

DOĞU ANADOLU'DA SOĞURULMA

ATTENUATION IN EASTERN ANATOLIA

Ufuk AYDIN¹, Azer KADİROV¹

Atatürk Üniversitesi, Deprem Araştırma Merkezi, 25240-ERZURUM

ÖZ: Atatürk Üniversitesi Deprem Araştırma Merkezi'ne ait (AÜDAM) Oltu istasyonunun da kaydedilmiş 51 adet yakın alan deprem verisinin P dalgası en büyük genlikleri kullanılarak Doğu Anadolu için soğurulma çalışması yapılmıştır. Depremlerin magnitüdleri (M_L) 3.1-5.9 ve episentr uzaklıklar (Δ) 53.6-245.7 km arasında değişmektedir. Deprem kayıtlarından okunan P dalgası en büyük düşey bileşen genlikleri okunmuş ve alet düzeltilmesi yapılmıştır. Genlik-Magnitüd ilişkisi temeline dayanılarak klasik magnitüd formülünde sinyal uzunluğu yerine sismograflardan okunan P dalgası en büyük genlik değerleri kullanılmıştır. Her bir deprem için oluşturulan denklem sistemi, en küçük kareler yöntemi ile çözülmüştür. Böylece Doğu Anadolu Oltu istasyonu için yeni bir magnitüd formülü oluşturulmuştur: $M_L=0.6764\log A+0.0055\Delta+4.2572$. Bu formülden yararlanarak, genlikler üzerinde magnitüd etkisini gidermek için $M_L=4.0$ 'e göre magnitüd normalizasyonu işlemi yapılmıştır. Doğu Anadolu için soğurulma katsayısı $\gamma=0.0187 \text{ km}^{-1}$ ve kalite faktörü $Q=27.37$ olarak bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Doğu Anadolu Bölgesi, Kalite faktörü, Sismik dalga, Soğurulma.

ABSTRACT: P waves with greatest amplitudes of 51 near field earthquake data had been recorded in Oltu station run by Atatürk University Earthquake Research Center (AUERC) were used for the determination of attenuation in Eastern Anatolia. The interval of magnitudes (M_L) and the epicenter distances (Δ) of the earthquakes used in this study are 3.1-5.9 and 53.6-245.7 km respectively. The greatest amplitudes of the P waves vertical components read on the earthquake records were used and instrumental correction was carried out. Based on the relationship between amplitude and magnitude, P wave amplitude values read on the vertical component seismograms were used instead of signal duration given in the classical magnitude formula. The linear equation system formed for each earthquake was solved by using the least-squares method. As a result, a new magnitude formula for the Oltu Station in Eastern Anatolia region was developed as $M_L=0.6764\log A+0.0055\Delta+4.2572$. Utilizing this formula, the magnitude normalization process for a reference value of $M_L=4.0$ was performed in order to remove the effect of the magnitudes on the amplitudes. The attenuation coefficient $\gamma=0.0187 \text{ km}^{-1}$ and quality factor $Q=27.37$ were obtained use for Eastern Anatolia.

Key words: Eastern Anatolia region, Quality Factor, Seismic wave, Attenuation.

GİRİŞ

Bir bölgede deprem risk analizi ana hatlar ile kaynak ve ortam olmak üzere iki grupta incelenir. Birinci grup için sismik kaynak zonlarının lokasyonu, dağılımı, boyutları, deprem odak derinliği, büyük depremlerin tekrarlama sıklığı ve deprem odak mekanizmasının incelenmesine gereklidir. İkinci grup için ise sismik dalgaların geçtiği ortamların soğurulma özellikleridir. Sismik dalgaların yayılma hızı ve soğurulması önemli parametre sismik dalga hızı ve soğurulmasıdır. Sismolojinin uygulama alanından biri de yakın alan deprem verilerinden yararlanarak yer için soğurulma özelliklerinin araştırılmasıdır. Soğurulma çalışmaları ayrıca bize kabuk yapısı hakkında da bilgi verir. Sismik

enerjinin soğurulması, sismik dalganın kırılması, yansımaları, saçılması, yeri oluşturan malzemenin yoğunluğu, iç yapı, anelastisitesi, fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilişkilidir.

Türkiye gibi çok aktif tektonizmaya sahip bir bölge için soğurulma çalışmaları hem bölgenin depremselliğinin belirlenmesi için ve hem de deprem zonlarının özelliğinin belirlenmesi için çok önemlidir. Soğurulmanın sıhhatli bir tespitini yapılabilmesi için bazı parametrelerin incelenmesi gerekir. Bunlar yerin iç yapı, kimyasal bileşimi, rijiditesi, akustik empedansı, sismik dalga dispersionu, suya doygunluğu, gevşek malzemenin tane büyüklüğü gibi birçok parametre dalga

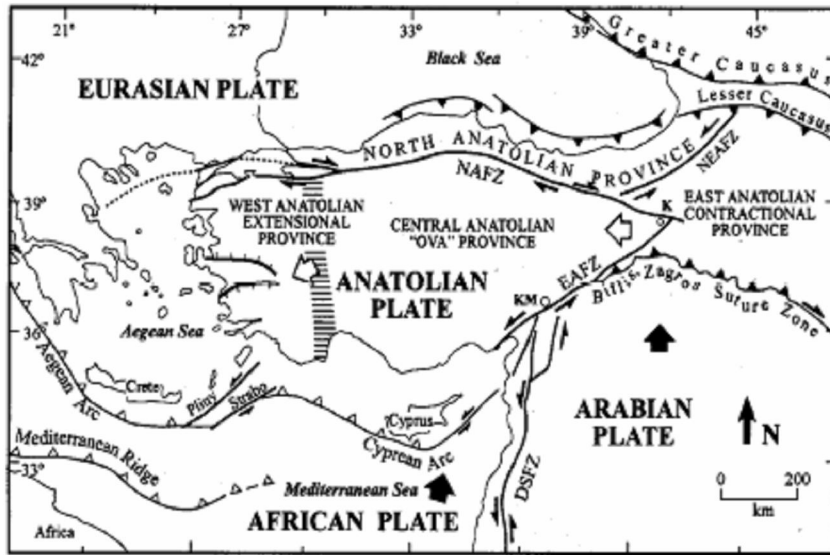
enerjisinin azalmasına etki eden faktörlerdir. Kalite faktörü ve sönüm oranlarının tespiti için laboratuvar yöntemleri kullanılabilir ancak bu değerler sismik açıdan bölgesel magnitüd hesaplamaları için kullanılabilir. Çalışmanın amacına uygun olması için çalışmada kullanılan sismik hız değerlerinin o bölge için elde edilmiş sismik hız değerleri olması gerekir. Bu düşünceyle çalışmada kullanılan 51 depremden P hızı hesaplanarak (Şekil 5) kullanılmıştır.

Soğurulma ile ilgili olarak, Bat Anadolu için koda dalgalarıyla Akıncı (1994), Doğu Türkiye için Lg fazlarının soğurulması Püskülcü (1996), Erzincan bölgesinin S ve koda dalgaları ile soğurulma çalışması Akıncı ve Eyidoğan (1996), Türkiye geneli için Sn ve Lg dalgaları yardımıyla Gök ve Türkelli (2000) tarafından yapılmıştır. Doğu Anadolu'da P dalgaları ile yakın alan depremlerinin soğurulması Sertçelik ve Kenar, (2001). Sn dalgaları kullanılarak Anadolu, İran

platosu ve yakın çevresi için soğurulma çalışması Gök R. ve diğ. (2003) tarafından yapılmıştır.

DOĞU ANADOLU'NUN SİSMOTEKTONİĞİ

Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), kuzeydoğudan Karlıova'dan (K) başlayarak güneybatıda Kahramanmaraş'a (KM) kadar uzanan, yaklaşık KD-GB doğrultulu, sol yönlü doğrultu atımlı bir fay zonudur (Şekil 1). Karlıova'da Kuzey Anadolu Fay Zonuyla (NAFZ), Kahramanmaraş'ta ise Türkoğlu civarında Ölü Eklemleri oluşturur. Bu iki nokta arasındaki uzunluğu yaklaşık 400 km'dir. DSFZ, transform bir fay niteliğinde olup Arabistan-Afrika ile Anadolu-Avrasya plakaları arasındaki sıkışmayı yanıl bir hareketle karşılar. (Arpat ve Şaroğlu, 1972; Jackson ve McKenzie, 1984; Şengör ve diğ., 1985; Muehlberger ve Gordon, 1987; Lyberis ve diğ., 1992; Şaroğlu ve diğ., 1992; Westaway, 1994; Westaway, 2003).



Şekil 1: Türkiye'nin önemli neotektonik bölgeleri ve yapıları. (Şengör ve diğ., 1985).

Figür 1: The important Neotectonic regions and structures of Turkey

Doğu Anadolu fayının Ermenistan'a doğru olan uzantısı ve Varto segmentine paralel ve aynı doğrultuya sahip Çaldıran fayı gibi faylar ile ana güncel fayın Türkiye içerisine olan uzantısıdır. (Demirtaş ve Yılmaz, 1992; Demirtaş, 1994). Doğu Anadolu fayının Karlıova ile Ermenistan arasında kalan bölümü Kuzeydoğu Anadolu Fay Zonu (NEAFZ) olarak bilinmektedir. Geniş bir kesme zonu olan Kuzeydoğu Anadolu fayı, birbirlerine paralel olarak gelişmiş KD-GB doğrultulu, sol yönlü ve ters bileşenli birçok kısa fay segmentlerinden meydana gelir. Bu faylar, 15-20 km uzunlukta Kelkit fayı, Erzincan'ın hemen kuzeybatısından başlayan ve kuzeydoğuya doğru 15 km devam eden Akdağ fayı, Tortum güneybatısı ile Aşkale

ilçesi arasında uzanan Aşkale fayı, Çat civarından başlayan, Erzurum, Dumlupınar, Tortum ve Oltu boyunca uzanan Dumlupınar fayı ile Tekman ile Gaziler arasında uzanan Çobandede faylarıdır (Gülkan ve diğ., 1993). Kuzeydoğu Anadolu fayı ile Karlıova-Muradiye arasında yer alan bölgede, KB-GD doğrultulu kısa uzunluklara sahip olan sağ yönlü doğrultu atımlı faylar yer alır. Bu bölge, 100 km uzunlukta Balıkgölü fayı, 55 km uzunlukta Çaldıran fayı, 50 km uzunlukta Doğubeyazıt fayı, 50 km uzunlukta Tutak fayı ve 85 km uzunlukta Karayazı fayından oluşur (Gülkan ve diğ., 1993). Karlıova üçlü birleşim noktasının yakınında, Kuzey Anadolu fayı ile Doğu Anadolu fayının periyodik olarak birbirlerini ötelemesi sonucu, KB-GD

ve KD-GB doğrultulu kısa uzunluklarda sağ ve sol yönlü doğrultu atımlı fay takımları gelişmiştir. Karlıova birleşim noktası ile Muradiye arasında kalan bölümde, Malazgirt'in doğusunda 20 km uzunlukta KD-GB doğrultulu sol yönlü Malazgirt fayı ve Erciş ile Adilcevaz arasında uzanan 30 km uzunlukta sol yönlü Süphan fay yer almaktadır. Diğer taraftan KB-GD doğrultulu ve sağ yönlü 20 km uzunlukta Erciş fayı ile Muradiye ilçesinin hemen yakın kuzeydoğusu ile İran sınırları arasında uzanan 45 km uzunlukta Hasan-Timur gölü fayları bulunmaktadır (Gülkan ve diğ. 1993). Bu bölge içerisinde incelenen en güneydeki bölgeyi Bitlis Bindirme Kuşağı meydana getirir. Bu kuşak, Arap plakası ile Avrasya plakası arasında yer alan Neotetis'in güney kolunun Serravaliyen sonunda kapanması sonucu oluşmuştur. Doğu Anadolu sıkışma bölgesinde 1900-1995 yılları arasında hasar yapıcı ve yüzey kırığı meydana getirmiş toplam 22 deprem ($M_s \geq 5.5$) olmuştur. Bunlardan 5 deprem, Kuzeydoğu Anadolu fayı üzerinde meydana gelirken, diğer 9 deprem, Kuzeydoğu Anadolu fayının güneyinde yer alan faylar ile Karlıova-Muradiye arasında yer alan diğer iki bölgede meydana gelmiştir. En güneyde yer alan Bitlis Bindirme Kuşağı üzerinde oluşmuş tek deprem, $M_s=6.6$ olan 1975 Lice depremidir. Diğer yandan Kafkaslarda yer alan bindirme faylarının oldukça diri olup ve bu faylar, Doğu Anadolu fayının Ermenistan'a doğru olan uzantıları şeklinde yorumlanmaktadır. (Tirifonov, 1995).

KULLANILAN VERİLER

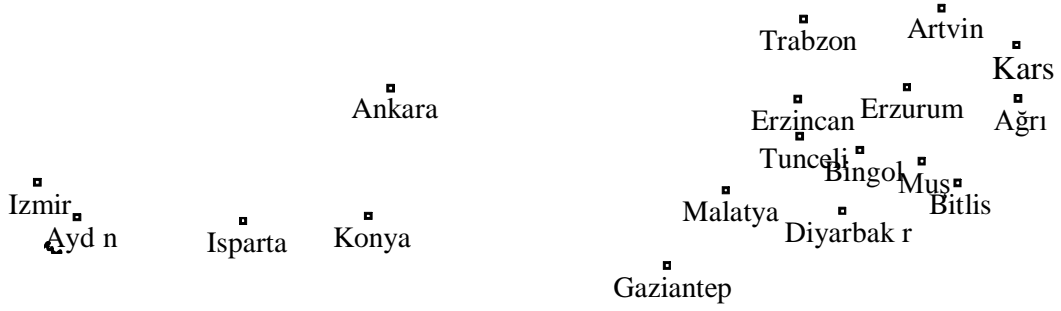
Doğu Anadolu'da elastik dalgaların soğurulmasını incelemek için Atatürk Üniversitesi Deprem Araştırma Merkez Müdürlüğü Oltu istasyonunda kaydedilmiş 51 adet deprem kaydı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler 40.5658° K- 42.0066° D koordinatlarına yerleştirilmiş CMG-3T model bir sismometre ile kaydedilmiştir. Sismometrenin konumu değişmediği için kot düzeltmesi yapılmamıştır. Çalışma için seçilen bölgedeki 51 deprem 38.99° - 40.28° K enlemleri ve 39.78° - 42.63° D boylamları arasında kalan alanda oluşmuştur.

Depremlerin episantr uzaklığı 53.6-245.7 km ve magnitüdüleri 3.1 ile 5.9 arasında değişmektedir (Tablo 1). Bütün kayıtlar aynı sismometre ile yapıldığı halde bölgede yapılacak başka soğurma çalışmalarda kullanabilmesi için alet düzeltmesi yapılmıştır. Çalışmada kullanılan kayıtların alındığı bölgenin sınırları Şekil 2'de, depremlerin episantr dağılımları da Şekil 3'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Çalışmada kullanılan depremlerin listesi.

Table 1: List of the Earthquakes Used in the Research.

No	Tarih (gü.ay,y l)	Zaman (sa.da.sn.)	Enlem (derece)	Boylam (derece)	H (Km)	M_L
1	08.05.2001	03:39:25	39,1400	41,5900	11	3,1
2	29.05.2001	13:14:27	39,9100	41,3200	8	4,3
3	29.05.2001	14:15:53	39,7800	41,5200	10	4,5
4	20.08.2001	18:50:40	40,0100	42,0000	6	4,4
5	12.03.2003	04:32:29	40,1100	42,6100	1	3,9
6	28.10.2003	02:48:13	39,9400	41,4800	1	3,6
7	13.11.2003	02:26:31	40,1000	41,8500	2	3,1
8	12.12.2003	04:46:57	39,9900	42,6300	7	3,3
9	04.01.2004	23:30:01	39,1300	42,1300	5	3,4
10	28.03.2004	04:15:25	39,7778	41,1060	3	4,0
11	28.03.2004	04:26:32	39,7538	41,0100	4	4,0
12	10.04.2004	11:53:49	39,9769	40,8778	6	3,7
13	10.04.2004	13:45:48	40,0560	40,9142	6	3,7
14	13.04.2004	16:04:43	39,9100	40,9000	2	3,7
15	17.04.2004	17:51:49	40,0300	40,9300	8	3,8
16	23.04.2004	13:49:22	40,2848	41,2346	1	3,6
17	26.04.2004	23:26:04	40,0937	40,8754	8	3,5
18	01.05.2004	19:48:53	39,7894	40,8769	3	4,2
19	09.05.2004	22:28:13	40,2412	41,5243	9	3,7
20	13.05.2004	10:17:29	39,8163	40,8055	11	3,7
21	14.05.2004	19:24:28	40,0206	40,9796	8	3,8
22	08.07.2004	11:44:42	39,5626	41,1506	4	3,8
23	17.07.2004	18:06:25	38,9900	40,3800	10	3,9
24	20.07.2004	13:16:42	40,0003	40,8418	5	3,8
25	28.11.2004	16:07:26	40,1836	40,7813	6	3,5
26	04.12.2004	10:16:26	39,9315	40,8458	4	4,4
27	07.01.2005	05:38:56	40,1184	40,8282	5	3,7
28	14.01.2005	01:07:20	40,0758	40,6340	2	3,8
29	17.01.2005	17:33:32	39,7978	40,8801	7	4,1
30	12.03.2005	07:36:10	39,4165	40,8672	7	5,6
31	12.03.2005	09:06:19	39,4421	40,8395	9	3,5
32	14.03.2005	01:55:57	39,4186	40,8183	10	5,9
33	14.03.2005	04:58:07	39,3734	41,0492	16	4,5
34	15.03.2005	00:42:08	39,4497	40,8180	14	3,7
35	15.03.2005	06:07:01	39,4656	40,7861	8	3,8
36	15.03.2005	20:31:06	39,3966	40,9341	3	4,1
37	15.03.2005	22:06:58	39,4417	40,7885	2	3,9
38	16.03.2005	04:19:22	39,3728	40,9294	5	3,8
39	18.03.2005	12:42:38	39,4371	40,8457	11	4,0
40	18.03.2005	13:53:46	39,4947	40,6687	4	4,1
41	23.03.2005	21:44:52	39,4164	40,8094	12	5,4
42	23.03.2005	23:15:08	39,4667	40,7964	11	3,7
43	24.03.2005	11:27:10	39,3978	40,8859	6	3,8
44	25.03.2005	06:13:39	39,4765	40,7341	10	3,9
45	28.03.2005	12:44:34	39,4793	42,0471	6	3,5
46	31.03.2005	20:29:41	39,2746	39,7891	10	3,8
47	01.06.2005	08:29:21	40,1746	40,9589	5	3,7
48	07.06.2005	20:58:06	40,0498	42,2449	1	3,6
49	10.08.2005	08:58:15	39,0636	41,1627	7	4,2
50	13.08.2005	01:23:09	39,3925	41,0841	14	3,7
51	02.09.2005	14:06:18	39,9178	42,0505	5	3,6



Şekil 2: Çalışma alanının kesik çizgile ile gösteren harita.
Figure 2: Study area location map showing dotted line.

Şekil 3: Deprem episantrları (içi boş daireler) ve Oltu istasyonunun konumu (▲) gösteren harita.
Figure 3: The map showing earthquake epicenters (open circle) and location of Oltu station (▲).

YÖNTEM

Bir cisme ω frekans ile periyodik olarak gerilme uygulandığında Q ,

$$1/Q(\omega) = -\Delta E / 2\pi E \quad (1)$$

olarak tanımlanır. Burada, E , cisimde depolanan strain (Makaslama) enerjisi, $-\Delta E$, her bir dönümdeki enerji kaybıdır. Bu enerji kaybı cismin tam elastik olmasından dolayı meydana gelir. Q , boyutsuz bir büyüklüktür.

Soğurmanın doğrusal bir olay olduğu konusunda varsayım yapılsa, bu anlamda dalga Fourier bileşenlerine ayrılır ve bileşenlerinden her biri yukarıdaki 1 ve 2 şıklarındaki yöntemlerle incelendikten sonra Fourier analizi, gerçek sismik sinyaller üzerinde soğurmanın en doğru etkisini verecektir (Aki ve Richard, 1980). Buradan logaritmik azalma,

$$\delta = \ln(A_1 / A_2) \quad (2)$$

A_1 ve A_2 iki farklı uzaklıkta ki genliklerdir, δ ise soğurulma katsayısıdır. (2) bağıntısı seriye açıldığında,

$$\delta = (A_1 - A_2 / A_1) + \frac{1}{2}(A_1 - A_2 / A_1)^2 + \dots \quad (3)$$

elde edilir ve ayrıca eğer soğurma büyük ise (3)' teki yüksek dereceli terimler ihmal edilebilir.

$$\delta = A_1 - A_2 / A_1 = [(A_1 - A_2)(A_1 + A_2) / A_1(A_1 + A_2)] \quad (4)$$

$$\delta = \frac{A_1^2 - A_2^2}{2A_1^2} \quad (5)$$

olarak yazılabilir. Dalganın enerjisi, genliğin karesiyle oranlı olduğundan,

$$\delta = \Delta E / 2E \quad (6)$$

elde edilir. Diğer yandan (2) numaralı bağıntının kullanılmasyla aşağıdaki logaritmik azalma faktörü yazılabilir.

$$\delta = \ln(A_0 e^{-\gamma r_1} / A_0 e^{-\gamma r_2}) = \ln e^{\gamma(r_2 - r_1)} = \gamma(r_2 - r_1) \quad (7)$$

Logaritmik azalma bir dalga boyu mesafedeki logaritmik genlik azalmasını ifade eder.

$$\delta = \gamma \lambda = \gamma V / f \quad (8)$$

Burada λ dalga boyu, V hız, f frekans'tır. (1) ve (8) kullanıldığında,

$$1/Q = \Delta E / 2\pi E = \delta / \pi = \gamma V / \pi f \quad (9)$$

elde edilir. Buna göre,

$$\gamma = \pi f \int ds / QV \quad (10)$$

$$A = A_0 e^{-\pi \cdot f \int ds / QV} \quad (11)$$

fiziksel olarak Q^{-1} , her bir devirdeki (km,sn) kaybolan enerjinin toplam enerjiye oranıdır.

Soğurma katsayısı (γ) ile kalite faktörü (Q) arasında bir ilişki kurulabilir. Sismik dalgalar yer için de yol alırken kaybolan enerjileri nedeni ile etkileri azalır. Kaynaktan alıcıya kadar aldığı yol boyunca enerjisi azalan dalganın kalitesi de azalır. Soğurulma ne kadar çok ise dalga kalitesi de o kadar kötü olur. Kalite faktörü ile soğurma ters orantılıdır. Aralarındaki bağıntı:

$$Q = \frac{\pi \cdot f}{\gamma \cdot V} \quad (12)$$

Bu bağıntıda; f frekans, V dalga hızı, Q kalite faktörü, γ soğurma miktarıdır. Yukarıda görüldüğü gibi soğurma, Dalga frekansına, Ortamın elastik dalga hızına, Ortamın kalite faktörüne bağlıdır. Soğurma katsayısı (γ) arttıkça, kalite faktörü (Q) o kadar azalmaktadır.

BULGULAR

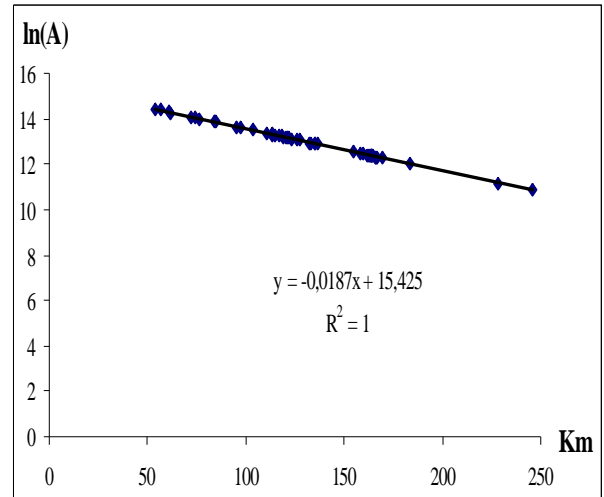
$M_L = a \log(A) + b\Delta + c$ formülünde 51 değer için P dalgası maksimum genlik değerleri (A), magnitüd (M_L) ve episantr uzaklığı (Δ) değerleri yerlerine koyularak en küçük kareler yöntemi ile bölgesel katsayılar $a=0.6764$, $b=0.0055$, $c=4.2572$ olarak hesaplanmış ve Oltu istasyonu için formül;

$M_L = 0.6764 \log(A) + 0.0055\Delta + 4.2572$ olarak yeniden düzenlenmiştir.

Yapacağımız hesaplamalarda genlikler üzerinde magnitüd etkisini gidermek için tüm depremlerin magnitüdü $M_L = 4$ olarak magnitüd normalizasyonu yapılmıştır.

$$4 = 0.6764 \log(A) + 0.0055\Delta + 4.2572$$

burada episantr uzaklığı (Δ) kullanarak düzeltilmiş genlik değerleri (A) bulunmuştur ve $\ln(A) - \Delta$ (Km) grafiği çizilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4: $\ln(A) - \Delta$ (Km) grafiği.

Figure 4: $\ln(A) - \Delta$ (Km) Diagram.

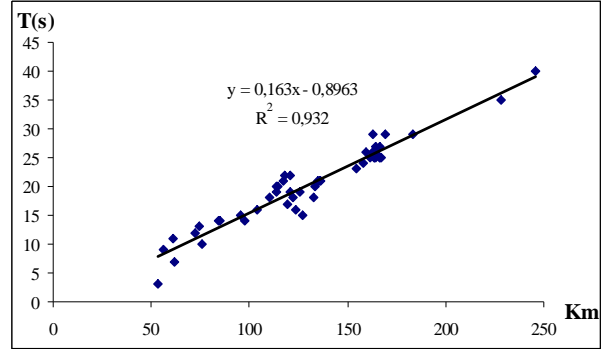
(11) denklemini $A = A_0 e^{-\Delta \gamma}$ şeklinde yazabiliriz. Buradan $\ln A = \ln A_0 - \Delta \gamma$ doğru denklemden (Şekil 4), $\gamma = 0.0187$ ve $A_0 = e^{15.425} = 5000262 \cdot 10^{-6}$ m olarak bulunur.

Tablo 2: Çalışmada kullanılan depremlerin P dalgası ilk varış zamanı (T(s)), episentr uzaklığı (Δ(km)), alet düzeltmesi yapılmış genlik değerleri (A) ve normalizasyonu yapılmış genliği (ln(A)).

Table 2: First arrival time of P wave (T(s)), epicenter distance (Δ (km)), corrected amplitude values (A), and normalized amplitudes (ln (A)) of the earthquakes used in the study.

No	T(sn)	Δ(km)	A(mikron)	ln(A)
1	29	163	239176	12,4
2	15	95	839374	13,6
3	14	98	806828	13,6
4	7	62	1578596	14,3
5	13	74	1249064	14,0
6	14	84	1038617	13,9
7	3	54	1836889	14,4
8	14	85	1020249	13,8
9	26	160	252426	12,4
10	17	119	538301	13,2
11	15	127	464333	13,0
12	19	121	522870	13,2
13	19	113	600073	13,3
14	16	123	498477	13,1
15	20	114	597246	13,3
16	10	76	1204617	14,0
17	20	115	588245	13,3
18	20	133	414084	12,9
19	9	56	1742492	14,4
20	21	136	390601	12,9
21	18	110	634201	13,4
22	21	135	397965	12,9
23	35	228	70368	11,2
24	18	122	509528	13,1
25	22	118	549417	13,2
26	19	126	474637	13,1
27	21	117	560293	13,2
28	21	135	401176	12,9
29	18	132	420493	12,9
30	25	164	234601	12,4
31	26	163	237293	12,4
32	25	166	223413	12,3
33	24	158	261198	12,5
34	25	164	234587	12,4
35	27	164	232082	12,4
36	25	162	243249	12,4
37	27	166	224238	12,3
38	25	164	232677	12,4
39	26	163	236997	12,4
40	29	169	211527	12,3
41	25	167	220497	12,3
42	26	164	235181	12,4
43	26	164	232053	12,4
44	25	167	222376	12,3
45	22	121	524325	13,2
46	40	246	50626	10,8
47	16	104	718392	13,5
48	11	61	1594520	14,3
49	29	183	162786	12,0
50	23	154	278773	12,5
51	12	72	1301148	14,1

Çalışmada kullanılan depremler P dalgası ilk varış zamanı ile episentr uzaklığı grafiğinden (Şekil 5) $V_p=1/0.163=6.13$ km/sn olarak hesaplan r.



Şekil 5: P dalgası ilk varış zamanı- episentr uzaklık grafiği.
Figure 5: P wave first arrival time – epicenter distance curve.

(12) formülünde A (maksimum genlik) değerleri ölçümleri 1 cps alınarak yapıldığı için $f=1$ cps olarak alınmıştır. $V=6.13$ km/sn, $\gamma=0.0187$ bulduğumuz değerler kullanılarak $Q=27.37$ olarak hesaplan r.

SONUÇLAR

Çalışmada $40.5658^\circ K - 42.0066^\circ D$ noktasına yerleştirilmiş Oltu istasyonunda kaydedilmiş 51 adet yakın alan depremin P dalgası en büyük düşey bileşen genlikleri kullanılarak seçilmiş bölge için soğurulma katsayısı ve kalite faktörü çalışması yapılmıştır.

Veriler üzerinde $M_L=4$ magnitüd değerine göre normalizasyon işlemi yapıldıktan sonra, episentr uzaklığı (Δ) ve düzeltilmiş genlik (ln(A)) arasında çizilen grafikten (Şekil 4) soğurulma katsayısı $\gamma=0.0187$ olarak bulunmuştur.

Kalite faktörü hesaplaması için (12) formül kullanılmış ve $Q=27.37$ olarak hesaplanmıştır.

Sertçilik F. ve Kenar Ö. (2001) Diyarbakır istasyonunda kaydedilmiş P dalgası düşey bileşeni kullanılarak hesaplanmış oldukları soğurulma katsayısı 0.0114 ve kalite faktörü 47.5 değerleri ile bulduğumuz değerler benzerlik göstermektedir. Oltu istasyonunun da yaptığımız çalışma ile Diyarbakır'da yapılmış çalışma ile ilgili olarak; Oltu ve çevresinin Diyarbakır'dan daha çok P dalgası düşey bileşenini soğurduğunu ve bu yüzden kalite faktörünün Diyarbakır'dan daha küçük olması beklenen bir durum olduğu söylenebilir.

$M = a \log A + b \Delta + c$ genel formülünden en küçük kareler yöntemi ile a, b, c, bölgesel katsayılar hesaplanmış ve Oltu istasyonu için yeni bir bölgesel magnitüd formülü;

$M_L = 0.6764 \log(A) + 0.0055 \Delta + 4.2572$ olarak önerilmiştir.

Doğu Anadolu bölgesi için sismik dalgaların soğurulma katsayısı (γ) ve kalite faktörü (Q)

hesaplanması ile, kalite faktörü haritasının çıkarılmasında ve yorumlanmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akıncı, A., 1994**, Attenuative behaviours of western Anatolia and Southern Spain using single and multiple scattering models. Ph.D. Thesis, Dokuz Eylül Üniversitesi, Graduate School of Natural and Applied Sciences, p. 37-39.
- Akıncı, A., ve Eyidoğan, H., 1996**, Frequency Dependent Attenuation of S and coda waves in Erzincan Region (Turkey). *Phys. Earth and Planet. Interior.* 97, 109-119
- Ak, K. and Richards. P. G., 1980**, *Quantitative Seismology, Theory and Methods*, p.98, 168-169
- Arpat, E., Şaroğlu, F., 1972**, Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlem ve düşünceler, *MTA Dergisi*, 78, 33-39.
- Demirtaş, R. ve Yılmaz, R., 1992**, 13 Mart 1992 Erzincan Depremi raporu, Bay.ve İsk. Bak. Afet İşleri Genel Müd., Deprem Arş. Dai. Bşk. yayını, Haziran 1993, Ankara.
- Demirtaş, R., 1994**, Kuzey Anadolu fay zonunun bat kesiminde trench çalışmaları *TJK Bül.*, Say 9, 62-76
- Gülkan, P., A. Koçyiğit, M.S. Yüccemen, V. Doyuran and N. Başgöz , (1993)**, A Seismic Zones Map of Turkey Derived from Recent Data (in Turkish), Middle East Technical University of The Earthquake Engineering Research in Center, Report No:93-01, Ankara.
- Gök R. and Türkelli N. 2000**, Regional wave propagation in Turkey and surrounding regions, *Geophys. Res. Lett.* Vol.27 No.3 p: 429-432.
- Gök, R., Sandvol, E., Türkelli, N., Seber, D., and Barazangi, M., 2003**, Sn attenuation in Anatolian and Iranian plateau and surrounding regions, *Geophys. Res. Lett.*, 30 (24).
- Jackson, J. and McKenzie, D., 1984**, Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt between western Turkey and Pakistan *Geoph. J. Royal Astr. Soc.*, 77, 185-264.
- Lyberis, N., Tekin, Y., Chorowicz, J., Kasapoğlu, E. and Gündoğdu, N., 1992**, The East Anatolian Fault: an oblique collisional belt, *Tectonophysics*, 204, 1-15.
- Muehlberger, R.W., Gordon, M.B., 1987**, Observations on the complexity of the East Anatolian Fault, Turkey, *J. Structural Geol.*, 9, 899-903.
- Püskülcü, S. 1996**, Attenuation of the Lg phase in Eastern Turkey, M.Sc. Thesis, in Geophy. Eng. Boğaziçi University.
- Sertçelik, F. Ş ve Kenar, Ö., 2001**, Doğu Anadolu'da Soğurma, *Jeofizik* 15,1 s:63-75.
- Şaroğlu, F., Emre, E., Kuşçu, İ., 1992**, The East Anatolian fault zone of Turkey, *Annal. Tecn.*, 6, 99-125.
- Şengör, A.M.C., Görür, N., Şaroğlu, F., 1985**, Strike slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape; Turkey as a case study, in: Biddle K.T., Christie Blich N. (Eds.), *Strike-slip Faulting and Basin formation*, Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Sp. Pub., 37, 227-264.
- Tirifinov, V. G., 1995**, World Map of Active Faults (Preliminary Result of Studies). *Quaternary International*, V. 25, pp. 3-12, 1995.
- Westaway, R., 1994**, Present day kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean, *J. Geophys. Res.*, 99, 12071-12090.
- Westaway, R., 2003**, Kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean Updated, *Turkish J. Earth Sci. J.*, 12, 5-46.

Yayına Geliş - *Received* : 20.11.2006

Yayına Kabul - *Accepted* : 30.05.2007