



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

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

18



Deprem Araştırma Bülteni (DAB)

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



Temmuz [July] / 1977
Cilt [Volume]: 5

Sayı [Issue]: 18

İÇİNDEKİLER [INDEX]

Sayfa [Page]

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Türkiye'nin Deprem Bölgelerinin Belirlenmesinde Bazı İstatistik Yaklaşımlar [Some Statistical Approaches in Determining Turkey's Earthquake Zones]

S. Balamir ÜÇER, Erhan AYHAN, Esen ALSAN 1-25

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Depremlerle İlgili Hükümleri Açısından "Yol Köprüleri için Teknik Şartname" Üzerine Düşünceler [Thoughts on "Technical Specification for Road Bridges" in Terms of Provisions Regarding Earthquakes]

Nejat BAYÜLKE 26-36

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Deprem Yönetmeliği Yapı Tipi Katsayısının Karar Tablosu Tekniği ile İncelenmesi [Investigation of Earthquake Code Building Type Coefficient by Decision Table Technique]

Sina SENİRKENT 37-41

DİĞER [OTHER]

Deprem Bölgelerinde Bulunan Büyük Boyutlu Panolardan Oluşmuş Yapılarla İlgili Bazı Araştırmalar [Some Studies on Structures Consisting of Large-Dimensional Panels in Earthquake Zones]

Nejat BAYÜLKE 42-62

DİĞER [OTHER]

Deprem Önceden Bilinmesi ve Alarma Geçme Konusunda Bilimsel ve Sosyal Problemler [Scientific and Social Problems of Earthquake Forecasting and Alarming]

Mustafa ERDİK, Mehmet ÇELEBİ 63-85

**DEPREM
ARAŞTIRMA
ENSTİTÜSÜ
BÜLTENİ**

18

**DEPREM
ARAŞTIRMA
ENSTİTÜSÜ
BÜLTENİ**

18

**DEPREM ARASTIRMA
ENSTITUSU BULTENI**



Üç Ayda Bir Yayınlanır
Bilim ve Meslek Dergisi



Sahibi
İmar ve İskan Bakanlığı adına
Oktay Ergünay
Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanı



Yazı İşleri Müdürü
Aysel Özlü
Deprem Araştırma Enstitüsü
Yayın ve Dökümantasyon Müdürü



Yönetim Yeri ve Yazışma Adresi
Deprem Araştırma Enstitüsü
Başkanlığı, Yüksel Caddesi No. : 7/B
Yenişehir/ANKARA



Telefon : 18 66 29 — 17 69 55



Basıldığı Yer
Baylan Matbaası 17 75 34 — 25 07 85



İlanlar pazarlığa tabidir.

Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni

YIL : 5

SAYI : 18

TEMMUZ 1977

BU SAYIDA

Türkiye'nin Deprem Bölgelerinin Belirlenmesinde Bazı İstatistikî Yaklaşım lar

S.B. ÜÇER
E. AYHAN
E. ALSAN

Depremlerle İlgili Hükümleri Açısından «Yol Köprüleri İçin Teknik Şartname» Üzerinde Düşünceler

N. BAYÜLKE

Deprem Yönetmeliğindeki «Yapı Tipi» Katsayısının Karar Tablosu Tekniğ i İle İncelenmesi

S. SENİRKENT

Deprem Bölgelerinde Bulunan Büyük Boyutlu Panolardan Oluşmuş Yapılarla İlgili Bazı Araştırmalar

M. DIACONU
ve Diğerleri

Depremlerin Önceden Bilinmesi ve Alarma Geçme Konusunda Bilimsel ve Sosyal Problemler

C. KISSLINGER
J.E. HAAS

**TÜRKİYE'NİN DEPREM BÖLGELERİNİN BELİRLENMESİNDE
BAZI İSTATİSTİK YAKLAŞIMLAR**

S.B. ÜÇER* — E. AYHAN — E. ALSAN*****

SUMMARY

In this study, some results on seismicity, earthquake statistics and risk which are necessary to define seismic zoning of Turkey are investigated in a period of 71 years for the earthquakes with magnitude greater than 4.1.

Since it is not possible to obtain the real seismicity of Turkey without accurate and homogeneous data, the reliability of earthquake catalogues was checked. For this purpose, 536 earthquakes occurred between 1918-1958 and relocated recently, were examined. Significant differences were found between old and revised epicentre determinations. Therefore, in our study, except the years before 1913, revised earthquake parameters were used.

As a measure of seismicity, the distribution of the density of energy flux in Turkish area was studied. In this computation the dependence of the focal depth and the epicentral distance on the energy were also taken into account.

To give the seismicity in a quantifying way and to get an idea about the regionalization, the well-known magnitude-frequency relation of Gutenberg and Richter, $\log N(M) = a - bM$, was investigated for each unit area having the size of square of two degrees in Turkey. In this investigation, "a" had values ranging from 0.12 to 3.93 and "b" from 0.4 to 1.0.

Because "a" and "b" could not represent a quantitative sense in seismicity, some relationships of these constants which give average characteristics for the

* Kandilli Rasathanesi Sismoloji Bölümü Şefi.

** Kandilli Rasathanesi Sismoloji Bölümü.

*** Kandilli Rasathanesi Sismoloji Bölümü.

future activity in different regions, were investigated such as annual maximum magnitude and maximum magnitude which is exceeded with 70 % probability in 50 years return period.

ÖZET

Bu çalışmada, 1900-1970 yılları arasında magnitudü 4.1 den büyük olan depremler gözönünde tutularak, Sismisite, Deprem İstatistiği ve Deprem Riski konularında, Türkiye'nin Deprem Bölgeleri Haritası için yararlı olabilecek bazı sonuçlar elde edilmeğe çalışılmıştır.

Duyarlı ve homojen deprem verileri olmaksızın Türkiye'nin gerçek sismisitesi hakkında belirgin bir sonuca varmak mümkün olamayacağı için, deprem katalogları ile ilişkili bazı hususlar açıklanmağa çalışılmıştır. Bu maksatla 1918-1958 yılları arasında, magnitudü 4.1 den büyük olan ve son olarak episantrları yeniden hesaplanan 536 deprem verisi gözden geçirilmiştir.

Eski episantr tayinleriyle yeni yapılanlar arasında bariz farklar olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle, bu çalışmada 1913 yılından sonra düzeltilmiş deprem parametreleri kullanılmıştır.

Sismisitenin belirlenmesi için, Türkiye'deki depremlerden açığa çıkan enerji akışının yoğunluk dağılımı incelenmiş ve bu uygulamada enerjinin yayılmasında etken olan odak derinliği ve episantral uzaklık da gözönünde tutulmuştur.

Bölgelendirme hakkında bir fikir edinmek ve sismisiteyi kantitatif yoldan ifade etmek için, Türkiye'de büyüklüğü iki derece kare olan birim alanlarda Gutenberg-Richter tarafından verilen $\log N(M) = a - bM$ magnitud-frekans bağıntısı incelenmiş ve a katsayısının 0.12 ile 3.93 arasında, b katsayısının ise 0.4 ile 1.0 arasında değişen değerlere sahip olduğu gözlenmiştir.

Sadece a ve b değerleriyle yeterli bir sismisite tanımı yapılamadığı için, bu katsayılar ile ilişkili bazı bağıntılar kullanmak suretiyle, yıllık maksimum magnitud ve 50 yıllık bir periyod için % 70 olasılıkla aşılması mümkün olan maksimum magnitud gibi değerler hesaplanarak, farklı bölgelerde gelecekteki sismik aktivite hakkında bazı yaklaşık sonuçların elde edilmesine çalışılmıştır.

GİRİŞ

Deprem Bölgeleri Haritasının hazırlanması, öncelikle Sismo-tektonik, Sismisite, Deprem İstatistiği ve Riski gibi bir çok araştırma konularını içeren gerçekten zorlu bir çalışma konusudur. Bu sebepten son yıllarda Sismik Bölgeleendirme ile ilgili çalışmalar, Türkiye'de gerek sismoloji gerekse deprem mühendisliği alanındaki araştırmaların en önemlilerinden biri haline gelmiştir ve ekonomik gelişimin sonucu olarak da önemini devam ettirmektedir. Zira nükleer reaktörler, enerji santralleri, yeraltı petrol hatları, barajlar, köprüler ve büyük fabrikalar gibi yatırımların gereği olan mühendislik yapıları, büyük bir olasılıkla tarihi depremlerin meydana geldiği bölgeler içerisinde kalacaktır. Öte yandan, halen toplumun büyük bir kesiminin, mühendislik yönünden uygun olmayan ve depreme dayanıksız konutlarda yaşadığı gözönünde tutulacak olursa, sismik bölgeleendirme ile ilgili yeterli ve duyarlı bilgiye sahip olamamanın ne denli can ve mal-kaybına sebep olacağı açıktır.

Son yıllarda Türkiye'nin Deprem Bölgelerinin belirlenmesiyle ilişkili olarak bir çok araştırmalar yapılmıştır. Bu konuda, S. Crampin ve S.B. Üçer (1975), S. Omote ve M.G. Çöloğlu (1968), N. Öcal (1964-1968), M. İpek ve arkadaşları (1965), S. Omote ve M. İpek (1959), E. Lahn (1949) tarafından yapılan çalışmalar Türkiye'nin sismisitesinin belirlenmesi yönünde yapılan ilk yaklaşımlardır. S. Gençoğlu ve A. Tabban (1973), E. Alsan (1972), V. Karnık (1968-1971) tarafından yapılan araştırmalarda ise, Türkiye'nin farklı bölgelerindeki depremlerin istatistik özellikleri ele alınmıştır. Öte yandan, sismik gözlemlere dayanarak şiddet-mesafe bağıntılarının incelenmesiyle ilişkili araştırmalar, N.V. Shebalin ve arkadaşları (1974), K. Ergin (1969), A. Çağpar (1967), M. İpek ve arkadaşları (1965), N. Öcal (1959) tarafından yürütülmüştür. Bundan başka, 1972 de yayınlanan Türkiye'nin Deprem Bölgeleri Haritasının hazırlanmasında, İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından yoğun çalışmalar yapılmış ve bu çalışmaların ana hatları O. Ergünay (1974-1975) tarafından verilmiştir.

Bu çalışmamızda sismik bölgeleendirmeye ana kaynak olan deprem/katalogları, Türkiye ve civarı için sismisitenin coğrafi dağılımı, ve deprem riski ile ilişkili bazı sonuçlar elde edilmeğe çalışılmıştır. Konuyla ilgili olmak üzere 1900-1970 yılları arasında oluşan ve magnitudü 4.1 den daha büyük olan deprem verileri kullanılmıştır.

DEPREM KATOLOGLARI

Sismik bölgeleendirme ile ilgili bütün çalışmaların temeli, deprem kataloglarına dayanmaktadır. İlk olarak, N. Pınar ve E. Lahn (1952) gazetelerden arazi raporlarından, kişisel tutanak ve arşivlerdeki tarihi belgelerden faydalanmak suretiyle M.Ö. 11 ile 1950 yılları arasında Türkiye'de oluşan depremlere ait yararlı bilgileri derlemişlerdir. Ayrıca yeni kaynaklardan yararlanmak suretiyle tarihi depremlerle ilgili verilerin zenginleştirilmesi konusunda H. Soy-

sal (kişisel konuşmalar, 1975) bir çok çalışmalar yapmıştır. Bununla beraber her türlü deprem araştırmalarına temel teşkil edecek olan ve sismoloji merkezleri tarafından tayin edilen deprem verileri ile makro-sismik gözlemleri içeren deprem kataloglarının homojen bir biçimde derlenmesi, K. Ergin ve arkadaşları (1967, 1971), N. Öcal (1968 a, 1968 b) tarafından yapılmıştır. Benzer bir çalışmada, UNDP/UNESCO Balkan Bölgesi Sismisite Etüdleri Projesi uyarınca ve sadece Batı Anadoluyu içine alan bir bölge için, N.V. Shebalin ve arkadaşları (1974) tarafından hazırlanmıştır.

Genellikle 1964 yılından önce çeşitli sismoloji veri merkezleri tarafından tayin edilen depremlerin coğrafi koordinatlarının, ocak derinliklerinin ve mağnitüdlerinin farklılıklar gösterdiği saptanmıştır. Zira deprem kataloglarının hazırlanmasında gerekli veriler, 1918-1963 yılları arasında çoğunlukla International Seismological Summary (ISS) bültenlerinden alınmış olmakla beraber, kısmen farklı kaynaklardan da yararlanılmıştır. Bunlar, 1946-1963 arası için Bureau Central International de Seismologie (BCIS) ve 1913-1917 arası için de Monthly Bulletins of the British Association for the Advancement of Sciences gibi deprem veri merkezleridir.

Deprem episantrlarının bilgi sayarlarla çözümlenmeğe başladığı yıl olan 1957 den önce, ISS in verdiği episantr tayinleri çoğunlukla elle çalıştırılan mekanik hesap makinalarıyla yapılmaktaydı. Çok sayıda deprem verileri ele alındığında ortaya çıkacak yüklü hesap işlemlerini azaltmak gayesiyle, ISS çok defa yeni depremlerin coğrafi koordinatlarının hesaplanması gerekirken, aynı bölgede daha önce tayinleri yapılmış eski deprem episantrlarının sonuçlarını benimsemiştir. Gerek bu yöntemin uygulanması, gerekse Jeffreys-Bullen yol-zaman tablolarının 1937 yılından sonra kullanılmaya başlanması sonucu ve bu tarihten önce uygun yol-zaman tablolarının bulunmaması, depremlerin episantr koordinatlarının ve derinliklerinin hesaplanmasında hatalara yol açmıştır. Tabiiyatıyla bu hatalı sonuçlar da kataloglara geçmiştir. Bu nedenle sismik çalışmalar için çok önemli olan homojen bir veri elde edilememiştir. Şüphesiz bu homojenliğin sağlanabilmesi için deprem kataloglarının mümkün olduğu kadar eksiksiz ve doğru verileri içinde toplamaları gerekir.

Türkiye ve civarındaki deprem episantrlarının düzeltilmesi konusunda ilk teşebbüs, N. Canitez ve S.B. Üçer (1966) tarafından episantr uzaklığı 15° den az olan depremlerin sismik istasyonlardaki P_n ilk varışlarını kullanmak suretiyle yapılmıştır.

Daha sonraları S. Crampin ve S.B. Üçer (1975) ISS bültenlerindeki Dünya üzerine yayılmış deprem istasyonlarının ilk P varış zamanlarını kullanmak suretiyle, Marmara bölgesinde, 1900-1970 yılları arasında, oluşan eski depremlerin episantrlarını yeniden tayin etmişlerdir. Bu çalışmada, episantrların düzeltilmesinde Jeffreys-Bullen'in yol-zaman tablolarından yararlanılmıştır. Sonuç olarak, Marmara bölgesinde 1957 yılından önce oluşan depremler için yeniden hesaplanan episantr yerlerinin, ISS tarafından yapılmış eski tayinlere göre ortalama 40 km. civarında bir kayma ile oldukça farklılık gösterdiği bulunmuştur. Buna karşın, aynı bölgede 1956-1964 yılları arasındaki depremler incelendiğinde ortalama kayma miktarının 5 km. gibi önemsiz değişimler gösterdiği tesbit edilmiştir.

Kısa zaman önce, benzer bir çalışma E. Alsan ve arkadaşları (1975) tarafından 1913-1964 yılları arasındaki süre için bütün Türkiye depremlerini kap-

sayacak şekilde ele alınmıştır. Bu araştırmadaki temel veriyi, mevcut deprem istasyonlarından elde edilen P okumaları teşkil etmiştir. Episantr parametrelerinin yeniden hesaplanmasında, J.P. Rothe (1972) tarafından geliştirilen bir bilgisayar programından yararlanılmıştır. Programda yapılan bazı değişikliklerle belli bir hata limiti içinde depremlerin odak derinliğinin de hesaplanması mümkün olmuştur. Ayrıca 1964-1970 yılları arasında oluşan bazı depremlerin yeniden episantr tayini ile daha önce International Seismological Center (ISC) tarafından yapılan tayinler arasında iyi bir uygunluk olduğu da saptanmıştır. Herrin'in yol-zaman tablolarının kullanıldığı bu çalışmada, Türkiye'de meydana gelen depremler için Herrin ve Jeffreys-Bullen hız modellerinin kullanılmasıyla episantr tayinlerinde çok büyük farklılık meydana gelmediği saptanmıştır. Öte yandan ISS episantr tayinlerinin bilgisayarlarla yapılmaya başlandığı 1957 yılından sonra oluşan depremler için episantrlardaki değişme önemsiz olup, ortalama kayma miktarı 10 km. civarındadır. 1953 den önce meydana gelmiş ve magnitudü 4.1 den büyük olan 536 depreme ait yerdeğişmeler incelenmiş olup, enlem ve boylamdaki kaymalar ile toplam kayma miktarlarının yıllık ortalama değerleri sırasıyla şekil 1a, 1b, 1c, 1d de gösterilmiştir. 1918 den sonra ilk on yılda 63 deprem için 1.°23 (137 km.) değerine erişen en büyük yıllık ortalama kayma miktarı elde edilmiştir. İkinci on yıllık sürede, 104 deprem için ortalama kayma miktarı ise 0.°68 (75 km.) dir. Üçüncü ve dördüncü on yıllık sürelerde toplam ortalama kayma miktarlarının hızla azaldığı ve sırasıyla 143 ve 227 deprem için 0.°53 (59 km.) ve 0.°38 (42 km.) lik değerlere eriştiği görülmüştür. İşleme tabi tutulan depremlerin % 46 sı için 50 km. den fazla bir kayma gözlenmiştir. (Şekil 1d). Eski ve yeni tayinler arasında, episantrlarında 100 km. den fazla kayma gösteren depremler şekil 2 de gösterilmektedir.

Bu sonuçlarda, homojen ve doğru bir deprem verisi olmaksızın Türkiye'nin sismisitesi hakkında daha belirgin bir fikre varmanın imkansız olduğunu göstermektedir.

1900-1913 süresi için K. Ergin ve arkadaşlarının (1967), 1913-1970 süresi için de E. Alsan ve arkadaşlarının (1975) düzeltilmiş episantrları ihtiva eden kataloglarından yararlanarak, Türkiye ve civarındaki depremlerin magnitüde bağlı ve sismisitenin tanıtımında ilk adım olan episantr dağılımları şekil 3 de gösterilmiştir. Bu haritada arz kabuğu içersinde oluşan depremleri belirlemek gayesiyle ortalama kabuk kalınlığı 40 km. olarak alınmıştır.

SİSMİK ENERJİ AKISI YOĞUNLUĞU

Bir bölgenin sismisitesi, o bölgede birim zamanda, birim alanda açığa çıkan deprem enerjisiyle ifade edilebilir. V. Karnik (1971), M. İpek ve arkadaşları (1965), N. Öcal (1964) Türkiye'nin sismisitesini bu anlamda belirlemeğe çalışmışlardır.

Bu çalışmada ise, enerji akısı yoğunluğunun hesaplanmasında odak derinliği ve episantr uzaklığı gibi ilave parametreler kullanılmıştır. Bu nedenle, W. Ullman ve R. Maaz (1966) tarafından verilen aşağıdaki bağıntıdan yararlanılmıştır :

$$S(P) = \frac{E}{4\pi h^2} \exp \left[- \left(\frac{\Delta}{h} \right)^2 \right] \quad (1)$$

Bu bağıntıda, $S(P)$; arz yüzeyindeki bir P noktasında enerji akısı yoğunluğu, h ; depremin odak derinliğini, Δ ; P noktası ile episantr arasındaki mesafeyi ve E ise açığa çıkan enerjiyi ifade etmektedir. Enerjinin hesaplanmasında :

$$\log E = 12.24 + 1.44 M_s \quad (\text{M. Bath, 1958}) \quad (2)$$

bağıntısı kullanılmıştır.

Şayet depremin odak mekanizması ihmal edilecek olursa, arzın konsantrik (içiçe tabakalı) yapısı dolayısıyla, P noktasındaki E enerjisinin yoğunluk dağılımı, sadece P noktasının episantra uzaklığı ve depremin derinliğine bağlı olacaktır. Açığa çıkan enerji ise, ocak derinliğinin karesiyle ters orantılı ve mesafeyle eksponansiyel olarak azalacaktır. Böylece sözü edilen ön koşullara dayanarak yazılmış bir bilgisayar programı kullanmak suretiyle bütün Türkiye depremleri için enerji akısı yoğunluğu hesaplanmıştır. Bu maksatla, 1900-1970 yılları arasında magnitudü 4.1 den büyük olan 1350 deprem işleme tabi tutulmuştur.

Eş-enerji eğrilerinin çiziminde, kenarları 0.2 derece olan bir kare, birim alan olarak seçilmiştir. Şekil 4, Türkiye'deki enerji akısı yoğunluğunun birim alanlardaki dağılımını göstermektedir. Birim alanların ağırlık merkezlerindeki enerji değerleri göz önünde tutularak, eş-enerji eğrileri 10 un kuvvetleri olarak gösterilmiştir. En yüksek enerji seviyesi $7.6 \cdot 10^{20}$ erg/km² değeriyle Erzincan'da gözlenmiştir. Bilindiği gibi 26 aralık 1939 senesinde 7.9 magnitudü deprem, bu sonucu ortaya koymuştur. 10^{20} erg/km² lik enerji seviyesine sahip bölgeler çoğunlukla Reşadiye, Niksar, Erbaa, Bolu, Düzce, Mudurnu, Adapazarı, Mürefte gibi geçtiğimiz yıllarda yıkıcı depremlerin meydana geldiği Kuzey Anadolu fay zonu boyunca yer almaktadır. Aynı enerji seviyesi, Yenice, Gediz, Karaburun, Salihli-Alaşehir ve Kaş-Kalkan bölgelerinde de elde edilmiştir. Batı Anadolu'nun büyük bir kesiminin ise, 10^{19} erg/km² lik bir enerji seviyesine sahip olduğu gözlenmiştir.

MAĞNİTÜD — FREKANS BAĞINTISI

Bir bölgenin sismisitesinin magnitudde bağlı kantitatif olarak belirlenmesinde diğer bir yöntemde, aşağıda verilen amprik formülün (B. Gutenberg ve C.F. Richter, 1954) uygulanmasıyla yapılan çalışmalardır :

$$\log N(M) = a - b (M - M_d) \quad (3)$$

Burada M_d gözlenen en küçük magnitud seviyesi, $N(M)$ ise magnitudü M_d den büyük olan depremlerin kümülatif sayısıdır. a ve b ise, gözlemlere dayanan hesaplama sonucunda bulunan ampirik sabitlerdir.

Mikro-depremlerden büyük depremlere kadar geniş bir magnitud aralığında ve sığ depremler için magnitud-frekans dağılımının en iyi şekilde Gutenberg-Richter'in (G-R) bağıntısı ile ifade edildiği bilinmektedir.

Çok büyük veya çok küçük magnitudler için tam bir uygunluk göstermesine rağmen, G-R bağıntısının geniş bir magnitud aralığı içindeki geçerliliğini kanıtlayan bir çok araştırmalar vardır. Büyük magnitudü depremlerin sayılarının G-R bağıntısına uygun olmayışında en önemli etken, bu depremlerin magnitudlerinin saptanmasında kullanılan yöntemlerin yetersiz oluşudur. Öte

yandan çoğunlukla depremlerin oluş sayısının magnitüde bağlı olarak yarı logaritmik eksen sisteminde noktalanmasında, G-R bağıntısına göre bir doğru elde edilmesi beklenirken, küçük magnitüdü aralığında önemli miktarda lineer doğrudan sapma, bir başka deyişle bükülme görülmektedir. Doğrudan sapma durumu, bu küçük magnitüdü deprem verilerinin yetersiz sayıda olmasından ileri gelebilir. Fakat bazı araştırmacılar da bu durumun deprem olayının gerçek bir özelliğini yansıttığını ileri sürerek magnitüd-frekans bağıntısı için farklı formüller kullanmaktadırlar. Bununla beraber sismik bakımdan homojen olmayan bir bölgede magnitüd-frekans ilişkisini tek bir bağıntı ile ifade etmeye uğraşmanın kısmen bu gibi sonuçlara neden olması da mümkündür. G-R ifadesinin geçerliliğini benimseyecek olursak, hiç olmazsa mümkün olan en büyük magnitüd değerine kadar, her yerinde b değerlerinin sabit olduğu bir bölge, sismik bakımdan homojen bir bölge olarak tarif edilebilir. Şayet bölge, farklı b değerleriyle karakterize edilen ve maksimum magnitüd değerleride farklı olan bir takım alt bölgelere ayrılabiliyorsa, bu takdirde böyle bir bölgenin sismik bakımdan homojen olduğu söylenemez.

Bu nedenle, sismik bakımdan homojen olmayan bölgeleri bugünkü koşullar altında tam anlamıyla belirleme güç olduğu için, bu çalışmada farklı bir uygulama şekli benimsendi. G-R bağıntısını hesaplayabilmek için, kenarları iki derece olan hareketli bir alan, birim alan olarak seçildi. Bu birim alan 0.5 derecelik adımlarla gerek enlemler, gerekse boylamlar doğrultusunda kaydırıldı. Herbir birim alan için G-R bağıntısı en küçük kareler metoduyla çözümlendi ve en küçük magnitüd seviyesi olarak $M_d = 4.2$ nin üzerindeki bütün deprem verileri işleme tabi tutuldu. Magnitüd tayinindeki hata limiti göz önünde tutularak, $\Delta M = 0.5$ birim magnitüd aralığı ele alınmıştır.

Böylelikle çoğu kez hesaplama için gerekli olan yeterli ve güvenilir sayıda verinin sağlanması imkan dahiline girmiştir. Bununla beraber kümülatif deprem sayısının $N(M)$, 15 den küçük olması ve birim magnitüd aralığının da üçten az olması gibi hallerde, en küçük kareler metodunun uygulanmasından vazgeçilmiştir. İleride deprem riski ile ilişkili sonuçları elde etmek gayesi ile bütün hesaplamalarda birim yılda oluşan kümülatif deprem sayıları, en küçük kareler metodunun uygulanmasında kullanılmıştır.

Sonuç olarak aşağıda belirtilen iki ana konuya değinmek imkan dahiline girmiştir. Bunlar :

1. Magnitüd-frekans bağıntısındaki a ve b katsayılarının bir tali bölgeden diğerine değişip değişmediğini incelemek ve Türkiye'nin sismisitesiyle ilişkili G-R bağıntısına bağlı daha kantitatif sonuçlara erişmek,

2. B. Epstein ve C. Lomnitz (1966) tarafından verilen "En büyük değerler" (Extreme value) yöntemini Türkiye'de oluşan depremlere ait verilere uygulayarak Anadolu'nun Deprem Riskini magnitüd cinsinden belirleyebilmektir.

a VE b KATSAYILARININ BULUNMASI VE DEPREM RİSKİNDE KULLANILAN BAZI BAĞINTILAR

Bu çalışmada kullanılan metod, seçilen birim magnitüd aralığına tekabül eden birim yıldaki kümülatif deprem oluş sayılarını çok iyi bilinen en küçük kareler metodu ile bir doğruya uygulamaktır. Bu uygulamaya sonunda elde edi-

len doğrunun eğimi b değerini, buna karşılık log (N(M)/YIL) eksenini doğrunun kestiği nokta ise a değerini vermektedir.

En küçük kareler metodunun uygulanmasında, verilerin çözümle uygunluğunu kontrol etmek için % 95 güvenilirlik sınırları içerisinde "Chi-square" metodu tatbik edilmiştir. Aynı zamanda a ve b katsayılarının standart sapmaları ve ayrıca çözümün geçerliliğini kontrol etmek amacıyla korelasyon katsayısı da hesaplanmıştır. Bu arada B. Epstein ve C. Lomnitz (1966) tarafından verilen ve deprem riski için gerekli bazı istatistik bağıntılar da ilave olarak hesaplandı. Bunları kısaca ifade etmek gerekirse :

Bir M magnitüdünden daha büyük magnitüdeki depremlerin yıl cinsinden ortalama periyodu T_M

$$T_M = 10^{bM} / 10^a \quad (4)$$

En çok gözlenen yıllık maksimum magnitüd M'

$$M' = a/b \quad (5)$$

Bir r periyodunda en çok gözlenen maksimum magnitüd M'_r

$$M'_r = M' + (\log r / b) \quad (6)$$

Bir P olasılığı ile aşılacak yıllık maksimum magnitüd M_p

$$M_p = M' - \{ \log [- \ln (1 - P)] \} / b \quad (7)$$

Bir r periyodunda P olasılığı ile aşılacak maksimum magnitüdüün değeri M_{pr} ise :

$$M_{pr} = M_p + (\log r / b) \quad (8)$$

bağıntılarıyla belirlenmektedir.

Yukarıda tanımlanan bütün yöntemleri içeren bir bilgisayar programı düzenlenmiş, böylece sismisite ve deprem riski için gerekli sonuçlar elde edilmiştir.

a VE b KATSAYILARININ BÖLGESEL DEĞİŞİMLERİ

Magnitüd-frekans bağıntısı ile Türkiye için elde edilen sonuçlar şekil 5, 6, 7 ve tablo 1, 2, 3 de verilmektedir. Elde mevcut verilerin G-R bağıntısı ile ifade edilen lineer doğruya uygunluğu gözlenebilmiştir. Bununla beraber bazı bölgelerde, örneğin Kuzey-doğu Anadolu'da, küçük magnitüdü depremlere ait verilerin yeterli sayıda olmayışı nedeniyle, grafiğin bu küçük magnitüd aralığında dış bükey bir eğriselliğe büründüğü görülmüştür. Tablo 1, 2 ve şekil 5, 6 nın incelenmesinden farklı bölgeler arasında a ve b değerlerinin göze çarpar bir şekilde değiştiği anlaşılmaktadır.

Bir bölgede birim yıl içinde 4.1 magnitüd üzerindeki depremlerin oluşmasını ifade eden a katsayısı, İç Anadolu'da, en düşük değer olan 0.12 den başlayarak, Güney-batı Anadolu'da, Rodos adasına yakın yörelerde ve ayrıca Gediz kasabasında 3.93 gibi en büyük değerlere erişmektedir. b değerleri de 0.4

ile 1.0 arasında değişmektedir. a değerleri, genellikle göz önünde tutulan bölgenin büyüklüğü ve incelenen zaman süresiyle doğrudan doğruya ilgili olmasına rağmen, böyle bir özellik b değerleri için söylenemez. b değerleri daha ziyade bölgenin tektonik yapısı ile ilişkili olmaktadır. Bununla beraber, a değerleri, b değerleriyle de ilişkili bir durum göstermektedir. Şöyleki, gayet oldukça dar bir magnitüd aralığı içerisinde hemen hemen aynı deprem aktivitesinin mevcut olduğu iki bölge göz önüne alınırsa, bunlardan b değeri daha büyük olanı daha büyük a değerine sahip olmaktadır. Gerçektende Güney-batı Anadolu, Kafkaslar ve Güney-doğu Anadolu'da b değerlerinin, Kuzey ve Doğu Anadolu fay zonuna ait b değerlerinde daha büyük değerlere sahip olduğu gözlenmiştir.

Bu sonuçları levha tektoniği açısından açıklamaya çalışacak olursak, ele alınan bir bölge için b değerleri, birbiriyle ilişkili iki levhanın birbirine nazaran rölatif hızı ve oradaki tektonik gelişmenin tipi ile ilgilidir. Şöyleki, bir bölgedeki yüksek levha hızının o bölgede çok düşük seviyedeki strain enerjisini tetikleyerek depreme dönüştürmesi, düşük levha hızının böyle bir olayı yaratması olasılığına oranla daha fazla olacağından, yüksek levha hızları büyük b değerleri meydana getirebilir.

Yapılan inceleme sonucunda, Güney-batı Anadolu ve Kafkaslardaki b değerlerinin Kuzey Anadolu fay zonuna oranla daha büyük olduğu gözlenmiştir. Aynı bulgular, V. Karnik (1968) tarafından da saptanmıştır.

Sonuçların elde edilmesinde artçı depremlerin tesiri de göz önünde tutulmuştur. Genellikle artçı depremlerin sayısının, G-R bağıntısının uygulanmasında a ve b katsayılarına ait standart sapmaların sınırları içinde kaldığı tesbit edilmiştir. Bununla beraber 1970 yılında Gediz'de meydana gelen çok şiddetli ve sığ deprem ihmal edilemeyecek kadar artçı depremin oluşmasına meydan verdiği için 0.8 gibi nisbeten büyük b değeri bulunmuştur.

Bütün bu sonuçlara rağmen, ne a değeri ve ne de b değeri bir bölgenin deprem tehlikesinin belirlenmesinde kantitatif bir ölçü olamamaktadır. Bu sebepten bu çalışmada, deprem yönünden tehlikeli olan bölgeleri belirleyebilmek amacıyla, bundan evvelki uygulamalardan farklı olarak "a/b" değerleri kullanılmıştır. Bilindiği gibi incelenen bir bölgede sismik risk, en büyük olasılığa sahip yıllık maksimum magnitütle, bir başka deyişle a/b oranı ile belirlenmektedir. Şekil 7 ve tablo 3, kenarları 0.5 derece olan birim alanlarda en çok gözlenen yıllık maksimum deprem magnitütlərini göstermektedir. Şekil 7 deki haritadan izlenebileceği gibi Marmara bölgesi ve Trakya hariç, Batı Anadolu'nun büyük bir kesimi 4.6 ile 4.9 arasında değişen yıllık maksimum magnitütlere sahiptirler. En düşük değerler ise 2.6 ile 3.1 arasında değişmek üzere orta Anadolu için bulunmuştur. 3.2 ile 4.5 arasındaki ara değerler ise Kuzey Anadolu fay zonu ile Doğu Anadolu, Kafkaslar, Marmara bölgesi ve Trakya bölgesi için elde edilmiştir.

Öte yandan tablo 4 ise, 50 yıllık bir zaman sürecinde (return period) % 70 olasılıkla aşılması mümkün olan maksimum magnitüd değerlerini göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre, 7.2 magnitüdü üzerindeki depremlerin oluşabileceği yerler Kuzey Anadolu fay zonu'nun batı ucundaki geniş bir bölge ve Doğu Anadolu fayı ile Kuzey Anadolu fayının kesiştikleri Erzincan, Erzurum ve Bingöl illerinin bulunduğu yöre olup, buralar deprem riskinin en büyük

olduğu yerler olarak saptanmıştır. Ara değerler ve daha düşük magnitud seviyeleri tablo 4 den izlenebilir.

Çalışmamızda göz önünde tutulan istatistik modelin Poisson modeli olması nedeniyle, geçmişteki olayların gelecekte de olacağı varsayımı ile hareket edilmiş ve gelecekte sismik aktivitede büyük değişimlerin olmayacağı farz edilmiştir. Bu bakımdan, bu çalışmada gözlem süresi olan 70 yıldan daha küçük, 50 yıllık bir periyot için, magnitudde bağlı deprem riski değerleri verilmiştir.

SONUÇLAR

Herşeyden önce belirli bir magnitudün üzerindeki depremlerle ilgili homojen ve eksiksiz bir katalog, sismisite, deprem istatistiği ve deprem riski gibi konularda daha duyarlı sonuçlara yaklaşılmasını sağlayacaktır.

1956 yılından evvel oluşan depremlerin episantrlarının büyük bir doğruluğa sahip olmadığı anlaşılmıştır. Bu bakımdan özellikle 1913 yılından sonra oluşan depremlerin episantrlarının yeniden tayin edilmesiyle, Türkiye'nin sismisitesi belirgin bir değişikliğe uğramıştır.

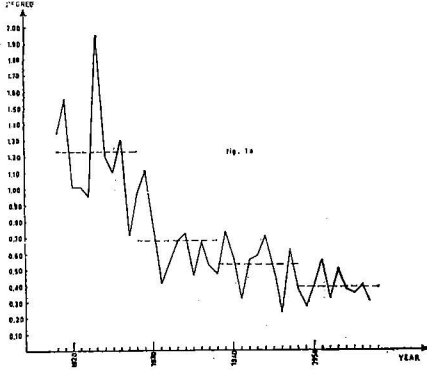
Depremlerin episantrları kadar odak derinlikleri de sismoloji alanında yapılacak çalışmalarda büyük rol oynamaktadır. Belirli bir hata limiti içerisinde 1913 ile 1964 yılları arasında Türkiye'de oluşan depremlerin derinlik tayinleri bugün için yapılmıştır.

Ayrıca 1900 ile 1970 yılları arasında meydana gelen her depremin yüzey dalgaları ile magnitud tayinleri tamamlanmış ve böylece depremin büyüklüğü hakkında homojen bir veri temin edilmiştir.

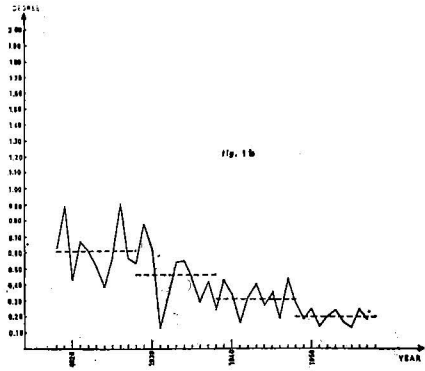
Türkiye'nin sismisitesi, enerji akısı yoğunluğu ile ifade edilmeğe çalışılmıştır. Açığa çıkan en büyük enerji akısı seviyesi, Güney-batı Anadolu'da gözlenmiştir.

Türkiye'nin gerek sismisitesi gerekse sismik riski, G-R bağıntısı ve bu bağıntıdan çıkarılan istatistik parametrelerle belirlenmeğe çalışılmıştır.

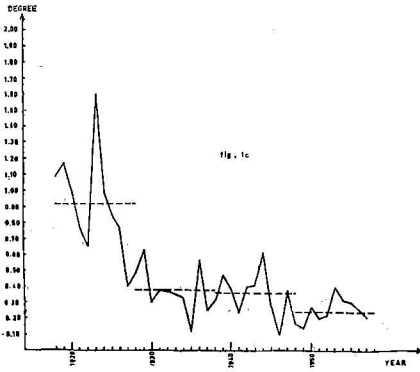
Magnitud-frekans bağıntısından elde edilen sonuçlara dayanarak, çok geniş ve karmaşık bir jeolojik yapıya sahip olan Türkiye'nin, depremler yönünden ilgi çekici bir coğrafi dağılıma sahip olduğu sonucu çıkarılabilir. Bu bakımdan uygun bir istatistik modelle, tektonik ve sismik gelişim göz önünde tutulmak suretiyle, Türkiye'yi farklı bölgelere ayırarak, her bir bölgeyi bu koşullar altında incelemek suretiyle Sismisite ve Sismik Risk konularında daha duyarlı yaklaşımlar yapılabileceği sonucuna varılmıştır.



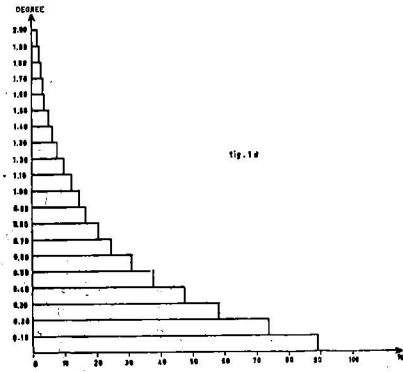
Şekil 1a
Episantrlardaki toplam kayma miktarlarının yıllık ortalama değerleri



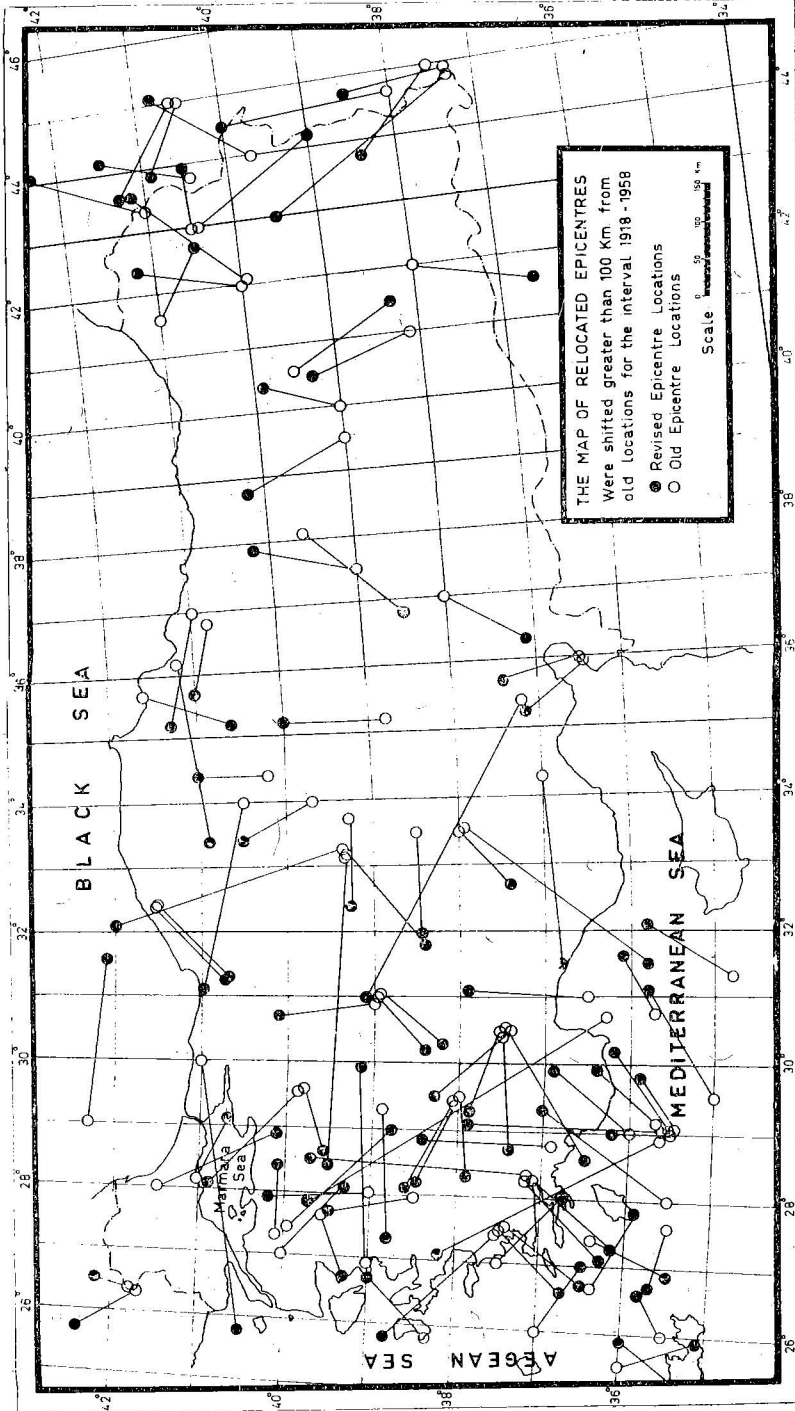
Şekil 1b
Episantrların enlemdaki kaymalarının yıllık ortalama değerleri



Şekil 1c
Episantrların boylamdaki kaymalarının yıllık ortalama değerleri

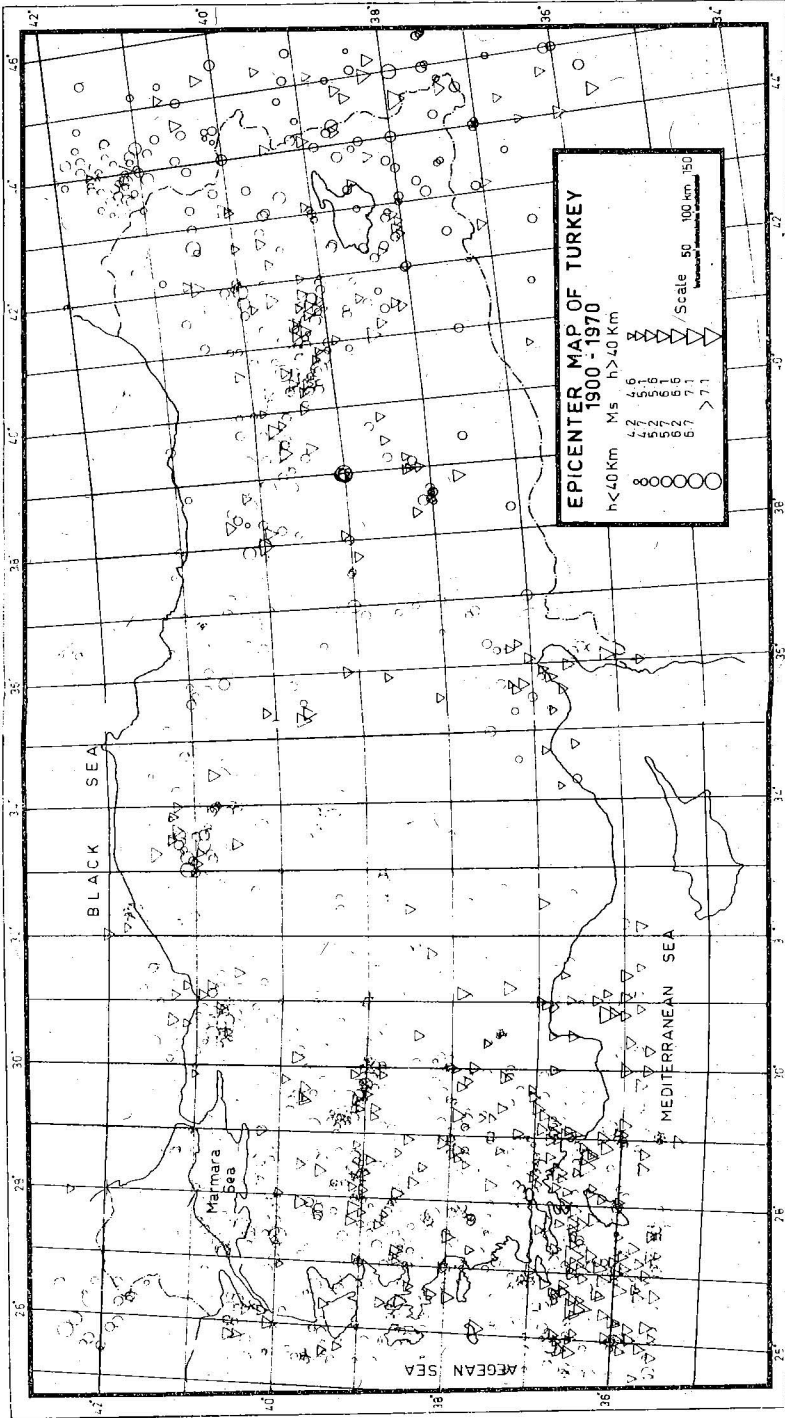


Şekil 1d
Episantrlardaki toplam kaymaların yüzde değerleri

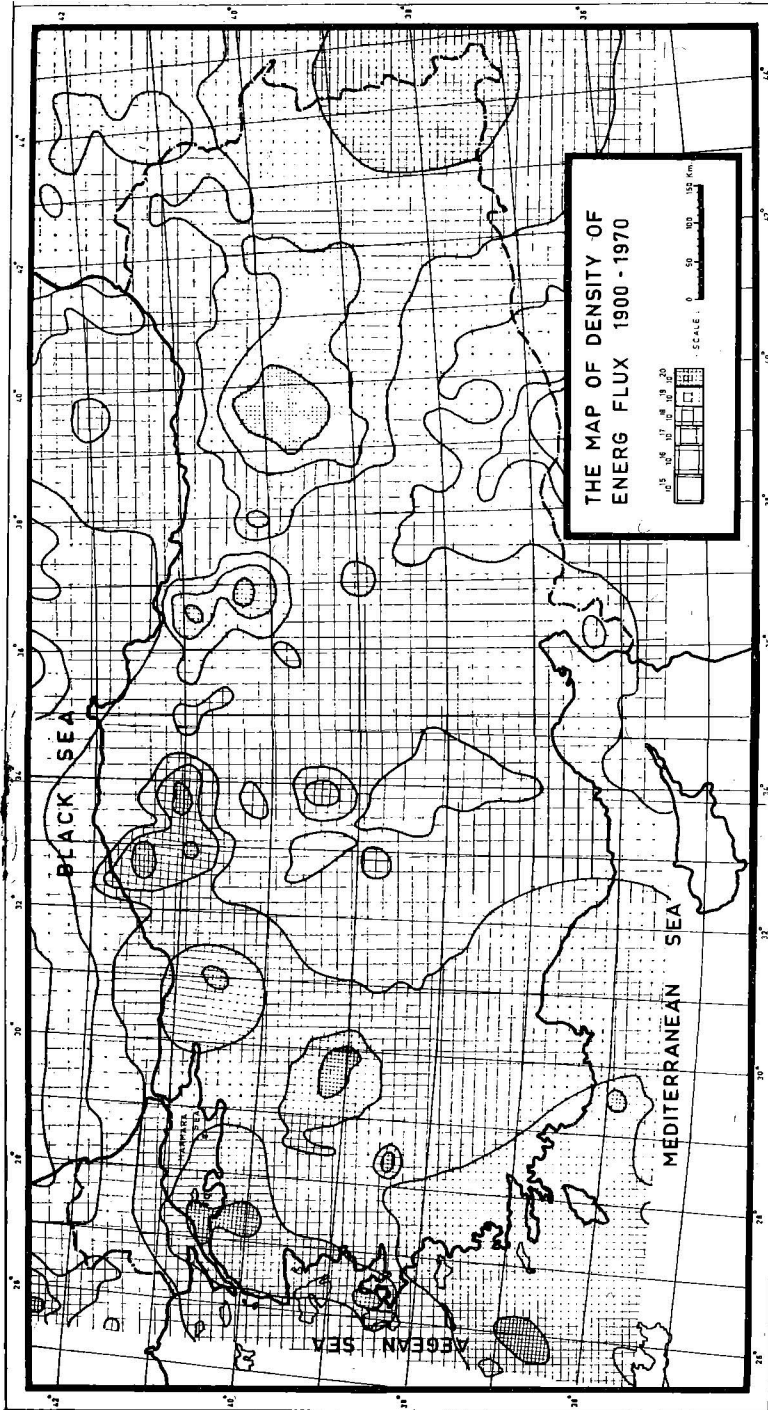


Şekil 2

Eski ve yeni tayinler arasında, episantrlarında 100 km. den fazla kayma gösteren depremler haritası, (1918-1958).

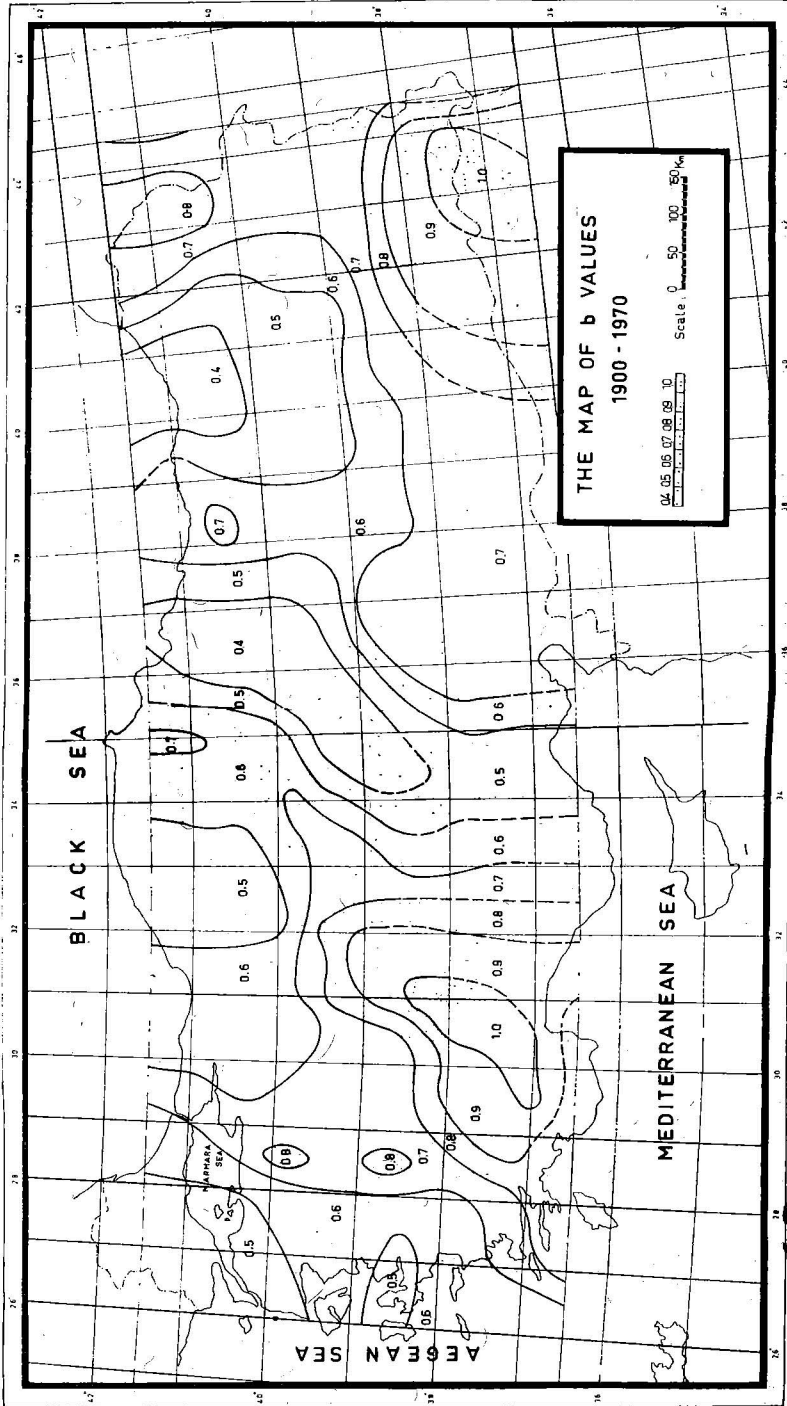


Şekil 3
Türkiye'nin episantr dağılım haritası, (1900-1970).

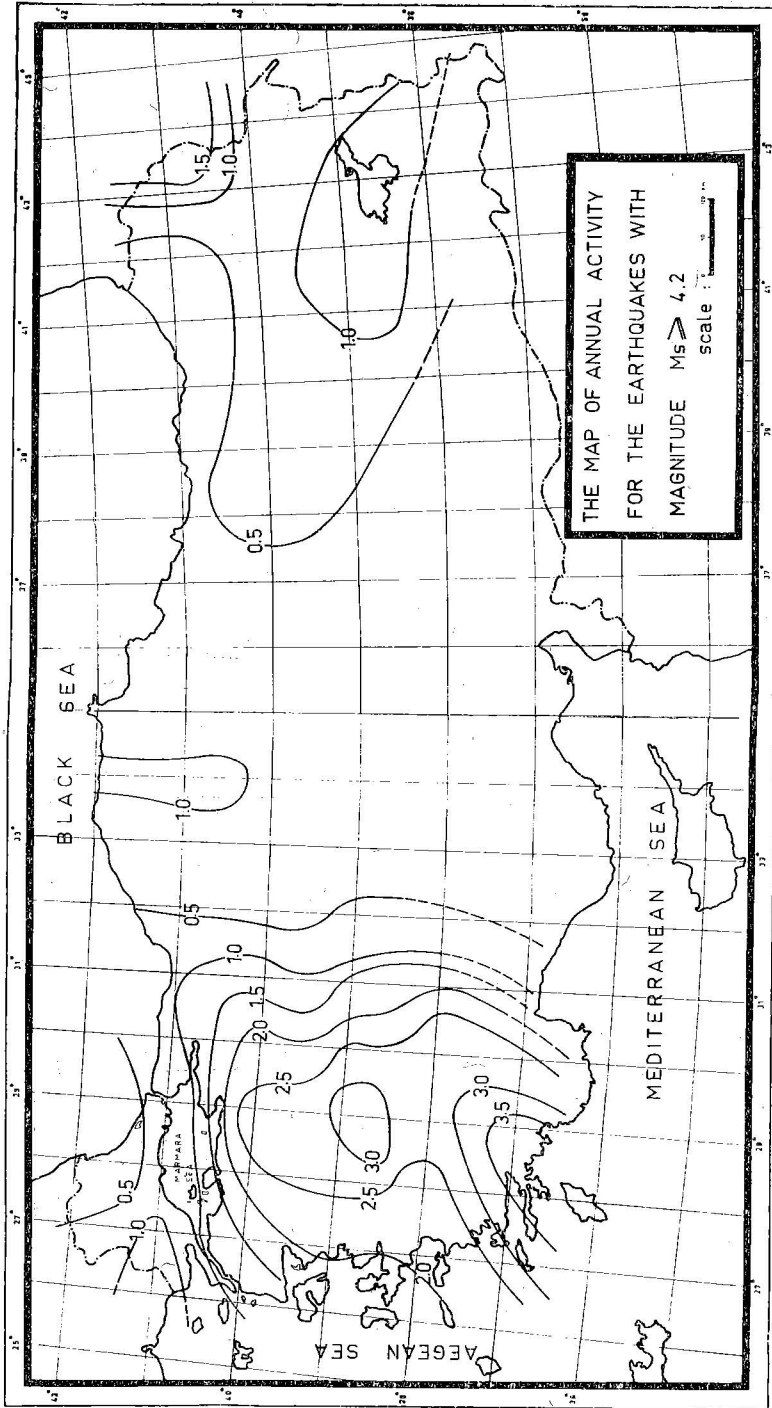


Şekil 4

Türkiye'deki enerji akısı yoğunluğu dağılımı haritası, (1900-1970).

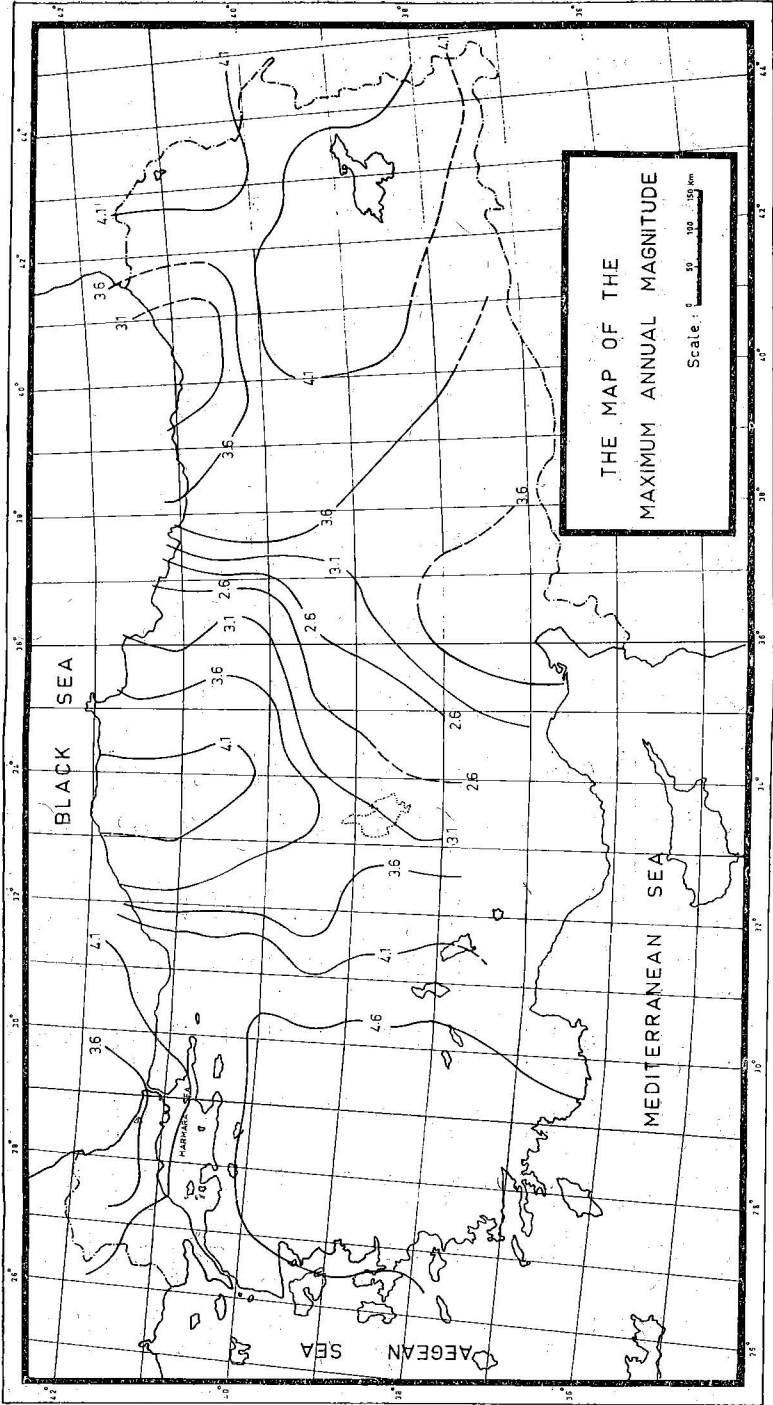


Şekil 5
Türkiye'deki "b" değerleri dağılımı haritası, (1900-1970).



Şekil 6

$M_s \geq 4.2$ olan depremler için Türkiye'deki yıllık aktivite haritası. (1900-1970).



Sekil 7
Türkiye'deki yıllık maksimum magnitud dağılımı haritası, (1900-1970).

Tablo 1
Türkiye'deki "p" değerleri dağılımı ve bunların standart sapmaları

26.5	27.0	27.5	28.0	28.5	29.0	29.5	30.0	30.5	31.0	31.5	32.0	32.5	33.0	33.5	34.0	34.5	35.0	35.5
0.56	0.59	0.48	0.48	0.64	0.64	0.72	0.58	0.57	0.57	0.57	0.46	0.53	0.48	0.48	0.56	0.70	0.55	
0.02	0.04	0.03	0.04	0.05	0.09	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.06
41.0	0.57	0.61	0.48	0.53	0.64	0.60	0.77	0.61	0.59	0.58	0.58	0.46	0.53	0.49	0.49	0.63	0.57	0.70
	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.01	0.04	0.01	0.02	0.02	0.04	0.04	0.09	0.07
40.5	0.45	0.48	0.44	0.50	0.67	0.73	0.62	0.66	0.62	0.59	0.56	0.41	0.48	0.47	0.50	0.64	0.59	0.58
	0.02	0.01	0.02	0.01	0.05	0.04	0.03	0.05	0.01	0.02	0.02	0.04	0.01	0.03	0.03	0.04	0.04	0.06
40.0	0.48	0.51	0.52	0.59	0.82	0.69	0.69	0.61	0.57	0.61	0.57	0.49	0.51	0.59	0.63	0.74	0.58	0.64
	0.03	0.02	0.03	0.01	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.07	0.06	0.05	0.06	0.09	0.05	0.06
39.5	0.56	0.59	0.59	0.66	0.76	0.69	0.71	0.68	0.75	0.72	0.92	0.72	0.71	0.71	0.56	0.43	0.47	0.42
	0.06	0.05	0.06	0.03	0.05	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03	0.08	0.09	0.05	0.08	0.07	0.10	0.05	0.03
39.0	0.62	0.63	0.64	0.69	0.75	0.71	0.75	0.72	0.69	0.94	0.91	0.91	0.76	0.65	0.65	0.43	0.46	0.39
	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.01	0.01	0.02	0.07	0.13	0.17	0.16	0.09	0.08	0.09	0.02	0.03
38.5	0.54	0.55	0.57	0.67	0.81	0.73	0.77	0.74	0.68	1.14	0.90	0.92	0.78	0.56	0.52	0.40		
	0.02	0.02	0.02	0.02	0.07	0.04	0.06	0.06	0.05	0.21	0.17	0.20	0.16	0.05	0.03	0.06		
38.0	0.66	0.64	0.62	0.62	0.71	0.82	0.97	0.91	1.11	1.18	0.99	0.84	0.74	0.68	0.63	0.60		
	0.01	0.02	0.01	0.01	0.04	0.06	0.08	0.06	0.10	0.19	0.16	0.19	0.17	0.11	0.09	0.00		
37.5	0.61	0.69	0.67	0.67	0.85	0.95	0.92	0.96	1.24						0.58			
	0.03	0.04	0.02	0.03	0.05	0.14	0.10	0.10	0.20						0.00			
37.0	0.62	0.78	0.77	0.76	0.90	0.87	1.00	0.98							0.58	0.70		
	0.05	0.05	0.02	0.03	0.09	0.08	0.09	0.07							0.00	0.06		
36.5	0.69	0.83	0.82	0.82	0.88	0.85	0.84	0.78	0.72						0.58	0.68		
	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.08	0.014						0.05	0.04		

36.0	36.5	37.0	37.5	38.0	38.5	39.0	39.5	40.0	40.5	41.0	41.5	42.0	42.5	43.0	43.5	44.0	44.5
0.54	0.53					0.50	0.40										
41.5	0.09	0.10				0.07	0.06					0.70	0.69	0.88	0.88	0.78	0.85
												0.05	0.05	0.11	0.12	0.10	0.12
41.0	0.41	0.41	0.37	0.52	0.61	0.56	0.62					0.68	0.68	0.83	0.89	0.78	0.91
	0.04	0.04	0.03	0.03	0.10	0.11	0.09	0.05				0.08	0.08	0.11	0.12	0.10	0.15
40.5	0.42	0.44	0.37	0.54	0.66	0.67	0.48	0.43	0.40	0.39	0.41	0.48	0.60	0.83	0.87	0.77	0.94
	0.02	0.05	0.03	0.02	0.11	0.11	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.08	0.04	0.11	0.12	0.14	0.21
40.0	0.40	0.42	0.38	0.55	0.63	0.61	0.48	0.48	0.51	0.53	0.54	0.54	0.54	0.76	0.72	0.61	0.75
	0.01	0.03	0.04	0.04	0.13	0.05	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.04	0.09	0.10	0.12
39.5	0.41	0.46	0.45	0.54	0.63	0.62	0.49	0.49	0.52	0.54	0.56	0.63	0.61	0.86	0.70	0.68	0.88
	0.01	0.05	0.06	0.04	0.13	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.07	0.12	0.13	0.11	0.19
39.0	0.49	0.69	0.63	0.76	0.60	0.65	0.46	0.50	0.52	0.54	0.56	0.65	0.63	1.08	0.77	0.70	0.75
	0.03	0.06	0.09	0.05	0.06	0.06	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.07	0.21	0.13	0.11	0.11
38.5		0.72	0.72	0.74	0.57	0.58	0.59	0.66	0.63	0.82	0.72	0.71	0.77	1.03	0.75	0.70	0.74
		0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.03	0.08	0.04	0.03	0.08	0.09	0.23	0.12	0.09
38.0	0.83	0.83			0.71	0.80	0.85	0.79				0.94	0.99		1.06	1.02	0.81
	0.06	0.11			0.11	0.15	0.15	0.12				0.18	0.19		0.23	0.21	0.06
37.5	0.72	0.69			0.67	0.74	0.74	0.70						1.05	0.99	0.74	
	0.05	0.06			0.10	0.11	0.11	0.10						0.16	0.15	0.05	
37.0	0.68	0.64															0.75
	0.09	0.11															0.11
36.5	0.63	0.59															
	0.04	0.08															

Tablo 2
 $M_s \geq 4.2$ olan depremler için Türkiye'deki "a" yıllık aktivite dağılımı ve bunların standart sapmaları

26.5	27.0	27.5	28.0	28.5	29.0	29.5	30.0	30.5	31.0	31.5	32.0	32.5	33.0	33.5	34.0	34.5	35.0	35.5
0.85	0.73	0.84	0.85	0.27	0.27	0.38	0.74	0.86	0.88	0.98	0.51	0.76	0.87	0.88	1.11	0.57	0.54	0.32
41.5	0.06	0.11	0.09	0.08	0.22	0.25	0.09	0.07	0.09	0.05	0.11	0.06	0.07	0.10	0.10	0.12	0.17	0.15
41.0	1.18	1.26	0.80	0.92	0.80	0.57	0.68	0.94	1.00	0.97	1.00	0.53	0.76	0.93	0.94	1.16	0.64	0.55
40.5	0.06	0.06	0.11	0.07	0.07	0.08	0.10	0.09	0.07	0.08	0.04	0.11	0.03	0.05	0.06	0.11	0.10	0.22
40.0	0.83	1.02	0.91	1.17	1.26	1.09	1.06	1.50	1.41	1.11	0.88	0.36	0.51	0.77	0.94	1.18	0.85	0.61
40.0	0.04	0.03	0.05	0.03	0.13	0.11	0.07	0.12	0.03	0.05	0.05	0.11	0.04	0.09	0.08	0.11	0.09	0.15
40.0	1.21	1.55	1.75	2.09	3.11	2.68	2.36	2.19	1.81	1.24	0.94	0.39	0.24	0.54	0.65	0.74	0.59	0.47
39.5	0.15	0.14	0.16	0.09	0.12	0.09	0.04	0.04	0.06	0.08	0.19	0.21	0.12	0.18	0.17	0.23	0.12	0.08
39.0	1.74	2.14	2.39	2.57	2.74	3.00	3.10	2.57	1.91	1.58	0.64	0.72	0.39	0.35	0.36	0.22	0.15	0.11
38.5	0.09	0.11	0.11	0.08	0.11	0.08	0.04	0.04	0.07	0.18	0.31	0.40	0.38	0.21	0.19	0.21	0.04	0.07
38.5	1.53	1.98	2.22	2.62	3.28	3.05	2.84	2.43	1.61	1.92	0.67	0.77	0.41	0.24	0.20	0.08		
38.0	0.04	0.06	0.06	0.06	0.18	0.11	0.15	0.14	0.13	0.49	0.40	0.46	0.36	0.12	0.07	0.14		
38.0	1.86	2.13	2.10	2.04	2.13	2.47	2.94	2.57	2.53	2.04	0.89	0.56	0.37	0.20	0.17	0.14	0.24	
38.0	0.03	0.05	0.03	0.04	0.10	0.15	0.19	0.15	0.23	0.44	0.38	0.43	0.40	0.25	0.21	0.00	0.11	
37.5	2.21	2.60	2.48	2.48	2.95	3.06	2.91	2.60	2.49							0.28	0.38	
37.5	0.09	0.10	0.06	0.07	0.13	0.33	0.22	0.24	0.45							0.02	0.23	
37.0	2.26	2.94	3.05	3.15	3.73	3.19	3.02	2.14								0.28	0.48	
37.0	0.13	0.14	0.06	0.07	0.21	0.19	0.22	0.16								0.02	0.13	
36.5	2.97	3.39	3.54	3.69	3.93	3.24	2.30	1.44	0.61							0.24	0.41	
36.5	0.14	0.16	0.12	0.13	0.10	0.09	0.11	0.19	0.35							0.12	0.10	

36.0	36.5	37.0	37.5	38.0	38.5	39.0	39.5	40.0	40.5	41.0	41.5	42.0	42.5	43.0	43.5	44.0	44.5
0.24	0.22					0.13	0.08					0.44	0.56	1.43	1.95	1.73	1.84
41.5	0.23	0.23				0.17	0.14					0.13	0.12	0.26	0.29	0.24	0.28
0.28	0.11	0.11	0.09	0.08	0.25	0.26	0.21	0.11				0.41	0.57	1.38	2.03	1.72	1.85
41.0	0.11	0.11	0.09	0.08	0.25	0.26	0.21	0.11				0.20	0.20	0.26	0.29	0.24	0.34
0.39	0.33	0.23	0.46	0.61	0.67	0.49	0.33	0.32	0.30	0.31	0.37	0.49	0.66	1.46	1.88	1.50	1.64
40.5	0.08	0.12	0.09	0.07	0.25	0.13	0.13	0.11	0.12	0.11	0.20	0.15	0.10	0.26	0.28	0.33	0.49
0.34	0.31	0.25	0.50	0.59	0.74	0.60	0.60	0.86	0.87	1.09	0.97	0.81	0.71	0.78	0.82	0.64	0.60
40.0	0.03	0.08	0.10	0.10	0.30	0.13	0.07	0.09	0.08	0.10	0.09	0.12	0.16	0.21	0.24	0.18	0.27
0.22	0.22	0.22	0.49	0.59	0.78	0.65	0.63	0.91	0.96	1.22	1.10	0.99	0.89	0.96	0.85	0.76	0.65
39.5	0.09	0.12	0.15	0.11	0.31	0.13	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.11	0.17	0.14	0.30	0.25	0.44
0.17	0.23	0.15	0.30	0.33	0.59	0.48	0.66	0.92	0.95	1.24	1.11	1.11	0.93	1.41	1.08	0.78	0.62
39.0	0.07	0.14	0.21	0.12	0.13	0.15	0.11	0.08	0.09	0.09	0.10	0.17	0.17	0.47	0.30	0.26	0.26
0.27	0.27	0.29	0.29	0.24	0.40	0.41	0.60	0.72	1.09	1.18	1.12	1.13	0.94	1.27	0.97	0.75	0.71
38.5	0.12	0.12	0.14	0.15	0.14	0.15	0.17	0.07	0.19	0.09	0.08	0.19	0.22	0.52	0.29	0.21	0.13
0.40	0.45				0.26	0.33	0.38	0.31				0.54	0.9		1.40	1.15	0.83
38.0	0.15	0.24			0.25	0.34	0.35	0.28				0.40	0.43		0.52	0.49	0.15
0.46	0.46				0.23	0.26	0.26	0.22							0.93	0.75	0.54
37.5	0.12	0.15			0.23	0.27	0.27	0.22							0.37	0.34	0.13
0.48	0.42																0.47
37.0	0.21	0.26															0.25
0.34	0.32																
36.5	0.09	0.19															

Tablo 3

Türkiye'deki yıllık maksimum mağnütüüd dağılımı.

26.5	27.0	27.5	28.0	28.5	29.0	29.5	30.0	30.5	31.0	31.5	32.0	32.5	33.0	33.5	34.0	34.5	35.0	35.5
41.5	4.1	4.0	3.3	3.2	3.5	3.3	3.6	4.0	4.1	4.1	4.2	3.6	4.0	4.1	4.1	4.3	3.8	3.3
41.0	4.3	4.4	4.0	4.1	4.0	3.8	4.0	4.2	4.2	4.2	3.6	4.0	4.1	4.1	4.3	3.8	3.8	3.4
40.5	4.0	4.2	4.1	4.3	4.3	4.3	4.1	4.5	4.4	4.3	4.1	3.1	3.6	4.0	4.1	4.3	4.1	3.8
40.0	4.4	4.6	4.7	4.7	4.8	4.8	4.7	4.8	4.6	4.4	4.2	3.4	3.0	3.8	3.9	4.0	3.8	3.7
39.5	4.5	4.7	4.8	4.8	4.8	4.9	4.7	4.6	4.4	4.0	3.6	3.9	3.3	3.5	3.6	3.0	2.9	2.6
39.0	4.6	4.7	4.8	4.8	4.8	4.9	4.9	4.8	4.6	4.4	4.0	4.0	3.7	3.5	3.5	2.7	2.4	1.9
38.5	4.5	4.7	4.8	4.8	4.8	4.9	4.8	4.7	4.5	4.4	4.0	4.1	3.7	3.1	2.9	1.6		
38.0	4.6	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.6	4.6	4.5	4.5	4.1	3.9	3.6	3.2	3.0		2.8	3.4
37.5	4.8	4.8	4.8	4.8	4.7	4.7	4.7	4.6	4.6	4.6							3.3	3.6
37.0	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.7	4.6	4.6								3.3	3.8
36.5	4.9	4.8	4.9	4.9	4.8	4.8	4.6	4.4	3.9								3.1	3.6
36.0	36.5	37.0	37.5	38.0	38.5	39.0	39.5	40.	40.5	41.0	41.5	42.0	42.5	43.0	43.5	44.0	44.0	44.5
41.5	3.1	3.0				2.5	1.6						3.7	3.8	4.4	4.5	4.5	4.5
41.0	2.9	2.9	2.5	3.4	3.9	3.4	3.4	2.9					3.6	3.8	4.4	4.5	4.5	4.5
40.5	3.3	3.1	2.5	3.6	4.0	3.9	3.6	3.1	3.0	3.9	3.0	3.3	3.7	3.9	4.4	4.5	4.4	4.4
40.0	3.0	3.0	2.7	3.7	3.8	4.0	3.7	3.7	4.1	4.1	4.3	4.2	4.0	3.9	4.1	4.1	3.9	3.9
39.5	2.6	2.8	2.8	3.6	3.8	4.0	3.8	3.8	4.1	4.2	4.4	4.3	4.2	4.1	4.2	4.1	4.0	4.0
39.0	2.7	3.3	2.9	3.5	3.4	3.8	3.5	3.8	4.1	4.2	4.4	4.3	4.3	4.1	4.3	4.2	4.0	3.9
38.5		3.4	3.4	3.5	3.1	3.5	3.6	3.9	4.0	4.2	4.3	4.3	4.3	4.2	4.3	4.2	4.0	4.0
38.0	3.8	3.8			3.4	3.6	3.7	3.6		3.9	4.2						4.3	4.3
37.5	3.7	3.7			3.3	3.4	3.4	3.3						4.2	4.1	3.8		
37.0	3.7	3.7																
36.5	3.5	3.5																

Tablo 4

Türkiye'de 50 yıllık bir süreçte % 70 olasılıkla aşılması ihtimal dahilinde olan maksimum mağnütüd dağılımı.

26.5	27.0	27.5	28.0	28.5	29.0	29.5	30.0	30.5	31.0	31.5	32.0	32.5	33.0	33.5	34.0	34.5	35.0	35.0			
41.5	6.9	6.7	6.6	6.6	6.0	5.8	5.8	6.8	6.9	6.9	7.0	7.1	7.0	7.4	7.4	6.8	6.6	6.1	6.2		
41.0	7.2	7.2	7.3	7.2	6.6	6.5	6.1	6.8	6.9	6.9	7.0	7.1	7.0	7.4	7.4	6.8	6.7	6.1	6.3		
40.5	7.6	7.6	7.7	7.6	6.7	6.7	6.8	6.9	7.0	7.0	6.9	7.0	6.9	7.4	7.4	6.8	6.8	6.6	6.6		
40.0	7.7	7.7	7.8	7.5	6.7	7.1	7.1	7.4	7.5	7.0	6.9	6.8	6.2	6.5	6.5	6.2	6.6	6.2	6.6		
39.5	7.4	7.4	7.5	7.3	6.9	7.2	7.0	7.0	6.1	5.9	5.7	5.6	6.1	6.1	5.9	6.6	6.0	6.0	6.2		
39.0	7.2	7.3	7.3	7.1	6.9	7.1	7.0	7.0	6.1	5.8	5.8	5.8	6.0	6.0	6.0	6.4	5.9	5.9	5.9		
38.5	7.5	7.6	7.6	7.2	6.8	7.1	6.9	6.9	5.9	5.8	5.8	5.8	6.0	6.0	5.6				5.6		
38.0	7.0	7.2	7.3	7.3	6.9	6.6	6.3	6.4	6.0	5.8	5.8	5.8	5.6	5.6	5.6				5.5	5.6	
37.5	7.4	7.1	7.2	7.2	6.6	6.4	6.5	6.3	5.8										6.0	5.9	
37.0	7.3	6.9	6.9	6.9	6.6	6.6	6.3	6.2											6.0	6.0	
36.5	7.2	6.8	6.8	6.9	6.7	6.7	6.6	6.4	6.1										5.9	6.0	
36.0	36.5	37.0	37.5	38.0	38.5	39.0	39.5	40.0	40.5	41.0	41.5	42.0	42.5	43.0	43.5	44.0	44.5				
41.5	6.1	6.0				5.7	5.6					6.0	6.2	6.3	6.4	6.6	6.4				
41.0	6.8	6.7	6.8	6.5	6.3	6.3	6.2	5.5				6.0	6.2	6.3	6.4	6.5	6.3				
40.5	7.0	6.7	6.8	6.6	6.3	6.3	6.9	6.8	6.9	7.0	6.9	6.6	6.5	6.6	6.3	6.3	6.5	6.1			
40.0	7.1	6.8	6.9	6.6	6.4	6.6	7.1	7.1	7.2	7.1	7.2	7.1	6.8	6.9	6.2	6.3	6.5	6.0			
39.5	6.5	6.3	6.3	6.6	6.4	6.6	7.1	7.1	7.2	7.1	7.2	7.1	6.7	6.7	6.1	6.4	6.4	5.8			
39.0	5.9	5.6	5.5	5.6	6.1	6.3	7.0	7.1	7.2	7.1	7.2	7.2	6.7	6.7	5.8	6.3	6.4	6.1			
38.5		5.6	5.6	5.7	6.0	6.3	6.3	6.3	6.5	6.2	6.5	6.5	6.3	6.3	5.9	6.3	6.3	6.2			
38.0	5.7	5.7		5.7	5.6	5.6	5.6				5.6	5.8							5.8	5.8	6.1
37.5	6.0	6.0		5.7	5.6	5.6	5.6	5.6											5.7	5.7	6.0
37.0	6.1	6.1																			5.9
36.5	6.1	6.1																			5.9

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Alsan E., "Magnitude and Time Distributions of Earthquakes in Turkey" Bull. Intern. Inst. Seism. Earthq. Eng., 7, 1-10, 1972
- Alsan E., Tezuçan L., Bath M., "An Earthquake Catalogue for Turkey for the Interval 1913-1970. Seism. Inst. Uppsala, Report No. 7, Uppsala, 1975.
- Bath M., "The Energies of Seismic Body Waves and Surface Waves. Contributions in Geophysics in honour of Beno Gutenberg, 1, 1-17, Pergamon Press, London, 1958.
- Canitez N., Uçer S. B., "Improved Epicentres in and Near Turkey" Proc. 9 th Assembly Eur. Seism. Com., 1-7 Aug. 1966, Copenhagen, p. 137, 1967.
- Crampin S., Uçer S. B., "The Seismicity of the Marmara Sea Region of Turkey", Geophys. J. R. Astron. Soc., 40, 269-288, 1975.
- Çağpar A., "Türkiye Depremleri Üzerinde Makro-sismik İncelemeler. Jeofizik, cilt 1, sayı 2-3, 1967.
- Epstain B., Lomnitz C. "A model for the Occurance of Large Earthquakes" Nature, 211, 2052, 954-956, 1967.
- Ergin K., "Observed Intensity-Epicentral Distance Relations in Earthquakes" Bull. Seism. Soc. Amer., 59, 3, 1227-1238, 1969.
- Ergin K., Güçlü U., Aksay G., "Türkiye ve Dolaylarının Deprem Katoloğu" (1965-1970) İ.T.Ü. Maden Fak. Arz Fiziği Ens. Yay. No 28, 1971.
- Ergin K., Güçlü U., Uz Z., "Türkiye ve Civarının Deprem Katoloğu" (M.S. 11 1964) İ.T.Ü. Maden Fak. Arz Fiziği Enst. Yay. No : 24, 1967.
- Ergünay O., "Earthquake Zoning map of Turkey" Seminar on seismic zoning maps. UNESCO, Bucharest, 20-21 May, 1974.
- Ergünay O., "The Place of Seismic Zoning and Microzoning in the Applied Earthquake Resistant Design in Turkey" Proc. Seminar on seismic zoning maps, Skopje, 27 oct. - 4. Nov., 1975. UNESCO, Skopje, 1976.
- Gençoğlu S., Tabban A., "Statistical Analysis of Earthquake Occurances in Turkey (1900-1970)" Symposium on Earthquake Statistics and Risk. UNESCO, İstanbul, 26 May 1973.
- Gutenberg B., Richter C. F., "Seismicity of the Earth and Associated Phenomena" Princeton Univ. Press, 1954.
- İpek M., Uçer S.B., Ulusan N. "The Map of the Density of Energy Flux Between 1901-1970 in Western Part of Anatolia" Seism. Publ., Kandilli Observatory, 48, 9 pp., 1975.

- İpek M., UZ Z., Güçlü U., "Sismolojik Donelere Göre Türkiye'de Deprem Bölgeleri" Rapor, 1965.
- Karnik V., "Seismicity of the European Area" Part 1, Academia, Praha, 1968.
- Karnik V., "Seismicity of European Area" Part 2, Acedemia, Praha, 1971.
- Lahn E., "Seismological Investigation in Turkey" Bull. Seism. Soc. Amer., 39, 1, 67-71, 1949.
- Öcal N., "Makrosismik Metotla Zelzelelerde Merkez Derinliğinin ve Ortamın Absorbsiyon Katsayısının Tayini" İ.T.Ü. Sism. Enst. Yay. No : 8, 1959.
- Öcal N. "Die Seismizitat der Turkei" Pure Appl. Geophys., 57, 103-116, 1964.
- Öcal N., "Türkiyenin Sismisitesi ve Zelzele Coğrafyası 1850-1960 Yılları İçin Türkiye Zelzele Katoloğu" Kand. Ras. Sism. Yay. No : 8, 1968.
- Öcal N., "Beş Yıllık Türkiye Zelzeleleri Katoloğu, 1960-1964" Kand. Ras. Sism. Yay. No : 9, 1969.
- Omote S., İpek M., "Türkiyenin Sismitesi" İ.T.Ü. Sism. Ens. Yay. No : 19, 1959.
- Omote S., Çöloğlu M.G., "Seismic Activity in Marmara Region, Turkey" Bull. Intern. Seism. Earthq. Eng., 5, 17-30, 1968.
- Pınar N., Lahn E., "Türkiye Depremleri İzahlı Katoloğu" Bayındırlık Bakanlığı Yapı ve İmar İşleri Reisliği, Seri 6, No : 36, 1952.
- Rothé J.P., "Tables des Temps de Propagation des Ondes Séismiques (Hodochrones) Pour la Région des Balkans et Programme de Détermination d'epicentres" UNESCO, BCIS-Strasbourg, 1972.
- Shebalin N. V., Karnik V., Hadzievski D., (Editors). "Catalogue of Earthquakes, Part I, 1901-1970 and Part II, prior to 1901" UNESCO, Skopje, 1974.
- Ullman W., Maaz R., "A Heuristic Function for Seismic Energy Density of an Earthquake" Gerl Beitr. Geophys., 75, 378-382, 1966.

DEPREMLERLE İLGİLİ HÜKÜMLERİ AÇISINDAN "YOL KÖPRÜLERİ İÇİN TEKNİK ŞARTNAME" ÜZERİNDE DÜŞÜNCELER

Nejat BAYÜLKE*

SUMMARY

"Highway Bridges Design Specifications" of the Turkish General Directorate of Highways are examined from the point of earthquake resistant design features, some of the weak points of the Specifications are suggested.

ÖZET

Bu yazıda, Karayolları Genel Müdürlüğünün "Yol Köprüleri için Teknik Şartname" si depremle ilgili hükümleri açısından incelenmekte ve şartnamenin bazı zayıf noktaları belirtilerek, bunların giderilmesi için gerekli yaklaşımlar önerilmektedir.

GİRİŞ

Bugün için inşaat mühendisliğinde yapıların depreme dayanıklı yapımı pek çok araştırmacı ve uygulayıcının üzerinde önemle durduğu bir konudur. Genellikle, depreme maruz olan her ülkenin ya bir depreme dayanıklı yapı yönetmeliği veya genel bir yapı yönetmeliği içinde deprem etkilerini kapsayan hükümler bulunmaktadır. Depreme dayanıklı yapı yönetmelikleri daha çok binalar ile ilgilidir. Köprü, baraj ve benzeri mühendislik yapıları ise çoğunlukla bu yönetmeliklerin kapsamında bulunmaz. Bunun nedeni ise, köprü, baraj v.b. gibi yapılarla ilgili olan kuruluşların bu tür yapılar üzerinde uzmanlaşmış kadrolarının bu özel yapıların deprem açısından durumunu daha iyi değerlendirebileceği düşüncesidir. Ayrıca daha sınırlı bir kitleye hitap edecek olan bu tür yapılar için yönetmeliklerin bizzat bu işle uğraşan kuruluşlarca yapılması yaygın ve doğru bir görüştür. Bu nedenle Türkiye'de de "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" kapsamında sadece binalar bulunmaktadır. Diğer mühendislik yapılarının depreme dayanıklı yapımı, ilgili kuruluşlarca çı-

* Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı

karılan yönetmeliklere veya her bir proje için ayrıca ortaya konulmuş şartnamelere göre yapılmaktadır. Bu çerçevede Türkiye'de karayolu yapımı ile görevlendirilmiş Karayolları Genel Müdürlüğü'nün "Yol Köprüleri için Teknik Şartnamesi" (1) için de köprü hesap ve yapımında deprem etkilerinin ne şekilde dikkate alınması gerektiği üzerinde hükümler bulunmaktadır. Genellikle depreme dayanıklı yapı yönetmeliklerinde iki ana bölüm bulunur. Birincisi deprem kuvvetlerinin hesaplanması ve yapı elemanlarına dağıtım kuralları, ikincisi ise, yapı elemanlarının depremlerde daha iyi bir davranış gösterebilmesi için teçrübe ve araştırma sonuçlarına göre çıkarılmış boyut, donatı miktarı ve yerleştirilmesi ve sistem seçimi ile ilgili ayrıntılardır. "Yol Köprüleri için Teknik Şartname" bu iki açıdan incelenecek ve eksik görülen bazı noktalar belirtilecektir.

Deprem Kuvvetlerinin Hesaplanması

Depremlerde yapılara gelen kuvvetler önce depremin şiddetine bağlıdır. Bu konuda çok çeşitli değerler verilmektedir. Örneğin Housner (2)'e göre depremin şiddeti ile maksimum ivmesi arasında şu ilişki vardır :

Şiddet (MM)	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Maksimum ivme (yer çekimi ivmesinin %'si olarak)	9	15	22	29	37	50

Ayrıca depremlerin şiddeti ne olursa olsun episantr bölgesinde (depremin üst merkezinde) çok büyük ivmeler olduğu bilinmektedir. Mesela Okamoto (3) ya göre, şiddetle, maksimum ivme arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir.

Şiddet	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Maksimum ivme cm/sn ²	160— 320	215— 240	225— 510	295— 590	335— 670	385— 770

Yapılara gelen kuvvetler ise bu maksimum ivmelerin oldukça altındadır. Ayrıca yapının sönüm ve tabii titreşim periyodu gibi dinamik özellikleri sonucu da yapıya gelen kuvvetler oldukça azalmaktadır. Buna rağmen yukarıdaki her iki tabloda belirtilen maksimum deprem ivmesinin % 40-50'si kadar bir yatay ivmenin depremin şiddetine göre yapılara gelmesi mümkündür.

Yol Köprüleri için Teknik Şartname madde 1.3.29 da köprü hesaplarında kullanılması istenilen yatay kuvvet katsayıları deprem kuvvetleri ile karşılaştırılırsa çok küçük oldukları görülecektir.

$C = 0.02$ (Taşıma gücü 4-5 kg/cm² ve daha yüksek olarak bilinen zeminlere, normal temellerle oturan yapılar)

$C = 0.04$ (Taşıma gücü 4-5 kg/cm² den daha az olarak bilinen zeminlere, normal temellerle oturan yapılar)

$C = 0.06$ (Temelleri kazıklı olan yapılarda)

Karşılaştırma için birde Japon ve Amerikan Köprü Yönetmeliklerinde verilen hesap katsayılarına bakmak yararlıdır. Japon Yönetmeliğinde (4) C katsayısı en az 0.10 ve en çok 0.30 'olmaktadır. Kısaca Türkiye'de kullanılan katsayıların 5 katı kadar daha büyük katsayı kullanılmaktadır. Amerika depreme çok maruz kalan Kalifornia Eyaletinde katsayılar 0.02-0.10 arasında değişmektedir. Ancak 1971 San Fernando depreminden sonra köprülerde oluşan büyük hasar, bu katsayıların yeterli olmadığını ortaya çıkarmış ve daha gerçekçi bir yönetmelik hazırlanana kadar mevcut yönetmelikten bulunan katsayıların 2-3 kere daha büyütülerek kullanılması kabul edilmiştir (5).

Türkiye'nin bir çok bölgesi deprem aktivitesi ve oluşan depremlerin şiddeti bakımından Japonya ve A.B.D.'nin Kaliforniya eyaletinden hiç de aşağı değildir. Türkiye'de de yatay kuvvet katsayılarının artırılması gerekir.

Japon ve Amerikan yönetmeliklerine göre katsayı hesabında köprü yapısının dinamik özellikleri (doğal titreşim periyodu), köprünün oturduğu zemin, köprünün bulunduğu bölgenin deprem bakımından önemi (Deprem bölge katsayısı), köprünün kullanma açısından önemi gibi birçok faktörler dikkate alınmaktadır. Amerikan yönetmeliğinde köprü ayağının perde duvar veya betonarme çerçeve veya kolon olması gibi yapısal faktörler de dikkate alınmaktadır.

Türkiye'de de köprüler için deprem kuvvetleri seçilirken sadece köprünün oturduğu zemin cinsi ile yetinilmemelidir. Köprünün kaçınıcı derece deprem bölgesinde olduğu (dolayısı ile karşılaşabileceği en büyük depremin şiddeti), taşıyıcı ayak sisteminin özellikleri, üzerinde bulunduğu karayolunun önemi gibi faktörler de deprem yatay kuvvet katsayısının seçiminde dikkate alınmalıdır. Deprem kuvvetinin seçimi sırasında üzerinde durulması gereken bir başka faktör de köprünün ekonomik ömrü, yani köprünün kaç sene kullanılacağıdır. 20-30 sene kullanılması söz konusu bir köprü o bölgede 20-30 sene içinde olması beklenen en şiddetli depreme dayanacak kadar sağlam yapılmalıdır. Yoksa 20 yıl kadar kullanılacak bir köprünün o bölgede 100-200 senede bir olan çok daha büyük şiddeteki bir depreme dayanacak şekilde yapımı, ekonomik değildir. Çünkü o şiddette deprem olmadan önce o köprünün artık kullanılmama ihtimali vardır. Dolayısı ile köprüye gereğinden daha fazla ve maliyeti arttıran bir depreme dayanıklılık konulduğu düşünülebilir. Öte yandan deprem gibi, acil ve olağanüstü durumda ulaşım sağlamanın önemi düşünülürse köprülerin depremi kullanılabilir şekilde atlatmalarına ne kadar gerek olduğu ve bu nedenle de mutlaka depreme yeteri kadar dayanıklı olacak önlemleri içermeleri gerektiği görülür. Bilgi edinilmesi için Kalifornia Eyaleti Ulaştırma Dairesi Köprüler için Deprem Yönetmeliği Eklisi olarak verilmektedir (EK - 1) (12).

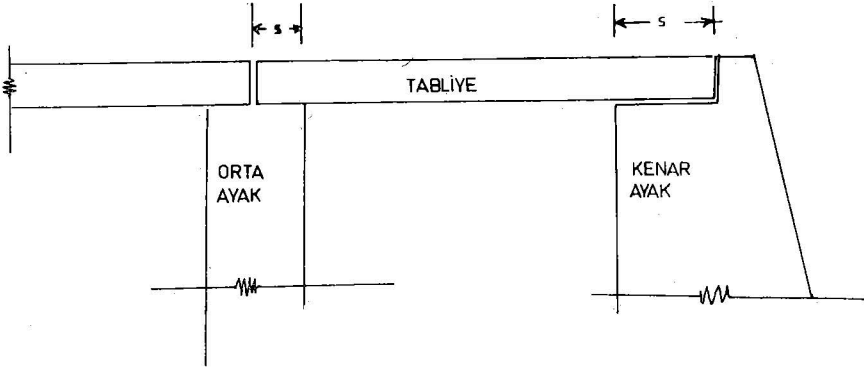
Yapısal (Konstrüktif) Ayrıntılar

Depreme dayanıklı yapılarda deprem kuvvetlerinin dikkate alınması kadar yapı elemanlarının ayrıntılarının ne şekilde olması gerektiği üzerinde de önemle durulmaktadır.

Yol köprüleri İçin Teknik Şartname'de konstrüktif ayrıntılar madde 1.4.6 ve 1.5.14'de verilmektedir. Bu ayrıntılar genellikle olumlu olmakla birlikte bazı çok önemli ayrıntılara yeteri kadar açıklık kazandırılmamış olduğu görülmektedir. Burada genellikle depremlerde sık rastlanan tabliyelerin mesnetlerinden düşmesini önlemeyi amaçlayan konstrüktif ayrıntılardan söz edilecektir.

Köprülerin depremlerde uğradıkları hasar şekilleri konusunda çeşitli kaynaklardan ayrıntılı bilgiler sağlanabilir (5,6,7,8,9,10). Bu ayrıntılar özet olarak şu şekilde sıralanabilir :

1 — Tabliyelerin ve kirişlerin oturdukları mesnetlerden düşmelerini önlemek için ayak kenarı ile tabliye veya kiriş bitimi arasındaki minimum S mesafesi belirlenmesi Şekil-1.



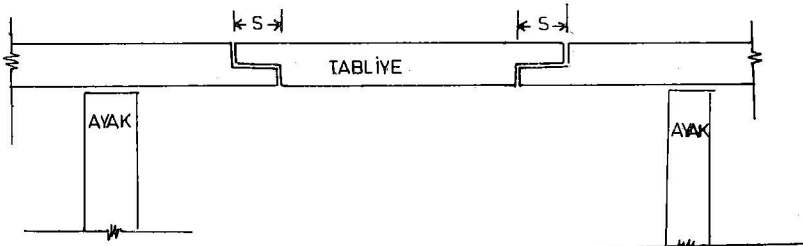
ŞEKİL -1- KÖPRÜ AYAKLARINDA MESNET MESAFESİ

Bu mesafe, Japon Yönetmeliğinde

$$\begin{aligned} S &= 20 \text{ cm} + 0.5 L && \text{eğer } L < 100 \text{ m.} \\ S &= 30 \text{ cm} + 0.4 L && \text{eğer } L > 100 \text{ m.} \end{aligned}$$

Burada L metre cinsinden iki ayak arasındaki açıklıktır. Ayrıca hiçbir halde $S = 35 \text{ cm}$ 'den daha az olamaz.

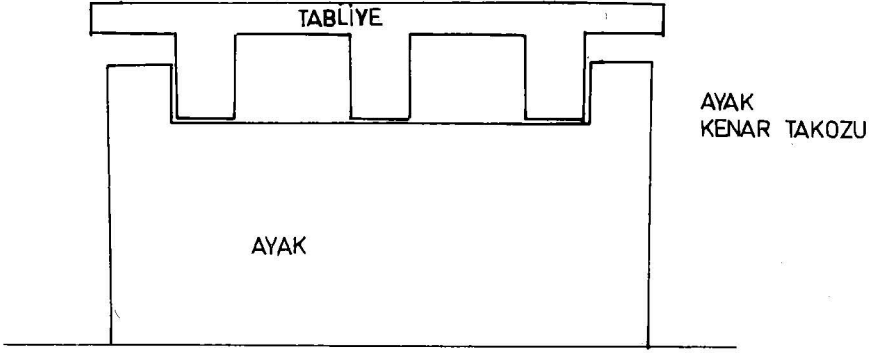
2 — Türkiye'de çok yaygın olan gerber kirişli (mafsallı) köprülerde de kirişler üzerindeki mafsalların S mesafelerinin belirtilmesi Şekil-2.



ŞEKİL - 2 . MAFSALLI KÖPRÜLERDE MİNİMUM TABLİYE MESNET MESAFESİ

Japon yönetmeliğinde gerber kirişlerde kirişlerin bindirme mesafesi (S) en az 60 cm, eğer köprü zayıf zeminde ise en az 70 cm olmak zorundadır.

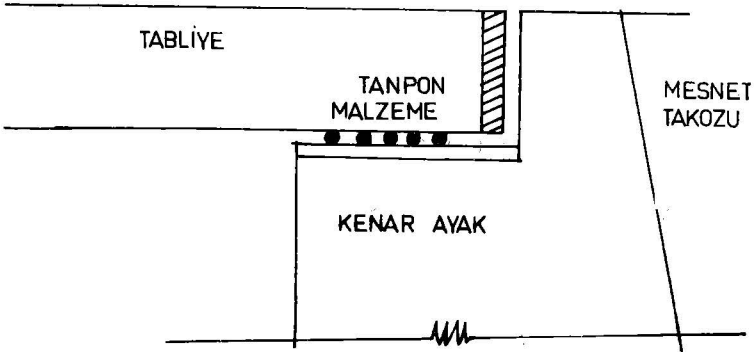
3 — Köprü tabliyesinin köprünün eksenine dik yönde kaymasını önlemek için de ayakların kenarlarına takozlar yapılması (Şekil-3).



ŞEKİL - 3 . KÖPRÜ EKSENİNE DİK YÖNDE AYAK TAKOZU

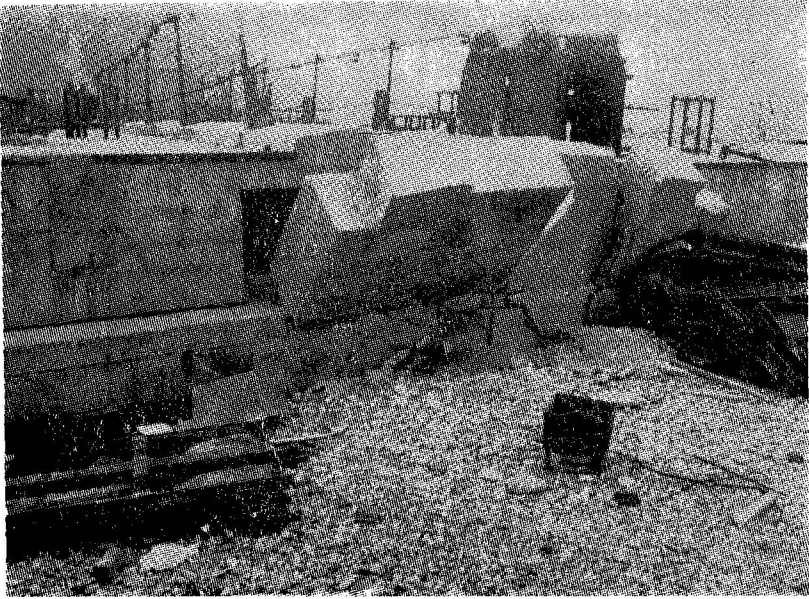
Bu takozun mutlaka donatılı ve tabliyenin ağırlığının en az yarısına eşit bir kesme kuvvetine dayanabilecek kapasitede olması gerekir.

4 — Tabliyenin kenar ayağa oturduğu yerde, mesneti kırması için buradada bir deprem takozu yapılması (Şekil-4).



ŞEKİL - 4 . KENAR AYAK MESNET TAKOZU

Bu takozunda mutlaka betonarme ve tabliye ağırlığının yarısına eşit bir kesme kuvvetine dayanabilecek güçte olması gerekir. Yoksa Resim-1'de görülen hasar olması mümkündür.



Resim : 1

Burada depremler nedeni ile köprülerde olan belli başlı hasar şekillerine karşı etkili ayrıntılardan bahsedilmiştir. Çeşitli ülkelerin depremlerde köprülerde olan hasarı önlemek için düşündükleri ve uyguladıkları değişik konstrüktif ayrıntıları veren çeşitli kaynaklar bulunmaktadır. (4,6,10,11)

Sonuç

Karayolları Genel Müdürlüğünün "Yol Köprüleri için Teknik Şartnamesi" deprem etkilerinin dikkate alınması ve depreme dayanıklılığı arttıracak konstrüktif ayrıntılar açısından tam bir güvenlik vermemektedir. Depreme dayanıklı köprü yapımında oluşan son gelişmelerin bu şartnameye katılmasında Türkiye'de giderek gelişen ekspres yolların yapımı düşünülürse kesinlikle yarar vardır.

KAYNAKLAR

- 1 — Karayolları Genel Müdürlüğü "Yol Köprüleri İçin Teknik Şartname" Yayın No. 207, Ankara 1973.
- 2 — Housner "Strong Ground Motion" Earthquake Engineering, Ed. Wiegel, Prentice-Hall 1970.
- 3 — Shunzo Okamoto "Introduction to Earthquake Engineering" University of Tokyo Press 1973.
- 4 — Japan Road Association "Specifications for Earthquake Resistant Design of Highway Bridges" English Translation, Jan, 1972, Tokyo.
- 5 — A. L. Elliott, I. Negai "Earthquake Damage to Freeway Bridges" San Fernando Earthquake Report 1973.
- 6 — Nejat Bayülke "Depreme Dayanıklı Köprü Yapımı" Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni No. 2 Sayfa 28-51, Temmuz 1973, Ankara.
- 7 — A. L. Elliott "The San Fernando Earthquake : A lesson in Highway and Bridge Desing" ASCE Civil Engineering September 1972.
- 8 — Tadayoshi Okubo "Damage to Bridges Caused by San Fernando Earthquake" Conference Notes at IISEE 1972 Tokyo-Japonya.
- 9 — Hulki Uyar "Bingöl Depreminde Hasar Gören Göynük Köprüsü ve Onarım Çalışmaları" Karayolları Genel Müdürlüğü Ankara 1972.
- 10 — Toshio Iwasaki "Earthquake Resistant Desing of Bridges in Japan" Bulletin of Public Works Research Institute Wolume 29, May 1973, Tokyo.
- 11 — Japan Society of Civil Engineers "Earthquake Resistant Desing for Civil Engineering Structures, Earth Structures and Foundations in Japan" 1973, Tokyo.
- 12— James H. Gates "California's Seismic Desing Criteria Bridges" ASCE Jour. Struc. Dir. Vol. 102 S T12 Dec. 1976 PP 2301 — 2313.

**CALIFORNIA EYALETİ ULAŞTIRMA DAİRESİ KÖPRÜLER İÇİN
DEPREM HESAP YÖNETMELİĞİ**

19 Şubat 1974 Projecilere Talimat No. 15-10

Sismik Kuvvetler (Kısım 2—25)

Bütün köprüler, köprü yerinin aktif faylara uzaklığı, köprü yerindeki zeminin sismik davranışı köprünün bütün olarak dinamik davranış karakteristikleri, aşağıdaki kriterler uyarınca dikkate alınarak deprem hareketine dayanabilecek şekilde projelendirilecektir.

Eşdeğer Statik Kuvvet Yöntemi — Yaklaşık olarak aynı rijitliği olan ayaklar üzerine oturan köprülerde eşdeğer bir yatay kuvvet EQ köprüye tatbik edilebilir. Bu kuvvetin köprüye dağıtımında alt yapının ve taşıyıcı sistemin rijitliği, kenar ayakların sağladığı öteleme kısıtlamaları, ve köprünün deforme oluş şekli dikkate alınacaktır.

$$EQ = C F W \quad (1)$$

Burada EQ köprü ağırlık merkezine etkiyen eşdeğer statik yatay kuvvet, F = çerçeve faktörü. Bu katsayı yatay kuvvetlere karşı koyan tek kolon veya ayakların bulunduğu köprüler için 1.0 çerçeve boyunca etkiyen yatay kuvvetleri taşıyan sürekli çerçevelerin bulunduğu köprüler için 0.8 olarak alınır. W = köprünün toplam zati ağırlığı

$$C = ARS/Z \quad (2)$$

Burada C = birleştirilmiş mukabele katsayısı (katsayının çeşitli "kaya gibi" malzemeye olan alüvyon tabakası kalıntılarına göre değerleri Şekil E1, E2, E3, ve E4 de verilmektedir. Jeolojik İncelemeler Kısmı "kaya gibi" malzemeye olan derinliği tesbit edecek veya olağandışı şartlar için projeye biri "C" eğrisi verecektir.) A = köprü yerinde ana kayada beklenen maksimum ivme, g R = normalize edilmiş ana kaya mukabelesi, S = zemin büyüme spektral oranı, Z = düktilite ve risk değerine göre azaltma faktörüdür;

Köprünün doğal titreşim periyodu ise aşağıdaki formülden hesaplanmaktadır.

$$T = 0.32 \left(\frac{W}{P} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

Burada T = köprünün titreşim periyodu (sn), ve P = köprünün bir bü-

tün olarak 1 inç (25 mm) maksimum yatay öteleme yapması için gereken toplam üniform kuvvettir. Titreşim periyodu dinamik analiz teknikleri kullanılarak da hesaplanabilir.

Davranış spektrumu yöntemi — Karmaşık köprülerde sismik analiz için bir davranış spektrumu dinamik yaklaşımı kullanılacaktır. Şekillerde verilen Birleşik Davranış Eğrileri (veya Jeolojik İncelemeler Kısımınca verilmiş eş değer eğriler) "C", çerçeve faktörü F ile değiştirilip (çarpılarak), proje davranış spektrumu olarak kullanılacaktır.

En az Kuvvet Seviyeleri Eşdeğer statik kuvvet yöntemi ile Hesaplanan 'C' $A \geq 0.3g$ 'den daha büyük olan köprülerde 0.10'dan ve $A < 0.3 g$ olan köprülerde 0.06'dan küçük olamaz.

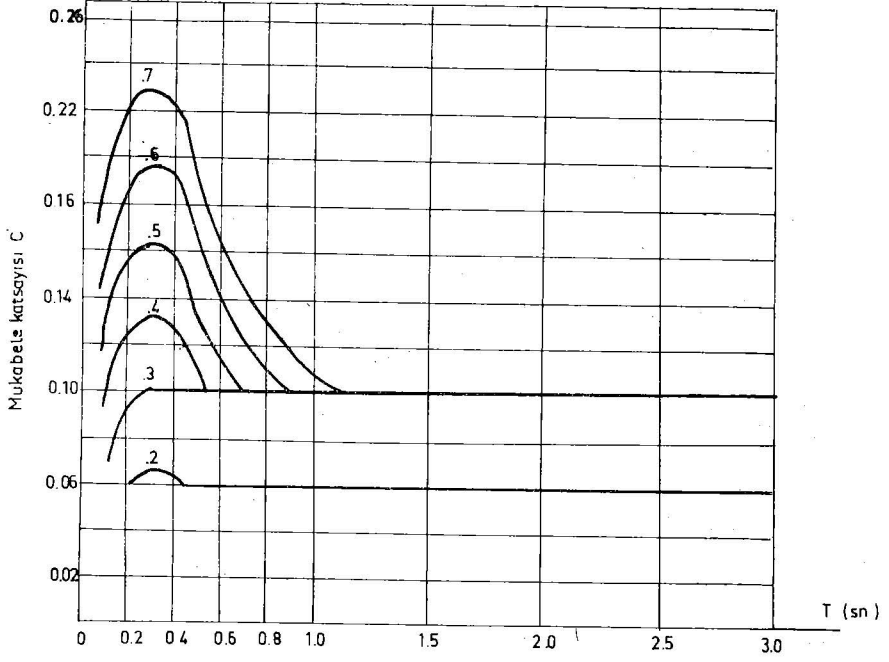
Özel Durumlar — Aktif fayların yanındaki, olağandışı jeolojik şartları olan köprü yerleri ve doğal periyodu 3.0 saniyeden büyük olan köprüler özel durumlar olarak kabul edilecektir. Bu köprüler bilinen sismisite, zemin davranışı ve dinamik analiz teknikleri kullanılarak projelendirilmek zorundadırlar.

Ötelemeleri Kısıtlayan Ayrıntıların Projelendirilmesi — Üst yapının ötelemelerini sınırlayan ayrıntılar, yani mafsal bağlamalar, kesme takozları vb. aşağıdaki kuvvete göre hesaplanacaktır.

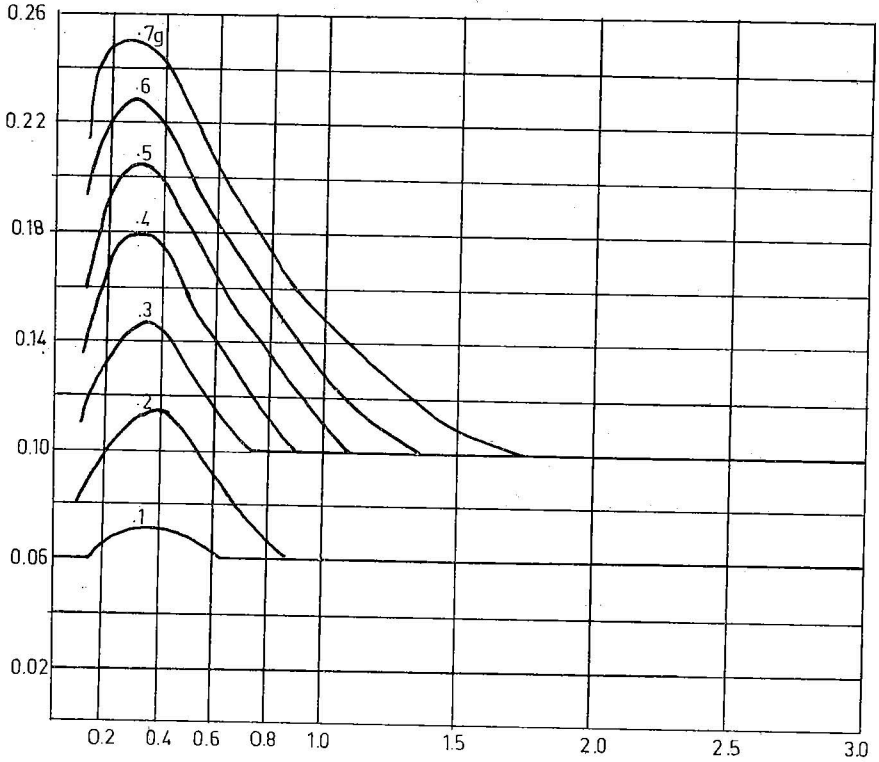
$EQ = 0.25 \times$ ilgili zati yük- EQ'den dolayı oluşan kolon kesme kuvveti

"İlgili Zati Yük" bütün çerçeve incelenerek tesbit edilecektir. Örneğin: Bir ucu sabit diğer ucu kayıcı mesnetli olan bir açıklıkta bütün üst yapı sabit kenar ayakta "ilgili zati yük" olarak alınırken, her bir orta ayakta üst yapının yarısı "ilgili zati yük" olarak köprü eksenine dik yöndeki EQ'nın bulunması için kullanılacaktır.

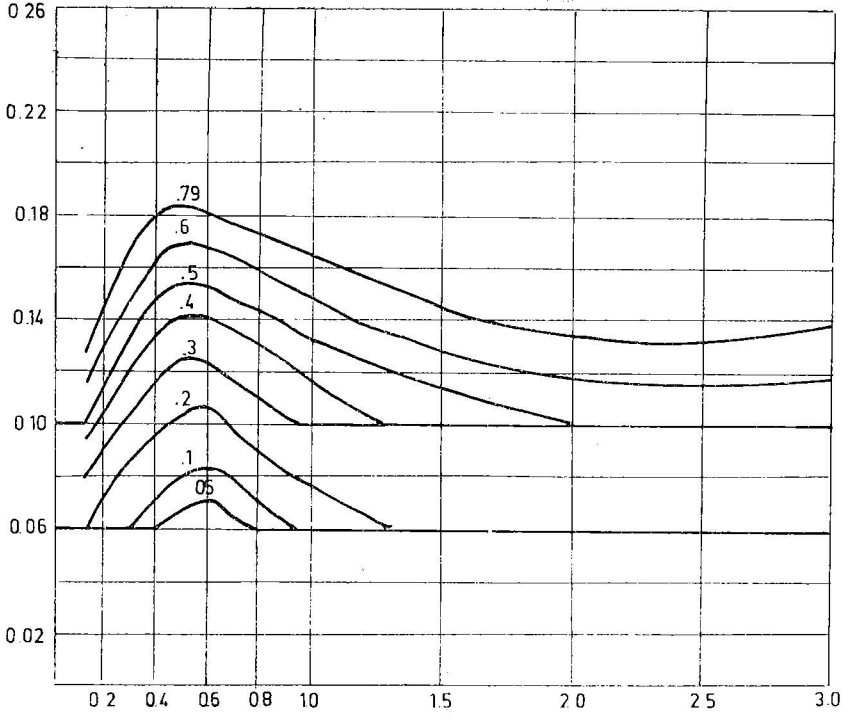
Bir çerçevede ise, örneğin iki açıklıklı bir yapıda, boyuna doğrultuda köprünün bütün boyu "ilgili zati yük" için kullanılmalıdır. Bulunan kuvvetler, depremde dolayı kolonda oluşan kesme kuvveti çıkartılarak azaltılabilir. Mafsal bağlamaları için iki çerçeveden daha küçüğünün zati yükü çarpı 0.25 kullanılır ve EQ'den dolayı oluşan kolon kesme kuvvetleri çıkartılabilir.



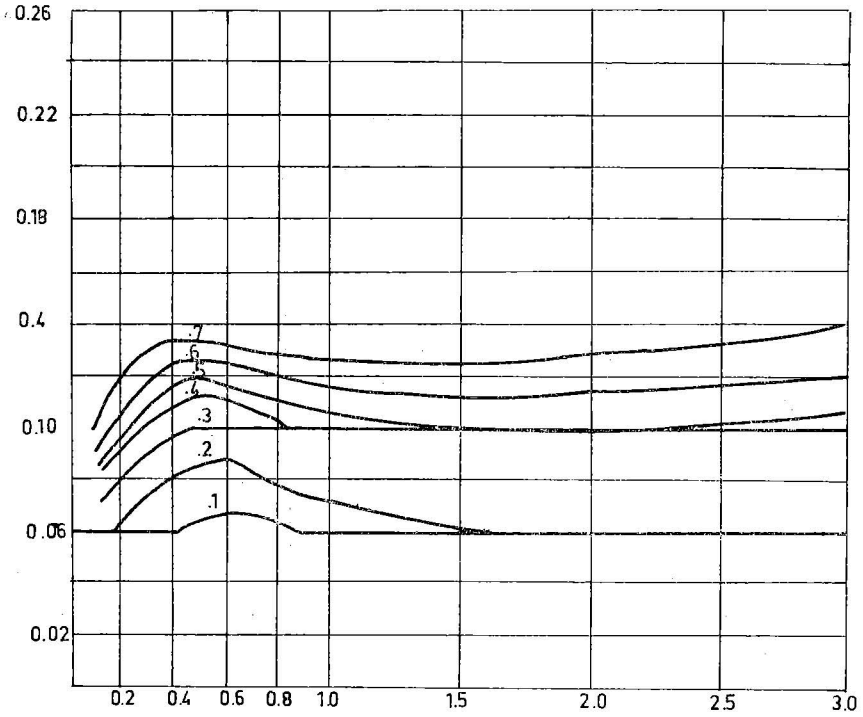
ŞEKİL - E1 . Anakaya Üzerindeki Alüvyon Kalınlığı 3 metreye kadar



ŞEKİL - E2 . Anakaya Üzerinde Alüvyon Kalınlığı 3~25 metre Arasında



ŞEKİL - E3 Anakaya Üzerinde Alüvyon Kalınlığı 25-45 metre arasında



ŞEKİL - E4 . Anakaya Üzerinde Alüvyon Kalınlığı 45 metreden fazla

DEPREM YÖNETMELİĞİ YAPI TİPİ KATSAYISININ KARAR TABLOSU TEKNİĞİ İLE İNCELENMESİ

Sina SENİRKENT*

SUMMARY

Decision tables bring together and present related information to express complex decision logic in a way that is easy to visualize and follow. "K-Coefficient" of the Turkish Code for the design and construction of structures at the disaster (Seismic) areas has been discussed by using decision tables.

Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik yayınladığı tarihten itibaren bugüne kadar kullanılmış ve bir nevi tatbikat laboratuvarından geçmiş bulunmaktadır. Her ne kadar yazımızın tarihine kadar yönetmeliğe uygun yapılmış yapılar orta veya daha şiddetli herhangi bir depreme maruz kalmamışlarsa da, yönetmelik binlerce yapının projelendirilmesinde kullanılmış bulunmaktadır. Şimdiye kadar yapılan proje tatbikatlarında yönetmelikte bazı boşluklar, eksiklikler, uyumsuzluklar olduğu ortaya çıkmıştır. Yazımızın amacı yönetmeliğin bazı noktalarını eleştirmektir. Bunu yaparken bilgisayar programlama tekniği için geliştirilmiş olan ve adına "karar tablosu" adı verilen analiz usulünü tatbik edeceğiz.

Kanaatimizce Yönetmeliğin 13.4.4. maddeleri ve 13.3 Tablosunda değerleri verilen yapı tipi katsayısı (K), deprem kuvvetinin hesabında kullanılan C deprem katsayısını etkilediği için yazımızda karar tablosu tekniği ile bu katsayıyı tesbit eden şartlardaki aksaklıkları tartışma düzeyine çıkarmak istiyoruz.

Evvla karar tablosundan kısaca bahsedelim. Dört bölümlü olan karar tablosunun sol üst bölümü alt alta yazılmış olan mantıklı halleri, sağ üst bölümü ise yukardan aşağı doğru okumak suretiyle sol üst bölümlerde belirtilen mantıklı halleri birbirine bağlamaktadır. Bu surette her kolon bir durumu meydana getirmiş olmaktadır. Sağ üst bölümdeki hanelerde doğru ilişkilere Evet (E), yanlış ilişkilere Hayır (H) yazılarak ve ilgili olmayan hallerin karşılığını boş bırakmak suretiyle değişik durumlar listelenmiş olur. Sol alt bölüm ise, bütün hareket tarzlarının alt alta listelenmesinden ibarettir.

Sağ alt bölüm ise sağ üst bölümdeki kolonların meydana getirdiği durumlara sol alt bölümdeki hareketlerden hangileri tatbik edilecek ise onların X işa-

* İnş. Yük. Müh.

reti ile gösterilmesini sağlar. Basit bir misal olarak Tablo I. de bir analizi karar tablosunda veriyoruz.

Bu misalde uçak bileti isteyenlere, yer varsa uçak bileti, vapur bileti isteyenlere, yer varsa vapur bileti kesme talimatı verilmiştir. Vapur veya uçakta yer olmadığı zaman ne yapılacağı belirtilmediği için talimatta eksiklik vardır.

	1	2	3	4
UÇAK BİLETİ TALEBİ	E	E		
VAPUR BİLETİ TALEBİ			E	E
UÇAKTA YER VAR	E	H		
VAPURDA YER VAR			E	H
UÇAK BİLETİ KES	X			
VAPUR BİLETİ KES			X	

TABLO I

Yapı tipi katsayısını tespit için yönetmelikte yazılı hal ve hareketleri karar tablosu halinde yazarak elde edilen analiz Tablo 2'de* gösterilmiştir.

Bu analize göre yapı tipi katsayısının bulunmasında "tanımı ayrıca yapılmamış tüm taşıyıcı sistemler" demekle bütün eksik ve boşluklar doldurulmuş olmaktadır. Fakat K Katsayısının felsefesi en fazla düktiliteye sahip olabilecek yapıya en küçük deprem katsayısı ve en az düktilitesi olan yapıya ise en yüksek deprem katsayısı kullanılması olduğundan, tarifi yapılmamış sistemlerin düktiliteleri belli olmadan bir K katsayısı verilmesi aslında bir eksiklikler. Bu durumu bir misal ile ileride daha da açıklayacağız.

Karar tablosuna bakarak K Katsayılarının yapıların düktilitelerini tam olarak aksettirip aksettirilmediklerini inceleyerek :

En düşük katsayı $K = 0.6$ olduğuna göre bunun şartlarına uyan :

- 1 — Düktil çerçeveleri ile yatay yüklerin % 100 ünü taşıyan üç veya daha fazla katlı betonarme bölme duvarlı sistemler.
- 2 — Düktil çerçeveleri ile yatay yüklerin % 100 ünü taşıyan üç veya daha fazla katlı yatay ve düşey donatılı yığma bölme duvarlı sistemler.

$K = 0.8$ Katsayısının şartlarına uyan :

- 3 — Düktil çerçeveleri ile yatay yüklerin en az % 25'ini taşıyan perde duvarlı, üç veya daha fazla katlı ve betonarme bölme duvarlı sistemler.
- 4 — Düktil çerçeveleri ile yatay yüklerin en az % 25'ini taşıyan, perde duvarlı, üç veya daha fazla katlı, yatay ve düşey donatılı, yığma bölme duvarlı sistemler.
- 5 — Düktil çerçeveleri ile yatay yüklerin % 100 ünü taşıyan, üç veya daha fazla katlı, donatısız yığma bölme duvarlı sistemler.

(*) Tablo 2. yazarın gönderdiği orijinal metin ekinde çıkmamıştır.

K = 1.0 Katsayısının şartlarına uyan :

- 6 — Düktil çerçeveleri ile yatay yüklerin en % 25'ini taşıyan perde duvarlı ve donatısız yığma bölme duvarlı sistemler.
- 7 — Tanımı ayrıca yapılmamış tüm taşıyıcı sistemler.
- 8 — Düktil çerçeveleri ile yatay yüklerin % 100'ünü taşıyan hafif ve az bölme duvarlı sistemler.
- 9 — Düktil çerçeveleri ile yatay yüklerin en az % 100'ünü taşıyan prefabrike beton bölme duvarlı sistemler.
- 10 — Düktil çerçeveleri ile yatay yüklerin en az % 25'ini taşıyan perde duvarlı tek ve iki katlı, betonarme bölme duvarlı sistemler.
- 11 — Düktil çerçeveleri ile yatay yükleri en az % 25'ini taşıyan perde duvarlı tek ve iki katlı, yatay ve düşey donatılı yığma bölme duvarlı sistemler.
- 12 — Düktil çerçeveleri ile yatay yüklerin % 100'ünü taşıyan tek ve iki katlı, betonarme bölme duvarlı sistemler.
- 13 — Düktil çerçeveleri ile yatay yüklerin % 100'ünü taşıyan tek ve iki katlı yatay ve düşey donatılı yığma bölme duvarlı sistemler.
- 14 — Düktil çerçeveleri ile yatay yüklerin % 100'ünü taşıyan tek ve iki katlı donatısız yığma bölme duvarlı sistemler.

K = 1.2 Katsayısının şartlarına uyan :

- 15 — Düktil çerçeveleri ile yatay yüklerin en az % 25'ini taşıyan perde duvarlı, hafif ve az bölme duvarlı sistemler.
- 16 — Düktil çerçeveleri ile yatay yüklerin en az % 25'ini taşıyan perde duvarlı, prefabrike beton bölme duvarlı sistemler.
- 17 — Düktil olmayan çerçeveleri ile yatay yüklerin % 100'ünü taşıyan betonarme bölme duvarlı sistemler.
- 18 — Düktil olmayan çerçeveleri ile yatay yüklerin % 100'ünü taşıyan yatay ve düşey donatılı yığma bölme duvarlı sistemler.

K = 1.33 Katsayısının şartlarına uyan :

- 19 — Tüm perde duvarlı kutu sistemler.
- 20 — Diyagonalı çelik kafes çerçeveleri ile yatay yüklerin % 100'ünü taşıyan betonarme bölme duvarlı sistemler.
- 21 — Diyagonalı çelik kafes çerçeveleri ile yatay yüklerin % 100'ünü taşıyan yatay ve düşey donatılı yığma bölme duvarlı sistemler.

K = 1.50 Katsayısının şartlarına uyan :

- 22 — Düktil olmayan çerçeveleri ile yatay yüklerin % 100 ünü taşıyan donatısız yığma bölme duvarlı sistemler.

- 23 — Düktil olmayan çerçeveleri ile yatay yüklerin % 100'ünü taşıyan hafif ve az bölme duvarlı sistemler.
- 24 — Düktil olmayan çerçeveleri ile yatay yüklerin % 100'ünü taşıyan prefabrik beton bölme duvarlı sistemler.
- 25 — Diyagonalı çelik kafes çerçeveleri ile yatay yüklerin % 100'ünü taşıyan donatısız yığma bölme duvarlı sistemler.

K = 1.6 Katsayısının şartlarına uyan :

- 16 — Diyagonalı çelik kafes çerçeveleri ile yatay yüklerin % 100'ünü taşıyan hafif ve az bölme duvarlı sistemler.
- 27 — Diyagonalı çelik kafes çerçeveleri ile yatay yüklerin % 100'ünü taşıyan prefabrik beton bölme duvarlı sistemler.

Yukarıda listelediğimiz sistemler Yönetmelik Tablo 13.3 deki çerçeve sistemlerini tamamen kapsamaktadır.

Burada en büyük çelişki 17, 18, 22, 23 ve 24 nolu sistemlerin düktil olmayan sistemler olması ve yönetmelik bölüm 6.2'ye göre Yönetmelikte önerilen koşullara uygun olarak yapılan betonarme çerçeve perde ve çerçeve perde sistemlerle, düktiliteyi sağlayacak biçimde usulüne uygun olarak yapılan öngörülmesi beton yapılara düktil sistemler denir tarifi ile yönetmeliğin kapsamına sadece düktil sistemlerin alınmış olması yüzünden düktil olmayan betonarme yönetmelik haricidir. Bu hale göre düktil olmayan sistemlerin yapı tipi katsayısına dahil edilmesi tartışma konusudur.

1, 2, 12 ve 13 nolu sistemler kat tahditleri hariç, tamamen aynı sistemlerdir. Buna göre 1 ve 2 nolu sistemler üç veya daha fazla katlı, 12 ve 13 nolu sistemler ise tek veya iki katlıdır. Bir yapının düktilitesi kat adedi ile değişmeyeceğine göre, tek ve iki katlı yapılara % 67 daha fazla deprem yükü verilmesi tartışma konusudur.

Yatay yüklerin düktil çerçeveler ile taşınması yapıya deprem anında gelecek kuvvetleri azalttığından dolayı, böyle bir yapının hesabında daha az deprem tesirleri kullanılmasına müsaade edilir. Karar tablosuna göre yatay yüklerin % 10'nu düktil çerçeveleri taşıyan bir sistemin tanımı yapılmamış olduğundan, K Katsayısı $K = 1.0$ olmakta ve böylece daha düktil olanı 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13 ve 14 nolu sistemlerle aynı katsayıya sahip olmakta ve 15, 16, 17 nolu sistemler daha düktil olmalarına rağmen % 20 daha fazla kuvvete göre hesaplanmaktadır.

8, 15 ve 23 numaralı sistemlerde bölme duvarların az ve hafif olması hali düşünülmüştür. Duvarların az ve hafif olması yapıya duvarların çok ve ağır olmasından daha fazla düktilite sağlar. Duvarların çok ve ağır olması şartı tanımlanmamış olduğu için katsayı $K = 1.0$ olacaktır. Böylece daha fazla düktil olmasına rağmen 8 nolu sistem aynı katsayı ile 15 nolu sistem % 20 ve 23 nolu sistem ise % 33 daha fazla kuvvete göre hesap edilecektir. Duvarların az ve hafif olduğunun hangi ölçüye göre hesap edileceği de ayrı tartışma konusudur.

Betonarme hafif ve az bölme duvarlı sistemler, yatay ve düşey donatılı hafif ve az bölme duvarlı sistemler, donatısız hafif ve az bölme duvarlı sistemlerin tanımı ayrıca yapılmadığından 1,2,3,4 ve 5 nolu sistemlere dahil olup $K = 0.6$, $K = 0.8$ katsayıları kullanılabilirken, duvarlarının hafif ve az olması ile daha düktil olmaları icap ederken $K = 1.0$ kullanılması tartışma konusudur. Hafif ve az bölmeli duvarlı sistemde duvarlar ya donatılı ya da donatısız olacağından ve bunun da tanımı ayrıca yapılmamış olduğundan katsayı 15 nolu sistemde $K = 1.2$, 23 nolu sistemde $K = 1.5$ ve 26 nolu sistemde $K = 1.6$ yerine yine $K = 1.0$ kullanılması icabedecektir. Bu durumda tartışma konusudur. Yatay yüklerin % 100'ünü taşıyan diyagonal çerçvelerin düktil olup olamayacağı anlaşılabilir ve kanaatimizce bu tip çerçvelere diğer sistemlere kıyasla çok yüksek katsayı değeri verilmiştir. Bu tip çerçvelere yatay yüklerin bir kısmını taşıyacak perdeler ilave ederek yani daha az düktil bir şekle sokarak ayrıca tanımı yapılmamış bir sistem meydana getirip katsayıyı $K = 1.6$ dan $K = 1.0$ e hesaben indirmek kabul olmaktadır.

Yönetmeliğin 6.2 maddesinde, özel önlemler ile düktilitesi sağlanmış prefabrik elemanlı sistemlerin düktil olduğu kabul edilmişken, çok daha az düktil olan donatısız yığma bölme duvarlı sistemlere nazaran prefabrik beton bölme duvarlı sistemlerin K Katsayısının daha fazla olması da tartışmaya açıktır.

Yukarıda verdiğimiz misallerle analizi derinleştirip arttırmak kabildir. Burada belirtmek istediğimiz bir nokta Yönetmeliğin Yapı tipi katsayısının kapsamında, fazla detaya inildiğinden, çelişkiler meydana gelmiştir. Kanımızca bu çelişkilerden kurtulmak için detayların arttırılması yerine bu maddenin basitleştirilmesi yoluna gidilmesi muhakkak ki çok daha yararlı olacaktır.

DEPREM BÖLGELERİNDE BULUNAN BÜYÜK BOYUTLU PANOLARDAN OLUŞMUŞ YAPILARLA İLGİLİ BAZI ARAŞTIRMALAR

Yazan : Diaconu M. ve Diğerleri*

Çeviren : Nejat Bayülke**

1. GİRİŞ

V-X deprem şiddet seviyeleri beklenen bölgelerdeki büyük boyutlu panolardan oluşan yapıların yapımında, özellikle yapının bir bütün olarak mukavemeti, panoların ve birleşim yerlerinin biçim ve yapım şekilleri ile ilgili özel problemler vardır.

Bu problemlerin çözümü için Halk Konseylerinin Problemleri Komitesi tarafından başlatılan ve Yapı Araştırma Enstitüsü (INCERC), Yaşı ve Bükreş bölümleri tarafından Planlama, Mimari ve Standart Yapı Projelendirme ve Araştırma Enstitüsü (ISPART) ve Yaşı Üniversitesi İnşaat Fakültesinin yardımları ile geniş kapsamlı bir deneysel ve teorik araştırma programı uygulanmıştır. Bu araştırmada, gerçek boyutta büyük panolu yapıların dinamik özellikleri, çeşitli pano birleşim sistemlerinin statik ve dinamik yükler altında davranışları, çeşitli tip panoların yatay kuvvetler altında taşıma gücü ve deformasyon özellikleri incelenmiş, üç ayrı tip büyük panolardan oluşmuş yapıların yatay statik, harmonik ve deprem kuvvetleri altında sarsma tablaları üzerinde (140 tonluk kapasitesi olan bir sarsma tablosu kullanılarak) deneyleri yapılmış; bu arada 10 katlı bir yapının hem hasarsız hem hasarlı hallerde statik, harmonik, ve sismik yükler altında yıkılma durumuna kadar yükleme deneyleri yapılmıştır.

Yukarıda yapılan araştırmalara dayanılarak ve teorik araştırmalarla desteklenerek, Bükreş Yapım Merkezi 1973'de ilk standart tip zemin kat artı 8 normal katlı büyük panolardan oluşan blok apartıman inşasını gerçekleştirmiştir.

Bu araştırma programı bu tarihe kadar büyük panolu yapıların büyük depremlere maruz kalmamış olmaları ve bu yapıların depremlere mukabelesinin temel özelliklerinin bilinmemesi nedeni ile gerekli görülmekte idi.

2. BÜYÜK BOYUTLU PANOLARDAN OLUŞMUŞ BAZI GERÇEK YAPILARIN DİNAMİK ÖZELLİKLERİ

Deprem kuvvetlerinin yapılarda yapacağı gerilim ve deformasyon etkilerinin hesaplanması, yapının depreme mukabelesinin çıkarılması, yapıların hem

*Manolovici M., Mihai M., Iticovici M., Palamaru G., Vasilescu D., Timcu G., Giusea N., Branzei A., Drimer M., Dull T., Giongradi I., Rotaru I., Strat L., (INCCERC, ISPART ve Yaşı İnşaat Fakültesi Mensupları)

**Deprem Araştırma Enstitüsü

dinamik özelliklerinin hemde bu özelliklerin çeşitli yük seviyelerine göre değişimlerinin bilinmesini gerektirir.

Gerçek yapılar üzerinde yapılan ölçümlerden, tabii titreşim periyotları (aynı zamanda çeşitli parametrelerin periyotlar üzerindeki etkileri), yüksek modlardaki titreşimleri (Resonans eğrileri yardımı ile), sönüm oranları (serbest sönüm ve rezonans eğrilerinden), mikrosismik etkiler, titreşim jeneratörleri, binanın çevresindeki zeminde oluşturulan darbeler vasıtası ile yapılan titreşim deneylerinden çıkarılmıştır.

Kullanılan araştırma yöntemleri ve deney sonuçları Romanya'da yapılan zemin artı 4 ve zemin artı 7 katlı mevcut yapıların dinamik özelliklerinin muhtemel değerleri ve bunların değişim limitleri hakkında gerçek bir fikir vermiştir (1,2-3,4).

Ölçümlerin incelenmesinden aşağıdaki sonuçlara varılmıştır :

— Mikrotremor ölçümleri ve yapının çevresinin etkisinde yaptığı titreşimlerden tabii titreşim periyodu süratle ve hassas bir şekilde saptanabilir. Ölçülen değerler ölçüm sırasında yapının bulunduğu gerilim seviyesine karşılıktır. Titreşim jeneratörleri kullanılarak ölçülen 1 nci mod titreşim periyotları ile mikrotremor ve yapının çevresinin etkisinde (ambient) yaptığı titreşimlerden bulunan periyotlar arasında tam bir uyum vardır. Aynı cins zemin üzerindeki yapıların ölçülen periyotları arasındaki fark yüzde birkaç mertebesinde kalmaktadır.

— Ölçülen tabii titreşim periyotları enine doğrultuda bodrum artı 4 katlı yapılarda 0.3 saniye, bodrum artı 7 katlı yapılarda 0.4 saniye iken, boyuna doğrultuda 0.28 ve 0.38 saniye olarak bulunmuştur.

— Aynı tip yapılarda zeminin cinsi, yapının birinci mod titreşim periyoduna önemli ölçüde, % 20 ile % 30 arasında, zeminin alüvyon, lës, kumlu-kil veya kahverengi kil olmasına bağlı olarak, etkimektedir. Zemin artı 4 katlı yapılarda ikinci mod titreşim periyotları birinci mod titreşim periyotlarından 2.25 kere daha küçük olup torsiyon periyotları 0.25 saniye civarındadır.

— Zemin katın esnek veya rijit oluşu birinci mod periyodu üzerinde önemli ölçüde etkimektedir.

— Titreşim jeneratörü ve analog bilgi sayarlarla elde edilen mod şekilleri, yapının analizinde yalnızca birinci modun dikkate alınmasının yeterli olduğunu göstermektedir. Çünkü ikinci mod titreşimlerinin genliği aynı titreşim enerji düzeyinde 17 kere daha az olmaktadır. Şekil-la,b.

Zemin artı 4 katlı yapılarda birinci titreşim modunda sönüm oranı % 9-10.7 arasında değişmektedir; daha yüksek titreşim modlarında kullanılan titreşim seviyesinde, sönüm yüzdesi birinci moddaki değerler seviyesinde kalmaktadır.

3. BAZI STANDART BÜYÜK BOYUTLU PANOLARIN YATAY YÜKLER ALTINDA DENEYLERİ

Bazı standart panoların yatay tek yönlü statik yüklemeye altında davranışı (5.6); lento, parapet ve pencere ve kapı boşlukları davranışı hakkında bilgi

vermekten başka, çatlakların oluşması ve gelişmesi ve de kırılma özellikleri ve taşıma güçleri hakkında bilgi vermiştir (çatlakların başladığı yükler 6.85-10.35 ton, kırılma kuvvetleri 13.70-17.50 ton arasında değişmektedir).

Bu durumda pano yüksekliği boyunca yatay limit kırılma ötelemesinin 0.71 mm. ile 0.92 mm. arasında bulunduğu hatırlatılmalıdır.

Çatlamanın başladığı andaki limit deformasyon elastik limit deformasyon olarak alınır ve kırılma anındaki deformasyonda maksimum limit birim deformasyon olarak kabul edilirse, en rijit elemanlarda azami düktilite faktörü olarak 5 elde edilmektedir.

4. ÇEŞİTLİ TIP DÜŞEY BİRLEŞİM YERLERİNİN STATİK VE DİNAMİK ETKİLER ALTINDA DAVRANIŞLARI

Büyük boyutlu panolu yapılardaki çeşitli tip birleşim yerlerinin etkili ve karşılaştırmalı çalışmasını saptamak için-Yapının normal yükler altında güvenliğini sağlamak ve ek yerleri ve deprem yükleri altında enerji yutma ve yeterli düktilite açısından- statik yükler (kesme, koparma, sıyırma, eğilme, asal ve birleşik gerilmeler altında) ve dinamik yükler (harmonik yatay kuvvetler altında kesme) altında, Şekil-2, birinci safhada 3 ana birleşim yeri tipinde, Şekil-3, ikinci safhada 6 tip birleşim yerinde, Şekil-4, birleşim yerlerinin davranışını veren deneyler yapılmıştır. Bütün birleşim yerleri ıslak tip olup, hepsinde panolardan gelen çelikten açık ve kapalı halkalar bulunmaktadır.

Yukarıdaki deneylerden elde edilen önemli sonuçlar (7,8,9,10) aşağıdaki gibi özetlenebilir :

— Kuru birleşimlere göre yağ birleşimlerin daha yüksek bir enerji yutma kapasitesi olduğu, uyum sağlama gücünün daha fazla olduğu, donatı kullanımında ekonomi sağladığı, rijitliğin daha yüksek olduğu, ve aynı zamanda birleşim yerindeki donatıların paslanmasının önlenip, gerilim birikimlerinin azaldığı görülmüştür.

— Halkalı normal ve soğukta burulmuş çelik kullanılarak yapılan birleşimlerde kaynak yapmağa gerek olmamakta dolayısı ile de yapım daha kolaylaşmakta ve kaynak yapımında karşılaşılan hata ve kusurlardan kurtulmuş olmaktadır. Elde edilen deneysel verilerden statik etkiler altında halkalı birleşimlerin kesme etkileri karşısında çok daha üstün bir davranış gösterdiği ve uyum olanağı olduğu görülmüştür. Çekme etkileri altında ise en yüksek mukavemet kaynaklı birleşimlerde görülmüştür.

— Statik yükler altında birleşim yerlerinin kırılma şekli soğukta burulmuş çelikten yapılanlarda gevrek, normal çelikten halkalı yapılmış birleşimlerde plastik, ve kaynaklı birleşimlerde de genellikle gevrek olmuştur.

— Birleşim yerlerinin dinamik yükler altındaki deneylerinin ilk kademesinde birleşim yerlerine yatay titreşimler veren bir sarsma aktüatörü 0.25-5 hertz frekanslarında (3-10 katlı büyük panolu yapıların titreşim frekansları bu değerler arasındadır) kesme gerilmeleri uygulanmıştır (dişsiz birleşim yerlerinde 15.3-19.1 ton/m. dişli birleşim yerlerinde 16.4-19.4 ton/m. kesme dayanımları elde edilmiştir). Buna karşılık soğukta burulmuş çelikten halkalı birleşim yerleri ile kaynaklı birleşim yerlerinde dişsiz birleşimlerin kesme daya-

nımlarının dişli birleşimlerin kesme dayanımlarından % 7-15 daha yüksek olduğu görülmüstür.

Birleşim yeri boyunca olan relatif deplasmanlar, genellikle kırılma kuvvetinin % 90'ına kadar olan kuvvetlerde tatbik edilen kuvvetle doğru orantılı olmuştur. Halkalı birleşimlerin yük-deformasyon eğrileri altındaki alanlar daha büyük olmuştur (yaklaşık olarak 2 kere daha büyük bir enerji yutma kapasitesi). Halkalı birleşimlerin enerji yutma gücünün daha yüksek olması yanında, dişsiz birleşimlerin dişli birleşimlere göre daha iyi davrandıkları da gözlenmiştir.

— Dinamik yükleme deneylerinin 2 nci kademesinde, değişik donatı yerleştirme sistemleri, kesitleri, boyutları ve şekilleri olan aynı birinci kademe deneylerinde olduğu gibi halkalı birleşim yerleri üzerinde yapılmıştır. Ancak bu bölümdeki nmnelerin birinci grup deneylerdeki nmnelerden farkı panoların kenarlarına, sonradan birleşim yerine dökülen beton ile arasında aderans olmaması için, bir cins zar konulmuş olmasıdır. Bu deneylerde ortalama kopma kuvvetlerinin 17.4-20 ton/m ve ortalama çatlama kuvvetlerinin 11.7-14.1 ton/m olduğu, bu değerlerin birleşim yeri detayına göre değiştiği gözlenmiştir.

Birleşim yeri, kopma kuvvetinin % 65 ile % 87'sine kadar elastik davranış göstermiş ve maksimum ötelemeye varıldığı zaman kesidin taşıdığı yükler birleşim yerinin taşıdığı maksimum yüklerin % 8-21 altına düşmüştür.

A—tipi birleşim yerleri (şekil-4) hem elastik sınır yükü hemde yıkılma anındaki maksimum yük kapasitesi bakımından diğer tip birleşim yerlerine göre daha yüksek değerler vermiştir. A—tipi birleşim yerlerinin relatif ötelenmesi çok az olurken, çatlakların genişlemesi için çok uzun aralık gerektiğinden enerji yutma kapasitesinde çok büyük olmaktadır

Bu cins birleşim yerlerinin kırılması panoların uçlarının ezilmesi, panoların dişlerinin kısmen ek yeri betonunu kesmesi ve pano ile birleşim yerindeki taze beton arasındaki sınırdaki çatlamalar ve panonun ek yeri betonundan sıyrılması şeklinde olmaktadır. Büyük birim deformasyonlar halinde, yani maksimum yüke varıldığındaki birim deformasyonunun 5-7 katındaki deformasyonlarda, birleşim yerlerinin yük taşıma kapasitesi, maksimum yük taşıma kapasitesinin % 50'si düzeyine inmektedir.

5. BÜYÜK BOYUTLU PANOLARDAN YAPILMIş NMNE YAPILARIN DEPREM ETKİLERİ ALTINDA DAVRANIŞI

Deneylerin yapıldığı nmne yapılar (11,12,13,14) beş katlı gerçek bir büyük boyutlu panolu yapının bir açıklığına karşılık olan  katlı bir yapıdır (şekil-5).

Birleşim yerleri soğukta burulmuş elik (Tip I) ve normal elik (Tip II) halkalı, ve kaynaklı (Tip III) olan  ayrı tip nmne yapı denenmiştir. I ve II nolu yapılarda düşey ve yatay birleşim yerleri mümkün olduğu kadar düzgün satırlı yapılırken III nolu yapıda yatay birleşim yerleri przl ve çentikli bırakılmıştır.

Bu deneylerin amacı yapısal birleşim yerlerinin gerçek durumlarda çalışmasını tesbit etmek ve birleşim yerlerinin tek başına çalışmasını yansıtan de-

neylerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırmak ve de bu cins yapıların deprem kuvvetleri altında yıkılıncaya kadar gösterdikleri davranışın ortaya çıkarılmasıdır. Bu nedenle model yapılar statik ve harmonik yatay kuvvetler altında denendikleri gibi, yapının yıkılmasına kadar kademeli olarak artan sismik yükler altında da denenmiştir. Şekil-6.

Sarsma tablasında yapılan sismik yükleme de bazı gerçek ve sentetik deprem ivme kayıtları kullanılmış ve yapının maksimum mukabelesinin çıkarılması için ivme kayıtlarının frekans kapsamının deneysel yapıların frekanslarına yakın değerlerde olmasına dikkat edilmiştir (Tablo-1).

Statik Deneylerden deneme yapılarının öteleme şekilleri arasındaki farklar çıkarılmıştır. Şekil-7. I ve II nolu deneme yapılarında kesme deformasyonları hakim iken III nolu yapıda eğilme deformasyonları hakim olmuştur. III nolu yapının % 15-20 kadar daha yüksek bir rijitliği olduğu, katlar arasındaki rölatif deplasmanlardan çıkarılmıştır. I ve II nolu yapıda bu miktar zemin ve 2 nci kat arasında % 16 iken, III nolu yapıda bu rölatif deplasman 4 kere daha azdır. Düşey birleşim yerlerindeki donatılarda önemsiz çekme kuvvetleri (0.9 ton/m) ve üst katlardaki lentolarda maksimum gerilimler bulunmuştur. Bu arada yüklemeye sonra I ve II nolu yapılarda yatay birleşimlerde maksimum birim deformasyonların % 15-20'si kadar kalıcı birim deformasyon olurken III nolu yapıda bu % 13-18 mertebesinde kalmıştır.

TABLO — I

Yapı	Uygulanan Deprem kaydı Sayısı	Kayıt Süresi (sn)	Deprem Kaydının Şiddeti (MM)
I	29	13-30	VI-XI
II	20	15-35	VI-XI
III	18	10-30	VI-XI

Bu yapıların davranışlarının genel bir incelemesi yatay statik kuvvetler altında soğukta burulmuş ve normal yapı çeliğinden halkalı birleşimler kaynaklı birleşimlere göre daha sünek (düktil) davranış göstermekte olduklarını ortaya koymaktadır. Bu arada yatay birleşim yerlerinin kenarlarında perde duvarların süreksiz olduğuna da işaret etmek gerekir.

Harmonik titreşimler altında yapılan deneylerde titreşim periyotları (0.70 saniye I,II ve III nolu yapılarda) ve sönm oranları (I nolu yapıda statik deneylerde bulunan değerlerin aynısı olmaktadır. I ve II nolu yapılarda daha büyük miktarlarda enerji yutma gücü varken, III nolu yapının daha büyük bir rijitliği olduğu görülmektedir.

Çeşitli depremlerin ivme kayıtlarının yapılara uygulandığı deneylerdeki sonuçlar iki ayrı kategoride incelenecektir.

—A kategorisi deneylerde yapılara uygulanan deprem kuvvetlerinin şiddeti yapıların elastik limit moment değerlerinin civarında olmuş, yatay birleşim yerlerinde çatlakların oluşmasına yol açmış ve panolar arasında ötelemeler yapılmakla kalmıştır.

— B kategorisi deneylerde, yapılara sarsma tablasında mümkün olan en büyük ivmeler (a_0) uygulanmış ve bu büyük ivmeler uzunca bir süre yapılara uygulanmıştır.

Bu deneylerin sonuçları şu şekilde özetlenebilir :

— A kategorisi deneylerde sarsma tablasının ivmesi bütün katlarda % 5-8 gibi küçük değişimler dikkate alınmaz ise aynen tekrarlanmaktadır. Bu yükleme düzeyinde yapı genellikle elastik davranış göstermiştir.

— B kategorisi deneylerde sarsma tablasına verilen ivmelerin yapının yüksekliği boyunca arttığı, yani yapının tabla ivmesini büyüttüğü görülmüştür. Bu artış I nolu yapının üst seviyesinde % 15, II nolu yapıda % 52 ve III nolu yapıda % 42 kadar olmuştur.

— Yapıların deforme oluş şekilleri (Şekil-8) deformasyona hakim olan etkileri (I ve II nolu yapıda kesme tipi davranış, III nolu yapıda eğilme tipi davranış) gösterirken, panolar arasındaki relatif ötelemelere de işaret etmektedir.

— A kategorisi yükleme sırasında I nolu yapıdaki düşey birleşim yerlerinde oluşan kayma kuvvetleri kopma kuvvetlerinin % 15'ine eşit iken, II nolu yapıda % 21'e ve III nolu yapıda % 10 olmaktadır.

— B kategorisi yüklemelerde ise birleşim yerlerindeki kayma kuvvetleri, kayma kuvveti taşıma gücünün, I nolu yapıda % 58'ine, II nolu yapıda % 73'üne, III nolu yapıda da % 41'ine eşit olmaktadır.

— İlk çatlaklar sismik kuvvetlerin etkidği yöndeki lentolarda olmuştur. Bu çatlaklardan sonra kapı ve pencere boşluklarının kenarlarındaki dolu kısımlardan lentolara bir miktar kuvvet daha gelmeğe devam etmiştir.

— Yatay ve düşey birleşim yerlerinde çatlakların oluşması her yapıda değişik şekillerde olmuştur. Panolarda hem yükleme yönünde hemde buna dik yönde (Yapının burulmalı titreşimlerinden dolayı) 45-60 dereceli çatlaklar olmuş deney sonunda çatlakların genişliği 0.8-1.5 mm. düzeyinde kalmıştır.

— Sarsma tablasının maksimum ivmeli hareketleri altında (I nci yapıda 7.3 m/s^2 (0.74 g), II nci yapıda 5.8 m/s^2 (0.59 g), III ncu yapıda 6.5 m/s^2 (0.66 g). Ek yerlerinde önemli kayma ve çatlamlar olmasına rağmen, yapılar yüksek şiddetli yeni sarsıntılara dayanabilmişlerdir.

— Depreme genel olarak mukabele açısından normal donatıdan halkalı birleşim yerleri olan II nolu yapı enerji yutma ve düktilite açısından en iyi davranışı göstermiştir.

— Teorik hesaplar ve deneysel sonuçların analog bilgi sayarlarla incelenmesinden beşkatlı büyük panolu yapıların birleşim yerlerinden oluşan kayma kuvvetleri VII MM şiddetindeki depremlerde 3.7-4.2 ton/m civarında olacağı ve yapının bu şiddetde bir depremde kullanma açısından emniyetli düzeyde olacağına işaret etmektedir.

— Araştırmalar bu bulguların deprem bölgelerinde olan (VII MM Şiddet) zemin artı on katlı yapılar içinde kullanılabileceğini gösterirken, bu tip yapıların projelendirilmesinde panoların şiddetli depremlerin etkisinde rölatif kay-

malarından dolayı düşey kesme duvarlarındaki süreksizlikleri dikkate alan analiz yöntemlerinin kullanılmasına da işaret etmektedir.

6. ZEMİN ARTI DOKUZ KATLI BİR YAPININ DEPREM ETKİLERİ ALTINDA DAVRANIŞI

Önceki deneylerin sonuçlarından büyük panolu yapıların kat adetlerinin artırılabilceği durumu dikkate alınarak ISART-Bükreş Zemin artı dokuz katlı bir yapının mimari ve statik uygulama projelerini hazırlamıştır.

Böyle bir yapı gerçek bir şiddetli depreme maruz kalarak denenmemiş olduğu için, bu yapının 1/4 boyutlu mikrobeton ve donatılı 10 katlı büyük panolu yapı modeli 140 ton kapasiteli sarsma tablasında denenmiştir (Şekil 9).

Yapı modeli MM (Modifiye edilmiş Merkalli) Şiddet ölçeğinde VII'ye karşılık olan statik kuvvetler ve gerçek ve sentetik deprem zemin hareketleri altında denenmiştir. Deneylerde giderek artan kuvvetler uygulanmış ve yıkılma düzeyine kadar kuvvetler artırılmıştır. Böylece yapının depremlere karşı doğrusal elastik ve elastik bölge ötesindeki plastik davranış bölgelerindeki, davranış özellikleri hakkında bilgi toplamış ve bulunan sonuçların ışığı altında yapının şiddetli depremlerde bile yeterli bir derecede düktiliteye sahip olması sağlanmıştır.

Yapıda kullanılan düşey birleşim şekli Şekil-4 a'daki gösterilen şekilde yapılırken yatay birleşim yerlerinde Şekil-10'da gösterilen birleşim şekli kullanılmıştır.

— Statik yüklemeler çatlaklar oluşmadan önce yapılmıştır. (Şekil-11) ve 10 ncu katda ötelemeler 0.4 mm/ton olmuştur (bu toplam elastik limit deformasyon olarak kabul edilen 1.24 mm'ye karşılık olan rijitlik katsayısıdır). Bir kat yüksekliği boyunca düşey panolar arasındaki rölatif toplam yatay kayma 0.05 mm/ton olmuştur.

Model yapıya 1000 kg'lık bir yük uygulandığı zaman yukarıda ölçülen deformasyonlar oluşmuştur. Yüklerinin boşaltılmasından sonraki kalıcı deformasyonlar ve bunların gösterdiği eğilimlerden yapının 2500 kg'lık bir yüke (VII MM Şiddet derecesi) kadar elastik davranış göstereceği anlaşılmaktadır.

Dinamik yüklemeler sonucu çatlaklar oluşmasından sonra, tekrar statik yüklemeler yapılmıştır. 2650 kg yatay yüke kadar çıkılmış ve 10 ncu katır deformasyonu 0.53-0.93 mm/ton'a yükselmiştir. Bu şekilde çatlaklar olmadan önceki yüklemeye göre yatay deplasmanlarda önemli artışlar söz konusudur. Şekil-12 (Yaklaşık olarak 2.5 kere bir artış olmuştur).

Yapının toplam deformasyonu 1.86 mm olmuş ve 0.2-0.3 g'lık ivme etkisinde yapının geliştirilen düktilitesi 1.5 olmuştur.

Bu oldukça küçük statik kuvvetlerin etkisinde birinci katlarda hiçbir kayma olmamıştır, bunun nedeni üst katlardan gelen büyük ağırlık nedeni ile sür-tünmeye direncin fazla olmasıdır. İlk statik yüklemelerden sonra yapılan titreşim deneyinde yapıda bazı çatlaklar oluşması nedeni ile yapının rijitliğinde bir azalma olduğu ve bunun sonucunda da ikinci statik yüklemelerde deformasyonların arttığı söylenebilir.

Harmonik titreşim testlerinin yapıldığı deneylerde yapının üst seviyesinde 30-40 kg'lık eksantrik dinamik kuvvetler ile model sarsılmış, aynı zamanda mikrotremor kayıtları da alınarak yapının dinamik özellikleri tesbit edilmiştir. Çatlaklar oluşmadan önce yapının uzun yönde titreşim periyodu 0.15 sn, kısa yönde 0.13 sn. ve her iki yöndeki sönümü % 3 olarak bulunmuştur.

Daha şiddetli bir dinamik yük altında, yapının yüksekliği boyunca dağıtılmış 5000 kg'lık bir taban kesme kuvvetinin etkisi altında yapılan titreşim deneyinde ise yapının uzun yönde periyodu 0.18 sn. ve sönümü % 3.5 olmuştur.

Çatlaklar olduktan sonra nisbeten düşük genlikli titreşim kuvvetleri altında periyot uzun yönde 0.17 saniye kısa yönde 0.14 saniye ve sönüm ise % 5 ve % 4.5 olmuştur. 0.3-0.5 g düzeyinde ivmeleri olan titreşimler etkisi altında yapının uzun yönde periyodu 0.23 ve 0.30 saniye olurken sönüm oranı % 9.5'a yükselmiştir.

Daha sonra yapıda bir miktar onarım yapılmış ve bu durumda yapının periyodu uzun yönde 0.23 saniye ve sönümü % 8 olmuştur.

Onarım yapıldıktan sonra çatlakların tekrar açılması halinde yapının periyodu uzun yönde 0.27 saniye sönümü % 11 olmuştur. Onarılmış modelde, modelin onarılmadan önce kırılma yükü seviyesindeki yüke tekrar gelindiği zaman yapının uzun periyodu 0.45-0.58 saniye arasında, sönümü de % 15-% 29 arasında değişmiştir. Çatlakların tekrar ortaya çıkmasından sonra, dinamik özellikler büyük değişimler göstermiştir. Burada verilen değerler sarsma tablası durdurulduktan sonra ölçülen değerlerdir.

Deprem etkilerine benzer etkiler altında model yapının davranışından yapının şiddetli depremlere maruz kaldığı zaman göstereceği yapısal davranışın özellikleri çıkarılmıştır.

Sarsma tablasının 2 m/sn²'lik ivmelere (0.21 g) kadar olan hareketler altında model yapının temel ötelemeleri ile kat ötelemeleri arasındaki oran ve de sarsma tablasının ivmeleri ile yapının herbir katının ivmeleri arasındaki oranlardaki ani değişimler ve faz farklılıkları görülmemiş ve gerilmelerin akma limitinin altında kaldığı görülmüştür. Bu durum bu ivme düzeyinde yapının elastik bir davranış gösterdiğine işaret etmektedirki Şekil-13'de görülen deformasyon dağılımında bunu desteklemektedir.

Sarsma tablasının ivme düzeyi 2-3 m/sn² (0.21-0.31 g) arasında iken yapının deformasyonlarının dikkate değer şekilde arttığı (maksimum deformasyon 12 mm) görülmektedir. Şekil-14. Bir önceki kademe ile karşılaştırılınca 2.4 katı kadar bir artış görülmektedir. Bu artış oranı statik yüklemeler halinde bulunan oranlara yakındır.

Yapının her bir aksındaki boşlukların üzerindeki lento ve kirişlerin rijitlikleri farklı şekilde azaldığından, her bir aksın titreşimlerinde faz farklılaşması olması ve yapının deformasyon biçimlerinde ikinci modun etkisi olması beklenmelidir. Bu arada birinci katlarda, boşluklar üzerinde lento ve kirişlerin uçlarından başlayan giderek artan çatlaklar ve de çerçeveleri birbirine bağlayan düşeme plaklarının çift mafsallı elemanlar haline dönüştükleri görülmektedir. Aynı zamanda bazı elemanlarda çekme gerilmeleri kopma gerilmeleri seviyesine ulaşmaktadır.

Sismik yüklemde 3-7 m/sn² (0.31-0.72 g) değerlerine varan ivmelerde ve daha yüksek şiddetlerde sismik kuvvetlerin uygulanması, yatay deplasmanların 23 mm gibi bir maksimum değere ulaşmasına yol açmakta (Şekil-15) ve yüksek modların etkileri daha belirgin olmaktadır. Özellikle 6,7 ve 8 nci katlardaki orta aksdaki boşlukların üzerindeki lento ve kirişlerde olan çatlamlar ve akslar arasındaki yatay bağlantı elemanlarında büyük gerilim değişimleri görülmesi bu durumun sonucu olmaktadır. Kopma düzeyinde asal gerilmeler önemli şekilde azalmakta ve sonra deprem kuvvetlerinin seviyesine bağlı olarak ve de yapının çatlama durumuna göre büyük değişimler göstermektedir.

Yapının deformasyonları ve deformasyonların maksimum değerleri ile sarsma tablasının ivmesi arasında bir doğru orantı olmadığı görülmektedir. Bunun nedeni daha önceki titreşimlerin yapıda oluşturduğu çatlakların yapının tabii frekansını değiştirmiş olması ve deprem hareketinin frekans kapsamının özelliklerine bağlanabilir.

Yapının yıkılması tam bir kırılma olmaksızın 8 m/sn² (0.82 g) gibi bir maksimum ivme düzeyinde, bu şiddetteki deprem titreşimleri altında maksimum çatlak genişliği 6 mm'yi bulmuştur, birinci kat penecelerinin içeri dönük köşelerinde oluşan kısmi kopmalar her bir aksdaki lentoları dikine bağlayan yatay elemanlardaki çatlama ve yerel kırılmalar, birinci kat köşelerindeki düşey donatının sıyırılması ve 6,7 ve 8 inci katlarda orta akslardaki düşey köşe birleşim yerlerinde oluşan nisbeten büyük çatlaklar şeklinde ortaya çıkmaktadır.

Yapı genel stabilitesini kaybetmediği için, 23 mm'lik maksimum yıkılma deformasyonu, güvenilir limit deformasyon olarak (allowable limit deformation) kabul edilebilir. Bu durumda yıkılma anında dinamik düktilite katsayısı 4.6 olmaktadır.

Yapının onarımı donatının tekrar bağlanması ve betonun sürekliliğinin hem birinci katda hemde diğer katlarda aksları birbirine bağlayan enine elemanlarda sağlanması şeklinde yapılmış ve yapıda gerilimlerin dağıtımı için yeni yollar oluşturulmuş ve yapının çatlama durumu giderilerek yapının depreme mukabelesi için yeni direnç noktaları oluşturulmuştur.

Onarılmış model üzerinde yapılan deneylerden elde edilen verilerin incelenmesinden çıkarılan önemli sonuçlar şöyle sıralanabilir :

— 2.5 m/sn² (0.26 g)'ye kadar olan ivme düzeyindeki sarsıntılarda akslar aynı fazlarda titreşim yapmışlardır. Ancak onarılmış yapı 1 m/sn² (0.11 g)'lik ivme seviyelerinde tekrar çatlamağa başlamıştır.

— Uygulanan deprem hareketi düzeyi ve titreşim modları açısından yapının bu safhadaki mukabelesi değişik olmuştur. Bunun en önemli belirtisi yapıdaki kesme kuvvetinin yükseklik boyunca dağılımının farklı olması şeklinde görülmüştür. Yapıdaki kesme kuvveti dağılımı, yapının daha önceki deney sırasında oluşmuş çatlaklardan sonraki yükleme safhalarında gösterdiği kesme kuvveti dağılımının benzeri şekilde olmuştur.

— Sarsma tablasının 2.5 m/sn² (0.26 g) geçen ivmelerdeki titreşimleri altında yapının değişik akslarının titreşimlerinde faz farklılıkları oluşmağa başlamıştır. Yani yapıda burulmalı titreşimler görülmektedir.

— Sarsma tablasının 6 m/sn² (0.61 g) lik ivmeli titreşimleri altında hasar görüp onarılmış yapı tekrar yıkılma konumuna girmiştir. Bu değer ilk denemede aynı yapı için elde edilen maksimum kırılma ivmesinden % 25 daha küçüktür. Bu safhada kırılma I ve II nci katlarda betonda (lentolarda parapetlerde ve pencere girintilerinde) şiddetli çatlama ve kopmalar şeklinde olurken, aksları enine doğrultuda bağlayan elemanların kopması en alt ve en üst katlarda düşey çatlaklar şeklinde ortaya çıkmaktadır.

Yapının bütün çevresinde sürekli eklem yönteminin kullanılması, ek yeri donatılarının halkalı olması ve betonlanması, on katlı büyük panolu yapılarda çok şiddetli depremlerde bile yeterli bir düktilitenin bulunduğunu göstermektedir; yapının hem hasar görmeden önce, hemde hasar görüp onarıldıktan sonra yapılan yükleme deneylerinde yeterli bir stabiliteye sahip olduğu ve sismik enerjiyi elastik davranış bölgesinin ötesine geçerek yapacağı kalıcı deformasyonlarla yutabildiği görülmektedir.

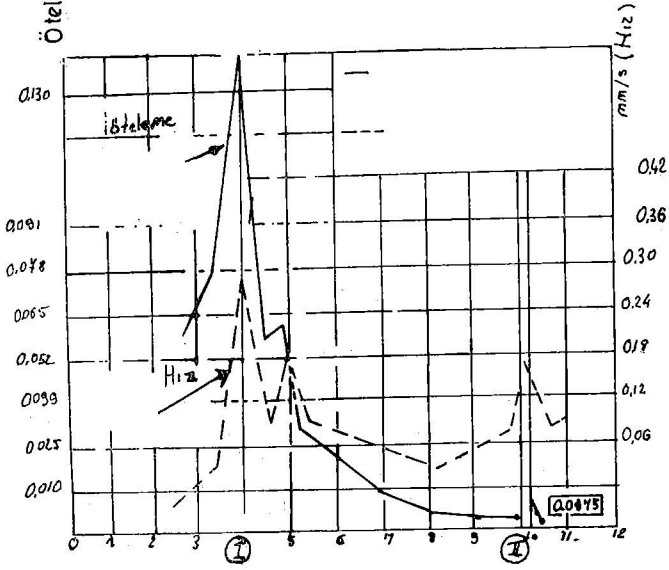
Araştırmacı, projeci ve uygulamacılar arasındaki işbirliğinin sonucu olarak, deneysel metodlarla bulunan ek yeri biçimleri ve fonksiyonel yapı planları kullanılarak 1973 yılında Bükreş'de ilk defa büyük boy panolu yüksek blok apartıman yapımı gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

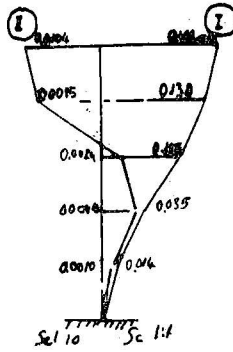
1. A. Sesan, D. Diaconu, I. Ciongradi "Cercetari experimentale privind calculul seismic al constructiilor din panouri mari" Bul. I. P. Iasi, Tom VIII (XII) - 1962.
2. A. Sesan, M. Gropper, D. Diaconu, I. Ciongradi "Determinare perioadelor proprii de vibratii la cladiri din panouri mari" Bul. Inst. Constr. Buc. - nr. 10/1963.
3. A. Sesan, I. Ciongradi, D. Diaconu, L. Strat "Experimental researches on the Building Period and Damping" Bul. I. P. Iasi - Tom. X (XIV) - 1964.
4. A. Sesan, D. Diaconu, I. Ciongradi, D. Vasilescu, M. Groper "Experimental determinations of the dynamic characteristics of some actual buildings" Tom - Conferinta privind calculul seismic al structurilor 1 - 4 sept. 1970 - Iasi - România.
5. *** "Comportarea diverselor tipuri de panouri din beton armat în cadrul diaframelor antisismice" Referat INCERC Filiala Iasi - noiembrie 1965.
6. D. Diaconu, I. Ciongradi, M. Iticovici, C. Lupasou "Some Factors determining the Earthquake response of Few-Story Buildings" Bul. I. P. Iasi - Tom XIV (XVIII) fasc. 3 — 4/1968.
7. A. Mihul, C. Leonte, A. Trelea, S. Corobceanu, R. Grigorescu "Sur la realisation et le comportement des joints pour les constructions prefabriquées en grands panneaux, emplacements dans des zones sismiques" Tom - Conferinta privind calculul seismic al structurilor 1 — 4 sept. 1970 - Iai - România.
8. A. Sesan, M. Manolovici, D. Diaconu, C. Mihai, M. Groper, I. Ciongradi, Gh. Palamaru, D. Gorbanescu "Essais dynamiques de certains assemblages des grands panneaux" Tom - Conferinta privind calculul seismic al structurilor 1 — 4 sept. 1970 - Iasi - România.
9. M. Groper, D. Diaconu, M. Manolovici, V. Bausic "Une méthode experimentale pour la mesure du coefficient de disipation d'énergie" "dans les assemblages des grands panneaux" Tom - Conferinta privind calculul seismic al structurilor, 1 — 4 sept. 1970 - Iasi - România.
10. C. Capatu, D. Diaconu "Une méthode dynamique de détermination des caractéristiques de l'ancrage des armatures dans beton" Reviste RILEM nr. 23, vol. 4, sept. oct. - 1971.
11. D. Diaconu, M. Manolovici, C. Mihai, M. Iticovici, M. Groper, L. Strat, I. Rotaru "Etudes expérimentales des bâtiments élastiques érigés, actionnés en régime harmonique et sismique, à l'aide des plateformes mobiles de grande capacité" Tom - 3 lea Simpozion European de Inginerie Seismica 14 — 17 sept. 1970 - Sofia - Bulgaria.
12. D. Diaconu, M. Manolovici, C. Mihai, M. Iticovici "Comparative Responses of some Portions of Great Panel Structures, on a large Capacity Shaking - Table Tom - 4 lea Simpozion European de Inginerie Seismica, 5 - 7 1972 - Andra - Anglia.
13. D. Diaconu, V. Bogrea, L. Cristescu "Prezentarea experimentarilor efectuate pe platforma seismica de la Iasi, privind verificarea seismica a unor portiuni de structura, în diverse variante de armare" Bul. de Informare Tehnica (BIT) nr. 2/1972.

— 4000 Kgr. Sabit yük altında rezonans
öteklemeler eğitii

---- 0 ~ 2500 Kgr. arasında değişen
yük altında hız rezonans eğrisi

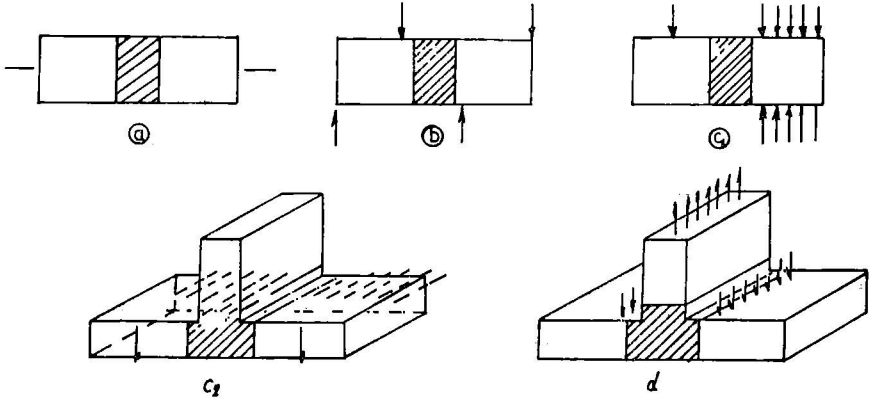


şekil - 1a Büyük panolu yapı rezonans eğrileri

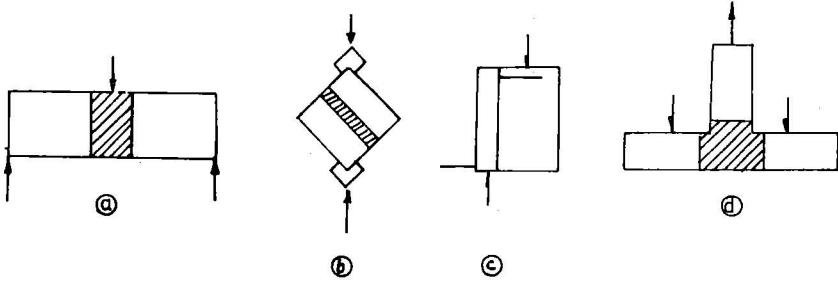


şekil - 1b Titreşim MOD şekilleri

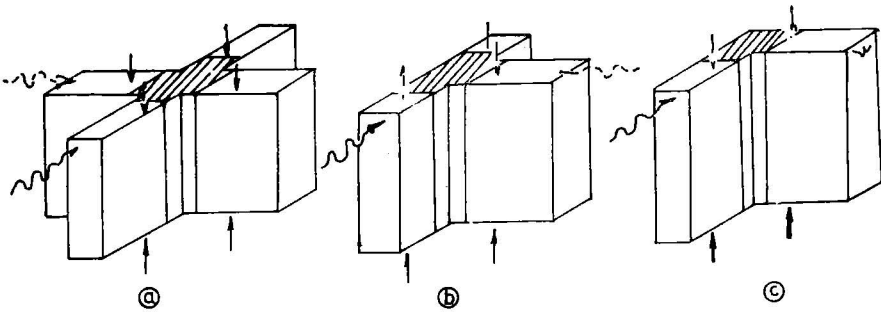
Küçük ek yerlerinin Statik Yükler Altında Deneme Şekilleri



Büyük Ek yerlerinin statik yükler altında deneme şekilleri

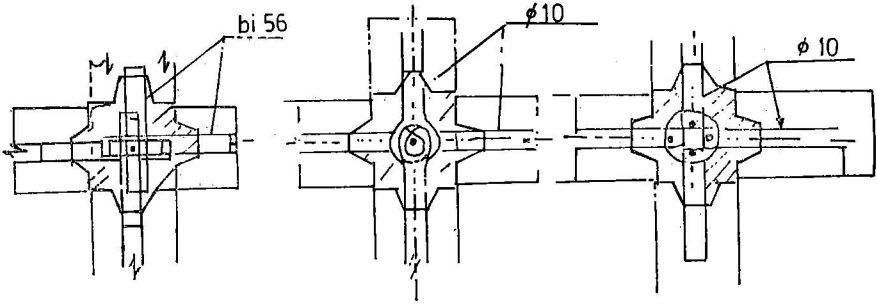


Ek yerlerinin Dinamik Yükler altında Deneme şekilleri
Şekil - 2a

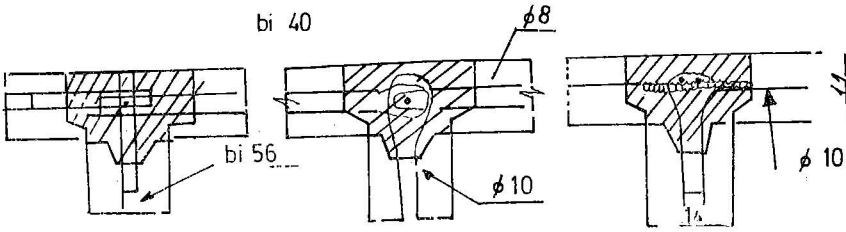


Şekil - 2b

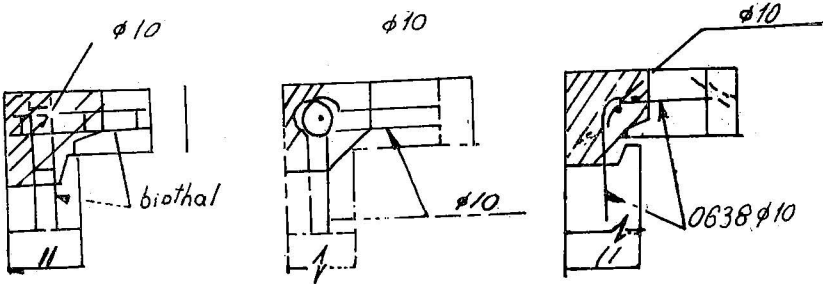
BÜYÜK ELEMANLARIN EK YERİ DETAYLARI



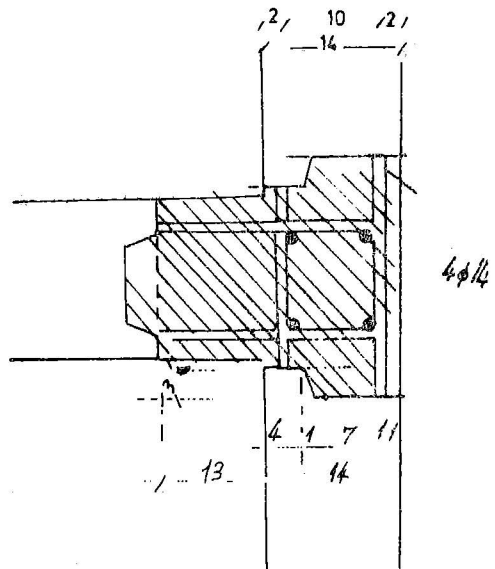
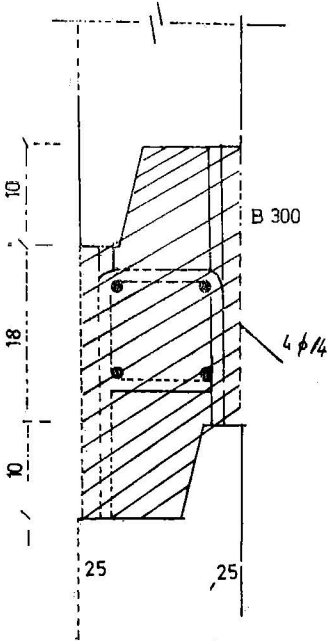
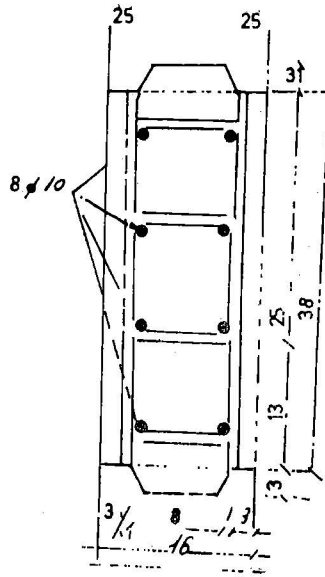
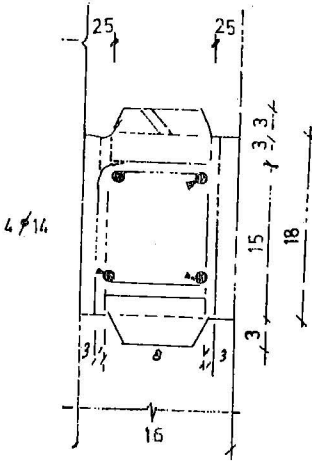
T EK YERLERİ



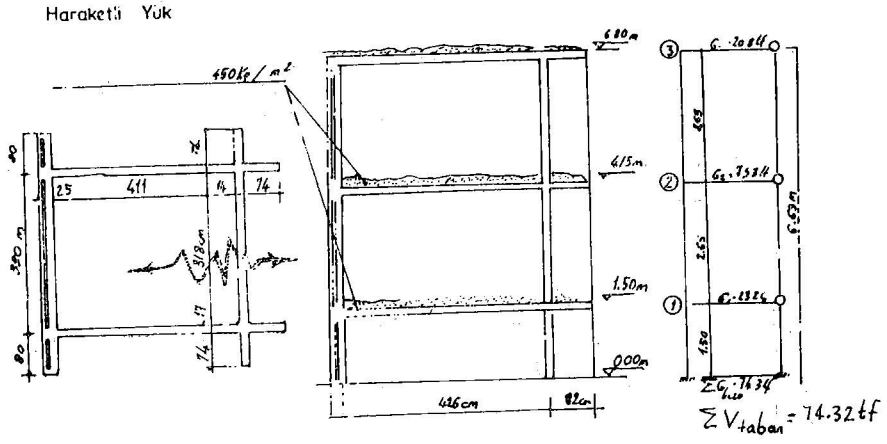
L - EK YERLERİ



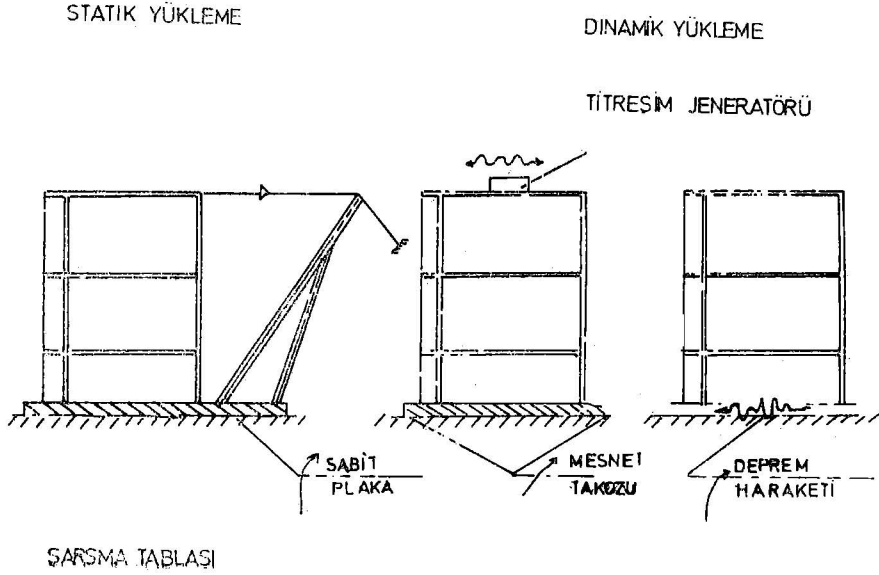
Şekil - 3



Şekil - 4a, b, c, d

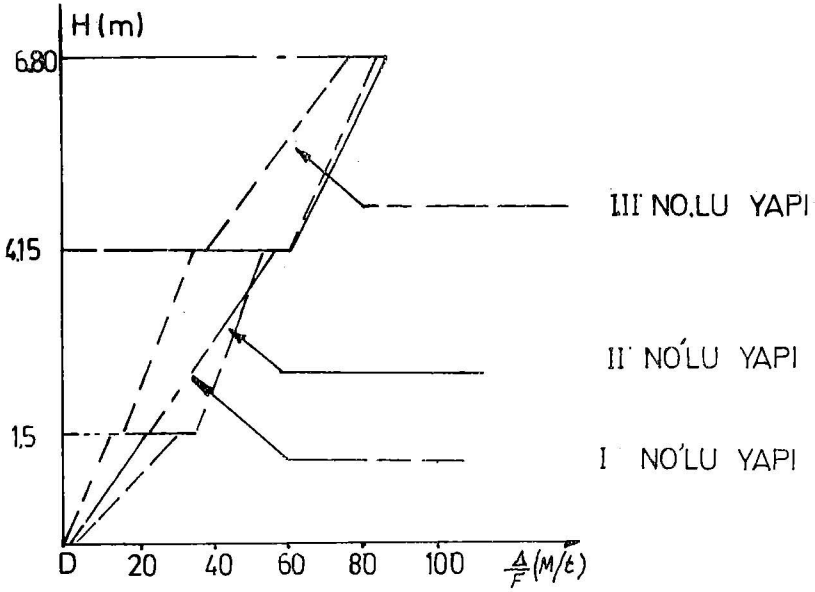


Şekil - 5

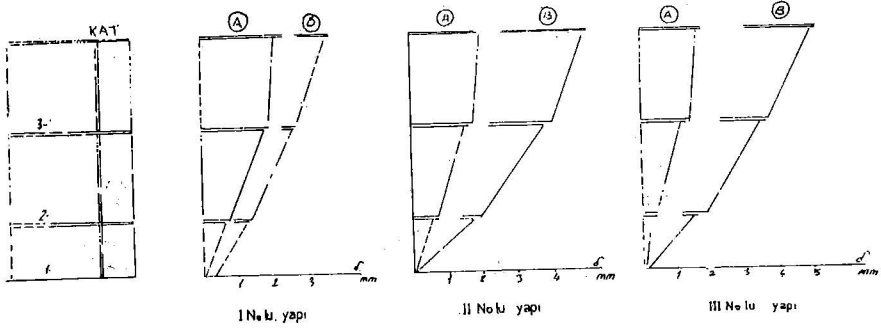


Şekil - 6

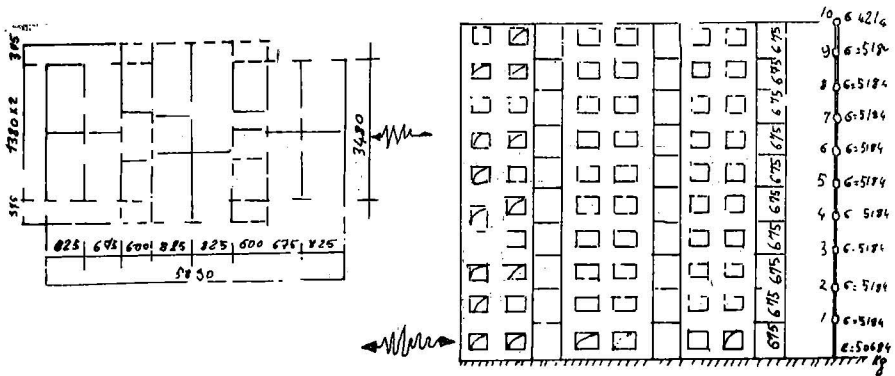
STATİK YÜKLEME



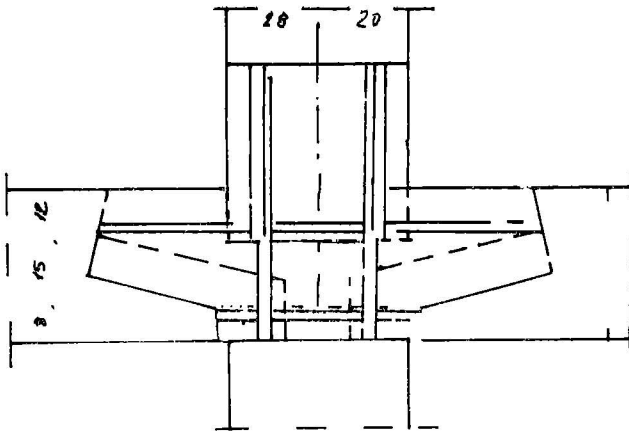
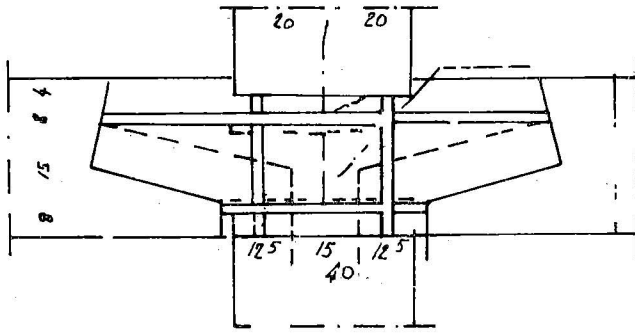
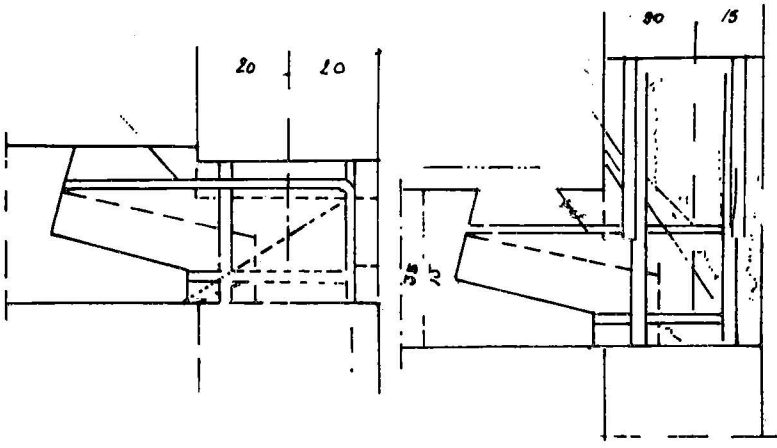
Şekil - 7 Deney yapılarının deforme oluş şekilleri



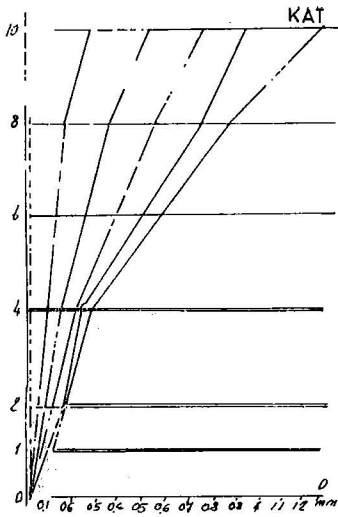
Şekil - 8 Yapıların A ve B kademesi yüklemelerde deforme oluş şekilleri



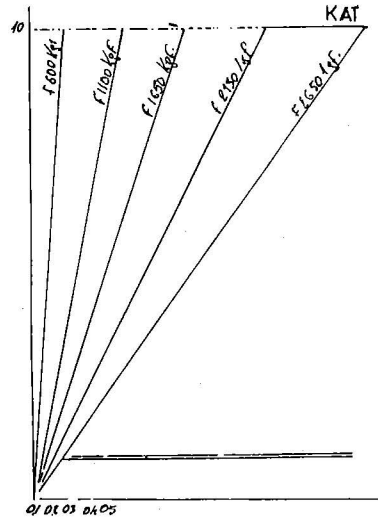
Sekil - 9



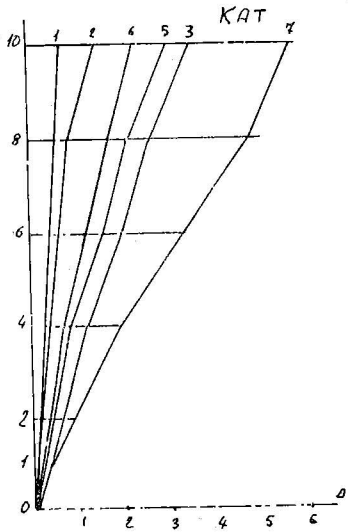
Şekil - 10 Pano eklem detayları



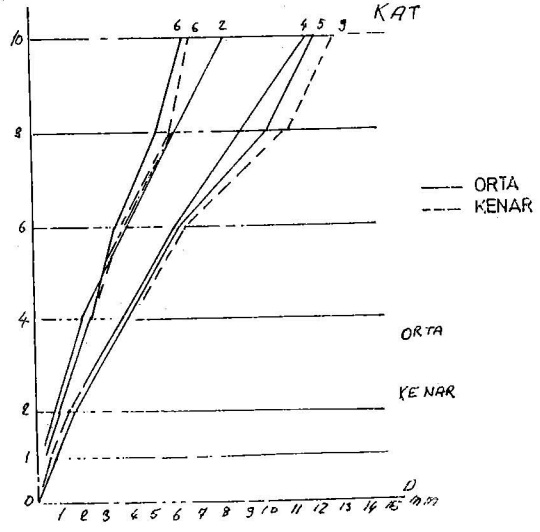
Şekil - 11 Çatlamadan önce



Şekil - 12 Çatlamadan sonra

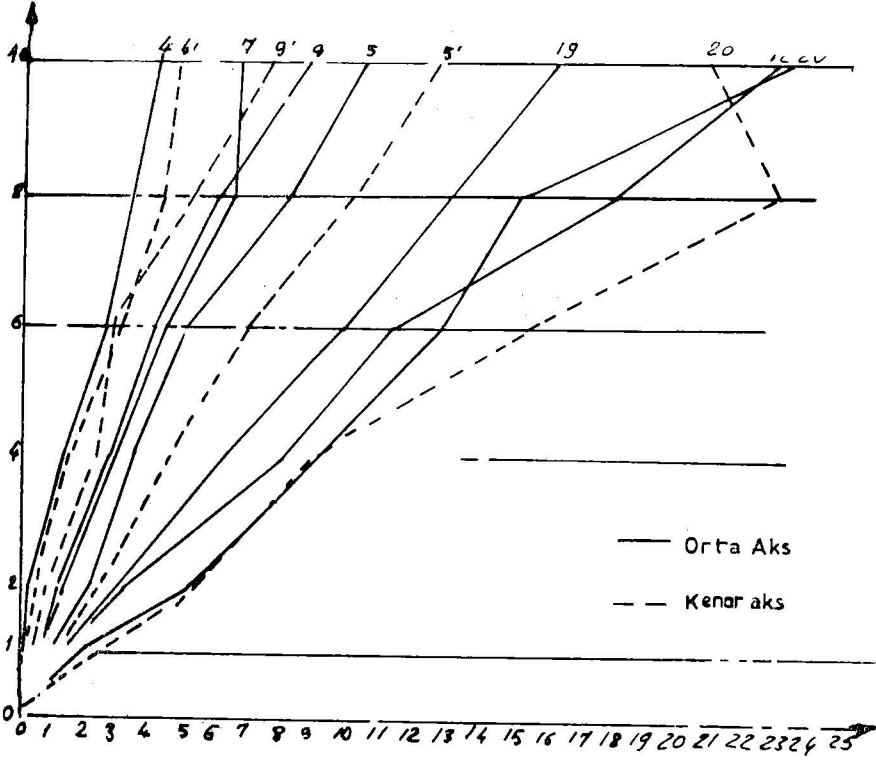


Şekil - 13 Hafif deprem yükü altında ötelemeler



Şekil - 14 Şiddetli deprem yükü altında ötelemeler

Level - Nivel - Niveau - Этаж



Şekil - 15. Çok şiddetli deprem yükü altında

DEPREMİN ÖNCEDEN BİLİNMESİ
ve
ALARMA GEÇME KONUSUNDA BİLİMSSEL VE SOSYAL PROBLEMLER*

Yazanlar :

Carl Kisslinger**, ve J. Eugene Haas**

Çevirenler :

Mustafa Erdik*** ve Mehmet Çelebi***

1. DEPREMİN ÖNCEDEN BİLİNMESİ NEDİR ?

Zamanımızda depremlerin bir doğal afet olarak etkileri, ispat edilmiş şu yöntemlerle azaltılabilir : deprem zarar durumunun değerlendirilmesi, sismik bölgelendirme haritalarının geliştirilmesi, arazinin deprem yönünden iyi değerlendirilerek kullanılması için yönetmelik ve depreme dayanıklı yapı için kaliteli yapı tekniği. Bunlara ek olarak herbir depremin önceden bilinmesi olası-lığı deprem zararlarının azaltılması konusunda kuvvetli bir ek yöntem olacaktır.

Bir depremin tahmini ileride vukubulacak olan bir olayın zaman, yer ve magnitüd parametrelerinin ve bu parametrelere bağlı olarak belirsizliklerin tahmini ile tarif edilir. Henüz her parametrenin limitlerinin tahmin edilememesine rağmen, bu limitlerin dar olması gerekmektedir, çünkü depremin tahmini konusunda sağlıklı fikir edinilip edinilemeyeceği ancak bu şekilde belirlenebilir. Diğer bir deyişle, yüksek sismisitesi olan bir bölgede yüzlerce kilometre-karelik bir alan içerisinde, gelecek bir veya iki yıl içerisinde bir deprem olacağı konusunda genel bir ifade, deprem magnitüdünün 7.5 veya daha büyük olması dışında, değerli bir tahmin olarak kabul edilmez.

Depremin önceden tahmini işleminin tamamı depremin bütün etkilerinin tahmin edilmesi anlamına geldiği yönünde anlaşılmaktadır. Depremin yer ve magnitüdü tahmin edilince, o bölgede daha önce meydana gelmiş depremlerin odaklarının derinliği ve fay hareketleri modu, meydana gelecek deprem için hesap yapılması olanağını sağlar. Eğer yeterli kapasitesi olan bir elektronik sayısal hesaplayıcı varsa, bölgesel ve yersel jeolojik bilgiler detaylı olarak değerlendirilmelere katılır. Ancak meydana gelen kuvvetli yer sarsıntılarının arasından değerlendirilmesi işleminde güvenilirliğin artırılması için daha çok araş-

* 14-16 Kasım 1976'da Tahran'da yapılan CENTO Ülkeleri Deprem Tehlikesinin Azaltılması konulu seminerde sunulan tebliğ olup, yazarların izni ile Türkçeye çevrilmiştir:

** University of Colorado, Boulder, Colorado, U.S.A.

*** İnşaat Mühendisliği Bölümü, ODTÜ, Ankara.

tırma yapılması gerekmektedir. İkinci derece tesirler, yani yer kaymaları veya zemin ve temel çökmelerinin tahmini daha da güçtür. Depremlerden etkilenecek olan halk ve idarecilerin depremin etkilerine karşı tepkilerinin rasyonel ve faydalı olabilmesi için yapılacak olan tahminlerin iyi yapılması gerekmektedir.

Birçok durumlarda, depremin önceden bilinmesi can kaybının ve maddi kayıpların azaltılmasında kullanılabilirse, depreme dayanıklı olarak inşa edilmiş yapıları bulunan bölgelerde daha da etkili olacaktır. Sismik yönden aktif olan bölgelerde, tehlikeli yapıların yenilenmesi veya takviyesi kabul edilen bir amaç isede, ekonomik gerçekler bu hedefin çok uzun bir süre gerçekleşemeyeceğini göstermektedir. Bu arada, Çin'de meydana gelen Şubat 1975 Haicheng Depreminde olduğu gibi binaların, depremin oluşacağı zamanın doğru tahmin edilmesi halinde, geçici olarak boşaltılması can kaybına önemli ölçüde azaltılabilir. Depremin önceden tahmininin getireceği yararların geçerli olabilmesi için, depremin oluşmasından sonra neler yapılması gerektiği yeterli bir biçimde planlanmalıdır. Olayın etkisinin aza indirilmesi için, geçici iskân, çevre sağlığı, halk sağlığı hizmetleri, yiyecek ve içecek temini önceden planlanmalıdır.

SİSMİK TEHLİKE DURUMUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ VE DEPREMİN ÖNCEDEN HABER VERİLMESİ

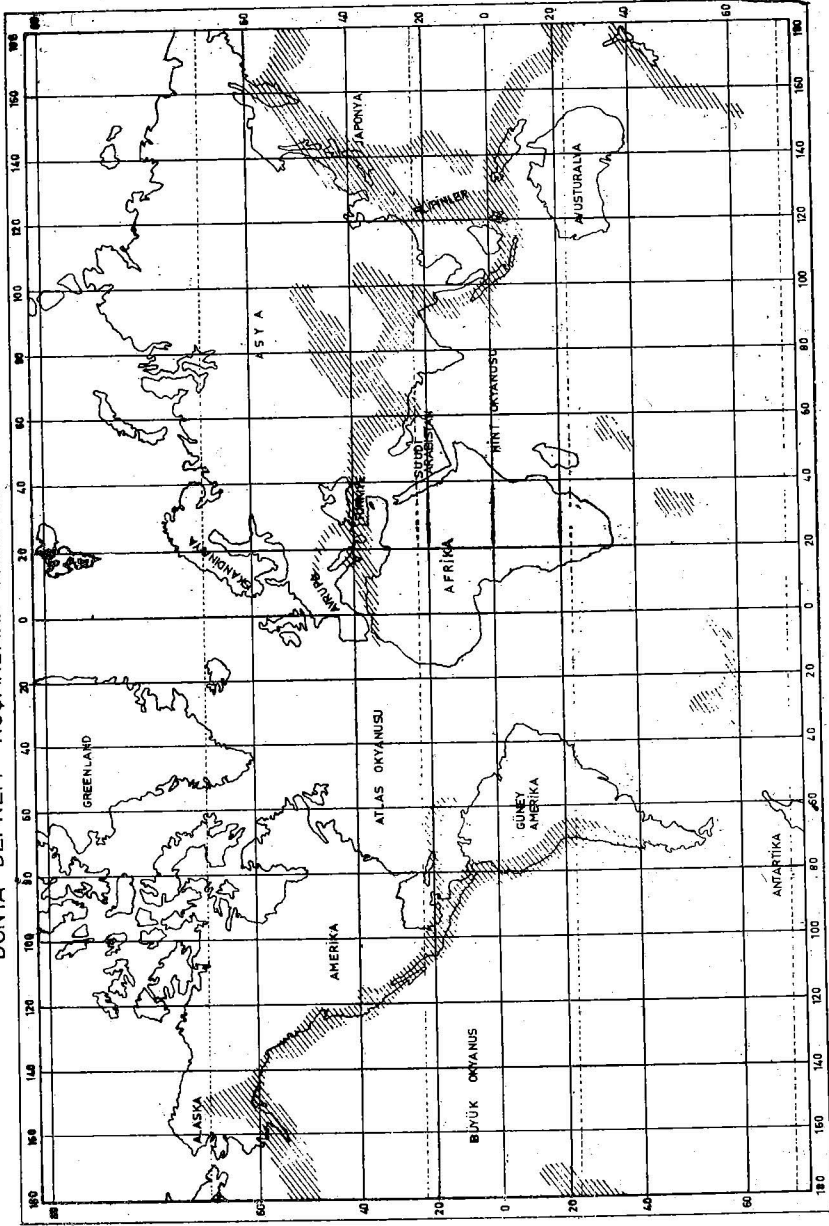
Depremin önceden haber verilmesi için henüz tam olarak geliştirilmiş bir olanak yoktur ve bunun geliştirilmesi yıllar sonra gerçekleşebilir. Fakat depremlerin yarattığı etkiler üzerinde yapılmış 100 yıllık bilimsel araştırma birikimi vardır ve bu birikimden faydalanılarak afetin etkilerinin azaltılması mümkündür. Genel olarak yeryüzünde büyük depremlerin nerelerde olabileceği hakkında bilgimiz vardır (Şekil 1). Aynı zamanda ortalama olarak bu depremlerin hangi süre ile yinelendikleri bilinmektedir. Birçok girişimler için bu tip bilgiler, yakın gelecekte olacak bir olaydan daha önemlidir. Örneğin, bir sel önleme projesinin geliştirilmesi için, selin olacağı tarih değil, selin büyüklüğü ve yinelenme süresi önemlidir. Selin gelişmekte olduğu bilindiği anda, bazı havzalarda insanların takviye işlemi gibi hayat kurtarıcı girişimler yapılabildiği gibi, depremin önceden haber verilmesiyle de benzer çalışmalar yapılabilir.

Sismik olayın değerlendirilmesinde, çözümlenememiş en büyük engel, bir bölgede oluşabilecek en büyük deprem ve bu depremin yinelenme süresi olmasıdır. Bu problem bilhassa orta sismisiteli ve kayıtların az olduğu bölgelerde, örneğin batı yarı kürenin bazı bölgelerinde daha da önemli olmaktadır. Bu problem, özellikle nükleer santrallerin yer seçimi ve dizaynı açısından daha da önemli olduğundan, mevcut metodların geliştirilmesi gerekmektedir. Bireysel çalışmalarını göstermektedir ki, sadece sismik kayıtların var olup olmaması çözüm için yeterli olmamakta ve bu bilgilerin incelenen bölgedeki Kuaterner'de oluşan fayların hareketlerini kapsayan jeolojik ve jeofizik incelemelerle birleştirilmesi gerekmektedir.

DEPREMİN ÖNCEDEN HABER VERİLMESİ İLMİNİN DURUMU

Depremin önceden haber verilmesiyle ilgili metodların ortaya çıkarılmasıyla ilgili araştırmalar son on yıldır devam etmektedir. Bu çalışmalar ayrı ayrı Japonya'da, Sovyetler Birliği'nde ve Çin Halk Cumhuriyeti'nde başlamıştır.

DÜNYA DEPREM KUŞAKLARI HARİTASI



Sekil . 1

Konu ile ilgili çalışmalar kişisel araştırmalar olarak yapılmakta idiye de Amerika Birleşik Devletleri'nde sadece son üç yıldır milli bir organizasyonu olan programla çalışmalar yapılagelmektedir. ABD'de şimdi iyi belgelendirilmiş birkaç doğru deprem tahmini yapılmıştır. Bunların çoğu, küçük veya orta şiddetli depremlerle ilgilidir ve bazılarının, oluşumdan önce belirtilerinin kaydedilmiş olduğu depremden sonra farkedilmiştir. Sadece Çinliler başarılı olarak, zarar yaratan bir depremi önceden tahmin edebilmişler ve bu tahmine dayanarak zararların azaltılmasını sağlamışlardır (Müller, 1976). Bu başarı Çin'de depremin önceden haber verilmesi konusuna ne kadar öncelik tanındığını göstermektedir. Tabii bunun neticesi olarak bu konu için gerekli parasal kaynakların sağlandığı belirtilmektedir. Fakat bütün bunlara rağmen, Çinlilerin kendilerinin de sık sık belirttikleri gibi, bu karışık probleme henüz tam bir çözüm sağlayamamışlardır. Temmuz 1976 T'ang-Shan depremi de* bunu kanıtlamaktadır.

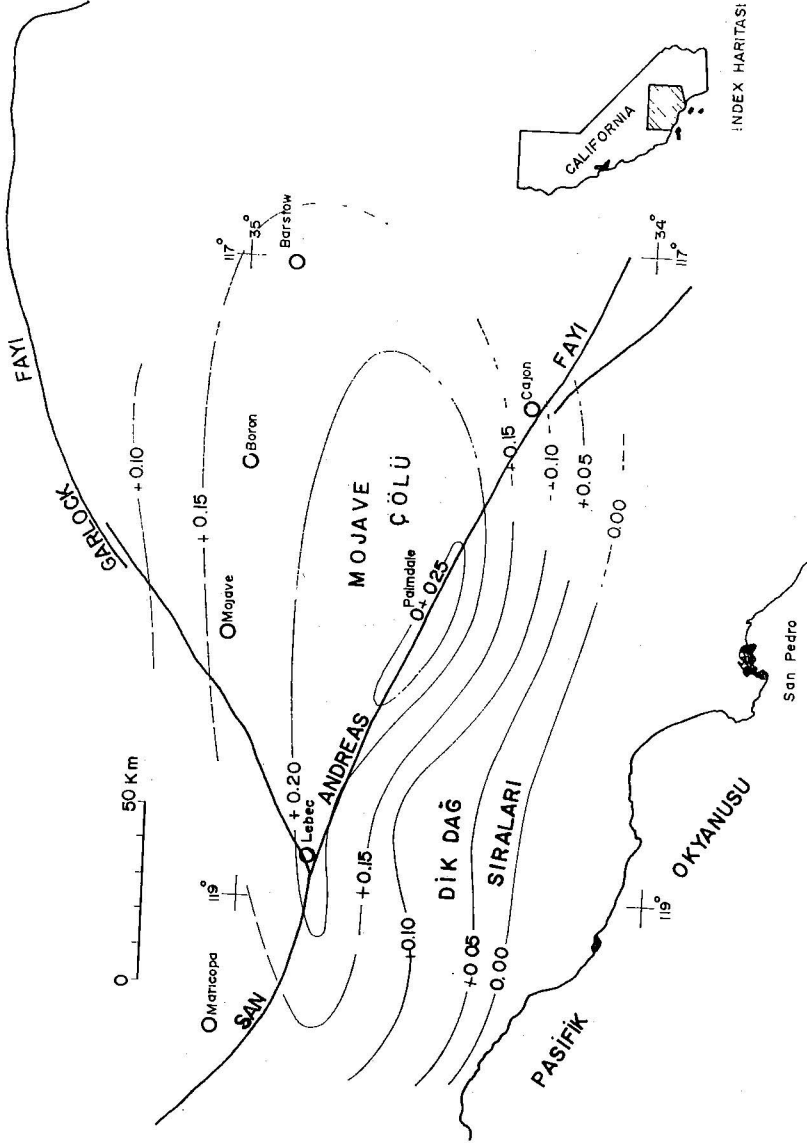
Deprem oluşunun belirtileri literatürde tarif edilmektedir. Bunların özetleri Rikitake (1975)'in kitabında verilmektedir. Çok yakın geçmişte yeni bir buluş ortaya çıkmamıştır. Yapılan çalışmaların pek çoğu, eski metodların iyice denenmesini ve daha geniş tektonik olaylara uygulanıp uygulanamayacağını kapsamaktadır. Bazı yeni gelişmeler ise cesaret kırıcı olup, daha önce gözlenen belirtilerin bir kısmının genel uygulanabilirliği şüphelidir. Buna rağmen, başarılı deprem tahminleri ileride yapılacak araştırmaların önemli ilerlemeleri ortaya çıkaracağı konusunda ümit vericidir.

Bizim depremin önceden bilinmesi tekniğimiz, deprem oluşumunun elastik sekme (rebound) modeline dayanmaktadır. Bu nedenle, biriken gerilme ve daha ileriye giderek fayların hareketini sağlayacak gerilme seviyesine ait bilgiler toplanmaktadır. Düşünüşümüz, aynı zamanda, hepsi ile ilgili olmasa bile birçok sismik bölgelerin belirlenmesini ve birim uzama hızı ile oluşum durumunu anlamamıza yardımcı olan plaka tektoniği hipotezi ile çok ilgilidir.

Gözlenen belirtiler gerilme ve dolayısıyla birim uzama birikimini gösteren direkt ve indirekt gösterge olarak sınıflandırılabilir. Direkt gözlemler arasında, çok hassas jeodezik ölçmelerle ortaya konabilen, yeryüzü üzerinde belirli noktaların lokal ve relatif yer değiştirmeleri gösterilebilir. Japonya'da Niğata'da olduğu gibi yükseklik değışiklikleri çok önemli bir belirti olmaktadır. Güney Kaliforniya'da Palmdale kasabasının yakınında büyük bir bölgenin son 15 yıldır yükselmesinin ortaya çıkarılması (Şekil 2), bu bölgenin daha yoğun olarak gözlenmesi gereğini ortaya koymuştur. Bu yükselme olaylarının ileride olacak depremlerle ilişkisinin belirlenmesi gerekir. Aynı zamanda referans noktalarının yatay olarak yer değıştirmeleri biriken birim uzama hakkında bilgi toplanmasına yarayacaktır. Fakat bu bilgi ile depremin önceden bilinmesi başarılı olmamıştır.

Hassas jeodezik ölçme tekniği pahalıdır ve ileride vukubulacak ve hasar yaratabilecek depremlerin oluşacağı yerlerde çok fazla ölçme gereklidir. Bu nedenle, gerekli bilgileri elektronik olarak toplayabilmek için başka yolları aramaktayız. Yapay uydu veya ay uzaklığının lazer ışınlarıyla bulunması gibi, arz dışı yöntemlerle semt tayini ve uzun baz hattı interferometresi gelişmek-

* Çevirenin Notu : Çin ve diğer kaynaklı haberlere göre bu depremde 600 bin kişi ölmüştür.



Şekil . 2

tedir. Bu işlemler semti birkaç santimetre yaklaşıklıkla belirleyebildiği zaman deprem gözlemleri için faydalı olacaktır.

Ahşılmış gel-git verileri okyanus kıyılarında yerel yükseklik değişikliklerini belirleyen bilgiler içermektedir. Yerin yükselmesi ortalama deniz seviyesinin alçalmasına yol açmaktadır. Wyss (1976) bu olayın kıyılarda oluşan birkaç büyük depremle ilgili olduğunu göstermiştir. Gel-git olayı birçok zamana bağlı atmosferik ve denize dayanan değişkenlere dayanmaktadır. Bu nedenle elde edilen bilgiler çok dikkatle işlem görmelidir. Aktif tektonik bölgeler içinde ve dışındaki gel-git istasyonları arasında zaman ortalamalarına dayanan yükseklik değişikliklerinin ortaya çıkması etkili bir analiz yoludur. Bu ve benzer olayların bir olumlu yönü de, standard jeofizik gözlemlerin ,belirti zamanları uzun olan büyük depremlerle ilgili olmasıdır. Başka amaçlarla toplanmış bile olsa bununla ilgili birikmiş veriler depremin önceden bilinmesi için kullanılırsa, daha büyük olayların tahmini için tekniklerin geliştirilmesi hızlandırılmış olacaktır.

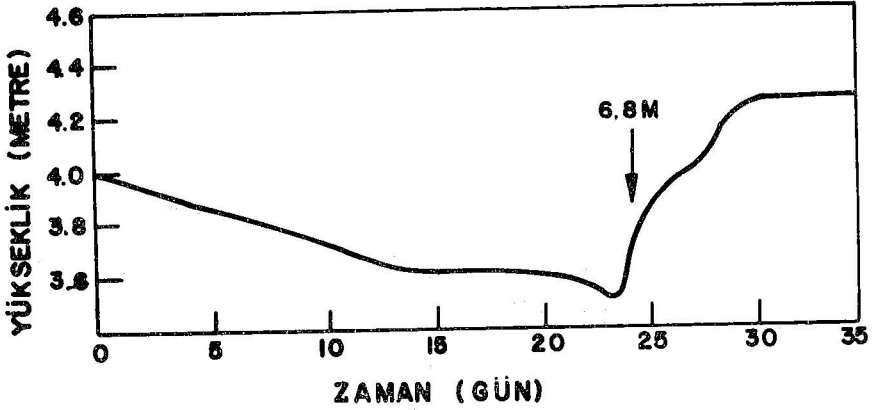
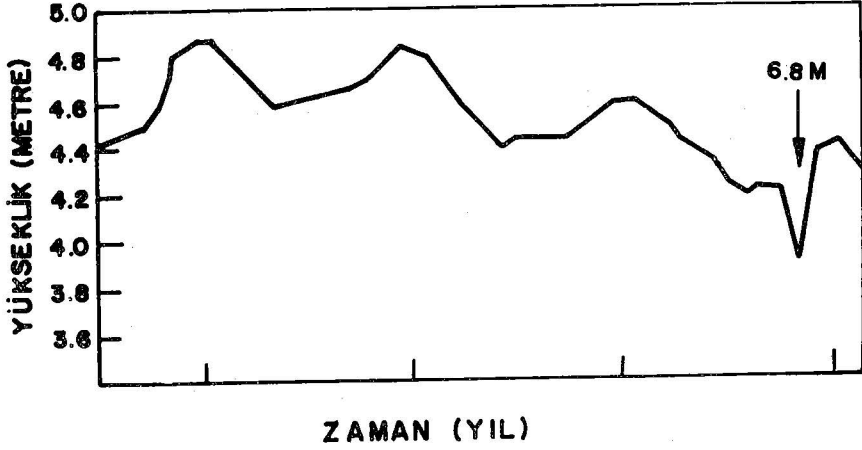
Tekrarlanan gravimetrik ölçülerde, yükseklik değişikliğini belirler (Kissinger 1964, Whitcomb 1976) ölçümlerin önceden tahmin amacıyla kullanılması için okumaların 10 mikrogal hassasiyetinde olması ve tekrarlanabilmesi gerekir ki bu ise şimdi mevcut en hassas gravite ölçerleri ile bile zor yapılabilir-mektedir.

Hernekadar ümit verici teoriler öneriliyorsa da, kabuktaki yükselmelerin mekaniğini henüz bilmediğimizden nitel (kantitatif) yükseklik değişikliklerini elde etmekte yalnız gravite ölçmelerine güvenebilmemiz için vakit henüz erkendir. Yinelenen duyarlı nivelman ve gravite ölçmeleri bir arada deprem olugununun fiziği hakkında büyük miktarda önemli bilgiyi açıklayabilirsede, yakın zamandaki bir çalışma (Whitcomb, 1976) hiçbirinin kendi başına yeterli olmadığını göstermektedir.

Eğilme (tiltmeter) ve gerilme ölçerler (strain meter) kabuk deformasyonlarını tanımlayabilecek nokta ölçmelerini sağlarlar. Eğilme ölçerler, gerek ucuz fiyat ve relatif yerleştirme kolaylıklarından ve gerekse birçok, bilinen, önceden haber verici eğilme olaylarından ötürü, bu amaca en elverişli alet olarak tanınmaktadır (Johnston and Mortenson, 1974). Fakat, incelemeler, gözlenen eğilmelerin aletin yerleştirilme geometrisi ve yerel, topoğrafya gibi faktörler tarafından oldukça kuvvetli olarak etkilenebileceğini açıkça göstermektedir (Harrison, 1976). Kar ve yağmur gibi sıcaklık da eğilmelere tesir eder. Netice olarak, eğilme ölçerlerin yerleştirilmesinde ve sonuçların değerlendirilmesinde çok dikkatli davranılması gerekmektedir. Aletin uzun zaman aralıklarındaki doğal kararlılığı açıkça bir gereksinmedir.

Haberci eğilmeye ait dikkate değer delil, 24 Mart 1971 deki 6.8 büyüklüğünde Tulan depreminden önce Tsinghai eyaletindeki To-su gölü su seviyesinin davranışına ait Çin Halk Cumhuriyeti raporudur (Şekil 3). Ölçmelerde görülen su seviyesindeki ani düşüş, hemen hemen kesinlikle, su birikintisinin uzantısı boyunca takriben 35 km uzaktaki deprem odağı ile bağlantılı olarak yüzeyin yükselmesi neticesinde gölün eğilmesine bağlıdır.

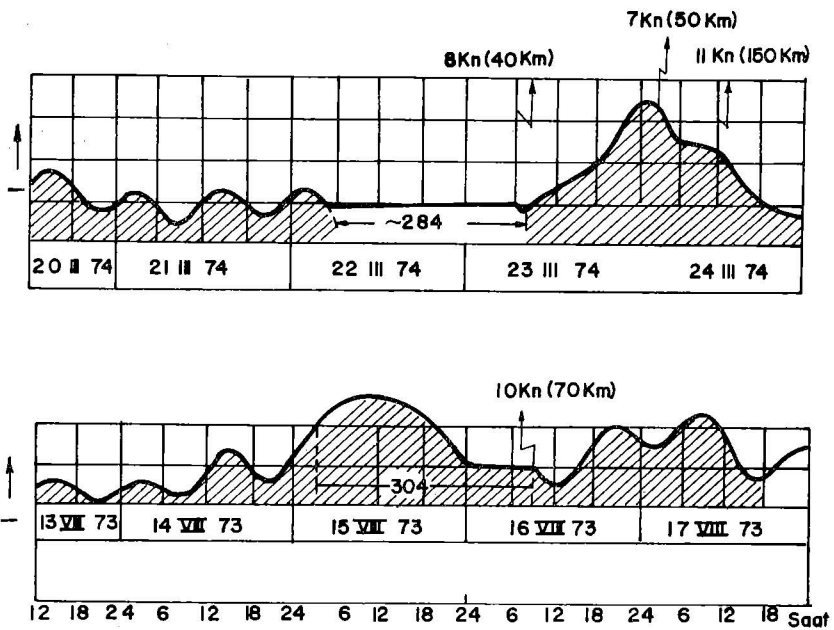
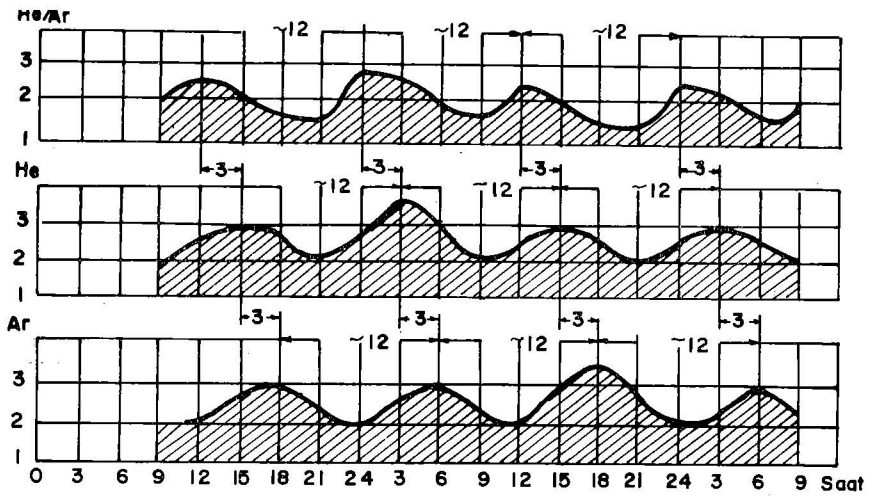
Bir deprem öncesinde yeraltı suyundaki radon miktarının artmasına ait raporlar Sovyetler Birliği ve Çin Halk Cumhuriyeti'nden gelmiştir. Bu olay genişleme (dilatancy) ile birlikte çatlak yoğunluğunun artması ile açıklanır



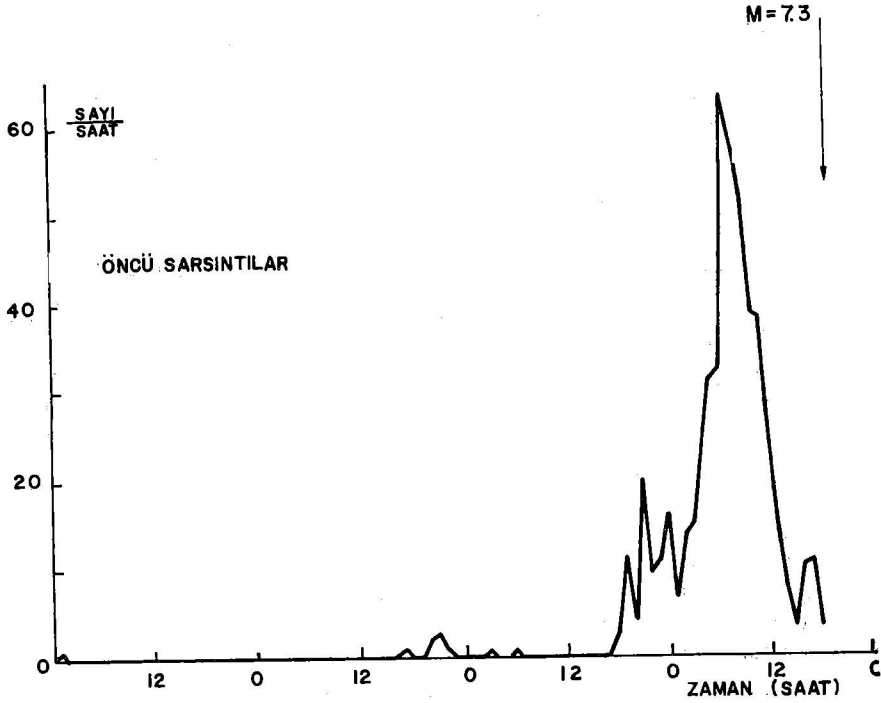
Şekil : 3

ve bu yüzden kırılma noktasına yakın gerilimin dolaysız bir kanıtı olabilir. Yakın zamandaki bir Sovyetler Birliği raporu (Tugarinov ve Sardarov, 1975) kuyulardaki helyum ve argonun akma hızlarının gerilime duyarlı olduğunu ve Şekil 4 ün üst kısmında da görüldüğü gibi normal şartlar altında açıkca bir gel-git devri gösterdiğini belirtmiştir. Şekil 4 ün üst kısmında, gösterildiği gibi bu devir yakın depremlerden 6 ila 30 saat önce kesilmekte ve bundan dolayı diğer bir önceden haber aracı olmaktadır.

Küçük depremlerin oluşum hızlarındaki değişiklikler daha büyüğünün gelişine gösterge olabilir. Haicheng'teki en son uyarı, önsarsıntılar (foreshock) nedeniyle verilmiştir (Şekil 5). Yerel sismograf istasyonunda daha önce hiç gözlenmemiş olan küçük olaylar ana sarsıntıdan takriben üç gün önce başlamış ve yaklaşık 12 saat önce, saatte 60 sayısına yükselmiştir. Bu etkinlik ana olaydan hemen önce düşük bir düzeye indi. Ön sarsıntıların varlığı ve oluşum biçimlerindeki düzenlilik dikkatli araştırmaya değer konulardır.



Sekil : 4



Şekil : 5

Dolaylı habercilerin hepsi, yüksek gerilim altında kaya özelliklerinin değişmesini kapsar. Tanımlanmış olan etkiler sismik hızlardaki, elektriksel iletimdeki ve manyetik özelliklerdeki değişikliklerdir. Birçok olayda sismik p-dalgası hızındaki düşüş önceden denetimle doğrulanmışsa da bu durumu San-Andreas fayında da açığı çıkarmak için gösterilen çabalar genellikle olumsuz olmuştur. Daha henüz Merkezî Aleutian Adalarında gözlediğimiz depremlerle ilgili ve tamamen doğrulanmış bir hız farklılaşması (anomaly) bulunamamıştır.

Kaya kırılmalarının mekaniği ve fay kırılmalarının laboratuvar araştırmaları, arazi gözlemlerinin yorumunu ve neticede, deprem olayı fizığının tam açıklanması için gerekli bilgileri sağlayacaktır (Wyss, 1975). Bir depremdeki enerji algıverşi ve faylanmada suyun rolü gibi temel problemler laboratuvar-da, denetimli koşullar altında incelenebilir. Bundan öte, gözlenen habercilerin fiziksel temelleri yalnızca kuramsal araştırmalar ve uygun bir biçimde tasarlanmış deneylerin birleştirilmesiyle anlaşılacaktır. Bu gibi deneyler daha şimdiden kırılmaya yakın yükler altındaki hız ve rezistivite değişikliklerini anlamak için genişleme olayına bağlı, geçici bir temel sağlamışlardır. Şimdiki çalışmalar aynı zamanda, jeomanyetik habercilerin de aydınlatılmasına yöneliktir (Martin ve Wyss, 1975).

Önceden bildirmenin pratik uygulamasına ait araştırmalar içinde deprem olacağı kestirilen zaman aralığı kadar, tahminin (prediction) çıkarılmasından

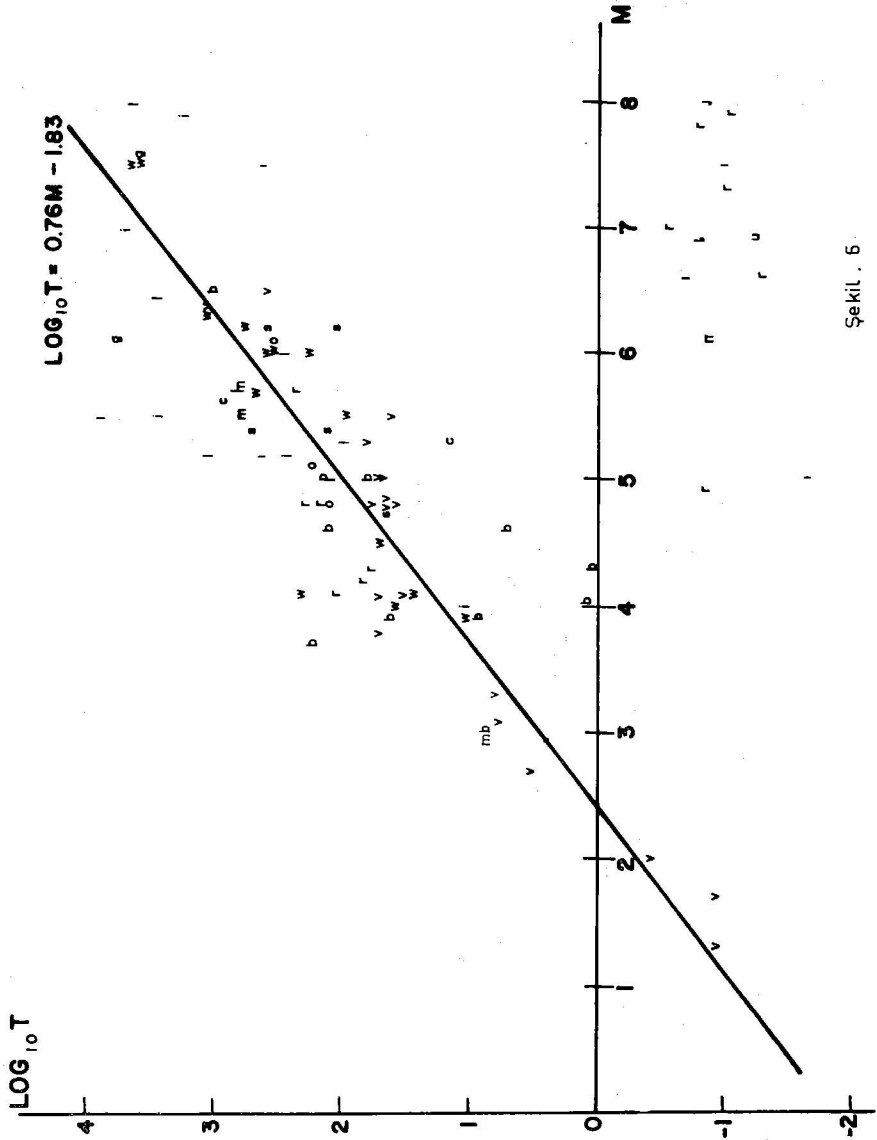
olaya kadar geçen bekleme zamanının idari makamlar ve halk üzerinde büyük etkileri olacağını göstermektedir. Şimdiki tecrübemiz, zaman tahminine anlamlı limitler koymamıza olanak vermeyecek biçimde, sınırlıdır. Rikitake'nin (1975) çalışması habercilerin sapkınlık süreci, T, ve tahmin edilen olayın büyüklüğü arasındaki bağlantıya göre iki grupta toplandığını göstermesi bakımından önemlidir (Şekil 6). Gruplardan biri, çok dağılım olmasına rağmen, doğrusal, logaritma T-magnitüd bağlantısı ile tanımlanmıştır. Magnitüdü 4 olan olaylar için yaklaşık 2-3 hafta ön süre, 6 olanlar için 1-2 yıllık ön süre ve 7 olanlar için de 22-75 yıllık ön süre öneren en az beş adet deneysel bağlantı değişik araştırmacılarca yayınlanmıştır. Teknik açıdan bu bağlantılardaki katsayılar oldukça iyi bir uyuşum içinde gözüküyorsa da, büyük deprem oluşumlarının tahmin zamanlarındaki 2-3 faktörü ayrıcalıklarının, eğer bu tahminlere göre pratik eylemlere gidilecekse, doyurucu olmadıkları açıktır. Eğer dağılım gerçekten bu kadar kötüyse bu durumun depremlerin aslı bir özelliği olup, olmadığına veya bu durumun verilerin daha dikkatli incelenmesiyle indirgenip indirgenemeyeceğine karar vermek için daha fazla araştırmamız olmalıdır. Belki de, sapkınlık süreçlerinde bölgesel sistematik ayrıcalıklar vardır.

Rikitake'nin tanımlandığı ikinci grubun özelliği zaman sürecinin birkaç saat gibi çok kısa olması (diğer veriler bu sınıftaki habercilerin birkaç gün sürebileceğini göstermektedir) ve yalnız büyüklüğü 5 ve daha fazla olan olaylar için görülmesidir. Bunların pratik önemi, bu durumun olaydan hemen önce uyarı ve eylem için bir temel sağlamasındandır. Kısa süreli habercilerin genel varoluşları ispat edilmemiştir ve bu konudaki araştırmalara büyük öncelik tanınmalıdır.

Deprem büyüklüğünün tahmini hem log. T-M bağlantısına ve hemde sapkınlık bölgesinin büyüklüğüne dayanır. Şimdiye dek büyüklük kestirimindeki başarı fazla olmamıştır ve büyüklüğü 8 veya daha fazla olan olaylar için herhangi bir tecrübemiz yoktur. Kestirilen büyüklüğün, kamu oyunun tepkisinde derin etkisi olacağı beklendiğinden, bu taktirin yapılmasında kullanılan yöntemlerin geliştirilmesi zorunludur. Süreç, sapkınlık sona erene ve deprem olana kadar bilinmeyeceğinden, büyüklüğe bağlı ön planlama için sapkınlık süreci-büyüklük bağlantısı kendi başına çok yararlı değildir. Sapkınlık bölgesinin büyüklüğe olan bağlantısı ümit verici ise de şimdiye kadar Japonya'daki depremler için yükselti sahasını büyüklüğe bağlayan yalnız bir adet deneysel denklem yayınlanmıştır.

Deprem büyüklüğünü sapkın bölge ölçüsünden kestirmek sonra da oluşuma kadar geçecek zamanı sapkınlık süreci-büyüklük bağlantısından çıkarmak bütün şüpheli taraflara rağmen mümkün bir stratejidir. Hız sapkınlıklarının özel durumunda, deprem öncesinde P-hızı veya P/S hız oranı normale döndüğü zaman bu süreden yeniden gözden geçirilmiş bir magnitüd tahmini yapılabilir. Magnitüdü 6 olan bir deprem için 1 den 2 yıla kadar ön zaman veren aynı bağlantılar 1000 günlük bir sürenin 6.2-6.7 arasında bir magnitüd doğuracağını gösterdiğinden, magnitüd tahmininin sapkınlık süresinden elde edilmesindeki pratik uygulamalar için, verilen bir magnitüde tekabül eden ön zamanın tahminindeki hata kadar ciddi değildir. Bir magnitüdeki yarım hata planlamayı oluşuma kadar geçen zamandaki bir yıllık hata kadar şiddetli etkilemez.

Deprem öncesi belirtilerini gözlemekle ilgili arazi programları, ümit verici belirtiler için tanımlanmış sapkın bölge büyüklüğünün ve sapkınlığın gelişim



Şekil . 6

biçimiyle sonraki kayboluşunun çıkarılmasına izin verecek şekilde, yeterince yoğun bir gözlem noktaları dağılımına dayandırılmalıdır. Bu bilgiler yalnız tahmin yöntemlerinin etkinliğini arttırmakla kalmayacak, fakat aynı zamanda deprem fiziği hakkındada önemli bilgileri açığa çıkaracaktır.

TAHMİN SONUÇLARI

Bir depremin önceden tahmini bu konuyu yalnız büyük sayıda halk ciddiye aldığı zaman anlamlı olacaktır. Kanıtlar şimdilik medyumlar veya amatörlerce yapılan bu tahminlerin çok az sayıda kimse tarafından ciddiye alındığını göstermektedir. Diğer taraftan deprem tahmini üzerinde uzman olarak tanınan sayın bilgiler kendi aralarında belirgin bir depremin tahmininde kullanılan verilerin açıklaması hakkında uyum sağladıkları zaman, tahmin halkın çoğunluğu tarafından oldukça ciddiye alınacaktır.

Sismologlar olduğu kadar hükümet organları da geçici olarak yapılmış tahminlerin en iyi şekilde nasıl gözden geçirileceği ve tahminlerin hangi biçimde elde edilebilir duruma getirileceğini göz önüne almışlardır. Örneğin, California'da önde gelen sismologlardan oluşan Deprem Tahmini Değerlendirme Kurulu (Earthquake Prediction Evaluation Council) herhangi bir deprem tahminine dayanak olan verileri inceler. Görüşmelerden sonra Kurul California Acil Hizmetler Dairesine (Office of Emergency Services) ve Vali'ye olası tahminin bilimsel değeri hakkında bilgi verir. Kurul toplantıları, kamu oyunun Kurul kararlarından anında haberdar olmasını sağlamak amacıyla, muhabirlerle ve televizyon kameralarına açıktır. Son zamandaki iki olayda Kurul bir alarmı gerek olmadığına, fakat yakın gelecekte bir depremin akılcı bir biçimde beklenip beklenmeyeceğinin saptanması için ek, yoğun araştırmaların yürütülmesi gerektiğine karar vermiştir.

Herhangi bir bilgin veya kişi, şüphesiz, herhangi bir zamanda bir tahmin haberi verebilir. Fakat kanıtlar, bu bildirilerin, bir uzmanlar grubunca belgelenmediği veya başka bir biçimde bir bilimsel doğrulanması olmadığı zaman tesirlerinin zayıf ve kısa ömürlü olacağına göstermektedir.

Ön sürenin, yani tahminin yapıldığı zamanla beklenen depremin zamanı arasındaki sürenin, çok önemi vardır. Uzun ön sürelerle ilgili hem faydalar ve hemde zararlar mevcuttur. Birçok değerli önlemler bir iki hafta içinde alınabilirse de büyük bir tesisin yerini değiştirmek gibi faaliyetler birkaç yıl gerektirir. Uzun ön süreler daha iyi hazırlanmaya olanak sağladığı gibi daha büyük ekonomik ve sosyal bozukluk olanakları da sağlar.

Amerika Birleşik Devletleri'nde yıkıcı bir depreme ait ilk güvenlik bir tahminin panik veya benzeri bir davranış yaratacağına dair hiç bir kanıt yoktur. Fakat tamamen bir ilgisizlik de olmayacaktır. Bu gibi bir tahmin başlangıçta endişe ve şaşkınlık yaratabilirse, sismolog, mühendis, sosyal bilimci ve yükümlü memurların zamanında, yeterli bilgi sağlamaları ve basın-yayın organlarının işlerini yükümlülüklerinin farkında olarak yapmalarıyla, "hedef" teşkil eden toplumun uzun vadede bu deprem tahminine sahip olmaktan dolayı çok daha iyi durumda olacağına inandıran her türlü sebep bulunacaktır.

Gelecek bir felaket bilgisinin gerektirdiği özel önlemlerin yükünün çoğu mahalli hükümetlere ve "hedef" bölgesindeki hükümetlerin üzerine düşecektir. Uzatılmış bir ön süre boyunca birçok sorunlar açığa çıkacak isteklerde bulu-

nulacaktır. Kamu yapılarının beklenen depreme karşı durma yeteneklerinin mühendislik yönünden değerlendirmeleri yapılmalı mıdır? Tehlikeli yapılar boşaltılmalı mıdır? Boşaltılacaksa, hangi zamana kadar? Şüpheli güvenilirliği olan özel sahipli yapılara kullanma yasağı mı konmalıdır yoksa bunlar boşaltılmalı mıdır? Eğer gerekiyorsa, okul, hastane ve hapisanelerde ne gibi özel önlemler alınmalıdır? Bir şehrin gelecekteki gelişimleri için yapılmış olan nazım plânı bir kenara konmalı mıdır? Ek hükümet harcamaları nasıl finanse edilecektir? Geçici olarak bölgeyi terkeden halkın ev ve iş yerleri yağmacılıktan nasıl korunacaktır? Mahalli hükümet çalışmaları geçici olarak başka bir yere taşınmalı mıdır?

İmkan, teçhizat, yatırım ve personeli değişik coğrafik bölgelere dağılmış olan büyük ticari firmaların mahalli iş yerlerinden daha az kaygı ve problemleri olacaktır. Fakat bir büyük firmanın temel imkan ve vasıtaları veya merkez ofisi "hedef" bölgede ise büyük sorunlar ortaya çıkabilir. Bilgisayar imkanlarını paylaşmakta olan firmaların da özel sorunları olabilir. Tahmin edilen deprem zamanı yaklaştıkça çalışanların işyerlerine gelmeme sorunu baş gösterebilir. Mali planlamalar, yatırım planları ve yeni inşaatlara ait planların yeniden değerlendirilmesi gerekebilir.

Mahalli ticari firmalar, mahalli hükümet gibi özel bir durumla karşı karşıyadır. Gelecek depremi bildiklerinden olası kayıplarını azaltabilirler. Hasar görebilecek envanter azaltılabilir ve özel koruma önlemleri alınabilir. Yatırım ve inşaat planları değiştirilebilir. Bazı durumlarda tesislerin yerlerinin değiştirilmesi akıllıca bir hareket olur. Bazı firmalara, beklenen deprem süresi içinde çalışanların hepsine tatil vermek, çok akılcı gelebilir.

İnşaat ve emlak alım satımı ile ilgili firmaların özel sorunları olabilir. Eğer yatırımcılar paralarını başka alanlara yatırırlarsa, hem yeni inşaat hem de tamirat işleri aniden gerileyebilir. Diğer taraftan, eğer mal sahipleri yapılarının güvenliğinden kaygılanıyorsa, bu yapıların değerlendirilmeleri ve dayanıklılaştırılmaları için mühendislik firmalarıyla anlaşabilirler. İnşaat sektöründeki yerleşim durumu tepe taklak olursa bu durum mahalli ekonomide, küçük ve marjinal iş girişimlerini yıkabilecek bir gerilemeyi başlatabilir.

Tehlikeyle karşı karşıya olan bölgedeki bireysel ailelerin plan yapmaya şansları olacaktır. Birçok durumda kiracılar için evden taşınmak kendi evinde oturanlara nazaran daha kolaydır. Bazı aileler, beklenen deprem zamanına rastlayacak şekilde tatil planlamak isteyebilirler. Güvenlilik önlemleri evin içinde alınabilir.

Meslek, para biriktirilmesi, yatırım ve satın alma ile ilgili planlar beklenen depreme göre değişebilir. Şehrin tehlikeli olduğu sanılan bölgelerinde bulunan belirli yapıların kullanılması önenebilir. Acil ihtiyaçlar depolanabilir. Değerli malların yerleri değiştirilebilir. Geçici olarak ayrılma planları çok önceden geliştirilebilir.

Olası sosyo-ekonomik etkiler çok derine inebilir. Eğer deprem sigortası yoksa, en azından bazı tip yapılar için, mal değerleri aniden düşebilir. İpotek temini durumunun da tesir altında kalması olağandır. Emlak vergileri gelirlerinde önceden beklenen artış gerçekleşmezse, kent ve belediyelerce sağlanan kamu hizmetleri azaltılacaktır. Eğer artan işsizlik ve gelecek hakkındaki kay-

gılar perakende satışları azaltırsa, satış vergisi gelirleri düşecek ve bu sebepten kamu hizmetlerinin sağlanması daha da azalacaktır.

Hükümet, şirketler ve toplumun önde gelenlerince yıkıcı bir depremin tahmini hakkında önceden anlamlı kararlar alındığı takdirde, bu olası olumsuz eğilimlerin gerçekleşmesine neden kalmayacaktır.

"Hedef" toplumunda çok sayıda insan çalıştıran firmaların temel kararları önemli olacaktır. Toplumun gelecekteki ekonomik sağlığına olan güveni yansıtacak yatırım kararlarıyla birleşen ve ekonomik karanlığa karşı çıkan çabalar ekonomik gerilme eğilimlerini yok edebilir. Halkın olası deprem hasarı ile ilgili gerçeklerle eğitimine yönelik başarılı çabalar dışı göç eğilimini azaltabilir. Hükümet desteğinde bir deprem sigortasının veya eşdeğerinin sağlanması büyük bir olasılıkla mahalli mülk değerlerini kararlı kılacak ve işsizlik artışına yönelik eğilimi yumuşatacaktır.

EYLEM PLANI İLE İLGİLİ ARAŞTIRMA BULGULARI

1975 ilkbaharında Colorado Üniversitesinin Davranış Bilimleri Enstitüsü (Institute of Behavioral Science) bilimsel deprem tahminlerinin olası sonuçları hakkında araştırmalara başladı. Araştırmanın odak noktasını, ilk birkaç tahminin "hedef" toplumlarındaki yurttaş ve örgütleri hangi biçimde etkileyeceği teşkil etmektedir.

1975 in ilk yedi ayında Japonya'nın Kawasaki ve kısmen Tokyo'yu kapsayan bölgesinde bir deprem tahmini yürürlükte idi. Olası deprem hakkındaki temel bilgiler bir uzmanlar grubu olan Deprem Tahmini Koordinasyon Komitesi'nden gelmiştir. Bu bilgiler basın-yayın organlarının çoğunluğu tarafından bir tahmin olarak açıklanmıştır. Sismologlar arasında bilinen, kısıtlı verilerin en akılcı bir değerlendirilmesine ait görüş birliği yoktu. Hatta "tahmin" bilgileri oluşum zamanı hakkında kesin bir sonuca bile varmıyordu. Bununla beraber, "tahmin" önemli bir tepki yarattı. Arsa değerleri düştü ve emlak alım satımı yavaşladı. Ev sahipleri deprem sigortası satışları % 8 arttı. Yeni inşaat geriledi. Bazı dükkanlarda depremle ilgili eşyaların satışında ani artmalar oldu. Bütün ilgili hükümet organları deprem hazırlığı faaliyetlerini hemen artırdılar. Felaketzedelerin birinci ve ikinci safhada kurtarılmaları ve korunmaları ile ilgili yeni ve geniş kapsamlı planlar geliştirildi. Yerleşim bölgelerini endüstri bölgelerinden çıkabilecek deprem-ilişkili yangınlara karşı korumak için çok pahalı ve ihtilafli planlar geliştirildi. Bu hazırlık önlemlerinin çoğu, "tahmin" yanlış olsa bile bu depremle ilgili önlemlere her zaman deprem hasarına karşı genel bir güvence olarak, gereksinme duyulduğu gerekçesiyle haklı gösterilmiştir.

Aşağıda da gösterileceği gibi, Kawasaki "tahminine" gösterilen bu tepkiler California örgüt ve yurttaşlarından elde ettiğimiz araştırma bulguları arasında yakın paralellikler bulunmaktadır.

Güvenilir bir deprem tahmini var sayılırsa, California araştırmamız eğer yıkıcı deprem yaklaşık olarak kestirilen zamanda meydana gelirse ölüm ve yaralanmalarda kesin azalma olacağını göstermektedir. İncelikli bir tahminle mümkün olan önlemler sayesinde mal hasarları da hissedilir miktarda azalacaktır. Fakat, diğer bir bulgu da, eğer tahmin uzunca bir ön süre sağlıyorsa

ve bilhassa bu ön süre bir yıl veya daha fazla ise "hedef" toplum, önemli sosyal ayrımlara ve mahalli ekonomide gerilemelere maruz kalacaktır.

ÖLÜM VE YARALANMALARIN AZALMASI

Beklenen deprem bölgesindeki halk sayısında önemli bir azalma olacağı açıktır. Yalnız bu eğilim riske maruz nüfus sayısını büyük olasılıkla en az % 50 azaltacaktır. Fakat, toplum olarak ele alındığında, riski daha da azaltacak, deprem tahmininden doğan daha birçok tepkiler vardır.

En geniş anlamda tahmine olan tepkiler fiziksel ayarlamalar ve sosyo-ekonomik ayarlamalar olarak sınıflandırılır. Fiziksel ayarlamalar, kitap dolaplarını duvara bağlama, devrilme ve yer değiştirmeyi önleyecek şekilde depolama gibi yaralanma olasılığını azaltıcı basit önlemlerden binalardaki büyük yapısal değiştirmelere ve barajlardaki su seviyesinin düşürülmesine kadar geniş bir sahayı kapsar. Şekil 7 uzatılmış bir ön süre olduğu zaman alınabilecek fiziksel ayarlama çeşitlerini özetlemektedir.

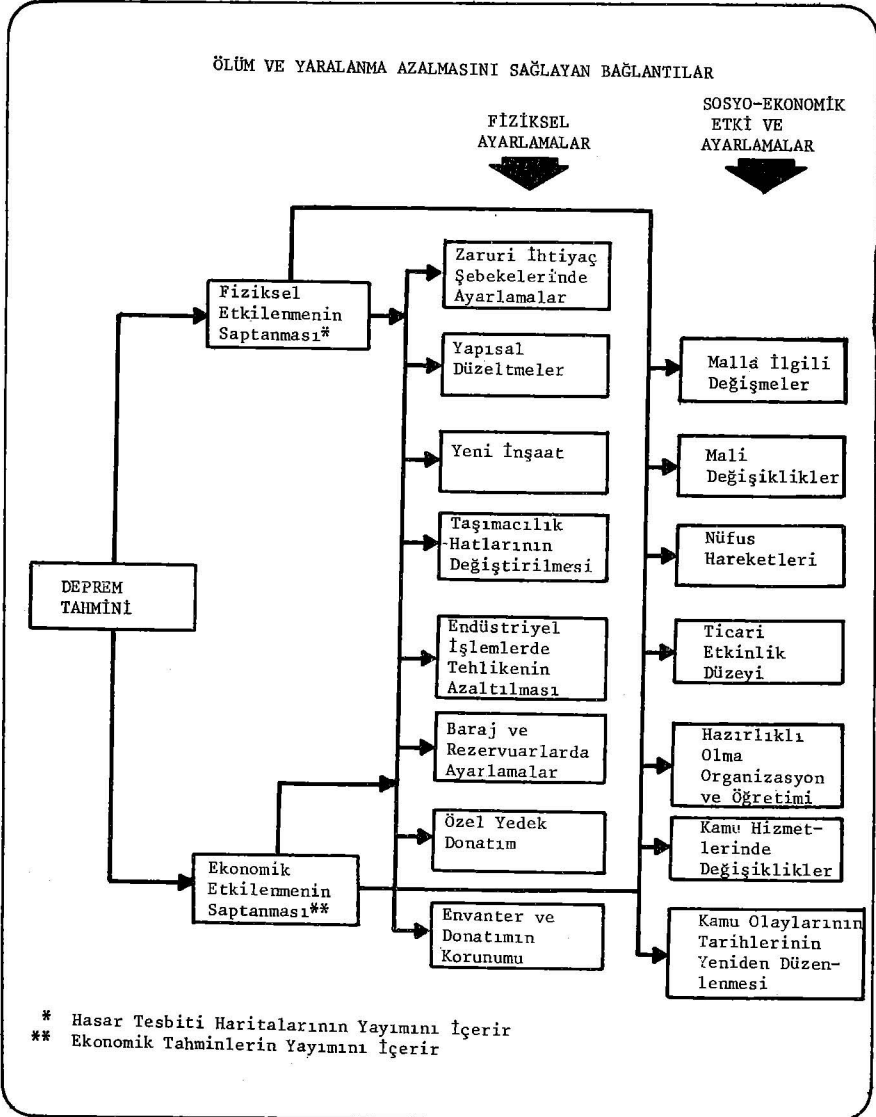
Bulgularımız "hedef" bölgesindeki iş yerleri ve hükümet organlarının dörtte üçünün kendi bina, teçhizat ve envanterlerinde bir deprem tahmini sonucu meydana gelebilecek hasarın saptanması için çaba sarfedeceğini ve uygun önlemler alacağını göstermektedir. Endüstriyel işlemlerle ilgili tehlikeleri azaltıcı benzer önlemlerde alınacaktır. Keza görüşülen allelerin yaklaşık yarısı ölüm ve kaza riskini azaltmak için bilhassa yapısal olmayan önlemlere yönelik olan tedbirleri alacaklardır.

"Hedef" bölgesindeki yeni inşaatların durması zararı iki yoldan azaltacaktır. Çok zarar görmüş bölgelerdeki yapı sayısı azalınca riske maruz insan sayısı da azalacaktır. Keza, kısmen tamamlanmış yapılar, tamamlanmış yapılara nazaran daha kolay göçüp, yaralanmalara sebebiyet verme olasılığını daha çok arttıracığından, bu bölgede deprem zamanında bu gibi kısmen tamamlanmış yapılardan, olsa bile, çok az miktarda olacaktır.

Kamu sektöründe, taşımacılık hatlarının değiştirilmesi, kamu binalarında yapısal değiştirmeler gibi fiziksel ayarlamalarla ilgili kararlar alınacaktır. Envanterin korunumu, endüstriyel işlemlerle ilgili tehlikelerin azaltılması gibi diğer konular özel sektör tarafından karara bağlanacaktır. Bunların hepsi para tutacak ve üzerinde önemli yapı sistemi değişikliği yapılacak eski ve büyük kamu binalarında olduğu gibi bazı durumlarda bu masraf kabul edilemeyecek derecede yüksek bulunacaktır. Mahalli idarelerin ve küçük bölgesel iş yerlerinin tam, pahalı fiziksel ayarlamalar yapıp yapmamaya karar verecekleri zaman, gelirlerinde azalmalar olacaktır. Böylece, birçok durumlarda, geçici olarak binanın boşaltılması gibi sosyo-ekonomik ayarlamalar daha pahalı fiziksel ayarlamalara nazaran tercih edilecektir.

Geniş anlamda fiziksel ayarlamalara başvurulmasının aleyhine çalışan diğer bir faktörde, deprem tahmininde ve deprem mühendisliğinde şimdiki bilgi birikimi hakkında birçok idareci, memur ve yurttaş tarafından ifade edilen şüphelerdir. Deprem, tahmin edilenden daha büyük bir derecede olabileceğinden ve en iyi mühendislerce verilen en iyi kararların bile yeterince iyi olamayacağından ve hatta yapılar mühendislerin tavsiyelerine göre kuvvetlendirilse bile, deprem mühendisliği temel bilgilerindeki hassasiyet eksikliği yüzünden beklenenden çok fazla hasar görebileceğinden korkulmaktadır.

ÖLÜM VE YARALANMA AZALMASINI SAĞLAYAN BAĞLANTILAR



Şekil : 7

Bununla beraber, yeni inşaatların durmasından dolayı iş kaybeden birçok mühendislik firmaları bu kayıplarını, yapıları değerlendirme çalışmalarıyla ve onları depreme daha dayanıklı hale getirecek değişiklikleri tasarlamakla gidebileceklerdir.

Riskin azaltılmasına öncülük eden **sosyo-ekonomik ayarlamalar** çok sayıdadır. Meydana gelecek belli başlı sosyo-ekonomik tepkilerin ve ayarlamaların bir özeti için Şekil 8'e bakınız.

Bir deprem tahminine olan büyük sosyo-ekonomik tepkiler o kadar içiçe girmiştir ki, ilk bakışta ölüm ve kaza riski ile hiç ilgisiz görülenler bile gerçekte bu gibi riskleri etkiler. Örneğin, resmi bir tahmini takiben deprem sigortasının elde edilememesi ipotek elde edimindeki, mal değerlerindeki, yatırım biçimlerindeki ve yerleşim fırsatlarındaki değişimleri başlatır. Bu değişiklikler mahalli idarelerin vergi gelirlerinde azalmalara, bu azalmalarda kamu hizmetlerinde indirime sebep olur. Kamu hizmetlerindeki bu kısıtlamalar daha fazla insanın bölgeyi terketmesini zorunlu kılar, ve bu şekilde daha az halk ölüm ve yaralanma riskine maruz kalır.

Dikkat edilmelidir ki, hem özel hem de kamu sektörünün kararları mevcuttur ve bu kararların sonuçları her bir sektörün diğerine tesir etmesi şeklinde iki yönde yayılır. Eğer hükümet yüksek risk bölgelerinin boşaltılmasını zorlarsa, mahalli iş yerleri olumsuz etkilenecek, fakat daha fazla hayat kurtarılmış olacaktır. Eğer kredi kuruluşları ipoteği kolayca elde edilemeyecek hale getirirlerse, bu durum emlak vergisi gelirlerini azaltarak, sonuçta kamu hizmetleri üzerinde olumsuz tesir yaratacaktır, fakat aynı zamanda daha fazla sayıda insanın daha emin bölgelere gitmesini de sağlayacaktır. Bölge işverenleri tarafından işyerlerinin ve işçilerin işten çıkarılmaları mahalli ekonomiyi zayıflatacak, fakat geçici yeni yerleşmeleri cesaretlendirmekle hayat kurtaracaktır. Yalnız birkaç tane belli başlı karar yeni yerleşmeleri önleyebilecek, diğer çoğunluğu ise bu duruma cesaret vererek ölüm ve yaralanma riskini azaltacaktır.

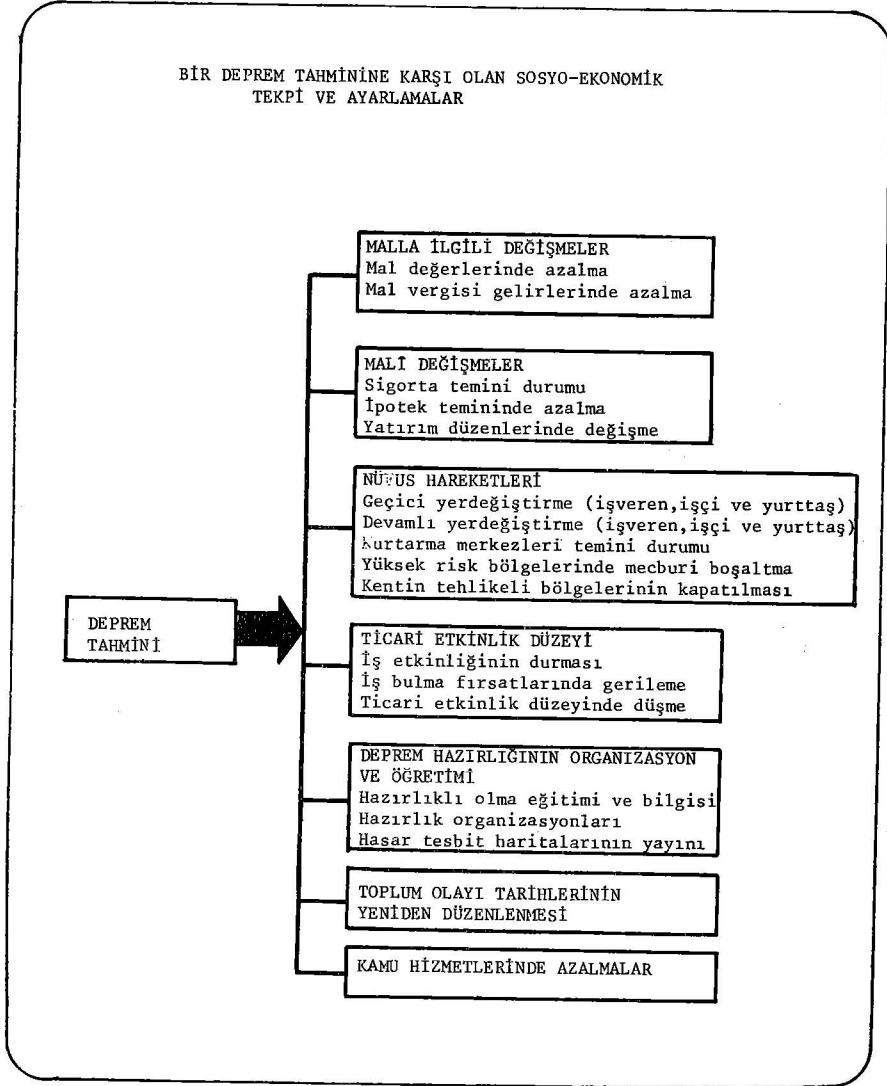
Şekil 9'da kayıpların azalmasına öncelik veren fiziksel ve sosyo-ekonomik ayarlamalar arasındaki bağlar basitleştirilmiş bir biçimde gösterilmektedir.

MAL ZARARININ AZALMASI

Yıkıcı bir deprem tahminine olan tepkilerin çoğu yalnız can kaybını azaltmakla kalmayacak aynı zamanda mal zararlarını da azaltacaktır.

Şüphesiz, yapıların deprem dayanıklılığını arttırmak, malların korunmasıyla ilgili en önemli davranışlardan biridir. Kamu sektörü alt yapı tesislerini, elektrik su tasfiye santrallerini, haberleşme vasıtalarını ve baraj, köprü, üst geçit gibi özel yapıları dikkatle kontrol edecek, ve bunların depreme karşı dayanıklılıklarını arttırmaya ve göçmelerinden doğacak zararı azaltmaya yönelik eylemlere girişebilecektir. Kamu ve özel sektörün her ikisi de teçhizat ve envanterlerini güvence altında tutmak için özel önlemler alacaktır. Bölge sakinlerinin yaklaşık yarısının evlerinde benzer önlemler alması beklenmektedir. Yeni inşaatların hemen hemen olmayışı kısmen tamamlanmış yapılarla ilgili özel riskleri giderecektir.

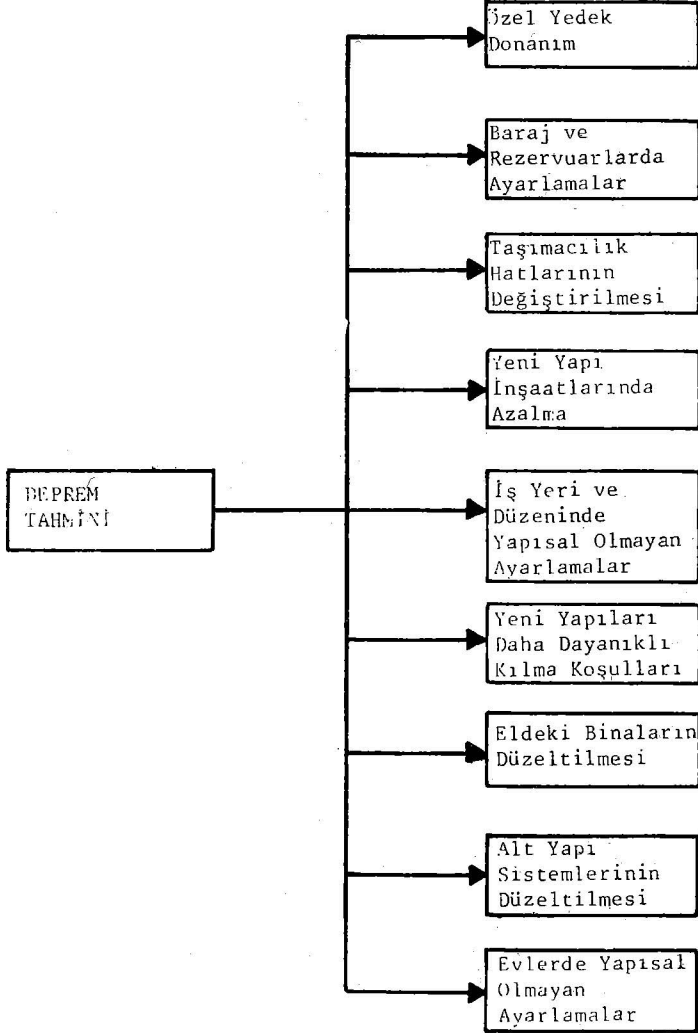
BİR DEPREM TAHMİNİNE KARŞI OLAN SOSYO-EKONOMİK
TEKİP VE AYARLAMALAR



Şekil : 8

İş yerleri ve hükümet organları, deprem zamanı yaklaşınca hasar görebilecek envanterlerini minimuma indireceklerdir. Birkaç tanesi kesin olarak tehdit edilen sahanın dışına taşınacak ve yer değiştirme eylemlerine girişenler sadece geçici olarak, çoğunluğu olmasa bile, bazı teçhizatlarını, kayıt ve envanterlerini yeni yerlere taşıyacaklardır. Bu, risk altında olan mal miktarını büyük miktarda azaltacaktır.

ZAYIAT AZALMASINA YOL AÇAN FİZİKSEL AYARLAMA
ÇEŞİTLERİ



Şekil : 9

Benzer şekilde, pahalı ev gereçlerine olası zarardan kaygılanan aileler bu gibi gereçlerin satın alımını beklenen deprem sonrasına bırakacaklardır. Görülmüş olan ailelerden yaklaşık üçte ikisi bu gibi satın alımları geciktireceklerini söylemektedirler. Kredi kurumlarınca yaratılan kredi zorlukları devamlı kullanılabilen malzeme satışlarını ve bu gibi malzemelerin "hedef" bölgeye sevkiyatını yavaşlatacaktır.

Bütün ailelerin üçte birinden fazlası bazı mallarını daha güvenilir bölgelere taşıyacak ve yaklaşık % 10 u bölgeyi devamlı olmak üzere terk edecektir. Şüphesiz, eğer birçok işveren devamlı bir yerdeğişimine giderse bölgenin ekonomik kaybı çok fazla olacaktır.

Bir deprem tahminine yapılan belli bağlı ayarlamalar ve bunların mal zararı azalmasına bağlantı ve tesirleri Şekil 10 dan çıkarılabilir.

BÖLGESEL EKONOMİK EYLEMLERİN KESİLMESİ

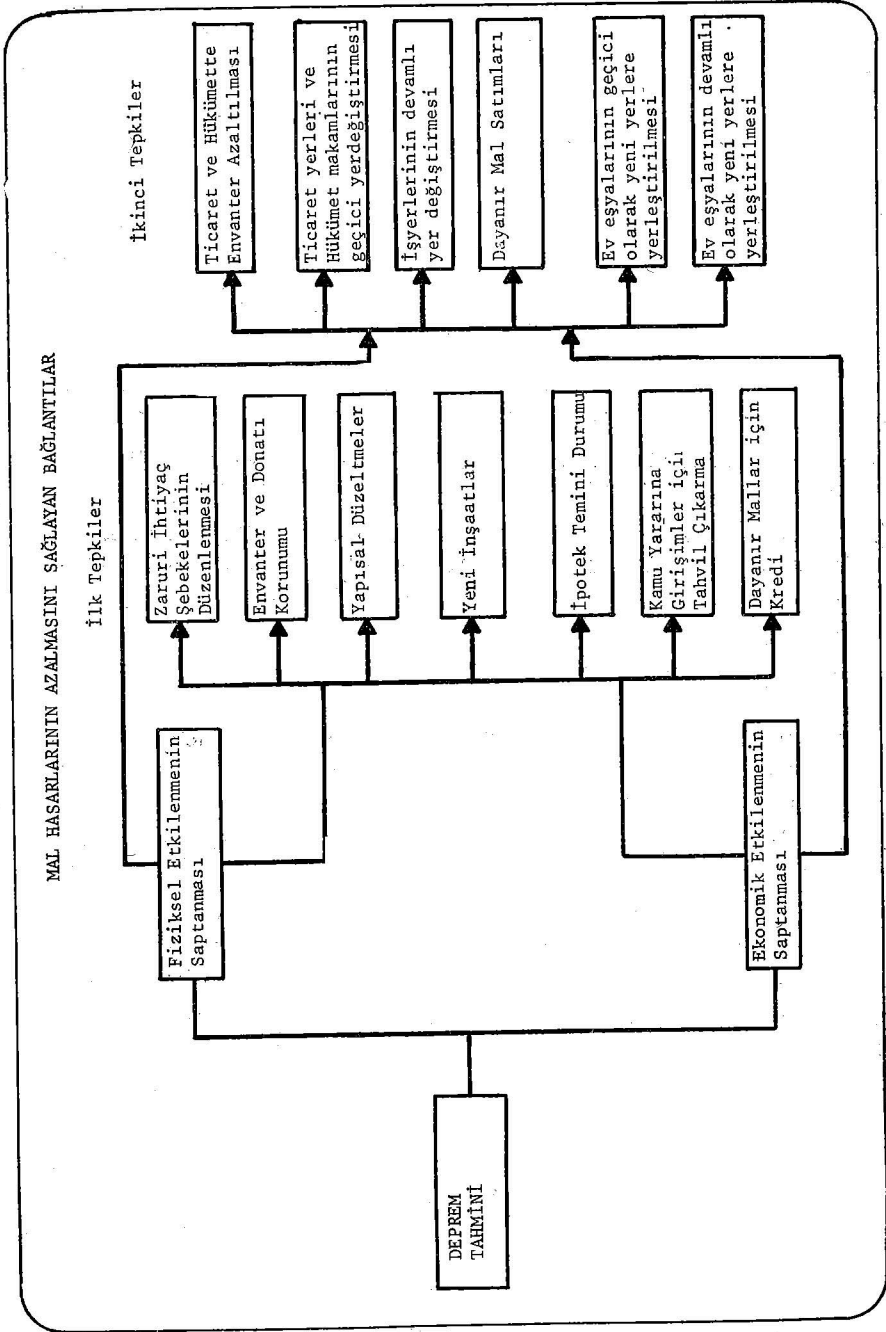
Can ve mal kayıplarının azalmasını sağlayan birçok fiziksel ve sosyo-ekonomik ayarlamalar aynı zamanda "hedef" bölgesi ekonomisini de kestirilen bir deprem öncesinde, belki de şiddetli olarak, zayıflatacaktır.

Güvenilir bir deprem tahminini takiben, aileler, iş yerleri ve hükümet makamları kendi çıkarlarına en uygun bir şekilde davranmaya çalışacaklardır. Yatırımcılar genellikle paralarını "hedef" bölgesi dışına koyacaklar veya, kendi risklerini azalttığı savından hareketle, yatırımlarını bölge içine gayet seçici olarak yapacaklardır. Özel sektördeki geliştirme planlaması ve inşaat önce şiddetle azalacak, sonra da tamamen duracaktır. Mahalli hükümetlerde aynı şekilde inşaat projelerini ya durduracak, yada ana parayı azaltacaktır (beklenen deprem zamanından sonra o zamana kadar kapalı tutulmuş olan büyük bir gelişme potansiyeli mevcut olacaktır).

Kamu ve özel sektör binalarında düzenli olarak yapılagelen tamiratlar beklenen deprem öncesinde durdurulacaksa, binaları depreme daha dayanıklı kılmak için yapılacak değişikliklerle bu durumun önüne geçilecektir. İnşaat endüstrisinin tesiri altında, ticari eylemlerde genel azalmalar olacak (bilhassa beklenen depremden altı ay önceden başlayarak), işsizlik çok fazla artacak ve mahalli hükümetler satış ve emlak vergisi gelirlerinde büyük kayıplara uğrayacaklardır. Bölge sakinleri satın almaları azaltacaklar ve turizm gelirleri büyük bir olasılıkla sifıra düşecektir.

Büyük ulusal firmalardan birkaç tanesi bölgeden tamamen dışarıya taşınacaktır. Kredi kurumları, bilhassa mahalli olanlar, kredi kısıtlamaları ve ipotek tanmada daha seçici olmakla yatırımcıların çıkarlarını koruyacaklardır. Emlak alım satımları tek tük olacak, sonuçta ise çok azalacaktır. İpotek ve emlak vergilerini tutma durumları ise en az olacaktır.

Planlanmış girişimlerin yokluğunda bir bütün olarak ele alındığında durumun bir ekonomik yer değiştirme ve sosyal kesilmelere varacağı açığa çıkar. Depremün fiziksel tesirleriyle başedebilmek için önceden planlamak bir yanda, bu tahminin doğuracağı tepkilerle beraber yaşamak ise diğer bir yandadır. Riskin düşmesi için ödenen oldukça büyük bir sosyal ödenti vardır. Olası yer değiştirme ve kesilmelerin, tahmin öncesinden akılcı eylemlere başvurulduğu takdirde bu kadar büyük olmayacağı kanaatindeyiz.



Şekil : 10

REFERANSLAR

1. Castle, R.O., J.P. Church, and M.R. Elliott, Aseismic Unlift in Southern California, *Science*, 192 : 251-253, 1976.
2. Harrison J.C., Cavity and Topographic Effects in Tilt and Strain Measurements, *J. Geophys. Res.*, 81 (2) : 319-328, 1976.
3. Johnston, M.J.S., and C.E. Mortenson, Tilt Precursors before Earthquakes on the San Andreas Fault, California, *Science*, 186 : 1031-1034, 1974.
4. Kisslinger, C., Processes during the Matsushiro Earthquake Swarm as Revealed by Leveling, Gravity, and Spring-Flow Observations, *Geology*, 3 : 57-62, 1975.
5. Martin, Randolph J. III, and M. Wyss, Magnetisms of Rocks and Volumetric Strain in Uniaxial Failure Tests, *Pure Appl. Geophys.*, 113 (1/2) : 51-61, 1975.
6. Muller, P.M. (ed), *Proceedings of the Lectures by the Seismological Delegation of the People's Republic of China*, Pasadena : Jet Propulsion Laboratory, 1976, (translated from Chinese).
7. Rikitake, T., Earthquake Precursors, *Bull. Seis. Soc. Amer.*, 65 (5) : 1133-1162, 1975.
8. Tugarinov, A.I., and S.S. Sardarov, Variations in Deep Flows of Radiogenic Gasses as a Consequence of Elastic Deformations of the Earth's Crust (in Russian), *Doklady, Academy of Sciences, USSR*, 223 (4) : 856-859 1975.
9. Whitcomb, J., New Vertical Geodesy, *J. Geophys. Res.*, 81 (26) : 4937-4944, 1976.
10. Wyss, M. (ed), *Earthquake Prediction and Rock Mechanics*, Special Issue of *Pure Apply. Geophys*, 113 (1/2) : 1-330, 1975.
11. Wyss, M., Local Changes of Sea Level before Large Earthquakes in South America, *Bull. Seis. Soc. Amer.*, 66 (3) : 903-914, 1976.

GENEL REFERANSLAR

1. American Seismology Delegation, Earthquake Research in China. EOS, Trans. American Geophysical Union, 56 (11) : 838-881, 1975.
2. Bolt, B.A., and C. - Y. Wang, The Present Status of Earthquake Prediction, CRC Critical Review in Solid State Sciences, September : 125-151, 1975.
3. Kisslinger, C., Earthquake Prediction, Physics Today, 27 (3) : 36-42, 1974.
4. Kisslinger, C., and M. Wyss, Earthquake Prediction, Rev, Geophys. Space Phys., 13 (3) : 298-300, 1975.
5. Mileti, D.F., T.E. Drabek, and J.E. Haas, Human Systems in Extreme Environments, Monograph No. 21, Institute of Behavioral Science, the University of Colorado, Boulder, Colorado, 1975.
6. Panel on Earthquake Prediction, Predicting Earthquakes : A Scientific and Technical Evaluation with Implications for Society, Washington, D.C. : National Academy of Sciences, 1976.
7. Panel on the Public Policy Implications of Earthquake Prediction, Earthquake Prediction and Public Policy, Washington, D.C. : National Academy of Sciences, 1975.
8. Press, F., Earthquake Prediction, Scientific American, 232 (5) : 14-23, 1975.
9. Rikitake, T., Earthquake Prediction, Amsterdam : Elsevier Scientific Publishing Company, 1976,
10. White, G.F., and J.E. Haas, Assessment of Research on Natural Hazards, Cambridge, Massachusetts : The MIT Press, 1975.

DEPREM ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ 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 aydıngeçer kağıdına çini mürekkebi ile çizilmiş olması
 - f) 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. İmar ve İskân Bakanlığı mensubu elemanlar 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 yayınlanacak yazıların 300 kelimelik beher standart sayfası için teliflerde 75, tercümelerde 50 TL. ücret ödenir.
6. Yazılarda bulunan şekiller için, gerekli olan asgari alan içinde bulunabilecek kelime sayısına göre ücret takdir edilir.
7. Telif ve tercüme ücretlerinin gelir vergisi stopaj yoluyla kesilir.
8. Yazıların bültende yayınlanması Deprem Araştırma Enstitüsü bünyesinde teşekkül eden Uzmanlar Kurulu'nun kararı ile olur.
9. Seçmeyi yapacak Uzmanlar Kurulu 5. maddede sözü edilen asgari alanları hesaplamaya, yazı sahiplerine gereksiz uzatmaların kısaltılmasını teklif etmeye, verilecek ücrete esas teşkil edecek kelime sayısını tesbit etmeye ve yazıların yayın sırasını tayine yetkilidir.
10. Kurulca incelenen yazıların bültende yayınlanıp yayınlanmayacağı yazı sahiplerine yazı ile duyurulur.
11. Yayınlanmayacak yazılar bu duyurmadan sonra en geç bir ay içinde sahipleri tarafından geri alınabilir. Bu süre içinde alınmayan yazıların korunmasından Enstitü sorumlu değildir.
12. Diğer kuruluşlar ve Bakanlık mensupları tarafından bilgi, haber tanıtma v.b. gibi nedenlerle gönderilecek not ve açıklamalar, ya da bu nitelikteki yazılar için ücret ödenmez.
13. Enstitü mensupları Enstitüce kendilerine verilen görevlere ait çalışmalarından ötürü herhangi bir telif ya da tercüme ücreti talep edemezler.