

Prof.Dr. İhsan Ketin tarafından 1948 yılında yazılan ve Geological Rundschau'da yayımlanan bir makalede, bilim dünyası ilk defa büyük ölçekte aktif doğrultu atımlı bir fayla tanışmıştır. Bu fay "Kuzey Anadolu Fayı" dır. Bu olay, dünyanın gelişmiş ülkelerinde yer alan San Andreas ve Alpin fayları gibi diğer önemli fayların tanınmasından kısa süre önce meydana gelmiştir. Prof.Ketin, 1939-1944 yıllarında bu fay üzerinde meydana gelen büyük depremlerin yüzey kırıklarının devamlılığını ve üzerlerindeki sağ-yanal ötelenmeleri gözönüne alarak Anadolu Bloğunun bu büyük sağ-yanal doğrultu atımlı fay boyunca batıya doğru hareket ettiğini, levha tektoniğinin keşfinden 20 yıl önce belirlemiştir.



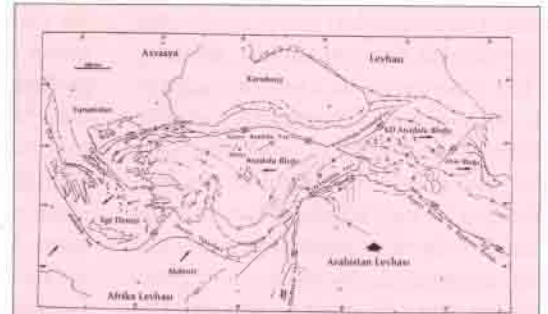
Fayın Erzurum ve Rize'de olduğu gibi Kuzey Anadolu Bloğuna göre hareketi

# Kuzey Anadolu Fayı

Aykut Barka  
İTÜ Jeoloji Bölümü

**K**UZZEY Anadolu fayı, dünyanın en önemli doğrultu atımlı faylarından biri olduğu gibi, aynı zamanda ülkemizin en aktif tektonik yapısıdır. Bu yüzyılda bu fay üzerinde meydana gelen depremlerde 60 bine yakın insan hayatını kaybetmiştir ve yaklaşık 400 000 yapı tamamen yıkılmış veya ağır hasar görmüştür. Bu fay, özellikle bu yüzyılda üzerinde meydana gelen olağan dışı deprem göçü ile dünyada deprem konusunda çalışan herkesin ilgisini çekmiştir. Fayın uzunluğu yaklaşık 1500 km'dir ve Bingöl'ün Karlıova kasabasından bütün kuzey Anadolu'yu, Marmara Denizi ve Kuzey Ege'yi geçerek Yunanistan'a kadar uzanmaktadır (şekil 1). Fayın belirgin morfolojik özellikleri arazide, hava fotoğraflarında ve uydu fotoğraflarında kolaylıkla tanınmaktadır. Bu fay batıya doğru hareket eden Anadolu bloğunun kuzey sınırını oluşturmaktadır.

Kuzey Anadolu fayı Karlıova ile Sapanca arasında tek bir çizgiden oluşurken Marmara Denizi ve çevresinde üç kola ayrılmaktadır. Bunların en önemlisi ve kuzeyde olan Marmara Denizi içindeki çukurlukları oluşturmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1: Kuzey Anadolu fayı ve Doğu Akdeniz tektoniği içindeki konumu. Bu bölgede Afrika ve Arabistan kuzeye Avrupa-Asya levhasına doğru hareket etmektedir ve Anadolu bu sıkışma nedeniyle batıya kaçmaktadır. Anadolu bloğunun kuzey sınırını Kuzey Anadolu fayı oluşturmaktadır.

1939 Erzincan depremi öncesinde Kuzey Anadolu fayı fazla bilinmemekteydi. Fay zonunun farkedilmesi yukarıda da belirtildiği gibi 1939-1944 yılları arasında sırayla doğudan batıya göç eden büyük deprem serisinin oluşturduğu yüzey kırıkları sayesinde olmuştur (Şekil 2). Bu büyük depremler 1939 Erzincan depremi, Magnitüdü=7.9 (M= 7.9), 1942 Erbaa-Niksar depremi, M=7.1, 1943 Tosya depremi, M=7.6, 1944 Bolu-Gerede depremi,





M=7.4, dir. Bu dört büyük depremi daha sonra 1957 Abant ve 1967 Mudurnu depremleri takip etmiştir. Bu depremler sonucunda yaklaşık 900 km uzunluğunda bir yüzey kırığı meydana gelmiştir ve bu kırık boyunca 7.5 metreye varan sağ-yanal yer değiştirmeler gözlenmiştir. Bu büyük depremlerin sırayla batıya göçü veya depremlerin bu düzenli hareketi birçok araştırmacının geçmişte ve de halen üzerinde çalıştığı konulardan biridir.

Fayın yaşı ve toplam atımı günümüzde hala tartışılmaktadır. Ama genel kanı,

fayın ana kırığının Pliyosen başlarında, yaklaşık 4-5 Milyon yıl önce oluştuğu doğrultusundadır. Toplam atımın doğuda 40-45 km, orta kesimlerde ise 20-25 km civarında olduğu genel olarak kabul edilmektedir. Atımın batıya doğru azalması Anadolu bloğunun rijid olmamasıyla yakından ilgilidir. Başka bir ifade ile, atımın bir kısmı Anadolu bloğunun iç deformasyonu tarafından yutulmaktadır. Fayın üzerindeki atım ve Anadolu'nun iç deformasyonu ile ilgili tartışmalar günümüzde halen devam etmektedir.

Fayın hareket hızı hakkında çok değişik görüşler ileri sürülmektedir. Bu farklı görüşler 3-4 cm/yıl ile 0.5 cm/yıl arasında değişmektedir. Genelde jeolojik ve jeomorfolojik veriler fayın hızının doğuda ~1cm/yıl ve orta kesimlerde 0.5-0.6 cm/yıl olduğunu göstermektedir. Ancak Jackson ve McKenzie (1984), sismik veriler ve Arabistan ve Afrika gibi büyük levhaların hızlarına göre fayın hızının 3 cm/yıl olduğunu ileri sürmüşlerdir. Benzer hız değerleri, Le Pichon (1994) tarafından NUVEL-1, SLR ve

## İhsan Ketin'den

1938 ile 1948 yılları arasındaki 10 yıllık süreçte Anadolu'da, özellikle Kuzey Anadolu bölgesinde vukua gelmiş olan afet şeklindeki büyük depremler sırasında, arazide meydana gelen yüzlerce km. uzunluktaki faylar, metrelerce genişlikteki yarıklar, yeni sıcak su kaynakları, büyük çapta heyelanlar ve kaya göçükleri, mahalinde incelenmiş ve bu incelemelerin sonunda, bunların ve depremlerin episantral alanlarının, doğuda Erzincan yakınından başlayarak, Karadeniz kıyısına hemen hemen paralel bir hat boyunca sıralanarak, batıda Abant Gölü'ne kadar uzanmış oldukları tespit edilmiştir.

Bu gözlemlerin ve verilerin, bölgenin genel jeolojik-tektonik yapısıyla doğrudan doğruya ilişkili-bağlantılı olması gerektiğini düşünerek, bu ilişkinin veya bağlantının niteliğini araştırmak ve onu tektonik-mekanik açıdan yorumlamak amacıyla, bir teorik çalışma ele alınmıştır.

1938-1948 döneminde Kuzey Anadolu bölgesinde vukua gelen şiddeti IX-XI (9-11), büyüklüğü (magnitüdü) 6.5-8 (M= 7-8) olan afet depremlerin başlıcaları:

\*27/28 Aralık 1939 Erzincan-Kelkit vadisi depremi (Şiddeti XI, M=7.9, fay uzunluğu ~300 km, fay atımı 3.75 m yanal, 1.5 m düşey.)

\*20 Aralık 1942 Erbaa-Niksar depremi (Şiddeti X, M=7.1, fay yarığı 50 km, yanal atım 1.70 m, düşey atım 0.50 m)

\*26 Kasım 1943 Lâdik-Kastamonu bölgesi (Yeşilirmak-Filyos çay-Bayramören arası) depremi (şiddeti X, M=7.6, fay uzunluğu 280 km, yanal atım 2,5 m, düşey atım 1m).

\*1 Şubat 1944 Bolu-Gerede depremi (Şiddeti X, M=7.4, fay uzunluğu 180 km yanal atımı 3,5 m, düşey atımı 1 m).

Depremlere eşlik eden bu büyük boyutlu fayların hepsinde yatay hareketler sağ-yanal atımlı, düşey hareketler ise, kuzey bloklar güneydekilere göre, aşağı doğrudur. Ayrıca, bu kırık hatları (fayların) eski orojenik sınırlarla ve tektonik yapı unsurlarıyla direkt bir bağlantıları da yoktur; bu deprem fayları, eski yapı sınırlarını ve kıvrım kuşaklarını belirli bir açı altında keserler.

Buraya kadar açıklanan jeolojik veriler ve gözlemler, Orta Anadolu bloğunun Kuzey Anadolu kuşağına nazaran, batıya doğru hareket etmekte olduğunu kanıtlamaktadır. Diğer bir deyimle, Kuzey Anadolu bölgesinde birbirini izle-

yen afet depremler ve onlara eşlik eden sağ-yanal atımlı büyük faylar, bölgede hüküm sürmekte olan genç tektonizmanın doğal-mekanik sonucudur.

Bu sonuç, 1948'de Almanya'da "Geologische Rundschau" dergisinde (Band 36) ve aynı yıl Türkiye'de T.J.K. Bülteninde (Cilt 2, Sayı 1) yayımlandı, dış ülkelerde ilgi ile karşılandı.

1948'de Erzincan ile Abant Gölü arasında yaklaşık 900 km boyundaki bir zon içinde sıralanmış olan bu fay dizisine topluca "Kuzey Anadolu Fayı" adı verilmişti. Bu fay, daha sonraki yıllarda meydana gelen yeni depremler ve yeni faylanmalarla, doğuda Karlıova'ya, batıda Sakarya nehrine ve Marmara Denizi üzerinden Saros Körfezi'ne kadar uzanan 1300 km uzunlukta, küresel boyutta bir fay zonu durumuna gelmiş, yerkürenin diğer bölgelerindeki benzerleri (Kalifornia'daki ünlü San Andreas, Şili'deki Atakama, Yeni Zelanda'daki Alpin, İran'daki Zagros ve Afganistan'daki Herat fayları) arasında yer almıştır. 1970'lerden sonraki yeni çalışmalarla fayın niteliği daha kesin olarak belirlenmiş, levha tektoniği açısından yorumlanmış ve Türkiye'de Neotektonik dönemin başlangıcı olarak da değerlendirilmiştir.



GPS verileri değerlendirilmesi sonucunda da ileri sürülmüştür. Ancak, bu yüksek hızlar fayın jeolojik, jeomorfolojik ve tarihsel deprem verileri ile uyusmamaktadır. Fayın toplam atımı ve yaşı yine bu düşük hızları destekler değerlerdedir. Son zamanlarda GPS verilerinden elde edilen  $24 \pm 9$  mm/yıl hız ise yalnız Kuzey Anadolu fayına ait olmayıp fayın da içinde yer aldığı yaklaşık 100-500 km'lik zonunun içindeki yer değiştirmeyi ifade etmektedir. Başka bir ifade ile Anadolu bloğunun iç deformasyonu ve pontidlerin hareketlerini de içermektedir. GPS ölçümlerinin artmasıyla bu tartışmaların daha açıklık kazanması beklenmektedir. Marmara Denizi çevresinde fayın hızının artması söz konusudur. Bu artmanın Batı Anadolu ve

Ege Denizi'nin GB-KD genişlemesi ile ilgili olduğu sanılmaktadır.

Kuzey Anadolu Fayının Marmara Denizi içindeki kuzey kolu özellikle İstanbul'u tehdit eden depremlerin kaynağını oluşturmaktadır. Fayın bu kolu, iki ayrı türde faydan oluşmaktadır. Bunlardan biri doğrultu atımlı diğeri ise eğim atımlı normal faylardır (Şekil 3).

Bu karmaşık yapı içinde her fay türü büyük depremlerle hareket edebiliyorsa da özellikle normal faylar üzerinde çukurluklarda devamlı küçük deprem aktivitesi,  $M < 5$ , gözlenmektedir (Şekil 4).

Yapılan güncel araştırmalara göre, tarihsel dönemde İstanbul'da hasar meydana getiren depremlerin hemen hepsinin Kuzey Anadolu fayının bu kolu üzerinde meydana gelmiş olduğu an-

laşılmaktadır (Şekil 5). Bu depremlerin zamanımıza en yakın olanları 1509 depremi, aynı zamanda küçük kıyamet olarak bilinmektedir, 1719, 1754 depremleri (Izmit civarı fakat İstanbul'da etkilemiştir) 1766 depremi ve 1894 depremidir. 1912 Mürefte-Şarköy depremi de yine aynı kol üzerinde meydana gelmiş olup bu yüzyılda Avrupa'da oluşan en büyük deprem olarak bilinmektedir. Güncel olarak İstanbul'da beklenen depremin yine bu kol üzerinde meydana geleceği sanılmaktadır. Bu nedenle, deniz içinde yer alan ve derin çukurlukları oluşturan fayın bu koluna ait segmentlerin daha iyi anlaşılması için bir dizi yeni araştırmaların başlatılması planlanmaktadır.

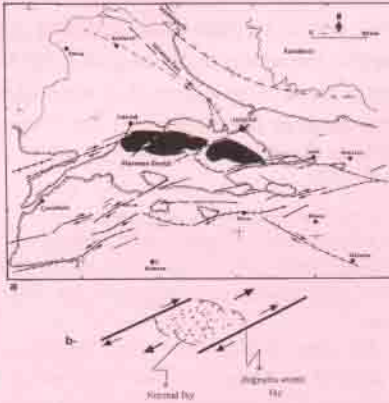
Bilim adamları arasındaki diğer bir tartışma da fayın devamlılığı konusudur. Bir kısım bilim adamı, fayın Mudurnu vadisinde bittiğini ve Marmara Denizi ve çevresindeki kollarnın bu fayın dışında ayrı değerlendirilmesi gerektiğini savunmaktadır. Diğer kısmı ise fayın Marmara Denizi içinde tek kolla geçtiğini, diğer kollarn devamsız olduğunu ve bu nedenle Anadolu bloğunun iç deformasyonuna ait olabileceğini ileri sürmektedirler. Diğer bir grup ise Marmara Denizi ve Kuzey Ege'deki hareketlerin sadece normal faylanma olduğunu ve Kuzey Anadolu fayının Doğu Marmara'da bittiğini ifade etmişlerdir. Ancak, 1980'li yıllarda özellikle Kuzey Ege'de meydana gelen depremler fayın üç kol olarak Yunanistan'a kadar devam ettiğini göstermektedir (Şekil 6). Bu konudaki tartışmalar halen devam etmektedir.

Kuzey Anadolu fayı üzerinde en son büyük deprem,  $M=6.9$ , 1992 yılında Erzincan'da meydana gelmiştir ve yaklaşık 600 kişi hayatını kaybetmiştir. Bu deprem sonrasında yapılan araştırmalar da fayın yaklaşık 30 km uzunluğunda Erzincan baseninde yer alan bir segmentinin yaklaşık 1 m hareket ettiği sonucuna varılmıştır (Şekil 7).

Bu deprem sırasında yüzeyde belirgin bir yüzey kırığına rastlanmamışsa da bazı kırıkların bir fay boyunca dizildiği gözlenmiştir. Bu depremde en çok hasar çok katlı betonarme binalarda meydana gelmiştir. Ülkemizdeki yapıların, büyük yerleşim yerlerinde % 95'inin çok katlı betonarme bina olduğu göz önüne alınırsa gelecekte bu tür yapılaşmadan büyük zarar görüleceği sonucu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2: 1939-1967 yılları arasında batıya sırayla göç eden büyük depremlerin meydana getirdiği yüzey kırıklarının uzanımı. Bu yüzey kırıkları boyunca meydana gelen yer değiştirme miktarları bazı yerlerde 7-7.5 metreye erişmektedir.



Şekil 3: a) Marmara Denizi ve çevresinde Kuzey Anadolu fayına ait fay segmentlerinin dağılımı. Her segmentin bir büyük deprem oluşturma potansiyeli vardır.

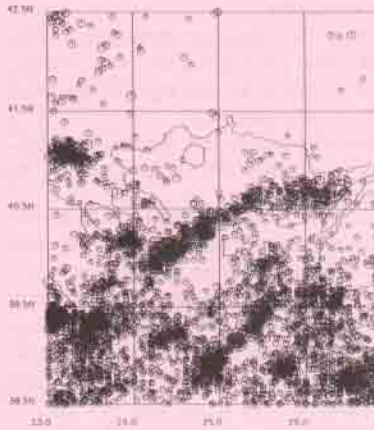
b) Marmara Denizi içinde Kuzey Anadolu fayının mekanizması. Burada normal faylar hem devamlı deprem aktivitesi ve arada bir de  $M < 7$ , büyüklüğünde yıkıcı depremler oluşturmaktadır. Doğrultu-atımlı fayların ise genellikle  $M > 7$ , büyüklüğündeki depremlerle hareket ettiği kabul edilmektedir.



Şekil 4: Marmara Denizi ve çevresinde 1976-1990 yılları arasında meydana gelen bütün depremler (Kandilli Rasathanesi kayıtları).



Şekil 5: İstanbul çevresinde yaklaşık son 300 yılda meydana gelmiş önemli depremlerin dağılımı. Dalgali elipsler tarihsel depremlerin yaklaşık yerlerini göstermektedir. Elipslerin büyüklüğü depremin büyüklüğüne ve etki alanlarının dağılımına göre yaklaşıktır; kalın kesikli çizgiler bu yüzyılda karada meydana gelmiş depremlerin gözlenmiş yüzey kırıklarını göstermektedir; noktalı alanlar ise bu yüzyılda denizde meydana gelmiş depremlerin etki alanlarını göstermektedir. Bu elipsler atımlı episantr, makrosimik gözlemler ve artçı depremlerin dağılımına göre belirlenmiştir.



Şekil 6: Kuzey Ege'de 1964-1984 yılları arasında sismik aktivite (ISC verileri). Bu şekilde görüldüğü gibi Kuzey Anadolu fayının üç kolu (oklar) açıkça sismik aktivite tarafından ifade edilmektedir.



