

بررسی اثر ضریب قدکشیدگی چوب‌های شناور بر انسداد سرریز تاج دندان‌های در سیستم آزمایش انفرادی

سعید حبیبی^۱ و بابک لشکرآرا^{۲*}

^۱ دانشجوی دوره کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول

^۲ دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول

(دریافت: ۹۶/۷/۲۲، پذیرش: ۹۶/۱۰/۱۷، نشر آنلاین: ۹۶/۱۰/۱۷)

چکیده

یکی از بحث‌های مورد توجه بهره برداران شبکه‌های آبیاری و زهکشی، عملکرد و حساسیت سازه‌های تحویل آب هنگام مواجه شدن با مواد حمل شده توسط آب مانند رسوب و مواد شناور است. در این تحقیق اثر ضریب قدکشیدگی تنه و سرشاخه‌های چوبی حاصل از خزان نواحی جنگلی بر میزان پارامتر انسداد دهانه آبیگر قائم با ورودی تاج دندان‌های به صورت آزمایشگاهی مطالعه شده است. برای این منظور با انتخاب چوب‌هایی با ضریب قدکشیدگی ۱۵، ۲۰ و ۲۵ شرایط مناسب جهت شبیه‌سازی میزان انسدادهای متفاوت در دهانه ورودی سرریز ایجاد گردید. جهت بررسی اثر هندسه دهانه ورودی سرریز بر میزان انسداد، سناریوهای مختلفی با تغییر در میزان شیب کلید سرریزهای تاج دندان‌های Z شامل شیب ۱/۵، ۱/۱ و ۱/۵ (قائم : افق) و طول تاج با تعداد سیکل n معادل ۲، ۴، ۶ و ۸ و همچنین با قطر داخلی D تدوین گردید. نتایج نشان داد که صرف نظر، از شکل دهانه ورودی آبیگر قائم، افزایش ضریب قدکشیدگی منجر به کاهش میزان پارامتر انسداد خواهد شد. به بیان دیگر با تغییر ضریب قدکشیدگی از ۱۵ به ۲۰ و از ۱۵ به ۲۵ به ترتیب به طور متوسط موجب کاهش ۱۱/۵ و ۲۲/۳ درصدی پارامتر انسداد خواهد شد. مقایسه نتایج با سرریز نیلوفری نشان داد که، سرریز تاج‌دندان‌های، دارای قدرت تله‌اندازی بیشتری می‌باشد و این خصوصیت جنبه کاربردی این دسته از سرریزها را اولویت می‌بخشد.

کلید واژه‌ها: اجسام شناور، انسداد، سرریز تاج دندان‌های، آزمایش انفرادی.

۱- مقدمه

وارد جریان رودخانه می‌گردد. آواره‌های شناور باعث افزایش قدرت تخریب سیلاب می‌شوند. اجسام شناور وارد شده به مسیر جریان رودخانه در صورت عدم وجود سازه‌های منحرف و جمع‌آوری کننده مثل بوم‌های شناور و شبکه‌های آشغال‌گیر توسط جریان به نواحی پایین دست رودخانه حمل می‌شوند. زیرساخت‌ها و سازه‌های هیدرولیکی موجود در نواحی پایین دست حوضه‌های آبریز، انتقال اجسام و چوب‌های شناور را محدود کرده و باعث تجمع آنها می‌گردند، به خصوص در نواحی شهری افزوده شدن زباله‌های شهری این مشکلات را تشدید خواهند کرد. شاخه‌ها و تنه‌های درختان که در مواقع سیلابی به جریان آب اضافه می‌شوند، می‌توانند در کنار سازه‌های هیدرولیکی و ورودی‌های سرریزها تجمع کنند، در صورت عبور اجسام شناور از دهانه

آبیگرهای قائم یکی از سازه‌های هیدرولیکی هستند که به منظور آبیگری مستقیم از رودخانه‌ها و یا مخازن مورد استفاده قرار می‌گیرند. آبیگرهای قائم سازه‌هایی اقتصادی می‌باشند و در صورت طراحی صحیح و اصولی، بهره برداری از آنها با مشکلات کمتری همراه است (زمردیان و شجاعیان، ۱۳۸۳). به دلیل این که آبیگرهای قائم، سازه‌هایی هستند که در نزدیکی سطح آب کار گذاشته می‌شوند، از ورود رسوبات درشت‌دانه به درون تأسیسات نیروگاهی جلوگیری می‌کنند. یکی از مشکلات عمده آبیگرهای قائم تجمع اجسام شناور و چوب‌ها در دهانه ورودی آن می‌باشد. در زمان بارندگی‌های شدید به علت فرسایش یا لغزش نواحی اطراف رودخانه، کنده‌ها و شاخه‌هایی تحت عنوان آواره‌های شناور

* نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۰۶۱-۴۲۴۲۸۰۰۰

آدرس ایمیل: saeidhabibi1368@gmail.com (س. حبیبی)، Lashkarara@jnu.ac.ir (ب. لشکرآرا).

آنها با بررسی اجسام و چوب‌های شناور موجود در محیط رودخانه بیان کردند که امکان مواجه ساختار مهندسی موجود در محیط رودخانه با اجسام شناور وجود دارد. آنها در مطالعات خود عنوان کردند که تأثیر اجسام شناور باید از جنبه‌های مهم طراحی باشد و باید هر دو امکان، تأثیر اولیه و احتمال تجمع اجسام شناور در طراحی سازه‌های هیدرولیکی در نظر گرفته شود. علاوه بر این تجمع اجسام شناور در کنار سازه‌ها یک جریان اجباری به سمت بستر رودخانه شکل خواهد داد که باعث افزایش آبستگي می‌گردد (Saunders و Oppenheimer، ۱۹۹۳).

سرریزها یکی از سازه‌های هیدرولیکی مهم موجود در مسیر جریان می‌باشند. عبور جریان حاوی کنده و شاخه درختان از روی سرریزها باعث مسدود شدن قسمتی از مقطع عبور جریان یا تمام آن می‌شود. انسداد سرریز موجب کاهش ظرفیت گذردهی جریان و افزایش عمق بالادست سرریز می‌شود. میزان انسداد مقطع بالادست سرریزها به پارامترهای مختلفی از جمله اندازه کنده‌ها و شاخه‌ها و هندسه سرریز بستگی دارد. (Pfister و همکاران، ۲۰۱۲). سرریزهای غیرخطی از جمله سرریزهای پرکاربردی هستند که در چند دهه گذشته استفاده از آنها به جای سرریزهای خطی معمول به دلیل دارا بودن ظرفیت تخلیه بالا افزایش یافته است. سرریز کلید پیانویی^۲ و سرریز تاج دندان^۳ که طرح آن به تازگی ارائه شده است، نمونه‌ای از سرریزهای غیرخطی می‌باشند (لشکرآرا و شیخی، ۱۳۹۶).

سرریزهای غیرخطی به علت عملکرد هیدرولیکی بالا باعث کاهش عمق جریان بر روی سرریز می‌شوند. کاهش بارآبی موجود بر روی سرریز باعث افزایش پتانسیل انسداد در این نوع از سرریزها شده و عملکرد آنها را به شدت کاهش می‌دهد. کاهش بار آبی موجود روی سرریز باعث کاهش مومنتم جریان عبوری در واحد طول سرریز برای عبور آواره‌های شناور می‌شود (Pfister و همکاران، ۲۰۱۳). علاوه بر این عرض کم کلیدهای ورودی و خروجی در این گونه سرریزها میزان انسداد را تشدید می‌کند. بنابراین به علت اثر بالقوه واریزه‌های شناور بر ظرفیت تخلیه سرریز غیرخطی؛ در سرریز سدهای واقع در حوضه‌هایی با پوشش جنگلی، انسداد ناشی از آواره‌های چوبی به عنوان یک پارامتر مهم در طراحی باید در نظر گرفته شود (Leite Rebro و همکاران، ۲۰۱۲).

ورودی آبیگر علاوه بر احتمال مسدود شدن مجرای انتقال آب که موجب کاهش ظرفیت تخلیه و اختلال در عملکرد آن می‌شود، ممکن است موجب وارد آمدن صدمه به تجهیزات نیروگاهی موجود در مسیر جریان گردد. شکل (۱) نمایشگر نمونه‌ای از تجمع اجسام شناور در کنار سرریز رودخانه تریزانا^۱ و مسدود شدن آن در هنگام وقوع سیلاب می‌باشد. تاکنون مطالعات اندکی در خصوص پدیده انسداد ایجاد شده تحت تأثیر اجسام شناور بر روی سرریزها صورت گرفته است. اجسام شناور می‌توانند شامل تنه، شاخ و برگ درختان و یا زباله‌های شهری باشند. با توجه به این که حوضه‌های آبریز رودخانه‌های کوهستانی اغلب جنگلی می‌باشند، وجود جریان‌های سیلابی که توسط باران‌های شدید ایجاد می‌شود، می‌تواند باعث لغزش و فرسایش در اطراف نواحی رودخانه شود، که این دو پدیده می‌تواند باعث ورود درختان و تخته پاره‌های شناور به مسیر رودخانه گردد. اندازه و شکل درختان با گرادپان رودخانه، نرخ دبی و اندازه و تعداد تخته سنگ‌های موجود در بستر رودخانه مرتبط است. درختان در رودخانه‌های سنگلاخی با شیب تند با برخورد به بستر رودخانه به سرعت شکسته شده و به قطعات کوچک‌تری تبدیل می‌شوند (Pfister و همکاران، ۲۰۱۳).

ورود اجسام و درختان شناور به جریان سیلابی باعث افزایش قدرت تخریب جریان و افزایش ارتفاع آب در بالا دست سازه‌های هیدرولیکی موجود در مسیر جریان می‌شود. انسداد اجسام شناور در اطراف سازه‌های هیدرولیکی می‌تواند باعث کاهش سطح مقطع جریان عبوری و گذر جریان از روی سازه گردد و مشکلات جدی را به همراه داشته باشد. تجمع آواره‌ها در نقاطی از سازه‌های هیدرولیکی که ممکن است در طراحی در نظر گرفته نشده باشند، می‌تواند آبستگي محلی موجود در آنها را تشدید کند (Zevenbergen و همکاران، ۲۰۰۶).



شکل ۱- نمونه‌ای از تجمع اجسام شناور در کنار سرریز رودخانه تریزانا (اتریش، ۲۰۰۵)

۲. Piano Key Weirs

۳. CPK

۱. Trisanna

روی سرریز و D قطر کنده‌ها می‌باشد). در دبی‌های پایین تجمع واریزه‌ها بارآبی را تا حدود ۷۰ درصد افزایش می‌دهند، ولی در دبی‌های بالا بارآبی روی سرریز تا حدود ۲۰ درصد افزایش نشان می‌دهد.

پشته‌شیرانی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی تأثیر دماغه و دیواره جان‌پناه سرریز کلید پیلانویی بر انسداد اجسام شناور پرداختند، آنان دریافتند که میزان انسداد نمونه‌ها هنگامی که عمق آب بر روی سرریز افزایش می‌یابد کاهش یافته و در عوض با افزایش قطر و یا طول نمونه‌های چوب این مقدار افزایش می‌یابد. به طور کلی زمانی که نسبت D/H برابر با یک می‌باشد، نمونه‌ها شروع به عبور از روی سرریزها می‌کنند ولی درصد عبوری آنها قابل توجه نمی‌باشد و کمترین میزان انسداد در نسبت $D/H < 0.3$ می‌باشد. این محققان نشان دادند که عملکرد مدل سرریز کلید پیلانویی دارای دیواره جان‌پناه و دماغه در ارتباط با میزان عبور اجسام شناور، نسبت به دو مدل سرریز با دیواره جان‌پناه و مدل سرریز ساده، بهتر است به طوری که میزان انسداد در این سرریز نسبت به سرریزهای با دیواره جان‌پناه و مدل سرریز ساده به طور متوسط در تمامی نسبت‌های (D/H) به ترتیب ۶ و ۱۵/۶ درصد کمتر است.

منصوری و احدیان (۱۳۹۵) با بررسی انسداد سرریزهای کلید پیلانویی در جریان‌های آواره‌ای با سیستم آزمایش انفرادی و تجمعی عنوان کردند که هر دو پارامتر D (قطر آواره‌ها) و H (بار آبی) بر میزان پارامتر انسداد تأثیر گذارند و با افزایش قطر چوب‌ها، میزان پارامتر انسداد در آزمایش‌های انفرادی بیشتر و با کاهش آنها کمتر می‌شود (در آزمایش تجمعی، دسته‌های اجسام شناور به صورت متمادی و با فاصله زمانی در بالادست مخزن به جریان اضافه می‌شوند). آنها عنوان کردند هنگامی که مقدار $D/H > 1$ باشد پارامتر انسداد حدوداً یک و برای شرایط $D/H < 0.3$ میزان پارامتر انسداد تقریباً به صفر می‌رسد. آنها نشان دادند که با افزایش میزان نسبت بارآبی اولیه قیل از انسداد به بارآبی ثانویه بعد از انسداد، میزان تجمع اجسام شناور روی سرریز کاهش یافته و با کاهش این مقدار میزان تجمع اجسام شناور روی سرریز افزایش می‌یابد.

لشکرآرا و شیخی (۱۳۹۶) با انجام آزمایش‌هایی بر روی آبگیرهای مدور قائم با ورودی تاج دندان‌های تحت شرایط جریان غیرچرخشی در مخزن، نسبت به بررسی اثر پارامترهای هیدرولیکی و هندسی این دسته از سرریزها پرداختند. تحلیل نتایج نشان داد که سرریزهای تاج دندان‌های با شیب کلیدها ۱:۱/۵

برای اولین بار Lempérière و Ouamane (۲۰۰۶) در مطالعات خود روی سرریز کلید پیلانویی به طور جزئی به انسداد ایجاد شده به واسطه چوب‌های شناور پرداختند. این محققان در آزمایش‌های خود مشاهده کردند که در هنگام افزایش سطح آب از پایه تا تاج سرریز هیچ گونه تجمعی در زیر پیش آمدگی سرریز رخ نمی‌دهد. آنها عنوان کردند هنگامی که بارآبی روی سرریز کمتر از 0.4P باشد، چوب‌های شناور روی سرریز جمع می‌شوند و برای بارآبی بیشتر از این مقدار چوب‌ها به سمت پایین دست شسته خواهند شد. همچنین در شرایطی که مقدار $H/P < 0.5$ باشد، ظرفیت تخلیه در حالت انسداد تا حدود ۱۰ درصد کاهش می‌یابد (H بارآبی موجود روی سرریز و P ارتفاع سرریز می‌باشد).

Laugier (۲۰۰۷) به بررسی سد گلورز^۴ در مواقع سیلابی با چوب‌های شناوری به طول ۴ الی ۱۰ متر پرداخت و بیان کرد که در هنگام وقوع سیلاب در ساعات اولیه بیشتر اجسام شناور از طریق سرریزهای دریچه‌ای تخلیه می‌شوند، پس از گذشت مدتی از سیلاب سرریز کلید پیلانویی موجود شروع به کار می‌کند. Laugier (۲۰۰۷) با مشاهده‌هایی که بر روی سد گلورز انجام داد، بیان کرد که انسداد سرریز کلید پیلانویی تنها بخش کوچکی از طول دیوار تاج را تحت تأثیر قرار می‌دهد (در حدود ۵ تا ۱۰ درصد) و متناظر با آن عرض دهانه خروجی سرریز بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

Sogreah (۲۰۱۱) با مطالعه بر روی سرریز اضطراری سد لازیره^۵ فرانسه مشاهده نمود که جریان‌های آواره‌ای هم‌زمان با تولید سرعت آستانه بالا توسط ورودی‌های سرریز جذب می‌شوند؛ حجم جریان‌های آواری تجمع یافته با افزایش دبی کاهش می‌یابد. جریان‌های آواری در بارآبی بالا متراکم می‌شوند و در بارآبی پایین از تراکم آنها کاسته می‌شود و بارآبی نسبی برای دوره بازگشت صدساله با بارآبی بدون جریان آواری حدود ۱ متر تا حدود ۱۰٪ کاهش می‌یابد.

Pfister و همکاران (۲۰۱۳) نیز آواره‌های شناور را در شرایط سرعت نزدیک شونده صفر به صورت آزمایشگاهی بررسی نمودند. بر اساس نتایج این محققین مشخص شد که قطر کنده‌ها و بار آبی بیشتر از طول کنده‌ها بر میزان انسداد تأثیر گذار می‌باشد. بر اساس یافته‌های آنان در حالتی که مقدار $D/H \geq 1$ باشد میزان پارامتر انسداد ۱ و وقتی که کمتر از ۰/۳ باشد میزان پارامتر انسداد کنده‌ها در روی سرریز صفر خواهد شد (H بارآبی موجود

۴. Gloriettes

۵. Luzieres Dam

میزان انسداد سرریز تاج دندانهای پرداخته شده است. در این تحقیق سعی شده است به منظور شبیه‌سازی جریان آواره‌ای موجود در حوضه‌های آبریز مختلف موجود در کشور از اجسام شناوری متناسب با نواحی جنگلی ایران استفاده شود. همچنین به منظور بررسی تأثیر شکل دهانه ورودی آبگیر بر میزان انسداد، سرریزهایی با شکل دهانه‌های ورودی مختلف طراحی و ساخته شد. در نهایت به مقایسه عملکرد سرریزهای تاج دندانهای با سرریزهای مشابه در شرایط مواجهه با اجسام شناور در مواقع سیلابی پرداخته شده است.

۲- روش تحقیق

هدف از تحقیق حاضر بررسی آزمایشگاهی اثر ضریب قدکشیدگی چوب‌های شناور بر میزان پارامتر انسداد سرریزهای تاج دندانهای تحت سیکل و شیب‌های مختلف کلیدهای ورودی و خروجی در مقایسه با سرریز نیلوفری می‌باشد. برای این منظور سرریزهای مختلفی تحت شیب کلیدهای ورودی و خروجی $1:0.5$ ، $1:1$ و $1:1.5$ ساخته شد. در هر یک از شیب کلیدهای یاد شده اثر طول تاج نیز مورد ارزیابی قرار گرفت و برای این منظور سرریزهایی با تعداد سیکل ۲، ۴، ۶ و ۸ نیز ساخته شد. بنابراین در مجموع ۱۲ مدل سرریز تاج دندانهای ساخته شد. جهت مقایسه نتایج با سرریز نیلوفری نیز ساخت دو سرریز نیلوفری با شیب ورودی مختلف نیز در دستور کار تحقیق قرار گرفت. در شکل‌های (۲) تا (۴) سرریزهای تاج دندانهای مورد استفاده در تحقیق به نمایش گذاشته شده‌اند. همان طوری که در شکل مشاهده می‌شود این نوع از سرریزها از ترکیب چند کلید ورودی و خروجی تشکیل شده است که هر یک از این کلیدها به نوبه خود پتانسیل تله‌اندازی سرریز را افزایش می‌دهند. کلیه آزمایش‌های این پژوهش بر روی یک فلوم در آزمایشگاه تحقیقات هیدرولیک و مهندسی رودخانه دانشگاه صنعتی جندی شاپور به اجرا درآمد. آزمایش‌ها در فلومی به طول ۶ متر، ارتفاع ۱ متر و عرض یک متر به انجام رسید. جهت اندازه‌گیری دبی ورودی به مخزن از یک دستگاه دبی سنج الکترومغناطیس با دقت 0.01 لیتر ساخت شرکت ایران مدار که در مسیر خط لوله انتقال آب از سیستم پمپاژ به مخزن بالادست قرار گرفته، استفاده شد. ارتفاع آب در داخل مخزن و برروی سرریز با استفاده از یک عمق سنج با دقت 0.1 میلی‌متر که برروی مخزن نصب شده اندازه‌گیری گردید.

(قائم : افق) از ضریب تخلیه جریان بالاتری نسبت به سرریزهای با شیب $1:1$ و $1:1.5$ برخوردارند. همچنین نتایج این تحقیق حاکی از آن است که سرریزهای با تعداد سیکل بالاتر در نسبت بارآبی به ارتفاع کم عملکرد بهتری نسبت به سرریزهای با تعداد سیکل پایین‌تر دارد که دلیل اصلی آن نسبت طول تاج بیشتر این سرریز نسبت به سرریزهای دیگر می‌باشد. طول تاج بزرگتر باعث کاهش بارآبی کل روی سرریز و افزایش ضریب دبی جریان می‌گردد. مقایسه نتایج خصوصیات هیدرولیکی این دسته از سرریزها با سرریز مدور قائم نشان دهنده برتری ضریب تخلیه این دسته از سرریزها در مقایسه با آبگیر مدور قائم می‌باشد.

Shemshi و Samani (۲۰۱۶) به بررسی جریان چرخشی در سرریز مدور قائم با ورودی کلید پیانویی مدور پرداختند. ایشان دریافته‌اند که در شرایط جریان چرخشی ورودی کلید پیانویی باعث کاهش تلاطم جریان و افزایش قدرت تخلیه نسبت به حالت ورودی مدور ساده می‌گردد. همچنین نشان دادند که آستانه استغراق در نسبت‌های $0.5 \leq St/D \leq 1.5$ رخ می‌دهد.

روحانی‌پور و لشکرآرا (۱۳۹۶) به بررسی اثر زاویه جریان تقرب و قدرت گرداب آزاد بر ضریب دبی جریان سرریز تاج‌دندانهای در زوایای جریان تقرب 0 ، 30 و 60 درجه پرداختند. آنها عنوان نمودند که ضریب دبی سرریزهای تاج دندانهای با افزایش زاویه جریان تقرب، روندی کاهشی داشته و میزان ضریب دبی در سرریزهای با تعداد سیکل و شیب کلید یکسان در زاویه حمل صفر درجه بیشتر از مقدار آن به ترتیب در زوایای 30 و 60 درجه می‌باشد. آنان عنوان نمودند که در تمامی زوایای 0 ، 30 و 60 درجه و تمام شیب کلیدهای Z معادل 0.5 ، 1 و 1.5 در محدوده جریان آزاد قبل از انسداد کلیدها سرریزهای ۸ سیکل عملکرد بهتری نسبت به سرریزهای ۶، ۴ و ۲ سیکل دارند، ولی با افزایش دبی و بارآبی روی سرریز، سرریزهای دو سیکل دارای عملکرد بهتری می‌باشند.

از آنجایی که سرریز تاج دندانهای به عنوان یک سرریز جدید مطرح می‌باشد لذا تاکنون مطالعات اندکی پیرامون مسائل هیدرولیکی آن انجام شده است. بررسی منابع کتابخانه‌ای نشان می‌دهد که بحث انسداد در اثر جریان آواره‌ای بر روی آن تاکنون انجام نشده است. به دلیل انسداد سرریز سدهای واقع در حوضه‌هایی با پوشش جنگلی، توسط جریان آواره‌ای در مواقع سیلابی و در دبی‌های بالا که باعث اختلال در عملکرد مناسب سرریزها می‌شوند، لذا بررسی میزان انسداد بر روی این دسته از سرریزها ضروری به نظر می‌رسد. لذا در تحقیق حاضر به بررسی

تابع هدف بر اساس پارامتر انسداد (π)، که برابر است با نسبت تعداد قطعات چوبی شناور باقی مانده روی سرریز به تعداد کل قطعات شناور اضافه شده به بالادست، تعریف شد. از آنجا که مقدار شیب کلید سرریز با ارتفاع سرریز P رابطه مستقیم دارد، درج همه پارامترها غیر ضروری است و فقط از پارامتر ارتفاع سرریز (P) در فرمول بندی پژوهش استفاده شده است. در نتیجه تابع کلی زیر را می توان بین پارامترهای مؤثر در این تحقیق نوشت:

$$f(D_i, D_{cw}, L, P, W_i, W_o, L_d, D_d, \pi, h_o, V, g, \rho, \mu, \sigma) = 0 \quad (1)$$

پس از تعیین پارامترهای مؤثر و با استفاده از تئوری π -باکینگهام می توان معادله حاکم بر فضای تحقیق را به منظور بررسی میزان انسداد در سرریز مدور قائم با ورودی تاج دندانهای به صورت معادله زیر نشان داد:

$$f\left(\frac{h_o}{P}, \frac{D_i}{D_{cw}}, \frac{W_i}{W_o}, \frac{L_d}{D_d}, \frac{gh_o}{V^2}, \frac{\mu}{\rho V h_o}, \frac{\sigma}{\rho V^2 h_o}, \pi\right) \quad (2)$$

و با توجه به ثابت نسبت W_i/W_o و D_i/D_{cw} در کلیه سناریوهای حاکم بر فضای تحقیق می توان از اثر آن در رابطه (۲) صرف نظر نمود. و با توجه به اینکه پارامتر $\rho V h_o/\mu$ معرف عدد رینولدز، پارامتر $\rho V^2 h_o/\sigma$ معرف عدد وبر و پارامتر $V/\sqrt{gh_o}$ معرف عدد فرود می باشد. بنابراین رابطه (۲) به صورت زیر بازنویسی می گردد.

$$\pi = f(\text{Re}, \text{We}, \text{Fr}, \frac{h_o}{P}, \frac{L_d}{h_o}, \frac{D_d}{h_o}) \quad (3)$$

با توجه با آنالیز ابعادی صورت گرفته و برای دستیابی به اهداف تحقیق حاضر ۱۳ نوع چوب مختلف و از هر کدام ۲۰ الی ۲۵ نمونه جمع آوری شد. شکل (۵) نمایی از چوبهای مورد استفاده در تحقیق حاضر را نشان می دهد.

عمل مقیاس بندی طول و قطر شاخه ها بر اساس $L_d/D_d \cong 15, 20, 25$ انجام گرفت، تا طیف گسترده ای از چوبها با طولها و قطرهای مختلف برای دستیابی به ابعاد مناسب استفاده گردند و ارتباط موجود بین دبی جریان و اندازه چوبها در شرایط آزمایشگاهی مطابق با شرایط طبیعت باشد. که مشخصات این نمونهها با توجه به ضرایب قدکشیدگی در جدول (۱) الی (۳) آورده شده است.



شکل ۲- مدل سرریز تاج دندانهای با ارتفاع نسبی P/D معادل $0.5/1$ (شیب کلید $0.5/1$) در سیکل های مختلف



شکل ۳- مدل سرریز تاج دندانهای با ارتفاع نسبی P/D معادل ۱ (شیب کلید $1/1$) در سیکل های مختلف



شکل ۴- مدل سرریز تاج دندانهای با ارتفاع نسبی P/D معادل $1/5$ (شیب کلید $1/5$) در سیکل های مختلف

در گام بعدی به منظور شناسایی پارامترهای مؤثر بر میزان انسداد سرریزهای تاج دندانهای نسبت به دسته بندی پارامترهای مؤثر بر فضای پژوهش اقدام گردید. بررسیها نشان داد که پارامترهای مؤثر را می توان از نقطه نظر خصوصیات سیال، خصوصیات جریان، و مشخصات هندسی سرریز و چوبهای شناور به صورت زیر لیست نمود:

خصوصیات سیال: وزن مخصوص سیال ρ ، لزوجت دینامیکی سیال μ و کشش سطحی σ

خصوصیات مربوط به جریان: عمق جریان در شرایط بدون آوار h_o ، سرعت نزدیک شونده به سرریز V و شتاب ثقل g

خصوصیات هندسی آوار شناور: طول چوبها L_d ، قطر چوبها D_d

خصوصیات هندسی سرریز: قطر شفت قائم D_i ، قطر خارجی سرریز تاج دندانهای D_{cw} ، طول مؤثر سرریز L ، ارتفاع سرریز P ،

شیب کلید z ، عرض دهانه ورودی W_i و عرض دهانه خروجی W_o

مطابق با برنامه‌ریزی انجام شده این تحقیق بر مبنای آزمایش‌های انفرادی پایه‌گذاری شده است. آزمایش‌های انفرادی بدین معناست که برای هر یک از ضرایب قدکشیدگی در دبی‌های مختلف و برای هر یک از سرریزها با توجه به دسته بندی‌های انجام شده، تعداد ۲۰ الی ۲۵ قطعه از هر نوع چوب مطابق جداول (۱) الی (۳) انتخاب کرده، پس از ایجاد عمق آب مورد نظر روی سرریز دسته‌های مختلف در حدود ۱/۵ تا ۲ متر بالاتر از سرریز و به طور تصادفی رها می‌شوند. در هر مرحله از آزمایش بعد از انسداد نمونه‌ها در روی سرریز مدت زمانی صبر گردید تا اطمینان حاصل شود که نمونه‌های انسداد یافته روی سرریز دیگر حرکت نمی‌کنند. در این مرحله تعداد چوب‌های عبور کرده و بلوکه شده روی سرریز شمارش شده و مشخصات جریان اعم از دبی و عمق آب روی سرریز ثبت گردید. باید توجه کرد که برای وارد کردن دسته بعدی باید دسته‌های قبلی از پشت سرریز و مخزن جمع آوری گردند. آزمایش‌های انفرادی برای هر یک از ضرایب قدکشیدگی موجود و هر ۱۴ نوع سرریز ساخته شده با ارتفاع‌ها و سیکل‌های مختلف از دبی برابر با ۰/۵ لیتر بر ثانیه شروع و تا مرحله‌ای ادامه پیدا می‌کرد که همه چوب‌های اضافه شده رد شوند (معمولاً تا دبی ۱۳ لیتر بر ثانیه). در این تحقیق در مجموع ۲۵۰۰ مرحله آزمایش صورت گرفته است که نتایج حاصل از آن در ادامه ذکر خواهد شد.

۳- نتایج و بحث

پس از انجام ۲۵۰۰ مرحله آزمایش و غربالگری داده‌های آزمایشگاهی، تجزیه و تحلیل‌های لازم صورت پذیرفت. آزمایش‌ها با تغییر دبی جریان Q از ۰/۵ الی ۱۲/۶ لیتر بر ثانیه انجام شد. که محدوده تغییر پارامترها در جدول (۴) گزارش شده است.

به منظور بررسی روند تغییرات پارامتر انسداد در مقابل بارآبی روی سرریز در مواقع حضور اجسام شناور در مخزن، مقادیر پارامتر انسداد در مقابل قطر و طول نسبی ($L_d/H_0, D_d/H_0$) ترسیم گردید. این کار تحت کلیه سناریوهای اصلی ضریب قدکشیدگی و همچنین سناریوهای فرعی تغییر در شیب کلیه‌های سرریز P/D (به منظور بررسی شیب کلیه‌های سرریز) و تغییر در تعداد سیکل (به منظور بررسی اثر تعداد سیکل میزان تله‌اندازی اجسام شناور) صورت پذیرفت. نمونه‌هایی از شرایط آزمایشگاهی مورد بحث در شکل (۶) نمایش داده شده است.



شکل ۵- نمای از چوب‌های مورد استفاده

جدول ۱- مشخصات نمونه چوب‌های مورد استفاده در پژوهش

حاضر با ضریب قدکشیدگی ۱۵		
نوع چوب	قطر نمونه، D_d (mm)	طول نمونه، L_d (cm)
۱	۱/۷	۲۵
۴	۱/۴	۲۰
۷	۱	۱۵
۱۰	۰/۷	۱۰
۱۳	۰/۴	۵

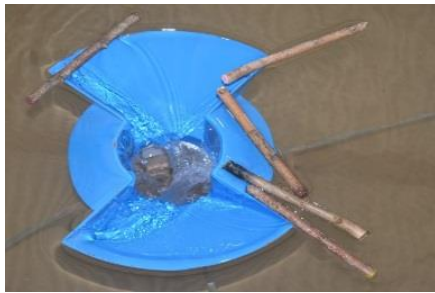
جدول ۲- مشخصات نمونه چوب‌های مورد استفاده در پژوهش

حاضر با ضریب قدکشیدگی ۲۰		
نوع چوب	قطر نمونه، D_d (mm)	طول نمونه، L_d (cm)
۲	۱/۲۵	۲۵
۵	۱	۲۰
۸	۰/۷۵	۱۵
۱۱	۰/۵	۱۰

جدول ۳- مشخصات نمونه چوب‌های مورد استفاده در پژوهش

حاضر با ضریب قدکشیدگی ۲۵		
نوع چوب	قطر نمونه، D_d (mm)	طول نمونه، L_d (cm)
۳	۱	۲۵
۶	۰/۸	۲۰
۹	۰/۶	۱۵
۱۱	۰/۵	۱۰

تعیین کننده بوده و مستقل از خطوط جریان و سرعت آب می باشد.



(الف)



(ب)



(ج)



(د)

شکل ۶- اثر ضریب قدکشیدگی بر میزان انسداد در سرریزهای باشیب کلید z معادل ۱/۵:

(الف) ضریب قدکشیدگی ۲۰ و $Q=5.51 \text{ Lit/Sec}$ و $\pi=0.2$

(ب) ضریب قدکشیدگی ۲۰ و $Q=5.43 \text{ Lit/Sec}$ و $\pi=0.46$

(ج) ضریب قدکشیدگی ۲۰ و $Q=5.34 \text{ Lit/Sec}$ و $\pi=0.61$

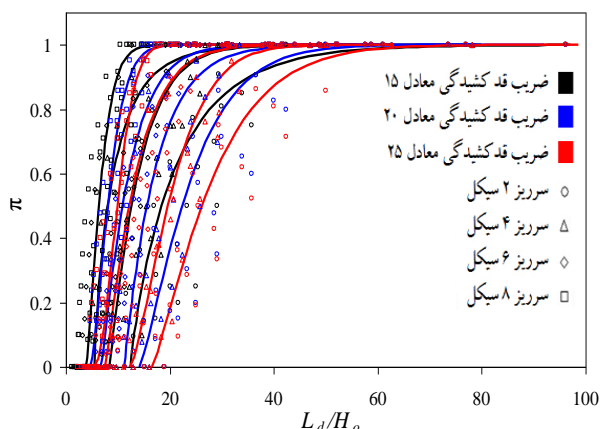
(د) ضریب قدکشیدگی ۲۰ و $Q=5.68 \text{ Lit/Sec}$ و $\pi=0.73$

جدول ۴- محدوده پارامترهای حاکم بر فضای تحقیق

پارامتر	نماد	واحد	تغییرات
طول نسبی تاج	L/D_i	بی بعد	۱۰/۲۸
شیب کلیدهای سرریز	z	بی بعد	۱/۵، ۱، ۰/۵
نسبت طول به قطر اجسام شناور	L_d/D_d	بی بعد	۲۵، ۲۰، ۱۵
دبی جریان	Q_i	لیتر بر ثانیه	۱۵ تا ۰/۵
بارآبی روی تاج سرریز	H	سانتی متر	۴/۸ تا ۰/۲
عدد رینولدز	Re	بی بعد	۱۰۵۸۲ تا ۳۶۲
عدد فرود	Fr	بی بعد	۰/۸۹۵ تا ۰/۲۱
عدد وبر	We	بی بعد	۲۰۵۳ تا ۳۶۰

با توجه به مشاهده های صورت گرفته در آزمایشگاه می توان عنوان کرد که رفتار اکثر چوب هایی که به طور تصادفی در بالادست سرریز رها می شوند، توسط خطوط جریان و نحوه قرار گیری اولیه آنها کنترل می شود. با توجه به اینکه چوب ها به صورت تصادفی وارد جریان می شوند مشاهده های گسترده ای از رفتار آنها نسبت به سرریز انجام گرفته است. چوب های دارای اندازه کوتاه و متوسط تحت بارآبی نسبتاً بالا، بدون وابستگی به مکان و جهت اولیه ورود به جریان در راستای خطوط جریان جهت گیری کرده و از سرریز عبور می کنند. چوب هایی با طول و قطر بزرگتر مقدار کمتری وابسته به مکان و جهت ورود به مخزن می باشند. چوب های با طول و قطر بزرگتر اگر در راستای خطوط جریان جهت گیری کنند از سرریز عبور می کنند ولی اگر به صورت عمود بر خطوط جریان جهت گیری کنند اکثراً در کنار کلیدهای خروجی به دام می افتند

در بارآبی متوسط چوب های دارای طول و قطر کوچک همچنان بدون وابستگی به مکان و جهت اولیه ورود در راستای خطوط جریان جهت گیری می کنند و از سرریز عبور می نمایند. چوب های دارای اندازه متوسط در بارآبی متوسط تا حدودی وابسته به مکان و جهت اولیه ورودی می باشند و اکثراً در راستای خطوط جریان جهت گیری کرده و عموماً از سرریز عبور می کنند و انسداد کمی بر روی سرریز ایجاد می کنند. در بار آبی متوسط وابستگی چوب های دارای اندازه بزرگ تر به مکان و جهت اولیه ورود افزایش پیدا کرده و تقریباً مستقل از سرعت و خطوط جریان می باشند. چوب های بزرگتر اگر به صورت هم راستا با خطوط جریان اضافه شوند امکان عبور از روی سرریز را دارا می باشند، ولی اگر به صورت عمود بر راستای خطوط جریان جهت گیری کنند در پشت سرریز به دام می افتند و امکان عبور از روی سرریز را نخواهند داشت. در بارآبی پایین مکان و جهت اولیه ورود چوب ها



شکل ۸- روند تغییرات پارامتر انسداد (π) در مقابل پارامتر نسبی L_d/H_o در سرریز با شیب کلید (z) برابر 0.5 تحت ضریب قدکشیدگی و سیکل‌های مختلف

این امر سبب افزایش پتانسیل تله‌اندازی سرریز با تعداد سیکل بیشتر نسبت به سرریزهای با تعداد سیکل کمتر می‌شود. عامل دیگری که باعث افزایش میزان انسداد اجسام شناور در سرریز هشت سیکل نسبت به سرریزهای ۲، ۴، ۶ و ۸ سیکل می‌گردد، طراحی باریک کلیدهای ورودی و خروجی آن می‌باشد که باعث می‌گردد چوب‌ها هنگام عبور از روی سرریز در بین کلیدها به دام بیافتند.

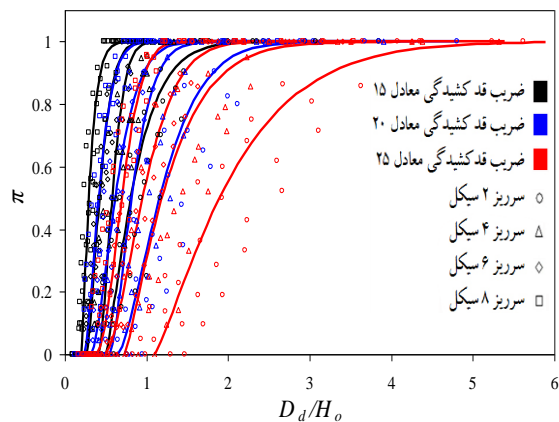
سرریزهای با شیب کلید بیشتر، از دو نقطه نظر از میزان انسداد بیشتری برخوردار هستند. در نقطه نظر اول به واسطه برخورداری از ضریب تخلیه بیشتر در شرایط یکسان باعث کاهش بار آبی روی سرریز و به تبع آن کاهش مومنتم جریان عبوری از روی سرریز می‌شوند. این امر باعث کاهش مقدار نیروی وارده به چوب‌های شناور جهت عبور از سرریز و به موجب آن افزایش میزان انسداد می‌گردد. از نقطه نظر دیگر، افزایش شیب کلیدهای سرریز منجر به مرتفع شدن دیواره‌های کلید ورودی و خروجی می‌شود. که این امر نیز می‌تواند میزان پارامتر انسداد سرریز را در مواجهه با اجسام شناور افزایش دهد.

به طور مشابه تحلیل یکسانی در خصوص بررسی میزان انسداد تحت ضرایب قدکشیدگی ۱۵، ۲۰ و ۲۵ در شکل‌های (۹) الی (۱۲) به تصویر کشیده شده است. بنابر نتایج این پژوهش اندرکنش ضریب قدکشیدگی، نسبت شیب کلیدهای ورودی و خروجی سرریز (z) و تعداد سیکل تأثیر به‌سزایی در میزان پارامتر انسداد اجسام شناور در روی سرریز تاج دندانه‌ای دارد.

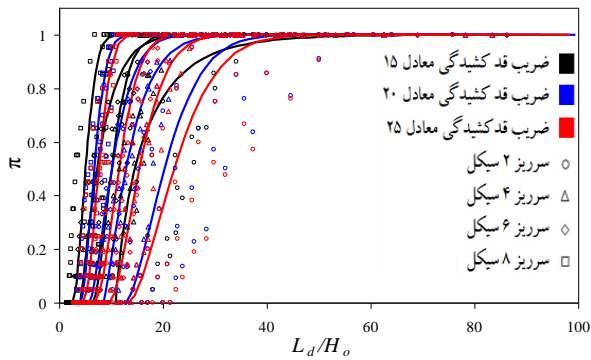
با توجه به مشاهده‌های صورت گرفته در کل می‌توان ادعا کرد که در دبی‌های پایین خطوط جریان و سرعت آب تأثیر چندانی بر نحوه حرکت چوب‌ها نخواهد داشت و چوب‌ها به همان شکلی که در آب وارد می‌گردند به سرریز نزدیک می‌شوند. از طرفی ممکن است هر حالتی اعم از افقی، عمودی یا مورب داشته باشند. اما در دبی‌های بالا معمولاً خطوط جریان کنده‌ها را به صورت عمود بر سرریز در می‌آورد. در دبی‌های متوسط هم شکل غالب حرکت آنها به صورت مورب می‌باشد.

در شکل (۷) و (۸) پارامتر انسداد سرریزهای تاج دندانه‌ای ۲، ۴، ۶ و ۸ سیکل در نسبت شیب کلید (z) برابر با 0.5 را برای مقادیر مختلف قطر نسبی (D_d/H_o) و طول نسبی برابر با L_d/H_o تحت ضرایب قدکشیدگی متفاوت ۱۵، ۲۰ و ۲۵ نمایش داده شده است.

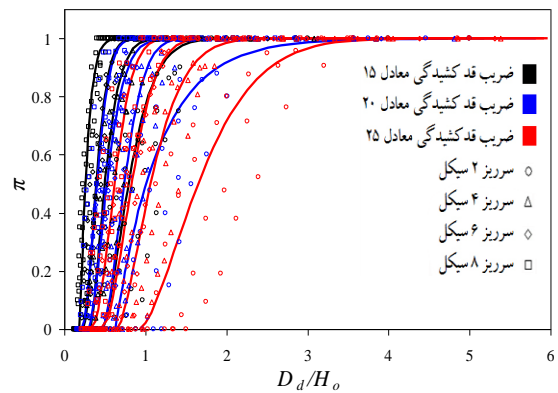
همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد آهنگ تغییرات خطوط برازش داده شده از بین نتایج آزمایشگاهی، به غیر از انسداد صفر و یک به صورت تقریباً خطی بوده و با افزایش بارآبی نسبی، میزان پارامتر انسداد واریزه‌ها کاهش و با کاهش آن میزان انسداد کاهش می‌یابد. سرریزهایی با تعداد سیکل بیشتر به دلیل طول تاج بیشتر از ضریب دبی بالاتری برخوردارند. ضریب دبی بالاتر در سرریزهای با تعداد سیکل بیشتر موجب ایجاد بارآبی کمتری نسبت به بقیه سرریزها با تعداد سیکل کمتر در روی سرریز می‌گردد. پایین بود بارآبی روی سرریز با تعداد سیکل بیشتر و دارا بودن طول مؤثر بزرگتر باعث کاهش مومنتم جریان عبوری در واحد طول تاج سرریز و وارد آمدن نیروی کمتر به چوب‌های شناور موجود در روی سرریز می‌گردد.



شکل ۷- روند تغییرات پارامتر انسداد (π) در مقابل پارامتر نسبی D_d/H_o در سرریز با شیب کلید (z) برابر 0.5 تحت ضریب قدکشیدگی و سیکل‌های مختلف



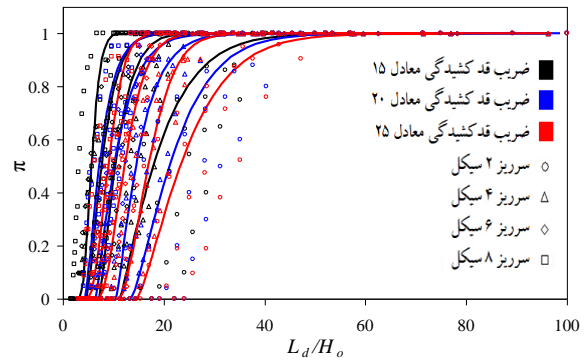
شکل ۱۲- روند تغییرات احتمال انسداد (π) در مقابل پارامتر نسبی L_d/H_o در سرریز با شیب کلید (z) برابر ۱/۵ تحت ضریب قدکشیدگی و سیکل‌های مختلف



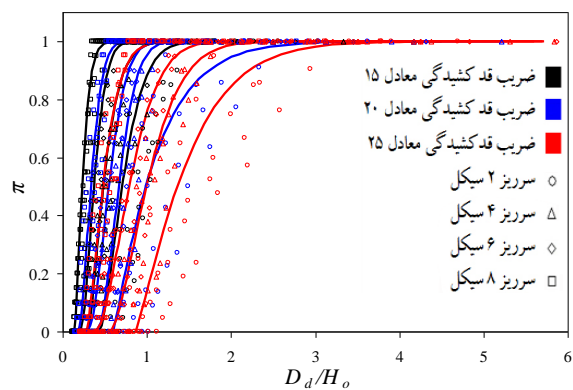
شکل ۹- روند تغییرات احتمال انسداد (π) در مقابل پارامتر نسبی D_d/H_o در سرریز با شیب کلید (z) برابر ۱ تحت ضریب قدکشیدگی و سیکل‌های مختلف

همان‌طور که مشاهده می‌گردد میزان پارامتر انسداد اجسام شناور در سرریزهای تاج دندان‌های با افزایش ضریب قدکشیدگی روندی کاهشی داشته و میزان پارامتر انسداد در سرریزهای با شیب کلید و تعداد سیکل یکسان در ضریب قدکشیدگی ۱۵ بیشتر از مقادیر آن در زوایای قدکشیدگی ۲۰ و ۲۵ می‌باشد. واریزه‌هایی با ضریب قدکشیدگی بیشتر به دلیل دارا بودن قطر کمتر در طول یکسان نسبت به واریزه‌هایی با ضریب قدکشیدگی کمتر دارای میزان پارامتر انسداد بیشتری می‌باشند که نشان دهنده تأثیر قطر واریزه بر میزان انسداد آن‌ها می‌باشد. میزان پارامتر انسداد هنگامی برابر با صفر می‌شود که بارآبی روی سرریز و به تبع آن مومنتم جریان عبوری از روی آن به اندازه کافی بزرگ باشد که بتواند به اندازه کافی نیرو به چوب‌ها وارد کرده و آنها را به پایین دست سرریز هدایت کند. زمانی که مقدار نیروی وارد به چوب‌ها به اندازه‌ای کوچک باشد که نتواند هیچ چوبی را از سرریز عبور دهد میزان پارامتر انسداد برابر با یک می‌گردد و در بین این دو محدوده میزان انسداد بین صفر و یک متغیر می‌باشد.

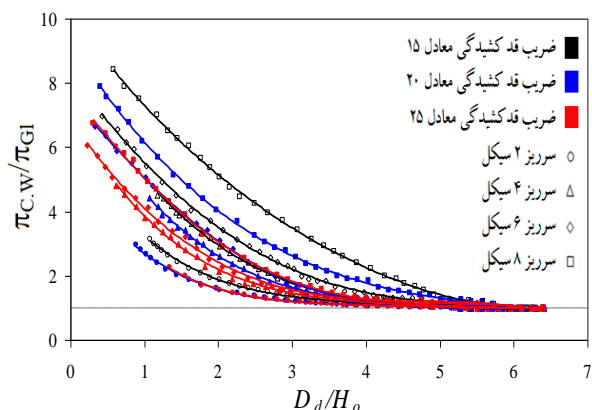
مقایسه بخش‌های مختلف در شکل‌های (۷) الی (۱۲) نشان می‌دهد که صرف نظر از تغییر میزان ضریب قدکشیدگی واریزه‌ها، افزایش ارتفاع نسبی سرریز منجر به تشدید میزان انسداد و به تبع آن افزایش میزان بارآبی بر روی سرریزها شده است. وقوع این امر به نوع واریزه‌ها وابسته نبوده و برای هر نوع واریزه‌ای محتمل است. از مقایسه مقادیر انسداد در سناریوهای مختلف می‌توان به این نتیجه رسید که با تغییر ضریب قدکشیدگی از ۱۵ به ۲۰ میزان انسداد واریزه‌ها در سرریزهای با شیب کلید z به ترتیب برابر با ۰/۵، ۱ و ۱/۵ به طور متوسط کاهش ۵۲/۵، ۶۱/۷۵ و ۳۶/۸ درصدی داشته و همچنین تغییر ضریب قدکشیدگی از ۱۵ به ۲۵



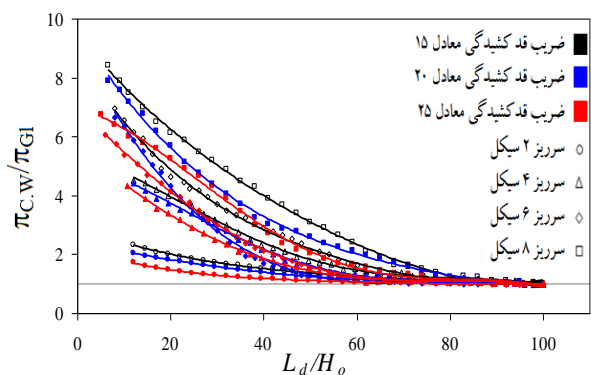
شکل ۱۰- روند تغییرات احتمال انسداد (π) در مقابل پارامتر نسبی L_d/H_o در سرریز با شیب کلید (z) برابر ۱ تحت ضریب قدکشیدگی و سیکل‌های مختلف



شکل ۱۱- روند تغییرات احتمال انسداد (π) در مقابل پارامتر نسبی D_d/H_o در سرریز با شیب کلید (z) برابر ۱/۵ تحت ضریب قدکشیدگی و سیکل‌های مختلف



شکل ۱۵- مقایسه احتمال انسداد سرریز تاج دندانهای نسبت به سرریز نیلوفری با شیب کلید ۱ در مقابل پارامتر نسبی D_d/H_o

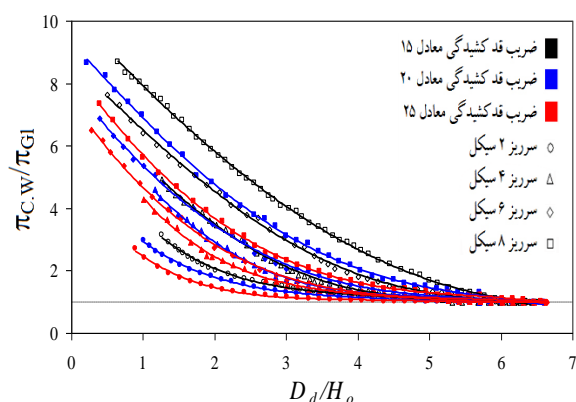


شکل ۱۶- مقایسه احتمال انسداد سرریز تاج دندانهای نسبت به سرریز نیلوفری با شیب کلید ۱ در مقابل پارامتر نسبی L_d/H_o

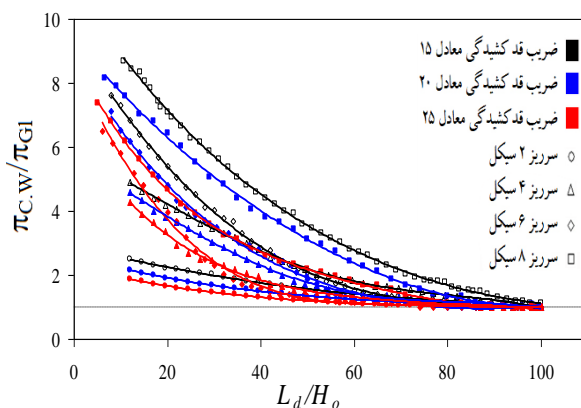
همان‌طور که مشاهده می‌گردد دبی‌های بالا با عبور اجسام شناور میزان انسداد سرریزهای تاج دندانهای با سرریزهای نیلوفری یکسان می‌گردد. اما در دبی‌های پایین سرریزهای تاج دندانهای میزان انسداد به مراتب بزرگتری از سرریز نیلوفری دارا می‌باشند. سرریزهای تاج دندانهای در مقایسه با سرریزهای نیلوفری به ترتیب در سیکل‌هایی برابر با ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۵ و ۲۰ در ضرایب قدکشیدگی برابر با ۱/۵ و ۱ در مواجهه با اجسام شناور دارای میزان انسداد بزرگتری می‌باشد. این بدان مفهوم است که سرریز تاج دندانهای از پتانسیل بیشتری برای به دام انداختن واریزه‌ها در شرایط سیلابی برخوردار است، که مانع از گذر آنها به سمت پایین دست و مسدود شدن مجرای انتقال آب و وارد آمدن خسارات به تجهیزات هیدرولیکی و نیروگاه‌های موجود در مسیر می‌گردد. مخصوصاً اگر آبگیرهای قائم در

به طور متوسط منجر به کاهش ۲۰/۶۲، ۲۲/۱۲ و ۲۴/۳۶ درصدی میزان انسداد در سرریزهای با شیب کلید z بترتیب برابر با ۱/۵، ۱ و ۱/۵ گردیده است.

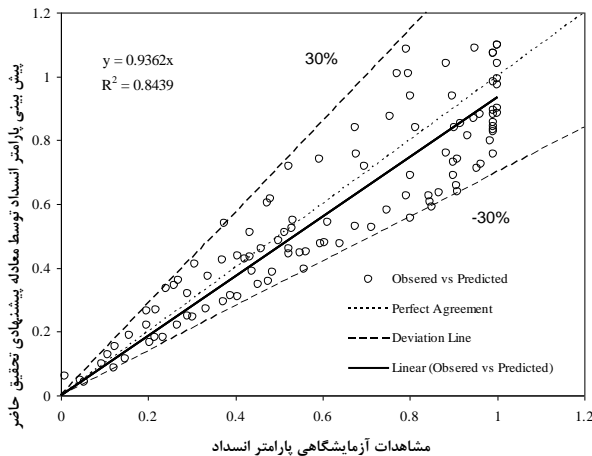
شکل‌های (۱۳) الی (۱۶) به ترتیب روند تغییرات پارامتر انسداد سرریز تاج دندانهای را نسبت به میزان انسداد سرریز نیلوفری $\pi_{C.W}/\pi_{GI}$ در مقابل طول و قطر نسبی واریزه‌ها برای ضرایب قدکشیدگی مختلف نشان می‌دهند. این مقایسه بترتیب در شیب کلیدهای معادل ۱ و ۱/۵ نمایش داده شده اند. لازم به ذکر است که به دلیل عدم امکان ساخت سرریز نیلوفری با شیب کلید معادل ۰/۵ بدلیل کوتاهی بیش از حد مجاز آن، امکان مقایسه در حالت یاد شده میسر نگردید.



شکل ۱۳- مقایسه احتمال انسداد سرریز تاج دندانهای نسبت به سرریز نیلوفری با شیب کلید ۱/۵ در مقابل پارامتر نسبی D_d/H_o



شکل ۱۴- مقایسه احتمال انسداد سرریز تاج دندانهای نسبت به سرریز نیلوفری با شیب کلید ۱/۵ در مقابل پارامتر نسبی L_d/H_o



شکل ۱۷- پیش‌بینی پارامتر احتمال انسداد (π) توسط رابطه (۵) در مقابل نتایج مشاهدات آزمایشگاهی

جدول ۵- مقادیر خطای رابطه (۵) در تخمین میزان انسداد

ضریب زاویه m	راندمان معادلات EF	خطای استاندارد تخمین SEE	درصد میانگین خطا MPE	ریشه میانگین مربعات خطا RMSE	
				ریشه میانگین	ریشه میانگین
۰/۹۳۶۲	۰/۸۱۱۶	۰/۱۳۴۸	۰/۲۶۷۳	۰/۱۴۰۶	π

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق به بررسی اثر ضریب قدکشیدگی اجسام شناور بر میزان پارامتر انسداد سرریزهای تاج دندانهای ۲، ۴، ۶ و ۸ سیکل در نسبت‌های بارآبی کل به طول و قطر اجسام شناور پرداخته شد. بررسی نتایج آزمایشگاهی نشان داد که با افزایش ضریب قدکشیدگی میزان پارامتر انسداد در کلیه سرریزهای مورد استفاده در این پژوهش روندی کاهشی را در پیش می‌گیرد. تحلیل نتایج نشان داد که میزان انسداد در سرریزهایی با تعداد سیکل و شیب کلید یکسان در مواجهه با اجسام شناوری با ضریب قدکشیدگی ۱۵ بیشتر از مقدار آن در ضرایب قدکشیدگی ۲۰ و ۲۵ می‌باشد. به طوری که با تغییر ضریب قدکشیدگی از ۱۵ به ۲۰ و از ۱۵ به ۲۵ به ترتیب به طور متوسط منجر به کاهش ۱۱/۵ و ۲۲/۳ درصدی میزان انسداد خواهد شد. در تمامی ضرایب قدکشیدگی ۱۵، ۲۰ و ۲۵ و تمام شیب کلیدهای برابر با ۰، ۵، ۱ و ۱/۵ در نسبت‌های بارآبی کل به طول و قطر اجسام شناور سرریزهای ۸ سیکل عملکرد بهتری داشته‌اند. که دلیل اصلی آن ضریب دبی بالاتر و عرض کم کلیدهای ورودی و خروجی آن

نیروگاه‌های برق‌آبی مورد استفاده قرار گیرند این نوع از آبیگرها نسبت به سایر آبیگرهای مشابه دارای عملکردی به مراتب بهتر خواهند بود.

برای ارائه رابطه‌ای کلی جهت تخمین ضریب تخلیه جریان در سرریزهای تاج دندانهای تحت شرایط تجمع اجسام شناور، ارزیابی اثر بخشی پارامترهای بدون بعد معرفی شده در رابطه (۳) با استفاده از حدود تغییرات آنها، که در جدول (۴) درج شده‌اند، ضرورت دارد. بر اساس مطالعات De Verise (۱۹۵۹)، اگر عدد رینولدز که به شکل $V_i H / \nu$ محاسبه شده باشد بزرگ‌تر از ۴۰۰ باشد، می‌توان از اثر لزوجت در نتایج آزمایشگاهی صرف نظر کرد (Nicksefat, ۲۰۰۱). با توجه به نتایج جدول (۴)، در بیش از ۹۵ درصد مشاهدات آزمایشگاهی اعداد رینولدز در محدوده‌ای قرار دارد که De Veries عنوان نموده است. بنابراین برای ساده‌سازی شکل نهایی رابطه کلی، از اثر لزوجت در تخمین میزان انسداد صرف نظر می‌شود.

برای تعیین رابطه حاکم بر فضای پژوهش، از رگرسیون غیرخطی استفاده شد و سهم هریک از پارامترهای بدون بعد Fr ، We ، L_d/D_d و h_o/P به عنوان پارامترهای مستقل در میزان احتمال انسداد اجسام شناور تعیین گردید. برای این منظور از نرم‌افزار تحلیل گر آماری SPSS استفاده شد. رابطه (۵) نگاشت صورت گرفته بر فضای بین پارامترهای مستقل و وابسته را نشان می‌دهد.

$$\pi = 0.9164 \cdot \exp \left[Fr - \left(\frac{h_o}{P} \right) \right] - 0.0123 \cdot \left[\frac{We}{L_d/D_d} \right] - 0.0163 \cdot \left[\frac{L_d}{D_d} \right] \quad (5)$$

تابع‌های آماری خطای مورد استفاده نشان می‌دهند که رابطه (۵) دارای ضریب همبستگی ۰/۸۴۳۹ و ریشه میانگین مربعات خطای ۰/۱۴۰۶ است. در گام بعد به منظور ارزیابی توانایی رابطه (۵) در تخمین میزان پارامتر انسداد در هنگام مواجهه با اجسام شناور در سرریزهای تاج دندانهای، نتایج حاصل از پیش‌بینی پارامتر انسداد در مقابل مشاهدات آزمایشگاهی نظیر آن مقایسه شدند. تابع‌های خطای حاصل از پیش‌بینی پارامتر (π) در جدول (۵) خلاصه شده‌اند. تجزیه و تحلیل آماری نشان می‌دهد که خط برازش شده از بین نتایج حاصل از تخمین رابطه (۵)، در مقابل نتایج مشاهداتی، دارای ضریب زاویه ۰/۹۳۶۲ است. شکل (۱۷) نحوه قرارگیری مقادیر پیش‌بینی شده پارامتر (π) را در مقابل مقادیر مشاهداتی نشان می‌دهد.

- Ribeiro ML, Pfister M, Schleiss AJ, Boillat JL, "Hydraulic design of A-type piano key weirs", *Journal of Hydraulic Research*, 2012, 50 (4), 400-408.
- Nicksefat R, "Theoretical aspects and application of hydraulic models in Hydraulic structures Designing", *Iranian National Comette of Larg Dams*, 2001, 41, (in Farsi).
- Ouamane A, Lempérière F, June. "Design of a new economic shape of weir. In Proceedings of the International Symposium on Dams in the Societies of the 21st Century", Barcelona, Spain, 2006, 18, 463-470.
- Pfister M, Capobianco D, Tullis B, Schleiss AJ, "Debris-blocking sensitivity of piano key weirs under reservoir-type approach flow", *Journal of Hydraulic Engineering*, 2013-a, 139 (11), 1134-1141.
- Pfister M, Schleiss AJ, Tullis B, "Effect of driftwood on hydraulic head of Piano Key weirs", *Labyrinth and Piano Key weirs II*, 2013-b, 255-264.
- Saunders S, Oppenheimer ML, "A method of managing floating debris", In *Hydraulic Engineering*, ASCE, 1993, (pp. 1373-1378).
- Shemshi R Kabiri-Samani A, "Swirling flow at vertical shaft spillways with circular piano-key inlets", *Journal of Hydraulic Research*, 2016, 55 (2), 248-258.
- Sogreah N, *Modèle physique du barrage de Luzieres [Physical model of the Luzieres Dam]*. Report 136 0 886, SOGREAH (Now: The ARTELIA Engineering Company), France (in French, not published), 2011.
- Zevenbergen LW, Lagasse PF, Clopper PE, "Effects of Debris on Bridge Pier Scour", *Proceeding of 3th International Conference on Scour and Erosion*, Amsterdam, The Netherlands, 2006, 741-749.

نسبت به سایر سرریزها می‌باشد. که باعث کاهش مومنتم جریان در واحد طول سرریز و کاهش مقدار نیروی وارده به اجسام شناور می‌گردد. همچنین در تمامی ضرایب قدکشیدگی ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سرریزهای تاج دندانهای با شیب کلید ۱/۵ به ترتیب نسبت به سرریزهای مشابه با شیب کلیدهای ۱ و ۰/۵ از میزان انسداد بیشتری برخوردار می‌باشند. مقایسه نتایج با سرریزهای نیلوفری نشان داد که در کلیه شرایط مورد آزمون سرریز تاج دندانهای داری پتانسیل تله‌اندازی بزرگتری نسبت به سرریز نیلوفری می‌باشد. در مجموع به کارگیری سرریز تاج دندانهای در دهانه ورودی آبگیرهای مدور قائم مخصوصاً در نیروگاه‌های برق‌آبی می‌تواند به عنوان یک سرریز با ایمنی بیشتر نسبت به سایر سرریزهای مشابه ایفای نقش نماید. در نهایت با استفاده از تحلیل نتایج آزمایشگاهی و بهره‌گیری از روش رگرسیون غیر خطی رابطه‌ای عمومی جهت تعیین میزان پارامتر انسداد معرفی گردید.

۵- مراجع

- پشته شیرانی م، رحیم‌پور م، احمدی م، "تأثیر دماغه و دیواره جان‌پناه سرریز کلید پیانویی بر انسداد اجسام شناور"، *مجله علوم و مهندسی آبیاری*، ۱۳۹۶، ۳۹ (۳)، ۹۹-۱۰۷.
- روحانی‌پور ک، لشکرآرا ب، "ارزیابی اثر زوال جریان‌های چرخشی بر ضریب تخلیه جریان در سرریزهای تاج دندانهای دو سیکل"، *تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی*، پاییز ۱۳۹۶، ۱۸ (۶۹)، ۹۳-۱۰۶.
- زمردیان م، شجاعیان م، "تأثیر هندسه کانال تقرب بر قدرت چرخش گرداب و ضریب ابدهی آبگیر قائم"، *مجله علوم کشاورزی ایران*، ۱۳۸۳، ۳۵ (۳)، ۶۶۹-۶۷۸.
- لشکرآرا ب، شیخی ی، "معرفی سرریز تاج دندانهای و بررسی میزان ضریب تخلیه آن تحت شرایط جریان آزاد"، *مجله علوم و مهندسی آبیاری*، ۱۳۹۶، ۴۰ (۲)، ۲۰۹-۲۲۱.
- منصوری ک، احدیان ج، "انسداد سرریزهای کلید پیانویی در جریان آواری با سیستم آزمایش انفرادی"، *مجله علوم و مهندسی آبیاری*، ۱۳۹۵، ۳۹ (۳)، ۱۶۳-۱۷۲.
- De Verise M, "Oblique Weiers", Report WL, Delft Hydraulics, In Dutch, 1959.
- Laugier F, "Design and construction of the first Piano Key Weir spillway at Goulours dam", *International Journal on Hydropower and Dams*, 2007, 14 (5), 94-100.

EXTENDED ABSTRACT

Analyses of Slenderness Coefficient Effect of Floating Wood on CPK Weir Blockage in individual Test System

Saeid Habibi, Babak Lashkar-Ara*

Department of Civil Engineering, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran

Received: 14 October 2017; Accepted: 07 January 2018

Keywords:

CPK Weir, Individual Test, Blockage Probability, Floating Debris

1. Introduction

The result of an experimental study on the effect of a slender coefficient of floating wood in a drift flow is presented in the present paper on the weir blocking quantity in vertical intake perpendicular to CPK entrance. There was an effort to create a different amount of blocking at the opening of CPK weir by using experimental setups and by choosing woods with various coefficients of slenderness equal to 15, 20, and 25. And several scenarios were created to study the effect of weir opening shape on the hydraulic profile by changing weir gradient keys (z) and several cycles (n) of CPK. The purpose of this study was to investigate the effect of the slender coefficient of floating debris on the probability of CPK weir accumulation under different cycles and different input and output key slopes and compared to glory overflow.

2. Methodology

2.1. Experimental setups

Various weirs were made under the slope of the input key to the output equal to 0.5:1, 1:1, and 1.5:1 according to the expected scenarios and the objectives of the present study. For this purpose, the effect of crest length was also evaluated with 2, 4, 6, and 8 cycles in each of the key slope mentioned. Therefore, a total of 12 CPK weir models were made. In this study, two glory spillway with different heights were also made to compare the results with glory spillway. All experiments were conducted on a flume in the Jundi-Shapur University of Technology's hydraulic and river engineering research laboratory. Tests were performed on a 6-meter long, 1-meter-high, and 1-meter-wide flume. An electromagnetic flowmeter was used to measure the discharge into the reservoir, which was located in the direction of the pipeline from the pumping system to the upstream tank. Also, the height of the water inside the tank and over the weir was measured using a depth gauge with a precision of 0.1 mm installed on the tank.

2.2. Floating debris

Thirteen types of wood with different lengths and diameters were selected to achieve the objectives of this report, according to the studies on blockage created on the weirs during the flood (Pfister et al., 2013a and b). The practice of scaling length and shoot diameter was based on the 15, 20, 25 slender coefficients, for a wide range of wood with different lengths and diameters is used to achieve the appropriate dimensions, and the relationship between the flow rate and the size of wood under laboratory conditions is due to the natural conditions.

* Corresponding Author

E-mail addresses: saeidhabibi1368@gmail.com (Saeid Habibi), lashkarara@jsu.ac.ir (Babak Lashkar-Ara).

2.3. Dimensional analysis

In the next step, the classification of effective parameters on the research space was performed to determine the effective parameters in CPK weir's blockage probability. The following relation was obtained by analysing the effective parameters due to the characteristics of fluid, flow, weir geometric, and floating woods, which indicates the parameters affecting the probability of blockage.

$$\pi = f(Re, W_e, Fr, \frac{h_0}{P}, \frac{L_d}{h_0}, \frac{D_d}{h_0}) \tag{1}$$

3. Results and discussion

After several tests and monitoring of laboratory data, the necessary analyzes were conducted. The experiments were conducted by changing the Q flow rate from 0.5 to 12.6 L / s. The amounts of the discharge coefficient were plotted relative to the diameter and relative length (D_d/H_o and L_d/H_o) to investigate the process of variation of the probability of blockage in the front of the water head on the weir in times of floating debris presence in the reservoir.

This research was carried out under all relevant scenarios of the slender coefficient as well as sub-scenarios with change in the relative height of weir P/D (to investigate the slope of weir keys) and the number of cycles (to investigate the influence of the number of cycles on the amount of floating debris trapping). For example, in Fig. 1 and 2, the possibility of blockage of the CPK weir with 2, 4, 6 and 8 cycles in P/D ratio equal to 0.5 for different relative diameter (D_d/H_o) and relative length (L_d/H_o) values is shown under different slender coefficients of 15, 20 and 25.

As the variance of the fitting lines between experimental results is almost constant except for the probability of blockage equal to zero and one, and with the increase of the relative head, the probability of blockage decreases, and with decreases of the relative head, the probability of blockage increases. Because of their more crest length, the weirs with more cycles have a high discharge coefficient. In weir, which has more cycles, higher discharge coefficients cause less head-to-weir ratio with lower cycle. The less head on the weir, with more cycles causing a reduction in the momentum of passing flow on CPK weir's crest length. It brings less force to weir-existing floating debris, which increases potential weir traps with more cycles versus low cycles. Another factor that increases the chances of floating debris blockage in the weir with eight cycles against weir with 6, 4, and 2 cycles is a tight geometry of the input and output keys which makes the wood pass through the weir trapping between the keys.

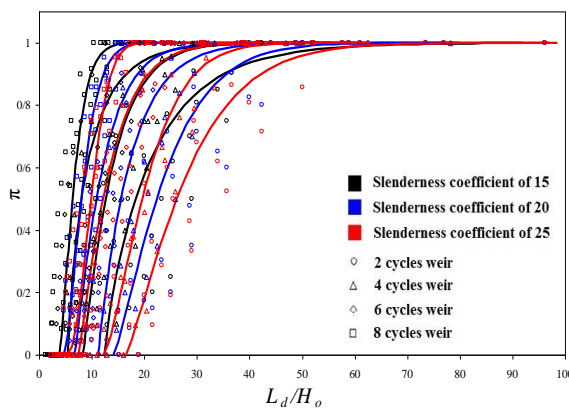


Fig. 1. The process of change in blockage probability versus the relative parameter L_d/H_o in weir with a relative height equal 0.5, under the coefficient of slenderness and various cycles

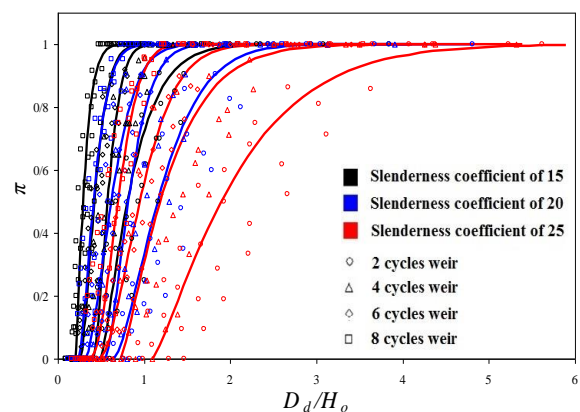


Fig. 2. The process of change in blockage probability versus the relative parameter D_d/H_o in weir with a relative height equal 0.5, under the coefficient of slenderness and various cycles

The weirs have a sizeable relative height than two perspectives are more blockage probability. In the first case, it reduces the amount of water on the weir due to having a higher discharge coefficient under the same conditions and therefore decreases the momentum of pass flow on the weir. It reduces the amount of force applied to the floating wood to pass from the weir and thus increases blockage possibilities. Increasing the relative height of the weir from another point leads to rising key walls of input and output. This might also increase the probability of weir blockage in the face of floating objects. The blocking probability of floating debris in CPK weir has a declining trend with a rise in the slender coefficient, and the probability of blockage in weir of similar height and cycles in the slender coefficient equals 15 is higher than its slender coefficient values equal to 20 and 25. The floating debris with a more significant slender coefficient as it has a smaller diameter in the same lengths as those with a lower slender coefficient are more likely to block that indicates the effect of the debris diameter on the probability of blockage.

4. Conclusions

The results of laboratory tests showed that the probability of blockage in the entire weir used in this study is a downward trend, by increasing the slenderness factor. Results analysis showed that the probability of blockage in weir with the same cycle and height when confronted with flotation objects with a coefficient of slenderness equal to 15, is higher than its value in the coefficients corresponding to 20 and 25. So by increasing the coefficient of slenderness from 15 to 20 and from 15 to 25, the average would reduce the probability of blockage to 11.5 and 22.3 percent, respectively. Weir with eight cycles has better performance in all 15, 20, and 25 a slender coefficient and all relative height equal 0.5, 1, and 1.5 in the ratio of total head to length and total head to diameter. The main reason is the higher discharge coefficient and the low width of the input and output keys compared to another weir that decreases the weir unit length flow momentum and reduces the amount of force applied to the floating objects. Furthermore, 1.5 relative heights were respectively more than the same weir with relative height equal to 1 and 0.5 of the probability of blockage in the whole slenderness coefficient equal to 15, 20, and 25 CPK weirs. Comparing the results with glory spillway has shown that the CPK weir has a higher trapping capacity than glory spillway in all conditions. In general, the use of CPK weir in the entrance of the vertical intake, especially in the hydroelectric powerhouse, can play a more safety overflow than other similar floods. Using CPK weir at the vertical intake entrance, especially in the hydroelectric powerhouse, can generally play a greater safety weir compared to other similar weirs.

5. References

- Pfister M, Capobianco D, Tullis B, Schleiss AJ, "Debris-blocking sensitivity of piano key weirs under reservoir-type approach flow", *Journal of Hydraulic Engineering*, 2013-a, 139 (11), 1134-1141.
- Pfister M, Schleiss AJ, Tullis B, "Effect of driftwood on hydraulic head of Piano Key weirs", *Labyrinth and Piano Key weirs II*, 2013-b, 255-264.