

Studying the Seismic Behavior of Geotechnical Structures Using Advanced Signal Processing Techniques in Time - Frequency Domain

Mohammad Davoodi

Assistant Professor, Geotechnical Engineering Research Center
m-davood@iiees.ac.ir

Mohammad Kazem Jafari

Based on previous investigations in IIEES, there were some problems in evaluating dynamic characteristics (including resonant frequencies, mode shapes and modal damping values) of earth dams. These experiences indicated that the identification of dynamic characteristics becomes difficult and cumbersome not only when non-stationary signals are recorded on dam body, but also if PSD functions include closely spaced or overlapped peaks. In fact, the classical signal processing methods provided reasonable results as long as the amplitude and frequency contents of the recorded signal did not vary with time and natural frequencies of the structure and were well separated and well defined. To overcome this problem, the main purpose of this experimental research is to introduce the advanced TFD (Time Frequency Distribution) method. The TFD method maps a one-dimensional signal into a two-dimensional function of time and frequency and describes how the spectral content of the signal changes with time. The basic concept in this experimental study was to excite the dynamic response of the two highest earth dams in Iran namely Masjed Soleiman and Marun by detonating explosive charges. The recorded signals were processed by classical 4-spectra and modern TFD methods and the obtained modal frequencies of the dam body were compared. Differences between the two methods were described and the benefits of the modern signal processing method were discussed. The overall results indicated that non-stationary in-situ tests on earth dams such as explosion tests are an excellent method of exciting the dam-foundation system, and that it is possible to evaluate the dynamic characteristics of this kind of dams more accurately by using modern TFD method. Besides, the in-situ dynamic tests on earth dams and the non-stationary recorded signals on the machinery foundations were also analyzed by classical and modern signal processing methods and then compared with permissible vibrations. Totally, the results indicated that it is possible to evaluate the amplitude of the non-stationary vibrations in the interest frequency more rapidly and accurately using TFD method.

مطالعه رفتار لرزه‌ای سازه‌های ژئوتکنیکی با استفاده از روش پردازش سیگنال در حوزه زمان - فرکانس

محمد داودی

استادیار پژوهشکده مهندسی ژئوتکنیک
m-davood@iiees.ac.ir

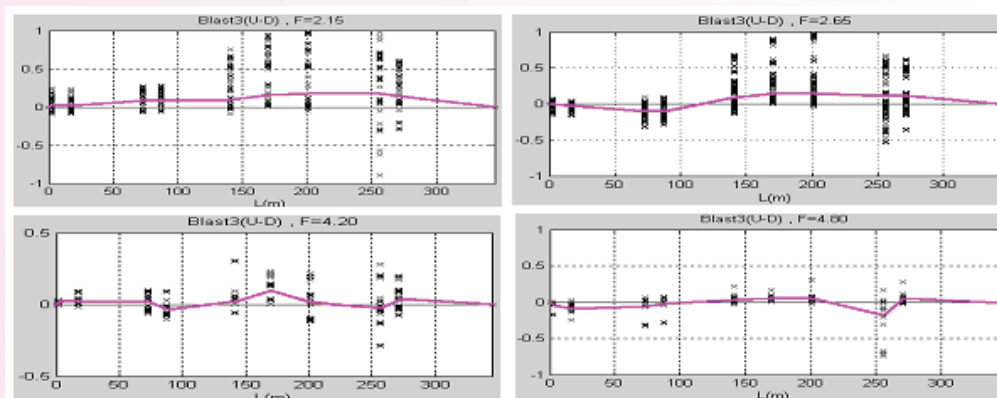
محمد کاظم جعفری

بر اساس تحقیقات صورت گرفته در پژوهشگاه در زمینه ارزیابی مشخصات دینامیکی سدهای خاکی با استفاده از آزمایش‌های ارتعاشی درجا، برآورد فرکانس‌ها و اشکال مدی سدهای خاکی با بکارگیری روش‌های کلاسیک پردازش سیگنال (به ویژه در سیگنال‌های نامانا و یا در شناسایی مدهای نزدیک هم) با مشکلاتی همراه بوده است. در تحقیق حاضر، استفاده از روش‌های پردازش سیگنال در حوزه زمان - فرکانس (Time Frequency Distribution) به عنوان راه حل ارائه شده است تا با مقایسه بین نتایج روش پردازش سیگنال در حوزه فرکانس و نتایج روش TFD، ارزیابی نقاط قوت دو روش مذکور در پردازش نگاشت‌های نامانا، نرم‌افزار کامپیوتری برآورد اشکال مدی در آزمایش‌های درجای سدهای خاکی نیز تهیه شود. در این راستا، با جمع‌آوری مبانی TFD، انواع روش‌های پردازش سیگنال در حوزه زمان - فرکانس و سوابق استفاده از روش TFD در مهندسی زلزله آغاز و الگوریتم پردازش نگاشت‌های ثبت شده در آزمایش ارتعاش سدهای خاکی بر اثر انفجارهای مختلف سایتی پیشنهاد گردید. در ادامه و با معرفی آزمایش‌های انفجار صورت گرفته در دو سد خاکی، نگاشت‌های ثبت شده در آزمایش بر اساس الگوریتم پیشنهادی پردازش شد. به منظور افزایش دقت برآورد مشخصات دینامیکی سدهای مورد مطالعه، نرم‌افزار کامپیوتری تحلیل و ترسیم انیمیشن اشکال مدی در فرکانس‌های مورد نظر در حالت پردازش نگاشت‌های نامانا در حوزه زمان - فرکانس تهیه شد. همچنین بر اساس آزمایش‌های صورت گرفته بر روی پی ماشین آلات صنعتی و احساس نیاز به استفاده از روش‌های پردازش سیگنال در حوزه زمان - فرکانس به منظور افزایش دقت و سرعت پردازش، نمونه‌ای از نگاشت‌های نامانای ثبت شده بر روی پی ماشین آلات صنعتی پردازش شد. با استفاده از روش مذکور، با سرعت و دقت مناسب می‌توان مقدار دامنه ارتعاش در فرکانس مورد نظر در هر لحظه دلخواه را محاسبه و با مقادیر حد مجاز مقایسه کرد. نتایج حاصل از این تحقیق عبارتند از:

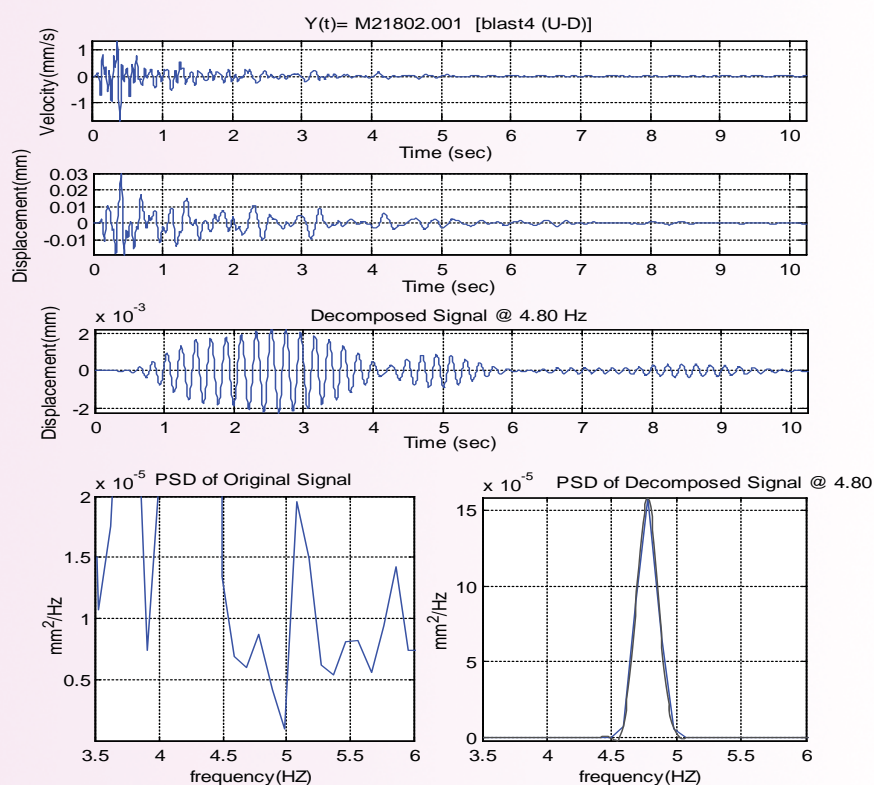
- پردازش نگاشت‌های نامانای انفجار ثبت شده در سدهای مورد مطالعه با روش TFD برای شناسایی مشخصات دینامیکی سدها از دقت بیشتری نسبت به روش‌های کلاسیک پردازش سیگنال برخوردار است؛
- قابلیت زیاد روش TFD در استخراج نحوه تغییر دامنه و محتوای فرکانسی نگاشت‌های نامانای ثبت شده بر روی پی ماشین آلات صنعتی در طول زمان آشکار می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: پردازش سیگنال، توزیع زمان - فرکانس، رفتار لرزه‌ای، سد خاکی، پی ماشین آلات

Keywords: Signal processing, Time frequency distribution, Seismic behavior, Earth dam, Machinery foundation



The evaluated mode shapes of Marun dam in U-D direction based on signal processing of explosion records in Time-Frequency Distribution



Estimate of modal damping ratio for second anti-symmetric mode of vibration of Marun dam in U_D direction. From top to bottom: velocity and displacement time history, decomposed displacement time history at 4.80 Hz, PSD plots for original and decomposed signals