

مطالعه تأثیر اندرکنش خاک و سازه بر پاسخ لرزه‌ای غیرخطی ساختمان‌های فولادی

محمد اربابی^۱، حسین تحقیقی^۲

گروه مهندسی عمران، دانشگاه کاشان، کاشان، ۸۷۳۱۷۵۱۱۶۷، ایران
arbabimohammad@gmail.com

خلاصه

مستندات و شواهد فراوان گذشته نشان می‌دهند که پدیده اندرکنش خاک-سازه در هنگام وقوع زلزله، نیروهای لرزه‌ای وارد بر بعضی سازه‌ها را افزایش داده و در موارد زیادی منجر به تخریب آنها شده است. با این حال، به علت تصور محافظه کارانه بودن تأثیر انعطاف پذیری شالوده در روند تحلیل و طراحی سازه‌ها، کمتر به این موضوع توجه جدی می‌شود. در این مقاله سعی شده است به کمک نرم افزار اجزاء محدود OpenSees و با در نظر گرفتن مدل‌های مختلف، اثرات اندرکنش دینامیکی خاک-پی-سازه بر پاسخ لرزه‌ای غیرخطی ساختمان‌ها بیشتر بحث شود. بدین منظور، تحلیل لرزه‌ای ساختمان‌های فولادی با سیستم‌های سازه‌ای متفاوت و تعداد طبقات گوناگون در قالب سه مدل پایه گیردار، اندرکنش الاستیک و همچنین اندرکنش غیرخطی سازه و خاک انجام می‌گردد. بررسی نتایج عددی حاصل از مطالعات فوق نشان می‌دهد که بسته به مشخصات سازه و محتوای فرکانسی حرکت قوی زمین، اندرکنش خاک-سازه می‌تواند باعث افزایش جابه‌جایی نسبی طبقات، نیروهای طراحی و تقاضای شکل-پذیری در سازه شود.

کلمات کلیدی: ساختمان فولادی، اندرکنش خاک-سازه، اجزاء محدود، پاسخ لرزه‌ای

۱. مقدمه

پاسخ یک سازه نسبت به تحریک زمین، از برهم کنش بین سه سیستم متصل به هم اثر می‌پذیرد: سازه، شالوده و خاک زیرین و مجاور شالوده [1]؛ به طوریکه تحلیل اندرکنش خاک و سازه (SSI)، پاسخ مجموع این سیستم‌ها را نسبت به یک حرکت معین زمین بررسی می‌کند. نتایج حاصل از این سیستم دینامیکی جدید، نسبت به رویه معمول، که ساختمان را گیردار بر روی زمین سخت در نظر می‌گیرد، متفاوت است. تحلیل‌ها نشان می‌دهد که اثرات اندرکنش خاک-سازه به مشخصات سختی و جرم سازه، سختی خاک و خصوصیات میرایی سازه و خاک بستگی دارد [2]. در نظر گرفتن اندرکنش خاک-سازه یک سازه را منعطف‌تر کرده و دوره تناوب طبیعی سازه در مقایسه با حالت پایه گیردار طولی‌تر می‌شود. به علاوه اینکه نسبت میرایی مؤثر مجموع سیستم نیز افزایش می‌یابد. بدین ترتیب طیف طراحی، به علت SSI، پاسخ لرزه‌ای کمتری را برای برخی از سازه‌ها پیشنهاد می‌کند. با این فرض و در جهت طراحی محافظه کارانه، چنین تصور می‌شود که می‌توان به راحتی از اندرکنش خاک و سازه صرف نظر کرد. به علاوه اینکه، چشم‌پوشی از SSI، پیچیدگی در تحلیل سازه‌ها را به مقدار زیادی کاهش می‌دهد. بنابراین بعضی از آیین‌نامه‌های طراحی پیشنهاد می‌کنند که می‌توان به طور قابل قبولی از اثر اندرکنش خاک-سازه در تحلیل لرزه‌ای سازه‌ها صرف نظر کرد [3,4]. این ساده‌سازی برای شرایط خاصی از خاک و سازه‌ها، مانند سازه‌های سبک نسبت به خاک سخت، معتبر است، ولی همواره صحیح نمی‌باشد؛ در واقع SSI می‌تواند اثر زیان‌بار بر روی پاسخ سازه‌ای نیز داشته باشد؛ به طوریکه مطالعات صورت گرفته در مورد اثر SSI بر ساختمان‌های سخت و یا منعطف، اهمیت مدل‌سازی شالوده و خاک زیرین به همراه ساختمان، به خصوص ورود به حوزه غیرخطی را نشان می‌دهند [5,6,7]. ساده‌ترین شرایط خاک، استفاده از یک مدل الاستیک است؛ یعنی فرض کردن یک سختی اولیه و یک ظرفیت نامحدود. این فرض در تقاضای بار تحت زلزله‌های متوسط واقعی نیست؛ همانگونه که آزمایشات Gajan اثبات می‌کند که خاک زیرین شالوده‌های سطحی، هنگامی که در معرض بارگذاری بزرگ قرار گرفته، تغییرات قابل توجهی تحمل می‌کند و بنابراین تسلیم می‌شود و به صورت غیرخطی رفتار می‌کند [8]. در این راستا و به منظور مدل‌سازی اندرکنش غیرخطی خاک-سازه، از روش اجزای محدود استفاده می‌شود، زیرا نسبت به روش‌های دیگر همچون مدل نوار

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد سازه
^۲ استادیار