

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آو ساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی

بررسی تأثیر قرارگیری ورودی کلید پیانویی بر هیدرولیک سرریز مدور قائم

سیدعلی میرحسینی^۱، عبدالرضا کبیری سامانی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

Email: a.mirhoseini@cv.iut.ac.ir

خلاصه

در شرایطی که محدودیت مکانی برای ساخت انواع سرریزها وجود داشته باشد، استفاده از این نوع سرریز در گذردهی سیلاب‌های احتمالی می‌تواند بسیار مؤثر باشد. با این وجود پتانسیل تشکیل گرداب بر روی دهانه‌ی ورودی آن و در شرایطی، مکش هوا به داخل مجرا وجود دارد که باعث افت بازدهی سیستم تخلیه می‌شود. روش‌های مختلفی برای کنترل و کاهش اثرات زیان‌بار جریان گردابی در ورودی سرریزهای مدور قائم وجود دارد که یکی از پرکاربردترین آن‌ها سازه‌های ضد گرداب است. درعین حال می‌توان با اصلاح شکل ورودی ضمن افزایش ضریب دبی، قدرت جریان گردابی را کاست. از جمله روش‌های اصلاح شکل ورودی، می‌توان به ورودی کلیدپیانویی مدور اشاره نمود. احداث این نوع ورودی به منظور افزایش ظرفیت ذخیره، هزینه‌ی بالایی را به علت سادگی در ساختار به طرح تحمیل نمی‌کند. علاوه بر این ورودی کلید پیانویی به عنوان به عنوان نوعی گرداب شکن اثرات گرداب را تا حدی کاهش می‌دهد و ظرفیت تخلیه‌ی سازه را افزایش می‌دهد. در این تحقیق مطالعات آزمایشگاهی انجام شده بر روی هیدرولیک جریان در سرریزهای مدور قائم و تأثیر افزودن ورودی کلید پیانویی بر آن و تغییر در مشخصات هندسی ورودی‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: سرریز مدور قائم، گرداب، ضریب دبی، سرریز کلید پیانویی^۱.

۱. مقدمه

در طراحی سرریز ابتدا می‌بایست به عوامل هیدرولوژیکی، هیدرولیکی و خسارت ناشی از انهدام تأسیسات توجه نمود. امروزه نظر به این که سرریز یکی از مهم‌ترین بخش‌های پروژه‌های سد سازی است، بخش اعظمی از هزینه‌ها را مخارج مربوط به ساخت و نگهداری سرریز تشکیل می‌دهد. زمانی که فضای کافی برای احداث سرریز به منظور تخلیه جریان سیلابی از مخزن وجود نداشته باشد، مخصوصاً حالتی که سد در دره‌های تنگ قرار گرفته و تکیه‌گاه‌ها دارای شیب بسیار تند هستند، اجرای سرریز مدور قائم گزینه‌ی مناسب و مطلوبی محسوب می‌شود. یکی از پیچیده‌ترین شاخه‌های مطالعاتی در علم مکانیک سیالات مربوط به بررسی پدیده‌ی گرداب است. پدیده‌ی گرداب در مجاری بزرگ مشکلات زیادی از جمله کاهش دبی جریان، ارتعاش-های شدید در سازه، ایجاد موج در سیستم و کاهش بازدهی توربین‌ها و سیستم‌های پمپاژ را به دنبال دارد و در بسیاری از موارد، ایمنی سازه را به خطر می‌اندازد. تا کنون پژوهش‌های زیادی به صورت تحلیلی و آزمایشگاهی در خصوص مکانیزم شکل‌گیری جریان گردابی، پروفیل سطح آب، مولفه‌های سرعت و اعماق استغراق انجام شده است.

رانکین مدلی ریاضی برای جریان گردابی بر اساس هسته داخلی صلب که با یک گرداب چرخشی احاطه شده است ارائه کرد فرض اصلی در این تحلیل آن است که ذرات در نزدیکی مرکز گرداب، مانند یک جسم صلب با میسکوزیته‌ی بالا دارای حرکت چرخشی حول محور خود می‌باشند که به این بخش گرداب اجباری^۱ یا جریان چرخشی می‌گویند. این ناحیه درون یک منطقه‌ی غیر لزج که در فاصله‌ی دورتری از مرکز قرار دارد، جای گرفته است که به بخش غیر چرخشی یا گرداب آزاد^۲ معروف است [۱]. در سال ۱۹۸۶ ادگارد بر اساس مدل گرداب رانکین و ترکیب آن با معادلات حرکت ناویراستوکس در مختصات استوانه‌ای و رابطه‌ی پیوستگی، رابطه‌ی تحلیلی برای محاسبه‌ی عمق استغراق بحرانی و ضریب دبی سرریز مدور قائم ارائه

¹ Piano Key weir

² Forced vortex

³ Free vortex

نمود[۲]. در سال ۲۰۰۳ بکچیکا و فاتر در تحقیقات خود در حالت‌های مختلف جریان در سرریز مدور با ورودی زنگوله‌ای به این نتیجه رسیدند که مقدار دبی در حالت مستغرق ۱/۳۴ برابر دبی تخلیه در حالت جریان آزاد است و اگر در جریان موجود در شفت، هوا وجود نداشته باشد جریان آشفته در سرریز به وجود خواهد آمد[۳]. جهرمی و الستی مطالعاتی جهت بررسی اثر تیغه‌های گرداب‌شکن انجام دادند. هدف مطالعات بررسی تعداد و پارامترهای هندسی تیغه مانند طول و ضخامت آن‌ها است. افزایش ضریب دبی، کاهش تلاطم جریان و کوچک شدن قطر هسته هوای گرداب از جمله نتایج به دست آمده است. نکته حائز اهمیت این است که نتایج آزمایشگاهی نشان می‌دهد که افزایش تعداد تیغه‌ها از تعداد خاص تأثیری بر ضریب دبی ندارد. اثر افزایش طول تیغه در کاهش اثر گرداب از افزایش تعداد تیغه‌ها بیشتر است. اما توجه به این نکته ضروری است که مطالعات جامعی برای دبی‌های بالا صورت نگرفته است[۴]. زمردیان و باقری مطالعات آزمایشگاهی اثر زاویه تقرب جریان و ارتفاع دهانه سرریز از کف حوضچه را بر نسبت استغراق و ضریب دبی تخلیه بررسی نمودند. ایشان دریافتند که؛ افزایش عدد سیرکولاسیون در یک جریان با عدد فرود ثابت، منجر به کاهش ضریب تخلیه سرریزی نیلوفری می‌شود. ضمناً افزایش ارتفاع دهانه سرریز از کف حوضچه منجر به کاهش سرعت مماسی و در نتیجه عدد سیرکولاسیون^۱ شده و ضریب تخلیه سرریز را افزایش می‌دهد. در نتیجه توصیه نمودند که در مواقعی که دهانه سرریزهای نیلوفری در نزدیکی دیواره مخزن طراحی می‌شود، سرریز در موقعیت مکانی ایجاد گردد که کم‌ترین زاویه تقرب و بیشترین ارتفاع دهانه سرریز نسبت به کف حوضچه را داشته باشد[۵]. نوهانی و همکاران (۲۰۱۳) به مدل‌سازی آزمایشگاهی سرریز نیلوفری پرداختند. در این تحقیق اثر تیغه‌های ضدگرداب بر ضریب دبی جریان مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بررسی‌های آنها حاکی از افزایش ظرفیت تخلیه با افزایش تعداد و ضخامت تیغه‌ها می‌باشد[۶]. ییلدریم و تاشتان به بررسی تأثیر شرایط مرزی^۲ دهانه آبگیری بر روی عمق استغراق بحرانی پرداختند. ایشان در مطالعات آزمایشگاهی خود به بررسی دو دهانه مستطیلی و دایره‌ای شکل پرداختند و با قرار دادن دهانه‌ها در فواصل گوناگون از دیواره قائم انتهایی و کف کانال آبگیری، عمق استغراق را مطالعه نمودند. طبق مشاهدات ایشان هرچه ورودی به دیواره قائم نزدیک‌تر شود، احتمال تشکیل گردابه سطحی دارای هسته هوا کم شده و عمق استغراق بحرانی کم‌تر می‌شود. از طرفی هرچه دهانه ورودی به کف کانال نزدیک‌تر شود، عمق بحرانی بیشتر می‌شود[۷]. کبیری سامانی و برقی تأثیر نحوه قرارگیری تیغه‌های ضدگرداب را در موقعیت‌ها و زوایای مختلف روی مدل‌های فیزیکی مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعات، پارامتری به نام شاخص هوا (η) تعریف شد که بیان‌گر میزان هوای ورودی به داخل سرریز است. این پارامتر میزان تأثیر تیغه‌ها در افزایش ضریب دبی سرریز مدور قائم را نشان می‌دهد. هرچه این پارامتر کوچک‌تر باشد، به معنای کاهش میزان هوای ورودی و افزایش دبی جریان است. در نهایت با بررسی هیدرولیک جریان در حالت‌های مختلف و تأثیر تغییر پارامترهای مختلف بر معیاری به نام شاخص هوا، بهترین حالت قرارگیری صفحات ضدگرداب را پیشنهاد نمودند[۸].

تیموری با استفاده از ورودی گلبرگی شکل در میدان جریان گردابی اثر تغییر در هندسه ی سازه ی گلبرگی را بر بهبود جریان عبوری بررسی کرد[۹].

اصلاح شکل ورودی ضمن افزایش ضریب دبی جریان قدرت جریان گردابه‌ای را می‌کاهد. یکی از این روش‌های اصلاح شکل ورودی استفاده از شکل ورودی کلید پیانویی به جای فرم خطوط جریانی است. ابداع فرم کلید پیانویی برای سرریزها حاصل تحقیقات گسترده در ارتباط با سرریزهای غیرخطی است. اجرای سرریزهای کلید پیانویی برای بسیاری از سدهای خاکی و بتنی موجود امکان‌پذیر است. احداث این نوع سرریز به منظور افزایش ظرفیت ذخیره هزینه‌ی بالایی به طرح تحمیل نمی‌کند. ساختار سرریز کلید پیانویی ساده بوده و به طور قابل توجهی هزینه‌های احداث سرریز سدهای جدید را کاهش داده و هم‌زمان ظرفیت تخلیه سرریز و ظرفیت ذخیره مخزن سد را افزایش می‌دهد. سرریزهای کلید پیانویی در مقایسه با سرریزهای ساده معادل، دبی عبوری را حداقل تا چهار برابر افزایش می‌دهند و همچنین در مقایسه با سایر سرریزهای تاج طولانی اقتصادی‌تر هستند. این نوع سرریز کم‌تر از دو دهه است که توسط لمپریر در سال ۱۹۹۸ معرفی گردید. ایشان در سال ۲۰۰۳، نشان دادند که این نوع سرریز می‌تواند در هد ثابت دبی عبوری از سرریز را تا چهار برابر افزایش دهد[۱۰]. سرریزهای کلید پیانویی با وجود این که هزینه‌ی زیادی را به طرح تحمیل نمی‌کند، باعث افزایش قابل توجه در ظرفیت ذخیره سازی مخزن سد می‌شود. اولین سرریز کلید پیانویی در ابعاد واقعی بر روی سد گلورز^۳ فرانسه در سال ۲۰۰۶ ساخته شد. استفاده از سرریز کلید پیانویی در ورودی سرریز مدور قائم به صورت مدل‌سازی فیزیکی مربوط به سرریز قائم سد پاپایا^۴ در هند، در آزمایشگاه هیدرولیک LNHE (۲۰۰۶) است. در این بررسی سرریز مدور در راستای پیشینه کردن ظرفیت ذخیره به ورودی کلید پیانویی مجهز گردیده است. بررسی‌ها نشان داد که کارایی و عملکرد سرریز بهبود می‌یابد هرچند اطلاعات کمی در این زمینه منتشر نشده است. این روش باعث توزیع مطلوب‌تر جریان بین بخش مرکزی شفت و بخش بیرونی آن می‌شود. نتایج حاصله از این مدل‌سازی رضایت‌بخش بوده و حتی برای هدهای بالا جریان، تخلیه،

¹ Circulation

² Boundary Condition

³ Golours

⁴ Papaya

پایدار بوده است و گردابی مشاهده نگردید [۱۱]. قرارگیری ورودی کلید پیاپویی بر روی شفت قائم و بررسی عملکرد آن به عنوان افزایش دهنده‌ی قابلیت گذردگی سرریز مدور و هم‌چنین کاهش مشکلات اشاره شده در فرم استاندارد است که کمبود مطالعات در این زمینه نیز وجود دارد. مطالعات انجام شده نیز بیش‌تر مربوط به مقایسه‌ی هزینه‌های ساخت نسبت به فرم‌های دیگر و همچنین بررسی ضریب دبی است. البته در سال ۲۰۱۳ یک نمونه‌ی عملی از این سازه در مخزن سد بلک اسک^۱ در انگلستان برای اولین بار اجرا شد و با بهره برداری موفقیت آمیز از آن کارا بودن چنین ایده‌ای به اثبات رسیده است [۱۲].

۲. مبانی تئوریک

همان‌طور که بیان شد اولین رابطه‌ی تجربی برای تحلیل جریان گردابی توسط رانکین ارائه گردید. وی جریان را ترکیبی از یک گرداب آزاد و یک گرداب اجباری می‌دانست. در ناحیه گرداب اجباری ذرات مانند یک جسم صلب دارای حرکت چرخشی حول محور چرخش هستند. در این ناحیه سرعت مماسی با شعاع دایره‌ی چرخش رابطه مستقیم دارد.

$$V_{\theta} = r\omega = \frac{\Gamma}{2\pi} \frac{r}{r_m^2} \quad -r < r_m \quad (1)$$

در ناحیه‌ی گرداب آزاد که در فاصله‌ی بیش‌تری نسبت به مرکز گرداب قرار دارد، سیال دارای حرکت غیر چرخشی است. در این ناحیه سرعت مماسی با شعاع دایره چرخش رابطه معکوس و با سیرکولاسیون رابطه‌ی مستقیم دارد.

$$V_{\theta} = r\omega = \frac{\Gamma}{2\pi r} = \omega \frac{r_m^2}{r} \quad -r > r_m \quad (2)$$

در روابط فوق V_{θ} سرعت مماسی جریان گردابی، Γ سیرکولاسیون، ω سرعت زاویه‌ای، r فاصله از محور چرخش و r_m فاصله‌ی محور چرخش تا مکانی است که بیش‌ترین سرعت مماسی را دارد.

۳. آنالیز ابعادی و معرفی پارامترهای مؤثر

با توجه به مطالعات انجام شده بر روی سرریزهای مدور قائم و نمونه‌های مورد بررسی در این تحقیق متغیرهای مؤثر به صورت زیر بیان می‌شوند:

شوند:

$$Fr^2 = \frac{Q^2}{gD^5} \quad (3) \quad \text{عدد فرود}$$

$$Re = \frac{Q}{D\nu} \quad (4) \quad \text{عدد وبر}$$

$$We = \frac{\rho Q^2 S}{\sigma D^4} \quad (5) \quad \text{عدد رینولدز}$$

$$N_r = \frac{\Gamma D}{Q} \quad (6) \quad \text{عدد چرخش}$$

¹ Black esk

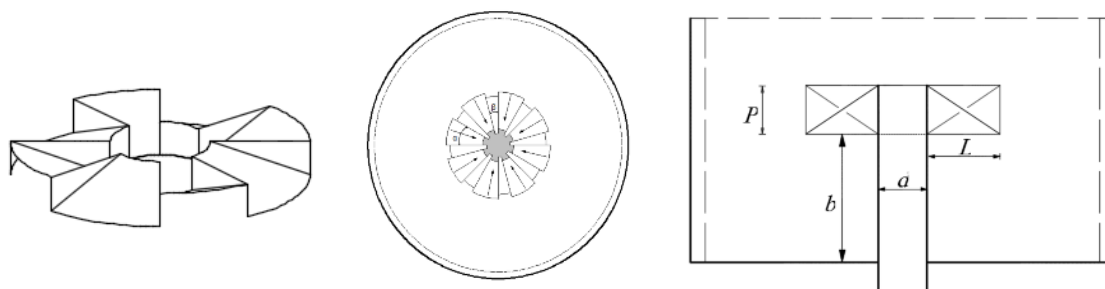
$$\frac{S}{D}$$

(۷)

عدد استغراق

با اضافه کردن پارامترهای بدون بعد مربوط به هندسه ی سرریز کلید پیاپویی مدور، اعداد بدون بعد حاکم بر مسأله به صورت رابطه (۸) در می آید.

$$\frac{S}{D} = f(\text{Re}, \text{Fr}, \text{We}, N_r, \alpha, \frac{L}{D}) \quad (8)$$



شکل ۱- پلان و مقطع مخزن و سرریز مدور قائم به همراه ورودی کلید پیاپویی

۳. معرفی مدل آزمایشگاهی

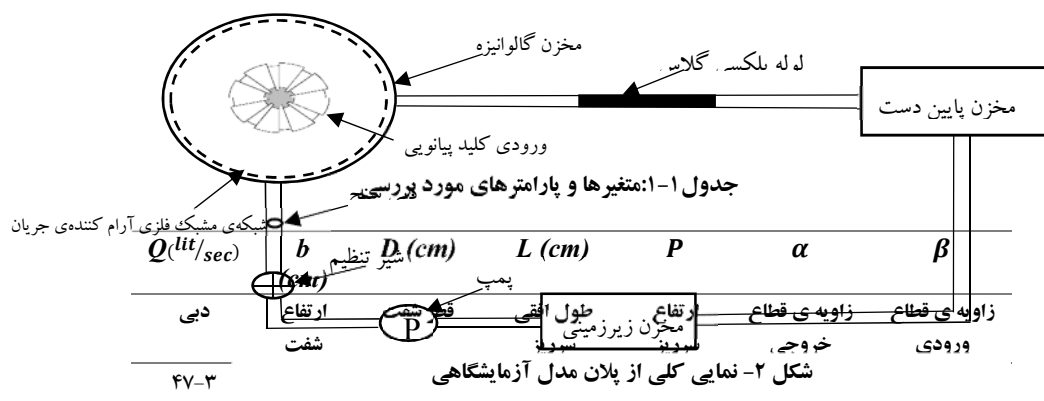
آزمایشات در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده ی مهندسی عمران دانشگاه صنعتی اصفهان بر روی مدل نصب شده درون مخزن استوانه‌ای شکل به قطر ۲ متر و ارتفاع ۱ متر انجام گرفته است. برای مدل‌سازی جریان‌ات گردابی در دیواره‌ی مخزن نیز روزنه‌ای تعبیه شده تا جریان به صورت مماسی وارد مخزن شود. اگر جریان ورودی از روزنه بدون کنترل‌کننده وارد مخزن شود، در مخزن تلاطم جریاد زیاد خواهد بود و اندازه‌گیری‌ها را با خطا مواجه خواهد کرد لذا برای آرام سازی جریان و کاهش نوسانات جریان ابتدا یک لایه مشبک فلزی با قطر ۱۸۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۹۰ سانتی‌متر در مخزن نصب گردید. جریان از یک مخزن زیرزمینی توسط پمپ که توانایی گذردهی دبی ۷۰ لیتر بر ثانیه را دارد، وارد خط لوله می‌کند.

به منظور اندازه‌گیری دبی جریان، یک عدد دبی‌سنج الکترو مغناطیسی که در مسیر جریان و بعد از پمپ قرار دارد، استفاده می‌شود. تنها متغیر این وسیله، سرعت مایع رسانا است و به دلیل آن که قدرت میدان مغناطیسی و فاصله‌ی الکترودها ثابت نگه داشته شده است، ولتاژ خروجی مستقیماً با سرعت متناسب است. مزیت این دبی‌سنج آن است که هیچ نقطه‌ی متمرکزی ندارد و انسدادی را در برابر جریان ایجاد نمی‌کند. دقت اندازه‌گیری این نوع دبی‌سنج ۰/۱ لیتر بر ثانیه است. سپس آب توسط یک لوله به قطر ۱۸ اینچ و سپس توسط یک تبدیل به قطر ۴ اینچ وارد مخزن گالوانیزه می‌شود. خروج جریان از مخزن از یک مجرای لوله‌ای شکل به قطر ۱۷ اینچ صورت می‌پذیرد. در مسیر جریان یک خم ۹۰ درجه مجرای قائم را به لوله‌ی افقی متصل می‌کند. قسمتی از مجرای افقی به منظور مشاهده‌ی وضعیت جریان، از لوله‌ی پلکسی‌گلاس ساخته شده است. پس از مجرای لوله‌ای شکل حوضچه آرامش با صفحات مشبک به منظور کاهش سرعت جریان و انتقال به مخزن زیرزمینی در نظر گرفته شده است. پس از انتقال جریان به مخزن زیرزمینی فرآیند فوق به صورت چرخه مجدداً انجام می‌پذیرد. در شکل (۲) نمای کلی از نحوه‌ی استقرار مدل آزمایشگاهی و چرخه‌ی جریان نشان داده شده است.

برای برداشت پروفیل سطح آب در مخزن از پیرومترهای متصل شده به کف و قرائت عمق از روی خط کش مدرج استفاده می‌شود و به منظور برداشت پروفیل سرعت میدان جریان گردابی، از دستگاه سرعت سنج صوتی^۱ سه بعدی در حالت دید از جانب^۲ استفاده می‌شود.

^۱ Acoustic Doppler velocimeter

^۲ Side looking



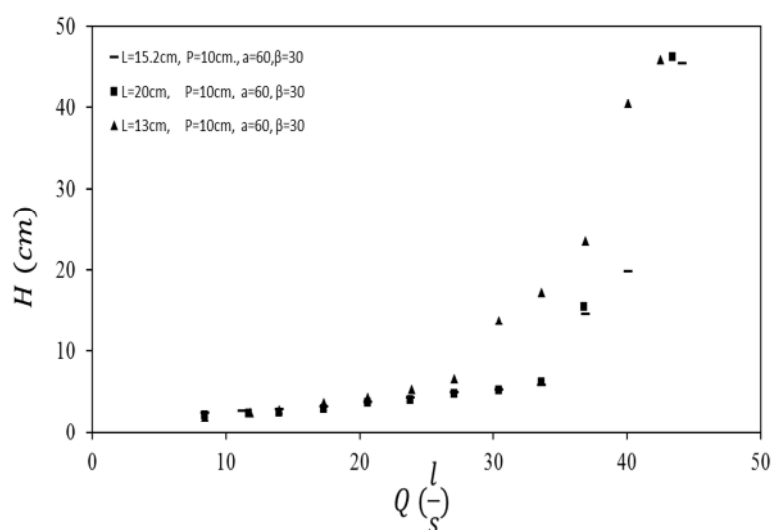
۴. تحلیل نتایج

در این تحقیق ۶ نمونه از سرریز کلید پیانویی و یک سرریز کاسه‌ای شکل به همراه شفت ساده مورد بررسی قرار گرفت. در مدل‌های کلید پیانویی سرریزها در طول و زاویا با هم متفاوت هستند.

در جریان عبور از روی شفت ساده، از ابتدا جریان گردابی تشکیل شده در مخزن، به صورت گرداب با هسته‌ی هوا از شفت خارج گردید. وجود جریان گردابی هم چنین وجود هسته‌ی هوا باعث کاهش شدید در دبی تخلیه شده از سیستم خواهد شد. همانطور که در شکل (۳) دیده می‌شود با افزایش جزئی در دبی ورودی سطح آب در مخزن بسیار افزایش می‌یابد. علاوه بر این، وجود گرداب با هسته‌ی هوا باعث ایجاد ارتعاش در سیستم می‌شود.

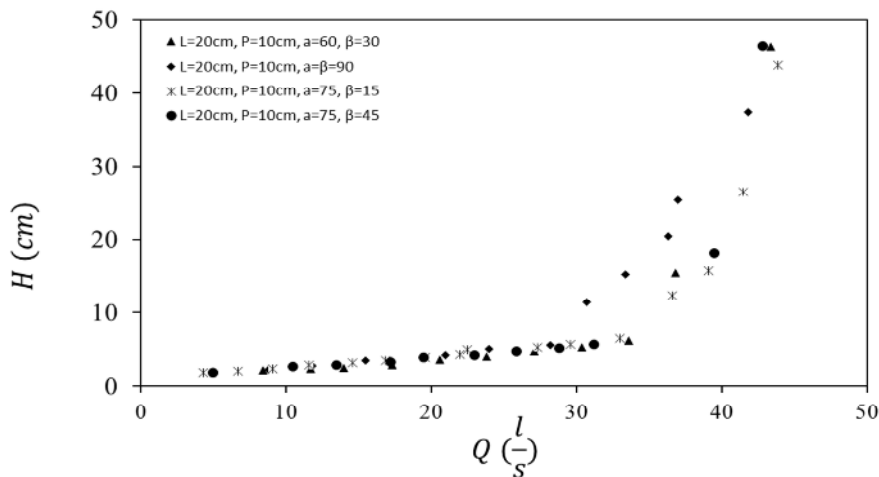
در بخش دیگری از آزمایشات که روی شفت ساده یک اصلاح کننده‌ی جریان ورودی قرار داشت، حذف گرداب و تبدیل جریان گردابی به جریان شعاعی تا محدوده‌ای از دبی مشهود بود.

سه طول ۱۳، ۱۵/۲ و ۲۰ سانتی‌متر برای تعیین اثر تغییر طول کلید پیانویی با ثابت نگه داشتن ارتفاع و قطر آن، بررسی شد. در اثر افزایش طول کلید پیانویی آشفتگی هسته‌ی گرداب کاهش می‌یابد. تأثیر مثبت افزایش طول در کاهش ارتفاع روی سرریز در دبی مشابه و افزایش ظرفیت گذردگی در هد برابر در شکل (۶) و (۳) مشهود است. همچنین افزایش طول کلید پیانو باعث شد تا جریان زودتر به استغراق بحرانی برسد و جریان لوله‌ای برقرار شود.

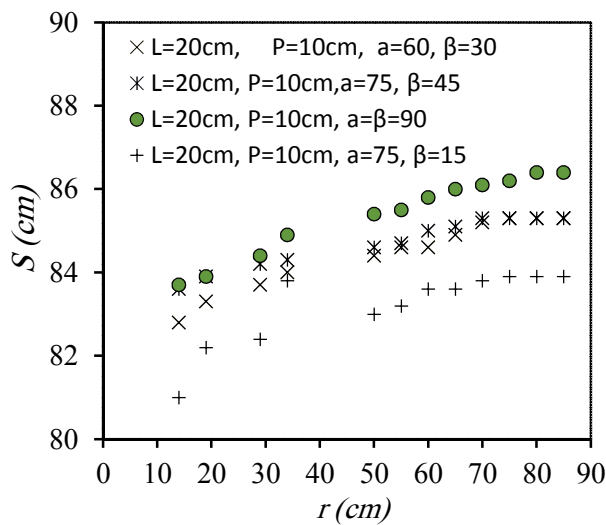


شکل ۳- نمودار دبی ارتفاع برای مدل‌های کلید پیانویی با طول متفاوت

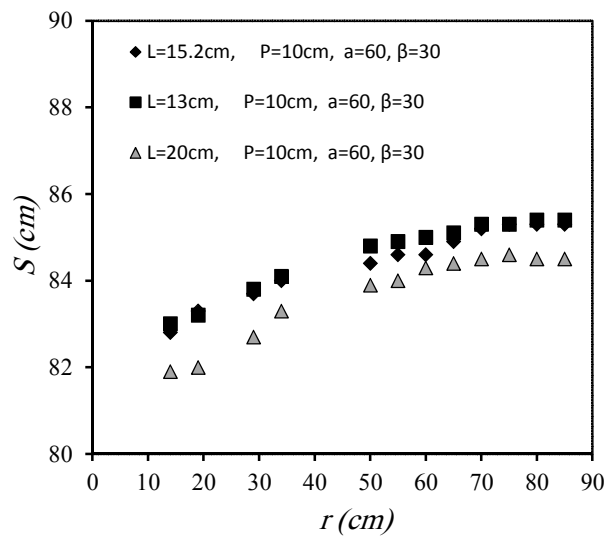
متغیر دیگر در این تحقیق، با ثابت نگه داشتن طول، ارتفاع و قطر سرریز، تغییر در زوایای کلیدهای ورودی و خروجی می باشد. همان‌طور که مشخص است، بهترین عمل کرد مربوط به مدل $\alpha = 75, \beta = 15$ است. در نمودار دبی ارتفاع شکل (۴) و نمودار تراز سطح آب شکل (۵) در دبی برابر کم‌ترین افزایش سطح آب در مخزن مربوط به مدل مذکور می باشد.



شکل ۴- نمودار دبی ارتفاع برای مدل‌های کلید پیانویی با طول متفاوت

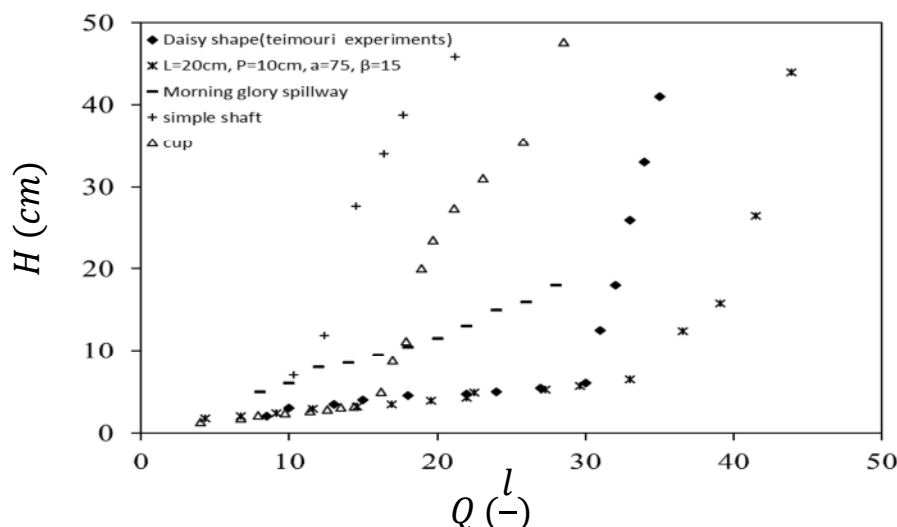


شکل ۶- نمودار دبی ارتفاع برای مدل‌های کلید پیانویی با زوایای متفاوت



شکل ۵- نمودار دبی ارتفاع برای مدل‌های کلید پیانویی با طول متفاوت

برای تعیین کارایی ورودی کلید پیانویی نسبت به حالت شفت ساده، سرریز نیلوفری، مدل کاسه‌ای شکل و با مقایسه با نتایج ارائه شده در رابطه با استفاده از ورودی گلبرگی شکل در تحقیقات تیموری، نمودار دبی ارتفاع شکل (۷) به خوبی عمل کرد مناسب‌تر ورودی کلید پیانویی را نشان می دهد.



شکل ۷- مقایسه نتایج ورودی کلید پیانویی نسبت به فرم‌های دیگر ورودی

حداکثر دبی عبوری در هد برابر، از ورودی کلید پیانویی برابر ۴۳ لیتر بر ثانیه است. در حالی که در چنین شرایطی در مدل گلبرگی شکل، شفت ساده و مدل کاسه‌ای شکل حداکثر دبی عبوری به ترتیب ۳۵، ۲۱ و ۲۸ لیتر بر ثانیه برقرار شد.

۸. نتیجه‌گیری

همان‌طور که اشاره شد به رغم کاربرد سرریز کلید پیانویی مدور در مخزن سد، اما هم‌چنان در مورد خصوصیات هیدرولیکی این نوع سازه‌های ورودی متصل به شفت قائم اطلاعات قابل اعتماد وجود ندارد. در این تحقیق با تغییر در طول و زاویه‌ی قطاع‌های کلید پیانو، تغییرات ایجاد شده روی جریان گردابی اندازه‌گیری شد.

۱- در سرریز قائم ساده جریان گردابی با هسته‌ی هوا، سبب شد که انتقال جریان از آزاد به گردابی به سرعت انجام شود و باعث افزایش ناگهانی در تراز آب در مخزن شود.

۲- استفاده از سرریز کلید پیانویی سبب تداوم رژیم جریان آزاد و به تبع آن افزایش دبی عبوری از سازه می‌شود.

۳- افزایش طول کلید پیانویی به علت آن‌که آشفتگی جریان گردابی را کاهش می‌دهد، سبب بهبود عملکرد سرریز نسبت به حالت ساده است.

۴- ورودی کلید پیانویی علاوه بر این که به عنوان یک سرریز تاج طولانی عمل می‌کند و باعث افزایش دبی می‌شود، نقش گرداب شکن نیز دارد. به طوری که با کاهش قدرت جریان گردابی و دور کردن گرداب از شفت، باعث توزیع یکنواخت جریان در محدوده‌ی اطراف شفت می‌شود.

۵- در بین زوایای مختلف مورد آزمایش، کلید پیانویی بازوای $\alpha = 75, \beta = 15$ حالت بهینه دارد. در این نوع ورودی هدایت جریان به نحو مطلوبی صورت می‌گیرد و رفتار یکنواخت‌تری نسبت به زوایای دیگر ورودی دارد.

۶- استفاده از ورودی کلید پیانویی به عنوان ورودی سرریز مدور قائم، باعث کاهش ۸۰ درصدی در ارتفاع سطح آب نسبت به شفت ساده در دبی مشابه می‌شود.

۷- با توجه به سرعت‌های اندازه‌گیری شده در مخزن و استخراج پروفیل سرعت، مقادیر سرعت در جداره‌های مخزن به مقدار حداقل می‌رسد. این امر نشان‌دهنده‌ی این است که سرعت در نزدیکی جداره تقریباً صفر است و ابعاد مخزن برای مدل‌سازی مناسب است.

با وجود این که سرریز کلید بیانویی با تبدیل مؤلفه‌ی مماسی سرعت به مؤلفه‌ی شعاعی، همانند گرداب شکن عمل می‌کند ولی به طور کلی کارایی مناسب سازه‌های اصلاح جریان ورودی که روی شفت قرار می‌گیرند تا زمانی است که سازه متستغرق نشده باشد.

۹. مراجع

- 1- Rankine, W.J.M. (1858). *Manual of applied mechanics*. C. Griiffen Co., London, England.
- 2-Odgaard, A. J., "Free surface air core vortex", *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol.112, No.31, pp.610-620, 1986.
- 3- Fattor, C. A., and Bacchiega, J. D., (2001). "Analysis of instabilities in the change of regime in morning glory spillways". *Proceedings of the International Association for Hydraulic Research Bibliographic Congress*, Vol. D/1, No. Conf. 29, Netherlands, pp. 656-662.
- ۴- الستی، ک. و موسوی جهرمی، ح.، (۱۳۸۵). "تأثیر تیغه‌های گرداب‌شکن بر روی جریان سرریز نیلوفری"، همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب.
- ۵- زمردیان، ع. و باقری سبزواری، م.ع.، (۱۳۸۲). "تأثیر سرعت مماسی و سیرکولاسیون جریان تقرب بر بازدهی سرریز نیلوفری"، مجموعه مقالات ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران ایران-اصفهان.
- 6- Nohani, E. and Naghshine, H. (2013). "Experimental evaluation of the anti-vortex plates angle on discharge coefficient for the shaft spillway.", *International Journal of Agriculture: Research and Review*, Vol. 3, No.2, pp. 246-253
- 7- Yildirim, N., Taştan, K. (2009). "Comparison of flow-boundary effects on critical submergence of an intake.", *Teknik Dergi*, Vol.20, No.3, pp.4779-4792.
- ۸- تیموری، ا.، (۱۳۹۳)، بررسی ویژگی‌های جریان گردابی در سرریزهای مدور قائم با ورودی گلبرگی شکل، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گرایش آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- 9- Kabiri-Samani, A.R., Borghei, S.M. (2013). "Effects of anti-vortex plates on air entrainment by free vortex.", *Sientia Iranica*, Vol. 20, No.2, pp.251-258.
- 10-Lempérière, F. and Ouamane, A., (2003). "The piano keys weir: a new cost-effective solution for spillways". *Hydropower and Dams*, Issue 5, <http://www.vncold.vn/En/Web/Content.aspx?distid=334/>.
- 11-Barcouda, M., Cazaillet, O., Cochet, P., Jones, B.A., "Cost effective in storage and safety of most dams using fusegates or P.K. ", *Comission International Des Grands Barrage*, Barcelona, 2006.
- 12- Ackers, J.C., Bennett, F.C.J., Scott, T.A. and Karunaratne, G. (2014). "Raising the bellmouth spillway at Black Esk reservoir using Piano Key weir" و "Labyrinth and Piano Key Weirs II, PKW 2013, *Proceedings of the 2nd international workshop on Labyrinth and piano key weirs 2013*, pp.235-242.

SID



سرویس های
ویژه



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



عضویت در
خبرنامه



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آوساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی