



## تأثیر وجود حفرات زیر سطحی بر پاسخ لرزه ای عوارض توپوگرافی شیروانی با استفاده از روش اجزای مرزی

حمید علی الهی<sup>۱</sup>، بهرام داراییان<sup>۲</sup>

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

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران گرایش خاک و پی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان، ایران

h.alielahi@iauz.ac.ir  
bdarabian@gmail.com

### خلاصه

فقدان شناخت کامل از چگونگی اثرات حفره های زیرزمینی بر پاسخ لرزه ای عوارض توپوگرافی سطحی و نبود دسترسی به ابزارهای مناسب جهت تحلیل دینامیکی این عوارض، خصوصاً در حوزه زمان استفاده از روشهای عددی مناسب را جهت حل مساله انتشار امواج را ایجاب می نماید. برآورد پاسخ لرزه ای عوارض توپوگرافی به ویژه در حضور حفره های زیرزمینی را ایجاب می نماید. در این مقاله با استفاده از روش عددی اجزای مرزی (BEM) جهت حل مساله انتشار امواج وارزیایی پاسخ لرزه ای سطح زمین شیبدار در حضور حفرات زیرزمینی و تأثیر این عوارض بر تفرق امواج مهاجم قائم فشاری درون صفحه P پرداخته شده است. در این راستا با بی بعد نمودن پارامترهای تأثیرگذار در مساله نظیر شعاع حفره، فاصله حفره از نقطه تاج شیب و فاصله حفره از نقطه پایین شیب و زوایای مختلف شیب، به بررسی الگوهای بزرگنمایی در زمین شیبدار پرداخته شده است. نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان می دهند که وجود حفره های زیرزمینی می تواند مؤلفه افقی و قائم پاسخ لرزه ای سطح زمینهای شیبدار را در مقایسه با حالت بدون حفره، تحت تأثیر قرار دهد. اندرکنش لرزه ای توپوگرافی از نوع شیبدار با حفرات زیر زمینی، الگوی تغییر مکان های متفاوتی از سطح شیبدار بدون حفره ایجاد خواهند نمود و با تغییرات نسبت فاصله حفره به مشخصات هندسی شیب، الگوهای تفرق امواج و به دنبال آن بزرگنمایی آنها تغییر می نماید. با افزایش زاویه شیب شیروانی واقع بر حفره، بزرگنمایی در سطح شیب نسبت به شیروانی بدون حضور حفره، به میزان ۲۰ درصد افزایش یافته و با افزایش فاصله حفره از پای شیب در پروده های بالا، بزرگنمایی تغییر مکان افزایش می یابد.

کلمات کلیدی: عوارض توپوگرافی شیب، بزرگنمایی، پاسخ لرزه ای، اجزای مرزی، حفره های زیرزمینی

### ۱. مقدمه

رشد روز افزون جمعیت و شهرها و مشکلات ناشی از جابجایی در مناطق شهری و بیرون شهری استفاده از سازه های زیرزمینی مانند تونل ها و متروها را در این مناطق در حال توسعه را بیشتر نمایان می نماید. وجود تونل ها و متروهای زیر زمینی در نواحی شهری، اهمیت بررسی تأثیر سازه های زیر زمینی در اثر زلزله بر سطح زمین و سازه های واقع بر آن را آشکار می نماید. از سوی دیگر خرابی های ناشی از زلزله های اخیر اهمیت تأثیر شرایط توپوگرافی رو سطحی را نمایان کرده است و تفرق امواج مهاجم توسط عوارض توپوگرافی پدیده ای پیچیده بوده که حل دقیق آن مستلزم استفاده از روشهای مناسب عددی است. با مرور ادبیات فنی موضوع می توان مطالعات انجام شده پیشین را به دو بخش مجزا الف) مطالعات پاسخ لرزه ای توپوگرافی شیبها ب) بررسی وجود حفرات زیرزمینی بر سطح زمین، تقسیم بندی نمود.

الف: یکی از نخستین مطالعاتی که بطور خاص برای بررسی پاسخ لرزه ای شیبهای خاکی انجام گرفته است مربوط به ادریس و سید [۴] در سال ۱۹۶۷ می باشد. نتایج مطالعات آنان نشان داد که مقدار شتاب حداکثر سطحی در تاج شیب بزرگتر از نقاط واقع بر دامنه شیب می باشد. در مقایسه شتاب حداکثر سطحی ثبت شده در تاج با نقاط دور از تاج شیب، مشخص شد که هر چند در برخی موارد شتاب در تاج بسیار بزرگتر است لیکن در بقیه

<sup>۱</sup> استادیار دانشکده فنی مهندسی، گروه ارشد خاک و پی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان، ایران

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد عمران گرایش خاک و پی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان، ایران