

بررسی آزمایشگاهی اثر زبری سیلاب‌دشت با آرایش زیگزاگی روی سرعت و تنش برشی در کانال مرکب

سمیه عزیزی^{۱*}، اکرم عباسپور^۲، علی حسین‌زاده دلیر^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۱۶

چکیده

زبری سیلاب‌دشت در کانال مرکب و تاثیر آن بر پارامترهای هیدرولیکی نظیر تنش برشی مرزی و برآورد آن یکی از مسائلی است که توجه مهندسين را به خود جلب کرده است. هدف از تحقیق حاضر تعیین نحوه و نسبت توزیع تنش برشی در جداره‌ها و کف مقطع نیمه مرکب و تغییرات پروفیل سرعت در شرایط بستر صاف و زبر است. جهت بررسی اثر زبری بر این پارامترها، از چهار نوع زبری صلب از جنس چوب استفاده شد. این زبری‌ها با آرایش زیگزاگی با دو فاصله ۴k و ۸k در سیلاب‌دشت قرار داده شد. در مجموع ۹۰ آزمایش انجام شد که دبی جریان در محدوده ۵۴/۴ - ۲۱/۶۶ لیتر بر ثانیه بود. جهت محاسبه تنش برشی از پرستون تیوب با قطر خارجی ۳ میلی‌متر و مجهز به حسگرهای فشار دینامیکی استفاده گردید. جهت تبدیل تفاضل فشار استاتیکی و دینامیکی قرائت شده توسط لوله پرستون به تنش برشی از منحنی کالیبراسیون پاتل استفاده شد. نتایج نشان داد که برای آرایش زیگزاگی با تراکم ۴k به دلیل اینکه تراکم زبری‌ها زیاد بود و مساحت بیش‌تری از سیلاب‌دشت پوشیده از زبری است تنش برشی کاهش یافته است. در بستر زبر تنش برشی در سیلاب‌دشت افزایش قابل ملاحظه‌ای نسبت به بستر صاف داشت و توزیع تنش طوری بود که روند نزولی آن از کانال اصلی تا دیواره سیلاب‌دشت بود. میزان افزایش تنش برشی با زبری به فاصله ۸k، ۲۷٪ تا ۳۸٪ بیش‌تر از شرایط هیدرولیکی مشابه در بستر صاف بود. با افزایش سرعت جریان روی زبری با آرایش b₂ و d₂، به ازای دبی‌های Q₃ تا Q₅ تنش برشی بستر در مقایسه با فاصله ۸k تقریباً ۵٪ تا ۱۲٪ کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: توزیع تنش برشی، زبری، سیلاب‌دشت، کانال مرکب، لوله پرستون

مقدمه

نوع لگاریتمی عمود بر محیط خیس شده است، اندازه‌گیری شده است و معادله توزیع تنش برشی برای محاسبه تنش‌های برشی روی دیواره‌ها و بستر کانال‌های صاف مستطیلی ارائه دادند (Bilgil, 2010). پوشش گیاهی در بسیاری از جریان‌ها و رودخانه‌ها وجود دارد و موجب تغییر ساختار جریان، افزایش تراز سیلاب، افزایش مقاومت کلی جریان و کاهش دبی سیلاب می‌شود. از این رو نقش قابل توجهی در تثبیت سواحل و احیای زیست محیطی رودخانه‌ها دارد. با توجه به اینکه خصوصیات متفاوت این زبری‌ها از قبیل تراکم، ترتیب قرارگیری و نوع زبری بر تنش‌های برشی و پروفیل‌های سرعت اثرگذار می‌باشد، بررسی تاثیر این پارامترها حائز اهمیت است.

تاکنون محققین زیادی مطالعات عددی و آزمایشگاهی مختلفی را برای بررسی خصوصیات هیدرولیکی جریان در مقاطع مرکب و با در نظر گرفتن شرایط مختلف زبری انجام دادند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که هر دو پارامتر ابعاد و تراکم پوشش گیاهی بر روی پروفیل و انتقال جریان اثر می‌گذارند و جریان مستغرق غالباً روی تبادل مومنتم بین لایه پوشش‌های گیاهی و لایه‌های بالای آن اثرگذار است (termini

کانال‌های جمع‌آوری و انتقال آب به دو صورت مقاطع ساده^۴ و مرکب^۵ طراحی می‌شوند. هیدرولیک جریان در مقاطع مرکب تا اندازه زیادی متفاوت از مقاطع ساده است. دو بخش اصلی و سیلاب‌دشت با صفات متفاوت جریان، مانند: زبری سطح، عمق جریان و غیره تشکیل شدند. بیلگیل، به بررسی همبستگی و توزیع تنش برشی برای جریان توربولانت در کانال مرکب مستطیلی پرداخت. در این مطالعه تنش برشی دیواره‌ها در جریان توربولانت برای کانال‌های مستطیلی با استفاده از بررسی تغییرات سرعت و با فرض اینکه توزیع سرعت از

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، گروه مهندسی آب، دانشگاه تبریز

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه تبریز

۳- استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه تبریز

(*- نویسنده مسئول: (Email: somayahazizi91@gmail.com)

4- single channel

5 -compound channel

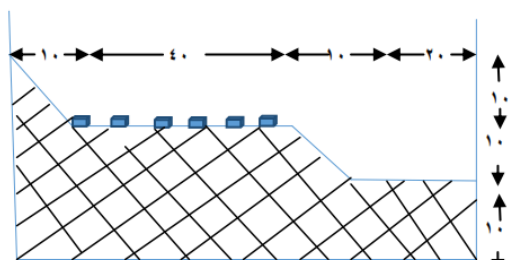
صورت s- شکل است (Yang et al., 2007).

چنگ و چو، به مقایسه تاثیر دیوار جانبی بر روی تنش برشی بستر در کانال‌های باز پرداختند. آن‌ها براساس اندازه‌گیری مستقیم تنش-برشی مرزی در جریان کانال‌های روباز و داده‌های آزمایشگاهی از اندازه زبری معادل برای شرایط بستر رسوبی متحرک مدل جدیدی برای تنش برشی ارائه دادند و آن را با فرمول‌های متداول مقایسه کردند. برای جلوگیری از پیچیدگی‌هایی که بر اثر وجود فرم بستر و تشکیل درگ ناشی از فرم بستر می‌شود فقط شرایط بستر صاف در نظر گرفته شد (Cheng and Chua, 2005).

پوشش گیاهی موجود در سطح سیلاب دشت‌ها با ایجاد زبری در دیواره کانال‌ها و دشت‌های سیلابی رودخانه‌ها مقاومت هیدرولیکی مزاددی در برابر جریان به وجود می‌آورد و پایداری مکانیکی آبراهه و سواحل را افزایش می‌دهد که روی پارامترهای هیدرولیکی بسیار اثرگذار می‌باشد. هدف از این مطالعه، بررسی جریان در کانال مرکب دارای زبری صلب در حالت مستغرق با استفاده از زبری‌هایی از جنس چوب در سیلاب‌دشت و همچنین بررسی اثر این زبری‌ها بر روی پارامترهای هیدرولیکی نظیر تنش‌های برشی و پروفیل‌های سرعت می‌باشد. بدین منظور مدل‌های مختلف شامل، یک مدل آرایش (زیگزاگی) طراحی می‌شود که هر کدام از این مدل‌ها با ۵ دبی مختلف مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های تحقیق حاضر در آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی آب دانشگاه تبریز و با استفاده از یک فلوم آزمایشگاهی به طول ۸ متر، عرض ۰/۸ متر و ارتفاع ۰/۵ متر اجرا شد. جریان به کمک یک سرریز مستطیلی واسنجی شده اندازه‌گیری شد. به منظور ایجاد مقطع مرکب مطابق شکل ۱، با استفاده از صفحات پلکسی گلاس یک پله به عرض ۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر در مقطع عرضی کانال احداث شد. دیواره‌های جانبی و کف سیلاب‌دشت به ترتیب به صورت مایل و افقی هستند و نسبت عرض دشت سیلابی به عرض آبراهه اصلی ثابت و برابر ۲ در نظر گرفته شد (اعداد روی شکل برحسب سانتی‌متر می‌باشند).



شکل ۱- مقطع عرضی کانال نیمه مرکب مورد مطالعه

(et al., 2015). یونسی و همکاران (۱۳۹۴)، اثر زبری سیلاب‌دشت بر هیدرولیک جریان در مقاطع مرکب با سیلاب‌دشت واگرا را بررسی کردند، آن‌ها آزمایش‌هایی برای سه عمق نسبی و سه زاویه واگرایی سطح سیلاب‌دشت انجام دادند، نتایج نشان داد که در مقطع غیر منشوری، با افزایش زبری سیلاب دشت، نسبت سرعت متوسط جریان در سیلاب‌دشت‌ها به کانال اصلی در حدود ۳۱ درصد کاهش و آشفتگی جریان در حدود ۲۵ درصد افزایش می‌یابد، هم‌چنین با افزایش آشفتگی، تنش برشی بستر در محل اتصال کانال اصلی به سیلاب‌دشت از ۲۶ به ۴۸ درصد افزایش می‌یابد. موهانتی و همکاران، به بررسی تغییرات لایه تنش در کانال‌های مرکب پرداختند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که عرض لایه تنش به شرایط هندسی و شرایط جریان وابسته می‌باشد و رشد لایه تنش با افزایش نسبت عرض کاهش یافته و با کاهش عمق نسبی افزایش می‌یابد. هم‌چنین رشد لایه تنش به شیب کناره کانال اصلی نیز وابسته می‌باشد ولی چگونگی تغییرات آن به علت محدود بودن داده‌های آزمایشگاهی تعیین نشده است. هم‌چنین در این تحقیق مدل‌های ریاضی ارائه شده است که رابطه عرض لایه تنش را با عمق نسبی، نسبت عرض و تفاوت‌های بین مقادیر یکسان سرعت در کانال اصلی و دشت‌های سیلابی را نشان می‌دهند (Mohanty et al., 2011). لشکرآرا و همکاران با استفاده از روش پرستون و تکنیک جذب مومنتوم، به بررسی تعیین تنش برشی متوسط کف و جداره‌های کانال مستطیل شکل پرداختند. آن‌ها روابطی را به منظور تنش برشی کف و جداره پیشنهاد نمودند (Lashkar Ara and Jael., 2010). صانعی و همکاران (۱۳۹۱)، به بررسی آزمایشگاهی اثر ضریب زبری پوشش گیاهی در سیلاب‌دشت‌ها پرداختند. آن‌ها پس از آنالیز ابعادی و تعیین اعداد بدون بعد، رابطه‌ی ضریب زبری با اعداد بدون بعد را بررسی کردند و در نهایت برای هر یک از انواع پوشش‌ها به تفکیک نوع آرایش، روابط ریاضی کاربردی برای تخمین ضریب زبری به صورت تابعی از شرایط پوشش (تراکم) و شرایط جریان (عدد فرود) ارائه دادند. وحیدی و امید (۱۳۹۱)، به مطالعه تاثیر پوشش گیاهی صلب غیرمستغرق بر ضریب زبری و تنش برشی در شرایط جریان غیر یکنواخت تدریجی پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش تراکم گیاهی، باعث افزایش مقاومت جریان و در نتیجه باعث کاهش تنش برشی در کف و کاهش نرخ انتقال رسوبات کف شد. یانگ و همکاران، نیز تاثیر پوشش گیاهی سیلاب‌دشت را بر ساختار جریان در مقاطع مرکب بررسی کردند، نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که وجود هر سه نوع پوشش گیاهی منجر به کاهش سرعت جریان در سیلاب‌دشت می‌شود. در حضور پوشش گیاهی، گرادیان عرضی سرعت جریان در سیلاب-دشت و همچنین تنش برشی ظاهری در سطح مشترک کانال اصلی و سیلاب‌دشت افزایش می‌یابد. درحالی‌که در نبود پوشش گیاهی پروفیل عمقی سرعت جریان به صورت لگاریتمی و با حضور پوشش گیاهی به

سرعت، از مکعب‌های چوبی با ابعاد متفاوت به عنوان زبری استفاده گردید. آرایش زبری‌ها به صورت زیگزاگی با دو فاصله $4k$ و $8k$ (ارتفاع زبری‌ها) در نظر گرفته شد. در جدول ۲ اطلاعات مربوط به ابعاد و زبری‌ها نشان داده شده است. در مجموع ۹۰ آزمایش شامل ۱۰ آزمایش مربوط به حالت بستر صاف و ۸۰ آزمایش مربوط به بستر زبر انجام گردید. نمای جانبی از مقطع مرکب مورد استفاده در شکل ۲ نشان داده شده است.

از دو شیب طولی برای بستر کانال اصلی و دشت سیلابی با مقادیر $0/015$ و $0/02$ استفاده شد. به منظور افزایش دقت در برقراری جریان یکنواخت، در طول فلوم در ورودی فلوم از توری‌ها و موانعی استفاده شد. اطلاعات مربوط به دبی‌های استفاده شده در آزمایش‌ها طبق جدول ۱ بود. سری اول آزمایش‌ها در حالت بدون زبری روی دشت سیلابی اجرا شد. در سری دوم آزمایش‌ها جهت بررسی تاثیر زبری بر ساختار جریان و تغییرات تنش برشی و پروفیل

جدول ۱- دبی‌های استفاده شده در آزمایشات

دبی (لیتر بر ثانیه)	
دبی ۱	۲۱/۶۶
دبی ۲	۲۹/۴۶
دبی ۳	۳۶/۰۳
دبی ۴	۴۳/۳۱
دبی ۵	۵۴/۴



شکل ۲- نمای جانبی فلوم مورد استفاده در تحقیق حاضر

منابع اصلی ایجاد خطا در تعیین تنش برشی در اکثر تحقیقات گذشته می‌باشد که در این تحقیق با استفاده از میدل فشار^۱ این خطا به مقدار چشم‌گیری کاهش داده شد. این حسگرها توسط سیم‌های رابط به دستگاه میدل آنالوگ به دیجیتال و از آنجا به سیستم کامپیوتری و نرم افزار پردازشگر اطلاعات مرتبط می‌گردد (شکل ۳). در این تحقیق تنش برشی به صورت غیر مستقیم اندازه‌گیری شده است. جهت اندازه‌گیری تنش از پرستون تیوب بهره گرفته شده است. سپس با استفاده از اختلاف فشارهای استاتیکی و دینامیکی به دست آمده در هر نقطه به کمک لوله پرستون، با استفاده از معادله انرژی،

روش‌های محاسبه تنش‌های برشی

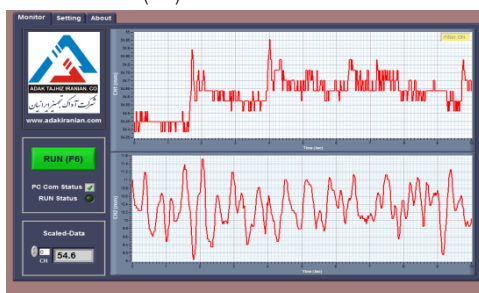
اندازه‌گیری دقیق میزان تنش برشی در مکانیک سیالات اهمیت بسیار زیادی دارد. به طور کلی دو روش مستقیم و غیر مستقیم برای اندازه‌گیری تنش برشی وجود دارد. با استفاده از سنسورهای المانی شناور، می‌توان تنش برشی را به طور مستقیم اندازه‌گیری نمود. با وسایل غیرمستقیم نیز می‌توان تنش برشی را اندازه‌گیری کرد. با این وجود برای شرایط جریان پیچیده (مانند جریان سه بعدی) تخمین‌های تئوریک و حتی وسایل غیرمستقیم مانند لوله پرستون کاربردشان محدود می‌شود. بنابراین اهمیت وسایلی که به طور مستقیم به اندازه‌گیری تنش برشی می‌پردازند، آشکار می‌شود. قرائت اختلاف فشار حاصل از تبدیل سرعت به ارتفاع آب در لوله‌های پرستون، یکی از

1- Pressure transducer

سرعت‌ها در هر نقطه محاسبه شده است. سپس با استفاده از فشارهای محاسبه شده توسط پرستون تیوب، با بهره‌گیری از روش پاتل، تنش برشی اندازه‌گیری شد.



(الف)



(ب)

شکل ۳- الف: نرم‌افزار مبدل اندازه‌گیری نوسانات فشار
ب: سیستم مبدل نوسانات فشار

جدول ۲- اطلاعات مربوط به بسترهای زبر با آرایش زیگزاگی

شیب فوم	فاصله طولی زبری	فاصله عرضی زبری	طول زبری L (cm)	K(cm)	نوع بستر
$S_1=0.0015$ و $S_2=0.002$	۸K	ثابت	۱/۵	۱/۵	a۱
$S_1=0.0015$ و $S_2=0.002$	۴K	ثابت	۱/۵	۱/۵	a۲
$S_1=0.0015$ و $S_2=0.002$	۸K	ثابت	۱۰	۱/۵	b۱
$S_1=0.0015$ و $S_2=0.002$	۴K	ثابت	۱۰	۱/۵	b۲
$S_1=0.0015$ و $S_2=0.002$	۸K	ثابت	۱/۵	۲/۵	c۱
$S_1=0.0015$ و $S_2=0.002$	۴K	ثابت	۱/۵	۲/۵	c۲
$S_1=0.0015$ و $S_2=0.002$	۸K	ثابت	۱۰	۲/۵	d۱
$S_1=0.0015$ و $S_2=0.002$	۴K	ثابت	۱۰	۲/۵	d۲

جداره و کف را می‌توان بصورت رابطه (۱) بیان نمود:
بنابراین متغیرهای موثر در تعیین متوسط سرعت برشی جداره و کف را می‌توان بصورت رابطه (۱) بیان نمود:

$$f \quad (1)$$

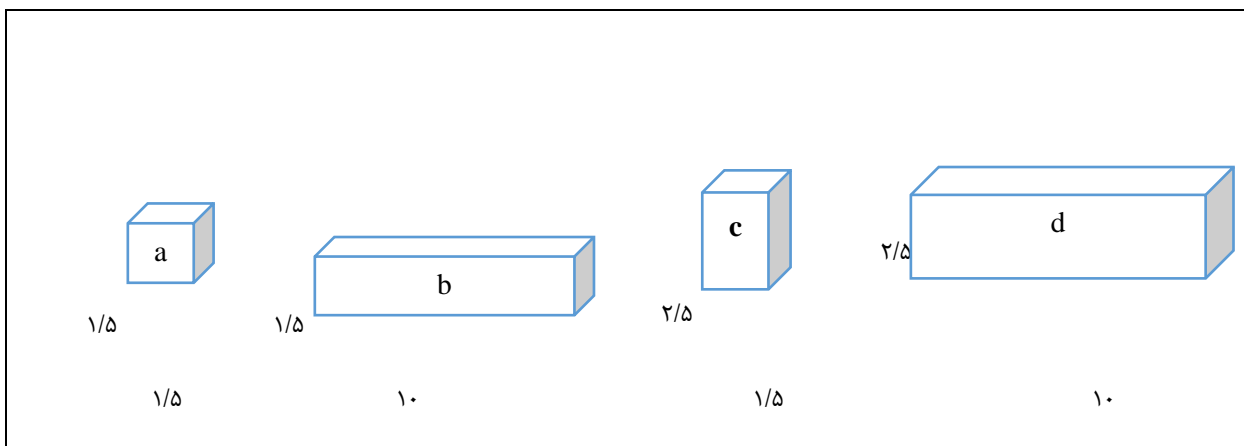
$$(u_* L, \rho, \nu, g, V, y_1, y_2, b_1, b_2, K, S) = 0$$

در شکل ۵ چگونگی آرایش زبری‌های مورد بررسی نشان داده شده است.

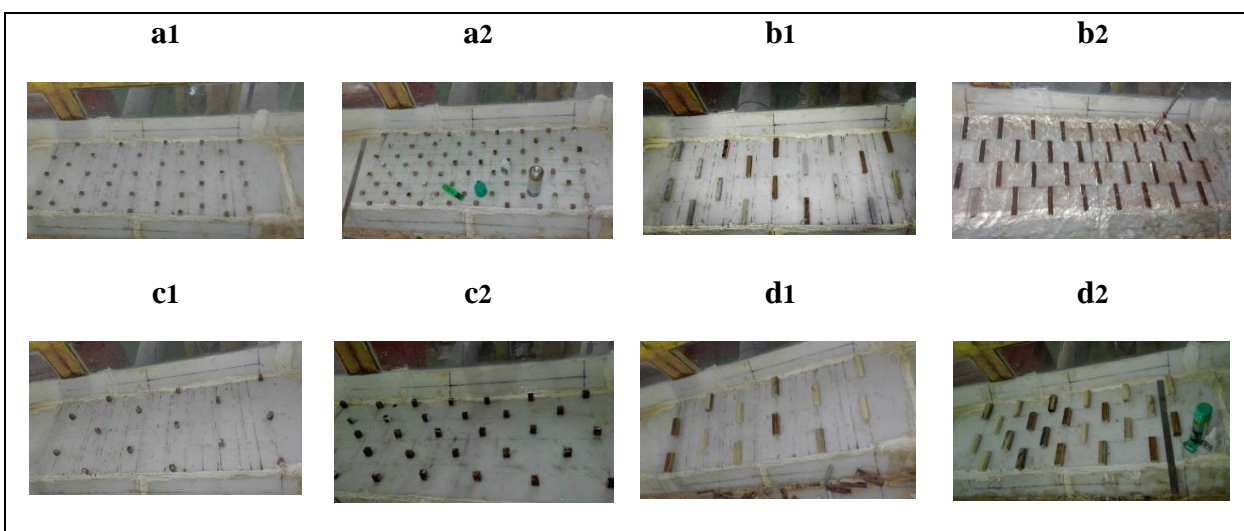
زبری‌های مورد استفاده در آزمایشات با استفاده از چوب مطابق شکل ۴ ساخته و مورد استفاده قرار گرفت و برای تفهیم راحت به صورت حروف a, b, c و d نامگذاری شده‌اند (اعداد بر حسب سانتی-متر می‌باشند).

آنالیز ابعادی

شناخت پارامترهای بی‌بعد درک ما را از پدیده‌های جریان سیال عمیق‌تر می‌نماید. متغیرهای بدون بعد در مطالعات آزمایشگاهی از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشند. روش‌های مختلفی برای تحلیل ابعادی موجود است که از مهم‌ترین و پرکاربردترین آن‌ها روش π باکینگهام می‌باشد. متغیرهای موثر در تعیین متوسط سرعت برشی



شکل ۴- نمایی از زبری‌های مورد استفاده در آزمایشات



شکل ۵- آرایش زیگزواگی زبری‌ها

تغییرات تنش برشی در سیلاب‌دشت کانال مرکب در حالت‌های بستر صاف و حضور زبری‌های مختلف، آزمایش‌هایی با دبی‌های متفاوت و به ازای دو شیب کف و دو فاصله متفاوت انجام گرفت. در این بخش نتایج حاصل از این آزمایش‌ها ارائه خواهند شد. در شکل ۶ نمونه‌هایی از توزیع عرضی سرعت متوسط عمقی جریان به ازای دبی‌های مختلف در بستر صاف و زبر نشان داده شده است. با توجه به توزیع عرضی سرعت جریان (شکل ۶) می‌توان استنباط کرد که سرعت جریان در کانال اصلی به دلیل کم بودن عرض جریان در مقایسه با سیلاب‌دشت بیش‌تر از سرعت جریان در دشت سیلابی می‌باشد. و در مرز مشترک کانال اصلی و سیلاب‌دشت افت ناگهانی سرعت اتفاق می‌افتد. این کاهش موضعی سرعت جریان می‌تواند به علت جریان‌های ثانویه قوی در این ناحیه باشد. توزیع سرعت در عرض کانال و در هر دو شیب روند مشابهی را طی می‌کند و با

که در اینجا: (h) عمق آب در کانال، (y_1) عمق جریان در کانال اصلی، (y_2) عمق جریان در دشت‌های سیلابی علاوه کانال اصلی. (g) شتاب ثقل، (L) طول زبری، (λ) تراکم زبری، (K) ارتفاع زبری، b_1 عرض کف کانال اصلی، b_2 عرض کف هر یک از دشت‌های سیلابی، (S) شیب کانال، (ρ) جرم واحد حجم آب (U) لزوجت سینماتیک، (v) سرعت جریان در کانال، (Q) دبی جریان در کانال و U_* سرعت برشی می‌باشند. بنابراین می‌توان به رابطه ۲ جهت تخمین تنش برشی بستر و دیوار در شرایط زیر بحرانی دست یافت.

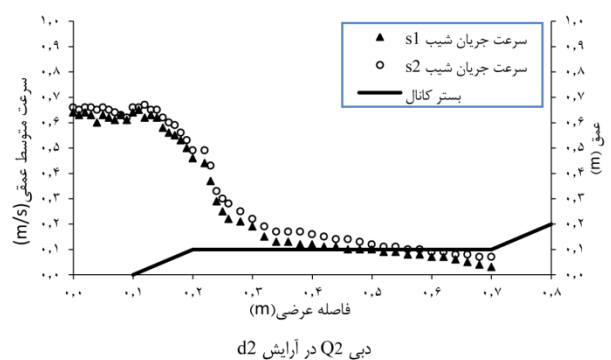
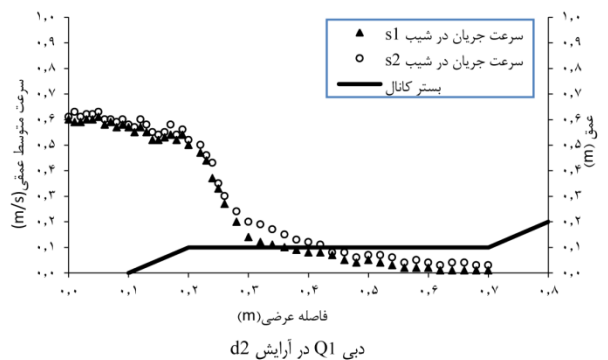
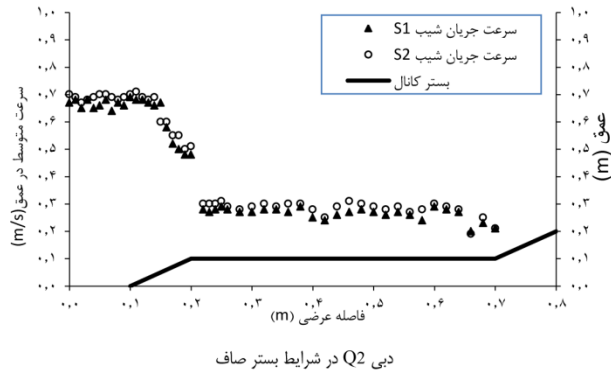
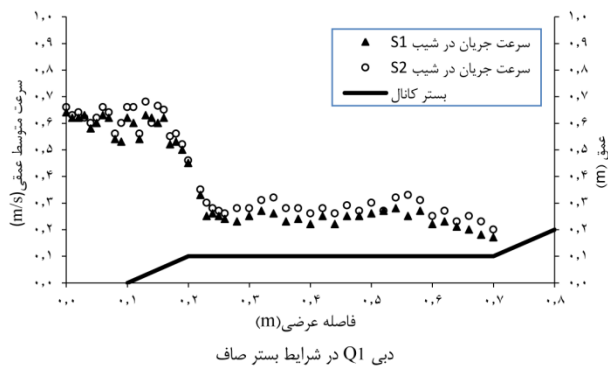
$$\frac{\tau_w}{\rho g S} = f_1 \left(Fr, Re^*, \frac{b_1}{y_2}, \frac{b_2}{y_2}, \frac{K_1}{y_2}, \frac{y_2 - y_1}{y_2} = Dr, S \right) \quad Fr < 1 \quad (2)$$

نتایج و بحث

همانگونه که در بخش‌های قبلی بیان شد، به‌منظور بررسی

کند، در حالی که در آزمایش‌های حالت صاف، پروفیل سرعت جریان در مرز مشترک کانال اصلی و دشت سیلابی به طرف دیوار دشت سیلابی روند ثابتی دارد.

افزایش دبی و افزایش شیب، مقادیر سرعت در مقطع اصلی کانال و سیلاب‌دشت افزایش می‌یابد. در آزمایش‌های با حضور زبری در سیلاب‌دشت، با فاصله گرفتن از دیواره کانال اصلی به سمت دیواره دشت سیلابی، پروفیل سرعت جریان روند کاهشی دنبال می‌-



شکل ۶- توزیع سرعت متوسط عمقی در عرض کانال نیمه مرکب

بیش از دشت سیلابی است و با نزدیک شدن به دیواره دشت سیلابی، مقدار آن کاهش می‌یابد. اما در ناحیه مرزی کانال اصلی و دشت سیلابی تنش به‌طور ناگهانی افزایش می‌یابد. یعنی در کانال اصلی تنش برشی افزایش می‌یابد. افزایش در تنش برشی را می‌توان به انتقال مومنتوم از کانال اصلی به دشت سیلابی نسبت داد.

باتوجه به شکل ۸ می‌توان استنباط کرد که به‌ازای دبی‌های مختلف جریان، با افزایش عمق جریان میزان تنش برشی افزایش می‌یابد. توزیع تنش برشی در طول کانال در بسترساف تقریباً روند یکسانی دارند. همچنین با افزایش شیب و متعاقباً افزایش سرعت جریان، تنش برشی نیز افزایش می‌یابد.

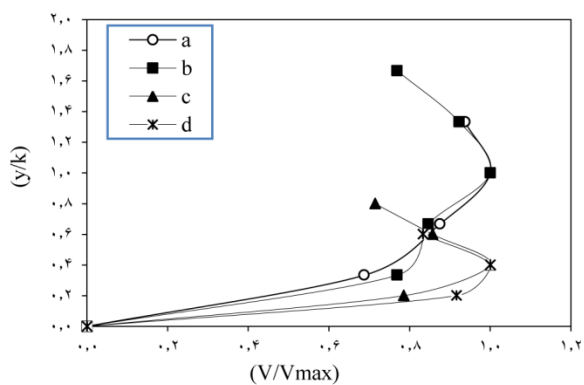
نمودار تنش برشی به‌ازای عمق نسبی در شکل ۹ در سیلاب‌دشت برای شرایط بسترساف نشان داده شده است. با توجه به این شکل می‌توان نتیجه گرفت که در کانال اصلی و در سیلاب‌دشت با افزایش دبی و عمق نسبی جریان، تنش برشی به‌صورت غیر خطی افزایش می‌یابد.

در شکل ۷ پروفیل‌های سرعت در سیلاب‌دشت نشان داده شده است. با توجه به این نمودارها مشاهده می‌شود که زبری دشت سیلابی منجر به کاهش شدید سرعت جریان در دشت سیلابی در مقایسه با کانال با بسترساف شده است.

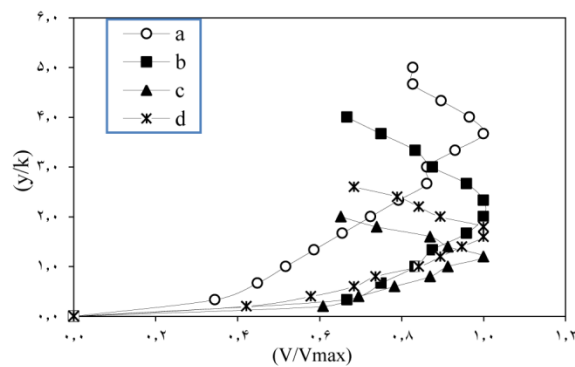
همچنین با توجه به این شکل‌ها می‌توان دریافت که هر چه ارتفاع زبری سیلاب‌دشت بیشتر می‌شود، مقادیر ماکزیمم سرعت به سمت محور $\frac{v}{v_{max}}$ نزدیک می‌شوند که نشان‌دهنده روند کاهشی سرعت ناشی از افزایش زبری است. همچنین روند کاهشی سرعت در نزدیکی سطح آب در همه پروفیل‌ها مشهود است. در حالتی که فاصله زبری‌ها ۴k است فاصله زبری‌ها کم‌تر و تعداد آن‌ها افزایش می‌یابد، در نتیجه سرعت جریان نسبت به تراکم ۸k کاهش بیشتری دارد.

تنش برشی در کانال مرکب، بسترساف و زبر

باتوجه به نمودارهای تنش برشی می‌توان دریافت که تنش برشی در عرض کانال متغیر است. از شکل ۸ می‌توان نتیجه گرفت که مقدار تنش برشی در کانال اصلی به‌طور کلی بسیار

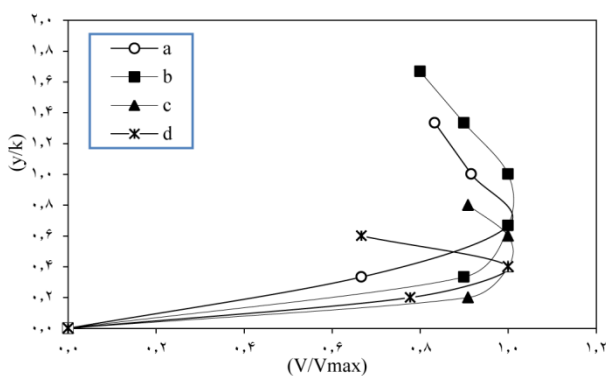


Q1

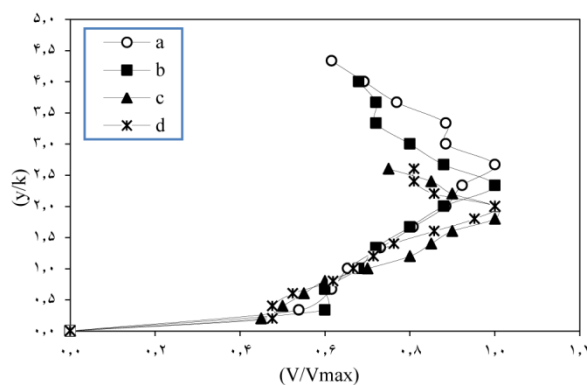


Q2

(الف)



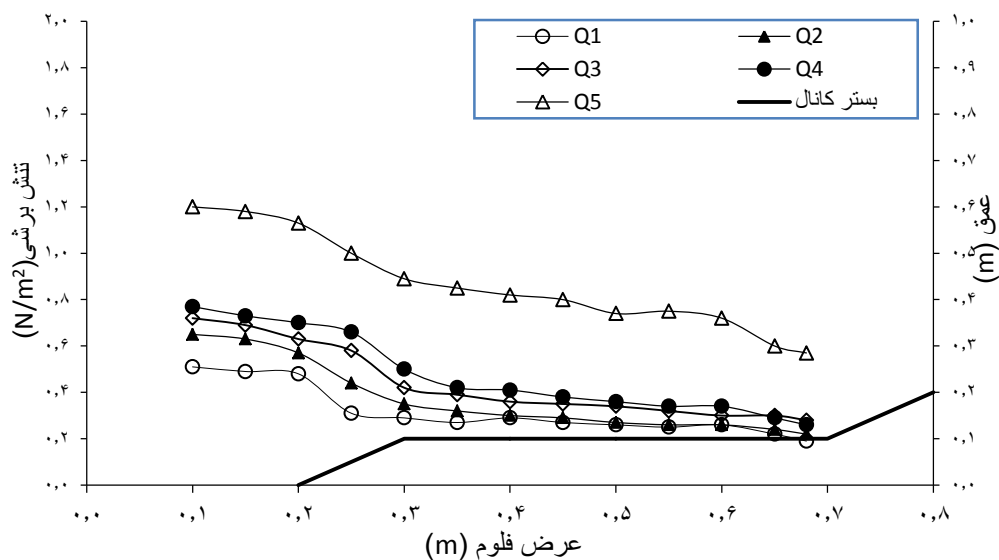
Q3



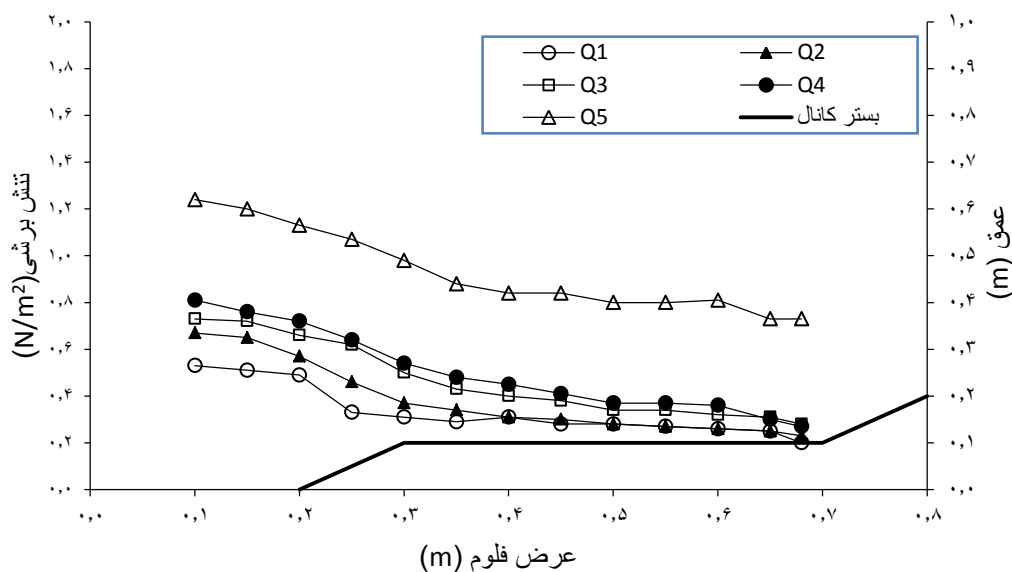
Q4

(ب)

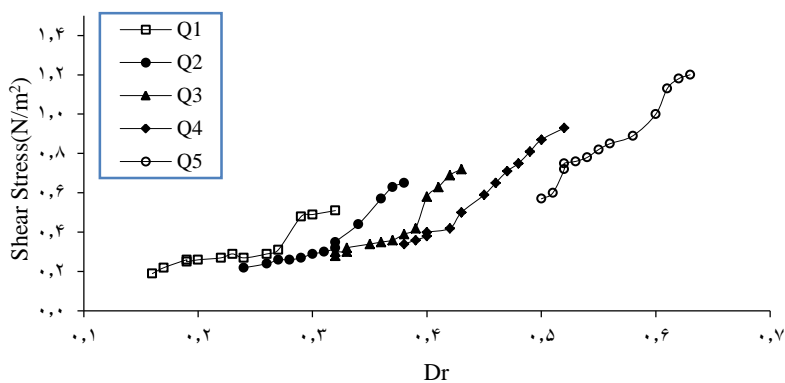
شکل ۷- پروفیل‌های عمقی سرعت جریان در سیلاب‌دشت با فواصل زبری (الف): λK و (ب): ϵK



الف: شیب S1 به ازای دبی‌های مختلف



ب: شیب S_۲ به ازای دبی‌های مختلف
 شکل ۸- تغییرات تنش برشی در عرض کانال در شرایط بستر صاف



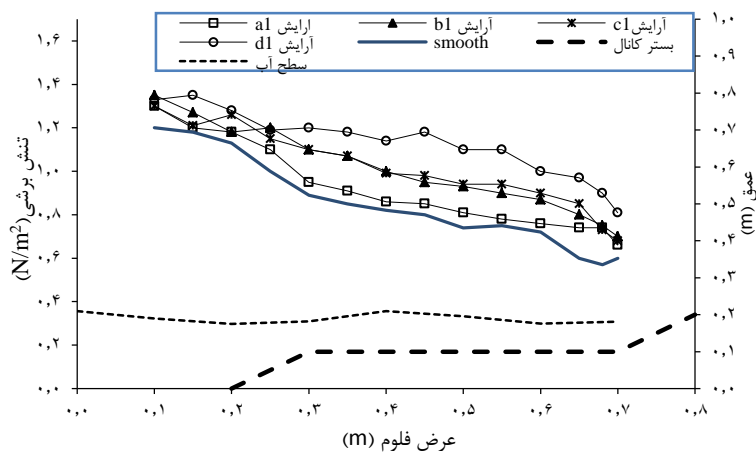
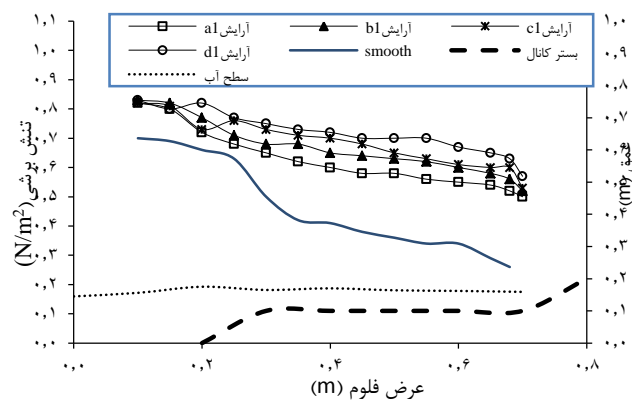
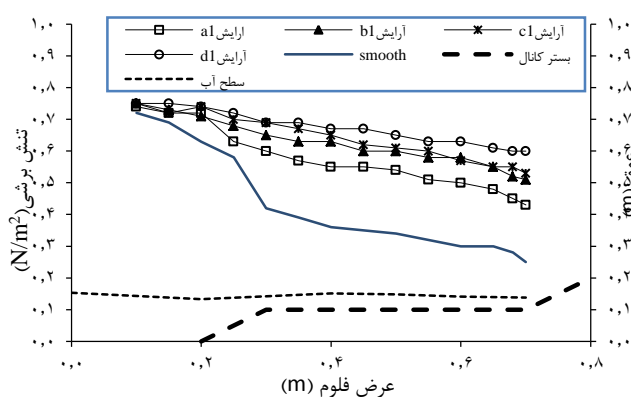
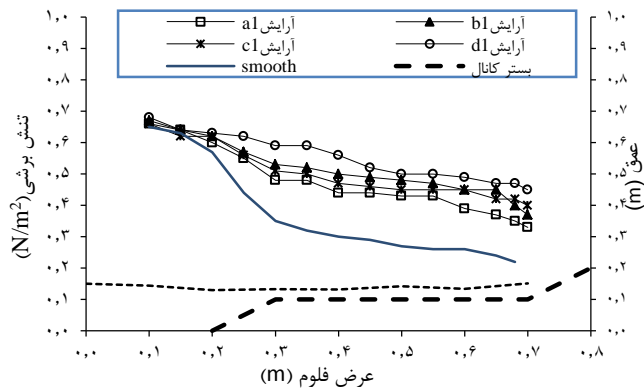
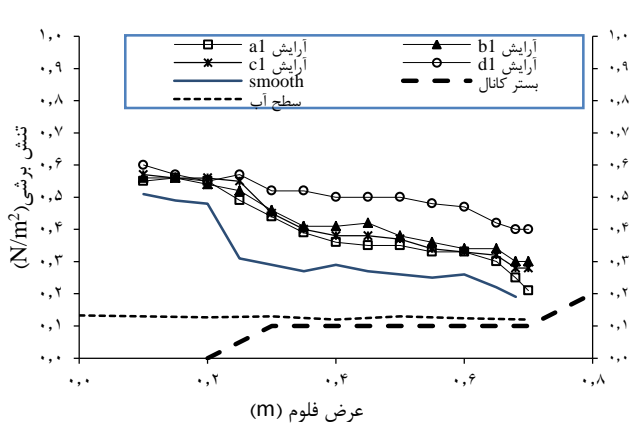
شکل ۹- تنش برشی نسبت به عمق نسبی به ازای دبی‌های مختلف

تراکم زبری‌ها باعث افزایش مقادیر تنش برشی در سیلابدشت نسبت به حالت‌های دیگر می‌شود. از دبی Q_۳ تا Q_۵، در زبری b_۲ و d_۲ چون تراکم زبری زیاد است، یعنی بیش‌تر مساحت سیلابدشت با زبری پوشش یافته، تنش برشی کاهش یافته است. دلیل این تغییرات

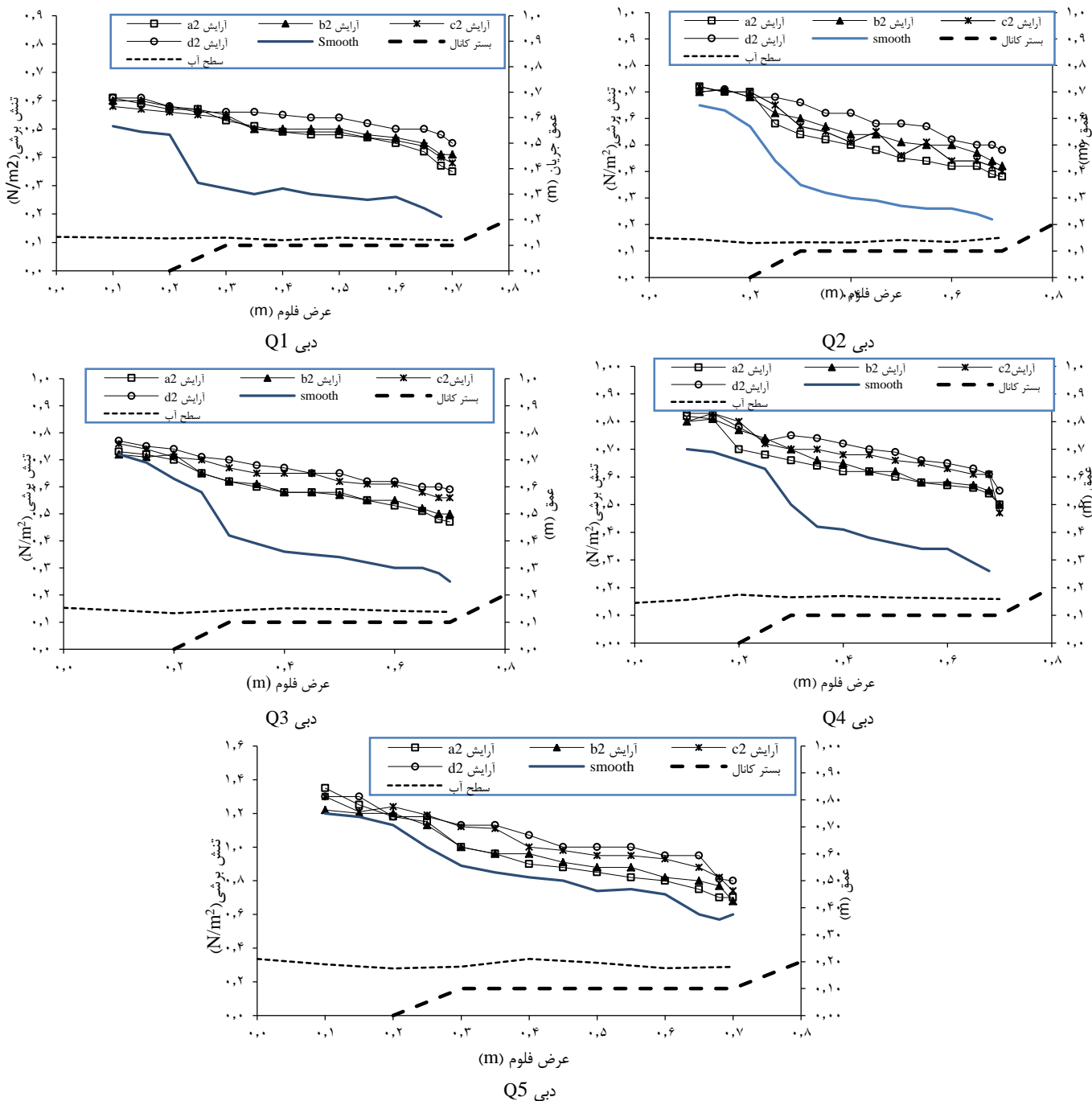
احتمالاً این است که برای تراکم‌های خیلی زیاد، زبری‌ها همانند یک صفحه پیوسته صاف عمل می‌کنند و جریان آب در عبور از روی آن با تنش کم‌تری روبرو خواهد شد.

در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ توزیع تنش برشی در عرض کانال برای زبری‌های مختلف با فواصل ۴k و ۸k نشان داده شده است. می‌توان نتیجه گرفت که نرخ افزایش تنش برشی (روش انرژی (پرستون تیوب)) برای زبری‌های مختلف با آرایش زیگزاگی با فاصله ۸k، ۲۷٪ تا ۳۸٪ بیش‌تر از تنش در شرایط هیدرولیکی مشابه در بستر صاف است.

اتوجه به شکل ۱۱ در شرایط آرایش زیگزاگی با فاصله ۴k می‌توان نتیجه گرفت که افزایش



شکل ۱۰- تنش برشی عرضی کانال به ازای دبی‌های مختلف برای زبری‌های مختلف با فواصل Δk



شکل ۱۱- تنش برشی عرضی کانال به ازای دبی‌های مختلف برای زبری‌های مختلف با فواصل k

نتیجه‌گیری

هدف از این مطالعه، بررسی جریان در کانال مرکب با سیلاب-دشت زبر با استفاده از زبری‌هایی از جنس چوب در سیلابدشت و همچنین بررسی اثر این زبری‌ها بر روی پارامترهای هیدرولیکی نظیر تنش‌های برشی و پروفیل‌های سرعت بود. با توجه به نتیجه آزمایش-ها و تحلیل نمودارها مشاهده می‌شود که، زبرتر شدن بستر سیلاب-

همچنین با توجه به این شکل‌ها تنش برشی بستر مقطع اصلی بیشتر از سیلابدشت است. در کانال با آرایش زبری d2 افزایش تراکم زبری‌ها، در تنش برشی در سیلابدشت نسبت به آرایش‌های دیگر افزایش چشم‌گیری داشته است و در شرایط آرایش a2 کمترین مقدار تنش برشی در کانال دیده می‌شود.

تدریجی. یازدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، ارومیه.

یونسی، ح. امید، ح. و ایوب زاده، س.ع. ۱۳۹۴. اثر زبری سیلابدشت بر هیدرولیک جریان در مقاطع مرکب با سیلابدشت غیرمنشوری. مجله پژوهشی آب ایران، ۹، ۲: ۶۳ - ۷۲.

Bilgil, A. 2010. "Correlation and distribution of shear stress for turbulent flow in a smooth rectangular open channel". *Journal of Hydraulic Research*. 43. 2:165-173.

Cheng, N-S and Chua, L, H.C. 2005. comparisons of sidewall correction of bed shear stress in open channel flows. *Journal of Hydrology engineering*. 131.7:605-609.

De Cacqueray, N.M., Hargreaves, D.P., Morvan, H. 2009. "A computational study of shear stress in smooth rectangular channels." *Journal of Hydraulic Research*. 47.1:50-57.

Lashkar-Ara, B., Fathi-Moghadam, M., Shafai-Bajestan, M., Jael, A. 2010. Boundary shear stresses in smooth channels. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 8: 132-136.

Mohanty, P.K., Khatua, K.K., Patra, K.C. 2011. "Investigation on shear layer in compound channels." *National Conference Hydraulic and Water Resources HYDRO 2011*.

Termini, D. 2015. Flexible vegetation behaviour and effects on flow conveyance: experimental observations. *International Journal of River Basin Management*. 13.4: 401-411.

Yang, K., Cao, S., Knight, D.W. 2007. Flow patterns in compound channels with vegetated floodplains. *Journal of Hydraulic Engineering*. 133.2: 148-159.

دشت منجر به افزایش شدید تنش برشی نسبت به حالت صاف شده است. بهترین زبری و تراکمها در بین زبریها جهت کاهش سرعت جریان و افزایش تنش برشی بستر، آرایش زیگزآگی با فواصل $8k$ می باشد.

در آرایش زیگزآگی زبریها، سرعت جریان روی زبریهای b_2 و d_2 نسبت به سرعت جریان روی زبریهای b_1 و d_1 اندکی بیشتر می شود. با افزایش سرعت جریان روی زبری b_2 و d_2 ، به ازای دبیهای Q_3 تا Q_5 تنش برشی بستر نسبت به b_1 و d_1 تقریباً ۵٪ تا ۱۲٪ کاهش می یابد. در هر یک از آزمایشات به ازای دبیهای Q_1 و Q_2 ، تاثیر زبری b (b_1 و b_2) در کاهش سرعت جریان و افزایش تنش برشی بیشتر از زبری نوع c (c_1 و c_2) می باشد و برای دبی Q_3 تا Q_5 ، تاثیر زبری c (c_1 و c_2) بیشتر می شود. به عبارت دیگر زمانی که دبی جریان کم می باشد، تاثیر طول زبری در کاهش سرعت بیش تر از ارتفاع زبری می باشد و هنگامی که دبی بیشتر می شود نقش ارتفاع زبری در کاهش سرعت نمایان تر می شود. در آرایش زبریهای با تراکم $4k$ به دلیل اینکه تراکم زیاد می باشد و بیش تر مساحت سیلابدشت پوشیده از زبری است تراکم زبری باعث کاهش بیشتر تنش برشی می شود.

منابع

صانعی، م. ۱۳۹۱. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی بررسی آزمایشگاهی ضریب زبری گیاهی در سیلابدشتها. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، وزارت جهاد کشاورزی.

وحیدی، ا و امید، م.ح. ۱۳۹۱. تاثیر پوشش گیاهی صلب غیر مستغرق بر ضریب زبری و تنش برشی در شرایط جریان غیریکنواخت

An Experimental Investigation of Roughness Effect of flood plain with zigzag arrangement on velocity and shear stress in Compound Channel

S. Azizi^{1*}, A. Abbaspour², A. Hossein Zadeh Dalir³

Received: Dec.12, 2017

Accepted: Feb.05, 2017

Abstract

The rough in flood plains in a compound canal and its impact on hydraulic parameters such as the shear stress and their estimation are one of the problems that have attracted the attention of engineers. The purpose of this study is determining of the shear stress distribution in the walls and bed of the semi-compound channel and the variation of the velocity profile for smooth and rough bed conditions. Four types of rigid wood roughness were used to investigate the effect of these parameters. These roughness elements were arranged with zigzag state with two distances of 4k and 8k in the floodplain. A total of 90 experiments have been conducted, with a flow rate in the range of 21.66-54.4 liters per second. A Preston tube with an external diameter of 3 mm that equipped with dynamic pressure sensors was used to compute the shear stress. In order to convert the difference between the static and dynamic pressure measured by the Preston tube to the shear stress values, the Patel calibration curve was used. The results were showed that the zigzag arrangement with the density of 4k, the shear stress is reduced due to the high roughness density and the greater area of roughness. In a rough bed, the shear stress in flood plain was significantly higher than smooth bed, and the stress distribution is such that it has descending trend from the main channel toward the wall of the floodplain. The shear stress increase for roughness with a spacing of 8k is 27% to 38% higher than the similar hydraulic condition in a smooth bed. By increasing the flow velocity for arrangements of b_2 and d_2 , the shear stress of the bed has decreased about 5% to 12% for discharges Q3 to Q5 compared to the roughness with a spacing of 8k.

Keywords: Compound channel, Flood plain, Preston tube, Shear stress distribution, Roughness

1- M. Sc. Graduate of Water Structures, Department of Water Engineering, University of Tabriz, Tabriz

2- Associate Professor, Department of Water Engineering, Tabriz University, Tabriz

3- Professor, Department of Water Engineering, Tabriz University, Tabriz

(*_ Corresponding Author: somayehazizi91@gmail.com)