

13 MART 1992 ERZİNCAN DEPREMİ İLE İLGİLİ JEOLJİK GÖZLEMLER VE BAZI ÖNERİLER

Geological observations and some remarks related to Erzincan Earthquake 13 March 1992

Simav BARGU İstanbul Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İSTANBUL

Şükrü ERSOY İstanbul Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İSTANBUL

ÖZ: Bu makalede, 13 Mart 1992 depremi ile ilişkili olarak bölgeye giden İstanbul Üniversitesi jeoloji ekibinin incelemelerinin sonuçları ortaya konulmuştur. Bu inceleme, Kuzey Anadolu Fay (KAF) Zonu üzerinde yer alan Erzincan Havzasının tektonik ve stratigrafik durumu, depremin olası mekanizması, saha gözlemlerine dayalı depremle birlikte oluşan kırıklar ve faylar ve bazı oturma, sıkışma ve açılma yapıları, şehir merkezi ve çevresindeki hasar üzerine odaklanmıştır.

ABSTRACT: In this paper, the results obtained by the geological team of the University of İstanbul as a result of their visit to the region after the 13 March 1992 earthquake are displayed. The investigation is mainly based on the tectonic and stratigraphic situation of the Erzincan basin placed on the North Anatolian Fault (NAF) Zone, the probable mechanism of the earthquake, the fractures and faults happened during the earthquake, slumps, compressional and extensional structures based on field observations, and the damage which took place within the city and its surroundings.

GİRİŞ

KAF boyunca halen süregelen sağ yanal atımlı hareket çok eski tarihlerden beri (Ketin, 1948) bilinmektedir. Yaklaşık 1400 km uzunluğundaki bu kırık zonunda yanal atımlı faylanmalar sonucu çok sayıda çöküntü havzası gelişmiştir. Erzincan havzası da bunlardan biridir. Şimdiye kadar bu tür havzalar renç tektoniğin terminolojisinde sıkça rastlanan çek-ayır (pull-apart) mekanizması ile ya da ana fayın doğrultusunun değişmesine bağlı olarak gelişen gevşeyen-serbestleyen bükülme (releasing bend) ile açıklanmaya çalışılmıştır. Ekibimiz, yaptığı incelemeler sonucu elde ettiği saha verilerini önceden ortaya konulan verilerle birleştirmiş ve var olan modellere rotasyonu da ekleyerek birbirine paralel iki sağ yanal atımlı fay arasında saat yönünde domino taşı gibi dönen blokların olduğu bir modeli ortaya koymaya çalışmıştır.

BÖLGENİN JEOLJİK DURUMU

Orta-Geç Miyosen'den sonra Doğu Anadolu'da sıkışma rejiminin hüküm sürdüğü (Tatar, 1978;

Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz ve diğ., 1987; Şaroğlu ve Yılmaz, 1991) yaygın olarak kabul görmüş bir görüştür. Bu sıkışma sonucu Torid-Anatolid bloku Kuzey Anadolu Fay (KAF) Zonu ve Doğu Anadolu Fay (DAF) Zonu olarak bilinen iki tektonik sınır boyunca batıya doğru kaçmaktadır (Şekil 1).

Son yıllarda yapılan ayrıntılı tektonik incelemeler Doğu Anadolu mozaiğini oluşturan fay segmentlerinin daha fazla ve daha karışık olduğunu ortaya koymuştur. Ovacık Fay (OF) ve Kuzey Doğu Anadolu Fay (KDAF) Zonları gibi KAF Zonunu verev olarak kesen sol yanal atımlı faylar yeni kıtasal blokların sınırlarını belirleyen böyle önemli segmentlerdir. Doğu Anadolu'da sıkışmanın maksimum olduğu dönemlerde, KDAF Zonu ile KAF Zonu arasında kalan KD Anadolu Bloku doğuya doğru hareket ederken, OF Zonu ile KAF Zonu arasındaki Anadolu Bloku ise batıya doğru kaçmaktadır (Ketin, 1948; Mc Kenzie, 1972; Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör ve Diğ., 1985; Barka ve Gülen, 1989; Koçyiğit, 1991).

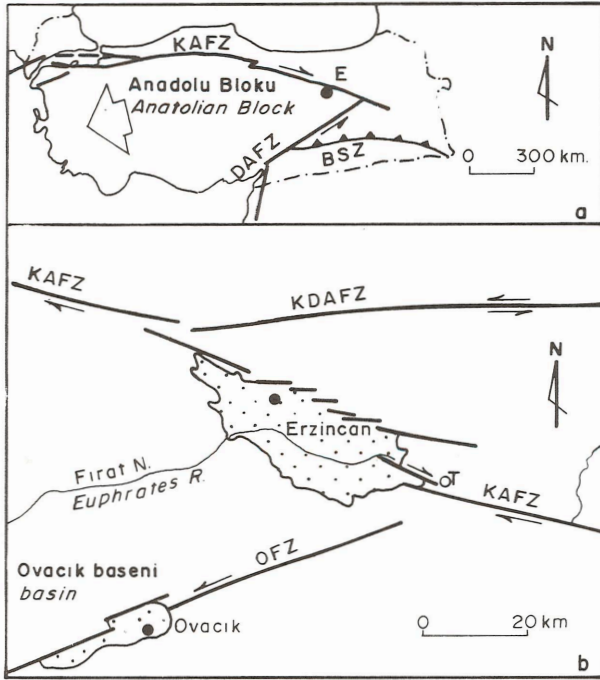
KAF, DAF, KDAF Zonlarının Orta-Üst

Miyosen'de (Tatar, 1978) ve Erken Pliyosen'de (Barka ve Gülen, 1989) meydana geldiği ileri sürülmüşse de KAF ve DAF Zonlarının Orta Pliyosen yaşlı formasyonları kesmiş olduğundan Geç Pliyosen'de (Şaroğlu ve Yılmaz, 1991) oluştuğu açıklanmıştır. Bunlardan KAF Zonu içinde onun genel gidişine koşut kompresyonel basenler gelişmiştir. Erzincan basenininin tipik bir örnek teşkil ettiği böyle çöküntü havzasında reñç tektoniğinin gerektiği her türlü kompresyonel ve ekstansiyonal yapıları izlemek olasıdır. Yalnız Erzincan baseninde KAF Zonu birkaç kola ayrılır.



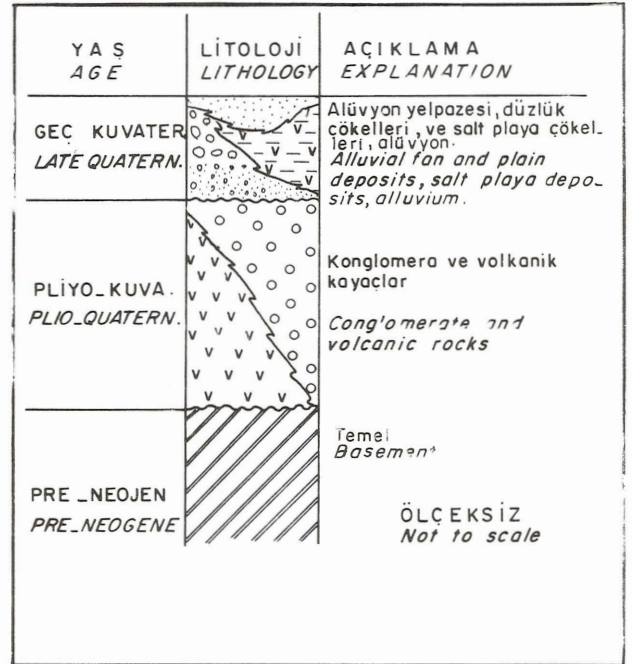
Şekil 2 Erzincan Ovasının ve düzlüğün dağlarla olan sınırındaki doğrudu atımlı faylarla atılmış, bükülmüş dereler, alüvyon yelpazeleri ve kesilmiş sırtların uçaktan görünüşü (çekim kuzeyden güneyde).

Figure 2 View of Erzincan ova and the mountains from airplane showing streams and alluvial fans off set and bent, and ridges cut by strike slip faults located at the boundary of the flat and the mountains (Photo from north to south).



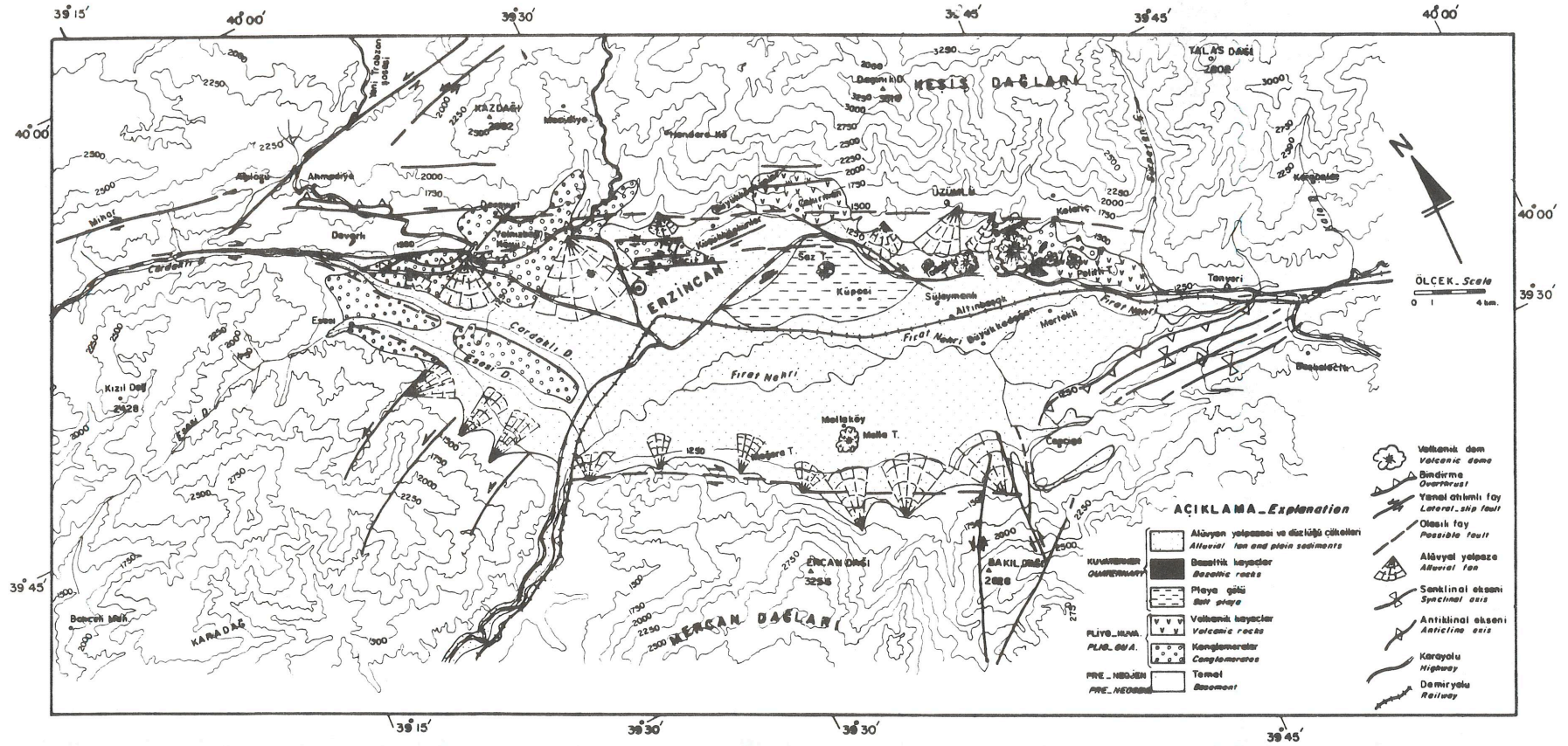
Şekil 1 Türkiye'nin basitleştirilmiş ana Neotektonik yapıları (a) ve çalışma sahası (b) E = Erzincan, T = Tanyeri. BSZ = Bitlis Kenet kuşağı, KAFZ = Kuzey Anadolu Fay Zonu, DAFZ = Doğu Anadolu Fay Zonu, OFZ = Ovacık Fay Zonu, KDAFZ = Kuzeydoğu Anadolu Fay Zonu. Büyük ok Anadolu Levhasının göreceli hareketini gösterir (Koçyiğit, 1991).

Figure 1 Simplified maps showing the major neotectonic structures of Turkey (A) and study area (B). E = Erzincan, T = Tanyeri, BSZ = Bitlis Suture Zone, DAFZ = East Anatolian Fault Zone, KDAFZ = Northeastern Anatolian Fault Zone, Large arrow shows the relative motion of the Anatolian Block (Koçyiğit, 1991).



Şekil 3 Çalışma alanının neotektonik birimlerinin stratigrafisi sütun kesidi.

Figure 3 Stratigraphical columnar section of Neotectonic units of the study area.



Şekil 4 Çalışma alanının basitleştirilmiş jeoloji haritası.

Figure 4 Simplified geological map of the study area.

Erzincan basenindeki düzlüğün dağlarla olan sınırında doğrultu atımlı faylar bulunmaktadır. Burada doğrultu atımı belirleyen tipik morfolojik ve jeolojik veriler açıklıkla görülmektedir. Ovaya ulaşan sırtlar ani olarak kesilmiş ve ütü altı (iron flat) yüzeyler gelişmiştir. Dereler ise faylar boyunca atılmış (off set stream) ve dere yatakları atım yönünde bükülmüştür. Alüvyon yelpazeleri fay hareketi nedeniyle sırtların önüne getirilmiştir. Genç yelpazelerde bazı atımlar görülmektedir (Şekil 2).



Şekil 5 Fırat vadisinde gözlenen deprem kırıklarından biri (çekim batıdan doğuya).

Figure 5 One of the earthquake fractures observed in the Fırat valley (Photo from west to east).



Şekil 6 Fırat vadisinde gözlenen kum, silt ve çamurla doldurulmuş çatı şekilli sırtlardan oluşan en echelon kırıklar (çekim batıdan doğuya).

Figure 6 View of en echelon fractures which are formed by roof shape ridges filled with sand, silt and mud observed in the Fırat valley (photo from west to east).

Erzincan havzasında yer alan kayalar stratigrafik olarak Pre-Neotektonik ve Neotektonik birimler olmak üzere ikiye ayrılarak incelenmiştir (Şekil 3 ve 4). Preneotektonik döneme ait kaya birimleri, KAF ve dolayındaki kırıkların oluşumundan önce meydana geldiklerinden bu yazının konusu dışında bırakılmış olup, neotektonik kaya birimlerinin tabanında bulunduğu genelleme temel olarak adlanmaktadır. Neotektonik döneme ait kaya birimleri ise Pliyo-Kuvaterner yaşındaki akarsu konglomeraları, trakitik, trakiandezitik-riyolitik, dasitik ve bazaltik bileşimdeki volkanik ve volkanoklastik kayalarla Kuvaterner yaşındaki alüvyon, alüvyon yelpazesi, yamaç molozu, ova ve salt playa çökeltilerinden oluşmaktadır.



Şekil 7 Fırat vadisinde (Büyükadağ ve Mertekli dolay) sağ yanal hareket geliştiren en echelon Riedel makaslama-ları (çekim doğudan batıya).

Figure 7 En echelon Riedel shears causing right lateral movement in the Fırat valley (Around Büyükadağ and Mertekli region) (photo from east to west).

Akarsu konglomeraları genellikle havzanın KB kısmında izlenir. Bunlar tektonizma sonucu hızlı sedimentasyon gösteren bir ortamın ürünü olduklarından kötü boylanmışlardır. Kalınlıklarının 200 m (Barka ve Gülen, 1979) - 700 m (Koçyiğit, 1991) olduğu belirtilmekte ise de eski paleotopografyanın ve çökme hızının durumuna bağlı olarak bu kalınlık artıp eksilebilir. Bu nedenle havza paleotopografyasının kesinlikle belirlenmesi gereklidir.

Volkanik ve volkanoklastik kaya birimleri, çoğunlukla havzanın kuzey kesimlerinde yer alır. Genç faylanmaya bağlı olduğu açıkça anlaşılan volkanik kümeler Erzincan ovasının genç tektoniğinin göze çarpan önemli unsurlarıdır. Genellikle trakitik bileşimlidirler. Dom şeklinde tepecikler oluştururlar (Şekil 4). Volkanizmanın yaşı 0.25 milyon yıl ile 3.1 milyon yıl arasındadır (Baş, 1979; Hempton ve Linneman, 1984).

Kuvaterner çökelleri başlıca alüvyon, alüvyon yelpazesi, örgülü nehir, salt playa gölü çökellerinden meydana gelir. Fırat ile birleşen Esesi ve Çardakdere kollarının bulunduğu (Erzincan KB sı)



Şekil 8 Fırat vadisinde birbirine paralel iki en eşelon (sağ yanal) kırığı birleştiren köprü üzerinde kompresyon izlenirken kırıklar ve açılmalar gelişmiş. Ayrıca kırıklardan zemin sıvılaşması sonucu kum, silt ve çamur volkanları çıkmıştır (çekim güneyden kuzeye).

Figure 8 View of compression on bridge connecting the two en echelon (right lateral) fractures parallel to each other in the Fırat valley. Fractures and extensions developed as a result of ground liquefaction from fractures. There are also sand, silt and mud volcanoes (photo from south to north).

kesimlerde alüvyon malzemesi daha iri, eğimin azaldığı düzlüklerde ise kil ve silt ile bunların karışımı olan birimler egemendir. Düzlüğün bitip yükseltilerin başladığı güney ve kuzey sınırlarında bir dizi alüvyon yelpazesi izlenir.

Erzincan havzasındaki genç çökel örtüsünün kalınlığı hakkında veriler yok denecek kadar azdır. Bu kalınlığın bazı sondaj verilerine dayalı olarak yaklaşık 2000 m kadar olduğu sanılmaktadır (Koçyiğit, 1991).

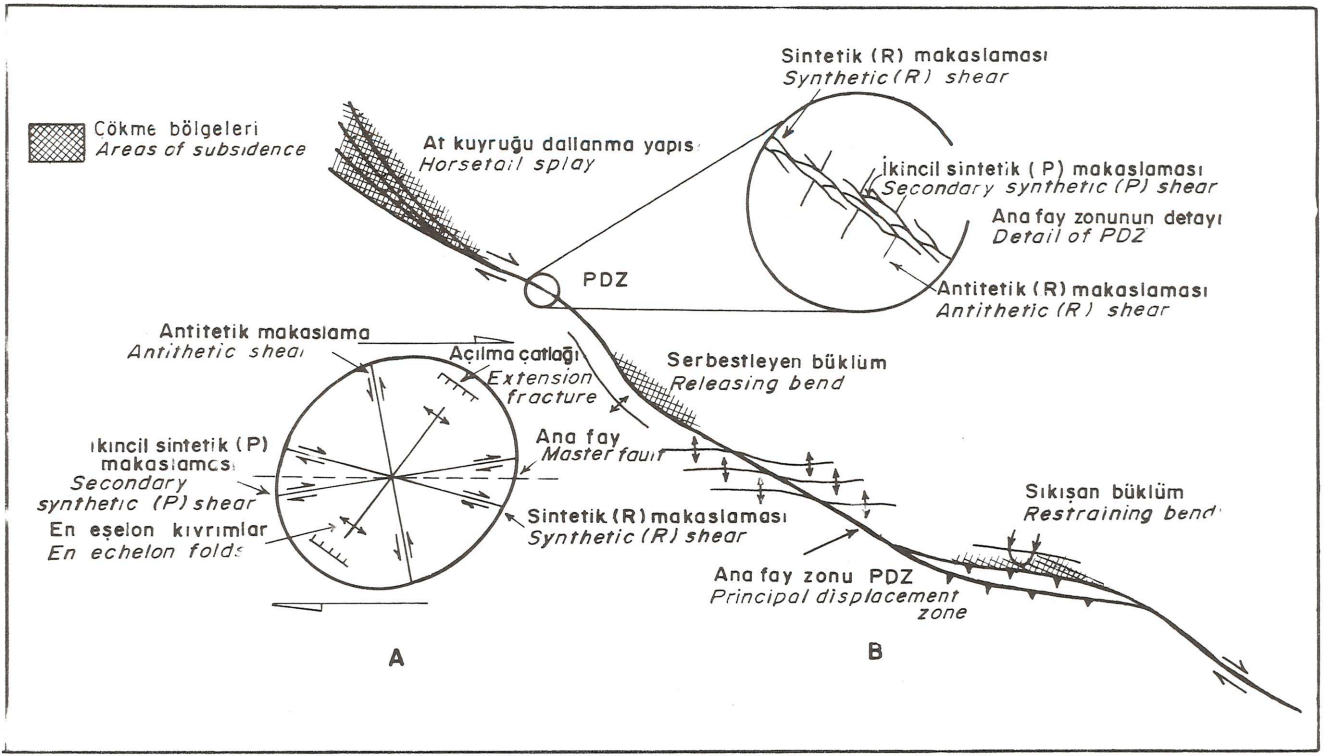
13 MART 1992 ERZİNCAN DEPREMİNE AİT GÖZLEMLER

Depremin meydana gelmesinden hemen sonra



Şekil 10 Fırat vadisinde, sağ yanal hareket veren Riedel makaslama-ları yanında sol yanal hareket veren antitetik "R" makaslama-ları gelişmiştir (çekim batıdan doğuya).

Figure 10 Antithetic "R" shears with left lateral movement are developed together with Riedel shears giving right lateral movement in the Fırat valley (photo from west to east).



Şekil 9 Renç tektonik ile gelişmiş ana yapılar (Biddle ve Christie Blick, 1985 den).

Figure 9 Main structures developed by wrench tectonics (from Biddle and Christie Blick, 1985).



Şekil 11 Ekşisu Madensuyu tesislerinin yanındaki suni dolgu zeminde gelişen oturma yapıları ile ilgili yarıklar (çekim kuzeybatıdan güneydoğuya).

Figure 11 Fractures related to the settling structures developed in the artificially filled ground near the Ekşisu Mineral Water plant (photo from northwest to southeast).



Şekil 12 Ekşisu Madensuyu tesisleri yanındaki suni dolgu zeminde gelişen oturma yapılarındaki açılma çatlığı (çekim kuzeybatıdan güneydoğuya).

Figure 12 Extensional fractures in the settling structures developed in the artificially filled ground near the Ekşisu Mineral Water Plant (photo from northwest to southeast).

pek çok yerli ve yabancı üniversitelerden inceleme ekipleri bölgeye gelmişlerdir. Burada İstanbul Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği araştırmacılarından Simav Bargu ve Şükrü Ersoy'un gözlemleri aktarılmaya çalışılacaktır. Bu gözlemler özetle şu şekilde açıklanabilir:

Erzincan şehir merkezi dışındaki gözlemler

Erzincan ovası, etrafı yüksek dağlarla çevrili, ortasında Fırat nehrinin geçtiği oldukça geniş bir alüvyon düzlüğüdür (Şekil 2 ve 4). Yüksekliği 1165 m ile 1250 m arasında değişen düzlüğün kuzey kenarı güneye göre, kuzeybatı kenarı ise güneydoğu kenarına göre daha yüksektir. Şimdiki Erzincan şehri Aralık 1939 depreminden sonra inşa edilmiş olup, Erzincan Ovasının kuzey kesimlerinde yer alır. Eski Erzincan şehri ise ovanın yaklaşık ortasından geçen demir yolunun güneyinde yer almaktaydı. Şimdiki şehir merkezi nispeten konsolide olmuş (suyla doygun) ve konsolide olmamış genç vadi sedimanlarına göre bir alüvyonal malzeme üzerinde kurulmuştur. Alüvyon kalınlığının, yamaçların oldukça yüksek eğimde ve alüvyonla faylı sınıra sahip oluşundan ötürü 1000 m den fazla olduğu düşünülmektedir. Genellikle düzlüğün bitip dağlık kesimin başladığı yerler tektonik kontrollü olup, bir dizi fayla sınırlanmıştır (Şekil 2). 1939 depreminin de üzerinde olduğu



Şekil 13 Refahiye-Erzincan otoyolunda yola paralel gelişen oturma çatlakları (çekim kuzeybatıdan güneydoğuya).

Figure 13 Settling fracture developed parallel to the Refahiye-Erzincan highway (photo from northwest to southeast).

KAF'nın ana kolu ovanın kuzey sınırından geçmektedir. Bu kırık tek bir faydan çok birbirine paralel bir dizi fay şeklinde kendisini gösterir. Sözü edilen bu faylar Yalnızbağ, Işıkpınar ve Geçit köyleri dolayında izlenebilir. 13 Mart 1992 depreminden sonra şehir merkezindeki hasara karşın hiçbir yüzey kırığına rastlanmamıştır. Yine şehir merkezinde bulunan temel kazıları tek tek incelenmiş ve bunun sonucu herhangi bir kırık, ve de oturma yapısı görülmemiştir. Bu deprem sırasında oluşan kırık ve çeşitli yapıların gözlemlendiği yerler özetle Erzincan-Refahiye karayolu, Yalnızbağ köyü, Ekşisu Alanı, Erzincan-Erzurum otoyolu ve onun hemen güneyindeki demiryolu, Büyükkadağan köyünün güneyindeki Fırat nehir yatağı, Tanyeri ile Mertekli dolaydır.



Şekil 14 Erzincan-Erzurum otoyolunda yola dik gelişen bir çatlak (çekim kuzeyden güneye).

Figure 14 Fracture developed perpendicular to the Erzincan-Erzurum highway (photo from north to south).

Şekil 15 Erzincan-Köşkünler otoyolunda gelişen çatlakları (düşey yer değiştirme 50-60 cm ye varıyor) (çekim güneybatıdan kuzeydoğuya).

Figure 15 Settling fractures developed in Erzincan-Köşkünler highway (vertical movement reaches 50-60 cm) (photo from southwest to northeast).



Şekil 17 Erzincan şehir merkezinde birinci katından yıkılmış üç katlı binanın yanında hemen hemen hiç hasar görmemiş çok katlı bina. Çok katlı bina-daki tek çatlak yanındaki binanın yıkılarak çarpması sonucu oluşmuştur (çekim batıdan doğuya).

Figure 17 A totally non damaged building near the broken down three storey building in the city center. The only fissure in the multi storey building is the result of the strike of the next building (photo from west to east).



Şekil 16 Ekşisu Maden suyu tesislerindeki havuz kenarında, topuk bölgesinde gelişen oturma yapılarına ait kompresyonel deformasyon yapıları (çekim güneyden kuzeye).

Figure 16 Compressional deformation structures developed at the heel of the area belonging to settling structure by the pool in the Ekşisu mineral water plant (photo from south to north).



Erzincan şehir merkezinden doğuya doğru yaklaşık 20-25 km doğusunda yer alan Büyükkadağan ve Mertekli köyünün yanında geçen nehir yatağı vadisinde suya doymun, az konsolide olmuş genellikle killi siltli birimlerden oluşan genç akarsu çökelleri içinde bazı deprem kırıklarına (Şekil 5) ve hemen kuzeyinde de kum, silt ve çamur ile dolmuş ve çatı şekilli sırtlar oluşturmuş en echelon kırıklara (Şekil 6) rastlanmıştır. Bunlar çok devamlı kırıklar şeklinde olmayıp, sağ yan al atım verecek şekilde en echelon sintetik (Riedel) makaslama şeklidir (Şekil 7 ve 8). Çoğu kırıklarda zemin sıvılaşması sonucu kum, silt ve çamur volkanları meydana gelmiştir (Şekil 7). Bu

tür aktivitede yukarı çıkan malzemenin kum gibi iri olanları kırığa yakın, daha ince olanları ise uzakta bulunmaktadır. Kırıklardaki açılmalar genellikle 10-20 cm arasında değişmektedir. Kırık boyları birkaç metre ile onlarca metre arasındadır. Kırıklardaki ekstansiyona karşın bunları bağlayan köprü alanlarında kompresyonel deformasyonlara rastlanmıştır (Şekil 8). Kırıkların gidişleri çok çizgisel olmayıp, sık sık zigzaglar çizmelerine karşın, bazan çok yersel olarak kesilmiş pasta dilimleri kadar düzgün kırık mozaiklerine de rastlanmıştır. Açıkçası, böylesi mozaiklerin yorumlanmasında oldukça zorluklar vardır. Benzer yapılar buzlar üzerinde de izlenmiştir.

Yapılan ölçümlerde kırıkların doğrultularının hayli değişken olduğu ve onların genelde KAF gidişine koşut, yer yer de aykırı oldukları saptanmıştır. Bu kırıkların teorik olarak gelişimi ayrıntılarıyla bir şekil üzerinde gösterilmiştir (Şekil 9). Vadi yatağında sağ yanal hareket verecek Riedel makaslama kırıkları yanında, yersel olarak sol yanal atım verecek antitetik (R) makaslamları da gözlenmiştir (Şekil 10).

Ayrıca, Erzincan kuzeyinde Ekşisu madensuyu tesislerinin batı tarafında, olasılıkla KAF'nın ana koluna koşut sağ yanal hareketli en echelon sentetik (Riedel) makaslamlara rastlanmıştır. Buradakilerin yapısal özellikleri Mertekli dolayındakilere oldukça benzemektedir.

Tüm bunların dışında, Ekşisu-Köşkünler yolu, Geçit, Üzümlü, Yalnızbağ köyleri, Erzincan-Erzurum otoyolu, Erzincan-Refahiye otoyolları dolayındaki alüvyon yelpazelerinde, suni dolgularda ve eski akarsu çökellerinde önemli çökme-oturma yapıları gelişmiştir (Şekil 11, 12, 13, 15 ve 16). Bu yapıların izlendiği kısımlarda belli bir topografik eğim söz konusudur. Yollarda meydana gelen çatlakların büyük bir bölümü yola koşut olmasına karşın (Şekil 13), yer yer yola dik gelişmiş çatlaklara da rastlanır (Şekil 14). Yollardaki tansiyon çatlaklarında 5-10 cm den 40-50 cm ye varan düşey atımlar taptanmıştır (Şekil 15). Bunların en tipik olanları Ekşisu-Köşkünler karayolunda görülmüştür. Oturma yapılarının orta kesimlerinde açılma çatlakları ve basınç sırtları, topuk kısımlarında ise kompresyona bağlı deformasyonlar yer alır. Ekşisu madensuyu tesislerinin girişindeki havuz kenarında böyle deformasyonlar vardır (Şekil 11, 12 ve 16). Bu deformasyonların pek çoğu bize göre depremin dolaylı etkileriyle meydana gelmişlerdir.

Erzincan şehir merkezindeki yoğun hasara karşın herhangi bir oturma yapısına ve deprem kırığına rastlanmamıştır. Büyük olasılıkla depreme neden olacak etkiyi Mertekli ve Ekşisu dolayındaki kabaca birbirine koşut sağ yanal atımlı iki fayın hareketleri doğurmuştur. Bu iki fay arasındaki hareketlere bağlı olarak bir rotasyon söz konusu olabilir. Bu konu Erzincan havzasının tektonik oluşumu nodeline anlatılacaktır.

Dünyadaki çeşitli deprem kayıt istasyonlarından gelen ilk bilgiler Erzincan depreminin episantrının Erzincan kuzeyinde olduğu gösterilirken, sonraki düzeltilmiş bilgilerde episantrın ovada olduğu gösterilmektedir. Yine bu kayıtlarda deprem odak (hiposantr) derinliği 15-28 km arasında değişmektedir. Erzincan ve çevresinde kırılğan kabuk kalınlığının kabaca 35-40 km olduğu kabul edilirse bu derinlikteki bir şokun tüm kabuğu kırıp kırmadığı konusu yer bilimciler arasında tartışmalıdır. Bu soru, ancak ülkemizde sismikçe aktif bölgelerde aletsel şebekelerin kurulması sonucu elde edilebilecek bilgi birikimi ile yanıt bulabilir.

Erzincan şehir merkezindeki gözlemler:

1. Şehir merkezinde büyük deprem riskine karşın çok sayıda 3-4 veya 5 katlı bina yapılmıştır. Hasarların büyüğü bu yapılarda görülmüştür (Şekil 17, 18 ve 19). Tek ya da iki katlı binalarda hasar daha azdır. Bazıları ise hemen hemen hiç hasar görmemiştir.



Şekil 18 Erzincan güneybatısındaki bir kooperatifte hemen hemen tamamıyla yıkılmış çok katlı binalar (çekim doğudan batıya).

Figure 18 Completely broken down multi storey buildings in a house complex southwest of Erzincan (photo from east to west).

2. Hasarın çok fazla olduğu yerlerde bile hiç hasar görmemiş çok katlı yapılar vardır (Şekil 17). Bu durum, yürürlükteki yapıım ve deprem yönet-



Şekil 19 Erzincan güncybatısındaki bir kooperatifte tamamiyle yıkılmış çok katlı bina. Burada da görüleceği gibi ilk hasar gören kısım kolon kiriş bağlantılarıdır. Yapılar genellikle güneye doğru yıkılmıştır.

Figure 19 A multi storey building which is totally broken down in a house complex southwest of Erzincan. As can be seen, the initial damage happened to the column girderage joints. The buildings generally are fallen southwards (photo from east to west).



Şekil 20 Erzincan şehir merkezinde zayıf olan birinci katın çökmesiyle yıkılmış çok katlı binalardan biri (çekim güneybatıdan kuzeydoğuya).

Figure 20 The fall of a multi storey building in the city center due to the yield of the first floor (photo from southwest to northeast).

meliklerine uyulduğu takdirde yapı güvenliğinin yeterince sağlanabildiğini göstermektedir.

3. Depremın manyitüdü Richtere göre 6.8 olmasına karşın, sismograf kayıtlarında yatak yer ivmesinin 0.4 g mertebesinde olduğu ifade edilmektedir. Bu değer oldukça büyük deprem şiddetini belirtmektedir. Yatay salınımın oldukça etkin olması nedeniyle deprem sırasında binaların giriş katlarında kolon kiriş bağlantıları kopmuş, deforme olmuş (Şekil 18 ve 19) ve diğer üst katlar bu kat üzerine yıkılmışlardır. Belki, herhangi bir direkt ilişki olmayabilir ama, binaların çoğu genelde güneye ve güneydoğuya doğru yıkılmıştır. Bu durum, ilk etkinin güney ya da güneydoğudan geldiğini göstermesi açısından ilginçtir.

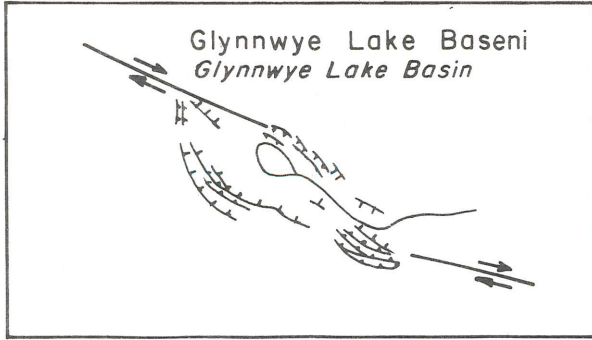


Şekil 21 Erzincan şehir merkezinde hasar görmüş çok katlı bir binanın kolonuna ait demirdeki deformasyon ve betondaki makaslaşma çatlakları (çekim güneyden kuzeye).

Figure 21 Deformation of the iron in the column and shear fracture in the concrete of a damaged multi storey building in the Erzincan city center (photo from south to north).

Şekil 22 Glynnweye Lake Basini'nin basitleştirilmiş tektonik haritası (Freund, 1971 den).

Figure 22 Simplified tectonic map of the Glynnweye Lake Basin (from Freund, 1971).



4. Her ne kadar uzmanlık alanımıza girmese de bazı kooperatif binalarında yapılan incelemelerde binaların demir donatıları ve beton dozlarının eksik olduğu saptanmıştır (Şekil 19). Özellikle kolon ve kirişler içinde boyuna demirleri bağlayan etriye denilen demir bileziklerin normalde 20-25 cm gibi bir mesafede tekrarlanması gerekirken bununun 60-70 cm ye vardığı, bazan da hiç olmadığı görülmüştür.

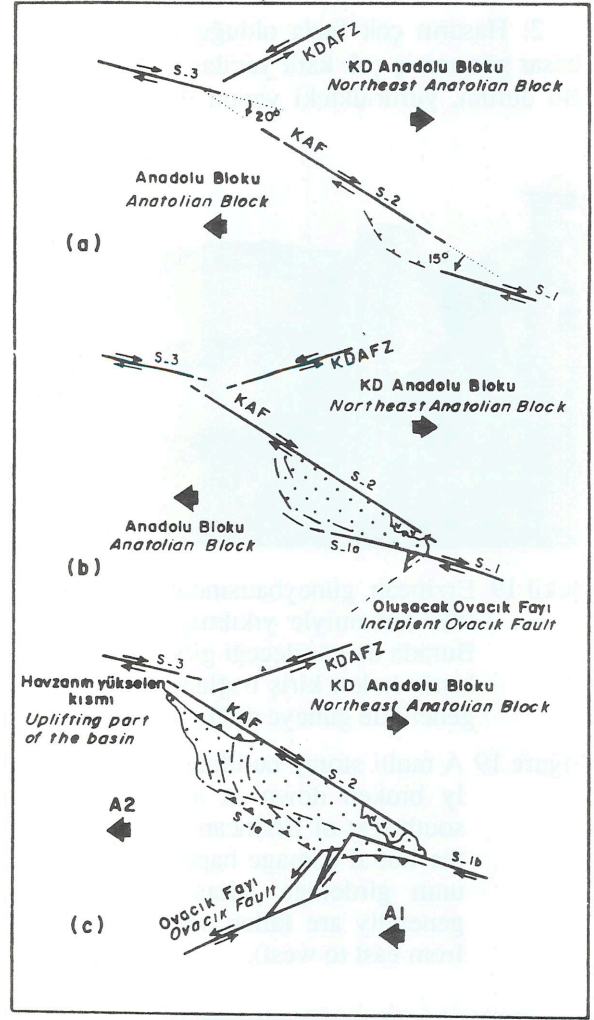
5. Çok katlı binalarda alt katın dükkân ya da giriş katı olarak boş tutulmasının yanısıra kolonların yeterli özellikte olmaması ve boşlukların dolgu duvarlarla iyileştirilmemesi nedeniyle bir zayıflık zonu oluşmaktadır. Nitekim bütün hasarlar bu katlarda meydana gelmiştir (Şekil 20).

6. 1983 depremi hafif şiddetine rağmen, hasarın olabileceği binalar konusunda o tarihlerde bazı sinyaller vermiş olmasına karşın bu durum göz ardı edilmiştir.

7. Erzincan şehir merkezinde hasar gören çoğu binaların alt katlarında kolonlardaki demirlerin deformasyona uğrayarak büküldüğü ve kırıldığı, beton kesimlerinde ise tipik olarak makaslama çatlaklarının meydana geldiği gözlenmiştir (Şekil 21).

ERZİNCAN HAVZASININ JEOLJİK EVRİM MODELİ

Erzincan ovasında şimdiye kadar yapılan jeolojik incelemeler, bu alanın iki tarafı aktif doğrultu atımlı faylarla kontrol edilen bir tektonik havza olduğunu ortaya koymaktadır (Şengör, 1979; Aydın ve Nur, 1982; Hempton ve Dunne, 1984; Barka ve Gülen, 1989; Koçyiğit, 1991). Bunlardan bir kısmı (Şengör, 1979; Aydın ve Nur, 1982;



Şekil 23 Erzincan havzasının gelişim modelleri. (a) 1-3 segmenti arasında oluşan serbestleyen çift bükülme. (b) Birbirine paralel olmayan iki ana fay (Segment 1-2) arasında Erzincan havzasının başlangıç pull-apart açılımı. (c) Erzincan için iki evreli model. Sol yanallı atımlı Ovacık Fayının oluşumu KAFZ'nun 1 nolu segmenti ile Anadolu blokunu ikiye ayırır (A1, A2 ve S-1a ve S-1b segmentleri). (c) Bölgenin günümüzdeki durumunu göstermektedir (Barka ve Gülen, 1989).

Figure 23 Evolutionary models of the Erzincan basin. (a) The releasing double bend formed by segments 1-3. (b) Initial pull-apart opening of the Erzincan Basin (basin area dotted) between non-parallel master (divergent) faults (S-1 and S-2). (c) Two-stage model to explain the evolution of the Erzincan basin. The formation of the left-lateral strike-slip Ovacık Fault divides eastern part of the Anatolian Block and segment-1 of the NAFZ into two (A-1, A-2 and S-1a, S-1b segments, respectively). (c) Indicates present situation of the region (Barka and Gülen, 1989).

Hempton ve Dunne, 1984) burayı tipik bir rombik çek-ayır (pull-apart) havza olarak nitelendirmiş, diğer kısmı ise (Barka ve Gülen, 1989) basenin açılımındaki Ovacık Fayının katılımı ve basen geometrisi temel alınarak havzanın kökeni ve evrimi için tek ve iki evreli olmak üzere iki farklı model önermişlerdir (Şekil 22 ve 23). Tek evreli modellerinde (Şekil 22, 23a ve b) havza KAF ana kırığı Segment-2 (S-2) ile onun farklı gidişli doğu devamı Segment-1 (S-1) arasındaki KD Anadolu Blokunun doğuya, Anadolu Blokunun batıya kaçması nedeniyle oluşan normal faylardan ötürü doğru açılmaktadır. İkinci model ise (Şekil 23b ve c) havzanın güneydoğusunda yer alan ve birbirine paralel olmayan ana faylar arasında kalan Erzincan baseninin tektonik olarak Anadolu Bloku'nun batıya, Kuzeydoğu Anadolu Bloku'nun ise göreceli olarak doğuya kaçması ile açılmaya başladığı (Şekil 23b) ve daha sonra doğudaki birinci segmentin (S-1) KD-GB gidişli sol-yanal atımlı Ovacık Fayı tarafından kesilmesiyle fayın batısındaki kama şeklindeki kesimin yine batıya kaçması ile havzanın genişlemeye katkısı olduğu savına dayanır.

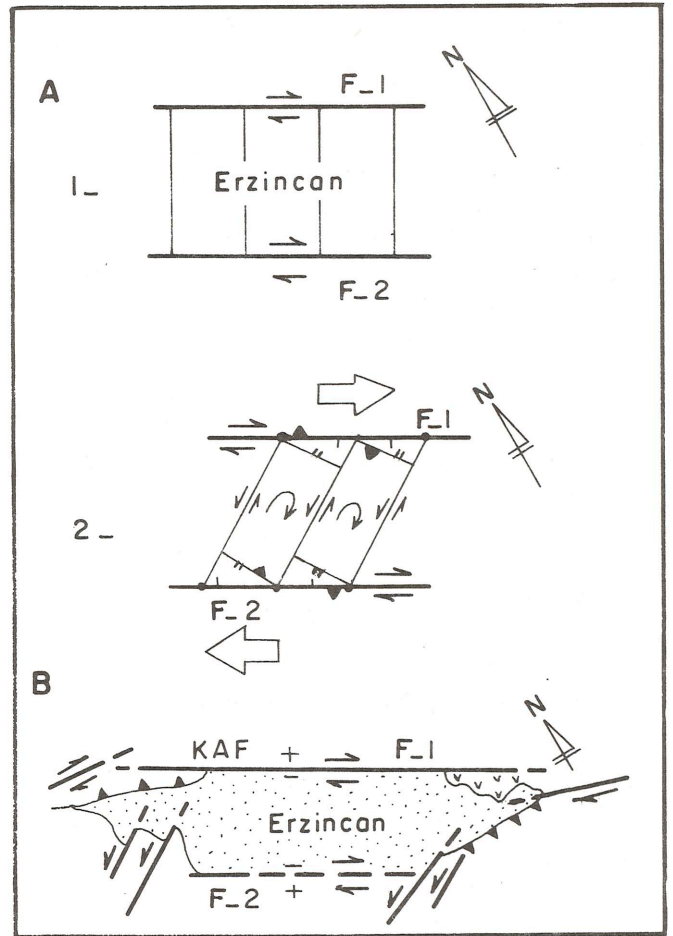
Glynnweye Lake Basin (New Zealand) ile benzerlik kurulan ve tek evreli serbestleyen basamak tipi (releasing overstep) faylarla açıldığı düşünülen havza modeli (Barka ve Gülen, 1989) Erzincan havzasının şimdiki durumunu açıklamaktan biraz uzak gibi görülmektedir (Şekil 22). Erzincan havzası, morfolojik açıdan oldukça tipik bir çöküntü alanı olmasına karşın tektonik açıdan oldukça karmaşıktır. Havza için ortaya konacak modelde, hem açılma, hem de havzanın KB ve GD sundaki kompresyonel yapıların açıklanabilmesi gereklidir. Halbuki tarafımızdan ortaya konan modele göre bu yapıların tümü açıklanabilir. Bu, faylar arası rotasyon modelidir (Şekil 24 A ve B). Modelde havza, birbirine paralel iki sağ yanal atımlı fayla (F1 ve F2) sınırlıdır. Bu faylar arasında oluşan bloklar onları sınırlayan ana fayların sağ-yanal hareketlerine bağlı olarak saat yönünde hem zaman olarak rotasyona uğrar. Bu rotasyon sonucu sol yanal yırtmaç faylar ile birlikte açılma ve sıkışma alanları meydana gelir. Erzincan'ın KB sında yer alan güneye doğru bindirme ile GD sında yer alan kuzeye doğru bindirme düzlemleri pekala bu rotasyon modeli ile açıklanabilir. Hatta, havzayı kuzey ve güneyden sınırlayan bir dizi alüvyon yelpazesi, modelin önerdiği hızlı sedimentasyonun sergilendiği açılma alanları olarak gösterilebilir. Havzanın doğusunda oluşan volkanik domlar açılma gösteren diğer bir destek-

leyici veri olmaktadır. Ayrıca, yine bu modele göre olması gereken sol-yanal atımlı fayların varlığı, Erzincan'ın G'inde saptanmıştır (Barka ve Gülen, 1989). Bunlar blokların rotasyonu sonucu meydana gelmiş olmalıdır. Söz konusu bu faylar sol yanall hareketli olup, kabaca birbirine paralel birkaç kola ayrıldıktan sonra Ovacık Fayı ile birleşirler.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Erzincan Ovası, Türkiye'nin sismikçe aktif kuşaklarından biri üzerinde yer almaktadır. Bu nedenle oluşacak depremler ile şehir ve çevresi bu doğa felaketine karşı sürekli sınav verecektir.

2. Şehir merkezinin ova üzerinde sürekli yer



Şekil 24 Erzincan baseni için önerilmiş iki sağ yanall atımlı fay arasındaki rotasyon modeli.

Figure 24 A rotation model between the two right lateral faults suggested for the Erzincan basin.

değiştirmesi bir çözümlü ya da kaçış olamaz. Şehir merkezinde meydana gelen yoğun hasara rağmen buna, deprem şiddetinin büyüklüğü tek neden olarak gösterilemez. Çünkü, binaların yapımı sırasındaki insani hatalar, daha ön planda gözükmektedir. Bu nedenle, böyle durumlarda depremi sorumlu tutmak yerine insani hataların önüne geçilmeli veya en azından azaltılmalıdır. Günümüz inşaat teknikleri, gerekleri yerine getirildiği takdirde her türlü doğa felaketine karşı koyacak güçtedir.

3. Binaların yıkılma yönleri ve arazi kırıklarının şehir merkezinden uzaklıkları dikkate alındığında deprem merkez üssünün teorik olarak şehrin güney ya da güney doğusunda olduğu düşünülmektedir.

4. Deprem, sağ yanal atımlı bir hareket ile meydana gelmiştir. Bu tür gözlemlere, Fırat vadisinde, Mertekli dolayında ve Ekşisu alanında sıkça rastlanır.

5. Erzincan havzası ve dolayında, jeolojik verilerin hayli çok olmasına karşın jeofizik verilerin eksik ve yetersiz olması dikkati çekmektedir. Örneğin, bunca örnek depreme rağmen halen ovanın alüvyon kalınlığı ve paleotopografyası belli değildir. Üstelik depremin odak derinliği bile kesin olarak bilinmemektedir. Kimi araştırmacılara göre 15-16 km iken, bazılarına göre 26 km dir. Tüm bunlar ancak jeofizik yöntemlerle bilinebilir. Erzincan, böyle çalışma için tam bir pilot bölge olacak niteliktedir. Jeofizik verilerin tamamlanmasından sonra daha kesin bir tektonik modellemeye gidilebilir.

6. Var olan verilerin biraraya getirilmesi ile bölgenin oluşumunu etkileyen ve havzanın açılmasını sağlayan olası model şu şekildedir. Havzayı kuzeyden ve güneyden sınırlayan ve birbirine yaklaşık paralel olan iki sağ yanal atımlı fay bulunmaktadır. Bu iki fay arasındaki blokların domino taşı gibi rotasyonu sonucu havza açılmıştır. Alüvyon yelpazelerindeki halen süregelen hızlı sedimentasyon, bölgenin GD'sundaki sol yönlü yırtmaç fayları ile kuzeydeki ve güneydeki bindirmeler bu nedenledir. Nitekim 13 Mart depreminde, Fırat vadisindeki kırık ile birlikte kuzey batıdaki 1939 kırığının da hareket ettiği saptanmıştır.

KATKI BELİRTME

Bu makaleye konu olan Erzincan depremi ile ilgili olarak Jeolojik gözlemleri yapmak üzere deprem sonrası bölgeye gitmek için maddi ve manevi yardımları sağlayan İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi dekanı Prof. Dr. Ergür

Tütüncüoğlu ve Jeoloji Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Okay Eroskay'a ve makaleyi inceleyen, bazı öneri ve katkılarda bulunan Prof. Dr. Yücel Yılmaz'a teşekkürü bir borç biliriz.

DEĞİNİLEN BELGELER

Aydın, A. and Nur, A., 1982, Evolution of pull-apart basins and scale independence. *Tectonics*, 1, 91-106.

Barka, A. and Gülen, L., 1989, Complex evolution of the Erzincan basin (eastern Turkey). *Journal of Structural Geology*, 1, 275-283.

Baş, H., 1979, Petrologische und geochemische Untersuchungen an subrezenten Vulkaniten der nordanatolischen Störungszone (Abschnitt: Erzincan-Niksar), Türkei. Unpublished dissertation, University of Hamburg F.R.G.

Biddle, K.T. and Christie-Blick, N., 1985, Strike-slip Faulting and Basin Formation. *Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner.*, 37, 376-379.

Freund, R., 1971, The Hope Fault: a strike-slip fault in New Zealand. *N.S. Geol. Surv. Bull.*, 86, 1-49.

Hempton, M.R. and Dunne, L.A., 1984, Sedimentation in pull-apart basins: active examples in eastern Turkey. *Journal of Geology*, 92, 513-530.

Hempton, M.R. and Linneman, S.R., 1984, Vulcanism in the Erzincan pull-apart basin: age, composition and tectonic significance. *Abstract, EOS*, 65-84.

Ketin, İ., 1948, Über die tektonisch-mechanischen Folgerungen aus den grossen Anatolischen Erdbeben des letzten Dezenniums. *Geol. Rdsch.* 36, 77-83.

Koçyiğit, A., 1991, Neotectonic structures and related landforms expressing the contractional and extensional strains along the North Anatolian Fault at the northwestern margin of the Erzincan Basin, NE Turkey. *Bull. Tech. Univ. İstanbul*, 44, 455-473.

McKenzie, D., 1972, Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophys. J.R. Astr. Soc.*, 30, 109-185.

Şaroğlu, F. and Yılmaz, Y., 1991, Geology of Karlıova Region: Intersection of the North Anatolian and East Anatolian Transform

- Faults. Bull. Tech. Univ. İstanbul, 44, 475-493.
- Şengör, A.M.C., 1979, The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance. *Journal of Geol. Soc. Lond.* 136, 269-282.
- Şengör, A.M.C, Görür, N. and Şaroğlu, F., 1985, Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In: *strike-slip faulting and Basin Formation* (edited by Biddle, K.T. and Christie-Blick, N.). *Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner.*, 37, 227-264.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Tatar, Y., 1978, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Erzinan-Refahiye arasındaki bölümü üzerinde tektonik incelemeler. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri*, 4, 201-236.
- Yılmaz, Y., Şaroğlu, F. and Güner, Y., 1987, Initiation of the neomagmatism in East Anatolia. *Tectonophysics*, 134, 177-199.