تجزیه و تحلیل نظام جریان نمونه‌ی فیزیکی– هیدرولیکی قسمتی از سرریز سد ملاصدرا

امین رستمی راوری[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۳/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۰۸/۱۸

چکیده

امروزه نقش سدها در زندگی بشر، به‌خصوص درکشورهایی نظیر ایران، به‌عنوان یکی از زیرساخت‌های اساسی درتوسعه‌ی پایدار و بهینه از منابع آب مشهود است. سرریز از سازه‌های مهم هر سد است که امکان خروج سیلاب‌های اضافه بر ظرفیت آن را میسر می‌سازد. از بین سرریزها، سرریز پیوند[۲] به خاطر بازده‌ی هیدرولیکی بالا، بیشترین کاربرد را دارد. ساخت نمونه‌ی فیزیکی به‌عنوان دقیق‌ترین روش در بررسی این گونه سازه‌ها مطرح است. برای بررسی نظام جریان از روی قسمتی از سرریز پیوند سد ملاصدرا، نمونه‌ی فیزیکی آن با مقیاس ۱:۳۰ در ناوه‌ی آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه آزاد مرودشت ساخته شد و آزمون‌هایی با بده‌های متفاوت انجام گردید. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، در بررسی نظام جریان، عملکرد صحیح سازه مستهلک کننده‌ی کارمایه در این سازه مورد تایید قرار گرفت. در بررسی اندازه‌ی استهلاک کارمایه نیز بر همین مساله تاکید گردید. ضریب C سرریز پیوند مدل ۲/۶۸ به‌دست آمد. همچنین، با تجزیه و تحلیل نظام جریان بر روی نمونه، وضعیت جریان تا بده‌ی حدود ۱۶۸۰ متر مکعب بر ثانیه در نمونه‌ی واقعی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مشکل هیدرولیکی خاصی در آن مشاهده نگردید.

واژه‌های کلیدی: استان فارس، روش‌های زمین‌آمار، روش‌های معین، نقشه‌ی هم‌باران.

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.
dr.aminrostami@yahoo.com

2 Ogee Spillway

مقدمه

سرریزها، انواعی از سازه‌های آبی هستند که برای انتقال یا عبور سیلاب و آب‌های اضافی از سراب به پایاب سدها، کاربرد دارند. طراحی سرریزها به عوامل متعددی از قبیل سیل طرح، نوع و محل سد و اندازه و نحوه‌ی بهره‌برداری از منبع بستگی دارد. غیر از مسائل اقتصادی، عواملی از قبیل دقت و اعتماد در پیش‌بینی‌های سیل، لرزه‌خیزی ساختگاه سد، دوره و مقدار سرریزی جریان، پستی و بلندی، زمین‌شناسی و نوع سد نیز در طراحی سرریزها مؤثرند. سرریزها به‌منظور تبدیل نظام جریان از زیر بحرانی به فوق بحرانی به کار می‌روند. در نتیجه در پایانه‌ی این سازه امکان فرسایش زیاد است، بنابراین علاوه بر طراحی سرریزها، باید سازه‌های پراکنده کننده کارمایه را در پایاب سرریز بنا کرد[۱].

نمونه معمولاً به ابزاری اطلاق می‌شود که بتواند آینده را پیش بینی کند. چنین ابزاری معمولاً از روابط ریاضی بین علت و معلول استفاده می‌کند. در هیدرولیک نیز پدیده‌های متعددی وجود دارند که لازم است عملکرد آنها در مقابل متغیرهای مختلف پیش‌بینی شود. از این رو، ابزار نمونه کاربرد فراوانی در هیدرولیک دارد[۶]. ارزش یک نمونه‌ی خوب، کارآیی آن در تولید نتایجی قابل قبول و نزدیک به واقعیت است. یک نمونه، زمانی از دقت خوبی برخوردار است که با داده‌های صحرایی و آزمایشگاهی نیز واسنجی شده باشد. منظور از نمونه‌ی فیزیکی و هیدرولیکی، ساختن نمونه‌ای از طرح واقعی، ولی با ابعاد کوچکتر است، به‌طوری که رفتارهای هیدرولیکی- پویایی در نمونه‌ی کوچک شده منطبق با ساختمان واقعی باشد. پس به نمونه‌ی واقعی[1] پیش نمونه و به نوع کوچک شده آن اختصاراً نمونه[2] اطلاق خواهد شد. مسلماً نمونه‌های فیزیکی- هیدرولیکی در مقایسه با شبیه ریاضی دارای مزایای کمتری می باشند، ولی از آن‌جا که رفتار هیدرولیکی در نمونه‌ی فیزیکی به اصل شباهت بیشتری دارد و می‌تواند جریان‌های سه بعدی سازه‌های اصلی را به راحتی تقلید کند. هنوز نمونه‌های فیزیکی– هیدرولیکی در هیدرولیک کاربرد گسترده‌ای دارند[۶].

[1] Proto Type
[2] Model

بررسی پیشینه

موقعیت و مشخصات سد و سرریز سد ملاصدرا

سد ملاصدرا در شمال غربی استان فارس و بر روی شاخه‌ی اصلی رود کر در تنگ براق، واقع در ۶۰ کیلومتری بالادست سد درودزن در دست احداث است. فاصله‌ی محل سد از شیراز ۲۰۰ کیلومتر و از بخش سده‌ی اقلید ۲۰ کیلومتر می‌باشد. مشخصات سازه‌ای سرریز این سد نیز به شرح جدول ۱ است[۷].

جدول ۱- مشخصات سرریز سد ملاصدرا

سیلاب طراحی	با دوره‌ی بازگشت ۱۰۰۰۰ سال
ظرفیت عبوری	۳۴۰ متر مکعب بر ثانیه
تراز حداکثر آب	۲۱۲۱/۱ متر از سطح دریا
عرض سرریز در محل اوجی	۸۸ متر
طول شوت	۵۰۰ متر
سیستم استهلاک انرژی	حوضچه ی استغراق
سیلاب طراحی حوضچه استغراق	۱۰۰۰ ساله

بررسی پیشینه تحقیقات سرریزهای پیوند

اولین تحقیقات آزمایشگاهی برای طراحی سرریزها حدود ۱۰۰ سال پیش به وسیله‌ی بازین(۱۸۸۰) که اولین نیمرخ سرریز را ارائه داده است، انجام گرفته است. وی با انجام آزمایش‌هایی 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[۴].

دیورنگزفیلد و بیکر(۱۹۴۱) با استفاده ازنظریه‌ی اندازه حرکت، روابطی را برای اندازه‌گیری بده در سرریزها به دست آوردند[۹] .

در طول ۶۰ سال گذشته در تمام دانشگاه‌های دارای رشته‌ی هیدرولیک جهان، نیمرخ‌هایی برای سرریز با اسامی مهندسین تهیه‌کننده‌ی آنها پیشنهاد شده است که کریگر، سیمیمی، اسمیتانا افیتسیرو، اسکاندی و هیات مهندسین ارتش ایالات متحده از معروف‌ترین آنها می‌باشند[۴].

سبک روح(۱۳۸۶) با تعیین الگوی جریان در مورد نمونه‌ی سرریز سطحی سد سلمان فارسی به این نتیجه رسید که درکمترین بده‌ی عبوری در مقطع کف سرریز جریان زیر

بحرانی و در روی تاج جریان درحالت بحرانی و در بقیه‌ی مقاطع جریان فوق بحرانی می باشد[۵].

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[۳].

روش بررسی پدیده‌های هیدرولیکی با ساختن نمونه‌ی فیزیکی

مطالعه در مورد یک پدیده‌ی هیدرولیکی یا بررسی عملکرد یک سازه‌ی هیدرولیکی در آزمایشگاه، طی چهار مرحله صورت می‌گیرد:

۱) محاسبات نظری

۲) ساخت نمونه

۳) آزمون نمونه و اندازه گیری متغیرها

۴) تجزیه و تحلیل نتایج

در مرحله‌ی اول، معمولاً با استفاده از علم تجزیه و تحلیل ابعادی، معادلات کلی لازم استخراج می‌گردند. همچنین با استفاده از اصول تشابه‌سازی روابط لازم با توجه به نوع نیروی غالب، تعیین می‌شوند. سپس در خصوص نوع و مقیاس نمونه و محدوده‌ی متغیرهایی که بایستی درآزمایشگاه رعایت و یا اندازه‌گیری شوند، تصمیم اتخاذ می‌گردد.

در مرحله‌ی بعد با توجه به فضای مورد نیاز و دسترسی به امکانات ویژه در خصوص انتخاب مصالح مورد نیاز و محل استقرار نمونه در آزمایشگاه نمونه ساخته می‌شود.

مرحله‌ی سوم، کاربرد نمونه و اندازه‌گیری متغیرها می‌باشد، ممکن است این مرحله چندین ماه به طول انجامد. ممکن است در طی این مرحله، با توجه به جمع‌بندی نتایج به‌دست آمده، تغییراتی در نمونه داده شده و آزمایش‌ها چندین بار تکرار گردند[۶].

هرچند ممکن است اجرای مرحله چهارم گهر شایانی را به مهندس طراح برای بهینه‌سازی کارش ارائه دهد، انجام آن بلافاصله پس از پایان مرحله‌ی سوم توصیه نمی‌شود. چه در برخی موارد، تکرار آزمایش‌ها الزامی است. در مرحله‌ی انجام آزمایش‌ها، ضرورت دارد از کلیه‌ی مراحل ساختن و آزمون‌ها عکس و فیلم تهیه گردد. تهیه‌ی گزارش نهایی، شامل کلیه‌ی کارهای انجام شده در مراحل چهارگانه، آخرین مسئولیت مجری طرح می‌باشد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با رسم نمودارهای مختلف بایستی ارایه شده و نتایج نهایی نیز ارائه گردند. همچنین لازم است پیشنهادهایی نیز برای بهبود طرح ارئه شوند[۱۰].

مواد و روش‌ها

موقعیت، مشخصات و ابعاد ناوه‌ی[1] آزمایشگاه

جهت انجام این تحقیق از ناوه‌ی موجود در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت استفاده گردید. ناوه‌ی مزبور از جنس شیشه سکوریت با ضخامت ۱۰ میلی‌متر می‌باشد که بر روی سازه و پایه‌هایی فلزی قرار گرفته است. همچنین این فلوم قابلیت تغییر شیب را دارد تا بتوان شیب‌های مختلفی را برای انجام آزمایش‌ها تأمین کرد. عرض ناوه ۰/۵متر و طول آن ۸ متر است. ارتفاع ناوه در۳ متر ابتدایی ۱ متر و در ۵ متر باقیمانده، ۰/۵ متر می‌باشد. این ناوه در ارتفاع ۱/۲ متری از سطح زمین قرار گرفته است. کف ناوه در ۰/۵ متر ابتدایی آن، به‌دلیل اتصال لوله ورودی آب، از ورق آهن سفید بوده و بقیه از جنس شیشه سکوریت است.

مخزن۲۰۰۰ لیتری تأمین آب در ارتفاع ۴ متری از سطح زمین قرار داشته و قابلیت تأمین بده‌ی تا ۳۰ لیتر بر ثانیه را دارد. ناوه‌ی مزبور مجهز به یک سامانه‌ی بسته‌ی چرخه آب است که به‌وسیله‌ی یک تلمبه‌ی گریز از مرکز، چرخه را تأمین می‌کند. یک مخزن نیز در انتهای ناوه دارای ۸۰۰ لیتر گنجایش برای جمع کردن آب و سپس برگرداندن آن به مخزن تغذیه تعبیه شده است. در انتهای ناوه نیز شیاری برای قراردادن سرریز مثلثی جهت تعیین دقیق بده‌ی عبوری تعبیه شده است.

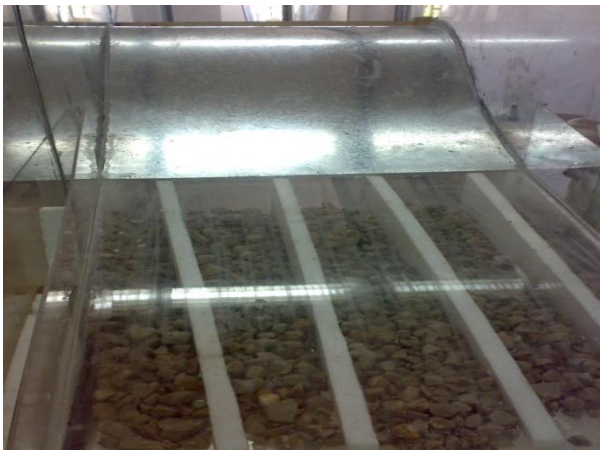
روش ساخت نمونه

برای بازسازی یک پدیده و یا یک سازه در شرایط آزمایشگاهی، باید آن را به مقیاس کوچکتر تبدیل کرد. در این بررسی با توجه به شکل اصلی سرریز و ابعاد آن و همچنین محدودیت‌های موجود در آزمایشگاه از قبیل بده قابل تامین و ابعاد ناوه‌ی موجود، مقیاس۱:۳۰ برای ساخت نمونه تعیین گردید.

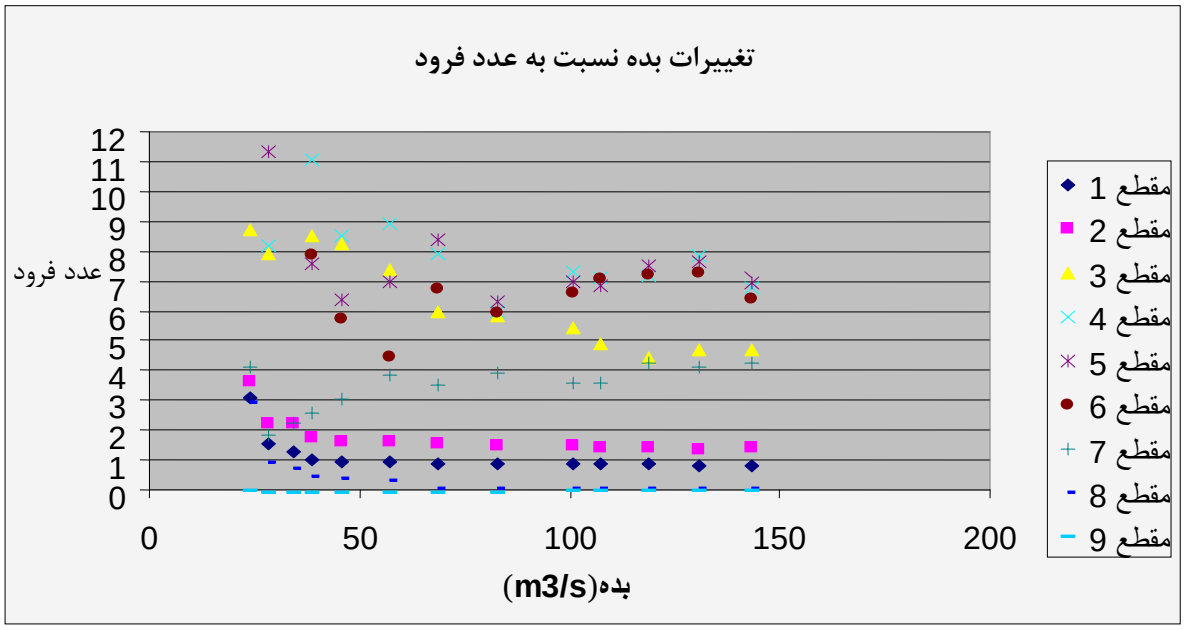
[1] Flume

شکل ۱- نمای ناوه‌ی مورد استفاده در آزمایش

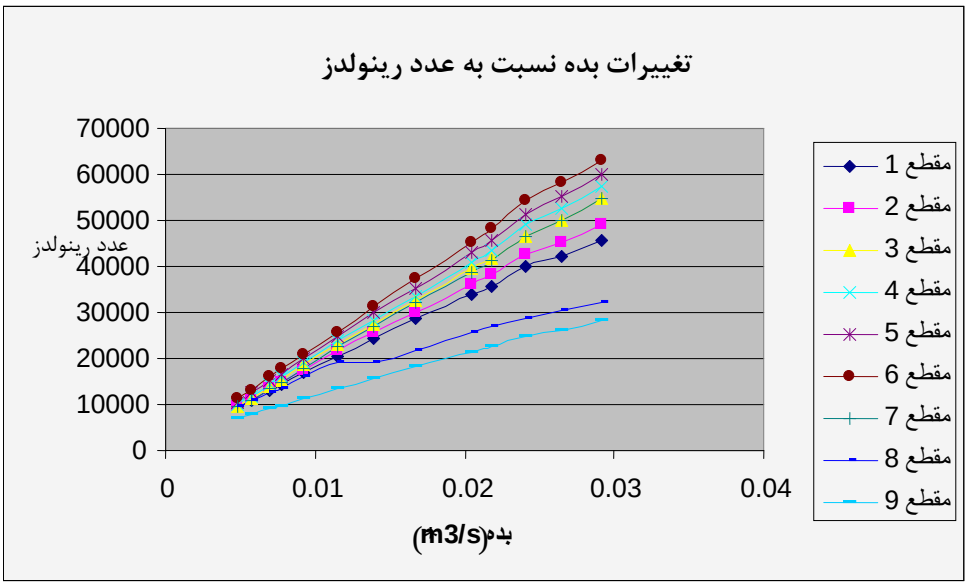
شکل ۲- ساخت بدنه‌ی اصلی نمونه سرریز درون ناوه



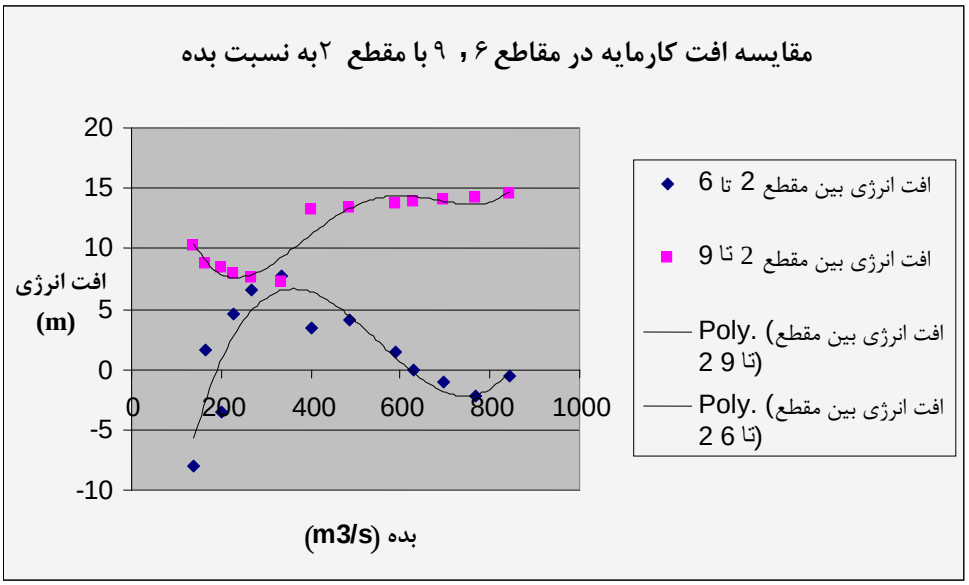
شکل ۳- سرریز و تنداب نمونه از روبرو



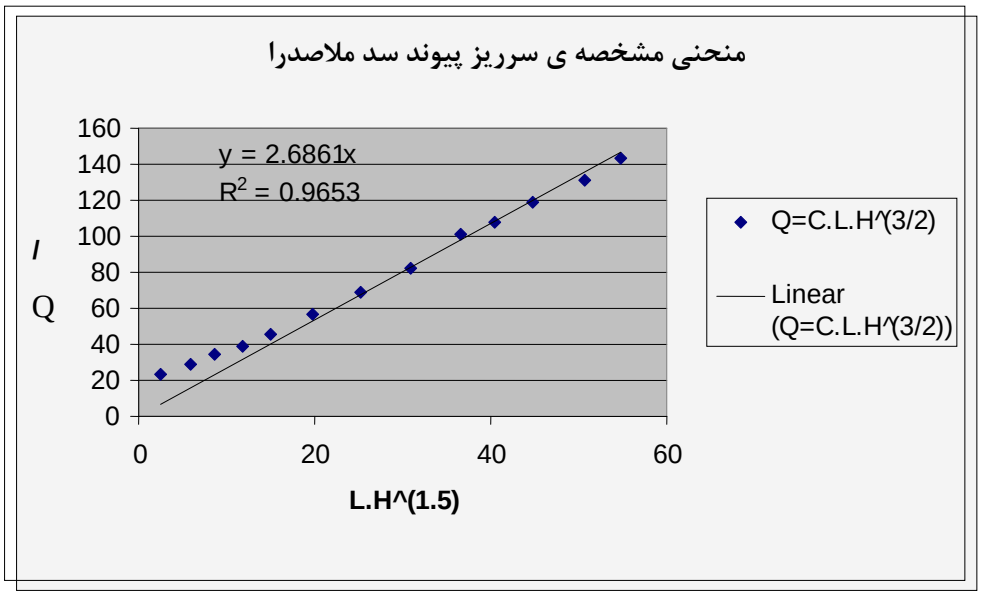
شکل ۴- منحنی تغییرات عدد فرود در مقاطع مختلف با بده‌ی جریان



شکل ۵. منحنی تغییرات عدد رینولد نسبت به بده ی جریان



شکل۶. منحنی تغییرات افت کارمایه در مقاطع ۹و۶ با مقطع ۲ به نسبت بده جریان



شکل ۷. منحنی مشخصه سرریز پیوند سد ملاصدرا

مصالح لازم برای ساختن سرریز و تنداب آن، شامل ورق پلکسی گلاس با ضخامت ۳ میلی‌متر، اسفنج پلاستیکی با ضخامت ۲۰ میلی‌متر، چوب، ورق آهن سفید و چسب آکواریوم شفاف می‌باشند.

ابتدا نقشه‌ای از نمای جانبی سرریز، با توجه به مقیاس تعیین شده، تهیه گردید، سپس دیواره‌های جانبی سرریز، با قراردادن نقشه جانبی بر روی اسفنج پلاستیکی و برش دادن آن ساخته شد. در مرحله بعد، یک سازه‌ی چوبی با توجه به ابعاد بدنه‌ی سرریز، به‌عنوان پایه و استحکام دهنده‌ی آن ساخته شد. سپس سازه‌ی چوبی را در مکانی مناسب به کف ناوه چسبانده و صبر کردیم تا کاملاً خشک شود.

برای ساختن بخش‌های منحنی و بدون انحنای سرریز، به ترتیب از ورق‌های آهن سفید و پلکسی گلاس استفاده شد. پس از تکمیل مراحل ساختن سرریز، تنداب آن نیز ساخته شد. برای افزایش پایداری و جلوگیری از ایجاد انحنا در کف تند آب بر اثر نیروی وزن آب، پایه‌هایی از جنس اسفنج پلاستیکی در زیر آن قرار داده شد.

محل‌های اندازه‌گیری فراسنج‌ها

مهم‌ترین و حساس‌ترین قسمت هر آزمایش، داده برداری آن است. جهت اندازه‌گیری ارتفاع آب، از خط‌کش میلی‌متری با دقت ۰/۵ میلی‌متر استفاده گردید. ارتفاع آب در ۹ مقطع از نمونه به شرح زیر تعیین گردید:

- نقطه‌ی ۱ : ارتفاع موثر آب عبوری از روی تاج سرریز،
- نقطه‌ی ۲ : ارتفاع آب روی تاج سرریز،
- نقطه‌ی ۳ : ارتفاع آب در میانه بدنه پایین دست سرریز،
- نقطه‌ی ۴ : ارتفاع آب در ابتدای تند آب(این نقطه از تند آب هم عرض ناوه بوده و با نزدیک شدن به سوی پایین دست تند آب عرض آن کمتر می‌شود).
- نقطه‌ی ۵ : ارتفاع آب در میانه‌ی مسیر تند آب،
- نقطه‌ی ۶ : ارتفاع آب در انتهای تند آب،
- نقطه‌ی ۷ : ارتفاع اولیه‌ی پرش هیدرولیکی(در کلیه بده‌ها، در داخل ناوه رخ می‌دهد).
- نقطه‌ی ۸ : ارتفاع ثانویه پرش هیدرولیکی(در بده‌های کم در داخل ناوه و در بده‌های زیاد بیرون ناوه رخ می‌دهد که قابل برداشت نیست).
- نقطه‌ی ۹ : ارتفاع آب عبوری مؤثر بر سرریز مثلثی 60° در انتهای ناوه که جهت به دست آوردن بده‌ی عبوری جریان استفاده می گردد.

همچنین، با قرار دادن دماسنج در انتهای ناوه، برداشت دما در هر آزمایش انجام گردید.

روش آزمایش و اندازه‌گیری

مبنای تنظیم بده‌های مورد آزمایش، شیر آب خروجی از مخزن تغذیه است. آزمایش از بده‌هایی بسیار کم تا بیشترین آن(حدود ۳۰ لیتر بر ثانیه) و طی ۱۳ آزمون مختلف انجام گردید. در تمام آزمون‌ها دمای آب، برای به‌دست آوردن گرانروی سیال تعیین گردید.

برای محاسبه‌ی بده‌ی جریان، با استفاده از منحنی واسنجی سرریز مثلثی انتهای ناوه، انجام گردید. محاسبات هیدرولیکی، بر پایه‌ی بده‌ها و مشخصات مقاطع مختلف و با استفاده از روابط زیر، صورت گرفت.

برای محاسبه‌ی بده در واحد عرض و سرعت جریان در هر مقطع، با داشتن عرض ثابت ناوه معادل ۰/۵ متر داریم:

$$Q = A.V \Rightarrow q = y.V \qquad (۱)$$

که در آن Q ، بده ، A سطح مقطع جریان، V میانگین سرعت جریان، q بده در واحد عرض، و y عمق جریان در مقطع مورد نظر می باشند.

برای محاسبه‌ی عمق بحرانی yc، نیز از رابطه‌ی زیر داریم:

$$y_c = \sqrt[3]{q^2/g} \qquad (۲)$$

عدد فرود Fr، در نمونه حاضر از رابطه‌ی زیر محاسبه گردید:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g.y}} \qquad (۳)$$

گرانروی سیال نیز با توجه به دما و استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$\vartheta = \frac{1.792 \times 10^{-6}}{(1 + 0.0337T + 0.000221T^2)} \qquad (۴)$$

که در این رابطه ϑ، گرانروی جنبشی سیال و T دمای آن بر حسب درجه سانتیگراد است.

با داشتن گرانروی سیال و سایر فراسنجها عدد رینولد نیز از این رابطه محاسبه گردید:

$$Re = \frac{V.R}{\vartheta} \qquad (۵)$$

کـه در آن Re، عـدد رینولـد و R شـعاع هیـدرولیکی در مقطع مورد نظر است.

کارمایه در هر مقطع نیز از رابطه ی زیر محاسبه گردید:

$$E = y + \frac{V^2}{g} \quad (۶)$$

که در آن E کارمایـه مخصـوص در هـر مقطـع و g ثابـت گرانشی است، V و y پیشتر تعریف شده اند[۲].

در ضمن، جهت محاسبه‌ی ضریب بـده‌ی نمونـه‌ی سـرریز پیوند مزبور از رابطه‌ی کلی سرریزهای لبه تیـز مسـتطیلی به صورت زیر استفاده گردید:

$$Q = C.L.H_d^{3/2} \quad (۷)$$

که در آن، Q بـده‌ی سـرریز، C ضـریب آبگـذری سـرریز پیوند، L عرض موثر سـرریز و H_d ارتفـاع مـوثر آب روی سرریز می‌باشند[۸].

تجزیه و تحلیل نظام جریان، با توجه به داده بـرداری‌هـا و محاسبات مذکور انجام گرفت.

نتایج

بررسی وضعیت جریان در تغییرات عدد فرود نسبت به بده آن

با توجه به شکل ۴، در بررسی وضـعیت جریـان، مشـخص است که بیشـترین عـدد فـرود مشـاهده شـده مربـوط بـه مقاطع ۴و ۵ از نمونه و کمتـرین آن مربـوط بـه مقطـع ۹ می‌باشد. با توجه به مـرز بحرانـی جریـان، همـان‌گونـه‌کـه انتظار می‌رفـت، جریـان در مقطـع ۲ یعنـی روی سـرریز، بحرانی و مقطع تعیین‌کننـده اسـت. درضـمن، جریـان در مقاطع ۸ و ۹ یعنی در خروجی از سازه‌ی مستهلک‌کننـده، کارمایـه‌ی نمونـه زیـر بحرانـی اسـت کـه ایـن پدیـده نشان‌دهنـده عملکـرد صـحیح سـازه‌ی مسـتهلک‌کننـده و طراحی مناسب آن در محدوده‌ی آزمایش‌های ما می‌باشد.

در بقیـه‌ی مقـاطع، مطـابق انتظـار جریـان فـوق بحرانـی مشاهده می‌گردد.

بررسی نظام جریان در تغییرات عدد رینولد نسبت به بده آن

با توجه به شکل ۵، در بررسی نظام جریان، واضح است که در تمام موارد و مطابق انتظار، روند تغییـرات عـدد رینولـد نسبت به بده به‌صورت تقریباً خطی و صعودی می‌باشد. در بررسی مقاطع، مشخص است کـه بیشـترین عـدد رینولـد مشـاهداتی مربـوط بـه مقطـع۶ ، یعنـی درون حوضـچه‌ی آرامش و همراه با تلاطم جریـان و کمتـرین عـدد رینولـد مشـاهداتی مربـوط بـه مقطـع ۹ و خروجـی جریـان از سازه‌های مستهلک‌کننـده اسـت. در نتیجـه، ضـمن تاییـد نتیجـه‌ی وضـعیت جریـان، طراحـی مناسـب سـازه‌ی مستهلک‌کننده جریان را نیز بـه همـراه دارد. امـا نکتـه‌ی قابل توجه، متلاطم بودن نظام جریـان در کلیـه‌ی مقـاطع مشاهداتی می‌باشد.

بررسی میزان استهلاک کارمایه در سازه نسبت بـه بده‌ی جریان

با توجه به شکل ۶ ، در بررسـی انـدازه‌ی افـت کارمایـه در سازه، به سه موقعیت کارمایه در بالای سرریز پیونـد(مقطع ۲) نسبت بـه کارمایـه در حوضـچه‌ی آرامش(مقطـع ۶) و همچنین کارمایه در خروجی از سازه‌ی مستهلک‌کننـده‌ی کارمایه(مقطع ۹) توجه شـده و تغییـرات کارمایـه در ایـن مقاطع نسبت به تغییرات بده در آزمایش‌های انجـام شـده صورت گرفته است.

در این شکل و با توجه به تغییرات بده بین مقطع ۲ تـا ۶، روند تغییرات به صورت منحنی سینوسی است که در ابتدا روند افزایشی از مقدار منفی شروع شده و تا بـده‌ی حـدود ۳۸۰ مترمکعب بر ثانیه در نمونه اصلی، ادامه می‌یابد. پـس از آن، روند نزولی اما با شـیب کمتـری دیـده مـی شـود و مجدداً در بده‌های بعدی، همین منحنـی سینوسـی ادامـه پیدا می‌کند که به‌نظر می‌رسـد ایـن مسـاله بـه واسـطه‌ی وجود تلاطم درون حوضچه و اثر افزایش ارتفاع سـرعت در کارمایه به نسبت افزایش بده‌ی جریـان نسـبت بـه ارتفـاع مؤثر کارمایه بر روی سرریز باشد.

اما در بررسی روند تغییرات افت کل کارمایه از مقطع ۲ تـا مقطع ۹ که مساله‌ی اصـلی مـورد بحـث در ایـن قسـمت است، روند تغییرات افت کارمایه با بده در ابتدا یـک رونـد نزولی دارد، اما از حدود بـده‌ی ۲۰۰ مترمکعـب بـر ثانیـه، روند صعودی افت کارمایه شروع شده و در بده‌ی ۶۰۰ لیتر بر ثانیه این روند به صورت تقریباً خطی و ثابت می‌شود که نشان‌دهنده‌ی عملکـرد صـحیح سـازه‌ی مسـتهلک‌کننـده کارمایه جریان در محدوده‌ی آزمایش‌ها می‌باشد.

بررسی ضریب آبگذری سرریز پیوند در نمونه

باتوجه به استفاده از رابطه (۸) در محاسبه‌ی بده‌ی عبوری از روی سرریز نمونه و تطبیق آن با توجه به مقیاس در نظر گرفته شده با نمونه‌ی اصلی یک پیش‌بینی برای ضریب بده‌ی جریان عبوری از روی این سرریز به‌عمل آمد و ضمن تعیین این ضریب برابر با ۲/۶۸ ، معادله‌ی مشخصه این سرریز پیوند نیز به صورت زیر ارائه گردید:

$$Q = 2.686L.H_d^{1.5} \quad (۸)$$

که در آن، بده بر حسب مترمکعب بر ثانیه، L طول موثر سرریز و Hd ، ارتفاع موثر آب روی سرریز پیوند است.

خلاصه نتایج

با توجه به تجزیه و تحلیل نتایج داده‌ها و تحلیل نظام جریان در نمونه‌ی فیزیکی سرریز سد ملاصدرا، عملکرد سازه مستهلک‌کننده‌ی جریان مناسب ارزیابی می‌شود. سرریز پیوند نمونه‌ی فیزیکی نیز در محدوده‌ی بده‌ی مورد آزمایش از لحاظ هیدرولیکی بدون مشکل می‌باشد. همچنین، با اندازه‌گیریهای دقیق و محاسبات انجام گرفته، معادله منحنی مشخصه سرریز پیوند سد ملاصدرا ارائه گردید.

تقدیر و تشکر

در این جا لازم می‌دانم که از مسوولان و معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت که همکاری صمیمانه‌ای در انجام این تحقیق با اینجانب داشته‌اند و همچنین مسوول آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه و دانشجویانی که در انجام آزمایش‌های این تحقیق همکاری داشته‌اند، کمال تشکر را داشته باشم.

منابع

۱- ابریشمی ج، حسینی م. ۱۳۸۴. هیدرولیک کانال‌های باز. چاپ دوازدهم انتشارات آستان قدس رضوی.

۲- بیرامی م.۱۳۸۲. سازه‌های انتقال آب. چاپ چهارم مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳- جلودار ز، گلمایی ح، ضیاء تباراحمدی م. و رحمانی فیروزجانی ع.۱۳۸۷. تعیین پروفیل سطح آزاد جریان آب روی سرریزهای اوجی با استفاده از روش اجزای محدود، سومین کنفرانس هیدرولیک.

۴- دستورانی، م. ۱۳۸۶. تاثیر رسوبات پشت سرریز اوجی بر ضریب تخلیه و شرایط جریان، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز.

۵- سبک روح، م. و رستمی راوری، ا. ۱۳۸۴، تعیین الگوی جریان خروجی از باکت قسمتی از مدل سد سلمان فارسی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروز آباد.

۶- شفاعی بجستان م. ۱۳۸۴. مبانی و کاربرد مدلهای هیدرولیکی- فیزیکی، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

۷- مجموعه گزارشات دفتر مطالعات سد ملاصدرا و شرکت سهامی آب ومنطقه ای فارس.

8- Cassidy, J. J., 1970. Designing spillway crests for high- head operation, ASCE. Journal of the hydraulics division. Vol., 96. No., 3. March 1970. Pp., 745- 753.

9- Deoringsfeld, H. A., and Barker, C. L. (1941). "Pressure momentum theory applied to the broad crested weir", Transactions ASCE. Vol., 106. Pp., 934- 946.

10- Savage, B. M., and Johnson, M., " Flow over ogee spillway: physical and numerical model case study". Journal of hydraulic engineering, Vol., 127. No., 8. August 2001. Pp., 640- 649.