بررسی سناریوهای شکست سد خاکی با رویکرد شکاف در بدنه در حالت سیلابی

علی گودرزیان [1] ایرج فرزانه[2]- محمد تقی منصوری کیا[3]

1- کارشناس ارشد سازه های هیدرولیکی

2-کارشناس ارشد زمین شناسی

3-دانشجوی دکترای مقاوم سازی لرزه ای آکادمی علوم ارمنستان

aligoodarzian@yahoo.com

خلاصه

نقش سدهای بزرگ در توسعه پایدار کشورها موجب افزایش روزافزون تعداد این سازه های عظیم گشته است .احداث این سازه ها پیامدهای فیزیکی، اقتصادی و زیست محیطی گستردهای در پی دارد .مهم ترین اثر منفی آن تأثیر ویرانی بر پایین دست میباشد که علیرغم اعمال ضرائب اطمینان بالا در مراحل طراحی، اجرا و بهره برداری تا کنون حوادث ناگواری نیز اتفاق افتاده است .این پدیده اگرچه به ندرت رخ میدهد با این حال گستردگی و شدت تخریب سیلاب ناشی از آن به حدی است که عملاً انجام مطالعات شکست سد را به یکی از بخشهای مهم و الزامی مطالعاتی چه برای سدهای در حال احداث و چه برای سدهای ساخته شده تبدیل نموده است.پایه و اساس این مطالعات نیز تحلیل های هیدرولیکی شکست سد است که هسته اصلی مقاله میباشد. پیش بینی دقیق شرایط شکست یک سد به دلیل تأثیرگذاری پارامترهای گوناگون و ناشناخته بودن بسیاری از آنها مانند شرایط هیدرولوژیکی منطقه، مدل بدنه سد، تئوری انتقال رسوب و .... بسیار مشکل و حتی غیر ممکن میباشد. بنابراین یکی از مهمترین مراحل شبیه سازی شکست سد تصمیم گیری درباره شرایط سد و تعریف سناریوهای گوناگون برای بدست آوردن برآورد اولیه ای از وضعیت سیلاب در پایین دست سد شکسته شده و اوضاع بحرانی متعاقب آن میباشد.درمقاله حاضر این بررسی با رویکرد شکاف دربدنه سد خاکی جره رامهرمزدر سناریو سیلابی انجام شده است. همچنین میتوان نتیجه کرفت که لبریز شدن جریان از قسمت نشست کرده میتواند نقطه شروع فرسایش رویه پایین دست در آن منطقه باشد .بنابراین بهسازی تاج سد با تعبیه گرده یا آسفالت کف آن میتواند تاثیر عمدهای در افزایش مقاومت نسبت به فرسایش پذیری و بهبود ایمنی فراهم آورد.

کلید واژهها : سد خاکی ،جره رامهرمز ،سناریو شکست سد، سیلابی،شکاف بدنه سد.

مقدمه

سیلاب ناشی از شکست سدهای بزرگ خرابی و مصیبت زیادی را در دو قرن اخیر سبب شدهاست.شکست سد و جریان خروجی ناشی از آن به عنوان یکی از مهمترین مطالعات پژوهشی در بسیاری از کشوره وموسسات تحقیقاتی بوده و در حال حاضر نیز ادامه دارد .[1]شکست سد می تواند به علت پدیده های سرریز شدن بدلیل ناتوانی ظرفیت تخلیه سرریز، تراوش، پدیده ایجاد لوله در بدنه (Overtopping) آب از روی سد (Impulse wave)لغزش شیب خاکریز، اثر زلزله و روا نگرائی سدهای خاکی، ایجاد موج ضرب های ، (Piping)سد در اثر ورود توده لغزشی به داخل مخزن و یا در اثر خرابکاری صورت گیرد .[2]بیش از 80 درصد سدهای خاکی شکسته شده در جهان در اثر روگذری و وقوع پدیده ایجاد لوله در بدنه سد شکسته شده اند[3]

---

[1]- رئیس اداره ساختمان سد- معاونت توسعه سد ونیروگاه-سازمان آب وبرق خوزستان

[2]- رئیس گروه پایداری سد- معاونت توسعه سد ونیروگاه -سازمان آب وبرق خوزستان

[3]- مدیردفتر سازه وهیدرولیک- معاونت توسعه سد ونیروگاه -سازمان آب وبرق خوزستان

شبیه سازی پدیده شکست سدها و سیلاب حاصل از آن در راستای کاستن از میزان تهدید این پدیده، به دلیل موقعیت مراکز جمعیتی مجاور و پایین دست سد امری بسیار ضروری بوده و پیش بینی دقیقتراز سیلاب وزمان رسیدن امواج آن به منطقه مورد نظر، یکی از مهمترین پیش نیازهای توسعه طرحهای عملیاتی مدیریت بحران به شمار میرود .

یکی از مراحل مهم و حساس و به نوعی پیش نیاز سایر بخشهای مطالعات شکست سد طراحی سناریوهای مناسب برای مدلسازی شکست فرضی سد می باشد .گام اول در این زمینه شبیه سازی ریاضی نحوه گسترش شکاف در بدنه سد است چرا که در روند مطالعات نتایج این شبیه سازی عملاً پایه مدل پیشروی سیل ناشی از شکست قرار خواهد گرفت و تحلیل خسارت و مدیریت بحران نیز بر اساس آن انجام خواهد شد(شکل شماره 1 -1). شکست آزمایشی سد مستلزم تعریف پارامترهای مختلف مانند نوع شکست، ابعاد مقطع شکاف، زمان شکل گیری و الگوی گسترش آن به منظور محاسبه و پیش بینی هیدروگراف دبی خروجی حاصل از شکست و مسیریابی آن در میان اراضی مجاور و پایین دست سد جهت تخمین پارامترهای سیلاب و زمان رسیدن امواج حاصل از آن به منطقه مورد نظر میباشد .پیش بینی مشخصه های شکست بر اساس روشهای تجربی، مشاهده ای و عددی بنا و روابط و مدلهای متعددی نیز توسط محققین و سازمان های مختلف ارائه شده است.

شکل 1-1 بدنه سد و گسترش شکاف در بدنه سد در سناریوی آزمایشی

2- طرح ریزی سناریوهای محتمل

با شکست سد حجم عظیم آب انباشته شده در مخزن در زمان کوتاهی تخلیه و سیلاب ویرانگر پایاب را در برمی گیرد .شکست سد می تواند به دلیل ذیل:

- سرریز شدن آب از بدنه سد به دلیل افزایش سریع تراز آب دریاچه سد به علت بارشهای حوضه بالادست
- ناکافی بودن ظرفیت یا عدم کارآئی به موقع سیستم تخلیه کننده سیلاب در زمان گذر سیل از مخزن،
- نشست های بیش از حد
- ناپایداری شیب های پایین دست بدنه یا غفلت در اجرای برنامه های نگهداری
- بازرسی و بهره برداری نظیر انسداد مجرای تخلیه کننده ها بر اثر رسوب
- تراوش کنترل نشده در بدنه سد به دلیل ضعف یا کیفیت پایین اجرا در مجاورت سازه های تعبیه شده در بدنه
- خراب کاری در سد
- زلزله و مخاطرات متعاقب آن از قبیل روانگرائی پی و ریزش توده های لغزشی در دریاچه پشت سد

از دلایل دیگر خرابی سدها می باشد .به دلیل استقرار مراکز جمعیتی و تاسیسات مختلف در پایین دست سد جره خسارات ناشی از شکست آن بسیار سنگین میباشد و انجام مطالعات برای شناسائی اثرات ناشی از آن ضروری است. شکست سد یک امر احتمالی است بنابراین در شبیه سازی باید شرایط مختلف منظور گردد .معمولاً در ارزیابی نتایج شکست سد روی مناطق پایین دست دو سناریو مختلف شکست الف) شرایط سیلابی وب) روز آفتابی بررسی میشودکه به ترتیب متناظر دو سناریوی فرسایش مصالح سد به وسیله عبور جریان آب از روی بدنه (روگذری) یا گسترش رخنه در میان سد(رگاب) می باشد .تفاوت اصلی این دو سناریو که شرایط کاملاً متفاوتی را از نظر خسارات مالی و جانی به ساکنین پایین دست تحمیل می

کنند در الگوی بازشدگی ایجاد شده در بدنه سد می باشدکه مستقیمًا برمنحنی هیدروگراف سیلاب در ابتدای مسیر به عنوان شرط مرزی بالادست تأثیر میگذارد صرف نظر از این بخش، سایر مراحل که در حقیقت روندیابی سیلاب در دره پایین دست است برای هر دو نوع حالت شکست یکسان است. مقاله حاضر با رویکرد به سناریوی اول تهیه گردیده است.

3- بررسی سناریوی شکست حالت سیلابی (مطالعه موردی سد جره رامهرمز)

سد مخزنی خاکی جره در استان خوزستان، در 35 کیلومتری شمال شرقی شهرستان رامهرمز بر روی رودخانه زرد از شاخه‌های اصلی رودخانه جراحی، به منظور دست‌یابی به اهداف مهار وکنترل جریان‌های سطحی، تأمین نیازهای آبی منطقه و جمع آوری سیلاب‌های سالیانه، اجرا گردیده است. رودخانه جراحی از رودهای مهم حوزه آبریز خلیج فارس محسوب می‌شود(شکل 2-1). به منظور کاهش اثرات سیلاب و افزایش ایمنی و پایداری سد خاکی جره، از یک سیستم تخلیه سیلاب در این سد استفاده شده است. این سیستم دارای دو بخش اصلی است که عبارتند از: الف)سرریز اصلی دریچه‌دار ب)سرریز پلکانی اضطراری. سرریز اصلی دریچه‌دار نیز خود از پنج بخش تشکیل شده که عبارتند از: 1- کانال ورودی 2- سرریز دریچه‌دار 3- تندآب 4- پرتاب کننده و 5- پایاب پرتاب کننده. تراز تاج 507/5 متر از سطح دریا، تراز تاج سرریز اصلی 490 متر از سطح دریا ، تراز تاج سرریز کمکی (اضطراری) 502/5 متر از سطح دریا می باشد.

شکل شماره 2-1 تصویر هوائی محدوده مطالعاتی

با توجه به آمارهای موجود معمول ترین عامل شناخته شده تخریب سدهای خاکی سرریز شدن آب از تاج سد بوده است .شکست سد خاکی در اثر پدیده روگذری، با ایجاد و گسترش یک شکاف در رویه پایین دست سد آغاز میگردد .فرسایش در کانال شکست به صورت یک فرآیند فعل و انفعالی بین آب و رسوب در نظرگرفته میشود .آب سرازیر شده از تاج سد، باعث فرسایش مصالح بستر کف شکاف و فراهم شدن شرایط برای ریزش ناگهانی شیب های جانبی شده و به این ترتیب شرایط لازم برای گسترش کانال شکست فراهم میآید .بنابراین در سناریوهای روگذری قبل از هر گونه فرسایش باید تراز آب دریاچه از تراز تاج سد فراتر رود .در این فرآیند، کارکرد سامانه تخلیه سیلاب نقش اساسی ایفا می نماید چرا که با توجه به فرضیات زمان طراحی در صورت عملکرد صحیح باید سیلاب به طور ایمن به پایین دست منتقل گردد .با این حال به دلایل متعدد از جمله تغییر در آب نگاشت سیلاب(هیدروگراف)ورودی به دلیل تغییر اقلیم، افزایش دوره آماری و ... یا بهره برداری دیرهنگام و نادرست ممکن است خللی در روند ایجاد گردد که روگذری را به دنبال داشته باشد. برای بررسی موضوع دو سناریو اصلی تعریف گردید .در سناریو اول با فرض تاخیر در بهره برداری از سرریز فرض بر این است که اپراتور مسئول موفق به بهره برداری به موقع از تاسیسات سرریز نگردد و کلیه دریچه ها بسته بمانندکه بعضًا در مدیریت سدها رخ داده است.

خاطر نشان می سازد به دلیل زمان پایه نسبتًا طولانی هیدروگراف سیلاب و استقرار پرسنل بهره بردار در محل و وضعیت جاده های منطقه امکان وقوع این شرایط بسیار پایین میباشد با این حال سازمان بهره بردار از سد باید تمهیدات لازم برای عدم رخداد این گونه حوادث با این شدت را پیش بینی و به اجرا گذارد. در سناریوی دیگر عدم عملکرد یکی از دریچه ها در نظر گرفته شده که این موضوع به دلایل نقص فنی چندان دور از ذهن نیست .این فرض در زمان طراحی سامانه تخلیه سیلاب نیز عمومًا مد نظر قرار میگیرد با این تفاوت که در هنگام طراحی، سیلاب ۱۰۰۰ ساله در دریاچه روندیابی میشود و در این سناریو سیلاب حداکثر محتمل نیز مد نظر بوده است.

در دو حالت بالا بسته ماندن هر سه دریچه و یا خارج از رده بودن یک دریچه در نظر گرفته شده ولی امکان خراب شدن و خارج از سرویس بودن دو دریچه به طور همزمان نیز، هر چند ناچیز ولی منتفی نیست .در زمان بهره برداری از یک دریچه تنها، به دلیل بینابین بودن دو حالت حدی

مذکور، امکان درونیابی بین نتایج الگوهای پیشنهادی وجود دارد با این حال برای بررسی بیشتر این موضوع حالات مختلف بررسی و نتایج آن در جدول1-1 آورده شده است .همان گونه که در این جدول نیز مشاهده می شود روگذری در برخی سناریوها به سرعت باد در زمان عبور بخش اوج هیدروگراف بستگی داشته و در صورت تداوم باد در سطح مخزن در این بازه زمانی امکان وقوع آن متصور است با این حال لحاظ نمودن سیلاب با احتمال وقوع پایین همزمان با وزش باد با دوره بازگشت بالا امر محتملی نیست. نکته قابل تأمل دیگر در این جدول بالا آمدن تراز آب از 506/5 متر از سطح دریا (رقوم هسته نفوذ ناپذیر میانی و نه رقوم تاج سد)و امکان گذر جریان به صورت محدود در سناریوهای یک تا سه و به ویژه هنگام وقوع سیلاب حداکثر محتمل و عملکرد تنها یکی از دریچه ها یا سیل با دوره بازگشت ۱۰۰۰۰ ساله و عدم بهره برداری از دریچه ها میباشد .در این گونه موارد بهره بردار باید بر اساس سرعت باد در منطقه نسبت به اقدامات پیش گیرانه برای افزایش تراز سیلاب در مخزن اقدام نماید. از میان سناریوهای بحرانی تنها سناریوی که در جدول 1-1 به آن اشاره نشده، وقوع سیلاب حداکثر محتمل وبسته ماندن هر سه دریچه است که در روند شبیه سازی عملکرد مخزن مشخص گردید در این حالت امکان روگذری و متعاقب آن در صورت تامین معیارهای شروع و گسترش شکاف، شکست سد متصور است .قبل از بررسی بیشتراین سناریو خاطر نشان میسازد با توجه به احتمال بسیار ناچیز وقوع همزمان این شرایط آن هم با این شدت میتوان از ایمنی بالای سدخاکی در برابر روگذری اطمینان حاصل نمود.

جدول 1 - 1 ارزیابی ایمنی سد در برابر روگذری

ردیف	دوره بازگشت سیلاب	تراز دریاچه هنگام ورود سیلاب به مخزن	تعداد دریچه های قابل بهره برداری در زمان سیلاب	حداکثر جریان خروجی از سد	زمان رسیدن به دبی پیک	تراز بیشینه مخزن	حجم آب تخلیه شده
-	سال	متر از سطح دریا	عدد	متر مکعب برثانیه	ساعت	متر از سطح دریا	۱۰۰۰ متر مکعب
۱	PMF	۵۰۲	۱	۴۹۴۴/۷	۱۸/۵	۵۰۷/۳۸	۲۶۴۵۹۲
۲	PMF	۵۰۲	۲	۴۹۶۶/۷	۱۸/۵	۵۰۶/۶	۲۶۲۶۰۴
۳	۱۰۰۰۰	۵۰۲	۰	۳۴۷۳/۲	۱۸/۵	۵۰۷/۰۴	۱۷۹۳۸۲
۴	۱۰۰۰۰	۵۰۲	۱	۳۴۴۱/۶	۱۸/۵	۵۰۶/۱۳	۱۸۷۹۸۸
۵	۱۰۰۰۰	۵۰۲	۲	۳۴۳۹/۴	۱۸/۵	۵۰۵/۳	۱۸۷۵۷۱
۶	۱۰۰۰	۵۰۲	۰	۲۵۷۳/۵	۱۹	۵۰۶/۲۲	۱۳۴۷۸۷
۷	۱۰۰۰	۵۰۲	۱	۲۵۳۲/۴	۱۹	۵۰۵/۳	۱۴۲۵۴۳
۸	۱۰۰۰	۵۰۲	۲	۲۵۲۹/۴	۱۹	۵۰۴/۴	۱۴۳۰۲۲/۸

در این طرح برای شبیه سازی سناریوهای مختلف، مدل عملکرد مخزن با ملحوظ نمودن جریان ورودی به مخزن، حجم آب ذخیره شده و جریان خروجی از سامانه تخلیه سیلاب توسعه داده شد .با مشخص شدن امکان وقوع روگذری از تاج سد، تغییرات لازم در مدل برای در نظر گرفتن گذر جریان در هر دو مرحله قبل و بعد از پدیدار شدن شکاف در بدنه اعمال گردید .عبور جریان از میان شکاف در هر لحظه با رابطه سرریز لبه پهن در نظر گرفته شده است .شایان ذکر است در این مدل در هنگام شبیه سازی سناریوهای ارزیابی ایمنی سد در برابر روگذری جدول1-1 کلوکرد دریچه ها در زمان سرویس بر اساس تراز سطح آب میباشد به گونه ای که با افزایش رقوم سطح آب از تراز نرمال، دریچه با سرعت از پیش تعیین شده تا بازگشائی کامل گشوده و با کاهش مجدد رقوم سطح آب و پس از رسیدن به تراز نرمال با همین سرعت بسته میشوند .سرعت باز و بسته شدن در این طرح یکسان و برابر 0/3 متر بر دقیقه در نظر گرفته شد.

در زمان عبور سیل از مخزن چنانچه به هر دلیل دریچه ای بسته بماند با توجه به تراز تاج آنها (۵۰۲ متر از سطح دریا) روگذری از بخش بالای آن حتمی است .در مدل پخش سیلاب در مخزن این بخش نیز شبیه سازی شده که دبی های کم در نمودارهای گذر جریان نشانگر لبریز شدن از تراز فوقانی دریچه بسته مانده می باشد.

در سناریوهای ر وگذری با فرض محل شروع گسیختگی در نقطه ای از تاج سد، شکاف در بدنه مدل میشود .ازآنجا که تراز تاج سدهای خاکی هیچ وقت به لحاظ نشست یا دلایل دیگر یکسان نمیباشد لبریز شدن جریان از قسمت نشست کرده میتواند نقطه شروع فرسایش رویه پایین دست در

آن منطقه باشد .بنابراین بهسازی تاج سد با تعبیه گرده یا آسفالت کف آن میتواند تاثیر عمدهای در افزایش مقاومت نسبت به فرسایش پذیری و بهبود ایمنی فراهم آورد.

در این طرح تکیه گاهها به صورت فرسایش ناپذیر در نظر گرفته شده و گسترش شکاف تنها در محدوده بدنه اجرا شده شبیه سازی شده است بنابراین در تعیین اولیه ابعاد شکاف محل شروع و شکل نهائی مد نظر بوده است .بر این اساس برای در نظر گرفتن بحرانی ترین حالت، محل شروع شکست در وسط محور سد (۴۰۰ متری)فرض شده که در این حالت با توجه به مقادیر مختلف شیب جانبی، کف نهائی بیش از تراز ۴۴۰ گسترش نمی یابد .این حالت در سناریوهای ۱ تا ۱۲ مد نظر بوده است .برای تکمیل گزینه ها با تغییر محل شروع شکاف در تاج، تراز انتهائی کف شکاف به اندازه ۲۰ متر پایین تر نیز در نظر گرفته و سه سناریوی ۱۳ تا ۱۵ بر این اساس طرح که مشخصات بیشتر آن در جدول 2-1 آورده شده است.

جدول شماره (2-1) تعریف سناریوهای شکست روگذری فرضی و نتایج برآورد پارامترهای سیلاب هر یک به ترتیب در جداول ذیل آمده است.

ردیف	هیدروگراف سیلاب ورودی به مخزن	تراز دریاچه هنگام ورود سیلاب به مخزن	تعداد دریچه های قابل بهره برداری در زمان سیلاب	محل شروع شکاف (در طول محور سد یا تاج)	عرض نهائی کف شکاف	عمق یا تراز نهائی شکاف	روند توسعه شکاف	شیب جانبی وجه راست و چپ شکاف[1]	ضریب آبگذری شکاف	تراز آغاز شکست	زمان تکمیل شکست	معیار شروع خرابی
–	–	$m.a.s.l^2$	عدد	متر	متر	متر	–	–	–	$m.a.s.l$	ساعت	–
۱	PMF	۵۰۲	۰	۴۰۰	۳۰۰	۴۴۰	خطی	۱:۱	۱/۵	۵۰۷/۶	۱	تراز آب
۲	PMF	۵۰۲	۰	۴۰۰	۳۰۰	۴۴۰	خطی	۱:۱	۱/۵	۵۰۷/۶	۱/۵	تراز آب
۳	PMF	۵۰۲	۰	۴۰۰	۳۰۰	۴۴۰	خطی	۱:۱	۱/۵	۵۰۷/۶	۲/۵	تراز آب
۴	PMF	۵۰۲	۰	۴۰۰	۳۰۰	۴۴۰	خطی	۱:۱	۱/۵	۵۰۷/۷	۱/۵	تراز آب
۵	PMF	۵۰۲	۰	۴۰۰	۳۰۰	۴۴۰	خطی	۱:۱	۱/۵	۵۰۷/۶+۱۵	۱/۵	تراز آب+ تداوم روگذری
۶	PMF	۵۰۲	۰	۴۰۰	۳۰۰	۴۴۰	خطی	۱:۱	۱/۵	۵۰۷/۶+۳۰	۱/۵	تراز آب+ تداوم روگذری
۷	PMF	۵۰۲	۰	۴۰۰	۳۰۰	۴۴۰	خطی	۰/۶:۱	۱/۵	۵۰۷/۶	۱/۵	تراز آب
۸	PMF	۵۰۲	۰	۴۰۰	۳۰۰	۴۴۰	خطی	۱/۴:۱	۱/۵	۵۰۷/۶	۱/۵	تراز آب
۹	PMF	۵۰۲	۰	۳۹۵	۱۱۰	۴۲۰	خطی	۱:۱	۱/۵	۵۰۷/۶	۱	تراز آب
۱۰	PMF	۵۰۲	۰	۳۹۵	۱۱۰	۴۲۰	خطی	۱:۱	۱/۵	۵۰۷/۶	۱/۵	تراز آب
۱۱	PMF	۵۰۲	۰	۳۹۵	۱۱۰	۴۲۰	خطی	۱:۱	۱/۵	۵۰۷/۶	۲/۵	تراز آب

در تحلیل شکست سد، درصد عدم اطمینان بالایی وجود دارد .در انتخاب ابعاد شکاف و مدت زمان تشکیل شکاف باید فرضیاتی صورت گیرد و پارامترهایی انتخاب شود که با بیشترین تطابق با وقایع پیشرو بتواند مقدار سیل حاصل از شکست سد را به درستی برآورد نماید .بر این اساس در سناریوهای تعریف شده با پارامترهای شکست متفاوت اثرات تغییر پارامترها ارزیابی شده است .یکی از این موارد تعریف زمان آغاز شکست میباشد.

معیارهای مختلفی برای شروع شکست در فرآیند مدل سازی پیشنهاد شده است .در این طرح سه رویکرد مد نظر بوده است:

- ✓ تجاوز تراز آب مخزن از تراز تاج به مقدار مشخص.
- ✓ رقوم سطح آب و تداوم روگذری شامل تراز آب و مدت سرریز شدن جریان روی دامنه پایین دست .
- ✓ زمان شروع در بخشی از بازه روندیابی).این فرض عموماً در سناریوهای ایجاد رخنه در بدنه استفاده میشود .

در این طرح دو مقدار 0/1 و0/2 متر در سناریوهای ۲ و ۴ جدول 2-1 برای بررسی تاثیرات ارتفاع آب بالای تراز تاج در شروع شکست و حساسیت نتایج در نظر گرفته شده است. همان گونه که در جدول3 -1 نمایان است با افزایش ۰/۱ متر رقوم سطح آب در شروع شکست، دبی اوج حدود ۱۰۰۰۰ متر مکعب بر ثانیه کاهش می یابد .

جدول شماره 3-1 برآورد سیلاب ناشی از شکست سد در سناریوهای روگذری

ردیف	حداکثر جریان خروجی از سد	زمان رسیدن به دبی اوج	حجم آب تخلیه شده
-	متر مکعب بر ثانیه	ساعت	۱۰۰۰ متر مکعب
۱	۱۲۰۵۸۳	۱۶/۵	۵۰۶۴۰۲
۲	۹۳۸۸۹	۱۷	۵۰۷۷۸۹/۶
۳	۶۰۴۵۰/۲۵	۱۷/۵	۵۰۹۰۶۵
۴	۸۳۴۱۶/۸	۱۷	۵۰۴۶۸۲/۴
۵	۸۲۵۷۴/۶	۱۷	۵۰۶۱۱۵/۷۵
۶	۹۳۸۸۸/۹	۱۷	۵۰۷۷۸۹/۶
۷	۹۴۰۴۳	۱۷	۵۰۶۶۸۴/۴
۸	۹۳۶۳۷/۷	۱۷	۵۰۹۰۱۶/۷
۹	۱۰۱۸۰۱/۹	۱۶/۵	۵۰۷۲۷۵/۸
۱۰	۹۳۸۶۳/۲	۱۷	۵۱۰۸۶۸/۵
۱۱	۶۱۹۰۷/۶	۱۸	۵۱۷۶۰۲/۲

به طور کلی اولین مرحلهٔ خرابی در یک سد خاکی در نتیجه روگذری، تخریب لایه محافظ موجود در رویه پایین دست سد به دلیل عبور جریان پر سرعت آب از روی آن می باشد .چنانچه این سطوح بتواند در این مدت پابرجا بمانند میتوان از ایجاد شکاف و حتی شکست سد جلوگیری نمود . استفاده از قطعات سنگی بزرگ یا پوشش گیاهی مناسب برای محافظت از سطوح در برابر روگذری میتواند با افزایش فرصت اعلام اخطار و تخلیه مناطق مسکونی در معرض خطر پایاب خسارات وارده را به طرز محسوسی کاهش دهد .این موضوع با معرفی زمان آغاز شکست به صورت فاصله زمانی بین اولین جریان عبوری از تاج سد تا آغاز زمان تشکیل شکست در مدل وارد گردید .خاطر نشان می سازد این زمان با زمان تکمیل شکست که مدت زمان بین ایجاد اولین شکاف در رویه پایین دست تا زمان رخ دادن شکست کامل سازه میباشد تفاوت دارد .برای بررسی تاثیر تغییر پارامترها دو گزینه بررسی گردید .در این دو حالت ابتدا ۱۰ دقیقه و سپس ۳۰ دقیقه تاخیر برای شروع فرسایش شیروانی پایین دست در نظرگرفته شد که همان گونه که در جدول(3-1) سناریو ۵ و ۶ نیز مشاهده میشود در حالت اولیه پیک هیدروگراف سیلاب نیز کاهش و در حالت دوم این تغییرات محسوس نمیباشد .علت این امر را میتوان در شکل منحنی هیدروگراف در این بازه زمانی تفسیر نمود.

همان گونه که پیشتر نیز بیان شد در سناریوهای سرریز شونده شکاف از رویه پایین دست سد شروع و با گذشت زمان به تدریج در ارتفاع بدنه سد توسعه میابد .شکل، اندازه و زمان لازم برای تشکیل و توسعه شکاف، به فرسایش پذیری مصالح سد و مشخصه های جریان ایجاد کننده شکاف بستگی دارد .بر اساس هندسه های فرضی برای شکل شکاف، پارامترهای تعریف کننده شکل بازشدگی شامل شیب جانبی، عرض و عمق شکاف در نظرگرفته شده اند.

شیب جانبی دو سمت شکاف بین صفر و کمی بیشتر از واحد (افقی به یک قائم) تغییر می کندکه به زاویه پایداری مصالح که شکاف در میان آن ایجاد میشود وابسته است با انتخاب مقادیر مختلف عرض کف و شیب جانبی شکل های مختلف شکست از مثلثی، مستطیلی تا ذوزنقه ای شبیه سازی میشود .آیین نامه های مختلف که برروی شکست سدهای خاکی ناشی از روگذری سیلاب مطالعه و اظهار نظر کرده اند به دلیل مکانیسم ریزش دیواره شیب ها بازشدگی ناشی از این گونه شکست ها را به صورت ذوزنقه ای پیشنهاد نموده اند .

در این مطالعات از روابط زیر برای شروع و توسعه تشکیل شکاف استفاده شده است:

$$b = \bar{b} - zh_d$$

$$h_b = h_d - (\bar{b} - h_{bm})\left(\frac{t_b}{t}\right)^p \qquad (1)$$

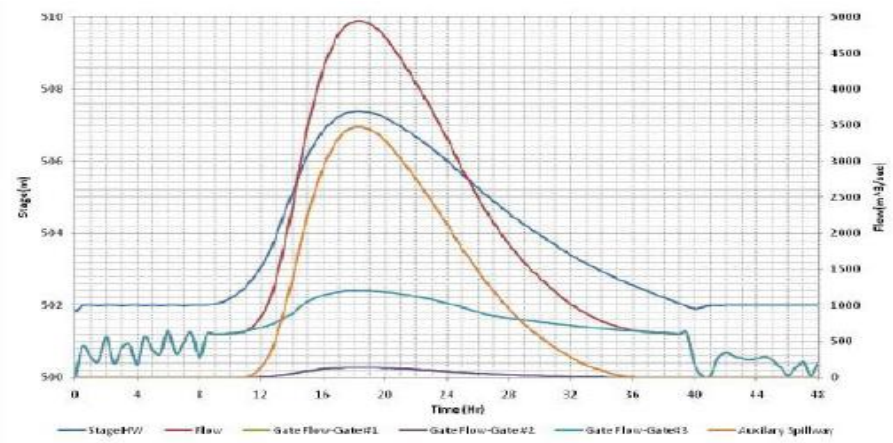
$$b_i = b\left(\frac{t_b}{t}\right)^p$$

در این روابط b، عرض نهائی شکاف در کف ، d عرض متوسط ، z شیب دیواره جانبی مقطع شکست ، b1 و ha به ترتیب عمق و عرض کف لحظه ای شکاف، hb ارتفاع کف شکاف از یک سطح مبنا مانند کف مخزن یا وتوسعه یافته و به t کف کانال خروجی میباشد .در این مدل مقطع شکست از یک نقطه شروع و در مدت زمان t زمان سپری شده از لحظه تشکیل مقطع شکست و . tb از سطح مبناء منتهی میگردد hbm در ارتفاع

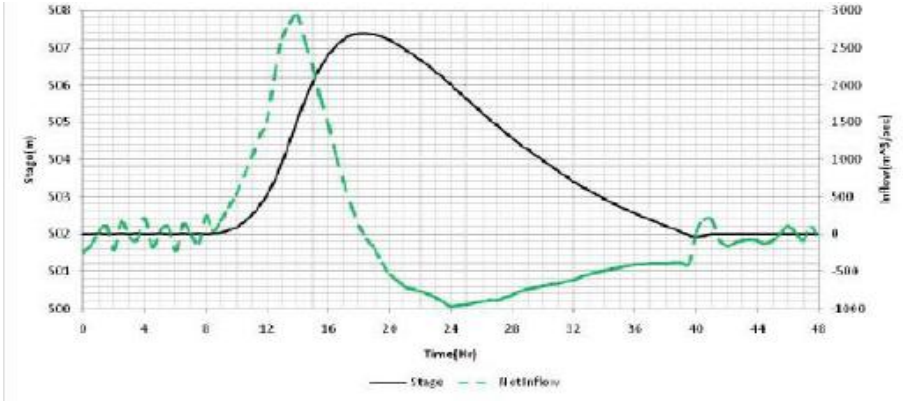
عرض نهائی b نحوه گسترش شکاف در بدنه است که در این طرح مطابق توصیه های مراجع معتبر برابر یک و به صورت خطی درنظر گرفته شده است.در این کار برای تخمین پارامترهای شکست از روابط برازش شده بر داده های بدست آمده از سدهای شکسته شده یا اطلاعات مشاهداتی سدهای مشابه که در گذشته این فرآیند را تجربه نموده اند استفاده شده است. در جدول شماره 4-1 نیز روابط پیشنهادی محققین مختلف برای برآورد سیلاب بیشینه درسناریوهای شکست برای بررسی بیشتر ارائه شده است.

جدول شماره4-1 برآورد دبی بیشینه ناشی از شکست سد مخزنی جره (مترمکعبر ثانیه)

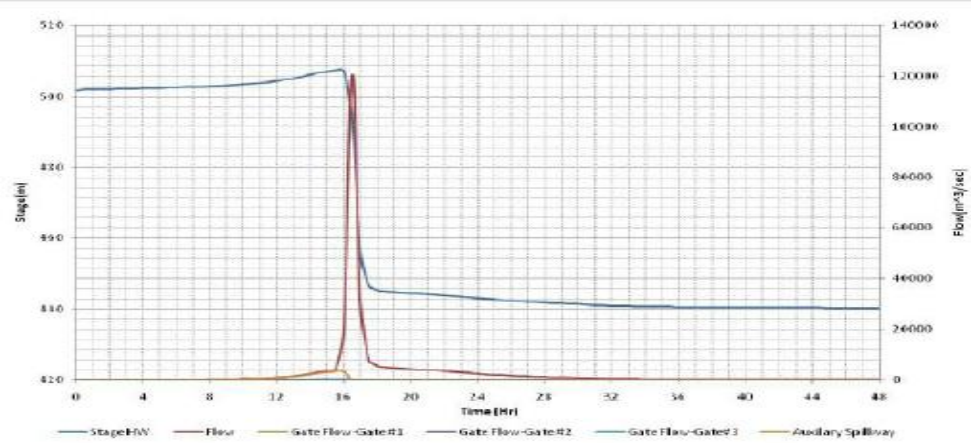
۴۷۹۹۴	Kirkpatrik(1977)
۴۰۲۰۸	SCS(1981)
۹۷۵۱۷	Hagan(1982)
۴۶۲۶۴	USBR(1982)
۹۲۵۶۹	Singh & Snorrason(1982)
۱۷۲۱۷	Singh & Snorrason(1984)
۲۰۲۲۰	MacDonald & Langridge-Monopolis(1984)
۶۵۸۷۸	MacDonald & Langridge-Monopolis(1984) envelope eq.
۷۶۶۸۵	Costa(1985)
۲۵۵۴۴	Costa(1985)
۱۱۱۳۰۱	Costa(1985)
۲۲۲۲۲	Evans(1986)
۳۵۵۱۱	Froehlich(1995b)



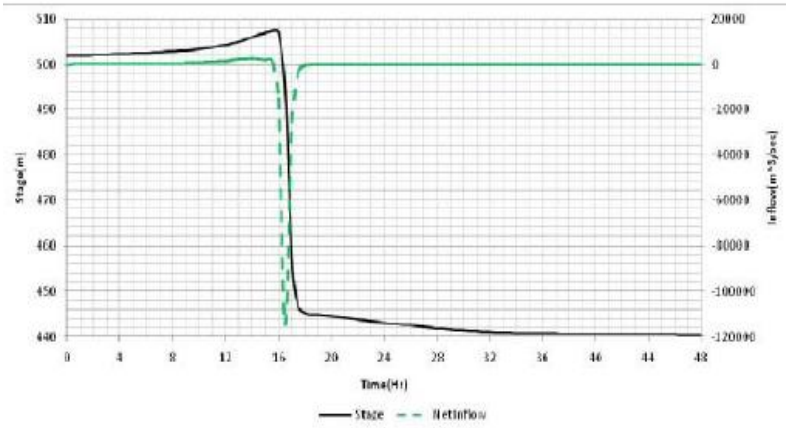
شکل 3-1 عملکرد سامانه تخلیه سیلاب و تغییر تراز دریاچه سد نسبت به زمان در سناریوی شماره ۱ ارزیابی ایمنی سد(جدول 1-1)



شکل 3-1 عملکرد مخزن(رقوم سطح آبو جریان خالص ورودی به مخزن) در سناریوی شماره ۱ ارزیابی ایمنی سد(جدول 2-1)



شکل 4-1 عملکرد سامانه تخلیه سیلاب، هیدروگراف خروجی از مقطع شکست سد و تغییر تراز دریاچه سد نسبت به زمان در سناریوی شماره ۱ روگذری



شکل 4-1 عملکرد مخزن (رقوم سطح آب و جریان خالص ورودی به مخزن) در سناریوی شماره ۱ روگذری

نتیجه گیری:

در سناریوی روگذری با فرض محل شروع گسیختگی در نقطه ای از تاج سد، شکاف در بدنه مدل میشود .ازآنجا که تراز تاج سدهای خاکی هیچ وقت به لحاظ نشست یا دلایل دیگر یکسان نمی باشد لبریز شدن جریان از قسمت نشست کرده میتواند نقطه شروع فرسایش رویه پایین دست در آن منطقه باشد .بنابراین بهسازی تاج سد با تعبیه گرده یا آسفالت کف آن میتواند تاثیر عمدهای در افزایش مقاومت نسبت به فرسایش پذیری و بهبود ایمنی فراهم آورد.

تقدیر وتشکر:

ضمن تشکروقدردانی از همکاری دفتر تحقیقات معاونت توسعه سد ونیروگاه سازمان آب و برق خوزستان و همچنین جهت اخذ اطلاعات اولیه، بیان میشود در این تحقیق از گزارش تحلیلی شکست سد مخزنی جره رامهرمز که توسط سازمان آب وبرق خوزستان در اختیار قرارداده استفاده گردید.

منابع:

1 - گزارش تحلیلی شکست سد مخزنی جره رامهرمز تهیه شده توسط سازمان آب وبرق خوزستان.

[1] Broich, K., 1999, "An Overview of Breach Modelling", University of the Federal Armed Forces Munich Werner-Heisenberg-Weg 39; 85577 Neubiberg, Germany, European commission Concerted Action on Dam Break
Modelling Meeting at University of Zaragoza, Spain 18th - 19th November 1999.
[2] U.S. Army Corps of Engineers , 1997 , Engineering and Design hydrologic engineering requirement for reservoirs , Manual No. 1110-2-1420 .
[3] Wahl, Tony 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, July 1998