2007 EĞİRDİR DEPREMLERİNİN SİSMOLOJİK YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI

S. ALTUNCU POYRAZ[1] ve A. PINAR[2]

[1] *Doktor, Ulusal Deprem İzleme Merkezi, Boğaziçi Üniversitesi,Kandilli Rasathanesi ve DAE,İstanbul*
[2] *Profesör, Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul*
Email: selda.altuncu@boun.edu.tr

ÖZET:

Isparta büklümünün güncel tektoniğine katkı sağlamak amacı ile 2007 yılında Eğirdir, Isparta'da meydana gelen depremlerin lokasyon çözümleri yeniden hesaplanmış ve bölgesel moment tensör ters çözüm tekniği kullanılarak büyüklüğü $3.5 \leq M \leq 5.0$ arasında değişen 21 adet depremin kaynak mekanizması ile Kaş ve civarında meydana gelen 15 adet depremin mekanizma çözümleri elde edilerek sonuçlar bölgenin tektonik yapısı ile ilişkilendirilmiştir. 2007 yılı içerisinde meydana gelen bu depremlerin Eğirdir Fayı'ndan ziyade, ya bu fayın eşlenik fayı yada Eğirdir fayı'nı kesen KB-GD doğrultulu Aksu fayının Eğirdir Gölü içerisindeki devamının hareketi ile oluştuğu sonucunu ortaya koymaktadır. Alıcı fonksiyon tekniği kullanılarak ISP ve AKSU sismik istasyonları altındaki kabuk yapısını modellemek için alıcı fonksiyonları ve yüzey dalgası grup hızlarının birleşik ters çözüm yöntemi uygulanmıştır. Bulunan düşük kayma hızları sığ astenosferin varlığına işaret etmektedir.

ANAHTAR KELİMELER : Isparta Büklümü, moment tensor ters çözüm, alıcı fonksiyon

1. GİRİŞ

Antalya Körfezi kuzeyinde, Toros kuşağının genel D-B gidişindeki değişimiyle oluşan, yaklaşık ters "V" biçimli kesimi Blumenthal (1963) tarafından Isparta büklümü (IB) "Corbure d'Isparta" olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada IB ve büklümü meydan getiren tektonik yapılar, sismolojik yöntemlerle araştırılmaya çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışma alanında moment tensör ters çözüm yöntemi ve alıcı fonksiyon tekniği uygulanmıştır.

IB'nün doğu ve batı kenarlarını sınırlayan fayların kinematiği ve IB'nü kontrol eden neotektonik rejim ve büklümün oluşumu hala tartışmalıdır. IB'nün oluşumu ile ilgili iki farklı temel görüş bulunmaktadır. Koçyiğit (1996), Glover ve Robertson (1998), IB'nün Batı ve Doğu Anadolu'nun saat yönünün aksine dönen blokları arasındaki bir açılma sistemi olduğunu söylerler. Bu görüşe göre, batıda Burdur fayı verev atımlı normal faydır. Benzer şekilde, IB'nü doğudan sınırlayan ana faylar da verev atımlı normal faylardır. IB'nde sıkışmalı bir neotektonik rejim değil, açılmalı yeni bir tektonik rejim hakimdir. Buna karşıt bir görüş olarak, Boray vd., (1985), Barka vd., (1995), Altunel vd., (1999) IB'nün batıda KD doğrultulu sol yanal atımlı Fethiye-Burdur Fayı, doğuda KB doğrultulu Sultandağı-Aksu bindirmesiyle bir sıkışma sistemi olduğunu ileri sürmektedirler. GPS hız vektörleri, IB'ndeki litosferin Anadolu levhasından bağımsız olarak hareket ettiğini ve muhtemelen Afrika levhasının bir parçası olduğunu göstermektedir (Barka vd., 1997, Mcclusky vd., 2000).

IB ve civarındaki güncel tektoniği etkileyen genç fay sistemlerini Eğirdir-Kovada Grabeni, Antalya fay zonu, Aksu bindirmesi, Akşehir-Simav fayı, Fethiye-Burdur fay zonu, Helen-Kıbrıs yayı olarak sıralayabiliriz. Bu bölgeyi içerecek şekilde 35^0-39^0 K enlemi , 27^0-33^0 D boylamı arasındaki bölgenin

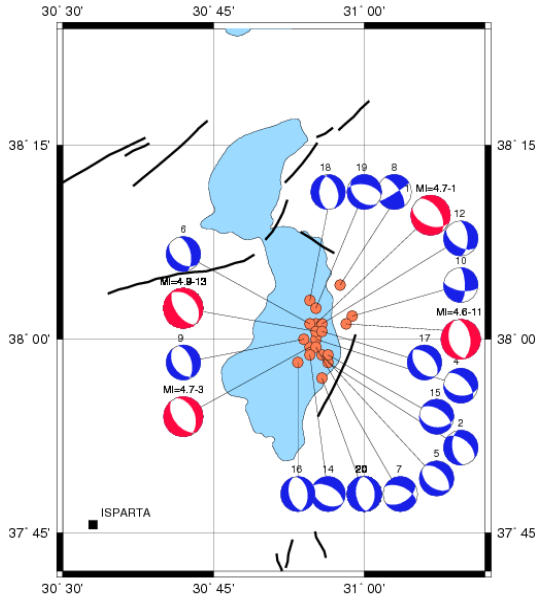
ISC (International Seismological Center) kataloglarından P dalgası ilk varışları okunarak, büyüklüğü M≥4 olan 43 adet depremin mekanizma çözümleri bulunmuştur. P dalgası ilk hareket yönlerinden elde edilen mekanizma çözümlerinin güvenirliliği kabuk yapısı bilgisine ve yerel deprem istasyonlarının dağılımının iyi olmasına bağlıdır. Günümüzde geniş bantlı istasyonlar tarafından kaydedilen yüksek kaliteli dalga formlarının (M≥4) moment tensör yöntemi ile çözümü büyük bir avantajdır (Dreger ve Helmberger 1993; Fan ve Wallace 1995; Ritsema ve Lay 1995; Pasyanos vd., 1996). Örgülü (2001), RMT (Regional Moment Tensör) ters çözüm yöntemini, bölgesel uzaklıkta kaydedilen orta büyüklükteki depremlerin kaynak parametrelerini belirlemek amacıyla Marmara bölgesindeki depremlere uygulamıştır. Moment tensör ters çözüm yöntemini ilk hareket verisinin seyrek ve güvenilir olmayan veya telesismik uzaklıklara ulaşamayan, fakat local ve bölgesel uzaklıktaki geniş bantlı istasyonlar tarafından iyi kaydedilebilen orta büyüklükteki depremler için kullanışlı olduğunu belirtmiştir.

Alıcı fonksiyon tekniği kullanılarak ISP (Isparta) ve AKSU sismik istasyonları altındaki kabuk yapısını modellemek için alıcı fonksiyonlarının ve yüzey dalgası grup hızlarının birleşik ters çözüm yöntemi uygulanmıştır. 2005-2008 yılları arasında geniş-bantlı ISP istasyonu tarafından kaydedilmiş 205 deprem arasından iyi tanımlanan 32 adet deprem, AKSU sismik istasyonu için ise, 2007 yılı içinde kaydedilmiş toplam 117 deprem arasından iyi tanımlanan 45 adet deprem kullanılarak istasyonların altındaki kabuk yapısı modellenmiştir. Kalyoncuoğlu ve Özer (2003) ISP istasyonu altındaki kabuk yapısını incelemek amacı ile dönüşmüş fazlar yöntemini uygulamışlar ve kabuğun 3 tabakadan oluştuğunu bulmuşlardır. Erduran (2007) ISP istasyonundan elde edilen verilerle yüzey dalgası çalışmıştır. 0-10 km. derinlik için kayma dalga hızını 2.2-3.5 km/s, orta kabukta 3.55 km/s kayma dalga hızı bulmuştur. Erduran (2009) ISP istasyonu için 50 adet uzak alan verisine alıcı fonksiyon ve yüzey dalgası birleşik ters çözüm yöntemini uygulamıştır. Genel olarak Güneybatı Anadolu'da gözlenen hızların PREM (Preliminary Reference Earth Model) modeline gore daha düşük olduğunu belirtmektedir.

2. BULGULAR

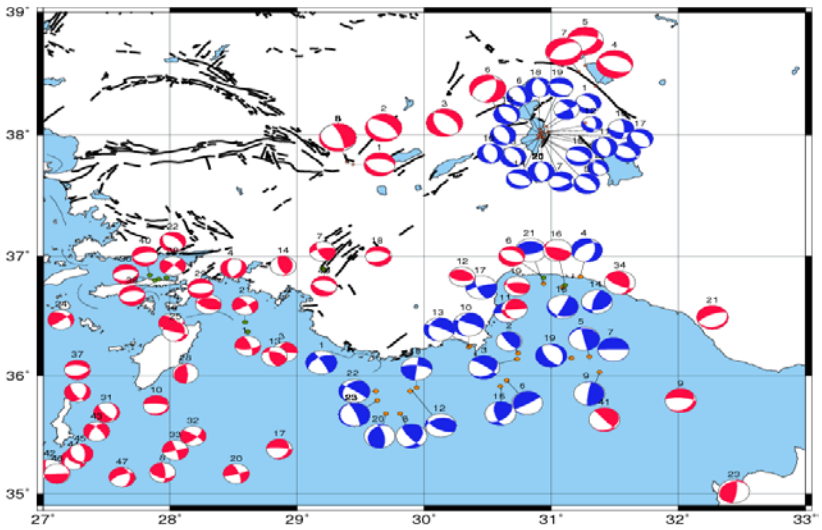
2.1. P dalgası ilk hareket yönünden bulunan mekanizma çözümleri

2007 Mart-Nisan aylarında Eğirdir-Isparta'da meydana gelen depremlerin (M≥3.5) P dalgası ilk varış yönlerinden odak mekanizması çözümleri yapılmıştır. Eğirdir'de meydana gelen 20 adet deprem için bulunan mekanizma çözümleri Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Eğirdir depremlerinin P varışlarından mekanizma çözümü

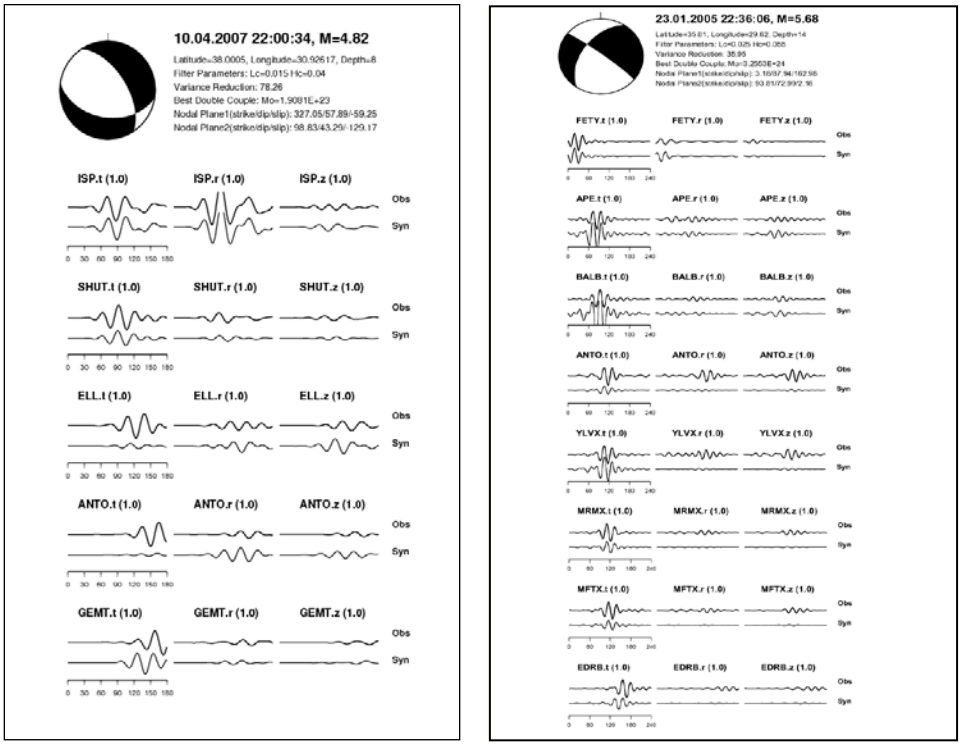
Kaş ve civarında meydana gelen 23 adet depremin ilk varışlarından fay düzlemi çözümü yapılmıştır. Şekil 2'de Eğirdir depremleri ve Kaş ve civarında meydana gelen depremlerin ilk varışlarından mekanizma çözümleri gösterilmektedir.



Şekil 2. Eğirdir ve Kaş depremlerinin P varışlarından mekanizma çözümü

2.2 Moment Tensör Ters Çözüm Yöntemi ile Bulunan Mekanizma Çözümleri

IB ve civarında meydana gelen büyüklüğü M≥3.5 ve depremlerin SAC formatında dalga formlarından zSacWin programı kullanılarak mekanizma çözümleri yapılmıştır.



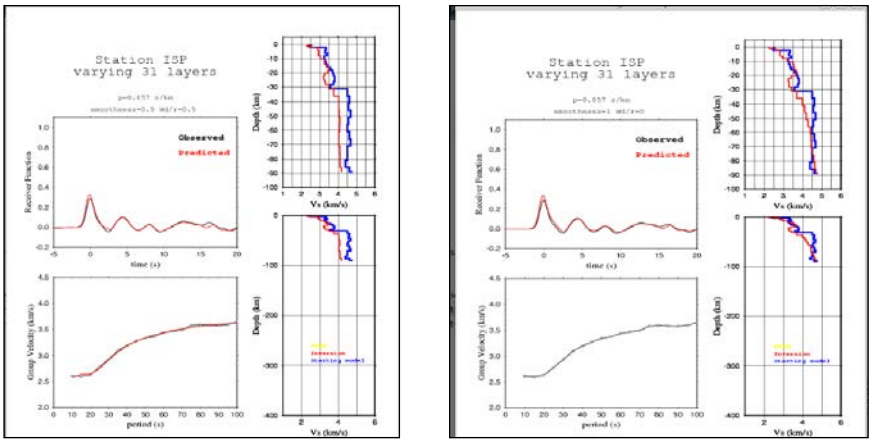
Şekil 3. Moment Tensör Ters Çözümü (10.04.2007 Egirdir depremi-23.01.2005 Kas depremi).

2.3 Alıcı Fonksiyon Tekniği ile Bulunan Sonuçlar

Alıcı fonksiyon tekniği kullanılarak ISP ve AKSU istasyonları altındaki kabuk yapısını modellemek için 5 ayrı başlangıç modeli kullanılmıştır. Model-4 kullanılarak ISP istasyonu için elde edilen modeller Şekil 4'de verilmektedir.

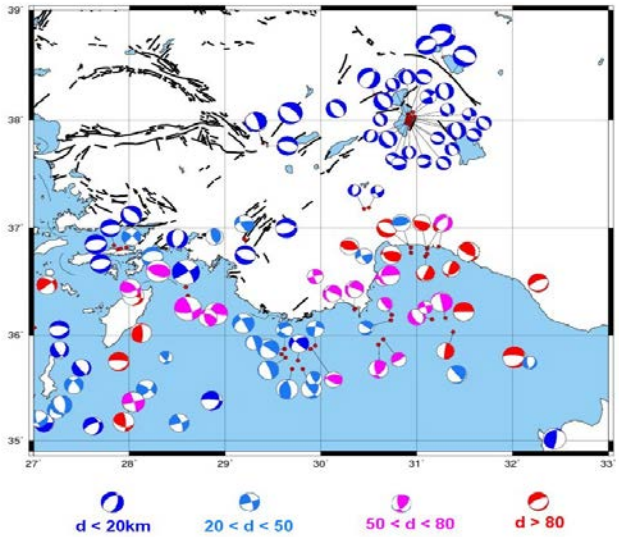
Tablo 1. Model-4 Kalyoncuoğlu ve Özer (2003) ve Kalafat vd.,(1987) tarafından bulunan hızlar gözönüne alınarak derlenmiş bir modeldir.

Tabaka sayısı	Kalınlık(km)	V_p(km/s)	V_s(km/s)
1	2	4.2-4.4	2.4-2.5
2	14	5.6-5.9	3.2-3.4
3	15	6.2-6.6	3.5-3.8
4	58	7.8-8.1	4.3-4.6



Şekil 4. Model-4 kullanılarak ISP istasyonu için elde edilen modeller

3. TARTIŞMA VE SONUÇ



Şekil 5. Çalışma alanında bulunan tüm mekanizmalar ve derinliğe göre fay çözümleri

Günümüzde GB Anadolu ve özelde IA'sı ve Akdeniz'in levha kinematiği ve sismik aktivitesi birçok karmaşık olayla ilişkilidir (Barka vd.,1995; Şengör vd., 2008).

Bu çalışmada IA'sı civarında ve özellikle Eğirdir Göl'ü güneydoğusunda 2007 yılı içerisinde 21 adet 3.5<M<4.9 arasında değişen ana ve artçı şoklardan oluşan depremlerin odak mekanizması moment tensör ters çözümleri yapılmıştır. Ayrıca IA'sı civarında daha önceki çalışmalardan elde edilen 8 adet büyüklüğü M≥5 olan 1989-2000 yılları arasındaki depremler de yorumlanmıştır. Bu değerlendirilmelerin sonucunda depremlerin normal fay karakterinde olduğu görülmüştür. Sadece bir

deprem doğrultu atımlı faylanmayı vermektedir. Eğirdir Gölü güneybatısında 2007 yılında meydana gelen bu depremler yersel olarak KKD-GGB doğrultulu ve Eğirdir Göl'ünü GD'dan sınırlayan fay sistemi üzerinde yeralmaktadır. Literatürde bu fayın aktif olduğu bilinmektedir (Şaroğlu 1992). Ancak bu çalışmada ele alınan depremlerin 5 tanesi K-G doğrultulu, 16 tanesi KB-GD doğrultulu faylanma mekanizmasına sahiptir. O halde 2007 yılı içerisinde meydana gelen bu depremlerin Eğirdir fayı'ndan ziyade, ya bu fayın eşlenik fayı ya da Eğirdir fayını kesen KD-GB doğrultulu Aksu fayının Eğirdir Gölü içersindeki devamının hareketi ile oluştuğu sonucunu ortaya koymaktadır. Anadolu bloğunun batı-güneybatıya doğru olan rotasyonu, Helenik yayı boyunca Afrika levhasının ağırlığını koruyamayarak kopması ve Anadolu bloğunu kendine hızla çekmesinden kaynaklanmaktadır. Afrika levhasının yırtılması ve kopmasının (slab-break off) kanıtı, bu yırtılmayla birlikte astenosferik malzeminin hızla yukarıya çıkması, Anadolu bloğu içersinde Akdeniz'in güneyinde özellikle IA'sı içersinde oluşan volkanik faaliyeti açıklamaktadır. Alıcı fonksiyon tekniği ile ISP ve AKSU istasyonu için bulunan düşük kayma hızları sığ astenosferin varlığına işaret etmektedir.

KAYNAKLAR

Altunel, E., Barka, A., Akyüz,S., (1999). Paleoseismology of the Dinar fault, SW Turkey. *Terra Nova 11*, **297**,302.

Blumenthal, M., (1963). Le systeme structurel du Taurus sud-anatolien, *Memoire de la Societe Geoloque de France* **2**, 611-662.

Barka, A.A., vd., (1995). Isparta Angle:its importance in the neotectonics of the Eastern Mediterrinian Region, *International Earth Sciences Colluquium on the Aegean Region Proceedings* 3-18.

Barka, A.A., vd., (1997). The Isparta angle: Its importance in the neotectonics of the eastern Mediterranean region, International Earth Sciences Colloqium of the Aegean Region, 9-14 October 1995, *İzmir-Gulluk, Proceedings* **1**, 3-17.

Boray, A., Şaroğlu, F., Emre, Ö., (1985). Isparta büklümünün kuzey kesiminde D-B daralma için bazı veriler, Jeoloji Mühendisliği 23, 9-20.

Dreger, D.S., Helmberger, D.V., (1993). Determination of source at regional distances with single stations or sparse network data, *J. Geopys. Res.* **98**, 8107-8125.

Erduran, M., vd., (2007). Anatolian surface wave evaluated at GEOFON station ISP, Turkey, *Tectonophysics* **434**, 39-54.

Erduran, M., (2009). Teleseismic inversion of crustal velocities beneath the Isparta station, *Journal of Geodynamics* **47**, 225-236.

Fan, G., Wallace, T., (1995). The determination of source parameters for small earthquakes from a single very broandband seismic stataion, *Geopys.Res.Lett.* **18**, 1385-1388.

Glover, C., Robertson, A., (1998). Neotectonic intersection of the Aegean and Cyprus tectonic arcs: extensional and strike-slip faulting in the Isparta Angle, SW Turkey, *Tectonophysics* **298**, 103-132.

Kalafat, D., vd., (1987). Batı Türkiye'de Kabuk ve Üst Manto Yapısının Araştırılması, *Deprem Araştırma Bülteni* **S-63**, s.5-98.

Kalyoncuoğlu, Ü.Y., Özer, M.F., (2003). Determination of the crustal structure beneath the Isparta seismograph station, *9 Eylül Uni., bull. Sci.Eng*. **5**,11-127.

Koçyiğit, A., (1996). Lakes region graben-horst system, SW Turkey, *National Marine Geological and Geophysical Programme*, Workshop-1, Extended Abstract, 99-103, İstanbul.
Mcclusky, S., vd., (2000). GPS constraints on plate motion and deformation in the eastern Mediterranean: Implications for plate dynamics, *Journ. Geophys. Res.***105**, 5695-5719.

Örgülü, G., (2001). Analysis Regional Moment Tensor Inversion Method and its Applications to the İzmit, Düzce Eartquke Sequences eastern Anatolian earthqukes, Doktora Tezi, Boğaziçi Üniversitesi,İstanbul.
Pasyanos, M.E., Dreger, D.S., Romanowicz, B., (1996). Toward real-time estimation of regional moment tensors, *Bull.Seism.Soc. Am.* **86**, 1255-1269.

Ritsema, J., Lay,T., (1995). Long-period regional wave moment tensor inversion for earthquakes in the western United States, J. *Geophys.Res.*, **100**, 9853-9864.

Şaroğlu,F., vd., (1992). Active Fault Map of Turkey, General Directorate of Mineral Research.

Şengör, A.M.C., vd., (2008). Eastern Turkish high plateau as a small Turkic-type oregen, *Earth-Science Rewiev* **90**, 1-2, 1-48.