



Ms 6.8 19 Nisan 1938 Akpınar (Kırşehir) Depreminin Coulomb Gerilme Analizi

Coulomb Stress Analysis of The 19 April, 1938 Ms 6.8 Akpınar Earthquake (Kırşehir)

Uğur TEMİZ¹, Y. Ergun GÖKTEN²

¹*Bozok Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 66100, Yozgat
(e-posta: ugur.temiz@bozok.edu.tr)*

²*Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tektonik Araştırma Grubu,
06100, Tandoğan/Ankara (e-posta: gokten@eng.ankara.edu.tr)*

ÖZ

Deprem bakımından sakin bir bölge olarak bilinen Orta Anadolu bölgesinin çeşitli kesimlerinde geçmişte yıkımlara neden olmuş depremler meydana gelmiştir. Bu depremlerden biri olan 19 Nisan 1938 Akpınar (Kırşehir) depremi (Ms 6.8) Kırşehir'in doğusunda KB-GD doğrultusunda uzanan Seyfe Fay Zonu'nun kuzeybatısında yer alan Akpınar segmentinde meydana gelmiştir. 19 Nisan 1938 depreminden sonra yapılan jeolojik ve jeofizik çalışmalar sonucu elde edilen verilerin kullanılmasıyla, bu depreme ait Coulomb gerilme modeli oluşturulmuş ve Seyfe Fay Zonu üzerinde gerilme artışı meydana gelen bölgeler belirlenmiştir. Coulomb gerilme modeline göre, Seyfe Fay Zonu'nu oluşturan segmentler üzerinde 0.137-4.5 bar arasında değişen gerilme artışları olduğu, bu gerilme artışlarının Seyfe Fay Zonu içerisindeki yerleşim yerleri olan Keskin (Kırıkkale) ve Boztepe (Kırşehir) ilçelerinin olduğu alanlarda olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: 19 Nisan 1938 Akpınar (Kırşehir) depremi, Coulomb gerilme modeli, Seyfe Fay Zonu.

ABSTRACT

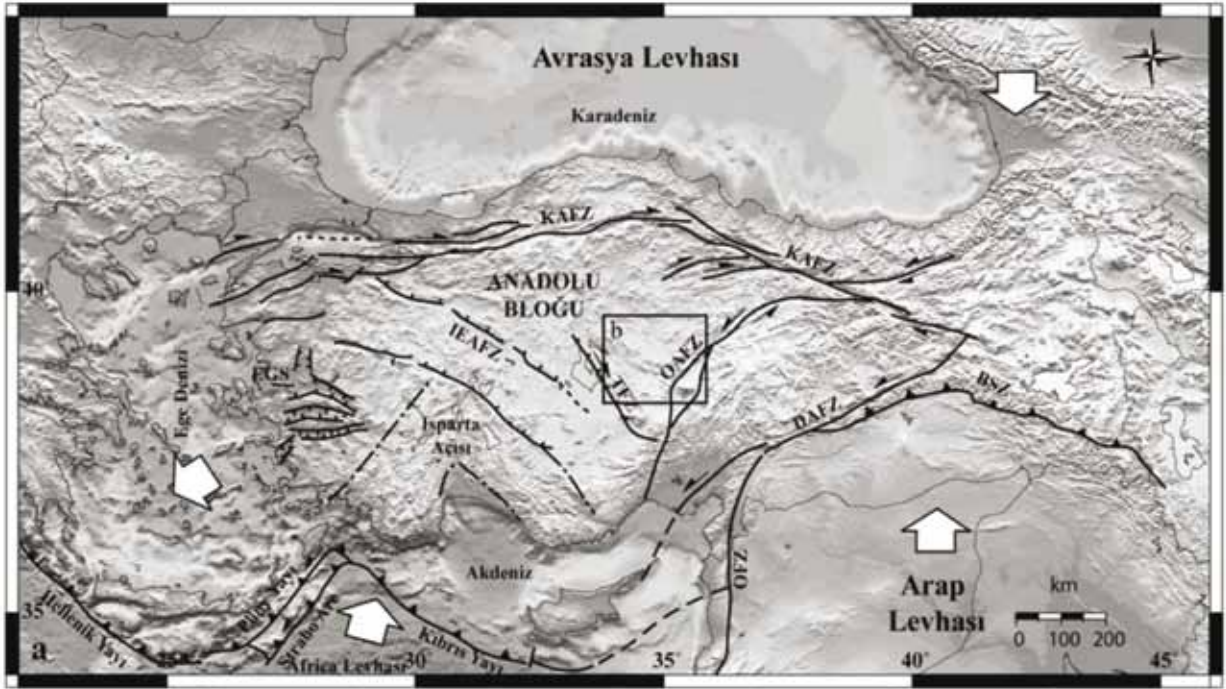
In central Anatolia which was known as a quiescent region in terms of earthquake in general, some devastated earthquakes have occurred in several places of the region in the past. One of these earthquakes is the April 19, 1938 Akpınar (Kırşehir) earthquake (Ms 6.8) which occurred on the Akpınar segment located in northwest of the NW-SE trended Seyfe Fault Zone in the east of Kırşehir. After April 19, 1938 earthquake, by using the data of the geological and geophysical studies done in the region, a Coulomb stress model of the earthquake on the Seyfe Fault Zone has been obtained. The stress increase caused by the earthquake ranges between 0.137-4.5 bar. This has increased the seismic hazards around the residential areas around the Seyfe Fault Zone such as Keskin (Kırıkkale) and Boztepe (Kırşehir) regions.

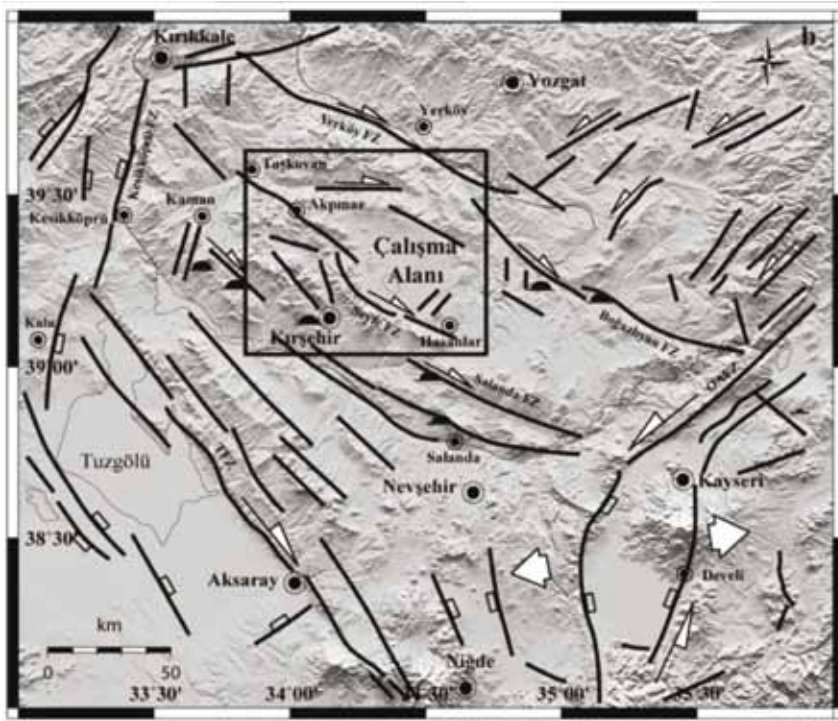
Keywords: 19 Nisan 1938 Akpınar (Kırşehir) earthquake, Coulomb stress model, Seyfe Fay Zone.

GİRİŞ

Herhangi bir deprem çalışmasının ana hedeflerinden biri gelecekte deprem olma ihtimali olan bölgelerin araştırılmasıdır. Bu hedefe ulaşmada depremi oluşturan süreçlerin iyi bir şekilde anlaşılması önem taşımaktadır. Sismik olarak tehlikeli aktif fay bölgelerinde, depremler nedeniyle oluşan gerilme değişimleri tehlikeli bölgelerin tahmin edilmesi açısından oldukça önem taşımaktadır. Bir deprem kendisinden sonra meydana gelebilecek depremlerin normal oluş zamanını öne çekebilme, geciktirebilme veya başka fayları tetikleyebilmektedir (Stein ve diğ., 1997; Çakır ve diğ., 2003; Nalbant, 2005).

Yerkabuğunda meydana gelen yamulmalara bağlı olarak özellikle önceki zayıflık zonları üzerinde düşük hızda bir gerilme birikimi meydana gelmekte ve bu gerilmeler depremlerle boşaltılmaktadır. Bir fay düzleminde gelişen yeniden kırılma ve kaymaya bağlı olarak oluşan depremler gerilmeyi düşürmekte ve deprem fayı üzerinde yeni bir gerilme birikim süreci başlamaktadır. Yeniden artan efektif gerilme fayın maksimuma ulaştığı noktalarında yeni yenilmelerin ve depremlerin oluşmasına sebep olabilmektedir (Chinery, 1963). Fayların hareketi neticesinde meydana gelen yer değiştirmelerin neden olduğu Coulomb gerilme değişiminin, deprem civarında bulunan diğer





Şekil 1. (a) Türkiye ve yakın bölgesinin tektonik bölümleri ve ana tektonik hatları: Kısaltmalar: KAFZ, Kuzey Anadolu Fay Zonu; DAFZ, Doğu Anadolu Fay Zonu; OFZ, Ölü deniz Fay Zonu; BSZ, Bitlis Suture Zonu TFZ; Tuzgölü Fay Zonu; OAFZ, Orta Anadolu Fay Zonu; IEFZ, İnönü-Eskişehir-Akşehir Fay Zonları, EGS, Ege Graben Sistemi, **(b)** Orta Anadolu bölgesindeki ana tektonik yapılar (Koçyiğit, 2003; Temiz ve diğ., 2009).

Figure 1. (a) Tectonic divisions and distribution of major lineaments in Turkey and adjoining regions. The abbreviations are: KAFZ, North Anatolian Fault Zonu; DAFZ, East Anatolian Fault Zonu; OFS, Dead Sea Fault System; BSZ, Bitlis Suture Zone TFZ; Salt Lake Fault Zone; OAFZ, Central Anatolian Fault Zone; IEFZ, İnönü-Eskişehir-Akşehir Fault Zones, EGS, Aegean Graben System, **(b)** Simplified map showing major structural elements of Central Anatolia (modified from Koçyiğit, 2003; Temiz et al., 2009).

faular üzerindeki kırılma gerilmesine olan etkisi 1990 yılından itibaren yoğun bir şekilde incelenmektedir (Harris ve Simpson, 1992; Stein ve diğ., 1992, 1994, 1997; King ve diğ., 1994, 2001; Hubert ve diğ., 1996; Harris, 1998; Nalbant ve diğ., 1998; King ve Cocco, 2000). Bu gerilme alanlarının belirlenmesinde Coulomb gerilme analizi en etkin yöntemlerden biri olarak ortaya çıkmaktadır. Bu metod kullanılarak yapılan birçok çalışma ile güvenilir sonuçlar elde edilmektedir.

Bu çalışmalardan bazıları, ülkemizdeki en önemli aktif yapılarından Kuzey Anadolu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay (DAFZ) zonlarında yapılmıştır (Şekil 1a). Geçen yüzyılda KAFZ üzerinde meydana gelen ve doğudan batıya doğru göç eden depremlere dayanan Coulomb gerilme analizleri, bir depremin bir sonraki depremi tetiklediğini ortaya koymaktadır (Stein ve diğ., 1997; Nalbant ve diğ., 1998; Çakır ve diğ., 2003; Martin ve diğ., 2006). 1939 Erzincan depreminden bu yana KAFZ

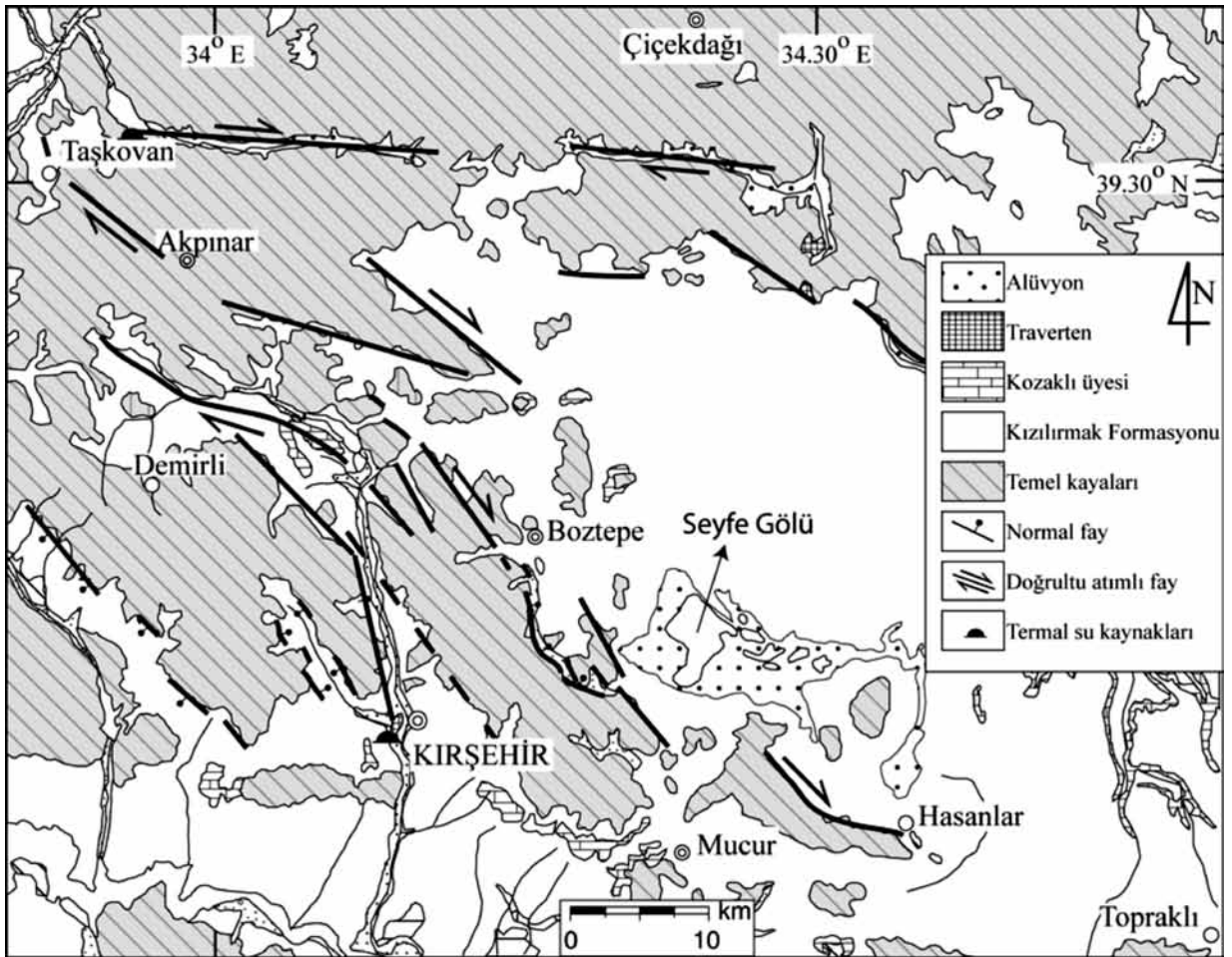
üzerinde meydana gelen magnitudü 6.5'ten büyük depremlerin, 1-2 bar oranında gerilim artışının olduğu alanlarda meydana geldiği saptanmıştır (Stein ve diğ., 1997). Benzer şekilde bir çalışma da, DAFZ üzerinde 1822 yılından itibaren meydana gelen depremler ve neden oldukları tektonik yüklemeler dikkate alınarak fay zonu boyunca meydana gelen gerilme değişimleri incelenmiş ve DAFZ üzerinde gerilme artışının meydana geldiği sismik boşluklar saptanmıştır (Nalbant ve diğ., 2002).

Bu çalışmada ise 19 Nisan 1938 yılında Akpınar (Kırşehir)' da M_s 6.8 büyüklüğünde meydana gelen deprem nedeniyle Seyfe Fay Zonu'nda gelişen gerilme alanı değişimlerinin incelenmesiyle gerilme artışlarının olduğu alanların belirlenmesi amaçlanmıştır (Şekil 1b).

ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ VE TEKTONİĞİ

Orta Anadolu'da yer alan çalışma alanı, yaygın olarak metamorfik kayalar, plütonik kayalar,

mafik kayalar ve örtü birimlerinden oluşur. İnceleme alanındaki kayaları gerek yaş ve gerekse deformasyon özellikleri ile temel ve örtü birimler olarak iki grupta incelemek mümkündür (Şekil 1a). Çalışma alanının temelini Paleozoik yaşlı gnays, şist, mermer, kalşistlerden oluşan metamorfik kayalar oluşturur (Şekil 2). Bu birimleri, Jura-Kampaniyen yaşlı ofiyolitik karışık ile bunun üzerinde tektonik olarak bulunan, ultramafik kayalar tarafından üzerlenir (Seymen, 1985). Bu birimler uyumsuzlukla, Geç Meastrihtiyen yaşlı Hippuritesli bağlamtaşları ve karasal kırıntılardan oluşan birimleri tarafından örtülür (Görür, 1981). Tüm bu birimler, Paleosen yaşlı, diyorit, granodiyorit ve kuvars monzonit ve nefelinli siyenit bileşimli derinlik kayaları tarafından sıcak dokanakla kesilir. Temel kayaları olarak tanımlanan birimler, İpresiyen-Kuvaterner yaşlı örtü birimlerince uyumsuzlukla örtülür (Seymen, 1981). Çalışma alanında temel üzerine uyumsuz olarak gelen örtü birimlerini,



Şekil 2. Kırşehir ve Akpınar bölgesinin basitleştirilmiş jeoloji haritası (1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji haritasından düzenlenmiştir (Şenel, 2002; Temiz ve diğ., 2009)).

Figure 2. Simplified geological map of the Kırşehir and Akpınar region (modified from 1/500.000 scale Türkiye Jeoloji Haritası, Kayseri sheet (Şenel, 2002; Temiz et al., 2009)).

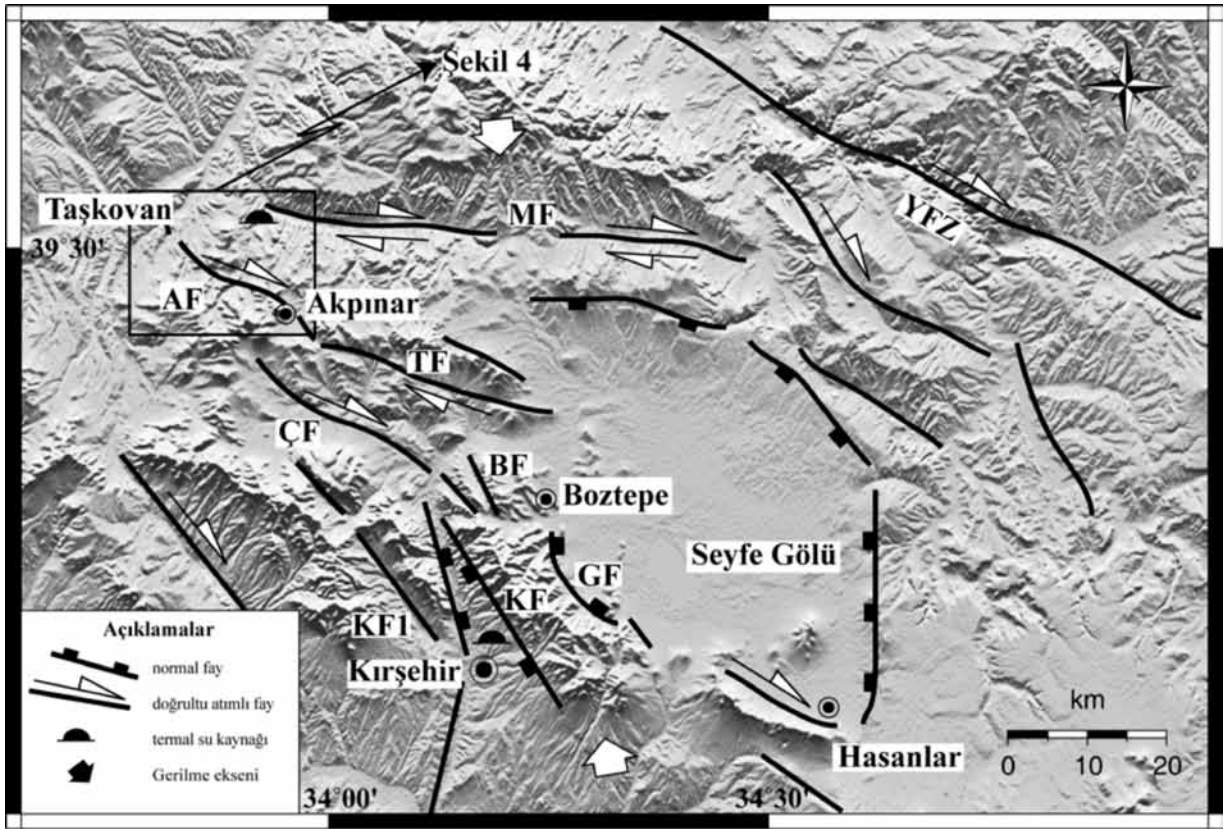
Neotektonik dönem öncesi dönemi karakterize eden Geç Eosen-Oligosen yaşlı karasal ortamda depolanan kırmızı alıcalı renkli çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşan birim ile (Birgili ve diğ., 1975; Akgün, 2002) neotektonik dönemde çökelmiş olan ve bu birimin üzerine uyumsuz olarak depolanan çakıl, kum, kil'den oluşan Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı birim gelir. Bu birimlerin üzerinde ise Kuvaterner yaşlı

alüvyon, eski alüvyon taraçaları, alüvyal yelpaze ve traverten depolanmaları yer alır (Temiz ve diğ., 2009).

Anadolu plakası içerisinde yer alan Kırşehir bölgesi, neotektonik sınıflama içerisinde Kayseri-Sivas neotektonik bölgesi içerisinde yer alır (Koçyiğit, 2003). Bu bölge Tuz gölü ve Kesikköprü faylarının doğusunda kalan bölge için kullanılmaktadır (Koçyiğit, 2003) (Şekil 1b). Bu

bölge K-G yönlü sıkışma rejimin etkisinde ve KB ve KD uzanımlı doğrultu atımlı faylarla karakterize olmaktadır. Çalışma alanındaki bu neotektonik bölgenin özelliklerini temsil eden en önemli tektonik yapı Seyfe Fay Zonu'dur (Koçyiğit, 2003; Temiz, 2004) (Şekil 3). Seyfe Fay Zonu, çalışma alanının güneydoğusunda Hasanlar'dan başlayıp, kuzeybatısında Taşkovan'a kadar uzanan ve Seyfe

gölü çöküntüsünü sınırlayan birbirine paralel olarak uzanan faylardan oluşur. Yaklaşık 120 km uzunluğa sahip olan Seyfe Fay Zonu, sağ yanal doğrultu atımlı aktif bir yapı olup, 19 Nisan 1938 depremi Seyfe Fay Zonu'nun kuzeybatısında yer alan Akpınar'dan Taşkovan'a kadar uzanan yaklaşık 14 km uzunluğa sahip olan Akpınar fay segmentinde meydana gelmiştir (Parejas ve Pamir, 1939).



Şekil 3. Sayısal yükseklik modeli. Seyfe Fay Zonu'nda yaklaşık KB-GD ve N-S uzanımlı normal ve doğrultu atımlı faylar, Kısaltmalar: MF Manahözü fayı, AF: Akpınar fayı, TF: Tosunburnu fayı, ÇF: Çoğun fayı, BF: Boztepe fayı, GF: Gümüşkümbet fayı, KF: Kırşehir fayı, KF1: Karıncalı fayı, YFZ: Yerköy Fay Zonu (Temiz ve diğ., 2009).

Figure 3. Digital elevation model. Approximately NW-SE and N-S trending normal and strike-slip faults are located in Seyfe Fault Zone are marked with white lines, The abbreviations are: MF: Manahözü fault, AF: Akpınar fault, TF: Tosunburnu fault, ÇF: Çoğun fault, BF: Boztepe fault, GF: Gümüşkümbet fault, KF: Kırşehir fault, KF1: Karıncalı fault, YFZ: Yerköy Fault Zone (Temiz et al., 2009).

METOD VE KABULLER

Coulomb gerilme değişimi, yarı uzayda olduğu düşünülen dikdörtgen bir fay düzlemi üzerinde meydana gelen yer değiştirme nedeniyle yer kabuğunun deforme olmasından dolayı meydana gelir (Okada, 1985).

$$\Delta\sigma_f = \Delta\tau - \mu'\Delta\sigma_n$$

$\Delta\tau$ fay düzlemi üzerindeki makaslama gerilmesindeki değişim, $\Delta\sigma_n$ ise fay düzlemine dik olarak gelişen normal gerilmedeki değişimdir. μ' ise içsel sürtünme katsayısı olup, laboratuvar deneylerinde 0.2-0.8 arasında değişmektedir. Genel kabul olarak bu katsayı hesaplamalarda 0.4 olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada da 0.4 olarak hesaplamalara dahil edilmiştir. Bu değerlerin hesaplaması sonucu elde edilen Coulomb gerilme değişimini ifade eden $\Delta\sigma_f$ değerinin pozitif olması gerilme değerinin arttığına, negatif çıkması ise gerilmenin düştüğü anlamına gelmektedir.

Bir depremin neden olduğu gerilme değişiminin hesaplanmasında kullanılan fay parametrelerinin sağlıklı olması yapılan hesaplamaların doğruluk derecesini artırmaktadır (Çakır ve diğ., 2003). Statik Coulomb gerilme değişiminin hesabında, deprem kırığına ait parametreler kullanılmaktadır. Bu parametreler deprem üreten fayın yeri, doğrultusu, uzunluğu, eğimi, fay zonu genişliği ve kayma miktarından oluşmaktadır. Bu parametreler ne kadar doğru ise bu statik gerilme değişimi de bununla orantılı olarak doğru olmaktadır. Bu çalışmada, tarihsel dönemde olmuş olan depremlere ait yeterli bilgi olmadığı için bölgede meydana gelen diğer depremler nedeniyle olan gerilme etkileri göz ardı edilmiştir.

19 Nisan 1938 (Ms 6.8) AKPINAR (KIRŞEHİR) DEPREMİ

19 Nisan 1938 tarihinde Kırşehir'e bağlı Akpınar ilçesinin 2 km KB'da Ms 6.8 büyüklüğündeki depreme bağlı olarak gelişen Coulomb gerilme değişimi incelenecektir. Kırşehir depremi ile ilgili odak mekanizması çözümleri ve arazi çalışmalarından derlenmiş bilgiler mevcuttur (Canitez ve Büyükaşkoğlu, 1984; Jackson ve Mc Kenzie, 1984). Depremin aletsel dış merkezi, 39.50° K-33.70° D arasında ve büyüklüğü Ms 6.8 olarak belirlenmiştir (ISS; Eyidoğan ve diğ., 1991) (Çizelge 1). Bu depremin aletsel olarak saptanan episantr koordinatları ile depremin oluşturmuş olduğu yüzey kırığının izlendiği Akpınar ilçesi arasında yaklaşık olarak 10 km'lik uzaklık söz konusudur (Çizelge 1). Bu çalışmada depremin episantrı 39.481° K-33.915°D ile belirlenen koordinatlar kabul edilerek hesaplamalara dahil edilmiştir. Çünkü, 19 Nisan 1938 depreminden hemen sonra değişik kuruluşlardan tarafından yapılan çalışmalarda, depremin oluşturduğu yüzey kırıkları Parejas ve Pamir (1939) tarafından haritalanmıştır. Bu çalışmaya göre fay hattı Akpınar ilçesinin yaklaşık 2 km KB'dan başlayarak granitlerin içinde K60°B doğrultusunda kuzeybatıdaki Sofrazlı köyüne kadar uzandıktan sonra K50°B doğrultusunda yine kuzeydoğuya doğru Taşkovan köyüne kadar uzanmaktadır (Şekil 4). Bu yazarlar faydaki hareketin sağ yanal olduğunu belirlerken yüzey kırığı etrafında yer alan basamak tarzında sıralanmış tansiyon çatlakları, vadilerde yer alan alüvyonal zeminlerde oluşan kum kraterlerini ve dolayısıyla sıvılaşmaları gözlemlenmişler ve büyük hasarların zayıf zeminler üzerinde meydana gelmiş olduğunu belirtmişlerdir. Arni (1938) ise bu kırık hattında yaklaşık olarak 60 cm düşey, 65 cm ise

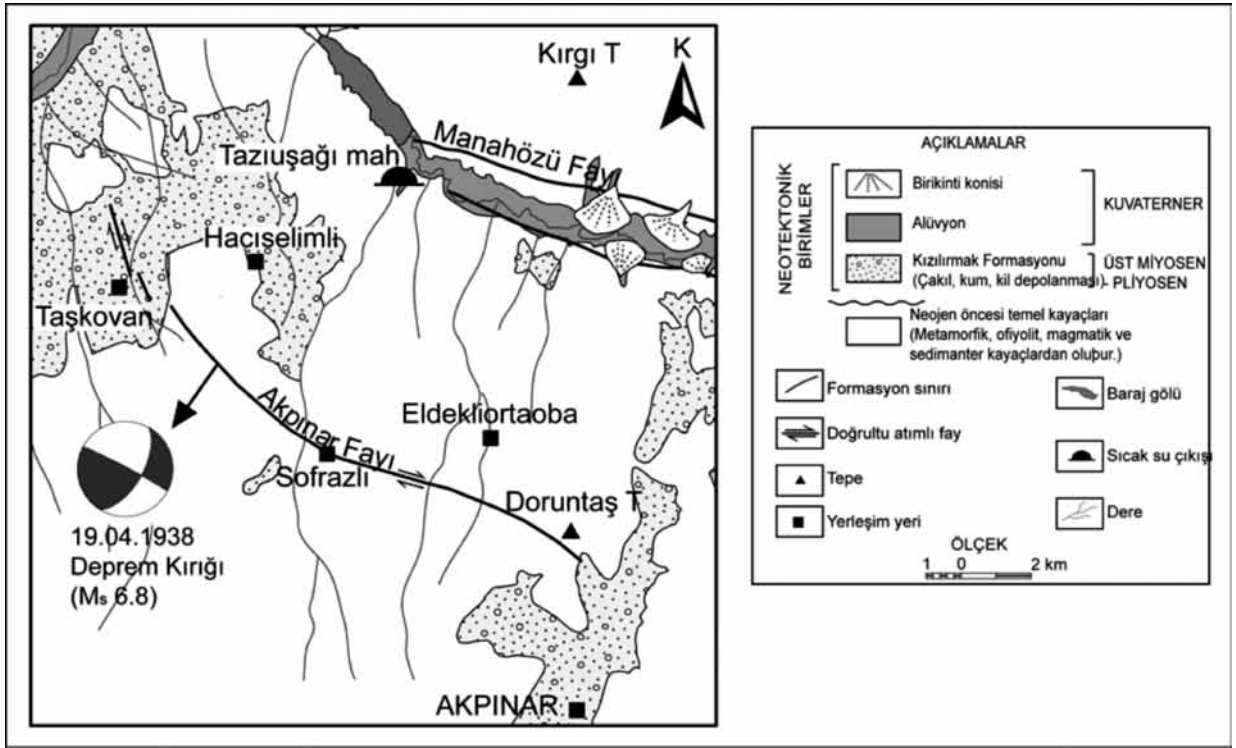
yanal atım belirlemiş ve fayı sağ yanal doğrultu atımlı fay olarak tanımlamıştır. Bu depremin hemen sonrasında bölgede incelemelerde bulunan Salomon-Calvi ve Kleinsorge (1940) da Akpınar'ın kuzeydoğusundan Taşkovan yakınlarına kadar uzanan K 70°-80° B doğrultulu bir yüzey kırığında 60 cm düşey ve fayın kestiği bir yol da da 65 cm yatay yer değiştirme ölçmüşlerdir. 60 cm düşey atımın yerel bir özellik olabileceği düşünüldüğünde fayın doğrultu atımı egemen bir verev normal fay olduğu anlaşılmaktadır. Bu araştırmacılar ayrıca yüzey kırığının etrafında yer alan yaklaşık doğu-batı doğrultulu açık tansiyon çatlaklarına değinerek bölgenin kuzey-güney doğrultusunda uzadığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada ilginç olan nokta Salomon-Calvi ve Kleinsorge (1940), bu faya bağlı olarak yeni bir havzanın oluştuğuna dikkati çekerek bir çek-ayır havza oluşumunun mekanizmasına o tarihlerde işaret etmiş olmasıdır. Ayrıca fayın fay düzlemi çözümü de fayın sağ yanal atımlı bir fay olduğunu ortaya koymuştur (Jackson ve McKenzie, 1984). Depremin gözlemsel merkezi (şiddete dayanan), Akpınar, Taşkovan arasındaki bölgede meydana gelmiştir (Şekil 4) (Arni 1938; Parejas ve Pamir 1939). Arazi verilerinin yeterince net olması ve ayrıca, bu depremin oluşturmuş olduğu yüzey kırığının araştırılmasına yönelik olarak Sofrazlı köyünde yapılan jeofizik çalışmalar (GPR ve doğru akım öz direç yöntemi) ile depremin oluşturmuş olduğu yüzey kırığının yeri saptanmıştır (Temiz, 2004) (Şekil 4). Bu depremin, derinlik parametrelerinin eksik olması nedeni ile Kırşehir bölgesinde 1900'den günümüze kadar olan yaklaşık 1400 depremin odak derinliklerinin ortalaması olan 9 km, 19 Nisan 1938 depreminin de odak derinliği olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan 19 Nisan 1938 Akpınar depreminin kaynak parametreleri.

Table 1. Source parameters of April 19, 1938 Akpınar (Kırşehir) earthquake which is used study.

| Tarih | Saat (GMT) | Enlem (K) | Boylam (D) | h (km) | (M _s) | KU | YA (m) | DA (m) | S1(°) | D1(°) | R1(°) | S2(°) | D2(°) | R2(°) | FK | Kaynak |
|---------------|------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------|-------------------|----|-------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|--|
| 19 Nisan 1938 | 10:59 | 39.5° 39.481° ⁰¹ | 33.7° 33.915° ⁰¹ | 9 ² | 6.8 | 14 | 0.65 ³ | 0.60 ³ | 30 | 60 | 4 | 298 | 87 | 150 | SY | Jackson & McKenzie, 1984 Camitez ve Büyükaşikoğlu, 1984 |
| | | | | | | | | | 30 | 87 | - | 121 | 69 | - | SY | |

Çizelgede kullanılan kısaltmalar: h: derinlik, M_s: Yüzey dalgası büyüklüğü, S: Doğrultu, D: Eğim, R: Rake, FK: Fay Karakteri, SY: Sağ yanal doğrultu atımlı fay, KU: kırık uzunluğu, YA: yanal atım, DA: düşey atım. ¹Depremin meydana geldiği yerin enlem ve boylam değerleri arazi verileri kullanılarak bulunan koordinatlar dikkate alınarak belirlenmiştir. ²19 Nisan 1938 yılındaki depremin odak merkezi derinlikleri, çalışma alanında meydana gelen yaklaşık 1400 adet depremin odak merkezi derinliklerinin ortalaması alınarak bulunan 9 km değeri hesaplamalarda kullanılmıştır, ³ Deprem sonrası arazide ölçülen yanal ve düşey atım değerleri (Arni 1938).



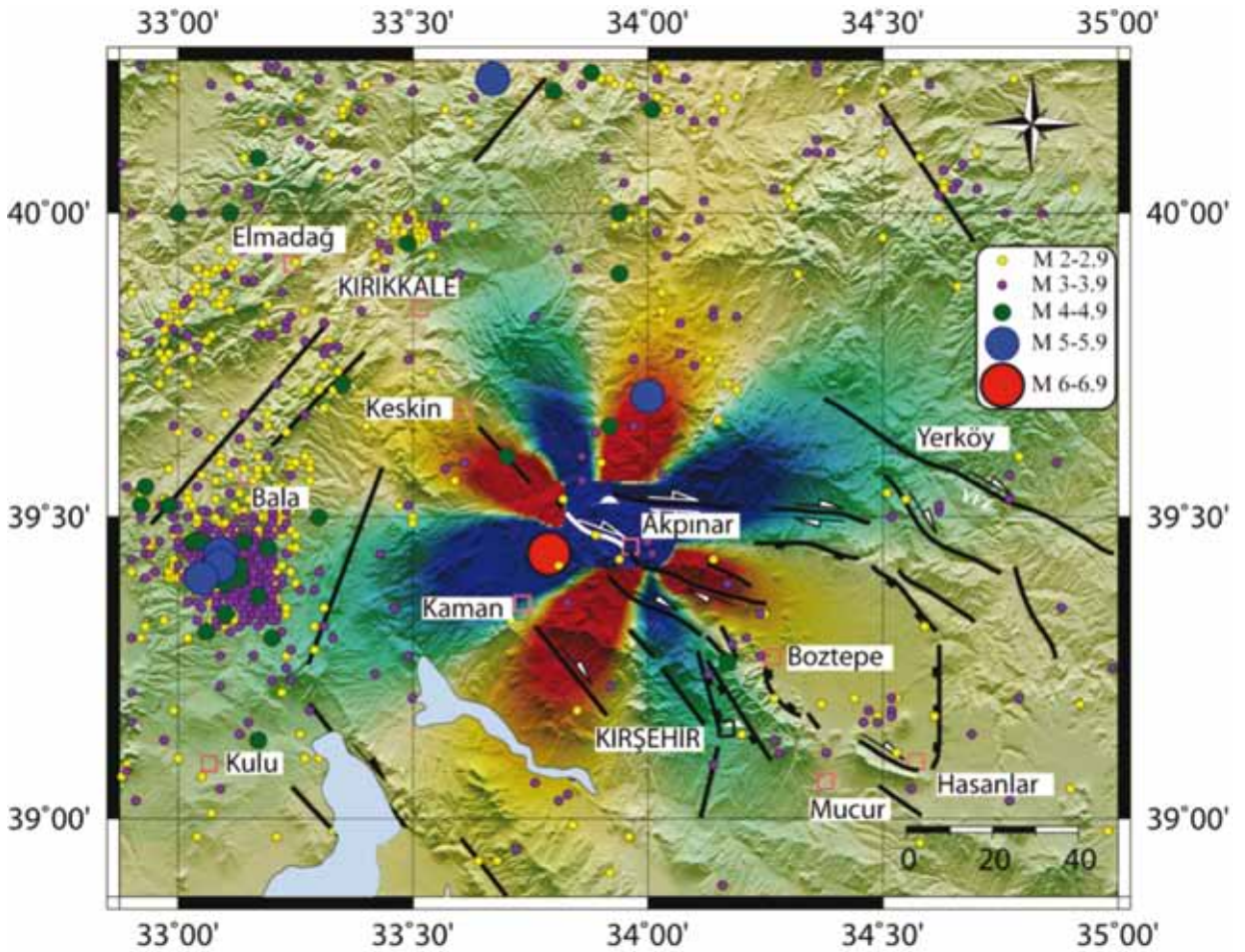
Şekil 4. 19 Nisan 1938 Akpınar (Kırşehir) depreminde oluşan faylanmanın konumu (Parejas ve Pamir, 1939).

Figure 4. April 19, 1938 Akpınar (Kırşehir) earthquakes faulting occurring in the position (Parejas ve Pamir, 1939).

COULOMB GERİLME DEĞİŞİMİ

Akpınar depreminin Coulomb gerilme değişim modeli Çizelge 1'de Jackson ve Mc Kenzie, 1984 tarafından yapılan odak mekanizması çözümü, arazi verileri kullanarak sağ yanal doğrultu atımlı 14 km uzunluğundaki yüzey kırığı için hazırlanmıştır (Şekil 5). Oluşturulan modelde KKD-GGB ve BKB-DGD yönlerinde gerilme artışlarının meydana geldiği dört adet lob meydana

gelmiştir. Oluşturulan modelde meydana gelen BKB-DGD lobları, Seyfe Fay Zonu üzerinde yer almaktadır. Seyfe Fay Zonu'nun kuzeybatı ucunda yer alan BKB lobunda 4.5-0.178 bar değişimlerin meydana geldiği, DGD lobunda ise 1.948-0.148 bar'lık gerilme artışları meydana gelmiştir. KKD lobunda ise 0.927-0.137 bar ve GGB lobunda ise 1.714-0.241 bar arasında değişen gerilme artışları meydana geldiği belirlenmiştir.



Şekil 5. 19 Nisan 1938 Depremine (M_s 6.8) ait Coulomb gerilme dağılımı. Daireler 1900-2011 yıllarında meydana gelen deprem episantırlarını göstermektedir.

Figure 5. Coulomb stress change of the 1938 event (M_s 6.8). The circles represent 1900-2011 earthquakes epicenters.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Orta Anadolu bölgesindeki fayların deprem üretme potansiyeli düşük olarak bilinmesine rağmen, Orta Anadolu'da yaşanmış önemli depremler bu kanının doğru olmadığını belgelemektedir. Bu bölgede yaşanan ve çalışma konusu oluşturan 19 Nisan 1938 Akpınar (Kırşehir) depremi bu bölgenin depremselliği için örnek verilebilecek özelliktedir. Tektonik anlamda Kırşehir bölgesi ve çevresi Anadolu plakası içinde yer alır. Son yıllarda Anadolu plakası

içinde sürdürülen neotektonik çalışmalar, plaka içinde Tuzgölü Fayı ve Kesikköprü faylarının doğusundaki bölgede egemen olan neotektonik rejimin doğrultu atımlı faylarla karakterize edildiğini ve sıkışmalı-genişlemeli tektonik rejimin hakim olduğu saptanmıştır (Koçyiğit, 2003). Bu rejimin varlığını kanıtlayan ve yıkıcı deprem üretme kapasitesine sahip aktif faylar Orta Anadolu bölgesinde mevcuttur. Kırşehir'de yer alan Seyfe Fay Zonu'da deprem aktivitesini kanıtlamış önemli bir tektonik yapıdır. Bu fay

zonun kuzeybatısında Akpınar fay segmenti 14 km kırılarak M_s 6.8 büyüklüğünde deprem üretmiş ve ölüm ve yıkımlara neden olmuştur. Bu çalışmada, bu depreme ait parametreler kullanılarak oluşturulmuş olan Coulomb modeli ile Seyfe Fay Zonu üzerinde gerilme artışlarının meydana geldiği alanlar saptanmıştır. Bu gerilme artışları Seyfe Fay Zonu'nun kuzeybatı ucunda ve Seyfe gölü çöküntüsünde meydana gelmiştir. Bu bölgede, Keskin (Kırıkkale) ve Boztepe (Kırşehir) ilçeleri yer almaktadır (Şekil 5). Bu bölgeler deprem tehlikesi taşıyan alanlar olarak görülmektedir. 19 Nisan 1938 Akpınar (Kırşehir) depremi için üretilen Coulomb gerilme modeli ile artçı depremlerin ilgisi yeterli veri olmamasından dolayı incelenememiştir.

KATKI BELİRTME

Coulomb gerilme hesaplamalarında, Toda ve diğ., (1998) tarafından geliştirilen ve ücretsiz dağıtılan Coulomb 3.1 programı kullanılmıştır (<http://quake.usgs.gov/research/deformation/modeling/Coulomb/download.html>). Ayrıca, deprem lokasyonlarının yerleştirilmesinde ve üç boyutlu görüntülerin oluşturulmasında Generic Mapping Tools (GMT) programı kullanılarak hazırlanmıştır (Wessel ve Smith,1998).

EXTENDED SUMMARY

Stress changes caused by earthquakes in seismically active regions are very important in terms of future earthquake predictions. Earthquakes cause static stress changes on neighboring faults that may delay or trigger subsequent earthquakes. Therefore, determination of stress changes is also important in seismic hazard assessments. Movements and displacements on the faults result Coulomb stress changes along the faults and around the region. These stress change effects on

the faults in the earthquake zones have studied by the several researchers since 1990. Coulomb stress analysis for determining the stress sectors along active faults is as one of the most effective method for hazard assessment predictions and planning which several studies have proven the reliability of a method.

Although it is believed that the active faults in the Central Anatolia region can produce a small to medium magnitude earthquakes, some significant earthquakes have taken place in Central Anatolia which have been documented in previous studies. April 19, 1938 Akpınar (Kırşehir) earthquake which is the most important one that occurred in this region in close past, is the scope of this paper investigated using Coulomb stress modeling. Tectonically, Kırşehir region and its surroundings taking place in the east of Kesikköprü and Tuzgözü Faults, is experienced predominantly by a contractional-extensional type of neotectonic regime and characterized by strike-slip faulting. The structural features of the active faults and the character of the earthquakes prove the existence of this regime in this part of central Anatolia. Seyfe Fault Zone is major tectonic structure in Kırşehir region. The Akpınar (Kırşehir) earthquake (M_s 6.8) took place on the Akpınar segment located in northwest of the NW-SE trended Seyfe Fault Zone in the east of Kırşehir. After the earthquake, by using the data of the geological and geophysical studies done in the region, a Coulomb stress model of the earthquake has been obtained in the present study. The stress increments generated by the Seyfe Fault Zone experienced the region, range between 0.137-4.5 bars. These stress increment areas are the NE and SW sectors of the fault zone which is important in term of earthquake hazard, and in Keskin (Kırıkkale) and Boztepe (Kırşehir) densely populated residential areas (Şekil 5).

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akgün, F., Akay, E. ve Erdoğan, B. 2002. Tertiary Terrestrial to Shallow Marine Deposition in Central Anatolia: A Palynological Approach. *Turkish J. Earth Sci.*, Vol. 11, pp. 127-160.
- Arni, P. 1938. Kırşehir, Keskin ve Yerköy zelzelesi hakkında. MTA Enst. yayını, Seri B, 1.
- Birgili, Ş., Yoldaş, R. ve Ünalın, G. 1975. Çankırı-Çorum havzasının jeolojisi ve petrol olanakları. MTA Rap. No: 5621, Ankara (yayımlanmamış).
- Chinery, M.A., 1963. The stress changes that accompany strike slip faulting. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 53, 921-932.
- Çakır, Z., A. Barka, E. Evren, 2003. Coulomb stress interactions and the 1999 Marmara Earthquake sequence, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 12, 91-103.
- Eyidoğan, H., Utku, Z., Güçlü, U. and Değirmenci, E., 1991. Türkiye Büyük Depremleri Makro-sismik Rehberi (1900-1988). İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Görür, N. 1981. Tuz Gölü-Haymana havzasının stratigrafik analizi. *Türkiye Jeol. Kur. 35. Bilimsel ve Teknik Kurultayı, İç Anadolu'nun Jeolojisi Simpozyumu*.
- Harris, R.A. ve Simpson, R.W., 1992. Changes in static stress on southern California faults after the 1992 Landers earthquake, *Nature*, 360, 251-254.
- Harris, R.A., 1998. Stress triggers, stress shadows and implications for seismic hazards, *J. Geophys. Res.*, 103, 24347-24358.
- Hubert, A., King, G.C.P., Armijo, A., Meyer, B. and Papanastassiou, D., 1996. Fault re-activation, stress interaction and rupture propagation of the 1981 Corinth earthquake sequence, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 142, 573-585.
- Jackson, J. ve Mckenzie, D., 1984. Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan. *Geophysical Journal of Royal Astronomical Society* 77, 185-264.
- King, G.C.P., Stein, R.S. ve Lin, J., 1994. Static stress changes and the triggering of earthquakes, *Bull. Seis. Soc. Am.*, 84, 935-953.
- King, G.C.P. ve Cocco, M., 2000. Fault interaction by elastic stress changes: new clues from earthquake sequences, *Adv. Geophys.*, 44, 1-38.
- King, G.C.P., Hubert-Ferrari, A., Nalbant, S., Meyer, B., Armijo, R. ve Bowman, D., 2001. Coulomb interactions and the 17 August 1999 Izmit, Turkey earthquake, *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des planètes*, 333, 557-570.
- Koçyiğit, A., 2003. Orta Anadolu'nun genel Neotektonik Özellikleri ve Depremselliği. Haymana-Tuzgölü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma, TPJD, Özel sayı:5, s.1-26.
- Lorenzo-Martin, F, Roth, F., Wang, R., 2006. Elastic and inelastic triggering of earthquakes in the North Anatolian Fault zone. *Tectonophysics*, p.271-289.
- Nalbant, S.S., McCloskey, J., Steacy, S., Barka, A., A., 2002. Stress accumulation and increased seismic risk in eastern Turkey. *Earth and Planetary Science Letters* 195 291-298.
- Nalbant, S.S, Mc Closkey, J. and Steacy, S., 2005. Lessons on the calculation of static stress loading from the 2003 Bingöl, Turkey earthquake. *Earth And Planetary Science Letters*, 235 (3-4). pp. 632-640.
- Nalbant, S.S., Hubert, A., King, G.C.P., 1998. Stress coupling between earthquakes in northwest Turkey and the North Aegean Sea. *J. Geophys. Res.*, 103 24469-24486.
- Parejas, E., Pamir, H. N., 1939. 19 Nisan 1938 Orta Anadolu yer depremi (Le tremblement de terre du 19 avril 1938 en Anatolie Centrale). İstanbul Üniversitesi Jeoloji Enstitüsü Neşriyatı, No 5, Şubat 1940, 11 s. İst. Üniv. Fen. Fak. Yayınl., seri B., cilt IV, no. 3/4.
- Salomon-Calvi, W. ve Kleinsorge, H., 1940. 19 Nisan 1938 tarihli Kırşehir zelzelesi ve zelzele mntakalarında inşaat ile iskan hususunda jeolojik teklifler. In (Ed: W. Salomon-Calvi) Türkiye'deki zelzelelere müteallik etüdler. Maden Tetkik Arama Enstitüsü Yayınlarından Seri B, No 5, 121 s.
- Seymen, İ., 1981. Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir masifinin stratigrafisi ve metamorfizması. *TJK Bült.*, 24, 2, 101-108.
- Seymen, İ., 1985. Kırşehir masifi metamorfizmasının jeolojik evrimi. *Türkiye Jeol. Kur., Ketin Simpozyumu*, 133-148.
- Stein, R.S., King, G.C.P. and Lin, J., 1992. Change in failure stress on the southern San Andreas fault system caused by the 1992 magnitude=7.2 Landers earthquake, *Science*, 258, 1328-1332.
- Stein, R.S., King, G.C.P. and Lin, J., 1994. Stress triggering of the 1994 M=6.7 Northridge, California earthquake by its predecessors, *Science*, 256, 1432-1435.
- Stein, R.S., Barka, A., Dieterich, J.H., 1997. Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress triggering. *Geophys. J. Int.*, 128, 594-604.
- Şenel, M., 2002. Geological map of Turkey at 1:500.000 scale, Kayseri sheet, Mineral Research and Exploration Institute of Turkey Publications, Ankara.
- Temiz, U., 2004. Kırşehir Dolayının Neotektoniği ve Depremselliği (Neotectonics and seismicity of the Kırşehir region). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 104 p. (yayımlanmamış).
- Temiz, U., Gökten, E., Eikenberg, J., 2009. U/Th dating of fissure ridge travertines from the Kırşehir region (Central Anatolia Turkey): structural relations and implications for the Neotectonic development of the Anatolian block. *Geodinamica Acta*, Vol 22/4, pp.201-213.
- Toda, S., Stein, R. S., Reasenberg, P. A. ve Dieterich, J. H., 1998. Stress transferred by the Mw=6.9 Kobe, Japan, shock: Effect on aftershocks and future earthquake probabilities, *Journal of Geophysical Research*, 103, 24543-24565.
- Wessel, P. and Smith, W. H. F., 1998. New, improved version of Generic Mapping Tools released, *EOS Trans. Amer. Geophys. U.*, vol. 79 (47), pp. 579.

Makale Geliş Tarihi : 15.02.2012

Kabul Tarihi : 30.08.2012

Received : 15.02.2012

Accepted : 30.08.2012