

تأثیر دماغه و دیواره جان پناه سرریز کلید پیانویی بر انسداد اجسام شناور

محمد پشته شیرانی^۱، مجید رحیم پور^{۲*} و محمد مهدی احمدی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی، بخش مهندسی آب، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۲- نویسنده مسئول، دانشیار بخش مهندسی آب، دانشگاه شهید باهنر کرمان rahimpour@uk.ac.ir

۳- استادیار بخش مهندسی آب، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۳

تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۱۴

چکیده

سرریزهای کلید پیانویی نوع جدیدی از سرریزها هستند که ظرفیت تخلیه دبی بسیار بالایی دارند به طوری که برای یک دبی ثابت عمق آب روی این نوع سرریز کم بوده و همین عامل احتمال انسداد ناشی از تجمع اجسام شناور را افزایش می دهد. در این تحقیق با استفاده از سه مدل آزمایشگاهی سرریز کلید پیانویی و پنج نمونه چوب، تأثیر اجسام شناور بر میزان انسداد بررسی شده است. نتایج نشان داد مدل سرریز با دیواره جان پناه و دماغه (PKWPN) نسبت به مدل سرریز با دیواره جان پناه (PKWP) و مدل ساده (PKW) حساسیت کمتری به انسداد دارد. احتمال گرفتگی در مدل PKWPN نسبت به دو مدل دیگر به همان ترتیبی که ذکر شد دارای ۶ و ۱۵/۶ درصد کمتر بود. همچنین مشاهده گردید احتمال انسداد در مدخل کلید خروجی و شیروانی ها بیشتر از سایر اجزاء سرریز کلید پیانویی است و در یک انرژی ثابت احتمال انسداد نمونه چوب های شاخه دار بیش از نمونه های صاف می باشد.

کلید واژه ها: اجسام شناور، انسداد، سرریز کلید پیانویی، ضریب تخلیه، نمونه چوب.

مقدمه

سرریز کلید پیانویی^۱ یک نوع سرریز غیر خطی (مانند سرریز کنگره ای) است. این سرریز به عنوان سازه کنترل جریان در حالت جریان آزاد طراحی شده است (لمپیری و امان^۲، ۲۰۰۳). انواع مختلف سرریز کلید پیانویی را می توان براساس وجود و عدم وجود شیروانی های سرریز به چهار گروه، تقسیم بندی کرد. سرریزی که دارای هر دو شیروانی باشد سرریز کلید پیانویی نوع A، و اگر سرریز فاقد شیروانی پایین دست، بالادست و هر دو باشد به ترتیب از نوع C، B، و D می باشد (ریبریو و همکاران^۳، ۲۰۱۲). در شکل (۱) سرریز کلید پیانویی و اجزای مختلف آن نشان داده شده است. مطابق شکل مذکور پارامترهای هندسی شامل عرض سرریز (W)، ارتفاع سرریز (P)، طول سرریز (B)، طول فوندانسیون سرریز (B_b)، طول شیروانی پایین دست سرریز (B_i)، طول شیروانی بالادست سرریز (B_o)، عرض کلید ورودی (w_i)، عرض کلید خروجی (w_o)، ضخامت صفحات ساخت سرریز (T_s) می باشند (پرالنگ و همکاران^۴، ۲۰۱۱).

اندرسون^۵ (۲۰۱۱) ظرفیت تخلیه سرریز کلید پیانویی را با اصلاح و اضافه کردن بخش هایی چون نصب دماغه در زیر شیروانی بالادست، اصلاح قالب تاج سرریز به صورت نیم دایره و نصب دیواره جان پناه روی سرریز بهبود بخشید.

افضلیان و احدیان (۱۳۹۴) و همچنین یارمحمدی و احدیان (۱۳۹۵) با بررسی اثر دیواره های سپری شیب دار و بدون

شیب بر راندمان سرریز کلید پیانویی در جهت جریان و در خلاف آن، بیان نمودند که استفاده از دیواره سپری شیب دار منجر به افزایش تراز آبی بالادست می گردد، همچنین معادله عمومی سرریزها را اصلاح و رابطه ای برای برآورد ضریب دبی ارائه نمودند.

ریبریو و همکاران (۲۰۰۹) با مطالعه مدل آزمایشگاهی سد اترویت^۶، و اصلاح ساختمان اصلی سرریز با اضافه کردن یک دیواره روی سرریز که اصطلاحاً دیواره جان پناه نامیده می شود به این نتیجه رسیدند که با افزایش ارتفاع سرریز تا ۱۲/۳ درصد با نصب دیواره قائم (حدود یک متر در حالت اصلی می شود) ضریب تخلیه تا ۱۵ درصد افزایش می یابد.

تاکنون مطالعات اندکی روی پدیده انسداد تحت تأثیر اجسام شناور در سرریزهای کلید پیانویی صورت گرفته است. اجسام شناور که می توانند شامل شاخه و برگ درختان باشند، اغلب در شرایطی که رودخانه منتهی به سرریز در شرایط سیلابی قرار گیرد، انتقال یافته و باعث انسداد در سرریز می شوند. جاری شدن سیل در مناطق نسبتاً خشک می تواند شاخه های خشکیده را با خود بشوید و حمل کند و همچنین در حالت شدیدتر، رانش زمین یا فرسایش سواحل^۷ رودخانه سبب ورود درختان به رودخانه می شود. انسداد ناشی از خرده چوب های شناور در سازه های کنترل جریان از قبیل سرریزها، باعث کاهش سطح عبور جریان و به تبع آن کاهش ضریب تخلیه سرریز و ایمنی آن می شود.

1-Piano Key Weir

2 -Lemprière and Ouamane

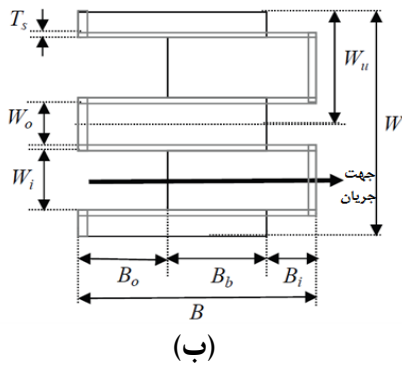
3- Ribeiro *et al.*4- Pralong *et al.*

5 - Anderson

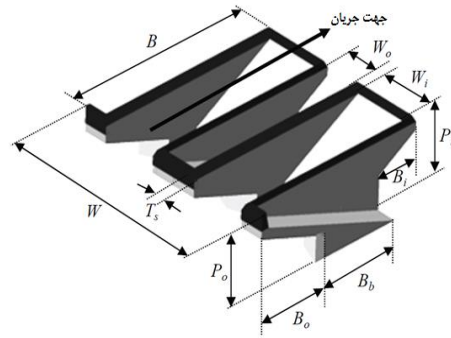
6-Etroit

7-Bank

پشته شیرانی و همکاران: تأثیر دماغه و دیواره جان پناه سرریز کلید پیانویی بر...



(ب)



(الف)

شکل ۱- ساختمان سرریز کلید پیانویی نوع A، (الف) نمای کلی سرریز و (ب) پلان سرریز

که نسبت $\frac{D}{H} \geq 1$ (D: قطر چوب و H: کل انرژی بالادست) باشد برابر یک است و همچنین برای حالتی که این نسبت کوچکتر از $\frac{1}{3}$ باشد تمامی نمونه ها از روی سرریز عبور می کنند، نمونه چوب های شاخه دار نسبت به نمونه های صاف نسبت به گرفتگی حساس تر بوده اند و احتمال انسداد این نمونه ها در حالتی که $\frac{D}{H} \geq 0.5$ باشد معادل یک و همچنین برای مقادیر $\frac{D}{H} \leq 0.1$ تمامی خرده ها از روی سرریز عبور می کنند.

با توجه به مطالعات اندک صورت گرفته در ارتباط با پدیده انسداد در سرریزهای کلید پیانویی، در این تحقیق سعی شده است که با استفاده از سه هندسه مختلف از سرریز کلید پیانویی و بهره گیری از پنج نمونه چوب با تعداد مختلف، پدیده مذکور مورد بررسی قرارگیرد.

گام های آزمایشی

مشخصات مدل

کلید آزمایش های این پژوهش روی یک فلوم در آزمایشگاه مهندسی آب دانشگاه شهید باهنر کرمان به طول ۸ متر، عرض $\frac{0}{8}$ متر و ارتفاع $\frac{0}{6}$ متر انجام گردید. دیواره ها و کف فلوم به ترتیب از جنس شیشه و فولاد ضد زنگ می باشد، همچنین شیب کف فلوم صفر می باشد. برای اندازه گیری دبی ورودی به کانال از یک دبی سنج حجمی که در مسیر خط لوله انتقال آب از سیستم پمپاژ به مخزن بالادست قرار گرفته، استفاده شده و همچنین با استفاده از یک سری صفحات مدرج شفاف که روی دیواره کانال نصب شده، عمق آب در کانال و روی سرریز قرائت گردیده است. مدل های سرریز کلید پیانویی مورد استفاده در این تحقیق از نوع سرریز کلید پیانویی نوع A، بوده و هر سه مدل از جنس شیشه با ضخامت چهار میلی متر ساخته شده و در یک متری انتهای کانال نصب شده اند. در جدول (۱) و شکل (۲) سایر مشخصات هندسی مدل های مورد مطالعه ذکر شده است.

اومان و لمپیری^۱ (۲۰۰۶) با مطالعه بر روی این پدیده در سرریز کلید پیانویی، دریافتند که هیچ یک از خرده های شناور در زیر شیروانی در طول فرآیند پر شدن مخزن بالادست سرریز گیر نکرده و همچنین در زمان سرریز شدن آب از روی سرریز کلید پیانویی خرده ها باعث انسداد کلید ورودی در دبی های کم شده و همین امر موجب شده در حالتی که $\frac{H}{P} > 0.5$ است، ضریب تخلیه ۱۰ درصد کاهش یابد (H و P: به ترتیب کل انرژی بالادست و ارتفاع سرریز می باشد).

زمانی که دبی افزایش می یابد اجسام شناور به سمت پایین دست سرریز حرکت کرده و از روی سرریز عبور می کنند. خرده چوب ها اغلب با پسماندهای شهری موجود در رودخانه ترکیب شده که این امر سبب آسیب و مشکلات جدی در سازه های هیدرولیکی از قبیل سرریزها، کف پل ها و پایه های پل می شود (پیگلرا و کارنسینا^۲، ۲۰۱۰).

لایجیر^۴ (۲۰۰۷) با بررسی مدل آزمایشگاهی نتیجه گرفت هنگامی که عمق آب روی سرریز بیشتر از یک متر می باشد، اغلب اجسام شناور از روی آن شسته می شوند.

طراحی و ساخت کلیدهای ورودی و خروجی سرریز کلید پیانویی با عرض کم باعث افزایش پتانسیل انسداد و انباشتگی خرده ها می شود. بالا بودن ضریب تخلیه سرریز کلید پیانویی نسبت به سرریزهای خطی، روی پدیده انسداد تأثیر می گذارد، بدین صورت که در یک دبی ثابت عمق آب بر روی سرریز کلید پیانویی به مراتب کمتر از سرریزهای خطی بوده که همین امر موجب افزایش انسداد می گردد (ریبریو و همکاران، ۲۰۱۲ a).

فیشر و همکاران^۵ (۲۰۱۳) با بررسی پدیده انسداد در سرریز کلید پیانویی با سه هندسه مختلف و هشت نمونه چوب، مشاهده کردند که در پدیده انسداد قطر نمونه چوب ها نسبت به طول نمونه ها تأثیر بیشتری دارد، احتمال گرفتگی نمونه ها در حالتی

1-Ouamane and Lempérière

2-Debris

3-Pagliara and Carnacina

4-Laugier

5 - Pfister et al.

جدول ۱- مشخصات هندسی سرریز های مورد مطالعه

مقدار پارامتر (سانتی متر)	شرح پارامتر	پارامتر
۱۲	طول شیروانی بالادست و پایین دست	$B_o=B_i$
۳۰	طول پایه سرریز	B_b
۵۴	طول سرریز، $B = B_b + B_i + B_o$	B
۲۵	ارتفاع سرریز	P
۳۹۹	کل طول سرریز	L
۰/۴	ضخامت دیواره ها	T_s
۱۵	عرض کلید ورودی	W_i
۱۲	عرض کلید خروجی	W_o
۶	طول دماغه	R
۱/۵	ارتفاع دیواره جان پناه	P_p



شکل ۲- نمایی از مدل سرریزهای مورد مطالعه، (الف) مدل ساده سرریز، (ب) سرریز با دیواره جان پناه، (ج) سرریز با دیواره جان پناه و دماغه



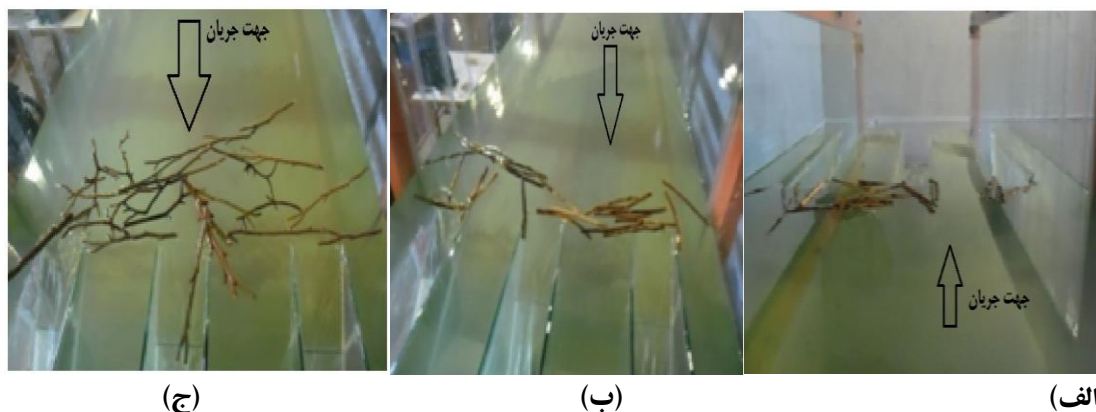
شکل ۳- نمایی از نمونه چوب های مورد استفاده

جدول ۲- مشخصات نمونه چوب های صاف

دسته بندی نمونه ها	۱	۲	۳	۴
قطر نمونه، D (میلی متر)	۳	۵	۷	۱۰
طول نمونه، T (سانتی متر)	۸	۱۰	۱۲	۱۵
T/D	۲/۶۷	۲	۱/۷	۱/۵

جدول ۳- مشخصات نمونه چوب های شاخه دار

مشخصات	قطر نمونه (میلی متر)	طول نمونه (سانتی متر)	تعداد شاخه
حداقل	۳	۹	۲
متوسط	۶/۷	۱۷/۴۳	۴
حداکثر	۱۴	۳۲	۸



شکل ۴- نمایی از انسداد در سرریزهای مورد استفاده، الف) سرریز با دیواره جان پناه و دماغه، ب) سرریز با دیواره جان پناه، ج) مدل ساده سرریز و نمونه چوب های شاخه دار

این روند را برای همین نمونه چوب و سایر نمونه ها نیز تکرار می‌شود. آزمایش برای هر نمونه چوب در یک عمق آب ثابت روی سرریز حداقل دو دفعه تکرار شده و در انتها از نتایج حاصله متوسط گیری شده است. در این تحقیق ۱۷۹ آزمایش انجام گرفته و نتایج حاصل از آن در ادامه ذکر شده است.

نتایج و بحث

نتایج حاصله در این تحقیق به دو بخش، احتمال گرفتگی و محتمل ترین مکان انسداد در سرریزهای مورد مطالعه تقسیم می‌شوند، در ادامه هر بخش به طور مجزا مورد بررسی قرار گرفته است.

احتمال گرفتگی

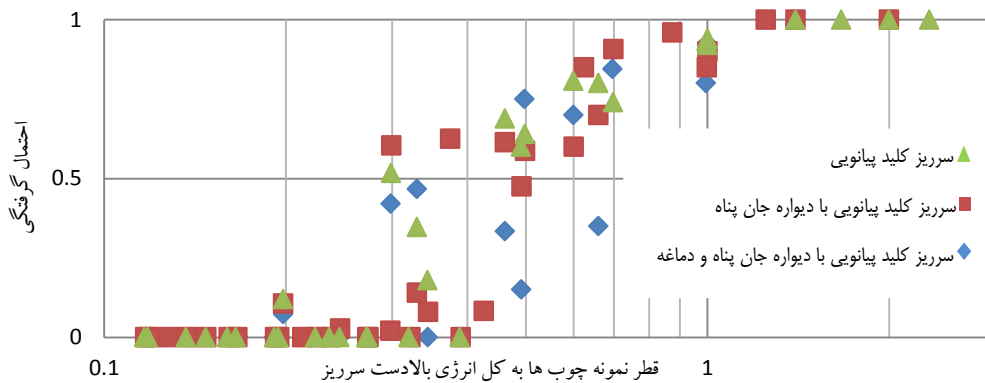
برای بررسی پدیده انسداد در سرریزهای مذکور از پارامتر بی‌بعد احتمال گرفتگی (P) استفاده شده است، که برابر با تعداد نمونه‌های انسداد یافته بر روی سرریز به کل نمونه های رها شده می‌باشد. در شکل‌های (۵) و (۶) متوسط احتمال گرفتگی نمونه‌های چوب به ترتیب در برابر پارامتر بی بعد $\frac{L}{H}$ و $\frac{D}{H}$: قطر و L: طول نمونه چوب و H: کل انرژی بالادست سرریز می‌باشد، نشان داده شده است. مطابق این اشکال هنگامی که عمق آب روی سرریز افزایش یابد احتمال گرفتگی نمونه‌ها کاهش یافته و در عوض با افزایش قطر و یا طول نمونه های چوب، این احتمال افزایش می‌یابد. به طور کلی برای هر سه مدل، زمانی که نسبت $\frac{D}{H}$ برابر یک شود نمونه ها شروع به حرکت کردن از روی سرریزها می‌کنند ولی درصد عبوری آن‌ها قابل توجه نمی‌باشد و کمترین احتمال انسداد در نسبت $0.3 < \frac{D}{H}$ رخ می‌دهد.

سرریز کلید پیانویی با دیواره جان پناه (PKWP) از نظر ساختمان مانند مدل ساده سرریز کلید پیانویی (PKW) می‌باشد، با این تفاوت که یک دیواره عمودی با ارتفاعی به مراتب کمتر از ارتفاع سرریز در سرتاسر تاج سرریز نصب می‌شود. مدل سرریز با دیواره جان پناه و دماغه (PKWPN) نیز مشابه مدل سرریز با دیواره جان پناه می‌باشد ولی در زیر شیروانی های بالادست آن یک زائده نیمه استوانه ای با شعاع شش سانتی متری وجود دارد. از آنجایی که در این آزمایش ها نسبت $\frac{H_t}{P} < 0.6$ می‌باشند، نسبت $\frac{W_i}{W_o}$ برابر ۱/۵ در نظر گرفته شده است زیرا نسبت به سایر مقادیر دارای بیشترین ضریب تخلیه است (اندرسن و تولیس، ۲۰۱۳).

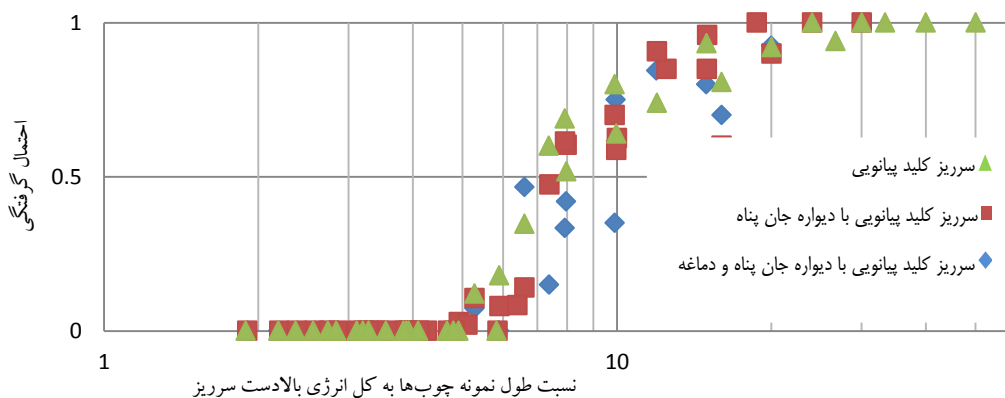
نمونه های چوب

همان طور که در شکل (۳) دیده می‌شود در این آزمایش از دو مدل چوب، که یک نمونه شامل چوب های صاف و مدل دوم چوب های شاخه دار می‌باشند جهت بررسی پدیده انسداد استفاده شده است. هدف از انتخاب چنین نمونه هایی نزدیکی شکل مدل های چوب مورد استفاده با حالت طبیعی بوده است. نمونه چوب های صاف از نظر قطر و اندازه خود به چهار دسته تقسیم می‌شوند که در جدول های (۲) و (۳) سایر مشخصات این نمونه ها آورده شده است.

روند کلی آزمایش ها بدین صورت بوده است که پس از ایجاد عمق آب مورد نظر روی سرریز یک دسته چوب را انتخاب کرده و تعدادی نمونه، حداقل تعداد ۲۰ و حداکثر ۳۳ عدد از آن دسته را در فاصله حداقل ۲ متر از بالادست سرریز به طور تصادفی رها شده است (شکل ۴). در هر مرحله از آزمایش بعد از انسداد نمونه ها در روی سرریز مدت زمانی صبر کرده تا اطمینان حاصل گردد که نمونه های انسداد یافته در روی سرریز دیگر حرکت نمی‌کنند و بعد از آن نمونه های انسداد یافته در روی سرریز را برطرف کرده و



شکل ۵- احتمال گرفتگی نمونه های صاف در برابر نسبت قطر نمونه چوبها به کل انرژی بالادست سرریز (D/H)



شکل ۶- احتمال گرفتگی نمونه های صاف در برابر نسبت طول نمونه چوبها به کل انرژی بالادست سرریز (L/H)

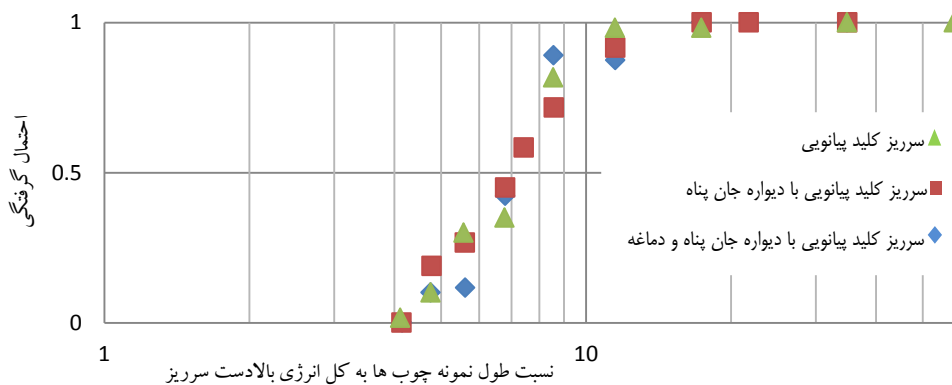
سرریز کلید پیانویی با دیواره جان پناه و مدل شاهد به طور متوسط در تمامی $\frac{D}{H}$ دارای ۶ و $\frac{D}{H}$ ۱۴/۶ درصد گرفتگی کمتر می باشد. در شکل های (۷) و (۸) احتمال انسداد برای نمونه های شاخه دار نمایش داده شده است. مطابق این شکل ها و همان طور که پیش بینی می شد این نمونه ها نسبت به نمونه های صاف و بدون شاخه در عمق آب روی سرریز نسبتاً بالا از روی سرریز عبور می کنند. هنگامی که نسبت $\frac{D}{H} < 0.16$ یا $\frac{L}{H} < 4.1$ احتمال گرفتگی برابر صفر می باشد. برای نسبت های $\frac{D}{H} > 0.44$ و $\frac{L}{H} > 11.5$ کلیه نمونه چوبها در روی سرریز انسداد یافته اند و احتمال گرفتگی برابر یک می باشد. احتمال گرفتگی در مدل سرریز کلید پیانویی با دیواره جان پناه و دماغه و سرریز کلید پیانویی با دیواره جان پناه تقریباً مشابه هم بوده است و این دو مدل عملکرد بهتری نسبت به مدل شاهد دارند. در این آزمایش احتمال گرفتگی در مدل سرریز کلید پیانویی با دیواره جان پناه و دماغه نسبت به مدل های سرریز کلید پیانویی با دیواره جان پناه و شاهد به ترتیب دارای مقدار متوسط $\frac{2}{7}$ و $\frac{2}{4}$ درصد کمتر می باشد.

احتمال گرفتگی زمانی صفر است ($P=0$) که مقدار $\frac{D}{H} < 0.2$ باشد و یا $\frac{L}{H} < 5$ باشد و همچنین برای $\frac{D}{H} > 1$ و $\frac{L}{H} > 15$ احتمال انسداد یک می باشد. مطابق شکل (۵) و نتایج آزمایشگاهی مشخص گردید، احتمال گرفتگی با مقدار $\frac{D}{H} < 0.5$ در مدل های شاهد، سرریز کلید پیانویی با دیواره جان پناه و سرریز کلید پیانویی با دیواره جان پناه و دماغه به ترتیب به طور متوسط در نسبت $\frac{D}{H}$ با مقادیر $\frac{0}{4}$ ، $\frac{0}{45}$ و $\frac{0}{51}$ حاصل می گردد که نشان دهنده این موضوع است، سرریز کلید پیانویی با دیواره جان پناه و دماغه نسبت به دو سرریز دیگر چوب های شناور را در مقادیر عمق آب روی تاج سرریز کمتری عبور می دهد. همچنین احتمال گرفتگی با مقدار صفر برای مدل سرریز کلید پیانویی با دیواره جان پناه و دماغه، در $\frac{D}{H}$ های بیشتری نسبت به دو مدل دیگر حاصل می شود بر این اساس عملکرد سرریز کلید پیانویی با دارا بودن دماغه و دیواره جان پناه در ارتباط با میزان عبور نمونه ها نسبت به دو مدل دیگر بهتر بوده است به طوری که این سرریز نسبت به مدل

پشته شیرانی و همکاران: تأثیر دماغه و دیواره جان پناه سرریز کلید پیانویی بر ...



شکل ۲- احتمال گرفتگی نمونه های شاخه دار در برابر نسبت قطر نمونه چوبها به کل انرژی بالادست سرریز



شکل ۳- احتمال گرفتگی نمونه های شاخه دار در برابر نسبت طول نمونه چوبها به کل انرژی بالادست سرریز

قرائت بار آبی و دبی در هر آزمایش و با مشخص بودن مقطع کانال، سرعت متوسط جریان و بار سرعت محاسبه شده و در نهایت ضریب دبی مربوط به هر آزمایش محاسبه می شود (دابلینگ و تولیس، ۲۰۱۲):

$$Q = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g} (H_t)^{3/2} L \quad (3)$$

در معادله بالا L : کل طول سرریز، H_t : کل انرژی بالادست و C_d : ضریب تخلیه سرریز می باشد. میزان دبی عبوری در طی فرآیند آزمایش اندازه گیری شده است و با محاسبه سطح مقطع جریان میزان سرعت و به تبع آن انرژی سرعت و کل انرژی بالادست محاسبه گردیده است. نتایج حاصله نشان می دهند که در یک انرژی ثابت میزان دبی عبوری از سرریز کلید پیانویی دارای دماغه و دیواره جان پناه بیشتر از مدل سرریز ساده بوده است به طور کلی می توان گفت که مدل سرریز کلید پیانویی با دیواره جان پناه و سرریز کلید پیانویی با دیواره جان پناه و دماغه به ترتیب به طور متوسط ۷/۳ و ۵/۲ درصد دبی را بیشتر نسبت به مدل شاهد عبور می دهند.

برای حالت های حد واسط $\frac{L}{H}$ و $\frac{D}{H}$ احتمال انسداد نمونه های شاخه دار را به ترتیب از روابط (۱) و (۲) می توان محاسبه کرد:

$$P = 3.396 \left(\frac{D}{H} \right) - 0.474 \quad (1)$$

$$R^2 = 0.904 \text{ و } 0.16 \leq \frac{D}{H} \leq 0.44$$

$$P = 0.13 \left(\frac{L}{H} \right) - 0.515 \quad (2)$$

$$R^2 = 0.908 \text{ و } 4.1 \leq \frac{L}{H} \leq 11.5$$

در آزمایش مربوط به نمونه های شاخه دار علاوه بر قطر و طول نمونه ها، میزان شاخه دار بودن بر احتمال انسداد تأثیر می گذارد به این صورت که در طی فرآیند آزمایش مشاهده گردید که نمونه چوبهایی که دارای شاخه های بیشتر بوده احتمال انسداد را افزایش می دهند.

در ادامه بعد از انجام آزمایش ها و جمع آوری اطلاعات، به منظور تجزیه و تحلیل ظرفیت تخلیه سرریزهای مورد مطالعه از معادله عمومی سرریزها استفاده شده است (رابطه ۳). با توجه به



شکل ۹- نمودار ضریب تخلیه در برابر نسبت کل انرژي بالادست سرریز به ارتفاع سرریز

کم ($1 > \frac{D}{H}$) انسداد نمونه‌ها فقط به مدخل کلید ورودی و خروجی منتهی می‌شود و انسداد به بالادست سرریز ادامه پیدا می‌کند. این در حالی است که در انرژي های بالا ($0.6 < \frac{D}{H}$) اکثر نمونه‌ها به سمت مدخل کلید خروجی و شیروانی های مربوط به آن تغییر مسیر داده و باعث انسداد در آن محل‌ها می‌شود.

عملکرد نمونه های شاخه دار بدین صورت بوده است که، این نمونه‌ها در انرژي‌های بالا ($0.6 < \frac{D}{H} < 0.18$) وارد کلید ورودی شده و پس از آن به سمت دیواره‌های جانبی تغییر مسیر داده و منجر به انسداد در دیواره‌های جانبی و به طور خیلی کم کلید ورودی می‌شوند. و هنگامی که $0.6 > \frac{D}{H}$ است، انسداد نمونه‌ها فقط به مدخل کلید ورودی و خروجی منتهی می‌شود و انسداد به بالادست سرریز ادامه پیدا می‌کند.

نتیجه گیری

در این تحقیق با استفاده از سه هندسه مختلف از سرریز کلید پیاپویی و همچنین پنج نمونه چوب پدیده انسداد در این نوع سرریز مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت براساس یافته‌های این تحقیق، نتایج زیر را می‌توان به طور خلاصه بیان نمود: هنگامی که عمق آب روی سرریز افزایش می‌یابد احتمال گرفتگی کاهش یافته و در عوض با افزایش قطر و یا طول نمونه های چوب، این احتمال افزایش می‌یابد.

قطر نمونه چوب نسبت به طول آن‌ها یک پارامتر مؤثر بر انسداد می‌باشد و در مدل‌های مورد مطالعه مشاهده گردید که افزایش در اندازه قطر نسبت به طول نمونه چوب به مراتب احتمال گرفتگی بیشتری را ایجاد می‌کند.

نمونه‌های شاخه‌دار نسبت به نمونه‌های صاف در انرژي‌های نسبتاً بالا از روی سرریز عبور می‌کنند و این امر به دلیل وجود خم و شاخه‌ها در نمونه‌های مذکور می‌باشد.

در هر دو آزمایش مربوط به نمونه‌های صاف و شاخه‌دار، سرریز کلید پیاپویی با دیواره جان پناه و دماغه نسبت به انسداد حساسیت

در شکل (۹) مقادیر ضریب تخلیه مدل‌های مورد مطالعه در برابر پارامتر بی بعد $\frac{H_t}{P}$ ترسیم شده است. همان طور که در شکل ملاحظه می‌گردد در ابتدا با افزایش نسبت $\frac{H_t}{P}$ مقادیر ضریب تخلیه افزایش و در ادامه با افزایش این نسبت بسته به نوع مدل مقدار این ضریب کاهش می‌یابد. افزایش عمق آب بر روی سرریز کلید پیاپویی (یا کاهش ارتفاع سرریز) سبب استغراق در کلید خروجی و کاهش توان آن جهت خروج آب و به تبع آن سبب کاهش ضریب تخلیه سرریز کلید پیاپویی می‌شود. نتیجه حاضر مطابق با نتایج کبیری سامانی و جواهری^۱ (۲۰۱۲) می‌باشد.

مقادیر ضریب تخلیه مدل سرریز کلید پیاپویی با دیواره جان پناه و سرریز کلید پیاپویی با دیواره جان پناه و دماغه بطور متوسط به ترتیب $7/5$ و $5/9$ درصد بیشتر از مدل شاهد بوده است. زمانی که نسبت $0.097 > \frac{H_t}{P}$ باشد ضریب تخلیه مدل سرریز کلید پیاپویی با دیواره جان پناه و دماغه بیشتر از مدل سرریز کلید پیاپویی با دیواره جان پناه می‌باشد و برای مقادیر کمتر ($0.076 < \frac{H_t}{P}$) میزان ضریب تخلیه مدل سرریز کلید پیاپویی با دیواره و دماغه کمتر از مدل سرریز با دیواره جان پناه می‌باشد. با این وجود می‌توان بالا بودن ظرفیت تخلیه سرریز در یک انرژي ثابت نسبت به سایر سرریزهای مشابه را، دلیلی بر کاهش انسداد در سرریز دانست.

مکان های بحرانی سرریز

در طی فرآیند آزمایش تعداد نمونه‌های انسداد یافته در محل‌های مختلف سرریز را ثبت کرده و بر همین اساس محتمل ترین محل انسداد سرریز معرفی شده است. نحوه عملکرد دو مدل چوب شاخه دار و صاف با یکدیگر متفاوت بوده است. نمونه چوب‌های صاف در انرژي‌های کم ($1 < \frac{D}{H} < 0.6$) علاوه بر مدخل کلید خروجی، وارد کلید ورودی شده و باعث انسداد دیواره‌ها و کلید ورودی می‌شوند و همچنین در انرژي‌های خیلی

پشته شیرانی و همکاران: تأثیر دماغه و دیواره جان پناه سرریز کلید پیانویی بر...

کمتری داشته و نمونه‌ها در انرژی کمتری از روی آن عبور می‌کنند. که قسمت مدخل کلید خروجی بحرانی ترین نقطه از لحاظ انسداد بوده و بخش اعظم نمونه‌ها در این قسمت انسداد می‌یابند. محتمل ترین محل برای انسداد بر اساس مقدار عمق آب روی سرریز، قطر نمونه‌ها و نوع آن‌ها، متفاوت است ولی می‌توان گفت

منابع

- ۱- افضلیان، ع. ر. و احدیان، ج. ۱۳۹۴. سرریز کلیدیپیانویی با پاریت وال های زاویه دار، مجله علوم و مهندسی آبیاری، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۳۸(۲): ۹۱-۱۰۲.
- ۲- یارمحمدی، ب. و احدیان، ج. ۱۳۹۵. بررسی آزمایشگاهی هیدرولیک جریان سرریز کلیدیپیانویی در ترکیب های مختلف دیواره سپری، مجله علوم و مهندسی آبیاری، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۳۹(۴): ۴۷-۵۸.
- 3- Anderson, R.M. 2011. Piano Key weir head discharge relationships. M.Sc. Thesis, Utah StateUniversity. Logan, UT.
- 4- Anderson, R.M. and B. P. Tullis. 2013. Piano Key weir hydraulics and Labyrinth weir comparison. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 139(11): 246-253.
- 5- Dabling, M.R. and B.P. Tullis. 2012. Piano Key weir submergence in channel applications. Journal of Hydraulic Engineering, 138(7): 661-666.
- 6- Kabiri-Samani, A. and A. Javaheri. 2012. Discharge coefficients for free and submerged flow over Piano Key weirs. Journal of Hydraulic Research, 50(1):114-120.
- 7- Laugier, F. 2007. Design and construction of the first Piano Key weir spillway at Goulours dam. International Journal of Hydropower Dams, 13(5): 94-100.
- 8- Lempérière, F. and A. Ouamane. 2003. The Piano Keys weir: A new cost effective solution for spillways. Hydropower and Dams. Official Journal of the Intervational Hydropower Association, 10(5):144-149.
- 9- Ouamane, A. and F. Lempérière .2006. Design of a new economic shape of weir. proceedings of the International Symposium on Dams in the Societies of the 21st Century, International Commission on Large Dams (ICOLD), Taylor and Francis. London, UK pp. 463-470.
- 10-Pagliara, S. and I. Carnacina. 2010. Temporal scour evolution at bridge piers: effect of wood debris roughness and porosity. Journal of Hydraulic Research, 48(1): 3-13.
- 11-Pfister, M., Capobianco. D., Blake Tullis, B. and A.J. Schleiss. 2013. Debris-blocking sensitivity of Piano Key weirs under reservoir-type approach flow. Journal of Hydraulic Engineering, 139(11): 1134-1141.
- 12-Pralong, J., Vermeulen, J. Blancher, B. and F. Laugier. 2011. A naming convention for the Piano Key weirs geometrical parameters. Proceedings of the International Conference Labyrinth and Piano Key Weirs, Liège B, CRC Press, Boca Raton, FL, pp.271-278.
- 13-Ribeiro, M. L., Bieri, M., Boillat, J. L., Schleiss, A. J., Delorme, F. and F. Laugier. 2009. Hydraulic capacity improvement of existing spillways. Design of Piano Key weirs. Proceedings 23rd Congress of International Commission on Large Dams (ICOLD), International Committee on Large Dams (ICOLD), Paris.
- 14-Ribeiro, M. L., Bieri, M., Boillat, J. L., Schleiss, A. J., Singhal, G., and N. Sharma. 2012a. Discharge capacity of Piano Key weirs. Journal of Hydraulic Engineering, 138(2): 199-203.

- 15-Riberio, M. L., Pfister, M., Schleiss, A. J., and J. L. Boillat. 2012b. Hydraulic design of A-type Piano Key weirs. *Journal of Hydraulic Research*, 50(4): 400–408.

EXTENDED ABSTRACT

Effects of Nose and Piano Keys Weir Parapet Wall on Floating Woody Debris

M. Poshteh-Shirani¹, M. Rahimpour^{2*} and M. M. Ahmadi³

1-M. Sc., student of Water structure, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman. Kerman, Iran.

2* - Corresponding Author, Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman. Kerman, Iran. *rahimpour@uk.ac.ir*.

3- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman. Kerman, Iran.

Received:25 October 2015

Accepted:4 July 2016

Keywords: Discharge coefficient, Floating debris, Obstruction, Piano Key Weir, Sample of wood

Introduction

A hydraulic structure is a device designed to retain, regulate, or control the flow of water. The most common type of hydraulic structures are weirs. Weirs are overflow structures that stretch across an open channel of water, and are meant to alter the channel's flow characteristics making it easier to measure the volumetric rate of water flow. The Piano Key Weir (PKW), a type of Labyrinth weir is a hydraulically attractive option to linear overflow weirs, increasing the unit discharge for similar heads and spillway widths (Anderson, 2011). Together with its high discharge capacity for low heads, this geometry makes these weirs interesting in dam (Laugier, 2007). Discharge passing capacity of piano key weir is higher than that of labyrinth weir for same condition (Anderson and Tullis, 2013). In PKW type A, the upstream and downstream overhangs are existence, and if PK weir without downstream, upstream or both overhangs, it is B, C and D respectively (Lemperier and Quamane, 2003).

Anytime an engineered structure like a weir structure is placed in a river environment, the possibility exists that it will encounter debris. The impact of this debris on a structure is an important aspect of the design (Pagliara and Carnacina, 2010). Historically, debris accumulation on bridge piers and hydroelectric dams has been among the chief concerns associated with river debris. As the amount of debris builds on an object, the force it exerts on the object can result in catastrophic failure and it reduces the flow, resulting in the buildup of a backwater and greatly reducing the efficiency of energy conversion.

Due to the geometric properties and low flow head of PK weir, floating debris obstruction can occur in this structure. As shown in Fig.1, fundamental parameters on a PKW are including: height of PK-Weir P , total width of PK-Weir W , inlet key width W_i , outlet key width W_o , length of PKW B , PK weir footprint length B_b , upstream (outlet key) overhang lengths B_o , downstream (inlet key) overhang lengths B_i , weir wall thickness T_s , and flow discharge Q . In this research the effect of floating debris on PK weir obstruction investigated experimentally. The geometry of PKW and debris parameter was studied.

Model Specifications

The experiments were performed at the flume at hydraulic and water structure study laboratory of water engineering department of Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. The flume was 8.0 m long, 0.80 m wide and 0.40 m high. The Piano Key Weir (PKW), Piano Key Weir with Parapet walls (PKWP) and Piano Key Weir with Parapet walls (PKWPN)

and nose were used in this research (see Figure 2). The PKW models used in this study were made of glass with 4mm thickness, and also their width of the inlet and outlet keys is 15 and 10 cm, respectively.

The geometric parameter of PKW is listed in table 1. The woody pieces with different size and shape used for simulation of debris. In this study at various discharge conditions, 20 to 33 trunks and rootstocks were released randomly at upstream of the flume with a 2 m distance from the PKW. A dimensionless parameter is proposed to interpret the experimental measurements.

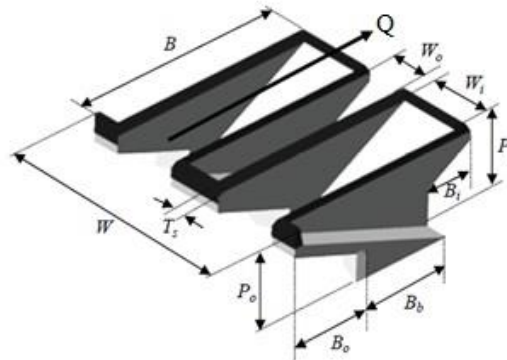


Figure 1- 3D sketch of a PKW and main geometric parameters

Table 1- Geometrical characteristics of experimented PKW models

Symbol model	Meaning	Dimensions (cm)
$B_o=B_i$	Inlet key overhang length and Outlet key overhang length	12
B_b	footprint length	30
B	Upstream-downstream length of the PKW	54
	$B = B_b+ B_i+B_o$	
P	height of PK-Weir	25
L	Crest length	399
T_s	Wall thickness	0.4
W_i	Inlet key width	15
W_o	Outlet key width	12
R	Length of the nose	6
P_p	height of Parapet walls	1.5

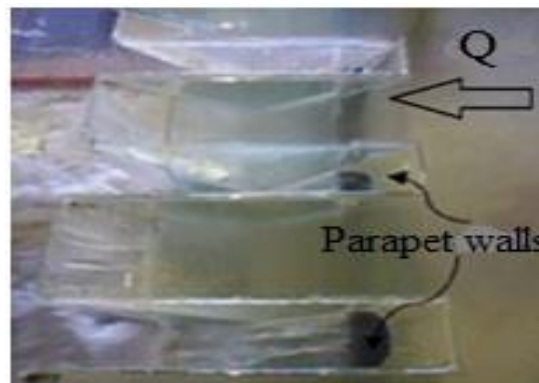


Figure 2- Overview photos of modified PKWPN

Results and Discussion

The studies realized on the PK Weir for verifying the effect of debris in the hydraulic performance showed that the PKWP and PKWPN produced 7.5% and 5.9 % higher discharge efficiency (higher Cd values) comparatively. To investigate the blockage in these weirs, the likelihood of collection (Π) has been used. Here, Π is equal to the ratio of trapped elements to the number of supplied elements. A data analysis of the trunk tests showed that, trunks consistently passed ($\Pi = 0$) for $\frac{D}{H} < 0.2$ and the probability of trunk blockage is one (i.e., $\Pi = 1$) for $\frac{D}{H} > 1$. Eq. 1 has been proposed for determining the blocking probability of debris rootstock conditions.

$$P = 3.396\left(\frac{D}{H}\right) - 0.474; \quad R^2 = 0.904 \text{ for } 0.16 \leq \frac{D}{H} \leq 0.44 \quad (1)$$

In equation (1) for less and more values, the blocking probability is 1 and 0, respectively.



Figure 5- A view of blockage the rootstock in PKW

Conclusions

Based on the experimental measurement, the following conclusions are drawn:

- 1- The blocking probability in addition to the debris type (trunk and rootstock) has a direct relationship with the debris diameter and length. Also, the results of this study showed that the debris diameter ratio to its length is an effective parameter on the obstruction.
- 2- PKWPN has the least sensitivity to the likelihood of collection.
- 3- The blockage location is different and depends on water depth on the weir, and the debris diameter and type, but the exit key entrance section is the most critical point in terms of obstruction and most of the debris were blocked in this section.

Reference

- 1- Anderson, R.M. 2011. Piano Key weir head discharge relationships. M.Sc. Thesis, Utah State University. Logan, UT.
- 2- Anderson, R.M. and B. P. Tullis. 2013. Piano Key weir hydraulics and Labyrinth weir comparison. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 139(11):246-253.
- 3- Kabiri-Samani, A. and A. Javaheri. 2012. Discharge coefficients for free and submerged flow over Piano Key weirs. *Journal of Hydraulic Research*, 50(1):114–120.
- 4- Laugier, F. 2007. Design and construction of the first Piano Key weir spillway at Goulours dam. *International Journal of Hydropower Dams*, 13(5):94–100.

- 5- Lempérière, F. and A. Ouamane. 2003. The Piano Keys weir: A new cost effective solution for spillways. *Hydropower and Dams. Official Journal of the International Hydropower Association*, 10(5):144–149.
- 6- Pagliara, S. and I. Carnacina. 2010. Temporal scour evolution at bridge piers: effect of wood debris roughness and porosity. *Journal of Hydraulic Research*, 48(1):3–13.