

sel verilerin yardımıyla jeodezinin iyi seçilmiş göreceli yöntemlerine başvurmak zorundayız. Çalışmalar uzun dönemli olacağından, alt yapı tesislerinin kaybolacağı veya tektonik hareketlerin dışındaki jeolojik etkenlerle yanıtıcı hareketlerin oluşabileceği de unutulmamalıdır.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- [1] Öztürk, E., 1978, MSB Harita Genel Müdürlüğü Harita Dergisi sayı 85.
- [2] Pelzer, H., 1971, Zur Analyse Geodatischer Deformationenmessungen. DGK, Reihe C. Heft 164, München.

## Kaya türünün sismik parametreler açısından önemi

Fuat ŞAROĞLU  
Aykut BARKA

MTA Genel Müdürlüğü Temel Araştırmalar Dairesi, Ankara.

### GİRİŞ

Depremle ilgili veriler sismotektonik haritalarda değerlendirilmektedir. Sismotektonik haritaların en önemli iki temel verisi a) diri faylar, b) sismisitedir. Diri fayların haritalanması genellikle yüzey jeolojisinin çalışılması ile gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmalar sonucunda, fayların genel olarak uzunluğu (L), atımı (D), deformasyon genişliği (fay zonu genişliği) (Z) ve ilgili kaya türleri özellikleri belirlenmektedir. Fayların bu özellikleri ile sismik özellikleri arasında yakın bir ilişki vardır.

Bilindiği gibi sismik moment,  $M_0 = M \cdot D \cdot (L \cdot W)$  olarak değerlendirilmektedir. Burada M kayma modülü, D ortalama atım, L fayın uzunluğu, W derinliktir. Genelde istatistik değerlendirmelerde çeşitli fayların özellikleri ( $M_0$ ) ile ilgili depremlerin magnitütleri arasında ilişkiler kurulmaktadır. Bunlara paralel olarak son zamanlarda faylanma yüzeyi ( $A = L \cdot W$ ) ile magnitüd arasında da çeşitli formüller geliştirilmektedir [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Türkiye'nin çeşitli diri fay zonlarında yapılan ayrıntılı hava fotoğrafı ve arazi, çalışmaları, bazı depremlerin yüzey kırıkları ve ilgili alanlardaki sismik veriler bir arada değerlendirildiğinde, deformasyon türü ile kaya türü arasında yakın ilişkilerin olduğu görülmektedir.

Türkiye'yi içeren diri fay haritası çalışmaları sırasında yukarıda dile getirilen fayların jeolojik özellikleriyle sismik özellikleri arasında bazı alanlarda uyumsuzluklar belirlenmiştir. Bu alanlarda yapılan jeolojik incelemelerde bu uyumsuzlukların daha çok kaya türüne bağlı olarak ortaya çıktıkları görülmüştür.

Aşağıda bu uyumsuzlukların nedenleri ve bu konudaki formüllere eklenecek yeni bir değer önerilecektir.

- [3] Arpat, E. ve Bingöl, E., 1969, Maden Teknik Artama Enst. Derg. 73, 1 - 9.
- [4] Arpat, E., Şaroğlu, F., 1975, Türkiye Jeol. Kur. 18/1, 91 - 101.
- [5] Aytun, A., 1972, İsmetpaşa istasyonu civarında krip ölçümleri, Kuzey Anadolu Fay ve Deprem Kuşağı Simpozyumu.
- [6] Uğur, E., 1974, Kuzey Anadolu Fay Kuşağının Gerede Çerkeş Bölümünde yerkaşuğu hareketlerinin jeodezik yöntemlerle incelenmesi, İTÜ Doktora tezi.
- [7] Şaroğlu, F. ve Barka, A., 1983, yayında, Yeryuvarı ve İnsan, 8/3.

### KAYA KIRILMASI İLE KAYA TÜRÜ ARASINDAKİ İLİŞKİ

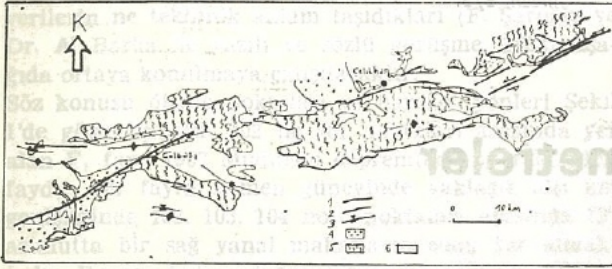
Türkiye'nin değişik yörelerinin yapılan diri fay haritalamalarında fay uzunluğu (L) ile kaya türü arasında yakın bir ilişki görülmüştür. Bu ilişki daha çok kayaların gevrek veya plastik olmalarına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Örneğin gevrek kayalarda (andezit, tuf, kireçtaşı, kumtaşı, vb.) çoğu zaman faylar belirgin bir morfolojiye sahip olmakta, arazi ve hava fotoğraflarında iyi izlenebilmektedir. Deformasyon daha çok ana faya bağlı olarak dar bir zonda gelişmektedir, atım belirgindir ve genellikle ana fay üzerinde yoğunluk kazanmaktadır. Buna karşılık plastik özelliği olan kayalarda ise (serpantin ve diğer kil içerikli bazı metamorfitle) deformasyon çoğu zaman tek bir düzlem üzerinde gelişmeyip bir çok küçük kırık sistemi veya kıvrımlanma şeklinde gelişmektedir. Çoğunlukla bu iki şeklin bileşeni olarak, deformasyon gelişmektedir. Böyle bir kaya türünü kesen bir fay zonu bu alanda bir kayma zonuna (Shear zonu) dönüşmekte ve deformasyon geniş bir alana yayılmaktadır. Bu nedenle bu alanlarda oluşan büyük depremlerin magnitütü ile oluşan fay uzunluğu arasında bilinen ilişkiler kurulamamaktadır. Çünkü böyle bir kaya türünde oluşan kırıklar geniş bir alana yayıldığından bu alanlarda magnitüd - fay uzunluğu ilişkisine bir de fay zonu genişliğinin (Z) katılmasının zorunluluğuna inanılmaktadır.

Aşağıda bu konu ile ilgili birkaç örnek verilmektedir.

#### Malatya - Çelikhhan - Gölbaşı arası

Çelikhhan - Gölbaşı arasında Doğu Anadolu fayı belirsizleşmektedir [9]. Bölgenin jeoloji haritasına bakıldığında fayın belirsizleştiği alandaki kaya türünün ofiyolitik bir karışık olduğu görülmektedir. Haritada

görüldüğü gibi ofiyolitik karışığın uzun eksenini yaklaşık D - B yönlü bir eksen vermektedir; bu da burada var olan sol yanıl hareketin ikincil sıkışma doğrultusuna son derece uygundur. Bu alanda belirgin fay olmamasına karşılık, bölgenin DKD ve BGB sında çok belirgin ana fayların gelişmiş olması, bu alanda deformasyonun plastik ve/veya plastik - gevrek (brittle - ductile transision) geçişi şeklinde oluşarak küçük kırık sistemleri ve kıvrımlar biçiminde ortaya çıktığını gösterir (Şekil 1).



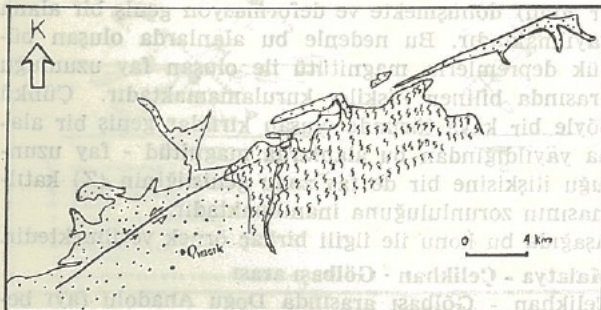
Şekil 1 — Doğu Anadolu fayının Gölbaşı - Çelikhán arasındaki bölümü. 1 — Ana fay, 2 — Diğer faylar, 3 — Kıvrım eksenleri, 4 — Kuvaterner çökelleri, 5 — Ofiyolitik karışık, 6 — Diğer kayalar. TPAO'nun yayınlanmamış haritasından sadeleştirilmiştir.

#### Ovacık (Munzur dağları güneyi) yöresi

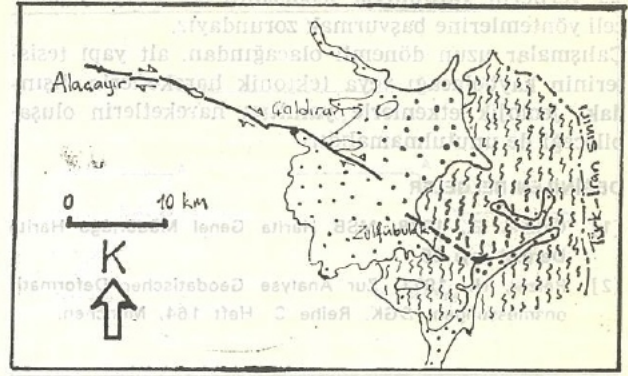
Munzur Dağlarının güneyinde yaklaşık KD - GB doğrultulu diri bir fay bulunmaktadır. Bu fayın [9,10] düşey yönde atımı belirgindir. Fayın doğrultu atım bileşeni olması olasıdır (Şekil 2). Şekilde görüldüğü gibi bu fay her ne kadar alüvyon yelpazesinde çok belirgin bir fizyografi veriyorsa da ofiyolitik karışık içinde kaybolmaktadır. Burada yine deformasyonun kaya türüne bağlı, plastik olarak ortaya çıktığı kabul edilebilir.

#### Çaldıran yöresi

1976 Çaldıran depremi ile oluşan yüzey kırıklarının haritalanması sonucu yukarıda konu edilen durum bu alanda da izlenebilmektedir. Şekil 3 te görüldüğü gibi, Çaldıran'ın doğusunda Zülfübulak yakınından itibaren ofiyolitik karışık içinde faylanma kısa bir süre sonra kaybolmaktadır. Yüzey kırıkları üzerinde fayın batı ucuna yakın kesimde üç metreyi geçmesine karşılık, doğuda ofiyolitiklerin içinde 10 cm den fazla atım



Şekil 2 — Ovacık fayının genel görünümü. Açıklama için Şekil 1'e bakınız. Özgül [10]'dan sadeleştirilmiştir.

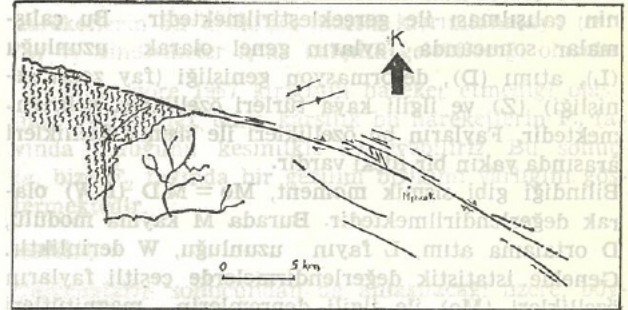


Şekil 3 — Çaldıran fayı, açıklama için Şekil 1'e bakınız. Arpat ve Şaroğlu [9]'dan yararlanılmıştır.

gözlenebilmiştir [11,12]. Yine yapılan gözlemler sonucunda, makrosismik hasar değerlendirmeleri [13] 1976 depreminin episantrının Çaldıran'a yakın yer aldığı vurgulamaktadır. Bu durumda fayın doğu kesiminde görülen, batıya göre çok az olan atımın nedeninin ofiyolitik kaya türünden kaynaklanan deformasyonun bir zon şeklinde dağılması ile ilgili olabileceği görüşü benimsenmiştir.

#### Tutak yöresi

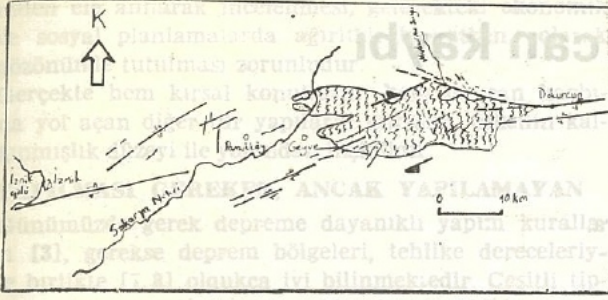
Tutak fayı ile ilgili ayrıntılı veriler [14] de verilmektedir. Bu fayın KB ucu, bu kesimde yer alan ofiyolitik karışık içinde kısa bir süre belirsiz bir şekilde devam ettikten sonra izlenmemektedir (Şekil 4).



Şekil 4 — Tutak fayı, açıklama için Şekil 1'e bakınız. Şaroğlu ve Güner [14] den yararlanılmıştır.

#### Mudurnu Vadisi - Geyve Arası

Yapılan hava fotoğrafı ve arazi çalışmaları sonucuna göre Kuzey Anadolu Fayı, Dokurcun'un hemen doğusunda iki ana kola ayrılmaktadır. Mudurnu vadisi boyunca devam eden kuzey kolu (F1) Akyazı güneyinde kaybolmaktadır. Güney kolu ise iki çizgi durumunda BGB doğrultuda Geyve'ye doğru gitmektedir. Ancak güney kol'un Şekil 5'te kabaca sınırları çizilen ofiyolitik karışık içinde belirginliği yok olmaktadır ve faylanma bir zon şekline dönüşmektedir. Geyve yakınlarında fay ofiyolitik kayalardan çıkınca tekrar belirgin bir morfoloji göstererek ortaya çıkmaktadır. Ayrıntılı hava fotoğrafı çalışması sonucunda Kuzey Anadolu Fayı'nın bu alanda sağ yanıl hareket veren değişik yönde ve özellikteki ikincil fay sistemleri zo-



Şekil 5 — Kuzey Anadolu Fayı'nın Dokurcun vadisi - Geyve arasındaki bölümü. Açıklama için şekil 1'e bakınız.

nuna (Shear zone) dönüştüğü izlenmiştir. Buna paralel olarak aynı alan içinde yapılan jeodezik ölçümler bu alan içinde değişik özellikte ikincil kırıkların varlığına yorumlanacak niteliktedir [15].

Sonuç olarak hem diri fay çalışmaları hem de bazı deprem yüzey kırıklarının ayrıntılı haritaları bize ana fay, fay zonu, kayma zonu ile kaya türü (gevrek-plastik) arasında yakın bir ilişkinin varlığını ortaya koymaktadır. Bu konudaki örneklerin sayısı daha da artırılabilir. Örneğin Doğu Anadolu fayının en iyi izlenebilen kesimi olan Hazar gölü - Palu ilçesi arasındaki bölümü Palu - Bingöl arasında ofiyolitli karışık içinde iyi izlenmemektedir. Arpat ve Şaroğlu [9, 16] bu olayı, yine benzer bir biçimde, plastik olarak kıvrımlanmaya karşılık gelmesi olarak açıklamışlardır.

Son olarak 30 Ekim 1983 Horasan - Narman depreminde yapılan yüzey kırıkları haritasında yukarıda konu edilen özellikler çok belirgin bir biçimde görülmektedir [17]. Bu depremde yüzey kırıklarının ofiyolitli karışık (serpantinlerin egemen olduğu) içinde yer yer dört km genişliğe varan 10 km lik bir zon içinde yer aldığı saptanmıştır. Depremin magnitüdü 7.1 olması karşılık, fay uzunluğunun beklenenden az olması kaya türüne bağlı olarak gelişen fay zonunun yüzeydeki genişliğinin bir sonucudur.

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Geliştirilmekte olan Türkiye diri fay haritasında, fayların etkinliklerine göre bölümlenmesi aşamasına gelinmiştir. Bu bölümlemede fay uzunluğu (L), atımı (D) ve deprenselliği ölçü olarak kullanılmaktadır. Ancak diri fayların etkinliğinin hesaplanmasında yukarıda açıklanan plastik deformasyonun özelliklerinde dikkate alınması gerekliliği ortaya konmaktadır. Bu tip deformasyon için serpantinleşmiş kayalar en uygun kaya türüdür. Sonuç olarak :

1) Ofiyolit türünde kayaların içinden geçen veya bu tür kayaların içinde kaybolan fayların veya fay zonlarının

a) Uzunluklarına göre daha büyük bir deprem potansiyeline sahip oldukları; b) Yine bu tür kayalarda kırıklar üzerindeki atımlar küçük olduğundan hasara göre hesaplanan şiddetin değeri magnitüde göre küçük olacağı; c) Diğer taraftan ofiyolitli birim dışında oluşan ve iyi izlenebilen ana kırıklarda atımın daha büyük olacağı söz konusudur.

2) Deprem parametreleri açısından kayma zonu (shear zone) (Z) değerinin önemi büyüktür. Bu değer fayın geçtiği ofiyolitli birim için kullanılması gereklidir.

3) Z değeri dikkate alınmadan yapılan bir çok Moment - magnitüd, Magnitüd - fay uzunluğu (L), Magnitüd - fay uzunluğu - atım, Magnitüd - fay yüzeyi ( $A = W \times L$ ) [1, 2, 3, 4, 5, 7, 8] hesaplarında birçok uyumsuzluklar ortaya çıkmaktadır. Bu uyumsuzlukların genelde fayın odak derinliği veya kabuk yapısına bağlı olarak geliştiği düşünülerek bu değerler zorlanmaktadır. Ancak biz, yukarıda belirtilen uyumsuzlukların bir çoğunun şimdiye kadar dikkate alınmayan Z parametresinden kaynaklanabileceğine inanmaktayız.

4) Bu Z parametresi için bu makalede herhangi bir değer verilmediği gibi nasıl kullanılacağı da önerilememektedir. Bu işin ayrıntılı kaya mekaniği deneylerinin deprem verileriyle karşılaştırılması sonucunda belirginlik kazanacağı kabul edilmektedir.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma MTA Genel Müdürlüğü Temel Araştırmalar Dairesince yürütülmekte olan deprem projesinin bir ürünüdür. TPAO nun yayınlanmamış verilerinden yararlanılmıştır. Çalışmalarımızda yardımları dokunan tüm kişilere ve özellikle Sayın Yılmaz Güner'e teşekkürü bir borç biliriz.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- [1] Bonilla, M.G. ve Buchanan, J.M., 1970, Interim report on worldwide historic surface faulting : U.S. Geological Survey Open file report.
- [2] Kanamori, H., ve Anderson, D.L., 1975, Bull. Seism. Soc. Am., 65, 1073 - 1095.
- [3] Kanamori 1977, J. Geophys. Res., 82, 2981 - 2987.
- [4] Mark, R.K. 1977, U.S. Geological Survey open File Report 77 - 614.
- [5] Slemmons, D.B., 1977, U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experimental Station, Miscellaneous Papers s 73 - 1, Rept. 6, 1 - 129.
- [6] Bolt, B.A., 1978, Geology, 6, 233 - 235.
- [7] Myss, M., 1979, Geology, 7, 336 - 340.
- [8] Singh, S.K., Bazan, E. ve Esteva, L., 1980, Bull. Seism. Soc. Am., 70, 903 - 914.
- [9] Arpat, E. ve Şaroğlu, F., 1975, Türkiye Jeol. Kur. Bül., 19/1, 91 - 101.
- [10] Özgül, N., Turşucu, A., Özyardımcı, N., Şenol, M., Bingöl, İ. ve Uysal, Ş., 1981, Munzur Dağlarının Jeolojisi; MTA Enstitüsü rapor No. 6995 (yayınlanmamış)
- [11] Arpat, E., Şaroğlu, F., ve İz, H.B., 1977, Yeryuvarı ve İnsan, 2/1, 29 - 41.
- [12] Şaroğlu, F. ve Erdoğan, R., 1983 (Baskıda),
- [13] İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü, 1977, 24 Kasım 1976 Çaldıran Depremi Raporu.
- [14] Şaroğlu, F. ve Güner, Y., 1979, Yeryuvarı ve İnsan, 4/1, 11 - 14.
- [15] Karahan, Z., Öztürk, E. ve Uysal, K., 1983 (Baskıda), Yeryuvarı ve İnsan, 8/3.
- [16] Arpat, E. ve Şaroğlu, F., 1972, MTA Derg., 78, 44 - 50.
- [17] Barka, A., Şaroğlu, F. ve Güner, Y., 1983 (Baskıda), Yeryuvarı ve İnsan, 8/3.