

ارزیابی آبشستگی عمومی اطراف پایه پل با نرم افزار HEC-RAS (مطالعه موردی: پل سیمینه رود
میاندوآب)
رسول دانشفراز، مهدی دسینه و امیر قادری

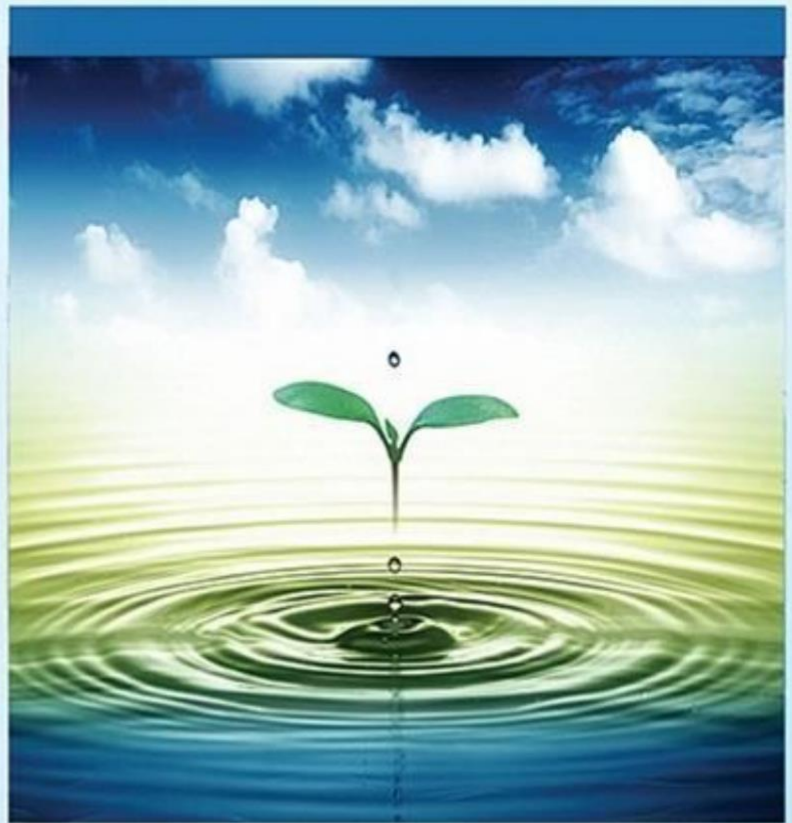
دوره ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۹۱-۱۰۲

Vol. 5(2), Summer 2019, 91 – 102

DOI: 10.22034/jewe.2019.177408.1310

Evaluation of Scour Depth around Bridge Piers
with HEC-RAS (Case study: Bridge of Simineh
Rood, Miandoab, Iran)

Daneshfaraz R., Dasineh M. and Ghaderi A.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله: دانشفراز ر.، دسینه م.، و قادری ا. (۱۳۹۸). ارزیابی آبشستگی عمومی اطراف پایه پل با نرم افزار HEC-RAS (مطالعه موردی: پل سیمینه رود میاندوآب). مجله محیط زیست و مهندسی آب، دوره ۵، شماره ۲، صفحات: ۹۱-۱۰۲.

Citing this paper: Daneshfaraz R., Dasineh M. and Ghaderi A. (2019). Evaluation of scour depth around bridge piers with HEC-RAS (Case study: Bridge of Simineh Rood, Miandoab, Iran). J. Environ. Water Eng., 5(2), 91-102. DOI: 10.22034/jewe.2019.177408.1310.

ارزیابی آبشستگی عمومی اطراف پایه پل با نرم افزار HEC-RAS (مطالعه موردی): پل سیمینه رود میاندوآب)

رسول دانشفراز^۱، مهدی دسینه^۲ و امیر قادری^{۳*}

^۱دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مراغه، آذربایجان شرقی، ایران
^۲دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مراغه، آذربایجان شرقی، ایران
^۳دانشجوی دکترا، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
*نویسنده مسئول: amir_ghaderi@znu.ac.ir

مقاله اصلی

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۸/۰۵/۱۵]

تاریخ بازنگری: [۱۳۹۸/۰۴/۲۲]

تاریخ دریافت: [۱۳۹۸/۰۱/۱۱]

چکیده

در پژوهش حاضر، میزان عمق آبشستگی اطراف پایه‌های پل سیمینه رود میاندوآب با مدل HEC-RAS با استفاده از دو روش CSU و فروهلیچ برای دبی‌های با دوره برگشت مختلف، تعیین شد. برای این منظور، ابتدا با استفاده از داده‌های صحرائی، یک مدل هیدرولیکی از بازه رودخانه که پل در آن قرار دارد، در نرم افزار ایجاد شد. سپس با وارد کردن داده‌های مربوط به آبشستگی پایه‌های پل برای دبی‌های با دوره برگشت ۵ تا ۱۰۰۰، تغییر دبی جریان بر آبشستگی اطراف پایه‌های میانی و کناری پل بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزایش دبی (افزایش سرعت جریان) میزان برخورد خطوط جریان بیش تر شده و از مقدار آبشستگی در پایه‌های میانی نسبت به پایه‌های کناری پل کاسته می‌شود. همچنین برای دبی با دوره برگشت‌های ۵ تا ۴۰ YI هیچ گونه آبشستگی در تکیه‌گاه‌های پل دیده نمی‌شود. در حالی که از دبی با دوره برگشت‌های ۵۰ تا ۱۰۰۰ YI میزان آبشستگی تکیه‌گاه‌ها به شدت افزایش می‌یابد. برای دوره برگشت‌های مختلف در هر دو روش CSU و فروهلیچ پایه شماره ۷ بیشترین میزان آبشستگی و پایه شماره ۱ کمترین مقدار را دارد. روش فروهلیچ به اندازه روش CSU در محاسبه عمق آبشستگی نسبت به افزایش دبی حساس نیست و تقریباً ۲۰ درصد نسبت به هم در محاسبه عمق آبشستگی اختلاف دارند. دلیل این امر نیز به کاربردن ضرایب شکل پایه، شرایط بستر و همچنین ضریب مسلح بودن بستر توسط ذرات رسوبی در روش CSU است.

واژه‌های کلیدی: پایه‌های پل؛ روش CSU؛ روش فروهلیچ؛ سیمینه رود؛ عمق آبشستگی

۱- مقدمه

برای تعیین عمق آبشستگی در مجاورت پایه پل، نیاز به شناخت کافی از پدیده و الگوی جریان اطراف آن می‌باشد. تا با توجه به آن، روش مناسب برای تخمین عمق فرسایشی، مشخص شود. آبشستگی به علت توان فرسایشی آب جاری برای سایش و حمل مواد بستر در پیرامون سازه‌های سد-کننده جریان ایجاد می‌شود. مانعی که در مسیر حرکت آب قرار می‌گیرد، الگوی جریان در مجاورت خود را تغییر می‌دهد (Ettema et al. 2011). در این حالت تغییر در توزیع سرعت جریان و پیدایش ساختارهای پیچیده آشفته‌گی در میدان جریان (گردابه‌ها) عاملی برای تشدید فرسایش بستر خواهد شد (Sheppard et al. 2011). سیستم اصلی گردابه از برخورد جریان به جلو پایه و انحراف آن به طرف پایین ایجاد می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که گردابه‌های نعل اسبی و برخاستگی نقش عمده‌ای در ایجاد حفره آبشستگی اطراف پایه پل دارند (Breusers and Raudkivi 1991). پژوهش‌های تجربی و عددی زیادی بر روی آبشستگی پایه‌های پل صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. (Tseng et al. 2000)، با شبیه‌سازی الگوی جریان اطراف پایه‌های پل دایره‌ای و مستطیلی شکل با مدل LES دریافتند که جریان پایین‌رونده در مقابل پایه‌های پل، شکل می‌گیرد. این پدیده باعث تشکیل گرداب نعل اسبی می‌شود. (Shahrokhnia et al. 2008) به کاربرد مدل‌های HEC-RAS و MIKE-11 در شبیه‌سازی جریان در کانال-های آبیاری پرداختند. نتایج آن‌ها حاکی از عملکرد بهتر نرم-افزار HEC-RAS در مقایسه با MIKE-11 در تجزیه و تحلیل هیدرولیک جریان در شبکه آبیاری می‌باشد. (Yu and Yu, 2008) با بررسی عددی آبشستگی پایه‌های پل با استفاده از مدل‌های یک‌بعدی و دو بعدی HEC-RAS و FLO2DH نشان دادند که هر دو مدل نتایج قابل قبولی را برای تخمین عمق آبشستگی ارائه می‌نماید. (Ismail 2009) با استفاده از مدل یک‌بعدی به بررسی آبشستگی پایه پل آسوان برای دبی‌های ۲۷۰ و ۳۵۰ Mm^3/day پرداخت. نتایج پژوهش نشان داد که آبشستگی موضعی در پایه‌ها به ترتیب برابر ۱۳/۶۶ و ۱۴/۴۷ m است. ایشان همچنین به بررسی آبشستگی ال-مینیا برای دبی ۱۸۱ Mm^3/day با زاویه تخریب ۳۰° پرداخت. نتایج پژوهش نشان داد که آبشستگی موضعی در همه پایه‌ها ۱/۸۱ و ۴/۵۳ m می‌باشد.

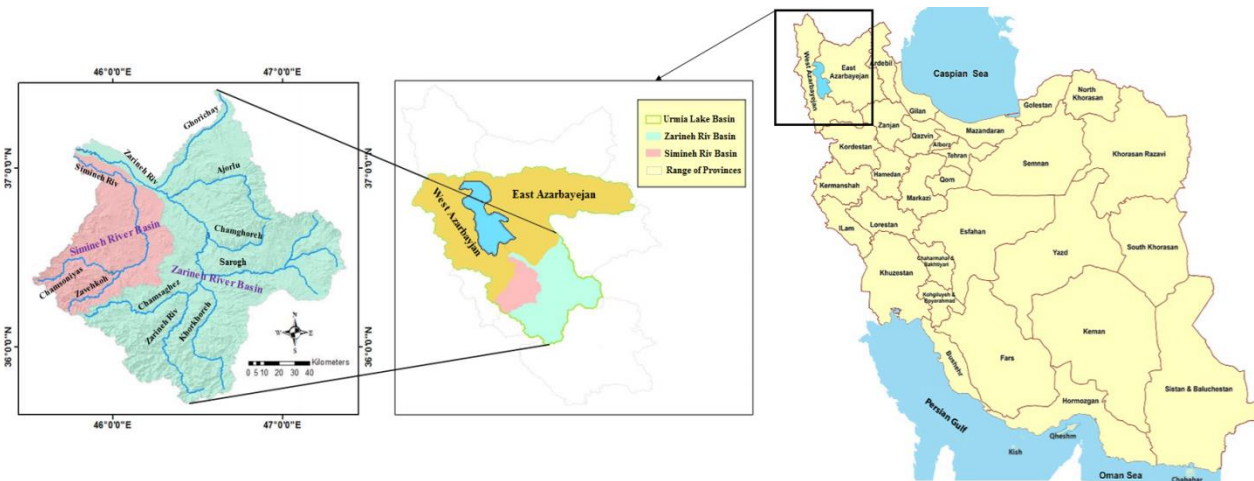
Roshangar and Rouhparvar (2012) در بررسی عملکرد سیستم‌های فرامدل در تخمین عمق آبشستگی پایه‌های پل در خاک‌های غیرچسبنده دریافتند که شبکه پیش-خور با داشتن ضریب تعیین بالا و خطای کم‌تر نسبت به شبکه‌های شعاع مینا، رگرسیون تعمیمی و شبکه فازی-عصبی از کارایی بالایی برخوردار است. (Mousavi and Daneshfaraz 2013) با استفاده از نرم-افزار HEC-RAS، CSU2001 و معادلات فروهلیچ به ارزیابی عمق آبشستگی پایه‌های پل پرداختند. در انتها نتایج با یکدیگر مقایسه و قابل قبول گزارش گردید. (Dahe and Kharode 2015) با ارزیابی عمق آبشستگی پایه‌های پل با استفاده از مدل HEC-RAS پی بردند که بیشینه عمق آبشستگی مربوط به پایه پل مربعی شکل بود. در حالی که کم‌ترین مقدار مربوط به پایه پل مستطیلی نوک‌تیز می‌باشد. همچنین عمق آبشستگی پایه استوانه‌ای، نوک‌گرد و گروه پایه‌های پل دایره‌ای شکل، یکسان بود. (Moussa 2017) با ارزیابی آبشستگی موضعی پایه‌های پل آسوان و ال-مینیا با اشکال مختلف هندسی با استفاده از مدل‌های HEC-RAS و CCHE2D دریافتند که آبشستگی پایه‌های پل در آسوان به دلیل بزرگ‌تر بودن ابعاد پایه‌ها نسبت به ال-مینیا بیش‌تر است. همچنین نشان داده شد که مدل CCHE2D نسبت به مدل HEC-RAS نتایج دقیق‌تری را به‌ویژه در مقاطع عرضی غیریکنواخت ارائه می‌کند. (Kardan et al. 2018) به ارزیابی نتایج تجربی و عددی تأثیر مقاطع هندسی مختلف پایه پل بر کاهش فرسایش بستر و تنش برشی بستر پرداختند. نتایج آنان نشان داد که مقطع دوکی شکل با ابتدای تیز، با کاهش ۷۲ درصد عمق آبشستگی، نسبت به مدل مینا، بهترین مدل می‌باشد. (Daneshfaraz et al. 2019) با انجام آزمایش‌هایی نشان دادند که تأثیر حفره برداشت بر روی آبشستگی اطراف پایه پل بالادست بیش‌تر از پایه پل پایین‌دست می‌باشد. با توجه به شکل آنرویدینامیکی دماغه پایه پل مستطیلی نوک‌تیز مقدار حداکثر عمق آبشستگی در اطراف پایه پل بالادست و پایین‌دست به ترتیب ۲۴/۵۰ و ۳۱/۵۵ درصد نسبت به پایه پل دایره‌ای شکل کاهش می‌یابد. برای طراحی اقتصادی و قابل اطمینان پایه‌های پل، برآورد عمق آبشستگی در اطراف پایه‌ها ضروری است.

پل سیمینه‌رود در روی رودخانه سیمینه‌رود ساخته شده و تنها پل ارتباطی بین میاندوآب و روستاهای اطراف و همچنین پل ارتباطی بین ارومیه و شهرهای مهاباد، نقده، پیرانشهر، سردشت و سایر شهرهای جنوب‌غربی استان می‌باشد. این پل دارای ۷ ردیف پایه ۴ تایی است. حوضه رودخانه سیمینه‌رود به همراه شاخه‌های آن در شکل (۱) نشان داده شده است. در شکل (۲) و جدول (۱) به ترتیب نمایی از موقعیت پل سیمینه‌رود و همچنین مشخصات پل ارائه شده است.

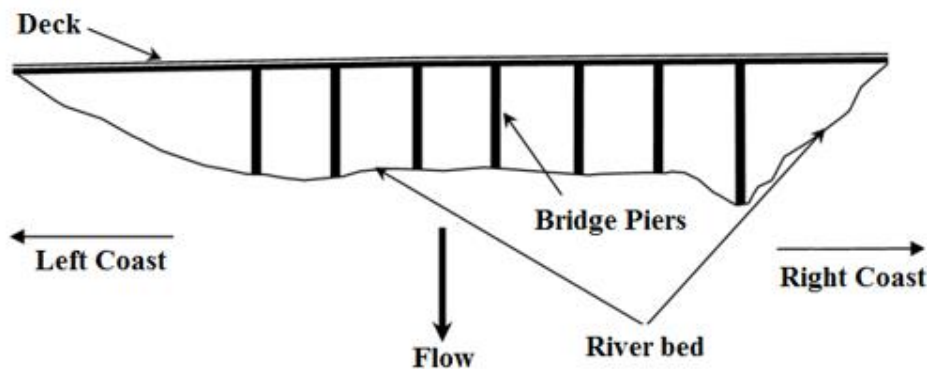
در حال حاضر پایه و اساس علمی برای طراحی سازه‌ای پایه‌ها به‌خوبی مشخص شده است، ولی در مقابل هیچ تئوری واحد یا مشخصی وجود ندارد که عمق آبخستگی را در پایه‌های پل با ضریب اطمینان بالا برآورد کند. از این‌رو، در این پژوهش به ارزیابی عمق آبخستگی موضعی در محل پایه‌های پل سیمینه‌رود میاندوآب با مدل HEC-RAS با استفاده از هر دو روش CSU و فروهلیچ برای دبی‌ها با دوره برگشت مختلف که یک مدل چند منظوره‌ای است، پرداخته شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه



شکل ۱- حوضه رودخانه سیمینه‌رود به همراه شاخه‌های آن
Fig. 1 River basin of Simineh Rood with its branches



شکل ۲- نمایی از موقعیت پل سیمینه‌رود
Fig. 2 A view of the Simineh Rood bridge position

متوسط دانه‌های رسوب (D_{50}) در محل پل ۸/۷۵ mm و D_{95} رسوب برابر ۱۲ mm اندازه‌گیری شده است. رودخانه در این محدود پل مورد مطالعه در دشت واقع شده که حداکثر شیب محاسبه شده برای آن ۱٪ و میزان ضریب زبری برای این محدوده بین ۰/۰۳۵ و ۰/۰۲۵ انتخاب شد. با استفاده از آمار ایستگاه هیدرومتری پل میان‌دوآب که در ۲۰m پایین- دست پل قرار دارد، اقدام به محاسبه دبی با دوره برگشت‌های مختلف شد. برای این منظور از روش گشتاورهای معمولی با توزیع‌های آماری سه پارامتری و از نرم‌افزار SMSDA استفاده شد. در این مطالعه بهترین توزیع آماری، توزیع لوگ نرمال سه پارامتری بود که نتایج تخمین دبی‌های با دوره برگشت مختلف در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲- دبی‌های با دوره برگشت مختلف برای رودخانه سیمینه‌رود در ایستگاه پل میان‌دوآب

Table 2 Discharges with different return periods for the Simineh Rood River

دوره برگشت (year)	2	5	10	15	20	25	35	40	50	75
دبی (m^3/s)	50.1	75.4	100.2	125.1	149.8	174.7	200	225.2	248.4	271.6
دوره برگشت (year)	85	100	150	200	250	300	350	400	500	1000
دبی (m^3/s)	363	426.5	497	544.4	587.2	599.2	742.4	874.1	1050	1125

موضعی اطراف پایه‌های پل، مدل CSU می‌باشد که به صورت رابطه (۱) تعریف می‌گردد (Richardson and Davis 1995):

$$y_s = 2k_1 k_2 k_3 k_4 a^{0.65} y_1 Fr_1^{0.43} \quad (1)$$

که، y_s حداکثر عمق آبستنگی، a عرض یا قطر پایه، y_1 عمق جریان در بالادست پایه، k_1 ضریب شکل پایه، k_2 ضریب اثر زاویه برخورد جریان، k_3 ضریب شرایط بستر، k_4 ضریب مسلح بودن بستر توسط ذرات رسوبی، Fr_1 عدد فرود جریان در بالادست پایه می‌باشد. مدل دیگری که در نرم‌افزار HEC-RAS برای تخمین عمق آبستنگی پایه پل مورد استفاده قرار می‌گیرد، معادله فروهلیچ بوده که برای محاسبه آبستنگی پایه پل به صورت رابطه (۲) تعریف می‌گردد:

$$y_s = 0.32 \phi(a')^{0.62} y_1^{0.47} Fr_1^{0.22} D_{50}^{-0.09} + a \quad (2)$$

که، y_s حداکثر عمق آبستنگی، ϕ ضریب تصحیح برای شکل دماغه، y_1 عمق جریان در بالادست پایه، D_{50} قطری که ۵۰ درصد ذرات بستر از آن ریزتر باشند، a عرض یا قطر پایه، a'

جدول ۱- مشخصات پل سیمینه‌رود

Table 1 Geometry parameters of Simineh Rood Bridge

مشخصات پل	مقدار/شکل	مشخصات پل	مقدار (m)
تعداد پایه	28	عرض پل	9
نوع پایه	استوانه‌ای	ارتفاع پل	5.5
مقطع پایه	دایره‌ای	ارتفاع پایه‌های پل	4
طول پل	80m	قطر پایه‌های پل	0.8

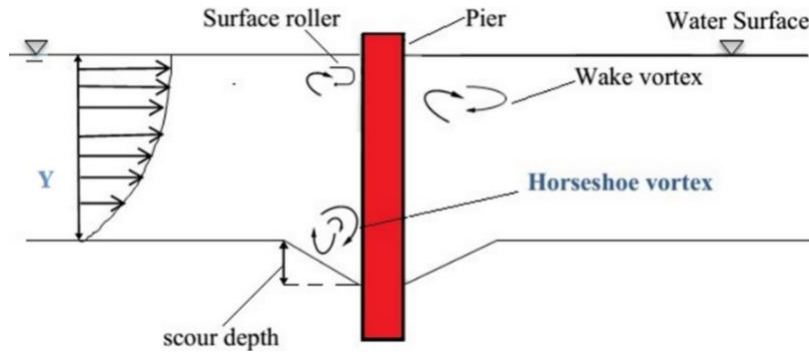
در بالادست پل سیمینه‌رود، پل دومی در حال احداث می‌باشد که در این پژوهش از اطلاعات دانه‌بندی رسوب این پل که در حال احداث می‌باشد، استفاده شد. بر این اساس قطر

۲-۲-۲ نرم‌افزار HEC-RAS

نرم‌افزار HEC-RAS 4.1 توسط اداره مهندسی ارتش آمریکا ایجاد و توسعه پیدا کرده و سال‌هاست که در سراسر دنیا مورد استفاده مهندسين می‌باشد. در سال ۲۰۰۶ قابلیت شبیه‌سازی و انتقال رسوب نیز بدان اضافه شد. این نرم‌افزار توانایی مدل‌کردن کامل شبکه‌ها، کانال‌ها و رودخانه‌های شاخه‌ای یا تکی را دارا می‌باشد. از قابلیت‌های این نرم‌افزار می‌توان به آنالیز جریان‌های ماندگار و غیرماندگار، جریان‌های زیربحرانی و فوق‌بحرانی، طراحی کالورت، قابلیت شبیه‌سازی انتقال رسوب و مواردی از این قبیل اشاره کرد (Brunner 2010). همچنین این نرم‌افزار با استفاده از اطلاعاتی مربوط به هیدرولیک جریان، شکل و مشخصات هندسی پایه پل و همچنین شکل و جنس بستر اطراف رودخانه، عمق آبستنگی پایه‌های پل احداث‌شده بر روی رودخانه‌ها را محاسبه می‌کند. برای شبیه‌سازی دینامیک رودخانه از معادلات یک‌بعدی سنت و نانت استفاده شد. که در قالب مدل‌های CSU و فروهلیچ به حل این معادلات پرداخته شده است. مدل پیش‌فرض نرم‌افزار جهت تخمین عمق آبستنگی

آبشستگی و نحوه ایجاد گردابه‌ها اطراف پایه پل را نشان می‌دهد.

عرضی از پایه‌های کناری پل که در مسیر جریان قرار دارند، عدد فرود جریان در بالادست پایه می‌باشد. شکل (۳)



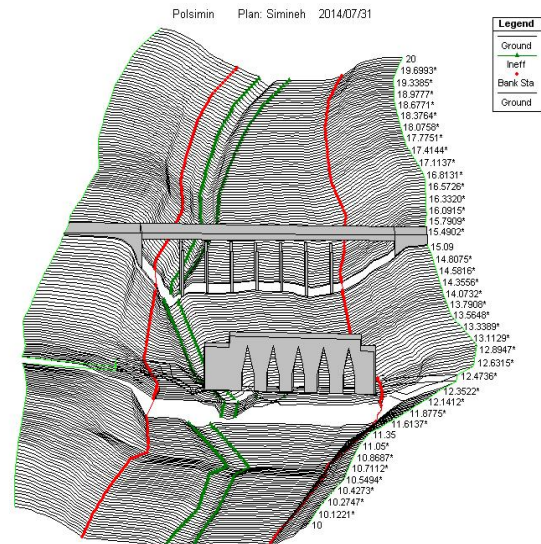
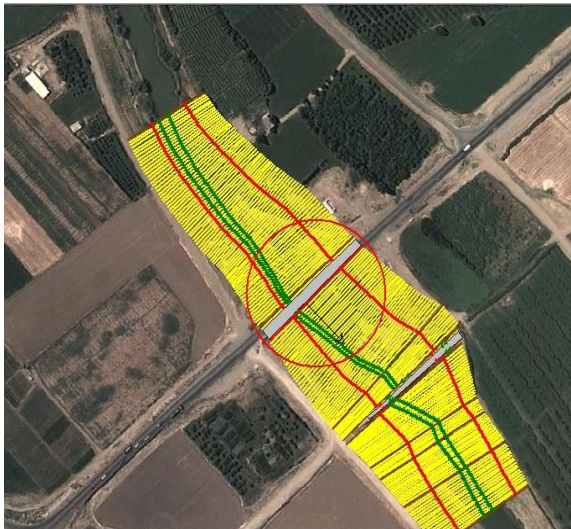
شکل ۳- آبشستگی و نحوه ایجاد گردابه‌ها اطراف پایه پل

Fig. 3 Local scouring and vortices around the bridge piers

موجود در نرم افزار بدان اضافه شد. سپس مقاطع عرضی m ۱۵/۰۹ در پایین دست و بالادست پل ایجاد و بین آن‌ها میان-یابی انجام شد. هندسه پل سیمینه‌رود شامل عرشه پل، تکیه‌گاه‌ها و ۷ ردیف پایه ۴ تایی می‌باشد. شکل (۴) مقاطع عرضی پل سیمینه‌رود به همراه محل پل‌ها جهت تعیین عمق آبشستگی پایه‌های پل سیمینه‌رود را نشان می‌دهد. همچنین در شکل (۵) پروفیل عرضی در پایین دست و بالادست پل سیمینه‌رود نشان داده شده است.

۲-۳- مدل هیدرولیکی و هندسه پل

اولین قدم شبیه‌سازی در نرم افزار HEC-RAS برای محاسبه حداکثر عمق آبشستگی پایه‌های پل، انتخاب مدل هیدرولیکی از بازه‌ای از رودخانه است که پل در آن واقع شده است. این مدل می‌بایست شامل چند مقطع عرضی در پایین دست و چند مقطع عرضی در بالادست پل باشد. برای این منظور از محل مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار Google Earth تصویر هوایی تهیه شده و با استفاده از گزینه‌های

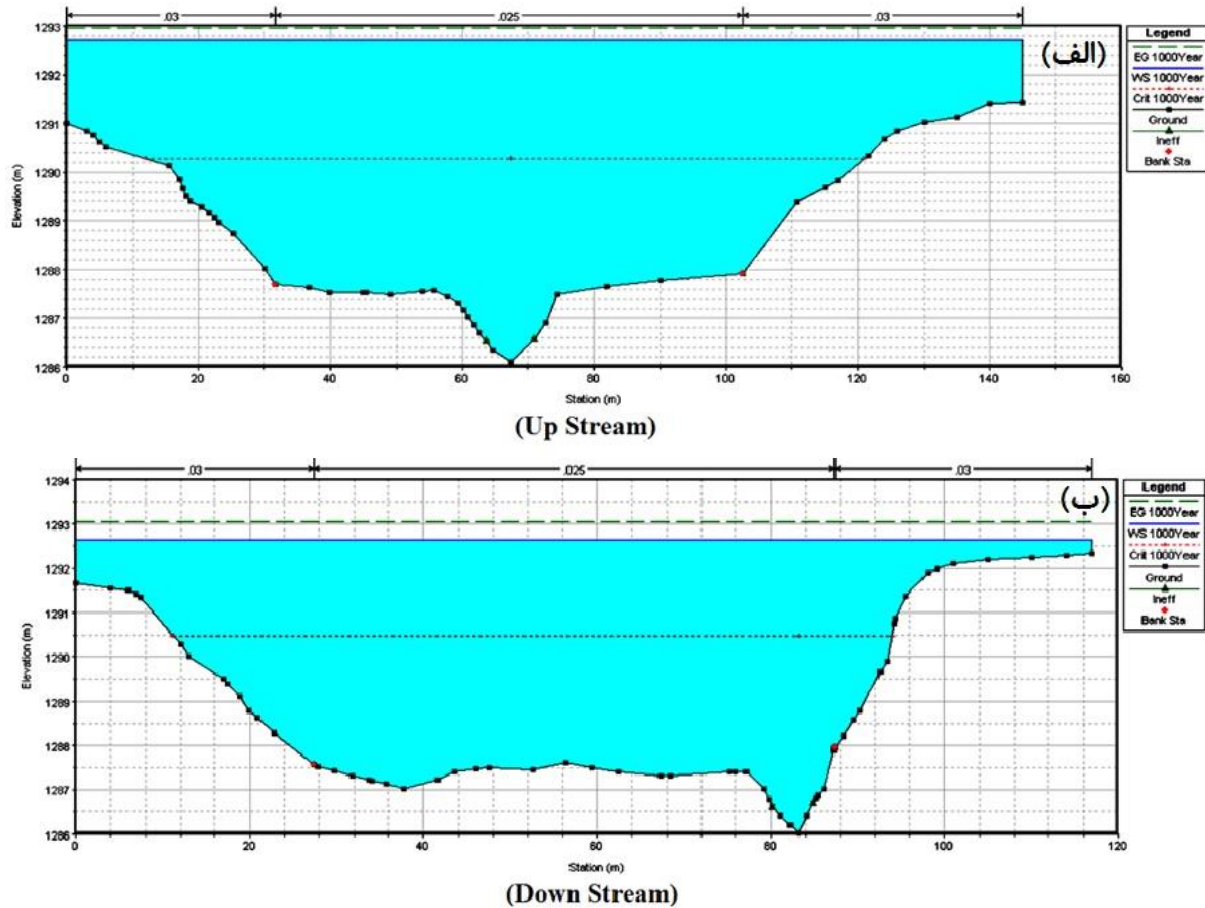


شکل ۴- مقاطع عرضی پل سیمینه‌رود به همراه محل پل‌ها جهت تعیین عمق آبشستگی

Fig. 4 Cross sections of the bridge with location of the bridges to determine the scour depth

حاضر با توجه به شیب بسیار کم رودخانه سیمینه‌رود در محدوده تحقیق و ایجاد رژیم زیربحرانی شرط مرزی پایین-دست بر اساس منحنی دبی- اشل آمار ایستگاه هیدرومتری پل میان‌دوآب می‌باشد. در شکل (۶) نمودار دبی- اشل در این ایستگاه هیدرومتری نشان داده شده است.

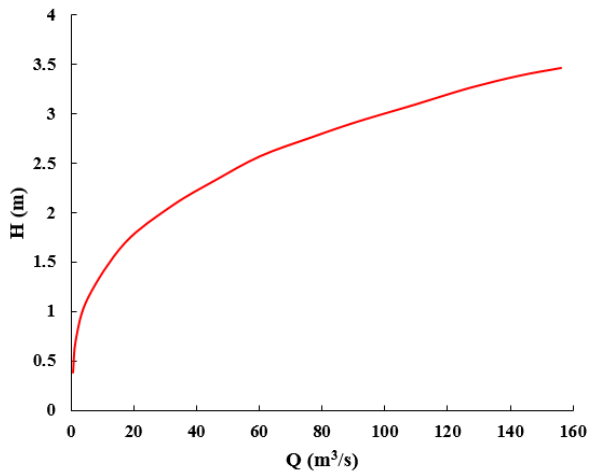
برای اعمال شرایط مرزی اگر تحلیل جریان زیربحرانی باشد، فقط شرایط مرزی در پایین دست و اگر تحلیل جریان فوق بحرانی باشد، شرایط مرزی در بالادست ضروری است. در محاسبات رژیم جریان مختلط، بایستی شرایط مرزی در بالادست و پایین دست برای مدل معرفی شود. در پژوهش



شکل ۵- پروفیل عرضی پل سیمینه رود: الف- بالادست پل ب- پایین دست پل

Fig. 5 Transverse sectional profiles in the bridge of the Simineh Rood Bridge: a) pier upstream b) pier downstream

پروفیل‌های جریان با دوره برگشت ۲۵، ۵۰، ۴۰۰ و ۱۰۰۰ در بازه مورد مطالعه در شکل (۷) نشان داده شده است. در دوره برگشت‌های ۲۵ و ۵۰ یی نوع بستر از جنس آب زلال و برای دوره برگشت ۴۰۰ و ۱۰۰۰ یی نوع بستر به ترتیب بین ۱۰-۲۰ mm و بیش‌تر از ۳۰ mm انتخاب و محاسبات عمق آب‌سستگی بر مبنای این نوع بسترها انجام شد. پروفیل‌های جریان در دوره برگشت ۴۰۰ یی نشان می‌دهد که به جز قسمت کوچکی از ساحل رودخانه، سایر نواحی کاملاً زیر آب قرار دارند. برای دوره برگشت ۱۰۰۰ دبی به شدت بالا رفته و از عرشه هر دو پل سیمینه رود فراتر رفته است. در این دوره برگشت‌ها (۲۵، ۵۰، ۴۰۰ و ۱۰۰۰ یی)، آب‌سستگی از تکیه‌گاه راست نیز شروع شده و با افزایش دبی، میزان آن به شکل قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد.

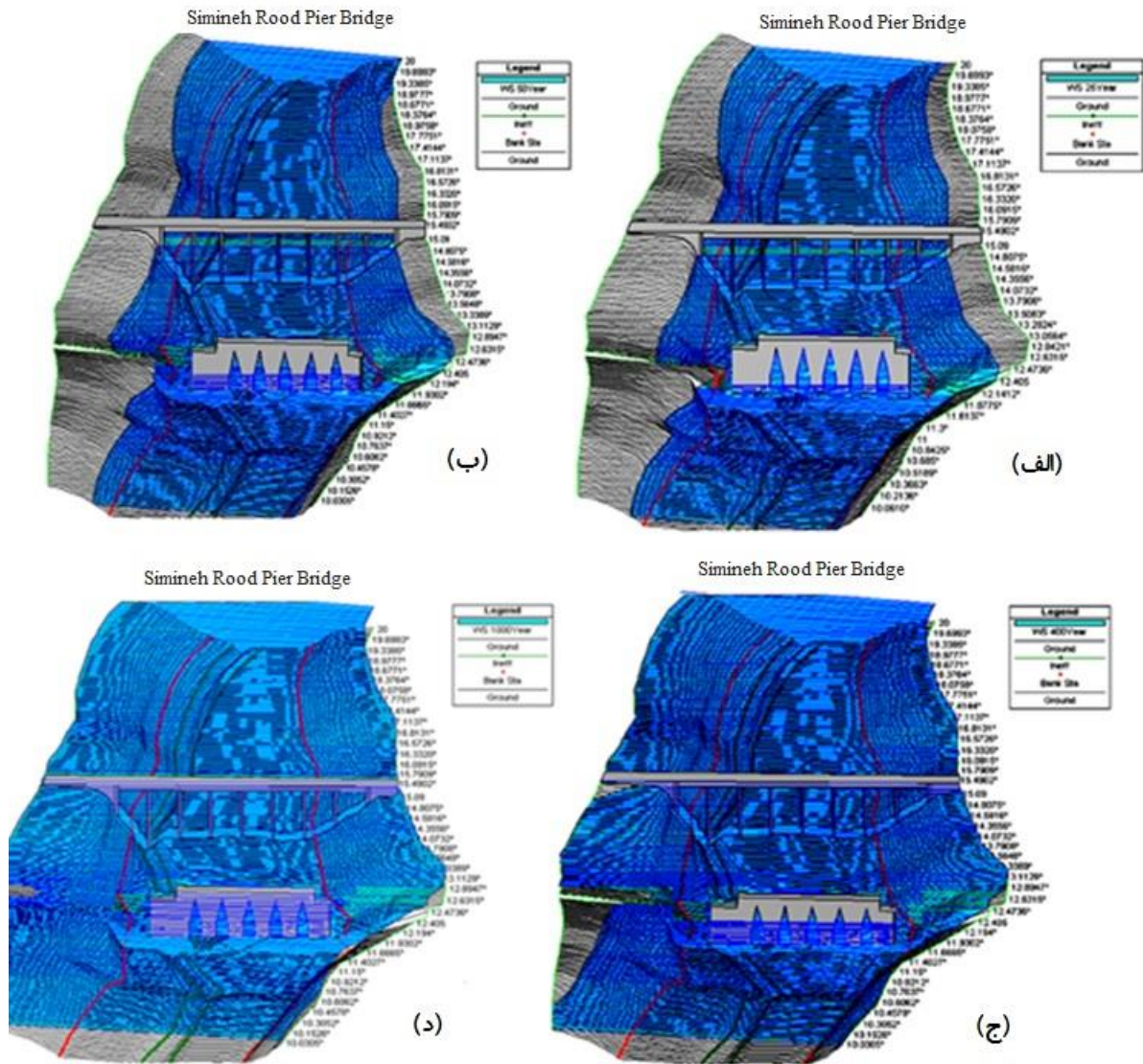


شکل ۶- نمودار دبی- اشل در ایستگاه هیدرومتری پل میان‌دوآب

Fig. 6 Flow diagram of stage-discharge at Miandoab hydrometric station

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱ پروفایل‌های جریان

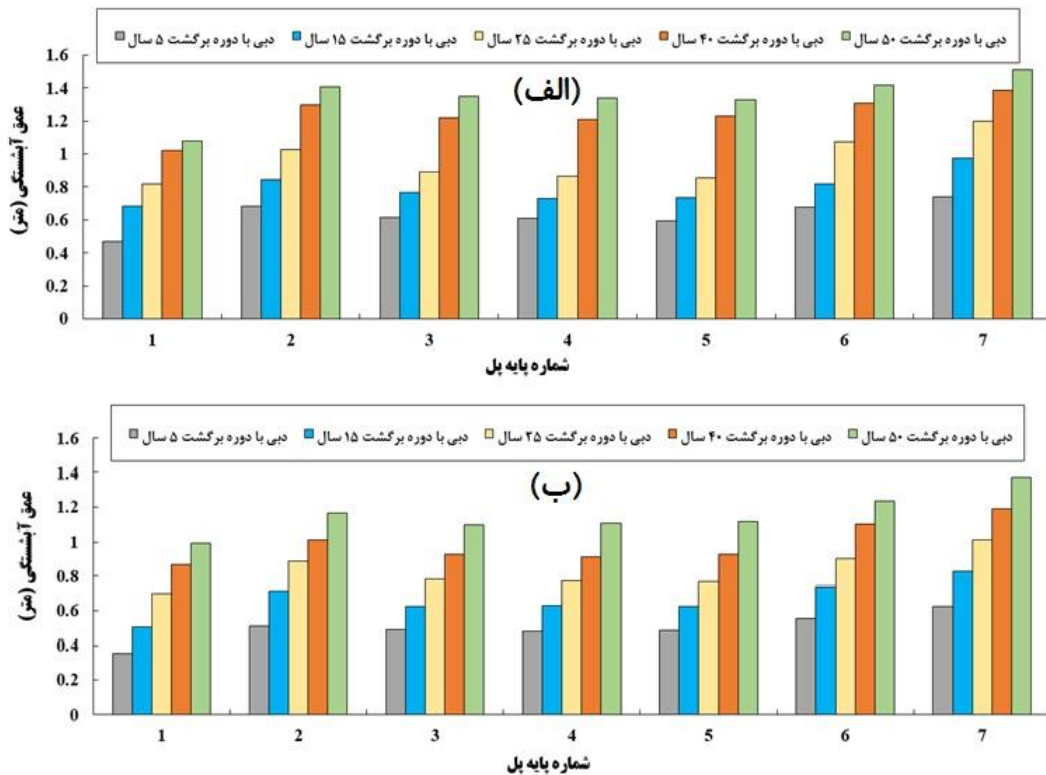


شکل ۷- پروفیل‌های جریان در بازه مورد مطالعه در دبی با دوره بازگشت: الف- ۲۵ ساله، ب- ۵۰ ساله، ج- ۴۰۰ ساله و ج- ۱۰۰۰ ساله
 Fig. 7 The flow profiles in the studied area with various return period: a) 25 year, b) 50 year, c) 400 year and d) 1000 year

۵۰ پایه شماره ۷ بیشترین و پایه شماره ۱ کمترین میزان آبشستگی را دارد که این مقدار در CSU به ترتیب ۱/۵۰ و ۱/۰۷m برای فروهلیچ ۱/۳۷ و ۰/۹۹ m برای هر دو پایه می‌باشد. نتایج نشان‌دهنده حساسیت کم‌تر روش فروهلیچ در مقایسه با روش CSU نسبت به افزایش دبی در محاسبه عمق آبشستگی برای دوره برگشت‌ها است. دلیل این امر نیز وجود ضرایب شکل پایه، اثر زاویه برخورد جریان به پایه‌های پل، شرایط بستر و همچنین ضریب مسلح بودن بستر توسط ذرات رسوبی برای روش CSU است.

۳-۲- عمق آبشستگی در دبی با دوره برگشت‌های مختلف

شکل (۸) تغییرات عمق آبشستگی نسبت به شماره پایه پل برای دبی با دوره برگشت‌های ۵، ۱۵، ۲۵، ۴۰ و ۵۰ yr- به وسیله روابط CSU و فروهلیچ مورد استفاده در نرم‌افزار HEC-RAS را نشان می‌دهد. شکل (۸) نشان می‌دهد که با افزایش دبی با دوره برگشت‌های مختلف، میزان آبشستگی افزایش یافته است. به طوری که برای دبی با دوره برگشت yr

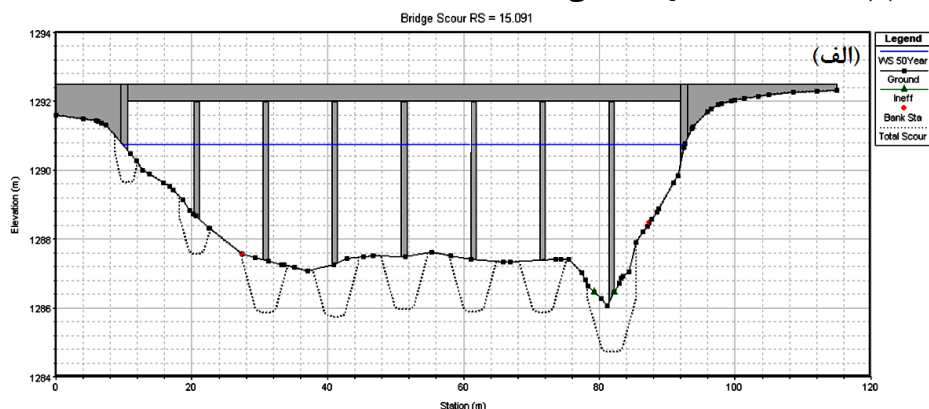


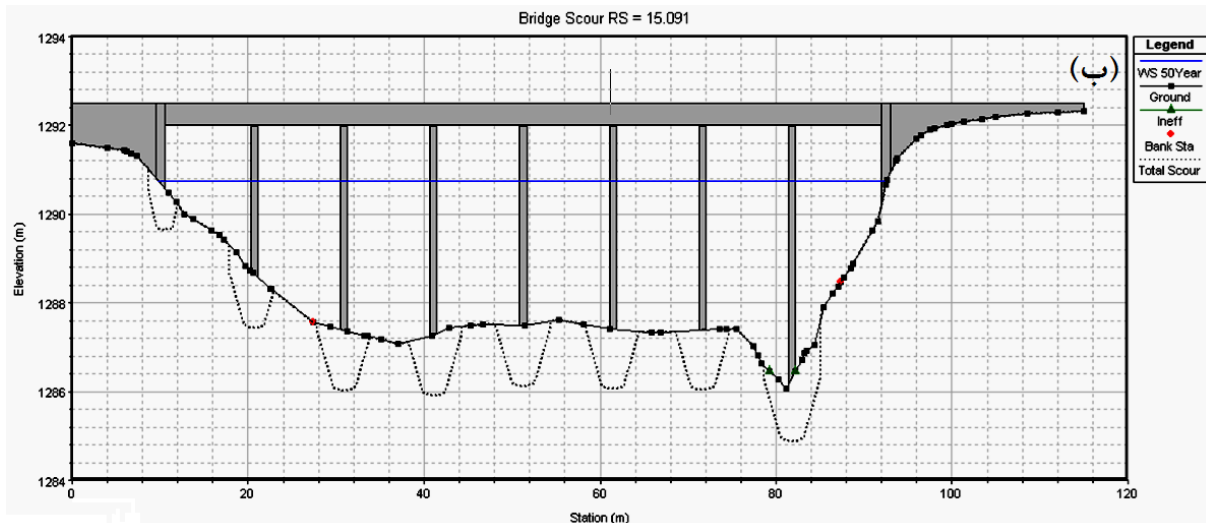
شکل ۸- عمق آبستگي پل سيمينه رود به دست آمده از نرم افزار HEC-RAS: الف) روش CSU و ب) روش فروهليچ
 Fig. 8 Scour depth of the Simineh Road Bridge using HEC-RAS software: a) CSU and b) Frohlich method

دليل اين امر مي تواند انحنای جريان رودخانه در اين تكيه گاه قبل از برخورد با پل نسبت به تكيه گاه سمت راست باشد كه باعث افزايش سرعت در اين قسمت از پل شده است. نکته قابل ذكر اين كه، با افزايش دبي (افزايش سرعت جريان) ميزان برخورد خطوط جريان بيشتري شده و از مقدار آبستگي در پايه های ميانی پل كاسته مي شود. همچنين در دوره برگشت های ذكر شده نيز حساسيت روش CSU نسبت به افزايش دبي در محاسبه عمق آبستگي بيشتري از روش فروهليچ مي باشد طوري كه بيشتري مقدار عمق آبستگي برای پایه ۷ در روش های CSU و فروهليچ در دوره بازگشت ۴۰۰ Yr با ۱۵/۳۸ درصد اختلاف به ترتيب ۲/۳۴ و ۱/۹۸ m مي باشد.

شكل (۹) ميزان پروفيل طولی آبستگي ناشی از دبي با دوره برگشت ۵۰ Yr را برای هر دو روش نشان مي دهد. در شكل (۹) مشاهده مي شود كه از دبي با دوره برگشت ۵ تا ۴۰ Yr، آبستگي در تكيه گاه ها وجود ندارد. از دبي با دوره برگشت ۴۰ Yr به بالا آبستگي در تكيه گاه (ابتدا از تكيه گاه سمت چپ) شروع مي شود. ميزان اين آبستگي به شدت تحت تأثير دبي است و با افزايش آن به ميزان قابل ملاحظه ای افزايش مي يابد.

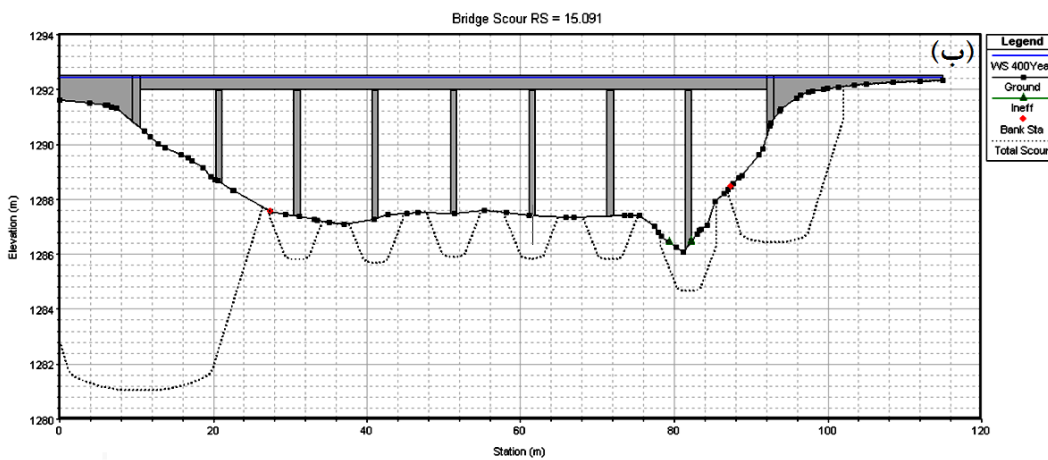
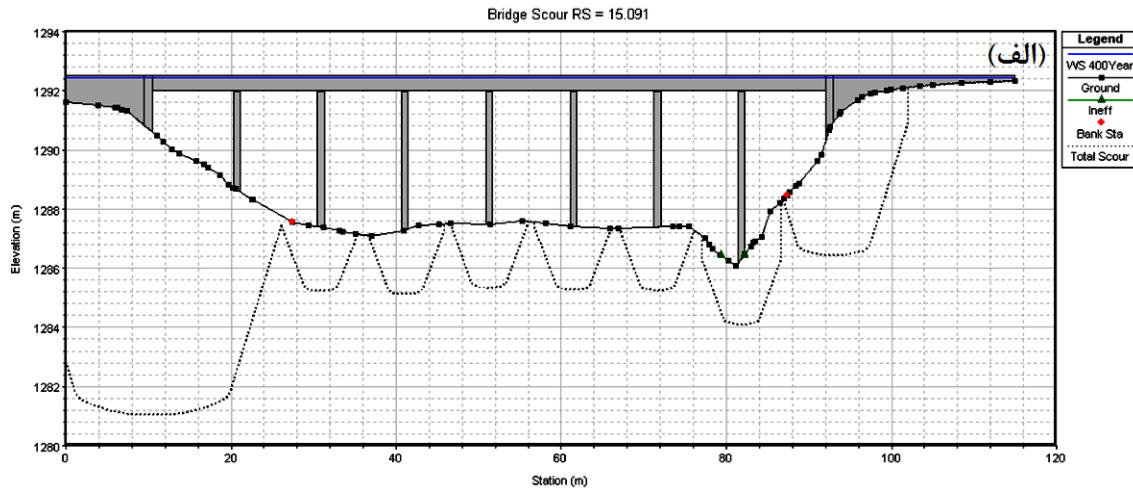
ميزان پروفيل طولی آبستگي ناشی از دبي ۴۰۰ Yr ساله در نرم افزار HEC-RAS برای هر دو روش CSU و فروهليچ ترسيم شد (شكل ۱۰). اين پروفيل نشان مي دهد كه در هر دو روش، تكيه گاه چپ به شدت تحت تأثير آبستگي است.





شکل ۹- آبشستگی ناشی از دبی ۵۰ yr در نرم‌افزار HEC-RAS: الف) روش CSU و ب) روش فروهلیچ

Fig. 9 Scouring caused by a 50-year-old discharge using HEC-RAS software: a) CSU and b) Frohlich method



شکل ۱۰- آبشستگی ناشی از دبی ۴۰۰ yr در نرم‌افزار HEC-RAS: الف) روش CSU و ب) روش فروهلیچ

Fig. 10 Scouring caused by a 400-yr discharge at HEC-RAS software: a) CSU and b) Frohlich method

جدول ۳- مقادیر عمق آبخستگی به دست آمده از نرم افزار HEC-RAS

Table 3 Scour depth of the HEC-RAS

شماره پایه / دوره بازگشت	روش CSU												
	5	15	25	40	50	75	100	150	200	300	400	500	1000
1	0.46	0.68	0.82	1.01	1.07	1.21	1.39	1.52	1.63	1.71	1.86	1.98	2.14
2	0.68	0.84	1.02	1.29	1.40	1.49	1.38	1.92	1.99	2.07	2.16	2.27	2.66
3	0.61	0.76	0.89	1.21	1.34	1.41	1.72	1.80	1.85	2.00	2.07	2.15	2.58
4	0.60	0.72	0.86	1.20	1.38	1.40	1.71	1.79	1.85	2.00	2.05	2.12	2.54
5	0.59	0.73	0.85	1.22	1.32	1.40	1.70	1.80	1.86	2.01	2.06	2.14	2.55
6	0.67	0.81	1.07	1.30	1.41	1.54	1.83	1.90	2.00	2.09	2.19	2.29	2.64
7	0.73	0.97	1.19	1.38	1.50	1.62	1.89	1.97	2.09	2.22	2.34	2.43	2.84
تکیه‌گاه راست	-	-	-	-	0.58	0.92	1.36	1.79	2.48	4.24	5.11	5.87	6.32
تکیه‌گاه چپ	-	-	-	0.64	0.97	1.24	1.86	2.14	3.51	5.77	7.61	10.54	11.19
شماره پایه / دوره برگشت	روش فروهلیچ												
	5	15	25	40	50	75	100	150	200	300	400	500	1000
1	0.35	0.50	0.70	0.86	0.99	1.14	1.29	1.41	1.50	1.59	1.72	1.79	1.98
2	0.51	0.71	0.88	1.01	1.16	1.35	1.46	1.52	1.56	1.68	1.81	1.86	2.45
3	0.49	0.62	0.77	0.92	1.09	1.28	1.35	1.44	1.51	1.61	1.76	1.71	2.36
4	0.48	0.63	0.77	0.91	1.10	1.27	1.33	1.45	1.52	1.60	1.76	1.71	2.30
5	0.48	0.62	0.76	0.92	1.11	1.26	1.34	1.46	1.51	1.61	1.75	1.72	2.31
6	0.55	0.73	0.90	1.09	1.23	1.34	1.43	1.53	1.56	1.63	1.78	1.88	2.32
7	0.62	0.82	1.01	1.18	1.37	1.46	1.57	1.70	1.78	1.86	1.98	2.09	2.51
تکیه‌گاه راست	-	-	-	-	0.42	0.77	1.14	1.40	2.19	3.75	4.57	5.31	5.98
تکیه‌گاه چپ	-	-	-	0.47	0.72	1.02	1.49	1.76	3.08	5.37	7.29	9.89	10.60

۴- نتیجه‌گیری

۲- میانگین بیش‌ترین میزان آبخستگی در دوره برگشت‌های مختلف در روش CSU و فروهلیچ مربوط به پایه شماره ۷ به- ترتیب به مقدار $1/78$ و $1/54$ m و کم‌ترین میزان مربوط به پایه شماره ۱ در هر دو روش به مقدار $1/34$ و $1/22$ m می- باشد.

۳- روش فروهلیچ به‌اندازه روش CSU در محاسبه عمق آبخستگی نسبت به افزایش دبی حساس نیست و تقریباً ۲۰ درصد نسبت به هم در محاسبه عمق آبخستگی اختلاف دارند. دلیل این امر نیز به‌کار بردن ضرایب شکل پایه، اثر زاویه برخورد جریان به پایه‌های پل، شرایط بستر و همچنین ضریب مسلح بودن بستر توسط ذرات رسوبی در روش CSU است.

پژوهش حاضر، به ارزیابی عمق آبخستگی پایه‌های پل سیمینه رود میاندوآب برای دبی با دوره برگشت‌های ۵ تا 1000 yr با مدل HEC-RAS با استفاده از دو روش CSU و فروهلیچ برای دبی‌ها با دوره برگشت‌های ۵ تا 1000 yr که یک مدل چند منظوره‌ای است، پرداخته است. خلاصه‌ای از نتایج در زیر آمده است:

۱- با افزایش دبی (افزایش سرعت جریان) میزان برخورد خطوط جریان بیش‌تر شده و از مقدار آبخستگی در پایه‌های میانی نسبت به پایه‌های کناری پل کاسته می‌شود.

با دوره برگشت‌های ۵۰ تا ۱۰۰۰ yr میزان آبستگي تکیه-گاهها به شدت افزایش می‌یابد.

۴- برای دبی با دوره برگشت‌های ۵ تا ۴۰ سال هیچ‌گونه آبستگي در تکیه‌گاه‌های پل دیده نمی‌شود. در حالی که از دبی

References

- Breusers H. N. C. and Raudkivi A. J. (1991). Scouring. A. A. Balkema Rotterdam, Brookfield.
- Brunner G. W. (2010). HEC-RAS, Hydrological Engineering Center-River Analysis System, Hydraulic Reference Manual (Version 4.1). US Army Corps of Engineers, USA.
- Dahe P. D. and Kharode S. B. (2015). Evaluation of scour depth around bridge piers with various geometrical shapes. *Int. J. Innov. Res. Adv. Eng.*, 2(7), 41-48.
- Daneshfaraz R., Chabokpour J. Desineh M. Ghaderi A. (2019). The experimental study of the effects of the river mining holes on the bridge piers. *Iran. J. Soil Water Res.*, (In Press).
- Ettema R., Melville B. W. and Constantinescu G. (2011). Evaluation of bridge scour research: Pier scour processes and predictions. Washington. DC: Transportation Research Board of the National Academies.
- Ismail S. (2009). Evaluation of local scour around bridge piers (River Nile Bridges as case study). In Thirteenth International Water Technology Conference, IWTC, 13, 1249-1260.
- Kardan N., Hassanpour N. and Hoseinzade-Dalir A. H. (2018) Experimental and Numerical Investigation of Bed Erosion around Bridge Piers with Different Cross-Sections. *Irrig. Drain. Struc. Eng. Res.*, 19(71), 19-36 [In Persian].
- Moussa A. M. A. (2017). Evaluation of local scour around bridge piers for various geometrical shapes using mathematical models. *Ain Shams Eng. J.*, 9(4), 2571-2580.
- Mousavi F. and Daneshfaraz R. (2013). Evaluating various factors in calculation of scour depth around bridge piers using HEC-RAS Software, CSU2001 and Froehlich equations. *J. Civil Eng. Urban.*, 3(6), 398-402.
- Richardson E. V. and Davis S. R. (1995). Evaluating scour at bridges. *Hydr. Eng. Circular No. 18, FHWA-IP-90-017*. Fairbank Turner Hwy. Res. Ctr. McLean. Va.
- Roshangar K. and Rouhparvar B. (2012). Evaluation of artificial intelligence systems for simulation of bridge piers scouring in cohesive soils. *Water Soil Sci.*, 23(3), 169-181 [In Persian].
- Sheppard D. M., Demir H. and Melville B. W. (2011). Scour at wide piers and long skewed piers (Vol. 682). Transportation Research Board.
- Shahrokhnia M. A., Javan M. and Keshavarzi A. (2008). Application of Models HEC-RAS and MIKE-11 in simulating flow in irrigation channels. *J. Agri. Eng. Res.*, 9(1), 49-62 [In Persian].
- Tseng M. H., Yen C. L. and Song C. C. (2000). Computation of three-dimensional flow around square and circular piers. *Int. J. Numer. Method. Fluid.*, 34(3), 207-227.
- Yu X. and Yu X. B. (2008). 1D and 2D Hydraulic Simulations for Bridge Scour Prediction: A Comparative Study. In *The Fourth International Conference on Scour and Erosion*. 5-7.

Evaluation of Scour Depth around Bridge Piers with HEC-RAS (Case Study: Bridge of Simineh Rood Miandoab, Iran)

Rasoul Daneshfaraz¹, Mehdi Dasineh² and Amir Ghaderi^{3*}

¹Assoc. Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Maragheh, Maragheh, East Azerbaijan, Iran

²M.Tech. Alumnus, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Maragheh, Maragheh, East Azerbaijan, Iran

³PhD Scholar, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Zanjan, Zanjan, Iran

*Corresponding author: amir_ghaderi@znu.ac.ir

Original Paper

Received: March 11, 2019

Revised: July 13, 2019

Accepted: August 06, 2019

Abstract

In the present study, the scour depth around bridge piers of Simineh Rood Miandoab was investigated through HEC-RAS model using with two of CSU and Froehlich method (two methods of HEC-RAS software) for the discharge with a different return period. For this purpose, first, using a field data, a hydraulic model of the river range, where the bridge is located was created in the software medium. Then for discharges with the return period of 5 to 1000 years, the change in flow discharge for scouring around the middle and lateral sides piers of the bridge was investigated. The results showed that with increasing the discharge (increasing the flow velocity), the flow interference are increased and the amount of scouring in the middle of the piers is reduced relative to the sides. Moreover, for the discharge with a return period of 5 to 40 years, no scouring is observed in the bridge sides. Whereas for the discharge with a return period of 50 to 1000 years, the scouring around the the bridge sides increases significantly. For different return periods, in both CSU and Frohlich methods, pier number 7 has the highest scour and pier number 1 has the lowest value. The Frohlich method is not as sensitive as the CSU in calculating the scour depth compared with increase discharge, and approximately 20% are different in calculating the scour depth. Such difference could be attributed to the applying the pier shape coefficient, the bed conditions, as well as the coefficient of sediment particles in the CSU method.

Keywords: Bridge Piers; CSU Method; Froehlich Method; Simineh Rood; Scour Depth.