

## ارزیابی اثرات اندرکنش خاک-سازه بر روی پاسخ لرزه‌ای سازه‌های فولادی مهاربندی‌شده

علیرضا گرکانی نژاد

دانشجوی دکتری، پژوهشکده سازه، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران

a.garakani@iiees.ac.ir

آران ناصرپور

دانشجوی کارشناسی ارشد، پژوهشکده سازه، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران

aran.naserpour@gmail.com

کلید واژه‌ها: اندرکنش خاک - سازه، قاب مهاربندی‌شده، روش تحلیل مستقیم، تحلیل تاریخچه زمانی

### چکیده

این پژوهش به ارزیابی اثر اندرکنش خاک-سازه بر روی سازه‌های مهاربندی‌شده پرداخته است. در این تحقیق دو سازه ۳ و ۱۵ طبقه به صورت سه‌بعدی تحلیل و طراحی شده و سپس اثر اندرکنش بر روی پاسخ لرزه‌ای سازه‌ها با در نظر گرفتن دو رده خاک نوع II و III، مطابق با استاندارد ۲۸۰۰، که سرعت متوسط موج برشی هر یک از آن‌ها به ترتیب  $450 \text{ m/s}$  و  $250 \text{ m/s}$  است، مورد بررسی قرار گرفته است. خاک به صورت مستقیم مدل‌سازی شده است و از تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی برای ارزیابی اثرات اندرکنش بهره گرفته شده است. با توجه به نتایج، به نظر می‌رسد عدم لحاظ اثر اندرکنش در راستای محافظه کارانه نیست. اثر اندرکنش برای سازه کوتاه ۳ طبقه نسبت به سازه بلند ۱۵ طبقه قابل ملاحظه بوده و علاوه بر آن اثر اندرکنش بر پاسخ سازه در طبقات پایین بیشتر از سایر طبقات است. همچنین پاسخ تحلیل سازه با لحاظ خاک نوع سه که دارای سرعت برشی متوسط کمتری نسبت به خاک نوع دوم است، تغییر بیشتری در نتایج را نشان می‌دهد. در نتیجه می‌توان گفت اثرات اندرکنش خاک-سازه می‌تواند تأثیر زیادی در پاسخ سازه در برابر نیروی لرزه‌ای داشته باشد و نتیجه‌گیری در مورد چگونگی اثرات آن، نیاز به ارزیابی‌های گسترده‌تر دارد.

### مقدمه

لرزم در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک-سازه و اهمیت طبیعت خاک زیر سازه بر پاسخ سازه‌ها طی بسیاری از زلزله‌ها اثبات شده است. در تجربیات زلزله‌هایی مانند زلزله مکزیک در سال ۱۹۸۵ (Gazetas and Mylonakis 1998) و کریستچرج-نیوزیلند (۲۰۱۱) (Bray and Dashti 2012) تأثیر خاک بر رفتار سازه به‌وضوح مشاهده شده است. تأثیر اندرکنش خاک-سازه برای سازه‌های انعطاف‌پذیر که بر روی بستر سنگی ساخته شده‌اند، کم‌اهمیت و قابل صرف‌نظر کردن است، چون در این حالت سازه انرژی کمی را به خاک منتقل می‌کند. هنگام وقوع زلزله یک لنگر واژگونی و یک نیروی برش پایه به وجود می‌آید، حال اگر بستر سنگی محکم باشد، هر دو تنش حاصل از این نیروها منجر به تغییر شکل اضافی در پایه نخواهند شد. بنابراین هیچ حرکت پیچشی در پایه ایجاد نخواهد شد و پاسخ دینامیکی تنها به خواص سازه بستگی پیدا می‌کند. اما اگر یک سازه سخت و سنگین روی یک لایه عمیق خاک نرم ساخته شود انرژی قابل ملاحظه‌ای از سازه به خاک منتقل خواهد شد و حرکت پایه به دلیل درگیر شدن سیستم خاک-سازه از شرایط میدان آزاد بسیار متفاوت خواهد شد.

اندرکنش خاک-سازه می‌تواند اثرات متفاوتی از جمله نرمی سیستم و افزایش پیوند سازه، افزایش و یا کاهش نیروهای اعضا به علت رفتار غیرخطی و هیستریتیک و همچنین انعطاف‌پذیری فونداسیون می‌تواند تغییر در زلزله وارده به سیستم سازه‌ای را به دنبال داشته باشد. با این وجود طراحان سازه به طور معمول با فرض اینکه عدم لحاظ اندرکنش محافظه کارانه است، این اثرات را نادیده می‌گیرند. برای سازه‌هایی که پیوند آن‌ها زیاد است معمولاً این اثرات ناچیز و قابل صرف‌نظر کردن می‌باشند. اما سازه‌های به نسبت سخت‌تر مانند سازه‌های دیوار برشی و یا مهاربندی‌شده با ارتفاع متوسط، اندرکنش خاک-سازه می‌تواند منجر به تخمین نادرست نیروهای وارد به اعضای سازه گردد (Raychowdhury 2011-2009). در این تحقیق اثر اندرکنش خاک-سازه بر روی سازه‌های مهاربندی‌شده مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور دو سازه ۳ و ۱۵ طبقه طراحی و مدل‌سازی خاک به صورت مستقیم انجام شده است. بررسی این اثر برای دو نوع خاک با سرعت‌های متوسط برشی متفاوت انجام شده است.

