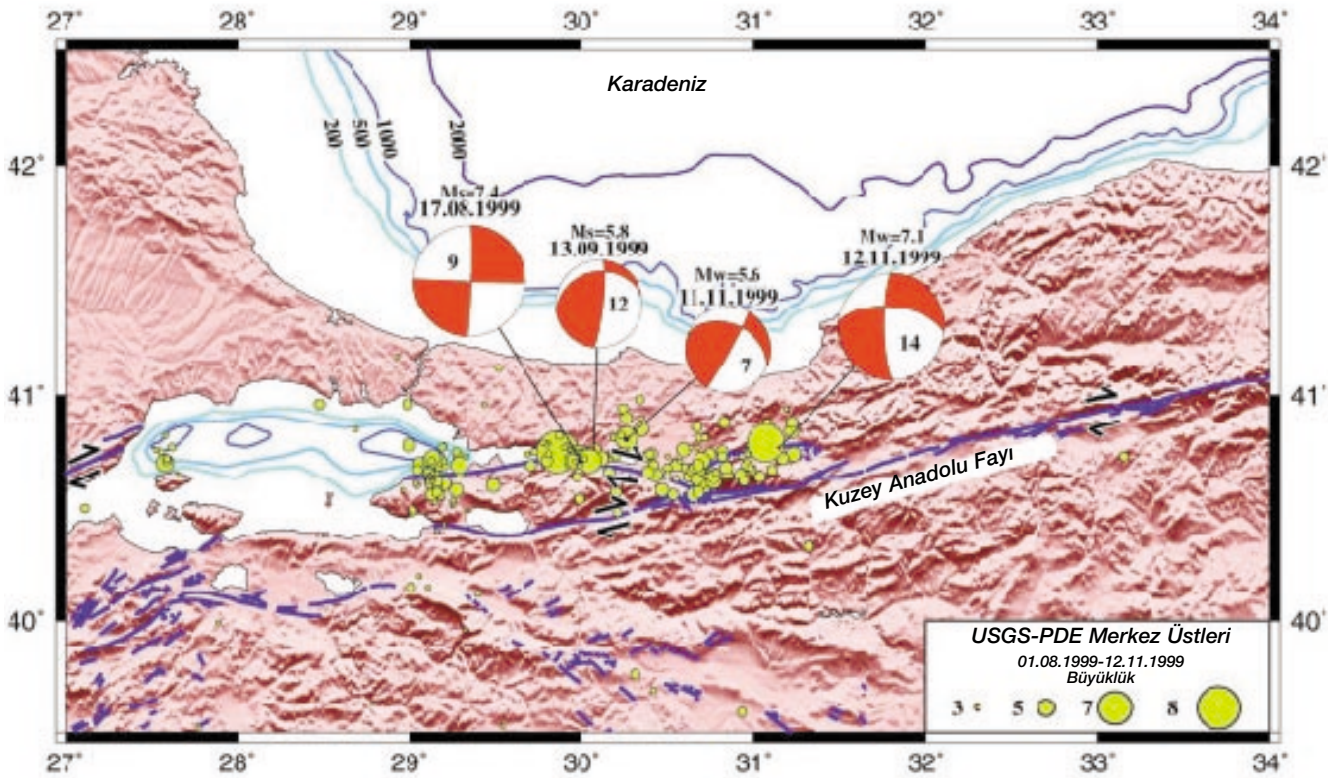


Marmara Bölgesi'nin Aktif Tektoniği

Gölcük-Düzce

Depremleri



MARMARA DENİZİ, Ege Denizi'yle Karadeniz'i birleştiren 275 km uzunluğunda, 80 km genişliğinde, güney kısımları daha sığ fakat derinlikleri yer yer 1250 m'ye değin ulaşan derin çukurlukları içeren denizel bir çökme ortamıdır. Kuzey Anadolu Fayı'nın (KAF) en batı ucunda bulunan bu çökme ortamında, bu önemli kırık zonu, karakterini değiştirip, çizgiselliğini birbirlerine paralel olarak gelişmiş birtakım fay zonlarına bıraktığı ve deformasyonun da çok geniş bir alanda (~120 km) etkinliğini sürdürdüğü gözlenmektedir. Anadolu levhasının batıya doğru kaçış hareketi, Marmara Denizi ve çevresindeki bu fay sistemlerinin yardımıyla Kuzey

Ege Bölgesi'nde de etkinliğini sürdürmektedir.

KAF'ın Marmara Denizi içerisindeki davranışı ve geometrisi, karasal bölgelerde gözlemlendiği ölçüde açık değildir. Bir başka deyişle, Anadolu levhasının batıya doğru hareketi Marmara Denizi içerisindeki birtakım kırık sistemleri boyunca oldukça karmaşık bir mekanizmayla Kuzey Ege'ye iletilir. 31° Doğu boylamının batısında, Kuzey Anadolu çizgiselliğini, birbirine koşut doğrultuda sıralanan bir fay sistemine bırakır. Bu sağ-yönlü kırık zonları, Marmara Denizi ve çevresinde gözlenen sismik etkinliğin kaynağını oluştururlar. Bölgede gözlenen deformasyonlar (depremler), bu kırık zonlarında hem doğrultu-atımlı faylar (yanal yönlü hareketler) hem de nor-

mal faylar (açılma hareketleri) boyunca oluşur.

Marmara havzasını (çökme ortamını) oluşturan kırık zonlarına ilişkin en önemli bilgileri; deprem sismolojisi, sismik kırılma ve yansıma verilerinden ve dolaylı olarak jeomorfoloji, jeoloji, neo-tektonik ve uydu jeodezisi verilerinden yararlanarak elde etmekteyiz. Son yıllarda elde edilen jeofiziksel ve jeolojik bulguların ışığında, Marmara Denizi ve çevresinde sanılandan çok daha fazla kırık zonunun varlığı gözlenmiştir.

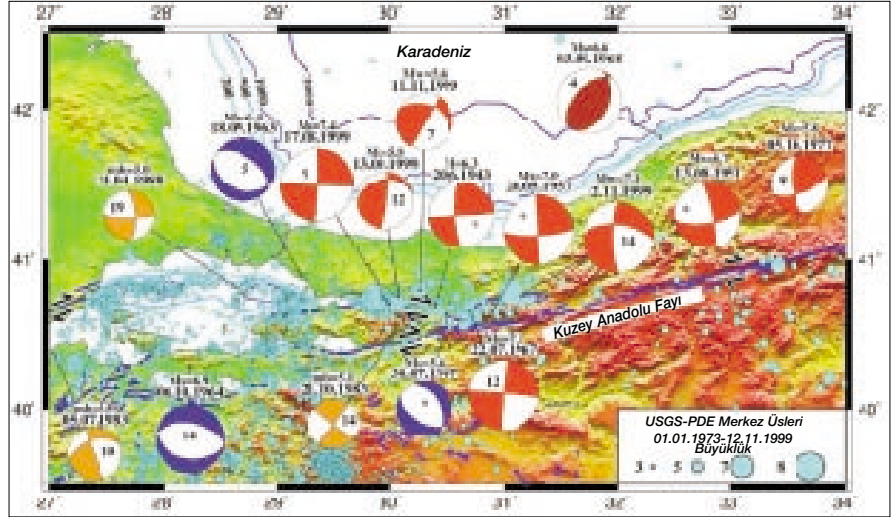
Marmara Denizi ve çevresini etkileyen kırık zonları ve ilgili depremlere ait fay düzlemi çözümlerini gösteren bir haritaya bakacak olursak (Şekiller); Marmara Bölgesi'nin ne kadar büyük bir deprem riskiyle iç içe yaşadığı gö-

rülür. Marmara Denizi çökeltme havzasını sınırlayan bu kırık zonlarında oluşabilecek depremlerden 5-25 km uzaklıktaki yerleşim birimlerinde ağır hasarlar oluşacağını görmek de olasıdır.

Yapılardaki hasarlar; depremin büyüklüğüne (M), episantr uzaklığına, zemin koşullarına, yapı tipleri ve inşaat niteliğine göre farklı oranlarda olacaktır. Zemin niteliği açısından olaya bakacak olursak; gevşek zeminlerin sarsıntı büyütme oranı ve titreşim periyotları büyük; sert zeminlerin ve kayalık bölgelerinse küçüktür. Kurutulmuş bataklık bölgeleri, dere yatakları, dolgu ve heyelan alanları gibi gevşek zeminler üzerindeki yapılar, sert-kayalık bölgelerde inşa edilmiş yapılara oranla daha çok hasar göreceklerdir.

Marmara Denizi ve çevresini etkileyen, modern sismolojik yöntemlerle kaydedilen ve kırılma mekanizması (fay düzlemi çözümü) tanımlanan önemli depremler tabloda ve Şekil 1'de verilmektedir. Son yıllarda ülkemizi etkileyen bu önemli depremlerin kabuk içerisindeki oluşum (odak) derinlikleri incelendiğinde, kırılma üst-kabuk içerisinde (h=10-15 km) oluştuğu gözlenmiştir. Dolayısıyla yıkım ve hasar, çok büyük boyutlarda olmuştur.

Bölgede 1 Şubat 1944 Gerede depremi (Ms=7,3) gibi yıkımlara yol açmış başka önemli depremler de vardır. Diğer depremse, 5 Nisan 1944 Mudurnu depremidir (Ms=5,6). Bu depremlerin kırılma mekanizması çözümleri modern sismolojik yöntemlerle sağlıklı olarak tanımlanamamıştır (dolayısıyla Tablo 1 ve Şekil 1'de yer almamakta-



Şekil 1. Marmara Denizi ve Çevresini etkileyen önemli depremlere ait Fay Düzlemi Çözümleri, Cisim Dalgaları Modellemesi sonuçları ve önbilgilere göre USGS-NEIC; Harvard-CMT çözümleri. İçleri renklendirilmiş büyük daireler günümüze değin (aletsel dönemde) bölgede oluşmuş ve yıkımlara yol açmış depremlerin yerlerini, kırık zonlarıyla ilişkisini ve Fay Düzlemi Çözümleri'ni göstermektedir. Kırmızı renkli çözümler doğrultu-atımlı faylanmaları (yanal yönlü hareketler; 17 Ağustos Gölcük-İzmit depremindeki gibi), koyu-mavi çözümler normal faylanmaları (açılma hareketleri; 1995 Dinar depremindeki gibi), bordo çözümler, bindirme (sıkışma türü) faylanmaları (1988 Spitak-Ermenistan depremindeki gibi) ve turuncu çözümler Harvard-CMT çözümlerini göstermektedir. Odak küreleri içindeki sayılar kırılmanın gözlemlendiği yerküre içindeki odak derinliğini kilometre ölçeğinde gösterir. (*) ile işaretli olanların odak derinlikleri net olarak bilinmemektedir ve fay düzlemi çözümleri McKenzie (1972)'den alınmıştır. Depremlerin tarihleri ve büyüklükleri küreler üzerinde verilmiştir. Küçük mavi daireler Marmara Denizi ve çevresinin USGS-NEIC verilerine göre 1973--1999 yılları arasındaki sismik etkinliğini (depremlerin dağılımları) göstermektedir.

dırlar). Yüzeysel kırıklarından elde edilen bulgular bu depremlerin KAF ile ilişkili olduklarını göstermektedir.

Bu önemli depremleri kısaca özetleyelim.

1 Şubat 1944 Gerede Depremi (Ms=7,3; 40,90 Kuzey-32,60 Doğu): Bu deprem büyük hasarlara yol açmıştır ve yüzeysel kırıkları gözlenmiştir. Deprem sonucunda oluşan 160 km uzunluğundaki kırık sistemi üzerinde 370 cm sağ-yönlü yanal ve 100 cm düşey yer değiştirme saptanmıştır.

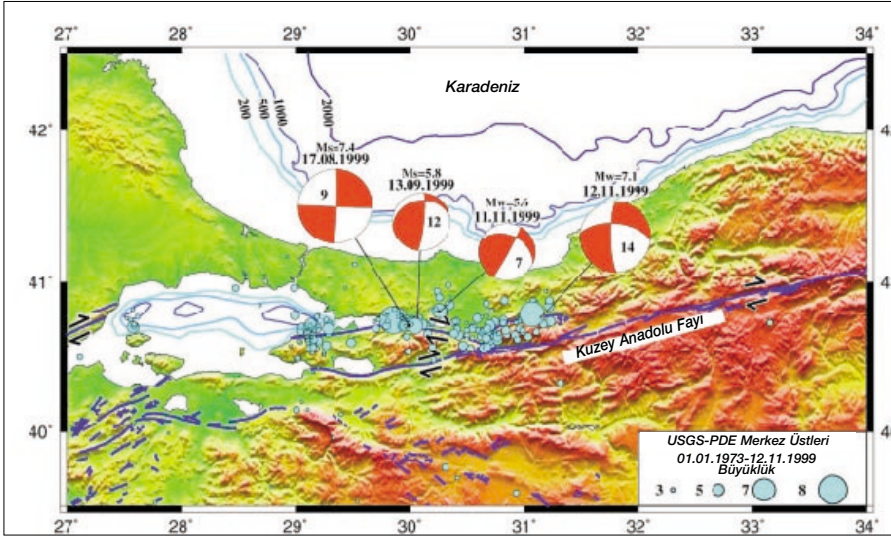
13 Ağustos 1951 Kurşunlu Depremi (Ms=6,7; 40,95 Kuzey-32,57 Doğu): Bu deprem sonucunda oluşan 32 km uzunluğundaki kırık sistemi üzerinde 60 cm sağ-yönlü yanal ve 30 cm düşey yer değiştirme gözlenmiştir.

26 Mayıs 1957 Abant Depremi (Ms=7,0; 40,66 Kuzey-30,89 Doğu): Bu deprem sonucunda oluşan 40 km uzunluğundaki kırık sistemi üzerinde 160 cm sağ-yönlü yanal ve 45 cm düşey yer değiştirme gözlenmiştir.

18 Eylül 1963 Yalova-Çınarcık Depremi (Ms=6,4; 40,90 Kuzey-29,20 Doğu): Yalova, kaplıcalar ve Çınarcık'ta etkili olan bu depremde, yüzlerce ev hasar görmüştür. İstanbul ve Bursa'daki bazı binalarda hasar gözlenmiştir. Yunanistan'da da hissedildiği rapor edilmiştir. 1960'lı yıllarda dünya genelinde dağılmış standart donanımlı (benzer özellikleri olan sismometre, sismograf vb.) sismograf istasyonları çok az sayıda olduğu için, bu depremin episantrının (mekii) hesaplanmasında hatalar vardır. Dolayısıyla, Şekil 1 ve Tablo 1'de verilen ve 1963'teki uluslararası aletsel sismolojik verilerin ışığında tanımlanan episantr, net olarak bilinmemektedir. Ancak, depremin hissedildiği bölge ve makrosismik göz-

Marmara Denizi ve Çevresini Etkileyen, Modern Sismolojik Yöntemlerle Kaydedilen ve Kırılma Mekanizması (Fay Düzlemi Çözümü) Tanımlanan Önemli Depremler

Tarih (gün, ay, yıl)	Zaman (GMT) (sa:dk:sn)	Enlem (Kuzey)	Boylam (Doğu)	Derinlik (km)	Büyüklük
20.06.1943	15:32:50.6	40,700	-30,380	-	M = 6,3
13.08.1951	18:33:30.0	40,950	-32,570	-	Ms = 6,7
26.05.1957	06:33:31.6	40,660	-30,890	-	Ms = 7,0
18.09.1963	16:58:12.5	40,900	-29,200	15	Ms = 6,4
06.10.1964	14:31:23.0	40,300	-28,230	14	Ms = 6,9
22.07.1967	16:56:58.0	40,670	-30,690	12	Ms = 7,1
30.07.1967	01:31:02.0	40,720	-30,520	-	Ms = 5,6
03.09.1968	08:19:52.6	41,810	--30,390	4	Ms = 6,6
05.10.1977	05:34:46.1	41,020	--33,570	8	Ms = 5,8
05.07.1983	12:01:27.4	40,330	-27,230	10	mb = 5,5
21.10.1983	20:34:56.2	30,050	--40,540	14	mb = 5,1
24.04.1988	20:49:39.5	28,730	--40,770	19	mb = 5,0
Gölcük-Sapanca- Düzce Depremleri					
17.08.1999	00:01:38.2	40,709	-29,998	9	Mw = 7,4
13.09.1999	11:55:29.9	40,765	-30,072	12	Mw = 5,9
11.11.1999	14:41:24.3	40,804	-30,260	7	Mw = 5,7
12.11.1999	16:57:20.3	40,768	-32,148	14	Mw = 7,1



Şekil 2. USGS-NEIC verilerine göre 1 Ağustos 1999-12 Kasım 1999 döneminde Gölcük-Düzce depremleriyle kırılan Kuzey Anadolu Fayı'nın etkilediği bölgedeki sismik aktivite (depremlerin dağılımları) ve 1999 Gölcük-Düzce depremleri fay düzlemi çözümleri. Aktif kırık (fay) zonları koyu mavi çizgilerle gösterilmiştir.

lemler (genel hasar dağılımları vb.) depremin olası makrosismik episantrının Yalova-Çınarcık açıklarında olabileceğini vurgulamaktadır. Bu depremden günümüze, İstanbul'un yakınında

oluşan ve İstanbul'u etkileyen daha büyük, önemli bir deprem, aletsel sismoloji döneminde oluşmamıştır.

6 Ekim 1964 Manyas Depremi (Ms=6,9; 40,30 Kuzey-28,23 Do-

ğu): Birçok öncü depremden sonra ana şok oluştu. Manyas Gölü'nün güney kesimlerinde çok büyük hasarlara yol açtı. Manyas'tan 70 km kadar güney kesimlerde, heyelanlar, kum fıskırmaları ve deformasyonlar gözlemlendi. Kırık zonları, 40 km uzunluğunda 2-3 km genişliğindeki bir bölgede Gönen'den Kemalpaşa'ya kadar gözlemlendi. Deprem Yunanistan ve Bulgaristan'da hissedildi. Bu depremden 10 cm maksimum düzey yer değiştirme gözlemlenmiştir.

22 Temmuz 1967 Mudurnu-Adapazarı Depremi (Ms=7,1; 40,67 Kuzey-30,69 Doğu): KAF'ın

17 Ağustos 1999		Tablo 2	
Gölcük Depremi			
Depremin Büyüklüğü : mb = 6,3; Ms = 7,8; Mw = 7,4			
Enlem-Boylam : 40,709 Kuzey - 29,998 Doğu			
Odak Derinliği (h) : 9 km			
Faylanma (Kırılma) Mekanizması (Derece olarak)			
Doğru Dalım Kayma Açısı			
I. Düzlem	: 92	89	-177
II. Düzlem	: 2	87	-1
Kayma Vektörü : 92			
Sismik Moment (Mo) : Minimum $1,2 \times 10^{20}$ Newton-Metre			
Deprem Oluş Süresi : 15 saniye			
Yüzey Kiriği : Karada gözlenen maks. 140 km			
Maks. Yanal Atım : Yaklaşık 5 metre			
13 Eylül 1999			
Sapanca-Adapazarı Depremi			
Depremin Büyüklüğü : mb = 5,8; Ms = 5,8; Mw = 5,9			
Enlem-Boylam : 40,765 Kuzey - 30,072 Doğu			
Odak Derinliği (h) : 12 km			
Faylanma (Kırılma) Mekanizması (Derece olarak)			
Doğru Dalım Kayma Açısı			
I. Düzlem	: 260	27	162
II. Düzlem	: 6	82	64
Kayma Vektörü : 96			
Sismik Moment (Mo) : Minimum $4,2 \times 10^{17}$ Newton-Metre			
Deprem Oluş Süresi : 7 saniye			
11 Kasım 1999			
Sapanca-Adapazarı Depremi			
Depremin Büyüklüğü : mb = 5,5; Ms = 5,6; Mw = 5,7			
Enlem-Boylam : 40,804 Kuzey - 30,260 Doğu			
Odak Derinliği (h) : 7 km			
Faylanma (Kırılma) Mekanizması (Derece olarak)			
Doğru Dalım Kayma Açısı			
I. Düzlem	: 294	40	174
II. Düzlem	: 2886	50	
Sismik Moment (Mo) : Minimum $3,5 \times 10^{17}$ Newton-Metre			
12 Kasım 1999			
Düzce Depremi			
Depremin Büyüklüğü : mb = 6,5; Ms = 7,3; Mw = 7,1			
Enlem-Boylam : 40,768 Kuzey - 31,148 Doğu			
Odak Derinliği (h) : 14 km			
Faylanma (Kırılma) Mekanizması (Derece olarak)			
Doğru Dalım Kayma Açısı			
I. Düzlem	: 276	59	-167
II. Düzlem	: 179	79	-32
Sismik Moment (Mo) : Minimum $4,5 \times 10^{19}$ Newton-Metre			
Yüzey Kiriği : Karada gözlenen maks. 45 -- 50 km			
Maksimum Yanal Atım: 4,20 m			
(Düzce Fayı doğu ucunda)			
5,40 m			
(Düzce güneyi, Aydınpınar doğusu)			
Batı ucunda sağ-yönlü yan al atım miktarı : 3 m			
Batı ucunda eğim-yönlü düşey atım : 2,5 m			
Doğu Ucunda sağ-yönlü yan al atım miktarı : 4,2 m			

Ulusal Standart Deprem İstasyonları Ağı, Erken Uyarı Sistemi ve Deprem Bilgi Bankası

Tuncay Taymaz

Doç. Dr., İTÜ-Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Sismoloji Anabilim Dalı

Türkiye, Doğu Akdeniz bölgesinde sismik etkinliğin yoğun olarak yaşandığı Alp-Himalaya dağ kuşağının oluşturduğu ve yerbilimleri açısından çok ilginç bir bölgede yer alır. Ülkemizdeki Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve Doğu Anadolu Fayı gibi büyük ölçekli etkin faylar vardır. Anadolu ve Avrasya levhaları arasında gözlenen levha hareketlerinin büyük bir bölümü, KAF boyunca batıya doğru iletilir. Bu yüzden ülkemizin büyük bir bölümü depremlerle iç içe yaşamak zorundadır.

Deprem, ancak ve ancak sismoloji ve neotektonik konularında uluslararası düzeyde söz sahibi uzmanlıkların tescil edilmiş bilimcilerimizle hükümetimizin ciddi bir diyaloguyla tartışıp incelenmesi gereken yaşamsal bir sorundur. Depremlerle bu denli iç içe yaşıyor olmamıza karşın ne yazık ki ülkemizde Ulusal Standart Deprem İstasyonları Ağı yoktur! Öte yandan deprem sismolojisi ve mühendislik sismolojisi konularında ulusal bir stratejiye acil gereksinim vardır. Bunun yanında ülkemizde hiçbir hükümet döneminde jeofizik mühendisliğine ve sismoloji araştırmalarına gereken özen gösterilmemiştir. Bir başka deyişle, Türkiye'nin gerekli donanım ve kuramsal bilgi açısından hâlâ dışa bağımlı olması akıllara sığmayacak bir sorumsuzluk örneğidir.

Modern anlamda Ulusal Standart Deprem İstasyonları Ağı ve Araştırma Merkezleri ülke çapında bir an önce kurulmalıdır. Geniş-bantlı sismometreler ve üç-bileşenli sayısal kayıt yapabilecek düzenekler seçilmelidir. Gerçek zamanda, sürekli kayıt yapabilecek ivme-ölçer sistemleri kurulmalıdır. Ayrıca taşınabilir sismograf ağlarından ve GPS teknolojilerinden yararlanılmalıdır. Özellikle büyük kentlerimizi tehdit eden faylar boyunca depremleri önceden haber verebilecek düzeyde standart sismograf (erken uyarı)

sistemleri öncelikli olarak kurulmalıdır. Ulusal Deprem Gözlem İstasyonları Ağı kurmak çok zor değildir. Burada asıl sorun, hükümetlerin ilgisini çekmektir. Bugün 1992 Erzincan, 1995 Dinar, 1998 Ceyhan ve 1999 Gölcük-Düzce depremlerindeki parasal kaybın belki de % 0,1'ne çok iyi bir Ulusal Standart Deprem Ağı kurulabilir. Bir başka yaklaşımla, Türkiye her deprem sonrasında onlarca trilyonluk hasara göğüs gerebilecek kadar zengin değildir.

Ülkemizde acil gereksinim duyulan bir başka şey de sağlıklı bir Deprem Bilgi Bankası'dır. Çin, Japonya ve Amerika gibi ülkelerdeki bilgi bankaları binlerce yıl geriye giden verilere sahiptir. Depremler (özellikle yıkıcı depremler) bölgenin tektonik yapısının incelenmesi ve jeolojik evriminin ayrıntılı biçimde anlaşılmasında çok değerli veriler sunarlar. Özellikle yıkıcı depremlerin oluşum mekanizmaları, artçı depremlerin dağılımı, faylanma hareketlerinin yeryüzünde oluşturduğu kırık zonlarının haritalanması, dökümünün yapılması ve türlerinin belirlenmesi, bölgenin depremselliğinin anlaşılmasında ve ileriye dönük yatırımların tasarlanmasında çok önemli bilgiler içerir.

Özetle söylesek; öncelikle ülke çapında yüzlerce istasyon kurulmalı; jeolojik ve sismolojik etkinlik açısından sağlam zeminler üzerine kurulacak kalıcı/sürekliliği yapan sismograf ve ivme-ölçer gözlem istasyonlarının yer alacağı ulusal standart bir ağı oluşturulmalıdır.

Her deprem sonrasında araştırma ve eğitime yönelik arazi çalışmaları yapılmalıdır. Bu çalışmalar, gezici sismograflar ve ivme-ölçerler aracılığıyla (artçı depremlerin dağılımının ve bölgesel salınım yoğunluğunun incelenmesi açısından) titizlikle yönlendirilmelidir. Araştırma merkezlerinin yakınında birer referans istasyon kullanıma açılmalı ve istasyon operatörlerinin eğitimi sağlanmalıdır. Kabuk deformasyonlarını ölçmeye yönelik sürekli GPS ağları kurulmalı ve SAR (Synthetic Aperture Radar) gözlemleri sü-

batı kesiminde oluşan bu depremde, 80 km uzunluğunda sağ-yönlü bir kırık zonu oluşmuştur. Kırık zonunda 190 cm sağ-yönlü yanal (doğrultu) ve 130 cm düşey (açılma) hareketler gözlenmiştir. 86 kişi ölmüş, 332 kişi yaralanmış ve 5000'den fazla konut hasar görmüştür. Uzak alan cisim dalga şekilleri kullanılarak elde edilen depremin oluşum mekanizması, odak derinliği ($h=12$ km) ve sismik moment değeri $M_0=7,5 \times 10^{19}$ Newton-metre arazi gözlemleriyle uyumludur (Şekil 1).

1999 Gölcük-Sapanca-Düzce depremlerinin sismolojik parametreleriyle şöyledir (Tablo 2). KAF'nın Mudurnu Vadisi ve Düzce Fayı dolayındaki davranışı çok karmaşık bir yapıya sahiptir. Buna karşın şekillerden de kolayca görülebileceği gibi, depremlerin kaynak (faylanma/kırılma) mekanizması çö-

zümleri de o denli basit ve bölgenin jeolojisi, jeomorfolojisi ve kırık sistemleriyle uyumluluk içindedir. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA), İTÜ ve ODTÜ-Jeoloji bölümleri tektonik araştırma gruplarının, arazide deprem sonrasında oluşan ve haritalanan kırıkların dağılımına ilişkin eldeki önbilgilere göre, modern sismolojik yöntemlerle bulunan sismolojik parametrelerle (kırılma mekanizması, sismik moment ve enerji gibi) uyumluluk içindedir. Bu verilerin ışığında, ön değerlendirmeler ve sismolojik modelleme sonuçları önümüzdeki günlerde daha sağlıklı bilgiler ve sonuçlar üretecektir.

Deprem olayına farklı bir açıdan bakacak olursak, depremin büyüklüğü ve yeri deprem hasarları açısından en önemli etkenlerin başında gelir. Beklenen (olası) depremin büyüklüğünün

en az bugüne değin oluşmuş en büyük deprem kadar olacağı kabul edilirse, deprem felaketinin boyutları çok daha büyük bir önem kazanacaktır. Toplum olarak kendimizi deprem gerçeğine hazırlamalı ve geleceğimizi sağlıklı bir biçimde yeniden kurmalıyız.

Özetle, ulusal standart deprem istasyonları ağından, zemin etüdlerine, neo-tektonik araştırmalara ve konut tipi seçimlerine kadar bir dizi araştırma-yı yeniden başlatmalıyız. Önce, sağlıklı bir veri-bankası oluşturarak, deprem olayına hazırlanmalıyız...

Tuncay Taymaz

Doç. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Sismoloji Anabilim Dalı Başkanı
Http://www.geop.itu.edu.tr/~ttaymaz

Kaynaklar

Taymaz, T. "Earthquake Source Parameters in the Eastern Mediterranean Region", PhD Thesis, 244pp, Darwin College-University of Cambridge, England-U.K., 1990.

Taymaz, T. ve diğ. "Active tectonics of the north and central Aegean Sea", *Geophysical Journal International*-Oxford, 106, 433-490, 1991.

rekli yapılmalıdır. Yeraltı su seviyesi, radon gazı, yerkabuğundaki eğim ve yamulma değişimleri ve yerkürenin manyetik ve jeoelektrik alanlarındaki değişimler sürekli gözlenmelidir.

Son yıllardaki depremlerde ortaya çıkan gerçeğe göre ülkemiz depreme her zaman hazırlıksız yakalanıyor. Bugün deprem bilimiyle uğraşanlar afet yorumlayıcısı durumundan çıkıp afet önleyici çabalar içine girmektedirler. Bu kapsamda, deprem zararlarının azaltılması ve depremin önceden kestirilmesine yönelik araştırmalara ışık tutacak bilimsel projelerin desteklenmesi gerekir. Bir başka deyişle zemin etüdülerinden, depremleri önceden kestirmeye, yerleşim bölgesi ve konut tipi seçimine kadar her türlü ciddi araştırma desteklenmelidir. Özellikle büyük kentlerimizi tehdit eden faylar boyunca depremleri önceden haber verebilecek düzeyde standart sismograf sistemleri öncelikli olarak kurulmalıdır.

Kısa dönemli önlemler olarak; öncelikle depremde ilkyardım hizmetlerini denetleyebilecek, insani yardımlarla birlikte bilimsel çalışmaların yönlendirilmesinde yardımcı olabilecek ve sorumluluğu taşıyabilecek bir kurumun oluşturulması için bir tasarım hazırlanmalıdır. Bunun yanında sismoloji konusunda uzman kadroların bulunacağı araştırma birimlerinin (başta üniversiteler) kurulması sağlanmalıdır. Bu araştırma merkezlerinde, modern bir donanım bulunmalı ve bu donanım gelişen teknolojiyle birlikte yenilenmelidir. Ayrıca jeolojik ve sismolojik etkinlik açısından sağlam zeminler üzerine kurulacak kalıcı/sürekli kayıt yapan sismograf ve ivme-ölçer gözlem yerlerinden oluşan standart deprem gözlem ağı kurulmalıdır. Her deprem sonrasında araştırma ve/veya eğitime yönelik arazi çalışmaları yapılmalı ve bu çalışmalar, titizlikle yönlendirilmelidir. Özellikle, hastaneler, köprüler, barajlar, tüneller vb. dayanıklılık açısından daha titizlikle göz önünde bulundurulmalı ve bunların sağlamlığından kuşku duyulmamalıdır. İnşaat şartnamelerinde, büyük tasarımlı yapılar ve küçük yapılar için en az iki ayrı yönetmelik çerçevesinde binaların deprem tasarımlarını içeren şartnameler hazırlanmalıdır.

Uzun dönemli önlemler olarak da öncelikle alınan önlemler, önceki depremlerden elde edilen bilgi ve deneyimler ışığında değerlendirilmelidir. Ayrıca inşaat sektöründe çalışanların (mühendis, mimar, işçi v.b.) eğitimi sağlanmalıdır. Sismologlar ve deprem mühendisleri yetiştirilmelidir. Bunun yanında ilköğretimden başlayarak öğrenciler deprem hakkında eğitilmeli ve böylece halka deprem duyarlılığı kazandırılmalıdır. Ayrıca TV'de izlenebilecek düzeyde sismoloji ve sismologların sorunlarını ele alan bilimsel programların yapımı sağlanmalıdır (Avrupa ve Amerika'da hazırlanan benzer programların en azından 4 milyonluk bir izleyici kitlesi çektiği rapor edilmektedir).

Mühendislik sismolojisi ve bölgelendirme konularında da benzer önlemler alınmalıdır. Gerçek zamanda sürekli kayıt yapabilecek ivme-ölçerler kurulmalı ve işletilmelidir. Tektonik bölgeler, yer hareketlerinin büyüklüğüne göre zonlara ayrılmalı ve bu tür çalışmalar için jeoloji ve taşınabilir sismograf ağlarından yararlanma yoluna gidilmelidir. Bunların yanı sıra hükümetlerin inşaat şartnamelerine uyması sağlanmalıdır. Gerekliyse politik ortamdan bağımsız bir organizasyon kurularak şartnamelere uyumluluğu kontrol edebilen bir mekanizma oluşturulmalıdır. Benzer sorunların yaşandığı ülkelerin bilim adamlarıyla işbirliğine gidilmeli ve onların önerileri göz önünde bulundurulmalıdır.

Son yıllardaki teknolojideki hızlı gelişmeler, deprembilimcileri deprem zararlarının azaltılmasına yönelik yeni araştırmalara yöneltmiştir. Gerçek zamanda yapılan sismolojik gözlemlerin anında (gözlem süresince) toplanması ve uygulamaya yönelik yorumların süreç içerisinde değerlendirilmesi hızla önem kazanmaktadır. Deprem erken uyarı sistemleri olarak adlandırabileceğimiz bu yeni Gerçek Zaman Bilgi İşlem Sistemleri'nin uygulanması daha deprem anındaki enerji boşalımı sürerken, sismolojik parametrelerin anında saptanması ve erken uyarı dahil bir dizi bilginin toplanarak ilgili kurumların hızlı, güvenli ve doğru olarak aktarılmasıdır. Böyle bir sistemi oluşturmak için aşağıdaki mümkün donanımın kurulması gerekir.

- Standart üç-bileşenli sayısal algılayıcı (sismometre) ve kayıtcı (sismograf) sistemleri.

- Toplanan verilerin gerçek zamanda iletimini sağlayacak Veri İletim Sistemi.

- Toplanan verilerin anında bilgiye çevrileceği her türlü donanım ve yazılıma sahip ve uyarı mesajları yayımlayabilecek Bilgi İşlem Kontrol Merkezi.

- Üretilen bilgilerin ilgili kurumlara iletimini sağlayacak alıcı birimle.

Bu tür sistemler Amerika, Japonya ve Meksika gibi çok sık depremlerden etkilenen ülkelerde kullanılıyor. Örneğin, Japonya'da Kobe depreminden sonra böyle bir sistem içerisinde yer alan deprem istasyonu sayısı 1000'den fazladır. Teknolojideki hızlı gelişmeye koşut olarak gelişen deprem sismolojisi, depremi tanımlayan önemli parametrelerden; depremin merkez üssü ve büyüklüğünün yanı sıra, maksimum yer ivmesi, hızı, yer değiştirme gibi aletsel gözlemlerden derlenen deprem haritalarının çok kısa sürede hazırlanarak bilgi akışını sağlayan Bilgi İşlem Kontrol Merkezi'ne iletimini kolaylaştırmıştır.

Sarsıntı haritaları, deprem hasar dağılımı ve etki alanı genişliğinin belirlenmesinin yanı sıra, ilk yardım için öncelikli alanlar hakkında yetkililere önemli bilgiler sunacaktır.

Deprem Erken Uyarı Sistemleri'yle genellikle deprem anında oluşan sismik dalgaların (P ve S) özelliklerinden (yayınım hızları, genlik farklılıkları gibi) yararlanarak, deprem anında boşalan enerjinin algılanmasıyla birlikte büyük bir yerleşim birimini 25-30 saniye önceden uyararak olasıdır.

Depremlerle iç içe yaşayan bir toplum olarak, deprem zararlarının azaltılmasına yönelik böyle bir deprem erken uyarı sistemine gereksinim olduğu açıktır. Ancak, Ulusal Standart Deprem İstasyonları Ağı ve Erken Uyarı Sistemleri yalnızca erken uyarı amacıyla hizmet etmeyecektir. Bunların yanı sıra araştırma bölgesinin depremselliğinin de daha ayrıntılı izlenmesine yönelik bulgular, sınıflandırılarak araştırmacıların kullanımına sunulup, eğitim, öğretim ve araştırmaya yönelik Deprem Bilgi Bankası'nın gelişimine de katkıda bulunacaktır.