

بررسی میزان تأثیر ارتفاع و ضخامت مانع لاستیکی انعطاف پذیر در کانال اصلی بر راندها آنگیری سرریز جانبی لبه تیز مستطیلی

محمد حسونی زاده^۱، سید محسن سجادی^{۲*}، محمود شفاعی بجهستان^۳

۱- دکتری مهندسی سازه های آبی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۲- نویسنده مسئول، استادیار گروه سازه های آبی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

m.sadjadi@scu.ac.ir

۳- استاد گروه سازه های آبی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

دریافت:

بازنگری:

پذیرش:

چکیده

سرریز های جانبی از جمله سازه های کنترل کننده جریان هستند که به طور گسترده در شبکه های آبیاری و زهکشی و سیستم های جمع آوری فاضلاب شهری، همچنین به منظور کنترل سیلاب به کار برده می شوند. این سازه در دیواره کانال اصلی احداث شده و هنگامی که سطح آب بالاتر از تراز تاج سرریز قرار می گیرد، آب اضافی را از روی خود عبور می دهد. جریان روی این نوع سرریزها از نوع جریان متغیر مکانی با کاهش دبی است. در تحقیق حاضر اثر وجود مانع لاستیکی انعطاف پذیر در ارتفاع و ضخامت های متفاوت و همچنین در فرودهای متنوع در کانال اصلی روی ضریب تخلیه دبی و همچنین پروفیل سطح آب سرریز جانبی لبه تیز مستطیلی مورد بررسی قرار گرفت. متغیرهای آزمایش در این پژوهش فرود (دبی)، ضخامت و ارتفاع مانع لاستیکی می باشد. نتایج نشان داد که مانع لاستیکی انعطاف پذیر قرار گرفته در کانال اصلی باعث می شود که میزان دبی عبوری از سرریز جانبی به طور متوسط ۱۷/۹۲ درصد افزایش یافته و حداکثر افزایش برای مانع لاستیکی انعطاف پذیر با نسبت ضخامت به ارتفاع ۰/۳۸/۰ (ارتفاع ۱۳ سانتی متر و ضخامت پنج میلی متر) به میزان ۶۰ درصد می باشد. همچنین مانع لاستیکی انعطاف پذیر با ضخامت پنج میلی متر به طور میانگین دارای بهترین عملکرد می باشد.

کلید واژه ها: عدد فرود، پروفیل جریان، جریان متغیر مکانی، ضریب تخلیه دبی.

مقدمه

سرریز های جانبی از انواع سازه های هیدرولیکی هستند که در انحراف آب اضافی در سیستم های جمع آوری فاضلاب شهری، کنترل سیلاب و به عنوان سازه اضطراری در تأسیسات هیدرولیکی بزرگ چون سد ها و شبکه های آبیاری و زهکشی به کار برده می شوند. یک سرریز جانبی عبارت است از یک سرریز با جریان آزاد که در کناره کانال و به موازات آن تعبیه شده و هنگامی که سطح آب در کانال بالاتر از تراز تاج سرریز قرار می گیرد قسمتی از جریان توسط آن به خارج از کانال هدایت می گردد (Nasiri and Shafaei bejestan, 2020). شکل (۱) نمایی

ساده از یک سرریز جانبی را نشان می دهد.

ابعاد این سرریز که همان طول و ارتفاع آن باشد تابعی از شرایط جریان در کانال اصلی می باشد. از آنجا که آب از روی سرریز وارد کانال فرعی می شود، از روابط حاکم بر سرریزها باید استفاده کرد. از این رو عمق آب روی تاج سرریز نقش مهمی در طراحی سازه دارد. از طرفی جریان در کانال اصلی و در محدوده سرریز متغیر مکانی است از این رو معادله های حاکم بر این نوع جریان را باید حل کرد تا عمق آب کانال اصلی در محدوده سرریز مشخص گردد. و سپس به کمک رابطه عمومی سرریزها رابطه

(۱) و داشتن مقدار دبی انحرافی، طول مورد نیاز سرریز جانبی تعیین گردد (Aydin, 2016).

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} C_m (y - p)^{3/2} \quad (1)$$

در این رابطه C_m ضریب دبی سرریز جانبی است که معمولاً در طول سرریز ثابت در نظر گرفته می شود و بر اساس مطالعه های گذشته مقدار آن به شرایط جریان کانال اصلی بالادست سرریز، شکل تاج سرریز، زاویه قرارگیری سرریز، ارتفاع آستانه ورودی سرریز (p) بستگی دارد. همچنین در رابطه (۱) مقدار y عمق آب در کانال اصلی و p ارتفاع آستانه می باشد. جریان متغیر مکانی، حالتی از جریان دائمی است که دبی در کانال اصلی در طول مسیر افزایش و یا کاهش می یابد. در سرریزهای جانبی با توجه به اینکه مقداری از جریان در طول سرریز از آن تخلیه می شود لذا دبی در طول کانال اصلی در بازه سرریز مدام در حال کاهش است. به همین دلیل جریان در کانال اصلی از نوع متغیر مکانی با کاهش دبی است. به همین دلیل جریان در کانال اصلی از نوع متغیر مکانی با کاهش دبی است. مطالعه های تئوری و آزمایشگاهی زیادی به منظور بررسی تغییرات انرژی در طول جریان انشعابی انجام گرفته است که مطالعات دیمارچی در سال ۱۹۳۴ پایه و اساس مطالعه های بعدی برای جریان متغیر مکانی با کاهش دبی در سرریزهای جانبی قرار

گرفته است. دیمارچی برای به دست آوردن معادله‌ای برای سرریزهای جانبی فرضیه‌های زیر را در نظر گرفت (Aydin, 2016):

۱- آبراهه مستطیلی و منشوری است.

۲- سرریز جانبی دارای طول کوتاه بوده و انرژی مخصوص بین مقطع‌های یک و دو ثابت است. این امر معادل فرض

$S_0 - Sf = 0$ یا $S_0 = 0$ و $Sf = 0$ بوده و نتایج تجربی

نشان می‌دهد که یک فرض منطقی می‌باشد.

۳- سرریز جانبی معادل یک سرریز لبه تیز بوده که هوادهی کامل صورت گرفته و آب به صورت آزاد خارج می‌شود.

۴- ضریب تصحیح انرژی α مساوی یک می‌باشد.

با توجه به فرضیه‌های یاد شده معادله پویایی مربوط به سرریزها به شکل رابطه (۵) در می‌آید.

$$-\frac{dq}{dx} = q_L \quad (2)$$

$$q_L = \frac{2}{3\sqrt{2g}} C_m (Y_{INDEX} - p)^{1.5} \quad (3)$$

$$C_m = 3 \frac{B}{2L} [\Delta\phi] \quad (4)$$

$$\phi(Y, E, P) = \frac{2E-3P}{E-P} \sqrt{\frac{E-Y}{Y-P}} 3 \sin^{-1} \sqrt{\frac{E-Y}{E-P}} \quad (5)$$

در رابطه‌های بالا q_L دبی عبوری از سرریز جانبی، Y_{INDEX} عمق آب شاخص می‌باشد که می‌تواند هم میانگین عمق‌های کنار سرریز باشد یا به‌طور مثال عمق بالادست، متغیرهای L و B نیز به ترتیب عرض کانال اصلی و طول سرریز و ϕ تابع متغیر جریان دیمارچی است. به دلیل اختلاف انرژی بالادست و پایین دست مانع که ناشی از افت سطح آب در پایین دست و در نتیجه افزایش سرعت آب نسبت به بالادست شده نمی‌توان از فرضیه دیمارچی استفاده کرد در نتیجه از رابطه عمومی سرریزها استفاده می‌شود (Aydin, 2016).

تاکنون مطالعه‌های متعددی پیرامون هندسه‌ی سرریزهای جانبی (در پلان و تاج سرریز) در شرایط مختلف هندسه‌ی مجرای انتقال (در بالادست و پایین دست سرریز) برای بالا بردن ضریب دبی سرریزهای جانبی و تحت شرایط مختلف هیدرولیکی انجام شده است. عمده محققین با انجام آزمایش‌های متعدد تلاش کرده‌اند تا روابطی برای ضریب سرریز در شرایط مختلف هیدرولیکی کانال ارائه دهند. از این رو محققین مطالعه‌های گسترده‌ای روی شکل-های مختلف سرریز انجام داده‌اند. از محققینی که در مورد سرریز مستطیلی مطالعه کرده‌اند می‌توان به Michelazzo (2015)؛ (Aydin, 2016)؛ (Maranzoni et al., 2017)؛ (Samiee et al., 2015)؛ (Ameri et al., 2015) اشاره کرد.

محققینی که در رابطه با سرریزهای دوزنقه‌ای مطالعه کرده‌اند عبارتند از: (Mehboudi et al., 2015)؛ (Nezami et al., 2015)؛ (Emiroglu et al., 2016)؛ (Emiroglu et al., 2017) محققینی که در

رابطه با سرریزهای مثلثی مطالعه کرده‌اند می‌توان به Balahang و Ghodsian (2021) اشاره نمود.

سرریزهای نیم دایره توسط Zahedi et al. (2014)

مطالعه شده است. مطالعه‌های متعددی درباره سرریزهای کلید پیانویی نیز صورت گرفته شده است که در این باره می‌توان به:

Saghari et al. (2019) و Machiels et al. (2014)

اشاره کرد. علاوه بر آن محققین سعی کرده‌اند تا با تغییر شکل سرریزهای جانبی موجود، راندمان آبیگری را افزایش دهند که از جمله می‌توان به مطالعه‌های Emiroglu et al. (2010) بر روی سرریزهای جانبی زیگزاگی اشاره کرد. مطالعه‌های آزمایشگاهی برای نسبت‌های مختلف L/W (نسبت طول سرریز به عرض فلوم)، L/L' (نسبت طول سرریز به تصویر آن) و Fr بالادست جریان و در شرایط زیر بحرانی انجام دادند و رابطه‌ای را برای ضریب دبی ارائه دادند. به‌طور کلی نتایج تحقیق نشان داد که ضریب تخلیه سرریز در حالت زیگزاگی حدود ۱/۵ تا چهار برابر سرریزهای خطی معمولی است.

Granata et al., (2013) روش جدیدی را برای تخمین

دبی عبوری از سرریزهای جانبی در شرایط جریان فوق بحرانی ارائه نمودند. رویکرد آن‌ها استفاده از تغییرات قدرت جریان در طول سرریز جانبی پایه‌ریزی شده بود. معادله‌های آن‌ها به صورت آزمایشگاهی بود. همچنین آن‌ها براساس همین رویکرد پروفیل جریان را نیز در طول سرریز به دست آوردند.

Aydin (2016) روش جدیدی را برای تخمین دبی عبوری

از سرریز لبه تیز جانبی مستطیلی در شرایط جریان زیر بحرانی و برای اعداد فرود کمتر از ۰/۶۵ ارائه نمود. در روش ارائه شده با تفکیک دبی عبوری از سرریز جانبی به دو دبی جریان و تخمین ضرایب تعریف شده برای پروفیل سطح آب به صورت عددی و تجربی برای شرایط جریان زیر بحرانی و البته استفاده از ضریب دبی مرسوم برای سرریزهای لبه تیز مستطیلی دبی عبوری از سرریز را به دست آوردند. ضرایب پروفیل سطح آب را با فرض سهمی بودن پروفیل سطح آب روی سرریز تعریف نمودند. روش کار ایشان به این نحو بود که ابتدا با استفاده از نرم‌افزار Ansys Fluent روابط مربوطه بین عدد فرود بالادست سرریز و ضرایب پروفیل سطح آب به دست آوردند. دبی عبوری از سرریز را نیز از رابطه (۶) برآورد نمودند که در این رابطه a و n ضرایب پروفیل سطح آب، L طول سرریز و h عمق آب می‌باشد.

$$Qw = Cd \sqrt{g} \left(h^{1.5} \cdot L + \frac{2 \cdot a^{1.5} \cdot L^{1.5n+1}}{2} \right) \quad (6)$$

Nasiri و Shafaei bejestan (2020)، اثر مانع در کانال

اصلی روی پروفیل سطح آب سرریز جانبی لبه تیز مستطیلی را بررسی نموده‌اند. نتایج نشان داد که مانع قرار گرفته در کانال اصلی باعث می‌شود که پروفیل سطح آب یکنواخت تر شده و همچنین

مانع در موقعیت انتهایی پایین دست سرریز نیز دارای بهترین عملکرد می باشد.

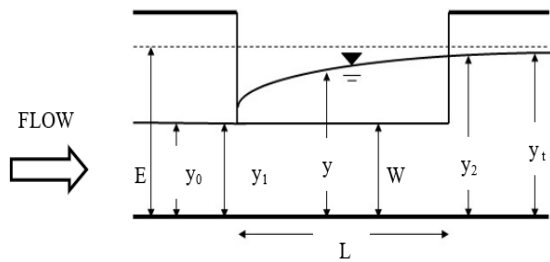


Fig. 1- View of a side weir

شکل ۱- نمای یک سرریز جانبی

انعطاف پذیر در صورت قرار گرفتن در مسیر جریان کانال اصلی، با برخورد جریان به مانع باعث می شود لاستیک ارتفاع گرفته و به شکل سرریز اوجی منعطف درآید و عملکرد آن شبیه احداث سدی خواهد بود که منجر به افزایش عمق آب در بالادست آن می شود و در نتیجه بارآبی ($y-p$) لازم را برای ورود دبی مورد نظر به سرریز فراهم می کند. بدیهی است میزان دبی سرریز بستگی به ارتفاع گرفتن مانع لاستیکی و جانمایی آن دارد که در این تحقیق با استناد به تحقیق Aydin (2016) و Nasiri و Shafaei Bejestan (2020) جانمایی انتهایی سرریز مورد بررسی قرار گرفته است به دلیل اینکه در آن تحقیق ها بهترین راندمان را داشته است. اما در این پژوهش و تفاوت با سایر پژوهش ها، وجود مانع لاستیکی انعطاف پذیر (نه صلب) در مسیر جریان اصلی، در ارتفاع های متفاوت و ضخامت های مختلف می باشد. این سازه می تواند در انواع سدها، شبکه های آبیاری و زهکشی، کانال های طبیعی و مصنوعی انتقال آب و فاضلاب، و تصفیه خانه ها مورد استفاده قرار بگیرد.

مواد و روش ها

مشخصات فلوم آزمایشگاهی

کلیه آزمایش های این تحقیق در آزمایشگاه مدل های فیزیکی و هیدرولیکی دانشگاه شهید چمران اهواز مجهز به یک فلوم مستطیلی به طول ۱۰ متر، عرض و ارتفاع ۸۰ سانتی متر و همچنین شیب کف بسیار کم انجام شد. با قراردادن صفحه هایی از جنس پی وی سی به ضخامت یک سانتی متر، به موازات دیواره فلوم و در میانه آن، فلوم به دو قسمت با عرض های ۴۱ و ۳۹ سانتی متر تقسیم شد. (شکل ۲). سپس آب در یک سیکل بسته از منبع اصلی به مخزن کوچک ابتدای فلوم پمپاژ شده و در آنجا با عبور از آرام کننده وارد فلوم می شود. بخشی از جریان داخل فلوم پس از رسیدن به سرریز جانبی از مسیر اصلی خود منحرف و در کانال جانبی تخلیه می شود. به منظور اندازه گیری دبی عبوری از سرریز جانبی از یک سرریز لبه تیز مستطیلی کالیبره شده که در پایین دست محل تخلیه سرریز جانبی قرار داده شده بود، استفاده شد.

در سال های اخیر خشکسالی های طولانی در مناطق مختلف دنیا منجر به کاهش آورد رودخانه ها شده است در نتیجه عمق جریان در محدوده آبیگرهای جانبی کاهش شدید داشته است. با توجه به رابطه (۱) این کاهش عمق باعث کاهش میزان انحراف آب به آبیگر گردیده است. کاهش ارتفاع آستانه p یکی از راه حل ها است که خود می تواند منجر به ورود رسوبات بیشتر به آبیگر و مشکلات ناشی از آن گردد، روش دیگر احداث دریچه روی کانال و در پایین دست آبیگر می باشد که هم هزینه زیادی دارد و نیاز به تغییراتی در کانال و در نتیجه قطع جریان برای چندین روز که امکان پذیر نیست. راه حل دیگر افزایش عمق آب در محدوده آبیگر به کمک مانع می باشد. در این رابطه می توان به مطالعه های Aydin (2016) با استفاده از مدل های عددی اثر وجود آستانه بر راندمان سرریزهای لبه تیز مستطیلی را بررسی کرد. ایشان با قرار دادن یک آستانه در کف و در سه موقعیت انتهایی بالادست، انتهایی پایین دست و در میانه سرریز به این نتیجه رسید که وجود مانع در انتهایی پایین دست سرریز باعث افزایش ضریب گذردهی سرریز می شود. همچنین وجود مانع در هر مارچی در این حالت عملاً غیرممکن گردد؛ و به ازای یک انرژی مشخص در شرایط استفاده از مانع در میانه مسیر بیشترین انحراف از فرض دی مارچی را به وجود می آورد. همچنین ایشان به این نتیجه رسید که هنگامی که عدد فرود در بالادست جریان افزایش می یابد وجود مانع در میانه مسیر و انتهایی پایین دست سرریز باعث افزایش دبی عبوری از سرریز جانبی می گردد. برای حل این موضوع نیاز به افزایش عمق آب هست و اینکه یا عرض دهانه سرریز افزایش یابد و یا ارتفاع آستانه کاهش یابد. همه این راه حل ها با هزینه بسیار زیادی همراه هستند مثلاً برای افزایش عمق آب در رودخانه یا کانال اصلی باید در کانال اصلی و پایین دست سرریز بند یا دریچه ای احداث گردد. این سازه علاوه بر هزینه بر بودن ساخت خود نیاز به مراقبت و نگهداری دارد. با توجه به مرور منابع پژوهشی در ارتباط با حضور مانع لاستیکی در مسیر جریان آب برای افزایش راندمان سرریز جانبی انجام نشده است که در این مقاله به آن پرداخته می شود. مهمترین فرضیه تحقیق حاضر این است که مانع لاستیکی

اندازه‌گیری عمق آب

به منظور اندازه‌گیری عمق آب روی سرریز از یک پوینت گیج با دقت $\pm 0/5$ میلی‌متر که روی یک پایه ریلی متحرک نصب شده بود، استفاده شد. همان‌طور که در شکل (۳) مشخص شده است، سطح آب در سه مقطع طولی و هفت مقطع عرضی برداشت شد. در اندازه‌گیری Y_n توسط پوینت گیج نقاط برداشت شده از شروع فلووم فاصله‌ی چهار متری دارند و جریان در بالادست به عمق نرمال رسیده است.

جزئیات مدل‌های مورد آزمایش

در مطالعه حاضر برای انجام آزمایش‌ها از یک سرریز لبه تیز مستطیلی از جنس شیشه به طول ۴۶ و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر استفاده شد. در این تحقیق از مانع لاستیکی انعطاف‌پذیر به همراه پایه pvc مهاردار که لاستیک به روی آن پیچ شده است، استفاده شده است. اسم لاستیک انتخابی styrene-butadiene rubber (Sbr) می‌باشد. از جمله ویژگی‌های این لاستیک می‌توان به مقاومت در برابر سایش، جهندگی خوب، انعطاف‌پذیری در دمای پایین، مقاومت در برابر ترک خوردگی، مقاومت در برابر ضربه اشاره کرد. مقاومت دمایی این لاستیک از -40 الی $+100$ درجه سانتیگراد می‌باشد. همچنین استحکام کششی لاستیک بین ۴ الی

۱۶ Mpa است. تراکم این نوع لاستیک‌ها بین $1/2$ الی $1/4$ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. در این تحقیق به‌طور مختصر ارتفاع لاستیک‌ها را تحت عنوان (TypeA = 13cm, TypeB = 15cm, TypeC = 17cm) و همچنین ضخامت لاستیک‌ها به صورت مخفف (M=8mm, S=5mm, B=10mm) نام‌گذاری شده است. طول لاستیک به‌طور ثابت ۳۹ سانتی‌متر و با ارتفاع و ضخامت‌های (13cm*5 mm, 15cm*5 mm و 17cm*5 mm)، (13cm*8mm, 15cm*8mm و 17cm*8mm)، (13cm*10 mm, 15cm*10 mm و 17cm*10 mm) ساخته شده‌اند. (شکل ۴). در این پژوهش یک سری آزمایش‌های مقدماتی صورت گرفته و طبق آن چیزی که دیده شد این ابعاد انتخاب شد. به‌طور مثال ضخامت‌های متنوعی مورد آزمایش صورت گرفت که ضخامت‌های کم به دلیل سبکی در مقابل جریان بسیار خم شده و ضخامت‌های بالای ۱۰ میلی‌متر هم در مقابل جریان، به دلیل سنگینی ارتفاع نمی‌گرفتند. به همین دلایل این ضخامت‌ها انتخاب شدند. در مورد ارتفاع لاستیک هم به دلیل اینکه پژوهشی انجام نشده است طبق ارتفاع دهانه سرریز، این ارتفاع‌ها انتخاب شده و در مورد طول ثابت لاستیک هم باید گفت که به اندازه‌ی عرض فلووم می‌باشد. در جدول (۱) مشخصات هندسی و هیدرولیکی سرریز و در جدول (۲) مشخصات هندسی و موقعیت‌های قرارگیری لاستیک‌ها نشان داده شده است.

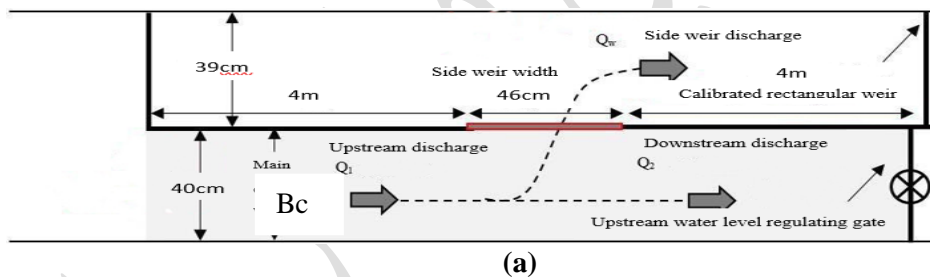


Fig. 2- a) Laboratory flume plan and important dimensions and distances, b) Laboratory flume

شکل ۲- (a): پلان فلووم آزمایشگاهی و ابعاد و فواصل مهم، (b): فلووم آزمایشگاهی

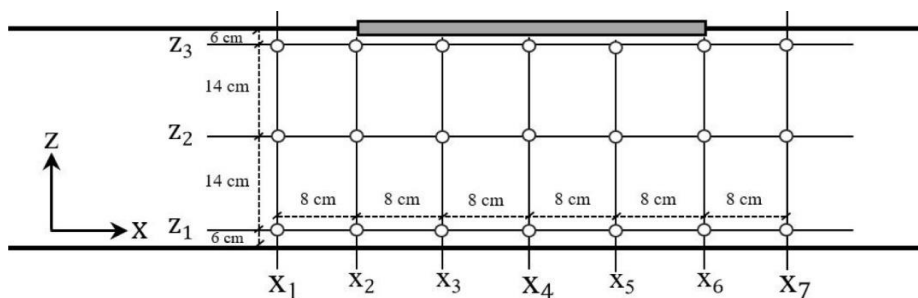


Fig. 3- Meshing of the water level profile on the weir

شکل ۳- شبکه بندی برداشت پروفیل سطح آب روی سرریز

جدول ۱ - مشخصات هندسی و هیدرولیکی سرریز جانبی لبه تیز مستطیلی

Table 1- Geometrical and hydraulic characteristics of the side weir of the rectangular sharp edge

(L) Length of side-weir (cm)	(P) Height of side-weir (cm)	(Fr) Upstream Froude Number (-)	(Q)Upstream flow (lit/s)
46	15	0.22-0.39	68-33

جدول ۲ - مشخصات هندسی مانع لاستیکی

Table 2 - Geometrical specifications of the rubber barrier

Length of rubber baffles (cm)	height of rubber baffles (cm)	thickness of rubber baffles (mm)	Position of rubber baffles
39 cm	13	5	End of side weir
	15	8	
	17		

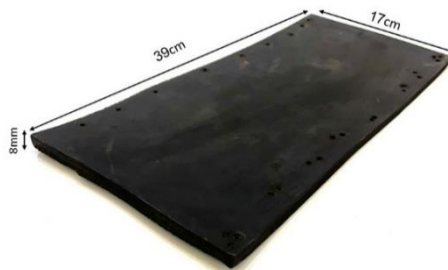


Fig. 4- An example of tested models

شکل ۴ - نمونه ای از مدل های مورد آزمایش

می‌شد. مجموع دبی نیز توسط سرریز لبه تیز مستطیلی که در انتهای کانال قرار داشت اندازه‌گیری می‌گردید. دقت اندازه‌گیری دبی یک لیتر بر ثانیه بود. همین شرایط برای دبی‌های مختلف تکرار گردید به طوری که عدد فرود جریان نزدیک شونده از ۰/۲۲ تا ۰/۳۹ می‌باشد. در تمام آزمایش‌ها دریچه پایین دست کانال اصلی باز بوده و جریان آزاد برقرار بوده است. سپس آزمایش مطابق آنچه که در آزمایش شاهد گفته شد، تکرار می‌شد. این آزمایش‌ها نیز با شش دبی دیگر و با باز بودن دریچه انتهایی کانال اصلی انجام گرفت.

روش انجام آزمایش‌ها

در این مطالعه ابتدا آزمایش‌های شاهد بدون حضور لاستیک انجام گردید. روش آزمایش بدین گونه بود که پمپ اصلی روشن و با باز کردن تدریجی شیر ورودی تا رسیدن دبی به حد مورد نظر، جریان وارد کانال اصلی می‌گردید. مقدار دبی طوری تعیین شده بود که هد کافی برای عبور جریان از سرریز جانبی را فراهم کند که مقدار آن بین ۳۰ تا ۷۰ لیتر بر ثانیه می‌باشد. پس از برقراری جریان و تثبیت شرایط، پروفیل سطح آب در طول کانال و نقاط مشخص شده شکل (۳)، توسط پوینت گیج با دقت ± 0.1 میلی‌متر برداشت گردید. دبی عبوری از سرریز توسط سرریز لبه تیز مستطیلی که در انتهای کانال فرعی نصب شده بود اندازه‌گیری

$$Cd = F(D/L, Y_n/L, Fr_u, Re, We) \quad (8)$$

$$Cd = F(Y_n/L, D/L, Fr_u) \quad (9)$$

با توجه به اینکه جریان آب در کانال‌ها در محدوده متلاطم می‌باشد به‌طوری‌که عدد رینولدز در تمام حالات بالای ۴۰۰۰ می‌باشد، از آن (Re) صرف نظر می‌شود همچنین به دلیل اینکه عمق آب روی سرریز بیشتر از سه سانتی‌متر بود، از تأثیر کشش سطحی صرف نظر می‌شود (Novak et al. 2010). با توجه به اینکه شیب کف کانال ثابت و کم می‌باشد، پارامتر S_0 نیز از رابطه بالا حذف خواهد شد. در این صورت رابطه به صورت زیر خلاصه می‌گردد:

نتایج و بحث

نتایج حاصل از آزمایش‌های این مطالعه در جدول‌های ذیل ارائه شده است. در جدول‌های (۳) تا (۶) مقدار Cd از رابطه (۱) به دست آمده است همچنین رابطه Q_i / Q نمایانگر راندمان سرریز جانبی می‌باشد. Q_i دبی عبوری از سرریز جانبی و Q دبی کل می‌باشد.

در ادامه در شکل‌های (۴) و (۵) مشخصات هیدرولیکی آزمایش‌ها با حضور لاستیک در ارتفاع‌ها و ضخامت‌های مختلف مانع لاستیکی انعطاف‌پذیر ارائه شده است.

آنالیز ابعادی

در مطالعه حاضر هدف اصلی تعیین ضریب دبی سرریز جانبی تحت تأثیر شرایط مختلف جریان و مانع‌های مختلف می‌باشد. متغیرهای مختلفی که موثر هستند عبارتند از:

$$F(Bc, P, T, L, D, Y_n, V, Q, g, \rho, \mu, \sigma, S_0, Cd) \quad (7)$$

در رابطه (۷) Bc عرض کانال اصلی (شکل ۲-۱)، P ارتفاع دهانه ورودی سرریز جانبی، T طول سرریز، L ارتفاع مانع لاستیکی شکل (۴)، D ضخامت مانع لاستیکی شکل (۴)، Y_n عمق آب بالادست، V سرعت آب در بالادست سرریز، Q دبی جریان نزدیک شونده، g شتاب ثقل، ρ جرم واحد حجم مایع، μ لزوجت دینامیکی سیال، σ کشش سطحی، S_0 شیب کف کانال، Cd ضریب دبی سرریز جانبی هستند. در مطالعه حاضر پارامترهای هندسی نظیر Bc ، S_0 ، P و T ثابت هستند و حذف می‌شوند. با استفاده از تئوری Π -یاکینگهام، و مروری بر منابع موجود و استفاده از تجربه که نقش تعیین‌کننده‌ایی در تشخیص پارامترهای مهم در روش تحلیل ابعادی دارد، می‌توان به پارامترهای بدون بعد مهم روابطه (۸) و (۹)، که در برآورد ضریب تخلیه جریان از روی سرریز جانبی حائز اهمیت هستند اشاره نمود:

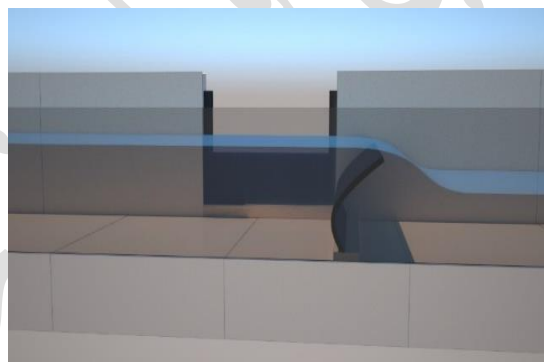


Fig.5 - A view of the schematic model
شکل ۵ - شماتیک مدل آزمایشگاهی

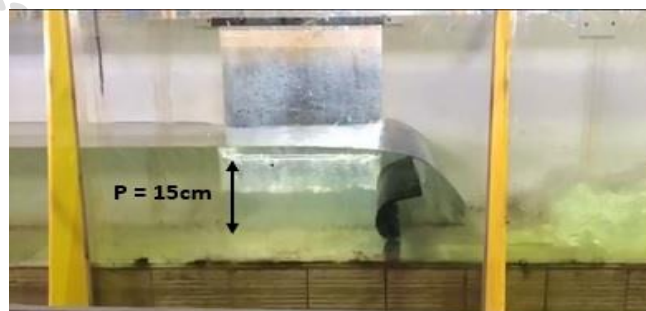


Fig. 6 - A view of the laboratory model
شکل ۶- نمایی از مدل آزمایشگاهی

جدول ۳ - نتایج آزمایش های شاهد

Table 3- Results of control tests

Test No.	Q (l/s)	Yn (cm)	V (m/s)	Fr	Qi (l/s)	Qi / Q	Cd
1	32	21.4	0.36	0.26	12.3	0.38	0.377
2	38	23.1	0.42	0.27	17.48	0.46	0.374
3	46	24.9	0.46	0.3	22.95	0.49	0.385
4	53	26.2	0.51	0.32	28.06	0.52	0.395
5	59	27.5	0.54	0.34	33.25	0.569	0.4
6	67	28.8	0.58	0.36	38.27	0.57	0.405

جدول ۴ - نتایج آزمایش با حضور مانع لاستیکی انعطاف پذیر با ضخامت ۵ میلی متر و ارتفاع های ۱۳، ۱۵ و ۱۷ سانتی متر

Table 4- Test results with the presence of flexible rubber baffle with a thickness of 5 mm and heights of 13, 15 and 17 cm.

Test No.	Q (l/s)	Yn (cm)	V (m/s)	Fr	Type of baffle	thickness of baffle	D/ L	Yn/L	Qi (l/s)	Qi / Q
AS1	32	23.8	0.34	0.22	Type A	Small	0.038	1.83	20.25	0.63
AS2	38	24.5	0.39	0.26	Type A	Small	0.038	1.88	24.5	0.645
AS3	46	26.4	0.43	0.28	Type A	Small	0.038	2.03	27.52	0.59
AS4	53	27.5	0.48	0.29	Type A	Small	0.038	2.12	29.52	0.55
AS5	59	28.5	0.52	0.31	Type A	Small	0.038	2.19	35.16	0.59
AS6	67	29.5	0.58	0.33	Type A	Small	0.038	2.27	39.86	0.59
BS1	32	22.4	0.36	0.24	Type B	Small	0.033	1.49	17.01	0.53
BS2	38	23.7	0.40	0.26	Type B	Small	0.033	1.58	22.78	0.59
BS3	46	25.3	0.45	0.29	Type B	Small	0.033	1.69	27.52	0.59
BS4	53	26.5	0.5	0.31	Type B	Small	0.033	1.77	30.63	0.577
BS5	59	27.2	0.54	0.33	Type B	Small	0.033	1.81	37.10	0.62
BS6	67	29	0.58	0.34	Type B	Small	0.033	1.93	39.86	0.59
CS1	32	20.9	0.38	0.27	Type C	Small	0.029	1.23	17.01	0.53
CS2	38	22.6	0.42	0.28	Type C	Small	0.029	1.33	22.44	0.59
CS3	46	25.1	0.46	0.29	Type C	Small	0.029	1.48	27.52	0.60
CS4	53	26.5	0.5	0.31	Type C	Small	0.029	1.56	31	0.58
CS5	59	28.2	0.52	0.32	Type C	Small	0.029	1.66	35.93	0.61
CS6	67	30.7	0.54	0.32	Type C	Small	0.029	1.81	40.25	0.60

جدول ۵ - نتایج آزمایش با حضور مانع لاستیکی انعطاف پذیر با ضخامت هشت میلی متر و ارتفاع های ۱۳، ۱۵ و ۱۷ سانتی متر

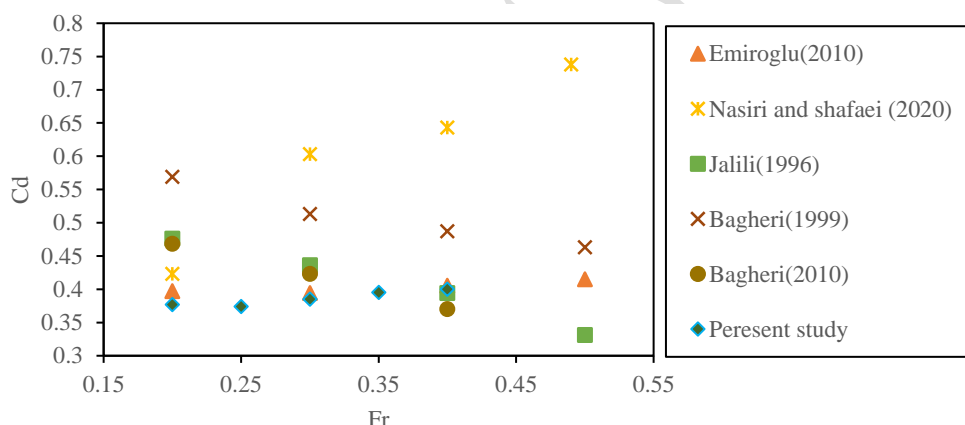
Table 5- Test results with the presence of flexible rubber baffle with a thickness of 8 mm and heights of 13, 15 and 17 cm.

Test No.	Q (l/s)	Yn (cm)	V (m/s)	Fr	Type of baffle	thickness of baffle	D/ L	Yn/L	Qi (l/s)	Qi / Q
AM1	32	22.7	0.35	0.24	Type A	Medium	0.061	1.75	16.38	0.51
AM2	38	23.8	0.41	0.27	Type A	Medium	0.061	1.83	21.08	0.55
AM3	46	25.7	0.46	0.29	Type A	Medium	0.061	1.98	26.62	0.57
AM4	53	26.6	0.5	0.31	Type A	Medium	0.061	2.05	30.26	0.573
AM5	59	28.4	0.53	0.32	Type A	Medium	0.061	2.18	35.93	0.60
AM6	67	29.5	0.57	0.34	Type A	Medium	0.061	2.27	40.62	0.60
BM1	32	23.5	0.34	0.23	Type B	Medium	0.053	1.57	17.33	0.54
BM2	38	24.4	0.4	0.26	Type B	Medium	0.053	1.63	21.76	0.57
BM3	46	26.2	0.44	0.28	Type B	Medium	0.053	1.75	27.52	0.59
BM4	53	27	0.48	0.3	Type B	Medium	0.053	1.80	30.63	0.57
BM5	59	28.2	0.53	0.32	Type B	Medium	0.053	1.88	35.93	0.60
BM6	67	29.5	0.57	0.34	Type B	Medium	0.053	1.97	40.65	0.60
CM1	32	22.8	0.35	0.24	Type C	Medium	0.047	1.34	15.75	0.49
CM2	38	24.1	0.39	0.26	Type C	Medium	0.047	1.42	2.42	0.53
CM3	46	26	0.44	0.28	Type C	Medium	0.047	1.53	25.38	0.55
CM4	53	27.3	0.49	0.3	Type C	Medium	0.047	1.61	31	0.58
CM5	59	28.5	0.51	0.31	Type C	Medium	0.047	1.68	36.9	0.62
CM6	67	31.3	0.54	0.32	Type C	Medium	0.047	1.84	43.14	0.64

جدول ۶- نتایج آزمایش با حضور مانع لاستیکی انعطاف پذیر با ضخامت ۱۰ میلی‌متر و ارتفاع‌های ۱۳، ۱۵ و ۱۷ سانتی‌متر

Table 6- Test results with the presence of flexible rubber baffle with a thickness of 10 mm and heights of 13, 15 and 17 cm.

Test No.	Q (l/s)	Yn (cm)	V (m/s)	Fr	Type of baffle	thickness of baffle	D/L	Yn/L	Qi (l/s)	Qi / Q
AB1	32	22.9	0.35	0.24	Type A	Big	0.076	1.76	13.93	0.44
AB2	38	24.4	0.41	0.27	Type A	Big	0.076	1.88	21.09	0.56
AB3	46	25.8	0.46	0.29	Type A	Big	0.076	1.98	26.81	0.58
AB4	53	27.1	0.5	0.29	Type A	Big	0.076	2.08	29.53	0.56
AB5	59	28.4	0.53	0.32	Type A	Big	0.076	2.18	35.55	0.60
AB6	67	29.5	0.57	0.33	Type A	Big	0.076	2.27	39.86	0.59
BB1	32	22.2	0.34	0.25	Type B	Big	0.066	1.48	14.84	0.46
BB2	38	23.2	0.4	0.29	Type B	Big	0.066	1.55	21.76	0.57
BB3	46	24.9	0.44	0.30	Type B	Big	0.066	1.66	26.81	0.58
BB4	53	25.7	0.48	0.32	Type B	Big	0.066	1.71	29.53	0.56
BB5	59	27.2	0.53	0.34	Type B	Big	0.066	1.81	35.55	0.60
BB6	67	26.8	0.57	0.39	Type B	Big	0.066	1.79	39.86	0.59
CB1	32	22.3	0.35	0.25	Type C	Big	0.058	1.31	19.59	0.61
CB2	38	23.4	0.39	0.28	Type C	Big	0.058	1.38	24.86	0.65
CB3	46	25.3	0.44	0.29	Type C	Big	0.058	1.49	28.25	0.61
CB4	53	26.4	0.49	0.31	Type C	Big	0.058	1.55	31.38	0.59
CB5	59	27.8	0.51	0.32	Type C	Big	0.058	1.64	36.32	0.62
CB6	67	30.2	0.54	0.33	Type C	Big	0.058	1.78	40.26	0.60



7- Comparison of the discharge coefficient of the present study and other researchers .Fig

شکل ۷- مقایسه ضریب دبی مطالعه حاضر و سایر محققین

al. (2010) مشاهده می‌شود. (شکل ۷). با مقایسه ضریب دبی این مطالعه و ضریب دبی مطالعه Emiroglu et al. (2010) مشاهده می‌شود که روند نتایج آزمایش‌ها مشابه است و تنها تفاوت در بازه اعداد فرود آزمایش‌ها می‌باشد. همان‌گونه که از شکل (۷) قابل مشاهده است در هر دو آزمایش روند ضریب دبی ابتدا نزولی بوده و سپس با افزایش دبی و عدد فرود، ضریب دبی افزایش یافته است. دلیل این امر افزایش عمق آب در کانال بوده که باعث افزایش دبی خروجی از سرریز جانبی می‌شود. به‌طور کلی متوسط درصد تفاوت در مطالعه حاضر نسبت به مطالعه Emiroglu et al. (2010) ۲/۵ درصد می‌باشد.

الف) بررسی آزمایش‌های شاهد

در ابتدا آزمایش‌های شاهد بدون حضور مانع لاستیکی انعطاف‌پذیر بررسی می‌گردد. بدین منظور آزمایش‌ها در اعداد فرود مختلف انجام و همان‌طور که از شکل (۷) پیداست ضریب دبی در آزمایش‌های شاهد نسبت به عدد فرود نزدیک شونده روند صعودی دارد. یعنی با افزایش عدد فرود در مقطع انتهایی بالادست سرریز جانبی، ضریب دبی افزایش پیدا می‌کند. این روند آزمایش در مطالعه Nasiri و Shafaei bejestan (2020) و Emiroglu et

در ادامه نتایج این مطالعه به بررسی سایر نتایج با حضور مانع انعطاف پذیر (مانع لاستیکی) پرداخته می‌شود.

(ب) راندمان سرریز جانبی با وجود مانع انعطاف پذیر لاستیکی

در این بخش تغییرات راندمان سرریز جانبی نسبت به عدد فرود بالادست در حالت حضور و بدون حضور مانع لاستیکی انعطاف پذیر در شکل (۸) نشان داده شده است. با توجه به این شکل‌ها در تمامی حالت‌های حضور و عدم حضور مانع لاستیکی انعطاف‌پذیر در کانال، با افزایش عدد فرود راندمان سرریز جانبی در اکثر حالات افزایش پیدا می‌کند. قیل از توجه این مسئله ابتدا

باید پارامتر سطح تأثیرگذار را تعریف کرد. سطح تأثیرگذار سطحی از مانع لاستیکی انعطاف پذیر در مقابل جریان است که با برخورد جریان آب با لاستیک ایجاد می‌شود که خطوط جریان آب برخوردی با لاستیک را به سمت سرریز جانبی هدایت می‌کند. در توجیه بالا رفتن راندمان سرریز جانبی می‌توان گفت که با افزایش عدد فرود یا به عبارت دیگر با تقویت شدن مومنتم جریان در کانال اصلی نسبت به مومنتم جانبی و یکنواخت بودن درپچه پایین دست کانال، عمق آب در بالادست سرریز افزایش پیدا کرده و جریان بیشتری از سرریز خارج می‌شود. همچنین وجود مانع لاستیکی انعطاف‌پذیر در کانال و بالا رفتن سطح تأثیرگذار مانع لاستیکی انعطاف‌پذیر باعث افزایش راندمان سرریز جانبی می‌گردد.

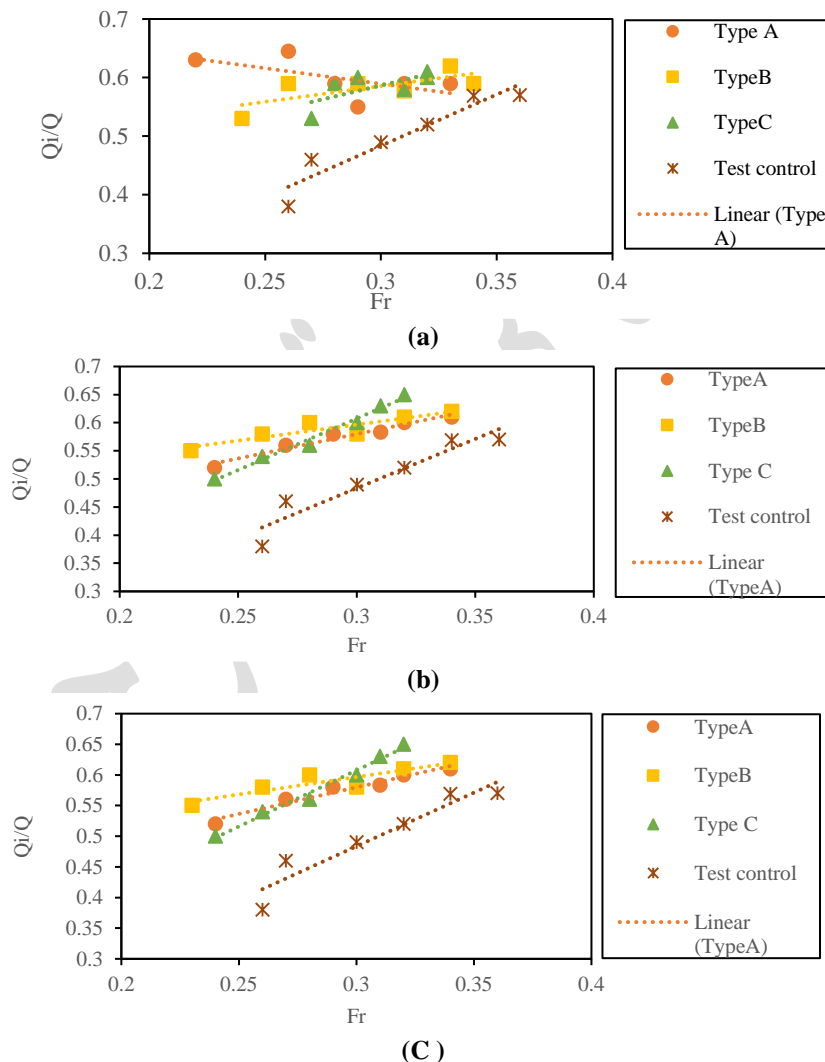


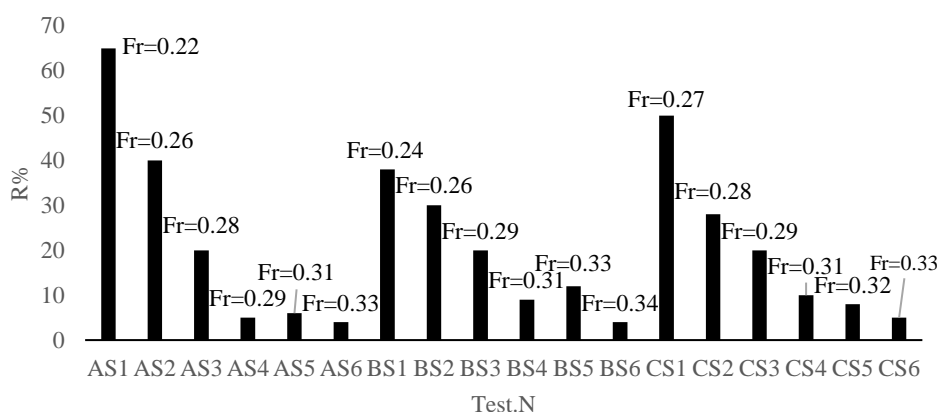
Fig.8 - (a) Diagram - 5 mm rubber thickness, (b) Diagram - 8mm rubber thickness, (c) Diagram - 10 mm rubber thickness

شکل ۸ - (a) : ضخامت لاستیک ۵ میلی متر، (b) : ضخامت لاستیک ۸ میلی متر، (c) : ضخامت لاستیک ۱۰ میلی متر

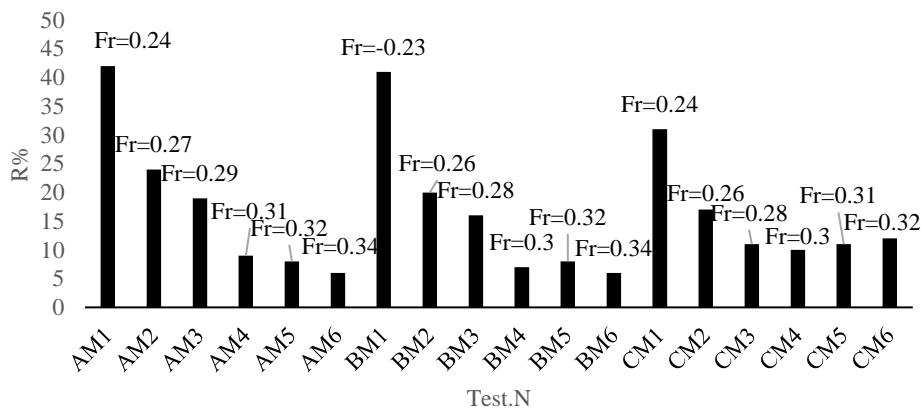
در این فرمول پارامتر R بیانگر نرخ افزایش دبی سرریز جانبی، Q_i دبی با حضور مانع لاستیکی انعطاف پذیر و Q_s دبی بدون حضور مانع لاستیکی انعطاف پذیر (شاهد) می باشد. با توجه به رابطه (۱۰) راندمان سرریز جانبی نسبت به آزمایش شاهد به دست آمده است. این پارامتر با پارامتر تعریف شده در جدول های (۳، ۴ و ۵) تحت عنوان (Q_i / Q) تفاوت دارد. تفاوت این دو پارامتر در این است که در پارامتر (Q_i / Q) نسبت دبی عبوری از سرریز به دبی کل، راندمان سرریز تعریف شده است. در حالی که پارامتر $R\%$ دبی عبوری از سرریز جانبی در هر کدام از آزمایش ها نسبت به دبی شاهد همان آزمایش، نرخ افزایش دبی سرریز جانبی تعریف می شود. به عبارت ساده تر در پارامتر $R\%$ می خواهیم متوجه شویم که در هر آزمایش با حضور مانع لاستیکی انعطاف پذیر چند درصد دبی عبوری از سرریز جانبی نسبت به آزمایش شاهد آن، افزایش پیدا کرده است. با محاسبه R در همه اعداد فرود و ارتفاع های مختلف مانع لاستیکی انعطاف پذیر نمودارهای ستونی برای سه ضخامت پنج، هشت و ده میلی متر رسم شد. شکل (۱۰). در هر شکل نمودار ستونی بیانگر $(R\%)$ می باشد. اعداد فرود هر آزمایش بالای ستون آن به رنگ قرمز نوشته شده است. ضخامت لاستیک پنج میلی متر با میانگین ۲۱ درصد افزایش راندمان سرریز جانبی بهترین عملکرد را دارد. ضخامت هشت میلی متر به صورت میانگین باعث ۱۶/۵۵ درصد افزایش راندمان سرریز جانبی و ضخامت ۱۰ میلی متر نیز به صورت متوسط باعث ۱۶/۳۸ درصد افزایش راندمان سرریز جانبی گردیده است.

میزان نسبت دبی خروجی از سرریز به دبی کل (Q_i / Q) در ضخامت پنج میلی متر، به طور میانگین از دو ضخامت دیگر بیشتر است. دلیل آن این است که لاستیک با ضخامت کمتر در اعداد فرود پایین، بیشترین سطح تأثیرگذار را در مقابل جریان ایجاد می کند و خطوط جریان بیشتری را به سمت سرریز جانبی هدایت می کند. در ادامه به بررسی راندمان سرریز نسبت به آزمایش شاهد پرداخته شده است. در کلیه حالات میانگین راندمان سرریز جانبی با وجود مانع لاستیکی انعطاف پذیر ۱۷/۶۷ درصد افزایش یافته که دلیل آن ایجاد سطح تأثیرگذار مانع و بالا رفتن عمق آب در مقابل جریان می باشد. مانع لاستیکی انعطاف پذیر با ضخامت پنج میلی متر به طور میانگین با افزایش ۲۱ درصدی بیشترین راندمان را نسبت به سایر حالت ها دارد. به طور کلی دلیل اصلی این است که وزن مانع کمتر می باشد و در فرودهای پایین علی الخصوص سطح تأثیرگذار بیشتر و در نتیجه عمق آب بیشتر و در نتیجه آن راندمان سرریز جانبی بیشتر می شود. لازم به ذکر می باشد که در تحقیق Aydin (2016) این نکته بیان شده است که وجود مانع (مانع سلب) در مسیر جریان دبی خروجی از سرریز جانبی را افزایش می دهد. همچنین مشاهدات آزمایشگاهی نشان می دهد که بعد از مانع لاستیکی انعطاف پذیر عمق جریان کاهش یافته و در اکثر موارد جریان فوق بحرانی گردیده و پرش هیدرولیکی تشکیل می گردد. میزان نرخ افزایش دبی خروجی از سرریز جانبی نسبت به دبی آزمایش شاهد را مطابق رابطه (۱۰) محاسبه می گردد.

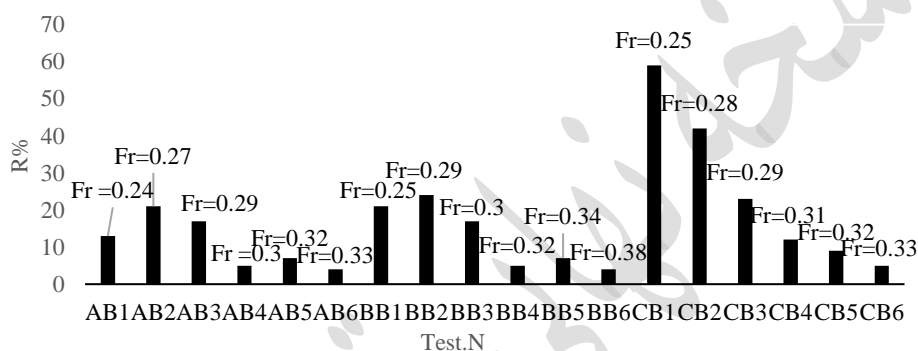
$$R\% = \frac{Q_i - Q_s}{Q_s} \times 100 \quad (10)$$



(a)



(b)



(c)

Fig. 9 - Investigating the percentage increase in water absorption R% with the presence of flexible rubber baffle in different Froude numbers

شکل ۹- بررسی درصد افزایش آبیگری R% با حضور مانع لاستیکی انعطاف پذیر در نسبت‌های مختلف

فرود، نرخ افزایش دبی عبوری کاهش یافته که دلیل آن در پاراگراف قبل توضیح داده شده است.

در ضخامت ۱۰ میلی‌متر (نسبت‌های ضخامت به ارتفاع ۰/۰۷۶، ۰/۰۶۶ و ۰/۰۵۸)، تحلیل نمودارها متفاوت است. در این ضخامت، ارتفاع مانع لاستیکی نسبت به وزن آن فاکتور مهم‌تر و تأثیر گذارتر می‌باشد. همان‌گونه که شکل (۹-ج) نشان می‌دهد نسبت ۰/۰۵۸، راندمان سرریز جانبی را بیشتر می‌کند. نسبت‌های ۰/۰۷۶ و ۰/۰۶۶ در مقایسه با نسبت ۰/۰۵۸ میزان تأثیرگذاری کمتری در راندمان سرریز دارند که دلیل آن کم بودن انعطاف‌پذیری آن‌ها در مقابل جریان می‌باشد. ارتفاع لاستیک هرچقدر بیشتر باشد انعطاف‌پذیری مانع لاستیکی در مقابل جریان بیشتر می‌شود. با توجه به توضیحات داده شده رفتار مانع‌های لاستیکی ۱۳ و ۱۵ سانتی‌متر در ضخامت ۱۰ میلی‌متر کاملاً متفاوت با رفتار آن‌ها در ضخامت‌های پنج و هشت میلی‌متر می‌باشد، اما لاستیک ۱۷ سانتی‌متر در ضخامت ۱۰ میلی‌متر رفتاری مشابه با ضخامت‌های پنج و هشت میلی‌متر دارد. مانع لاستیکی انعطاف پذیر با نسبت ضخامت به ارتفاع ۰/۰۳۸ (۱۳ سانتی‌متر ارتفاع با ضخامت پنج میلی‌متر) در عدد فرود ۰/۲۴ و دبی ۳۳ لیتر بر ثانیه با ۶۵ درصد افزایش خروجی دبی بهترین

در شکل (۹-الف) ضخامت لاستیک، پنج میلی‌متر می‌باشد. همان‌گونه که از شکل مشخص است برای سه ارتفاع مانع لاستیکی این نمودارها رسم شده اند. (نسبت‌های ضخامت به ارتفاع ۰/۰۳۸، ۰/۰۳۳ و ۰/۰۲۹). در هر سه نسبت با افزایش عدد فرود، راندمان سرریز جانبی کاهش پیدا می‌کند. به‌طور مثال در مدل AS1، دبی عبوری ۶۵ درصد نسبت به دبی آزمایش شاهد افزایش پیدا کرده است در حالی که با افزایش عدد فرود میزان تأثیرگذاری مانع لاستیکی انعطاف پذیر کاهش پیدا می‌کند. دلیل این امر این است که با افزایش دبی، آب پشت مانع لاستیکی ارتفاع گرفته و باعث افزایش نیروی هیدرواستاتیک وارده به لاستیک می‌شود و به همین دلیل مانع لاستیکی خلاف جهت جریان خم شده و میزان سطح تأثیر گذار آن کم می‌شود. به همین دلیل افزایش دبی عبوری از سرریز جانبی نسبت به آزمایش شاهد (R) کمتر است. اما در نسبت‌های ۰/۰۳۳ و ۰/۰۲۹، به دلیل سنگین تر بودن مانع لاستیکی نسبت به ارتفاع نسبت ۰/۰۳۸، در فرودهای بالا میزان سطح تأثیر گذار بیشتر می‌باشد و تأثیر بیشتری در افزایش راندمان سرریز جانبی دارند.

در ضخامت هشت (نسبت‌های ضخامت به ارتفاع ۰/۰۶۱، ۰/۰۵۳ و ۰/۰۴۷) میلی‌متر هم مانند ضخامت پنج میلی‌متر با افزایش عدد

عملکرد را دارد دلیل این اتفاق این است که لاستیک در این ارتفاع و با این ضخامت در این عدد فرود بیشترین سطح تأثیر گذار را در مقابل جریان آب تشکیل می‌دهد. یعنی این که هنگام برقراری جریان آب در فلوم و برخورد آن با لاستیک، لاستیک کم کم ارتفاع گرفته و هنگامی که به دبی مورد نظر رسید، مانع لاستیکی به‌طور کامل در مقابل جریان آب ایستاده و جریان را به سمت سرریز جانبی هدایت می‌کند. در اعداد فرود بالا نسبت به اعداد فرود پایین، مانع لاستیکی انعطاف‌پذیر باعث می‌شود نرخ افزایش دبی عبوری از سرریز نسبت به آزمایش شاهد، کاهش پیدا کند. با توجه به شرایط آزمایشگاهی و عرض کم فلوم در اعداد فرود بالا عمق آب در آزمایش شاهد به اندازه‌ای بالا است که وجود لاستیک در ارتفاع و ضخامت‌های مختلف تأثیر زیادی در بالا رفتن عمق آب نسبت به آزمایش شاهد ندارد و در نتیجه میزان عملکرد مانع کمتر می‌شود یعنی جریان آب کمتری نسبت به آزمایش شاهد از سرریز جانبی خارج می‌شود.

ج) پروفیل سطح آب

تغییرات رقوم سطح آب در امتداد سرریز جانبی نقش مهمی در ظرفیت تخلیه خروجی سرریز دارد. در شکل‌های (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) پروفیل طولی سطح آب در مجاورت سرریز جانبی، محور مرکزی کانال و محور کناره جداره بیرونی کانال برای لاستیک با ارتفاع و ضخامت‌های مختلف و در فرودهای متفاوت و بدون حضور لاستیک نشان داده شده است. در این شکل‌ها X فاصله طولی و Y عمق جریان بر حسب سانتی‌متر می‌باشد. با توجه به این شکل‌ها تغییرات عمق جریان در محور مرکزی و کناری کانال نسبت به مجاورت سرریز کمتر می‌باشد دلیل این است که در مجاورت سرریز به دلیل عبور جریان آب از سرریز جانبی عمق آب تغییرات بیشتری دارد و باعث می‌شود در مجاورت سرریز

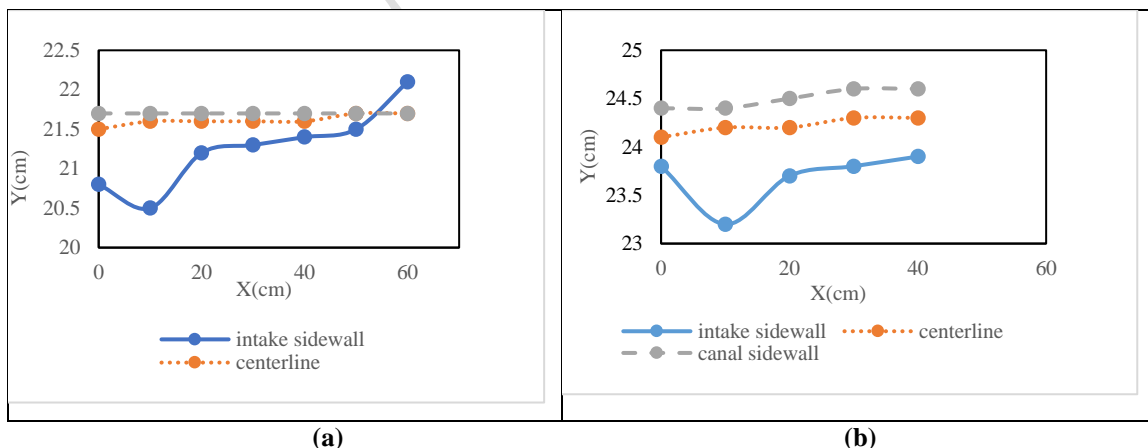
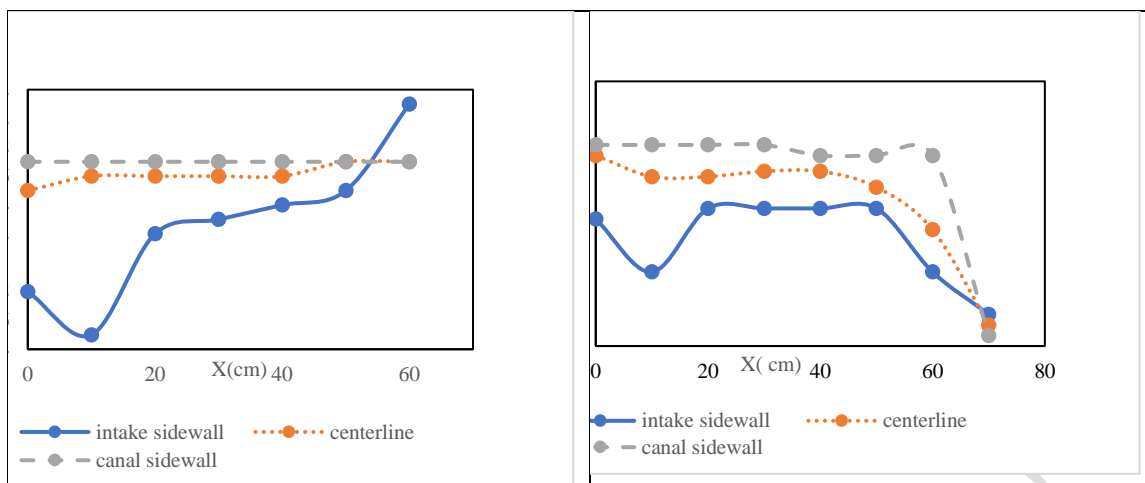
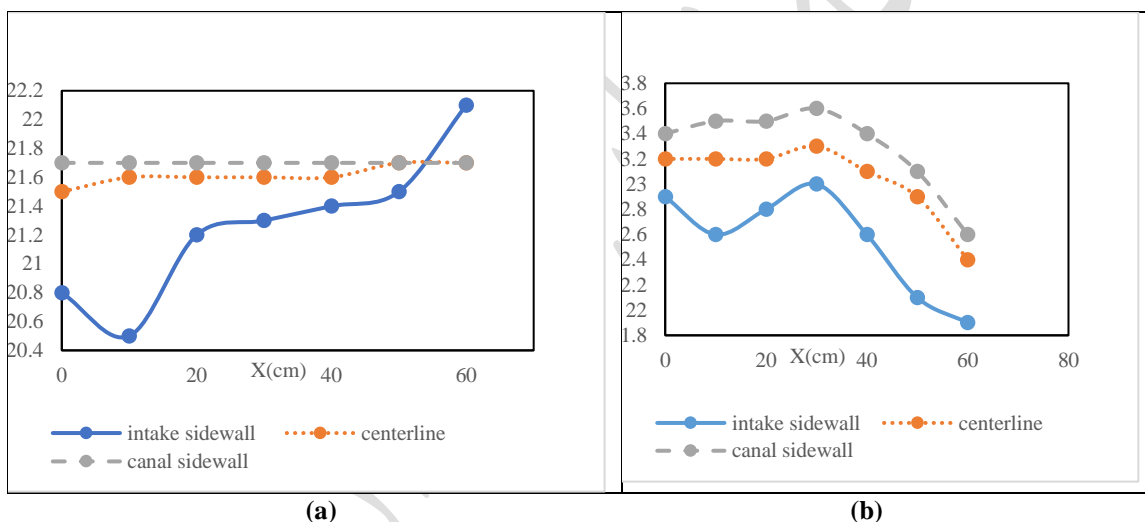


Fig. 10 - (a) Comparison of the water surface profile in the control test, (b) model (AS1) شکل ۱۰- (a): مقایسه پروفیل سطح آب در حالت آزمایش شاهد و (b): مدل AS1



(a) (b)
Fig. 11 – (a) Comparison of the water surface profile in the control test , (b) model (AM1)
 شکل ۱۱- (a): مقایسه پروفیل سطح آب در حالت آزمایش شاهد و مدل (b): AM1



(a) (b)
Fig. 12 – (a) Comparison of the water surface profile in the control test, (b) model (AB1)
 شکل ۱۲- (a): مقایسه پروفیل سطح آب در حالت آزمایش شاهد و (b): مدل AB1

نتیجه جریان بیشتری نسبت به حالت شاهد خود، از سرریز جانبی عبور می‌دهد. لازم به ذکر است در این مطلب منظور از راندمان، میزان دبی عبوری از سرریز جانبی مدل‌ها نسبت به آزمایش شاهد در یک دبی مشخص می‌باشد.

نتیجه گیری

در این پژوهش هدف، بالابردن دبی خروجی از سرریز جانبی با نصب مانع لاستیکی انعطاف‌پذیر در نسبت‌های مختلف ضخامت به ارتفاع لاستیک می‌باشد. نوآوری پژوهش حاضر، وجود مانع انعطاف‌پذیر لاستیکی در مسیر جریان در کانال اصلی می‌باشد.

- بررسی رابطه راندمان سرریز با عدد فرود بالادست برای هر سه ارتفاع و ضخامت مانع لاستیکی انعطاف‌پذیر و نیز حالت

در ضخامت پنج میلی‌متر، لاستیک ۱۳ سانتی‌متر، عدد فرود ۰/۲۶ و دبی ۳۲ لیتر بر ثانیه بهترین راندمان را دارد که برابر $R=۶۵\%$ می‌باشد. (AS1). دلیل آن این است که در این فرود لاستیک‌های دیگر با ارتفاع‌های بیشتر به دلیل سنگینی، جریان توانایی بلند کردن آن‌ها را ندارد. در ضخامت هشت میلی‌متر، لاستیک ۱۳ سانتی‌متر، عدد فرود ۰/۲۴ و دبی ۳۲ لیتر بر ثانیه بهترین راندمان را دارد که برابر $R=۴۲\%$ می‌باشد. (AM1). در ضخامت ۱۰ میلی‌متر، لاستیک ۱۷ سانتی‌متر، عدد فرود ۰/۲۵ و دبی ۳۲ لیتر بر ثانیه بهترین راندمان را دارد که برابر $R=۵۹\%$ می‌باشد. (CB1). به‌طور کلی باتوجه به مشاهدات صورت گرفته مدلی که توانایی ارتفاع گرفتن از کف کانال را دارد با بیشتر کردن مساحت در جلوی جریان آب باعث ارتفاع گرفتن آب بالادست شده و در

اعداد فرود بالا بیشتر می‌باشد منظور این است که با وجود مانع لاستیکی جریان آب هد بیشتری میگیرد و تحت تأثیر هندسه مانع (ارتفاع و ضخامت مانع) قرار دارد به دلیل اینکه در اعداد فرود بالا بعد از مانع لاستیکی انعطاف پذیر افت عمق آب بیشتر رخ می‌دهد.

پیشنهادات

- بررسی پارامتر کشسانی (الاستیسیته) مانع لاستیکی انعطاف-پذیر
- استفاده از مدل‌های عددی
- بررسی اثر شیب‌دار کردن کف کانال اصلی بر عملکرد سرریزهای جانبی

تشکر و قدردانی

این مقاله از نتایج پایان نامه دکتری نویسنده اول و با حمایت واحد پژوهشی دانشگاه از طریق پژوهانه نویسنده دوم به شماره (SCU.WH401.343) تهیه شده که بدینوسیله نویسندگان، از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز تشکر و قدردانی می‌نمایند.

شاهد نشان داد که با افزایش عدد فرود راندمان سرریز افزایش می‌یابد .

- بیشترین نرخ افزایش دبی خروجی از سرریز جانبی در مقایسه با آزمایش شاهد در نسبت $D/L = 0.038$ اتفاق می‌افتد. این نرخ افزایش ۶۵ درصد می‌باشد و عدد فرود ۰/۲۶ می‌باشد.
- در اعداد فرود بالاتر میزان عملکرد مانع لاستیکی انعطاف پذیر نسبت به آزمایش شاهد بسیار کمتر می‌شود.
- در ارتفاع و ضخامت کمتر مانع لاستیکی انعطاف‌پذیر، میزان راندمان سرریز جانبی در اعداد فرود مختلف علی‌الخصوص اعداد فرود پایین بیشتر است.
- تأثیر ارتفاع مانع لاستیکی انعطاف‌پذیر بر میزان جریان عبوری از سرریز نسبت به آزمایش شاهد نشان داد که مانع لاستیکی انعطاف پذیر با ارتفاع ۱۳ سانتی‌متر به‌طور میانگین نسبت به دو ارتفاع دیگر عملکرد بهتری داشته است.
- پروفیل طولی سطح آب در مجاورت سرریز و محور مرکزی کانال برای اعداد فرود متفاوت نشان داد که با افزایش عدد فرود پروفیل سطح آب نامنظم‌تر می‌شود.
- در اعداد فرود پایین هر چقدر ضخامت مانع لاستیکی انعطاف‌پذیر بیشتر شود جریان آب در کنار سرریز جانبی ارتفاع کمتر می‌گیرد و جریان کمتری از سرریز جانبی عبور می‌کند.
- تأثیر مانع لاستیکی انعطاف‌پذیر روی پروفیل سطح آب در

References

- 1- Ameri, M., Ahmadi, A. and Dehghani, A.A., 2015. Discharge coefficient of compound triangular–rectangular sharp-crested side weirs in subcritical flow conditions. *Flow Measurement and Instrumentation*, 45, pp.170-175.
- 2- Aydin, M.C., 2016. Investigation of a sill effect on rectangular side-weir flow by using CFD. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 142(2), p.04015043. doi: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000957.
- 3- Balahang, S. and Ghodsian, M., 2023. Estimation of rectangular and triangular side weir discharge. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 29(1), pp.12-23. doi: 10.1080/09715010.2021.1983478.
- 4- Emiroglu, M.E., Gogus, M., Tunc, M. and Islamoglu, K., 2017. Effects of antivortex structures installed on trapezoidal labyrinth side weirs on discharge capacity and scouring. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 143(6), p.04017006. doi: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001158.
- 5- Emiroglu, M.E., Kaya, N. and Agaccioglu, H., 2010. Discharge capacity of labyrinth side weir located on a straight channel. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 136(1), pp.37-46. doi: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000112.
- 6- Granata, F., de Marinis, G., Gargano, R. and Tricarico, C., 2013. Novel approach for side weirs in supercritical flow. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 139(8), pp.672-679. doi: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000600.
- 7- Machiels, O., Piroton, M., Pierre, A., Dewals, B. and Erpicum, S., 2014. Experimental parametric study and design of Piano Key Weirs. *Journal of Hydraulic Research*, 52(3), pp.326-335. doi: 10.1080/00221686.2013.875070

- 8- Maranzoni, A., Pilotti, M. and Tomirotti, M., 2017. Experimental and numerical analysis of side weir flows in a converging channel. *Journal of Hydraulic Engineering*, 143(7), p.04017009. doi:10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001296.
- 9- Mehboudi, A., Attari, J. and Hosseini, S.A., 2016. Experimental study of discharge coefficient for trapezoidal piano key weirs. *Flow Measurement and Instrumentation*, 50, pp.65-72. doi:10.1016/j.flowmeasinst.2016.06.005
- 10-Michelazzo, G., 2015. New analytical formulation of De Marchi's model for a zero-height side weir. *Journal of Hydraulic Engineering*, 141(12), p.04015030. doi: 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.000104
- 11-Nezami, F., Farsadizadeh, D. and Nekooie, M.A., 2015. Discharge coefficient for trapezoidal side weir. *Alexandria Engineering Journal*, 54(3), pp.595-605. Doi:10.1016/j.aej.2015.05.017.
- 12-Nasiri, Gh., Shafaei bejestan, M., 2020. Obstacle effect in the main channel on the water level profile of the lateral overflow of the rectangular sharp edge." *The 18th Iranian Hydraulic Conference , Faculty of Civil Engineering, University of Tehran*. (In Persian).
- 13-Novak, P., Guinot, V., Jeffrey, A. and Reeve, D.E., 2018. *Hydraulic modelling: An introduction: Principles, methods and applications*. CRC Press.
- 14-Saghari, A., Hosseini, K. and Saneie, M., 2019. Experimental study of trapezoidal piano key side weirs in a curved channel. *Flow Measurement and Instrumentation*, 70, p.101640. doi:10.1016/j.flowmeasinst.2019.101640.
- 15-Samiee, S., Heidarpour, M. and Okhravi, S., 2015. Effect of guide vanes on discharge coefficient of rectangular sharp-crested side weirs. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 19(73), pp.263-272.
- 16-Zahedi Khameneh, H., Khodashenas, S.R. and Esmaili, K., 2014. The Effect of Semi-circular side weirs on hydraulic properties and discharge coefficient of side weirs. *Journal of River Engineering*, 5. (In Persian).

EXTENDED ABSTRACT

Investigating the effect of the height and thickness of the flexible rubber baffle in the main channel on the drainage efficiency of the side weir of the rectangular sharp crest

M. Hasounizadeh¹, S. M. Sajjadi^{2*}, M. Shafaei Bajestan³

1- Ph.D of Hydraulic Structures Engineering, Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

2* - Corresponding Author, Assistant Professor of Department of Water Structures Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

3- Professor of Department of Water Structures Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

Email*: m.sajjadi@scu.ac.ir

Keywords: froud number, Flow profile, Spatial variable flow. Discharge coefficient.

Introduction

Side weirs are types of hydraulic structures that are used to divert excess water in urban sewage collection systems, flood control, and as emergency structures in large hydraulic facilities such as dams and irrigation and drainage networks. Side weir is a free-flowing spillway that is installed on the side of the canal and parallel to it, and when the water level in the canal is higher than the level of the overflow crest, part of the flow is directed out of the canal. Figure (1) shows a simple view of a side weir .(Nasiri and Shafaei bejestan , 2020)

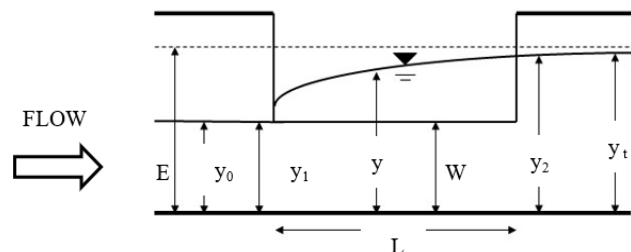


Fig 1- View of a side weir

Spatially variable flow is a decreasing or a state of constant flow where the flow rate in the main canal increases or decreases along the way. In side weirs, considering that some of the flow is discharged from it during the weir Therefore, the discharge along the main canal in the overflow area is constantly decreasing. In recent years, extended drought in different parts of the world has led to a decline in river flow rates, hence the depth of the flow in vicinity of side-weirs has decreased significantly. One of the solutions Aydin (2016) applied an ANSYS-fluent numerical model to investigate the effect of the sill on the efficiency of rectangular sharp-crested side-weirs for sub-critical flows (Froude < 0.65). By installing a sill on the bottom of the waterway and at three points along the canal Aydin (2016) concluded that the installing of baffles at the end of the downstream sector of the spillway will increase the efficiency of the side-weir. The innovative part in this article is the rubber flexible baffle that was investigated and studied. The most important hypothesis of the current research is that flexible rubber baffle if placed in the main flow path It will cause it to rise and its function will be similar to the construction of a dam, which will lead to an increase in the water depth upstream. Obviously, the amount of overflow depends on the height of the rubber barrier and its placement In this research, referring to the research of Aydin (2016)

and Nasiri and Shafaei Bajestan (2020), The end of side weir placement has been investigated. Because it has the best efficiency in those researches. But the difference between this research and other researches is the existence of flexible rubber baffle (not rigid) in the main flow path, at different heights and different thicknesses.

Methodology

In the present study, control experiments were initially performed without the presence of the rubber baffles (Fig 2). The experiment's procedure consisted of the main pump being turned on and the gradual opening of the inlet valve until the desired flow rate was reached, and the flow entered the main channel. The discharge flow rate was calculated as to provide enough head for 30 to 70 lit/s of water to flow through the side weir. After establishing the flow and stabilizing the conditions, the profile of the water level along the channel and the specified points in Figure (4) were measured using a point gauge with an accuracy of ± 0.1 mm. The flow rate passing through the side-weir was measured by the rectangular sharp - crested weir that was installed at the end of the sub-channel. The total discharge was also measured using the rectangular sharp- crested side-weir which was located at the end of the channel. The accuracy of the flow measurement was 1 l/s. Similar conditions were repeated for different flow rates in as such that the Froude number of the approaching flow is 0.22, 0.25, 0.29, 0.32, 0.35, and 0.38 respectively. In all experiments, the downstream valve of the main channel was completely open and water flowed freely. The experiment was then repeated as per the specifications of the control test. The six aforementioned Froude numbers were once more applied, and the end valve of the main channel was left open.



Fig.2 - Various positions of the rubber baffles in the main canal

Results and Discussion

At first, the control tests are examined without the presence of flexible rubber baffle. For this purpose, experiments have been carried out in different Froude numbers and the discharge coefficient in the control tests has an upward trend compared to the approaching Froude number that is, by increasing the Froude number at the upstream end of the side weir, the discharge coefficient increases. (Fig 3). This process of testing can also be seen in the study of Emiroglu et al In general, the average percentage difference in the present study compared to the study of Amir oqlou is 2.5%.

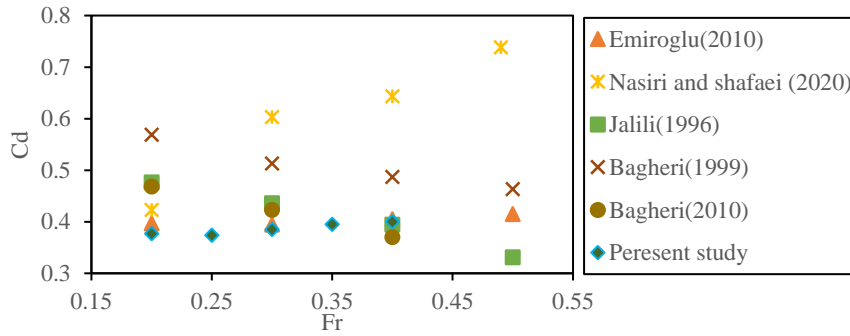
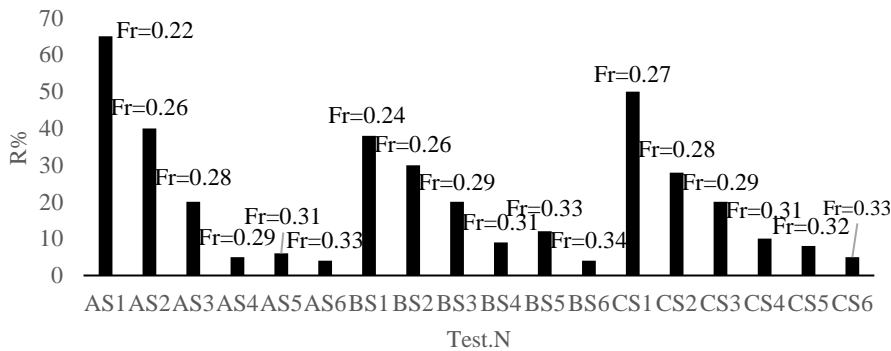


Fig. 3- Comparison of the discharge coefficient of the present study and other researchers

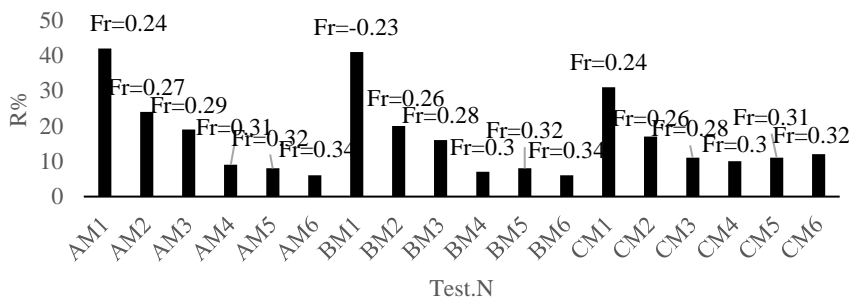
In the following, the side weir efficiency has been investigated compared to the control test. In all cases, the average efficiency of side weir with the presence of flexible rubber baffle 17.67% increased and flexible rubber baffle with a thickness of 5 mm On average, with an increase of 21%, it has the highest efficiency compared to other modes. The amount of increase in the output flow rate from the side overflow compared to the control test flow rate is calculated according to the following formula.

$$R\% = \frac{Q_l - Q_s}{Q_s} \times 100 \quad (1)$$

By calculating R at all froud numbers and different baffle heights of flexible rubber As can be seen from the figures, the thickness of the rubber is 5 mm with an average of 21% increase in side weir efficiency it has the best performance. 8 mm thickness on average causing 16.55% increase in side weir efficiency and the thickness of 10 mm has caused a 16.38% increase in side weir efficiency on average.



A



B

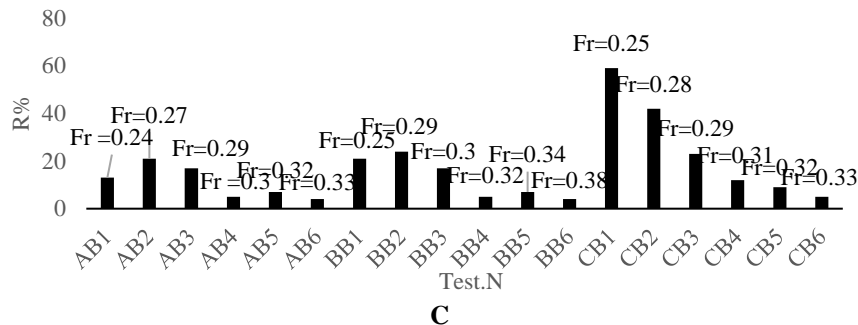


Fig. 4 - Investigating the percentage increase in water absorption R with the presence of flexible rubber baffle in different Froude numbers

13 cm flexible rubber baffle with a thickness of 5 mm in froude number 0.24 and flow rate 33 liters, it has the best performance with a 65% increase in flow rate. The reason for this is that the baffle is at this height and with this thickness and in this froude number, it forms the most effective surface in front of the water flow. It means that when the water flows in the flume and its collision with the baffle, the baffle is slowly rising and when it reaches the desired discharge, the flexible rubber baffle is completely standing against the flow of water and the water flow towards side weir.

Conclusions

- Investigating the relationship between the overflow efficiency and the upstream froude number for all three heights and thicknesses of flexible rubber baffle and also the control state showed that the overflow efficiency increases with the increase of the froude number.
- Flexible rubber baffle with a height of 13 cm and a thickness of 5 mm has the best performance at a Froude number of 0.24 and a flow rate of 33 liters per second with a 65% increase in flow rate output.
- Investigating of the baffle thickness of flexible rubber showed that 5 mm rubber thickness has the best performance with an average of 21% increase in efficiency.
- At higher Froude numbers, the baffle performance of flexible rubber becomes much lower than the control test.

Acknowledgement

This article has been prepared from the results of the doctoral thesis of the first author and with the support of the university's research unit through the second author's Grant (SCU.WH401.343) by which the authors thank and appreciate the university's vice chancellor for research.

References

- 1- Aydin, M.C., 2016. Investigation of a sill effect on rectangular side-weir flow by using CFD. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 142(2), p.04015043. doi: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000957.
- 2- Emiroglu, M.E., Gogus, M., Tunc, M. and Islamoglu, K., 2017. Effects of antivortex structures installed on trapezoidal labyrinth side weirs on discharge capacity and scouring. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 143(6), p.04017006. doi: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001158.
- 3- Nasiri, Gh., Shafaei bejestan, M., 2020. Obstacle effect in the main channel on the water level profile of the lateral overflow of the rectangular sharp edge." *The 18th Iranian Hydraulic Conference*, Faculty of Civil Engineering, University of Tehran. (In Persian).