



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

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

62



Deprem Araştırma Bülteni (DAB)

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



Temmuz [July] / 1988
Cilt [Volume]: 15

Sayı [Issue]: 62

İÇİNDEKİLER [INDEX]

Sayfa [Page]

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Kırsal Yapılarda Deprem Hasarlarının Tayini [Determination of Earthquake Damages in Rural Structures]

Polat GÜLKAN, Haluk SUCUOĞLU 5-45

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Marmara Bölgesi Maksimum Yer İvmesi Tahminleri [Marmara Region Maximum Ground Acceleration Forecasts]

Semih TEZCAN 46-60

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Deprem Verilerinin Risk Analizleri İçin Değerlendirilmesi [Evaluation of Earthquake Data for Risk Analysis]

M. Ali YURDUSEV 61-76

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Yüzey Dalgalarının Dispersiyonuna Göre Batı Anadolu'da Kabuk Yapısı [Shell Structure in Western Anatolia According to the Dispersion of Surface Waves]

Ülben EZEN 77-95

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Lefkoşe Deprem İstasyonu Süreye Bağımlı Manyitüd Denklemi [Turkish Republic of Northern Cyprus Nicosia Earthquake Station Time Dependent Magnitude Equation]

Zafer ÖĞÜTCÜ 96-110

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Kavak Deprem İstasyonuna Ait süreye Dayalı Magnitüd Denklemi Kullanılarak Doğu Anadolu Depremlerinin Magnitüdlерinin Saptanması [Determination of the Magnitudes of the Eastern Anatolian Earthquakes Using the Time Based Magnitude Equation of the Kavak Earthquake Station]

Erhan AYHAN 111-123



BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI
AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

62



BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI
AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

62

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ



Üç Ayda Bir Yayınlanır
Bilim ve Meslek Dergisi



Sahibi
Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Adına
Oktay Ergünay
Afet İşleri Genel Müdürlüğü
Deprem Araştırma Dairesi Başkanı



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



Posta Kutusu 763
Kızılay - ANKARA



Telefon : 287 36 45 - 287 36 46



DEVLET SU İŞLERİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
BASIM EVİ ANKARA - 1991

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

YIL : 15

SAYI 62

TEMMUZ 1988

—BU SAYIDA—

- Kırsal yapılarda Deprem
Hasarlarının Tayini **P. GÜLKAN**
H. SUCUOĞLU
- Marmara Bölgesi Maksimum
Yer İvmesi Tahminleri **S.S. TEZCAN**
- Deprem Verilerinin Risk
Analizleri İçin Değerlendirilmesi **M.A. YURDUSEV**
- Yüzey Dalgalarının Dispersiyonuna
Göre Batı Anadolu'da Kabuk Yapısı **Ü. EZEN**
- Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti
Lefkoşe Deprem İstasyonu Süreye
Bağımlı Manyitüd Denklemi **Z. ÖĞÜTÇÜ**
- Kavak Deprem İstasyonuna Ait Süreye
Dayalı Magnitüd Denklemi Kullanılarak
Doğu Anadolu Depremlerinin Magnitüd-
lerinin saptanması **E. AYHAN**

KIRSAL YAPILARDA DEPREM HASARLARININ TAYİNİ

Prof.Dr. Polat Gülkan*

Doç.Dr. Halûk Sucuoğlu*

ABSTRACT

"Determination of Earthquake Damage in Rural Buildings"

This paper is concerned with the description of a failure criteria in non-engineered rural buildings damaged during earthquakes in an easily understandable and applicable way. The governing types of rural building structures in Turkey are classified and their seismic behavior is explained in connection with the earthquake damage observed in these buildings during past earthquakes. A new damage assessment form is then developed. This form uses convenient pictorial or verbal menus to guide the user for rating the earthquake damage in rural areas in a numerical way.

ÖZET

Bu makalede mühendislik hizmeti görmeden inşa edilmiş kırsal yapılarda deprem sırasında meydana gelen hasarın tayini için hasar tanımlarının kolay anlaşılır ve uygulanır tarzda kullanıcıya aktarılması amaçlanmıştır. Bu amaçla ülkemizdeki hakim kırsal yapı tipleri sınıflandırılmış yapıların, deprem sırasında gösterdikleri davranış şekilleri kırılma kriterleri kullanarak ve hasar gözlemleri değerlendirilerek izah edilmiştir. Çalışmanın sonunda kırsal yörelerde deprem hasarının tayininde kullanılacak, görsel ve sözlü tanımlara dayalı bir hasar tespit formu geliştirilmiştir.

* ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü

1. GENEL GİRİŞ VE AMAÇ

Ülkemizin yer aldığı Anadolu yarımadası aktif olan deprem bölgelerine sahiptir. Tarihte yazılı bilgilerden buraya yerleşmiş olan birçok medeniyetin bu tabii afet türü ile karşı karşıya kaldığını, yerleşim yerlerinin etkilendiğini, bazılarının yerlerinin değiştirildiğini, bazılarının ise terkedildiğini öğrenmekteyiz.

Depremlerin yolaçtığı zararların giderilmesi iki farklı düzeyde olur. Birincisi önceden fiziki düzeyde yapılan işlerdir. Bütün bina ve diğer inşaat türlerinin deprem tesirlerine karşı koyacak şekilde inşa edilmesi ve bu işi mecburi hale getiren kanun, yönetmelik, şartname, standard gibi hukuki belgelerin uygulamaya konması, planlama ve arazi kullanımının ona göre yapılması bu gruba girer. İkinci grup faaliyet ağırlık itibarıyla tabii afetin meydana gelmesinden sonra harekete geçen fiziki ve hukuki tedbirler dizisidir. Afetzedelerin acil kurtarma ve yardım işleri ile geçici iskan ve daimi barınmayı içine alan kanun ve yönetmelikler bu gruba örnek olarak gösterilebilir. Ülkemizde kısaca "Afetler Kanunu" diye anılan 7269 sayılı "Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun" 1959 da yürürlüğe girmiş daha sonra 1968 te 1051 sayılı kanun ile esaslı bir şekilde tadil edilmiştir. Kanunun uygulanmasını kolaylaştırmak, mevzuata açıklık ve benzerlik getirmek amacıyla bazı yönetmelikler yürürlüğe konulmuştur. Kolektif olarak bu yönetmeliklerin amacı devlet eliyle afet zararlarının giderilmesi amacıyla yapılacak yardımların üniform bir şekilde yapılmasına zemin hazırlamaktır.

Deprem afeti sırasında hasar gören bütün binaların hangi derecede etkilendiğinin tespiti Afetler Kanununun 13ncü maddesi uyarınca yerine getirilir. Kanunun bu maddesi, geçici iskan tedbirlerini kendileri almak isteyenlere nakdi yardım yapılabileceğini ifade etmektedir. Yapılacak yardımın miktarı Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nca tespit olunur ve bu miktarlar borçlandırmaya tabi tutulmaz. Demek ki kanunun amir hükmü uyarınca yapılacak karşılıksız yardımdan hak sahipleri mümkün olduğu kadar objektif ölçülere göre tespit edilmiş zarar görmüş olma durumuna göre faydalandırılmalıdırlar. Tespit, hasar tespit formu yardımıyla yapılır.

Hasar tespit formlarının tek kullanma alanı hak sahiplerini belirlemek değildir. Bu formlar iyi dizayn edildikleri ve uygulandıkları takdirde, deprem hasarlarının mahalli ve bölgesel dağılımı, farklı tip inşaat türlerinin hasar görme oranları, farklı parametrelerin deprem davranışına olan etkisi gibi konularda çok değerli bilgileri araştırmacılara aktarırlar. Başka ülkelerde mesela deprem sigortası yaptırmak isteyen ev sahipleri için sigorta şirketlerince tespit edilen primler istatistiki olarak bu bilgilerden çıkartılmaktadır. Ülkemizde halihazırda kullanılmakta olan "Hasar Tespit Raporu" Ek : A da verilmektedir. Söz konusu form genel bir formdur ve mühendislik hizmeti görmüş binalarla görmemiş binaları ayırmamaktadır. Bir mühendis tarafından projelenip inşa edilen binalardaki hasarın niteliği ve derecesi genellikle daha kolay ölçülebilir veya takdir edilebilir. Buna karşılık içinde oturan kimse veya sahibi ya da kalfalar tarafından inşa edilen binalar genellikle belli kurallara bakılmaksızın yapılmış olduklarından ve belirli bir dokusal yapı gösterdiklerinden hasarın rakamsal olarak tespiti konusunda daha büyük güçlüklerle karşılaşılır.

Bu çalışmanın amacı ülkemizde karşılaştığımız kırsal yapılardaki deprem hasarlarının tespiti için geliştirilen alternatif bir tespit formunu takdim etmektir. Bu işe paralel olarak aşağıdaki bilgiler de sunulmaktadır :

- (a) Türkiye'deki kırsal tip yığma, karkas veya bunların karması binaların sınıflandırılmaları, depremlerdeki davranışları bakımından irdelenmeleri,
- (b) Kırsal yapılardaki deprem davranışının açıklanması,
- (c) Hasarın kategorik tayini için kriterlerin açıklanması,
- (d) Yeni hasar tespit formunun açıklanması.

Sonraki bölümlerde bu konular sırayla ele alınmakta konu ile ilgili olup ta ana metin içinde yer almasına lüzum görülmeyen bazı alt konular muhtelif eklerle verilmektedir. Kolay anlaşılabilirliği sağlamak amacıyla teknik formülasyonlara yer verilmemekte, konu sadece hasar tespit formunun daha iyi anlaşılmasını sağlamak için gerektiği kadarıyla derinleştirilmektedir.

2. DEPREM NEDİR?

Deprem yer hareketi esas itibariyle yeryüzü kabuğundaki "fay" adı verilen büyük ölçekli süreksizliklerden kurtulan enerjinin gerilim dalgaları halinde yayılması olayıdır. Bu dalgalar kaya ve toprak zeminlerde üç boyutlu titreşim hareketleri yaratırlar. Tıpkı ışık ve ses dalgalarının yayılmasında olduğu gibi kaya veya zemini meydana getiren maddesel noktalar birbirlerini harekete geçirirler; yüzeyde bu hareketlerin toplamı deprem olarak adlandırılır. Yeri gelmişken Depremlerle ilgili bazı tarifleri burada yapmak yararlı olacaktır:

Fay çizgisi : Bitişik tektonik plakaların relatif hareket yapmaları sonucu kaydıkları düzlemlerin yeryüzündeki çizgi halinde belirtisi.

Odak : Tektonik plakaların ilk defa harekete geçtiği nokta: odak derinliği 700 km ye kadar olabilir. Ülkemizdeki depremlerin odak derinliği genellikle 10-30 km dir.

Merkezüstü : Odağın yeryüzündeki izdüşümü.

Richter şiddeti : Fayda ortaya çıkan enerjinin ölçüsüdür. Enerji ile Richter şiddeti M arasında empirik olarak şu ilişki tespit edilmiştir.

$$\log_{10} E = 11.8 + 1.5M \quad (1)$$

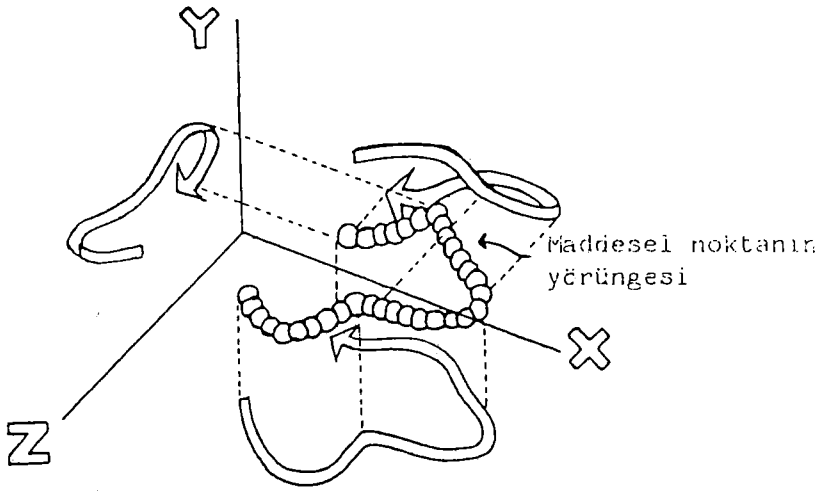
Burada E, Erg olarak ölçülür. M nin 3.0 ün altında olduğu depremler önemsiz, 4-5 olduğu depremler orta şiddetli, 6 veya daha fazla olduğu zaman da şiddetli olarak adlandırılabilir. Şimdiye kadar meydana gelmiş en şiddetli depremin 8.9 Richter şiddetinde olduğu tahmin edilmektedir.

Şiddet : Richter şiddeti depremin enerjisini belirtmekle beraber tahrip gücünü doğrudan tarif etmez. Bu özellik şiddet ile ölçülür ve mahalle bağlı olarak değişir. Herhangi bir depremin tek Richter şiddeti olmasına karşılık merkezüstünden uzaklaştıkça azalan farklı şiddetleri vardır.

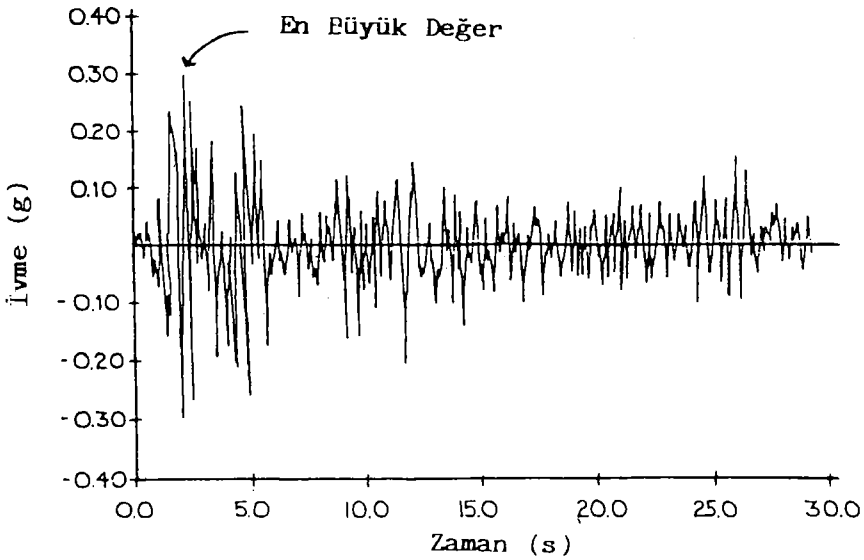
Gerilim dalgalarının yayılması sırasında bir zemin maddesel noktasının kısa fasılalarda peşpeşe yer değiştirmesi Şekil 1 de gösterildiği gibidir. Bu hareketin ivme şeklinde tek bir eksen boyunca zamana göre değişmesi ise Şekil 2 deki gibi olabilir. Görüldüğü gibi maksimum ivme $0.30g$ ($g=9.81 \text{ m/s}^2$) kadardır. Bazen hareket başka eksenlerde kaydedilebileceği gibi hız veya yer değiştirme şeklinde de ifade edilebilir.

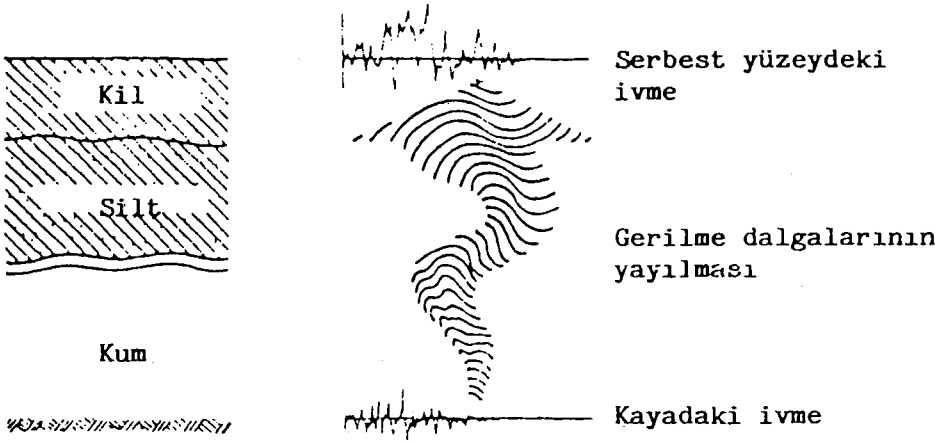
Gerilme dalgaları yayılma sırasında belirli bir noktadan geçerken gerek tabandaki kayaları gerekse bunun üzerindeki çeşitli zemin tabakalarını harekete geçirir. Zemin formasyonunun dinamik özellikleri bunların yapıları ve boyutları ile ilgilidir. Zemin tepkisi için kritik göstergeler bunların titreşim periyodu ile enerji yocketme, yani sönüm, özellikleridir. Sert zeminler için periyot 0.1s, yumuşak ve derin zeminler için de 3-5s olabilir: tipik değerler 0.25-1.0s.dir.

Zemin tabakaları taban kayasından gelen hareketler için bir çeşit süzgeç vazifesi görür, yani bazı frekanstaki hareketler yüzeye daha büyük olarak varır, bazı başka frekanstakiler ise yüzeye vardıklarında azalmış olur. Bu olay Şekil 3 te şematik olarak gösterilmektedir. Belirli bir örnek olması bakımından benzer bir durum Şekil 4 te sergilenmektedir. Yerin 37 m altında maksimum ivmesi $0.10g$ olarak kaydedilen bir hareket yüzeyde hem frekansı değişmiş hem de $0.22g$ lik bir ivmeye sahip olarak ortaya çıkmıştır. Sert zeminlerde büyültmeler pek az boyutta olur, ancak yumuşak zeminlerde yüzeydeki yer değiştirmeler ana kayadakilere bir kaç misline varabilir.

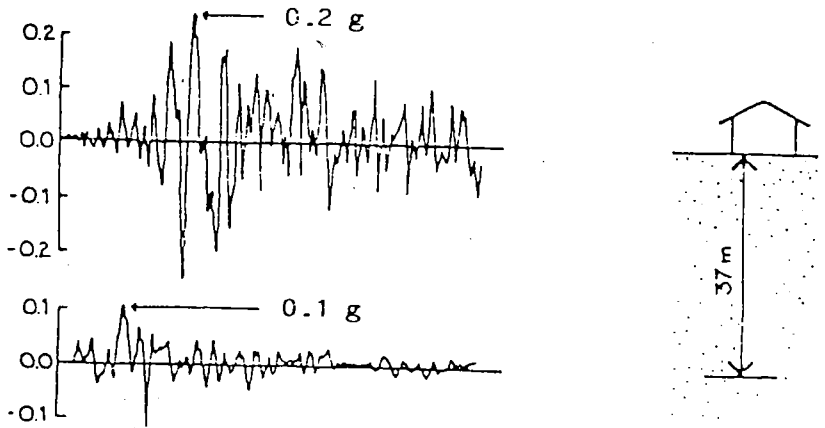


Şekil 1. Deprem Sırasında Bir Maddesel Noktanın Hareketi





Şekil 3. Zemin Tabakalarının Süzgeç Etkisi



Şekil 4. Zemin Büyültmesi

3. ÜLKEMİZDEKİ HAKİM KIRSAL YAPI TİPLERİ

Ülkemizde kırsal bölgelerde inşa edilen yapılar iklim şartlarına, tercih edilen veya yörede temin edilebilen inşaat malzemelerine, geleneklere, sahiplerinin gelir düzeyine ve sosyal alışkanlıklarına bağlı olarak önemli farklılıklar göstermektedir. Bu yapıların tümünü sınıflandırmak ancak geniş bir çerçeve içerisinde değerlendirme yaparak ve bazı detaylar ihmal edilerek gerçekleştirilebilir. Yapı sistemlerinin taşıyıcı özelliklerine göre yapılan bir sınıflandırma Şekil 5 de özetlenmektedir. Buradaki sınıflandırma esas olarak kırsal yapıların taşıyıcı sistem özelliklerine göre yapılmıştır. Yapılar başlıca kargir (yığma) ve karkas (iskeletli) olarak iki bağımsız tip ve bunların çeşitli karmalarından oluşan üçüncü bir melez tip ile sınıflandırılmışlardır. Aşağıda her sınıftaki yapı tipleri ayrı ayrı irdelenecek ve özellikleri tanıtılacaktır.

3.1. Kargir (Yığma) Duvarlı Yapılar

Başlıca özelliği taş, tuğla, briket, kerpiç gibi çeşitli duvar birimlerinin belirli şekillerde istiflenmesiyle inşa edilen duvarlardan meydana gelmeleridir. Duvarlar hem kullanım alanlarını çevreleme, hem de yapıya etki eden düşey ve yatay yükleri taşıma işlevlerini yerine getirmektedirler. Tek veya çift katlı olabilen kargir kırsal yapıların döşemeleri betonarme veya ahşap, çatıları ise betonarme plak, ahşap makaslı kiremit kaplama, galvanizli sac kaplama veya toprak dam olmaktadır. Şekil 5 te sıralanan çeşitli yığma duvar tipleri ve belirleyici özellikleri burada ayrı ayrı tanıtılacaktır.

3.1.1. Taş Yığma Duvarlar

Örgü malzemesi doğal yapı taşları olan yığma duvarlı kırsal yapılarda başlıca iki tür doğal taş kullanılmaktadır : moloz taş ve kesme taş. Kullanılan taş türü duvarın yapısal özelliklerini de önemli ölçüde etkilediğinden, moloz taş ve kesme taş duvarların ayrı olarak irdelenmesinde yarar vardır. Taş yığma yapılara en çok Doğu Anadolu'da rastlanmaktadır.

Moloz Taş Duvarlar. - Duvar yapımında iri taşlar duvarın iki dış yönüne ortada boşluk kalacak şekilde istiflenir ve daha küçük taşlarla kamalanarak tutturulur. Ortada kalan boşluk ise daha ufak taşlar ve çamur ile doldurulur. Çamur iki yüzdeki taşlar arasında bağlayıcılık vazifesi görür. Moloz taş duvarların çeşitli cephe ve kesit görünümleri Şekil 6.a ve 6.b de verilmektedir. Gerek malzeme, gerekse işçilikte kalite gerektirmediğinden düşük maliyetli kırsal yapılarda çok kullanılan bir duvar tipidir. Ancak yapısal özellikler bakımından da en zayıf duvar tipini teşkil etmektedir. Moloz taş duvarların dayanımını yükseltmek için uygulanan iyileştirme yöntemlerinin başında bağlayıcı malzeme olarak çamur yerine çimento harcı kullanımı gelir (Şekil 6.c). Harç bazen sadece dıştaki iri taşları birbirlerine bağlamakta kullanılır ve ortadaki boşluk gene çamur ve taşla doldurulur. Diğer durumda ise bağlayıcı olarak tamamen harç kullanılır ve tüm boşluklar harçla doldurulur. Moloz duvar dayanımının arttırılmasında yararlı bir başka önemli uygulama ise dik olarak kavuşan iki duvarın birleşmesinde düzgün kesilmiş taşlarla geçme yapılmasıdır. Böylece iki duvarın deprem sırasında kolayca ayrılması önlenmekte ve birbirlerine destek olması sağlanmaktadır (Şekil 8.a). Moloz duvarların en zayıf taraflarından birisi de deprem altında dağılarak bütünlüğünü kaybetmesidir. Buna karşı en etkili yöntem Şekil 8.a da gösterildiği gibi duvar boyunca belirli aralıklarla ahşap hatıl yerleştirilmesidir. Hatıllı yağma duvarların hatılsız duvarlara kıyasla depremlerde çok daha iyi dayanım gösterdiği bilinmektedir.

Kesme Taş Duvarlar. - Düzgün kesilmiş veya yontulmuş iri taşlar daha küçük taşlarla kamalanıp tutturularak duvarın dış yüzünü meydana getirmekte, iç yüzünde ise daha ufak taşlar kullanılmaktadır. Duvar örgüsünde çoğunlukla çimento veya kireç harcı kullanılır. Ahşap hatıllar duvarın deprem dayanımına önemli katkı sağlarlar. Şekil 6.d de kesme taş duvarın cephe ve kesit görünümü verilmektedir. Kesme taş duvarlar moloz duvarlara oranla daha iyi yapısal özelliklere sahiptirler. Duvar kalınlığının fazla olması durumunda kesme taşlar duvarın dış yüzünü oluşturmakta, iç yüzünde ise moloz taş kullanılmaktadır. Bu durumda duvarın ortası çamur ile doldurulmakta ve iki duvar yüzü arasında böylece bütünlük sağlanmaktadır.

3.1.2. Tuğla Yığma Duvarlar

Tuğlalar fırında üretilen doğal olmayan yapı taşlarıdır. Yığma duvar yapımında dolu tuğla veya boşluk oranı az olan delikli tuğla kullanılır. Deliklerin duvarda dik konumda olması gerekir. Duvar örgüsünde tuğlalar kireç veya çimento harcı ile birleştirilir. Tuğla duvar cephe ve kesiti Şekil 6.e de gösterilmektedir. Tuğla duvarlarda kullanılan beton veya ahşap hatıllar depreme karşı duvar dayanımını arttırır. Beton hatıl duvar kalınlığındadır ve içinde bir miktar donatı konur (Şekil 8.c). Yatay hatıllar çeşitli şekillerde yerleştirilirler. Duvar üstü hatılı döşeme ile birlikte dökülür. Duvar içi hatılları kapı-pencere gibi duvar boşlukları üzerinden geçer. Duvar boyunca sürekli, veya sadece boşluklar üzerinde kısmi olabilir. Pencere altı hizasında da sürekli hatıl kuşağı yapılabilir. Bazen duvar birleşimlerinde, Şekil 8.c de gösterildiği gibi kolon görünümünde düşey beton hatıl konur. Düşey hatıllar betonarme kolon gibi yük aktarmaz, ancak deprem altında duvarların birlikte çalışmasını temin ederek önemli faydalar sağlar.

3.1.3. Beton Briket Yığma Duvarlar

Briketle yapılan yığma duvarlar genelde tuğla yığma duvarlarla aynı özelliklere sahiptirler. Bazı durumlarda, kireç veya çimento harcı dışında çamurla da örülebilmektedir. Briket duvarlarda kullanılan hatılların özellikleri de tuğla duvardakiler gibidir. Şekil 6.f de tipik briket duvar cephe ve kesiti gösterilmektedir. Gazbeton briketlerin uygulaması çok kısıtlıdır.

3.1.4. Kerpiç Duvarlar

Yerel imkanlarla üretilen kerpiç bloklar çamur ile birleştirilerek örülür (Şekil 6.e). Genelde yük taşıma kapasiteleri düşük olan kerpiç duvarların dayanımı Şekil 8 de gösterildiği gibi ahşap hatıl kullanılarak arttırılabilir. Kerpiç duvarların en zayıf taraflarından biri ise ıslandığında kerpiğin yumuşaması ve dayanımını kaybetmesidir. Kerpiç duvarlı yapıların çatıları çoğunlukla düz toprak damdır. Duvar örüldükten sonra iç ve dış yüzü kalınca bir çamur tabakasıyla sıvanır. Depreme karşı dayanımı az ve yetersiz olan kerpiç yapılar çoğunlukla Orta Anadolu'da bulunmaktadır.

3.2. Karkas Yapılar

Maruz kaldığı yükleri bir iskelet sistemi ile taşıyan ve temele aktaran yapılar karkas olarak tanımlanır. Karkas yapıların iskeleti ahşap veya betonarmedir. Ahşap karkasa sahip yapılar ülkemizde hımsı ve bağdadi olarak ikiye ayrılır. Betonarme iskelet ise genelde çerçevelerden oluşur ve çerçevelerin içleri tuğla veya briket yığma duvarlar ile doldurulur.

3.2.1. Hımsı

Duvarların yapımından önce çeşitli boy ve çaplarda ahşap direkler düşey ve çapraz olarak yerleştirilerek bir duvar iskeleti meydana getirilir. Sonra boşluklar tuğla, taş veya kerpiç gibi yörede kolay temin edilebilen bir örgü malzemesiyle doldurulur. Dolguda çamur harcı kullanımı yaygındır. Daha sonra duvarın iki yüzü çamur ile sıvanır. Şekil 7.a da hımsı duvarın iç dokusu görülmektedir. Orta, Kuzey ve Batı Anadolu'da yaygın olarak kullanılan bir yapı türüdür. Deprem dayanımı inşa kalitesine bağlı olarak orta veya yetersiz olabilmektedir. Çatılar direklerden meydana gelen bir makas üzerine kiremit veya toprak kaplanarak yapılır.

3.2.2, Bağdadi

Hımsı'a göre çok daha gelişmiş bir ahşap yapı türüdür. Marangozluk işlemi görmüş tahta direklerin düşey, çapraz ve yatay yönlerde düzgün olarak yerleştirilmesiyle duvar iskeleti oluşturulur. Duvarın iç ve dış yüzüne yatay olarak enli, düzgün tahta sıraları çivi ile tutturulur. İki tahta yüzün arası çamur ile doldurulur ve dış yüzeyler sıvanır. Duvarların hafif ve ahşap birleşimlerinin sağlam olması dolayısıyla bağdadi yapılar depremlerde çok iyi davranış gösterirler. Çatıları düzgün çatılmış ahşap makas üzerine kiremit kaplamadır. Kuzey ve Batı Anadolu'nun gelişmiş yörelerinde bağdadi yapılara daha sıkça rastlanır. Tipik bağdadi yapı duvarı Şekil 7.b de gösterilmektedir.

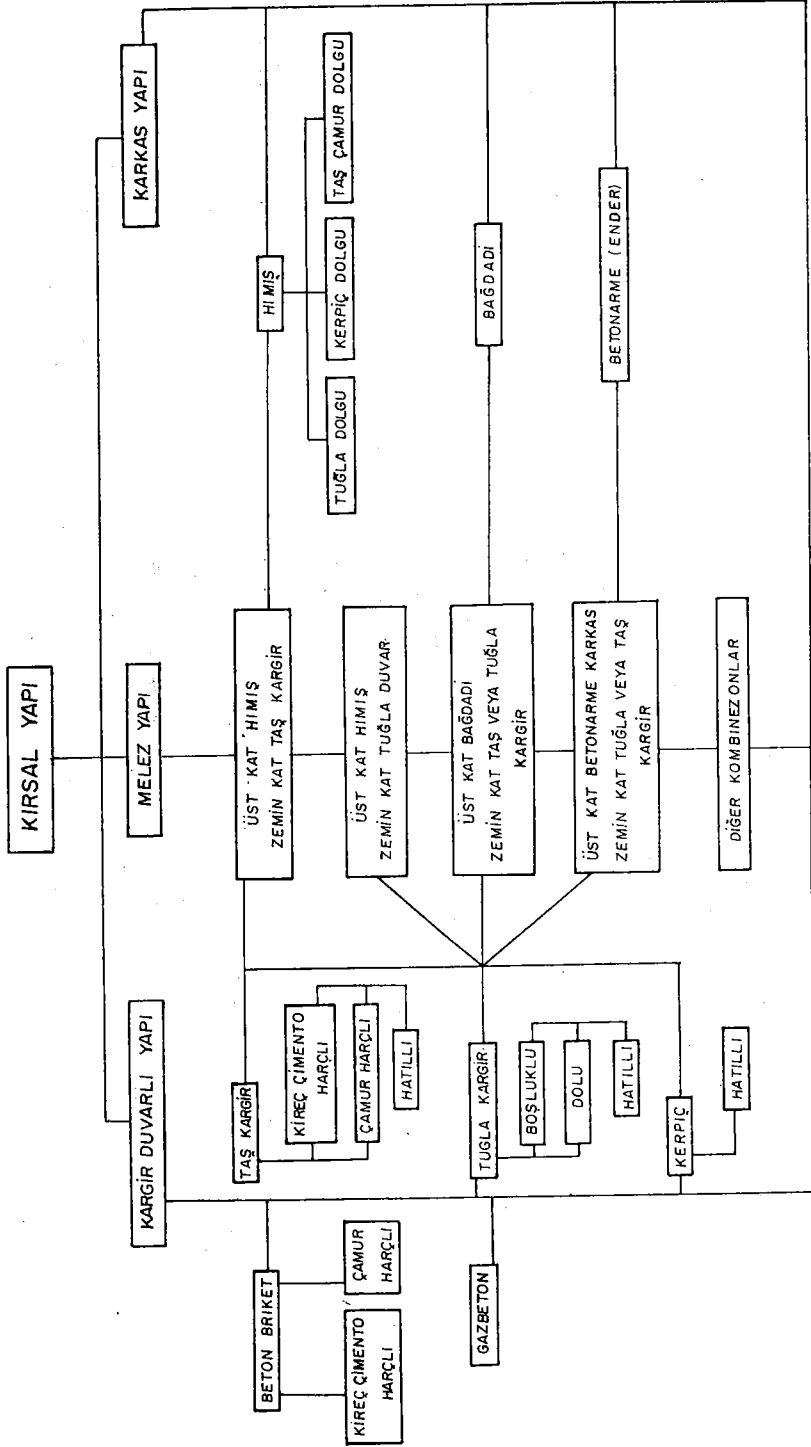
3.2.3. Betonarme

Tüm kırsal yörelerde betonarme yapılar hızla çoğalmaktadır. Üretim yönteminin standartlığına karşın yapı kalitesi oldukça değişkendir. Yapı iskeleti kolon ve kirişlerin oluşturduğu çerçevelerden meydana gelir. Döşemeler ve merdivenler de betonarmedir. Duvarlar ise çerçeve başlıklarının briket, boşluklu veya dolu tuğla ile örülmesiyle meydana gelir (Şekil 7.c). Yapının iskeleti betonarme yapı kurallarına ve yönetmeliğine uygun yapıldığı takdirde betonarme karkasa sahip yapılar depremlere karşı yüksek dayanım gösterirler. Ancak kırsal bölgelerde bunun sağlanması çoğunlukla mümkün olmamakta, mühendisliğe aykırı keyfi ve bilinçsiz uygulamalar ve yapıım hataları yapı dayanımını önemli ölçülerde zayıflatmaktadır.

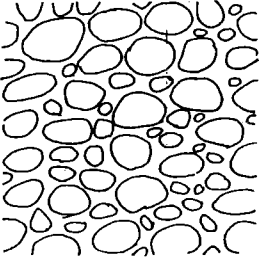
3.3. Melez Yapılar

İki katlı yapılarda genellikle zemin katın yığma, üst katın ise karkas olarak yapılmasıyla meydana gelir. Çeşitli melez yapı kombinasyonları Şekil 5 te sıralanmaktadır. Her kat bağımsız olarak önceki konularda anlatılan yığma ve karkas yapıların özelliklerini taşır. Ancak iki katın sürekliliğinin sağlanması deprem dayanımında ayrıca etkili olmaktadır. Üst kat taban döşemesi kullanılan karkasın tipine uygun olarak yapılır. Üst kat hımsı veya bağdadi ise ahşap döşeme, betonarme ise betonarme döşeme tercih edilir.

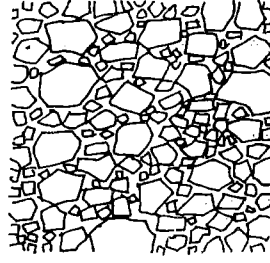
Bunlardan başka kısaca özetlenemeyecek mahalli varyasyonlar, kombinasyonlar mevcuttur. Ancak biz burada çoğunluğu içine alacak bir sınıflandırma ile yetineceğiz.



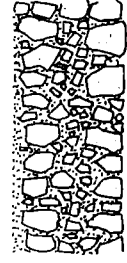
Sekil 5. Ülkemizdeki Kırsal Yapıların Sınıflandırılması



a. Yuvarlak moloz taş duvar



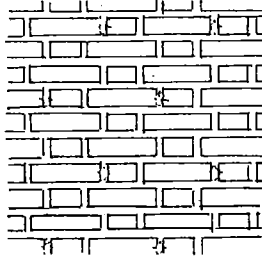
c. Çimento harçlı moloz taş duvar kesitleri



d. Kesme taş duvar



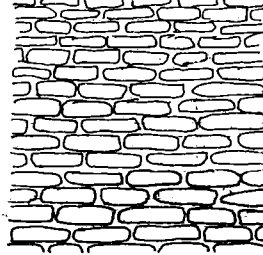
e. Tuğla duvar



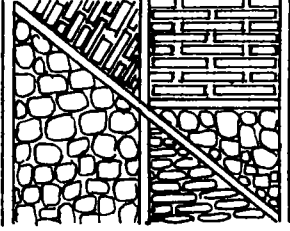
f. Briket duvar



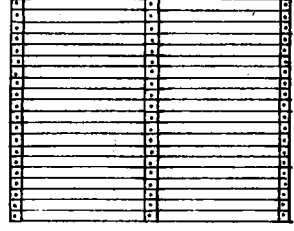
g. Kerpiç duvar



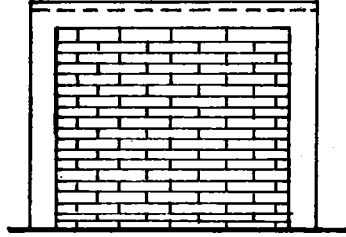
Şekil 6. Kargir (Yığma) Duvarlı Yapılar



a. Hımış duvar dokusu

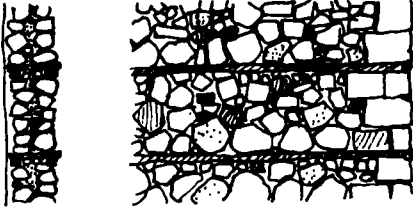


b. Bağdadi duvar dokusu

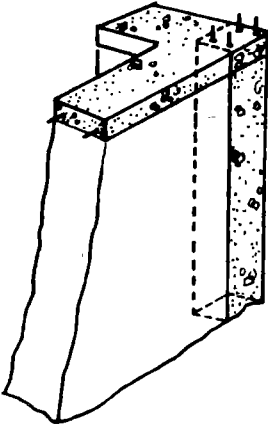


c. Dolgulu betonarme çerçeve

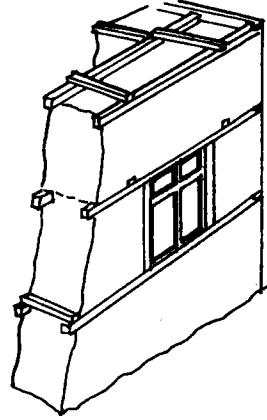
Sekil 7. Çeşitli karkas Duvar Tipleri



a. Moloz duvarda geçmeli kenar ve ahşap hatıl



c. Yatay ve düşey betonarme hatıllar



b. Ahşap hatıl detayları

Şekil 8. Yığma Duvarlarda Çeşitli Hatıl ve Kenar Detayları

4. KIRSAL KARGİR YAPILARIN DEPREM DAVRANIŞININ GENEL BİR AÇIKLAMASI

Önceki bölümlerde ülkemizde yaygın olarak karşılaşılan kırsal yapı tipleri örnekleriyle birlikte açıklanmıştı. Türkiye genelinde bakıldığında kırsal yapıların dörtte üçünün "kargir duvarlı yapı" sınıfına girdiği görülmektedir. Kargir yapılar yapı mühendisliğinde "kutu" yapı olarak da anılırlar. Burada deprem etkisi altındaki davranış duvarların kendi düzlemleri içinde meydana gelen membran kuvvetlerine dayalıdır. Çatının ve harekete geçen duvar kısımlarının kütlelerini ivme ile çarparak hareketin yönünün ters yönünde olan kuvveti buluruz. Bu kuvvet çatının ve onun bağlı olduğu duvarların düzlem içi rijitliği ve kapasitesi sayesinde temele aktarılır. Duvarların kendi düzlemlerine dik olan yöndeki rijitlik ve yük taşıma kapasiteleri ihmal edilebilecek kadar azdır.

Verdiğimiz bu basit izahtan anlaşılacağı üzere aynı anda hem düzlemiçi hem de düzlemdışı tesirlere maruz olan duvarlar birinci yönde yukarıda çatıya, aşağıda temele bağlı ve düşey yönde uzanan basit kiriş gibi, ikinci yönde ise sadece kaymadan etkilenen rijit kirişler gibi davranırlar. Ağır damlara sahip kargir yapıların duvarlarında görülen çapraz çatlamlar hep bu kesme kuvveti tesirlerinin sonucudur. Duvarların ortak köşelerinde üst taraflarda meydana gelen konik şekilli kırılmalar da aslında iki adet çapraz çatlağın duvarı kesmesinden başka birşey değildir. Bu tür yapıların duvar uçlarının devrilme tesirlerinden dolayı temelden yukarıya kalktığı dahi gözlenmiştir.

Tek başına alınan duvarların müşterek davranışı ise kargir yapının tamamının davranışını belirler. Eğer yapıdaki kütleler ve duvarların düzlemiçi rijitliklerinin dağılımı simetrik ise dam bir bütün halinde dönmeden öteleme yapar. Diğer taraftan atalet kuvvetlerine karşı koyan duvarların rijitliklerinin farklı olması halinde rijitliği az olan duvar ötekine oranla daha fazla öteleme yapar, sonuçta ise dam hem öteleme hem de dönmeye maruz kalır. Eğer damın kendi düzlemi içindeki rijitliği yeterli ise dönme bir rijit cisim dönmesi gibi olur ve sonuçta duvarların gördüğü kesme kuvvetinde farklar meydana gelir. Ancak çatı duvarların üst başına yük aktaracak şekilde bağlanmış değilse veya kendi düzlemi yeterli dayanıma sahip değilse o zaman mesela dikdörtgen olan bir çatı ise bu geometrik şekli terkedip paralelkenar gibi olur.

Görüldüğü gibi çatının deprem davranışına olan etkisi ihmal edilemeyecek kadar büyüktür ve bu etki sadece duvarların karşı koyması gereken kuvveti belirlemek şeklinde ifade edilemez. Ülkemizdeki kırsal yapıların en belli başlı özelliklerinden biri ağır, buna karşılık duvar başlıklarının yeterli irtibatlı olmamalarıdır. Yukarıda anlatıldığı gibi duvarların birbirinden bağımsız davranmasına yolaçan bu durumda genel dayanımda istenmeyen azalmalar ortaya çıkmaktadır.

Kargir yapılarda duvarlar üç ana kuvvet tesirine karşı koyarlar: düşey (eksenel) yük, düzlemiçi kesme kuvveti, düzlemdışı eğilme momenti. Bir duvarın bu tesirlerin hepsinin bulunduğu durumlarda ne zaman kırılacağını hesaplamak (bazı basitleştirici varsayımlar yapmak kaydıyla) mümkündür. Ek:B de verilen açıklamalar bu amaca yöneliktir. Bütün kargir duvarlarda malzemenin çekme dayanımının artması veya taşıdığı eksenel yükün artması taşıyabileceği moment veya eksenel yükün de artmasına yolaçar. Kireç harcı yerine çimento harcı ile örülmüş veya içine ahşap hatıl yerleştirilmiş bir duvarın neden daha fazla dayanıma sahip olduğu Ek:B deki basit modellerle dahi açıklanmaktadır.

5. KIRSAL YAPILARDA HASAR TÜRLERİ

Yurdumuzda kırsal bölgelerde meydana gelen depremler kırsal yapılarda önemli hasarlara neden olmuşlardır. Mevzuat bakımından deprem hasarlarını her yapı tipi için "hafif", "orta" ve "ağır" olarak üç sınıfta toplamak gerekmektedir. Az hasarlı yapılar genel olarak bir yapısal tamirata gerek olmaksızın kullanmaya devam edilebilecek yapılar dır. Orta hasarlı yapılarda hasar gören yapı elemanlarının tamir edilerek güçlendirilmesiyle yapı tekrar kullanılabilir hale getirilebilir. Ağır hasarlı yapıların ise tamir edilip tekrar kullanılması pek mümkün değildir. Ancak karkas yapılarda karkas sisteminde önemli bir hasar oluşmamışsa tamirat ve güçlendirme ile yapının tekrar kullanımı sağlanabilir. Bu da ancak betonarme yapılar için mümkündür. Bundan sonraki bölümde hasar sınıflaması yapılırken bu tanımlar göz önünde tutulacaktır.

Bu kısımda, kırsal yapı tiplerinde gözlenen çeşitli hasar türleri her yapı için ayrı ayrı sınıflandırılacak ve açıklanacaktır. Hasar değerlendirmesinde yapının taşıyıcı sistemi esas alınacaktır.

5.1. Kargir (Yığma) Yapı Hasarları

Ülkemizde meydana gelen orta ve büyük şiddetli depremlerde kırsal yığma yapıların yarısından fazlası ağır derecede hasar görmüştür. Bu büyüklükteki depremleri az hasarlı veya hasarsız atlatan yığma yapılar ise sadece yüzde 10 veya daha az oranda olmuştur. Yığma yapılarda hasarlar öncelikle dış duvarların hasar görmesi şeklindedir. Çatı ve döşeme, merdiven, bölme duvarlar gibi diğer sistemlerin hasar derecesi dış duvar hasarına bağımlı olarak ortaya çıkmıştır. Bu nedenle yığma yapıların hasar değerlendirmesi dış duvarlardaki hasarın belirlenmesiyle yapılacaktır.

Depremde yer hareketinin ve yapı eksenlerinin yönü duvar hasarının şeklini de belirler. Deprem yönü duvar düzlemine paralel ise duvarda eğik kayma çatlakları oluşur. Deprem duvar düzlemine dik yönde etki ediyorsa, duvarda yatay ve düşey çatlaklar ile köşe hasarları belirginleşir. Meydana gelen hasarın derecesi aşağıda sınıflanacak ve her yığma duvar tipinde ne şekillerde tezahür ettiği irdelenecektir.

5.1.1. Az Hasarlı Yığma Duvarlar

Hasar derecesinin az olması durumunda özellikle duvar sıvasında çatlaklar ortaya çıkar. Eğer depremin yönü duvara paralel ise duvar gövdesinde her iki yönde eğik çatlaklar oluşur. Duvarda pencere, kapı gibi boşluklar varsa eğik çatlaklar boşlukların kenarlarından dışa doğru uzanır (Şekil 9c). Boşluklar arasındaki duvar kısımlarında da eğik ince çatlaklar meydana gelebilir (Şekil 9.d).

Deprem hareketinin duvara dik yönde etki etmesi durumunda duvarda yatay ve düşey çatlaklar meydana gelir. Düşey çatlaklar duvarın kendisine dik olarak bağlanan duvarlarla birleştiği kenarlarda ve duvarın orta kısmında görülür (Şekil 9.a,b). Bunlar duvarın düzleminden dışarıya doğru eğilmek istemesinden kaynaklanan eğilme çatlaklarıdır. Aynı şekilde düzlem dışı eğilme duvarın orta ve alt kısımlarında yatay çatlaklara da neden olur (Şekil 9.a,b). Dışa eğilme tuğla ve kerpiç duvarlarda ise kısmi sıva dökülmesi şeklinde kendini gösterir (Şekil 9.e).

Burada göz önünde tutulması gereken nokta, az hasarlı yığma duvarlarda ince çatlakların ancak duvarın dış yüzeyi sıvalıysa kolay görülebilir olmasıdır. Sıvasız duvarlarda ince çatlakların farkedilmesi daha zordur. Sıvasız tuğla ve briket duvarlarda çatlaklar genellikle harç derzlerinde görülür, kimi zaman tuğla ve briket bloklarda da ince çatlaklar farkedilebilir. Taş duvarlarda ise taşın harçla yapıştığı sınırdaki hafif açılmalar olur. Eğer duvarda hatıl varsa hatıl boyunca ayrışmalar görülebilir.

5.1.2. Orta Hasarlı Yığma Duvarlar

Yığma duvarlarda orta dereceli hasar, az hasarlı durumda tarif edilen ince çatlakların büyümesiyle veya artmasıyla meydana gelir. Deprem duvar düzlemine paralel olması durumunda eğik çatlak tüm duvar gövdesinde yaygın olarak gözlenecektir (Şekil 10.e). Çamurla sıvalı taş ve kerpiç duvarlarda sıva dökülür. Tuğla ve briket duvarlarda eğik çatlaklar tuğla ve briket bloklarını da keser. Duvarda pencere-kapı boşlukları varsa eğik çatlaklar boşluk aralarında kalan duvar kısımlarında yoğunlaşacaktır (Şekil 10.d). Deprem duvar yüzüne dik etki etmesi durumunda duvarın mesnetlendiği dik kenarlara yakın oluşan düşey eğilme çatlakları genişleyecektir (Şekil 10.a). Duvarın düzlem

dışı eğilmesi taş duvarlarda bazı özel hasar durumları meydana getirir. İç ve dış yüzleri iri taşlarla örülmüş moloz taş duvarlarda dış yüz dışarıya doğru şişebilir (Şekil 10.c), veya ortasından bir kısmı dökülebilir (Şekil 10.b). Hatıllı duvarlarda hatıl boyunca ayrılmalar ve hatıl civarında duvar örgüsünün kısmen dökülmesi de mümkündür.

5.1.3. Ağır Hasarlı Yığma Duvarlar

Ağır derecede hasarlı yığma duvarlarda çatlaklar geniş ve duvar derinliğindedir. Duvarın bazı kısımlarında kısmen dökülmeler ve yıkılmalar da oluşur. Hareketin hakim yönü duvara paralel ise duvar gövdesinde geniş eğik çatlaklar meydana gelir (Şekil 11.c). Duvarda başlıklar varsa bunların aralarındaki duvar kısımları yoğun şekilde hasara uğrar. Geniş eğik kesme çatlakları bu kısımlarda yoğunlaşır, ayrıca başlık döşelerinden dışarıya doğru geniş eğik çatlaklar meydana gelir (Şekil 11.d). Bazı durumlarda pencerelerin dikdörtgenliğinin kaybolduğu gözlenir. Deprem yönü duvara dik ise duvar dışarı eğilmeye çalışacak ancak kenarlarda dik kesişen duvarlar buna engel olacağı için duvar kenarlarında aşırı gerilmeler oluşacak ve duvarın bu kısımları kısmen kırılacaktır (Şekil 11.a). Duvarın ortası ise fazlaca eğileceğinden duvar bu eğilmeye ancak kırılarak uyum sağlayabilecektir (Şekil 11.b).

5.2. Karkas Yapılardaki Hasarlar

Karkas yapılarda gerek düşey yükler, gerekse depremin meydana getirdiği yatay yükler taşıyıcı karkas (iskelet) çerçevesinin ve çerçeve içindeki dolgu malzemesinin birlikte yük almasıyla karşılanır. Bu nedenle hasar hem çerçeve elemanlarında, hem de aradaki dolguda oluşur. Hasar dağılımı karkas duvarın tipine göre değişir. Karkas yapılar genellikle yığma yapılara göre daha esnek olduklarından aynı şiddette depremler altında daha az derecede hasar görürler. Özellikle bağdadi ve yönetmeliğe uygun yapılmış betonarme çerçevesiz yapılarda geçmiş depremlerde gözlenen hasarlar oldukça sınırlı kalmıştır. Hımsız tipindeki binalarda ise daha yüksek derecelerde hasar olmuştur. Bu tipteki yapılarda malzeme ve işçilik kalitesi çok değişken olduğundan hasar derecesi de değişkendir. İskeleti sağlam kurulmuş ve ahşap bağlantıları iyi yapılmış hımsız binalarda hasar derecesi azalmaktadır. Hasar değerlendirmesinde karkas yapılar için de dış duvarlardaki hasarlar esas

alınacaktır. Ancak bu yapılarda duvarın çerçeve ve dolgunun birleşiminden meydana geldiği hatırdta tutulmalıdır.

5.2.1. Az Hasarlı Karkas Duvarlar

Duvarın taşıyıcı iskeletinde herhangi bir hasar ortaya çıkmaz. Az dereceli hasar ince dolgu çatlakları veya sıva dökülmesi şeklinde görünür. Dış yüzeyi çamurla sıvanmış hımış duvarlarda çamur sıva çatlaklar ve yer yer dökülür (Şekil 9.e). Bağdadi yapı duvarlarında az hasar ancak duvarın çok hafif kaykılmasıyla belirlenir (Şekil 9.f). Bu kaykılma ahşap taşıyıcı sistemde hiçbir hasara yol açmaz, ancak duvar dış yüzeyi sıvalıysa sıva dökülmesine neden olabilir. Betonarme çerçeveseli duvarlarda çerçeve ile dolgu duvarın birleşim hatlarında hafif açılmalar olur (Şekil 9.g). Aynı durum hımış duvarlarda ahşap dikmeler ile dolgu arasında da söz konusudur. Dolgu duvar gövdesinde ince eğik sıva çatlakları da ortaya çıkabilir (Şekil 9.h).

5.2.2. Orta Hasarlı Karkas Duvarlar

Orta dereceli hasarda duvarın taşıyıcı iskeletinde hafif hasar olabilmesine karşın duvar dolgusu hasarı kendini daha fazla gösterir. Hımış duvarlarda ahşap dikmeler hafifçe yerinden oynar ve dikmelere yaslanmış dolguda açılmalar ve kısmi dökülmeler meydana gelir (Şekil 10.g). Bağdadi yapıların duvarlarında gözle farkedilir derecede hafif kaykılma gözlenir (Şekil 10.f). Bu nedenle duvarın iç dolgusunda çatlaklar ortaya çıkar. Betonarme çerçeveseli duvarlarda betonarme kiriş ve kolonlarda ince çatlaklar oluşur. Çerçeve kendisinden daha sert olan dolgu duvarı köşelerinden kırabilir (Şekil 10.h). Dolgu duvarda çok sayıda eğik çatlaklar meydana gelir. Orta hasarlı karkas duvarlar sadece dolguda tamirat yapılarak tekrar kullanılır hale getirilebilir.

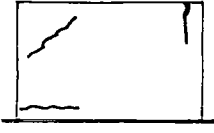
5.2.3. Ağır Hasarlı Karkas Duvarlar

Duvarın taşıyıcı karkas sisteminde kırılmalar meydana gelir. Dolgu ise dağılır, tamamen veya kısmen yıkılır. Hımış duvarlarda ahşap dikmeler dayanma noktalarında ezilir veya kırılır. Dikme aralarında kalan dolgu dağılır ve dökülür (Şekil 11.e). Ağır hasarlı hımış duvarların tamir edilmesi pek mümkün değildir. Bağdadi yapı duvarlarında ağır hasar belirgin kaykılma şeklinde gözlenir (Şekil 11.f). Duvarın bu derece deformasyona uğramasının nedeni duvar iskeletini oluşturan

ahşap elemanlarda önemli bir hasar olması değil, birleşim yerlerinin esnek olmasıdır. Ancak kaykılmış binayı eski haline getirmek zordur, bu nedenle belirgin deformasyon ağır hasar olarak kabul edilmelidir. Betonarme çerçeve duvarlarda çerçeve kolon ve kirişleri ağır derecede çatlar. Çerçeve hasarı eleman mesnet uçlarında enine eğilme çatlaklarının büyümesi veya eğik kesme çatlaklarının ortaya çıkmasıyla kendini gösterir. Dolgu duvar köşelerinde kırılarak dökülür, gövdesinde derin eğik çatlaklar oluşur (Şekil 11.g). Deprem yönünün çerçeve düzlemine dik olması durumunda çerçeve fazlaca hasar görmese de dolgu duvarın tamamen yıkılması mümkündür. Bu durum da ağır hasar sayılmalıdır. Ağır hasarlı betonarme çerçeveler bazen iyi bir tamiratla tekrar kullanılabilir, ancak dolgu tekrar yapılmalıdır.

5.3. Melez Yapılardaki Hasarlar

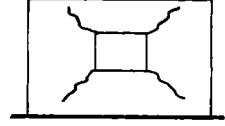
Melez yapıların alt katı ve üst katı Bölüm 5.1 veya Bölüm 5.2 de açıklanan yapı tiplerinden biri olacağı için, her katta meydana gelen hasarın değerlendirilmesi de anılan bölümlerde anlatılan hasar değerlendirmelerine uygun olarak yapılacaktır.



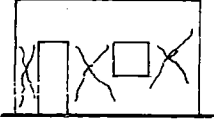
a. Kenar çatlağı



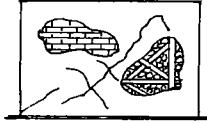
b. Ortada çatlak



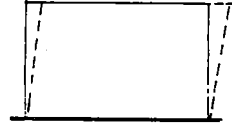
c. Pencere köselerinde çatlak



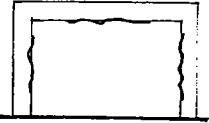
d. Bosluk ortalarında eğik sıva çatlakları



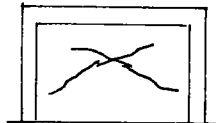
e. Sıva dökülmesi ve ince sıva çatlakları



f. Hafif kayılma
(gözle zor farkedilen)



g. Çerçeve-dolgu duvarı birleşiminde ayrışma



h. Dolgu duvarda ince eğik sıva çatlakları

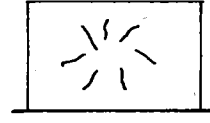
Şekil 9. Az Hasarlı Duvarlar



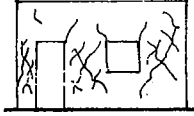
a. Kenarlarda çatlak açılması



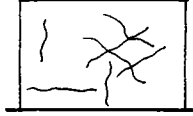
b. Dış kabuk dökülmesi



c. Duvarın şişmesi



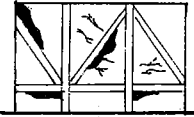
d. Boşluk aralarında
ince eğik çatlaklar



e. İnce, ancak
çok sayıda çatlak



f. Gözle farkedilen kayılma



g. Kısmi dolgu dökülmesi



h. Çerçeveye ince çatlaklar,
dolgu duvarda kısmi kırılma

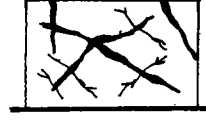
Sekil 10. Orta Hasarlı Duvarlar



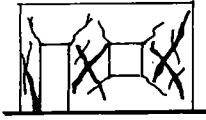
a. Köşe ve kenar kırılması



b. Ortada kırılma ve dökülme



c. Derin ve yoğun çatlaklar



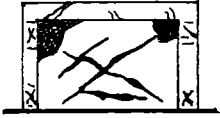
d. Boşluk arası duvar kısımlarının ağır çatlaması



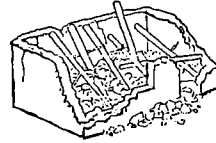
e. Dolgu dökülmesi ve dikmelerde kırılma



f. Belirgin kayılma



g. Çerçeve eğik, kalın çatlaklar, dolguda ağır yarıлма, kısmi yıkılma



h. Duvar yıkılması

Şekil 11. Ağır Hasarlı Duvarlar

6. BİNALARDAKİ HASARIN ÖLÇÜLMESİ

Deprem yer sarsıntılarını sırasında etkilenmiş bir yapıda meydana gelen hasarın gerek hukuği gerekse teknik nedenlerle bir ölçüye göre ifade edilmesi lazımdır. Ülkemizde bu uygulama eskiden beri hasarı, "az" (veya "hafif), "orta" ve "ağır" olarak nitelendirerek yapılmaktadır. Başka ülkelerde, özellikle deprem sigortası yapılan uygulamalara baktığımızda her yapı türü için "hasar ihtimal matrisleri" geliştirildiğini görmekteyiz. Kabul edilen bu usullerde "ortalama hasar oranı" veya "ortalama hasar faktörü" diye anılan bir kavram önemli rol oynar. Bu oran veya faktör meydana gelen hasarın, o binanın tamamının yeniden inşası için gereken miktarın bir yüzdesi olarak ifade edilmesi şeklindedir. Şimdi genel bir kavram olarak hasar durumunu sıfır ile yüz arasında değişen bir ölçüye oturtulup kategorileri birden fazla alt kategoriye işine alacak şekilde genişletilebilir, Sonuçlar Tablo I de özetlenmektedir. Bu tabloda en sol kolonda görülen tarifler ülkemizde kullanılan ifadelerdir; tablonun dip notu ise verilen 7 alt kategoriye anlatmaktadır. Görüleceği üzere "hasar" ölçüğü, hasara uğramış olduğu gözle görülen bina bileşeninin (duvar, taşıyıcı kolon, çatı v.b.) için de uygulanabilir. Bu bileşenlerin toplamının değerlendirilmesi suretiyle genelleştirilmeye gidilebilir. Sonuç, yapının tamamının hangi oranda hasar görmüş olduğunun bir sayı ile ifadesidir.

6.1. Hasar Tespit Formu

Öncelikle mühendislik hizmeti görmemiş kırsal yapılardaki hasarın tespiti için geliştirilen yeni tespit formu Şekil 12 de verilmektedir. Forma işlenmesi istenen bilgileri 3 ana başlık altında toplanabilir :

(1) İdari Bilgiler

Burada söz konusu olan bilgiler ilk olarak muhtemel hak sahibinin kimliği ve bazı durumlarda aynı yapıya ilişkin ortaya çıkabilecek birden fazla hak sahibinin olabileceği gözönüne alınarak konulan mülkiyet durumu ile ilgilidir. Daha sonra binanın plan geometrisi, kat adedi, bitişik nizamda mı, yoksa ayrı mı olduğu, kullanma amacı ve (bilindiği takdirde) burada meydana gelen can kaybı istenmektedir.

(2) Yapı Tipi Bilgileri

Bu başlık altında doldurulması istenen bilgiler yapının morfolojisi, yani iç yapısı ve dokusu ile ilgilidir. Taşıyıcı sistemin Şekil 5 te verilen sistemlerden hangisine girdiği çeşitli sorularla ortaya çıkartılmakta, ayrıca döşeme, hatıl ve çatı ile ilgili başka bilgiler de istenmektedir.

(3) Hasara Ait Bilgiler

Esasta teknik olmakla beraber idari ve hukuki sonuçlar doğuran bilgiler bu ana başlık altında istenmektedir. Düşey ve yatay yüklerin taşıyıcı durumlarla temele aktarıldığı sistemler ile bunun dışında kalan karkas (ahşap, betonarme veya bunların karışımı) sistemler arasında bir ayırım yapılmaktadır. Buna ek olarak taşıyıcı olmayan ancak zarara yol açabilen bölme duvar merdiven ve çatı ile ilgili hasarın forma işlenmesi istenmektedir. Altını çizmek istediğimiz nokta bu raporda kabul edilen temel prensipte yapı hasarının duvar hasarı ile ölçüldüğü hususudur. Yük taşıma mekanizması duvar olmasa bile hacimleri çevreleyen duvarlardaki hasar, yapının bir bütün olarak uğradığı zorlamaları ve meydana gelen hasarları en iyi şekilde yansıtan göstergedir.

Ayrıca raporun doldurulduğu yerleşim merkezine ait bilgiler ve formu düzenleyenlerin kimlikleri ön yüzde yer almaktadır.

Bilgisayar yazılımlarından ilham alarak bu forma dahil edilmiş olan yenilik, sorulan her sorunun cevabının bir "menü" yardımıyla verilmesidir. Menü numaraları idari bilgiler için 1 ile, yapı tipi bilgileri için 2 ile ve hasara ait bilgiler için 3 ile başlayacak şekilde düzenlenmiştir ve bunların formun arka yüzünde yer almaları öngörülmüştür.

Hasarla ilgili bilgiler her zaman için bir sayı ile ifade edilmekle birlikte diğer menülerdeki cevaplar harf olabilmektedir. Hasarın ölçülmesi için kullanılan skala Tablo 1 den alınmaktadır. Bu skalada daha çok tarife dayalı olarak yapılan hasar nicelendirmesi, uygulamada mevzuat açısından gerekli olan "az", "orta" ve "ağır" sınıflandırmasında mümkün olduğu kadar kesin çizgilerle ayırım yapılabilmesi için bir puanlama ile birlikte uygulanmaktadır.

Formun arka yanı aşığıda kısaca açıklanmaktadır. Ancak yeri gelmişken bir hususu belirtmekte yarar vardır : Uygulamalarda karşı - laşılacak durumların tamamının bir formda özetlenmesi takdir edileceği gibi ancak kısmen başarılabilir. Bu konu edinilen ve forma işlenmesi öngörülen hususlar fazla detaya inmeden pratikte gruplandırılabilir bilgileri içine almaktadır. Verilen menü resimlerinde veya tariflerinde ~~aynen olmasa~~ bile gerçekte mevcut bir yapının ve bunun hasarının en yakın gruba dahil edilmesi ve kısa bir alışma ve tecrübe edinme devresinden sonra hak sahiplerinin objektif bir şekilde tespit edilmesi mümkün olacaktır. Arka yandaki kolonların başında yer alan sayılar menüdeki grupları göstermektedir.

6.1. İdari Bilgiler

Binanın mülkiyet durumu 10 ncu menüden, plan geometrisi ise 11nci menüden alınacaktır. Geometrinin kare veya dikdörtgen olmayıp girintili olması davranış açısından önemli bir göstergedir; ayrıca bazı durumlarda (özellikle ticari binalarda) yapının bir cephesi duvar olmadan boş bırakılabilmektedir. Yatay yük taşıma mekanizmasında burulmaya yol açabilen bu durumun 11 nolu menüde yazılacak 1 rakamının yanına * konulması ile işaretlenmesi istenmektedir.

Kat adedi, incelenen binanın yanındaki diğer binalara göre konumu ve kullanma amacı sırasıyla 12, 13 ve 14 no.lu tarif gruplarından alınacaktır. Ayrıca bilindiği takdirde bu binadaki toplam can kaybı ait olduğu kolona işlenmelidir.

6.1.2. Yapı Tipi Bilgileri

Bu bölümdeki bilgiler esas itibariyle 3ncü Bölümde verilen bilgilere dayanmaktadır. Ağırlık verilen husus kırsal yapıların yük taşıma mekanizmalarının sahip oldukları duvarlara atıfta bulunarak belirlenebileceğidir. Şekil 6 ve 7 veya bunların karışımı tipi, Şekil 8 ise hatırlı durumunu belirlemektedir. Çatı ise metinde yer verilmeyen bir çizim grubunun 25 no.lu menü olarak belirtilmesi ile gruba dahil edilmiştir.

6.1.3. Hasara Ait Bilgiler

Bu bilgiler 5nci Bölümde bütün taşıyıcı sistem tipleri için gruplanmış ve Şekil 9, 10 ve 11 de tanımlanmıştır. Taşıyıcı sistemde meydana gelen duvar hasarları daha detaylı olarak bu bölümde anlatılmış

olmakla beraber uygulamada hem şimdiye kadarki tecrübeyi gözönüne almak hem de Tablo 1 de birer alt ve üst hasar oranı sınırlarıyla tarif edilen kategorileri mümkün olduğu kadar kesin çizgiyle birbirinden ayırmak amacıyla bazı zorunlu genellemelere gidilmiştir. Tablo 1 den alınan hasar oranları, inşaat mühendisliği bilgileri ile değerlendirilerek 5 genel kategori tarif edilmiş ve daha sonraki puanlama sistemine hazırlık olması açısından bir takım puanlara bağlı olarak gösterilmiştir. Menü 31 de hasar derecesi olarak "Hasarsız" 0 puan, "Az Hasarlı" 2 puan, "Orta Hasarlı" 4 puan, "Ağır Hasar" 6 puan, "Yıkık" ise 8 puan ile değerlendirilmektedir. Bu kategorilerin hangi orandaki hasarı karakterize ettiği ise aynı menüde yanlarına yazılmış bulunan tariflerle kısaca belirtilmiştir. Genel olarak uç kategoriler, yani 0 puanlı hasarsız ile 8 puanlı yıkık haller, dışındaki kategoriler için formu tanzim eden teknik adamlarca kullanılacak takdir payları kaçınılmaz olarak vardır. Menü 31 de zemin kat hasarı ile diğer katlardan en ağır hasar görmüş olanın hasarı yazılacak ve bunlardan daha büyük olanı sonraki genel değerlendirmeler gözönüne alınacaktır. Menü'nün resimli kısmında verilen hasar türleri ile puanın yan yana yazılması öngörülmektedir; mesela 6-C uçlarında ezilme ve dağılmalar bulunan ağır hasarlı duvara sahip bir yapıyı göstermektedir. Kısaca ifade etmek gerekirse bir binanın zemin kat veya (varsa) diğer katlarındaki en ağır hasara uğramış olan duvar o bina için hasar oranı belirleyicisi olmaktadır.

Bölme duvarları menü 31 den alınmakla beraber genel değerlendirme de gözönüne alınmamaktadır; keza merdivenlerdeki hasar da 32 no.lu menüden alınarak işlenmektedir. Yapısal hasarın önemli bir göstergesi olan çatı hasarı ise menü 33 den bakılarak alınmaktadır. Burada relatif ağırlıkları düzenlemek amacıyla çatı hasarları en çok 3 puanlı olarak düzenlenmiştir.

Binanın genel toplam hasar puanı, 31 ve 33ncü menülerden alınan puanların toplamıdır. Görüleceği gibi bu puan hiç hasar görmemiş bir bina için 0 alt sınırına, tamamen çökmüş bir durum için ise 11 üst sınırına sahiptir.

6.2. Hasar Ölçeği

Şekil 12 deki "Genel Değerlendirme" kolonuna yazılan toplam puana göre yapıların idari hasar kategorileri aşağıda gösterilmiştir.

<u>Toplam Puan</u>	<u>Hasar Kategorisi</u>
0	Hasarsız
1-3	Az hasarlı
4-6	Orta hasarlı
7-9	Ağır hasarlı
9 dan büyük	Yıkık

Tablo 1. Hasar Ölçek Tanımları

Hasar durumu		Hasar Faktörünün Alt ve üst Sınırları (Yüzde)	Ortalama Hasar Faktörü (Yüzde)
	Hasarsız	0	0
AZ	Az	0-1	0,5
	Hafif	1-10	5
ORTA	Orta	10-30	20
	Ağır	30-60	45
AĞIR	Çok ağır	60-100	80
	Yıkık	100	100

Not :

1. Hasarsız : hiçbir hasar yok
2. Az : sınırlı, lokalize olmuş ve onarım gerektirmeyen hasar
3. Hafif : bazı bileşenlerde, genelde onarım gerektirmeyen, lokalize olmuş yaygın hasar
4. Orta : yaygın bir biçimde çok bileşende onarım gerektirecek
5. Ağır : büyük onarım gerektiren hasar
6. Çok ağır : çok yaygın ve binanın yıkılmasını gerektirebilecek ağırlıkta
7. Yıkık : binanın tamamen ayakta duramaması.

7. SONUÇ

Bu çalışmada ülkemizde bulunan kırsal, yani mühendislik projesine göre değil de yapan kimselerin tecrübe veya imkanlarına göre inşa edilmiş yapıların depremlerde gösterdikleri davranış ve uğradıkları hasar konu edilmiştir. Eldeki çok sayıda gözlem, deney, karşılaştırma ve diğer bilginin sentezi ile sadece bu tür yapıların hasarlarının objektif bir şekilde belirlenebilmesi için mevcut hasar tespit formuna alternatif teşkil edecek yeni bir form geliştirilmiştir. Bu formun uygulanması amacıyla verilen bilgiler teknik temel bilgilere sahip kimseler tarafından kolaylıkla anlaşılabilir ve hak sahiplerini tespit etmek daha kolay hale gelebilir.

TEŞEKKÜR

Bu yazıda konu alınan çalışma Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü ile Orta Doğu Teknik Üniversitesi Rektörlüğü arasında düzenlenmiş bir proje kapsamında yürütülmüştür. Bu çalışmanın başlatılması ve sürdürülmesi için bize her türlü yardımı göstermiş bulunan Afet İşleri Genel Müdürü Sn. Sayhan Bayoğlu'na, Genel Müdür Yardımcısı Sn. Ornan Baltan'a, Deprem Araştırma Dairesi Başkanı Sn. Oktay Ergünay'a teşekkür etmeyi bir borç saymaktayız.

Makalenin daktilo edilmesi Sn. Hediye Boran, bazı çizimlerin tasarım ve çizimi ise Y. Mimar Sn. Gül Asatekin tarafından yapılmıştır.

Ek : B Kargir Duvarlar için Basit Kırılma Modelleri

Türü hangisi olursa olsun bütün kargir malzemesi ile yapılan duvarların ortak bazı özellikleri vardır. Bu özellikleri daha iyi bir şekilde ortaya koyabilmek için sonsuz küçük boyutta ideal kargir malzemesini temsil eden elastik bir ortam alalım. Bu idealizasyonun normal halden tek farkı basınç ve çekme etkileri altında farklı mutlak değerdeki dayanıma sahip olmasıdır. Şimdi mekaniğin temel felsefesinden hareketle böyle malzemedan yapılmış bir duvar parçası alalım. Şekil B.1 de görüleceği gibi bu eleman bir yapı içinde farklı tesirlere maruz kalabilir. Genel hali temsil etmesi için normal olarak gerilmele-ri belirleyen normal kuvvet N, duvar düzlemi içindeki kesme kuvveti V ve duvarın eğilmeye maruz bırakan M momentine ilaveten dik kesme V' ve duvar düzlemine dik eksen tarafındaki moment M' gözönüne alınmaktadır. Bu kuvvetlerin hepsi şekildeki yönlerin tersine de etki edebilir. Bu son iki kuvvet bileşenini ihmal edelim. Cevaplayacağımız soru N, M ve V arasındaki ilişkilerin hangilerinin duvarda kırılmaya yol açtığıdır. Bu problem aslında çözümü zor olan bir problemdir. Basitleştirmeye devam ederek önce N ve M, sonra da N ve V nin hangi kombinasyonlarının duvarı kıracağını araştıralım. Üçünün de bulunduğu durum bu iki özel durumun bir çeşit ortak değerlendirmesi ile çıkartılacaktır.

Kesiti simetrik kabul edelim. Duvar malzemesinin basınç dayanımı f_b , çekme dayanımı da f_c olsun. Çekme dayanımına eksi işaret vereceğiz.

Normal mukavemet denklemlerinden

$$f = \frac{N}{A} + \frac{M}{S} \quad (B.1)$$

yazılabilir. Burada

f = kesitin maksimum gerilmesi

A = alan

S = kesit momenti momentini

Kırılma, Denklem (B.1) de f in basınç sınırı olan f_b den büyük veya çekme sınırı $-f_c$ den küçük olması ile meydana gelir. Yani

(B.1a)

$$\frac{N}{f_b A} + \frac{M}{f_b S} = 1 \quad (\text{B.1b})$$

Denklem (B.1b) de $f_b A$ tek başına basınç dayanımını yaratan aksenal kuvvet N_b yi $f_b S$ ise tek başına basınç dayanımına eşit gerilmeyi yaratan moment M_b yi gösterir. Öyleyse,

$$\frac{N}{N_b} + \frac{M}{M_b} = 1 \quad (\text{B.2})$$

yazabiliriz. Eğer

$$f_b = f_\zeta$$

olsa idi Denklem (B.2) yön değiştiren N veya M için Şekil B.3 teki şemanın her çeyrek kısmında simetrik olurdu. Ancak

$$-f_\zeta / f_b = \alpha < 1 \quad (\text{B.3})$$

olduğunu biliyoruz. O halde ikinci çeyrek düzlem için

$$\frac{N}{A} - \frac{M}{S} = -f_\zeta \quad (\text{B.4})$$

yazabiliriz. Basitleştirmeden sonra

$$\frac{N}{N_b} - \frac{M}{M_b} = \alpha \quad (\text{B.4a})$$

ifadesi yazılabilir. Denklem (B.2a) ile (B.4) ten

$$\frac{N}{N_b} = \frac{1-\alpha}{2} \quad (\text{B.5})$$

$$\frac{M}{M_b} = \frac{1+\alpha}{2} \quad (\text{B.6})$$

elde edilebilir. Bu ifadeler kullanılarak Şekil B.3 teki kırılma uzayı çıkartılabilir. Görüleceği gibi $\alpha=1$ iken tamamiyle simetrik bir etkileşim diyagramı, $\alpha=0$ olduğunda ise sadece basınç N için tanımlanan bir diyagram elde edilmektedir.

Şimdi eğilme momentinin bulunmadığı diğer ekstrem hali gözönüne alalım. Eğer

$$f_1 = \frac{N}{A} \quad (B.7)$$

$$f_2 = \frac{V}{A} \quad (B.8)$$

olursa duvarın ortasındaki bir noktadaki yaklaşık asal gerilmeler

$$\sigma_{1,2} = \frac{f_1}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{f_1}{2}\right)^2 + f_2^2} \quad (B.9)$$

Kırılma gene σ_1 in f_b den büyük veya σ_2 nin $-f_c$ den küçük olması demektir.

$$f_b = \frac{f_1}{2} + \sqrt{\left(\frac{f_1}{2}\right)^2 + f_2^2} \quad (B.10)$$

Denklem (B.10) her iki tarafta f_b ile bölünecek olursa

$$1 - \frac{N}{N_b} = \left(\frac{V}{V_b}\right)^2 \quad (B.10a)$$

$V_b = f_b A$ olduğuna göre kayma kuvvetinin yönünün önemsiz olduğuna dikkat edilmelidir. Diğer taraftan

$$-f_c = \frac{f_1}{2} - \sqrt{\left(\frac{f_1}{2}\right)^2 + f_2^2} \quad (B.11)$$

$$-1 = \frac{N}{2f_c A} - \sqrt{\left(\frac{N}{2f_c A}\right)^2 + \left(\frac{V}{f_c A}\right)^2} \quad (B.12)$$

Görüldüğü gibi Denklem (B.12) de $f_c A$ yerine αN_b konulacak olursa denklemin basitleştirilmesi ile

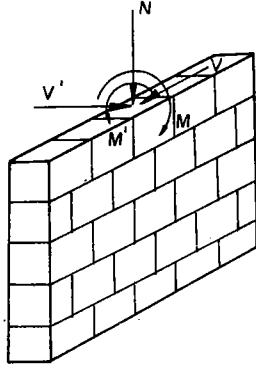
$$1 + \frac{N}{\alpha N_b} = \left(\frac{V}{\alpha N_b}\right)^2 \quad (B.13)$$

bulunur. Denklem (B.10a) ile (B.13) ün kesiştiği noktalar

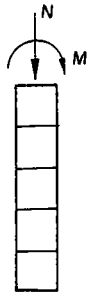
$$\pm \sqrt{\frac{1+\alpha}{1 + \frac{1}{\alpha}}}, \quad \frac{\frac{1}{\alpha} - \alpha}{\frac{1}{\alpha} + 1} \quad (B.14)$$

olarak hesaplanabilir. $\alpha = 1$ için Denklem (B.13) ün Denklem (B.10a) nın simetriği olduğuna dikkat edilmelidir. Buradan da görüleceği gibi aksel basınç yükünün artması ile kayma kapasitesinde artma olabilmekte ancak belirli bir "denge" noktasından sonra basınç dayanımı ön plana geçmektedir.

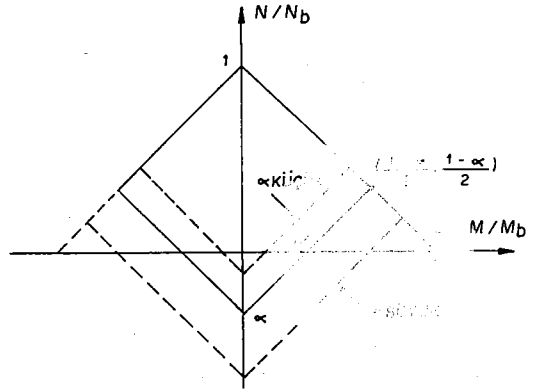
Demek ki, M, N ve V yi koordinat eksenlerinin herbirinde gösterecek olursak, dayanım M, N düzlemlerinde Şekil B.3, V, N düzleminde ise Şekil B.5 te gösterildiği gibidir. En genel halde ise bu üç değişkenin birbirlerini nasıl etkilediğine ilişkin deneysel bilgiye ihtiyacımız vardır. Dikkat çekmek istediğimiz husus şudur : Normal boyutlandırılmış ve aşırı aksel yüke maruz kalmış olan duvarların gerek moment gerekse kesme dayanımında bir iyileşme görülmektedir. Çekme dayanımının artması yani değerinin büyümesi ile M ve V nin her ikisinde de, kırılmanın basınç gerilmesi arafından kontrol edilmediği sürece, bu artış görülmektedir. Kargir duvarlara boyunca yerleştirilen ahşap hatılların çekme dayanımını eğer duvara yayılmış olarak düşünecek olursak davranışta meydana gelecek iyileşmeyi bu çok basit analog model ile açıklayabilmekteyiz. Bu ekte verilen bilgilerin ışığında taşıyıcı olan duvarların taşıyıcı olmayanlara nazaran daha çok kesme ve eğilme kapasitelerinin bulunduğu ortaya çıkmaktadır.



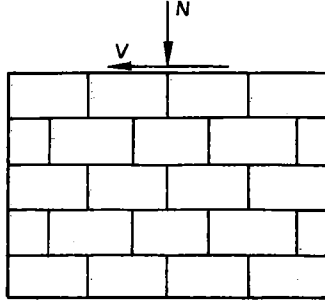
Şekil B.1. Çeşitli Kuvvetlere Maruz Duvar Elemanı



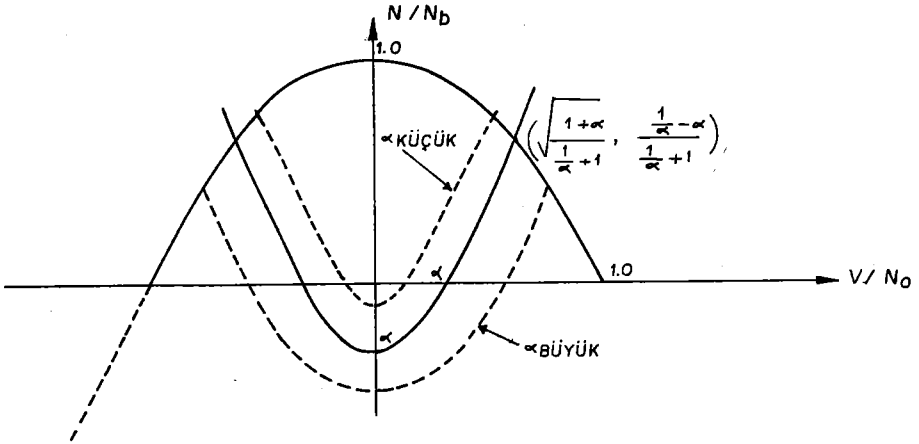
Şekil B.2. Eksenel Kuvvet-Moment Hali



Şekil B.3. Kırılma Uzayı



Şekil B.4. Aksenal Kuvvet-Kesme Kuvveti Hali



Şekil B.5. Kırılma Uzayı

MARMARA BÖLGESİ MAKSİMUM YER İVMESİ TAHMİNLERİ

Semih S. Tezcan

1. GENEL

Bu çalışmada Marmara Bölgesinin sismik risk analizi yapılmış ve elli yıllık bir yapı ömrü için, % 10 olasılıkla aşılabilecek maksimum yer ivmelerinin ne olacağı saptanmıştır.

Bölgede 1900-1972 yılları arasında her yıl meydana gelen en şiddetli depremin büyüklüğü baz alınarak, yüz yıllık bir süre içinde meydana gelebilecek en şiddetli depremin ivmesi tahmin edilmiştir. Ayrıca tahmin edilen deprem manyitudü için zemin hızı ve deplasmanı değerleri Newmark-Rosenblueth'a göre hesaplanmıştır.

2. SİSMİK TARİHÇE

Etüd bölgesini içine alan ve 40.00 N - 42.00 N boylam ile 27.50 E - 30.20 E enlem arasında tarif edilen dikdörtgen bir bölgede 1900-1972 yılları arasında meydana gelen önemli 30 depreme ait bilgiler özellikle I_0 episantradaki şiddet ve h = odak derinliği Tablo 1'de özetlenmiştir.

Bu tabloda verilen bilgiler, Ergin ve diğerleri (1967), (1971), Pınar ve Lahn (1952) ile Ketin (1968) tarafından hazırlanan kataloglardan alınmıştır. Aletsel data bulunmayan depremlerin Richter ölçeğine göre M büyüklüğü İpek ve arkadaşları (1965) tarafından verilen

$$M = 0.592 I_0 + 1.63 \quad \dots\dots\dots (1)$$

formülünden hesaplanmıştır.

Ergin, K., Güçlü, U. ve Uz, Z. (1967), "Türkiye Civarının Deprem Kataloğu," İ.T.Ü. Maden Fakültesi Arz Fiziği Enstitüsü Yayınları, No. 24.

Ergin, K., Güçlü, U. ve Aksay, G. (1971), "Türkiye ve Dolaylarının Deprem Kataloğu, 1965-1970," İ.T.Ü. Maden Fakültesi Arz Fiziği Enstitüsü Yayınları, No.28

Pınar, N., ve Lahn, E. (1952), "Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu," Bayındırlık Bakanlığı Yapı ve İmar İşleri Reisliği Yayını, Seri 6, Sayı 36,

Ketin, İ., (1968), "Türkiye'nin Tektonik Durumu ile Başlıca Deprem Bölgeleri Arasındaki İlişkiler," M.T.A. Dergisi, Sayı 71, s. 129-134, Ankara

TABLO 1
ETÜD BÖLGESİNİN DEPREM TARİHÇESİ (1900-1970)
(40.00 N-42.00 N ile 27.50 E-30.20 E arası)

TARİH			I _o -	ENLEM Derece	BOYLAM Derece	h km	M -
Gün	Ay	Yıl					
-	6	1902	5	40.98	27.50	0	4.6
-	7	1912	6	40.18	29.10	0	5.2
-	9	1924	6	40.90	29.20	0	5.2
-	6	1925	6	41.04	28.98	0	5.2
-	12	1926	6	40.77	29.90	0	5.2
24	7	1930	5	41.04	28.98	0	4.6
5	1	1934	5	40.18	29.10	0	4.6
-	4	1934	5	40.18	29.10	0	4.6
18	5	1934	5	40.18	29.10	0	4.6
9	12	1934	5	40.30	29.20	0	4.6
4	1	1935	9	40.50	27.50	0	6.3
4	1	1935	-	40.25	27.50	0	6.0
16	6	1942	7	40.40	28.00	0	5.8
13	11	1948	6	40.18	28.72	0	5.2
24	10	1954	-	40.50	28.00	0	5.2
2	4	1959	7	40.50	29.18	0	5.8
26	7	1959	5	40.80	27.50	0	5.3
7	1	1961	5	40.70	29.90	0	4.6
14	6	1963	6	40.10	29.20	0	5.2
18	9	1963	8	40.50	29.10	0	5.9
24	9	1963	5	41.03	29.08	0	4.4
6	10	1964	9	40.20	28.10	10	5.1
6	10	1964	9	40.30	28.20	10	6.6
17	10	1964	-	40.10	28.20	32.	4.4
15	12	1964	-	40.00	28.90	33.	4.9
12	2	1967	-	40.10	28.10	36.	4.0
18	9	1967	-	41.00	30.20	33.	4.4
6	5	1968	-	40.30	28.60	21.	4.3
9	11	1968	-	40.30	28.70	41.	4.2
5	3	1969	-	40.10	27.50	33.	4.7

Burada, I_0 = Değiştirilmiş Mercalli şiddetlidir. İmâr ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından hazırlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasının Etüd Bölgesini içine alan kısmı Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu haritaya göre, Etüd bölgesi tümü ile ikinci derecede tehlikeli bir bölge içinde kalmaktadır. Dolayısı ile, yapıların deprem hesabında yatay yük katsayısı 0.08 alınmalıdır.

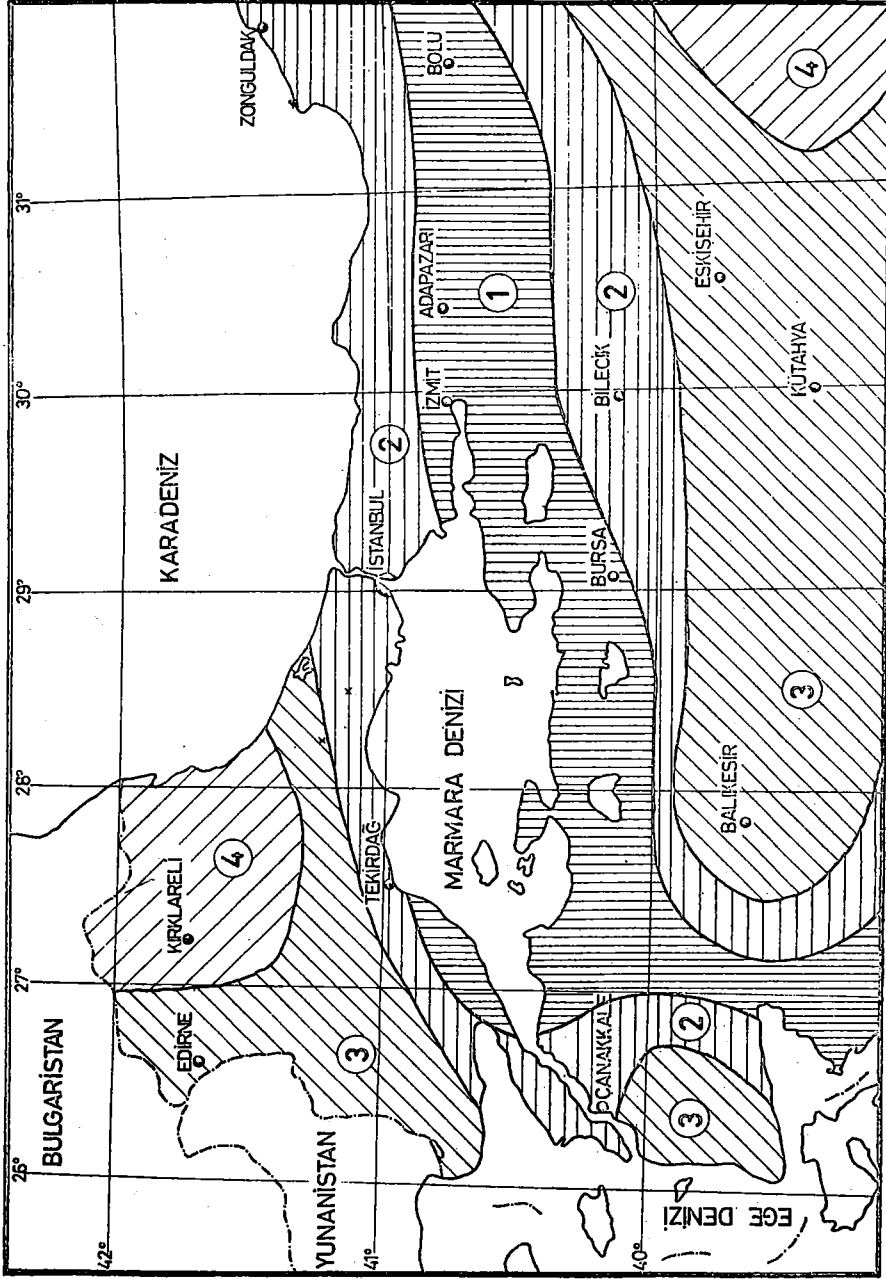
3. SİSMİK HARİTALAR VE SİSMO TEKTONİK ÖZELLİKLER

Doğuda Sakarya depresyon bölgesinde ve Marmara denizinin ortasından geçen fay hattı üzerinde meydana gelen depremler etüd bölgesini büyük ölçüde etkilemektedir. Marmara denizi Saros Körfezinden Adapazarı'na kadar uzanan bir depresyon ve dislokasyon bölgesidir. Bu bölgede karışık bir kırıklık sistemi ve tektonik çukurlar mevcuttur. Başlıca tektonik çukurlar olarak, Kuzey Ege denizi denizaltı çukurları, Saros Körfezi, Kavak-Yeniköy-Gaziköy fayları, Marmara denizindeki üç büyük denizaltı çukuru, İzmit Körfezi, Sapanca gölü, ve Adapazarı-Düzce ovaları sayılabilir. Gerçekten, Marmara Bölgesi, Kuzey Anadolu aktif deprem şeridinin batıdaki bir uzantısını teşkil eder.

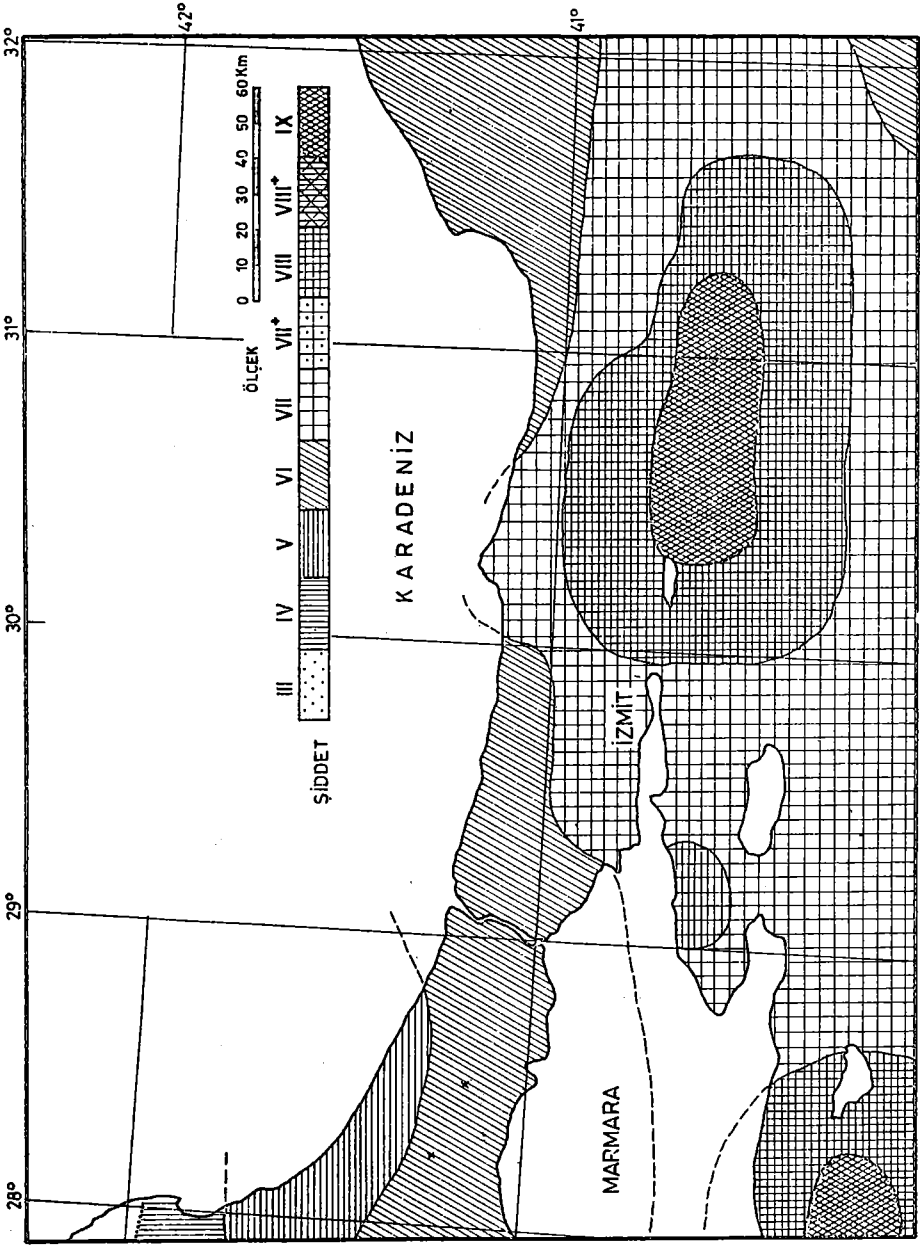
Tablo 1'de verilen geçmişteki depremler listesine bakılırsa, son yetmiş senede etüd bölgesini etkileyen bir çok depremin mevcut olduğu görülür. Ancak, etüd bölgesi sismo tektonik açıdan aktif bir merkez değildir. Genellikle, İzmit Körfezi ve Marmara depresyon bölgesi içinde meydana gelen depremlerden etkilenmiş ve zaman zaman ağır hasarlar kaydedilmiştir.

Sipahioğlu (1973) tarafından tarihsel deprem kayıtlarına dayanılarak hazırlanan maksimum şiddet haritası ile, jeolojik ve tektonik bilgilere dayanılarak hazırlanan sismojenetik haritanın Marmara Bölgesine ait bilgileri sırası ile şekil 2 ve 3'de gösterilmiştir. Müşahadelere dayanılarak hazırlanan maksimum şiddet haritasına göre etüd bölgesi en azından $I_0 = VI$ şiddetinde deprem bölgesi içindedir. Sismojenetik haritaya göre etüd bölgesi hem jeolojik ve hem de neotektonik açıdan şiddetli depremlerin beklendiği bir bölgeye rastlamaktadır.

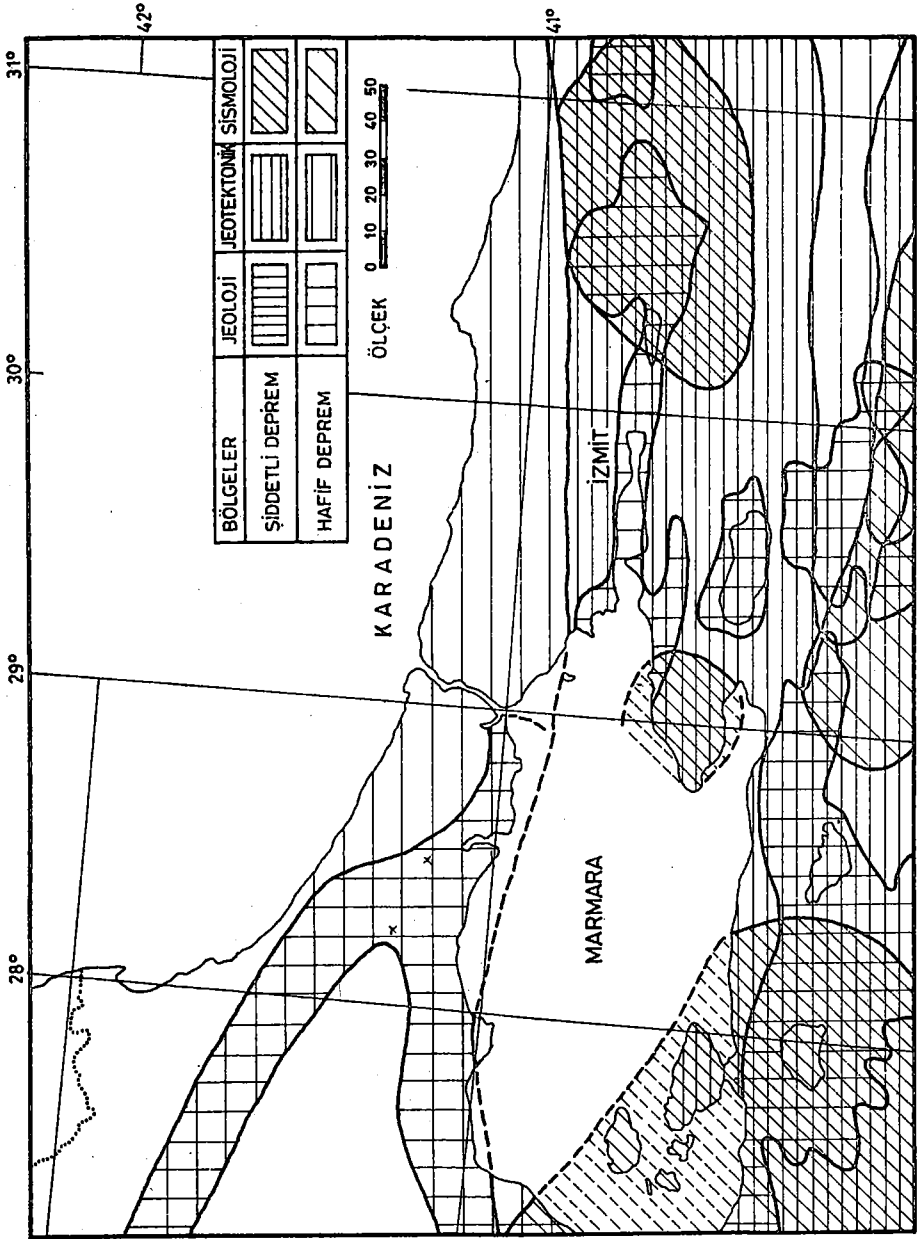
Sipahioğlu, S. (1973), "Proceedings of the Seminar on the Seismotectonic Map of the Balkan Region," UNDP-UNESCO Survey of the Seismicity of the Balkan Region, Dubrovnik, 17-26 April, 1973, Appendix Maps Nob 33 and 37, UNESCO, Skopje, 1974.



ŞEKİL 1.- MARMARA BÖLGESİ DEPREM BÖLGELERİ HARİTASI



ŞEKİL 2- MAKSİMUM ŞİDDET HARİTASI, 1939-1970 (Kandilli Rasathanesi)



ŞEKİL 3.- SİSMOJENETİK HARİTA (Kandilli Rasathanesi)

4. RİSK ANALİZİNE GİREN DEPREMLER

Yıllık maksimumlar metodu kullanılarak yapılan etüd bölgesinin risk analizinde 1900-1972 devresine ait depremler kullanılmıştır.

Bu devreye ait depremler Ergin ve arkadaşları (1967,1971) tarafından hazırlanan kataloglardan alınmış ve manyitüd için $M = 4$ alt sınır olarak kabul edilmiştir. Kataloglarda bu devreler için $M = 4$ 'den büyük deprem sayısı 18 adet olarak verilmiştir.

Risk analizi amacı ile, her yılda meydana gelen sadece en şiddetli deprem gözönüne alınmış, diğer bütün depremler hesap dışı bırakılmıştır. Hiç deprem kaydı bulunmayan yıllar için en şiddetli deprem manyitüdü olarak $M = 4$ kabul edilmiştir. Yıllık maksimum deprem manyitüdüleri küçükten büyüğe doğru sıraya dizilmiş her manyitüdün kaç kere tekerrür ettiği hesaplanmış ve Tablo 2'de gösterilmiştir.

TABLO 2
YILLIK MAKSİMUM DEPREMLER
ve
REGRESYON PARAMETRELERİ

M	1900-70	Parametre	Değer
4.0	5.3	T	71 yıl
4.3	1	C	0.857
4.4	1	a	2.858
4.6	4	b	0.720
4.7	1	α	720.3
5.2	5	β	1.658
5.3	1	\bar{M}	4.60
5.8	2	M_m	3.97
5.9	1		
6.3	1		
6.6	1		

5. YILLIK MAKSİMUMLAR METODU İLE RİSK ANALİZİ

Eski yıllara ait depremlerin genellikle en şiddetlileri kataloglara girdiği için, sadece her yılda en şiddetli depremi esas alan risk analizi metodu

geliştirilmiştir. Bu metodun ayrıntılı olarak izahı Lomnitz (1966), Cornell (1968) ve Oliveria (1974, 1975) tarafından verilmiş olmakla beraber bir bütünlük sağlamak amacı ile formülasyon burada kısaca özetlenmiştir.

Bir bölgede meydana gelen deprem manyitüdlerinin maksimum değerlerinin tekerrür sayıları için Poisson dağılımı kabul edilmektedir. Bu dağılımın fonksiyonu üstel olarak Gumbel (1958) tarafından aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$G(M) = \exp \{-\alpha e^{-\beta M}\} \dots\dots\dots (2)$$

burada, α ve β = Bölgenin sismisitesine bağlı regresyon katsayıları,
 M = Deprem manyitüdü'dür.

En küçük manyitüd sıfır değil M_{min} ise burada M yerine $M - M_{min}$ yazılmalıdır. Gumbel formülü Gutenberg ve Richter (1942) tarafından verilen

$$\log N = a - bM \dots\dots\dots (3)$$

şeklindeki manyitüd-frekans bağıntısı ile çok yakından ilişkilidir. Bu ilişkiler aşağıda özetlenmiştir.

$$\begin{aligned} N &= \alpha e^{-\beta M} && \dots\dots\dots (4) \\ G(M) &= \exp(-N) && \dots\dots\dots (5) \\ N &= -\ln G(M) && \dots\dots\dots (6) \\ a &= \log \alpha && \dots\dots\dots (7) \\ b &= \beta \log e && \dots\dots\dots (8) \end{aligned}$$

Lomnitz, C. and Epstein, B. (1966), "A Model for Occurrences of Large Earthquakes," Nature, 211.
Cornell, C. A. (1968), "Engineering Seismic Risk Analysis," Bulletin of Seismological Society of America, Vol. 58, No. 5, October.
Oliveria, C. (1974), "Seismic Risk Analysis," EERC 74-1, Earthquake Engineering Research Center, University of California Berkeley.
Oliveria, C. (1975), "Seismic Risk Analysis for a Site and a Metropolitan Area," EERC 75-3, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley
Gumbel, E. J., "Static of Extremes," Columbia University Press, N.Y.
Guttenberg, B. and Richter, C.F. (1942), "Earthquake Magnitude, Intensity, Energy and Acceleration," Bulletin of Seismological Society of America, Vol. 32, No. 3, July.

Gumbel dağıtım fonksiyonunun katsayılarını bulmak için, yıllık maksimum deprem manyitüdüleri n adet yıl için küçükten büyüğe doğru sıralanır ve her bir j'inci manyitüde $j/(n+1)$ ihtimal derecesi verilir.

Manyitüd	İhtimal, G(M)
M ₁	1/(n+1) +
M ₂	2/(n+1)
.	.
.	.
.	.
M _n	n/(n+1)

Yukarıda, Denklem 5 yardımı ile her manyitüd için N değeri hesaplanır ve bundan sonra, en küçük kareler regresyon tekniği ile dağılım fonksiyonu N'yi en iyi temsil eden bir doğru geçirilerek a ve b katsayıları hesaplanır. Daha sonra denklem 7 ve 8 yardımı ile α ve β katsayılarına geçilir.

Yıllık ortalama manyitüd \bar{M} değeri

$$\bar{M} = M_{\min} + 1/\beta \quad \dots\dots (9)$$

formülünden bulunur. Yıllık maksimum manyitüdülerden en sık vuku bulanı olan \bar{M}_{\max} değerine "Modal Maksima" denir ve bu deprem belli bir tarihsel devre içinde en sık vuku bulan bir manyitüddür. İncelemeye tabi tutulan tarihsel devre için, regresyon uygunluk derecesi c, dağıtım fonksiyonu katsayıları a,b, α ve β ile ortalama ve modal maksimum deprem manyitüdüleri Tablo 2'de özetlenmiştir.

6. RİSK ANALİZLERİ SONUÇLARI

1900-1972 arasındaki tarihsel devreye ait dağıtım fonksiyonlarına göre, 71 yıl içinde meydana gelen yıllık en şiddetli depremlerin manyitüd ortalaması $\bar{M} = 4.60$ 'dir. En sık tekerrür eden, daha doğrusu tekerrür sayısı T = 1 yıl olan yıllık maksimum deprem manyitüdü $\bar{M}_m = 3.97$ 'dir.

Manyitüdü M=6.6 ve daha büyük depremlerin tekerrür periyodu $T = 1/N$ formülünden T = 78 yıl olarak hesaplanmıştır. Etüd bölgesi için böyle yüksek bir manyitüdü depremin vukubulma ihtimali herhangi bir yıl için R = % 1.26, 50 yıllık yapı ömrü için R = % 47 ve 100 yıllık yapı ömrü için R = % 72'dir.

Risk analizi sonuçları regresyondan $T = 1$ için elde edilir. Yapı ömrünün $D = 50$ veya 100 yıl olması halinde, Gutenberg-Richter formülü gene geçerlidir. Ancak yapı ömrü ile ilgili aşağıdaki gibi bir tashih

$$\log N = a - bM + \log (D / T) \quad \dots\dots (10)$$

yapmak gerekir. Yapı ömrünün $D = 50$ yıl olması halinde beklenebilecek en büyük manyitüd

$$\log N = 2.858 - 0.72 M + \log 50 = 0$$

bağıntısından

$$M_{\max} = 6.33$$

olarak elde edilir. Yapı ömrü D yıl olarak kabul edilirse, bu devre içinde beklenebilecek manyitüdülerin ihtimal derecesi R_D için

$$R_D = 1 - \exp \{- \alpha D e^{-\beta M}\} \quad \dots\dots (11)$$

$$R_D = 1 - \exp \{- DN\} \quad \dots\dots (12)$$

yazılır. Her manyitüd için hesaplanan R_1 , R_{50} ve R_{100} risk değerleri Tablo 3'de gösterilmiştir.

7. MAKSİMUM İVME, HIZ VE DEPLASMAN ÖNERİLERİ

Yapı ömrü için kabul edilen $D = 100$ yıl içinde % 72 olasılıkla beklenen $M = 6.6$ manyitüdünde bir depremin doğuracağı maksimum $a =$ zemin ivmesi $v =$ zemin hızı ve $d =$ zemin deplasmanı aşağıda verilen ve Newmark-Rosenblueth (1971) tarafından ayrıntıları ile açıklanan formüllerden elde edilebilir:

$$a = 1230 e^{0.8 M} (R + 13)^{-2} \quad \dots\dots (13)$$

$$v = 15 e^M (R + 0.17 e^{0.59 M})^{-1.7} \quad \dots\dots (14)$$

$$d = 15 v^2 / a \quad \dots\dots (15)$$

Newmark, N.M. and Rosenblueth, E. (1971), "Fundamentals of Earthquake Engineering," Prentice Hall

TABLO 3
ETÜD BÖLGESİ İÇİN
DEPREM RİSK ANALİZİ SONUÇLARI
(1900-70)

M	1 Yıl İçin			50 Yıl için		100 Yıl için	
	N	T	R ₁	50 N	R ₅₀	100 N	R ₁₀₀
4.0	0.9485	1.0543	0.6127	47.425	1.0000	94.85	1.0000
4.3	0.5768	1.7338	0.4383	28.840	1.0000	57.68	1.0000
4.4	0.4886	2.0465	0.3865	24.430	1.0000	48.86	1.0000
4.6	0.3507	2.8513	0.2958	17.535	1.0000	35.07	1.0000
4.7	0.2971	3.3656	0.2571	14.855	1.0000	29.71	1.0000
5.2	0.1297	7.7112	0.1216	6.485	0.9985	12.97	1.0000
5.3	0.1099	9.1019	0.1040	5.495	0.9959	10.99	1.0000
5.8	0.0480	20.8544	0.0468	2.400	0.9093	4.80	0.9918
5.9	0.0406	24.6156	0.0398	2.030	0.8686	4.06	0.9828
6.3	0.0209	47.7817	0.0207	1.045	0.6483	2.09	0.8763
6.6	0.0127	78.5777	0.0126	0.635	0.4701	1.27	0.7192

$$N(M) = \alpha e^{-\beta M}$$

Deprem sayısı (M'den büyüklükler)

$$T = \frac{1}{N}$$

Tekerrür periyodu

$$R_1(M) = 1 - e^{-N}$$

Bir yıl için risk

$$R_D(M) = 1 - e^{-DN}$$

D yıl için risk

Burada, R = episantr uzaklığı (km)'dir ve diğer bütün birimler cm ve saniye cinsindedir.

Elli yıllık bir yapı ömrü için ($D = 50$ yıl) $R_{50} = 0.10$ ihtimalle aşılacak maksimum ivme Denk 11 yardımı ile, $M = 7.7$ olarak bulunur. Bu büyüklükte bir deprem ancak, Kuzey Anadolu fay hattı üzerinde oluşur. Şekil 4'te episantr haritası esasen bölgedeki faylanma hakkında bir fikir vermektedir. Bu faydan uzaklaştıkça yer ivmeleri azalır.

Newmark-Rosenblueth formülü kullanılırsa, $M = 7.7$ büyüklüğündeki bir deprem için faydan çeşitli uzaklıklardaki ivmeler şöyle bulunur.

<u>R</u> <u>km</u>	<u>a</u> <u>cm/sn²</u>
20	535
30	315
40	207
50	147
60	109
70	85
80	67
90	55
100	46

Bu değerler eşit ivme eğrileri halinde Şekil 5'te fay haritası üzerinde gösterilmiştir. Burada, bulunan değerlerin, daha evvel İstanbul için yayınlanan ivme değerleri ile uyum içinde olduğu görülmektedir.

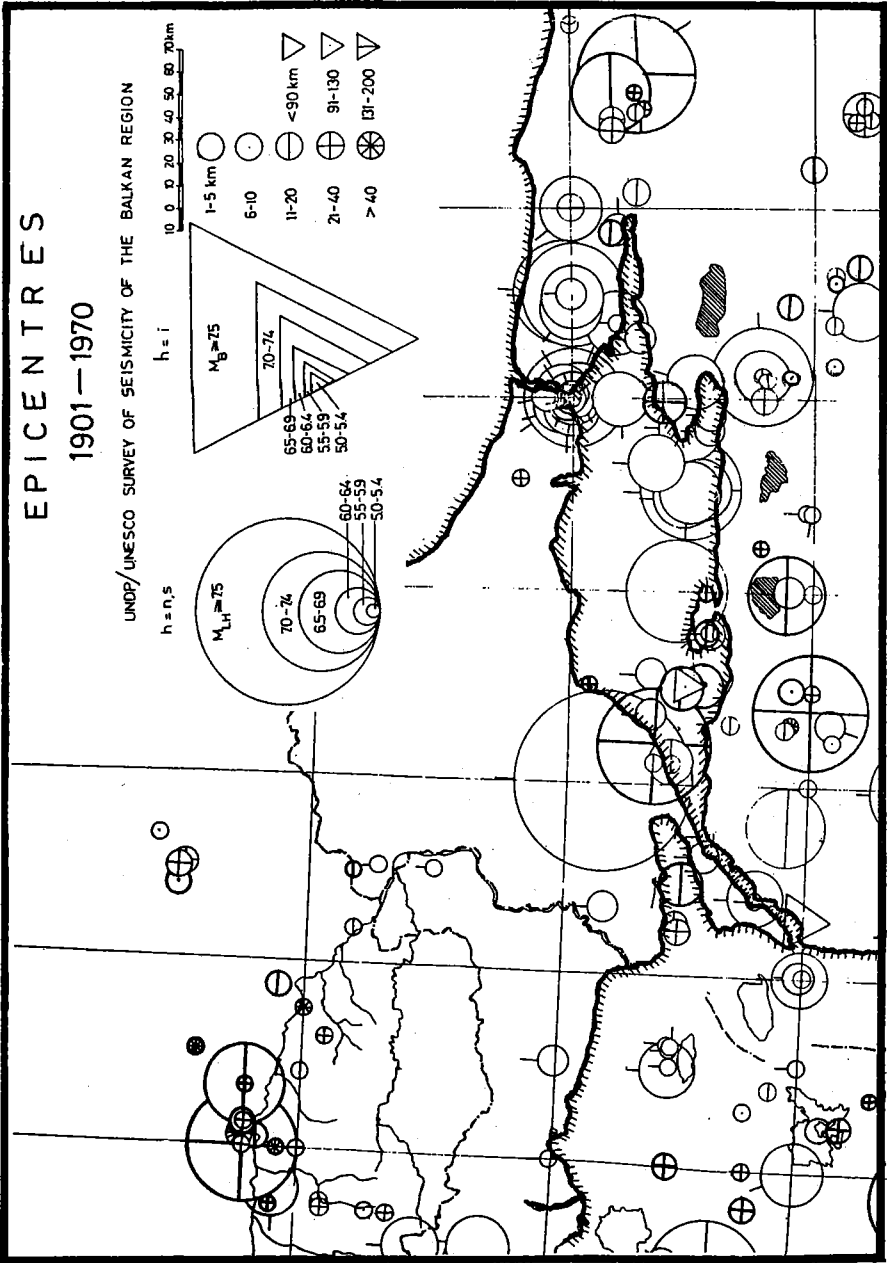
(Tezcan, Acar ve Çivi, 1979)*

* Tezcan, S.S., Acar, Y., ve Çivi, A., (1979), "İstanbul İçin Deprem Riski Analizi," Boğaziçi Üniversitesi Dergisi, Mühendislik Cildi, Vol. 7, No. 3081, S. 109 - S. 133.

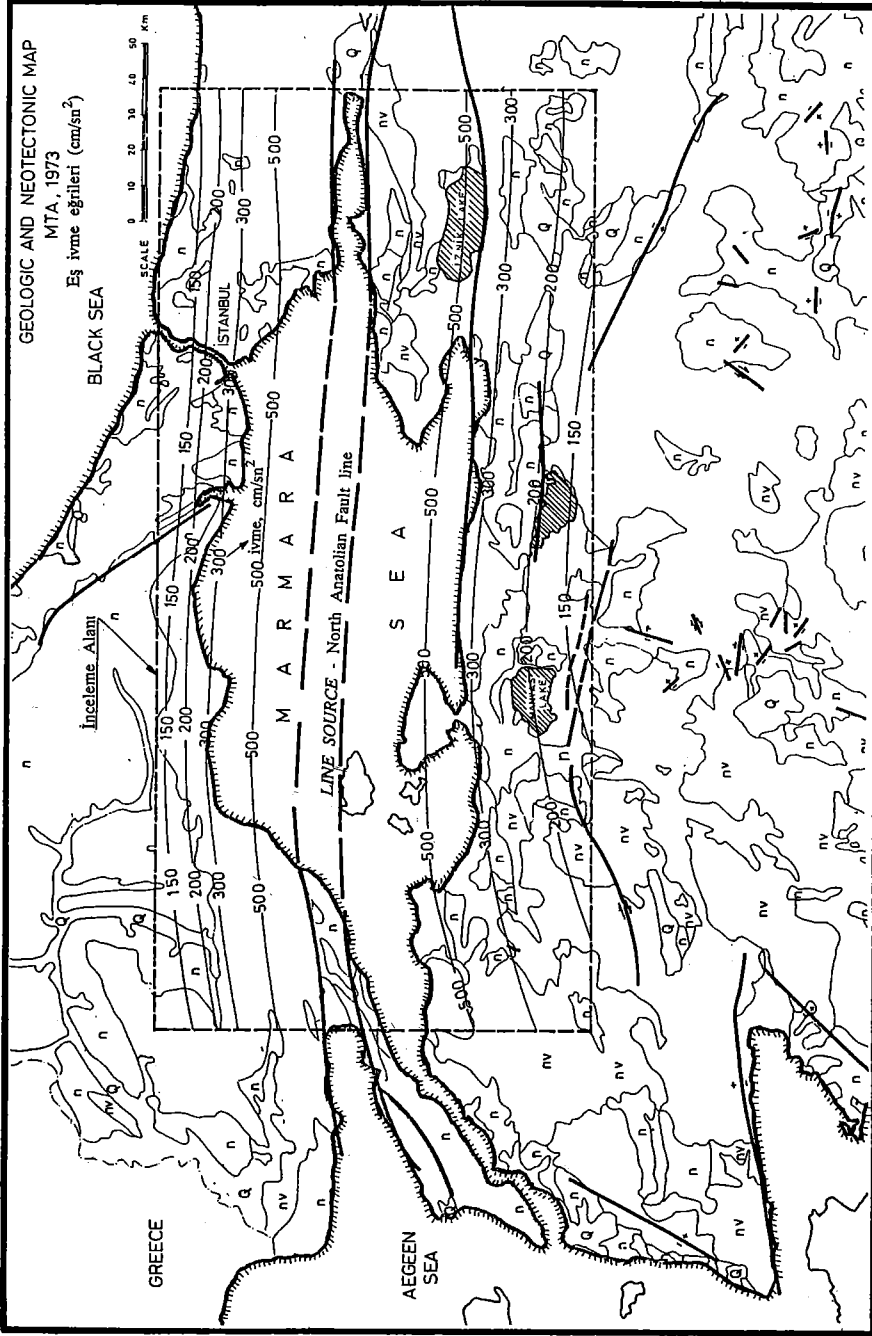
8. SONUÇ

Risk analizi yapılan Marmara Bölgesinde 1,2 ve 3'üncü derece deprem bölgeleri vardır. Bölgede meydana gelebilecek en şiddetli depremin, $D = 50$ yıllık bir yapı ömrü için, % 10'dan daha büyük bir ihtimalle, $M = 7.7$ büyüklüğünde olacağı saptanmıştır.

Böyle bir depremin, Kuzey Anadolu fay hattının¹⁰ üzerinde olacağı ve bu faydan uzaklaştıkça, yer ivmelerinin azalacağı gözönüne alınmış ve faydan çeşitli uzaklıklardaki maksimum yer ivmelerinin değerleri bir harita üzerinde gösterilmiştir.



ŞEKİL 4.- EPİSANTIR HARİTASI



ŞEKİL 5.- EŞ İVME EĞRİLERİ

DEPREM VERİLERİNİN RİSK ANALİZLERİ İÇİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

Arş.Gör. M. Ali YURDUSEV
Dokuz Eylül Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Bornova/İZMİR

SUMMARY

One of the principal aim of engineering design is the assurance of system performance safely within the economic life of a structure. For the determination of unsatisfactory performance (risk), various methods have been used. But this prosedure may have many difficulties since there are many factors acting on a structure and most of them include uncertainties. In this study, the effect of earthquake which may be the most important factor within these factors and which is completely random, and the analyses made for the use of earthquake data in risk calculations are discussed on the example of the stability risk calculations of an existing concrete dam.

ÖZET

İnşaat Mühendisliğinde tasarımın temel amacı, bir yapının ekonomik ömrü içerisinde kendisinden beklenen fonksiyonu emniyetli bir şekilde yerine getirmesini sağlamaktır. Bu fonksiyonu yerine getirememesi (failure) halinin belirlenmesi için çok çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Fakat bu prosedür herhangi bir yapıya etkiyen çok çeşitli faktörlerin varlığı ve bu faktörlerin çoğunun belirsizlik içermesinden dolayı oldukça zahmetli olabilmektedir (ANG;TANG, 1984). Bu çalışmada, sözü edilen faktörlerin belkide en önemlisi ve en çok belirsizlik içereni olan deprem olayının yapının riskinin (Failure olasılığı) belirlenmesinde etkileri, deprem verilerinin bu hesaplarda kullanılabilmesi için yapılan analizler, mevcut bir beton barajın stabilite riski hesapları örneğinde tartışılmaktadır.

1. GİRİŞ

Ülkemiz yeryüzünün çok hareketli bir deprem kuşağı üzerindedir. Depremi diğer doğal afetlerden ayıran en önemli özellik depremle ilgili hiçbir bilginin önceden bilinmemesidir. Deprem bu rastgeleliği ve çeşitli belirsizliklerden dolayı, depreme dayanıklı yapıların projelendirilmesinde kullanılacak deprem parametreleri olasılık ve istatistik yöntemlere dayanan yaklaşımlarla belirlenmelidir.

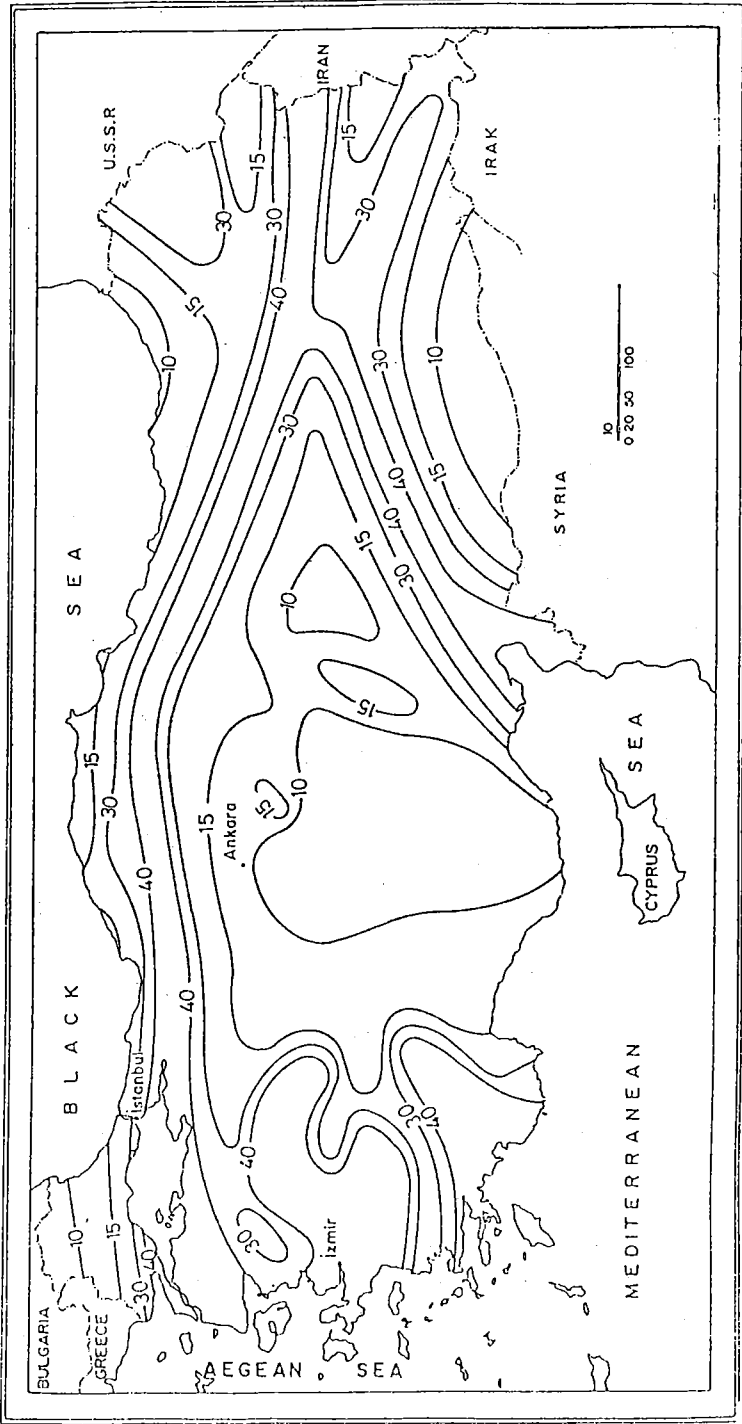
Sismik risk analizinin amacı, tarihi deprem verilerinin analizi ile inşaat sahasında ileride beklenebilecek sismik etkinlik için belirli olasılık değerleri elde etmektir. Böyle bir analiz sonucu, genellikle belirli bir zemin hareketi parametresinin yada deprem şiddetinin bir yıldaki aşılma olasılığıdır (YÜCEMEN, 1982).

Konut gibi basit yapıların tasarımında, yönetmelik prensipleri yeterli olabilir. Fakat nükleer santraller, barajlar, hastaneler, köprüler ve çok katlı yapılar gibi önemli mühendislik yapıları için çok daha detaylı analizler yapılması gerekmektedir. Bu amaçla bölgesel sismik risk haritalarının geliştirilmesi ve bunların tasarımda kullanılması önerilmektedir. Şekil 1 de eş zemin ivmesi haritası verilmektedir (ERDİK, 1987).

Deprem şiddeti için Richter'in önerdiği model yaygın olarak kullanılmaktadır (RICHTER, 1958). Bazı araştırmacılar depremlerin oluşumları, için Poisson modelini (SHAH v.d, 1975; LOMNITZ vd, 1976; KANAI, 1961; LOMNITZ, 1966; KALZBERG, 1976; DER KINGREGHIAN, 1975), bazıları ise Markov modelini (REID, 1911) önermişlerdir.

2. DEPREM VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bir deprem sırasında oluşan zemin titreşimleri, deprem odağından çevreye yayılacak ve etkinlikleri zemin koşullarına bağlı olarak odaktan uzaklaştıkça azalacaktır. Deprem mühendisliği hesaplarında ivme, hız ve yerdeğiştirme (deplasman) gibi zemin hareketi ile ilgili parametreler kullanılmaktadır. Bu nedenle M şiddetli bir depremin R odak



Sekil 1: Eş ivme Haritası

uzaklığındaki bir noktada oluşturacağı en büyük zemin hareketi parametresinin değerini veren azalım ilişkileri kullanılmaktadır. Yapısal tasarımda deprem etkisi yapı ağırlığının belirli bir yüzdesi olarak hesaba katılır. Bu yüzde deprem katsayısı olarak adlandırılır ve aşağıdaki ifade ile gösterilir ;

$$C_0 = \frac{a}{g} \quad (1)$$

Burada; a inşaat alanındaki zemin ivmesi, g ise yerçekimi ivmesidir. Depremde zemin ivmesi (a) yukarıda bahsedildiği üzere azalım ilişkilerinden elde edilebilmektedir.

Risk analizlerinin temeli olaya etkiyen değişkenlerin rastgele tabiatının dikkate alınmasıdır. Bunun için değişkenlere sürekli olasılık dağılımları uydurmak zorunlu olmaktadır. Deprem parametrelerinin, özellikle kullanılan parametre olarak zemin ivmesinin, bir yıldaki aşılma olasılığından çok sürekli olasılık dağılımları açısından test edilerek risk hesaplarına hazırlanması gerekmektedir.

Sürekli olasılık dağılımları uydurmak için, söz konusu değişkenin tarihsel bir veri bankasının olması gerekmektedir. Deprem için ölçülen büyüklük genelde deprem şiddeti ile sınırlı olmaktadır. Bu nedenle tarihsel depremlerin şiddetlerini ve merkez üssün inşaat alanına uzaklıklarını kullanan azalım ilişkileriyle hesaplarda kullanılan deprem parametresinin tarihsel dizisi elde edilmesi, bu veri dizisinin olasılık dağılımı testine tabi tutulması gerekmektedir.

3. UYGULAMA

Bu çalışmada (1) denklemiyle verilen deprem katsayısı için uygun olasılık dağılımı belirlemek için iki farklı yol izlenmiştir.

İlk çalışma Tabban'ın çalışmasına dayanılarak gerçekleştirilmiştir (TABBAN, 1969). Tabban, Türkiye'nin farklı bölgelerinin sismik aktivitelerinin belirlenmesi amacıyla, episantrdan belli bir mesafedeki, zemin deplasmanlarını aşağıdaki formülle hesaplayarak bazı grafik analizler yapmıştır.

$$A_m = 10^{M-1.73 \text{ Log} \Delta + 0.83} \quad (2)$$

Burada; A_m , mikron olarak maksimum deplasmanı, M deprem şiddetini, Δ ise episantrdan uzaklığı (km) göstermektedir.

Tabban, 1900-1969 döneminde meydana gelen büyük depremleri ($M > 6$) dikkate alarak (Şekil 2) enlem ve boylamlar ile oluşturulan Türkiye'nin önemli 89 merkezindeki (Şekil 3) maksimum deplasmanları hesap etmiştir.

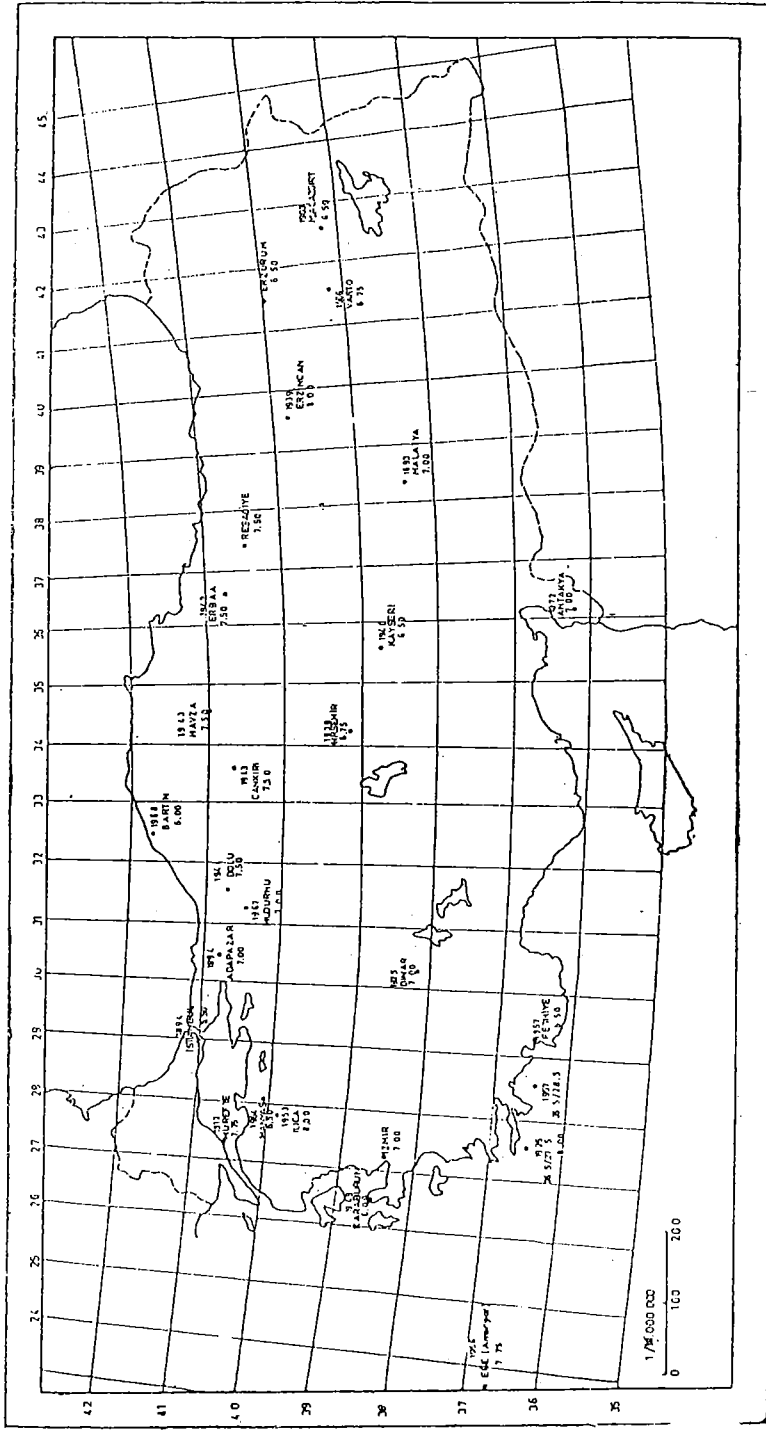
Tabban'ın deplasmanlarını hesapladığı merkezlerden örnek baraja (Kemer barajı) en yakın olanının (Muğla) değerleri analiz datası olarak dikkate alınmıştır. (Tablo 1), çeşitli olasılık dağılımları (Lognormal, Gumbell ve LogGumbell) grafik olarak test edilmiştir. (Şekil 4,5,6). İlgili şekillerden depremin Muğla'daki oluşturduğu zemin parametreleri için, Lognormal dağılımın en uygun olasılık dağılımı olduğu görülmektedir.

Zemin deplasmanlarından, deprem katsayılarına geçmek için deprem yönetmeliğinin (1975) deprem bölgelerine göre öngördüğü katsayılardan hareket edilmiştir. Bu katsayıların ilgili bölgede beklenen maksimum zemin ivmesinin dörtte birine göre belirlendiği bilinmektedir (BAYÜLKE, 1987). İkinci derece deprem bölgesinde maksimum ivme yada deplasman için deprem katsayısı 4×0.08 (0.32) olacaktır. Tablo 1 de sunulan zemin deplasmanlarının maksimum değeri 200.000 mikron, ikinci derece deprem bölgesi için deprem katsayısı 0.4 alınarak, deprem katsayısı için;

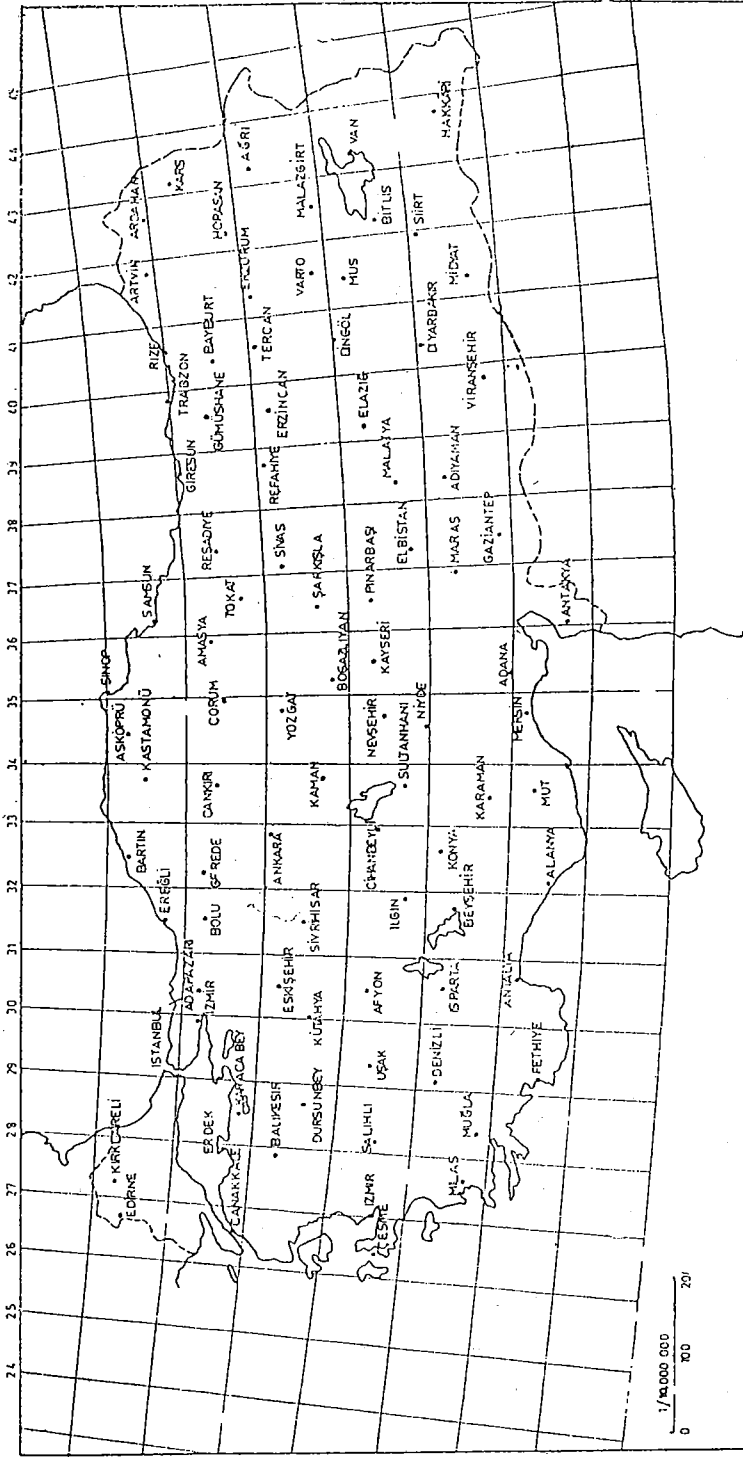
$$C_o = \frac{0.4}{200.000} \cdot A_m \quad (3)$$

gibi bir orantı denklemi elde edilebilir. (3) denklemiyle bulunan C_o değerleri Tablo 2 de sunulmuştur.

İkinci çalışmada Gürpınar vd. tarafından Ege bölgesi için önerilen (GÜRPINAR vd. 1978) deprem şiddeti (M) ve episantrdan km olarak uzaklıklara (R) göre cm/sn^2 olarak zemin ivmesi değerlerini (Y) veren aşağıdaki azalım ilişkisi kullanılmıştır.



Şekil 2 : Tarihi Büyük Depremler

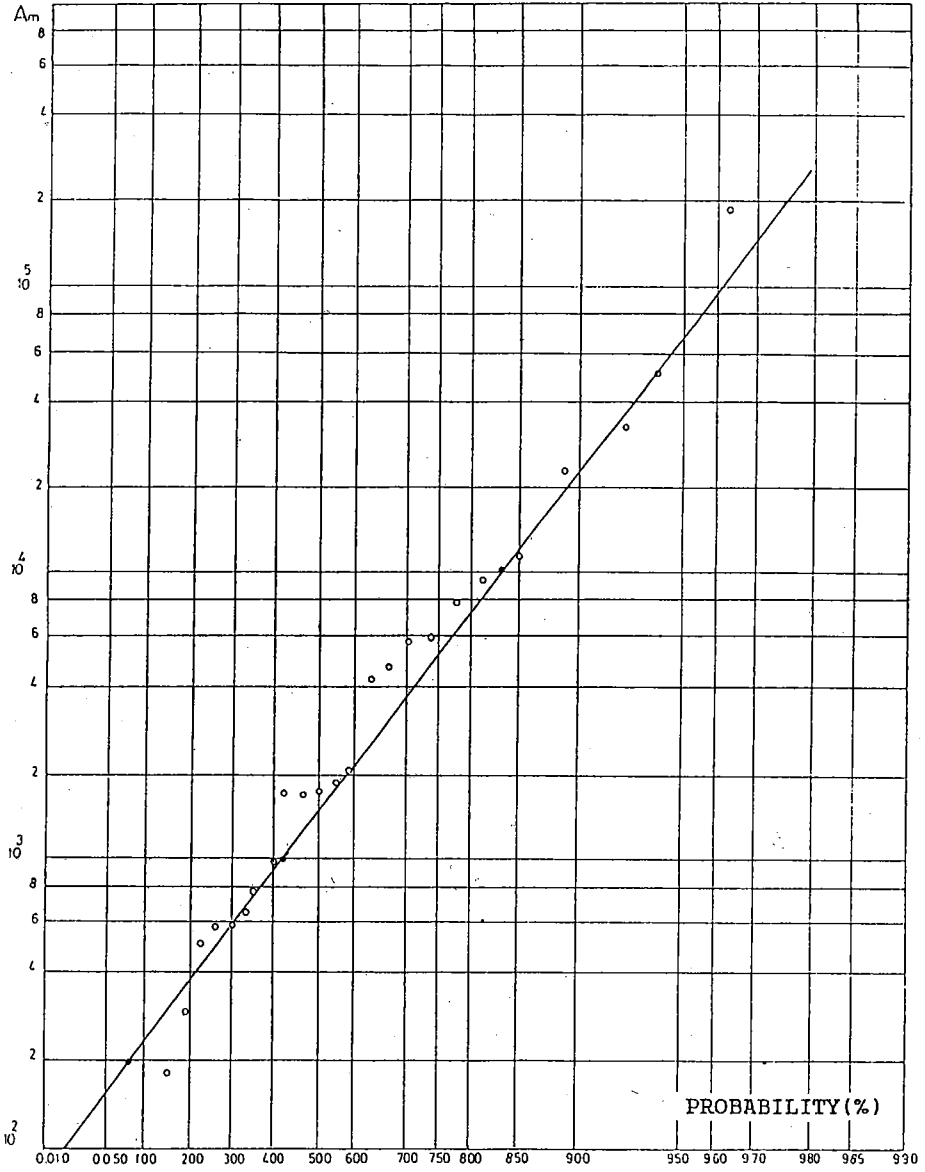


Şekil 3: Deplasman Hesabı Yapılan Merkezi Yerler

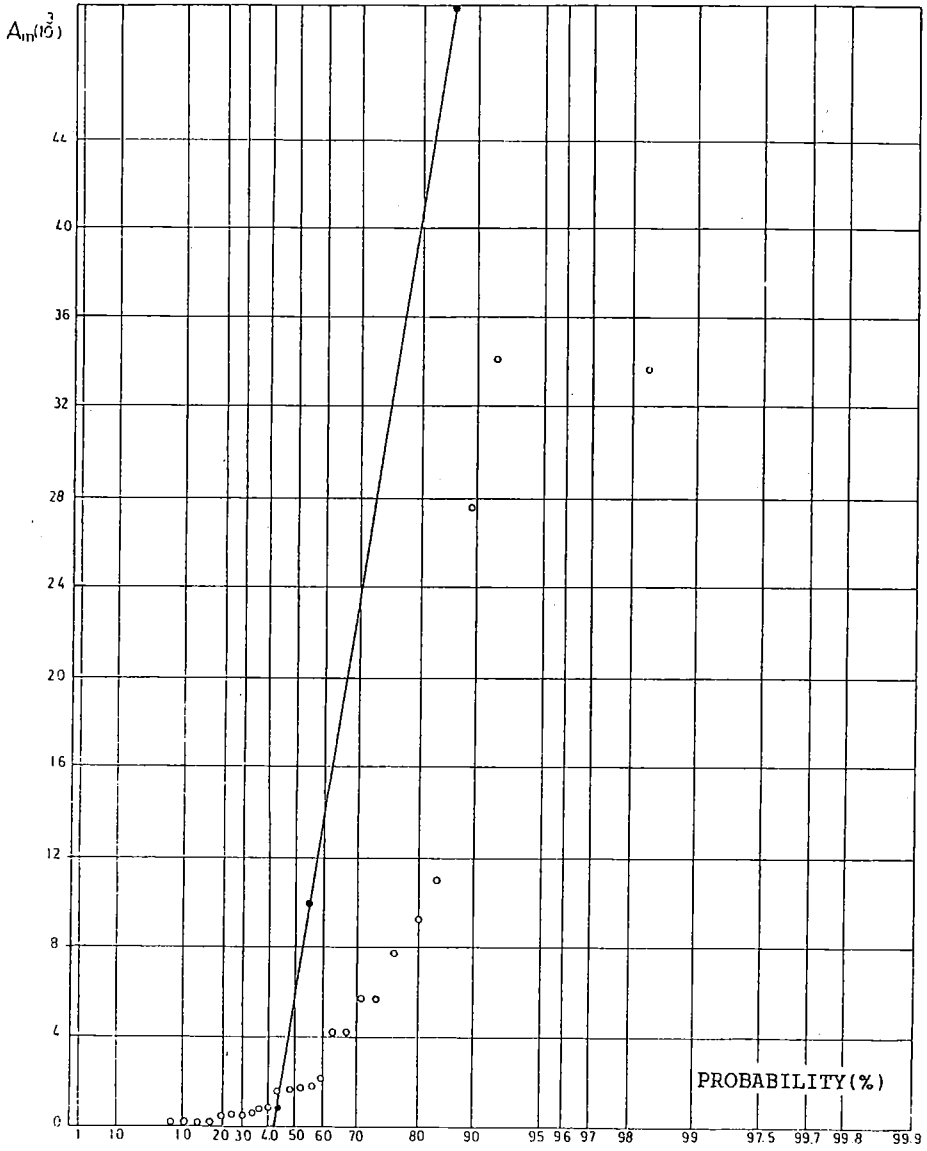
Tablo 1: Büyük Depremlerin Muğla'da oluşturduğu Deplasmanlar

Episantr Numaraları	Yıllar	Dep.Siddeti M	Mesafe (km)	Deplasmanlar A _m (micron)
1- Malatya	1893	7.00	912	512
2- İstanbul	1894	6.50	437	578
3- Malazgirt	1903	6.50	1292	88.2 (*)
5- Mürefte	1912	7.75	418	11050
6- Dinar	1925	7.00	190	7740
7-36.5N-27.5E	1926	8.00	114	186000
9- Kırşehir	1938	6.75	570	648
10- Erzincan	1939	8.00	1026	4180
11- Kayseri	1940	6.50	646	293
12- Erbaa	1942	7.50	836	1880
13- Adapazarı	1943	7.00	456	1700
14- Çankırı	1943	7.50	437	5780
15- Havza	1943	7.50	779	2120
16- Bolu	1944	7.50	494	4680
17- Karaburun	1949	6.00	228	564
18- Ilıca	1953	8.00	304	34200
19- Amargos	1956	7.75	247	27600
21-36.0N-28.5E	1957	7.50	-	-
22- Fethiye	1957	6.50	114	5900
23- Manyas	1964	6.50	323	975
24- Varto	1966	6.75	1197	180
25- Mudurnu	1967	7.00	456	1700
26- Bartın	1968	6.00	608	103
27- İzmir	-	7.00	171	9320
28- Erzurum	-	6.50	1197	101
29- Reşadiye	-	7.50	874	1740
30- Antakya	1872	7.00	722	769

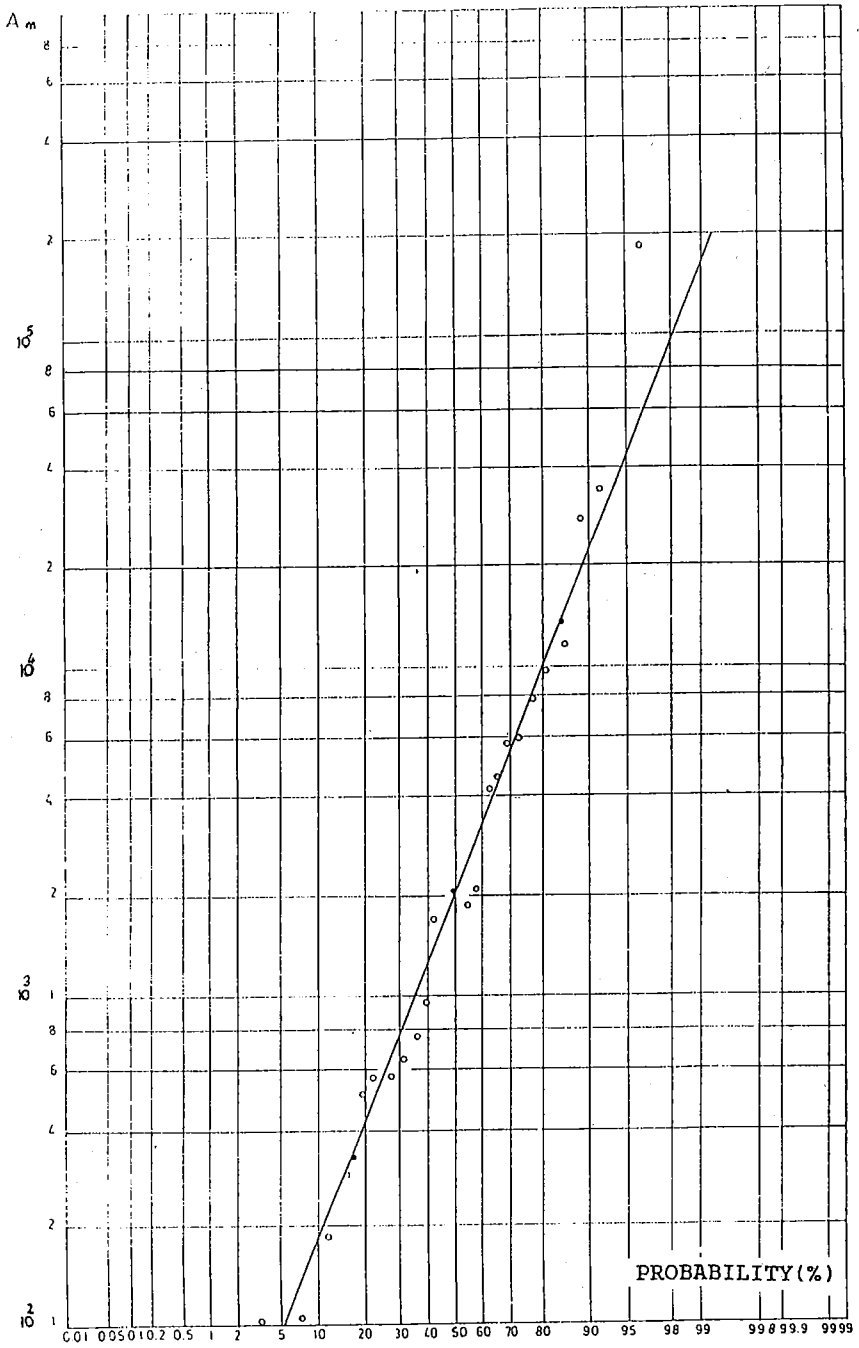
(*) İhmal edilebilir.



Şekil 4: Loğnormal Kağıdı Üzerinde Büyük Depremlerin Oluşturduğu Deplasmanlar



Şekil 5: Gumbel Kağıdı Üzerinde Büyük Depremlerin Oluşturduğu Deplasmanlar



Şekil 6: Log Gumbel Kağıdı Üzerinde Büyük Depremlerin oluşturduğu Deplasmanlar

$$Y = 1.76 e^{0.98M} R^{-0.82}$$

(4)

(4) ifadesi ile yine Muğla için Tabban'ın verilerinden elde edilen deprem katsayısı değerleri yine Tablo 2 de gösterilmiştir. Bu deprem katsayısı dizisinde Şekil 7 de de görüldüğü üzere Lognormal dağılıma mükemmel bir uyum gösterdiği ortaya konmuştur.

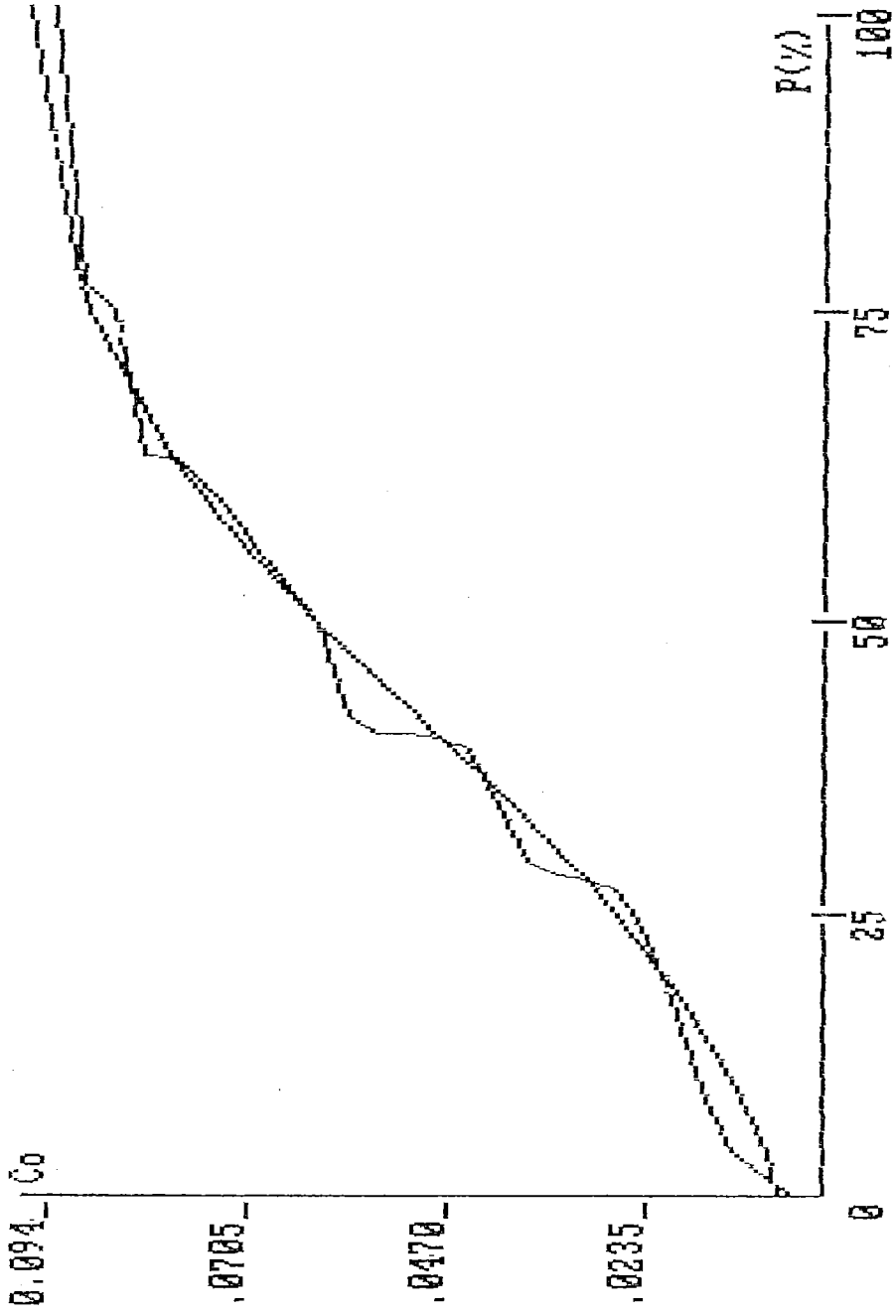
4. SONUÇLAR

Yukarıda elde edilen farklı iki tür veri dizisi ile yapılacak risk analizleri deprem verileri analizinin sonuçlara etkisini açıkça ortaya koyacaktır. Böylece kullanılan ilişkilerin, verilerin sağlamlılığını belirlenebilecektir.

İstatistik parametreleri (ortalama, standart sapma) ve olasılık dağılımı belirlenen deprem katsayısı, risk analizi işlemlerine kolaylıkla dahil edilebilir hale getirilmiştir. Yapılacak yapının önemine göre bu tür analizler daha detaylandırılabilir. Detaylı analiz yapabilme eldeki verilerin nicelik ve nitelik açısından yeterliliğine doğrudan bağlı olmaktadır.

Tablo 2: Deprem katsayıları

Sıra	A_n (micron)	$C_o(1)$ 10^{-4}	$C_o(2)$ 10^{-4}
1	88.2	-	29.00
2	101	2.02	31.0
3	103	2.06	33.0
4	180	3.6	40.00
5	293	5.86	52.00
6	512	10.24	64.00
7	564	11.28	72.00
8	578	11.56	74.00
9	648	12.96	75.00
10	769	15.38	77.00
11	975	19.50	92.00
12	1700	34.00	108.00
13	1700	34.00	112.00
14	1740	34.80	113.00
15	1880	37.60	113.00
16	2120	42.40	119.00
17	4180	83.60	155.00
18	4680	93.60	173.00
19	5780	115.60	191.00
20	5900	118.00	216.00
21	7740	154.80	231.00
22	9320	186.40	252.00
23	11050	221.00	253.00
24	27600	552.00	389.00
25	34200	684.00	420.00
26	186000	3720.0	938.00
\bar{X}	12412.5	248.25	17006.0
S_x	37121.4	742.43	0.01875
\bar{Y}	7.63725	-	-4.4527
S_y	1.83853	-	0.8525



Şekil 7: Deprem Katsayıları ve Lognormal Dağılımın Eklemlik Dağılım Fonksiyonu

KAYNAKLAR

1. AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİK (1975): Ankara, Deprem Araştırma Enstitüsü.
2. ANG, A.; TANG, W. (1984): "Probability Concepts in Engineering Planning and Design", Newyork, John Wiley & Sons. Vol. II.
3. BAYÜLKE, N. (1987): "Yapılarımız Depreme Dayanıklılı mı?", Ankara, İMO, IX. Teknik Kongre Bildirileri, Cilt II.
4. DER KINGREGIAN, A.; ANG, A. (1975): "A line Source Model for Seismic Risk Analysis", Structural Research Series No: 419 University of Illinois.
5. ERDİK, N. (1987): "Türkiye İnşaat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi, Deprem Mühendisliği Raporu", Ankara, İMO, IX. Teknik Kongre Bildirileri Cilt. I.
6. GÜRPINAR, A.; YÜCEMEN, M.; ERDİK, M.; ÖNER, M. (1978): "Attenuation Relationships for Western Anatolia", Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Deprem Mühendisliği Araştırma Enstitüsü. Rapor N . 78-03.
7. KALZBERG, K. (1969): "Seismic Risk of Southern California," M.I.T. Dep. of Civ. Eng. Research Report, R69-31.
8. KANAI, K. (1961): "An Empirical Formula for the Spectrum of Strong Earthquake Motions", Earthquake Research Enstitü. Bulletin N . 39.
9. LOMNITZ, C. (1966): "Statistical Prediction of Earthquakes", Reviews of Géophysics, Vol. 4, N . 3.
10. LOMNITZ, L; EPSTEIN, B. (1969): "A Model for Occurrences of Large Earthquakes", In Nature, N . 221.
11. REID, (1911): "The Elastic Rebound Theory of Earthquakes" Department of Geology. Bulletin, 6, University of California.
12. RICHTER, (1958): "Elementary Seismology", San Francisco, W.H. Freeman and Co.

13. SHAH, H.; MORTGAT, C.; KRMIDJIAN, A.; ZSUTTY, To (1975): "A study of Seismic Risk for Nicaragua" The John. A. Blume Earthquake Engineering Center, Stanford University.
14. TABBAN, A. (1969): "Grafiklerle Türkiye'nin Sismik Durumu", Ankara, Deprem Araştırma Enstitüsü.
15. YÜCEMEN, M., S. (1982): "Sismik Risk Analizi", Ankara, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, İdari Bilimler Fak. Yayınları, No. 41.

YÜZEY DALGALARININ DİSPERSİYONUNA GÖRE

BATI ANADOLUDA KABUK YAPISI

Doç.Dr.Mih.Ülben Ezen¹

ABSTRACT :

In this study , observed group velocity curves of Rayleigh waves generated by twenty earthquakes ($m_b \geq 4.5$) occured in Western Anatolia , are used to find a model for crustal structure in Western Turkey province.

The propagation paths of studied earthquakes from epicenter to station are three distinct direction as İstanbul-Burdur , İstanbul-İzmir and İstanbul-Midilli also these paths are crossing all of the part of Western Anatolia.

The comparison of observed group velocity curves computed for İstanbul-Burdur horizon indicates that typical inverse dispersion characteristics. On the other hand a drift from İstanbul-Burdur direction toward north-west , all group velocity curves computed for İstanbul-İzmir and İstanbul-Midilli horizon , are showing normal dispersion characteristics.

A crustal model for İstanbul-Burdur horizon with a total thickness of 31 km and four layered , was determined from modelling of observed group velocity curves for this horizon. In these structures are called TR-BRD models for this horizon, have a low velocity layer. In these models, low velocity layer begins at the depth of 14.5 km and thickness of this low velocity layer is found to be 2.5 km and underlies the granitic layer. P_n velocity is 7.87 km/sec for TR-BRD models.

On the other hand , suggested crustal structures are called TR-MWA model (for İstanbul-İzmir horizon) and TR-NWA model (for İstanbul-Midilli horizon) has no low velocity layer. The suggested crustal model as TR-MWA for İstanbul-İzmir horizon has a crustal thickness of 32 km and consists of four layers. The suggested crustal model as TR-NWA for İstanbul-Midilli horizon , has a crustal thickness of 35 km and consists of four layers. P velocity is found to be 7.78 km/sec in both of models.

A comparison of these suggested models indicates that total thickness of top layers on the granitic layer also total thickness of crust is increasing a drift from south toward north in Western Anatolia.

ÖZET :

Bu çalışmada , episantrları Batı Anadolu'da yer alan yirmi depremin($m_b \geq 4.5$) Rayleigh yüzey dalgalarının gözlemsel grup hızları hesaplanarak , bölgede kabuk yapısı araştırılmıştır.

İncelenen depremlerin deprem istasyonuna izledikleri yörüngeler ; İstanbul-Burdur İstanbul-İzmir ve İstanbul-Midilli yönünde olmak üzere 3 farklı horizonta tüm Batı Anadolu'yu kesmektedir. Hesaplanan gözlemsel grup hızı eğrilerinin mukayesesinden İstanbul-Burdur horizontunda tipik ters dispersiyon özelliğine rastlanmıştır. Buna karşılık bu horizontan kuzeybatıya doğru kayıldığında diğer iki horizonta , grup

1

İ.T.Ü. Maden Fakültesi

Jeofizik Mühendisliği Bölümü , Ayazağa

80626 İstanbul

hızı eğrileri normal dispersiyon özelliği sergilemişlerdir. Gözlemsel grup hızı eğrilerinin modellenmesi sonucu ; İstanbul-Burdur horizonunda toplam 31 km kalınlığında ve dört tabakalı yer kabuğu modeli saptanmıştır.

TR-BRD diye isimlendirdiğimiz bu modellerde düşük hız tabakası vardır. Modellerdeki (TR-BRD1 ve TR-BRD2) düşük hız tabakası 14.5 km derinlikte başlamakta ve toplam 2.5 km kalınlıkta olup granit tabakasının altında yer almaktadır. TR-BRD modellerinde kullanılan P_n hızı ise 7.87 km/sn civarındadır.

Öte yandan , İstanbul-İzmir horizonunda saptanan TR-MWA kabuk yapısı modeli toplam 32 km kalınlıkta olup dört tabakalıdır. İstanbul-Midilli horizonu için saptanan TR-NWA kabuk yapısı modeli toplam 35 km kalınlıkta olup yine dört tabakalıdır. Her iki kabuk yapısı modelinde kullanılan P_n hızı 7.78 km/sn dir.

Saptanan bu kabuk yapısı modellerinin mukayesesine göre ; Batı Anadolu'da güneyden kuzeye doğru gidildikçe , granit tabakası üzerindeki örtü tabakasının kalınlığı ve kabuğun toplam kalınlığı giderek artmaktadır.

GİRİŞ:

Yapılan sismolojik çalışmalar yer kabuğunun gerek geometrik(kalınlık) gerekse elastik özelliklerinin(yoğunluk ve dalga hızları) kısa mesafelerde hissedilir değişiklikler gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu çalışmalar gerek cisim dalgalarının ortam içinde seyahat zamanlarının incelenmesi gerekse yüzey dalgalarının dispersiyon özelliklerinin incelenmesi şeklinde olmaktadır. Yüzey dalgalarının dispersiyon özellikleri doğrudan doğruya tabakalı ortamın geometrik ve elastik parametrelerine bağlı olduğundan ; Love ve Rayleigh türünden yüzey dalgalarının grup ve faz hızlarının incelenmesi bu amaçla yaygın biçimde kullanılmaktadır.

Bu incelemelerde izlenen temel strateji gözlemsel yoldan elde edilen sonuçların düz çözüm yada ters çözüm modellenmesi yapılarak belli bir kabuk yapısı modeline erişmektir. Dispersiyon eğrilerinin modellenmesinde basit ancak o derece külfetli yol sına-yanılma(trial and error) yöntemidir.

Bu yöntemde , başlangıç bir kabuk yapısı modelinden hareketle üretilecek teorik eğriler , gözlemsel eğrilere tam uyduruluncaya kadar ; taslak kabuk modelindeki hızlar,kalınlık ve yoğunluklar devamlı değiştirilir. Gözlemsel eğriye en iyi uyan teorik değerlere karşı gelen kabuk modeli uygun model olarak benimsenir. Yukarıda sözü edilen türde yüzey dalgalarının modellenmesini yaparak Batı Anadolu'da kabuk yapısını inceleme fikri ilk kez **Canitez(1969)** tarafından ileri sürülmüştür.

Canitez(1969) yaptığı bu çalışmada , episantrları Girit adası civarında yer alan 4 depremin İstanbul(İ.T.Ü.) WSSN istasyonundaki Love ve Rayleigh dalgalarının gözlemsel grup hızlarını hesaplayarak yaptığı modelleme sonucu , ilgili yörünge boyunca ortalama yer kabuğu yapısını saptamaya çalışmıştır. Bu çalışmada teklif edilen kabuk yapısı modelinde yüzeyden itibaren 2 km kalınlıkta sediman ve onu izleyen 5 km lik metamorfik kristalen malzemeden oluşmuş toplam 7 km.lik örtü tabakası vardır. Bunun altında 10 km kalınlığında Granit ve onu izleyen 18 km kalınlıkta Ba-

zalt tabakası mevcuttur. Toplam kabuk kalınlığı 35 km olup P_n hızı 8.16 km/sn olarak bulunmuştur. Yüzeysel dalgalarının dispersiyonunu kullanarak Ezen(1979) episantrları Girit adasının güneyinde yer almış ve şiddetli girişim gösteren Rayleigh yüzeysel dalgalarının İstanbul(İ.T.Ü) kayıtlarını inceleyerek girişimin nedenini bulmaya yönelik bir çalışma yapmıştır. Grup hızı eğrilerinin modellendiği bu çalışmada 4 tabakalı toplam 30 km kalınlıkta bir yer kabuğu modeli teklif edilmiştir.

Bu kabuk modelinde 2 km lik sediman örtünün altında 15 km kalınlığında granit tabakası onu izleyen 7 km lik bazalt tabakası ve altında 6 km lik düşük hız tabakası mevcuttur. Moho nun tam üstünde varlığı öne sürülen bu düşük hız tabakası söz konusu girişimlerin nedeni olarak yorumlanmıştır.

Gerek Canitez(1969) ve gerekse Ezen(1979) in yüzeysel dalgalarının dispersiyonuna dayalı yaptıkları bu modellemelerde teklif ettikleri yapı modeli için kullanılan veriler ; Ege denizini ve Batı Anadoluyu kesen karışık(mixed) bir yörüngeye sahiptirler.

Sadece Batı Anadoluyu kesen tamamen kıtasal yörüngeli dispersiyon çalışmaları henüz bugüne kadar gerçekleştirilememiştir. Bir ölçüde bu boşluğu doldurmak ve yalın biçimde Batı Anadolu nun altındaki ortalama kabuk yapısını çıkarmak için bu çalışmayı yapma gereği duyulmuştur.

İNCELEME ALANI - İLGİLİ VERİLERİN SEÇİMİ VE GÖZLEMSSEL GRUP HIZI EĞRİLERİNİN HESAPLANMASI :

İnceleme alanı olarak seçilen ; Burdur ve yakınından başlayan İzmire doğru uzanan ve Midilli adası açıklarında sonlanan yay kuşağı içine düşen bölgede olmuş depremlerin ($m_b \geq 4.5$) ; İstanbul(İ.T.Ü) WWSSN istasyonundaki kayıtları veri tabanı olarak düşünülmüştür.

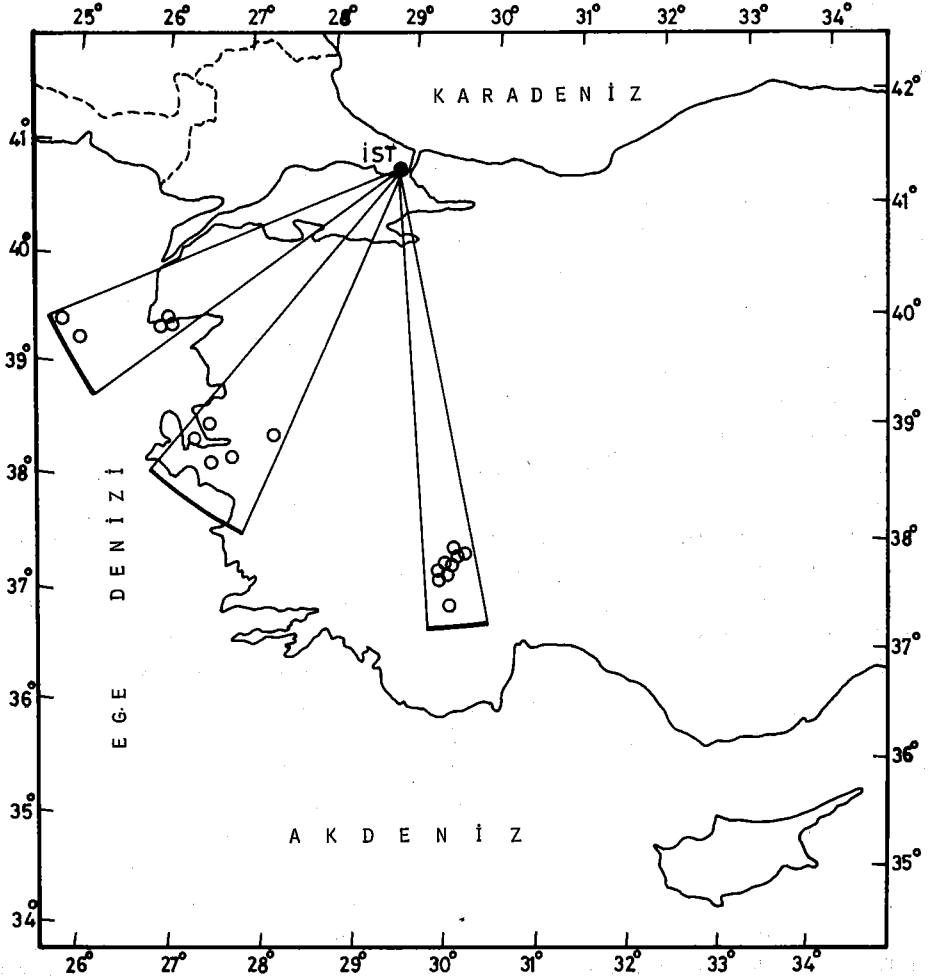
Söz konusu kuşağın seçiminde izlenen temel strateji ; İstanbulu merkez kabul eden azimutal bir alan içinde yani tamamen Batı Anadoluyu kapsıyan bir bölgeyi kesen yörüngelere sahip depremlerin incelenme düşüncesidir. Sonuçta , Tablo 1 de listesi verilen 20 depremin ilgili deprem istasyonundaki LP(long period) kayıtçısının Z düşey bileşenindeki Rayleigh yüzeysel dalgası sismoqramları veri tabanı olarak incelemeye değer görülmüştür.

Şekil 1 de ise ; Tablo 1 de listesi sunulan depremlerin İ.T.Ü-WWSSN istasyonuna göre izledikleri yörüngeler ve 3 farklı horizon görülmektedir. İlgili depremlerin Rayleigh türünden yüzeysel dalgalarının gözlemsel grup hızlarını hesaplamak için ardışık süzgeçleme tekniği(multiple filter technique) kullanılmıştır(Dziewonski et al. 1969). Bu teknikte , sinyalin aletsel etkileri giderilmiş spektrumu belli bir merkez frekansındaki bir süzgeç fonksiyonu ile ; dar-bantlı süzgeçten geçirilmekte ve belli grup varış zamanlarına(grup hızlarına) karşı gelen enstantanelerdeki genlikler(dalga grubunun zarfını oluşturan) hesaplanmaktadır.

Seçilen değişik bir seri merkez frekans(yada peryot) için bu işlem ardışık biçimde tekrarlanmak suretiyle , hesaplanan anlık genlikler Grup hızı-Peryot düzlemi

TABLO.1 Bu Çalışmada İncelenen Depremlerin Listesi

TARİH	OLUŞ ZAMANI (GMT)	Enlem N°	Boylam E°	Magnitud M _b	Bölge (Horizon)
12.6.1964	07:46:23	37.30	29.80	4.5	İstanbul-Burdur
22.2.1968	04:57:47	39.39	25.02	4.7	İstanbul-Midilli
12.5.1971	20:13:05	37.56	29.86	4.7	İstanbul-Burdur
13.5.1971	04:45:29	37.49	29.78	4.8	" "
16.5.1971	09:24:58	37.55	29.81	4.8	" "
20.5.1971	03:06:47	37.58	29.98	4.8	" "
21.5.1971	09:41:13.3	37.52	29.65	4.8	" "
8.6.1971	16:59:27	37.48	29.81	4.8	" "
8.6.1971	23:42:54	37.55	29.79	4.8	" "
28.6.1971	23:37:43	37.61	29.87	4.8	" "
9.8.1971	04:40:46.8	37.51	29.71	4.8	" "
26.4.1972	15:59:44.9	39.45	26.33	4.8	İstanbul-Midilli
9.5.1972	17:40:22	39.46	26.37	4.7	" "
19.4.1973	22:13:55	38.29	26.94	4.6	İstanbul-İZMİR
11.12.1974	12:09:29.5	39.48	26.35	4.5	İstanbul-Midilli
12.11.1976	09:55:32	38.47	26.71	4.9	İstanbul-İZMİR
24.2.1977	20:47:18	38.55	27.66	5.0	" "
9.12.1977	15:53:37.9	38.35	27.23	4.8	" "
19.12.1981	21:14:26.8	39.29	25.40	4.7	İstanbul-Midilli
19.4.1982	04:54:32	38.68	26.91	4.4	İstanbul-İZMİR



Şekil 1. Tablo 1 de listesi verilen depremlerin episatrları ve kayıt istasyonuna izledikleri yörüngeler. İçi boş daireler episatrları göstermektedir.

içinde dağılımından yararlanarak , gözlemsel grup hızı eğrisi geçirilmektedir.

SONUÇLARIN YORUMU :

1) KUZEY VE ORTA - BATI ANADOLU

Kuzey-Batı Anadoluyu simgeleyen İstanbul-Midilli horizonuna ilişkin depremlerin Rayleigh yüzey dalgalarının ardışık süzgeçleme yöntemi ile hesaplanmış gözlemsel grup hızı eğrileri topluca bir arada Şekil 2 de görülmektedir. Şekil 2 de kalın çizgi ile verilmiş eğri ise bu 5 eğriye ait ortalama geçirilmiş eğridir. Bu eğri ilerde , bu horizonun içerdiği kuzey-batı Anadolu bölgesinin kabuk yapısını modellerken ortalama gözlemsel eğri olarak dikkate alınacak ve bu eğriye teorik modeller uydurulmaya çalışılacaktır.

Şekil 3 te ise benzer şekilde İstanbul-İzmir horizonuna ilişkin(orta-batı Anadolu) depremlerin Rayleigh yüzey dalgalarının gözlemsel grup hızları topluca bir arada görülmektedir. Şekil 3 de yine kalın çizgi ile çizilmiş eğri bunlara ait ortalama eğriyi temsil etmektedir. Şekil 4 de ise ; şekil 2 ve şekil 3 de kalın çizgi ile belirtilmiş ortalama eğriler mukayeseli biçimde bir arada verilmiştir. Dikkat edilirse şekilde , İstanbul-İzmir horizonuna karşı gelen Orta-Batı Anadolu (**MWA**) eğrisi ile İstanbul-Midilli horizonuna karşı gelen Kuzey-Batı Anadolu (**NWA**) eğrisi birbirine göre tipik farklılık göstermektedir. Seçilen en önemli farklılık hızların Kuzeyden Güneye doğru arttığıdır.

Hızlardaki bu artışın , bu gözlemsel eğrilere uydurulacak teorik grup hızı eğrilerine karşı gelecek olan taslak kabuk yapısı modelleri içindeki tabakalara ilişkin hızlarda da aynı özelliği taşıması gereği vardır. İlerde üretilecek modellerde bu noktanın gözden kaçmaması gerekir. Sonuçta Şekil 4 te sunulan 2 ortalama(gözlemsel) eğriye uyum gösterecek teorik grup hızı eğrilerini verecek taslak yer kabuğu modelleri üretilmeye başlanmıştır.

Modellemenin bu ilk safhasında başlangıç bir modelden hareketle , gözlemsel ve teorik eğriler arasında benimsenebilecek uyum sağlanana kadar ; kabuk modelindeki tabaka kalınlıkları , sismik hızlar ve yoğunluklar sına-yanılgı yöntemi ile sürekli değiştirilmiştir. Üretilen yüzlerce model sonunda ; İstanbul-Midilli horizonunda Kuzey-batı Anadolu için **TR-NWA** isimli kabuk yapısı modeli ; İstanbul-İzmir horizonunda orta-batı Anadolu için **TR-MWA** isimli kabuk yapısı modeli benimsenmiştir.

Tablo 2 de Kuzey-Batı Anadolu için benimsenmiş **TR-NWA** isimli kabuk yapısı modelinin ilgili parametreleri(kalınlık,hız,yoğunluk) görülmektedir. Tablo 3 te ise , Tablo 2 de verilen kabuk yapısı modeli için periyodun fonksiyonu olarak hesaplanan teorik Faz ve Grup hızı değerleri görülmektedir. Tablo 4 te ise ; Orta-Batı Anadolu için benimsenen **TR-MWA** isimli kabuk yapısı modelinin ilgili parametreleri görülmektedir.

Tablo 5 de ise , Tablo 4 te verilen kabuk yapısı modeli için hesaplanan teorik Faz ve Grup hızı değerleri görülmektedir. Şekil 5 de ise , Tablo 3 ve Tablo 5 de verilmiş teorik grup hızı değerleri periyodun fonksiyonu olarak içi dolu dairelerle gösterilmiştir.Yine aynı şekilde , sürekli kalın çizgiyle verilmiş gözlemsel grup hızı

P E R Y O T (sn)

4. 4. 4. 5. 5. 5. 6. 6. 6. 7. 7. 7. 8. 8. 8. 9. 9. 10. 10. 11. 11. 12. 12. 13. 14. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 27.

GRUP HIZI (km/sn)

| | |
|-------|---|
| 3.080 | 75 77 77 78 80 82 82 82 84 84 80 82 87 89 92 94 95 95 94 93 92 92 91 90 89 89 88 87 84 85 84 82 81 80 78 77 76 75 |
| 3.060 | 75 77 79 80 81 82 82 83 84 84 81 82 87 90 92 94 95 95 94 93 93 92 92 90 89 88 87 86 85 84 82 81 80 78 77 76 75 |
| 3.040 | 75 79 80 80 81 82 83 83 85 85 82 83 88 90 93 95 96 95 94 94 93 92 92 91 90 89 88 87 86 85 84 82 81 80 79 77 76 75 |
| 3.020 | 77 80 81 80 81 83 84 84 86 86 83 84 88 91 93 95 96 96 95 94 93 92 92 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 81 79 77 76 75 |
| 3.000 | 79 81 81 80 82 84 85 85 86 86 83 85 89 92 94 96 96 96 95 94 93 93 92 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 81 79 78 77 76 |
| 2.980 | 80 81 80 81 83 85 86 86 87 87 84 85 90 92 94 96 97 96 95 94 94 93 92 91 90 89 88 87 86 84 83 82 81 79 78 77 76 |
| 2.960 | 80 80 80 82 85 87 87 87 88 87 84 86 90 92 94 96 97 96 95 94 94 93 92 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 81 79 78 77 |
| 2.940 | 80 80 81 84 86 87 87 88 87 88 88 84 86 91 93 95 97 97 97 96 95 94 94 93 92 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 80 79 78 |
| 2.920 | 80 80 82 85 87 88 88 88 88 88 84 86 91 93 95 97 97 97 96 95 94 94 93 92 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 81 79 78 |
| 2.900 | 80 81 84 87 88 89 88 88 88 88 84 87 91 93 95 97 98 97 96 95 95 94 93 92 91 91 90 89 88 87 86 85 84 83 81 80 79 78 |
| 2.880 | 81 82 85 88 89 89 89 88 87 88 87 84 87 91 94 96 97 98 97 96 95 94 93 92 91 91 90 89 88 87 86 85 84 83 81 80 79 78 |
| 2.860 | 83 84 87 89 90 90 89 88 89 88 83 87 92 94 96 98 98 98 97 96 95 94 94 93 92 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 81 80 79 |
| 2.840 | 86 87 89 90 90 90 89 88 89 87 83 88 92 94 96 98 99 98 97 96 95 94 94 93 92 91 91 90 89 88 87 86 85 84 82 81 81 80 |
| 2.820 | 89 89 91 91 91 90 88 88 88 86 82 87 93 95 97 99 99 98 97 96 95 94 93 92 91 91 90 89 88 87 86 85 84 82 81 81 80 |
| 2.800 | 90 91 91 91 91 89 87 86 87 85 80 89 93 95 97 99 99 98 97 96 95 94 93 92 91 91 90 89 88 87 86 85 84 82 81 81 80 |
| 2.780 | 91 91 91 91 90 89 86 85 85 83 78 89 93 95 97 99 99 98 97 96 95 94 93 92 91 91 90 89 88 87 86 85 84 82 81 81 80 |
| 2.760 | 90 90 91 91 90 88 85 83 83 82 84 90 93 95 97 99 99 98 97 96 95 94 94 93 92 91 91 90 89 88 87 86 85 84 82 81 81 80 |
| 2.740 | 90 90 91 91 90 89 86 83 82 79 81 90 93 95 97 99 99 98 97 96 95 94 94 93 92 91 91 90 89 88 87 86 85 84 82 81 81 80 |
| 2.720 | 90 91 92 92 91 90 88 84 83 82 84 90 93 95 97 99 99 98 97 96 95 94 94 93 92 91 91 90 89 88 87 86 85 84 82 81 81 80 |
| 2.700 | 91 92 93 93 92 91 89 86 84 84 82 84 90 93 95 97 99 99 98 97 96 95 94 94 93 92 91 91 90 89 88 87 86 85 84 83 81 80 79 78 |
| 2.680 | 92 92 93 93 92 89 86 85 86 87 91 93 95 97 99 99 98 97 96 95 94 94 93 92 91 91 90 89 88 87 86 85 84 83 81 80 79 78 |
| 2.660 | 92 92 93 1 Aralık 1974 11 93 95 97 99 99 98 96 95 94 94 93 92 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 81 80 79 78 |
| 2.640 | 91 92 93 1 Aralık 1974 11 93 95 97 99 99 98 96 95 94 94 93 92 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 81 80 79 78 |
| 2.620 | 91 92 93 93 93 91 89 88 84 88 90 92 93 94 97 98 98 98 96 94 93 92 92 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 81 80 79 78 |
| 2.600 | 90 91 92 93 92 91 88 85 87 89 90 93 94 97 98 98 98 96 94 93 92 91 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 81 80 79 78 |
| 2.580 | 88 89 91 91 91 89 86 84 87 89 91 92 93 94 97 98 98 98 96 94 93 92 91 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 81 80 79 78 |
| 2.560 | 86 88 90 90 88 83 81 87 90 91 91 92 93 96 98 98 97 95 93 92 91 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 81 80 79 77 76 |
| 2.540 | 86 88 90 90 89 87 79 87 90 91 91 91 93 96 98 98 97 95 93 92 91 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 81 80 79 77 76 |
| 2.520 | 85 87 90 90 89 86 77 87 90 91 91 91 92 93 96 98 98 97 95 93 92 91 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 81 80 79 77 76 |
| 2.500 | 83 86 89 89 89 86 77 78 88 90 91 91 91 92 93 96 98 98 97 95 93 92 91 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 81 80 79 77 76 |
| 2.480 | 80 85 9 Mayıs 1972 11 91 91 91 91 95 97 97 96 93 90 89 89 88 87 87 87 87 86 85 84 83 82 81 80 79 77 76 75 |
| 2.460 | 78 81 89 90 90 88 84 85 89 91 91 89 90 94 97 97 95 92 88 87 87 87 86 87 86 87 86 85 84 83 82 81 80 79 77 76 75 |
| 2.440 | 75 85 90 80 90 88 84 85 89 91 91 89 90 94 97 97 95 92 88 87 87 87 86 87 86 87 86 85 84 83 82 81 80 79 77 76 75 |
| 2.420 | 71 84 89 87 88 85 85 89 91 91 90 88 89 94 97 97 95 92 88 86 86 87 86 86 87 86 85 84 83 82 81 80 79 77 76 75 |
| 2.400 | 64 81 87 87 88 88 85 89 91 91 89 88 89 94 97 97 95 92 88 86 86 87 86 86 87 86 85 84 83 82 81 80 79 77 76 75 |
| 2.380 | 61 80 86 86 87 87 84 85 89 91 91 89 88 89 94 97 97 95 92 88 86 86 87 86 86 87 86 85 84 83 82 81 80 79 77 76 75 |
| 2.360 | 66 80 86 85 86 87 84 85 89 91 91 90 85 83 92 96 96 94 90 85 85 86 86 85 85 85 85 84 83 82 81 80 79 77 76 75 |
| 2.340 | 70 78 84 83 86 87 84 85 89 91 91 90 85 80 91 95 96 94 89 84 84 86 86 85 84 84 84 84 83 82 81 80 79 77 76 75 |
| 2.320 | 71 75 83 79 84 86 84 85 89 91 91 90 85 76 91 95 96 93 88 82 83 85 86 85 83 84 84 84 83 82 81 80 79 77 76 75 |
| 2.300 | 72 76 83 77 83 85 83 85 89 90 91 90 85 75 91 95 95 93 88 80 82 85 86 85 83 84 84 84 83 82 81 80 79 78 76 76 75 |
| 2.280 | 76 76 83 75 83 85 83 85 89 91 91 90 85 76 91 95 95 93 88 79 81 85 86 85 83 83 84 83 82 81 80 79 78 76 76 75 |
| 2.260 | 76 75 82 71 83 85 83 86 90 91 92 91 87 82 91 95 95 93 83 77 81 84 86 85 83 83 83 83 82 80 79 78 77 76 76 75 |
| 2.240 | 75 80 84 79 82 84 84 87 90 91 92 92 89 84 91 95 95 93 86 72 81 84 85 84 81 82 83 83 81 80 79 78 76 76 75 75 |
| 2.220 | 80 83 86 82 81 83 83 87 90 92 92 92 89 86 91 95 95 93 86 72 81 84 85 84 81 82 83 83 81 80 79 78 76 76 75 75 |
| 2.200 | 82 85 87 83 80 81 82 87 90 91 92 92 90 87 92 95 95 92 85 66 82 84 85 83 79 81 83 83 82 80 79 77 76 75 73 75 75 |
| 2.180 | 83 85 87 84 80 79 81 87 90 91 93 93 90 88 92 95 95 92 64 68 83 85 82 75 79 82 83 82 81 80 79 78 77 76 76 75 |
| 2.160 | 85 86 87 84 79 75 80 87 90 91 93 93 91 89 92 95 95 92 64 73 83 85 82 75 79 82 83 82 81 80 79 78 77 76 75 74 |
| 2.140 | 83 84 85 82 79 76 79 86 89 91 93 93 91 89 92 95 94 92 64 75 84 85 85 82 73 79 82 82 81 80 78 75 73 69 70 73 74 |
| 2.120 | 81 84 85 83 84 82 80 85 88 90 92 93 91 89 92 94 94 91 83 76 83 85 84 81 72 78 81 82 81 80 79 78 75 73 68 68 72 73 |
| 2.100 | 84 86 87 85 86 85 81 84 86 89 92 92 90 89 92 94 93 90 82 76 83 84 83 81 72 78 81 81 80 80 79 78 75 73 69 67 71 72 |
| 2.080 | 86 87 88 87 86 83 84 86 88 91 92 90 89 92 94 93 89 80 76 82 82 82 80 73 78 80 80 79 78 78 76 74 70 67 69 70 |
| 2.060 | 89 89 89 88 87 84 84 85 87 91 92 90 89 92 93 92 89 79 77 82 81 80 78 73 79 80 79 78 77 76 75 71 67 68 68 |

Şekil 2. İstanbul-Midilli horizonuna ilişkin (şekil 1 deki en hızlıdaki horizon) depremlerin Rayleigh yüzey dalgalarının gözlemlenmiş grup hızları. Kalın süreklili çizilmiş eğri ortalama eğriyi temsil etmektedir.

Tablo 2- TR-MWA Kabuk Modelinin İlgili Parametreleri. α , P Dalgası Hızı; β , S Dalgası Hızı Simgelemektedir.

| Tabaka Kalınlıkları
(km) | Hızlar (km/sn) | | Yoğunluk
(gr/cm ³) |
|-----------------------------|----------------|---------|-----------------------------------|
| | α | β | |
| 1.5 | 4.36 | 2.52 | 2.45 |
| 3.5 | 4.72 | 2.72 | 2.55 |
| 10.0 | 5.82 | 3.38 | 2.82 |
| 17.0 | 6.34 | 3.66 | 2.92 |
| — | 7.78 | 4.28 | 3.25 |

Tablo 3- TR-MWA Kabuk Yapısı İçin Öretilen Teorik Faz ve Grup Hızları. T Periyodu; C Faz Hızı, U Grup Hızı Simgelemektedir.

| T(sn) | C (km/sn) | U (km/sn) |
|-------|-----------|-----------|
| 6.0 | 2.851 | 2.466 |
| 7.0 | 2.915 | 2.568 |
| 8.0 | 2.966 | 2.635 |
| 9.0 | 3.010 | 2.681 |
| 10.0 | 3.049 | 2.713 |
| 11.0 | 3.086 | 2.733 |
| 12.0 | 3.122 | 2.746 |
| 13.0 | 3.158 | 2.754 |
| 14.0 | 3.193 | 2.759 |
| 15.0 | 3.229 | 2.764 |
| 16.0 | 3.266 | 2.772 |
| 17.0 | 3.302 | 2.784 |
| 18.0 | 3.338 | 2.802 |
| 19.0 | 3.373 | 2.825 |
| 20.0 | 3.407 | 2.855 |

Tablo 4- TR-NWA Kabuk Modelinin İlgili Parametreleri. α , P Dalgası Hızı; β , S Dalgası Hızı Simgelemektedir.

| Tabaka Kalınlıkları
(km) | Hızlar (km/sn) | | Yoğunluk
(gr/cm ³) |
|-----------------------------|----------------|---------|-----------------------------------|
| | α | β | |
| 1.5 | 3.57 | 2.07 | 2.40 |
| 5.5 | 5.10 | 2.94 | 2.60 |
| 11.0 | 5.75 | 3.32 | 2.80 |
| 17.0 | 6.18 | 3.57 | 2.90 |
| — | 7.78 | 4.30 | 3.25 |

Tablo 5- TR-NWA Kabuk Yapısı için Öretilen Teorik Faz ve Grup Hızları. T Per-
yodu; C Faz Hızını, U Grup Hızını Simgelemektedir.

| T(sn) | C (km/sn) | U (km/sn) |
|-------|-----------|-----------|
| 6.0 | 2.714 | 2.358 |
| 7.0 | 2.776 | 2.424 |
| 8.0 | 2.829 | 2.487 |
| 9.0 | 2.874 | 2.538 |
| 10.0 | 2.915 | 2.576 |
| 11.0 | 2.952 | 2.604 |
| 12.0 | 2.987 | 2.623 |
| 13.0 | 3.021 | 2.633 |
| 14.0 | 3.055 | 2.639 |
| 15.0 | 3.090 | 2.641 |
| 16.0 | 3.125 | 2.642 |
| 17.0 | 3.161 | 2.644 |
| 18.0 | 3.198 | 2.648 |
| 19.0 | 3.235 | 2.658 |
| 20.0 | 3.272 | 2.672 |

eğrileri , teorik grup hızı değerleri ile mukayeseli biçimde bir arada görülmektedir Şekil 5 dikkatli izlenirse , hesaplanan teorik değerlerle gözlemsel eğriler arasındaki uyum oldukça yüksek ve benimsenebilir düzeydedir.

Bu uyum dikkate alınarak ; İstanbul-Midilli horizonunda kuzey-batı Anadolu bölgesinde ortalama kabuk yapısının **TR-NWA** isimli modelle simgelenebileceği görüşüne varılmıştır. Benzer görüş açısıyla , daha güneyde yer alan İstanbul-İzmir horizonunda orta-batı Anadolu bölgesinde ortalama kabuk yapısının **TR-MWA** isimli modelle simgelenebileceği görüşüne varılmıştır.

Kuzey-batı ve Orta-batı Anadolu için geliştirilen **TR-NWA** ve **TR-MWA** modellerinin mukayesesinden (Tablo 3 ve Tablo 5) aşağıdaki sonuçları çıkarmak mümkündür.

- a) Batı Anadolu'da kabuk kalınlığı ; Orta-Batı Anadolu'dan kuzey batıya doğru gidildikçe 32 km den 35 km kalınlığa erişmektedir. Bu sonuç bölgeyi çevreleyen Ege denizi ve Yunanistanı içine alan bölgelerde yapılan jeofizik çalışmaların sonuçlarını destekler niteliktedir (Papazachos et al. 1967 ; Papazachos 1969 ; Macris 1973 a,1976,1978 ; Calcagnile et al. 1984).
- b) Kuzey-batı Anadolu'yu simgeleyen kabuk yapısı modelinde (**TR - NWA**) sismik dalga hızları ; Orta-batı Anadolu'yu simgeleyen (**TR-MWA**) kabuk yapısı modelindeki hızlara oranla daha küçüktür. Ama her iki modelde de kullanılan P_n hızı 7.78 km/sn ve S_n dalga hızı 4.28 km/sn lik değerleri ile normallerinin altındadır.
- c) Her iki bölgede de kabuk yapısı 4 tabakalı olup ; granitin üstündeki örtü tabakalarının toplam kalınlığı ; kuzey-batıyı simgeleyen modelde daha kalın (7 km) daha güneydeki orta-batıyı simgeleyen modelde daha incedir (5 km) .

II) İstanbul - Burdur Horizonu

İstanbul-Burdur horizonuna ilişkin Tablo 1 de verilmiş 10 depreme ait Rayleigh yüzey dalgalarının hesaplanmış gözlemsel grup hızı eğrileri Şekil 6 da verilmiştir. Şekil 6 da sunulan eğriler grubunun çoğunluğunun kümelendiği yerin hayli üzerinde birbirine yakın 2 eğri bulunmaktadır. Bu 2 eğriyi dikkate almadan , geri kalan eğriler dikkatle izlendiğinde 5 sn ile 18 sn peryotları arasında gözlemsel grup hızı eğrilerinin **ters** dispersiyon sergilediği görülmektedir.

Dolayısı ile bu ters dispersiyon(periyot arttıkça hız azalıyor) özelliği dikkate alınarak teorik grup hızı eğrileri üretilmeye çalışılmıştır. Üretilen teorik grup hızı eğrilerine karşı gelecek taslak kabuk modellerinde ; ortama ancak düşük bir hız tabakası bulunduğu , teorik grup hızı eğrilerinin böyle ters dispersiyon sergilediği izlenmiştir. Daha sonrada sınıma-yanılma yöntemi ile düşük hız tabakasının nerede yer alabileceği irdelenmeye başlanmıştır.

Bu türden irdelenmeler sonucu , ortamda yer alacak düşük hız tabakasının Granit tabakası ile Bazalt tabakası arasında yer alması durumunda ; teorik eğrilerin tıpkı gözlemsel eğrilerde olduğu gibi 5 ile 18 sn peryotlar arasında hızla düşüş gösterdiği saptanmıştır. Bu saptamadan sonradır ki ; başlangıç model olarak , granit ve bazalt tabakaları arasında yer alan bir düşük hız tabakasının bulunduğu taslak bir kabuk yapısı modelinden başlayarak modellemeye geçilebilmiştir.

Şekil 7 de görülen kalın sürekli çizgiyle belirtilen 2 eğri ; Şekil 6 daki topluca görülen gözlemsel grup hızı eğrilerini temsil eden iki ortalama(ağırlıklı) eğriyi simgelemektedir. Bu eğrilerle birlikte içi dolu ve boş dairelerle gösterilmiş değerler ise ; sınıma-yanılma yöntemi ile üretilen çok sayıda kabuk modelleri içinde seçilmiş ve benimsenmiş **TR-BRD** diye isimlendirdiğimiz taslak kabuk yapısı modellerine karşı gelen teorik grup hızı değerlerini göstermektedir. Şekil 7 de ; içi boş dairelerle gösterilen teorik grup hızı değerleri **TR-BRD1** modeline ilişkin , içi dolu daireler ise **TR-BRD2** modeline ilişkin değerleri simgelemektedir.

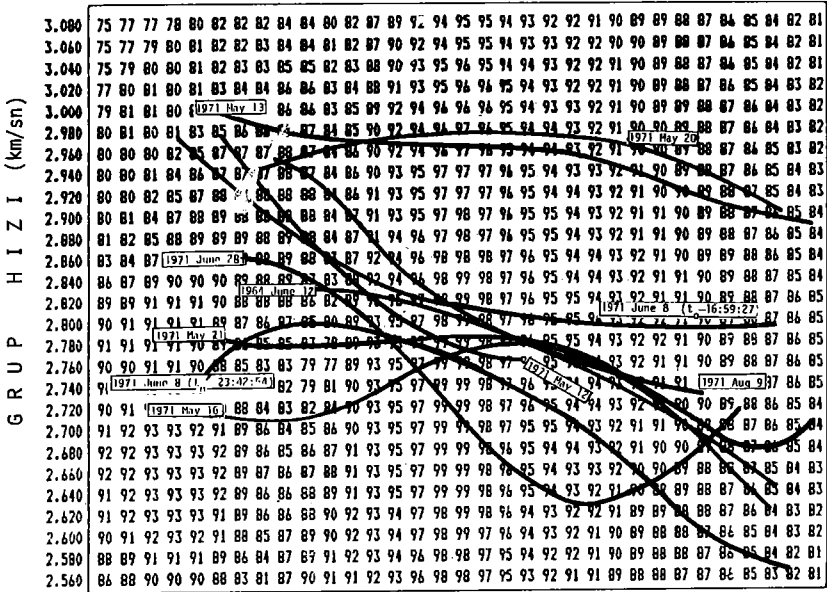
Öte yandan Tablo 6 da , **TR-BRD1** diye isimlendirilen kabuk yapısının ilgili parametreleri verilmiştir. Tablo 7 de ise , Tablo 6 da sunulu kabuk yapısı modeli için hesaplanmış teorik faz ve grup hızı değerleri görülmektedir. Tablo 8 de ise ; **TR-BRD2** diye isimlendirilen kabuk yapısı modelinin ilgili parametreleri verilmiştir. Tablo 9 da da , Tablo 8 verilen kabuk yapısı modeli için hesaplanmış teorik faz ve grup hızı değerleri görülmektedir. Şekil 7 de içi boş ve dolu dairelerle gösterilmiş teorik değerler ; Tablo 7 ve Tablo 9 da ki grup hızı değerlerine karşı gelmektedir.

Şekil 7 den görüleceği gibi , küçük bazı farklılıklara rağmen teorik değerlerin gözlemsel eğriler ile uyumları benimsenebilir düzeydedir. Gerek **TR-BRD1** ve gerekse **TR-BRD2** modelinin içerdiği kabuk yapısında en önemli nokta, düşük hız tabakasının varlığıdır. Modellerdeki düşük hız tabakası granit tabakasının altında yer almakta olup 14.5 km derinlikte başlayıp 2.5 km kalınlıkta devam etmektedir. Modellerde kullanılan Moho hızları P_n için 7.87 km/sn ; S_n için 4.32 km/sn lik değerleri simgelemektedir.

Sonuç itibarıyla , teklif ettiğimiz **TR-BRD1** ve **TR-BRD2** kabuk yapısı modelleri

P E R Y O T (sn)

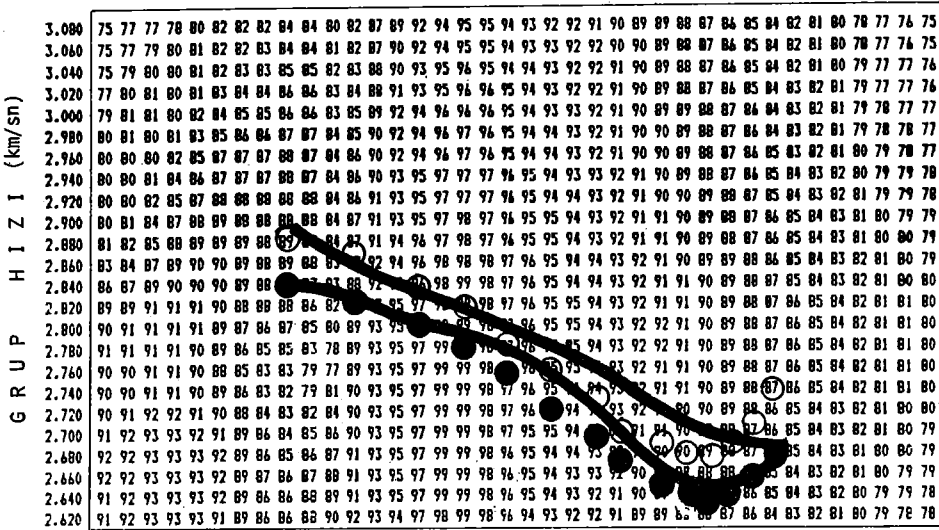
4. 4. 4. 5. 5. 5. 5. 6. 6. 6. 7. 7. 7. 8. 8. 9. 9. 10. 10. 11. 11. 12. 12. 13. 14. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21.



Şekil 6. İstanbul-Burdur horizonuna ilişkin(şekil 1 deki en alttaki horizon) depremlerin Rayleigh yüzey dalgalarının gözlemsel grup hızları.

P E R Y O T (sn)

4. 4. 4. 5. 5. 5. 5. 6. 6. 6. 7. 7. 7. 8. 8. 9. 9. 10. 10. 11. 11. 12. 12. 13. 14. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 27.



Şekil 7. TR-BRD1(içi boş daireler) ve TR-BRD2(içi dolu daireler) kabuk yapısı modellerine ilişkin teorik grup hızı değerleri ve gözlemsel eğriler. (açıklama için metne bakınız).

Tablo 6- TR-BRD1 Kabuk Modelinin İlgili Parametreleri. α , P Dalgası Hızı; β , S Dalgası Hızı Simgelemektedir.

| Tabaka Kalınlıkları
(km) | Hızlar (km/sn) | | Yoğunluk
(gr/cm ³) |
|-----------------------------|----------------|---------|-----------------------------------|
| | α | β | |
| 1.5 | 4.50 | 2.55 | 2.45 |
| 13.0 | 5.80 | 3.30 | 2.80 |
| 2.5 | 5.41 | 3.05 | 2.75 |
| 14.0 | 6.57 | 3.66 | 2.90 |
| — | 7.87 | 4.32 | 3.25 |

Tablo 7- TR-BRD1 Kabuk Yapısı İçin Üretilen Teorik Faz ve Grup Hızları. T Periyodu; C Faz Hızı, U Grup Hızı Simgelemektedir.

| T(sn) | C (km/sn) | U (km/sn) |
|-------|-----------|-----------|
| 6.0 | 2.961 | 2.888 |
| 7.0 | 2.975 | 2.871 |
| 8.0 | 2.992 | 2.848 |
| 9.0 | 3.013 | 2.820 |
| 10.0 | 3.038 | 2.738 |
| 11.0 | 3.067 | 2.760 |
| 12.0 | 3.100 | 2.732 |
| 13.0 | 3.137 | 2.709 |
| 14.0 | 3.176 | 2.691 |
| 15.0 | 3.218 | 2.6821 |
| 16.0 | 3.262 | 2.6820 |
| 17.0 | 3.306 | 2.692 |
| 18.0 | 3.350 | 2.714 |
| 19.0 | 3.393 | 2.747 |
| 20.0 | 3.434 | 2.788 |

Tablo 8- TR-BRD2 Kabuk Modelinin İlgili Parametreleri. α , P Dalgası Hızı; β , S Dalgası Hızı Simgelemektedir.

| Tabaka Kalınlıkları
(km) | Hızlar (km/sn) | | Yoğunluk
(gr/cm ³) |
|-----------------------------|----------------|---------|-----------------------------------|
| | α | β | |
| 1.5 | 4.50 | 2.45 | 2.40 |
| 13.0 | 5.80 | 3.25 | 2.80 |
| 2.5 | 5.41 | 3.07 | 2.75 |
| 14.0 | 6.57 | 3.59 | 2.90 |
| — | 7.87 | 4.32 | 3.25 |

Tablo 9- TR-BRD2 Kabuk Yapısı İçin Üretilen Teorik Faz ve Grup Hızları. T Periyodu; C Faz Hızını, U Grup Hızını Simgelemektedir.

| T (sn) | C (km/sn) | U (km/sn) |
|--------|-----------|-----------|
| 6.0 | 2.922 | 2.843 |
| 7.0 | 2.936 | 2.828 |
| 8.0 | 2.954 | 2.808 |
| 9.0 | 2.975 | 2.782 |
| 10.0 | 2.999 | 2.754 |
| 11.0 | 3.028 | 2.726 |
| 12.0 | 3.060 | 2.698 |
| 13.0 | 3.096 | 2.674 |
| 14.0 | 3.136 | 2.654 |
| 15.0 | 3.177 | 2.641 |
| 16.0 | 3.221 | 2.636 |
| 17.0 | 3.267 | 2.641 |
| 18.0 | 3.312 | 2.658 |
| 19.0 | 3.357 | 2.686 |
| 20.0 | 3.400 | 2.724 |

Batı Anadoluyu yaklaşık kuzey-güney doğrultuda kesen İstanbul-Burdur horizonu boyunca bölgede hakim kabuk yapısını temsil etmektedir.

Burada üzerinde önemle durduğumuz düşük hız tabakasının varlığı konusunda benzeri bir çalışma A.B.D de yapılmıştır. **Keller et al.(1976)** A.B.D de Middle Rocky Mountain Northern Colorado ve Eastern Basin and Range bölgelerinde , nükleer patlatmalardan yararlanarak 4-22 sn periyotları arasındaki Rayleigh yüzey dalgalarının dispersiyonunu inceleyerek bölgedeki kabuk yapısını saptamaya çalışmışlardır.

Şekil 8 de , bu çalışmanın konuyla ilgili tüm karakteristik şekilleri topluca bir arada görülmektedir. Şekilde sol tarafta üstte (a) nükleer patlatma yapılan nokta , kayıt istasyonları ve ilgili yörüngeler görülmektedir. Şeklin sağ tarafında ve üstte (b) iki bölgeye özgün yörüngede Rayleigh dalgalarının ardışık süzgeçleme yöntemi ile hesaplanmış gözlemsel grup hızları ve hemen altında ilgili sismoogramları görülmektedir. Yine şeklin sağında ve alt kısımda (c) iki bölgeye ilişkin(Eastern Basin and Range ve Northern Colorado) gözlemsel grup hızları ve belli bir yapı modeline karşı gelen teorik grup hızları mukayeseli biçimde bir arada görülmektedir.Şeklin solunda ve alt yarısında yer alan tablolar ise yine aynı iki bölgeye ait teorik grup hızlarına karşı gelen kabuk yapısı modellerini içermektedir (d) . Tablolar dikkatle izlendiğinde Eastern Basin and Range bölgesi için üretilen kabuk yapısı modelinde 12 km derinlikten itibaren 3 er km kalınlıkta ve 2 tane ; toplam 6 km kalınlığında ve yine granit ve bazalt tabakaları arasında düşük hız tabakası mevcuttur. Ve bu modele karşı gelen teorik grup hızı değerleri ve uyum gösterdiği gözlemsel grup hızı eğrisi (sağ altta ve sol yanda) yaklaşık 10 - 20 sn periyotlar arasında ters dispersiyon(bizimkilere benzer biçimde) sergilenmektedir.

Teklif edilen modelde toplam kabuk kalınlığı 29 km olup , kullanılan P_n hızı

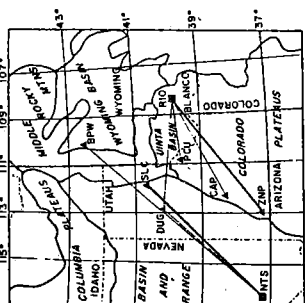
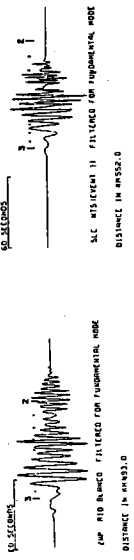
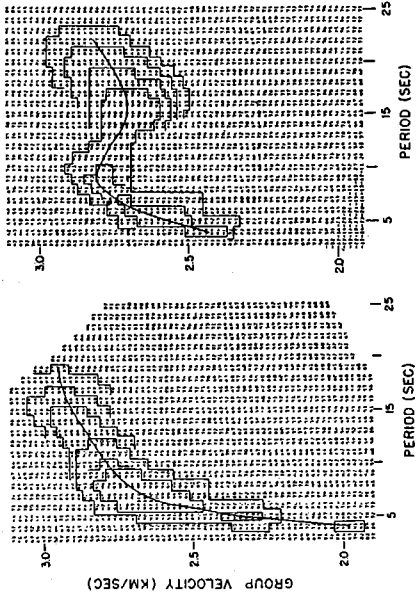
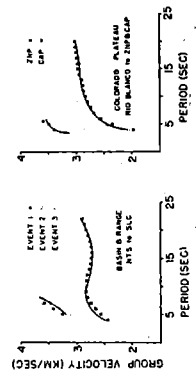


FIG. 1. Seismograph stations are shown by triangles, locations of basins are shown by squares. Propagation paths and geological provinces are also shown. Salt Lake City (SLC), Zion National Park (ZNP), Capitol Reef National Park (CAP), Price, Utah (PCU), Dugway, Utah (DUG), Big Piney, Wyoming (BPWF), Nevada Test Site (INTS).



(a) SLC STATION II FILTERED FOR TUNGSTEN, MOSE DISTANCE IN ANS52.0
(b) INTS STATION I FILTERED FOR TUNGSTEN, MOSE DISTANCE IN ANS52.0



(c) EASTERN BASIN AND RANGE
(d) NORTHERN COLORADO PLATEAU

CRUSTAL MODELS DERIVED FROM RAYLEIGH WAVE DISPERSION

| Thickness | P-velocity | S-velocity | Phase's kind |
|---------------------------|------------|------------|--------------|
| 1.5 | 3.20 | 1.85 | 0.25 |
| 4.0 | 6.70 | 3.40 | 0.25 |
| 3.5 | 5.95 | 3.49 | 0.25 |
| 3.0 | 5.85 | 3.39 | 0.26 |
| 3.0 | 5.80 | 3.36 | 0.27 |
| 11.0 | 6.40 | 3.59 | 0.27 |
| ∞ | 7.70* | 4.32* | 0.32* |
| Northern Colorado Plateau | | | |
| 2.0 | 3.15 | 1.81 | 0.25 |
| 4.0 | 6.10 | 3.25 | 0.25 |
| 15.0 | 6.40 | 3.45 | 0.25 |
| 16.0* | 6.80 | 3.92 | 0.25 |
| ∞ | 7.80* | 4.50* | 0.32* |

*Parameters inferred from refraction results.

Şekil 8. Kuller ve diğ (1976) den alınmış bir şekil(açıklama için metne bakınız).

7.70 km/sn ve S_n hızı 4.32 km/sn değerindedir. Başta toplam kabuk kalınlığı , düşük hız tabakasının varlığı ve Moho hızlarının yakınlığı açısından ; bu çalışmanın sonuçları ile bizim yaptığımız çalışmanın sonuçlarının benzerliği hiçte şaşırtıcı değildir. Zira gerek jeolojik gerekse jeofizik deliller dünyanın çok farklı yörelerinde yer almalarına rağmen her iki bölgede de hakim kabuk yapısı türünün Basin and Range (Hendek ve Sirt) türü bir yapıda olduğunu vurgulamaktadırlar.

Öte yandan bu çalışmamızda 3 horizon boyunca incelediğimiz dispersiyon karakteristikleri birlikte kıyaslandığında çok açık ve net biçimde yüzey dalgalarının dispersiyon karakteristikleri değişmektedir. Bu değişim İstanbul-Burdur horizonundan yaklaşık 2 derecelik bir boylam farkı ile batıya kayıldığında ters dispersiyondan normal dispersiyona geçecek kadar şiddetlidir.

Yüzey dalgalarının dispersif özelliklerindeki bu şiddetli değişim , İstanbulu merkez gören azimutal alanda Batı Anadolu'da kısa mesafelerde , kabuk yapısının oldukça değişken bir karaktere sahip olduğunun bir başka delilidir. Diğer bir deyişle kabuk içersinde etkin yanal heterojenitelerin varlığı(hız ve kalınlıktaki) dispersiyona şiddetle yansımış durumdadır.

S O N U Ç L A R

Episantrları Batı Anadolu'da yer alan magnitüdüleri $m_b \geq 4.5$ olan 20 depremin Rayleigh yüzey dalgalarının gözlemsel grup hızlarının modellenmesi sonucu Batı Anadolu'da 3 farklı horizontda değişik yer kabuğu yapıları saptanmıştır. Batı Anadolu'yu yaklaşık Kuzey-Güney yönünde kesen İstanbul-Burdur horizonu boyunca ; 4 tabakalı ve toplam 31 km kalınlıkta ve içinde düşük hız tabakasının yer aldığı bir kabuk modeli saptanmıştır. Granit ve Bazalt tabakaları arasında yer alan düşük hız tabakası 14.5 km derinlikte başlamakta ve 2.5 km lik kalınlıkla devam etmektedir.

TR-BRD diye isimlendirdiğimiz bu modellerde kullanılan P_n hızı 7.87 km/sn dir. Benimsenen bu modelde düşük hız tabakası ; bu horizontda hesaplanan gözlemsel grup hızı eğrilerindeki ters dispersiyon özelliği dikkate alınarak ortama dahil edilmiştir. Zira ancak bu tür modele karşı gelen teorik grup hızları ters dispersiyon özelliği sergileyebilmişlerdir.

Öte yandan İstanbul-İzmir gibi Orta-Batı Anadolu'yu ve İstanbul-Midilli gibi Kuzey-Batı Anadolu'yu kesen horizonlar boyunca saptanan kabuk yapısı modellerinde herhangi bir düşük hız tabakasına yer verilmemiştir. Çünkü her iki horizontdaki depremlere ait gözlemsel grup hızı eğrileri normal dispersiyon göstermektedir. İstanbul-İzmir horizonu boyunca Orta-Batı Anadolu'yu kesen yörengede TR-NWA diye isimlendirdiğimiz kabuk modeli 4 tabakalı olup toplam 32 km kalınlıktadır. Modelde granit üzerinde yer alan 2 tabakalı toplam örtü kalınlığı 5 km dir.

İstanbul-Midilli horizonu boyunca Kuzey-Batı Anadolu'yu kesen yörengede TR-NWA diye isimlendirdiğimiz kabuk modeli de yine 4 tabakalı olup toplam 35 km kalınlıktadır. Bu modelde granit üzerinde yer alan 2 tabakalı örtünün toplam kalınlığı 7 km dir. P_n hızı 7.78 km/sn ile normallerinden düşük değerdedir.

KAYNAKLAR

- CALCAGNILE, G., MASCIA, U., DELGAUDIO, V., and PANZA, G.F. , 1984 ,** Deep structure of Southeastern Europe from Rayleigh waves. *Tectonophysics*. Vol 110 , pp: 189-200 .
- CANITEZ, N., 1969 ,** Türkiye ve civarındaki depremlere ait fondamantal moddan yüzey dalgaları üzerine incelemeler. *TBTAK - MAG* -150.
- DZIEWONSKI, A., BLOCH, S. and LANDISMAN, M., 1969 ,** A technique for analysis of transient seismic signals. *Bull. Seism. Soc. Am.* 59 , pp: 427-444.
- EZEN, Ü., 1979 ,** İstanbul (İ.T.Ü) deprem istasyonunda kaydedilen sismik yüzey dalgalarında girişim olaylarının incelenmesi. Doktora tezi. Maden Fakültesi yayını NO : 121 .
- KELLER, G.R., R. B. SMITH., L. W. BRAILE., R. HEANEY., and D. H. SHURBET., 1976 ,** Upper crustal structure of the Eastern Basin and Range , Northern Colorado Plateau , and Middle Rocky Mountains from Rayleigh wave dispersion. *Bull. Seism. Soc. Am.* 66 , pp : 869-876 .
- MACRIS, J., 1973 a ,** Some geophysical aspects of the evolution of the Hellenides. *Bull. Geol. Soc. of GREECE*. X, 1, pp : 206-213 .
- MACRIS, J., 1976 ,** A dynamic model of the Hellenic Arc deduced from geophysical data *Geodynamics Progress and Prospects*. C.L. Drake, AGU .
- MACRIS, J., 1978 ,** The crust and upper mantle of the Aegean region from deep seismic soundings. *Tectonophysics*. 46 , pp : 269-284.
- PAPAZACHOS, B. C., POLATOU, M. and MANDALOS, N., 1967 ,** Dispersion of surface waves recorded in Athens. *Pure and Applied Geophysics*. 67(2) , pp : 95-106 .
- PAPAZACHOS, B. C., 1969 ,** Phase velocities of Rayleigh waves in southern Europe and eastern Mediterranean sea. *Pure and Applied Geophysics*. 75(4), pp : 47-55 .

KUZAY KIBRIS TÜRK CUMHURİYETİ
LEFKOŞE DEPREM İSTASYONU
SÜREYE BAĞIMLI MANYİTÜD DENKLEMİ

ZAFER ÖĞÜTCÜ*

A B S T R A C T

This study has been done to evaluate the duration dependent magnitude equation for Turkish Republic of Northern Cyprus (TRNC) Lefkoşe earthquake station that has been running since 1987 by collaboration of Boğaziçi University, Kandilli Observatory and Ministry of TRNC Communication, Public Works and Tourism, Department of Meteorology.

For this purpose, the equation;

$$M_b = a + b \log T + c D$$

was solved and the a, b, c coefficients together with their standart deviations, were determined.

As a result, duration - dependent magnitude equation for body waves was found to be as follows;

$$M_b = 0.45(+0.72) + 1.63(\bar{+}0.28) \log T + 1.6 \times 10^4 (\bar{+} 2.5 \times 10^4) D$$

Ö Z E T

Bu çalışma, KKTC Lefkoşe'de 1987 yılından itibaren faaliyete geçirilen, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve KKTC Ulaştırma Bayındırlık ve Turizm Bakanlığı Meteoroloji Dairesi'nin işbirliği ile yürütülen deprem istasyonuna ait sinyal süresine bağlı manyitüd denklemini üretmek için yapılmıştır.

Bu amaçla;

$$M_b = a + b \log T + c D$$

bağıntısının çözümü yapılmış ve a,b,c katsayıları standart sapmaları ile hesaplanmıştır.

Sonuçta, cisim dalgalarına dayanan manyitüd-süre bağıntısı;

$$M_b = 0.45(+0.72) + 1.63(\bar{+}0.28) \log T + 1.6 \times 10^4 (\bar{+} 2.5 \times 10^4) D$$

olarak bulunmuştur.

* Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Gök ve Yer Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi Çengelköy-İstanbul

G İ R İ Ő :

KKTC - LefkoŐe'de Willmore Mark III/A tipi kısa peryotlu dűŐey bileŐen sismometre çalıŐtırılmaktadır. Deprem istasyonu kurulmadan önce yapılan etűd neticesinde en uygun yer olarak Alevkayası tespit edilmiŐtir. Alevkayası'na radio-link olarak kurulan deprem istasyonunda ki sismometreden elde edilen analog sinyal, amplifier-modűlatr (Amp/Mod) vasıtasıyla frekans modűlasyonuna dnűŐtűrűlerek, 457 MHz.lık taŐıyıcı sinyal űzerine bindirilerek transmeter (verici) ile LefkoŐe'ye gönderilmektedir. LefkoŐe'de ise gelen sinyal receiver (alıcı) ile alınarak demodűlatr yardımı ile 800 Hz.lık frekans modűlasyonundaki sinyal tekrar analog sinyal haline dnűŐtűrűlmekte ve mevcut kayıtcı űzerinde kaydedilmektedir.

Manyitűdű saptamak için, depremin kayıt űzerindeki devam sűrelerinin kullanılıŐı son yıllarda oldukça artmıŐtır. Önceleri, kaydedilen deprem sinyalinin sűresi, depremin bűyűklűgűnűn bir lűsű olarak kullanılıyordu. Sonradan Richter (1935) ile baŐlayarak, aletlerle kaydedilen farklı sismik dalgaların genliklerine baėlı olarak manyitűd tayininde yöntemler geliŐtirilmiŐ ve farklı ölçekteki manyitűd tayinine baŐlanmıŐtır.

Bisztiricsany (1958), yűzey dalgalarının devam sűrelerinden faydalanarak sűre-manyitűd forműlű geliŐtirmiŐtir. Daha sonra Solovev (1965) ve Tsumura (1967), Bisztiricsany'nin yöntemini ilk kez yakın depremler için yűzey dalgalarının devam sűresi yerine depremin kayıt űzerindeki toplam sűrelerini kullanmıŐlardır. Lee ve diė.(1972), Crosson (1972), Real ve Teng (1973), Herrman (1975), Bakun ve Lindh (1977) gibi araŐtırmacılar da Amerika'nın deėiŐik bölgeleri için sűre-manyitűd baėıntısı araŐtırmıŐlardır.

İstanbul Kandilli Rasathanesinde de bu konu űzerinde çalıŐmalar yapılmıŐtır. cer ve diė.(1980), 1979 yılı Batı Tűrkiye deprem etkinliėini araŐtırmalarında, daha önce manyitűd denklemini saptanan Dursunbey deprem istasyonunun manyitűd deėerlerinden yararlanarak cisim dalgalarına (Body Wave) dayanan dört deprem istasyonu için sűreye baėlı manyitűd denklemini saptamıŐlardır.

Alsan (1979), 1970-1977 dönemi içinde Batı Anadolu'da oluŐmuŐ ve manyitűdleri 3.4-5.7 arasında deėiŐen depremlerin cisim dalgalarına dayanan manyitűd denklemini, Teledyne-Geotech sismografinin kayıtlarındaki sinyal sűrelerinden yararlanmak suretiyle, İstanbul-Kandilli Rasathanesi (ISK) merkez deprem istasyonu için bulmuŐtur.

Sevimay (1983), Mart 1978-Aralık 1979 dönemi içinde Batı Tűrkiye ve civarında meydana gelen deprem verilerini kullanmak suretiyle, Kandilli Rasathanesi'ne baėlı onű deprem istasyonunun her biri için sűreye ve episantr uzaklıėına baėlı manyitűd denklemlerinin saptanması çalıŐmasını yapmıŐtır.

V E R İ L E R :

Bu çalışmada, Ocak 1987-Mart 1990 dönemi içerisinde oluşan ve Lefkoşe deprem istasyonunca kaydedilerek süreleri okunabilen, tablo 1 de verilen 45 adet veri kullanılmıştır. Bu veriler Preliminary Determination of Epicenters (PDE)'den alınmıştır.

Şekil 1 de Lefkoşe deprem istasyonu için kullanılan verilerin manyitüde göre oluş sayılarının dağılımı görülmektedir. Veriler 3.9-5.2 manyitüd aralığındadır. Daha küçük manyitüdü depremlere uluslararası sismoloji merkezlerince manyitüd verilemediği için bu çalışmada kullanılamamıştır.

Şekil 2 de oluş sayısı-uzaklık bağıntısı verilmiştir. Episantr uzaklığı 76-898 km. arasında değişmektedir.

Şekil 3 te ise manyitüd-süre ilişkisi verilmiştir. Bulunan c katsayısının (1.6E-4) çok küçük olması nedeni ile uzaklık ihmal edilerek, sadece sinyal süresi okumasından manyitüdü veren nomogram şekil 4 te verilmiştir.

Şekil 5 te ise, uzaklığa ve süreye bağımlı olarak manyitüdü veren nomogram görülmektedir. Depremin uzaklığı ve süresi ilgili kolonlarda işaretlenip, bu noktalar birleştirildiği zaman ortada ki manyitüd eksenindeki okunan değer depremin (Mb) manyitüdüdür.

Y Ö N T E M :

Manyitüd-süre bağıntısı genel olarak;

$$M = \log(A/T) - B(\Delta h) + C \quad (1)$$

şeklinde verilir. Bağıntıda, yer hareketinin genliği (A) ve periyodu (T)'ye dayanan manyitüd-genlik denkleminin şekli korunmuştur.

Sinyal süresi A ve T ye bağlı olduğundan (1) bağıntısındaki (A/T) yerine T getirilebilir.

$$M = a + b \log T + c D \quad (2)$$

Bisztricsany (1958), Tsumura (1967), ve Lee (1972) gibi araştırmacılar tarafından yukarıda verilen (2) şekli ile uygulanmıştır.

Aki (1969), koda dalgaları ile ilgili çalışmalarında, bu dalgaların uzak mesafelerden meydana gelen saçılmalar (back scattering) suretiyle oluştuğunu ve koda spektrumunun sadece depremin başlangıç anından itibaren olan zamanın bir fonksiyonu olup, episantr uzaklığına fazla bir bağımlılık göstermediğini ileri sürmüştür. Zira koda dalgalarında uzaklığın artışı ile genliğin azalması yavaş olmaktadır.

Yukarıda verilen (2) bağıntısında;

M = Depremin aletsel şiddeti

T = Depremin kayıt süresi (sn.)

D = Depremin dış merkez uzaklığı (km.)

a, b, c = Katsayılarıdır.

(2) bağıntısını;

$$1. \text{ veri için} \dots\dots\dots M_1 = a X_1 + b Y_1 + c Z_1$$

$$2. \text{ veri için} \dots\dots\dots M_2 = a X_2 + b Y_2 + c Z_2$$

·
·
·

$$n \text{ veri için} \dots\dots\dots M_n = a X_n + b Y_n + c Z_n$$

şeklinde yazabiliriz. Yukarıdaki lineer denklem sistemini matris formunda yazacak olursak;

$$A \cdot X = M \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & Z_1 \\ X_2 & Y_2 & Z_2 \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ X_n & Y_n & Z_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ \cdot \\ M_n \end{bmatrix}$$

şeklinde olur.

Bilinmeyen adedi 3 olduğu için 3x3 kare matris elde etmek amacı ile, eşitliğin her iki tarafını A matrisinin transpozesi olan A^T ile çarpacak olursak;

$$A^T \cdot A \cdot X = A^T \cdot M \quad (4)$$

bağıntısı elde edilir. Bağıntıyı basitleştirmek amacı ile;

$$C = A^T \cdot A \quad (5)$$

$$D = A^T \cdot M \quad (6)$$

denilirse bağıntımız şu şekli alır;

$$C \cdot X = D \quad (7)$$

$$X = C^{-1} \cdot D \quad (8)$$

Ters matris yöntemi ile bulunan a,b,c katsayıları hemen hemen EKKY ile bulunan katsayılara eşittir. Bu katsayıların,

$$Mb = a + b \log T + c D$$

bağıntısı ile bulunan manyitüd değerlerinin ne ölçüde sağlıklı olduğunu tespit etmek için standart sapma hesaplanmıştır.

Bulunan a,b,c katsayıları (2) bağıntısında yerine konarak her deprem için manyitüd hesaplandı ve bulunan değerlere Mh (hesaplanan manyitüd) denildi. Mh ile Mb arasındaki fark değerlerine de X_1 denilerek ;

$$\text{Standart Sapma} = (\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2) / n.(n-1))^{1/2}$$

$$\text{Varyans} = (\text{Standart Sapma})^2$$

Hesaplama sonucunda;

$$\text{Standart Sapma} = 0.131$$

$$\text{Varyans} = 0.017$$

$$\text{Hata toplamı} = -0.002$$

$$\text{Ortalama hata} = 0.000$$

$$\text{Hataların kareleri toplamı} = 0.749$$

olarak bulundu.

Böylece hesaplanan a, b, c katsayıları ile bulunan manyitüd değerleri, ± 0.13 hata ile verilebilir.

Manyitüdülerin, daha sağlıklı olarak verilebilmesi düşüncesi ile;

$$M = a + b \log T + c \log T^2 + d D$$

bağıntısı da ters matris yöntemi ile çözümlenerek,

$$a = 0.45$$

$$\text{Standart Hata} = 0.131$$

$$b = 0.32$$

$$\text{Varyans} = 0.017$$

$$c = 0.69$$

$$\text{Ortalama Hata} = 0.205$$

$$d = 1.64 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{Hata Toplamı} = 9.212$$

olarak bulunmuştur. Her iki denklemlerle hesaplanan Mh manyitüdülerinden Mb manyitüdüleri çıkarılarak şekil 6'da verilen fark nomogramları çizilmiştir. $M = a + b \log T + c D$ bağıntısı için -0.2 , +0.3 arasında bir dağılım görülmesine karşın $M = a + b \log T + c \log T^2 + d D$ bağıntısı için 0 , +0.3 arasında bir dağılım görülmektedir.

Şekil 7'de ise, her iki bağıntı için hesaplanan Mh manyitüd değerlerine karşılık gelen Mb manyitüd değerlerinin ilişkileri verilmiştir.

S O N U Ç V E Ö N E R İ L E R :

KKTC Lefkoşe deprem istasyonu için süreye bağlı manyitüd denklemi;

$$Mb = 0.45 + 1.63 \log T + 1.6 \times 10^{-4} D$$

şeklindedir. Daha öncede değinildiği gibi c katsayısının çok küçük olması nedeni ile episantr mesafesi, manyitüd tayininde çok fazla bir etki yapmamaktadır. c katsayısı ihmal edilerek;

$$Mb = 0.45 + 1.63 \log T$$

bağıntısı yardımı ile şekil 4`te çizilmiş olan manyitüd süre bağıntısı yardımı ile de depremlere manyitüd vermek mümkündür.

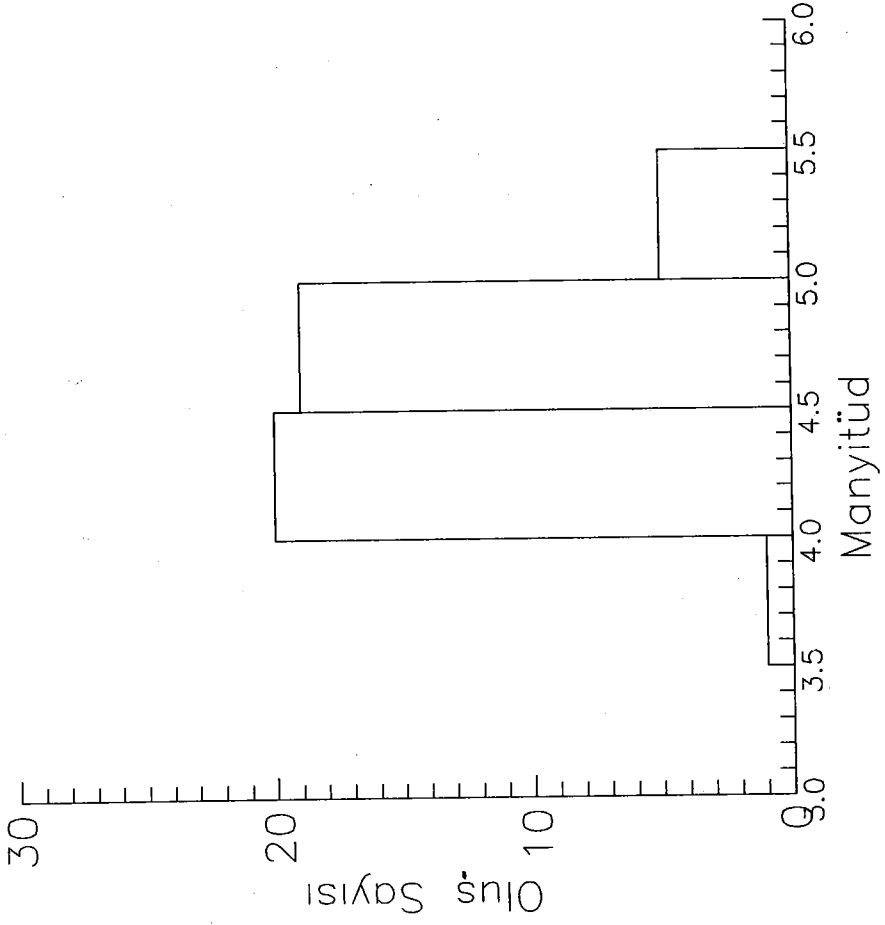
Veri birikiminin bu kısa süreçte yeterli sayıda olmaması nedeniyle, yüzey dalgalarına (Ms) ve yerel manyitüdlere (ML) bağımlı olarak yeni bağıntıların bulunması, bu çalışmada ele alınmamıştır. Bu tür verilerin zamanla zenginleşmesi sonucu, değişik manyitüd ölçeklerine bağımlı süre - manyitüd bağıntılarının saptanmasında yarar görülmektedir.

Bölgenin deprem etkinliği özelliği nedeniyle, manyitüdü 2.5 den küçük veya 4.5 den büyük deprem verilerinin bu kısa süreçte az olması nedeniyle, manyitüd denklemimiz büyük manyitüdümlü veya mikro depremler için hatalı sonuçlar verebilir. İleride verilerin zenginleşmesi sonucu, daha geniş bir manyitüd aralığında ve değişik eşelde ki manyitüdlere bağımlı süre-manyitüd bağıntılarının araştırılmasında yarar görmekteyiz.

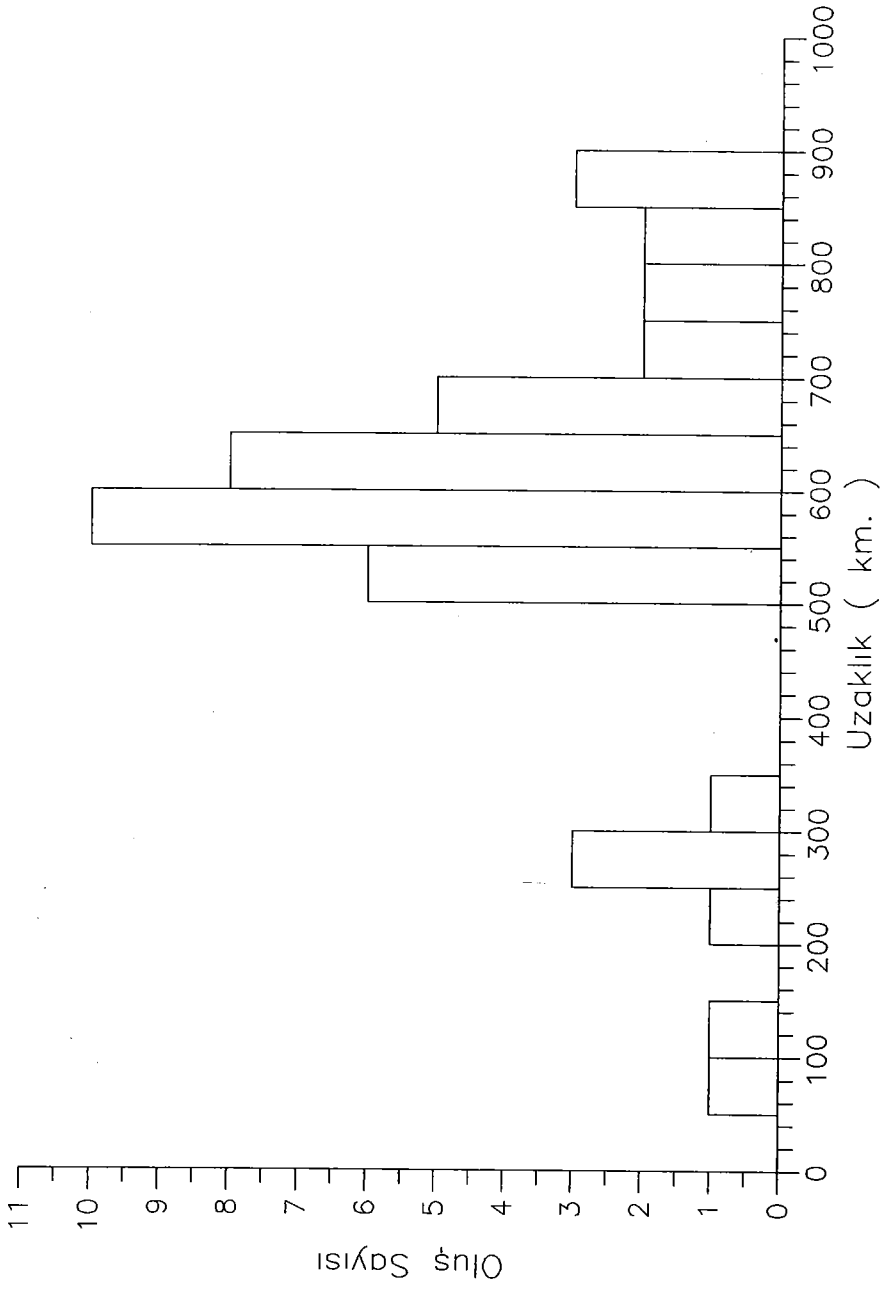
Ayrıca, büyük manyitüdümlü depremlerin manyitüd tayininde kuadratik fonksiyonların daha iyi sonuç vereceği hususundayız.

Çizelge 1. Bu çalışmada manyitüd denkleminin geliştirilmesi için kullanılan depremlerin listesi

| TARİH | ORİJİN | ZAMANI | ENLEM | BOYLAM | Mb | SÜRE | UZAKLIK(km.) |
|------------|--------|--------|--------|--------|-----|------|--------------|
| 10 01 1987 | 15 03 | 55.4 | 34.659 | 33.282 | 4.3 | 220 | 76 |
| 18 02 1987 | 05 34 | 59.0 | 34.949 | 32.294 | 4.6 | 350 | 124 |
| 04 04 1987 | 15 59 | 07.9 | 36.920 | 28.361 | 4.7 | 300 | 500 |
| 09 04 1987 | 03 00 | 07.6 | 32.439 | 29.034 | 4.5 | 190 | 530 |
| 19 06 1987 | 18 45 | 41.6 | 36.791 | 28.193 | 5.0 | 440 | 510 |
| 28 06 1987 | 00 50 | 17.8 | 32.820 | 24.357 | 5.2 | 520 | 891 |
| 03 09 1987 | 12 39 | 55.0 | 35.895 | 30.623 | 5.0 | 570 | 266 |
| 04 09 1987 | 11 00 | 00.9 | 35.635 | 27.347 | 4.2 | 170 | 564 |
| 13 09 1987 | 23 55 | 00.0 | 32.643 | 24.366 | 4.1 | 180 | 898 |
| 14 09 1987 | 15 51 | 55.0 | 36.758 | 31.110 | 4.7 | 410 | 266 |
| 20 09 1987 | 11 41 | 08.1 | 34.961 | 25.650 | 4.8 | 510 | 721 |
| 26 12 1987 | 07 45 | 14.4 | 36.847 | 27.696 | 4.6 | 220 | 555 |
| 30 12 1987 | 16 17 | 08.2 | 36.826 | 27.731 | 4.8 | 370 | 551 |
| 01 02 1988 | 06 41 | 35.9 | 34.362 | 26.833 | 4.5 | 200 | 623 |
| 09 06 1988 | 02 18 | 23.2 | 32.242 | 27.904 | 4.8 | 360 | 621 |
| 27 07 1988 | 05 00 | 07.5 | 35.184 | 24.699 | 4.6 | 250 | 806 |
| 03 08 1988 | 20 42 | 30.9 | 35.768 | 35.892 | 4.6 | 460 | 221 |
| 05 09 1988 | 20 03 | 25.4 | 34.476 | 26.590 | 5.0 | 525 | 656 |
| 07 09 1988 | 14 39 | 42.8 | 34.215 | 26.490 | 4.0 | 160 | 657 |
| 03 10 1988 | 12 40 | 15.2 | 35.979 | 27.413 | 4.3 | 220 | 561 |
| 09 10 1988 | 16 08 | 04.5 | 35.762 | 26.815 | 4.4 | 200 | 613 |
| 21 12 1988 | 11 58 | 41.9 | 35.356 | 27.433 | 4.8 | 370 | 556 |
| 22 12 1988 | 20 32 | 59.5 | 37.596 | 32.169 | 4.3 | 250 | 285 |
| 08 03 1989 | 06 49 | 25.8 | 36.331 | 27.736 | 4.5 | 200 | 538 |
| 17 03 1989 | 05 42 | 54.4 | 34.662 | 25.450 | 4.8 | 310 | 743 |
| 28 04 1989 | 13 30 | 19.2 | 37.004 | 28.139 | 5.1 | 590 | 522 |
| 10 05 1989 | 01 37 | 33.5 | 34.234 | 26.671 | 4.1 | 160 | 640 |
| 28 09 1989 | 06 07 | 06.0 | 34.341 | 26.400 | 3.9 | 140 | 662 |
| 29 09 1989 | 01 33 | 06.0 | 35.898 | 27.151 | 4.2 | 200 | 583 |
| 30 09 1989 | 14 53 | 30.7 | 34.660 | 23.953 | 4.4 | 245 | 880 |
| 01 11 1989 | 13 59 | 27.8 | 36.501 | 27.027 | 4.6 | 300 | 604 |
| 06 11 1989 | 04 41 | 21.6 | 34.879 | 24.287 | 4.4 | 240 | 846 |
| 12 11 1989 | 10 31 | 56.9 | 33.172 | 31.465 | 4.4 | 200 | 302 |
| 24 11 1989 | 01 45 | 52.1 | 36.737 | 26.860 | 4.5 | 350 | 624 |
| 16 12 1989 | 21 10 | 37.2 | 35.101 | 26.446 | 4.5 | 250 | 647 |
| 18 12 1989 | 21 48 | 12.0 | 28.423 | 33.253 | 4.4 | 210 | 761 |
| 26 12 1989 | 02 30 | 09.5 | 36.364 | 26.720 | 4.4 | 220 | 628 |
| 10 01 1990 | 05 38 | 25.6 | 36.180 | 27.354 | 4.5 | 300 | 569 |
| 13 01 1990 | 20 56 | 59.8 | 36.149 | 27.520 | 4.0 | 140 | 553 |
| 14 01 1990 | 01 38 | 50.1 | 36.060 | 27.385 | 4.2 | 170 | 564 |
| 14 01 1990 | 17 08 | 39.2 | 35.258 | 26.168 | 4.4 | 300 | 671 |
| 24 01 1990 | 13 17 | 47.9 | 35.766 | 26.238 | 4.5 | 200 | 665 |
| 21 02 1990 | 00 24 | 48.4 | 36.155 | 27.666 | 4.1 | 190 | 540 |
| 23 02 1990 | 22 59 | 06.5 | 34.364 | 25.383 | 4.4 | 220 | 754 |
| 15 03 1990 | 02 28 | 56.8 | 35.269 | 27.117 | 4.3 | 250 | 585 |

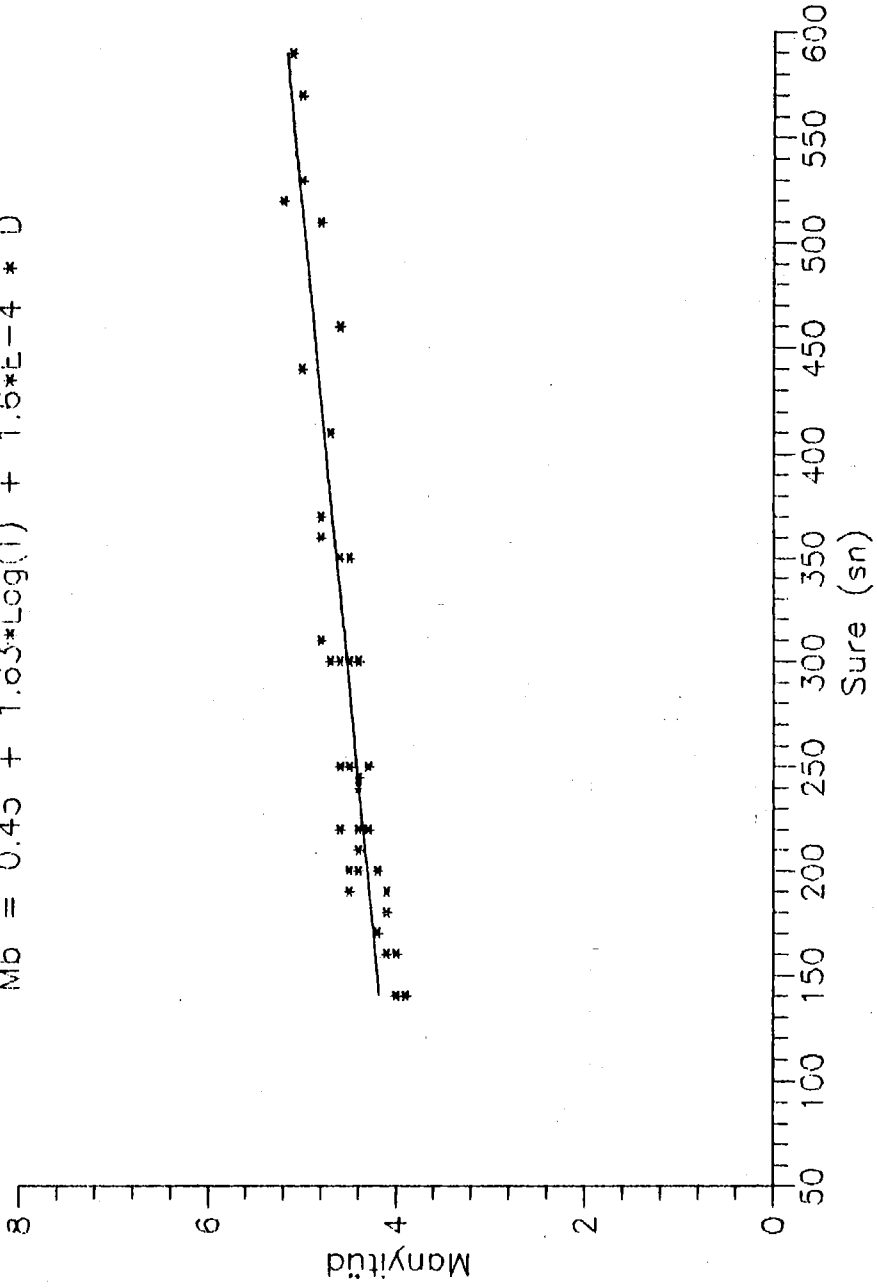


Şekil 1 : Manyitüd – Frekans ilişkisi

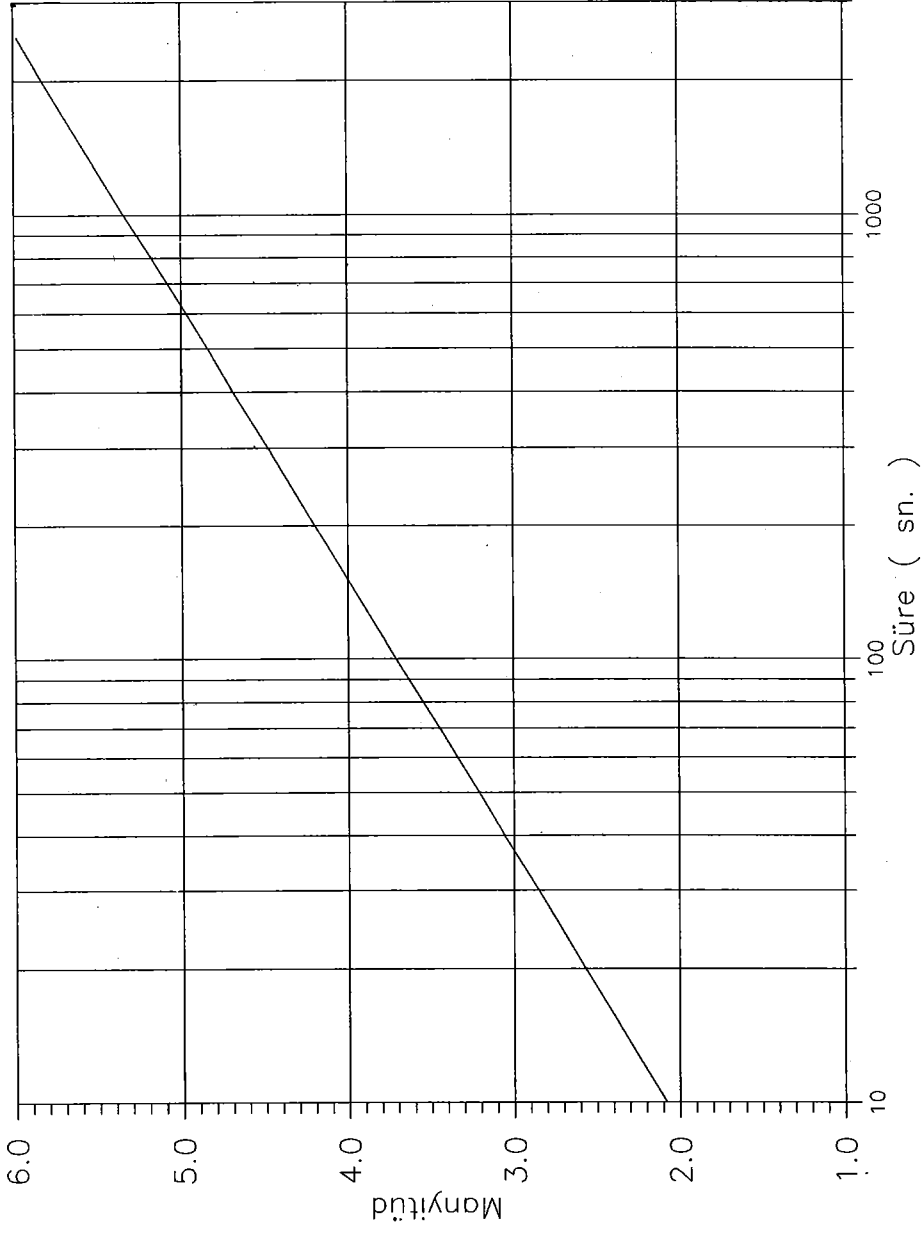


Şekil 2 : Oluş sayısı - uzaklık ilişkisi

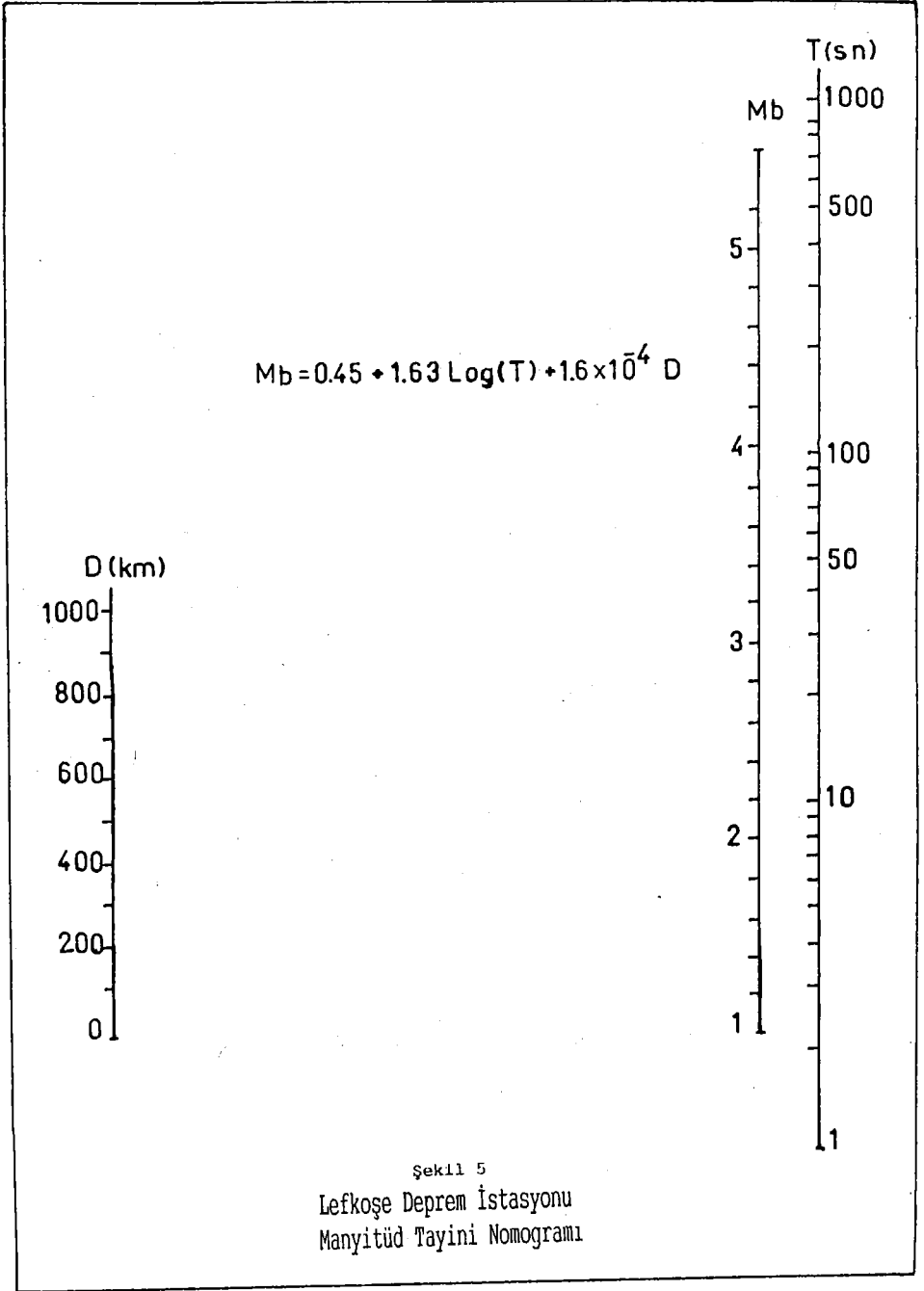
$$M_b = 0.45 + 1.63 \cdot \log(T) + 1.6 \cdot E^{-4} \cdot D$$

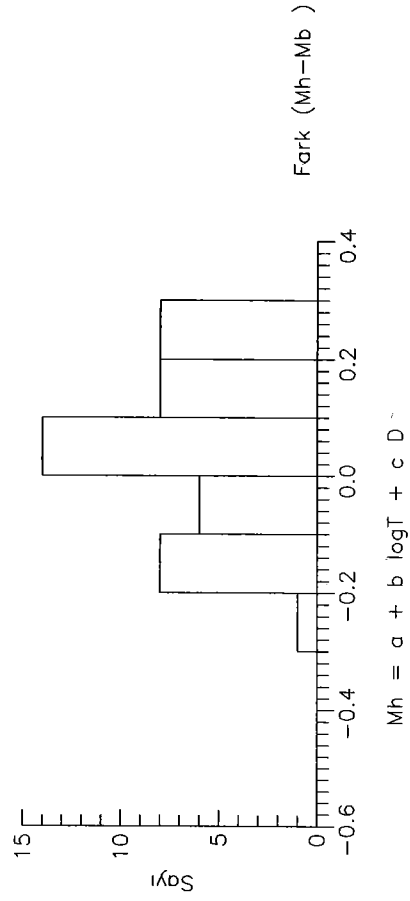
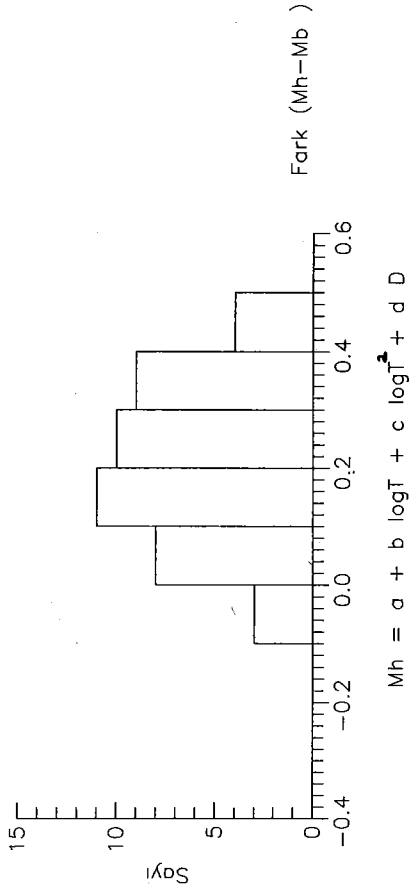


Şekil 3 : Lefkoşe deprem istasyonu için manyitüd-süre ilişkisi

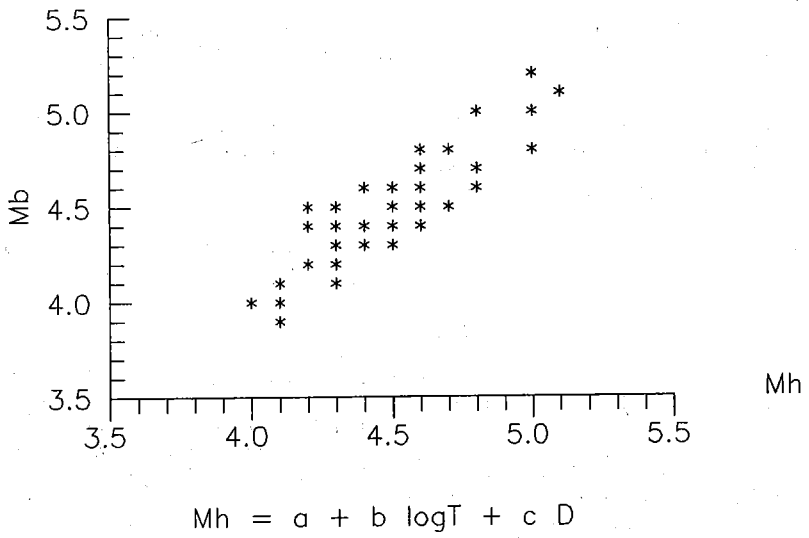
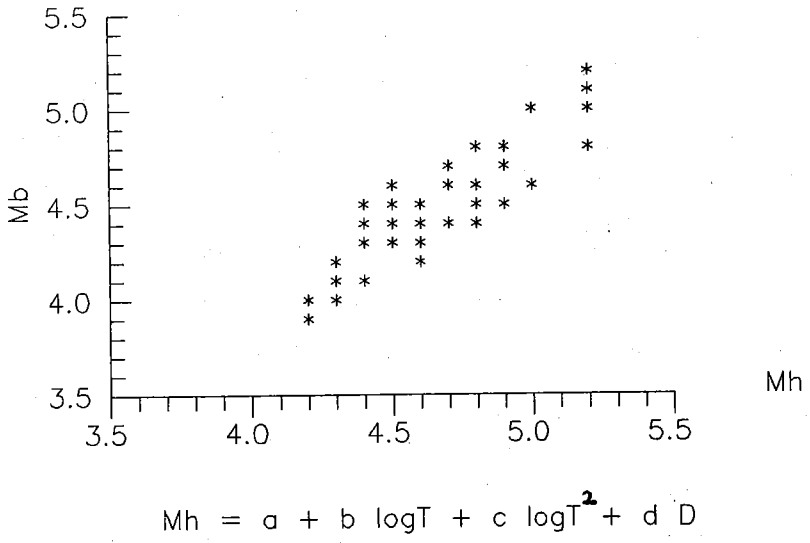


Şekil 4 : Lefkoşe deprem istasyonu için süreye bağlı manyitüd tayini nomogramı





Şekil 6 : Mb manyitüdü ile hesaplanan Mh manyitüdü arasındaki fark normogramı



Şekil 7 : Mb manyitüdü ile hesaplanan Mh manyitüdü arasındaki ilişki

Yararlanılan Kaynaklar

- 1- Aki, K.(1969), "Analysis of the seismic coda of local earthquakes as waves " J.Geophys.Res.74,616-631
- 2- Alsan, E.(1978), "İstanbul Kandilli Deprem İstasyonu için süreye bağlı magnitüd denklemi " Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni.Sayı 21,Nisan 1976.
- 3- Bakun, W.H. and A.G.Lindh (1977)."Local magnitudes, seismic moment and coda durations for earthquakes near Oroville, California " Bull. Seism. Soc. Am. 67, 615-629
- 4- Herrman, R.B.(1975), "The use of duration as a measure of seismic moment and magnitüd " Bull. Soc. Am. 65, 899-913
- 5- Lee, W.H.R.E.Bennet and K.L.Meagher (1972)."A method of estimating magnitude of local earthquakes from signal duration " Geological Survey Open File Report.
- 6- Sevimay, K. (1983), "Kandilli Rasathanesi Deprem Ağı İçin Yerel Magnitüd Denklemlerinin Saptanması " Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni. Sayı 40, Ocak 1983
- 7- Sevimay, K. Güngör A.(1987). "Kandilli Rasathanesi Deprem Ağı İçin Yerel Magnitüdümlerin Saptanması " Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni. Sayı 57, Nisan 1987
- 8- Solovev, S.L. (1965) "Seismicity of Sakalin " Bull.Earthquake Res. Inst. Tokyo Univ. 43,95-102
- 9- Tsumura, K. (1967) " Determination of earthquake magnitude from total duration of oscillation" Bull.Earthquakes Res. Inst. 15
- 10- Üçer, S.B., Alsan, E., Uluşan, N., Başarır, E., Ayhan, E., Tezuçan, L., Kaptan, C.(1977) "Batı Türkiye Deprem Etkinliği (Eylül-Aralık 1967) " Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni. Sayı 19, Ekim 1977
- 11- Üçer, S.B. " Marmara Bölgesinin Deprem Etkinliği ve Aktif Tektonikle İlişkisi " . Doktora Tezi 1990, İstanbul.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamın yürütülmesi esnasında başta, B.Ü.Kandilli Rasathanesi Müdürü Sayın Muammer Dizer olmak üzere bilgi ve önerileri ile çalışmamda katkıda bulunan Yer Bilimleri Servis Başkanı Sayın Dr. Balamir Üçer'e, Sayın Erhan Ayhan'a ve bilgisayar çalışmamda yardımlarını gördüğüm Sayın Ali Pınar ve Mehmet Kara ile tüm Sismoloji Servisi arkadaşlarıma içtenlikle teşekkür ederim.

Ayrıca, Lefkoşe deprem istasyonunun muntazam çalışmasında emeği geçen KKTC Meteoroloji Müdürlüğü ilgililerine teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

KAVAK DEPREM İSTASYONUNA AİT SÜREYE DAYALI MAGNİTÜD DENKLEMİ
KULLANILARAK DOĞU ANADOLU DEPREMLERİNİN MAGNİTÜDLERİNİN SAPTANMASI

ERHAN AYHAN (*)

S U M M A R Y

The aim of this study is to give magnitude values for the earthquakes occurred in East Anatolia which are located by International Seismological Centres. The magnitudes of these earthquakes are determined using Kavak's duration dependent magnitude equation.

$$M = a + b \text{ Log } T + c D$$

Where

M = The magnitude of the earthquake

T = Duration of the earthquake

D = The epicentral distance of the earthquake

a, b, c, are constants.

Since the maximum magnification value of the seismograph has been modified in 1983, the related constants calculated for the period 1976 - 1982, and the period since 1983 up to now are different.

For the period of 1976 - 1982 are,

$$a = 0.4146 \pm 0.7434$$

$$b = 1.6339 \pm 0.3160$$

$$c = 0.0005 \pm 0.0002$$

For the period from 1983 up to nowadays are

$$a = 0.1666 \pm 0.7347$$

$$b = 1.6532 \pm 0.3111$$

$$c = 0.0008 \pm 0.0002$$

Ö Z E T

Bu çalışma Doğu Anadolu'da oluşup episantrları uluslararası sismoloji merkezlerince tayin edilebilmiş, ancak magnitüdüleri konusunda herhangi bir bilgiye sahip olunamayan depremlere magnitüd verebilmek amacı ile yapılmıştır. Bu depremlerin magnitüdüleri KAVAK deprem istasyonu için bu çalışmada bulunan ve

(*) Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Gök ve Yer Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi. Çengelköy-İstanbul

$M = a + b \log T + c D$ bağıntısı ile verilen süreye dayalı magnitüd denklemi kullanılarak bulunmuştur. Burada ;

M = Depremin aletsel şiddeti (magnitüd)

T = Depremin kayıt süresi

D = Depremin dış merkez uzaklığı (episantr mesafesi)

a, b, c = Katsayılarıdır.

Deprem kayıt cihazının (sismograf) 1983 yılından itibaren deplasman büyütme değerinin değişmiş olması nedeniyle katsayılar 1976 - 1982 zaman aralığı ve 1983'ten günümüze kadar olmak üzere iki aşamada hesaplanılarak aşağıdaki değerler bulunmuştur.

1976 - 1982 zaman aralığı için ;

$$a = 0.4146 \pm 0.7434$$

$$b = 1.6339 \pm 0.3160$$

$$c = 0.0005 \pm 0.0002$$

1983 ve yukarısı için ;

$$a = 0.1666 \pm 0.7347$$

$$b = 1.6532 \pm 0.3110$$

$$c = 0.0008 \pm 0.0002$$

G İ R İ Ő

Bilindiği üzere Richter (1935)'de kaydedilen farklı sismik dalgaların genliklerine bağlı olarak magnitüd tayininde ölçekler geliştirmiştir. Bisztircsany (1958), yüzey dalgalarının devam sürelerinden faydalanarak süre magnitüd formülü geliştirmiştir. Daha sonra Solovey (1965) ve Tsumura (1967), Bisztircsany'nin yöntemini yakın depremler için yüzey dalgalarının devam süresi yerine depremin kayıt üzerindeki toplam süresini kullanmışlardır. Bu yolla depremlere magnitüd verilmesine İstanbul Kandilli Rasathanesinde S.B.Üçer, E.Ayhan, N.Uluslan, E.Başarış, L.Tezuçan ve C.Kaptan (1977). "Batı Türkiye Deprem Etkinliği (Eylül - Aralık 1976)" çalışması ile başlanılmış olup günümüzde de bu yolla depremlere magnitüd verilmektedir.

Sağlıklı süreye dayalı magnitüd tayini yapabilmek için süre okumalarının iyi yapılabilmesi yanında magnitüd denkleminin çıkarılması sırasında dikkat edilen süre okuma kriterlerine de uyulması gerekmektedir. Bilindiği üzere kaydedilen deprem dalgalarının genliklerine etki eden parametrelerden başta gelenlerinden olan mesafe faktörü, Doğu Anadolu Depremlerinin belli bir magnitüd değerinin altında olanlarının ($m_b \leq 4.0$) Batı Anadolu'da B.Ü.Kandilli Rasathanesi'ne bağlı deprem istasyonlarınca kaydedilememelerine veyahut başlangıçları belli dahi olsa süre okuma kriterlerine uygun kayıt alınamamasına neden olmaktadır.

Bu depremlerin parametreleri magnitüdüleri dışında uluslararası sismoloji merkezlerince tayin edilmekte, ancak büyüklüklerinin saptanamamış olması konu ile ilgili çalışmalarda veri olarak kullanılmaları mümkün olmamaktadır.

Bu çalışmada bu soruna bir çözüm getirebilmek ve bu depremleri belli bir magnitüd aralığındaki depremler grubuna ithal edebilmek amacı ile KAVAK deprem istasyonunun süreye dayalı magnitüd denkleminin çıkarılıp, buradan hareketle KAVAK deprem istasyonunca süre okuma kriterlerine uygun olarak kayıt edilmiş olanlarına magnitüd verilmesine çalışılmıştır.

V E R İ L E R

KAVAK (SAMSUN) Deprem istasyonu için süreye dayalı magnitüd denklemini çıkarabilmek için bu istasyonda çalıştırılmakta olan kısa periyotlu düzey konumda çalıştırılan Teledeyne-Geotech sismograf sisteminin verilerinden yararlanılmıştır. Özperiyodu 1.0 sn., sönüm sabiti $h = 0.7$ olan bu sismografin 0.1 sn'deki maksimum deplasman büyütme değeri 1976 - 1982 zaman aralığı için 600,000 iken 1983 yılından itibaren 300,000'e düşürülmüştür. Şekil-1'de verilen KAVAK deprem istasyonunda çalıştırılmakta olan sismograf sisteminin deplasman büyütme eğrilerinden anlaşılacağı üzere faylanma türü, odağı ve aletsel şiddetleri aynı olan fakat yukarıda belirtilen iki ayrı zaman diliminde oluşmuş iki deprem kayıt genliklerinin farklı büyüklüklerde oluşması, dolayısıyla sürelerinin de farklı okunması sonucu gerçekte aynı magnitüdde olmalarına rağmen magnitüd denklemini katsayılarının hesabında alet büyütmesine dikkat edilmediğinde farklı magnitüdü iki depreme dönüşebileceği görülmektedir. Bu nedenden ötürü KAVAK deprem istasyonunun süreye dayalı magnitüd denkleminin katsayıları yukarıda belirtilen iki ayrı zaman dilimi için ayrı ayrı olarak hesaplanmıştır.

Kullanılan deprem verileri Preliminary Determination of Epicenters, U.S. National Earthquake Information Service'den alınmıştır. 1976 - 1982 zaman aralığında 55 adet deprem veri olarak seçilmiştir. Şekil-2a'da magnitüd sayısal dağılımı verilmiş bu depremlerin mb cisim dalgası magnitüdüleri 3.5 - 5.5 arasında değişmektedir. Şekil-2b'de episantr sayısal dağılımı verilmiş olan bu depremlerin episantr uzaklıkları ise 50-900 km. arasında değişmektedir. 1983 ve yukarısı için 73 adet deprem veri olarak seçilmiştir. Şekil-3a'da magnitüd sayısal dağılımı verilmiş olan bu depremlerin mb cisim dalgası magnitüdüleri 3.5-6.0 arasında değişmektedir. Şekil-3b'de episantr sayısal dağılımı verilmiş olan bu depremlerin episantr uzaklıkları 50-900 km. arasında değişmektedir. Dikkat edilecek olursa her iki zaman aralığı için de kullanılmış depremlerin mb cisim dalgası magnitüdüleri 3.5'dan başlamaktadır. Bunun nedeni KAVAK deprem istasyonunun Batı Anadolu'da kurulu deprem istasyonlarından oldukça uzakta oluşu, dolayısıyla $mb < 3.5$ olan depremlerin süre okuma kriterlerine uygun olarak kayıt edilememiş oluşudur.

Y Ö N T E M

Doğu Anadolu'da oluşmuş magnitüdü belirlenememiş olan depremlere magnitüd aşağıda verilmekte olan bağıntı yardımı ile verilmiştir.

$$M = a + b \text{ Log } T + c D \quad (1)$$

Burada;

M = Depremin aletsel şiddeti (magnitüd)

T = Depremin kayıt süresi

D = Depremin dış merkez uzaklığı (episantr mesafesi)

a,b,c = Katsayılarıdır.

Bilindiği üzere magnitüd tayinlerinde yer hareketinin genliği A ve periyodu T'ye dayanan magnitüd-genlik denkleminin şekli muhafaza edilmiştir. D sinyal süresi A ve T'ye bağlı olduğundan, magnitüd denlemindeki A/T yerine T getirilebilir. Ayrıca yapılan çalışmalar sinyal süresinin episantr uzaklığına sıkı bir şekilde bağlı olmadığını göstermiştir. Nitekim Aki (1966) Koda dalgalarının spektrumlarının depremin başlangıç anından itibaren olan zamanın bir fonksiyonu olup episantr uzaklığına fazla bir bağımlılık göstermediğini ileri sürmüştür. Bugüne kadar yapılan süreye dayalı magnitüd denklemlerinde, denklemin üçüncü teriminin katsayısı çok küçük olarak elde edilmiştir. KAVAK deprem istasyonu magnitüd denkleminin çıkarılmasında kullanılan depremlerin magnitüdülerinin sinyal süresinin logaritmasına göre değişimleri 1976 - 1982 zaman aralığı için şekil-4'te, 1983 ve yukarısı için de şekil-5'te verilmiştir. Araştırılan bağıntılar için katsayıların hesaplanmasında enküçük kareler yöntemi uygulanmıştır. Bu yolla elde edilen katsayılar Tablo-1'de verilmiştir.

Tablo - 1

| | a
±SD | b
±SD | c
±SD | R | Veri
Sayısı |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|----------------|
| 1976 - 1982 | 0.4146
±0.7434 | 1.6339
±0.3160 | 0.0005
±0.0002 | 0.79 | 55 |
| 1983 ve
yukarısı | 0.1666
±0.7347 | 1.6532
±0.3110 | 0.0008
±0.0002 | 0.81 | 73 |

S O N U Ç

Kısa periyotlu düşey sismograf kayıtlarındaki depremlerin devam sürelerinden yararlanılarak KAVAK deprem istasyonu için mb magnitudünü tayin etmeye olanak verecek bağıntılar aşağıdaki gibi bulunmuştur.

1976 - 1982 zaman aralığı için ;

$$mb = 0.4146 + 1.6339 \text{ Log } T + 0.0005 D \quad (2)$$

1983 ve yukarısı için;

$$mb = 0.1667 + 1.6532 \text{ Log } T + 0.0008 D \quad (3)$$

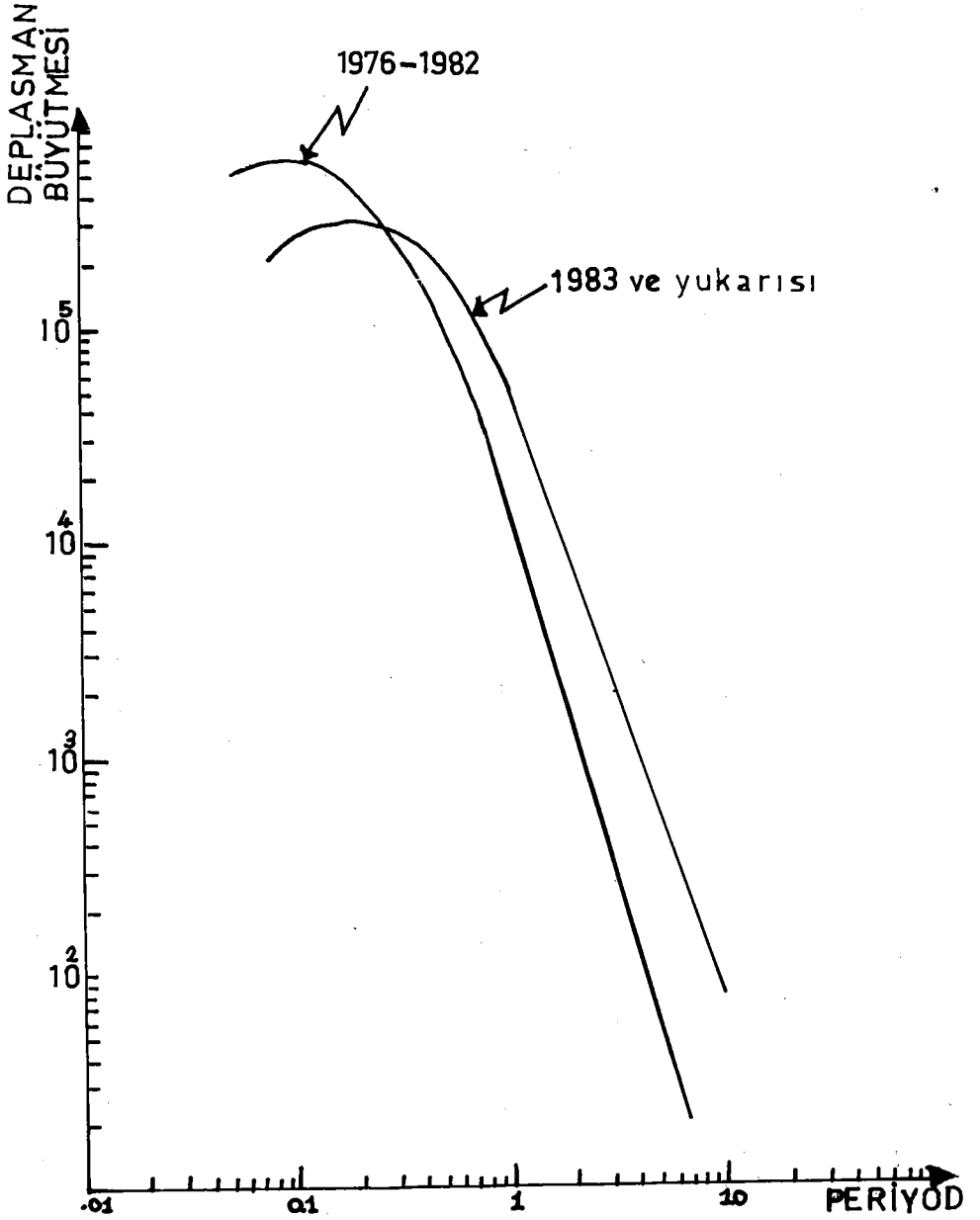
Bu bağıntılara ait nomogramlar ise Şekil-6 ve Şekil-7'de verilmiştir. 2 ve 3 nolu bağıntılar kullanılarak magnitud tayinleri yapılmış depremler de Liste-1'de verilmiştir.

Y A R A R L A N I L A N K A Y N A K L A R

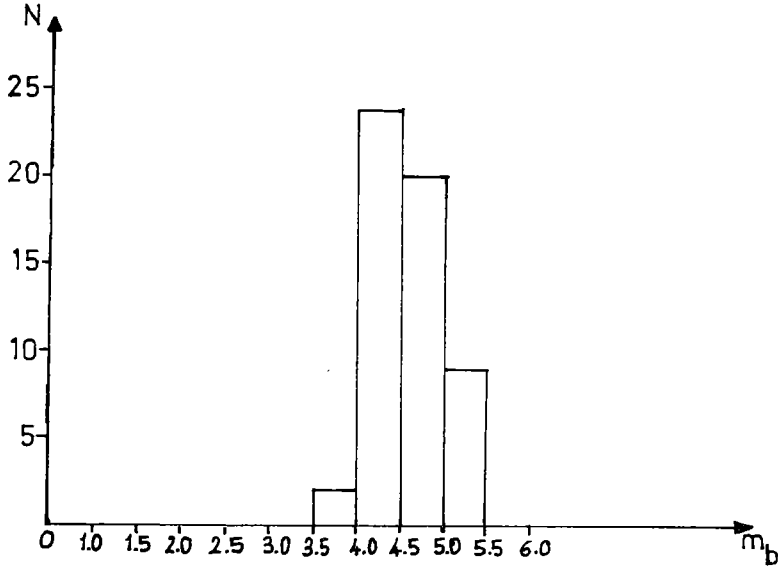
- 1- Aki, K. (1969), "Analysis of the seismic coda of local earthquakes as scattered waves" J. Geophys. Res. 74, 616-631
- 2- Alsan, E. (1978), "İstanbul Kandilli Deprem İstasyonu için süreye bağlı magnitud denklemleri". Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni. Sayı 21, Nisan 1976
- 3- Bakum, W.H. and A.G. Lindh (1977). "Local magnitudes, seismic moments and coda durations for earthquakes near Oroville, California". Bull. Seism. Soc. Am. 67, 615-629
- 4- Herrman, R.B. (1975). "The use of duration as a measure of seismic moment and magnitude". Bull. Seism. Soc. Am. 65, 899-913
- 5- Lee, W.H.K., R.E. Bennett and K.L. Meagher (1972). "A method of estimating magnitude of Local Earthquakes from signal duration". U.S. Geological Survey open file Report.
- 6- Sevimay, K., A. Güngör (1987). "Kandilli Rasathanesi deprem ağı için yerel magnitudlerin saptanması". Deprem Araştırma Bülteni. Sayı 57, Nisan 1987.
- 7- Solovev, S.L. (1965). "Seismicity of Sakhalin". Bull. Earth. Res. Inst. Tokyo Univ. 43, 95-102
- 8- Tsumura, K. (1967). "Determination of Earthquake magnitude from total duration of oscillation". Bull. Earth. Res. Inst. 15
- 9- Üçer, S.B., E. Alsan, N. Ulusan, E. Başarır, E. Ayhan, L. Tezuçan ve C. Kaptan (1977). "Batı Türkiye Deprem Etkinliği (Eylül-Aralık 1976)". Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni Sayı 19, Ekim 1977

LİSTE -1 KAVAK deprem istasyonu magnitüd denklemi kullanılarak
magnitüd değerleri hesaplanılan depremler.

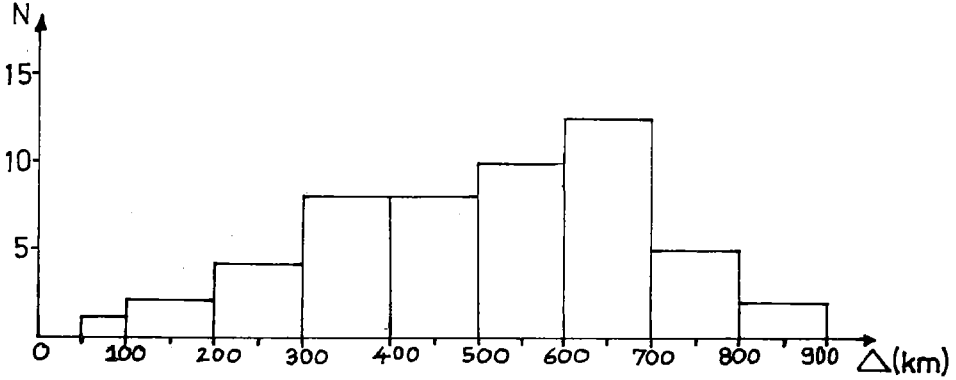
| Sıra No. | Tarih | Oluş Zamanı(GMT) | Episantr Koordinatları | Magnitüd |
|----------|------------|------------------|------------------------|----------|
| 1 | 30.10.1983 | 23:47 | 40.05N - 41.93E | 4.1 |
| 2 | 02.01.1984 | 13:54 | 41.24 - 33.42 | 4.0 |
| 3 | 14.04.1984 | 17:06 | 38.16 - 38.52 | 4.1 |
| 4 | 23.04.1985 | 00:28 | 38.15 - 38.17 | 4.1 |
| 5 | 22.05.1985 | 21:53 | 39.48 - 33.99 | 4.0 |
| 6 | 03.03.1986 | 21:12 | 40.77 - 33.52 | 3.8 |
| 7 | 05.05.1986 | 11:31 | 37.98 - 37.88 | 4.1 |
| 8 | 07.05.1986 | 03:10 | 40.23 - 33.01 | 3.7 |
| 9 | 07.05.1986 | 10:09 | 37.96 - 37.97 | 4.0 |
| 10 | 06.06.1986 | 13:25 | 38.09 - 38.04 | 4.3 |
| 11 | 06.06.1986 | 14:32 | 37.99 - 37.95 | 4.3 |
| 12 | 09.06.1986 | 01:59 | 37.98 - 36.88 | 4.0 |
| 13 | 21.07.1986 | 02:06 | 40.38 - 33.35 | 3.6 |
| 14 | 14.09.1986 | 17:05 | 37.65 - 36.01 | 3.9 |
| 15 | 20.10.1986 | 01:47 | 39.57 - 34.59 | 3.7 |
| 16 | 15.07.1986 | 15:18 | 41.39 - 36.16 | 3.8 |
| 17 | 15.08.1987 | 08:02 | 38.27 - 38.72 | 3.9 |
| 18 | 02.09.1987 | 08:59 | 37.95 - 37.14 | 4.0 |
| 19 | 26.09.1987 | 23:07 | 39.07 - 35.90 | 3.8 |
| 20 | 30.10.1987 | 09:53 | 38.58 - 37.60 | 3.9 |
| 21 | 15.11.1987 | 16:20 | 37.88 - 38.39 | 4.3 |
| 22 | 20.11.1987 | 21:45 | 37.19 - 36.46 | 4.1 |
| 23 | 17.12.1988 | 18:57 | 37.48 - 36.24 | 4.1 |
| 24 | 06.03.1989 | 02:13 | 37.36 - 36.41 | 4.4 |
| 25 | 02.04.1989 | 18:26 | 37.74 - 36.75 | 4.2 |
| 26 | 29.08.1989 | 14:18 | 40.32 - 33.29 | 4.1 |
| 27 | 02.10.1989 | 02:52 | 41.81 - 32.47 | 4.1 |
| 28 | 14.10.1989 | 21:12 | 39.74 - 32.83 | 4.0 |
| 29 | 15.10.1989 | 13:15 | 37.00 - 35.95 | 4.3 |
| 30 | 15.10.1989 | 16:55 | 39.84 - 32.84 | 3.9 |



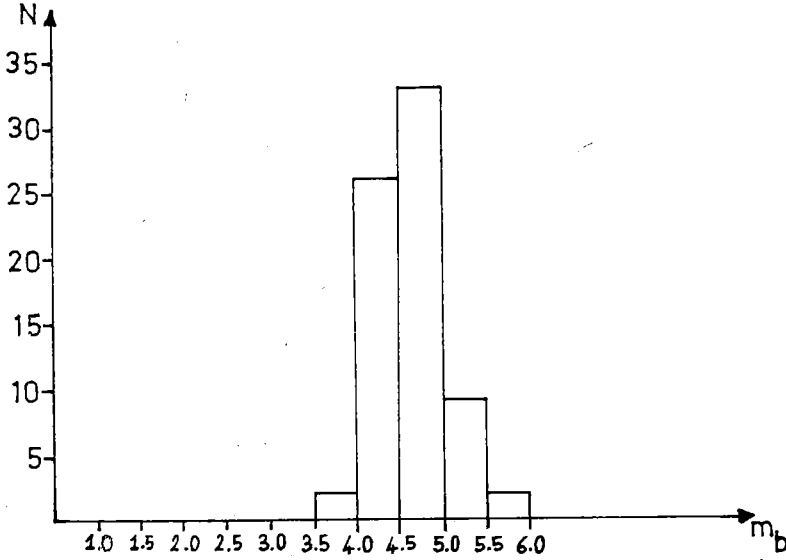
Şekil. 1 : Kavak deprem istasyonundaki sismografin deplasman büyütme eğrileri.



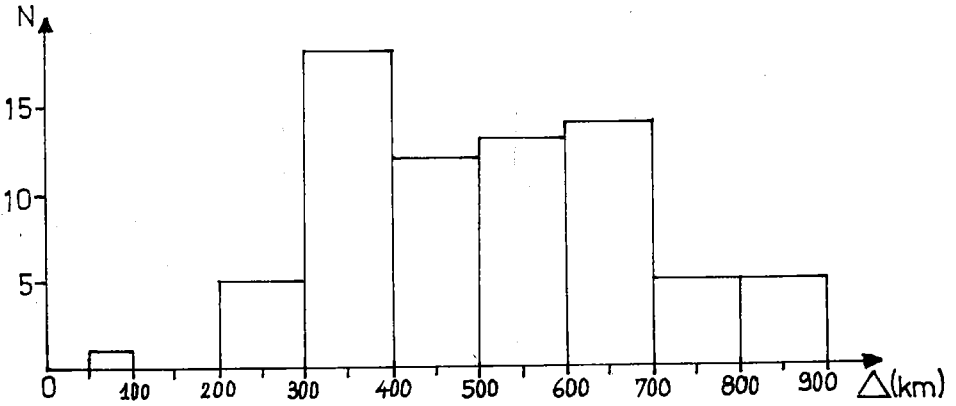
Sekil: 2a KAVAK deprem istasyonu icin kullanılan verilerin magnitüd sayısal dağılımı(1976-1982).



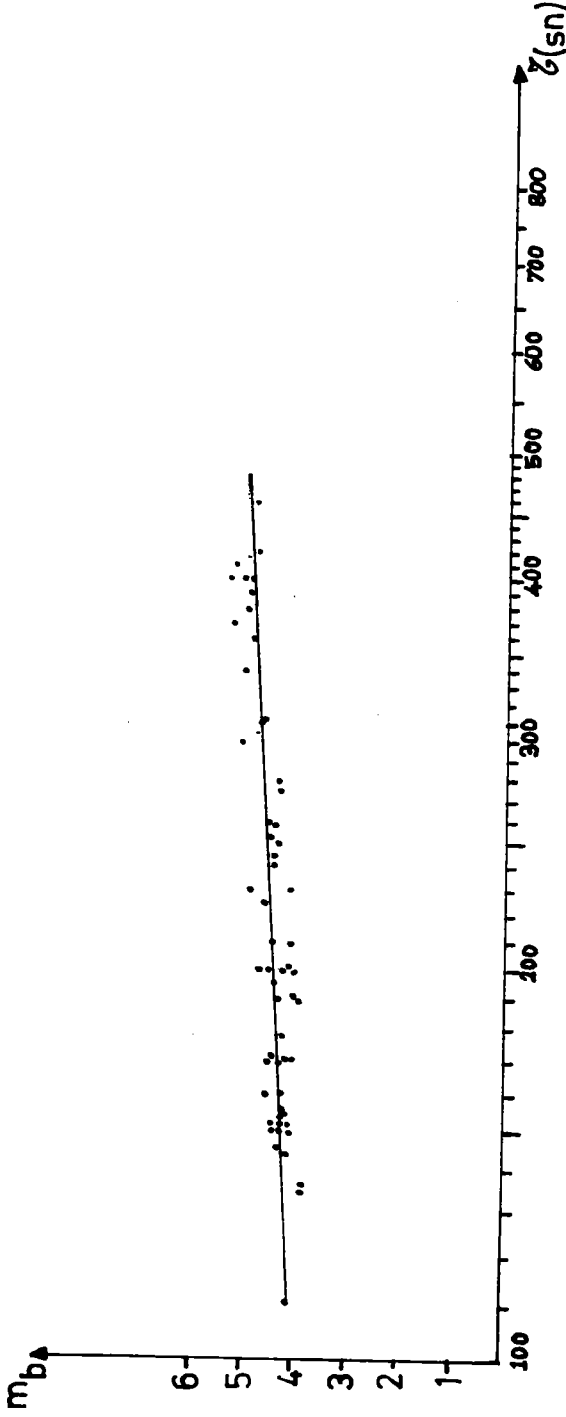
Sekil: 2b KAVAK deprem istasyonu icin kullanılan verilerin episantr sayısal dağılımı(1976-1982).



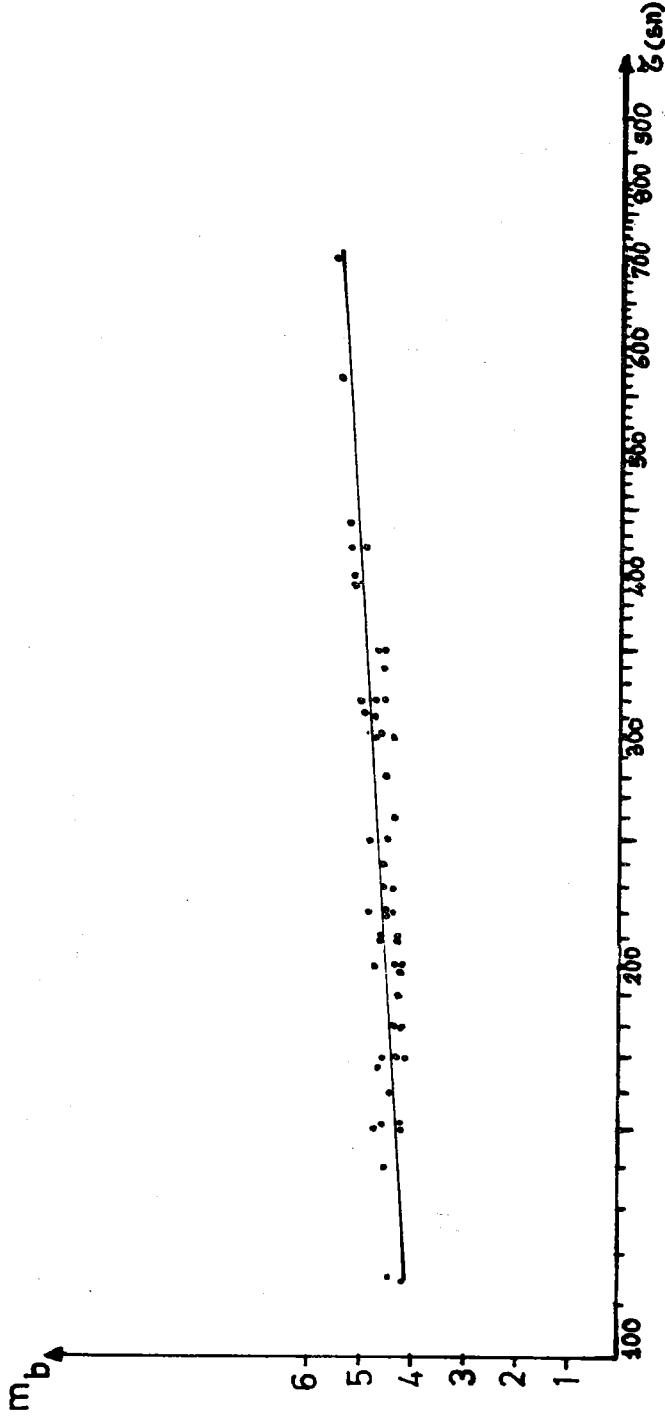
Sekil: 3a KAVAK deprem istasyonu için kullanılan verilerin magnitud sayısal dağılımı(1983 ve yukarısı).



Sekil: 3b KAVAK deprem istasyonu için kullanılan verilerin episantr sayısal dağılımı(1983 ve yukarısı).



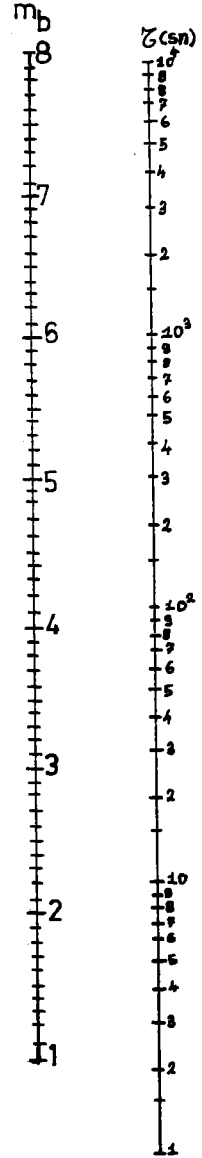
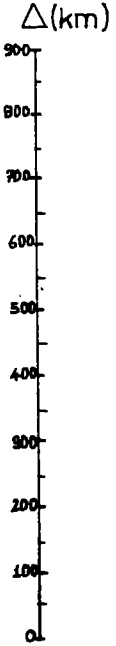
Sekil: 4 KAVAK deprem istasyonu magnitud denkleminin çıkarılmasında kullanılan depremlerin magnitudlerinin $\log \Delta$, ya göre değişimi. (1976 - 1982)



Sekil: 5 KAVAK deprem istasyonu magnitud denklemine çıkarılmada kullanılan depremlerin magnitudlerinin $\log Z$ 'ya göre değişimi. (1983 ve yukarısı)

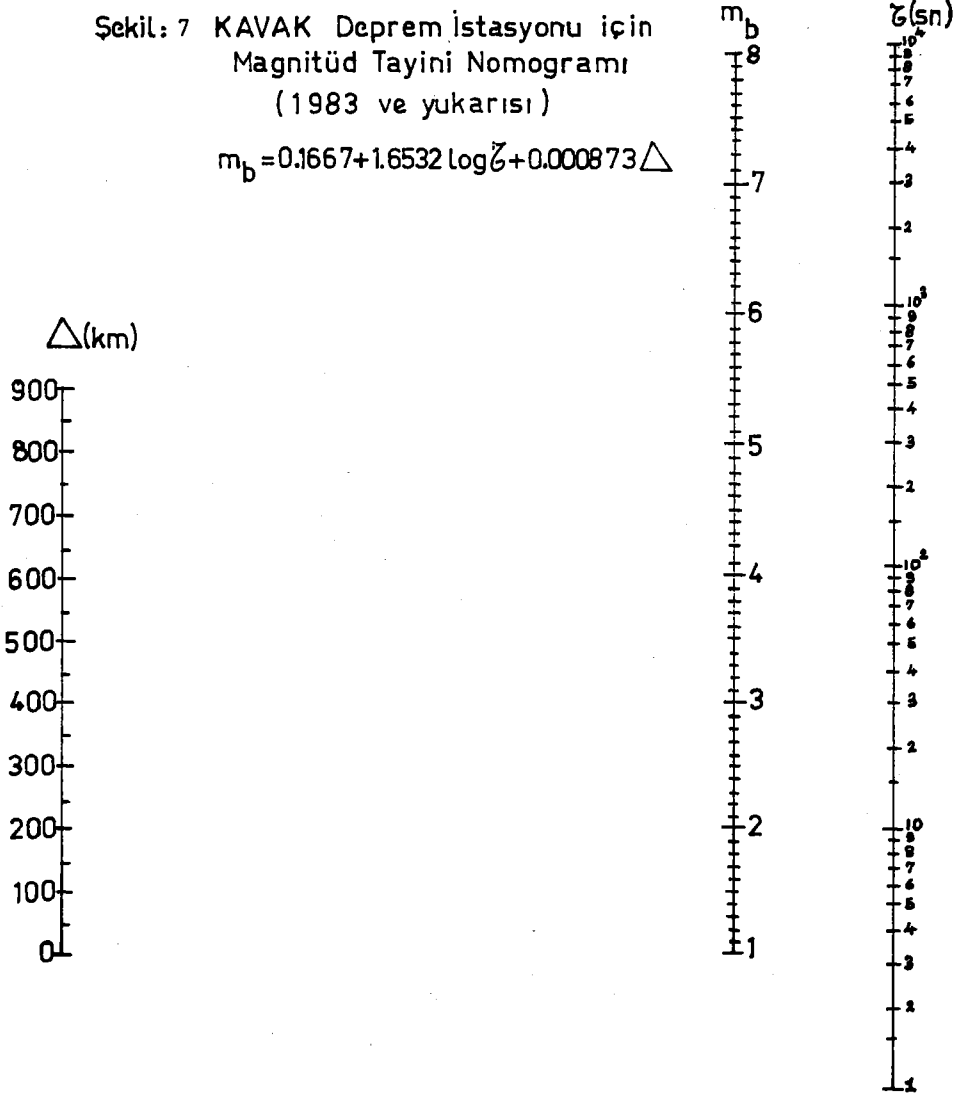
Şekil : 6 KAVAK Deprem İstasyonu için
Magnitüd Tayini Nomogramı
(1976 -1982)

$$m_b = 0.4146 + 1.6339 \log Z + 0.000569 \Delta$$



Şekil: 7 KAVAK Deprem İstasyonu için
Magnitüd Tayini Nomogramı
(1983 ve yukarısı)

$$m_b = 0.1667 + 1.6532 \log \zeta + 0.000873 \Delta$$



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 taşıması,
 - c) Yurt içinde daha önce başka bir yerde yayınlanmamış olması,
 - d) Daktilo ile ve kağıdın yalnız bir yüzüne en az iki nüsha olarak yazılmış bulunması,
 - e) Şekillerin aydıngeç 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 yayımlandıktan sonra tahakkuka bağlanır.
5. Bültende yayımlanacak yazılara, «Kamu Kurum ve Kuruluşlarınınca Ödenecek 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 takdir edilir.
7. Yazıların bültende yayımlanması 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 ücrette esas teşkil edecek kelime sayısını tesbit etmeye ve yazıların yayın sırasını tayine yetkilidir.
9. Kurulca incelenen yazıların bültende yayımlanıp yayımlanmayacağı 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 çalışmalarından ötürü her hangi bir telif ya da tercüme ücreti talep edemezler.