



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

ارزیابی ایمنی لرزه‌ای برای سدهای وزنی بتنی

چکیده

در این مقاله، طراحی آرماتور لرزه‌ای و ارزیابی ایمنی لرزه‌ای (ایمنی در مقابل زلزله) برای سد وزنی بتنی غلطکی¹ (RCC) جینان کیائو شرح داده می‌شود. نتایج نشان می‌دهند که تعیین مقدار آرماتور با تنش ارتجاعی در نقاط مهم سد مناسب نیست. برای طراحی آرماتور فولادی، ترک نباید به پرده تزریق (لایه سیمانی تزریق شده‌ای که در زیر پی سد مانع تراوش می‌شود) در پاشنه سد آسیب رساند و ترک‌هایی که در کنج‌ها هستند، نباید هیچ اثری بر پایداری سد گذارند. تنش در نزدیکی محل تمرکز تنش، برای تعیین مقدار اولیه آرماتور انتخاب می‌شود و آرماتور نهایی به وسیله نتایج تحلیل المان محدود غیرخطی سد تعیین می‌شود. مدل المان محدود غیرخطی جداگانه‌ای برای بتن مسلح استفاده می‌شود تا پاسخ سد در مقابل بارگذاری زلزله تحلیل شود. نرخ کرنش، متغیر آسیب و کاهش سختی در مدل آسیب الاستیک-پلاستیک بتن لحاظ می‌شوند. در این تحلیل، رابطه ساختاری الاستیک-پلاستیک ایده آل اتخاذ می‌شود. با هدف قراردادن موده‌های لغزشی محتمل برای بخش نیروگاه سد و آسیب سد پس از درنظرگیری پاسخ غیرخطی آن در مقابل زلزله، ارزیابی‌هایی که برای پایداری سد در مقابل زلزله انجام شدند، مورد تحلیل قرار می‌گیرند. نتایج نشان می‌دهند که پایداری لرزه‌ای بخش نیروگاه سد وزنی جینان کیائو، الزامات آئین‌نامه چین را برآورده می‌کند. آرایش آرماتورها، مبنایی برای موسسه طراحی فراهم می‌کند تا نقشه نهایی آرماتورها را تعیین کند.

کلیدواژه‌ها: سد وزنی، آسیب بتن، آرماتور لرزه‌ای، پاشنه سد

1. مقدمه

برای طراحی آرماتور لرزه‌ای و ارزیابی ایمنی لرزه‌ای سد وزنی بتنی، روش مرسوم طیف پاسخ ارتجاعی خطی نمی‌تواند الزامات طراحی مهندسی را برآورده کند. با گذشت زمان، کارشناسان و پژوهشگران بیشتری به این امر پی خواهند برد که شیوه‌های FEM برای تحلیل رفتار سدها در طی زلزله‌های شدید الزامی هستند. روش ارتجاعی

¹ roller compacted concrete

خطی بدلیل رفتار پلاستیک بتن نمی‌تواند جذب انرژی زلزله را منعکس کند چرا که تنش ارتجاعی ممکن است بیشتر از شرایط واقعی باشد. کل آرماتورهایی که براساس بارگذاری استاتیکی و نتایج تحلیلی طیف پاسخ دینامیکی آئین‌نامه بدست می‌آیند، نه تنها قابل استفاده نیستند، بلکه غیرضروری نیز هستند.

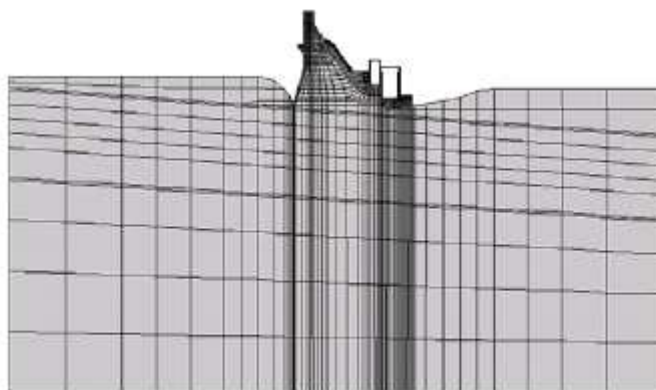
پس از اینکه زلزله طرح به این سد آسیب رساند، هم چنان به خوبی کار می‌کند. این امر برای آن که ثابت کنیم طراحی آرماتور لرزه‌ای سد وزنی براساس این روش امکان‌پذیر است، کافی است. براساس معیارهای لرزه‌ای سدهای وزنی، زمانی که زلزله‌ای نادر به سد آسیب وارد می‌کند، ترک سد تا زمانی قابل قبول است که ظرفیت باربری موردنیاز را تأمین کند و این بدین معناست که هیچ خرابی در سد رخ نمی‌دهد. اکنون، مسئله این است که توضیح روشنی برای طراحی آرماتور لرزه‌ای سد وزنی نه در آئین طراحی لرزه‌ای سازه‌های هیدرولیکی (DL5073-2000) (CIRWH 2000) و نه در آئین‌نامه طراحی سازه‌های بتنی هیدرولیکی (SL/T 191-96) (NHCE 1997) در چین وجود ندارد. در آئین‌نامه طراحی لرزه‌ای سازه‌های هیدرولیکی، تنها توضیح کلی وجود دارد که بیان می‌کند طراحی لرزه‌ای باید مقاومت بتن یا بتن مسلح نزدیک به رأس (تاج) سد را بدون هیچ رابطه برای آرماتور لرزه‌ای ویژه بالا برد. در آئین‌نامه طراحی سازه‌های بتنی هیدرولیکی، به این اشاره شده است که روش تقویت برای سد بتنی مناسب نیست.

طراحی آرماتور لرزه‌ای و ارزیابی ایمنی لرزه‌ای برای سد وزنی بتنی غلطکی جینان کیائو در این مقاله تشریح می‌شود. این سد وزنی RCC دارای ارتفاعی 160 متر است و در نواحی میانی «جینشی جیانگ» در استان یونان کشور چین واقع شده است. روش المان محدوده تاریخیچه زمانی غیرخطی برای بتن مسلح بکار می‌رود تا پاسخ سد در مقابل زلزله تحلیل شود. نرخ کرنش، متغیر آسیب و کاهش سختی در مدل آسیب الاستیک-پلاستیک بتن لحاظ می‌شوند. در این تحلیل، رابطه ساختاری الاستیک-پلاستیک ایده آل اتخاذ می‌شود. برای طراحی آرماتور فولادی، نباید ترک آسیبی به پرده تزریق در پاشنه سد وارد کند و ترک‌های کنج نباید اثری بر پایداری سد گذارند. مقدار نهایی آرماتور به وسیله نتایج پاسخ غیرخطی لرزه‌ای سد تعیین می‌شود. آرایش آرماتورها، مبنایی برای موسسه طراحی فراهم می‌کند تا آرایش نهایی آرماتور را مشخص نماید. با هدف قراردادن موده‌های لغزشی محتمل برای بخش نیروگاه سد و آسیب سد پس از درنظرگیری پاسخ غیرخطی آن در مقابل زلزله، ارزیابی‌هایی که برای پایداری سد در مقابل زلزله انجام شدند، مورد تحلیل قرار می‌گیرند.

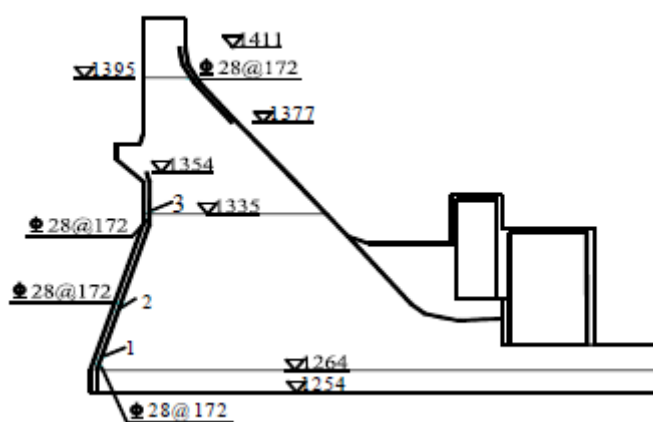
2. برآورد پروژه

نوع سد بتنی در حال ساخت ایستگاه هیدروالکتریکی جینان کیائو، سد وزنی بتنی غلطکی با طول تاج 640 متر است. پائین ترین تراز ارتفاعی پی سد 1264 متر و تراز ارتفاعی بالای آن 1424 متر است. حداکثر ارتفاع سد 160 متر است. این پروژه در کمربند چین حاشیه سکوی لیجیانگ در دیواره غربی سکوی یانگاتزه واقع شده است که ناحیه فعالیت شدید شمال شرق استان یونان و جنوب شرقی فلات کوئین گای-تیبستان است. براساس نتیجه ارزیابی ایمنی لرزه‌ای که موسسه زمین‌شناسی مدیریت زلزله چین انجام گردید، شدت پایه زلزله در محل سد VIII، شدت تقویت IX و حداکثر شتاب در سنگ بستر 0.399g است.

بخش نیروگاه سد به منظور بررسی در این مقاله استفاده شد. طول اتصالات عرضی 35 متر است. سنگ بستر سد بیشتر از نوع بازالت و سایر قسمت‌های آن، سنگ شکسته بلوکی، توده سنگ کلرپته شده و رگه‌های نازک ضعیف t1a و t1b از جنس توف هستند. مصالح سد عمدتاً بتن غلطکی است (C9020). بتن معمولی (C9025) کمی در سطوح بالادست و پائین دست و پی سد استفاده شده است. به منظور محاسبه تنش جذبی، مدل سه بعدی انتخاب شده است. عمق پی سد 480 متر است که سه برابر ارتفاع سد است. قیدهای اطراف پی همگی قیدهای عادی هستند و پی آن همانند یک شالوده بدون جرم در نظر گرفته شده است. بدنه سد و شالوده آن بوسیله المان‌های شش‌وجهی 8 گرهی تقسیم شده‌اند. تعداد کل گره‌های بخش نیروگاه سد 32614 و تعداد المان‌ها 27092 است. مدل المان محدود بدنه و شالوده سد در شکل 1 مشاهده می‌شود. مقطع تیپ (نمونه) سد در شکل 2 مشاهده می‌شود. بارهایی که در محاسبه در نظر گرفته شده‌اند، شامل وزن، فشار هیدرواستاتیک، فشار ناشی از رسوب، فشار بالارونده، فشار موج و اثر زلزله است. فشار هیدرودینامیکی بوسیله روش وسترگارد تعیین شده است که جرم اضافی در رویه سد بالادست را در محاسبات منظور می‌کند.



شکل 1. مدل المان محدود بخش نیروگاه سد



شکل 2. مقطع تیپ سد

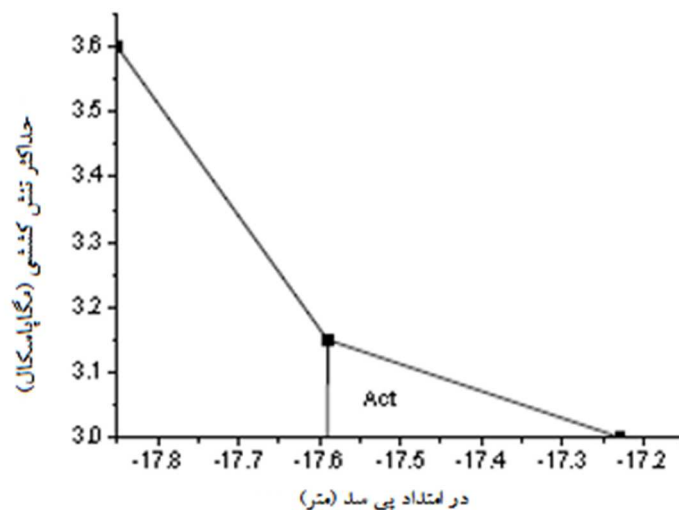
3. مدل آسیب دینامیکی الاستیک-پلاستیک بتن

براساس مدل آسیب پلاستیکی که لوبلینر ارائه کرد و مدل آسیب پلاستیک بتن تحت بار تکراری تناوبی که لی و فونویس ارائه کرد، اثر نرخ کرنش بر تغییر شکل پلاستیک منظور شده است و مدل آسیب الاستیک-پلاستیک بتن با نرخ کرنش مربوطه بدست آمده است.

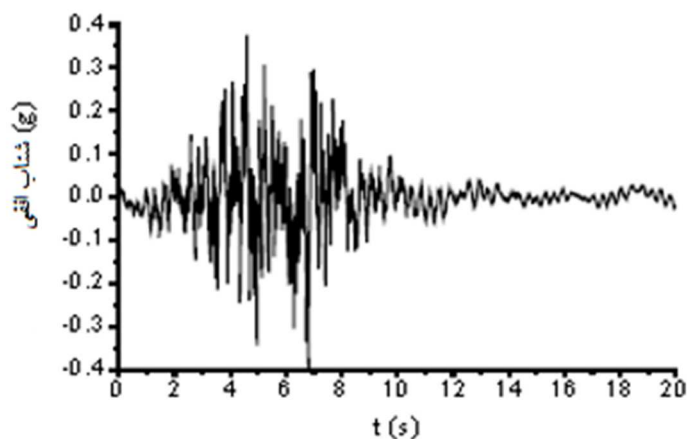
4. اصل طراحی آرماتور لرزه‌ای

اصل طراحی آرماتور سد این است که باید ترک به پرده تزریق در پاشنه سد آسیب وارد نکند و ترک‌های کنج هیچ اثری بر پایداری سد نداشته باشند. اگر مقدار آرماتور بوسیله اصل تعیین آرماتور سازه بتن مسلح سیستم غیرعضو براساس آئین طراحی سازه‌های بتنی هیدرولیکی تعیین شود، تنش کششی حداکثر در فاصله 5 متری پاشنه 3.5 مگاپاسکال و تنش کششی حداکثر در فاصله 6.46 متری، 3.15 مگاپاسکال است. مساحت آرماتور موردنیاز

287903 میلی مترمربع است که 282 آرماتور فولادی درجه 2 با قطر 36 میلی متر است. این طور که مشخص است، تعداد آرماتورها بسیار زیاد است. نیاز به تعداد آرماتورهای زیاد نه تنها غیرمنطقی است، بلکه این تعداد آرماتور غیرضروری نیز هست. تنش کششی زیاد پیرامون پاشنه سد و کنج‌های آن، در اثر تمرکز تنش بوجود می‌آیند. نتیجه آزمایش میدانی نشان می‌دهد که تنش پیرامون این کنج‌ها، بسیار کمتر از نتیجه محاسبات ارتجاعی خطی است. تنش کششی زیاد با این فرضیه ارتباط دارد که سنگ و بتن پیرامون پاشنه سد یا شیب‌های تغییریافته، مصالح توپر ارتجاعی ایده آل هستند. در حقیقت، سنگ و بتن هر دو دارای ریزترک‌های اندکی هستند که تنش کششی زیادی را آزاد می‌کنند. تنش کششی در این نقاط در شرایط واقعی چندان زیاد نیست. به نظر مناسب نیست که برای تعیین مقدار آرماتورها در نقاط کلیدی سد از تنش ارتجاعی استفاده شود.



شکل 3. حداکثر تنش کششی در امتداد پی سد

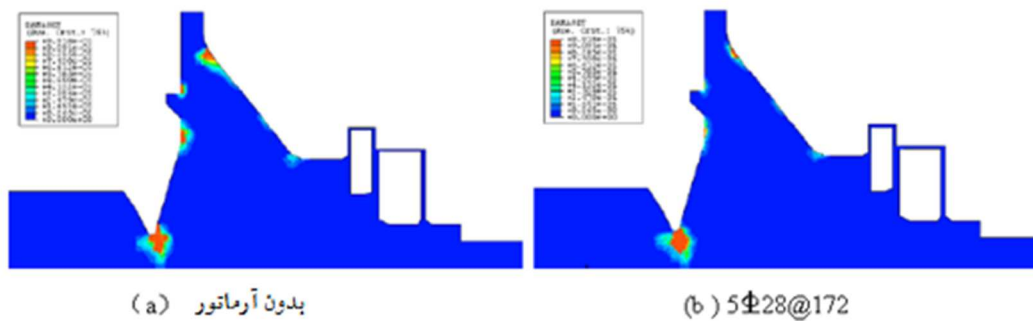


شکل 4. امواج زمین لرزه اقتباس شده در محاسبات

تنش باید از نقطه‌ای دور از کنج‌ها انتخاب شود. اگر پاشنه سد را به عنوان یک مثال در نظر بگیریم، تنش ارتجاعی در تراز 1269.5 متری که 5 متر از پاشنه سد فاصله دارد، انتخاب می‌شود. حداکثر تنش کششی در امتداد پی در شکل 3 نشان داده شده است. 5 آرماتور درجه 2 با قطر 28 میلی‌متر با مساحت کل 2812.9 میلی مترمربع در اینجا نیاز است. بطور همزمان، تحلیل پاسخ غیرخطی تاریخچه زمانی با مدل فوق انجام می‌شود که در آن المان‌های آرماتورها و بتن بطور کامل جدا از یکدیگرند. شتاب زلزله در محاسبات در شکل 4 نشان داده شده است. حداکثر شتاب قائم زلزله 2/3 حداکثر شتاب افقی زلزله فرض شده است. آرماتور فولادی به وسیله مدل الاستیک-پلاستیک شبیه‌سازی شده است. بتن نیز به وسیله مدل آسیب الاستیک-پلاستیک قبلی شبیه‌سازی شده است. نتایج نشان می‌دهند زمانی که آرماتور براساس مقدار موردنیاز 5Φ28 یا 5Φ25 در پاشنه سد و شیب‌های متغیر بالادست و پائین دست سد باشد، عمقی آسیب دیدگی ناشی از ترک در شیب تغییر یافته بالادست 1.3 تا 1.5 متر و در شیب تغییر یافته پائین دست 2.5 تا 3 متر است و هیچ ترک شکاف دهنده وجود ندارد. عمق آسیب دیدگی ناشی از ترک در پاشنه سد 3.8 تا 5 متر است که آسیبی به پرده تزریق در پاشنه وارد نمی‌کند. حداکثر تنش کششی آرماتورها در پاشنه سد ظاهر می‌شود که حدود 265 تا 288 مگاپاسکال است که این مقدار کمتر تنش جاری شدن فولاد است. نتایجی که از مقایسه با آرایش آرماتور متفاوتی بدست آمده است، در جدول 1 ارائه شده است. ناحیه تنش کششی در مقایسه با حالت بدون آرماتور، از 20 متر به 12 متر تقلیل یافت. عمق آسیب دیدگی در اثر ترک در پاشنه سد و شیب‌های تغییر یافته، به طور واضحی پس از تقویت کاهش یافت. اشکال 5-الف و ب، نمودارهای ترک خوردگی ناشی از آسیب زلزله به ترتیب برای موارد بدون آرماتور و با 5 آرماتور نمره 28 است.

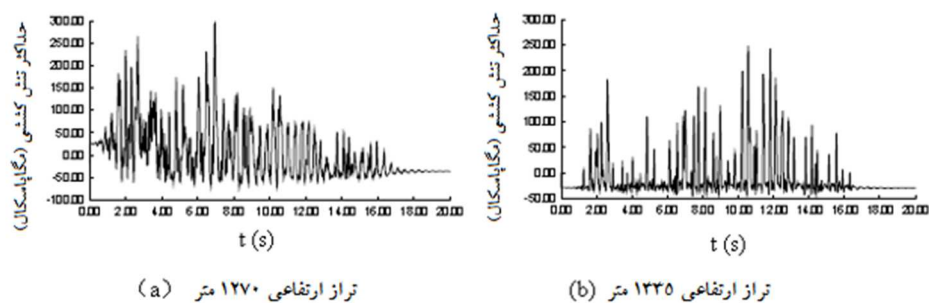
جدول 1. مقایسه آرایش‌های متفاوت آرماتورها

آرایش آرماتورها	D=0.9) درجه آسیب (عمق/متر			حداکثر تنش کششی فولاد/ مگاپاسکال
	پاشنه سد	شیب تغییر یافته پائین دست	شیب تغییر یافته بالادست	
بدون آرماتور	9.0	3.0	7.0	/
5Φ25	5.0	1.5	3.0	288.0
5Φ28	3.8	1.3	2.5	265.0
7Φ28	3.0	1.0	2.0	202.0

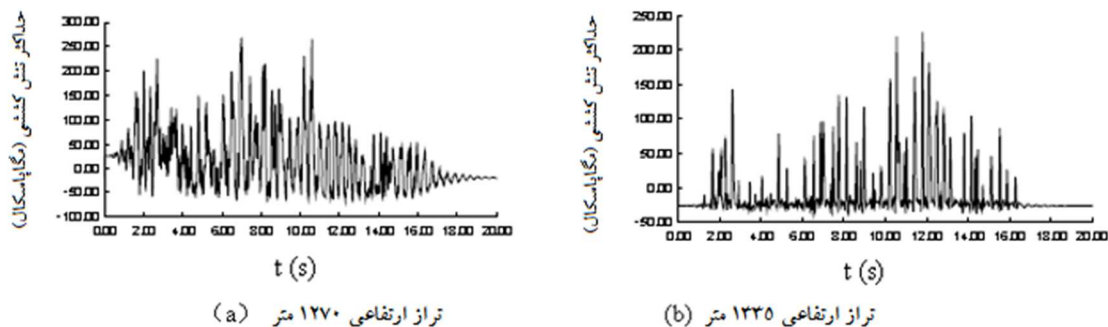


شکل 5. عمق ترک خوردگی سد ناشی از آسیب زلزله

اشکال 6-الف و ب، منحنی‌های تاریخچه زمانی تنش کششی را برای بتن مسلح با 5 آرماتور نمره 25 در ترازهای ارتفاعی متفاوت نشان می‌دهد.



شکل 6. نمودارهای تنش فولاد در مقابل زمان تقویت در ترازهای ارتفاعی با $5\Phi 25$



شکل 7. نمودارهای تنش فولاد در مقابل زمان تقویت در ترازهای ارتفاعی با $5\Phi 28$

اشکال 7-الف و ب، منحنی‌های تاریخچه زمانی تنش کششی فولاد به ترتیب در ترازهای ارتفاعی 1270 و 1335 متر هستند. زمانی که تقویت با $5\Phi 28@172$ (5 آرماتور نمره 28 در فواصل 172 میلی‌متر) در پاشنه سد و شیب‌های تغییر یافته بالادست و پائین دست آن انجام می‌شوند، حداکثر تنش کششی فولاد در تراز 1270 متر در زمان 7 ثانیه است، در حالی که تنش کششی حداکثر در تراز 1280 متر در زمان 10.6 ثانیه 136 مگاپاسکال و

در تراز 1335 متر در زمان 11.8 ثانیه، 225 مگاپاسکال است. در مقایسه با آرایش 5Φ25@172، حداکثر تنش کششی فولاد بطور واضحی به واسطه آرایش 5Φ28@172 کاهش یافت که ایمنی بیشتری برای سد فراهم می‌کند. علاوه بر این، میزان کاهش حداکثر تنش کششی برای آرایش 7Φ28@172 نیز محاسبه شد. هرچند در این زمان تنش فولاد بطور واضحی کاهش یافت، اما ترک ناشی از آسیب در نقاط کلیدی سد بهبود نیافت و تعداد آرماتورها بطور چشمگیری افزایش یافت. در نتیجه، ما پیشنهاد می‌کنیم که آرایش آرماتورها در پاشنه سد و در شیب تغییر یافته بالادست و پائین دست، بصورت 5 Φ28@172 و در بخش‌های دیگر سد بصورت 5Φ22@200 باشد. آرایش نهایی موسسه طراحی، آرایش تک ردیفی Φ28@200 در پاشنه سد و آرایش دو ردیفی Φ28@200 در شیب‌های تغییر یافته بالادست و پائین دست است.

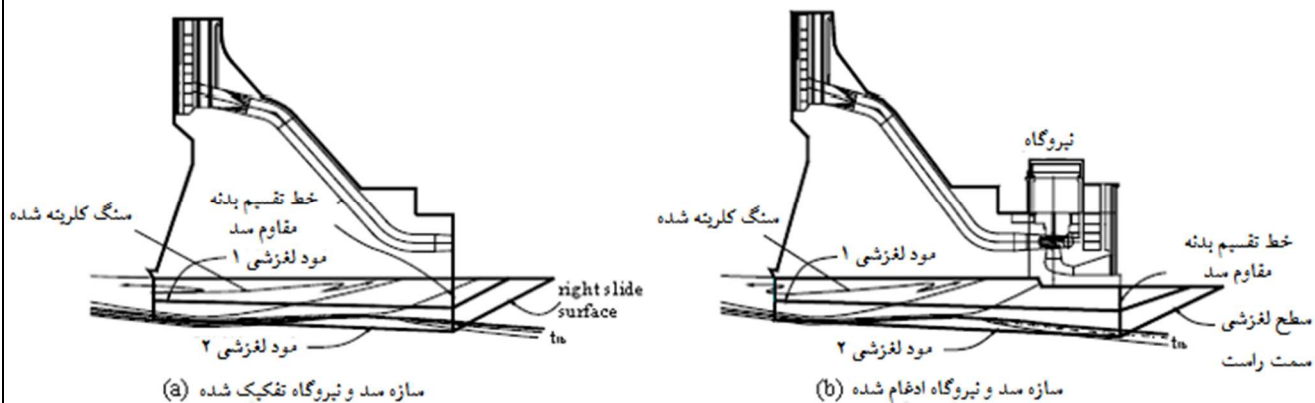
5. تحلیل ایمنی لرزه‌ای سد

1-5. تحلیل ایمنی کلی سد

تحلیل پایداری ضد لغزش با بهره‌گیری از روش تعادل حدی جسم صلب بر اساس آئین‌نامه‌های چینی انجام می‌شود. در نتیجه، حالت‌ها با و بدون نیروگاه در پنجه سد به ترتیب تحلیل می‌گردد. زمانی که نیروگاه در پنجه سد در نظر گرفته می‌شود، محاسبات از طریق ترکیب سد و نیروگاه انجام می‌شود. مودهای لغزش عمیق بخش نیروگاه سد در اشکال 8-الف و ب مشاهده می‌شود.

مود لغزش 1: سطح تقریباً افقی در صفحه ترک خوردگی که در آن ناحیه‌ای پر از توده سنگ‌های کلریده شده در زیر شالوده سنگ وجود دارد، به عنوان صفحه لغزشی سمت چپ در نظر گرفته می‌شود و صفحه لغزشی سمت راست که در اثر زلزله‌ای به شدت IV برش خورده است، یک توده سنگ است.

مود لغزش 2: رگه نازک ضعیف t1b را صفحه لغزشی سمت چپ در نظر بگیرید و صفحه لغزشی سمت راست که در اثر زلزله‌ای به شدت IV برش خورده است، یک سنگ در لبه نیروگاه است.



شکل 8. مودهای لغزش عمیق بخش نیروگاه سد.

با استفاده از روش تعادل حدی جسم صلب، پایداری ضدلغزش در امتداد صفحه شالوده و مود لغزش 1 و 2 برای موارد با بدون و نیروگاه ارزیابی شده‌اند. نتایج این ارزیابی در جدول 2 مشاهده می‌شود که در آن γ_d بیشتر از 0.65 است و الزامات آئین‌نامه چینی را تحت شرایط زلزله را برآورده می‌کند. ضریب حالت حدی نهایی سازه γ_d تحت شرایط زلزله، کمتر از مقدار نظیر در سطح نرمال آب ذخیره و سطح کنترل سیل است. این حالت کنترل پایداری ضدلغزشی لایه‌های سطحی و عمیق در شالوده سد است. براساس جدول 2، پایداری ضدلغزشی لایه‌های سطحی و عمیق در شالوده سد در حالت ترکیبی سد و نیروگاه، بیشتر از مقدار نظیر در حالتی که سد و نیروگاه جدا از یکدیگرند، است. این بدین معناست که ترکیب سد و نیروگاه می‌تواند پایداری ضدلغزشی سد را بهبود بخشد.

جدول 2. نتایج پایداری ضدلغزشی لایه‌های سطحی و عمیق در شالوده سد

مود لغزش	سازه سد و نیروگاه تفکیک شده			سازه سد و نیروگاه ادغام شده		
	تأثیر $\gamma_0 \rho S$ /kN	مقاومت $R\gamma_d^{-1}$ /kN	ضریب سازه γ_d	تأثیر $\gamma_0 \rho S$ /kN	مقاومت $R\gamma_d^{-1}$ /kN	ضریب سازه γ_d
صفحه شالوده	206 961.1	305 665.65	0.96	221 579.2	357 519.05	1.04
Mode 1	242 540.4	250 003.22	0.67	255 747.49	302 962.41	0.77
Mode 2	254 334.0	258 246.85	0.66	268 889.94	310 257.62	0.75

2-5. تحلیل پایداری با در نظرگیری ترک خوردگی موضعی

در یک حالت خاص بدون آرماتور، سه عمق ترک 9، 3 و 7 متر به ترتیب در پاشنه سد، شیب تغییر یافته بالادست و شیب تغییر یافته پائین دست است. سه لایه در شکل 2 مشاهده می‌شود. نتایج نشان می‌دهند که حتی بدون آرماتور، پایداری ضدلغزش در سه صفحه فوق که ترک ناشی از آسیب جدی است، می‌تواند الزامات آئین‌نامه چینی

را برآورده کند. ضریب γ_d سازه در شیب تغییر یافته پائین دست کمتر از مقدار نظیر در شیب بالادست و پاشنه سد است. تا زمانی که عمق ترک در صفحه شالوده پرده تزریق در پاشنه سد را آسیب نزنند، سد ایمن است.

6. نتیجه گیری

آرایش آرماتور لرزه‌ای سد باید از این اصول پیروی کند: لازم است که ترک آسیبی به پرده تزریق در پاشنه سد وارد نکند و ترک‌های کنج اثری بر پایداری سد نداشته باشند. مقدار آرماتور نهایی باید به وسیله روش المان محدود غیرخطی تعیین شود. عمق آسیب ترک در نقاط کلیدی به طور واضحی پس از تقویت با آرماتور کاهش یافت. با در نظر گیری مودهای لغزشی محتمل در بخش نیروگاه سد و سطوح ضعیف پس از پاسخ غیرخطی لرزه‌ای، ارزیابی پایداری لرزه‌ای سد نشان می‌دهد که پایداری لرزه‌ای بخش نیروگاه سد وزنی جینان کیائو می‌تواند الزامات آئین نامه چین را برآورده کند.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی