

بررسی آزمایشگاهی تاثیر مشخصات هیدرولیکی و هندسی سرریز جانبی بر تغییرات عرضی ابعاد فرم بستر در کانال اصلی

مهدی حسن زاده^۱، سیدعلی ایوب زاده^{۲*}، مجتبی صانعی^۳، محمد فرامرزی^۴

- ۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته مهندسی سازه‌های آبی، دانشگاه تربیت مدرس
- ۲- استاد گروه مهندسی سازه‌های آبی، دانشگاه تربیت مدرس
- ۳- عضو هیات علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری جهاد کشاورزی
- ۴- دانش آموخته دکترای رشته مهندسی سازه‌های آبی، دانشگاه تربیت مدرس

*ayyoub@modares.ac.ir

تاریخ پذیرش: [۹۴/۱۲/۲۰]

تاریخ دریافت: [۹۴/۰۱/۲۸]

چکیده - سرریز جانبی از جمله مهمترین سازه‌های استفاده شده در پروژه‌های کنترل سیلاب است که طراحی آن‌ها با فرض بستر صلب برای کانال اصلی صورت می‌گیرد. در صورتی که کانال اصلی دارای بستر متحرک باشد تغییرات ایجاد شده در بستر، موجب افزایش مقاومت جریان شده و در نتیجه سرریز عملکرد متفاوتی نسبت به شرایط طراحی با بستر صلب خواهد داشت. پس ضروری است تغییرات ایجاد شده ناشی از عملکرد هیدرولیکی سرریز جانبی در ابعاد فرم بستر و تاثیر آن بر مقاومت جریان شناسایی شوند. هدف از این پژوهش، بررسی تغییرات به وجود آمده در ابعاد هندسی فرم بستر با توجه به اثر عدد فرود و نسبت انحراف جریان در حضور سرریز جانبی است. به همین منظور با استفاده از یک مدل فیزیکی روی فلومی به عرض ۶۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر و طول ۱۰ متر تعداد ۱۲ آزمایش انجام شد که در طی آن از ۳ طول تاج سرریز بمنظور بررسی سه نسبت انحراف، سه دبی جریان، شدت جریان مختلف در کانال اصلی استفاده شد. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده اثر افزایشی عدد فرود و نسبت انحراف جریان بر ابعاد هندسی فرم بستر است. همچنین نتایج نشان داد که حضور سرریز جانبی، اثر قابل ملاحظه‌ای بر تغییرات عرضی ابعاد هندسی فرم بستر داشته به گونه‌ای که در حالت بدون سرریز، فرم بستر در مجاورت سازه شکل نگرفته درحالی‌که با وجود سرریز، فرم بستر تشکیل شده و دارای طول و ارتفاعی به ترتیب برابر ۷۰ و ۲ درصد عرض کانال اصلی خواهد شد.

واژگان کلیدی: سرریز جانبی، ابعاد هندسی فرم بستر، تاثیر عدد فرود، نسبت انحراف جریان

۱- مقدمه

است. مطالعات کمی نیز روی اثر متقابل هیدرولیک جریان عبوری از روی سرریز جانبی و هیدرولیک انتقال رسوب صورت گرفته که از آن جمله می‌توان به مطالعات ویتاکر در [1] کرسنس و ون‌اورک در [2]، نیری و اودگارد در [3]، آتکینسون در [4]، ونگ و همکاران در [5]، ناکاتو و اوگدن در [6] و نیری و همکاران [7] و ... اشاره کرد که در آنها نیز هیچگونه

سرریزهای جانبی از جمله مهمترین سازه‌های استفاده شده در پروژه‌های مهندسی رودخانه است که مطالعه آن‌ها بیشتر برای پروژه‌های مهندسی شبکه‌های آبیاری و زهکشی صورت گرفته است. در این پروژه‌ها، رفتار هیدرولیکی این سازه‌ها در شرایط با بستر صلب در کانال اصلی مورد توجه قرار گرفته

توزیع طولی شیب محاسبه شده نیز تا حدودی برای تمامی آزمایش‌ها یکنواخت است بیش‌تر داده‌ها در بازه‌ای مابین ۰/۰۲ و ۰/۰۶ قرار دارند در حالی که تعدادی از این داده‌ها به بیش‌تر از ۰/۱۱ یا ۰/۱۴ رسیده بودند.

- نتایج به دست آمده برای زاویه وجه بالادست و پایین‌دست نشان داد که توزیع طولی آنها نیز تا حدودی یکنواخت است که پراکندگی آنها در پایین دست سرریز افزایش می‌یابد.

همانگونه که ملاحظه می‌شود روزیر و همکاران [9] به مطالعه اثر سرریز جانبی روی توزیع ابعاد فرم بستر در طول کانال پرداخته‌اند و در رابطه با توزیع ابعاد هندسی فرم بستر در عرض کانال و اثر سرریز جانبی روی این توزیع مطالعه‌ای صورت نگرفته است بنابراین هدف از این مقاله ارائه نتایج مربوط به مطالعه اثر سرریز جانبی روی تغییرات جانبی ابعاد هندسی فرم بستر در آبراهه اصلی است که پس از توضیح مختصر در رابطه با مواد و روش آزمایش به ارائه آن نتایج پرداخته شده است.

۲- روش پژوهش

در این پژوهش از یک مدل فیزیکی آبراهه به صورت فلومی با مقطع مستطیلی واقع در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری جهاد کشاورزی، استفاده شده است (شکل ۱). عرض فلوم ۸۵ سانتی‌متر و عمق آن ۴۰ سانتی‌متر و طول آن ۱۰ متر بوده است. یک سرریز در فاصله ۸ متری از ورودی جریان از مخزن به داخل فلوم، در ساحل چپ مدل آبراهه تعبیه شد. جداره سمت چپ این فلوم از جنس پلاگسی گلاس و بخش‌هایی از جداره سمت راست فلوم از جنس بتنی و بخش‌هایی از جنس پلاگسی گلاس ساخته شده است.

برای تامین آب لازم برای آزمایش از دو پمپ با ظرفیت ۵۰ لیتر در ثانیه استفاده شده است که برای آزمایش‌های با دبی بالا از هر دو پمپ استفاده شده است. قبل از اینکه جریان آب وارد فلوم شود به داخل مخزن آرام کننده با عرض ۲/۵ متر و طول ۲ متر و عمق ۱/۶۵ متر هدایت می‌شود که برای اینکه آشفتگی جریان کاملاً از بین برود از لوله‌های مشبک نیز

مطالعه‌ای روی اثر ناشی از تشکیل فرم بستر با وجود سرریز جانبی صورت نگرفته است و عمده تمرکز این پژوهشگران بر کنترل رسوب ورودی به آبگیر بوده است. از پژوهش‌های مهم در این زمینه، می‌توان به بررسی نسبتاً همه جانبه اثر متقابل سرریز جانبی و شکل بستر روزیر و همکاران [8] اشاره کرد که در این مطالعات به بررسی تغییرات ویژگی‌های و ابعاد فرم‌های بستر شکل گرفته در کانال اصلی و تاثیر پذیری آنها با وجود سرریز پرداخته نشده است. روزیر و همکاران در سال ۲۰۱۱ نتیجه مطالعات خود را با عنوان اثر سرریز جانبی روی هندسه فرم بستر ارائه دادند [9] که در این مطالعه نتایج زیر حاصل شده است:

- در جریان این آزمایش‌ها فرم بستر دون به عنوان فرم بستر غالب مشاهده شده است و ریپل در مقطع سرریز بر روی دون مشاهده شده که از مطالعه آنها چشم‌پوشی شده است.

۳. بازه متمایز از یکدیگر از لحاظ مشخصات فرم بستر مشاهده شده که موقعیت این ۳ ناحیه به صورت زیر است:

بازه اول: بخش بالادست کانال تا نقطه ابتدایی سرریز جانبی

بازه دوم: بازه مربوط به خود سرریز

بازه سوم: پایین دست نقطه پایانی سرریز تا انتهای کانال

- دون مشاهده شده در طول کانال کاملاً سه بعدی است و تاج فرم بستر در بازه اول تقریباً عمود بر محور کانال است اما در نواحی دوم و سوم دارای زاویه هستند که این زوایا بین ۲۵ تا ۶۰ درجه متغیر است. البته این مسئله در مورد آزمایش‌های شاهد نیز مشاهده شده است با این تفاوت که زاویه آنها کمتر بوده است.

- با نزدیک شدن به سرریز جانبی از بالادست، توزیع طول دون در راستای کانال در بازه اول تا حدودی یکنواخت است و با حرکت به سمت انتهای کانال طول دون افزایش می‌یابد و پراکنده‌تر می‌شود که طویل شدن دون از فاصله حدود ۲ متری گوشه بالادست سرریز جانبی شروع می‌شود. برای تغییرات ارتفاع دون نیز در طول کانال نتایج یکسانی مشاهده شده است.

جدول (۱) خلاصه مشخصات کلی برپایی تجهیزات آزمایشگاهی در این پژوهش

Variation Range	Variable Unit	Variable	Different Parts of Experiment
0.1	%	Cannel Bed Slope	Hydraulic Section
0.031-0.068	m ³ /s	Entrance Discharge	
0.11-0.15	m	Flow Depth	
0.23	mm	D ₅₀	Sediment
2670	kg/m ³	ρ_s	
42.5	%	Porosity	
0-0.6	m	Crest Width	
8	cm	Weir Height	Side Weir

Table (1) Summary of the present laboratory set-up

آزمایش‌هایی که در این پژوهش صورت گرفته‌اند براساس تغییر دو پارامتر طول تاج فرم بستر و شدت جریان عبوری از کانال اصلی استوار است به این صورت که از ۳ طول مختلف تاج سرریز به اندازه‌های ۶۰، ۴۰، ۲۰ سانتی‌متر استفاده شده است و برای هر کدام از طول‌های مختلف تاج سرریز ۳ شدت جریان متفاوت عبور داده شده است. همچنین در انتها ۳ آزمایش با شدت جریان‌های مختلف برای حالتی که سرریز جانبی مسدود شده است، به‌عنوان آزمایش‌های شاهد، صورت گرفت. بنابراین به صورت کلی ۱۲ آزمایش روی بستر متحرک صورت گرفته است که مشخصات مربوط به هر کدام از آن‌ها در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول (۲) مشخصات هیدرولیکی مربوط به هر یک از آزمایش‌ها

Test No.	Entrance Discharge in Main Canal (L/s)	Diversion Ratio	Flow Depth in Weir Upstream (m)	Froude Number in Upstream
L01F01	31.53	0.210	0.119	0.28
L01F02	48.57	0.207	0.135	0.36
L01F03	68.84	0.209	0.147	0.45
L02F01	38.28	0.125	0.119	0.35
L02F02	48.33	0.128	0.129	0.39
L02F03	72.01	0.137	0.147	0.48
L03F01	33.38	0.068	0.117	0.31
L03F02	47.68	0.069	0.141	0.33
L03F03	66.68	0.073	0.152	0.41
A01	32.53	0	0.124	0.28
A02	48.06	0	0.132	0.37
A03	52.06	0	0.137	0.38

Table (2) Hydraulic Characteristics of Each Test

استفاده شده است. همچنین برای جلوگیری از شسته شدن بستر در زمان معرفی جریان، به دلیل خشک و بسیار ریز بودن مصالح بستر از مصالح درشت دانه در ابتدای ورودی کانال استفاده شد.

شکل (۱) پلان شماتیک فلوم آزمایشگاهی و تجهیزات استفاده شده

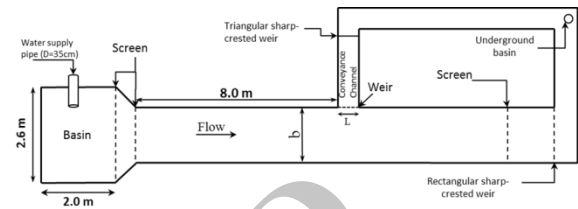


Fig. 1. Schematic plan of laboratory flume and equipment used

در تمام آزمایش‌ها، مواد رسوبی با دانه‌بندی معین شکل (۲) به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر در کف فلوم ریخته شده و شبیه معادل ۰/۰۰۱ روی رسوبات ایجاد شد.

شکل (۲) منحنی دانه‌بندی مصالح رسوبی استفاده شده در این پژوهش

($d_{50}=0.23 \text{ mm}$)

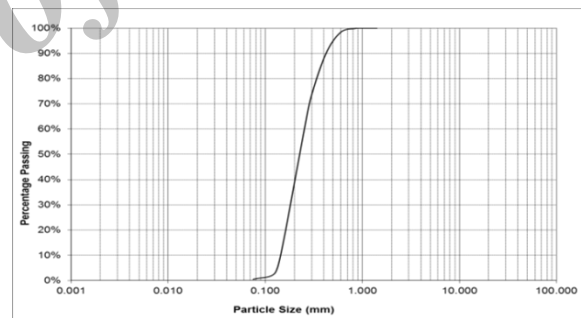


Fig. 2. Particle Size distribution curve of sediment material used ($d_{50} = 0.23 \text{ mm}$)

سرریز جانبی که در فاصله ۸ متری از ابتدای فلوم قرار گرفته است به صورت سرریز لبه تیز مستطیلی است و تراز تاج آن برای تمام آزمایش‌ها، در تراز ۸ سانتی‌متری از مواد رسوبی تنظیم شده است. برای اندازه‌گیری دبی در انتهای کانال اصلی از سرریز مستطیلی لبه تیز با فشردگی جانبی استفاده شده است و برای اندازه‌گیری میزان دبی انحرافی نیز از سرریز مثلثی در انتهای کانال آبگیر استفاده شده است. همچنین برای اندازه‌گیری تراز جریان از دستگاه ترازسنج و برای اندازه‌گیری تراز سطح رسوبات در انتهای هر آزمایش از دستگاه پروفایلر استفاده شده است. مشخصات مربوط به برپایی آزمایش در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول (۳) دامنه تغییرات پارامترهای بدون بعد موثر بر ابعاد فرم بستر

Effective Dimensionless Parameters	$\frac{Q_D}{Q_C}$	$\frac{y}{B}$	Fr	$\frac{d_{50}}{B} \times 10^3$	$\frac{\rho_s}{\rho}$	$\theta - \theta_C$	Re_*	$\frac{h}{B}$
Variation Range	0.06-0.21	0-1	0.2-0.5	0.27	2.67	0.2-0.25	6.4-7.4	0.13-0.18

Table (3) Dimensionless parameters range affecting the bedform dimensions

بالادست سرریز جانبی، $\frac{Q_D}{Q_C}$ نسبت انحراف جریان، B عرض آبراهه اصلی، y فاصله پروفیل برداشت شده از دیواره سمت چپ آبراهه (که سرریز جانبی روی آن نصب شده است)، h عمق جریان در بالادست سرریز جانبی و S_0 شیب بستر آبراهه، g شتاب ثقل، ρ دانسیته آب، μ لزجت دینامیکی، d_{50} اندازه میانه مصالح رسوبی مورد استفاده و ρ_s دانسیته مصالح رسوبی است.

آنالیز ابعادی پارامترهای گفته شده در رابطه ۱ نشان داد که پارامتر بدون بعد ابعاد هندسی بستر $\left(\frac{\varphi}{B}\right)$ تابعی از عوامل نشان داده شده در رابطه زیر است:

$$\varphi = f\left(\frac{Q_D}{Q_C}, \frac{y}{B}, Fr, \frac{h}{B}, \frac{d_{50}}{B}, \frac{\rho_s}{\rho}, \theta - \theta_C, Re_*\right) \quad (2)$$

که در این رابطه Fr عدد فرود در بالادست سرریز جانبی، θ عدد شیلدز و θ_C عدد شیلدز بحرانی و Re_* عدد رینولدز ذره است که دامنه تغییرات هر کدام از پارامترهای موجود در رابطه ۲ در جدول (۳) نشان داده شده است.

۳- ارائه فرم روابط پیشنهادی

مطابق جدول (۳) و رابطه ۲ می توان متغیرهای مستقلی که طول و ارتفاع فرم بستر به آن ها وابسته اند را نسبت انحراف جریان، نسبت فاصله از سرریز به عرض کانال، عدد فرود، نسبت اندازه ذرات به عرض کانال، دانسیته ذرات رسوبی، تفاوت عدد شیلدز از عدد شیلدز بحرانی، عدد رینولدز مرزی و نسبت عمق جریان به عرض کانال معرفی نمود. همان گونه که در جدول (۳) مشاهده می شود مقادیر ثابتی هستند و پارامترهای اندازه ذرات به عرض کانال مقادیر ثابتی هستند و پارامترهای مربوط به عدد رینولدز مرزی و عدد شیلدز نیز نوسان بسیار

لازم به گفتن است قبل از هر آزمایش، بستر با استفاده از دوربین نقشه برداری با شیب $0/001$ صاف می شود و قبل از اینکه جریانی وارد کانال اصلی شود، دستگاه های مربوط به اندازه گیری تراز جریان و بستر روی فلوم پیاده می شوند و درستی عملکرد آن ها کنترل می شود. سپس ولت متر دستگاه پروفایلر در فاصله ۳ متری از انتهای کانال اصلی و در نقطه ای چسبیده به دیواره سمت چپ (دیواره ای که سرریز جانبی روی آن قرار دارد) روی بستر صاف شده، روی صفر تنظیم می شود.

۱-۲- آنالیز ابعادی تغییرات جانبی طول و ارتفاع فرم بستر همان گونه که پیشتر گفته شد، سرریز جانبی دو اثر ویژه روی شکل بستر دارد که اولین مورد مربوط به اثر آن روی ابعاد هندسی فرم های بستر شکل گرفته نسبت به شرایطی که انحراف جریانی وجود ندارد، است و دومین اثر تشکیل پشته-ای از رسوبات ته نشین شده در مقابل سرریز جانبی است که در اثر کاهش ناگهانی توان جریان به وجود می آید که همین اثر را نیز می توان به شکل بزرگ تر شدن ابعاد هندسی فرم بستر در مقابل سرریز جانبی مشاهده نمود. بنابراین برای اینکه اثر سرریز جانبی روی فرم بستر به صورت کلی نمایش داده شود به آنالیز ابعادی تغییرات ابعاد هندسی فرم بستر در عرض کانال در شرایط استفاده از سرریز جانبی و همچنین در شرایط آزمایش شاهد که از سرریز جانبی استفاده نشده است، پرداخته خواهد شد. ابعاد هندسی فرم بستر (φ) تابعی از مجموعه ای از متغیرهای مستقل نشان داده شده در رابطه ۱ است:

$$\varphi = f(v, \frac{Q_D}{Q_C}, B, y, h, S_0, g, \rho, \mu, d_{50}, \rho_s) \quad (1)$$

در رابطه بالا φ طول یا ارتفاع فرم بستر، v سرعت جریان در

۳- نتایج و بحث

در این بخش ابتدا نمونه‌هایی از پروفیل‌های واقعی به دست آمده در طول آزمایش‌ها به صورت شکل‌های (۳ تا ۵) نشان داده شده است و اثر طول تاج سرریز، عدد فرود و فاصله از سرریز جانبی را می‌توان مشاهده نمود.

شکل (۳) پروفیل‌های مربوط به فواصل مختلف از سرریز جانب در آزمایش L02F02

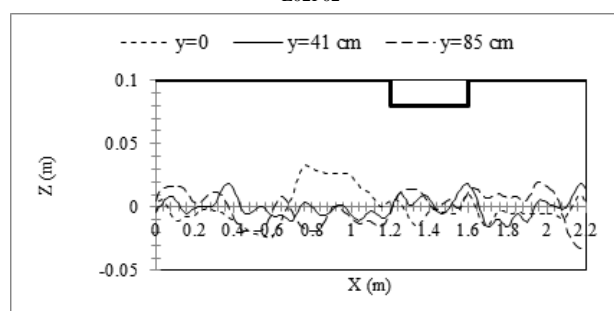


Fig. 3. Profiles for different lateral distances from the weir, Test No. L02F02

شکل (۴) اثر عدد فرود بر پروفیل بستر محور مرکزی کانال برای آزمایش‌های با عرض تاج ۴۰ سانتی‌متر

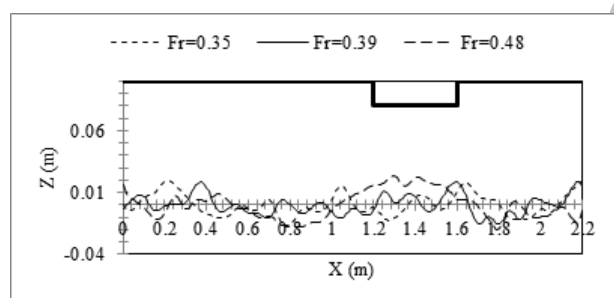


Fig. 4 Effect of Different Froude numbers on the profiles along the channel centre line for the tests with the weir crest of 40 cm

شکل (۵) اثر تغییرات طول تاج سرریز روی پروفیل‌های برداشت شده از محور کانال برای اعداد فرود تقریباً برابر با ۰/۴

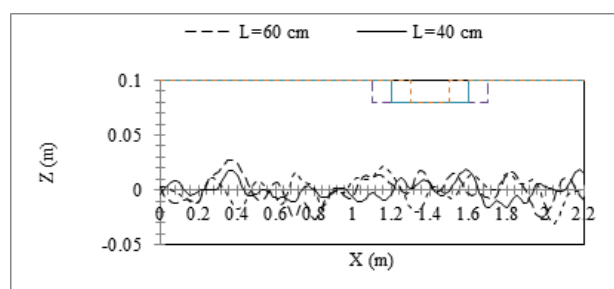


Fig. 5. Effect of side weir crest length on the profiles along the channel centre line in flows with Fr= 0.4

همان‌گونه که در شکل (۳) مشاهده می‌شود پروفیلی که

کمی دارند که با وجود اینکه این پارامترها موثر هستند ولی در آنالیز حال حاضر نقش چندانی ندارند و به همین دلیل از کاربرد آن‌ها در این آنالیز ابعادی چشم‌پوشی شده است. بنابراین می‌توان رابطه مربوط به تغییرات ابعاد هندسی فرم بستر در عرض کانال را به صورت رابطه ۳ متصور شد که در آن در حالتی که از سرریز جانبی استفاده نشده باشد، عامل نسبت انحراف جریان حذف خواهد شد البته طبیعی است که ضرایب مربوط به عوامل موثر نیز در حالتی که از سرریز استفاده نشده باشد تغییر خواهد کرد.

$$\frac{\varphi}{B} = \alpha_1 \left(\frac{y}{B}\right)^{\beta_1} + \alpha_2 \left(\frac{Q_D}{Q_C}\right)^{\beta_2} + \alpha_3 \left(\frac{h}{B}\right)^{\beta_3} + \alpha_4 Fr^{\beta_4} \quad (3)$$

برای تعیین ضرایب مربوط به رابطه ۳ پروفیل‌هایی که به فواصل ۳ سانتی‌متری از یکدیگر برداشت شده‌اند، مورد آنالیز قرار گرفته‌اند و ابعاد فرم بستر که برای هر عرض از کانال و برای هر کدام از آزمایش‌ها به دست آمده‌اند، به وسیله افزونه سالور در محیط اکسل تجزیه و تحلیل شد که البته لازم به گفتن است که تنها از ۸۰ درصد تعداد داده‌ها برای تعیین ضرایب (مرحله واسنجی) استفاده شده است و از ۲۰ درصد باقیمانده داده‌ها برای ارزیابی رابطه ۳ استفاده شده است. پارامتر ε_φ به عنوان خطای هر یک از داده‌های ابعاد فرم بستر مطابق رابطه زیر تعریف شد:

$$\varepsilon_\varphi = \frac{|\varphi_o - \varphi_c|}{\varphi_o} \times 100 \quad (4)$$

در رابطه فوق اندیس 0 نشان دهنده مقادیر مشاهده شده مربوط به پارامتر ابعاد فرم بستر و اندیس C نشان دهنده مقادیر تخمینی بدست آمده از روابط می‌باشند. در این پژوهش از فراوانی تجمع خطای مشاهده شده پارامترها به عنوان شاخصی در ارزیابی روابط پیشنهادی استفاده شد. همچنین از شاخص η_φ به عنوان انحراف مقادیر محاسبه شده از مقادیر واقعی استفاده شده است که رابطه مربوط به آن به صورت زیر است:

$$\eta_\varphi = \frac{\varphi_c}{\varphi_o} \quad (5)$$

همان‌گونه که در شکل (۶) نشان داده شده است بیشینه خطای رابطه ۳ برای حالتی که از سرریز جانبی استفاده نشده است خطای محاسبه ابعاد فرم بستر کمتر از ۳۰ درصد است. در حالی که برای حالتی که از سرریز جانبی استفاده شده باشد با اطمینان ۸۵ درصد خطا محاسباتی ابعاد فرم بستر کمتر از ۳۰ درصد خواهد بود. اشکال (۷ تا ۱۲) تغییرات خطای رابطه ۳ در مقابل تغییر متغیرهای مستقل و وابسته موجود در این رابطه به وسیله شاخص η_p ارزیابی شده است.

شکل (۶) مقایسه خطای پارامترهای هندسی فرم بستر در رابطه (۳) با مقادیر ضرایب جدول (۴) در شرایط حضور و عدم حضور سرریز جانبی

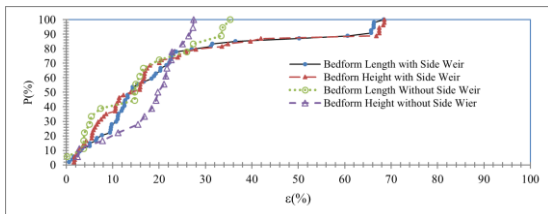


Fig. 6. Comparison of accuracy of the bedform geometric parameters in equation (3) using coefficients shown in table (4) With or without side weir conditions

شکل (۷) اثر نسبت انحراف جریان بر خطای رابطه (۳) برای محاسبه ابعاد هندسی فرم بستر

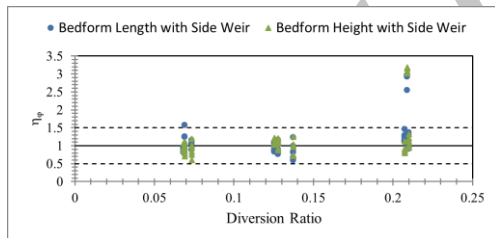


Fig (7) Effect of Diversion Ratio on the Error of Equation (3) for Calculating Bedform Dimensions

چسبیده به دیواره سمت چپ است دارای موج‌هایی با ابعاد بزرگتر هستند در حالی که در پروفیل‌های مربوط به محور مرکزی و دیواره مقابل سرریز تغییرات زیادی مشاهده نمی‌شود و در واقع این اثر انباشته شدن مواد رسوبی در مقابل سرریز جانبی است که باعث افزایش طول و ارتفاع هندسی فرم بستر می‌شود. همچنین همان‌گونه که در شکل (۴) نشان داده شده است در یک سرریز با طول تاج معین با افزایش عدد فرود ابعاد هندسی فرم بستر به وجود آمده در پروفیل برداشت شده از محور مرکزی کانال افزایش می‌یابند. همچنین برای یک عدد فرود نیز اثر طول‌های مختلف تاج سرریز در شکل (۵) نشان داده شده است که با افزایش طول سرریز جانبی، امواج بستر نیز ابعاد بزرگتری پیدا نموده‌اند. در ادامه به بررسی ضرایب به دست آمده برای رابطه ۳ ارائه خواهد شد و دقت آن در شرایط مختلف ارزیابی خواهد شد.

همان‌گونه که در بخش روش پژوهش گفته شد با استفاده از ۸۰ درصد از داده‌ها که به طور تصادفی انتخاب شده بودند ضرایب مربوط به رابطه ۳ برای هر کدام از پارامترهای ارتفاع و طول فرم بستر و برای حالت‌های حضور یا عدم حضور سرریز جانبی تعیین شدند که این ضرایب به صورت جدول (۴) نشان داده شده است

برای ارزیابی دقت رابطه ۳ برای شرایط مندرج در جدول (۴) همان‌گونه که در بخش روش پژوهش اشاره شد از منحنی‌های فراوانی تجمعی خطاها در مقابل مقادیر خطاها استفاده شده است که مجموعه این منحنی‌ها به صورت شکل (۶) نشان داده شده است.

جدول (۴) ضرایب بدست آمده برای رابطه (۳) در شرایط حضور و عدم حضور سرریز جانبی برای پارامترهای طول و ارتفاع فرم بستر

Conditions		Coefficient				Powers			
Side Weir	Parameters	1	2	3	4	1	2	3	4
Present		0.0036	15.68	1.34	2033	-1.14	3.7	0.75	10.98
		0.000675	8.67	1.91	1502	-0.74	27.47	23.09	36.83
Absent		0.0312	0	0.01	0.763	1.22	0	-0.28	0.79
		0.0014	0	0.0044	0.1077	1.22	0	-0.2	1.7

Table (4) Calculated Coefficients in Equation (3) for Bedform Length and Height With or Without Side Weir

شکل (۱۲) تغییرات خطای رابطه (۳) نسبت به تغییرات ارتفاع فرم بستر

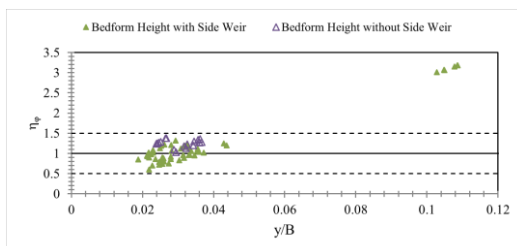


Fig. 12. Variation of the error of equation (3) with bedform height

همانطور که در شکل‌های (۱۱ و ۱۲) مشاهده می‌شود رابطه ۳ در تخمین ابعاد هندسی بزرگ دارای خطایی بیشتر از ۵۰ درصد است بنابراین با توجه به اینکه ابعاد هندسی فرم بستر با افزایش مشخصات جریان (عدد فرود و عمق) افزایش می‌یابند بنابراین انتظار می‌رود در جریان‌های با مقادیر بزرگ عدد فرود و عمق جریان، خطای بیشتری داشته باشیم که شکل‌های (۸ و ۹) بیان‌گر همین واقعیت است. همچنین با توجه به اثر افزایشی نسبت انحراف جریان (برای مواردی که از سرریز جانبی استفاده شده است) بر ابعاد هندسی فرم بستر، مطابق شکل (۷) مشاهده می‌شود که بیش‌ترین مقادیر خطا در آزمایش با بالاترین نسبت انحراف رخ داده است. همچنین همان‌گونه که در شکل (۱۰) مشاهده می‌شود این بیشینه خطا در نزدیکی دیواره مقابل سرریز جانبی قرار دارد.

با مقایسه ضرایب مربوط به جدول (۴) برای رابطه ۳ می‌توان اثر سرریز جانبی را به وضوح مشاهده نمود. به این ترتیب که اگر در رابطه گفته شده تمام عوامل عدد فرود، عمق و نسبت انحراف جریان (در صورت حضور سرریز جانبی) را صفر در نظر بگیریم به شکلی که تغییرات ابعاد هندسی فرم بستر فقط تابعی از فاصله پروفیل فرم بستر از سرریز جانبی باشد در این صورت می‌توان مشاهده نمود که در مقادیر نزدیک به صفر (در پروفیل‌های نزدیک سرریز جانبی) روابط مربوط به حالتی که در آنها از سرریز جانبی استفاده شده است، نشان دهنده افزایش ابعاد هندسی فرم بستر به صورت 0.7 و 0.2 برابر عرض بستر در کانال اصلی به ترتیب طول و ارتفاع فرم بستر است در حالی که روابط مربوط به آزمایش‌های بدون سرریز جانبی دارای مقادیر صفر است.

شکل (۸) اثر عدد فرود بر خطای تخمین رابطه (۳) برای ابعاد هندسی فرم بستر

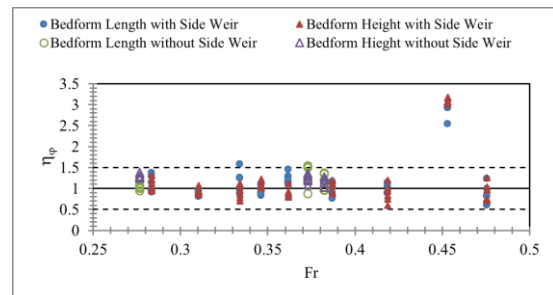


Fig. 8. froude number effect on the error of equation (3) for calculating bedform dimensions

شکل (۹) اثر عمق جریان بر خطای تخمین رابطه (۳) برای ابعاد هندسی فرم بستر

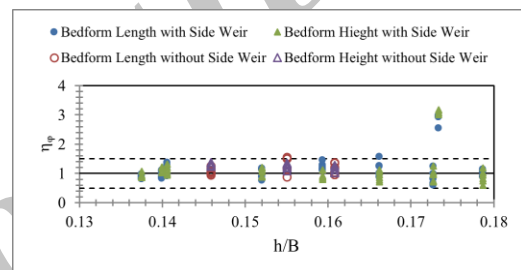


Fig. 9. Effect of flow depth on the error of equation (3) for calculating the bedform dimensions

شکل (۱۰) اثر فاصله از سرریز جانبی روی خطای تخمین رابطه (۳) برای ابعاد هندسی فرم بستر

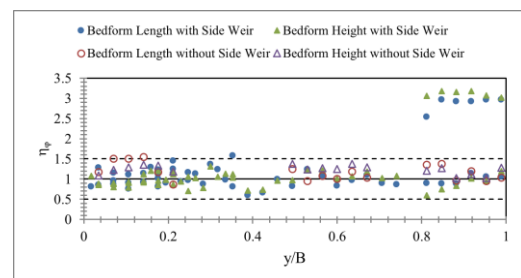


Fig. 10. Effect of lateral distance from side weir on the error of equation (3) for calculating the bedform dimensions

شکل (۱۱) تغییرات خطای رابطه (۳) نسبت به تغییرات طول فرم بستر

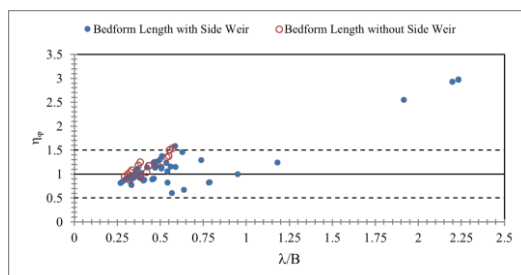


Fig. 11. Variation of the error of equation (3) with bedform Length

۴- نتیجه گیری

۱. ابعاد فرم بستر به چهار عامل نسبت فاصله از سرریز جانبی به عرض کانال، نسبت انحراف، نسبت عمق جریان به عرض کانال و عدد فرود وابسته است
۲. نتایج ارزیابی رابطه به دست آمده در حالت وجود سرریز، برای توزیع طول فرم بستر در عرض کانال نشان داد که این رابطه با اطمینان ۹۰ درصد خطایی کمتر از ۶۰ درصد با احتمال ۷۵ درصد خطایی کمتر از ۳۰ درصد در برآورد طول فرم بستر خواهند داشت که با توجه به طبیعت کاملاً تصادفی تشکیل فرم بستر این دقت قابل قبول است. ضمناً ارزیابی رابطه به دست آمده برای تغییرات عرضی ارتفاع فرم بستر در حالت استفاده از سرریز جانبی نشان داد که با اطمینان ۹۰ درصد خطای مقادیر محاسبه شده از رابطه پیشنهادی کمتر از ۵۰ درصد بوده و با احتمال ۷۵ درصد نیز رابطه گفته شده خطایی کمتر از ۳۰ درصد خواهد داشت.
۳. ارزیابی روابط پیشنهادی مربوط به تغییر عرضی طول فرم بستر برای آزمایش‌های بدون سرریز، نشان دهنده این امر است که بیشینه خطای محاسباتی کمتر از ۳۰ درصد بوده و بیشینه خطای رابطه مربوط به محاسبه ارتفاع فرم بستر کمتر از ۳۰ درصد است.
۴. بیشترین خطای رابطه ۳ برای مقادیر اعداد فرود، عمق و نسبت انحراف جریان بالا مشاهده شده است که این مسئله ضعف رابطه گفته شده را برای تخمین مقادیر بزرگ ابعاد هندسی فرم بستر نشان می‌دهد.
۵. شاخص‌ترین اثر سرریز جانبی روی فرم بستر در توان فاصله از سرریز جانبی نمایان است به گونه‌ای که در رابطه مربوط به آزمایش‌هایی که در آنها از سرریز جانبی استفاده شده است توان این عامل منفی و در رابطه مربوط به آزمایش‌های شاهد توان این عامل مثبت می‌باشد، که توان منفی نشان دهنده افزایش ابعاد فرم بستر با نزدیک شدن به سرریز جانبی است که در واقع اثر بالقوه افزایشی سرریز جانبی روی تغییرات ابعاد فرم، یعنی بدون توجه به اینکه چه جریانی در کانال اصلی وجود دارد ابعاد فرم بستر در اثر استفاده از سرریز جانبی افزایش می‌یابد که تخمین زده می‌شود این افزایش بالقوه طول

فرم بستر در حدود ۰/۷ برابر عرض کانال اصلی در مجاورت سرریز جانبی باشد و افزایش بالقوه مربوط به ارتفاع فرم بستر نیز در حدود ۰/۲ عرض کانال باشد.

References

۵- مراجع

- 1- Wittaker, J. G. 1984 A solution for sediment control at intakes, channel and channel control process. *Springer Publication, Berlin/West, Edited by Smith, K. V. H., 2, 29-41.*
- 2- Kressens, P. J. M. and Van Urk, A. 1986 Experimental studies on sedimentation due to water withdrawal. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 112(7), 641-656.*
- 3- Neary, V. S. and Odgaard, A. J. 1993 Three-dimensional flow structure at open channel diversions. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 119(11), 1223-1230.*
- 4- Atkinson, E. 1995 *A numerical model for predicting sediment exclusion at intakes.* Project Report, HR Wallingford Ltd.
- 5- Wang, Y., Odgaard, A. J., Melville, B. W. and Jain, S. C. 1996 Sediment control at water intakes. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 122(6), 353-356.*
- 6- Nakato, T. and Ogden, F. L. 1998 Sediment control at water intakes along sand bed rivers. *Journal of Hydraulic Engineering, 124(6), 589-596.*
- 7- Neary, V. S., Sotiropoulos, F., and Odgaard, A. J. 1999 Three-dimensional numerical model of lateral-intake inflows. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 125(2), 126-140*
- 8- Rosier, B. 2007 *Interaction of a side weir overflow with bed-load transport and bed morphology in a channel.* Ph.D. thesis, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Switzerland. Also in Schliess, A. J. (ed). Communication No. 34, Laboratory of Hydraulic Constructions (LCH), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Switzerland, ISSN, 1661-1179.
- 9- Rosier, B., Boillat, J.-L. and Schliess, A. J. 2011 Influence of lateral water withdrawal bed form geometry in channel. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 137(12), 1668-1675.*
- 10- Hassanzadeh M. 2013 *Experimental Study of the Influence of Side Weirs on Bed Form Dimensions in Vicinity of Side weir.* MSc thesis, Water Structures Engineering Group, University of Tarbiat Modares, Tehran, Islamic Republic of Iran. (In Persian)

Experimental Study of Effect of Hydraulic and Geometric Properties of Side Weir on Lateral Variation of Bed Form Dimensions of Main Channel

M. Hassanzadeh¹, S.A. Ayyoubzadeh^{2*}, M. Saneie³, M. Faramarz⁴

1- M.Sc., Water Structures Engineering Department, Tarbiat Modares University

2- Prof., Water Structures Engineering Department, Tarbiat Modares University

3- Assoc. Prof., Water Structures Engineering, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

4- Ph.D., Water Structures Engineering Department, Tarbiat Modares University

*ayyoub@modares.ac.ir

Abstract:

Side weir is one of the most important structures in flood control projects. The structure can be designed based on classic design procedure, provided the main channel bed is rigid. However, in the most practical cases, the main channel bed is movable; Consequently the changes in bed can produce wavelike patterns as bed forms. Additional effects of side weir on bed forms may also be produced due to an aggradation of sediment deposits in front of the weir. This causes additional bed resistance and increase in flow depth in comparison with the situation with no structure. Thus, the present research studies the effect of side weir hydraulic and geometric properties -including Froude Numbers, diversion discharge ratios and flow depths- on bed forms and its effect on design conditions. A set of experimental program -with 9 individual tests- was conducted in a flume with dimensions of 0.85 m width, 0.40 m height and 10 m length. The flume is located on a mobile bed, having median sediment particle size of 0.23 mm, running with side weirs with crest lengths of 20, 40 and 60 cm. Furthermore, 3 experiments were conducted without using any weir, as bench mark runs. The sediment bed level at the end of each run was recorded using the automatic bed profiler in a distance of 220 cm of main channel, so that the weir is located in the middle of the reach. These measurements were carried out in a net of points with incremental distance of 5 and 3 cm in longitudinal and transverse directions, respectively. The dimensions of bed forms including wave length and height were then determined using the well-known crest-through method. Dimensional analysis is undertaken for dependent and independent variables involved in the process of the phenomenon including properties of fluid, sediment particles, channel and weir geometry. Non-dimensional parameters are also introduced. Results indicate that the effect of flow depth, discharge, and diversion ratio on bed form dimensions are significant, and increase in these parameters will cause increase in both length and depth of bed forms. In addition, a number of four equations are suggested for the prediction of bed form dimensions in terms of characteristic parameters for both cases with and without using the weir. The parameters of the equations were calibrated using randomly selected 80% of all experimental data and the equations are then verified using the remaining 20%. Verification results revealed that the relation may predict bed form dimensions within the error values of 50 and 30 percent for the cases of using weir or not, respectively. Analyzing these relations showed an important influence of applying side weirs on lateral variation of bed form dimensions in the main channel. Thus, in comparison with the case with no side weir, an increase of up to 70% and 2% of channel width may occur in bed form length and height, respectively, near the side weir.

Keywords: side weir, bed form dimensions, Froude Number effect, diversion ratio