

# Bolu çevresindeki deprem zararlarının azaltılmasına yönelik sismik zonlama

Seismic zonation in the vicinity of Bolu for earthquake hazard minimization

H, TAHSİN AKTİMUR, M.T.A. Genel Müdürlüğü, Ankara  
ŞERAFETTİN ATEŞ, M.T.A. Genel Müdürlüğü, Ankara  
ATİLA ORAL, M.T.A. Genel Müdürlüğü, Ankara

ÖZ: Önemli derecede deprem tehlikesi ile karşı karşıya bulunan Türkiye'de, depremin zararlarını azaltma çalışmaları yeterli sayılabilecek bir düzeyde yapılmamaktadır.

Bu çalışma ile Bolu ve çevresinde meydana gelebilecek büyük depremlerde oluşacak ivme değeri ve şiddet dağılımını gösteren sismik zon haritası yapılarak, yörenin olası büyük depremlerden en az zarar görmesinin sağlanmasına yardımcı olmak amaçlanmıştır.

Kuzey Anadolu Fayı'nın bu bölümünde meydana gelebilecek olan büyük depremlerin magnitüdlerinin 7.3 veya daha büyük olabileceği saptanmış, bu depremlerin merkez üstlerinin ise fay düzlemi üzerindeki her noktanın alınması gerektiği vurgulanmıştır.

ABSTRACT : Although Turkey lies along an important earthquake belt, research activities concerning the minimization of earthquake hazards are not carried out at adequate levels.

The object of this study is to construct a seismic zonation map in the Bolu region showing the intensity distribution and acceleration rate of the possible future large earthquakes and to help the implementation of various aspects of minimization of Earthquake hazard.

The expected magnitude of the possible large earthquakes along this section of the North Anatolian Fault zone was computed to be 7.3 or higher. It is proposed that the epicenters of such earthquakes can be located on every point within the active fault zone.

It is suggested that, the zones defined as very violent and violent should be used for forestry and agricultural purposes.

## GİRİŞ

Önemli derecede deprem tehlikesi ile karşı karşıya bulunan Türkiye'de depremin zararlarını azaltma çalışmaları henüz yeterli sayılabilecek bir düzeye ulaşamamıştır.

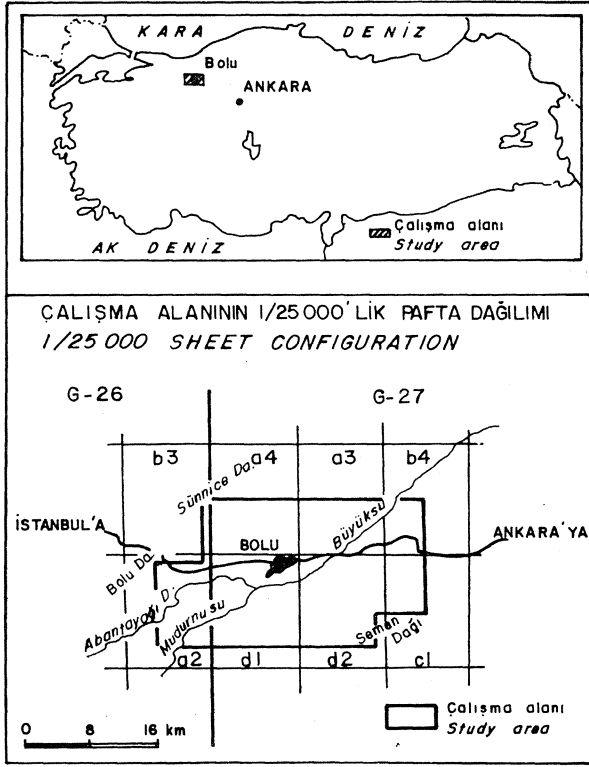
Çalışma alanı, Kuzey Anadolu Fay zonu üzerinde dizili ovalardan birisi olan Bolu ovası ve yakın çevresini kapsamaktadır (şekil 1). Bu çalışma ile bölgedeki büyük depremlerde oluşabilecek olan ivme ve şiddet dağılımının ne şekilde gelişebileceğini belirlemek ve yörenin olası depremlerden daha az zarar görmesinin sağlanmasına yardımcı olmak amaçlanmıştır.

Çalışmada öncelikle bölgeyi etkileyecek büyük depremlere neden olacak fay düzlemlerinin çözümü, bir defada yırtılan fay parçası ile magnitüd ilişkisinden dolayı oluşacak olan büyük depremlerin magnitüdlerinin bulunması ve bu depremlerdeki ivme da-

ğılımı hesaplanmıştır. Bilindiği üzere zayıf zemin özellikleri, bataklıklar ve yeraltı suyunun yüzeye yakın oluşu şiddet artırıcı etmenler olduğundan bu gibi yerlerin yayılımı ve kalınlıkları ayrıntılı olarak araştırılmış. Oluşacak olan büyük depremlerin magnitüdü, yer ivmesi ve zemin özellikleri birlikte değerlendirilerek mikro bölgelendirme yapılmıştır.

Bölgede çok sayıda jeolojik araştırma yapılmıştır. Son olarak Canik (1980) 1/25 000 ayrıntıda jeolojik çalışma yapmış; Aktimur ve diğerleri (1983), kayatürlerini ayrıntılamışlardır.

Çalışmanın amacı bölgenin temel jeolojik yapısını çözmeye yönelik olmadığından bu yazıda çalışma alanının jeolojik yapısı tartışılmamakta, buna karşılık diri faylar, olası depremlerin büyüklüğü, tutturulmamış veya az tutturulmuş birimler ile yeraltı suyunun konumu gibi, depremlerde şiddet artırıcı etmenler ayrıntılı olarak tartışılmaktadır.



Şekil 1 : İnceleme alanı bulduru haritası.  
Figure 1 : Location map of the studied area.

### BOLU VE ÇEVRESİNİN\* DEPREMSELLİĞİ

Bilindiği gibi Kuzey Anadolu Fayı Bolu ovasının güney kenarını katetmektedir. Bugün Kuzey Anadolu Fayı'nın her an büyük depremlere neden olabilecek etkinlikte olduğu tüm yer bilimcilerce kabul edilmektedir. Bunu tarihsel veriler, aletsel kayıtlar (1939 Erzincan, 1943 Kastamonu, 1944 Gerede-Bolu, 1953 Yenice-Gönen, 1957 Dökurcan-Abant, 1967 Akyazı-Adapazarı) kanıtlamaktadır.

Çalışma alanını etkileyen depremlerden 1944 Gerede-Bolu depreminin magnitudü Ailen (1969, 1975) ve Ambraseys (1970, 1971)'e göre 7.6; Karnik (1972), Dewey (1976) ve Ezen (1981)'e göre 7.3 olup; Tabban (1979) şiddetini IX-X olarak değerlendirmiştir. Depreme neden olan fay parçasının uzunluğu Ketin (1948, 1957), Karnik (1972), Dewey (1976) ve Ezen (1981)'e göre 190 km dir. Yine bu depremde yanal atım 4 m. düşey atım 1 m. dir (Ketin 1948).

1957 Dökurcan-Abant depremi Karnik (1969), Dewey (1976), Allen (1975) ve Ezen (1981)'e göre 7.1 magnitudünde olup şiddeti IX dur Tabban (1979). Depreme neden olan fay parçasının uzunluğu 40 km kadardır.

### FAYLAR

Kuzey Anadolu Fay zonunun çalışma alanına giren kesiminde pek çok yer bilimci değerli çalışmalar yapmışlar ve diri fayları haritalamışlardır (Ketin

1948; Ambraseys 1970 ve 1971; Ailen 1969 ve 1975; Canik 1980).

Çalışma alanındaki faylar diri ana-esas fay (günümüzde etkin), ikincil faylar ve fay (diri olmayan) olmak üzere üç grupta toplanmıştır. Diri ve günümüzde etkin olarak gösterilen ana faylar enerji kaynağı olarak kabul edilmiş olup ve her an depreme neden olabilecek faylardır. İkincil faylar günümüzde etkin faylarla çok yakın ilişkili olduklarından diri faylarda olacak olan bir depremde bunlarında hareket edecekleri, yırtılacakları ve etkilenecekleri kaçınılmazdır. Diri olmayan fayların ise enerji kaynağı ile bir ilişkileri olmayıp bunlar yalnızca birer zayıflık zonlarıdır.

### Beklenen Depremin Büyüklüğü

Bir fayda meydana gelebilecek deprem büyüklüğü ile bir defada yırtılan fay parçası uzunluğu arasında doğru orantılı bir bağıntı olduğu genellikle kabul edilmektedir. Bu kuram özellikle Kuzey Anadolu Fayı gibi doğrultu atımlı ve sığ odaklı depremler için olup genellikle son zamanlarda meydana gelen depremlerle bu olasılık kanıtlanmıştır. Bu görüşleri Bonilla (1967, 1970) ile Lamar ve diğerleri (1973) savunmuşlardır. Bu olasılığı göz önünde bulduran çeşitli çalışmacılar pek çok bağıntı üretmişlerdir (Chinnery, 1969; Ohanaka, 1978; Tatcher ve Hanks, 1973; Ezen 1981). Bu türden bağıntıların genel denklemleri  $M=A \log + B$  dir.

Bu çalışmada da yukarıdaki kuram ve bağıntılar kullanılmış, çalışma alanını etkileyecek olan fay parçası 1944 depremine neden olan fay parçasıdır. Kuzey Anadolu Fay zonunun 1944 Gerede-Bolu depremine neden olan fay parçası, Ketin (1948) tarafından doğuda Bayramören batıda Taşkesti arasındaki 180 km lik alanı kat ettiği şeklinde tarif edilmiştir. Bölgede çalışan diğer yer bilimcilerde fay parçasının uzunluğunu Ketin (1948) den almışlardır. Ancak yapmış olduğumuz ayrıntılı çalışmalar sonucu 1944 depremine neden olan fay parçasının batıda Taşkestiye kadar devam etmediği Bolu ovasının batısında yer alan Güvem dağı civarında bittiği, buradan itibaren 1957 depremine neden olan ikinci bir fay parçasına geçildiği gözlenmiştir. Bu görüşü 1957 Dökurcan-Abant depreminin Bolu ve çevresini etkilememiş olması kanıtlamaktadır ki, söz konusu depremin magnitudü 7.1 dir. Dolayısı ile iddia edildiği gibi 1944 depremine neden olan fay parçasının uzunluğu 180 km olmayıp 140 km dir. Bu çalışmada, çalışma alanını etkileyecek olan fay parçasının uzunluğu 140 km ve bu fay parçası üzerinde oluşacak büyük depremlerin magnitudü de 7.3 olarak elde edilmiştir.

### Beklenen Merkez Üssünün Yeri

Kuzey Anadolu Fayı gibi doğrultu atımlı bir fay parçasında meydana gelen bir depremde yırtılma bir noktadan başlamakta ancak fay boyunca hızla ilerlemektedir. Bu bakımdan fay yırtılan tüm düzlemi enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Ayrıca bir



yon ( $a_2$ ); Kil, kum, çakıl ve blok yığılmasından oluşan alüvyon koniler ( $a_3$ ); Kil, kum, çakıl, blok, silt karışımından oluşan yamaç molozları ( $a_4$ ) şeklinde dört alt birime ayrılmıştır.

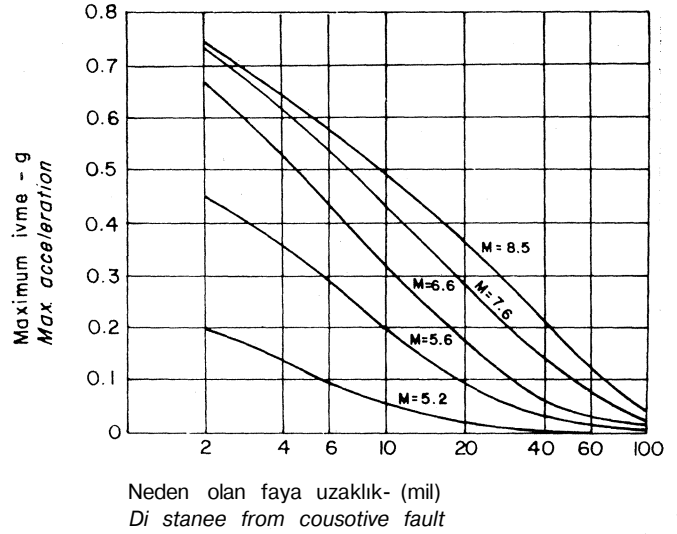
**Gevşek Tutturulmuş Birimler:** Çok gevşek tutturulmuş, tabakalanması belirsiz, genellikle çakıltaşından oluşan ( $b$ ) üe Pliyosen yaşta yer yer gevşek tutturulmuş, tabakalanması belirgin, çakıltaşı, kıltaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan ( $b_2$ ) şeklinde iki alt birime ayrılmıştır.

Diğer tüm birimler olası depremlerde yaklaşık aynı davranışları gösterdiklerinden kaya zemin (iyi tutturulmuş birim) olarak (c) haritalanmıştır.

**Beklenen En Büyük Yer İvmesi** Muhtemel büyük depremlerde gelişebilecek en büyük yer ivmesinin değeri bir parametre olarak büyük yapıların hesaplanmasında kullanılmaktadır. Depreme bağlı olarak gelişen yer ivmesi «Kuvvetli Hareket Stenografları» denen aletlerle kaydedilmektedir. Bu aletlerin yaygın olarak kullanışları oldukça yenidir. 1971 San Fernando depremi öncesi bu aletlerle kaya zemin üzerinde elde edilmiş ancak 4 tane yararlanılabilir nitelikte kayıt bulunmasına karşın San Fernando depremi ile bunlara 15 dolayında yenisi eklenmiştir. Bunların yanı sıra San Fernando depreminden elde edilen, çeşitli doğal ve yapay zeminlere ait 90 civarında ivme kaydından da değerli bilgiler sağlanmıştır. Ve depremlere bağlı olarak gelişen yer ivmesi dağılışı konusunda çok önemli bilgiler elde edilmiştir. 1971 tarihinden önce geliştirilmiş şiddet-ivme veya büyüklük-ivme bağıntılarının önemli yanlışlıklar taşıdıkları anlaşılmış ve bunlar kullanılmaz olmuştur. Bugün Schnabel-Seed'in (1973) geliştirdikleri çizelgeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çizelgeleri M. Cann ve diğerleri (1980), Battis (1981) de kullanmışlardır.

Son zamanlarda, yapılara etki bakımından bir deprem sırasında meydana gelen en büyük ivmeli hareketin en önemli hareket olmadığı görüşü yaygınlaşmıştır. Page ve diğerleri (1972). Bir deprem sırasında en büyük ivmenin daha altında bir şiddetle, ancak birkaç kez tekrarlanan hareketin yapılarda hasar yapma potansiyelinin daha yüksek olduğunu savunmuşlardır. Ploessel ve Slossan (1974) bu ivme değerlerine «tekrarlanabilir yüksek yer ivmesi» adını vermişler, bunun değerini çoğunlukla en büyük ivmenin % 65 i dolayında göstermişler ve büyük yapıların planlanmasında bu değer kullanılması uygunluğunu savunmuşlardır.

Bu çalışmada da tekrarlanabilir yüksek yer ivmesi a) depremin büyüklüğü (magnitüdü), b) çalışma alanının depreme neden olacak olan fay'a uzaklığı ve c) tüm zeminler kaya zemin kabul edilerek Schnabel-Seed'in (1973) de geliştirdikleri çizelgelerden hesaplanmıştır. Schnabel-Seed'in (1973) de geliştirdikleri çizelge şekil 3 de verilmiştir. Çalışmalar sonucu hesaplanan tekrarlanabilir yüksek yer ivmesi değerleri harita üzerinde gösterilmiştir (şekil 4). Bu haritada verilen ivme değerleri bu yörede yapılacak



**Şekil 3 : Kayalardaki maksimum ivmenin ortalama değeri.**

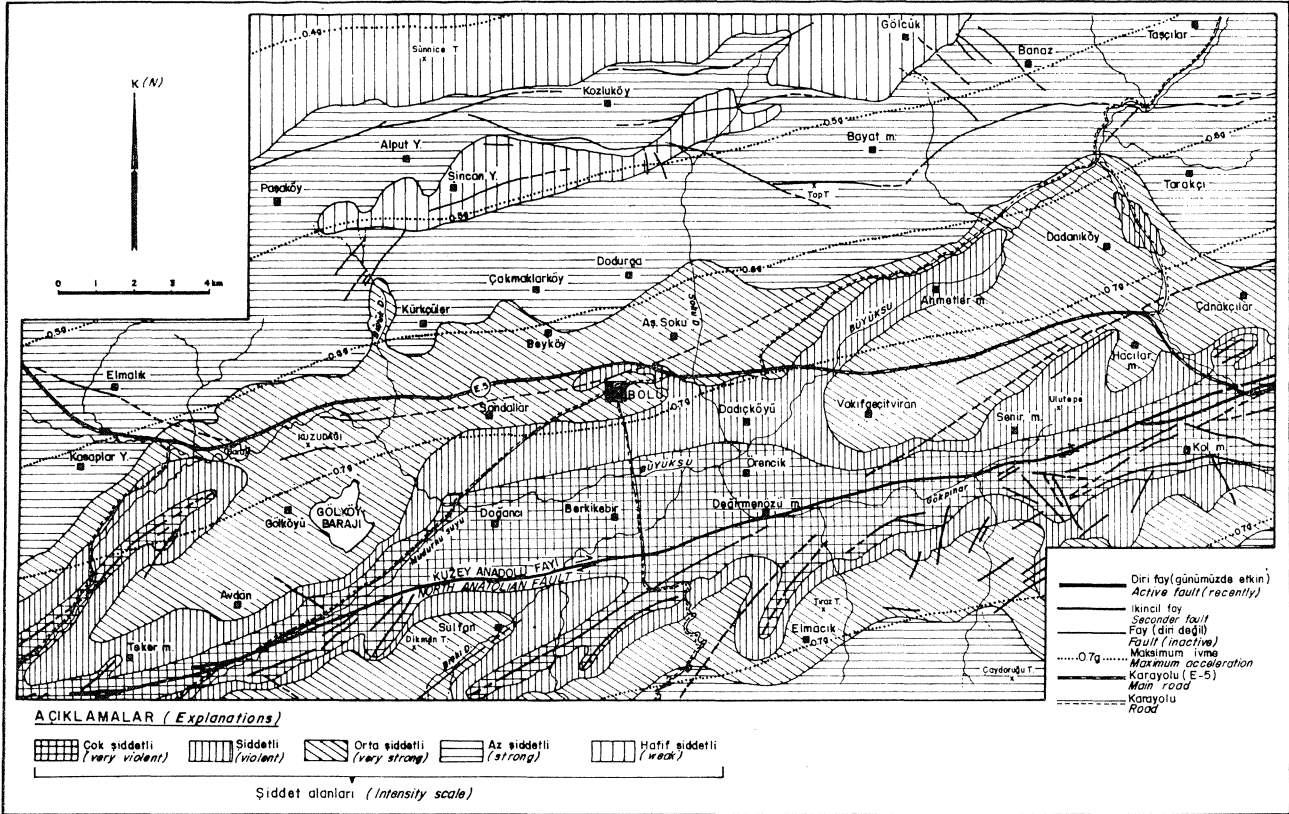
**Figure 3 : Average values of maximum accelerations in rock.**

önemli mühendislik yapıları ve çok sayıda insan topluluklarını barındıran yapılar gibi ömrü deprem riski açısından sınırlanmamalı gereken yapılar için geçerlidir. Elli yıl gibi kısa ömürlü olarak planlanacak yapılar için ise, burada verilmiş değerlerden hareketle olasılık hesaplarına gidilerek çok daha düşük değerler bulunabilecektir. Bu tür yapıların yapılarında harita üzerindeki değerler değil bunlardan üretilecek çok daha küçük yeni değerler kullanılmalıdır.

**Şiddet Dağılımı** Bilindiği gibi Bolu ve çevresi birinci derecede deprem tehlikesi ile karşı karşıyadır. Ancak yukarıda da açıklandığı gibi özelliklerine bağlı olarak şiddet dağılımının farklılıklar gösterdiği bilinmektedir (Boreherdt ve Gibbs, 1976). Bundan dolayı bu çalışmada olası büyük depremlerde şiddet artırıcı etmenler olan a) bataklık alanları, b) yeraltı suyunun yüzeye yakınlığı, c) 30 m den kaim alüvyon ve toprak örtüsü gibi tutturulmamış zeminler, d) kaim yamaç molozları, e) heyelan ve potansiyel heyelan sahaları, f) gevşek tutturulmuş birimler ayrıntılı olarak incelenmiş ve ayrılanmıştır.

Depreme neden olacak olan fayın özellikleri, depremin beklenebilir magnitüdü, yukarıda sayılan zemin özellikleri, irdelenen yerin fay'a dolayısı ile enerji kaynağına uzaklığı göz önüne alınarak çalışma alanı çok şiddetli, şiddetli, orta şiddetli, az şiddetli ve hafif şiddetli olmak üzere beş mikro bölgeye ayrılmıştır (şekil 4).

Haritada çok şiddetli olarak gösterilen kesimler tarım alanı ve orman sahası (yeşil alanlar) olarak kullanılmalıdır. Şiddetli ve orta şiddetli olarak haritalanan kesimler kısıtlı olarak kırsal yerleşime açılmalıdır. Sanayi ve kentsel yerleşim düşünülmemeli veya önlemler olarak bu gibi yerlerin planlanması yapılmalı ki bu da ekonomik sınırları zorlayacaktır.



Şekil 4 : Bolu ve çevresinde meydana gelecek olan büyük depremlerde şiddet dağılımı ve ivme değerlerini gösterir harita.

Figure 4 : Map showing intensity distribution and acceleration rates of the future large earthquakes in the Bolu region.

Dolayısı ile bu sahalarda tarım ve orman alanı olarak seçilmesinde büyük yararlar vardır. Hafif şiddetli ve az şiddetli olarak gösterilen bölgeler olası büyük depremlerden daha az zarar göreceklerinden depreme dayanıklı yapı tipi seçilerek kentsel yerleşime ve sanayi yapılarına açılması yerinde bir tedbir olacaktır.

#### SOMUÇLAR

Çalışma alanındaki faylar ayrıntılı olarak haritalanarak diri fay (günümüzde etkin), ikincil fay ve fay (diri olmayan) olmak üzere üç grupta toplanmıştır.

1944 Gerede-Bolu depremine neden olan fay parçasının uzunluğunun iddia edildiği gibi 180 km olmayıp 140 km olduğu saptanmıştır.

Bolu ve çevresini etkileyecek olan Kuzey Anadolu Fay zonu üzerinde meydana gelecek olası büyük depremlerin magnitüdlerinin 7.3 veya daha büyük olabileceği vurgulanmış, depremin merkez üssünün ise diri fay düzlemi üzerindeki her noktanın olabileceği kabul edilmiştir.

Olasılı büyük depremlerde ivme değerleri fayla olan uzaklık göz önüne alınarak hesaplanmıştır.

Büyük depremlerde şiddet dağılımını etkileyen etmenler özellikle elverişsiz zeminler ayrıntılı olarak irdelenmiş ve haritalanmıştır.

Olasılı büyük depremlerin magnitüdü, yer ivmesinin azalımı ve çalışma alanının zemin özellikleri birlikte değerlendirilerek çalışma alanı beş mikro bölgeye ayrılmıştır.

Elde edilen ivme değerleri ve şiddet dağılımlarının nasıl kullanılması gerektiği yazıda önerilmiştir.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Âktimur, T., Algan, Ü., Ateş, Ş., Oral, A., ve Unsal, Y., 1983, Bolu ve yakın çevresinin yerbilim sorunları ve muhtemel çözümleri: M.T.A. Rap. no: 7387, yayımlanmamış.
- Allen, C.R., 1969, Active faulting in Northern Turkey: Contribution No. 1577, Division of Geological Sciences, California Institute of Technology 33 s.
- Ailen, C.R., 1975, Geological criteria for evaluating seismicity: Geol. Soc. of Am. Bull., 86, 1041-1057.
- Ambraseys, N.N., 1970, Some characteristic features of the Anatolian fault zone: Tectonophysics, 9, 143-165.

- Ambraseys, N.N., 1971, Value of historical records of earthquakes : *Nature*, 232, 375-379.
- Arpat, E., 1977, Karakaya yöresinin depremselliği raporu: M.T.A. Temel Arş. Dai. Yayınlanmamış.
- Battis, J., 1981, Regional modification of acceleration attenuation functions: *Bull. Seis. Soc. Am.* 71 no 4, 1309-1321.
- Bonilla, M.G., 1976, Historic surface faulting in continental United States and adjacent parts of Mexico -i- U.S. Geol. Survey open-file rept., 335: U.S. Atomic Energy Comm. TID-21124, 36 s.
- Bonilla, M.G., 1970, Surface faulting and related effects: Wiegel, R.L., ed *Earthquake engineering de*, Prentice Hall, New York, 47-74.
- Borcherdt, R.D., ed., 1975, Studies for seismic zonation of the San Fransisco Bay region: U.S. Geol. Survey Professional papers 941, A<sub>1</sub>A<sub>102</sub>.
- Borcherdt, R.D. ve Gibbs, J.F., 1976, Effects of local geological conditions in the San Fransisco Bay region ground motions and the intensities of the 1906 Earthquake: *Bull. of the Seis. Soc. of Am.* 66, no 2, 467-500.
- Canik, B., 1980, Bolu sıcak su kaynaklarının hidrojeolojisi: Selçuk Üniv. Fen Fak. yayınları, 1, 74 s.
- Chinnery, M., 1969, Earthquake magnitude and source parameters: *Bull. Seis. Soc. Am.* 59, 1969-1982.
- Dewey, M., 1976, Seismicity of Northern Anatolia: *Bull. Seis. Soc. Am.* 66, 843-868.
- Ezen, U., 1981, Kuzey Anadolu Fay zonunda deprem-kaynak parametrelerinin magnitüdle ilişkisi: *Deprem Araş. Enst. Bült.* 32, 53-77.
- Karnik, V., 1972, Seismicity of the Evropean area: Part 2 Reidel, Dordrecht.
- Ketin, î., 1948, Über die tectonisch-mechanischen folgen aus den grossen Anatolischen Erdbeden des letzten: *Dezenniumus, Geol. Rundschau* 36, 77-83.
- Ketin, t., 1957, Kuzey Anadolu deprem fayı: *Î.T.Ü. der. cilt* 5, no 2,
- Me Cann, M.W., Souter, J.R.F. ve Shah, H.C., 1980, A Technical note of pgaintensity relations with applications to damage estimation: *Bull. Seis. Soc. Am.* 70, no 2, 631 - 637.
- Lamar, D.L., Merifield, P.M. ve Proctor, R.J., 1973, Earthquake recurrence intervals on major faults in Southern California : Moran, D.E., Slosson, J.E., Stone, R.O. ve Yelverton, C.A., ed., *Geology, Seismicity and Enviromental impact da*, Assoc Eng. Geol., University Publishers, Los Angeles, 265-276.
- Ohanaka, M., 1978, Earthquake-Source parameters related to magnitude : *Geophys. J. Royal, Astr. Soc.* 55, 45-66.
- Page, R.A., Boore, D.M., Jorner, N.B. ve Coulter, H.W., 1972, Ground motion values for use in the seismic desing of the trens-Alaska pipeline system: U.S. Geological Survey Circular 627, 23 s.
- Peak, W.W., 1973, Conservatism in the selection of desing earthquakes for safety of dams in California: Moran, D.E., Slosson, J.E., Stone, R.O. ve Yelverton, C.A. ed., *Geology seismicity and enviromental impact da*, Assoc Eng. Geol?, University Publishers Los Angeles.
- Ploessel, M.R. ve Slosson, J.E., 1974, Repeatable high ground accelerations from earthquakes: *California Geology*, 27, 195-199.
- Schnabel, P.B. ve Seed, HİB., 1973, Accelerations in rock for earthquakes in the Western United States: *Bull. Seismological Soc. Am.* 63, 501-506.
- Seed, H.B., Mararta, R., Lysmer, J. ve Idriss, I.M., 1976, Relationships of maximum acceleration maximum velocity, etistance from source and local site conditions for moderately strong earthquakes : *Bull. Seis. Soc. Am.* 66 no 4, 13284342.
- Seekins, L.C., Hill, D.P. ve Hanks, T.C., 1978, Shear -Wave velocity structae near oroville, California: *Bull. Seis. Soc. Am.* no 3, 691-697.
- Tabban, A., 1979.
- Tather, W. ve Hanks, T.C., 1973, Source parameters of Southern California earthquakes: *J.G.R.*, 78, 8547-8576.

**Yazının geliş tarihi : 6.5.1984**

**Düzeltilmiş yazının geliş tarihi : 11.1.1986**

**Yayıma verildiği tarih : 1.10.1986**