



## تعیین پارامترهای شکست سدهای خاکی متوالی ملامصدرا و درودزن و روندیابی سیلاب ایجاد شده

آرزو هوشمند دیارجان<sup>۱</sup>، دکتر سید محمد علی زمردیان<sup>۲</sup>

دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی، بخش مهندسی آب

[Arezoo\\_hd@yahoo.com](mailto:Arezoo_hd@yahoo.com)

### خلاصه

مطالعات مربوط به شکست سد از جمله تخمین پارامترهای مقطع شکست و روندیابی سیلاب ناشی از آن، جهت مدیریت ایمنی پایین دست سدها ضروری است. با توجه به اینکه سد ملامصدرا بر روی یکی از رودخانه های مهم استان فارس واقع شده است و در پایین دست آن سد درودزن و روستاهای زیادی قرار دارد، مطالعات مربوط به تحلیل شکست دو سد ملامصدرا و درودزن و روندیابی سیلاب ناشی از آن در پایین دست سد ملامصدرا در این مقاله مورد بررسی قرار می گیرد. جهت یافتن پارامترهای شکست از مدل *BREACH* و جهت روندیابی سیلاب ناشی از شکست سد ملامصدرا از مدل *HEC-RAS 3.1.3* استفاده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، روستاهایی که پتانسیل آب گرفتگی تحت این شرایط را داشته و همچنین مسئله شکست سد درودزن، مورد ارزیابی قرار می گیرد.

کلمات کلیدی: شکست سد، پارامترهای شکست، روندیابی سیلاب، مدل‌های کامپیوتری

### مقدمه

شکست سد یک مسئله هیدرولیکی است که در پی آن حجم زیاد آب انباشته شده در مخزن در زمان کوتاهی تخلیه و سیلاب عظیمی در پایین دست سد جریان می یابد. شکست سد می تواند به علت پدیده های سرریز شدن آب از روی سد<sup>۳</sup> بدلیل ناتوانی ظرفیت تخلیه سرریز، تراوش، پدیده ایجاد لوله در بدنه سد<sup>۴</sup>، لغزش شیب خاکریز، اثر زلزله و روان گرائی سدهای خاکی، ایجاد موج ضربه ای<sup>۵</sup> در اثر ورود توده لغزشی به داخل مخزن و یا در اثر خرابکاری صورت گیرد. بیش از ۸۰ درصد سدهای خاکی شکسته شده در جهان در اثر روگذری و وقوع پدیده ایجاد لوله در بدنه سد شکسته شده اند (۱).

مطالعات انجام شده در زمینه شکست سد به دو قسمت تقسیم می شود (۱ و ۲):

۱- مطالعات مربوط به تعیین پارامترهای شکست سد: تعیین شکل شکست و زمانی که برای ایجاد مقطع شکست به طول می انجامد به ۲ روش امکان پذیر می باشد:

▪ روش های آماری از جمله مطالعات ساین و اسکالاتوس<sup>۶</sup> در سالهای ۱۹۸۲ و ۱۹۸۴ با استفاده از ۲۰ مورد مطالعاتی، مطالعات فرک<sup>۷</sup> در سال ۱۹۸۷ و ...

▪ روش هایی بر پایه مدل فیزیکی از جمله مدل کریستوفانو در سال ۱۹۶۵ (اولین مدل تدریجی ریاضی ناشی از تخریب سدهای خاکی)

۲- مطالعات مربوط به روندیابی سیلاب پایین دست آن: تحلیل مسئله شکست سد برای اولین بار توسط ریتز<sup>۸</sup> در سال ۱۸۹۲ انجام گرفته است. در پی آن مدل های فیزیکی مختلفی از جمله *HEC-RAS*، *FLDWVE*، *DAMBRK*، ... گسترش یافتند.

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی

<sup>۲</sup> استادیار دانشگاه شیراز

<sup>۳</sup>-overtopping

<sup>۴</sup>- Piping

<sup>۵</sup>- Impulse wave

<sup>۶</sup>- Singh and Snorrason

<sup>۷</sup>- Ferc

<sup>۸</sup>-Ritter

**روش حل**

از آنجایی که مسئله شکست سد و بخصوص شکست سدهای متوالی، در یک شاخه رودخانه از اهمیت ویژه ای برخوردار است، مطالعه موردی شکست سدهای درودزن و ملاصدرا مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به آنکه در پایین دست سد خاکی ملاصدرا، سد درودزن واقع شده است، لذا عملکرد سد ملاصدرا بر سد درودزن تاثیر مستقیم دارد. در این مقاله اندازه و نرخ تشکیل شکست و هیدروگراف خروجی از مقطع شکست سد، با استفاده از مدل *BREACH* تعیین گردیده و روندیابی هیدروگراف خروجی به دره پایین دست و تعیین تراز آب حاصله در دره پایین دست سد بوسیله نرم افزار *HEC-RAS 3.1.3* صورت گرفت.

**معادلات مورد استفاده در این تحقیق**

۱- **معادلات سنت و نانت:** جریانهای ناماندگار از معادلات سنت و نانت پیروی می کنند. این معادلات خود شامل دو معادله پیوستگی و مومنوم می باشند (۴):  
معادله اول- معادله پیوستگی<sup>۹</sup> که بیان کننده بقای جرم است:

$$\frac{\partial Q}{\partial X} + \frac{\partial A_T}{\partial t} - q_l = 0 \quad (1)$$

معادله دوم- معادله مومنوم<sup>۱۰</sup> که بیان کننده تعادل نیروها بر اساس قانون دوم نیوتن است:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA_T \left( \frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (2)$$

در این معادلات،  $Q$ : دبی جریان،  $A_T$ : سطح مقطع تر شده جریان فعال و غیر فعال،  $q_l$ : جریان جانبی ورودی یا خروجی در طول کانال،  $X$ : فاصله طولی در امتداد رودخانه،  $t$ : زمان، ثانیه،  $h$ : ارتفاع سطح آب،  $S_f$ : شیب خط انرژی

۲- **معادلات مربوط به حل معادلات سینماتیک:** معادله پیوستگی و معادله مومنوم در معادلات ۳ و ۴ آورده شده است:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (3)$$

$$S_0 = S_f \quad (4)$$

$Q$  دبی جریان و  $A$  مساحت مقطع جریان،  $S_0$  شیب کف کانال و  $S_f$  شیب خط انرژی می باشد.

**مدل BREACH**

مدل *BREACH* یک مدل فیزیکی است که در سال ۱۹۸۴ توسط فردی به نام فرد<sup>۱۱</sup> ارائه گردید. جهت تخمین پارامترهای شکست سدهای خاکی (پیش بینی شکل، اندازه و زمان شکل گیری) و تعیین هیدروگراف خروجی ناشی از شکست سد از این مدل می توان بهره برد. مدل *BREACH* مبتنی بر اصول هیدرولیک، هیدرولوژی و ژئوتکنیک است (۳).

این مدل در حالت روگذری، جهت شبیه سازی جریان خروجی وارد شده به کانال که باعث فرسایش تدریجی در سد خاکی می گردد، از معادلات سرریز پیروی می کند. حفاظت جریان ورودی مخزن، حجم ذخیره، جریان خروجی (تاج سرریز، جریان سرریز، جریان شکست) و ارتفاع مخزن وابسته به زمان توسط این مدل قابل محاسبه می باشد. با پیش بینی ارتفاع کف شکست، کنترل هد جریان خروجی نیز امکان پذیر می باشد (۳).

<sup>9</sup> - Continuity equation

<sup>10</sup> - Momentum equation

<sup>11</sup> -Fread

**مدل HEC-RAS 3.1.3**

مدل *HEC-RAS* قابلیت انجام محاسبات یک بعدی در حالت جریان ماندگار و غیر ماندگار را دارد. در سال ۲۰۰۲ قابلیت تحلیل شکست سد به مدل *HEC-RAS 3.1.3* اضافه گردید. این مدل جهت حل جریانهای ناپایدار از معادلات سنت و نانت استفاده می کند. برای حل معادلات سنت و نانت از روش ضمنی چهارنقطه‌ای و تکنیک *(Local Partial Inertia Technique LPI)* استفاده می کند.

**مطالعه موردی شکست سد ملاصدرا و درودزن**

رودخانه کر از رودهای مهم و پر آب استان فارس به حساب می آید. این رودخانه از به هم پیوستن رودخانه تنگ براق و شورشیرین در بالادست روستای آب ماهی تشکیل می شود و پس از طی مسیر طولانی قریب به ۲۰۰ کیلومتر به دریاچه بختگان می ریزد. با توجه به مقایسه رودخانه کر با رودخانه مشابه ضریب زبری مانینگ در آبراهه رودخانه ۰/۰۳۳ و در قسمت سیلابدشت که معمولاً به شالیکاری اختصاص دارد و جزئی کاربری زراعی محسوب می شود، ۰/۰۵۰ در نظر گرفته شده است. سد ملاصدرا بر روی رودخانه کر و در حدود ۶۰ کیلومتری بالادست سد درودزن احداث شده است. فاصله محل سد از شهر شیراز ۲۰۰ کیلومتر و از بخش سده اقلید ۲۰ کیلومتر می باشد (۵).

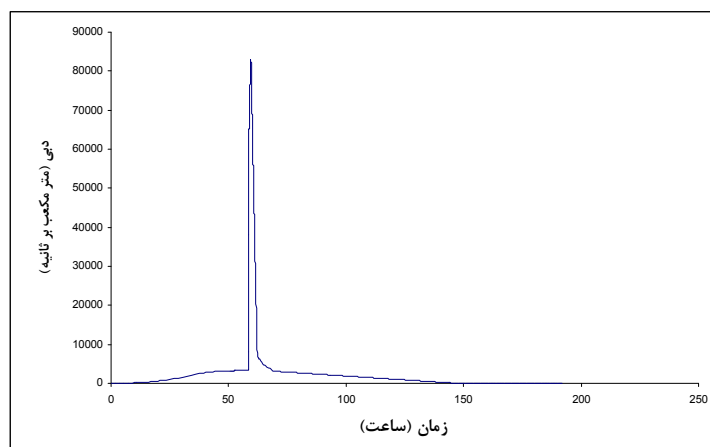
سد ملاصدرا از نوع خاکی- سنگریزه ای با هسته رسی می باشد، ارتفاع سد از بستر ۷۲ متر، طول تاج ۶۲۰ متر و عرض تاج سد ۱۰ متر، عرض پاشنه سد در بستر رودخانه ۳۲۰ متر است، تراز رودخانه در محل محور سد ۲۰۵۰ متر از سطح دریا و حداکثر تراز عادی بهره برداری ۲۱۱۵ متر از سطح دریا می باشد، حجم مفید مخزن ۴۱۱ میلیون متر مکعب، حجم مرده مخزن ۲۹ میلیون متر مکعب، حجم کل مخزن در رقوم نرمال ۴۴۰ میلیون متر مکعب است (۶و۷).

سد درودزن از نوع خاکی همگن با زهکش مایل میانی و پوشش سنگی می باشد، طول تاج سد ۷۱۰ متر و ارتفاع آن از پی ۵۷ متر می باشد، تاج سد در رقوم ۱۶۸۳/۵ متر واقع شده است. سطح مخزن در تراز نرمال ۵۵ کیلومتر مربع، گنجایش مخزن در رقوم (۱۶۷۶/۵)، ۹۹۳ میلیون متر مکعب، شیب سراب از تاج تا تراز ۱۶۷۳ متر ۳:۱ و از تراز ۱۶۷۳ متر به پایین ۳/۵:۱، شیب پایاب از تراز ۱۶۶۸/۵ متر ۱:۲/۵ است. مقاطع موردنیاز جهت مدل کردن مخزن از هیدروگرافی انجام گرفته در سال ۱۳۸۲ بدست آمد. مجموعه دو سد قادرند نیازهای آب شرب، صنعت و کشاورزی منطقه را در حد یک میلیارد مترمکعب تامین کنند (۸).

**تعیین هیدروگراف خروجی ناشی از شکست سد ملاصدرا با استفاده از مدل BREACH**

تعیین ابعاد رخنه به وجود آمده در سد و گسترش آن با زمان بوسیله برنامه *BREACH* انجام گرفت. در آنالیز شکست سد، بحرانی ترین حالت شکست یعنی حالت روگذری در نظر گرفته شده است. از آنجایی که دبی خروجی در حالت روگذری بیشتر از حالت پایبند بوده و در زمان کمتری اتفاق می افتد. در نتیجه جهت آمادگی در برابر سیل بحرانی تر است، در این تحقیق شکست سد ملاصدرا در اثر روگذری توسط سیلابی با دبی  $PMF / 20\%$  (سرریز سد ملاصدرا ظرفیت سیلاب *PMF* را داشته) و شکست سد درودزن در اثر شکست سد ملاصدرا مورد بررسی قرار گرفت.

شکل ۱، هیدروگراف خروجی ناشی از شکست سد ملاصدرا را نشان می دهد. حداکثر دبی خروجی از شکاف سد:  $83060/97$  مترمکعب بر ثانیه، زمان رسیدن به حداکثر دبی خروجی: ۵۹ ساعت و ۳۲ دقیقه، مدت زمان خیز هیدروگراف خروجی از شکاف سد: ۱ ساعت و ۲۴ دقیقه، عمق شکاف: ۷۲ متر، عرض بالای شکاف در زمان حداکثر جریان خروجی از شکاف:  $181/64$ ، عرض کف شکاف در زمان حداکثر جریان خروجی از شکاف:  $60/81$ ، شیب جانبی شکاف در زمان حداکثر جریان خروجی از شکاف (افق به قائم):  $0/89$ ، زمان تشکیل شکاف: ۱ ساعت و ۵۶ دقیقه



شکل ۱- هیدروگراف خروجی ناشی از شکست سد ملاصدرا

هیدروگراف خروجی ناشی از شکست سد درودزن مستقیماً توسط مدل *HEC RAS* مدل گردید که در ادامه توضیح داده شده است.



## آنالیز هیدرولیکی ناشی از شکست سد با استفاده از روش سینماتیکی و مدل HEC RAS

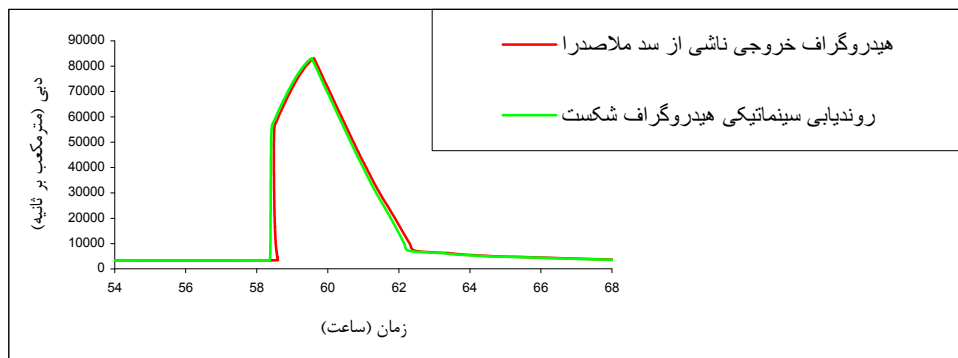
پیش بینی شکست سد یک امر احتمالی است، بنابراین آنالیز شبیه سازی شکست دو سد ملامصدرا و درودزن، تحت شرایط هیدرولیکی مختلف ممکن است اتفاق بیفتد. سه سناریوی مختلف که احتمال وقوع آن می‌باشد، به شرح زیر می‌باشد:

- حالت اول فقط سد ملامصدرا بشکند.
- حالت دوم فقط سد درودزن بشکند.
- حالت سوم هر دو سد با هم بشکنند.

حالت سوم که از نظر مدیریتی نیز بسیار حائز اهمیت می‌باشد، شکست دو سد باهم است. البته شکست دو سد متوالی هم به خودی خود چند حالت می‌تواند داشته باشند. حالتی که در این تحقیق مدنظر قرار داده شده است، شکست سد ملامصدرا در اثر روگذری سیل و جاری شدن در دره پایین دست و شکست سد درودزن در نتیجه آن سیل می‌باشد. البته در این حالت هم چندین حالت دیگر را می‌توان کنترل کرد، از جمله آنکه سطح آب دریاچه سد درودزن در ترازهای مختلف باشد و یا آنکه پارامترهای شکست را متفاوت در نظر گرفت. تمامی این موارد بر روندیابی پایین دست سد تاثیر دارد. در این تحقیق مخزن دو سد پر فرض شده است.

از آنجایی که مقاطع ۱۲ کیلومتر اولیه در پایین دست سد موجود نمی‌باشد، این قسمت از بازه با استفاده از روش حل تقریبی معادلات موج سینماتیکی هیدروگراف سیل تخمین زده شد.

قسمت ابتدایی دره در پایین دست سد ملامصدرا تا انتهای تنگ براق دارای شیب بسیار تندی دارد. طول این بازه ۴۳۰۰ متر و اختلاف ارتفاعی معادل ۱۵۰ متر دارا می‌باشد. از میان روشهای تقریبی، معادلات سینماتیکی برگزیده شد چراکه فقط زمان تاخیر را لحاظ کرده و تغییری در دبی پیک اعمال نمی‌نماید. هیدروگراف ورودی همان هیدروگراف بدست آمده از شکست سد ملامصدرا بوسیله مدل BREACH می‌باشد. در این بازه کانال به صورت مستطیلی با عرض ۱۳۰ متر و طول ۱۲/۱۳۰ کیلومتر فرض شد. برای کل بازه یک شیب متوسط  $S=0/0276$  تخمین زده شد. ضریب زبری نیز با توجه به صخره ای بودن قسمت اعظم منطقه ۰/۰۴ در نظر گرفته شد. میانگین زمان تاخیر در زمانهای اولیه هیدروگراف تقریباً ۱ ساعت و کم کم این مقدار کاهش یافت. هیدروگراف بدست آمده از روندیابی سینماتیکی در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- هیدروگراف روندیابی شده توسط معادلات موج سینماتیکی

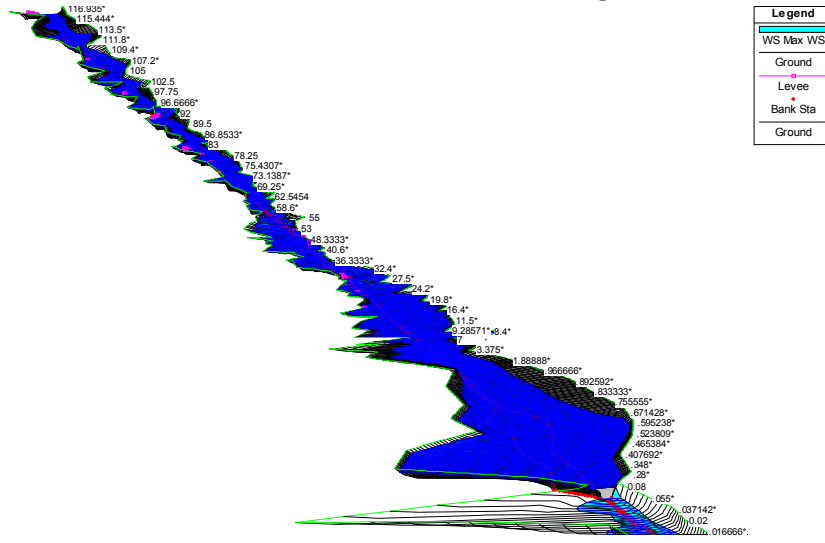
جهت روندیابی سیلاب (جریان غیرماندگار) به کمک مدل HEC-RAS 3.1.3 نیاز به تعریف شرایط مرزی بالادست و پایین دست می‌باشد. هیدروگراف بدست آمده از روش حل سینماتیکی، به عنوان شرایط مرزی بالادست در مدل HEC-RAS 3.1.3 محسوب می‌گردد. سپس هیدروگراف مذکور در بازه پایین دست به وسیله مدل HEC-RAS 3.1.3 روندیابی می‌شود.

سد درودزن در پایین دست سد ملامصدرا قرار دارد و به عنوان شرایط مرزی میانی محسوب می‌شود. سطح آب در دریاچه درودزن به عنوان شرط مرزی پایین دست برای بازه بالادست خود می‌باشد و به نحوی دارای تاثیر مستقیم بر پروفیل سطح آب در محدوده بالادست خود می‌باشد. به عبارت دیگر چون جریان آب در غالب نقاط رودخانه زیر بحرانی می‌باشد، پروفیل سطح آب در رودخانه متأثر از رقوم سطح آب در پایین دست می‌باشد، و بالا و پایین رفتن رقوم سطح آب تا محدوده بالادست سد از آن تاثیر می‌پذیرد. واضح است که از نظر کنترل سیلاب، بحرانی ترین حالت زمانی است که دریاچه پر باشد و رقوم سطح آب به حداکثر خود برسد. در این شرایط سطح آب در رودخانه نیز به تبع دریاچه بالا آمده و زمینهای بیشتری را زیر آب می‌برد. در این تحقیق دریاچه سد درودزن پر فرض شد.

شرایط مرزی پایین دست مدل، سطح آب در پایین دست سد درودزن می‌باشد که عمق نرمال در نظر گرفته شد. دبی زیاد جریان باعث می‌گردد که پایداری مدل به سختی بدست آید. وجود مقاطع زیاد در یک بازه طولانی و وجود سد به عنوان بازه میانی، از عوامل مهمی بودند که باعث دیر پایدار شدن مدل شدند. از مشکلات مدل HEC-RAS می‌توان به محدود بودن زمان انتخابی برای روندیابی و انتریولاسیون میانی مقاطع اشاره نمود. به

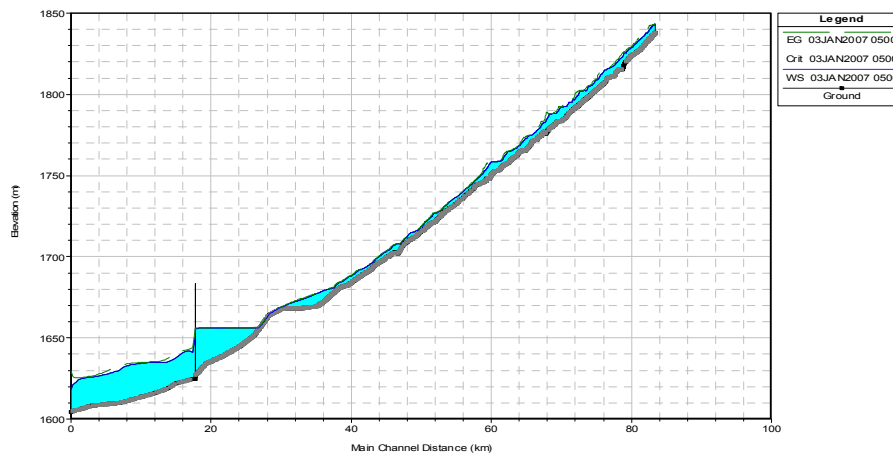


همین دلیل در مدل کردن رودخانه در یک بازه طولانی مشکلات زیادی از این قبیل موجود می‌باشد. شکل ۳ نمای ۳ بعدی از رودخانه کر که توسط نرم افزار *HEC-RAS* بدست آمده است، نشان می‌دهد.



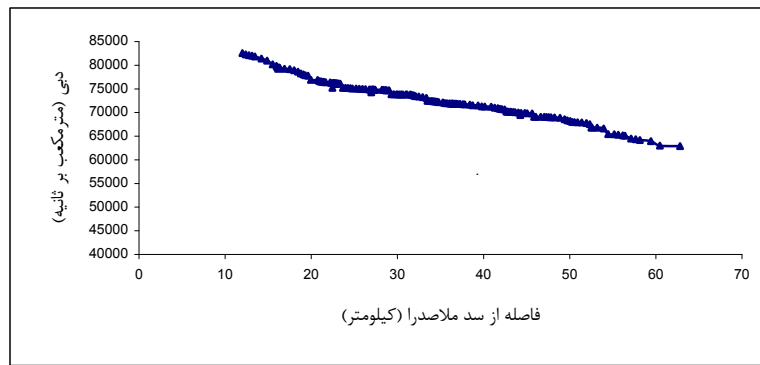
شکل ۳- نمای ۳ بعدی از رودخانه کر تهیه شده توسط نرم افزار *HEC-RAS 3.1.3*

همزمان با زمان آغاز شکست سد ملاصدرا (شروع گذر جریان از روی سد) جریان رودخانه پایین دست نیز کم کم افزایش یافته و از آنجایی که مخزن سد درودزن پر در نظر گرفته شده است، قبل از اینکه سد ملاصدرا بشکند، با اولین جریانی که از روی سد عبور می‌کند (آغاز شکست سد) شکست سد درودزن آغاز می‌گردد. شکل ۴ پروفیل سطح آب در بازه پایین دست سد ملاصدرا به ازاء هیدروگراف شکست سد ملاصدرا در زمان میانی شکست سد درودزن را نشان می‌دهد. بعد از روگذری از سد درودزن روندیابی سیل در پایین دست بستگی به پارامترهای شکست دارد. برای روندیابی سیلاب پایین دست سد درودزن، آنالیز حساسیت بر پارامترهای شکست آن سد باید انجام گیرد. از آنجایی که هدف این تحقیق روندیابی پایین دست سد درودزن نبوده، فقط تاثیر تغییر پارامترهای شکست بر بازه بالا دست سد بررسی شود.



شکل ۴- پروفیل سطح آب در بازه پایین دست سد ملاصدرا به ازاء هیدروگراف شکست سد ملاصدرا در زمان میانی شکست سد درودزن

در شکل ۵ تغییرات دبی نسبت به فاصله از سد ملاصدرا نشان داده شده است. میزان دبی در ابتدای مخزن سد درودزن ۶۲۹۱۵ مترمکعب بر ثانیه بوده و تقریباً می‌توان گفت که میزان افت دبی از ابتدای رودخانه کر تا محل مخزن تقریباً ۲۱۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه بوده است. سیل ناشی از شکست سد ملاصدرا در روز سوم در ساعت ۱۶:۰۰ به مخزن سد درودزن می‌رسد (فرض شده است که سیل در ساعت ۰۰:۰۰ روز اول آغاز شده است).



شکل ۵- تغییرات دبی نسبت به فاصله از سد ملاصدرا

جدول ۱، فاصله از سد ملاصدرا، ارتفاع روستاهای موردنظر، موقعیت قرار گیری روستاها در ساحل رودخانه، ارتفاع سطح آب، دبی کانال و عرض تاج هر مقطع را نشان می‌دهد. به کمک این جدول می‌توان روستاهایی را که پتانسیل غرق شدگی را دارند، مشخص نمود.

جدول ۱- مشخصات ماکزیمم جریان در هر روستا در پایین دست سد ملاصدرا

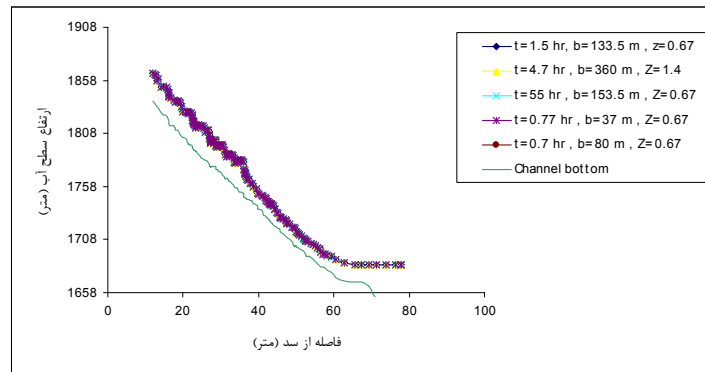
Place	Elevation (m)	Dist. From MSD (Km)	L or R bank	W.S. Elev (m)	Q Channel (m <sup>3</sup> /s)	Top Width (m)
<u>آب ماهی**</u>	<u>1840-1860</u>	14	<u>Left</u>	<u>1859.1</u>	<u>34682.6</u>	<u>842.96</u>
چمکنگری	1840-1863	19	Left	1838.2	20274.9	1178.55
سرانجیلی	1860	20.5	Right	1832.8	29766.7	490.66
<u>چم چنا**</u>	<u>1815-1824</u>	<u>25.5</u>	<u>Left</u>	<u>1815.9</u>	<u>12388.1</u>	<u>897.17</u>
<u>چم سپهرآبانی**</u>	<u>1783-1800</u>	<u>28.7</u>	<u>Right</u>	<u>1800.1</u>	<u>27848.2</u>	<u>407.23</u>
<u>چم ریز**</u>	<u>1787-1800</u>	<u>29.95</u>	<u>Left</u>	<u>1796.8</u>	<u>31972.3</u>	<u>836.65</u>
<u>سربست**</u>	<u>1780-1800</u>	<u>34.75</u>	<u>Left</u>	<u>1779.8</u>	<u>39334.1</u>	<u>556.5</u>
ده دامچه	1760-1780	39.75	left	1750.3	10912.0	1018.81
الله مرادخانی	1772-1843	41.75	Left	1747.1	11258.2	1266.11
<u>علی آباد علیا**</u>	<u>1725-1737</u>	<u>44.25</u>	<u>Right</u>	<u>1740.1</u>	<u>24137.1</u>	<u>1676.71</u>
علی آبادسغلی	1735-1745	45.85	Right	1732.2	6491.2	1298.41
<u>حاجی آباد**</u>	<u>1721-1740</u>	<u>46.75</u>	<u>Left</u>	<u>1728.0</u>	<u>22041.9</u>	<u>1526.38</u>
<u>منصور آباد**</u>	<u>1720-1725</u>	<u>48.25</u>	<u>Right</u>	<u>1722.2</u>	<u>9987.0</u>	<u>1285.36</u>
<u>خانیمن**</u>	<u>1717-1740</u>	<u>49.25</u>	<u>Left</u>	<u>1718.4</u>	<u>20577.9</u>	<u>1741.91</u>
<u>بکیان پایین**</u>	<u>1704-1708</u>	<u>51.25</u>	<u>Left</u>	<u>1706.8</u>	<u>11873.7</u>	<u>2725.66</u>
عباس آباد	1690-1695	53.25	Right	1702.0	10953.0	2362.07
ده کهنه	1702-1718	54.25	Left	1695.9	24405.3	1470.86
شمس آباد	1700-1719	55.25	Left	1694.1	38248.4	2508.3
حسین آباد	1702-1720	56.45	Left	1691.7	33468.8	2516.76
خرم مکان	1702-1721	56.5	Right	1689.2	12109.8	1704.68
چغا	1702-1722	58.05	Left	1686.1	10797.6	1551.37
قلعه نو	1702-1723	59.75	Left	1684.1	547.51	2688.2
انتهای مخزن		73.75		1684.1	1409.0	860.43
سد درودزن	1683.5					

\*\* روستاهایی که پررنگ شدند در معرض سیل گرفتگی هستند.



## تأثیر تغییر در پارامترهای شکست سد درودزن در حالت مخزن پر بر بازه بالادست

در این قسمت به بررسی تأثیر شکست سد درودزن به وسیله پارامترهای مختلف شکست بر بازه بالادست سد ملاصدرا پرداخته شده است. زمان شکست و عرض شکست و شیب شکست سد درودزن را با استفاده از مدل *BREACH* و سایر فرمولهای تجربی بدست آورده شد. سپس روندیابی سیلاب در بازه بالادست درودزن را در حالت‌های مختلف توسط مدل *HEC-RAS* شبیه سازی شد. بنابر نتایج بدست آمده، هرگاه سطح آب دریاچه درودزن پر باشد، کاهش سریع آب در مخزن در میزان ماکزیمم ارتفاع آب روستاهای بالادست تأثیر چشمگیری ندارد. در شکل ۶ برای هر حالت، سطح آب و فاصله از سد نشان داده شده است. با توجه به شکل‌های فوق، تفاوت قابل توجهی در ارتفاع سطح آب در بالادست موجود نمی‌باشد.



شکل ۶- نمودار فاصله از سد و ارتفاع سطح آب در حالت های مختلف پارامتر شکست

## نتیجه‌گیری

- ۱- میزان حداکثر دبی خروجی از شکست سد ملاصدرا با استفاده از معادله *BREACH* در اثر روگذری،  $83060/97$  مترمکعب بر ثانیه و زمان رسیدن به حداکثر دبی خروجی،  $59/54$  ساعت و زمان تشکیل شکاف،  $1/93$  ساعت می‌باشد.
- ۲- مدل *HE-RAS* در بازه ابتدایی (۱۲ کیلومتر اولیه) به خاطر شیب خیلی زیاد و نبود اطلاعات کافی کارا نبوده است.
- ۳- روندیابی هیدروگراف ناشی از شکست سد در رودخانه کر به وسیله مدل *HEC-RAS* صورت گرفت. ماکزیمم دبی سیلاب در ابتدای رودخانه کر  $83061$  متر مکعب بر ثانیه و در ۳ روز بعد از شروع سیلاب در ساعت  $11:35$  می‌باشد. تغییرات دبی نسبت به فاصله از سد ملاصدرا نشان داده شده است. میزان دبی در ابتدای مخزن سد درودزن  $62915$  مترمکعب بر ثانیه بوده و تقریباً می‌توان گفت که میزان افت دبی از ابتدای رودخانه کر تا محل مخزن تقریباً  $21000$  مترمکعب بر ثانیه بوده است. سیل ناشی از شکست سد ملاصدرا در روز سوم ساعت  $16:00$  به مخزن سد درودزن می‌رسد.
- ۴- با توجه به روندیابی سیلاب ناشی از شکست سد ملاصدرا، روستاهای آب ماهی، چم چنا، چم سهراب خانی، چم ریز، سربست، علی آباد، علیا، حاجی آباد، منصور آباد، خانیمین به زیر آب خواهد رفت و بیش از  $4400$  هکتار از اراضی دشت کامفیروز سمت چپ و راست رودخانه کر از بین خواهد رفت.
- ۵- سطح آب در بازه بالادست سد درودزن در صورت شکسته شدن سد درودزن تحت پارامترهای شکست متفاوت، تغییر نمی‌کند.

## مراجع

1. Wahl, Tony. L. (1998). Prediction of embankment dam breach parameters. *U.S. Department of the Interior bureau of Reclamation Dam Safty Office*.
2. Sing, P., Scarlatos. (1988). Analysis of gradual earth-dam failure. *ASCE, Journal of Hydraulic Eng.* Vol 114. NO.1.PP21-42
3. Fread, D. L. 1984b. A Breach Erosion Model for Earthen Dam. *National Water Service (NWS) Report*, NOAA, Silver Spring, MA.
4. HEC-RAS Hydraulic Reference Manual, Version 3.1 November 2002, available for download at [www.hec.usace.army.mil](http://www.hec.usace.army.mil).
- ۵- مهندسین مشاور حاسب فارس. (۱۳۷۹). مطالعات توجیهی طرح ساماندهی رودخانه کر در استان فارس. هیدرولوژی تکمیلی.
- ۶- مهندسین مشاور آبان پژوه. (۱۳۸۳). مطالعات مرحله دوم طرح سد مخزنی ملاصدرا، مشخصات فنی اجرای بدنه سد.
- ۷- مهندسین مشاور آبان پژوه. (۱۳۸۳). مطالعات مرحله دوم طرح سد مخزنی ملاصدرا، تشریح شرایط هیدرولیکی و سازه های سیستم تخلیه سیلاب در گزینه منتخب.
- ۸- مهندسان مشاور آب نیرو، مطالعات کنترل پایداری و علاج بخشی سد درودزن گزارش ارزیابی ایمنی و پایداری و بازرسی سد درودزن.