تحلیل لرزه‌ای گروه شمع ناشی از اندرکنش کینماتیکی غیرخطی خاک و شمع

مجید شبخوان
دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد بوشهر، ایران
majidshabkhan@gmail.com

حسین تحقیقی
استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه کاشان، ایران
tahghighi@kashanu.ac.ir

کلید واژه‌ها: *تحلیل لرزه‌ای غیرخطی، گروه شمع، اندرکنش کینماتیکی، خاک لایه‌ای*

چکیده

هنگام زلزله اثرات اندرکنش کینماتیکی خاک- شمع علاوه بر تغییر در حرکت میدان آزاد زمین، با وارد نمودن انحنا و تغییر شکل‌های جانبی از طرف خاک به شمع، باعث گسیختگی شمع‌ها در اعماق زمین می‌شود. با توجه به پیچیده بودن تحلیل پدیده اندرکنش کینماتیکی در خاک‌های لایه‌ای، نیاز به استفاده از روش‌های عددی برای تحقیق و تعیین بارهای طراحی گروه شمع‌ها را روشن می‌کند. در این مقاله از مدل اجزا-ی محدود سه بعدی توسط نرم‌افزار ABAQUS برای تحلیل لرزه‌ای گروه شمع‌ها واقع در دو لایه خاک با رفتار غیرخطی استفاده شده است. بدین منظور از مدل دراگر- پراگر سخت‌شونده برای بیان رفتار غیرخطی خاک و از المان‌های نامحدود برای جلوگیری از برگشت امواج لرزه‌ای به درون سیستم خاک - شمع و اثر جعبه‌ای استفاده می‌شود. ابتدا صحت نتایج مدل عددی برای شمع منفرد تحت بارگذاری استاتیکی با نتایج آزمایشگاهی و نیز روش عددی وینکلر مورد ارزیابی قرار گرفته و مشاهده می‌شود که مدل به کار رفته قادر به پیش‌بینی قابل قبول پاسخ‌ها می-باشد. سپس اثرات اندرکنش کینماتیکی خاک – شمع روی نیروهای داخلی گروه شمع‌ها واقع در محیط خاک لایه‌ای بررسی می‌گردد. انجام مطالعات پارامتری در خصوص عوامل موثر در تغییرات نیروهای کینماتیکی شامل نسبت فاصله به قطر شمع و تعداد شمع‌ها درگروه نشان می‌دهد که روش عددی مذکور قابلیت خوبی برای بررسی نیروهای کینماتیکی لرزه‌ای در گروه شمع‌ها را نیز دارد .

مقدمه

شمع‌ها عضو سازه‌ای چوبی، بتنی و فولادی است که برای انتقال بارهای سطحی به تراز پایین‌تر توده‌ی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند و کاربرد آنها در زیر سازه‌های مهمی همچون تجهیزات نیروگاهی، مجتمع‌های پتروشیمی، سازه‌های دریایی و پل‌ها که تحت اثر ارتعاشات حاصل از امواج زلزله قرار دارند، محققین را متوجه لزوم بررسی رفتار دینامیکی شمع‌ها کرده است. این مساله فرآینده بسیار پیچیده‌ای است که مستلزم بررسی پدیده‌هایی همچون اندرکنش کینماتیکی خاک – شمع و اندرکنش اینرسی شمع – سازه می‌باشد و در طراحی مناسب سازه‌ها و پی‌های آنها، باید هر دو این اثرات به طور دقیق محاسبه شوند. در گذشته طراحی لرزه‌ای شمع‌ها بدون در نظر گرفتن نیروهای کینماتیکی، توسط نیروهای اینرسی بدست آمده از تحلیل دینامیکی روسازه صورت می‌پذیرفت. این روند باعث افزایش سرعت محاسبات و همچنین افزایش سهولت مدل کردن مساله و فرضی محافظه‌کارانه‌ای تلقی می‌شد. ولی با بررسی خسارات و خرابی شمع‌ها در زلزله‌های اخیر و نتایج به دست آمده از آزمایشات انجام شده روی مدل‌های فیزیکی، مشاهده شد که نیروهای کینماتیکی می‌تواند سهم قابل توجهی در خسارت‌های ایجاد شده در فونداسیون شمع‌ها در اعماق زمین داشته باشد و نبایستی در تحلیل‌ها از آن چشم پوشی شود. این مشاهدات موجب شد تا محققین به مطالعات و تحقیقات دقیقتری در زمینه نقش اندرکنش کینماتیکی در طراحی شمع بویژه در خاک‌های لایه‌ای پرداخته و روش‌های تحلیلی و عددی گوناگون در این خصوص پیشنهاد شود.

به طور کلی بسیاری از تحقیقات گذشته پیرامون تحلیل اندرکنش کینماتیکی خاک و شمع با استفاده از روش‌های نیمه تحلیلی و یا وینکلر در حالت رفتار الاستیک خاک انجام شده است (Dezi et al., 2009; Nikolaou et al., 2001). لیکن باید توجه نمود که در اثر زلزله‌های شدید رفتار غیرخطی خاک در فصل مشترک خاک و شمع اثرات زیادی بر روی پاسخ شمع‌ها داشته و باید در تحلیل مدنظر قرار گیرد. در این