محاسبه‌ی طیف‌های طراحی با احتساب اندرکنش خاک و سازه

حسین علی‌بابایی، فرهاد بهنام‌فر، شهریور ۱۳۹۳

در تحلیل و طراحی دینامیکی سازه‌ها عموماً فرض می‌شود که خاک زیر پی سازه صلب بوده و از اثر اندرکنش خاک و سازه صرف‌نظر می‌شود. طیف‌های طراحی موجود در آیین‌نامه‌های لرزه‌ای نیز با این فرض محاسبه‌شده است. در حالی‌که با درنظرگرفتن اثر اندرکنش خاک و سازه پاسخ‌های دینامیکی سازه تغییر می‌یابد که این تغییرات دارای اثرات مثبت و یا منفی بر روی عمل‌کرد سازه می‌باشد. در این تحقیق به بررسی اثر اندرکنش خاک و سازه بر روی محاسبه‌ی طیف طرح با استفاده از روش زیرسازه پرداخته شده است. معادله حرکت سیستم خاک و سازه با استفاده از مدل سازه برشی برای سازه فوقانی و درنظرگرفتن دو درجه آزادی افقی و دورانی در تراز پی استخراج شده است. با توجه به غیرکلاسیک بودن ماتریس میرایی سازه با پای انعطاف‌پذیر، برای حل مسئله مقدار ویژه در تحلیل مودال غیرکلاسیک از روش بردار حالت استفاده می‌شود. بردارها و مقادیر مشخصه این سیستم به‌شکل اعداد و بردارهای مختلط مزدوج می‌باشند که در نهایت با استفاده از تحلیل مودال کلاسیک و غیرکلاسیک مشخصات و پاسخ دینامیکی سیستم به‌صورت اعداد حقیقی حاصل می‌شود. واکنش‌های سازه شامل نسبت برش‌پایه به وزن سازه، نسبت جابجایی بام به ارتفاع سازه و نسبت حداکثر دریفت سازه به ارتفاع طبقه‌ی مربوطه در سه حالت سازه با پای صلب و سازه با پای انعطاف‌پذیر کلاسیک و غیرکلاسیک محاسبه شده است. همچنین تغییرات زمان‌تناوب سازه با درنظرگرفتن اثر اندرکنش خاک و سازه بررسی شده است. برای این منظور ابتدا قاب‌های خمشی فولادی ویژه ۱، ۲، ۴، ۶، ... و ۲۰ طبقه واقع بر خاک‌های نوع ۳ و ۴ مطابق با طبقه‌بندی آیین‌نامه زلزله ایران توسط نرم‌افزار SAP2000 به‌صورت دو بعدی تحلیل وطراحی شده و بعد پی سازه‌ها نیز به‌صورت منفرد و نواری بسته به مورد طراحی شده است. سپس با استفاده از تحلیل تاریخچه زمانی خطی به روش انتگرال‌گیری مستقیم و تحلیل طیفی با طیف میانگین زلزله‌ها به روش کلاسیک و غیرکلاسیک واکنش‌های هر سازه با ۱۰ رکورد زلزله ناحیه‌ی نزدیک و ۱۰ رکورد زلزله ناحیه دور برای هر نوع خاک به‌دست آمده است. تحلیل تاریخچه زمانی با استفاده از نرم‌افزار SAP2000 و Matlab و تحلیل طیفی با استفاده از نرم‌افزار Matlab انجام شده است. خاک زیر پی سازه در نرم‌افزار Matlab با استفاده از فنر و میراگر و در نرم‌افزار SAP2000 توسط فنر و میرایی مؤثر سازه مدل شده است. مقادیر سختی و میرایی فنرها ومیراگرها با استفاده از توصیه‌های دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود (نشریه ۳۶۰) محاسبه گردیده است. با ارائه نمودارهای نسبت میانگین حداکثر برش پایه به وزن قاب، نسبت میانگین حداکثر تغییرمکان بام به ارتفاع قاب و نسبت میانگین حداکثر دریفت سازه به ارتفاع طبقه‌ی مربوطه منحنی‌هایی مشابه با طیف‌های موجود در آیین‌نامه‌ها ولی با درنظرگرفتن اثر اندرکنش خاک و سازه حاصل می‌شود. برای بررسی اثر اندرکنش خاک و سازه بر مودهای بالاتر ارتعاش سازه نتایج تحلیل‌ها بر روی ۳ واکنش ذکر شده به‌صورت واکنش کل، واکنش مود اول و واکنش سایر مودها به‌جز مود اول ارائه گردیده است. همچنین با بررسی منحنی‌های تغییرات واکنش سازه با پای انعطاف‌پذیر نسبت به واکنش سازه با پای صلب، محدوده‌ای از زمان تناوب سازه‌ها که تحلیل غیرکلاسیک با اندرکنش لازم است و یا تحلیل کلاسیک با اندرکنش کافی است تعیین شده و محدوده زمان تناوب‌هایی که آنالیز سازه با درنظرگرفتن اثر اندرکنش خاک و سازه مورد نیاز است، معرفی شده است. در نهایت باتوجه به تغییرات واکنش سازه با پای انعطاف‌پذیر نسبت به سازه با پای صلب ضرایب اصلاح واکنش کل و واکنش مود اول به‌صورت تابعی از زمان‌تناوب مود اول سازه‌های مورد بررسی با پای صلب تعیین شده است.

کلمات کلیدی: اندرکنش خاک و سازه، تحلیل مودال کلاسیک و غیرکلاسیک، زمان‌تناوب سازه، واکنش‌های سیستم، ضریب اصلاح.