

13 OCAK 2001

EL SALVADOR DEPREMİ

Prof. Dr. Tuncay Taymaz*
Arş. Gör. Onur Tan*
Arş. Gör. Seda Yolsal*

13 Ocak 2001 günü Orta Amerika'daki El Salvador ve yakın çevresini oldukça şiddetli etkileyen önemli büyüklükte yıkıcı bir deprem oluştu (bkz. Şekil 1 ve Tablo 1). Bu son deprem, Pasifik Okyanusu'nda El Salvador açıklarında birleşen Kuzey Amerika, Karayibler ve Nazca Levhalarının birbirleriyle etkileşimlerinin bir sonucu. Bu etkileşimde Cocos Levhası yılda yaklaşık 8 cm'lik bir hızla Karayibler Levhası'nın altına dalıyor. (Şekil 1 ve Şekil 2-B).

Dünyanın deprem etkinliği haritasına bakıldığında depremlerin bazı bölgelerde yoğunlaşırken bazı bölgelerdeyse hiç oluşmadığı görülüyor. Okyanuslarda oldukça dar alanlarda oluşan depremler, okyanus içi dağlar (Orta-Atlantik, Pasifik Sırtı gibi) ve derinliğin çok fazla olduğu okyanus çukurlukları (Japon, Marianna, Peru-Şili, Alaska-Kamçatka, Ege-Girit hendekleri gibi.) ile aynı bölgelere rastlıyor. Depremler, kıtasal bölgelerde -okyanusal bölgelerin aksine- geniş zonlar

içinde oluşuyorlar. Okyanus ortalarında sığ, okyanus çukurları civarında çok derin, kıtalardaysa değişik derinliklerde oluşan depremlerin bu özellikleri rastlantısal değil; küresel ölçekte Levha Tektoniği Kuramı kapsamında gelişen jeolojik-jeofizik ve jeodinamik olayların bir sonucu olarak ortaya çıkıyorlar.

Levha Tektoniği Kuramı'na göre litosfer (taşküre) olarak adlandırılan yerin üst kısmı (kabuk+üst manto), kıtasal ölçekte irili-ufaklı bir dizi levha parçacığına bölünmüş durumda (Avrasya, Afrika, Arabistan, Anadolu, Pasifik, Kuzey-Güney Amerika Levhaları vb.). Levhaların birbirlerine göre bağlı hareketlerinin temel nedeni, yer içindeki ısı kaynağı olan radyoaktif elementler nedeniyle manto içinde oluşan ısıl devinim (konveksiyon) hareketleri. Yerküre içinde ısınan manto malzemesi yükseldikçe soğur, yoğunluğu artar, kırılabilir ve jeodinamik olayların



gelişimine paralel olarak tekrar yerine doğru batır (dalma-batma zonları - subduction). Şekil 2'de Levha Tektoniği Kuramı çerçevesinde okyanus ve kıta türü levhaların etkileşim mekanizmaları özetleniyor.

Sismotektonik haritaların (bkz. Şekil 1) daha iyi anlaşılır olması bakımından, doğrultu atımlı (sol yanallı) faylanma (A), normal faylanma (B), ters (bindirme türü) faylanma (C) ve oblik faylanma (D) türlerine örnekler Şekil 3'de görülüyor.



13 Ocak 2001 El Salvador Depremi

Şekil 1'den görülebileceği gibi, Karayipler Levhası Guatemala, Honduras ve El Salvador'u etkileyen en önemli levha sınıridir (sol yönlü transform fay). Bu bölgedeki en önemli deprem, Mw=7.5 büyüklüğünde 4 Şubat 1976'da meydana geldi ve sol yönlü doğrultu-atımlı (Doğu Anadolu Fayı gibi) bir kırılma mekanizması sonucunda oluştu. 3 Nisan 1983 (Ms=7.3), 22 Nisan 1991 (Ms=7.6) ve 2 Eylül 1992 (Ms=7.4) depremleri Şekil 2-B'de gösterildiği gibi yitim zonunda (dalma-batma zonu) gelişen bindirme (sıkışma) türü kırılma mekanizması sonucunda oluştu. Bölgede meydana gelmiş büyük depremler Tablo 2'de veriliyor.

13 Ocak 2001 tarihindeyse El Salvador'da yıkıcı bir deprem oldu. Deprem büyüklüğü Richter ölçeğine göre Mw=7.6 olarak ölçüldü. Orta Amerika

Tablo 1- 13 Ocak 2001 - Mw=7.6 El Salvador depreminin fay düzlemi parametreleri

Oluş Zamanı (sa:dak:sn)	Enlem (Kuzey) (°)	Boylam (Bati) (°)	Odak Derinliği (Km)	Richter Büyüklüğü (M)	Sismik Moment (Mo x10 ²⁰ Nm)	Doğrultu (°)	Dalım (°)	Kayma Açısı (°)
USGS-MT 17:33:29.22 (GMT)	12.84	-88.79	39	Mw = 7.6	3.20	306	48	-107
Harvard-CMT 17:33:45.5 (GMT)	12.94	-89.08	57.4	Mw = 7.7 mb = 7.6 Ms = 7.6	4.51	309	56	-85

ve yakın çevresi, genel olarak depremsellik açısından iyi bilinen bir bölge olmasına karşın, depremde büyük can kaybı ve maddi zarar meydana geldi. Ashında bu deprem sürpriz olmadı; çünkü bölgede 4 Şubat 1976 (Ms=7.6) depreminden bugüne, yıkıcı bir deprem gözlenmemişti. Bir başka deyişle, 1976 yılından günümüze kadar bölgede bir sismik-enerji birikimi söz konusuydu. Tablo 1'de özetlendiği gibi USGS-NEIC ve Harvard-CMT çözümlerinden elde edilen en güvenilir sonuçlara göre, El Salvador depremi bir açılma mekaniz-

masıyla ilişkili ve sıg odaklı (yeryüzeyinin 39 km derinliğinde) meydana gelmiş bir deprem (h=39 km). Sismik enerji açısından büyük-ölçekli bir deprem olarak nitelendirilmeli. (Sismik Moment, Mo=4.51 x 1020 Newton-metre; bu sismik enerji değeri, 17 Ağustos 1999 Mw=7.4 Gölcük depreminden en az 1.5 kat daha büyük). El Salvador depremi kırılğan kabuk içerisinde olduğundan yüksek hasar ve can kaybı meydana gelmiş bulunuyor.

Yıkıcı büyük depremler, Cocos Levhasının, Kuzey Amerika, Karayip-

Levha Tektoniği

(A) Okyanus - Okyanus Çarpışması: İki okyanusal litosfer parçasının karşılaşması sonucu oluşur. Okyanus Ortası Açılma merkezine (Orta Atlantik Sırtı, Pasifik Sırtı) bağlı olarak ilerleyen aktif okyanusal malzeme, karşıdaki pasif okyanusal kabuğun altına dalar. Kıta-okyanus tipi çarpışmalarda olduğu gibi burada da derin depremler ve volkanik patlamalar oluşur. Deniz içinde oluşan bu volkanik patlamalara "volkanik adaları" (Ege Adaları gibi) oluşturur. Kuzey Pasifik'teki Aleutian Takımadaları, Mariana Adaları gibi ada yayları bu tip çarpışmalarla oluşmuştur.

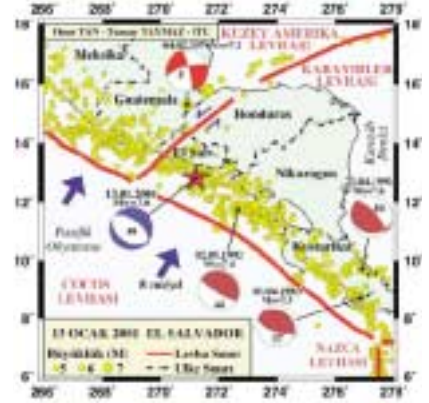
(B) Okyanus - Kıta Çarpışması: Kıtasal ve okyanusal litosferlerin karşı karşıya gelmesi (sıkışması) sonucunda oluşur. Okyanusal litosfere göre astenosfer üzerinde çok daha iyi yüzebilen kıtasal litosfer, daha dayanıksız olmasına karşın çarpışma sırasında üstte kalır. Kıtasal litosferin altına dalan okyanusal litosfer, maksimum 700 km derinliğe kadar ilerler (örneğin 1994 Bolivya depremi 640 km derinlikte oluşmuştu). Bu kesimde, aşırı ısı nedeniyle

eriyerek mağma malzemesiyle karışır. Dalma-batma, kıtasal kabukta yay volkanizmasıyla volkanik dağların oluşmasını sağlar. Dalan levhanın üst kısmındaki (Benioff Zonu) sürtünme, derin odaklı büyük depremleri oluşturur. Güney Amerika'nın Peru-Şili kıyıları bu tipte bir çarpışma bölgesidir.

(C) Kıta - Kıta Çarpışması: Okyanusal kabuğun dalarak tamamen yok olmasıyla iki kıtasal kabuk birbirleriyle çarpışırlar. Sıkışma rejimi, düşük yoğunluk nedeniyle kolayca deformasyona uğrayan ve batamayan kıtasal kabuğu kalınlaştırır. Kalınlaşan kabuk, orojenik dağ sıralarını oluşturur. Özellikle, Alp-Himalaya kuşağı (Doğu Anadolu Bölgesi ve Kafkaslar) sıkışma bölgelerinin en tipik örneğidir. Bu tür çarpışmalardaki tektonik olaylar diğerlerine göre daha karmaşıktır. Doğu Anadolu ve çevresinde gözlemlendiği gibi, sıkışma rejimine bağlı olarak gelişen kıtasal kalınlaşma, litosfer bloklarının doğrultu atımlı fayların (transform faylar) kontrolünde gelişen yanal hareketlerin inkaynağını oluşturmaktadır.



Şekil 2. Levha Tektoniği Kuramı çerçevesinde Okyanus ve Kıta Türü Levhaların etkileşim türleri. (A) Okyanus - Okyanus, (B) Okyanus-Kıta ve (C) Kıta-Kıta Çarpışması (Kious ve Tilling, 1996'dan değiştirilerek alınmış.)



Şekil 1: Orta Amerika'yı etkileyen önemli depremlere ait Fay Düzlemi Çözümleri, (Harvard-CMT). İçleri renklendirilmiş büyük daireler (dairelerin boyutları, ilgili depremin büyüklüğüyle orantılı olarak çizilmiş), günümüze kadar (aletsel dönemde) bölgede oluşmuş ve yıkımlara neden olmuş depremlerin yerlerini, kırık zonlarıyla ilişkisini ve Fay Düzlemi Çözümlerini gösteriyor. Kırmızı renkli çözümler doğrultu-atımlı faylanmaları (yanal yönlü hareketler; 4 Şubat 1976 depreminde gözlemlendiği gibi), koyu-mavi renkli çözümler normal faylanmaları (açılma hareketleri; 13 Ocak 2001 depreminde gözlemlendiği gibi), kahverenkli çözümler, bindirme (sıkışma türü) faylanmaları (3 Nisan 1983, 22 Nisan 1991 ve 2 Eylül 1992 depremlerinde gözlemlendiği gibi) göstermektedir. Odak küreleri içindeki odak derinliğini kilometre ölçeğinde gösteriyor. Depremlerin tarihleri ve büyüklükleri küreler üzerinde veriliyor. Küçük sarı dairelerse USGS-NEIC verilerine göre 1973-2000 yılları arasındaki 5.0'dan büyük (M ≥ 5.0) sismik aktiviteyi (depremlerin dağılımlarını) göstermektedir.

Tarih (gün ay yıl)	Oluş Zamanı (sa:dak:sn)	Enlem (Kuzey) (°)	Boylam (Batı) (°)	Odak Derinliği (Km)	Richter Büyüklüğü (M)
04.02.1976	09:01:43.40	15.32	-89.10	5	Ms = 7.50
23.08.1978	00:38:32.20	10.20	-85.22	56	M = 7.20
19.06.1982	06:21:58.00	13.31	-89.34	81	mb = 7.00
19.08.1982	15:59:01.53	06.72	-82.68	10	Ms = 7.00
03.04.1983	02:50:01.18	08.72	-83.12	37	Ms = 7.30
02.12.1983	03:09:05.66	14.07	-91.92	67	Ms = 7.10
25.03.1990	13:22:55.60	09.92	-84.81	22	Ms = 7.00
22.04.1991	21:56:51.82	09.69	-83.07	10	Ms = 7.60
02.09.1992	00:16:01.69	11.74	-87.34	44	Ms = 7.40
10.09.1993	19:12:54.62	14.72	-92.64	34	Ms = 7.30
21.10.1995	02:38:57.12	16.84	-93.47	159	Mw = 7.20
31.03.1999	05:54:42.13	05.83	-82.62	10	M = 7.00
11.07.1999	14:14:16.53	15.78	-88.33	10	M = 7.00

ler ve Nazca Levhalarına göre bağlı olarak yılda 8 cm'lik bir hızla doğuya doğru hareketi sonucu oluşuyorlar. Bu yanal hareketin doğuya aktarımı Guatemala, Honduras ve El Salvador'u yakından etkileyen sol-yönlü transform fay boyunca gözlenmektedir. (Şekil 1). Orta Amerika'da gözlenen jeodinamik olayların sonucunda (bkz. Şekil 2-B), açılma (gerilme), sıkışma (bindirme) ve yanal hareketler Richter ölçeğine göre 7.0 büyüklüğü aşan depremlerin oluşumunun başlıca kaynağı (bkz. Tablo 2).

Depremlerin Sıklığı

1900 yılından günümüze kadarki deprem verileri kullanılarak yapılan is-

tatistiksel çalışmalara göre, dünyada her gün Richter ölçeğine göre 3.0'dan küçük 9000 civarında deprem meydana gelmektedir. Büyüklükleri 3.0 ile 5.0 arasında değişen depremlerin yıllık oluş sayılarıysa 55 000-60 000 kadar. Orta büyüklük sınıfına giren ve büyüklükleri 5.0-6.0 arasında olan depremlerin sayısı, yılda ortalama 800'ken, büyüklükleri 6.0-7.0 arasında olan depremlerin sayısıysa, yılda ortalama 120. Yılda yaklaşık 18 depreme büyük sınıfa (7.0-8.0) giriyor. Büyüklüğü 8.0 ve daha fazla olan depremler "çok büyük" olarak adlandırılıyor ve bu depremlerden her yıl ortalama 1 tane gerçekleşiyor. Tablo 3'te 2000 ve 2001 yılları içerisinde meydana gelmiş depremlerin bir listesi verili-

Tarih	Enlem (°)	Boylam (°)	Odak Derinliği (km)	Büyüklük (Mw)	Bölge
08.01.2000	-16.925	-174.248	183	7.2	Tonga Adaları
25.02.2000	-19.528	173.818	33	7.0	Vanuatu Adaları
28.03.2000	22.338	143.730	126	7.6	Japonya
23.04.2000	-28.307	-62.990	608	7.0	Arjantin
04.05.2000	-1.105	123.573	26	7.4	Malezya
12.05.2000	-23.548	-66.452	225	7.1	Arjantin
04.06.2000	-4.721	102.087	33	7.7	Sumatra, Endonezya
18.06.2000	-13.802	97.453	10	7.6	Güney Hint Okyanusu
04.08.2000	48.786	142.246	10	6.7	Sahalin Adası, Rusya
06.08.2000	28.856	139.556	394	7.3	Japonya
06.10.2000	35.456	133.134	10	6.5	Japonya
16.11.2000	-3.958	152.268	33	7.6	Papua Yeni Gine
16.11.2000	-5.179	153.054	33	7.4	Papua Yeni Gine
16.11.2000	-4.903	153.201	33	7.2	Papua Yeni Gine
17.11.2000	-5.453	151.685	33	7.6	Papua Yeni Gine
06.12.2000	39.625	54.772	30	7.0	Türkmenistan
01.01.2001	6.907	126.592	33	7.4	Filipinler
09.01.2001	-14.85	167.05	104	7.0	Vanuatu Adaları
10.01.2001	57.09	-153.62	33	6.8	Alaska
13.01.2001	12.835	-88.794	39	7.6	Orta Amerika

yor. Bu depremlerin meydana geldiği bölgelere bakıldığında, çoğunluğunun Asya'nın Pasifik kıyısından Avustralya'ya doğru uzanan bir kesimde (Sahalin Adası, Japonya, Filipinler, Endonezya, Malezya, Papua Yeni Gine, Vanatu ve Tonga Adaları) olduğu görülmekte. Bu bölge Pasifik Levhası'nın Avrasya Levhası'nın altına daldığı dalma-batma zonlarını içeriyor. Alaska, Orta ve Güney Amerika'nın batı kıyıları da yerkürenin en büyük dalma-batma bölgeleri. Pasifik Okyanusu'nu doğu, kuzey ve batıdan çevreleyen ve büyük volkanik hareketlilik gözlenen bu kesimler (dalma-batma nedeniyle) (bkz. Şekil 2 A-B) Ateş Çemberi (ring of fire / hot spots) olarak adlandırılır. İstatistiksel çalışmaların verdiği önemli bilgilerden biri de, inanılan aksine, depremlerin son zamanlarda artmadığı gerçeği. Bu yanlış inancın iki nedeni var. Birincisi, sismolojideki teknolojik gelişmelerin, daha fazla sayıda depremin algılanmasını sağlaması. Diğer önemli unsur, bilişim teknolojileri alanındaki büyük ilerleme. Dünyanın herhangi bir bölgesindeki her türlü olayı öğrenebildiğimiz bir dönemde olmamız, deprem haberlerini de çok rahat (anında) alabilmemizi sağlıyor.

Yıkıcı depremler gelecekte de olacak. Günümüzde depremlerin önceden belirlenmesi sorunuysa kesin olarak çözümlenememiş durumda. Bölgede yeni depremler her zaman beklenebilir. Şekil 1'de verilen deprem aktivite haritası bölgenin ne kadar büyük bir tehlike altında olduğunu gösteriyor. Bir başka deyişle, El Salvador ve çevresinde her gün binlerce irili-ufaklı deprem oluşuyor ve bunların birçoğunu bizler hissetmiyoruz. Bunlar, ancak, çok duyarlı algılayıcılarla (sismometre ve sismoğraf cihazları) kaydedilebiliyorlar. Bu depremler de en az yıkıcı depremler kadar önemli; çünkü aktif fay zonlarının ve sismik etkinliğin işaretçisi durumundalar.

* İTÜ Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Sismoloji Anabilim Dalı

- Kaynaklar**
 Bott, M.H.P. (1982). The interior of the Earth, its structure, constitution and evolution. Edward-Arnold Press, London.
 DeMets ve diğ. (1990). Current plate motions, Geophysical Journal International-Oxford, 101, 425-478.
 Kious, WJ ve Tilling, R.F. (1996). This Dynamic Earth: The Story of Plate Tectonics, USGS-NEIC.
 McKenzie, D ve Morgan, W.J. (1969). The evolution of triple junctions, Nature, 224, 125-133.
 Wilson, J.T. (1963). Evidence from islands on the spreading of ocean-floors, Nature, 197, 536-538.