

خطرپذیر، پهنه‌بندی سیلاب، سد قره آقاج.

مقدمه

شکست سد یک پدیده‌ای ژئوتکنیکی و هیدرولیکی می‌باشد که در مدت زمان بسیار کوتاهی حجم بسیار عظیمی از آب ذخیره شده در مخزن سد را به مناطق پایین دست رها می‌نماید [۲۱]. حوادث مربوط به سدها از قبیل شکست سد و عدم کنترل سیلاب ناشی از آن به دلیل انرژی زیاد در مخزن، تأثیرات منفی و مخربی بر محیط زیست، جامعه و اقتصاد مناطق پایین دست خواهد گذاشت [۱۷]. از عوامل شکست سد می‌توان به سرریز شدن آب از قسمت تاج سد و یا به عبارتی عدم ظرفیت تخلیه از سرریز و همچنین ایجاد نشت شریانی در بدنه سد به دلایلی مانند زلزله، ایجاد موج ضربه‌ای در داخل مخزن سد و لغزش در شیب خاکریز اشاره نمود [۲۰]. هال و همکاران معتقدند مدل‌هایی که در دهه‌های ۱۹۹۰ جهت بررسی ایمنی خطر طراحی شده‌اند از مدل‌های هیدرودینامیک رودخانه، مدل‌های شکست سد و همچنین مدل‌های طغیان سیلاب ناشی از شکست سد در نواحی پایین دست تشکیل شده‌اند [۵]. جهت بررسی شکست در سدهای خاکی در صورتی که جریان روگذری منجر به شکست سد شده باشد از بیشترین سیلاب محتمل^۴ استفاده می‌شود این در حالیست که اگر نشت شریانی منجر به شکست بدنه سد گردد از سیلاب‌های ۱۰۰ ساله و دبی نرمال استفاده می‌شود [۱۸]. جهت بررسی خطرپذیری شکست سد می‌توان از سه پارامتر زمان فرار، عمق و سرعت آبگرفتگی به عنوان معیاری مناسب استفاده نمود [۲]. از پیشگامان مطالعه و تحقیق در زمینه‌ی شکست سد می‌توان به دانشمند آلمانی، ریتز اشاره نمود که در حدود ۵۰ سال قبل از آغاز جنگ جهانی دوم به ارزیابی و بررسی مسأله شکست سد پرداخته است [۱۲]. یکی از برجسته‌ترین محققان پژوهش و مطالعه در زمینه‌ی شکست سد فرید می‌باشد که بخشی از مطالعات خود را در سال ۱۸۹۱ در قالب مدل DAMBRK و تکمیل یافته این مدل یعنی BREACH ارائه نموده است. این مدل به صورت فیزیکی و بر اساس اصول هیدرولیکی، انتقال رسوب، مکانیک خاک، خصوصیات هندسی و خصوصیات مصالح سد و ویژگی‌های مخزن شامل حجم ذخیره، خصوصیات سرریز و نرخ خروجی از مخزن می‌باشد. این مدل بر اساس در نظر گرفتن هم‌زمان بقای جرم جریان

تعیین مناطق خطرپذیر ناشی از نشت شریانی و شکست در سد خاکی قره آقاج با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

سیدعلی شاهرزائی^۱، مهدی رادفر^۲ و الهام قنبری عدوی^۳
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۰

چکیده

شبیه‌سازی هیدرولیکی شکست سد و برآورد خسارات ناشی از آن، کمک بسیار شایانی در زمینه‌ی فعالیت‌های امدادی و برنامه‌ریزی مناسب در مناطق پایین دست خواهد داشت. در تحقیق حاضر به بررسی مناطق خطرپذیر ناشی از شکست سد خاکی قره آقاج از نوع نشت شریانی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداخته شده است. پارامترهای ناشی از شکست سد با استفاده از مدل BREACH محاسبه شد و اطلاعات آن وارد نرم‌افزار HEC-RAS گردید. نتایج نشان داد با استفاده از مدل BREACH دبی اوج ناشی از شکست سد معادل $3318/8$ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد. زمان ناشی از شکست سد معادل $3/31$ ساعت تخمین زده شد. با توجه به نرم‌افزار HEC-RAS نتایج حاکی از آن است که بیشترین دبی خروجی ناشی از شکست سد 165 دقیقه پس از شبیه‌سازی اتفاق افتاده و معادل $3160/1$ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد. مساحت آبگرفتگی مناطق پایین دست حدوداً معادل $18/6$ کیلومتر مربع برآورد گردید. مساحت مناطق مسکونی در معرض خطر در روستای مهرگرد و حسین آباد حدوداً به ترتیب معادل 66995 و 12543 متر مربع تخمین زده شد. شعاع آبگرفتگی نسبت به خط ساحلی جریان در مناطق مذکور به ترتیب معادل 443 و 3362 متر برآورد گردید.

کلیدواژه‌ها: تصاویر ماهواره‌ای، شکست سد، مناطق

- ۱- نویسنده مسئول و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران. پست الکترونیک: sayyed.ali.shahrezaie@gmail.com
- ۲- استادیار، مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران.
- ۳- استادیار، علوم مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران.

ورودی به مخزن، جریان خروجی از سرریز و جریان خروجی شکست با ظرفیت انتقال رسوب جریان غیریکنواخت و غیرماندگار در طول کانال شکسته شده، توسعه یافته است. فرید روش مناسبی جهت انجام محاسبات پهنه‌بندی سیلاب ناشی از شکست سد به صورت یک بعدی ارائه نموده است [۳]. شاهرزائی و همکاران به ارزیابی و مقایسه پارامترهای ناشی از شکست سد خاکی قره آقاج با استفاده از روابط Froehlich و مدل BREACH پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند در صورتی که از روابط Froehlich جهت بررسی پارامترهای ناشی از شکست سد استفاده شود و روزنه در تراز ۲۴۴۴ ایجاد گردد دبی اوج معادل ۲۳۸۳/۴ متر مکعب بر ثانیه می‌گردد این درحالیست که در صورتی که روزنه در تراز ۲۴۴۸ ایجاد گردد دبی اوج معادل ۳۲۵۴/۹ متر مکعب بر ثانیه می‌گردد. در صورتی که از مدل BREACH جهت بررسی شکست سد استفاده شود و روزنه در تراز ۲۴۴۴ از بدنه سد ایجاد گردد، دبی اوج ناشی از شکست سد معادل ۱۷۲۲/۳ متر مکعب بر ثانیه می‌شود این در حالیست که اگر در تراز ۲۴۴۸ روزنه ایجاد گردد دبی اوج معادل ۲۵۹۵/۹ متر مکعب بر ثانیه می‌شود. آن‌ها در ادامه نتیجه گرفتند که هرچند مدل BREACH دقیق‌تر است، اما با توجه به اینکه دبی اوج حاصل شده از روش Froehlich به میزان ۰/۹۹۷۸ با دبی اوج مشاهده شده از مدل BREACH همبستگی دارد؛ بنابراین از دقت قابل قبولی برخوردار است [۱۵]. مویا قیروگا و همکاران برای مدل‌سازی دو بعدی سیلاب به وقوع پیوسته در ماه فوریه سال ۲۰۱۴ در یک دشت سیلابی وسیع کشور بولیوی، از مدل HEC-RAS استفاده کردند. آن‌ها نتایج حاصل از مدل عددی را با تصاویر ماهواره‌ای مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که شبیه‌سازی هیدرولیکی توسط مدل HEC-RAS 2D عملکرد خوبی را نسبت به سیلاب مشاهده‌ای حاصل از تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد [۱۱]. میری و آکایاما به تحلیل و بررسی جریان دو بعدی شکست سد به کمک یک کانال سه بعدی آثار نیروهای هیدرودینامیکی در لحظه شکست سد بر سازه‌های موجود در پایین‌دست پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند که مقایسه نتایج عددی در برابر این داده‌های تجربی نشان می‌دهد که مدل می‌تواند جریان سیلاب ۲ بعدی و نیروی وارد بر سازه‌ها را با دقت مناسب پیش‌بینی نماید [۱۰]. لاتروباس و همکاران به بررسی سیلاب ناشی از شکست سد در حوضه مکونگ در کشور لائوس پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند که مساحتی معادل ۴۶ کیلومتر مربع از روستاها و اطراف رودخانه ونگ نگانو از حوضه مکونگ را سیلاب خواهد گرفت [۹]. حسن زاده و همکاران به ارزیابی شکست سد خاکی از نوع جریان روگذری و همچنین روندیابی پهنه‌بندی سیلاب با اعمال مدل‌های ریاضی و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای سد خاکی علویان که بر روی رودخانه صوفی چای در نواحی شمال غربی شهرستان مراغه در استان آذربایجان شرقی احداث شده است، پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند که سد علویان، در مدت ۴۶ دقیقه و با دبی اوج خروجی در حدود ۶۶۰۰۰ متر

مکعب بر ثانیه به طور کامل شکسته می‌شود. آن‌ها بر اساس نقشه خطرپذیری سیلاب، اکثر نقاطی که در منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر سیلاب ناشی از شکست سد علویان واقع شده‌اند، جزو مناطق پر خطر محسوب نمودند [۶]. دردوس و همکاران جهت بررسی خطرات ناشی از شکست احتمالی سد بتنی زردزاس که در شمال شرقی الجزایر قرار دارد از ادغام مدل‌سازی هیدرولیکی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده نمودند. آن‌ها از الحاقیه HEC-GeoRAS در محیط GIS جهت استخراج اطلاعات هندسی استفاده نمودند. از نرم‌افزار HEC-RAS جهت شبیه‌سازی جریان حاصل از شبیه‌سازی جریان ناشی از شکست سد استفاده نمودند و نهایتاً نتایج را جهت بررسی پهنه‌بندی سیلاب وارد محیط GIS نمودند. آن‌ها یک نقشه بر پایه‌ی میزان عمق آبگرفتگی و همچنین میزان سرعت جریان به صورت میزان خطر سیل‌پذیری مناطق پایین‌دست تهیه نمودند. بر اساس این نقشه در صورتی که سد زردزاس دچار شکست شود، تعداد بسیاری از افراد تحت تأثیر قرار خواهند گرفت. بنابراین آن‌ها نتیجه گرفتند که با تلفیق تکنیک‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی با مدل‌سازی هیدرولیکی می‌توان به طور چشم‌گیری در بهبود مدیریت سیلاب نقش ایفا کرد [۱]. شاهرزائی و همکاران به بررسی سیل‌پذیری مناطق پایین‌دست ناشی از وقوع بیشترین سیلاب محتمل در سد خاکی قره آقاج پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند با توجه به اینکه سرریز سد قره آقاج بر اساس بیشترین سیلاب محتمل کنترل شده است؛ لذا این سیلاب موجب شکست، در سد خاکی قره آقاج از نوع جریان روگذری نمی‌گردد. بیشترین دبی خروجی از سرریز سد ۴۳۵ دقیقه پس از شبیه‌سازی مدل اتفاق افتاده و معادل ۱۷۱/۷۲ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد [۱۶]. هاجری و همکاران به پهنه‌بندی سیلاب ناشی از شکست سد نیراساگر که در کشور هند واقع شده است، به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی (Arc GIS) پرداختند. آن‌ها مشخصات هندسی مخزن، حوضه و همچنین خصوصیات رودخانه را با استفاده از الحاقیه HEC-GeoRAS تهیه و سپس به منظور مدل‌سازی هیدرولیکی وارد نرم‌افزار HEC-RAS نمودند. و نهایتاً جهت بررسی و شناسایی مناطق سیلابی، نتایج را در محیط Google Earth نمایش دادند [۴]. کومار و همکاران به لحاظ اهمیت پدیده شکست سد و انتخاب روش مناسب جهت تحلیل آن و همچنین تهیه برنامه اقدامات اضطراری جهت تخلیه افراد تحت تأثیر واقع در پایین‌دست سد و به حداقل رساندن خسارات و همچنین ضرر و زیان‌های احتمالی، به مطالعه در این زمینه پرداختند [۸]. بنابراین بهره‌برداران سد می‌توانند با در نظر داشتن درجه‌بندی خطرات پیشنهاد شده توسط اولویت‌بندی منابع انسانی و مالی جهت بهبود امنیت عمومی و همچنین کاهش احتمال شکست سد اقدام نمایند [۱۹].

در تحقیق حاضر با توجه به وجود روستاهایی نسبتاً پر جمعیت در مناطق پایین‌دست سد خاکی قره آقاج به بررسی احتمالی شکست این سد پرداخته شده است.

سد خاکی قره آقاج در فاصله ۱۵۰ کیلومتری از شهر اصفهان و ۱۵ کیلومتر شمال شهرستان سمیرم با مختصات سی و یک درجه و سی دقیقه شمالی و پنجاه و یک درجه و سی و دو دقیقه شرقی قرار دارد. نزدیک‌ترین مرکز جمعیتی به سد قره آقاج روستای مهرگرد می‌باشد که در فاصله ۵ کیلومتری شمال سد قرار دارد. تراز تاج سد معادل ۲۴۷۱/۵ متر و تراز سرریز سد معادل ۲۴۶۶/۲۵ متر می‌باشد. سد قره آقاج دارای طولی معادل ۶۴۵ متر و عرض تاج آن معادل ۱۱ متر می‌باشد. حجم مخزن در حالت نرمال و در حالت مفید به ترتیب معادل ۲۱ و ۱۹ میلیون متر مکعب می‌باشد [۱۳ و ۱۴]. ارتفاع متوسط حوضه آبریز قره آقاج ۲۷۱۰ متر و حداکثر ارتفاع حوضه معادل ۳۷۱۷ متر می‌باشد. مساحت حوضه قره آقاج معادل ۱۴۰ کیلومتر مربع می‌باشد. متوسط بارندگی و متوسط تبخیر سالانه در این حوضه به ترتیب معادل ۳۵۲ و ۱۴۴۴ میلی‌متر می‌باشد. طول مخزن سد قره آقاج معادل ۳/۲ کیلومتر و مساحت دریاچه در تراز نرمال و در حداکثر تراز آب به ترتیب معادل ۱۷۲ و ۲۰۰ هکتار می‌باشد.

وضعیت تراز آب مخزن سد قره آقاج

بر اساس گزارشات ارائه شده از فروردین ماه ۱۳۹۲ تا خرداد ماه ۱۳۹۹، بیشینه تراز آب در مخزن سد خاکی قره آقاج در این دوره معادل ۲۴۶۴/۸ متر و مربوط به تاریخ ۱۳۹۹/۰۳/۲۸ می‌باشد. کمینه تراز آب در مخزن سد خاکی قره آقاج در این دوره معادل ۲۴۴۹/۲۳ متر و مربوط به تاریخ ۱۳۹۷/۰۸/۱۳ می‌باشد.

میزان رسوب در سد خاکی قره آقاج

حجم رسوب انباشته شده در پشت سد خاکی قره آقاج طی دوره بهره‌برداری معادل ۱/۲ میلیون متر مکعب برآورد گردیده است. عمده مواد رسوبی طی جریان‌های سیلابی رودخانه حمل می‌گردد.

نرم‌افزار HEC-RAS

در تحقیق حاضر از نرم‌افزار HEC-RAS جهت پهنه‌بندی سیلاب ناشی از شکست سد استفاده شده است. مدل هیدرولیکی HEC-RAS یکی از انواع مدل‌های ریاضی مورد استفاده برای پهنه‌بندی سیلاب می‌باشد. کاربرد مدل‌های ریاضی مناسب مانند مدل HEC-RAS به منظور ارزیابی هیدرولیک جریان‌های سیلابی ضروری می‌باشد [۷].

مدل BREACH

در این مطالعه از مدل BREACH جهت بررسی پارامترهای ناشی از شکست سد خاکی قره آقاج استفاده شده است.

مشخص نمودن تراز در مخزن سد

بر اساس قانون بقای جرم جهت محاسبه تغییرات سطح آب در مخزن سد که تحت تأثیر جریان ورودی به مخزن سد (Q_i)، جریان خروجی از شکاف (Q_b)، جریان روگذری از تاج سد (Q_0) و جریان خروجی از سرریز (Q_{sp}) و همچنین مشخصات ذخیره مخزن سد می‌باشد، استفاده می‌گردد. بقای جرم در هر گام زمانی Δt بر حسب

ساعت به صورت رابطه ۱ مشخص می‌گردد [۳].

$$\bar{Q}_t = (\bar{Q}_b + \bar{Q}_{sp} + \bar{Q}_0) = S_a \times \frac{\Delta H}{\Delta t} \frac{43560}{3600} \quad (1)$$

که در این رابطه: ΔH : تغییرات تراز سطح آب در فاصله زمانی Δt و S_a سطح آب در تراز بر حسب ایگر می‌باشد. تمام جریان‌ها بر حسب فوت مکعب بر ثانیه می‌باشند. بنابراین شاخص خط روی دبی‌ها نمایانگر متوسط جریان در فواصل زمانی می‌باشند. در ادامه با ساده نوشتن رابطه ۱ تغییر در سطح آب مخزن سد به صورت رابطه ۲ می‌توان نوشت.

$$\Delta H = \frac{0.0826 \Delta t}{S_a} (\bar{Q}_t - \bar{Q}_b - \bar{Q}_{sp} - \bar{Q}_0) \quad (2)$$

تراز مخزن (H) در لحظه (t) از رابطه ۳ قابل محاسبه می‌باشد.

$$H = H' + \Delta H \quad (3)$$

در این رابطه: H' : تراز مخزن سد در زمان $t - \Delta t$ می‌باشد.

جریان ورودی به مخزن سد (Q_i) از جدولی که جریان ورودی (Q_i) را در برابر (T_i) نشان می‌دهد، مشخص می‌شود. جریان از سرریز (Q_{sp}) از جدولی که خروجی سرریز (Q_{sp}) در برابر تراز مخزن سد نشان می‌دهد، محاسبه می‌گردد. اگر جریان از شکاف به حالت سرریز اتفاق بیفتد برای حالت $H_c = H_u$ از رابطه ۴ و همچنین برای حالتی که $H_c < H_u$ باشد از معادله سرریز لبه پهن به صورت رابطه ۵ می‌باشد.

$$Q_b = 3B_0(H - H_c)^{1.5} \quad (4)$$

در این رابطه: Q_b : دبی ورودی به کانال بر حسب فوت مکعب بر ثانیه، Q_0 : عرض اولیه کانال مستطیل شکل بر حسب فوت و H_c : تراز کف ناحیه بازشدگی بر حسب فوت می‌باشد.

$$Q_b = 3B_0(H - H_c)^{1.5} + 2 \tan(\alpha)(H - H_c)^{2.5} \quad (5)$$

در این رابطه: B_0 : از رابطه ۶ و α از رابطه ۷ مشخص می‌گردد. بنابراین جریان از روی تاج سد به حالت جریان از روی سرریز لبه پهن بر اساس رابطه ۴ مشخص می‌گردد که در آن B_0 را معادل طول تاج سد و همچنین H_c را برابر H_u قرار خواهیم داد.

$$B_0 = B_r y \quad \text{if} \quad K = 1 \quad (6)$$

$$\alpha = 0.5\pi - \theta \quad (7)$$

هیدرولیک کانال شکست سد

در این مدل دبی عبوری از ناحیه بازشدگی، به واسطه جریان نسبتاً یکنواختی توصیف می‌شود و با استفاده از معادله مانینگ در کانال‌های رو باز، در هر فاصله زمانی Δt به صورت رابطه ۸ مشخص می‌گردد.

$$Q_b = \frac{1.49 S^{0.5} A^{1.67}}{n p^{0.67}} \quad (8)$$

در این رابطه S: شیب کانال و برابر $1/ZD$ می‌باشد، A: سطح مقطع عبوری از کانال بر حسب فوت مربع، p: محیط خیس شده بر حسب فوت و n: ضریب زبری مانینگ می‌باشد.

$$P' = 1/\cos(\alpha) \quad (19)$$

شاخص K در روابط ۱۳، ۱۴ و ۱۸ نشان‌دهنده شماره تکرار محاسبات می‌باشد. بنابراین تکرار تا لحظه‌ای که رابطه ۲۰ برقرار باشد ادامه خواهد داشت.

$$|y_n^{k+1} - y_n^k| < \varepsilon, \quad \varepsilon \leq 0.01 \quad (20)$$

اولین تخمین جهت عمق جریان y_n به صورت رابطه ۲۱ قابل محاسبه می‌باشد.

$$y_n^1 = \left(\frac{Q_b n}{1.49 B S^{0.5}}\right)^{0.6} \quad (21)$$

در حالی که:

$$\bar{B} = 0.5(B_{om} + B') \quad (22)$$

که در این رابطه: B' : عرض ناحیه‌ی بالای کانال شکست در عمق آب (y_n) در لحظه $t - t\Delta$ می‌باشد.

انتقال رسوب

شدت فرسایش در ناحیه بازشدگی بستگی به میزان جریان آب در انتقال مصالح فرسایش یافته دارد. رابطه انتقال رسوب میر پیتر و مولر^۳ که توسط اسمارت^۴ در سال ۱۹۸۴ برای کانال‌هایی با شیب تند اصلاح گردیده است و از رابطه ۲۳ قابل محاسبه می‌باشد.

$$Q_s = 3.64(D_{90}/D_{30})^{0.2} P \frac{D^{2/3}}{n} S^{1.1} (DS - \Omega) \quad (23)$$

که در این رابطه: Q_s : نرخ انتقال رسوب بر حسب فوت مکعب بر ثانیه، D_{50} : اندازه ذرات خاک به طوری که ۳۰ درصد کل خاک از آن‌ها کوچک‌تر و بر حسب میلی‌متر می‌باشد، D_{90} : اندازه ذرات خاک به طوری که ۹۰ درصد کل خاک از آن‌ها کوچک‌تر و بر حسب میلی‌متر می‌باشد، D : عمق هیدرولیکی جریان بر حسب فوت، S : شیب شیروانی پایین‌دست و Ω : در صورتی که خاک غیرچسبنده باشد، از رابطه ۲۴ و در صورتی که خاک چسبنده باشد از رابطه ۲۵ قابل محاسبه می‌باشد.

$$\Omega = 0.0054 \tau_c D_{50} \quad (24)$$

$$\Omega = \frac{b'}{62.4} (PI)^{c'} \quad (25)$$

که در رابطه ۲۵: PI : شاخص پلاستیسیته برای خاک چسبنده می‌باشد. b' : ضریب تجربی و در بازه $0.003 \leq b' \leq 0.019$. c' : ضریب تجربی و در بازه $0.58 \leq c' \leq 0.84$ رابطه ۲۶ قابل محاسبه می‌باشد.

$$\tau_c = a' \tau_c' \quad (26)$$

که در این رابطه: τ_c' : تنش برشی بحرانی می‌باشد. a' : از رابطه ۲۷ قابل محاسبه می‌باشد.

$$a' = \cos\theta(1 - 1.54 \tan\theta) \quad (27)$$

که در این رابطه: θ : از رابطه ۲۸ قابل محاسبه می‌باشد.

$$\theta = \tan^{-1} S \quad (28)$$

که در این رابطه: S : از رابطه ۲۹ محاسبه می‌گردد.

در این مدل ضریب زبری مانینگ (n) به کمک رابطه استریکلر^۱ محاسبه می‌گردد. لذا این رابطه بر اساس متوسط اندازه ذرات تشکیل‌دهنده مصالح به کار رفته شده در کانال شکست می‌باشد که از رابطه ۹ قابل محاسبه می‌باشد.

$$n = 0.013 D_{50}^{0.67} \quad (9)$$

که در این رابطه: D_{50} : متوسط قطر ذرات بر حسب میلی‌متر می‌باشد. در این مدل کاربرد جریان نسبتاً یکنواخت مناسب مشخص گردیده است. چراکه در سدهای ساخته شده توسط بشر کانال دارای بازه کوتاه و همچنین شیب بسیار تندی $1/ZD$ می‌باشند. در سدهائی که توسط زمین لغزه ایجاد شده و دارای بازه کانال بزرگ‌تر و همچنین شیب کمتر می‌باشند، جهت محاسبه‌ی کمترین تغییرات جریان در طول کانال ناحیه بازشدگی مناسب می‌باشد. استفاده از پونس و سیوگلو^۲ در سال ۱۹۸۱ به کار گرفته شده است. بنابراین ساده‌سازی بیشتری در الگوریتم هیدرولیکی و محاسباتی دارد. این نوع ساده‌سازی نسبت به ساده‌سازی‌های رفتار اصلی گسترش شکست از جمله دقت اندازه‌گیری، ویژگی مصالح و تغییرات زیاد در چنین خصوصیتی در بیشتر سدها متناسب می‌باشد. ساده‌سازی هیدرولیکی باعث حذف مشکل مسائل محاسبات عددی می‌گردد و مدل نیاز به داده‌های محاسباتی کمتری می‌باشد. زمانی که کانال شکست به شکل مستطیل باشد؛ به کمک رابطه ۱۰ می‌توان بین دبی جریان (Q_b) و عمق جریان (y_n) ارتباط برقرار نمود.

$$y_n = \left(\frac{Q_b n}{1.49 B_0 S^{0.5}}\right)^{0.6} \quad (10)$$

که در این رابطه: B_0 توسط روابط ۶، ۱۱ و ۱۲ محاسبه می‌گردد.

$$B_0 = B_{om} \quad \text{if} \quad K > 1 \quad (11)$$

$$B_{om} = B_r y \quad \text{if} \quad H_1 > H'_1 \quad (12)$$

زمانی که کانال شکست به شکل دوزنقه‌ای باشد؛ الگوریتم زیر بر اساس روش تکراری نیوتن-رافسون جهت محاسبه عمق جریان y_n به کار گرفته می‌شود.

$$y_n^{k+1} = y_n^k - \frac{f(y_n^k)}{f'(y_n^k)} \quad (13)$$

$$f(y_n^k) = Q_b P^{0.67} - 1.49 S^{0.5} A^{1.67} \quad (14)$$

در حالی که:

$$A = 0.5(B_0 + B) y_n^k \quad (15)$$

$$B = B_{om} + y_n \tan(\alpha) \quad (16)$$

که در این رابطه: B : عرض بالائی سطح آب در کانال شکست می‌باشد.

$$P = B_{om} + y_n / \cos(\alpha) \quad (17)$$

$$f'(y_n^k) = 0.67 Q_b \frac{P'}{P^{1/3}} - 1.67 \frac{1.49}{n} S^{0.5} B A^{0.67} \quad (18)$$

3. Meyer-Peter and Muller

4. Smart

1. Strickler

2. Ponce and Tsivoglou

$$S = \frac{1}{ZD} \quad (29)$$

با توجه به رابطه ۲۶، TC' از روابط ۳۰، ۳۱ و ۳۲ قابل محاسبه می‌باشد.

$$\tau'_c = 0.122/R^{*0.970} \quad \text{if } R^* < 3 \quad (30)$$

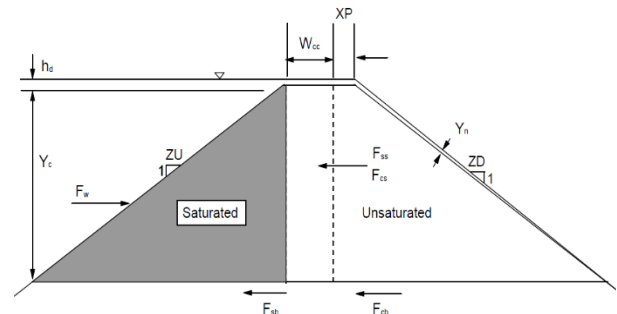
$$\tau'_c = 0.056/R^{*0.266} \quad \text{if } 3 \leq R^* \leq 10 \quad (31)$$

$$\tau'_c = 0.0205R^{*0.173} \quad \text{if } R^* > 10 \quad (32)$$

که در این روابط: R^* : از رابطه ۳۳ محاسبه می‌گردد.
 $R^* = 1524D_{50}(DS)^{0.5} \quad (33)$

گسترش ناحیه بازشدگی در اثر ریزش ناگهانی

افزایش ناحیه بازشدگی به واسطه‌ی خطر ریزش ناگهانی در ناحیه بالای سد در مجاورت کانال شکاف ممکن است رخ دهد. فرو ریزش می‌تواند شامل یک بخش گوه‌ای شکل در سد و دارای وجه قائم (y_n) می‌باشد. ریزش به علت زیاد بودن فشار آب در ناحیه‌ی بالادست سد در مقایسه با نیروهای مقاوم شامل چسبندگی و برش که گوه را در جای خود نگه می‌دارد، اتفاق می‌افتد. زمانی که این اتفاق رخ می‌دهد، به طرف راست گوه مانند شکل ۱ فشار وارد می‌گردد. لذا در اثر نشست، آب از بین ناحیه بازشدگی منتقل می‌شود. در شکل ۱ دید جانبی از نیروهائی که برای مشخص نمودن ریزش در ناحیه‌ی بالای سد (y_n) در مدل BREACH استفاده می‌شود، نشان داده شده است.



شکل ۱- دید جانبی از نیروهائی که برای مشخص نمودن ریزش در ناحیه‌ی بالای سد در مدل BREACH استفاده می‌شود

Fig 1. Lateral view of the forces used to determine the fall in the upper area of the dam in the BREACH model

فرسایش لحظه‌ای که بخش ریزش شده، به وسیله آب از کانال شکست منتقل گردد، متوقف خواهد شد. لذا کنترل ریزش در هر فاصله زمانی Δt در طول شبیه‌سازی صورت خواهد گرفت. ارزیابی ریزش شامل فرض یک مقدار اولیه (1.0) برای (y_c) و همچنین در نظر داشتن نیروهای عمل بر روی ارتفاع گوه (y_c) می‌باشد. نیروهای مورد استفاده شامل موارد ذیل می‌باشند.

F_w : نیروی به وجود آمده حاصل از فشار آب.

F_{cs} : نیروئی که به علت چسبندگی اطراف گوه وجود دارد.

F_{cb} : نیروئی که به علت چسبندگی در قسمت پایین گوه وجود دارد.

F_{ss} : نیروی برشی که در راستای طرفین گوه وجود دارد.

F_{sb} : نیروی برشی که در راستای قسمت پایین گوه وجود دارد.

لذا زمانی ریزش رخ می‌دهد که رابطه ۳۴ برقرار باشد.

$$F_w > F_{cs} + F_{cb} + F_{ss} + F_{sb} \quad (34)$$

در صورتی که رابطه ۳۴ با اولین آزمون y_c برقرار نگردد، ریزش اتفاق نمی‌افتد. بنابراین رابطه ۳۴ با افزایش میزان y_c فوت دوباره مورد بررسی قرار گرفته و این چرخه تا لحظه‌ای که نامساوی رابطه ۳۴ برقرار نگردد، ادامه خواهد داشت. و در آخر مقدار نهائی y_c به عنوان y_c-1 در نظر گرفته خواهد شد.

در حالی که:

در این رابطه: F_w : از رابطه ۳۵ قابل محاسبه می‌باشد.

$$F_w = 0.5 \times 62.4 \bar{B}(Y_c + 2h_d) \quad (35)$$

در رابطه ۳۴، F_{sb} از رابطه ۳۶ قابل محاسبه می‌باشد.

$$F_{sb} = \tan\phi[(\gamma - 62.4) \times 0.5ZU \times \bar{B}Y_c^2 + \gamma BW_{cc}Y_c + \gamma \times 0.5ZD \times \bar{B}Y_c^2 + 0.67] \quad (36)$$

در رابطه ۳۴، F_{ss} از رابطه ۳۷ قابل محاسبه می‌باشد.

$$F_{ss} = \gamma K \tan\phi Y_c^2 [W_{cc} + (ZU + ZD)Y_c] \quad (37)$$

در رابطه ۳۴، F_{cb} از رابطه ۳۸ قابل محاسبه می‌باشد.

$$F_{cb} = CB_0 [W_{cc} + (ZU + ZD)Y_c] \quad (38)$$

در رابطه ۳۴، F_{cs} از رابطه ۳۹ قابل محاسبه می‌باشد.

$$F_{cs} = 2C [W_{cc} + (ZU + ZD)Y_c (B_0 + 2Y_c / \cos\alpha)] \quad (39)$$

کالیبراسیون و صحت سنجی مدل HEC-RAS

جهت کالیبره نمودن مدل HEC-RAS در بعضی از منابع با توجه به اهمیت نقش سرعت در پدیده فرسایش و همچنین اهمیت عرض سطح آزاد آب و عمق، به عنوان پارامترهای تأثیرگذار در مورفولوژی رودخانه، حساسیت مدل نسبت به تغییر ضریب مانینگ در ۳ پارامتر عرض سطح آب، عمق و سرعت جریان مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. لذا در تحقیق حاضر ویژگی‌های مورفولوژیکی رودخانه مهرگرد در پایین‌دست محل سد و همچنین فاکتورهای هیدرولیکی محاسبه شده در ایستگاه هیدرومتری تنگ زردآلو واقع در پایین‌دست محل قرارگیری سد به منظور کالیبراسیون مدل HEC-RAS مورد استفاده قرار گرفته است.

در تحقیق حاضر به کمک مدل BREACH به بررسی پارامترهای ناشی از شکست سد پرداخته شده است. سپس پهنه‌بندی سیلاب ناشی از شکست سد با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS مورد بررسی قرار گرفته است. در نهایت نتایج وارد مدل Google Earth شده و مناطقی که در معرض خطر احتمالی شکست سد قره آقاج می‌باشند، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته‌اند. جهت بررسی بحرانی‌ترین حالت فرض بر این است که سد تا تراز نرمال (۲۴۶۶/۲۵) از آب پر است و در تراز ۲۴۵۱ از بدنه سد

Fig 3. Flow rate due to dam failure in HEC-RAS model

با توجه به این نمودار دبی اوج ناشی از شکست سد در نرم افزار HEC-RAS ۱۶۵ دقیقه پس از شبیه سازی اتفاق افتاده و معادل ۳۱۶۰/۱ متر مکعب بر ثانیه می باشد. پهنه بندی تغییرات عمق آب ناشی از شکست سد در تصاویر ماهواره ای

پهنه بندی تغییرات عمق آب ناشی از شکست سد زمانی که دبی به بیشترین مقدار خود رسیده است، با استفاده از تصاویر ماهواره ای مطابق شکل ۴ می باشد.

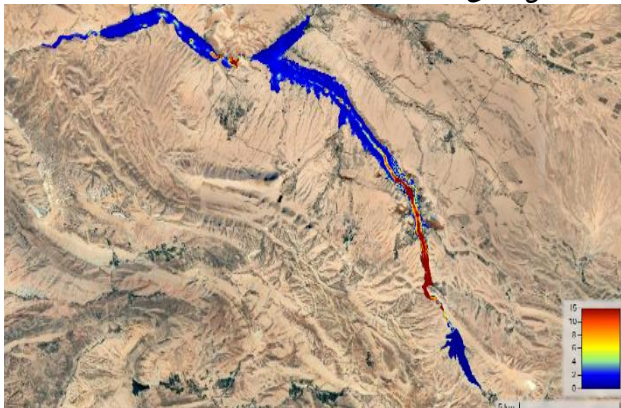


شکل ۴- پهنه بندی تغییرات عمق آب ناشی از شکست سد با استفاده از تصاویر ماهواره ای

Fig 4. Zoning of water depth changes due to dam failure using satellite images

پهنه بندی تغییرات سرعت آب ناشی از شکست سد در تصاویر ماهواره ای

پهنه بندی تغییرات سرعت آب ناشی از شکست سد زمانی که دبی به بیشترین مقدار خود رسیده است، با استفاده از تصاویر ماهواره ای مطابق شکل ۵ می باشد.



شکل ۵- پهنه بندی تغییرات سرعت آب ناشی از شکست سد با استفاده از تصاویر ماهواره ای

Fig 5. Zoning of water velocity changes due to dam failure using satellite images

بررسی مناطق در معرض خطر شکست سد با توجه به تصاویر ۴ و ۵ که نحوه پهنه بندی تغییرات عمق و

روزنه ای ایجاد شده و موجب شکست سد می گردد.

نتایج

در ادامه مطالب به بررسی نتایج به دست آمده از مدل های HEC-RAS، BREACH و Google Earth پرداخته شده است.

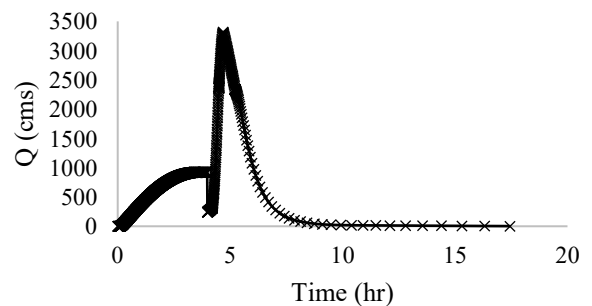
پارامترهای ناشی از شکست سد در مدل BREACH

نتایج حاصل از پارامترهای ناشی از شکست سد خاکی قره آقاچ در مدل BRACH به شرح ذیل می باشد.

دبی اوج ناشی از شکست سد معادل ۳۳۱۸/۸ متر مکعب بر ثانیه، زمان رسیدن به اوج جریان خروجی معادل ۴/۷ ساعت، عمق ناحیه شکاف معادل ۴۰/۴ متر، عرض بالای ناحیه بازشدگی در زمان حداکثر جریان خروجی معادل ۵۸/۹ متر، زاویه تند کناره ناحیه شکاف با عمود در حداکثر جریان خروجی معادل ۵۰/۲۵ درجه، شیب جانبی شکاف در لحظه اوج جریان خروجی از ناحیه بازشدگی (افق به قائم) معادل ۰/۶۶ و زمان شکست سد معادل ۳/۳۱ ساعت می باشد.

دبی عبوری ناشی از شکست سد در مدل BREACH

دبی عبوری ناشی از شکست سد در مدل BREACH مطابق شکل ۲ می باشد.



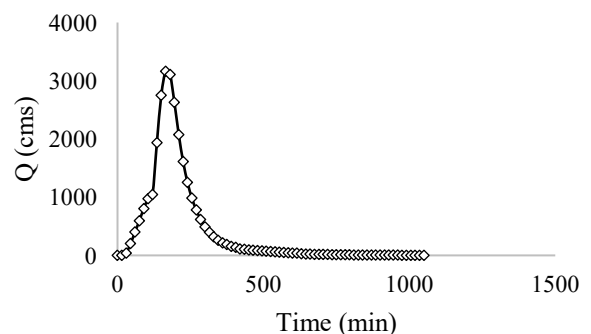
شکل ۲- دبی عبوری ناشی از شکست سد در مدل BREACH

Fig 2. Flow rate due to dam failure in BREACH model

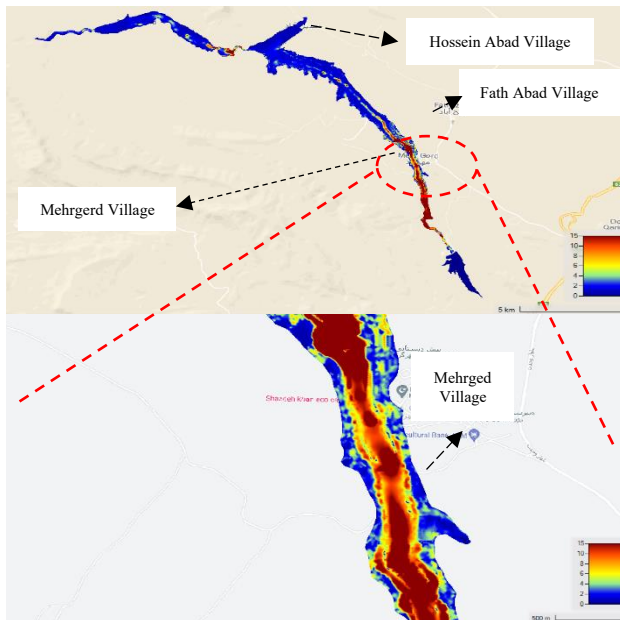
براساس این نمودار بیشترین دبی خروجی ناشی از شکست سد معادل ۳۳۱۸/۸ متر مکعب بر ثانیه می باشد که در لحظه ۴/۷ ساعت اتفاق افتاده است.

دبی عبوری ناشی از شکست سد در نرم افزار HEC-RAS

تغییرات دبی عبوری ناشی از شکست سد در نرم افزار HEC-RAS مطابق شکل ۳ می باشد.

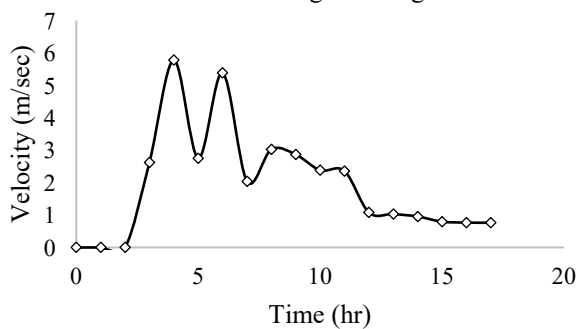


شکل ۳- دبی عبوری ناشی از شکست سد در مدل HEC-RAS



شکل ۸- نمائی شماتیک از تغییرات سرعت آب ناشی از شکست سد در روستای مهرگرد

Fig 8. Schematic view of water velocity changes due to dam failure in Mehrgerd village



شکل ۹- نحوه تغییرات سرعت آب ناشی از شکست سد به صورت کمی در روستای مهرگرد

Fig 9. How the water velocity changes due to the failure of the dam slightly in Mehrgerd village

با توجه به این نمودار بیشترین تغییرات سرعت آب ناشی از شکست سد زمانی که دبی به بیشترین مقدار خود رسیده است، در حوالی روستای مهرگرد ۴ ساعت پس از شبیه‌سازی اتفاق افتاده و معادل ۵/۷۷۶ متر بر ثانیه می‌باشد.

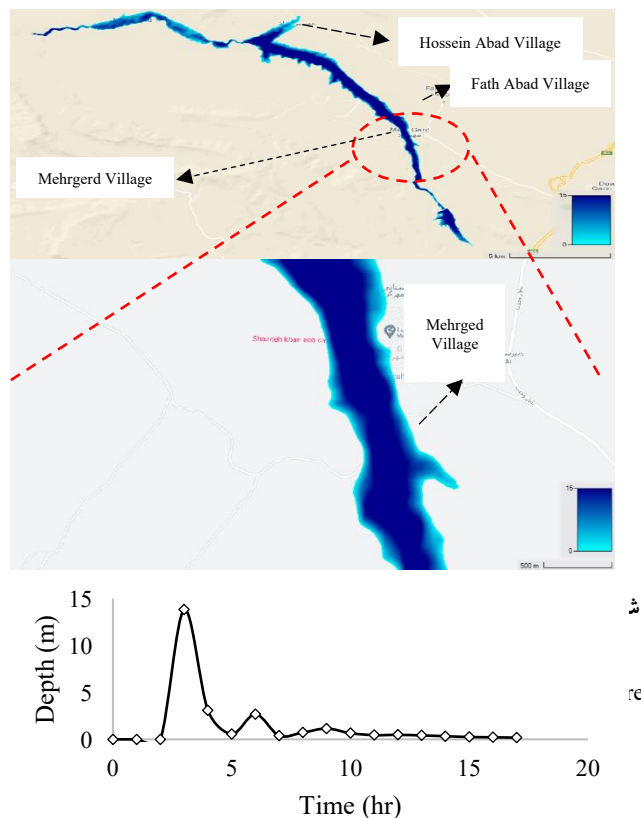
تغییرات عمق جریان در حوالی روستای حسین آباد

در شکل ۱۰ نمائی از تغییرات عمق آب ناشی از شکست سد زمانی که دبی به بیشترین مقدار خود رسیده است، در حوالی روستای حسین آباد و در شکل ۱۱ نحوه تغییرات عمق آب ناشی از شکست سد به صورت کمی در حوالی روستای حسین آباد نشان داده شده است.

سرعت جریان ناشی از شکست سد را نشان می‌دهد، نتایج حاکی از آن است که دو روستای مهرگرد و حسین آباد بیشتر از سایر روستاها در معرض خطر احتمالی شکست سد هستند که در ادامه به بررسی هر کدام از آن‌ها خواهیم پرداخت.

تغییرات عمق جریان در حوالی روستای مهرگرد

در شکل ۶ نمائی از تغییرات عمق آب ناشی از شکست سد زمانی که دبی به بیشترین مقدار خود رسیده است، در حوالی روستای مهرگرد و در شکل ۷ نحوه تغییرات عمق آب ناشی از شکست سد به صورت کمی در حوالی روستای مهرگرد نشان داده شده است.



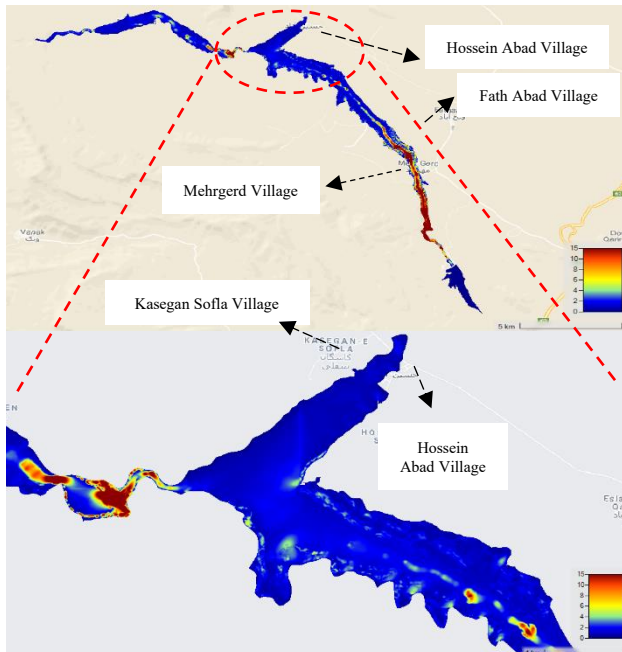
شکل ۷- نحوه تغییرات عمق آب ناشی از شکست سد به صورت کمی در روستای مهرگرد

Fig 7. How the water depth changes due to the failure of the dam slightly in Mehrgerd village

با توجه به این نمودار بیشترین تغییرات عمق آب ناشی از شکست سد زمانی که دبی به بیشترین مقدار خود رسیده است، در حوالی روستای مهرگرد ۳ ساعت پس از شبیه‌سازی اتفاق افتاده و معادل ۱۳/۸ متر می‌باشد.

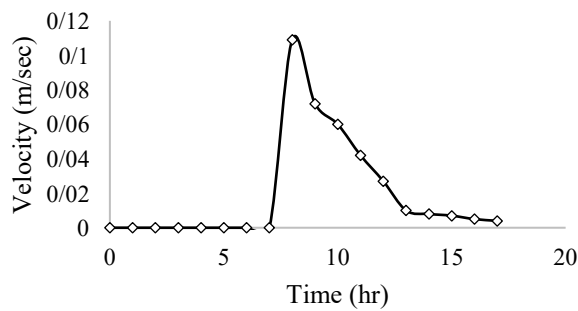
تغییرات سرعت جریان در حوالی روستای مهرگرد

در شکل ۸ نمائی از تغییرات سرعت آب ناشی از شکست سد زمانی که دبی به بیشترین مقدار خود رسیده است، در حوالی روستای مهرگرد و در شکل ۹ نحوه تغییرات سرعت آب ناشی از شکست سد به صورت کمی در حوالی روستای مهرگرد نشان داده شده است.



شکل ۱۲- نمائی شماتیک از تغییرات سرعت آب ناشی از شکست سد در روستای حسین آباد

Fig 12. Schematic view of water velocity changes due to dam failure in Hossein-Abad village



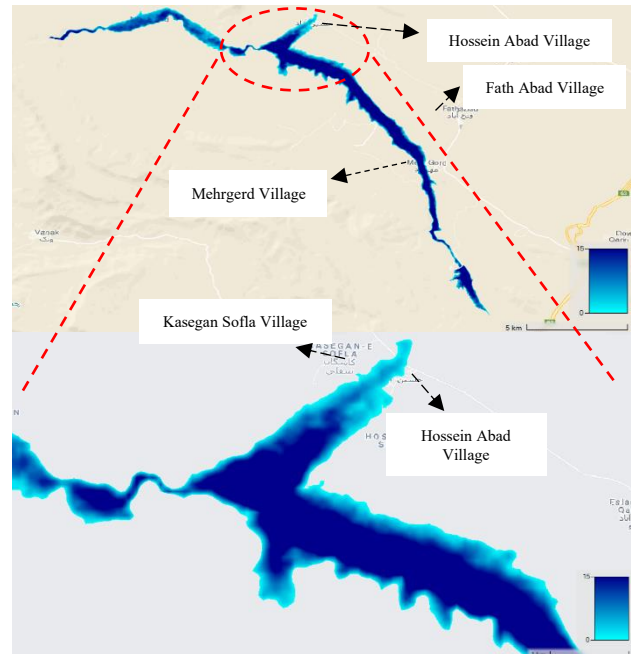
شکل ۱۳- نحوه تغییرات سرعت آب ناشی از شکست سد به صورت کمی در روستای حسین آباد

Fig 13. How the water velocity changes due to the failure of the dam slightly in Hossein-Abad village

با توجه به این نمودار بیشترین تغییرات سرعت آب ناشی از شکست سد زمانی که دبی به بیشترین مقدار خود رسیده است، در حوالی روستای حسین آباد ۸ ساعت پس از شبیه‌سازی اتفاق افتاده و معادل 0.109 متر بر ثانیه می‌باشد.

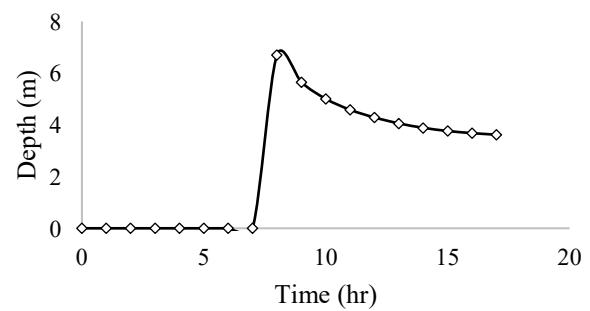
مساحت آبرفتگی مناطق پایین‌دست

با توجه به شکل ۱۴ که بر اساس مدل Google Earth به دست آمده است، مساحت آبرفتگی مناطق پایین‌دست زمانی که دبی به بیشترین مقدار خود رسیده است؛ حدوداً معادل $18/6$ کیلومتر مربع می‌باشد.



شکل ۱۰- نمائی شماتیک از تغییرات عمق آب ناشی از شکست سد در روستای حسین آباد

Fig 10. Schematic view of water depth changes due to dam failure in Hossein-Abad village



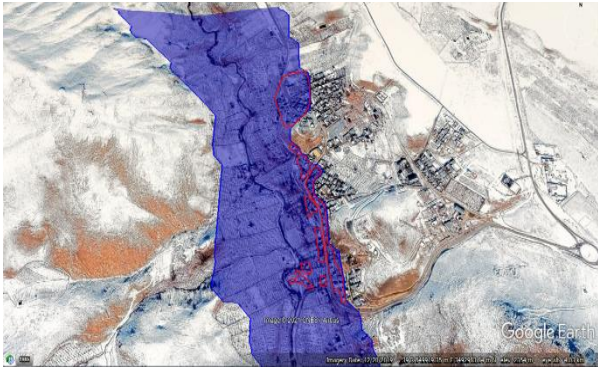
شکل ۱۱- نحوه تغییرات عمق آب ناشی از شکست سد به صورت کمی در روستای حسین آباد

Fig 11. How the water depth changes due to the failure of the dam slightly in Hossein-Abad village

با توجه به این نمودار بیشترین تغییرات عمق آب ناشی از شکست سد زمانی که دبی به بیشترین مقدار خود رسیده است، در حوالی روستای حسین آباد ۸ ساعت پس از شبیه‌سازی اتفاق افتاده و معادل 6.705 متر می‌باشد.

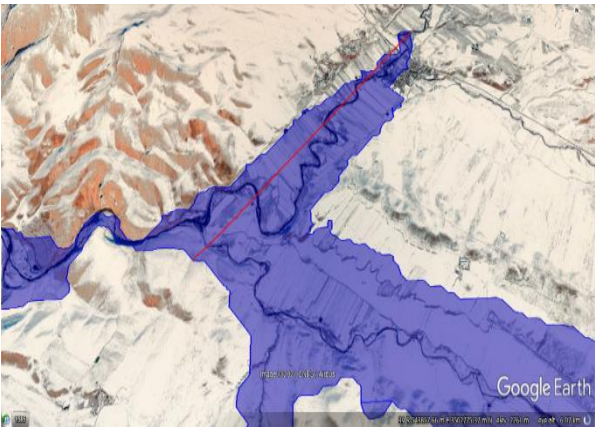
تغییرات سرعت جریان در حوالی روستای حسین آباد

در شکل ۱۲ نمائی از تغییرات سرعت آب ناشی از شکست سد زمانی که دبی به بیشترین مقدار خود رسیده است، در حوالی روستای حسین آباد و در شکل ۱۳ نحوه تغییرات سرعت آب ناشی از شکست سد به صورت کمی در حوالی روستای حسین آباد نشان داده شده است.



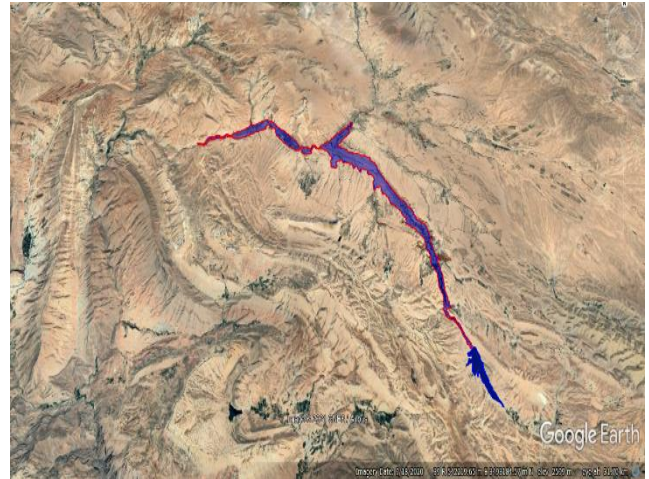
شکل ۱۶- مساحت اماکن در معرض خطر در حوالی روستای مهرگرد
Fig 16. Area of endangered places near Mehrgerd village

شعاع آبگرفتگی در حوالی روستای حسین آباد
با توجه به شکل ۱۷ شعاع آبگرفتگی در حوالی روستای حسین
آباد زمانی که دبی به بیشترین مقدار خود رسیده است نسبت به خط
ساحلی جریان، حدوداً معادل ۳۳۶۲ متر می باشد.



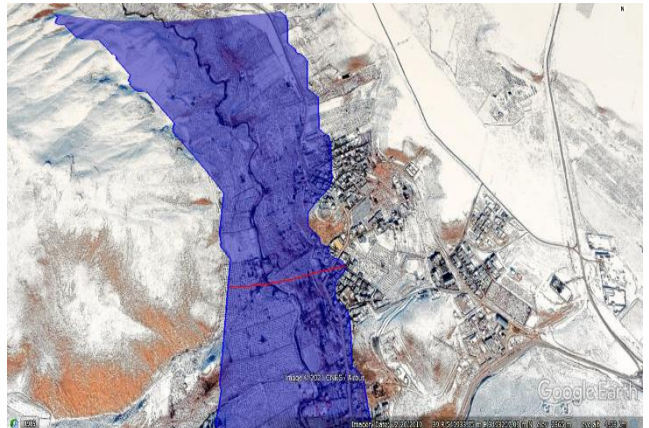
شکل ۱۷- شعاع آبگرفتگی در حوالی روستای حسین آباد
Fig 17. Flood radius near Hosseinabad village

اماکن در معرض خطر در حوالی روستای حسین آباد
با توجه به شکل ۱۸ مساحت اماکن در معرض خطر شکست
احتمالی سد قره آقاچ در حوالی روستای حسین آباد زمانی که دبی
به بیشترین مقدار خود رسیده است، حدوداً معادل ۱۲۵۴۳ متر مربع
می باشد.



شکل ۱۴- مساحت آبگرفتگی مناطق پایین دست
Fig 14. Flooding area downstream

شعاع آبگرفتگی در حوالی روستای مهرگرد
با توجه به شکل ۱۵ شعاع آبگرفتگی در حوالی روستای مهرگرد
زمانی که دبی به بیشترین مقدار خود رسیده است نسبت به خط
ساحلی جریان، حدوداً معادل ۴۴۳ متر می باشد.



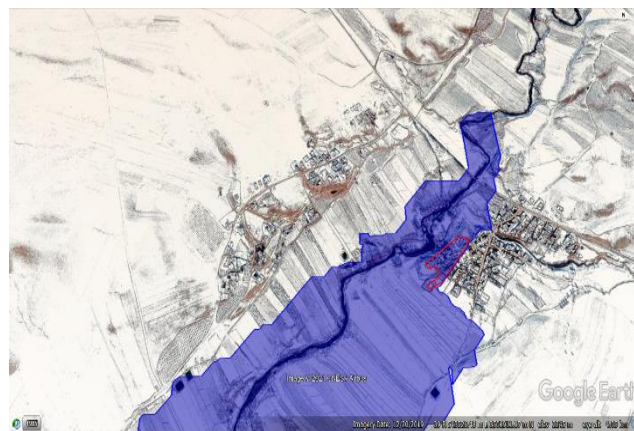
شکل ۱۵- شعاع آبگرفتگی در حوالی روستای مهرگرد
Fig 15. Flood radius near Mehrgerd village

اماکن در معرض خطر در حوالی روستای مهرگرد
با توجه به شکل ۱۶ مساحت اماکن در معرض خطر شکست
احتمالی سد قره آقاچ در حوالی روستای مهرگرد زمانی که دبی به
بیشترین مقدار خود رسیده است حدوداً معادل ۶۶۹۹۵ متر مربع
می باشد.

از شبیه‌سازی اتفاق افتاده و معادل ۳۱۶۰/۱ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد. مساحت ناحیه آبگرفتگی بر اساس نتایج به دست آمده از مدل Google Earth حدوداً معادل ۱۸/۶ کیلومتر مربع می‌باشد. بر اساس پهنه‌بندی عمق و سرعت جریان ناشی از شکست سد نتایج نشان داد: مهرگرد اولین روستائی خواهد بود که در معرض خطر قرار دارد. بنابراین پیش از وقوع شکست سد روستای مهرگرد باید به طور کامل تخلیه گردد. پس از آن با وجود اینکه روستاهائی همچون فتح آباد، امیرآباد، مهرآباد، اسلام آباد قرخلو، ده عاشوری قرار دارند ولی چون در مسیر جریان شکست سد قرار نمی‌گیرند و با آن فاصله دارند خطر چندانی آن‌ها را تهدید نمی‌کند. این در حالیست که روستای حسین آباد با وجود این که پس از روستاهای مذکور قرار دارد ولی با توجه به اینکه در مسیر جریان ناشی از شکست سد قرار دارد؛ در معرض خطر آبگرفتگی ناشی از شکست سد خاکی قره آقاچ می‌باشد. شعاع آبگرفتگی نسبت به خط ساحلی جریان در این روستا حدوداً معادل ۴۴۳ متر تخمین زده شد. مساحت عمده اماکن مسکونی در حوالی روستای مهرگرد که در معرض خطر می‌باشند، حدوداً معادل ۶۶۹۹۵ متر مربع برآورد گردید و شعاع آبگرفتگی نسبت به خط ساحلی جریان در حوالی روستای حسین آباد حدوداً معادل ۳۳۶۲ متر تخمین زده شد. مساحت عمده اماکن مسکونی در حوالی روستای حسین آباد که در معرض خطر احتمالی شکست سد خاکی قره آقاچ می‌باشند، حدوداً معادل ۱۲۵۴۳ متر مربع می‌باشد. فاصله‌ی روستای کاسگان سفلی با جریان آب ناشی از شکست احتمالی سد قره آقاچ حدوداً معادل ۲۲۴ متر برآورد گردید.

منابع

1. Derdous, O., Djemili, L., Bouchehed, H and Tachi, S. 2015. A GIS based approach for the prediction of the dam break flood hazard – A case study of Zardezas reservoir “Skikda, Algeria”. Journal of Water and Land Development 27(1): 15-20.
2. Dncergok, T. 2007. The role of dam safety in dam-break induced flood management, international congress river basin management, Antalya, Turkey, 22-24 march.
3. Fread, D.L. 1998. Model Hydraulic research laboratory office of hydrology, NWS FLDWAV.
4. Hajeri, S., Shivapur, A.V and Venkatesh, B. 2016. Flood plain mapping and dam break analysis for Neerasagar reservoir. International Research Journal of Engineering and Technology 3(6): 1279-1285.
5. Hall, J.W., Sayers, P.B. and Dawson, R.J. 2005. National-scale assessment of current and future flood risk in England and Wales. Nat. Hazards, 36: 147-164.
6. Hasanzadeh, Y., Abdi Kordani, A., Hasanzadeh, M and Shafiei Nejd, M. 2019. Earthen Dams Break Analysis, Flood Routing and

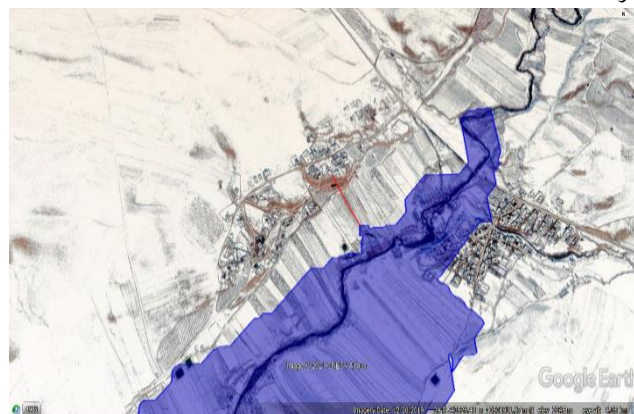


شکل ۱۸- مساحت اماکن در معرض خطر در حوالی روستای حسین آباد

Fig 18. Area of endangered places near Hosseinabad village

فاصله‌ی روستای کاسگان سفلی نسبت به جریان آب

با توجه به شکل ۱۹ عمده اماکن مسکونی موجود در حوالی روستای کاسگان سفلی زمانی که دبی ناشی از شکست سد به بیشترین مقدار خود رسیده است نسبت به خط ساحلی جریان حدوداً ۲۲۴ متر فاصله دارند.



شکل ۱۹- فاصله روستای کاسگان سفلی از جریان آب ناشی از شکست سد

Fig 19. Distance of Kasgan Sofla village from water flow due to dam failure

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاکی از آن است در صورتی که از مدل BREACH جهت بررسی پارامترهای ناشی از شکست سد خاکی قره آقاچ استفاده گردد، دبی اوج ناشی از شکست سد معادل ۳۳۱۸/۸ متر مکعب بر ثانیه، عمق ناحیه شکاف معادل ۴۰/۴ متر، عرض بالای ناحیه بازشدگی معادل ۵۸/۹ متر و زمان شکست سد معادل ۳/۳۱ ساعت می‌باشد. بر اساس نتایج به دست آمده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS بیشترین دبی خروجی ناشی از شکست سد ۱۶۵ دقیقه پس

14. Shahrezaie, S.A., Radfar, M and Ghanbari Adivi, E. 2021. Evaluation of fracture parameters of Ghare Aghach earth dam in case of piping and overtopping using breach gui model. 19th Iranian Hydraulic Conference. Mashhad Ferdowsi University. (In Persion).
15. Shahrezaie, S.A., Radfar, M and Ghanbari Adivi, E. 2021. Evaluation and comparison of parameters due to failure of Ghare Aghach dam using Froehlich method and BREACH model. Quarterly Journal on Water Engineering. 9: 18–32. (In Persion).
16. Shahrezaie, S.A., Radfar, M and Ghanbari Adivi, E. 2021. Investigation of flooding of downstream areas due to the occurrence of the probable maximum flood in Ghare Aghach earth dam. Quarterly Journal on Water Engineering. 9: 29–42. (In Persion).
17. Sidek, L.M., Ros, F.C. and Aziz, N.H.A. 2011. Numerical modelling of dam failure for hydropower development in Cameron highlands. batang padang scheme. Pahang Malaysia. student conference on research and development 2 November author H.A book New York publisher.
18. Singh, V. 1996. Dam Breach Modeling Technology. Kleiwer Academic Publishers.
19. Tony, L. 2010. Dam breach modeling - an overview of analysis methods, 2nd joint federal interagency conference, Las Vegas, NV, june 27 - july 1, 2010.
20. U.S Army Corps of Engineers., 1997. Engineering and Design hydrolic engineering requirment for reservoirs. Manual No 1110-2-1420.
21. Wahl, T.L. 1998. Prediction of Embankment Dam Breach Parameters. A Literature Review and Needs Assessment. U.S. Bureau of Reclamation Dam Safety Report DSO-98-004.
- Mapping using Mathematical Models and Geographic Information System (A Case Study: Alavian Dam). Journal of Soil and Water Science. 29 :121-134. (In Persion).
7. Hazarika, M.H., Bormudoi, A., Phosalath, S., Sengtianthr, V. and Samarakoon, L. 2008. Flood Hazard in Savanakhet Province. Lao PDR Mapping User HEC-RAS. Remote Sensing and GIS. Hydrology. pp. 212-218.
8. Kumar, S., Jaswal, A., Pandey, A. and Sharma, N. 2017. Literature Review of Dam Break Studies and Inundation Mapping using Hydraulic Models and GIS. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). 4(5) :55-61.
9. Latrubesse, E.M., Park, E., Sieh, K., Dang, T., Lin, Y.N and Yun, S.H. 2020. Dam failure and a catastrophic flood in the Mekong basin (Bolaven Plateau) southern Laos,2018. Geomorphology, Volume 362, pp 107221.
10. Mirei Shige, E. and Akiyama, J. 2003. Numerical and Experimental Study of Two-Dimensional Flood Flows with and Without Structures. Journal of Hydraulic Engineering. 129 :817-821.
11. Moya Quiroga, V., Kure, S., Udo, K. and Mano, A. 2016. Application of 2D Numerical Simulation for the Analysis of the February 2014 Bolivian Amazonia Flood: Application of the New HEC-RAS Version 5. RIBAGUA 3. pp. 25-33.
12. Ritter, A. 1892. Die Fortpflanzung der Wasserwellen. Vereine Deutscher Ingenieure Zeitswchrift, 36(2), 33, 13 Aug., pp. 947-954.
13. Shahrezaie, S.A., Radfar, M and Ghanbari Adivi, E. 2021. Evaluation of parameters due to failure of Ghare Aghach earth dam using Froehlich method (1995). 19th Iranian Hydraulic Conference. Mashhad Ferdowsi University. (In Persion).

Evaluation of Risk Areas Due to the Piping and Failure of Ghare Aghach Earth Dam Using Satellite Images

S.A. Shahrezaie¹, M. Radfar² and E. Ghanbari Adivi³

Received: 12-08-2021 Accepted: 01-12-2021

Abstract

Hydraulic simulation of dam failure and estimation of damages from it, it will be of great help in the field of relief activities and proper planning in the downstream areas. In the present study, the hazardous areas due to the failure of the Ghare Aghach earth dam of piping type have been investigated using satellite images. Parameters due to dam failure were calculated using the BREACH model and its information was entered into HEC-RAS software. The results showed that using the BREACH model, the peak flow due to dam failure is equal to 3318.8 cubic meters per second. The time due to dam failure was estimated to be 3.31 hours. According to HEC-RAS software, the results show that the maximum output flow due to the failure of the dam occurred 165 minutes after the simulation and is equal to 3160.1 cubic meters per second. The flooding area of the downstream areas was estimated to be approximately 18.6 square kilometers. The area of endangered residential areas in Mehrgerd and Hosseinabad villages was estimated to be approximately 66995 and 12543 square meters, respectively. The radius of flooding relative to the coastline of the flow in the mentioned areas was estimated to be 443 and 3362 meters, respectively.

Keywords: *Satellite images, Dam failure, Risk areas, Flood zoning, Ghare aghach dam.*

-
1. Corresponding Author and Msc Graduate of Combat Desertification, Water Resources Engineering, Faculty Agriculture, Shahrekord University, Iran. Email: sayyed.ali.shahrezaie@gmail.com
 2. Assistant Professor, Water Resources Engineering, Faculty Agriculture, Shahrekord University, Iran.
 3. Assistant Professor, Water Science Engineering, Faculty Agriculture, Shahrekord University, Iran.