تحلیل ترک در سدهای بتنی وزنی با استفاده از روش‌های اجزای محدود و با بهره‌گیری از معیار مکانیک شکست غیر خطی

الناز قاضی‌مرعشی[۱]، حسن استادحسین[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان

۲- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان

elnaazmarashi@gmail.com
hostad@kashanu.ac.ir

خلاصه

طرح‌های سدسازی به دلیل تأمین منابع آب و انرژی، در زمره مهم‌ترین طرح‌های مهندسی بوده و به لحاظ دارا بودن پیچیدگی‌های فنی و هزینه سنگین ساخت و آثار زیست محیطی ناشی از شکست سد، کوشش همه جانبه و وسیعی را در جهت تأمین پایداری و ارزیابی ایمنی این سازه‌ها می‌طلبد. ارزیابی ایمنی سدهای بتنی‌وزنی به عنوان یک سازه بتنی غیر مسلح نیازمند پیش‌بینی دقیق ترک در تمام بدنه سد می‌باشد. قابلیت پیش‌بینی موقعیت و الگوی ترک، امکان فراهم آوردن تمهیداتی را برای جلوگیری از گسترش آن در پیش‌رو قرار می‌دهد که در بحث طراحی و هم‌چنین ترمیم بدنه سد موضوع حائز اهمیتی می‌باشد. در تحقیق حاضر، پاسخ شکست لرزه‌ای سدهای بتنی با استفاده از مفهوم مکانیک شکست غیرخطی برای مدلسازی شکست کششی بتن تحت شرایط بارگذاری دینامیکی مورد بررسی واقع شده است. اعتبار مدل به کار رفته برای سد کوینا با مقایسه نتایج آنالیز با نتایج آزمایشگاهی و دیگر مراجع تأیید شده است. سپس با اعمال شتاب‌نگاشت مربوط به زلزله‌های مختلف، نقش شدت زلزله و فرکانس تحریک بر نحوه توزیع ترک و چگونگی گسترش آن مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: سدهای بتنی وزنی، مکانیک شکست، گسترش ترک، تأثیر شتابنگاشت زلزله بر موقعیت و الگوی ترک

۱. مقدمه

عملکرد لرزه‌ای سدهای بتنی‌وزنی به منظور ارزیابی ایمنی این سازه‌ها در هنگام زمین‌لرزه‌های شدید، در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرارگرفته است. معیارهای سنتی و متداول شکست، غالباً قادر نمی‌باشند به صورت کامل بیشتر موارد شکست سازه‌ای را که در تنش‌های کمتر از مقاومت نهایی اتفاق می‌افتد، توجیه نمایند و با توجه به حساسیت موضوع ترک‌خوردگی در سدهای بتنی، نیاز به انجام آنالیز کامل و دقیق در مورد رفتار ترک در این سدها با استفاده از روش‌های نوین و پیشرفته‌ای نظیر تئوری مکانیک شکست، احساس می‌گردد. در مکانیک شکست خطی (LEFM) از رفتار غیرخطی بتن در ناحیه آسیب دیده رأس ترک (FPZ) که به جهت استفاده از سنگدانه‌های بزرگ در بتن سد، نسبتاً قابل ملاحظه می‌باشد، صرف‌نظر می‌شود. استفاده از معیار مکانیک شکست غیرخطی(NLFM) به عنوان معیار رویش ترک که بر پایه روابط انرژی استوار است و قادر خواهد بود نرم‌شدگی کرنش کششی را درنظر بگیرد، جهت آنالیز شکست در سدهای بتنی مناسب می‌باشد.

یکی از دلایل مهم شکست و انهدام سدهای بتنی‌وزنی، وقوع وگسترش ترک‌های عمیق و همچنین به هم‌پیوستن ترک‌های ریز می‌باشد. تغییرات حجمی در اثر افت[۱]، خزش و واکنش‌های قلیایی سنگدانه‌ها [۱] از جمله علل داخلی ایجاد ترک در سدهای بتنی هستند؛ اینگونه ترک‌ها عموماً سطحی بوده و تأثیر مخربی بر عملکرد سازه نمی‌گذارند و در اکثر موارد می‌توان با انجام تمهیداتی مانع از نفوذ آن‌ها به داخل بتن شد. درواقع آنچه مهندسین را در ارزیابی ایمنی سدهای بتنی نگران می‌سازد، ترک‌های عمیق ناشی از ایجاد تنش‌ها وکرنش‌های کششی بسیار بیشتر از مقاومت کششی بتن می‌باشد. از جمله دلایل ایجاد این تنش‌های کششی می‌توان به تغییرات درجه حرارت ناشی از علل داخلی یا خارجی، فشار هیدرواستاتیک آب، نیروی زلزله، نشست نامتقارن پی و فشار برکنش[۲] اشاره نمود. ترک‌های ناشی از نیروی زلزله عموماً مهم‌تر بوده و منجر به کاهش عمر مفید سد و مصالح آن می‌شود و با ورود آب به داخل ترک‌های وجه بالادست سد و ایجاد فشار در آن ممکن است پایداری سازه را با خطر مواجه‌سازد. بنابراین موقعیت ایجاد و نحوه

[1] Shrinkage
[2] Uplift Pressure