بررسی اثرات توپوگرافی بر روی امواج لرزه ای با استفاده از روش المان مرزی و بسط سری نیومن

مصطفی امینی[۱]، ناصر خاجی[۲]

۱- کارشناس ارشد مهندسی زلزله، بخش مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس

۲- استادیار مهندسی زلزله، بخش مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس

m_amini@modares.ac.ir
nkhaji@modares.ac.ir

خلاصه

به سهولت می توان دریافت که زمین با سطوح توپوگرافی نامنظم، یکی از عوامل پاسخ های لرزه ای پیچیده می باشد. دلیل اصلی ایجاد پاسخ لرزه ای پیچیده، مسئله انتشار و پراکنش امواج در این سطوح است. به هر حال اثرات انتشار امواج در مکان های خاصی ازسطح زمین هنوز مشخص نیست و مطالعات بیشتری در این زمینه مورد نیاز است. در این مطالعه، با فرض اینکه زمین، همگن، ایزوتروپ و الاستیک باشد، نخست فرمولاسیون موج منتشر شده در یک میدان موج SH دو بعدی، با استفاده از روش المان مرزی مستقیم و بسط سری نیومن بیان می گردد. سپس تحلیل های عددی برای دره های مثلثی و نیم دایروی و نیز تپه نیم دایروی صحت سنجی می شود. نتایج حاصل از این تحلیل ها نشان می دهد که روش المان مرزی بر اساس بسط سری نیومن با در نظر گرفتن فقط دو جمله اول سری مزبور، به نتایج مطلوبی منجر می شود.

کلمات کلیدی: روش المان مرزی مستقیم، بسط سری نیومن، انتشار امواج، توپوگرافی

۱. مقدمه

همانگونه که می‌دانیم، سطوح توپوگرافی نامنظم زمین، یکی از عوامل مهم ایجاد پاسخ های لرزه ای پیچیده می باشد. تریفوناک [۱] مسئله‌ی انتشار و انکسار امواج را برای دره های با هندسه‌ی نیم‌دایره‌ای با استفاده از تکنیک جداسازی متغیرها و توابع خاص به صورت تحلیلی حل کرد و پاسخ برشی صفحه عمود بر مقطع دره را به دست آورد. روش‌های عددی و تحلیلی مختلفی در مورد اثرات توپوگرافی بر روی انتشار امواج مورد بررسی قرار گرفته‌اند که به عنوان نمونه می‌توان به کارهای تساور و چنگ [2]، فو [3]، موجی و کاواکامی [۴] اشاره کرد. در این مطالعه، با فرض اینکه زمین، همگن، ایزوتروپ و الاستیک باشد، نخست فرمولاسیون موج منتشر شده در یک میدان موج SH دو بعدی، با استفاده از روش المان مرزی مستقیم و بسط سری نیومن بیان می‌گردد. سپس تحلیل‌های عددی برای دره‌های مثلثی و نیم‌دایروی و نیز تپه نیم‌دایروی صحت‌سنجی می‌شود.

۲. معادله انتگرال مرزی

معادله انتگرال مرزی در حالت تغییرات هارمونیک یک مدل دو بعدی همگن، الاستیک و ایزوتروپ زمین را می توان با استفاده از تئوری تقابل اصلاح-شده بتی، بین حالت واقعی و حالت مربوط به جواب‌های اساسی (که با اندیس بالایی $\otimes$ مشخص شده‌اند) به طریق زیر نشان داد (شکل۱):

$$\frac{1}{2}u^j + \int_\Gamma q^{\otimes} u d\Gamma = \int_\Gamma u^{\otimes} q d\Gamma + v \qquad (۱)$$