# GPS Nokta Koordinatlarındaki Zamana Bağlı Değişimlerin Analizi ve Yorumu: İzmir Bölgesinde Uygulama

(Analysis and Interpretation of Temporal Change of GPS Coordinates: A Case Study in İzmir Region)

Dijle BAYSAL<sup>1</sup>, Bahadır AKTUĞ<sup>1</sup>, Ali KOÇYİĞİT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Harita Genel Komutanlığı, Ankara

<sup>2</sup> Ortadoğu Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara

dijle.baysal@hgk.msb.gov.tr

#### ÖZET

Gelişen teknoloji ile birlikte GPS, son 20 yılın en önemli araçlarından biri haline gelmiştir. İsmi her ne kadar konumlama sistemi olsa da GPS, konum belirlemenin yanında yer kabuğu hareketleri, fay sistemleri, hız alanları ve deformasyonun kinematiği gibi araştırmalarda da kullanılmaktadır. Depreme yönelik çalışmalarda hız alanının ve deformasyonun belirlenmesi için noktaların koordinatlarındaki değişim miktarlarının belirlenmesi gerekmektedir. TUTGA noktaları arasındaki baz uzunluğu 30-50 km arasında olduğundan yerel deformasyon analizi için yetersiz kalmaktadır. Bu amaçla birbirlerine daha yakın noktalardan oluşan yerel ağlar kurularak çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada, bu tür çalışmalarda kullanılabilecek yöntem ayrıntılı olarak verilmiş, İzmir bölgesinde bir çalışma alanı oluşturulmuş ve 1992-2004 yılları arasında 24 noktada toplam 14 GPS ölçü kampanyasına ait GPS verileri kullanılarak hız vektörleri belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda Karaburun Yarımadasının saat yönünde döndüğü ve 2003 yılında meydana gelen Seferihisar depreminin etkisinin deprem merkezine 15 km den yakın noktalarda maksimum 1.5 cm' lik bir atımla sınırlı olduğu sonuçlarına varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** GPS kampanyası, gerinim, deprem, kosismik yer değiştirme.

#### ABSTRACT

GPS has been one of the most important tools in the last decade together with the developing technology. Its name contains positioning system and GPS is used for global positioning but it is also used for other areas such as fault lines, velocity area, deformation kinematics and earth movements. For deformation analysis and velocity area determination, difference between the point coordinates should be known at the earthquake studies. Since the baselines between the TUTGA points are about 30-50 km, it is not enough for local deformation analysis. For this reason, studies are performed by using local networks which consist of closer points. In this study, a detailed method is given which can be used for similar studies, an area is selected in İzmir region and velocity vectors are determined by using 14 GPS campaign for 24 points between the years 1992 and 2004. As the results of our analyses we found that Karaburun Peninsula is turning clockwise and at the Seferihisar

Earthquake occurred in 2003, the displacements at the points closer than 15 km to the earthquake's origin (center) did not exceed 1,5 cm.

*Key Words:* GPS campaign, strain, earthquake, coseismic displacement.

### 1. GİRİŞ

Jeodezik yöntemlerle faylanma ve tektonik hareketlere bağlı değişimlerin incelenebilmesi için nokta koordinatlarındaki değişim miktarlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için en yaygın yöntem belirli aralıklarla gerçekleştirilen GPS kampanyalarıdır. Bu amaçla gerçekleştirilen çalışmalarda öncelikle GPS kampanyaları değerlendirilerek hız vektörleri elde edilmekte ve elde edilen hız vektörleri ile bölgedeki fay sistemleri ve aktiviteleri hakkında fikir sahibi olunmaktadır.

çalışmada, kuzeyde Bu Bergama, kuzeydoğuda Manisa ve Kemalpaşa, güneyde Doğanbey Körfezi, batıda ise Çeşme ve Karaburun Yarımadasını içine alacak şekilde belirlenmiş bir çalışma alanında 1992-2004 yılları arasında 24 noktada gerçekleştirilen toplam 14 GPS ölçü kampanyasına ait sonuçlar incelenmektedir. Calısma kapsamında söz konusu GPS ölçü kampanyaları kullanılarak 10 Nisan 2003 tarihinde meydana gelen ve Mw=5.6 büyüklüğünde olan Seferihisar Depremi ve depremin İzmir ve çevresindeki noktalara olan etkisi de incelenmektedir. Çalışma, İzmir ve çevresine ait tektonik yapıların ayrıntılı olarak verilmesi ve analiz yönteminin vurgulanması açısından ayrı bir önem taşımaktadır.

#### 2. BÖLGENİN TEKTONİK YAPISI, FAYLAR VE DEPREMLER

#### a. Bölgenin Tektonik Yapısı

Ege bölgesi genel olarak, genişleme rejiminin hâkim olduğu, yeryüzünde belirli yapıların

gözlendiği, birçok fay ve fay setinin bulunduğu önemli bir bölgedir. Tektonik olarak, güneyden Helen-Batı Kıbrıs Yitim Kuşağı, doğudan Orta Anadolu, Niğde ve Tuz Gölü fay zonları, kuzeydoğudan İnönü-Eskişehir Fay Zonu, kuzeykuzeybatıdan ise Kuzey Anadolu Fay Kuşağı'nın güney kollarını oluşturan Bursa Fayı, Mustafa Kemalpaşa ve Yenice-Gönen alt fay zonları tarafından sınırlanır (Koçyiğit, 2000).

Genişleme rejiminin hâkim olduğu alanlar normal faylarla temsil edilir. Çünkü genişleme rejimi normal faylanma sonucunda meydana gelen, yerkabuğunun düşey yönde incelmesi, yatay yönde ise genişlemesi hareketidir. Bu sayede yerkabuğu incelir, magma yeryüzüne yaklaşır ve ısı akısı artar. Nitekim bu tür alanlarda çok sayıda sıcak su kaynağı bulunur. Ege bölgesi sıcak su kaynakları açısından dünyanın sayılı yerleri arasında sayılabilir. Özellikle İzmir ve çevresinde çok sayıda kaplıca bulunmaktadır. Bunlardan en önemlileri Tuzla Ilıcası (82.5° C olup bölgenin en sıcak ılıcasıdır), Cumalı Kaplıcası (80.5° C), Doğanbey Kaplıcası (71° C) ve Karakoç Kaplıcasıdır (72° C) (Drahor vd., 1999).

#### b. Bölgedeki Faylar ve Depremler

İzmir ve çevresinin tektonik yapısının incelenmesi amacıyla iki bölümden meydana gelen bir sismotektonik harita oluşturulmuştur. Şekil 1'deki haritada İzmir ve yakın çevresindeki faylar yer alırken, Şekil 2'deki haritada İzmir'in kuzeyindeki faylar (Manisa ve Bergama fayları) gösterilmektedir. Görüldüğü gibi İzmir ve yakın çevresinde yer alan faylar, başlıca K-G, KB-GD, KD-GB ve D-B yönlerinde gelişmiştir.



Şekil 1. İzmir ve yakın çevresinin neotektonik haritası.



Şekil 2. İzmir kuzeyinin neotektonik yapısı.



Şekil 3. İzmir ve yakın çevresinin sismotektonik haritası.

Şekil 3 ve Şekil 4'de İzmir ve çevresinde 1970'den günümüze kadar geçen sürede meydana gelen depremler gösterilmiştir. Şekillerde 1970-2005 yılları arasındaki depremler kullanılmış olup, deprem verileri USGS'den alınmıştır. Bölgede sismik moment büyüklüğü 4'den daha büyük olan çok sayıda depremin meydana geldiği, depremlerin büyük çoğunluğunun Karaburun Yarımadası ile Doğanbey Körfezi arasındaki alanda ve Dikili Körfezi ile Çandarlı Körfezi'nin güneybatısında gerçekleştiği gözlenmektedir.



Şekil 4. İzmir kuzeyinin sismotektonik haritası.

#### 3. GPS ÖLÇÜLERİ, HIZ ALANI ve GERİNİM ANALİZİ

#### a. GPS Ölçü Kampanyaları ve Nokta Nitelikleri

İzmir ve çevresinde meydana gelen depremleri incelemek ve hız alanını belirlemek amacı ile Tablo 1'de gösterilen 24 noktadan meydana gelen ağa ait hız değerleri (Aktuğ vd., 2004)'den alınarak bölgeye ait hız alanı oluşturulmuştur. Ağ üzerindeki noktalarda 1992-2004 yılları arasında toplam 14 GPS ölçü kampanyası mevcut olup, bu kampanyaların tarihleri Tablo 1'de verilmektedir. KMLP noktası 2001 yılından sonra tahrip olmuş, BAYO noktası 2003 yılında hatalı ölçülmüştür.

Deformasyon ağına ait 24 noktadan 13 tanesi 2001 yılı öncesinde tesis ve ölçüsü yapılan noktalardan oluşmakta olup, kalan 11 tanesi 2001 yılında yapılan keşif çalışmaları sonucunda fay sistemleri de dikkate alınarak yeni tesis edilmiştir (Aktuğ vd., 2004). Tesis edilen noktalardan 6 adedi TUTGA (Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı), 4 adedi yatay kontrol ağı noktası, 3 adedi 2001 yılı öncesinde tesis edilen GPS, 11 adedi ise yeni tesis edilen GPS noktasıdır.

|      |              |      |      |      |      |      | K A  | MD/  |      |      | ,    |      |      |      |      |      |
|------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|      | NOKTA<br>ADI |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| S.NO |              | 1992 | 1992 | 1993 | 1994 | 1994 | 1994 | 1996 | 1997 | 1997 | 1998 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
| 1    | ARMT         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | x    | x    |      | х    | x    |
| 2    | BAYO         | x    | х    | x    | Х    |      |      |      | х    | х    | х    | x    | х    |      |      | x    |
| 3    | BIST         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | x    | х    |      | х    | x    |
| 4    | BLKV         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Х    |      | х    | х    |
| 5    | CALI         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | x    | Х    |      | х    | x    |
| 6    | CEIL         | x    | х    | х    | Х    |      | х    | х    | х    | Х    | х    | x    | х    |      | х    | x    |
| 7    | CKOY         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Х    |      | Х    | х    |
| 8    | DBEY         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Х    |      | х    | х    |
| 9    | DIKI         | x    |      |      |      | Х    |      |      | Х    |      |      |      | Х    |      | Х    | x    |
| 10   | GMDR         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Х    |      | Х    | х    |
| 11   | KABU         |      |      |      |      |      |      |      | Х    |      |      |      | Х    |      | Х    | Х    |
| 12   | KKLR         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Х    |      | х    | х    |
| 13   | KMLP         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Х    | Х    |      |      | х    |
| 14   | KNRL         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Х    |      | Х    | х    |
| 15   | MNSA         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Х    | Х    |      | Х    | х    |
| 16   | OZDE         |      |      |      | Х    |      |      | Х    |      |      | Х    |      |      | Х    |      | Х    |
| 17   | PAYM         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Х    |      | Х    | х    |
| 18   | SFRH         |      |      |      |      |      |      |      | Х    |      |      |      | Х    |      | Х    | Х    |
| 19   | UADA         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Х    |      | Х    | х    |
| 20   | YAMA         | Х    | Х    | Х    | Х    |      |      |      |      | Х    |      |      | Х    |      | Х    | Х    |
| 21   | YENF         | Х    | Х    | Х    | Х    |      |      |      | Х    | Х    |      | Х    | Х    |      |      | х    |
| 22   | YKOY         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Х    |      |      | Х    |
| 23   | YUNT         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Х    |      |      | х    |
| 24   | ZEYT         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Х    |      |      | X    |

Tablo 1. Noktalara ait epok çizelgesi (Aktuğ vd., 2004).

Tablo 1'de de görüldüğü gibi 1992 ile 2000 yılları arasında çok az sayıda noktada kampanya gerçekleştirilmiştir. Bazı noktalarda (BIST, CALI, KMLP, MNSA, SFRH) 2001 yılına kadar yapılan ölçü sayısı birdir. 2002 yılında ise sadece OZDE (Özdere) noktasında ölçüm yapılmıştır. Ayrıca, noktaların büyük bir bölümü yeni tesis edildiğinden bu noktalarda epok sayısı göreli olarak azdır.

#### b. Bölge Hız Alanı ve Gerinim Analizi

İzmir ve yakın çevresinde bulunan noktaların hareketlerini değerlendirmek amacı ile oluşturulan hız alanı ITRF 2000, Avrasya sabit ve Anadolu sabit sistemlerde sırasıyla Şekil 5(a), 5(b) ve 5(c)'de gösterilmiştir. Rölyef için kullanılan sayısal arazi yükseklik modeli SRTM verilerinden oluşturulmuş olup, çözünürlüğü 180 m'dir (NASA, 2005).

Gerinim analizi (strain analysis), tanımlanan referans sisteminden bağımsızdır. Aynı zamanda birim deformasyon anlamına gelen gerinim, bir kuvvetin etkisi ile nesnenin biciminde mevdana gelen değişimdir. Kuvvetin etkişi ile neşne deformasyona uğrar ve bu kuvveti karşılayacak şekilde şeklinde değişiklik meydana gelir. Nesne kuvvetin uygulandığı yönde daralır, buna dik yönde genişler. Daralmanın meydana geldiği yerde sıkışma meydana gelirken, buna dik yönde genişleme meydana gelir. Asal gerinim parametreleri pozitif ya da negatif değerler Pozitif değer ilgili doğrultudaki alabilirler. genişlemeyi, negatif değer ise sıkışmayı belirtir (Demir, 1999).



Şekil 5(a). İzmir ve çevresindeki noktaların ITRF2000'deki hızları.



Şekil 5(b). İzmir ve çevresindeki noktaların Avrasya-sabit sistemdeki hızları.



Şekil 5(c). İzmir ve çevresindeki noktaların Anadolu-sabit sistemdeki hızları.

Hız vektörlerinden doğrusal dönüşümle gerinim parametrelerinin elde edilmesinde matematiksel model 3 deformasyon, 2 öteleme, 1 dönüklük olmak üzere 6 adet bilinmeyenin çözümüne dayanmaktadır. Noktalarının doğu ve batı yönlerindeki hızları bilindiğinden, 3 adet noktaya ait denklemler yazılarak çözüm yapılabilir.

İki boyutta gerinim analizinde gerinim, koordinat eksenlerinin her biri yönündeki yerdeğiştirme miktarının bu yöndeki türevi alınarak bulunur. Meydana gelen deformasyonun koordinat eksenleri yönündeki türevleri "hız gradyent tensörünü (L)" oluşturur. Hız gradyent tensörünü, gerinim tensörü (E) ve dönme tensörü (R) adı verilen iki bileşenin toplamıdır.

$$L=E+R$$
 (1)

şeklinde ifade edilebilir. Burada gerinim tensörü;

$$\mathbf{E} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\varepsilon}_{xx} & \boldsymbol{\varepsilon}_{xy} \\ \boldsymbol{\varepsilon}_{yx} & \boldsymbol{\varepsilon}_{yy} \end{bmatrix}$$
(2)

şeklinde olup,  $\mathcal{E}_{xy}$  ve  $\mathcal{E}_{yx}$  birbirine eşittir. Bu terimlerden;  $\mathcal{E}_{xx}$ , x yönündeki hareketin x yönünde oluşturduğu deformasyonu;  $\mathcal{E}_{xy}$ , x yönündeki hareketin y yönünde oluşturduğu deformasyonu;  $\mathcal{E}_{yx}$ , y yönündeki hareketin x yönünde oluşturduğu deformasyonu;  $\mathcal{E}_{yy}$ , y yönündeki hareketin y yönünde oluşturduğu deformasyonu ifade etmektedir.

Dönüklük tensörü (R) olarak adlandırılan matris ise gerinim tensörü gibi simetrik değil, ters simetrik bir matristir. Matrisin köşegen elemanları ise 0'lardan oluşmaktadır (Demir, 1999).

$$\mathsf{R} = \begin{bmatrix} 0 & -\omega_{12} \\ \omega_{12} & 0 \end{bmatrix}$$
(3)

Gerinim analizinde bilinmeyenler vektörü;

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{XX} & \varepsilon_{XY} & \varepsilon_{YY} & \omega & T_X & T_Y \end{bmatrix}^T$$
(4)

şeklindedir. (4)'de verilen bilinmeyenler vektöründeki diğer bilinmeyenler olan,

- $T_X$ , x yönündeki ötelemeyi,
- $T_{\rm y}$ , y yönündeki ötelemeyi,
- $\omega$ , dönüklüğü ifade etmektedir.

Tam kovaryans yayılımı uygulanarak aşağıdaki gerinim parametreleri elde edilir.

(Dilatasyon) 
$$\Delta = \varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy}$$
 (5)

(Toplam Kayma) 
$$\gamma = \sqrt{\gamma_1 + \gamma_2}$$
 (6)

(Maks. Asal Gerinim) 
$$\varepsilon_x = \frac{1}{2} (\Delta + \gamma)$$
 (7)

(Min. Asal Gerinim) 
$$\varepsilon_{y} = \frac{1}{2} (\Delta - \gamma)$$
 (8)

(Gerinim Elp. Yönü) 
$$\theta = \frac{-1}{2} tan^{-1} \left( \frac{\gamma_2}{\gamma_1} \right)$$
 (9)

Toplam Kaymanın Yönü (Maksimum shear strain) ise

$$\theta + 45^{0} \tag{10}$$

olarak verilmektedir (Feigl vd., 1997).

Noktaların deformasyon önceki birbirlerine göre konumları ile deformasyon sonrasında birbirlerine göre konumları birbirinden farklı olmaktadır. Deformasyon öncesinde bir daire üzerinde bulunan noktalar deformasyon sonrasında bir elips üzerinde yer alırlar. Bu elipse "gerinim elipsi" adı verilmektedir.

# 4. SEFERİHİSAR DEPREMİ VE BÖLGESEL DEFORMASYON

10 Nisan 2003 günü saat 03:40'da, Mw=5.6 büyüklüğünde meydana gelen Seferihisar Depreminin olası etkilerinin mevcut veri seti ile belirlenip belirlenemeyeceğinin araştırılması amacıyla noktaların hızları ve tüm gerinim parametreleri depremden önce, depremden sonra ve depremin etkisi olmadan şeklinde üç ayrı şekilde ele alınmıştır. 2003 yılında meydana gelen deprem veri setinde önemli ölçüde kesiklik yarattığından, bölünmüş veri seti ile yapılan ayrı hız alanları istatistiksel olarak anlamlı düzeyde değildir. Bu nedenle, mevcut veri seti ile söz konusu depreme ait etki dikkate alınmadan çalışma gerçekleştirilmiştir. Sismik moment büyüklüğü Mw6.0'dan az depremlerin GPS ile ölçülebilecek düzeyde yüzey yer değiştirmesi yaratmadığı bilinmektedir (Aktuğ, 2003).

Şekil 6'da yer alan Seferihisar depreminin etkisi dikkate alınmadan oluşturulan hız alanı incelendiğinde BIST ve KMLP noktaları hariç genel olarak hızların kendi içinde uyumlu olduğu görülmektedir. KMLP noktası 2001 yılında tahrip edilmiştir. Kısa bir zaman aralığında kontrolsüz olarak hızı belirlenmiş olup, belirlenen hızın güvenilir olmadığı değerlendirilmektedir.

Karaburun Yarımadası'nda yer alan noktaların hızlarının doğu yönünde bileşenleri vardır. Hızların ortalama yıllık 10 mm civarında olduğu gözlenmiştir. Deprem 2003 yılı Nisan ayında meydana gelmiştir. Elimizdeki deprem sonrasına ait ölçüler ise 2003 yılı yaz aylarına ve 2004 yılına aittir. Yani deprem sonrası hız alanını güvenilir şekilde belirleyecek sayıda kampanya mevcut değildir. Depremin etkisi dikkate alınmadan elde edilen hızların depremden önceki hız alanı ile genel anlamda uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Noktaların depremden önceki, sonraki ve depremin etkisi dikkate alınmadan elde edilen hızları VISR (Shen vd., 1996) gerinim programı için girdi olarak kullanılmış ve çözümleme sonucunda elde edilen asal gerinim değerleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

Şekil 7'de yer alan asal gerinim eksenleri incelendiğinde, bölgenin genel olarak genişleme bir vapı icinde olduğu sövlenebilir. türü Maksimum kesme (makaslama) ekseni asal gerinim eksenlerinin arasında yer alır. Burada önemli olanın asal eksenlerin yönü olduğu değerlendirilmektedir. Çünkü maksimum kesmenin yönü fayın izine paraleldir. Şekil 8'de noktaların maksimum kesme değerleri gösterilmistir.

Noktaların dönüklükleri saat istikametinde ya da tersi yönde olmak üzere iki şekilde ele alınmıştır. Çizimlerde pozitif değerler saat yönünde dönmeyi göstermekte olup kırmızı renk ve tonlarıyla, negatif değerler ise saatin tersi yönündeki dönmeyi göstermekte olup mavi renk ve tonlarıyla gösterilmiştir. Buradaki dönüklük değerleri mrad/yıldır cinsindendir.



Şekil 6. Seferihisar depreminin etkisi dikkate alınmadan oluşturulan hız alanı.



Şekil 7. Depremin etkisi dikkate alınmadan asal gerinim eksenleri.



Şekil 8. Seferihisar depremi sonrası maksimum kesme değer dağılımı.



Şekil 9. Gerinim analizi ile hesaplanan dönüklükler.

Şekil 9'da yer alan noktaların dönüklükleri incelendiğinde Karaburun Yarımadası'nın kuzey ve güney kesimlerinin farklı yönlerde dönüklüklere sahip olduğu görülmektedir. Kuzey kısmın saatin tersi yönünde bir hareketi varken, güney kısım saat yönünde hareket etmektedir. Ayrıca Seferihisar ve İzmir Körfezi çevresinde bir hat boyunca farklı yönlerdeki dönüklüklerin karşı karşıya geldiği görülmektedir.

Nokta hızlarının kalitesi epok sayısı kadar ölçü aralığına da bağlıdır. Bölgedeki ağın 11 noktası 2001 yılında tesis edilmiştir. Depremden önce noktalardaki kampanya sayısı daha fazla olduğundan noktaların deprem öncesi hızları daha güvenilirdir. Hata elipsleri %39 güven düzeyinde çizdirilmiştir.

#### 5. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada, noktaların ITRF 2000'deki hızları incelendiğinde, noktaların gruplandırılabileceği, Karaburun Yarımadası'nda yer alan noktaların (KABU, BLKV, CEIL, CKOY, ZEYT) ortalama 10 mm/yıl civarında bir hızla blok şeklinde hareket ettiği gözlenmektedir. Karaburun Yarımadası'nın batısında yer alan UADA ve ARMT noktaları ise farklı bir blok şeklinde harekete sahiptir. Bu iki gruba göre Gülbahçe-Karaburun fayı, sağ yanal doğrultu atım bileşeni olan verev atımlı normal bir fay olarak değerlendirilmektedir. Doğanbey fayı batısında yer alan KNRL, GMDR ve OZDE noktaları bir grup oluştururken, DBEY ve SFRH noktaları farklı bir grup oluşturur. Buradaki hareketlere göre Doğanbey fayı, sağ yanal doğrultu atım bileşeni olan normal fay olarak değerlendirilmektedir. İzmir fayı, burada bulunan İzmir Körfezi'nin açılması da göz önüne alınarak normal fay olarak değerlendirilmektedir. Manisa fayı ve Bergama-Foça fayı ise çevrelerinde yer alan noktaların göreli hareketleri göz önüne alınarak sol yanal doğrultu atım bileşenli normal fay olarak değerlendirilmiştir. Noktaların Anadolu sabit sistemdeki hızları incelendiğinde, bölgenin genel hareketinin güneybatı yönde olduğu ve ortalama hareketin 8 mm/yıl civarında olduğu görülmektedir. Noktaların hareketlerine göre; Gülbahçe-Karaburun fayı, sağ yanal doğrultu atım bileşenli normal fay, Doğanbey fayı, sol yanal doğrultu atım bileşenli normal fay olarak değerlendirilmektedir. Bergama-Foça fayının karakteri ise net olarak anlaşılmamıştır.

Özellikle Büyük Menderes Grabeninde kuzeygüney yönünde genişleme belirgin olarak görülmektedir. Küçük Menderes Grabeninde bu rejimin etkisi azalmakta, Gediz Grabeni boyunca genişleme rejimi kuzeydoğu-güneybatı yönüne dönmekte, bu durum Bakırçay Grabeni boyunca da benzer nitelik göstermektedir. Karaburun Yarımadası ise kuzey-kuzeydoğu istikametinde genişleme ve doğu-güneydoğu yönünde sıkışma türü bir yapı sergilemektedir. İzmir Körfezi'nde yine buna benzer bir yapı hâkimdir. Doğanbey fayı üzerinde ise genişleme türü bir yapı hâkimdir. Doğanbey fayı ile Karaburun Yarımadası arasında kalan alanda kuzevdoğugüneybatı yönünde diğerlerine göre oldukça miktarda genişleme türü bir büyük vapi görülmektedir. Değeri yaklaşık olarak 0.5 µstr/y civarındadır. Büyük Menderes Grabeni genişleme rejimi etkisindedir. Gülbahçe-Karaburun fayı batısında sıkışma ve genişleme değerleri son derece azalmıştır. Gediz Grabeni batısındaki dağlık bölümde doğu-batı yönünde bir genişleme yapısı görülmektedir. İzmir Körfezi çevresinde ise sıkışma türünde bir yapı vardır.

çevresinde Urla bloğu değerler diğer noktalardakine göre daha büyüktür. Seferihisar depremi sonrası noktaların maksimum kesme değerleri incelendiğinde Karaburun Yarımadası'nda kuzeydoğu-güneybatı yönünde, Doğanbey fayı çevresinde ise kuzey-güney yönünde bir makaslama vardır. Seferihisar depremi etkisi dikkate alınmadan noktaların maksimum kesme değerlerine göre ise Doğanbev favının kuzevdoğu-günevbatı vönünde bir makaslamaya sahip olduğu görülmektedir.

Üç farklı öngörü ile elde edilen kosismik yer değiştirmeler incelendiğinde, Seferihisar depreminin etki alanın İzmir Yarımadası'nın tamamında yüzey değiştirmeleri yaratmadığı, depreme en yakın olan ve adını veren nokta olan SFRH noktasında bu etkinin maksimum 1-1,5 cm civarında olduğu, diğer noktalarda ise GPS ölçü duyarlığının çok altında kaldığı görülmektedir.

Sonuç olarak;

- İzmir ve çevresinin aktif tektoniğin denetiminde (deprem tehlikesinde) olduğu,
- Karaburun Yarımadası'nın saat yönünde döndüğü,
- Doğanbey fayının sağ yanal doğrultu atım bileşenli bir fay olduğu,
- İzmir Körfezi'nin genişleme rejimi etkisi ile açıldığı (Aktuğ ve Kılıçoğlu, 2006),
- Seferihisar'ın 10 Nisan 2003 depreminin merkezi olduğu ve bu depremde deprem merkezine ~15 km den daha yakın noktalarda maksimum 1.5 cm'lik bir atımın geliştiği,
- Bergama-Foça fayının aktif bir fay olduğu fakat burada yapılan çalışmanın fayın niteliğini tanımlamak için yeterli olmadığı değerlendirilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Aktuğ, B., Ocak, 2003. Elastik Yarı-uzay Modelleri ve Depremsel Koordinat Değişimlerine Bakış, Harita Dergisi, Ankara.
- Aktuğ, B, Ayhan, M.E., Demir, C., 2004, **1992-2004 Yılları GPS Kampanyalarının Birleştirilmesi ve Türkiye Hız Alanının Belirlenmesi, İç Rapor,** UZYTEK.:05-04, Jeodezi D.Bşk.lığı, Harita Genel Komutanlığı, Ankara.
- Aktuğ, B., Kılıçoğlu, A., 2006, **Recent Crustal Deformation of İzmir and Surrounding Regions as Decuded from Repeated GPS Measurements**, Journal of Geodynamics, 41,5,471-484.
- Demir, C., 1999, Kuzey Anadolu Fay Zonu Batı Kesiminde Yatay Yer Kabuğu Hareketleri ve Gerinim Birikiminin Araştırılması, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Drahor, M.G, Sarı, C., Şalk, M., 1999, Seferihisar Jeotermal Alanında Doğal Gerilim (SP) ve Gravite Çalışmaları, Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt: 1, Sayı: 3, sh. 97-112.
- Koçyiğit, A., 2000, **Güneybatı Türkiye'nin Depremselliği**, Batı Anadolunun Depremselliği Sempozyumu, 30-38.
- Feigl, K.N., King, R.W., Jordan and T.H. (1997) Geodetic Measurements of Tectonic Deformation in the Santa Maria Fault and Thrust Belt, Califoria, JGR, vol.95, No.B3, 2679-2699.
- NASA, **Shuttle Radar Topography Mission** (SRTM), http://www.nasa.gov, (14 Mayıs2005).
- Shen K., Jackson D.D., Ge B.X., 1996, Crustal Deformation Across and Beyond the Los Angeles Basin, J.Geophysical Res., 101, 27, 957-27,980.
- United States Geological Survey (USGS), Catalog searches, http://www.usgs.gov, (15 Mart 2005).
- Wessel,P., Smith W.H.F., 1995, New Version of the Generic Mapping Tools (GMT) released, Eos Trans. AGU, 76-329.