

## مطالعه تنش برشی بستر پیرامون تکیه گاه پل در حضور پوشش گیاهی صلب غیر مستغرق روی دشت سیلابی

یوسف رمضانی<sup>1\*</sup>، مهدی قمشی<sup>2</sup>

1- استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

2- استاد، گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

\* بیرجند، صندوق پستی 615/97175  
ramezani.y@gmail.com

**چکیده-** بیشتر تکیه‌گاه پل‌ها در دشت سیلابی قرار گرفته‌اند. یکی از موارد متداول در دشت سیلابی وجود پوشش گیاهی است. هدف این تحقیق بررسی اثر پوشش گیاهی صلب غیر مستغرق روی دشت سیلابی بر میزان تنش برشی بستر پیرامون تکیه‌گاه پل در مقطع مرکب می‌باشد. تراکم‌های مختلف پوشش گیاهی در دشت سیلابی مورد استفاده قرار گرفت. انتخاب تراکم‌ها به گونه‌ای بود که در هر گام، تراکم پوشش گیاهی تقریباً دو برابر شود. برای محاسبه تنش برشی بستر، از تنش‌های رینولدزی  $-\overline{\rho u'w'}$ ،  $-\overline{\rho u'v'}$  و  $-\overline{\rho v'w'}$  استفاده شد. سرعت جریان در اعماق مختلف بوسیله سرعت سنج سه بعدی الکترومغناطیس اندازه‌گیری شد. در این تحقیق با توجه به عمق کم جریان در دشت سیلابی، سرعت سنج الکترومغناطیس توانایی اندازه‌گیری نوسان‌های سرعت نزدیک کف کانال را نداشت. بنابراین، تنش رینولدزی در اعماق مختلف محاسبه و برای محاسبه تنش‌های رینولدزی کف کانال  $-\overline{\rho u'w'}$ ،  $-\overline{\rho u'v'}$  و  $-\overline{\rho v'w'}$  از روش برون‌یابی تنش‌های رینولدزی به بستر کانال استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد بیشترین میزان تنش برشی در دماغه بالادست تکیه‌گاه است. همچنین، توسعه تنش برشی تحت یک زاویه مایل حدوداً 45 درجه نسبت به دماغه بالادست تکیه‌گاه مشاهده شد. در حالت‌هایی که پوشش گیاهی استفاده شد، تنش برشی دماغه تکیه‌گاه کم شده و تنش برشی در آبراهه اصلی مقطع مرکب افزایش داشته است. همچنین، با افزایش تراکم پوشش گیاهی، تنش برشی دماغه تکیه‌گاه کاهش می‌یابد. تنش برشی دماغه تکیه‌گاه، در حالت بدون پوشش گیاهی معادل 3/84، در حالت  $S=12$  به میزان 3/41، در حالت  $S=16$  برابر 3/04 و در حالت  $S=8$  معادل 2/6 نیوتن بر متر مربع محاسبه شد.  $S$  فاصله بین موانع به سانتی‌متر است.

**کلیدواژگان:** تکیه‌گاه پل، تنش برشی، پوشش گیاهی، سرعت سنج الکترومغناطیس، مقطع مرکب.

### 1- مقدمه

تکیه‌گاه<sup>2</sup>، ضرورت مطالعه در مورد پیش‌بینی آبشستگی و راه‌های محافظت در برابر آن را کاملاً روشن می‌سازد.

شکست پل ناشی از آبشستگی کلی در پی (شامل پایه<sup>1</sup> و

2. Abutment

1. Pier

سمت بالا دست بازگشت می‌کند در برخورد با جریان عمومی مجبور به حرکت در جهت جریان می‌شود. این چرخش جریان و بازگشت مجدد آن باعث تشکیل گردابی می‌شود. چرخش این گرداب به طرف پائین دست امتداد می‌یابد که در مجموع شکلی شبیه نعل اسبی در پلان پیدا می‌کند و به این دلیل آن را گرداب نعل اسبی می‌نامند.

به این ترتیب حرکت جریان رو به پائین باعث ایجاد حفره‌ای در جلوی دماغه پل می‌شود و با تشکیل این حفره، گرداب نعل اسبی در این حفره تشکیل می‌شود. این گرداب هم به سبب تنشی که به کف وارد می‌کند و هم اعمال نیروی بالا برنده (به خاطر مؤلفه سرعت رو به بالا) به ذرات کف، باعث جدا شدن ذرات از کف می‌شود و آنها را در اختیار جریان عمومی آبراهه قرار داده تا به سمت پائین دست حمل شوند. با عمیق شدن حفره و اضافه شدن حجم آب داخل حفره، این گرداب تضعیف شده و از تنش‌های وارد به کف کاسته می‌شود.

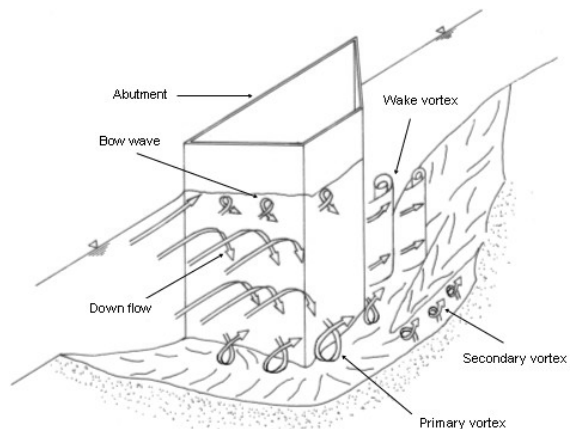
تحقیقات در زمینه مکانیسم آبستگي در تکیه‌گاه پل‌ها توسط کوان (1984، 1988)، احمد و راجاراتنام (2000)، باربویا و دی (2003)، دی و باربویا (2005 a، 2005 b، 2006 a، 2006 b) و بسیاری دیگر نشان داده است مهمترین عامل ایجاد حفره آبستگي در جلوی تکیه‌گاه و پایه پل، گرداب نعل اسبی است.

مولیناس و همکاران (1998) به طور آزمایشگاهی بوسیله لوله پرستون توزیع تنش برشی اطراف تکیه‌گاه پل با دیواره عمودی را در یک کانال مستطیلی بررسی کردند. نشان داده شد که بالاترین مقدار تنش برشی برای محدوده عدد فرود بین  $0/3$  تا  $0/9$  و نسبت پیش آمدگی  $0/1$  تا  $0/2$  و  $0/3$  در دماغه تکیه‌گاه (گوشه بالادست تکیه‌گاه) رخ می‌دهد. بر طبق مطالعات آزمایشگاهی، تنش برشی اطراف تکیه‌گاه پل با دیواره عمودی بسته به شرایط جریان و میزان پیش آمدگی تکیه‌گاه افزایش می‌یابد.

احمد و راجاراتنام (2000) میدان جریان را حول یک

داده‌ها نشان می‌دهند که مشکل آبستگي در تکیه‌گاه پل‌ها بسیار مهم است. بر طبق مطالعات ملویل (1992)، از 108 شکست پل که در فاصله سال‌های 1960 الی 1984 در نیوزیلند رخ داد، 29 مورد آن مربوط به آبستگي تکیه‌گاه پل بود. ملویل همچنین خاطر نشان می‌سازد که 70 درصد هزینه‌ها روی شکست پل در نیوزیلند ناشی از آبستگي تکیه‌گاه پل بوده است.

در شکل 1 میدان جریان پیرامون یک تکیه‌گاه پل نشان داده شده است. عوامل درگیر در آبستگي در اطراف تکیه‌گاه پل را می‌توان به جریان پایین رونده، گرداب موج کمائی، گرداب نعل اسبی، گرداب ثانویه و گرداب برخاستگی تقسیم بندی نمود.



شکل 1 میدان جریان پیرامون یک تکیه‌گاه پل (باربویا و دی، 2004)

هنگام برخورد جریان آب به دماغه تکیه‌گاه پل، سرعت جریان پس از برخورد به دماغه تبدیل به فشاری روی تکیه‌گاه می‌شود. از آنجا که سرعت از سطح به طرف کف کم می‌گردد، فشار دینامیکی روی دماغه تکیه‌گاه از بالا به پائین نیز کم می‌شود و گرادیان فشار ایجاد شده باعث ایجاد جریانی به طرف کف می‌شود. این جریان روبه پائین پس از برخورد با بستر، ذرات آن را کنده و به جهات مختلف پراکنده می‌کند. مقداری از این جریان که رو به

نزدیک شونده در مقطع مرکب و توزیع جریان در مقطع تنگ شده، عمق آبشستگی متفاوتی را ایجاد کند. در یکنوندی و همکاران (1391) اثر تراکم و انعطاف پذیری سه نوع پوشش گیاهی روی ضرائب زبری در سواحل رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی در حالت غیرمستغرق را در 4 تراکم مورد مطالعه قرار دادند. از نتایج این تحقیق می‌توان به تغییرات خطی ضرائب زبری نسبت به میزان تراکم اشاره کرد. میزان کاهش ضریب زبری در هر تراکم گیاهی، بطور متوسط بین 8 تا 10 درصد نسبت به حالت متراکم تر بدست آمد.

صانعی (1391) به بررسی آزمایشگاهی ضریب زبری پوشش گیاهی در سیلابدشت‌ها پرداخت. در این تحقیق با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده ارتفاع سطح آب و سرعت جریان و براساس معادله برنولی، مقدار افت انرژی و سپس ضریب زبری داریسی و یسباخ محاسبه شد. پس از آنالیز ابعادی و تعیین اعداد بدون بعد، رابطه ضریب زبری داریسی با اعداد بدون بعد بررسی و مورد تحلیل قرار گرفت. در نهایت برای هر یک از انواع پوشش‌ها و به تفکیک نوع آرایش و همچنین برای کلیه داده‌ها صرف نظر از نوع آرایش، در مجموع 18 رابطه ریاضی کاربردی برای تخمین ضریب زبری به صورت تابعی از شرایط پوشش (تراکم و نسبت استغراق) و شرایط جریان (عدد فرود) ارائه شد.

وحیدی و امید (1391) به مطالعه تأثیر پوشش گیاهی صلب غیرمستغرق بر ضریب زبری و تنش برشی در شرایط جریان غیر یکنواخت تدریجی پرداختند. آزمایش‌ها در شرایط جریان ماندگار غیر یکنواخت تدریجی و آب صاف در یک فلوم شیشه‌ای به طول 6 متر، عرض 0/5 متر و ارتفاع 0/6 متر انجام شد. برای مدل کردن پوشش گیاهی غیر مستغرق، از میله‌های استوانه‌ای از جنس پلاستیک فشرده به ارتفاع 15 سانتی‌متر و قطر 8 میلی‌متر در 4 تراکم مختلف و در طول 2/8 متر از کف کانال استفاده شد. با

تکیه‌گاه بالی شکل<sup>1</sup> بررسی نمودند. آنها دریافتند که جریان نزدیک شونده به یک جریان سه بعدی پیچیده در بالادست و اطراف تکیه‌گاه تبدیل می‌شود. همچنین آنها دریافتند که تنش برشی بستر پیرامون تکیه‌گاه، به مقدار حداکثر  $\tau/\tau_0$  برابر 3/63 در نزدیکی دماغه می‌رسد که  $\tau$  تنش برشی بستر و  $\tau_0$  تنش برشی جریان نزدیک شونده در بستر است. همچنین آنها دریافتند که میزان انحراف خطوط جریان پیرامون تکیه‌گاه پل بیشتر از اطراف پایه پل است.

تروزی و همکاران (2009) به بررسی عددی تنش‌های تلاطم بستر در نزدیکی تکیه‌گاه پل پرداختند. جریان سه بعدی در مقابل تکیه‌گاه با تاکید بر اثر آن بر روی تنش‌های برشی و گرادیان‌های فشار مورد تجزیه تحلیل قرار گرفته و میزان پتانسیل آبشستگی آنها مورد بحث قرار گرفت.

بیشتر تحقیقات در زمینه آبشستگی تکیه‌گاه پل‌ها در کانال‌های مستطیلی انجام گرفته است. حال آن که اکثر تکیه‌گاه پل‌ها در دشت سیلابی قرار گرفته‌اند و قرار گرفتن تکیه‌گاه در مجرای اصلی کمتر رایج است (بی‌نام، 2004). یکی از موارد متداول در دشت سیلابی وجود پوشش گیاهی است که تاکنون در آزمایش‌های مربوط به تکیه‌گاه پل‌ها مورد استفاده قرار نگرفته است.

در یک رودخانه واقعی شامل مجرای اصلی و دشت‌های سیلابی مجاور، آبشستگی تکیه‌گاه واقع در دشت سیلابی تابعی از یک توزیع سرعت جریان نزدیک شونده یکنواخت که در تحقیقات آزمایشگاهی گذشته که در کانال‌های مستطیلی بدست آمده است، نیست. آبشستگی تابعی از توزیع جریان بین مجرای اصلی و دشت سیلابی است که در محل تنگ شدگی پل رخ می‌دهد. به عبارت دیگر، طول تکیه‌گاه پارامتر بسیار مهمی است، اما یک طول تکیه‌گاه مشابه ممکن است بسته به توزیع جریان

1. Wing Wall

دارای پوشش گیاهی می‌باشند، پرداختند. آن‌ها سه پوشش گیاهی علف، بوته و درخت را مورد آزمایش قرار دادند. در مورد پوشش گیاهی درخت در دشت سیلابی، از موانع استوانه‌ای استفاده شد.

دی و باربویا (2005a) از تنش‌های رینولدزی برای محاسبه تنش برشی بستر اطراف تکیه‌گاه در یک فلوم مستقیم و بستر صاف به صورت زیر استفاده کردند:

$$\tau_0 = \sqrt{\tau_x^2 + \tau_y^2} \quad (1)$$

$$\tau_x = -\rho(\overline{u'w'} + \overline{u'v'}) \quad (2)$$

$$\tau_y = -\rho(\overline{v'w'} + \overline{v'u'}) \quad (3)$$

که در آن  $\tau_0$  تنش برشی بستر و  $\rho$  جرم مخصوص آب می‌باشد.  $u'$  نوسانات سرعت در جهت طولی  $x$ ،  $v'$  نوسانات سرعت در جهت عرضی و  $w'$  نوسانات سرعت در جهت عمقی  $z$  می‌باشند. همچنین،  $-\overline{\rho u'v'}$  و  $-\overline{\rho v'w'}$  تنش‌های رینولدزی می‌باشند.

دوان (2009) نیز بر اساس رابطه (1) به محاسبه تنش برشی بستر اطراف آبشکن در یک فلوم مستقیم و بستر صاف پرداخت.

دو روش برای استفاده از تنش‌های رینولدزی به منظور محاسبه تنش برشی بستر وجود دارد (اورسیک، 2011):

1- استفاده از تنش‌های رینولدزی نزدیک بستر که نیاز به اندازه‌گیری نوسان‌های سرعت در حدود  $y/y_f=0/1$  (عمقی معادل 10 درصد عمق کل جریان) دارد.

2- محاسبه تنش رینولدزی در اعماق مختلف و برون‌یابی آن‌ها به بستر. در این روش با اندازه‌گیری نوسان‌های سرعت در نقاط مختلف یک امتداد قائم، پروفیل تنش رینولدز در عمق کانال ترسیم شده و می‌توان با برون‌یابی تنش‌های رینولدزی به کف کانال، تنش برشی بستر را محاسبه کرد.

هدف این تحقیق بررسی اثر پوشش گیاهی روی تنش برشی بستر پیرامون تکیه‌گاه پل با دیواره عمودی در دشت سیلابی می‌باشد. در آزمایش‌ها به منظور شبیه‌سازی

توجه به نتایج حاصل از آزمایش‌های انجام شده، وجود پوشش گیاهی غیر مستغرق، ضریب زبری مانینگ را در بیشترین تراکم گیاهی به کار برده شده در این تحقیق و در مقایسه با بستر صاف، 80 درصد افزایش داد. همچنین افزایش تراکم گیاهی، باعث افزایش مقاومت جریان و در نتیجه باعث کاهش تنش برشی در کف و کاهش نرخ انتقال رسوبات کف شد.

جوردانو و جیمز (2003) به طور آزمایشگاهی حرکت بار کف را در یک فلوم پوشیده شده با پوشش گیاهی به صورت میله‌های فلزی صلب غیر مستغرق با چیدمان شطرنجی مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها تنش برشی کف را با استفاده از معادله ممتد در جریان یکنواخت و با کاستن نیروی کششی ناشی از المان‌های گیاهی از نیروی کل جریان محاسبه کردند.

کوتیاری و همکاران (2009) به بررسی تأثیر گیاهان صلب غیر مستغرق بر روی حرکت رسوب در کانال‌ها پرداختند و آزمایش‌های خود را با چیدمان شطرنجی و تراکم‌های مختلف برای جریان‌های زیر بحرانی و فوق بحرانی انجام دادند. آن‌ها با استفاده از این مفهوم که تنش برشی مربوط به ذره در جریان‌های حاوی پوشش گیاهی حذف نمی‌شود، مقاومت کلی جریان را به مقاومت گیاه و مقاومت ذره تقسیم کردند.

محققان بسیاری به منظور شبیه‌سازی پوشش گیاهی از موانع استوانه‌ای استفاده کرده‌اند که در ادامه به دو مورد از آن‌ها اشاره می‌شود. استون و شن (2002) به بررسی آزمایشگاهی هیدرولیک جریان در یک کانال روباز با موانع استوانه‌ای پرداختند. مطالعه آزمایشگاهی شامل تعداد زیادی آزمایش با موانع استوانه‌ای مستغرق و غیرمستغرق در ابعاد و تراکم‌های مختلف بود. نتایج نشان داد مقاومت جریان با عمق جریان، تراکم، ارتفاع و قطر پایه‌ها تغییر می‌یابد. یانگ و همکاران (2007) به بررسی الگوی جریان در مقطع مرکب با دشت‌های سیلابی که

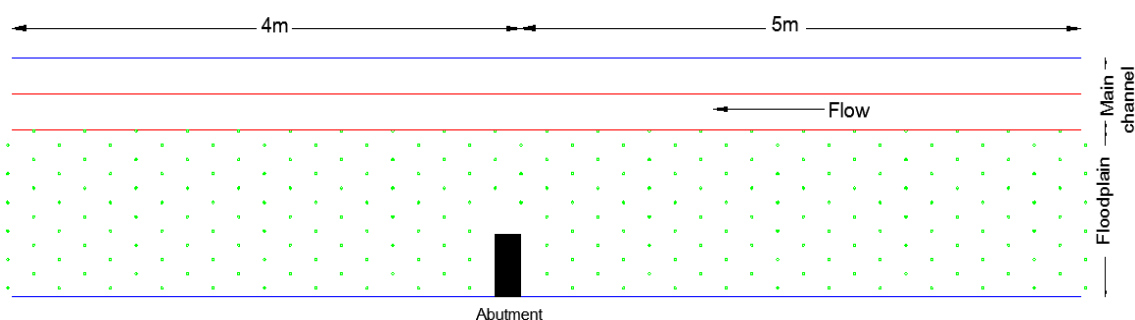
عمق جریان نیز با استفاده از دریچه انتهایی تنظیم شد. چند آرام کننده جریان در ابتدای فلوم به منظور کاهش تلاطم‌های ناخواسته آب نصب شد.

بیشتر شرایط واقعی آبستگي تکیه‌گاه پل‌ها در محدوده طول متوسط تکیه‌گاه قرار می‌گیرند. در این تحقیق از تکیه‌گاهی با دیواره عمودی و در محدوده طول متوسط طبقه‌بندی ملویل (1992) استفاده شد. با توجه به حداکثر عمق جریان روی دشت سیلابی و عرض آبراهه و عرض دشت سیلابی، تکیه‌گاهی فلزی به طول 26 سانتی‌متر در شرایط دبی 30 لیتر بر ثانیه و عمق 8/3 سانتی‌متر در دشت سیلابی مورد استفاده قرار گرفت. عرض تکیه‌گاه (در جهت جریان) نیز 12 سانتی‌متر انتخاب شد.

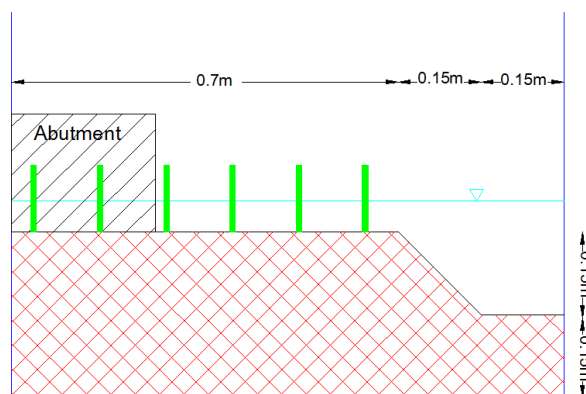
پوشش گیاهی در دشت سیلابی از موانع استوانه‌ای استفاده شد.

## 2- مواد و روش‌ها

آزمایش‌های این تحقیق در فلومی به طول 9 متر، عرض 1 متر و شیب صفر انجام شد. عرض دشت سیلابی 70 سانتی‌متر و عرض آبراهه اصلی 30 سانتی‌متر و اختلاف ارتفاع کف آبراهه اصلی و کف دشت سیلابی 15 سانتی‌متر در نظر گرفته شد (شکل‌های 2 و 3). جنس کف آبراهه اصلی و کف دشت سیلابی از آهن گالوانیزه و جداره‌های فلوم از جنس پلکسی گلاس می‌باشند. دبی ورودی با استفاده از شیر ورودی تنظیم و به وسیله یک سرریز مثلی 53 درجه کالیبره شده اندازه‌گیری می‌شد.



شکل 2 طرح فلوم آزمایشگاهی مورد مطالعه



شکل 3 مقطع عرضی فلوم آزمایشگاهی مورد مطالعه

فاصل عمق جریان 2 تا 6 سانتی‌متر انجام شد. زمان اندازه‌گیری نوسان مولفه‌های سرعت 30 ثانیه برای هر نقطه در نظر گرفته شد.

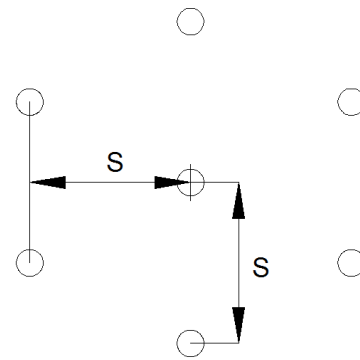
### 3- نتایج و بحث

سرعت جریان نزدیک شونده (بدون حضور سازه تکیه-گاه) در تراکم‌های مختلف پوشش گیاهی به وسیله سرعت سنج سه بعدی الکترومغناطیس اندازه‌گیری شد. در شکل 5، سرعت جریان نزدیک شونده در دبی 30 لیتر در ثانیه و در تراکم‌های مختلف پوشش گیاهی نشان داده شده است.

همان‌طور که در شکل 5 مشاهده می‌شود، پوشش گیاهی موجب کاهش سرعت در دشت سیلابی و افزایش سرعت در آبراهه اصلی شده است. همچنین، در حالت‌هایی که پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گرفته است، مقادیر سرعت در دشت سیلابی از یکنواختی بیشتری برخوردارند. با افزایش تراکم پوشش گیاهی، گرادیان سرعت در مرز دشت سیلابی و آبراهه اصلی افزایش یافته است.

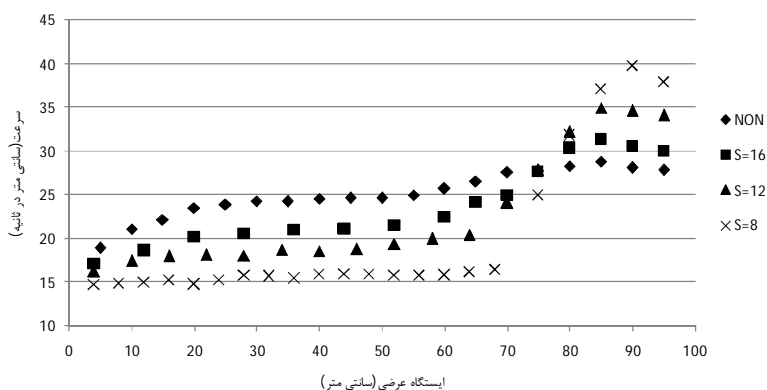
در این تحقیق با توجه به عمق کم جریان در دشت سیلابی، سرعت سنج الکترومغناطیس توانایی اندازه‌گیری نوسان‌های سرعت نزدیک کف کانال را نداشت.

از موانع استوانه‌ای صلب از جنس پلاستیک فشرده به صورت آرایش زیگزاگی و قطر ثابت در 4 تراکم و در حالت غیرمستغرق استفاده شد. قطر موانع استوانه‌ای، 1 سانتی‌متر انتخاب شد. با توجه به شکل 4، چهار تراکم با  $S=16$  (42 مانع استوانه‌ای در هر متر مربع)،  $S=12$  (80 مانع استوانه‌ای در هر متر مربع)،  $S=8$  (156 مانع استوانه‌ای در هر متر مربع) و حالتی که پوشش گیاهی نباشد، در نظر گرفته شد. واحد  $S$  بر حسب سانتی‌متر است. انتخاب فواصل بین موانع استوانه‌ای به گونه‌ای بود که در هر گام افزایش پوشش گیاهی، تراکم موانع استوانه‌ای تقریباً دو برابر شود.



شکل 4 آرایش و فواصل موانع استوانه‌ای

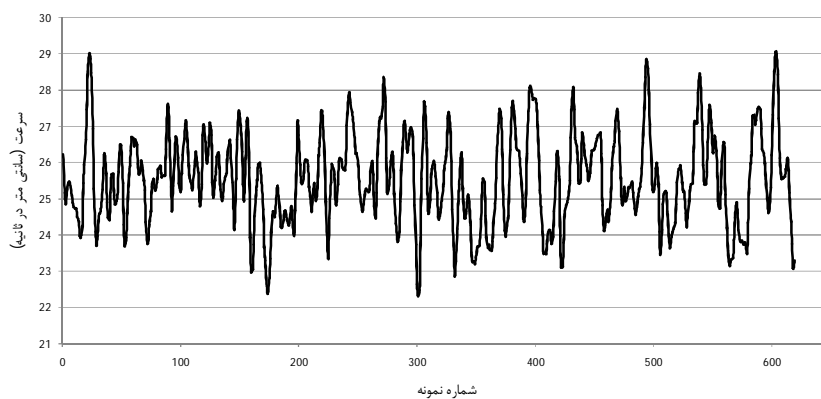
سرعت جریان در اعماق مختلف بوسیله سرعت سنج سه بعدی الکترومغناطیس اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری سرعت در راستای عمق جریان به فواصل 0/5 سانتی‌متر در حد



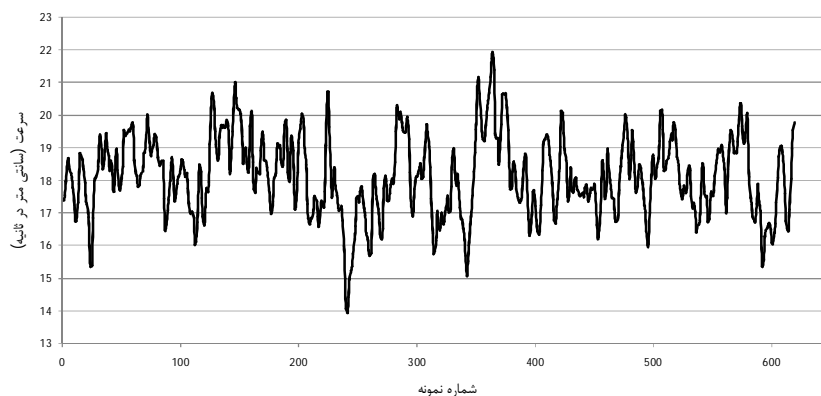
شکل 5 سرعت جریان نزدیک شونده در پوشش‌های مختلف در دبی 30 لیتر در ثانیه

نمونه‌ای از سرعت‌های اندازه‌گیری شده در عمق 6 سانتی‌متر و تراکم  $S=8$  در شکل‌های 6 تا 8 نشان داده شده است.

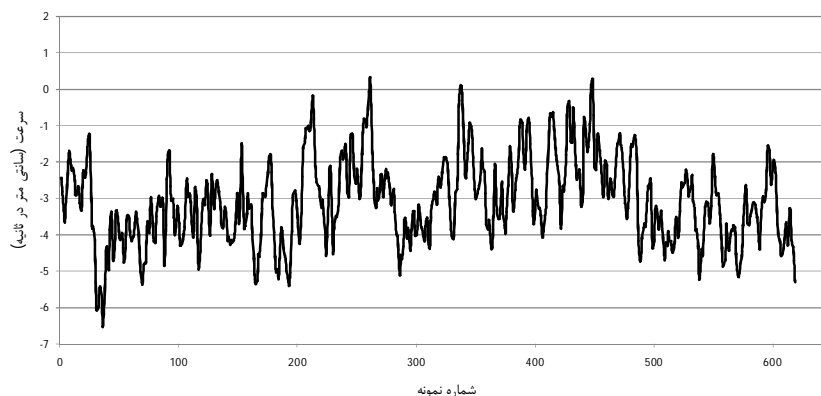
بنابراین، برای محاسبه تنش برشی بستر اطراف تکیه‌گاه از رابطه (1) و برای محاسبه تنش‌های رینولدزی کف کانال از روش برون‌یابی تنش‌های رینولدزی به بستر کانال استفاده شده است.



شکل 6 نوسانات مولفه سرعت  $u$  دماغه تکیه‌گاه در حالت  $S=8$



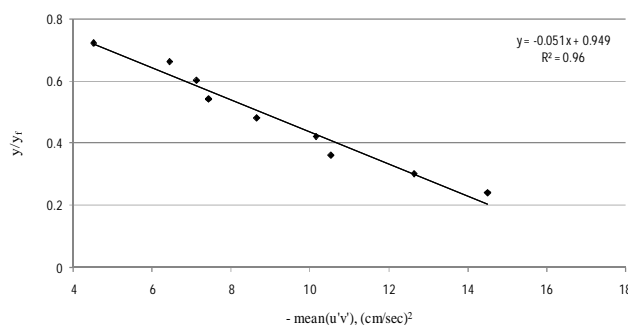
شکل 7 نوسانات مولفه سرعت  $v$  دماغه تکیه‌گاه در حالت  $S=8$



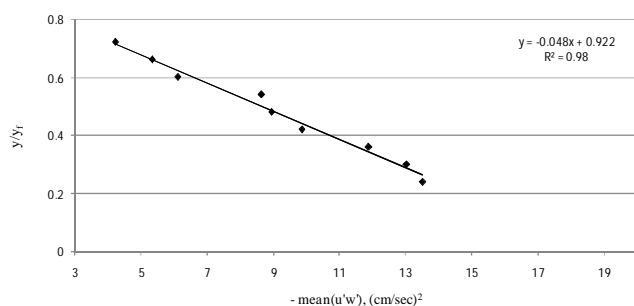
شکل 8 نوسانات مولفه سرعت  $w$  دماغه تکیه‌گاه در حالت  $S=8$

مقایسه تنش‌های رینولدزی دماغه تکیه‌گاه نشان می‌دهد تنش‌های رینولدزی  $-\overline{\rho u'v'}$ ،  $-\overline{\rho u'w'}$  بیشترین سهم را در تنش برشی داشته و از نظر مقداری نیز نزدیک به یکدیگر (بخصوص در حالت  $S=8$ ) و منفی می‌باشند. مقادیر  $-\overline{\rho u'v'}$  و  $-\overline{\rho u'w'}$  دماغه تکیه‌گاه در حالت بدون پوشش گیاهی  $-18/8$  و  $-17/5$  و در حالت  $S=8$ ،  $-12/2$  و  $-12/1$  (ثانیه/سانتی‌متر)<sup>2</sup> می‌باشند.

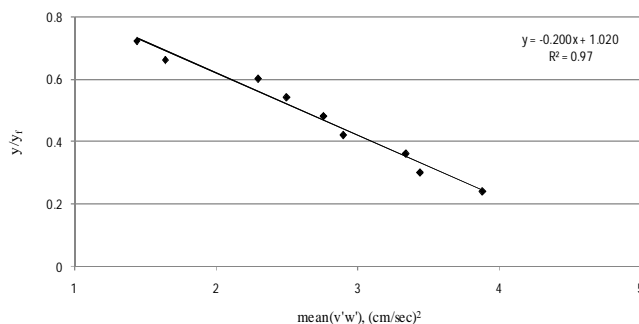
در شکل‌های 9 تا 14، با برون‌یابی تنش‌های رینولدزی دماغه تکیه‌گاه به کف کانال، تنش‌های رینولدزی بستر در حالت بدون پوشش گیاهی و  $S=8$  نشان داده شده است.  $y$  عمق مورد نظر برای اندازه‌گیری سرعت و  $y_f$  عمق آب در دشت سیلابی است. در جدول 1 تنش برشی بستر دماغه تکیه‌گاه در تراکم‌های مختلف پوشش گیاهی محاسبه شده است.



شکل 9 برون‌یابی  $\overline{u'v'}$  دماغه تکیه‌گاه در حالت بدون پوشش گیاهی

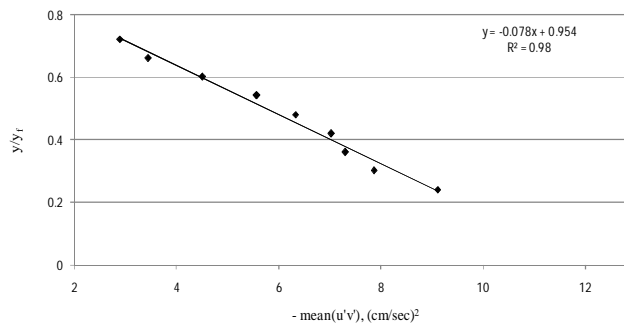


شکل 10 برون‌یابی  $\overline{u'w'}$  دماغه تکیه‌گاه در حالت بدون پوشش گیاهی

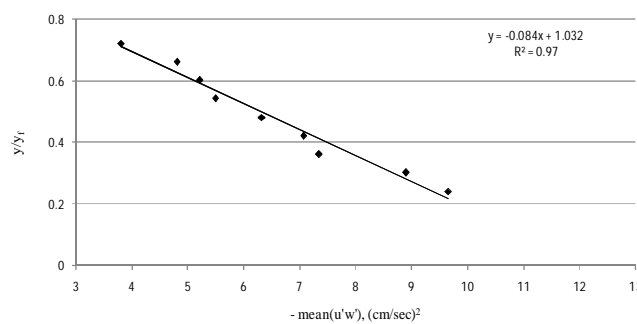


شکل 11 برون‌یابی  $\overline{v'w'}$  دماغه تکیه‌گاه در حالت بدون پوشش گیاهی

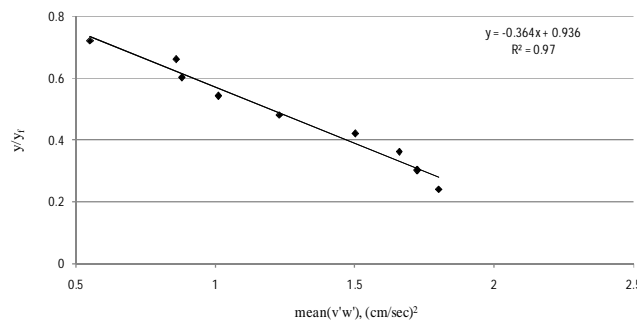




شکل 12 برون‌یابی  $\overline{u'v'}$  دماغه تکیه‌گاه در حالت  $S=8$



شکل 13 برون‌یابی  $\overline{u'w'}$  دماغه تکیه‌گاه در حالت  $S=8$



شکل 14 برون‌یابی  $\overline{v'w'}$  دماغه تکیه‌گاه در حالت  $S=8$

جدول 1 محاسبه تنش برشی بستر دماغه تکیه‌گاه

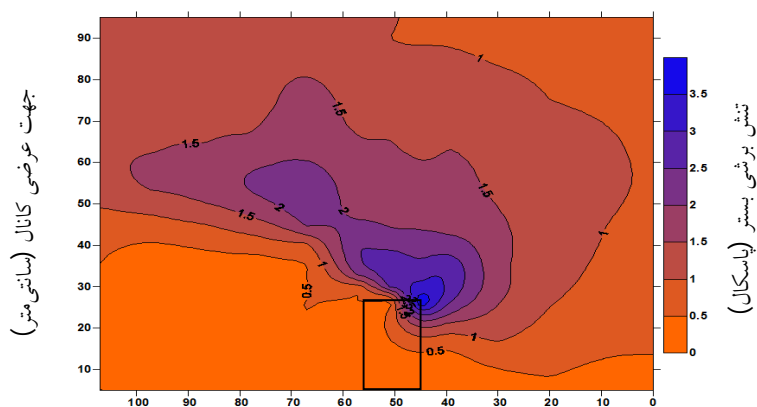
	$\overline{u'v'}$ (cm/sec) <sup>2</sup>	$\overline{u'w'}$ (cm/sec) <sup>2</sup>	$\overline{v'w'}$ (cm/sec) <sup>2</sup>	$\tau_x$ (N/m <sup>2</sup> )	$\tau_y$ (N/m <sup>2</sup> )	$\tau_0$ (N/m <sup>2</sup> )
بدون پوشش	-17/5	-18/8	5/1	3/63	1/24	3/84
S=16	-15/4	-16/7	4/4	3/22	1/11	3/41
S=12	-13/9	-14/7	3/5	2/86	1/04	3/04
S=8	-12/1	-12/2	2/6	2/43	0/95	2/61

$\overline{v'w'}$  کمترین مقدار را داشته و مثبت است.  $\overline{v'w'}$  دماغه تکیه‌گاه در حالت بدون پوشش گیاهی 5/1 و در حالت

$S=8$ ،  $2/6$  (ثانیه/سانتی‌متر) می‌باشد.

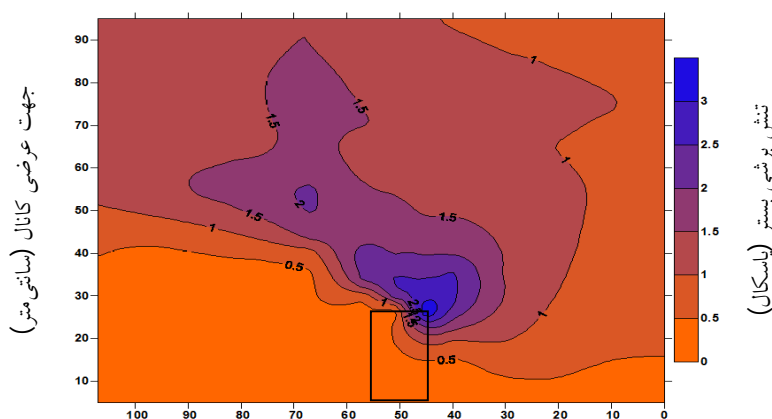
تنش برشی دماغه تکیه‌گاه، در حالت بدون پوشش گیاهی معادل  $3/84$ ،  $3/41$  در حالت  $S=16$ ، معادل  $3/04$  در حالت  $S=12$  و معادل  $2/6$  نیوتن بر متر مربع در حالت  $S=8$  محاسبه شد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش تراکم پوشش گیاهی، تنش برشی دماغه تکیه‌گاه کاهش می‌یابد. با افزایش گام به گام تراکم پوشش گیاهی، به ترتیب 11، 21 و 32 درصد کاهش تنش برشی بستر در دماغه بالادست تکیه‌گاه نسبت به حالت بدون پوشش گیاهی محاسبه شد.

تنش برشی در سایر نقاط اطراف تکیه‌گاه نیز بدست آمد که نتایج آن در شکل‌های 15 تا 18 نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود بیشترین تنش برشی در دماغه بالادست تکیه‌گاه است. همچنین، توسعه تنش برشی تحت یک زاویه مایل حدوداً 45 درجه نسبت به دماغه بالادست تکیه‌گاه مشاهده شد. در حالت‌هایی که پوشش گیاهی استفاده شد تنش برشی پیرامون تکیه‌گاه کم شده و تنش برشی در آبراهه اصلی مقطع مرکب افزایش داشته است.



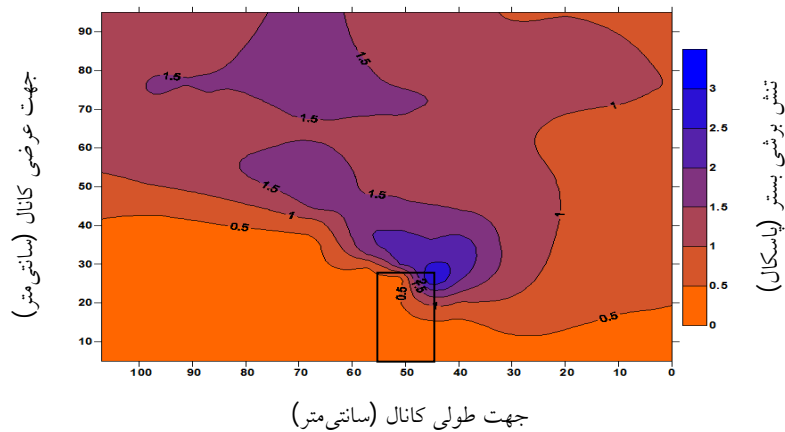
جهت طولی کانال (سانتی‌متر)

شکل 15 تنش برشی اطراف تکیه‌گاه در حالت بدون پوشش (جهت جریان از راست به چپ)

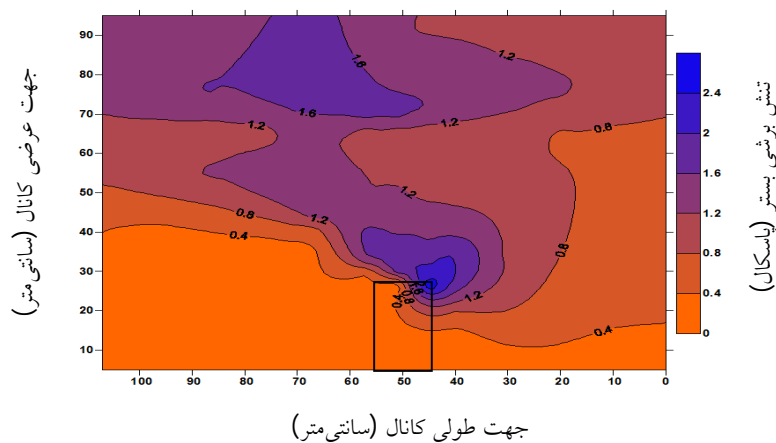


جهت طولی کانال (سانتی‌متر)

شکل 16 تنش برشی اطراف تکیه‌گاه در حالت  $S=16$  (جهت جریان از راست به چپ)



شکل 17 تنش برشی اطراف تکیه‌گاه در حالت  $S=12$  (جهت جریان از راست به چپ)



شکل 18 تنش برشی اطراف تکیه‌گاه در حالت  $S=8$  (جهت جریان از راست به چپ)

الکترومغناطیس اندازه‌گیری شد. برای محاسبه تنش‌های رینولدزی بستر کانال از روش برون‌یابی تنش‌های رینولدزی به بستر کانال استفاده شد. نتایج نشان داد بیشترین میزان تنش برشی در دماغه بالادست تکیه‌گاه می‌باشد که مطابق مطالعات محققان پیشین از جمله مولیناس و همکاران (1998) و احمد و راجاراتنام (2000) است. پوشش گیاهی تأثیری در جابجایی بیشترین میزان تنش برشی از دماغه بالادست تکیه‌گاه نداشت. مقایسه تنش‌های رینولدزی دماغه تکیه‌گاه نشان می‌دهد تنش‌های رینولدزی  $-\overline{pu'w'}$  و  $-\overline{pv'v'}$  بیشترین و تنش رینولدزی  $-\overline{pv'w'}$  کمترین سهم را در میزان تنش برشی دماغه تکیه‌گاه داشتند که با مطالعات دی و بارویا

با افزایش تراکم پوشش گیاهی، در مرز بین دشت سیلابی و آبراهه اصلی، مقدار محاسبه شده تنش برشی افزایش یافت که ناشی از گرادیان سرعت ایجاد شده در مرز مذکور است.

در وجه پایین‌دست تکیه‌گاه نیز به علت تشکیل ناحیه گردابی جدا شده، تنش برشی کمی بدست آمد.

#### 4- نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثر پوشش گیاهی روی تنش برشی پیرامون تکیه‌گاه پل مورد بررسی قرار گرفت. تراکم‌های مختلف پوشش گیاهی در دشت سیلابی استفاده شد. سرعت جریان در اعماق مختلف به وسیله سرعت‌سنج سه بعدی

Ahmed, F. and Rajaratnam, N. (2000). Observations on flow around an abutment. *Journal of Engineering Mechanics*, 125(1), pp. 51-59.

Anonymous. (2004). Enhanced abutment scour studies for compound channels. Publication No. FHWA-RD-99-156.

Barbhuiya, A. K. and Dey, S. (2003). Vortex flow field in a scour hole around abutments. *International Journal of Sediment Research*, 18(4), pp. 310-325.

Barbhuiya, A. K. and Dey, S. (2004). Local scour at abutments: a review. *Sadhana, Indian Academy of Sciences*, 29(139), pp.449-476.

Dey, S. and Barbhuiya, A. K. (2005a). Flow field at a vertical-wall abutment. *Journal of Hydraulic Engineering*, 131(12), pp.1126-1135.

Dey, S. and Barbhuiya, A. K. (2005b). Turbulent flow field in a scour hole at a semicircular abutment. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 32(1), pp. 213-232.

Dey, S. and Barbhuiya, A. K. (2006a). 3D flow field in a scour hole at a wing-wall abutment. *Journal of Hydraulic Research*, 44(1), pp. 33-50.

Dey, S. and Barbhuiya, A. K. (2006b). Velocity and turbulence in a scour hole at a vertical-wall abutment. *Journal of Flow Measurement and Instrumentation*, 17(1), pp. 13-21.

Duan, J.G. (2009). Mean flow and turbulence around a laboratory spur dike. *Journal of Hydraulic Engineering*, 135(10), pp. 803-811.

Jordanova, A.A. and James, C.S. (2003). Experimental study of bed load transport through emergent vegetation. *Journal of Hydraulic Engineering*, 129(6), pp. 474-478.

Kwan, F. (1984). Study of abutment scour, Report No. 328, School of Engineering, University of Auckland, New Zealand.

Kwan, F. (1988). Study of abutment scour, Report No. 451, School of Engineering, University of Auckland, New Zealand.

Kothyari, U.C., Hashimoto, H. and Hayashi, K. (2009). Effect of tall vegetation on sediment transport by channel flows. *Journal of Hydraulic Research*, 47(6), pp. 700-710.

Melville, B. W. (1992). Local scour at bridge abutments. *Journal of Hydraulic Engineering*, 118(4), pp. 615-631.

Molinas, A., Kheireldin, K. and Baosheng, W. (1998). Shear stress around vertical wall abutments.

(2005a) همخوانی دارد. همچنین، توسعه تنش برشی تحت یک زاویه مایل حدوداً 45 درجه نسبت به دماغه بالادست تکیه‌گاه مشاهده شد. در حالت‌هایی که پوشش گیاهی استفاده شد، تنش برشی دماغه تکیه‌گاه کم شده و تنش برشی در آبراهه اصلی مقطع مرکب افزایش داشت. با افزایش تراکم پوشش گیاهی، تنش برشی دماغه تکیه‌گاه نیز کاهش یافت.

## 5- فهرست علائم

$S$	فاصله بین موانع
$y$	عمق مورد نظر جریان در دشت سیلابی
$y_f$	عمق کل جریان در دشت سیلابی
$u'$	نوسانات سرعت در جهت طولی $x$
$v'$	نوسانات سرعت در جهت عرضی $y$
$w'$	نوسانات سرعت در جهت عمقی $z$
$\rho$	جرم مخصوص آب
$-\overline{\rho u'w'}$ ، $-\overline{\rho u'v'}$ ، $-\overline{\rho v'w'}$	تنش‌های رینولدزی کف کانال
$\tau_0$	تنش برشی بستر

## 6- منابع

- دریکوندی، خ، فتحی مقدم، م، مسجدی، ع. و بینا، م. (1391). بررسی اثر تراکم و انعطاف پذیری پوشش گیاهی روی ضرائب زبری در سواحل رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی در حالت غیرمستغرق. *مجله تحقیقات منابع آب ایران*، سال 8، شماره 2، ص. 24-35.
- صانعی، م. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی بررسی آزمایشگاهی ضریب زبری پوشش گیاهی در سیلابدشت‌ها (1391). پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، وزارت جهاد کشاورزی.
- وحیدی، ا. و امید، م.ح. (1391). تأثیر پوشش گیاهی صلب غیرمستغرق بر ضریب زبری و تنش برشی در شرایط جریان غیر یکنواخت تدریجی. *یازدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران*، ارومیه.

abutment: laboratory-scale numerical experiment. *Journal of Hydraulic Engineering*, 135(2), pp. 106-117.

Ursic, M. C. (2011). Quantification of shear stress in a meandering native topographic channel using a physical hydraulic model. M.Sc. Thesis, Fort Collins, Colorado State University, USA.

Yang, K. J., Cao, S. Y. and Knight, D. W. (2007). Flow patterns in compound channels with vegetated floodplains. *Journal of Hydraulic Engineering*, 133(2), pp. 148-159.

*Journal of Hydraulic Engineering*, 124(8), pp. 822-830.

Stone, B. M. and Shen, H. T. (2002). Hydraulic resistance of flow in channels with cylindrical roughness. *Journal of Hydraulic Engineering*, 128(5), pp. 500-506.

Teruzzi, A., Ballio, F. and Armenio, V. (2009). Turbulent stresses at the bottom surface near an