بررسی اثر راستاگرایی بر جنبش نیرومند زمین در زمین‌لرزه ۳ بهمن ۱۴۰۰ تبریز، آذربایجان شرقی

فرزانه نصیری[۱]، سعید رحیم زاده[۲]
[۱] کارشناسی ارشد زلزله‌شناسی، پژوهشگاه بین المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، farzane.nasiri@stu.iiees.ac.ir
[۲] دانشجوی دکتری زلزله‌شناسی، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، saeid.rahimzadeh@ut.ac.ir

چکیده

پدیده راستاگرایی گسلش، یکی از پارامترهای چشمه زمین‌لرزه است که باعث ایجاد تغییرات مکانی دامنه جنبش نیرومند زمین در اطراف گسل‌ها می‌شود. در این مطالعه، با بررسی شتاب نگاشت‌های ثبت شده توسط مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (BHRC)، اثر راستاگرایی در زمین‌لرزه ۳ بهمن ۱۴۰۰ تبریز، با بزرگی M_N ۴.۴ که در نزدیکی گسل فعال شمال تبریز رخ داد، بررسی شده است. در شتاب‌نگاشت‌های ایستگاه‌های جنوب‌شرق رومرکز زمین‌لرزه دامنه‌های بزرگ‌تری مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده راستاگرایی به سمت جنوب‌شرق گسل شمال تبریز است. پدیده راستاگرایی و اثرات آن موضوعی مهم در مطالعات خطر زمین‌لرزه برای شهر تبریز با جمعیت حدود ۱۵۰۰۰۰۰ نفر است.

واژه‌های کلیدی: راستاگرایی، جنبش نیرومند زمین، گسل شمال تبریز، خطر زمین‌لرزه، شمال‌غرب ایران، تبریز

Rupture directivity effect on the strong ground motions in the 23 Jan 2022 Tabriz M_N 4.4 earthquake, East Azarbaijan

Farzaneh Nasiri[1], Saeid Rahimzadeh[2]
[1] M. Sc., international institute of earthquake engineering and seismology, Tehran, Iran, farzane.nasiri@stu.iiees.ac.ir
[2] *PhD Student, Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran, Iran, saeid.rahimzadeh@ut.ac.ir*

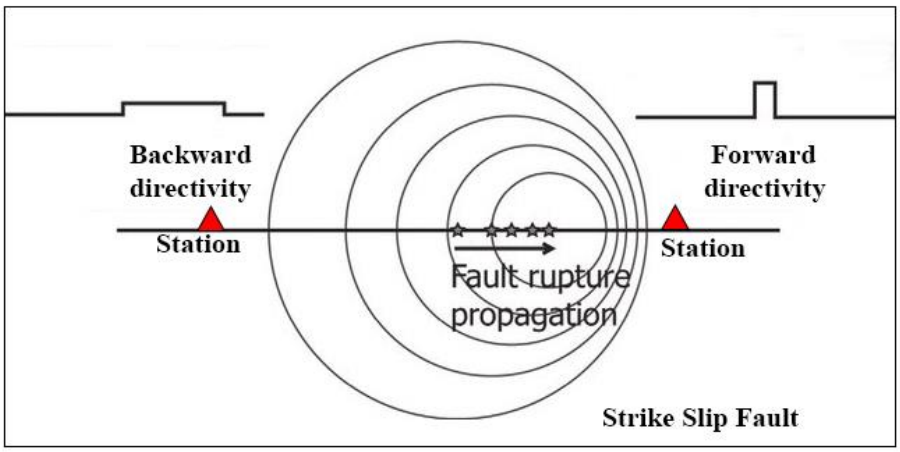
Abstract

The rupture directivity effect is a seismic source parameter that plays a significant role in the generation of ground motions and damage to the structures. Tabriz earthquake on 23 January 2022 with M_N 4.4 occurred near the North Tabriz Fault. In this study, we analyzed accelerograms recorded by the BHRC network to investigate the rupture directivity of the earthquake. Larger amplitudes of accelerations recorded in the stations southeast of the earthquake epicenter indicate mostly southeastward unilateral rupture propagation along the North Tabriz Fault. This can be important in terms of seismic hazard assessment in Tabriz province where the total population exceed 1.5 million.

Keywords: Rupture directivity, Strong ground motion, North Tabriz Fault, seismic hazard, Northwestern Iran, Tabriz

۱ مقدمه

عوامل مختلفی (فاصله، بزرگا، عمق، مدت دوام گسیختگی، شرایط زمین‌شناسی زیر ایستگاه‌ها و پدیده راستاگرایی) می‌تواند بر پارامترهای جنبش نیرومند زمین تأثیر بگذارد. در اثر گسیختگی ناشی از زمین‌لرزه، گسیختگی از یک نقطه شروع شده و با سرعت نزدیک به سرعت موج برشی (گسیختگی فروبرشی) منطقه انتشار می‌یابد. انتشار گسیختگی به سمت یک ایستگاه شتاب‌نگاری باعث می‌شود تا بیشتر انرژی لرزه‌ای حاصل از گسیختگی، به صورت یک تپ بزرگ، که نشان دهنده‌ی اثرات تجمعی انرژی لرزه‌ای حاصل از گسلش است، در ابتدای نگاشت ثبت شود (افشار و همکاران، ۱۳۸۷؛ گریماز و مالیسان، ۲۰۱۴) (شکل ۱). این تپ بزرگ، در اثر الگوی تابشی جابه‌جایی برشی بر روی گسل، در جهت عمود بر صفحه گسل قرار گرفته و راستاگرایی پیشرو (Forward directivity) را به وجود می‌آورد (شکل ۱؛ داگلاس و همکاران، ۱۹۸۸).



شکل ۱: اثرات راستاگرایی پیشرو (Forward directivity) و پسرو (Backward directivity) (گریماز و مالیسان، ۲۰۱۴).

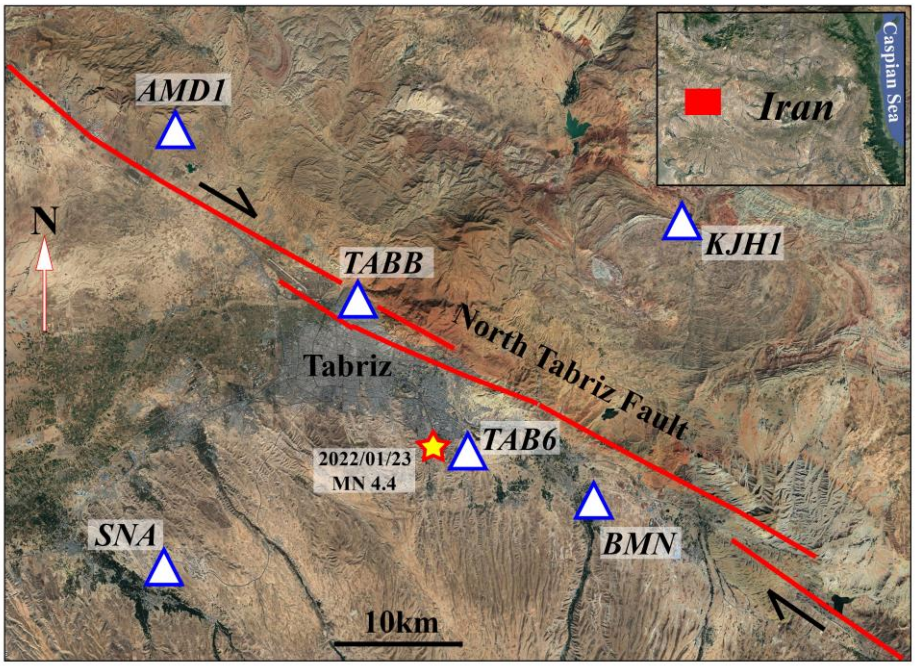
در صورتی که جبهه گسیختگی به سمت ایستگاه انتشار یابد و همچنین جهت لغزش بر روی گسل، به سمت ایستگاه باشد، راستاگرایی پیشرو رخ داده و باعث افزایش دامنه و کاهش مدت دوام امواج ثبت شده روی نگاشت‌ها می‌شود. این درحالی است که اگر جبهه گسیختگی از ایستگاه دور شود، امواج ثبت شده بر روی شتاب‌نگاشت‌ها مدت دوام بیشتر و دامنه کمتری خواهند داشت (شکل ۱؛ سامرویل و همکاران، ۱۹۹۷؛ گریماز و مالیسان، ۲۰۱۴).

اثرات راستاگرایی در عمده زمین‌لرزه‌های بزرگ (مانند: زمین‌لرزه ۱۹۹۲ لاندرس با بزرگی Ms ۷.۴؛ آمون و همکاران،۱۹۹۳) و همچنین زمین‌لرزه‌های کوچک (۵> M >۲؛ کنی و همکاران، ۲۰۱۳) بررسی و اثبات شده است. در این مطالعه با استفاده از داده‌های شتابنگاری ثبت شده توسط BHRC، راستاگرایی در زمین‌لرزه ۳ بهمن ۱۴۰۰ تبریز (M_N ۴.۴) بررسی شده است.

۲ زمین‌لرزه ۳ بهمن ۱۴۰۰ تبریز

زمین‌لرزه ۳ بهمن ۱۴۰۰ تبریز با بزرگی M_N ۴.۴ در قسمت جنوبی شهر تبریز، در منطقه باسمنج رخ داد (شکل ۲). به گزارش منابع داخلی این زمین‌لرزه موجب ترک خوردگی برخی منازل مسکونی روستایی و شهری شد. این زمین‌لرزه با پس‌لرزه‌ای به بزرگی M_N ۴.۲ همراه بود.

گسل امتدادلغز راست‌گرد شمال تبریز، یکی از مهم‌ترین گسل‌های فعال شمال‌غرب ایران، احتمالاً مسبب زمین‌لرزه ۱۴۰۰ تبریز است. این زون گسلی، با طول بیش از ۱۳۰ کیلومتر، به دلیل سابقه لرزه‌خیزی تاریخی که به خوبی ثبت شده است، یکی از مهم‌ترین ساختارهای فعال زمین‌ساختی در ایران است (شکل ۲) (گوربوز و سارلوخ، ۲۰۱۸). این گسل تقریباً امتدادلغز محض با روند N135°E و دارای اندکی مؤلفه معکوس است (بربریان، ۷۹۹۷؛ حسامی و همکاران، ۲۰۰۳) که دارای چندین قطعه گسلی به صورت راست‌پله است (بربریان، ۱۹۹۷؛ کاراخانیان و همکاران، ۲۰۰۴) (شکل ۲).



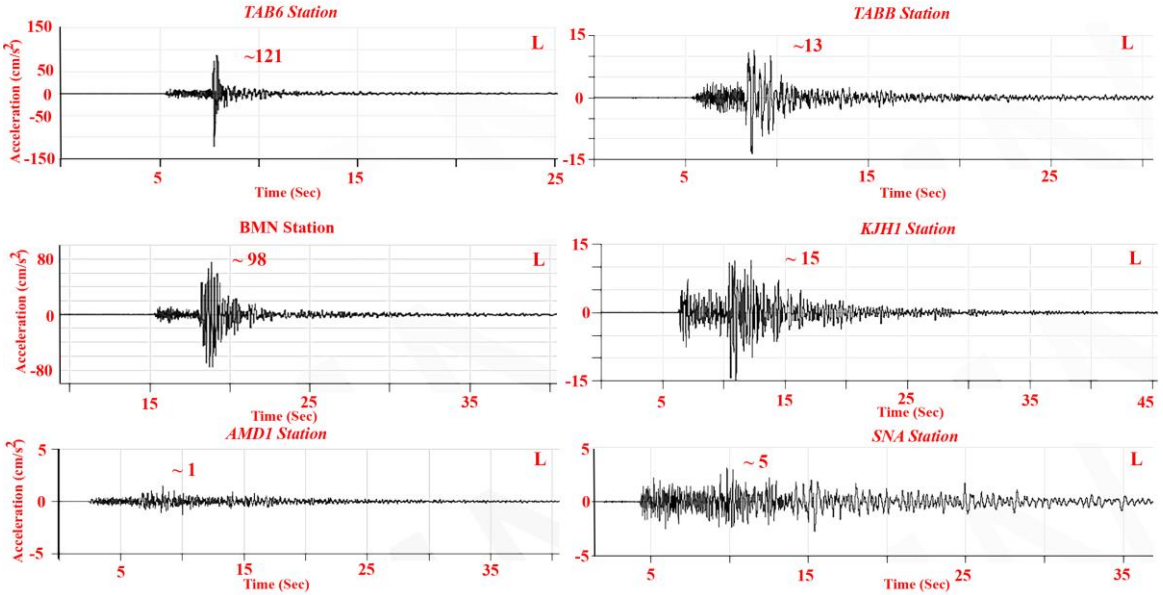
شکل ۲: توزیع ایستگاه‌های شتابنگاری (مثلث‌ها) و رومرکز زمین‌لرزه ۲۰۲۲ تبریز (ستاره).

۳ بحث و بررسی

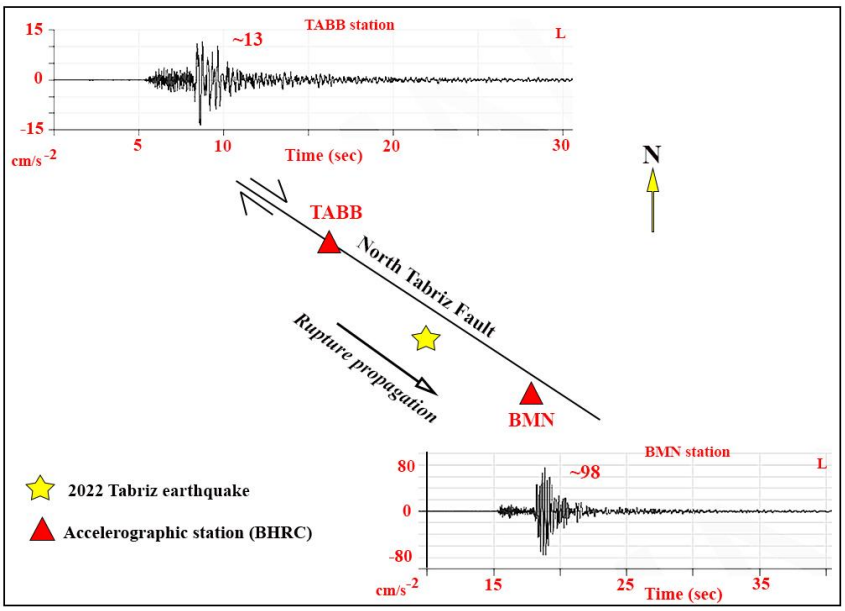
برای بررسی اثرات راستاگرایی زمین‌لرزه ۳ بهمن ۱۴۰۰ (۲۰۲۲/۰۱/۲۳) تبریز، از داده ۶ ایستگاه شتابنگاری استفاده شد (شکل ۳). این ۶ ایستگاه به خوبی اطراف رومرکز زمین‌لرزه را پوشش داده‌اند (شکل ۲). با بررسی شتاب‌نگاشت‌های موجود، ملاحظه می‌شود که ایستگاهای واقع در جنوب‌شرق رومرکز زمین‌لرزه (BMN و TAB6)، دامنه‌های بیشتری را نسبت به ایستگاهای واقع در شمال‌غرب رومرکز زمین‌لرزه (TABB و AMD1) ثبت کرده‌اند (شکل‌های ۲ و ۳). به عنوان مثال، ایستگاه TAB6 در فاصله تقریباً ۵ کیلومتری جنوب‌شرق رومرکز زمین‌لرزه، بیشینه شتاب ۱۲۱ cm/s^2را ثبت کرده است (شکل ۳). همچنین ایستگاه BMN در فاصله رومرکزی ۱۰کیلومتری جنوب‌شرق رومرکز زمین‌لرزه، بیشینه شتاب ۹۸ cm/s^2 را ثبت کرده است. این درحالی است که ایستگاه TABB که در فاصله ۱۲ کیلومتری شمال‌غرب رومرکز زمین‌لرزه قرار دارد، بیشینه شتاب ۱۳ را ثبت کرده و به سمت شمال‌غرب این مقدار کم شده و در ایستگاه AMD1، در فاصله تقریباً ۳۰ کیلومتری از رومرکز زمین‌لرزه، به مقدار ۱ cm/s^2 می‌رسد (شکل‌های ۲ و ۳). ایستگاه‌های SNA و KJH1 به ترتیب در فاصله تقریباً ۳۰ cm/s^2 کیلومتری جنوب‌غرب و ۲۰ cm/s^2 کیلومتری شمال شرق رومرکز زمین‌لرزه واقع شده‌اند. این دو ایستگاه به ترتیب دارای بیشینه شتاب ۵ و ۱۵ cm/s^2 هستند که اختلاف قابل توجهی با بیشینه شتاب ثبت شده در ایستگاهای جنوب‌شرق رومرکز را دارند (شکل ۳).

از لحاظ مدت دوام، ایستگاهای واقع در جنوب‌شرق رومرکز زمین‌لرزه (BMN و TAB6)، مقدار کمتری را نسبت به ایستگاهای شمال‌غربی رومرکز زمین‌لرزه (TABB و AMD1) نشان می‌دهند (شکل ۳).

با توجه به سازوکار حاکم بر گسل شمال تبریز (گسل امتدادلغز راست‌گرد غالب) جهت شکستگی به سمت جنوب‌شرق است و اثر راستاگرایی گسل مسبب زمین‌لرزه باعث ثبت بیشینه شتاب در ایستگاه‌های واقع در جنوب‌شرق رومرکز زمین‌لرزه شده است (شکل‌های ۳ و ۴).



شکل ۳. نگاشت‌های شتاب ثبت شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه.



شکل .: اثر راستاگرایی در اثر زمین‌لرزه ۲۰۲۲ تبریز. ایستگاه‌های BMN و TABB در فاصله تقریباً یکسانی از رومرکز زمین‌لرزه واقع شده‌اند. ایستگاه BMN نسبت به ایستگاه TABB دارای بیشینه شتاب بزرگ‌تر و مدت دوام کمتری است.

۴ نتیجه‌گیری

به منظور بررسی اثر راستاگرایی در زمین‌لرزه ۳ بهمن ۱۴۰۰ با بزرگی M_N ۴.۴ از داده‌های ۶ ایستگاه شتاب‌نگاری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی استفاده شد. ایستگاهای واقع در جنوب‌شرقی رومرکز زمین‌لرزه نسبت به ایستگاه‌های واقع در شمال‌غربی رومرکز زمین‌لرزه، دامنه‌های بیشتر و مدت دوام کمتری را نشان می‌دهند. با توجه به سازوکار گسل شمال تبریز (امتدادلغز راست‌گرد)، جهت شکستگی به سمت جنوب‌شرق است و اثر راستاگرایی گسل مسبب زمین‌لرزه باعث ثبت بیشینه شتاب در ایستگاه‌های واقع در جنوب‌شرق رومرکز زمین‌لرزه نسبت به ایستگاه‌های شمال‌غرب شده است.

منابع

بهزادافشار، ک.، میرزائی، ن.، اسکندری قادی، م.، سپنائیان، ف.، قدرتی امیری، غ. ۱۳۸۷. بررسی اثر راستاگرایی بر جنبش نیرومند زمین در زمین‌لرزه ۱۱ فروردین ۱۳۸۵ درب آستانه- سیلاخور، مجله ژوفیزیک ایران، جلد ۲، صفحه ۶۳-۷۸.

Ammon, C. J., Velasco, A. A., La, T., 1993. Rapid estimation of rupture directivity: Application to the 1992 Landers (MS = 7.4) and Cape Mendocino (MS = 7.2), California earthquakes, Geophysical research letters, 20, 97-100.

Berberian, M., 1997, Seismic sources of the Transcaucasian historical earthquakes. In: Giardini, D., and Balassanian, S. (eds.), Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus. Kluwer Academic Publishing, Dordrecht, Netherlands 28, 233–311.

Douglas, A., Hudsun, J. A. and Pearce, R. G., 1988, Directivity and Doppler Effect, Bull. Seism. Soc. Am., 78, 1367 – 1372.

Grimaz, S., MaliSan, P., 2014. Near field domain effects and their consideration in the international and Italian seismic codes, Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, 55, 717-738.

Gurbuz, A., Saroglu, F., 2018, Right-Lateral Strike-Slip Faulting and Related Basin Formations in the Turkish-Iranian Plateau. Developments in Structural Geology and Tectonics 3, 101-130.

Hessami, K., Pantosti, D., Tabassi, H., Shabanian, E., Abbassi, M.R., Feghhi, K., Solaymani, S., 2003, Paleoearthquakes and slip rates of the North Tabriz Fault, NW Iran: preliminary results. Annals of Geophysics 46, 903-915.

Kane, D. L., Shearer, P. M., Goertz-Allmann, B. P., Vernon, F. L., 2013. Rupture directivity of small earthquakes at Parkfield, Journal of Geophysical Research, 18, 212–221.

Karakhanian et al., 2004. Active faulting and natural hazards in Armenia, eastern Turkey and northwestern Iran, Tectonophysics, 380, 189– 219.

Somervill, P., Smith, N., Graves, R. and Abrahamson, N., 1997, Modification of Empirical Strong Ground Motion Attenuation Relation to Include the Amplitude and Duration Effects of Rupture Directivity, Seism. Res. Let., 68, 199-222.

Web references

Iranian Seismological Center (IRCS). Retrieved August April 10, 2022, from http://irsc.ut.ac.ir/

Road, Housing, and urban development (BHRC). Retrieved April 10, 2022, from https://www.bhrc.ac.ir/