

بررسی پارامترهای هیدرولیکی سیلاب در محدوده سیفون شبکه البرز رودخانه تالار

حیدر داوودیان^۱، افراسیاب میرزائی^۲، نورعلی زارعی^۳، حامد تقی‌زاده^۴*

۱- کارشناسی ارشد عمران، معاون طرح و توسعه شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران، heydardavodian50@gmail.com

۲- کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، مدیر طرح‌های توسعه منابع آب شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران، afmirzaie@gmail.com

۳- کارشناسی ارشد مدیریت ساخت، مدیر طرح‌های شبکه‌های آبیاری و زهکشی شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران، nouralizarei@gmail.com

۴- دانشجوی دکتری سازه‌های هیدرولیکی، شرکت مهندسی مشاور تراز آب جامع، hamed.t.nyu@gmail.com

:

چکیده

مدل‌های مختلفی در مهندسی رودخانه برای شبیه‌سازی عددی رودخانه بکار گرفته می‌شوند. این مدل‌ها می‌توانند برحسب نیاز به صورت یک‌بعدی تا سه‌بعدی اجرا شوند. رودخانه‌ی تالار به‌عنوان یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های استان مازندران، از مجاورت مناطق مسکونی متعددی عبور کرده و در نهایت به دریای خزر وارد می‌شود. سیلاب‌های مختلف و خصوصاً سیلاب سال ۹۸ زنگ خطری برای سازه‌های ساخته‌شده در این رودخانه بودند. با توجه به در معرض خطر بودن سیفون معکوس شبکه سد البرز، اقدام به شبیه‌سازی سیلاب‌های با دوره بازگشت ۲۵ و ۱۰۰ ساله برای استخراج پارامترهای هیدرولیکی سیلاب شد. نتایج نشان می‌دهد در صورتیکه تمهیدات جدی برای حفاظت سازه‌ی سیفون شبکه‌ی البرز لحاظ نگردد، این سازه دچار خسارت‌های جدی خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: رودخانه تالار، سیفون شبکه البرز، شبیه‌سازی عددی، سیلاب

مقدمه

رودخانه‌ها را در واقع می‌توان به‌عنوان اصلی‌ترین منبع تأمین آب برای انسان و سایر موجودات به شمار آورد و بعضاً این منبع زندگی باعث نابودی و وارد شدن خسارات جبران‌ناپذیری گردیده است. شناخت رفتاری رودخانه و انجام فعالیت‌های سازگار با طبیعت آن و اقدامات مهندسی مناسب همواره دغدغه مهندسين درگیر در این رشته بوده است و همواره به ابزاری جهت شبیه‌سازی پدیده موردنظر در رودخانه نیازمند بوده‌اند. مدل‌های مختلفی در علم مهندسی رودخانه برای شبیه‌سازی پدیده‌های مختلف از جمله پیش‌بینی الگوی جریان، روندیابی سیل، فرسایش و رسوب‌گذاری و مطالعه ریخت‌شناسی رودخانه بکار گرفته می‌شوند. این مدل‌ها می‌توانند بسته به نیاز به صورت یک‌بعدی تا سه‌بعدی طراحی و اجرا شوند. امکانات در دسترس و دقت موردنیاز از جمله عواملی هستند که نوع مدل مناسب را تعیین می‌نمایند [۱]. یکی از مدل‌های عددی بسیار توانمند در مهندسی رودخانه نرم افزار HEC-RAS است که توسط انجمن مهندسان ارتش ایالات متحده ارائه شده است. این مدل عددی پس از توسعه و توانائی تحلیل میدان‌های دوبعدی جریان، بیش از پیش مورد توجه محققان و مهندسان قرار گرفت [۲].

تحقیقات زیادی با استفاده از مدل HEC-RAS صورت پذیرفته است که ذیلاً به ذکر چند نمونه از این کاربردها در سال‌های اخیر اشاره می‌شود. امیری و همکاران (۱۳۹۷) با استفاده از مدل HEC-RAS رودخانه مرزی سیستان را مدل نموده و با انجام این مدل‌سازی، عملکرد سدهای انحرافی سیستان و زهک را مورد بررسی قرار داده و رابطه دبی با دوره بازگشت ارائه نمودند [۳]. حجازی و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از مدل HEC-RAS و الحاقیه HEC-GEO-RAS خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز ورکشچای تبریز را پهنه‌بندی نموده و روستاهای در معرض وقوع سیلاب را مشخص نموده و راهکارهایی برای کاهش خسارت سیل ارائه نمودند [۴]. مهرز و همکاران (۱۳۹۹)

خطر وقوع سیلاب را با مدل HEC-RAS رودخانه دره ائورت در استان اردبیل مورد بررسی قرار دادند. ایشان مساحت کلیه نقاط تحت سیلاب را با دوره بازگشت‌های مختلف تعیین نمودند [۵]. ریاحی و فکوری (۱۴۰۰) عدم قطعیت در نتایج مدل HEC-RAS در شبیه‌سازی پارامترهای هیدرولیکی جریان رودخانه کارون را با رویکرد مونت‌کارلو تحلیل نمودند. ایشان با توسعه یک مازول محاسباتی کنترلی و ترکیب آن با هسته محاسباتی HEC-RAS شبیه‌سازی مونت-کارلو را برای تعیین عدم قطعیت پارامتر زبری مانینگ اجرا کردند [۶]. در اثر سیل رخ داده در سال ۹۸ در رودخانه تالار، پل بالارستم و سازه تثبیت بستر آن که در ۱۰۰ متری پائین‌دست سیفون کانال اصلی شبکه البرز واقع شده بود تخریب شد. در اثر این اتفاق بستر رودخانه با سرعت بسیار بالا دچار ترازگاهی شد که در نهایت منجر به آشکار شدن سیفون شبکه البرز گردید. سازه سیفون شبکه البرز به عنوان یکی از حیاتی‌ترین شاه‌رگ‌های آبی منطقه است که در صورت آسیب، خسارات اقتصادی و اجتماعی بسیاری به همراه خواهد داشت. از این‌رو در این تحقیق برای شناسایی بهتر پارامترهای هیدرولیکی جریان، به شبیه‌سازی دوبعدی سیلاب‌های با دوره بازگشت ۲۵ و ۱۰۰ ساله در محدوده‌ی سازه سیفون پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

رودخانه تالار از بخش‌های شمالی رشته‌کوه‌های البرز (مناطق کوهستانی سوادکوه، عباس‌آباد، ورسک، گدوک و کوه چاشم) سرچشمه می‌گیرد و از شاخه‌های متعددی چون کبیر، سرخاب، بزلا، چرال، شش رودبار، کسلیان، تجون و توجی تشکیل شده و جهت جریان عمومی آن نیز از جنوب به شمال هست که پس از گذر از غرب قائم‌شهر و روستای عرب خیل به دریای خزر می‌ریزد. کانال اصلی شبکه‌ی آبیاری رو زهکشی سد البرز در محدوده‌ی روستای سنگتاب از طریق سازه سیفون معکوس از زیر بستر رودخانه تالار عبور می‌کند. محدوده شبکه آبیاری و زهکشی البرز، شامل اراضی واقع در حوزه شهرستان‌های بابل، قائم‌شهر، جویبار، بابلسر و سیمرغ با وسعت حدود ۹۰۰۰۰ هکتار در پایین‌دست سد البرز است. حد مرزی اراضی قابل کشت این محدوده از غرب به رودخانه بابلرود، از شرق به رودخانه سیاهرود از شمال به دریای مازندران و از جنوب به ارتفاعات منطقه منتهی می‌شود. محل تقاطع رودخانه تالار و کانال شبکه البرز، یکی از بحرانی‌ترین نقاط از این شبکه وسیع است. در اثر سیلاب‌های رخ داده بخصوص سیلاب سال ۹۸، سازه‌ی سیفون در معرض خطر قرار گرفته است. در شکل ۱ تصویر ماهواره‌ای از محدوده مورد بررسی و همچنین سازه سیفون شبکه سد البرز ارائه شده است [۷].



شکل ۱- تصویر ماهواره‌ای از محدوده مورد مطالعه و نمایی از شرایط سازه‌ی سیفون شبکه البرز

اطلاع از پارامترهای هیدرولیکی سیلاب داده‌های بسیار ارزشمندی را برای ارائه یک طرح کارآمد در اختیار خواهد گذاشت. الزاماً بسیاری از طرح‌های مهندسی رودخانه بدون دسترسی به این اطلاعات با عدم قطعیت‌های فراوانی همراه خواهد بود. مدل HEC-RAS توسط اداره مهندسان ارتش آمریکا توسعه یافته شده است. این مدل به عنوان یکی از نرم‌افزارهای پایه در مطالعات مهندسی رودخانه در داخل کشور رواج یافته است. در نسخه جدید ارائه شده قابلیت‌های بسیار ویژه‌ای از جمله شبیه‌سازی دوبعدی به این مدل افزوده شده است. شبیه‌سازی دوبعدی جریان امکانات بسیار زیادی را برای آگاهی بیشتر و بهتر از فرایندهای رودخانه‌ای در اختیار قرار داده است.

مدل HEC-RAS معادلات پیوستگی و فرم ویژه‌ای از معادله مومنتم (پخش موج) را برای حل میدان دوبعدی مورد استفاده قرار می‌دهد. البته لازم به ذکر است که فرم دینامیکی کامل هم در مدل گنجانده شده است. معادله پیوستگی برای جریان‌های غیرماندگار در رابطه زیر نشان داده شده است.

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} + q = 0 \quad (1)$$

در این رابطه t زمان، H تراز سطح آب، h عمق جریان، q منبع تغذیه یا تخلیه است. u و v نیز سرعت‌های جریان در راستای x و y می‌باشند. معادله پخش موج (فرم خاصی از معادله مومنتم) نیز می‌تواند به وسیله گرادیان فشار باروتروپیک و اصطکاک کف بیان شوند.

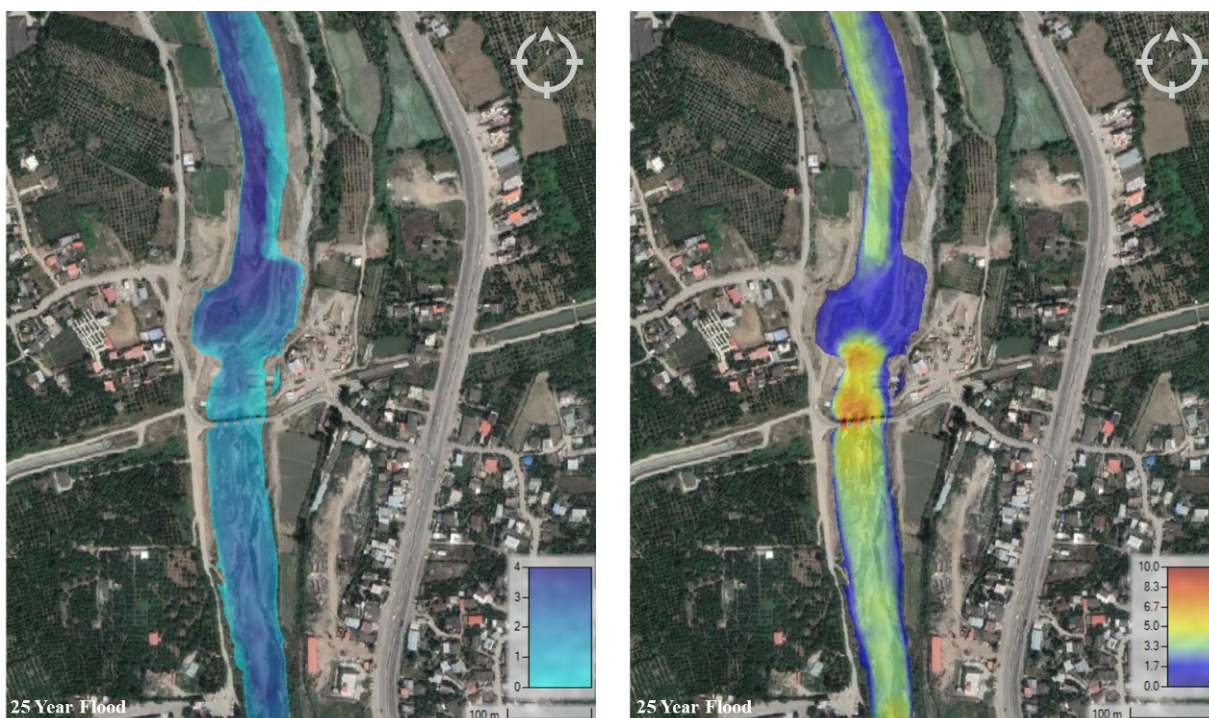
$$-g\nabla H = C_f V \quad (2)$$

در این رابطه $V = (u, v)$ ، $\nabla = (\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y})$ و C_f پارامتر اصطکاک کف است که در این مدل توسط معادله مانینگ محاسبه می‌گردد.

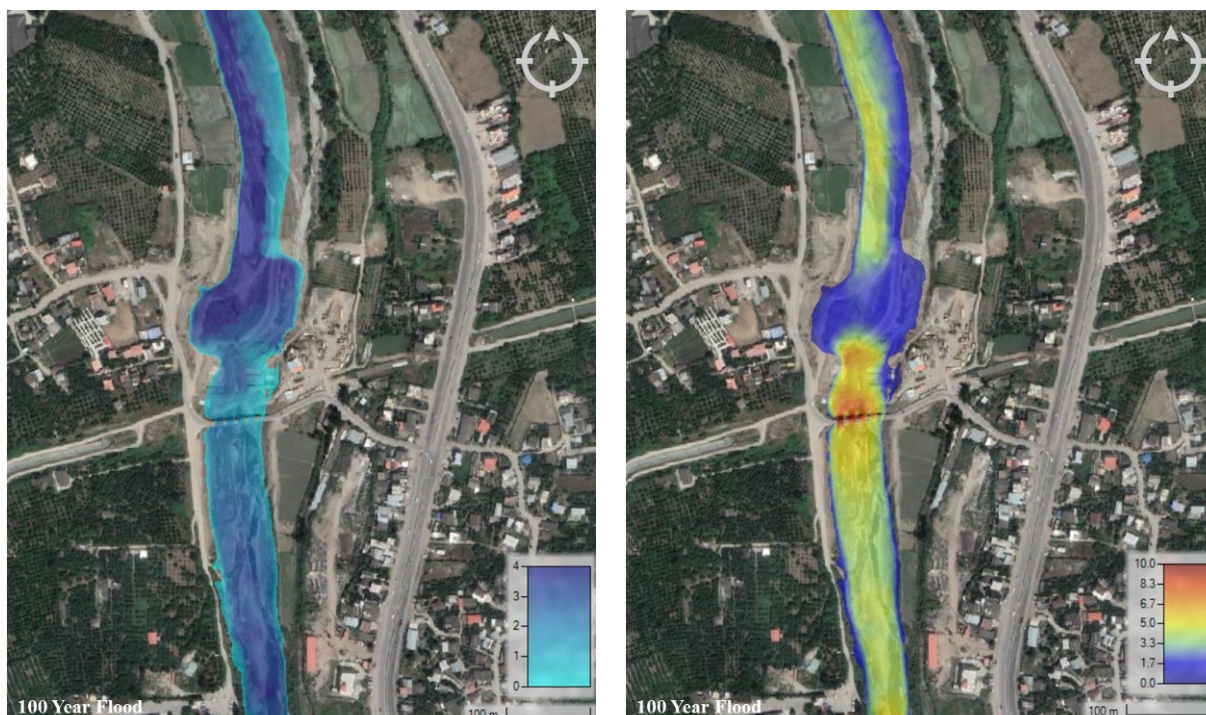
[۲]

نتایج و بحث

در طرح حفاظت از سیفون شبکه البرز به شبیه‌سازی سیلاب‌هایی با دوره بازگشت ۲۵ و ۱۰۰ ساله با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS پرداخته شد. حداکثر دبی لحظه‌ای سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲۵ و ۱۰۰ ساله رودخانه تالار به ترتیب ۴۳۳ و ۶۱۷ متر مکعب بر ثانیه گزارش شده است. خروجی نتایج شبیه‌سازی عددی برای عمق و سرعت جریان در سیلاب‌های مذکور در شکل ۲ و ۳ نشان داده شده است. در سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ و ۱۰۰ ساله جریان به‌طور کامل در مقطع موجود رودخانه جریان داشته است و هیچ‌گونه فرار سیلاب رخ نداده است. در سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله عمق جریان در بالادست پل موجود ۲ متر و بلافاصله بعد از پل به ۱/۶ متر کاهش یافته است. همین موضوع منجر به تولید سرعت‌هایی در حدود ۶ متر بر ثانیه بین دهنه پل و خروجی آن شده است. این وضعیت در سیلاب ۱۰۰ ساله حادث شده است. عمق جریان به ترتیب در بالادست و پائین‌دست پل ۲/۷ و ۲ متر و سرعت جریان نیز در این محدوده حدود ۷/۵ متر بر ثانیه برآورد شده است. این اعداد زنگ خطر را برای پائین‌دست سیفون شبکه البرز به صدا درمی‌آورد.

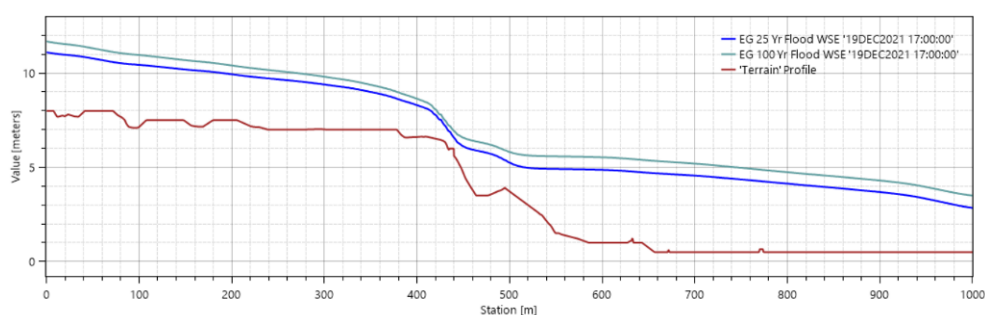


شکل ۲- الگوی سرعت (شکل راست) و عمق جریان (شکل چپ) در سیلاب‌های با دوره بازگشت ۲۵ ساله

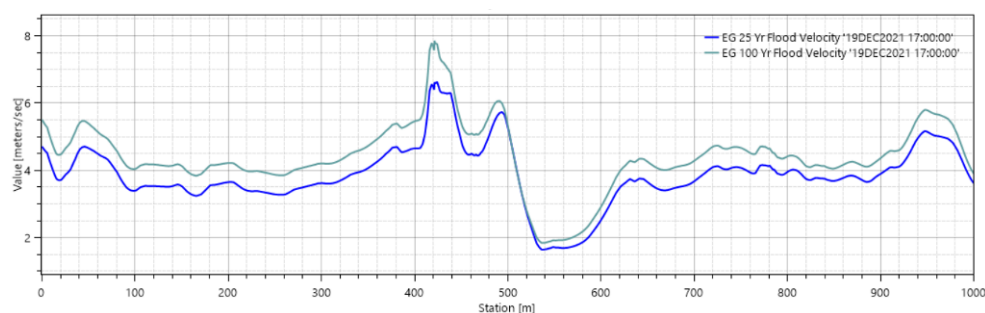


شکل ۳- الگوی سرعت (شکل راست) و عمق جریان (شکل چپ) در سیلاب‌های با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله

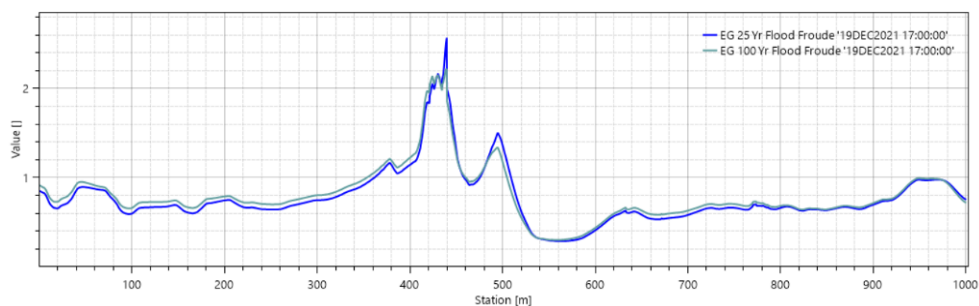
برای دستیابی به اطلاعات بیشتر، پارامترهای عمق، سرعت و عدد فرود جریان در محور مرکزی رودخانه مطابق شکل‌های ۴، ۵ و ۶ ارائه شده است. در نمودارهای ارائه شده سازه سیفون معکوس در کیلومتر ۴۵۰ واقع شده است. همان‌گونه که مشخص است، تغییرات بسیار شدید پارامترهای هیدرولیکی در این بازه رخ داده است. افزایش قابل توجه سرعت جریان که می‌تواند عامل جدی برای گسترش آبستگي موضعی باشد از پیامدهای شرایط بوجود آمده است. همچنین در محدوده پل و سازه سیفون جریان فوق بحرانی شده و در هر دو سیلاب ۲۵ و ۱۰۰ ساله عددی فرود جریان به بالای ۲ نیز رسیده است.



شکل ۴- پروفیل سطح آب در محور مرکزی رودخانه برای سیلاب‌های با دوره بازگشت ۲۵ و ۱۰۰ ساله



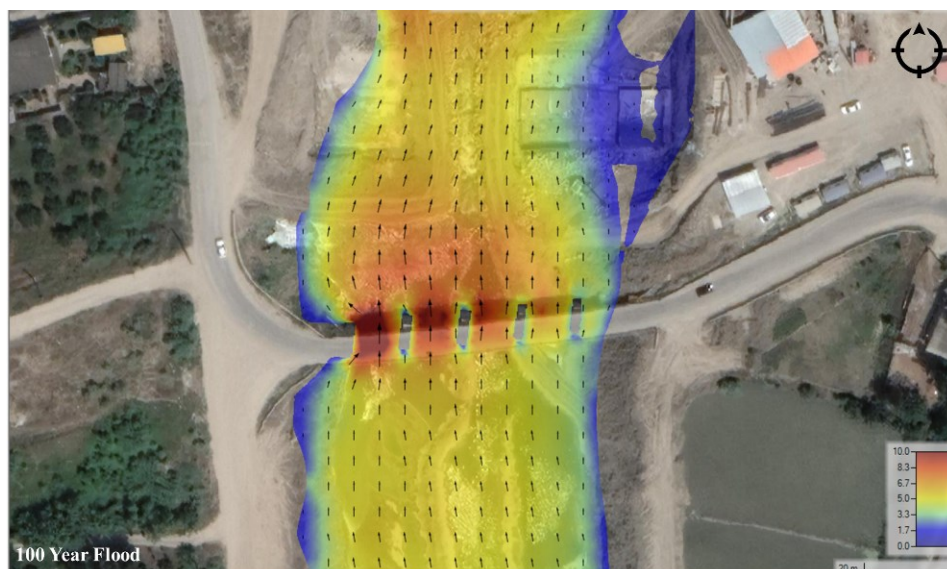
شکل ۵- سرعت جریان در محور مرکزی رودخانه برای سیلاب‌های با دوره بازگشت ۲۵ و ۱۰۰ ساله



شکل ۶- عدد فرود جریان در محور مرکزی رودخانه برای سیلاب های با دوره بازگشت ۲۵ و ۱۰۰ ساله

از طرفی پایداری پل جدیدالاحداث نیز با توجه به شرایط جریان، در سیلاب‌های حتی ۲۵ ساله در هاله‌ای از ابهام است. سازه نه‌چندان مستحکم این پل، بخصوص در سیلاب‌هایی که به همراه اجسام شناور باشد، توان تحمل بار دینامیکی تحمیل شده به پایه‌ها را نخواهد داشت. این سازه نیز می‌تواند تهدیدی برای سیفون شبکه البرز باشد. البته با توجه به قرارگیری آن در بالادست سیفون، شاید خطرات آن به میزانی که پل پائین‌دست تخریب شده ایجاد کرد، نباشد.

در شکل ۷ الگوی جریان در بین پایه‌های پل در سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله نشان داده شده است. البته لازم به ذکر است که پل موجود توانائی گذر سیلاب تا ۱۰۰ ساله را داشته است لکن ابهامات سازه‌ای پل عامل اصلی نگرانی از این سازه است.



شکل ۷- الگوی سرعت جریان مابین پایه‌های پل موجود

آنچه از شرایط موجود می‌توان برداشت کرد این است که رودخانه در طول حدود ۳۰۰ متر تغییرات آن‌چنان شدیدی را تجربه کرده است که واکنش آرام و ساده‌ای به این وضعیت نخواهد داشت. پیش‌بینی واکنش رودخانه به این حجم از تغییرات نیز قابل پیش‌بینی نیست. لذا به نظر می‌رسد نایبستی با دیدگاه موضعی و خشن به فکر حل مشکل موجود بود. راه‌حلی که به تدریج و با ملایمت به تثبیت بستر رودخانه و حفاظت از سازه بسیار مهم سیفون گردد، می‌تواند کارکرد بهتری را داشته باشد تا آنکه این حجم از تغییرات بستر را با یک سازه عظیم و در یک نقطه بتوان اصلاح نمود.

نتیجه‌گیری

در این مقاله با استفاده از مدل دوبعدی، سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲۵ و ۱۰۰ ساله رودخانه تالار در محدوده‌ی سازه سیفون شبکه سد البرز شبیه‌سازی شد. پارامترهای هیدرولیکی مهمی چون عمق، سرعت و عدد فرود جریان در محدوده مورد بررسی استخراج و تحلیل شده است. با توجه به اهمیت سازه سیفون و همچنین شرایط پیش آمده برای آن، نتایج نشان داده است که در صورت عدم به‌کارگیری تمهیدات موثر، این سازه در معرض تخریب قرار دارد. رخداد سرعت‌هایی معادل ۷ متر بر ثانیه در مجاورت سازه سیفون و جریان فوق بحرانی حاکی از اهمیت موضوع و لزوم پرداخت جدی به حفاظت از آن دارد.

منابع

- [1] Jansen, P., Van Bendegom, L., Van Den Berg, J. H., De Vries, M. B., & Zanen, A. (1994). Principles of river engineering: the non-tidal alluvial river.
- [2] Shustikova, I., Domeneghetti, A., Neal, J. C., Bates, P., & Castellarin, A. (2019). Comparing 2D capabilities of HEC-RAS and LISFLOOD-FP on complex topography. *Hydrological Sciences Journal*, 64(14), 1769-1782.
- [3] Amiri, M., Kaikha, M., Hassanpour, F. (2019) Evaluating the performance of Sistan and Zahak diversion dams in Sistan River using HEC-RAS hydraulic model. *Journal of Environmental Science and Technology*, 20(4), 52-67. (In Persian)
- [4] Hejazi, A., Khodaie Geshlag, F., Khodaie Geshlag, L. (2019) Zoning the villages at flood risk in the Varkesh-Chai drainage basin by GIS and HEC - RAS software and HEC- GEO - RAS extension. *Researches in Geographical Sciences*, 19 (53), 137-155. (In Persian)
- [5] Mehrvarz, A., Madadi, A., Esfandiary-Darabad, F., Rahimi, M. (2020) Simulation of Dare Ourt River floods using hydrodynamic model HEC-RAS in GIS environmental (Case study: from Shorestan village to confluence of Aras river). *Quantitative Geomorphological Research*, 8(4), 131-146. (in Persian)
- [6] Riahi-Madvar H., Fakouri, B. (2021) Uncertainty analysis of the HEC-RAS results in hydraulic simulation of Karoon river flow by Monte-Carlo approach. *Journal of Hydraulics*, 16(1), 1-22. (in Persian)
- [7] Taraz Ab Jame' Consulting Engineering, (2020) Design of river bed stabilization downstream of the main siphon of Alborz dam network: Hydraulic report

Investigation of flood hydraulic parameters in the area of Alborz dam network siphon in Talar river

Heydar Davodian

Deputy of Design and Development, Mazandaran Regional Water Co

Afasiab Mirzaie

Director of water resources development projects, Mazandaran Regional Water Co

Nourali Zarei

Irrigation and drainage network project manager, Mazandaran Regional Water Co

Hamed Taghizadeh

PhD Student, Taraz Ab Jame' Consulting Engineering

Abstract

Various models are used in river engineering for numerical simulation of rivers. These models can be implemented one-dimensional to three-dimensional as needed. As one of the most important rivers in Mazandaran province, the Talar River passes through several residential areas and finally enters the Caspian Sea. Various floods, especially the floods of 2019, were alarm bells for the structures built on this river. Due to the danger of the Alborz dam network siphon, floods with a return period of 25 and 100 years were simulated to extract the hydraulic parameters of the flood. The results show that this structure will face damage if serious actions are not taken to protect the Alborz network siphon.

Keywords:

Talar river, Alborz dam irrigation network siphon, Numerical simulation, Flood.