

تحلیل عددی اثرات ساختگاهی خاک‌های مستعد تولید اضافه فشار آب حفره‌ای با توجه به انرژی ورودی امواج لرزه‌ای

حمید علی الهی^۱، محمد غبرائی لنگرودی^۲، محمد آدم‌پیرا^۳

۱- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان، دانشکده فنی و مهندسی، گروه ارشد خاک و پی

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوتکنیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان

۳- کارشناس ارشد ژئوتکنیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان

h.aliehi@iauz.ac.ir
ghabraei@yahoo.com
m.adampira@gmail.com

چکیده

در این مقاله به تحلیل نقش انرژی ورودی (Specific Energy Density) در تغییرات الگوی بزرگنمایی پاسخ لرزه‌ای زمین‌های مستعد تولید اضافه فشار آب حفره‌ای تحت اعمال طیف گسترده‌ای از زلزله‌ها بر اساس روش غیرخطی مبتنی بر مدل تنش کل و تنش موثر در فضای زمان پرداخته شده است. همچنین مقایسه‌ای به جهت تعیین نقش مهم‌ترین پارامترهای جنبش نیرومند زمین شامل شتاب حداکثر زلزله‌ها، سرعت ماکزیمم و مدت زمان موثر انجام شده است. برای این منظور در گام نخست، وقوع روانگرایی بر روی ماسه نوادا با استفاده از نتایج آزمایش مدل شماره یک سانتریفیوژ پروژه ولکس به کمک نرم‌افزار یک بعدی آنالیز پاسخ ساختگاه CYCLIC1D مورد بررسی قرار گرفته و بدین وسیله اعتبارسنجی حل عددی نرم‌افزار با دقت مناسبی صورت پذیرفته است. مطابق با نتایج به دست آمده، الگوهای بزرگنمایی پاسخ سطح زمین در تحلیل تنش موثر در محدوده مقادیر انرژی ورودی بالا، نسبت بزرگنمایی طیفی کمتری را نسبت به محدوده مقادیر انرژی ورودی ضعیف و متوسط نشان می‌دهند.

کلمات کلیدی: اثرات ساختگاه، انرژی ورودی، اضافه فشار آب حفره‌ای، حوزه زمان، مدت زمان موثر.

۱- مقدمه

امروزه کاملاً آشکار است که نرم‌شدگی خاک بر پاسخ لرزه‌ای سطح زمین و توزیع خرابی‌های ناشی از زمین‌لرزه تأثیر بسزایی دارند. پژوهش‌های پیشگام مربوط به سید و ادریس در اواخر دهه ۱۹۶۰ [۱]، تکنیک‌های مدرن تحلیل پاسخ ساختگاه را نشان داد. از آن زمان به بعد تلاش‌های قابل توجهی برای درک رفتار غیرخطی خاک در طی بارگذاری‌های لرزه‌ای انجام شده است. این بررسی‌ها تاکنون نیز ادامه داشته و امروزه پس از وقوع زلزله‌های جدید در نقاط مختلف دنیا، تحلیل پاسخ ساختگاه جهت پیش‌بینی حرکات سطح زمین و تدوین طیف پاسخ طرح برای ارزیابی خطرات ناشی از نرم‌شدگی به کار می‌روند [۲]. بررسی رفتار لرزه‌ای و غیرخطی خاک‌های مستعد روانگرایی و همچنین تأثیر انرژی ورودی و مدت زمان موثر زلزله بر سازه‌های واقع بر آن یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های تحلیل و طراحی است. هاسنر در سال ۱۹۵۶ [۳] انرژی ورودی زلزله را در حالت رفتار الاستیک و غیر الاستیک برای جرم واحد محاسبه کرد. وی عقیده داشت که بخشی از انرژی وارده به ساختگاه، تلف شده و قسمتی دیگر به صورت انرژی جنبشی و کرنشی الاستیک باقی می‌ماند. نعمت ناصر و شکوه در سال ۱۹۷۹ [۴] ثابت کردند که با افزایش نرخ فشار آب حفره‌ای، مستقیماً انرژی موج لرزه‌ای کاهیده می‌شود. فجفر و همکارانش در سال ۱۹۸۹ [۵] با استفاده از ۴۰ شتاب‌نگار، انرژی ورودی زلزله را برای پریودهای متوسط به دست آوردند ولی نتوانستند هیچ رابطه‌ای برای پریودهای کوتاه و بلند ارائه دهند. زقال و الگمال در سال ۱۹۹۴ [۶] از جمله اولین کسانی بودند که نشان دادند تولید فشار آب حفره‌ای در ساختگاه Wildlife در سطح پایینی از لرزش همراه با نرم‌شدگی خاک بوده است. بومر و همکاران در سال ۲۰۰۴ [۷] نشان دادند که مدت زمان حرکت نیرومند زمین می‌تواند تأثیر قابل توجهی روی قدرت تخریب سازه‌های بنایی داشته باشد. هنکوک و همکاران در سال ۲۰۰۶ [۸] مطالعه‌ای را جهت تأثیر مدت زمان زلزله‌ها بر روی آسیب‌های ساختگاهی انجام داده و نتیجه گرفتند که این آسیب‌های وابسته به انرژی موج لرزه‌ای، رابطه مناسبی با مدت زمان جنبش قوی زمین داشته اما پارامترهای حداکثر پاسخ به طور کلی هیچ رابطه‌ای با پارامتر مدت زمان و آسیب‌های ساختگاهی ندارد. کوکوشو در سال ۲۰۰۷ [۹] نشان داد که مقدار انرژی رسیده به سطح زمین می‌تواند در صورت عبور از خاک‌های نرم که تحت تأثیر میرایی بالا در حین لرزش شدید زمین هستند، کمتر شود و انرژی ورودی امواج تمایل به کاهش در ساختگاه‌های با خاک نرم نسبت به ساختگاه‌های با خاک سخت دارند. در سال ۲۰۰۸ سناجورنسن و همکاران [۱۰] در مطالعه خود وابستگی مدت زمان را به بزرگای زلزله و فاصله رومرکزی شرح داده و نتیجه گرفتند که با افزایش بزرگای و فاصله رومرکزی، مدت حرکت قوی زمین لرزه بیشتر می‌شود. ژانگ و ژائو در سال ۲۰۱۰ [۱۱] در مطالعه خود، با استفاده از