

مطالعه تجربی اثرات اندرکنش خاک - سازه در پاسخ لرزه ای ساختمانهای منفرد مجاور هم روی میز لرزان

مجری: آقای دکتر فریبرز ناطقی الهی
همکار: آقای مهندس نقدعلی حسین زاده

گزارشهای متعدد خسارات لرزه ای سازه‌ها از یک سو و نتایج تحقیقات تجربی- تحلیلی از سوی دیگر نشان می دهند که اثرات اندرکنش خاک- سازه می تواند عامل موثری در آسیب پذیری لرزه ای سازه‌ها باشد. نمونه بارز این اثرات در زلزله ۱۹۸۵ مکزیک نمایان شد. در این زلزله، علاوه بر اثرات ساختمانی، وجود لایه خاک نرم روی بستر سنگی باعث اندرکنش شدید خاک- سازه گردید به طوری که ساختمانهای با پیرو ارتعاشی حدود ۲ ثانیه به شدت خسارت دیده و یا منهدم شدند. به عقیده بسیاری از محققین، این زلزله نقش و اهمیت اندرکنش خاک- سازه را بیش از پیش نشان داد. بعد از وقوع این زلزله بود که تحقیقات گسترده ای در این خصوص به عمل آمده و اثرات اندرکنش خاک- سازه در ضوابط آئین نامه ای طرح لرزه ای منعکس گردید.

ضوابط پیشنهادی آئین نامه‌ها از روشهای تحلیلی ساده شده برای پیش بینی اثرات اندرکنش خاک- سازه بهره می گیرند. به عنوان مثال در آئین نامه‌های ATC و NEHRP تمام اثرات اندرکنش خاک- سازه در دو پارامتر اصلی خلاصه می شود. پارامتر اول میزان افزایش پیرو طبیعی سازه با پایه انعطاف پذیر نسبت به سازه با پایه گیردار () می باشد. پارامتر دوم نیز به میزان تأثیر ضریب میرایی خاک- پی (B0) در افزایش ضریب میرایی سازه مربوط می شود. روابط مربوط به این دو پارامتر برای سازه ای تکدرجه با پی صلب سطحی یا مدفون و متکی بر محیط نیمه بینهایت ویسکوالاستیک ارائه شده اند.

اگرچه در طول سه دهه اخیر تحقیقات گسترده ای برای تعیین مشخصات مهندسی اثرات اندرکنش خاک- سازه به عمل آمده است اما اطلاعات تجربی موجود برای کالیبراسیون ضوابط پیشنهادی آئین نامه‌ها کافی نیست. در واقع، بخش عمده تحقیقات در این زمینه به روشهای تحلیلی و یا مدل‌سازیهای عددی نظیر روشهای عناصر محدود (FEM)، عناصر مرزی (BEM) و یا مدل‌های پارامتر متمرکز اختصاص یافته است. ناکافی بودن اطلاعات تجربی موجود از یک سو و ضوابط ساده شده آئین نامه‌ها از سوی دیگر لزوم تحقیقات بیشتر در این زمینه به ویژه به صورت تجربی و آزمایشگاهی را آشکار می سازد. در این میان، اندرکنش سازه‌های مجاور هم در یک محیط شهری نیز مورد توجه محققین می باشد.

هدف از انجام این تحقیق بررسی اثرات اندرکنش خاک- سازه در دو حالت (۱) سازه منفرد و (۲) سازه‌های مجاور هم در واکنش دینامیکی و آسیب پذیری سازه‌ها می باشد. مطالعات در دو بخش تجربی و تحلیلی انجام گرفته است. در بخش مطالعات تجربی، مدل‌های مقیاس شده خاک- سازه با ضریب مقیاس ۱/۱۰۰ روی میز لرزان پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله تحت آزمایشهای دینامیکی قرار گرفته اند. مدل‌های سازه ای شامل مدل‌های ۵،۱۰، ۱۵، ۲۰ طبقه می باشند که به عنوان نماینده ساختمانهای متعارف در یک محیط شهری طراحی و ساخته شده اند. پی این مدل‌های سازه ای یکپارچه، صلب و مشابه بوده و نوع سیستم سازه ای نیز قاب خمشی می باشند.

دو مدل خاک مقیاس شده برای مطالعات اندرکنش خاک- سازه به عنوان نماینده زمینهای نوع II و III مطابق طبقه بندی آئین نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران (ویرایش دوم) طراحی و ساخته شده اند. ظرف مخصوصی برای مدل خاک طراحی شده است که علاوه بر نگهداری و سهولت نصب آن روی میز لرزان، قابلیت عملکرد مطلوب خاک را به عنوان یک محیط ارتجاعی نیمه بینهایت تأمین می کند.

مجموعه سیستم خاک - سازه متشکل از مدل‌های مذکور تحت آزمایش‌های دینامیکی روی میز لرزان قرار گرفته اند. شتابنگاشت‌های مربوط به زلزله‌های ۱۹۴۰ السنترو آمریکا و ۱۹۸۱ طبرس ایران به عنوان سیگنال‌های ورودی میز لرزان انتخاب شده اند. برنامه آزمایش‌های دینامیکی حالت‌های مختلف اندرکنش سازه‌های منفرد و سازه‌های مجاور هم با آرایشها و فواصل متعدد را شامل می شود. بعلاوه، اندرکنش کنیلماتیکی پی های منفرد و مجاور هم و همین طور پاسخ سطح آزاد خاک نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

در بخش مطالعات تحلیلی، نتایج آزمایش‌های تجربی با مدل‌سازیهای عددی (برنامه FLUSH مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفته است. مطالعات این بخش شامل: تحلیل پاسخ سطح آزاد خاک، تحلیل سیستم خاک- سازه منفرد و تحلیل اندرکنش سازه‌های مجاور هم می باشد. توده خاک با عناصر محدود ۴ گرهی و سازه فوقانی با عناصر تیر- ستون مدل‌سازی شده اند. اثرات سه بعدی و رفتار غیرخطی خاک به روش تقریبی در محاسبات عددی منظور شده است. همچنین مرزهای ویسکوز برای تأمین میرایی تشعشعی امواج در محیط نیمه بینهایت خاک در نظر گرفته شده اند. در خاتمه، مهمترین یافته‌های حاصل از مطالعات تجربی- تحلیلی جمع بندی شده است. نتایج بدست آمده نشان می دهند که اثرات اندرکنش کنیلماتیکی در مدل های سازه ای مورد مطالعه اهمیت چندانی ندارد، در حالی که اندرکنش اینرسی نقش اصلی را در پاسخ سیستمهای خاک- سازه ایفا می کند. در سازه‌های کوتاه تر از ۵ طبقه، حرکات افقی و گهواره ای پی های عوامل اصلی تغییر مشخصات دینامیکی سازه (پریود و میرایی) می باشند. لیکن در سازه‌های بلندتر از ۱۰ طبقه حرکات گهواره‌های پی ها نقش مهمی در اندرکنش خاک- سازه به عهده می گیرد. به طوری که در سازه‌های ۲۰ طبقه بیش از ۹۰٪ تغییر پریود سازه از مد گهواره ای پی ناشی می شود. در خصوص اندرکنش سازه‌های مجاور هم، نتایج مطالعات تجربی- تحلیلی آثار قابل توجهی در تغییر فرکانسهای ارتعاشی آنها نشان نمی دهد. لیکن دامنه پاسخ لرزه ای آنها در مد اصلی بویژه در خاکهای نرم قابل توجه می باشد. قسمت عمده این آثار در ساختمانهای با فواصل کمتر از دو برابر عرض پی مشاهده می شود. بعلاوه، بیشترین آثار اندرکنش متقابل سازه‌ها به ساختمانهای مشابه مربوط می شود.

