

## TÜRKİYE DEPREMLERİ ÜZERİNE MAKRO-SİSMİK İNCELEMELER

Argon Çağpar

İ. T. Ü. Maden Fakültesi

### ABSTRACT

Present paper contains the calculations for focal depths by using some isoseismal maps of earthquakes whose macro seismic investigations had already been made. Further more a practical method for the determination of the focal depth has been developed and some diagrams have been presented. A simple relation ship between magnitude and focal depth is suggested.

### GİRİŞ :

İ.T.Ü. Maden Fakültesi Jeofizik Kürsüsünde yapılan bir diploma çalışmasından derlenen bu çalışma, Türkiye depremleri için makrosismik metodlarla odak derinliği ve ortamın absorpsiyon katsayısının tayini ile, bilhassa Türkiye zelzeleleri için lüzumlu bazı bağıntıların elde edilmesi gayelerine matuftur. İncelemelerin mühim bir kısmı İ.T.Ü. Maden Fakültesi Arz Fiziği Enstitüsünden alınmış izoseist haritalarına dayanarak yapılmıştır. Haritaların çiziminde jeolojik faktörler, makrosismik takdir ve müşahade hataları dolayısıyla deformasyonlar mevcut olduğundan, bunların neticeler üzerindeki etkisi, göz önünde bulundurulması gereken bir noktadır.

#### Kövesligethy Metoduyla Zelzele Odak Derinlikleri ve Ortamın Absorpsiyon Katsayısının Tayini :

Makrosismik metodlarla deprem odak derinliğinin tayini için en çok kullanılan metod Kövesligethy metodudur. Bu metodun tatbik edilebilmesi için izo-

seist haritasında en az üç adet kapanan izoseist eğrisinin mevcut olması gerektiğinden, ancak 15 izoseist haritasından faydalanılabilmıştır. Bu maksatla, kapanan izoseistler içinde kalan alanlar ölçülmüş ve metod icabı, bu alanlara denk dairelerin yarıçapları "izoseist yarıçapı" olarak tariflenen yarıçaplar olarak alınmışlardır. Sonuçlar Tablo 1 de görülmektedir.

Kövesligethy, depremin maksimum şiddeti, odak derinliği, izosesit yarıçapı ve absorpsiyon katsayısı arasındaki bağıntıyı

$$I_0 - I = 3 \log \frac{r}{h} + 3\alpha M (r - h) \quad (1)$$

şeklinde vermiştir. Burada  $I_0$  maksimum şiddet,  $h$  odak derinliği,  $\alpha$  ortamın absorpsiyon katsayısı,  $M = \log e = 0.4343$ ,  $r$  zelzele odağının yeryüzünde  $I$  şiddetteki bir noktaya uzaklığıdır.

Bir izoseist haritasında mevcut  $n$  tane  $I$  değeri için (1) denklemlerinden  $n$  tane yazılabilir. Bu denklemler

$$I_0 + 3 \log h + 3\alpha Mh = X \quad (2)$$

$$\alpha = Y$$

yazmak suretiyle lineer hale getirilirse

$$X + aY + b = 0$$

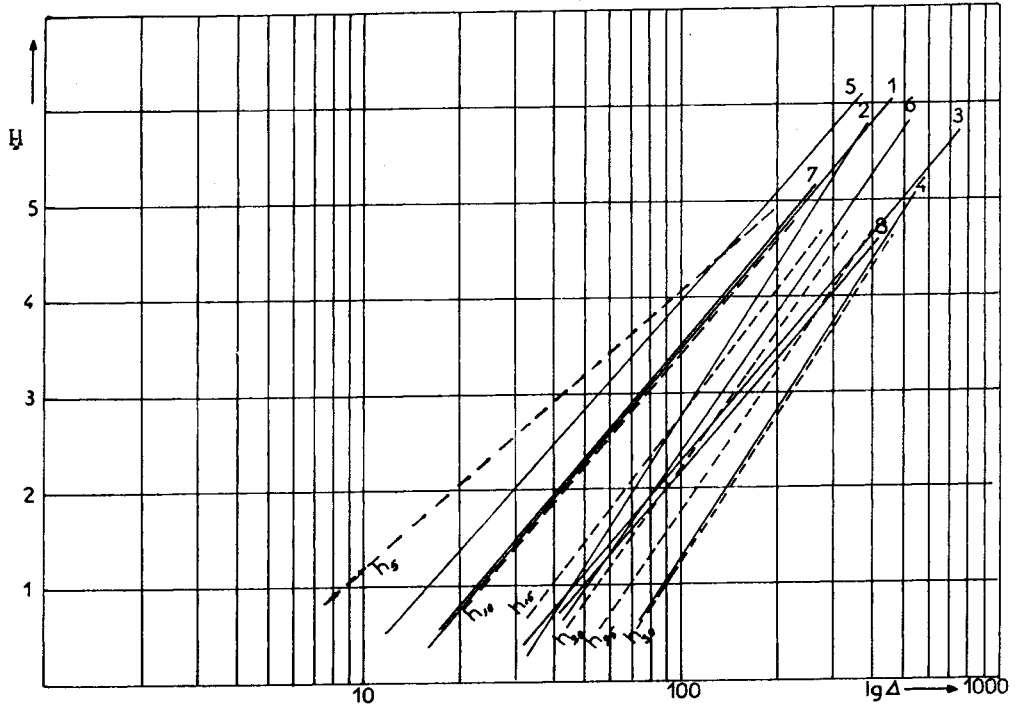
Şeklinde n denklem elde edilir. Burada "en küçük kareler" metodunun uygulanması ile bulunacak X ve Y değerleri (2) denkleminde yerine konursa bilinmeyen olarak sadece odak derinliği kalır. (2) denkleminde New-Raphson metodu uygulanarak denklemin kökü, yani h odak derinliği hesaplanabilir.

IBM 1620 elektronik hesap makinası ile yukarıda açıklanan yolla bulunan odak derinlikleri ve absorpsiyon katsayıları Tablo: 2 de verilmiştir. Tablodaki numaralar Tablo: 1 dekilere tekabül etmektedir. Kullanılan programın FORTRAN listesi Ek: 1 de verilmiştir.

### Makrosismik Yolla Odak Derinliği Tayini için Pratik Bir Metod :

Kövesligethy metodu ile odak derinliği hesabı komputer kullanılmadığı takdirde oldukça uzun hesaplamaları gerektirir. Ayrıca, formüldeki 3 katsayısı da bölgeden bölgeye değişir ve çeşitli araştırmacılar tarafından kendi bölgeleri için farklı formüller denemiştir. Tablo: 3 te verilen çeşitli  $I_0 - I$  değerlerine tekabül eden izoseist yarıçapları bir yarı - logaritmik kâğıda konursa Şekil: 1 de görülen devamlı çizgiler elde edilir. 5-10-15-20-.... km odak derinlikleri için enterpolasyon yapmak suretiyle kesik çizgiler elde edilmiştir. h odak derinliğini parametre kabul eden bu eğri ailesini ifade eden

$$I_0 - I = a \log \frac{h}{R} + b (R - h) + C \quad (3)$$



Şekil : 1

şeklinde bir bağıntı aranabilir. Burada R izoseist yarıçapı, h odak derinliğidir. a, b, c, katsayılarını tayin etmek için bağıntıyı lineer hale getirip "en küçük kareler" metodunu uyguladığımızda b katsayısının çok küçük olduğunu, yani eşitliğin sağındaki ikinci terimin ihmal edilebileceğini gördük IBM 1620 Elektronik Hesaplayıcısı ile yapılan hesaplar (3) bağıntısının

$$I_0 - I = 3.39 \log \frac{R}{h} - 0.35 \quad (4)$$

şeklinde olduğunu gösterdi. Bu gaye ile kullanılan program Ek: 2 de görülmektedir.

Bu metodla herbir izoseiste bir odak derinliği tekabül etmektedir. Ortam homojen ve izotrop olmadığından ve çizilen izoseistler birtakım takdir hatalarını kapsadığından, üç veya daha fazla izoseistten hesaplanan derinliklerin ortalamasının alınması gerekir.

Bu yolla elde edilen odak derinlikleri ve ortalamaları Tablo: 4 te verilmiştir. (4) bağıntısının çok küçük R'ler

için uygun olmayacağı aşikârdır. Şekil: 2 yi kullanarak grafik yolla da odak derinliği tayin edilebilir.

#### Deprem Magnitudü İle Maksimum Şiddet Arasındaki İlgisi :

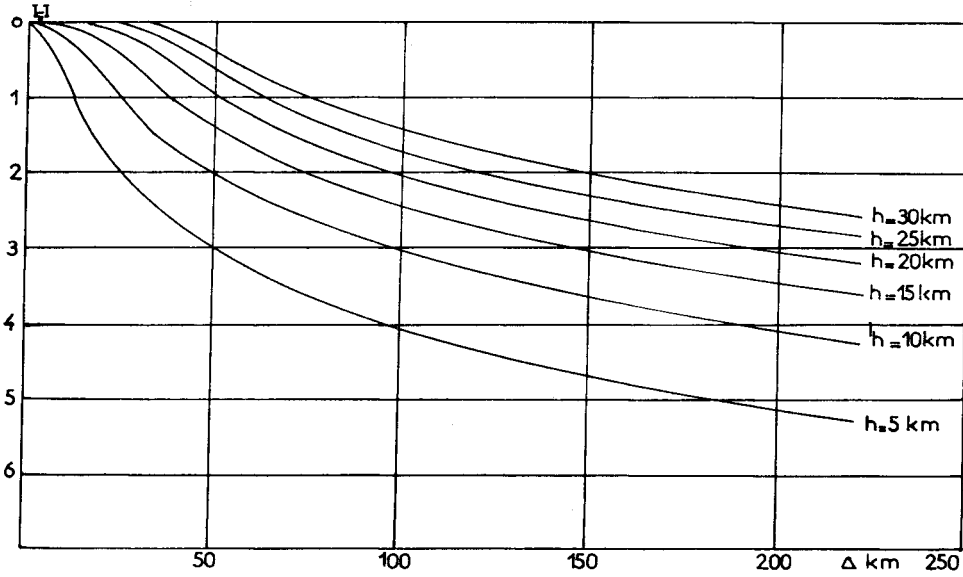
Bugüne kadar deprem magnitudü ile maksimum şiddet arasında dünyanın muhtelif bölgeleri için bazı formüller, bu arada Türkiye için de M. İpek, Z. Uz ve M. Güçlü tarafından aşağıdaki bağıntı hesaplanmıştır:

$$M = 0.592 I_0 + 1.63$$

Magnitud - Maksimum şiddet bağıntısında odak derinliğinin hesaba katılmaması halinde oldukça fazla dispersiyonun bulunduğu görülmektedir. Bu bakımdan, yukarıki bağıntı yerine, Türkiye için, odak derinliğini de hesaba katan,

$$M = aI_0 + b \log h + C$$

şeklinde bir bağıntı aranabilir. Bu bağıntının a, b, c katsayıları Tablo: 2 de verilen zelzelelerden faydalanmak suretiyle önceki bölümde verilen metod ve programı kullanarak,



Şekil : 2

Tablo — 1

No:	Tarihi	Yeri	$I_0$	R (km)			
1	2.5.1953	Tepeköy-Torbalı	9	$R_0 = 0$	$R_7 = 26.0$	$R_6 = 48.5$	
2	16.7.1955	Orta Anadolu	10	$R_9 = 16.9$	$R_8 = 33.9$	$R_7 = 92.0$	$R_6 = 165.0$
3	20.2.1956	Çerkeş - Gerede	11	$R_{10} = 39.4$	$R_9 = 53.2$	$R_8 = 74.8$	$R_7 = 101.9$
4	25.4.1957	Yenice - Gönen	9	$R_8 = 27.9$	$R_7 = 94.4$	$R_6 = 192.0$	
5	31.3.1928	Karaburun	8	$R_7 = 23.1$	$R_6 = 41.9$	$R_5 = 76.0$	
6	19.4.1938	Söke - Balat	8	$R_7 = 44.3$	$R_6 = 72.5$	$R_5 = 108.0$	
7	1.2.1944	Eskişehir	8	$R_7 = 49.3$	$R_6 = 88.4$	$R_5 = 148.0$	
8	18.3.1953	Fethiye	8	$R_7 = 86.0$	$R_6 = 140.0$	$R_5 = 212.0$	
9	26.5.1957	Abant	9	$R_8 = 16.1$	$R_7 = 26.0$	$R_6 = 56.5$	$R_5 = 105.6$
10	23.5.1961	Ege Denizi	8	$R_7 = 48.0$	$R_6 = 88.0$	$R_5 = 124.0$	
11	14.9.1962	Balıkesir	8	$R_7 = 23.1$	$R_6 = 39.4$	$R_5 = 75.0$	
12	11.3.1963	Denizli	8	$R_7 = 17.7$	$R_6 = 43.0$	$R_5 = 76.4$	
13	18.9.1965	Doğu Marmara	8	$R_7 = 40.4$	$R_6 = 91.6$	$R_5 = 158.0$	
14	14.6.1964	Malatya	8	$R_7 = 21.4$	$R_6 = 48.0$	$R_5 = 96.0$	
15	6.10.1964	Manyas	9	$R_8 = 17.3$	$R_7 = 35.7$	$R_6 = 106.8$	$R_5 = 160.9$

$M = 0,5 I_0 + 0,33 \log h + 1,54$  (5) ni hesaplamak için bir bağıntı bulunmuştur. şeklinde hesaplanmıştır.

Mikrosismik incelemeleri yapılmış Türkiye zelzelelerinin bilinen Maksimum şiddetlerinden faydalanılarak yukarıda verilen bağıntı ile hesaplanmış makrosismik magnitüd değerleri Tablo: 5 te verilmiştir. Çeşitli merkezlerin tayin ettikleri âletsel magnitüdülerin ortalamaları  $M$ , makrosismik yolla hesaplanan magnitüdüler  $M'$  ile gösterilmiştir. Bu ikisi arasındaki fark  $|\epsilon|$ , tablonun son sütununda verilmiştir.

**Sonuçlar:** Makrosismik etüdü yapılmış, izoseist haritaları çizilmiş Türkiye depremlerinin Kövesligethy metodu ile zelzele odak derinlikleri hesaplanmıştır. Ayrıca makrosismik yolla odak derinliğinin tayini için pratik bir metod geliştirilmiş ve bu maksatla grafikler çizilmiştir. Magnitüdü bilinmeyen eski depremlerin odak derinliklerini de hesaba katmak suretiyle magnitüdüleri-

Tablo — 2

No:	$\alpha$ (km <sup>-1</sup> )	h (km)
1	-17. 10 <sup>-5</sup>	4.93
2	34. "	8.46
3	2736. "	34.13
4	- 4. "	18.29
5	2. "	9.36
6	4. "	15.64
7	3. "	19.32
8	3. "	30.49
9	448. "	7.39
10	8. "	18.03
11	2. "	9.13
12	1. "	8.73
13	3. "	18.83
14	0. "	10.41
15	38. "	8.95

Tablo — 3

No:		$I_0 - I = 1$	$I_0 - I = 2$	$I_0 - I = 3$
	h (km.)	R (km.)	R (km.)	R (km.)
5	9.36	23.1	41.9	76.0
6	156.64	44.3	72.5	108.0
7	19.32	49.3	88.4	148.0
8	30.49	86.0	140.0	212.0
9	7.39	16.15	26.0	56.5
10	18.03	48.0	88.0	124.0
11	9.13	23.1	39.4	75.0
12	8.73	17.7	43.0	76.4
13	18.83	40.4	91.6	158.0

```

C      EN KUCUK KARELER METODU      , NEZIHI CANITEZ
      DIMENSION A(3,4),C(50,4)
      READ 1,M
      DO 27 I=1,M
27     READ 2,(C(I,J),J=1,4)
      DO 14 J=1,3
      DO 15 K=J,4
      S=0.
      DO 12 I=1,M
12     S=S+C(I,J)*C(I,K)
15     A(J,K)=S
14     CONTINUE
      A(2,1)=A(1,2)
      A(3,1)=A(1,3)
      A(3,2)=A(2,3)
C      NORMAL DENKLEMLERİ COZ
      DO 7 K=1,3
      K1=K+1
      DO 8 J=K1,4
      A(K,J)=A(K,J)/A(K,K)
      DO 5 I=1,3
      IF(I-K) 6,5,6
6     A(I,J)=A(I,J)-A(I,K)*A(K,J)
5     CONTINUE
8     CONTINUE
7     CONTINUE
      PRINT 3,(A(J,4),J=1,3)
1     FORMAT (5X,I5)
2     FORMAT (4F10.6)
3     FORMAT (F10.2,3X,F10.2,3X,F10.2)
      STOP
      END

```

```

*LDISKHIPOC
  DIMENSION ER(6),H(4),TA(20)
71 READ 5,TA
  PRINT 5,TA
70 READ 1,MM,NM,HA,DH,HF
  READ 8,(ER(M),M=1,MM)
  PRINT 2
  SN=MM
  6 DO 10 L=1,MM
10 H(L)=0.
  DO 12 M=1,MM
  R=(ER(M)**2+HA**2)**.5
  B=R*1.30287
  GE=NM-M
  Z=GE+1.30287*LOGF(R)
  H(1)=H(1)+B
  H(2)=H(2)+Z.
  H(3)=H(3)+B*Z
12 H(4)=H(4)+B**2
  Y=(H(1)*H(2)-SN*H(3))/(SN*H(4)-H(1)**2)
  X=(Y*H(1)+H(2))/SN
  ALFA=Y
  A=0.43429*Y
  GM=NM
  C=(X-GM)/3.
  V=HA
18 U=0.43429*LOGF(V)+A*V-C
  UT=0.43429/V+A
  DER=V-U/UT
  IF(ABSF(DER-V)-DH)20,20,25
25 V=ABSF(DER)
  GO TO 18
20 IF(ABSF(DER-HA)-HF)45,45,46
46 IF(SENSE SWITCH 1)47,48
47 PRINT 3,HA,ALFA,A,C,DER
  3 FORMAT (5F10.5)
48 HA=ABSF(DER)
  GO TO 6
45 PRINT 4,DER
  4 FORMAT (9H DERINLIK//(8F10.2))
  GO TO 71
  2 FORMAT(5X,36H MAKROSISMIK METOTLA DERINLIK TAYINI///4X,3H HA,7X,5H
  1ALFA,8X,2H A,9X,2H C,8X,4H DER/)
  1 FORMAT (2I5,3F10.2)
  8 FORMAT (8F10.2)
  5 FORMAT (20A4)
  END

```

Tablo — 4

No:	h	$I_0 - I$	R	h'	$h_{ort}$
2	8.46	1	16.9	10.87	12.51
		2	33.9	11.05	
		3	92.0	15.21	
		4	165.0	12.92	
3	34.13	1	39.4	25.60	15.93
		2	53.2	17.22	
		3	74.8	12.37	
		4	101.9	8.54	
5	9.36	1	23.1	14.85	13.68
		2	41.9	13.67	
		3	76.0	12.51	
6	16.64	1	44.3	28.49	23.29
		2	72.5	23.53	
		3	108.0	17.85	
7	19.32	1	49.3	31.71	28.30
		2	88.4	28.85	
		3	148.0	24.35	
8	30.49	1	86.0	55.38	45.35
		2	140.0	45.63	
		3	212.0	35.05	
9	7.39	1	16.15	10.39	9.27
		2	26.0	8.50	
		3	56.5	9.34	
		4	105.6	8.85	
10	18.03	1	48.0	30.88	26.65
		2	88.0	28.66	
		3	124.0	20.41	
11	9.13	1	23.1	14.85	13.41
		2	39.4	12.98	
		3	75.0	12.40	
12	8.73	1	17.7	11.38	11.78
		2	43.0	14.01	
		3	76.4	9.96	
13	18.83	1	40.4	25.98	27.23
		2	91.6	29.85	
		3	158.0	26.06	
15	8.95	1	17.3	11.13	13.48
		2	35.7	11.64	
		3	106.8	17.67	
		4	160.9	13.48	

Tablo — 5

$I_o$	h (km.)	M	M'	( $\epsilon$ )
10	8.46	6.750	6.850	0.100
9	40.00	7.250	6.574	0.676
9	18.29	7.530	6.461	1.069
8	9.36	5.625	5.864	0.239
8	15.64	6.830	5.938	0.892
8	19.32	5.850	5.968	0.118
8	30.49	7.000	6.035	0.965
5	23.00	6.325	4.494	1.831
9	7.39	7.130	6.329	0.801
5	30.00	4.250	4.530	0.280
8	18.03	6.257	5.958	0.299
6	33.00	4.750	5.046	0.296
6	25.00	4.700	5.006	0.256
6	35.00	5.000	5.055	0.055
5	33.00	5.125	4.546	0.579
7	33.00	5.500	5.546	0.046
8	9.13	4.125	5.860	1.735
8	8.73	5.500	5.854	0.354
6	33.00	4.400	5.046	0.646
6	30.00	4.700	5.032	0.332
8	18.83	6.030	5.965	0.065
8	10.41	6.000	5.879	0.121
8	44.00	4.600	6.088	1.488
9	8.95	6.650	6.357	0.293

## Referanslar :

- Canitez, N., Jeofizik Problemlerinde Elektronik Hesap Makinalarının Kullanılmasına Ait İki Örnek, Maden Mecmuası, Cilt: 3, Sayı: 1, 1965.
- Ergin, K., Uz, Z., Güçlü, U., Türkiye Zلزeleri Katalođu, İ.T.Ü. Arz Fiziği Enstitüsü, 1966) (baskıda).
- İpek, M., Uz, Z., Güçlü, U., Sismik Donelere Göre Türkiye'de Deprem Bölgeleri (Deprem Yönetmeliđi Toplantısına sunulan rapor), 1965.
- Öcal, N., Makrosismik Metod İle Zلزelerde Merkez Derinliğinin ve Ortamın Absorbsiyon Katsayısının Tayini, Kandilli Ras. Neş.
- Sponheuer, W., Methoden zur Herdtiefenbestimmung in der makroseismik, Freiburger Forschungshefte, 1960.
- Uz, Zeki, 6 Ekim 1964 Manyas Zلزesi Üzerinde Bir İnceleme, Maden Mecmuası, Cilt: 3, Sayı: 2, 1966.

## Teşekkür :

Bu çalışmanın yapılması sırasında yaptıkları yapıcı tenkidleriyle bana yardımcı olan ve programlarını kullanmama izin veren Dr. N. Canitez'e ve Arz Fiziği Enstitüsü Elemanlarından Z. Uz ve U. Güçlü'ye teşekkür ederim. Ayrıca hesaplamalar için gerekli makina zamanını ayıran İ. T. Ü. Elektronik Hesap Merkezi Müdürlüğüne ve yardımlarını gördüğüm kıymetli Operatörlerine teşekkürü borç bilirim.