

Tectonic meaning of the 2019.11.07 (Mw=5.9) Türkmençay Earthquake, Iran

Moosarreza Toori^{a,b}, Gürol Seyitoğlu^b, Korhan Esat^b, Bülent Kaypak^c

^aArazi, 4th Section, 21st Street, No: 123, Zanjan, Iran

^bAnkara University, Dept. of Geological Eng., Tectonics Research Group, Gölbaşı, Ankara

^cAnkara University, Dept. of Geophysical Eng., Gölbaşı, Ankara

The 2019.11.07 (Mw=5.9) moderate earthquake occurred on the 19 km NE of Türkmençay. Its aftershocks have mainly NE-SW trend between Varzeqan and Ardeha. Lesser amounts of aftershocks are lying in the SE of Anakız along with NW-SE direction (IRSC) (Figure 1).

When the focal mechanism solutions of the main shock and aftershocks are evaluated with the distribution of the epicenter locations (IRSC), it can be said that the main shock (2019.11.07, Mw=5.9) is related to NE-SW trending left lateral strike-slip faulting and the aftershock (2019.11.08, Mw=4.5) corresponds to the NW-SE trending right lateral strike-slip faulting. There is a thrust related focal mechanism solution of the aftershock (2019.11.10, Mw=4.4) between the strike-slip focal mechanism solutions mentioned above (Figure 1).

The epicentral distribution of aftershocks and focal mechanism solutions are both compatible with the tectonic model proposed for the active faulting in the Turkish-Iranian Plateau (Seyitoğlu et al., 2018). This model suggests rhomboidal cells that limited by left and right lateral strike-slip faulting. In some cases, thrusting occurs in the middle of the cell and/or in the northern and southern corners, thrust faults are developed (Figure 2).

Similar to the other rhomboidal cells in the Turkish-Iranian Plateau, Ahar rhomboidal cell is limited by left lateral Aras (ARF) and Miyane-Erdebil (MEF) strike-slip faults at the NW and SE margins and by right lateral Masallı-Karazincir (MKF) and Tebriz (TZF) strike-slip faults at NE and SW margins respectively (Figure 3).

Türkmençay earthquake is located near the southern corner of Ahar rhomboidal cell where the right lateral TZF and left lateral MEF joined each other where the Bozqush Mountains are developed. It is interesting to see that the epicentral distribution transects Bozqush Mountains and it is nearly parallel to the left lateral strike-slip segment MEF-17a (Seyitoğlu et al., 2018, Figure 10.5A). The overall distribution of the aftershocks and their focal mechanism solutions are compatible with the rhomboidal cell model of Seyitoğlu et al. (2018).

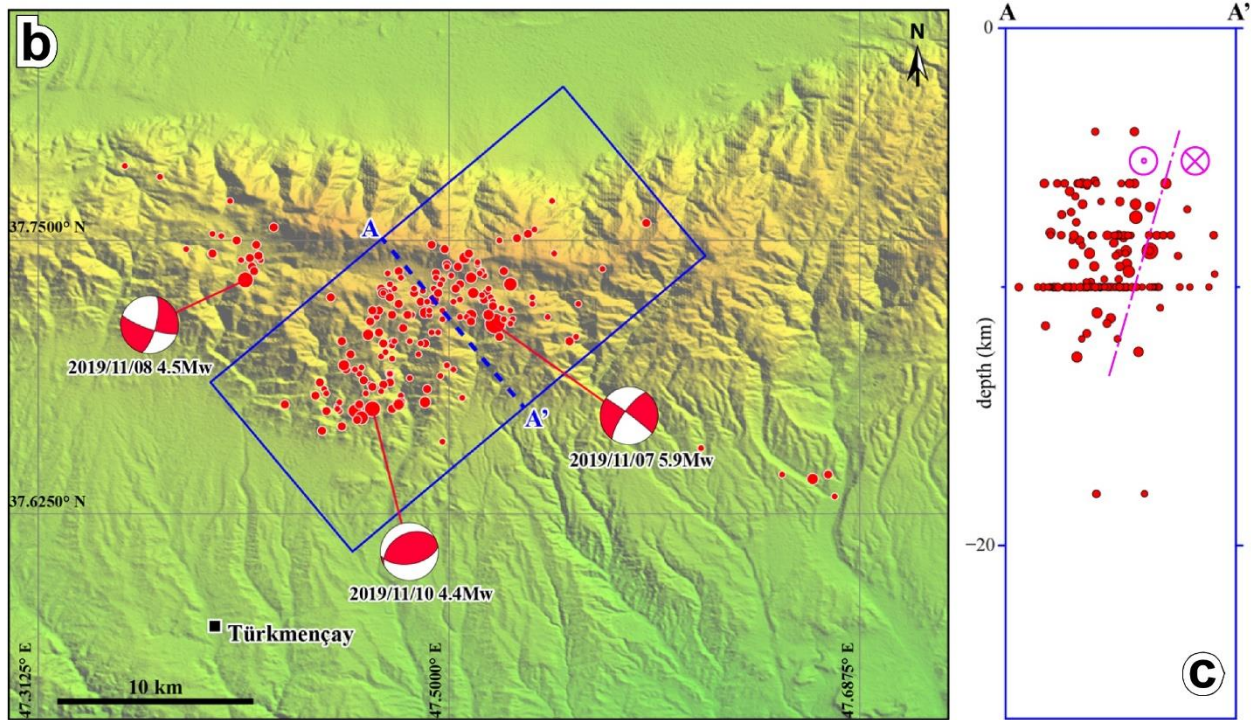
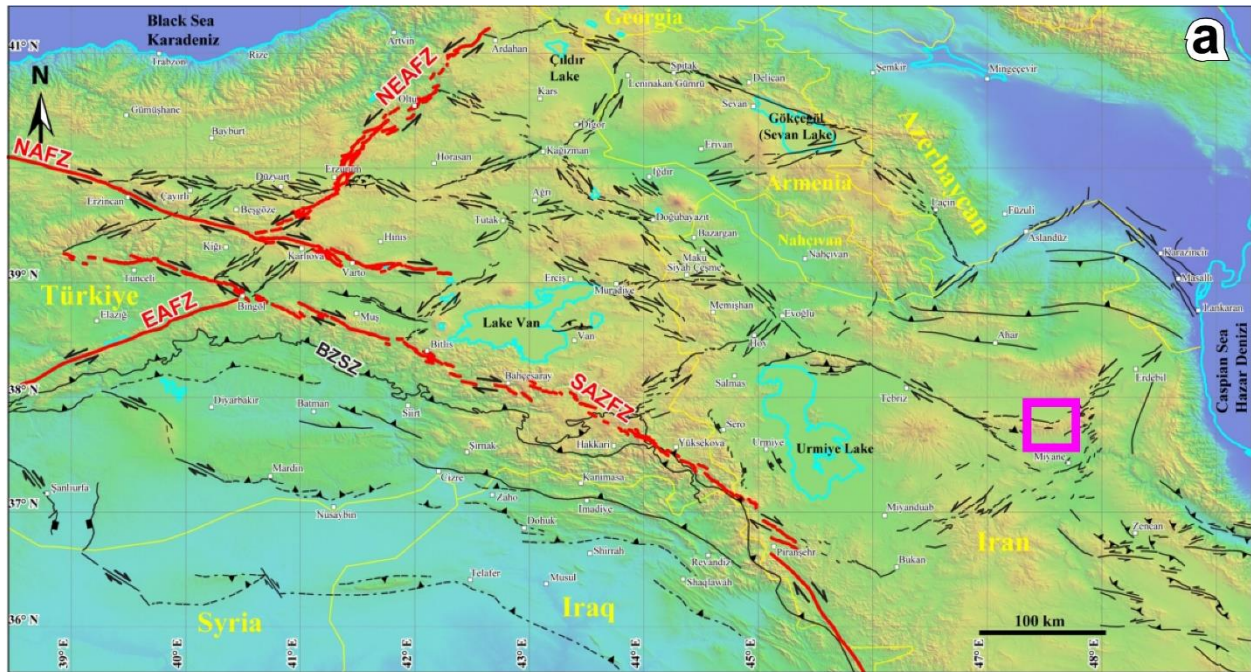


Figure 1: The neotectonic framework of Turkish-Iranian Plateau (Seyitoğlu et al., 2018; Figure 10.23) (a); and epicentral distribution and focal mechanism solutions of Türkmençay earthquake (IRSC) (b); hypocentral distribution of the earthquakes in the blue frame on the map (c). NAFZ: North Anatolian Fault Zone, EAFZ: East Anatolian Fault Zone, NEAFZ: North East Anatolian Fault Zone, SAZSZ: Southeast Anatolian Zagros Fault Zone.

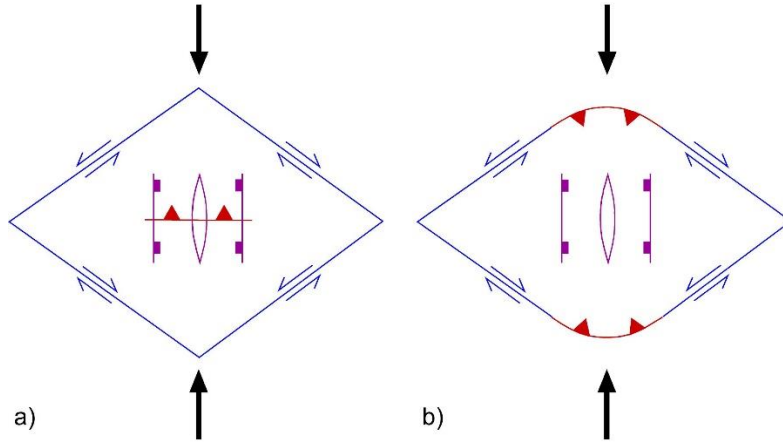


Figure 2: Ideal rhomboidal cells (Seyitoğlu et al., 2018). Thrusts developed in the center of the cell (a), thrusts connected left and right lateral strike-slip faults at the north and south corners of the cell (b).

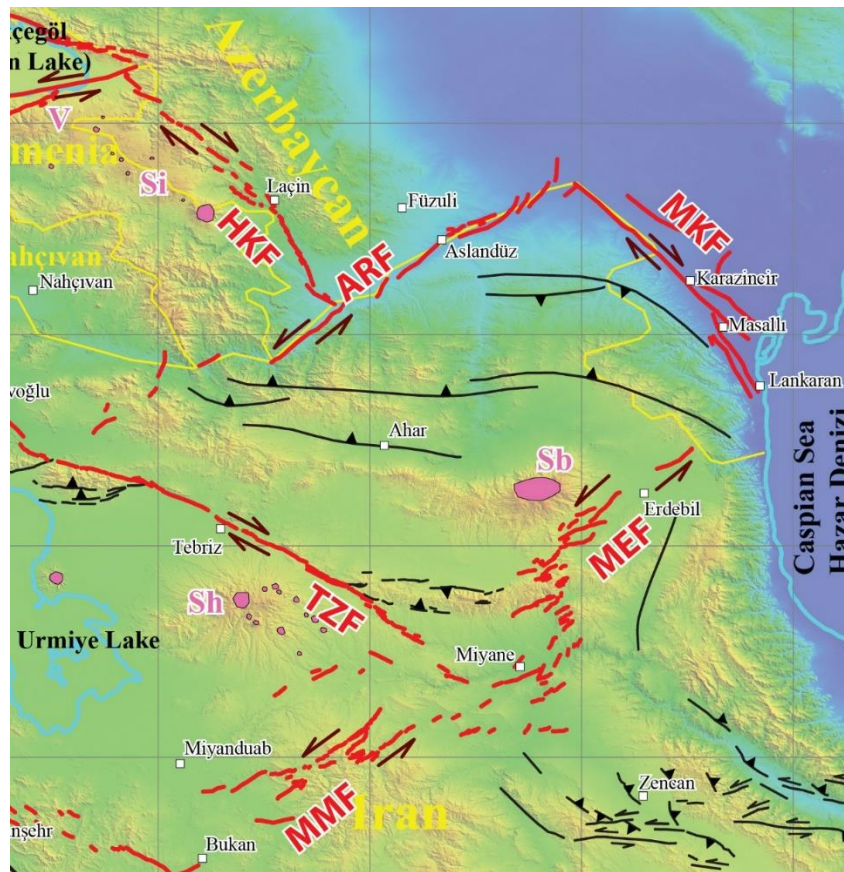


Figure 3: Ahar rhomboidal cell and its margins. ARF: Aras Fault, MKF: Masalli-Karazincir Fault, TZF: Tebriz Fault, MEF: Miyane-Erdebil Fault. For other faults and their references see Seyitoğlu et al. (2018).

شرح و توضیح تکتونیک زمین لرزه هفدهم آبان 1398 ترکمانچای Mw=5.9

هفدهم آبان 1398 زمین لرزه با بزرگی متوسط در 19 کیلومتری شمال شرق ترکمانچای روی داد غالب روند به خط شدگی پس لرزه های روی داده بین روستاهای ورزقان و اردها شمال شرقی-جنوب غربی است و تعداد کمتری پس لرزه نیز با روندی شمال غرب-جنوب شرق در جنوب شرق آناقیز قرار گرفته است (IRSC) (شکل 1).

بر اساس ارزیابی سازوکار کانونی لرزه اصلی، پیرو آن و توزیع مکانی پس لرزه ها (IRSC) می توان گفت که لرزه اصلی (1398/08/17 و Mw=5.9) با گسلش امتداد لغز چیگرد با روند شمال شرق-جنوب غرب مرتبط است و پس لرزه (1398/08/18 و Mw=4.5) مطابق با روند شمال غرب-جنوب شرق با گسلش امتداد لغز راستگرد مربوط است. مابین دو سازوکار کانونی امتداد لغز ذکر شده در بالا مربوط به سازوکار کانونی پس لرزه (1398/08/20 و Mw=4.4) با حرکت روراندگی است (شکل 1).

توزیع مکانی کانون سطحی پس لرزه ها و حل سازوکار کانونی زمین لرزه ها با مدل تکتونیک پیشنهاد شده برای گسلش فعال در گستره فلات ایران-آناتولی (سیداوغلو و همکاران، 2018) هماهنگ می باشد. این مدل گسلش امتداد لغز راستگرد و چیگرد را در اطراف سلولهای چهار ضلعی (متوازی الاضلاع) پیشنهاد می کند. در برخی موارد راندگی در قسمت میانی و در مواردی هم در گوشه های شمالی و جنوبی (محل تلاقی گسلهای راستگرد و چیگرد) چهار ضلعی قرار می گیرد که پیامد آن توسعه گسلهای راندگی در این نواحی است (شکل 2).

سلول چهار ضلعی لوزی شکل اهر در حاشیه شمال غرب و جنوب شرق به ترتیب به گسلهای چیگرد ارس و اردبیل-میانه و از کناره های شمال شرق و جنوب غرب که به گسلهای راستگرد ماساللی-قره زنجیر و گسل تبریز محدود گردیده که از موارد مشابه سلولهای چهار ضلعی در فلات ایران-آناتولی می باشد (شکل 3).

کانون سطحی زمین لرزه ترکمانچای در گوشه جنوبی چهار ضلعی اهر واقع شده است جایی که گسل راستگرد تبریز و گسل چیگرد میانه-اردبیل به یکدیگر پیوسته و کوههای بزقوش توسعه یافته است. مشاهده توزیع سطحی زمین لرزه ها در عرض کوههای بزقوش و اینکه پراکندگی آنها تقریباً موازی با سگمنتهای گسلی گسل چیگرد میانه-اردبیل MEF-17a می باشد (سیداوغلو و همکاران 2018 شکل 10.5A) حائز توجه است. پراکندگی کلی پس لرزه ها و حل سازوکار کانونی آنها با مدل پیشنهادی سیداوغلو و همکاران (2018) سازگار است.

شکل 1: چارچوب نئوتکتونیک فلات ایران-آناتولی (سیداوغلو و همکاران 2018؛ شکل 10.23)، (a) و توزیع سطحی و سازوکار کانونی زمین لرزه ترکمانچای (IRSC) مرکز لرزه نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران)، (b) توزیع عمقی زمین لرزه های محدود به کادر آبی در نقشه، (c) گسل شمال آناتولی: NAFZ، گسل شرق آناتولی: EAFZ، گسل شمال شرق آناتولی: NEAFZ، گسل جنوب شرق زاگرس آناتولی: SAZFZ.

شکل 2: سلولهای چهار ضلعی (لوزی شکل) ایده آل (سیداوغلو و همکاران 2018) توسعه راندگیها در مرکز سلول (a)، و توسعه راندگیها در گوشه های شمال و جنوب سلول و پیوند گسلهای امتداد لغز راستگرد و چیگرد (b).

شکل 3: سلول اهر و حاشیه های گسلی آن، گسل ارس، گسل ماساللی-قره زنجیر، گسل تبریز، گسل میانه-اردبیل. توضیحات تکمیلی (سیداوغلو و همکاران 2018).

2019.11.07 (Mw=5.9) Türkmençay Depreminin (İran) Tektonik Anlamı

2019.11.07 tarihinde Mw=5.9 büyüklüğünde bir deprem Türkmençay yerleşiminin yaklaşık 19 km KD'sunda meydana gelmiştir. Artçı şoklarının dağılımı Varzeqan ve Ardeha arasında baskın olarak KD-GB yönlü gelişmiştir. Daha az miktarda artçı dağılımı Anakız yerleşiminin GD'sunda KB-GD yönlü olarak yer alır (IRSC) (Şekil 1).

Ana şok ve onu izleyen artçı şokların odak mekanizma çözümleri ile birlikte artçı depremlerin dışmerkez dağılımlarının (IRSC) değerlendirilmesi sonucu; ana şokun (2019.11.07, Mw=5.9) KD-GB yönlü sol yanal

doğrultu atımlı fay ile ilişkili olduğu, artçı şokun (2019.11.08, Mw=4.5) ise KB-GD sağ yanal doğrultu atımlı fay ile ilişkili olduğu görülmektedir. Ayrıca bindirme ile ilişkili artçı şok (2019.11.10, Mw=4.4) yukarıda bahsedilen iki doğrultu atımlı fayın arasında meydana gelmiştir (Şekil 1).

Artçı şokların dış merkez dağılımı ve odak mekanizması çözümleri, Türk-İran Platosunda diri faylar için önerilen tektonik model (Seyitoğlu vd., 2018) ile uyumludur. Bu model, sağ ve sol doğrultu atımlı faylarla sınırlandırılmış eşkenar dörtgen benzeri hücreler önermektedir. Bazı durumlarda bindirmeler hücrelerin ortasında yer alırken, bazı durumlarda ise hücrenin kuzey veya güney köşelerinde yer almaktadır (Şekil 2).

Türk-İran Platosunda diğer eşkenar dörtgen benzeri hücrelere benzer şekilde Ahar hücresi sol yanal Aras (ARF) ve Miyane-Erdebil (MEF) doğrultu atımlı fayları ile KB ve GD kenarlarından, ve sağ yanal Masallı-Karazincir (MKF) ve Tebriz (TZF) doğrultu atımlı fayları ile KD ve GB kenarlarından sınırlandırılmıştır (Şekil 3).

Türkmençay depremi Ahar hücresinin güney köşesine yakın bir konumda meydana gelmiştir, burada sağ yanal TZF ve sol yanal MEF birbirlerine yaklaştığı alanda Bozkuş dağları meydana gelmiştir. İlginç bir şekilde dışmerkez dağılımının Bozkuş dağlarını verev kestiği ve Miyane-Erdebil Fayı'nın MEF-17a segmentine neredeyse paralel olduğu görülmektedir (Seyitoğlu vd. 2018, Şekil 10.5A). Artçı şokların genel dağılımı ve odak mekanizması çözümleri Seyitoğlu vd. (2018) tarafından önerilen eşkenar dörtgen benzeri hücre modeli ile uyumludur.

Şekil 1: Türk-İran Platosu'nun neotektonik çerçevesi (Seyitoğlu vd. 2018; Şekil 10.23) (a); ve Türkmençay depreminin dış merkez dağılımı ile odak mekanizması çözümleri (IRSC) (b); harita üzerindeki mavi çerçeve içindeki depremlerin derinlik dağılımı (c). NAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, EAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu, NEAFZ: Kuzeydoğu Anadolu Fay Zonu, SAZFZ: Güneydoğu Anadolu Zagros Fay Zonu.

Şekil 2: İdeal eşkenar dörtgen benzeri hücreler (Seyitoğlu vd., 2018). Bindirmenin hücrenin ortasında gelişmesi durumu (a), bindirmelerin sağ ve sol doğrultu atımlı fayları birleştirecek şekilde hücrenin kuzey ve güney köşelerinde gelişmesi durumu (b).

Şekil 3: Ahar eşkenar dörtgen benzeri hücresi ve kenarları. ARF: Aras Fayı, MKF: Masallı-Karazincir Fayı, TZF: Tebriz Fayı, MEF: Miyane-Erdebil Fayı. Diğer faylar ve ilişkili referanslar için Seyitoğlu vd. (2018)'e bakınız.

References

IRSC: Iranian Seismological Center, Institute of Geophysics, University of Tehran (Available online from <http://irsc.ut.ac.ir>)

Seyitoğlu G., Esat K., Kaypak B., Toori M., Aktuğ B. 2018, Chapter 10 - Internal Deformation of Turkish-Iranian Plateau in the Hinterland of Bitlis-Zagros Suture Zone. In: Tectonic and Structural Framework of the Zagros Fold-Thrust Belt (Ed. Farzipour Saein, A.) Elsevier, 161-244. ISBN: 978-0-12-815048-1.