

13 MART 1992 ERZİNCAN DEPREMİ VE ARTÇI SARSINTILARI

Cemil Gürbüz, Ali Pınar, Şerif Barış, Ahmet Mete Işıkara

SUMMARY

The aftershock activity of the 13 March, 1992 Erzincan earthquake that caused strong damage at Erzincan and its surrounding area was monitored using a temporary network comprised of five analog and one digital stations. 3900 microearthquakes were recorded. The earthquakes that were recorded by at least four stations were located using HYPO71 location program. The M_L magnitudes were determined from the digital station. Using these magnitudes as reference duration dependent magnitude equations for the analog stations were derived.

130 digital seismic data were used in analyzing the source properties of the aftershock activity. These data were also used in deriving the quality factor (Q) of the near vicinity. The seismic moments were found to be in the range of 10^{18} - 10^{22} dyne*cm, the source radii were between 150-600 m, the stress drop range was 0.1-75 bars, the relation between seismic moment and M_L was found to be $\text{Log } M_0 = 0.91M_L + 17.24$ and the Q value at 3 Hz. for the region was 8-500.

The aftershock activity took place to the East of Erzincan where North Anatolian and Ovacık faults intersect. This is a sign of movements not only at the NAF but also at the Ovacık fault. The source parameters and Coda-Q studies indicated strong energy absorption at high frequency due to the thick alluvion basin of Erzincan.

ÖZET

Erzincan ve çevresinde büyük hasara yol açan ve odak derinliği beklenenden derin olan 6.8 büyüklüğündeki 13 Mart 1992 tarihli Erzincan depreminin art sarsıntıları bölgede kurulan geçici deprem istasyonları tarafından kayıt edilmiştir. 3900 civarında artçı deprem kayıt edilmiş ve bu depremlerden en az üç istasyonda kayıt edilenlerin HYPO71 ile çözümleri yapılarak episantır ve odak derinlikleri bulunmuştur. Süreye bağlı manyetüd tayinleri yapılmadan önce sayısal deprem istasyon verisinden M_L manyetüd tayini yapılmıştır. Aynı depremi diğer analog kayıt istasyonları da kayıt ettiğinden süreye bağlı manyetüd bağıntısı katsayıları belirlenmiş ve daha sonra manyetüdlere tayin edilmiştir.

Sayısal olarak kayıt edilen 130 depremin spektrumları analiz edilerek dinamik deprem kaynak parametreleri ve bu depremlerden seçilen 75 sayısal veriden yararlanılarak Erzincan ve yöresinin kalite faktör katsayıları ile sönüm özellikleri üç değişik yöntem ile belirlenmiştir. Dinamik kaynak parametreleri: sismik moment 10^{18} - 10^{22} dyne*cm, kaynak yarıçapları 150-600 m, gerilme düşümü 0.1-75 bar, 3 Hz. için Coda-Q değerleri 8-500 ve sismik moment ile M_L manyetüdü arasındaki doğrusal ilişki $\text{Log } M_0 = 0.91M_L + 17.24$ olarak bulunmuştur.

Artçı depremlerin genellikle Erzincan'ın doğusunda ve Kuzey Anadolu Fayı ile Ovacık faylarının kesiştiği bölgede yoğunlaştığı görülmektedir. Deprem aktivitesinin iki fayın kesiştiği bölgede olması Kuzey Anadolu Fayı yanında Ovacık fayının bulunduğu bölgede de yırtılmanın varlığını göstermektedir. Kaynak parametreleri ve Coda-Q çalışmaları sonucunda yüksek frekanslardaki enerjinin büyük ölçüde sönümlendiği ve buna Erzincan havzasındaki kalın alüvyon tabakasının neden olduğu söylenebilir.

B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü
Jeofizik Anabilim Dalı, Çengelköy, 81220 İstanbul

GİRİŞ

13 Mart 1992 Erzincan depremi Erzincan ve çevresinde büyük hasara neden oldu ve Türkiye ile yurt dışında umulmadık ilgi uyandırdı. Bu depremin büyük oranda can ve mal kaybına neden olması ve 28 km gibi beklenmedik bir derinlikte olması ilgiyi artırmıştır. Bir kıta içinde oluşan depremlerde bu derinlikte bir deprem normal değildir. Ana şoku takiben yıkıcı artçı depremler olmuştur. Dört büyük artçı deprem ana şoktan sonraki iki gün içerisinde olmuştur. Bu depremlerin yüzey dalgası manyetüdüleri 5.8, 4.9, 4.5 ve 4.7 dir. Bu depremler bölgede hissedilmiş ve hasarlı olan binaların tamamen yıkılmasına neden olmuştur. Erzincan depremi daha önce oluşan deprem verilerinin istatistiksel değerlerine bakılırsa beklenmiyordu. Erzincan'ın batısında oluşan depremlerin belirli bir oluş periyodu ve batıya doğru göçü gözlenmektedir. Erzincan doğusunda oluşan büyük depremlerde ise belirli bir oluşum periyodu yoktur ve rastgele bir yerde ve zamanda olmaktadır.

Erzincan bölgesi aletsel ve tarihsel döneme ait deprem verilerine bakıldığında her zaman aktif bir yöreyi oluşturmaktadır [19]. Bugüne kadar olmuş en büyük deprem 1939 depremi ($M=8.0$) dir. 1011 yılından bu yana ise şiddeti VIII den büyük 18 deprem olmuştur. Bu depremler şehrin yerleşim merkezinin sürekli yer değiştirmesine neden olmuştur.

Bu çalışmada ana şoktan bir hafta sonra bölgede kurulan geçici deprem istasyonlarından elde edilen artçı depremler incelenmiştir. Bölgenin depremselliği, dinamik kaynak parametreleri ve Coda-Q değerleri araştırılmış ve bölgenin tektonik yapısı ile olan ilişkisi araştırılmıştır. Kaydedilen depremlerin ana şokun artçı depremleri mi yoksa bölgedeki diğer fayların aktivitesinden mi kaynaklandığı çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

ARTÇI SARSINTI ÇALIŞMALARI

Ana şoktan bir hafta sonra Erzincan baseni çevresine, Erzincan şehrinde daha önceden mevcut olan istasyon dışında dört istasyon daha kurulmuştur. 13 Nisan 1992 tarihinden sonra istasyon sayısı altıya çıkarılmıştır. Zaman içerisinde istasyonların yerleri değiştirilmiş ve deprem aktivitesinin dışında kalmaları sağlanmıştır (Şekil 1). Kullanılan aletler Kinematics SSR-1 sayısal kayıtçısı ve analog olarak Kinematics PS-2, iki Sprengnether MEQ-800 ve bir Kandilli yapısı BANA dır. İslî kayıt üzerine kayıt yapan MEQ-800 dışındaki aletler mürekkepli kalem ile kağıt üzerine kayıt alan kayıtçılardır. Kayıtçılara bağlı sismometre düşey bileşen ve doğal frekansı 1 Hz dır.

Sayısal kayıtçı sistemi ile uzun süre ve kısa süre ortalamalarının oranı (LTA/STA) yöntemi ile tetikleme prensibine göre kayıt alınmıştır. P-dalgaları geliş zamanlarının okuması 10 milisaniye doğrulukla okunabilmektedir. Elde edilen okumalara önce yükseklik düzeltmesi uygulanmıştır. İndirgeme düzlemi olarak deniz seviyesi seçilmiştir. Dört tahakalı bir kabuk modeli için HYP071 programı [10] kullanılarak depremlerin episantır ve odak derinlikleri hesaplanmıştır.

İlk verilerden zaman-uzaklık grafikleri oluşturulmuş ve üst kabuğun yapısı bulunmuştur. Tek boyutlu modelleme ile her istasyonun altındaki üst kabuğun yapısı P ve S dalgaları için araştırılmıştır. Yeni kabuk modeli ile yeniden çözümlere gidilmiştir. Episantır çözümleri enaz dört istasyonun kayıt ettiği depremler için yapılmıştır. Kayıt süresi içerisinde 3900 civarında deprem kayıt edilmiş olmasına rağmen bunlardan sadece 400 tanesinin çözümü yapılmıştır. Şekil 1 iki aylık süre içerisinde çözümü yapılan bütün depremlerin episantır dağılım haritasını içermektedir.

Depremlerin manyetüdüleri önce sayısal kayıtçı sisteminin kayıt ettiği depremler için hesaplanmıştır. Kayıtçı sistemin ve sismometrenin büyütmesi ve tepki fonksiyonu bilindiğinden depremlerin gerçek yer hareketi hesaplanmıştır. Buradan M_L yerel manyetüdüleri Wood Anderson eşleniği bağıntısı kullanılarak bulunmuştur. Bu manyetüdülerden hareketle diğer istasyonlar için süreye bağlı manyetüd tayinleri yapılmıştır. Süreye bağlı manyetüd tayininde kullanılan bağıntıdaki katsayılar istatistiksel olarak her istasyon için hesaplanmıştır. Hesaplanan manyetüd değerleri 0.4 ile 4.8 arasında değişmektedir.

Deprem aktivitesi çoğunlukla Erzincan baseninin doğusunda görülmektedir. Depremler Kuzey Anadolu Fay zone boyunca sıralanmışlardır. Esas artçı deprem aktivitesi Kuzey Anadolu Fay zone ile Ovacık fayının kesiştiği bölgede'dir (Şekil 1). Ovacık fayı boyuncada depremlere rastlanmaktadır. Genel olarak deprem aktivitesi zaman ve uzay ortamında değiştiği söylenebilir.

Açılmanın belirli bir zaman içerisinde olması sonucu yüzeyde kesintisiz yırtılma gözükmemektedir.

DİNAMİK KAYNAK PARAMETRELERİ VE CODA-Q

Deplasman genlik spektrumundan deprem kaynak parametreleri elde edilmesi aşağıda verilen bağıntılar yardımıyla yapılmaktadır.

$$Mo = 4\pi\rho V^3 R \Omega_0 / 2R_{pt} \quad (1)$$

$$r = 2.34 V_p / 2f_c \quad (2)$$

$$\Delta\sigma = 7/16 Mo/r^3 \quad (3)$$

Burada Mo =sismik moment, (1) bağıntısı [20] yardımıyla sismik spektrumdan sismik moment hesaplanmaktadır. Burada ρ =ortamın yoğunluğu, V =sismik hız, R =hiposentir uzaklığı, Ω_0 =sismik spektrumun düşük frekanslardaki teğettir, R_{pt} =radiation pattern düzeltmesidir [3].

Oluşan depremlerin sönüm özellikleri ve çeşitli bölgelerin sönüm katsayılarının belirlenmesi yer bilimciler ve inşaat mühendisleri açısından büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda oldukça rağbet gören sönüm ve sönüm özellikleri Coda dalgaları kullanılarak yapılan kalite faktörü çalışmalarıdır. Bu tür çalışmalarda kayıtlara Coda dalgalarının genlik azalım metodu kullanılarak sönüm özellikleri belirlenmektedir. Coda dalgalarından sönüm ve kalite değerlerinin hesaplanmasında [1] tarafından sunulan S-to-S tek geri saçıcı yöntem, [16] tarafından önerilen zaman ortamında tek saçıcı model ve [14], [11] tarafından sunulan frekans ortamında tek saçıcı model kullanılmaktadır. Her üç modelde de Coda dalgalarının ivme zarfı aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır ve çalışmalarda kalite faktörü değerleri bu eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$A(w,t) = C(w) / t \cdot e^{-wt/2Qc(w)} \quad (4)$$

Burada

$C(w)$ ----> Açısal hızla bağlı Coda kaynak faktörü

t -----> lapse time

$Qc(w)$ ----> Kalite Faktörü

Esentepe istasyonunda kullanılan PC-tabanlı sismograf; Kinematics SS-1 sismometresi ve SSR-1 yazılım destekli aletten oluşmaktadır. Alet hız duyarlı olarak çalışmaktadır.

Çalışmada kayıt edilen sayısal veriler hız sismogramı olduğundan entegre ederek deplasman sismogramları elde edilmiştir. Bu esnada aletin motor sabiti bilindiğinden aletin etkiside giderilmiştir. Kullandığımız sismograf yer hareketinin sadece dikey bileşenini kayıt ettiğinden kaynak parametreleri P dalgaları analizinden elde edilmiştir. Spektrumun hesaplanmasında kullanılan pencere boyu ikincil gelen cisim dalgalarından kurtulmak için episantr mesafesine bağlı olarak 1-3 saniye arasında tutulmuştur. S/G oranı yüksek olan veriler kullanıldığından hesaplanan spektrumlardan gürültüleri elemine etmeye gereksinim duyulmamıştır. Veriye "base line" düzeltilmeside uygulanmıştır. Şekil 2 kayıtedilen bir deprem sismogramını ve hesaplanan spektrumu göstermektedir.

Coda değerlerinin hesaplanabilmesi için verilere 1.5, 3, 6, 12, ve 24 Hz merkez olmak üzere bant geçişli süzgeçler uygulanarak, farklı lapse time'lar için Coda dalgalarının RMS (Root Mean Square) genliklerindeki değişimler belirlenmiştir. Daha sonra, uygulanan filtre sonuçlarından doğrusal regresyon yöntemiyle Q değerleri ve RMS değerleri hesaplanmıştır.

Son olarak elde edilen Q değerlerinin frekansa bağlılık derecesi hesaplanarak katsayılar belirlenmiş ve sonuçlar iki boyutlu olarak haritalanmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmada Brune kaynak modeli kullanılarak sismik spektrum parametrelerinden kaynak parametreleri (1-3) bağıntıları vasıtasıyla hesaplanmıştır. Bu tür çalışmalarda S ve P köşe frekansları oranlarına göre sismik kaynak modeli seçilmektedir [5], [6], [12], [17], [9]. S-köşe frekanslarını belirleme imkanımız olmadığından en çok kullanılan Brune modeli kullanıldı. Sismik spektumdaki köşe

frekans değerleri 4-15 Hz. arasında olması sonuçta elde edilen spektrum "site- effect"i değilde kaynağı karakterize ettiğini rahatlıkla söyleyebiliriz [7]. Sismik spektrumlarda gözlenen yüksek frekanslardaki eğim faylanmanın karakteristiği hakkında bilgi verir. Faylanmanın tek bir puls veya birçok puls şeklindeki oluşuna göre eğim 1-3 arasında değişim göstermektedir. Bu çalışmada gözlediğimiz yüksek frekans eğimleri 3-9 arasında idi. Eğimin çok yüksek olması Erzincan hafzasının yüksek frekanslardaki enerjiyi hızla soğurmasından kaynaklanmaktadır. Bu sebepten dolayı kaynak alıcı arasındaki yol için geçerli olan attenuation düzeltmesi yapılmamıştır. Bütün bu bilgilerin işığı altında belirlenen kaynak parametreleri arasındaki ilişkileri şu şekilde verebiliriz.

ML manyetüdü-sismik moment arasındaki ilişki:

$$\text{Log } M_0 = 0.91 M_L + 17.24 \quad (\text{şekil 3.a})$$

Gerilme düşümü-sismik moment arasındaki ilişki:

$$\text{Log } M_0 = 0.46 \text{Ln} (\Delta\sigma) + 19.52 \quad (\text{şekil 3.b})$$

şekil 4.a sismik moment ve kaynak yarıçapı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Bu iki parametre arasındaki ilişki eğer doğrusal ise çalışmada kullanılan bütün depremlerin faylanma mekanizması aynı olduğu söylenebilir. Buna benzer bir alışma İznik civarında meydana gelen depremler için yapılmıştır ve bu iki parametre arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu tespit edilmiştir [15]. Bu çalışmanın sonucuna bakacak olursak (şekil 4.a) kaynak yarıçapının belli bir değerine kadar ilişki doğrusal artmakta ancak daha sonra ilişki doğrusallıktan sapmaktadır. Burada sismik moment değerlerinde aniden bir azalma söz konusudur. Büyük kaynak yarıçapı ve düşük gerilme düşümü olan yerler gevşek, heterojen bölgeleri karakterize etmektedir [8].

Gerilme düşümü- M_L manyetüdü arasındaki ilişki:

$$ML = 0.44 \text{Ln} (\Delta\sigma) + 2.52 \quad (\text{şekil 4.b})$$

Yapılan Coda-Q çalışmasından elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmaktadır. Erzincan ve yöresi için Aki, Sato ve Lee tarafından sunulan değişik modeller kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalar sonucunda yre için en uygun sönüm hesap modeli olarak Sato'nun önerdiği model bulunmuştur.

$$Q_c = Q_0^n$$

Bu bağıntıdaki Q_0 ve n katsayıları için bulunan değerler kullanılan modellere göre :

SATO Model	Deprem-istasyon ifti Sayısı
$n=0.87 \pm 0.12$ $Q_0=82.03 \pm 21.55$	64
LEE Model	
$n=0.85 \pm 0.27$ $Q_0=100.74 \pm 32.40$	59
AKI Model	
$n=1.22 \pm 0.35$ $Q_0=56.46 \pm 20.19$	42

İki boyutlu Coda-Q değerleri şekil 5a, 5b, 5c ve 5d de verilmiştir. Her üç model sonuçlarına göre düşük frekanslarda özellikle 1.5 Hz'de Coda-Q değerlerinin oldukça yüksek çıkması bu frekanslarda

sönümün olmayıp aksine sinyalin kuvvetlendiği şeklinde görülmüştür. Diğer bir sonuç ise çalışılan hemen her deprem-istasyon çifti sönüm değerlerine göre 16 Hz'ten sonra sönümün çok hızlı olduğu şeklindedir. Elde edilen sonuçlara göre hesaplanan Q değerleri Erzincan havzası ile fay izlerinin bulunduğu yörelerde civarlarına göre oldukça düşük bulunmuştur. Bu sonuç tektonik aktivitenin yoğun olduğu yörelerde, heterojen ortamlarda ve süreksizlik bölgelerinde Q değerlerinin düşük olduğu sonuçlarıyla çok iyi bir uyum içersindedir.

SONUÇLAR

Artçı deprem aktivitesi her istasyon için ayrı ayrı yapıldığında, deprem sayısının zaman içerisindeki dağılımı farklı bir grafik çizmektedir. Meteoroloji istasyonu kayıtları Ocak 1992 tarihinden itibaren incelendiğinde hiçbir deprem aktivitesinin olmadığı görülmektedir. Ana şoktan önce öncül depremlere rastlanmamıştır (Şekil 6). Ana şoktan sonra iki ayrı dönemde deprem sayısında bütün istasyonlarda bir artış gözlenmiştir. Aktivitenin en yüksek olduğu yerler Üzümlü ve Çağlayan istasyonlarıdır. Burası Kuzey Anadolu Fay zone ile Ovacık fayının kesiştiği bölgeleri oluşturmaktadır.

Erzincan yöresinde 1881-1992 yılları arasında manyetüdü 4.5'den büyük depremlerin manyetüd-frekans ilişkisine bakıldığında bulunan b değeri (0.56) artçı depremler için bulunan b (0.5) değerine çok yakındır. Büyük depremlerin yenileme periyodları ile artçı depremlerin yenileme periyodları arasında katlamalı bir ilişki olduğu söylenebilir.

13 Mart 1992 Erzincan depremi geçmişte bu büyüklükte olmuş depremlerden bir farklılık göstermektedir. Diğerlerine göre daha derinde ve manyetüdü 5 ve daha büyük artçı depremlere sahip olmasına rağmen sürekli bir yüzey kırığına rastlanmamıştır. Deprem derinde olması ve episantr bölgesinin kalın bir sediment tabaka ile örtülü olması kırılmanın yukarıya kadar gelemediğini göstermektedir. Depremin Kuzey Anadolu Fay zone ile Ovacık fayının kesiştiği ve çekme-açılma geometrisini oluşturduğu bölgede olması sonucu enerji derinlerde yoğunlaşmıştır. Ayrıca ana fay yanında küçük faylarında bulunması enerjinin belirli bir yerde birikmesine mani olmuştur. Ovacık fayı yanında Kuzey Doğu Anadolu fayıda depremden etkilenmiş ve üzerinde deprem aktivitesi gözlenmektedir.

Artçı deprem aktivitesi en fazla Kuzey Anadolu Fay zone ile Ovacık fayının kesiştiği bölgede görülmektedir. Bu bölgede gerilme azalmıştır ama tahmin edilen gerilme birikimi tamamen giderilmiş değildir. Uzun yıllardan beri Ovacık fayı üzerinde büyük bir deprem olmamıştır. Zaman zaman gerilmenin çevrede oluşan depremlerle hafifletilmesi belki de büyük bir depremin oluşumuna neden olacak gerekli gerilim birikiminin oluşturulmasına mani olmaktadır.

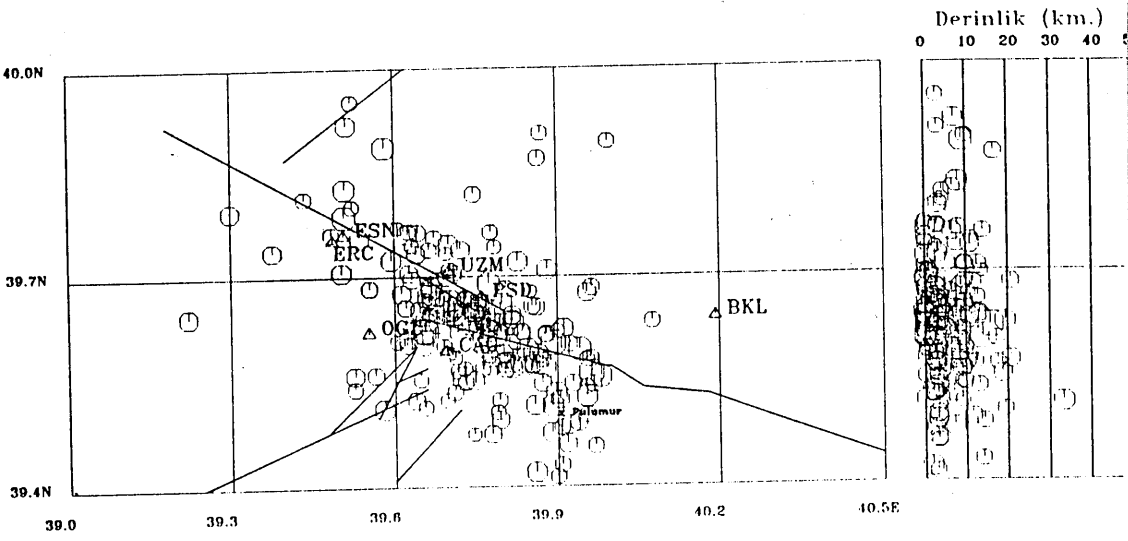
Erzincan bölgesinde meydana gelen depremler iki farklı karakteristiğe sahiptir. Bunlardan bir kısmı heterojenitenin yüksek olduğu, deprem riskinin düşük olduğu yerlerde, diğerleri ise sert, sağlam henüz iyice kırılmamış, deprem riski bakımından yüksek olan yerlerde meydana gelmektedir. Buralarda meydana gelen bazı depremlerin gerilme düşümü 75 bar mertebesine erişmektedir. Bu sismik risk bakımından farklı olan iki bölgeyi ayırt edebilmek için üç bileşenli yoğun bir network'a gereksinim vardır.

Çekilme açılma geometrisinin olduğu bölgede çok karışık Q değerlerinin bulunması bu yörenin süreksizliklerle dolu bir bölge olmasına bağlanmaktadır. Erzincan havzasının kuzeydoğu ucu boyunca oluşan çok sığ depremlerden diğer depremlere oranla çok yüksek Q değerlerinin bulunması yani bu depremlerin düşük sönüm özelliği göstermesi bu yörede yer alan volkanik kökenli kayalarla açıklanabilir. Bölge için elde edilen frekansa bağlı sönüm katsayıları Sato modeli kullanılarak bölgenin tümü için şu şekilde bulunmuştur. Çok karmaşık tektonik ve jeolojik özellik gösteren bu yörede bu tür çalışmalar daha önce yapılmadığı için sonuçları karşılaştırma imkanımız olmamıştır. Çalışmanın diğer bir sonucu ise bölge için 2 ila 16 Hz ler için geçerli olacak şekilde frekansa bağlı bir sönüm özelliği belirlenmiştir. Bulunan değer dünyanın diğer bölgeleri ile karşılaştırıldığında oldukça uyumlu çıkmıştır. Dünyada yapılan sönüm çalışmalarından genellikle n değeri 0.5-1.3 arasında bulunmuştur; [2], [4], [16], [13]. Erzincan yöresi için bulunan n=0.87 değeri görüldüğü üzere kabul edilebilir sınırlar içersindedir. Frekansa bağımlılık derecesi ile bölgenin tektonik aktivitesi arasında doğrusal bir ilişki bulunmakta ve genellikle fay zonlarında, süreksizlik bölgeleri ve heterojenliğin yüksek olduğu yörelerde Coda-Q değerleri frekansa çok bağlı olarak değişmekte; tektonik olarak aktif olmayan

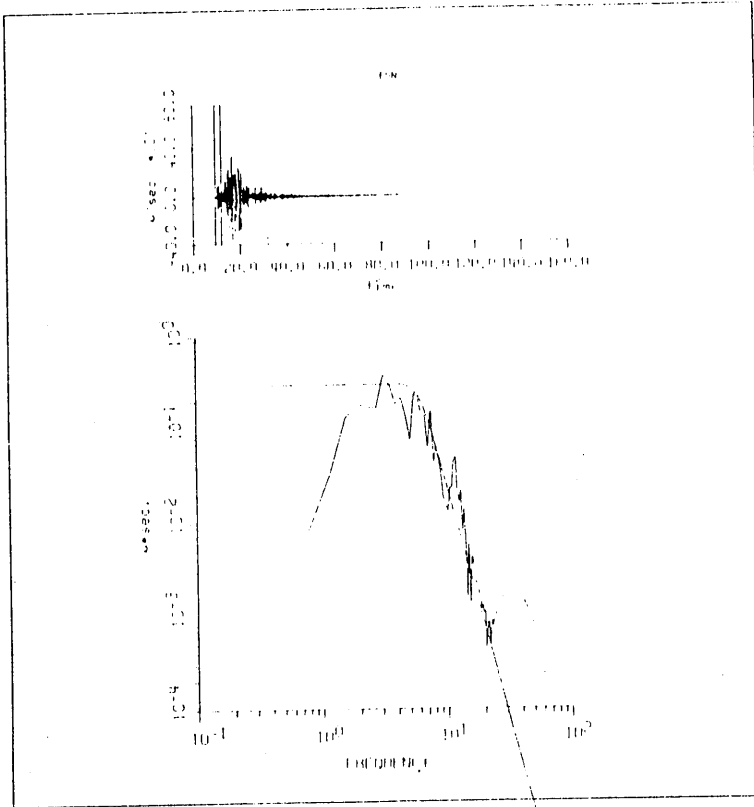
yörelerde ise frekansa bağlılığın derecesi düşük olmaktadır (Örneğin Amerika Kitabı, [18]. Tarafımızdan elde edilen frekansa bağlı Q değerleri bölgenin tektonik rejimi ile iyi uyum içersindedir. Sonuçlar bölgede yanal heterojenliği iyi bir şekilde göstermektedir. Bu arada bu çalışmanın yapılmasında kullanılan bir sayısal istasyon verileri ile bu tür haritanın çok ayrıntılı bilgileri yansıtmayacağı bir gerçektir. İki boyutlu ve/veya üç boyutlu Coda-Q dağılımın bölge için daha sağlıklı belirlenebilmesi için sayısal istasyon sayısının artırılarak alıcı-kaynak çiftlerinin artırılması gerekmektedir. Tek istasyon kullanmanın avantajı ise bu tür çalışmalarda en önemli sorun olan site effect etkisinden bağımsız olmaktır. Çoklu istasyon verileri kullanılarak yapılacak çalışmalarda özellikle site effect etkisinin ayrıntılı olarak çalışılmasında çok büyük yarar vardır.

KAYNAKLAR

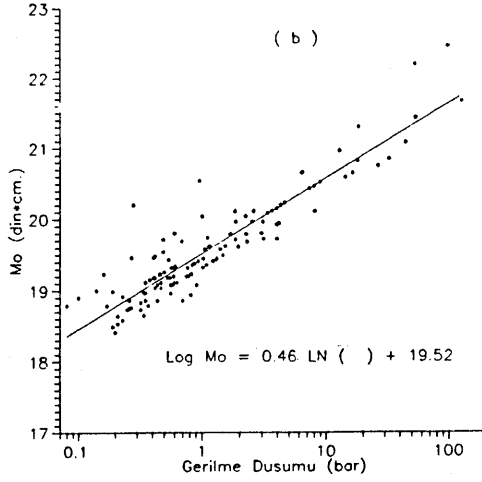
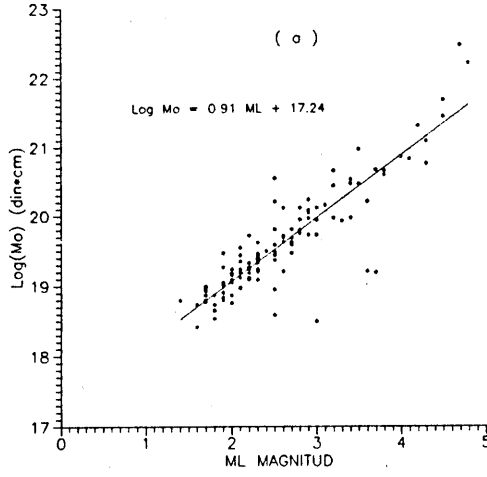
1. Aki, K. and B., Chouet, 1975 Origin of coda waves: source attenuation and scattering effects, J. Geophys. Res., 80, 3322-3342.
2. Aki, K., 1980. Scattering and attenuation of shear waves in the lithosphere, J. Geophys. Res., 85, 6469-6504.
3. Aki, K. & Richards, P. G., 1980. Quantitative Seismology: Theory and Methods, Freeman, San Francisco.
4. Ambeh, B. W. and J.D. Fairhead, 1989. Coda-Q estimates in the Mount Cameroon volcanic region, West Africa, Bull. Seis. Soc. Am., 79, 1589-1600.
5. Brune, J. N., 1970. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes, J. Geophys. Res., 75, 4997-5009.
6. Brune, J. N., 1971. Correction to tectonic stress and the spectra of seismic shear from earthquakes, J. Geophys. Res., 76, 5002.
7. Frankel A., Wennerberg L., 1989. Microearthquake spectra from the Anza, California, Seismic Network: Site response and source scaling. Bull. Seism. Soc. Am., 79, 581-609.
8. Gihowicz, S. J., 1973. Stress drop and aftershocks, Bull. Seism. Soc. Am., 63, 1433-1446.
9. Hanks, T. C. & Wyss, M., 1972. The use of body wave spectra in the determination of seismic source parameters, Bull. Seism. Soc. Am., 62, 561-589.
10. Lee, W.K.H. and Lahr, J., 1975. HYPO71 (Revised), A computer program for determining hypocenter, magnitude and first motion pattern of local earthquakes, U.S.G.S., Open File Report.
11. Lee, W.H., Aki, K., Chouet, B., Jhonson, P., Marks, S., Newberry, J.T., Ryall, A.S., Stewart, S.W. and Tottingham, D.M., 1986. A preliminary study of coda-Q in California and Nevada, Bull. Seis. Soc. Am., 76, 1143-1150.
12. Madariaga, R., 1976. Dynamics of an expanding circular faults, Bull. Seism. Soc. Am., 66, 639-666.
13. Mitchell, B. J., 1981. Regional variation and frequency dependence of Q in the crust of the United States, Bull. Seism. Soc. Am., 71, 1531-1538.
14. Phillips, W.S. and K. Aki, 1986. Site amplification of coda waves from local earthquakes in central California, Bull. Seism. Soc. Am., 76, 627-648.
15. Pınar, A., Gürbüz, C., Üçer, S. B., Barış, Ş. and İlio Y. 1992. Source parameters of earthquakes surrounding the İznik-Mekece fault line. Multidisciplinary Research on Fault Activity in the Western part of the NAFZ(4), Ed. A.M. İfikara and Y. Honkura, Bo/aziçi University.
16. Sato, H., 1977. Energy propagation including scattering effects; single-isotropic approximation, J. Phys. Earth, 25, 27-41.
17. Savage, J. C., 1972. Relation of corner frequency to fault dimensions, J. Geophys. Res., 77, 3788-3795.
18. Singh S. and R.B.Herrmann, 1983. Regionalization of crustal coda-Q in the continental United States, J. Geophys. Res., 88, 527 - 538.
19. Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D. and Altınok, Y., 1981. Historical earthquake catalogue of Turkey and its vicinity. TUBITAK Res. Fund TBAG 341, 122pp.
20. Thatcher, W. & Hanks, T. C., 1973. Source parameters of southern California earthquakes, J. Geophys. Res., 78, 8547- 8576.



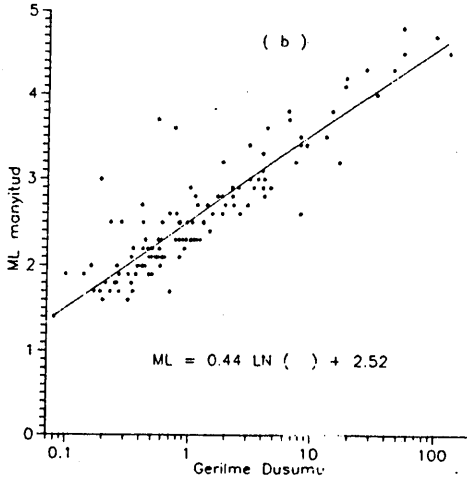
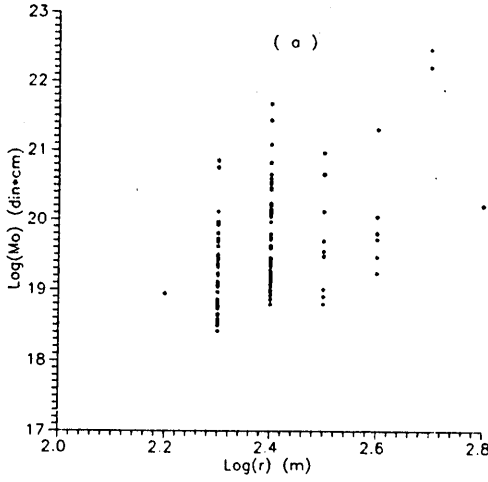
Şekil 1. 24.03.1992-8.05.1992 Erzincan artçı depremleri ve istasyonların yerleri.



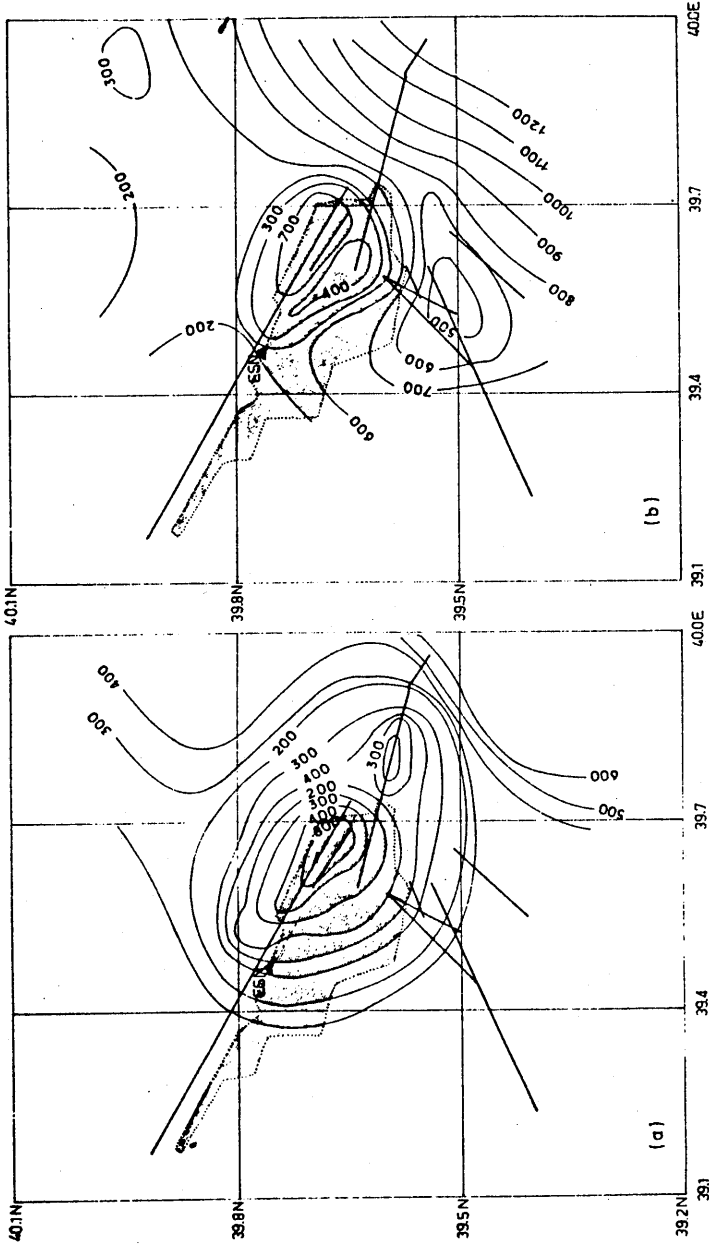
Şekil 2. Kayıt edilen bir deprem örneği. Dikdörtgen kare içinde yer alan sismigram parçası P-spektrum hesabında kullanılmıştır. Şeklin alt kısmında hesaplanan ve gözlenen spektrumlar yer almaktadır.



Şekil 3.a ML magnitüdü ve sismik moment arasındaki ilişkiyi göstermektedir, 3.b gerilme düşümü ve sismik moment arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 4.a Sismik moment ve kaynak yarıçapı arasındaki ilişkiyi göstermektedir, 4.b gerilme düşümü ve ML magnitudü arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 5.a, b, Sato modeli için; $a=1.5$, $b=3.0$, Hz frekanslarında Q_c değerlerinin iki boyutlu dağılımını göstermektedir.