

اثر طول تکیه‌گاه بر آبشستگی تکیه‌گاه پل در کانال‌های با مقطع مرکب

یوسف رمضانی^{1*}، مهدی قمشی² و سید حبیب موسوی جهرمی³

تاریخ دریافت: 90/10/07 تاریخ پذیرش: 91/02/10

¹- استادیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه بیرجند

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

³- دانشیار، گروه سازه های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

* مسئول مکاتبه: Email: ramezani.y@gmail.com

چکیده

شکست پل‌ها ناشی از آبشستگی در تکیه‌گاه پل‌ها اهمیت مطالعه در مورد پیش‌بینی آبشستگی و راه‌های کاهش آن را روشن می‌سازد. طول تکیه‌گاه یکی از مهمترین پارامترهای موثر بر آبشستگی می‌باشد. اکثر تکیه‌گاه پل‌ها در دشت سیلابی قرار گرفته‌اند و قرار گرفتن آن‌ها در مجرای اصلی کمتر رایج است. یکی از موارد متداول در دشت سیلابی وجود پوشش گیاهی می‌باشد. هدف این تحقیق بررسی تأثیر طول تکیه‌گاه بر آبشستگی تکیه‌گاه با دیواره عمودی در مقطع مرکب می‌باشد. آزمایش‌ها در طول‌های مختلف تکیه‌گاه، تراکم‌های گوناگون پوشش گیاهی در دشت سیلابی و شرایط آبشستگی آب زلال انجام گرفت. نتایج نشان می‌دهد در یک عمق ثابت، با افزایش طول تکیه‌گاه، تأثیر پوشش گیاهی در کاهش عمق آبشستگی بیشتر می‌شود. همچنین، در کمترین عمق آب در دشت سیلابی، با افزایش طول تکیه‌گاه، عمق آبشستگی با یک نرخ سریع افزایشی، بیشتر می‌شود. با افزایش عمق آب، این نرخ سریع افزایشی به تدریج تبدیل به یک نرخ کاهشی شده و با افزایش طول تکیه‌گاه، عمق آبشستگی با یک نرخ کاهشی، افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: آب زلال، آبشستگی، پوشش گیاهی، تکیه‌گاه پل، طول تکیه‌گاه، مقطع مرکب

Effect of Abutment Length on Abutment Scour in Compound Channels

Y. Ramezani^{1*}, M. Ghomeshi² and S.H. Musavi Jahromi³

Received: 28 December 2011, Accepted: 29 April 2012

1- Assist. Prof., Dept. of Water Eng., Univ. of Birjand,

2- Prof., Dept. of Hydraulic Structures, Faculty of Water Sci. Eng., Shahid Chamran Univ. of Ahvaz,

3- Assoc. Prof., Dept. of Hydraulic Structures, Faculty of Water Sci. Eng., Shahid Chamran Univ. of Ahvaz,

Corresponding author: Email: ramezani.y@gmail.com

Abstract

Bridge failures due to scour at bridge abutments clarify importance of scour prediction and scour reduction. Abutment length is one of the most important parameters influencing the scour process. Most of bridge abutments are located in floodplains and locating them in main channels are less common. One of common cases in floodplains is the existence of vegetation cover. Scope of this study is to investigate the effect of vertical wall abutment length on scour in compound channels. Experiments were carried out in different abutment lengths, vegetation concentrations under clear water condition. Results show that for constant flow depth, with increasing the abutment length, the effect of vegetation on reduction of scour depth increased. Also, with increasing the abutment length at the minimum flow depth, the scour depth got larger at a rapidly increasing rate. With increasing flow depth, this rapidly increasing rate changed to a slowly increasing rate.

Key Words: Abutment length, Bridge abutment, Clear water, Compound channel, Scour, Vegetation

مقدمه

گاه پل بود. ملویل همچنین خاطر نشان می‌سازد که 70 درصد هزینه‌ها روی شکست پل در نیوزیلند ناشی از آبشستگی تکیه گاه پل بوده است. طول تکیه گاه³ یکی از مهمترین پارامترهای موثر در روند آبشستگی و عمق آن می‌باشد. بررسی‌های آزمایشگاهی مختلف نشان می‌دهد عمق آبشستگی با افزایش طول تکیه گاه افزایش می‌یابد. پارامترهای بی‌بعد مختلفی برای ارزیابی اثر طول تکیه گاه روی عمق

شکست پل ناشی از آبشستگی کلی در فونداسیون (شامل پایه¹ و تکیه گاه²)، ضرورت مطالعه در مورد پیش‌بینی آبشستگی و راه‌های محافظت در برابر آن را کاملاً روشن می‌سازد. بررسی‌ها نشان می‌دهند که مشکل آبشستگی در تکیه گاه 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 آبشستگی تکیه

¹ Pier

² Abutment

³ Abutment length

فاکتور جهت تکیه گاه²، K_s^* فاکتور شکل تعدیل شده و K_q^* فاکتور جهت تعدیل شده می‌باشند. برای تکیه گاه‌های بلند اثر شکل تکیه گاه ناچیز بوده، درحالی که برای تکیه گاه‌های کوتاه اثر جهت تکیه گاه ناچیز می‌باشد. برای تکیه گاه‌های متوسط فاکتور شکل تعدیل شده K_s^* و فاکتور جهت تعدیل شده K_q^* استفاده می‌شود.

کانداسمی (1989) مطالعات جامعی در کانال مستطیلی روی اثر طول تکیه گاه بر آبشستگی آب زلال انجام داد و نتایج خود را در 4 ناحیه تقسیم نمود. در ناحیه اول که به عنوان "آبشستگی در تکیه گاه‌های کوتاه" نام‌گذاری نمود، با افزایش طول تکیه گاه عمق آبشستگی به سرعت و به طور تقریباً خطی افزایش می‌یابد. در ناحیه دوم و سوم که به عنوان "آبشستگی در تکیه گاه‌های متوسط" نام‌گذاری نمود، با افزایش طول تکیه گاه عمق آبشستگی به طور کاهشی، افزایش می‌یابد. در ناحیه چهارم و در نسبت های بزرگ L/y که به عنوان "آبشستگی در تکیه گاه های بلند" نام‌گذاری نمود، با افزایش طول تکیه گاه عمق آبشستگی به سمت یک مقدار ثابت (بیشترین عمق آبشستگی) میل می‌نماید. دانگل (1994) اثر طول تکیه گاه را روی آبشستگی

مطالعه نمود. او داده‌های خود را به همراه داده‌های تی (1984) و کانداسمی (1989) برای تکیه گاه بالی شکل³ و کوان (1984) برای تکیه گاه‌های نیم دایره⁴ ترسیم نمود. او دریافت که برای $L/y \geq 60$ ، نرخ افزایش عمق آبشستگی با طول تکیه گاه معنی‌دار نیست و برای $L/y \geq 100$ عمق آبشستگی ثابت می‌ماند.

داده‌های بیشتری توسط ملویل (1997) در تکیه گاه‌های بالی‌شکل، تکیه گاه با دیواره عمودی⁵ و شیب‌دار⁶ (با شیب‌های افقی به عمودی 0/5 به 1، 1 به 1،

آبشستگی استفاده می‌شود که شامل نسبت انقباض L/B_1 ، نسبت بازشدگی $(B_1-L)/B_1$ و نسبت L/y است که L طول تکیه گاه (عمود بر جهت جریان)، y عمق جریان و B_1 عرض آبراهه می‌باشد. بعضی از محققین از نسبت بازشدگی و نسبت انقباض برای نشان دادن اثر طول تکیه گاه روی عمق آبشستگی استفاده کرده‌اند. از این جمله می‌توان به گارد و همکاران (1961)، گیل (1970)، فیلد (1971)، زگل و مک کورکودال (1975)، زگل (1983) و راجاراتنام و ناچوکو (1983) اشاره کرد. بعضی دیگر از محققین شامل کانها (1975)، کوان (1984)، کانداسمی (1989)، ملویل (1992) و دانگل (1994) نسبت L/y را برای بیان اثر طول تکیه گاه ترجیح دادند.

ملویل (1992) داده‌های آبشستگی تکیه گاه پل‌ها توسط گیل (1972)، وانگ (1982)، تی (1984)، کوان (1984، 1988) و کانداسمی (1989) را ترسیم نمود. او d_s/y را در برابر L/y و d_s/L را در برابر y/L ترسیم نمود. معادلات ذیل به ترتیب برای تکیه گاه‌های کوتاه، متوسط و بلند اطلاق می‌شود. معیار طبقه‌بندی ملویل بر اساس نسبت طول تکیه گاه به عمق جریان (L/y) می‌باشد.

$$d_s = 2K_s L \quad L/y < 1 \quad [1]$$

$$d_s = 2K_s^* K_q^* \sqrt{L y} \quad 1 \leq L/y \leq 25 \quad [2]$$

$$d_s = 10K_{\theta} y \quad L/y > 25 \quad [3]$$

بر طبق معادلات بالا، عمق آبشستگی در یک تکیه گاه کوتاه وابسته به طول تکیه گاه و مستقل از عمق جریان است. در حالی که عمق آبشستگی در یک تکیه گاه بلند وابسته به عمق جریان و مستقل از طول تکیه گاه است. عمق آبشستگی در یک تکیه گاه متوسط نیز وابسته به طول تکیه گاه و عمق جریان است. بیشتر شرایط واقعی آبشستگی تکیه گاه پل‌ها در محدوده طول متوسط تکیه گاه قرار می‌گیرند. K_s فاکتور شکل تکیه گاه¹، K_{θ}

² Abutment orientation factor

³ Wing-wall

⁴ Semi-circular

⁵ Vertical-wall

⁶ Spill-through

¹ Abutment shape factor

مواد و روش ها

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 (اشکال 1 و 2). تکیه گاه در یک طاقچه رسوبی¹ به طول 2 متر و عمق 30 سانتی‌متر در دشت سیلابی قرار گرفت. دبی ورودی با استفاده از شیر ورودی تنظیم و بوسیله یک سرریز مثلثی شکل کالیبره شده اندازه‌گیری شد. عمق جریان نیز با استفاده از دریچه انتهایی تنظیم گردید. چند آرام کننده جریان در ابتدای فلوم به منظور کاهش تلاطم‌های ناخواسته آب نصب شد.

فاصله ابتدای طاقچه رسوبی تا ابتدای فلوم 4 متر در نظر گرفته شد. همچنین، فاصله انتهایی طاقچه رسوبی تا انتهای فلوم نیز 3 متر در نظر گرفته شد. این فاصله باعث می‌شود تا نیمرخ سطح آب روی طاقچه رسوبی یکنواخت بوده و تحت تأثیر دریچه نباشد. آزمایش‌ها در شرایط آب زلال² و با تنظیم دبی و عمق جریان در حد آستانه حرکت رسوبات ($U/U_c=0/95$) انجام شد. آبشستگی آب زلال زمانی صورت می‌پذیرد که انتقال رسوب از طرف جریان نزدیک‌شونده به حفره آبشستگی وجود نداشته باشد ($U < U_c$). از طرف دیگر، آبشستگی بستر زنده³ زمانی صورت می‌پذیرد که حفره آبشستگی دائماً بوسیله رسوب توسط جریان نزدیک‌شونده تغذیه شود ($U > U_c$).

با توجه به مرکب بودن مقطع فلوم، غیریکنواختی سرعت جریان نزدیک‌شونده و اینکه هر تحقیق شرایط خاص خود را دارا می‌باشد، سرعت آستانه حرکت و عمق مورد نظر با انجام آزمایش‌های آستانه حرکت در آزمایشگاه بدست آمده است. هدف بدست آوردن عمق

1/5 به 1) به داده‌های دانگل (1994) اضافه کرد و مانند او d_s/y را در برابر L/y و d_s/L را در برابر y/L ترسیم نمود. این داده‌ها تحت مقادیر مختلف U/U_c و رسوب یکنواخت بدست آمده بودند. U متوسط سرعت جریان نزدیک‌شونده و U_c سرعت آستانه حرکت ذرات رسوبی می‌باشد. این داده‌ها فرمول‌های آبشستگی ملویل (1992) را تصدیق نمودند.

در یک رودخانه واقعی شامل مجرای اصلی و دشت‌های سیلابی مجاور، آبشستگی تکیه گاه واقع در دشت سیلابی تابعی از یک توزیع سرعت جریان نزدیک‌شونده یکنواخت که در تحقیقات آزمایشگاهی گذشته که در کانال‌های مستطیلی بدست آمده است، نمی‌باشد. در عوض، آبشستگی تابعی از توزیع جریان بین مجرای اصلی و دشت سیلابی است که در محل تنگ‌شدگی پل رخ می‌دهد. به عبارت دیگر، طول تکیه گاه پارامتر بسیار مهمی است اما یک طول تکیه گاه مشابه ممکن است بسته به توزیع جریان نزدیک‌شونده در مقطع مرکب و توزیع جریان در مقطع تنگ شده، عمق آبشستگی متفاوتی را ایجاد نماید.

اکثر تحقیقات در زمینه آبشستگی تکیه گاه پل‌ها در کانال‌های مستطیلی انجام گرفته است. حال آن که اکثر تکیه گاه پل‌ها در دشت سیلابی قرار گرفته اند و قرار گرفتن تکیه گاه در مجرای اصلی کمتر رایج است (بی‌نام 2004). یکی از پارامترهای مهم در آبشستگی تکیه گاه پل‌ها، طول تکیه گاه می‌باشد. همچنین، یکی از موارد متداول در دشت سیلابی وجود پوشش گیاهی می‌باشد که تاکنون در بررسی‌های مربوط به آبشستگی تکیه گاه پل‌ها مورد استفاده قرار نگرفته است. هدف این تحقیق بررسی تأثیر طول تکیه گاه بر آبشستگی تکیه گاه پل با دیواره عمودی در دشت سیلابی دارای پوشش گیاهی می‌باشد.

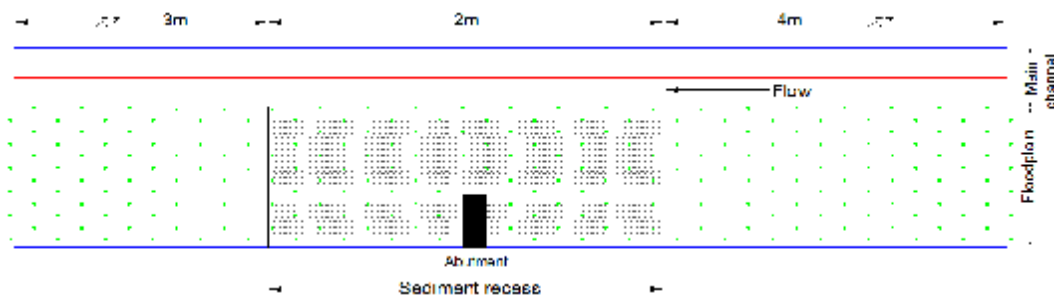
¹ Sediment recess

² Clear water

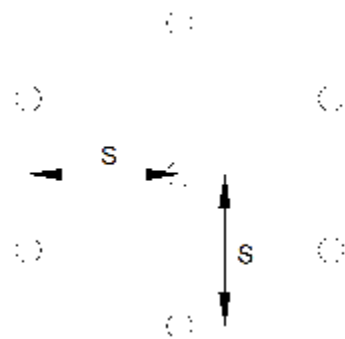
³ Live bed

کشیده شد. سپس، فلوم به آرامی بوسیله جریان آب پر شده و دبی مورد نظر تنظیم گردید. پس از تنظیم دبی،

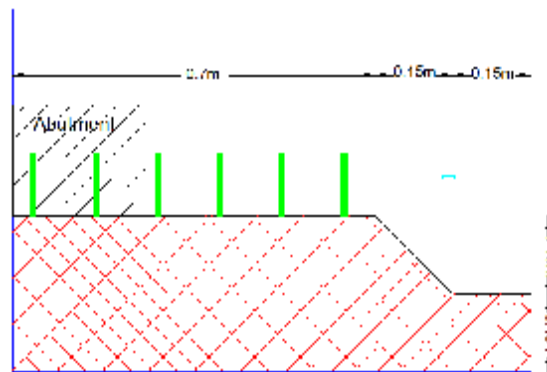
و سرعت آستانه حرکت در یک دبی معین بود. بدین منظور ابتدا رسوبات طاقچه رسوبی (بدون حضور تکیه گاه) کاملاً مسطح شده و دریاچه انتهایی کاملاً بالا



شکل 1 - طرح فلوم آزمایشگاهی مورد مطالعه.



شکل 3 - آرایش و فواصل موانع استوانه‌ای.



شکل 2 - مقطع عرضی فلوم آزمایشگاهی مورد مطالعه.

نداشته باشد) به عنوان عمق مورد نظر انتخاب گردید. در دبی 20 لیتر بر ثانیه، عمق حد آستانه حرکت رسوبات در عمق 4/8 سانتی‌متر در دشت سیلابی مشاهده شد. برای سایر دبی‌ها نیز روند مشابهی انجام گرفت. بدین ترتیب پنج عمق 4/8، 6/4، 8/3، 10 و 11/8 سانتی‌متر در دشت سیلابی برای دبی‌های 20 الی 40 لیتر بر ثانیه بدست آمد.

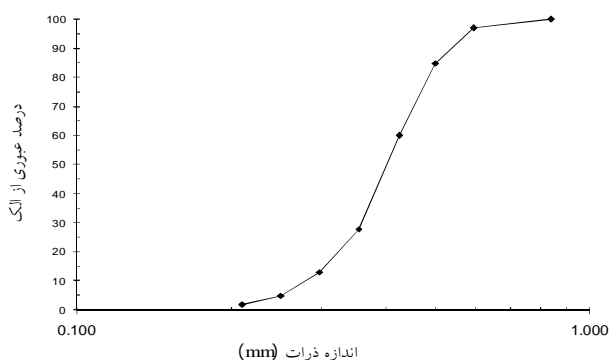
بیشتر شرایط واقعی آبشستگی تکیه‌گاه پل‌ها در محدوده طول متوسط تکیه‌گاه قرار می‌گیرند. در این تحقیق از تکیه‌گاه‌هایی با دیواره عمودی و در محدوده

دریاچه انتهایی به آرامی پایین کشیده شد. روند پایین کشیدن دریاچه انتهایی تا جایی ادامه پیدا کرد که حرکت عمومی رسوبات در طاقچه رسوبی مشاهده شود. برای مثال، در دبی 20 لیتر بر ثانیه، عمق آستانه حرکت رسوبات در عمق آب 4/5 سانتی‌متر در دشت سیلابی مشاهده شد. هدف این تحقیق انجام آزمایش‌ها در شرایط آب زلال و تنظیم دبی و عمق جریان در حد آستانه حرکت رسوبات ($U/U_c=0/95$) بود. بنابراین، نزدیکترین عمق ممکن به عمق آستانه حرکت (بطوری که هیچ‌گونه حرکت رسوب در طاقچه رسوبی وجود

هندسی، σ_g می‌باشد. برای توزیع لوگ نرمال رسوبات، σ_g به صورت زیر به دست آمد:

$$s_g = \sqrt{\frac{d_{84.1}}{d_{15.9}}} = \frac{d_{84.1}}{d_{50}} \quad [4]$$

رسوبات در صورتی یکنواخت در نظر گرفته خواهند شد که $\sigma_g < 1/4$ باشد (دی و باربویا 2005). در این تحقیق $\sigma_g = 1/27$ بدست آمد که نشان‌دهنده یکنواختی رسوبات می‌باشد. منحنی دانه‌بندی رسوب مورد استفاده در آزمایش‌ها در شکل 4 نشان داده شده است.



شکل 4 - منحنی دانه‌بندی رسوب مورد استفاده در آزمایش‌ها.

و درخت را مورد آزمایش قرار دادند. در مورد پوشش گیاهی درخت در دشت سیلابی، از موانع استوانه‌ای استفاده گردید.

از موانع استوانه‌ای به صورت آرایش زیگزاگی و قطر ثابت در 4 تراکم و در حالت غیرمستغرق استفاده شد. قطر موانع استوانه‌ای، با توجه به عمق کم جریان در دشت سیلابی، 1 سانتی‌متر انتخاب شد. با توجه به شکل 3، چهار تراکم با $S=8$ ، $S=12$ ، $S=16$ و شرایط بدون پوشش گیاهی در نظر گرفته شد. واحد S برحسب سانتی‌متر می‌باشد.

در ابتدای آزمایش‌ها، به منظور جلوگیری از آبشستگی ناخواسته ناشی از عمق کم جریان، فلوم بوسیله یک لوله با نرخ کم پر شد و سپس دبی و عمق مورد نظر تنظیم گردید.

طول متوسط طبقه‌بندی ملویل (1992) استفاده شد. با توجه به حداکثر عمق جریان روی دشت سیلابی و عرض آبراهه و عرض دشت سیلابی، تکیه‌گاه‌هایی با سه طول 12، 19 و 26 سانتی‌متر در آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. عرض تکیه‌گاه (در جهت جریان) نیز 12 سانتی‌متر انتخاب گردید. رسوب یکنواخت با قطر متوسط 0/4 میلی‌متر در آزمایش‌ها استفاده شد. معیار یکنواختی رسوب بر اساس مقدار انحراف معیار

در آزمایش‌ها به منظور شبیه‌سازی پوشش گیاهی در دشت سیلابی از موانع استوانه‌ای استفاده گردید. محققین 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 دارای پوشش گیاهی می‌باشند پرداختند. آن‌ها سه پوشش گیاهی علف، بوته

در این قسمت، L_a طول تکیه گاه، B_f عرض دشت سیلابی، d_s حداکثر عمق آبشستگی، y_f عمق آب در دشت سیلابی و y_m عمق آب در آبراهه اصلی تعریف شده است.

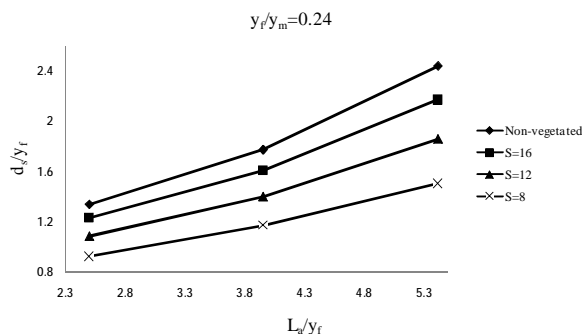
اثر طول تکیه گاه روی آبشستگی

در این تحقیق، همانند اکثر محققین از جمله کانداسمی (1989)، ملویل (1992) و دانگل (1994)، برای بیان اثر طول تکیه گاه روی آبشستگی از نسبت بدون بعد L_a/y_f در برابر d_s/y_f استفاده شده است. اشکال 5 تا 9، نسبت های بدون بعد L_a/y_f در برابر d_s/y_f ، در تراکم های مختلف پوشش گیاهی و پنج عمق آب روی دشت سیلابی $4/8$ ، $6/4$ ، $8/3$ ، 10 و $11/8$ سانتی متر بطور جداگانه نشان داده شده اند.

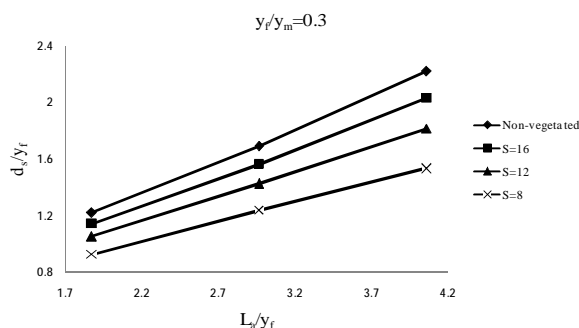
مدت آزمایش ها تا زمانی بود که حفره آبشستگی ایجاد شده تقریباً به حالت تعادل رسیده باشد. در اینجا با توجه به مشاهدات و امکانات آزمایشگاهی موجود، این زمان 12 ساعت در نظر گرفته شد. بعد از اتمام هر آزمایش، جریان آب فلوم به آرامی تخلیه شده و نقطه حداکثر آبشستگی و همچنین توپوگرافی ایجاد شده در طاقچه رسوبی توسط متر لیزری با دقت ± 1 میلی متر برداشت شد.

نتایج و بحث

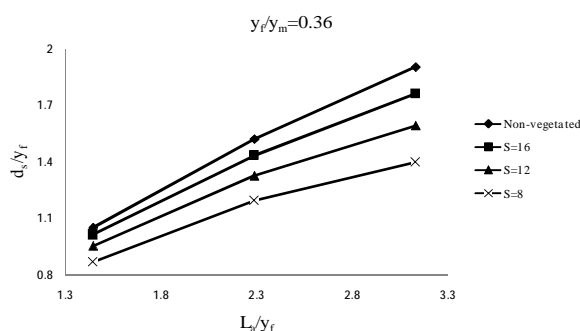
در این قسمت، تجزیه و تحلیل نتایج در دو بخش اثر طول تکیه گاه بر آبشستگی و همچنین اثر طول تکیه گاه روی توپوگرافی تشکیل شده پیرامون تکیه گاه پل در طاقچه رسوبی بیان می شود.



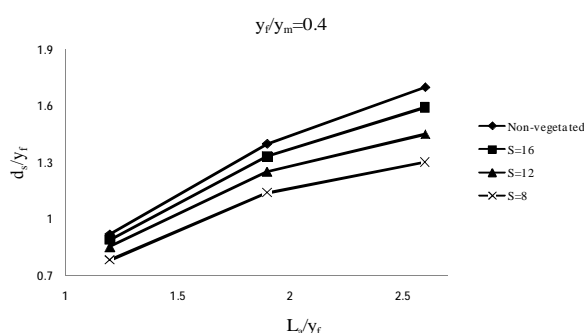
شکل 5 - اثر طول تکیه گاه روی آبشستگی در $y_f = 4/8$ cm و تراکم های مختلف پوشش گیاهی.



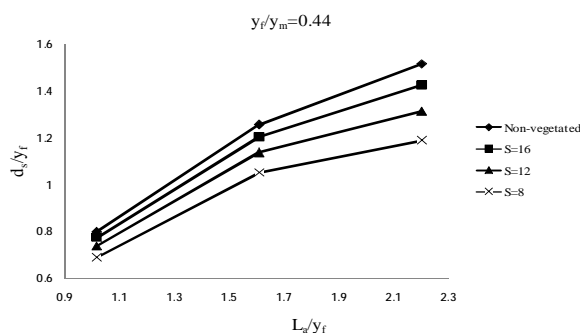
شکل 6 - اثر طول تکیه گاه روی آبشستگی در $y_f = 6/4$ cm و تراکم های مختلف پوشش گیاهی.



شکل 7 - اثر طول تکیه‌گاه روی آبستگی در $y_f = 8/3$ cm و تراکم‌های مختلف پوشش گیاهی



شکل 8 - اثر طول تکیه‌گاه روی آبستگی در $y_f = 10$ cm و تراکم‌های مختلف پوشش گیاهی.



شکل 9 - اثر طول تکیه‌گاه روی آبستگی در $y_f = 11/8$ cm و تراکم‌های مختلف پوشش گیاهی.

برای مثال، در $y_f/y_m = 0/24$ (شکل 5)، در $L_r/y_f = 2/5$ مقدار d_r/y_f از $1/33$ در حالت بدون پوشش، به $1/23$ در حالت $S=16$ ، $1/08$ در حالت $S=12$ و $0/91$ در حالت $S=8$ کاهش می‌یابد. در حالی که در $L_r/y_f = 5/41$ میزان کاهش در d_r/y_f از $2/43$ در حالت بدون پوشش، به

با توجه به اشکال 5 تا 9، نتایج زیر بدست آمدند: به طور کلی، در یک عمق ثابت و با افزایش طول تکیه‌گاه، عمق آبستگی افزایش می‌یابد. در یک عمق ثابت و با افزایش طول تکیه‌گاه، تأثیر پوشش گیاهی در کاهش عمق آبستگی بیشتر می‌شود.

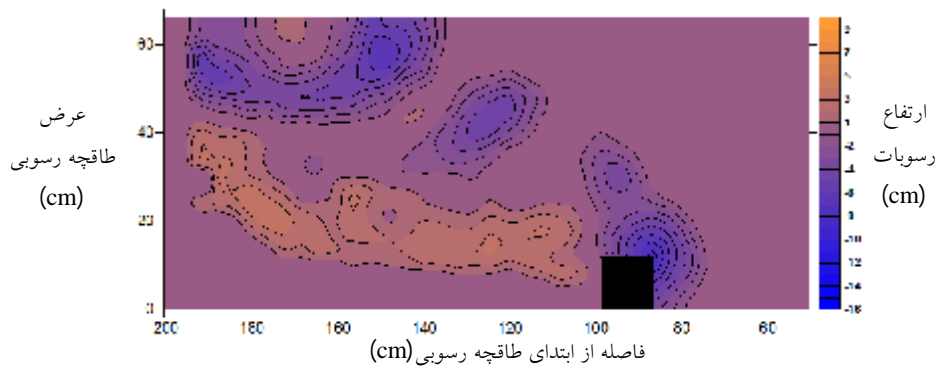
می یابد. در $y_t/y_m=0/44$ نسبت d_s/y_f از 0/8 به 1/25 و سپس به 1/51 افزایش یافت.

اثر طول تکیه گاه روی توپوگرافی

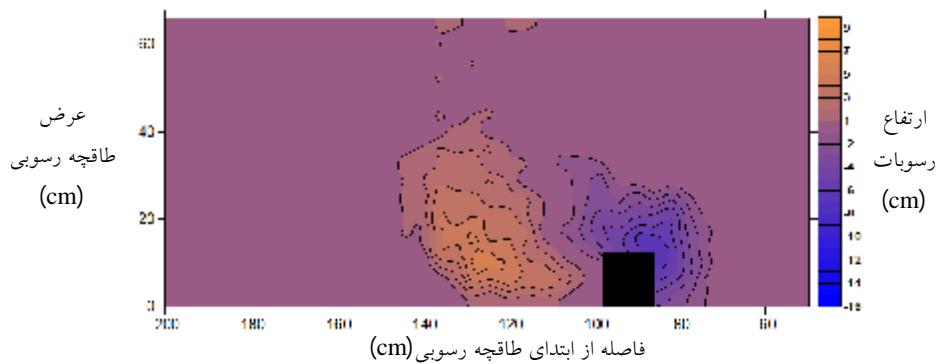
در اینجا توپوگرافی پیرامون تکیه گاه پل با سه طول 12، 19 و 26 سانتی متر و با عمق آب روی دشت سیلابی 8/3 سانتی متر، در حالت بدون پوشش گیاهی و حالت $S=8$ مورد مقایسه قرار گرفته است.

در حالت $S=8$ رسید. در حالت $S=12$ و $1/5$ در

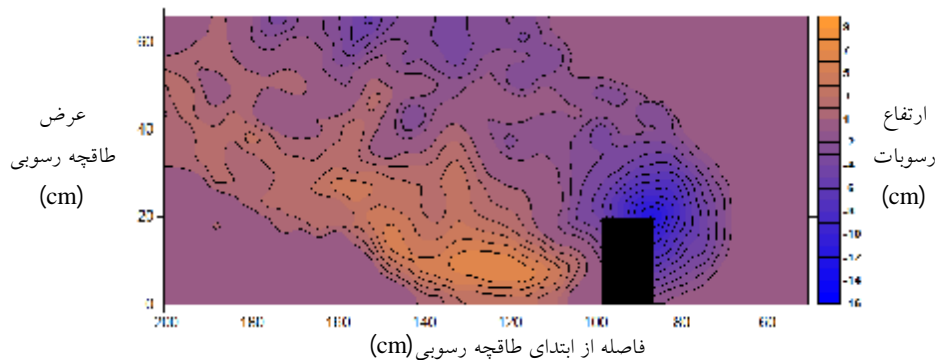
با افزایش طول تکیه گاه در $y_t/y_m=0/24$ عمق آبشستگی با یک نرخ افزایشی، افزایش می یابد. در $y_t/y_m=0/24$ در حالتی که پوشش گیاهی استفاده نشده است، نسبت d_s/y_f از 1/33 به 1/77 و سپس به 2/43 افزایش می یابد. با افزایش y_t/y_m این نرخ افزایشی کاهش یافته و با افزایش طول تکیه گاه، عمق آبشستگی با نرخ کمتری، افزایش



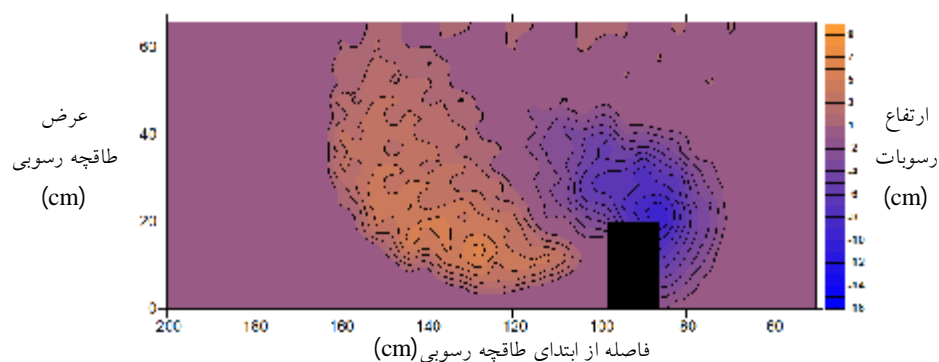
شکل 10 - توپوگرافی طاقچه رسوبی در طول تکیه گاه $L=12$ cm و بدون پوشش گیاهی.



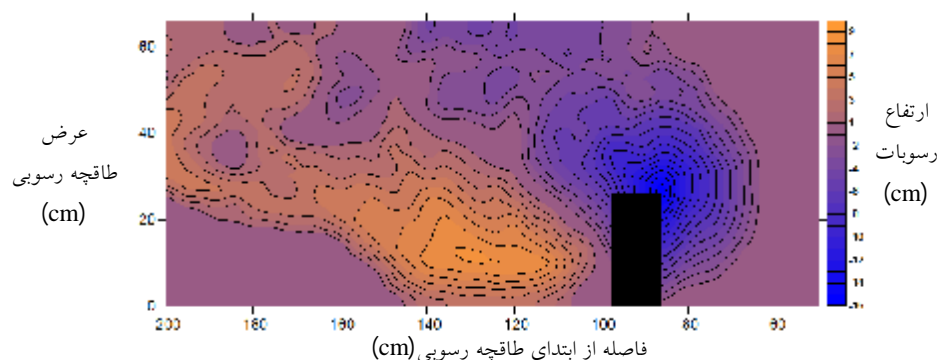
شکل 11 - توپوگرافی طاقچه رسوبی در طول تکیه گاه $L=12$ cm و $S=8$.



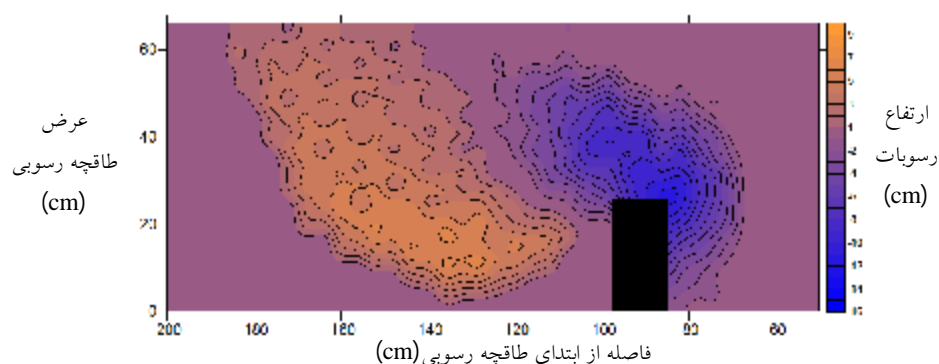
شکل 12 - توپوگرافی طاقچه رسوبی در طول تکیه گاه $L=19$ cm و بدون پوشش گیاهی.



شکل 13 - توپوگرافی طاقچه رسوبی در طول تکیه‌گاه $L=19$ cm و $S=8$ cm.



شکل 14 - توپوگرافی طاقچه رسوبی در طول تکیه‌گاه $L=26$ cm و بدون پوشش گیاهی.



شکل 15 - توپوگرافی طاقچه رسوبی در طول تکیه‌گاه $L=26$ cm و $S=8$ cm.

با توجه به اشکال 10 تا 15، نتایج زیر بدست آمدند: با افزایش طول تکیه‌گاه، میزان عمق و توسعه حفره آبشستگی پیرامون تکیه‌گاه افزایش پیدا کرده است. در اینجا حداکثر عمق آبشستگی در حالت بدون پوشش گیاهی از $8/7$ سانتی‌متر در حالت $L=12$ cm به $12/6$ سانتی‌متر در $L=19$ cm و $15/8$ سانتی‌متر در $L=26$ cm، افزایش پیدا کرده است. در تمامی حالات حداکثر عمق آبشستگی در دماغه بالادست تکیه‌گاه مشاهده گردید و طول تکیه‌گاه و

حداکثر عمق آبشستگی در حالت $L=12$ cm به $11/6$ سانتی‌متر در حالت $S=8$ از $7/2$ سانتی‌متر در حالت $L=26$ cm افزایش پیدا کرده است. حداکثر عمق

پوشش گیاهی تأثیری در جابجایی نقطه حداکثر عمق آبشستگی از دماغه بالادست تکیه گاه نداشتند. با افزایش طول تکیه گاه، میزان رسوبگذاری در پشت تکیه گاه افزایش می یابد. دلیل این امر آن است که با افزایش طول تکیه گاه، قدرت گرداب نعل اسبی که عامل اصلی آبشستگی در تکیه گاه پل ها می باشد افزایش پیدا کرده و رسوبات بیشتری از اطراف تکیه گاه شسته شده و در نتیجه میزان رسوبگذاری در پشت تکیه گاه افزایش می یابد. با افزایش تراکم در حالت $s=8$ ، قدرت گرداب نعل اسبی کاهش پیدا کرده و از میزان رسوبگذاری در پشت تکیه گاه کاسته می شود. در حالت بدون پوشش گیاهی، در $L=12$ cm تغییرات طولی توپوگرافی تا فاصله 192 سانتی متر از ابتدای طاقچه رسوبی پیشروی نموده است. در $L=19$ cm و $L=26$ cm تغییرات طولی توپوگرافی حتی از محدوده طاقچه رسوبی نیز بیشتر می باشد. با افزایش تراکم در حالت $s=8$ ، تغییرات توپوگرافی در جهت طولی کمتر می شود. تغییرات طولی توپوگرافی در حالت $s=8$ ، تا فاصله 144 سانتی متر در $L=12$ cm، 160 سانتی متر در $L=19$ cm و 184 سانتی متر در $L=26$ cm از ابتدای طاقچه رسوبی پیشروی نموده است.

نتیجه گیری

اکثر مطالعات در زمینه اثر طول روی آبشستگی تکیه گاه پل ها در کانال های مستطیلی انجام گرفته است. همچنین، یکی از موارد متداول در دشت سیلابی وجود

پوشش گیاهی می باشد که تاکنون در آزمایش های مربوط به آبشستگی تکیه گاه پل ها مورد استفاده قرار نگرفته است. در این تحقیق، تأثیر طول تکیه گاه بر آبشستگی تکیه گاه پل در مقطع مرکب در سه طول تکیه گاه، چهار تراکم پوشش گیاهی و شرایط آبشستگی آب زلال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد در یک عمق آب ثابت و با افزایش طول تکیه گاه، تأثیر پوشش گیاهی در کاهش عمق آبشستگی بیشتر می شود. برای مثال، در کمترین عمق آب و تراکم $s=8$ ، در طول تکیه گاه 26 سانتی متر 40 درصد کاهش عمق آبشستگی مشاهده شد که با کاهش طول تکیه گاه به 12 سانتی متر این میزان به 31 درصد کاهش پیدا کرد. نتایج محققین از جمله کانداسمی (1989) در کانال های مستطیلی و در محدوده طول متوسط تکیه گاه پل ها نشان می دهند با افزایش طول تکیه گاه عمق آبشستگی با یک نرخ کاهشی، افزایش می یابد. در این تحقیق که در یک مقطع مرکب دارای پوشش گیاهی و در محدوده طول متوسط تکیه گاه پل ها انجام گرفته است، نتایج نشان می دهد که با افزایش طول تکیه گاه در $y_f/y_m=0/24$ ، عمق آبشستگی با یک نرخ افزایشی، افزایش یافته و با افزایش y_f/y_m ، این نرخ افزایشی تبدیل به یک نرخ کاهشی شده و با افزایش طول تکیه گاه، عمق آبشستگی با یک نرخ کاهشی، افزایش پیدا می نماید. همچنین، با افزایش طول تکیه گاه، عمق و ابعاد حفره آبشستگی پیرامون تکیه گاه پل بیشتر شده و تغییرات محسوسی در توپوگرافی تشکیل شده در طاقچه رسوبی مشاهده شد.

منابع مورد استفاده

- Anonymous, 2004. Enhanced abutment scour studies for compound channels. Federal Highway Administration Report. No. FHWA-RD-99-156, USA.
- Cunha LV, 1975. Time evolution of local scour. Pp. 285-299. 16th IAHR Congress. Sao Paulo, Brazil.
- Dey S and Barbhuiya AK, 2005. Time variation of scour at abutments. Journal of Hydraulic Engineering, 131(1): 11-23.
- Dongol DMS, 1994. Local scour at bridge abutments. Report No. 544. School of Engineering, University of Auckland, New Zealand.

- Field WG, 1971. Flood protection at highway bridge openings. N.S.W. Engineering Bulletin CE3. University of Newcastle, England.
- Garde RJ, Subramanya K and Nambudripad KD, 1961. Study of scour around spur dikes. Journal of the Hydraulics Division, 87: 23-37.
- Gill MA, 1970. Bed erosion around obstructions in rivers. Ph D thesis, Imperial College of Science and Technology, The University of London.
- Gill MA, 1972. Erosion of sand beds around spur dikes. Journal of the Hydraulics Division 98: 1587-1602.
- Kandasamy JK, 1989. Abutment scour. Report No. 458. School of Engineering, University of Auckland, New Zealand.
- 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.
- Melville BW, 1992. Local scour at bridge abutments. Journal of Hydraulic Engineering 118(4): 615-631.
- Melville BW, 1997. Pier and abutment scour: integrated approach. Journal of Hydraulic Engineering 123(2): 125-136.
- Rajaratnam N and Nwachukwu BA, 1983. Erosion near groyne-like structures. Journal of Hydraulic Research 21(4): 277-287.
- Stone BM and Shen HT, 2002. Hydraulic resistance of flow in channels with cylindrical roughness. Journal of Hydraulic Engineering 128(5): 500-506.
- Tey CB, 1984. Local scour at bridge abutments. Report No. 329. School of Engineering, University of Auckland, New Zealand.
- Wong WH, 1982. Scour at bridge abutments. Report No. 275. School of Engineering, University of Auckland.
- Yang KJ, Cao SY and Knight DW, 2007. Flow patterns in compound channels with vegetated floodplains. Journal of Hydraulic Engineering 133(2): 148-159.
- Zaghloul NA and McCorquodale JA, 1975. A stable numerical model for local scour. Journal of Hydraulic Research 13(4): 425-444.
- Zaghloul NA, 1983. Local scour around spur dikes. Journal of Hydrology 60: 123-140.