

تعیین ضریب بزرگنمایی ساختگاه در شهر تبریز با استفاده از شتابنگاشت‌ها

ساسان مردپور^۱، احمد زارعان^{۲*}

^۱گروه مهندسی عمران، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران sasan_mardpoor@yahoo.com

^۲گروه مهندسی عمران، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران a.zarean@iaushab.ac.ir

چکیده

یکی از ارکان اصلی در زلزله شناسی مهندسی تعیین اثرات ساختگاه و برآورد میزان این اثرات در مناطق مختلف می‌باشد. رکوردهای ثبت شده از یک زلزله همواره تحت تاثیر چشمه زلزله و مسیر هستند، مهمترین بخشی که در مسیر روی تقویت یا تضعیف امواج موثر است قسمت‌های پایانی مسیر می‌باشد که بسته به نوع و ساختار لایه‌ها روی امواج تاثیر می‌گذارند. چالشی که در این راستا با آن مواجه هستیم تقویت جنبش نیرومند زمین و افزایش پتانسیل آسیب‌پذیری در هنگام زلزله است. با تعیین این اثرات لایه‌های پایانی مسیر که به اثر ساختگاه معروف است، می‌توان دقت محاسبه بعضی از پارامترهای موجود در زلزله‌شناسی مهندسی مانند طیف طرح، تحلیل خطر زلزله و ... را بالا برد. تقویت ساختگاه ایستگاه استاندارد با استفاده از رکوردهای رخدادهای لرزه‌ای که در ایستگاه‌های شبکه شتابنگاری (استانداری، عینالی و فتح آباد) در تبریز در خلال سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲ ثبت شده‌اند، تعیین شد. در این تحقیق از ۱۲ رکورد سه مؤلفه‌ای حاصل از ۶ رخداد لرزه‌ای استفاده شد. اثر جمله ساختگاه به روش معکوس خطی با استفاده از ساختگاه مرجع فتح آباد تعیین شد. مقدار تقویت دامنه در ایستگاه روی خاک متوسط ارزیابی شده و مقدار پیک دامنه در فرکانس ۲/۸ هرتز دیده شد. واژه‌های کلیدی: اثر ساختگاه، ضریب بزرگنمایی، نسبت‌های طیفی، تبریز، شتابنگاشت

Evaluation of site amplification in Tabriz Basin using Accelerograms

Sasan Mardpour¹, Ahmad Zarean¹

¹Civil Engineering Group, Shabestar Branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran

Abstract

One of the key elements in seismology is determination of site effects and estimating these effects in different regions. The Records of an earthquake is always affected by the earthquake source and directions, the most important part of the record that is effective to strength or weaken of waves is the final part, depending on the type and structure of the layers, affect the waves. Our challenge is that, strengthen and increase the potential vulnerability of ground motion during earthquakes. We can improve our accuracy in calculating of some parameters in seismology by determination of site effects. In most cases, because of high level of strengthening (or weakening) of the effect we can't ignore it on engineering calculating. One of the important parameters of site effect is the dominant frequency of soil. Site amplification in the Iranian Strong Motion Network, Tabriz stations, was estimated using earthquake 6 events recorded from 2007 to 2012. This seismic network consists of 3 accelerogram stations (TAB4, TAB5 and TAB6) distributed in Tabriz city. A total of 12 three-component waveforms from 6 events were used in this study. Site effects were separated by linear inversion using the reference site (Fathabaad). Site amplification in Tabriz was moderate at low frequencies had a pick value at 2.8 Hz for horizontal component.

Keywords: Site Effect, Amplification, Spectral Ratio, Tabriz, Acceleration

۱ مقدمه

اثر ساختگاه نقش بسیار مهمی در شناخت جنبش‌های لرزه‌ای زمین بازی می‌کند، برای اینکه ممکن است به شدت جنبش‌های لرزه‌ای را در لحظه آخر، درست قبل از رسیدن به سطح زمین یا شالوده ساختمان‌ها تقویت کند. تشدید دامنه امواج زلزله در سطح زمین ناشی از اثر ساختگاه می‌تواند تا بیش از دو برابر دامنه امواج در سطح بستر سنگی نیز برسد و لذا نمی‌توانیم در طراحی ساختمان‌ها و سازه‌ها از آن چشم‌پوشی کنیم. امروزه ارزیابی پاسخ زمین یکی از معمول‌ترین و مهم‌ترین مسائلی است که در زلزله‌شناسی و ژئوتکنیک لرزه‌ای مطرح است.

در شرایط ایده‌آل در یک تحلیل کامل پاسخ زمین، گسیختگی در سرچشمه زلزله مدل می‌شود، نحوه انتشار تنش از میان زمین در بالای بستر سنگی در زیر یک ساختگاه بخصوص مشخص شده و چگونگی اثر لایه خاک بالای بستر سنگی بر حرکات

سطح زمین مشخص می‌گردد. در حقیقت مکانیزم گسیختگی گسل به‌حدی پیچیده بوده و طبیعت انتقال انرژی بین منبع تا ساختمانی به‌حدی نامعین می‌باشد که این روند برای کاربردهای معمول مهندسی عملی نیست. در عمل روش‌های تجربی بر پایه خصوصیات زلزله ثبت شده در جهت تدوین روابط تخمینی به کار می‌رود. اغلب، این روابط تخمینی به همراه تخمین خطر زلزله برای پیش‌بینی خصوصیات حرکت در سطح سنگ بستر در ساختمانی به کار می‌روند (فیلد و جاکوب، ۱۹۹۵).

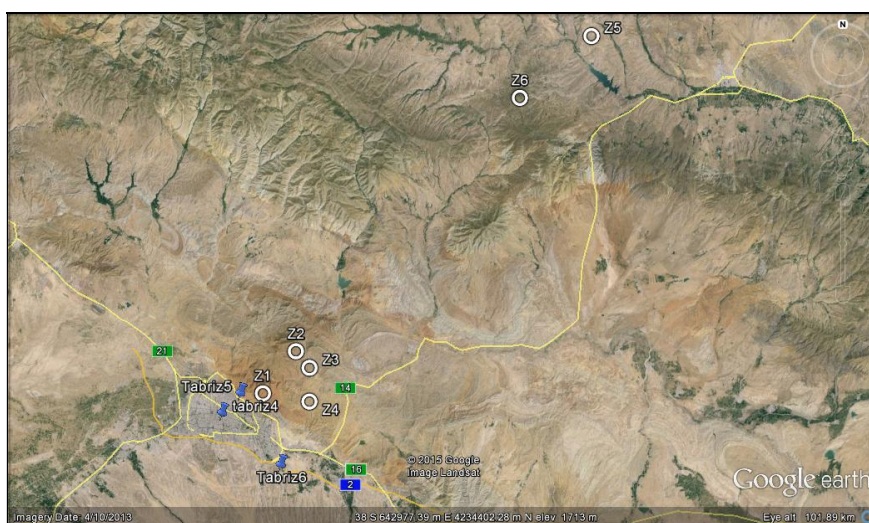
۲ شتاب نگاشت‌های ثبت شده در ایستگاه‌های تبریز

شرایط لرزه زمینساختی و رویداد زمین لرزه‌های تاریخی استان آذربایجان شرقی نشان، از پتانسیل لرزه خیزی آن می‌باشد. در حال حاضر تعداد ۵۱ دستگاه شتابنگار در استان آذربایجان شرقی به صورت میدان آزاد و شش دستگاه شتابنگار، در سدهای استان نصب است. در شهر تبریز ۳ ایستگاه شتابنگار از نوع SSA2 از اواخر سال ۱۹۶۰ در مناطق مختلف آن نصب و شروع به کار کرده است. تقویت ساختمانی در شبکه لرزه‌نگاری تبریز با استفاده از رکوردهای ثبت شده در ایستگاه‌های شبکه از نوع دستگاه شتابنگار SSA2 (استانداری، فتح آباد، عینالی) در تبریز در خلال سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۴ ثبت شده‌اند، تعیین شد. ایستگاه فتح آباد و عینالی بر روی سنگ واقع شده و ایستگاه استاندارد بر روی انواع مختلف خاک قرار دارند جدول و شکل ۱ (مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی). در این مدت ۴ زمین‌لرزه کوچک محلی در فاصله چند کیلومتری تبریز در این شبکه ثبت گردید. همچنین دو شتاب‌نگاشت حاصل از زمین‌لرزه دوگانه اهر-ورزقان در هر ایستگاه ثبت شده است.

۱-۲ پردازش و آماده سازی رکوردها

تمامی مراحل پردازش در محیط برنامه نویسی MATLAB انجام گرفته است. در ذیل به نحوه انجام پردازش داده‌ها می‌پردازیم (زارعان و همکاران، ۲۰۰۷).

- فرکانس نمونه‌برداری برای رکوردها ۲۰۰ sample/s تعیین شد.
- تصحیح خط مبنا و فیلتر میان گذر باترورث با فرکانس‌های قطع ۰/۱ و ۲۵ اعمال گردید.
- دوام رکوردها با استفاده از رابطه آریاس محاسبه گردید و زمان بین ۰/۵٪ تا ۹۵٪ انرژی به عنوان پنجره موج S تعیین گردید.
- طیف فوریه پنجره موج S و همچنین پنجره نوفه برای هر رکورد محاسبه شد (سیگنال به نوفه بیشتر از ۳ برای هر رکورد).
- دامنه‌های فوریه برای پنجره موج S حول باند فرکانسی به مرکز ۰/۲۵ تا ۱۶/۶ هرتز، به منظور به‌دست آوردن تخمینی پایدار از دامنه در یک فرکانس خاص میانگین‌گیری شد.



شکل ۱: نقشه رومرکز ۶ زمین لرزه ثبت شده در ایستگاه‌های شتاب‌نگاری تبریز.

جدول ۱: ایستگاه‌های شتاب‌نگار شهر تبریز

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	زمین شناسی سطحی	زمان ثبت دستگاه
تبریز ۴ (استانداردی)	۳۸.۰۷۸	۴۶.۲۹۸	خاک	۱۳۷۵/۴/۲۴
تبریز ۵ (عینالی)	۳۸.۱۰۲	۴۶.۳۲۷	خاک	۱۳۷۵/۴/۲۴
تبریز ۶ (فتح آباد)	۳۸.۰۱۷	۴۶.۳۸۸	سنگ	۱۳۸۴/۱۲/۰۳

۳ تعیین پاسخ ساختگاه با روش نسبت طیفی امواج زلزله (شتاب‌نگاشت)

۱-۳ روش معکوس (نسبت طیفی سایت به مرجع):

با فرض اینکه امواج S از یک چشمه نقطه‌ای تولید می‌شود. دامنه طیف فوریه موج S مشاهده شده به صورت رابطه زیر بیان می‌شود.

$$O_{ij}(f) = S_i(f)G_{ij}(f)R_{ij}^{-\gamma} \exp\left(-\frac{\pi f R_{ij}}{Q(f)V_s}\right) \quad (1)$$

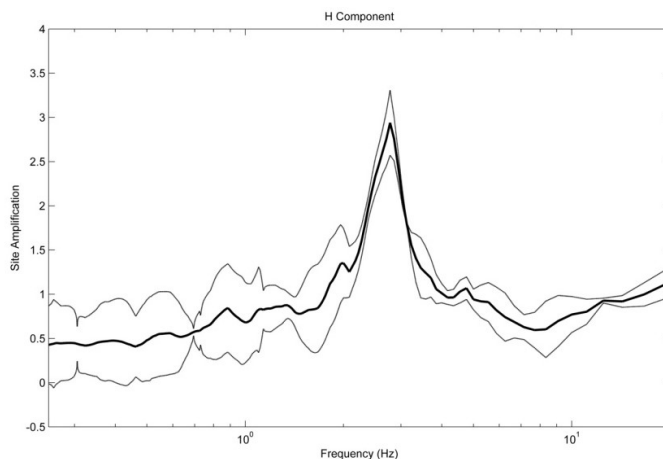
که $O_{ij}(f)$ دامنه طیف فوریه موج S برای آامین رخداد ثبت شده در زمین ایستگاه، $S_i(f)$ جمله چشمه برای آامین رخداد، $G_{ij}(f)$ جمله ساختگاه و R_{ij} فاصله هیپوسانتز برای آامین رخداد از زمین ایستگاه می‌باشد. γ ضریب گسترش هندسی، $Q_s(f)$ فاکتور کیفیت و V_s سرعت میانگین موج S در محیط می‌باشد. در این مورد انتظار داریم نتایج معکوس خطی مقدار میانگینی برای اثر ساختگاه به دست دهد. نسبت طیفی بین آامین ایستگاه و ایستگاه مرجع به صورت زیر به دست می‌آید.

$$\frac{O_{ij}(f)}{O_{ir}(f)} = \frac{G_j(f)R_{ij}^{-\gamma} \exp\left(-\frac{\pi f R_{ij}}{Q(f)V_s}\right)}{G_r(f)R_{ir}^{-\gamma} \exp\left(-\frac{\pi f R_{ir}}{Q(f)V_s}\right)} \quad (2)$$

که اندیس r نمایانگر ایستگاه مرجع است. برای تمام ایستگاه‌ها و رخدادها معادله (۴) به فرم ماتریسی زیر بیان می‌شود.

$$Gm = d \quad (3)$$

که m برداری در فضای مدل، d برداری در فضای داده‌ها و G ماتریس مربوط کننده m به d است. بردار m به روش معکوس با در نظر گرفتن کمینه کردن خطا حل می‌شود. حل کمترین مربعات به روش SVD انجام گرفت (منکه، ۱۹۸۴). انحراف معیار پارامترهای مدل از عناصر قطری ماتریس کواریانس توسط معادله $[\text{cov } m] = \sigma_d^2 [G^T G]^{-1}$ به دست می‌آید که σ_d^2 واریانس داده‌ها می‌باشد (کاتو و همکاران، ۱۹۹۵).



شکل ۲: تقویت ساختگاه در ایستگاه تبریز برای مؤلفه‌های عمودی، شعاعی و تلفیق دو مؤلفه افقی. خط تیره ضخیم نمودار تقویت ساختگاه تبریز و خط تیره نازک نشان دهنده انحراف معیار داده‌ها است.

در شکل (۲) فاکتورهای تقویت ساختمانی به روش معکوس خطی نشان داده شده است. در این شکل فاکتورهای تقویت ساختمانی برای ایستگاه تبریز نشان داده شده است. خطوط ممتد تیره بیانگر تقویت و بارها بیانگر انحراف معیار می‌باشند. در این شکل فاکتور تقویت برای مؤلفه‌های عمودی (T)، شعاعی (L) و تلفیق هر دو مؤلفه افقی (H) برای ساختمانی تبریز نسبت به ایستگاه فتح آباد نشان داده شده است. همانطور که در نمودار دیده می‌شود، بدین ترتیب طیف نمودار رسم شده تقویت ساختمانی در محدوده فرکانسی ۲ تا ۴ دیده می‌شود که حائز اهمیت است. با این حال در فرکانس به مرکزیت ۲/۸ هرتز تقویت به بیشینه مقدار خود که ۳ است رسیده است.

۴ نتیجه‌گیری

فاکتورهای تقویت ساختمانی موج S با استفاده از ۱۲ رکورد حاصل از ۶ رخداد زمین‌لرزه در دو ایستگاه TAB4 و TAB6 شبکه شتابنگاری تبریز تعیین شد. برای تعیین فاکتورهای تقویت ساختمانی از روش معکوس خطی (نسبت طیفی) استفاده کردیم. مزیت مهم روش معکوس انحراف معیار بسیار کم این روش نسبت به روش HVSR و همچنین روش نسبت طیفی استاندارد می‌باشد. همچنین در این روش اثرات ناشی از جهت یافتگی و اثر تشعشع بر تقویت ساختمانی با میانگین‌گیری روی تعداد زیادی داده حذف می‌شود. ساختمانی تبریز تقویت متوسطی دارد و دارای یک مقدار پیک در فرکانس ۲/۸ هرتز و همچنین در باند فرکانسی ۲ تا ۳ هرتز برای مؤلفه افقی می‌باشد.

منابع

- پایگاه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، <http://bhrc.ac.ir>
- Field, E. H., and K. H. Jacob (1995). A comparison and test of various site-response estimation techniques, including three that are not reference-site dependent, *Bull. Seism. Soc. Am.* 85, 1127 - 1143.
- Kato, K., K. Aki and M. Takemura (1995). Site amplification from coda waves: validation and application to S-waves site response, *Bull. Seism. Soc. Am.* 85, 467-477.
- Menke, W. (2012). *Geophysical data analysis: discrete inverse theory: MATLAB edition (Vol. 45)*. Academic press.
- Zarean, A., H. Sadeghi, and E. haghshenas. (2007). Estimation of Site Response and Qs Factor in the Khorasan Seismic Network, Using Inversion Method. *Journal of Seismology and Earthquake Engineering*, In press.