

ارائه الگوی لرزه زمین ساختی بر اساس مطالعه تطبیقی توزیع تنش کولمب با پارامترهای لرزه‌ای در زوج زمین لرزه اهر-ورزقان

نویسنده مسئول: مهناز ندائی^{*}، استادیار دانشگاه پیام نور، m.nedaei@pnu.ac.ir

سایر نویسندگان: زینب فلاح آبکناری، دانشجوی کارشناسی ارشد تکتونیک دانشگاه پیام نور مرکز تهران شرق

چکیده

زوج زمین لرزه اهر-ورزقان به صورت دو رخداد پیاپی در تاریخ ۲۱ مرداد ماه ۱۳۹۱ باعث ایجاد گسیختگی سطحی بطول ۱۲ کیلومتر و لرزش مناطقی شد که قبلاً هیچ گسل فعالی در آن شناسایی نشده بود. با توجه به نظریه انتقال تنش و احتمال متأثر بودن رخداد دوم از رخداد اول، تغییرات تنش کولمب برای وضعیت‌های هندسی مختلف از صفحات گرهی دو رخداد مورد بررسی قرار گرفت و با توزیع مکانی پس لرزه‌ها مطابقت داده شد. با بررسی الگوی توزیع تنش کولمب در محیط اطراف و در نظر گرفتن پدیده برهم کنش، مشخصات 82° ، 89° و 164° برای امتداد، شیب و ریک گسل مسبب رخداد اول با سازوکار راست لغز و 49° و 31° برای امتداد، شیب و ریک گسل مسبب رخداد دوم با سازوکار معکوس همراه با مؤلفه کوچک امتداد لغز در نظر گرفته شد. نتایج بدست آمده از الگوی توزیع تنش مطابقت زیادی با نقشه‌های تغییرات مکانی مقدار b (b -value) در داده‌های قبل از زلزله دارد. پارامتر b در واقع شیب رابطه گوتنبرگ-ریشتر است که مرتبط با ساختار زمین ساختی منطقه بوده و وابسته به تنش موجود در منطقه می‌باشد. با توجه به منطقه حداقل مقدار b در داده‌های قبل از زلزله، الگوهای توزیع تنش کولمب برای گسل‌های منشاء، گیرنده و گسل‌های با جهت بهینه، نحوه انتشار گسیختگی نسبت به کانون رخداد اول و تظاهر سطحی آن و نیز مکانیسم مختلف قطعات سیستم گسلی، ساختار لوزی شکل در حال توسعه برای منطقه متأثر از زوج زمین لرزه اهر-ورزقان پیشنهاد می‌گردد که می‌تواند به ارزیابی خطر لرزه‌ای کمک کند.

کلیدواژه: زوج زمین لرزه اهر-ورزقان، تغییر تنش کولمب، تغییرات مکانی مقدار b ، مدل لرزه زمین ساختی، مطالعه تطبیقی

Seismotectonic Model Based on Comparative Study of Coulomb Stress Change and Seismic Parameters of Ahar-Varzaghan Earthquake Doublet

First Author: Mahnaz Nedaei^{*}, Assistant Professor, PayameNoor University of Birjand, m.nedaei@pnu.ac.ir.

Other Authors: Zeinab Fallah Abkenari, M.S. Student, PayameNoor University of Tehran East

Abstract

On 11 August 2012 an earthquake doublet (M_w 6.4 and 6.2) occurred northwest Iran. It occurred on a so far unknown structure which has sparse historical and modern seismicity in this area. According to the earthquake interaction phenomenon and stress transfer during the earthquake, the Coulomb stress changes was resolved on four different binary combination of nodal planes of the first and second mainshocks to specify "optimally oriented" nodal planes for defined orientation of the principal axes of the regional stress field and an assumed friction coefficient. Those binary nodal planes were chosen having the best fit to the most positive Coulomb failure stress changes and good correlation with the spatial distribution of the aftershocks greater than 3 for 3 month after the earthquake doublet. The results led to 82° , 89° , and 164° values for strike, dip, and rake angles of the first earthquake source fault with right-lateral strike slip

mechanism and 7° , 49° , and 31° for the second earthquake source fault with oblique reverse mechanism, respectively. There is also an excellent correlation between the spatial variation of b-value before the Ahar-Varzaghan earthquake and the stress increased regions along the optimally oriented source faults. Based on the Coulomb stress changes calculation, the manifestation of the surface rupture caused by the earthquake, field observations, revealing structural dependency of two source faults, we proposed a restraining bend structure and a complex style of deformation causing the earthquake. The proposed structural model can help to estimation seismic hazard risk of potential future failure area.

Key Words: Ahar-Varzaghan Earthquake Doublet, Coulomb Stress Changes, Spatial b-Value Changes, Seismotectonic Model, Comparative Study

مقدمه

در تاریخ ۲۱ مرداد ماه ۱۳۹۱ زوج زمین‌لرزه‌ای شهرستان‌های ورزقان، اهر، هریس و پیرامون آن در استان آذربایجان شرقی را به شدت لرزاند و موجب خسارت‌های جانی و مالی فراوان شد (Razzaghi & Ghafory-Ashtiany, 2012). اولین رویداد در ساعت ۱۲:۲۳:۱۶ به وقت جهانی با بزرگای گشتاوری $M_w=6/4$ در عمق ۹ کیلومتری و رومرکزی به مختصات $38/33$ درجه عرض شمالی و $46/83$ درجه طول شرقی با سازوکار امتدادلغز (سازمان زمین شناسی آمریکا، USGS)، و دومین رویداد در شمال غرب رویداد اول، در ساعت ۱۲:۳۴:۳۵ به وقت جهانی با بزرگای گشتاوری $M_w=6/2$ در عمق ۱۲ کیلومتری و رومرکزی به مختصات $38/39$ درجه عرض شمالی و $48/74$ درجه طول شرقی با سازوکار تراستی همراه با مؤلفه کوچک امتدادلغز (USGS)، گزارش شده است. گسیختگی ایجاد شده در طی این زوج لرزه به طول ۱۲ کیلومتر بین طول‌های جغرافیایی $46/79^\circ - 46/64^\circ$ با تحدب ملایمی رو به شمال مشاهده شده است (Faridi and Sartibi, 2012).

همگرایی مایل بین عربستان و اوراسیا، در شمال غرب ایران و شرق ترکیه با گسل‌های راست لغز در فلات ایران-ترکیه و گسل‌های معکوس موازی در شمال‌تر، در قفقاز جبران می‌شود (Jackson, 1992; McClusky et al., 2000; Copley and Jackson, 2006; Copley et al., 2014). این همگرایی به میزان زیادی در شمال غرب ایران صورت می‌گیرد. مقایسه داده‌های ژئودتیک و پارینه لرزه‌شناسی و همچنین الگوی پراکندگی تغییر شکل‌های فعال در گستره آذربایجان شرقی همگی گویای وجود پتانسیل لرزه‌زایی در این منطقه است (سازمان زمین شناسی، ۱۳۹۱). اهمیت لرزه‌خیزی ناحیه شمال غرب ایران به خاطر زمین لرزه‌های تاریخی بزرگ و نیز قرارگیری کلان شهر تبریز با جمعیتی بالغ بر یک میلیون و پانصد هزار نفر (طبق سرشماری سال ۱۳۹۰ مرکز آمار ایران) در کنار گسل شمال تبریز می‌باشد.

برهم کنش گسل‌های فعال نزدیک به هم، در طی زلزله‌ای قوی عامل مهمی است که خطر پذیری لرزه‌ای ناحیه را بالا می‌برد. القاء زلزله در قسمت‌های دیگر یک گسل یا گسل دیگر نه تنها مبحث مهمی در خطر پذیری لرزه‌ای بلکه در خوشه‌بندی و رهاسازی انرژی لرزه‌ای هم هست. تغییر تنش کولمب یکی از مدل‌هایی است که رهاسازی انرژی لرزه‌ای را بررسی می‌کند. تغییر تنش کولمب از سال ۱۹۹۰ بطور گسترده‌ای در بررسی علت بروز وقایعی نظیر لرزه اصلی-لرزه اصلی، لرزه اصلی-پس‌لرزه‌ها و برهم کنش گسل‌ها به کار گرفته شده است. متعاقباً تغییرات تنش کولمب شاخص کمی مهمی در تفسیر میدان تنش است و نقش غالبی در برآورد خطر پذیری لرزه‌ای و پیش بینی زلزله دارد (Hainzl et al., 2014; Wang et al., 2014).

در این مقاله نحوه تغییرات تنش کولمب برای وضعیت‌های هندسی مختلف گسل‌های مسبب رخدادهای زمین‌لرزه اهر-ورزقان در محیط اطراف بررسی می‌گردد و با توزیع مکانی پس‌لرزه‌ها مطابقت داده می‌شود. در نهایت با تطبیق نقشه‌های