



T.C.
BAYINDIRLIK ve İSKÂN BAKANLIĞI
AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

72



Deprem Araştırma Bülteni (DAB)

*Bulletin of Earthquake Research
(Bull. Earthq. Res.)*



Nisan [April] / 1994
Cilt [Volume]: 21

Sayı [Issue]: 72

İÇİNDEKİLER [INDEX]

Sayfa [Page]

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

1 Ekim 1995 Dinar depremi [The Dinar Earthquake of 1 October 1995, Southwestern Turkey]

Ramazan DEMİRTAŞ, Salih KARAKISA, M. DEMİR, Yıldız İRAVUL, Belgin BARAN, Günruh BAĞCI, Aysel YATMAN, Sami ZÜNBÜL, Rüçhan YILMAZ

5-38

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

17 Ocak 1995 Kobe (Hyogoken-Nanbu/Great Hanshin) Depremi [The Kobe (Hyogoken-Nanbu/Great Hanshin) Earthquake of 17 January 1995, SW Japan]

Ramazan DEMİRTAŞ

39-70

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Itoigava-Shizuoka Tektonik Hattında (ISTL) Trench Çalışmalarının İlk Sonuçları [Preliminary Results of Trench Studies on the Itoigava-Shizuoka Tectonic Line]

Ramazan DEMİRTAŞ, Koji OKUMURA

71-84

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

1964-1987 Yılları Arası Türkiye'deki Büyük Depremlerin Odak Mekanizması Çözümleri [Focal Mechanisms of Major Earthquakes in Türkiye During the Period 1964-1987]

Salih KARAKISA

85-99



Fikret KURAN
Unv. Müh.

T.C.
BAYINDIRLIK ve İSKAN BAKANLIĞI
AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

72

T.C.
BAYINDIRLIK ve İSKAN BAKANLIĞI
AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

72

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ



Üç Ayda Bir Yayınlanır
Bilim ve Meslek Dergisi



Sahibi
Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Adına
Oktay Ergünay
Afet İşleri Genel Müdürü



Yazı İşleri Müdürü
Erol Aytaç
(Jeomorfolog)
Afet İşleri Genel Müdürlüğü
Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı



Posta Kutusu 763
Kızılay - ANKARA



Telefon : 287 36 45 - 287 36 46

ÖZYURT MATBAACILIK
Tel: 230 76 31
ANKARA

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

YIL 21

SAYI 72

1994

BU SAYIDA

- 1 Ekim 1995 Dinar Depremi R. DEMİRTAŞ ve
Diğerleri
- 17 Ocak 1995 Kobe (Hyogoken-
Nanbu/Great Hanshin) Depremi R. DEMİRTAŞ
- Itoigawa-Shizvoka Tektonik
Hattında (ISTL) Trench alıŐmalarının
İlk Sonuçları R. DEMİRTAŞ
K. OKUMURA
- 1964-1987 Yılları Arası
Türkiye'deki Büyük Depremlerin
Odak Mekanizması özümleri S. KARAKISA

1 EKİM 1995 DİNAR DEPREMİ

(The Dinar Earthquake of 1 October 1995, Southwestern Turkey)

(*) R.Demirtaş, S.Karakısa, M.Demir, Y.İravul, B.Baran,
G.Bağcı, A.Yatman, S.Zünbül ve R.Yılmaz

(*) Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, Sismoloji Şube
Müdürlüğü

(*) Seismological Division, Earthquake Research Department, General Directorate of
Disaster Affairs, Ankara, TURKEY

ÖZET

1 Ekim 1995 tarihinde yerel saat 17:57' de, Afyon ili Dinar ilçesinde orta büyüklükte bir deprem meydana geldi. 12 Ekim 1995 tarihindeki bilgilere göre deprem, 90 kişinin ölmesine ve 200 den fazla kişinin yaralanmasına neden olmuştur. Depremde 4340 bina ağır hasar görerek oturulamaz hale gelmiştir. 3712 bina orta derecede ve 6104 bina hafif derecede hasar görmüştür. Bu olayda 10 trilyon TL den daha fazla maddi hasarın meydana geldiği tahmin edilmektedir. Deprem Araştırma Dairesi tarafından depremin magnitudü, 5.9 olarak belirlenmiştir. Sismik moment ise 1.58×10^{25} dynes/cm olarak saptanmıştır. Depremden hemen sonra kurtarma işlerine başlanılmıştır. Depremde 15 kişi yaralı olarak kurtarılmıştır. Anaşoktan önce magnitudü 3.0'ın üzerinde öncü şokların olması nedeniyle halk dışarıda yaşamaya başlamış ve bunun sonucu olarak can kaybı az olmuştur.

Dinar'daki yaşamı sağlayan hayati sistemlerinin hepsi depremden etkilenmiştir. Depremden hemen sonra elektrikler kesilmiş, su sistemi etkilenmiş ve hepsinden de önemlisi de PTT binası hasar görerek iletişim sistemi kısa süre için olsa bile kesilmiştir.

Deprem, 55 km uzunlukta KB-GD doğrultusunda uzanan Keçiborlu-Dinar-Çivril fay hattının Dinar-Çivril arasında kalan 10 km'lik bir kısmını kırmıştır. Deprem ana kırığı her iki ucunda çatallanma göstermiştir. Yüzey faylanması, sağ yönlü

doğrultu atım bileşenli normal faylanma özelliği göstermektedir. Deprem kırığı, fay boyunca ortalama 20-50 cm arasında düşey ve 5-10 cm arasında sağ yönlü doğrultu atımlar meydana getirmiştir. Deprem ana kırığının başlangıç ve bitiş noktaları ile hiposantr noktası geometrik ve mekanik olarak denetlenmiştir. B. Menderes nehri boyunca küçük ölçekte birkaç kum volkanı gelişmiştir.

Deprem sonrasında, Dinarın 3 km kuzeyinde kırığın GD ucu yakınında bir hendek (trench) açılmıştır. Bu trench duvarlarında sadece 1 Ekim 1995 Dinar deprem kırığının izi gözlenmiştir. Bu fay izi boyunca trench duvarlarında yer alan birikinti yelpazesinin yatay tabakalı birimleri, 20 cm düşey olarak ötelenmişlerdir. Trench duvarlarında ne 1925 ne de 1875 de Dinar-Çivril arasında meydana gelen depremlerin izleri gözlenilmemiştir.

Anaşokdan önce magnitüdüleri 2.0 ile 4.7 arasında değişen 17 tane öncü şok kaydedilmiştir. Deprem dışmerkezi (episantrı), yüzey kırıkları ve hasar dağılımına göre Dinar'ın hemen 2-3 km kuzeyinde olduğu tahmin edilmektedir. Deprem aletsel koordinatı ise, 38.18 K-30.02 D olarak belirlenmiştir. Deprem odak derinliği 24 km olarak hesaplanmıştır. 1.10.1995 ile 15.11.1995 tarihleri arasında yaklaşık 1500 civarında artçı deprem kaydedilmiştir. Bu artçı depremlerden $M \geq 3.0$ olan deprem sayısı, yaklaşık 350 civarındadır ve bu depremler ana kırık boyunca yoğunlaşmışlardır. Deprem kırığı, muhtemelen içmerkezden (hiposantrdan) KB'ya doğru tek yönde ilerlemiştir. Anaşokun ve magnitüdü 4.0'dan büyük öncü ve artçı şokların odak mekanizması, sağ yönlü doğrultu atım bileşenli normal faylanmalar vermiştir.

Deprem Araştırma Dairesi, Deprem Mühendisliği Şube Müdürlüğü tarafından işletilen ve Dinar Meteoroloji istasyonunda kurulu kuvvetli yer hareketi kayıtlarından, K-G yönde 275.29 gal, D-B yönünde 294.01 gal ve düşey yönde ise 111.10 gal maksimum ivme değerleri elde edilmiştir. Kuvvetli yer hareketin süresi 25 saniye olarak tahmin edildi.

Artçı sarsıntıların yoğunlaşma yerleri, hasar dağılımları ve trench duvarlarındaki faylanma izi, bu deprem kırığının listrik bir faylanma modeline (patern) sahip olduğunu göstermektedir.

ABSTRACT

One moderate earthquake took place in Dinar, the province of Afyon, southwestern Turkey, at 5:57 p.m. local time on 1 October 1995. As of 12 the October 1995 the earthquake resulted in 90 people death and more than 200 injured. In this earthquake 4340 buildings heavily, 3712 moderately and 6104 slightly were damaged. According to local government the cost of property damage is estimated to be more than 500.000.000 US dollars. Earthquake magnitude was assigned 5.9 (MI) by ERD (Earthquake Research Department). Seismic moment was determined 1.58×10^{25} dynes/cm. Just after the earthquake emergency aid and rescue of injured people were started. 15 injured people were rescued from the ruins. Before main shock several foreshocks (greater than 3.0) occurred and most of the people were living out. For this reason, loss of life became very limited.

The earthquake affected all the vital systems such as electrical and water systems. For example, PTT building damaged heavily. Thus, the communication system was interrupted just after the earthquake for a short time span.

The distribution of aftershocks and observed surface cracks showed that a rupture of 10-15 km occurred in this earthquake. The ground rupture constitutes a segment of NW-SE trending Dinar-Çivril fault of 55 km in length. Main rupture extends between Dinar and Yapağılı village. The main surface crack bifurcates at the both ends. The cracks show normal faulting (SW side down) with right lateral component. The earthquake formed vertical displacement ranging from 20 cm and 50 cm as well as right lateral displacement of 5 cm to 10 cm. The initiation and termination of the main rupture were controlled by mechanical and geometrical features of the region. A few small-scale sand volcanoes were observed.

After mapping of the surface cracks, a trench was excavated near the southeastern end of the rupture, 3 km far from Dinar. Trench walls show only fault traces of the Dinar earthquake of 1 October 1995. Vertical displacements of 20 cm were observed in horizontal units that formed an alluvial cone from top to bottom of the trench walls. Fault traces of neither the 1876 nor the 1925 earthquakes were seen

After mapping of the surface cracks, a trench was excavated near the southeastern end of the rupture, 3 km far from Dinar. Trench walls show only fault traces of the Dinar earthquake of 1 October 1995. Vertical displacements of 20 cm were observed in horizontal units that formed an alluvial cone from top to bottom of the trench walls. Fault traces of neither the 1876 nor the 1925 earthquakes were seen.

217 foreshocks with magnitudes ranging from 2.0 to 4.7 were recorded before the occurrence of the main shock. Based on distribution of surface cracks and damages, the epicenter location were estimated to be about 3 km N-NE of Dinar, near the southeastern end of rupture. On the other hand, the instrumentally determined epicenter is 38.18 N and 30.02 E as given by TURKNET run by ERD. Focal depth of the earthquake is about 24 km. More than 1500 aftershocks with magnitudes ranging from 0.5 to 5.2 were recorded by an array having 5 temporarily installed stations by the ERD. The number of aftershocks with magnitudes of equal to and greater than 3.0 is around 350. These aftershocks concentrated along the rupture. According to the distribution of slip amounts and aftershocks, rupture propagated in one direction to the northwest. Fault plane solutions of main shock, foreshock and aftershock with magnitudes of greater 4.0 gave a normal faulting with right lateral component.

Ground motion record nearest to the epicenter was obtained at Dinar station belonging to Strong Ground Motion Network of ERD. Peak ground accelerations at Dinar Station were 275.29 gal in the north-south direction, 294.01 gal in the east-west direction and 111.10 gal in the vertical direction; duration of strong shaking was 25 sec.

All data related to distribution of surface cracks, aftershocks, damages and features of faulting in the trench walls indicate the rupture has a kind of listric faulting pattern.

GİRİŞ

Türkiye deprem açısından oldukça aktif bir kuşak içerisinde bulunmaktadır. Her on yıl içerisinde büyük bir depreme maruz kalmaktadır. Bu depremler sonucu yüzlerce binlerce insanlar ölmekte ve trilyonlarca ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu kayıplar, yalnızca depremlerle sınırlanmamakta ve aynı zamanda devlet ekonomisinin gelişmesini de yakından büyük ölçüde etkilemektedir. 1991 yılında MTA tarafından yapılan aktif fay haritası, Türkiye'nin deprem tehlikesini belirlemede oldukça büyük katkılarda bulunmuştur. Bununla birlikte, 1 Ekim 1995 Dinar depremine neden olan fay bu haritada yer almamıştır. Dinar depremi, Türkiye'de Dinar-Çivril fayına benzer haritalanmamış birçok aktif fayların bulunabileceğini göstermiştir. Bu yüzden Türkiye'nin tam anlamıyla deprem tehlikesini ortaya koyabilmek için, Türkiye'de mevcut tüm fayların haritalanması gerekmektedir. Daha sonra bu fayların aktif olup olmadığına karar verildikten sonra tüm aktif fayların sismik segmentasyonlara ayrılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Bu tür bilgileri ortaya koyabilmek için tarihsel deprem kırıklarının başlangıç ve bitiş noktalarının çok iyi belirlemek, deprem kırıklarının uzunluklarını tespit etmek ve en önemlisi de her bir segmentin kayma hızını ve depremlerin tekrarlanma aralıklarını saptamak gerekmektedir. Bu tür çalışmaların yapılabilmesi için paleosismolojik çalışmalara özellikle trench (hendek) tekniğine hız verilmesi, Yüzeysel kırıklarının bitiş ve başlangıç noktaları ile deprem hiposantrının odaklanma noktalarını kontrol eden geometrik ve mekanik faktörleri belirleyebilecek jeolojik, sismolojik ve tarihsel deprem kayıtlarının değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu tür bilgiler elde edildikten sonra deprem potansiyeli teşkil eden segmentlerin belirlenmesi ve bu segmentler üzerindeki kabuk içerisindeki her türlü hareketi izleyecek aletlerin yerleştirilmesi ve gözlenmesi sonucu depremlerin önceden bilinmesine daha bilimsel bir yaklaşımda bulunabilir. Bu çalışmaların sayesinde deprem tehlikesi en aza indirgenebilir.

1 Ekim 1995 depreminin ($M=5.9$) meydana geldiği Dinar ve civarında M.Ö 88 yılları ile M.S. 1875 yılları arasında şiddetleri V ile X arasında değişen 18 tane yıkıcı depremlere maruz kalmıştır. Bu depremlerden 1875 ve 1925 yıllarında oluşan orta büyüklükte iki deprem Dinar ve Çivril arasında meydana gelmiş ve bu depremlerden

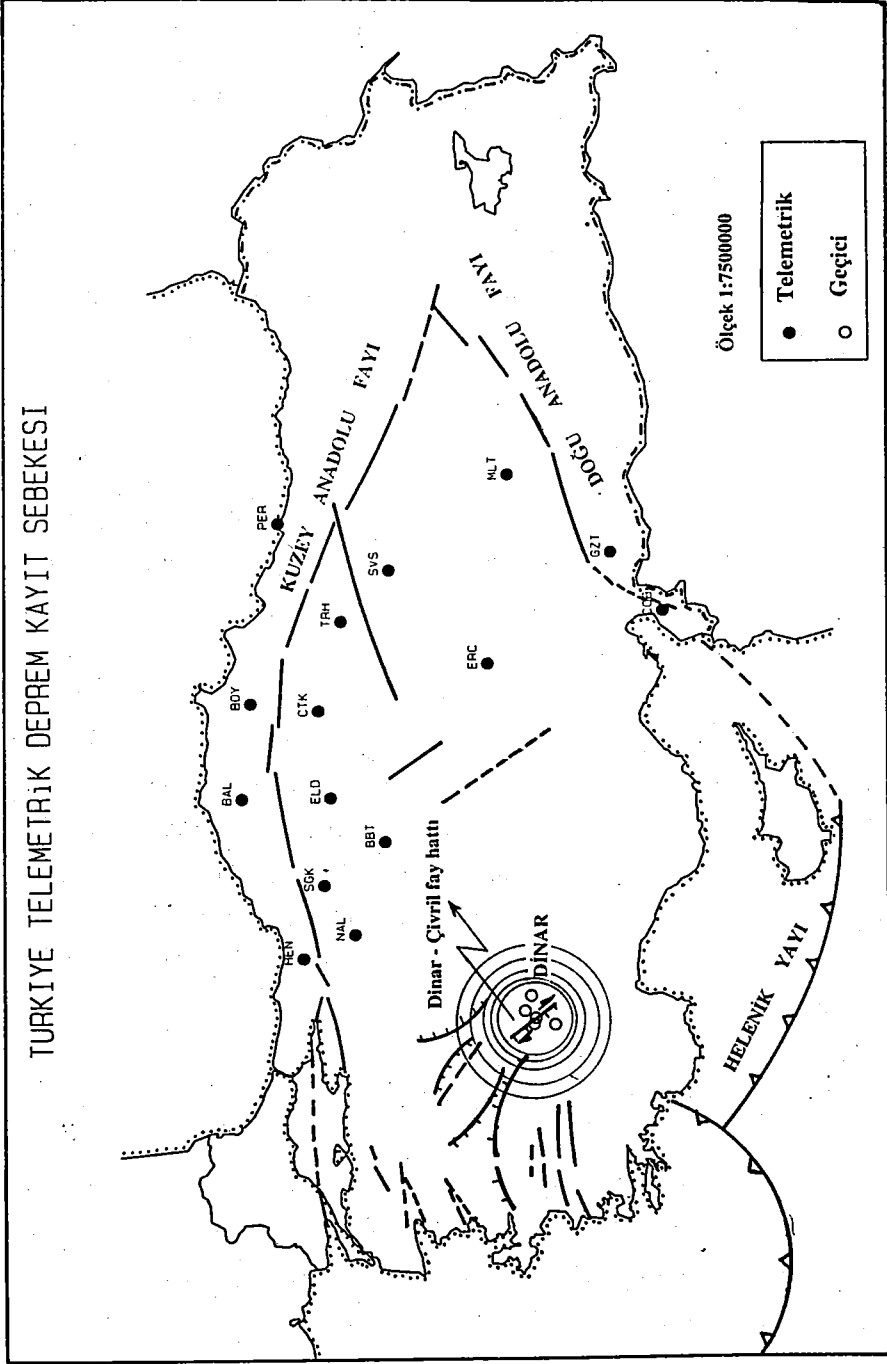
ilki 1300 kişinin ölmesine neden olmuştur. Bu depremlerin muhtemelen Dinar-Çivril fay hattında meydana geldiği düşünülmektedir. 1 Ekim 1995 tarihinde meydana gelen deprem de bu fay hattının hareketli olduğunu göstermiştir.

Bu çalışma, Dinar deprem bölgesinde yapılan jeolojik gözlemler, 26.10.1995 ile 15.11.1995 tarihleri arasında kaydedilen artçı şok çalışmaları, hasar tespit sonuçları, kuvvetli yer hareketi kayıtlarının değerlendirilmesi sonucu elde edilen veriler ve tarihsel deprem kayıtları gibi çokyönlü çalışmaların birlikte yorumlanması sonucu ortaya konmuş detaylı bir araştırmayı içermektedir.

2. DİNAR VE CİVARININ TEKTONİK KONUMU

Arap plakasının Anadolu blok 'u ile çarpışması sonucu devam eden K-G yönlü sıkışma sonucu yaklaşık 1200 km uzunlukta sağ yönlü doğrultu atımlı Kuzey Anadolu fayı ile 400 km uzunlukta sol yönlü doğrultu atımlı Doğu Anadolu fayı meydana gelmiştir. Anadolu blok 'u bu faylar boyunca batıya doğru hareket etmeye başlamıştır. Arap plakasının kuzeye doğru olan hareketi durmamış ve Kuvaterner boyunca da devam etmiştir. Bu hareket öncelikle Bitlis sütürü boyunca bindirme fayları, bu sıkıştırmanın ön kısımlarında yer alan kıvrımlar ile Kuzey ve Doğu Anadolu fayları ile telafi edilmeye çalışılmıştır. Ancak bu hareketin tümü karşılanmamaya başlanınca Anadolu bloğu içsel deformasyona uğrayarak birbiriyle bileşik fay sistemi oluşturan faylar meydana gelmeye başlamış ve bu faylar boyunca küçük bloklar çıkmaya başlamıştır. Anadolu bloğu diğer taraftan Yunan Makaslama zonunun engellemesi sonucu daha fazla batıya doğru hareket edememiş ve yön değiştirerek GB ya doğru Akdeniz okyanusal kabuğu üzerine hareket etmeye başlamıştır (Şekil 1).

Diğer yandan, Afrika plakası Girit adası ve Kıbrıs'ın güneyinden geçen Helenik yayı boyunca Ege plakasının altına doğru dalmaya başlamıştır. Helenik yayı, Girit adasının güneyini geçtikten sonra Antalya körfezine doğru bir kavis yaparak Anadolu plakasını bu hat boyunca yırtmaya başlamıştır. Dolayısıyla Dinar ve civarında içine alan Ege bölgesi bu iki önemli tektonik rejimin etkisi altında kalmıştır. Bu rejimlerin ortak etkisi sonucu bu bölge, KB-GD yönünde sıkışmaya KD-GB yönünde çekilmeye maruz kalmaktadır.



Şekil - 1 TÜRKNET ve beş adet geçici deprem istasyonlarının ana fay hatlarına göre dağılımı

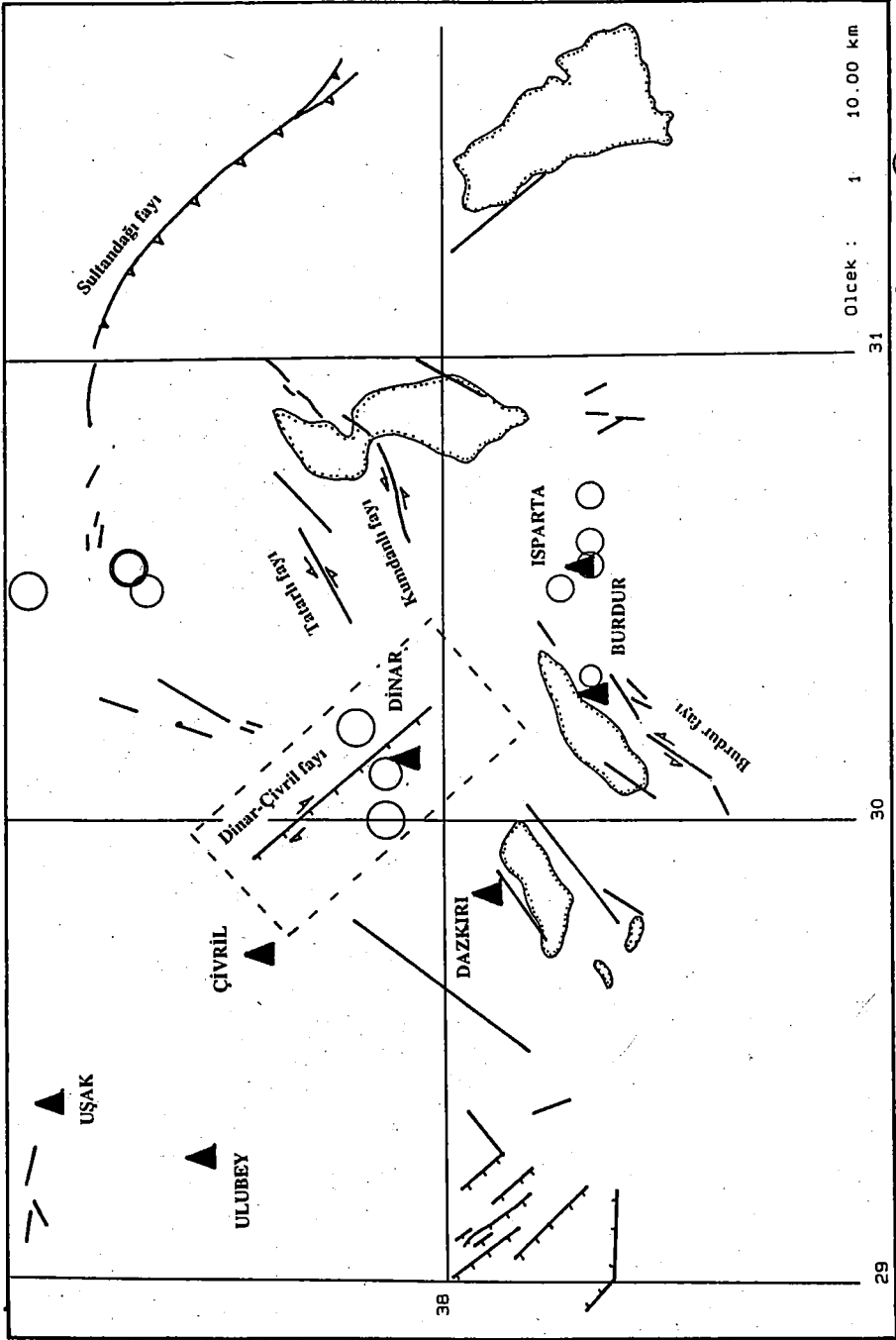
Türkiye Aktif Fay Haritasına incelendiğinde Dinar'ın doğusunda sol yönlü doğrultu atımlı Tatarlı ve Kumdanlı fayları geçerken güney ve güney batısında sol yönlü doğrultu atımlı Burdur ve Acı göl fayları geçmektedir. Dinar'ın batısında ise Menderes ve Gediz grabenleri uzanmaktadır.

1 Ekim 1995 Dinar depremi, bu faylardan herhangi birisi üzerinde meydana gelmemiştir. Bu yüzden depremden hemen sonra bu depremi meydana getiren faylanma araştırılmaya çalışılmıştır. İlk defa bu çalışmada, Dinar depremini meydana getiren fayın Keçiörlü-Dinar-Çivril arasında uzanan 55 km uzunluktaki fay hattının sebep olduğu ortaya konmuştur. Bu fay küçük miktarda sağ yönlü doğrultu atım bileşenine sahip normal atımlı bir faydır. Fay hattı, topoğrafik olarak çizgisel bir görünüm sunmaktadır. Fay hattının güneydoğu ucunda, Keçiörlü civarında bataklık bir alan gelişmiştir. Dinar civarında ise Oligosen yaşlı ofiyolitik karmaşığın kireçtaşları ile muhtemelen pliyosen yaşlı sedimanter birimin kantağında fay geçmektedir. Bu fay hattının Dinar-Çivril arasında kalan kesimi boyunca çeşitli su kaynakları çıkmaktadır. Ancak bunlara rağmen depremden önce bu fayın aktif olduğunu söylemenin güç olduğunu belirtmek yerinde olur.

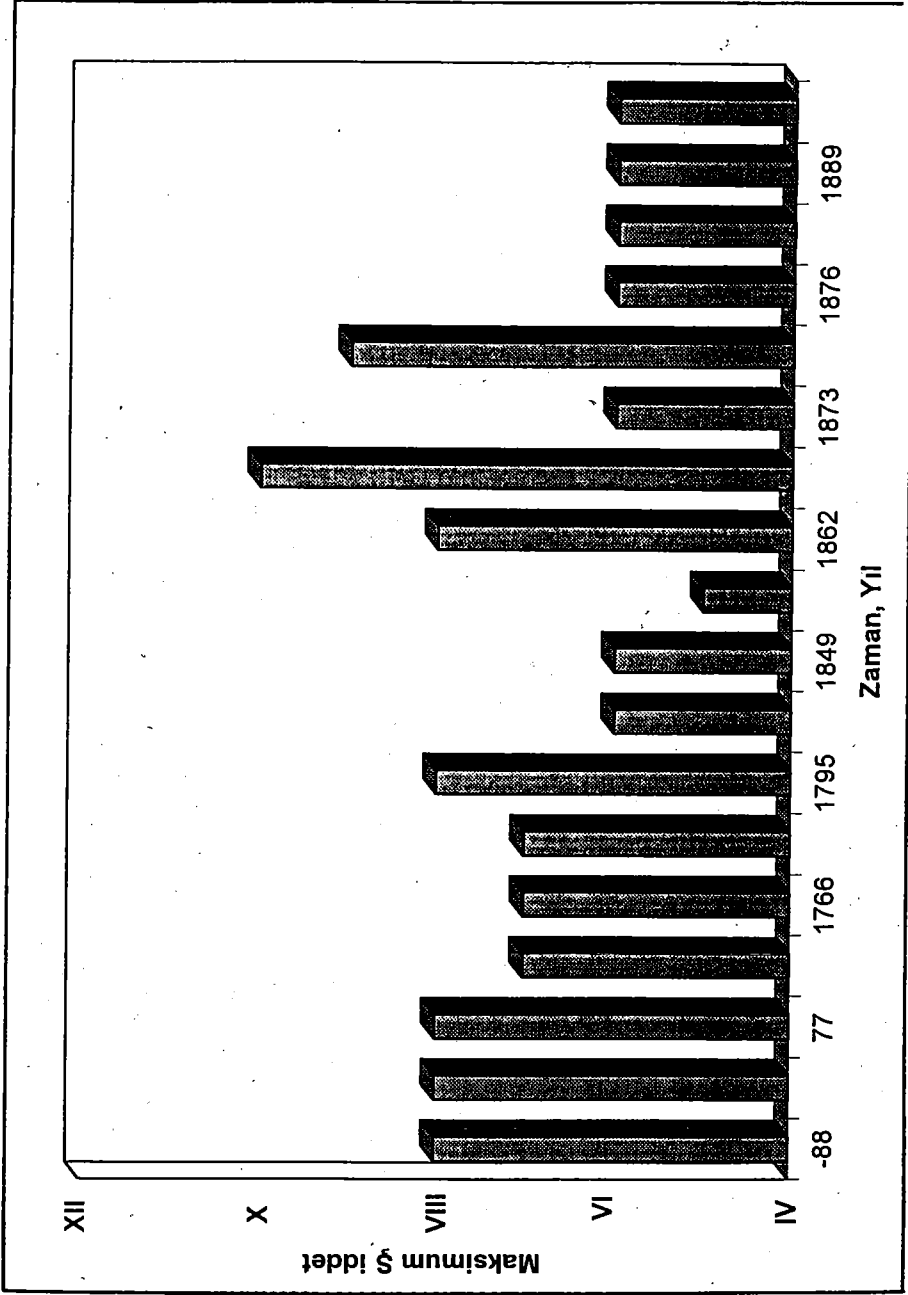
Dinar depreminin episantr bölgesi yakınlarında, yani çöplük civarında çöplerin depolanması ve saklanması için açılan alanlarda gözlenen mostralarda yaklaşık 20-50 metre arasında değişen yamaçlardan türetilen tabakalı alüvyonal birimler birikmiştir. Bu birimler, değişik aşınma dönemlerinde meydana gelmiş oldukça kaba tanelerden oluşan kireçtaşı çakıllarından oluşan birimleri temsil etmektedirler. Bu mostrarlar, Dinar-Çivril fay hattının uzandığı hemen dağ eteğinde gözlenmektedir. Bu kadar kalın bir malzemenin birikmesi bu fay hattının varlığını açık bir şekilde ortaya koymaktadır.

3. DİNAR VE CİVARININ DEPREMSELLİĞİ

Tarihsel deprem verilerine göre Afyon-Isparta-Burdur ve Dinar civarında, M.Ö. 88 ile M.S. 1889 arasında şiddetleri V ile X arasında değişen 18 deprem meydana gelmiştir (Şekil 2 ve Şekil 3). Bu depremlerden sadece ikisinin Dinar ve civarında hasar yaptığı bilinmektedir. Dinar ve Çivril arasında 1875 de meydana gelen deprem 1300 kişinin ölmesine neden olmuştur.

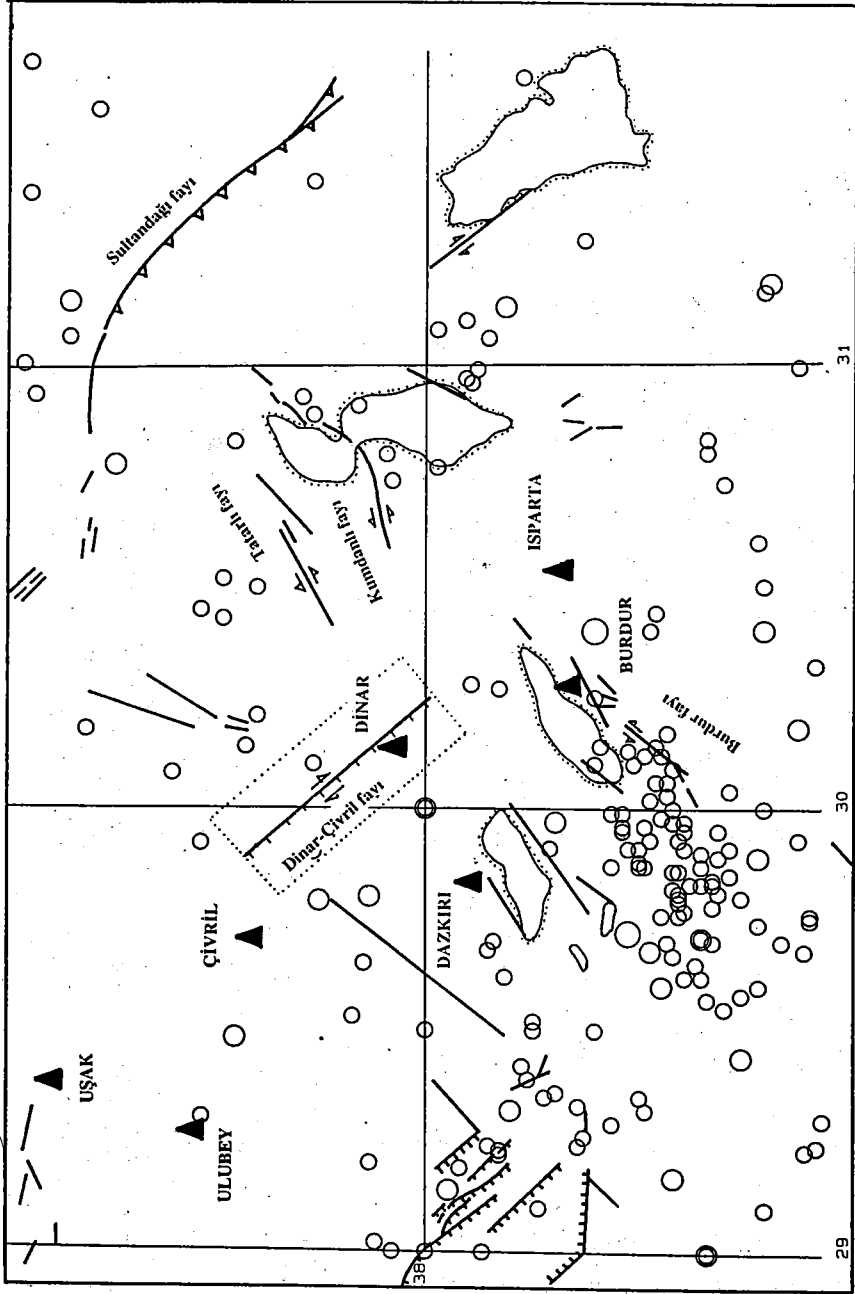


Şekil - 2 Dinar ve çevresinin tarihsel depremleri Şiddet ○ => V ○ => VI ○ => VII ○ => VIII



Şekil - 3 Tarihsel depremlerin şiddet - zaman ilişkisi

1900-1994 YILLARINDA 37.30-38.74 N ve 29.00-31.71 E ARASINDAKI BOLGENIN SISMITESI (m >= 4.0)



Şekil - 4 Dinar ve çevresinin 1900-1994 yılları arasındaki depremselliği

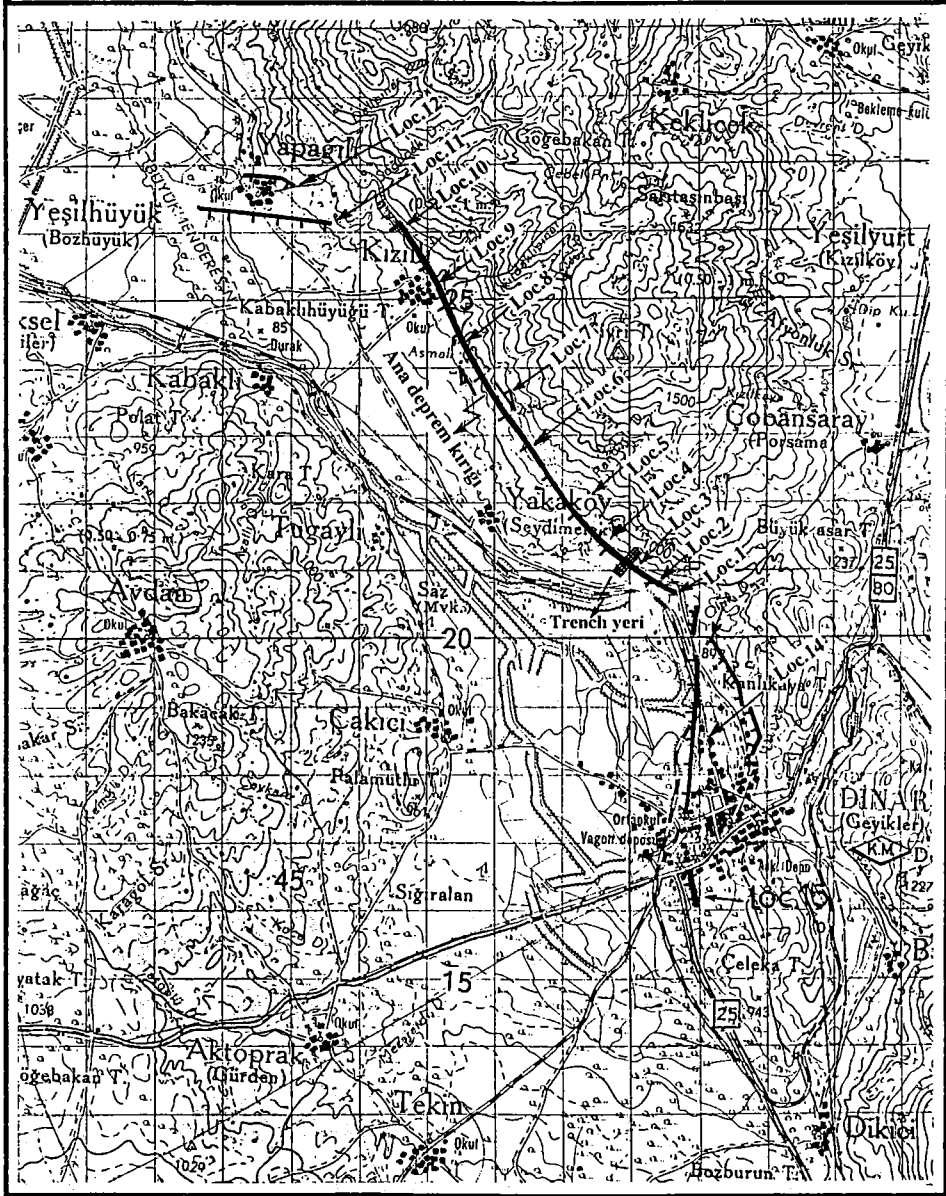
Bölgede 1900-1994 yılları arasındaki bir dönemde aletsel olarak kaydedilen magnitüdüleri 4.0 ile 6.9 arasında değişen 212 deprem meydana gelmiştir (Şekil 4). Dinar civarında 1925 de meydana gelen depremin ($M=6.0$) artçıları yaklaşık altı ay sürmüştür. Bölgenin sismotektonik haritasında Dinar ve civarının depremselliği, yakınlarında geçen fayların depremselliği ile karşılaştırıldığında fazla yoğun olmadığı görülmektedir

4. YÜZEY KIRIKLARI

Dinar depremi, Tatarlı fayının bileşke fayını oluşturan ve 55 km uzunlukta KB-GD doğrultulu Keçiborlu-Dinar-Çivril fay hattının 10 km'lik bir bölümünü kırmıştır. Deprem kırığı bu 10 km lik hat boyunca süreklilik ve kademeli bir fay modeli (paterni) sunmaktadır. Deprem kırığı, her iki ucu boyunca çatallanmalar göstermektedir. Bu çatallanan kırıklar ana kırık ile aynı doğrultular göstermemektedirler. Dinar civarında yer alan kırığın uç kısmında iki çatallanan kırık gelişmiştir. Bu kırık, KKD-GGB doğrultuya sahiptir. Kırığın diğer ucu olan Yapağlı köyünde yine iki küçük çatallanma gözlenmektedir. Bu kırıklar, BKB-DGD doğrultular göstermektedir. Yüzey faylanması, sağ yönlü doğrultu atım bileşenli normal bir faylanma göstermektedir (Şekil 5) . Deprem hasar dağılımları, artçı şokların yoğunlaşma yerleri ve trench duvarlarındaki faylanma izleri, ana faydaki hareketin düşey yönde olduğu ve listrik bir faylanmaya sahip olduğunu işaret etmektedir (Şekil 6). Deprem, ortalama 20 cm-50 cm arasında değişen düşey atımlar ile 5 cm ile 10 cm arasında değişen sağ yönlü doğrultu atımlar meydana getirmiştir.

Deprem kırığı, Oluk dere ile (Dinar'ın 2 km KKB) Yapağlı köyüne kadar uzanan fayın 10 km'lik uzunlukta bir bölümünde meydana gelmiştir. Deprem kırığı ile bilgiler ayrı ayrı lokasyonlar halinde anlatılacaktır (Şekil 5).

LOKASYON 1. Depremin ana kırığının başlangıcı, Dinar'ın 2 km KKB'da Kanlıkaya Tepenin batı eteklerinde yer alan Oluk derenin hemen kuzeyinde görülmektedir. Bu bölgede, 10 cm ile 20 cm arasında değişen düşey atımlar gelişmiştir. Kırığın doğrultusu, K 60-70 B arasında değişmektedir.



Şekil - 5 1 Ekim 1995 Dinar depremi kırık haritası

Ölçek 1:100000

LOKASYON 2. İlk noktanın 2 km kuzeyinde, Yakaköy'ün 1.5 km güneydoğusunda yer alan bir tepenin üst kısımlarına doğru tırmanma göstermektedir. Kırığın doğrultusu K 60-70 B arasındadır. Kırık , kuru bir derenin kanal kenarını 10 cm civarında sağ yönlü olarak ötelemiştir. 20 cm civarında düşey atım meydana gelmiştir.

LOKASYON 3. Yakaköy'ün 1 km GD'da yer alan tepeyi kesmektedir. Kırığın doğrultusu K 76 B ve 10 cm civarında sağ yönlü doğrultu atım gözlenmiştir.

LOKASYON 4. Yakaköy'ün 1 km GD'da tepenin zirvesinde kireçtaşı çakıllarından meydana gelen konglomeratik bir birimi kesmektedir. Kırık K 30 B doğrultuludur.

LOKASYON 5. Kırık, Yakaköy'ün hemen doğusunda yer alan Pandarlı deresini kesmektedir. Kırığın doğrultusu K 70 B'dir.

LOKASYON 6. Yakaköy'ün 1 km KD'sunda Sarıtaş tepenin üst kısımlarını kesmektedir. Kırık K 50 B doğrultulu olup, kırığın eğimi 75 derecedir. Kırık, 10 cm düşey atım ve 8 cm civarında sağ yönlü doğrultu atım göstermektedir.

LOKASYON 7. Lokasyon 6'nın 200 m KB'sından geçmektedir. Kırığın doğrultusu K 40 B olup, 40-50 cm civarında düşey atımlar ile 10 cm civarında sağ yönlü doğrultu atım gözlenmiştir. Fayın eğimi, 80 derece civarındadır.

LOKASYON 8. Kırık, Yakaköy ile Kızılı köyleri arasında uzanmakta ve Asmalı pınarının kuzeyini keserek KB doğrultusunda ilerlemektedir. Kırık K 60 B doğrultulu olup, 10 cm civarında düşey atım ve 5 cm civarında sağ yönlü yatay atım gözlenmiştir.

LOKASYON 9. Kırık daha sonra Kızılı köyünün hemen doğusunda yer alan Çebel Pınarı'ndan gelen kuru dereyi kesip Yapağılı köyüne doğru uzanmaktadır. Kırığın doğrultusu K 65 B olup, 85 derece GB'ya eğimlidir. Kırık, 15 cm ile 20 cm arasında düşey atım ve 5 ile 10 cm arasında değişen sağ yönlü doğrultu atım göstermektedir.

LOKASYON 10. Kırık, Yapağlı köyünün doğusunda yer alan Soğucak deresi yakınlarında sona ermektedir.

LOKASYON 11. (Kırığın KB ucu) Yapağlı köyü yakınında deprem ana kırığı, DGD-BKB doğrultularına sahip iki küçük çatallanma göstermektedir. Bu kırıklar, ana kırık ile aynı doğrultuya sahip olmayan ve kırığın başladığı ve sona erdiği yerlerde gelişen küçük kırılmaları temsil etmektedir. Bu kırılmalar üzerinde ana fay hareketine uymayan küçük miktarlarda sol yönlü doğrultu atımlar gelişebilir. İlk çatallanma, Yapağlı köyünün hemen güneyinde yer alan Mezarlığın güneyini keserek Yeşilhüyük köyüne doğru tarlalar içerisinde 3 km civarında uzanmaktadır. Diğer taraftan aynı kırık doğuya doğru Dinar-Çivril asfalt yolu kestikten sonra ana kırık ile Soğucak deresinde birleşmektedir.

LOKASYON 12. Diğer çatallanma ise Yapağlı köyünün içerisinden geçmekte ve bir evin altından geçerek doğuya doğru birkaç yüzmetre uzanmaktadır.

LOKASYON 13. (Kırığın GD ucu) Dinar'ın 2 km kuzeydoğusunda, Oluk Dere civarında ana kırık iki çatallanma meydana getirmektedir. Birinci çatallanma, Kanlıya Tepenin etekleri boyunca dairesel bir kırık modeli (paterni) göstermektedir. Kırığın doğrultusu, K 10 D ile K 40 B arasında değişmektedir. Bu çatallanan kırığın toplam uzunluğu 2 km civarındadır. Kırık üzerinde birkaç cm civarında düşey atımlar gelişmiştir. Kırık, sürekli bir kırılma göstermemektedir. Kırık, kademeli bir fay modeli (paterni) göstermektedir.

LOKASYON 14. İkinci çatallanma, Kanlıkaya Tepenin batısında düzlük arazide Mezbaha yakınlarından Dinar içerisinde pazar yerine kadar uzanmaktadır. Kırığın toplam uzunluğu 2.5 km civarındadır. Kırık, Mezbaha yakınlarından Pazar yerine kadar kademeli bir şekilde sürekli olarak uzanmaktadır. Kırık, Mezbaha yakınlarında K 5 B ile K 60 B arasında değişen çok yönlü doğrultular göstermektedir. Mezbahanın birkaç yüz metre güneyinde kırık, Menderes nehrini ve tren yolunu keserek GB doğrultusunda devam etmektedir. Bu civarda kırık üzerinde 2 cm ile 15 cm arasında değişen düşey atımlar gözlenmiştir. Kırık, Menderes nehrini kestikten sonra süzülmiş tarlaları keserek Toprak Mahsülleri Ofisinin hemen doğusuna kadar devam etmektedir. Bu bölüm boyunca K 60 B ile K 50 D arasında değişen çok yönlü

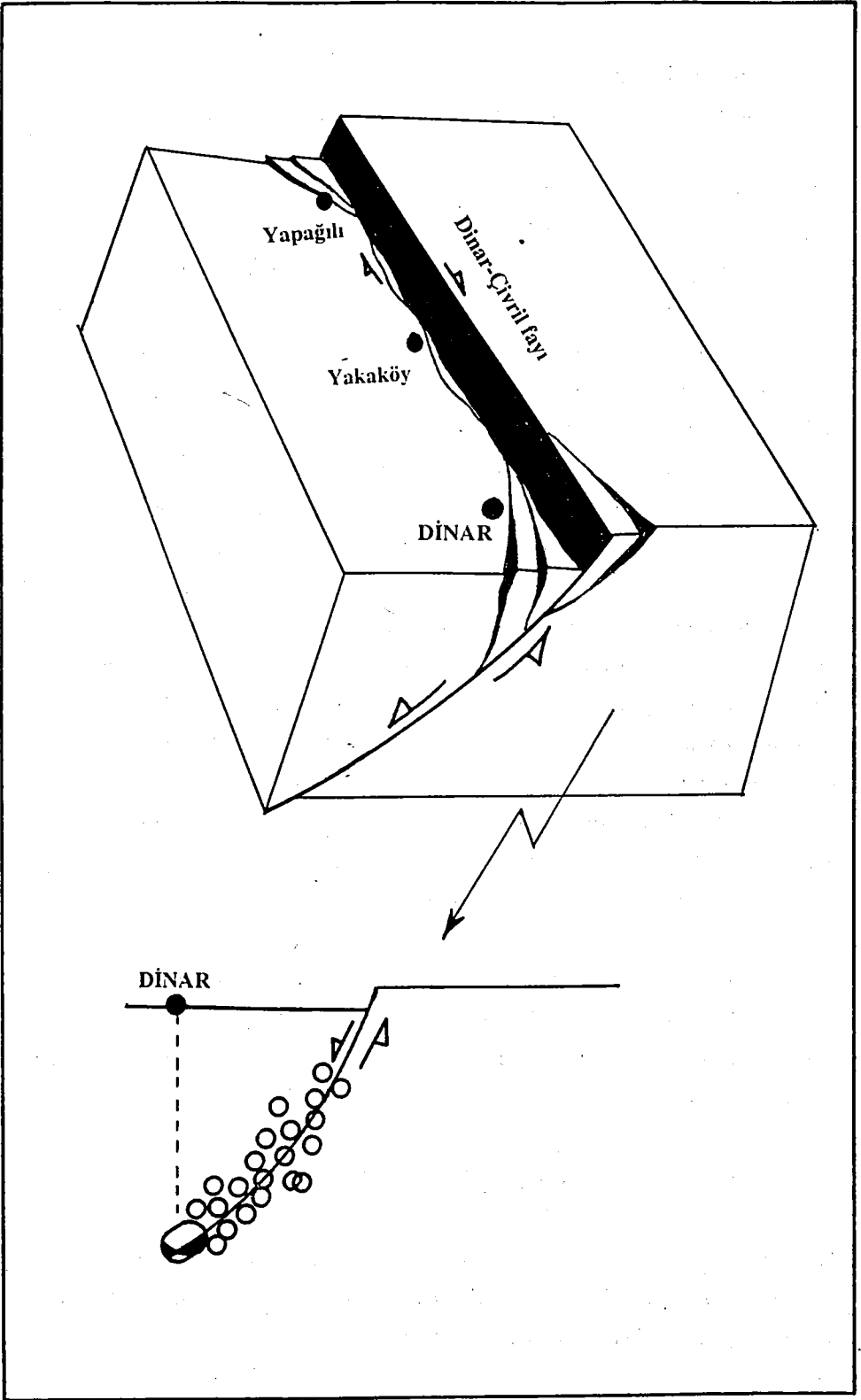
doğrultular gözlenmiştir. Bu hat boyunca da 2 cm ile 10 cm arasında değişen düşey atımlar ölçülmüştür. Kırık, daha sonra Toprak Mahsulleri Ofisi yakınında K 5 D doğrultusunda bir ahırın altından geçerek Pazar yerine doğru uzanmaktadır. Bu civarda 10 cm civarında düşey atım gözlenmiştir. Kırık daha sonra, Pazar yerinden sonra şehrin içerisinde kaybolmaktadır.

LOKASYON 15, Pazar yerinin devamı istikameti şeklinde Dinar-Denizli yolunu geçtikten sonra eski Isparta yolunun hemen yakın doğusunda, yola paralel olarak alüvyon içerisinde gelişmiş 500 metre uzunlukta bir kırık gözlemlendi. Kırığın doğrultusu, Şakir Ünver İlkokulunun hemen 10 metre batısında K 30 B, 100 metre güneyinde tarla içerisinde K 45 D ve diğer 100 metre güneyinde K-G olarak ölçüldü. Kırık üzerinde küçük miktarda düşey atım gözlenirken yanal atım görülemedi. Kırık, birkaç 10-50 metre ölçekte sağ yönlü bir paternde gelişmiş kademeli kırıklardan oluşmaktadır.

5. DİNAR DEPREM KIRIĞININ YORUMLANMASI

1 Ekim 1995 tarihinde meydana gelen 5.9 magnitudlü depremde yaklaşık 10 km uzunlukta bir ana kırılma gelişti. Ana kırık, her iki ucunda çatallanma gösterdi. Kırığın güneydoğu ucunda, yani episantr civarında, kırık iki ana çatallanma meydana getirdi. Bu çatallanmalar alüvyon içerisinde kademeli bir paternde gelişti. İlk çatallanma, Kanlıkaya Tepenin eteklerinden Suçikan mevkisine kadar uzandı. Bu kırığın toplam uzunluğu 2 km civarındadır. Batıdaki çatallanma ise Dinar-Çivril yolunun batısında yer alan Mezbaşa yakınlarında Tren yolu ve B.Menderes nehrini keserek, şehrin içerisine kadar uzanarak Pazar yerinin hemen güneyinde, enkazlar içerisinde kaybolmuştur. Bununla birlikte, aynı istikamette eski Isparta yoluna paralel olarak bu kırığın devamı şeklinde düz alüvyon içerisinde 500 metre civarında KKB-GGD doğrultusunda uzanmıştır. Bu kırığın toplam uzunluğu yaklaşık 4 km civarındadır.

Kırık, kuzeybatı ucunda da, Yapağlı köyü yakınlarında iki çatallanma göstermektedir. Kuzeydeki çatallanma, Yapağlı köyü içerisinde birkaç yüzmetre civarında DGD-BKB doğrultusunda uzanmıştır. Güneydeki çatallanma ise Yapağlı



Şekil - 6 Dinar - Çivril fay hattının basitleştirilmiş üç boyutlu görünümü

köyünün hemen güneyinde, Mezarlık yakınlarında, alüvyon içerisinde Yeşilhüyük köyü istikametinde D-B doğrultusunda 2 km uzunlukta meydana gelmiştir.

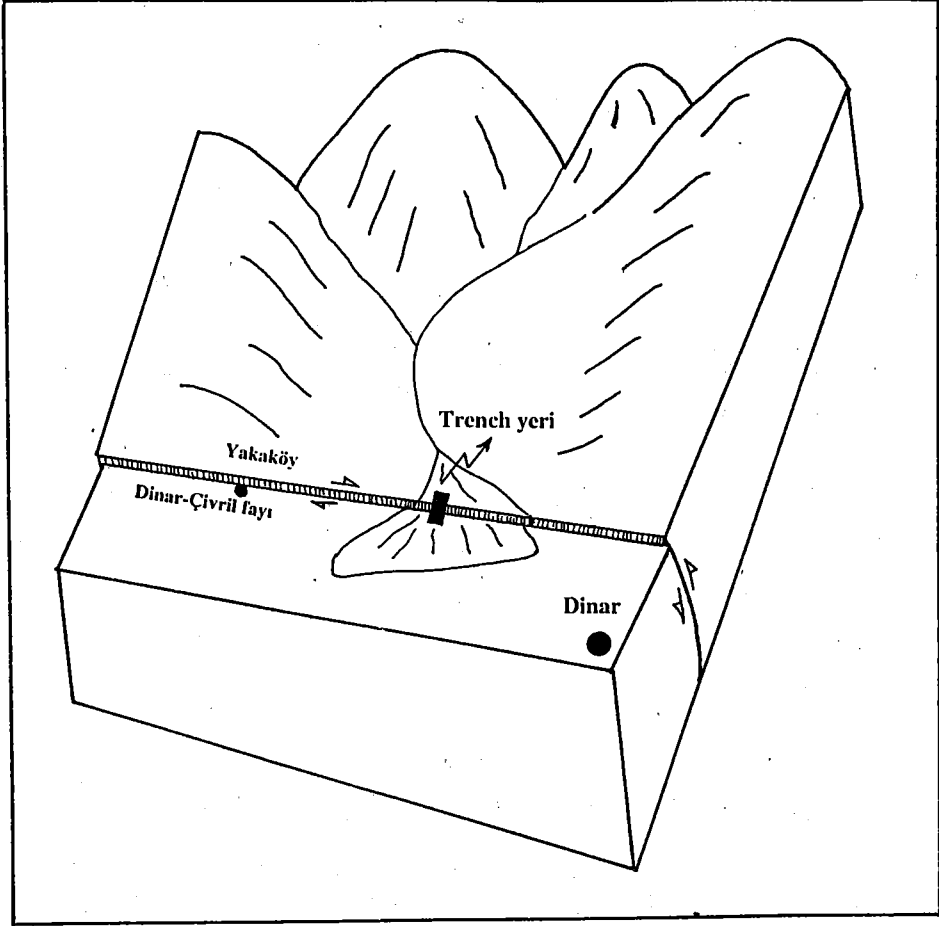
Dünyanın değişik yerlerinde oluşan deprem kırıklarının başlangıç ve bitiş noktalarını denetleyen geometrik ve mekanik olayların olduğu birçok araştırmacı tarafından kabul edilmiştir. Bu çalışmada da, Dinar depremi ana kırığının başlangıç ve bitiş noktaları incelenmiştir. Kırığın hem başlangıç hemde bitiş noktaları, geometrik ve mekanik olarak denetlenmiştir. Kırık, kuzeybatı ucunda Cerit yaylası grabeni (Öztürk, 1984) tarafından kesilmektedir. Dolayısıyla, kırığın KB ucu, geometrik olarak Cerit yaylası grabeni tarafından denetlenmiştir. Bu graben, kırığın kuzeybatıya doğru ilerlemesini engellemiştir. Ayrıca, kırık mekanik olarak da denetlenmiştir. Kırığın bittiği yerin hemen batısında Oligosen yaşlı konglomeratik birim sona ermiş ve Oligosen'den daha yaşlı bir birim olan ofiyolitik karmaşığın kireçtaşı birimine geçilmiştir.

Kırığın güneydoğu ucuna baktığımızda ana kırılmanın bittiği yerde, deprem kırığı Dinar-Akdağı horstu olarak adlandırılan bölümün K-G doğrultulu bindirme fayları ile karşılaşmıştır. Dolayısıyla bu engel de kırığın güneydoğuya doğru ilerlemesini de geometrik olarak engellemiştir. Aynı şekilde deprem kırığın bittiği yerde de Oligosen yaşlı konglomeratik birim sona ermiş ve Dinar formasyonu olarak adlandırılan kumtaşlarından oluşan birim ile Oligosen den yaşlı Dinar-Akdağ horstunu meydana getirilen ofiyolitik karmaşığın kireçtaşları birimine geçilmiştir. Bu durum, kırığın mekanik olarak denetlendiğini göstermektedir.

Depremin ana kırığı Oligosen yaşlı konglomeratik birim ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı biriminin dokanığı boyunca gelişmiştir. Diğer taraftan kırığın çatallanan kısımları graben içerisinde yer alan Pliyo-Kuvaterner yaşlı yaklaşık 150-200 m kalınlıkta alüvyon içerisinde meydana gelmiştir.

6. HENDEK (TRENCH) ÇALIŞMASI

Ana şoktan hemen sonraki gün, bir haftalık süre içerisinde 1 Ekim 1995 Dinar deprem kırığı detaylı bir şekilde haritalanmıştır. Haritalanmanın hemen bitimi sonrasında yüzey faylanması üzerinde uygun trench yeri aranmıştır.



Şekil - 7 Trench yerinin üç boyutlu olarak görünümü

Bu trench çalışmasının amacı 1 Ekim 1995 Dinar depreminden önce meydana gelmiş tarihsel ve tarihsel öncesi depremlerin izlerini yakalamak, yüzey kırığı oluşturan depremlerin tekrarlanma aralıklarını bulmak ve fayın türü ile fayın yıllık kayma hızı hakkında bilgi edinmek suretiyle bölgenin deprem tehlikesini ortaya koymaktır. Bu trench özellikle, Dinar-Çivril arasında meydana gelmiş 1925 depreminin aynı fay üzerinde meydana gelip gelmediğini ve bu depremin yüzey kırığı oluşturup oluşturmadığının araştırılması amaçlanmıştır.

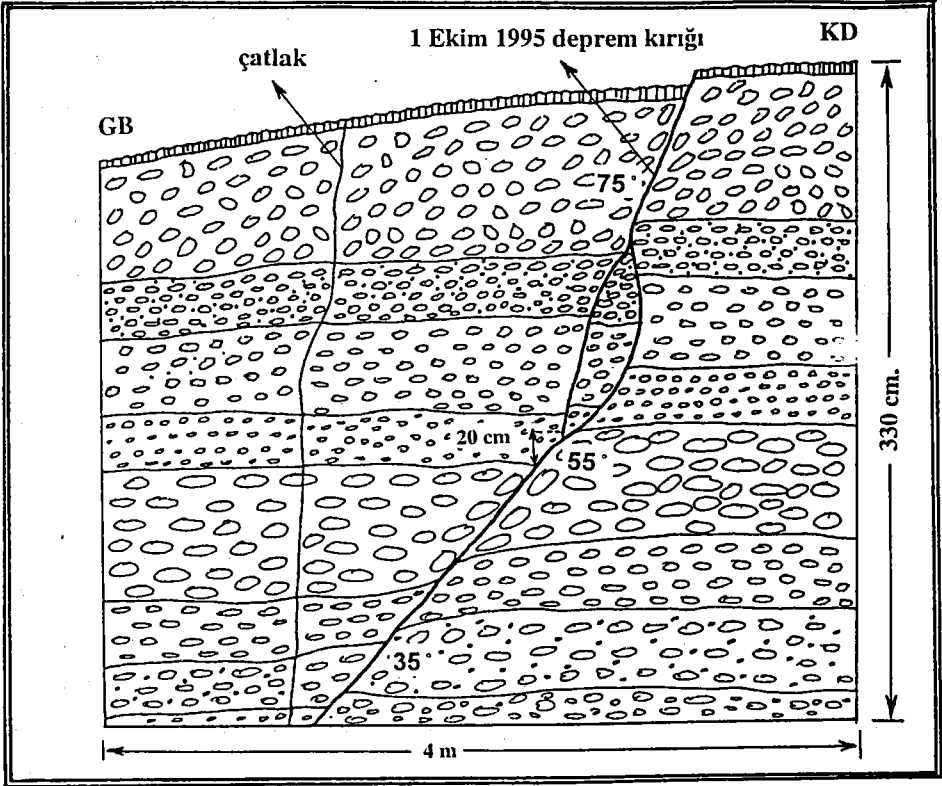
6 a. Trench yerinin tektonik konumu: Keçiborlu-Dinar-Çivril fay hattı üzerinde, fayın aktif olup olmadığını belirleyecek uygun genç sedimantasyon ve topografik şekiller gelişmemiştir. Bu çalışmada en uygun trench, Dinar ilçesinin 4 km kuzeyinde, Yakaköy'ün 2.5 km güneydoğusunda bir kuru derenin birikinti yelpazesi üzerinde açılmıştır (Şekil 7). Deprem kırığı, bu birikinti yelpazesinin orta kısmını KB-GD doğrultusunda kesmektedir. Yüzey kırığı birikinti yelpazesinin en üst seviyesinde yer alan kaba taneli kireçtaşı çakıllardan oluşan birimde 20 cm'lik düşey atım ve 5 cm civarında sağ yönlü yatay bir atım meydana getirmiştir.

6 b. Trench duvarlarının stratigrafisi: Birikinti yelpazesi, Kireçtaşlarından oluşan Sivri Tepenin batı eteği üzerinde yer almaktadır. Birikinti yelpazesini oluşturan birimler, doğuda yer alan kireçtaşı bloklarının aşınması ve tepenin etek kısmında depolanması sonucu meydana gelmiştir. Bu birimler, tahminen Kuvaterner-Günümüz arasında farklı dönemlerde oluşan değişik boyutta kireçtaşı çakıllarından ibaret yatay tabakaları temsil etmektedir (Şekil 8).

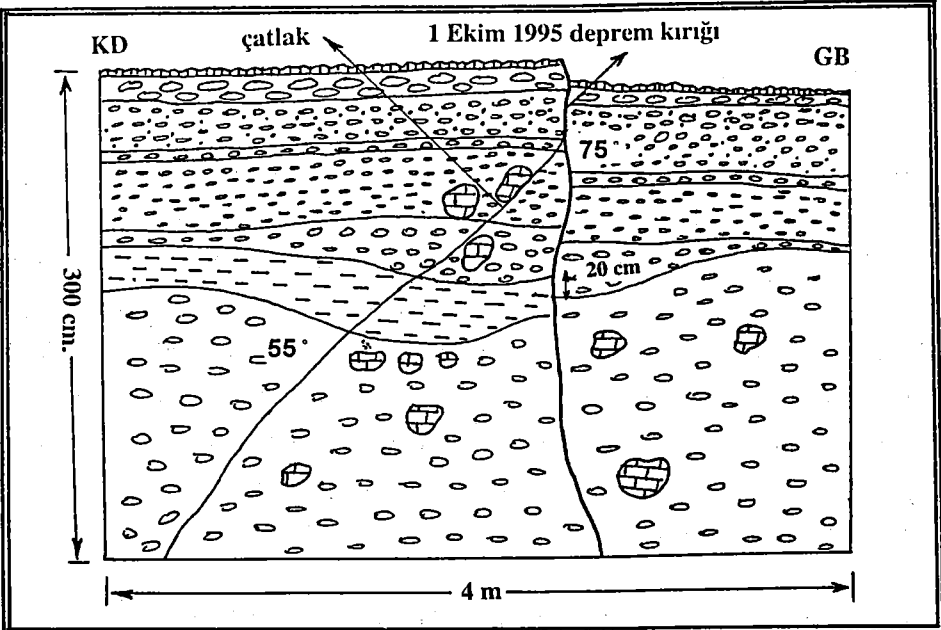
Trenchin KB ve GD duvarlarında toplam 10 birim ayırt edilmiştir. GD duvarda, KB duvardan farklı olarak yaklaşık 25 cm kalınlıkta killi bir seviye yer almaktadır. Diğer 9 birim, farklı aşınma dönemlerinde meydana gelmiş tane büyüklükleri değişen gevşek çakıllı birimlerden oluşmaktadır. Bu birimlerin kalınlıkları, 10 cm ile 90 cm arasında değişmektedir. Bu tabakalar içerisinde herhangi bir fosile ve organik maddeye rastlanılmamıştır.

6 c. Faylanma olayları ve yapısal özellikler: Trenchin KB duvarında bir faylanma izi ve bir çatlak gözlenmiştir. Faylanma izinin en üst kısmında 75 derece eğim gözlenirken, orta kısımlarında 50 derece ve alt kısmında 35 derecelik bir eğim

KB duvar



GD duvar



Şekil - 8 Trenchin KB ve GD duvarları

ölçülmüştür. Dolayısıyla, deprem kırığı trench duvarının üst kısmında daha dik bir konumdayken alt kısımlara doğru eğimi azalarak bükülmektedir. Hem bu faylanma izi hemde çatlak, 1 Ekim 1995 Dinar depreminde meydana gelmiştir. Bu faylanma izi üzerinde üstten alta doğru değişmeyen 20 cm lik düşey atımlar ölçülmüştür. Trenchin GD duvarında da benzer özellikler gözlenmiştir (Şekil 8).

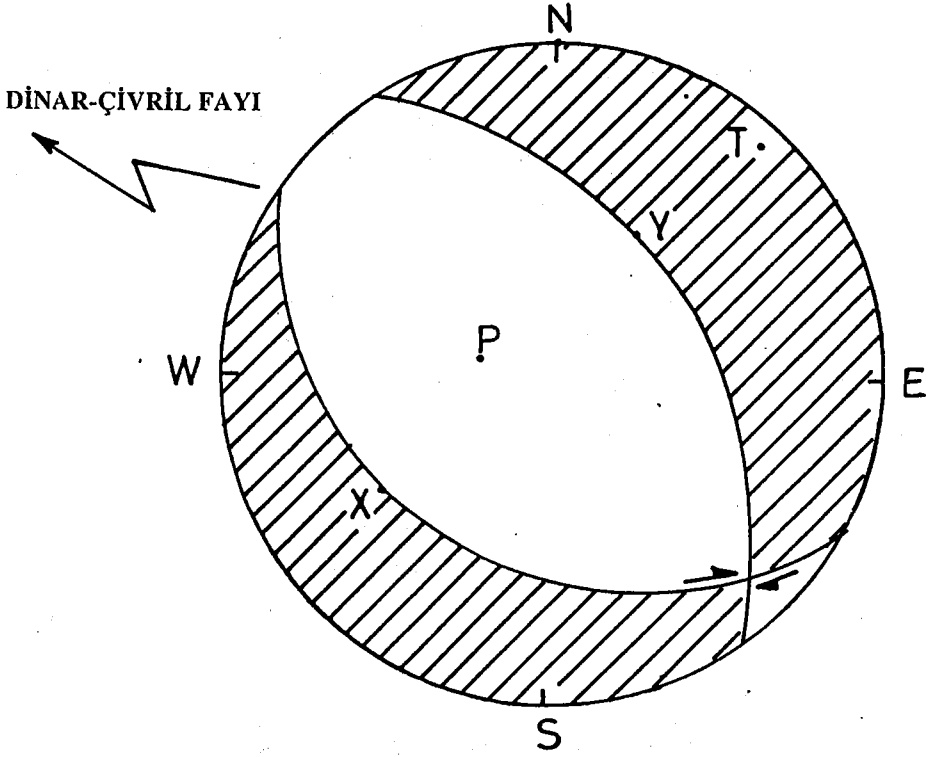
6 d. Faylanma olaylarının yaşı: Trench duvarlarında yalnızca 1 Ekim 1995 depremin kırığı gözlenmiştir. Bu deprem kırığından başka birikinti yelpazesinin birimlerini etkileyen ve öteleyen herhangi bir tarihsel ve tarihsel öncesi deprem kırığına rastlanılmamıştır. Bu nedenle trench duvarlarında C 14 yaş tayini yapılması için herhangi bir numune alınmamıştır.

6 e. Faylanma olaylarının yorumlanması: Yukarıda bahsedildiği gibi, bu trench duvarlarında 1 Ekim 1995 Dinar deprem kırığından başka deprem kırığı gözlenilmemiştir. Bu yüzden bu trench iki olası durum ortaya koymuştur. Dinar ve çevresinde bu yüz yıl içinde 1925 de 6.0 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Dolayısıyla, 1925 depremi ya yüzey faylanması oluşturmadı ya da bu aynı fay hattının başka kesiminde oluşmuş olabilir. Ayrıca 1875 de meydana gelen deprem izi de gözlenilememiştir.

7. DEPREM MEKANİZMASI

Deprem, Türkiye Aktif Fay haritasında gösterilmeyen Keçiborlu-Dinar-Çivril fay hattı üzerinde meydana gelmiştir. Deprem, bu fay hattının Dinar'dan başlayan ve Çivril'e doğru uzanan 10 km'lik bir hat boyunca, 5-10 cm sağ yönlü yatay atımlar ile 20-50 cm arasında değişen düşey atımlar meydana getirmiştir. Deprem kırığı, Dinar'ın 24 km altından başlayarak yüzeye doğru bir yayılma göstermiş ve fayın düşey bloğunda yumuşak zemin üzerinde yer alan Dinar ve kuzeyindeki köylerde büyük derecede hasarlara neden olmuştur. Yüzey faylanması, Anadolu plakasının D-B ve Afrika kıtasının K-G yönlü sıkıştırması sonucu gelişmiş KD-GB yönlü çekme rejimi ile meydana gelmiş normal faylanma ile bir uyumluluk göstermektedir.

Depremin içmerkezi, Dinar'ın hemen birkaç kilometre kuzeyinde bulunmuştur (38.18 K ile 30.02 D). Yüzey faylanması ve odak mekanizması çözümleri depremin sağ



| | Dinar-Çivril fayı | Yardımcı Düzlem |
|-------------|-------------------|-----------------|
| Doğrultu | 300° | 144° |
| Eğim | 40° | 52° |
| Kayma Açısı | -75° | -104° |

| | P Eksenı | T Eksenı |
|---------|----------|----------|
| Azımut | 284° | 42° |
| Dalımlı | 73° | 8° |

Şekil - 9 1 Ekim 1995 Dinar depremi (ML=5.9) odak mekanizması

yönlü doğrultu atım bileşenli normal faylanma mekanizmasına sahip olduğunu göstermiştir (Şekil 9).

TÜRKNET deprem ağında ve 5 geçici istasyonda kaydedilen artçı şoklar, depremin 10 km uzunlukta bir kırık meydana getirdiğini doğrulamıştır. Artçı sarsıntuların zaman içerisindeki dağılımları, deprem kırığının, muhtemelen içmerkezden sadece tek yöne doğru KB yönünde yayıldığını göstermektedir. Depremden önce aynı iç merkeze sahip olan 17 öncü şok meydana gelmiştir.

Anaşokun odak mekanizma çözümü, TÜRKNET (Türkiye Telemetrik Deprem Kayıt Şebekesi) telemetrik deprem ağı ile Dinar ve civarına kurulan 5 geçici istasyonlarda kaydedilen depremlerden elde edilen veriler ve yüzey kırığı verileri birleştirilerek yapılmış ve aşağıdaki parametreler elde edilmiştir.

Fayın doğrultusu: 300°

Fayın eğimi: 40°

Faylanma yüzeyinin alanı: 10 x 24 km²

Yatay atım miktarı: 5 cm

Düşey atım miktarı: 20 cm

Sismik moment : 1.58 x 10²⁵ dyn . cm

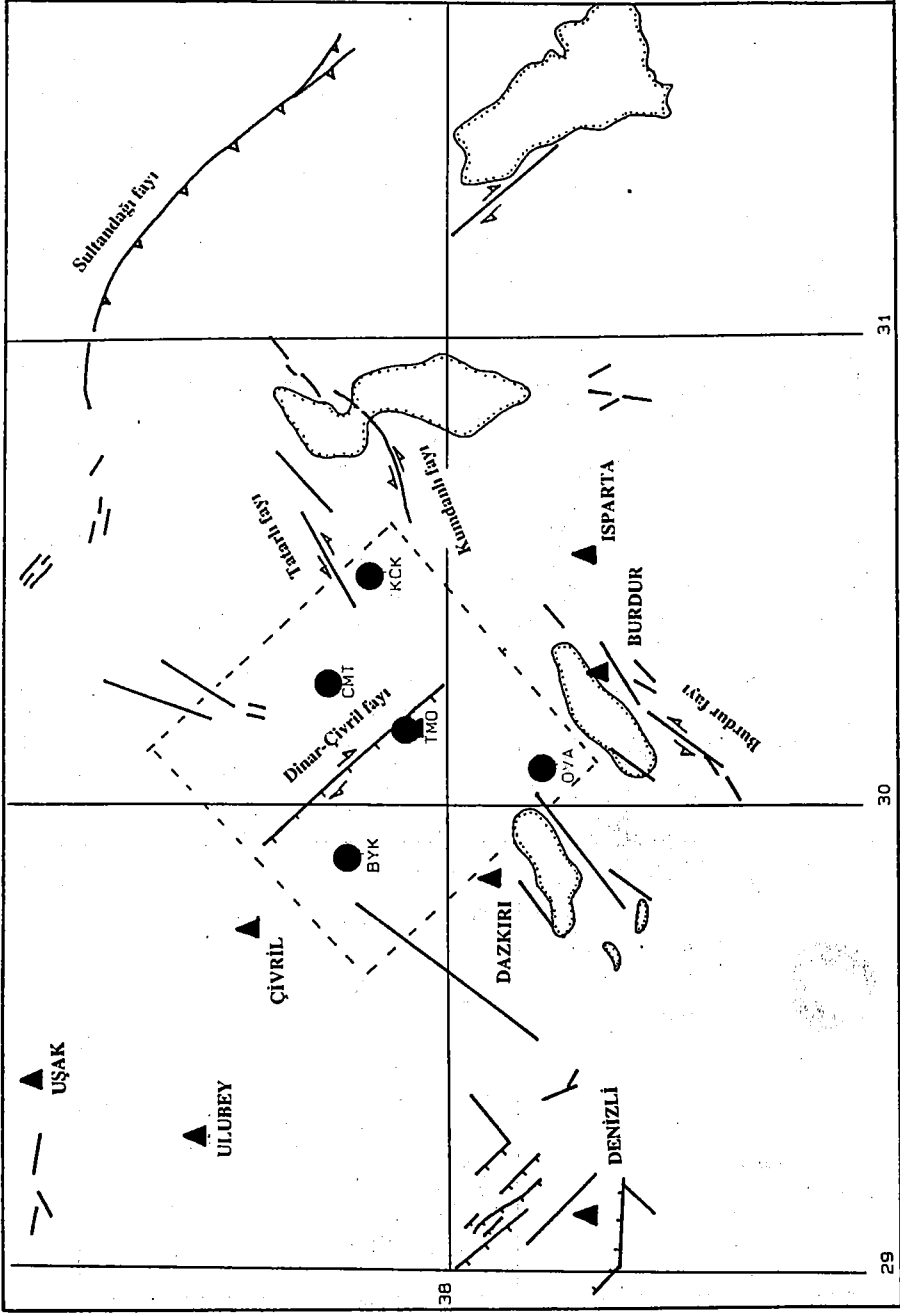
Ana kırılmanın süresi: 25 sn

Depremin sismik momentini: $M_0 = LWD\mu$ formülü (Aki 1966) ile hesaplanmıştır. M_0 = Sismik moment, L = Deprem kırığının uzunluğu, W = Fayın genişliği, D = Kırık üzerinde ölçülen ortalama kayma miktarı ve μ (Kesme rijiditesi)= 3.5 x 10¹¹ dyne/cm² olarak alınmıştır. Arazi verilerine göre yukarıdaki formül ile hesaplanan sismik moment 1.58 x 10²⁵ dyn.cm olarak bulunmuştur.

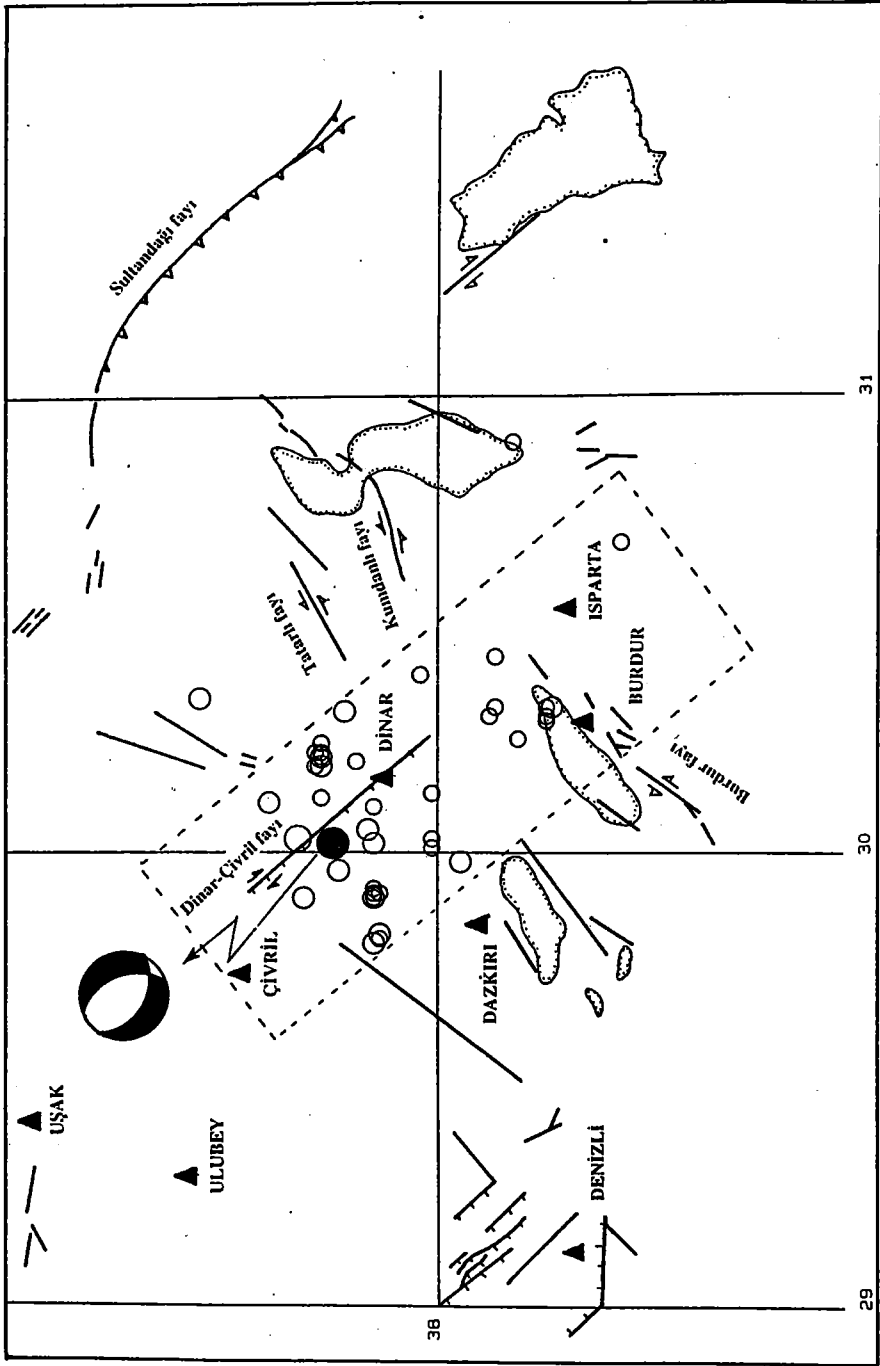
Hanks ve Kanamori (1979) tarafından geliştirilen aşağıdaki formül ile; $M_w = \frac{2}{3} \log \frac{M_0}{10^{10.7}}$ depremin moment magnitudü, $M_w = 6.1$ olarak saptanmıştır.

8. ÖNCÜ VE ARTÇI ŞOKLAR

Anaşoktan 2 gün önce Dinar ve civarında 5 geçici deprem istasyonu kurulmuştur (Şekil 10). TÜRKNET deprem ağında 26 Eylül 1995 tarihi ile 1 Ekim 1995 ana şoka kadar olan bir süre içerisinde, magnitudleri 2.0 ile 4.7 arasında değişen 17 öncü şok kaydedilmiştir. 1-17 Ekim 1995 tarihleri arasında TÜRKNET deprem ağı ile 5 adet geçici deprem istasyonlarında 1500 den fazla artçı şok kaydedilmiştir. Magnitudü 3.0



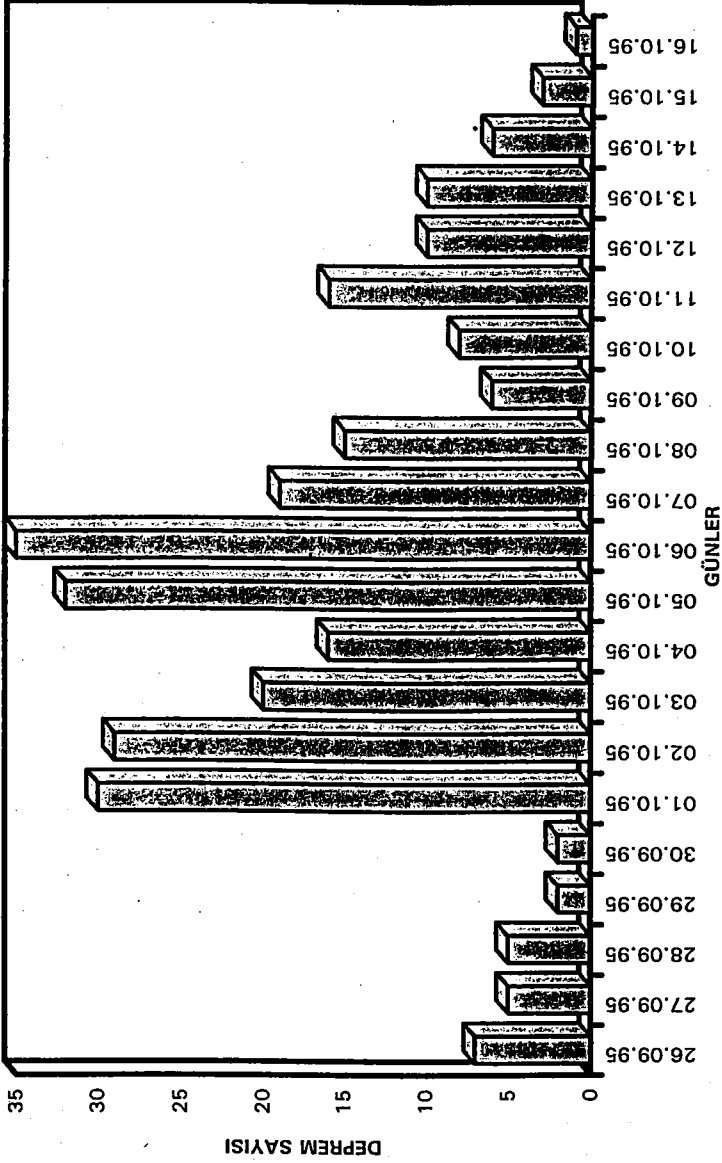
Şekil - 10 Dinar ve çevresinde geçici olarak kurulan deprem istasyonlarının dağılımı



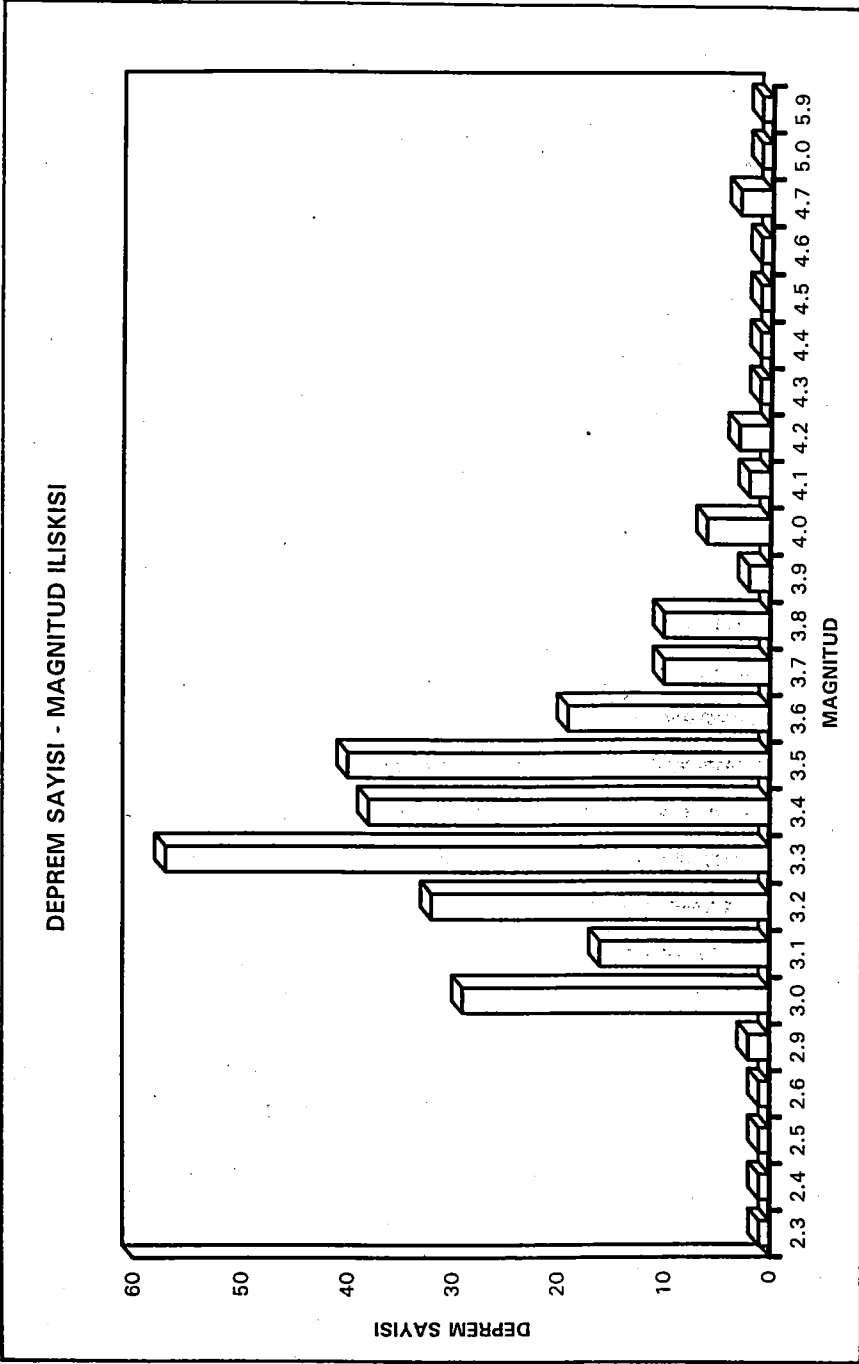
Magnitud --> $\bigcirc < 2.0$ $\bigcirc >= 3.0$ $\bigcirc >= 4.0$ $\bigcirc >= 5.0$ $\bigcirc >= 6.0$
 Ölçek : 1 10.00 km

Şekil - 11 Öncü ve artçı şokların episantır dağılımı

DINAR VE CIVARINDA OLAN DEPREMLERİN GÜNLÜK DAĞILIMI

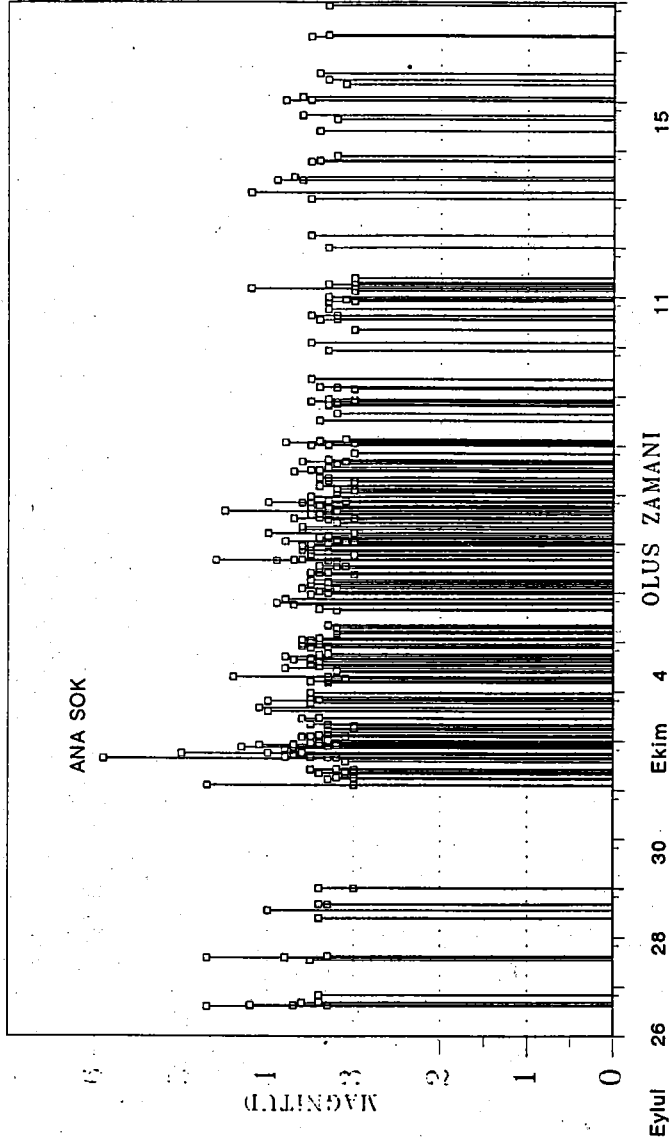


Şekil - 12 26 Eylül-16 Ekim 1995 tarihleri arasında oluşan depremlerin günlük dağılımı

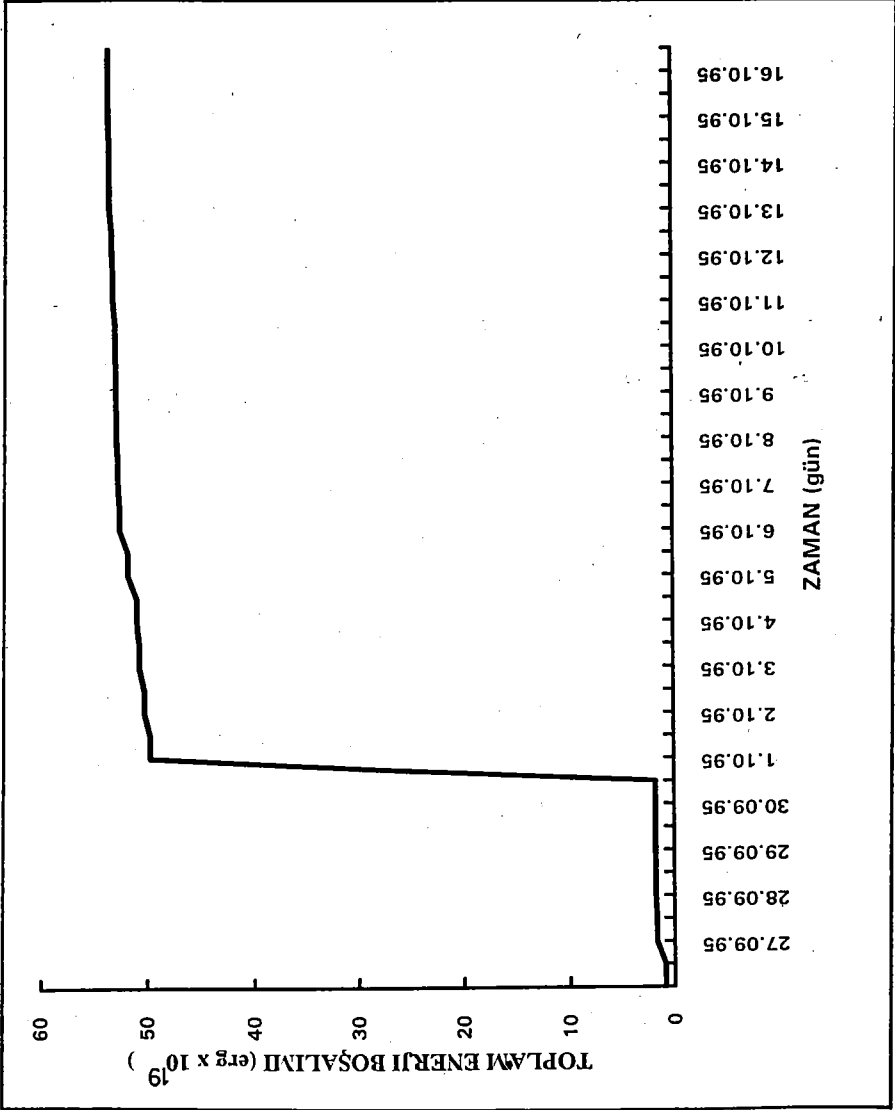


**Şekil - 13 26 Eylül-16 Ekim 1995 tarihleri arasında oluşan depremlerin deprem sayısı
magnitüd ilişkisi**

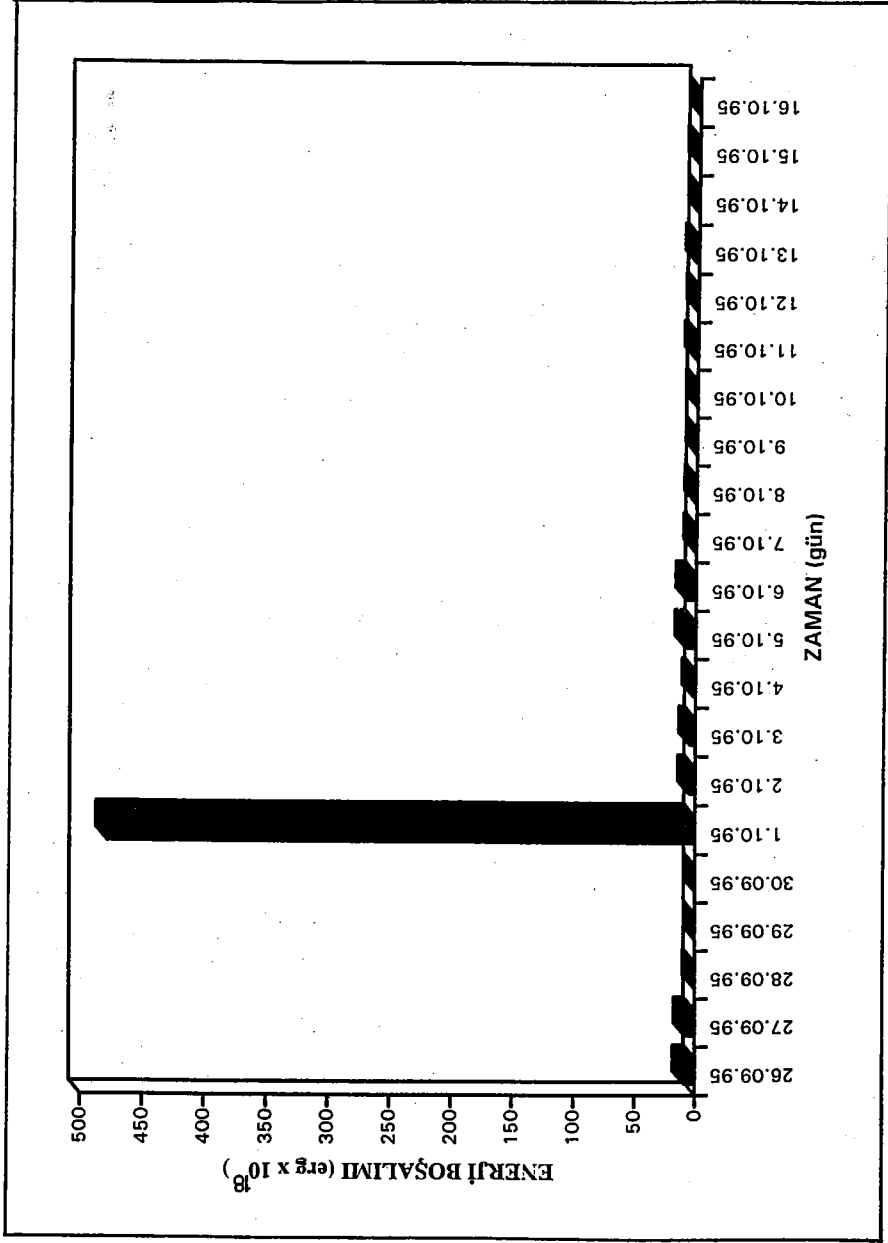
TÜRKİNET TARAFINDAN İYİLENDİRİLMİŞ
DINAR ve ÇEVRESİNDE MEYDANA GELEN DEPREMLER
(26.09.1995 - 16.10.1995 - Mag. 3.0)



Şekil - 14 26 Eylül - 16 Ekim 1995 tarihleri arasında oluşan depremlerin günlere göre magnitüd dağılımı



Şekil - 16 Toplam enerji boşalımı



Şekil - 15 26 Eylül - 16 Ekim 1995 tarihleri arasında oluşan depremlerin enerji boşalımı

ve büyük olan 350 kadar deprem meydana gelmiştir. Magnitudü 5.1 olan en büyük artçı şok 1.10.1995 tarihinde 18:03 (yerel zaman) de oluşmuştur. Magnitudü 3.5'dan büyük olan öncü ve artçı şoklar bu çalışmada haritalanmış ve 10 km'lik yüzey faylanmasına paralel olarak uzanan, fayın düşen bloğunun altına doğru listrik bir faylanma boyunca yoğunlaşmıştır. (Şekil 11). Artçı şoklar, 9 ile 30 km arasında değişen odak derinliklerinde yer almıştır. Sığ odak derinliğine sahip olan artçı sarsıntılar, yüzey faylanmasına yakın yerlerde yer alırken odak derinliği arttıkça dereceli olarak yüzey kırığından uzaklaşma göstermişlerdir.

26 Eylül-16 Ekim 1995 tarihleri arasında oluşan depremlerin günlere göre dağılımı incelendiğinde deprem, öncü şok-ana şok-artçı şok karakteri sunmaktadır (Şekil 12). 1-8 Ekim 1995 tarihleri arasında yoğun bir artçı şok aktivitesi gözlenmiştir. Artçı şoklar 11 Ekim 1995 tarihinden itibaren zamanla gittikçe azalan eğilim göstermiştir. Deprem sayısı - Magnitud ilişkisine bakıldığında magnitudü 3.0 ile 3.5 arasında fazla sayıda depremlerin olduğu görülmektedir (Şekil 13). Ayrıca magnitud - oluş zamanı ilişkisi, 26 - 29 Eylül tarihleri arasında magnitudü 3.0'dan büyük birkaç öncü şokun oluştuğu, 29 Eylül'den hemen sonra ana şoka kadar bir suskunluk dönemine girildiğini göstermektedir (Şekil 14). Aynı tarihler arasındaki enerji boşalımı Şekil 15'de gösterilmektedir. Şekil 16'da ise toplam enerji boşalımının 53.255×10^{19} erg olduğu görülmektedir.

Artçı şokların değerlendirilmesi, 1 Ekim 1995 Dinar depreminin Dinar-Çivril arasında uzanan fayın hareketinden kaynaklandığını ortaya koymuştur. Bu bilgiler, yüzey faylanması ile bir uyum içerisindedir. Artçı şokların zaman içerisindeki dağılımları, kırığın içmerkezden KB'ya doğru tek yönde ilerlediğini işaret etmektedir.

9. SİSMİK ŞİDDET

Depremin magnitudü 5.9, odak derinliği 24 km, dışmerkez koordinatları 38.18K-30.02 D olarak belirlenmiştir. Dinar depremi, DİNAR merkez ve IRGILLI, TEKKE, SÜTLAÇ, BOSTANCI, BARRAKLI YORGALAR, MADENLER, YEŞİLHÜYÜK, YÜKSEL, KABAKLI, AVDAN ve TEKİN köylerinde oldukça büyük hasarlar yapmıştır. Büyük hasar gören bölgeler, fayın düşen bloğu ve Kuvaterner yaşlı birim

üzerinde yer alan sınırlı bir bölge içerisinde kalmıştır. Deprem kırığı üzerinde, kireçtaşlarından oluşan sert bir zemin üzerinde yer alan Dinar'ın doğu kısımları, YAKAKÖY, KIZILLI ve YAPAĞILI köylerinde herhangi bir hasar meydana gelmemiştir. Ayrıca fay hattının GD uzantısında bulunan BÜLÜÇALAN ve DİKİCİ köyleri ile ana yüzey faylanmasının KD'sunda yer alan ÇOBANSARAY ve KIZIÖREN arasında yer alan köylerde hafif derecede hasarlar meydana gelmiştir.

Hasar dağılımı, yüzeyde görülen deformasyonlar ve yerleşim alanlarının bulunduğu zemin durumu gözönüne alınarak, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi (ANKARA) tarafından depremin maksimum şiddeti VIII olarak belirlenmiştir.

10. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

1 Ekim 1995 Dinar depremi, 55 km uzunluktaki Dinar-Çivril fay hattının 10 km lik bir bölümünü kırmıştır. Depremin ana kırığı Dinar ile Yapağılı köyü arasında gelişti. Deprem ortalama 20-50 cm civarında düşey atımlar ile 5-10 cm arasında değişen sağ yönlü yatay atımlar meydana getirmiştir. Depremin episantrı kırığın güneydoğu ucunda saptandı. Deprem kırıkları Oligosen yaşlı konglomeratik birim ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimin dokanağında görüldü. Deprem kırığının başlangıç ve bitiş noktaları yapısal ve jeolojik olarak denetlendi.

Depremden önce 17 öncü şok meydana geldi. Depremden sonra 1500 den fazla artçı şok kaydedildi. Bu yüzden deprem tipik olarak öncü şok-Ana şok-artçı şok karakterini göstermektedir. Artçı deprem dağılımları, kırığın kuzeybatıya doğru tek yönde ilerlediğini göstermektedir. Depremin odak mekanizması küçük sağ yatay atım bileşenli normal faylanma çözümünü verdi. Bu çözüm Ege bölgesinin tektonik rejimi ile uyumluluk göstermektedir.

Depremde ağır hasar, daha çok Dinar'ın bulunduğu anakaya-altüviyon dokanağında, faya paralel olarak ve suya doymuş gevşek altüviyon birim üzerinde bulunan birkaç köyde meydana geldi. Depremin şiddeti VIII (MSK) olarak belirlendi. Dinar Meteoroloji istasyonunda yüksek ivme değerleri kaydedildi. Bu değer, zemin hareketinin az da olsa büyütüldüğünü göstermektedir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde her türlü destek ve yardımlarda bulunan Afet İşleri Genel Müdürü sayın Oktay Ergünay'a, Deprem Araştırma Dairesi başkanı sayın Sinan Gençoğlu'na,

Arazi çalışmaları sırasında bizzat bizimle birlikte dolaşan ve yüzey kırığının haritalanmasında büyük katkılarda bulunan ve depremde yıkılan binaların açıklanmasında değerli bilgiler veren Deprem Mühendisliği şube müdürü sayın Nejat Bayülke'ye sonsuz teşekkürlerimizi bildiririm.

KAYNAKLAR

Aki, K., 1966, Generation and propagation of G waves from Niigata earthquake of June 16, 1964; part 2, Estimation of earthquake magnitude, released energy and stress-strain drop from the G wave spectrum, Bulletin of the Earthquake Research Institute, v 44, p. 6140-6148.

Demirtaş R. vd., (1995) 1 Ekim 1995 Dinar depremi ön raporu, DAD Bülteni, AT/88.

Hanks, T.C., and Kanamori, H., 1979, A moment magnitude scale, Journal of Geophysical Research, v 84, p. 2348-2350.

Koçyiğit A., (1984) Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim, TJK Bülteni, C.27, 1-16, Şubat 1984.

Öztürk, A., (1982) Tectonic of Dinar-Sandıklı-Işıklı Region, Volume 25, Seri : C1, Faculte de Sciences de l'Universite d'ANKARA.

Şaroğlu, F., Kuşçu, İ., ve Emre, Ö., 1991, Türkiye'nin Diri Fay Haritası, MTA.

26 Eylül-6 Ekim 1995 Dinar depremlerinin kuvvetli yer hareketleri ve yapısal hasarı, DAD raporu, 18 Ekim 1995.

17 OCAK 1995 KOBE (HYOGOKEN-NANBU/GREAT HANSHİN) DEPREMİ
(The Kobe(Hyogoken-Nanbu/Great Hanshin) Earthquake of
17 January 1995, SW Japan)

Ramazan DEMİRTAŞ

Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, Sismoloji Bölümü,
ANKARA

Seismological Division, Earthquake Research Department, General Directorate of
Disaster Affairs, Ankara, TURKEY

ÖZET

1923 Kanto depreminden sonra Japonya'da en çok can kaybına ve milyarlarca maddi hasarlara sebep olan büyük bir deprem, Hyogo bölgesinde 17 Ocak 1995 tarihinde yerel zamana göre 5:46 a.m. de meydana geldi. Deprem, Kobe ve civarındaki şehirlerde 5096 ölü, 13 kayıp ve 26 797 kişinin yaralanması ile sonuçlandı. 300 000 den daha fazla kişi evsiz kaldı ve 103 521 ev yıkılarak oturulamaz hale geldi.

Deprem, oldukça fazla aktif fayların olduğu bir bölgede meydana geldi. Depremin hiposantrı, Awaji adasının kuzeydoğu ucu ile Honshu adası arasında, Kobe şehrinin 20 km güneybatısında, Akashi boğazı içerisinde yer aldı. Depremin magnitudü, 7.2, sismik momenti 3×10^{26} ve moment magnitudü 6.9 olarak saptandı. Artçı şoklar ile hasar dağılımları ve yüzeyde görülen deformasyonlar, depremin 30-50 km uzunlukta bir kırık meydana getirdiğini gösterdi. Deprem kırığı, hiposantrdan iki yöne doğru yayıldı ve üç ana şoktan meydana geldi. Deprem kırığı, Kobe şehrinin altına doğru ilerleyerek büyük derecede hasarlara neden oldu. Depremin odak mekanizması, sağ yönlü doğrultu atımlı fay çözümü verdi. Deprem, Awaji adasının kuzeybatı kenarında uzanan Nojima fayı boyunca, 1m-1.5 m yatay ötelenmeli bir kırık meydana getirdi.

Depremi artçı şokları, Awaji adası ile Kobe arasında yaklaşık 50 km uzunlukta dar bir hat boyunca yoğunlaştı. 17 Ocak-14 Şubat tarihleri arasında 6000 den fazla artçı şok kaydedildi. Artçı şoklar, depremden sonra dereceli olarak bir azalış gösterdi. Ana şoktan 2 saat sonra 4.9 magnitudlü en büyük artçı şok meydana geldi.

RCEP tarafından episantrları ana şok ile aynı yerde olan ve ana şoktan 11 ve 6 saat önce meydana gelen dört tane öncül şok kaydedildi. Diğer yandan, kabuksal deformasyon analizlerinin ilk sonuçları, tiltmetre ve ekstensometrelerin tüm bileşenlerinde deformasyon değişimlerinde herhangi bir dikkate değer haberci olay meydana gelmediğini göstermiştir. Bununla birlikte, Hyogo ve Tottori bölgelerinde depremden önce ve sonrasında üç sıcak su kaynağında su içeriğinde, sıcaklığında ve elektrik iletkenliğinde geçici değişimler gözlemlendi.

Depremde hasar gören bölgeler, Awaji adasının kuzeyinden başlayarak, Takarazuka, Kobe, Ashiya ve Nishinomiya şehirlerine doğru uzanan dar bir şerit alanda yer aldı. Depremi şiddeti, JMA tarafından 6 ve 7 şiddet değerleri olarak belirlendi. Kobe ve Nishinomiya şehirlerinde, fay yakınında yumuşak zeminlerde 0.8 g gibi en büyük ivme değerleri kaydedildi. Bu şerit alanda hasarın çok olması, bölgenin topografik düzensizliklerinden dolayı zemin hareketinin büyütülmesi ile ilgilidir. Kobe bölgesinin jeolojisi, bu topografik düzensizlikler ile uyumluluk göstermektedir. Kobe şehrinin bulunduğu alan, alüviyal yelpaze, kıyı düzlüğü ve sonradan ıslah edilerek doldurulmuş kısımlar olmak üzere üç farklı zemin tipi meydana getirir.

ABSTRACT

Hyagoken-Nambu earthquake struck the southern part of Japan at 5:46 a.m. (local time) on 17 January 1995. This earthquake caused many loss of life and property. The great Hanshin earthquake is the most damaging earthquake to strike Japan since great Kanto earthquake occurred in 1923. Earthquake resulted in 5096 death, 13 missing and 26 797 injured. People more than 300 000 was left homeless and 103 521 building were destroyed.

Earthquake took place in a region where there are many active faults. Hypocenter of the earthquake is located between northeastern tip of Awaji island and Honshu mainland. Earthquake magnitude were assigned 7.2 by JMA. Seismic moment and corresponding to moment magnitude were determined 3×10^{26} and 6.9 respectively. The distribution of aftershocks and damages and observed surface deformation showed that rupture of 30-50 km occurred in this earthquake. The rupture of this earthquake consisting of three shocks propagated towards both sides of the hypocenter. The northeastern portion of this rupture extending to Kobe city caused high level of damages. Earthquake mechanism solution indicated right lateral strike slip fault. The earthquake produced dextral slip of 1-1.5 m on the Nojima fault passing parallel to the northwest coast of Awaji island.

Aftershocks concentrated on 50 km long and narrow line between Awaji island and Kobe city. Aftershocks more than 6000 were recorded from 17 January to 14 February 1995. They decreased gradually within this period. The largest aftershock of 4.9 was recorded just after main shock.

RECEP recorded 4 foreshocks which are consistent with the hypocenter of main shock 11 and 6 hours before the main shock. On the other hand, tiltmeters and extensometers monitoring crustal deformation did not showed any co-seismic changes as a precursory events. However, temporal variations were observed in water content and temperature and electrical conductivity in Hyogo and Tottori prefectures.

The severely damages were observed along the strip land extending from the northeastern tip of Awaji island through Takarazuka, Kobe, Ashiya and Nishinomiya city. The maximum intensity were assigned as 6 and 7 by Japan Meteorological Agency. Maximum peak acceleration of 0.8 g was recorded in-near fault regions on soil sites in Kobe and Nishinomiya cities. Ground motions were amplified due to topographic irregularities and as consequence of soil conditions. The geology of Kobe

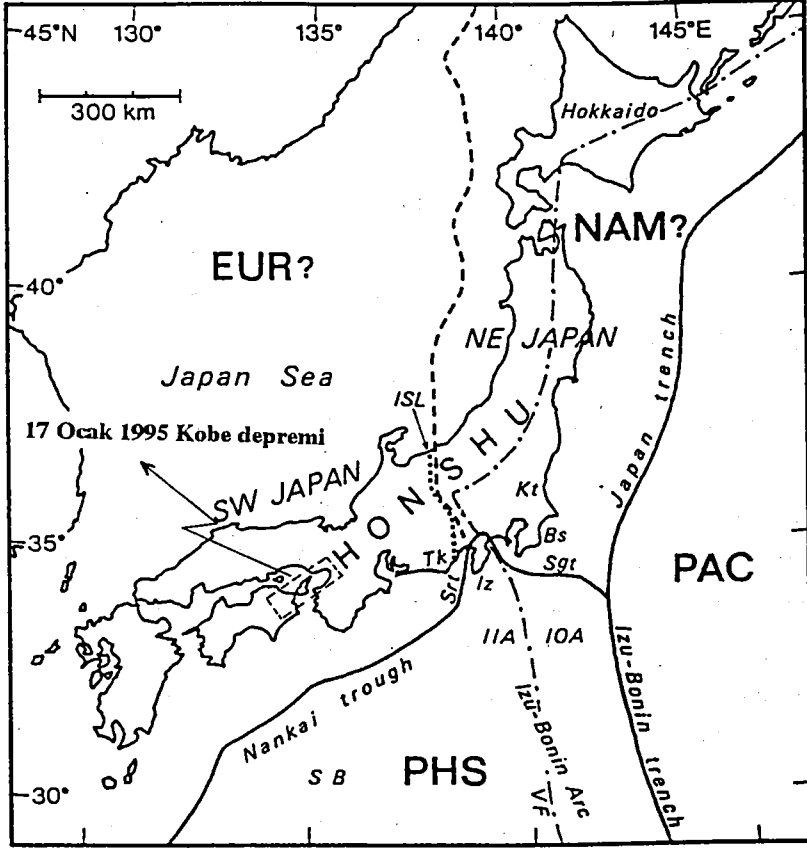
is coincides with these topographic irregularities. Kobe city is located on three different soils consisting of alluvial fan, coastal plain and reclaimed lands.

1. GİRİŞ

Japonya, büyük ve çok büyük magnitudlü depremlerin çok sık tekrarlandığı dünyanın en aktif deprem kuşağı içerisinde yer almaktadır. Japon adası, dört ana konverjan plaka hareketinin etkisinde bulunmaktadır (Şekil 1). Depremlerin büyük bir çoğunluğu bu plakaların sınırları boyunca meydana gelmektedir. Depremler odak derinliklerine göre oluştuğu yerlere göre farklılıklar göstermektedir. Birinci tür depremler, dalma-batma zonları boyunca meydana gelirken ikinci tür depremler üstteki bindiren plakanın kabuk kısmında oluşmaktadır. Bu iki tür deprem de okyonus içerisinde meydana gelmektedir. Bu tür depremler Japon anakarasını şiddetli derecede sarsmakla birlikte fazla bir can ve mal kaybına neden olmamaktadır. Bununla birlikte kıyıya yakın bölgelerde tsunamilere sebep olarak büyük derecede hasarlar ve can kayıpları meydana getirmektedir. Örneğin Hokkoido'nun güneybatısında 12 Temmuz 1993 de Japan Sea depremi ($M_s=7.8$) meydana geldi. Bu deprem büyük bir tsunami meydana getirerek Okushiri adasında 197 kişinin ölmesine neden oldu.

1994 yılında Hokkoido'nun güneydoğusunda, Pasifik okyonusu içerisinde Japan Sea depremine benzer magnitudü 7.5 den daha fazla iki büyük deprem meydana geldi. Depremlerden hemen sonra bütün ulusal TV kanallarında Tsunami İkaz Sistemi yardımıyla halk zamanında uyarıldı ve herhangi bir can kaybı meydana gelmedi. Aynı zamanda depreme çok yakın bulunan Hokkoido adasındaki binalarda herhangi bir hasar meydana gelmedi.

Diğer yandan, Japonya anakarası içerisinde büyük hasarlar ile can kaybına sebep olan depremler ise üçüncü tür depremleri meydana getirmektedir. Bu tür depremler yukarıdaki plakaların hareketleri sonucu anakaranın sıkışmasıyla meydana gelen depremlerdir. Japonya anakarası D-B yönünde sıkışmaya maruz kalmaktadır. Bu sıkışma sonucu anakara birçok fay tarafından kesilmiştir. Bu faylar geniş bir alan içerisinde dağılım göstermiştir. Yukarıdaki plakaların sıkıştırması sonucu biriken enerji bu faylar içerisinde



Şekil 1. Japon adalarının plaka tektonik haritası. EUR: Avrasya plakası, PAC: Pasifik plakası, PHS: Filipin plakası NAM: Amurian plakası (IISEE ders notları).

Figure 1. Plate tectonic map of Japan archipelago. EUR: Eurasian plate, PAC: Pacific plate, PHS: Philippine plate and NAM: Amurian plate (IISEE Lecture notes).

dağıtılmıştır. Bunun sonucu olarak, hangi fayda ne kadar enerjinin biriktiğini anlamak zorlaşmıştır. Bu yüzden ülkenin her tarafı sismolojik istasyon şebekeleri ve kabukdaki her türlü hareketleri izleyecek istasyonlar ile donatılmıştır.

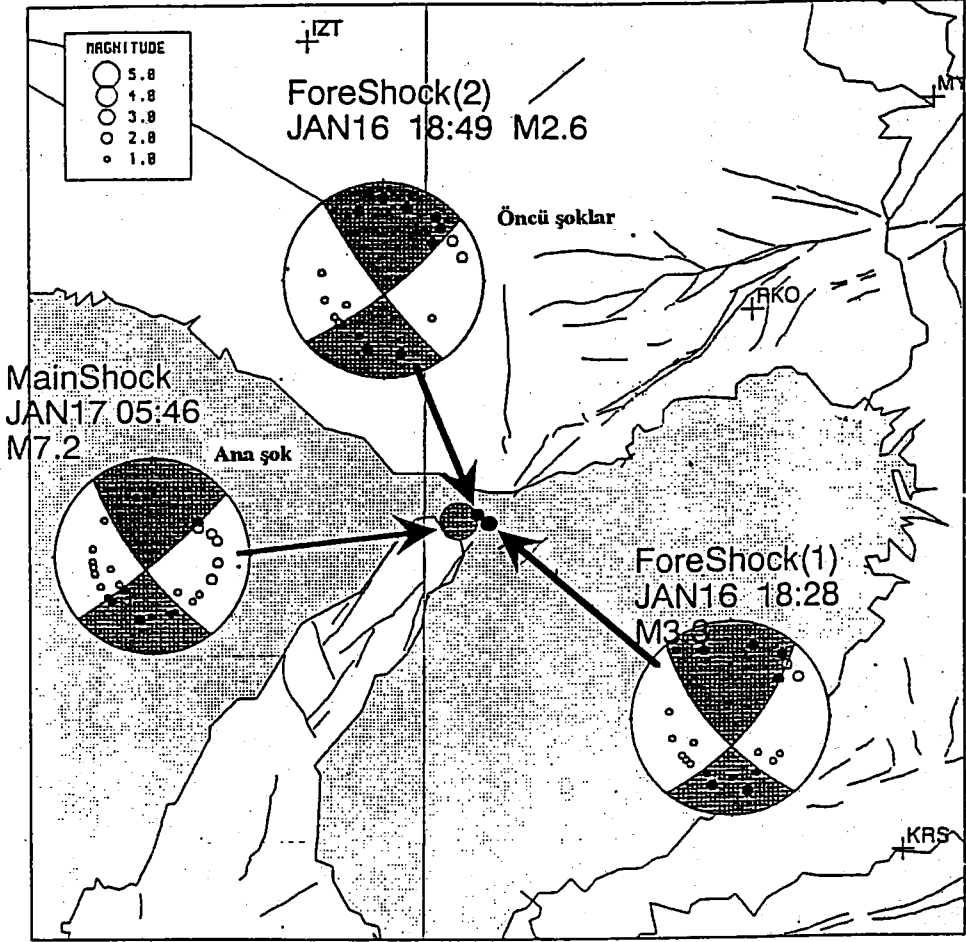
17 Ocak 1995 Kobe depremi de üçüncü tür deprem kategorisine girmektedir. Deprem oldukça karışık fayların bulunduğu bir bölgede meydana gelmiştir (Şekil 2). Tarihsel kayıtlara göre, depremin meydana geldiği fay üzerinde son 100 yıldır herhangi bir büyük deprem meydana gelmemiştir. Depremden hemen sonra açılan trench sonuçları, bu fayın karakteristik depremler oluştuğunu göstermiştir.

Bu çalışma, IISSE elemanlarından, Prof. Dr. Ishibashi, Dr. Huruoka ve Dr. Suetsugu ile Sismoloji ve Deprem Mühendisliği katılımcılarıyla birlikte, depremden hemen bir hafta, bir ay ve dört ay sonra olmak üzere üç farklı zamanda yapılan arazi çalışması sonucu gerçekleştirilmiştir.

2. JAPON ADALARININ PLAKA TEKTONİĞİ

Japon takımadası, Kuril, kuzeydoğu Japonya, İzu-Bonin, güneybatı Japonya ve Ryukyu olmak üzere beş esas ada yay sisteminden oluşur ve dört adet konverjan plaka tarafından sınırlanır (Şekil 1). Pasifik plakası (PAC), Kuril-Japonya-İzu-Bonin trenchleri boyunca batı-kuzeybatıya doğru yılda 10 cm civarında Kuril-kuzeydoğu Japonya ve İzu-Bonin yaylarının altına dalmaktadır. Bu dalma-batma ile ilgili volkanik ön cephe, kuzey-güney cephesinde uzanır.

Filipin Denizi Plakası (PHP), doğudan batıya doğru; volkanik-olmayan İzu dış yayı, volkanik İzu iç yayı ve Shikoku yay-gerisi havzası olmak üzere üç ana kısımdan meydana gelir. Volkanik-olmayan İzu dış yayı, Sagami çukurluğu boyunca, yılda 3 cm civarında KKB yönünde, Japonya'nın en güney kısmının yani Kanto bölgesinin altına doğru dalmaktadır. Sagami çukurluğunun güney ucunda Boso TTT tipi bir üçlü kavşak yaparlar. Shikoku havzası, Nankai çukurluğu boyunca yılda 5 cm civarında KB yönünde, güneybatı Japonya'nın altına doğru dalmaktadır. Bu dalma-batma zonu, doğuya doğru Suruga çukurluğuna kadar devam eder ve K-G doğrultusunda Suruga Körfezi içlerine



Şekil 2. Kobe depreminin epişantr yeri ve ana şok ile öncü şokların odak mekanizması (Kyoto Üniv.)

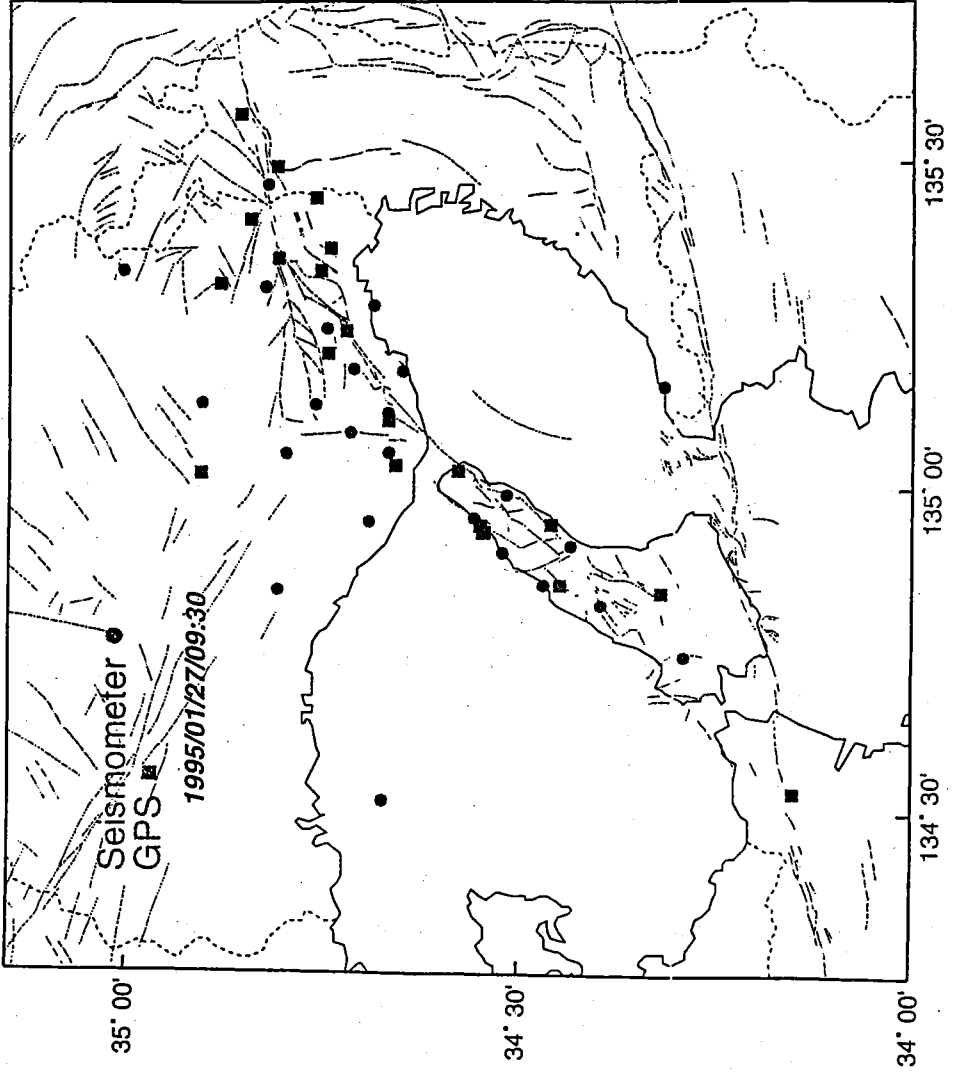
Figure 2. Epicenter of the Kobe earthquake 17 January, 1995 and fault plane solutions of main shock and its two foreshocks (Kyoto Univ.).

girer. Volkanik İzu iç yayının kuzey ucunu temsil eden İzu yarımadasının Honshu adası ile çarpıştığı ileri sürülmektedir.

Japon adalarının plaka tektoniği henüz açıklığa kavuşturulamamıştır. ISHIBASHI (1) kuzeydoğu Japonya'yı sabit kabul ederek, güneybatı Japonya ve Japon deniz tabanı, günümüzden birkaç milyon yıl önce Amurian mikroplakasının bir parçası olarak doğuya doğru hareket etmeye başladığını söylemektedir. Kuzeydoğu ve güneybatı Japonya arasındaki yaklaşım oranı yılda 1 ile 2 cm arasındadır. Güneybatı Japonya'nın doğuya doğru hareketinden dolayı Nankai çukurluğu boyunca, Filipin Denizi Plakası ile güneybatı Japonya arasındaki göreceli hareket, Sagami çukurluğu boyunca daha hızlı bir oranda batıya doğru yönlendirilmiştir.

3. JAPONYA 'NIN SİSMİSİTESİ VE KABUK HAREKETLERİ

Japonya'nın plaka tektoniği açısından oldukça karmaşık bir görünüm sunmasından dolayı, Japonya ve civarının sismisitesi oldukça yüksektir. Japonya ve civarındaki depremler, genellikle Pasifik sismik kuşağı içerisinde yer almaktadır. Bu bölgede iki tür deprem oluşmaktadır. Yeryüzünün üst yüzeyinin bir enine kesitini gözönüne aldığımız zaman, birinci tür depremleri, trench ekseninden iç bölgelere doğru geniş bir alana yayılan sığ depremler temsil ederler. İkinci tür depremleri ise, trench ekseninden olan uzaklıklara bağlı olarak derinliklerinin arttığı depremler oluştururlar. Bu görünüm, bu depremlerin bir dalma-batma zonu ile ilişkili olduklarını gösterir. Thoku bölgesinde dalma-batma zonunda oluşan depremler, 80-150 km arasında derinlikleri olan iki farklı seviyede yer almaktadır. Bunlardan üstteki tabaka, okyonus plakasının üst seviyesine karşılık gelmektedir. Depremler, oluştuğu yerlere göre sınıflandırılmaktadır; 1- Dalma-batma zonu boyunca plaka-arası çok büyük magnitudlü depremler, 2- Üstteki bindiren plakalarda oluşan büyük ve çok büyük magnitudlü depremler ve 3- Alttaki dalan plakanın üst kabuğunda, dalma-batma sınırı boyunca oluşan depremler. Bu yüksek sismik aktiviteden dolayı, Japonya sürekli olarak çok şiddetli depremlere ve tsunamilere maruz kalmış ve kalmaktadır. Tarihsel deprem kayıtlarına göre geçmişte yıkıcı depremlere ait bilgiler binlerce yıl öncesine dayanmaktadır. Günümüzde sismologlar, jeologlar, jeomorfologlar ve özellikle tarihçiler, tarihsel depremlerin araştırılmasına hız



Şekil.3. Kobe depreminden sonra kurulmuş deprem ve GPS istasyonlarının dağılım haritası (ERI, Tokyo Üniv.).
 Figure 3. Distribution of seismic and GPS stations installed just after Kobe quake (ERI, Tokyo Univ.).

vermektedirler. Tarihsel ve tarihsel öncesi depremlerin bilinmesi amacıyla, fay ötelenmeleri, yükselmiş deniz terasları, tsunami çökelleri ve arkeolojik kalıntılar gibi jeolojik ve jeomorfolojik araştırmaları içeren paleosismolojik metodlar geniş ölçüde uygulanmaktadır.

Günümüzde, ülke çapında sismik şebekelerin kurulması, depremlerin gözlenmesi ve tsunami uyarma sistemleri Japon Meteoroloji Kurumu (Japan Meteorology Agency) tarafından yürütölmektedir (Şekil 3 ve 4). Birkaç adet bölgesel ve yerel sismik gözlem şebekeleri ise özel üniversiteler ve araştırma kurumlarınca işletilmektedir.

Japonya'daki kabuksal hareketler, 100 yıl öncesinden daha fazla bir zamandan beri Jeodetik, gelgit, tiltmetreler, ekstensometreler ve strainmetreler gibi gözlem aletleri ile sürekli olarak çok yönlü bir şekilde izlenmektedir.

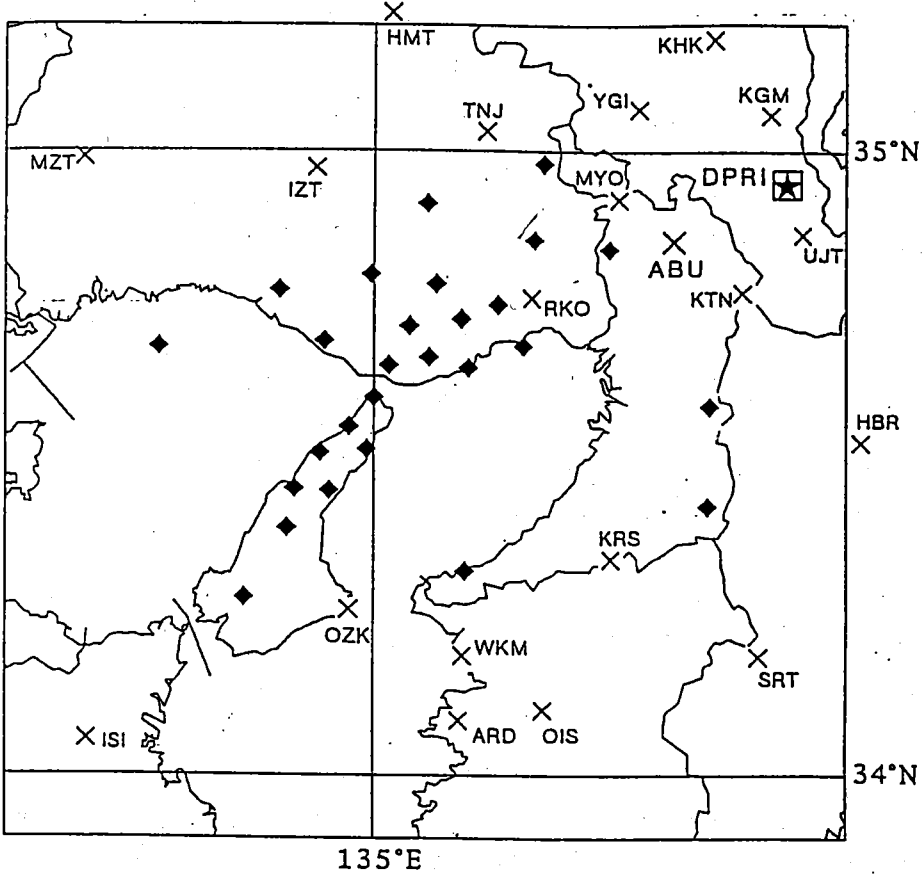
Japonya ve civarındaki deniz tabanı, tamamen aktif faylar tarafından kesilmiştir. Bu fayların aktiviteleri, ötelenme miktarları, geometrileri, kayma hızları ve depremlerin tekrarlanma aralıkları dikkatli bir şekilde incelenmekte ve haritalanmaktadır.

Kuvaterner boyunca Japonya, aktif bir kuşak içerisinde yer almış ve çoğu bölgeler büyük miktarlarda çökme ve yükselmeye maruz kalmıştır.

4. KOBE DEPREMİ

17 Ocak 1995 tarihinde yerel zamana göre 5:46 da, Kansai bölgesinde Hyogoken-Nanbu depremi oluştu (Şekil 2). Bu deprem, 1923 yılında Tokyo ve Yokohama bölgelerini yıkan ve 143 000 kişinin ölmesine neden olan Kanto depreminden sonra Japonya'da meydana gelen en hasar verici deprem olarak değerlendirildi. 30 Ocak 1995 sonuçları, Kobe ve civarındaki şehirlerde 5096 ölü, 13 kayıp ve 26 797 kişinin yaralandığını göstermektedir. 1.5 milyonluk şehir nüfusunun beşte biri evsiz kalırken 103 521 den fazla bina yıkılarak oturulamaz hale geldi. Hyogo-ken hükümet yetkililerine göre, temel yaşam fonksiyonlarının yeniden eski haline getirilme maliyetinin 100 milyar dolardan daha fazla olabileceğini tahmin etmektedirler. Ayrıca, özel mülkiyet ve ticaretteki

Network of temporary observation



Şekil 4 . Kobe depreminden sonra fayın davranışını anlamak için kurulan çeşitli istasyonların dağılım haritası (ERI, Tokyo Üniv.).

Figure 4. Map of the network of temporary observation installed after Kobe quake to understand fault behavior in time (ERI, Tokyo Üni.).

kayıplar dahil toplam kaybın yukarıdaki maliyetin iki katı olduğu ve 1994 Northridge (Kaliforniya) depremindeki kaybın 10 katından daha yüksek olduğunu söylemektedirler.

Kobe şehri, güneydoğuda Osaka Körfezi ile kuzeybatıda Rokka dağları arasında uzanan dar bir şerit alanda içerisinde yer alır. Batı Japonya ile kuzeydoğu Japonya'yı bağlayan bu dar ulaşım alanında, tüm ulaşım sistemleri, yüksekte geçen karayolları ve demir yollarının çökmesi sonucu ulaşım kapandı. Tokyo ile tüm batı Japonya arasında ulaşımı sağlayan Shinkansen demiryolu, Kobe'deki bir köprüünün çökmesi sonucu kapandı. Kobe'deki ana trafiği rahatlatan yüksekte geçen Hanshin ekspres yolu, üç ayrı yerdeki çökmeler sonucu ulaşım kapandı. Bunlardan bir tanesi, ekspres yolunun 630 metrelik kısmını oluşturmaktadır. Bu ekspres yolu boyunca asfalt yollarda yarılmalara, çökmeler ve siltli malzemenin püskürmesi şeklinde zeminde çok yaygın deformasyonlar görüldü.

Kobe'nin Sannomiya bölgesinde asfalt yollarda ve binaların temellerinde büyük deformasyonlar gözlemlendi. Bu deformasyonlar, birkaç on cm civarında olmakla birlikte, bunlardan titlenme, binaların belirli katlarının ve çoğu çok katlı binaların tamamen çökmesinde büyük rol oynadı. Yerel gazete raporlarına göre, depremden sonra Kobe'deki binaların %20'si kullanılabilir durumdakiydi.

Osaka körfezinin kenarları boyunca şiddetli bir şekilde sarsılan alanlarda, zeminlerde çok yaygın deformasyonlar meydana geldi. Kobe yakınında, Osaka körfezinde sonradan doldurulmuş dolgu zeminler üzerinde yer alan Rokko ve Portopia adalarında, sıvılaşma 50 cm ile 300 cm arasında değişen zemin çökmelerine neden olmuştur. Ayrıca büyük miktarlarda siltli malzeme fışkırmıştır. Kobe'de büyük limanların çoğu kısımlarında malzemenin yanal yönde yayılması sonucu rıhtım duvarları boyunca vinçlerin hasar görmesine ve çökmesine neden olmuştur. Japonya'nın deniz ticari ulaşımının yaklaşık %30 Kobe limanından sağlanmaktadır.

Kobe'deki yaşamı sağlayan ana sistemlerinin hepsi depremden etkilenmiştir. Kobe'deki su sisteminin yaklaşık olarak %70'i zemindeki deformasyonlar yüzünden kullanılamaz hale gelmiştir. Gaz sistemleri, büyük derecede depremden etkilendi. Elektrik sistemi, yakındaki binaların ve direklerin çökmesi nedeniyle kullanılamaz duruma geldi.

Deprem, 5:46 da birçok insanın uyuduğu bir saatte meydana geldi. Ölü ve yaralıların çoğu, ağır kilden yapılmış kiremitlere sahip çatılı eski ahşap binaların çökmesi sonucu ileri gelmiştir. Su sisteminin hasar görmesi ve zemin deformasyonlarından dolayı trafik sisteminin etkilenmesi sonucu yangınların söndürülmesi için hemen müdahalede bulunamadı. En az 12 esas büyük yangın çıktı ve 24 saat içerisinde her tarafı yakıp yıktı. Depremden 24 saat içerisinde Tokyo'dan yangın şirketleri, deprem bölgesine ulaşabildi. Kobe nüfusunun % 20'sini teşkil eden 300 000 den daha fazla evsiz kalan insan, sığınaklara yerleştirildi.

5. DEPREM MEKANİZMASI

Depremın odak mekanizması çözümü, Yokohoma Üniversitesinden prof. KIKUCHI (2) tarafından saptandı (Şekil 5);

Fayın doğrultusu: 233

Fayın eğimi: 88

Kayma: 165

Faylanma yüzeyinin alanı: 40 x 10 km²

Yatay atım miktarı: 2.1 m

Stres düşümü: 100-200 bar

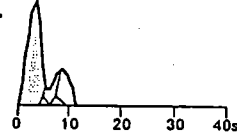
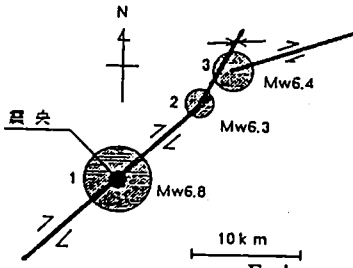
Ana kırılmanın süresi: 11 sn

Depremın hiposantrı, Awaji adasının kuzeydoğu ucu ile Honshu adası arasında, Kobe şehrinin 20 km güneybatısında yer aldı. Depremın magnitudü, JMA tarafından 7.2 olarak saptandı. Sismolojik analizler, depremin doğrultu atımlı bir mekanizmaya sahip olduğunu, sismik momentin 3×10^{26} ve moment magnitudün 6.9 olduğunu göstermiştir KIKUCHI (2). Telesismik olarak kaydedilen depremlerin dalga şekilleri ve artçı şokların dağılımları, fayın 30-50 km uzunlukta bir kırık meydana getirmiştir. KIKUCHI (2)'ye göre deprem kırığı, hiposantrdan iki yöne doğru yayıldığı ve depremin üç esas şoktan meydana geldiğini belirtmektedir. Diğer iki şoka ait bilgiler, Şekil 2 de gösterilmektedir. Deprem kırığı, Kobe şehrinin altına doğru ilerleyerek büyük derecede hasarlara neden olmuştur. Deprem, oldukça fazla aktif fayların olduğu bir bölgede meydana geldi. Depremın odak mekanizması, daha önce haritalanmış fayların doğrultusuna paralel olan

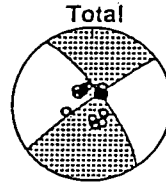
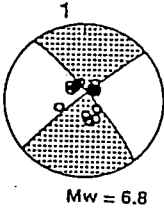
Hyogo 1995/01/17

Derinlik

$M_0 = 2.5 \times 10^{26}$ dyne-cm $M_w = 6.9$ Depth = 8 km var. = 0.3450

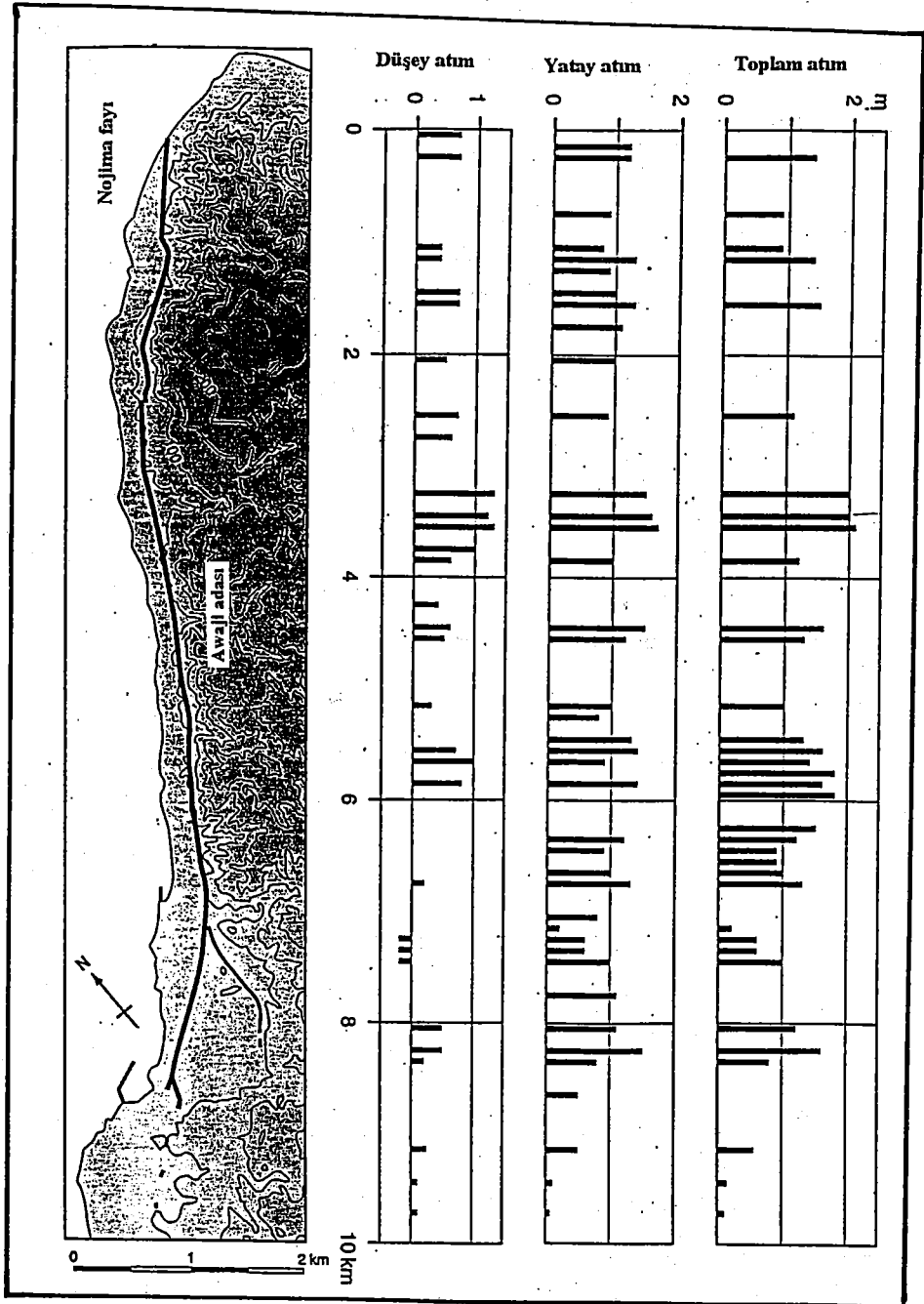


| | Mw | Fault area Fay alanı (km ²) | Relative displacement Göreceli ötelenme | Stress drop Stres düşüştü |
|-----|-----|--|--|------------------------------|
| 1 | 6.8 | 2.4 × 12 | 2.1 m | 93 bar |
| 2 | 3.6 | 9 × 5 | 2.5 | 130 |
| 3 | 6.4 | 12 × 6 | 2.7 | 242 |
| 6.9 | | 40 × 10 km ² | 2.1m | 100 ~ 200bar |



Şekil 5. Kobe depreminin kaynak mekanizması (Kikuchi, 1995)

Figure 5. Source mechanism of the Kobe earthquake of 17 January, 1995 (Kikuchi, 1995)



Şekil 6. Nojima fayında yatay, düşey ve toplam kayma miktarlarının dağılımı (GSJ).
 Figure 6. Distribution of horizontal, vertical and cumulative co-seismic slip along the Nojima fault (GSJ).

sağ yönlü doğrultu atımlı fay çözümü vermiştir. Deprem, Awaji adasının kuzeybatı kıyısı paralel olarak uzanan Nojima fayı boyunca, 1-1.5 metre yatay ötelenmeli bir kırık meydana getirmiştir NAKATA vd. (3) (Şekil 6). Japonya Deniz Güvenlik Kurumu (Japan Maritime Safety Agency) tarafından yapılan sismik araştırmalar, bu kırığın kıyıdan uzakta 300 metre uzunlukta olan bir devamının varlığını göstermektedir. Ayrıca aynı araştırmacılar, Awaji adasının kuzeydoğu ucundan, kıyıdan uzakta bir bölgede Nojima fayına paralel 7 km uzunlukta iki fay kırığı daha bulduklarını söylemektedirler. Fakat bu segment, Nojima fayı ile 5 km'lik bir basamak (fault step) yapmaktadır.

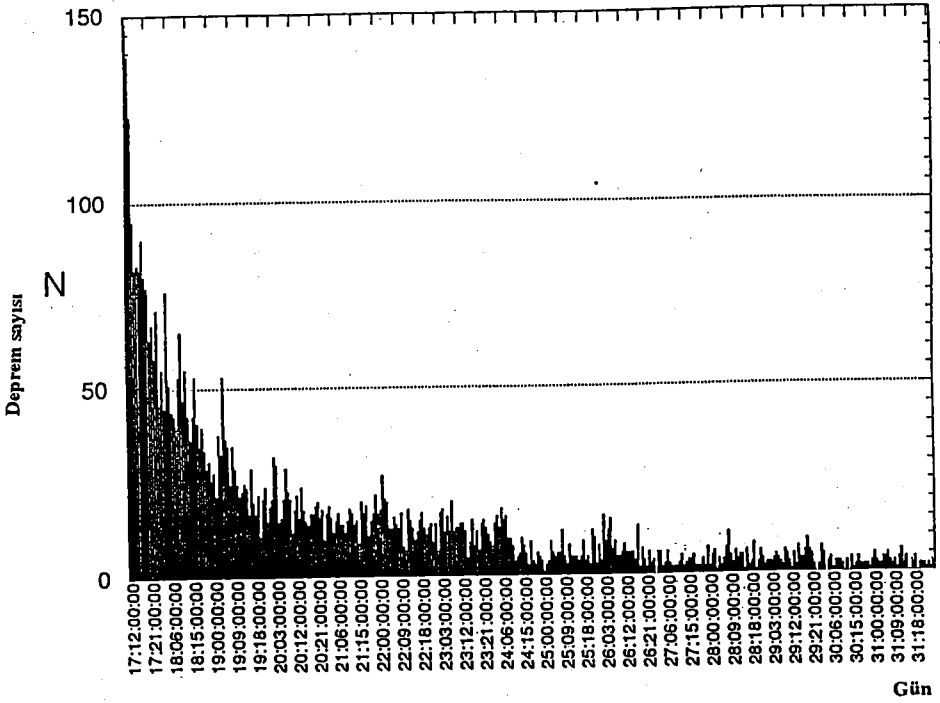
Tarihsel depremlerin de ortaya koyduğu gibi depremin odak mekanizması batı Japonya'nın tektonik rejimi ile uyumlu olduğu görülmüştür. 1891 ile 1948 yılları arasında oluşan 1891 Nobi (M=8), 1927 Tonga (M=7.3), 1943 Tottori (M=7.2) ve 1948 Fukui (M=7.1) depremleri, Kobe depremi ile aynı odak mekanizması çözümleri vermiştir. 1995 Kobe depremi dahil bu depremlerin hepsi, Honshu adasının doğusunda uzanan İzu-İtoigawa hattı boyunca Avrasya plakasının Kuzey Amerika plakası ile çarpışması sonucu D-B yönlü sıkışmadan dolayı meydana gelen doğrultu atımlı bir mekanizma göstermektedir HUZITA (4).

6. ARTÇI ŞOKLAR VE YÜZEY KIRIKLARI

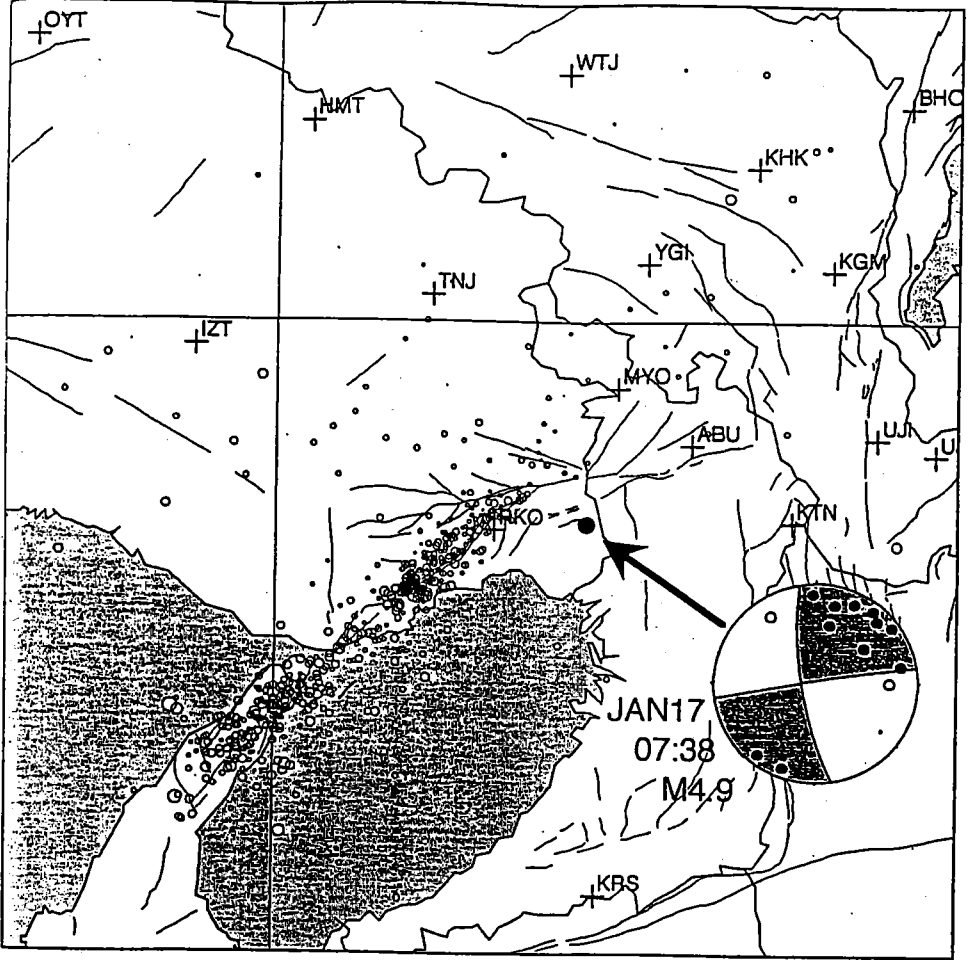
Depremin artçı şokları, yaklaşık 50 km uzunlukta dar bir hat boyunca yoğunlaşmıştır. KIKUCHI (2) deprem kırığı uzunluğunu, yaklaşık olarak 40 km olarak saptamıştır. Artçı şoklar, ana şoktan itibaren gittikçe azalan bir ilişki göstermiştir (Şekil 7). Artçı şokların maksimum şiddetleri, JMA tarafından 4 olarak saptanmıştır. Artçı şokların dağılımları, Şekil 8, 9 ve 10 da gösterilmiştir.

17 Ocak 1995 tarihinde Hyogo bölgesinin güneyinde, Kobe şehri yakınlarında 7.2 magnitudlü bir deprem meydana geldiği zaman, deprem episantrının yakınında ve civarında 40 dan daha fazla sismik istasyon (RCEP-DPRI) çalışır durumdaydı (Şekil 3 ve 4). Depremden hemen sonra bu sismik istasyonlar, RCEP'e bağlı Abuyama gözlem evindeki bilgisayar tarafından depremin hiposantrı otomatik olarak hesaplanan çok

ABU EQ COUNT



Şekil 7. 17 Ocak-31 Ocak 1995 tarihleri arasında oluşan depremlerin günlük dağılımları (Kyoto Üniv.).
Figure 7. Number of events per day in the period between 17 January and 31 January 1995 (Kyoto Univ.).



Şekil 8. 17 Ocak-27 Ocak 1995 tarihleri arasında oluşan artçı depremlerin episantr haritası (Kyoto Üniv.).

Figure 8. Epicentral map of aftershocks recorded in the period 17.1-27.1.1995 (Kyoto Univ)

sayıda artçı şoklar kaydetti. Ana şok, Awaji adasının kuzeyinde Akashi boğazı civarında saptandı.

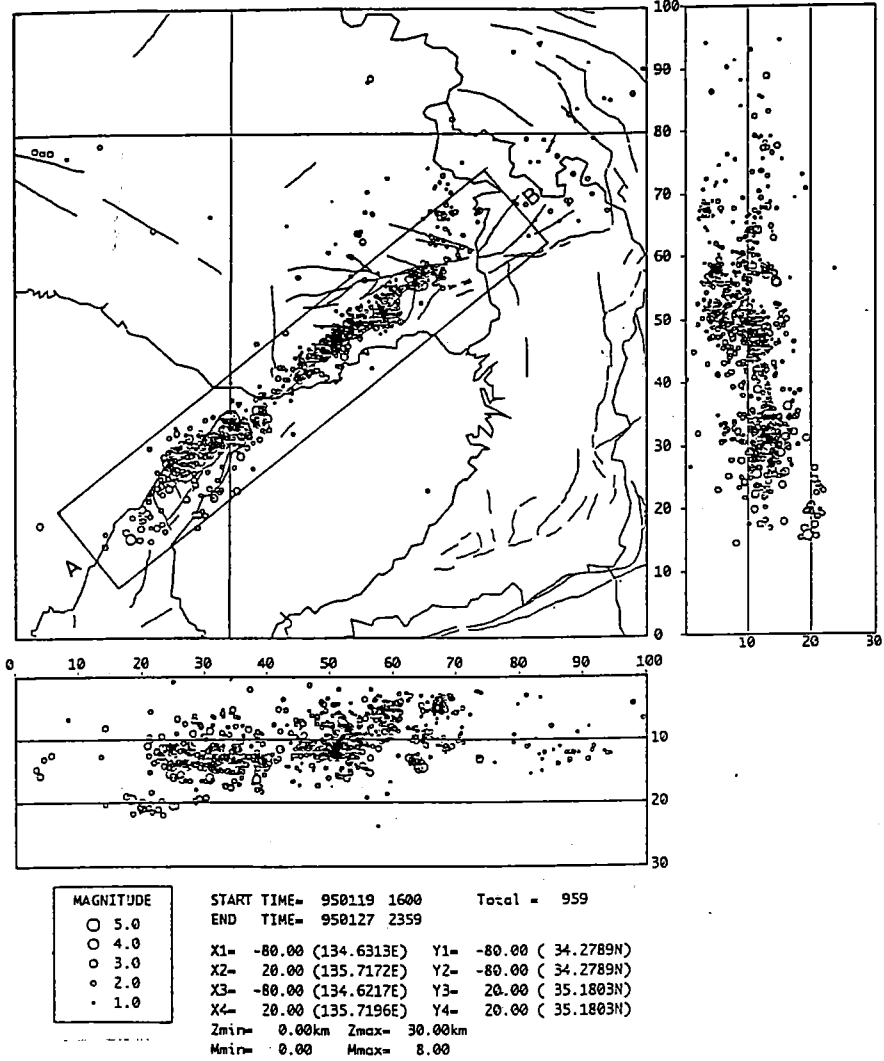
RCEP tarafından episantrları, ana şokun olduğu Akashi boğazında olan dört tane öncül şokun kaydedildiği bildirilmektedir. Bu öncül şoklardan 11 ve 6 saat sonra ana şok meydana gelmiştir (Şekil 2). Bu depremin ana şokunun ve öncül şokların odak mekanizma çözümleri Şekil 2 de gösterilmektedir. Ayrıca, magnitüdüleri 1.8 ile 5.8 arasında olan 24 tane artçı depremlerin odak mekanizma sonuçları, sağ yönlü doğrultu atımlı fay çözümleri vermiştir (Şekil 11). Bu harekete bugün Japonya'nın maruz kaldığı D-B yönlü sıkışma neden olmuştur.

17 Ocak-14 Şubat tarihleri arasında 6000 den fazla artçı şok kaydedilmiştir. Artçı şoklar, depremden sonra dereceli olarak azalmış ve OMORI (5) artçı şok sönüm eğrisi ile bir uyum göstermiştir (Şekil 7,8,9 ve 10). Aynı zaman dilimi içerisinde anaşoktan 2 saat sonra 4.9 magnitüdü en büyük artçı şok kaydedilmiştir. Şekil 10, AB hattı boyunca olan artçı şokların yer-zaman ilişkisini göstermektedir.

Artçı şok verilerinin ön değerlendirilmesi, 17 Ocak 1995 depremi ana şokunun Akashi boğazından geçen fayın hareketinden kaynaklandığı bildirilmektedir. Ana şokların hiposantr yeri, depremden sonra nispeten düşük bir artçı şok aktivitesi gösterdi. Hiposantrdaki hareketten sonra birkaç saniye içerisinde, Awaji adasının batı kenarında uzanan Nojima fayı boyunca hiposantrın güneyinde yer alan kısım kırıldı. Bu kırılan kısımda fay, küçük düşey bileşenli doğrultu atımlı bir hareket gösterdi. Kırık diğer yandan kuzeydoğuya doğru Kobe şehrinin altına ilerlemiştir. Kırık, sırf doğrultu atımlı fay şeklinde görülmüştür. Depremin sismik momenti 3×10^{26} olarak hesaplanmıştır KIKUCHI (2). Bu değer, geçen yıl Los Angeles'ın kuzeyinde meydana gelen Northridge depreminin sismik momenti ($M=1.0 \times 10^{26}$) ile karşılaştırıldı. Bununla birlikte, 17 Ocak 1995 depremi, 5 300 kişinin ölmesine, çok sayıda binaların çökmesine, yüksekten geçen karayolları ve Shinkansen gibi demiryollarında çok büyük yapısal hasarlara neden oldu.

Diğer yandan, depremin olduğu odak bölgesi civarında kabuk hareketlerini gözlemek amacıyla 9 sürekli istasyon işler durumdaydı. Rokko-Tsurukabuto istasyonu, episantrdan

1/19 16:00 ~ 1/27 23:59



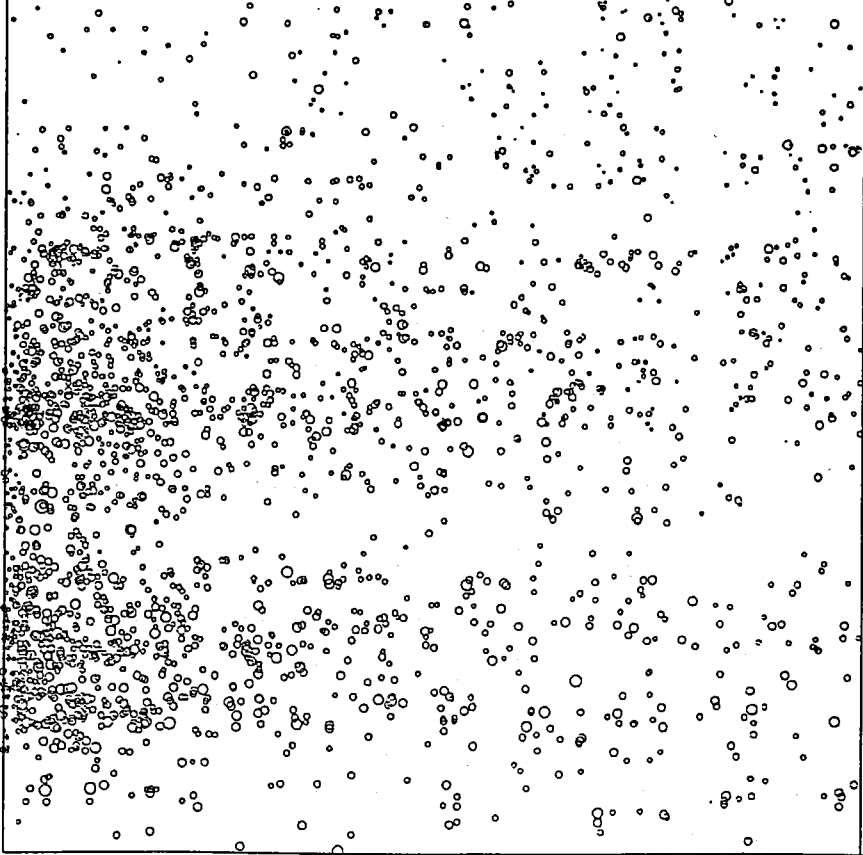
Şekil 9. 17 Ocak-27 Ocak 1995 tarihleri arasında oluşan artçı depremlerin episentr haritası ve derinlik dağılımları (Kyoto Üniv.).

Figure 9. Epicentral map of aftershocks and depth distribution in the period 17.1-27.1.1995 (Kyoto Univ)

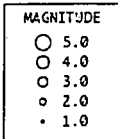
1/17 10:00 ~ 2/16 12:00

B

18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16



A



START TIME= 950117 1000 Total = 2452
END TIME= 950216 1200

X1= -50.00 (134.9571E) Y1= -80.00 (34.2789N)
X2= 20.00 (135.7186E) Y2= -20.00 (34.8197N)
X3= -75.41 (134.6785E) Y3= -50.35 (34.5461N)
X4= -5.41 (135.4406E) Y4= 9.65 (35.0870N)

Zmin= 0.00km Zmax= 30.00km
Mmin= 0.00 Mmax= 8.00

--10

--20

Şekil 10. 17 Ocak-16 Şubat 1995 tarihleri arasında kaydedilen artçı depremlerin yer-zaman dağılımı (Kyoto Üniv.).

Figure 10. Space-time distribution of aftershocks occurred in the days between 17 January and 16 February 1995, (Kyoto Univ.).

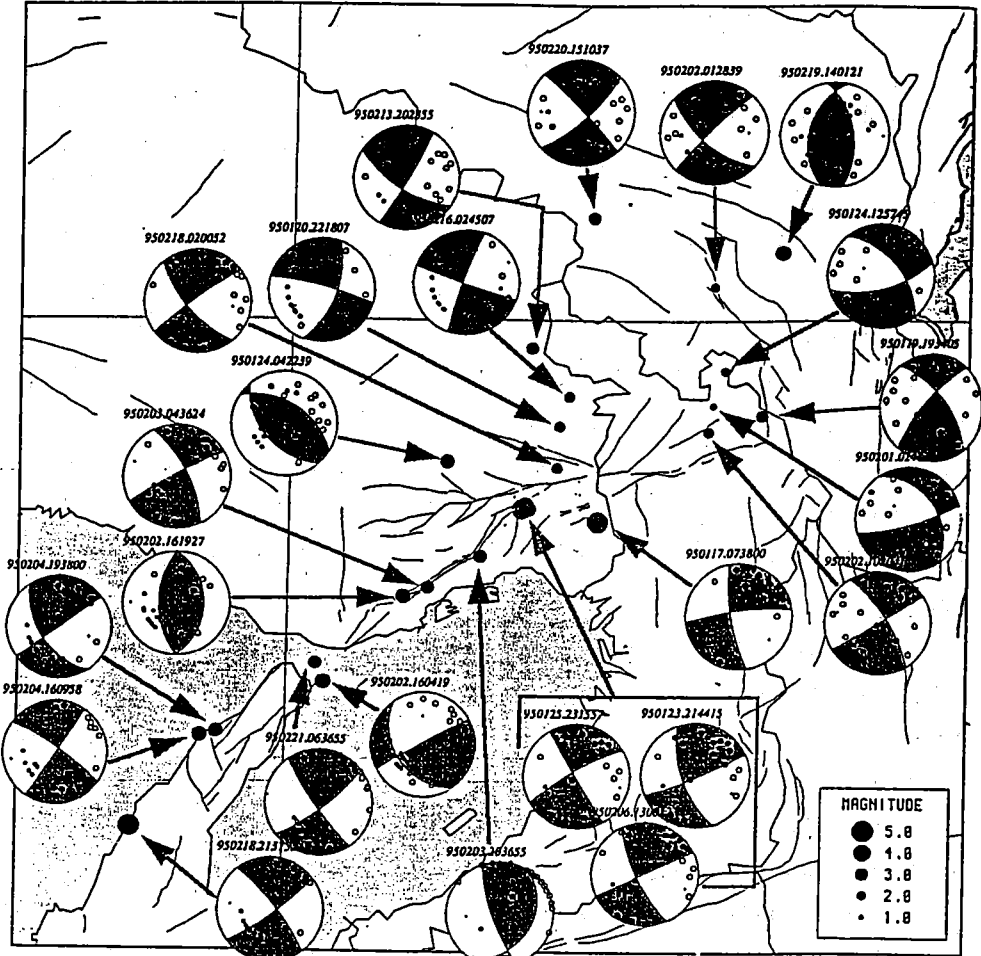
25 km uzakta olan en yakın istasyonu temsil etmektedir. Kabuksal deformasyon analizlerinin ilk sonuçlarına göre, tiltmetre ve ekstensometrelerin tüm bileşenlerinde strainde herhangi bir dikkate değer haberci olay gözlenememiştir. Şekil depremden 30 gün önce, üç istasyonda kaydedilen zemin-strain değişimlerini göstermektedir.

Ana şoktan birkaç gün sonra sismisitenin değişimini izlemek amacıyla, birkaç geçici gözlem noktaları, GPS, elektro-manyetik ve jeokimyasal değişimler için episantr yakınında ve civarında istasyonlar kuruldu. Geçici sismik aktiviteyi detaylı bir şekilde gözlemek amacıyla, 25 tane geçici istasyon yerleştirildi. Bu gözlemler, Hokkaido, Hirosaki, Thoku, Tokyo, Nagoya, Kyushu ve Kogoshima Üniversitelerinin işbirliğince gerçekleştirildi.

Deprem sonrası ve büyük artçı şokların öncesi, deformasyonları gözlemek amacıyla ana şoktan iki gün sonra Kobe ve Awaji adasında, fay boyunca ve yakınında GPS Consortium of Japanese University tarafından 23 tane geçici istasyon yerleştirildi. Tüm sismik ve GPS verileri telemetrik olarak Uji'deki DPRI ana merkezine gönderildi.

Bununla birlikte, Kobe civarında yüksek gürültü seviyesinden dolayı episantr civarında elektro-manyetik veri kaydedecek herhangi bir istasyon yerleştirilmedi. Ana şoktan bir hafta sonra, üst kabuktaki gerilim boşalmalarından dolayı ileri gelen toplam jeomanyetik kuvvetlerin değişimlerini saptamak için Awaji adasında ve Rokko dağının kuzey kenarında 9 tane geçici istasyon kuruldu. Bu istasyonlar, Tokyo Institute of Technology University, Earthquake Research Institute of Tokyo University ve Department of Science of Kyoto University'nin ortaklaşa işbirliği sonucu kurulmuştur. Ayrıca, yerin potansiyelini ölçmek amacıyla 6 adet istasyon yerleştirildi. Bu istasyonlarda, depremden sonra önemli bir değişiklik gözlenememiştir.

Hyogo ve Tottori bölgelerinde depremden önce ve sonrasında üç sıcak su kaynağında su içeriği ve sıcaklığında geçici değişimler gözlemlendi. YDN ve YSO istasyonlarında elde edilen ön verilerin değerlendirilmesi sonucu, su sıcaklığı ve elektrik iletkenliğinde çok belirgin sismik değişiklikler görüldü. CSW istasyonunda deprem ile eş zamanlı olarak yeraltı suyu akışı durmuştur.

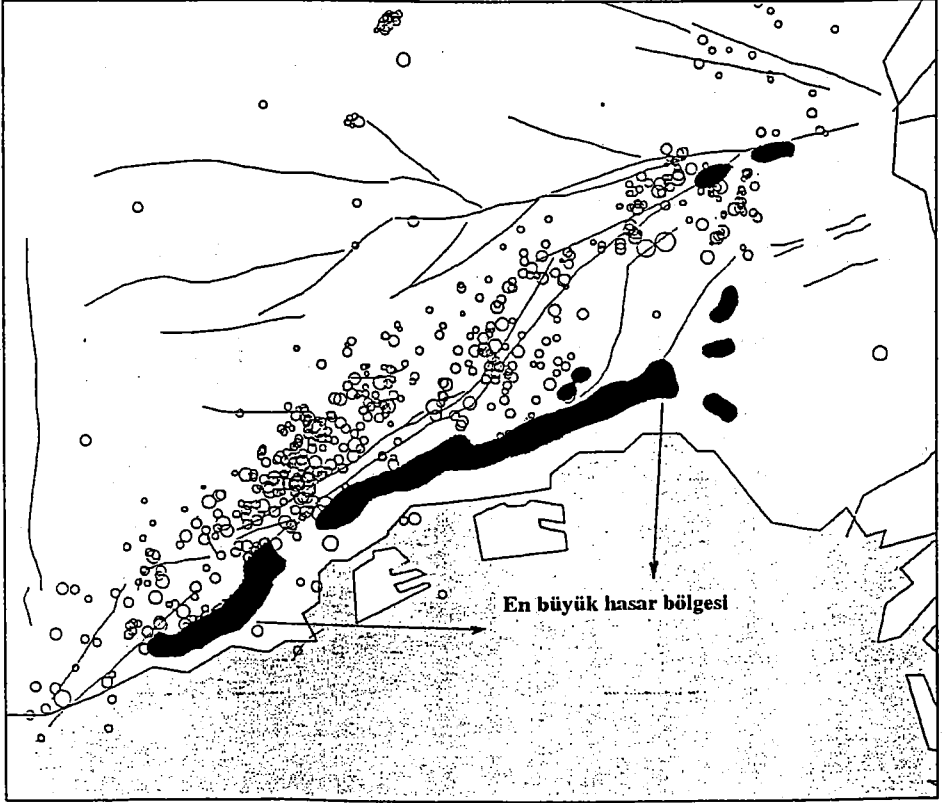


Şekil 11. Kobe depremi artçı sarsıntılarının fay düzlemleri çözümleri (Kyoto Üniv.)
 Figure 11. Fault plane solutions of aftershocks (Kyoto Univ.).

7. SİSMİK ŞİDDET VE EN BÜYÜK İVME DEĞERLERİ

Depremın magnitudü, Richter skalasına göre 7.2, odak derinliği 14.3 km olarak saptandı. Depremın episantrı, 34 36.4 K ve 135 2.6 D koordinatları arasında bulundu. Hyogo-ken Nanbu depremi, Hyogo bölgesinin güney kesimlerinde özellikle Kobe şehirinde büyük hasarlara neden oldu. Tablo 1, depremde meydana gelen hasarların bölgelere göre dağılımlarını vermektedir. Büyük hasar gören bölgeler, Awaji adasının kuzeyinden başlayarak, Takarazuka, Kobe, Ashiya ve Nishinomiya şehirlerine doğru uzanan dar bir şerit alanda yer aldı. (Şekil 12). Depremın şiddeti, JMA (Japanese Meteorological Agency) tarafından belirlendi. Kobe, Ashiya, Nishinomiya, Takarazuka ve Awaji adasının kuzey kenarlarında 6 ve 7 şiddet değerleri saptandı.

Kuvvetli yer hareketleri, Kansai bölgesinde, Commite of Earthquake Observation and Research, JR (Japan Railway), Osaka Gas, Japan Meteorology Agency, Hankyu Railroads, Japan Highways and Building Research Institute gibi kuruluşların gözlem istasyonları tarafından kaydedildi (Şekil 13). Çeşitli kuruluşlar farklı maksimum ivme değerleri vermektedirler. Kansai ve JMA, bunlar arasında en büyük ivme değerleri veren kuruluşlardır. Osaka Gas, iki yatay bileşenin vektör kombinasyonunu, JR ise 5 Hz'lik yüksek filtre uyguladıktan sonra iki yatay bileşenin vektör kombinasyonlarını vermektedir. Bu kayıtlar, Japonya'da kabuk içerisinde meydana gelen depremlerden fay yakınında kaydedilenler dahil ilk büyük yer ivme verilerini temsil etmektedir ve Japonya'da uygulanan depreme dayanıklı yapı dizaynında kullanılan kriterleri değerlendirme açısından büyük önem taşımaktadır. Fay yakınında kaydedilen hız zamanı, kırığın doğrudan etkisini gösteren uzun periyodlu büyük piklere sahiptir ve çok katlı yapılar ile köprü gibi uzun periyodlu yapılarda büyük hasarlarda etkili olmuştur. Kobe Üniversitesi tarafından fay yakınında, kaya bir zeminde kaydedilen en büyük yatay hız değeri, 55 cm/sn iken Kobe'nin merkezi kısmında yumuşak bir zeminde 40 cm/sn ve 100 cm/sn olarak kaydedilmiş ve alet durmuştur. Kobe ve Nishinomiya şehirlerinde, fay yakınında yumuşak zeminlerde 0.8 g gibi en büyük ivme değerleri kaydedildi.



Şekil 12. Aktif faylara göre en büyük hasar gören bölgelerin dağılımları (Kyoto Üniv.)
Figure 12. Distribution of maximum damage regions with respect to active faults (Kyoto Univ.).

Kuvvetli zemin hareketleri, Kobe Maritime Meteorological Observatory (KBMMO) ve Matsumuragumi Technical Research Center (MTRC) tarafından kaydedilmiştir. Bu istasyonlar, episantr yakınında sert bir zemin üzerinde kurulmuştur. Episantra en yakın kayıt KMMO istasyonu tarafından elde edilmiştir. Bu istasyonda, maksimum yer ivmesi Kuzey-Güney yönde 818 gal, Doğu-Batı yönünde 617 gal ve düşey yönde 332 gal olarak ölçülmüştür (Şekil 13). Kuvvetli yer hareketinin süresi, 10 saniye olarak saptanmıştır

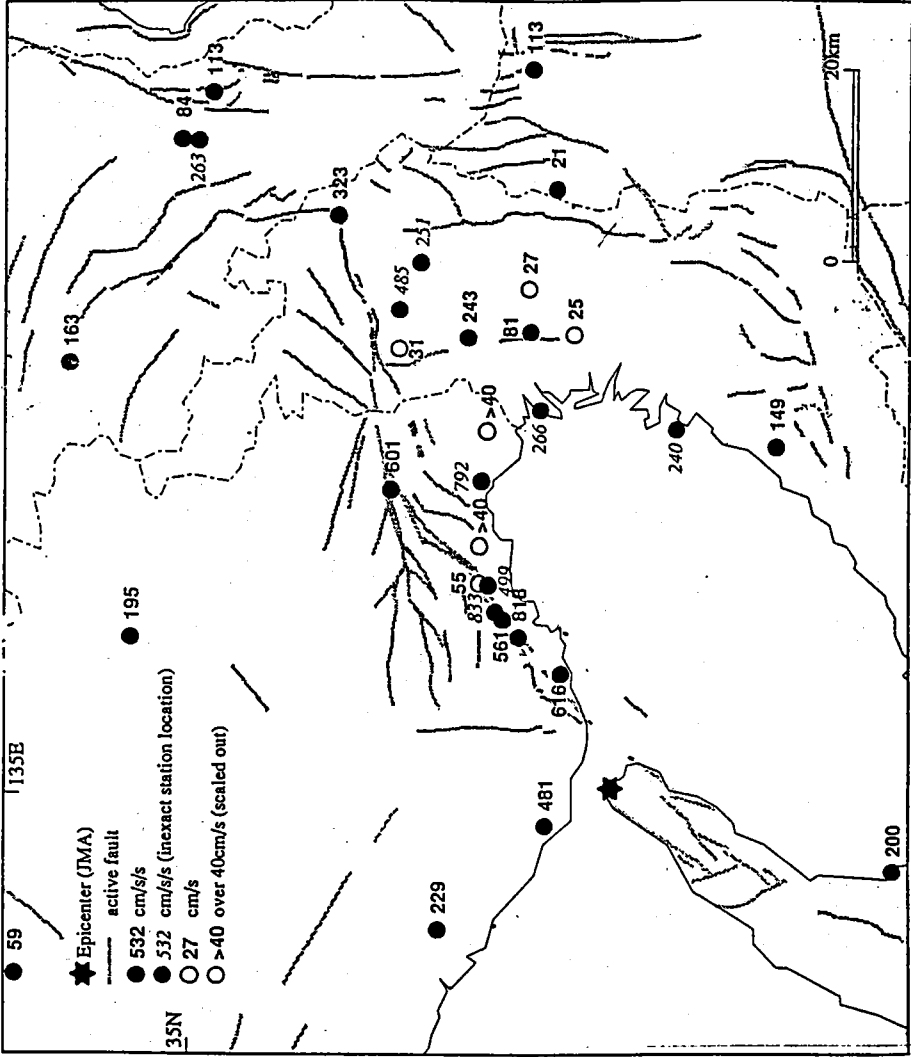
MRTC istasyonu, deprem episantrından 35 km uzakta, üç katlı bir bina içerisinde yerleştirilmiştir. Bu istasyonda, binanın tabanında maksimum ivme değerleri, Kuzey-Güney yönde 272 gal, Doğu-Batı yönde 265 gal ve düşey yönde 232 gal olarak hesaplanmıştır. Kuvvetli yer hareketinin süresi, yaklaşık olarak 10 saniye olarak gözlenmiştir. Diğer taraftan bina tabanının 15 m altında bir seviyede Kuzey-Güney yönde 208 gal, Doğu-Batı yönde 213 gal ve Düşey yönde 165 gal olarak elde edilmiştir. Düşey ivme değerleri, zemin tabanında elde edilen maksimum yatay ivme değerinin 0.9 katı olarak bulunmuştur. Bu değer, geçmişte oluşan depremlerde de aynı bulunmuştur.

Diğer yandan episantrdan 40 km uzakta bulunan Osaka ovasında maksimum ivme değeri 200 gal den daha az olarak saptanmıştır. Bu değerler, atenüasyon üzerinde uzaklığın etkilerinden dolayı, episantr yakınında kadedilen maksimum ivme değerlerinden oldukça düşüktür. Bununla birlikte, episantrdan eşit uzaklıkta bulunan istasyonlar arasında da maksimum ivme değerleri arasında büyük farklılıklar gözlenildi. Bu büyük farklılıkların yerel zemin şartlarından ve topografik düzensizliklerden ileri geldiği ileri sürülmektedir.

Kobe, Ashiya ve Nishinomiya şehirleri, Rokko dağları ile Osaka Körfezi arasında yer alırlar. Bu bölgede topografik düzensizliklerden dolayı, Rokka dağlarının yakınındaki düzlüklerde zemin hareketi büyütülmüştür. Diğer yandan yerel zemin şartları, zemin hareketlerinin büyütülmesinde oldukça etkili olmuştur. Örneğin dolgu alanlarda ivme değerleri, diğer ivme değerlerinin 1.4 ile 1.7 kata daha fazla elde edilmiştir.

KMMO ve MTRC istasyonlarında zemin hareketlerine ait hız-tepki spektraları, Şekil de verilmiştir. KMMO istasyonu kayıtlarında yatay zemin hareketinin hakim periyodu 0.8-1.0 saniye, düşey hareketin iki hakim periyodu 0.9-1.5 sn ile 0.25 sn olarak gözlenmiştir.

Maximum Accelerations and Velocities of the 1995 Hyogoken-Nambu Earthquake



Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Şekil 13. Kobe depreminin kaydedilmiş en büyük ivme ve hız değerleri (Kyoto Üniv.).
Figure 13. Maximum accelerations and velocities of the 1995 Kobe earthquake (Kyoto Univ.)

Diğer yandan MTRC istasyonu kayıtlarında yatay zemin hareketinin hakim periyodu 1.5 sn ve düşey hareketin hakim periyodları 0.9 ile 0.45 sn olarak saptanmıştır.

8. KOBE VE CİVARININ JEOLJİSİ

Kobe depreminde en şiddetli olarak sarsılan bölge, Kobe'den Nishinomiya'ya kadar uzanan 20 km uzunlukta ve 1 km genişlikte dar bir şerit alanda yayılmıştır. Bu dar alanda çöken binaların yüzdesi oldukça yüksektir. Bu şerit alanda hasarın çok olması, bölgenin topografik düzensizliklerinden kaynaklanan zemin hareketinin büyüülmesi ile ilgilidir. Gerçekten Kobe bölgesinin jeolojisi, bu topografik düzensizlikler ile uyumluluk göstermektedir.

Rokko dağı, Kobe şehrinin merkezinde D-B yönünde uzanır. Düzlük alanlar, Osaka Körfezi boyunca, deniz ile dağ arasında yer alır. Rokko dağı'nın güney kenarı, dik ve basamak benzeri yamaçlardan oluşur. Dağın güney kenarı ile bitişik olan tepeler arasındaki sınırlar, yamaçlardaki ani değişiklikler şeklinde görünmektedir. Yamaçlardaki bu ani değişiklikler fay hatlarına karşılık gelmektedir. Dik yamaçlar fay sarpılıklarını temsil etmektedir. Egeyama ile Nagata arasında kalan bölgede fay sarpılıklarının altında tepeler ve alüviyal yelpazeler yer alır. Körfez yakınında küçük nehirler ile beslenen deltalar bulunur. Kıyıda 3 km uzakta bulunan Rokko dağı granitik kayaçlar oluşturur. Kentin bulunduğu ve kıyıda 22 km uzaklıkta yer alan ondan fazla nehir Osaka körfezine akar. Bu yüzden Hanshin düzlüğü, alüviyal yelpazelerden oluşur. Rokko dağı granitik kayaçlardan oluşur ve birçok fay tarafından kesilmiştir. Güney kenarında basamak benzeri yamaçlar gelişmiştir. Yeryüzeyine yakın kesimlerinde granitik kayaçlar bozuşmuştur. Fay hatlarının geçtiği kısımlarda sık sık yenilmelere rastlanılır.

Orta derecede eğime sahip yamaçlar, dağın etek kısımlarında bulunur. Bu alanlardaki birimleri, Rokko dağından aşındırılan ve taşınan granitik kayaçlar ve heyelan tortulları ile sel esnasında gelişen çamur akımlarından oluşan alüviyal yelpazeler temsil eder. Bu tortular, yuvarlak taneli ve çakıllı malzemelerden oluşur. Nehirlerden oldukça uzakta depolanmış birimleri ise granitik kayaçların aşınması sonucu meydana gelmiş kum tortulları temsil eder. Bu yüzden yeraltı suyu kolaylıkla aşağıya doğru süzülür.

Osaka Körfezi, düz bir ovalık alandan oluşur. Bu alanı, deniz akıntı suları tarafından meydana getirilen kum barları ve bataklık killeri oluşturur. Kıyı boyunca bazı alanlar, bozmuş granitik malzemeden oluşmuş dolgu zeminler şeklinde ıslah edilmiştir. Bu seviyelerin kalınlıkları 7 m ile 16 m arasında değişmektedir.

Özet olarak, Kobe şehrinin bulunduğu alanı, alüviyal yelpaze, kıyı düzlüğü ve sonradan ıslah edilerek doldurulmuş kısımlar meydana getirir. Alüviyal yelpaze, akarsuların taşıdığı ve depoladığı kaba taneli akarsu tortulları meydana getirir. Kıyı düzlüğü, alüviyal yelpaze ile eski kıyı hattı arasında kalan kum tortulları temsil eder. Islah edilmiş alanlar, güncel dolgu malzemelerinin altında eski denizel tortulardan oluşan yumuşak kil seviyeleri meydana getirir.

9. SONUÇLAR

17 Ocak 1995 Hygokoken-Nanbu depremi, 30-50 km uzunlukta bir kırık meydana getirdi. Deprem kırığı episantrdan iki yöne doğru yayılım gösterdi. Deprem üç ana şoktan meydana geldi. Hiposantrın güneybatısında, Awaji adasının kuzeybatı kenarı boyunca yüzey kırığı görüldü. Episantr yakınında, Akashi boğazında deniz içerisinde kırığın diğer bir bölümü gözlenirken, Kobe civarında kırığın kuzeydoğu bölümü yüzeyde kırık meydana getirmede. Ancak buralarda yüzeyde çökmeler ve oturmalar şeklinde deformasyonlar ile sıvılaşmalar meydana geldi. Deprem üç ana şoktan oluştu. Depremın odak mekanizması sağ yönlü doğrultu atımlı fay çözümü verdi. Deprem, Awaji adasının kuzeyinde uzanan Nojima fayı boyunca 1-1.5 m civarında yatay ötelenme meydana getirdi.

Ana şoktan 11 ve 6 saat önce episantrları, ana şok ile aynı olan dör tane öncül şok meydana geldi. Anaşoktan sonra 6000 civarında aratçıl şok kaydedildi. Bu artçışoklar yukarıda bahsedilen ve kırığın uzunluğunu belirten 50 km uzunlukta dar bir şerit alanda yoğunlaştı.

Depremden önce deformasyon değişiminde herhangi bir değişiklik gözlenilmemesine rağmen, Hyogo ve Tottori bölgelerinde depremden önce ve sonrasında üç sıcak su kaynağında su içeriğinde, sıcaklığında ve elektrik iletkenliğinde geçici değişimler gözlemlendi.

Depremde hasar gören bölgeler, Awaji adasının kuzeyinden başlayarak, Takarazuka, Kobe, Ashiya ve Nishinomiya şehirlerine doğru uzanan 50 km uzunlukta dar bir şerit alanda yer aldı. Depremin şiddeti, 6 ve 7 (JMA) olarak tespit edildi. Kobe ve Nishinomiya şehirlerinde, fay yakınında yumuşak zeminlerde 0.8 g gibi en büyük ivme değerleri kaydedildi. Bu şerit alanda hasarın çok olması, bölgenin topografik düzensizliklerinden dolayı zemin hareketinin büyütülmesi ile ilgilidir. Kobe bölgesinin jeolojisi, bu topografik düzensizlikler ile uyumluluk göstermektedir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde ve arazi çalışmalarının düzenlenmesinde yardımlarını esirgemeyen ve değerli bilgilerinden yararlandığım, IISEE elemanlarından Prof. Dr. Ishibashi, Dr. Hrukawa, Dr Suetsugu'ya, IISEE elemanlarına ve JICA koordinatörlerinden Nakano ve Ito'ya,

Çalışmanın üçüncü kısmında, özellikle depremden sonra açılan trenchler ile ilgili değerli bilgiler veren Geological Survey of Japan, Seismotectonic Research Division'dan sayın Koji Okumura'ya

Bu çalışmaların gerçekleştirilmesinde maddi desteklerde bulunan JICA'ya (Japan International Center Agency) teşekkürlerimi borç bilirim.

KAYNAKLAR

- (1) ISHIBASHI, K., ISEE Lecture note 1994/1995, Sep. 14. 1994.
- (2) KIKUCHI, M., Teleseismic analysis of southern Hyogo (Kobe), Japan, earthquake of January 17, 1995, Yokohoma City University Seismological note 38, 1995.
- (3) NAKATA, T., YOMOGIDA, K., OADA, J., ve SAKAMATO, T., In EOS Transactions, American Geophysical Union, v 76, n 6, February 1995.
- (4) HUZITA, K., Role of the Median Tectonic Line in the Quaternary tectonics of the Japanese islands, Mem. Geol. Soc. Jpn., 18, 129-153, 1980.
- (5) ISEE Lecture note 1994/1995 The southern Hyogo Prefecture earthquake, Research Center for Earthquake Prediction Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University (RCEP-DPRI).
- (6) Preliminary reconnaissance report of the 1995 Hyogoken-Nanbu earthquake (English edition), Architectural Institute of Japan (AIJ), April 1995.
- (7) The Great Hanshin Quake, The Japan Times Special Report, February 1995.
- (8) Killer Earthquake, TIME International, v 145, no 4, 12-26, January 30, 1995.

ITOIGAWA-SHIZUOKA TEKTONİK HATTINDA (ISTL) TRENCH

ÇALIŞMALARININ İLK SONUÇLARI

(Preliminary results of trench studies on the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line)

(*) Ramazan DEMİRTAŞ- (**) Koji OKUMURA

(*) Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, Sismoloji Bölümü, ANKARA,

(*) Seismological Division, Earthquake Research Department, General Directorate of Disaster Affairs, Ankara, TURKEY

(**) Environmental Geology Department, Geological Survey of Japan 1-1-3 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305, JAPAN

ÖZET

Merkezi Japonya'da KB-GD doğrultusunda uzanan Itoigawa-Shizuoka Tektonik hattı, bindirme ve sol yanıl doğrultu atımlı bir fay olup Geç Pleyistosen-Holosen esnasında oldukça yüksek bir kayma hızına ulaşan aktif bir fay hattını oluşturur. Bazı araştırmacılara göre, son 1.2-1.5 milyon yıldan beri yaklaşık 12 km'lik bir sol yanıl ötelenme meydana getirmiştir. Bu ötelenme esas alınarak ortalama 8-10 mm/yıl gibi oldukça yüksek bir kayma hızı elde edilmiştir.

En son M.S. 841 de büyük bir deprem meydana getiren bu hattın üzerinde oluşan depremlerin ortalama deprem tekrarlanma aralıklarını, kayma hızını, son depremden bu yana geçen zaman miktarını ve her bir depremde meydana gelen kayma miktarlarını saptamak amacıyla, bu fay hattının orta bölümlerinde iki adet trench açılmıştır. Bu trenchlerde, koluviyal kama tortullarına dayanarak üç faylanma olayı ayırt edilmiştir. Bu segmentin ortalama deprem tekrarlanma aralığı 800-1000 yıl tahmin edildi.

Bu çalışmada, C 14 sonuçları henüz analiz aşamasında olduğu için trench duvarlarında gözlenen faylanma olaylarının yaşları verilememiştir.

ABSTRACT

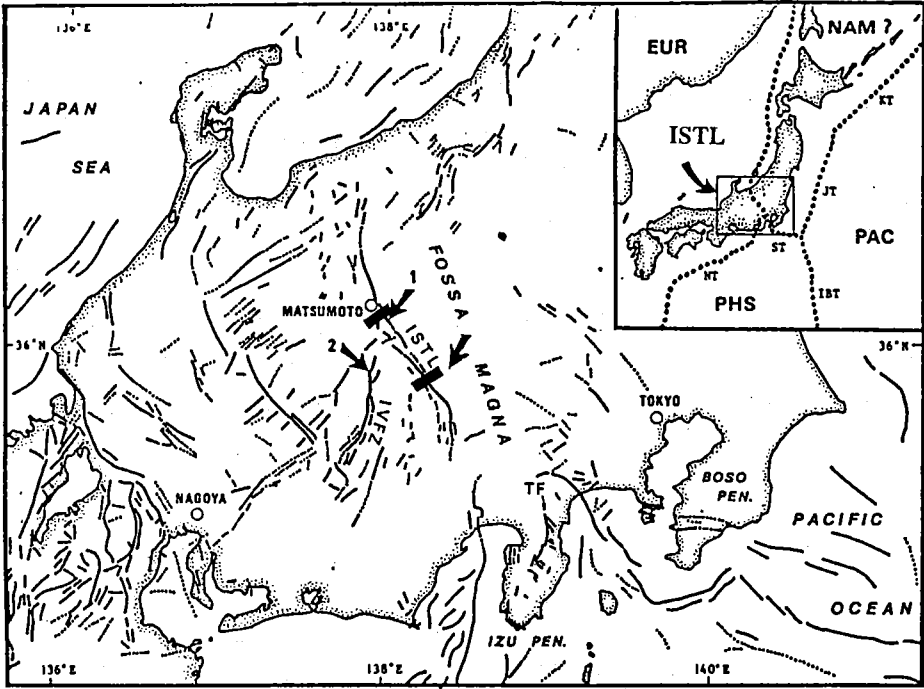
Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, which has NW-SE trending, is one of the very active reverse and left-lateral strike-slip fault in Central Japan. It has very high slip rate especially during Late Pleistocene-Holocene times. According to some researchers, its left lateral offset has reached 12 km since 1.2-1.5 ma. Based on this amount of offset they have estimated high slip rate of 8-10 mm/yr for ISTL.

We excavated two exploratory trenches across the middle part of Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line near Chino city in Central Japan in order to know slip amount per event, elapsed time, slip rate and recurrence interval of faulting events occurred in this segment of the tectonic line that was ruptured by the last 841 (A.D.) earthquake. We recognized evidence for three distinct faulting events in these trench walls based on colluvial wedges. The recurrence interval of this segment was estimated to be 800-1000 years.

In this study, we have not determined the ages of these three faulting events because C 14 dating results are still under process.

1. GİRİŞ

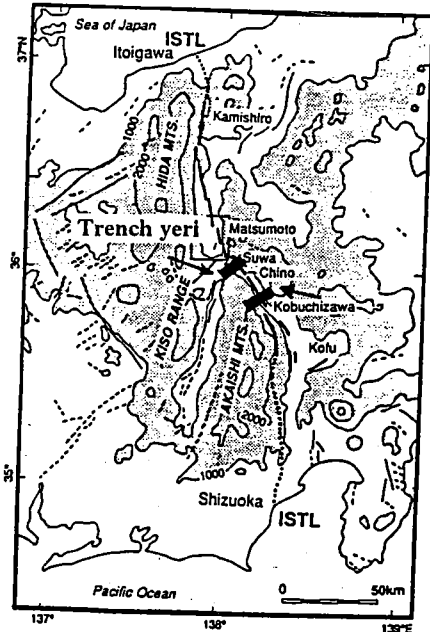
Japonya, dört büyük konverjan plaka hareketinin etkisi altında bulunan dünyanın en aktif deprem kuşağı içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). Bu plaka hareketlerinden dolayı hemen hemen her yıl magnitüdü 7.0 dan büyük depremlere maruz kalmaktadır. Depremler, hem anakarayı kuşatan okyonuslar içerisinde, dalma-batma zonları boyunca hemde bu plakaların sıkıştırması sonucu anakara içerisinde oluşmaktadır. Dalma-batma zonu boyunca oluşan depremler, aynı zamanda kıyılarda oldukça büyük hasarlara ve can kayıplarına neden olan tsunamiler yaratmaktadır. Diğer yandan dalma-batma sonucu gelişen volkanik yaylar boyunca volkanik sarsıntılar meydana gelmektedir. Yukarıda bahsedilen plaka hareketlerinden dolayı ana kara birçok fay tarafından kesilmiştir. Buradaki faylar oldukça kompleks bir görüntü sunmaktadır. Günümüzdeki aktif olma durumlarına, depremlerin oluşma derecesine ve yıllık kayma hızlarına göre bu faylar, A, B ve C gibi sınıflara ayırılmıştır. A sınıfı, en aktif fay grubunu temsil etmektedir. Tektonik stresler, bu faylar içerisinde oldukça



Şekil 1. Orta Japonya'daki aktif fayların dağılımları ve trench yerleri (Ikeda ve Yonekura, 1986 değiştirilmiş). IVFZ: Ina Valley Fay Zonu, ST: Sagami Çukurluğu, ISTL: Itoigawa-Shizuoka Tektonik Hattı ve IBT: Izu-Bonin Çukurluğu.

Figure 1. Active faults in central Japan (Modified from Ikeda and Yonekura, 1986).

IVFZ: Ina Valley Fault Zone, ST: Sagami Trench, ISTL: Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line and IBT: Izu-Bonin Trench.



Şekil 2. Merkezi Japonya'da uzanan Itoigawa-Shizuoka tektonik hattının gösteren harita (Okumura vd. 1993, değiştirilmiş)

Figure 2. Map of Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line extending in central Japan (Modified from Okumura vd., 1993).

yaygın bir dağılım gösterdiği için depremlerin önceden bilinmesi çalışmalarında büyük güçlükler yaratmaktadır. Bununla birlikte, Depremlerin öncede bilinmesi çalışmalarına ülke çapında büyük önem verilmektedir. Bu amaçla, kabuktaki her türlü hareket izlenmekte ve bu çalışmalar içerisinde paleosismisite çalışmaları önemli bir yer tutmaktadır.

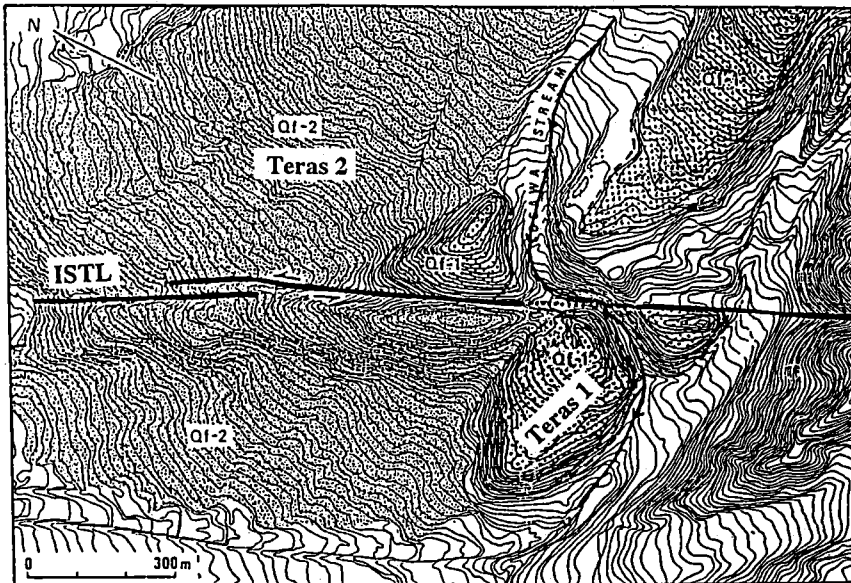
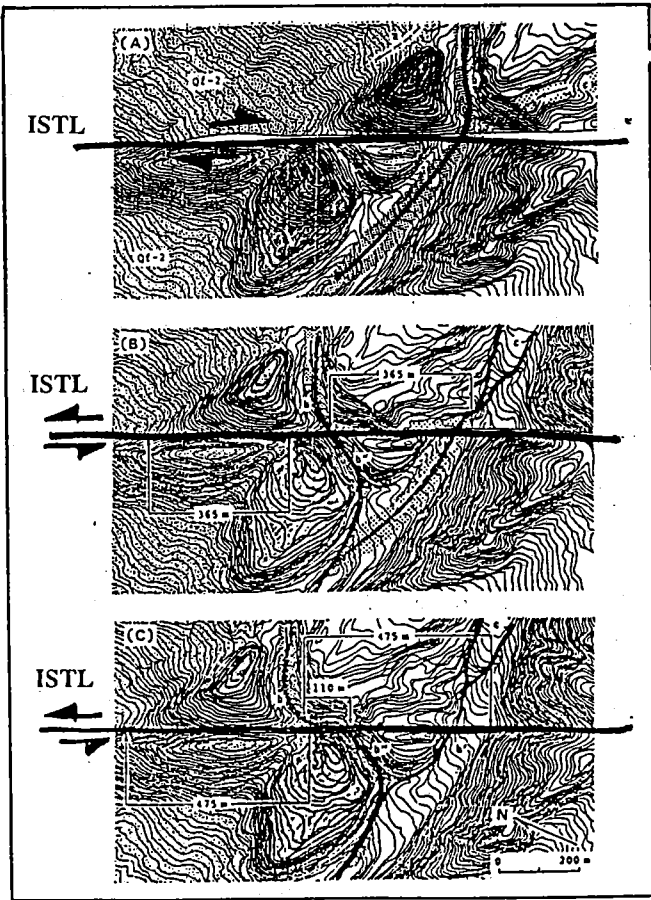
A grubu aktif faylardan bir tanesini de Merkezi Japonya'yı KD-GB doğrultusunda kesen Itoigawa-Shizuoka tektonik hattı oluşturur (Şekil 1 ve 2). Fay, üzerinde tarihsel ve tarihsel-öncesi dönemlerde büyük depremler meydana gelmiştir. Son depremden günümüze kadar geçen zaman, fay üzerinde oluşan depremlerin tekrarlanma aralığına hemen hemen eşit bir zaman aralığı içermektedir. Bu yüzden bu hat yüksek bir deprem potansiyeline sahip bulunmaktadır.

Yüksek deprem potansiyeline sahip bu hat üzerinde oluşan depremlerin kesin kronolojisini ortaya koymak amacıyla, bu hattın merkezi kısmında, Chino şehri yakınında birbirine paralel ve bir metre aralıklarla iki trench açılmıştır (Şekil 1 ve 2). Bu çalışma, 1995 yılı Mart-Nisan ayı içerisinde, bireysel çalışma yaptığım Geological Survey of Japan, Sismotektonik Araştırma grubu ile birlikte gerçekleştirilmiştir.

2. ITOIGAWA-SHIZUOKA TEKTONİK HATTI (ISTL)

Itoigawa-Shizuoka tektonik Line (ISTL), Fossa Magna bölgesinin batı kenarında uzanan yarı-paralel veya kademeli fay izlerinden oluşan bir fay zonudur (Şekil 1). Fossa Magna bölgesi, büyük miktarlarda volkanik birimlerden oluşan Erken Miyosen-Pliyosen yaşlı bir çukurluğu temsil eder. Güney-güneybatıya doğru Japon yayına doğru uzanır. Fossa Magna bölgesi, Miyosende doğu-batı yönlü bir genişleme tektonik rejimi altında gelişmiş ve daha sonra D-B yönlü sıkışmaya maruz kalmıştır. Yatay yöndeki kuvvetli kısalmalar sonucunda kıvrım ve bindirme fayları meydana gelmiştir IKEDA ve YONEKURA (1).

Miyosen ve Pliyosen zamanlarında bu hattın davranışları hakkında birçok tartışmalar olmakla birlikte, Kuvaterner zamanındaki hareketi, hakim olarak bindirme ve sol yanal doğrultu atımlı faylanmalar şeklinde görünmüştür. Bu hattın her iki tarafında yüzeyleyen Miyosen öncesi yapısal birimlerin haritalanması sonucu, Erken



Şekil 3. Itoigawa-Shizuoka Tektonik Hattı tarafından ötelenen bir drenaj sisteminin yeniden inşası (Sawa 1985).

Figure 3. Reconstruction of drainage system affected by slip on the ISTL (Sawa, 1985).

Miyosen'den beri toplam 12 km'lik sol yanal bir atımın meydana geldiği ortaya konmuştur KAWACHI vd. (2) ve KOBAYASHI (3). Bu atımın çoğunun Kuvaterner zamanında oluşmuş olabileceği belirtilmektedir OKADO ve ANDO (4). Bu yüzden fayın yıllık kayma hızının çok yüksek olması gerektiği söylenilmektedir. ISTL, Median Tectonic Line'ı yaklaşık olarak 12 km sol yanal olarak ötelemiştir KAWACHI vd. (2). Araştırmacı, Geç Kuvaterner'deki bin yıllık kayma hızını 8-10 metre kabul ederek bu yanal ötetelenmenin 1.2-1.5 milyon yıl önce başladığını belirtmektedir. Bununla birlikte, şimdiye kadar bu fay hattının Kuvaterner'deki kayma hızı hakkında güvenilir bir bilgi bulunmamaktadır.

Bu hat boyunca, birçok teras meydana getirmiş alüviyal yelpazeler gelişmiştir (Şekil 3). Bu teras tortulları ile bunların üzerine gelen tefra seviyeleri arasındaki ilişkiler incelenerek teras seviyeleri yaşlarına göre sınıflandırılmaya çalışılmıştır.

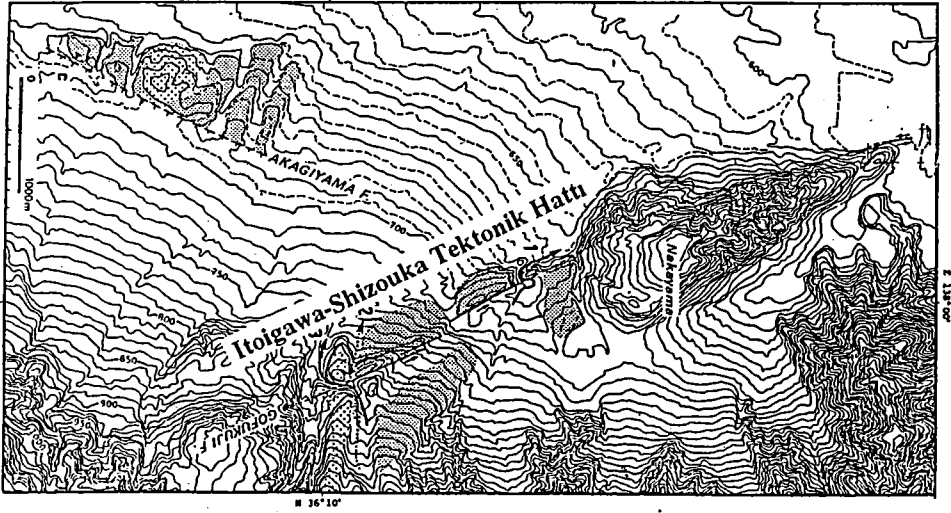
Itoigawa-Shizuoka tektonik hattı, bindirme bileşenli sol yanal doğrultu atımlı bir faydır. Fayın toplam uzunluğu 300 km civarındadır. Bu fayın 100 km lik bir bölümü günümüzde aktif olarak görünmektedir (Şekil 2).

3. ITOIGAWA-SHIZUOKA TEKTONİK HATTININ SİSMİSİTESİ

ISTL, güncel aktivitesinden dolayı Orta Japonya'nın güncel tektoniğinde önemli bir yer tutar. Ayrıca, bu hat depremlerin önceden bilinmesi çalışmaları açısından dikkatleri üzerine toplamıştır. MATSUDA (5), (6) bu hattın üzerinde tarihsel dönemlerde faylanma olaylarının olmayışından ve Kuvaterner'deki yüksek aktivitesinden dolayı, yakın gelecekte yıkıcı bir deprem üretme olasılığı yüksek olan önlem alınması gereken faylardan (precaution faults) bir tanesi olarak tanımlamıştır.

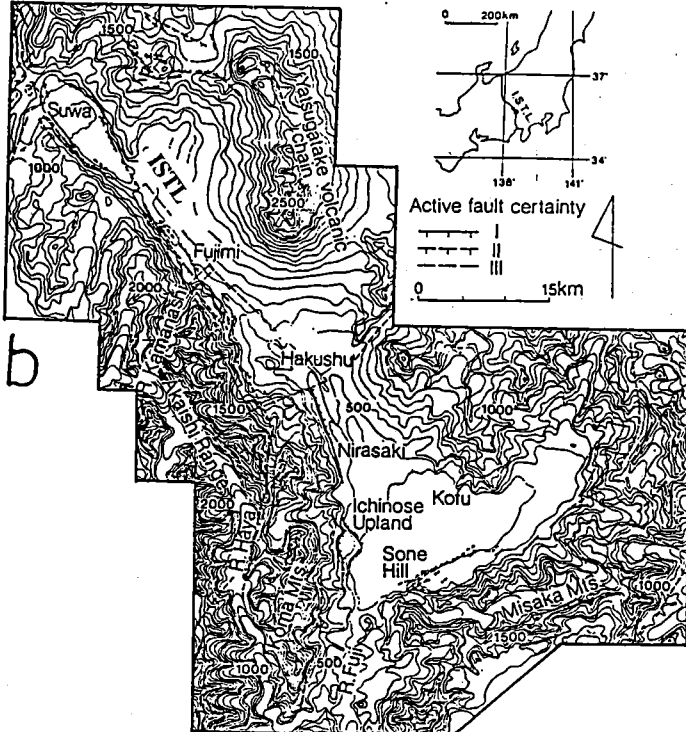
Matsumoto ile Kobuchizawa (Merkezi Japonya) arasında KB-GD doğrultusunda uzanan 50 km'lik bölüm, Itoigawa-Shizuoka tektonik hattının aktif bir kısmını oluşturur (Şekil 2). Bu bölüm, Geç Pleyistosen ve Holosen dönemleride ortalama yılda 8 ile 10 mm gibi yüksek bir kayma hızına erişmiştir. Bu değer, Japonya ankarasında yer alan en yüksek kayma hızına sahip aktif faylardan birini temsil eder. Kayma hızı ile depremlerin tekrarlanma aralıkları arasındaki sayısal ilişki, ISTL'nin orta kısmının bin yılda bir kere kırıldığına işaret etmiştir. Bazı araştırmacıların ilk

a

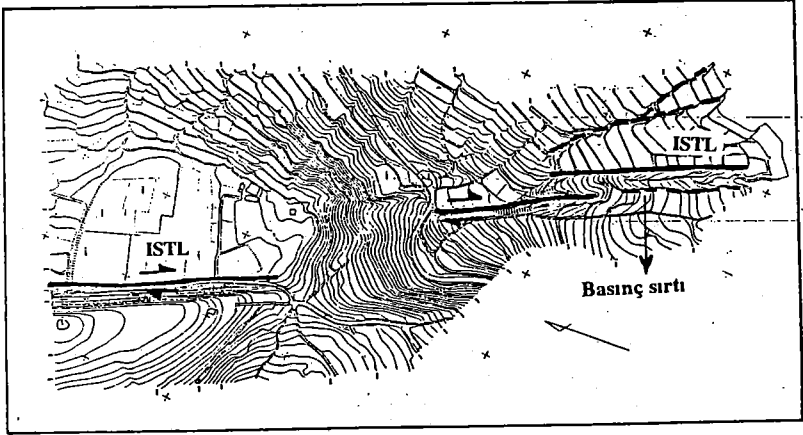


Şekil 4. a, b, c, d, e ve f: Itoigawa-Shizuoka Tektonik Hattındaki ötelenmeler sonucu gelişmiş topografik yapıları gösteren haritalar (GSJ).

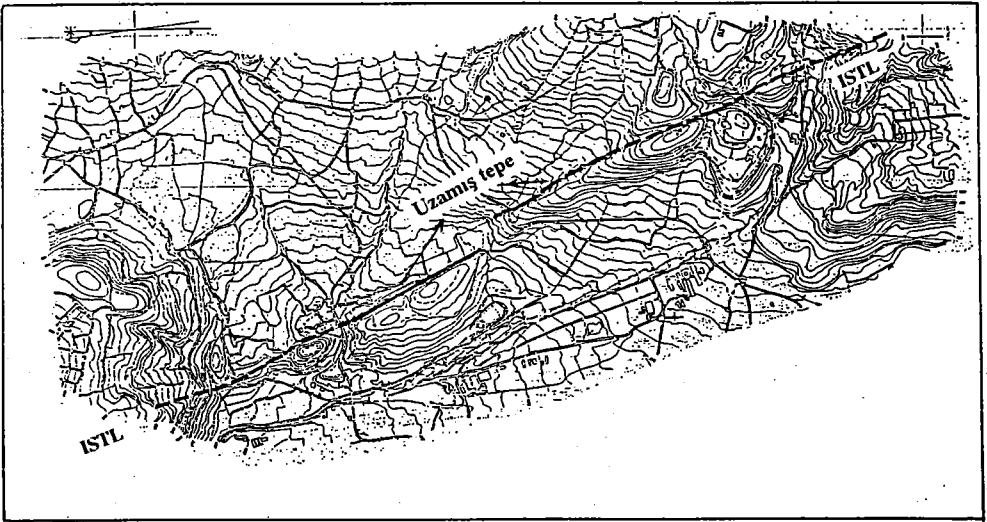
Figure 4. a,b,c,d,e ve f: Maps showing topography affected by slip on the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line (GSJ).



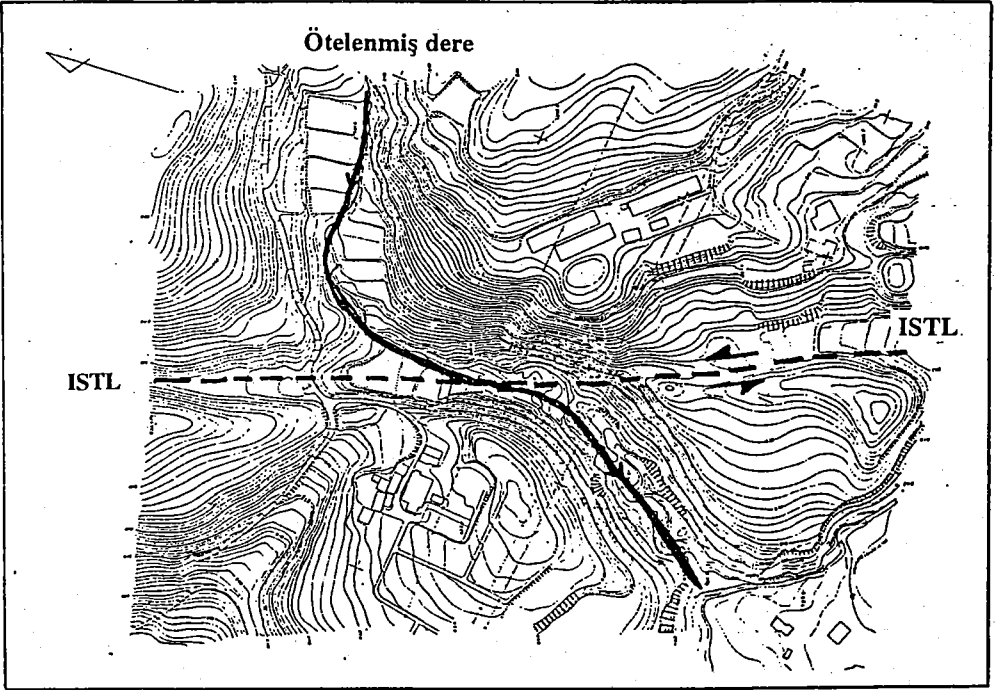
C



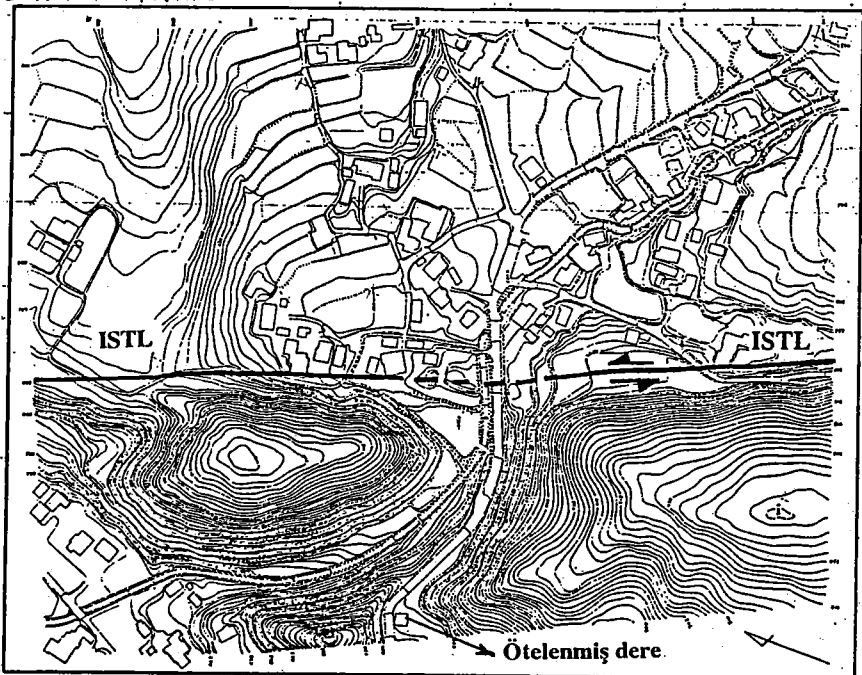
d



e



f



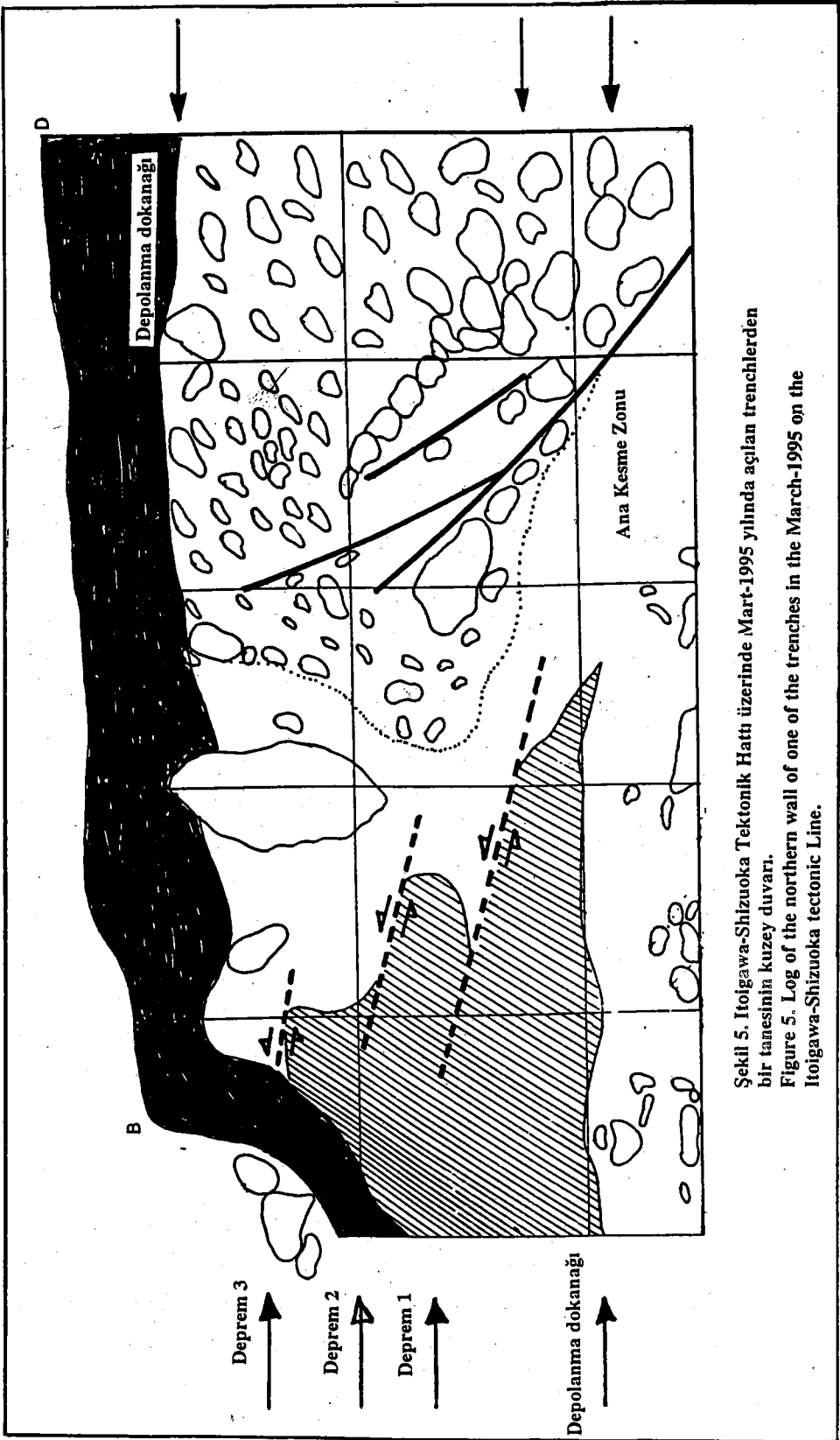
tekrarlanma aralığı tahminleri olan 3500 ile 5000 yıl, bu beklenen tekrarlanma aralığından oldukça büyüktür.

Tarihsel deprem verileri ve paleosismolojik çalışmalara göre, ISTL'nin orta kısmında en son M.S. 1841 de faylanma olayı meydana gelmiştir. Bu son faylanma olayından beri geçen zaman 1152 yıldır. Bu değer, gelecek deprem potansiyelini değerlendirme açısından oldukça kritik bir değerdir.

Itoigawa-Shizuoka tektonik hattında tarihsel ve tarihsel öncesi dönemlerde meydana gelen faylanma olaylarının yaşını ortaya çıkarabilmek için OKUMURA vd (7), Matsumoto güneyinde, Namiyanagi'de bu tektonik hattının orta bölümün bir segmentini oluşturan Gofukuji fayının üzerinde trench açtı. 6 trench, 3 test kuyusu ve trench civarındaki topografya, aşağıdaki sonuçları vermiştir. Üç son faylanma olaylarının yaşları sırasıyla, M.S. 445-1386, M.S. 150-334 ve M.Ö. 839-189 olarak saptanmıştır. Bu segment üzerinde, son faylanma olayı M.S. 841, faylanma olaylarının arasındaki fark, 338 yıl ile 1172 yıl arasında tahmin edilmiştir. Bu faylanma olayları arasındaki ortalama deprem tekrarlanma aralığı 515 yıl ile 840 yıl arasında değişmektedir. Muhtemelen 607 ile 1152 yıl gibi geçmiş zaman miktarları, tekrarlanma zamanından çok daha uzun bir zaman olarak görünmektedir. M.Ö. 6000 yıldan beri ortalama sol yanal atımlı kayma hızı, 9.4 +/- 4.5 mm/yıl olarak saptanmıştır. Son faylanma olayında oluşan sol yanal kayma miktarı 7.5 +/- 1.5 m olarak gözlenmiştir OKUMURA (7).

4. TRENCH YERİNİN TEKTONİK KONUMU

Itoigawa-Shizuoka tektonik hattının orta bölümünde, 1995 yılının Mart ayında, Chino şehrinin hemen batısında bir metre aralıklarla iki tane trench açıldı. Trench açmadan önce, bölgenin hava fotoğrafları ve topografik haritaları detaylı bir şekilde incelendi. Bu fay, topografyayı çok belirgin olarak denetlemektedir. Fay boyunca ötelenmiş teras seviyeleri, çizgisel sırtlar, basınç sırtları ve uzamış tepeler gelişmiştir (Şekil 4 a, b, c, d, e ve f). Bu topografik yapılar, trench yerlerinin seçiminde oldukça büyük rol oynamıştır. Ayrıca aynı bölgenin hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri detaylı bir şekilde incelenmiş ve topografik harita üzerine işlenmiştir. Trench, alüviyal bir yelpaze üzerinde açıldı. Fay, bu alüviyal yelpazeyi alt kısmında keserek yelpazenin



Şekil 5. Itoigawa-Shizuoka Tektonik Hattı üzerinde Mart-1995 yılında açılan trenchlerden bir tanesinin kuzey duvarı.

Figure 5. Log of the northern wall of one of the trenches in the March-1995 on the Itoigawa-Shizuoka tectonic Line.

eğimine ters bir yükselti meydana getirmiştir. Bu yükselti, fay sarpılığını (fault scarp) oluşturmaktadır. Fay skarpının yüksekliği yaklaşık 70-100 cm arasında değişmektedir. Ancak bu değer, tekrarlanan fay hareketleri sonucu meydana gelmiş gerçek atım miktarını göstermemektedir. Bölgede iklim şartları büyük rol oynamakta olup erozyon oranı oldukça yüksektir.

5. TRENCH DUVARLARININ STRATİGRAFİSİ VE YAPISAL ÖZELLİKLERİ

Fay, Holosen yaşlı volkanik malzemeden oluşan döküntü akıntı tortulları (debris flow) ile güncel toprak seviyesinin dokanağından geçmektedir (Şekil 5). Her iki trenchin duvarları, ters faylanmalı bir fay paterni sunmaktadır. Ters faylar yüksek açılıdır (Şekil 5). Ana fay izi akarsu tortullarını temsil eden konsolide olmamış büyük bloklar içersinde yer almakla birlikte, kesme zonu açık bir şekilde görünmektedir. Faylanma olaylarının düşey atım (separasyon) miktarları, gerçek atımları yansıtmamaktadır. Çünkü her bir faylanma olayından sonra uzun bir suskunluk dönemine girilmekte ve bu dönem içersinde yüzeyde meydana gelen fay skarplı erozyona uğramaktadır. Bu olaylar periyodik olarak devam etmiştir.

Trench duvarlarında gözlenen her bir faylanma olaylarının ayırt edilmesinde koluvial kama tortulları (Colluvial wedges) kullanılmıştır. Bu trenchlerde üç büyük faylanma olayı tanımlanabilmiştir (Şekil 5). Her bir faylanma olayı, fay sarpılıkları meydana getirmiş ve daha sonraki suskunluk dönemi esnasında, bu fay skarplılığının aşınması sonucu fay skarplılığının tabanında koluvial kamalar meydana gelmiştir. Trenchlerin her iki duvarlarında toplam üç koluvial kama gözlenmiştir. Bu her bir koluvial kama birer faylanma olaylarını temsil etmektedir. Her bir faylanma olayından sonra fay sarpılığı içeriye doğru çökmeler oluşturmuştur.

6. FAYLANMA OLAYLARININ YAşLARI

Bu faylanma olaylarının yaşlarını saptamak amacıyla, siyah renkli humuslu toprak seviyesinin çeşitli kısımlarından örnekler alındı. Bu örneklerin C 14 yaş tayin analizleri henüz değerlendirme aşamasında olduğundan, bu çalışmada faylanma olaylarının yaşları verilmemiştir. Muhtemelen bu depremlerin tekrarlanma aralığı,

OKUMURA vd. (7) daha önce açtıkları trenchlerde buldukları 515-840 yıl arasında değişen deprem tekrarlanma aralığı ile bir uyum gösterecektir.

7. SONUÇLAR

Kuvaterner ve Holosen yaşı birimleri kesen Itoigawa-Shizuoka tektonik hattının orta bölümü, günümüzde oldukça aktif görünmektedir. Trench sahasında holosen yaşı bir allüvyal yelpazeyi keserek, yelpaze üzerinde bir eğim terslenmesi meydana getirmiştir.

Her iki trench duvarlarında faylar yüksek açılı ters faylanma paternleri göstermiştir. Her bir faylanma olayından sonra uzun bir suskunluk dönemine girilmiştir. Bu her bir suskunluk dönemi esnasında kolüvyal kamalar gelişmiştir. Suskunluk dönemlerinin 800-1000 yıl gibi uzun bir aralık olması nedeniyle her bir kama arasında toprak seviyeleri gelişmiştir. Bu seviyeler, faylanma olayların ve birimlerin yaşlandırılması için oldukça faydalı olmuştur.

Itoigawa-Shizuoka Tektonik hattı üzerinde açılan bu iki trenchde üç adet yüzey faylanması meydana getiren faylanma olayı ayırt edilmiştir. Ancak, C 14 sonuçları henüz elimize ulaşmadığı için trenchde gözlenen faylanma olayları ile ilgili yaşlandırmalar verilmemiştir. Bu faylanma olaylarının yaşları ileride daha detaylı bir şekilde açıklanacaktır.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, 1995 yılı Mart-Nisan ayı içerisinde, bireysel çalışma yaptığım Geological Survey of Japan (GSJ), Sismotektonik Araştırma grubu elemanlarından Koji Okumura'nın önderliğinde birlikte gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaya katılma fırsatını veren IISEE (International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Building Research Institute, Ministry of Construction) yetkililerine, GSJ elemanlarına ve bu trenchlerin açılmasında her türlü yardımlarda bulunan Nagano bölgesi jeoloji mühendislerine teşekkürlerimi borç bilirim.

KAYNAKLAR

- (1) IKEDA, Y. ve YONEKURA, N., Determination of Late Quaternary rates of net slip on two major fault zones in Central Japan. Bulletin of Department of Geography University of Tokyo, No 18, October 1986.
- (2) KAWACHI, Y., YAMADA, T., and YOKATA, Y., Crystalline schists of Yokokawazawa district (Yokokawazawa metamorphic rocks) north of Lake Suwa, Central Japan. J. Japan. Assoc. Min. Pet. Min. Geol., 56, 21-29 (in Japanese), 1966.
- (3) KOBAYASHI, K., Quaternary crustal movements in the inland of the Fossa Magna. Mem. Geol. Soc. Japan, 2, 33-38 (in Japanese), 1968.
- (4) OKADO, A., ve ANDO, M., Active faults and earthquakes in Japan. Kagaku, 49, 158-169, (in Japanese), 1978.
- (5) MATSUDA, T., Estimation of future destructive earthquakes from active faults on land in Japan. J. Phys. Earth, 25, Suppl, S251-S261, 1977.
- (6) MATSUDA, T., Active faults and damaging earthquakes in Japan: Microseismic zoning and precaution fault zones In: Simpson, D.W., and Richards, P.G., (eds), Earthquake prediction: An international Review. Amer. Geophys. Union, 279-289, 1981.
- (7) OKUMURA, K., SHIMOKAWA, K., and YAAZAKI, H., Recent Surface faulting events along the middle section of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line. (in Japanese), no 46, 425-438, 1994
- (8) H., SAWA, Distribution of active fault in the western margin of Central Fossa Magna. Geoph. Review of Japan, 58, (Seri A)-11, 695-714

1964 - 1987 YILLARI ARASI TÜRKİYE'DEKİ BÜYÜK DEPREMLERİN
ODAK MEKANİZMASI ÇÖZÜMLERİ

FOCAL MECHANISMS OF MAJOR EARTHQUAKES IN TÜRKİYE
DURING THE PERIOD 1964-1987

Salih KARAKISA*

SUMMARY

The focal mechanism solutions are determined for the 26 major earthquakes which occurred from 1964 to 1987 in Türkiye. These mechanisms are obtained by using the P-wave first motion data which was chosen from ISC (International Seismological Centre) in the periyod of 1964 to 1987 and by comparing the Catalog of Harvard CMT (Centroid-Moment Tensor) during the period between 1977 and 1992.

The Anatolian Block which lies in the Alpine-Himalayan belt, has high seismicity. Twelve of the 26 earthquakes occurred in the western part of Anatolia named West Anatolian Graben System and Marmara Region. Seven of these events are characterized by normal fault, three events are reverse and two earthquakes are right-lateral strike-slip faulting. Seven of the 26 earthquakes took place within or near the North Anatolian Fault Zone. Most of mechanism solutions for the earthquakes on the western end of the North Anatolian Fault Zone are predominantly right-lateral strike-slip faulting. A few others are normal and reverse fault. For the earthquakes in the eastern end of the North Anatolian Fault Zone mechanism solutions represent right-lateral strike-slip or reverse fault. It means the Anatolian Block moves to the west with respect to Eurasian Plate. The event which occurred on the coast of Black Sea is characterized by a dominant reverse faulting. Mechanism solutions of the earthquakes along the East Anatolian Fault Zone present consistently left-lateral strike-slip motion. The earthquake in the North East Anatolian Fault Zone presents dominantly left-lateral strike-slip faulting. The mechanism solutions of the earthquake in the Bitlis Suture is a predominant reverse faulting in agreement with the northward movement of Arabian Plate with respect to Eurasian Plate.

Key Words: Seismicity, Focal mechanisms, Compressional and Tensional axes, and Crustal movement.

* Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.

ÖZET

Bu çalışmada; 1964-1987 yılları arasında Türkiye'de meydana gelmiş 26 büyük depremin odak mekanizması çözümleri yapılmıştır. Mekanizma çözümleri; ISC (International Seismological Centre)' den seçilen verilerden P-dalgası ilk hareket yönleri kullanılarak bulunmuştur. Bulunan bu çözümler 1977-1992 döneminde yapılan Harvard CMT (Centroid-Moment Tensor) çözümleri ile karşılaştırılmıştır.

Alp-Himalaya deprem kuşağında uzanan Anadolu Blok'u yüksek sismisiteye sahiptir. Fay düzlemi çözümleri yapılan 26 büyük depremden 12'si Marmara Bölgesi ve BAGS (Batı Anadolu Graben Sistem) diye adlandırılan Anadolu'nun batı bölümünde bölümünde yer almaktadır. Bu depremler için yapılan odak mekanizmaları sonucunda, 7 normal, 3 ters ve 2 deprem de sağ yönlü doğrultu atımlı faylanma olarak elde edilmiştir. 26 depremden 7 tanesi Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) içinde veya yakınında yer almaktadır. KAFZ'nun batı ucunda yer alan depremlerin mekanizma çözümlerinin çoğu hakim olarak sağ yönlü doğrultu atımlı, diğer birkaçı ise normal veya ters faylanmadır. KAFZ'nun doğu ucunda yer alan depremler için yapılan odak mekanizması çözümleri sağ yönlü doğrultu atımlı veya ters faylanma olarak bulunmuştur. Karadeniz kıyısında oluşmuş tek bir depremin odak çözümü hakim ters faylanma olarak bulunmuştur. Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) boyunca olan depremlerin mekanizma çözümleri sol yönlü doğrultu atımlı faylanmayı temsil etmektedir. Kuzey-doğu Anadolu Fay Zonu (KDAFZ) üzerindeki depremlerin çözümü ise sol yönlü doğrultu atımlı faylanmayı göstermektedir. Bitlis Suture Zonu (BSZ)'ndeki depremlerin mekanizma çözümleri ters faylanma olarak elde edilmiştir. Bu çözümler Arap Plakasının Avrasya'ya göre kuzeye hareketi olarak yorumlanabilir.

Anahtar Kelimeler: Sismisite, Odak mekanizmaları, Basınc ve gerilme eksenleri ve kıtasal taşınma.

1. GİRİŞ

Anadolu Bloku Avrasya, Afrika ve Arap plakaları arasında bulunmaktadır. Bu bölgedeki en aktif fay zonu sağ yönlü doğrultu atımlı faylanma ile karakterize edilen ve uzunluğu yaklaşık 1100 km. olan KAFZ'dur. KAFZ; Şekil-1 de gösterilen 3 no'lu depremin olduğu yerin batısında dallara ayrılır ve 4 deprem bu bölgede olmuştur. Ambraseys, [1]'in belirttiği gibi bu bölgede tektonizma karmaşıktır ve bu nedenle odak mekanizması çözümleri farklı faylanma tipleri göstermektedir.

DAFZ; yaklaşık 400 km. uzunluğunda Karlıova'dan Güney-batıya doğru izlenebilen sol yönlü doğrultu atım karakterine sahiptir (Şekil-1). Bu zon Doğuda KAFZ ile birleştiği yerden Akdeniz'e kadar uzanan bir aktif sismik ve tektonizma bandıdır (Taymaz ve diğ.[13] ve Perincek ve diğ.[9]).

KDAFZ: sol yönlü doğrultu atımlı fay özelliği göstermekte ve burada KD-GB yönünde birçok faylanmalar gözlenmektedir.

BAGS: Türkiye'deki dört neotektonik bölgeden biridir. Sengör ve diğ. [12]; bu Graben Sisteminin Orta Miyosende Anadolu kara kütleleri ile Arap plakasının çarpışmasından oluştuğunu belirtmektedirler. Bu çarpışmanın bir sonucu olarak Anadolu Bloku'nun Batıya kaçışı D-B yönünde bir sıkışma ve K-G yönünde bir genişlemeye neden olmuştur (Eyidoğan, [6]). BAGS Sekil-2'den de görüldüğü gibi yüksek sismisiteye sahip ve küçük magnitudlü depremler olmaktadır (Üçer ve diğ. [15]). Bölgede depremlerin odak derinlikleri değişik araştırmacılara göre 0-50 km. arasında değişmektedir.

Bu çalışmanın amacı; 1964-1987 yılları arasında Türkiye'de olan 26 büyük depremin odak mekanizması çözümlerini, asal gerilme eksenlerini (basınç ve gerilme) de hesaba katarak incelemek ve 1977-1992 periyodunda olan depremlerin çözümlerini Harvard CMT çözümleri (Dziewonsky ve diğ. [3], [4], [5]) ile karşılaştırmaktır.

2. VERİ

Odak mekanizması çözümü amacıyla kullanılan veriler ISC Katalogunu içeren CD-ROM (Compact-Disk) dan alınmıştır. Bu çalışma için magnitudü (Mb); 5.5 ve daha büyük depremler seçilmiş ve mekanizma çözümlerinde P-dalgası ilk hareket yönleri (aşağı-yukarı)'nden yararlanılmıştır. Kullanılan depremler Tablo-1'de listelenmiştir.

3. YÖNTEM

Bu çalışma için odak küresinin alt yarım küresi üzerine eşit alan projeksiyonu kullanılmıştır. Bu projeksiyonda istasyon azimutları hesaplanmış ve radyal mesafe aşağıdaki bağıntı ile verilmektedir.

$$r = \sqrt{2} \sin(i/2)$$

Burada i : Odak terkedis açısıdır. Odak mekanizması çözümünü bulmak için metot; bir kuvvet çifti sisteminin kabulü ve P-dalgası ilk hareket yönlerinin kullanılmasıdır. Çalışmada Dr. Suetsugu tarafından kodlanan bilgisayar programı odak mekanizması çözümlerini bulmak için kullanılmıştır. Eğer program tarafından elde edilen çözüm tatmin edici değilse yeniden elle değiştirilmiştir. Bu çalışmadaki depremlerin odak derinlikleri 0 ile 111 km. arasında değişmektedir.

4. DEPREMLERİN ODAK MEKANİZMASI ÇÖZÜMLERİ

Depremlerin odak mekanizması çözüm sonuçları Tablo 2' de listelenmiş ve Şekil-3a, 3b ve 4a'da gösterilmiştir. Tablo-2'nin 1. kolonundaki sayılar Şekil-1' deki deprem numarası ile aynıdır. 21'den 26' ya kadar olan depremler Şekil-3' te ve CMT çözümleri ile birlikte Şekil-4b' de gösterilmiştir.

KAFZ' nun batı ucunda yer alan 1 no'lu depremin çözümü normal faylanmadır. 3 no'lu depremin odak mekanizması çözümü doğu-batı fay düzlemi boyunca sağ yönlü bir hareket ile hemen hemen net bir doğrultu atımlı faylanmayı temsil etmektedir. Yine KAFZ' nun batı ucunda yer alan 17 no'lu deprem doğrultu atım bileşenine sahip normal faylanmayı işaret etmektedir. 23 no'lu deprem sağ yönlü doğrultu atımlı bir faylanmadır. Bu deprem için Harvard CMT çözümü odak mekanizması çözümünden farklıdır. 7 no'lu deprem doğrultu atım bileşene sahip ters faylanmadır. KAFZ içindeki 4 no'lu deprem sağ yönlü doğrultu atımlı faylanmaya sahiptir. KAFZ' nun doğu ucunda yer alan 2 no'lu deprem büyük doğrultu atım bileşene sahip bir ters faylanmadır. Ambraseys ve diğ. [2]' ne göre bu deprem için yüzey kırıkları; üç paralel kırılma zonunda K65-70B ve sağ yönlü doğrultu atımlı kırıklara dik bir genişleme göstermektedir.

Karadeniz kıyısındaki 5 no'lu depremin odak mekanizması çözümü ters faylanmadır ve bu bölge için Şekil-2' deki sismisite haritasında sık odaklı aktivite gözlenmektedir.

8,9,10,11 ve 13 no'lu depremler büyük doğrultu atım bileşeni ile normal faylanmayı göstermektedir. 12,14 ve 16 no'lu depremler hakim normal faylanma olarak çözümlenmiştir. Bu 8 adet deprem BAGS içinde yer almaktadır. 6 no'lu deprem küçük doğrultu atım bileşenine sahip bir ters faylanmadır. 18 ve 21 no'lu depremlerin odak mekanizması çözümleri de doğrultu atım bileşenine sahip ters faylanmalardır. Bu depremlerin CMT çözümleri odak mekanizması çözümlerine yakın olarak bulunmuştur. 22 no'lu deprem eğim atımlı faylanmadır ve bunun CMT çözümü ile odak mekanizması çözümü hemen hemen aynıdır. Bu depremler Akdeniz kıyı şeridinde olmuştur. Mc Kenzie, [8] bu bölgede tektonizmanın yerden yere değiştiğini ve dolayısıyla her çeşit faylanmanın olabileceğini söylemiştir.

19 no'lu deprem Arap plakasının kuzeye doğru hareket ettiği BSZ içinde olmuştur ve hakim bir ters faylanma karakterindedir.

24 no'lu deprem KDAFZ içinde sol yönlü doğrultu atımlı faylanmaya sahiptir. Bu çözüm CMT çözümü ile uyum içindedir.

DAFZ içinde olan 15, 25 ve 26 no'lu depremlerin odak mekanizması çözümleri sol yönlü doğrultu atımlı faylanmayı temsil etmektedir. 25 ve 26 no'lu depremlerin CMT çözümleri odak mekanizması çözümleri ile uyumludur.

20 no'lu deprem KD Anadolu Bloku içinde sağ yönlü doğrultu atımlı faylanmayı göstermektedir. Toksöz ve diğ.[14] bu depreme ait 55 km'lik bir yüzey kırığı gözlemişlerdir.

BASINÇ (P) ve GERİLME (T) EKSENLERİ:

KDAFZ, BSZ, KDAFZ, ve KD-Anadolu Bloku içindeki depremlerin gerilme eksenleri yatay olurken basınç eksenleri fay zonlarına diktir. BAGS, DAFZ ve KAFZ'nun doğu ucundaki depremlerin basınç eksenleri fay zonlarına yatay iken gerilme eksenleri düşeydir. Akdeniz kıyı şeridi boyunca olan 3 deprem Afrika plakasının Anadolu plakası altına daldığını göstermekte ve gerilme eksenleri düşey dalmayı işaret etmektedir (Şekil-5).

5. SONUÇLAR

Çalışma alanının levha tektoniği ve faylanma türlerini araştırmak amacı ile 1964-1987 periyodunda olan 26 büyük depremin odak mekanizması çözümü yapılmıştır. 26 depremden 12'si normal faylanmayla temsil edilirken diğerleri ters veya doğrultu atımlı faylanma olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmadaki depremlerin çoğu bilinen fay zonları üzerinde meydana geldiğinden çözümlerdeki düğüm düzlemlerinden hangisinin fay düzlemi olduğuna karar verme açısından herhangi bir güçlükle karşılaşılmamıştır.

KAFZ'nda olan depremler uyumlu olarak sağ yönlü bir hareketi göstermektedir. Bu Anadolu Blokunun Karadeniz'e göre batıya taşınması anlamına gelmektedir.

Batı Türkiyedeki depremlerin odak mekanizması çözümleri bu bölgede çeşitli fay tiplerinin olabileceğini göstermektedir. Birkaç iyi belirlenmiş mekanizma çözümleri küçük doğrultu atım bileşeni ile ters faylanmayı işaret etmektedir ve bu çözümler Afrika Plakası ile Ege Denizi arasındaki hareketin K-G yönünde olduğunu göstermektedir.

DAFZ, BSZ ve KDAFZ'nda olan depremlerin odak mekanizması çözümleri Arap Plakasının Avrasya plakasına göre kuzeye taşındığına işaret etmektedir.

Bölgedeki fay tipleri hakkında daha detaylı bilgi almak ve kaynak parametrelerini daha iyi belirleyebilmek için homojen sismolojik istasyon dağılımına ihtiyaç duyulmaktadır.

TABLO-1. Depremlerin listesi.

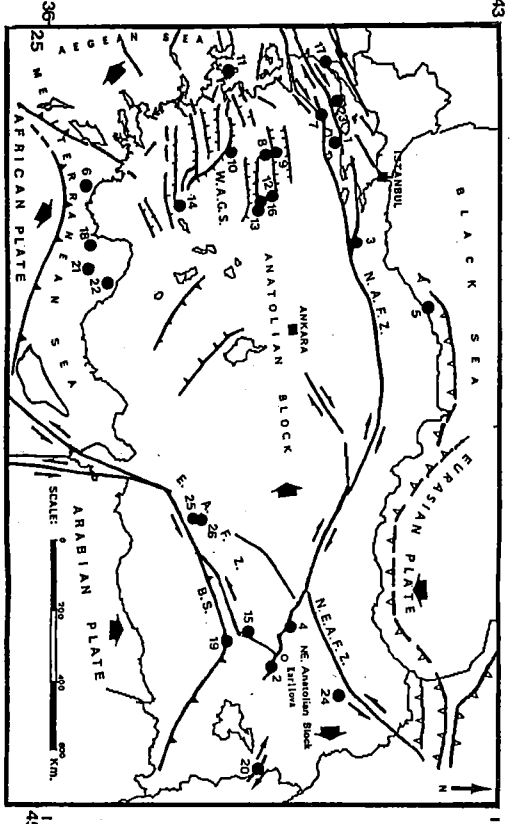
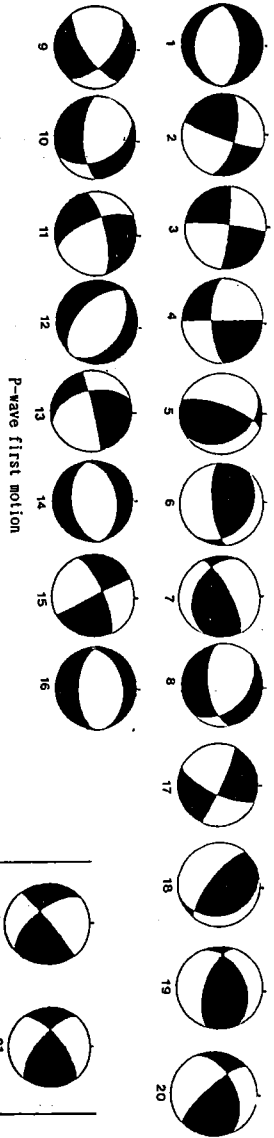
| No. | Date | | | Origin Time | | | Lat. | Long. | Depth | Mag. |
|-----|------|----|----|-------------|--------|--------|------|-------|-------|------|
| | Y | M | D | H | M | S | N | E | h(km) | Mb. |
| 1 | 1964 | 10 | 06 | 14:31:23.0 | 40.300 | 28.230 | 34 | 5.9 | | |
| 2 | 1966 | 08 | 19 | 12:22:10.5 | 39.170 | 41.560 | 4 | 5.8 | | |
| 3 | 1967 | 07 | 22 | 16:56:58.0 | 40.670 | 30.690 | 33 | 6.0 | | |
| 4 | 1967 | 07 | 26 | 18:53:01.1 | 39.540 | 40.380 | 30 | 5.6 | | |
| 5 | 1968 | 09 | 03 | 08:19:52.6 | 41.810 | 32.390 | 5 | 5.7 | | |
| 6 | 1969 | 01 | 14 | 23:12:06.2 | 36.110 | 29.190 | 22 | 5.6 | | |
| 7 | 1969 | 03 | 03 | 00:59:10.5 | 40.080 | 27.500 | 4 | 5.6 | | |
| 8 | 1969 | 03 | 23 | 21:08:42.1 | 39.140 | 28.480 | 9 | 5.6 | | |
| 9 | 1969 | 03 | 25 | 13:21:34.2 | 39.250 | 28.440 | 37 | 5.5 | | |
| 10 | 1969 | 03 | 28 | 01:48:29.5 | 38.550 | 28.460 | 4 | 5.9 | | |
| 11 | 1969 | 04 | 06 | 03:49:33.9 | 38.470 | 26.410 | 16 | 5.6 | | |
| 12 | 1970 | 03 | 28 | 21:02:23.5 | 39.210 | 29.510 | 18 | 6.0 | | |
| 13 | 1970 | 04 | 19 | 13:29:36.5 | 39.030 | 29.760 | 18 | 5.5 | | |
| 14 | 1971 | 05 | 12 | 06:25:15.4 | 37.670 | 29.716 | 30 | 5.5 | | |
| 15 | 1971 | 05 | 22 | 16:43:59.3 | 38.855 | 40.524 | 3 | 5.9 | | |
| 16 | 1971 | 05 | 25 | 05:43:26.1 | 39.052 | 29.712 | 15 | 5.7 | | |
| 17 | 1975 | 03 | 27 | 05:15:07.9 | 40.446 | 26.117 | 15 | 5.5 | | |
| 18 | 1975 | 04 | 30 | 04:28:57.7 | 36.194 | 30.738 | 60 | 5.6 | | |
| 19 | 1975 | 09 | 06 | 09:20:12.0 | 38.513 | 40.774 | 32 | 6.0 | | |
| 20 | 1976 | 11 | 24 | 12:22:16.1 | 39.051 | 44.037 | 9 | 6.1 | | |
| 21 | 1977 | 06 | 01 | 12:54:49.1 | 36.161 | 31.304 | 68 | 5.6 | | |
| 22 | 1979 | 05 | 28 | 09:27:33.9 | 36.455 | 31.722 | 111 | 5.8 | | |
| 23 | 1983 | 07 | 05 | 12:01:27.0 | 40.332 | 27.210 | 7 | 5.5 | | |
| 24 | 1983 | 10 | 30 | 04:12:28.1 | 40.352 | 42.180 | 16 | 6.0 | | |
| 25 | 1986 | 05 | 05 | 03:35:38.0 | 38.017 | 37.790 | 10 | 5.7 | | |
| 26 | 1986 | 06 | 06 | 10:39:47.0 | 38.010 | 37.906 | 11 | 5.5 | | |

TABLO-2. Odak mekanizması çözümleri.

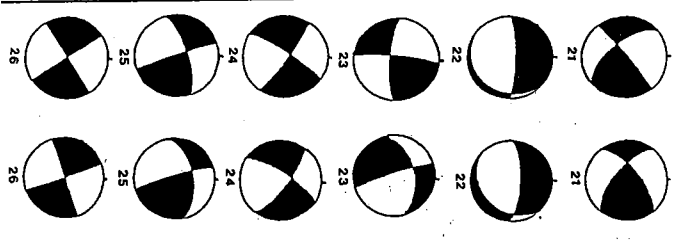
| No. | Date | nodal plane1 | | | nodal plane2 | | | P-plg. azm. | | T-plg. azm. | |
|-----|---------------|--------------|------|-------|--------------|------|-------|-------------|------|-------------|------|
| | | strike1 | dip1 | rake1 | strike2 | dip2 | rake2 | | | | |
| 1 | OCT. 6, 1964 | 266 | 57 | -96 | 96 | 33 | -81 | 77 | 157 | 12 | 0 |
| 2 | AUG. 19, 1966 | 287 | 65 | 172 | 21 | 83 | 25 | 12 | 151 | 23 | 246 |
| 3 | JUL. 22, 1967 | 187 | 84 | -6 | 278 | 84 | -174 | 8 | 142 | 0 | -128 |
| 4 | JUL. 26, 1967 | 86 | 67 | 179 | 176 | 89 | 23 | 16 | 308 | 17 | 43 |
| 5 | SEP. 3, 1968 | 327 | 30 | 40 | 201 | 71 | 114 | 23 | 273 | 57 | 143 |
| 6 | JAN. 14, 1969 | 310 | 23 | 130 | 87 | 69 | 71 | 22 | 191 | 61 | 328 |
| 7 | MAR. 3, 1969 | 118 | 35 | 136 | 246 | 67 | 63 | 18 | 355 | 59 | 117 |
| 8 | MAR. 23, 1969 | 310 | 41 | -48 | 80 | 61 | -121 | 61 | 301 | 11 | 191 |
| 9 | MAR. 25, 1969 | 306 | 56 | -28 | 53 | 67 | -142 | 43 | 274 | 7 | 177 |
| 10 | MAR. 28, 1969 | 86 | 67 | -129 | 330 | 44 | -34 | 52 | 310 | 13 | -156 |
| 11 | APR. 6, 1969 | 155 | 64 | -20 | 254 | 72 | -153 | 32 | 116 | 5 | 23 |
| 12 | MAR. 28, 1970 | 128 | 51 | -83 | 298 | 40 | -98 | 83 | 76 | 5 | -147 |
| 13 | APR. 19, 1970 | 163 | 48 | -4 | 256 | 87 | -138 | 31 | 128 | 26 | 22 |
| 14 | MAY. 12, 1971 | 85 | 47 | -86 | 259 | 43 | -94 | 86 | 43 | 2 | 172 |
| 15 | MAY. 22, 1971 | 245 | 69 | 2 | 154 | 88 | 159 | 13 | 201 | 16 | 108 |
| 16 | MAY. 25, 1971 | 91 | 55 | -82 | 257 | 36 | -102 | 78 | 31 | 10 | 175 |
| 17 | MAR. 27, 1975 | 25 | 71 | -173 | 293 | 84 | -19 | 18 | 247 | 9 | 340 |
| 18 | APR. 30, 1975 | 125 | 69 | 75 | 243 | 26 | 125 | 23 | -133 | 63 | 11 |
| 19 | SEP. 6, 1975 | 241 | 39 | 53 | 105 | 59 | 116 | 11 | 176 | 65 | 63 |
| 20 | NOV. 24, 1976 | 243 | 47 | 21 | 138 | 75 | 135 | 17 | 196 | 42 | 90 |
| 21 | JUN. 1, 1977 | 234 | 87 | 31 | 142 | 59 | 177 | 19 | 4 | 23 | 102 |
| 22 | MAY. 28, 1979 | 41 | 17 | -141 | 273 | 80 | -77 | 54 | 198 | 33 | 352 |
| 23 | JUL. 5, 1983 | 185 | 83 | 13 | 93 | 77 | 172 | 4 | -42 | 15 | 49 |
| 24 | OCT. 30, 1983 | 214 | 80 | -8 | 305 | 83 | -170 | 12 | 170 | 2 | 79 |
| 25 | MAY. 5, 1986 | 254 | 71 | 4 | 162 | 86 | 161 | 11 | 209 | 16 | 116 |
| 26 | JUN. 6, 1986 | 147 | 89 | 179 | 237 | 89 | 1 | 0 | 12 | 2 | 102 |

TABLO-3. Tablo-2'deki son 6 depremin odak mekanizması çözümlerinin CMT çözümleri ile karşılaştırılması.

| No. | Focal Mechanism Solutions: | | | | | | Harvard CMT Solutions: | | | | | |
|-----|----------------------------|-----|------|--------------|-----|------|------------------------|-----|------|--------------|-----|------|
| | Nodal Plane1 | | | Nodal Plane2 | | | Nodal Plane1 | | | Nodal Plane2 | | |
| | st1. | d1. | r1. | st2. | d2. | r2. | st1. | d1. | r1. | st2. | d2. | r2. |
| 21 | 234 | 87 | 31 | 142 | 59 | 177 | 234 | 67 | 29 | 132 | 64 | 155 |
| 22 | 41 | 17 | -141 | 273 | 80 | -77 | 48 | 27 | -133 | 274 | 71 | -71 |
| 23 | 185 | 83 | 13 | 93 | 77 | 172 | 160 | 85 | -41 | 254 | 49 | -173 |
| 24 | 214 | 80 | -8 | 305 | 83 | -170 | 211 | 73 | -17 | 306 | 74 | -162 |
| 25 | 254 | 71 | 4 | 162 | 86 | 161 | 260 | 54 | 9 | 164 | 82 | 144 |
| 26 | 147 | 89 | 179 | 237 | 89 | 1 | 160 | 90 | 180 | 250 | 90 | 0 |



P-wave first motion



CMT Solution

Sekil-1. Türkiye'nin büyük tektonik elemanları ve çalışılan depremlerin lokasyonları. (Sengör ve Yılmaz (1981) ve Barka(1992))'den değiştirilerek alınmıştır. B.S.Z.-Bitlis Suture Zone, E.A.F.Z.-East Anatolian Fault Zone, N.A.F.Z.-North Anatolian Fault Zone, N.E.A.F.Z.-North-East Anatolian Fault Zone, W.A.G.S.-West Anatolian Graben System.

MAP

data 1906(ISC)

from 1964/01/01

to 00:00:00.0

1987/12/31

23:59:99.9

35 00N- 45 00N

025 00E-045 00E

depth

○ 0 -

□ 20 -

◇ 40 -

△ 60 -

▽ 80 -

× 200 -

+ 600 -

○ unknown

magnitude

: 0 -

• 1 -

• 2 -

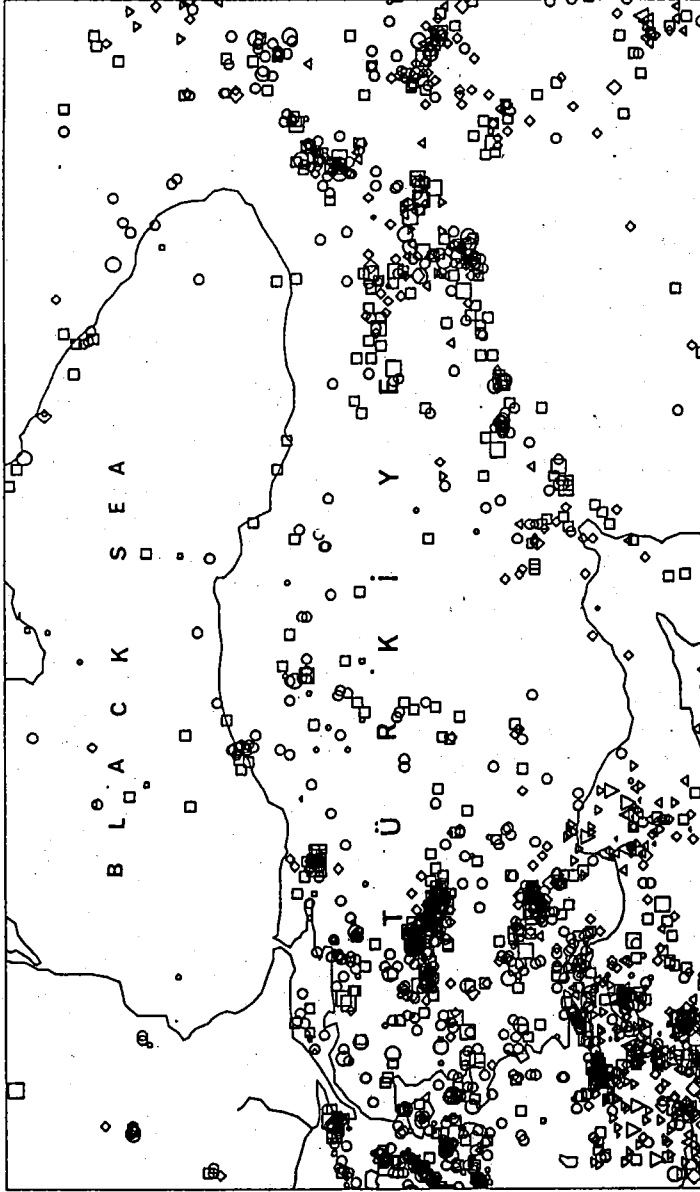
• 3 -

◦ 4 -

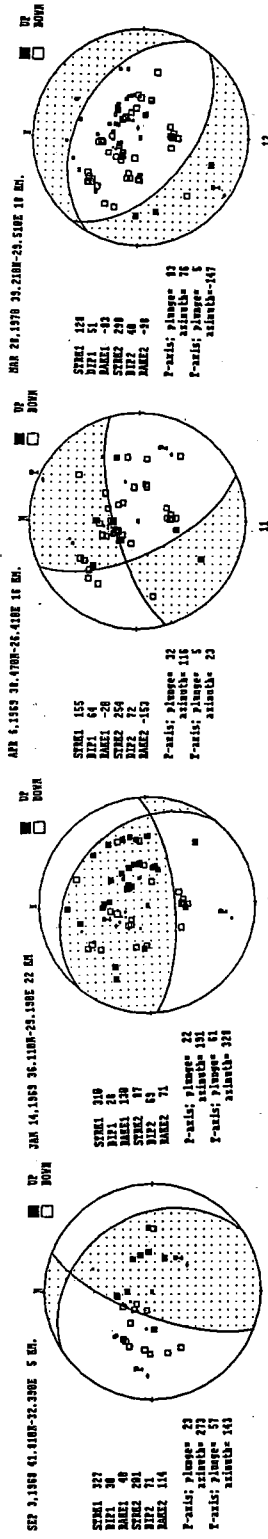
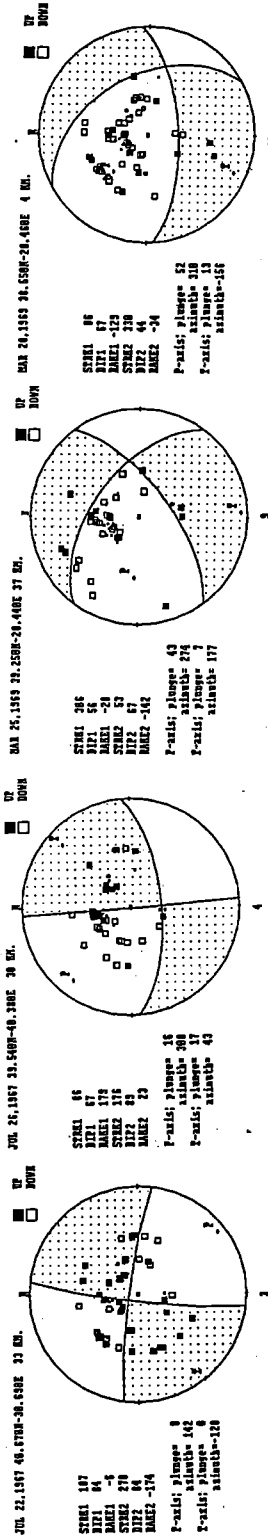
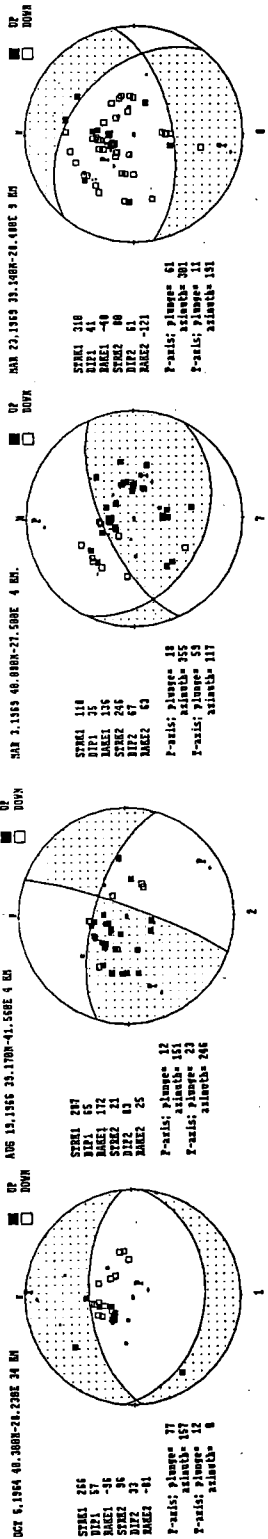
○ 5 -

○ 6 -

○ 7 -



Sekil-2. Türkiye'nin sismisite haritası (1964-1987).



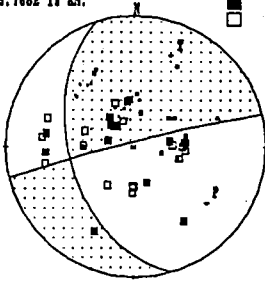
Sekil-3a. Odak mekanizması çözümleri.

APR 19, 1978 39.838N-29.768E 18 KM.

UP
DOWN

STRK1 163
DIP1 40
RAKE1 -4
STRK2 256
DIP2 87
RAKE2 -130

P-axis: plunge= 31
azimuth= 120
T-axis: plunge= 26
azimuth= 22



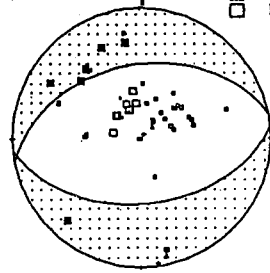
13

MAY 12, 1971 37.678N-29.716E 38 KM.

UP
DOWN

STRK1 85
DIP1 47
RAKE1 -86
STRK2 259
DIP2 43
RAKE2 -94

P-axis: plunge= 86
azimuth= 43
T-axis: plunge= 2
azimuth= 172



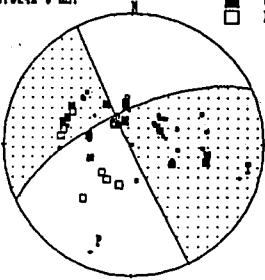
14

MAY 22, 1971 38.056N-40.524E 9 KM.

UP
DOWN

STRK1 245
DIP1 69
RAKE1 2
STRK2 154
DIP2 98
RAKE2 159

P-axis: plunge= 13
azimuth= 201
T-axis: plunge= 16
azimuth= 180



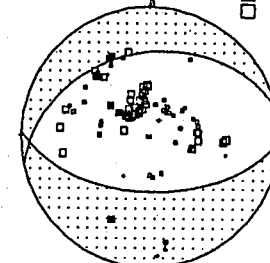
15

MAY 25, 1971 39.052N-29.712E 10 KM.

UP
DOWN

STRK1 91
DIP1 65
RAKE1 -82
STRK2 257
DIP2 36
RAKE2 -102

P-axis: plunge= 78
azimuth= 31
T-axis: plunge= 18
azimuth= 175



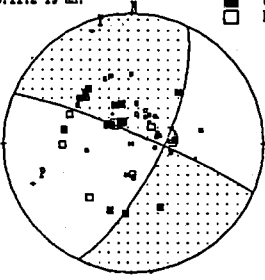
16

MAR 27, 1975 40.448N-26.117E 15 KM.

UP
DOWN

STRK1 25
DIP1 71
RAKE1 -173
STRK2 293
DIP2 84
RAKE2 -19

P-axis: plunge= 18
azimuth= 247
T-axis: plunge= 9
azimuth= 340



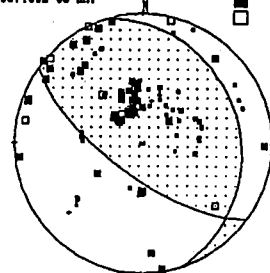
17

APR 30, 1975 36.194N-30.738E 68 KM.

UP
DOWN

STRK1 125
DIP1 69
RAKE1 75
STRK2 343
DIP2 26
RAKE2 125

P-axis: plunge= 23
azimuth= -133
T-axis: plunge= 63
azimuth= 11



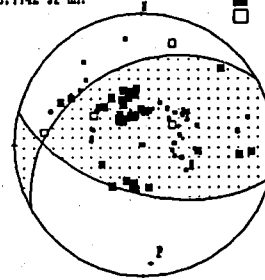
18

SEP 6, 1975 38.513N-40.774E 32 KM.

UP
DOWN

STRK1 241
DIP1 38
RAKE1 63
STRK2 185
DIP2 69
RAKE2 116

P-axis: plunge= 11
azimuth= 176
T-axis: plunge= 65
azimuth= 63



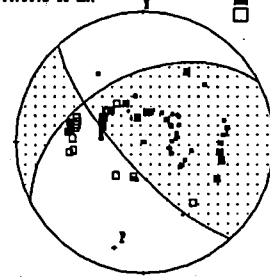
19

NOV 24, 1976 39.051N-44.037E 10 KM.

UP
DOWN

STRK1 243
DIP1 47
RAKE1 21
STRK2 138
DIP2 75
RAKE2 135

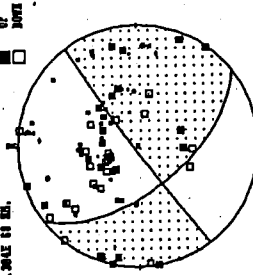
P-axis: plunge= 17
azimuth= 195
T-axis: plunge= 42
azimuth= 98



20

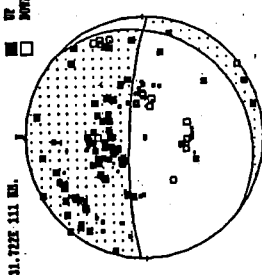
Şekil-3b. Odak mekanizması çözümleri.

JUN 5, 1977 06.4532-31.7222 111 DE.



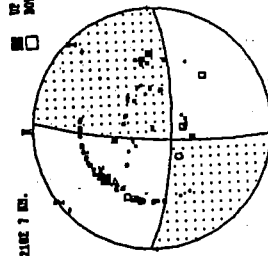
STREK 224
DİPİ 81
BAKİŞ 31
STREK 162
DİPİ 81
BAKİŞ 177
P-axisi: plümeje 19
axianth- 23
P-axisi: plümeje 02
axianth- 02

MAY 29, 1979 06.4532-31.7222 111 DE.



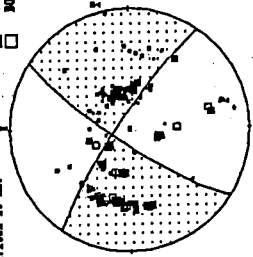
STREK 41
DİPİ 71
BAKİŞ 51
STREK 219
DİPİ 64
BAKİŞ 77
P-axisi: plümeje 64
axianth- 198
P-axisi: plümeje 23
axianth- 352

JUN 5, 1983 06.3122-27.2102 7 DE.



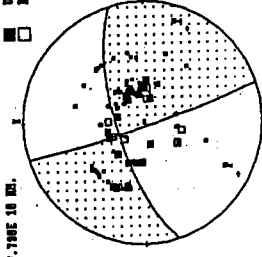
STREK 106
DİPİ 81
BAKİŞ 49
DİPİ 37
BAKİŞ 172
P-axisi: plümeje 4
axianth- 42
P-axisi: plümeje 15
axianth- 43

OCT 20, 1983 06.3522-42.1602 16 DE.



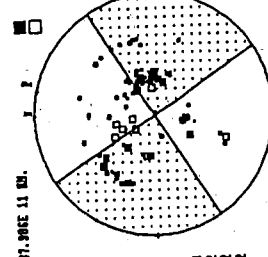
STREK 214
DİPİ 89
BAKİŞ 2
STREK 285
DİPİ 170
P-axisi: plümeje 12
axianth- 179
P-axisi: plümeje 2
axianth- 79

MAY 5, 1986 06.4172-27.2902 10 DE.



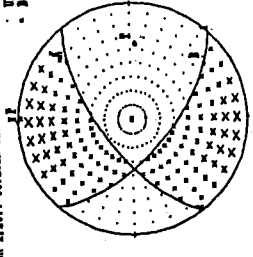
STREK 254
DİPİ 71
BAKİŞ 4
STREK 182
DİPİ 86
BAKİŞ 161
P-axisi: plümeje 11
axianth- 283
P-axisi: plümeje 15
axianth- 116

JUN 5, 1986 06.3122-27.2102 7 DE.

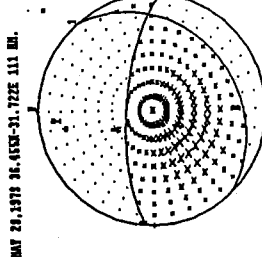


STREK 107
DİPİ 89
BAKİŞ 179
STREK 237
DİPİ 81
BAKİŞ 1
P-axisi: plümeje 8
axianth- 12
P-axisi: plümeje 02
axianth- 02

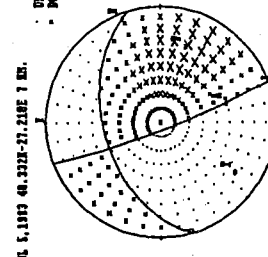
JUN 5, 1977 06.4532-31.7222 111 DE.



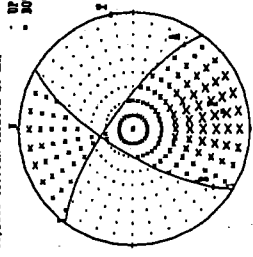
MAY 29, 1979 06.4532-31.7222 111 DE.



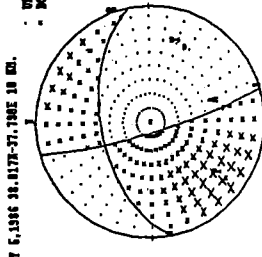
JUN 5, 1983 06.3122-27.2102 7 DE.



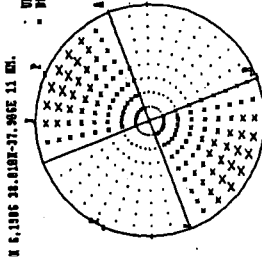
OCT 20, 1983 06.3522-42.1602 16 DE.



MAY 5, 1986 06.4172-27.2902 10 DE.



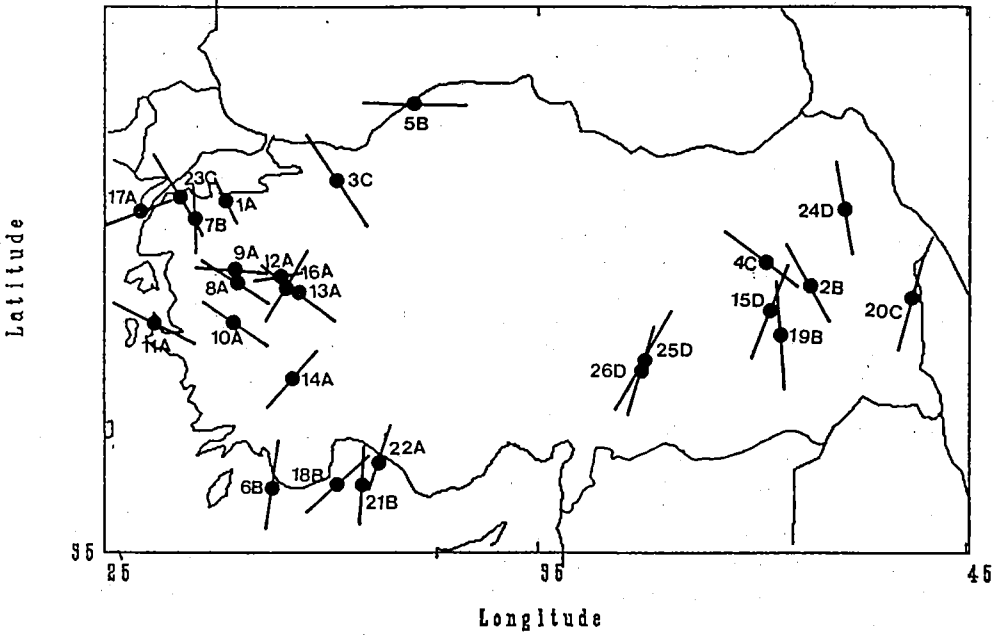
JUN 5, 1986 06.3122-27.2102 7 DE.



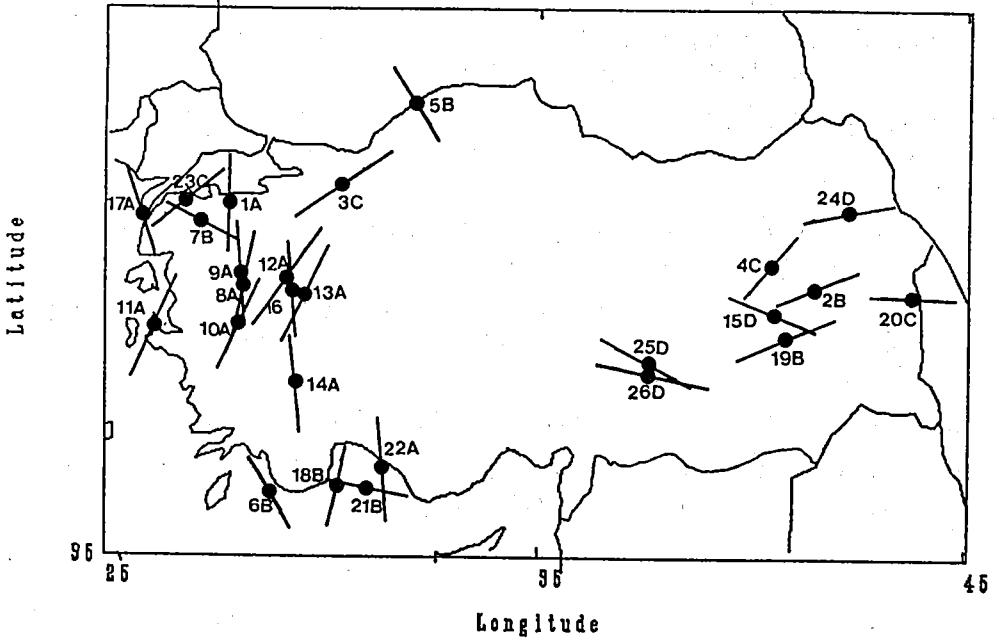
Şekil-4a. P-dalgası çözümleri.

Şekil-4b. CMT çözümleri.

P-axes in TURKIYE (1964-87)



T-axes in TURKIYE (1964-87)



Sekil-5. P ve T eksenleri.

A: Normal fault, B: Reverse fault, C: Right-lateral strike-slip fault, D: Left-lateral strike-slip fault

ACIKLAMA

Bu çalışma 1994 yılında Japonya Kyushu Üniversitesinde Prof. Sadaomi SUZUKI gözetiminde yapılmıştır.

REFERANSLAR

- [1] Ambraseys, N. N., " Some characteristic features of the Anatolian Fault Zone," *Tectonophysics*, 9 (1970), pp. 143-165.
- [2] Ambraseys, N. N. and Zatopek, A., " The Varto-Ustukran (Anatolia) Earthquake of 19 August 1966; summary of a field report," *Bull. Seism. Soc. Am*, Vol. 58, (1968), pp. 47-103.
- [3] Dziewoński, A. M., Chou, T. A. and Woodhouse, J. H., " Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity," *J. Geophys. Res.*, Vol. 86, No. B4,(1981) pp. 2825-2852.
- [4] Dziewoński, A. M., Friedman, A. and Woodhouse, J. H., " An experiment in systematic study of global seismicity: Centroid-Moment tensor solutions for 201 moderate and large earthquakes of 1981," *J. geophys. Res.*, Vol. 88 No. B4. (1983), pp. 3247-3271.
- [5] Dziewoński, A. M., Friedman, A. and Woodhouse, J. H., " Letter Section Centroid-moment tensor solutions for January-March, 1983," *Phys. Earth Planet. Inter.*, Vol. 33, (1983) pp. 71-75.
- [6] Eyidoğan, H., " Rates of crustal deformation in western Turkey as deduced from major earthquakes," *Tectonophysics*, Vol. 148 (1988), pp. 83-92.
- [7] Kasapoğlu, K. E. and Toksoz, M. N., " Tectonic consequences of the collision of the Arabian and Eurasian plates: Finite Element Models," *Tectonophysics*, Vol. 100, (1983), pp. 71-95.
- [8] McKenzie, D. P., " Active Tectonics of the Mediterranean Region," *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, Vol. 30,(1972), pp. 109-185.
- [9] Perinçek, D. and Çemen, I., " The structural relationship between the East Anatolian and Dead Sea fault zones in Southeastern Turkey," *Tectonophysics*, Vol. 172, (1990), pp. 331-340.
- [10] Suetsugu, D., " Practice on focal mechanism," *IISEE Lecture note*, (1993-1994).
- [11] Sykes, A. E., " Mechanism of earthquakes and nature of faulting on the Mid-Oceanic ridges," *J. Geophys. Res.*, Vol. 72, (1967), pp. 2131-2153.

- [12] Şengör, A. M. C., Görür, N. and Şaroğlu, F., " Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In: Strike-slip deformation, Basin Formation and sedimentation," Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Spec.Publ., Vol. 37, (1985), pp. 227-264.
- [13] Taymaz, T., Eyidoğan, H. and Jackson, J., " Source parameters of large earthquakes in the East Anatolian Fault Zone (Turkey)," Geophys. J. Int., Vol. 106, (1991), pp. 537-550.
- [14] Toksöz, M.N., Arpat, E. and Şaroğlu, F., "East Anatolian earthquake of 24 November 1976," Nature (London), Vol. 270, (1977), pp. 423-425.
- [15] Üçer, S.B., Crampin, S., Evans, R., Miller, A. and Kafadar, N., " The MARNET radio-linked seismometer network spanning the Marmara Sea and the seismicity of Western Türkiye," Geophys. J. R. Astron. Soc., Vol. 83 (1985), pp. 17-30.
- [16] Barka, A.A., "The North Anatolian Fault Zone," Annales Tectonicae, Special Issue-Supplement, Vol. VI, (1992), pp. 164-195.

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ YAYIN KOŞULLARI

1. Bültene gönderilecek telif ve tercüme yazıların :
 - a) Depremle doğrudan doğruya, ya da dolaylı yoldan ilgili olması,
 - b) Bilimsel ve teknik bir değer taşınması,
 - c) Yurt içinde daha önce başka bir yerde yayınlanmamış olması,
 - d) Daktilo ile ve kagıdın yalnız bir yüzüne en az iki nüsha olarak yazılmış bulunması,
 - e) Şekillerin aydınlar kağıdına çini mürekkebi ile çizilmiş olması,
 - e) Fotoğrafların net ve klişe alınmasına müsait bulunması gerekmektedir.
2. Telif araştırma yazılarının baş tarafına araştırmanın genel çerçevesini belirten en az 200 kelimelik İngilizce, Fransızca ya da Almanca bir özet konulmalıdır.
3. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı mensubu elemanları tarafından hazırlanan ve telif ya da tercüme ücreti ödenerek yayınlanacak olan yazıların, mesai saatleri dışında hazırlanmış olduğu yazan derleyen, ya da çevirenin bağlı bulunduğu birim amiri tarafından (genel müdürlüklerde daire başkanı, müstakil birimlerde birim amiri) verilecek bir belge ile belgelendirilmesi zorunludur. Bu belge ile birlikte verilmeyen yazılar için ücret ödenmez.
4. Telif ve tercüme ücretleri ancak yazı bültende yayınlandıktan sonra tahakkuka bağlanır.
5. Bültende yayımlanacak yazılara, «Kamu Kurum ve Kuruluşlarınınca Ödenen Telif ve İşleme Ücretleri Hakkında Yönetmelik» esaslarına göre ücret ödenir.
6. Yazılarda bulunan şekiller için, gerekli olan asgari alan içinde bulunabilecek kelime sayısına göre ücret taktir edilir.
7. Yazıların bültende yayınlanması Genel Müdürlüğümüz bünyesinde teşekkül eden Uzmanlar Kurulu'nun kararı ile olur.
8. Seçmeyi yapacak Uzmanlar Kurulu 5. maddede sözü edilen asgari alanları hesaplamaya, yazı sahiplerine gereksiz uzatmaların kısaltılmasını teklif etmeye, verilecek ücretlere esas teşkil edecek kelime sayısını tesbit etmeye ve yazıların yayın sırasını tayine yetkilidir.
9. Kurulca incelenen yazıların bültende yayınlanıp yayınlanmayacağı yazı sahiplerine yazı ile duyurulur.
10. Yayınlanmayacak yazılar bu duyurmadan sonra en geç bir ay içinde sahipleri tarafından geri alınabilir. Bu süre içinde alınmayan yazıların korunmasından Genel Müdürlüğümüz sorumlu değildir.
11. Yayınlanan yazılardaki fikir, görüş ve öneriler tamamen yazarlarına ait olup, Afet İşleri Genel Müdürlüğünü bağlamaz ve Genel Müdürlüğümüzün resmi görüşünü yansıtmaz.
12. Diğer kuruluşlar ve Bakanlık mensupları tarafından bilgi, haber tanıtma vb. gibi nedenlerle gönderilecek not ve açıklamalar, ya da bu nitelikteki yazılar için ücret ödenmez.
13. Genel Müdürlüğümüz mensupları Genel Müdürlükçe kendilerine verilen görevlere ait çalışmalardan ötürü her hangi bir telif ya da tercüme ücreti talep edemezler.