

Doğu Anadolu Fay Sistemi Kayma Hızları ve Deprem Potansiyelinin Jeodezik Yöntemlerle Belirlenmesi

Aktuğ, B.¹, Özener, H.², Doğru, A.², Turgut, B.², Halicioğlu, K.², Sabuncu, A.², Yılmaz, O.², Havazlı, E.²

¹Ankara Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği, Tandoğan 06100 Ankara

²Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeodezi Anabilim Dalı 34684 Çengelköy, İstanbul

Özet

Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS), Türkiye’de Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS)’den sonraki en önemli fay sistemidir. Buna karşın, DAFS üzerindeki kayma hızları yeterince çalışılmamıştır. Bunun en önemli nedenlerinden biri DAFS üzerindeki depremselliğin ve fay üzerindeki kayma hızlarının KAFS’a göre çok daha az olmasıdır. Diğer yandan, tarihsel kayıtlar DAFS’in büyük depremler üretebileceğini göstermektedir. DAFS üzerindeki mevcut GPS çalışmaları ise sınırlı sayıda ve yerel ölçekte. Bu çalışmalarda, jeodezik noktaların coğrafi olarak seyrek dağılımda olmaları nedeniyle DAFS’in farklı segmentleri üzerindeki kayma hızları yüksek duyarlılıkla belirlenmesi incelenmeye ihtiyaç duyulmuştur. DAFS üzerindeki kayma hızlarının değişimi, Anadolu Levhasının kinematığının daha iyi anlaşılması için de büyük önem taşımaktadır. Çalışma kapsamında, Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS)’ni içine alan geniş bir bölgedeki GPS verilerinin elde edilerek analizleri yapılmış, edilerek bölgede daha önceden gerçekleştirilmiş olan çalışmalar kapsamında elde edilen sonuçlar ve literatürde verilen çalışmalar da dikkate alınarak DAFS üzerinde yer alan farklı segmentler üzerindeki kayma hızları, yüksek coğrafi çözünürlük, dağılım ve duyarlıktaki jeodezik ölçümler ile belirlenmiştir.

Sonuçlar, DAFS üzerindeki kayma hızlarının sabit olmadığını ve Karlıova’da 13.1 ± 1.6 mm/yıl iken en güneyde 4.1 ± 1.2 mm/yıl’a düştüğünü, daralma hızlarının ise genel olarak 5 mm/yıl’ın altında olduğunu, sadece Karlıova’da 11.7 ± 1.8 mm/yıl’a ulaştığını göstermektedir. Elde edilen kayma hızları dikkate alındığında, DAFS üzerindeki bilinen iki sismik boşluk olan Palu-Sincik ve Çelikhhan-Türkoğlu segmentlerindeki kayma eksikliği (slip deficit) ve deprem potansiyeli sırasıyla 1.82 m ve 5.16 m, M 7.5 ve M 7.7 şeklinde bulunmuştur.

Anahtar Sözcükler

DAFS, Sismik boşluk, Kayma Hızları, GPS Hızları, Deprem potansiyeli

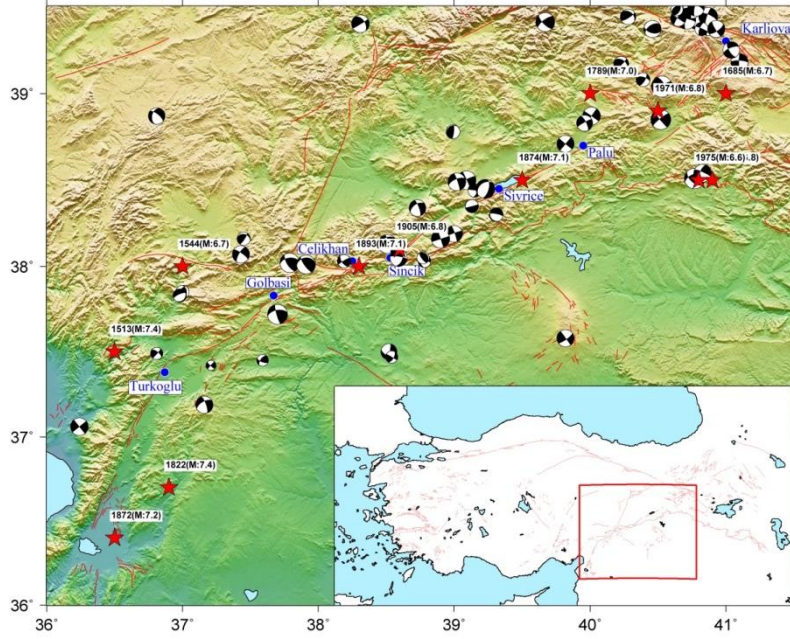
1. Giriş

Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS), Anadolu ve Arap Levhalarının sınırında yer almakta ve genel olarak bindirme ve sol yanıl doğru tutlu atımlı bir sistem olarak bilinmektedir (McKenzie, 1972; Şengör, 1979; Dewey ve diğ., 1986). Aynı zamanda, Ölü Deniz Fay Sisteminin kuzeydeki uzantısı kabul edilen DAFS, Kuzey Anadolu Fay Sisteminden sonra ülkemizdeki en aktif fay sistemidir. Anadolu Levhasının batıya kaçıışı, çoğu zaman Arap Levhasının güneydoğudan sıkıştırması ile açıklansa da, güncel çalışmalar DAFS üzerindeki hareketin tüm Anadolu Levhasını güncel hızında hareket ettirebilecek kadar büyük olmadığını göstermektedir (Reilinger ve diğ., 2006; Aktuğ ve diğ., 2013). Diğer yandan, DAFS son yüzyılda nispeten sakin olmakla birlikte, geçmişte büyük depremler üretmiş bir fay sistemidir (Ambraseys, 1989).

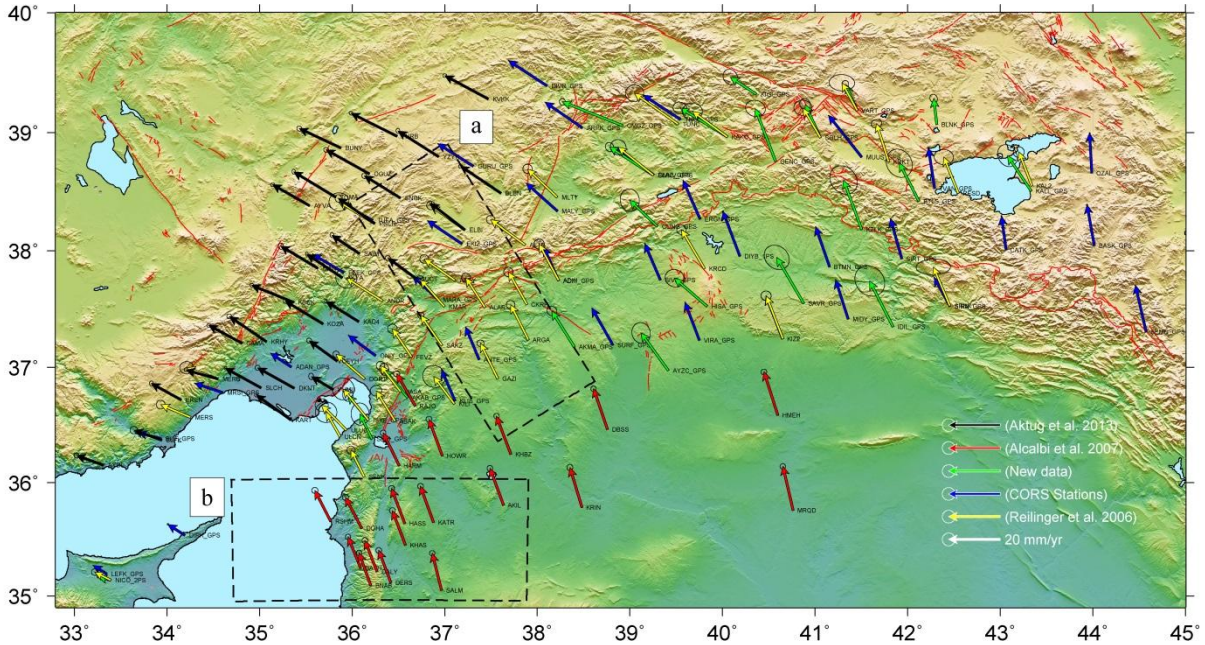
Güncel gerilim transferi çalışmaları, DAFS üzerinde iki büyük sismik boşluğa işaret etmektedir (Nalbant ve diğ., 2002). Bunlar, Palu-Sincik ve Çelikhhan-Türkoğlu segmentleridir (Şekil 1). Palu-Sincik segmenti, Palu and Sincik arasında yer alan ve sırasıyla 50 km uzunluğundaki Palu-Sivrice ve 85 km uzunluğundaki Sivrice-Sincik segmentlerinden oluşan toplam 135 km uzunluğunda bir segmenttir. Bu segment üzerindeki en son büyük depremlerin 1874 ($M7.1$) ve 1875 ($M6.7$) depremleri olduğu düşünülmektedir (Nalbant ve diğ. 2002; Herece, 2008; Ambraseys ve Jackson, 1998; Çetin ve diğ., 2003). Çelikhhan-Türkoğlu segmenti ise 50 km’lik Çelikhhan-Gölbaşı ve 90 km’lik Gölbaşı-Türkoğlu segmentlerinden oluşan ve toplam 140 km uzunluğunda bir segmenttir. Çelikhhan-Gölbaşı segmenti üzerindeki en son depremin 1513 ($M7.4$) yılında meydana geldiği tahmin edilmektedir. Bölgenin genel sismotektoniği Şekil 1’de verilmektedir. Bu çalışmada, güncel GPS verileri analiz edilerek DAFS üzerindeki kayma hızları ve buna bağlı deprem potansiyeli belirlenmiştir.

2. GPS Analizleri

DAFS üzerindeki kayma hızlarının yüksek duyarlılıkla belirlenebilmesi için, bölgede var olan GPS çalışmaları derlenmiş ve yeni GPS gözlemleri analiz edilerek dahil edilmiştir. Bu amaçla, Orta Anadolu (Aktuğ ve diğ., 2013) ve Suriye (Alcalbi ve diğ., 2007)’de yayınlanmış olan hız alanları alınmış, tüm bölgeyi kapsayan ama görece olarak seyrek GPS nokta hızları (Reilinger ve diğ., 2006) ve TUSAGA-Aktif istasyonlarının yayınlanmış hızları derlenmiştir. Ayrıca, ham GPS verileri temin edilen noktalar GAMIT/GLOBK ile analiz edilerek çözümlere eklenmiştir. Daha sonra, dönüşüm yapılarak hız alanları birleştirilmiştir. Birleştirilmiş hız alanı ile GPS hızları açısından bölgede daha önce mevcut olmayan mekansal çözünürlüğe ulaşılmıştır. GPS istasyonlarının dağılımı Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 1. Doğu Anadolu Fay Sistemi sismotektoniği. Deprem kaynak parametreleri (Kalafat ve diğ., 2009)'dan, tarihsel depremler (kızıl asterisk), (Ambraseys, 1989)'den, diri fay hatları (Şaroğlu ve diğ., 1992)'den alınmıştır.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan GPS hızları. Hız hata elipsleri %95 güven düzeyindedir. Kesikli çizgiler kilitlenme derinliğinin hesabında kullanılan profil sınırlarını göstermektedir.

3. Sonuçlar

Kuzey Anadolu Fay Sisteminin aksine, Doğu Anadolu Fay Sistemi ile ilgili çalışmalar görece olarak az sayıda ve genellikle yerel düzeydedir. Mevcut veri yoğunluğunun yetersiz olmasından dolayı, DAFS üzerindeki kayma hızlarının yüksek duyarlılıkla belirlenmesi şimdiye dek mümkün olmamıştır. Buna karşın, DAFS üzerinde büyük depremlerin olduğu bilinmekte ve iki önemli sismik boşluk tanımlanmaktadır (Ambraseys, 1988). Bu anlamda, DAFS üzerindeki kayma hızlarının bulunması ve bunların geçmiş depremler ile ilişkilendirilmesi ayrıca önem taşımaktadır. Elde edilen sonuçlar, DAFS üzerindeki kayma hızlarının sabit olmadığını ve kuzeyden güneye doğru azaldığını göstermektedir. DAFS üzerindeki doğrultu atımlı kayma hızı Karlıova civarında 13.1 ± 1.6 mm/yıl iken en güneyde 4.1 ± 1.2 mm/yıl'a düşmektedir. Ayrıca, DAFS üzerindeki iki profilin analizi ile, kuzeydeki kilitlenme derinliğinin güneye göre oldukça fazla olduğu bulunmuştur. En kuzeyde, 25.08 ± 6.25 km olan kilitlenme derinliği, en güneyde 11.13 ± 6.73 km'ye düşmektedir. Çalışmadaki bir başka bulgu ise, faya dik doğrultudaki kayma hızlarının Karlıova civarı hariç olmak üzere 5 mm/yıl'ın altında olduğu hesaplanmıştır.

Palu-Sincik segmentinde bulunan 13.1 ± 1.6 mm/yıl'lık kayma hızı ve en son deprem dikkate alındığında bu segmentin Mw7.5 büyüklüğünde deprem üretebileceği hesaplanmıştır. Benzer şekilde, Çelikhan-Türkoğlu segmentinde bulunan 10.3 ± 0.7 mm/yıl'lık kayma hızı ve en son meydana gelen deprem tarihi (1893) dikkate alındığında bu segmentte yine Mw7.7 büyüklüğünde deprem potansiyeli olduğu bulunmuştur.

Teşekkür

Bu proje Boğaziçi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından 12T03P1 proje kodu ile desteklemiştir. GPS verilerinin elde edilmesinde emeği geçen herkese teşekkürü bir borç biliriz. Ayrıca, analiz, hesaplama ve yorumların bir kısmı, ilk yazarın TÜBİTAK tarafından B.14.2.TBT.0.06.01-219-84 numarası ile desteklenen yurtdışı araştırması sırasında tamamlanmıştır.

Kaynaklar

- Aktuğ, B., Parmaksız, E., Kurt, M., Lenk, O., Kılıçoğlu, A., Gürdal, M.A., Özdemir, S. (2013) Deformation of Central Anatolia: GPS Implications, *Journal of Geodynamics*, 67, 78– 96.
- Alchalbi, A., M. Daoud, F. Gomez, et al., 2009. Crustal deformation in northwestern Arabia from GPS measurements in Syria: Slow slip rate along the northern Dead Sea Fault, *Geophysical Journal International*, 180, p. 125 - 135.
- Ambraseys, N.N. (1989). Temporary seismic quiescence: SE Turkey. *Geophysical Journal International*, 96, 311-331.
- Dewey, J. F., Hempton, M. R., Kidd, W. S. F., Şaroğlu, F., Şengör, A. M. C. (1986). Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of eastern Anatolia: a young collision zone. In: Coward, M. P. & Ries, A. C. (eds) *Collision Tectonics*. Geological Society London Special Publications, 19, 3–36.
- Jackson, J., Mckenzie, D. P. (1984). Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt between western Turkey and Pakistan. *Geophysical Journal of Royal Astronomical Society*, 77, 185–264.
- Kalafat, D., K. Kekovalı, Y. Güneş, M. Yılmaz, M. Kara, P. Deniz, M. Berberoğlu, (2009). Türkiye ve Çevresi Faylanma-Kaynak Parametreleri (MT) Kataloğu (1938-2008): A Catalogue of Source Parameters of Moderate and Strong Earthquakes for Turkey and its Surrounding Area (1938-2008), Boğaziçi University Publication No=1026, 43p., Bebek-İstanbul.
- Karabacak, V, Altunel, E., Meghraoui, M., Akyüz, H.S. (2010). Field evidences from northern Dead Sea Fault Zone (South Turkey): New findings for the initiation age and slip rate, *Tectonophysics*, 480, 172–182.
- King, R.W., McClusky, S. & Herring, T., 2009. Documentation of the GAMIT GPS Analysis Software, Release 10.3, Mass. Inst. of Technol., Cambridge.
- Nalbant, SS, McCloskey, J, Steacy, S and Barka, AA (2002) Stress accumulation and increased seismic risk in eastern Turkey. *Earth and Planetary Science Letters*, 195 (3-4). pp. 291-298.
- Reilinger, R. et al. 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions, *J. Geophys. Res.*, 111, B05411.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ. (1992b). Turkish Active Faults Map, Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara, Turkey,