



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

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

1



Deprem Araştırma Bülteni (DAB)

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



Nisan [April] / 1973
Cilt [Volume]: 1

Sayı [Issue]: 1

İÇİNDEKİLER [INDEX]

Sayfa [Page]

DİĞER [OTHER]

Deprem Araştırma Bülteni İçin [For Earthquake Research Bulletin]
Turgut TOKER 6-6

DİĞER [OTHER]

Çıkarken [On Publishing]
Teoman GÜZEY 7-8

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Sismisite Çalışmaları ve Kıbrıs'ın Sismisitesi Hakkında Bir İnceleme
[Seismicity Studies and A Study on the Seismicity of Cyprus]
Oktay ERGÜNAY, Oktay YURDATAPAN 9-30

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Betonarme Kısa Kolonların Depreme Dayanıklı Yapımı [Earthquake
Resistant Construction of Reinforced Concrete Short Columns]
Nejat BAYÜLKE 31-41

DİĞER [OTHER]

Nükleer Santrallerin Depreme Karşı Hesabı [Earthquake Calculation of
Nuclear Power Plants]
Onur GÖKSEL 42-59

DİĞER [OTHER]

Mikrotremorlar IX [Microtremors IX]
Sinan GENÇOĞLU 60-70

DİĞER [OTHER]

Kuvvetli Depremlerin Spektrum Analizleri [Spectrum Analysis of Strong
Earthquakes]
Ersen BUKET 71-96

DİĞER [OTHER]

Bir Yapının Depreme Olan Maksimum Mukabelesinin Tayini İçin
İstatistiksel Bir Yöntem [A Statistical Method for Determining the
Maximum Response of a Building to Earthquake]
Mehmet Emin ÖZEL 97-118

DİĞER [OTHER]

1971 San Fernando Kalifornia Depremi Konferansından Rapor [Report
from the 1971 San Fernando California Earthquake Conference]
Nejat BAYÜLKE 119-126

A.T.
4.1

**DEPREM
ARAŞTIRMA
ENSTİTÜSÜ
BÜLTENİ**

1

**DEPREM
ARAŞTIRMA
ENSTİTÜSÜ
BÜLTENİ**

1

DEPREM ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ BÜLTENİ

(Üç Ayda Bir Yayınlanır Bilim ve Meslek Dergisi)

Sahibi : İmar ve İskân Bakanlığı adına Teoman Güzey
(Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanı)

Yazı İşleri Müdürü : Oktay Ergünay
(Deprem Araştırma Enstitüsü Başkan Yardımcısı)

Yönetim Yeri ve YazıŒma Adresi : Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı Konur Sokak No. : 4/2 Yenisehir/ANKARA

Telefon : 18 66 29 — 12 87 82

Basıldığı Yer : Œenyuva Basım Sanayii 17 70 94

İlânlar pazarlığa tabidir.

Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni

YIL : 1

SAYI : 1

NİSAN 1973

BU SAYIDA

Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni İçin	Turgut TOKER	5
Çıkarken	Teoman GÜZEY	7
Sismisite Çalışmaları ve Kıbrıs'ın Sis- misitesi Hakkında Bir İnceleme	Oktay ERGÜNAY - Oktay YURDATAPAN	9
Betonarme Kısa Kolonların Depreme Dayanıklı Yapımı	Nejat BAYÜLKE	31
Nükleer Santrallerin Depremlere Karşı Hesabı	G. W. Housner	42
Mikrotremorlar IX.	K. Kanai - T. Tanaka - S. Yoshizawa	60
Kuvvetli Depremlerin Spektrum Ana- lizleri	G. W. Housner - R. R. Martel - J. L. Alford	71
Bir Yapının Depreme Olan Maksimum Mukabelesinin Tayini İçin İstatistiksel Bir Yöntem	H. Tajimi	97
1971 San Fernando Depremi Konferan- sından Rapor	D. Leeds	121
Toplantılar - Yayınlar - Haberler	126
Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni Yayın Koşulları	136

Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni İçin

Yeryüzünün belli başlı deprem kuşaklarından biri üstünde bulunan topraklarımızın % 91.4 ü çeşitli oranlarda depreme maruz bölgelerin sınırları içerisinde olup nüfusumuzun % 95 i bu alanlarda oturmaktadır.

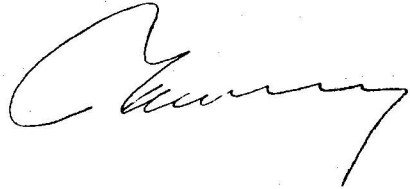
Tarih boyunca görmüş olduğumuz depremlerin meydana getirdiği can ve mal kayıpları ise gerçekten büyük olmuştur.

Deprem zararlarını azaltıcı tedbirlerin başında araştırma çalışmaları gelir. Gerek depremin oluş nedenleri, gerek çeşitli açılardan buna karşı alınması gereken tedbirler, bilimsel araştırmalara dayandırılmak zorundadır. Japonya gibi, Amerika Birleşik Devletleri gibi deprem afetiyle karşı karşıya bulunan ileri ülkeler, araştırmaya verdikleri önem sayesinde, depremin zararlarını geniş ölçüde azaltmak başarısını gösterebilmişlerdir.

7269 sayılı kanunun verdiği imkânla Bakanlığımız bünyesinde kurulan DEPREM ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ, diğer ulusal ve uluslararası kuruluşlarla da işbirliği yaparak ülke çapında araştırma çalışmalarına başlamış bulunmaktadır. Aletsel kayıt sisteminin geliştirilmesi gayretlerini, mikrozonel zemin çalışmalarının başlatılmış olmasını ve yine kanunla verilmiş olan eğitim ve öğretim hizmetleri için gerekli hazırlıkların ilerletilmiş bulunmasını, Enstitünün geleceği yönünden, ümit verici bulmaktayım.

Yabancı ülkelerde ve Yurdumuzda yapılmış ve yapılmakta olan önemli araştırma çalışmalarının daha geniş bir alana yayılması ve ilgililerin istifadesine sunulması amacı ile gerçekleştirilmiş olan bu bültenin de büyük bir boşluğu dolduracağına inanmaktayım.

Emeği geçenlere teşekkür eder başarılar dilerim.



TURGUT TOKER
İmar ve İskân Bakanı

Çıkarken

Deprem ve depremin zararlarını azaltıcı tedbirlere ilişkin bilimsel çalışmaların, özellikle depreme maruz gelişmiş ülkelerde, ne kadar ileri bir aşamaya ulaştığı bilinmektedir.

Kullanılan yöntemler, araçlar o derece büyük bir gelişme içindedir ki, bunların kişiler ve kurumlar tarafından günü gününe izlenmesi dahi ayrı bir sorun haline gelmektedir.

Bugün üzerinde yaşadığımız topraklar, tarihin en eski çağlarından beri şiddetli depremlere sahne olmuş ve bu topraklar üstünde yaşayan insanlar, büyük can ve mal kayıpları ile depremin acısını duymuşlardır.

Deprem sonrasında, felâkete uğramış vatandaşların yaralarının sarılmasında gerçekten büyük başarılar kaydedilmiş olan ülkemizde, depremin zararlarını azaltıcı tedbirlerin alınmasında aynı başarının gösterilebildiği söylenemez.

Toplumsal sorunlarımızın çokluğunun ve ekonomik gelişme olanaklarının bunda büyük bir payı olduğu kuşkusuzdur. Alınan tedbirler sayesinde ileri ülkelerde hasarları sınırlı kalan belli şiddetteki bir depremin, Yurdumuzda daha büyük hasarlara yol açtığı, acı da olsa, bir gerçektir.

Bu nedenle Türkiye, deprem araştırmalarına ve bu araştırmaların sonucunda alınması gerekli uygulama tedbirlerine eskisinden daha büyük bir önem vermek zorundadır.

Bu gerçeği gözönünde bulunduran İmar ve İskân Bakanlığı, 7269 sayılı kanunun da bir gereği olarak Deprem Araştırma Enstitüsü'nü kurmuş ve bu enstitü eliyle ülke çapında araştırma çalışmalarına girmiş bulunmaktadır.

Bu arada dünya deprem literatürünü yakından izlemek ve Yurdumuzda yapılan çalışmalarını daha geniş bir alana duyurmak gereğini de gören Bakanlık, elinizde tuttuğunuz bu bülteni, ilgililerin yararlanmasına sunmak ihtiyacını da hissetmiştir.

Bugün için ulusal bir ihtiyacı karşılamak durumunda bulunan bu bülteni, zamanla gelişerek, uluslararası bir nitelik kazanabileceğine de inanmaktayız.

Deprem alanında araştırma çalışmaları yapan bütün bilim adamlarını, uzmanları ve kuruluşları Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni'ne yardıma çağırıyoruz. İnanıyoruz ki, ancak böyle bir işbirliği sonucunda bülten, amaçlarına uygun bir gelişme göstererek uluslararası bir düzeye erişebilecektir.

Bültenimizde de ilk sayılara özgü kusurlar bulunduğu kuşkusuzdur. Zamanla gerek öz gerek biçim bakımından daha olgun sayılar çıkarabilmek amaçlarımızın başında gelmektedir.

Teoman Güzey

Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanı

Sismisite Çalışmaları ve Kıbrıs'ın Sismisitesi Hakkında Bir İnceleme

Oktay ERGÜNAY *

Oktay YURDATAPAN **

Synopsis

In this article, «Local Seismicity Studies» which is not well known in this country and earthquake risk will be introduced. The application of these techniques to the seismicity of Cyprus will be given as an example.

In the determination of the earthquake regions and the soil coefficients for Cyprus, a more realistic approach the one now in use in Turkey has been adopted.

It is considered that in the future modification of the Turkish Earthquake Code use of a similar approach to the soil classification and related coefficients would be more appropriate.

ÖZET

Bu makalede, Yurdumuzda tatbikatı az olan «Lokal Sismisite Çalışmaları» ve bilhassa Deprem Risk'inin ne olduğu tanıtılmağa çalışılmış ve Yurdumuzda Sismisitesi bilinmeyen Kıbrıs için yapılan bir çalışma, uygulamada yardımcı olur amacı ile verilmiştir.

Kıbrıs'ın deprem bölgelerinin ve bu bölgelerde alınacak zemin katsayılarının tesbitinde, Yurdumuzda halen kullanılmakta olan yönetmelikteki değerlerden daha doğru ve gerçekçi değerler verilmeğe çalışılmıştır.

Yapılacak yönetmelik değişikliklerinde bilhassa zeminlerin sınıflandırılmaları ve zemin katsayıları için burada verilen tablo ve değerlerin benzer esasta düzenlenmesi gerekli görülmektedir.

(*) İmar ve İskân Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü.

(**) İmar ve İskân Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü.

1 — GİRİŞ :

Bölgelerin Sismisiteleri ile ilgili çalışmalar yapan çeşitli araştırmacıların raporlarında, çalışılan bölge ve alanların deprem durumu v.b. gibi değişik başlıklar altında, bu bölgelerde meydana gelmiş olan depremler hakkında elde edilebilen bilgilerin verildiği görülmektedir. Çoğu kez bu bilgiler; depremlerin tarihi, kataloglardan bulunabilmişse şiddeti ve bölgenin genel deprem bölgeleri haritasında ki yerinden ibaret kalmaktadır.

Takdir edilecektir ki bir baraj, bir köprü veya önemli bir diğer mühendislik yapısının kurulacağı saha ile bir şehir veya kasabanın yerleşeceği alanda çeşitli amaçlar için hazırlanan araştırma raporlarında, yukarıdaki çerçeve içerisinde depremler hakkında verilen bilgiler, proje ve plânların yapımcısına pratikte fazla bir şey ifade etmeyecektir. Kaldı ki proje ve plânların yapımcısı, özel bir çalışmaya gerek duymadan da bu bilgileri mevcut katalog ve deprem bölgeleri haritasından kolayca bulabilir. Oysa depreme dayanıklı yapı projesi hazırlayan proje mühendisi için önemli olan, belli bir zaman aralığı içerisinde yapının karşılaşılabileceği en büyük deprem kuvvetlerini doğru olarak önceden bilebilmektedir.

İşte uygulamada karşılaştığımız bu eksikliği az da olsa doldurabilmek ve sismisite çalışmalarını tanıtabilmek amacı ile bu makale hazırlanmış, örnek olarak da yakından ilgili olduğumuz halde, sismisitesi hakkında yurdumuzda pek fazla şey bilinmeyen Kıbrıs için yapılan bir çalışma verilmiştir.

2 — SİSMİSİTE NEDİR?

Genel anlamda sismisite sayısal tanımı olmayan bir terimdir. Sık ve şiddetli depremlerin meydana geldiği bir bölgenin sismisitesi, seyrek ve daha az şiddetteki depremlerin meydana geldiği bir bölgenin sismisitesinden daha yüksektir. Bu tariftten de anlaşılacağı üzere sismisitenin önemli unsurları arasında makro şiddetle çok yakın ilgisi olan episantr'ın yeri, depremin mağnitüdü, odak derinliği gibi deprem parametreleri ile birlikte sarsılan bölgenin alanı, depremlerin tekkerrür adetleri (Frekansları), şiddet - episantr mesafesi bağıntısı gibi istatistiki veriler de bulunmaktadır.

Sismisitenin bir diğerk önemli faktörü tektonik aktivitedir. Genel bir tanımla bir bölgenin sismisitesi, o bölgedeki tektonik aktivitenin de fonksiyonudur. Bu genel tanım içerisinde sismisiteyi,

$S = f[(T), (D), (N), (M)]$ genel ifadesi ile formüle edebiliriz. Burada,

S — Sismisite

T — Tektonik aktivite

D — Deprem parametreleri (Şiddet, Mağnitüd, İvme, Odak derinliği v.b.)

N — Meydana gelen depremlerin frekansı

M — Episantral şiddet - Mesafe bağıntısıdır.

Bazı Sismologlar «Spesifik Sismisite» (Birim sismisite) terimini kullanmakta ve **spesifik sismisite olarak birim zamanda, birim alanda açığa çıkan enerjiyi tarif etmektedirler.**

Sismisite çalışmalarının ana hedefi bir ülkede veya bir bölgede meydana gelen depremlerin bütün özelliklerini tesbit edebilmek ve insanlığı depremlerin tahripkâr etkilerinden korumaktır. Deprem hakkındaki bugünkü bilgilerimiz, gelecekteki depremlerin yer, zaman ve şiddetini önceden tahmin etmeğe imkân vermediğine göre, yukarıda bahsettiğimiz ana hedefe, ancak geçmişte meydana gelen depremlerin özelliklerini elde etmek, bunları iyi ve doğru olarak değerlendirmekle ulaşabilmekteyiz. Burada yaptığımız kabul, gelecekte olacak depremlerin yer, şiddet vb. gibi diğer özelliklerinin geçmiştekilerle aynı olacaktır. Bu bakımdan geçmiş depremlere ait istatistiki bilgi ve kayıtlar ne kadar tam ve doğru olarak elde edilebilirse, gelecekte sürpriz ve acı sonuçlarla karşılaşmak ihtimali de o kadar az olacaktır.

3 — LOKAL SİSMİSİTE ÇALIŞMALARI

Yukarıda da belirtildiği üzere deprem mühendisliğinde en önemli husus, belli bir zaman aralığı içerisinde bir bölgede

meydana gelecek olan en büyük deprem kuvvetlerini önceden bilebilmektir. Ayrıca ekonomik nedenler, bir yapının ekonomik ömrü boyunca karşılığı muhtemel en büyük deprem kuvvetlerine karşı minimum mukavemetle inşaa edilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu durumda bölgelerin lokal sismisitele-
rinin tayini bir ihtimaller hesabı olmaktadır. Bu hesabın çö-
zümünde mümkün olduğu kadar, güvenilir istatistiki bilgiler kullanılmaktadır.

Önce de belirtildiği gibi bir ülkenin sismisitesi incelenir-
ken, sismisitenin etkenleri olan deprem parametreleri, tektonik
aktivite, deprem frekansı, şiddet - mesafe, şiddet - magnitüd
bağıntısı gibi unsurların ortaya konulması zorunludur. Ancak
bu değerler tüm ülke ya da o ülkenin çok büyük bir kısmı
için ortaya konmakta ve bu değerlerin küçük bir bölgeye veya
bir noktaya aktarılması araştırmacılara bırakılmaktadır. Uygula-
mada çoğu hallerde bir barajın, bir köprünün veya önemli
bir tesisle bir şehir veya kasabanın kurulacağı sahanın karşı-
laşacağı deprem kuvvetlerinin bilinmesi gerekmektedir. İşte
lokal sismisite çalışmaları olarak adlandırılan ve araştırmacı-
ların raporlarında bulunması gerekli görülen değerler bun-
lardır.

Bilinmektedir ki lokal bir sahada, çeşitli fiziksel ve dina-
mik özellikteki zeminler üzerinde beklenen en muhtemel dep-
rem kuvvetleri ancak bu sahada yapılacak «Mikrozon» çalış-
maları ile doğru olarak tesbit edilebilmektedir.

Yurdumuzda Mikrozon çalışmalarının yapılması henüz
yaygın hale gelmiş değildir. Ancak Mikrozon çalışmalarının
baz olarak lokal sismisite değerlerine dayanması, lokal sis-
misite çalışmalarının, lokal zemin etkilerini vermemesine rağmen,
önemini arttırmaktadır. Burada, lokal sismisite çalışma-
larından elde edilecek değerlerin neler olduğu ve bu değerlerin
elde edilme yolları kısaca incelenecektir.

Bir ülkenin çeşitli tektonik üniteleri veya bölgeleri için
tesbit edilmiş magnitüd - frekans bağıntıları mevcut değilse
(ki ülkemizde mevcut değildir) genellikle sismisitesi incele-
necek lokal saha veya nokta merkez olmak üzere her istika-
mette 100 km. uzayan bir alan sınırlanır ve bir inceleme pe-

riyodu tesbit edilir. Şayet bu kapalı alanla ilgili yeter adette güvenilir data bulunamazsa, alan büyültülebilir veya küçültülebilir. İncelenecek periyod (Süre) ise güvenilir kayıtları ihtiva eden yakın tarihi zamanlara kadar uzanmalıdır. Nitekim Japonyada yapılan çalışmalarda son 100 Yıllık periyod için elde edilen sismisite değerlerinin çok daha uzun periyotlar için elde edilen değerlerle hemen hemen aynı olduğu görülmüştür.

Yurdumuz için ancak son 75 - 100 Yıllık kayıtların nisbeten güvenilir olduğu bilinmektedir. Tesbit edilecek 75 veya 100 yıllık periyod için episantrları sınırlanan alan içerisine raslayan depremler, bilinen parametreleri ile birlikte kataloglardan çıkarılır ve tarih sırasına göre düzenlenir.

Bu listeye magnitudü 5 veya şiddeti VI MM. den küçük depremler ve odak derinlikleri $h > 60$ km olan depremler ile replikler ve deprem fırtınaları dahil edilmemelidir. **Mağnitüdü bilinmiyen depremler için magnitud, maksimum şiddet ile magnitud arasında yurdumuz için tesbit edilen;**

$M = 0.592 I_0 + 1.63$ formülü kullanılarak hesaplanır. İncelenen saha içerisine rastlayan depremler $\Delta M = 0.1$ ve $\Delta M = 0.5$ Mağnitüd aralıkları için aşağıdaki şekilde ayrı ayrı dizilir.

$\Delta M = 0.1$ için

M	n	M.n	Burada M : Mağnitüd, n : Herbir mağnitüd değerine tekabül eden deprem adedi, $\bar{M} = \frac{\sum M.n}{\sum n}$
5.0	şeklinde tarif edilen ortalama mağnitüd, $\sum n$: depremlerin toplam adedidir.
5.1	
5.2	
5.3	
5.4	
$\sum n = \dots$		$\sum M.n = \dots$	

$\Delta M = 0.5$ için

ΔM	M_{ort}	
5.0 - 5.4	5.2	...
5.5 - 5.9	5.7	...
6.0 - 6.4	6.2	...
.....
.....

Bu iki tablo yardımı ile mağnitüd - frekans bağıntısındaki a ve b katsayıları hesaplanabilir. Bilindiği gibi mağnitüd ile frekans arasında,

$\text{Log } n = a - bM$ gibi lineer bir münasebet mevcuttur. Bu ifadedeki a ve b katsayılarının hesabı için Aki ve Utsu, aşağıdaki amprik formülleri teklif etmişlerdir.

$$b = \frac{\text{Log } e}{\bar{M} - M_0} \text{ Aki formülü}$$

Burada, $\bar{M} = \frac{\sum Mn}{\sum n}$ Birinci tablodan, $M_0 = M_{ort} - \frac{\Delta M}{2}$ İkinci tablodan hesaplanır. M_{ort} , en küçük mağnitüd gurubunun ortalamasıdır.

b değeri hesaplandıktan sonra aşağıdaki ifadeden a değeri hesaplanır.

$$a = \log \sum n + \text{Log } (b \text{ In } 10) + 5.0 b$$

UTSU ise b değerinin hesabı için,

$$b = \frac{\sum n \log e}{\sum M n - \sum n M_0} \text{ formülünü vermektedir.}$$

Ayrıca a ve b değerleri, en küçük kareler metoduna göre de elde edilebilir. Bu şekilde çözümde a ve b değerlerindeki muhtemel hataları da bulmak mümkün olduğu için genellikle daha doğru neticeler elde edilmektedir.

Elimizde müşahede edilen frekansa ait

$\text{Log } n = a - b M$ gibi bir ifade olduğuna göre, bu ifade kümülâtif frakans için,

Log N = a' — b M şeklini alacaktır. Burada :

$$a' = a - \text{Log} (b \ln 10) \text{ dir.}$$

Son ifadeden ümid edilen ortalama yıllık deprem adedi hesaplanabilir. Bu değer incelenen bölgenin Sismisite indeksini verir.

Sismisite indeksinin hesabı için bu ifadedeki a' değerinin yıllık dağılımı bulunur. Bu,

$a_i = a' - \text{Log} T$ şeklinde yazılabilir. Burada T, incelenen süredir. a_i değeri bilindikten sonra bölgenin sismisite indeksleri $M \geq 0$ ve $M \geq 5$ magnitüd değerleri için hesaplanır.

$$N_1 (M \geq 0) = 10^{a_i} \quad \text{ve} \quad N_1 (M \geq 5) = 10^{a_i - 5b}$$

Bu değerler sınırlandırılmış belirli bir birim alana teşmil edilebilir. $M > 0$ için birim alan genellikle 10^2 km^2 ve $M > 5.0$ için 100^2 km^2 alınmaktadır. Bu halde spesifik sismisite değerleri elde edilecektir. Bu değerler bölgelerin sismik aktivitelerini gösteren en iyi delillerdir. (Bak. ref. 8. 9 ve 10)

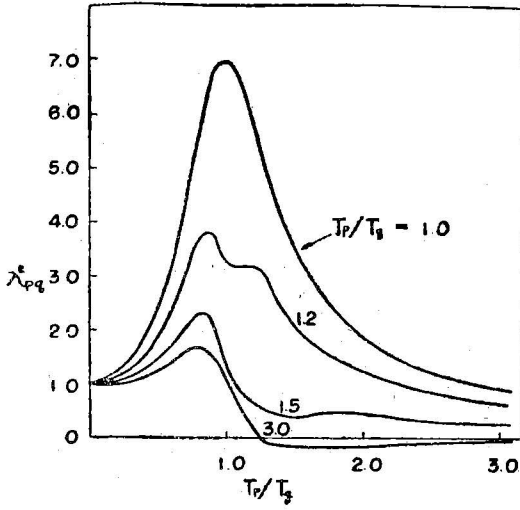
4 — SİSMİK RISK

Bir bölge için yukarıda özetlenen a, b, a' a_i değerleri elde edildikten sonra ümid edilen sismik aktiviteyi çok iyi belirleyen, proje ve plan yapıcısının mutlaka isteyeceği (Sismik Risk) veya deprem riski olarak adlandırılan değeri de hesaplamak mümkün olmaktadır.

Deprem riski, incelenen bölgede hasar yapan depremlerin, istenilen her zaman intervali içersindeki olma ihtimali olarak tarif edilebilir.

Depremlerin zaman içersinde dağılımlarının üniform olmayıp, Poisson ihtimali dağılımına uydukları, pekçok araştırmacı tarafından ortaya konmuş ve bu dağılımın e^{-ht} şeklinde olduğu ifade edilmiştir. O halde magnitüdü M veya daha büyük olan depremlerin, seçilecek herhangi bir T zaman aralığı içersindeki meydana gelme ihtimali

$$R (M, T) = 1 - e^{-N(M) \cdot T} \text{ şeklinde yazılabilir.}$$

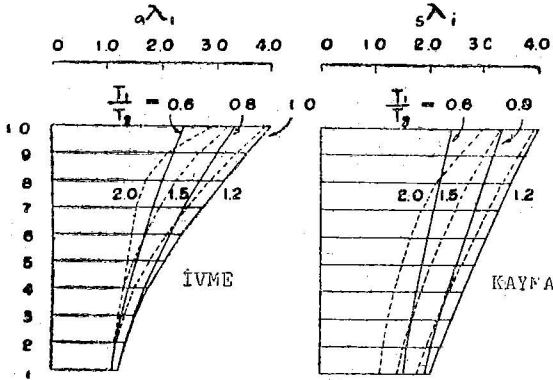


Şekil 4. İvmenin karşıt-iletmenliğinin kare değerleri.

kütle sertliği	MOD	
	1.	2.
oran oranı	1 000	2.221
10	1.0	1.589
11	2.0	1.288
12	3.0	1.207
13	4.0	1.033
14	5.0	0.882
15	6.0	0.698
16	7.0	0.539
17	8.0	0.391
18	9.0	0.250
19	10.0	0.120

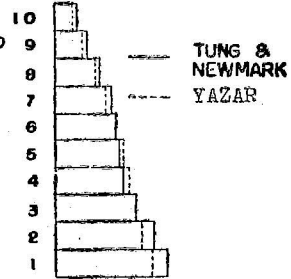
MOD	frekans oranı		
	3. 460	4. 695	5. 920
0.471	0.218	0.084	
-0.183	0.339	-0.258	
-0.370	0.141	0.146	
-0.269	-0.135	0.178	
-0.098	-0.230	-0.034	
0.002	-0.141	-0.185	
0.219	0.023	-0.107	
0.259	0.190	0.043	
0.217	0.180	0.137	
0.119	0.115	0.109	

Şekil 5.



Şekil 6. Şekil 5'teki sistem için iletmenliklerin dağılımı.

0 100 200 KIPS



Şekil 7. Hesaplanan kayma dağılımının Ref.7'nin sonuçları ile karşılaştırılması.

a) MESOZOİK

Bu formasyonlar genellikle adanın kuzeyindeki Kyrenia dağları ile adanın batı ve kuzey-batı'sında görülmektedir. Kyrenia dağları, Taurik - dinarik Alp sisteminin güney devamını meydana getirmektedirler. Bu silsile Jura yaşlı kireç taşı bantları, Trias yaşlı kırmızı şeyller, serpantinler ve bazik volkaniklerden meydana gelmiştir. Adanın batı ve kuzey-batı'sındaki mesozoik formasyonlar ise genellikle trias ve alt kretase yaşlı kayalardır.

b) TERSİYER

Bu formasyonlara adanın kuzeydeki Kyrenia dağ silsilesinin yamaçlarında, Troodos silsilesinin civarlarında ve her iki dağ silsilesi arasındaki Mesaoria ovasında ve adanın dört tarafındaki dar kıyı şeritlerinde rastlanmaktadır. Kuzeyde Kyrenia dağlarının yamaçlarında Oligosenden itibaren Orta Miosene kadar devam eden kalkerli fliş depozitleri yer almıştır. Güneyde Troodos dağlarını çevreleyen tepeler ise Orta Miosen yaşlı kalkerlerden ibarettir. Dağ silsilelerinin arasındaki Mesaoria ovasında ise altta Poliosen depozitleri bunların üzerinde Pleistosen ve genç alüvyonlar yer almaktadır. Ova da yapılan sismik çalışmalarda bu depozitlerin kalınlığı takriben 3000 metre olarak hesaplanmıştır.

c) VOLKANİKLER

Genellikle adada rastlanan Volkanikler Trias öncesi yaşlı bazik ve ultrabazik kayalardan ibarettir. Bilhassa Troodos silsilesinde plutonik ve yer yer püskürük karakter arz ederler. Kyrenia masifinde de bazik plüttonik volkaniklere rastlanmaktadır. (Bak Ek : 2)

B) TEKTONİK

Masiflerin genellikle kuzey ve güneye dağılımlarından, adanın bütün yapısı boyunca doğu - batı yönünde bir çekme gerilmesine maruz kaldığı akla gelmektedir. Ancak Troodos

masifinin, meydana geldiğinden beri deformasyonlara maruz kaldığına dair hiçbir delil bulunmamaktadır. Kuzeydeki Kyrenia masifi ise Taurik - Dinarik Alplerinin güney devamını meydana getirdiklerinden, güney Alpin hareketleri ile şiddetli deformasyonlara maruz kalmışlardır.

Mesaoria ovasının Üst Miosen'de oluşmuş ve deformasyona uğramış tortulları ise, Kıbrıs'taki en yeni orojenik hareketlerin alt ve orta Miosende meydana geldiğine delil teşkil etmektedir. Troodos dağlarının Kretase'de 3000 metreden fazla yükselmesine karşılık adanın diğer kısımlarının ancak 700 metreye kadar yükseldiği bilinmektedir. Hâlâ devam etmekte bulunan bu farklı yükselmenin nedeni olarak Eurasian kütesinin izostatik dengeye kavuşabilmek için Afrika kütesine karşı alttan kaldırması gösterilebilmektedir.

Akdeniz ortasındaki yükselme ve deformasyonlarda, kuzeye doğru şiddetli bir itilmenin ve alttan Eurasian kütesinin kaldırmasının devam ettiği, bu zonda meydana gelen depremlerin de doğruladığı bir olaydır. (Bak. Ref. 4).

6 — KIBRIS'IN DEPREM TARİHÇESİ

Kıbrıs'taki tarihi deprem kayıtlarının incelenmesinde mevcut bilgilerin bir hayli eksik ve güvenilir olmaktan uzak bulunduğu görülmüştür. Hele 1190 yılından önceki depremler hakkında bilgi ya hiç yoktur ya da oldukça güvensizdir. Tarihi kayıtlara ait bilgilerde pek çok tarihçi, harpler, su baskınları, fırtınalar vb. gibi çeşitli tabii afetler ve depremlerde meydana gelen hasarı birlikte anlatmışlar veya çeşitli nedenlerle hasarları bir hayli abartmışlardır. Ayrıca tarihi deprem kayıtlarında hasar gören yapıların yaşı, yapı tarzı ve üzerinde buldukları zeminler tarif edilmediğinden, genellikle değerlendirmelerde büyük şiddet değerleri elde edilmektedir. Halbuki tarihi devirlerde pek çok istilaya uğrayan ve sık sık el değiştiren Kıbrıs'ta yapılar çok kötü tarzda inşaa edilmişlerdi. Çeşitli harplerde hasar gören yapılar onarılmadan veya üstünkörü onarılarak bırakılmaktaydılar. Bu tip yapıların küçük şiddetlerdeki depremlerden büyük hasar görmesi normaldir. (Bak. Ref. 5).

Yapılan sismisite çalışmalarında Ek : 1 deki listede verilen depremlerin neticelerinden faydalanılmış, sismik zon haritası çizilirken tarihi kayıtların güvenilir olanlarından istifade edilmiştir.

7 — MAĞNİTÜD - FREKANS BAĞINTISI VE DEPREM RİSKİ

1900 - 1970 yılları arasındaki devir için yalnızca aletsel kayıtların istatistiki analizlerinden Mağnitüd - Frekans bağıntısı ve Deprem Riski değerlerinin tesbitine çalışılmıştır. Tektonik ünitelere uygunluğu nedeni ile Kıbrıs, koordinatları $34^{\circ} - 35^{\circ}$ N ve $32^{\circ} - 36^{\circ}$ E ile $35^{\circ} - 36^{\circ}$ N ve $32^{\circ} - 36^{\circ}$ E olan iki bölgeye ayrılmıştır. Her iki bölge için elde olunan Mağnitüd - Frekans bağıntıları ve parametreleri Tablo - 1 de görülmektedir. Tablo - 2 de ise bu bölgelerin $T = 10$ yıl, $T = 50$ yıl ve $T = 100$ yıllık periyodlar için Risk değerleri ve mağnitüdüleri $M \geq 6$ olan depremlerin tekerrür periyodları verilmiştir.

Tablolardaki değerlerin karşılaştırılmasında I. bölgedeki deprem adetlerinin ve risk değerlerinin II. bölgeden daha fazla olduğu görülmektedir. Dolayısı ile I. bölgenin sismisitesi II. bölgeden daha yüksektir. Ancak bu değerler 1900 - 1970 yılları arasındaki $T = 71$ yıllık periyod için geçerlidir. Depremlerin zaman ve mekânda uniform olarak ortaya çıkacağı kabul edildiğinde elde edilen bu değerler, daha büyük periyodlar için de geçerli olacaktır.

Mağnitüd - Frekans bağıntısına ait parametreler, hem en küçük kareler metoduna hemde Aki'nin, poisson'un ihtimali dağılım teoreminden elde ettiği formüle göre hesaplanmıştır. Ancak risk değerleri elde edilirken yalnız «En küçük kareler» çözümünden elde edilen a ve b değerleri kullanılmıştır.

Maksimum şiddeti bilinmeyen depremlerin şiddetleri ise,

$M = 2 + 0.48 I_0$ Karnik formülü kullanılarak hesap edilmiştir. Mağnitüdü ve maksimum şiddeti bilinen depremlerin karşılaştırılmasında bu formülün, Kıbrıs bölgesi için Gutenberg - Richter tarafından verilen,

$M = 1.3. + 0.6 I_0$ formülünden daha doğru değerler verdiği görülmüştür. Mağnitüd - Frekans bağıntısı ve deprem riski hesaplamalarından elde edilen sonuçları şöylece özetlemek mümkündür.

1 — Kıbrıs'ın güneyinde büyük sismisite değerlerinin elde edilmesi, güneydeki depremlerin nedeni olan Akdeniz ortasındaki yükselme zonu ile İonien çukurluğundaki tektonik aktivitenin, kuzeydeki Alpin zonuna oranla daha fazla olduğunu göstermektedir. Gelecekte de Kıbrıs'ın güneyinde ve güneybatı'sındaki yerleşme merkezlerinin özellikle sahil seridinde olanlarının daha büyük deprem tehlikesine maruz kalabileceği söylenebilir.

2 — Ek : 3 deki Episantr haritasından da görüleceği gibi Kıbrıs'ta meydana gelen depremlerin episantrları büyük çoğunlukla denizedir. Ayrıca bölgenin tektoniği de bu durumu doğrulamaktadır. Bu nedenle her iki bölgede sahildeki şehirler iç kısımlara oranla daha büyük sismik tehlikeler karşındadırlar. Hele tarihi kayıtlarda ,bazı sahil şehirlerinin Tsunami dalgalarına da maruz kaldığının belirtilmesi, tehlike oranını daha da arttırmaktadır.

Kuzey Kıbrıs'ta ise episantrı denizde olan depremlerin yanı sıra Alp orojenezi sırasında meydana gelen itilme zonundaki ters ve normal faylanmalar henüz aktivitelerini muhafaza etmektedirler. Ancak bu zonun aktivitesi bir hayli düşüktür.

8 — HİSSEDİLEN MAKSİMUM ŞİDDET HARİTASI VE SİSMİK ZON HARİTASI

Gerek 1900 - 1970 yılları arasındaki depremlerin gerekse tarihi depremlerin sonuçlarından Kıbrıs için «Hissedilen maksimum şiddet haritası» çizilmiştir. (Ek - 4) Elde edilen bütün verilerin birleştirilip müştereken değerlendirilmesi neticesinde Ek - 5 de görülen Sismik zon haritası hazırlanmıştır. Bu haritada :

IX ve daha büyük şiddetteki depremlerin olduğu veya hissedildiği yerler I.

VIII ve daha büyük şiddetteki depremlerin olduğu veya hissedildiği yerler. II.

VII ve daha büyük şiddetteki depremlerin olduğu veya hissedildiği yerler III.

derece deprem bölgesi olarak değerlendirilmiştir. Daha detaylı bir bölgelendirme yapmağa eldeki veriler imkân vermemektedir.

9 — MUHTEMEL DEPREM KUVVETLERİ

Kıbrıs için deprem bölgeleri haritası hazırlandıktan sonra, her bölgede alınması gereken deprem ve zemin katsayısının tesbitine çalışılmıştır. Genellikle $T = 0.1 - 0.5$ saniyelik periyodlar için şiddet ve ivme değerleri aşağıdaki gibidir.

Şiddet I.	İvme (a) gal
VI	$25 < a < 50$
VII	$50 < a < 100$
VIII	$100 < a < 200$
IX	$200 < a < 400$

Bu değerler baz alındığında Kıbrıs'ın deprem bölgelerindeki baz deprem bölge katsayısının (C_0) minimum değerleri aşağıdaki gibi olacaktır.

$$C_0 = \frac{a}{g} \quad 1. \text{ derece deprem bölgeleri} : C_0 = 0.2$$

$$2. \quad \gg \quad \gg \quad \gg \quad : C_0 = 0.1$$

$$3. \quad \gg \quad \gg \quad \gg \quad : C_0 = 0.05$$

Ancak bilinmektedir ki sath üzerinde müşahade edilen şiddet değerleri hiçbir zaman yapıya tesir eden deprem kuvvetlerinin tam karşılığı değildir ve yapının düktilite, sönüm v.b. gibi özelliklerinin etkisi ile bu kuvvet genel olarak yukarıda verilen değerlerden daha küçük olmaktadır.

Şayet yönetmeliklerde tarif edilen deprem katsayıları (C) ifadesinde yapının düktilite ve sönümü ayrı ayrı faktörler olarak hesaplara katılsaydı, bu halde C_0 deprem bölge katsayılarının yukarıda verilen değerler olarak aynen alınması gerekirdi:

Yurdumuz için hazırlanan deprem yönetmeliğinde yapının düktilite, sönüm v.b. gibi özellikleri C_0 deprem bölge katsayısının içerisinde mütalaa edildiğinden, deprem bölge katsayıları için genel olarak verilen değerler bir miktar küçültülmüştür. Ayrıca Kıbrıs ve civarındaki episantr dağılımı haritasından da görülmüştür ki $M \geq 6$ olan depremlerin episantrları genellikle denizde ve Kıbrıs'tan 40 - 60 mil uzaklıktadır. Deprem odakları da genellikle orta derinliktedir. ($h = 60 - 300$ km.) Bu durumda Kıbrıs'ın deprem bölgeleri için aşağıda verilen minimum standard deprem bölge katsayıları emniyetli ve ekonomik olacaktır.

$$1. \text{ Derece deprem bölgeleri için } C_0 = 0.1$$

$$2. \quad \gg \quad \gg \quad \gg \quad C_0 = 0.05$$

$$3. \quad \gg \quad \gg \quad \gg \quad C_0 = 0.025$$

Zeminler tablo-3 de görüleceği tarzda sınıflandırılmış ve zeminlerin fiziksel ve dinamik özellikleri de genel ifadelerle verilmiştir. Bu özelliklerdeki zeminlerin şiddet ve dolayısı ile yapıya tesir eden deprem kuvvetleri üzerindeki ortalama artış değerleri (α) zemin katsayısı olarak alınmıştır.

10 — SONUÇ

Bu makalede, yurdumuzda tatbikatı az olan lokal sismisite çalışmaları ve bu çalışmalardan elde edilebilecek neticelerin neler olduğu tanıtılmağa çalışılmış ve yine Yurdumuzda sismisitesi pek bilinmeyen Kıbrıs için yapılan bir çalışma, uygulamada yardımcı olur amacı ile örnek olarak verilmiştir.

Belirli bir alanda değişik süreler için hasar yapan depremlerde uygulaması olmayan, ancak lokal sahalarda çeşitli tesislerin plan ve projesini yapan kişilerin istemeleri gereken, bölgelerin deprem riski değerleridir.

Belirli bir alanda değişik süreler için hasar yapan depremlerin meydana gelme ihtimali olarak tarif edilen deprem riski değerlerinin, istatistiki çalışmalarla elde edilme yolları üzerinde burada verilen örneklerin, uygulamada kullanılmağa başlanması ve bu konunun hesap yolları bakımından daha da geliştirilmesinde büyük yararlar görülmektedir.

11 — REFERANSLAR :

- 1 — V. KARNIK : Seismicity of the European Area.
Part - 1
- 2 — S. V. MEDVEDEV : Engineering Seismology
- 3 — K. ERGİN - Z. UZ. - U. GÜÇLÜ: Türkiye ve civarı Depremleri Kataloğu
- 4 — GALANOPULOS and DELİBASIS The Seismic Activity in Cyprus Area.
- 5 — N. N. AMBRASEYS : The Seismic History of Cyprus.
- 6 — F. DEWEY - J. M. BIRD : Mountain Belts and the New Global
Tectonics (Jour. Geop. Res. Vol .
75 No - 14 Sayfa - 2625)
- 7 — H. CRAMER : Mathematical Methods of Statistics.
- 8 — C. LOMNITZ : Statistical prediction of Earthquakes.
- 9 — T. UTSU : On the time interval between two consecutive earthquakes. U.S.C.G.S. -
Tech. Bul. No - 17.
- 10 — P. M. WALKNER : Statistical analysis on the Earthquakes
of Japan. From 1926 - 1956. Bull.
of Int. Seism. Inst. No - 2.

T A B L O : 1

**KIBRIS İÇİN MAĞNİTÜD - FREKANS PARAMETRELERİ
TABLOSU**

Bölge	En küçük kareler metoduna göre		Aki formülüne göre		Mağnitüd frekans bağıntısı	Mağnitüd frekans bağıntısı
	b	a	b	a	En küçük kareler metoduna göre	Aki formülüne göre
I	0.523	3.613	0.442 (min) 0.749 (ort) 1.05 (max)	4.913	Log N=3.613-0.523 M	Log N=4.913-0.749 M
II	0.362	2.497	0.214 (min) 0.579 (ort) 0.98 (max)	3.66	Log N=2.497-0.362 M	Log N=3.66 -0.579 M

T A B L O : 2

KIBRIS İÇİN SİSMİK RİSK TABLOSU

Bölge	M ≥ 6 olan depremlerin yıllık adedi	T=10 yıl için	T=50 yıl için	T=100 yıl için	M ≥ 6 olan depremlerin tekerrür süresi
	N _t	% olarak risk	% olarak risk	% olarak risk	
I	0.038	31.7	85.1	97.7	26.3 yıl
II -	0.021	18.9	75.0	87.8	47.6 yıl

T A B L O : 3**ZEMİN KATSAYILARI TABLOSU**

Zemin Cinsi	Emniyetli taşıma gücü	Penetrasyon darbe adedi	Muhtemel hakim titreşim periyodu	Zemin kat sayısı
Üzerlerinde 1 - 1,5 metreden az bitkisel toprak olan volkanik kayalarla, yaşlı ve çökert kalker gre, kıltaşı ile sağlam ve bozulmamış metamorfik kayalardan ibaret zeminler.	100 kg/cm ² den büyük	—	0.2 saniyeden küçük	0.50
Orta veya az sertlikte kalker, kil, marn gre vb. ile bozulmamış metamorfik şistlerden ibaret zeminler	25 - 100 kg/cm ²	$n > 150$	0.2 - 0.4 saniye	1
Tersiyer yaşlı gevşek kil, marn, gre, vb. ihtiva eden zeminler ile dilüvyen (Eski alüvyon) e ait çakıl kum, kil, silt ihtiva eden zeminler.	4 - 10 kg/cm ²	$n > 25$	0.4 - 0.6 saniye	1.50
Kalın (30 metrenin üzerinde) ve gevşek alüvyonlar, çok gevşek kil, silt, kum, çakıl, toprak ihtiva eden zeminler ile farklı oturma, likifikasyon ve benzeri tesirlere maruz kalabilecek zeminler.	1 - 4 kg/cm ²	$5 < n < 25$	0.4 - 0.6 - 1 saniye	2
Yukarıdaki maddede tarif edilen zeminlerde, 5 metre derinliğe kadar olan kısımlarda yeraltı suyu varsa ve zeminler kalın akıcı kil, kum, ince killi toprak, çamur vb. ise.	1 kg/cm ² den küçük	$n < 5$	0.8 - 1 - 1.4 saniye	2.50

1900-1970 Yılları arasında
 $\phi = 34^{\circ} \text{N} - 36^{\circ} \text{N}$ $\lambda = 32^{\circ} \text{E} - 36^{\circ} \text{E}$ koordinatlarının
 çevrelediği alan içerisindeki depremlerin listesi

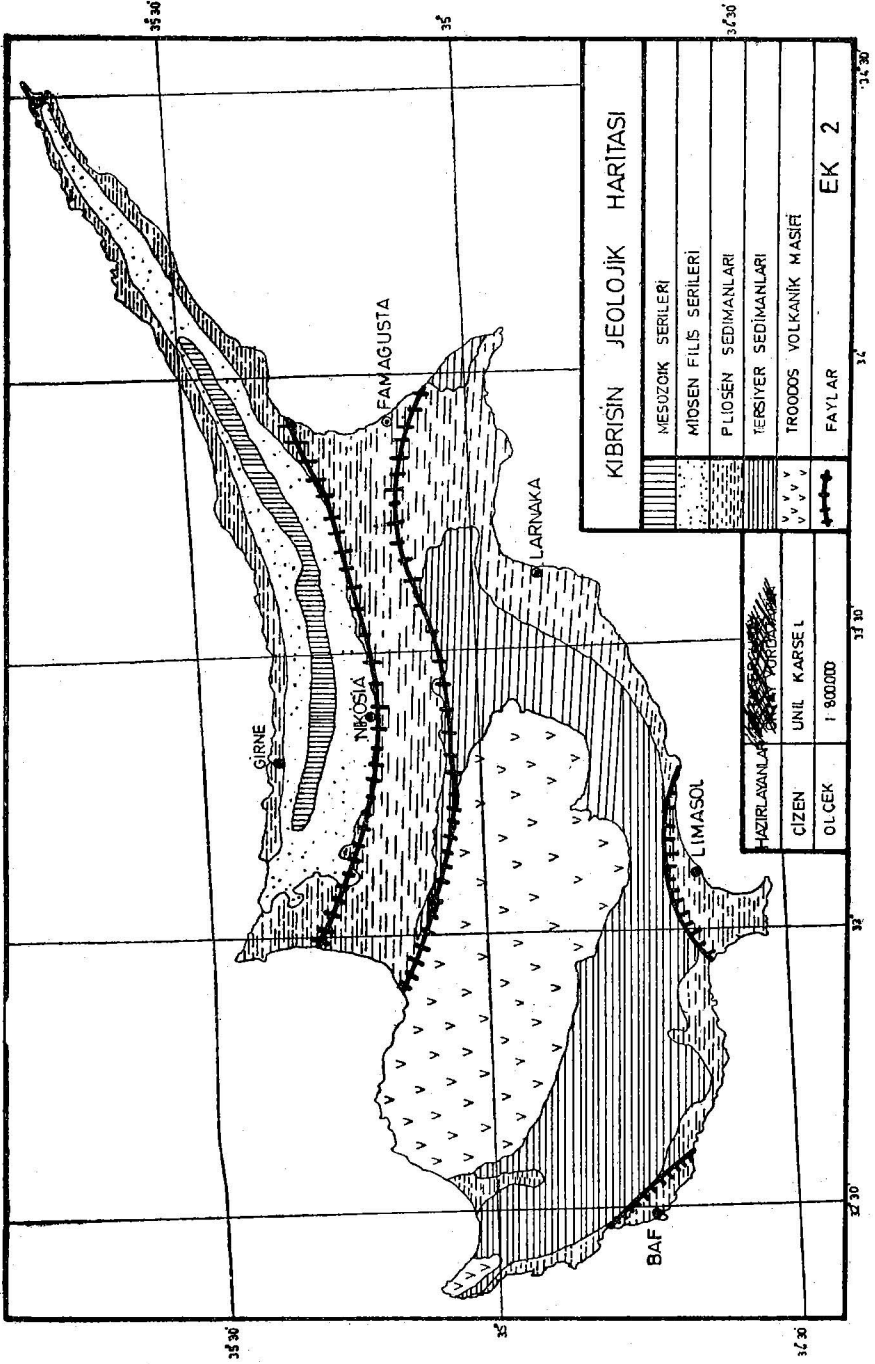
No	Tarih	Episentr. koordinatları	Magn.	Max Sıd	Referans
1	1900	$35^{\circ} 1/4' \text{N} - 33^{\circ} 1/4' \text{E}$	5.9	VIII	G D
2	1918	$35^{\circ} 2' \text{N} - 34^{\circ} 7' \text{E}$	6.5	IX	G D K
3	1919	$35^{\circ} 2' \text{N} - 34^{\circ} 7' \text{E}$	5.4	VII	G D K
4	1921	$34^{\circ} \text{N} - 33^{\circ} \text{E}$	5.2	VII	G D K
5	1922	$34^{\circ} 7' \text{N} - 34^{\circ} 8' \text{E}$	5.5	VIII	K
6	1924	$34^{\circ} 5' \text{N} - 34^{\circ} \text{E}$	5.9	VIII	G D K
7	1924	$35^{\circ} 2' \text{N} - 33^{\circ} 3' \text{E}$	5	VI	G D K
8	1927	$34^{\circ} 5' \text{N} - 34^{\circ} \text{E}$	5.4	VII	K
9	1928	$34^{\circ} 7' \text{N} - 34^{\circ} 7' \text{E}$	4.8	VI	K
10	1930	$34^{\circ} 5' \text{N} - 32^{\circ} \text{E}$	5.4	VI	G D K
11	1930	$34^{\circ} 1' \text{N} - 32^{\circ} 2' \text{E}$	5.3	VII	G D K
12	1930	$34^{\circ} 1' \text{N} - 32^{\circ} 2' \text{E}$	4.8	VI	G D K
13	1936	$34^{\circ} 8' \text{N} - 31^{\circ} 3' \text{E}$	4.7	VI	G D
14	1937	$34^{\circ} 7' \text{N} - 32^{\circ} 7' \text{E}$	5	VI	G D K
15	1940	$34^{\circ} 5' \text{N} - 34^{\circ} \text{E}$	5.5	VI	G D K
16	1941	$35^{\circ} 5' \text{N} - 34^{\circ} 7' \text{E}$	6.5	IX	G D K
17	1950	$34^{\circ} \text{N} - 33^{\circ} \text{E}$	6.3	VI	K
18	1952	$34^{\circ} 7' \text{N} - 33^{\circ} 1' \text{E}$	5.6	VII-VIII	G D K
19	1953	$34^{\circ} 9' \text{N} - 32^{\circ} 2' \text{E}$	6.5	IX	G D K
20	1959	$34^{\circ} 9' \text{N} - 32^{\circ} 4' \text{E}$	5.5	VII	G D
21	1959	$34^{\circ} 8' \text{N} - 33^{\circ} \text{E}$	4.8	VI	G D
22	1961	$34^{\circ} 9' \text{N} - 33^{\circ} 8' \text{E}$	5.8	VI	G D
23	1963	$34^{\circ} 9' \text{N} - 32^{\circ} 2' \text{E}$	5	VI	G D
24	1965	$34^{\circ} 5' \text{N} - 32^{\circ} 8' \text{E}$	4.8	VI	T D K
25	1965	$34^{\circ} 6' \text{N} - 32^{\circ} 3' \text{E}$	4.8	VI	T D K
26	1966	$35^{\circ} 5' \text{N} - 33^{\circ} 5' \text{E}$	4.7	VI	T D K
27	1967	$34^{\circ} 5' \text{N} - 32^{\circ} 2' \text{E}$	4.7	VI	T D K
28	1967	$34^{\circ} 5' \text{N} - 32^{\circ} 9' \text{E}$	4.8	VI	T D K
29	1967	$34^{\circ} 2' \text{N} - 32^{\circ} 5' \text{E}$	5	VI	T D K
30	1968	$35^{\circ} 2' \text{N} - 32^{\circ} 9' \text{E}$	4.8	VI	T D K
31	1970	$35^{\circ} 3' \text{N} - 32^{\circ} 2' \text{E}$	4.8	VI	T D K

REFERANS

G D Galanopoulos and. Deribosis. The Seismic Activity in Cyprus Area

K V. Kárník. Seismicity of the European Area. Part 1

T D K Türkiye ve Çevresi Depremleri Kataloğu. K. Ergin, Z. Uz, U. Guclu.



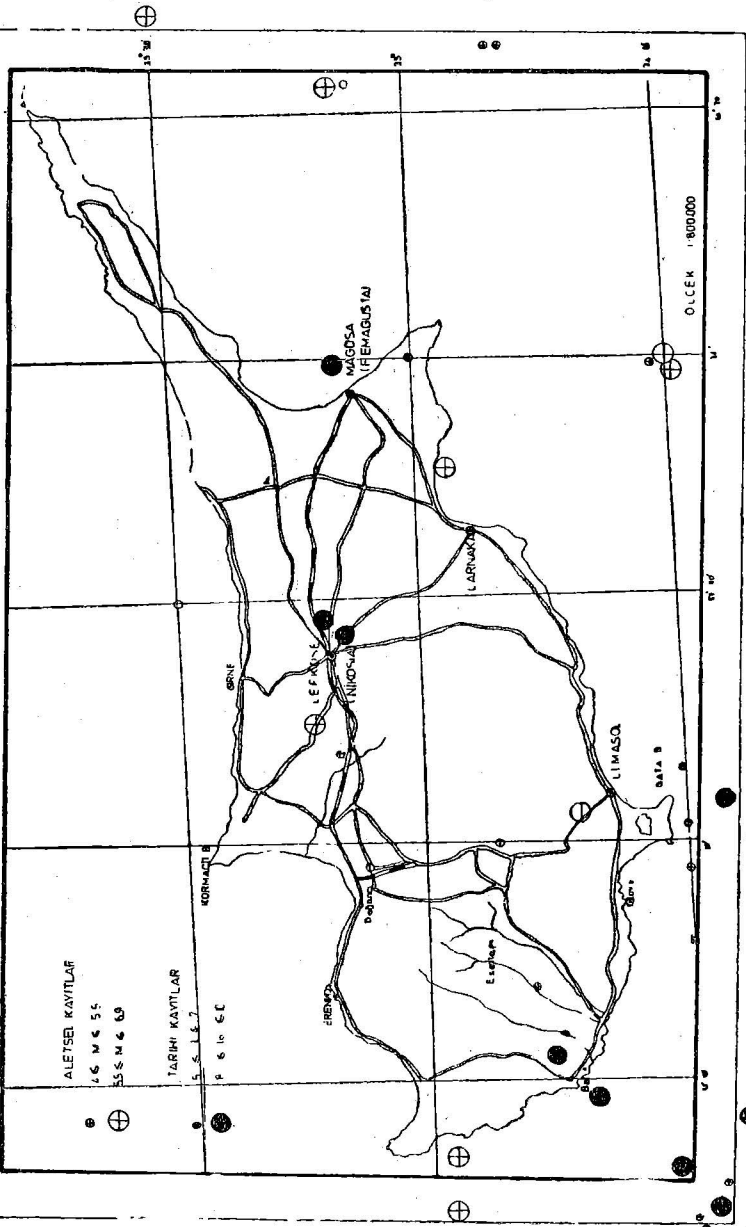
ALETSEL VE MAKRO EPISANTR HARTAS

ALETSEL KAVITLAR

46 M 4 55
55 M 4 59

TARİHİ KAVITLAR

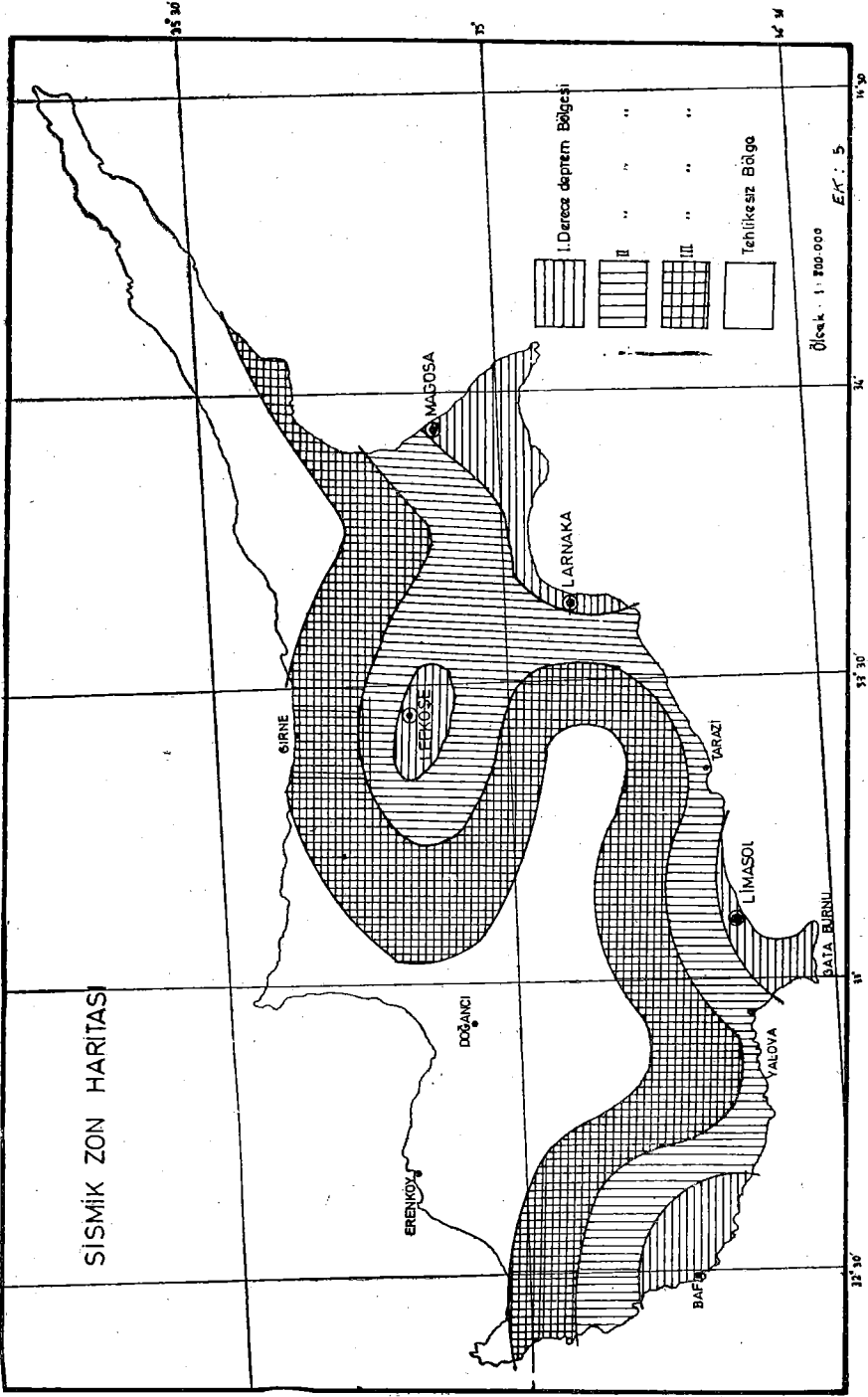
5, 6, 1, 6, 7
8, 6, 10, 6, 11



ÖLÇEK 1:800000

EK 3

SİSMİK ZON HARİTASI



Betonarme Kısa Kolonların Depreme Dayanıklı Yapımı

NEJAT BAYÜLKE *

SUMMARY

In this paper, the behaviour of short reinforced concrete columns are investigated and the shear reinforcement requirements of various codes are given and the weakness of Turkish Code with respect to other codes are stressed.

ÖZET

Bu makalede betonarme kısa kolonların depremlerde davranışları incelenmekte, kısa kolonlara gelen kesme kuvvetinin nasıl hesaplanabileceği, çeşitli yönetmeliklere göre kayma teçhizatının nasıl yerleştirileceği incelenip Türk Yönetmeliğinin diğer yönetmeliklere göre zayıf noktalarına temas edilmektedir.

GİRİŞ

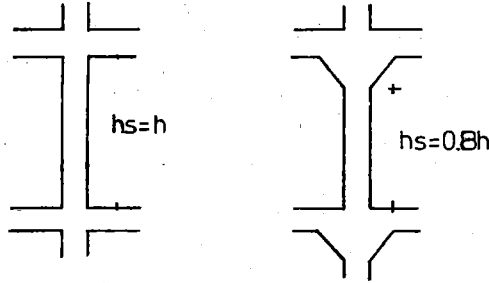
Yurdumuzda ve dünyada olan çeşitli depremlerde (Gediz-1970, Burdur, Bingöl - 1971, Tokachi - oki - 1968, San Fernando - 1971) betonarme kısa kolonların kesme kırılması ile kırıldıkları tesbit edilmiştir. Gediz'de Ortaokul binasında bodrum katında yapılmış bant pencereler seviyesinde kolonlarda kesme kırılmaları olmuştur (1). Aynı tip bir okul binası 1971 Burdur depreminde aynı yerinden kesme kırılmalarına uğramıştır (2). 1971 Bingöl depreminde ise Kışla binalarında yine bant pencere kolonlarda kesme kırılmaları olmuştur (3). 1971 San Fernando-Kalifornia depreminde de Olive View hastanesi cankurtaran garajında aynı tip hasar görülmüştür (4). Kolonların bağlı oldukları derin girişler, pencere üstü hatılları veya taşıyıcı olmayan dolgu duvarlarının etkisi ile burkulma boylarının azalması kolonların rijitlikleri artırmakta ve buda kolonlara gelen kesme kuvvetlerinin artmasına sebep ol-

(*) İmar ve İskân Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü.

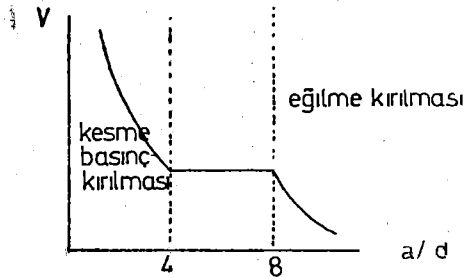
maktadır. Böylece artan kesme kuvvetleri kolonlarda eğilmeden kırılmaya moment kolunun kısalması nedeni ile varamadan kesme kırılmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle kısa veya çeşitli etkilerle kısa kolon davranışı gösteren kolonların depremlerde yeterli kayma dayanımına sahip olmalarının sağlanması gerekir.

KISA KOLON DAVRANIŞI

Kısa kolon davranışı kısaca kolonun kesme kırılması yapması ile tarif edilebilir. Kolona bağlanan kat kirişlerinin derin olması, kolonda gusse yapılması sonucu kolon boyunun kısalması ortaya çıkabilir. Mesela Japonya'da Tokachi - oki depreminde kolonla beraber dökülmüş delikli betonarme duvarlar kolon boylarında önemli kısaltmalara sebep olmuştur (5). Öte yandan kolonun yanında bulunan dolgu duvarlarında kolon boyunun kısalmasına sebep olabilir. Mesela Burdur lise ek inşaatında 50 cm kalınlığında bodrum dolgu duvarının üst seviyesinde takriben 50 cm'lik bir bant pencere yapılmış ve 1971 Burdur depreminde bu bantta dolgu duvarları kolonların boyunu büyük ölçüde kısaltmış ve kolonlarda kesme kırılması olmuştur. Moment taşıma kapasiteleri aynı olan iki kolondan boyu daha kısa olanına daha fazla kesme kuvveti geleceği muhakkaktır. Şekil (1) de görüldüğü gibi kolon boyunda olan



Şekil 1



Şekil 2

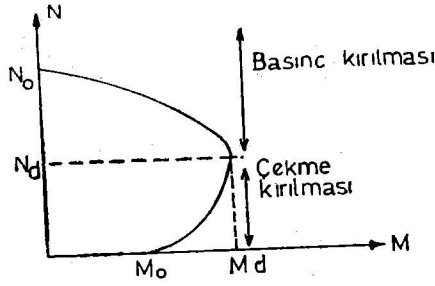
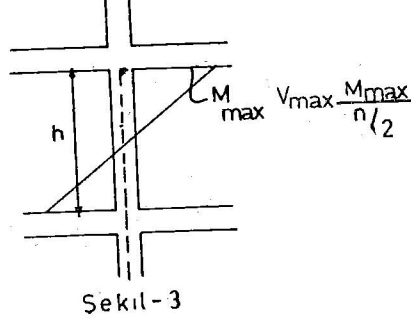
kısalma sonucu kolona gelecek kesme kuvvetinde de aynı oranda bir artış olacaktır. Kolonun taşıyacağı maksimum momentin kesme kuvvetine bölünmesinden çıkan moment kolu a 'nın, kolonun derinliği d 'ye oranı a/d genellikle kolondaki kırılmanın ne şekilde oluşacağı hakkında bir fikir verecektir. Kırışlar üzerinde yapılan deneyler sonucu Şekil (2)'deki gibi ilişki tesbit edilmiştir (6). Burada a/d oranının 4'den az olduğu hallerde kesme - basınç kırılması, a/d 8 den büyük olduğu zaman eğilme kırılması olmaktadır. Kolonlarda durum daha farklı olmaktadır. Genel olarak kolonların a/d oranı daha ufaktır. Normal olan kolonlarda bu oran 4 civarındadır. Kolonlarda a/d oranı yaklaşık olarak $h/2d$ 'dir. Burada h kolonunun serbest yüksekliği (döşeme üstünden giriş alt başına), d ise kolonun genişliğidir.

Tokachi-oki 1968 depreminde incelenen kırılmış kolonlardan kesme kırılmasına uğramış olanlarda a/d oranının 1. — 1.5 civarında olduğu görülmüştür (7). Kolonlarda a/d oranının 2'nin üstünde olduğu hallerde yatay kuvvetlerden dolayı kırılmanın hep eğilmeden dolayı çekme veya basınç kırılması olduğu görülmüştür

KISA KOLONLARA GELEN KESME KUVVETLERİNİN

HESABI

Kısa kolonların kesme kuvvetine göre hesabında herşeyden önce keside gelebilecek maksimum kesme kuvvetinin ne olacağını bilmesi gerekir. Kesidin eğilme ile kırılma anındaki kolona gelen kesme kuvveti kolona gelebilecek maksimum kesme kuvveti olacaktır. Burada kesidin eğilmeden dolayı kırılmasının tercih edildiği açıktır. Bu şekilde bir kırılma sünek bir kırılma olduğu için tercih edilmektedir. Şekil (3). Maksimum kesme kuvvetinin tesbiti için kolonun taşıyabileceği maksimum momentin bilinmesi gerekir. Betonarme yapılarda kolonlar aynı zamanda eksenel yük taşıdıklarından kolonların taşıyabileceği maksimum momentin bulunmasında mutlaka moment - eksenel yük karşılıklı etki diyagramının çizilmesi veya yaklaşık bir şekilde tahmini gerekecektir. Birinci nokta kolonun eksantrisitesi olmayan eksenel kuvvet taşıma kapasitesini N_0 verir. İkinci nokta M_0 ise kolonun yalnız sonsuz eksantrisite de bir yük (moment) taşıma kapasitesini verir. Üçüncü nokta P_d ve M_d kolonun dengeli olarak yani betonun ve çeliğin aynı anda akma noktasına vardığı andaki moment ve eksenel yük taşıma kapasitesini gösterir. Bu üçüncü noktanın diğer bir önemi de kolonun basınç kırılması ile çekme kırılması arasındaki sınırı göstermesidir. P_d den daha küçük eksenel kuvvetler altında kolon eğilmeden dolayı çekme kırılması yapar, P_d den daha büyük eksenel kuvvetler altında ise kolon eğilmeden dolayı basınç kırılması yapar. P_d eksenel kuvveti altında kı-

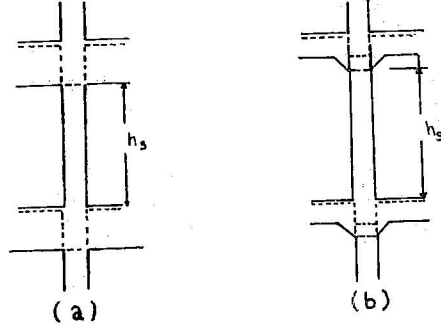


rılmaya sebep olacak M_d aynı zamanda kolonun taşıyabileceği maksimum momenttir.

Kolona gelebilecek maksimum moment, kolona bağlanan kirişlerin alabileceği maksimum moment toplamından üst kat kolonu alt başının alabileceği maksimum momentin çıkarılması ile bulunacak moment kadar da olabilir.

Bu her iki usul ile bulunan momentlerden hangisi daha küçük ise onun keside gelecek kesme kuvveti hesabında kullanılması uygundur. Burada amaç kolonda eğilmeden dolayı kırılmadan önce kesmeden dolayı kırılmayı önleyebilmektir. Kesme kırılması oldukça gevrek bir kırılma tarzıdır. Eğilmeden dolayı kırılmada kolon deformasyon yaparak enerji tutacağından deprem açısından tercih edilecektir.

Keskin taşıyabileceği maksimum momentin bulunmasından sonra kolonun serbest yüksekliğinin tesbiti gerekir. Burada kolona birleşen hatılların, kirişlerin, kolondaki gusselerin ve kolonun etrafındaki taşıyıcı olmayan dolgu duvarlarının kolonun boyunu kısaltması ihtimalinin gözönüne alınması gerekir Şekil (5).



Şekil-5 Çeşitli durumlarda kolon serbest boyu

Dolgu duvarlarının kolon boylarını ne ölçüde etkileyeceği ve kısa kolon davranışına sebep olup olmayacağı mühendislik sağduyusuna kalmış bir şeydir. Bu nedenle yaklaşık bir kolon boyu seçilecektir.

Kolon serbest boyunun tesbitinden sonra gelebilecek kesme kuvveti tesbit edilir.

$$V_{\max} = M_{\max}/h_s \dots\dots\dots (1)$$

KOLONLARDA KAYMA TAHKİKİ

Bu kısımda Türk, Amerikan ve Japon betonarme yönetmeliklerine göre kayma tahkikinin ne şekilde yapılacağı vede etriyelerin ne şekilde konulacağı incelenecektir.

A - TS - 500 ve Deprem Yönetmeliğine Göre (8).

TS-500'e göre kolonlarda kayma tahkiki yapmak zorunluluğu yoktur. Ancak Betonarme çerçevelerde gerekli görülmüştür. Uzun kolonlarda ($a/d \geq 4$ 'den büyük) kırılma, eğilme kırılması şeklinde olduğundan buna gerek görülmeyebilir. Ancak kısa veya böyle davranış gösterecek kolonlarda bu tahkikin yapılarak kayma emniyetinin ne ölçüde sağlandığının tesbiti gerekir. TS-500'e göre diğer elemanlar için kayma tahkiki şöyle yapılır.

$$Z_o = Q / b_o z \dots\dots\dots (2)$$

formülüne göre bulunan birim kayma gerilmesi kullanılan beton cinsine göre belli bir değeri aşmaz ise gerekli etriye alanı :

$$F_{etr} = 25 b_o \tau_o / \tau_c \dots\dots\dots (3)$$

her 1.0 metre mesafede konulmalıdır. Eğer kayma gerilmeleri limit değerinin üstünde ise bütün kayma gerilmelerinin etriye ve pilyeler ile alın-

diğının gösterilmesi gerekir. Ayrıca kolonlarda etriye aralığı boyuna demirlerin çapının 12 katından veya 20 cm.'den az olamaz.

B - Amerikan Yönetmeliğine Göre

Amerikan Betonarme Enstitüsü (ACI) yönetmeliği ACI-70 (9)'e göre döşemeler ve temeller hariç bütün elemanlarda ve de (6) nolu formülden hesaplanan birim kayma kuvveti (5) nolu formüle göre hesaplanan kayma yükünden elli fazla olduğu zaman kayma teçhizatı-

$$A_v = 3 - 52 b's/f_y \dots\dots\dots (4)$$

nın e naz kadar etriye alanı s aralıkla konulması gerekir. Birim kayma gerilmesinin (6) nolu formül ile hesaplanması gerekir.

$$v_u = Vu/.85 b'd \dots\dots\dots (5)$$

Bu formüle göre hesaplanmış v_u 'nun beton tarafından taşınabilen miktarı

$$v_c = (0.5 \sqrt{f_c} + 176 p_w V_u d/m_u) \leq 0.93 \sqrt{f_c} \dots\dots\dots (6)$$

kadar olabilir. Eksenel yüklere maruz elemanlarda M_u yerine M kullanılmalıdır. Burada eksenel kuvvetin kolonun moment kapasitesine etkili olacağı gözönüne alınmaktadır.

$$M = M_u - N_u (4t - d/8) \dots\dots\dots (7)$$

Betonun taşıyabileceği v_c toplam birim kayma gerilmesinden fazla olması halinde belli bir s aralığında kolona konulması gereken etriye alanı $A_v = (V_u - V_c) b's/f_y \dots\dots\dots (8)$ kadar olmaktadır. Maksimum etriye aralığı $d/2$ ile sınırlanmaktadır.

ACI - 70 yönetmeliği depreme dayanıklı betonarme inşasında yukarıdaki şartlara ek olarak kolonlarda kullanılacak minimum etriye boyutunu $\phi = 9.5$ mm olarak sınırlamakta, kolon giriş ek yerinden $4d$ ($d =$ kolon derinliği) kadar bir bölgede etriye alanının

$$A_v \frac{p}{5} 0.15 A_v \dots\dots\dots (9)$$

kadar olmasını ve de maksimum etriye aralığının $d/4$ olacağına belirtmektedir. Ayrıca kolon kayma hesabında kolonun eğilmeden kırılma noktasına vardığı anda kolona gelen kesme kuvvetinin kesme kırılması yapmadan taşıyabileceğinin gösterilmesi zorunluluğu da vardır.

C - Japon Yönetmeliğine Göre

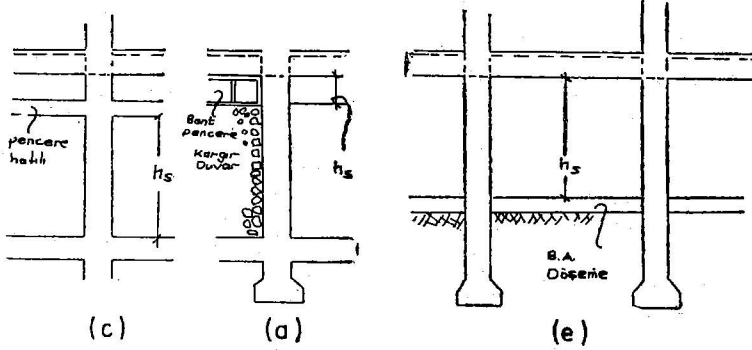
Japon Mimarlar Enstitüsü Yönetmeliğinde (11) kolonların deprem halinde taşıyabileceği maksimum kesme kuvvetinin

$$Q_{AS} = b_j [f_s + 0.5 w_t (p_w - 0.002)] \dots\dots\dots (10)$$

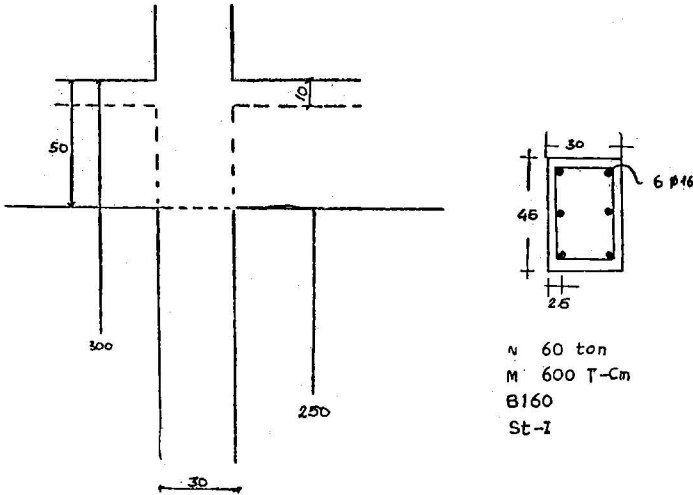
olacağını ve de kolona gelebilecek kesme kuvvetinin kolonunun alt ve üst başlarının akma moment kapasitelerinin toplamının kolon serbest boyuna bölünmesi veya kolona oturan girişlerin akma moment kapasitelerinin yarısının kolon serbest boyunun yarısına bölünmesinden bulunabileceğini ortaya koyar. Bunun yanında kolonlarda kullanılacak minimum etriye çapı 9 mm. (düz demir) 10 mm. (nervürlü demir) olarak

sınırlandırılmıştır. Etriyeler aralıkları 10 cm'den fazla olamaz. Kolonun kirişle birleştiği yerde 1.5 d (d = kiriş derinliği veya daha fazla olan yerlerde etriye aralığı 1.5 misli olabilir. Minimum etriye oranı ise % 0.2 den az olamaz. AIJ — 71'e göre beton ve çelik emniyet gerilmeleri deprem anında % 50 artırılabilir.

TS — 500 depremden dolayı gelebilecek ek kesme kuvvetleri için bir ek hüküm koymamıştır. Ancak 1968 deprem yönetmeliği (10) kolonlarda kullanılan etriye aralıklarının kolon kiriş ek yerlerinden kiriş yüksekliği kadar uzak bir bölgede yarı yarıya azaltılmasını ister.



Şekil-5 Çeşitli durumlarda kolon serbest boyu



Şekil-6 Örnek betonarme kolon

YÖNETMELİKLERE GÖRE KAYMA DONATISI HESABI

TS — 500'e göre boyutları ve donatısı seçilmiş Şekil (6)'da görülen kolonun kayma teçhizatını TS — 500'de kirişlerle ilgili hükümlere göre hesaplanmasında kolona gelen kesme kuvveti :

$$Q = 600/1.25 = 4.8 \text{ ton}$$

ve birim kayma gerilmesi

$$\tau_0 = 4800/0.8 \times 30 \times 45 = 4.45 \text{ kg/cm}^2$$

Burada $z = 0.8 \times d$ olarak alınmış τ_0 B160 için verilmiş 6 kg/cm^2 kesme gerilmesinden küçük olduğundan (3) nolu formül ile her bir metre mesafe için gerekli etriye alanı

$$F = 25 \times 45 (4.45/1400 \times 1.5) = 0.024 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

Burada çelik emniyet gerilmesi deprem dolayısı ile % 50 artırılmıştır. Etriye olarak yönetmelik ϕ 6 mm kullanılmasına izin vermektedir. Bu durumda ϕ 6 mm'lik etriyeler 23 cm. ara ile konulabilir. Ancak yönetmelik etriye aralığının 20 cm'den veya boyuna demirlerin çapının 12 katından fazla olamayacağını belirtir.

Böylece etriye aralığı olarak $12 \times 1.6 \text{ cm} = 19 \text{ cm}$. seçilir. Deprem yönetmeliğine göre kolon başında 50 cm'lik bir bölgede etriye aralığı 9.5 cm olacaktır. Kullanılan etriye donatısı şekil (7 — a)'da görülebilir. Bu metoda göre kolon kiriş ek bölgesi yakınında kullanılan etriye yüzdesi 0.132 olmaktadır.

AIJ — 71 yönetmeliğine göre kayma donatısı yüzdesi hiçbir zaman 0.2'den az olamaz. Ayrıca ϕ 9 mm'den küçük çaplı demir de kullanılmaz. Bu nedenle ϕ 10 mm'lik etriye ve etriye yüzdesi olarak 0.2 kullanılması halinde etriye aralıklarının 17.4 cm olması gerekir. Ancak Japon yönetmeliği etriye aralığının 10 cm'den küçük olmamasını ister. Böylece etriye olarak 10 cm aralıkla ϕ 10 mm. kullanılacaktır. Bu donatı kolondan 1.5 d kadar bir bölgeden sonra aralıklar 1.5 katı artırılabilir.

AIJ — 71 yönetmeliği kolonun taşıyabileceği maksimum kesme kuvvetinin (10) nolu formüle göre hesaplanıp kolona gelebilecek maksimum kesme kuvveti ile karşılaştırılmasını ister. Kolonun karşılıklı etki diyagramından (12) $N=60$ ton olması halinde bu kesitin $M=880 \text{ T} - \text{cm}$ moment taşıyabileceği bulunur (*). Bu kolona gelebilecek kesme kuvveti

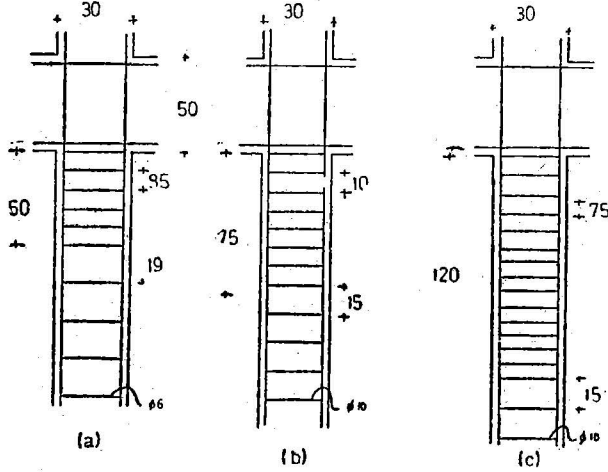
(*) Karşılıklı etki diyagramından kesidin taşıyabileceği maksimum momentin $N_d = 92$ ton iken $M_d = 904$ ton - cm olduğu bulunabilir. Burası daha önce belirtilen dengeli kırılma noktasıdır. Kolona gelen maksimum eksenel yükün $N = 60$ ton'dan farklı olması ihtimali karşısında kolona gelebilecek kesme kuvvetinin hesaplanmasında seçilecek kolon moment kapasitesi çok önemli olmaktadır. Unutulmamalıdır ki bir keside gelebilecek maksimum moment onun taşıma kapasitesine eşittir.

$$Q_u = 880/125 = 7.04 \text{ ton}$$

olur. AIJ — 71'e göre taşınabilecek kesme kuvvetinin hesabında etriyenin yüzdesi 0.2 olması halinde etriyenin katkısı sıfır kabul edilmektedir.

$$Q_A = 45 \times 7/8 \times 30 \times (1.5 \times 4.7) \\ 8.35 \text{ ton} \geq 7.04 \text{ ton}$$

Konulan etriye donatısının yeterli olduğu görülmüştür. Şekil (7 - b).



Şekil-7 Çeşitli yönetmeliklere göre kolon etriye donatımı

ACI — 70'e göre keside gelen kayma kuvveti yine 7.04 ton olarak hesaplanabilir. Birim kayma gerilmesi ise

$$V_u = 7040/85 \times 27 \times 45 = 6.7 \text{ kg/cm}^2$$

olur. (4) nolu formülden bu kesitte s aralığı kadar bölgede en az etriye alanı

$$A_A = (3.52) \times (45 \times 15/2100) = 1.13 \text{ cm}^2$$

olması gerekir.

Bunun yanında bütün kolonda en az \varnothing 10 mm/15 cm miktarında etriye kullanılmak gerekmektedir. (6) nolu formüle göre betonun taşıyabileceği birim kayma gerilmesi

$$v_c = (.5 \sqrt{140} + 176 \times .445/100) \leq 0.93 \sqrt{140}$$

$$v_c = 6.3 + 0.78 = 7.08 \leq 12$$

Bu değer keside gelen 6.7 kg/cm² den fazladır. Betonun taşıyabileceğinden yarı yarıya fazla bir birim kayma kuvveti geldiğinden (4)

nolu formüle göre hesaplanan minimum etriye aralığı yeterli olacaktır.

ACI — 70'e göre depreme dayanıklı betonarme inşaatta kolon kiriş ek yerlerinden $4d$ (d kolon derinliği) kadar bir mesafede etriye miktarının formül (9) daki şartlara uyması istenmektedir. Ayrıca bu bölgede etriye aralığı $d/4$ olacaktır. Bu şartlara uyulması sonucu kolon da 120 cm'lik bir bölgede 7.5 cm ara ile 10 mm'lik etriye konulacaktır. Bu metoda göre hesaplanan etriye donatısı şekil (7-c)'de görülebilir.

Şekil (7)'den görüleceği gibi ACI — 70 ve AIJ — 71'e göre yapılan hesaplar hemen hemen aynı etriye aralığı ve çapını vermektedir. TS - 500 ve deprem yönetmeliğimize göre konulan teğhizat çok az kalmaktadır. Kayma kırılmasının olacağı kolon kiriş ek yeri yakının da etriye yüzdesi TS - 500'e göre 0.13 , AIJ — 71'e göre 0.35 , ACI - 70'e göre 0.47 olmaktadır. Aradaki fark çok büyüktür. Üstelik tehlikeli bölge deprem yönetmeliğine göre kiriş derinliği kadar diğer yönetmeliklerde ise kiriş derinliğinin 1.5 katı veya kolon derinliğinin 4 katı kabul edilmiştir. ACI-70 ve AIJ-71 kolonlarda kullanılacak etriye çapını 9.5 ve 9 mm olarak sınırlamıştır. Bizde ise 6 mm'lik donatı rahatça kullanılmaktadır. Son üç depremde de aynı tip kolonlarda kayma kırılmalarına rastlanılması bu tip kolonların kesme donatısının yeterli olmadığını belirtisidir.

Buraya kadar oldukça normal sayılabilecek bir betonarme kolonun etriye donatısının nasıl hesaplanacağını verilmıştır. Bu kolonun bir takım nedenlerle kısa kolon gibi çalışması kolona konulacak etriye donatısına büyük ölçüde tesir edecektir.

KISA KOLON DAVRANIŞI HALİNDE EMNİYET DURUMU

Çeşitli nedenlerle Şekil (5) ve şekil (7)'de verilen kolonun serbest boyunun 2.50 metreden çok daha azaldığını kabul edersek kolona daha büyük kesme kuvveti gelecektir. Bu durumda her biri ayrı bir usule göre hesaplanmış kayma donatılarının sağladığı emniyet ne olacaktır? Tablo I'de çeşitli yönetmeliklere göre kesitlerin kayma taşıma gücü verilmiştir. Bu hesaplamada (6) ve (8) nolu formüller kullanılmıştır. Tablodan görüldüğü gibi Türk yönetmeliğine göre donatısı konmuş kolonda kayma mukavemeti en az olmaktadır. Diğer yönetmeliklere göre hesap kolonlarda en az yüzde elli kadar daha yüksek bir taşıma gücü vermektedir.

SONUÇ VE TAVSİYELER

Yurdumuzda olan son üç depremde de (1970 Gediz, 1971 Burdur ve Bingöl) aynı tip yapılarda kısa kolon kesme kırılmasına raslanılması kolonların kesme hesabının yeterli olmadığını göstermektedir. TS — 500 ve 1968 Deprem yönetmeliğinin ACI — 70, AIJ — 71 ile karşılaştırılması Türkiye'deki uygulamanın yetersiz olduğunu göstermektedir.

Depreme dayanıklı betonarme yapılarda kolonların kayma tahkikinin daha gerçekçi ölçülerle yapılması ve kolonlarda kullanılan etriye çapının en az 10 mm olması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- (1) Sina Dülgeroğlu «Gediz Depremi, Hasar ve Ötesi» Gediz Depremi Sempozyumu, İMO Yayınları No. 21 sayfa 345 — 351, ANKARA — 1970
- (2) İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü «Burdur Depremi Raporu» ANKARA — 1971
- (3) İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü «Bingöl Depremi Raporu» ANKARA — 1972
- (4) Geological Survey Professional Paper 733, «The San Fernando California Earthquake of February 9 1971» Washington — 1971
- (5) Nielsen, N.N., Nakagawa, K., «Tokachi — oki Earthquake of May 16 1968» International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Tokyo - July 1968.
- (6) Ersoy, U., «CE481 Betonarme Ders Notları» Orta Doğu Teknik Üniversitesi Ankara 1968 - 69
- (7) Ohno, K., Shibata, T., «A Consideration of the Damages to Columns of Reinforced Concrete by Tokachi - oki Earthquake» Proceedings of the U.S. Japon Seminar on Earthquake Engineering with Emphasis on the Safety of School Buildings. Tokyo - 1971
- (8) Türk Standartları Enstitüsü, «TİS - 500 Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları» Ankara - Şubat 1969
- (9) American Concrete Institute, «Proposed Revision of ACI 318 - 63 Building Code Requirements for Reinforced Concrete», ACI Journal February — 1970
- (10) İmar ve İskan Bakanlığı, «Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik», Ankara — 1968
- (11) Architectural Institute of Japan, «AIJ Standard for Structural Calculation of Reinforced Concrete Structures», Tokyo — 1971
- (12) Ersoy, U., «Betonarme Kesitlerin Taşıma Gücüne Göre Hesabı» Orta Doğu Teknik Üniversitesi Ankara — 1971

TABLO I

Kesit Kesme Kuvveti Taşıma
Gücü (Ton)

YÖNETMELİK	BETON	DONATI	TOPLAM	ORAN
TÜRK	9.04	3.93	12.97	1.00
AMERİKAN	9.04	13.81	22.85	1.76
JAPON	9.04	10.37	19.41	1.50

Nükleer Santralların Depreme Karşı Hesabı

Yazan :
G.W. Housner *

Çeviren :
Onur Göksel **

GİRİŞ : Nükleer santrallar, depreme karşı hesabı yapılmış termik santrallara nazaran, deprem emniyeti bakımından daha özel problemler göstermektedir. Termik santrallar için depremin verdiği hasar yalnız belli bir zaman için elektrik sıkıntısı yaratır. Halbuki nükleer santrallarda bir deprem, kontrol edilemeyen nükleer fizyona ve bu fizyon artıklarının sızarak atmosfere karışmasına sebep olabilir. Böyle bir kaza reaktör yakınındaki insanların hayatını tehlikeye sokabileceği gibi binlerce kilometre karelik alandaki canlılar için sağlık problemleri çıkarabilir. Böyle ciddi sonuçlar meydana gelebileceğinden nükleer reaktör emniyeti gibi özel bir çalışma sahası teşkil edilmiş, depreme karşı emniyet gibi daha özel bir konu bu sahanın içinde ele alınmıştır. Genellikle böyle bir sahada çalışan reaktör emniyet mütehassısı, yapı dinamiği ve deprem mühendisliği hakkında bilgi sahibi olamayacağından nükleer reaktörlerin deprem bakımından emniyeti yapı ve deprem mühendislerinin mesuliyeti altına girmiştir.

Nükleer santralin deprem emniyet karakteri normal termik santrallarınkiyle mukayese edilerek açıklanabilir. Termik santrallarda depreme dayanıklılık açısından, yapı ve teçhizat iki kısımda sınıflandırılabilir :

- a) Santralin çalışması için gerekli olan parçalar, yapının sismik faktörlerinden daha fazla sismik emniyet faktörü konularak hesap edilir. California yapı nizamnamesi metoduna göre bu parçalar % 20 lık sismik kuvvete dayanacak şekilde hesap edilmektedir.

* Kalifornia Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Bölümü

** Türkiye Elektrik Kurumu Nükleer Enerji Dairesi Başkanlığı

- b) Santralin çalışması için gerekli olmayıp fakat tesisatta bulunan diğer kısımlar, normal yapı nizamnamesine göre ve % 10 g' lık bir sismik kuvvete göre hesap edilmektedir.

Nükleer santrallarda, insan hayatını tehlikeye sokma ve ekonomik zarar ihtimali normal termik santrallara nazaran çok daha fazladır. Nükleer santrallarda yapı ve teçhizat 3 sınıfa ayrılabilir.

Sınıf 1 : Bozulmasıyla radyo aktif sızıntıya sebep olan bölümler (yapı ve teçhizat) depreme karşı özel olarak hesap edilirler. Bu parçalar alınması muhtemel en büyük deprem şiddetinde bozulma ihtimali sıfır olacak şekilde hesap edilmelidir. Bu parçalara aşağıda da bahsedileceği gibi büyük itina göstermelidir.

Sınıf 2 : Santralin operasyonu için gerekli olan fakat bozulduğu takdirde nükleer sızıntıya sebep olmayan bölümlere de, depreme dayanması için sınıf 1' deki kadar olmamakla beraber itina gösterilmelidir. Hatta bazan bu parçaları California yapı nizamnamesi metoduna göre % 20 g için hesap etmek uygun olabilir.

Sınıf 3 : Santralin operasyonu için gerekli olmayan fakat yapı için gerekli olan parçalar normal yapı nizamnamesinin gereğine göre hesap edilmelidir.

Sınıf 1 deki elemanlar muhtemel en büyük depremden dahi zarar görmeyecek ve basınç elastik limit içinde kalacak şekilde hesap edilir. Sınıf 2 deki elemanlar muhtemel en büyük deprem kuvvetinden zarar görmeyecek, fakat plâstik bükülme kâbul edilecek şekilde hesap edilir. Sınıf 3 deki elemanların kuvvetli deprem sırasında çatlamaları ve plâstik bükülmeleri, hatta çok kuvvetli depremlerde zarar görmeleri beklenebilir.

Muhtemel En Büyük Yer Sarsıntısı :

Eldeki kuvvetli deprem kayıtlarının çok yeni olmasından dolayı muhtemel en büyük depremi ayırt etmek mümkün değildir. Birleşik Amerika Devletlerinde kuvvetli yer sarsıntıları kaydedilmiştir. Bunlardan en şiddetlisi 18 Mayıs 1940 da California'da (El Centro'da) kaydedilmiştir. Bu deprem, Ame-

rika Birleşik Devletleri deprem bölgeleri içinde olması muhtemel en büyük deprem olarak vasıflandırılmaktadır. Bu şiddeteki depremlerin meydana geldiği bölgeler 3. Bölge, 3 bölgedeki deprem şiddetinin yarısı şiddetindeki deprem bölgeleri 2. Bölge ve 2. Bölge deprem şiddetinin yarısı şiddetindeki deprem bölgeleri 1. Bölge olarak değerlendirilir.

Deprem şiddeti spektrum şiddeti cinsinden ifade edilir. Yer sarsıntısının hız spektrumu şu şekilde verilmiştir :

$$S_v = \left\{ \int_0^t \ddot{Z} e^{-\rho \frac{2\pi}{T} (t - \tau)} \sin \frac{2\pi}{T} (t - \tau) d\tau \right\}_{\max}$$

S_v = Hız spektrumu

Z = Kaydedilmiş yer sarsıntısı ivmesi

ρ = Kritik Sönüm katsayısı

T = Titreşim periyodu.

Hız spektrumu S_v , T periyodunda ve n sönümünde yapı-
n yapacağı maksimum titreşimin ölçüsüdür. Maksimum relatif deplasman S_d ve tek serbestlik dereceli yapılarda maksimum mutlak ivme, maksimum relatif hız S_v cinsinden yazılacak olursa.

$$S_d = \frac{T}{2} S_v$$

$$S_a = \frac{2}{T} S_v \dots \dots \dots (2)$$

Spektrum şiddeti (SI_n) şu şekilde belirlenir.

$$SI_\rho = \int_{0.1}^{2.5} S_v(\rho, \tau) d\tau \dots \dots \dots (3)$$

Spektrum şiddeti (SI_ρ), yerin ρ sönümü ve 0.1 - 2.5 saniye periyoduyla salladığı yapılarda şiddet ölçüsüdür. Bazı kaydedilmiş yer sarsıntıları ve bu depremlerin spektrum şiddet-

leri Tablo I de verilmiştir. California'daki çeşitli yer sarsıntı-
larının spektrum eğrilerinin birbirine benzer olduğu görülmüş-
tür. Ortalama spektrum eğrileri şekil 1 ve 2 de gösterilmiş-
tir. Ortalama spektrum eğrileri geliş güzel bir ölçekte çizil-
miştir. Aşağıdaki depremlerin iki kısmının ortalamasını bul-
mak için ordinatları aşağıdaki faktörlerle çarpılmalıdır.

El Centro,	1940	2.7
El Centro,	1934	1.9
Olympia,	1949	1.9
Taft,	1952	1.6

T periyotlu, n sönümlü tek serbestlik derecesinde yapılar için S_a , S_v ve S_d değerleri maksimum ivme, maksimum hız ve maksimum deplasmanı, o deprem için verir. Benzer olarak daha karmaşık yapılar için S_a , S_v veya S_d den titreşim durumu tayin edilebilir.

Şekil 1. deki ortalama spektrum eğrileri sınıf 1. deki yapıların dinamik hesabında kullanılır. Meselâ spektrum şiddeti $S_L = 8$ şeklindeki bir deprem yapıda aşırı gerilime sebep olmaz.

Sınıf 2. deki yapılar için aynı spektrum eğrileri yer hareketinin durumunu gösterir. Buna göre bu yapılar belli bir bükülmeye mukavemet edebilir fakat yıkılmaya karşı belli bir (meselâ 3) emniyet faktörü koymak uygun olur. Bu tip yapılarda aşağıdaki denkleme göre plastik bir hesap ileri sürülmüştür.

$$D = \frac{1}{2} m s_v^2 - V \quad (4)$$

D, yapı tarafından verilen enerji, m, yapının kütlesi ve V ise son gerilim olduktan sonra yapıda kalan potansiyel enerjidir. Bazı basit yapılar için yapının toplayacağı maksimum D doğru olarak hesaplanabilir, fakat birçok yapılar için mümkün olan maksimum D belli bir doğruluk derecesinde hesaplanamaz, bu yüzden dikkatli olup hesaplamalarda daha muhafazakar olunmalıdır.

Nükleer Güç Üretkenlerinin Başlıca Kısımları :

Nükleer santrallar genel olarak termik santrallara benzetilmektedir, başlıca değişiklik termik santrallardaki fırın yerine nükleer reaktörün kullanılmış olmasıdır. Nükleer güç üretkenlerinin başlıca kısımları şunlardır :

a) **Çekirdek :** Nükleer reaksiyonun olup ısının meydana geldiği yerdir. Çekirdeğin başlıca kısımları aşağıdadır :

- 1 — Aktif madde
- 2 — Nükleer reaksiyonu yavaşlatan moderatör materyel (Bazı tip reaktörlerde moderatör yoktur)
- 3 — Reaksiyon oranını kontrol eden veya durduran kontrol çubukları.
- 4 — Çekirdeği uygun sıcaklıkta tutan soğutucu madde.
- 5 — Reaktör çekirdeğini basınç altında tutan ve fizyon artıklarının sızmasını önleyen basınç kabı.

b) **İlk soğutucu devri :** Çekirdekten aldığı ısıyı ikinci devirdeki soğutucuya devreder. Bu devirin bozulması halinde çekirdekteki sıcaklık artar, erimeyle birlikte fizyon artıkları yayılır.

c) **İkinci soğutucu devri :** İlk soğutucu devirden aldığı ısıyı elektrik gücü üreten sisteme aktarır.

d) **Elverişli su verme sistemi** gereklidir. Kötü işleme ve kaza anında dahi iyi bir sıcaklık kontrolü gerekmektedir.

e) Çalışan personeli zararlı radyo aktiviteden korumak için çekirdek etrafında biyolojik bir korunak gerekmektedir.

f) Reaktörü korumak için bir basınç kabı kullanılır. Bu, nükleer bir olay sırasında içeride meydana gelen basınca karşı koyacak, silindirik veya küresel çelik bir basınç kabıdır. Tablo II de bazı değişik nükleer reaktörlerin listesi ve meydana geldiği kısımları verilmiştir.

Deprem Hasarlarına Karşı Hassas Olan Elemanlar :

Depreme dayanıklı projelendirme sırasında bilhassa aşağıdaki bazı parçalarda hassas davranmak gereklidir. Parantez içindeki numaralar elemanın hangi sınıfta olduğunu gösterir, yani (1), elemandaki bozukluğun fizyon artığının salınmasına; (2) elemandaki bozukluğun uzun zaman reaktörün kapatılmasına sebep olacağı demektir.

- a) Reaktör çekirdeği (1)
 - 1) Yakıt elemanları (1)
 - 2) Moderatör (1)
 - 3) Kontrol ve emniyet çubukları (1)
 - 4) Destekleyici ve seviye elemanları (1)
- b) Reaktör basınç kabı (1)
- c) İlk soğutucu devri (1)
 - 1) Boru sistemi (1)
 - 2) Eşanjör (1)
 - 3) Basınç regülâtörü (1)
- d) İkinci soğutucu devri (2)
 - 1) Eşanjör (2)
 - 2) Kondansör (2)
 - 3) Su soğutma sistemi (2)
 - 4) Turbo - jeneratör (2)
- e) Teçhizat (1), (2)
- f) Elektrik gücü sistemi (2)
- g) Emniyet aletleri (1)
- h) Müşkül durumda gerekli su sistemi (1)
 - i) Yakıt idare etme ve depolama sistemi (2)
 - j) Dış yapı veya basınç kabı (1)
- k) Biyolojik korunak (2)
 - l) Su depolama tankları (2)
- m) Bacalar (2)

Yukarıda görüldüğü gibi bu parçalar bina ve yapıdan çok makine, teçhizat ve boru sistemi ile alakalıdır. Bu da demektir ki, meselâ soğutucunun boru sisteminin hesabı da reaktörü içine alan basınç kabının hesabı gibi depreme dayanıklı olacak şekilde yapılmalıdır. Bu yüzden depreme mukavemet

hesabından sorumlu mühendis yapı ve bina kadar diğer önemli parçalarda da hassas davranmalıdır.

Deprem anında, boruları bağlayan parçanın relatif hareketten dolayı zarara uğraması bir misal olarak gösterilebilir.

Nükleer Reaktör Tipleri : Şimdi, birçok değişik nükleer reaktör tipleri kullanılmakta ve incelenmektedir. Başlıca 6 tip şunlardır :

- a) Basınçlı su reaktörü (PWR)
- b) Kaynar su reaktörü (BWR)
- c) Sodyum - grafit reaktörü (SGR)
- d) Gaz soğutmalı reaktör (GCR)
- e) Hızlı üretken reaktörü (FBR)
- f) Homojen reaktör (HRT)

Basınçlı Su Reaktörün ilk soğutucu devrinde yüksek basınçlı su bulunmaktadır ve bu hem soğutucu hem de moderatör görevini yapmaktadır. Çekirdek etrafındaki basınç kabında çok yüksek basınç vardır, bu yüzden duvarları çok kalındır. Buhar ikinci soğutma devrinde elde edilir ve konvansiyonel olarak elektrik üretiminde kullanılır.

Askeri Kutu Güç Reaktörü (Army Package Power Reactor, APPR - 1), denizaltı reaktörleri, Pennsylvania ve Shippingport'taki ticarî güç reaktörleri PWR tipine misaldirler. SPWR nin çekirdeği 450 °F sıcaklıktaki ve 2000 psi (pound/inch²) basınçlı su ile soğutulur. Çekirdek etrafındaki karbon çeliğinden basınç kabının yüksekliği 33 ft, iç çapı 9 ft ve duvar kalınlığı 9.5 inç olup, içi paslanmaz çelikle kaplıdır. Kontrol çubukları üstten girer ve tehlike anında reaktörü durdurmak için yer çekimi ile çekirdeğe düşer. 3 ft su ve 5 ft beton basınç kabı etrafında korunak vazifesi görür.

Kaza anında radyoaktif maddelerin atmosfere karışmasını önlemek için santralin kritik kısımları, sağlam çelik kutular içine konmuştur. Reaktör 38 - ft çapında bir küresel kutuyla çevrili olup, kontrol çubuk işleme mekanizmasını kapatmak için 18 - ft'lük silindirik bir kubbeye sahiptir. 50 ft çapında 90 ft. yüksekliğinde 2 silindir soğutucu devirlerini, 50

ft çapında 144 ft yüksekliğinde bir silindire basınç regülatörünü ve diğer teçhizatı korumaktadır. Bu ikinci derecede önemli olan koruganlar 8 - ft ve 12 - ft çapında borularla bağlantılı halde olup sistemin proje basıncı 53 psi. dir. İlk su devrinin bozulması halinde korunaklardaki basıncı düşürmek için su püskürtme sistemi mevcuttur.

Kaynar Su reaktörü çekirdekte suyu kaynatarak, elde edilen buharı elektrik üretmede kullanır. Çekirdekteki su moderatör, soğutucu ve buhar kaynağı vazifesi görür. Commonwealth - Bolison Dresden güç üretkeni (DBWR) ve Millî Argonne Laboratuvar reaktörü (Argonne National Laboratory Reactor, EBWR - 1) bu tipe örnek olarak gösterilebilirler.

EBWR - 1 de su 488°F sıcaklıkta kaynatılır, 4 ft çaplı ve 4 ft yüksekliğindeki çekirdekte 600 psi basınç meydana gelir. Çekirdek, iç yapı 7 ft, yüksekliği 27 ft ve 2.25 inç duvar kalınlığı olan karbon çeliğinden bir basınç kabı içindedir.

Reaktör, türbin, jeneratör, kondansör, diğer teçhizat ve boru sistemi ikinci, geniş bir basınç kabı içindedir. EBWR - 1 olan bu silindirik kab 80 ft çapında ve 119 ft yüksekliğindedir. 15 psi. lik iç basınca göre dizayn edilmiştir. Kazan sıcak buharın kaçması anında kullanmak üzere 15.000 galon su kabın tepesinde asılı olan bir tankın içindedir. Korunak, üstü yarı küresel ve tabanı elipsoid şeklindedir. Korunakın yarısı toprak altında olup teçhizatın ve reaktörün yerleşmesi için 4 katlı beton bir yapıya sahiptir.

Kontrol çubukları çekirdeğe yukarıdan girer. Tehlike anında, ilk hareket bir yay kuvvetiyle verilerek, yer çekimi altında yerlerine düşerler. Potansiyel metal - su reaksiyonundan açığa çıkacak enerjiyi tutmak için reaktör bir korunak içine konmuştur.

Sodyum - Grafit Reaktörü (SGR) Kuzey Amerika Havaçılık Şirketinin Uluslararası Atomik Kısmı tarafından deneysel olarak geliştirilme halinde olup ilk soğutma devrinde sodyum ve ısıyı buhar üreten ikinci soğutma devrine taşıyan orta devirde de sodyum kullanır. İlk sodyum soğutma devri 960°F sıcaklık ve atmosferik basınç altında çalışır.

6 ft uzunluğundaki paslanmaz çelik yakıt buçukları 6 inç uzunluğunda ve 3/4 inç çapında metalik uranyum tabletleri ile doldurulmuş olup, moderatör olarak grafit kullanılmaktadır. Kontrol ve emniyet çubukları yukarıdan girer. Reaktör, 11 - ft çapında, 19 - ft yüksekliğinde ve duvar kalınlığı 1 - 5 inç olan paslanmaz çelik bir kabın içindedir. Bu kabın kaçırdığı sodyumu tutmak için üzerinde başka bir kap vardır. Bütün sistem, ilk soğutma devriyle birlikte yer altında beton bir kap içindedir.

Gaz Soğutmalı Reaktör (GCR) Çekirdek sıcaklığını kontrol etmek için asal gaz kullanır. Moderatör grafit olup, geniş grafit blokları gerekmektedir. Bu grafit blokları deprem bölgesinde depreme mukavemet açısından problem meydana getirmektedirler. Bu bloklar kontrol ve yakıt çubuklarının rahatça hareket edebilmeleri için belli bir toleransla düzgün bir şekilde yerleştirilmelidirler. Asıl zorluk şudur ki grafit blokları ilk radyo aktiviteye maruz kaldıkları zaman genişlemekte ve devam eden operasyon sırasında geniş çapta büzülmeaktedirler. Oak Ridge Millî Gaz Soğutmalı Laboratuvar Reaktörü (Oak Ridge National Laboratory Gas - Cooled Reactor, ORNL GCR - 2) buna bir örnektir. Bu dizayn paslanmaz çelik tüpler içinde hafif zenginleştirilmiş uranyum oksid yakıt, grafit moderatör ve soğutucu olarak helyum gerektirmektedir. Elektrik üretimi için gerekli buhar, gazdan suya verilen ısı ile temin edilir.

Çekirdek 30 - ft çapında ve 20 - ft yüksekliğindedir. Ünite 300 psi basınçta çalışır ve helyum 460°F sıcaklıkta girip 1000°F sıcaklıkta çıkar. Reaktör, çapı 50 - ft duvar kalınlığı 3.25 inç bir kap içindedir. Çekirdek 8 x 8 x 40 inçlik grafit bloklarından ve ortada boylamasına yakıt kanallarından meydana gelmiştir. 2 inç çapında ve 18 - ft uzunluğunda 61 kontrol çubuğu yukarıdan girer. Toplam grafit ağırlığı 1,127 tondur. Çekirdek ve basınç kabının toplam ağırlığı 2,000 tondur.

Hızlı Üretken Reaktörü (FBR), Önceki reaktörler fizyon için yavaş termal enerjili nötron kullanırken, bu tipte yüksek enerjili nötron kullanılır. Moderatör kullanılmaz, soğutucu olarak sodyum kullanılır. Deneysel Üretken Reaktörü II

(Experimental Breeder Reactor - II, EBR - II) bu tipe bir örnektir. İlk ve orta soğutucu devirlerde kullanılan sodyumlar ve türbinlerde kullanılacak buhar, orta soğutucu devrindeki sodyumun ısıyı ikinci soğutucu devrindeki suya aktarılmasıyla temin edilir. Çekirdek çok küçüktür, 20 x 20 x 14 inc ebadındadır. Ünite yaklaşık olarak 900°F sıcaklıkta çalışır. Reaktör 24 psi basınca göre dizayn edilmiş, 30 - ft çapında, 147 - ft yüksekliğinde ve - 1 inç duvar kalınlığı olan kabın içindedir.

Sulu Homojen Reaktör (AHR) Amerika'da araştırması yapılmakta olan başka bir reaktör tipidir. Homogeneous Reactor Test (HRT) bu tipe bir örnektir. Yakıt uranil sülfat olup küresel zirhonyum çekirdek, D₂ O solüsyonu ihtiva eder. Çekirdeğin etrafı üretken toryum oksid ile çevrilidir. Sistem 2000 psi basınçta çalışır. Kontrol çubuğu gerekmez. Fizyon ısısı yakıt solüsyonu vasıtasıyla eşanjöre aktarılır.

Reaktör 5 - ft çapında ve 4 - 4 inç kalınlığında küresel bir çelik kab içindedir. Ünite ve teçhizat 30 psi basınca göre dizayn edilmiş 25 x 40 x 30 - ft ebadında çelik kap içindedir.

Rijid yapıların projelendirilmesi : Muhtemel en kuvvetli depremde (El Centro 1940) maksimum deprem ivmesi 0.33 g olarak beklenebilir. Şekil 2 deki spektrum eğrilerinden görülebileceği gibi eğer yapının tabii titreşim periyodu 0.1 saniyeden az ise, yapı 0.33 g. lik yatay ivmeye maruz (rijit) bir yapı olarak vasıflandırılır.

Deprem düşey bileşeni yatayına nazaran daha az ivme ve daha fazla frekans gösterir. Normal olarak düşey bileşenin ivmesi maksimum ivme ve spektrum şiddetinin 2/3 fazlası da yatay bileşen olarak alınır. 0.1 saniyeden daha az periyotlu sınıf I deki yapılar 0.33 g. lik ivmeye, normal çalışma gerilimini geçmemek şartıyla, mukavemet edecek şekilde hesaplanırlar.

Sınıf II deki yapılar Sınıf I dekilere nazaran daha az muhafazakârca, fazla gerilim ve plastik bükülmeye müsaade edilecek fakat yıkılma olmayacak şekilde hesap edilebilirler. Bu normal, depreme dayanıklılık hesabı açısından % 20 g. göre hesap demektir.

Dikkat edilecek başka bir hususta hesaplarda taşıma gücü metodu yerine elastik metodun kullanılmasıdır. Eğer taşıma gücü metodu kullanılıyorsa emniyet kat sayıları yüksek seçilmelidir.

Bu taktirde sınıf I deki yapılar 0.33 g. ye göre en az 5 emniyet faktörü alınarak ve Sınıf II deki yapılar ise 0.33 g. ye göre en az 3 emniyet faktörü alınarak hesaplanmaktadır.

Esnek Yapıların Projelendirilmesi : Sınıf I deki esnek yapılar dinamik analize uyarak, şekil I deki ortalama spektrum eğrilerini (El Centro 1940), ve emniyet gerilmelerini kullanarak hesap edilmelidir.

Sınıf 2 deki yapılar için hesap, dinamik analize veya eşdeğerine göre, fazla yüklenmeyi kaldıracak şekilde, yıkılmaya karşı emniyet faktörünü en az 3 alarak yapılabilir. Aynı şekilde sınıf 1 deki yapılarda yıkılmaya karşı emniyet faktörü en az 5 olarak alınmalıdır.

Bütün yapılarda eğilme olup kırılma olmayacak şekilde dikkat sarfedilmelidir.

Özel Yapıların Projelendirilmesi : Aşağıda, nükleer santrallerin bazı özel yapılarının projelendirilmesinde dikkat edilecek bazı hususlar verilmiştir. Nükleer santrallerin yapısı, normal çalışma şartlarında deprem kuvvetine ve 0.5 g. lik yatayta 1.0 g. lik yatay ivmeye mukavemet edecek şekildedir. Bundan dolayı depreme dayanıklılık açısından büyük ivmelere göre yapılacak hesap fazla bir yatırımı gerektirmez. Fakat depreme mukavemet planlamanın başında gözönüne alınmalıdır. Eğer plânlamaya başlarken depreme mukavemet gözönüne alınmazsa, depremden korunma fazla miktardaki yatırımları gerektirir.

- a) **İkinci Basınç Kabı :** Bu geniş, küresel, silindirik çelik yapılar çok sağlamdır ve normal olarak titreşim periyodları 0.1 saniyeden azdır. Yapılar yandan gelen kuvvete karşı dayanıklıdır. Umumiyetle dikkat edilecek husus bu kabın yerle olan bağlantısı olup bunun yandan gelen kuvveti yere aktarabilmesidir.
- b) **İlk Basınç Kabı :** İlk basınç kapları depreme mukavemet edecek şekil ve büyüklüğe sahiptir. Aynı şekil-

de burada da taban bağlantısı en kritik yerdir.

- c) **Reaktör Çekirdeği** : Bütün reaktör çekirdekleri içinde depreme dayanıklılık açısından problem yaratabilecek olanlar, gaz soğutmalı ve grafit moderatörlü olanlardır. Bu reaktörde çekirdek, 1000 ton veya daha fazla ağırlıkta geniş grafit bloklarından meydana gelmiştir. Bu bloklar içlerinden çubukların geçebilmesi için düzgün deliklere sahiptir, dolayısıyla az bir sarsıntıya müsaade edilebilir. Başlangıçta radyoaktif ortam blokların genişlemesine, daha sonra ise büzültüp normal ölçülerinden daha küçük olmasına sebep olur. Depreme karşı bu bloklar gevşek ve bağlı olmayan yığmak şeklinde plânlanmalıdır. Bu durumda kuvvetli yer sarsıntısında dahi düzenleri fazla miktarda bozulmaz. Umumiyetle çekirdek dizaynında grafit uzun plâkalar halinde dizili ve dışardan halkalarla tutturulur. Dizi sayısını azaltmak için daha uzun plâkalar kullanılır.

- d) **Önemli Teçhizat Parçaları** : Dinamik analize misal olarak yandan kuvvetlere ve eğilmeye mukavim serbest kolonlar tarafından desteklenmiş platform üzerinde bir teçhizat parçası düşünelim. İlk olarak belli ebatta bir kolon varsayıp, 1. g. lik yanal kuvvetten meydana gelen elastik yanal deplasman Δ yı hesaplamak lâzımdır. Eğer m teçhizatın kütlesi, ise kolonun rijidliği $k = mg/\Delta$ dir. Yapının tabii titreşim

$$\text{periyodu ise : } T = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\Delta}{g}}$$

Diyelimki bu formül $T = 0.4$ saniye versin. Şekil 1. den % 1 sönüm için $S_v = 0.73$ ft/san. dir. Bu değeri 2.7 ile çarparsak, $S_v = 2.0$ ft/san muhtemel en büyük deprem ivmesi ise,

$$S_a = 2.0 \times \frac{2}{0.4} = 31.4 \text{ ft/san}^2 \text{ bulunur.}$$

Böylece yapının maksimum yatay ivmesi 31.4 ft/san^2 , yani 1 g dir. Yani kolonlar aşırı şekilde bükülmeden 1.0 g. ye

dayanmalıdır. (Sınıf 1 yapılar). Eğer bu yük tahmin edilen-
den daha büyük ebatla kolon gerektiriyorsa, analiz, kolon eba-
dı, periyod ve yük uyuşuncaya kadar tekrarlanmalıdır. Her ne
kadar 1.0 g lik yük fazla gözükiyorsa da, deprem sırasında
yapılar 1.0 g. ye tekabül eden yüklere maruz kalırlar. Eğer
çelik kolonlar hesap ediliyorsa, belli bir «n» emniyet faktörü
konarak limit - dizayn yapılmalıdır. Burada bu hesaptan kı-
saca bahsedilecektir. Yapının maksimum kinetik enerjisi

$$KE = \frac{1}{2} m S_v^2 \text{ olarak alınır.}$$

n çarpı yukarıdaki değer kırılmadan yapı tarafından kar-
malıdır. Toplam enerjinin kolonların alt ve üstündeki maf-
sallar tarafından yutulduğu varsayılırsa her mafsalın yuttu-
ğu enerji

$$E_{abs} = M_o \emptyset$$

dır. M_o eksenel yükten doğan eğilme momenti ve \emptyset ise kolo-
nun plastik dönüş açısıdır. Alınan toplam enerji, titreşimin ki-
netik enerjisiyle, kütlelerin ağırlığının aşağıdaki mesafe ka-
dar inmesiyle meydana gelen potansiyel enerjinin toplamına
eşittir.

$$h (1 - \cos \emptyset) = \frac{h \emptyset^2}{2}$$

h kolonun uzunluğudur. Bütün enerjinin aynı yönde plâstik
akım tarafından yutulduğu varsayılırsa :

$$n \left(\frac{1}{2} m S_v^2 + \frac{1}{2} mgh (\emptyset^2) \right) = 2 N_c M_o \emptyset$$

N_c bu yöndeki harekete karşı duran kolon sayıdır. Kolon
ebadıda aşağıda bulunduğu gibi M_o eğilme momentine göre
izah edilir.

$$M_o = \frac{n \cdot m}{4 N_c} \left(gh \emptyset + \frac{S_v^2}{\emptyset} \right)$$

M_o ı minimum yapan \emptyset değeri kolonun tam yıkılma anı-
daki değerdir ve

$$\emptyset = \sqrt{\frac{S_v}{g h}} \text{ dir.}$$

istenilen eğilme momenti ise

$$M_0 = \frac{n S_v}{2 N_c} \sqrt{\frac{h}{g}} W \text{ dir.}$$

W kolonlar tarafından desteklenen toplam ağırlıktır. Yapıların plastik yıkılması karışık bir kavramdır, ilerideki analiz yalnız yol göstericidir. Plastik hesaplamalarda muhafazakâr olmak tavsiye edilir.

- e) **Yükseltilmiş Su Tankları** : Yükseltilmiş su tankları nükleer santrallerin çalışması için önemlidirler. (Sınıf 2). Ağır kütle ile hafif sönüm kapasitesi bu yapıların, kuvvetli deprem sırasında elastik kalması için yapılacak dizaynı zorlaştırır. Plastik analiz ve dizayn yükseltilmiş su tanklarının yıkılmadan fazla miktarda enerjiyi yutabileceğini gösterir.
- f) **Yükseltilmemiş (Non - elevated) Su Tankları**. Bazı nükleer santrallerde fazla miktarda su yer üstünde rezervuar ve tanklarda depolanır. Bu yapıların hesabında, dinamik akıştan basıncına ve depremden dolayı meydana gelen dalgalara dikkat etmek gerekir.
- g) **Boru**. Teçhizatın iki kısmını birleştiren boru o şekilde hesap edilmelidir ki teçhizat sallandığı zaman kopma olmasın. Sismik kuvvetlere dayanabilmesi için, su ve buhar boru sistemi desteklenerek hesaplanmalıdır. Normal endüstri boru tesisatına nazaran, nükleer santrallerdeki boru tesisatına daha fazla dikkat sarfetmek lâzımdır, çünkü nükleer santrallerde boru tesisatı daha fazla yer almaktadır.

Kurma Şartları. Yer in jeolojisi şüpheli olduğu zaman ihtiyatlı davranmak gerekir. Meselâ deprem sırasında zeminin sıkışması, reaktör yapısının devamlı oturmasına sebep olur ki bu önlenmelidir.

Diğer taraftan seçilen bölge içersinde zemin bakımından daha emniyetli görülen yerlere fazla yatırım yapmak tavsiye edilmez. Şimdiki bilgilere göre nükleer reaktörün dizaynı en kötü şartlara göre yapıl-

malı ve yerin biraz daha iyi olması ile dizayn kriterleri azaltılmamalıdır.

Zemin hareketlerinin daha küçük şiddetlerde olacağı yerleri aramak ekonomik bakımdan büyük bir avantaj sağlamıyacaktır. Zemin kayması ve oturma olmayan yer seçmekle, emniyet bakımından büyük avantaj sağlanabilir.

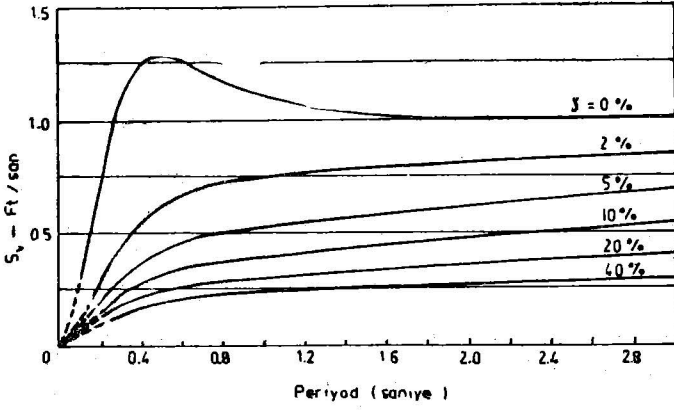
Sonuçlar : Nükleer santraller, normal yapılara nazaran, depreme dayanıklılık açısından daha geniş ve detaylı hesap gerektirir. Yapının mukavemeti ve plâstik tabiatı bakımından geniş bilgi sahibi olmak gerekmektedir. Nükleer santrallerin bazı kısımları, normal yapılara nazaran daha fazla sismik yük almış gibi hesap edilmelidir. Nükleer santrallerin sismik problemleri, normal yapılara nazaran derece bakımından farklı fakat çeşit bakımından farklı değildir. Dolayısıyla iyi bir mühendislik ile nükleer santralleri depremlere karşı korumak zor değildir.

T A B L O : I
YER HAREKETİNİN İKİ YATAY BİLEŞENİNİN
SPEKTRUM ŞİDDETLERİ

		SI ₀	SI Ortalama	SI ₀ Ortalama	Maksimum yer ivmesi
El Centro, Kalif.	NS	8.94	8.35	2.7	0.33 g
18 Mayıs 1940	EW	7.77			0.23 g
El Centro, Kalif.	NS	5.93	5.88	2.1	0.26 g
30 Aralık 1934	EW	5.83			0.20 g
Olympia, Wash.	S80W	6.05	5.82	2.2	0.31 g
13 Nisan 1949	S60E	5.59			0.18 g
Taft, Kalif.	S69E	4.84	4.69	1.9	0.18 g
21 Temmuz 1952	N21E	4.53			0.17 g
San Francisco, Kalif.	N81E	0.5	0.48	0.28	0.05 g
22 Mart 1957	N9W	0.45			0.05 g

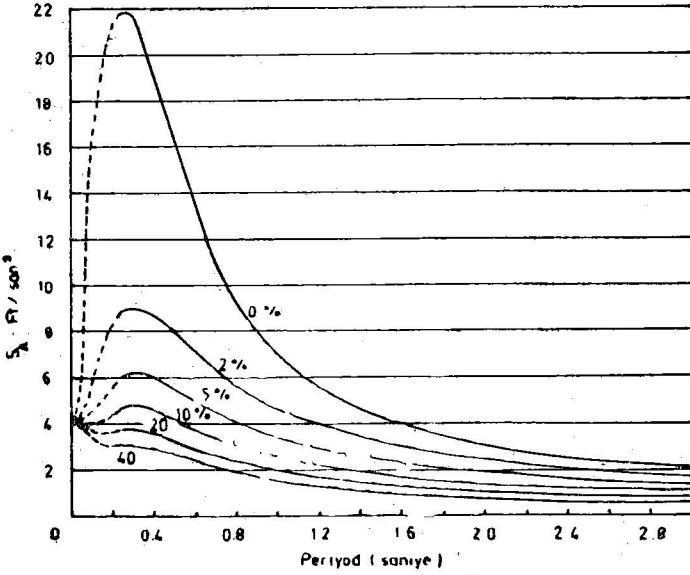
R E F E R A N S L A R :

- 1 — Housner G. W: Spectrum Intensities of Strong Earthquakes. Proceedings of the 1952 symposium on Earthquakes and Blast Effect on structures. Earthquake Engineering Research Institute, San Francisco, 1952.
- 2 — Housner, G. W. R. R. Martel, and I. L. Alford: Spectrum Analysis of strong Motion Earthquakes, Bulletin of the Seismological society of America, Vol. 43 1953.
- 3 — Hudson, D. C: Response Spectrum Techniques in Engineering Seismology, Proceeding of the 1956 World Conference on Earthquake Engineering San Francisco, 1956.
- 4 — Housner G. W: Behavior of structures During Earthquakes, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, 1959.
- 5 — Housner G. W: Limit Desing of Structures to Resist Earthquakes, Proceedings of the 1956 World Conference on Earthquake Engineerings, San Francisco, 1956.
- 6 — Houser G. W. and H. Outinen : The Effects of Torsional Oscillations on Earthquake Stresses.
Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 48, 1958.
- 7 — United States Atomic Energy Commision: Handbook on Reactors and Earthquakes.



ORTALAMA HIZ SPEKTRUM EĞRİLERİ

Şekil - 1



ORTALAMA İVME SPEKTRUM EĞRİLERİ

Şekil - 2

T A B L O : II

NÜKLEER REAKTÖRLERİN VASIFLARI

	PWR SPWR	BWC EBWR - 1	SGB SGRF	G C R ORNL, GCR-2	FBR EBR - 2	AHR HRT
1. Termal Güç (MW)	260	20	20	687	63	
2. Çekirdek Dizayn basıncı (16/in ²)	2500	800	18	300	120	2000
3. Soğutucu çıkış sıcaklığı (°F)	540	488	960	1000	900	570
4. Tehlikede durdurma zamanı (san.)	1.35	0.35	0.6	—	0.38	—
5. Moderatör maddesi	H ₂ O	H ₂ O	Grafit	Grafit	Yok	D ₂ O
6. İlk devir soğutucusu	H ₂ O	H ₂ O	Na	He	Na	Yakıt
7. İkinci devir soğutucusu	H ₂ O	Yok	Na	H ₂ O	Na	Yok
8. Yakıt maddesi	U - Zr	J - Zr - Nb	U	UO ₂	U	UO ₂ SO ₄ -D ₂ O
9. Yakıt elemanı	Düz plâka	Düz plâka	Çubuk	Çubuk	İğne	Küresel sıvı
10. Birinci kabın şekli	Silindirik	Silindirik	Silindirik	Küresel	Silindirik	Küresel
11. Birinci kabın çapı (feet)	9	7	11	50	26	5
12. Birinci kabın yüksekliği (feet)	33	23	19	50	25	5
13. Birinci kabın kalınlığı (inç)	3 - 5	2.25	1.5	3.3	0.5	4.4
14. Birinci kabın maddesi	Karbon çeliği	Karbon çeliği	304 SS	Çelik	SS	Çelik
15. İkinci kabın şekli	Silindirik küresel	Silindirik	RC odası	RC binası	Silindirik	Dörtgen prizmatik
16. İkinci kabın çapı (feet)	Değişik	80	—	—	80	—
17. İkinci kabın yüksekliği (feet)	Değişik	119	—	—	139	25x32x54
18. İkinci kabın maddesi	Çelik	Çelik	—	—	Çelik	Çelik
19. İkinci kabın basıncı (lb/in ²)	+53,—3	+15,—0.5	—	—	+25,—1	+32,—1

Mikrotremorlar IX

Yazarlar :

Çeviren :

K. Kanai, T. Tanaka, S. Yoshizawa *

Sinan GENÇOĞLU **

I. GİRİŞ

Daha önceki çalışmalardan, mikrotremor ölçülerinin yalnız şiddetli deprem hareketlerinin karakteristiklerinin evvelden tahmininde bir vasıta olarak değil, keza depreme dayanıklı yapı yapımında gözönüne alınacak sismik kuvvet katsayılarının tayini içinde faydalı olduğu tahkik edilmiştir.

Bu çalışmada ilk olarak, yüzeyde ve yeraltında aynı anda alınmış mikrotremor kayıtlarının, periyod dağılımının analizleri yapıldığı gibi, spektral analizleri de yapılacaktır. İkinci olarak da, elastik dalgaların müteaddit yansıma teorisine (the theory of multiple reflections of waves) dayanarak yukardaki sonuçlardan matematiksel değerlendirmeler yapılacaktır.

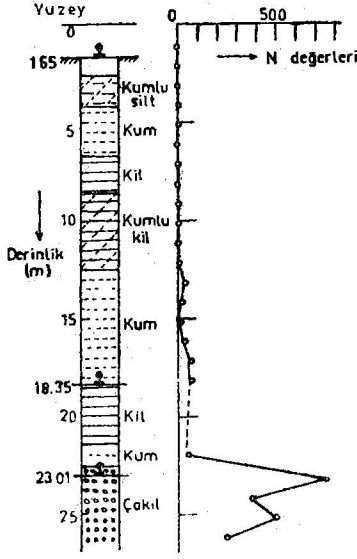
II. MİKROTREMOR ÖLÇMELERİ

Tokyo'da, Nihon - bashi civarında seçilen iki inşaat sahasında yüzeyde ve yeraltında aynı anda mikrotremor ölçmeleri yapılmıştır. Kuyuların derinlikleri 18.35 m. ve 23.01 m. olup, aralarındaki yatay mesafe takriben 5 m. dir.

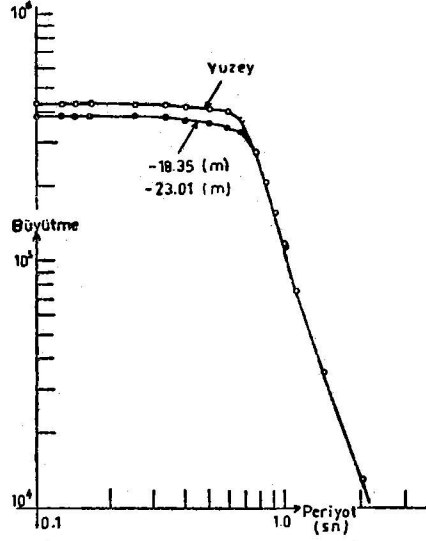
Şekil I. de, kuyu logu ve standard penetrasyon test sonuçları gösterilmiştir. Şekil I. den görülebileceği gibi, 22.5 m. derinlikte N değerlerinde ani bir değişiklik vardır. Bu, Üst

(*) Tokyo Üniversitesi Deprem Araştırma Enstitüsü.

(**) İmar ve İskân Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü.



Sekil 1: Standard penetrasyon testi ve kuyu logu.



Sekil 2: Kuyu vibrografının genel periyod mukabele eğrileri.

Tokyo formasyonu (upper Tokyo formation) ile Tokyo çakıl yatağı (Tokyo gravel bed) arasındaki sınırı belirtmektedir.

Ölçmelerde, tabii periyodu 0.8 sn. olan iki adet Self - levelling Vibrograf kullanılmıştır. Biri yüzeye yakın, diğeri de kuyunun dibine konulmuştur. Alıcıdan çıkan sinyaller P.W.M. (pulse width modulation) sistemiyle magnetik teyp kaydedilmiştir.

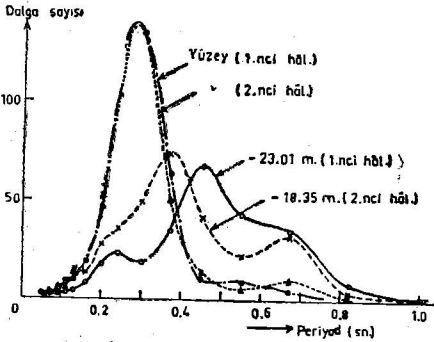
Mikrotremor dalgalarının analizi için, kayıt edilmiş dalgalar elektromagnetik ossilograf kullanarak yeniden fotoğraf kağıdı üzerinde elde edilirler. Kağıt hızı ve kayıttaki zaman işaretleri, sırasıyla, 10 cm/sn ve 1/100 sn. olarak seçilmiştir. Şekil 2. de, kullanılan kuyu vibrografının genel periyod mukabele eğrisi gösterilmiştir. Aletin büyütmesi 25.000 dir.

Ölçmeler geceleyin yapılmış ve her ölçü noktasında takriben 5 dakikalık kayıt alınmıştır.

III. MİKROTREMORLARIN SPEKTRUMLARI İLE PERİYOD DAĞILIM EĞRİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Şekil 3., I nci ve II nci hallerde (Case I, Case II.) aynı anda alınmış kayıtların ilki dakikalık kısımlarının analizinden elde edilen mikrotremorların periyod dağılım eğrilerini göstermektedir. İşlem, periyod dağılım analizörüyle yapılmıştır.

Şekil 4 ve 5. mikrotremorların, aynı kayıtların Fourier analizinden türetilen, spektrumlarını göstermektedir. Analiz için kayıttan 5 sn. lük bir kısım alınıp, her 1/100 sn. de amplitüdler okunulmuştur. Fourier transformunun hesapları IBM 7090 kompüteriyle yapılmıştır. Şekil 3 - 5. den aşağıdaki dik-kati çeken kısımları bulabiliriz :



Şekil 3: Yüzeyde ve yeraltında 1.nci ve 2.nci hallerde aynı zamanda ölçülen mikrotremorların periyod dağılım eğrileri

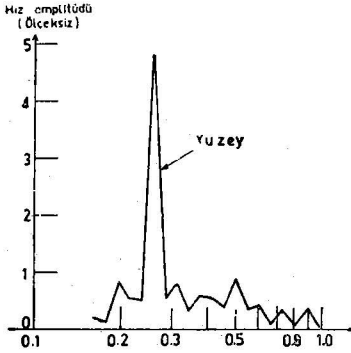
i) Yüzeydeki periyod dağılım eğrisinde 0.255 sn. de bir pik görülmektedir.

Dikkati çeken bu pik, keza, yüzey için olan spektrumda da 0.255 sn. periyotta bulunmuştur. 23.01 m. derinlik için olan spektrumda bu periyod civarında önemli bir pik görülmemekte iken, 18.35 m. derinlik için olan spektrumda, bu periyotta pikin amplitüdü takriben yüzeydekiğin 1/4 ü kadardır.

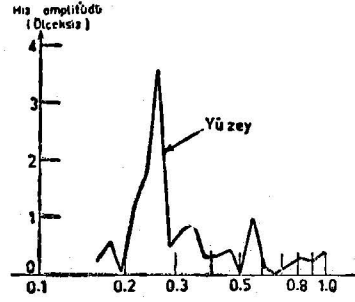
Bu verilere dayanarak, 0.255 sn. periyodu haiz titreşimlerin toprak altının titreşim karakterlerini gösterdiği söylenebilir. Bu konu üzerinde ayrıntılı bilgiler sonraki bölümde verilecektir.

ii) Hemen hemen bütün periyod dağılım eğrilerinde takriben 0.67 sn. de görülen küçük pikler, spektrumlardaki 0.5-

0.55 sn. de dikkati çeken piklerle yakından ilgili gibi görülmektedir. Şekil 8. deki uzun çizgili kesikli hat, 0.5 - 0.55 sn. periyodları için tahmini amplitüd dağılım eğrisini göstermektedir. Bu sonuçlardan, 0.5 - 0.55 sn. de dalgaların özelliklerinin yüzeye, takriben 100 m. derinlikteki Tersiyer yataklar arasındaki tabakanın titreşim karakterlerini belirttiğini kabul etmek bir dereceye kadar tabii olacaktır.



Şekil 4. Yüzeyde ve yeraltında 23.01 m. derinlikte aynı zamanda ölçülen mikro-tremorların spektrumu (2.nci hâl.)



Şekil 5. Yüzeyde ve yeraltında 18.35 m. derinlikte, aynı zamanda ölçülen mikro-tremorların spektrumu. (1.nci hâl.)

iii) Yeraltında, 18.35 m. derinlik için olan periyod dağılım eğrisinde 0.37 sn. de bir pik görülmektedir. İkinci halde (Case II) yüzey için periyod dağılım eğrisinde bu periyodda bir pik görülmemekte iken, yüzey ve 18.35 m. derinlik için olan spektrumların her ikisinde de 0.37 sn. de küçük piklere rastlanmaktadır.

Diğer taraftan, yüzey ve 23.01 m. derinlik için olan spektrumların her ikisinde de 0.37 sn. periyodda bir pik görülmemektedir. Bu nedenle, 0.37 sn. deki titreşimlerin, toprakaltının titreşim karakterleriyle bir ilişkisi olmadığını kabul etmek tabii olacaktır.

iv) Yeraltında, 23.01 m. derinlik için olan periyod dağılım eğrisinde 0.47 sn. de bir pik görülmektedir.

Yüzey ve yeraltı için olan spektrumların hepsinde 0.5 - 0.6 sn. deki amplitüdüleri, diğer periyod aralıklarındaki amplitüdülerle karşılaştırdığımızda, bunların hakim bir halde olmadıklarını görürüz. Böylece, keza bu periyoddaki titreşimlerin de toprakaltı titreşim karakterleriyle bir ilişkisi olmadığını kabul edebiliriz.

IV. DALGALARIN MÜTEADDİT YANSIMA TEORİSİYLE DEĞERLENDİRME İŞLEMİ

Bu kısımda ölçü sonuçlarının, elâstik ortamda dalgaların müteaddit yansımaya teorisiyle değerlendirilmesine çalışılacaktır.

i) Yeraltında, 23.01 m. derinlikteki mikrotremörlerin ölçü kayıtlarının ve teorik olarak elde edilmiş dipteki dalga şeklinin karşılaştırılması :

Eğer gelen dalgalar, yerin en alt sınırında, $z=0$, aşağıdaki şekildeyse,

$$U_0 = F(t) \quad \dots\dots\dots(1)$$

Yüzeyde, $z=H$, ve dipteki $z=0$, hareketler için bu ifade, dalgaların müteaddit yansımaya ile etkili olarak infinitif serilerle aşağıdaki şekillerde yazılabilir.

$$U_{z=0}(t) = \gamma F(t) + \left[\gamma F\left(t - \frac{2H}{V_1}\right) + \gamma \beta F\left(t - \frac{2H}{V_1}\right) \right] + \dots\dots\dots(2)$$

$$U_{z=H}(\tau) = 2\gamma F\left(t - \frac{H}{V_1}\right) + 2\gamma\beta F\left(t - \frac{3H}{V_1}\right) + \dots\dots\dots(3)$$

Burada :

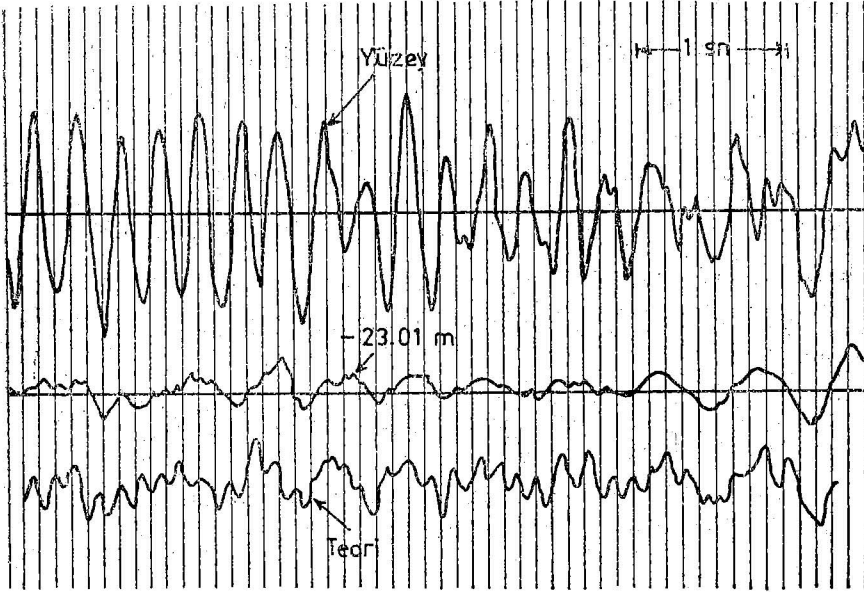
$$\beta = (\alpha - 1) / (\alpha + 1) \text{ ve } \gamma = 2 / (\alpha + 1) \text{ ve } \alpha = \rho_1 V_1 / \rho_2 V_2 \text{ dir}$$

ρ_1, ρ_2, V_1, V_2 , sırasıyla, yerin ve ana kayanın yoğunlukları ve hızlarıdır. $\tau = t - H/V_1$ ve $\tau = 0$ ve $t = 0$, sırasıyla, yüzeydeki ve dipteki dalgaların varış zamanlarını belirtmektedir.

(2) ve (3) den, $z = H$ ve $z = 0$ daki hareketlerin arasındaki basit bir ilişki aşağıdaki gibi elde edilir.

$$U_{z=0} \left(t - \frac{H}{V} \right) = \frac{1}{2} \left[U_{z=H} (\tau) + U_{z=H} \left(\tau - \frac{2H}{V} \right) \right] \dots (4)$$

Şimdi, bu metodun mikrotremor ölçü sonuçlarına tatbikine çalışalım. Metodun tatbiki için, tabakadaki $2H/V_1$ değeri bilinmelidir. Bu durumda $T_s = 4H/V_1$ bağıntısını kullanarak yüzeyde elde edilen mikrotremorların hakim periyodundan, T_s hesaplanır. Hesapla elde edilen sonuç Şekil 6. da gösterilmiştir.



Şekil 6 : Ölçülen mikrotremorların hakiki kayıtları üstte yüzey, ortada 23.01 m. derinlikteki, altta dipte teorik olarak elde edilen dalga formu.

Şekil 6. da üstteki eğri mikrotremorların yüzeydeki hakiki kaydını vermektedir. Ortadaki ve alttaki eğriler, sırasıyla, 23.01 m. deki hakiki kaydı ve dipteki hesaplanmış dalga şeklini göstermektedir. Şekil 4. deki noktalı hat teorik eğriden elde edilen spektrumu belirtmektedir. Şekil 4 ve 6. dan görüleceği üzere, teorik ve ölçü sonuçları arasında bir uygunluk vardır.

ii) Yüzey tabakasinda dalga amplitüdünün amplifikasyonu :

Şekil 7. deki kesiksiz hat yüzeydeki mikrotremorların amplitüdüdenin Şekil 4. den elde edilen 23.01 m. derinlikteki amplitüdülerle oranlarını göstermektedir.

Şimdi, tabakadaki sinüzoidal dalgaların müteaddit yansımaya problemini ele alalım, Eğer en alt ortama gelen distorsiyonel dalga,

$U_0 = A_0 \exp \{ i (pt - f_2 z) \}$ şeklinde ise, altta bulunan ortamın ve tabakanın deplasmanları, sırasıyla, şu şekilde ifade edilirler.

$$U_2 = A_0 \exp \{ i (pt - f_2 z) \} + A \exp \{ i (pt + f_2 z) \}$$

$$U_1 = B \exp \{ i (pt - f_1 z) \} + C \exp \{ i (pt + f_1 z) \}$$

Burada : $p = 2\pi/T$, $f_1 = 2\pi/V_1 T$, $f_2 = 2\pi/V_2 T$ ve V_1 , V_2 , T , sırasıyla, tabakanın, alttaki ortamın hızları ve periyoddur. Yüzeyde, $z = H$ da, $\frac{\partial U_1}{\partial z} = 0$ iken, en alt sınırdaki sınır şart-

ları, $z = 0$ da, $U_2 = U_1$ ve $\mu_2 (\partial u_2 / \partial z) = \mu_1 (\partial u_1 / \partial z)$ dir.

Sonuç olarak, tabakadaki deplasmanı aşağıdaki şekilde elde ederiz.

$$U_1 = \frac{2 \cos f_1 (H - z)}{\sqrt{\cos^2 f_1 H + \alpha^2 \sin^2 f_1 H}} \exp [pt - \tan^{-1} (\alpha \tan f_1 H)] \dots (5)$$

(5) no.lu formülden, yüzeyde ve en alt sınırdaki deplasmanların mutlak değerlerinin oranını :

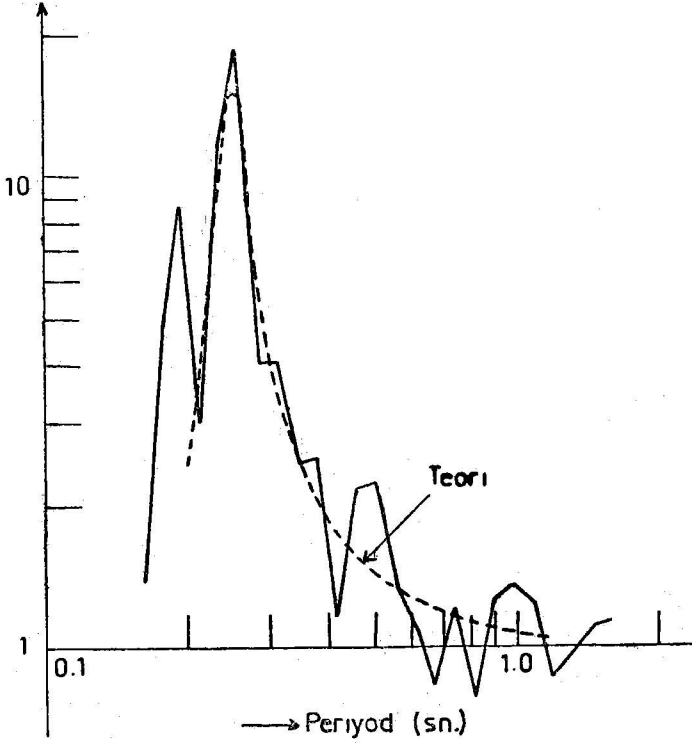
$$\frac{|U_{z=H}|}{|U_{z=0}|} = \frac{1}{\sqrt{\cos^2 \left(\frac{2\pi H}{V_1 T} \right) + \alpha^2 \sin^2 \left(\frac{2\pi H}{V_1 T} \right)}} \dots (6)$$

şeklinde elde ederiz.

Burada, α , tabakanın ve en alttaki ortamının empedans oranını tarifler .

Şekil 4. den elde edilen, tabakanın senkronize periyodu, 0.255 sn., ve senkronize şartlarındaki amplitüd oran değerini, 15, (6) no'lu formüle yerine koyarsak, Şekil 7. de noktalı hatla gösterilen her periyod için amplitüd oranını elde ederiz. Şekil 7. de teorik ve \bar{U}_1 sonuçlarının karşılaştırılmasında iyi bir uygunluk görülebilmektedir.

Yüzey / -23.01 m.



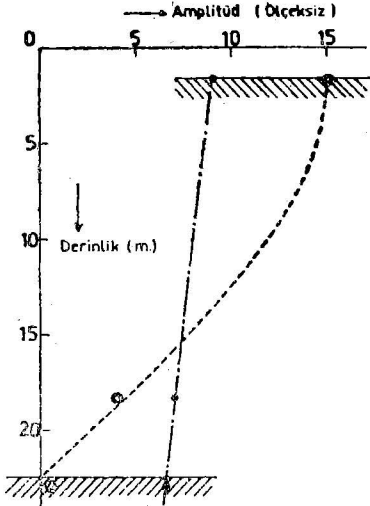
Şekil 7: Yüzeyde ve yeraltında 23.01 m. derinlikte, elde edilen spektrumların arasındaki amplitüd oranı ve teoriden hesaplanan eğri.

iii) Tabakadaki amplitüd dağılımları

Şimdi, tabakadaki amplitüd dağılımına dayanarak teorik ve ölçü değerlerinin karşılaştırmasını yapalım. Şekil 4 ve 5 deki spektrumlarda 0.255 sn. ve 0.50 - 0.55 sn. periyotlardaki amplitüdü Şekil 8. de, sırasıyla, çift ve siyah daireler olarak noktalanmıştır.

Diğer taraftan, gelen dalganın periyodu tabakanın tabii periyoduyla senkronize olduğu zaman, bu tabakadaki amplitüdülerin dağılımı (5) no'lu formülün özel bir hali olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

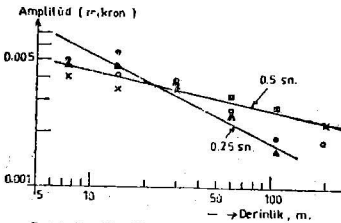
$$\frac{|U_z|}{|U_{z=0}|} = \frac{1}{\alpha} \sin \frac{\pi}{2} \left(\frac{z}{H} \right) \dots [z=0 \sim H] \dots (7)$$



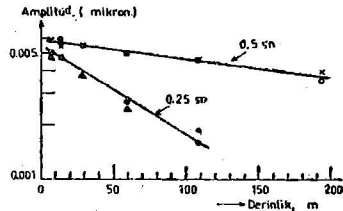
Şekil 8 : Tabakalardaki mikrotremorların amplitüdlerinin dağılımı, çift ve siyah daireler, sırasıyla, 0,255 ve 0,5 sn. de-kileri ve noktalı hat da teoriden hesaplanan sonuçları göstermektedir.

$\alpha = 1/15$ ve $H = 22,5$ m. kabul edilerek (7) no'lu formülle hesaplanan sonuç Şekil 8. de kesikli hatla gösterilmiştir. Keza, Şekil 8. de de teorik ve ölçü sonuçları arasında bir uygunluk görebiliriz.

Yukardaki üç çeşit teorik sonuçlar, zemindeki mikrotremorların esas kısımlarının özelliklerinin büyük ölçüde, epeyce bir derinlikten geçtikten sonra ana kayaktan yayılan dalgaların, müteaddit yansıma olayına dayandığını bize göstermektedir.



Şekil 9 : Mt. Fuji'deki tünelde, mikrotremorların amplitüdünün derinliğe göre dağılımı.



Şekil 10 : Mt. Fuji'deki tünelde, mikrotremorların amplitüdünün derinliğe göre dağılımı.

V. SONUÇ

Yapılan bu çalışmalardan, zemindeki mikrotremorların esas kısımlarının özelliklerinin büyük ölçüde, epeyce bir derinlikten geçtikten sonra ana kayaktan yayılan dalgaların, müteaddit yansıma olayına dayandığını bize göstermektedir.

Keza tahkik edilmiştir ki, mikrotremor kayıtlarının analitik sonuçlarından, şiddetli deprem hareketlerinin spektrumunu üzerinde büyük etkisi olan zeminin sismik karakteristiklerini bilmek için yeter derecede faydalanılır.

Gerek A.B.D. de yüzlerce ve gerekse Japonya'da binlerce yerlerde yapılan evvelki sistematik mikrotremor ölçülerinden, mikrotremorların hakim, ortalama ve en büyük periyodlarıyla, en büyük amplitüdünün, zeminlerin fiziksel özellikleri net olarak bilinmese bile pratik bir zemin sınıflandırmasında çok elverişli olduğu bulunmuştur. Mamefih, eğer mikrotremor ölçülerinin gayesi, önemli bir yapının veyahut tabii periyodu uzun olan bir yapının yapılması düşünülen sahada, zeminin sismik karakteristiklerini araştırmaksa, bu çalışmada kullanılan analiz metodu uygun olabilir.

EK

Yeraltında mikrotremor ölçmeleri, deniz seviyesinden takriben 1.000 m. yükseklikte, Kt. Fuji'nin güneybatı yüzündeki uzun bir tünelde yapılmıştır. Şekil 9 ve 10. da iki hakim periyod için, mikrotremorların amplitüd dağılımları gösterilmiştir.

Eğrilerin çiziminde, ölçü noktasına yüzeyden olan en kısa mesafe derinlik olarak alınmıştır. Şekil 9. dan görüldüğü gibi, azalma (attenuation) formülünün n indeksinin değerleri, $A = A_0 \cdot x^{-n}$, 0.25 ve 0.50 sn. ler için, sırasıyle, $n = 0.49$ ve 0.21 olur.

Böylece, azalma formülü $A = A_0 \cdot \exp(-kx)$ dir.

Sonuç olarak, Şekil 10. dan, 0.25 ve 0.50 sn lerde, azalma katsayısı olarak, sırasıyle, $11 \times 10^5 \text{ cm}^{-1}$ ve $2.2 \times 10^5 \text{ cm}^{-1}$ elde edilmiştir.

Yani, $k = 2\pi^2\xi/\delta V^2T^2$ bağıntısındaki değerlerin yeterli olduğu söylenebilir. Burada, ξ , δ , V ve T, sırasıyle, viskozite katsayısı, yoğunluk, tabakanın hızı ve dalgaların periyodudur.

Sonuç olarak, Şekil 10. dan, 0.25 ve 0.50 sn lerde, pek az bir elâstik süreksizlik olduğu zaman, mikrotremorların zeminin derinlerine yayıldığı söylenebilir.

VI) REFERANSLAR

- 1 — K. Kanai and T. Tanaka
«On Microtremors. VIII.»
Bull. of ERI, Vol. 39 (1961), pp : 97 - 114
- 2 — K. Kanai and T. Tanaka
«Self - levelling Vibrograph.»
Bull of ERI, Vol, 36 (1958), pp : 359 - 368
- 3 — T. Tanaka
«Period Distribution Analyser for Irregular Motions.»
Bull of ERI, Vol. 36 (1958), pp : 359 - 368
- 4 — K. Kanai and S. Yoshizawa
«Some New Problems of Seismic Vibrations of a Structure. Part 1.»
Bull. of ERI, Vol. 41 (1963), pp : 825 - 833

Kuvvetli Depremlerin Spektrum Analizleri

Yazanlar :

G.W. Housner, R.R. Martel, J.L. Alford *

Çeviren :

Ersen BUKET **

ÖZET

Makale, toplam olarak 88 adet kuvvetli depremin spektrumlarını kapsamaktadır. Spektrumlar, Amerika'da meydana gelmiş olan en kuvvetli depremlerden elde edilen kayıtların mühendislikle ilgili önemli özelliklerini karakterize ederler. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlara göre sönüm, deprem probleminin en önemli parametresini teşkil etmektedir. Sönümde meydana gelen küçük değişiklikler, özellikle toplam sönüm küçük olduğunda, mukabele eğri piklerinde büyük değişiklikler yaratır. Bu gözlem iki sebepten ötürü oldukça önemlidir. Birincisi; deprem spektrumunu izah ederken sönümün kat'i olarak kontrol edilmesinin gerekli olduğunu belirtir, aynı zamanda kullanışlı olmasından ötürü spektrum hesaplamalarında elektrik analog hesaplayıcı en tatmin-kâr metodu teşkil eder. Sönümün, bulunmasına önem kazandıran ikinci bir sebep ise, yapıların depreme karşı dayanıklılığı probleminin de bu metodun kapsamına girmesidir. Sönme, deprem sonucunda meydana gelen dinamik stres ve deformasyonları (strains) azaltma etkisine sahip olduğundan, çeşitli tip yapıların her birinde ne kadar sönümün mevcut olduğu ilginç bir konudur. Deprem problemini her yönü ile çözmek için daha detaylı araştırmalara ihtiyaç vardır.

Spektrumların pek çoğu, tipik modellerine yaklaşık olarak uygunluk gösterirler. Depremlerin oluştuğu yerin, spektrumun şeklini önemli ölçüde etkilediğine dair herhangi bir delil mevcut değildir. Seattle, Washington kayıdı dışında «hakim zemin periyoduna» ait kuvvetli bir delil yoktur.

Spektrumlar, zemin hareketlerine ait yüzey şiddetlerinin miktarını tayin için elverişli bir metodun gelişmesini sağlamışlardır, bu nedenle deprem şiddetlerinin ölçülmesinde kullanılmaları mümkündür. Spektrumlar, ayrıca yapıların mukabelesine göre depremlerin karakterize edilmesini sağlarlar. Bir spektrum ile, depreme maruz kalan çeşitli tip-teki yapıların genel olarak nasıl davranacaklarını bulmak mümkündür.

GİRİŞ :

Bir depremin meydana gelmesi sırasında herhangi bir yapının tabanı değişken bir ivmeye maruz kalır ve yapı içinde dinamik stresler gelişir. Kuvvetli depremlerin tahrip edici

(*) Kalifornia Teknoloji Enstitüsü.

(**) Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Yer Bilimleri Bölümü.

etkileri, özellikle bu tip streslere dayanıklı olacak şekilde hesaplanmamış yapılar için depreme dayanıklı hesaplama metodlarının ne derece önemli olduğunu ortaya koymuştur. Bu metodların mümkün mertebe gerçekçi olmaları için yapıların deprem hareketlerine karşı dinamik mukabeleleri kavramının tam olarak anlaşılması gerekmektedir.

Problem üç ana prensip yardımı ile çözümlenebilir :

- 1 — Aktüel deprem tahribatı üzerinde yapılan çalışmalar sonucu elde edilen ve tecrübeye dayanan verilerin toplanması.
- 2 — Yapılar ve yapı modelleri üzerinde yapılan denemeler.
- 3 — Analitik çalışmaların yapılması.

Bu makale üçüncü maddede belirtilen çalışmalarla ilgili bir makale olup deprem probleminin bazı kısımlarının bir analizini verir. Bir yapının depreme karşı mukabelesi esas olarak titreşim problemidir. Bu nedenle analitik çözüm; kütle, rijidlik derecesi, yapının sönümü ve yapı temel zemininin doğal özellikleri faktörlerinin yardımı ile bulunabilir. Bununla beraber bir takım pratik güçlükler çözüme ulaşmayı engellemektedir. İlk önce, gelecekte olması mümkün depremlerin şiddetleri ve karakterleri hakkında bilgi edinmek olanaksızdır. Bu nedenle tüm analitik çözüm mümkün olsa bile bu çözüm, deprem streslerinin önceden tesbiti için yeterli olmayacaktır. İkinci güçlük; yapının probleme uygunluk gösteren fiziksel özelliklerinin önceden tesbit edilememesidir. Bu özelliklerin yapı inşa edilmeden önce doğru olarak tesbit edilebileceği şüphelidir. Sonuç olarak, karakteri bilinmeyen bir depremin oluşturduğu streslere maruz kalan ve özellikleri tam olarak bilinmeyen yapılar için bir fikir yürütmek olanaksızdır.

Anlam ifade eden bir çözüm yolu bulmak gerekirse, probleme başka bir açıdan bakmak zorunludur. Deprem streslerinin magnitüdlerini aramak yerine şu soruya bir cevap bulmak daha yerinde olur: Gelecekteki depremlerin geçmişteki depremlerle yaklaşık olarak aynı özelliklere sahip olacağı düşünülmürse bir yapı ne şekilde hesaplanmalıdır ki her kısmı yaklaşık olarak aynı emniyet faktörünü ihtiva etsin?

Bu soruyu cevaplandırmak için önce geçmişte meydana gelmiş olan depremlerin önemli karakteristiklerini, daha son-

rada depreme maruz kalmış yapıların önemli dinamik davranışlarını saptamak gerekir.

Bu makale, problemin birinci kısmını açıklamak maksadı ile yazılmış olup, Naval Araştırma Ofisi'nin denetimi altında, Kalifornia Teknoloji Enstitüsü'nün araştırmalarının tüm sonuçlarını yansıtan bir rapordan (1) faydalanılarak hazırlanmıştır.

DEPREM PROBLEMİNİN ANALİTİK ANA HATLARI:

Bir depremin bir yapıya yüklediği kuvvetlerin değerlendirilmesi problemi, çok serbestlik derecesine sahip elastik ve sönümlü bir sistemin tabanına geçici, düzensiz bir kuvvet uygulandığında gösterdiği mukabeledir. Karışıklığı önlemek amacı ile, lineer elastik yapılarda hareketin sadece bir yönü dikkate alınacaktır. Bilindiği gibi (2) bu tip bir yapının serbest titreşimler göstermesi sırasında herhangi bir noktanın «y» deplasmanı (yer değiştirmesi), titreşimin normal modlarının toplamı ile ifade edilir.

$$y = \sum C_i \phi_i e^{-n_i P_i t} \sin P_i t \quad (1)$$

burada : C_i : bilinmeyen katsayı

ϕ_i : i'nci normal mod

P_i : i'nci mod titreşim frekansının 2π katı

n_i : i'nci durumdaki sönmenin, kritik sönmeye göre oranı

t : zaman

Serbest titreşimler başladığında, t = 0 anında deplasman sıfır ise ve yapının her noktasında hız « V_0 » olursa, C_i katsayıları Fourier serisi şeklinde ifade edilirler :

$$C_i = \frac{V_0}{P_i} \frac{\int \phi_i \rho}{\int \phi_i^2 \rho} = \frac{V_0}{P_i} W_i \quad (2)$$

(1) J.L. Alford, G.W. Housner, and R.R. Martel, «Spectrum Analysis of Strong - Motion Earthquakes», first technical report, ONR Contract N6onr - 244, Task Order 25. Calif. Inst. of Tech., Pasadena, 1951.

(2) Lord Rayleigh, «Theory of Sound», New York : Macmillan, 1937, pp. 91 - 170

burada yoğunluk, « ρ » ile ifade edilmiştir ve integraller yapının tüm kütlesi gözönünde bulundurularak alınmıştır. Buna tekabül eden serbest titreşim :

$$y = \sum_i \frac{W_i}{P_i} \phi_i e^{-n_i P_i t} \sin p_i t \quad (3)$$

Eğer yapının tabanı değişken bir ivmeye maruz kalırsa, t anındaki deplasman.

$$y = \sum_i \frac{W_i}{P_i} \phi_i \int_0^t a e^{-n_i P_i (t-\tau)} \sin p_i (t-\tau) d\tau \quad (4)$$

Bu ifade şu şekilde yazılabilir :

$$y = \sum_i \frac{W_i}{P_i} \phi_i X_i \quad (5)$$

burada :

$$X_i = \int_0^t a e^{-n_i P_i (t-\tau)} \sin p_i (t-\tau) d\tau \quad (6)$$

Burada, $\frac{W_i}{P_i}$ faktörünün, yapının sadece fiziksel özelliklerinin bir fonksiyonu olduğunu belirtmek gerekir. Bu fiziksel özellikler; kütle, boyutlar ve rijidlik derecesidir. ϕ_i faktörü uzay koordinatlarının bir fonksiyonu, X_i ise depremin fonksiyonudur (yerin ivmesi). Altıncı eşitlikte X_i^2 , yerin ivmesine maruz kalan, frekansı $\frac{P_i}{2\pi}$ olan bir osilatörün kinetik enerjisinin ölçüsü olmaktadır, bu nedenle eşitlik fiziksel bir önem taşımaktadır.

Beşinci eşitlikte görüldüğü gibi, depremlerin önemli karakterlerini araştırmak için X_i 'i değerlendirmek ve X_i 'in geçmişte meydana gelmiş depremlerde « p » ve « n » nin fonksiyonu olarak kullanıldığında ne gibi sonuçlar elde edilebileceğini tesbit etmek gereklidir. Ayrıca, $\frac{W_i}{P_i}$ ve ϕ_i faktörlerinin incelenmesi ile özel tipte bir yapının fiziksel özelliklerinin etkisi ortaya çıkar.

SPEKTRUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ :

Altıncı eşitlikten anlaşılacağı gibi, X, sadece yer ivmesinin fonksiyonu olmayıp, «n_i» nin, sönme oranının «P_i» (sönme oranı : $2\pi/$ titreşim periyodunun i'nci modu) ve integralin alındığı zamanın (t) da fonksiyonudur. X_i'yi tümü ile açıklayabilmek için altıncı eşitlikteki integrali, yapısal probleme uygun olan bütün titreşim periyodları için çözmek gerekir. Pratikte hesaplamalar, 0.1 - 3.0 saniyeleri arasında titreşim periyodları ve sönme oranının çeşitli değerleri kullanılarak yapılır.

X_i, p_i ve n_i'nin özel değerlerine göre hesaplandığında, kaydedilen yer ivmesinin etkisi altında, belli periyoda ve sönme oranına sahip basit bir osilatörün kuvvete maruz kaldığı süre (time history) elde edilir. Osilatörün, yerin ivmesine karşı mukabelesi, depremin sona ermesinden bir süre önce maksimuma erişir ki bu değer depreme dayanıklı yapı hesaplamasını ilgilendirir. Bu nedenle spektrum, ordinat ekseninde bu tip maksimum mukabelelerden, apsis ekseninde ise titreşim periyodlarından müteşekkildir ve burada sönüm oranı bir parametre olan «n» dir. Önceleri mukabeleyi hesaplamak için pek çok metod kullanılmıştır; Bunlardan biri, altıncı eşitliğin belli zaman aralıklarında nümerik integralini almaktır. Diğer metod integralin kullanıldığı yarı-grafik bir çözümdür. Bu metodlar daha önce yayınlanmış bir makalede izah edilmiştir (4). Uygulamalarındaki güçlük, uzun zaman harcanması, ayrıca sadece sönme sıfır olduğunda kullanılabilmele-ri her iki metodun dezavantajlarını teşkil eden faktörlerdir. Bu metodlardan başka daha kısa süre içinde tatbik edilebilen torsiyon (büyükölçüm) sarkacı kullanılmıştır (5). Mukabelelerin hesaplanması için kullanılan elektrik analog'u, yukarıda bahsi geçen metodlar içinde en kısa süreli ve kullanışlı olanıdır (6).

(3) Lord Rayleigh, op. cit., p. 74.

(4) G. W. Housner, «Calculating the Response of an Oscillator to Arbitrary Ground Motion», Bull. Seism. Soc. Am., 31 : 143 - 149, 1941

(5) M.A. Biot, «A Mechanical Analyser for the prediction of Earthquake Stresses», Bull. Seism. Soc. Am., 31 : 151 — 171, 1941

(6) G.W. Housner, G.D. Mc Cann, «The Analysis of Strong-Motion Earthquake Records with the Electric Analog Computer», Bull. Seism. Soc. Am., 39 : 47 — 56, 1949.

Esasen analog hesaplayıcı, bir elektrik devresinden ibarettir. Tatbik edilen voltaj ile orantılı olan yer ivmesine karşı altıncı eşitlikteki X reaksiyonu, katod ışını tüpten direkt olarak okunur. Voltaj, dönen bir filmi tarayan bir fotoelektrik hücreden (cell) elde edilir. Film, değişken genişliğe sahip şeffaf izlerden müteşekkül özel bir çizim tablosundan yararlanılarak hazırlanmıştır. Genişlik deprem sırasında oluşan ivmenin magnitudü ile orantılıdır. Bir tarayıcı yarık yardımı ile, toplam şiddeti genişliğe orantılı olan bir ışık huzmesi fotoelektrik hücre üzerine yansıtılır.

Yukarıda izah edildiği gibi altıncı eşitlikte X'in maksimum değerleri 0.1 — 3 sn. periyod aralığında tayin edilir, bir başka deyişle seçilen her periyod için bir maksimum X değeri bulunur. X'in bu değerleri, koordinatlardan biri periyod olmak üzere grafiğe geçirilip düz çizgilerle birleştirilirse, depremin zemin ivmesine ait hız spektrumu elde edilir. ($1/p$). X'in maksimum değerleri, koordinatlardan biri periyod olmak üzere grafiğe geçirilirse, depremin zemin ivmesine ait ivme spektrumu elde edilir. Herhangi özel bir periyod ta ivme spektrumunun ordinatı, depreme maruz kalan aynı periyoda sahip basit bir osilatörün eriştiği maksimum ivmeyi de ifade edebilir.

Elde edilen sonucun doğruluğu hakkında bir fikir edinmek için yukarıda anlatılan metod içindeki hatalar tesbit edilmiştir. Yapılan kalibrasyonlardan sonra analog hesaplayıcısının muhtemel hata nisbeti, % 3 olarak saptanmıştır. Keza ivme diyagramlarının yeniden çizimi ve film üzerindeki izlerin çizimi için muhtemel hata nisbeti, % 3 olarak kabul edilmiştir. Ayrıca katod ışını osiloskopunda yapılan okumaların muhtemel hata nisbeti, % 4 tür. Toplam muhtemel hata nisbeti ise, % 6 olarak tesbit edilmiştir. Spektrumların sağladığı faydalar ve orijinal akselerogram da ortaya çıkması muhtemel hatalar gözönünde bulundurulursa, hata limitinin çok büyük olmadığı görülür. Hataların, mukabelenin veya spektrumların karakterlerini etkilememesi, analog hesaplayıcının kullanışlı olduğunu ifade eder; zira filmler ilk çalışma için hazırlandıktan sonra müteakip çalışmalarda da kullanılabilirler. Böylece, filmler «standart» akselerogramları teşkil ederler. Müteakip çalışmalar için aynı akselerogramı kullanmak ve kolayca mukayese yapmak mümkündür.

ARAŞTIRMANIN SONUÇLARI

«U. S. Coast and Geodetic Survey» grubu, spektrum hesaplamaları için uygun olan ondört adet deprem akselerogramı seçmiştir. (Tablo 1). Her deprem için, zemin hareketinin iki yatay bileşeni de analiz edilmiştir. Her akselerogram için çeşitli miktarlar da sönümler kullanılarak spektrumlar hesaplanmıştır. Böylece, Şekil 1. den Şekil 28. e kadar yirmisekiz adet spektrum elde edilmiştir. Bunlar, deprem kuvvetine maruz kalan, belli periyoda sahip basit bir osilatörün maksimum ivmesini gösterirler. Tablo 1. de deprem bileşenlerinin ve sönüm oranlarının (kritik sönüme bağlı) bir listesi görülmektedir.

SONUÇLARLA İLGİLİ TARTIŞMA

Spektrumlar, depremin zemin ivmelerinin etkisi altında olan basit bir osilatörün karşı davranışını izah ederler. Bir deprem sırasında bir osilatörün göstereceği maksimum mukabele, bu spektrumlardan elde edilebilir. Esasen bu bilgi bir ilmi araştırma açısından oldukça önemlidir. Ancak spektrumların esas önemi; depremleri, yapılar üzerindeki etkilerini gözönüne alarak karakterize etmelerinden ileri gelir.

Şekil 1. den Şekil 28. e kadar sepektrumlar incelenirse, pek çok depremin aynı genel kalıp içinde meydana geldiği görülür. 18 Mayıs 1940, El Centro depremi en tipik olanıdır. Farklılık gösteren depremler aşağıda sıra ile incelenmiştir :

10 Mart 1933, Vernon, Kalifornia : — Bu deprem, kuvvetli hareket akselerometreleri ile kaydedilen ilk depremdir. Ancak başlama mekanizmasının gecikmesi ve aletin gereken hassasiyette olmaması nedeni ile, akselerogramın ilk kısmı doğru olarak elde edilememiştir. Spektrum şekilleri de bu hatanın etkisine maruz kalmışlardır. Aynı nedenlerden ötürü, bu depremin Long Beach akselerogramları da kullanışsızdır.

10 Mart 1933 ve 2 Ekim 1933, Metro Terminali : — Akselerometrede az miktarda başlangıç kaybı meydana gelmiştir, fakat bu kaybın ne miktarda olduğu bilinmemektedir. Bunun önemi şuradan ileri gelir; sönmemiş spektrumlar, kısa periyod sonunda tipik spektrumlar kadar önem arz etmezler. Spektrumların gerçek karakterlerini ortaya çıkarmak için bu istasyondan daha fazla kayıt almak gerekir.

13 Nisan 1949, Seattle, Washington : — 0.9 saniye peri-

yodu civarında spektrumlar oldukça önemli bir pik gösterirler, zira akselerometre, yüksek su tablasına sahip, doldurulmuş bir zemin üzerine yerleştirilmiştir ve deniz setine 25 feet uzaklıktadır. Deprem sırasında, doldurulmuş zemin kendine özgü titreşim frekansları ile harekete geçer ve bunlar spektrumda ayrıntılı olarak belirirler. Spektrum üzerinde bu çıkıntılar, «hakim zemin periyodu» olarak isimlendirilirler. Ancak yukarıda geçen şartların çok özel olduğunu ve genel olarak bütün Seattle sahasının aynı şartlara sahip olamayacağını kabul etmek gerekir. «Hakim zemin periyodu»na bir misal teşkil ettiğinden, yukarıdaki örnek ilginç olarak kabul edilebilir.

Yukarıda bahsi geçen özel durumlar dışında spektrumların genel karakteristiği bütün depremler için aynıdır. Bununla beraber, bazı spektrumların tipik spektrumlara oranla çok küçük ayrıntılar gösterebileceğini unutmamak gerekir. Mesela, 31 Ekim 1935, Helena, Montana depremine ait spektrumlarda alçak frekanslara kıyasla, belirgin bir yüksek frekans hakimiyeti görülmüştür. Bunun nedeni şu şekilde izah edilebilir : Akselerometreyi taşıyan ana kayaç içinde sismik dalgaların yayılma hızı, diğer aletleri taşıyan alüvyon içinde sismik dalgaların yayılma hızına oranla daha yüksektir. Kuvvetli depremlerin spektrumları ile, zayıf depremlerin spektrumları da oldukça farklıdır; zayıf depremler, uzun periyodlu hareketlerde daha düşük şiddet gösterirler.

Analiz edilen depremlerden çoğu aynı akselerometre üzerine kaydedilmiştir, bunlar :

Vernon, Kalifornia, — 10 Mart 1933 ve 2 Ekim 1933

Los Angeles, Metro Terminali — 10 Mart 1933 ve 2 Ekim 1933

El Centro, Kalifornia — 30 Aralık 1934 ve 18 Mayıs 1940

Ferndale, Kalifornia — 11 Eylül 1938, 9 Şubat 1941 ve 3 Ekim 1941

Spektrumların incelenmesi ile yukarıda sıralanan bölgelerin özellikleri hakkında aydınlatıcı bilgi sağlanamaz. Seattle, Washington ve Helena bölgeleri hariç, yukarıda izah edilen depremlere ait spektrumların genel olarak bölgelere bağlı olmadıkları yani deprem bölgelerini karakterize edebilecek nitelik taşımadıkları söylenebilir. Akselerogramlar, üzerinde buldukları yapının taban hareketlerini ölçerler. Böylece yapı-

nın, zemin yer değiştirmeleri (deplasmalar) üzerindeki rijidite ve kitle etkisi, akselerogramların kapsamına girer. Yapının spektrum üzerindeki periyodik titreşim etkisi yeterince belirgin olmadığından kesin sonuçlara varılamamıştır.

İki ayrı istasyonda, belli bir depremin spektrumlarını mukayese etme imkanları mevcuttur, bunlar :

10 Mart 1933 — Vernon, Kalifornia ve Los Angeles Metro Terminali

2 Ekim 1933 — Vernon, Kalifornia ve Los Angeles Metro Terminali

13 Nisan 1949 — Seattle, Washington ve Olympia, Washington

Bu grupların herbirine ait spektrumların mukayesesi, özel bir depreme ait olabilecek karakteristik benzerliklerin elde edilmesine imkan vermemektedir. Her grup bir veya daha çok depremi kapsadığına göre, ki bu depremlerden elde edilen orijinal akselerogramların değerleri ile ilgili bir takım sorular mevcuttur, spektrumlar şeklinde daha fazla veriye ihtiyaç vardır.

şekil 1. den şekil 28. e kadar verilmiş olan misallerde de görüldüğü gibi sönme, spektrumların şekli ve magnitud üzerinde belirli bir etkiye sahiptir. Spektrumlar özellikle küçük miktarda sönmelere karşı hassastırlar ve şekil 12. de görüldüğü gibi kritik sönmenin % 2'si maksimum mukabeleyi yarıya indirmeye yeterlidir. Sıfır - sönümlü spektrumların, % 2 veya daha fazla kritik sönümlü spektrumlara oranla daha az önemli oldukları sanılmaktadır. Bütün yapıların sönüme sahip oldukları ve bir yapının % 2 kritik sönümden daha az bir limit içinde inşa edilemeyeceğı düşünülürse, bunun doğru olduğu ortaya çıkar.

Burada, yapıların sönümleri ile ilgili kısa bir bilgi vermek gereklidir. White (7), betonarme perde şeklinde yapı-

(7) M.P. White, «Friction in Buildings : Its Magnitude and Its Importance in Limiting Earthquake Stresses», Bull. Seism. Soc. Am., 31 : 93 — 99, 1941.

miş bir binanın sönümü ile ilgili çalışmalarını kapsayan bir rapor hazırlamıştır. Yukarıda bahsi geçen metotla elde ettiği sonuca göre binanın sönümü, kritik sönümün yaklaşık olarak % 7'si civarındadır, Jackopsen'in (8) elde ettiği titreşim verilerine göre, betonarme çerçeve ve boşluklu, tuğla dolgulu bir deponun sönümü, kritik sönümün yaklaşık olarak % 14'üne eşittir. Crede'nin (9) raporuna göre bir fabrika binasına uygulanan testler sonucunda sönümün % 24 kritik sönüme eşit olduğu görülmüştür.

Yukarıda izah edilen deneyler çok düşük amplitüdlere yapılmıştır. Büyük amplitüdü hareketler sonucu sönüm de büyük olabileceğinden, kuvvetli bir deprem sırasında meydana gelen amplitüdlere sönümün bilinmesi gerekir. Deprem Mühendisliği Araştırma Enstitüsü tarafından, betonarme perde tipinde yapılmış dört katlı bir bina üzerinde yapılan büyük - amplitüd testleri sonucunda kritik sönümün % 7-8'i oranında sönüm elde edilmiştir. Elde edilen delillere göre yapılarda sönüm, nominal amplitüdü hareketlerde betonarme çerçeve binalar için kritik sönümün % 5'i ile, büyük amplitüdü hareketlerde iyi projelenmemiş yığma (masonry) binalar için kritik sönümün belki % 50 si veya daha fazlası arasında değişir. Eğer hareketin amplitüdü, materyelin elastiklik sınırı (yield point) ötesinde deformasyona (strain) uğramasına sebep olacak kadar büyükse, sönüm çok büyük olur. Spektrumlar yardımı ile zemin hareketinin yüzey şiddetlerinin kantitatif mukayesesini yapmak mümkündür. Benioff'a (10) göre bu maksat için sönümsüz hız spektrumu altındaki saha, depremin mahalli şiddetinin kriteri olarak kullanılır. Deprem kayıtları şiddetlerinin azalmasına göre şu şekilde sıralanmıştır :

- 1 — El Centro, Kalifornia, 18 Mayıs 1940
- 2 — El Centro, Kalifornia, 30 Aralık 1934
- 3 — Olympia, Washington, 13 Nisan 1949

(8) U.S. Coast and Geodetic Survey, «Earthquake Investigations in California, 1934 — 1935», Special Publication, No : 201, p. 125

(9) C.E. Crede, «Damping of Textile — Mill Movement by Frahm System», Trans. Am. Soc. Mech. Eng., 69 : 937, 1947.

(10) H. Benioff, «The Physical Evaluation of Seismic Destructiveness», Bull. Seism. Soc. Am., 24 : pp. 398 — 403, 1934.

- 4 — Vernon, Kalifornia, 10 Mart 1933
- 5 — Santa Barbara, Kalifornia, 30 Haziran 1941
- 6 — Los Angeles Metro Terminali, 10 Mart 1933
- 7 — Ferndale, Kalifornia, 3 Ekim 1941
- 8 — Seattle, Washington, 13 Nisan 1949
- 9 — Hollister, Kalifornia, 9 Mart 1949
- 10 — Helena, Montreal, 31 Ekim 1935
- 11 — Ferndale, Kalifornia, 11 Eylül 1938
- 12 — Vernon, Kalifornia, 2 Ekim 1933
- 13 — Los Angeles, Metro Terminali, 2 Ekim 1933
- 14 — Ferndale, Kalifornia, 9 Ocak 1941

İyi bir akselerogram elde edilemediği için, 10 Mart 1933, Long Beach depremine ait kayıt bu listeye alınmamıştır. Elde edilen delillere göre bu kayıttın şiddeti, 1940, El Centro kayıttının şiddetinden daha fazladır.

Mühendislik Sismolojisinde kullanılan tadil edilmiş Mercalli deprem şiddeti skalası, yeterli değildir; zira proje, yapı ve mukavemet bakımından büyük farklılıklara sahip yapıların bu farklılıkları dikkate alınmaksızın deprem şiddeti, sadece yapıda meydana gelen hasar ile ölçülmektedir. Spektrumların, şiddet miktarlarını tayin için kullanılışı, yapıların fiziksel karakteristikleri ile ilgili olmayıp, mühendislik açısından bir avantaj teşkil etmesi yönünden, yapıların dinamik stresleri ve deformasyonları ile ilgilidir.

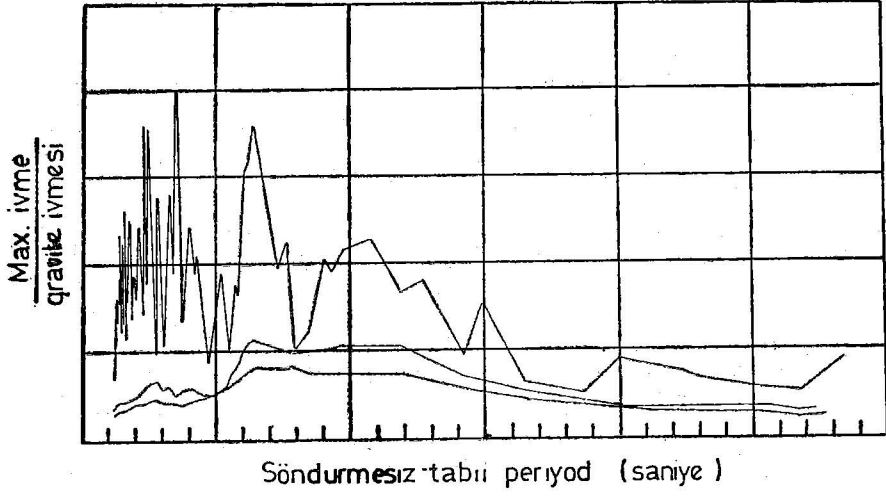
Önceden yapılmış çalışmalarda ⁽¹¹⁾ görüldüğü gibi spektrumlar, hesaplama metodlarındaki hatalara karşı oldukça hassastır. Ancak, şimdiki çalışmalar, sönümün deneysel metodlarla çok sıkı kontrole tabi tutulması gerektiğini göstermiştir. Elektrik Analog Hesaplayıcı ile spektrumlar, emin, sür'atli ve standart bir metodla hesaplanabilirler. Bu metod uygulanırken, sönümsüz spektrumların hesaplanması sırasında devre, sönüm tam olarak sıfıra gelinceye kadar ayarlanabilir.

(11) Housner, op. cit. and idem, «Characteristics of Strong - Motion Earthquake», Bull. Seism. Soc. Am., 37 : 19 — 31, 1947.

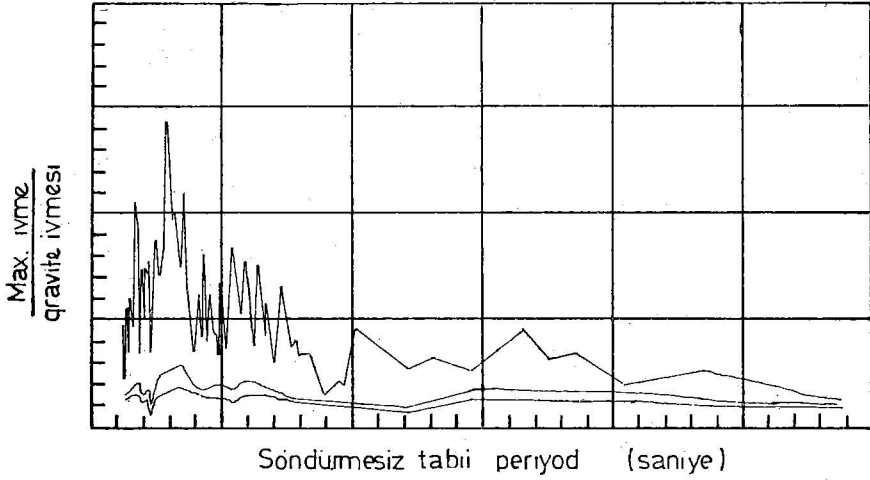
SPEKTRUMLARIN VE DEPREM VERİLERİNİN ÖZETİ

Tablo 1

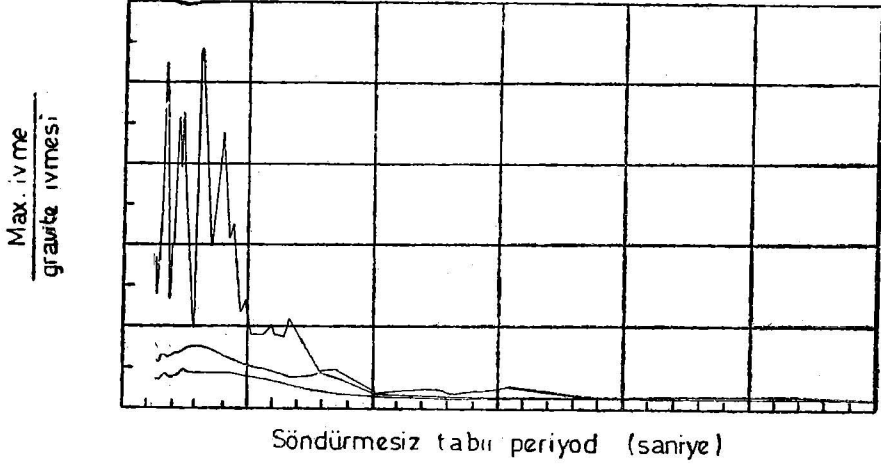
Yer	Tarih	Bilesenler	Sönüm Oranları				Şekil No.	Akselerograma kaydedilen Maksimum ivme
			0	0.02	0.1	0.2		
Vernon, Kalifornia	10 Mart 1933	N 08 E	X	..	X	X	1	0.13
		S 82 E	X	..	X	X	2	0.19
Vernon, Kalifornia	2 Ekim 1933	N 08 E	X	..	X	X	3	0.09
		S 82 E	X	..	X	X	4	0.12
Los Angeles Metro Terminali	10 Mart 1933	N 39 E	X	..	X	X	5	0.04
		N 51 E	X	..	X	X	6	0.07
Los Angeles Metro Terminali	2 Ekim 1933	N 39 E	X	..	X	X	7	0.07
		N 51 W	X	..	X	X	8	0.06
El Centro, Kalifornia	30 Aralık 1934	N—S	X	..	X	X	9	0.26
		E—W	X	..	X	X	10	0.20
El Centro, Kalifornia	18 Mayıs 1940	N—S	X	X	..	X	11	0.33
		E—W	X	X	..	X	12	0.23
Helena, Motana	31 Ekim 1935	N—S	X	..	X	X	13	0.14
		E—W	X	..	X	X	14	0.16
Ferdale, Kalifornia	11 Eylül 1938	N 45 E	X	X	X	X	15	0.09
		S 45 E	X	..	X	X	16	0.16
Ferdale, Kalifornia	9 Ocak 1941	N 45 E	X	..	X	X	17	0.04
		S 45 E	X	X	X	X	18	0.08
Ferdale, Kalifornia	3 Ekim 1941	N 45 E	X	..	X	X	19	0.13
		S 45 E	X	..	X	X	20	0.12
Santa Barbara Kalif.	30 Haziran 1941	N 45 E	X	..	X	X	21	0.23
		S 45 E	X	..	X	X	22	0.24
Hollister, Kalifornia	9 Mart 1949	S 01 W	X	..	X	X	23	0.23
		N 89 W	X	..	X	X	24	0.11
Olympia, Washington	13 Nisan 1949	S 10 E	X	..	X	X	25	0.18
		S 80 W	X	..	X	X	26	0.31
Seattle, Washington	13 Nisan 1949	N 88 W	X	..	X	X	27	0.08



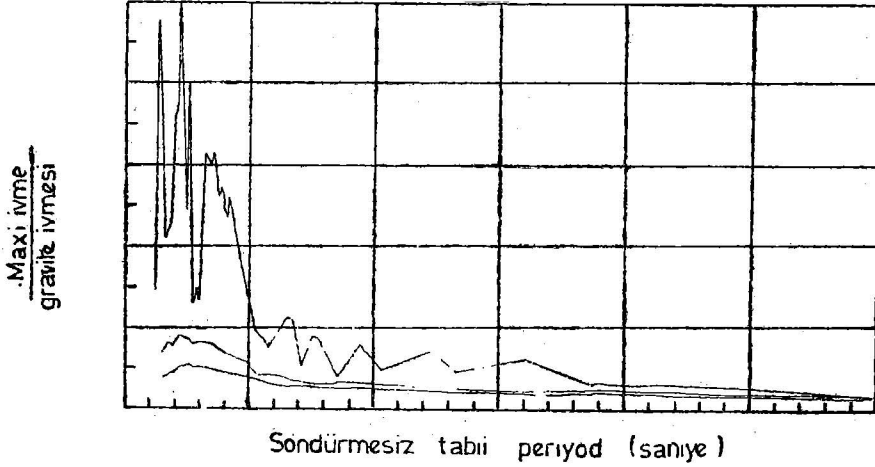
Şekil 1. Vernon, Kalifornia'nın ivme spektrumu,
10 Mart 1933 Depremi, N 08 E Bileşeni.



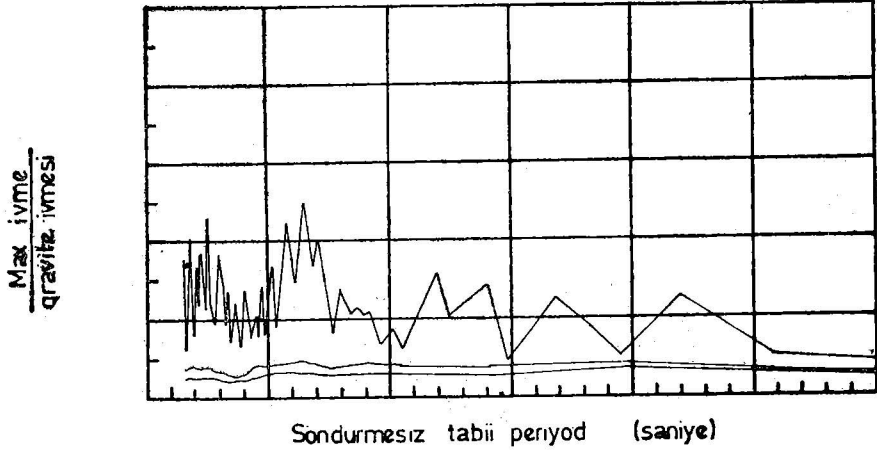
Şekil 2. Vernon, Kalifornia'nın ivme spektrumu,
10 Mart 1933 Depremi, S 82 E Bileşeni.



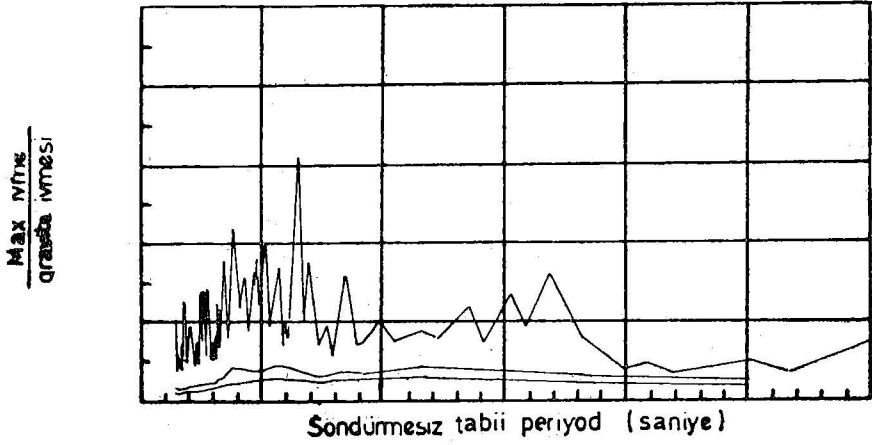
Şekil 3. Vernon, Kalifornia'nın ivme spektrumu,
2 Ekim 1933 Depremi, N 08 E Bileşeni.



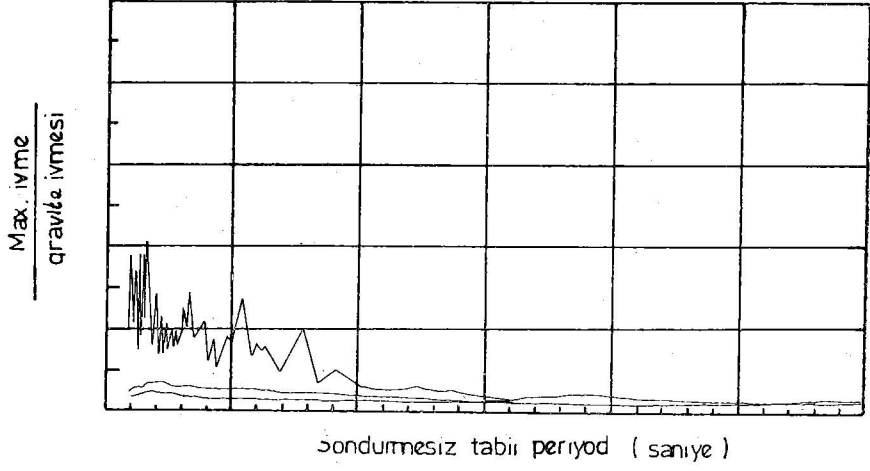
Şekil 4. Vernon, Kalifornia'nın ivme spektrumu,
2 Ekim 1933 Depremi, S 82 E Bileşeni.



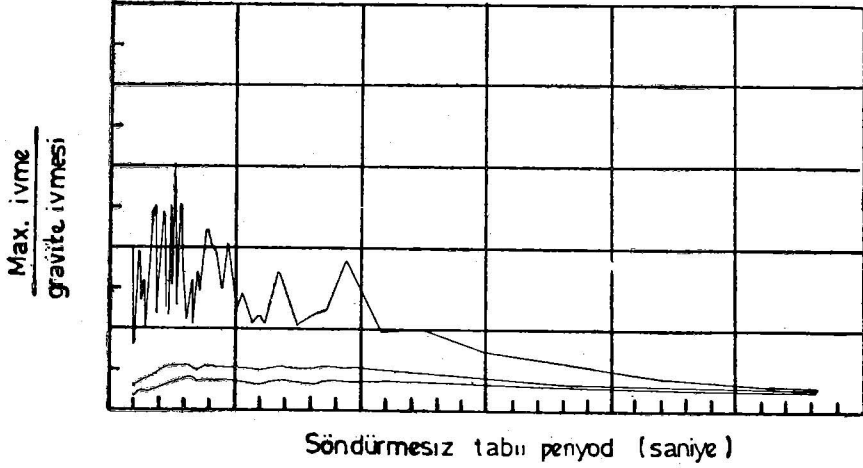
Şekil 5. Los Angeles Metro Terminali'nin ivme spektrumu,
10 Mart 1933 Depremi, N 39 E Bileşeni.



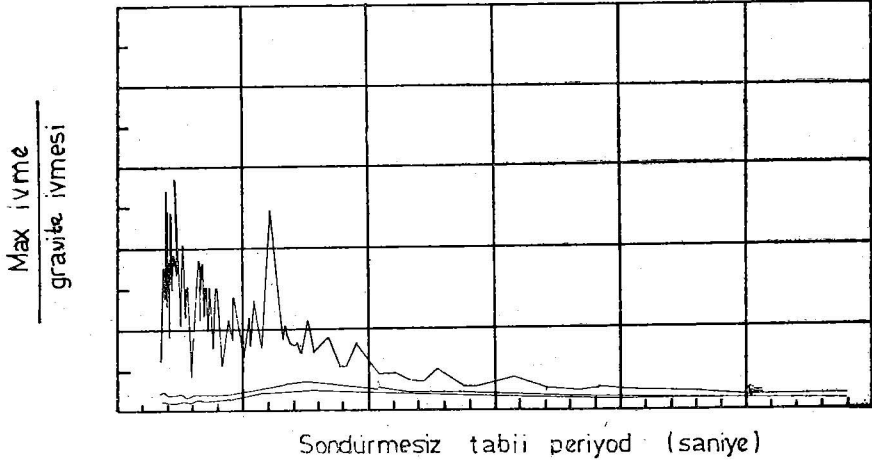
Şekil 6. Los Angeles Metro Terminali'nin ivme spektrumu,
10 Mart 1933 Depremi, N 51 W Bileşeni.



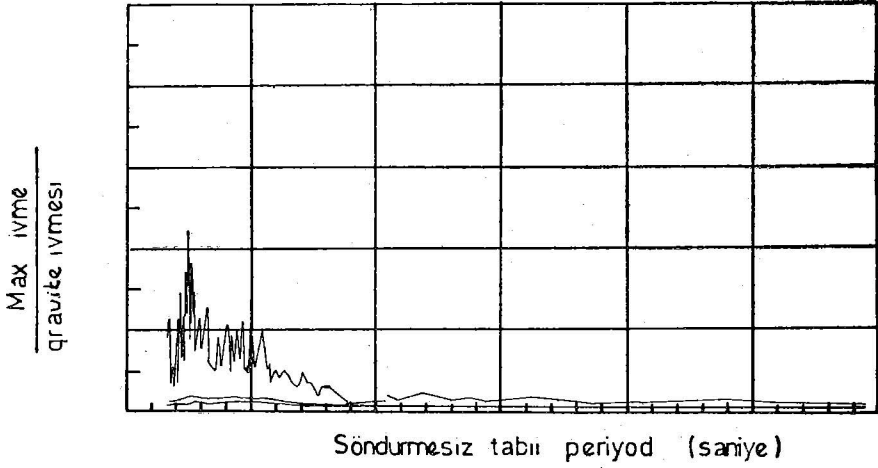
Şekil 7. Los Angeles Metro Terminali'nin ivme spektrumu,
2 Ekim 1933 Depremi, N 39 E Bileşeni.



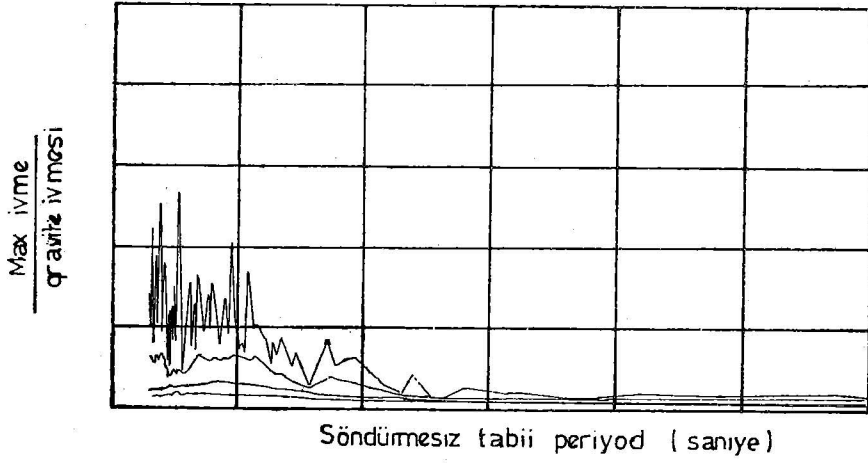
Şekil 8. Los Angeles Metro Terminali'nin ivme spektrumu,
2 Ekim 1933 Depremi, N 51 W Bileşeni.



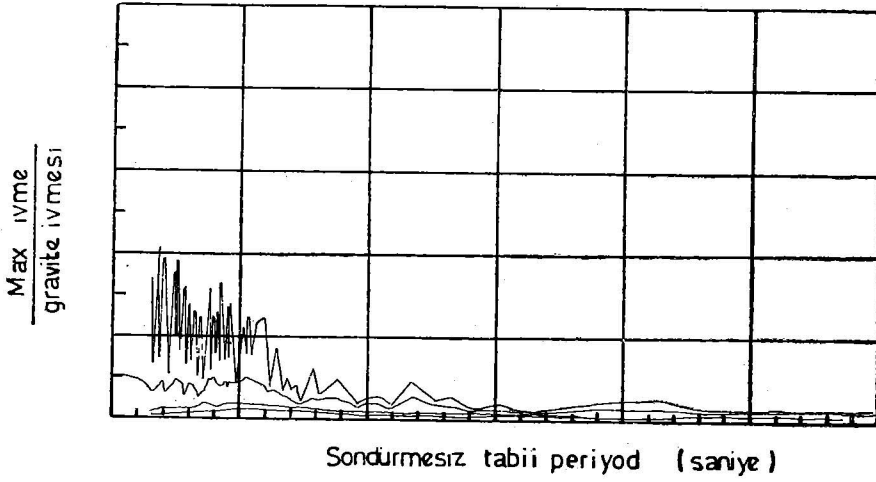
Şekil 9. El Centro, Kaliforniya'nın ivme spektrumu,
30 Aralık 1934 Depremi, N - S Bileşeni.



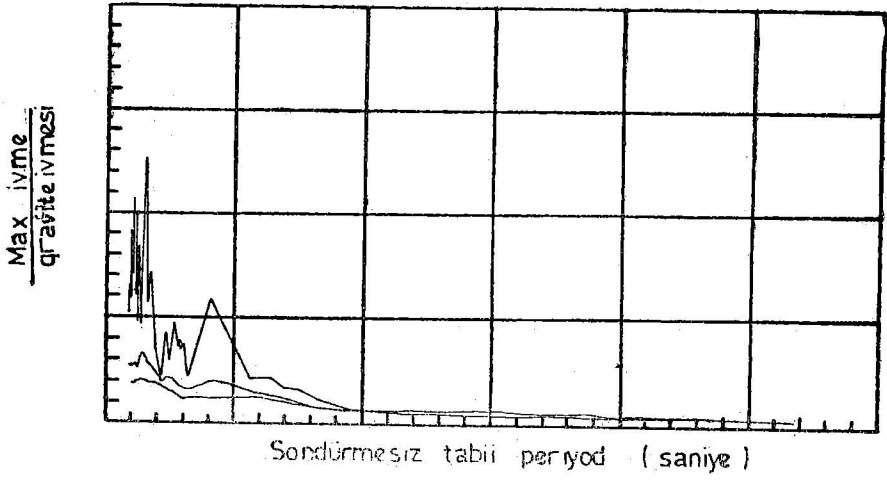
Şekil 10. El Centro, Kaliforniya'nın ivme spektrumu,
30 Aralık 1934 Depremi, E - W Bileşeni.



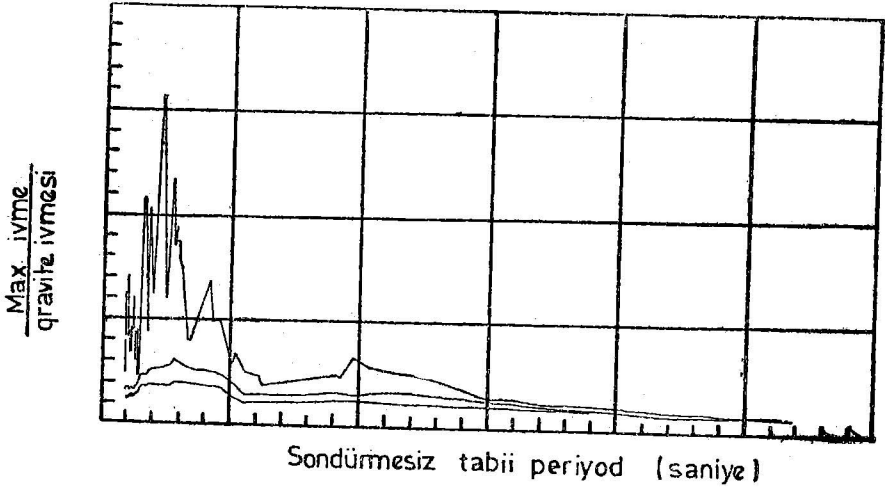
Şekil 11 El Centro, Kalifornia'nın ivme spektrumu
18 Mayıs 1940 Depremi, N - S Bileşeni.



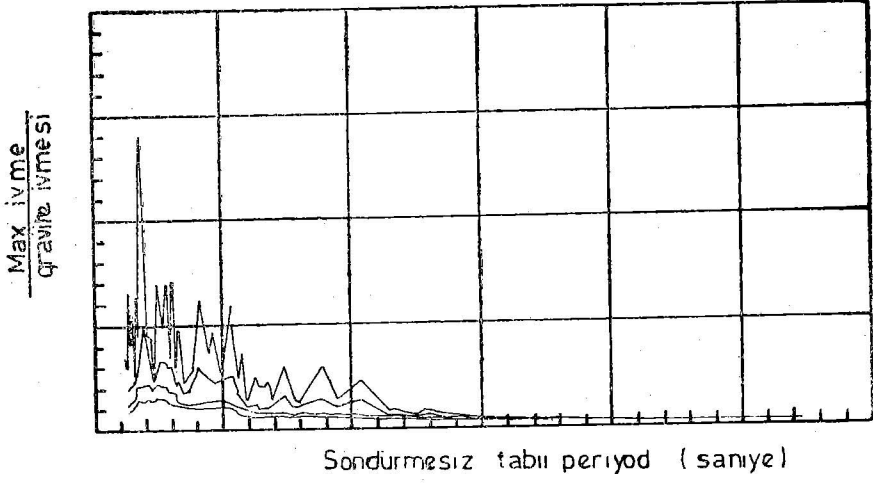
Şekil 12. El Centro, Kalifornianın ivme spektrumu,
18 Mayıs 1940 Depremi, E - W Bileşeni.



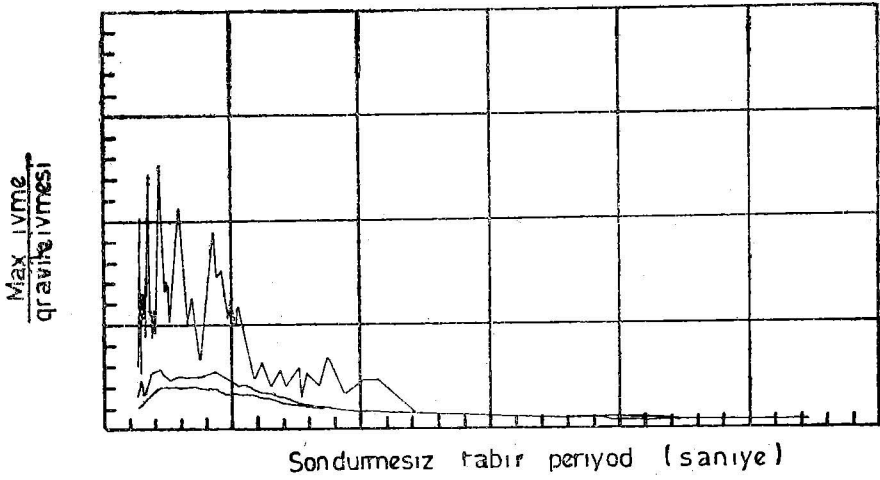
Şekil 13. Helena, Montana'nın ivme spektrumu,
31 Ekim 1935 Depremi, N - S Bileşeni.



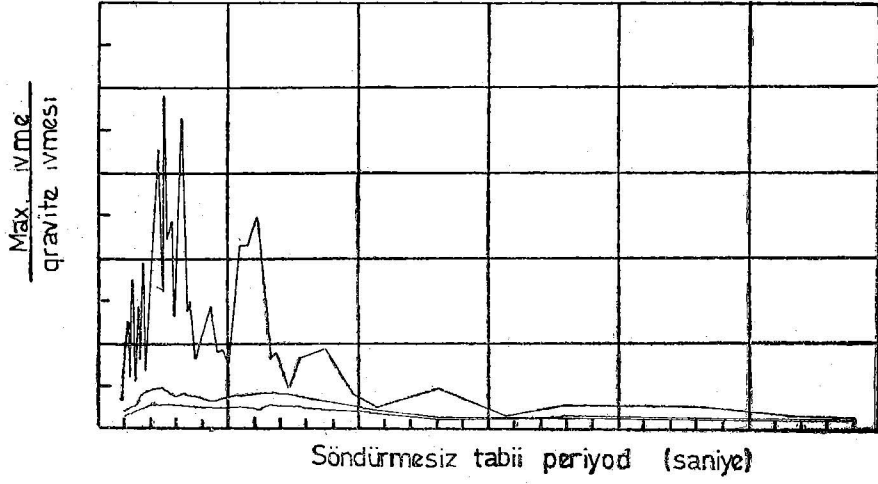
Şekil 14. Helena, Montana'nın ivme spektrumu,
31 Ekim 1935 Depremi, E - W Bileşeni.



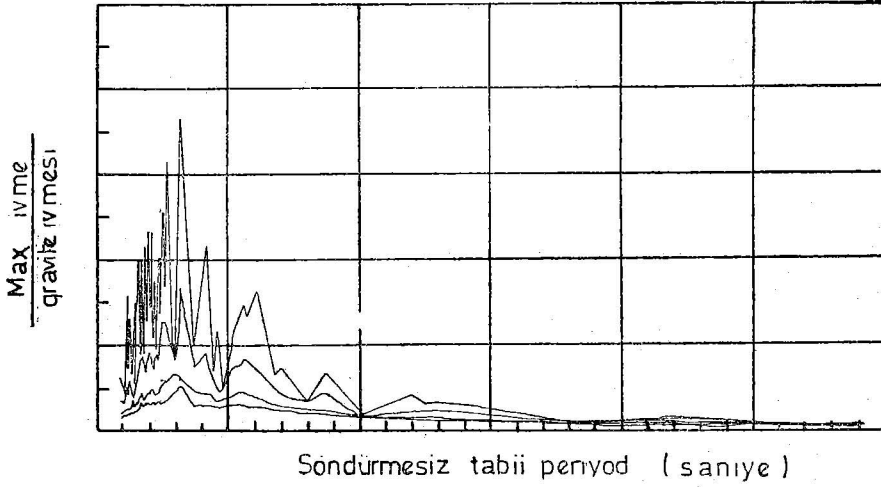
Şekil 15. Ferndale, Kalifornia'nın ivme spektrumu,
11 Eylül 1938 Depremi, N 45 E Bileşeni.



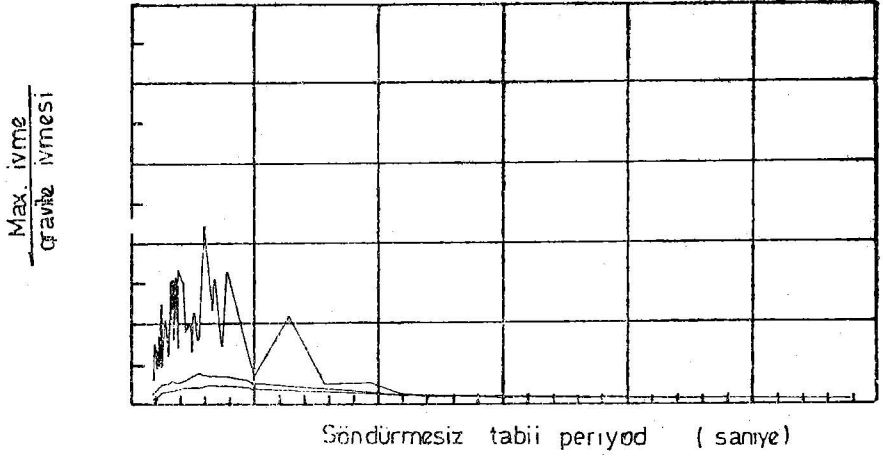
Şekil 16. Ferndale, Kalifornia'nın ivme spektrumu,
11 Eylül 1938 Depremi, S 45 E Bileşeni.



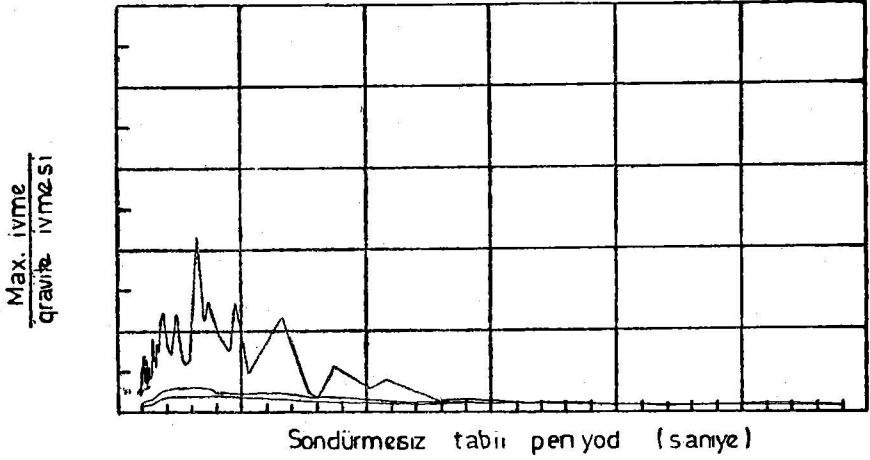
Şekil 17. Ferndale, Kalifornia'nın ivme spektrumu,
9 Ocak 1941 Depremi, N 45 E Bileşeni.



Şekil 18. Ferndale, Kalifornia'nın ivme spektrumu,
9 Ocak 1941 Depremi, S 45 E Bileşeni.

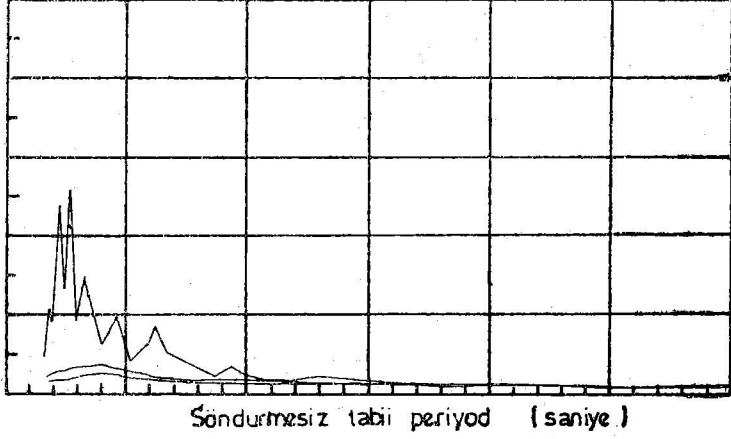


Şekil 19. Ferndale, Kalifornia'nın ivme spektrum
3 Ekim 1941 Depremi, N 45 E Bileşeni.



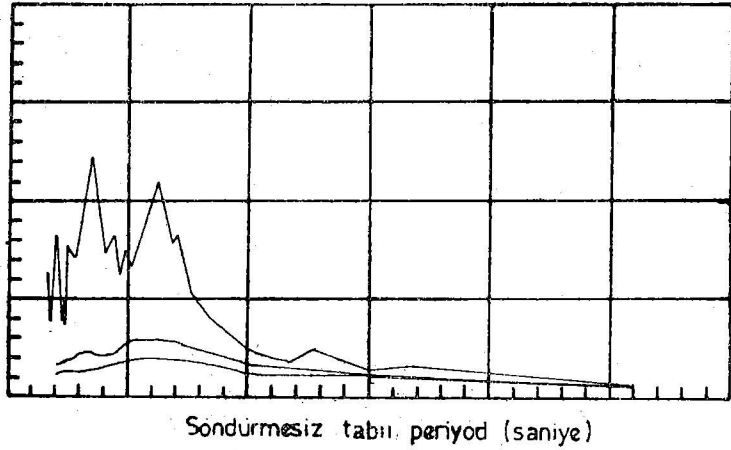
Şekil 20. Ferndale, Kalifornia'nın ivme spektrumu,
3 Ekim 1941 Depremi, S 45 E Bileşeni.

Max ivme
gravite ivmesi

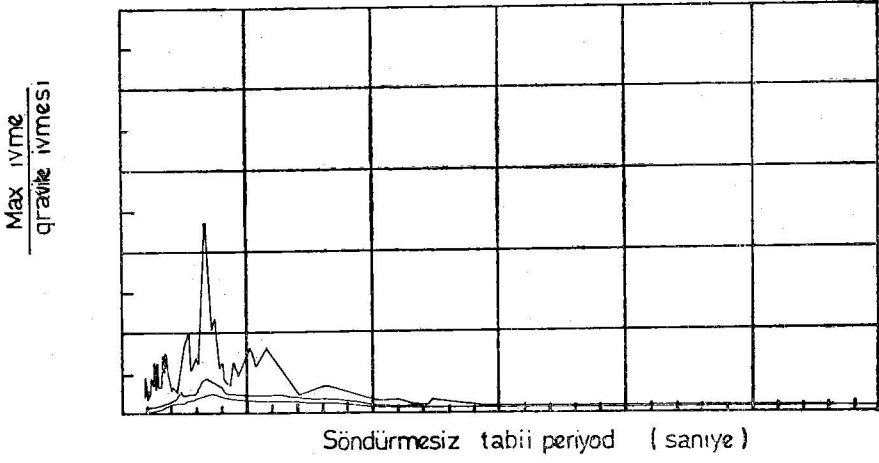


Şekil 21. Santa Barbara, Kalifornia'nın ivme spektrumu,
30 Haziran 1941 Depremi, N 45 E Bileşeni.

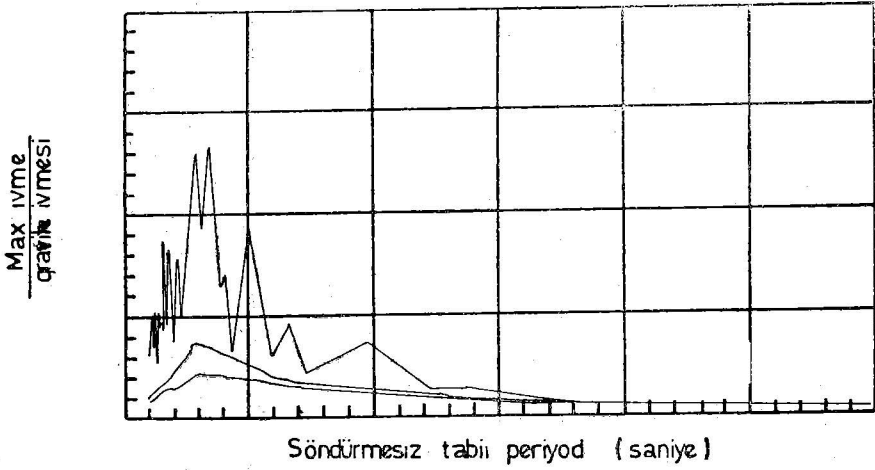
Max ivme
gravite ivmesi



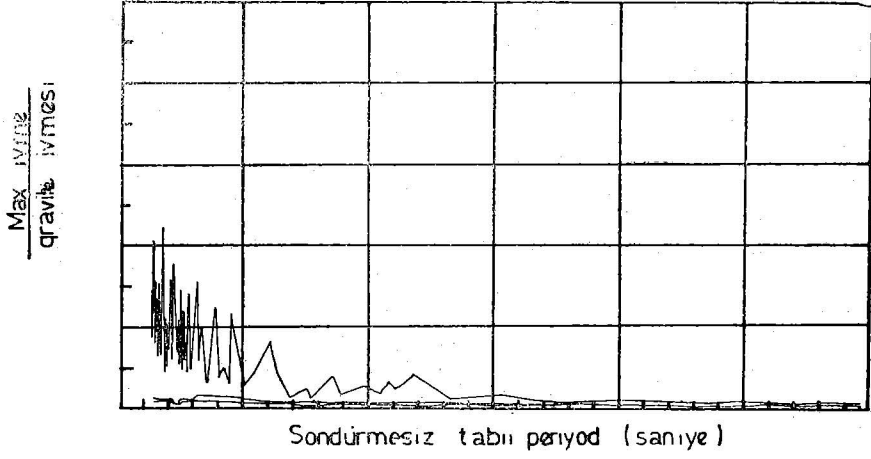
Şekil 22. Santa Barbara, Kalifornia'nın ivme spektrumu,
30 Haziran 1941 Depremi, S 45 E Bileşeni.



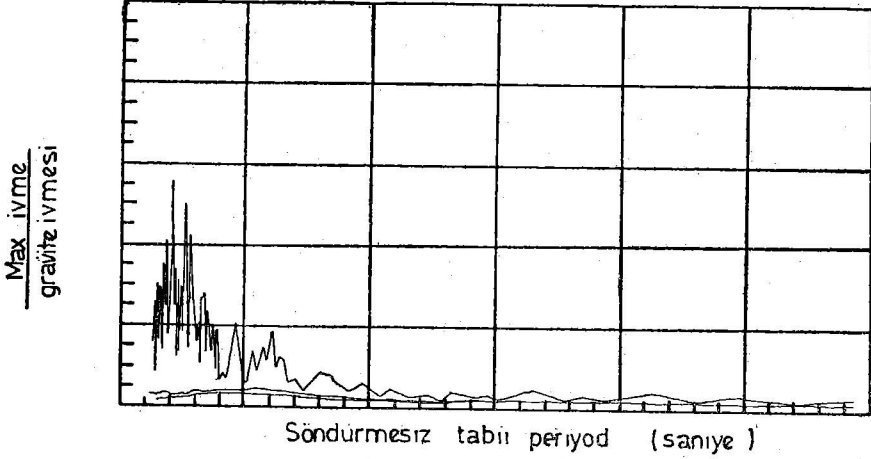
Şekil 23. Hollister, Kalifornia'nın ivme spektrumu,
9 Mart 1949 Depremi, S 01 W Bileşeni.



Şekil 24. Hollister, Kalifornia'nın ivme spektrumu
9 Mart 1949 Depremi, N 89 W Bileşeni.

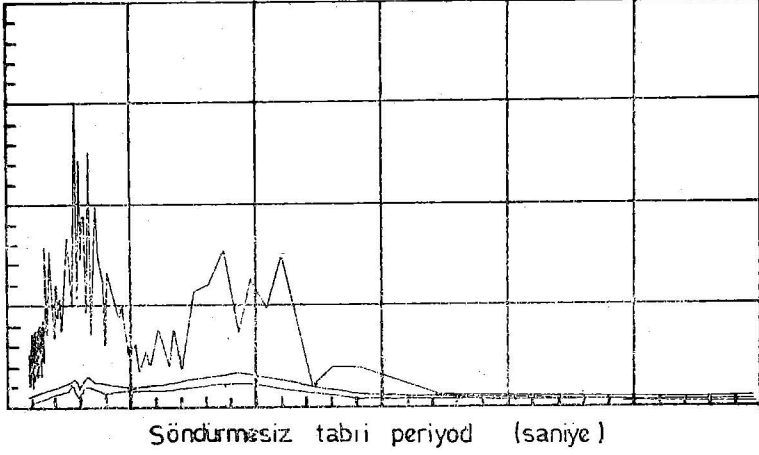


Şekil 25. Olympia, Washington'un ivme spektrumu, 13 Nisan 1949 Depremi S 10 E Bileşeni.



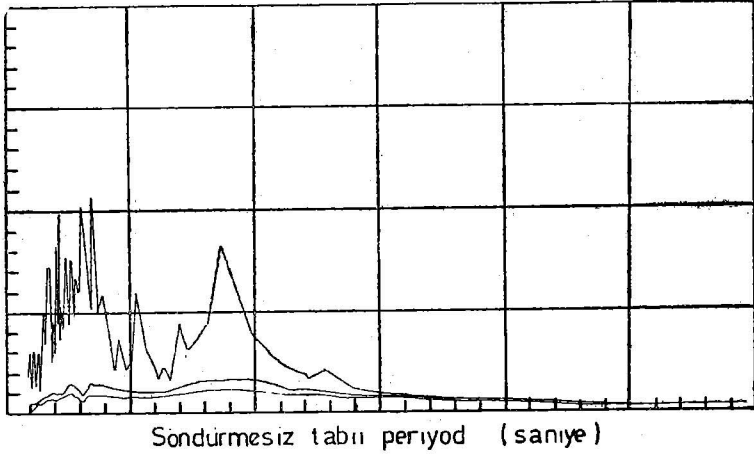
Şekil 26. Olympia, Washington'un ivme spektrumu, 13 Nisan 1949 Depremi, S 80 W Bileşeni.

Max ivme
gravite ivmesi



Şekil 27. Seattle, Washington'un ivme spektrumu;
13 Nisan 1949 Depremi, N 88 W Bileşeni.

Max ivme
gravite ivmesi



Şekil 28. Seattle, Washington'un ivme spektrumu,
13 Nisan 1949 Depremi, S 02 W Bileşeni.

Bir Yapının Depreme Olan Maksimum Mukabelesinin Tayini İçin İstatistiksel Bir Yöntem

Yazan :
Hiroshi TAJİMİ *

Çeviren :
Mehmet Emin ÖZEL **

GİRİŞ :

Son yıllarda, bir depremin etkisine maruz kalan yapıların mukabelelerini elde etmek için, digital ve analog elektronik beyinler de kullanarak, bir çok çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda yapıların deprem sırasındaki dinamik davranışları hakkında daha geniş ve doğru bilgiler elde edilebilmiştir. Bununla beraber, bu bilgiler uyarlı bir depreme dayalı dizayn için yeterli görünmemektedirler. Çünkü bu çalışmalarda şu tür engeller kaçınılmaz bir biçimde ortaya çıkmaktadırlar : (1) Analiz yöntemleri o kadar karışık ve yorucudur ki çeşitli deprem hareketlerinin etkileri ve yapıların titreşim özellikleri anında saptanamamaktadır. (2) Karakter olarak çok tesadüfi görünmeleri itibariyle, elde edilen mukabele sonuçlarından rasyonel bir dizayn formülü çıkarılabileceğimiz güvenilir kriterler yoktur.

Bu güçlükleri altedebilmek için, dizayn kriterlerinin formüle edilmesi içinde, detaylı mukabele fonksiyonlarından hareketle, istatistiksel bir yaklaşım düşünülmüştür. Burada gösterilecektir ki bu tür bir yaklaşım analize imkân vermekte ve hatta dizaynda gerekli deprem yükünün tayin edilebilmesi için, yaklaşık fakat pratik amaçlar için kullanılabilir genel bir sonuç ortaya koymaktadır. Bu tebliğ bu yolda atılmış bir adım sayılmalıdır.

(*) Asist. Prof., Collage of Science and Engineering, Nihon Univ., Tokyo.
(**) Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fizik Bölümü.

Goodman, Rosenblueth ve Newmark (Ref. 1) ve yine Rosenblueth (Ref. 2) tarafından geliştirilen, buradaki yaklaşıma benzer çalışmalar şu kritik varsayıma dayandırılmıştı: Bir deprem hareketinin atılım (pulse) süresi uyarılan sistemin doğal periyodundan çok daha kısadır. Fakat Japonya'da genellikle yapıların esas doğal periyodu 0.8 saniyeden daha kısa olduğu için, dalga süresi, yapı periyoduna eşit veya ondan büyüktür. Bu nedenle «yüzeysel hareketin hakim (dominant) periyodunu» ihmal edemeyiz. Aslında Housner'in hız spektrumu da (Ref. 3) kısa periyotlar için doğrusal değişen bir tepki eğrisinden, uzun periyotlar için sabit bir tepki eğrisine, görünürlü bir geçişle karakterize edilen bir sonuç vermektedir. Bu geçiş ile ilgili periyot, yüzeysel hareketin, burada hakim periyot olarak isimlendirilen müracaat (referans) periyodu olarak alınacaktır. Bu sebeple, yüzeysel hareketin hakim periyodu, bu çalışmada önemli bir faktör olacaktır.

Tesadüfi deprem hareketlerinin bir yapıya iletimi kuramı :

Depreme dayanıklı bir dizayn için, bir yapının titreşimlerinin tesadüfi bir deprem hareketi ile karşılaştığında nasıl büyüdüğünü tayin etmek çok önemlidir. Kolaylıkla anlaşılacağı üzere, bu tür büyütülmeler, temel olarak depremin frekans özelliklerine bağlıdır. Frekans özelliklerinin iyi bir matematiksel gösterimi olarak, bir «güç spektrumu» kullanılabilir. Genel olarak, yüzeysel hareketi fonksiyonu $f(t)$, bir Fourier integrali olarak şu şekilde yazılabilir :

$$F(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-T}^T f(t) e^{-i\omega t} dt \quad (1)$$

Burada $(T, -T)$, deprem hareketinin yapı üzerinde akseleogramlarca önemli etkisi olduğu belirtilen zaman aralığıdır. **Tesadüfi hareketler problemi**nde, $f(t)$ 'nin aşağıdaki şekilde tarif edilen ortalama - kare - değeri de önem kazanır :

$$\overline{f^2} = \frac{1}{2T} \int_{-T}^T f^2(t) dt \quad (2)$$

Fakat, f^2 esas itibarıyla durağan - olmayan (nonstationary) bir deprem hareketi için açıkça tarif edilemez. Çünkü f^2 , tam olarak tayini imkânsız olan $(T, -T)$ aralığına bağlıdır. Bu nedenle deprem hareketinin, analiz için gerekli doğ-

ruluk derecesini kaybetmeden, bir «durağan - tesadüfi - hareket» şartlarını sağlayacak şekilde düzeltilmesi gereklidir. Esas harekete göre bütün noktalar için eş - şiddette ve eş - tesadüfiliğe bir seri taklit hareketin devamlı olarak tekrarı ve esas harekete bindirilmesi şeklinde kaba bir düzeltme düşünelim. Bu düzeltmenin geçerliliği şu şekilde görülebilir: Bir çok durumlarda, taklit harekete olan tepkinin istenmeyen kısımları esas hareketin uygulanmasından önce söner. Çünkü genellikle bir yapı, kritik sönümüne göre % 5 veya daha büyük bir sönüm oranına sahiptir. Böylece, düzeltilmiş hareket «durağan - tesadüfi - hareket» tanımı ile birlikte bir tek tarif edilmiş f^2 ye sahip olacaktır. O zaman, f^2 yi Parseval teoremini de kullanarak aşağıda gösterildiği şekilde $F(i\omega)$ dan hesaplayabileceğiz.

$$G^2(\omega) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{2\pi}{T} |F(i\omega)|^2 \quad (3)$$

$$\overline{f^2} = \int_0^{\infty} G^2(\omega) d\omega \quad (4)$$

$G^2(\omega)$ fonksiyonu «güç - spektrumu - yoğunluğu» olarak isimlendirilir ve tesadüfi hareket $f(t)$ tarafından etkilenen doğrusal (lineer) bir sistemin mukabelesinin ortalama karesini verecek olan şu özelliğe sahiptir :

$$\overline{S^2} = \int_0^{\infty} |S(i\omega)|^2 G^2(\omega) d\omega, \quad (5)$$

Burada $S(i\omega)$, sistemin mukabelesinin tatbik olunan $e^{i\omega t}$ sinüsoidal hareketine oranıdır ve ekseriya «sistemin frekans mukabelesi» olarak adlandırılır.

Bununla beraber, buraya kadar yapılan ve hareketin ortalama davranışlarına inhisar ettirilen incelemeler, bizim amacımız olan mukabelelerin en büyük değerini elde etmek için yeterli değildir. Bunlara ek olarak, en büyük değer, deprem hareketinin süreç içinde ortaya çıkışının istatistiksel özellikleri de dikkate alınmalıdır. Fakat bunlar eldeki kayıtlardan henüz belirlenmediğinden, tesadüfi hareketlerde genellikle yapıldığı üzere, bir normal - olasılık - dağılımı varsayalım. Maksimum tepkinin hesabı için, bu dağılım altında elde edilecek

ortalama sapmadan yararlanabiliriz .Böylece, bir lineer sistemin de yüzey hareketinin gibi bir normal - dağılım kuralına uyduğuna dikkat ederek, hareketin en yüksek değeri f_{max} ve ortalama değeri $\sqrt{\bar{f}^2}$ ile, titreşen sistemin s_{max} ve $\sqrt{s^2}$ değerleri arasındaki şu ilişkiyi yazabiliriz :

$$\lambda = \frac{S_{max}}{f_{max}} = \frac{\sqrt{S^2}}{\sqrt{f^2}} \quad (6)$$

Bu oran, λ , istenen büyüktür ve sistemin iletmenliği (transmissibility) olarak isimlendirilecektir.

Depremın yüzeysel - hareket - yoğunluk - sepektrumu olan $G^2(\omega)$ 'ya gelince, Kanai (Ref. 4) geçmiş bir çok yersarsıntılarının analiz sonuçlarına dayanan görüşünü şu şekilde ifade etmektedir : Kaya yatağında gözlenen spektrum sabit bir tek - örnek karakterdedir. Fakat, yüzeye ulaşan titreşimler yer kabuğunun titreşimsel özellikleri ile etkileneceklerdir. Bu görüş en basit şekilde şu denklemlerle ifade edilebilir :

$$G^2(\omega) = \frac{1 + 4h_g^2 \frac{\omega^2}{V_g^2}}{\left(1 - \frac{\omega^2}{V_g^2}\right)^2 + 4h_g^2 \frac{\omega^2}{V_g^2}} B, \quad B = \text{const.} \quad (7)$$

Açıkça görüldüğü üzere, bu denklem, spektrumun tepe noktası olan V_g gibi bir hakim frekansa sahiptir. h_g , tepenin dikliğini gösteren bir parametredir. Hekim periyot, T_g ($= 2\pi/V_g$), episantrdan olan uzaklığa, yer sarsıntısının şiddetine ve özellikle yer kabuğunun sertliğine bağlıdır ve yaklaşık olarak 0.2 - 1.0 saniye aralığındadır. (7) nolu denkleme karşılık gelecek olan korelasyon (ilişkinlik) fonksiyonu, $R(\tau)$, şu şekilde verilir :

$$\begin{aligned} R(\tau) &= \int_0^{\infty} G^2(\omega) \cos \omega \tau d\omega \\ &= \frac{\pi}{4} B \left\{ \frac{V_g}{h_g} (1 + 4h_g^2) e^{-h_g V_g \tau} \cos(\sqrt{V_g^2 - h_g^2} \tau) \right. \\ &\quad \left. + \frac{V_g}{\sqrt{1 - h_g^2}} (1 - 4h_g^2) e^{-h_g V_g \tau} \sin(\sqrt{V_g^2 - h_g^2} \tau) \right\} \quad (8) \end{aligned}$$

Problemi basitleştirmek için, yer - hareketinin spektral - ivme - yoğunluğu olarak denklem (7)'yi kullanacağız. Önce,

bir tek kütle - yay sistemi için iletmenliği hesaplayalım. Burada sözü edilen iletmenlik aslında ivme iletmenliğidir ve bundan elde edilecek büyütme, iki maksimum ivme arasındaki oran anlamına gelir. Tek kütle - yay sisteminin doğal frekansı v_s ve sönüm oranı h , ise, frekans mukabelesi $S(i\omega)$ şu şekilde yazılabilir :

$$S(i\omega) = \frac{1 + 2h_s \frac{i\omega}{v_s}}{1 - \frac{\omega^2}{v_s^2} + 2h_s \frac{i\omega}{v_s}} \quad , (9)$$

λ ise, (6) nolu denklemle de uyum halinde olmak üzere

$$\lambda^2 = \frac{\int_0^{\infty} \frac{1 + 4h_s^2 \frac{\omega^2}{v_s^2}}{\left(1 - \frac{\omega^2}{v_s^2}\right)^2 + 4h_s^2 \frac{\omega^2}{v_s^2}} \frac{1 + 4h_g^2 \frac{\omega^2}{v_g^2}}{\left(1 - \frac{\omega^2}{v_g^2}\right)^2 + 4h_g^2 \frac{\omega^2}{v_g^2}} B d\omega}{\int_0^{\infty} \frac{1 + 4h_g^2 \frac{\omega^2}{v_g^2}}{\left(1 - \frac{\omega^2}{v_g^2}\right)^2 + 4h_g^2 \frac{\omega^2}{v_g^2}} B d\omega} \quad . (10)$$

olacaktır. Buradaki integraller, kompleks - düzlemde birer kontur (contour) integrali olarak hesaplandığında,

$$\lambda^2 = \frac{1}{P_3} \left(P_1 + \frac{\alpha_1 B_1}{\alpha_2 \beta_2} \frac{v_s}{v_g} P_2 \right) ,$$

$$P_1 = \frac{A_1(\alpha_1 \gamma_1 - \beta_1 \delta_1) + B_1(\alpha_1 \delta_1 + \beta_1 \gamma_1)}{\gamma_1^2 + \delta_1^2} ,$$

$$P_2 = \frac{A_2(\alpha_2 \gamma_2 - \beta_2 \delta_2) + B_2(\alpha_2 \delta_2 + \beta_2 \gamma_2)}{\gamma_2^2 + \delta_2^2} ,$$

$$P_3 = (1 + 4h_g^2) \sqrt{1 - h_g^2} ,$$

$$\alpha_1 = \sqrt{1 - h_g^2} , \quad \beta_1 = h_g , \quad \alpha_2 = \sqrt{1 - h_s^2} , \quad \beta_2 = h_s ,$$

$$\gamma_1 = \left\{ 1 - \frac{v_g^2}{v_s^2} (1 - 2h_g^2) \right\}^2 - 4 \frac{v_g^4}{v_s^4} h_g^2 (1 - h_g^2) + 4h_s^2 \frac{v_g^2}{v_s^2} (1 - 2h_g^2) ,$$

$$\delta_1 = -4 \left\{ 1 - \frac{v_g^2}{v_s^2} (1 - 2h_g^2) \right\} \frac{v_g^2}{v_s^2} h_g \sqrt{1 - h_g^2} - 8h_s^2 \frac{v_g^2}{v_s^2} h_g \sqrt{1 - h_g^2} ,$$

$$A_1 = 1 + \left(4h_s^2 \frac{v_g^2}{v_s^2} + 4h_g^2 \right) (1 - 2h_g^2) + 4h_s^2 h_g^2 \frac{v_g^2}{v_s^2} \left\{ (1 - 2h_g^2)^2 - 4h_g^2 (1 - h_g^2) \right\} ,$$

$$B_1 = \left(4h_s^2 \frac{v_g^2}{v_s^2} + 4h_g^2 \right) 2h_g \sqrt{1 - h_g^2} + 16h_s^2 h_g^2 \frac{v_g^2}{v_s^2} (1 - 2h_g^2) h_g \sqrt{1 - h_g^2} ,$$

olacaktır. $\lambda_2, \rho_2, A_2, B_2$ ise $\lambda_1, \rho_1, A_1, B_1$, deki g ve s alt - indislerinin sıra ile değiştirilmesi suretiyle elde edilebilir. Böylece, λ frekanslar oranı \sqrt{g} / \sqrt{s} 'nin veya periyotlar oranı T_s/T_g 'nin fonksiyonu olarak hesaplanmış olacaktır. h_g ve h_s verildiğinde $T_s = 2\pi/\sqrt{s}$ dir. Yer darlığı yüzünden verilmeyen bu parametrelerin değişik kombinezonları ile elde edilecek olan sayısal sonuçlar (Ref. 5)'ten takip edilebilir.

Burada elde edilmiş olan yaklaşık sonuçların tam - hesaplanmış tepki sonuçları ile karşılaştırılması faydalı olacaktır. Bunun için Housner ve arkadaşlarının analizine (Ref. 3) göz atalım. Bu tebliğde, geçmiş depremlere maruz kalmış olan sönümlü veya sönümsüz tek -kütle - yay sistemleri tarafından hissedilen en yüksek ivmelerin, bu sistemlerin doğal periyotlarına karşı çizilmiş grafikleri verilmektedir. Yazarlarının «acceleration spectrum of response» (Mukabele ivme spektrumu) diye adlandırdıkları eğri de bizim iletmenlik, λ 'ya karşı periyotlar oranı T_s/T_g eğrisine karşılık gelmektedir. İnceleme kolaylığı için Housner'in spektrumundaki koordinat eşelini bizim boyutsuz birimlerimize yeniden yazalım. Her depremin, maksimum ivmesi bilindiğine göre, iletmenlik kolayca elde edilebilir. Periyotlar oranı ise hakim periyot bilinmedikçe elde edilmesi zor bir büyüklüktür. Bunu hesaplamamanın tek yolu, makul bir varsayımla, tepki spektrumunun $T_g = T_s$ 'de bir tepe noktasına sahip olmasıdır. (Şekil 1). Bu gaye için sönümlü sistemin spektrumu uygun olacaktır. Çünkü, sönümsüz sistemde tepe noktası, daha zayıf fakat daha uzun süreli bir yüzey hareketine tekabül eden yarı rezonans (quasi - resonance)'larda olabilir.

Şimdi, Şekil 2'de gösterildiği gibi, burada elde edilen sonuçlarla tam - sonuçları karşılaştırabiliriz. Bizim analizimizde, yüzey hareketinin spektrum yoğunluğu, $h_g = 0.3$ alınarak, denklem (7) ile verilmiştir. Tam - sonuçlarda ise, periyot - oran - değerleri 0.5, 1.0, 2.0 ve 3.0 için, mevcut toplam verinin ortalamaları alınmıştır (bu değerler için Şekil 1'e bakınız). Şekil 2, sonuçlar arasında oldukça makul bir uygunluk göstermektedir. Sonuç olarak şu karara varabiliriz : Sistemin sönüm (damping) etkilerinin uygunluğu, durağan - tesadüfi hareket varsayımının geçerliliğini kanıtlamaktadır. Denklem (7)'nin, $h_g = 0.3$ konulduğunda, standart bir yoğunluk olarak

alnabileceğini de eğriler arasındaki uygunluktan çıkarabiliriz. Bundan sonraki incelemelerimiz bu hal ile sınırlı olacaktır.

İvme iletmenliği denklem (11) ile verilmektedir. Aynı yoldan, sistemin en yüksek hızının yüzey hareketinin hıza oranı olan hız iletmenliği, λ_v , de hesaplanabilir. Bunlar arasındaki en büyük mutlak yer-değiştirme oranı, ki yer-değiştirme iletmenliği λ_d , olarak isimlendirilecektir, aynı yoldan bulunabilir. Yüzeydeki ivme spektral yoğunluğu $G^2(\omega)$ ile verildiğinde, hızın spektral yoğunluğu $\omega^{-2} G^2(\omega)$, yer-değiştirmenin yoğunluğu $\omega^{-4} G^2(\omega)$ olacaktır. Böylece, her iletmenlik aşağıdaki şekilde ifade edilmiş olacaktır.

$$\left. \begin{aligned} \lambda_v^2 &= \frac{\int_0^{\infty} |S(i\omega)|^2 \frac{G^2(\omega)}{\omega^2} d\omega}{\int_0^{\infty} \frac{G^2(\omega)}{\omega^2} d\omega} \\ \lambda_d^2 &= \frac{\int_0^{\infty} |S(i\omega)|^2 \frac{G^2(\omega)}{\omega^4} d\omega}{\int_0^{\infty} \frac{G^2(\omega)}{\omega^4} d\omega} \end{aligned} \right\} (12)$$

Yukardaki integraller, denklem (11)'i de kullanarak alındığında şu sonuçlara ulaşılacaktır :

$$\left. \begin{aligned} \lambda_v^2 &= \frac{1}{P_3} \left(P_1 + \frac{\alpha_1 \beta_1}{\alpha_2 \beta_2} \frac{\nu_2}{\nu_5} P_2 \right) , \\ \lambda_d^2 &= \frac{1}{P_3} \left\{ P_1 + \frac{\alpha_1 \beta_1}{\alpha_2 \beta_2} \left(\frac{\nu_2}{\nu_5} \right)^3 P_2 \right\} . \end{aligned} \right\} (13)$$

Bunların, $h = 0.3$ ve $h_s = 0.1$ konarak elde edilmiş sayısal (numerical) sonuçları Şekil 3'te grafik olarak verilmektedir. Görüldüğü gibi, hız iletmenliği $T_s > T$ bölgesinde hemen hemen sabittir. Bizim sonuçlarımız mutlak hıza atıfta bulunmakla beraber, bu özellik Housner'in hız spektrumu ile uygunluk halindedir.

Yukardaki kısımlarda, taahdim edilen metodun, basitliğine rağmen, deprem mukabelesi problemine oldukça yüksek doğrulukta cevaplar verdiği gösterilmişti. Şimdi, bu modeli, birden çok serbestlik derecesi olan sistemler için geliştirebiliriz. Örnek olarak, n-katlı bir kütle - yay sistemini alalım. O zaman, $\alpha_0 e^{i\omega t}$ ile tanımlanabilen bir yüzey hareketine maruz kalan sistemin titreşim denklemi

$$m_j \ddot{u}_j + \sum_{l=1}^n (c_{jl} \dot{u}_l + k_{jl} u_l) = m_j \alpha_0 \omega^2 e^{i\omega t}, \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (14)$$

Burada, harf - üstü noktalar zamana göre türevi ifade etmektedirler. Diğer terimler ise şöyle tanımlanabilir :

m_j : En düşükten başlamak üzere j'yinci kat seviyesinde toplanan kütle,

u_j : j'yinci katın yüzeye göre yerdeğiştirmesi,

k_{jl} : yalnız j'yinci kata birim bir yer - değiştirme tatbik edildiğinde j'yinci kata uygulanacak kuvvet tarafından belirlenecek olan yay sabiti,

c_{jl} : iç ve dış sönümleri içeren, yukardaki yay sabiti ile ilgili olan sönüm sabiti.

Bilindiği üzere, (14) ile verilen denklem ailesi şu şekilde çözülebilir : Önce, sönümsüz - sistem varsayımı altında, φ_{jp} bileşenin normal fonksiyonu olan φ_p tayin edilir ve sonra, genelleştirilmiş yay sabiti k_p ve kütle m_p mod'sal sönüm sabiti c_p aşağıdaki şekilde hesap edilir .

$$\left. \begin{aligned} m_p &= \sum_{j=1}^n m_j \varphi_{jp}^2, \quad k_p = \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^n k_{jl} \varphi_{jp} \varphi_{lp}, \\ c_p &= \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^n c_{jl} \varphi_{jp} \varphi_{lp}, \quad (p=1, 2, \dots, n). \end{aligned} \right\} (15)$$

Bundan sonra da, j'yinci kütle etkisinde frekans tepkisi demek olan $S_j(i\omega)$ elde edilecektir :

$$S_j(i\omega) = \sum_{p=1}^n \Phi_{jp} \frac{1 + 2h_p \frac{i\omega}{v_p}}{1 - \frac{\omega^2}{v_p^2} + 2h_p \frac{i\omega}{v_p}} \quad (16)$$

ki burada

$$h_p = \frac{c_p}{2m_p v_p}, \quad v_p^2 = \frac{k_p}{m_p} \quad (17)$$

ve

$$\Phi_{jp} = \frac{\sum_{j=1}^n m_j \varphi_{jp}}{m_p} \varphi_{jp} \quad (18)$$

Φ_{jp} 'yi uyarılmış normal fonksiyon olarak isimlendirmek uygun olacaktır. $S_j(i\omega)$ nin mutlak değer karesi

$$|S_j(i\omega)|^2 = \sum_{p=1}^n \Phi_{jp}^2 Q_{pp}^2(\omega) + \sum_{\substack{p=1 \\ (p \neq q)}}^n \sum_{q=1}^n \Phi_{jp} \Phi_{jq} Q_{pq}^2(\omega) \quad (19)$$

olur. $Q_{pp}^2(\omega)$ ve $Q_{pq}^2(\omega)$ ise

$$Q_{pp}^2(\omega) = \frac{1 + 4h_p \frac{\omega^2}{v_p^2}}{\left(1 - \frac{\omega^2}{v_p^2}\right) + 4h_p^2 \frac{\omega^2}{v_p^2}} \quad (20)$$

$$Q_{pq}^2(\omega) = \frac{\left(1 - \frac{\omega^2}{v_p^2} + 4h_p^2 \frac{\omega^2}{v_p^2}\right) \left(1 - \frac{\omega^2}{v_q^2} + 4h_q^2 \frac{\omega^2}{v_q^2}\right) + 4h_p h_q \frac{\omega^6}{v_p^3 v_q^3}}{\left\{\left(1 - \frac{\omega^2}{v_p^2}\right) + 4h_p^2 \frac{\omega^2}{v_p^2}\right\} \left\{\left(1 - \frac{\omega^2}{v_q^2}\right) + 4h_q^2 \frac{\omega^2}{v_q^2}\right\}}$$

dir. Denklem (10'da tek - kütle - yay sistemi için verilenlere uygun olarak j'yinci kütle için ivme iletmenliği,

$$\lambda_j^2 = \sum_{p=1}^n \sum_{q=1}^n \Phi_{jp} \Phi_{jq} \lambda_{pq}^2, \quad (21)$$

olarak verilir. Burada

$$\lambda_{pp}^2 = \frac{\int_0^\infty Q_{pp}^2(\omega) G^2(\omega) d\omega}{\int_0^\infty G^2(\omega) d\omega}, \quad \lambda_{pq}^2 = \frac{\int_0^\infty Q_{pq}^2(\omega) G^2(\omega) d\omega}{\int_0^\infty G^2(\omega) d\omega} \quad (22-a, b)$$

dır.

Yukardaki ifadede, λ_{pp} ; sönüm oranı h_p ve doğal frekansı v_p olan tek - kütle - yay sisteminin iletmenliği ile aynıdır. Ve oto - iletmenlik olarak isimlendirilecektir. λ_{pq} ise kar

şıt - iletmenlik (cross transmissibility) diye isimlendirilebilir. ve p'yinci ve q'yuncu modlar arasındaki istatistiksel anlamdaki faz farkı ile ilgilidir. Bunun sebebi de, iki modun toplam iletmenliğinin, vektör gösterimi yolu ile elde edilmesidir. Faz farkı Ω ile gösterildiğinde

$$\lambda_j^2 = \Phi_{jP}^2 \lambda_{PP}^2 + \Phi_{jQ}^2 \lambda_{QQ}^2 + 2 \Phi_{jP} \Phi_{jQ} \lambda_{PP} \lambda_{QQ} \cos \Omega$$

(21) nolu denkleme uygun olarak, toplama vektörü şu şekilde de yazılabilir :

$$\lambda_j^2 = \Phi_{jP}^2 \lambda_{PP}^2 + \Phi_{jQ}^2 \lambda_{QQ}^2 + 2 \Phi_{jP} \Phi_{jQ} \lambda_{PQ}^2$$

(23)

öyleki, karşıt - iletmenlik

$$\lambda_{PQ}^2 = \lambda_{PP} \lambda_{QQ} \cos \Omega .$$

olacaktır,

Birden - çok - serbestlik derecesine sahip olan sistemlerde karşıt - iletmenlik önemli bir rol oynar. Çünkü Clough tarafından (Ref. 6) belirtildiği gibi, herhangi bir modun en büyük tepkisi diğer modlarla aynı zamanda olmaz. 22-b'de verilen integral - sonuçlar çok uzun ifadeler olduğundan p, q, g alt - indislerinin yerine sıra ile 1, 2, 3 koyarak

$$\lambda_{12}^2 = \frac{1}{(1 + \eta h_1^2) \sqrt{1 - \eta^2}} \left(\frac{b_1 \nu_1}{b_1 \nu_3} K_1 + \frac{b_3 \nu_2}{b_2 \nu_3} K_2 + K_3 \right) , \quad (24)$$

şeklinde yazacağız. $b_1, b_2, b_3, K_1, K_2, K_3$ ise tebliğ sonundaki ekte verilmektedir. (24) nolu denklemin sayısal sonuçları, yer darlığı yüzünden burada verilememektedir. Bunlar için, Ref. 5'e bakılabilir. Sadece tipik bir örnek olarak Şekil. 4 verilecektir ki burada $\lambda_{p,q}^2, T_p/T_g$ 'nin bir fonksiyonu olarak T_p/T_q parametresinin çeşitli değerleri için çizilmiştir. Eğrinin $T_p/T_q = 1$ ve $T_q/T_g = 1$ 'de iki tepe noktası olması gerekmekte ise de, ikinci tepe noktası, $T_p/T_q = 1.2$ durumu hariç tutulursa açıkça gözlenmemektedir. Eğriler gözlenen tepe noktalarından sonra sıfıra doğru yaklaşmaktadırlar. Bunun anlamı, limit olarak, her iki modun birbirine göre tamamen

faz dışı bir duruma ulaşacağıdır. Toplam iletmenlik olarak ta, Ref. 1'de de elde edilmiş olan

$$\lambda_j^2 = \sum_{p=1}^n \bar{\Phi}_{jp}^2 \lambda_{pp}^2, \quad (25) \quad \text{elde edilecektir.}$$

Yukardaki açıklamalarla ivme için verilmiş olan karşıt-iletmenlik, oto-iletmenlik için yapıldığı gibi (denklem 13), hız ve yer-değiştirme için de elde edilebilir :

$$\lambda_{12}^2 = \frac{1}{(1+4h_3^2)\sqrt{1-h_3^2}} \left(\frac{b_3 v_j}{b_1 v_1} K_1 + \frac{b_3 v_j}{b_2 v_2} K_2 + K_3 \right) \quad (26)$$

mutlak hız - karşıt - iletmenliği ve

$$\lambda_{12}^2 = \frac{1}{(1+4h_3^2)\sqrt{1-h_3^2}} \left(\frac{b_3 v_j^2}{b_1 v_1^2} K_1 + \frac{b_3 v_j^2}{b_2 v_2^2} K_2 + K_3 \right) \quad (27)$$

mutlak yer - değiştirme - karşıt - iletmenliğidir.

Görülmüştür ki bir sistemin herhangi bir kütledeki toplam - iletmenlik, diğer kütlelerdekine karşı, daima bir faz farkı ültiva edecektir. Diğer bir deyişle, denklem (21) vasıtası ile elde edilecek tek tek iletmenlikler aynı anda oluşmamaktadırlar. Bu nedenle, pratik dizaynlar için daha doğrudan - doğruya bir yol olan, kat kesme kuvveti (story shear) iletmenliği $s\lambda_j$ ve kat momenti iletmenliği, $m\lambda_j$ gibi iki değeri hesaplayacağız. Kat kayması iletmenliği, uyarılmış kat kesme kuvveti fonksiyonu

$$\chi_{jp} = \frac{\sum_{R=1}^n m_R \Phi_{Rp}}{\sum_{k=1}^n m_R} \quad (28)$$

olduğunda, j'yinci kat için şöyle yazılabilir ;

$$s\lambda_j^2 = \sum_{p=1}^n \sum_{q=1}^n \chi_{jp} \chi_{jq} \lambda_{pq}^2 \quad (29)$$

Kat momenti iletmenliği de aynı yoldan elde edilebilir.

Örnek (1)

Takdim edilen yöntemin uygulanışını göstermek bakımından, bir 10 - kütleli sistem alalım. Sistemin fiziksel özellikleri, Şekil 5'te görüldüğü üzere, kütlelerin ve yay sabitlerinin boyutsuz oranlar halinde lineer bir dağılımı ile tanımlansın. Bu, Tung ve Newmark tarafından kullanılan sistemin eşidir (Ref. 7). Bu şekilde, tam çözümlerle karşılaştırma imkanı elde edilmiş olacaktır.

Sistemin uyarılmış normal fonksiyonu, Φ_p , sadece ilk beş modun verildiği Şekil 5'ten elde edilebilir. Geride kalan daha yüksek derece modlar daha az bir etki göstereceklerinden, toplam tesirleri yaklaşık bir 6 ncı mod olarak alınabilir. Varsayalım ki modların sönüm oranları 0.1 olsun. Daha yüksek modların sönüm oranlarının daha büyük olması mümkündür. Fakat bu farklılığın tepkiye olan tesiri küçüktür. Yukarıdaki birimleri kullanarak yapılan sayısal hesaplar sonucu elde edilen Şekil 6'da, ivme iletmenliği, λ_j 'nin dağılımı ve kat kesme kuvveti iletmenliği, λ_j 'nin T_1/T_g parametresine göre değişimi verilmektedir. Referans 7'de $T_1 = 1.32$ saniye ve $T_g = 0.22$ saniye hali ile sınırlı bir örnek (Los Angeles, N 39 E, 2 Ekim 1933) verilmektedir. Burada $T_1/T_g = 6.0$ ve $h_1 = 0.1$ için 1 - inci modun λ_{11} değeri hesaplanarak 0.405 olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak, kat kesme kuvvetinin bir çizimi, Ref. 7'nin tam sonucu ile birlikte, Şekil 7'de verilmektedir. Yapılacak bir inceleme ile her iki sonuç arasındaki yaklaşık uyum gözlenebilir. Ufak sapmalar, muhtemelen, ilgili yüzey hareketinin 0.22 saniyedeki tepe noktasından başka 0.5 saniye civarında, daha düşük seviyede, diğer bir tepe noktası ihtiva etmesinden doğmaktadır.

Örnek (2)

Bir yer sarsıntısının, bir sistemde, yatay yer - değiştirme ve burulma - dönmesi (torsional rotation) ihtiva eden bir birleşik hareket meydana getirdiği durumu düşünelim. Bir yapıda, rijitlik merkezi ağırlık merkezinden sapan her kat için, bu durum meydana gelebilir. Problemi basitleştirmek için, düz bir rijitlik merkezleri eksenini ve ona paralel ve on-

dan s uzaklığında düz bir ağırlık merkezleri ekseni ile tanımlanabilen homojen, bir ucu ankastre giriş yapısında ideal bir model alalım. x, y, z orijini zemin katının ağırlık merkezinde olan bir dik koordinatlar sistemi olsun. x-ekseni uygulanan hareket yönünde, y-ekseni x-eksenine dik olsun ve z-ekseni ağırlık merkezleri ekseni ile çakışsın (Şekil 8). Bu durumda, sönüm tesirlerini ihmal ederek, aşağıdaki titreşim denklemlerini yazabiliriz :

$$\begin{aligned} m \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= G \frac{\partial^2 (u - s\theta)}{\partial z^2} , \\ I \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} &= J \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} - Gs \frac{\partial^2 (u - s\theta)}{\partial z^2} , \end{aligned} \quad (30)$$

Burada,

u : z-ekseni üzerindeki bir noktanın x-yönündeki yer değiştirmesi,

θ : elastik eksen etrafında dönme açısı,

m : birim yükseklik başına düşen kütle,

G : birim uzunluk başına kesme rijitliği,

I : z-ekseni etrafında her birim kütlenin eylemsizlik momenti,

J : elastik eksen etrafında birim yükseklik için burulma sertliğidir. Durağan titreşim hali için bu denklem çifti şu şekilde çözümlere sahiptir :

(1). n indisinin, yükseklik boyunca gözlenen modun derecesine; ve (1) ve (2)'nin, dönme çiftinin 1. ve 2. moduna atıfta buldukları $V_n^{(1)}$ ve $V_n^{(2)}$ doğal frekansları aşağıdaki şekilde verilir :

$$V_n^{(1)} = \frac{2n-1}{2} \frac{\pi}{d_1 H} \sqrt{\frac{G}{m}} , \quad V_n^{(2)} = \frac{2n-1}{2} \frac{\pi}{d_2 H} \sqrt{\frac{G}{m}} , \quad (31)$$

$$d_2^2 = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{S^2}{e_1^2} + \frac{I_0^2}{e_0^2} \right) \pm \sqrt{\frac{1}{4} \left(1 + \frac{S^2}{e_3^2} + \frac{I_0^2}{e_3^2} \right) - \frac{I_0^2}{e_0^2}} . \quad (32)$$

Buradaki terimler

H : sistemin yüksekliği,

e_0 : elastik yarıçap, $\sqrt{J/G}$
 i_0 : atalet yarıçapı, $\sqrt{I/m}$

olmak üzere tanımlanmıştır.

(2). Her hangi iki andaki dönme merkezleri ile ağırlık merkezi arasındaki uzaklıklar s_1, s_2 ise

$$\beta_2 = \frac{\alpha_2^2}{\alpha_1^2 - 1} s, \quad (33)$$

1 ve 2 altındisleri modlara karşılık gelmektedir.

(3). Uyarılmış normal fonksiyonlar $\Phi_p^1(x, y)$ ve $\Phi_p^2(x, y)$

$$\left. \begin{aligned} \Phi_p^1(x, y) &= \frac{4}{\pi} \frac{\rho_1 - y}{\rho_1 - \rho_2} \frac{1}{2\rho_1} \sin\left(\frac{2\rho_1 - 1}{2} \frac{\pi x}{H}\right) \\ \Phi_p^2(x, y) &= \frac{4}{\pi} \frac{y - \rho_2}{\rho_1 - \rho_2} \frac{1}{2\rho_1} \sin\left(\frac{2\rho_1 - 1}{2} \frac{\pi x}{H}\right) \end{aligned} \right\} 34$$

olarak verilir.

Bu problemde ρ_1, s ve e_0^2/s arasındaki ilişkiyi incelemek özellikle öğretici olacaktır. Bu, (32) ve (33) nolu denklemlerden elde edilebilir ve Şekil 9 da da, $\rho_1/i_0, s/i_0, i_0s/e_0^2$ gibi boyutsuz terimlerle verilmektedir.

Ayrıca; α_1/α_2 ye eşit olan ve bu yüzden ρ_1/ρ_2 ile ilgili olan periyotlar oranı $Tn^1/Tn^2 = Vn^2/Vn^1$ nin eğrileri de çizilmiştir. Bunlara ilaveten, şekilde ayrıca dikkat edilecek nokta, i_0/ρ_s sabit tutulduğunda, ρ_1/i_0 in, s/i_0 azaldıkça ρ_s/i_0 dan küçük hale gelmesidir. Bu eğilim, daha açık olarak şu şekilde anlaşılabilir: Eğer i_0/ρ_s değişmez ise, s/i_0 eksentrisitesi, e_0 'ın uzunluğu kısaldııkça azalacaktır. Diğer bir deyişle, oldukça yüksek sertlikteki yapı elemanları yapı merkezinde daha fazla bir yoğunlaşma meydana getireceklerdir. Öyleyse, söyleyebiliriz ki atalet yarıçapı olan i_0/ρ_s nin tayininden bağımsız olmakla beraber, ρ_1 i daha küçük yapmaktada karar tayin edici bir rol oynar. Sonuç olarak ifade etmek gerekirse, bu şekilde bir rijitlik dağılım - yoğunlaşması ile karakterize edilen yapılar, statik hesaplar yolu ile tahmin edi-

lenden daha şiddetli dinamik burulmalarla karşı karşıya kalıyor olmalıdırlar. Bununla beraber, aynı Şekil'de görüyoruz ki, eksentrisitenin daha küçük değerleri, iki doğal periyot olan T_n^1 ve T_n^2 arasında daha iyi yaklaşımlar vermektedir. Bu eğilim sonucu, hareket, açık - rezonans halini çok seyrek (belki de hiç) meydana getirecek ve tepki azalacaktır. Bu çelişik durum, ancak tepki hesaplamaları yolu ile açıklığa kavuşturulabilir.

Basitçe, yükseklik boyunca, yarı - sinüsoidal iki mod kabul edelim. Sönüm oranları $h_1^{(1)} = 0.1$ ve $h_1^{(2)} = 0.2$ olsun ve $T_1^{(1)}/T_1^{(2)} = 1.2$ ve 1.5 ile $\rho_1/i_0 = 2.0$ ve 4.0 değerlerinin dört kombinezonunu ele alalım. y - eksenini üzerindeki ivme - iletmenlik - dağılımı hesaplarımızın sonucu Şekil 10'da gösterilmektedir. İletmenlik, $T_1^{(1)}$ temel periyotlu eksentrik - olmayan bir iletmenliğe oranı veren C ile gösterilmiştir, öyle ki, sonuçlar yükseklik seviyesinden bağımsızdır. Açıkça görüldüğü gibi, oranın 1'e eşitlik hali, yalnızca 1. modun meydana geldiği ikinci - mod - anı - merkezinde her zaman geçerlidir.

$$C_S = 1 + \frac{P_2 - q}{P_3} \quad (35)$$

ile verilen kesikli çizgi müracaat için konulmuş olup eşit yüklerin sebep olacağı statik yerdeğiştirmeye eşdeğerdir. Bir inceleme ile, denklem (35) in $T_1^{(1)}/T_g$ den bağımsız olarak, tepki eğrisi ile kabaca uygunluk içinde olduğu görülecektir. Bunun anlamı ise, yukarıda bahsedilen iki çelişik etkinin birbirini yok ettiğiidir.

Ek

(24) nolu denklem detaylı olarak aşağıda verilecektir. Alt - indisi 1 alırsak :

$$a_1 = 1 - 2h_1^2, \quad b_1 = 2h_1 \sqrt{1 - h_1^2}, \quad m_1 = 1 - 4h_1^2, \quad n_1 = \sqrt{1 - h_1^2},$$

$$p_1 = 1 - 8h_1^2 + 8h_1^4, \quad q_1 = 4(1 - 2h_1^2)h_1 \sqrt{1 - h_1^2}.$$

$$r_1 = a_1^3 - 3a_1 b_1^2, \quad s_1 = 3a_1^2 b_1 - b_1^3.$$

2 ve 3 alt - indiseri için de, benzer şekilde

$$B_{11} = 1 - 2a_1 a_2 \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 + p_1 \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^4 \quad B_{12} = 2b_1 \left\{ a_1 \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 - a_2 \right\} \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2$$

$$C_{11} = 1 - 2a_1 a_3 \left(\frac{v_1}{v_3}\right)^2 + p_1 \left(\frac{v_1}{v_3}\right)^4, \quad C_{12} = 2b_1 \left\{ a_1 \left(\frac{v_1}{v_3}\right)^2 - a_3 \right\} \left(\frac{v_1}{v_3}\right)^2$$

$$E_{11} = 1 - \left\{ m_1 + m_2 \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 \right\} a_1 + m_1 m_2 p_1 \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^4 + 4h_1 h_2 r_1 \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^3$$

$$E_{12} = - \left\{ m_1 + m_2 \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 \right\} b_1 + m_1 m_2 q_1 \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^4 + 4h_1 h_2 s_1 \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^3$$

$$F_{11} = 1 + 4a_1 h_3^2 \left(\frac{v_1}{v_3}\right)^2$$

$$F_{12} = 4b_1 h_3^2 \left(\frac{v_1}{v_3}\right)^2$$

$$G_1 = B_{11} C_{11} - B_{12} C_{12}$$

$$H_1 = B_{12} C_{11} + B_{11} C_{12}$$

$$I_1 = E_{11} F_{11} - E_{12} F_{12}$$

$$J_1 = E_{12} F_{11} + E_{11} F_{12}$$

$$K_1 = \frac{I_1 (G_1 n_1 - H_1 h_1) + J_1 (H_1 n_1 + G_1 h_1)}{G_1^2 + H_1^2}$$

$$A_{21} = 1 - 2a_2 a_1 \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 + p_2 \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^4, \quad A_{22} = 2b_2 \left\{ a_2 \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 - a_1 \right\} \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2$$

$$C_{21} = 1 - 2a_2 a_3 \left(\frac{v_2}{v_3}\right)^2 + p_2 \left(\frac{v_2}{v_3}\right)^4, \quad C_{22} = 2b_2 \left\{ a_2 \left(\frac{v_2}{v_3}\right)^2 - a_3 \right\} \left(\frac{v_2}{v_3}\right)^2$$

$$E_{21} = 1 - \left\{ m_1 \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 + m_2 \right\} a_2 + m_1 m_2 p_2 \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^4 + 4h_1 h_2 r_2 \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^3$$

$$E_{22} = - \left\{ m_1 \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 + m_2 \right\} b_2 + m_1 m_2 q_2 \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^4 + 4h_1 h_2 s_2 \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^3$$

$$F_{21} = 1 + 4a_2 h_3^2 \left(\frac{v_2}{v_3}\right)^2$$

$$F_{22} = 4b_2 h_3^2 \left(\frac{v_2}{v_3}\right)^2$$

$$G_2 = A_{21} C_{21} - A_{22} C_{22}$$

$$H_2 = A_{22} C_{21} + A_{21} C_{22}$$

$$I_2 = E_{21} F_{21} - E_{22} F_{22}$$

$$J_2 = E_{22} F_{21} + E_{21} F_{22}$$

$$K_2 = \frac{I_2 (G_2 n_2 - H_2 h_2) + J_2 (H_2 n_2 + G_2 h_2)}{G_2^2 + H_2^2}$$

$$\begin{aligned}
 A_{31} &= 1 - 2a_3 a_1 \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 + p_3 \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^4, & A_{32} &= 2b_3 \left\{ a_3 \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 - a_1 \right\} \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2, \\
 B_{31} &= 1 - 2a_3 a_2 \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 + p_3 \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^4, & B_{32} &= 2b_3 \left\{ a_3 \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 - a_2 \right\} \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2, \\
 E_{31} &= 1 - \left\{ m_1 \left(\frac{v_1}{v_1}\right)^2 + m_2 \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 \right\} a_3 + m_1 m_2 p_3 \left(\frac{v_1}{v_1}\right)^2 \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 + 4h_3 h_2 r_3 \left(\frac{v_1}{v_1}\right)^3 \left(\frac{v_2}{v_2}\right)^3, \\
 E_{32} &= - \left\{ m_1 \left(\frac{v_1}{v_1}\right)^2 + m_2 \left(\frac{v_2}{v_2}\right)^2 \right\} b_3 + m_1 m_2 q_3 \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 + 4h_3 h_2 s_3 \left(\frac{v_1}{v_1}\right)^3 \left(\frac{v_2}{v_2}\right)^3,
 \end{aligned}$$

$$G_3 = A_{31} B_{21} - A_{32} B_{22}, \quad H_3 = A_{32} B_{31} - A_{31} B_{32},$$

$$I_3 = 4h_3^2 (1 - 2h_3^2) E_{31} - 8h_3^3 \sqrt{1 - h_3^2} E_{32},$$

$$J_3 = 4h_3^2 (1 - 2h_3^2) E_{32} + 8h_3^3 \sqrt{1 - h_3^2} E_{31},$$

$$K_3 = \frac{I_3 (G_3 n_3 - H_3 h_3) + J_3 (G_3 h_3 + H_3 n_3)}{G_3^2 + H_3^2},$$

$$\lambda_{12}^2 = \frac{1}{(1 + 4h_3^2) \sqrt{1 - h_3^2}} \left(\frac{b_3 v_1}{b_1 v_3} K_1 + \frac{b_3 v_2}{b_2 v_3} K_2 + K_3 \right)$$

Referanslar :

1 — L. E. Goodman, E. Rosenblueth and N. M. Newmark, «Aseismic Design of Elastic Structures Founded on Firm Ground», Proc. ASCE, Vol. 79, Separate No. 349, Nov. 1953

2 — E. Rosenblueth, «Some Applications of Probability Theory in Aseismic Design», Proc. World Conf. on Earthquake Engineering, June 1956.

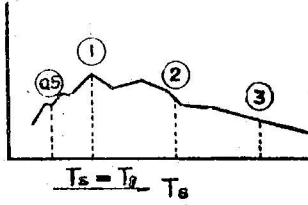
3 — J. L. Alford, G. W. Housner and R. R. Martel, «Spectrum Analyses of Strong - Motion Earthquakes», Office of Naval Research, Contract N6onr - 244, Aug. 1951.

4 — K. Kanai, «Semi - Empirical Formula for the Seismic Characteristics of the Ground», Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. of Tokyo, Vol. 35, 1957.

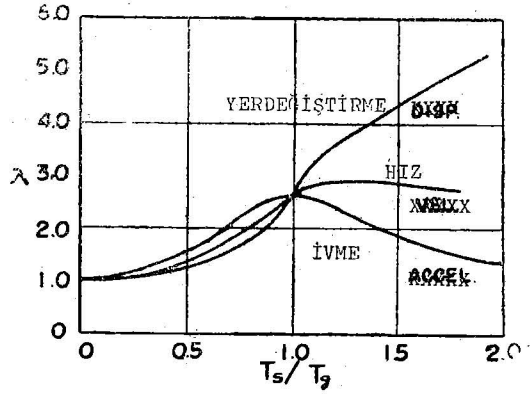
5 — H. Tajimi, «Basic Theories on Aseismic Design of Structures», Report of the Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo, Vol. 8, No. 4, 1956, (in Japanese).

6 — Ray W. Clough, «On the Importance of Higher Modes of Vibration in the Earthquake Response of a Tall Building». Bull. Seis. Soc. Amer., Vol. 45, Oct 1955.

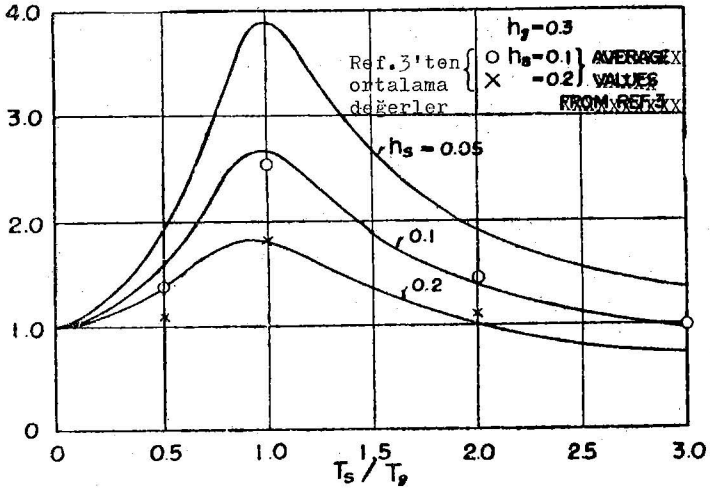
7 — T. P. Tung and N. M. Newmark, «Numerical Analysis of Earthquake Response of a Tall Building», Bull. Seis. Soc. Amer., Vol. 45, Oct. 1955.



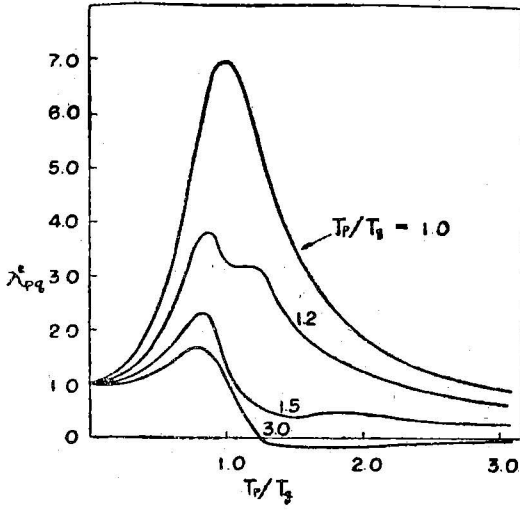
Şekil 1. İvme Spektrumu.



Şekil 3. Çeşitli iletmenliklere karşı T_s/T_g .



Şekil 2. İvme iletmenliğinin mukayesesi.

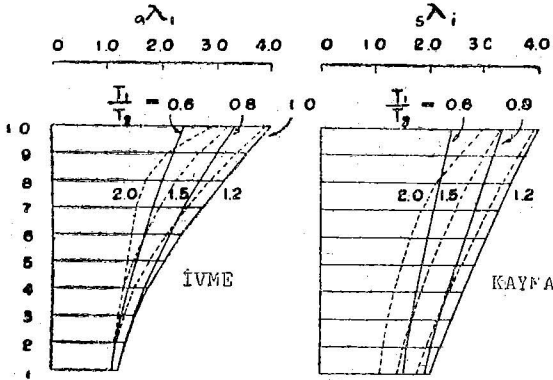


Şekil 4. İvmenin karşıt-iletmenliğinin kare değerleri.

kütle sertliği	MOD	
	1.	2.
oran oranı	1 000	2.221
10	1.0	1.589
11	2.0	1.288
12	3.0	1.207
13	4.0	1.033
14	5.0	0.882
15	6.0	0.698
16	7.0	0.539
17	8.0	0.391
18	9.0	0.250
19	10.0	0.120

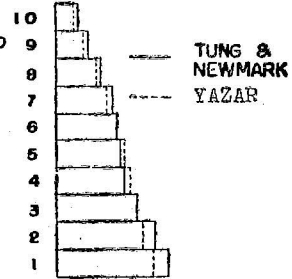
MOD	frekans oranı		
	3. 460	4. 695	5. 920
0.471	0.218	0.084	
-0.183	0.339	-0.258	
-0.370	0.141	0.146	
-0.269	-0.135	0.178	
-0.098	-0.230	-0.034	
0.002	-0.141	-0.185	
0.219	0.023	-0.107	
0.259	0.190	0.043	
0.217	0.180	0.137	
0.119	0.115	0.109	

Şekil 5.

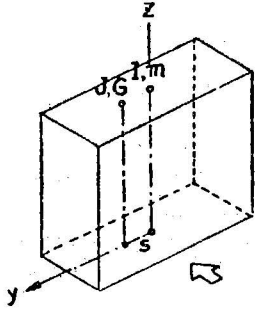


Şekil 6. Şekil 5'teki sistem için iletmenliklerin dağılımı.

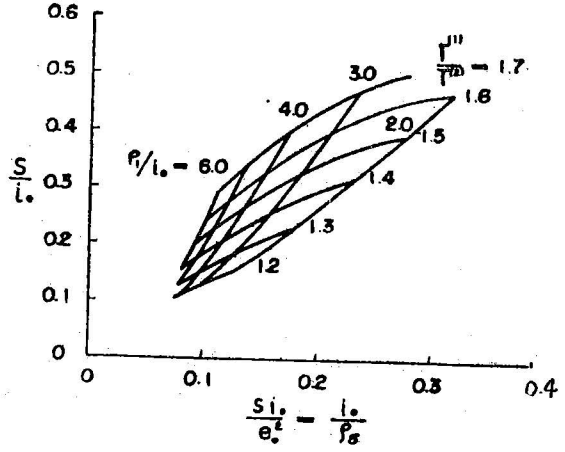
0 100 200 KIPS



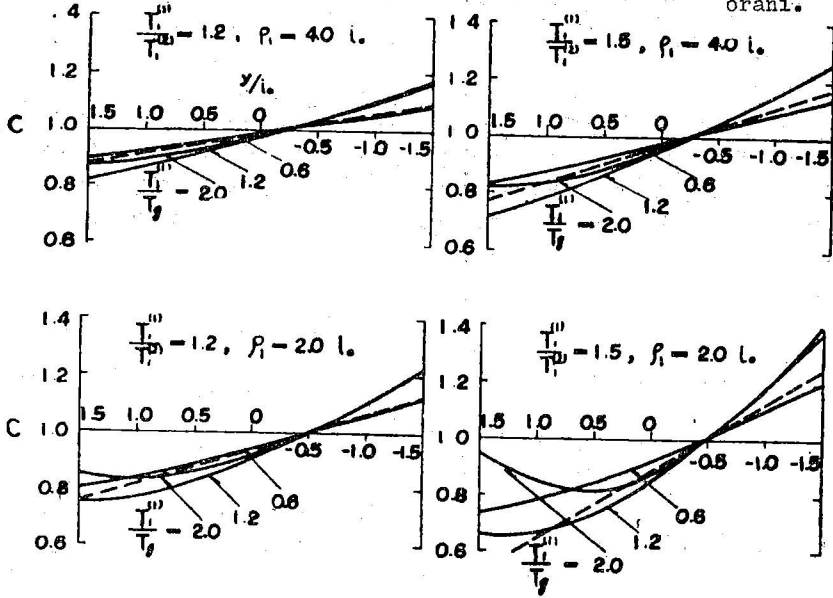
Şekil 7. Hesaplanan kayma dağılımının Ref.7'nin sonuçları ile karşılaştırılması.



Şekil 8.



Şekil 9. Sistemin ani-dönme merkezi ρ_1/i_0 'nin yeri ve doğal periyot oranı.



Şekil 10. Şekil 8'deki sistemin bağıl ivme iletmenlik dağılımı.

TARTIŞMA :

J.F. Borges, Laboratorio Nacional de Engenharia Civil,
Portekiz :

Sunulan tebliğ çok değerli olmakla beraber yazarın şu noktaya dikkatini çekerim : Güvenlik bakımından önemli bir mesele de bir yapının belli bir zaman süresi içindeki çökme ihtimalinin hesaplanmasıdır. Bunun için ise, yapının davranışının tesadüfiliği ile çeşitli şiddetlerdeki yersarsıntısı oluş ihtimalini birleştirmek lazımdır.

Bu yapılırsa, bir yapının tepkilerinin ortalama değerlerinin en büyük değerlerinden daha önemli olduğu görülecektir.

H. Tajimi :

Anahatları ile sizinle hem fikirim, Fakat, Japonya'da istatistiksel analizlere uygulanabilecek, yersarsıntısı - oluş - ihtimalleri ile ilgili yeter derecede tarihi bilgi ve veriye sahip değiliz. Bu nedenle, şu anda, tepkinin en büyük değerleri dizayn için temel alınmalıdır.

1971 San Fernando Kalifornia Depremi Konferansından Rapor

Yazan :

David I LEEDS *

Çeviren :

Nejat BAYÜLKE **

9. Şubat 1971 San Fernando depremi üzerinde yapılan incelemelerden üç önemli ders alınabilir.

1 — Gelecekte depreme dayanıklı yapı inşaatında amaç toplum hayatına büyük etkisi olan ulaşım, haberleşme, su, elektrik, havagazı, sağlık ve itfaiye hizmetlerinin aksamadan, kesilmeden devamını sağlamak olmalıdır. Toplum hayatının can damarları olan bu hizmetlerin kesilmesi toplum faaliyetlerinin ve kişi yaşantısının devamına karşı büyük bir engel olmaktadır.

2 — Orta magnitudlü (Richter'e göre, 6,5 veya daha fazla) depremlerde, 0,5 g kadar zemin ivmelerine rastlanabilir. (Yer çekimi ivmesinin yüzde ellisi)

3 — Geçen on yıl içerisinde pek çok defa kullanılmış ve kullanılmakta olan mukabele spektrumu artık yeterli olmamaktadır. Mukabele spektrumu gerçek durumu belirtmemektedir. Önemli yapıların projelendirilmesinde yapının bütün deprem süresince dinamik mukabelesinin gözönüne alınması gerekmektedir.

Bu sonuçlar 100 kadar mühendis, jeolog, sismolog ve kamu temsilcisinin katıldığı Şubat 1972 de Los Angeles da toplanan Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansında ortaya ko-

(*) Uzman Sismolog, Dames - Moore, Los Angeles California.

(**) İmar ve İskân Bakanlığı, Deprem Araştırma Enstitüsü.

mulmuştur. Konferans Deprem Mühendisliği Araştırma Enstitüsü tarafından, Amerika İnşaat Mühendisleri Derneği, Kalifornia İnşaat Mühendisleri Birliği, Amerika Sismoloji Derneği, Amerika Beton Enstitüsü ve Mühendislik Jeologları Birliğinin destekleri ile tertiplenmiştir.

USCLA Üniversitesinden Dr. R. B. Mathiesen Konferans Başkanlığı, Profesör C. MARTIN DUKE (EERI'nin Başkanı) ise genel oturumun başkanlığını yapmıştır.

Üç ana sonuç biraz daha detaylı olarak şöyle söylenebilir.

Sonuç 1

San Fernando depreminde bütün kamu hizmetleri toplum hayatını tamamen felce uğratacak derecede aksamıştır. Öyle ki hemen hemen toplum hayatı tamamen yok olmuştur. Bu aksayan kamu hizmetleri arasında su, elektrik, gaz, telefon, ulaşım ve sağlık hizmetleri de vardır.

Yegâne kurtarıcı yakınlarda bulunan büyük bir şehrin, kenarında olan bu büyük afetin yarattığı problemleri halledebilecek güçte olması olmuştur.

Kamu yetkilileri ve deprem mühendisleri bu gibi kamu hizmetlerinin afet anlarında da yeterli olması gereğini öngörmüşlerdir. Yapıların depreme dayanıklı olması kadar yapılar içersinde veya başka yerlerdeki taşıyıcı olmayan yapı elemanlarının da depreme dayanıklılığı probleminin ele alınması gereği ortaya çıkmıştır.

Sonuç 2

Mağnitüdleri 6.5 veya daha fazla olan depremlerde yer çekimi ivmesinin en az yarısı kadar büyük zemin ivmelerine rastlanabilir. Fakat daha büyük depremlerde zemin ivmesinin daha büyük değerlere ulaşması, Pacoima Barajı yakınında dar bir kırıklı kaya damarında olduğu gibi bazı istisnalar hariç beklenmemektedir. Daha büyük mağnitüdü depremlerde (6.5 — 8.5) şiddetli zemin hareketine maruz kalacak olan alan daha büyük ve hareketin süresi daha uzun olacaktır.

tır. Ancak zemin hareketinin genliği pek çok normal zeminde San Fernando vadisinin kuzey kenarında raslanandan, depremin şiddeti ne olursa olsun, daha büyük olmayacaktır. Hareketin yatay bileşeni daha şiddetli olacak, fakat episantr ve düşeyatımlı fay bölgesi yakınlarında oldukça büyük bir düşey harekete raslanabilecektir. San Fernando bölgesinde hiçbir yerde ölçülen hareketin düşey bileşeni yatay bileşeninden büyük olmamıştır.

Sonuç 3

Modern depreme dayanıklı yapı hesap metodu olarak son on sene içerisinde mukabele spektrumu en çok kullanılan usul olmuştur. Bu metodu kullanırken düzeltilmiş bir mukabele spektrumu yapının dinamik davranışının bir ölçüsü olmuştur. Yapı yüklere göre hesaplanmakta, yatay statik kuvvetler altında hesaplanan davranışı, hesap spektrumu (design spectrum) ile elde edilen davranışla karşılaştırılmaktadır. Eğer hesaplanan yapı mukabelesi hesap spektrumundan elde edilenden ufak ise yapının yeterli olduğu sonucuna varılmaktadır. Hesaplarda yapının sadece hakim periyodundaki davranışı ele alınmaktadır.

Herhangi bir depremin mukabele spektrumu, tek serbestlik derecesine sahip değişik period ve sönümlü idealleştirilmiş sistemlerin aynı zemin hareketi altında yaptıkları maksimum mukabelenin bir zarf eğrisidir. Hesap spektrumu ise genellikle bir kaç spektrumun bir araya getirilmiş ve değiştirilmiş bir halidir.

Mukabele spektrumu metodunun en büyük eksikliği deprem süresinin hesaba katılmamasıdır. Deprem süresini göz önüne alan bir metod kullanılmıca yapının belli bir deprem ivmesi kaydı altında o deprem süresince yaptığı hareketin ve maruz kaldığı yüklerin incelenmesi gerekir. Mağnitüd'ü biraz daha büyük bir depremin süresi daha uzun olacağından depremin uzun süreli olması hasarın daha fazla olmasına sebep olacaktır. Bu nedenle depremin süresini ele alan bir dinamik analiz gerekmektedir. Kabul edilen proje depremin yine özellikleri belli zemin üzerinde yapacağı tahmini (sentetik) veya önceden alınmış bir zemin hareket kaydı bu analizde

kullanılacaktır. Yukarıda bahsedilen proje deprem ile, bir deprem magnitudü, oluş ihtimali ve odak uzaklığı kastedilmektedir. Zeminin etkileri de bu zemin hareketi kaydında görülmektedir. Bu zemin hareketi altında binanın matematik modelinin yaptığı davranış ta hesaplanmaktadır.

Eğer bu teknik yönetmeliklere dahil edilmeyecek kadar özel ise, yönetmeliklere çok emniyetli tarafta bir takım hükümler getirilmesi gerekir. Bu yüksek emniyet payı ekonomik bir takım güçlükler doğuracağından bir takım büyük yapılar da haliyle dinamik hesap usulüne gidilmesi sağlanacaktır.

KALİFORNIA'da DEPREM MÜHENDİSLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yönetmeliklerde belirtilen yatay kuvvetlerin çok üstünde kuvvetlere maruz kalan 2,5 milyon adet kadar olan konutlarda yarım milyar dolar hasar olmasına rağmen, sadece iki can kaybı olmuştur. Toplam 65 can kaybından 51'i 1933 senesinden önce yapılmış depreme karşı hiçbir tedbiri olmayan yapılarda olmuştur.

Halen geçerli olan depreme dayanıklı hesap metodlarına göre yapılmış, yapılarda ise şu davranışlar görülmüştür.

— Zemin ivmelerinin 0,2 g den daha küçük olduğu yerlerde yapılar çok başarılı olmuştur.

— 0,2 ile 0,3 g arası zemin ivmesi olan yerlerde yapılar elastik sınırların dışına çıkmışlardır.

— 0,3 ile 0,5 g arası zemin ivmesi olan yerlerde modern yönetmeliklere göre yapılmış yapılarda tam plastikleşme oldukça ilerlemiş kopma kırılma bölgesine yaklaşmıştır. (Prof. G.W. Housner'e göre)

Bütün San Fernando vadisinde bir bütün olarak kayıplar % 3 belkide % 1 den daha az olmuştur. (K.V. Steinbrugge Sigorta hizmetleri Bürosu IOS)

ESKİ YAPILARIN TEHLİKELİ DURUMU

Eski ve depreme karşı hiçbir tedbiri olmayan yapıların deprem açısından durumu ele alınmıştır. San Fernando dep-

remi bu tip yapıların düzeltilmesi gereğini çok açık bir şekilde belirtmiştir. Can kaybının hemen hepsi (1933 - yönetmeliğinden önce yapılmış 49 kişinin öldüğü Veterans Hospital'da olduğu gibi) depreme dayanıklı yeterli taşıyıcı sistemi olmayan eski binaların yıkılması sonucu olmuştur.

Mühendislik alanında senelerdir, depreme dayanıklı yapılmamış eski yapıların hala kullanılmasının doğuracağı problemler üzerinde durulmuştur. 9 Şubat, 1971 San Fernando depreminden önce bile yönetmelik hazırlayan kuruluşlara mevcut yapıların depreme dayanıklılığını artırıcı hükümlerin getirilmesi gereği hatırlatılmış idi. Halen Santo Roza ve Long Beach da Yapı ve Emniyet kısmı tarafından bu konuda bir çalışma yapılmaktadır. Long Beach'da yapı sahiplerinden binalarının depreme dayanıklılığını artırmaları veya yapılarını yıkmaları istenmektedir. Öte yandan yapı sahiplerine yeterli kredi sağlanamaması bu çalışmaları aksatmaktadır. Yine depreme dayanıklılığı arttırılan yapıların kıymeti ve dolayısıyla ödedikleri emlak vergisinin artması bu çabaları engelliyen bir durum olmaktadır.

Los Angeles şehrinde 20 sene önce çıkarılan ve parapet duvarların kaldırılması hükmü ile bu yolda bir adım atılmışsada San Fransisco şehrinde bu yönde yeterli bir çalışma olmamıştır.

NOAA (Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi) sismoloji bölümü eski başkanı W.K. Cloud 39 seneden beri yürütülen şiddetli zemin hareketlerini tesbit programında şimdiye kadar elde edilenden daha çok kayıdın alındığını söylemiştir.

Pacoima Barajı yakınında kırıklı bir metamorfik kaya tabakası üstünde alınan bir şiddetli zemin hareketi kaydında 1.0 g aşan zemin ivmelerine rastlanılmıştır. Şimdiye kadar yaygın olan kanaate göre maksimum zemin ivmelerininin 0,5 g den fazla olmayacağı bekleniyordu.

Alınan bu kaydın bir mekanik hatadan dolayı olmadığı aletin normal çalıştığı sonucuna varılmış ve elde edilen bu yüksek değerler aletin üzerinde bulunduğu kaya tabakasının çok kırıklı olması ve civarın dağlık olmasının da hareketin büyümesinde tesirli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu kaydın dep-

reme dayanıklı yapı hesabında kullanılması hiçbir şekilde tavsiye edilmemiştir.

Prof. G.W. Housner, deprem odak noktası yanında oluşan şiddetli zemin hareketinin magnitudü ne olursa olsun bütün depremlerde beklenen bir şiddette olduğunu söylemiş ve daha büyük magnitudlü bir depremde hareketin aynı ivme düzeyinde fakat daha uzun süreli olacağı ve daha geniş bir alanda hissedileceğini belirtmiştir.

Jeolojik, sismik dalgaların çakışması gibi çeşitli sebeplerden dolayı zemin hareketinden olacak farklılaşmanın 300 metreye kadar olan mesafelerde % 50 kadar olması beklenebilir. Bu nedenle tek bir kayıt hiçbir zaman bölgesel davranışın örneği olarak kabul edilemez.

DEPREMLERE KARŞI EKİP ÇALIŞMASI GEREĞİ

Los Angeles şehri yapı ve emniyeti bölümünden John Robb, yapı planlarının bütün hesapları yapıldıktan sonra kontrol edilmesinin doğru olmadığını belirtmiştir. Bir başka mühendis «jeologlarla hiçbir temasın olmadığını» söylerken Kalifornia teknoloji enstitüsünden Clarence Allen ise jeologlara danışmadığı veya dikkate alınmadığını belirtmiştir. Geçmişte önemli yapılar için zemin ve temel araştırması yapılsa bile jeolojik bir incelemenin yapılmadığı belirtilmiştir. Ekibin çalışması gereğinin ortaya konduğu konferansta; Sismolog, mühendislik jeologu ve zemin mekaniği mühendisinin beraberce çalışarak yapı proje mühendisine gerekli deprem hesap yükünü vermesi gereği kabul edilmiştir.

Birkaç sene öncesine kadar ekzotik ve çok karmaşık ve akademik araştırma alanı kabul edilen tekniklerin artık uygulanmasının çok gerekli bir takım sıradan işleri olduğu kabul edilmiştir.

YÖNETMELİKTE DEĞİŞİKLİK GEREĞİ

Müşavir mühendis H.J. Degenkolb mevcut yönetmeliğe uyularak depreme dayanıklı yapılar yapılabileceğini belirtirken. Ed O'Connor'da isteyenlerin yönetmelikte istenen minimum

şartlardan daha fazlasını kullanmasının mümkün olduğunu belirtmiştir.

Yönetmeliklerin; ek yerlerinde bağlama detayları; ahşapta liflere dik çekme; eksantrisiteli yükleme; yatay ve düşey yüklerin dağıtılması; üç boyutlu yüklemenin analizi; duvarlarda tesisat delikleri; zeminin özelliklerinin zemin hareketi üzerindeki etkisi, zeminlerin sıvılaşması ve oturması; bacalar; diyaframaların düşey elemanlara bağlanması kirişlerin bağlanması, asansörler, elektrik ve mekanik teçhizatın depreme dayanıklılığı, bölme duvarları; pencereler gibi konularda eksik noktaları olduğu ve bunların derhal giderilmesi gereği belirtilmiştir. Eski yönetmelikler bir asgari yatay yükler ve müsaade edilebilir emniyet gerilmeleri vermektedir. Yeni yönetmelikler ise yapının depremde ne şekilde davranması gereğini getirmeli yapının belli yükler altında yapacağı ötelenme ve dayanma kapasitesi ile ilgili hükümler olmalıdır. Yönetmelikler etkili olabilmeleri için yapı sahibine bir takım ekonomik avantajlar sağlamalıdır. Belli bir arazi üzerine yapılacak belli bir tip binanın projelendirilmesinde detaylı bir dinamik analiz sonucu elde edilecek yapı emniyetinin böyle bir analiz yapılmadan yönetmelikten faydalanarak bulunan yapı emniyetinden daha küçük olması, dinamik analize bir ekonomik üstünlük sağlayacaktır.

Bu nedenle dinamik analize göre hesaplanmış büyük yapıların depreme dayanıklılığı, basit yapılardan daha fazla olmaktadır.

Yüksek sismisite bölgelerinde dinamik analize ihtiyaç göstermeyen yapılarda daha büyük bir hesap spektrumunu veya emniyet katsayısı kullanılmalıdır. Dinamik analizle bulunacak emniyet faktörü daha ufak olabilecektir. Mukabele spektrumu gerçek durumu tam olarak yansıtamamaktadır. Deprem süresinde hesaba katan bir dinamik analiz çok daha yakın bir şekilde yapının depremde davranışını yansıtmaktadır.

TAMİR İŞLERİ

Depremde sınırlı hasara uğramış yapıların tamiri problemi de ele alınmamıştır. Çatlamış betonu eski haline getir-

mek için epoksilerden faydalanılması belirtilmekle beraber bu işlemin ne derece yeterli olduğu bilinmemektedir. Birleşik devletlerde hasarın tamiri konusunda pek az çalışma yapılmış olup başka yerlerde yapılmış tamirat ve yenileme işlerinin incelenmesi konusunda takibi yapılmamaktadır.

KONFERANS KAYITLARI YAYINLANMIYACAK

Konferansa katılanların başka yayınlarda basılmak üzere hazırladıkları raporlardan bahsetmeleri nedeni ile bu konferansın kayıtları yayınlanmayacaktır. Hazırlanmakta olan raporların en önemlisi EERI/NOAA tarafından hazırlanan San Fernando depremi araştırma komitesi raporudur. Bu rapora konulmak üzere elde üç bin sayfa tutarında yazılar vardır, baskı işi tahminen 1972 sonlarında Birleşik Devletler Ulusal Okyanus ve Atmosfer idaresi (NOAA) 6010 Executive Branch, Rockville Md 20852 tarafından yapılacaktır.

Kalifornia eyaleti Madenler ve Jeoloji kısmının hazırladığı bir özel yayında çıkacak raporlardan da Konferansa sunulanlar olmuştur.

Kalifornia eyaleti Senatosunun özel komitesi de müşavirlerce hazırlanmış özel raporları inceleyip yakında yayınlacaktır.

Toplantılar - Yayınlar - Haberler

Yürdümüzde ve diğer ülkelerde yayınlanan eserler ile yapılan ve yapılacak olan ulusal ve uluslararası toplantılar, haber alma olanakları içerisinde duyurulmağa çalışılacaktır.

İlk sayımızda 1972 yılı içerisinde yapılan toplantılar ile yayınlanan eserler arasında önemli görülenler verilmiştir.

TOPLANTILAR

1 — Depreme dayanıklı yapı araştırma ve uygulamaları için Uluslararası Mikro - Bölgeleme (Microzonation) Konferansı :

Bu konferans deprem ve depreme dayanıklı yapılar konusunda 1972 yılında yapılan en önemli uluslararası toplantıdır. Konferans 30 Ekim 1972 ile 3. Kasım 1972 tarihleri arasında Seattle'da yapılmıştır. Konferansta 62 adet bilimsel tebliğ verilmiştir. Bunlardan bazıları aşağıdadır.

Kuvvetli - Hareket Sismolojisi. D.E. Hudson, California Institute Of Technology, Pasadena, California.

Zemin Dinamiği : W.D. Liam Finn, University of British, Colombia Vancouver, Canada.

Lokal Zemin Özelliklerini Değerlendirme Metodları : N.M. Newmark, W.J. Hall, A.H. Ang, A.R. Robinson ve L.A. Lopez. University of Illinois Urbana.

Mikro - Bölgeleme İçin Jeofizik Mühendisliği Araştırma Teknikleri : V.J. Murphy, Weston Geophysical Engineering, Weston, Massachusetts.

S.S.C.B. de Uygulanan Mikro - Bölgeleme Metodları.

Japonya'da Uygulanan Mikro - Bölgeleme Metodları : Yorikiho Okasaki, University of Tokyo Japan.

Amerika'da Uygulanan Mikro - Bölgeleme Metodları : R.C. Bostrom ve M.A. Sherif. University of Washington, Seattle, Washington.

Zemin Durumlarının Deprem Mukabele Spektrumu Üzerindeki Te-sirleri : E. Kuribaycski, T. Iwasaki, Y. Lida ve K. Tuji, Ministry of Construction Chibaken, Japan.

Depremle Dayanıklı Yapı Planlamasında Mikro - Bölgeleme : W.D. Kovacs ve J.T.Yao. Purdue University, Lafayette, Indiana.

Konferansta verilen tebliğlerin tamamı bir kitap halinde toplanmıştır. Bu kitaptan elde etmek için şu adrese 40 Amerikan Doları gönderilmelidir.

Dr. Mehmet A. Sherif, 124 More Hall, University of Washington Seattle, Washington 98195, U.S.A.

Ayrıca tebliğ sahiplerinden de istenmek suretiyle tebliğlere ücretsiz olarak sahip olabilmek imkânı da mevcuttur.

2 — Amerika Sismoloji Birliği Yıllık Toplantısı :

Bu toplantı 30. Mart - 1. Nisan, 1972 tarihleri arasında Honolulu, Hawaii'de yapılmıştır. Toplantıda 135 tebliğ verilmiştir. Bunlardan bazıları aşağıdadır :

Kuvvetli Depremlerde Zemin Hareketlerinin Lokal Dağılımı : D.E. Hudson

Mikrotremorlar ve Deprem Hasarları : E.D. Alcock,

Kuvvetli Deprem ve Mikrotremor Spektrumlarının Ölçülmesi : F.E. Udawada ve M.D. Trifunac

Kuvvetli Hareket Akseleroğramlarından Zemin Hız ve Deplasmanın Hesaplanması : M.D. Trifunac ve A. Vijayaraskavan.

Sismoskop Kayıtlarından Yatay İvme Bileşenin Hesaplanması : R.F. Scott

Mühendislik Açısından Zemin Hareketlerinin Değerlendirilmesi : H. Shibata, N. Shimizu ve S. Toshiyatsu.

Ana Planlama Çalışmaları ile Deprem Zararlarının Azaltılması : J.B. Slosson.

Aktif Faylar Boyunca Ana Planlama : P.L. Ehlig.

Toplantıda verilen tebliğleri elde etmek için aşağıdaki adrese yazılmalıdır :

William K. Cloud.

Secretary

P.O. Box 826

Berkeley, California. 94701 — U.S.A.

3 — Amerika Jeofizik Birliği Yıllık Toplantısı :

Bu toplantı 4 - 7 Aralık 1972 tarihleri arasında San Fransisco'da yapılmıştır. Toplantının sismoloji bölümünde 62 tebliğ verilmiştir. Tebliğlerin özetleri Amerika Jeofizik Birliği tarafından çıkartılan EOS mec-

muasının Kasım 1972 de çıkan 11. ci sayısında yayınlanmıştır. Bu dergi 1.50 \$ karşılığında aşağıdaki adresten temin edilebilir.

American Geophysical Union
1707 L Street, N.W. Washington, D.C. 20036 — U.S.A.

YAYINLAR

1 — Earthquake related to reservoir filling : (Baraj göllerinin sebep olduğu depremler)

Ulusal Bilimler Akademisi, yerbilimleri bölümünün, sismoloji ve kaya mekaniği problemleri ile ilgili toplantı raporudur.

Raporda problemler ve tavsiyeler yer almaktadır. 23 sayfa ve ücretsiz olup aşağıdaki adresten temin edilebilir.

National Academy of Sciences.

Printing and publishing office,

2101 Constitution Avenue Washington D.C. 20418 — U.S.A.

2 — San Fernando Earthquake, February 9, 1971 : (9. Şubat. 1971 San - Fernando Depremi)

Karl V. Steinbrugge ve arkadaşlarının hazırladığı San Fernando depremi raporudur. Nüfus yoğunluğu oldukça fazla olan bir bölgede meydana gelen bu deprem, konutlarda maksimum hasar yapmıştır. Raporda depremin analizi özellikle sigortacılar, mühendisler ve devlet memurları ile kamu açısından ele alınmıştır. Rapor 93 sayfa olup fiyatı 2 \$ dir. Aşağıdaki adresten temin edilebilir.

Pacific Fire Rating Bureau,
465 California St. San Francisco

3 — Earthquake Risk (Deprem Riski)

Committee On Seismic Safety Of The California Legislature, tarafından hazırlanmış bulunan bu kitapta Deprem Riski konusu ile, 22-24 Eylül 1971 tarihli konferansta (Gordon B. Oakeshott başkanlığında) sunulan tebliğler de yer almaktadır. Kitap 152 sayfa olup fiyatı 5 \$ dir.

Adress — State of California, Joint Committee on Seismic Safety,
777 North first St. Suite 600 San Jose, Calif. 95112

4 — Plate Tectonic : (Tabla Tektoniği)

Amerika Jeofizik Birliği tarafından çıkarılan jeofizik araştırmalar bültenlerinde tabla tektoniği konusunda yayınlanmış beş yıllık araştırma sonuçları bu kitapta toplanmıştır. Kitap tektonik ile ilgilenen jeofizikçi ve jeologlar için iyi bir kaynaktır. Fiyatı 5 \$ dir. Amerikan Jeofizik Birliği üyelerine % 20 indirimle satılmaktadır.

Adres : American Geophysical Union
1707 L. St. N.W. Washington D.C. 20036 — U.S.A.

5 — Seismicity Of The Aereocean Area : (Avrupa Bölgesinin Sismisitesi)

Prof. V. Karnik tarafından hazırlanan bu kitap D. Reidel yayınevi tarafından iki cilt halinde yayınlanmıştır. Kitabın 1. cildinde;

Sismolojik bilgiler ve değerlendirilmeleri
Depremlerin uniform sınıflandırılmaları
İstatistikî veriler

1901 - 1955 yılları için Avrupa bölgesinin deprem kataloğu yer almaktadır. Bu cildin fiyatı 68 D. fl. dir. Kitabın ikinci cildi, Avrupa Bölgesinin Sismisite sonuçlarını kapsamaktadır. Bu ciltte;

1801 - 1900 yılları için deprem kataloğu
Sismik aktivitenin karakteristikleri
Sismolojik haritalar
Odak mekanizması
Tsunamiler
Sonuç ve tavsiyeler

bulunmaktadır. Bu cildin fiyatı 96.90 D. fl. dir. Kitabın her iki cildi de sismisite çalışmaları ve Türkiye'nin sismisitesi hakkında bilgi edinmek isteyenlere yararlıdır. Kitap, aşağıdaki adresten temin edilebilir :

D. Reidel Publishing Company

419 - 421 singel P.O. Box 17 Dordrecht — Holland

6 — Earthquake Engineering Foundations : (Deprem Mühendisliğinin Temelleri) N.M. Newmark ve E. Rosenblueth tarafından yazılan bu kitap Prentice - Hall yayınevi tarafından basılmıştır. Kitap 640 sayfa olup fiyatı 25 \$ dır. Kitapta deprem ve diğer titreşimlere maruz kalan yapılarla ilgili bütün temel prensipler verilmeğe çalışılmıştır. Başlıca şu bölümleri ihtiva etmektedir.

Basit doğrusal sistemlerin çeşitli halierdeki mukabelesi ve tabii titreşim modlarının sayısal metodlarla saptanması.

Elasto - Plastik sistemlerin analizi

Depremlerin özellikleri

Depremlerde zemin hareketleri ve yapı mukabeleleri

Baraj ve baraj gölleri üzerinde depremlerin etkileri

Deprem yükü altında malzeme ve taşıyıcı elemanların davranışları

Depreme dayanıklı inşaatın temel prensipleri ve yapıların, depreme dayanıklı olarak projelendirilmesi.

Kitabın, Depreme dayanıklı yapı projelendirilmesi konusunda tecrübesi az olan İnşaat Mühendislerine yararlı olacağı sanılmaktadır. Kitap, aşağıdaki adresten temin edilebilir.

Prentice-Hall Inc.
Englewood Cliffs N. 5

7 — 22.5.1971 Bingöl Depremi :

İmar ve İskân Bakanlığı, Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından yayınlanan bu rapor, aşağıdaki bölümleri ihtiva etmektedir :

Bingöl, bölgesinin coğrafi konumu morfolojisi, jeolojik ve tektonik durumu, sismisitesi

Depremin parametreleri

Depremin arazideki etkileri

Depremin yapılar üzerindeki etkileri

Depremden meydana gelen zararın öykümü

Sonuç ve tavsiyeler.

Rapor bu deprem hakkında bilgi edinmek isteyenlere yararlıdır. Aşağıdaki adresten ücretsiz olarak temin edilebilir.

İmar ve İskân Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü
Konur Sokak. No. 4/2 Yenisehir — ANKARA

1972 YILINDA YURDUMUZDA MEYDANA GELEN DEPREMLER

Bilindiği gibi yoğun bir sismik aktiviteye sahip olan yurdumuzda birçok depremler meydana gelmektedir. Bunların büyük bir kısmı aletsel olarak kaydedilmekte, hasar yapıcı nitelikte olan diğerleri ise hissedilmektedir.

Genellikle, Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Ege ve Marmara zonlarında küçük magnitudlü depremler oluşmakta ve bunlar bu bölgelerde istasyon kurmuş bulunan Kandilli Rasathanesi ve İ.T.Ü. ye ait aletlerle kaydedilmektedir. Yapılan işbirliği sonucunda bu kayıtlar ve değerlendirilmeleri Enstitümüze de gönderilmektedir.

Aletsel kayıtların haricindeki hissedilen lokal depremler de, Enstitümüzce hazırlanan ve Bakanlığa bağlı bütün İl İmar Müdürlüklerine gönderilen «Deprem Haber Alma Raporu»nun ilgili elemanlarca doldurulup, Enstitüye gönderilmesi suretiyle tesbit edilerek değerlendirilmektedir. Değerlendirilen bu depremlerden, bölgelerin sismik aktivite parametrelerinin hesaplanmasında istatistiki bir done olarak faydalanılmaktadır.

1972 yılına kadar yurdumuzda meydana gelmiş gerek hasar yapıcı ve gerekse hasar yapıcı nitelikte olmayan depremler bilinmekte olduğundan, burada herhangi bir tekrarlama yapılmayacak ve Enstitüye

gelen bilgilerin ışığı altında 1972 yılında meydana gelen depremlerden bahsedilecektir.

1972 yılı içerisinde «Deprem Haber Alma Raporu» ile Enstitüye bildirilen depremler aşağıda verilmiştir.

Tarih	Episantr Koord.	Mak. Şid.	Mağnitüd	Düşünceler
21-22/3/1972	40.4 N — 42.4 E	VI	5.2	Erzurum ili, Şenkaya ilçesi Gaziler bucağı ve köylerinde hissedilmiş ve binalarda hafif hasar meydana getirmiştir.
16/7/1972	38.3 N — 43.3 E	IV - V	4.6	Van ili, Edremit bucağı, Elmalı, köprüler, Ayazpınar ve Dönemeç köylerinde hissedilmiştir. Hasar yoktur.
9/8/1972	37.9 N — 32.9 E	IV - V	4.0	Konya ili, Merkez ilçesi, Sakyatın köyünde hissedilmiştir. 9/8/1972 den itibaren bir ay müddetle günde 2-3 defa olmuştur.
18/8/1972	39.2 N — 28.8 E	IV - V	4.0	Manisa ili, Demirci ilçesinde hissedildi.
29/8/1972	39.2 N — 28.8 E	IV - V	4.0	—
4/10/1972	39.2 N — 28.2 E	IV - V	4.0	—

Gelen «Deprem Haber Alma Raporları» değerlendirilerek maksimum şiddet (I_0) hakkında bir yargıya varılmakta ve bu değer, formların üzerine işlenilerek arşivde muhafaza edilmektedir. Bulunan bu maksimum şiddet değerinden amprik olarak depremin mağnitüdü hesaplanmaktadır. Episantr koordinatları ise depremin hissedildiği bölgelere dayanılarak çıkarılmaktadır.

AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİK ÇALIŞMALARI

Deprem Araştırma Enstitüsünün en önemli görevi depreme dayanıklı yapı konusunda çalışmalar yapmak ve bu çalışmalarını depreme

dayanıklı yapı yönetmeliği ile sonuçlandırmaktır. Enstitü bu alanda devamlı bir çalışma içindedir. Türkiye ve dünyada olan depremlerden çıkarılan sonuçlar, yerli ve yabancı çeşitli kuruluşlarca yapılmış deneysel ve teorik çalışmaların sonuçları devamlı olarak izlenmekte ve yönetmeliklerde ne şekilde yer alacakları tesbit edilmektedir.

İmar ve İskan Bakanlığınca en son 1968 yılında yayınlanmış yönetmeliğin geçen zaman içinde oluşan depremlerden ve yapılan deneysel çalışmalar sonucu elde edilen sonuçlar açısından kıymetlendirilmesi gerektiği doğmuştur. Bu arada yine aynı gerekçelerle yeniden düzenlenen Türkiye deprem bölgeleri haritasının Türkiye'yi beş bölgeye ayırması, bölgelerin ayrılmasında eskisinden farklı şiddet kıstaslarının kullanılması da yönetmeliğin yeniden düzenlenmesi gerektiğini doğurmuştur. Enstitü'ce çeşitli depremlerden devamlı olarak çıkarılan sonuçlar ve edinilen tecrübeler biriktirilmiştir. Aynı konuda Türkiye'deki resmi kuruluşlardan görüşleri Ağustos - 1972 de istenmiş bu görüşler Ekim - 1972'de başlayan yönetmelik taslağı hazırlama çalışmalarında dikkate alınmıştır. Mevcut yönetmelikte bulunmayan Mühendislik yapıları konusunda da hükümler konulmasını sağlamak için Bayındırlık Bakanlığı, Devlet Su İşleri, Karayolları ve diğer ilgili kuruluşlarla temasa geçilmiş ve işbirliği yapılması sağlanmıştır. Bu arada Aralık - 1972'de Yeni Yönetmelik taslağı hazırlanmıştır. Yeni Yönetmelik taslağı çeşitli devlet kuruluşları ve üniversitelere Ocak - 1973 yılında gönderilmiş ve bu kuruluşların görüşleri istenmiştir. Bu yeni görüşlerin ışığında yapılacak değişikliklerden sonra Enstitü ve Bayındırlık Bakanlığı yetkililerince girişilecek çalışmalar sonucunda kesin halini alacak yeni yönetmeliğin tahminen 1973 yılı içinde yayınlanıp yürürlüğe girmesi sağlanacaktır.

YENİ «TÜRKİYE DEPREM BÖLGERLERİ HARİTASI»

Bilinen kayıtlara göre birçok büyük depremlere sahne olan yurdumuz, çok aktif bir deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır.

Son yüzyıl içinde de bunun acı örneklerini görmek mümkündür. Bu doğal afetin ortaya koyduğu sonuçlar çok hazin olmasına rağmen, zaman geçince unutulmuş ve gereken tedbirler alınmamıştır.

Bu nedenle halen konu ile ilgili bilgi ve tecrübeler artmış bulunmasına rağmen, toplumlar bu doğal afet karşısında yine de kendilerini daha emniyetli durumda bulamamaktadırlar. Bu afete karşı can ve mal güvenliği depreme dayanıklı yapıların yapılması ve gerekli tedbirlerin alınması ile sağlanabilecektir.

Çağdaş tekniğe göre bu yolda yapılan çalışmaların sonucunda, deprem kuşaklarına giren ülkelerde «Deprem Yönetmelikleri» hazırlanmıştır. Bu yönetmeliklerin uygun ve ekonomik şekilde uygulanabilmesi için, sismik bakımdan aktif bulunan bölgelerde, deprem yönünden değişiklik özelliklere sahip farklı zonların ayrılması gerekmektedir.

Bir ülke içinde, sismik bakımdan farklı özelliklere sahip bölgeleri gösteren ve sismik kuvvetlerin tahmininde kullanılan haritalara «Sismik Zonlar» veya «Deprem Bölgeleri Haritası» adı verilmektedir.

Türkiye'de bu konu ile ilgili ilk çalışma 1939 Erzincan depreminden sonra ele alınmış, 1945 yılında Bayındırlık Bakanlığınca «YER SARSINTISI BÖLGELERİNİ GÖSTERİR HARİTA» adı altında ilk deprem haritası yayınlanmıştır. Bu haritada Türkiye, deprem bakımından :

- 1 — Büyük hasara uğramış bölgeler
- 2 — Tehlikeli yer sarsıntısı bölgeleri
- 3 — Tehlikesiz bölgeler

olmak üzere üç gruba ayrılmıştır.

İmar ve İskân Bakanlığının kuruluşundan sonra, eldeki mevcut donelere göre ilk harita geliştirilmiş, 1963 yılında bugün halen kullanılmakta olan harita yitiriliğe konmuştur.

Bu haritanın hazırlanışı esnasında; bilimsel sismolojik ve tektonik araştırmalardan ziyade, tarihi deprem kayıtlarına ve kişilerin ön sezilerine dayanmış bulunması, bölgelendirmede belirli bir esas takip edilmemesi, deprem bölgeleri arasında, deprem olayında rastlanmayan süreksizliklerin bulunması (1 nci bölgenin yanında tehlikesiz bölge gibi), haritada tehlikesiz bölge olarak işaretlenen bazı yerlerde, son yıllarda yıkıcı depremlerin meydana gelmiş olması (Amasra - Bartın depremi) ve bundan sonra bu konunun geliştirilmesine ışık tutacak birçok çalışmalar yapılmış olması (sismisite, tektonik ve sismo - tektonik'le ilgili çalışmalar yayınlanmış, yeni deprem katalogları hazırlanmıştır.) ve mevcut Deprem Bölgeleri Haritasının, çağdaş tekniğin icaplarına yeter derecede uymaması nedenleriyle Deprem Araştırma Enstitüsünce, yeni bir haritanın hazırlanmasına iltiyâç duyulmuş ve yeni bir harita hazırlanmıştır.

Aynı şekilde depreme maruz diğer ülkelerde de gelişen tekniğin zorunluluğu olarak mevcut deprem haritalarının geliştirilmesine ve yeniden düzenlenmesine gidilmiştir. Örneğin Amerika'da 1948 ve 1959 yıllarında, Rusyada da 1947 ve 1957 yıllarında iki kez geliştirilip yenilenmiştir.

Yeni deprem haritalarının hazırlanmasında ortak yöntemleri saptamak amacıyla 1964 Paris Uluslararası Sismoloji ve Deprem Mühendisliği Toplantısında deprem bölgeleri haritasının hazırlanmasına temel teşkil edecek kaynaklar olarak :

- 1 — Deprem Katalogları
- 2 — Episantr Haritaları
- 3 — Hissedilen Maksimum Şiddet Haritaları
- 4 — Sismo - Tektonik Haritalar

öngörülmüştür.

Bunlara ek olarak Enstitümüzce Sismik Risk Haritaları üzerinde çalışmalar yapılmış ve elde edilen yeni donelerden faydalanılmıştır. Sonra mevcut haritaların geliştirilmesi ile ilgili 1968 Strasbourg Avrupa Sismoloji Komisyonunun tavsiyelerine uyularak tehlikeli bölgelerin sınıflandırılmasında;

V ve daha küçük şiddete maruz bölgeler	tehlikesiz bölge
VI Şiddetinde bulunan yerler	4 Derece tehlikeli bölge
VII Şiddetinde bulunan yerler	3 Derece tehlikeli bölge
VIII Şiddetinde bulunan yerler	2 Derece tehlikeli bölge
IX ve daha büyük şiddetteki yerler	1 Derece tehlikeli bölge

olarak gösterilmesi önerilmiş ve bizdeki çalışmalarda da bu prensiplere genellikle uyulmuştur. Ancak prensiplerin bizdeki tatbitakında bölgenin tektoniği, jeolojisi, deprem riski ve binaların ekonomik ömürleri gibi konular gözönüne alınmış ve bazı bölgelerin derecelendirilmesinde, bunlardan elde edilen sonuçlar bölge için şiddet artırıcı veya azaltıcı faktörler olarak kabul edilmiştir. Muğla, Kırşehir, Kayseri, Malatya ve Urfa taraflarında olduğu gibi. Ayrıca harita üzerinde tehlikeli bölgeleri ayıran sınırların uygulamada kolaylık sağlamak amacı ile hangi esaslara uyularak geçirilmesinin uygun olacağı da araştırılmış ve bu çalışmaların sonucunda; Kasaba merkezi hangi bölgede ise mülki hudutları ile birlikte o bölgeye dahil olması öngörülmüştür.

Çağdaş tekniğin gelişmesi ile birlikte deprem bölgeleri haritasının da zamanla geliştirip yenilenmesinin zorunlu olduğu bir gerçektir.

Bu nedenle konuya ilişkin çalışmaların devamlılık arzemesi gerekmektedir.

Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni

Yayın Koşulları

1. Bülteneye 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) Şekillerinin aydınlatılmış kağıdına çini mürekkebi ile çizilmiş olması
 - f) Fotoğrafların net ve klişe alınmasına müsait bulunması gerekmektedir.
2. Telif araştırma yazılarının baş tarafına araştırmanın genel gerçeğini belirten en çok 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 yayınlandıktan sonra tahakkuka bağlanır.
5. Bültende yayınlanacak yazıların 300 kelimelik beher standart sahıfesi için teliflerde 40, tercümelerde 30 TL. ücret ödenir.

6. Yazılarda bulunan şekiller için, gerekli olan asgari alan içinde bulunabilecek kelime sayısına göre ücret takdir edilir.
7. Telif ve tercüme ücretlerinden doğacak vergi yükümlülüğü tamamen yazı sahiplerine aittir.
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 vb. 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.