Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi

Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering

AKÜ FEMÜBİD **17** (2017) 035501 (997-1003) AKU J. Sci. Eng. **17** (2017) 035501 (998-1003)

DOİ: 10.5578/fmbd.60762

Kuzey Anadolu Fayı Bolu-Çorum Segmenti Boyunca Yer Kabuğu Hareketlerinin GNSS Yöntemiyle İzlenmesi

Kayhan Aladoğan[1], İbrahim Tiryakioğlu[2], Hakan Yavaşoğlu[3], Reha Metin Alkan[3, 4], Mehmet Nurullah Alkan[1], Zafer Köse[1], Veli İlçi[5], İbrahim Murat Ozulu[5], Fazlı Engin Tombuş[5], Murat Şahin[5]

[1]*Hitit Üniversitesi, Osmancık Ömer Derindere MYO, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Çorum.*

[2] *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.*

[3]*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul.*

[4]*Hitit Üniversitesi, Rektörlük, Çorum.*

[5]*Hitit Üniversitesi, Çorum MYO, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Çorum.*

e-posta: kayhanaladogan@hitit.du.tr, itiryakioglu@aku.edu.tr, yavasoglu@itu.edu.tr, alkan@hitit.edu.tr, nurullahalkan@hitit.edu.tr, zaferkose@hitit.edu.tr, veliilci@hitit.edu.tr, imuratozulu@hitit.edu.tr, fengintombus@hitit.edu.tr, muratsahin@hitit.edu.tr

Geliş Tarihi: 21.03.2017 ; Kabul Tarihi: 10.10.2017

Anahtar kelimeler
Deprem, GNSS, Kuzey Anadolu Fay Zonu, Deformasyon, Hız Alanı

Özet

Dünyada deprem oluşturan pek çok aktif fay bulunmaktadır. Bu faylardan birisi olan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) son yüzyılda yıkıcı depremler oluşturmuş, meydana gelen bu depremler ise büyük can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Gerçekleşen bu depremler ile kırılmayan fayın oluşturabileceği depremin konumunu, büyüklüğünü ve zamanını tespit edebilmek için farklı yöntemler kullanılarak çalışmalar yapılmaktadır. Bu yöntemlerden birisi de GNSS gözlemleri sonucu hız alanı oluşturmaktır. Yapılan çalışmalar sonucunda Avrasya Plakası sabit alınması ile Anadolu Levhasının KAFZ boyunca, saatin dönme hareketinin tersine olan hızı tespit edilmiştir. Elde edilen GNSS sonuçları ile KAFZ'ın orta kısmının sıkışmalı bir yapıya sahip olduğu anlaşılmaktadır. Faya paralel hareketin miktarı bölgede küçük bir jeodezik ağa ait noktalardan tespit edilirken, faya dik yönde sıkışma bileşeninin miktarı hakkında detaylı bir çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmada KAFZ üzerinde Bolu-Çorum segmentinde, toplam 22 nokta üzerinde 5 profil oluşturacak şekilde geniş bir GNSS ağı kurularak kayma oranının belirlenmesi amaçlanmıştır. Jeodezik ağ üzerinde 2014, 2015 ve 2016 yılları 3 kampanya GNSS ölçüsü yapılmış ve güncel hız alanı hesaplanmıştır.

Monitoring Of Crust Movements Along The North Anatolian Fault Bolu-Çorum Segment By GNSS Method

Keywords
Earthquake, GNSS, North Anatolian Fault Zone, Deformation, Speed Field

Abstract

There are many active faults in the world that causes earthquakes. One of these faults, North Anatolian Fault(NAF), has produced many destructive earthquakes in the last century which costs a lot of human life and property. These earthquakes are examined with different methods to determine the location, magnitude and time of the future earthquake of the unbroken faults. One these methods is to create the velocity field by using GNSS observations. As a result of these studies, Anatolian Plate's anti-clockwise movement through the NAF is determined with respect to Eurasian plate. The middle portion of the NAF has a compressive structure according to the GNSS results. A micro-geodetic network in the region is used to determine the fault parallel movement while the perpendicular component of the compression has not fully observed. In this study, a GNSS network with a total of 22 points which creates 5 profiles is used to determine the slip rates of the Bolu-Corum segment of the NAF. 3 epochs of GNSS observations on this network through 2014-2016 was established to calculate the current velocity field .

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Ülkemiz sismik aktivite yönünden dünyadaki en aktif bölgeler arasında yer almaktadır. Bu sebeple Türkiye'deki aktif tektoniğin iyi araştırılması ve öğrenilmesi gerekmektedir. Depremin yerini, zamanını, konumunu daha iyi tespit edebilmek için meydana gelen her depremi detaylı bir şekilde incelenerek fayların davranışları hakkında bilgi edinilmesi ve kaynak parametrelerinin ortaya çıkarılması gerekmektedir.

Bilimsel gelişmeler neticesinde elde edilen litosfer tabakasının birçok hareketli plakadan oluşması gerçeğinin sonucu olarak, yer kabuğu hareketlerinin incelenmesi deprem çalışmalarındaki en son bulgulardandır (McClusky *et al.* 2000). Bu bulgunun sonucu olarak yer kabuğu birçok parçadan ve daima hareket eden levhalardan oluşmaktadır. Oluşan levha hareketleri, levha sınırlarını oluşturan faylar üzerinde meydana geldiğinden dolayı depreme neden olmaktadır. Yer kabuğu hareketlerinin belirlenebilmesi için farklı alanlarda, çeşitli yöntemler kullanılarak birçok çalışma yapılmakta ve jeodezik çalışmalar da bu alanların içinde yer almaktadır. Jeodezik çalışmalar içerisinde yer alan GNSS (Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri) tekniği, 1980'li yıllardan sonra teknolojinin gelişimiyle birlikte milimetrik hassasiyette ölçüm yapabilir seviyeye ulaşmıştır. GNSS tekniğinin uygulanması diğer tekniklere göre daha az maliyetli, yüksek hassasiyetli sonuç ve zamandan tasarruf sağlamaktadır. GNSS tekniği bu özelliklerinden dolayı sadece mühendislik ve haritacılık çalışmalarına değil, kabuksal hareketlerin jeodinamiğini ve kinematiğini anlamaya yönelik çalışmalara da büyük katkılar sağlamaktadır (Poyraz *et al*. 2015). GNSS aynı zamanda, deprem periyotlarındaki (ko-sismik, post sismik, intersismik dönemleri) deformasyonların belirlenmesi için çok sık kullanılan bir yöntemdir (Yavaşoğlu *et al.* 2015).

Anadolu ve Avrasya plakaları arasında meydana gelen, ülkemizdeki uzunluğu yaklaşık 1100 km olan, sağ yanal doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde geçmişten günümüze kadar pek çok büyük, yıkıcı depremler oluşmuş ve çok fazla can ve mal kayıpları yaşanmıştır (Tablo 1). Meydana gelen depremler sonucunda kırılmayan fayın oluşturabileceği depremin konumunu, zamanını ve büyüklüğünü tespit edebilmek için birçok çalışma yapılmaktadır. Doğuda Van Gölü'nden başlayıp batıda Saroz Körfezi'ne kadar uzanan, dünya çapında aktif fay kuşakları arasında yer alan KAFZ, birçok alanda çalışan bilim adamları için eşsiz bir laboratuvar olmuştur (Şengör *et al.* 2004).

Tablo 1. Kuzey Anadolu Fayında meydana gelen yıkıcı depremler

Deprem Merkezi	Depremin Gerçekleştiği Tarih	Yüzey Dalgası Büyüklüğü (Ms)
Erzincan	27.12.1939	7.9
Erbaa-Niksar	20.12.1942	7.0
Ladik-Kargı-Tosya-Ilgaz	27.11.1943	7.2
Bolu-Gerede	01.02.1944	7.2
Varto-Üstükran	31.05.1946	5.9
Kurşunlu	13.08.1951	6.9
Yenice-Gönen	18.03.1953	7.2
Abant	26.05.1957	7.1
Manyas	19.08.1966	7.0
Adapazarı-Mudurnu	22.07.1967	6.8
Erzincan	13.03.1992	6.8
Kocaeli-Gölcük	17.08.1999	7.8
Düzce-Kaynaşlı	12.11.1999	7.5

Çalışma bölgemiz olan KAFZ'ın orta kesiminde yer alan Bolu-Çorum Segmentinde 6 noktalık bir jeodezik ağ üzerinde, çeşitli yöntemlerle çok fazla çalışmalar yapılmış, yapılan bu çalışmalar ve sonuçları tablo 2 de gösterilmiştir. Faya paralel hareketin miktarı, bu jeodezik ağa ait noktalardan tespit edilmiştir, ancak faya dik yönde sıkışma bileşeninin miktarı ve batıya olan değişimi hakkında detaylı bir bilgi bulunmamaktadır (Yavaşoğlu *et al.* 2015). Bu çalışmada KAFZ'ın orta kesiminde yer alan, Bolu-Çorum Segmenti üzerinde oluşan kabuksal deformasyonların, güncel hız alanının ve kayma oranının belirlenmesi amacıyla 22 istasyondan oluşan ve fay zonunun hem kuzey hem

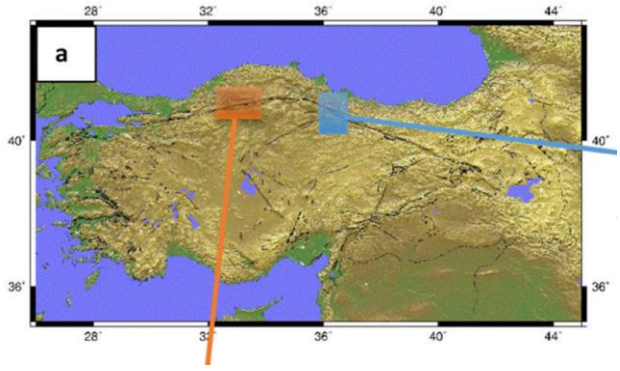
de güneyinde yer alan yoğun bir GNSS ağı kurulmuştur. GNSS verilerine göre elde edilen sonuçlar KAFZ için birlikte değerlendirilmiş ve tespit edilen bulgular sunulmuştur.

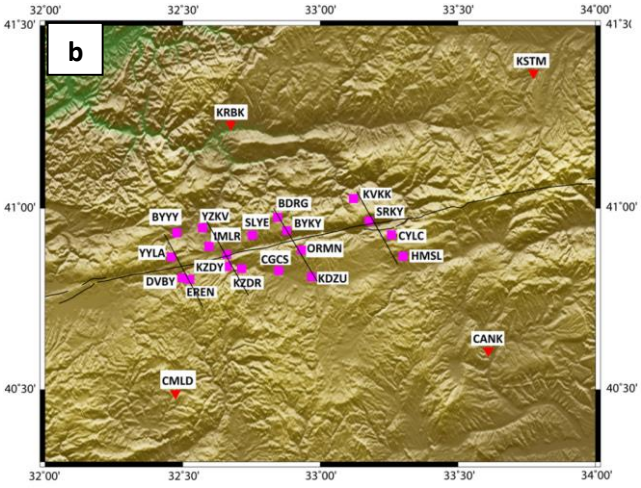
Tablo 2. İsmetpaşa segmentinde çeşitli yöntemler ile yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlar (Kutoğlu et al. 2008, Karabacak *et al.* 2011).

Tarih Aralığı	Kullanılan Ölçü Yöntemi	Ortalama Hız(cm/yıl)	Ölçümü Yapan
1957-1969	Duvar Ölçmeleri	2.0±0.6	Ambraseys
1969-1978	Açı Ağı Ölçmeleri	1.1±0.4	Aytun
1972-1982	Kenar Ağı Ölçmeleri	1.0±0.1	Eren ve Uğur
1982-1992	Kenar Ağı Ölçmeleri	0.9±0.1	Deniz vd.
1992-2000	InSAR	0.8±0.3	Çakır vd.
1992-2002	GPS Ölçmesi	0.7±0.1	Kutoğlu vd.
2002-2007	GPS Ölçmesi	1.2±0.1	Kutoğlu vd.
2007-2008	GPS Ölçmesi	1.5±0.4	Kutoğlu vd.
2007-2009	Yersel LIDAR	1.3±0.2	Karabacak vd.
2007-2010	Diferansiyel InSAR	1.57±0.2	Köksal
2008-2010	GPS Ölçmesi	1.30±0.4	Görmüş

2. Materyal ve Metot

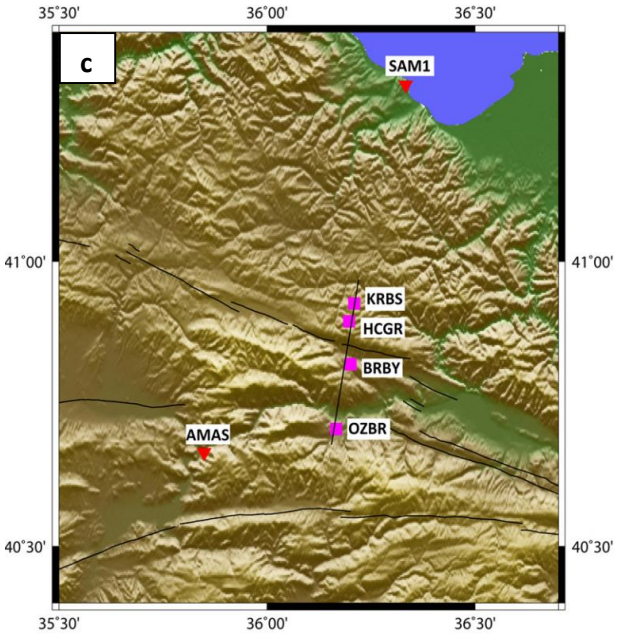
Bu çalışmada, KAFZ Bolu-Çorum Segmentinin fay özelliklerini belirlemek amacıyla uydu bazlı jeodezik yöntem kullanılarak birtakım ölçmeler yapılmıştır.





Şekil 1. (a) Türkiye diri fay haritası. (b) Uygulama alanının batı tarafın
Segmenti). (c) Uygulama alanının doğu tarafında kurulan jeodezik ağ

değişimleri incelemek için, 10 adet pilye ve 12 adet yer noktası olmak üzere 22 istasyon içeren geniş bir GNSS ağı kurulmuştur. Bu ağı oluşturan istasyonlar fayı dik kesecek biçimde 5 profil üzerine tesis edilmiştir. Oluşturulan 4 profil İsmetpaşa Segmentinde, 1 profil Destek Segmentinde yer almaktadır (Şekil 1). KAFZ'ın orta kesiminde genel olarak beklenen hareket ±2 cm/yıl kadardır (McClusky et al. 2000, Yavaşoğlu 2009). Bu hareketleri istenilen duyarlıkta belirleyebilmek için ağı oluşturan istasyonların zorunlu merkezlendirme donanımına sahip olması gerekmektedir. İstikşaf sırasında ağı oluşturan noktalar seçilirken bölgedeki fay hareketlerinin karakteristik özelliklerine uygunluğu, etrafında GNSS sinyallerini etkileyecek doğal veya yapay unsurların olmaması, güvenlik, ulaşım ve lojistik yönünden elverişli olması, tesis edilen veya seçilen noktaların zorunlu merkezlendirme özelliğine (Pilye ya da kaya zemine tesis edilmiş nokta vb.) sahip olmasına dikkat edilmiştir.



Atım miktarının küçük olduğu faylarda, kontrol ağındaki noktaların fay düzlemine daha yakın olması gerekmektedir. Fay kilitlenme derinliği (H) ile fay konumunun birlikte tespit edilmesi planlanan çalışmalarda, oluşturulan jeodezik ağa ait istasyonların yaklaşık fay düzlemine $\pm H/\sqrt{3}$ uzaklığında tesis edilmesi öngörülmektedir (Halıcıoğlu *et al.* 2009).

KAFZ'da meydana gelen depremlerin derinlik dağılımı incelendiğinde, bu zonun derinlik miktarının yaklaşık 15 km civarında olduğu ortaya çıkmaktadır (Poyraz *vd.* 2011). Asismik krip hareketinin gözlemlendiği İsmetpaşa segmentinde ise fay kilitlenme derinliği yaklaşık 3 km civarında olduğu bilinmektedir.

Çalışma bölgemizde oluşturulan noktaların faya uzaklıkları, fayın karakteristik özellikleri ile ilişkili olduğundan dolayı topoğrafik, lojistik ve güvenlik şartları elverdiğince yaklaşık 3 km ve 10 km olacak şekilde tesis edilmiştir.

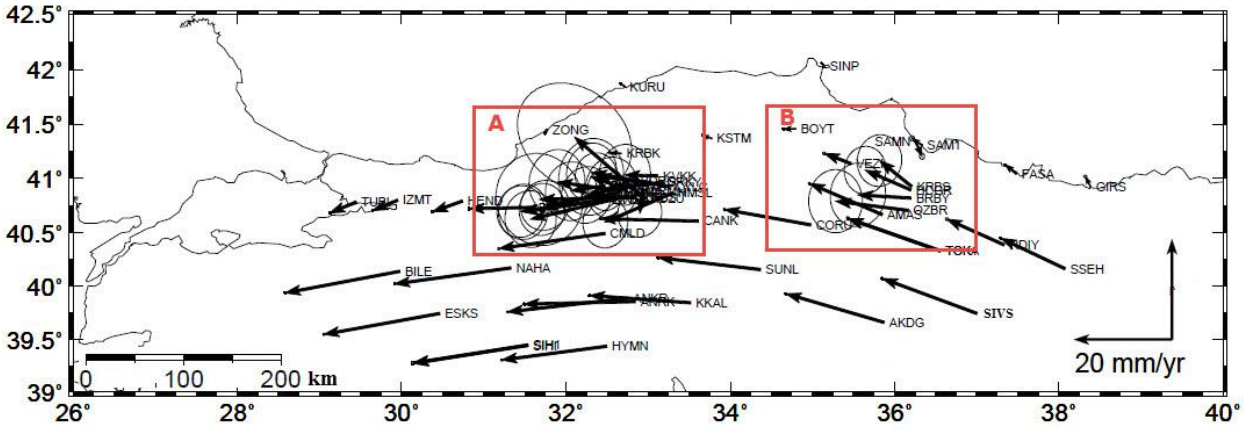
Çalışma bölgesini kapsayacak şekilde TUSAGA-Aktif (CORS-TR) ağına ait 30 adet sürekli gözlem yapan referans istasyonları da GNSS ağına dahil edilerek toplam 52 istasyona sahip geniş bir ağ oluşturulmuştur.

Tesis edilen noktalar üzerinde 2014, 2015 ve 2016 yıllarında kampanya GNSS ölçmeleri yapılmış ve bu ölçmeler, mevsimsel değişiklikleri en aza indirebilmek için her yılın ağustos aylarında gerçekleştirilmiştir. Her noktada günlük minimum 8 saatlik veri toplanmıştır.

Ölçmelerde, anten yüksekliği ölçme hatasını minimum seviyeye indirgemek için sabit yüksekliğe sahip hassas jeodezik tripodlar kullanılmıştır. Ölçmelerde kullanılan GNSS ekipmanları çift frekanslı, jeodezik anten ve alıcı tipine sahiptir. Kampanya boyunca yapılan bütün ölçmelerde elde edilen verilerin örnekleme aralığı 5 saniye olarak ayarlanmıştır. GNSS antenini olumsuz etkileyecek verileri kayıt altına almamak, anten faz merkezi değişimlerini veya atmosferik gecikmeleri modellemek amacıyla verilerin yetersiz kalmaması için ölçüm sırasında minimum yükseklik açısı 5° olarak belirlenmiştir. Arazide, kayıt sırasında anten yükseklikleri milimetre hassasiyetinde belirlenmiş ve dört ayrı noktadan kontrollü bir şekilde ölçülerek ortalamaları alınmıştır.

Yapılan ölçmeler sonucu elde edilen GNSS verilerinin analizi GAMIT/GLOBK yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Kurulan bu ağı global ağ ile ilişkilendirmek ve milimetre hassasiyetindeki koordinatlardan faydalanarak yörünge ve dünya dönme parametrelerinin daha hassas değerlendirilmesini sağlamak amacıyla IGS istasyonları kullanılmıştır (Herring *et al.* 2015).

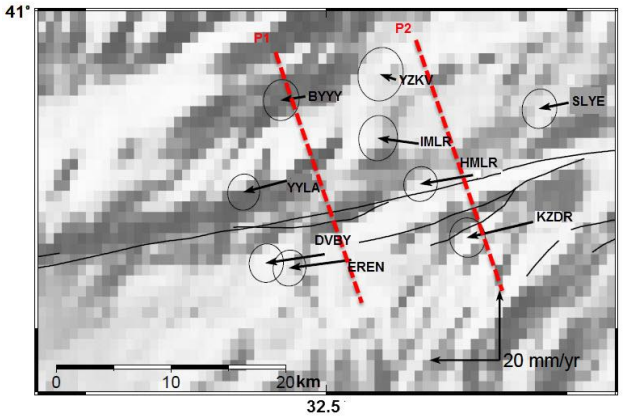
Hız kestirimini elde etmek üzere gereken stabilizasyon işlemi için Avrasya plakası sabit olacak şekilde, kullanılan 11 IGS istasyonundan zaman serileri istikrarlı olan (yatay konumda wrms değeri 1-2 mm, nrms değeri 1 mm) 8 istasyon kullanılmıştır. GLOBK stabilizasyon sonrasında elde edilen hızlar şekil 2'de verilmiştir.



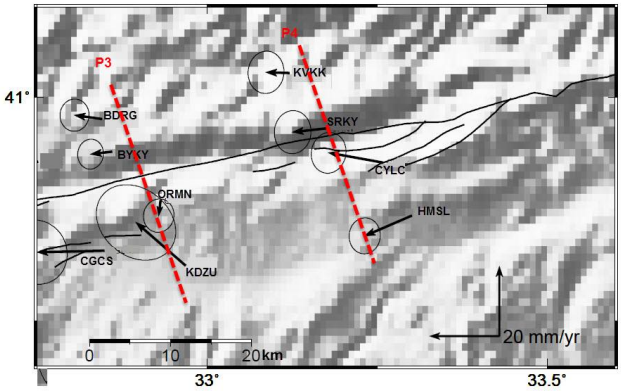
Şekil 2. Bölgenin Avrasya Plakası sabit hız alanı A) İsmetpaşa Segmenti B) Destek Segmenti

3. Bulgular

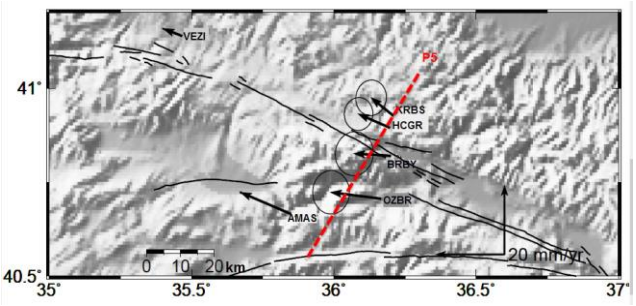
Yeni kurulan GNSS ağını oluşturan 5 adet profil üzerinde yapılan ölçmeler ile elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda Avrasya sabit hız alanı oluşturulmuştur (Şekil 3-5).



Şekil 3. Avrasya plakası sabit kabul edilerek elde edilen İsmetpaşa segmentinin P1-P2 profil hızları.



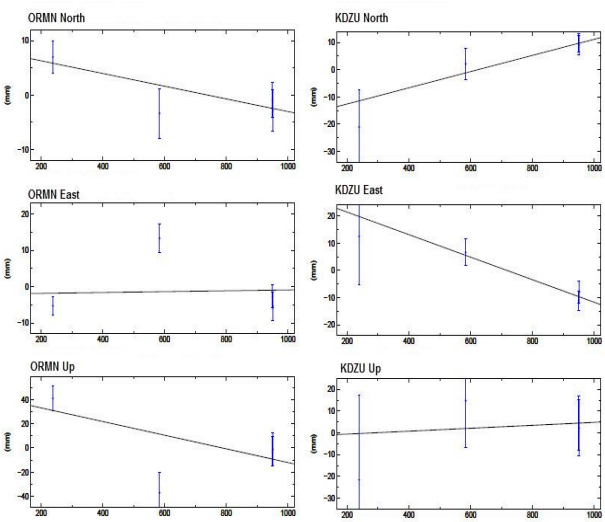
Şekil 4. Avrasya plakası sabit kabul edilerek elde edilen İsmetpaşa segmentinin P3-P4 profil hızları.



Şekil 5. Avrasya plakası sabit kabul edilerek elde edilen Destek segmentinin P5 profil hızları.

Genel anlamda İsmetpaşa segmentinde bulunan profiller teker teker incelendiğinde P1 ve P2 profilinde hızların kendi içinde uyumlu olduğu görülmekte ve Kuzey-Güney yönünde artarak yaklaşık Doğu-Batı yönünde bir hareket sergilediği

görülmektedir. P3 ve P4 profilleri incelendiğinde fayın kuzeyinde kalan noktaların bölgenin tektoniği ile uyumlu olduğu görülmüştür. P3 profiline ait BYKY noktasının, bu bölgede bulunan diğer profillerdeki faya yakın noktalara (YYLA, HMMP, SRKY) göre hareketi daha yavaştır. BYKY noktasının tekrarlılık grafiklerinde trende aykırı bir hareket olmadığından dolayı bu noktada bir tektonik hareketin varlığından söz edebiliriz. P3-P4 profilleri üzerinde ve fayın güneyinde yer alan ORMN ve KDZU noktalarında da aykırı bir hareket görülmektedir. Bu noktalara ait tekrarlılık grafiklerinin incelenmesi sonucunda, ORMN noktasında bir trend bozukluğu görüldüğünden dolayı bu noktada lokal deformasyonun varlığı söz konusudur. KDZU noktası ise belirli bir trendde hareket ettiğinden dolayı, bu hareketin tektonik kaynaklı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6. ORMN ve KDZU Zaman serileri

Destek segmenti üzerinde yer alan P5 profili diğer profillere uyumlu hareket etmektedir.

4. Sonuçlar

İsmetpaşa ve Destek segmentlerinin bulunduğu KAFZ'ın orta kesiminde hız alanı belirlemek için 22 noktanın oluşturduğu ve 30 adet TUSAGA-Aktif istasyonunun da dahil edildiği 52 noktalık geniş bir tektonik GNSS ağı kurulmuştur.

Bu GNSS ağı üzerinde elde edilen hız alanı incelendiğinde, birçok çalışmada da belirtildiği gibi Avrasya sabit Anadolu'nun saat hareketinin tersi yönünde hareketi bir kez daha kanıtlanmıştır. P3 profilinde yer alan BYKY noktasının, faya yakın diğer noktalara göre daha yavaş hareket etmesi P3-P4 profilleri arasında bir sıkışmanın olduğunu göstermektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (Proje No: 15.FEN.BİL.16), Hitit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (Proje No: MYO19001.14.001) ve İstanbul Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (Proje No: 38146) tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

Ambraseys, N. N. (1970). Some characteristic features of the anatolian fault zone. *Techtonophysics.* Amsterdam, 9: 143–165.

Aytun, A. (1982). Creep measurements in the ismetpaşa region of the north anatolian fault zone, in progress in earthquake prediction, Friedr. Vieweg and Sohn, *F.R.G*, **2**: 279-294.

Cakir, Z., Akoglu, A. M., Belabbes, S., Ergintav, S. and Meghraoui, M. (2005). Creeping along the Ismetpasa section of the North Anatolian Fault (Western Turkey): Rate and extent from InSAR., Earth Planet. *Sc. Lett*, **238**: 225–234.

Cakir Z., Ergintav S., Ozener H, Dogan U, Akoglu AM, Meghraoui M,Reilinger R. (2012). Onset of aseismic creep on major strike-slip faults. *Geology*, **40(12)**: 1115–1118.

Cetin E, Cakir Z, Meghraoui M, Ergintav S, Akoglu AM. (2014). Extent and distribution of aseismic slip on the Ismetpasa segment of the North Anatolian Fault (Turkey) from Persistent Scatterer InSAR. *Geochemistry Geophysics, Geosystems,* **15:**2883-2894.

Deniz R, Aksoy A, Yalın D, Seeger H and Hirsch O (1993). Determination of crustal movement in Turkey by terrestrial geodetic methods. *Journal of Geodynamics,* **18**:13-22.

Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. ve Şaroğlu, F. (2013). 1/1.125.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi*, Ankara, Türkiye.

Eren, K.(1984). Strain analysis along the North Anatolian fault by using geodetic surveys. *Bulletin Geodesique,* **58**: 137–149.

Gürkan, O., Özener, H., Doğru, A. G., Yılmaz, O. ve Turgut, B. (2005). Tektonik deformasyonların jeodezik ölçme teknikleri ile izlenmesi (KAFZ batı kesimi

çalışmaları). *10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.* Ankara, 12-19.

Halıcıoğlu K., Özener H., Ünlütepe A., (2009). Fay Parametreleri ve Kontrol Ağlarının Tasarımı, *12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiriler Kitabı*, Ankara.

Herring T.A., King, R.W., Floyd, M. A., ve McClusky, S.C. (2015). GAMIT reference manual, Release 10.4. Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Mass. Inst. Of Technol.

Kaneko .Y, Fialko .Y, Sandwell .DT, Tong .X, (2013). Furuya M.Interseismic deformation and creep along the central section of the North Anatolian fault (Turkey): InSAR observations and implications for rate-and-state friction properties. *Journal of Geophysical Research*, **118(1):**316–331.

Karabacak, V., Altunel, E., Cakir, Z. (2011). Monitoring aseismic creep along the North Anatolian Fault (Turkey) using groundbased LIDAR. *Earth and Planetary Science Letters,* **304**: 64–70.

King RW, Bock Y. (2003). Documentation for the GAMIT GPS Analysis Software Release 10.1,Massachusetts Institute of Technology, Cambridge MA, USA.

Kutoğlu HS, Akcin H., (2006). Determination of 30-year Creep on the Ismetpasa segment of the North Anatolian Fault using an old geodetic network. *Earth Planets Space,* **58**:937–942.

Kutoglu HS, Akcin H, Kemaldere H, Gormus KS., (2008). Triggered creep rate on the Ismetpasa segment of the North Anatolian Fault*. Natural Hazards & Earth System Sciences,* **8:** 1369–1373.

Kutoğlu, Ş. H., Akcin, H., Gündoğdu, O., Görmüs, K. S. ve Köksal, E. (2010). Relaxation on the Ismetpasa segment of the North Anatolian Fault after the Golcuk Mw =7.4 and Duzce Mw =7.2 shocks. *Natural Hazards Earth Syst. Sci.,* **10**: 2653–2657.

Mcclusky, S., Balassanian, S., Barka, A.,Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadriya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksoz, M.N. ve Veis, G. (2000). Global Positioning System Constraints On Plate Kinematics and Dynamics in The Eastern Mediterranean and Caucaus. *Journal of Geophysical Research*, **105:** 5695.

Ozener H, Dogru A, Turgut B., (2012). Quantifying aseismic creep on the Ismetpasa segment of the North Anatolian Fault Zone (Turkey) by 6 years of GPS observations. *Journal of Geodynamics***, 67**: 72–77.

Peyret M, Masson F, Yavasoglu H, Ergintav S, Reilinger R. (2013). Present-day strain distribution across a segment of the central bend of the North Anatolian Fault Zone from a Persistent-Scatterers InSAR analysis of the ERS and Envisat archives. *Geophysical Journal International***, 192(3)** : 929-945.

Poyraz F., Tatar O., Hastaoğlu K. Ö., Türk T., Gürsoy Ö., Ayazlı İ. E. (2011). Elastik atım teorisi: Kuzey Anadolu Fay Zonu Örneği, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiriler Kitabı, Ankara. 81-82.

Poyraz F., Tatar O.,Hastaoğlu K.Ö., vd. (2015). " Gediz Grabeninin Doğu Kesimindeki Güncel Tektonik Hareketlerin GPS Ve Ps-InSAR Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi; İlk Sonuçlar" Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2015, 7(1): 17-28.

Şengör, A.M.C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakınç, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X., Claude Rangin, C. (2004). The North Anatolian Fault: A new look. Ann. Rev. Earth Planet. Sci., 33: 37–112.

Yavasoglu H, Tari E, Tuysuz O, Cakir Z, Ergintav , (2011), Determining and modelling tectonic movements along the central part of the North Anatolian Fault (Turkey) using geodetic measurements. Journal of Geophysical Research, 51(5): 339–343.

Yavaşoğlu, H., Alkan, M. N., Ozulu, İ. M., İlçi, V., Tombuş, F. E., Aladoğan, K., Şahin, M., Tiryakioğlu, İ., Kıvrak, S. O. (2015). Recent Tectonic Features of the Central Part (Bolu-Corum) of the North Anatolian Fault, Hittite Journal of Science and Engineering, 2 (1): 77-83.

İnternet Kaynakları

1. http://web.archive.org/web/20131029015139/ http://www.koeri.boun.edu.tr:80/sismo/, (09.12.2016).