی آزمایشگاهی تأثیر انحنا در پلان سرریز اوجی بر توزیع بده در واحد طول سرریز، ضریب جریان و شناخت رفتار هیدرولیکی کانال رسّش در یک سد طراحی شده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش: سد مخزنی گرمی چای در استان آذربایجان شرقی و در فاصله ۵۳ کیلومتری شمال شرق میانه بر روی رودخانه گرمی چای از سرشاخه‌های سفیدرود در حال احداث می‌باشد. در شکل ۱، نمایی از سد مخزنی گرمی چای و سازه‌های وابسته نشان داده شده است. بدنه سد از نوع خاکی با هسته رسی است که ارتفاع آن از پی سنگی و کف رودخانه به ترتیب ۸۶ و ۶۲ متر است. طول تاج سد نیز برابر ۷۳۰ متر است. حجم مخزن سد گرمی چای ۴۰/۳ میلیون مترمکعب است و حجم مفید و مرده مخزن به ترتیب ۳۳/۵ و ۶/۵ میلیون مترمکعب می‌باشد و مساحت سطح مخزن در تراز نرمال برابر با ۱/۸ کیلومترمربع است. هدف از اجرای این سد، ذخیره و تنظیم ۴۶ میلیون مترمکعب از آورد سالیانه رودخانه برای آبیاری ۱۶۰۰ هکتار از اراضی پایاب سد و همچنین، تأمین آب شرب میانه است.

سیستم تخلیه سیلاب سد گرمی چای، سرریز اوجی از نوع پلان قوسی با طول موثر ۴۲ متر و ارتفاع هفت متر می‌باشد. بده طراحی سرریز برابر با ۳۳۸ مترمکعب در ثانیه معادل نصف حداکثر سیلاب محتمل^۳ می‌باشد. ضخامت تیغه آب عبوری از لبه سرریز برای بده طراحی، طبق محاسبات نظری سه متر خواهد بود. انتهای مسیر اوجی سرریز به جام افقی

ضرایب طراحی سرریزهای تخلیه اوجی که در مراجع استاندارد طراحی در دسترس است، مربوط به سرریزهایی است که امتداد آن‌ها عمود بر جهت جریان است. بسیاری از منابع، طراحی سرریزهای انحناءدار را توصیه می‌کنند. در چنین شرایطی توزیع جریان در طول سرریز می‌تواند انحراف قابل توجهی از فرض‌هایی که در طراحی در نظر گرفته شده است را داشته باشد. این پدیده به نوبه خود می‌تواند ضریب تخلیه سرریز و رفتار هیدرولیکی کانال رسّش 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.

تحقیقات متعددی درباره سرریزهای اوجی با محور مستقیم گزارش شده است. از جمله Bazin از سال ۱۸۸۶ تا ۱۸۸۸ تحقیقات آزمایشگاهی جامعی برای تعیین شکل تیغه آب روی سرریز لبه تیز انجام داد و اولین مطالعه روی شکل اوجی سرریز توسط ایشان انجام گرفت (Henderson, ۱۹۶۶). آزمایش‌های گسترده‌ای توسط USBR^۱ (از سال ۱۹۳۲ تا ۱۹۴۸) روی پروفیل تیغه آب ریزشی از سرریز لبه تیز برای شیب‌های مختلف دیواره بالادست سرریز انجام گرفت. پس از آن USACE^۲ چندین حالت استاندارد برای سرریز اوجی معرفی نمود. از دهه ۶۰ به بعد محققین تلاش نمودند تا تحقیقات آزمایشگاهی صورت گرفته را با روش‌های عددی شبیه‌سازی و حل کنند. استفاده از مدل عددی در جریان‌های عبوری از سرریزها، اولین بار توسط Cassidy (۱۹۶۵)، برای تعیین فشار روی تاج سرریز بر اساس فرضیه جریان پتانسیل به‌صورت دوبعدی صورت گرفت. نتایج حاصل از تحلیل عددی جریان بر روی سرریز با نتایج آزمایشگاهی تقریباً یکسان بوده است.

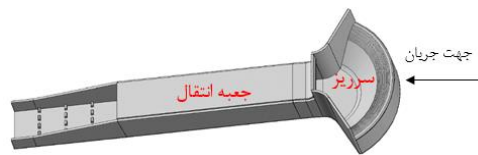
Kavianpour و Khosrojerdi (۱۹۹۵) به شبیه‌سازی میدان جریان عبوری از روی سرریز اوجی به‌کمک نرم‌افزار Fluent مبادرت نمودند و تأثیر قوس محوری بر خصوصیات هیدرولیکی جریان نسبت به حالت عدم وجود قوس (محور مستقیم) نشان دادند.

^۱ United States Bureau of Reclamation

^۲ United States Army Corps of Engineers

^۳ Probable Maximum Flood

مخزن ذخیره به مخزن بالادست سرریز و ایجاد سامانه بسته باز چرخانی آب به وسیله چهار پمپ گریز از مرکز انجام می‌گرفت. برای اندازه‌گیری بده جریان از یک سرریز مستطیلی لبه تیز به عرض ۱۲۰ سانتی‌متر با فشردگی جانبی دو طرفه ۱۲/۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۳ سانتی‌متر در پایین دست جعبه بتنی استفاده شد. سرریز یاد شده درجا و با روش حجمی واسنجی شد. برای اندازه‌گیری بار آبی در بالادست سرریز اوجی و بخش‌های مختلف مدل از چندین عمق سنج (point gage) با دقت ± 0.1 میلی‌متر استفاده شد. نمایی توصیفی از فلوم آزمایشگاهی در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- نمای سه‌بعدی از مدل آزمایشگاهی

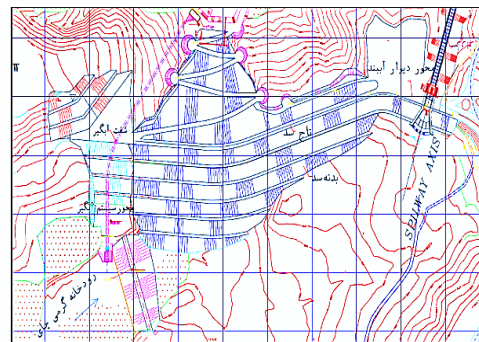
مبانی نظری: با توجه به این‌که در پژوهش حاضر $P/H_d = 2.775$ (نسبت ارتفاع سرریز به بار طراحی) است و در سرریزهای WES¹ برای نسبت $P/H_d \geq 1.33$ از تأثیر ارتفاع دیواره سرریز صرفه نظر می‌شود، در نتیجه ارتفاع سرریز بر ضریب بده تأثیرگذار نبوده و بده جریان برابر بده طرح خواهد بود. به‌طور کلی ضریب دبی در سرریز اوجی را می‌توان تابعی از متغیرهای زیر در نظر گرفت:

$$f\left(\frac{Q}{L_e}, H, H_d, g, \rho, \mu, \sigma, \alpha, K_s, h_d, d + h_d\right) = 0 \quad (1)$$

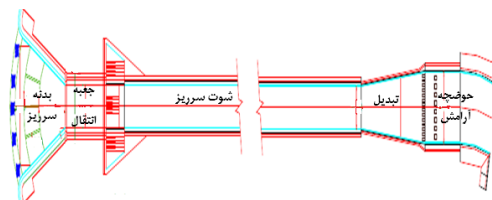
که در آن، Q/L_e بده عرض واحد، H بار آبی بالادست سرریز، H_d بار طراحی، g شتاب ثقل، ρ جرم مخصوص سیال، لزجت سیال μ ، کشش سطحی، α زاویه وجه بالادست سرریز، K_s اندازه زبری تاج و بدنه سرریز، h_d اختلاف رقوم سطح آب در سراب و پایاب سرریز و $d + h_d$ اختلاف رقوم سطح آب در سراب و رقوم دال پایین دست سرریز می‌باشد. با استفاده از آنالیز ابعادی و قضیه π باکینگهام می‌توان

به‌طول ۲۰/۲۵ متر ختم می‌شود. برای هدایت و انتقال آب از مخزن مدل سد گرمی‌چای به سمت سرریز سد، از کانال رسیب به‌طول ۳۵/۲۵ متر و عرض متغیر (۱۲۳/۲۵ در ابتدا و ۳۴/۷۵ متر در انتها) استفاده شده است.

جریان پس از عبور از جام سرریز وارد جعبه بتنی به عرض نه، ارتفاع ۸/۴ و طول ۷۰ متر با شیب شش درصد می‌شود. انتهای باکس مذکور، شوتی به عرض نه و طول ۵۰۰ متر با شیب شش درصد متصل شده است. جریان عبوری از مسیر شوت وارد تبدیلی به‌طول ۴۸/۳ متر با شیب متغیر و عرض انتهایی ۲۰ متر شده و به حوضچه آرامش منتهی می‌شود. شکل ۲، پلان سرریز سد گرمی‌چای را نشان می‌دهد.



شکل ۱- جانمایی بدنه سد و سازه‌های وابسته

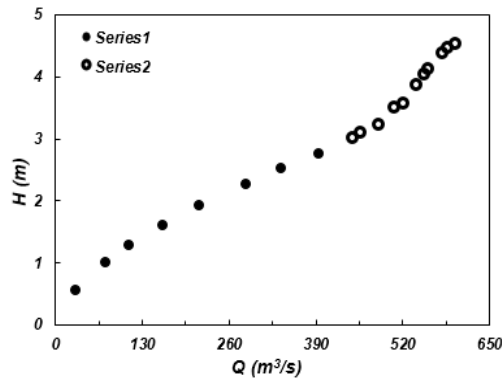


شکل ۲- پلان سرریز سد گرمی‌چای

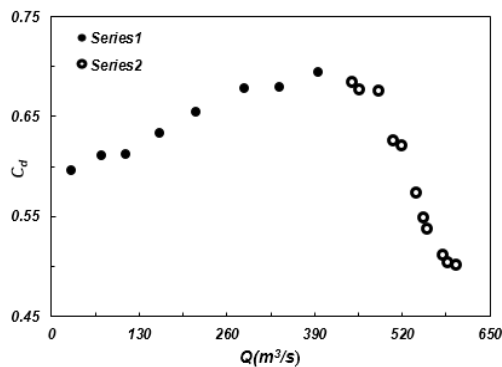
مشخصات فلوم آزمایشگاهی: آزمایش‌های مربوط به این پژوهش در آزمایشگاه هیدرولیک پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری انجام شد. مدل هیدرولیکی با مقیاس ۱:۲۵ شامل کانال رسیب، سرریز اوجی از جنس فایبرگلاس و جعبه بتنی از جنس پلکسی‌گلاس ساخته شد. به‌منظور برداشت بار آبی در بالادست سرریز و برای از بین بردن تلاطم آب ورودی و آرام کردن جریان ورودی به سرریز، یک مخزن به‌طول پنج متر، عرض چهار متر و ارتفاع ۱/۴ متر در بالادست فلوم آزمایشگاهی احداث شد. انتقال آب از

¹ Waterways Experimental Station

کنترل عمل کرده و در نتیجه دبی جریان با توان ۱/۵ بار آبی بالادست متناسب بوده است. اما در دبی‌های بالاتر، به دلیل استغراق دهانه جعبه پلکسی‌گلاس و سرریز، باکس انتقال‌دهنده به‌عنوان مقطع کنترل بوده و در نتیجه دبی جریان با توان کمتر از ۱/۵ بار آبی بالادست متناسب بوده و به‌سمت توان $H^{0.5}$ که بیانگر روزنه بودن باکس انتقال است، میل می‌کند. نمودار ضریب بده به‌دست آمده از بده‌های مختلف در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۴- تغییرات بار آبی بالادست سرریز اوجی به ازای بده‌های مختلف



شکل ۵- تغییرات ضریب بده سرریز اوجی

با توجه به شکل ۵، بررسی ضریب بده سرریز در دو بخش مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد.
 (۱) **حالت آزاد سرریز** ($Q < 1.3Q_d$): مطابق با گراف‌های ارائه شده توسط USBR برای سرریزهای WES می‌توان مقدار $0.3 H_e$ استغراق بر روی تاج سرریز در نظر گرفت، به‌طوری‌که استغراق موجود هیچ اثری بر روی ضریب جریان و در نتیجه بر مقدار بده عبوری از روی سرریز ندارد. بنابراین، زمانی که سرریز

C_d را تابعی از متغیرهای بی‌بعد زیر در نظر گرفت.

$$C_d = \frac{q}{\frac{2}{3}\sqrt{2gH^{\frac{3}{2}}}} = f(W_e, R_e, \frac{H}{H_d}, \frac{K_s}{H}, \frac{h_d}{H}, \alpha, \frac{d+h_d}{H}) \quad (2)$$

اگر بار آبی روی سرریز کم‌تر از ۰/۰۶ متر باشد، ممکن است نیروی کشش سطحی با معنی و عدد وبر بر روی ضریب بده C_d تأثیرگذار باشد (Bejestan Shafai, ۲۰۱۲). با توجه به محدوده عمق جریان روی تاج سرریز از تأثیر عدد وبر صرف‌نظر شده است. چون جریان عبوری از کانال رسش و سرریز، در محدوده جریان کاملاً متلاطم قرار دارد، لذا عدد بی‌بعد رینولدز از تحلیل داده‌ها کنار گذاشته می‌شوند. نظر به آن‌که زبری نمونه اصلی کوچک می‌باشد و سعی شده است مدل حتی‌الامکان صاف ساخته شود، از تأثیر اندازه زبری صرف‌نظر شده است (Niksefat, ۲۰۰۱). در این پژوهش زاویه وجه بالادست سرریز قائم بوده و ضریب تصحیح ضریب بده برابر یک می‌باشد که در نتیجه آن رابطه (۳) به‌دست می‌آید.

$$C_d = \frac{q}{\frac{2}{3}\sqrt{2gH^{\frac{3}{2}}}} = f\left(\frac{H}{H_d}, \frac{h_d}{H}, \frac{d+h_d}{H}\right) \quad (3)$$

نتایج و بحث

به دلیل تفاوت در ماهیت پرش هیدرولیکی در بده‌های کمتر و بیشتر از بده طراحی، ضریب بده جریان در دو بخش مورد بررسی قرار گرفت. به‌طوری‌که در بده‌های کمتر از بده طراحی، پرش هیدرولیکی در پنجه سرریز تشکیل می‌شود، اما در بده‌های بیشتر از آن، به دلیل کمتر بودن انرژی از مقدار انرژی کمینه لازم برای عبور از دهانه ورودی جعبه پلکسی‌گلاس، پرش هیدرولیکی به‌سمت بالا حرکت کرده و به‌صورت مستغرق اتفاق می‌افتد. به‌طوری‌که در بده‌های بیشتر از ۱/۳ بده طراحی، استغراق پایین‌دست سرریز بر بار آبی بالادست سرریز تأثیرگذار بوده و باعث کاهش ضریب تخلیه می‌شود. در شکل ۴، تغییرات بار آبی بالادست سرریز به ازای بده‌های مختلف رسم شده است.

از شکل ۴ استنباط می‌شود که در دبی‌های کمتر از ۱/۳ دبی طراحی، سرریز اوجی به‌عنوان مقطع

به صورت آزاد عمل کرده و مستغرق نشود، می توان از تأثیر h_d/H صرف نظر نمود.

با توجه به آزمایش های انجام شده در $Q < 1.3Q_d$ ، به دلیل این که استغراق پایین دست سرریز تأثیری بر روی بار آبی بالادست ندارد، در نتیجه از تأثیر h_d/H

صرف نظر کرده و رابطه بر حسب $d+h_d/H$ و H/H_d خواهد بود. با استفاده از رابطه (۳) و مقادیر $d+h_d/H$ و H/H_d روابط موجود در جدول ۱ برای C_d پیشنهاد می شود.

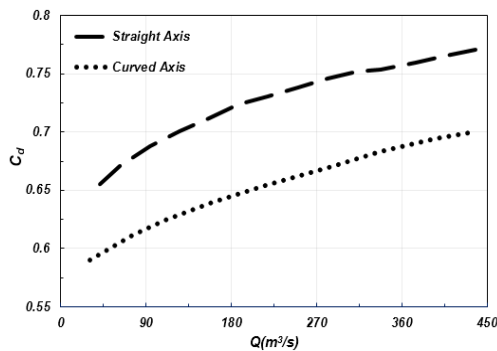
جدول ۱- روابط تخمین ضریب دبی برای حالت آزاد سرریز

رابطه	ضریب بده	درصد متوسط خطای نسبی	R^2
(۴)	$C_d = 0.53 + 0.0023\left(\frac{d+h_d}{H}\right) + 0.141\left(\frac{H}{H_d}\right)$	۰/۵۷	۰/۹۸
(۵)	$C_d = 0.564 + 0.119\left(\frac{H}{H_d}\right)$	۰/۷۵	۰/۹۷

درصد متوسط خطای نسبی در رابطه کلی با در نظر گرفتن تمامی متغیرهای بی بعد برابر با ۰/۵۷ درصد می باشد. در صورتی که در رابطه تعیین ضریب بده متغیر $\frac{d+h_d}{H}$ در نظر گرفته نشود، متوسط درصد خطای تعیین ضریب بده برابر ۰/۷۵ درصد می باشد. مقدار خطای کم افزوده شده، بیانگر تأثیرگذار نبودن پارامتر $\frac{d+h_d}{H}$ می باشد.

مطابق با گراف های پیشنهادی USBR اگر $\frac{d+h_d}{H} \geq 1.7$ باشد (عدم استغراق)، رقوم کف پایاب بی تأثیر است. در نتیجه رابطه پیشنهادی برای تعیین ضریب بده رابطه (۵) می باشد. شکل ۶، نشانگر وضعیت تطابق مقادیر بده مشاهداتی و محاسباتی و میزان درستی رابطه (۵) است.

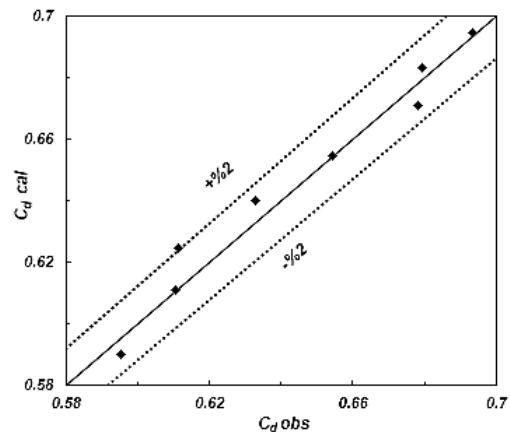
در شکل ۷، مقایسه ای بین ضریب بده مدل سرریز سد گرمی چای با سرریز در شرایط محور مستقیم تحت طول موثر و بده طراحی یکسان صورت گرفته است. ضریب بده سرریز در شرایط محور مستقیم با سعی و خطا بر اساس گراف های معرفی شده توسط USBR به دست آمده است.



شکل ۷- مقایسه ضریب بده سرریز در شرایط مختلف محور سرریز

(۲) حالت مستغرق سرریز ($Q > 1.3Q_d$): به دلیل وجود بار سرعت در جریان ورودی به دهانه باکس انتقال (عدم استغراق دهانه باکس انتقال در بده های کمتر از ۱/۶۷ بده طراحی ($1.3Q_d \leq Q \leq 1.67Q_d$)) نمی توان از رابطه روزنه برای تعیین ضریب بده استفاده نمود و ضریب بده برای سرریز ارائه می شود.

در $Q > 1.3Q_d$ به دلیل تأثیر عمق پایاب سرریز بر روی بار آبی بالادست آن، ضریب بده تحت تأثیر بار آبی پایین دست سرریز قرار گرفته و به تبع آن



شکل ۶- منحنی سازگاری ضریب بده در محدوده دو درصد خطا

به صورت رابطه (۶) بازنویسی کرد.

$$C_d = \frac{q}{\frac{2}{3}\sqrt{2gH^{\frac{3}{2}}}} = f\left(\frac{h_d}{H}, \frac{d+h_d}{H_d}\right) \quad (۶)$$

با استفاده از رابطه (۶) و مقادیر $\frac{h_d}{H}$ و $\frac{d+h_d}{H_d}$

روابط موجود در جدول ۲ برای C_d پیشنهاد می شود.

نمی توان از تأثیر $\frac{h_d}{H}$ صرف نظر نمود. در نتیجه، رابطه

بر حسب سه پارامتر بی بعد $\frac{h_d}{H}$ ، $\frac{d+h_d}{H}$ و $\frac{H}{H_d}$ خواهد

بود. با توجه به این که هر عامل π می تواند جایگزین

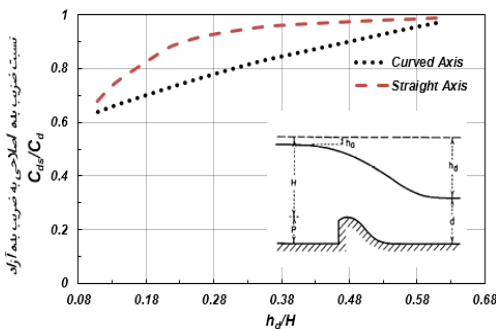
شکل توان دار آن، حاصل ضرب و یا تقسیم آن عامل در

یک عامل دیگر π شود، بنابراین می توان رابطه (۳) را

جدول ۲- روابط تخمین ضریب دبی برای حالت مستغرق سرریز

رابطه	ضریب بده	درصد متوسط خطای نسبی	R ²
(۷)	$C_d = 2.32 + 0.0044\left(\frac{H}{h_d}\right) - 0.343\left(\frac{d+h_d}{H_d}\right)$	۰/۵۸	۰/۹۹
(۸)	$C_d = 0.357 + 0.422\left(\frac{h_d}{H}\right)^{0.5}$	۱/۲۲	۰/۹۸
(۹)	$C_d = 2.08 - 0.293\left(\frac{d+h_d}{H_d}\right)$	۱	۰/۹۹

سرریز روگذر (محور مستقیم) در شکل ۹ آورده شده است.



شکل ۹- تأثیر استغراق تاج سرریز بر کاهش ضریب جریان عبوری از روی سرریز

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ضریب بده سرریز سد گرمی چای (در شرایط قوسی) همانند سرریزهای غیرخطی به دلیل تداخل خطوط جریان و افزایش افت انرژی کمتر از سرریزهای محور مستقیم دارد. همچنین، با استغراق سرریز ضریب بده سرریز روند کاهشی دارد.

تقدیر و تشکر

این پژوهش در راستای اهداف و مأموریت های قطب علمی ارزیابی و بهسازی شبکه های آبیاری و زهکشی دانشگاه تهران و با استفاده از امکانات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری به انجام رسیده

خطای ناچیز بین روابط ارائه شده در جدول ۲،

به دلیل تأثیرپذیری تمام پارامترهای بی بعد از بار آبی

بالادست (H) است. همچنین، به دلیل استغراق تاج

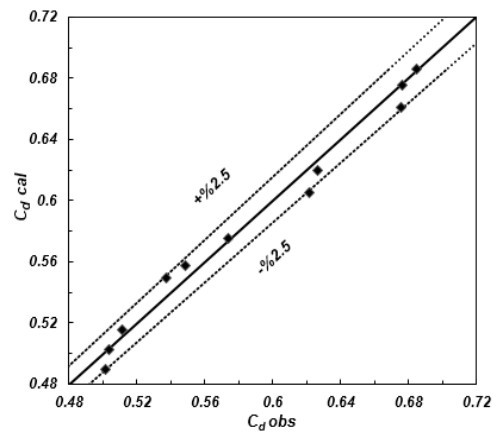
سرریز و تأثیرپذیری بار آبی بالادست از پایین دست

سرریز، h_d بر روی H موثر می باشد. در نتیجه رابطه

پیشنهادی برای تعیین ضریب بده رابطه (۸) می باشد.

شکل ۸، نشانگر وضعیت تطابق مقادیر بده مشاهداتی

و محاسباتی و میزان درستی رابطه (۸) است.



شکل ۸- منحنی سازگاری ضریب بده در محدوده ۲/۵ درصد خطا

در شکل ۹، تأثیر استغراق تاج سرریز بر کاهش

ضریب بده از روی سرریز (نسبت ضریب بده در حالت

مستغرق به حالت آزاد سرریز) برای دبی های بیشتر از

۱/۳ دبی طراحی را نشان داده شده است. همچنین،

تأثیر استغراق پایین دست بر ضریب بده جریان در

است. بدین وسیله از همراهی و مساعدت مسئولین محترم پژوهشکده قردانی می شود.

منابع مورد استفاده

1. Cassidy, J.J. 1965. Irrotational flow over spillways of finite height. Journal of Hydraulic Engineering, 91: 73-155.
2. Henderson, F.M. 1966. Open channel flow. Macmillan Publishers, 522 pages.
3. Johnson, M.C. and B.M. Savage. 2006. Physical and numerical comparison of flow over ogee spillway in the presence of tail water. Journal of Hydraulic Engineering, 132(12): 12-24.
4. Khosrojerdi, A. and M.R. Kavianpour. 1995. Hydraulic behavior of straight and curved broad crested weirs. Islamic Azad University, Sciences and Researches Unit.
5. Niksefat, Gh. 2001. Theoretical aspects and application of hydraulic models in hydraulic structures designing. Iranian National Committee on Large Dams, Mongograph, 403 Pages (in Persian).
6. Shafai Bejestan, M. 2012. Basic concepts and applications of physical-hydraulic modeling. Shahid Chamran University Press, 328 Pages (in Persian).
7. USBR. 1976. Design of gravity dams. United States Bureau of Reclamation, Colorado, Water Resources Technical Publication, 553 pages.
8. USBR. 1986. Design of small dams. United States Bureau of Reclamation, Denver, Water Resources Technical Publication, 860 pages.

The impact of spillway curvature on discharge coefficient and the hydraulic behavior of the approach channel, case study: Germichai spillway

Sajad Kiani^{*1}, Salah Kouchakzadeh² and Seyed Ahmad Hosseini³

¹ MSc, Faculty of Agricultural Science and Engineering, University of Tehran, Iran, ² Professor, Faculty of Agricultural Science and Engineering, University of Tehran, Iran and ³ Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran

Received: 07 December 2013

Accepted: 27 January 2014

Abstract

The ogee spillway with an arc plan has a longer crest length. Therefore, in a specific reservoir water level, it can discharge higher flow rate compared to a straight one and due to this reason is preferred in applicable plans. The aim of this research was to laboratory investigation on the effect of the curvature of the ogee overflow weir on distribution of flow discharge, determination of discharge coefficient and study the overall hydraulic behavior. This research was executed on Germichai Dam spillway physical model which was constructed in the Soil Conservation and Water Management Research Institute hydraulic lab. Results showed the need of correction on initial design and that the discharge coefficient of this free overflow is nine percent in average, less than ogee spillways with straight axis. On the other hand, the geometry of the downstream conveyance conduit forces the spillway to act in a submerged condition for discharges higher than 1.3 times the design discharge. And the discharge coefficient presented a decreasing trend with the upstream weir head.

Key words: Curve plan, Initial design, Ogee spillway, Straight plan, Submergence overflow.

* Corresponding author: sajad.kiani@ut.ac.ir