

بررسی شکست سد خاکی شهرچای ارومیه ناشی از روگذری جریان و پهنه‌بندی سیلاب آن با استفاده از مدل دوبعدی CCHE2D

ابوالفضل ارزنلو^۱، یوسف حسن زاده^۲، نازیلا کاردان^۳، مهران حسن زاده^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۲/۱۰

چکیده

شکست سدها در اثر وقوع زلزله، بمباران، پدیده رگاب، روگذری جریان و یا وجود اشتباه در طراحی و اجرای پروژه محتمل بوده و می‌تواند خسارات جانی و مالی فراوانی در پایین دست آن‌ها ایجاد نماید. بدین منظور در ابتدا با استفاده از مدل Breach هیدروگراف خروجی از ساختگاه سد شهرچای تحت سناریوی شکست فرضی روگذری جریان به دست آمده و سپس با شبیه‌سازی داده‌های یک مدل تجربی، میزان دقت مدل عددی دوبعدی CCHE2D با تعداد و شکل معینی از سلول‌های میدان محاسباتی و نیز روش upwind در گسسته‌سازی معادلات حاکم بر مساله سنجیده شده است. متعاقب آن پهنه‌بندی سیلاب ناشی از شکست سد در اثر پدیده‌ی روگذری با استفاده از امکانات و ابزار GIS استخراج و نقشه مناطق سیل‌گیر پایاب مشخص گردیده است. نتایج مطالعات حاکی از آن است که با شکست سد و ایجاد سیلاب با حجم بالا و بیش از ظرفیت رودخانه، سیلاب فرصت خروج از مسیل رودخانه را پیدا کرده و وارد زمین‌های کشاورزی و مناطق مسکونی روستایی می‌شود. بعد از گذشت نزدیک به ۱۹ ساعت از زمان سیلاب و رسیدن به نقطه پیک هیدروگراف، جریان سیلاب با شدت بیشتری مناطق مسکونی پایین دست و اراضی زراعی و کشاورزی را احاطه می‌کند. بحرانی‌ترین وضعیت از ۱۹ ساعت بعد از شکست سد که به نقطه پیک هیدروگراف می‌رسد شروع می‌شود و تقریباً تمامی مناطق روستایی موجود در معرض استغراق کامل قرار خواهند داشت.

واژه‌های کلیدی: شکست سد، پهنه‌بندی سیلاب، روگذری، شکاف، مدل دوبعدی CCHE2D.

^۱ کارشناس ارشد مهندسی عمران-سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز abolfazl_arzanlou@yahoo.com

^۲ استاد گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، ۹۱۴۳۱۱۸۳۰۷ tabrizu.ac.ir@yhassanzadeh

^۳ استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز ۰۹۱۴۴۱۸۶۵۷۹، azaruniv.ac.ir@n.kardan (مسئول مکاتبات)

^۴ دانشجوی دکتری مهندسی عمران-ژئوتکنیک، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز m.hassanzadeh@tabrizu.ac.ir

سال هشتم • شماره بیست ونهم • پاییز ۱۳۹۶

بر مبنای حجم محدود را برای شبیه‌سازی سیلاب توسعه دادند. (Zhou et al. (2004) جریان شکست سد در هندسه طبیعی با توپوگرافی بستر پیچیده را به صورت عددی و با استفاده از روش گودانو^۱ شبیه‌سازی نمودند. Ying and Wang (2008) مدل یک بعدی حجم محدود را برای شبیه‌سازی موج سیلاب توسعه دادند. در این پژوهش الگوی تسخیر موج HLL برای حل هیدرودینامیک مدل به صورت ضمنی استفاده شده است. Ying and Wang (2010) فرآیند شکست تدریجی سد خاکی را با استفاده از مدل دو بعدی مبتنی بر روش حجم محدود شبیه‌سازی نمود. (Roshandel et al. (2010) با استفاده از روش حجم محدود شبیه‌سازی شکست سد بر روی بستر خشک و مرطوب را با حل عددی معادلات آب کم‌عمق انجام داده و به منظور حل مساله ریمان از حل کننده تقریبی استفاده نموده‌اند. (Jia et al. (2010) سیلاب بسیار عظیم سال ۲۰۰۸ رودخانه Mississippi را با استفاده از مدل عددی مبتنی بر المان محدود می‌باشد، شبیه‌سازی نمودند. شکست تدریجی مناطق زیر آب رفته در این مدل در نظر گرفته شده و نتایج حاصل از شبیه‌سازی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای صحت سنجی شدند. Singh et al. (2011) برای شبیه‌سازی جریان‌های ناشی از شکست سد، یک مدل عددی دو بعدی بر مبنای حل معادلات آب کم عمق ارائه نموده و نتایج عددی را با نتایج مدل تجربی صحت‌سنجی نموده‌اند. Khankandi et al. (2012) اثرات هندسه مخزن بر جریان ناشی از شکست سد را به صورت آزمایشگاهی و با شکل‌های مختلف مخزن طولانی، عریض، دوزنقه‌ای و خم ۹۰ درجه مورد بحث قرار دادند. مشاهدات نشان دادند که اثرات دو بعدی جریان در مخازن عریض و دوزنقه‌ای قابل توجه بوده ولی در مخازن طولانی و خم ۹۰ درجه جریان یک بعدی می‌باشد. (Changzhi et al. (2014) شکست سد مخزنی Muyu در چین را در دو گام اساسی مورد مطالعه قرار دادند. در گام اول، دلایل اصلی تخریب سد مورد تحلیل قرار گرفته است. در گام دوم، تحلیل عددی شکست سد بررسی شده و تأثیر پارامترهایی نظیر تراز آب در پشت سد، جریان ورودی به مخزن و نیز وجود یا عدم وجود

مقدمه

با وجود منظور داشتن ضرایب اطمینان کافی در طراحی سدهای بزرگ، احتمال وقوع شکستگی ناشی از طغیان رودخانه‌ها، پدیده رگاب، زلزله و یا بمباران وجود دارد (حسن زاده، ۱۳۸۳). آنچه در شکست سد اتفاق می‌افتد آزاد شدن حجم عظیمی از آب پشت سد بوده که در نتیجه آن امواج مخرب سهمگینی در پایین دست ایجاد می‌شود. با توجه به سرعت زیاد این امواج، خسارات در پایین دست سد زیاد بوده و زمان هشدار که نقش مهمی در کاهش میزان خسارت جانی دارد، بسیار محدود می‌باشد (حسن زاده و همکاران، ۱۳۹۴). از این رو موضوع شکست سد و تخمین سرعت و ارتفاع موج حاصل از این پدیده و در نتیجه تعیین مناطق پر

خطر و برآورد خسارت‌های ناشی از شکست احتمالی سدها از دیرباز مورد توجه و مطالعه محققین بوده است (محمدنژاد و همکاران، ۱۳۹۳).

مدل‌های عددی تحلیل سیلاب ناشی از شکست سد با استفاده از معادلات آب کم عمق و غالباً به صورت یک‌بعدی توسعه یافته‌اند. به جرات می‌توان گفت مطالعات اولیه در این زمینه در سال ۱۸۹۲ برای کانال‌های بدون اصطکاک توسط Ritter (1982) انجام گرفته است. پس از وی، نتایج مطالعات Dressler (1952) برای کانال‌های زبر و نیز معادلات ارائه شده Stoker (1957) از اهمیت بسزایی برخوردار هستند. (Bellos et al. (1991) موج سیل ناشی از شکست سد را با حل معادلات دیفرانسیلی آب‌های کم عمق به روش مک کورمک دو مرحله‌ای شبیه‌سازی نموده و نشان دادند که انطباق قابل قبولی بین داده‌های عددی حاصله و مقادیر میدانی موجود وجود دارد.

(Zhang et al. (1992) یک مدل یک بعدی ضمنی را برای حل مساله شکست سد در بستر خشک و تر توسعه داده و نشان دادند نتایج حاصل از مدل عددی تطابق خوبی با داده‌های آزمایشگاهی موجود دارد. (Tawatchai et al. (1999) یک مدل هیدرودینامیکی دوبعدی را برای شبیه‌سازی موج ناشی از شکست سد برای بستر خشک و تحت شرایط زیر بحرانی و فوق بحرانی توسعه دادند. (Frazao and Zech (2002) موج سیل ناشی از شکست سد را در قوس کانال اندازه‌گیری نموده و یک مدل عددی

^۱ Godunov

است. با توجه به اینکه جلوگیری از وقوع سیلاب و یا کنترل کامل سیلاب امری غیر ممکن است، نتایج به دست آمده در اینکار مطالعاتی می‌تواند راهنمای مناسبی برای انجام اقدامات پیشگیرانه، اتخاذ تدابیری برای جلوگیری از وقوع یک فاجعه‌ی انسانی و یا تخفیف خسارات مالی و جانی احتمالی و در کل مدیریت جامع سیلاب و مدیریت سیلاب‌دشت در این حوضه‌ی آبریز باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی سد و محدوده مطالعاتی

رودخانه شهرچای از ارتفاعات شمال غرب کشور در مرز ایران و ترکیه سرچشمه می‌گیرد و پس از عبور از شهر ارومیه و طی مسافتی در حدود ۵۰ کیلومتر به دریاچه ارومیه می‌ریزد. این رودخانه منبع اصلی تأمین آب شرب و کشاورزی منطقه می‌باشد. عبور رودخانه از وسط شهر ارومیه و مجاورت آن با روستاهای متعدد، تأسیسات، مراکز شهری، صنعتی آموزشی و موقعیت استراتژیکی که با قرار گرفتن در منطقه مرزی دارد، لزوم و اهمیت تعیین پهنه سیل‌گیر به هنگام وقوع سیلاب را به‌منظور ارائه راهکارهای مناسب و انجام اقدامات موثر در جهت پیش‌گیری و مقابله با این پدیده روشن می‌سازد.

سد شهرچای بر روی رودخانه شهرچای و در محلی با مختصات جغرافیایی $44^{\circ} 45'$ طول شرقی و $37^{\circ} 28'$ عرض شمالی در بالادست شهر ارومیه به فاصله تقریبی ۱۲ کیلومتر از این شهر واقع شده است (گزارش فنی سد شهرچای، ۱۳۷۸). محدوده مورد مطالعه رودخانه شهرچای از محل سد شهرچای تا ورودی شهر ارومیه به طول تقریبی ۱۲ کیلومتر می‌باشد که این محدوده در شکل ۱ نشان داده شده است. سد مخزنی شهرچای در تراز نرمال بهره‌برداری با حجم حدود ۲۲۰ میلیون متر مکعب از نوع سنگریزه‌ای با هسته آب‌بند رسی و با مقطع دوزنقه‌ای، بر روی رودخانه شهرچای به‌منظور تأمین آب شرب و صنعت به مقدار سالانه ۶۷ میلیون متر مکعب، تأمین آب کشاورزی به مقدار سالانه بیشینه ۱۳۲ میلیون متر مکعب، و نیز کاهش نیاز برداشت از منابع آب زیرزمینی و در نتیجه جلوگیری از شوری‌زدگی خاک و بهبود وضعیت اراضی زیر کشت، احداث شده است (گزارش فنی سد شهرچای، ۱۳۷۸).

خاکریز در پایین‌دست، بر شکست سد و پهنه سیلاب مورد ارزیابی قرار گرفته است. Zarein and Naderkhanloo (2014) با استفاده از نرم افزار Mike به شبیه‌سازی سه-بعدی شکست سد پرداخته و جهت بررسی نتایج عددی، از نتایج عددی سایر پژوهشگران و نیز نتایج تجربی استفاده نمودند. (Munoz and Constantinescu (2015) با ارائه یک کد مدل‌سازی جدید به شبیه‌سازی سه‌بعدی شکست سد پرداختند. در این مدل عددی، برای شبیه‌سازی تغییرات سطح آزاد آب از مدل VOF و برای اعمال اثرات آشفتگی جریان از مدل $k-\omega$ بهره گرفته شده است. مقایسه نتایج عددی حاصله با نتایج تجربی موجود، بیانگر دقت بالای این مدل عددی است.

محمدنژاد و همکاران (۱۳۹۳) به صورت عددی انتشار موج ناشی از شکست سد را به‌صورت دوبعدی قائم شبیه‌سازی نمودند. در این مطالعه، تحلیل امواج با استفاده از نرم افزار فلوئنت انجام گرفته و در آن انواع مدل‌های آشفتگی مورد بررسی قرار گرفته است. از بررسی چهار مدل آشفتگی $k-\varepsilon$ ، $k-\omega$ ، $RNG\ k-\varepsilon$ ، $Standard\ k-\varepsilon$ ، RSM ، $Realizable\ k-\omega$ و نتیجه گرفته است که مدل $Standard\ k-\varepsilon$ به لحاظ دارا بودن کمترین خطای نسبی مناسب‌ترین مدل در شبیه‌سازی تلاطم‌های جریان می‌باشد. پدیده شکست سد از دو منظر علل و نحوه شکست و نیز اثرات شکست در پایین‌دست قابل بررسی است. تحقیق حاضر فارغ از علل و نحوه شکست، به‌منظور تعیین اثرات تخریب سد و ابعاد خسارات وارده در پایین دست، تدوین گردیده است. با توجه به ابعاد موضوع شکست سد، امکان ساخت مدل‌های فیزیکی و آزمایشگاهی وجود ندارد، از این‌رو رویکرد شبیه‌سازی عددی در این خصوص مدنظر قرار گرفته است.

در این پژوهش سعی بر آن بوده تا پهنه گسترش سیلاب و زمان رسیدن پیشانی امواج سیلاب ناشی از شکست سد بر اثر پدیده روگذری جریان در سد شهرچای ارومیه، به کمک مدل‌سازی هیدرولیکی Breach و نیز مدل عددی دوبعدی CCHE2D در شرایط جریان غیر دائمی و در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی مشخص گردد. در این تحقیق برای اولین بار شاخص مخاطره برای پهنه‌بندی دشت سیلابی محدوده مورد مطالعه به کار گرفته شده



شکل (۱): موقعیت سد و رودخانه شهرچای نسبت به شهر ارومیه

(۱)

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{\partial G}{\partial y} = S(U)$$

در رابطه فوق، U ، F ، G و $S(U)$ به ترتیب، بردار متغیر بقایی، مقدار شار در جهت x و y و منبع خارجی می‌باشند که به ترتیب به فرم زیر تعریف می‌شوند:

(۲)

$$U = \begin{bmatrix} h \\ h_u \\ h_v \end{bmatrix}, F = \begin{bmatrix} h_u \\ h_{uu} \\ h_{uv} \end{bmatrix}, G = \begin{bmatrix} h_v \\ h_{vu} \\ h_{vv} \end{bmatrix},$$

$$S(U) = \begin{bmatrix} 0 \\ -gh \frac{\partial z}{\partial x} - g \frac{u \sqrt{u^2 + v^2}}{c^2} \\ -gh \frac{\partial z}{\partial y} - g \frac{v \sqrt{u^2 + v^2}}{c^2} \end{bmatrix}$$

که h عمق جریان، u سرعت جریان در راستای x ، v سرعت جریان در راستای y ، g شتاب ثقل، z رقوم سطح آب و c ضریب شری می‌باشد. گسسته‌سازی معادله (۱) به روش upwind بوده که به این منظور یک شبکه رستری مستطیلی مانند شکل ۲ استفاده می‌گردد. استفاده از شبکه رستری این امکان را به مدل عددی می‌دهد تا به راحتی از داده‌های توپوگرافی رستری گرفته شده از GIS استفاده نماید. متغیرهای بقایی مورد نظر در مرکز سلول‌ها

مدل عددی CCHE2D

مدل CCHE2D یک مدل دو بعدی توانمند در تحلیل شکست سد می‌باشد که توسط موسسه NCCHE توسعه یافته و قادر است اطلاعات مکانی و زمانی را در محدوده‌ی وقوع سیلاب مدل‌سازی نماید. زمانی که اطلاعات مربوط به منطقه مورد نظر محدود باشد، این مدل به سرعت نتایج مکانی مربوط به عمق سیلاب ناشی از شکست سد، سرعت حرکت موج سیل و مدت زمان پیمایش سیل در پایین‌دست سد را محاسبه نموده و به صورت گرافیکی نمایش می‌دهد.

مدل CCHE2D بر مبنای معادلات حاکم بر جریان بوده و از روش عددی حجم محدود^۱ برای حل معادلات بقای جرم و مومنتم استفاده می‌شود (Ying et al., 2003). این مدل از سلول‌های مستطیلی و مثلثی برای شبکه‌بندی بستر و محدوده‌ی رودخانه استفاده می‌کند. از این رو امکان استفاده از داده‌های GIS نظیر مدل‌های ارتفاعی رقومی^۲ و داده‌های ارتفاعی عوارض زمین^۳ فراهم می‌گردد (Ying et al., 2004). فرم بقایی معادلات دوبعدی آب‌های کم عمق به شکل معادله ۱ می‌باشد:

^۱ Finite Volume

^۲ DEM

^۳ DTED

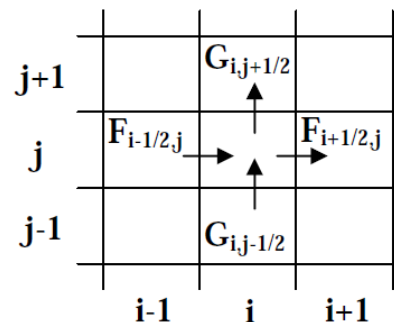
زبری بستر در طول مسیر رودخانه ثابت نبوده و تا حدود بسیار زیادی تغییر می‌کند، لذا مقدار متوسط این زبری در طول رودخانه برای مسیر اصلی و سیلابدشت‌ها اعمال شده است. با توجه به این مهم که عموماً باز و بسته شدن جریان در رودخانه به صورت تدریجی رخ می‌دهد از ضرایب ۰/۱ و ۰/۳ به عنوان مقادیر پیش فرض برای ضرایب تنگ و بازشدگی مقاطع رودخانه در محاسبات وارد می‌شود (گزارش فنی سد شهرچای، ۱۳۷۸).

برای جریان دائمی، در شرایط زیر بحرانی فقط شرط مرزی در پایین‌دست، در شرایط فوق بحرانی فقط شرط مرزی در بالادست و در جریان مختلط، شرط مرزی هم در بالادست و هم در پایین‌دست تعریف می‌شود. در جریان غیردائمی، شرط مرزی هم در بالادست و هم در پایین‌دست مورد نیاز می‌باشد. در این تحقیق هیدروگراف سیلاب ناشی از شکست سد در حالت شکست سد در اثر پدیده‌ی روگذری جریان به عنوان شرط مرزی بالادست و عمق نرمال برای شرط مرزی پایین‌دست در نظر گرفته شده است.

ایجاد و گسترش شکاف در سد شهرچای با نرم افزار Breach

در اثر وقوع سیلاب محتمل رخ داده، دبی خروجی ناشی از سیلاب مستقیماً وارد مخزن سد شهرچای خواهد شد و سپس روگذری جریان و شکست سد موجب وقوع سیلاب دیگری در محل مخزن سد می‌گردد. برای منظور نمودن اثر سیلاب، تعیین دبی و هیدروگراف خروجی سیلاب مهم بوده که در این تحقیق هیدروگراف خروجی از سد در حال شکست، برای سناریو روگذری جریان از روی سد محاسبه می‌گردد. مراحل افزایش عمق آب در مخزن سد و منجر شدن آن به شکست سد در شکل ۳ شبیه‌سازی شده است. در شکل ۴ هیدروگراف خروجی از محل شکافت سد شهرچای به عنوان مطلوب‌ترین قسمت خروجی مدل Breach در مورد سد شهرچای آورده شده است. در واقع این هیدروگراف به عنوان شرط مرزی بالادست وارد مدل CCHE2D شده و در پایین‌دست سد مورد روندیابی قرار خواهد گرفت.

محاسبه شده و بیانگر مقدار متوسط آن متغیر در هر سلول می‌باشند. میزان شار نیز بر روی سطوح مشترک سلول‌ها محاسبه می‌شوند (Jorgeson et al., 2004).



شکل (۲): نمایی از شبکه‌بندی میدان محاسباتی با مرکزیت سلول

با انتگرال‌گیری از معادله (۱) بر روی سلول j با ابعاد Δx و Δy ، و اعمال تئوری گرین^۱، معادله به فرم زیر گسسته می‌شود (Jorgeson et al., 2004):

$$U_{ij}^{n+1} = U_{ij}^n - \frac{\Delta t}{\Delta x_i} (F_{i+1/2,j} - F_{i-1/2,j}) - \frac{\Delta t}{\Delta y_j} (G_{i,j+1/2} - G_{i,j-1/2}) + \Delta t S_{ij} \quad (3)$$

که $G_{i,j-1/2}$ و $G_{i,j+1/2}$ ، $F_{i-1/2,j}$ ، $F_{i+1/2,j}$ بیانگر میزان شار بر روی سطوح مشترک سلول‌ها می‌باشند (بر روی شکل ۲ نشان داده شده است).

پهنه‌بندی سیلاب ناشی از شکست سد شهرچای

جهت پهنه‌بندی سیلاب در پایین‌دست مقطع شکستگی سد، از نرم افزار ArcViewGIS استفاده شده است. این نرم افزار از پرکاربردترین نرم افزارهای محیط GIS بوده که می‌توان با استفاده از آن اطلاعات توصیفی را با اطلاعات مکانی مرتبط نمود (حسن زاده و همکاران، ۱۳۹۴).

مقادیر ضریب زبری مانینگ برای منطقه مورد مطالعه با توجه به داده‌های اندازه‌گیری شده، کانال اصلی رودخانه ۰/۳۵ و برای سیلابدشت و نواحی حاشیه رودخانه ۰/۵۵ در نظر گرفته شده است. قابل ذکر است مقدار

¹ Green

سال هشتم • شماره بیست و نهم • پاییز ۱۳۹۶

مدل تجربی مورد بررسی به طول و عرض ۱ و ۲ متر بوده و پهنه سیلاب نیز دارای ابعاد به ترتیب ۳ و ۲ متر می‌باشد. شکاف سد دارای عرض ۰/۴ متر بوده و در وسط سد قرار گرفته است. عمق اولیه آب در پشت سد ۰/۶ متر و پهنه سیلاب در پایین‌دست در ابتدا خشک می‌باشد (Fraccarollo and Toro, 1995). موقعیت مکانی ۵ ایستگاه برای اندازه‌گیری هیدروگراف زمانی در شکل ۵ و جزئیات آن در جدول ۱ ارائه شده است.

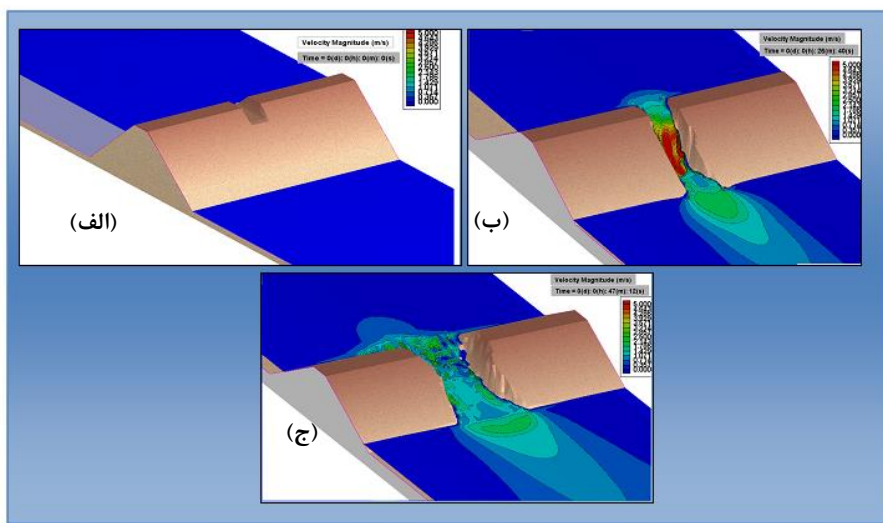
آنالیز حساسیت

به‌منظور بررسی کارایی مدل عددی CCHE2D مدل تجربی مورد بررسی در آزمایشات Fraccarollo and Toro (1995) برای سیلاب ناشی از شکست تدریجی یک سد خاکی موقت، شبیه‌سازی شده و نتایج عددی حاصله با نتایج تجربی موجود مقایسه شده‌اند.

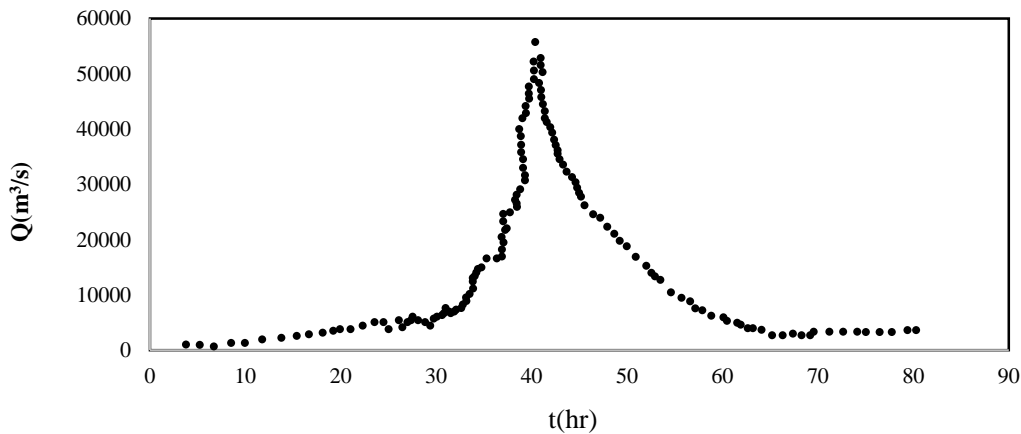
ستگاه	A	B	C	D
$x(m)$	۰/۱۸	۰/۴۸	۱/۰۰	۱/۰۰
$y(m)$	۱/۰۰	۰/۴۰	۱/۱۶	۱/۰۰

جدول (۱): موقعیت مکانی ایستگاه‌ها

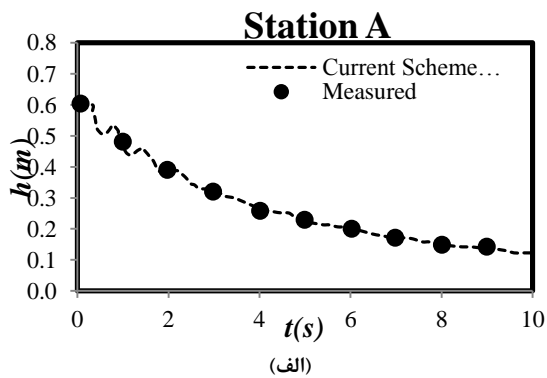
ایستگاه	A	B	C	D	E
$x(m)$	۰/۱۸	۰/۴۸	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۷۲
$y(m)$	۱/۰۰	۰/۴۰	۱/۱۶	۱/۰۰	۱/۰۰



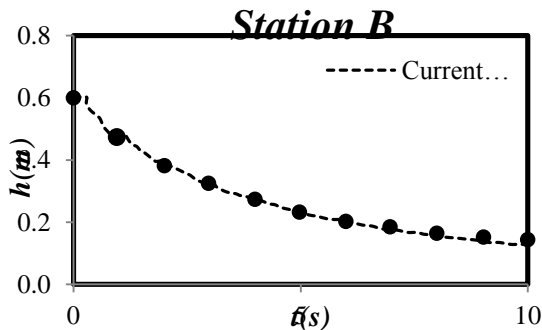
شکل (۳): نمایش سه‌بعدی ایجاد و گسترش شکاف شبیه‌سازی شده با مدل Breach (الف) تراز شمال سد قبل از رسیدن سیلاب (ساعت ۰)، (ب) افزایش دبی ورودی سیلاب و گسترش شکاف (۷/۵ ساعت بعد) (ج) ورود دبی پیک سیلاب و شکست سد (۱۵ ساعت)



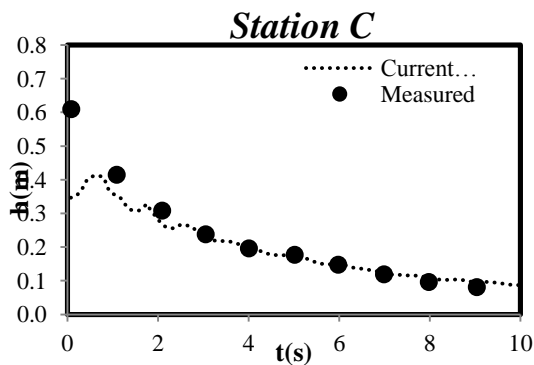
شکل (۴): هیدروگراف خروجی سد شهر چای پس از شکست سد در اثر پدیده روگذری جریان



(الف)

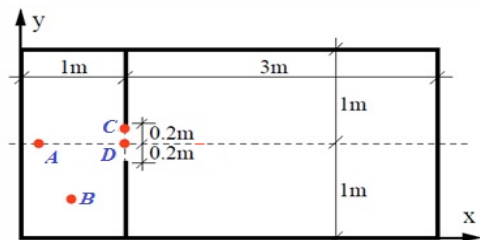


(ب)



(پ)

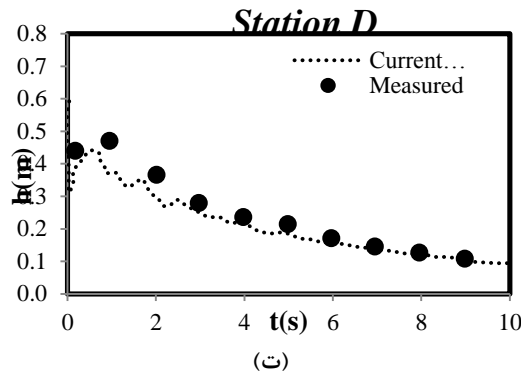
محدوده محاسباتی به شبکه‌های مستطیلی با ابعاد $\Delta x = 0.4m$ و $\Delta y = 0.8m$ گسسته شده است. شکل ۶ مقایسه نتایج تجربی و نتایج محاسباتی با CCHE2D را نمایش می‌دهد. در نرم افزار CCHE2D از روش upwind برای گسسته‌سازی معادلات حاکم بر پدیده استفاده شده است. با توجه به اشکال فوق، تطابق قابل قبولی بین نتایج تجربی و نتایج عددی حاصله از CCHE2D برقرار است. پس از بازشدگی ناگهانی دریاچه، یک موج سیلاب در محل تشکیل شده و به سمت پایین دست انتشار می‌یابد. به‌طور همزمان یک موج کاهشی قوی در مخزن ایجاد شده و موجب می‌گردد سطح آب در نزدیکی دریاچه به شدت کاهش یابد. به دلیل اثرات شرایط مرزی، سطح آب در مخزن بلافاصله پس از بازشدگی دریاچه به میزان قابل توجهی نوسان می‌کند. نوسان سطح آب به وضوح در ایستگاه‌های C و D مشهود است. لذا ابعاد مخزن در مطالعه موردی به شبکه‌های با ابعاد $\Delta x = 0.4m$ و $\Delta y = 0.8m$ تقسیم شده که در مجموع تعداد ۵۰۰ سلول در راستای طولی و ۱۵۰ سلول در راستای عرضی خواهد بود (شکل ۷). همچنین برای گسسته‌سازی معادلات حاکم بر مساله نیز از روش upwind استفاده شده است.



شکل (۵): محدوده مورد بررسی در مطالعه تجربی

Fraccarollo and Toro (1995) و موقعیت مکانی ۵ ایستگاه

در نظر گرفته شده



شکل (۶): نتایج صحت سنجی مدل عددی برای ایستگاه مورد نظر

Switzerland

(۱۱)

$$HR = f(h, V \times h)$$

به منظور تلفیق دو متغیر سرعت جریان و عمق آب- گرفتگی در بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب، در سال ۱۹۸۸ USBR اقدام به ارائه شاخص مخاطره نمود که در جدول ۲ دسته‌بندی شده است.

پهنه‌بندی سیلاب ناشی از شکست سد

به واسطه‌ی حرکت سیلاب ناشی از شکست سد در رودخانه‌ی پایین‌دست، ممکن است گستره‌ی بسیار وسیعی از نواحی پایین‌دست زیر آب رفته و مستغرق شود. بحرانی‌ترین حالت در تعیین پهنه‌ی سیلاب، مربوط به تراز آب بیشینه در هنگام عبور دبی بیشینه سیلاب می‌باشد (Fennema and Chaudhry, 1987). در شکل ۸ عمق سیل در نتیجه پیشروی سیلاب در پایین‌دست سد شهرچای در چهار بازه‌ی زمانی ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه پس از شکست سد ارائه گردیده است.

نتایج و بحث

تحلیل نتایج با پارامتر شاخص مخاطره

عمق (h) و سرعت جریان (V) از مهم‌ترین فاکتورهای مورد نیاز برای بررسی اثرات یک سیلاب می‌باشند (Garcia-Navarro and Saviron, 1986). با توجه به این نکته که شاخص مخاطره تابعی از این دو پارامتر می‌باشد، به منظور تخمین مقدار کمی آن، تعیین عمق و سرعت جریان در هر نقطه از محدوده مورد مطالعه ضروری می‌باشد.

تعاریف گوناگونی برای شاخص مخاطره وجود دارد که به سه مورد از آن‌ها در زیر اشاره شده است (ارزنلو و همکاران، ۱۳۹۵):

$$USA \ HR = f(h, V) \quad (۹)$$

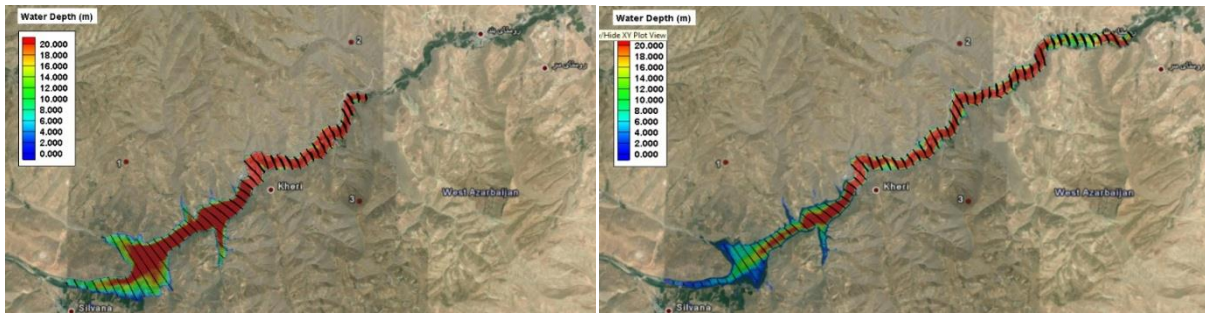
$$Austria \ HR = f(h, V^2 / 2g) \quad (۱۰)$$

جدول (۲): تعریف شاخص مخاطره

شاخص مخاطره	رنگ اختصاص یافته	تعریف
زیاد	زرد	افراد چه در داخل و چه در خارج از مناطق مسکونی در خطر می‌باشند. تاسیسات مسکونی در معرض تخریب قرار دارند.
متوسط	نارنجی	افراد در خارج از مناطق مسکونی در خطر می‌باشند. تاسیسات مسکونی بسته به ساختار آنها در معرض آسیب قرار دارند.
کم	قرمز	افراد و تاسیسات چندان در معرض خطر نمی‌باشند.

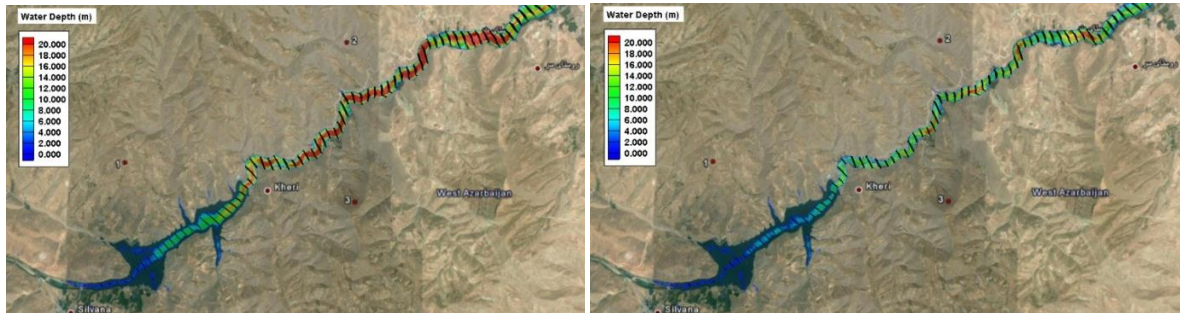


شکل (۷): شبکه‌بندی میدان محاسباتی در مدل عددی CCHE2D با ابعاد $\Delta x = 0.4m$ و $\Delta y = 0.8m$



(ب)

(الف)



(ت)

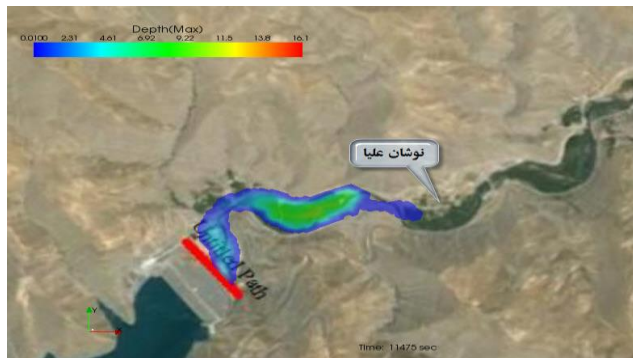
(پ)

شکل (۸): (الف) عمق و پهنا سیلاب ۱۵ دقیقه پس از شکست سد (ب) عمق و پهنا سیلاب ۳۰ دقیقه پس از شکست سد (پ) عمق و پهنا سیلاب ۴۵ دقیقه پس از شکست سد (ت) عمق و پهنا سیلاب ۶۰ دقیقه پس از شکست سد

عمق و پهنا سیلاب در تراز بیشینه در محدوده‌های مشخص شده

توابع مرکزی شهرستان ارومیه در ۱۰ کیلومتری جنوب غربی ارومیه واقع شده است. با توجه به شکل ۹ سیلاب در زمان حدود ۳ ساعت به محدوده نوشان خواهد رسید. پهنا سیلاب در تراز بیشینه عمق ۱۰ متر و سرعت بیشینه ۴/۸۵ متر بر ثانیه خواهد بود. با مقایسه همپوشانی نقشه هوایی و

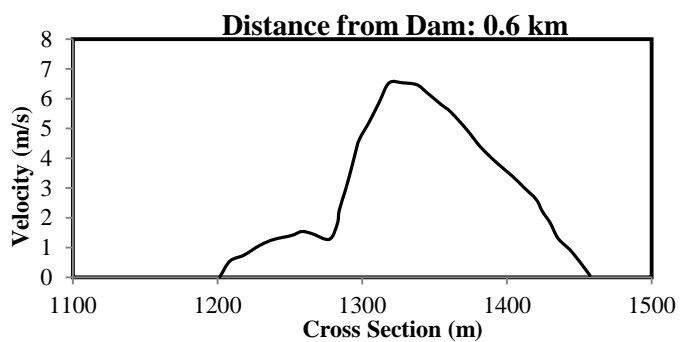
باتوجه به اینکه روستاهای نوشان علیا و سفلی در فاصله ۱ کیلومتری از هم قرار دارند و دارای شرایط یکسان جغرافیایی می‌باشند در آنالیزهای حاضر بررسی‌ها عمدتاً بر روی روستای نوشان علیا انجام گرفته است. محدوده‌ی نوشان که شامل روستاهای نوشان علیا و سفلی می‌شود از



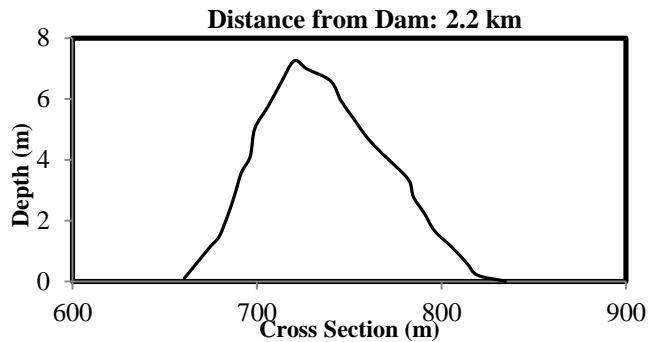
(ب)



(الف)



(ت)



(پ)

شکل (۹): (الف) عمق و پهنه سیلاب در تراز بیشینه سیلاب در محدوده نوشان علیا (زمان رسیدن سیلاب ۳ ساعت) (ب) سرعت و پهنه سیلاب در تراز بیشینه آب (محدوده نوشان علیا) (پ) نمودار عمق مقطع در تراز بیشینه سیلاب در محدوده نوشان علیا (ت) نمودار سرعت مقطع در تراز بیشینه آب (محدوده نوشان علیا) - زمان رسیدن سیلاب ۳ ساعت

هوایی و لایه سیلاب به دست آمده درصد استغراق محدوده باغ سیب ۷۰ درصد می باشد. مقدار دبی سیلاب در ورود موج اول $234/42$ متر مکعب بر ثانیه می باشد. میزان شاخص مخاطره برای محدوده باغ سیب به طور متوسط بین $0/5-1/5$ می باشد که در ناحیه خطر متوسط قرار دارد. این میزان با درصد استغراق به دست آمده همخوانی دارد.

روستای بند، از توابع بخش مرکزی شهرستان ارومیه در ۳ کیلومتری جنوب غربی ارومیه واقع شده است. این روستا در کنار بستر رودخانه شهرچای به صورت خطی استقرار و امتداد یافته است. در مدل حاضر به دلیل حائز اهمیت بودن محدوده روستای بند، هم ورود سیلاب به محدوده و هم خروج سیلاب از محدوده مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به شکل ۱۰، سیلاب در زمان $5/5$ ساعت به محدوده ابتدای روستای بند خواهد رسید. پهنه‌ی سیلاب در تراز بیشینه عمق $5/6$ متر و سرعت بیشینه $6/52$ متر بر ثانیه خواهد بود. سیلاب در زمان $6/5$ ساعت به محدوده انتهای روستای بند خواهد رسید. در این محدوده پهنه سیلاب در تراز بیشینه عمق $6/92$ متر و سرعت بیشینه $6/99$ متر بر ثانیه خواهد بود. با مقایسه همپوشانی نقشه هوایی و لایه سیلاب به دست آمده درصد استغراق محدوده روستای بند ۶۵ درصد می باشد. مقدار دبی سیل در ورود موج اولیه $256/02$ متر بر ثانیه می باشد. میزان شاخص مخاطره برای محدوده بند به طور متوسط بین $0/5-1/5$ می باشد که در ناحیه خطر متوسط قرار دارد که این میزان با درصد استغراق به دست آمده همخوانی دارد.

مقدار دبی سیلاب در ورود موج اول $148/53$ متر مکعب بر ثانیه می باشد. میزان شاخص مخاطره برای محدوده باغ سیب به طور متوسط بین $0/5-1$ می باشد که در ناحیه خطر متوسط قرار دارد.

بیشترین عرض سیلاب مشاهده شده در سناریو شکست تحت روگذری در بیشینه سیلاب محتمل یک بعدی $4/82$ متر و دو بعدی $5/2$ متر می باشد. محدوده‌ی پارکینگ بند در فاصله $4/2$ کیلومتری بالادست روستای بند و ۸ کیلومتری جنوب غربی شهر ارومیه قرار دارد که به دلیل فضای ناکافی آسفالتی و نبود هیچ گونه پیست استاندارد در منطقه، تبدیل به تفرجگاه تفریحی برای شهروندان ارومیه گردیده به همین منظور دارای رستوران و امکانات رفاهی نیز می باشد و با دارا بودن این مزایا یکی از اولویت‌های بررسی شده در این محدوده می باشد. سیلاب در زمان ۴ ساعت به محدوده پارکینگ بند خواهد رسید. پهنه سیلاب در تراز بیشینه عمق $11/1$ متر و سرعت بیشینه $5/26$ متر بر ثانیه خواهد بود. با مقایسه همپوشانی نقشه هوایی و لایه سیلاب به دست آمده درصد استغراق محدوده پارکینگ بند ۱۰۰ درصد می باشد. مقدار دبی سیل در ورود موج اول $186/53$ متر مکعب بر ثانیه می باشد. میزان شاخص مخاطره برای محدوده پارکینگ بند $1/5$ به بالا می باشد که در ناحیه پرخطر قرار دارد. این میزان با درصد استغراق به دست آمده همخوانی دارد.

محدوده‌ی باغ سیب در فاصله ۲ کیلومتری بالادست روستای بند قرار دارد. اراضی باغات موجود در این محدوده بالغ بر ۱۶ هکتار می باشد که درآمد حاصل از باغات، با توجه به اینکه ۹۰ درصد شغل ساکنان روستای بند کشاورزی و دامپروری است معیشت زندگی عمده‌ای از ساکنان روستای بند را تامین می کند. سیلاب در زمان حدود $5/5$ ساعت به محدوده باغ سیب بند خواهد رسید. پهنه سیلاب در تراز بیشینه عمق ۹ متر و سرعت بیشینه $7/92$ متر بر ثانیه خواهد بود. با مقایسه همپوشانی نقشه



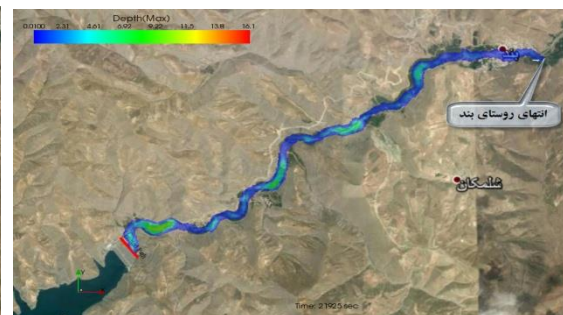
(ب)



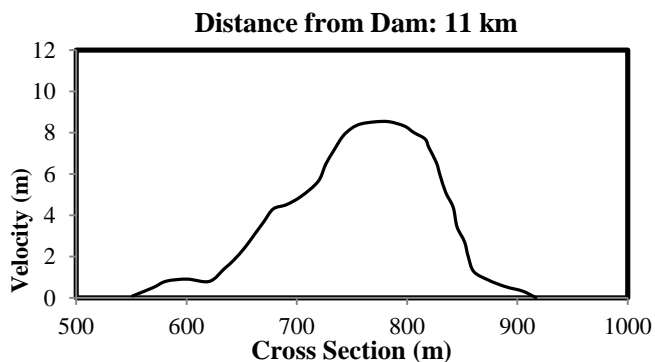
(الف)



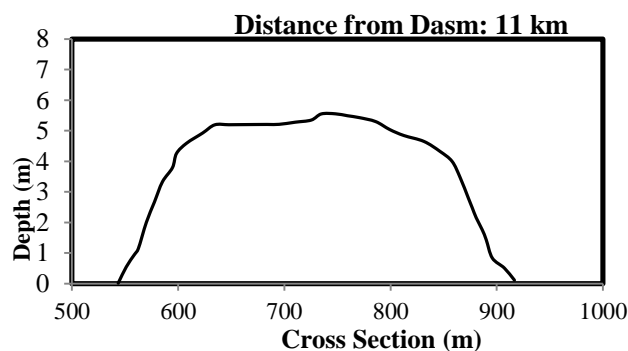
(ت)



(پ)



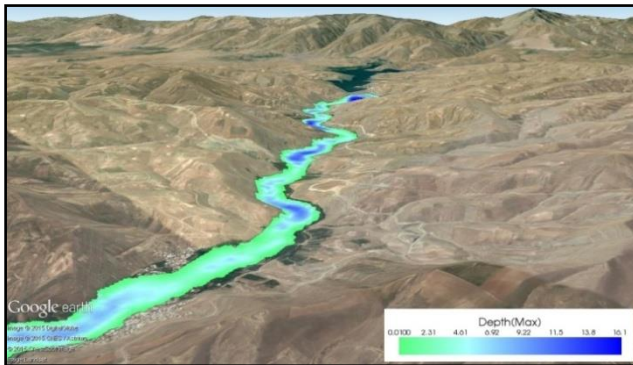
(ج)



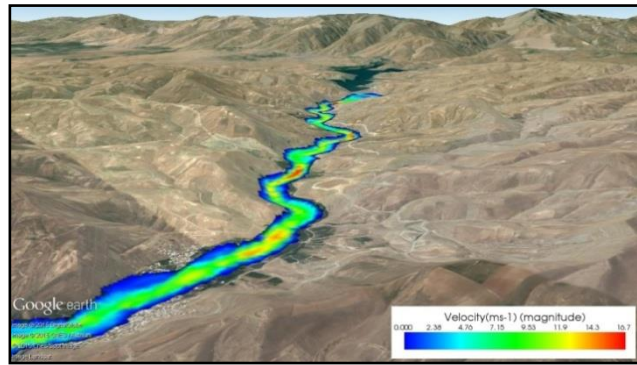
(ج)

شکل (۱۰): (الف) عمق و پهنه سیلاب در تراز بیشینه سیلاب در محدوده ابتدای روستای بند (ب) سرعت و پهنه سیلاب در تراز بیشینه سیلاب در محدوده ابتدای روستای بند (پ) عمق و پهنه سیلاب در تراز بیشینه سیلاب در محدوده انتهای روستای بند (ت) سرعت و پهنه سیلاب در تراز بیشینه سیلاب در محدوده انتهای روستای بند (ج) نمودار عمق مقطع در تراز بیشینه سیلاب در محدوده ابتدای روستای بند (چ) نمودار سرعت مقطع در تراز بیشینه سیلاب در محدوده ابتدای روستای بند

با استفاده از توابع و قابلیت‌های واقعیت مجازی و مدل‌سازی منطقه در GIS، و قابلیت لینک شدن نرم افزار CCHE2D با نرم افزار Google Earth و با انتقال نتایج خروجی نرم افزار CCHE2D به نرم افزار Google Earth تصاویر سه بعدی از محدوده مورد مطالعه با لایه سیلاب به دست می‌آید که وسعت و محدوده دشت سیلابی، کانتهورهای عمق بیشینه (شکل ۱۱(الف)) و کانتهورهای سرعت بیشینه (شکل ۱۱(ب)) را نمایش می‌دهد.



(ب)



(الف)

شکل (۱۱): (الف) نقشه‌ی سه بعدی کانتور سرعت (ب) نقشه‌ی سه بعدی کانتور عمق

جانی به صفر درصد خواهد رسید. همچنین نتایج شبیه‌سازی دو بعدی پدیده روگذری جریان نشان می‌دهد که با شکست سد شهر چای در اثر روگذری با وقوع بیشینه سیلاب محتمل، سرعت پیک سیلاب تولید شده در حدود ۵۳۲۱ متر بر ثانیه در ۱۷ ساعت پس از شکست سد می‌باشد.



شکل (۱۲): نقشه شاخص مخاطره در محدوده مورد مطالعه

با توجه به مشخصات و جنس سد، نوع و نحوه‌ی شکست سد به صورت تدریجی می‌باشد خاص آنکه در سناریوی روگذری جریان که با حجم زیادی از آب روبرو هستیم به دلیل ظرفیت بالای سرریزهای سد در عبور دادن جریان، دبی خروجی از شکاف سد توسط سرریزها تقلیل یافته و هیدروگراف خروجی از محل شکست سد حالت بسیار ناگهانی نداشته و به طور نسبتاً تدریجی در پایین دست سد جریان می‌یابد.

با توجه به ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی و توپوگرافیکی منطقه، سیلاب ناشی از شکست سد بعد از رها شدن از سد در حدود ۱۲ کیلومتری پایین دست سد در یک آبراه تنگ با دیواره‌های بلند جریان یافته و به صورت جدی روستاهای نوشان و اراضی کشاورزی این منطقه را تهدید می‌کند. با توجه به بالا بودن ضریب مانینگ، جریان سیلاب عمده انرژی خود را در این محدوده از دست داده و سپس در نزدیکی روستای بند به یکباره وارد یک مقطع گشاد می‌گردد. اگرچه سیلاب در این ناحیه به طور چشمگیری گسترش نمی‌یابد لیکن با توجه به عریض بودن آبراهه، عمق و سرعت سیلاب به طور چشمگیری کاهش یافته ولی خروش و قدرت خود را در زمینه‌ی تخریب سازه‌های موجود از دست نمی‌دهد. در شکل ۱۲ شاخص مخاطره برای محدوده‌ی مورد مطالعه نشان داده شده است.

با توجه به شکل زیر، تمامی روستاهای پایین دست محل سد از خطر پذیری بالایی به لحاظ اثرات سیلاب برخوردار هستند لیکن ۹۹ درصد تلفات ناشی از سیلاب شکست سد در ۱۵ کیلومتری پایین دست رودخانه از محل سد و به علت سرعت زیاد موج سیلاب اتفاق می‌افتد.

بررسی زمان رسیدن پیشانی موج به محدود مورد مطالعه به وضوح نشان می‌دهد که ساکنین منطقه نوشان (روستاهای علیا و سفلی) که اولین منطقه در معرض خطر سیلاب می‌باشند، زمان بسیار زیادی برای فرار از خطر داشته و در صورت اتخاذ تدابیر لازم تلفات

سال هشتم • شماره بیست و نهم • پاییز ۱۳۹۶

صورت مشاهده اختلاف قابل توجه، تمهیدات ضروری و لازم لحاظ گردد.

۲) عرض متوسط شکاف و عرض کف شکاف احتمالی سد شهرچای با استفاده از شبیه‌سازی دوبعدی و با فرض توسعه شکاف تا کف رودخانه (از بین کل ارتفاع سد) به ترتیب ۱۱۸ و ۱۳۴ متر می‌باشد.

۳) با شکست تدریجی سد و ایجاد سیلاب با حجم بالا که بیش از ظرفیت طبیعی رودخانه می‌باشد، سیلاب فرصت خروج از مسیل رودخانه را پیدا کرده و وارد سیلاب‌دشت‌ها می‌گردد. پس از گذشت نزدیک به ۱۹ ساعت از زمان شروع سیلاب و رسیدن به نقطه پیک هیدروگراف، جریان سیلاب با شدت بیشتری مناطق مسکونی اعم از روستای نوشان (علیا - سفلی)، روستای بند و اراضی زراعی و کشاورزی را احاطه می‌کند. بحرانی‌ترین وضعیت از ۱۹ ساعت بعد از شکست سد که به نقطه پیک هیدروگراف می‌رسد شروع می‌شود و تقریباً تمامی مناطق روستایی موجود در مسیر سیلاب و بخش عمده‌ای از روستای بند با شاخص مخاطره بالایی روبرو خواهند شد.

نتیجه گیری کلی

در کنار منافع قابل توجه ساخت سدها، سیلاب ناشی از شکست سد از جمله فاجعه آمیزترین حوادث در طی دو قرن اخیر بوده است.

با توجه به مشخصات و جنس سد شهرچای، نوع و نحوه‌ی شکست این سد به صورت تدریجی خواهد بود خاص آنکه در سناریوی روگذری جریان که حجم بسیار زیادی آب جاری می‌گردد، به دلیل قابلیت بالای سرریز سد در عبور دادن جریان، دبی خروجی از شکاف سد توسط سرریزها تقلیل یافته و هیدروگراف خروجی از محل شکست سد حالت بسیار ناگهانی نداشته و به طور نسبتاً تدریجی در پایین دست سد جریان می‌یابد. لیکن با این وجود خسارات مالی آن قابل توجه خواهد بود.

از جمع‌بندی نتایج حاصله از مدل‌سازی‌های عددی می‌توان نشان داد:

۱) بیشترین عرض سیلاب مشاهده شده در سناریو شکست تحت روگذری در بیشینه سیلاب محتمل دوبعدی ۵/۲ متر می‌باشد. در مقایسه با عرض سیلاب مشاهده شده در مدل‌سازی یک-بعدی با نرم افزار HEC-RAS که توسط ارزنلو و همکاران (۱۳۹۵) انجام یافته است، که مقدار آن برابر ۴/۸ متر است، تفاوت قابل توجهی مشاهده نمی‌شود. این امر نشانگر آن است که در سناریوی شکست روگذری در بیشینه سیلاب محتمل، تفاوت چشمگیری میان نتایج یک بعدی و دو بعدی وجود ندارد لیکن مقدار آن در سناریو شکست ناگهانی باید بررسی شده و در

منابع

- ارزنلو، ا.، ی. حسن زاده، و ن. کاردان. ۱۳۹۵. شبیه‌سازی عددی شکست سد و پهنه‌بندی سیلاب به منظور استفاده در تهیه برنامه واکنش سریع (مطالعه موردی: سد شهرچای ارومیه)، نشریه دریافنون، سال سوم، شماره ۶ (زیرچاپ).
- ارزنلو، ا. (۱۳۹۴). بررسی شکست سد خاکی شهرچای ارومیه ناشی از روگذری جریان و پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل HEC-RAS و GIS، پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.
- حسن زاده، ی. ۱۳۸۳. هیدرولیک شکست سد، کمیته ملی سدهای بزرگ، انتشارات وزارت نیرو، ۱۳۶ صفحه.
- حسن زاده، ی.، و. نورانی، و. سپهری، ه. دل افروز، م. حسن زاده، و ف. الماس پور. ۱۳۹۴. تحلیل امواج ناشی از شکست سد و پهنه‌بندی دشت سیلابی با استفاده از مدل ریاضی (مطالعه موردی: سد ونیار)، نشریه دانش آب و خاک، شماره ۲۵، دوره ۴/۱، ص ۱-۱۵
- محمدنژاد، ب.ع.، م. ا. فاطمی کیا، ج. بهمنش، م. منتصری. ۱۳۹۳. شبیه‌سازی عددی انتشار موج ناشی از شکست سد به صورت دو بعدی قائم، نشریه مهندسی عمران و محیط زیست، شماره ۴۴، دوره ۳، ص ۴۷-۵۹.
- مهندسین مشاور سکو، گزارش فنی پروژه سد مخزنی شهرچای، مهر ۱۳۷۸.
- Bellos, C.V., J.V. Soulis and J.G. Sakkas. 1991. Computation of two-dimensional dam-break induced flows. *Advances in Water Resources*, 14(1): 31-41.
- Changzhi, L., W. Hong, Ch. Zhixue, Y. Yongfeng, R. Zhengfu and C. Mike. 2014. Dam break flood risk assessment for Laiyang city, *Journal of Geological Resource and Engineering*, 4: 189-199.
- Dressler, R.F. 1952. Hydraulic resistance effect upon the dam-break function. *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, 49(3): 217-225.
- Fennema, R.J and W.H. Chaudhry. 1987. Simulation of one dimensional dam-break flows. *Journal of Hydraulics Research*, 25: 41-51.
- Fraccarollo, L and E.F. Toro. 1995. Experimental and numerical assessment of the shallow water model for two-dimensional dam-break type problems. *Journal of Hydraulic Research*, 33(6): 843-864.
- Frazão, S.S and Y. Zech. 2002. Dam Break in Channels with 90° Bend. *Journal of Hydraulic Engineering*, 128(11): 956-968.
- Jia, Y., H. Azad and X. Chao. 2010. Computational modeling of Midwest Flood 2008: Levee Breaching and Flood Propagation, *Proceedings of World Environmental & Water Resources Congress*, May 16-20, Rhode Island, USA.
- Jorgeson, J., X. Ying and W. Wardlaw. 2004. Two dimensional modelling of dam breach flooding. *US-CHINA Workshop on Advanced Computational Modelling in Hydrosience and Engineering*, September 19-21, Oxford, Mississippi, USA.
- Munoz, D.V.H and G. Constantinescu. 2015. Development and validation of a 3D numerical model to simulate floods in natural streams. *E-Proceedings of the 36th IAHR World Congress*, 28 June-3 July, Hague, Netherland.
- Roshandel, A., N. Hedayat and H. Kiamanesh. 2010. Simulation of dam break using finite volume method. *World Academy of Science Engineering and Technology*, 47: 11-26.
- Ritter, A. 1982. Die Fortpflanzung de Wasserwellen. *Zeitschrift Verein Deutscher Ingenieure*, 36(33): 947-954 (In German).
- Singh, J., M.S. Altinakar and Y. Ding. 2011. Two-dimensional numerical modelling of dam break flows over natural terrain using a central explicit scheme. *Advances in Water Resources*, 34(10): 1366-1375.
- Stoker, R.F. 1957. *Water waves: the mathematical theory with applications*. Inter science Publishers, Inc., New York.
- Tawatchai, T and W. Rattanapitikon. 1999. 2-D modelling of dam break wave propagation on initially dry bed. *International Journal of Science Technology*, 4(3): 28-37.
- Ying, X., S.S.Y. Wang and A.A. Khan. 2003. Numerical simulation of flood inundation due to dam and levee breach. *Proceeding of ASCE World Water & Environmental Resources Congress 2003 (CDROM)*, June 23-26, Philadelphia, USA,.
- Ying, X., A. Khan and S.S.Y. Wang. 2004. Upwind conservative scheme for the Saint Venant equation. *Journal of Hydraulic Engineering*, 130(10): 977-987.
- Ying, X.Y and S.S.Y. Wang. 2008. Improved implementation of the HLL approximate Riemann solver for one-dimensional open channel flows. *Journal of Hydraulic Research*, 46(1): 21-34.

سال هشتم • شماره بیست و نهم • پاییز ۱۳۹۶

- Ying, X.Y and S.S.Y. Wang. 2010. 2D numerical simulation of breaching process of unlined cohesive earthen dam. ASCE, World Environmental and Water Resources Congress, 2010, 1317-1326.
- Zarein, M and V. Naderkhanloo. 2014. Modeling dam-break flows using 3D mike 3 flow model. Journal of Boldverslty and Environmental Science, 5(6): 1-6.
- Zhang, H., Y. Hassanzadeh, N.D. Long and R. Kahawita. 1992. A 1-D numerical model applied to dam-break flows on dry beds. Journal of Hydraulic Research, 30(2): 211-224.
- Zhou, J.G., D.M. Causon, C.G. Mingham and D.M. Ingram. 2004. Numerical prediction of dam-Break flows in general geometries with complex bed topography. ASCE Journal of Hydraulic Engineering, 130: 332-340.

Investigation of Shahrchay Earthfill Dam Break due to Overtopping and Flood Mapping

A. Arzanlou¹, Y. Hassanzadeh², N. Kardan*³, M. Hassanzadeh⁴

Abstract

Dam break due to an earthquake, bombing, piping, overtopping, or some lacks in design and construction process is unavoidable, which could lead to loss of life and property downstream of the dam. In this paper, numerical modelling of Sharchay dambreak, located in Urmiyyah city, is of interesting and the outflow hydrograph of Shahrchay dam site has obtained using Breach model under the scenario that considers the dam break due to overtopping. To numerical modelling of dam break in two dimensional conditions, it has been used CCHE2D software, which utilizes finite element method to solve the shallow-water equations. To verification of the model, the measured data of an experimental model has been used and then the needed number and structure of the cells in computational domain as well as suitable method for discretization of the governing equations has been determined. In addition, using the Graphical Information System (GIS) the information about flood extent obtained and the mapping of flooded zone in downstream prepared. The results revealed that due to dam break and flood spreading that exceeds from the capacity of the river, the flood extends to the surrounding agricultural lands and rural residential areas. Thereafter, with reaching flood to the peak point of hydrograph during 19 hours, the downstream agricultural lands and residential areas is influenced by a great flood. 19 hours after the beginning of dam break, at moment that the flooding reaches to the peak of hydrograph, the critical condition will occur and almost all rural areas will subject in danger of complete submergence.

Keyword: Dam failur, Flood mapping, Overtopping, Breach, 2D model of CCHE2D.

¹ Graduated MS student of Hydraulic Structure, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

² Professor, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

³ Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, n.kardan@azaruniv.ac.ir

⁴ PhD Student of Geotechnics, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran.