

چکیده:

سد سفیدرود جزو سازه‌های معدود و مهمی در منطقه گیلان بوده است که علیرغم نزدیکی به محل وقوع زلزله مخرب ۳۱ خرداد ماه ۱۳۶۹ منجیل منهدم نگردید لیکن خسارات و صدمات جدی به آن وارد شد و اگر به موقع ترمیم و بازسازی نمی‌گردید امکان بهره‌برداری بیشتر از این سد در آینده وجود نداشت. به همین مناسبت در این مقاله سعی گردیده است که ابتدا به وضع موجود این سد بزرگ پرداخته شود و سپس به سیستم مناسب و روشهای اجرا شده و همچنین به مصالح و مواد مناسبی که جهت این ترمیم به کار رفته است اشاره گردد.

مقدمه:

زلزله منجیل با مقدار متوسط بزرگی ۷/۵ ریشتر و با شدت زلزله ۱۰ درجه مرکالی گزارش گردید. مرکز وقوع زلزله در ۱۰ کیلومتری سد سفیدرود بوده و عمق کانونی آن حدود ۱۰ کیلومتر برآورد شده است. در اثر وقوع این زلزله گسلی به طول نزدیک به ۸۰ کیلومتر مشاهده شد که به سد سفیدرود خسارات و صدماتی نیز وارد کرد. جهت ترمیم این سد اقداماتی انجام گرفت که مشروح آن در ادامه گزارش ذکر شده است.

وضع موجود سد سفیدرود پس از وقوع زلزله:

سد سفیدرود که از نوع بتنی غیرمسلح پشت بنددار (غیر پایه‌دار) میباشد در طی سالهای ۱۳۳۷ الی ۱۳۴۱ بر روی رودخانه‌ای به همین نام ساخته شد. ارتفاع سد ۱۰۶ متر و طول تاج آن ۴۲۵ متر و شامل هفت بلوک وزنی و ۲۳ بلوک پایه‌دار می‌باشد و هر یک از بلوک‌ها ۱۴ متر طول دارند. این سد بر پی از جنس آندزیت و بازالت قرار گرفته است. حجم اولیه مخزن یک میلیارد و هشتصد میلیون متر مکعب بوده و بدلیل رسوب‌گذاری شدید علیرغم رسوب‌زدایی از طریق عملیات شاس (خالی کردن مخزن سد توسط انتقال رسوب بوسیله جریان شدید آب از طریق باز کردن دریچه‌های عمقی تحتانی به پایین دست) به حجمی بالغ بر یک میلیارد متر مکعب تقلیل یافته است سد فوق برای شتاب $g \ 0.25$ به صورت شبه استاتیکی طرح گردیده بود و به جز موضوع رسوب‌گذاری که اشاره گردید مشکل خاصی نداشته است.

قابل ذکر است که بیشینه شتاب افقی استخراج شده از شتاب نگاشت ناحیه آب بر نزدیک منجیل واقع بر ۱۰ کیلومتری انتهای گسل ایجاد شده بر اثر زلزله حدود $g \ 0.65$ گزارش گردید. لرزش شدید ناشی از زلزله سبب ایجاد ترکهای زیادی در نزدیکی تغییر شیب پایاب سد، در بسیاری از درزهای اجرایی بتن در قسمتهای فوقانی پایه‌ها گردید.

به نظر می‌رسد شروع گسیختگی توسط کشش فوق‌العاده اتفاق افتاده است اما شواهدی از گسیختگی برشی نیز در بعضی از نقاط پایه‌ها مشاهده شد که باعث حرکت‌های افقی بطرف پایین دست و بازماندن عرض ترک بخاطر جابجایی دانه‌های خرد شده داخل سطح گسیختگی شده است. ترکهای اصلی از نوع برشی بوده و در پایه‌های میانی حدود ۱۴ تا ۱۸ متر زیر تاج سد در محل تغییر شیب در پایین دست سد قابل رویت است. این ترک ترکیبی از دو ترک افقی با ترازهای مختلف است که با یک ترک مورب به یکدیگر مرتبط میگردد. در بعضی از پایه‌ها علاوه بر چنین ترک‌های سراسری اصلی، یک گوه نیز ایجاد شده است که با اندازه چند میلی‌متر از محل خود بر اثر بار فشاری متناوب جابجا گردیده است. خلاصه اینکه ترکهای ایجاد شده در درزهای اجرایی فوقانی سد بیشتر تحت تاثیر مولفه «L» زلزله (در جهت رودخانه) بوده و این مولفه نقش اصلی را بعهده داشته است.

برای درک بهتر رفتار سد سفیدرود در اثر زلزله منجیل و برای فراهم آوردن مبنایی منطقی برای طراحی کارهای تعمیراتی توسط مهندسین مشاور مهتاب قدس و همکاران خارجی آنان (مشارکت اشتوکی- الکترووات) آنالیز دینامیکی ارائه گردید که با توجه به پدیده‌های مشاهده شده در سد در اثر زلزله و نیز با عنایت به تعمیرات انجام شده که با رفتار واقعی آن هماهنگ بوده و تعمیرات انجام شده برای جلوگیری از شکست فاجعه بار سد در صورت وقوع زلزله حداکثر باور کردنی محتمل آینده، کافی تشخیص داده شد. با توجه به بررسی مقدماتی انجام شده و بدلیل اضطرار تامین آب آبیاری دشت گیلان در سال آتی با توصیه مهندس مشاور و همکار خارجی آن قراردادی در ۲۱ شهریور ۱۳۶۹ با کنسرسیوم رودیو سیمانتاسیون اسپانیا و مهندس رودیو ایتالیا به نام کنسرسیوم رودیو سفیدرود با موضوع تامین آب‌بندی و یکپارچگی سازه‌ای سد با تزریق رزین اپوکسی و تقویت سد در برابر زلزله‌های احتمالی بعدی با اجرای مهارهای پس تنیده در مدت ۸/۵ ماه به مبلغ اولیه شامل ۱۵/۶ میلیون دلار و ۴۲۲ میلیون ریال منعقد گردید.

سیستم مناسب ترمیم و روشهای اجرا شده:

در اولین مرحله پس از حدوث زمین لرزه ترک‌های سد توسط مشاهده و تراوش آب در پایاب سد مشخص و نقشه‌برداری گردید. با تجهیز کارگاه و آغاز عملیات ترمیم از پیمانکار خواسته شد که با حفاری و آزمایش آب مبادرت به ایجاد یک سونداژ روی هر بلوک سد نماید تا تعداد و میزان باز شدگی ترکها را برحسب میزان تراوایی آنها مشخص نماید. زاویه و محل سونداژ شناسایی در مرکز ثقل سر پایه و بفاصله مساوی از رویه سر آب و سطوح پایاب انتخاب گردید. با آزمایش آب و مشاهده تراوش آب از رویه سر آب و سطوح پایاب، وجود ترک و تراز آب مشخص گردید. نتایج سونداژهای شناسایی و آزمایش آب در بلوکهای ۵ تا ۳۰ به تعداد ۱۶ ترک بزرگ با آبخوری بیش از ۲۰ لیتر در دقیقه و تعداد ۲۳ ترک متوسط با آبخوری بین ۲۰ تا ۵ لیتر در دقیقه را نشان داد. البته تعداد