



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

# DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

26



## Deprem Araştırma Bülteni (DAB)

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



Temmuz [July] / 1979  
Cilt [Volume]: 7

# Sayı [Issue]: 26

# İÇİNDEKİLER [INDEX]

Sayfa [Page]

---

## ARAŞTIRMA [RESEARCH]

İstanbul İçin Deprem Riski Analizi [Earthquake Risk Analysis for Istanbul]

Semih TEZCAN, Yalçın ACAR, Ahmet ÇİVİ ..... 5-34

## ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Çerçeve Sistemlerin Yatay Yükler Altında İncelenmesi [Investigation of Frame Systems Under Horizontal Loads]

Ruhi AYDIN ..... 35-70

## ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Batı Anadolu'da Bazı Yerleşim Alanlarında Beklenen Deprem Şiddetlerinin Saptanması [Determination of Expected Earthquake Intensities in Some Settlement Areas in Western Anatolia]

Demir KOLÇAK, Y. KARAYEL ..... 71-86

## DİĞER [OTHER]

Deprem Dalgasının Faz Karakteristikleri ve Uygulamasına İlişkin İnceleme [Analysis of Phase Characteristics and Application of Seismic Wave]

Muzaffer İPEK ..... 87-97

**DEPREM  
ARAŞTIRMA  
ENSTİTÜSÜ  
BÜLTENİ**

**26**

**DEPREM  
ARAŞTIRMA  
ENSTİTÜSÜ  
BÜLTENİ**

**26**

**DEPREM ARAŞTIRMA  
ENSTİTÜSÜ BÜLTENİ**



Üç Ayda Bir Yayınlanır  
Bilim ve Meslek Dergisi



**Sahibi**

İmar ve İskan Bakanlığı adına  
Oktay Ergünay  
Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanı



**Yazı İşleri Müdürü**

Aysel Özil  
Deprem Araştırma Enstitüsü  
Yayın ve Dökümantasyon Müdürü



**Yönetim Yeri ve Yazışma Adresi**

Deprem Araştırma Enstitüsü  
Başkanlığı Yüksel Caddesi No. : 7/B



**Yenişehir/ANKARA**

**Telefon : 18 66 29 — 17 69 55**



**Baylan Matbaası 30 24 87 — 30 24 93**



**İlanlar pazarlığa tabidir.**

**Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni**

**YIL : 7**

**SAYI : 26**

**TEMMUZ 1979**

**BU SAYIDA**

**İstanbul İçin Deprem Riski Analizi ..... Semih TEZCAN**

**Yalçın ACAR**

**Ahmet ÇIVI**

**Çerçeve Sistemlerin Yatay Yükler Altında  
İncelenmesi ..... Ruhi AYDIN**

**Batı Anadolu'da Bazı Yerleşim Alanlarında  
Beklenen Deprem Şiddetlerinin Saptanma-  
sı ..... Demir KOLÇAK**

**Y. KARAYEL**

**Deprem Dalgalarının Faz Karakteristikleri  
ve Uygulanmasına İlişkin İnceleme ..... Muzaffer İPEK**

# İSTANBUL İÇİN DEPREM RİSKİ ANALİZİ

Semih Tezcan<sup>1</sup>, Yalçın Acar<sup>2</sup> ve Ahmet Çivi<sup>3</sup>

## ÖZET

İstanbul il sınırları içinde yapısal hasara meydan verebilecek şiddetli bir depremin episantrının sadece kuzey Anadolu fay hattı üzerinde yer alabileceği varsayılmıştır. Bu fay hattının İstanbul'a komşu olan 600 km'lik bir parçası üzerinde 1869 ve 1968 yılları arasındaki doksan dokuz sene içinde meydana gelen en şiddetli depremler göz önüne alınmış ve Gumbel'in yıllık ekstrem değerler metodu kullanılarak, 50 yıllık ekonomik ömrü olan normal bir yapı için %15 yıllık risk ile beklenen en şiddetli depremin manyitüdü ve ayrıca İstanbul ili içinde kaya zeminlerde beklenen zemin ivmesinin maksimum değeri tahmin edilmiştir. Maksimum manyitüd ve maksimum zemin ivmesi tahminleri önemli yapılar ve nükleer santral gibi çok önemli yapılar için de yapılmıştır.

## GİRİŞ

### TOPLANMASI GEREKEN BİLGİLER

Herhangi bir bölgede gelecekteki şiddetli bir depremin manyitüdü, yer hareketinin ivmesi, süresi ve frekans içeriği gibi özelliklerini ihtimaller analizi yaparak tahmin edebilmek için başlıca beş hususta bilgi sahibi olmalıdır: 1) Bölgenin ve civarının sismotektonik yapısı

<sup>1</sup> Deprem Mühendisliği Araştırma Enstitüsü Direktörü, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul

<sup>2</sup> Doktora öğrencisi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul

<sup>3</sup> Kompüter Merkezi Müdür Yardımcısı, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul



ve özellikle deprem kaynağı olabilecek sismotektonik yörelerin tayini; 2) bölgeyi etkisi altına alabilecek depremlerin noktasal, çizgisel veya alansal nitelikte olabilen kaynaklardan hangisine ait olduğunun belirlenmesi, 3) her sismotektonik yörenin sismik aktivitesinin tarihçesinin belirlenmesi, 4) noktasal, çizgisel veya alansal kaynaklardan orijinlenecek bir depremin episantrdaki yer ivmesinin yapının bulunduğu alana gelinceye kadar yapacağı yolculuk esnasında kaybedeceği (attenuation) değerini saptanması, 5) yapı ve civarının jeolojik karakteri, zemin özelliklerinin tayini ve yapının altındaki taban kayada oluşacağı tahmin edilen bir yer hareketinin yumuşak zemin tabakalarından geçerken büyütülmesi nedeni ile, yapı temeli hizasında serbest yüzeyde meydana gelebilecek yer hareketinin özelliklerinin saptanması.

Sismotektonik yöre (seismotectonic province) tabiri, jeolojik formasyon ve jeolojik yapı itibarı ile nisbeten değişiklik arzetmeyen bir karaktere sahip bir bölge için kullanılmaktadır. (1) Sismotektonik yörelerin belirlenmesi ile, deprem kaynaklarının noktasal, çizgisel veya alansal olarak saptanması arasında büyük bir ilişki vardır. Çünkü, bazı sismotektonik yöreler adeta nokta gibi belirli bir yöreye bazıları bir fay hattı boyunca uzunca bir çizgiye, diğerleri ise genişçe bir alana tekabül ederler. İncelemeye konu olan yapının bulunduğu yeri etkisi altında bulundurabilecek depremler bazen bu üç çeşit kaynağın her üçünden, herhangi ikisinden veya sadece birinden kaynaklanabilir.

## İSTANBUL İLİ İÇİN YAPILAN KABULLER

### SİSMOTEKTONİK YÖRE

İstanbul ilini etkisi altına alabilecek şiddetli bir depremin kaynağının sadece çizgisel olduğu kabul edilmiştir. Bu çizgi kuzey Anadolu fay hattının Marmara denizi ortasından geçen uzantısıdır. Çizgisel kaynak dışında, Romanya'daki Karpatlar bölgesi noktasal bir kaynak olarak ayrıca, Ege bölgesi depremleri de alansal bir kaynak olarak İstanbul'u etkisi altına alabilir. Ancak, Karpatlar veya Ege bölgesinde meydana gelebilecek en şiddetli (M=8) bir depremin bile İstanbul'daki yer ivmesi çok küçük olur. Karpatlar'dan

kaynaklanacak orta sıklıktaki bir depremin doğuracağı çok küçük ivmeli (takriben 0.02g) fakat büyük periyotlu (takriben  $T=1.5$  ilâ  $T=2$  san.) deprem dalgalarının yüksek binalarda yapacağı etkileri ayrıca göz önüne almak gerekir. Bunun dışında, İstanbul ilinin deprem riski analizine sadece kuzey Anadolu fay hattının çizgisel kaynağından orijinlenecek depremleri dahil etmek yeterlidir.

İstanbul için Sismotektonik Yöre olarak (seismotectonic province) Şekil 1'de gösterilen,  $40.5^{\circ}N - 41.0^{\circ}N$  enlemleri ile,  $25.0^{\circ}E - 32.0^{\circ}E$  boylamları arasında kalan ve takriben 55km x 500 km boyutlarında olan ince uzun bir şerit seçilmiştir.

#### SİSMİK TARİHÇE

Kuzey Anadolu fay hattı boyunca meydana gelen depremler Türkiye'ye ait deprem kataloglarında mevcuttur (2, 3, 4). İstanbul ilinin risk analizi için 1869 - 1968 yılları arasında kalan ve yukarıda adı geçen dar bir şerit içinde meydana gelen doksan dokuz senelik bir sismik tarihi periyot göz önüne alınmıştır (Tablo 1).

#### GUMBEL-YILLIK EKSTREM DEĞERLER METODU

Deprem katalogları eski devirlere ait genellikle en şiddetli depremleri ihtiva ederler. Hattâ, eski devirlere ait çoğu şiddetli depremler kataloglara girmemiş olabilir. Türkiye'de meydana gelen ve katalogda verilen depremlerin sayıları çeşitli tarihsel devirler için şöyledir:

<u>YILLAR</u>	<u>ADET</u>
1371 - 1470	9
1471 - 1570	14
1571 - 1670	26
1671 - 1770	55
1771 - 1870	145
1871 - 1970	2784

Bu örnekden de görüleceği üzere, katalogdaki deprem bilgileri eski devirlere doğru gidildikçe yetersiz ve eksik kalmaktadır. Halbuki, Türkiye'nin sismitesi yüzyıllar boyunca sabit kalmıştır. Yer kabuğunun hareketlerinden ileri gelen depremlerin ortaya çıkardığı enerjinin miktarı bir yüzyıldan diğerine önemli ölçüde değişmez. Katalog'daki deprem adedinde, eski devirlere gidildikçe bir azalma olması

TABLE 1. İSTANBUL İÇİN SİSMİK TARİHÇE (1869 - 1968)

TARİH	I <sub>o</sub> —	ENLEM N°	BOYLAM E°	h km	M —
31 5 1869	7.0	40.60	28.00		5.76*
3 1 1870	6.0	40.50	28.50		5.17*
13 1 1871	6.0	40.60	28.90		5.17*
17 1 1872	6.0	40.80	29.00		5.17*
9 11 1873	7.0	40.50	25.60		5.76*
3 1 1874	6.0	40.80	28.40		5.17*
23 11 1875	6.0	40.70	28.00		5.17*
13 10 1877	8.0	40.60	27.40		6.35*
19 4 1878	8.0	40.80	29.00		6.35*
4 10 1881	6.0	41.00	26.70		5.17*
0 9 1887	6.0	40.80	29.10		5.17*
28 1 1893	7.0	40.50	25.60		5.76*
10 7 1894	9.0	40.60	28.70		6.94*
0 0 1897	6.0	40.60	30.50		5.17*
0 2 1900	5.0	40.89	26.54		4.58*
0 6 1902	5.0	40.98	27.50		4.58*
9 8 1912	10.0	40.50	27.00	60	7.75
0 9 1924	6.0	40.90	29.20		5.17*
0 12 1926	6.0	40.77	29.90		5.17*
0 1 1927	6.0	40.90	31.00		5.17*
3 5 1928	7.0	40.65	26.80		5.76*
4 1 1935	9.0	40.50	27.50		6.25
20 6 1943	9.0	40.80	30.40		6.25
5 4 1944	8.0	40.60	30.90		6.35*
24 10 1954	—	40.50	28.00		5.25
26 5 1957	9.5	40.67	30.86		7.11
2 4 1959	7.0	40.50	29.18		5.76*
28 3 1961	5.0	40.50	30.50		4.70
18 9 1963	8.0	40.50	29.10		5.91
11 4 1964	—	40.50	25.00	33	5.10
23 8 1965	—	40.50	26.20	33	5.10
30 12 1966	—	40.70	30.70	31	4.20
22 7 1967	10.0	40.70	30.80	4	7.20

I<sub>o</sub> = Episantrda deprem şiddeti

h = Odak derinliği

M = Richter manyitüdü

(\*) M = 0.59 I<sub>o</sub> + 1.63 bağıntısı ile hesaplanmıştır.

sismik aktivitenin değiştiğine değil, katalog bilgilerinin eksik olduğuna bir işaret sayılmalıdır.

Hem katalog'daki bilgilerin eksikliğini gidermek hem de bir yıl içinde meydana gelen depremlerden en şiddetli olanından geri kalanlarının sonuçlara etkisini ortadan kaldırmak amacı ile, sadece yıllık en şiddetli depremin manyitüdüünü esas alan bir ihtimaller hesabı geliştirilmiştir.

Gumbel (5) tarafından geliştirilen ekstrem değerler metoduna göre, yıllık maksimum şiddetli deprem manyitüdülerinin dağılımı

$$G(M) = e^{-\alpha} e^{-\beta M} \quad (1)$$

bağıntısı ile verilir. Burada, M = deprem manyitüdü,  $\alpha, \beta$  = regresyon katsayıları,  $G(M)$  = bir yılda manyitüdü M'den büyük depremlerin aşılmama olasılığıdır.

Gutenberg-Richter (6) tarafından aynı amaçla deprem manyitüdü M'yi, bir yıldaki tüm depremlerin adedi N'ye bağlıyan

$$\log N = a - bM \quad (2)$$

formülü verilmiştir. Burada, a, b = regresyon katsayıları, N = manyitüdü M veya daha büyük olan depremlerin bir yıldaki sayısıdır. Bu iki bağıntı arasında aşağıdaki matematiksel ilişkiler mevcuttur:

$$\alpha = 10^a \quad (3)$$

$$\beta = \frac{b}{\log e} \quad (4)$$

$$a = \log \alpha \quad (5)$$

$$b = \beta \log e \quad (6)$$

$$N = \alpha e^{-\beta M} = -\ln G \quad (7)$$

Hesaplar birer yıl içindeki maksimum deprem yerine, kendilerini  $T_r$  yılda tekrarlıyan depremler için yapılsaydı,  $T_r = 1$  yıl yerine,  $T_r$  yıl konulmalı idi. Sismik aktivitenin zaman içinde üniform yayılma varsayımından hareket ederek, manyitüdü M veya daha büyük depremlerin sayısı N için

$$N = T_r \alpha e^{-\beta M} \quad (8)$$

$$N = -\ln G = -\ln (e^{-\alpha T_r} e^{-\beta M}) \quad (9)$$

yazılır. Regresyon katsayılarını bulmak için, önce her yılda meydana gelen en şiddetli deprem manyitüdü saptanır. Daha sonra, Gumbel dağıtım sayılarını bulmak için depremler en küçük manyitüdden başlamak üzere gittikçe büyüyen sıraya dizilerek, herbirinin karşısına tekerrür sayıları, frekansları ve kümülatif Gumbel dağılımları yazılır. En küçük kareler metodu<sup>(8)</sup> kullanılarak logN değerleri ile M manyitüdlərini temsil eden doğru parçasının

$$\log N = a - bM \quad (2)$$

denklemine ait a ve b regresyon katsayıları hesaplanır. Manyitüdlər x-ekseninde, logN değerleri y-ekseninde alınır, bu koordinatların gösterdiği data noktalarından geçen en yakın doğru parçasının

$$y = a - mx$$

$$\log N = a - bM$$

denklemlerindeki a ve b katsayıları en küçük kareler metodu ile tayin edilir.

### GUMBEL METODUNUN İSTANBUL İLINE UYGULANMASI

İstanbul sismotektonik yöresi ve son doksan dokuz yıllık süre için maksimum yıllık deprem manyitüdləri Tablo 2'de gösterilmiştir. Tablo 1'de yanlarında yıldız işareti bulunan manyitüdlər aletsel veriler bulunmadığından

$$M = 0.59 I_0 + 1.63 \quad (10)$$

ampirik formülünden hesaplanmıştır.

İstanbul için yıllık maksimum manyitüdlər ile, yukarıda açıklandığı şekilde hesaplanan Gumbel dağıtım sayıları ve logN değerleri Tablo 3'de gösterilmiştir. Bu tablodan görüleceği üzere onbeş

farklı manyitüd değeri için onbeş noktadan geçen doğru parçasının denklemini, en küçük kareler metoduna göre tayin edilmiştir. Data noktaları ile, geçirilen doğru parçası Şekil 2'de gösterilmiştir. Regresyon katsayıları için  $a = 2.26$ ,  $b = 0.546$  ve regresyon uyumluluk parametresi  $r = 0.94$  olarak hesaplanmıştır. Gumbel regresyon katsayıları için, yukarıda verilen ifadeler yardımı ile

$$\alpha = 10^a = 10^{2.26} = 182$$

$$\beta = b/\log e = 1.26$$

elde edilir. O halde, İstanbul ili için deprem manyitüdülerinin dağılımları

$$G = e^{-\alpha e^{-\beta M}} = e^{-182e^{-1.26M}}$$

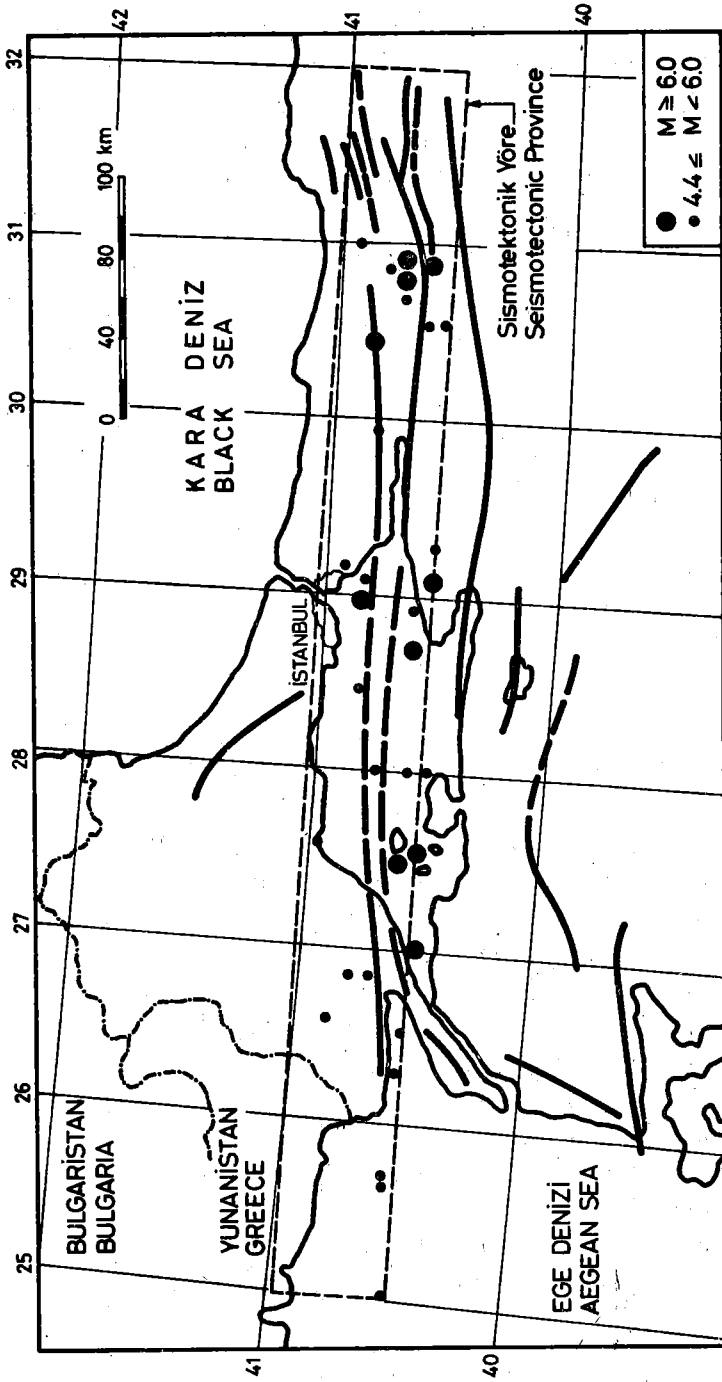
$$\log N = 2.26 - 0.546M$$

bağıntısına tabidir. Bu dağılımlar, bir yıllık baz süre içindir.

TABLO 2 - YILLIK MAKSİMUM MANYİTÜDLER

YIL	M <sub>max</sub>	YIL	M <sub>max</sub>	YIL	M <sub>max</sub>
1869	5.76	1893	5.76	1943	6.25
1870	5.17	1894	6.94	1944	6.35
1871	5.17	1897	5.17	1954	5.25
1872	5.17	1900	4.58	1957	7.11
1873	5.76	1902	4.58	1959	5.76
1874	5.17	1912	7.75	1961	4.70
1875	5.17	1924	5.17	1963	5.91
1877	6.35	1926	5.17	1964	5.10
1878	6.35	1927	5.17	1965	5.10
1881	5.17	1928	5.76	1966	4.20
1887	5.17	1935	6.25	1967	7.20

Not: Deprem bulunmayan yıllar için  $M_{\min} = 4.40$  kabul edilmiştir.



ŞEKİL I- İSTANBUL İÇİN SİSMOTEKTONİK YÖRE VE EPİSANTR HARİTASI

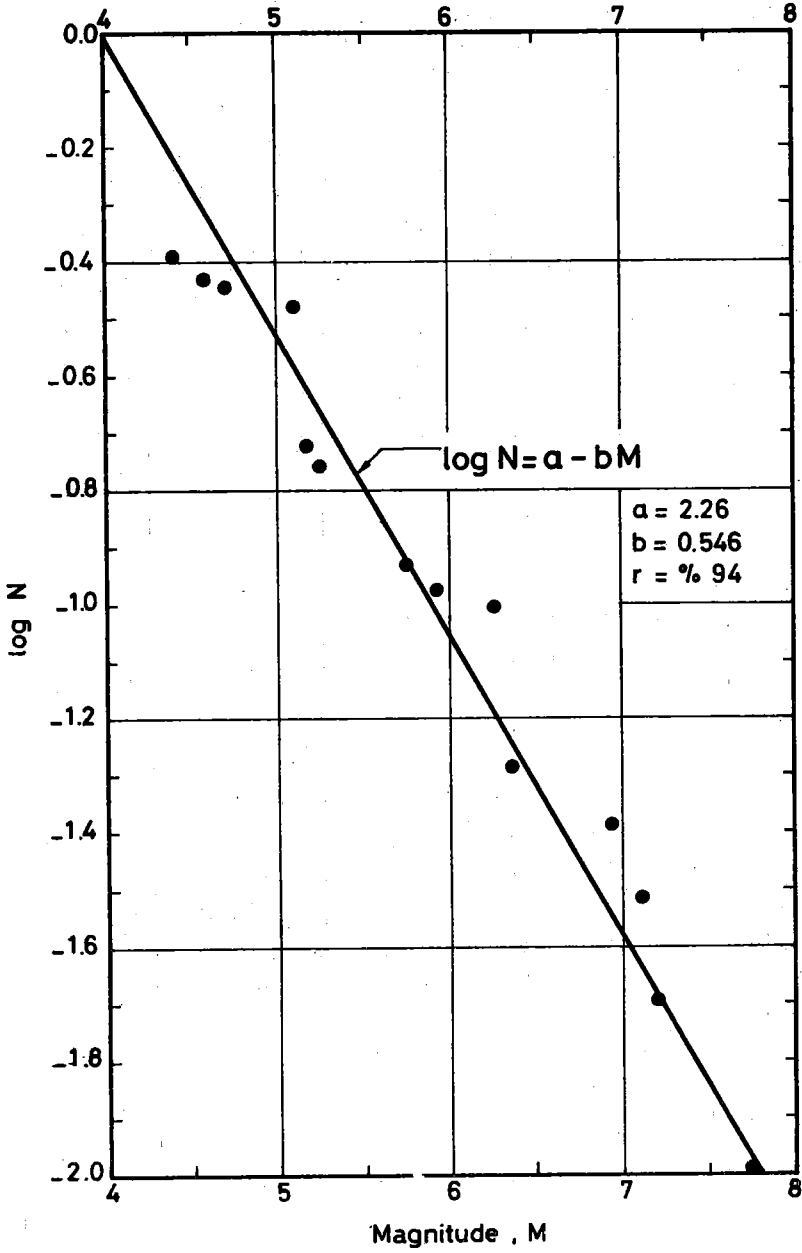
TABLO 3. İSTANBUL İÇİN GUMBEL YILLIK MAKSİMUM  
DAĞILIMI HESAPLARI (1869 - 1968)

M	j	$f = \frac{j}{n+1}$	G(M)	$N = -\ln G$	log N
4.20	1	0.01	0.01	4.6052	+0.663
4.40	66	0.66	0.67	0.4005	-0.397
4.58	2	0.02	0.69	0.3710	-0.430
4.70	1	0.01	0.70	0.3567	-0.447
5.10	2	0.02	0.72	0.3285	-0.484
5.17	11	0.11	0.83	0.1863	-0.729
5.25	1	0.01	0.84	0.1743	-0.758
5.76	5	0.05	0.89	0.1165	-0.933
5.91	1	0.01	0.90	0.1054	-0.977
6.25	2	0.02	0.92	0.0834	-1.078
6.35	3	0.03	0.95	0.0513	-1.289
6.94	1	0.01	0.96	0.0408	-1.389
7.11	1	0.01	0.97	0.0304	-1.516
7.20	1	0.01	0.98	0.0202	-1.694
7.75	1	0.01	0.99	0.0100	-1.997

Not: a = 2.26, b = 0.546, r = 294

$$\log N = a - bM = 2.26 - 0.546M$$





SEKİL 2- MANYİTÜD-LOG N BAĞINTISI

## YER İVMESİNİN UZAKLIKLA DEĞİŞİMİ

Yer ivmesinin mesafe ile nasıl azaldığını saptayabilmek için Tablo 4'de gösterildiği gibi literatürde çeşitli ampirik formüller verilmiştir. Bu ampirik formüller birbirlerinden çok farklı sonuçlar verir. Genellikle, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya ve Meksika depremleri için önerilmiş olan bu ampirik ivme-mesafe formüllerinin, Türkiye depremlerine de geçerli olabileceğini iddia etmek güçtür.

Ayrıca, zemin şartlarını ve zemin büyültmesini içine katan ampirik formüller gereğinden fazla muhafazakârdır. İvme-zaman bağıntısının tayininde en gerçekçi davranış, deprem dalgalarının önce kaya içinde yayılması esnasında uğrayacağı kayıpları araştırmak, daha sonra yapı altındaki taban kayadan serbest zemin yüzüne kadar geçen yumuşak zemin ortamında dalgaların varsa büyültme analizini saptamaktır.

Deprem dalgalarının kaya içindeki ivme-mesafe ilişkileri Kaliforniya, A.B.D. eyaletindeki depremler için gerçek sismik kayıtlara dayanılarak Gutenberg-Richter<sup>(5)</sup> ve özellikle Schnabel, Seed<sup>(7)</sup> tarafından tayin edilmiş ve bu çalışmalara ait normalize edilmiş eğriler Şekil 3 ve 4'de verilmiştir.

Kaya içinde ivmenin uzaklıkla değişimi bu eğrilerle bulunduktan sonra, yapı altında taban kayadaki ivmenin zemin yüzüne çıkıncaya kadar uğrayacağı değişiklik dalga denklemleri kullanılarak zemin büyültme analizleri yardımı ile ayrıca tayin edilmelidir<sup>(9)</sup>.

Bu çalışmada, ivmenin sadece kaya içindeki azalışı göz önüne alınmış, ivmenin yumuşak zemin içindeki değişimini incelemeye yarayan dalga analizine yer verilmemiştir. Çünkü, dalga analizi yolu

TABLO 4- MAKSİMUM ZEMİN İYMESİNİN UZAKLIKLA DEĞİŞİMİ İÇİN AMPİRİK FORMÜLLER

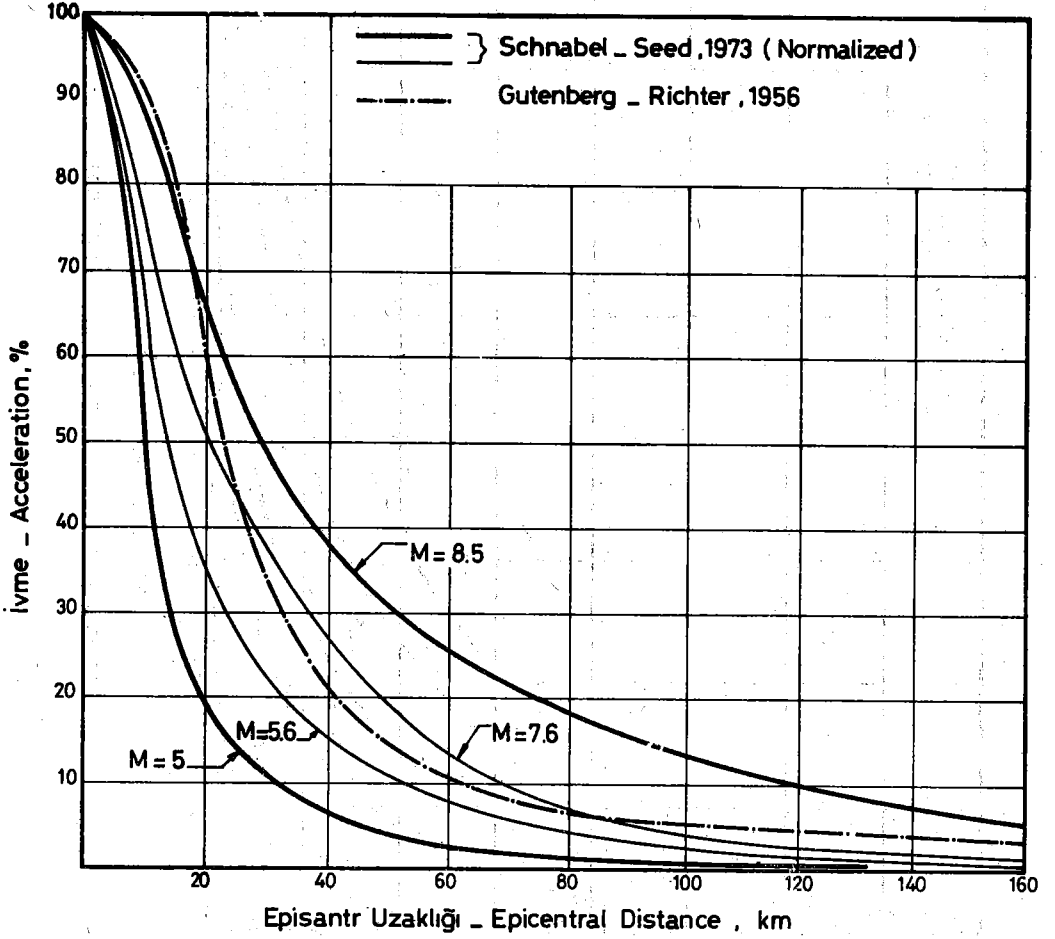
NO.	AMPİRİK FORMÜLLER 1	NOT	YAZAR	ÖRNEK 2
1	$\log a_0 = -2.1 + 0.81M - 0.027M^2$	Uzaklık ile değişim Şekil 3'de verilmiştir.	Gutenberg, 1956	$a_0 = 177$ $a = 96$
2	$\log a_0 = -b + 0.81M - 0.027M^2$ $b = -1.59 + 2.47 \log(\rho v_s) - 0.41 \log^2(\rho v_s)$ $a = a_0 / (1 + (D/h)^2)$	$b = 2.0$ kaya $b = 1.2$ yumuşak zemin $\rho = \gamma/g$ $\gamma = \text{ton/m}^3$ $v_s = \text{m/sn.}$	Blume, 1956	$a_0 = 218$ $a = 79$ ( $b=2$ )
3	$\log a = \log(5/\sqrt{T}) + 0.61M - P \log R + Q$ $P = 1.66 + 3.6/R$ ; $Q = 0.167 - 1.83/R$	$T =$ Zemin hakim periyodu	Kanai, 1966	$a = 816$ $T = 0.30$
4	$\log v = 0.61M - P \log R - 0.631 - 1.83/R$ $a = 20v$	Nükleer Santraller için tavsiye edilmiştir.	Kanai, 1966	$v = 14$ $a = 285$
5	$a = 6.77 e^{1.64M} (1.1e^{1.1M} + D^2)$	-	Milne-Davenport, 1969	$a = 231$
6	$a = 1230 e^{0.8M} / (R + 25)^2$	-	Esteve, 1970	$a = 164$
7	$a = 1080 e^{0.5M} / (R + 25)^{1.32}$	-	Donovan, 1973	$a = 235$
8	$a = 4.68 g 10^{M-5} (h + 7.2 10^{M-5})^P$ $\ln P = 0.26 (D/h)^{1.5}$	Udine, İtalya'da verilen bir tabliğden	Krishna, 1977	$a = 419$

(1)

- D = Episantr mesafesi, km (<10km)  
R = Hiposantr mesafesi, km  
h = Odak derinliği, km  
a = Maksimum ivme, cm/sn<sup>2</sup>  
v = Maksimum Hiz, cm/sn<sup>2</sup>

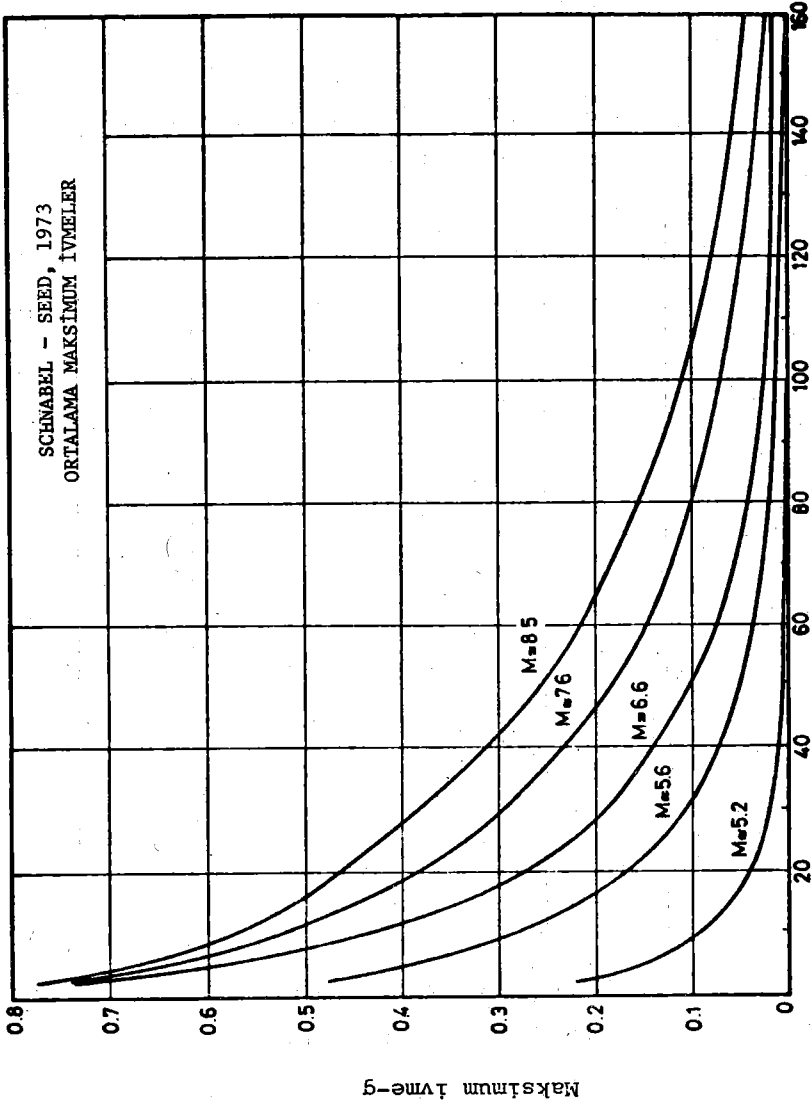
(2)

- D = 20 km  
R = 20 km  
h = 15 km  
M = 7



SEKIL 3- KAYADA İVME-MESAFE EĞRİLERİ

SCHNABEL - SEED, 1973  
ORTALAMA MAKSİMUM İVMELER



FAY HATTINA OLAN UZAKLIK , KM

ŞEKİL 4- KAYADA İVME-MESAFE EĞRİLERİ

ile zemin büyültmesinin tayin edilmesi bu makalenin konusu dışındadır ve ayrıca İstanbul'da zemin durumu genellikle taban kaya tarafına girer ve kayma dalgası hızı 700 m/saniye'nin üstündedir. Kayma dalgası hızının 700 m/saniye'den daha düşük olduğu zeminlerde, ayrıca bir zemin büyültme analizi yapılması gerekir.

## İSTANBUL İÇİN ÇEŞİTLİ İHTİMALLERİN HESABI

1. Yıllık maksimum manyitüdülerin ortalaması

$$\bar{M} = M_{\min} + \frac{1}{\beta} = 4.20 + \frac{1}{1.26} = 4.99 \quad (11)$$

2. En sık vuku bulan yıllık manyitüd

$$\bar{M}_{\max} = \frac{\ln \alpha}{\beta} = \frac{\ln 182}{1.26} = 4.13 \quad (12)$$

dür. Bu değere "modal maksimum" denir. Bu manyitüdün tekrarlama periyodu bir yıldır. Modal maksimum manyitüdün değerini bir yıllık baz süre içindeki deprem sayısını veren

$$\log N = 2.26 - 0.546 M$$

denkleminde  $N = 1$  koymak sureti ile de bulabiliriz:

$$\bar{M}_{\max} = \frac{a}{b} = \frac{2.26}{0.546} = 4.13$$

3. İncelemeye konu olan sismik tarihçe  $T_r = 99$  yıl içinde meydana gelebilecek maksimum manyitüd, daha başka bir deyimle, tekrarlama periyodu  $T_r = 99$  yıl olan manyitüd

$$\log N = a - bM + \log T_r \quad (13)$$

bağıntısında  $N = 1$  konularak

$$M_{\max} = \frac{a + \log T_r}{b} = \frac{4.26}{0.546} = 7.79$$

olarak bulunur. Gutenberg-Richter ihtimaller hesabı, 99 yıl-

lık bir süre içinde meydana gelebilecek maksimum depremin manyitüdünü  $M = 7.79$  olarak vermektedir. Gerçekten , 1869-1968 yılları arasında, incelemeye konu olan bölgede meydana gelen en büyük manyitüd kataloğa göre, 9 Ağustos 1912 tarihli ve  $M = 7.75$  manyitüdü Mürefte-Şarköy depremidir. Görülüyor ki, ihtimaller hesabı ile gerçek olay arasında çok büyük bir yaklaşım ve uyuşum mevcuttur.

4. Yapı ekonomik ömrü bir yıl kabul edilirse, herhangi bir  $M$  veya daha büyük manyitüdü bir depremin herhangi bir yıl içinde meydana gelebilme ihtimaline, o manyitüde ait "Yıllık Risk" denir ve  $R$  ile gösterilir. Dolayısı ile,  $R$  değeri, seçilen  $M$  manyitünde veya daha büyük bir depremin bir yıl içinde aşılabilme ihtimalidir. Yıllık risk, Gumbel dağılımının  $1$ 'den olan farkıdır ve

$$R = 1 - G = 1 - e^{-\alpha e^{-\beta M}} \quad (14)$$

formülünden bulunur. Yıllık riskin tersi depremin tekralama periyodu olan

$$T_r = \frac{1}{R} \quad (15)$$

değerini verir. Yıllık riskin değeri  $R$  biliniyorken, o riske tekabül eden manyitüdün değeri

$$M = \frac{1}{\beta} \ln \left[ \frac{\alpha}{-\ln(1-R)} \right] \quad (16)$$

ifadelerinden bulunabilir. Örneğin, yıllık riski  $R = \%1$  olan manyitüdün değeri  $M = 7.78$  ve bu manyitüdün tekrarlama periyodu  $T_r = 1/0.01 = 100$  yıldır. Yıllık riski  $R = \%63$  olan manyitüdün değeri  $M = 4.13$  ve tekrarlama periyodu  $T_r = 1.59$  yıldır. Yıllık risk ve manyitüd değerleri Şekil 5'de grafik olarak gösterilmiştir.

Normal binalarda ve önemsiz yapılarda, yıllık risk  $R = 0.10$  ilâ  $R = 0.15$  alınır. Amerika Birleşik Devletlerindeki uygulamada  $R = 0.10$  alınmaktadır<sup>(10)</sup>. Ancak,  $R = 0.10$  olarak yapılan deprem hesaplarının, yönetmeliklerde öngörülen yatay yüklere göre daha muha-

fazakâr olduğu anlaşılmıştır. Deprem yönetmelikleri ile uyuşum sağlayabilmek amacı ile normal yapılarda yıllık risk miktarının bu tebliğ ile  $R = 0.15$  alınması önerilmektedir.

Elektrik Santralleri, postane, hastane, okul, yangın binası, su deposu, baraj ve benzeri kamu yaşantısı ile ilgili önemli yapılarda yıllık riskin  $R = 0.05$ , nükleer santral gibi radyasyon ihtimali bulunan çok önemli yapılarda ise yıllık riskin  $R = 0.005$  alınması önerilmektedir. İstanbul ilinde, inşa edilecek normal yapılar ( $R = \%10$ ), önemli yapılar ( $R = \%5$ ) ve nükleer santraller ( $R = \%0.5$ ) için deprem manyitüdünün değerleri Denklem 16'dan sırası ile,  $M = 5.92$ ,  $M = 6.49$  ve  $M = 8.33$  olarak hesaplanır.

Tekrarlama periyodu  $T_r$  yıl olan bir depremin  $T_r$  yıl içindeki sayısı  $N = 1$  olacağından

$$N = \alpha T_r e^{-\beta M} \quad (17)$$

ifadesinde  $N = 1$  konursa

$$\alpha T_r = e^{\beta M} \quad (18)$$

$$M_{\max} = \frac{\ln \alpha T_r}{\beta} \quad (19)$$

yazılır. Aynı şekilde, ekonomik ömrü  $T_d$  yıl olan bir yapının ömrü süresince meydana gelebilecek  $M$  manyitüdü veya daha büyük depremlerin meydana gelme ihtimalini veren

$$R = 1 - e^{-\alpha T_d} e^{-\beta M} \quad (20)$$

bağıntısında,  $e^{\beta M} = \alpha T_r$  konursa, yıllık risk değeri ile, yapının ekonomik ömrü ve maksimum depremin tekrarlanma periyodu arasındaki

$$R = 1 - e^{-T_d/T_r} \quad (21)$$





bağıntısı bulunur. Burada,  $1/T_r$  yerine yıllık risk  $R_1$  konulursa,  $T_d$  yıl ekonomik ömür için  $R_d$  riski

$$R_d = 1 - e^{-T_d R_1} \quad (22)$$

olarak yazılır. Aynı ifadeyi,  $e$  sayısını seriye açmak ve  $R_1$ 'in ikinci ve yüksek dereceden terimlerini ihmal etmek suretiyle aşağıdaki şekilde yazmak kabildir:

$$e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \dots \quad (23)$$

$$R_d = 1 - (1 - R_1)^{T_d} \quad (24)$$

Örneğin, herhangi bir manyitüdün bir yıl içinde aşılma olasılığı olarak tarif edilen yıllık risk  $R_1 = 0.005$  ise,  $T_d = 50$  yıllık yapı ömrü süresince, aynı manyitüdün en az bir defa aşılma olasılığı, Denklem 24 yardımı ile,

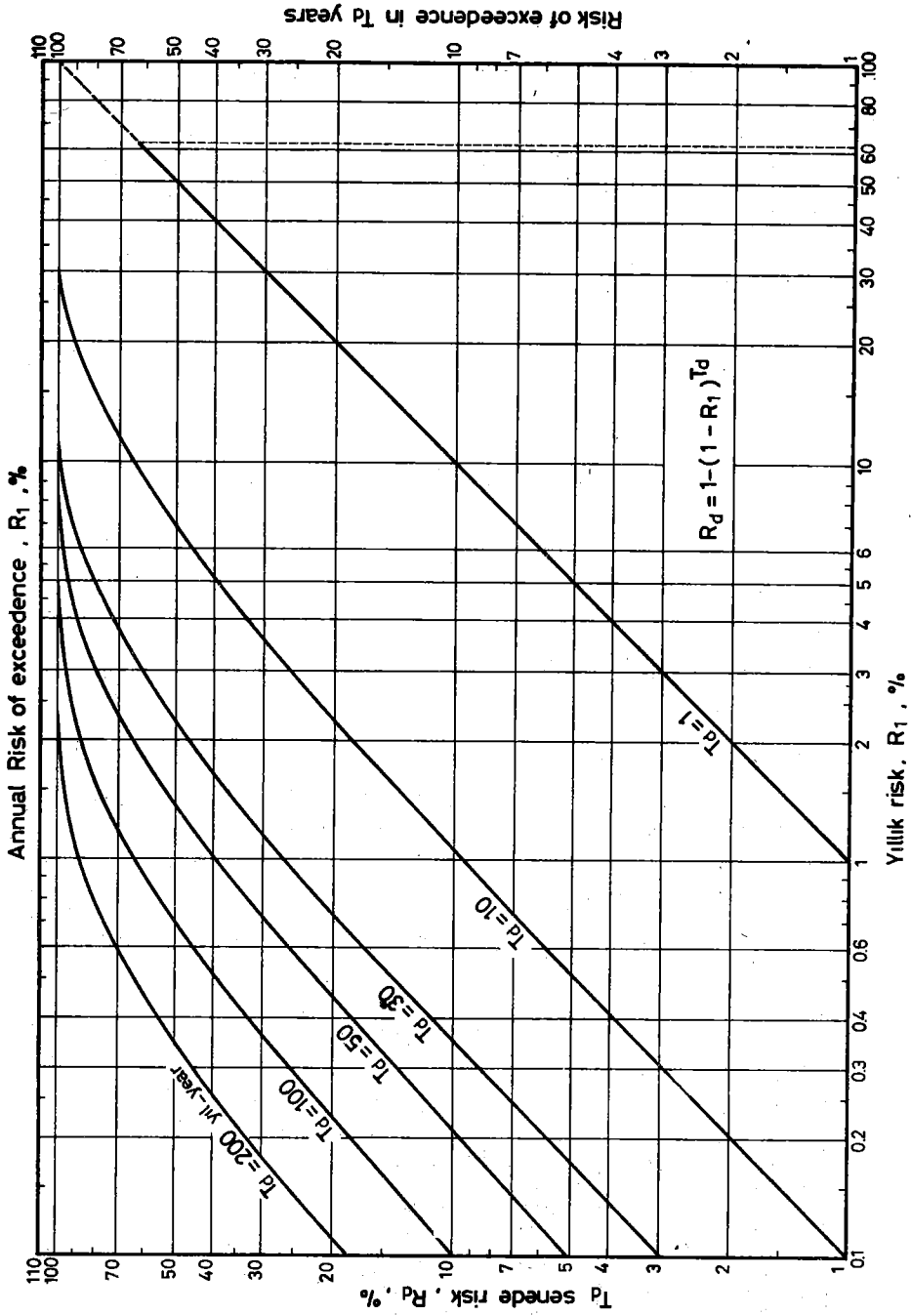
$$R_d = 1 - (1 - 0.005)^{50} = 0.2217$$

$R_d = \%22$  bulunur. Normal binalarda, yıllık risk  $R_1 = \%15$  alınırsa,  $T_d = 50$  yıllık yapı ekonomik ömrü süresince,  $M = 5.57$  manyitüdü bir depremin en az bir kere aşılma olasılığı

$R_d = \%99$  dur. Bir depremin herhangi bir yıl içinde en az bir kere aşılma olasılığı ile aynı depremin  $T_d = 30, 50$  ve  $100$  yıllık birer süre içinde en az birer kere aşılma olasılıkları Denklem 24'den hesaplanmış ve Tablo 5'de özetlenmiş ve ayrıca Şekil 6'da grafik olarak gösterilmiştir.

TABLO 5- YAPI ÖMRÜ SÜRESİNDE RISK DEĞERLERİ

1 YIL	30 YIL	50 YIL	100 YIL
0.001	0.029	0.048	0.095
0.005	0.140	0.221	0.394
0.010	0.260	0.395	0.634
0.050	0.785	0.923	0.994
0.100	0.958	0.999	1.000
0.150	0.992	0.999	1.000
0.300	0.999	1.000	1.000
0.632	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000



SEKİL 6- YILLIK VE UZUN SÜRELİ RİSK İLİŞKİSİ

Yapı ekonomik ömrü  $T_d$  biliniyorken, maksimum tekrarlama periyodu  $T_r$ , Denklem 21'den

$$T_r = \frac{-T_d}{\ln(1-R_1)} \quad (25)$$

olarak elde edilir. Yıllık riski  $R_1 = 0.005$  olan bir depremin  $T_d = 50$  yıllık yapı ömrüne tekabül eden tekrarlama periyodu, Denklem 25'den,  $T_r = 9975$  yıl hesaplanır.

Çeşitli, yıllık risk değerleri için hesaplanan deprem manyitüdüleri ile, bu manyitüdülerin seçilen çeşitli yapı ekonomik ömürleri için tekabül ettikleri tekrarlama periyotları Tablo 6'da gösterilmiştir. Bu tablodan görüleceği üzere, ekonomik ömrü  $T_d = 50$  yıl olan bir yapının maruz kalabileceği deprem manyitüdünün  $M = 5.57$  veya daha fazla olması ihtimali  $R = \%15$  dir ve bu depremin kendisini tekrarlama periyodu  $T_r = 308$  yıldır. İstanbul ili içinde bir nükleer santral inşa edilecek olsa, bu santralin  $T_d = 50$  yıllık ekonomik ömrü süresinde, maruz kalabileceği en büyük depremin  $M = 8.33$  manyitüdünün aşılma olasılığı  $R = \%0.5$  ve böyle bir depremin tekrarlama periyodu  $T_r = 9975$  yıldır.

6. İstanbul ilini etkisi altına alabilecek sismotektonik yöreinin, İstanbul ili yerleşme alanlarına ait ağırlık merkezine olan uzaklığı ortalama  $\Delta = 20$ km olarak kabul edilebilir (Şekil 1). Kaya zeminlerde ve episantrdan uzaklığı 20km olan bir yerde, çeşitli manyitüdü depremlerin ortalama maksimum ivmelerinin ne olacağı Schnabel ve Seed, 1973<sup>(7)</sup> tarafından eğriler halinde verilmiştir. Ayrıca, episantr bölgesinde, depremin maksimum yer ivmesi  $a_0$  için Gutenberg-Richter, 1956<sup>(6)</sup> tarafından

$$\log a_0 = -2.1 + 0.81 M - 0.027M^2$$

ampirik formülü verilmiştir. Her iki cins bilgiye dayanılarak bulunan maksimum ivmelerin değerleri Şekil 5'in üst ekseninde gösterilmiştir. Bu ivmeler, kaya bir zemin (kayma dalgası hızı 700 m/saniye'den büyük olan bir zemin) için geçerlidir. Yumuşak zeminler için usulüne göre zemin ivme büyültme ana-

TABLE 6- İSTANBUL İÇİN RİSK, MANYİTÜD VE YAPI ÖMRÜ DEĞERLERİ  
(1869 - 1968)

YAPI CİNSİ	R %	M -	$T_r$ = Deprem Tekrarlama Peryodu			
			$T_d$			
			1 YIL	30 YIL	50 YIL	100 YIL
KULLANILMAZ	63.2	4.13	1.0	30	50	100
	30	4.95	2.8	84	140	280
	20	5.32	4.5	134	224	448
NORMAL YAPILAR <sup>(1)</sup>	15	<u>5.57</u>	6.1	185	<u>308</u>	615
NORMAL YAPILAR <sup>(2)</sup>	10	<u>5.92</u>	9.5	285	475	950
ÖNEMLİ YAPILAR	5	<u>6.49</u>	19.5	585	<u>975</u>	1950
	2	7.23	49.5	1485	2475	4950
	1	7.78	99.5	2985	4975	9950
NÜKLEER SANTRALLAR	0.5	<u>8.33</u>	199.5	5985	<u>9975</u>	19950

(1) Türkiye için önerilen

(2) A.B.D. için kabul edilmiş olan

R = Yıllık risk

M = Richter manyitüdü

$T_d$  = Yapı ekonomik ömrü

lizleri yapılarak taban kayada kabul edilecek bir ivmenin zemin yüzeyine ne miktarda yansıyacağı saptanmalıdır. (11,12). İstanbul ilinde inşa edilecek yapılar için kabul edilecek deprem manyitüdüleri ve maksimum yer ivmeleri topluca Tablo 7'de özetlenmiştir. Taban kayadaki ivmeler, fizikte dalga yansıma prensibine göre, serbest yüzeydeki ivmelerin yarısı olarak alınmıştır.

TABLE 7 - İSTANBUL İLİ İÇİN DEPREM RİSK ANALİZİ SONUÇLARI

YAPI CİNSLERİ	YILLIK RİSK(1) R	MANYİTÜD M	YER İVMESİ		ÖNERİLEN MAKSİMUM İVME		
			Schnabel Seed, 1973	Gutenberg Richter, 1956	Kaya Yüzeyde	Taban Kayada	Yumuşak Zeminde
NORMAL YAPILAR	%15	5.57	0.17g	0.04g	0.17g	0.08g	Dalga Analizi
(A.B.D. kabüllerine göre)	%10	5.92	0.23g	0.06g	0.23g	0.11g	
ÖNEMLİ YAPILAR	% 5	6.49	0.26g	0.11g	0.26g	0.13g	Dalga Analizi
NÜKLEER SANTRALLAR	%0.5	8.33	0.46g	0.57g	0.45g	0.23g	Dalga Analizi

(1) R = M veya daha büyük manyitüdü bir depremin yapı ekonomik ömrü içinde yer alma ihtimali

## İVME DAVRANIŞ SPEKTRUMU

### A. KATAYAMA METODU İLE:

Istanbul bölgesinde yıllık deprem riski, diğer bir deyimle ivmenin bir yıl içinde aşılma olasılığı, %15 olan bir depremin kaya zemin yüzeyindeki en büyük ivmesi 0.17g / olarak tahmin edilmiştir. Manyitüdü bilinen bir depremin ivme davranış spektrum eğrisi için Katayama ve arkadaşları<sup>(13)</sup> tarafından

$$S_a = \alpha f_m f_{\Delta} f_s \quad (26)$$

bağıntısı verilmektedir. Burada,  $S_a$  = ivme davranış spektrumu,  $\alpha$  = ortalama değerlerin aşılma olasılığına bağlı katsayı,  $f_m$  = manyitüde bağlı bir faktör,  $f_{\Delta}$  = deprem odağına uzaklık faktörü,  $f_s$  = zemin cinsi faktörüdür. Bu faktörler, her titreşim periyodu ve %5 sönüm yüzdesi için tablolar halinde verilmiştir. Tabloların hesaplanmasında, çeşitli manyitüdlerde olan ve çeşitli zemin şartlarında kaydedilen 277 adet deprem kaydının spektrum eğrileri gözönüne alınmıştır. İstatistik değerlerin %15 aşılma olasılığı için (normal yapılarda yıllık deprem riski %15 alındığı için, tutarlılık sağlamak amacı ile, burada da aynı aşılma olasılığı kabul edilmiştir). Katayama tabloları  $\alpha = 2.12$  vermektedir. Kaya zemin cinsi için  $f_s$  faktörü, odak uzaklığı  $\Delta = 6$  ilâ 19 km için  $f_{\Delta}$  faktörü ve manyitüd aralığı  $M = 5.4$  ilâ 6.0 için  $f_m$  faktörleri, çeşitli titreşim periyodları için Katayama tablolarından okunmuş ve ivme spektrumu Denklem 26'dan hesaplanarak grafik halinde Şekil 7'de gösterilmiştir.

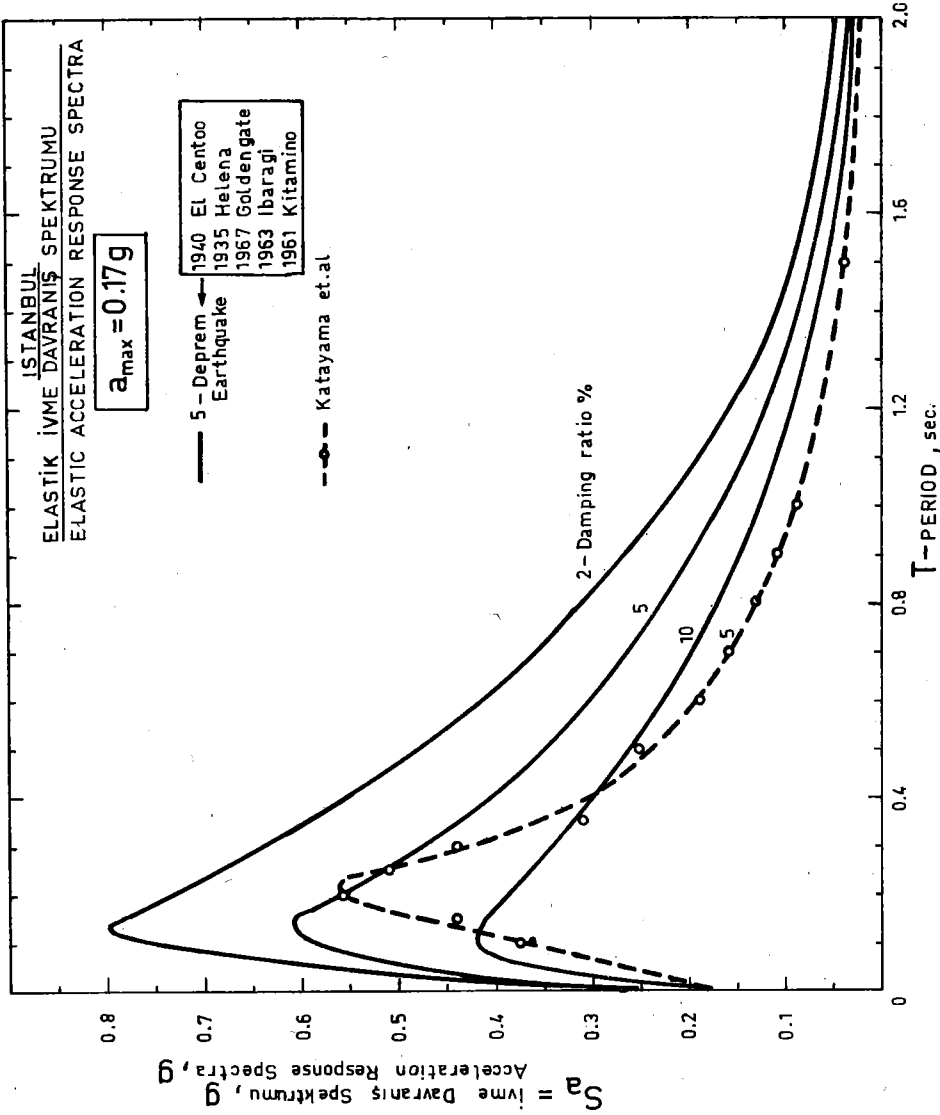
## B. BENZEŞİM YOLU İLE:

Kaya gibi çok sert zeminlerde kaydedilen depremlere ait spektrumlar yardımı ile, İstanbul'da kaya zemin üzerinde beklenecek şiddetli bir depremin spektrumunu tahmin etmek kabildir. Bu amaçla, Kaliforniya'daki 1940 El Centro, 1935 Helena ve 1957 Golden-gate depremleri ile Japonya'daki 1963 Iboragi ve 1961 Kitamino depremlerinin ivme spektrumlarının zarf eğrisine tekabül ettiği için, bu metodla bulunan ivme davranış spektrumu, yukarıda Katayama metodu ile bulunan ivme davranış spektrumununa nazaran daha muhafazakârdır. Bu nedenle, normal yapılarda Katayama metodu ile bulunan ivme davranış spektrumunu kullanmak daha gerçekçi bir tutum olacaktır. Ancak, önemli olan bir husus bu spektrumların elastik davranış için geçerli olduklarıdır. Elasto-plastik davranış hali için bu spektrumdan bulunan değerleri düktilite sayısına bölmek lazımdır.

## SUNİ DEPREM KAYDI

Şekil 7'de verilen ve Katayama metodu ile bulunan spektruma tekabül eden ve maksimum ivmesi 0.17g olan bir depremin suni ivme kaydı, ters Fourier transform metodu<sup>(14)</sup> ile bulunmuş ve ivme değerleri Tablo 8'de özetlenmiştir. Tablo'daki ivme değerleri  $\Delta t = 0.02$  zaman aralığı içindir. Bu ivme değerleri için hesaplanan davranış spektrum ivmesi karşılaştırma amacı ile, noktalı çizgilerle Şekil 7'de gösterilmiştir.





ŞEKİL 7- İSTANBUL'DA NORMAL BİNALAR İÇİN DAVRANIŞ SPEKTRUMU

ISTANBUL'DA BEKLENEN BİR DEPREMIN SUNI İYME KAYDI

(At ±0.02 sn)

-1.063	-0.032	2.106	1.819	2.106	2.162	2.079	2.450	6.469	1.507
-5.753	7.084	-4.616	-0.248	-1.785	16.910	-12.371	-9.802	9.31	-1.986
-10.269	-12.942	3.79	18.310	21.916	16.118	-18.436	8.246	-29.261	-41.188
-3.758	-17.790	-1.159	-17.940	-28.467	16.579	-8.316	27.161	-21.832	-18.390
-26.503	38.276	37.839	-40.658	-28.467	16.579	-29.205	-1.110	-9.600	5.253
64.417	44.117	42.429	73.917	22.956	-17.650	-46.816	3.599	-79.922	-68.874
-21.886	41.158	44.158	42.429	22.956	89.268	31.070	47.912	-29.791	-83.740
2.250	-94.600	-104.333	66.899	44.380	11.024	125.720	-70.290	124.896	105.510
8.303	-94.600	-98.010	66.899	44.380	21.712	-18.554	-1.345	-54.235	-5.259
-10.859	-120.338	37.631	11.078	24.160	23.980	-23.307	37.318	20.984	-48.390
15.109	-44.272	-2.220	102.660	87.074	5.185	25.108	-84.082	77.880	43.088
-12.481	-22.460	-32.736	-11.191	27.523	67.886	-23.108	125.132	20.984	-48.390
16.482	45.645	-10.199	-33.912	-5.588	-8.328	28.977	8.820	-10.495	-90.823
-70.014	-33.429	50.063	-43.434	-19.866	38.390	25.553	-54.550	-32.661	-31.818
-78.317	-50.903	51.401	-10.830	-24.731	-29.158	-110.534	-40.418	-13.838	-10.902
77.207	88.410	166.848	78.693	43.066	-87.061	30.758	-60.369	-79.997	-104.670
-68.743	32.674	12.326	38.121	40.490	32.674	67.019	-63.910	-68.559	-108.854
-77.893	-42.231	109.901	139.964	146.992	53.920	104.958	115.510	-42.457	-104.921
-91.184	-64.812	-33.115	18.360	-65.325	-54.067	-73.817	-52.079	9.409	57.311
21.750	162.120	88.586	-33.850	-87.031	18.726	-57.571	30.916	9.252	-37.920
35.427	89.861	119.746	32.673	11.005	-36.743	-89.606	-11.900	38.534	50.846
76.166	-3.337	8.436	82.570	-20.915	-114.250	-126.620	107.321	-130.863	1.754
-35.429	-83.708	-22.265	55.160	-32.518	26.250	54.826	84.247	16.234	49.032
-60.757	23.690	10.901	42.663	-85.709	63.478	2.076	1.259	16.037	17.265
-97.048	-38.401	-19.820	33.689	77.982	106.900	34.103	69.560	-16.874	-56.630
-134.904	-90.638	77.162	32.614	11.932	-94.988	-39.723	74.587	43.134	-92.382
22.766	92.025	35.714	-19.120	12.468	83.489	73.686	-80.466	-65.041	-63.026
-49.062	43.500	79.781	83.465	-27.818	62.946	2.562	-1.510	20.656	-26.620
6.502	66.278	-153.972	-20.384	-17.946	102.410	5.890	13.422	9.948	-20.177
8.993	30.276	-4.047	-50.565	32.362	112.410	5.890	13.422	9.948	12.637
-79.932	-144.607	-60.025	1.580	102.161	78.682	6.503	66.945	25.362	-7.816
47.762	-88.900	24.371	-20.358	-25.742	11.069	-72.246	-21.983	16.332	-63.090
-66.949	18.501	20.006	30.111	73.216	115.009	49.516	7.550	-32.459	20.355
-141.887	50.895	28.192	-2.860	-34.438	66.080	34.291	-25.957	76.836	27.233
-31.028	-12.585	-20.101	-3.280	-69.430	26.537	-21.844	18.546	10.400	59.842
-51.537	-10.158	-2.749	23.999	-14.126	73.129	-41.858	-55.200	-6.550	19.810
-5.080	-92.778	-46.730	-59.212	23.943	-6.659	81.737	119.700	79.050	100.323
73.823	41.920	75.617	-30.241	-20.567	7.594	6.15	7.594	31.624	28.124
2.344	-34.672	-58.287	-10.030	14.916	49.250	.615	-6.789	-89.912	6.695
-105.584	-63.030	-91.283	-11.600	-46.611	117.161	-2.308	-6.789	-89.912	6.695
105.946	45.890	79.076	-20.228	-11.603	-2.288	-86.372	-27.016	-26.081	34.350
-26.095	87.482	48.590	54.787	76.125	53.017	23.719	51.710	25.510	32.708
-57.506	-127.707	19.982	-36.870	-76.202	30.005	52.074	-72.949	85.948	-24.825
82.184	49.780	5.031	-70.068	5.006	4.985	4.985	124.123	-16.971	-74.440
-15.381	-109.946	8.660	-12.565	30.963	37.269	37.269	-61.530	-53.719	22.016
70.271	-79.351	-69.289	-94.043	1.753	-59.540	40.082	-6.511	-33.638	49.999
-20.071	103.601	34.662	16.880	57.142	22.570	-8.055	32.873	27.576	-16.222
-13.304	-32.080	-73.536	-17.475	57.142	6.813	6.813	55.405	-47.452	-11.610
-66.608	129.337	92.432	108.717	162.549	21.433	-33.640	-85.190	-152.463	-36.146
-116.019	-20.317	12.604	53.472	61.477.	-20.150	-17.197	-25.925	-67.936	-62.335

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. **Istanbul ilinde inşa edilecek, normal önemdeki yapılar ile, önemli yapılar ve eğer inşa edilirse bir nükleer santral için kabul edilmesi uygun olacak maksimum deprem manyitüdüleri ile, kaya zeminler için maksimum yer ivmelerinin ne olacağı tayin edilmiştir.**

Maksimum zemin ivmesi normal yapılarda  $a = 0.17g$ , önemli yapılarda  $a = 0.26g$  ve bir nükleer santral için  $a = 0.45g$  olarak tahmin edilmiştir.

2. Son 99 yıllık sismik tarihçe esas alınarak ve yıllık ekstrem değerler kullanılarak Gumbel metoduna göre yapılan ihtimaller hesabı, muhtemel şiddetli bir depremin maksimum manyitüdünü  $M = 7.79$  olarak vermiştir. Son 99 yıl içinde gerçekten meydana gelen en büyük depremin manyitüdü ise  $M = 7.75$  dir. Böylece, gerçek olay ile ihtimaller hesabının büyük bir uyuşum içinde olduğu anlaşılmıştır.

3. Normal yapılar için yıllık risk değeri her ne kadar Amerika Birleşik Devletlerinde %10 kabul ediliyorsa da, deprem yönetmelikleri ile aynı paralelde kalabilmek amacı ile, yıllık risk normal yapılar için %15 kabul edilmiştir. Yıllık risk seçildikten sonra, maksimum deprem manyitüdünün ne olacağı kendiliğinden ortaya çıkmaktadır. Ancak, yapının ekonomik ömrünün süresine göre, bu maksimum depremin tekrarlama periyodu değişmektedir.

4. Önerilen maksimum yer ivmeleri kaya cinsi zeminler içindir. Kayma dalgası hızı 700m/saniyeden daha az olan yumuşak ve tabakalı zeminlerin yüzündeki ivmelerin tayini için usulüne göre, zemin büyültme analizleri yapılmalıdır.

5. İstanbul ili için sismotektonik yöre olarak sadece Marmara denizi ortalarında batıdan doğuya uzanan ve kuzey Anadolu fay hattını içeren dar bir şerit gözönüne alınmıştır. Romanyanın Karpatlar yöresindeki orta sıklıktaki bir depremden veya Ege bölgesinden gelebilecek uzak orjinli bir depremin küçük ivmeli fakat yüksek periyotlu dalgaları için İstanbul'da yapılar ayrıca tahkik edilmelidir.
6. Dinamik analiz yolu ile bir yapının depreme karşı davranışını incelerken, şüphesiz en büyük yer ivmesinin yanısıra, deprem hareketinin frekans muhtevası ve depremin süresini de gözönünde bulundurmalıdır.
7. Normal yapılarda %15 yıllık deprem riski için bulunan 0.17 g maksimum yer ivmesine tekabül eden elastik ivme davranış spektrumu tayin edilmiştir. Ayrıca, bu spektruma uyacak suni bir deprem kaydının ivme ordinatları hesaplanmış ve tablo halinde verilmiştir. Böylece, dinamik analiz yolu ile yapıların davranışlarını hesaplayacak olanlara İstanbul bölgesi için gerekli deprem doneleri verilmiş olmaktadır.

## REFERANSLAR

1. "Reactor Site Criteria" Federal Register, Vol. 38, No. 218, Part 100, United States Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C., U.S.A., November, 1973.
2. Ergin, K., Güçlü, U., and Uz, Z., "A Catalogue of Earthquakes for Turkey and Surrounding Area (11 AD-1964 AD)", Technical University of Istanbul, Faculty of Mining Engineering, Pub. No. 24, 1967.
3. Ergin, K., Güçlü, U., and Aksay, G., "A Catalogue of Earthquakes for Turkey and Surrounding Area (1965-70)", Technical University of Istanbul, Faculty of Mining Engineering, Pub. No. 28, 1971.
4. UNDP/UNESCO Survey of the Seismicity of the Balkan Region, Catalogue of Earthquakes, Part I and II, UNESCO, Skopje, 1974
5. Gumbel, E.J., "Statistics of Extremes", Columbia University Press, N.Y., U.S.A.
6. Gutenberg, B., and Richter, C.F., "Earthquake Magnitude, Intensity, Energy and Acceleration", Bull. Seism. Soc. of America, Vol. 32, No.3, July.
7. Schnabel, P., and Seed, H.B., "Acceleration in Rock for Earthquake in the Western United States", Bull. Seism. Soc. Amer., 63, pp. 501-516.
8. Kreyszig, E. "Advanced Engineering Mathematics", John Wiley and Sons Inc., 1967.
9. Tezcan, S.S., "Estimation of Design Earthquake Ground Motion", Proceedings of the VIth Unesco Regional Seminar on Earthquake Engineering Primorsko, Bulgaria, Sept. 2-15, 1978. Boğaziçi Üniversitesi, DMAE Dahili Rapor No.78-20E.
10. Algermissen, S.T., and Perkins, D.M., "A Probabilistic Estimate of Maximum Acceleration in Rock in the Contiguous United States", U.S. Geological Survey, Open File Report 76-416, 1976.
11. Schnabel, P.B., Lysmer, J., and Seed, H.B., "SHAKE, A Computer Program for Earthquake Response Analysis of Horizontally Layered Sites", Earthquake Engineering Research Center, Report EERC 72-12, Univ. of Calif., Berkeley, U.S.A.
12. Tezcan, S.S., and İpek, M., "Shear Wave Propagation in Layered Soils", Internal Report, Department of Civil Engineering, Boğaziçi University, Istanbul.
13. Katayama, T., Iwasaki, T., and Saeki, M., "Prediction of Acceleration Response Spectra for Given Earthquake Magnitude, Epicentral Distance and Site Conditions," Bulletin of Earthquake Resistance Structure Research Center, No.11, Dec. 1977, The Institute of Industrial Science, University of Tokyo.
14. Gasparini, D.A., and Vanmercke, E.H., "Simulated Earthquake Motions Compatible with Prescribed Response Spectra," Department of Civil Engineering, M.I.T., Publication No. R76-4, January, 1976

# QERÇEVE SİSTEMLERİNİ YATAY YÜKLER ALTINDA İNCELENMESİ

Doç. Ruhi Aydın (\*)

## ZUSAMMENFASSUNG

### Statistische Berechnungen der Rahmensysteme unter der Wirkung waagerechter Lasten

Die exakten Lösungen der unter Wirkung der waagerechten Lasten liegenden Bausysteme sind in vielen Fällen sehr anstrengend. Sie brauchen auch grossen Zeitaufwand.

In folgenden wurde ein Näherungsverfahren der mehrstöckigen Rahmen, die unter der Wirkung der waagerechten Lasten liegen, erläutert. Es wird verschiedene Rahmentypen, dass die wirkenden waagerechten Kräfte entsprechend den Erdbeben- und Windkräften gewählt sind, als Beispiele gelöst und die Ergebnisse der Lösungen sind sowohl mit den Exakten als auch mit den bekannten Näherungsverfahren verglichen.

---

(\*) D.M.M.A. Öğretim Üyesi Eskışehr

## 1. ÇERÇEVELERİN YATAY YÜKLERE GÖRE İNCELENMESİ

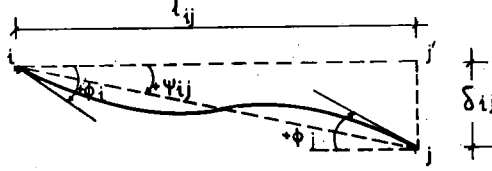
### 1.1. GİRİŞ:

Genellikle deprem, rüzgar ve patlama yüklerinden oluşan yatay yük- lere göre yapı sistemlerinin tam çözümleri çok güç ve zaman alıcı olmak- tadır. Bu nedenlerle sistemlerin yaklaşık hesabı için çeşitli metotlar geliştirilmiştir.

Çalışmanın bu bölümünde çok katlı çerçevelerin yatay yüklere göre statik hesabı için yaklaşık bir metot ortaya konmaktadır.

### 1.2. KABULLER:

#### 1.2.1. İşaret Kabulleri



Şekil:1

Bir  $ij$  çubuğunda ; çubuğun uçlarının dönerek ve bir birine göre  $\delta$  deplasmanı yaparak (şekil:1)'deki durumuna ulaşması halinde:

- $\phi_i$  ve  $\phi_j$  :  $i$  ve  $j$  uçlarındaki dönmelerdir. Saat dönüş yönünde pozitif kabul edilmektedir.
- $\psi_{ij}$  : Çubuk ekseninin çubuğun ilk doğrultusu ile yaptığı kayma açısıdır. Saat dönüş yönünde pozitif kabul edilmektedir.
- $\delta_{ij} = \psi_{ij} \cdot l$  : Bir ucun diğerine göre yer değiştirmesinin  $ij$ 'ye dik doğrultudaki izdüşümüdür. İşareti  $\psi_{ij}$ 'nin işaretinin aynısıdır. ( $i$  ve  $j$  indislerinin yer değiştirmesi halinde sonuç değişmez)
- $M_{ij}$  ,  $M_{ji}$  : Sıra ile  $i$  ve  $j$  uçlarında dönme ve kaymadan meydana gelen momentlerdir. Saat dönüş yönünde pozitif kabul edilmektedir.
- $Q_{ij}$  ,  $Q_{ji}$  : Sıra ile  $i$  ve  $j$  uçlarında dönme ve kaymadan meydana gelen kesici kuvvetlerdir. Çubuğu saat dönüş yönünde döndüren kuvvetler pozitif kabul edilmektedir.

Bu kabullere göre sabit atalet momentli bir  $ij$  çubuğunda dönme

ve kaymadan meydana gelen moment ve kesici kuvvetler

$$M_{ij} = \frac{4EJ}{\ell} \phi_i + \frac{2EJ}{\ell} \phi_j - \frac{6EJ}{\ell} \psi_{ij} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$Q_{ij} = \frac{12EJ}{\ell^2} \psi_{ij} - \frac{6EJ}{\ell^2} (\phi_i + \phi_j) \quad \dots\dots\dots (2)'dir.$$

### 1.2.2. Malzeme ve Sistem Kabulleri

1.2.2.1.: Yatay kuvvetler çerçevelerin kat seviyelerinde etki etmektedir ve burulma tesiri yoktur.

2 : Kat döşemeleri kendi düzlemleri içinde sonsuz rijittirler, dolayısıyla elemanların döşeme seviyelerindeki yatay deplasmanları birbirlerine eşittir.

3 : Malzeme lineer elastiktir.

4 : Ara katlarda (Şekil: 2a)'da gösterilen yükleme durumu için. (Yani yukarıdan itibaren i-1 katına kadar olan kuvvetlerin etkidiği düşünüldüğünde) (i) inci kat kolonunun üst ucundaki moment (i-1) inci katın kolonunun alt ucundaki momente, alt ucundaki moment ise (i+1) inci katın kolonunun üst ucundaki momente eşittir. Yapılan kabulün formülle ifadesi:

$$M_{iü} = M_{(i-1),a}$$

$$M_{ia} = M_{(i+1),ü} \quad (\text{Şekil: 2b})'dir.$$

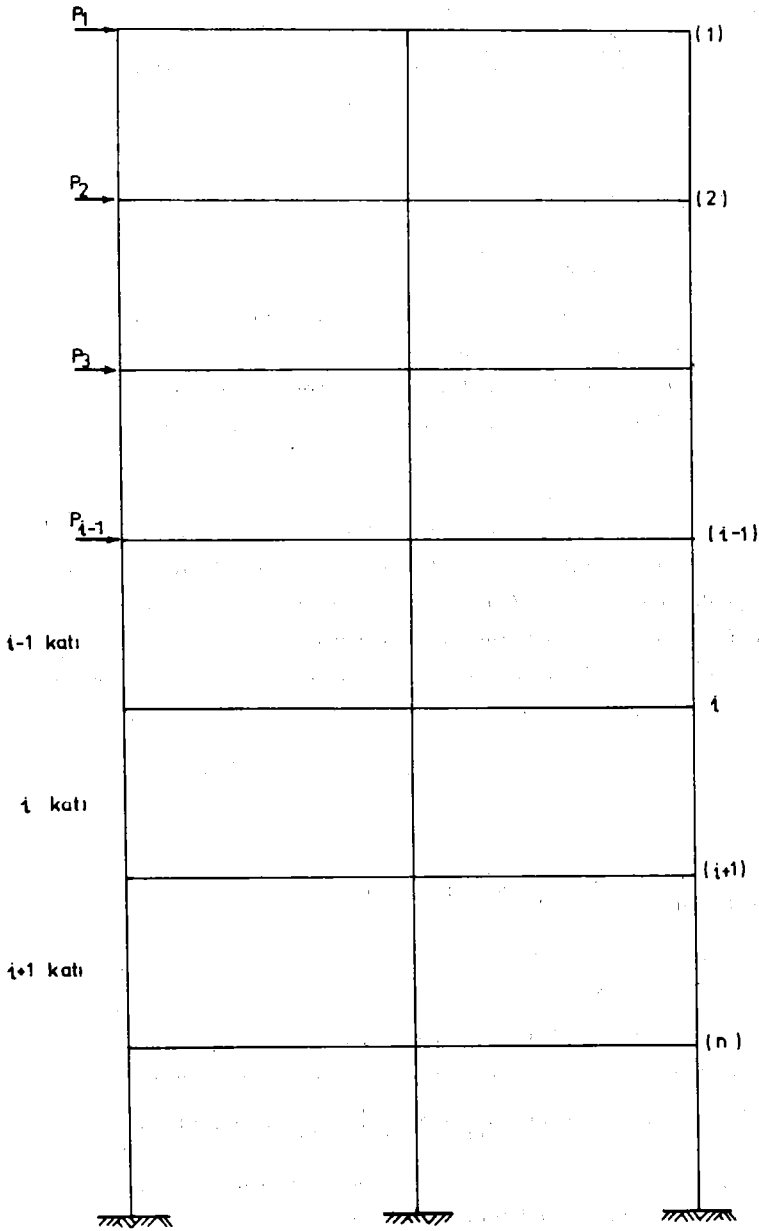
Bu kabulün elde edilişi aşağıdaki gibidir:

(1) no'lu formülden bir ij çubuğundaki uç momentinin ifadesi

$$k = \frac{EJ}{\ell} \text{ koymak suretiyle } M_{ij} = 4k\phi_i + 2k\phi_j - 6k\psi_{ij} \text{ olacaktır.}$$

Şayet  $\phi_{i-1}, \phi_i, \phi_{i+1}$ : Sıra ile çerçevenin herhangi bir kolonunun (i-1), (i) ve (i+1) katlarındaki çubuk uç dönmeleri (Şekil:3)





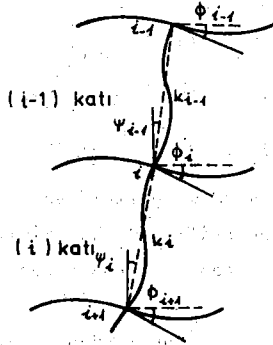
ŞEKİL: 2a



ŞEKİL: 2b

$\psi_i, \psi_{i-1}$  : Dikkate alınan kolondaki (i) ve (i-1) katına ait eksenel açıları

$k_i, k_{i-1}$  : Kolonun (i) ve (i-1) katlarındaki  $\frac{EJ}{L}$  değerleri ise



Şekil: 3

$$M_{iü} = 4 k_i \phi_i + 2 k_i \phi_{i+1} - 6 k_i \psi_i \dots\dots\dots(3)$$

$$M_{(i-1),a} = 4 k_{i-1} \phi_i + 2 k_{i-1} \phi_{i-1} - 6 k_{i-1} \psi_{i-1} \dots\dots\dots(4)$$

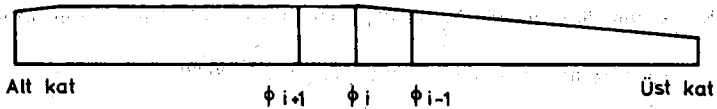
olacaktır.

Şayet  $k_i = k_{i-1}$  ise  $M_{iü} \approx M_{(i-1),a}$  olacağı Takabeya (1)'nin çözüldüğü çok sayıda eşit k'ları olan sistemlerin incelenmesinden hemen söylenebilir.

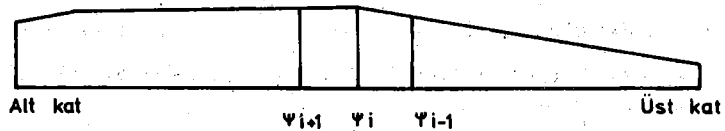
Fakat uygulamada katlar arasında kolon atalet momentleri farklı olmakta ve bu durum genellikle  $k_i > k_{i-1}$  olarak karşımıza çıkmaktadır.

$k_i > k_{i-1}$  durumunu incelemek üzere Guldan (2)'in çalışmalarından faydalanılacaktır. Bu çalışmaya göre (Şekil: 2'deki yükleme durumu için) çok katlı bir çerçevede  $\phi$  ve  $\psi$  açılarının katlara göre değişimi (Şekil: 4) de gösterildiği gibi olmaktadır. Yani yukarıdan (i) katına kadar her iki  $\phi$  ve  $\psi$  açısının değeri artmakta daha sonra sabit olarak devam etmektedir.

$\phi$  açılarının değişimi



$\psi$  açılarının değişimi



Şekil: 4

Bu durumda  $\phi_{i+1} \approx \phi_i > \phi_{i-1}$   
 $\psi_{i+1} \approx \psi_i > \psi_{i-1}$  olmaktadır.

Şimdi (3) ve (4) denklemlerinin her terimini teker, teker karşılaştıralım:

$$\begin{aligned} 4 k_i \phi_i &> 4 k_{i-1} \phi_i && (k_i > k_{i-1}) \\ 2 k_i \phi_{i+1} &> 2 k_{i-1} \phi_{i-1} && (k_i > k_{i-1}, \phi_{i+1} > \phi_{i-1}) \\ 6 k_i \psi_i &> 6 k_{i-1} \psi_{i-1} && (k_i > k_{i-1}, \psi_i > \psi_{i-1}) \text{ (mutlak degerce)} \end{aligned}$$

Görülüyorki (3) denklemindeki pozitif ve negatif terimler mutlak degerce daha büyüktür. Büyük negatifle büyük pozitifin cebirsel toplamı, küçük negatifle küçük pozitifin cebirsel toplamına yaklaşık olarak eşit alınabilir.

Yani  $M_{i,\bar{u}} \approx M_{(i-1),a}$  ve aynı düşüncelerle  
 $M_{i,a} \approx M_{(i+1),\bar{u}}$  olduğu söylenebilir.

5 : Üst katta kolonun alt ucundaki moment bir alt katın üst ucundaki momentin yarısına eşittir. Yapılan kabulün formülle ifadesi

$$M_{1,a} = \frac{1}{2} M_{2,\bar{u}} \quad (\text{şekil: 2b})'dir.$$

Bu kabulün elde edilişi şöyle açıklanabilir: (1) düğüm noktasına tesir eden  $P_1$  kuvvetinden dolayı (4) kabulüne göre

$$M_{1,a} \approx (M_{2,\bar{u}}) P_1 \quad \text{olacaktır.}$$

(2) düğüm noktasına  $P_2$  kuvvetinin tesir etmesi halinde ise kolonun üst ucunda bir  $(M_{2,\bar{u}}) P_2$  momenti meydana gelecektir. Dış kuvvetlerin nisbeten birbirine eşit ve kolon moment sıfır noktalarında kolon ortalarına çok yakın olduğu göz önüne alınmak ve çözülmüş problemlerin istatistikî sonuçlarından (1) faydalanmak suretiyle

$$M_{1,a} \approx (M_{2,a}) P_2 \approx (M_{2,\bar{u}}) P_2 \quad \text{yazılabilir.}$$

(2.) kat kolonunun üst ucunda  $P_1$  ve  $P_2$ ' den dolayı meydana gelen moment:

$$M_{2,\bar{u}} = (M_{2,\bar{u}}) P_1 + (M_{2,\bar{u}}) P_2 \quad \text{olduğuna göre,}$$

Yukarıdaki denklemlerin birleştirilmesiyle

$$M_{1,a} = \frac{1}{2} M_{2,\bar{u}} \quad \text{elde edilir.}$$

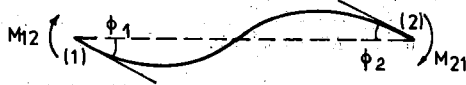
6 : Kirişlerdeki moment sıfır noktaları açıklıkların ortasında bulunmaktadır. Kirişlerde  $\psi$  açısı sıfır olduğuna göre (Şekil: 5)'deki 1,2 kirişinin uç momentleri

$$M_{12} = \frac{4 EJ}{L} \phi_1 + \frac{2 EJ}{L} \phi_2$$

$$M_{21} = \frac{4 EJ}{L} \phi_2 + \frac{2 EJ}{L} \phi_1$$

dir. Kabule göre  $M_{12} = M_{21}$

yazılırsa  $\phi_1 = \phi_2$  elde edilir.

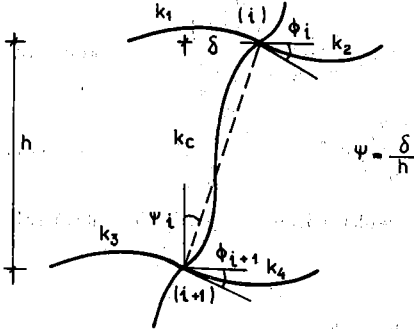


Şekil: 5

### 1.3. Problemin Çözümü:

#### 1.3.1. Ara Katlarda Kesici Kuvvetin Bulunması

(Şekil:2)'deki (i) katının herhangi bir kolonunu 1.2.1 ve 1.2.2'de yapılan kabullerle inceleyelim. (Şekil: 2a, Şekil: 6)



Şekil: 6

(i) Düğüm noktasında  $\Sigma M_i = 0$  yazılırsa

$$4 k_1 \phi_i + 2 k_1 \phi_i + 4 k_2 \phi_i + 2 k_2 \phi_i + 2(4 k_c \phi_i + 2 k_c \phi_{i+1} - \frac{6 k_c}{h} \delta) = 0$$

$$(6 k_1 + 6 k_2 + 8 k_c) \phi_i + 4 k_c \phi_{i+1} - \frac{12 k_c}{h} \delta = 0 \quad \dots\dots (5)$$

(i+1) Düğüm noktasında  $\Sigma M_{i+1} = 0$  yazılırsa

$$4 k_3 \phi_{i+1} + 2 k_3 \phi_{i+1} + 4 k_4 \phi_{i+1} + 2 k_4 \phi_{i+1} + 2(4 k_c \phi_{i+1} + 2 k_c \phi_i - \frac{6 k_c}{h} \delta) = 0$$

$$(6 k_3 + 6 k_4 + 8 k_c) \phi_{i+1} + 4 k_c \phi_i - \frac{12 k_c}{h} \delta = 0 \quad \dots\dots\dots (6)$$

(5) ve (6) denklemlerinde  $\phi_i$  ve  $\phi_{i+1}$  çözümlürse

$$A = 6 k_1 + 6 k_2 + 8 k_c \quad \text{ve}$$

$$B = 6 k_3 + 6 k_4 + 8 k_c \quad \text{koymak suretiyle}$$

$$\phi_i = \frac{12 k_c}{h} \cdot \frac{B - 4 k_c}{AB - 16 k_c^2} \cdot \delta \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$\phi_{i+1} = \frac{12 k_c}{h} \cdot \frac{A - 4 k_c}{AB - 16 k_c^2} \cdot \delta \quad \dots\dots\dots(8)'elde$$

edilir.

Dönüş açıları belli olduğuna göre (2) denkleminde kolondaki kesici kuvvetin ifadesi yazılabilir.

$$Q = \frac{12 k_c}{h^2} \delta - \frac{6 k_c}{h} (\phi_i + \phi_{i+1}) \quad (k_c = \frac{EJ}{h}, \quad \psi = \frac{\delta}{h})$$

$$Q = \frac{12 k_c}{h^2} \delta - \frac{6 k_c}{h} \left( \frac{12 k_c}{h} \delta \frac{B-4 k_c + A-4 k_c}{AB - 16 k_c^2} \right)$$

$$Q = \frac{12 k_c}{h^2} (1 - 6 k_c \frac{A + B - 8 k_c}{AB - 16 k_c^2}) \delta$$

$$c = 1 - 6 k_c \frac{A + B - 8 k_c}{AB - 16 k_c^2} \quad \text{konursa}$$

$$Q = \frac{12 k_c}{h^2} c \delta \quad \dots\dots\dots(9)'elde$$

edilir.

Yukarıdaki (c) denkleminde A ve B'nin değerleri yerine konur ve sadeleştirilirse

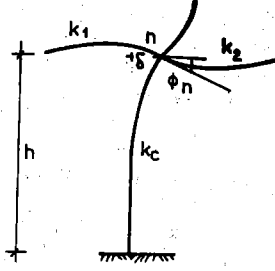
$$c = 1 - \frac{\frac{k_1 + k_2}{k_c} + \frac{k_3 + k_4}{k_c} + 1,33}{(\frac{k_1 + k_2}{k_c} + 1,33)(\frac{k_3 + k_4}{k_c} + 1,33)} - 0,44 \quad \dots\dots\dots(10)'elde$$

edilir.

### 1.3.2. Alt Katta Kesici Kuvvetin Bulunması

(şekil:7)'deki alt kat kolonunu 1.2.1 ve 1.2.2' de yapılan kabul-lerle inceleyelim:

n Düğüm noktasında  $\sum M_n = 0$  yazılırsa:



Şekil: 7

$$4 k_1 \phi_n + 2 k_1 \phi_n + 4 k_2 \phi_n + 2 k_2 \phi_n + 2 \left( 4 k_c \phi_n - \frac{6 k_c}{h} \delta \right) = 0$$

$$(6 k_1 + 6 k_2 + 8 k_c) \phi_n - \frac{12 k_c}{h} \delta = 0$$

$$\phi_n = \frac{12 k_c}{h} \cdot \frac{1}{(6 k_1 + 6 k_2 + 8 k_c)} \delta \dots\dots\dots(11)$$

Dönüş açısı bilindiğine göre (2) denklemdeki kesici kuvvetin ifadesi yazılabilir.

$$Q = \frac{12 k_c}{h^2} \delta - \frac{6 k_c}{h} \phi_n = \frac{12 k_c}{h^2} \delta - \frac{6 k_c}{h} \cdot \frac{12 k_c}{h} \cdot \frac{1}{6 k_1 + 6 k_2 + 8 k_c} \delta$$

$$Q = \frac{12 k_c}{h^2} \delta \left( 1 - \frac{6 k_c}{6 k_1 + 6 k_2 + 8 k_c} \right)$$

$$c = 1 - \frac{6 k_c}{6 k_1 + 6 k_2 + 8 k_c} \quad \text{konursa}$$

$$Q = \frac{12 k_c}{h^2} c \delta \dots\dots\dots(12) \text{ elde edilir.}$$

Yukarıdaki (c) denklemi düzenlenirse

$$c = \frac{\frac{k_1 + k_2}{k_c} + 0,33}{\frac{k_1 + k_2}{k_c} + 1,33} \quad \text{bulunur.}$$

(10) denklemde  $k_3 + k_4 = \infty$  için limit almak suretiyle (12) denklemi elde edilebilirdi. Şöyleki:

$$\text{Lim}_{(k_3+k_4) \rightarrow \infty} c = 1 - \frac{\frac{k_1 + k_2}{k_c} + \frac{k_3 + k_4}{k_c} + 1,33}{\left( \frac{k_1 + k_2}{k_c} + 1,33 \right) \left( \frac{k_3 + k_4}{k_c} + 1,33 \right)} = 0,44$$

pay ve payda  $\frac{k_3 + k_4}{k_c}$  ifadesi ile bölünürse

$$\lim_{(k_3+k_4) \rightarrow \infty} c = 1 - \frac{\frac{k_1 + k_2}{k_c} + 1 + \frac{1,33}{\frac{k_3 + k_4}{k_c}}}{\left(\frac{k_1+k_2}{k_c} + 1,33\right) \left(1 + \frac{1,33}{\frac{k_3+k_4}{k_c}}\right) - \frac{0,44}{\frac{k_3+k_4}{k_c}}}$$

$$\lim_{(k_3+k_4) \rightarrow \infty} c = 1 - \frac{1}{\left(\frac{k_1 + k_2}{k_c} + 1,33\right) \frac{k_1 + k_2}{k_c} + 1,33} = \frac{\frac{k_1 + k_2}{k_c} + 0,33}{\frac{k_1 + k_2}{k_c} + 1,33} \quad \text{elde edilir.}$$

Alt kata düşme seviyesinde bir kuvvet etki etmesi hali için çözüm aranırsa

n düğüm noktası için  $\Sigma M_n = 0$  şartından

$$4 k_1 \phi_n + 2 k_1 \phi_n + 4 k_2 \phi_n + 2 k_2 \phi_n + 4 k_c \phi_n - \frac{6 k_c}{h} \delta = 0$$

$$(6 k_1 + 6 k_2 + 4 k_c) \phi_n - \frac{6 k_c}{h} \delta = 0$$

$$\phi_n = \frac{6 k_c}{h} \cdot \frac{1}{6 k_1 + 6 k_2 + 4 k_c} \delta$$

Dönüş açısı belli olduğuna göre (2) denklemindeki kesici kuvvetin ifadesi yazılabilir.

$$Q = \frac{12 k_c}{h^2} \delta - \frac{6 k_c}{h} \phi_n = \frac{12 k_c}{h^2} \delta - \frac{6 k_c}{h} \cdot \frac{6 k_c}{h} \cdot \frac{1}{6 k_1 + 6 k_2 + 4 k_c} \delta$$

$$Q = \frac{12 k_c}{h^2} \delta \left(1 - \frac{3 k_c}{6 k_1 + 6 k_2 + 4 k_c}\right)$$

$$c = 1 - \frac{3 k_c}{6 k_1 + 6 k_2 + 4 k_c} \quad \text{konursa}$$

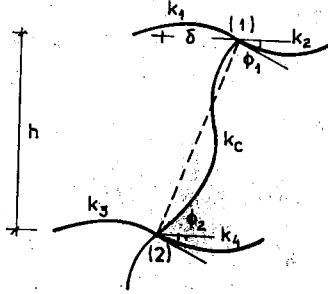
$$Q = \frac{12 k_c}{h^2} \cdot c \delta \quad \text{elde edilir.}$$

Yukarıdaki (c) denklemini düzenlenirse

$$c = \frac{\frac{k_1 + k_2}{k_c} + 0,17}{\frac{k_1 + k_2}{k_c} + 0,67} \quad \dots\dots\dots(13) \text{ bulunur.}$$

### 1.3.3. Üst Katta Kesici Kuvvetin Bulunması

(Şekil: 8)'deki üst kat kolonunu 1.2.2'de yapılan kabullerle inceleyelim.



Şekil: 8

(1) Düğüm noktasında  $\Sigma M_1 = 0$  yazılırsa

$$4 k_1 \phi_1 + 2 k_1 \phi_1 + 4 k_2 \phi_1 + 2 k_2 \phi_1 + 4 k_c \phi_1 + 2 k_c \phi_2 - \frac{6 k_c}{h} \delta = 0$$

$$(6 k_1 + 6 k_2 + 4 k_c) \phi_1 + 2 k_c \phi_2 - \frac{6 k_c}{h} \delta = 0 \quad \dots \dots \dots (14)$$

(2) Düğüm noktasında  $\Sigma M_2 = 0$  yazılırsa

$$4 k_3 \phi_2 + 2 k_3 \phi_2 + 4 k_4 \phi_2 + 2 k_4 \phi_2 + 3(4 k_c \phi_2 + 2 k_c \phi_1 - \frac{6 k_c}{h} \delta) = 0$$

$$(6 k_3 + 6 k_4 + 12 k_c) \phi_2 + 6 k_c \phi_1 - \frac{18 k_c}{h} \delta = 0 \quad \dots \dots \dots (15)$$

(14) ve (15) denklemlerinden  $\phi_1$  ve  $\phi_2$  çözümlürse

$$C = 6 k_1 + 6 k_2 + 4 k_c \quad \text{ve}$$

$$D = 6 k_3 + 6 k_4 + 12 k_c \quad \text{koyarak suretiyle}$$

$$\phi_1 = \frac{6 k_c}{h} \cdot \frac{D - 6 k_c}{CD - 12 k_c^2} \delta \quad \dots \dots \dots (16)$$

$$\phi_2 = \frac{18 k_c}{h} \cdot \frac{C - 2 k_c}{CD - 12 k_c^2} \delta \quad \dots \dots \dots (17) \text{ elde edilir.}$$

Dönüş açıları belli olduğuna göre (2) denkleminde kesici kuvvetin ifadesi yazılabilir.

$$Q = \frac{12 k_c}{h^2} \delta - \frac{6 k_c}{h} (\phi_1 + \phi_2)$$



$$Q = \frac{12 k_c}{h^2} \delta - \frac{6 k_c}{h} \left( \frac{6 k_c}{h} \cdot \frac{D - 6 k_c}{CD - 12 k_c^2} + \frac{18 k_c}{h} \cdot \frac{C - 2 k_c}{CD - 12 k_c^2} \right) \delta$$

$$Q = \frac{12 k_c}{h^2} \left( 1 - 3 k_c \frac{3C + D - 12 k_c}{CD - 12 k_c^2} \right) \delta$$

$$c = 1 - 3 k_c \frac{3C + D - 12 k_c}{CD - 12 k_c^2} \quad \text{konursa}$$

$$Q = \frac{12 k_c}{h^2} \cdot c \delta \quad \dots\dots\dots(18) \text{ elde edilir.}$$

Yukarıdaki (c) denkleminde C ve D' nin değerleri yerine konur ve düzenlenirse

$$c = 1 - \frac{1,5 \frac{k_1 + k_2}{k_c} + \frac{k_3 + k_4}{2 k_c} + 1,0}{\left( \frac{k_1 + k_2}{k_c} + 0,67 \right) \left( \frac{k_3 + k_4}{k_c} + 2,00 \right) - 0,33} \quad \dots\dots\dots(19) \text{ elde edilir.}$$

(19) denkleminde  $k_3 + k_4 = \infty$  konmak suretiyle (13) denklemini elde edilebilirdi.

1.3.4. Katlardaki Dış Kesici Kuvvetlerin Kolonlara Dağıtılması

(9), (12) ve (18) No' lu denklemlerde (c) katın durumuna göre (üst kat, ara kat veya alt kat) farklı değerler almak üzere hep aynı

$$Q = \frac{12 k_c}{h^2} c \delta \quad \dots\dots\dots(20) \text{ ifadesi elde edilmiştir.}$$

Bu durumda ilgili olduğu katta dış kesici kuvvetin dağıtılması aşağıdaki yolla yapılabilir.

$\delta = 1$ , kattaki birim deplasman için herhangi bir kolonda ki S rijitliği

$$S = \frac{12 k_c}{h^2} \cdot c \quad \dots\dots\dots(21) \text{ olarak hesaplanabilir.}$$

(20) ve (21) ifadelerinin karşılaştırılmasından

$$\delta = \frac{Q}{S} \quad \text{elde edilir.}$$

Bir kattaki bütün kolon uç deplasmanlarının birbirine eşit olacağı şartı kullanılırsa

$$\delta = \frac{Q_1}{S_1} = \frac{Q_2}{S_2} = \frac{Q_3}{S_3} = \dots\dots = \frac{Q_n}{S_n} = \frac{\sum Q}{\sum S} \quad \dots\dots\dots(22) \text{ yazılabilir.}$$

Birhangi bir kolondaki  $Q_n$  kesici kuvvetinin değeri ise

$$Q_n = \frac{\sum Q}{\sum S} \cdot S_n \quad \dots\dots\dots(23) \text{ olarak elde edilir.}$$

Burada :  $\sum Q$  = Dış kesici kuvvet

$\sum S$  = Kattaki kolonların  $S$  rijitlikleri toplamı

$S_n$  = (n) kolonunun rijitliği

$Q_n$  = (n) kolonundaki kesici kuvvet' dir.

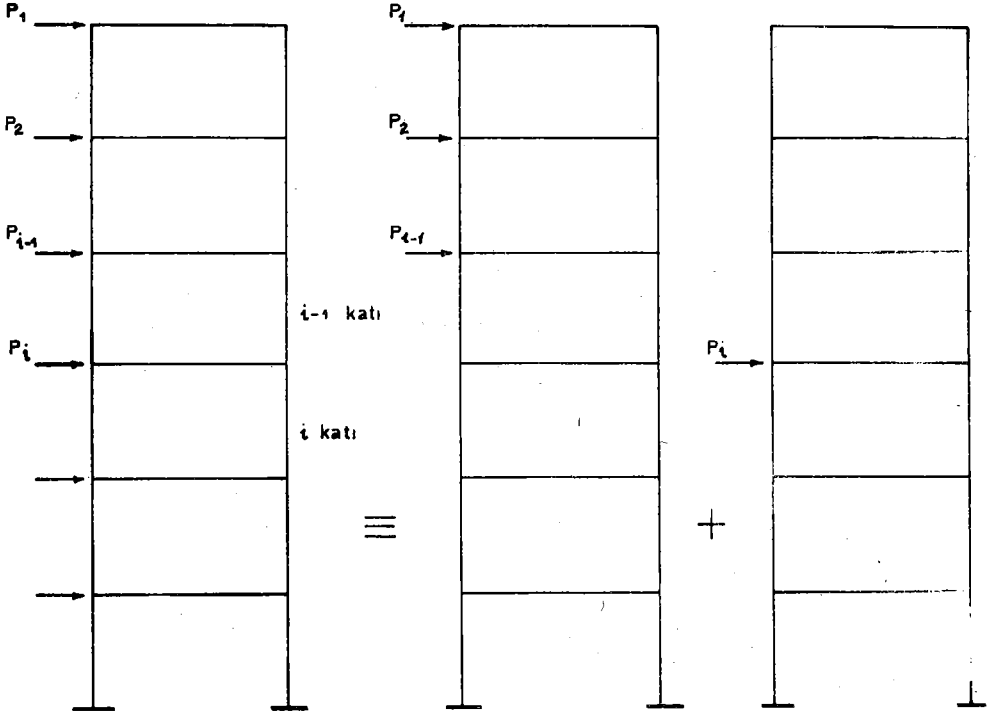
Alt kat ve ara katlarda (şekil: 2)' ye göre (i-1) katına kadar olan dış kesmeler dağıtıldıktan sonra (i) katına etkiyen dış kuvvet için (i) katının bir üst kat olarak kabul edilip dağıtımının yapılması gerekmektedir. (Bak. i katına ait hesap krokisi)

(c) katsayılarının kolay hesaplanabilmesi için şekil:(9,10,11,15)' de üst kat, ara kat ve alt kat için abaklar verilmiştir.

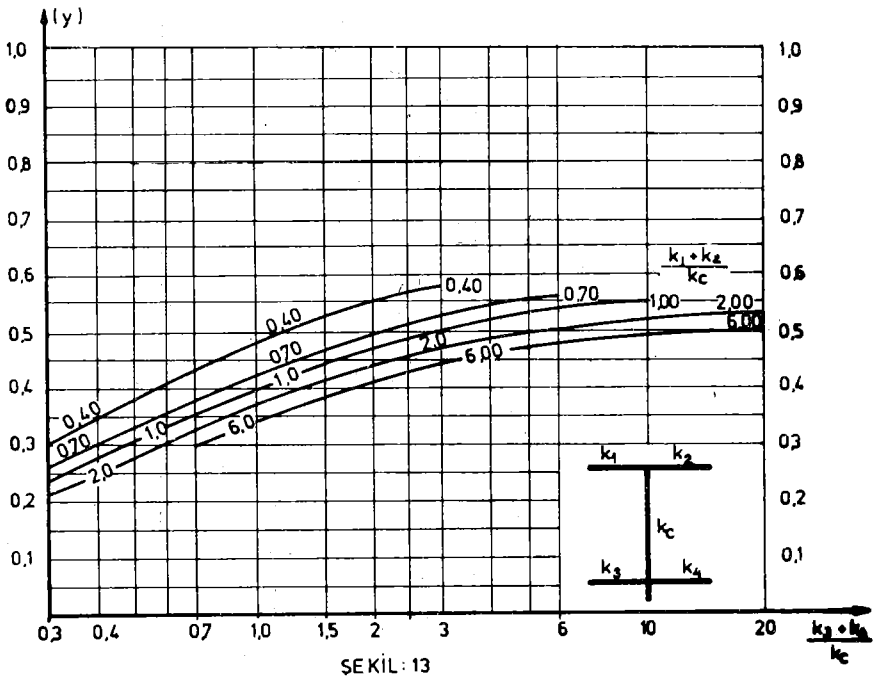
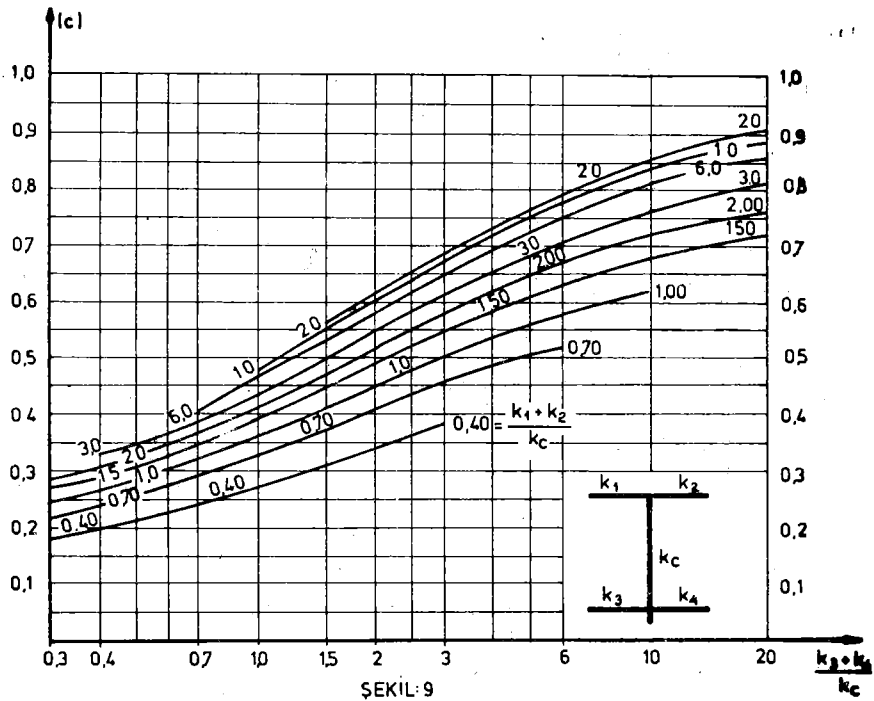
Kattaki kolon boyları birbirine eşit alındığından  $S$  rijitliği yerine

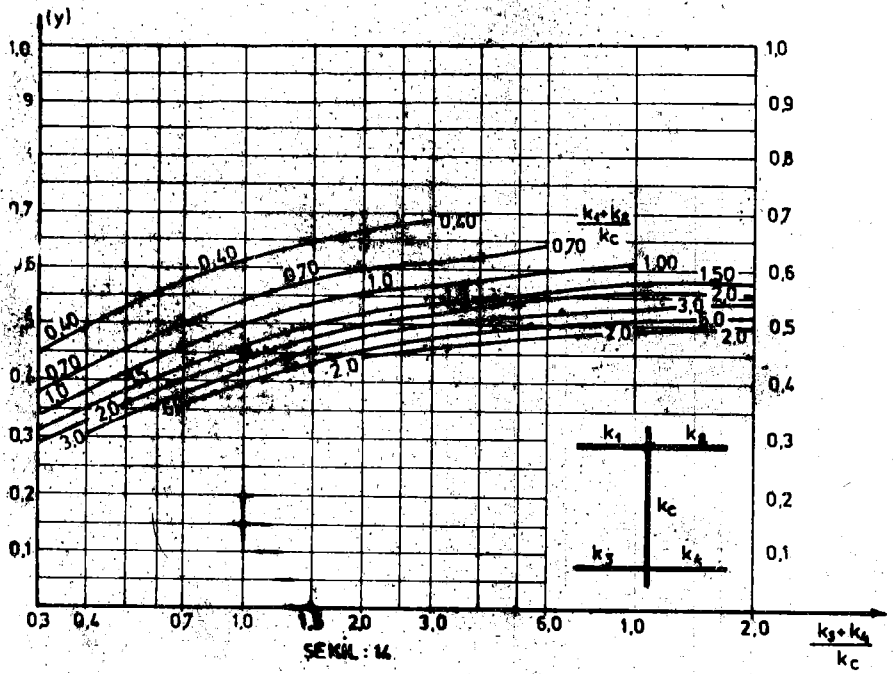
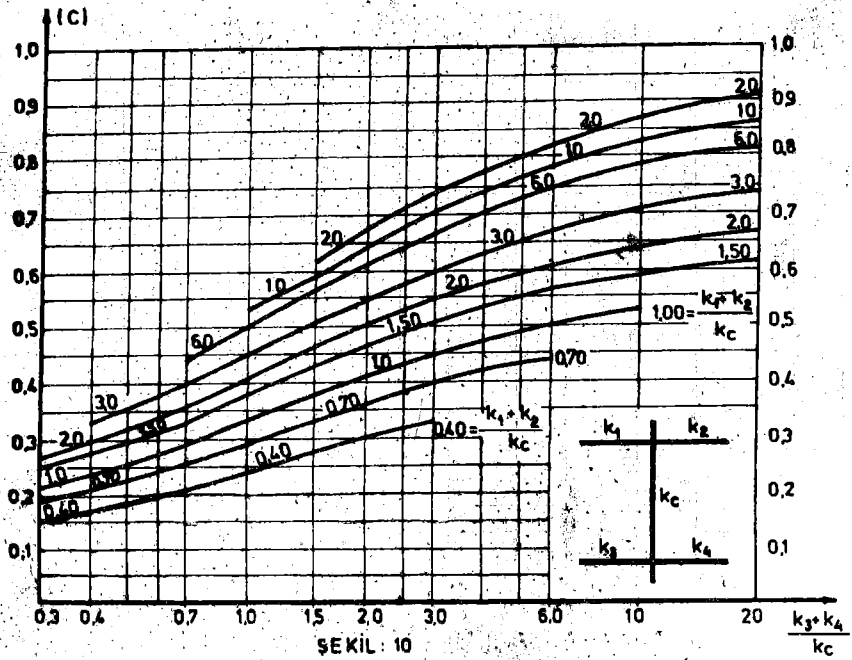
$$\bar{S} = k_c \cdot c \quad \dots\dots\dots(24)$$

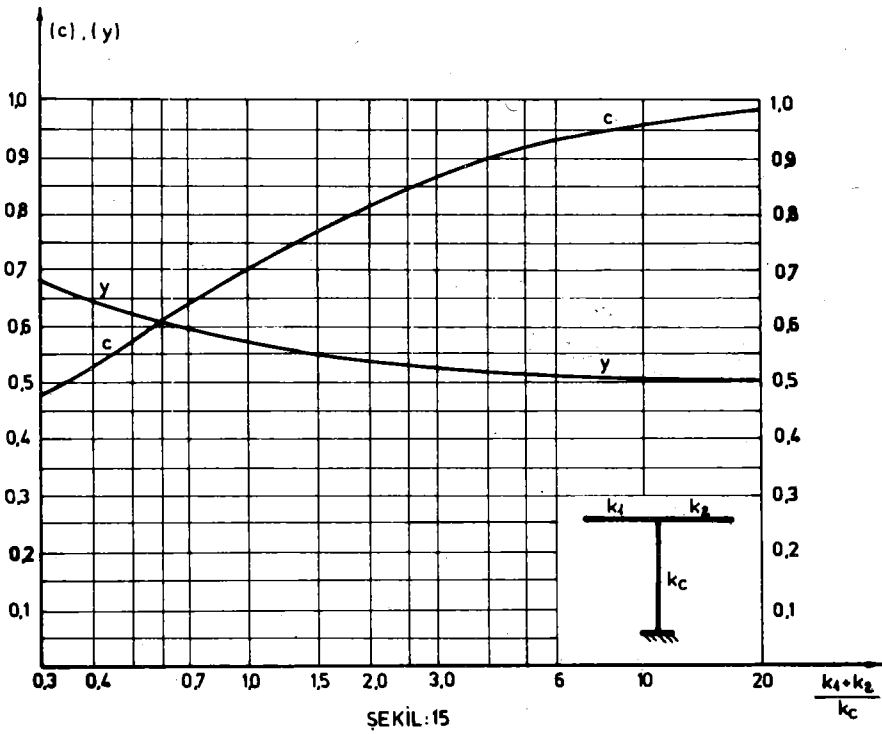
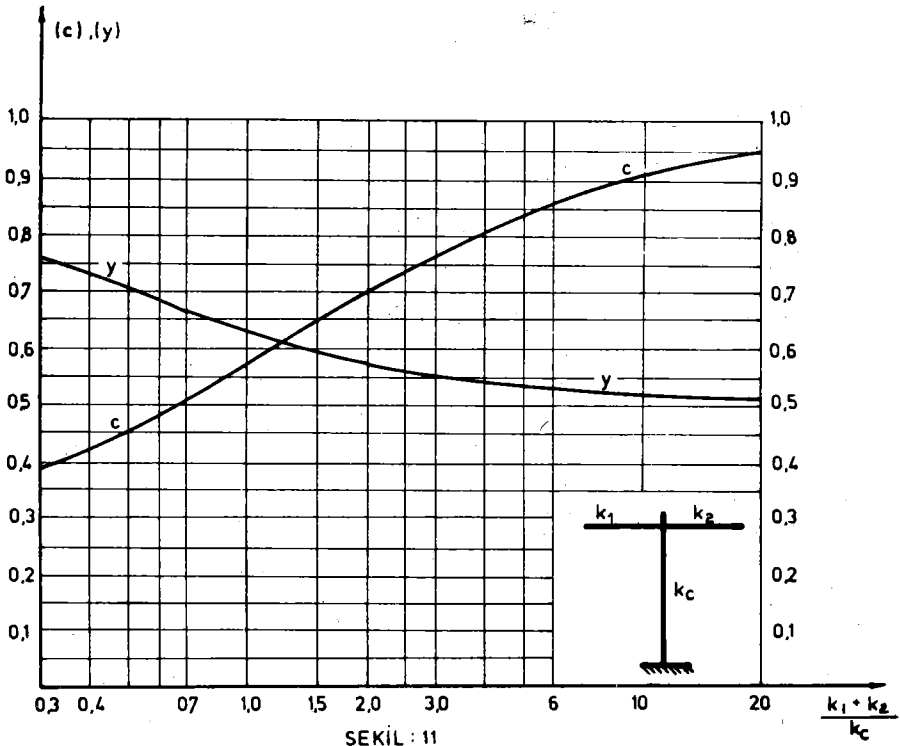
değeri de kullanılabilir.



i KATINA AİT HESAP KROKİSİ



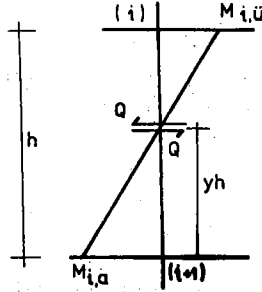




### 1.3.5. Kolon Moment Sıfır Noktalarının Elde Edilmesi

Çok dereceden hiperstatik olan bir çerçevede kolon kesici kuvvetlerinin bulunmasının yanı sıra kolonlardaki moment sıfır noktalarının da bulunması gereklidir. Bu işlem ara katlar, üst kat ve alt kat için ayrı, ayrı yapılacaktır.

#### 1.3.5.1. Ara Katlarda Moment Sıfır Noktalarının Elde Edilmesi



Şekil: 12

Kolon kesici kuvveti Q olduğuna göre (şekil:12)

Kolonun alt ucundaki moment  $M_{i,a} = y \cdot Q \cdot h$  .....(25) ve

Kolonun üst ucundaki moment  $M_{i,u} = (1-y) \cdot Q \cdot h$  .....(26)

olarak tarif edilir.

$$y = \frac{M_{i,a}}{Q \cdot h} = \frac{4 \frac{k}{c} \phi_{i+1} + 2 \frac{k}{c} \phi_i - \frac{6 k}{h} \frac{c}{h} \delta}{\left( \frac{12 k}{h^2} \cdot c \cdot \delta \right) h} = \frac{(\phi_{i+1} + \phi_i) + \phi_{i+1} - \frac{3}{h} \delta}{\frac{6}{h} c \delta} \dots (27)$$

Bölüm 1.3.1' deki kesici kuvvetin ifadesi olan (9) denklemi ve (2) denklemi birleştirilirse

$$Q = \frac{12 k}{h^2} \cdot c \cdot \delta = \frac{12 k}{h^2} \delta - \frac{6 k}{h} c (\phi_i + \phi_{i+1}) \quad \text{ifadesinden}$$

$$\phi_i + \phi_{i+1} = \frac{2}{h} \delta (1 - c) \text{ elde edilir.}$$

(8) denklemden  $\phi_{i+1} = \frac{12 k_c}{h} \frac{A - 4 k_c}{AB - 16 k_c} \delta$  ve

$$A = 6 k_1 + 6 k_2 + 8 k_c$$

$B = 6 k_3 + 6 k_4 + 8 k_c$  degerleri (27) denkleminde yerine konursa

$$y = -\frac{1+2c}{6c} + \frac{1}{6c} \cdot \frac{2 \frac{k_1+k_2}{k_c} + 1,33}{\left(\frac{k_1+k_2}{k_c} + 1,33\right) \left(\frac{k_3+k_4}{k_c} + 1,33\right)} - 0,44 \quad \text{bulunur.}$$

$$r = \frac{2 \frac{k_1+k_2}{k_c} + 1,33}{\left(\frac{k_1+k_2}{k_c} + 1,33\right) \left(\frac{k_3+k_4}{k_c} + 1,33\right)} - 0,44 \quad \text{yazılırsa}$$

$y = -\frac{1}{6c} (1 + 2c - r)$  .....(28) olur.

**1.3.5.2: Alt Katta Moment Sıfır Noktalarının Elde Edilmesi:**

$$y = \frac{M_{n,a}}{Q \cdot h} = \frac{2' k_c \phi_n - \frac{6 k_c}{h} \delta}{\left(\frac{12 k_c}{h^2} \cdot c \cdot \delta\right) h} = \frac{h \cdot \phi_n}{6 c \delta} - \frac{1}{2c} = \frac{1}{6c} \left(\frac{\phi_n \cdot h}{\delta} - 3\right)$$

(11) no' lu denklemden:

$\phi_n = \frac{12 k_c}{h} \cdot \frac{1}{(6 k_1 + 6 k_2 + 8 k_c)} \cdot \delta$  ifadesi yerine konursa

$y = \frac{1}{6c} \left(\frac{12 k_c}{6 k_1 + 6 k_2 + 8 k_c} - 2 - 1\right)$  olur.

$\frac{12 k_c}{6 k_1 + 6 k_2 + 8 k_c} - 2 = -2c$  olduğu göz önüne alınırsa

$y = -\frac{1}{6c} (1 + 2c)$  .....(29.a) olur.

Aynı sonuca (28) denklemden  $k_3 + k_4 = \infty$  koymak suretiyle de varmak mümkündür.

Alt katta kat seviyesinde bir kuvvet etki etmesi hali için çözüm aranır.

$$y = \frac{1}{6c} \left( \frac{\phi_n \cdot h}{\delta} - 3 \right) \quad \text{ve} \quad \phi_n = \frac{6 k_c}{h} \cdot \frac{1}{6 k_1 + 6 k_2 + 4 k_c} \cdot \delta$$

ifadeleri birleştirilirse

$$y = \frac{1}{6c} \left( \frac{6 k_c}{6 k_1 + 6 k_2 + 4 k_c} - 2 - 1 \right)$$

$$\frac{6 k_c}{6 k_1 + 6 k_2 + 4 k_c} - 2 = - 2c \quad \text{olduğu göz önüne alınırsa}$$

$$y = - \frac{1}{6c} (1 + 2c) \quad \dots \dots \dots (29.b)$$

elde edilir.

**1.3.5.3. Üst Katta Moment Sıfır Noktalarının Elde Edilmesi:**

$$y = \frac{M_{1,a}}{Q \cdot h} = \frac{4 k_c \phi_2 + 2 k_c \phi_1 - \frac{6 k_c}{h} \delta}{\left( \frac{12 k_c}{h^2} \cdot c \cdot \delta \right) \cdot h} = \frac{(\phi_2 + \phi_1) + \phi_2 - \frac{3}{h} \delta}{\frac{6}{h} c \delta} \dots (30)$$

Bölüm 1.3.3' deki kesici kuvvetin ifadesi olan (18) denklemi ve (2) denklemi birleştirilirse.

$$Q = \frac{12 k_c}{h^2} \cdot c \cdot \delta = \frac{12 k_c}{h^2} \delta - \frac{6 k_c}{h} (\phi_1 + \phi_2) \quad \text{ifadesinden}$$

$$\phi_1 + \phi_2 = \frac{2}{h} \delta (1-c) \quad \text{elde edilir.}$$

$$(17) \text{ denklemden} \quad \phi_2 = \frac{18 k_c}{h} \cdot \frac{C - 2 k_c}{CD - 12 k_c^2} \delta \quad \text{ve}$$

$$C = 6 k_1 + 6 k_2 + 4 k_c$$

$$D = 6 k_3 + 6 k_4 + 12 k_c \quad \text{değerleri (30)}$$

denkleminde yerine konursa

$$y = - \frac{1 + 2c}{6c} + \frac{1}{6c} \cdot \frac{3 \frac{k_1 + k_2}{k_c} + 1,0}{\left( \frac{k_1 + k_2}{k_c} + 0,67 \right) \left( \frac{k_3 + k_4}{k_c} + 2,00 \right) - 0,33}$$

bulunur.



$$r = \frac{3 \frac{k_1 + k_2}{k_c} + 1.00}{\left(\frac{k_1 + k_2}{k_c} + 0,67\right) \left(\frac{k_3 + k_4}{k_c} + 2,00\right) - 0,33} \quad \text{yazılırsa}$$

$$y = -\frac{1}{6c} (1 + 2c - r) \quad \dots\dots\dots(31) \text{ olur.}$$

31 denkleminde  $k_3 + k_4 = \infty$  koymak suretiyle de (29.b) denklemini elde etmek mümkündür.

(y) değerlerinin daha kolay hesaplanabilmesi için (şekil:11,13,14 15)' de üst kat, ara katlar ve alt kat için abaklar verilmiştir.

Bu bölümde y kolon moment sıfır noktalarının elde edilmesi esnasında kolonlardaki kesici kuvvetlerin pozitif yönde olduğu kabul edilmiştir. (şekil:12)' nin incelenmesinden pozitif kolon kesici kuvvetlerinin Bölüm 1.2.1' deki işaret kabulleri uyarınca negatif uç momentleri meydana getireceği kolaylıkla görülür. Bu nedenle (28),(29 a,b) ve (31) denklemlerinde (-) işareti bulunmaktadır. Bu durumda dış kesici kuvvetler soldan sağa etki ediyorsa uç momentleri negatif, sağdan sola etki ediyorsa uç momentleri pozitif işaretli olacaklardır.

#### 1.3.6. Kiriş Uç Momentlerinin Elde Edilmesi:

Kolon uç momentlerinin elde edilmesinden sonra kat kirişleri mesnetlerinde kolon uç momentleri etki eden müttemadi kirişler durumuna gelirler. Bu kirişin çözümü ise bilinen moment dağılım metotları ile kolayca elde edilebilir.

Kiriş momentlerinin elde edilmesinde yaklaşık bir yol olarak, düğümdeki toplam kolon uç momentlerini kiriş (k)' ları ile orantılı olmak üzere dağıtma yoluna da gidilebilir.

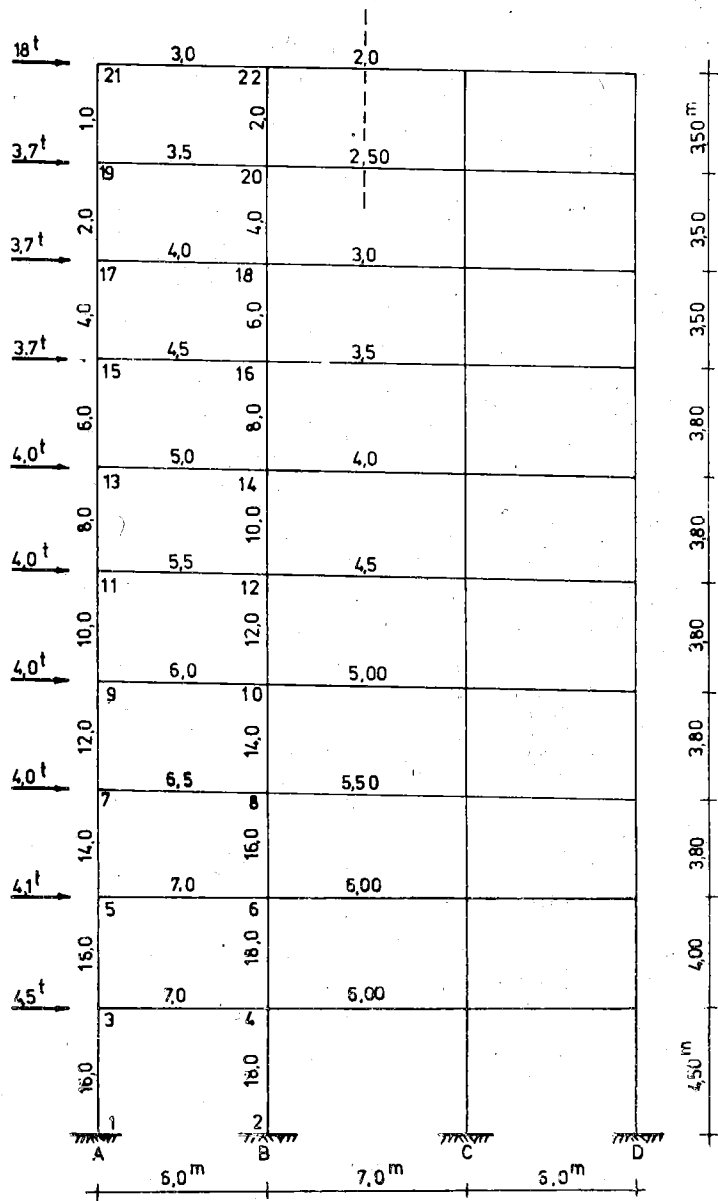
#### 1.4. Çerçeve Sistemlerin Yatay Yüklere Göre İncelenmesine Ait Sayısal

##### Örnekler

1.4.1. Guldan' ın (2) yatay yüklere göre tam çözümünü verdiği 10 katlı çerçevenin (şekil:16) Bölüm (1.3)' de açıklanan metotla çözümü:

$k = \frac{2EJ}{l}$  olmak üzere çubuk (k)' ları ve kat seviyelerindeki yatay yükler şekilde belirtilmiştir.

Sistem simetrik olduğundan A ve D ile B ve C kolonları birlikte incelenmiştir.



ŞEKİL:16

KATLAR	NOTASYON	A, D KOLONU (2 ADET)	B, C KOLONU (2 ADET)
1. KAT	$k_1+k_2/k_c$ $k_3+k_4/k_c$ $c$ $\bar{S}$ Q y $M_a$ $M_{ij}$	3,0 3,5 - 0,63 - 0,63 - 0,31 - 0,47 - 0,51=0,51 - 0,58=0,58	2,5 3,0 - 0,60 - 1,20 - 0,59 - 0,46 - 0,95=0,95 - 1,12=1,12
2. KAT	$k_1+k_2/k_c$ $k_3+k_4/k_c$ $c$ $\bar{S}$ Q y $M_a$ $M_{ij}$	1,75 2,00 0,48 0,50 0,96 1,00 0,31 0,64 0,51 0,45 0,55 + 1,01=1,56 0,53 + 1,23=1,76	1,5 1,75 0,45 0,47 1,80 1,88 0,59 1,21 0,51 0,44 1,05 + 1,86=2,91 1,01 + 2,37=3,38
3. KAT	$k_1+k_2/k_c$ $k_3+k_4/k_c$ $c$ $\bar{S}$ Q y $M_a$ $M_{ij}$	1,00 1,13 0,34 0,37 1,36 1,48 1,00 0,71 0,51 0,40 1,79 + 0,99=2,78 1,72 + 1,49=3,21	1,17 1,33 0,39 0,40 2,39 2,40 1,75 1,14 0,51 0,42 3,12 + 1,68=4,80 3,00 + 2,31=5,31
4. KAT	$k_1+k_2/k_c$ $k_3+k_4/k_c$ $c$ $\bar{S}$ Q y $M_a$ $M_{ij}$	0,75 0,83 0,28 0,32 1,68 2,56 1,76 0,86 0,51 0,40 3,41 + 1,31=4,72 3,28 + 1,96=5,24	1,00 1,13 0,34 0,37 2,72 2,96 2,84 0,99 0,51 0,40 5,50 + 1,50=7,00 5,29 + 2,26=7,55
5. KAT	$k_1+k_2/k_c$ $k_3+k_4/k_c$ $c$ $\bar{S}$ Q y $M_a$ $M_{ij}$	0,63 0,69 0,25 0,28 2,00 2,24 2,43 0,74 0,51 0,38 4,71 + 1,07=5,78 4,52 + 1,74=6,26	0,90 1,00 0,33 0,38 3,30 3,80 4,02 1,26 0,51 0,40 7,79 + 1,92=9,71 7,49 + 2,87=10,36

$$\Sigma Q = 1,8^t$$

$$\Sigma \bar{S} = 3,66$$

$$\Sigma Q = 1,8+3,7$$

$$\Sigma \bar{S} = 5,52, 5,7$$

$$\Sigma Q = 5,5+3,7$$

$$\Sigma \bar{S} = 7,5, 7,76$$

$$\Sigma Q = 9,2+3,7$$

$$\Sigma \bar{S} = 8,80, 11,0$$

$$\Sigma Q = 12,9+4,0$$

$$\Sigma \bar{S} = 10,60, 12,0$$

KATLAR	NOTASYON	A, D KOLONU (2 ADET)	B, C KOLONU (2 ADET)
6. KAT	$k_1+k_2/k_c$	0,55	0,83
	$k_3+k_4/k_c$	0,60	0,92
	$c$	0,23	0,31
	$S$	0,25	0,33
	$Q$	2,30	3,72
	$y$	3,23	5,22
	$M_a$	0,77	1,23
7. KAT	$k_1+k_2/k_c$	0,50	0,79
	$k_3+k_4/k_c$	0,54	0,86
	$c$	0,20	0,29
	$S$	0,24	0,33
	$Q$	2,40	4,06
	$y$	2,88	4,62
	$M_a$	0,77	1,23
8. KAT	$k_1+k_2/k_c$	0,46	0,75
	$k_3+k_4/k_c$	0,50	0,81
	$c$	0,19	0,27
	$S$	0,22	0,31
	$Q$	2,66	4,32
	$y$	3,08	4,96
	$M_a$	0,77	1,23
9. KAT	$k_1+k_2/k_c$	0,44	0,72
	$k_3+k_4/k_c$	0,44	0,72
	$c$	0,18	0,26
	$S$	0,22	0,30
	$Q$	2,88	4,68
	$y$	3,52	5,40
	$M_a$	0,81	1,24
10. KAT	$k_1+k_2/k_c$	0,44	0,72
	$k_3+k_4/k_c$	0,44	0,72
	$c$	0,44	0,51
	$S$	0,55	0,64
	$Q$	7,04	9,18
	$y$	8,80	11,52
	$M_a$	0,97	1,28

$$\Sigma Q = 16,9+4,0$$

$$\Sigma \bar{S} = 12,04, 12,9$$

$$\Sigma Q = 20,9+4,0$$

$$\Sigma \bar{S} = 12,92, 15,0$$

$$\Sigma Q = 24,9+4,0$$

$$\Sigma \bar{S} = 13,96, 16,0$$

$$\Sigma Q = 28,9+4,1$$

$$\Sigma \bar{S} = 15,12, 17,0$$

$$\Sigma Q = 33,0+4,5$$

$$\Sigma \bar{S} = 32,44 40,6$$

Katlardaki  $\delta$  relatif deplasmanı ve  $\psi$  kayma açılarının hesabı

$$1. \text{Katta} \quad \delta = \frac{\Sigma Q}{\Sigma S} = \frac{\Sigma Q}{\frac{6}{h^2} \Sigma \bar{S}} = \frac{1,8}{\frac{6}{3,5^2} 3,66} = 1,004 \quad \psi = \frac{\delta}{h} = 0,287(0,329)$$

Problemde  $k = \frac{2EJ}{L}$  olarak verildiğinden S değerlerini hesaplayabilmek için (21) denklemine göre  $\bar{S}$  değerleri  $\frac{6}{h^2}$  ile çarpılmıştır.

Parantez içindeki değerler, kesin sonuçlardır.

$$2. \text{Katta} \quad \delta = \frac{\Sigma Q}{\Sigma S} = \frac{1,8}{\frac{6}{3,5^2} 5,52} + \frac{3,7}{\frac{6}{3,5^2} 2,5,76} = 0,666 + 1,311 = 1,977$$

$$\psi = \frac{1,977}{3,5} = 0,565 (0,581)$$

$$3. \text{Katta} \quad \delta = \frac{\Sigma Q}{\Sigma S} = \frac{5,5}{\frac{6}{3,5^2} 7,5} + \frac{3,7}{\frac{6}{3,5^2} 7,76} = 1,497 + 0,973 = 2,470$$

$$\psi = \frac{2,470}{3,5} = 0,706 (0,737)$$

Benzer şekilde

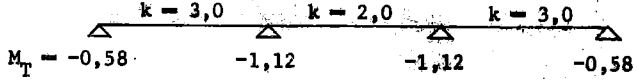
4.Katta	$\delta = 3,321$	$\psi = 0,874 (0,911)$
5.Katta	$\delta = 3,726$	$\psi = 0,981 (1,038)$
6.Katta	$\delta = 4,120$	$\psi = 1,084 (1,126)$
7.Katta	$\delta = 4,531$	$\psi = 1,192 (1,204)$
8.Katta	$\delta = 4,887$	$\psi = 1,286 (1,271)$
9.Katta	$\delta = 5,709$	$\psi = 1,427 (1,315)$
10.Katta	$\delta = 3,811$	$\psi = 0,847 (0,909)$

Problemde (k) değerlerinin gerçek değerleri yerine birbirlerine oranları kullanılmıştır. ( $\delta$ ) ve ( $\psi$ )' lerin gerçek değerlerini bulabilmek için  $J_0 = (k-1)$  olan elemana ait atalet momenti ( $m^4$ ) ve  $E = t/m^2$  boyutunda elastisite modülü olduğuna göre, bulunan ( $\delta$ ) ve ( $\psi$ ) değerlerini  $\frac{1}{2} \frac{EJ_0}{h(m)}$  değeri ile çarpmak gerekmektedir.

Bu durumda  $\delta(m)$   $\psi$  (radyan) boyutlarında elde edilecektir.

Kiriş uç momentlerinin hesabı: Kolon uç momentlerinin elde edilmesinden sonra giriş uç momentleri bölüm (1.3.6)' da açıklandığı gibi Cross metodu ile hesaplanacaktır.

Örnek olarak 1.kattaki giriş uç momentlerini hesaplayalım. Kolon uçlarından katın kesilmesi halinde meydana gelen mütemadi giriş

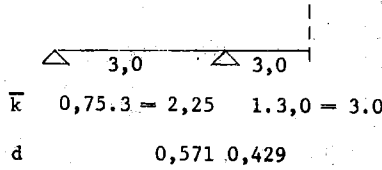


şeklinde olacaktır.

Simetrik sistem ve antimetrik deformasyon durumu dikkate alınırsa simetri eksenini üzerindeki çubuğun (k)' si

$$k'' = 1,5 \cdot k = 1,5 \cdot 2 = 3,0 \quad \text{olacaktır.}$$

Bu duruma göre dağıtma sayıları



Çözüm:

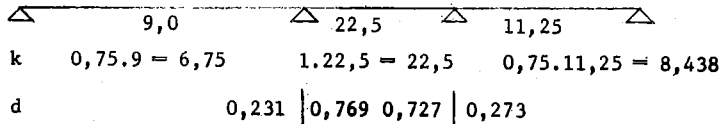
			-1,12
		0,429	0,571
-0,580	+0,580	+0,290	
		+0,356	+0,474
		+0,646	+0,474

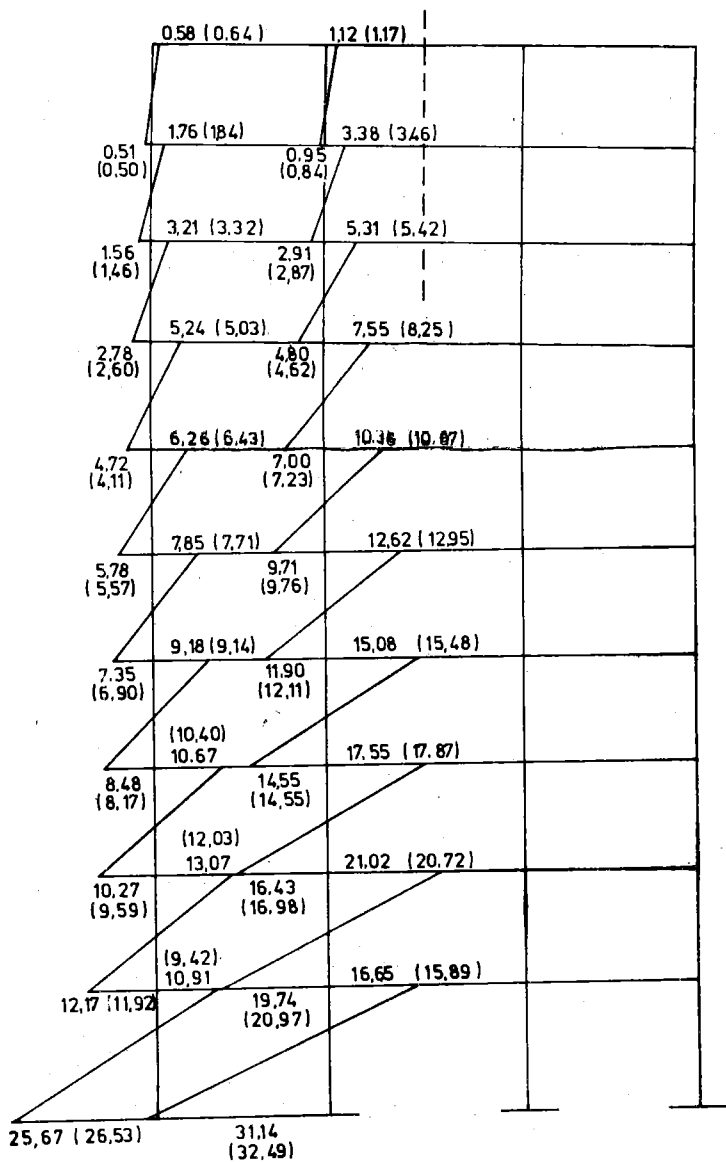
Çerçevenin kolonlarına ait moment, alanı (şekil:17)' de, kirişlerine ait moment alanı ise (şekil: 18)' de gösterilmiştir.

Parantez içindeki değerler, kesin sonuçlardır.

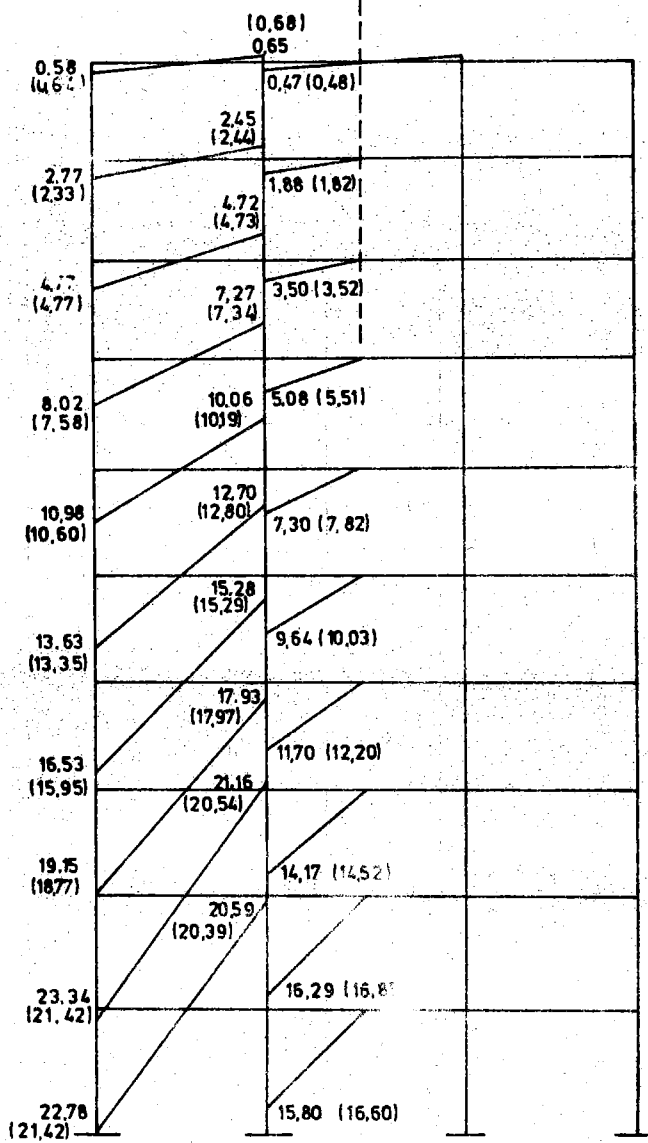
Kiriş uç momentlerinin hesabı: Örnek (1)' de olduğu gibi kiriş uç momentlerinin hesabında kolon uçlarından katın kesilmesi halinde meydana gelecek mütemadi kirişe kolon uç momentlerinin ankastre momentler olarak etki ettirilmesi suretiyle hesaplanacaktır.

Örnek olarak ikinci kata ait kiriş uç momentlerinin hesabı, Mütemadi kiriş ve dağıtma sayıları





SEKIL : 17

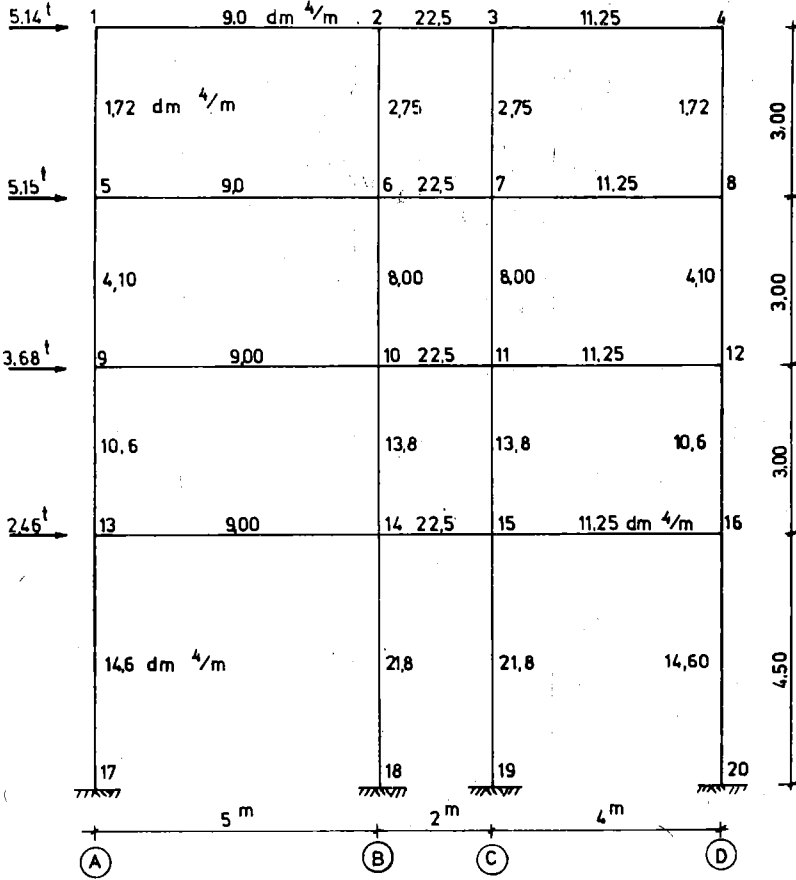


ŞEKİL : 18



1.4.2. Örnek:2

(şekil:19)' daki 4 katlı çerçevenin çözümü.



Şekil:19

$k = \frac{EJ}{L}$  olmak üzere çubuk (k)' ları ve kat seviyelerindeki yatay yükler şekilde belirtilmiştir.

KATILAR	NOTASYON	A KOLONU	E KOLONU	C KOLONU	D KOLONU
1. KAT	$k_1+k_2/k_c$	5,23	11,45	12,27	6,54
	$k_3+k_4/k_c$	5,23	11,45	12,27	6,54
	$\bar{S}$	-	0,72	0,86	-
	Q	-	1,24	2,37	-
	Y	-	0,88	1,66	-
2. KAT	$k_1+k_2/k_c$	2,20	3,94	4,22	2,74
	$k_3+k_4/k_c$	2,20	3,94	4,22	2,74
	$\bar{S}$	0,53	0,66	0,68	0,58
	Q	2,17	5,28	5,44	2,38
	Y	0,73	1,78	1,83	0,80
3. KAT	$k_1+k_2/k_c$	0,85	2,28	2,45	1,06
	$k_3+k_4/k_c$	0,85	2,28	2,45	1,06
	$\bar{S}$	0,30	0,55	0,55	0,34
	Q	3,18	7,31	7,59	3,60
	Y	1,51	3,47	3,60	1,71
4. KAT	$k_1+k_2/k_c$	0,62	1,44	1,55	0,77
	$k_3+k_4/k_c$	0,62	1,44	1,55	0,77
	$\bar{S}$	0,49	0,64	0,65	0,52
	Q	7,15	13,95	14,17	7,59
	Y	2,33	4,55	4,62	2,47

$\Sigma Q = 5,14$   
 $\Sigma \bar{S} = 7,26$

$\Sigma Q = 5,14+5,15$   
 $\Sigma \bar{S} = 15,27+15,48$

$\Sigma Q = 10,29+3,68$   
 $\Sigma \bar{S} = 21,68+22,99$

$\Sigma Q = 13,97+2,46$   
 $\Sigma \bar{S} = 42,86+51,76$

$M_T$	-1,24	-2,39	-2,24	-1,34
	<u>-2,33</u>	<u>-5,50</u>	<u>-5,57</u>	<u>-2,54</u>
	-3,57	-7,89	-7,99	-3,88

Çözüm:

	-7.89		-7.99		
-3.57	0.231	0.769	0.727	0.273	-3.88
<u>+3.57</u>	+1.785			+1.940	<u>+3.88</u>
	+1.410	+4.695	+2.347		
		+1.346	+2.692	+1.011	
	-0.311	-1.035	-0.518		
		+0.189	+0.377	+0.141	
	-0.044	-0.145	-0.073		
		+0.027	+0.053	+0.020	
	-0.006	-0.021	+4.878	+3.112	
	<u>+2.834</u>	<u>+5.056</u>			

Çerçeveye ait moment alanı (şekil:20)'de gösterilmiştir. Parantez içindeki değerler kesin sonuçlardır.

Katlardaki  $\delta$  relatif deplasmanlarının hesabı:

$$1. \text{Katta} \quad \delta = \frac{\Sigma Q}{\Sigma S} = \frac{5,14}{\frac{12}{3^2} \cdot 7,26} = 0,532 \quad (0,532)$$

$$2. \text{Katta} \quad \delta = \frac{5,14}{\frac{12}{3^2} \cdot 15,27} + \frac{5,15}{\frac{12}{3^2} \cdot 15,48} = 0,253 + 0,250 = 0,503 \quad (0,504)$$

$$3. \text{Katta} \quad \delta = \frac{10,29}{\frac{12}{3^2} \cdot 21,68} + \frac{3,68}{\frac{12}{3^2} \cdot 22,99} = 0,357 + 0,120 = 0,477 \quad (0,491)$$

$$4. \text{Katta} \quad \delta = \frac{13,97}{\frac{12}{4.5^2} \cdot 42,86} + \frac{2,46}{\frac{12}{4.5^2} \cdot 51,76} = 0,550 + 0,080 = 0,630 \quad (0,614)$$

Parantez içindeki değerler kesin sonuçlardır.

Bu problemin kesin çözümü (3) ve diğer yaklaşık metotlarla (4,5,6) çözümünden elde edilen sonuçların bir karşılaştırılması (şekil:21)'de verilmiştir.

Yukarıda bulunan  $\delta$  değerleri  $Q = (t)$   $h = (m)$   $k = dm^4/m$  boyutunda olduğundan  $\frac{tm^3}{dm^4}$  boyutundadır.

$$(\delta)' \text{ ların gerçek boyutları istenirse bu değerleri } \frac{1}{10^{-4} \cdot E(t/m^2)}$$

ile çarpılmak gerekmektedir.

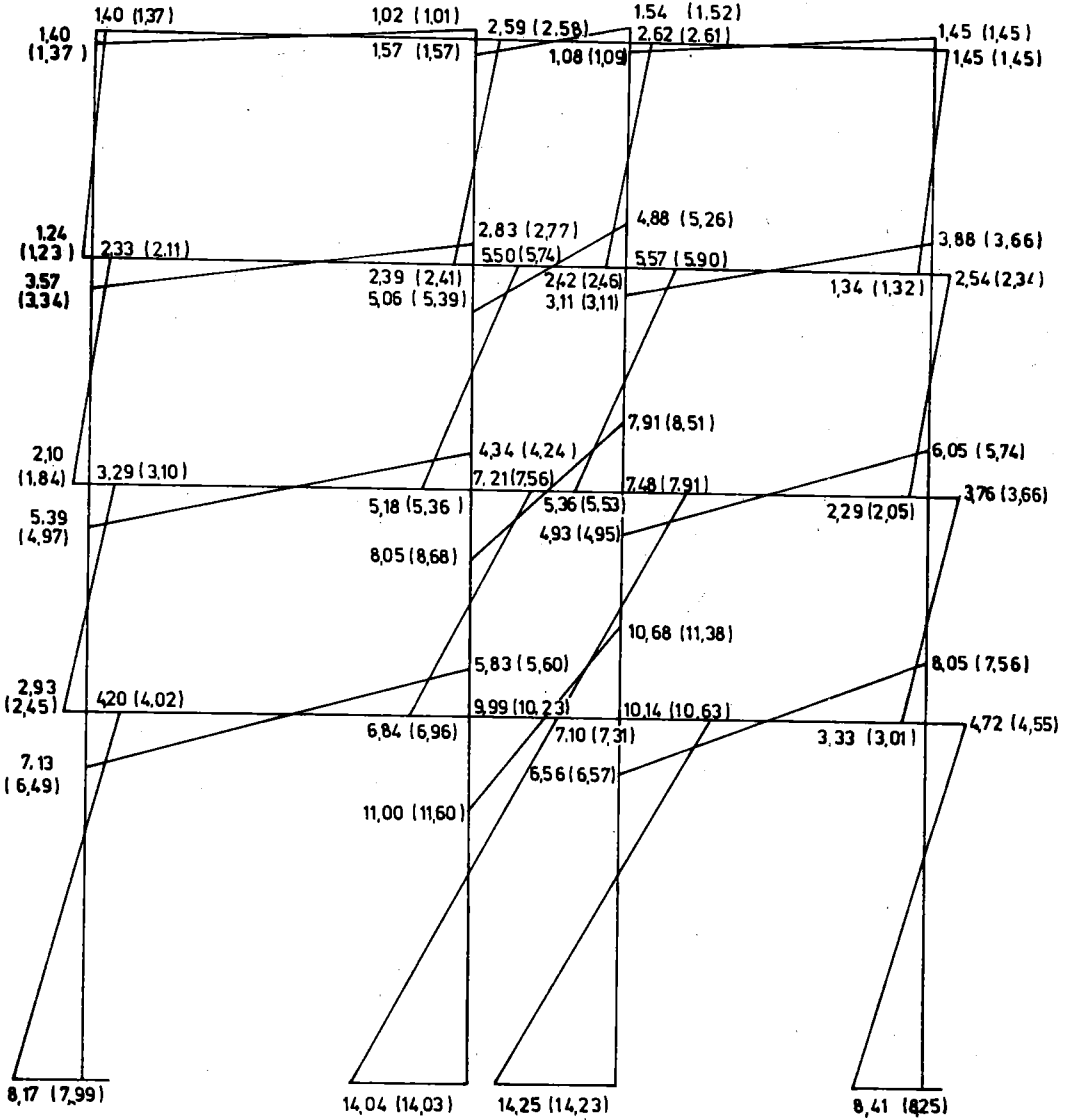
$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2$  olduğuna göre (m) boyutunda olmak üzere ( $\delta$ ) ve  $\Delta$  değerleri

$$1. \text{ Katta } \delta = \frac{0,532}{10^{-4} \cdot 2,1 \cdot 10^6} = 0,253 \cdot 10^{-2} \text{ m} \quad \Delta_1 = 1,020 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$2. \text{ Katta } \delta = \frac{0,503}{10^{-4} \cdot 2,1 \cdot 10^6} = 0,240 \cdot 10^{-2} \text{ m} \quad \Delta_2 = 0,767 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$3. \text{ Katta } \delta = 0,227 \cdot 10^{-2} \text{ m} \quad \Delta_3 = 0,527 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$4. \text{ Katta } \delta = 0,300 \cdot 10^{-2} \text{ m} \quad \Delta_4 = 0,300 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$



ŞEKİL : 20

Çubuk No	KANİ	FAKTÖR	MUTO	ÇAKIROĞLU	AYDIN
1-2	1,37	1,41	1,49	1,43	1,40
2-1	1,01	0,90	0,79	1,04	1,02
2-3	1,57	1,66	1,98	1,54	1,57
3-2	1,52	1,59	1,76	1,47	1,54
3-4	1,09	0,98	0,88	1,11	1,08
4-3	1,45	1,48	1,57	1,52	1,45
5-6	3,34	3,50	3,57	3,50	3,57
6-5	2,77	2,62	2,18	2,77	2,83
6-7	5,39	5,45	5,44	5,00	5,06
7-6	5,26	5,26	5,08	4,88	4,88
7-8	3,11	2,95	2,54	3,07	3,11
8-7	3,66	3,80	3,67	3,82	3,88
9-10	4,97	5,32	5,05	5,11	5,39
10-9	4,24	4,01	3,55	4,24	4,34
10-11	8,68	8,42	8,88	8,40	8,05
11-10	6,51	8,17	8,52	8,26	7,91
11-12	4,95	4,62	4,26	4,98	4,93
12-11	5,74	6,06	6,06	5,90	6,05
13-14	6,49	8,40	6,92	7,09	7,13
14-13	5,60	5,28	4,91	5,81	5,83
14-15	11,60	11,56	12,28	11,24	11,00
15-14	11,38	11,13	11,95	11,25	10,68
15-16	6,57	6,13	5,97	6,83	6,56
16-15	7,56	9,21	7,96	8,15	8,05

Şekil: 21

Çubuk No	KANİ	FAKTÖR	MUTO	ÇAKIROĞLU	AYDIN
1-5	1,37	1,41	1,49	1,43	1,40
5-1	1,23	1,27	1,22	1,22	1,24
5-9	2,10	2,23	2,35	2,28	2,33
9-5	1,84	1,91	2,00	2,19	2,10
9-13	3,10	3,41	3,05	2,92	3,29
13-9	2,45	3,02	3,05	2,29	2,93
13-17	4,02	5,38	3,77	4,80	4,20
17-13	7,99	7,99	8,38	8,18	8,17
2-6	2,58	2,55	2,77	2,58	2,59
6-2	2,41	2,38	2,27	2,39	2,39
6-10	5,74	5,69	5,35	5,38	5,50
10-6	5,36	5,26	5,35	5,18	5,18
10-14	7,56	7,17	7,08	7,46	7,21
14-10	6,96	6,64	7,08	7,19	6,84
14-18	10,23	10,21	10,11	9,86	9,99
18-14	14,03	13,01	13,96	13,62	14,04
3-7	2,61	2,57	2,64	2,58	2,62
7-3	2,46	2,41	2,16	2,39	2,42
7-11	5,90	5,80	5,46	5,56	5,57
11-7	5,53	5,39	5,46	5,34	5,36
11-15	7,91	7,39	7,32	7,90	7,48
15-11	7,31	6,86	7,32	7,58	7,10
15-19	10,63	10,40	10,60	10,50	10,14
19-15	14,23	13,10	14,05	13,60	14,25
4-8	1,45	1,48	1,57	1,52	1,45
8-4	1,33	1,35	1,28	1,30	1,34
8-12	2,34	2,45	2,49	2,52	2,54
12-8	2,05	2,14	2,39	2,42	2,29
12-16	3,66	3,92	3,67	3,48	3,76
16-12	3,01	3,51	3,38	2,97	3,33
16-20	4,55	5,71	4,58	5,18	4,72
20-16	8,25	8,15	8,51	8,45	8,41

Şekil:21 (devamı)

## 1.5. SONUÇ

Deprem kuşakları üzerinde bulunan ülkemizde yapıların yatay yükler tesiri altındaki davranışlarının bilinmesi yapı mühendisleri için son derece önemlidir.

Çalışmanın bu bölümünde döşemeleri sonsuz rijit, lineer elâstik malzemenen yapılmış çerçevesi sistemlerin kat seviyelerinde tesir eden ve burulma meydana getirmeyen yatay yüklere göre hesabı için bazı kabuller altında yaklaşık bir metot geliştirilmiştir.

Yapılan kabullerin uygulamada karşılaşılan durumlara uygun olması nedeniyle sonuçta elde edilen değerlerin kabul edilebilir hata sınırları içinde kaldığı görülmektedir. Bölüm 1.4' de çözümü verilen sayısal örnekler ve ayrıca çözülen çok sayıda ki sayısal çözümler bu yargıyı doğrulamaktadır.

Ayrıca yatay yüklerin kabullerindeki yaklaşıklık miktarı metodun yaklaşıklığının çok üstündedir. Bu nedenlerle kesin çözümlere gidilmesinin mühendisin boşuna zaman harcamasına neden olacağı açıktır.

(şekil:21)' de sayısal örnek 1.4.2' de çözülen çerçevenin dünya çapında tanınmış ve halen uygulanmakta olan bazı metodlarla (4),(5),(6) çözümü ile bir karşılaştırma verilmiştir. Tablonun incelenmesinden ortaya konan metodun diğer metotlar kadar kullanışlı olduğu söylenebilir.

Metodun uygulanmasında her katın bağımsız olarak çözülmesi nedeniyle yapılan maddi bir hatanın diğer katlara geçmesi önlenmektedir. Ayrıca tablo halinde çözüm imkanlarının bulunması çözücüğü fazla düşündürmeden ve hata yapma durumlarını ortadan kaldırarak sonuca götürür.

Çok katlı çerçevelerde kolon rijitliklerinin giriş rijitliklerine oranı zorunlu olarak büyüktür. Bunun sonucu olarak kolonlardaki  $\psi$  kayma açılarının tesiride büyük olmaktadır. Böyle bir çerçevenin kesin metodlarla çözümü ise son derece güç ve zaman alıcıdır. Örneğin klasik ardışık yaklaşım metodlarında istenen hassasiyetteki yaklaşıma uzun iterasyon adımları sonucunda varılabilir.

Buna mukabil yaklaşık metodta her katın diğerinden bağımsız çözümü nedeniyle sonuca kısa ve kolay yoldan varılabilmektedir. Dolayısıyla çözüm kesin metodlara göre çok daha kısa zamanda elde edilebilmekte ve daha az sayıda rakamlarla işlem yapılması nedeniyle maddi hata ihtimalleri ortadan kaldırılmaktadır.



## YARARLANILAN ESERLER

- (1) Takabeya, F. : Mehrstöckige Rahmen, Verlag von Wilhelm Ernst u. Sohn, 1967.
- (2) Guldan, R. : Rahmentragwerke und Durchlaufträger, Springer-Verlag, 1959.
- (3) Kani, G. : Die Berechnung mehrstöckiger Rahmen, Verlag Konrad Wittwer in Stuttgart, 1968.
- (4) Wilbur and Norris : Elementary Structural Design, 1948.
- (5) Muto, K. : Seismic Analysis of Reinforced Concrete Buildings, Proceedings of World Conference on Earthquake Engineering, 1956.
- (6) Çakiroğlu, A., Özmen G. : Çerçevesiz ve Boşluklu Perdelerden Oluşan Yapıların Yatay Yüklere Göre Hesabı, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Teknik Rapor 16, 1973.
- (7) Çakiroğlu, A., Özmen G. : Répartition des charges horizontales entre les portiques et les murs en bétonarmé, La Technique des Travaux, Juillet-Aout, 1962.

**BATI ANADOLU'DA BAZI YERLEŞİM ALANLARINDA  
BEKLENEN DEPREM ŞİDDETLERİNİN  
SAPTANMASI**

**Dr. D. Kolçak — Y. Karayol (\*)**

**ABSTRACT**

The earthquake risk values have been calculated for some urban areas in the west part of Anatolia.

The intensity values were determined for every point from the magnitude of earthquakes which occurred within the area of 150 km radius around the each settlements by using following equation.

$$I_R = 0.1506 + 1.2372M - 0.0332R + 0.00198MR$$

Then, the expected intensity values were calculated according to the probability theory for some certain time intervals.

**ÖZET**

Bu çalışmayla, Batı Anadolu'daki bazı yerleşim merkezleri için deprem riskleri saptanmıştır. İlk aşamada, her yerleşim merkezinin çevresinde, 150 km'lik bir alan içerisinde oluşmuş depremlerin

$$I_R = 0.1506 + 1.2372M - 0.0332R + 0.00198MR$$

bağıntısı yardımıyla, şiddetleri bulunmuştur.

İkinci aşamada ise, olasılık kuramından yararlanarak, belirli zaman süreçleri için beklenen şiddet değerleri saptanmıştır.

**GİRİŞ**

Günümüzde, depreme dayanıklı bina yapımının ülke ekonomileri için ne kadar önemli olduğu çok iyi bilinmektedir. Bu bilinçle, ilgili araştırmacılar, tüm olanaklarıyla, yapı tasarımcılarına gerekli verileri sağlamayı amaçlamaktadır. Bu tür verilerin elde edilmesinde kullanılan yöntemler, kişilere göre değişik olabileceği gibi ülkenin ekonomik koşullarına bağlı olarak da zorunlu değişiklikler göstermektedir.

(\*) İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi Jeofizik Bölümü

Ülkemizde de yapılan çalışmaları incelediğimizde, bu kuralın işlerliğini açıkça görmekteyiz. Özellikle, gerekli verileri sağlamada kullanılan çeşitli ölçü düzeneklerinin bu teknolojiye sahip ülkelerden satın alınması, bu konuda araştırma yapmakta olan kurumları, araştırmacı eleman potansiyelleri yeterli bile olsa, parasal nedenlerden dolayı güç durumda bırakmakta ve yapılan araştırmaların istenen düzeye çıkmasını engellemektedir. Yapı tasarımcıları için, bugün, en gerekli verilerden biri olan ivme değerlerinin, ülkemizde, henüz yeterli bir ivmeölçer ağı kurulamadığından saptanamaması, buna en iyi bir örnektir. Bu koşullar altında yapılabilecek tek şey, sağlanabilen tüm verilerden yararlanarak bazı ampirik bağıntılar geliştirmek ve böylece, daha az niceliksel olsa bile, risk saptamaları yapmaktır.

## UYGULAMA

Daha önce de belirtildiği gibi, henüz elimizde ülkemiz için yeterli derecede ivme verileri bulunmadığından, ivme yerine deprem büyüklüğünden (M) yararlanarak bazı yerleşme merkezlerinde, beklenen şiddet değerlerini ( $I_{Expected}$ ) saptamayı amaçladık. Şekil 1, bu çalışma için seçilen yerleşim yerlerini göstermektedir. Daha önce yapılan bir çalışmada (KOLÇAK, SİPAHIOĞLU-1979), bu bölge için, uzaklığa bağlı olarak şiddet ve büyüklük arasında bir ilişkinin saptanmış olması, bu bölgenin seçim ölçülerinden birini oluşturmuştur.

Bölgede oluşmuş depremlere ait veriler; 1913 - 1970 dönemi için, "An Earthquake Catalogue for Turkey" den, 1970 - 1977 dönemi içinse U.S.G.S.'in "Preliminary Determinations of Epilmenters" den alınmıştır. Deprem büyüklükleri arasındaki farklılıklar;

$$M = 1.47 \text{ m (US)} - 2.16 \quad (1)$$

bağıntısı yardımıyla giderilmiştir.

İlk aşamada, belirli zaman süreçleri için, beklenen şiddet değerleri saptanacak yerleşim merkezlerinin koordinatlarına (Çizelge 1)  $\pm 1.5^\circ$  eklenerek, belirlenen alanın dışındaki depremler elenmiştir. Bu alan içerisinde oluşan depremlerin koordinatlarından yararlanarak, yerleşim merkezi ile dış merkez (episantr) arasındaki (L) uzaklıkları, küresel trigonometrideki Cosinüs teoreminden yararlanılarak bulunmuş, bunlardan, uzaklığı 150 km'ye eşit veya küçük olanlar gözönüne alınmıştır.

Bu aşamadan sonra içmerkez derinlikleri (h) yardımıyla

$$R = (L^2 + h^2)^{1/2} \quad (2)$$

bağıntısından R değeri saptanmıştır. R ve M değerleri, bu bölge için, daha önce saptanan;

$$I_R = 0.1506 + 1.2372 M - 0.0332 R + 0.00198 MR \quad (3)$$

bağıntısında (KOLÇAK, SİPAHIOĞLU, 1979) yerlerine konularak, T = 65 yıllık bir gözlem süresi boyunca, ele alınan noktada oluşan şiddet değerleri bulunmuştur. Bu değerleri, histogram durumuna getirebilmek için, aralık  $\pm 0.5$  olarak 1 birim seçilmiş ve her aralıktaki ( $F_i$ ) şok sayısı belirlenmiştir. Bütün noktalarda, bu işlemlerin yinelenmesi sonucu çizilen histogramlar, Şekil 2 (1-29) da görülmektedir.

Eğer her aralıktaki ( $F_i$ ) şok sayısını, gözlem süresine bölecek olursak;

$$P_i = F_i/T \quad (4)$$

olasılık değerlerini elde ederiz ki bu; genellikle, eksponansiyel bir eğridir. Bu olasılık dağılım eğrisinden, T'ya göre integre edilmiş veya birikimli olasılık dağılımını

$$P = pdT \quad (5)$$

yardımla buluruz (Şekil 3.1.-29). Görüldüğü gibi her nokta için çizilen birikimli olasılık eğrileri de, biçim olarak eksponansiyeldir.

Bu eğrilerin denklemi genel olarak,

$$P = ae^{-bI} \quad (6)$$

şeklinde varsayılabilir. (a) ve (b) katsayılarını bulmak için, e tabanına göre logaritma alınarak (5) denklemi, lineer duruma getirilmiş ve en küçük kareler yöntemi uygulanmıştır. Her nokta için saptanan (a) ve (b) katsayıları ile bağımlılık değerleri (correlation) Çizelge 2'de verilmektedir.

(a) ve (b) katsayıları belirlendikten sonra, istenen zaman süreci için, beklenen  $I_R$  şiddet değerleri kolayca saptanabilir. Çizelge 3 de her yerleşim merkezinde, 20, 40, 60, 80 ve 100 yıllık süreler için saptanmış, beklenen şiddet değerleri verilmektedir.

### SONUÇ

Yerleşim merkezlerinde bulunan yapıların, farklı kullanılabilirlik ömürleri olduğundan, değişik zaman süreçleri için beklenen şiddet değerleri saptanmıştır.

Saptanan bağımlılık katsayılarının 0.97 den büyük olması, olasılık eğrileri için varsayılan (5) nolu eksponansiyel denklemin gözlem değerlerine çok iyi uygunluk sağladığını göstermektedir.

Bu çalışmada yerel jeolojik ve tektonik özellikler gözönüne alınmadığından Çizelge 3. te verilen şiddet değerleri kullanılırken gerekli düzeltme yapılmamıştır.

Daha öncede belirtildiği üzere, yeterli ivme ölçer kayıtlarının bulunmadığı bölgelerde, bu tür çalışmaların yararlı olacağı inancındayız.

### YARARLANILAN KAYNAKLAR

Alsan E., Tezuçan L., ve Bath M. (1975)

An Earthquake Catalogue for Turkey for the Interval 1913-1970.

Kolçak D., Sipahioğlu S., (1979)

Batı Anadolu için Geliştirilmiş Deprem Büyüklüğü-Şiddet-Uzaklık İlişkisi, (yayında).

Preliminary Determination of Epicenters.

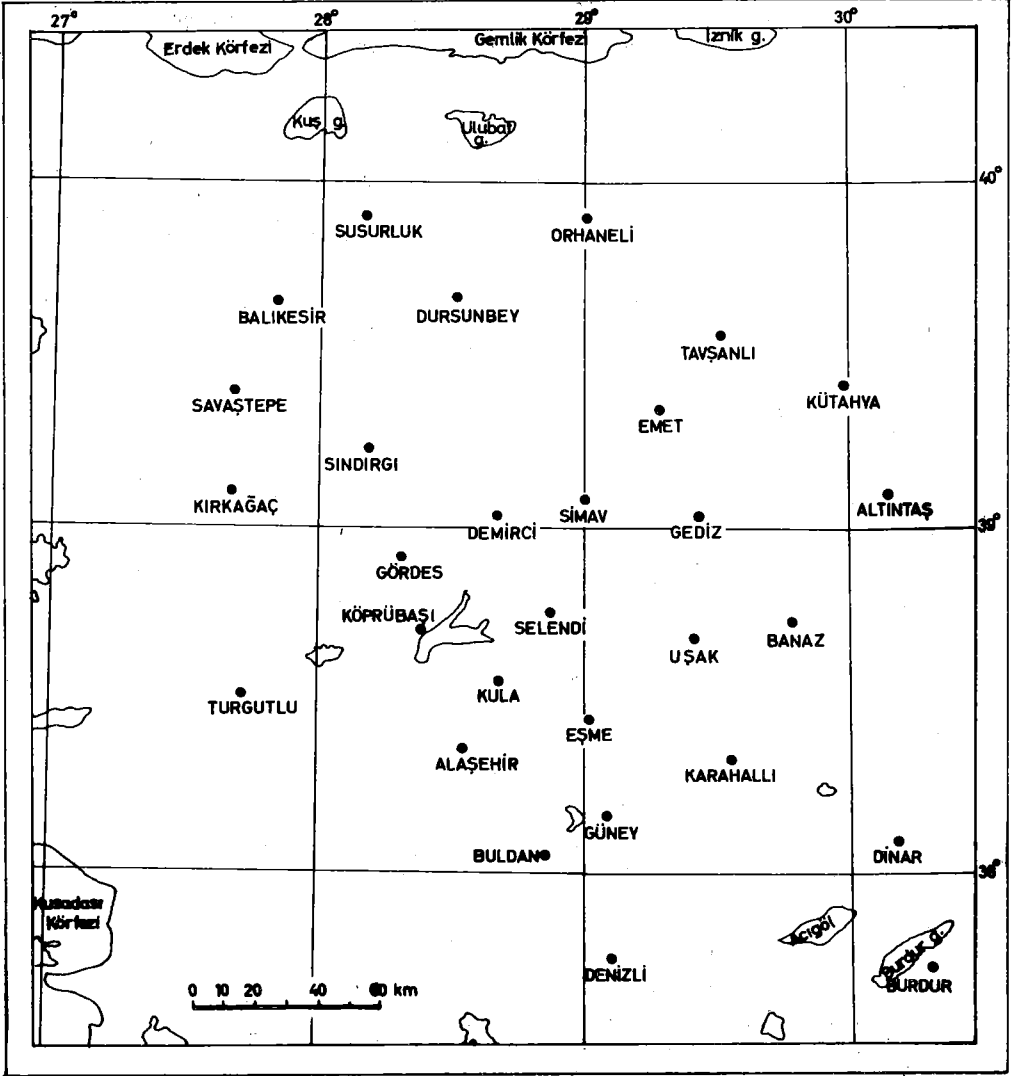
U.S. Department of Interior/Geological Survey (1970-1977).

National Earthquake Information Center.

Watabe, M. (1971).

Evaluation of Seismic input forces in Japan, Lecture Notes.

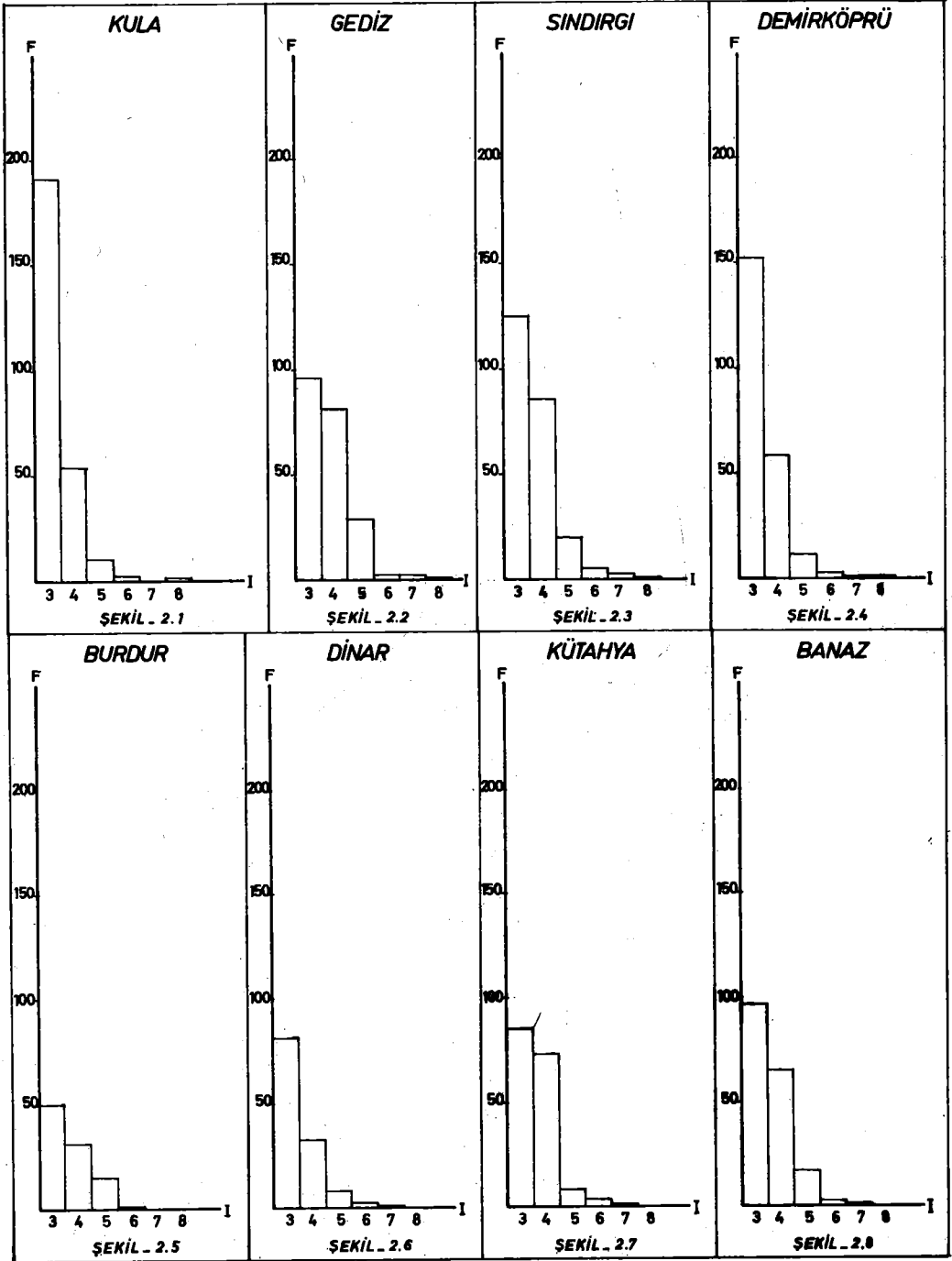
IISEE, Tokyo, Japonya.

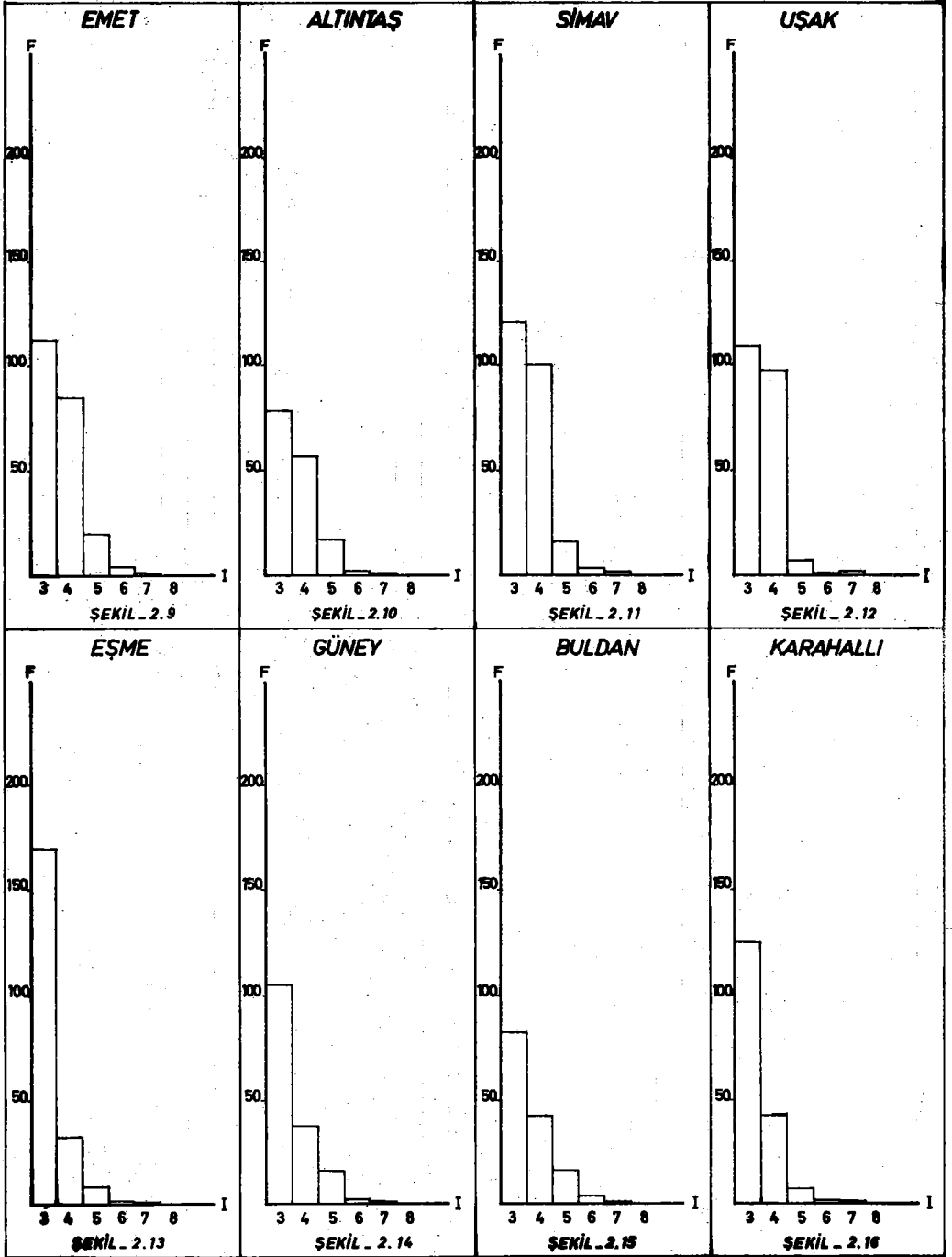


Şekil - 1

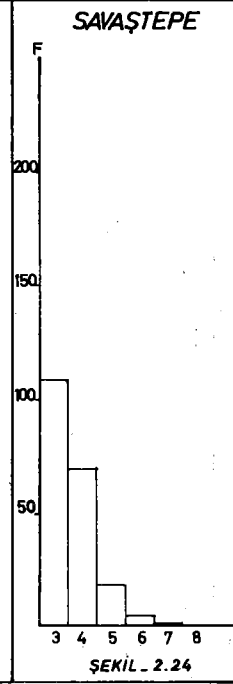
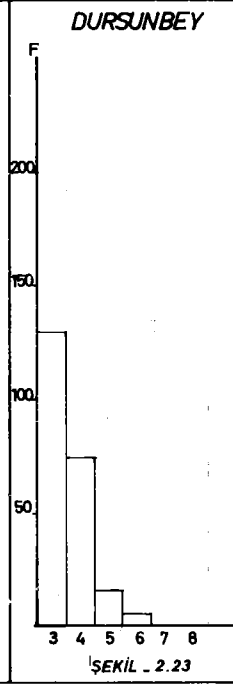
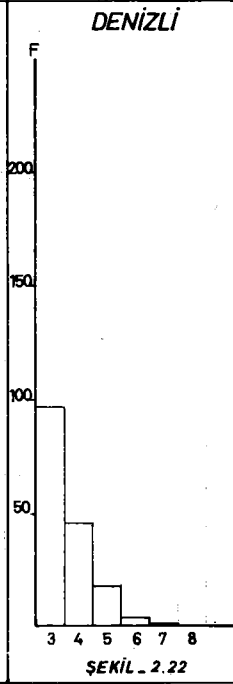
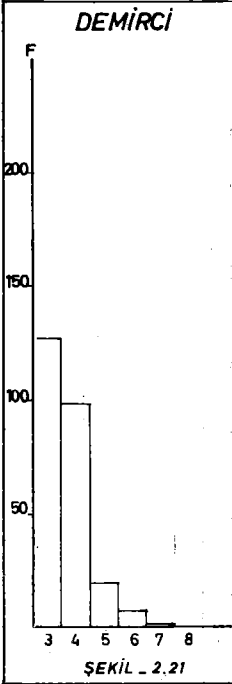
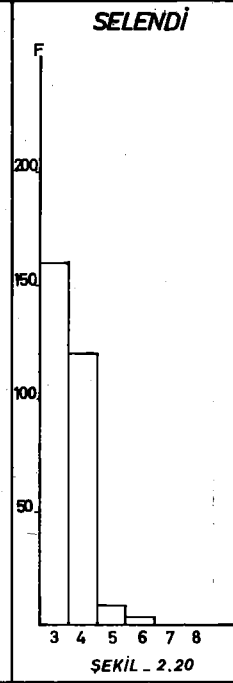
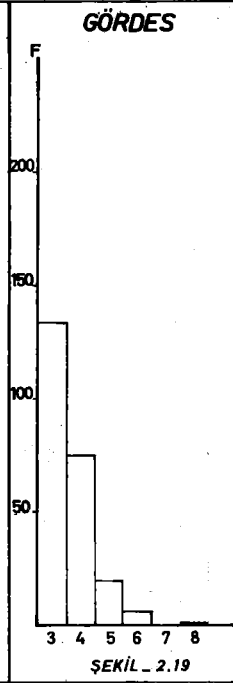
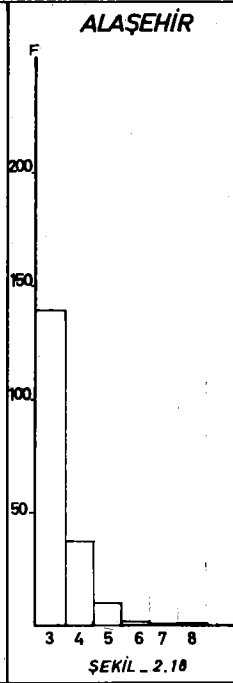
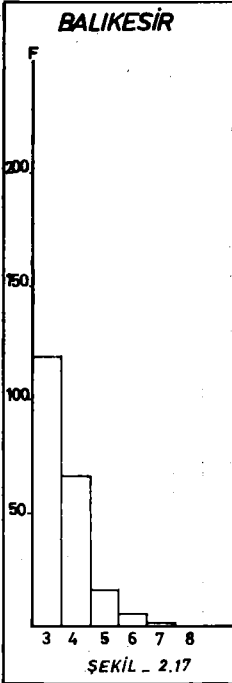
Yer	Enlem	Boylam
ALASEHİR	38.36	28.55
ALTINTAŞ	39.10	30.17
BALIKESİR	39.66	27.83
BANAZ	38.73	29.78
BULDAN	38.05	28.87
BURDUR	37.75	30.32
ÇARDAK	37.84	29.72
DEMİRCİ	39.03	28.63
DEMİRKÖPRÜ	38.60	28.40
DENİZLİ	37.75	29.10
DİNAR	38.10	30.17
DURSUNBEY	39.57	28.65
EMET	39.34	29.29
EŞME	38.46	29.03
GEDİZ	39.03	29.45
GÖRDES	38.90	28.32
GÜNEY	38.16	29.10
KARAHALLI	38.33	28.55
KIRKAĞAC	39.10	27.62
KULA	38.65	28.68
KÜTAHYA	39.35	30.00
ORHANELİ	39.99	29.02
SAVAŞTEPE	39.39	27.68
SELENDİ	38.75	28.87
SINDIRGI	39.33	28.22
SİMAV	39.08	29.01
SUSURLUK	39.90	28.17
TAVŞANLI	39.56	29.52
TURGUTLU	38.51	27.72
UŞAK	38.67	29.41

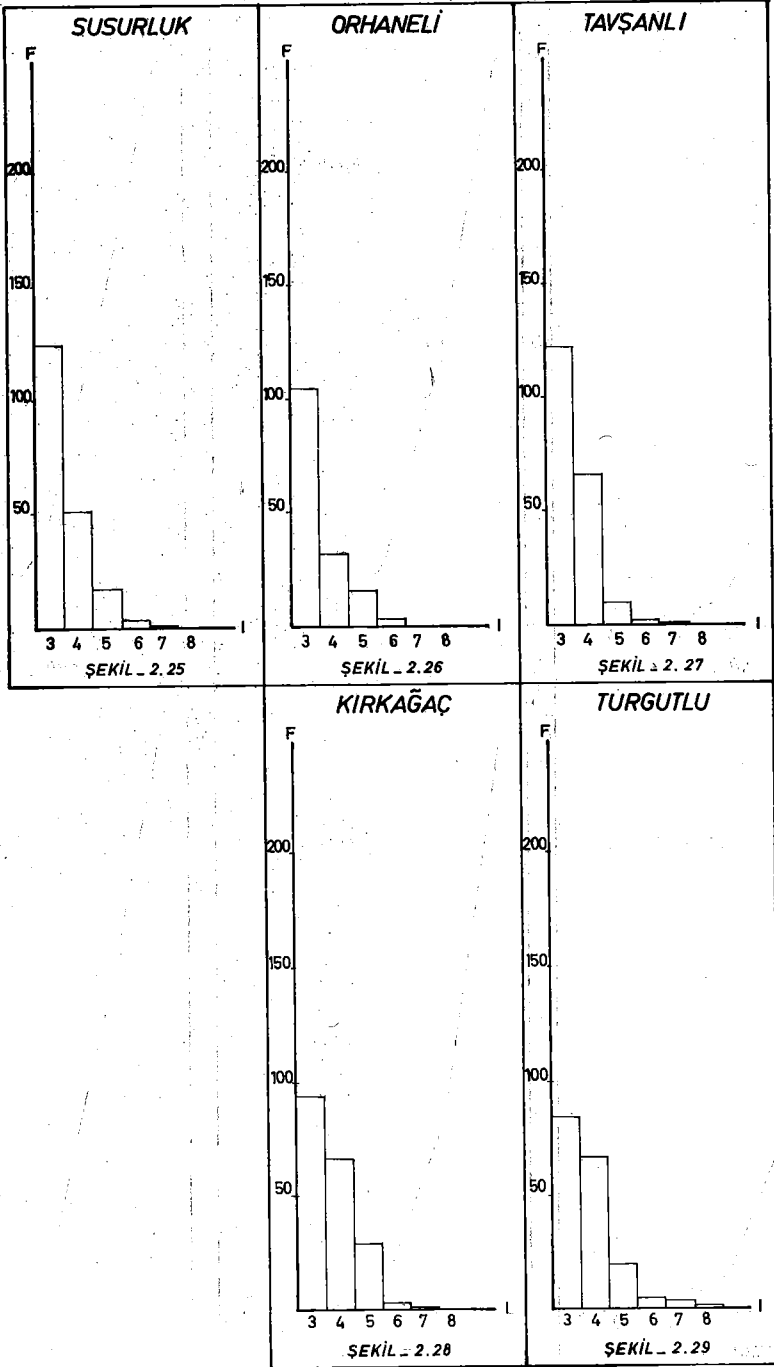
Çizelge \_1

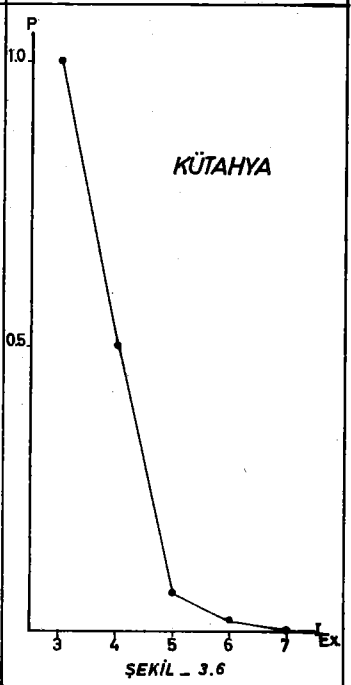
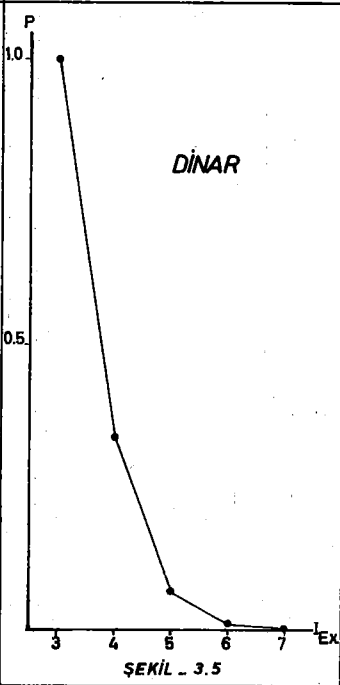
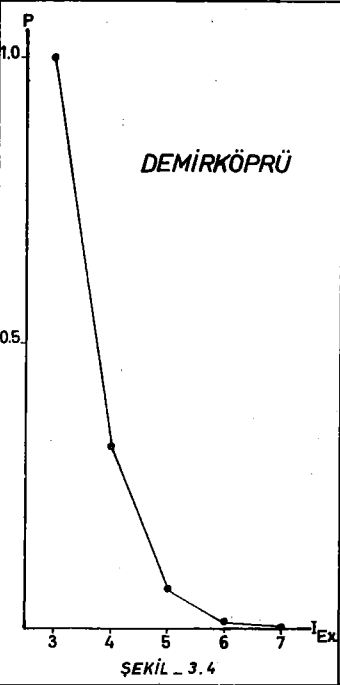
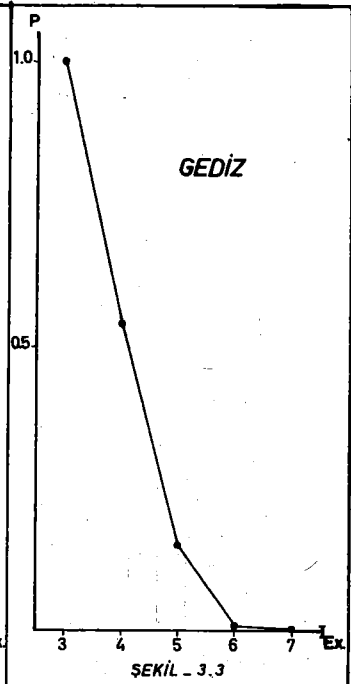
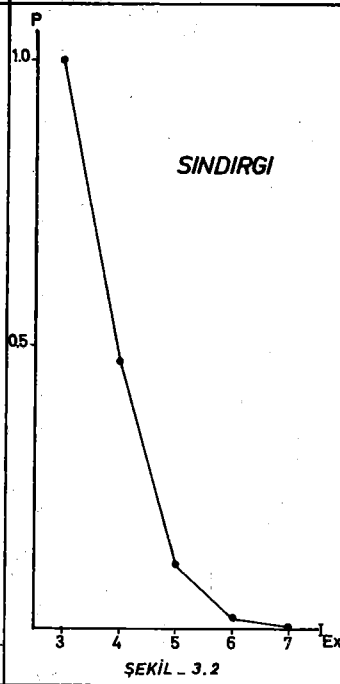
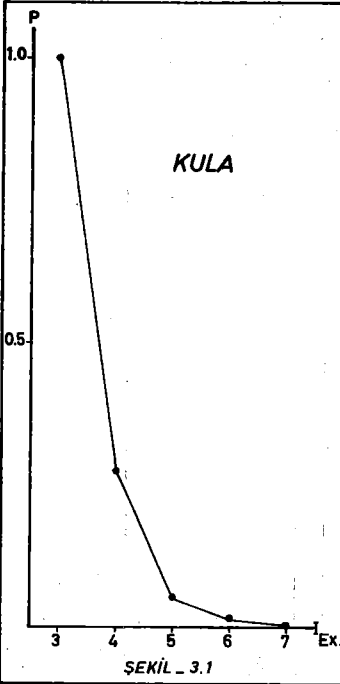


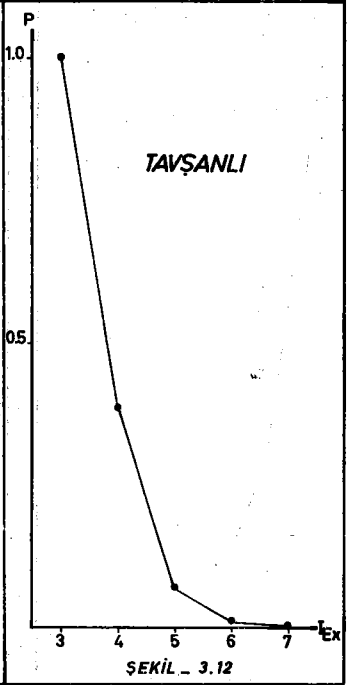
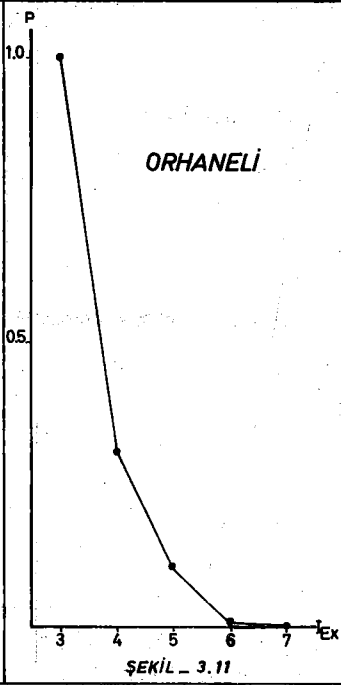
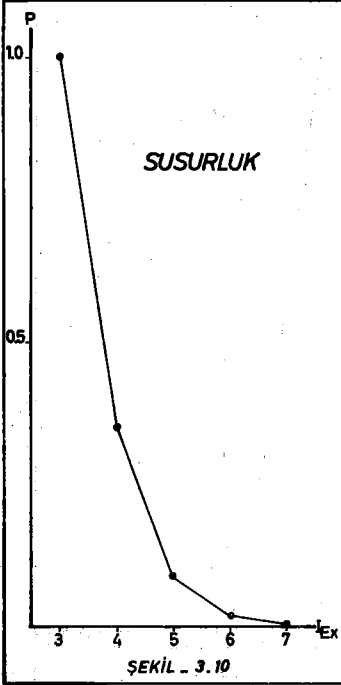
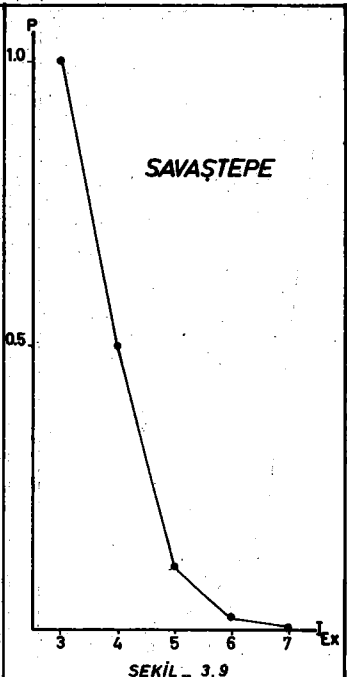
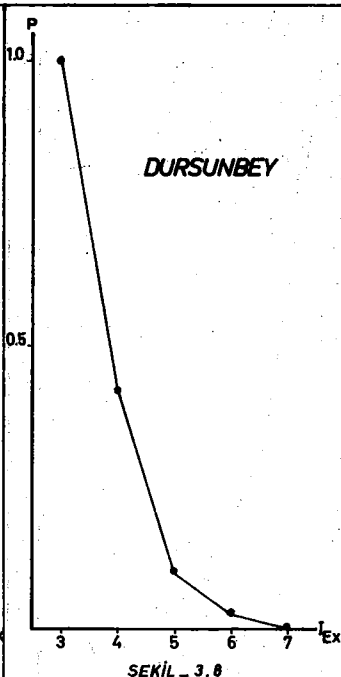
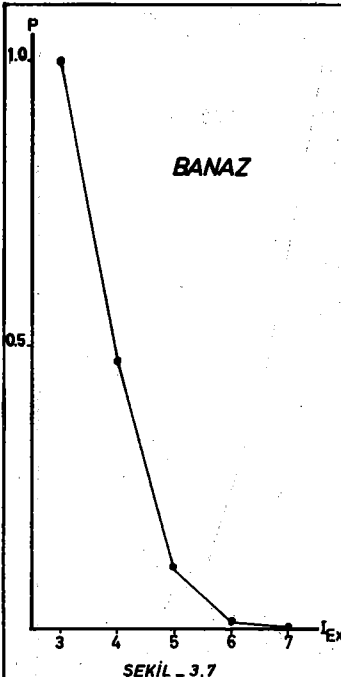


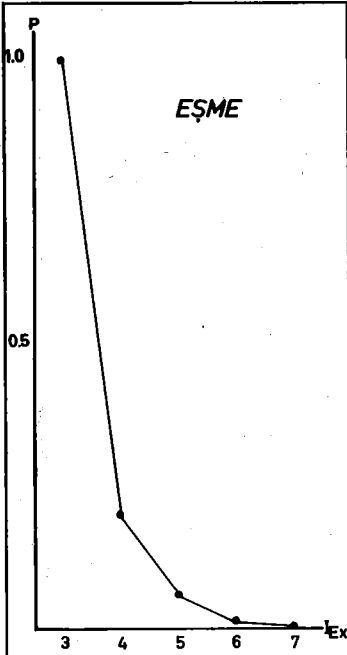




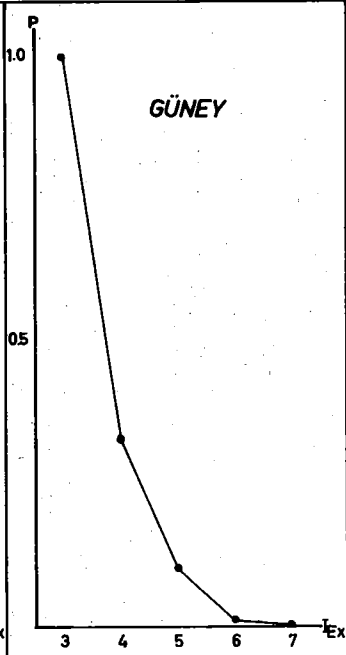




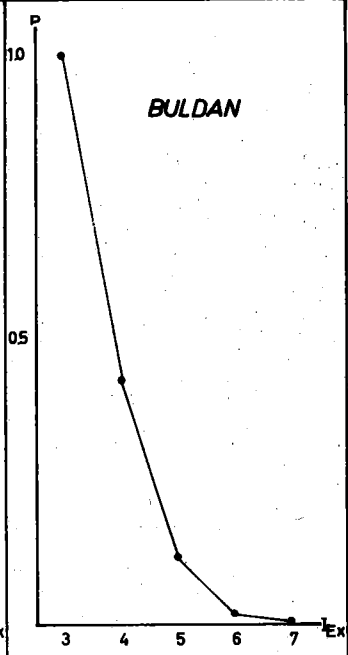




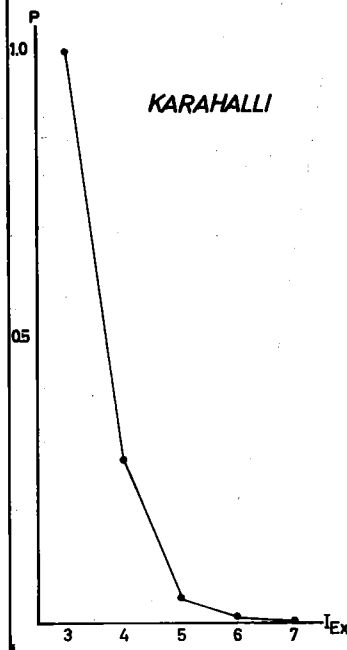
ŞEKİL - 3.13



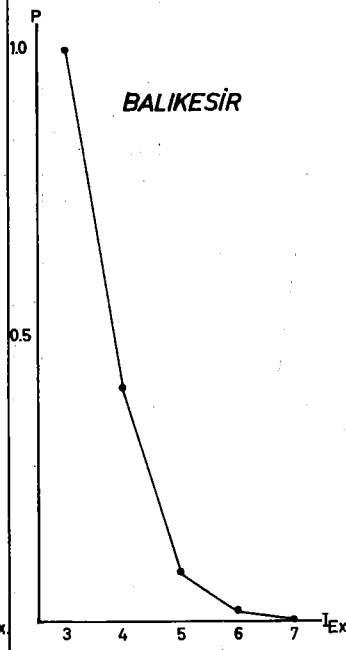
ŞEKİL - 3.14



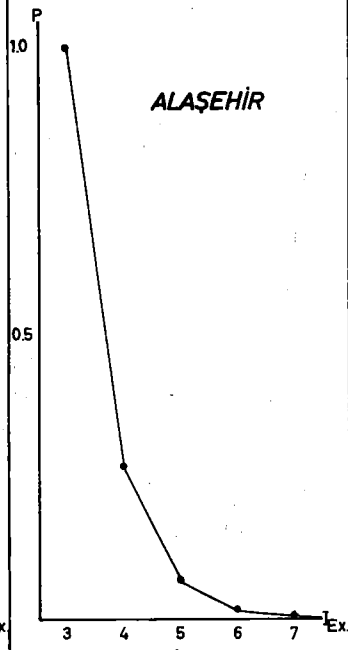
ŞEKİL - 3.15



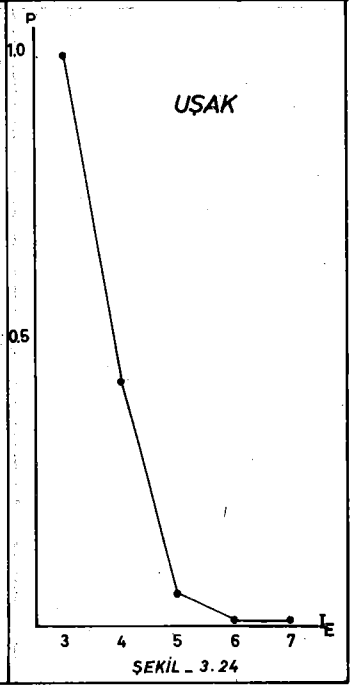
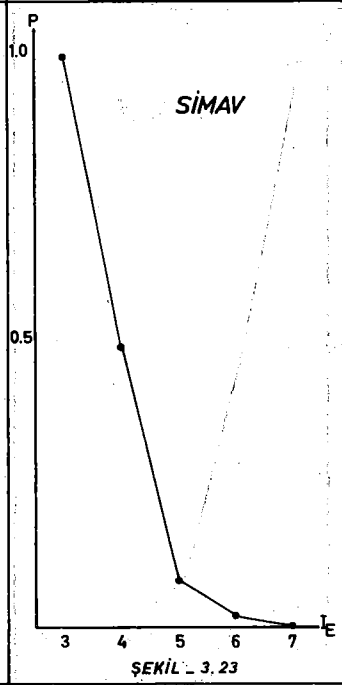
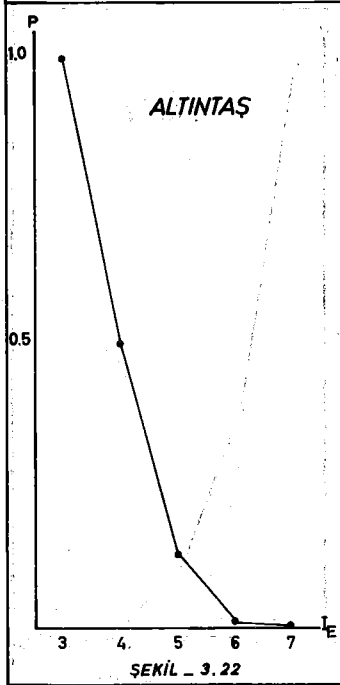
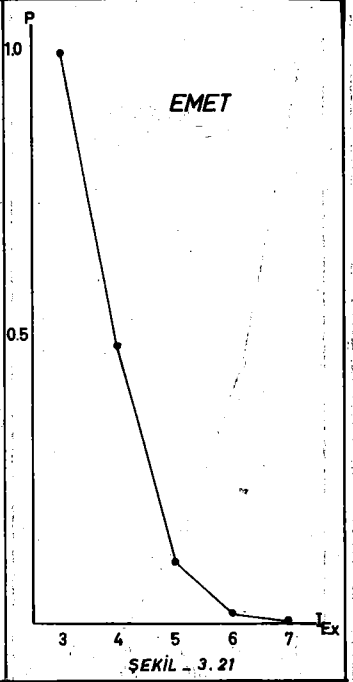
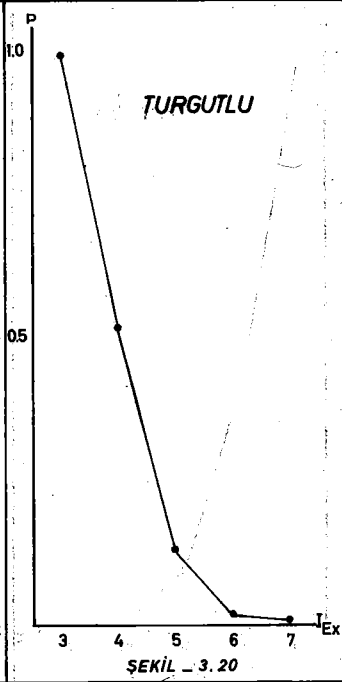
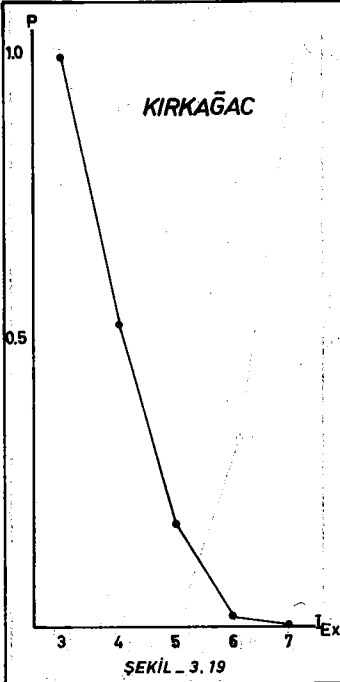
ŞEKİL - 3.16

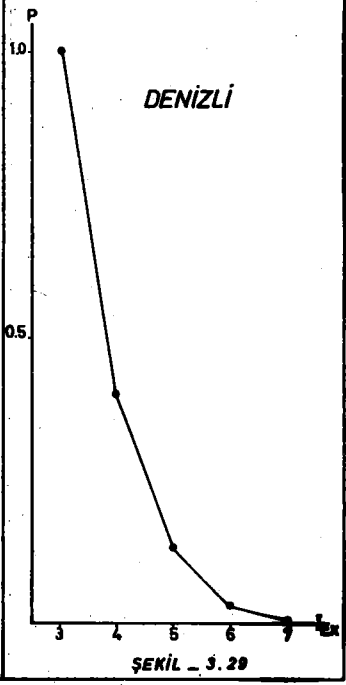
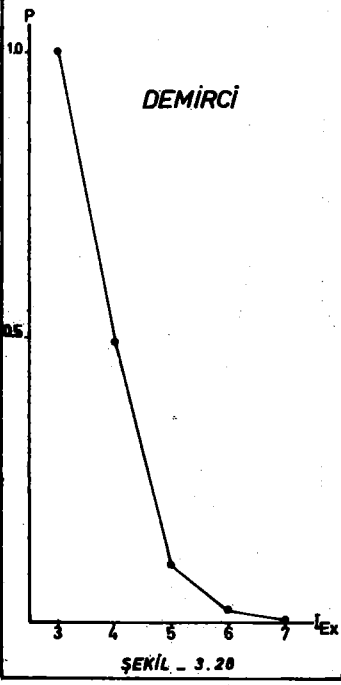
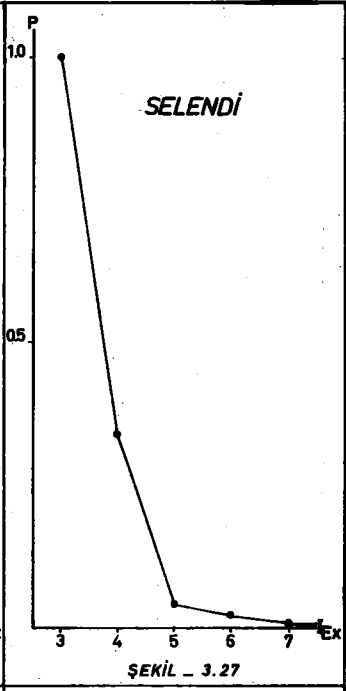
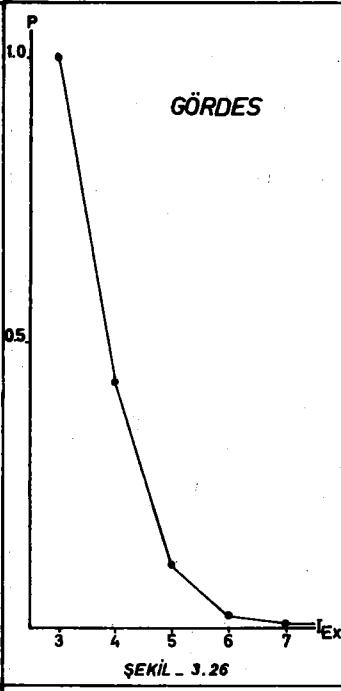
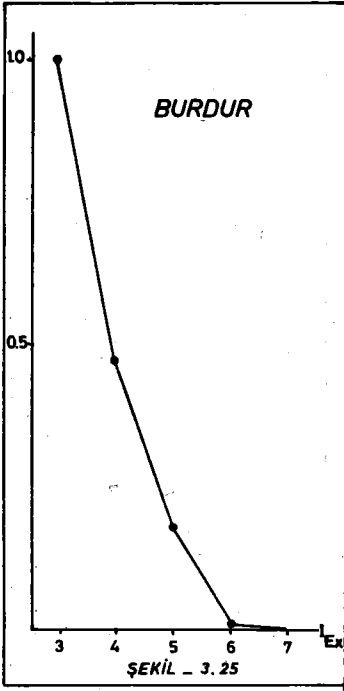


ŞEKİL - 3.17



ŞEKİL - 3.18





YER	a	b	corr.
KULA	27.5046	- 1.189	- 0.981
GEDİZ	60.4104	- 1.2635	- 0.983
SINDIRGI	50.65	- 1.234	- 0.9957
DEMİRKÖPRÜ	24.26	- 1.124	- 0.989
BURDUR	130.117	- 1.4716	- 0.945
DINAR	73.8399	- 1.3898	- 0.997
KÜTAHYA	69.76	- 1.3364	- 0.993
DURSUNBEY	39.929	- 1.1863	- 0.995
SAVAŞTEPE	79.9206	- 1.3560	- 0.993
SUSURLUK	66.0552	- 1.3408	- 0.998
ALTINTAŞ	77.5003	- 1.3396	- 0.989
SİMAV	53.3467	- 1.2621	- 0.994
USAK	43.75398	- 1.2515	- 0.981
EŞME	50.55	- 1.3458	- 0.9985
GÜNEY	56.673	- 1.3022	- 0.997
ORHANELİ	53.059	- 1.2874	- 0.993
TAVŞANLI	71.0867	- 1.3633	- 0.997
KIRKAĞAÇ	53.024	- 1.2165	- 0.985
TURGUTLU	44.4693	- 1.1843	- 0.992
EMET	93.3717	- 1.3908	- 0.991
BULDAN	56.0958	- 1.2594	- 0.994
KARAHALLI	57.6466	- 1.362	- 0.993
BALIKESİR	72.2307	- 1.3470	- 0.996
ALAŞEHİR	19.1078	- 1.0674	- 0.9908
GÖRDES	42.8535	- 1.2163	- 0.984
SELENDİ	29.3093	- 1.1891	- 0.979
DEMİRCİ	94.9323	- 1.3940	- 0.989
DENİZLİ	61.0676	- 1.2835	- 0.993
BANAZ	85.46	- 1.3788	- 0.99

Çizelge - 2



YER ADI	R.P.	İE				
		20 YIL	40 YIL	60 YIL	80 YIL	100 YIL
KULA		5.31	5.89	6.23	6.47	6.66
GEDİZ		5.62	6.17	6.49	6.71	6.89
SINDIRGI		5.61	6.17	6.50	6.73	6.91
DEMİRKÖPRÜ		5.50	6.12	6.48	6.74	6.93
BURDUR		5.34	5.81	6.09	6.29	6.44
DİNAR		5.25	5.75	6.04	6.25	6.41
KÜTAHYA		5.42	5.94	6.24	6.46	6.62
BANAZ		5.40	5.90	6.20	6.40	6.57
DURSUNBEY		5.63	6.22	6.56	6.80	6.99
SAVAŞTEPE		5.44	5.95	6.25	6.46	6.63
SUSURLUK		5.36	5.89	6.18	6.39	6.56
ORHANELİ		5.41	5.95	6.27	6.49	6.66
TAVŞANLI		5.33	5.83	6.13	6.34	6.51
KIRKAĞAÇ		5.73	6.30	6.63	6.87	7.05
TURGUTLU		5.73	6.32	6.66	6.90	7.09
EMET		5.42	5.91	6.21	6.41	6.57
ALTINTAŞ		5.48	6.00	6.30	6.52	6.69
SİMAV		5.52	6.07	6.40	6.62	6.80
UŞAK		5.41	5.97	6.29	6.52	6.70
EŞME		5.14	5.66	5.96	6.17	6.34
GÜNEY		5.40	5.93	6.24	6.47	6.64
BULDAN		5.58	6.13	6.45	6.68	6.85
KARAHALLI		5.18	5.69	5.98	6.19	6.36
BALIKESİR		5.40	5.92	6.22	6.43	6.60
ALAŞEHİR		5.57	6.22	6.60	6.87	7.08
GÖRDES		5.55	6.12	6.46	6.69	6.88
SELENDİ		5.36	5.94	6.28	6.53	6.71
DEMİRCİ		5.42	5.91	6.20	6.41	6.57
DENİZLİ		5.54	6.03	6.39	6.62	6.79

Çizelge - 3

**DEPREM DALGASININ FAZ KARAKTERİSTİKLERİ  
VE UYGULAMASINA İLİŞKİN İNCELEME<sup>1)</sup>**

**Yorihiko Ohsaki<sup>2)</sup>, Ryoji Iwaski<sup>3)</sup>, Izuru Ohkawa<sup>4)</sup>, Tohru Masao<sup>4)</sup>**

**Türkçeye çeviren : Muzaffer İpek<sup>5)</sup>**

**ABSTRACT**

In this paper, a number of problems on characteristics of modal phases contained in earthquake ground motions are discussed, which have rather been overlooked in the past in contrast with the importance laid on characteristics of modal amplitudes. Particularly, the significance of the concept of phase differences in certain properties of earthquake ground motions is emphasized.

A few applications of this new concept to earthquake engineering problems are proposed as well.

Primary findings presented in this paper are :

- (1) Probability distributions of phase angles contained in most accelerograms of actual earthquake motions are uniform.
- (2) However, the probability distributions of their phase differences are normal or normal-like in shape.
- (3) A certain correlation seems to be present between the shape of probability distribution of phase differences for an earthquake motion and the general shape of the same motion in time-domain.
- (4) The depiction of the phase wave or the distribution of the phase in the record of earthquake motion.
- (5) The use of the concept of phase differences, instead of multiplication by a conventional, envelope function, results in the improvement of convergence and stability in iterative computation process for producing a spectrum-consistent, simulated earthquake motion.
- (6) Theoretical proof of the above matters seems to be within the bounds of possibilities, while the analysis presented in this paper is no more than preliminary.

---

1) Professor of University of Tokyo  
2) Research Assistant of University of Tokyo  
3) Graduate Student of University of Tokyo  
4) Research Associate of Head-Office, Fujita Corporation

## 1. GİRİŞ

Deprem dalgasına Fourier Dönüşümü uygulandığı zaman her frekans için hem genlik, hem de faz büyüklükleri elde edilir. Şimdiye kadar genliğin esas alınarak, mühendislik bakımından incelendiği pek çok araştırma yapılmışsa da, fazın ele alındığı çalışma çok azdır. Bu incelemede deprem dalgasının faz karakteristikleri üzerinde durulmakta, bununla zarf fonksiyonu arasındaki bağıntıyı açıklamak amacı ile bulgular kayıt dalganın düzeltilmesi ve yapay deprem hareketi üretilmesine uygulanmaktadır. Özellikle yapay deprem hareketi halinde, verilen mukabele (response) spektrumuna uygunluğun derecesi ve yakınsama konusu, alışlagelmiş (conventional) yöntem sonuçları ile karşılaştırılmaktadır.

### 2. Fazın dalga formu üzerine etkisi

#### 2.1. Dalga formu ve faz dalgası

Deprem dalgası Fourier katsayıları ile sonlu seriye açıldığı takdirde sonuç aşağıdaki gibi ifade edilebilir :

$$y(t) = \sum_{k=0}^{n-1} a_k \cos(\omega_k t + \Phi_k) \quad (1)$$

Burada  $a_k$ , k-cı Fourier genliği,  $\Phi_k$ , k-cı Fourier faz açısı,  $\omega_k$ , k-cı dairesel frekansı göstermektedir. Bu (1) denkleminde, bütün dalga bileşenlerine ait genlikler 1.0 yapılarak elde edilen zaman geçmişin (time history) faz dalgası adı verilir. Faz dalgası, faz karakteristiklerinin zaman bölgesinde (domain) ifadesi olarak düşünülebilir. Şekil 1 ve 2 de, çok iyi tanınan bir deprem dalgasının orijinal kaydı ve faz dalgası görülmektedir. Bu şekillerdeki faz dalgası ve orijinal dalga karşılaştırıldığı zaman, yüksek frekanslı dalga bileşenlerinin faz dalgasında daha belirli hale geldiğini, ancak zaman eksenine göre genlik zarf şekillerinin benzer oldukları anlaşılmaktadır.

#### 2.2. Faz farkı ve zarf fonksiyonu

Şimdi aşağıdaki gibi  $\Delta\phi_k$  faz farkını düşünelim.  $\Delta\phi_k$  saat akrebi yönünde ölçülmekte ve  $0 \sim -2\pi$  arasında değişmektedir.

$$\Delta\phi_k = \phi_{k+1} - \phi_k, \quad k = 0, 1, 2, \dots, n-1 \quad (2)$$

Faz açılarının Şekil 3(b) de görülen şekilde üniform gelişigüzel (random) olduğu duruma tekabül eden faz dalgası Şekil 3(a) da, buna ait faz farkı dağılışı (distribution) ise Şekil 3(c) de görülmektedir. Şekil 3(a) daki dalga formunun bir zarf fonksiyonu ile çarpılması sureti ile elde edilen dalga formu ve onun faz açısı ve faz farkı dağılışı Şekil 4 te sunulmuştur. Kullanılan zarf fonksiyonu aynı şekilde kesik çizgi ile gösterilmiştir. Şekil 3 ve Şekil 4'ü kar-

- 1) 5. Japonya Deprem Mühendisliği Sempozyumuna sunulan bildiri, Kasım 1975, Tokyo.
- 2) Prof. Dr., Tokyo Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
- 3) Ohsaki Kürsüsü elemanları
- 4) Fujita Kuruluşu
- 5) Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektronik Hesap Bilimleri Enstitüsü

şılatırız, faz açısı dağılımının zarf fonksiyonu ile çarpıldıktan sonra da hemen hemen uniform dağılımı koruduğu halde, faz farkı dağılımının büyük de-ğişikliğe uğrayarak, tepe noktasını haliz bir dağılıma dönüştüğünü görürüz. Bu dağılım normal dağılıma benzemektedir. Şimdi Şekil 4(a) ve Şekil 4(c) nin yatay boylarının birbirine eşitlendiği durum olan Şekil (5) e bakalım. Bu şekil- den genlik zarf fonksiyonu ile faz farkı dağılımının birbirine çok ben- zediğini anlarız.

Bundan sonra, faz farkı dağılımını verip, buna göre üretilen faz dalgası- nın genlik zarf fonksiyonu ile faz farkı dağılımının birbirine tekabülünü düşü- nelim. Verilen faz farkı dağılımı normal dağılımı olsun. Bu dağılıma uygun  $\Delta\phi$  leri üretilim. Faz açısının başlangıç değerini  $\phi_0 = 0$  seçip, faz farklarını bu değere birbiri arkasına ekleyerek faz açılarını elde edelim.

Bu şekilde tayin edilen faz açılarını kullanarak üretilen faz dalgaları ve üretimde yararlanılan faz farkı dağılımı Şekil 6 da görülmektedir. Bu Şekilden de seçilen faz farkı dağılımı ile elde edilen dalga formunun genlik zarf fonksi- yonunun birbirine çok benzemekte olduğu anlaşılmaktadır. Yani faz farkı da-ğılımı normal dağılımı aldığımız zaman ortalama değer, dalga formunun kuv- vetli titreşim kısmının zaman eksenini üzerindeki yerine, varyansın değeri ise, kuvvetli titreşim kısmının zaman eksenini üzerindeki genişliğine tekabül etmek- tedir.

### 3. Gerçek deprem dalgasının faz açısı dağılımı ve faz farkı dağılımı

Gerçek deprem kaydının faz açısı dağılımı ile faz farkı dağılımını analiz edip incelersek, sırası ile uniform dağılım ve normal andıran, ancak bir adet sivri tepesi bulunan dağılım elde ederiz. Bunun bir örneği Şekil 7'de görülmek- tedir. Eğer deprem dalgalarının güç spektrumlarını (Power Spectra) hesap- larsak bir çok halde Şekil 8 de görüldüğü gibi yüksek frekans bölgesindeki değerlerin son derece küçük olduğunu görürüz. Bu nedenle, faz açısı ve faz farkı dağılımını elde ederken Şekil 9'daki gibi toplam gücün % 99'una tekabül eden frekansa kadar olan dalga bileşenlerini kullanmak yeterli olmaktadır. Bundan sonra faz açısı dağılımının uniformdan, faz farkı dağılımının normalden uzaklaşmasının etkisini nicel olarak araştırmak amacı ile sivri tepeleri ve bu dağılımlara ait kurtosis indeksini inceledik. Uniform dağılım halinde 1.8 olan bu indeksin, normal dağılım halinde 3.0 olduğu bilinmektedir. 49 deprem dal- gası ile yapılan analizin sonuçları Şekil 10 da verilmiştir. Bu şekile göre faz açısı dağılımının kesin olarak uniform dağılım, faz farkı dağılımının ise nor- mal dağılım veya tek sivri tepeli dağılım olduğu söylenebilmektedir.

- 1) Çevirenin notu : Kurtosis, tek tepeli bir dağılımda sivrilik ifade eden ista- tistik bir indeks olup  $\beta_2$  ile gösterilir ve aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$\beta_2 = \frac{\mu_4}{\mu_2^2}$$

Burada  $\mu_k$ , dağılımın ortalama değere göre k.ci momentidir. Yani

$$\mu_k = E[(x - \bar{x})^k]$$

dir.

#### 4. Uygulama örneği

Yukarıda belirtildiği gibi, gerçek depremin faz açısı farkı dağılışı ile dalga formunun zarf fonksiyonu arasında yakın ilişki bulunmaktadır. Burada bu özellik gözönünde bulundurularak çözülen iki uygulama örneği sunulmaktadır.

##### 4.1. Dalga formunun düzeltilmesi

Şekil 11, dijital hale getirilme sırasında yapılan bir yanlışlık nedeni ile 2.55 sn de veri değerinde işaret hatası bulunan bir kayıt ile, onun faz dalgasını ve bütün frekanslar alınarak hesaplanmış faz farkı dağılışı göstermektedir. Bu şekile bakınca faz dalgasının yara bulunan kısımda büyük genlikli bir sıçrama yaptığını, faz farkı dağılışının buna tekabül eden yerinde de yüksek bir tepe bulunduğunu ve şekil olarak orijinal kayıt zarf fonksiyonundan büyük ölçüde farkedtiğini görürüz. Bundan sonra, % 99 kesme frekansının (truncation frequency) üzerindeki frekanslar atılarak (yani Fourier genlikleri sıfır yapılarak) elde edilen çözüm Şekil 12 de verilmiştir. Bu şekilde hareket edince kayıttaki yara kaybolmuş, aynı zamanda faz dalgası ve kayıt dalgasının zarf fonksiyonları benzer duruma gelmiştir. Faz farkı dağılışı da normal dağılışa yakın bir şekil almıştır.

##### 4.2. Verilen mukabele spektrumunun karakteristiklerini haiz dalga formunun oluşturulması

Genellikle en çok kullanılan yöntem, her bilegene ait genlikleri adım adım düzeltip, bileşenlerin süperpozisyonu sureti ile dalga formunu oluşturmak, sonra zarf fonksiyonu ile çarpmaaktır. Ancak bu son işlem genliklerin düzeltilmesi üzerine kötü etki yapar. Bu yüzden iterasyon sayısı arttırılsa bile hedef değerlere iyi bir yaklaşım temin edilemez. Yukarıda sunulan faz farkı dağılışının bu tekniğe uygulanması halinde yakınsamanın iyileştiği görülmüştür. Bu halde faz farkı dağılışının verilmesi, dalga formunun zaman bölgesinde zarf fonksiyonu ile çarpılmasına tekabül ettiğinden, her adımda (cycle) yalnız genliklerin düzeltilmesi yeterli olmaktadır.

Faz açısını  $[0, 2\pi]$  arasında üniform dağılışı rasgele sayı olarak verip, zarf fonksiyonu (Jennings tipi) kullanma yöntemi ile, onun yerine faz farkı dağılışı kullanan bu yöntemi karşılaştırdık. Şekil 13(a), (b) de kritik sönüm yüzdesi 0 %, Şekil 14(a), (b) de 5 % olmak üzere 20 iterasyon sonundaki hesap sonuçları görülmektedir. Sunulan yöntemin yakınsamanın ne kadar iyi olduğu açıkça anlaşılmaktadır. Ayrıca kritik sönüm yüzdesi küçük olduğu takdirde yakınsama daha iyi olmaktadır. Anlaşılagelmiş yöntemde spektrumun ani değişiklik yaptığı kısımda yakınsama kötü olduğu halde, bu yöntemde bu noktada da iyileşme görülmektedir. Yakınsama hızının iterasyon sayısına göre değişimi Şekil 15 de gösterilmiştir. Burada yakınsama aşağıdaki ifadeye göre tayin edilmektedir :

$$I(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \left[ \sum_i (S_{vi}/S_{voi})^2 - \left[ \sum_i (S_{vi}/S_{voi}) \right]^2 \right]} \cdot 100 \quad (3)$$

$S_{vi}$  : i ci adımda hesaplanan mukabele değeri  
 $S_{voi}$  : Hedef mukabele değeri, N : Frekans sayısı

## 5. Olasılık hesabı yönünden inceleme

### 5.1. Faz farkı olasılık yoğunluk (probability density) fonksiyonu

Faz farkı dağılımını Şekil 16 dai gibi normal dağılım kabul edelim.

$$p(\Delta\phi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \text{EXP} \left[ -\frac{(\Delta\phi - \mu)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (4)$$

Burada  $\mu$  ortalama değer,  $\sigma^2$  varyanstır. Faz farkı aralığı  $[-2\pi, 0]$  olduğu halde, yukarıdaki  $p(\Delta\phi)$  bu aralığın dışında da değerler alır. Ancak bu değerler çok küçük olduğu için ihmal edilebilir.

$(k+1)$  ci dalga bileşenine ait faz açısının olasılık yoğunluk fonksiyonunun  $P_{k+1}(\phi_{k+1})$ ,  $k$  ci bileşene ait fonksiyondan aşağıdaki ifade ile hesaplanır :

$$P_{k+1}(\phi_{k+1}) = \int_{-\infty}^{\infty} p(\Delta\phi) P_k(\phi_{k+1} - \Delta\phi) d\Delta\phi \quad (5)$$

Nihayet  $k$  ci bileşene ait faz açısı  $\phi$  nin olasılık yoğunluk fonksiyonu  $p_k(\phi)$

$$P_k(\phi) = \int_{-\infty}^{\infty} p(\Delta\phi_1) \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} p(\Delta\phi_k) \delta(\phi - \sum_{j=1}^k \Delta\phi_j) d\Delta\phi_1 \dots d\Delta\phi_k \quad (6)$$

### 5.2. Beklenen değer (expected value) dalgası ve standart sapma dalgası

Burada hesaplanan beklenen değer, dalga formunun ortalama değerine, standart sapma ise dalga formunun zarf fonksiyonuna tekabül etmektedir. Şekil 14 de görülen normal dağılım ve varyans aşağıdaki ifadelerle ifade edilmiştir. Dalga formu, faz dalgasında bulunan  $N_f$  adet kosinüs dalgasının süperpozisyonundan oluşmaktadır.

$$E[y(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \cos(\omega_k t + \sum_{j=1}^k \Delta\phi_j) \prod_{s=1}^{N_f} p(\Delta\phi_s) d\Delta\phi_1 \dots d\Delta\phi_{N_f} \quad (7)$$

$$\text{Var}[y(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ \cos(\omega_k t + \sum_{j=1}^k \Delta\phi_j) \right\}^2 \prod_{s=1}^{N_f} p(\Delta\phi_s) d\Delta\phi_1 \dots d\Delta\phi_{N_f} - E[y(t)]^2 \quad (8)$$

$p(\Delta\phi)$  olarak (4) ifadesi kullanılır ve sonuç basitleştirilirse aşağıdaki ifade elde edilir:

$$E[y(t)] = \text{Re} \left[ \sum_{k=1}^{N_f} \text{EXP} \left[ -\frac{\sigma^2}{2} k \right] \cdot \text{EXP} [i\Delta\omega t k + i\mu k] \right] \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \text{Var}[y(t)] = \text{Re} \left[ \frac{A^{N_f-1}}{2(A-1)} A + \frac{B^{N_f}}{B-1} \frac{(A/B)^{N_f-1} - 1}{(A/B) - 1} (A/B) - \frac{B}{B-1} \frac{A^{N_f-1} - 1}{A-1} A \right. \\ \left. + \frac{B^{N_f-1} - 1}{(B-1)^2} B^2 - \frac{B}{B-1} (N_f - 1) \right] + \frac{1}{2} N_f - E[y(t)]^2 \quad (10) \end{aligned}$$

Burada

$$\left[ \begin{aligned} A &= \text{EXP} [-2\sigma^2] \cdot \text{EXP} [2\mu i] \cdot \text{EXP} [2\Delta\omega t i] \\ B &= \text{EXP} \left[ -\frac{1}{2}\sigma^2 \right] \cdot \text{EXP} [\mu i] \cdot \text{EXP} [\Delta\omega t i] \\ \Delta\omega &= \frac{2\pi}{T_d} = \frac{2\pi}{n\Delta t} , \quad i = \sqrt{-1} \end{aligned} \right.$$

Data sayısı  $N = 512 (=2^9)$ , data aralığı  $t = 0.02$  sn alınarak iki çeşit  $p(\Delta\phi)$  için  $E[y(t)]$  ve  $\text{Var}[y(t)]$  hesaplanmıştır.  $\mu = -\pi/2$ ,  $\sigma = 0.4$  için, Şekil 17(a), (b), (c) de;  $\mu = -\pi/2$ ,  $\sigma = 0.8$  için Şekil 18(a), (b), (c) de faz farkı dağılımı formu, beklenen değer dalgası, standart sapma dalgası formu görülmektedir. Her Şekildeki düzgün eğri kuramsal hesaba göre elde edilmiş olup, (a) Şekillerindeki histogram, bir örnek dalga formu oluştururken kullanılan değerlerdir. (b), (c) Şekillerinde düzgün eğriye süperpoze edilmiş, büyük sıçramalar gösteren dalgalar ise, 100 dalgaya ait örnek dalga formunun aynı zamana tekabül eden ortalama değer dalga formunda büyük sıçramalar görülmekteyse de, standart sapma dalga formu kuramsal eğri ile hemen hemen üstüste düşmektedir.

## 6. Sonuç

Yukarıdaki incelemede aşağıdaki hususlar açıklığa kavuşmuştur :

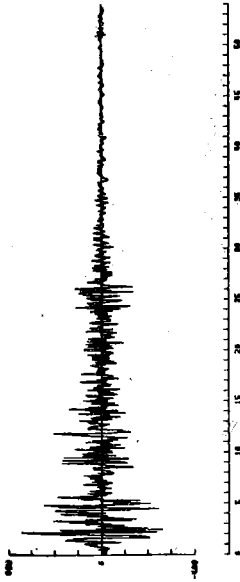
1) Deprem dalgasının faz farkı ile dalganın zarf formu arasında bağlantı vardır.

2) Deprem dalgasının faz açıları üniform dağılım göstermektedir.

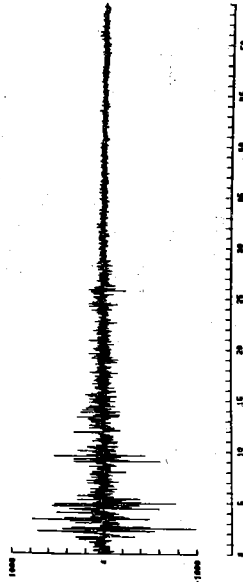
3) Deprem dalgasının faz farkları normal dağılıma yakın dağılım göstermektedir.

4) Yapay deprem dalgası üretirken zarf fonksiyonu yerine, faz farkı dağılımı kullanıldığı takdirde alışlagelmiş yöntemle göre daha iyi yakınsama ve stabilite temin edilmektedir.

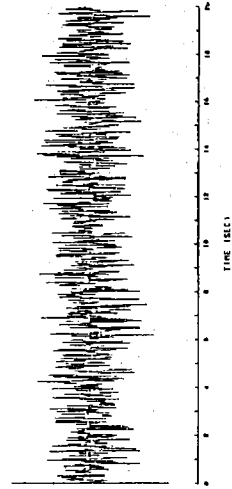
5) Olasılık kuramına göre faz farkı dağılımı ile yapay deprem dalgasının zarf fonksiyonu arasında ilişki bulunduğu kanıtlanmıştır.



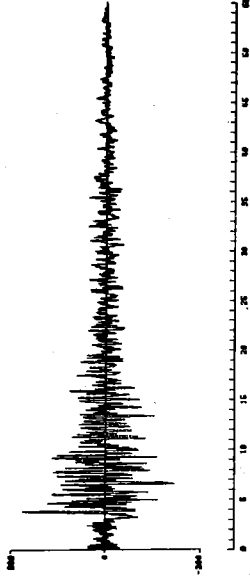
Şek.1 (a) 18 Mayıs 1940 El Centro  
İvme diyagramı, NS bileşeni



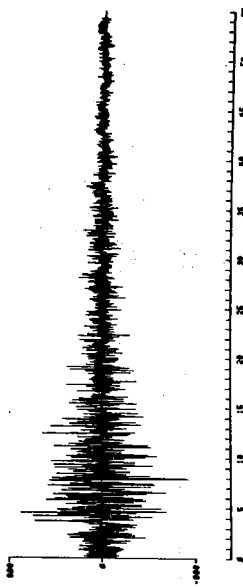
Şek.1 (b) 18 Mayıs 1940 El Centro  
Faz Dalgası, NS bileşeni



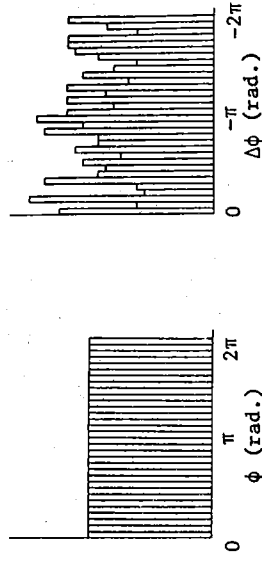
Şek.3 (a) Stasyonun Faz Dalgası



Şek.2 (a) 21 Temmuz 1952 Taft İvme  
diyagramı, EW bileşeni



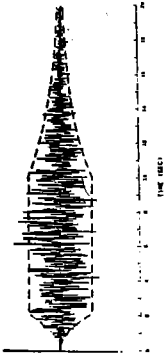
Şek.2 (b) 21 Temmuz 1952 Taft Faz  
Dalgası, EW bileşeni



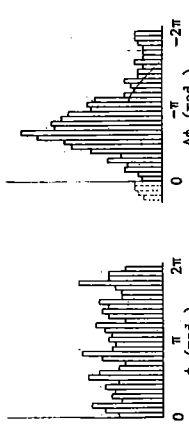
Şek.3 (b) Faz açılarının  
değişliği

Şek.3 (c) Faz farklarının  
dağılışı

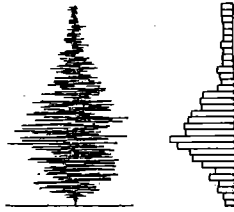




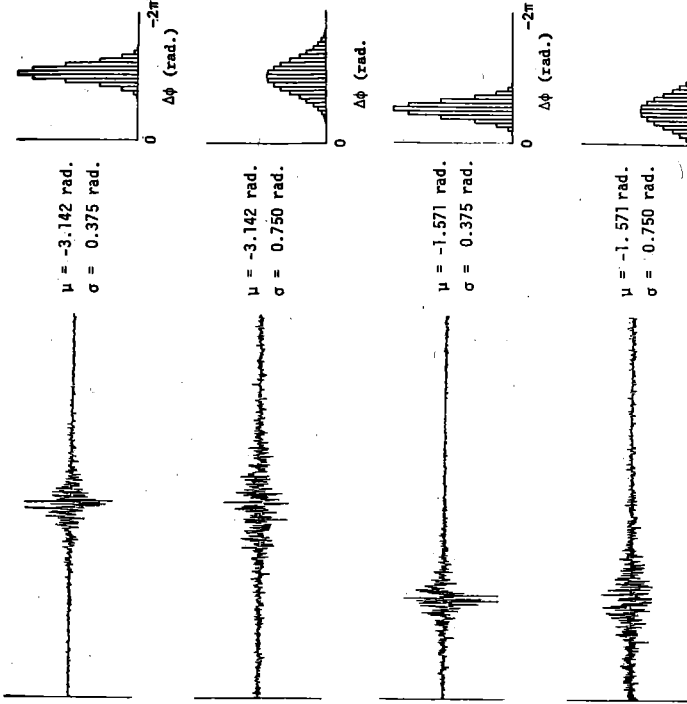
Şek.4 (a) Stasyoner olmayan Faz Dalgası



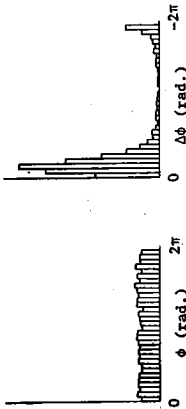
Şek.4 (b) Faz açılarının Şek.4 (c) Faz farklarının dağılışı



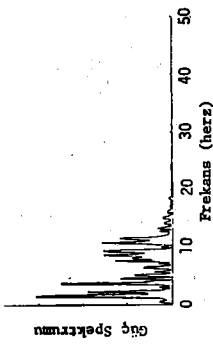
Şek.5 Faz dalgesının şekli ile faz farkları dağılışının karşılaştırılması



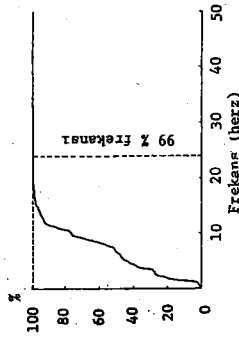
Şek.6 Faz dalgalari ve varsayılan faz farki olasilik dağılışlari



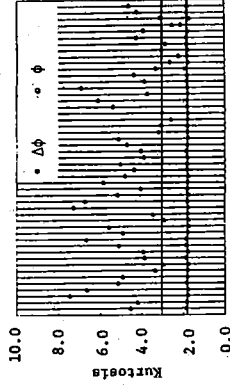
Şek.7 Faz açısı ve faz farkı olasılık dağılımları, 18 Mayıs 1940 El Centro, NS



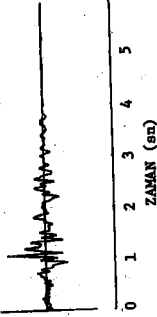
Şek.8 Hoshina-A, 1966, EW Güç Spektrumu



Şek.9 Güç spektrumunun yüzde 99'e kadar eğrisi: Hoshina-A, 1966, EW



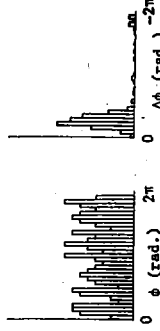
Deprem hareketleri  
Şek.10 Faz açısı ve faz farkı dağılımlarının sivrillikleri



Şek.12 (a) Normal zaman geçmişi



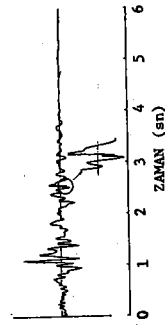
Şek.12 (b) Faz dalgası



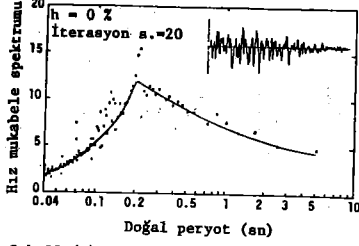
Şek.12 (c) Faz açısı ve faz farkı dağılımı



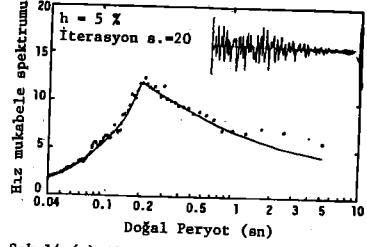
Şek.11 (b) Faz dalgası



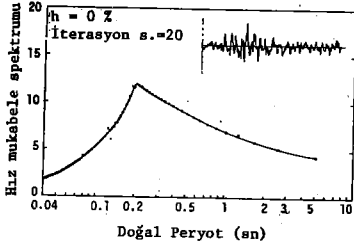
Şek.11 (a) Anormal zaman geçmişi



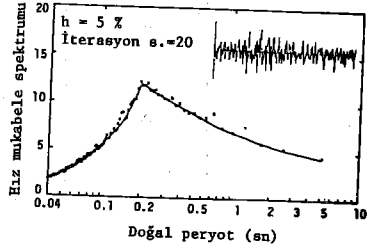
Şek.13 (a) Alışılmalı yöntemle elde edilen uygunluk, sönüm oranı = 0%



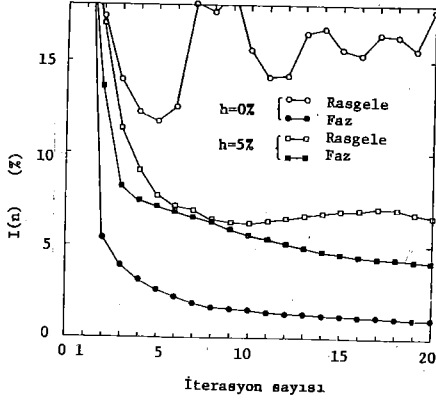
Şek.14 (a) Alışılmalı yöntemle elde edilen uygunluk, sönüm oranı = 5%



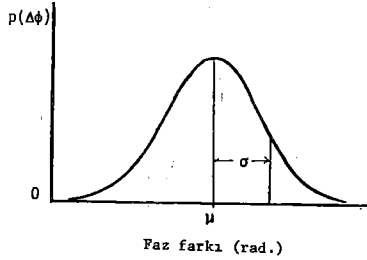
Şek.13 (b) Sunulan yöntemle elde edilen uygunluk, sönüm oranı = 0%



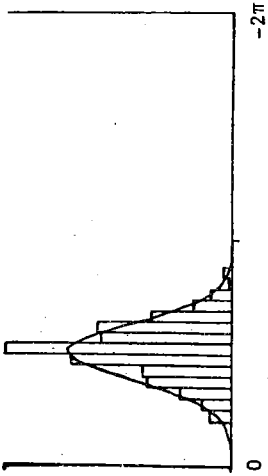
Şek.14 (b) Sunulan yöntemle elde edilen uygunluk, sönüm oranı = 5%



Şek.15 İki yöntemin yakınsama ve stabilize bakımından karşılaştırılması



Şek.16 Olasılık yoğunluğu fonksiyonu



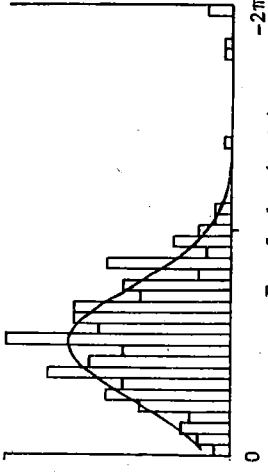
Şek.17 (a) Faz farkı dağılışı



Şek.17 (b) Beklenen değer dalgası



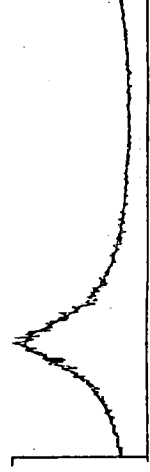
Şek.17 (c) Standart sapma dalgası



Şek.18 (a) Faz farkı dağılışı



Şek.18 (b) Beklenen değer dalgası



Şek.18 (c) Standart sapma dalgası



**DEPREM ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ BÜLTENİ**  
**YAYIN KOŐULLARI**

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) Şekillerin aydıngeç kağıdına çini mürekkebi ile çizilmiş olması
  - f) Fotoğrafların net ve klişe alınmasına müsait bulunması gerekmektedir.
2. Telif araştırma yazılarının baş tarafına araştırmanın genel çerçevesini belirten en az 200 kelimelik İngilizce, Fransızca ya da Almanca bir özet konulmalıdır.
3. İmar ve İskân Bakanlığı mensubu elemanlar tarafından hazırlanan ve telif ya da tercüme ücreti ödenerek yayınlanacak olan yazıların, mesai saatleri dışında hazırlanmış olduğu yazan, derleyen, ya da çevirenin bağlı bulunduğu birim amiri tarafından (genel müdürlüklerde daire başkanı, müstakim 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 beşer standart sayfası için teliflerde 75, tercümelerde 50 TL. ücret ödenir.
6. Yazılarda bulunan şekiller için, gerekli olan asgari alan içinde bulunabilecek kelime sayısına göre ücret takdir edilir.
7. Telif ve tercüme ücretlerinin gelir vergisi stopaj yoluyla kesilir.
8. Yazıların bültende yayınlanması Deprem Araştırma Enstitüsü bünyesinde teğekkül eden Uzmanlar Kurulu'nun kararı ile olur.
9. Seçmeyi yapacak Uzmanlar Kurulu 5. maddede sözü edilen asgari alanları hesaplamaya, yazı sahiplerine gereksiz uzatmalarını kısaltılmasını teklif etmeye, verilecek ücrete esas teşkil edecek kelime sayısını tesbit etmeye ve yazıların yayın sırasını tayine yetkilidir.
10. Kurulca incelenen yazıların bültende yayınlamp 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. Yayınlanan yazılardaki fikir, görüş ve öneriler yazarlarına ait olup, Deprem Araştırma Enstitüsünü bağlamaz.
13. Diğer kuruluşlar ve Bakanlık mensupları tarafından bilgi, haber tanıtmaya vb. gibi nedenlerle gönderilecek not ve açıklamalar, ya da bu nitelikteki yazılar için ücret ödenmez.
14. Enstitü mensupları Enstitüce kendilerine verilen görevlere ait çalışmalarından ötürü herhangi bir telif ya da tercüme ücreti talep edemezler.