

تحلیل نمونه‌ی فیزیکی سرریز سطحی سد سیوند

امین رستمی راوری^۱، سهراب نظری^۲، غلامحسین یوسفی^{۳*}

تاریخ دریافت: ۸۹// تاریخ پذیرش: ۸۹//

چکیده

امروزه نقش سدها در زندگی بشر، به خصوص در کشورهای نظیر ایران، به عنوان یکی از زیرساخت‌های اساسی در توسعه‌ی پایدار و بهینه از منابع آب مشهود است. سرریز از سازه‌های مهم هر سد می‌باشد که امکان خروج سیلاب‌های اضافه بر ظرفیت آبرگیر سد را میسر می‌سازد. به عبارت دیگر، تنظیم ارتفاع و حجم آب دریاچه‌ی پشت سد از دیگر کاربردهای مهم سرریزهاست. از بین سرریزها، سرریز سطحی، به خاطر بازده هیدرولیکی بالا، بیشترین کاربرد را دارد. با توجه به این واقعیت که انجام آزمایش به عنوان دقیق‌ترین روش در بررسی مسائل و مشکلات پیش روی این گونه سازه‌ها مطرح می‌باشد، محققان و طراحان را بر آن داشته است تا با ساختن نمونه‌ی فیزیکی از سازه‌ی طراحی شده و انجام آزمایشات، از جنبه‌های پنهان پدیده با بهره‌وری آزمایش‌ها از شبیه‌سازی جریان‌های واقعی پرده بردارند. جهت بررسی وضعیت جریان بر روی قسمتی از سرریز سطحی سد سیوند نمونه‌ی فیزیکی سرریز سطحی با مقیاس ۱:۱۰۰ در نهر پایه دار آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت با مصالحی از قبیل ورق پلکسی گلاس، اسفنج مصنوعی، طلق، چوب و غیره ساخته شد. عملیات داده برداری در ۱۴ مرحله با بده‌هایی متفاوت انجام گردید. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، عدد فرود در تندآب به دلیل افزایش سرعت، دارای بیشترین مقدار و در مقاطع بین سرریز سطحی اصلی و سطحی تنظیم‌کننده، به علت استغراق ایجاد شده، دارای کمترین مقدار می‌باشد. ضریب C سرریز سطحی نمونه، ۱/۷۹۶ محاسبه گردیده است. همچنین، با توجه به تحلیل وضعیت نمونه جریانی تا بده-ی حدود ۲۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه برای آن شبیه‌سازی شد و مشکلی در آن مشاهده نگردید. با توجه به فراسنج معیار عدد حفره‌سازی بحرانی در بعضی آزمایش‌ها، سازه‌ی سد با تخریب روبرو است، از این رو احداث مجراهای هوادهی در نقاطی از مقطع خروجی سرریز توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: سد سیوند، سرریزهای سطحی، نمونه‌ی فیزیکی، حفره‌سازی، عدد فرود.

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.

۲- استادیار و عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحداقلید.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.

* نویسنده مسؤول مقاله، gholamhosseinyosefi@yahoo.com

مقدمه

یکی از اهداف بشر، مهار کردن، ذخیره سازی و استفاده بهینه از آب های سطحی است. بهره برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی و انتقال آب از مکانی به مکانی دیگر به منظورهای آبیاری و آبرسانی به عنوان یک ضرورت حیاتی، از آغاز زندگی مورد نظر بشر بوده است. در میان روش های مختلف ذخیره ی آب، از دیرباز سدها به عنوان سازه های که حجم قابل توجهی از آب را در اختیار در می آورند، جایگاه ویژه ای داشته اند. در تمام کشورها، سدسازی از سیاست ها و سرمایه گذاری ها می باشد. یکی از سازه های مهمی که همزمان با ساخت سدها مورد نیاز واقع شده و امکان خروج سیلاب های اضافه بر ظرفیت آبگیر سد را میسر می سازد، سرریز نام دارد؛ به عبارت دیگر، یکی از کاربردهای مهم سرریزها، تنظیم ارتفاع و حجم آب دریاچه پشت سد بوده و یکی از سازه های مورد بحث در شبیه سازی، سرریز سدها می باشد که به واسطه ی اهمیت بسیار زیاد آن در طرح های سدسازی مورد توجه ویژه قرار گرفته است (ابریشمی و حسینی، ۱۳۸۴).

سرریز از جمله مهم ترین و گران ترین بخش های سازه ی سد می باشد که برای به یقین رسیدن در درست کار کردن سازه ی مزبور، نمونه ی فیزیکی - هیدرولیکی آن در مقیاسی کوچک ساخته شده و آزمایش های پرشماری برای پیش بینی پدیده های هیدرولیکی، با کاربرد آن انجام می گیرند. منظور از نمونه ی فیزیکی - هیدرولیکی، ساختن نمونه ای از طرح واقعی ولی با ابعاد کوچک تر است، به طوری که رفتارهای هیدرولیکی - پویایی در نمونه ی کوچک شده منطبق با نمونه ی واقعی باشد (شفاعی بچستان، ۱۳۸۴).

نمونه های هیدرولیکی می توانند موجب بیمه ی نسبتاً ارزان طرح گشته و عدم قطعیت یک طرح یا روش اجرایی را کاهش دهند. عملکرد سازه های هیدرولیکی به دلیل سرمایه گذاری های بسیار کلان این سازه ها و همچنین به لحاظ احتمال زیان های هنگفت جانی و مالی که در صورت ویرانی و عدم طراحی مناسب به بار خواهند آورد، باید قبل از اجرا در آزمایشگاه در مقیاس کوچکتری مورد آزمایش قرار گیرند (سبک روح، ۱۳۸۶).

سد مخزنی سیوند در فاصله ی ۹۰ کیلومتری شمال شرقی شیراز و ۱۴ کیلومتری شمال باختری سعادت شهر (مرکز شهرستان پاسارگاد) در استان فارس با

مختصات جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۹ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. رود سیوند پس از عبور از دشت های بالادست (مرغاب) و دشت های پایین دست (سعادت شهر - مرودشت) در محل پل خان به رود کر می پیوندد که مهار کردن سیلاب های زمستانه و بهاره حوضه آبخیز رود سیوند به منظور جلوگیری از خسارات ناشی از آن، تأمین آب شرب و صنعت منطقه، توسعه ی آبیاری ۱۷۰۰ هکتار از اراضی سعادت شهر و ۹۰۰۰ هکتار از اراضی توابع ارسنجان و بهبود و تأمین آب اراضی آبخور طرفین رود سیوند در حدفاصل سد سیوند و پل خان از عمده ترین اهداف سد سیوند می باشند. سامانه ی تخلیه ی سیلاب و استهلاک کار مایه در سد سیوند عبارت است از سرریز دریچه دار به همراه سرریز سطحی مهارکننده، تنداب و سرریز پلکانی که در نهایت جریان به درون حوضچه ی استغراق ریخته و از آن به وسیله ی نهر به رود هدایت می گردد (بی نام، ۱۳۷۲).

هدف از مطالعه قسمتی از نمونه ی سرریز سد سیوند تعیین دقت و بهبود شرایط هیدرولیکی سامانه ی تخلیه ی سیلاب و استهلاک کار مایه می باشد که مطالعه ی شرایط کلی جریان در سرریز سطحی جهت تعیین شکل خطوط جریان، نیمرخ سرعت، فراسنج های هیدرولیکی و مطالعه ی فراسنج های حفره سازی از موارد مورد بررسی نمونه می باشند. در این تحقیق قسمتی از نمونه ی سرریز سد سیوند در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت ساخته و با انجام چند آزمایش به بررسی وضعیت جریان بر روی قسمتی از سرریز سطحی سد سیوند پرداخته شد.

پیشینه ی تحقیقات

برای طراحی سرریزها و جریان های حاکم بر آنها، نمونه سازی هیدرولیکی و مسائل مربوط به آن تحقیقات بسیاری انجام گرفته اند.

اولین تحقیقات آزمایشگاهی برای طراحی سرریزها حدود ۱۰۰ سال پیش به وسیله بازین (۱۸۸۰) که اولین نیمرخ سرریز را ارائه داده است، انجام گرفته است. نامبرده با انجام آزمایش هایی سعی بر به دست آوردن روابطی بین تغییرات طول سرریز نسبت به ارتفاع داشت که نتایج خود را نتوانست تحلیل کند، ولی دیگر محققان از نتایج وی استفاده کردند (دستورانی، ۱۳۸۶).

نجفی و همکاران (۱۳۸۷) با بررسی پایه‌های تاج سرریز در خصوصیات جریان بر روی یک سرریز بلند با و بدون هوادهی مصنوعی، به این نتیجه دست یافتند که در حالت بدون هوادهی جریان، کمترین تأثیر پایه‌ها بر روی پرتاب کننده‌ی جامی و بیشترین تأثیر پایه‌ها بر روی تاج سرریز بوده است. با هوادهی جریان، تغییرات بیشتری در انتهای تنداب سرریز و نیز بر روی پرتاب کننده‌ی جامی مشاهده شده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از نهر پایه دار آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت استفاده گردید. نهر پایه دار از جنس شیشه‌ی سکوریت ۱۰ میلی متری جهت مشاهده جریان و رفتار و خصوصیات آنمی باشد که بر روی اسکلت و پایه‌هایی از آهن قرار گرفته است. طول نهر پایه دار ۸ متر و عرض آن ۰/۵ متر بوده و بر روی پایه‌ای به ارتفاع معادل ۱/۲ متر از سطح زمین قرار گرفته است. ارتفاع نهر پایه دار در ۳ متر ابتدایی ۱ متر و در ۵ متر دیگر ۰/۵ متر می‌باشد. پایه‌های انتهایی نهر پایه دار قابلیت تغییر ارتفاع را دارند تا بتوانند شیب‌های مختلفی را برای انجام آزمایش تامین کند. به جز یک متر ابتدایی کف نهر پایه دار که به علت اتصال لوله به آن از صفحه‌ی فلزی ۲ میلی متری ساخته شده است، بقیه‌ی قسمت‌ها از شیشه می‌باشد. این نهر پایه دار مجهز به سامانه‌ی گردش بسته‌ی آب است که قابلیت تامین حداکثر بدهی تا ۳۵ لیتر بر ثانیه را دارد. مخزن تامین آب به حجم ۲۰۰۰ لیتر در ارتفاع حدود ۳ متری از سطح زمین در خارج آزمایشگاه قرار گرفته است. در انتهای نهر پایه دار مخزنی با حجم ۸۵۰ لیتر جهت جمع کردن آب و سپس تلمبه‌زنی آن به مخزن تغذیه و تامین آب، وجود دارد که تلمبه‌زنی به وسیله‌ی یک تلمبه‌ی گریز از مرکز انجام می‌شود. در انتهای نهر پایه دار، محلی برای قرار دادن سرریز جهت تعیین بده تعبیه شده است. با توجه به شرایط آزمایشگاه و بده‌ی طرح PMF^4 (حدود ۶۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه) مقیاس جهت نمونه‌سازی انتخاب گردید که با توجه به مشخصات اصلی سرریز سطحی و سطحی تنظیم کننده و تنداب و براساس معادله‌ی سرریز سطحی

بارکر و همکاران (۱۹۴۱) با استفاده از نظریه‌ی اندازه حرکت، روابطی را برای اندازه‌گیری بده در سرریزها به دست آوردند.

بریدلی و پترکا (۱۹۵۷) تحقیقات بسیاری را در مورد تعیین سرعت در پای سرریز جهت استفاده در محاسبه‌ی عدد فرود و طراحی حوضچه‌ی آرامش، انجام دادند که در نتیجه، از نمودار ارائه شده می‌توان سرعت واقعی را بر حسب سرعت نظریه بده دست آورد.

فالوی (۱۹۸۲) نشان داد که سرریزهای دالانی سازمان احیای اراضی آمریکا (USBR) با شاخص حفره‌سازی ۰/۲ یا بالاتر، از صدمات ناشی از حفره‌سازی مصون‌اند، اما چنانچه شاخص مزبور حفره‌سازی کمتر از ۰/۲ باشد، عموماً خرابی‌هایی رخ می‌دهد.

در طول ۶۰ سال گذشته در تمام دانشگاه‌های دارای رشته‌ی هیدرولیک جهان، نیم‌رخ‌هایی برای سرریز با اسامی مهندسی تهیه‌کننده‌ی آنها پیشنهاد شده است که کریگر، سیمیمی، اسمیتانافیتسیرو، اسکندی و هیات مهندسی ارتش ایالات متحده از معروفترین آنها می‌باشند (دستورانی، ۱۳۸۶).

ساوژ و جانسون (۲۰۰۱) به بررسی جریان عبوری از روی سرریز سطحی با کاربرد نمونه‌های فیزیکی و ریاضی پرداختند. آزمایش‌ها در ۱۰ بده‌ی مختلف انجام شدند که تطابق خوبی را بین شبیه‌های عددی و فیزیکی برای فشار و بده گزارش دادند.

پاگلیارا و هگر (۲۰۰۶) با مطالعه در مورد میزان آبشستگی اعلام داشتند که حرکت مواد بستر به دلیل عدم استهلاک کارمایه‌ی فشانه باعث ایجاد حفره آبشستگی می‌گردد که پیامد آن شکستن سد و یا سرریز می‌باشد. بدین ترتیب به نامبردگان لزوم مطالعه را در مورد شبیه‌سازی پیش از احداث سازه متذکر شدند.

سبک روح (۱۳۸۶) با تعیین الگوی جریان در مورد نمونه‌ی سرریز سطحی سد سلمان فارس سبیه این نتیجه رسید که در کمترین بده‌ی عبوری در مقطع کف سرریز جریان زیر بحرانی و در روی تاج جریان در حالت بحرانی و در بقیه‌ی مقاطع جریان فوق بحرانی می‌باشد.

جلودار و همکاران (۱۳۸۷)، با بررسی سطح آزاد جریان آب از روی سرریزهای سطحی با استفاده از روش اجزاء محدود سازگاری خوبی را بین روش عددی و مقادیر تجربی نشان دادند.

۴- حداکثر سیل محتمل (Probable Maximum Flood)

عبوری در هر آزمایش، از طریق ارتفاع آب از روی سرریز مثالی ۴۵ درجه تعیین گردید. در ضمن سه عدد فشارسنج در پایین دست سرریز سطحی، جهت تعیین فشار نصب گردید. در صفحه ی آخر چند تصویر از عملیات انجام شده آمده است.

بحث و نتایج

با داده برداری در ۱۴ مرحله ی آزمایش با بده های متفاوت فراسنج های بده، سرعت، شعاع آبی، گرانروی آب، بار آبی، حداقل کار مایه مخصوص، افت کارمایه، عمق بحرانی، عدد رینولدز و عدد فرود برای ۷ مقطع مذکور محاسبه گردیدند. بده براساس منحنی دبی-مقیاس سرریز ۴۵ درجه، گرانروی آب با توجه به قرائت دمای آب با کاربرد دماسنج از روی جدول خصوصیات فیزیکی آب و مابقی فراسنجهابراساس روابط زیر محاسبه گردیدند:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{b \times y} \quad (1)$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{b \times y}{b + 2y} \quad (2)$$

$$H = y + \frac{v^2}{2g} + z \quad (3)$$

$$Y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

$$E_{min} = \frac{3}{2} Y_c \quad (5)$$

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{g \times y}} \quad (6)$$

A: سطح مقطع برحسب مترمربع

V: سرعت جریان برحسب متر برثانیه

Q: بده ی جریان برحسب مترمکعب برثانیه

Y: ارتفاع آب برحسب متر

b: عرض هر مقطع برحسب متر

R: شعاع آبی برحسب متر

H: بار آبی برحسب متر

Z: ارتفاع هر مقطع برحسب متر

Y_c: عمق بحرانی برحسب متر

E_{min}: کمترین کارمایه مخصوص

F_r: عدد فرود

v: گرانروی آب

q: بده در واحد عرض برحسب مترمکعب برثانیه برمتر

(مترمربع برثانیه)

و نقشه های سرریز، در ابتدا به وسیله ی نرم افزار Auto CAD نقشه های مورد نیاز ترسیم و بر روی ورق اسفنج مصنوعی ۵ میلی متری پیاده گردید. لازم به ذکر است که سرریز سطحی سد سیوند از نوع دو قوسی می باشد. پس از آماده نمودن اسفنج های مورد نیاز طبق قوس خارجی و داخلی سرریز، آنها را بر روی یک صفحه پلکسی گلاس ۴ میلی متری با کاربرد چسب مخصوص چسبانیده، سپس صفحه ی پلکسی گلاس را با توجه به ارتفاع مورد نظر در نهر پایه دار قرار داده و جهت یکنواخت کردن سطح رویی سرریز سطحی، از طلق کاملاً شفاف و به ضخامت ۱ میلی-متر استفاده شد. در ضمن، فاصله ی بین سرریز سطحی و سطحی تنظیم کننده که حدود ۱۰۲ سانتی متر بود که به وسیله ی ورق پلکسی گلاس ۴ میلی متری پوشانده شد. در ادامه، براساس معادله ی طراحی شده، نقشه ی ترسیم شده ی سرریز سطحی تنظیم کننده ی همانند سرریز سطحی اصلی، بر روی اسفنج ۵ میلی متری پیاده گردید، بر روی ورق پلکسی گلاس داخل نهر پایه دار چسبانده شد و سطح رویی آن نیز به وسیله ی طلق پوشانده شد. بعد از سرریز سطحی تنظیم کننده، سازه ی تندآب به طول ۱۴۰ سانتی متر و با شیب ۴ درصد با کاربرد ورق پلکسی گلاس ساخته شد. برای جلوگیری از ورود و برگشت آب به داخل محوطه ی زیر سازه و همچنین کناره های سرریز، ابتدا و انتهای مسیر با کاربرد قطعات پلکسی گلاس کاملاً بسته شد تا خطاهای احتمالی به حداقل ممکن برسند. در ضمن، سازه با کاربرد چسب آکواریوم آب بندی شد. در این نمونه جهت قرائت ارتفاع آب، از خط کش میلی متری با دقت نیم میلی متر که به دیواره نهر پایه دار چسبانده شده بود، استفاده گردید. داده برداری در هفت مقطع (مقطع اول: ۴۸ سانتی متر قبل از سرریز سطحی؛ مقطع دوم: روی سرریز سطحی؛ مقطع سوم: پنجه ی سرریز سطحی؛ مقطع چهارم: ۲۰ سانتی متر قبل از سرریز سطحی تنظیم کننده؛ مقطع پنجم: روی سرریز سطحی تنظیم کننده؛ مقطع ششم: ابتدای تندآب و مقطع هفتم: انتهای تندآب) انجام گرفت. در هر آزمایش، برای اینکه بده ی عبوری به یکنواختی برسد، حدود ۱۵ دقیقه جریان روی سرریز عبور داده شد. سپس دمای آب با کاربرد دماسنج، در مکانی که قبل از سرریز مثالی در انتهای نهر پایه دار قرار دارد، در ابتدا و انتهای هر آزمایش قرائت گردید. لازم به ذکر است که بده ی

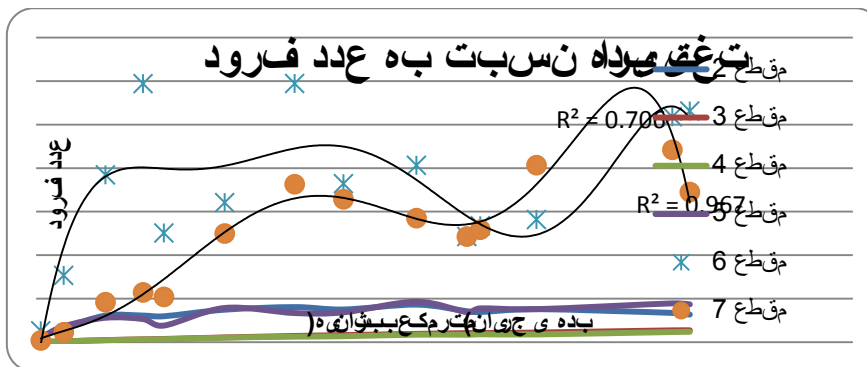
فرود تغییرات محسوسی را نشان نمی‌دهد. دلیل نامنظمی روند تغییرات عدد فرود در مقاطع ۶ و ۷ به علت استغراق ایجاد شده در پایین دست سازه و اثر برگشتی آن بر روی مقطع تندآب می‌باشد [شکل ۱].

تجزیه و تحلیل نمودار تغییرات بده نسبت به کارمایه در تمامی مقاطع

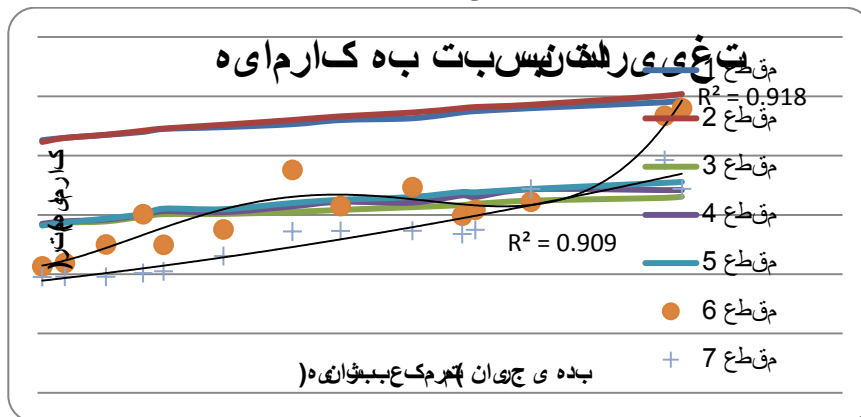
در تمامی مقاطع با افزایش بده، کارمایه نیز افزایش می‌یابد. مقطع ۱ و ۲ دارای بیشترین مقدار کارمایه، حدود ۰/۵ متر می‌باشند؛ مقطع ۷ دارای کمترین مقدار کارمایه و حدود ۰/۲ متر است [شکل ۲].

تجزیه و تحلیل نمودار تغییرات بده نسبت به عدد فرود در تمامی مقاطع

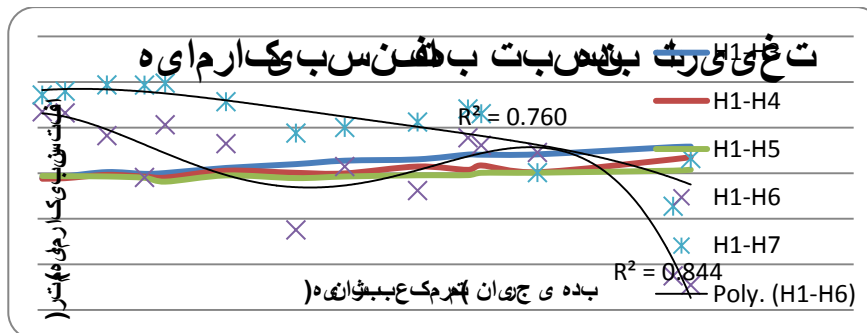
در مقاطع ۲، ۳ و ۴ و با توجه به اعداد فرود محاسبه شده، جریان زیر بحرانی می‌باشد. در مقاطع ۶ و ۷، به دلیل افزایش سرعت جریان بر روی تندآب، جریان فوق بحرانی است که به دلیل افزایش سرعت، در مقطع ۶ بیشترین مقدار عدد فرود محاسبه شده را دارد. به دلیل استغراق ایجاد شده و کاهش سرعت جریان، مقاطع ۳ و ۴ دارای کمترین مقدار عدد فرود می‌باشند. روند تغییرات در مقاطع ۲، ۳، ۴ و ۵ ثابت بوده که با افزایش بده، عدد



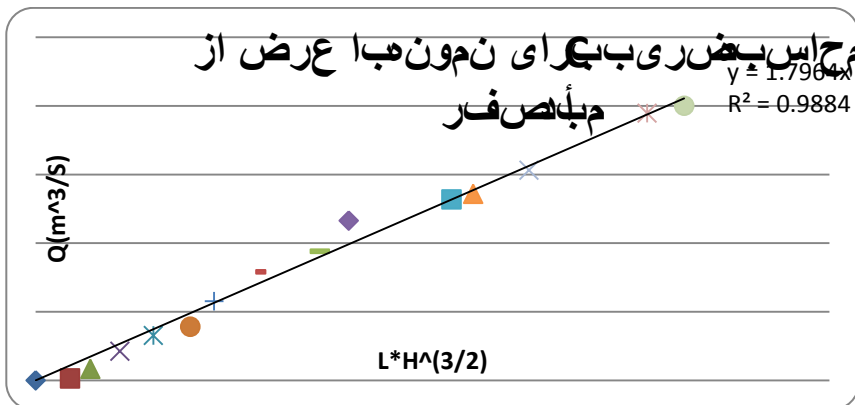
شکل ۱- منحنی تغییرات بده نسبت به فرود



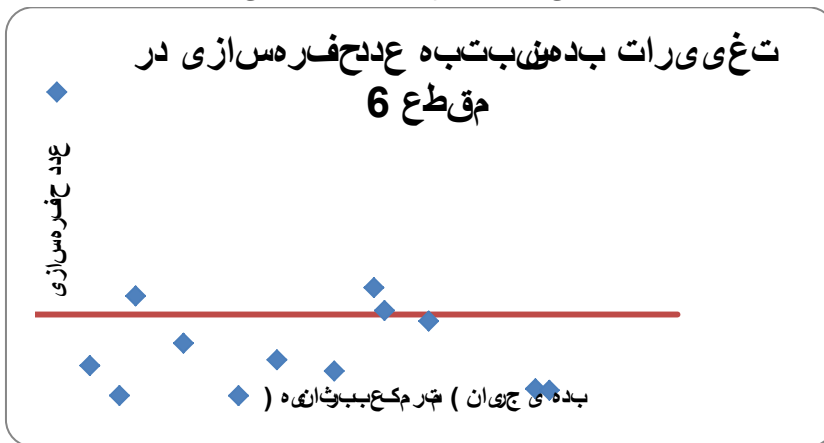
شکل ۲- تغییرات بده نسبت به کارمایه



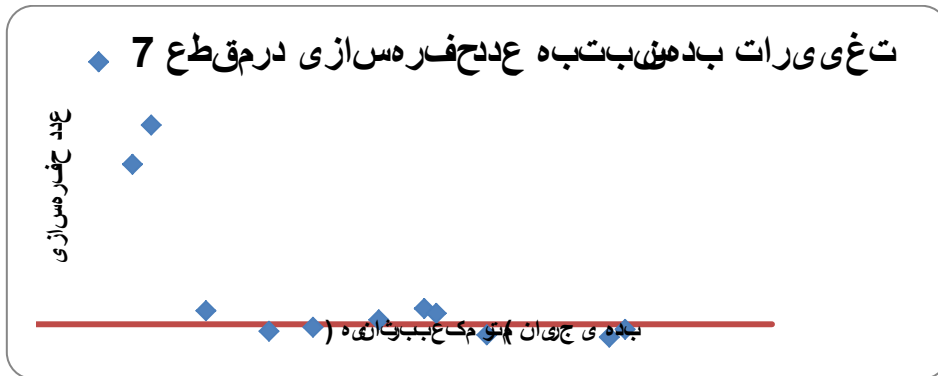
شکل ۳- تغییرات بده نسبت به افت نسبی کارمایه



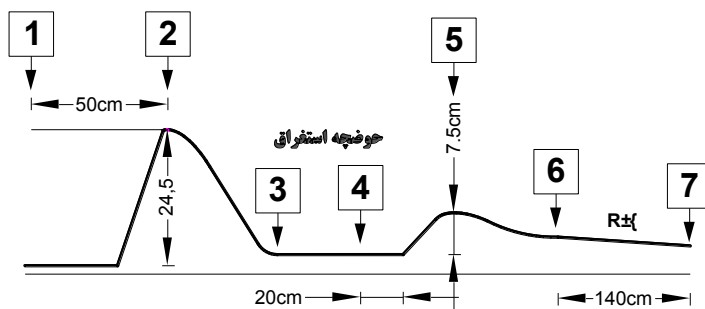
شکل ۴ - منحنی بده - مقیاس نمونه سرریز سطحی سد سیوند



شکل ۵ - تغییرات بده نسبت به عدد حفرة سازی در مقطع ۶



شکل ۶ - تغییرات بده نسبت به عدد حفرة سازی در مقطع ۷



شکل ۷ - طرح واره ای محل های قرائت داده ها در نمونه

در این تحقیق، با توجه به داده های بار آبی موثر، طول موثر سرریز سطحی سد سیوند (۵۳ سانتی متر) در نمونه‌ی ساخته شده، مقیاس مورد نظر ۱:۱۰۰ و معادله‌ی سرریز لبه آبریز، با انتخاب معادله وایزلی بین بده و $LH^{1/5}$ ضریب C برای نمونه ۱/۷۹۶ محاسبه گردید که این مقدار در محدوده‌ی انتخاب شده‌ی ۱/۶ تا ۲/۲ می باشد [شکل ۴].

از آن جا که در این تحقیق مقدار $W/H_e > 1/33$ می باشد، طبق نمودارهای USBR ضریب C برابر با ۲/۲ تعیین می گردد (ابریشمی وحسینی، ۱۳۸۴).

تجزیه و تحلیل تغییرات بده نسبت به عدد حفره

سازی در مقاطع ۶ و ۷

فراسنج حفره سازی برای مقاطع ۶ و ۷ طبق رابطه‌ی زیر محاسبه گردید:

$$\sigma = \frac{P - P_v}{\rho \times \frac{V}{2}} \quad (10)$$

P: فشار در نقطه ی مورد نظر (متر)

Pv: فشار بخار مایع (متر)

ρ: چگالی مایع (کیلوگرم بر متر مکعب)

V: سرعت (متر بر ثانیه)

همچنین فراسنج حفره سازی بحرانی بر پایه‌ی رابطه‌ی پیشنهادی آرنٹ و همکاران (۱۹۷۹) که به شرح زیر است برای مقاطع ۶ و ۷ محاسبه گردید:

$$\sigma_r = C \left(\frac{H}{\delta} \right)^a \left(\frac{V_b \cdot \delta}{V} \right)^b \quad (11)$$

H: ارتفاع برآمدگی (متر)

V_b: سرعت جریان (متر بر ثانیه)

δ: ضخامت لایه‌ی مرزی (متر)

V: گرانیوی پویشی (متر مربع بر ثانیه)

a, b و C ضرایب ثابتی هستند که از جداول مربوطه به دست می آیند؛ مقادیر ضرایب فوق به ترتیب برابر با ۰/۶۳۲، ۰/۴۵۱ و ۰/۰۰۳۲۸ می باشند که در نهایت مقدار حفره سازی بحرانی در مقطع ۶ برابر با ۰/۲۶۶ و در مقطع ۷ برابر با ۰/۲۰۷ محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل نمودار تغییرات بده نسبت به افت

نسبی کارمایه در تمامی مقاطع

در تمامی مقاطع، غیر از مقطع ۶ و ۷، با افزایش بده، روند تغییرات افت نسبی کارمایه، تقریباً ثابت بوده و تغییرات محسوسی نداشته است، کمترین مقدار افت در حالات (H1-H4) و (H1-H5) می باشد که تقریباً به صورت خط افقی است؛ بیشترین مقدار افت حالت (H1-H7) می باشد که نشان دهنده‌ی عملکرد خیلی خوب سازه است. دلیل نامنظمی روند تغییرات عدد فرود در مقاطع ۶ و ۷ به علت استغراق ایجاد شده در پایین دست سازه و اثر برگشتی آن بر روی مقطع تندآب می باشد [شکل ۳].

تجزیه و تحلیل منحنی مشخصه‌ی بده-مقیاس

(تعیین ضریب جریان)

از آن جایی که نیمرخ سرریز های لبه آبریز با استفاده از منحنی سطح زیرین آب جاری شده از روی سرریز لبه تیز مستطیلی به دست می آید، می توان برای تعیین بده‌ی آن، از همان معادله بده‌ی سرریزهای لبه تیز مستطیلی استفاده کرد.

$$Q = \frac{2}{3} C_d \sqrt{g} \cdot L \cdot H_d^{3/2} = CLH_d^{3/2} \quad (8)$$

با توجه به معادله‌های فوق می توان ضریب C و همچنین ضریب C_d را از راه‌های زیر به دست آورد.

در این حالت به علت بلندی سرریز $W=0$

$$C_d = \frac{Q}{\frac{2}{3} \sqrt{g} \cdot L \cdot H_d^{3/2}} = \frac{Q}{\frac{2}{3} \sqrt{g} \cdot L \cdot H_d^{3/2}} \quad H_d \text{ بده}$$

$$C = \frac{Q}{L \cdot H_d^{3/2}} = \frac{2}{3} \times \frac{Q}{L \cdot H_d^{3/2}} \times \sqrt{19/12} = 1/8 \quad (9)$$

در عمل، مقدار C از حدود ۱/۶ تا ۲/۲ تغییر نموده و تابعی

از H_d، H_e و W می باشد (ابریشمی وحسینی، ۱۳۸۴).

H_d: ارتفاع طرح (متر) H_e: ارتفاع معادل کارمایه (متر)

Q: بده‌ی جریان (متر مکعب بر ثانیه)

g: گرانش (متر بر مجذور ثانیه)

L: طول سرریز (متر) C: ضریب جریان

C_d: ضریب تغییرات بده W: ارتفاع سرریز (متر)

دارای بیشترین مقدار عدد فرود می‌باشد. مقاطع ۳ و ۴ نیز که بین سرریز سطحی اصلی و سطحی تنظیم‌کننده واقع گردیده‌اند، به علت استغراق ایجاد شده دارای کمترین مقدار عدد فرود بوده و ضریب سرریز سطحی نمونه ساخته شده برابر با ۱/۷۹۶ محاسبه گردیده است. با توجه به فراسنج معیار عدد حفره‌سازی بحرانی در بعضی آزمایش‌ها، سرریز سد با تخریب روبرو است؛ از این رو احداث مجراهای هوادهی در نقاطی از مقطع خروجی سرریز توصیه می‌گردد.

باتوجه به فراسنج معیار، اعداد حفره‌سازی بحرانی، ۰/۲۶۶ و ۰/۲۰۷ می‌باشند. در بعضی از آزمایش‌ها، عدد حفره‌سازی از معیار تعیین شده کمتر است که در این صورت، سازه‌ی سد با تخریب روبرو است؛ از این رو، احداث مجراهای هوادهی در نقاطی از مقطع خروجی سرریز توصیه می‌گردد [شکل‌های ۵ و ۶].

نتیجه‌گیری

نمونه‌ی ساخته شده‌ی سرریز سطحی در محدوده‌ی مورد اندازه‌گیری مناسب است. تندآب، به دلیل افزایش سرعت،

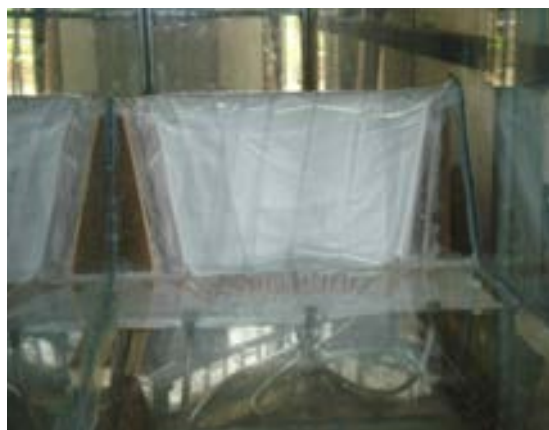
جدول ۲- محاسبات مربوط به عدد حفره‌سازی و مقایسه آن با حفره‌سازی بحرانی در مقطع ۷

آزمایش	سرعت نمونه واقعی	چگالی مایع	ارتفاع نمونه واقعی	فشار بخار مایع	عدد حفره سازی	حفره سازی بحرانی	ملاحظات
۳	۳/۲۷	۹۹۷/۵۸	۱/۳۰	۰/۲۷	۲/۳۸	۰/۲۰۷	حفره سازی رخ نمی دهد
۴	۴/۳۸	۹۹۷/۴۵	۱/۵۰	۰/۲۸	۱/۵۳	۰/۲۰۷	حفره سازی رخ نمی دهد
۵	۴/۳۶	۹۹۷/۷۰	۱/۸۰	۰/۲۶	۱/۸۶	۰/۲۰۷	حفره سازی رخ نمی دهد
۶	۸/۹۱	۹۹۷/۷۰	۱/۳۰	۰/۲۶	۰/۳۲	۰/۲۰۷	حفره سازی رخ نمی دهد
۷	۱۲/۷۱	۹۹۷/۵۱	۱/۲۵	۰/۲۸	۰/۱۵	۰/۲۰۷	حفره سازی رخ می دهد
۸	۱۲/۶۰	۹۹۷/۴۵	۱/۵۰	۰/۲۸	۰/۱۹	۰/۲۰۷	حفره سازی رخ می دهد
۹	۱۲/۳۰	۹۹۷/۰۱	۱/۹۰	۰/۳۱	۰/۲۵	۰/۲۰۷	حفره سازی رخ نمی دهد
۱۰	۱۱/۵۲	۹۹۶/۸۳	۲/۳۰	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۲۰۷	حفره سازی رخ نمی دهد
۱۱	۱۲/۱۴	۹۹۷/۲	۲/۲۵	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۲۰۷	حفره سازی رخ نمی دهد
۱۲	۱۷/۰۹	۹۹۷/۰۸	۱/۸۰	۰/۳۱	۰/۱۲	۰/۲۰۷	حفره سازی رخ می دهد
۱۳	۱۹/۵۸	۹۹۷/۵۸	۲	۰/۲۷	۰/۱۰	۰/۲۰۷	حفره سازی رخ می دهد
۱۴	۱۶/۷۳	۹۹۷/۶۸	۲/۴۰	۰/۲۷	۰/۱۷	۰/۲۰۷	حفره سازی رخ می دهد

در جدول فوق سرعت بر حسب متر بر ثانیه، فشار بخار آب بر حسب متر، چگالی مایع بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب و ارتفاع بر حسب متر می‌باشد.



شکل ۹- نمایی از سرریز سطحی تنظیم کننده



شکل ۸- نمایی از سرریز سطحی و فشارسنج‌های نصب شده



شکل ۱۳- سرریز مثلثی ۴۵ درجه و عبور جریان از روی آن



شکل ۱۰- نحوه‌ی قرار گرفتن سرریز سطحی و سطحی تنظیم کننده در نهر پایه دار ومقاطع اندازه گیری داده‌ها

منابع

- ۱- ابریشمی ج، حسینی م. ۱۳۸۴. هیدرولیک کانال های باز. چاپ دوازدهم انتشارات آستان قدس رضوی.
- ۲- جلودار ز، ح گلمایی، م ضیاءتباراحمدی و ع رحمانی فیروزجانی. ۱۳۸۷. تعیین پروفیل سطح آزادجریان آب روی سرریزهای اوجی با استفاده از روش اجزای محدود، سومین کنفرانس هیدرولیک ایران دانشگاه تهران.
- ۳- دستورانی، م. ۱۳۸۶. تاثیر رسوبات پشت سرریز اوجی بر ضریب تخلیه و شرایط جریان، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز.
- ۴- سبک روح، م. ۱۳۸۶، تعیین الگوی جریان خروجی از باکت قسمتی از مدل سد سلمان فارسی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروز آباد.
- ۵- شفاعی بجستان م. ۱۳۸۴. مبانی و کاربردهای هیدرولیکی- فیزیکی، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۶- بی نام، ۱۳۷۲ مهندسی مشاور سکو. مطالعات مرحله اول سد وشبکه آبیاری وزهکشی سیبویه، سیمای طرح سد سیبویه، وزارت نیرو سازمان آب ومنطقه ای فارس جلد ششم ص ص ۱ تا ۴۰
- ۷- نجفی ع، میاسی، س صباغ یزدی. ۱۳۸۷. اثر پایه های تاج سرریز در خصوصیات جریان بر روی یک سرریز بلند در شرایط با و بدون هوادهی مصنوعی، هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران دانشگاه شهید عباسپور.

8-Arndt , R.E. A., Holl, J.W., Bohn ,J.C.,Bechtel,W.T.1979.Influence of surface irregularities on cavitation performance, Journal of Ship Research, 23: 157-170.



شکل ۱۱- نمایی از سرریز سطحی و سطحی تنظیم کننده



شکل ۱۲- نمایی از نمونه فیزیکی- هیدرولیکی سرریز سطحی تنظیم کننده هنگام عبور جریان

12-Pagliara-Hager-Minor,Stefano-Willih-
Erwin.2006.Hydraulic of planpool scour
ASCE, 132: 450-461.

13-Savege, M. andM . Johnson. 2001.
Flow over ogee spillway:Physical and
numerical model cast study.
ASCE,127:640-649.

9- Bradley, J. N. andA. J. Peterka.
1957.The hydraulic design of stilling
basins. Proc. ASCE, 83:1401-1406.

10- Barker, C.L. and Deoringsfeld,T. H.
A. 1941. Pressure momentum theory
applid to the broad- crested weir
,Trans.ASCE,106:934-969.

11-Falvey, H. T.1982.Prediction
cavitation in tunnell spillways. Water
Power and Dam Construction, 34:13-15.