

# Büyük magnitüdü depremlerin episantr alanlarını önceden belirleyebilecek bazı jeolojik veriler

## Geological criteria for the forecasting of epicentral areas of large magnitude earthquakes

A. AYKUT BARKA, Maden Tetkik Arama Enstitüsü, Temel Araştırmalar Dairesi Ankara.

ÖZ : Kuzey Anadolu Fayı üzerinde 1942 Erbaa ve 1943 Tosya depremlerinin meydana geldiği episantr alanlarında yapılan gözlemler sonucunda bu alanlar içinde aktif ana fayın 15°'ye yakın içbükey doğrultu değiştirdiği belirlenmiştir. Aynı zamanda bu alanların metamorfik kompleksler içinde yer aldığı ve ayrıca yersel ve bölgesel yükselmelerin sözkonusu olduğu gözlenmiştir. Her iki alandaki bu özellikler Kuzey Anadolu Fayı üzerinde meydana gelmiş diğer büyük depremlerin episantr alanlarına uygulandığında aynı özelliklerin bu alanlar içinde geçerli olduğu görülmüştür. Bu verilerle büyük deprem ilişkileri tartışılmış ve henüz büyük deprem olmamış yukarıdaki özellikleri içeren 4 yeni alan tesbit edilmiştir. Bu alanlar (a) Bandırma çevresi, (b) Palu-Gökdere arası, (c) Pötürge Karamemikler mevki, ve (d) Karlıova - Elmalı çayı çevresidir. Belirlenen alanlarda aletsel şebeke kurularak bu alanların olası büyük depremler için incelenmesi önerilmiştir.

ABSTRACT : According to the observations made on the North Anatolian fault zone where the epicentral areas of 1942 Erbaa and 1943 Tosya earthquakes are located, it is defined that the active fault traces change direction in a convergence sense upto 15°. At the same time the above areas occur in the metamorphic complexes and are also subjected to local and regional uplifting. The features obtained from these two localities, are applied to the other epicentral areas of past large magnitude earthquakes on the North Anatolian fault zone and it is noticed that these areas have the same features. Here the relationship between the above criteria and large magnitude earthquakes has been discussed, as a result of which 4 new forecasting epicentral areas of large magnitude earthquakes have been put forward. These are (a) Bandırma district, (b) Palu-Gökdere, (c) Pötürge Karamemikler and (d) Karlıova-Elmalı river. It is recommended that an instrumental network in these areas should be installed to monitor the seismic activity associated to forthcoming large magnitude earthquakes.

## GİRİŞ

Bilindiği gibi büyük magnitüdü depremlerin episantr alanları hasarın ve insan kaybının en çok olduğu yerlerdir. Bu sebeple özellikle bu alanların önceden belirlenip bilinmesi, hem az bir alet sistemi ile geniş ve uzun sismik zonların kontrolünün sağlanması ve hem de gelişmekte olan ülkelerde büyük nüfus ve yapıların korunması yönünden son derece önemlidir. Bununla beraber dünyada ve Türkiye'de olmuş büyük depremlerin episantr alanları ve ilgili yüzey kırıklarının uzanımı büyük çoğunlukla bu depremlerden sonra belirlenebilmiştir. Son yıllarda jeolojik, jeomorfolojik ve jeofiziksel metodlarla belirlenen aktif faylar üzerinde yapılan çalışmalarla, özellikle Fedotov (1965)'den beri «sismik boşluk» tekniği ile depremlerin önceden belirlenmesinde başarılı sonuçlar alınmıştır (Tobin ve Sykas, 1968; Kelleher ve diğerleri, 1973; Kelleher ve diğerleri, 1974; Kelleher ve Savino, 1975 ve McCann ve diğerleri, 1979).

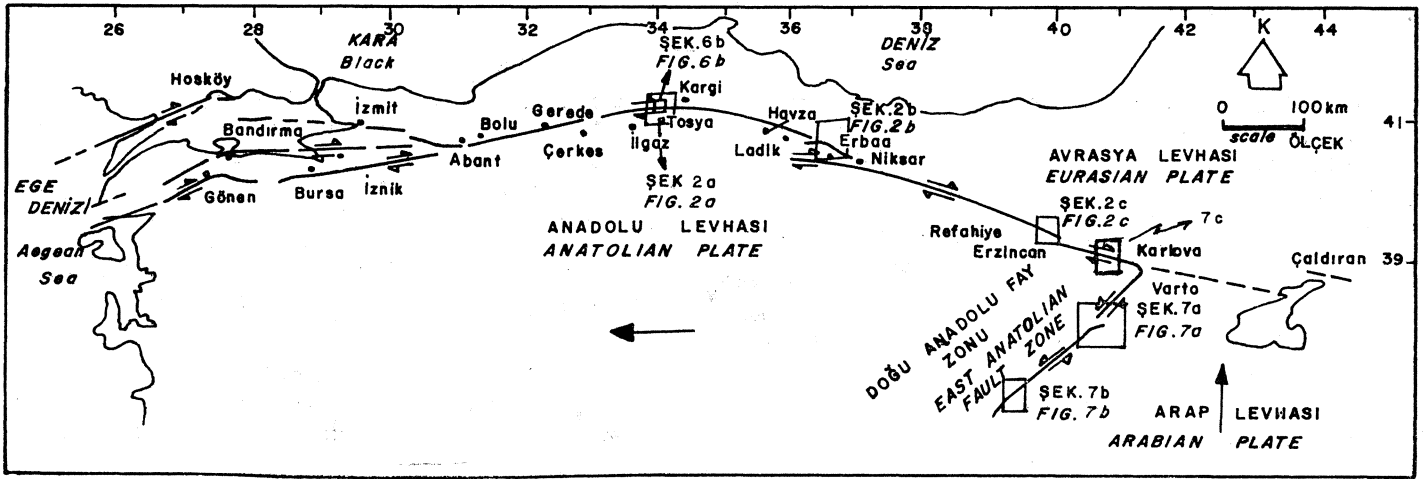
Bu makalenin amacı Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda yapılan geniş bir neotektonik ve sismotektonik araştırmanın (Barka, 1981) bir bölümü olarak 1942 Erbaa ve 1943 Tosya depremlerinin episantr alanlarındaki gözlemlerin sonuçlarını tartışmak ve bu olmuş büyük deprem episantr alanlarının özelliklerini, gelecekte olabilecek büyük magnitüdü depremlerin episantr alanlarını belirlemekte kullanmaktır.

## KUZEY ANADOLU FAY ZONUNDA MEYDANA GELMİŞ BÜYÜK DEPREMLERİN EPİSANTR ALANLARININ BAZI JEOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Kuzey Anadolu Fayı, doğuda Karlıova batıda Ege Denizi arasında uzanan yaklaşık 1200 km uzunluğunda sağ - yanal doğrultu atımlı bir transform fay olup, Avrasya ve Anadolu levhaları arasında yer almaktadır (şekil 1). Fayın sağ-yanal olması Anadolu levhasının Avrasya levhasına göre batıya hareketi ile ilgilidir (Mc Kenzie 1972; 1978, Dewey 1976, Şengör 1979; 1980 v.b.)

Arazi gözlemleri, yerel soruşturmalar ve literatür araştırmaları sonucunda elde edilen, 1942 Erbaa ve 1943 Tosya depremleriyle ilgili sayısal değerler Çizelge 1'de verilmektedir. Dikkatli bir şekilde yapılan hava fotoğrafı ve harita çalışmalarıyla bu iki yüzey kırığının oluştuğu ana fayın, episantr alanı içinde aniden, yaklaşık 15° içbükey doğrultu değiştirdiği belirlenmiştir. Örneğin fayın Niksar-Erbaa kısmını 116° azimuttan Erbaa kuzeyinde Zilhor ile Tepekışla köyleri arasında 101° azimutla batıya içbükey doğrultu değiştirmektedir (şekil 2b). Aynı şekilde Kargı-Kamil arasında yaklaşık D-B doğrultulu olan ana fay, Tosya kuzeyinde birden 73° azimutla Ilgaz kuzeyinde devam etmektedir (şekil 2a). Bu alanlar aynı zamanda Ilgaz Kargı masifi ve Tokat masifi gibi metamorfik kompleksler içinde yer almakta ve ayrıca yine bu alanlarda yersel veya bölgesel yüksel-

meler görülmektedir. Özellikle Tosya kuzeyi Orta-Kuzey Anadolu'nun en yüksek kısımlarını oluşturmaktadır. Bu verileri kullanarak diğer bazı olmuş büyük magnitudlü depremlerin episantr alanlarının aynı özellikleri taşıdığı fark edilmiştir. Şekil 2c, Erzincan civarında 1939'da Büyük Erzincan depreminin oluşturduğu ana fayı göstermektedir. Şengör (1979) fayın bu alandaki 24°'lik içbükey doğrultu değişimini gözönüne almadan Erzincan baseninin pull apart basen olmasına dikkati çekerek 1939 depreminin bir genişleme depremi olduğunu iddia etmiştir. Ancak gerçekte bu deprem (tamamen Scholz (1977) ve Rynn ve Scholz (1978)'e uygun ana fayın 24° içbükey doğrultu değişimine bağlı) sıkışma ile ilgilidir. Şekil 2d de Marmara Denizi çevresinde, Kuzey Anadolu Fayı'nın uzanımları ve aynı alan içinde meydana gelmiş büyük depremlerin tarih ve yüzey kırıkla-



Şekil 1 : Kuzey ve Doğu Anadolu faylarının bir bölümü ile, Anadolu ve çevresindeki levha tektoniği. Kareler diğer şekillerin yerlerini, büyük oklar ise levhaların hareket yönünü göstermektedir.

Figure 1 : The North Anatolian fault and a part of the East Anatolian fault with plate setting around Northern Anatolia are shown. Squares indicate location of figures, arrow shows the direction of the plates movement.

Tarih Date	Enlem N Lat.	Boylam E Long.	M	I.	L (km)	D (cm)	V (cm)	H (km)
20 Aralık Dec.	40.7	36.6	7.3	IX-X	70	75-100	-	10
26 Kasım Nov.	41	34	7.6	X	280	110	100	14

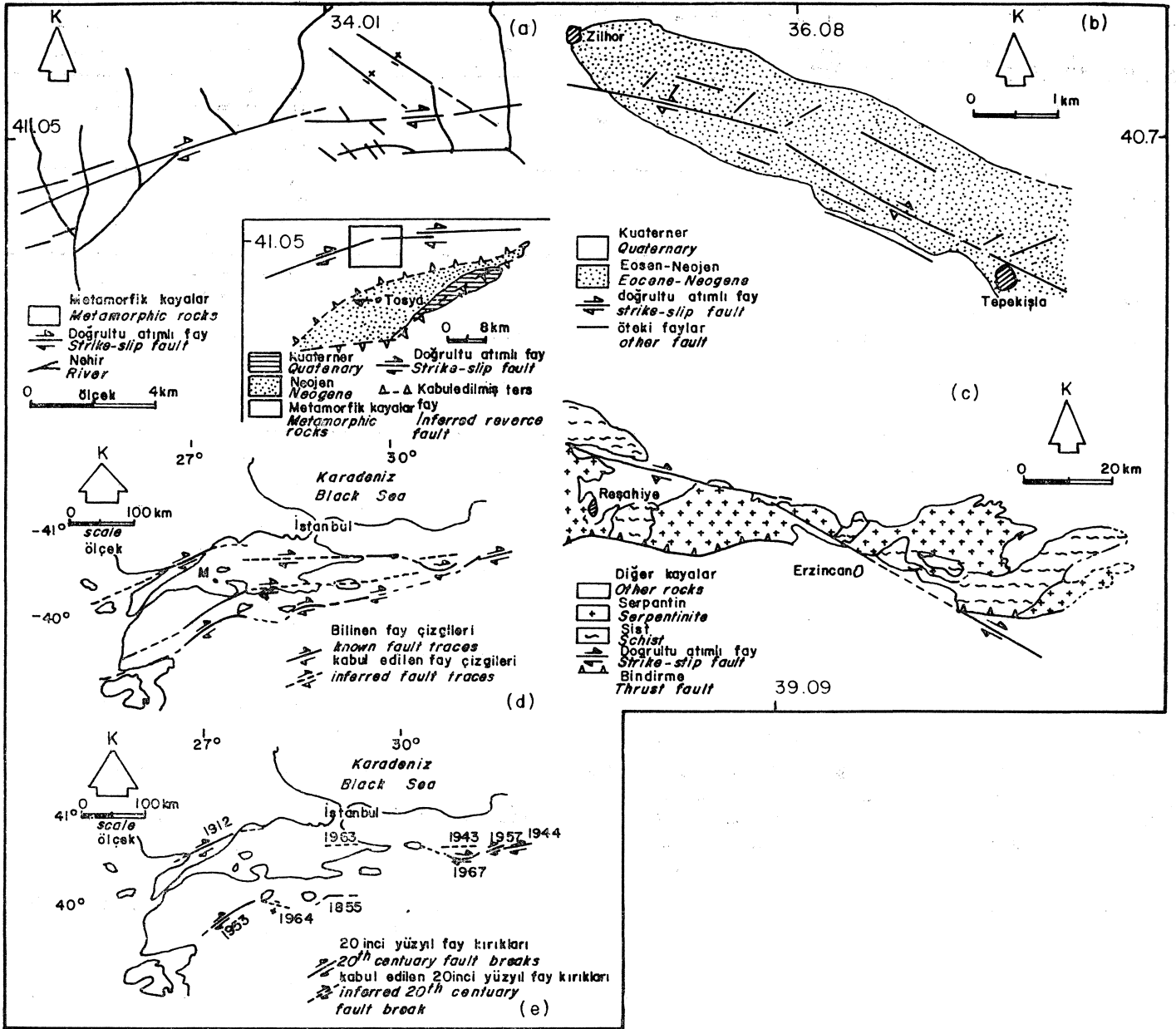
Çizelge 1 : 1942 Erbaa ve 1943 Tosya depremlerinin sayısal değerleri. M : magnitud, I : şiddet, L : fayın uzunluğu (km), D : fayın doğrultu atımı, V : fayın düşey atımı ve H : odak derinliği. (Ambroseys 1970, Can 1974).

Table I : Numerical values of 1942 Erbaa and 1943 Tosya earthquakes. M, magnitude, I, intensity, L, length of surface break, D, lateral displacement, V, vertical displacement and H, focal depth.

e) Observed and inferred surface breaks of 20<sup>th</sup> century earthquakes.

rı (2c) gösterilmektedir. Çizelge 2'de ise bu depremlerle ilgili fayların doğrultuları, açılal içbükey doğrultu değiştirme miktarları, kaya türleri ve yükselmelerin varolup olmadığı gösterilmektedir. Şekil 3 fayların açılal içbükey doğrultu değiştirme oranı ile ilgili depremlerin magnitudü arasındaki doğrusal ilişkiyi ortaya koymaktadır. İlk ilişki Kuzey Anadolu Fayı'nın çoğunlukla doğrultu atımlı yapısının hakim olduğu Erzincan - Abant kısmı için, ikinci ilişki ise doğrultu atım ve genişleme yapısının birlikte görüldüğü Marmara Denizi çevresi için düzenlenmiştir. İki ilişki arasındaki fark Marmara Denizi çevresindeki fayların açılal doğrultu değiştirme oranlarının Erzincan - Abant bölümündeki fayların açılal doğrultu değiştirme oranlarından daha yüksek olmasından dolayıdır ve bu durum bu iki bölgeyi etkileyen farklı tektonik deformasyon sonucu ortaya çıkmaktadır. Grafikteki veriler Çizelge 2'den alınmıştır. Bunu göre;

$CA_1 = 12.5 M - 68.5$  Erzincan - Abant bölümü için,  
 $6.9 < M < 8.2$  değerleri arasında;



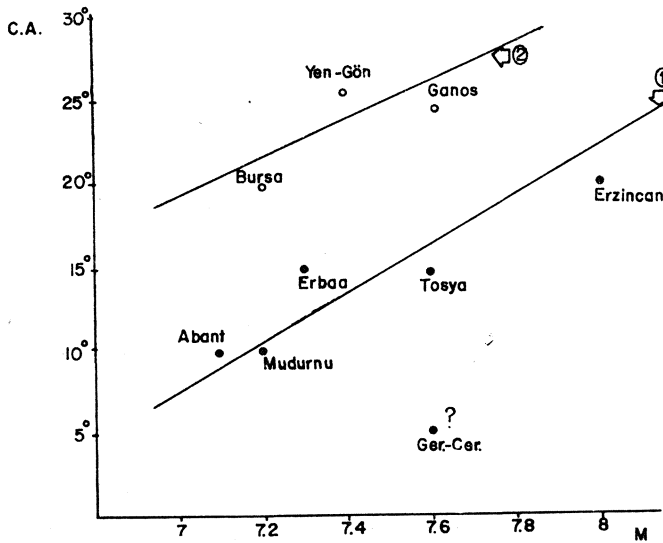
Şekil 2 : Tosya'nın kuzeyinde fotojeoloji ve arazi çalışmaları ile belirlenen aktif faylar. Ok çifti esas fayı yansıtır. Küçük harita Tosya baseninin Kuzey Anadolu Fayı ile ilgisini göstermektedir. (Barka, 1981) b) Erbaa kuzeyinde Zilhor ve Tepekışla sırasında, Kuzey Anadolu Fayı'nın doğrultu değiştirdiği kesimde aktif esas faylar (Barka, 1981). c) Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Refahiye Erzincan arasındaki ana uzanımları (Barka, 1981'den ve Tatar, 1978, şekil 5'ten düzenlenmiştir), d) Marmara bölgesinde Kuzey Anadolu Fayı'nın 3 aktif ana uzanımları, e) 20. yüzyıl depremlerinin gözlenen ve varlığı sanılan yüzey kırıkları.

Figure 2 : Active fault traces identified from ground survey and photogeological interpretations of the area to the north of Tosya. The arrow couplets indicate the location of the main trace. Inset map shows the Tosya basin in relation to the main trace of the North Anatolian fault zone (from Barka, 1981) b) The main trace of the North Anatolian fault zone where it changes direction between Zilhor and Tepekışla just north of Erbaa (Barka, 1981). c) Main trace of the North Anatolian fault zone between Refahiye and Erzincan (from Barka, 1981 and modified from Tatar 1978 fig. 5). d) The three active strands of the North Anatolian fault within the Marmara region.

Deprem Adı ve Tarihi Name and date of earthquakes	Fayın Azimutu Azimuth of the fault		Açısal Doğrultu Değişirme Miktarı Directional change in degrees	Değişimin Yeri Location of changes		İlgili M Relative M	Kaya Tipi Rock type	Yükselme Uplifting
	A	B		Enlem N Lat.	Boylam E Long.			
1942 Erbaa	10°	116°	15°	40.7	36.8	7.3	Eosen-Neojen örtü, temel metamorfik Eocene-Neogene cover, metamorphic basement	Az Yersel Slight, local
1943 Tosya	73°	87°	14°	41.05	34.01	7.6	Metamorfik ve ofiyolitik melanj Metamorphics and ophiolitic melange	Bölgesel Regional
1939 Erzincan	105°	125°	20°	39.5	39.09	8	Şist ve Serpantin Shist and serpentine	Bölgesel Regional
1912 Ganos	65°	89°-90°	25°	40.8	27.55	7.6	Metamorfik Metamorphics	Bölgesel Regional
1953 Gönen	63°	90°	27°	40.05	27.6	7.4	Metamorfik Metamorphics	Bölgesel Regional
1957 Abant	67°	77°	10°	40.7	31.5	7.1	Ofiyolitik melanj Ophiolitic melange	Bölgesel Regional
1967 Mudurnu	67°	77°	10°	40.65	31.4	7.2	Ofiyolitik melanj Ophiolitic melange	Bölgesel Regional
1855 Bursa	60°	80°	20°	40.2	28.8	7.2 (?)	Metamorfik Metamorphics	Bölgesel Regional

Çizelge 2 : Geçmişte Kuzey Anadolu fay zonunda meydana gelmiş büyük magnitüdü depremlerin episantr alanlarında gözlenen bazı karakteristik özellikler.

Table 2 : Some observed characteristic features of epicentral areas of past large magnitude earthquakes which occurred on the North Anatolian fault zone.



Şekil 3 : Fayların içbükey açı değiştirme oranı (CA) ile büyük depremlerin magnitüdü (M) arasındaki ilişki Ger - Çer, Gerede - Çerkeş, Yen - Gön, Yenice-Gönen. Ayrıca Tablo 2'ye bakınız. Kapatılmış siyah çemberler Mudurnu - Erzincan arasın-

daki verileri, açık çemberler ise Marmara Bölgesi verilerini göstermektedir. 1. doğrusal ilişki Erzincan - Mudurnu, 2. doğrusal ilişki Marmara Bölgesi'ni göstermektedir.

Figures : Relationship between the convergence angle (CA) of the fault traces and magnitudes (M) of large earthquakes. Ger-Çer, Gerede-Çerkeş; Yen-Gön, Yenice - Gönen. Also see table 2. Solid circles indicate data from between Mudurnu and Erzincan, open circles indicate data from Marmara region. 1. Linear relation for Mudurnu - Erzincan, 2. Linear relation for Marmara region.

$$CA_2 = 15.5 M - 98.48$$

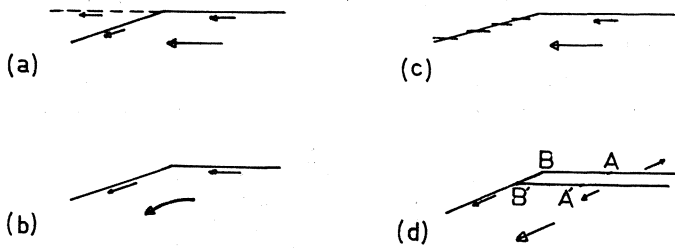
$$5.6 < M < 8$$

Marmara Denizi çevresi için, değerleri arasında geçerlidir.

CA<sub>1</sub> ve CA<sub>2</sub> Kuzey Anadolu Fayı'nın sırasıyla Erzincan - Abant ve Marmara Denizi çevresindeki doğrultu atımlı aktif faylar üzerinde, büyük depremlerin meydana geldiği episantr alanları içinde tespit edilen içbükey doğrultu değişimi gösteren depremin magnitüdünü, göstermektedir.

Burada temel fikir olarak, doğrultu atımlı fayların düşey bir düzlem boyunca yan olarak hareket ettikleri ka-

bul edilmiştir. Düzlemin düz ve düşey olması halinde kaymaların oluşması için az oranda enerji gerekmektedir ve bunlar da krip ve/veya küçük ve orta şiddetteki depremler şeklinde ortaya çıkacağı düşünülebilir. Fakat bu düşey düzlemin doğrultusunda meydana gelebilecek en küçük içbükey açısal değişikliğin bu kaymayı zorlaştıracığı ve kaymanın tekrarlanabilmesi için daha büyük değerlerde enerji gerekeceği açıktır. Bu da büyük depremler anlamına gelmektedir. Açısal içbükey doğrultu değiştirme miktarı ile  $M$ 'in doğru orantılı olarak arttığı kabul edilmiştir. Büyük depremler sonucunda; (a) Eski doğrultuda yeni bir fay meydana gelebilir (şekil 4a), (b) hareket eden blok bir rotasyon ile kayabilir (şekil 4b), (c) içbükey yüzde ters-oblik bir faylanma ve yükselmeler olabilir (Kuzey Anadolu Fayı'nın Bolu - Erzincan kesimi için geçerlidir) (şekil 4c), (d) içbükey yüzde sağ yanal, öteki yüzde normal oblik (normal + sağ yanal) faylanma meydana gelebilir (bu son sistem Marmara Bölgesi için geçerlidir) (şekil 4d).



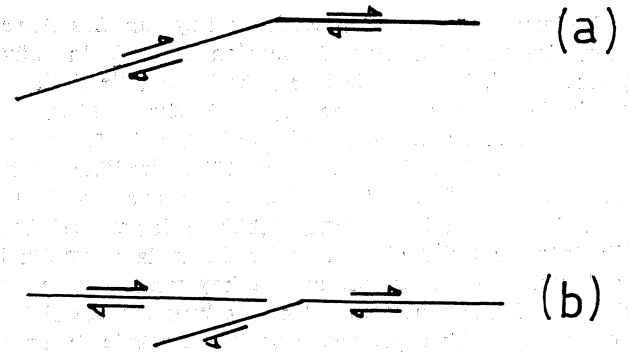
Şekil 4 : Fayların içbükey doğrultu değiştirme ile blok hareketi arasında oluşabilecek deformasyon çeşitleri, a) Yeni bir fay oluşup, eski doğrultuda devam etmesi, b) Bloğun bir dönme hareketi meydana getirmesi, c) İçbükey ters oblik bir fay oluşturması ve d) İçbükey yüzde doğrultu atım, diğer yüzde normal oblik bir atım.

Figure 4 : Possible types of deformation between convergence fault and block movement a) occurrence of a new segment of the fault which follow previous direction of the strike slip fault, b) The rotation of the block or plate, c) Reverse oblique fault at the convergence part of the fault and d) Strike-slip movement on convergence part and normal-oblique movement on the other part.

Kuzey Anadolu Fayı boyunca iki türlü içbükey doğrultu değiştirme gözlenmiştir; (a) Devamlı ve (b) Devamsız (şekil 5a, b). Devamlı olan, fay doğrultu değiştirdikten sonra (Tosya, Erzincan ve Ganos'da olduğu gibi) yeni doğrultuda devam etmektedir. Devamsız ise, fay doğrultu değiştirdikten sonra, bir süre yeni doğrultusunda devam etmekte ve bitmektedir, ancak ana fay eski doğrultusu boyunca Niksar ve Erbaa'da olduğu gibi kaldığı yerden devam etmektedir (şekil 5b).

Püyük ölçekteki doğrultu atımlı fayların meydana getirdikleri bükümlerin nedenleri ve ilgili deprem mekanizmaları uzun zamandır tartışılmaktadır.

Kingma (1958) doğrultu atımlı fayların doğrultularının başlangıçta düz olduğunu, yanal kaymalar sonucunda fayın



Şekil 5 : Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda gözlenen fayın doğrultu değiştirme çeşitleri, a) Devamlı fay tipi (Erzincan, Tosya ve Gönen'deki gibi), b) Devamsız fay tipi, (Erbaa'da olduğu gibi).

Figure 5 : Types of directional changes of faults along the North Anatolian Fault Zone, a) Continuous fault trace as for example near Tosya Erzincan and Gönen, b) Discontinuous fault traces as for example Erbaa,

iki tarafındaki litolojik farklılıkların değişik sürtünmelere neden olduğunu ve bunun fayın doğrultusunu değiştirebileceğini ileri sürmüştür.

Kupper (1964) doğrultu atımlı fayların doğrultularında  $2^\circ$ lik açısal değişikliğin bile son derece karışık deformasyonlara neden olduğunu göstermiştir.

Wilcox ve diğerleri (1973) doğrultu atımlı fayların bükülmesinin nedeninin blokların oblik hareketi sonucunda olduğunu ve bu oblik hareketin nedeninin (a) bölgesel ölçekte blokların paralel olmayan yer değiştirmesi veya (b) fayların yersel olarak doğrultularının değişmesi olduğunu düşünmüşlerdir.

Rogers (1973) düz çizgisel doğrultu atımlı fayların en yeni faylar olduğunu ve fay boyunca varolan farklı litolojiler nedeni ile fay yüzeyinin plastik deformasyonu sonucunda fayın bükümler meydana getirdiğini ve bu olayın San Andreas Fayı örneklerini tartışmıştır.

Crowell (1974 a, b) doğrultu atımlı fayların oluşturduğu bükümlerle ilgili basen oluşumlarını, sıkışma zonlarını, deformasyon örneklerini, geometrik modellerini ve bunların San Andreas örneklerini sergilemiştir.

Koide ve Bhattarchji (1977) Riedel ve Antiriedel örneklerini ters adım (revers step-like) ve normal adım (normal step-like) olarak değerlendirerek, bu iki örneğin birbirini izlemesi halinde, fayın bir büküm meydana getirdiği ve Riedel örneklerinin daha çok plastik alanlarda, Antiriedel örneklerinin ise daha çok rijid alanlarda görüldüğünü belirtmişlerdir. Bu iki alan içinde San Andreas Fayı'nın Los Angeles ve Salton Sea kesimlerini örnek olarak göstermişlerdir.

Walcott (1978) Yeni Zelanda'da güney ada çevresinde Alpin Fayı'nı gidişlerinin metamorfiklerin tabakalanma ve şistosite konumlarından etkilenmiş olduğunu ortaya koymuştur.

Bunların yanı sıra San Andreas Fayı'nın Los Angeles ve San Francisco kısımlarında varolan bükümlerin büyük deprem ilişkisi, kaya cinsleri ve yükselmeleri ile ilgili son zamanlarda detay çalışmalar yapılmaktadır (Ailen 1968; 1975; Scholz ve Fitch 1969, Irwin ve Barnes 1975, Castle ve diğerleri 1976, Prescott ve Savage 1976). Özellikle Scholz (1977) ve Rym ve Scholz (1978) San Andreas ve New Zealand faylarında varolan bükümlerin (içbükey) kayma vektörüne oblik doğrultu teşkil ettiğini ve bu durumda normalin büyük değerlere ulaşması sonucunda kaymanın oluşacağını tartışmışlardır. Bu fayların oblik olan kısımlarında oluşmuş ve oluşacak büyük depremlerin varlığı üzerinde de önemle durmuşlardır.

Benzer durum Japonya'daki «Median tectonic line» üzerinde özellikle Shikoku adasında Sakuragi bükümü, Inuyose bükümü, Wakayama bölgesinde Hashimoto - Michaya arası ve Kyushu adasında Onakawa bükümü içinde sözkonusudur (Ichifcawa 1980). Bu sağ yanal doğrultu atımlı fayın büküm yaptığı yerlerde henüz büyük depremlerin meydana gelmemiş olması ve özellikle geç kuaternerdeki yüksek miktardaki sağ yanal atım, metamorfik kayaların varlığı ve aşırı yükselmeler dikkat çekicidir.

#### KUZEY ANADOLU FAYI İLE İLGİLİ DOĞRULTU DEĞİŞTİRMELERİN NEDENLERİ

Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu faylarının oluşumu Anadolu Levhası'nın batıya hareketi ile ilgilidir ve bu hareket Prandtle plastik hücrelerine benzetilmektedir (Cummings, 1976; Cummings ve Leeds, 1977; Şengör, 1979). Bu benzetmenin asimetrik örneklerini güncel deprem kırıkları ve ilgili isosismik haritalar (şekil 6a) (Parejas ve diğerleri, 1971) ve hava fotoğrafı çalışmalarından görmekteyiz (şekil 6b).

Başka açıdan Kuzey Anadolu Fayı'nın, orijinalde daha düze yakın bir çizgi olarak oluştuğu ve neotektonik dönemde bütün Karadeniz dağları ile birlikte yavaş yavaş büküldüğü güncel olarak tartışılmaktadır (Şengör, 1980; Hancock ve Barka 1981; Şaroğlu ve diğerleri 1982).

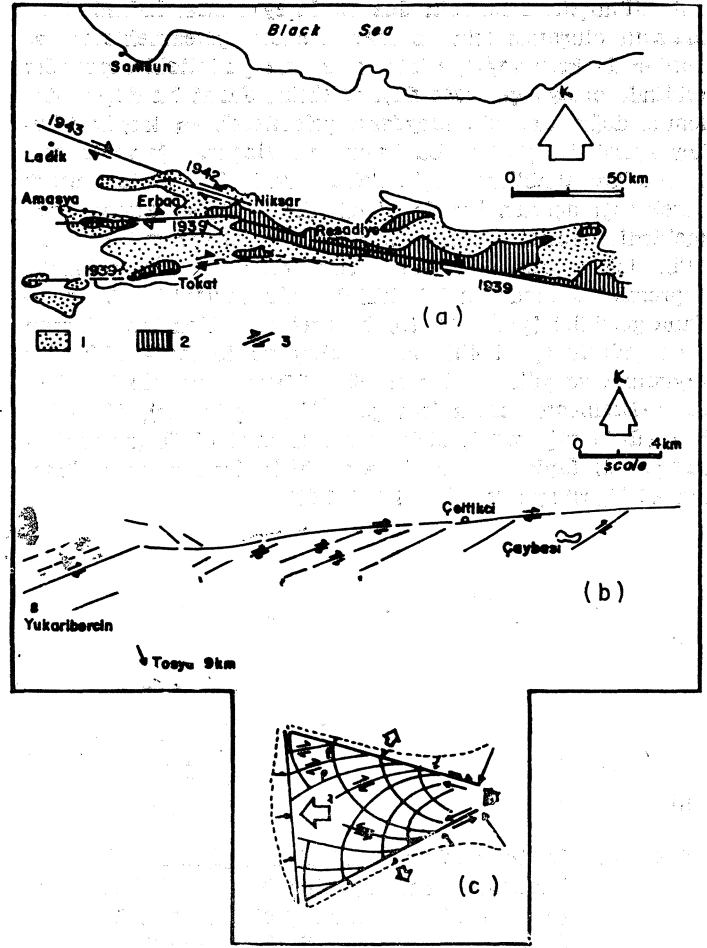
Sonuç olarak burada üç ana konu tartışılabilir;

1 — Prandtle kırıklarının doğrultu değiştirmede rol oynaması ve fayın birbirini takip eden kilitli kısımlarında, faylanmalar oluştuğunda, fayın yön değiştirmesi P kırıkları boyunca olmaktadır.

2 — Orijinalde düz olan fay düzlemlerinin farklı litolojiler nedeni ile deforme olup fayın kilitlenmesi.

3 — Bazı temel kayalardaki anizotropi(\*) ve fayların oluşumunda bu anizotropiden etkilenmesi. Belki metamorfikler bu konuda önemli rol oynayabilmektedir.

Kuzey Anadolu Fay Zonu'ndaki doğrultu atımlı fayların doğrultu değiştirmeleri yukarıdaki üç temel ilişkinin, Anadolu levhasının tam rijid özellikleri göstermemesi ile birlikte bazan ikisi veya üçünün birarada gelişmesi ortaya çıkmaktadır.



Şekil 6 : Kuzey Anadolu Fayı'nın doğrultu değiştirmesi ile Anadolu levhası arasındaki deformatsiyon ilişkileri, a) 1939 büyük Erzincan depreminin batı bölümünün isosismik haritası, ayrıca 1942 Erbaa'nın tümü ve 1943 Tosya depremi yüzey kırıklarının doğu bölümü gösterilmektedir (Parejas ve diğer., 1941'den değiştirilmiştir). 1. Hasar % 10-60, 2. Hasarı %60-100, 3. yüzey kırıkları, b) Tosya kuzeyinde Yukarıberçin ve Çaybaşı köyleri arasındaki P kırıkları örnekleri (Barka, 1981). c) Prandtle sıkıştırılmış plastik hücre ve ilgili kayma çizgileri (Cummings, 1976; şekil 2).

Figure 6 : Deformational relationship between directional changes of North Anatolian Fault and the westward motion of the Anatolian plate, a) Isoseismic map of the 1939 great Erzincan earthquake. The 1942 Erbaa and eastern part of the 1943 Tosya earthquakes. Surface breaks are also shown (modified from Parejas et al. 1941). 1. Destruction 10-60 %, 2. Destruction 60\*100 %j3. surface breaks. b) P shear parttem between Yukarıberçin (north of Tosya) and Çaybaşı village (from Barka, 1981), c) Prandtle compressed plastic cell and slip lines (from Cummings, 1976, fig. 2).

(\*) Burada temel kayadaki varolan yapıların genç faylar tarafından kullanılması olarak alınmıştır.

Gelecekte büyük Depremlerin oluşabileceği yerler Name of site of future earthquakes	Fayın Azimutu Azimuth of the fault		Acısal Doğrultu Değişime Miktarı Directional change in degrees	Değişimin Yeri Location of change		Beklenen M Expected M	Beklenen Fay Kırığı Uzunluğu (km) L' Appr. expected length of the fault	Kaya Tipi Rock type	Yükselme Uplifting
	A	B		Enlem N Lat.	Boylam E Long.				
Bandırma	66°	90°	24°	40.37	28.	7.4	110	Metamorfik Metamorphics	Bölgesel Regional
Palu - Gökdere	77°	93°	25°	38.75	40.08	8.1	250-350	Metamorfik Metamorphics	Bölgesel Regional
Karamemikler (Pötürge)	54°	71°	17°	38.3	39.02	7.6	150	Metamorfik Metamorphics	Bölgesel Regional
Karlıova - Elmalı Çayı	83°	108°	25°	39.4	40.8	7.8 - 8 (?)	50(?)	Ofiyolitik Melanj Ophiolitic Melange	Bölgesel Regional

Çizelge 3 : Gelecekte olabileceği tahmin edilen 4 büyük magnitüdü depremin episantr alanlarının belirlenen özellikleri. L', beklenen fay uzunluğu  $M = a + b \log L'$  formülünden (Slemmons 1977)  $a = 0.597$ ,  $b = 1.351$ , doğrultu atımlı faylarla ilgili dünya standartlarına göre hesaplanmıştır. (?) işareti çelişkili neticeleri göstermekte ve sismik moment kullanılmasını getirmektedir.

Table 3 : Defined characteristics of epicentral areas for forecasting large magnitude earthquakes. L, length of expected fault break which is calculated from  $M = a + b \log L'$  where  $a = 0.597$ ,  $b = 1.351$  for strike-slip fault (Slemmons 1977). Question mark indicates bulky results where it is necessary to use seismic moments.

#### DİĞER ÖRNEKLER VE SONUÇ

Yukarıda açıklanan verileri kullanarak Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu fay zonlarının bazı kesimlerinde benzer özellikler saptanarak 4 büyük deprem episantr alanı belirlenmiştir.

##### Bandırma - Erdek Kesimi

Şekil 2d'de gösterildiği gibi Kuzey Anadolu Fayı'nın orta uzanımı, diğer kollar gibi Marmara Denizi güneyinde 27.6 E boylamı yöresinde içbükey doğrultu değiştirmektedir. «Güney uzanımında Yenice - Gönen 1953 (M = 7.6) ve kuzey uzanımında 1912 (M = 7.4) Ganos depremleri meydana gelmiştir. Halbuki yaklaşık 24°lik doğrultu değiştiren orta kolda henüz büyük bir deprem olmamıştır. Tarihsel depremler açısından da bu alanda M.S. 5. ve 9. yüzyıllarda büyük depremlerin varlığı bilinmektedir (Pınar ve Lahn, 1952; Ergin ve diğerleri 1967, 1971; Soysal ve diğerleri 1981). Basit bir hesapla, eğer bu üç ana fay kolunda ve yaklaşık aynı boylam üzerinde, doğrultu değiştirmenin meydana geldiği alanlarda oluşmuş büyük depremlerin zaman aralığı 1912 ile 1953 arasındaki 41 yıla rastladığı hatırlanırsa, 3. ve orta kolda meydana gelecek depremin  $1953 + 41 = 1994 + 10$  olabileceği ileri sürülebilir. Ancak, yaklaşık 82 yılda, böyle bir üçlü tekrarlanmanın 1000-1500 yıllık periyotlarla oluşabileceği düşünülebilir.

##### Palu - Gökdere Kesimi

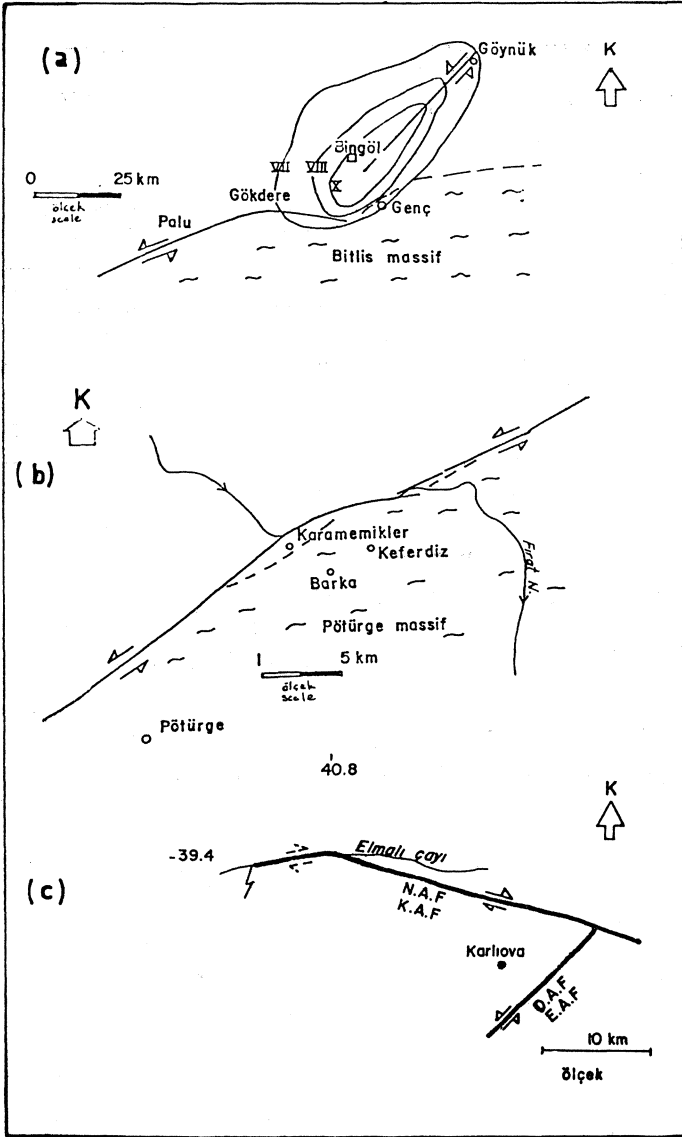
Palu-Gökdere arasında Doğu Anadolu Fayı birden doğrultu değiştirerek Bitlis Masifi'ne yönelir. 1971 Bingöl depremi bu alanın 30 km kuzeyinde oluşmuştur (şekil 7a). Kuzey

Anadolu Fayı'nın belirli bir kesiminde görülen deprem göçü (Erzincan - Abant; Ambraseys 1971, Karnik 1972, Ailen 1975, Dewey 1976, Toksöz ve diğerleri 1979, Barka 1981). Doğu Anadolu Fayı'nın bu kesimi için de geçerli ise bu fay zonunda meydana gelebilecek ilk büyük depremin bu yörede oluşabileceği düşünülebilir. Hempton ve diğerleri (1981) bu kesimi fayın kilitli olduğu alanlardan biri olarak göstermiş ayrıca Ambraseys (1970)'de yine bu alan içindeki tarihsel depremlerin varlığına dikkati çekmiştir. Buradaki acısal doğrultu değişiminin fazla olması, magnitüdün 8 civarında olabileceğini göstermektedir.

##### Karamemikler (Pötürge) Kesimi

Pötürge'nin yaklaşık 18 km kuzeyinde Doğu Anadolu Fayı'nın bir kolu, 17° doğrultu değiştirerek Pötürge Masifi içine girer (şekil 7b). Ercan (1979) bu alan içinde kısa süreli sismik ölçümler yapmış, küçük ve orta magnitüdü depremlerin varlığını göstermiştir. Ambraseys (1970) tarihsel ve Arpat (1977) arkeolojik, tarihsel ve fizyografik verilerle bu alan içinde geçmişte olmuş büyük depremlerin varlığına dikkati çekmişlerdir. Eski Claudian kenti (bugünkü Keferdiz yakını) Ambraseys (1970) göre en az üç kere büyük depremler tarafından tahrip edilmiştir. Bu nedenlerle Tablo 3'te gösterildiği gibi şekil 3'e göre bu alan içinde yaklaşık 7.6 magnitüdü deprem beklenebilir.

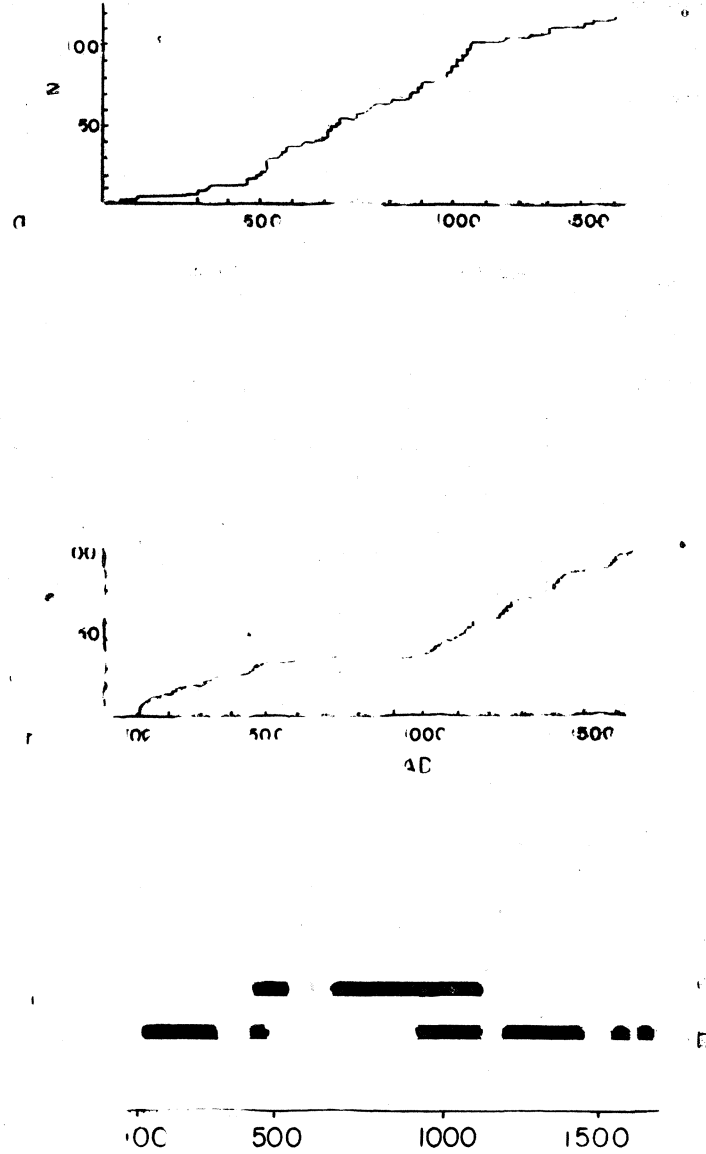
Benzer özellikler yine Doğu Anadolu Fayı üzerinde Malatya güneyinde Çelikhan-Mesut civarında ve Maraş güneyinde de tespit edilmiştir.



Şekil 7 : a) Doğu Anadolu Fayı uzanımında Palu - Bingöl çevresindeki aktif faylar. İsoseismik konturlar 1971 Bingöl depremini göstermektedir (Seymen ve Aydın, 1972; şekil 6; Arpat ve Şaroğlu, 1972; şekil 5). b) Doğu Anadolu Fayı'nda Pötürge yakını ile Karamemikler arasındaki aktif faylar (Arpat, 1977; şekil 2'den) düzenlenmiştir. c) Kuzey Anadolu fayını (K.A.F.) doğu ucunda Karlıova kuzeybatısında fayın içbükey doğrultu değiştirmesi. D.A.F. Doğu Anadolu fayı Lokasyon için şekil 1'e bakınız.

Figure 7 : a) Active fault trace within the East Anatolian Fault Zone in the Palu - Bingöl area. The isoseismals of the 1971 Bingöl earthquake are shown (modified from Seymen Aydın, 1972, fig. 4; Arpat and Şaroğlu, 1972, fig. 5). b) Active fault trace in the East Anatolian Fault Zone

near Pötürge and Karamemikler (modified from Arpat, 1977, fig. 2). c) The most eastern part of North Anatolian fault (N.A.F) where it changes direction in a convergence sense NW of Karlıova E.A.F. is East Anatolian fault. For the Location see fig. 1.



Şekil 8 : Depremlerin (N) zamana göre yıllık kümülatif histogramı. (a) Doğu Anadolu Fayı, (b) Kuzey Anadolu Fayı, (c) Siyahlar aktif, boşlar aktif olmadığı, episodleri göstermektedir (Ambraseys, 1971'den düzenlenmiştir).

Figure 8 : Cumulative histograms of earthquake (N) plotted against time for the last 15 century (a) The East Anatolian Fault (b) The North Anatolian Fault (c) Active (black) and inactive (blank) episodes of seismicity of the above mentioned faults.



K.A. FayrKarlıova-Elmalı Çayı

Karlıova kuzeybatısında Kuzey Anadolu fayı 108° azimutla üçlü birleşme noktasından gelip 83° azimutla Elmalı çayı vadisine girmektedir (Şaroğlu sözlü görüşme). Yaklaşık 40.8 boylam ve 39.4 enleminin kesiştiği alan içinde fay 25° içbükey olarak doğrultu değiştirmektedir. Bu alan ofiyolitler içinde yer almaktadır. Şekil 3'e göre bu alanda da en az  $M = 7,8$  değerinde deprem beklenebilir.

Sonuç olarak yukarıda açıklanan alanlarda en az son 200 senedir büyük deprem olmamıştır. Şekil 8, Ambraseys (1971)'den düzenlenmiş olup Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu faylarının Milattan sonraki 1500 yıllık aktivitelerini karşılaştırmaktadır. Buradan anlaşıldığına göre Kuzey Anadolu Fayı'nın aktif olduğu dönemde Doğu Anadolu Fayı sakın, Doğu Anadolu Fayı'nın aktif olduğu dönemde Kuzey Anadolu Fayı sakindir. Ancak bu dönemlerin sonlarında geçişler görülmektedir. Aynı ilişkiyi bu yüzyıla uyguladığımızda, Kuzey Anadolu Fayı bu yüzyılda aktivitesini tamamlamış ve sıra Doğu Anadolu Fayı'na gelmiş olabilir. 1971 Bingöl depremi bunun bir işaretçisi olarak kabul edilebilir.

Bir başka açıdan, bu yüzyıldaki kayıtlara bakıldığında Türkiye'de ortalama her 2,5 yılda magnitüdü 7'den büyük bir deprem olduğu görülmektedir. Oysa Türkiye'de son 6,5 yıldır magnitüdü 7 civarında hiçbir deprem olmadığı gözönüne alınırsa önümüzdeki yıllarda birkaç büyük depremin arka arkaya oluşacağı rahatlıkla düşünülebilir ve geçmişte de böyle olmuştur.

Özet olarak;

1 — Yukarıda belirlenen alanlar, bazı büyük depremlerin episantr alanları ile büyük benzerlikler sunmaktadır.

2 — Bu belirlenen alanların arkeolojik ve tarihsel kayıtları burada daha önce büyük depremlerin varlığını yansıtır niteliktedir.

3 — Türkiye'nin içinde bulunduğu son 6,5 yıllık sakın dönem büyük depremlerle sona erecektir ve bunların en az bir tanesi yukarıdaki alanlara rastlayabilir.

4 — Bandırma çevresindeki süratle gelişen endüstri ve nüfus, Karamemikler yakınlarındaki Karakaya barajı ve tren köprüsü ve hatta Keban barajı korunması gereken konuların başında gelmektedir.

5 — Hernekadar Türkiye'de depremlerin önceden haber sistemleri henüz gelişmemişse de bu alanlarda süratle aletsel ölçüm ve detay çalışmalarının yapılp anında değerlendirilmesinde büyük yarar vardır.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

Allen, C.R., 1968, The tectonic environments of seismically active and inactive areas along the San Andreas fault system. In Dickonson W.R. and Grantz A. Editors. Proceedings of Con. Geo. Prob. San Andreas Stanford Univ. Pubs. Vol. 11, P. 70 - 82.

Allen, C.R., 1975, Geological criteria for evaluating seismicity. Bull. Geol. Soc. Am. 86/1041 -1057.

Ambraseys, N.N., 1970, Some characteristic features of the Anatolian fault zone. Tectonophysics 9, 143-165.

Ambraseys, N.N., 1971, Value of historical records of earthquakes. Nature, Lond. 232, 375-379.

Arpat, E., 1977, Karakaya barajı çok büyük depremlerle sınıanacaktır. Yeryuvarı ve İnsan, 59 - 62.

Arpat, E. ve Şaroğlu, F., 1972, The east Anatolian Fault System : thoughts on its development. Bull. Miner. Res. Explor. Inst., Ankara, 78, 33 - 39.

Barka, A.A., 1981, Seismo - tectonic Aspects of the North Anatolian fault zone. Ph. D thesis. University of Bristol, 335 pp.

Barka, A.A. and Hancock, P.L., 1982, Relationship between fault geometry and some earthquake epicentres within the North Anatolian fault zone. Progress in earthquake prediction Vol: 2, p. 137-142, edited by A.M. Işıkara and A. Vogel Friedr. Viewey and John, FRG.

Can, R., 1974, Seismotectonics of the North Anatolian Fault Zone. Unpublished M. Phil. thesis. University of London.

Castle; R.D.; Church, J.P. and Elliott, M.R., 1976, Aseismic uplift in Southern California Science, 192, 251 - 253.

Crowell, J.C., 1974 a, Sedimentation along the San Andreas Fault, California. In: Modern and Ancient Géosynclinal Sedimentation (Ed. by R.H. Dott Jr and R.H. Shaver). Spec. Publ. Soc. econ. Paleont. Miner., Tulsa, 19, 292 - 303

Crowell, J.C., 1974 b, Origin of late Cenozoic basins in southern California. In: Tectonics and Sedimentation (Ed. by W.R. Dickinson). Spec. Publ. Soc. econ. Paleont. Miner., Tulsa, 22, 190 - 204.

Cummings, D., 1976, Theory of plasticity applied to faulting, Mojave Desert, southern California. Bull. geol. Soc. Am., 87, 720 - 724.

Cummings, D. and Leeds, D.J., 1977, Seismotectonic zoning using theoretical mechanics. Proc. 6<sup>th</sup> World Conf. Earthquake Eng. 1, 836 - 842.

Cutten, H.N.C., 1979, Rappahannock Group : Late Cenozoic Sedimentation and tectonics contemporaneous with Alpine Fault movement. N.Z. Jl. Geol. Geophys. 22, 535 - 553.

Dewey, J.W., 1976, Seismicity of Northern Anatolia. Bull. Seism. Soc. Am., 66, 843 - 868.

Ercan, A., 1979, Doğu Anadolu fayı üzerinde küçük deprem çalışmaları. Yeryuvarı ve İnsan, 21 - 30.

Ergin, K.; Güçlü, U. and Uz, Z., 1967, A catalogue of earthquakes for Turkey and surrounding area (11 A.D. to 1964 A.D.) Tech. Univ. Istanbul Mining Eng. Fac. Publ. 24, 1 - 169.

Ergin, K.; Güçlü, U. and Aksay, G., 1971, A catalogue of earthquakes of Turkey and surrounding area (1965-1970). Tech. Univ. Istanbul Mining Eng. Fac. Publ., 28, 1-91.

Ergin, K.; Canitez, N.; Büyükaşkoğlu, S; Güçlü, U., 1982, Seismicity of Sinop and Trakya Nuclear Power Plant sites and their vicinities. Progress report No : 2, Tec. Univ. Ist. 152 p.

Fedotov, S.A., 1965, Regularities of the distribution of strong earthquakes in Kamchatka, the Kuril Islands, and northeast Japan, Trudy Inst. Fiz Zemli., Acad. Nauk. SSSR, 36, 66 - 93.

- Hancock P.L.; Barka, A.A., 1981, Opposed shear senses inherited from neotectonic mesafacture system in the North Anatolian fault zone. 3. J. Struct. Geol.
- Hempton, M.R, Dewey, J.F.; Şaroğlu, F., 1981, The East Antatolian transform fault. Along strike variations in geometry and behavior, EOS. 62,17.
- Ichikawa, K. 1980. Median Tectonic line of southwest Japan. 'The Geofölgical Soc. Japan Memoir 48. 210 p.
- Irwin, W.P.; Barnes, I., 1975, Effect of Geologic structure and methamorphic fluids on seismic behavior of the San Andreas fault system in central and northern California. Geology 3, 713 - 716.
- Karnik, V., 1972, Seismicity of the Evropean area. Part 2. Reidel, Dordrecht.
- Kelleher, J.A.; Sykes, Lit. and Oliver, J., 1973, Possible criteria for predicting earthquake locations and their applications to major boundaries of the Pacific and Caribbean, J. Oeophys. Res. 78, 2547-2585.
- Kelleher, J.A.; Savino, J.; Rowlett, H. and McCana, W., 1974, Why and were great thrust earthquakes occur along island arcs, J. Geophys. Res. 79, 4889-4899.
- Kelleher, J.A. and Savino, J., 1957, Distribution of seismicity before large strike-slip and thrust-type earthquakes. J. Geophys. Res. 80,260-271.
- Kingma, J.T., 1958, Possible origin of piercemerit structures, local unconformities and secondary basins in the Eastern Geosyncline, New Zealand. N.Z.J. Geol. Geophys. 1, 269-274.
- Koide, H.; Bhattacharji, S., 1977, Geometric of active strike-slip faults and their significance as indicators for areas of energy release. In : Energetics of Geological Processes, (edited by Saxena, S.K. and Bhattacharji, S.) Springer-Verlag, New York, 46-66.
- Kupper, D.H., 1964, Width of the Alpine fault zone New Zeland, N.Z.J. Geol. Geophys. Vol. 7, 685-701.
- McCann, WR.; Nishenko, S.P.; Sykes, L.R. and Krause, J., 1979, Seismic gaps and plate tectonics: seismic potential for major boundaries. Pageoph 117, 1082-1147.
- McKenzie, D., 1972, Active tektonics of the Mediterranean region. Geophys. J.R. Astr. Soc., 30, 109-185.
- McKenzie, D. 1978. Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt : Aegean Sea and surraunding regions (Tectonics of Aegean region) Geophys J.R. Astr. Soc. 55, 217-254.
- Parejas, E.; Akyol, I.H. and Altınlı, E., 1941, Le tremblement de terre d'Erzincan du 27 Décembre 1939. Revue Fac. Sei. Univ. Istanbul, BVİ, 177-222.
- Pınar, N. and Lahn, E., 1952, Türkiye depremleri izahlı k> taloğlu, Bayındırlık Bakanlığı, Yapı İmar İşleri Re-işliğı Yayınları, Seri 6,36, Ankara.
- Prescott, W.H. and Savage, J., 1976, Strain accumulation on the San Andreas fault near Palmdale, California. J. Geophys. Res. 81,4901-4908.
- Rogers, T.H., 1973, Fault trace geometry within the Sand Andreas and Calaveras fault zones-a clue to the evolution of some transcurrent fault zones. Proc. Conf. Tectonic Problems of the San Andreas Fault System. Stanford Univ. Publs Geol. Sci. 13, 251-258.
- Rynn, J.M.W. and Scholz, C.H., 1978, Seismotectonics of the Arthur'e Pass region South Island New Zealand. Geo. Soc. Ame. Bull. Vol. 89, 1373-1388.
- Scholz, C.H., 1977, Transform fault systems of California and New Zeland : similarities in their tectonic and seismic styles. J. geol. Soc Lond., 133,215 - 229.
- Scholz, C.H. and Fitch, T., 1969, Strain accumulation along the San Andreas Fault. Jour. Geophys Eesear. 74\* 6649-6665.
- Seymen, İ. and Aydm, A., 1972, The Bingöl Earthquake Fault and its relation to the North Anatolion Fault Zone. Bull. Mineral Res. Explor. Inst. Ankara 79, 1-8.
- Slemmons, P., 1977, Faults and earthquake magnitude. Report 6 of a Series, prepared office, Chief of Engineers, U.S. Army Washington D.C. 20314.
- Soysal, H.; Kolçak, D.; Sipahioğlu, S., 1982, Some aspects of the North Anatolian Fault Zone derived from the comparison of its intrumental deta with historical information. Progress in earthquake prediction Vol. 2, 223-238. edited by A.M. Işıklara and A. Vogel. Friedr. Vieweg and John, Wiesbaden, F.R.G.
- Şengör, A.M.C., 1979, The North Anatolian fault : its age, offset and tectonic significance. J. geol. Soc. Lond. 136, 269 - 282.
- Şengör, A.M.C., 180, Türkiye'nin neotektonik esasları, Spe. publ. Geo. Soc. Turk. 40 p.
- Şaroğlu, F., Boray, A.; Özer, S.: Kuşçu, 1, 1982, Orta Anadolu'nun neotektoniğı üzerine bazı görüşler, Özet, T.J.K.
- Tatar, Y., 1978, Tectonic investigations on the North Anatolion Fault Zone between Erzincan and Refahiye, (in Turkish). Publ. Inst. Earth Sci., Hacettepe Üniv. 4,201-236.
- Tobin, P.G. and Sykes, L.R., 1968, Seismicity and tectonics of the northeast Pacific Ocean, J. Geophys. Res. 73, 3821-3845.
- Toksöz, M.N., Shakal, A.F. and Michael, A.J., 1979. Space-time migration of earthquakes along the North Anatolian fault zone and seismic gabs. Pageoph 117. 1258-1270.
- Walcott, R.I., 1978, Precent tectonics and Late Cenozöic evolution of New Zealand. Geophys. J.R. astro. Soc. 52,137-164.
- Wilcox, R.E.; Harding, T.P. and Seely, D.R., 1973, Basic wrench tectonics: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., 57, 74-96.

Yazının geliş tarihi : Ocak 1983

Yayıma verildiğı tarih : Temmuz 1983