



ISSN 2345 - 4997

Available online at: www.geo-dynamica.comVol. (I)- No. 01- Fall 2013
4th Article- P. 38 to 43**GRIB**Geodynamics Research
International Bulletin

A Comparison of the Spectral Ratio Obtained from Microtremor and Earthquake Seismic Waves: A Case Study of Tabas City

Saeid Goranian^{1*}, Naser Hafezi Moghadas², Mohammad Aryamanesh³¹ Department of Earth Science, Shahrood Industrial University, Shahrood, Iran.² Department of Earth Science, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.³ Department of Geology, Payam Noor University, Tehran, Iran.

*Corresponding Author (Saeid.geology84@gmail.com)

Article History:
Revised: Dec 11, 2013Received: Dec 01, 2013
Accepted: Dec 14, 2013Reviewed: Dec 07, 2013
Published: Dec 16, 2013

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the efficacy of microtremor waves to characterize the site. To this end, the H/V spectral ratio of the microtremor wave was compared to the spectral ratio of 1978 Tabas earthquake ($M_s=7.4$) and those of the subsequent years recorded in acceleration station of Tabas governor's office. Then, the dominant frequency and the amplification factor of the two spectra were obtained. The results indicated a significant similarity in the spectral ratio of microtremor waves, strong ground motion and site characterization parameters.

Keywords: Microtremor, Strong Ground Motion, Acceleration, H/V Spectral Ratio, Tabas.

مقایسه نسبت طیفی حاصل از امواج میکروتremور و زمین لرزه مطالعه موردی: شهر طبس

سعید گرانیان^۱، ناصر حافظی مقدس^۲، محمد آریامنش^۳^۱ دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، نگارنده رابط (Saeid.geology84@gmail.com).^۲ دانشکده علوم زمین، دانشگاه فردوسی مشهد (Nhafezi@um.ac.ir).^۳ گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران (Aryamanesh.geo@gmail.com).

تاریخ داوری: ۱۳۹۲/۹/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۱۰

تاریخچه انتشار مقاله

تاریخ انتشار: ۱۳۹۲/۹/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۹/۲۳

تاریخ اصلاحات: ۱۳۹۲/۹/۲۰

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی کارآمدی امواج میکروتremور برای تعیین خصوصیات ساختمانی می باشد. در همین راستا شکل نسبت طیفی H/V حاصل از امواج میکروتremور با شکل نسبت طیفی حاصل از رکوردهای ایستگاه شتاب نگاری فرمانداری طبس مربوط به زمین لرزه سال ۱۳۵۷ ($M_s=7.4$) و سالهای بعد از آن با برداشت میکروتremور در محل ساختمان فرمانداری، مقایسه گردید و مقدار فرکانس غالب و ضریب تقویت حاصل از دو طیف به دست آمد. نتایج حاصل تشابه معناداری را در شکل نسبت طیفی و مقادیر پارامترهای خصوصیات ساختمانی امواج میکروتremور و جنبش نیرومند زمین نشان داد.

واژه های کلیدی: میکروتremور، ساختمانی، نسبت طیفی H/V، شتاب نگاری، جنبش نیرومند زمین، طبس

۱. مقدمه

با توجه به این که ایران در کمربند آلپ-همالیا قرار گرفته است، یکی از مناطق لرزه‌خیز جهان محسوب می‌شود. بنابراین احتمال وقوع زمین‌لرزه در این گستره همیشه وجود دارد و به عبارتی منطقه‌ای امن از این لحاظ وجود ندارد.

بنابراین مطالعه منظم و مداوم رفتار ساختگاهی شهرهای ایران در هنگام وقوع زمین‌لرزه از مطالب مهم و در خور توجه است. مطالعات زمین‌لرزه‌های مختلفی مثل زمین‌لرزه‌های ارمستان (۱۹۸۹)، کوبه ژاپن (۱۹۹۵)، از میت ترکیه (۱۹۹۱ و ۱۹۹۹)، نوریچ (۱۹۹۴)، کلمبیا (۱۹۹۹)، فیلیپین (۱۹۹۰)، منجیل (۱۳۶۹) و بم (۱۳۸۲) به خوبی نشان داد که شرایط زمین‌شناسی محلی و توپوگرافی می‌تواند تأثیر عمده‌ای بر شدت خرابی‌های حاصل از زمین‌لرزه بگذارد (Borcherdat, Borcherdar and Glassmoyer 1992؛ and Gibbs 1976؛ Field and Jacob 1995؛ Dikmen and Mirzaoglu 2005؛ Teves-Costa؛ Seed et.al 1991؛ Navarro et.al 2001؛ et.al 1996, 2001) که به این اثر، "اثر ساختگاهی" می‌گویند. تعیین خصوصیات ساختگاهی، می‌تواند موجب به دست آمدن جهتی ایمن برای توسعه ساخت و ساز شهری گردد. بهترین روش برای ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین‌لرزه‌ها، استفاده از رکوردهای واقعی جنبش نیرومند زمین (زمین‌لرزه) می‌باشد؛ ولی با توجه به این که در بسیاری موارد فاصله زمانی بین رکوردهای زمین‌لرزه به خصوص در مناطق با لرزه‌خیزی پایین زیاد است، روش‌های بسیاری برای ارزیابی اثرات ساختگاهی زمین‌لرزه‌ها استفاده می‌شود که در این میان استفاده از روش نسبت طیفی H/V یا روش ناکامورا به دلیل سهولت و عدم تخریب در هنگام برداشت میکروترموورها در میان زمین‌شناسان و مهندسان عمران و شهرسازی محبوبیت و مقبولیت فراوانی یافته است.

۲. مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر نتایج حاصل از تحلیل داده‌های میکروترموور و زمین‌لرزه ارائه و نتایج آن‌ها با یکدیگر مقایسه گردیده است.

۲.۱. زمین‌شناسی شهر طبس

شهرستان طبس با جمعیت در حدود ۷۰۰۰۰ نفر، در شرق ایران و زون ایران مرکزی و در بین ارتفاعات شتری در شرق و کلمرد در غرب قرار دارد. سنگ‌های مربوط به کربونفر بالای که در دیگر مناطق ایران مرکزی وجود ندارند، از این ناحیه گزارش شده است و شامل رسوبات شیل و ماسه‌سنگی همراه با میان‌لایه‌هایی از کربنات‌های نواحی عمیق (سازند سردر در ارتفاعات شتری) می‌باشند که برای اولین بار در ایران به عنوان مقطع تیپ در منطقه کال‌سردر طبس مطالعه و معرفی شده‌اند.

وجود فعالیت‌های آتشفشانی مافیک و حد واسط هر چند با گسترش محدود در پالئوزوئیک و نیز وقوع کانی‌سازی سرب و روی و مس در سنگ‌های پرمین، تریاس و ژوراسیک منطقه (معادن متروک مس گزو و سرب و روی چاه‌سرب و ازبک‌کوه در شمال)، این ناحیه را قابل مقایسه با البرز نموده است. وقوع فرونشست شدید کل بلوک طبس در پالئوزوئیک و مزوزوئیک تا کرتاسه از دیگر ویژگی‌های این ناحیه می‌باشد؛ به طوری که حدود ۷ هزار متر رسوبات پالئوزوئیک بدون ناپیوستگی قابل ملاحظه (در منطقه کوه‌های درنجال شمال طبس) و حدود ۱۰ هزار متر رسوبات مزوزوئیک (حوضه رسوبی شتری) در آن ته‌نشین شده‌اند.

به لحاظ زمین‌ساختی، بلوک طبس توسط چهار گسل پی‌سنگی مهم ایران مرکزی یعنی درونه در شمال، چشمه‌رستم در جنوب، نایند در شرق و کلمرد در غرب محصور شده و تا کنون فعالیت چهار روند گسل کواترنری در مطالعات اخیر در قسمت‌های شرقی طبس محرز شده است که یکی از روندهای مذکور در زلزله مخرب سال ۱۳۵۷ طبس فعال گردید.

۲.۲. روش نسبت طیفی

همان‌طور که می‌دانیم، زمین آرام نیست و تقریباً به صورت پیوسته در محدوده پریودهای چند میلی‌ثانیه تا چند روز و دامنه‌های چند نانومتر تا چند متر ارتعاش می‌کند. مطالعات انجام شده در نقاط مختلف جهان نشان داد که تشابه زیادی بین شکل نسبت طیفی دامنه حاصل از میکروترموورها با شکل

پس از زلزله (۱۳۵۷) به ساختمان فرمانداری منتقل شد و بعد از سال ۱۳۷۲ که عملیات تعویض دستگاه‌های شتاب‌نگار در سطح کشور شروع گردید، دستگاه آنالوگ طیس با دستگاه دیجیتال نوع SSA-2 تعویض شد. لذا جهت بررسی کارآمدی داده‌های ریزارتعاش در تعیین خصوصیات ساختمان، در محل‌های قدیم و جدید دستگاه شتاب‌نگاری، برداشت میکروترمور صورت گرفت و نتایج تفسیر آن با نتایج تفسیر داده‌های شتاب‌نگاری مربوط به ایستگاه فرمانداری که از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن دریافت شده بود، مقایسه گردید.

در شکل (۱) موقعیت ساختمان فرمانداری و هلال احمر در نقشه محدوده شهری طیس نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت محل قدیم (هلال احمر) و جدید (فرمانداری) دستگاه شتاب‌نگاری در شهر طیس.

برداشت داده‌های میکروترمور توسط دستگاه لرزه‌نگار SL07 ساخت شرکت SARA ایتالیا صورت گرفت. فرکانس طبیعی این دستگاه ۲ هرتز، میرایی طبیعی آن ۰/۷ و پهنای باند آن (طی تحقیق از شرکت سازنده) ۳۰-۰/۱ هرتز برای روش ناکامورا می‌باشد. با توجه به این که این دستگاه هر ۱۵ دقیقه به

نسبت طیفی دامنه نگاشت‌های شتاب‌نگار وجود دارد (حافظی مقدس و همکاران، ۱۳۸۷).

در مطالعات تکمیلی دیگر مشخص شد که تفاوت‌های این دو طیف عمدتاً در دامنه و به ندرت در فرکانس تقویت ساختمان، نمود دارد. بر اساس این نتایج، می‌توان بدون آن که در انتظار وقوع زلزله باشیم، خصوصیات ساختمان (پریود غالب و ضریب تقویت) را، توسط اندازه‌گیری‌های امواج میکروترمور تعیین نماییم.

ناکامورا برای اولین بار از روش نسبت طیفی مولفه افقی به عمودی استفاده نمود (Nakamura 1989). وی بیان داشت که مولفه عمودی حرکت زمین دارای اطلاعات بیشتری از منبع خود است و کمتر تحت تأثیر شرایط زمین‌شناسی سطحی قرار می‌گیرد.

در ادامه محققان زیادی برای بررسی نظریه‌های ناکامورا از این روش استفاده کردند. نتایج مطالعات این محققان نشان داد که روش ناکامورا کارآمدی بسیار مناسبی در ارزیابی اثرات ساختمانی، به خصوص در شرایط ساده زمین‌شناسی دارد. همچنین تأکید مطالعات آن‌ها بر این بود که این روش با وجود آن که مقادیر حداکثر بزرگنمایی را کمتر از روش‌های دیگر به دست می‌دهد، تخمین دقیقی از پریود تقویت ساختمان دارد. بنابراین روش استفاده از میکروترمورها به دلیل سرعت زیاد برداشت و عدم تخریب و البته ارزان بودن روز به روز، در بین محققان مقبولیت و محبوبیت بیشتری می‌یابد. البته با توجه به مشخص نبودن منشأ ایجادکننده میکروترمورها و تأثیرپذیری آن‌ها از نوفه امواج محلی، نحوه پردازش اولیه و همچنین تحلیل نهایی داده‌های برداشت شده، تأثیر زیادی بر صحت و دقت نتایج به دست آمده می‌گذارد.

۳.۲. برداشت امواج میکروترمور

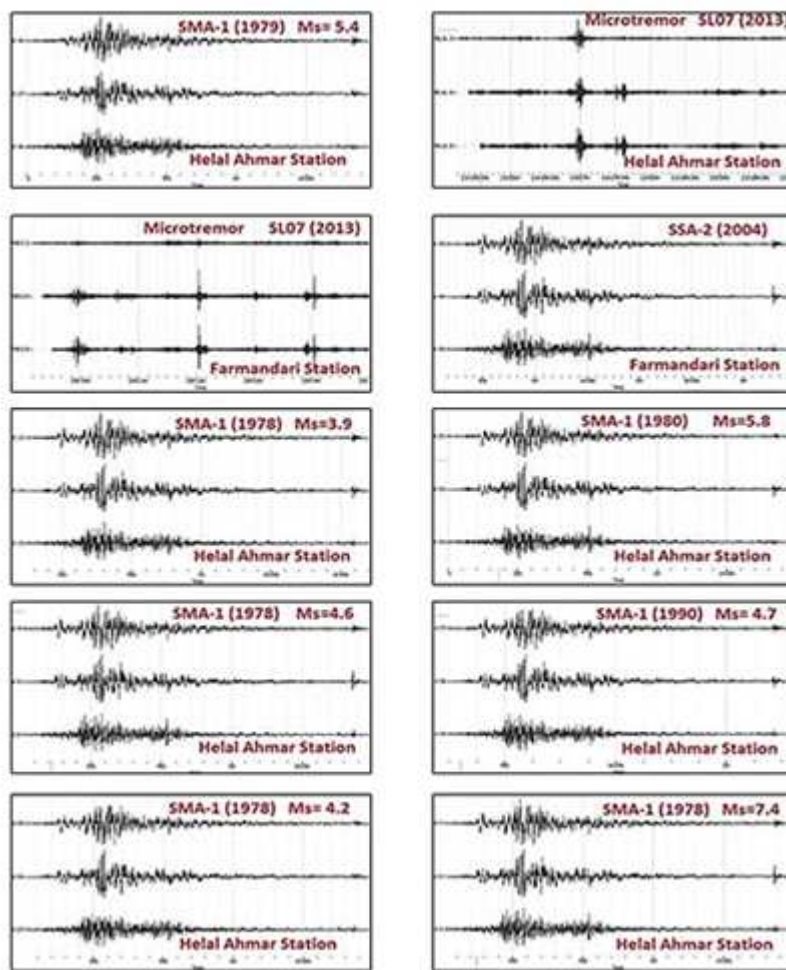
با توجه به تاریخچه دستگاه شتاب‌نگاری ایستگاه طیس، ابتدا در سال ۱۳۵۳ دستگاه شتاب‌نگار آنالوگ از نوع SMA-1 و یک سال پس از تأسیس شبکه شتاب‌نگاری زلزله ایران، توسط مهندس علی‌اکبر معین‌فر در محل ساختمان شیر و خورشید سرخ طیس (هلال احمر کنونی) نصب گردید. این دستگاه

۳.۱. تحلیل داده‌ها

تحلیل نگاشت‌های میکروترمور ثبت شده به روش نسبت طیفی مؤلفه افقی به عمودی (Nakamura 1989) صورت گرفت. برای این منظور ابتدا تمام رکوردها در نرم‌افزار ژئوپسی فراخوانی گردید (شکل ۲).

ثبت سیگنال‌های دریافتی می‌پردازد، لذا بهترین مدت زمان برای رکوردگیری ۱۵ تا ۳۰ دقیقه می‌باشد و ساعات برداشت برای جلوگیری از تأثیر نوفه محیطی، به نیمه شب و اوایل صبح محدود می‌شود. مقدار فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰ نمونه در ثانیه در نظر گرفته شده است.

۳.۲. بحث و نتایج



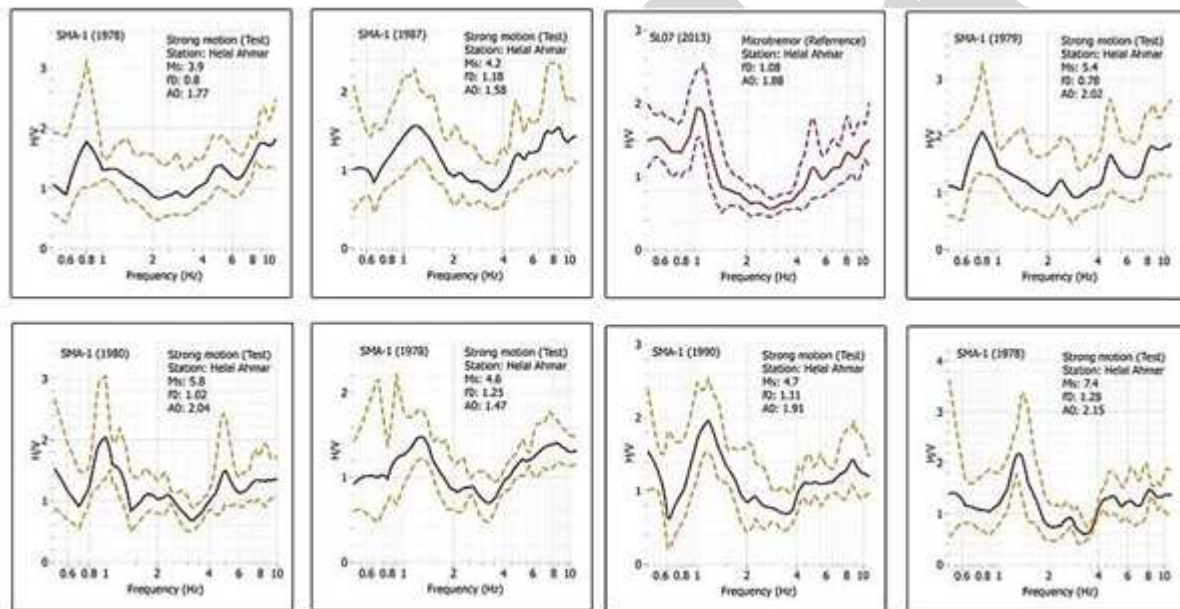
شکل ۲. فراخوانی داده‌های شتاب‌نگاری و میکروترمور در محیط نرم‌افزار ژئوپسی.

و اوماچی با عرض باند ۴۰ صورت گرفت (Konno and Ohmachi 1998). سپس مقادیر H/V برای تمام پنجره‌های زمانی محاسبه گردید و در آخر منحنی‌های H/V براساس معیارهای عنوان شده در پروژه سزایی مورد بررسی قرار گرفتند (Sezami 2004a). پس از اطمینان از منحنی و پیک حاصل شده، مقادیر فرکانس غالب (f) و دامنه تقویت (A) برای هر ایستگاه استخراج شد. در مورد داده‌های شتاب‌نگاری، با توجه به این‌که هر رکورد جهت قابل شناسایی شدن برای

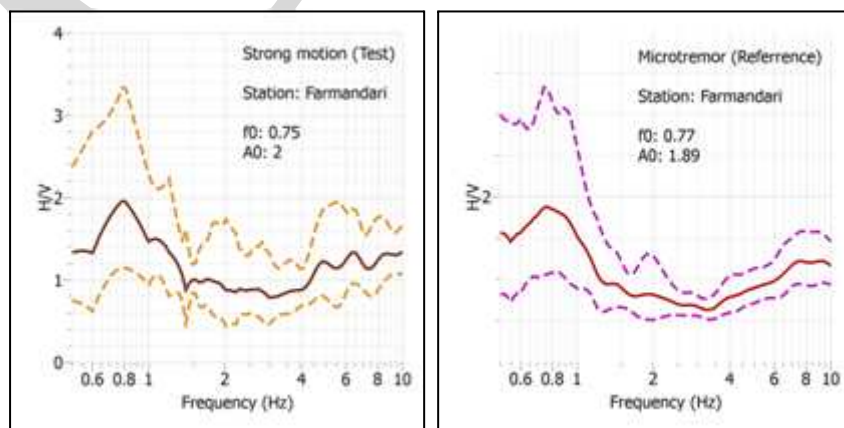
سپس پنجره‌های زمانی ۲۰ ثانیه‌ای برای مراحل بعدی انتخاب شدند. علاوه بر این، در برداشت‌های میکروترمور، پنجره‌های زمانی دارای آشفتگی غیر معمول نیز به صورت دستی حذف گردید. سپس اعمال فیلتر باتروورث باندگذر با حداقل فرکانس ۰/۲۵ هرتز و حداکثر فرکانس ۱۵ هرتز، به منظور حذف نوفه‌های شهری صورت گرفت. در مرحله بعد، طیف دامنه هر پنجره برای ۳ مؤلفه با استفاده از تبدیل فوریه سریع محاسبه شد. همچنین نرم کردن طیف با استفاده از روش کونو

نسبت طیفی لرزش اصلی طیس ۱۹۷۸ ($M_s=7/4$) و بعضی از پس‌لرزه‌های قابل توجه آن مربوط به سال‌های ۱۹۷۸ ($M_s=4/6$) و ($M_s=3/9$)، ۱۹۷۹ ($M_s=5/4$)، ۱۹۸۰ ($M_s=5/8$) و همچنین رکوردهای مربوط به سال‌های ۱۹۸۷ ($M_s=4/2$) و ۱۹۹۰ ($M_s=4/7$) که در هنگام قرار داشتن دستگاه شتاب‌نگار در هلال‌احمر ثبت شده بود و نیز با رکورد ثبت شده در سال ۲۰۰۴ مربوط به محل جدید دستگاه، سعی شد که با توجه به رکوردهای در دست، مقایسه هم از لحاظ بزرگی رکوردها و هم به لحاظ دوری و نزدیکی به زمان زلزله طیس، پراکندگی مناسبی داشته باشد. نتایج حاصل از مقایسه یاد شده در شکل‌های (۳) و (۴) نشان داده شده است.

نرم‌افزار ژئوپسی، باید به سه مؤلفه جداگانه تقسیم و فرمت‌های آن از مد باینری به مد اسکی، تبدیل می‌شود، از نرم‌افزار مطلب ورژن ۲۰۱۰ برای این کار استفاده گردید و سپس با انتقال گراف‌های حاصل از شتاب‌نگار (دامنه شتاب در واحد زمان) به حوضه فرکانس در نرم‌افزار ژئوپسی، فرکانس غالب و تابع بزرگ‌نمایی به دست آمد. بعد از پردازش و تفسیر داده‌های شتاب‌نگاری به کمک نرم افزارهای مطلب و ژئوپسی و برداشت‌های میکروترومور در محل‌های قدیم و جدید دستگاه شتاب‌نگاری (به ترتیب هلال‌احمر و فرمانداری) و تفسیر آن‌ها، نسبت‌های طیفی H/V حاصل از دو نوع داده با هم مقایسه گردید. در واقع با مقایسه نسبت طیفی میکروترومور با



شکل ۳. مقایسه نسبت‌های طیفی H/V حاصل از داده‌های شتاب‌نگاری ایستگاه ساختمان هلال‌احمر (محل قدیم دستگاه شتاب‌نگاری) با نسبت طیفی میکروترومور برداشت شده در همان ساختمان.



شکل ۴. مقایسه نسبت‌های طیفی H/V حاصل از داده‌های شتاب‌نگاری ایستگاه ساختمان فرمانداری (محل جدید دستگاه شتاب‌نگاری) با نسبت طیفی میکروترومور برداشت شده در همان ساختمان.

۴. نتیجه‌گیری

Three that are Non Reference-Site Dependent. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 85, 1127- 1143.

Konno, K. & Ohmachi, T. (1998) Ground-Motion Characteristics Estimated from Spectral Ratio between Horizontal and Vertical Components of Microtremor. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 88 (1), 228- 241.

Nakamura, Y. (1989) A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremors on the Ground Surface. *Quarterly Reports of the Railway Technical Research Institute Tokyo*, 30, 25- 33.

Navarro, M., Enomoto, T., Sanchez, F.J., Matsuda, I., Iwatate, T., Posadas, A.M., Luzon, F., Vidal, F. & Seo, K. (2001) Surface Soil Study using Short-Period Microtremors Observation in Almeria City, Southern Spain. *Pure and Applied Geophysics*, 158, 2481- 2497.

Seed, H.B., Romo, M.P., Sun, J.I., Jaime, A. & Lysmer, J. (1988) The Earthquake of September 19, 1985 Relationship between Soil Conditions and Earthquake Ground Motion. *Earthquake Spectra*, 4, 687- 729.

Seed, R.B., Dickenson, S.E. & Mok, C. (1991) *Seismic Response Analysis of Soft and Deep Cohesive Stations: A Brief Summary of Recent Findings*. First Annual Seismic Response Workshop, Sacramento, California, December 34.

SESAME, (2004a) Guidelines for the implementation of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations Measurements. Processing and Interpretation, Sesame European Research Project WP12– Deliverable D23.12.

Teves-Costa, P., Almeida, I.M. & Silva, P.L. (2001) Microzonation of Lisbon: 1- D Theoretical Approach. *Pure and Applied Geophysics*, 58, 2579- 2596.

Teves-Costa, P., Matias, L. & Bard, P.Y. (1996) Seismic Behavior Estimation of Thin Alluvium Layers using Ambient Noise Recordings. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 15, 201- 209.

زمین‌لرزه مخرب سال ۱۳۵۷ طبس و وجود شواهد فراوان از فعال بودن گسل‌های کوترنری و قرار گرفتن طبس بر روی رسوبات ضخیم آبرفتی، ساختگاه طبس را به یک ساختگاه مستعد برای تشدید خرابی‌های زلزله تبدیل کرده است. در همین راستا، در این مطالعه، کارآمدی امواج میکروترومور به عنوان ابزاری برای ارزیابی اثرات ساختگاهی، با مقایسه با رکوردهای جنبش نیرومند زمین در گستره شهر طبس، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل تشابه معناداری را در شکل طیف‌های حاصل از میکروترومور با طیف‌های مربوط به رکوردهای دارای بزرگی‌های متفاوت و اختلاف اندکی در فرکانس غالب و دامنه‌های به دست آمده نشان داد. در واقع این نتایج ما را در خصوص کارآمدی داده‌های میکروترومور برای به دست آوردن خصوصیات ساختگاه، در غیاب رکوردهای جنبش نیرومند زمین (زمین‌لرزه)، بیش از پیش مطمئن می‌سازد.

منابع

حافظی مقدس، ن.، قائم‌مقامیان، م.ر. و قزی، ا. (۱۳۸۷) ارزیابی اثرات آبرفت و طبقه‌بندی زمین در شهر مشهد بر اساس روش نسبت طیفی امواج خردلرزه‌ای. *نشریه مطالعات زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد*، (۱) ۱.

Borcherdat, R. & Glassmoyer, G. (1992) On the Characteristics of Local Geology and their Influence on Ground Motion Generated by the Loma Prieta Earthquake in the San Francisco. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 82, 603- 641.

Borcherdat, R.D. & Gibbs, J.F. (1976) Effects of Local Geological Conditions in the San Francisco Bay Region on Ground Motions and the Intensities of the 1906 Earthquake. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 6, 467- 500.

Dikmen, U. & Mirzaoglu, M. (2005) The Seismic Microzonation Map of Yenisehir- Bursa, NW of Turkey by Means of Ambient Noise Measurements. *Journal of Balkan Geophysical Society*, 8 (2), 53- 62.

Field, E.H. & Jacob, K. (1995) A Comparison and Test of Various Site Response Estimation Techniques, Including