

## پهنه بندی ضريب جذب امواج کدا در البرز مرکزی، با استفاده از شتابنگاشتهای حاصله از

### زلزله کجور - فيروزآباد (۲۰۰۴)

حبيب رحيمي<sup>۱</sup>، حسين حمزه لوی<sup>۱</sup> و نصراله کمالیان<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>پژوهشگاه بين المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ايران  
<sup>۲</sup>مؤسسه ژئوفيزيک، دانشگاه تهران، ايران

#### چکیده

در ۲۸ می ۲۰۰۴ زلزله ای به بزرگی  $M_W = 6.2$  (USGS) مناطق غربی استان مازندران را لرزاند که شوک اصلی آن توسط ۱۴۵ ایستگاه شتابنگاری مرکز تحقیقات مسکن ثبت شد. در این مطالعه با استفاده از شتابنگاشتهای ثبت شده در اطراف رومرکز زلزله کجور، ضريب کیفیت امواج کدا با استفاده از روش تک پراکنش به عقب آکی و چوت (۱۹۷۵) برای همه ایستگاههای ثبت کننده ای که نسبت سیگنال به نویز خوبی داشتند، بدست آمد که به ترتیب برای ۴ ناحیه پهنه بندی شده توسط چالنگو (۱۹۷۴)، میانگین مقادیر فاکتور کیفیت و وابستگی فرکانسی آن به صورت زیر:

$$\begin{array}{ll} 1- \text{ ناحیه شمال غرب} & Q_c = 92 \times f^{1.14} \\ 2- \text{ ناحیه شمال شرق} & Q_c = 188 \times f^{0.79} \\ 3- \text{ ناحیه جنوب غرب} & Q_c = 157.5 \times f^{0.93} \\ 4- \text{ ناحیه جنوب شرق} & Q_c = 132.5 \times f^{0.87} \end{array}$$

در ایستگاههای ثبت کننده شوک اصلی و در رنج فرکانسی  $f = 1 \sim 32 \text{ Hz}$  بدست آمد که نحوه تغییر  $Q_c^{-1}$  در ایستگاههای مختلف و ارتباط آن با لرزه خیزی و تکتونیک منطقه، مورد مطالعه قرار گرفته است.

#### Abstract

The Firozabad-Kojour earthquake occurred on May 28 2004 with estimated magnitude of  $M_w=6.2$  60 Km in north of Tehran. The main shock recorded of 145 accelerograph stations which installed by Building House Research Center (BHRC).

The strong motion records have been used to estimate attenuation of coda wave by using Single back scattering Method (Aki 1975).

The frequency dependence attenuation has been obtained in the Alborz according to four region introduced by Challenkoo (1974) as follow:

$$\begin{array}{ll} 1. Northwest & Q_c = 92 \times f^{1.14} \\ 2. Northeast & Q_c = 188 \times f^{0.79} \\ 3. Southwest & Q_c = 157.5 \times f^{0.93} \\ 4. Southeast & Q_c = 132.5 \times f^{0.87} \end{array}$$

for recorded stations of main shock and in frequency range of  $f = 1 \sim 36 \text{ Hz}$  respectively, and studied manner changes  $Q_c^{-1}$  in difference stations and relation of tectonic and seismotectonic.

#### مقدمه

فلات ايران يك زون نسبتاً عريض با دگرشکلی فشارشی در طول کمربند فعال لرزه خيز آلپ - هيماليا واقع شده است که مابين حرکات همگرای صفحه عربستان در جنوب غربی و اوراسيا در شمال شرقی به تله افتاده است و رشته کوههای البرز در شمال ايران نیز در کمربند آلپ - هيماليا واقع شده اند که ما بين بلوک جنوب کاسپين در شمال و فلات مرکزی ايران واقع شده که ساختار البرز را در دو دوره پراکامبرين و آلپين شکل داده است. در این مطالعه با استفاده از شتابنگاشتهای زلزله کجور - فيروز آباد (۲۰۰۴) ضريب جذب امواج لرزه ای کدا به روش تک پراکنش به عقب آکی و چوت (۱۹۷۵)، نحوه تغییرات  $Q_c^{-1}$  در منطقه و وابستگی فرکانسی ( $Q = Q_0 \times f^\alpha$ ) آن از شتابنگاشتهای حاصل از شوک اصلی زلزله بدست آمده است.

## پردازش داده ها

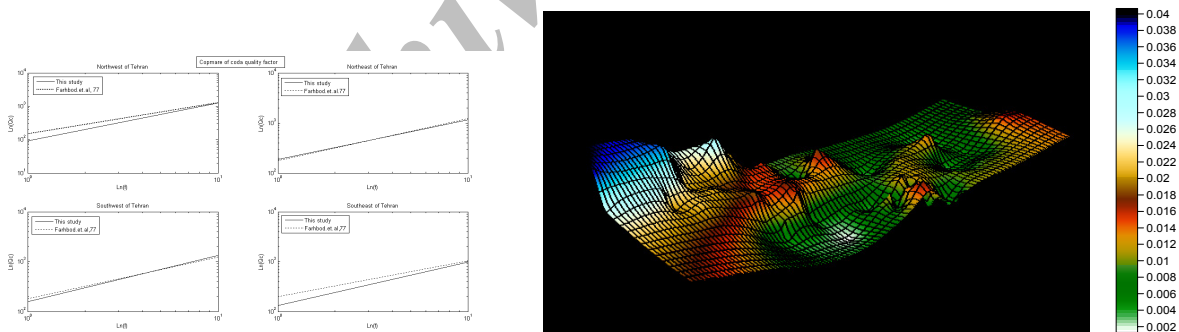
رومرکز زمینلرزه کجور - فیروزآباد (۲۰۰۴) در (51.574N, 36.283E) توسط USGS گزارش شده که شوک اصلی زلزله توسط ۱۴۵ ایستگاه شتابنگاری مرکز تحقیقات مسکن (BHRC) در فاصله کانونی به شعاع ۳۰ km و در محدوده ۶ استان ثبت شد که بیشتر دستگاههای ثبت کننده از نوع SSA-2 دیجیتالی با قدرت تفکیک 12bits و فرکانس طبیعی ۵۰ هرتز با پاسخ فرکانس طبیعی هموار در رنج فرکانسی (۰-۵۰) هرتز می باشد که اثرات مربوط به میرایی و فرکانس طبیعی سیستم از شتابنگاشتها حذف شده است. از بین شتابنگاشتها ثبت شده از شوک اصلی زلزله کجور - فیروزآباد ۹۷ شتابنگاشت ثبت شده که نسبت سیگنال به نویز خوبی برای پنجره موج کدا داشتند برای برآورد فاکتور کیفیت امواج لرزه ای استفاده شدند مولفه های افقی شتابنگاشتها تصحیح خط مبنای مرتبه صفر شده و در پنج باند فرکانسی ۲-۱، ۴-۲، ۸-۴، ۱۶-۸ و ۳۲-۱۶ هرتز با فرکانسهای مرکزی ۱/۵، ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ هرتز با فیلتر باتروث مرتبه ۴ فیلتر باند گذر شدند. پنجره زمانی موج کدا برای آنالیز شتابنگاشتها ۳۰ ثانیه در نظر گرفته شد که شروع آن از گذشت زمانی  $t \geq 2t_s$  گرفته شد که  $t_s$  زمان رسید موج S می باشد. دامنه موج کدا  $A(f, t)$  در فواصل زمانی دو ثانیه ای با همپوشانی یک ثانیه ای از زمان  $2t_s + 30$  تا  $2t_s$  برای مولفه های افقی شتابنگاشتها با استفاده از رابطه ریشه میانگین مجموع دامنه از رابطه

$$A_c(f, t) = \left\{ \frac{\sum (A_{EW}(f, t)^2 + A_{NS}(f, t)^2 - A_n(f)^2)}{m} \right\}^{1/2} \quad (5)$$

در هر باند فرکانسی بدست آمد که  $A_n(f)$  دامنه rms در پنجره زمانی ۲ ثانیه ای از انتهای شتابنگاشت برای تصحیح نویز زمینه بوده و m تعداد نمونه ها در پنجره زمانی است.

در هر باند فرکانسی مقادیر  $\ln(A(f, t)t^\alpha)$  محاسبه شد که با برازش خط مابین  $\ln(A(f, t)t^\alpha)$  و  $t$  مقادیر  $Q_c$  برای مولفه های افقی شتابنگاشتها بدست آمد که برای شتابنگاشت ایستگاه پول در سمت راست شکل ۲، آورده شده است. وابستگی فرکانسی  $Q_c$  برای همه ایستگاهها با استفاده از روش کمترین مربعات و برازش بین  $\ln(Q_c)$  و  $\ln(f)$  با توجه به رابطه ۵ بدست آمد:

$$\ln(Q_c) = \ln(Q_0) + \alpha \ln(f)$$



شکل ۲. مقایسه نتایج بدست آمده از این مطالعه با نتایج حاصله از فرهد و همکاران (۱۳۳۷).

شکل ۱. نحوه تغییرات  $Q_c^{-1}$  در ایستگاههای گیرنده زلزله کجور-فیروزآباد (۲۰۰۴).

## بحث و نتایج

در این مطالعه مقادیر  $Q_c$  برای شتابنگاشتها ثبت شده از شوک اصلی زلزله که نسبت سیگنال به نویز خوبی داشتند از روش تک پراکنش به عقب آکی و چوت (۱۹۷۵) در رنج فرکانسی  $f = 1 \sim 32 \text{ Hz}$  برای ۵ باند فرکانسی بدست آمده برای ۵ باند فرکانسی مورد مطالعه بصورت زیر بدست آمد:

$$Q_c = 666 \quad \text{۳- برای باند فرکانسی ۴-۸ هرتز} \quad Q_c = 184 \quad \text{۱-۲ هرتز}$$

۲- برای باند فرکانسی ۲-۴ هرتز  $Q_c = 338$  ۴- برای باند فرکانسی ۱۶-۸ هرتز  $Q_c = 1428$

۵- برای باند فرکانسی ۱۶-۳۲ هرتز  $Q_c = 2336$

و نمودار کنتوری مقادیر  $Q_c^{-1}$  در شکل ۱ آورده شده است که با توجه به نقشه گسلهای منطقه و لرزه‌خیزی آن سازگاری خوبی با لرزه‌خیزی و گسلهای منطقه دارد. چالنگو (۱۹۷۴) بر اساس مطالعات زمینلرزه‌های دستگاهی، البرز را به پهنه‌های مختلفی تقسیم کرده که عبارتند از ۱- پهنه شمال غربی، ۲- شمال شرقی، ۳- جنوب شرقی و ۴- جنوب غربی. به نظر چالنگو لرزه‌خیزی البرز با دوره‌های کوتاه مدت فعالیت مشخص است و ظهور زمینلرزه در یک حوزه با آرامش حوزه دیگر همراه است و دوره تمرکز فعالیت هر حوزه از چهار سال برای بخش شمال باختری تا ۱۲ سال برای بخش شمال خاوری متفاوت است. براساس نقشه لرزه زمین ساختی ایران (بربریان، ۱۹۷۶) و طبق مطالعه چالنگو و بربریان البرز خاوری از البرز باختری لرزه‌خیزتر است. با توجه به سازگاری پهنه‌بندی ضریب جذب ( $Q_c^{-1}$ ) بدست آمده با پهنه بندی چالنگو برای ۴ پهنه مذکور، مقادیر میانگین فاکتور کیفیت وابسته به فرکانس بدست آمد که بصورت زیر می باشد.

$$Q_c = 157.5 \times f^{0.93} \quad \text{۳- ناحیه جنوب غرب} \quad Q_c = 92 \times f^{1.14} \quad \text{۱- ناحیه شمال غرب}$$

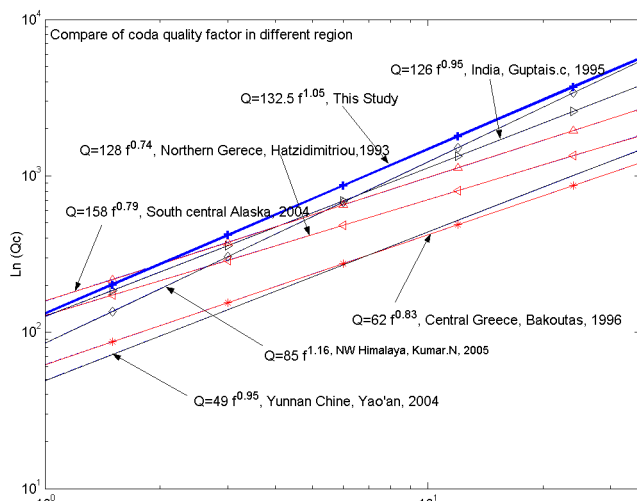
$$Q_c = 132.5 \times f^{0.87} \quad \text{۴- ناحیه جنوب شرق} \quad Q_c = 188 \times f^{0.79} \quad \text{۲- ناحیه شمال شرق}$$

که با توجه به رابطه مستقیم  $Q_{0,c}^{-1}$  با لرزه‌خیزی در ۴ ناحیه مذکور منطقه شمال غرب فعالتر از شمال شرق و منطقه جنوب شرق فعالتر از جنوب غرب است و لذا با مطالعات بربریان و چالنگو مبنی بر فعال بودن بخش شرقی البرز نسبت به بخش غربی آن سازگاری نشان می‌دهد. مطالعات ضریب جذب امواج لرزه ای برای منطقه مورد مطالعه توسط فرهد و همکاران (۱۳۳۷) و قاسمی و همکاران (۱۳۸۴) بصورت زیر انجام شده است. در مطالعه انجام شده توسط فرهد و همکاران از داده های لرزه نگاشتی و به روش ساتو (۱۹۹۷) مقادیر فاکتور کیفیت امواج کدا در رنج فرکانسی ۱-۱۰ هرتز بدست آمده که منطقه تهران را به چهار ناحیه، که وابستگی فرکانسی امواج کدا در آنها از روابط زیر پیروی میکند، تقسیم بندی کرده اند:

$$Q_c = 182 \times f^{0.83} \quad \text{۳- ناحیه جنوب غربی} \quad Q_c = 151 \times f^{0.93} \quad \text{۱- ناحیه شمال غربی}$$

$$Q_c = 199 \times f^{0.72} \quad \text{۴- ناحیه جنوب شرقی} \quad Q_c = 178 \times f^{0.84} \quad \text{۲- ناحیه شمال شرقی}$$

و با توجه به مقادیر  $Q_0$  بدست آمده به این نتیجه رسیده اند که منطقه شمال غربی تهران فعالتر از مناطق دیگر مورد مطالعه می باشد که با نتایج حاصله در این مقاله که با استفاده از داده های شتابنگاشتی و به روش تک پراکنش به عقب آکی صورت گرفته سازگاری خوبی نشان می دهد که برای چهار منطقه مذکور



شکل ۲. مقایسه وابستگی فرکانسی بدست آمده برای  $Q_c$  در این مطالعه با مقادیر بدست آمده از مطالعات دیگر.

نمودارهای وابستگی فرکانسی در شکل ۲ آورده شده است که سازگاری خوبی بین مقادیر بدست آمده مشاهده می شود و تنها مقادیر بدست آمده برای  $Q_0^{-1}$  در این مطالعه برای دو ناحیه شمال غربی و جنوب غربی از مقادیر بدست آمده از نتایج فرهد و همکاران بیشتر است که احتمالاً با توجه به گذشت زمانی چند ساله مناطق مذکور فعالتر شده اند.

مقدار میانگین مقادیر بدست آمده برای کل منطقه از شتابنگاشتها از رابطه  $Q_c = 132.5 \times f^{1.05}$  پیروی می کند که با توجه به مقادیر بدست آمده در مطالعات دیگر از مناطق مختلف جهان و رابطه تضعیف با لرزه خیزی (برای مناطق فعال به لحاظ

لرزه خیزی و تکتونیکی  $Q_0 < 200$  و برای مناطق غیر فعال  $Q_0 > 600$  با توجه به شکل ۳ سازگاری خوبی با مقادیر گزارش شده از دیگر مطالعات انجام شده نشان می دهد و در زمره مناطق فعال به لحاظ لرزه خیزی و تکتونیکی قرار دارد که با توجه به شکل ۱۱ مقادیر  $Q_0$  برای مناطق مورد مطالعه در هند، آلاسکا و یونان سازگاری خوبی با منطقه مورد مطالعه نشان می دهد.

#### منابع

- Aki k, Chouet B.1975.Origin of coda wave: Source, attenuation and scattering effects [J].J Geophysics Res, 80:3322-3342.
- Gupta.S.C, Singh.V.N, Kumar.A, 1995, Attenuation of coda waves in the Garhwal Himalaya, India.J.Physics of Earth and Planetary Interiors, 87,247-253.
- Kumar.N, Imtiyaz.A.P, H.S, Virk, (2005), Estimation of coda wave attenuation for NW Himalayan region using local earthquakes, Journal of the Earth and Planetary Interior, 151,243-258.

Archive of SID