

## رابطه جدید برای محاسبه فرکانس ارتعاش آزاد سدهای خاکی با ارتفاع متوسط با در نظر گیری اثر انعطاف پذیری پی

سیدبهرز صالح نژادامری<sup>1</sup>، علی قنبری<sup>2</sup>  
1- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران دانشگاه خوارزمی  
2- عضو هیئت علمی گروه مهندسی عمران دانشگاه خوارزمی

Be.Salehnejad@gmail.com  
ghanbari@khu.ac.ir

### خلاصه

سدهای خاکی با توجه به رفتار مناسب آنها در برابر زلزله غالباً در مناطق لرزه خیز ساخته می شوند. از این رو بررسی پارامترهای دینامیکی مانند فرکانس ارتعاش آزاد برای مطالعه و بررسی رفتار دینامیکی سد خاکی ضروری است. در تحقیقات پیشین به اثر پی در محاسبه فرکانس ارتعاش آزاد کمتر توجه شده است. لذا در این مقاله با در نظر گیری میزان انعطاف پذیری پی سد خاکی، مقدار این فرکانس دقیقتر بدست می آید. برای در نظر گرفتن این موضوع در این مقاله مدلی از سد خاکی به وسیله نرم افزار المان محدود Quack/W از مجموعه نرم افزاری GeoStudio مدل گردید. این سد یک بار با پی کاملاً صلب مدل گردید و سپس پی‌هایی با عمق‌های مختلف برای این سد در نظر گرفته شد. اثر عمق پی بر فرکانس ارتعاش آزاد سد مورد بررسی قرار گرفت. با بهره گیری از نمودارهای طیف پاسخی که از نرم افزار برای فرکانس ارتعاش آزاد سد خاکی در حالت صلب و در حالت سد با فونداسیون به دست آمد و همچنین استفاده از روش عددی روابطی برای فرکانس ارتعاش آزاد سد خاکی ارائه شد. این روابط تابع ارتفاع سد، عمق پی و انعطاف پذیری پی سد می‌باشند. مقایسه نتایج حاصل از این روابط با نتایج حاصل از نرم افزار ANSYS و رابطه پر کاربرد Gazetas et al. (1991) نشان دهنده انطباق قابل قبول نتایج است. مزیت این رابطه در نظر گیری اثر انعطاف پذیری پی سد خاکی است که قبلاً کمتر به آن پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: سد خاکی، فرکانس ارتعاش آزاد، انعطاف پذیری پی، روش عددی.

### 1. مقدمه

استخراج فرکانس ارتعاش آزاد یک سد خاکی نقش مهمی در طراحی لرزه‌ای سد خاکی دارد. زیرا پاسخ لرزه‌ای یک سد بستگی بسیار زیادی به خصوصیات دینامیکی سد دارد. با توجه به کمبود راه حل‌های دقیق و هندسه سد، روش‌های عددی مانند المان محدود اغلب برای استخراج فرکانس ارتعاش آزاد سد استفاده می‌شوند. با پیشرفت روزافزون کامپیوتر و نرم افزارهای کامپیوتری نرم افزارهای المان محدود و ژئوتکنیکی نیز در حال پیشرفت می‌باشند. یکی از این نرم افزارها، نرم افزار GeoStudio می‌باشد. نرم افزار QUAKE/W نرم افزار المان محدود ژئوتکنیکی و قسمتی از مجموعه‌ی GeoStudio2007 می‌باشد که در تحلیل دینامیکی سازه‌های خاکی در معرض زلزله یا نیروهای ضربه‌ای ناگهانی مانند انفجار و کوبش شمع مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرمولاسیون جامع و تطابق کامل نرم افزار QUAKE/W با نرم افزارهای دیگر مجموعه‌ی GeoStudio2007 موجب شده است، محدوده‌ی وسیعی از مسائل ژئوتکنیکی توسط این نرم افزار قابل حل و بررسی باشد. QUAKE/W می‌تواند به صورت جداگانه استفاده شود، ولی یکی از اصلی‌ترین مزیت آن ارتباط تنگاتنگ آن با نرم افزارهای دیگر مجموعه GeoStudio است. این نرم افزار قادر است حرکات و میزان افزایش فشار آب حفره‌ای ناشی از نیروهای دینامیکی را در طول زمان اعمال بار دینامیکی تعیین نماید.

در گذشته تلاشی برای محاسبه فرکانس ارتعاش آزاد سازه‌های خاکی انجام شده است. Ashok k. Chugh (2006) با استفاده از یک پروسه ارتعاش اجباری توسط نرم افزار FLAC 3D به تخمین فرکانس‌های طبیعی و مودهای مربوط برای سازه‌های وزنی مانند دیوار حائل و سد های وزنی پرداخت. همچنین اعتبار روش ارائه شده توسط مثالی که دارای حل دقیق ریاضی می باشد مقایسه شده است و در نهایت به بررسی فرکانس ارتعاش آزاد تیر با تکیه گاه های مختلف، دیوار حائل وزنی و مدل سه بعدی سازه Spillway پرداخته شده است. روش ارائه شده برای بدست آوردن فرکانس ارتعاش آزاد برای سازه های وزنی به این طریق است که با استفاده از یک پالس سینوسی غیر متناوب با فرکانس زاویه ای که به نقطه ای از