

مدلسازی وسعت های سیل سد شکن سد فروریختنی: مطالعه موردی

کاوه استاد علی عسکری - دانشجوی کارشناسی ارشد عمران - آب دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر
دکتر هوشنگ حسونی زاده - معاون مطالعات پایه و طرحهای جامع منابع آب سازمان آب و برق خوزستان

پست الکترونیک : kaveh_oaa2001@yahoo.com

چکیده

سدهای فروریختنی نوعاً شامل ماده مستحکم نشده و جدا شونده به صورت ضعیف می باشند و نسبت به شکستگی و عیب سریع آسیب پذیر هستند که منجر به ریسک و خطر بروز ناگهانی و مهم سیل می شود. بنابراین آنها یک خطر طبیعی جدی را به وجود می آورند و سنجش سریع سرعت احتمالی اوج جریان سیل لازم است تا آماده کردن راهکارهای کاهش کافی خطر سیل را امکان پذیر نماید. برای تعیین استفاده نسبی و دقت پیش بینی های سیل سد شکن، تخمین های میدانی سرعت های جریان پیک به خارج در اثر عیب سد فرو ریختنی Poerua در اکتبر ۱۹۹۹ با تخمین ها از مدلسازی آزمایشگاه فیزیکی و روشهای تجربی و مدلسازی کامپیوتری، مقایسه شده اند. توافق منطقی در میان تخمین های میدانی، مدلسازی آزمایشگاهی و مدلسازی کامپیوتری وجود داشت. بعضی از تخمین های تجربی کمتر مطمئن بودند. تخمین های مطمئن از نظر منطقی جریان پیک به خارج را می توان از کارها و امور روزمره مدل کامپیوتری بدست آورد که به حد کافی سریع است تا در یک موقعیت مدیریت اورژانسی و اضطراری استفاده شود. مدلسازی آزمایشگاهی، اثر شیب های ضربه گیر سد و شیب بستر سد بر پیک جریان به خارج از سد را نشان می داد. این اطلاعات را می توان برای اصلاح تخمین های عددی جریان پیک به خارج از سد استفاده کرد.

کلمات کلیدی: عیب سد، سیل ها، گزارشات موردی، فرو ریختنی ها

مقدمه: سد فروریختنی Mt ۱۹۹۹

موقعی که یک سازه فروریختنی بزرگ به داخل یک رودخانه کوهستانی فرو می ریزد و یک سد فرو ریختنی تشکیل می دهد، یک نیاز فوری برای تخمین اوج جریان سیل وجود دارد که اگر آن سد بشکند حاصل خواهد شد (همانگونه که معمولاً این مسئله وجود دارد) یعنی به دنبال سرریز جریان از رودخانه اگرچه سدهای فروریختنی ممکن است برای مدتها با دامنه ای از دقایق تا هزاران سال باقی بمانند اما اکثر مثال ها و نمونه های تاریخی مشاهده شده به سرعت نابود شده اند.

در اکتبر ۱۹۹۹ حدود $10^7 m^3$ ذرات سنگ، در فاصله ۱۸۰۰ متر از سد Mt. Adams به داخل گذرگاه تنگ رودخانه Poerua در وستلند جزیره جنوبی نیوزیلند ریختند. یک سد با حدود ۱۰۰ متر ارتفاع، ۱۱ کیلومتر خلاف جهت جریان پل جاده ای SH6 تشکیل شد و بعد از ۵ سال نابود شد و از بین رفت. از روش تجربی Costa و Schuster میزان جریان پیک و اوج به مقدار حدود $3000 m^3 s^{-1}$ پیش بینی شد و به مقامات محلی متعاقب آن اطلاع داده شد. بهرحال در آن زمان تشخیص داده شد که بی دقتی زیادی در این تخمین وجود دارد. بطور اخص در

رابطه با اثر شکستن جزیی مورد انتظار سد در میزان جریان سد ریزپیک.

از اینرو، یک مدل آزمایشگاه فیزیکی بوجود آمد تا اثر هندسه سد، شیب دره و شکستن جزیی سد با میزان پیک سرریز بوجود آید و دامنه ای از مدل های عددی، شکسته شدن سد فروریختنی را شبیه سازی نمود. این مقاله، این مطالعات را گزارش می کند و نتیجه گیری هایی در مورد مناسب ترین روشها برای تخمین سریع جریان پیک سد ریز از یک سد فروریختنی شکسته شده، ارائه می دهد.

در Poerua و موقعیت های مدلسازی شده، حجم رودخانه از همان وسعت و صلابت حجم سد برخوردار است یعنی به علت دره شیب دار باریک که در آن سد تشکیل شده است. بنابراین تخلیه آب سد تا زمانی که شکستگی سد توسعه می یابد ادامه پیدا می کند، بطوریکه جریان پیک خروجی قبل از شکستن سد رخ می دهد و بطور کامل گسترش یافته است: رشد شکستگی سد در خلال جریان رو به کاهش ادامه می یابد چون بقایای تخلیه رودخانه وجود دارد. در مقایسه جایی که حجم سد نسبت به حجم رودخانه کوچک است، پیک جریان خروجی تقریباً در همان زمانی صورت می گیرد که توسعه شکستگی کامل است. کار فعلی فقط برای موقعیت قبلی، قابل کاربرد است.

سد فروریختنی گذرگاه تنگ Poerua

ذرات سنگ که سد فرو ریختنی Mt adams در سال ۱۹۹۹ را با پائین ترین نقطه خط الراس اش در حدود ۸۵ متر بالای بستر رودخانه اصلی تشکیل داد وجود دارد. یک دریاچه با حدود $10^6 \text{ m}^3 \times 5 - 7$ در پشت سد تشکیل می گردید که حدود ۳۶ ساعت بعد سرریز می کرد. سد در این زمان خراب نشد. سد فروریختنی شامل ماده اردوال یا شیت متورق ریز بود که تا حدی توسط یک روکش سطح با بلوک های درشت تر پوشیده بود. این ساختار یا سازه یک ویژگی مشترک بهمن های سنگ بزرگ (و سدهای فروریختنی) در همه سنگ هاست که از خرد شدن شدید در خلال ایجاد مواضع حاصل می شود. قبل از سد ریز سد، هیچگونه تراوشی وجود نداشت یعنی از قسمت پشت سد که نشان می دهد که سطح ابزار چاهی، به سرعت از میان سد عبور نکرده است.

حدود ۵ روز بعد از سرریز اولیه سد، سد در خلال بارندگی سنگین فرو ریخت. آسیب کمی به وسیله سیل در اثر شکستن سد بوجود آمد اما بعضی از سواحل رودخانه،

بطور شدیدی فرسوده شدند. در زمانی که اوج میزان جریان در پل شاهراه State وجود داشت، حدود ۵ کیلومتر جریان از خروجی گذرگاه تنگ وجود داشت که حدود $500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ تخمین زده شد (Hancox Etal. 2005) و در خروجی گذرگاه تنگ حدود $1000 - 1500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ بعداً Davies (2002) پیشنهاد کرد که جریان خروجی پیک در خود سد می توانسته به میزان $2000 - 3000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ بوده باشد.

مدل آزمایشگاه فیزیکی دستگاه

مدل آزمایشگاهی برای اندازه گیری بر اثر هیدروگراف جریان خروجی تغییرات در شیب های سد موافق و مخالف جریان و پیشرفت جزیی شکستگی طراحی شد. ابعاد آن، براساس تقریب های موقعیت Poerua بودند، بنابراین نتایج با مقداری محدودیت ها می تواند برای نشان دادن عیب سرریز سد Poerua استفاده شود. (هیدروگراف = منحنی آبگذری بر حسب زمان). این مدل با شباهت عدد Froude طراحی شد چون جریان آب سطح آزاد پدیده به حرکت درآورنده بود و اینرسی و نیروهای جاذبه بر فرایندهای شکستن سد قالب بود. مقیاس خطی 1:130 بود بنابراین سد آزمایشگاهی 0.65m ارتفاع داشت و مقیاس تخلیه نزدیک به 1:200000 بود. توپوگرافی (مکان نگاری) مفصل گذرگاه تنگ Poerua مدلسازی نشدند اما آزمایشات از یک دره V شکل با 40° درجه شیب جانبی استفاده کردند که نوعی موقعیت نخستین نمونه بود.

یک میزان جریان به داخل به مقدار $3 \frac{1}{5}$ در مدل برای پر کردن و سرریز سد استفاده شد که متناسب $570 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ جریان به داخل در نخستین نمونه بود. این مقدار تقریباً معادل و مساوی با سیل ۱ تا ۲ ساله در قسمت گذرگاه تنگ روخانه Poerua می باشد. (Mckerchar and Pearson.1989)

ماده سد مدل

ماده سد مدل، مخلوطی از ماسه و شن ریز زاویه ای درجه بندی شده بطور گسترده با شن سیلیکای ریز اضافی بود که غیر چسبنده اما به حد کافی نفوذ ناپذیر بود که هیچگونه تراوشی به قسمت سد قبل از سرریز آن نمی رسید مثل در سد Poerua در یک مدل قانون Froude مقیاس های چسبندگی و پیوستگی مساوی با مقیاس مدل خطی می باشد. چسبندگی ماده نخستین

و عمق پارگی و شکست سد را محدود می‌کرد مثل در نخستین نمونه.

نتایج

شیب‌های سد که خیلی خوب به مورد Poerua مربوط هستند خطوط پر جریان مخالف 10° و 25° در جریان موافق هستند. حداکثر جریان خروجی برای این هندسه سد و شیب بستر 5° درجه، $0.013\text{m}^3\text{s}^{-1}$ بود که $0.003\text{m}^3\text{s}^{-1}$ از آن مقدار داده ثابت بود بنابراین جریان خروجی به علت شکستن خود سد، $0.010\text{m}^3\text{s}^{-1}$ بود. جریان خروجی شکستن سد نخستین نمونه مربوطه $1.927\text{m}^3\text{s}^{-1}$ بود یا به یک درجه واقعی دقت حدود $2000\text{m}^3\text{s}^{-1}$. این به همان میزان سرعت جریان پیک و اوج استنباط شده در قسمت پائین تر گذرگاه تنگ Poerua می‌باشد. چون حجم سد میزانهای جریان خروجی پیک با یک شیب بستر دره به میزان 5° حدود 20-30% درصد کمتر از مقادیر با یک شیب بستر دره به میزان 3.5° بودند که به شیب‌های صفر به گیر سد بستگی دارد. تشخیص حس اثرات تغییر دادن سد و شیب‌های دره را می‌توان برای ایجاد تخمین‌های تجربی تخلیه پیک برای موارد اضطراری سد فروریختنی آینده‌ها استفاده کرد.

مدلسازی عددی

خلاصه‌ای از تکنیک‌های عددی

تعدادی از تکنیک‌های عددی برای پیش‌بینی جریان خروجی پیک سیل در اثر شکستن سد، زمان برای پیک و ابعاد شکستگی نهایی ایجاد شده‌اند. اساسی‌ترین اینها معادلات رگرسیون تجربی هستند که به متغیرهایی مثل ارتفاع سد به جریان خروجی پیک مربوط می‌شود. آنالیز ویژگی تشخیص می‌دهد که هندسه و اندازه شکستگی و همچنین دریاچه یک نقش مهم در شکستگی سد بازی می‌کنند و اینکه شکستگی‌ها نوعاً ذوزنقه‌ای هستند و دو تا چهار برابر وسیع‌تر از عمق آنها می‌باشد. این روابط به معادلات تجربی تبدیل شده‌اند. Walder و O'connor از آنالیز ابعادی برای ارزیابی اثرات نسبی سرعت رشد شکستگی حجم دریاچه و بلندی پیمایی و تخلیه پیک استفاده کردند. آنها اثرات فرود آب را نادیده گرفتند و فرض را بر این گذاشتند که مکانیزم‌های فیزیکی اساسی مثل برای حوادث سیل سد شکن می‌باشند. مدل‌های پارامتری، هیدروگراف‌های تخلیه را با فرض یک اندازه شکستگی، هندسه، زمان رشد و محاسبه کردن جریانهای

نمونه به میزان 20 kpa می‌باشد بنابراین چسبندگی مورد نیاز مدل به میزان 0.15 kpa بطور کافی به وسیله رسوب چسبندگی نشان داده شد. فرایند عیب و نقص مدلسازی شده، فرایند و سازش و سرریز پهنه سد و جریان موافق ناشی از جریان سرریز بود. عیوب جرم، گاه به گاه سد جریان موافق قبل از سرریز بعدی رخ داد. اینها هیچگونه تفاوت قابل‌یافتی را برای هیدروگراف جریان خروجی نیافتند و بنابراین اینطور در نظر گرفته نشدند که روی نتایج اثر بگذارد.

روش‌ها و دستورالعمل‌ها

میزان‌های فوری جریان خروجی مدل از سوابق سطح آب در دریاچه محاسبه می‌شدند البته با داشتن شکل طرح آن در همه ارتفاعات هیچگونه تلاشی برای ثبت میزان فرسایش رسوبات از سد صورت نگرفت.

دو سری تست اجرا شد، در شیب‌های سد به میزان 5° نسبت به افق (که تنگه باریک Poerua را نشان می‌دهد) و 3.5° برای سطح افقی (که ریزابه callery رودخانه waiho را نشان دهد که یک مکان و سایت سد فرو ریختنی احتمالی دیگر در مناطق دوردست جنوب است) ارتفاع سد در 0.65 m ثابت بود در حالیکه شیب‌های سد موافق و مخالف جریان به ترتیب بین 10° و 25° درجه فرق می‌کرد و بین 17.5° و 25° . این متغیرها انتخاب شدند چون می‌توانند سریعاً در میدان تخمین زده شوند و چون محتمل بنظر می‌رسد که روی هیدروگراف جریان خروجی با تأثیرگذاری روی نسبت حجم مخزن نسبت به حجم سد اثر می‌گذارد. هر تست تکی تکرار شد تا درجه و میزان تغییرپذیری ذاتی در هیدروگراف‌های جریان خروجی را نشان دهد.

تست‌های اضافی، اثر هیدروگراف جریان خروجی برای محدود کردن عمق شکستن سد را می‌سنجید چون در Poerua عمق شکست و خرابی خیلی کمتر از کل ارتفاع سد بود و کار مدل‌سازی عددی نشان داده بود که عمق شکست و پارگی یک پارامتر مهم و معنی‌دار می‌باشد. سطح پایه فرسایش سد به وسیله نصب یک سد ثانوی به ارتفاع 0.3 m حدود ۱ متر در جریان موافق قسمت پائین سد اصلی افزایش یافت. این کار عمق پارگی و شکست را بطور کامل کاهش داد. بهرحال پارگی و شکستگی سد در هر حالت هرگز عمق کامل نبود. رسوب رسوبات فوراً در جریان موافق سد همچنین سطح پایه فرسایش شکست و پارگی را افزایش می‌داد

پیش بینی جریانهای پیک

تعدادی از این تکنیک ها تحت عنوان صفحات گسترده میکروسافت اکسل مکانیزه شدند و برای اطلاعات و داده های Poerua بکار رفتند. روشهای تجربی میزان جریان های خروجی در اثر عیب جزئی (۴۰ متر عمق شکستگی) را پیش بینی می کنند که دامنه ای از 1461 تا $3959 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ و برای یک عمق کامل (۸۰ متر) میزان شکستگی از 1833 تا $13135 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ داشتند. دامنه اکثر مقادیر بین 1400 و $2200 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ برای شکستگی جزئی و بین 1800 و $3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ برای شکستگی با عمق کامل می باشد. آنالیز ویژگی شکستگی یک تخلیه پیک به میزان $4128 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ و یک زمان رشد و توسعه شکستگی به میزان $0/39$ ساعت برای یک عیب جزئی داشت. تجزیه و تحلیل عیب جزئی سد که $4 \times 10^6 \text{ m}^3$ آب آزاد می کند، تخلیه های پیک به میزان $3940 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (زمان عیب ۳۰ دقیقه).

$2050 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (۶۰ دقیقه)، $1400 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (۹۰ دقیقه)، و $1070 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (۱۲۰ دقیقه) می داد.

آنالیزهای پارامتری همچنین انجام شد البته با فرض یک سطح مقطع شکستگی دوزنقه ای با شکستگی در بالای پهنای $2/6$ برابر عمق شکستگی و یک سرعت رشد شکستگی خطی، مقادیر تخلیه پیک نسبت به تغییر اساسی نسبت عرض شکستگی عمق حساس نبودند اما تخلیه زمان به پیک تا حد متوسطی حساس بود. یک شکستگی جزئی سطح به عمق 40 متر شامل آزاد شدن $4 \times 10^6 \text{ m}^3$ آب بود. جریانهای خروجی پیک عبارت بودند از: $3450 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (با زمان رشد شکستگی به میزان ۳۰ دقیقه) $1840 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (۶۰ دقیقه) و $1270 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (۹۰ دقیقه).

خروجی فوری از میان شکستگی در حال تکامل با استفاده از معادلات جریان سرریز هیدرولیک استاندارد، اقتباس کردند. بعضی از مدل های مسیر جریان هیدرولیک تجاری شامل مدول های شکننده سد هستند اما اینها اغلب از روشهای پارامتری نسبتاً ساده، مخصوص یا تجربی استفاده می کنند.

مدل های فیزیکی، فرسایش آب فرار کننده را به رشد شکستگی مربوط می داند. میزان فرسایش شکستگی به وسیله معادله انتقال رسوب به تخلیه مربوط می باشد. بزرگ شدن شکستگی، جریان به خارج و میزان فرسایش را در یک مدار بازخورد مثبت افزایش می دهد که به وسیله فرو افتادن در جلوی مخزن ایجاد شده است. مدل فیزیکی مورد استفاده در این مطالعه Boss BREACH است که یک ورژن تجاری مدل BREACH می باشد. این مدل جریان خروجی شکستگی را به ظرفیت انتقال رسوبات جریان یکنواخت ناپایدار در امتداد کانال فرسایش مرتبط می داند که از میان سد بریده می شود یعنی با استفاده از رابطه انتقال رسوب Meyer – Peter – Muller که به وسیله Smart برای کانال های شیب دار اصلاح شده است. رشد کانال شکستگی به ابعاد سد و اندازه دانه ها، طبقه بندی، تراکم، زاویه اصطکاک و مقاومت چسبندگی ماده سد بستگی دارد و به صورت تکراری محاسبه می گردد. این مدل نسبت به زاویه اصطکاک داخلی و مقاومت چسبندگی مواد سد بسیار حساس است. پیش بینی های مدل نزدیک به مشاهدات عیوب لوله کشی و شکستگی سد و سرریز آب سد طبیعی Mantaro در پرو می باشد.