

مطالعه کاهندگی امواج زلزله در منطقه فریمان

مهديه سفری^۱، مجيد معهود^۲، غلام جوان دلویی^۳، محمد تاتار^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران، m.safari@iiees.ac.ir
^۲ استادیار، مرکز پیش بینی زلزله، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران، m.mahood@iiees.ac.ir
^۳ استادیار، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران، javandoloei@iiees.ac.ir
^۴ دانشیار، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران، mtatar@iiees.ac.ir

چکیده

باتوجه به لرزه‌خیزی منطقه شمال شرق ایران و رویداد زلزله فریمان در تاریخ ۱۶/۱/۹۶، مطالعه و شناخت دقیقتر محیط انتشارامواج و پارامترهای جنبش نیرومند زمین امری ضروری به نظر می‌رسد. هدف این تحقیق، بررسی لرزه نگاشتهای ثبت شده و مطالعه کاهندگی امواج لرزه‌ای Q_c برای ناحیه مذکور براساس لرزه‌نگاشتهای نزدیک به ۲۰۰۰ زلزله محلی ثبت شده توسط شبکه‌های لرزه‌نگاری پژوهشگاه بین المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله می باشد. برای برآورد Q_c از روش *Single Back Scattering* استفاده شده است که نگاشتهای در پنج باند فرکانسی ۲ تا ۳۲ هرتز، برای پنجره‌ی زمانی ۱۵ ثانیه برای بررسی ضریب کیفیت، تحلیل شدند و رابطه فرکانسی $Q_c = (40.32 \pm 5)f^{(1.059 \pm 0.04)}$ برای منطقه فریمان بدست آمده است. امواج کدا از برخورد امواج S با ناهمگنی‌های تصادفی درون پوسته تشکیل می‌شوند. مقایسه نتایج بدست آمده با مناطق آرام و فعال لرزه‌ای نشان می‌دهد که مقادیر Q_c بدست آمده با مناطق فعال که دارای ناهمگنی زیاد می باشند، همخوانی دارد. **کلید واژه‌ها:** کاهندگی امواج زلزله، فاکتور کیفیت، شمال شرق ایران.

Temporal Variation of Q Factor after Earthquakes

Safari.M¹ Mahood.M².Javan Doloei,GH³.Tatar.M⁴

¹Master student in Geophysics, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tehran
²Assistant Professor, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tehran
³Assistant Professor, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tehran
⁴Associate Professor, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tehran

Abstract

Observed time-varying properties of the Earth's crust after large earthquakes are correlated with the increase in stress. postseismic slip of the great earthquakes can give rise to temporal changes in the medium either due to strong ground motion damaging near-surface sediment layer or stress perturbations modulating crack density and/or fluid movement at depth. Such time-varying crustal properties can result in a fractional change in seismic wave attenuation and velocity. The spatial and temporal variations of coda attenuation (Q_c) were studied in the source region of the Fariman (M_w 6, 2017) earthquake. The Q_c values were determined from the amplitude decay rate of the S-wave coda in narrower overlapping frequency bands in the range $f=2-32$ Hz using the lapse time window 15s, based on a single back-scattering model for regional earthquakes recorded in a period from April 2017 to May 2017, including postseismic period. The reduction in Q_c following this event indicates high pore fluid saturation within the fractured fault zone due to the postseismic fluid redistribution. Approaching the earthquake, we observed clear variations in the seismic wave propagation properties.

Keywords: Precursor, Variation of Q , Coda waves, Fariman, Q_c .

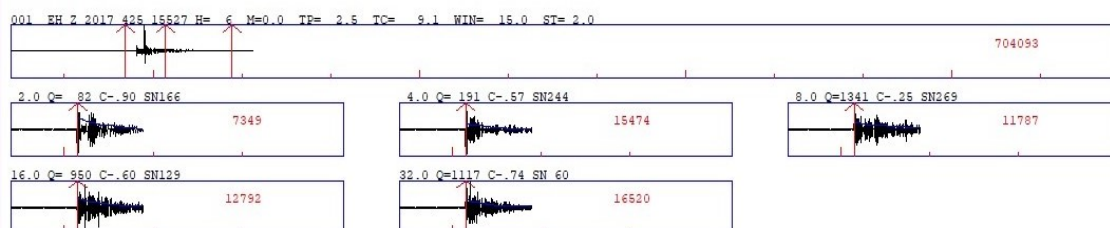
۱ مقدمه

کاهندگی امواج زمین‌لرزه به همراه سرعت انتشار امواج، از مشخصات بسیار مهم محیط انتشارامواج تلقی می‌شوند زیرا این دو پارامتر فیزیکی نحوه انتشار امواج زلزله را تحت تاثیر قرار می‌دهند و به تبع آن برای تعیین دقیق پارامترهای چشمه زلزله و نیز کاهش خطر زلزله در منطقه مورد نیاز می‌باشند. عواملی که باعث کاهندگی امواج و انرژی تابیده شده از چشمه می‌شوند عبارتند از: بازتاب و عبور امواج از مرزهای لایه‌ها، چند مسیر شدن، گسترش هندسی، پراکنش امواج، کاهندگی ناکشسانی و جذب ذاتی امواج. کاهندگی امواج زلزله توسط کمیت بدون بعد فاکتور کیفیت Q ، که بیانگر کاهش دامنه موج طی مسیر انتشار

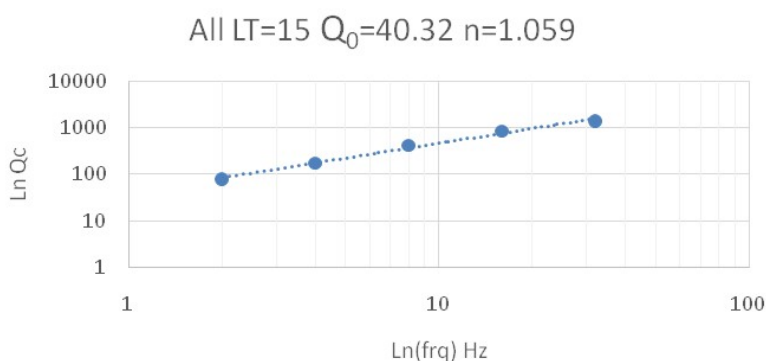
می‌باشد، توصیف می‌شود. این پارامتر بیانگر نرخ کاهش دامنه موج طی مسیر انتشار بوده و تابعی از فرکانس، نوع موج زمین لرزه، طول پنجره زمانی در نظر گرفته شده برای تحلیل نگاشت، خصوصیات زمین شناسی در زیر محل ثبت نگاشت و فعالیت تکتونیکی منطقه است.

۲ روش تحقیق

در این تحقیق از روش تک پراکنش به عقب برای تحلیل امواج کدای لرزه‌نگاشت‌ها و شتاب‌نگاشت‌های زمین‌لرزه‌های محلی در منطقه فریمان استفاده شده است. امواج کدای زمین‌لرزه‌های محلی ($\Delta < 180$ km) از ترکیب و روی هم قرار گرفتن امواج حجمی به عقب پراکنش یافته به سبب توزیع و گسترش تصادفی ناهمگنی‌های موجود در پوسته و گوشته بالایی، حاصل می‌گردد. دو روش با عنوان روش تک پراکنش به عقب و روش پراکنش چندگانه برای مطالعه امواج کدا بکار می‌روند. در مدل تک پراکنش به عقب فرض بر ضعیف بودن فرآیند پراکنش می‌باشد. این روش برای زمین‌لرزه‌های محلی که دارای زمان سپری شده کمتر از ۱۰۰ ثانیه می‌باشند بکار می‌رود. در مدل پراکنش چندگانه که پراکنش فرآیندی قوی در نظر گرفته می‌شود، برای زمین‌لرزه‌های ناحیه‌ای و دور لرزه با زمان سپری شده حدود ۱۰۰ ثانیه کاربرد دارد (جاین واکس ۱۹۸۸، ساتو ۱۹۸۸). با توجه به اینکه در این تحقیق امواج کدای زمین‌لرزه‌های محلی دارای زمان سپری شده کمتر از ۱۰۰ ثانیه می‌باشند، برای محاسبه Q_c از روش تک پراکنش به عقب استفاده شده است. طبق این مدل امواج کدا از پراکنش به عقب امواج حجمی توسط ناهمگنی‌های نامنظم و تصادفی موجود در پوسته و قسمت بالایی گوشته زمین تولید می‌شوند.



شکل ۱: لرزه نگاشت اصلی و فیلتر نشده به همراه نگاشت‌های فیلتر شده در فرکانس‌های مرکزی مطلوب زمان انتخابی امواج S با پنجره زمانی ۱۵ ثانیه برای امواج کدا



شکل ۲: نتایج حاصل از برآورد ضریب وابسته به بسامد در پنجره زمانی ۱۵ ثانیه برای منطقه فریمان (مقادیر میانگین ضریب کیفیت در ۱ هرتز (Q_c) و (n) در بالای شکل نشان داده شده است.

دامنه امواج کدا $A(f,t)$ ، در یک نگاشت لرزه‌ای در فرکانس مرکزی (f) و در سیگنال با پهنای باند محدود می‌تواند به عنوان تابعی از زمان سپری شده (t) که از زمان واقعی رویداد زمین‌لرزه اندازه‌گیری می‌شود به صورت زیر بیان می‌شود (آکی و چوت ۱۹۷۵):

$$A(f,t) = S(f)t^{-\alpha} \exp\left(-\frac{\pi ft}{Q_c(f)}\right) \quad (1)$$

$$\ln[A(f,t)] = \ln[S(f)] - \ln t - \left(\frac{\pi f}{Q_c}\right)t \quad (2)$$

$$\ln[A(f,t).t] = c - bt \quad (3)$$

رابطه فوق بیانگر رابطه‌ای خطی بین $\ln[A(f,t).t]$ و t می‌باشد. بنابراین شیب خط مستقیم برازش شده بین مقادیر $\ln[A(f,t).t]$ و t یعنی $b = \pi f / Q_c$ ، مقادیر Q_c در فرکانسهای خاص را بدست می‌دهد. در این مطالعه از ۷ زمین لرزه از ۲۰۰۰ زلزله ثبت شده که نسبت سیگنال به نویز خوبی دارند و دارای بزرگای ۲/۸ تا ۴/۰ می‌باشند، استفاده شده است. هر نگاشت لرزه‌ای توسط فیلتر میان گذر در فرکانسهای مرکزی: ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲ هرتز توسط فیلتر باترورث مرتبه چهار فیلتر می‌شود (شکل ۱). مقادیر میانگین محاسبه شده Q_c برای فرکانس‌های مختلف در تمام ایستگاه‌ها برای پنجره زمان سپری شده ۱۵ ثانیه است.

۳ نتیجه گیری

برای برآورد ضریب کیفیت امواج کدا تعداد ۷ زمین لرزه محلی ثبت شده ایستگاههای لرزه‌نگاری از منطقه فریمان استفاده شده است. مقادیر پارامتر کیفیت Q_c که با روش Single Back-Scattering امواج کدای S برای منطقه بدست آمد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که:

مقدار Q بدست آمده در این منطقه در مقایسه با مناطق آرام نشان می‌دهد این منطقه از لرزه‌خیزی بالای برخوردار است. همچنین مقادیر بالای توان رابطه‌ی فرکانسی مربوط به نواحی لرزه‌خیز می‌باشد و مناطق آرام دارای مقادیر کمتر هستند.

$$Q_c = (40.32 \pm 5) f^{(1.059 \pm 0.04)}$$

رابطه فرکانسی بدست آمده در منطقه برای منطقه شمال فریمان ایران:

References:

- Aki, K., and Chouet, B., 1975. "Origin of Coda Waves: Source, Attenuation and Scattering Effects". *J. Geophys. Res.* 80, 3322–3342.
- Jin, A., and Aki, K., 1988. "Spatial and Temporal Correlation between Coda Q and Seismicity in China", *Bull. Seismol. Soc. Am.* 78, 741–769.
- Ma'hood, M. and Hamzehloo, H., 2009. "Estimation of coda wave attenuation in East Central Iran", *J. Seismol.*, 13, 125–139.
- Mukhopadhyay S, Tyagi C, 2008. "Variation of intrinsic and scattering attenuation with depth in NW Himalayas". *Geophys J Int*;172:1055–65.
- Rahimi, H., Motaghi, K., Mukhopadhyay, S., Hamzehloo, H., 2010. "Variation of coda wave attenuation in the Alborz region and central Iran", *Geophys. J. Int.*, 181, 1643-1654.
- Sahin, S. and M. Cinar, 2014. "Frequency-Dependent Attenuation of Coda Waves in the Crust in Southwest Anatolia (Turkey)", *Pure App. Geophys.*, 171, 1203-1217.
- Sato, H., 1988. "Fractal interpretation of the linear relation between logarithms of maximum amplitude and hypocentral distance". *Geophys. Res. Lett.*, 15, 373–375.
- Yoshimoto, K., Sato, H. and Ohtake, M., 1993. "Frequency-dependent attenuation of P and S waves in the Kanto area, Japan, based on the coda normalization method", *Geophys. J. Int.*, 114, 165–174