

İstanbul ve Deprem



Asya ile Avrupa'yı birleştiren ve tarih boyunca dünyanın en büyük kentlerinden biri olan İstanbul, depremlerden büyük zarar gördü. On milyonu aşan nüfusu (Türkiye nüfusunun yaklaşık 1/6'sı), sahip olduğu paha biçilmez tarihi ve kültürel değerleri, Türkiye'nin sanayi etkinliğinin % 60'ını barındırması nedeniyle İstanbul için deprem tehlikesi bugün her zamankinden daha çok önem taşıyor.

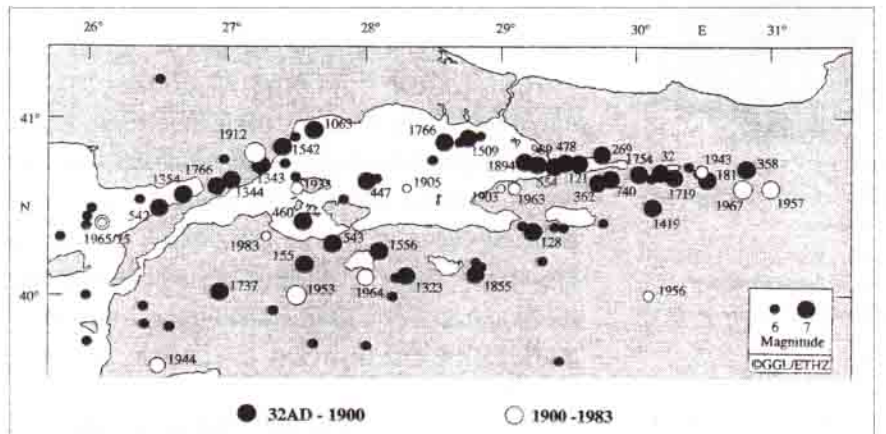
Tarihsel deprem kayıtlarına göre İstanbul'u en çok etkilemiş olan deprem 1509 yılında olmuştur (Şekil 1). Bu depremde yaklaşık 5 bin kişi ölmüş, 10 bine yakın insan yaralanmıştır. O tarihlerde İstanbul'un nüfusunun 160 bin dolayında olduğu düşünülürse, depremin çok şiddetli olduğunu tahmin etmek güç olmaz. Dahası, bu deprem, yol açtığı büyük can ve mal kayıplarından ötürü 'küçük kıyamet' olarak adlandırılmış. Daha sonraki yıllarda, Marmara Denizi ve çevresinde çok sayıda deprem olmuş. Bunlardan bazıları İstanbul'da hissedilmiş ve kent zarara uğramış. İstanbul'u önemli oranda etkileyen ve büyük zarar veren en son deprem 1894 yılında Marmara Denizi'nin doğusunda İzmit Körfezi girişinde meydana gelmiş (Şekil 1). Kayıtlara göre yalnız İstanbul'da 276 kişinin ölümüne ve 321 kişinin de yaralanmasına yol açan bu deprem sırasında yükseklikleri 1,5 m'ye varan dalgalar İstanbul kıyılarına vurmuş. Bu örnekler ve tarihi kayıtlar gösteriyor ki, İstanbul geçmişte depremlerin yıkıcı etkisi altında kalmış ve gelecekte de kalabilecektir.

Bütün dünyada artan ekonomik değerler, deprem zararlarının ekonomik boyutunu da artırdı. Örneğin, 1994 yılında ABD'nin California eyaletinde meydana gelen Northridge depreminin sonucunda ortaya çıkan

ekonomik kayıp yaklaşık 50 milyar dolarken, bu rakam 1995 Kobe, Japonya depreminde 200 milyar dolara ulaşmıştır. Güncel ekonomik kayıplar açısından bakıldığında İstanbul'da büyük bir depremle meydana gelebilecek hasarın ekonomik boyutunun depremin uzaklığına göre yüzlerce milyar dolara çıkabileceğini düşünmek gerekir.

Son zamanlarda Marmara Denizi ve çevresinde yapılan jeolojik ve jeofiziksel incelemeler, Kuzey Anadolu fayının Marmara Denizi'nin içinde ve çevresinde uzanan kollarını oluşturan fay parçalarının (fay, yeryüzünden derinlere doğru 10-15 km inebilen kırık demektir) büyük depremler üretebileceğini gösterdi (Şekil 2). Bu araştırmalar, İstanbul'luların depremlerle iç içe yaşamak zorunda oldukları gerçeğini

ortaya koydu. Bu bağlamda herkesin aklına şu soru gelebilir: İstanbul'u büyük ölçüde etkileyebilecek olası bir deprem nerede ve ne zaman olabilir? Burada belirtilmelidir ki, depremleri araştıran bilim dalları (sismoloji, jeoloji, jeodezi, fizik, v.b.) bir depremin ne zaman olacağı konusunda henüz kesin bir başarıya ulaşamamıştır. Günümüze değin yapılan araştırmalar, depremin sanıldığından daha karmaşık bir olay olduğunu gösterdi. Buna göre, bir depremi önceden bildirmek ya da kestirim yapmak oldukça uzun zaman alır. Birçok araştırmacı, kaynak ve emeğin, depremin önceden kestirimi araştırmaları yerine depremi anlama araştırmalarına aktarılmasının daha faydalı olacağı konusunda birleşiyorlar. Bu araştırmalar sonucunda deprem olayı daha iyi



Şekil 1: İstanbul ve çevresinde tarih boyunca (son 2000 yılda) olmuş depremler. 1900 yılından sonraki depremler içi baş daireler biçiminde gösterilmiştir.



Şekil 2: Marmara Denizi ve çevresindeki Kuzey Anadolu fayının kolları olan fayların (siyah çizgiler) ve 1900 ile 1996 yılları arasında olmuş büyüklükleri 4 ve daha büyük depremlerin dağılımı gösteriliyor. Yıkıcı depremler, tarihleri ile birlikte gri renkli daireler olarak işaretlenmiştir.

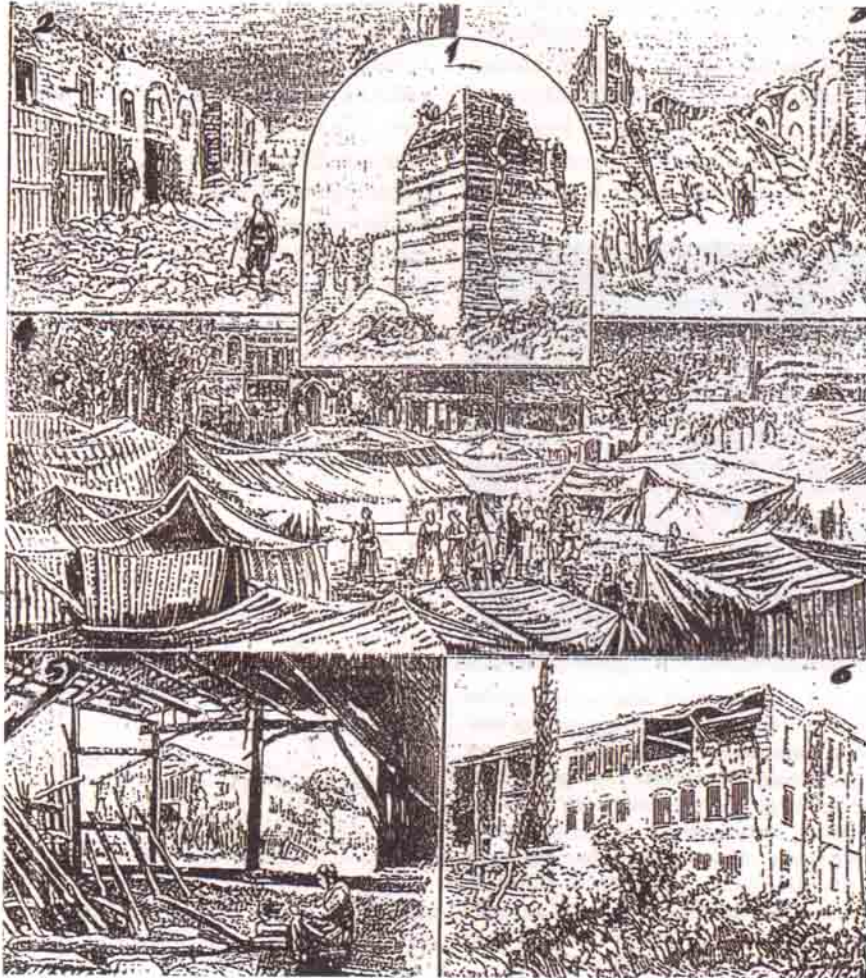
anlaşılabilir, ayrıca kısa süreli (birkaç saatten birkaç aya kadar) kestirimin mümkün olup olmayacağı belirlenebilir. Ancak bugünkü bilgilerimiz ışığında depremin kısa süreli kestirimi neredeyse olanaksız gözüküyor.

Bir depremin hangi tarihte olacağı önceden (kısa vadeli) belirlenemese de, son yıllarda, depremin nerede ve

hangi büyüklükte olabileceği konusunda önemli gelişmeler kaydedildi. Depremler ve bunların oluşumuna yol açan fay hareketlerini, ayrıca diğer jeolojik olayları sismotektonik adlı bilim dalı inceler. Bu konuda son yıllarda yapılan araştırmalar bize hangi fayların diri, yani deprem üretebilen faylar olduklarını ve bu fayların hangi büyüklüklerde

depremler üretebileceklerini bildiriyor. Özellikle de, deprem kaynak sürecinin anlaşılmasında gerilme, birikim ve boşalım modellerinin en iyi yaklaşım olduğu vurgulanıyor. Geçmişte oluşan depremlerin istatistiksel analizinden ise belirli hata oranlarıyla depremlerin tekrarlanma periyotları ve olası deprem tehlikesi (belirli bir zaman içinde belirli büyüklükte bir depremin oluşması olasılığı) hesaplanabiliyor.

Depremlerle ilgilenen bilim adamlarının uzun yıllardır yanıtlamaya çalıştıkları en önemli sorulardan biri şudur: Bir deprem, yakın çevresinde kendisinden sonra oluşabilecek depremleri nasıl etkiler? Bu konuda yapılan en yeni araştırmalar da şunu gösteriyor: Bir depremi oluşturan fay, üzerindeki ve çevresindeki faylar üzerindeki gerilmeyi değiştirebiliyor ve bazı faylar üzerinde gerilmeyi artırarak yeni bir depreme yol açabiliyor. Bilim adamları, faylar üzerinde etkili olan gerilme dağılımını model çalışmalarlarıyla hesaplayabiliyorlar. Bu yöntem ilk kez California'da 1992'de meydana gelen Lander (büyüklüğü $M=7.5$) depremine uygulandı. Bu depremden yaklaşık 3,5 saat sonra 40 km güneybatıda meydana gelen Bigbear depreminin ($M=6.5$) kaynak alanında 3 bar dolayında bir ge-



Yine 1509 depreminin yaptığı hasar ile ilgili gravür: 1. İstanbul'da kent surlarından bir görünüm; 2. İstanbul'da bir sokak; 3. Marmara Denizi adalarından birinde rahip okulu kütüphanesi; 4. Beyoğlu'nda Dervişler Bahçesi'nde bir çadırli ordugâh; 5. Adapazarı'nda yıkık bir ev; 6. Heybeliada'daki rahip okulu yıkıntısı

Istanbul ve çevresinde oluşan, gerilme alanları hesaplanan büyük depremler:

No	Tarih	Enlem (°)	Boylam (°)	Büyüklik (M)	Yer
1	25/05/1719	40.7	30.3	7.0	Izmit Körfezi
2	10/06/1737	40.0	26.9	7.0	Biga
3	02/09/1754	40.7	30.0	7.0	Izmit Körfezi
4	22/05/1766 a	40.9	28.6	7.0	K. Marmara Denizi
5	05/08/1766 b	40.6	26.9	7.0	Şarköy
6	23/08/1855 a	40.2	29.0	7.0	Ulubat Gölü
7	28/02/1855 b	40.1	28.8	6.0	Bursa
8/03/1878	41.0	29.0	6.4(7)	Izmit-Sapanca
9	10/07/1894	40.8	29.2	7.0	Istanbul
10	09/08/1912	40.8	27.2	7.4	Mürefte-Şarköy
11	04/01/1935	40.6	27.5	6.4	Marmara Adası
12	20/06/1943	40.7	30.5	6.4	Hendek-Adapazarı
13	06/10/1944	39.6	26.5	6.8	Bolu
14	26/05/1957	40.6	31.0	7.0	Abant
15	18/09/1963	40.6	29.1	6.4	Çınarcık-Yalova
16	06/10/1964	40.1	28.0	6.9	Mariyas
17	22/07/1967	40.6	30.8	7.1	Mudurnu
18	27/03/1975	40.4	26.1	6.6	Saroz Körfezi

rilme artımı olduğu ve bu gerilme artımı ile Bigbear depreminin tetiklendiği ortaya kondu. Daha sonraları bu yöntem deprembilimcilerin büyük ilgisini çekmiş ve değişik bölgelerde meydana gelen depremlerin birbirlerini nasıl etkilediklerinin araştırılmasında kullanılmış. Bu çalışmaların sonunda deprem tehlikesi yüksek bölgeler çok daha ayrıntılı olarak belirlenebildi.

Yukarıda açıklanan yöntemle, 1700 yılından beri Marmara Denizi ve çevresinde meydana gelmiş yıkıcı ($M \geq 6.4$) depremler modellendi. Daha sonra da bunların bölgedeki faylar üzerinde yol açtıkları gerilme değişimleri hesaplanarak, İstanbul ve çevresindeki gerilme değişimi haritalandı (Şekil 3). Bu haritada gerilme artışı görülen alan-

larla diri fay haritası karşılaştırıldı. Bunun sonucunda gelecekte İstanbul'u etkileyebilecek olası bir depremin yeri, ayrıca da hareket edebilecek fayın uzunluğu ve geometrisinden yararlanarak hangi büyüklükte bir deprem olabileceği hesaplandı. Tabloda, modellenen depremler ve büyüklükleri verilmiştir.

Şekil 3'te 1700'lü yıllardan günümüze değin meydana gelen büyük depremlerin oluşturduğu gerilme alanı görülüyor. Şekilde, kırılan fay parçaları beyaz renkte gösterilirken gerilmenin arttığı alanlar kırmızı, azaldığı alanlar ise eflatun renkte görülüyor. Marmara Denizi ortasında yer alan ve kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanan sırt üzerinde yer alan olası iki fay boyunca ge-

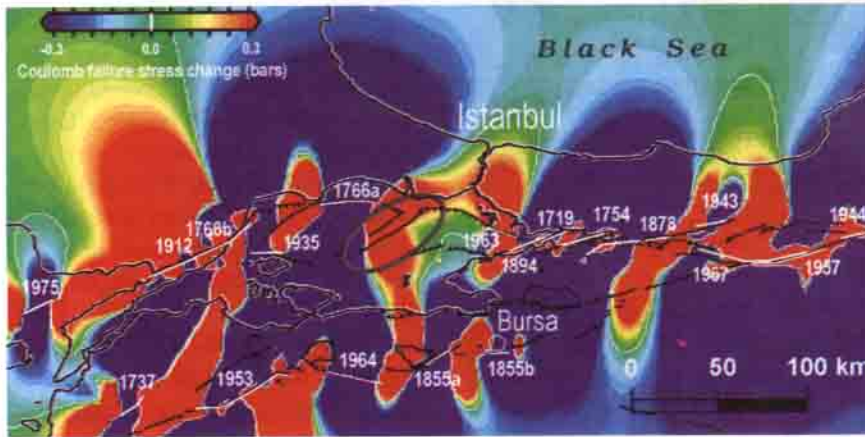
rilme artışı gözleniyor (gri elips içinde işaretlenmişlerdir). İstanbul'a oldukça yakın olan ve hareket ettikleri takdirde birbirlerini tetikleyebilecek yakınlıkta bulunan bu iki fayın gelecekte olası yıkıcı bir deprem üretmesi birçok araştırmacı tarafından hiç de uzak olmayan bir olasılık olarak görülüyor. Yaklaşık 50 km uzunluğa varan bu faylar üzerinde meydana gelebilecek $M > 7$ büyüklüğünde bir depremin İstanbul'da büyük hasar ve can kaybına yol açacağı açıktır. İstanbul ve çevresinde 1900 yılı öncesi ve daha eski devirlerde oluşan depremleri ele alan istatistiksel çalışmalar, İstanbul ve yakın çevresinde 100 yıllık bir dönem içerisinde 6,8 büyüklüğünde bir depremin meydana gelme olasılığının % 49 olduğunu gösteriyor.

Depremler, önlenemeyen ancak zararlarını azaltabileceğimiz doğal afetlerdir. Şimdiye değin yapılan çalışmalar İstanbul ve çevresinde deprem olma olasılığının oldukça büyük olduğunu ve bu tehlikeye karşı hazırlıklı olunması gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle, oluşabilecek depremi ya da depremleri daha iyi anlama ve zararlarını azaltmaya yönelik araştırmalara kesinlikle daha fazla emek ve kaynak ayrılmalıdır. Buna göre, İstanbul'un yerleşim alanlarındaki zeminin deprem dalgasının geçişi sırasında nasıl davranacağını incelenerek, yerleşime uygunluğu sınıflandıran mikro-bölgeleendirme çalışmaları bir an önce yapılmalıdır. Belirlenen zemin özelliklerine göre yeni binaların yapımında deprem yönetmelik ve esaslarına titizlikle uyulmalıdır. Mevcut hastane, okul, iş merkezi, köprü, viyadük v.b. yapıların depreme karşı dayanıklılıkları artırılmalıdır. Ayrıca halk da deprem tehlikesi konusunda bilgilendirilmelidir. Depremin olması durumunda gerek yerel gerekse merkezi yönetimlerin nasıl hareket edebilecekleri planlı bir şekilde önceden koordine edilmelidir.

S.S. Nalbant*, A. Barka**, Ö. Alptekin*

*İTÜ, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Sismoloji Anabilim dalı
**İTÜ, Jeoloji Müh. Bölümü, Genel Jeoloji Anabilim dalı

- Kaynaklar:
Ambraseys, N.N. ve Finkel, C.F., *Terra Nova* 1, 527-39, 1991
Geller, R.J.; Jackson, D.D.; Kagan, Y.Y. ve Mulargia, F., *Science* 275, 1616-17, 1997
King, G.C.P.; Stein, R.S. ve Lin, J., *Bull. Seism. Soc. Am.* 84, 935-53, 1994
Main, I., *Nature* 385, 19-20, 1997
Nalbant, S.S.; Barka, A. ve Alptekin, Ö., *Geophys. Res. Lett.* 23, 1561-64, 1996
Nalbant, S.S.; Hubert, A. ve King, G.C.P., *J. Geophys. Res.*, 1997
Öncel, A.O. ve Alptekin, Ö., *TUİB Bildiri Kitabı* 3, 981-89, 1995
Reasenbergh, P.A. ve Simpson, R.W., *Science* 255, 1687-90, 1992
Stein, R.S.; King, G.C.P. ve Lin, J., *Science* 258, 1329-32, 1992
Stein, R.S.; Barka, A.A. ve Dieterich, J.H., *Geophys. J. Int.* 128, 594-604, 1997
Strub, C., Doktor Tezi, ETHZ, Zürich, 1996
Sykes, L.R., *Proc. Natl. Acad. Sci.* 93, 3732-39, 1995



Şekil 3: 1700'den günümüze değin büyüklükleri $M \geq 6.4$ olan depremlerin yol açtığı gerilme alanları değişimi (bar olarak; 1 bar = cm^2 ye düşen 1 atmosferik basınçtır). Kırmızı alanlar gerilmenin arttığı alanları, eflatun alanlar ise gerilmenin azaldığı alanları göstermektedir. Haritalanmış aktif faylar siyah, depremler sonucunda hareket etmiş faylar ise beyaz çizgilerle belirtilmiştir. Depremlerin oluş tarihleri fayın çevresinde gösterilmiştir. Marmara Denizi ortasında yer alan iki fay üzerinde daha önceki depremler nedeniyle gerilme artışı olmuştur (gri elips içinde gösterilmiştir). Hesaplamalarda, kırılan kabuğun altındaki sünek (plastik) kısmın hareketi sonucunda faylar boyunca oluşan seküler gerilme değişimleri dikkate alınmamıştır. 1509 depreminin bu fayların birisi üzerinde meydana geldiği tahmin ediliyor. Bu doğruysa, ayrıca yaklaşık 500 yıl boyunca bu faylar üzerinde yılda ortalama en az 10 mm'lik sağ-yanal göreceli hareketle biriken gerilme artımı da dikkate alınır, bu fayların hareket etmesi ve yakın gelecekte büyüklüğü $M > 7$ olan bir depremin olma olasılığının oldukça yüksek olduğu ortaya çıkarıyor.

Acil mavi

**Denizin rengi deęişirken,
sizin de renginiz deęişiyorsa...**

...bize katılın!

**Denizlerimiz için çok geç olmadan
neler yapabileceğimizi konuşalım.**

Biz, denizin mavi rengini korumak için çalışıyoruz!



**ACIL
MAVİ**

0800 261 18 38
ücretsiz maviyi kurtarma hattı

DENİZTEMİZ/TURMEPE DERNEğİ

Nakkastepe Azizbey Sokak. No.1 81207 Kuzguncuk - İstanbul Tel: (216) 492 85 85-86 Faks: (216) 343 21 77