

اثر اندرکنش غیرخطی خاک - سازه بر آسیب‌پذیری لرزه‌ای سازه‌های فولادی پیچشی

مسعود شیرزادی ده‌کهنه، فرهاد بهنام‌فر، پیام اسدی، دی ۱۳۹۷

تحلیل غیرخطی برای بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای سازه‌ها تحت شتاب‌نگاشت‌های ثبت‌شده‌ی زمین کاربرد دارد. تحلیل آسیب‌پذیری لرزه‌ای برای سازه‌هایی که دارای نامنظمی شدید نیستند، می‌تواند با روش‌های استاتیکی یا دینامیکی خطی و یا استاتیکی غیرخطی نیز با دقت کافی انجام شود؛ اما تحلیل دینامیکی غیرخطی به دلیل دقت و اطمینان بیشتر ترجیح داده می‌شود. در مطالعات معمول ارزیابی عملکرد لرزه‌ای، فرض می‌کنند سازه‌ها در فونداسیون خود به‌صورت گیردار عمل می‌کنند و تنها زمانی ممکن است این فرضیه واقع‌گرایانه باشد که سازه بر روی سنگ نسبتاً صلب یا خاک بسیار سخت قرار گرفته باشد. اگرچه مطالعات متعددی اثرات اندرکنش دینامیکی الاستیک خاک-سازه بر پاسخ سازه‌های الاستیک و غیر الاستیک را نشان داده‌اند، اما مطالعات اندکی انجام شده است که اثرات اندرکنش خاک و سازه و اثرات ساختمانی را برای سازه بر روی خاک با رفتار غیرخطی در نظر گرفته باشد. لحاظ نمودن اندرکنش خاک و سازه در آنالیز سازه نسبت به حالتی که خاک زیر سازه صلب در نظر گرفته می‌شود موجب تغییر در رفتار سازه و در نتیجه عملکرد آن هنگام تحریک لرزه‌ای می‌شود و همچنین تقاضای لرزه‌ای و ظرفیت لرزه‌ای سازه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. روش‌های مختلفی برای مدل‌سازی اندرکنش خاک و سازه وجود دارد. این روش‌ها شامل آنالیز به دو روش مستقیم و زیرسازه می‌باشند. در روش مستقیم، سازه و حجم قابل توجهی از خاک زیر سازه در یک مدل کلی آنالیز می‌شوند و در روش زیرسازه با استفاده از فنرها و میراگرها اثر رفتار خاک زیر سازه مدل‌سازی می‌شود. در این مطالعه اثر اندرکنش خاک و سازه روی پاسخ سازه‌های فولادی دارای نامنظمی پیچشی در پلان بررسی می‌شود. برای این منظور از نوع خاصی از روش زیرسازه به نام تیر بر فونداسیون غیرخطی وینکلر برای مدل‌سازی اندرکنش خاک و سازه و تعیین آسیب‌پذیری ساختمان استفاده شده است. در این روش از یک سری فنرهای غیرخطی برای مدل‌سازی رفتار خاک تحت تحریک‌های دینامیکی استفاده می‌شود. دلیل استفاده از این روش سادگی در مدل‌سازی و همچنین دقت مناسب در نتایج است. ساختمان‌های مورد مطالعه شامل سازه‌های فولادی ۴، ۸ و ۱۲ طبقه و بر روی خاک نوع D مطابق با آئین‌نامه ASCE07-16 می‌باشند. سیستم سازه‌ای مفروض برای ساختمان‌ها، قاب خمشی فولادی ویژه بوده و دیافراگم طبقات نیز صلب فرض شده‌اند. به‌منظور بررسی رفتار غیرخطی سازه‌های منظم و نامنظم هندسی از روش مفصل متمرکز در محیط OpenSees استفاده می‌شود. تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی سازه‌ها تحت ۱۱ شتاب‌نگاشت که به‌صورت مناسبی مقیاس شده‌اند، در دو حالت پایه صلب و پایه انعطاف‌پذیر و برای خروج از مرکزیت‌های صفر، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد بعد پلان در دو سطح خطر زلزله طراحی و حداکثر زلزله مورد انتظار انجام می‌شود. نتایج تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی بر روی این سازه‌ها و مقایسه سطح عملکرد اجزا سازه نشان می‌دهد که در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه موجب تغییر سطح عملکرد و افزایش آسیب برخی از اجزای سازه‌ای می‌شود. همچنین اندرکنش خاک و سازه موجب افزایش جابجایی نسبی طبقه اول سازه ۴ طبقه تا میزان ۱۴ درصد، سازه ۸ طبقه تا میزان ۱۶ درصد و سازه ۱۲ طبقه تا میزان ۲۸ درصد می‌شود که این نتیجه نشان‌دهنده اثر بیشتر اندرکنش روی سازه‌های بلند است. همچنین اثر اندرکنش خاک و سازه بر تقاضای شکل‌پذیری طبقات، چرخش مفاصل پلاستیک به تفکیک طبقات و قاب‌ها در دو سطح خطر زلزله طراحی و حداکثر زلزله مورد انتظار بررسی شده است.

کلمات کلیدی

آسیب‌پذیری لرزه‌ای، اندرکنش خاک و سازه، فونداسیون غیرخطی وینکلر، نامنظمی پیچشی.