



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

# DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

22



## Deprem Araştırma Bülteni (DAB)

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



Temmuz [July] / 1978  
Cilt [Volume]: 6

# Sayı [Issue]: 22

# İÇİNDEKİLER [INDEX]

Sayfa [Page]

---

## ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Türkiye'nin Konut Sorunu [Housing Problem of Turkey]  
Semih TEZCAN ..... 1-6

## ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Yığma Yapıların Yatay Yüklere Göre Hesabı [Calculation of Masonry  
Structures According to Horizontal Loads]  
Feridun ÇILI ..... 7-25

## ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Tuğla Yığma Yapıların Depremlerdeki Davranışları [Behaviors of Brick  
Masonry Structures in Earthquakes]  
Nejat BAYÜLKE ..... 26-42

## ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Deprem Açısından Mimari Tasarım [Architectural Design in Terms of  
Earthquake]  
Nejat BAYÜLKE ..... 43-60

## TARTIŞMA [DISCUSSION]

"Batı Anadolu'nun Deprem Riski Analizi" - Deprem Risk Analizlerindeki  
Belirsizlikler [Earthquake Risk Analysis of Western Anatolia -  
Uncertainties in Earthquake Risk Analysis ]  
M. Ali ERGUVANLI, Kutay ÖZAYDIN ..... 61-65

## DİĞER [OTHER]

Küçük Depremlerin Getirdiği Sorunlar [Problems Brought by Small  
Earthquakes]  
Refan ATEŞ ..... 66-66

## DÜZELTME [CORRECTION]

Düzeltilme - "İstanbul-Kandilli Deprem İstasyonu için Süreye Bağlı  
Magnitüd Denklemi" [Correction – "Time Dependent Magnitude  
Equation for Istanbul-Kandilli Earthquake Station"]  
Esen ALSAN ..... 67-67

**DEPREM  
ARAŞTIRMA  
ENSTİTÜSÜ  
BÜLTENİ**

**22**

**DEPREM  
ARAŞTIRMA  
ENSTİTÜSÜ  
BÜLTENİ**

**22**

**DEPREM ARAŞTIRMA  
ENSTITÜSÜ 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 : 6

SAYI : 22

TEMMUZ 1978

### BU SAYIDA

Türkiyenin Konut Sorunu .....	<b>Semih TEZCAN</b>
Yığma Yapıların Yatay Yüklere Göre Hesabı .....	<b>Feridun ÇILI</b>
Tuğla Yığma Yapıların Depremlerdeki Davranışı .....	<b>Nejat BAYÜLKE</b>
Deprem Açısından Mimari Tasarım .....	<b>Nejat BAYÜLKE</b>
Deprem Risk Analizlerindeki Belirsizlikler Hakkında Tartışma .....	<b>Ali ER/UVANLI</b> <b>Kutay ÖZAYDIN</b>
Küçük Depremlerin Getirdiği Sorular .....	<b>Refan ATEŞ</b>
Düzeltilme .....	<b>Esen ALSAN</b>

## TÜRKİYENİN KONUT SORUNU

Prof. Dr. Semih Tezcan (\*)

### GENEL

Türkiyenin hızla artan nüfusu ve kentleşme hareketi gün geçtikçe büyüyen bir konut açığı sorunu yaratmaktadır. Konut üretme tekniğinde fabrikasyondan yoksunluk, arsa bulma ve malzeme teminindeki zorluklar ve ayrıca kredi olanaklarının yetersizliği inşa edilen konut sayısının daima ihtiyacın altında kalmasına neden olmaktadır.

Etkin bir konut sanayinin kurulması, devletin konut inşa seferberliğine girişmesi, ucuz arsa tahsisi olanaklarının yaratılması ve yeterli finansman kolaylıklarının yaygınlaştırılması gibi radikal önlemler getirilmedikçe, ülkemizde konut sahibi olmak gittikçe zorlaşacak ve konut ihtiyacı gecekondular alanları ve sakinlerinin çoğalması şeklinde karşılanmaya devam edecektir.

Bu yazıda, Türkiyenin kırsal ve kentsel alandaki nüfus artışları ile, konut ihtiyaçları ve konut inşa olanakları sayısal olarak ele alınmış, 1997 yılına kadar uzatılan bir projeksiyonla konut açığının çok büyük boyutlara ulaşacağı gösterilmiş ve acilen alınması gereken önlemler ana hatları ile belirtilmiştir.

### NÜFUS ARTIŞI

Türkiyenin nüfusu senede % 2.5 oranında artmaktadır. Kentsel kesimdeki nüfus senede artış oranı ise % 6.3'tür. Nüfusun 1950'den 1970'e kadar değişen değerleri ile 1990 yılına kadar uzatılan sayım tahminleri kırsal ve kentsel alanlar için ayrı ayrı olmak üzere Tablo 1'de özetlenmiştir :

**TABLO 1 — TÜRKİYEDE NÜFUS YAYILIŞI VE ARTIŞI**

Yıllar	Kırsal		Kentsel		Toplam
	Bin	%	Bin	%	Bin
1950	17.030	81.3	3.917	18.7	20.947
1960	20.455	73.7	7.299	26.3	27.755
1970	22.858	64.2	12.747	35.8	35.605
1980	22.679	50.5	22.230	49.5	44.910
1990	17.824	31.8	38.228	68.2	56.053
1997	11.860	18.0	54.000	82.0	65.860
Yılda Artış	—	% -1.5	—	% 6.3	% 2.5

(\*) İnşaat Mühendisliği Öğretim Üyesi, Boğaziçi Üniversitesi.



Görüldüğü gibi, 1970 yılında nüfusun % 64.2'si kırsal kesimde, % 35.8'i kentsel kesimde yaşarken, 1990 yılında nüfusun % 31.8'i kırsal kesimde, % 68.2 si kentsel kesimde yaşayacaktır. Kırsal kesimde yaşayan nüfus genellikle azalacak buna karşılık kentsel kesimdeki nüfus önemli ölçüde artacaktır. 1977 yılında 18.5 milyon olan kentsel nüfus yılda ortalama 1.5 milyon mertebesinde artacak ve onüç yılda % 106.5 bir artış göstererek 1990 yılında 38.2 milyona ulaşacaktır.

### KONUT SAYISI TAHMİNLERİ

Türkiyenin 1970 yılındaki konut sayımı ile 1990 yılına kadar uzatılan konut ihtiyaç tahminleri Tablo 2'de verilmiştir. Konut ihtiyacı tahminlerinde, bir konuta isabet eden nüfus adedi esas alınmış ve kentsel konutlarda 1970 yılı sayımlarına göre konut başına 5.1 kişi olan nüfusun, 1990 yılında konut başına 4.1 kişiye düşeceği kabul edilmiştir.

1990 yılında kırsal alanda 1980 yılına nazaran bir nüfus azalması olacağı için konut ihtiyacında da bir azalma olacağı söylenebilirse de, 1990 ve 1997 yıllarındaki kırsal konut sayıları tahminleri aynen 1980 deki gibi alınmıştır. Buna göre, tüm konut sayısı tahmini 1990 yılı için 13.2 milyon adet, 1997 yılı için 18.8 milyon adettir.

**TABLO 2 — KONUT SAYILARI VE TAHMİNLERİ**

YILI	CİNSİ	KIRSAL ALAN		KENTSEL ALAN		TOPLAM	
		Bin Adet	Adet	Bin Adet	Adet	Bin Adet	Adet
1970 (sayım)	Nüfus	22.858	—	12.747	—	35.605	—
	Konut sayısı	3.737	—	2.525	—	6.262	—
	Konut başına nüfus		6.1		5.1		5.6
1980 (tahmin)	Nüfus	22.679	—	22.230	—	44.910	—
	Konut sayısı	3.844	—	4.833	—	8.677	—
	Konut başına nüfus		5.9		4.6		5.2
1990 (tahmin)	Nüfus	17.824	—	38.228	—	56.053	—
	Konut sayısı	(3.844)	—	9.323	—	13.168	—
	Konut başına nüfus		(4.6)		4.1		4.2
1997 (tahmin)	Nüfus	9.860	—	56.000	—	65.860	—
	Konut sayısı	(3.844)	—	14.930	—	18.774	—
	Konut başına nüfus		(2.6)		3.7		3.5

1 (Yenilenecek konutlar hariç tutulmuştur.)

### KONUT İNŞA HIZI

Her yıl inşa edilebilecek konut sayısı, ülkemizin inşaat sektörünün gücü ve finansman olanakları ile sınırlıdır. Ülkemizde, yılda en fazla, gayri safi milli hasılanın (GSMH) ancak, % 3.6'sı oranında konut yatırımı yapılabilir. İkinci ve üçüncü beş yıllık plân döneminin gerçekleşebilen inşaat sektörü rakamları hep aynı yatırım oranını vermektedir.

Gelirlerde ve imâlâtda artış oldukça gayri safi milli hasıla (GSMH) artacak ancak, radikal önlemler alınmadıkça konut yatırımlarının oranı yıldan yıla değişmeyecektir. Bu oranın sabit kalacağı varsayılarak, önümüzdeki 4 ncü, 5 nci, 6 ncı ve 7 nci beş yıllık plân dönemlerinde inşa edilebilecek kentsel konut sayısını tahmin etmek kolaydır.

Birinci, ikinci ve üçüncü beş yıllık plân dönemlerinde yılda ortalama sırası ile 69 bin, 142 bin ve 196 bin kentsel konut inşaatı gerçekleştirilebilmiştir. Bu durumda, dördüncü plân dönemi (1972-82) için gerçekleştirilebilecek kentsel konut inşaatı sayısını yılda ortalama 220 bin olarak hesaplamak kabildir.

## **KONUT AÇIĞI**

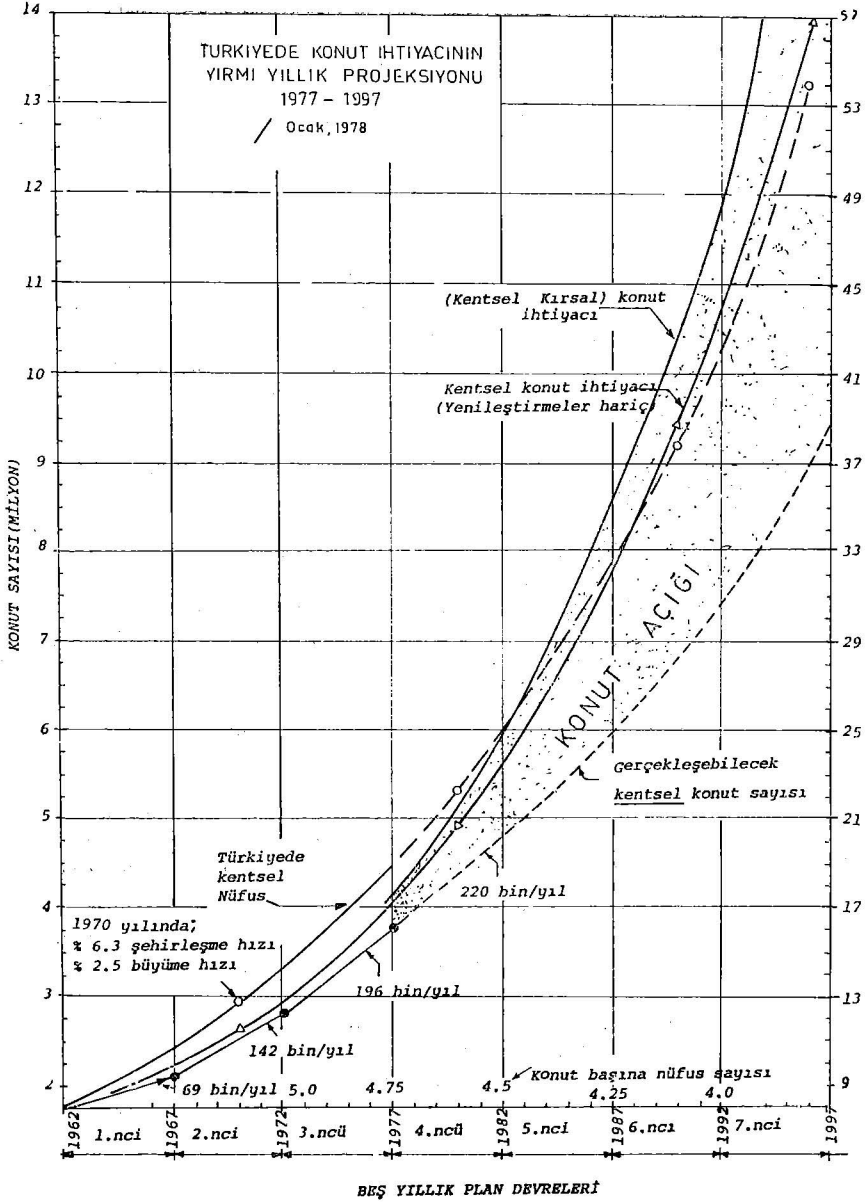
Her plân dönemi için kentsel konut ihtiyacı, gerçekleştirilen değerler ve kentsel konut açığı miktarları Şekil 1'de ve Tablo 3'de ayrıntıları ile verilmiştir. Görülüyor ki, içinde bulunduğumuz dördüncü beş yıllık plân döneminde 1.6 milyon yeni kentsel konuta ihtiyaç varken ancak 1.1 milyon kentsel konut inşa edilebilecek böylece 0.5 milyon adet kentsel konut açığı doğacaktır. Bu açık şüphesiz gecekonduyla karşılanacak, yanlış yerleşme ve çağ dışı yaşam koşulları yaygınlığını gittikçe artıracaktır.

Konut sorunu için radikal önlemler alınmadıkça 1997'de sona erecek yedinci beş yıllık plân dönemi sonuna kadar toplam 4.8 milyon kentsel konut açığı doğacaktır. Bu sayı takriben 18.8 milyon yeni vatandaşımızın yeni gecekondu-larda yaşamak zcrunda kalacağı demektir. Bu acı sonun gerçekleşmesi istenmiyorsa kentsel konut inşaatına hız vermek amacı ile bir takım radikal önlemlerin alınmasına geçilmelidir. Hedef, dördüncü beş yıllık plân döneminde (1978-82) yılda ortalama en az 322 bin kentsel konut inşası ve giderek bu hızı artırıp, yedinci beş yıllık plân döneminde (1993-97) yılda ortalama en az 718 bin kentsel konut inşası olmalıdır.

## **SONUÇ VE ÖNERİLER**

1. Türkiyede kırsal nüfus azalmakta ve kentsel nüfus büyük bir hızla artmaktadır. 1963 yılında kentsel konut ihtiyacı 1.5 milyon adet iken, 1978 yılında 4 milyon adet olmuştur. Kentsel konut ihtiyacı 1982 yılında 5.6 milyona 1997 yılında ise 14.9 milyona yükselecektir.

2. Kentsel konut inşası yatırımı gayrisafi milli hasılının takriben % 3.6'sı oranında seyrettiği için, her yıl inşa edilebilecek konut sayısı bellidir. Konut inşa hızı ihtiyacın daima gerisinde kalmıştır. Daha öncelere ait açıklar ihmal edilirse toplam konut açığı 1963 yılında 71 bin adet iken, 1978 yılında 997 bin adet olmuştur. Aynı inşaat yatırım hızı ile, kentsel konut açığı 1982 yılında 1.9 milyon konuta, 1997 yılında ise 4.8 milyon konuta yükselecektir.



**TABLO 3 — KENTSEL KONUT İHTİYACI VE AÇIĞI TAHMİNLERİ (1)**

NO.	BEŞ YILLIK PLAN DÖNEMİ	Dönem		Beş Yıllık Dönem İçinde				BİRİKEN		YILLIK ORTALAMA			
		Başında ve Sonunda		Toplam				KONUT		ORTALAMA			
		Kentsel Nüfus 10:	Konut Başına Nüfus adet	İlave Konut İhtiyacı 10:	Konut Edilebilen Konut 10:	İnşa Edilebilen Konut 10:	Konut Açığı 10:	Konut İhtiyacı 10:	Konut İhtiyacı Edilebilen 10:	İnşa Edilebilen 10:	Yıllık Açık 10:		
1	1963	8.500	5.50	1.550									
	1967	10.500	5.30	1.970	419	348	71	71	84	69	15		
2	1968	11.000	5.25	2.100									
	1970 <sup>2</sup>	12.747	5.10	2.525									
	1972	15.000	5.00	3.000	900	714	186	257	180	142	38		
3	1973	15.100	4.95	3.050									
	1977	18.700	4.75	3.916	1.220	980	240	497	244	196	48		
4	1978	19.000	4.70	4.040									
	1982	25.425	4.50	5.650	1.610	1.110	500	997	322	220	102		
5	1983	26.000	4.50	5.770									
	1987	33.470	4.20	7.970	2.200	1.250	950	1.947	440	250	190		
6	1988	34.500	4.20	8.210									
	1992	42.040	4.10	10.510	2.300	1.400	900	2.847	460	280	180		
7	1993	44.800	3.95	11.340									
	1997	56.000	3.75	14.930	3.590	1.600	1.990	4.837	718	320	398		
	<b>TOPLAM</b>	<b>56.000</b>	<b>3.75</b>	<b>14.930</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	<b>4.837</b>	<b>4.837</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	<b>—</b>

) Yenilemeler hariç, 1963'den evvelki konut açığı dahil değildir.

) Sayım sonuçları

3. Konut açığı gecekondular bölgelemlerinin genişlemesine yol açacaktır. 1997 yılına kadar doğacak 4.8 milyon konut açığı nedeni ile 18.8 milyon yeni nüfus gecekondularda yaşamaya başlayacaktır.

4. Konut açığını kapamak için yıllık ortalama konut inşaatı hızını artırmalıdır. Üçüncü beş yıllık plân döneminde (1973-77) yılda ortalama 196 bin adet olarak gerçekleştirilen kentsel konut inşaat hızı yeterli değildir. Dördüncü beş yıllık plân döneminde (1978-82) yıllık ortalama konut inşaat hızı en az 322 bin konuta yükseltilmelidir. Daha sonraki plân dönemlerinde ise konut inşaat hızı, 1983-87'de yılda ortalama 440 bin konut, 1993-97'de yılda ortalama 718 bin konut olmalıdır.

5. Konut inşaat teknolojilerinde yeniliklere, ucuzluğa, sür'ate, standardizasyona ve fabrikasyona gidilmelidir. Özel sektörün yatırım olanakları sınırlı olduğundan, konut yatırımı ve inşaat programı devlet eliyle yürütülmeli devletçe bir konut inşaat seferberliğine geçilmelidir.

6. Arsa Ofisi Genel Müdürlüğünün olanakları genişletilmeli, alt yapısı tamamlanmış arsaların uzun vadeli satışlar veya kira ile konut sahiplerine devri sağlanmalıdır.

7. Emlâk Kredi Bankası, Sosyal Sigortalar Kurumu, Bağ Kur, Emniyet Sandığı, Öğretmenler Bankası gibi kuruluşlar ve devlet bankaları kolaylıkla ve sür'atle halka uzun vadeli ve düşük faizli konut kredisi sağlamalı, bu kredi sistemi yaygınlaştırılmalıdır.

8. Bir konutun maliyeti içine giren a) arsa, b) işçilik, c) malzeme, d) teçhizat ve e) kâr gibi masraf kalemlerinden arsa için spekülâtif bedellerin ödenmemesi, inşaat malzemesinin, inşaat makine ve teçhizatının devlet kuruluşlarınca sağlanması ve müteahhit kârının yer almayacağı seri bir imâlât sistemine geçilmesi konut inşaatı seferberliğinin ön şartlarından sayılmalıdır.

9. Konut inşaatı için, a) duvarları ve döşemeleri betonarme, prefabrik plâk olan panel sistem, b) kolonları ve döşemeleri betonarme, duvarları hafif prefabrik malzemeden oluşan kolonlu sistem v.b. gibi çok çeşitli prefabrik sistemler vardır. Bu sistemler arasından en ekonomik ve en geçerli olanlarının seçilmesi ve imâlât için fabrikaların buna göre kurulması gereklidir.

Türkiye topoğrafyası, iklimi, sosyo-ekonomik şartları, ulaşım olanakları ve inşaat malzemelerinin temini bakımından farklı özellikler arzeden inşaat bölgelerine ayrılmalı, her bölgede kurulacak prefabrikasyon tesisinin cins, kapasite ve nitelikleri yerel şartlara göre saptanmalıdır. Hangi prefabrik sistemlerin ülkemiz şartlarına daha uygun olduğu ve prefabrikasyonun hangi yörelerde ne miktar yapılacağı bir master plân çalışması yapılarak etüd edilmelidir.

## YIĞMA YAPILARIN YATAY YÜKLERE GÖRE HESABI

Dr. Feridun Çılı (\*)

### SUMMARY

In this study, a method of analysis of masonry structures subjected to loads is explained. Material properties of the earthquake damaged masonry buildings could be obtained through testing wall samples which were taken from the buildings. Earthquake characteristics could be obtained from the field observations and earthquake recordings. The response of the masonry structure is traced by using the above mentioned data. The correlation between the results of the analysis and damage pattern of the masonry building will give useful information about the response of the masonry structures during the earthquakes. This method of analysis could also be used in the design of masonry structures against earthquake loadings and for checking the lateral load capacity of existing masonry buildings.

### 1. GİRİŞ

Betonarme, ahşap ve çelik yapıların gerek dişey ve gerekse yatay yükler altında ne şekilde davrandığı, yılların bilgi birikimi sonucu belli bir doğrulukta bilinmektedir. Bu tip yapılar ile ilgili olarak yapılan çalışmaların amacı, yapının gerçek davranışının öğrenilmesi veya başka bir deyişle yapının gerçek davranışı ile hesaplanan davranışı arasındaki farkın en aza indirilmesidir. Bu nedenle yapı yönetmeliklerinde betonarme, ahşap ve çelik yapılar için bazı alt sınırlar verilmiştir. Yapıyı oluşturan bileşenlerin boyutlandırılması ve yapı içinde düzenlenmesi mühendise bırakılmıştır.

Yığma yapıların dişey ve özellikle yatay yükler altındaki davranışı daha belirsizdir. Bu nedenle güvenlik katsayıları daha büyük alınmaktadır. Ayrıca yapı yönetmeliklerinde yığma yapılar için alt sınırlara ek olarak üst sınırlar da verilmiştir. Örneğin, yönetmeliklerde betonarme yapıların yüksekliklerini sınırlayan kesin kayıtlar bulunmadığı halde, yığma yapıların yükseklikleri yönetmelikle sınırlandırılmıştır. Yığma yapılar için yönetmeliklerde öngörülen sınırlayıcı etkenler, yığma yapılarla ilgili çalışmalara ve gözlemlere dayanmak-

---

(\*) İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi

tadır. Yapıların çeşitli yükler altındaki davranışları daha iyi tanındıkça yönetmeliklerdeki kısıtlayıcı sınırların değiştirilmesi kaçınılmazdır. Yığma yapılarla ilgili olan kısıtlayıcı koşullar da deneylerle sınanmalı ve gerekiyorsa değiştirilmelidir. Yapıyı sınavan deneylerin içinde en doğal olanı depremlerdir. Yapıların depremlerdeki davranışı ile ilgili gözlemlerle, teoriden elde edilen sonuçların uyumunun sağlanması, yapıların yatay yükler altındaki gerçek davranışının anlaşılmasında yardımcı olacaktır.

Bu çalışmada yığma yapıların yatay yüklere göre hesaplanmasında kullanılacak basit bir yöntemin adımları verilmiştir. Her depremden sonra deprem bölgesinde bulunan hasar görmüş veya hasarsız bir dizi yığma yapının davranışı hesaplanabilir. Hesapta kullanılacak deprem parametreleri deprem kayıtlarından ve bölgede yapılacak gözlemlerden, malzeme özellikleri yapıardan alınan örnekler üzerinde yapılacak laboratuvar deneylerinden elde edilebilir. Hesap sonuçları ile yapılarda gözlenen hasar durumu arasındaki uyum, gerek hesap yönteminin doğruluk mertebesi ve gerekse güvenlik katsayılarının yığma yapılarda ne büyüklükte alınması gerektiği hakkında bilgi verecektir. Ayrıca yönetmeliklerde yığma yapılar ile ilgili kısıtlayıcı koşulların kontrolü sağlanmış olacaktır.

## 2. HESAP YÖNTEMİ

Bu bölümde yığma yapıların deprem yüklerine göre hesaplanmasında izlenecek yöntemin adımları verilecektir. Bazı ara bölümlerin sonunda, hesap adımının daha iyi anlaşılmasını sağlamak amacıyla küçük örnekler çözülecektir.

### 2.1. KAT AĞIRLIKLARI

Yığma yapılarda yapının kütlesi, yapı yüksekliğince dağılmış durumda olmakla birlikte, yapının kat hizalarında toplanan tekil kütlelerden oluştuğu varsayımı yapılmaktadır. Yapının elastik davranışını kontrol eden küçük modlarda bu varsayımın sonuca etkisi azdır. Kat ağırlığı olarak, ardışık iki katın orta düzlemleri arasında kalan hacimdeki ağırlıkların toplamı alınabilir. Kat ağırlıkları, yapının elastik titreşim periyodları ve yapıya gelen deprem yüklerinin bulunmasında kullanılır.

### 2.2. DUVAR RİJİTLİKLERİ

İki ucundan ankastre olarak bağlı dikdörtgen kesitli bir duvar parçasında, yük-yerdeğiştirme bağıntısı,

$$\delta = 1.2 V h / G A + V h^3 / 12 E I \quad (1)$$

şeklinde dir. Burada,

$\delta$  : Duvarın alt ve üst ucu arasındaki yatay yerdeğiştirmeyi,

$V$  : Duvara etkiyen yatay yükü,

$h$  : Duvar yüksekliğini,

$A$  : Duvar kesit alanını,

$I$  : Eğilme yönündeki atalet momentini,

$E, G$  : Duvar malzemesinin elastiklik ve kayma modüllerini

göstermektedir.  $G/E = \alpha$  ve  $t$  duvar kalınlığı olduğuna göre (1) bağıntısı

$$\delta = \frac{V}{E t} \left( \frac{1.2 h}{\alpha A/t} + \frac{h^3}{12 I/t} \right) \quad (2)$$

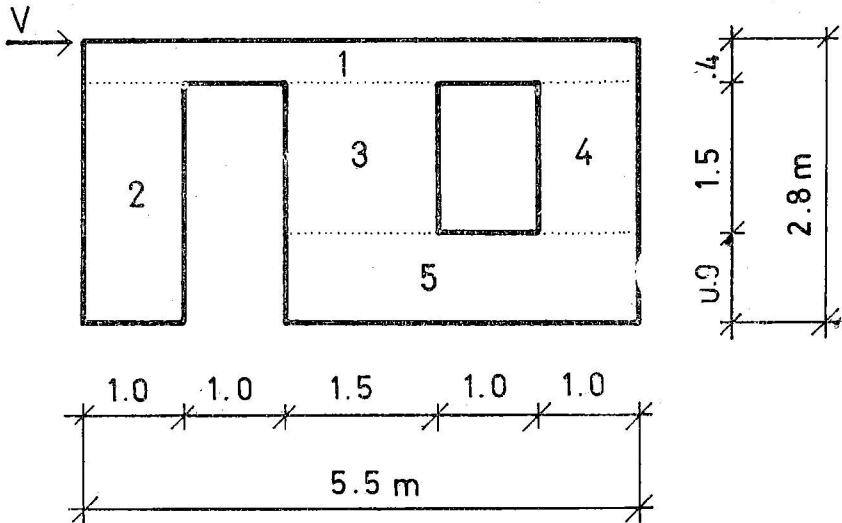
şeklinde yazılabilir. Buradan  $k$ , duvar rijitliği,

$$k = \frac{V}{\delta} = \frac{E t}{\frac{1.2 h}{\alpha A/t} + \frac{h^3}{12 I/t}} \quad (3)$$

bağıntısından bulunur. Eğer duvarda boşluklar varsa, duvar uygun sayıda parçaya ayrılır. Her duvar parçası için (1) veya (2) bağıntısı, o parçaya gelen kesme kuvvetinin fonksiyonu olarak yazılır. Daha sonra duvarı oluşturan parçalar arasındaki denge ve uygunluk koşulları yazılıp, çözülerek her duvar parçasına gelen kesme kuvveti bu duvara etkiyen tüm yatay yükün oranı olarak elde edilir. Bu değerler, daha önce yazılan (1) veya (2) bağıntılarında yerlerine konursa her duvar parçasının iki ucu arasında yatay yerdeğistirmeler de duvara etkiyen yatay yükün fonksiyonu olarak bulunur. Duvarın iki ucu arasındaki yatay yerdeğistirme, duvar parçalarının yatay yerdeğistirmelerinin toplanması, rijitliği ise bu değerlerin duvara gelen yatay yüke bölünmesi ile elde edilir.

#### ÖRNEK :

Şekil 1 de görülen duvarda kalınlık  $t$  ve  $\alpha = 0.4$  olduğuna göre duvar rijitliğinin bulunması.



Şekil 1



Aşağıda 2 nolu parça için yapıldığı gösterilen işlemler her parça için tekrarlanarak Tablo 1'in ilk bloğu doldurulur.

$$h_2 = 24 \text{ dm.}$$

$$A_2/t = 10 \text{ dm.}$$

$$I_2/t = (10)^3/12 = 83.333 \text{ dm}^3$$

$$\begin{aligned} Et \cdot \delta_2 &= V_2 \left( \frac{1.2 h_2}{\alpha A_2/t} + \frac{h_2^3}{12 I_2/t} \right) \\ &= V_2 \left[ \frac{(1.2)(24)}{(0.4)(10)} + \frac{(24)^3}{(12)(83.333)} \right] \\ &= V_2 (7.200 + 13.824) = 21.024 V_2 \end{aligned}$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parça no i	$h_i$ dm	$A_i/t$ dm	$I_i/t$ dm <sup>3</sup>	$\frac{1.2 h_i}{\alpha A_i/t}$ -	$\frac{h_i^3}{12 I_i/t}$ -	$Et \cdot \delta_i$ ton	$\frac{V_i}{V}$ -	$\frac{Et}{V} \delta_i$
1	4	55	-	0.218	-	0.218 V <sub>1</sub>	1.	0.218
2	24	10	83.333	7.200	13.824	21.024 V <sub>2</sub>	0.141	2.957
3	15	15	281.250	3.000	1.000	4.000 V <sub>3</sub>	0.570	2.280
4	15	10	83.333	4.500	3.375	7.875 V <sub>4</sub>	0.289	2.280
5	9	35	3572.917	0.771	0.017	0.788 V <sub>5</sub>	0.859	0.677

Tablo 1

Daha sonra denge ve uygunluk koşulları yazılır.

Denge koşulları :

$$V_3 + V_4 = V_5, \rightarrow V_3 + V_4 - V_5 = 0.$$

$$V_2 + V_5 = V, \rightarrow V_2 + V_5 = V$$

Uygunluk koşulları;

$$\delta_3 = \delta_4, \rightarrow 4.000 V_3 - 7.875 V_4 = 0.$$

$$\delta_2 = \delta_3 + \delta_5, \rightarrow 21.024 V_2 - 4.000 V_3 - 0.788 V_5 = 0.$$

Yukarıdaki 4 bilinmeyenli 4 denklemin çözümünden

$$V_2 = 0.141 V, V_3 = 0.570 V, V_4 = 0.289 V, V_5 = 0.859 V$$

değerleri bulunur. Bu değerler Tablo 1 de 7 inci kolonda yerlerine konursa 9 uncu kolondaki değerler elde edilir. Buradan duvarın iki ucu arasındaki yatay yerdeğiştirme,

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = V/Et (0.218 + 2.957) = 3.175 V/Et$$

ve duvar rijitliği,

$$k = V/\delta = V/3.175 V/Et = 0.315 Et$$

olarak bulunur.

### 2.3. YAPI ÖZEL PERİYODU

Yapıya gelen deprem yükünün bulunmasında gerekli olan yapı özel periyodu, yönetmeliklerdeki yaklaşık sonuç veren formüllerden veya aşağıda kısaca özetlenen yöntemler yardımı ile bulunabilir.

#### a. Prizmatik Konsol Kiriş Yöntemi

Prizmatik bir konsol kirişin özel periyodu

$$T = 1.787 L^2 \sqrt{m/EI} \quad (4)$$

bağıntısından bulunabilir. Burada, L çubuk boyunu, m birim uzunluktaki kütle, E elastiklik modülünü ve I kesit atalet momentini göstermektedir. Eğer kiriş boyu kısa ise kesme kuvvet etkisini de gözönüne almak için (4) bağıntısı

$$T = 1.787 L^2 \sqrt{(1 + \beta) m/EI} \quad (5)$$

şeklinde yazılabilir. Bu bağıntıda  $\beta$  katsayısı düzgün yayılı yüklerle yüklü konsol kirişin ucunda kesme ve eğilme deformasyonlarından meydana gelen yer değiştirmeler oranı olup

$$\beta = 8/L^2 \cdot EI/GA = 8/L^2 \cdot I/\alpha A \quad (6)$$

bağıntısından hesaplanabilir. Gözönüne alınan yığıma yapı planda düzgün ise yapı yüksekliğini ve planda oturduğu alanı birlikte düşünerek özel periyodu (4) veya (5) bağıntılarından biri ile bulunabilir.

#### b. Raleigh Oranı Yöntemi

Yapının birinci mod şekli için uygun bir seçim yaptıktan sonra yapının açılal özel frekansı ve periyodu

$$\omega^2 = \frac{\{\emptyset\}^T [K] \{\emptyset\}}{\{\emptyset\}^T [M] \{\emptyset\}}$$

$$T = 2\pi/\omega$$

bağıntılarından bulunabilir. Bu bağıntılarda

$\omega, T$  : Yapının açılal özel frekansı ve periyodunu,

$\{\emptyset\}$  : Birinci mod şekli kolon matrisini,

$[K], [M]$  : Yapının rijitlik ve kütle matrislerini

göstermektedir. Raleigh oranı yöntemi, mod şeklinin seçiminde yapılan küçük hatalara karşı duyarlı değildir. Birinci mod şekli için seçilen değerler örneğin düzgün yayılı yükü yüklü konsol kirişin elastik eğrisinden alınırsa gerçeğe oldukça yaklaşıklık sonuçlar elde edilebilir.

### c. Matris İterasyonu Yöntemi

Sönümsüz serbest titreşimde hareket denklemi

$$\omega^2 [M] \{\emptyset\} = [K] \{\emptyset\} \quad (9)$$

şeklinde yazılabilir. Bu denklemin her iki yanı soldan  $\frac{1}{\omega^2} [K]^{-1}$  ile çarpılırsa

$$[K]^{-1} [M] \{\emptyset\} = \frac{1}{\omega^2} \{\emptyset\} \quad (10)$$

şeklini alır.

$$[D] = [K]^{-1} [M] \quad (11)$$

olduğuna göre (10) denklemi yeniden yazılırsa

$$[D] \{\emptyset\} = 1/\omega^2 \{\emptyset\} \quad (12)$$

olur. Yapının özel periyodunu ve birinci mod şeklini bulmak için önce bir elemanı 1 olan  $\{\emptyset\}$  birinci mod şekli kolon matrisi seçilir. Bu kolon matris (12) denkleminin sol yanında yerine konarak elde edilen kolon matris, daha önce 1 olan eleman yine 1 olacak şekilde normalize edilir. (12) denkleminin sol yanında en son elde edilen normalize edilmiş kolon matris kullanılarak hesaba devam edilir. (12) denkleminin sol yanında kullanılan kolon matrisle elde edilen normalize edilmiş kolon matris istenilen doğrulukta birbirine yakınsa hesaba son verilir. Son adımda elde edilen kolon matrisi normalize etmekte kullanılan değer  $1/\omega^2$  değerine eşittir. Bu şekilde özel açısız frekans bulunduktan sonra (8) bağıntısından T özel periyodu bulunur.

## 2.4. DEPREM YÜKLERİ VE DEVRİLME MOMENTLERİ

Depremden sonra depremin en büyük ivmesi kaydedilebilmiş veya arazi gözlemlerinden elde edilebilmişse yapıya gelen toplam yatay yük deprem yönetmeliklerinde öngörüldüğü gibi yapı ağırlığının bir katsayı (deprem katsayısı) ile çarpılması ile bulunur. Deprem katsayısının saptanmasında yapının özel periyodu ve depremin en büyük ivmesinden yararlanılır. Yapının katlarına gelen yatay yükler yine deprem yönetmeliklerinde öngörüldüğü gibi kat ağırlıkları ve yükseklikleri ile orantılı olarak hesaplanır. Bir depremden sonra saptanan deprem katsayısı C ise yapıya gelen toplam yatay yük,

$$F = C.W \quad (13)$$

katlara gelen yatay yükler ise

$$Q_i = F \cdot \frac{W_i H_i}{\sum W_i H_i} \quad (14)$$

bağıntısından bulunur. Bu bağıntılarda,

- $F$  ; Toplam yatay yükü,  
 $Q_i$  ; i'inci kata gelen yatay yükü,  
 $W$  ; Toplam yapı ağırlığını,  
 $W_i$  ; i'inci katın ağırlığını,  
 $H_i$  ; i'inci katın zeminden yüksekliğini

göstermektedir.

Eğer depremde depremin ivme kaydı elde edilebilmişse, depremin davranış spektrumları çizilebilir. Yapıya gelen deprem yüklerinin hesabında yalnız birinci modun etkisi gözönüne alınacaksa bu moda ait katkı çarpanı

$$\gamma = \frac{\{\emptyset\}^T [M] \{I\}}{\{\emptyset\}^T [M] \{\emptyset\}} \quad (15)$$

bağıntısından hesaplandıktan sonra katların temele göre yatay yerdeğiştirmeleri ve katlara gelen yatay yükler

$$\{\Delta\} = \frac{\gamma S_a}{\omega^2} \{\emptyset\} \quad (16)$$

$$\{\emptyset\} = [K] \{\Delta\} \quad (17)$$

bağıntılarından bulunur. Burada

- $\gamma$  ; Birinci modun katkı çarpanını,  
 $\{I\}$  ; Bütün elemanları 1 olan kolon matrisi,  
 $\{\Delta\}$  ; Katların temele göre yatay yerdeğiştirmeleri kolon matrisini,  
 $S_a$  ; Yapının özel periyoduna karşı gelen ivme spektrumu değerini,  
 $\{\emptyset\}$  ; Katlara gelen yatay yük kolon matrisini

göstermektedir. Bu bağıntılarda kullanılan  $S_a$  değeri depremin en büyük ivmesini de gözönüne alarak standart bir ivme spektrumundan da alınabilir.

Böylece yapıya kat hizalarında etkiyen yatay deprem yükleri bulunduğundan sonra yapıyı zemine ankastre bağlı bir konsol giriş gibi düşünüp kesme kuvvet ve eğilme momenti (devrilme momenti) diyagramları çizilir. Yığma yapının çesitli kesimlerinde doğan gerilmelerin hesabında kat orta hizalarındaki kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri kullanılır.

### ÖRNEK

Kat ağırlıkları  $G_1 = 162.68$  t.,  $G_2 = 114.66$  t., bir doğrultudaki kat rijitlikleri  $k_1 = 5.810 \times 10^2$  t/cm,  $k_2 = 3.810 \times 10^2$  t/cm ve kat yükseklikleri 2.80 m. olan iki katlı yığma bir yapıda kat kesme kuvvetleri ve kat devrilme momentlerinin bulunması.

$$m_1 = G_1/g = 162.68/980 = 0.166 \text{ tsn}^2/\text{cm}$$

$$m_2 = G_2/g = 114.66/980 = 0.117 \text{ tsn}^2/\text{cm}$$

$$[M] = \begin{pmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.166 & 0 \\ 0 & 0.117 \end{pmatrix}$$

$$[K] = \begin{pmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2 \end{pmatrix} = 10^2 \begin{pmatrix} 9.620 & -3.810 \\ -3.810 & 3.810 \end{pmatrix}$$

$$[K]^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{1}{k_1} & & & \frac{1}{k_1} \\ & \frac{1}{k_1} & & \\ & & \frac{1}{k_1} & \\ & & & \frac{1}{k} \end{pmatrix} = 10^{-3} \begin{pmatrix} 1.721 & & & 1.721 \\ & 1.721 & & \\ & & 1.721 & \\ & & & 4.346 \end{pmatrix}$$

$$[D] = [K]^{-1}[M] = 10^{-3} \begin{vmatrix} 1.721 & 1.721 \\ 1.721 & 4.346 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 0.166 & 0 \\ 0 & 0.117 \end{vmatrix} = 10^{-4} \begin{vmatrix} 2.857 & 2.014 \\ 2.857 & 5.085 \end{vmatrix}$$

ilk yaklaşım olarak  $\{\emptyset\} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1.86 \end{pmatrix}$  seçilirse

$$[D] \{\emptyset\} = 10^{-4} \begin{vmatrix} 2.857 & 2.014 \\ 2.857 & 5.085 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 1 \\ 1.86 \end{vmatrix} = 10^{-4} \begin{vmatrix} 6.603 \\ 12.315 \end{vmatrix} = 6.603 \times 10^{-4} \begin{vmatrix} 1 \\ 1.87 \end{vmatrix}$$

$$[D] \{\emptyset\} = 10^{-4} \begin{vmatrix} 2.857 & 2.014 \\ 2.857 & 5.085 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 1 \\ 1.87 \end{vmatrix} = 10^{-4} \begin{vmatrix} 6.623 \\ 12.366 \end{vmatrix} = 6.623 \times 10^{-4} \begin{vmatrix} 1 \\ 1.87 \end{vmatrix}$$

$$1/\omega^2 = 6.623 \times 10^{-4}; \omega^2 = 1.510 \times 10^3 / \text{sn}^2 \quad T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{0.3886 \times 10^2} = 0.16 \text{ sn.}$$

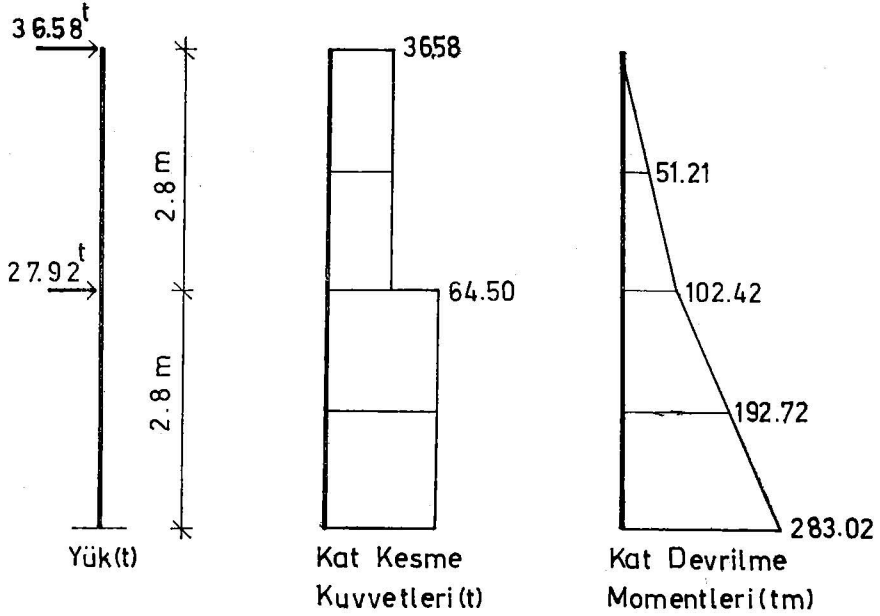
$$\gamma = \frac{\{\emptyset\}^T [M] \{I\}}{\{\emptyset\}^T [M] \{\emptyset\}} = \frac{\begin{pmatrix} 1 & 1.87 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.166 & 0 \\ 0 & 0.117 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}}{\begin{pmatrix} 1 & 1.87 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.166 & 0 \\ 0 & 0.117 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1.87 \end{pmatrix}} = \frac{0.385}{0.576} = 0.668$$

Gözönüne alınan depremde  $T = 0.16 \text{ sn}$  için ivme spektrumu değeri  $S_a = 250 \text{ cm/sn}^2$  ise, toplam kat yatay yerdeğiştirmeleri (cm) ve katlara gelen yatay yükler (t)

$$\{\Delta\} = \frac{\gamma S_a}{\omega^2} \{\emptyset\} = \frac{(0.668)(250)}{1.510 \times 10^3} \begin{pmatrix} 1 \\ 1.87 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.111 \\ 0.207 \end{pmatrix}$$

$$\{\emptyset\} = [K] \{\emptyset\} = 10^2 \begin{pmatrix} 9.620 & -3.810 \\ -3.810 & 3.810 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0.111 \\ 0.207 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 27.92 \\ 36.58 \end{pmatrix}$$

olarak bulunur. Kat kesme kuvvetleri ve kat devrilme momentleri diyagramları Şekil 2 de gösterilmiştir.



Şekil 2

## 2.5. BURULMA MOMENTLERİ

Kütle merkezi ile rijitlik merkezinin çakışmamasından doğan burulma momentleri planda düzgün olmayan yapılarda tehlikeli hasarlara neden olabilir. Kat burulma momentlerinin hesaplanmasında önce bir eksen takımı seçilerek katların kütle ve rijitlik merkezlerini,

$$x_{im} = \frac{\sum G_{ij} \cdot x_{ij}}{\sum G_{ij}} \quad y_{im} = \frac{\sum G_{ij} \cdot y_{ij}}{\sum G_{ij}} \quad (18)$$

$$x_{ik} = \frac{\sum k_{iyj} \cdot x_{ij}}{\sum k_{iyj}} \quad y_{ik} = \frac{\sum k_{ixj} \cdot y_{ij}}{\sum k_{ixj}} \quad (19)$$

bağıntılarından bulunur. Burada

- $x_{im}, y_{im}$  ; i'inci katın kütle merkezi koordinatlarını,  
 $x_{ik}, y_{ik}$  ; i'inci katın rijitlik merkezi koordinatlarını,  
 $G_{ij}$  ; i'inci kattaki j'inci elemanın (duvar, döşeme, v.s.) ağırlığını,  
 $k_{ixj}, k_{iyj}$  : i'inci katta x ve y eksenlerine paralel j'inci duvarların rijitliklerini,  
 $x_{ij}, y_{ij}$  : i'inci katta j'inci elemanın (18) duvarın (19) ağırlık merkezinin koordinatlarını göstermektedir.

Her kata gelen burulma momenti yükleri,

$$M_{itx} = Q_{ix}(y_{im} - y_{ik}) \quad (20)$$

$$M_{ity} = Q_{iy}(x_{ik} - x_{im}) \quad (21)$$

bağıntılarından hesaplandıktan sonra kat burulma momentleri, yapıyı zemine ankastre bağlı bir konsol kiriş gibi düşünüp burulma momenti diyagramının çizilmesi ile bulunur. Örnek olarak i'inci katın kat burulma momenti

$$M_{iTx} = M_{(i+1)Tx} + M_{itx} \quad (22)$$

$$M_{iTy} = M_{(i+1)Ty} + M_{ity} \quad (23)$$

bağıntılarından hesaplanır. Burada

$Q_{ix}, Q_{iy}$  ; i'inci kata x ve y eksenleri doğrultusunda etkiyen yatay yükleri,

$M_{itx}, M_{ity}$  ; i'inci kata gelen burulma momenti yüklerini,

$M_{iTx}, M_{(i+1)Tx}, M_{iTy}, M_{(i+1)Ty}$  ; i'inci ve (i+1)'inci (bir üstteki kat) katlarda x ve y eksenleri doğrultusunda gerilme doğuran kat burulma momentlerini

göstermektedir.

## 2.6. DUVAR KESME KUVVETLERİ

Kat kesme kuvvetleri ve kat burulma momentleri Bölüm 2.4 ve Bölüm 2.5 de açıklandığı gibi bulunduktan sonra duvar kesme kuvvetleri,

$$V_{ixj} = \left( \frac{k_{ixj}}{\sum k_{ixj}} \right) V_{ix} + \left( \frac{k_{ixj} \cdot d_{iyj}}{I_{ip}} \right) M_{iTx} \quad (24)$$

$$V_{iyj} = \left( \frac{k_{iyj}}{\sum k_{iyj}} \right) V_{iy} + \left( \frac{k_{iyj} \cdot d_{ixj}}{I_{ip}} \right) M_{iTy} \quad (25)$$

bağıntılarından hesaplanır. Burada

$V_{ixj}$  : i'inci katta x eksenine paralel j'inci duvar kesme kuvvetini,

$V_{iyj}$  : i'inci katta y eksenine paralel j'inci duvar kesme kuvvetini,

$V_{ix}$ ,  $V_{iy}$  ; i'inci katta x ve y eksenlerine paralel doğrultularda etkiyen kat kesme kuvvetlerini,

$k_{ixj}$ ,  $d_{ixj}$  ; i'inci katta x eksenine paralel j'inci duvarın rijitliği ve kat rijitlik merkezine uzaklığını,

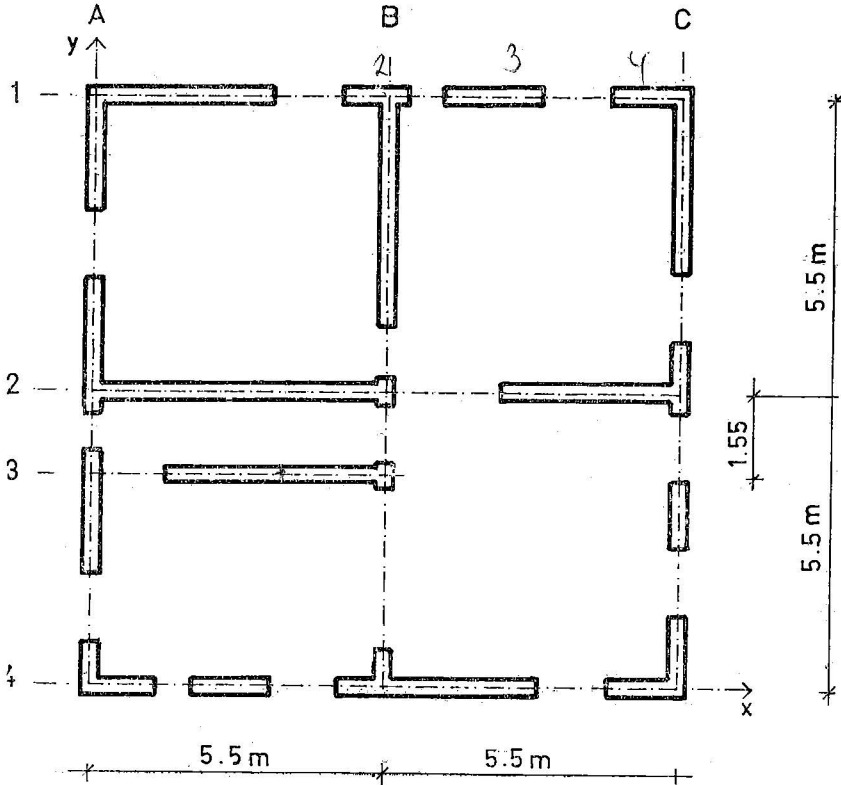
$k_{iyj}$ ,  $d_{iyj}$  ; i'inci katta y eksenine paralel j'inci duvarın rijitliği ve kat rijitlik merkezine uzaklığını,

$$I_{ip} = \sum (k_{ixj} \cdot d_{iyj}^2 + k_{iyj} \cdot d_{ixj}^2) \text{ i'inci katın polar atalet momentini}$$

göstermektedir. Bu bağıntılardaki ilk terim kat kesme kuvvetlerinden, son terim kat burulma momentlerinden doğan duvar kesme kuvvetlerini göstermektedir. Deprem yükleri iki yönlü olabileceği için Bölüm 2.5 de hesaplanan kat burulma momentlerinin işareti ne olursa olsun (24) ve (25) bağıntılarında artı işaretle kullanılmalıdır.

### ÖRNEK

Şekil 3 de planı verilen iki katlı bir yığma yapıda duvar rijitlikleri  $k_{21} = k_{11} = 1,172 Et$ ,  $k_{22} = k_{12} = 1,145 Et$ ,  $k_{23} = k_{13} = 0,519 Et$ ,  $k_{24} = k_{14} = 1,171$



Şekil 3



Et,  $k_{2A} = 1.166 Et$ ,  $k_{1A} = 1.081 Et$ ,  $k_{2B} = k_{1B} = 0.599 Et$ ,  $k_{2C} = k_{1C} = 1.005 Et$ , katlara gelen yatay yükler  $Q_{2x} = Q_{2y} = 36.43$  ton,  $Q_{1x} = Q_{1y} = 25.99$  ton, kat rijitlik merkezleri koordinatları  $(x_{2k}, y_{2k}) = (5.23 \text{ m}, 5.36 \text{ m})$ ,  $(x_{1k}, y_{1k}) = (5.34 \text{ m}, 5.30 \text{ m})$  ve kat kütle merkezleri koordinatları  $(x_{2m}, y_{2m}) = (5.45 \text{ m}, 5.51 \text{ m})$ ,  $(x_{1m}, y_{1m}) = (5.37 \text{ m}, 5.43 \text{ m})$  olduğuna göre duvar kesme kuvvetlerinin hesabı.

2. kat

$$V_{2x} = 36.43 \text{ t.} \quad M_{2Tx} = (36.43) (5.51 - 5.36) = 5.46 \text{ tm.}$$

$$V_{2y} = 36.43 \text{ t.} \quad M_{2Ty} = (36.43) (5.23 - 5.45) = -8.01 \text{ tm.}$$

Hesaplar Tablo 2 de özetlenmiştir.

YÖN	Duvar	k/Et	d	kd/Et	kd <sup>2</sup> /Et	$\frac{k}{\Sigma k}$	$\frac{kd}{\Sigma kd^2}$	$\frac{k}{\Sigma k} v$	$\frac{kd}{\Sigma kd^2} M_T$	v
y doğrultusu	(A)	1.166	±5.23	±6.098	31.893	0.421	±0.044	15.34	0.35	15.69
	(B)	0.599	±0.27	±0.162	0.044	0.216	±0.001	7.87	0.01	7.88
	(C)	1.005	±5.77	±5.799	33.459	0.363	±0.042	13.22	0.34	13.56
	Σ	2.770				1.000		36.43		
x doğrultusu	(1)	1.172	±5.64	±6.610	37.281	0.292	±0.048	10.64	0.26	10.90
	(2)	1.145	±0.14	±0.160	0.022	0.286	±0.001	10.42	0.01	10.43
	(3)	0.519	±1.41	±0.732	1.032	0.130	±0.005	4.73	0.03	4.76
	(4)	1.171	±5.36	±6.277	33.642	0.292	±0.046	10.64	0.25	10.89
	Σ	4.007			137.373	1.000		36.43		

Tablo - 2

1. kat

$$V_{1x} = 36.43 + 25.99 = 62.42 \text{ t.} \quad M_{1Tx} = 5.46 + (25.99) (5.43 - 5.30) = 8.84 \text{ tm}$$

$$V_{1y} = 36.43 + 25.99 = 62.42 \text{ t.} \quad M_{1Ty} = -8.01 + (25.99) (5.34 - 5.37) = -8.79 \text{ tm}$$

Hesaplar Tablo 3 de özetlenmiştir.

YÖN	Duvar	k/Et	d	kd/Et	kd <sup>2</sup> /Et	$\frac{k}{\Sigma k}$	$\frac{kd}{\Sigma kd^2}$	$\frac{k}{\Sigma k} v$	$\frac{kd}{\Sigma kd^2} M_T$	v
y doğrultusu	(A)	1.081	±5.34	±5.773	30.825	0.403	±0.043	25.16	0.38	25.54
	(B)	0.599	±0.16	±0.096	0.015	0.223	±0.001	13.92	0.01	13.93
	(C)	1.005	±5.66	±5.688	32.196	0.374	±0.042	23.34	0.37	23.71
	Σ	2.685				1.000		62.42		
x doğrultusu	(1)	1.172	±5.70	±6.680	38.078	0.292	±0.049	18.23	0.43	18.66
	(2)	1.145	±0.20	±0.229	0.046	0.286	±0.002	17.85	0.02	17.87
	(3)	0.519	±1.35	±0.701	0.946	0.130	±0.005	8.11	0.04	8.15
	(4)	1.171	±5.30	±6.206	32.893	0.292	±0.046	18.23	0.41	18.64
	Σ	4.007			134.999	1.000		62.42		

Tablo 3

## 2.7. DEVRİLME MOMENTLERİNDEN DOĞAN GERİLMELER

Kat ortalarındaki devrilme momentleri Bölüm 2.4 de bulunmuştur. Kat devrilme momentlerinden doğan gerilmeler

$$\sigma_{ij} = \frac{M_{iDx}}{I_{ix}} \cdot y_{ij} \quad \sigma_{ij} = \frac{M_{iDy}}{I_{iy}} \cdot x_{ij} \quad (26)$$

bağıntılarından hesaplanır. Burada,

- $\sigma_{ij}$  ; i'inci katta j'inci noktasındaki gerilmeyi,
- $M_{iDx}, M_{iDy}$  ; i'inci katta x ve y eksenlerine göre devrilme momentlerini,
- $I_{ix}, I_{iy}$  ; i'inci katın kesit ağırlık merkezinden geçen asal eksenlere göre atalet momentlerini,
- $x_{ij}, y_{ij}$  ; i'inci katta j'inci noktanın kesit ağırlık merkezinden geçen eksenlere uzaklığını

göstermektedir. Her katta kesit ağırlık merkezi ve bu noktadan geçen asal eksenlere göre atalet momentlerinin bulunmasında boşluklu duvarların kalınlıkları olarak

$$t_e = t(1 - A_{od}/A_d) \quad (27)$$

bağıntısı ile hesaplanan değerler kullanılabilir. Burada

- $t_e$  ; Eşdeğer duvar kalınlığını,
- $t$  ; Dolu duvar kalınlığını,
- $A_{od}$  ; Duvar yüzeyindeki boşluk alanını,
- $A_d$  ; Duvar yüzey alanını göstermektedir.

## ÖRNEK

Şekil 1 de verilen duvar 1 tuğla kalınlığında olduğuna göre eşdeğer kalınlığının bulunması.

$$t = 19 \text{ cm.}$$

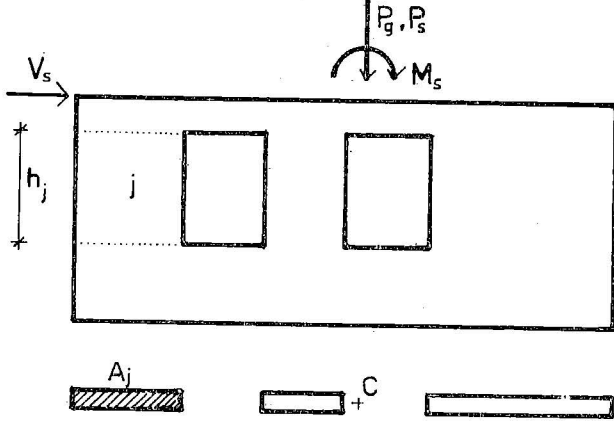
$$A_{od} = (1.0)(2.4) + (1.0)(1.50) = 3.9 \text{ m}^2$$

$$A_d = (5.5)(2.8) = 15.4 \text{ m}^2$$

$$t_e = (1.9)(1 - 3.9/15.4) \cong 14 \text{ cm.}$$

## 2.8. DUVARLARDA GERİLME KONTROLÜ

Yığılma bir yapının herhangi bir duvarına etkiyen yükler Şekil 4 de görülmektedir. Burada  $V_s$ , duvar kesme kuvvetini,  $P_g$ , boşluklu duvar kesit ağırlık merkezine (C noktası) etkiyen düşey yükü,  $P_s$  ve  $M_s$ , devrilme momentinden doğan gerilmelerin C noktasına indirgenmesi ile elde edilen düşey kuvvet ve momentleri göstermektedir. Bu yüklerden  $P_s$  ve  $M_s$  çift yönlüdür. Bu yükler altındaki bir duvarda örneğin j nolu parçada gerilme kontrolü yapılacaksa duvarın tümüne etkiyen yüklerden j nolu parçaya gelen yükler hesaplanır. Düşey



Şekil 4

yüklerin dolu parçalara alanları ile orantılı olarak dağıldığı varsayılabilir. Yatay yük, her parçaya rijitliği ile orantılı olarak dağıtılır. Örneğin Şekil 1 de verilen duvarın rijitliği hesaplanırken yatay yükün hangi oranlarda 2, 3 ve 4 nolu parçalara dağıtılacağı Tablo 1'in 8'inci kolonunda gösterilmiştir.

#### Kayma Gerilmesi Kontrolü

j nolu parçada kayma gerilmeleri

$$\tau_j = V_{sj}/A_j \quad (28)$$

bağıntısı ile hesaplanıp kayma mukavemeti ile karşılaştırılır.

Kayma mukavemeti

$$\tau_k = r(\tau_o + \mu\sigma_o) \quad (29)$$

bağıntısından bulunabilir. Bu bağıntılarda,

- $\tau_j$  ; j nolu parçadaki kayma gerilmesini,
- $V_{sj}$  ; j nolu parçaya gelen kesme kuvvetini,
- $A_j$  ; j nolu parçanın alanını,
- $\tau_k$  ; Kayma mukavemetini,
- $r$  ; Azaltma katsayısını,
- $\tau_o$  ; Ortalama kayma mukavemetini,
- $\mu$  ; Sürtünme katsayısını,
- $\sigma_o$  ; Ortalama normal gerilmeyi

göstermektedir. (29) bağıntısındaki r değeri yapının inşa sırasında kontrol edilip edilmediğine, deney sonuçları arasındaki dağılıma, deneylerde kullanılan örneklerin boyutlarına ve yapının daha önce deprem etkisinde kalıp kalmadığına bağlı 1.00 den küçük bir katsayıdır.

### Bileşik Eğilme Gerilmesi Kontrolü

j nolu parçanın iki ucunda oluşan eğilme momentleri,  $M_{sj}$ ,

$$M_{sj} = (V_{sj}) (h_j)/2 \quad (30)$$

bağıntısından hesaplandıktan sonra en küçük ve en büyük normal gerilmeler

$$\sigma_{j\min} = \frac{P_{j\min}}{A_j} - \frac{M_{sj}}{W_j} \quad \sigma_{j\max} = \frac{P_{j\max}}{A_j} + \frac{M_{sj}}{W_j} \quad (31)$$

bağıntılarından bulunup yığma duvarın basınç mukavemeti ile karşılaştırılır. Burada

$h_j$  ; j nolu parçanın yüksekliğini,

$\sigma_{j\min}, \sigma_{j\max}$  ; j nolu parçadaki en küçük ve en büyük gerilmeleri

$P_{j\min}, P_{j\max}$  ; j nolu parçaya gelen en küçük ve en büyük düşey yükleri,

$W_j$  ; j nolu parçanın kesitinin mukavemet momentini

göstermektedir. Eğer  $\sigma_{j\min} < 0$  çıkıyorsa yığma yapının çekme gerilmesi alamıyacağı gözönüne alınarak j nolu parçanın taşıyabileceği eğilme momenti,

$$M_{cj} = N_j C_i (1-g \frac{N_j}{a N_{oj}}) \quad (32)$$

bağıntısından hesaplanıp  $M_{sj}$  ile karşılaştırılır. Burada

$M_{cj}$  ; Çatlamış kesitin taşıyabileceği eğilme momentini,

$N_i$  ; Kesite gelen normal kuvveti,

$C_i$  ; Kesit ağırlık merkezinin endiş life uzaklığını,

$N_{oj}$  ; Kesitin taşıyabileceği en büyük normal kuvveti,

$g = 2 \left( 1 - \frac{I_j}{A_i C_i} \right)$ , kesit özelliklerine bağlı bir büyüklüğü,

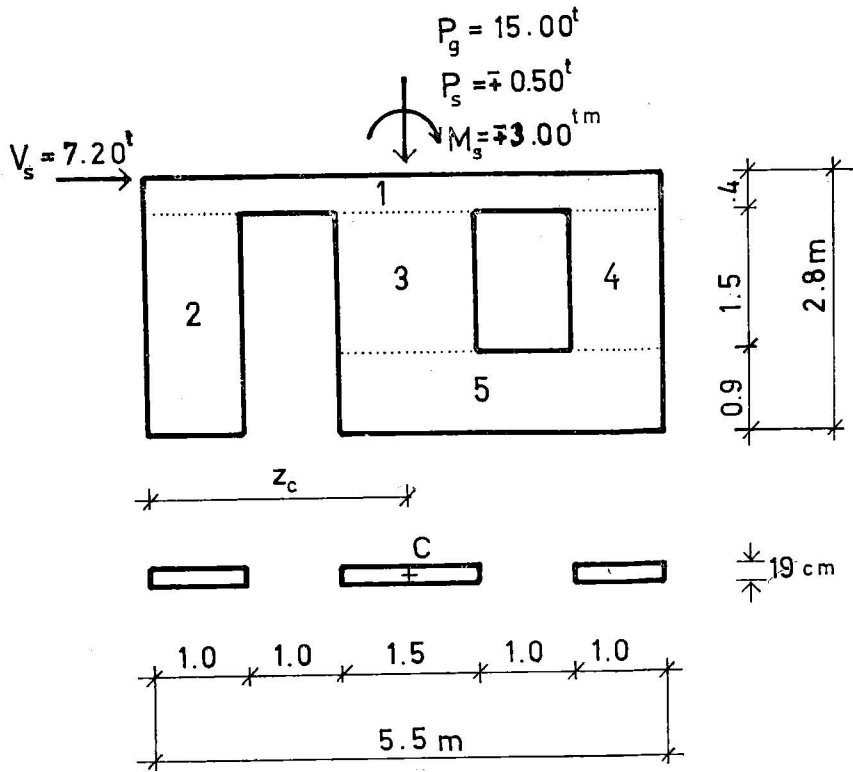
a ; Bileşik eğilme altındaki basınç mukavemetinin, normal yük altındaki basınç mukavemetinden büyük olduğunu gözönüne almak için kullanılan ve değeri 1.00 den büyük olan bir katsayıyı göstermektedir.

### ÖRNEK

Şekil 1 de verilen duvar yükleri Şekil 5 de görülmektedir. 4 nolu parçada gerilme kontrolü yapılması.

$$z_c = \frac{(1.00) (0.50) + (1.50) (2.75) + (1.00) (5.00)}{(2) (1.00) + (1.50)} = 2.75 \text{ m.}$$

$$I = \frac{(0.19) (5.50)^3}{12} + \frac{(2) (0.19) (1.00)^3}{12} + (2) (0.19) (1.00) (1.25)^2 = 2.009 \text{ m}^4$$



Şekil 5

$$A_4 = (19) (100) = 1900 \text{ cm}^2$$

$$I_4 = \frac{(1.9) (100)^3}{12} = 158.333 \text{ dm}^4$$

$$W_4 = \frac{(19) (100)^2}{6} = 31667 \text{ cm}^3$$

$$V_{s4} = (0.289) (7.20) = 2.08 \text{ t.}$$

$$P_{g4} = \frac{1.00}{1.00 + 1.50 + 1.00} \cdot (15.00) = (0.286) (15.00) = 4.29 \text{ t.}$$

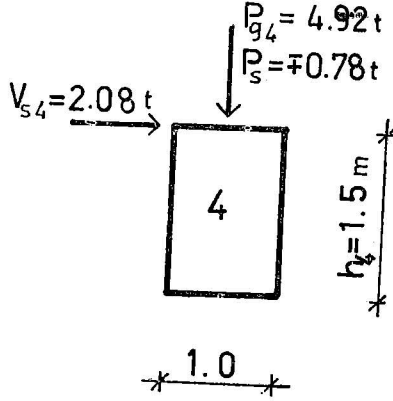
$$P_{s4} = \mp (0.286) (0.50) \mp (1.00) (0.19) \frac{(3.00) (2.25)}{2.009} = \mp 0.78 \text{ t.}$$

$$P_{4\max} = P_{g4} + P_{s4} = 4.29 + 0.78 = 5.07 \text{ t.}$$

$$P_{4\min} = P_{g4} - P_{s4} = 4.29 - 0.78 = 3.51 \text{ t.}$$

$$\sigma_o = \frac{P_{4\min}}{A_4} = \frac{3510}{1900} = 1.85 \text{ kg/cm}^2$$

4. nolu parçaya etkiyen yükler topluca Şekil 6 da gösterilmiştir.



Şekil 6

#### Kayma Gerilmesi Kontrolü

$$\tau_4 = \frac{V_{s4}}{A_4} = \frac{2080}{1900} = 1.09 \text{ kg/cm}^2$$

Kayma mukavemetinin bulunmasında  $r = 0.60$ ,  $\tau_o = 3.00 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\mu = 0.493$  seçilirse

$$\tau_k = r(\tau_o + \mu\sigma_o) = (0.60) [3.00 + (0.493)(1.85)] = 2.35 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{\tau_k}{\tau_4} = \frac{2.35}{1.09} = 2.16$$

#### Bileşik Eğilme Gerilmesi Kontrolü

$$M_{s4} = \frac{(V_{s4})(h_4)}{2} = \frac{(2.08)(1.50)}{2} = 1.56 \text{ tm.}$$

$$\sigma_{4 \min} = \frac{P_{4 \min}}{A_4} - \frac{M_{s4}}{W_4} = \frac{3510}{1900} - \frac{156000}{31667} = -3.08 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{4 \max} = \frac{P_{4 \max}}{A_4} + \frac{M_{s4}}{W_4} = \frac{5070}{1900} + \frac{156000}{31667} = 7.59 \text{ kg/cm}^2$$

$\sigma_{4 \min} < 0$  olduğu için çatlak kesitin moment taşıma kapasitesinin bulunması,

$$C_4 = 0.50 \text{ m.}$$

$$g = 2 \left( 1 - \frac{158.333}{(19)(5.0)^2} \right) = 1.33$$

$$a = 1.3$$

$$N_4 = 3.51 \text{ t.}$$

$$N_{o4} = r_{\sigma_k} A_4 = (0.60)(0.050)(1900) = 57.00 \text{ t.}$$

$$M_{e4} = (3.51)(0.50) \left[ 1 - (1.33) \frac{(3.51)}{(1.3)(57)} \right] = 1.64 \text{ tm.}$$

$$\frac{M_{e4}}{M_{s4}} = \frac{1.64}{1.56} = 1.05$$

### 3. SONUÇ

Bu çalışmada yığma yapıların yatay yükler altındaki davranışının hesaplanmasında kullanılabilir bir yöntemin adımları verilmiştir. Deprem yükleri etkisinde kalmış bir yığma yapıda malzeme özellikleri yapıdan alınacak örnekler üzerinde yapılacak laboratuvar deneylerinden elde edilebilir. Deprem özellikleri ise gerek arazi gözlemlerinden ve gerekse deprem anında alınan kayıtlardan öğrenilebilir. Bu verileri kullanarak, gözönüne alınan yığma yapının çeşitli kesimlerinde oluşan gerilme ve şekil değiştirmeler verilen yöntemle hesaplanabilir. Hesap sonuçları ile yapının gerçek hasar durumu arasındaki uyum, yığma yapıların deprem yükleri altındaki davranışı ile ilgili bilgiler edinmemizi sağlayacaktır. Ayrıca bu çalışmada verilen yöntem, bazı değişikliklerle, yığma yapıların yatay yüklerle göre boyutlandırılmasında ve kullanılmakta olan yığma yapıların yatay yük taşıma sığalarının hesaplanmasında veya başka bir deyişle, bölgede beklenen bir depremde ne şekilde davranacaklarının bulunmasında da kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

- (1) Biggs, V.W., "Introduction to Structural Dynamics", McGraw-Hill, Inc.,
- (2) Cherry, S., "Dynamics of Structures", International Institute of Sesimology and Earthquake Engineering, Tokyo, Japan, 1968.
- (3) Sahlin, S., "Structural Masonry", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1971.
- (4) Umemura, H., "Earthquake-Resistant Design of Structures -From Wooden Frame to High-Rise-", Faculty of Engineering, University of Tokyo, 1971.
- (5) Okamoto, S., "Introduction to Earthquake Engineering", University of Tokyo Press, 1973.
- (6) "Earthquake Resistant Design Requirements for VA Hospital Facilities", Report of the Earthquake and Wind Forces Committee, Veterans Administration Office of Construction, Washington, D.C. 20420, 1975.
- (7) "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik", T.C. İmar İskan Bakanlığı, Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, 1975.
- (8) Mayes, R.L., Clough, R.W., "State-of-the-Art in Seismic Shear Strength of Masonry - An Evaluation and Review", Report no : EERC 75-21, Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering, University of California, Berkeley, California, 1975.
- (9) Mayes, R.L., Omote, Y., Chen, S., Clough, R.W., "Expected Performance of Uniform Building Code Design Masonry Structures", Report no : EERC 76-7, Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering, University of California, Berkeley, California, 1976.
- (10) Çılı, F., "Yüksek Olmayan Yapıların Deprem Yükleri Altındaki Elastik Olmayan Davranışı", İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, 1976.
- (11) Omote, Y., Mayes, R.L., Chen, S., Clough, R.W., "A literature Survey - Transverse Strength of Masonry Walls", Report no : UCB/EERC-77/07, Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering, University of California, Berkeley, California, 1977.
- (12) Toprakçı, R.T., "Perde Duvarlı Alçak Yapılarda Yatay Yüklerin Analizi", Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, Sayı 19, 1977.
- (13) Yorulmaz, M., Atan, Y., "Yığma Kargir Yapıların Depremdeki Davranışları", Sakarya Deprem Semineri, 1977.
- (14) Çakıroğlu, A., Özmen, G., "Yapıların Özel Periyodlarının Tayini ve Modların Süperpozisyonu Yöntemi", Matbaa Teknisyenleri Koll. Şti., 1977.



## TUĞLA YIĞMA YAPILARIN DEPREMLERDEKİ DAVRANIŞLARI (\*\*)

Nejat Bayülke (\*)

### Summary

The characteristics and behaviour of brick masonry buildings in Turkey are investigated with reference to earthquakes. The dynamic characteristics of several stories high brick masonry structures are measured by a periodmeter before and after earthquakes. Next, the "Earthquake Resistant Design Code" provisions for brick masonry structures in Turkey are given and finally the behaviour of several brick masonry buildings during the November 24, 1976 Çaldıran and March 26, 1977 Palu (eastern Turkey) Earthquakes are compared with Code Provisions. In these comparisons the importance of bearing wall length/floor area ratio is stressed and their importance for earthquake resistance is stated.

### 1. GİRİŞ

Tuğla yığma inşaat Türkiye'de çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yeni inşaatların yaklaşık % 70'i tuğla yığma olarak yapılmaktadır. Ancak Türkiye'deki tuğlaların kalite ve dayanımı dört kattan daha yüksek yapıların inşasını engellemektedir. Hızlı şehirleşme ve arsa fiyatlarındaki yüksek artış ile birlikte, hiç olmazsa şehirlerde yüksek yapılar yapma eğilimi kuvvetlenmektedir. Yüksek yapıların hemcn tamamı betonarme olmaktadır. Donatı ile takviyeli yığma kargir inşaat yapılmamaktadır, çünkü betonarme ile aynı miktar donatıya gerek olmaktadır ve çimento sağlanması güç değildir. Öte yandan küçük kasabalarda ve hatta büyük şehirlerin çevrelerinde büyük miktarda tuğla yığma yapı yapılmaya devam edilmektedir. Türkiye'nin maruz olduğu büyük deprem tehlikesi açısından tuğla yığma yapıların depremlerdeki davranışlarının bilinmesi ve bu yapıların depreme dayanıklı yapılması büyük önem taşımaktadır. Üstelik depremlerde olan can kaybının büyük bir bölümü yığma yapıların yıkılması sonucu olmaktadır.

---

(\*) İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü.

(\*\*) Bu Makale 10-13 Mayıs 1978'de İtalya - Bergamo'da yapılan "Deprem Bölgelerinde İnşaat" seminerinde sunulmuştur.

## 2. TUĞLA YIĞMA YAPILARIN ÖZELLİKLERİ

### 2.1 Tuğlaların Özellikleri

Tuğlaların üretimi ile ilgili iki standart bulunmaktadır (1, 2). Standart tuğlaların boyutları 19x9x5 santimdir. Harman tuğlaları çok ilkel yöntemlerle üretilirler. Boyut, dayanım ve diğer özellikleri üniform değildir. Harman tuğlalarının pişirme ısısı genel olarak fabrika tuğlalarından daha düşüktür. Fabrika tuğlaları daha yüksek dayanımlı ve boyut bakımından standartlara daha uygundur. Harman tuğlaları basit ocaklarda pişirilirlen, pişirme kontrol altında olmadığı için üretilen tuğlaların kalitesi düşük ve üniform değildir. Fabrika tuğlalarının da kalitesi ve dayanımı Avrupa ve Amerika'daki benzerlerine göre düşüktür. Fabrika tuğlaları oldukça büyük bir yatırımı gerektirdiklerinden daha pahalıdır. Harman tuğlalarının kullanımı oldukça yaygındır, muhtemelen Türkiye'de kullanılan tuğlaların % 60-70'i harman tuğlası olmaktadır.

#### 2.1.1 Tuğlaların Basınç Dayanımları

İmar ve İskan Bakanlığı, Yapı Malzemesi Genel Müdürlüğü Laboratuvarlarında yapılan tuğla basınç dayanımı deneylerinden gözlenen değerler şu şekildedir (3), Tablo - I.

TABLO — I  
Tuğla Basınç Dayanımı Deneyleri

Tuğla Cinsi	Harman Tuğlası	Dolu Fabrika Tuğlası	Delikli Fabrika Tuğ.	Delikli Dolgu Tuğlası
Ortalama Basınç Dayanımı	55 kg/cm <sup>2</sup>	236 kg/cm <sup>2</sup>	188 kg/cm <sup>2</sup>	44 kg/cm <sup>2</sup>
Standart sapma	% 33	% 19	% 20	% 25

Bu değerler gelişmiş ülkelerdeki tuğla basınç dayanımlarına göre oldukça düşüktür. Bu düşük değerler sadece düşey yükler altında bile çok katlı tuğla yığma yapıların yapılmasını imkansız kılmaktadır. Tuğla yığma yapı duvarlarında büyük emniyet katsayılarının kullanılması, çok katlı tuğla yığma yapıların zemin kat duvarlarının çok kalın yapılmasına yol açmaktadır.

#### 2.1.2 Tuğla Yığma Duvarların Basınç Dayanımı

Türkiye'de tuğla yığma yapılar geniş ölçüde yapılmakta ise de, tuğla yığma duvarların basınç dayanımı üzerinde yapılan deneysel çalışmalar çok azdır. Yapılan bir deneyde şu sonuçlara varılmıştır (4) : Tablo-II.

**TABLO II**  
**Tuğla Duvarların Mekanik Özellikleri**

	Harman Tuğlası	Fabrika Tuğlası
<b>Tuğla Elastisite Modülü</b>	$E = 112 f'_T$	$E = 74 f'_T$
<b>Tuğla Duvar Elastisite Modülü</b>		
Kireç harcı 1 : 3	$E = 45 f'_D$	$E = 35 f'_D$
Çimento, kireç harcı 1 : 2 : 8	$E = 97 f'_D$	$E = 97 f'_D$
<b>Tuğla Duvar Basınç Dayanımı</b>		
Kireç Harcı 1 : 3	$f'_D = 0.27 f'_T$	$f'_D = 0.20 f'_T$
Çimento, kireç harcı	$f'_D = 0.28 f'_T$	$f'_D = 0.27 f'_T$

Bu tabloda  $f'_T$  tuğla basınç dayanımı,  $f'_D$  tuğla duvar basınç dayanımıdır. Bu katsayılar çok sınırlı sayıda deney numuneleri üzerinde yapılan testlerden çıkarılmıştır ve kullanılmaları halinde güvenlikleri fazla yüksek değildir. Tuğla basınç dayanımı yeterli bir güvenlik içinde biliniyorsa kullanılmaları önerilir.

### 2.1.3 Tuğla Duvarların Kesme Dayanımı

Depremeler sırasında tuğla yığma yapıların duvarlarında kesme ve eğik çekme gerilmeleri oluşur. Bu nedenle tuğla yığma kargir duvarların kesme ve eğik çekme dayanımları çok önemlidir, hatta bazen kesme dayanımı tuğla veya tuğla duvar basınç dayanımından daha önemlidir. Tuğla duvarların eğik çekme dayanımı aşağıdaki biçimdeki formüller ile ifade edilir :

$$\tau = \tau_0 + \mu \sigma$$

Bu formülde  $\tau$  duvarın eğik çekme dayanımı (kesme dayanımı),  $\tau_0$  düşey yük olmadığı zamandaki kesme dayanımıdır ve tuğla ile harç arasındaki aderans olarak da ifade edilebilir,  $\sigma$  duvardaki düşey gerilmedir, ve  $\mu$  ise sürtünme katsayısıdır. Yorulmaz ve Atan'ın Türkiye'de yaptıkları deneylerde (5)  $\mu$  ve  $\tau_0$  değerlerinin tuğla ve harç cinsine göre değiştiği görülmüştür. Bu araştırmalara göre  $\tau_0$  ve  $\mu$  değerleri Tablo-III'deki gibi olmaktadır.

**TABLO — III**  
**Çeşitli Duvar Malzemeleri için  $\tau_0$  ve  $\mu$  Değerleri**

Tuğla Cinsi	Boşluklu Taşıyıcı Tuğla		Gas Beton (YTONG)	Dolgu Tuğlası (Boşluklu)		
	Çimento Harcı	Çimento-Kireç Harcı	Çimento Harcı	Ç-K Harcı	Çimento Harcı	Ç-K Harcı
$\tau_0$ (kg/cm <sup>2</sup> )	5.14	4.02	1.52	1.53	3.64	5.28
$\mu$	0.43	0.41	0.68	0.69	0.34	0.21

Tuğla yığma duvarların bir diğer önemli mekanik özelliği harç ile tuğla arasındaki yapışma (aderans) dir. Erdülek tarafından yapılan deneyler (6) bu

özelliğinde tuğla ve harcın özelliklerine bağlı olduğunu göstermektedir : Tablo-IV.

**TABLO — IV**  
**Tuğla-Harç Aderans Dayanımı**

Harç Cinsi	1 Çimento : 4 Kum	1 Ç : 1 Kireç : 4 Kum	1 Ç : 2 K : 4 Kum
Harman tuğlası	1.59 - 0.03 - 0.05	1.88 - 0.45 - 0.09	1.60 - 0.02 - 0.03
Fabrika tuğlası			
Dolu	1.52 - 1.06 - 1.60	1.82 - 0.64 - 0.31	3.32 - 0.82 - 0.03
Boşluklu	2.37 - 1.80 - 2.00	3.23 - 2.23 - 1.69	3.37 - 0.67 - 1.57

Bu deneylerde üç ayrı cins harç kullanılmıştır, ancak hepsinin ortalama çekme dayanımı 4 kg/cm<sup>2</sup> civarında olmuştur. Ortalama basınç dayanımları yaklaşık 40 kg/cm<sup>2</sup> civarındadır. Tabloda verilen üç ayrı değer su ile doymuş, geldiği gibi kullanılmış ve fırında kurutulmuş tuğlalar için bulunmuştur. Gerçek durumu en iyi yansıtan geldiği gibi kullanılmış tuğlalar için bulunmuş değerler olduğu ileri sürülebilir. Her ne kadar deneylerde aderans dayanımı olarak çok değişik değerler bulunmuşsa da aderans dayanımı için 1 kg/cm<sup>2</sup> değerinin kabul edilmesinin oldukça gerçekçi olduğu ileri sürülebilir.

Bu iki deney sonuçlarının birleştirilmesi ile Türkiye'de tuğla yığma duvarların kesme dayanımı

$$\tau = 1.0 + 0.45 \sigma$$

olarak ifade edilebilir. Tuğla yığma yapıların ortalama boyutları ve tuğla duvarlara gelen düşey gerilmeler dikkate alınır bir ile dört katlı yığma yapıların duvarlarındaki düşey basınç gerilmeleri 1.4, 1.55, 3.6 ve 2.5 kg/cm<sup>2</sup> olarak kabul edilebilir. Bu düşey gerilmeler yukarıdaki formüle konulursa, Türkiye'deki tuğla yığma duvarların kesme dayanımlarının 1.63 - 3.62 kg/cm<sup>2</sup> arasında olacağı düşünülebilir. Bu iddianın laboratuvar deneyleri ve depremde hasar görmüş yapıların analizi yolu ile kontrol edilmesi gerekmektedir.

## 2.2 Harçlar

Türkiye'de en çok kullanılan harç cinsi çimento ile takviyeli kireç harcıdır. Harç dayanımları genellikle düşüktür. Tuğla dayanımlarının da düşük olduğu gerçeği karşısında yüksek dayanımlı harç kullanmanın fazla bir yararı yoktur, çünkü düşük dayanımlı tuğla ile yüksek dayanımlı harç kullanılmasının duvar basınç dayanımında önemli bir artış sağlamadığı bilinmektedir. En çok kullanılan harç cinsinde kireç ve bir miktar çimento bulunmaktadır. En çok kullanılan kum kireç oranı 3'e 1 olmaktadır. Eğer çimento eklenmiş ise toplam çimento kireç : kum oranı yine 1'e 3 olmaktadır. Çeşitli harç cinsleri üzerinde Türkiye'de yapılmış deney sayısı fazla değildir. Çeşitli kaynaklarda yapılmış harç mukavemet deneyleri Tablo-V'de verilmektedir (4, 5, 6) :

**TABLO — V**  
**Harç Dayanımları**

Karışım Oranı Kireç : Çimento : Kum	Kaynak-4		Kaynak-6			Kaynak-5	
	1 : 0 : 3	2 : 1 : 3	0 : 1 : 4	1 : 1 : 4	1 : 2 : 4	0 : 1 : 4	1.5 : 1 : 8
Basınç Dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )	7.0	10.0	—	—	—	117-177	33-47
Çekme Dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )	2.5	3.0	4.8	3.8	3.8	26- 44	8-10

Tablo'dan görüldüğü gibi harç dayanımlarındaki farklılık çok büyük miktarlara ulaşmaktadır. 5 nolu kaynakta verilen harç dayanımlarında kullanılan kumların en yüksek mukavemet elde etmek için gradasyon eğrileri hassas bir şekilde hesaplanmış iken, 4-nolu kaynaktaki değerlerin gerçek yapım koşullarına çok daha yakın oldukları söylenebilir. Bir çok halde düşük harç dayanımları yapılardaki deprem hasarının başlıca nedeni olmaktadır.

### 2.3 Yığma Kargir Yapım Yönetmeliği

Türkiye'de pek çok sayıda yığma kargir yapı yapılmasına karşın bir Yığma Kargir Yapılar Yönetmeliği, standardı veya şartnamesi yoktur. Son zamanlarda bu yönde bazı çalışmalar olmuş ise de henüz yayınlanmış bir yönetmelik bulunmamaktadır. Yapı İşleri Fenni Şartnamesinde duvar malzemesi ve harç çeşidine göre duvarlardaki emniyet gerilmelerinin ne olacağı dışında başka hüküm yoktur : Tablo-VI.

**TABLO — VI**  
**Kargir İnşaat Emniyet Gerilmeleri**

Duvar Cinsi	Tuğla Duvar Kireç Harcı	Tuğla Duvar Kireç-Çimento Harcı	Tuğla Duvar Çimento Harcı
Basınç Emniyet Gerilmesi	5 kg/cm <sup>2</sup>	8 kg/cm <sup>2</sup>	10 kg/cm <sup>2</sup>

Duvarların taş olması halinde bu değerler yaklaşık % 20 daha düşük alınmaktadır.

### 2.4 "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelikte" Tuğla Yığma Yapılar ile İlgili Hükümler

Türkiye'de yığma yapılar ile ilgili yönetmelik olmamasına karşın "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" te tuğla yığma yapılar ile ilgili pek çok hüküm bulunmaktadır (7). Bunlardan önemli olan bazıları şu şekildedir :

#### 2.4.1 Yapı Yüksekliği Sınırlaması

Türkiye deprem tehlikesi bakımından 5 bölgeye ayrılmış bir deprem bölgeleri haritasına sahiptir. I ve II nci derece deprem bölgelerinde tuğla yığma yapılar en çok iki katlı olabilir (Zemin ve birinci kat), III ncu derece deprem bölgelerinde tuğla yığma yapılar üç katlı (zemin birinci ve ikinci kat) yapılabilir. IV ncu derece deprem bölgelerinde ise tuğla yığma yapılar dört katlı (zemin, bir, iki ve üçüncü kat) olabilir. Deprem bakımından tehlikesiz olan bölgeler için ise bir yükseklik kısıtlaması yoktur. Deprem Yönetmeliği kat yüksekliğini sınırlama yanında her bir katın asgari duvar kalınlığını da belirtmektedir :

İki katlı tuğla yığma yapılarda zemin kat duvar kalınlığı 1.5 tuğla (29 cm), birinci kat duvar kalınlığı 1 tuğla (19 cm) olmak zorundadır. Üç katlı tuğla yığma yapılarda zemin kat duvar kalınlığı yine 1.5 tuğla, diğer katlar ise 1 tuğla olmak zorundadır. Dört katlı yapılarda ise zemin ve birinci kat duvarları 1.5 tuğla, diğerleri 1 tuğla kalınlığında olmak zorundadır. Tek katlı yığma yapılarda duvar kalınlığı 1 tuğla kadardır. Eğer bu yapılarda bodrum da yapılmış ise bodrum duvarlarının en az 50 cm. kalınlığında taş duvar olması gerekmektedir.

#### 2.4.2 Duvar Boşlukları

Bu Yönetmeliğin en ayrıntılı olan bölümüdür (7). Pencere ve kapı boşlukları arasındaki dolu duvarların yatay yükleri taşıyan elemanlar olduğu ve bunların boyutlarının tuğla yığma yapıların deprem güvenliği konusunda en etkili faktör olduğu düşüncesi, yönetmelikteki hükümlerin üzerinde etkili olmaktadır. Yönetmeliğe göre bir duvardaki boşlukların toplam boyu, o duvarın boyunun % 40'ını geçmemelidir. Pencere ve kapı boşlukları 3.00 metreden fazla olmamalıdır; Bina köşesi ile ilk pencere veya kapı boşluğu arasındaki dolu duvar miktarı I ve II nci derece deprem bölgelerinde en az 1.5 metre, III ve IV ncu derece deprem bölgelerinde en az 1.0 metre olmak zorundadır. Eğer yapı yüksekliği 7.50 metreden az ise bu miktarlar deprem bölgelerine göre 1.0 metre veya 0.80 metreye indirilebilir. İki kapı veya pencere boşluğu arasındaki dolu duvar miktarı, en büyük olan boşluğun açıklığının 1/4'ünden az olmamak koşulu ile I ve II nci derece deprem bölgelerinde en az 0.80 metre, III ve IV ncu derece deprem bölgelerinde en az 0.60 metre olmak zorundadır.

#### 2.4.3 Hatıllar

Pencere ve kapı üstü hatıllarının duvarlara oturan bölümleri en az 0.20 santim olmak zorundadır. Bu arada duvara oturan bölümlerin hattılın açıklığının % 15'inden de küçük olmaması gerekir. Yönetmeliğin bu koşulu pratikte, bütün kapı ve pencere üstü hatıllarının yapı çevresinde sürekli olarak yapılmasına yol açmaktadır.

### 3. TUĞLA YIĞMA YAPILARIN DİNAMİK ÖZELLİKLERİ VE DEPREM DAVRANIŞI

#### 3.1 Dinamik Özellikleri

Tuğla yığma yapılar büyük boyutlu duvarları nedeni ile rijid yapılardır ve titreşim periyotları genellikle çok küçüktür. Deprem Araştırma Enstitüsünce

yapılan periyot ölçümlerinin gösterdiği gibi yığma yapıların periyotları kat adetlerine göre 0.05 - 0.15 saniye arasında değişmektedir. Tablo-VII'de çeşitli yığma yapıların titreşim periyotları verilmektedir :

**TABLO VII**  
**Yığma Yapıların Titreşim Periyotları**

Yapının Tanımı	Yükselik H (m)	Uzunluk L (m)	Genişlik W (m)	Periyot (sn)	H/w	Periyot (sn)	H/L
Tek katlı Tuğla	2.5	7.8	6.3	0.093	0.4	—	0.32
Tek katlı Tuğla	2.5	9.8	4.6	0.054	0.55	—	0.26
Tek katlı Tuğla	2.5	8.0	6.8	0.045	0.37	—	0.31
Tek katlı Taş	2.5	11.0	9.9	—	0.25	0.042	0.23
Üç katlı Tuğla	—	—	—	0.073	—	0.049	—
Dört katlı Tuğla	11.0	17.25	15.0	0.16	0.067	—	0.64
İki katlı Tuğla Bodrumlu	9.0	21.0	14.25	—	0.63	0.065	0.43
İki katlı Tuğla Bodrumsuz	6.5	21.0	14.25	0.036	0.45	0.043	0.31
Dört katlı Tuğla Bodrumlu	12.0	26.0	24.0	0.164	0.5	0.156	0.46
Üç Katlı Tuğla	7.8	19.7	9.75	0.126	0.8	0.156	0.4
Aynı yukarıdaki gibi Depremde büyük hasar görmüş boğluk oranı daha az	7.8	19.7	9.75	0.095	0.8	0.39	0.4

Yukarıdaki çok az sayıdaki örnekten giderek, yığma yapı periyodu (T) ile yapı kat adedi arasında şöyle bir ilişkinin bulunduğu ileri sürülebilir :

$$T = 0.05 (N)$$

Ancak bu formülün çok daha fazla sayıda deneysel ölçüm ile kontrol edilmesi ve daha sonra kesin bir şekilde sokuşması gerekir. Bu biçimi ile T yapı periyodu gerçek değerinden bir miktar daha büyük olarak gözükmektedir. Tuğla yığma yapılar rijit oluşları nedeni ile çok düşük kritik sönüm değerine sahiptirler. Başlangıç sönümleri % 2'den pek fazla değildir. Ancak deprem hasarı ile birlikte sönüm oranları % 10'a kadar yükselebilir. Tablo-VII'deki son iki örneğin karşılaştırılmasından depremde hasar görmüş tuğla yığma yapıların titreşim periyotlarında çok büyük artışların olabileceği görülmektedir.

Tuğla yığma yapıların periyotlarının küçük olmasının önemi şudur: bu yapılar depremlerde maksimum yer ivmesi civarında yer ivmelerine maruz kalacaklardır. Tuğla yığma duvarların kesme dayanımı dikkate alınarak, duvarların çatlamasına yol açacak deprem yatay kuvvetleri hesaplanabilir. Tuğla duvar çatladıktan sonra kesme dayanımı çatlaklar boyunca olacak sürtünmeye bağlıdır. Bu sürtünme de bir ölçüde düşey yüklerle bağlıdır. Tuğla duvarların çatladıktan sonraki kesme dayanımının saptanabilmesi için deneyler yapılması zorunludur.

### 3.2 Deprem Davranışı

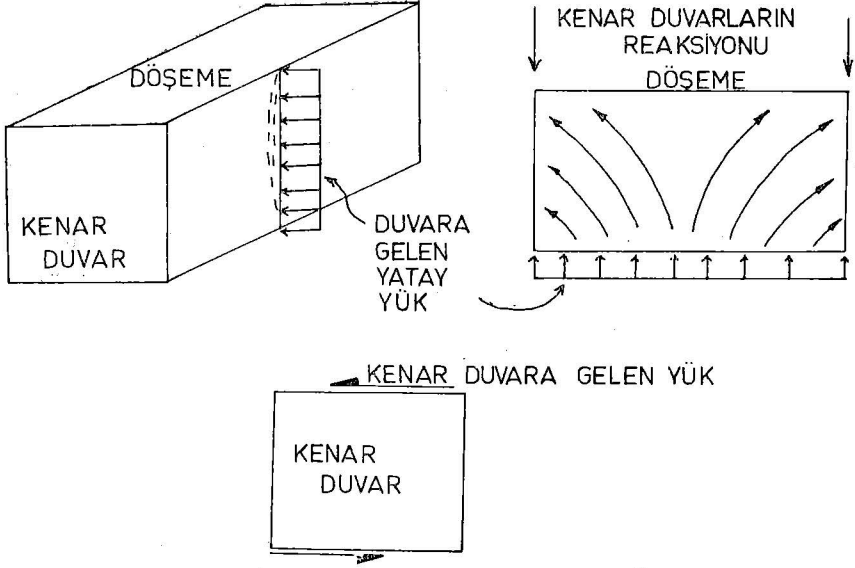
Tuğla yığma duvarlar çok gevrek bir malzemedirler ve deprem yükleri altında kolayca kırılırlar. MSK ölçeğinde V şiddetindeki bir depremde bile yığma yapıların duvarlarında çatlaklar oluşmağa başlar. Daha yüksek şiddetlerde hasar düzeyi yükselecektir. Tuğla yığma yapıların VIII ve daha yukarı şiddetlerde çok ağır hasar göreceği ve belkide yıkılacağı beklenmelidir. Bu bölümde tuğla yığma yapıların depremlerdeki davranışlarının nasıl geliştiği açıklanacaktır.

Yatay kuvvetler altında boyuna duvarlar, yatay yükleri çatı veya kat döşemesine veya çatı makasına aktarırlar, bu elemanda kendisine gelen yükleri uç duvarlara aktarır. Şekil-1. Böylece uç duvarlar kesme kuvvetlerine maruz kalırlar ve kesme gerilmeleri duvarın kesme dayanımını aşarsa, eğik çekme çatlakları şeklinde kırılma oluşmağa başlayacaktır. Bu çatlaklar yatay ile aralarında 45° derecelik bir açı yapacaklardır.

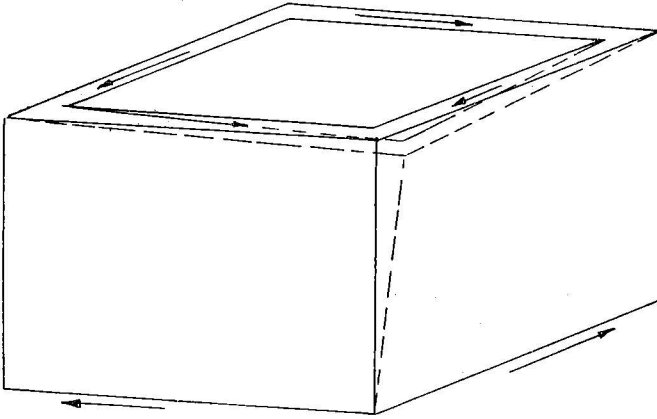
Deprem kuvvetleri yapının iki ana doğrultusunda da etkiyeceğinden yapıların köşeleri çok kritik olacaktır. Şekil-2. Böyle yığma yapılarda köşe hasarı bir çok depremde gözlenmiştir. Şekil-3. Betonarme bir kat döşemesi veya çatı makasının yeterli rijitlikte olmaması ve enine duvarları birbirine bağlı tutamaması halinde bu cins hasar beklenmelidir. Tuğla yığma duvarlara gelen kesme kuvvetleri altında çeşitli kırılma biçimleri oluşabilmektedir. Ancak duvarlar aynı anda, duvarın ağırlığından ve üst katlardan gelen yükler nedeni ile basınç gerilmelerine de maruzdurular. Bu nedenle eğik çekme çatlakları 45 dereceden sapabilirler ve bu çatlaklar ile düşey doğrultu arasındaki açı 45 dereceden küçük olabilir. Çatlakların açısından başka, çatlakların gidişi, duvarın yükseklik ve uzunluk oranı ile duvardaki pencere ve kapı boşluklarının miktar ve yerinden de etkilenir. Şekil-4.

Duvarda oluşan bu eğik çatlaklar, eğer deprem yüksek bir şiddetle sürer ise, duvarın zayıflamasına yol açacak ve duvarın düşey yükleri taşıma gücü azalacak ve duvarda düşey çatlaklar da olacaktır. Bu durum duvarın tamamen paralanması ve çökmesine yol açacaktır. Şekil-5, 6, 7'de bu şekilde ağır hasar görmüş tuğla yığma yapılar görülmektedir.

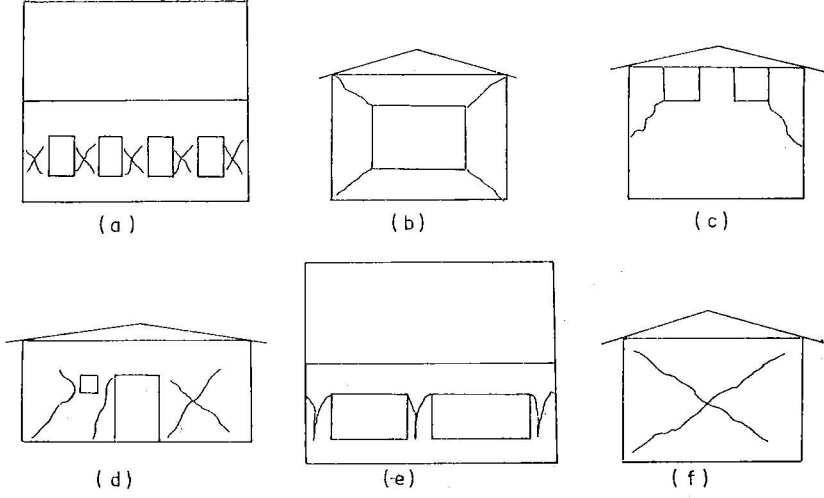




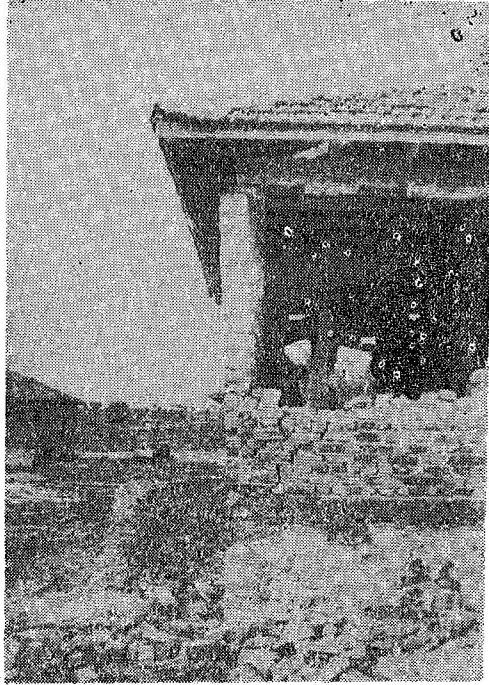
Şekil -1 YIĞMA DUVARLARDA YATAY YÜK ALTINDA YÜKLEME DURUMU



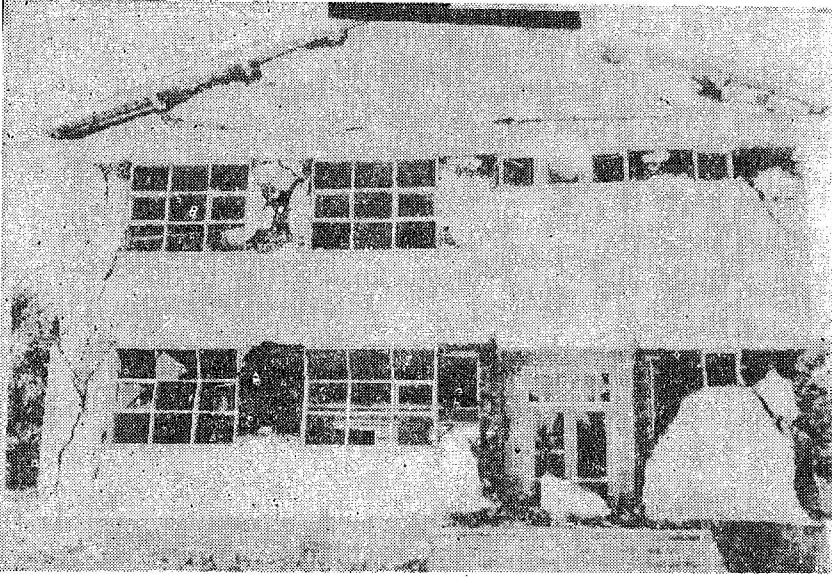
Şekil -2 YIĞMA DUVARLARIN KÖŞE DAVRANIŞI



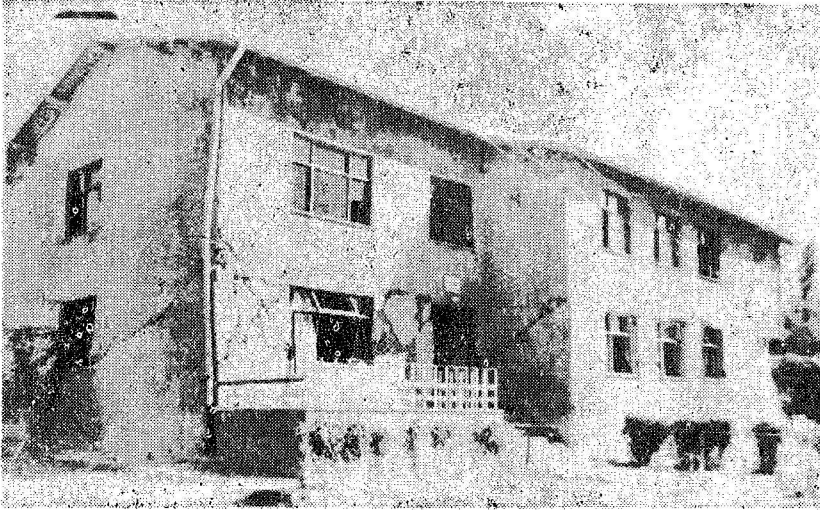
Şekil - 3 YIĞMA YAPILARDA DEPREMDE OLUŞAN ÇEŞİTLİ ÇATLAK BİÇİMLERİ



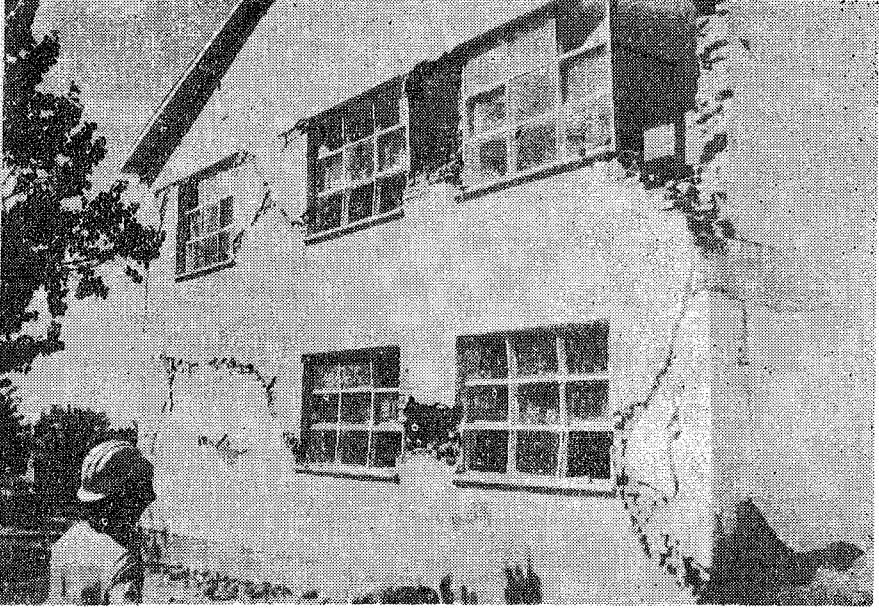
Şekil — 4 Yığma Yapıda Depremden Köşe Hasarı



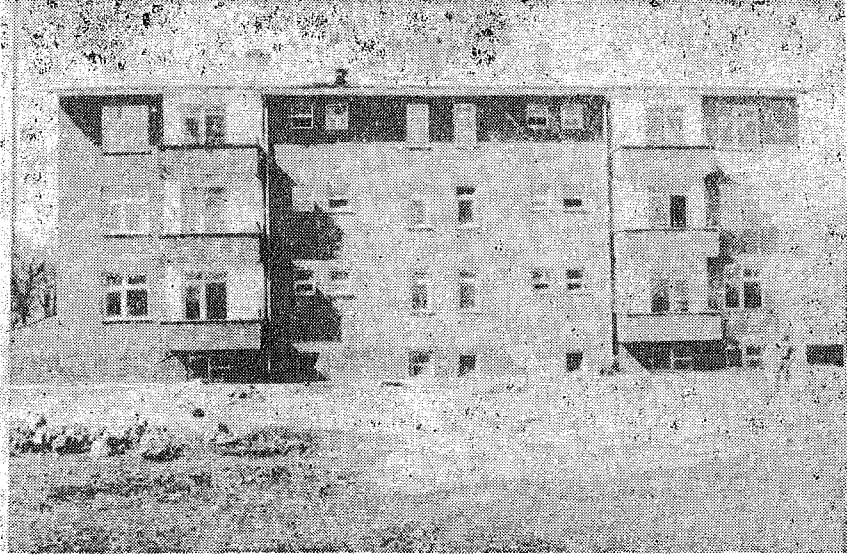
**Şekil — 5 Lice ortaokul binası. Bu yapı Muradiye ortaokul binası ile aynı tiptir.**



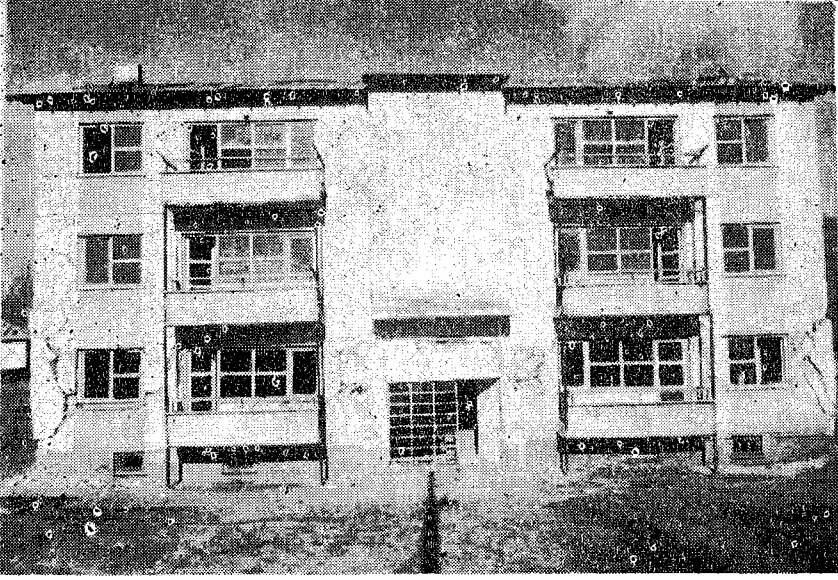
**Şekil — 6 Lice Jandarma Birlik Binası**



**Şekil — 7 Lice Ortaokulu. Bu yapı Muradiye ortaokul binası ile aynı tiptir.**



**Şekil — 8 Çaldıran Lojman Binası**



Şekil — 9 Muradiye Lojman Binası



Şekil — 10 Muradiye Ortaokulu



Şekil — 11 Palu Özel İdare Binası

#### 4. YÖNETMELİK KOŞULLARI VE DEPREM DAVRANIŞI

Tuğla yığma yapılar ile ilgili yönetmelik koşulları genel olarak duvar boşluk oranları ile hatılların yerleştirilmesi, temeller, kat yükseklikleri, duvar kalınlıkları gibi konstrüktif ayrıntıları kapsamaktadır. Hernekadar daha önceki Türkiye deprem yönetmeliklerinde de bu koşullar veya aşağı yukarı benzeri olan koşullar varsada, bunların tuğla yığma yapıların deprem dayanıklılığına ne gibi etkisi olduğu konusu ve depremde hasar görmüş yapılar incelenerek ne ölçüde etkili oldukları saptanmamıştır.

24 Kasım 1976 Çaldıran ve 26 Mart 1977 Palu depremlerinden sonra (8,9), bazı yığma yapılarda inceleme yapılarak, duvar boşluk oranının tuğla yığma yapıların depreme dayanıklı olmasında ne kadar etkili olduğu çıkarılmağa çalışılmıştır. Beş adet yığma yapı üzerinde yapılan incelemenin sonuçları bir başka yerde yayınlanmıştır (10). Burada bu araştırmanın sonuçlarının kısa bir özeti verilecektir.

Bu yapıların iki ana doğrultularındaki dış duvar kapı pencere boşluk oranları ve yine bu iki yönde duvar boyu (cm)/döşeme alanı ( $m^2$ ) oranları Tablo-VIII'de verilmektedir. Bu tabloda yapının x-ekseni yapının plandaki uzun doğrultusuna, y-ekseni de yapının kısa doğrultusuna, karşılıktır. Duvar boyu/döşeme alanı oranı halen Japonya'da yapıların depreme dayanıklılığını ölçen bir faktör olarak ileri sürülmektedir. Bu oran özellikle rijit perde duvarlı betonarme yapılarda ve yığma kargir yapılarda geçerlidir (11).

TABLO — VIII

Depremde Hasar Görmüş Yapıların Duvar Boşluk ve Duvar/Döşeme Oranları

Yapı	Dış Duvar Boşluk oranı %	Duvar/Döşeme Alanı Oranı cm/m <sup>2</sup>	Hasar	Depremin Şiddeti
Çaldıran				
Lojman				
x-ekseni	41-37	26	Yok	I <sub>0</sub> = IX (Şekil-8)
y-ekseni	0	31	Yok	
Muradiye				
Lojman				
x-ekseni	54-55	17	Ağır Hasar	I <sub>0</sub> = VII (Şekil-9)
y-ekseni	0	26	Yok	
Muradiye				
Ortaokul				
x-ekseni	15	20	Hafif hasar	I <sub>0</sub> = VII (Şekil-10)
y-ekseni	53-37	12	Ağır hasar	
Palu				
Tekel				
x-ekseni	42-35	21	hasarlı	I <sub>0</sub> = VI
y-ekseni	0-16	24	yok	
Palu				
Özel İdare				
x-ekseni	55	25	ağır hasar	I <sub>0</sub> = VI
y-ekseni	29	30	yok	

Yapılan bu gözlemlerden dış duvar boşluk oranının % 40'dan fazla olması yığma yapılarda hasara yol açmaktadır. Duvar/döşeme alanı 25 cm/m<sup>2</sup>'den az olan yapılarda da hasar olmaktadır. Tuğla yığma yapılarda büyük açıklıklı odaların yapılması deprem açısından tehlikelidir.

Yukarıda gözlenen durumların sayısı oldukça azdır ve yukarıda edinilen izlenim karşısında temkinli davranmakta yarar vardır. Daha çok sayıda gözlem ile bu faktörlerin daha güvenilir bir değerlendirilmesinin yapılması gerekir. Buna rağmen bu iki faktörün yığma yapıların depremlere dayanıklı yapılmasında önemli katkılarının olacağı sanılmaktadır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bilindiği gibi tuğla yığma yapılar depreme dayanıklılık açısından pek aranan ve depreme dayanıklılığı yüksek olan yapılar değildirler. Ancak ekonomik koşullar bir-iki katlı yapıların tuğla yığma olarak yapılmasını gerektirmekte ve bu yapılar Türkiye'de çok yaygın bir şekilde yapılmaktadır. Tuğla duvarların çok gevrek oluşu ve depremde kolayca kırılmaları bazı önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. Duvarların düşey yükü taşıma kapasitelerinin, süratle oluşan kesme kırılmaları sonucu, zayıflaması yapının yıkılma tehlikesini artırdığından, çatlakların yayılması ve genişlemesinin önlenmesi için bazı önlemler

rin alınması gerekmektedir. Bu genellikle daha sünek ve yüksek mukavemetli olan betonarme hatılların yerleştirilmesi ile sağlanmaktadır.

Diğer bir kritik durum dış duvarların köşelerinde olmaktadır. Deprem kuvvetleri altında, kesişen duvarlar birbirlerini köşelerde dışarı doğru itmeye uğraşmaktadırlar. Bu durum, köşelere betonarme kolonlar konularak önlenabilir. Bu ayrıntı Türkiye'de geniş bir şekilde uygulanmakta, tek katlı tuğla yığma yapıların bile köşelerine kolonlar konulmaktadır. Döşeme ve çatı seviyelerinde betonarme plakların bulunmasında köşelerin dışı doğru itilmesini düşey bir sınırlama unsuru olarak önleyecektir.

Dış duvar boşluk ve duvar boyu/döşeme alanı oranlarının tuğla yığma yapıların deprem dayanıklılıklarını artıran iki önemli faktör oldukları görülmektedir. Analitik ve deneysel araştırmalar ile bu iki faktörü daha geçerli bir düzuma getirmek gerekmektedir.



## KAYNAKLAR

- 1 — ... “Harman Tuğlaları” TS-704 Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1969
- 2 — ... “Fabrika Tuğlaları” TS-705 Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1969
- 3 — Nemutlu “Ankara’da İmal Edilen Harman Tuğlalarının Teknik Özelliklerinin Tesbiti Araştırmaları” İmar ve İskan Bakanlığı Yapı Malzemeleri Genel Müdürlüğü, Yayın No. 3.13.1, Ankara, Haziran 1964
- 4 — Tolunay “Investigation on the Characteristics of Brick Masonry Walls” M.S. Thesis Middle East Technical University, Ankara, June 1966.
- 5 — Yorulmaz, Atan “Çeşitli Forme Yapı Taşlarıyla Yapılmış Duvar Numunelerinin İki İstikametli Yükleme Altında Davranışları” İstanbul Teknik Fakültesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul 1971
- 6 — Erdülek “Bond Strength of Masonry Joints” M.S. thesis Middle East Technical University, Ankara, November 1971
- 7 — ... “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü, Ankara, Temmuz 1975.
- 8 — ... “24 Kasım 1976 Çaldıran Depremi Raporu” İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü, Ankara 1977
- 9 — Ateş, Bayülke “25 Mart 1977 Palu Depremi Raporu” İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü, Ankara 1977
- 10 — Bayülke “24 Kasım 1976 Çaldıran-Muradiye ve 25 Mart 1977 Palu Depremlerinde Hasar Gören Bazı Yığma Yapılar Üzerinde İnceleme” İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü, Ankara, 1977
- 11 — ... “Design Essentials in Earthquake Resistant Buildings” Architectural Institute of Japan, Tokyo, 1970, sayfa 230-246.

## DEPREM AÇISINDAN MİMARİ TASARIM

Nejat Bayülke (\*)

### SUMMARY

In this paper the effects of architectural design features on the structural design and earthquake response of buildings are pointed out. Some examples of architectural features which cause unfavorable behaviour of buildings during earthquakes are given and it is suggested that the architects should pay more attention to probable effect of their architectural design in case of earthquakes.

### 1. GİRİŞ

Yapıların tasarımının mimari tasarım ve taşıyıcı sistem tasarımı olarak iki ayrı evrede olduğu kabul edilebilir. Mimari tasarımda etkili olan faktörler yapının kullanım amacı ve mimari sanat anlayışı olarak nitelenebilir. Taşıyıcı sistem tasarımına etkileyenler ise malzemenin nitelikleri ve yapıya gelen dış kuvvetler yanında mimari tasarım bulunmaktadır. Aslında bir yapının tasarımında mimari tasarım ile taşıyıcı sistem tasarımı arasında büyük bir karşılıklı etkileşim bulunmaktadır. Yapının kullanım amacı ile mimari sanat anlayışı sonucu ortaya çıkan biçimler taşıyıcı sistem tasarımına büyük ölçüde etkirlir. Biçim, gerek yapı malzemesi seçimi gerekse taşıyıcı sistem seçiminde etkilidir. Örneğin mimari tasarımın tavandan sarkan kirişler ve bölme duvarlar istememesi sonucu mantar, kirişsiz veya asmolenli döşemeli bir taşıyıcı sistemin kullanılması gerekebilir.

Türkiye'deki yapıım uygulamasında mimari tasarım mimarların, taşıyıcı sistem tasarımı da inşaat mühendislerinin ilgi alanı olmaktadır.

Türkiye bir deprem ülkesidir. Alan olarak % 92 si ve nüfus olarak % 95'i deprem bölgesi içindedir (1). Yapılara gelen dış etkiler arasında deprem etkisi çok önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye'de yapılacak her yapının tasarımında deprem, üzerinde önemle durulması gereken bir faktördür. Yapıların depreme dayanıklı olmasının en başta gelen bir amaç olması gerekir.

Çeşitli nedenlerle Türkiye'de mimarlar yapıların taşıyıcı sistem tasarımı üzerinde durmamakta, inşaat mühendislerinin taşıyıcı sistemin çeşitli problem-

---

(\*) İmar ve İskan Bakanlığı, Deprem Araştırma Enstitüsü, Yapı Mühendisliği Bölümü Baş Mühendisi.

lerini kolayca çözebileceği varsayımından hareket ederek mimari tasarımlarında olabildiğince özgür davranmaktadırlar.

Eğer depreme dayanıklı yapı tasarımı yalnızca taşıyıcı sistemin deprem etkileri dikkate alınarak yapılabilir bir işlem olsaydı mimari tasarım sırasında mimarlardan olaya deprem açısından da yaklaşmalarını beklemeğe gerek olmayacaktı. Gerek Türkiye’de gerekse dünyada depremlerden edinilen deneyimler depreme dayanıklı yapı tasarımının daha mimari tasarım sırasında başladığını ortaya çıkarmaktadır.

Biçimi ne kadar karmaşık olursa olsun bir yapının yapısal analizini yapmak olanağı bulunsa da taşıyıcı sistem çözümünün ekonomik ve depreme dayanıklı olması ayrı bir şeydir. Bundan ötede taşıyıcı sistemin özellikle depremde gelen yatay yüklere karşı davranışı, düşey yüklere göre davranışından farklıdır. Göze çok iyi etkileyen mimari biçimler hep düşey yükler göz önüne alınarak ortaya çıkmıştır. Önemli yatay yüklerin söz konusu olduğu hallerde ortaya çıkan taşıyıcı sistemler genellikle mimari estetik anlayışı bakımından zayıf olmaktadır.

Kısaca inşaat mühendisinin deprem açısından zayıf yanları olan bir mimari tasarımdan depremde iyi davranacak bir taşıyıcı sistemi olan bir yapı oluşturması güçtür. Bu nedenle mimari tasarım sırasında dikkat edilecek bazı noktalar, inşaat mühendisinin taşıyıcı sistem tasarımını daha kolay gerçekleştirmesini sağlayacak, daha önemli olarak ta ortaya depreme dayanıklı bir yapı çıkabilecektir.

Yapıların mimari tasarımı sırasında deprem etkilerinin göz önüne alınmasının çeşitli açıları bulunmaktadır. Bunlardan birincisi yapının genel dış biçimidir. Diğeri ise yapının iç planıdır. Yapının planı taşıyıcı sistemin elemanlarının yerleştirilmesinde etkilidir. Örneğin eğer çerçevesel bir yapı olacaksa kolon ve kirişlerin duvarlar içinde saklanması büyük ölçüde mimari planın verdiği olanaklara bağlıdır. Yapı malzemesinin seçimi ve yapıdaki taşıyıcı olmayan elemanların etkisi de deprem açısından incelenmelidir.

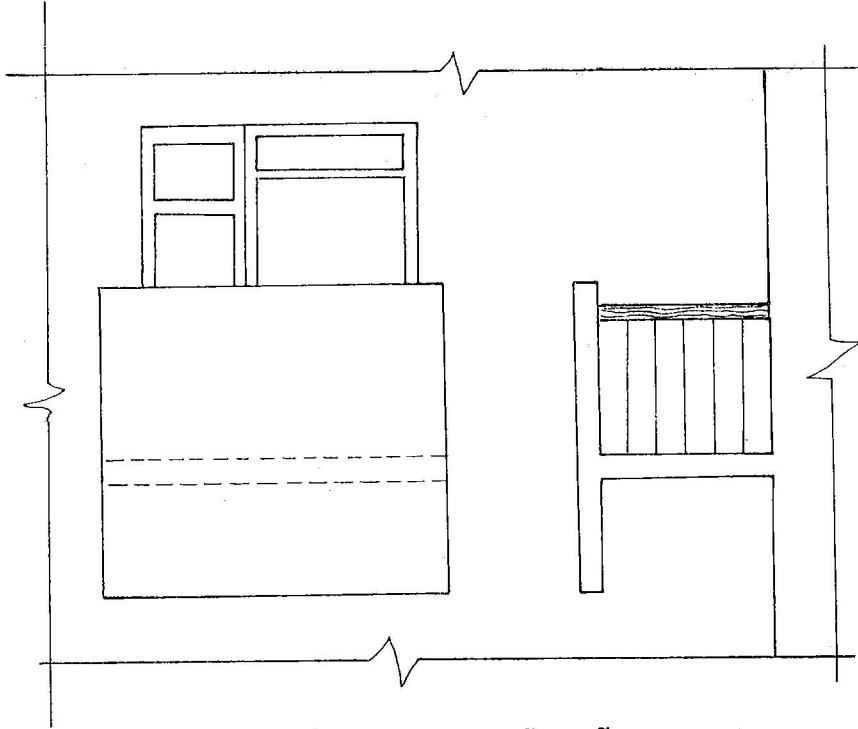
## 2. YAPININ GENEL BİÇİMİ

Depreme dayanıklılık açısından yapının genel biçiminin uyması gereken koşullar vardır. Bu koşullara uymayan yapıların en azından deprem etkileri karşısında durumları daha püvensiz olacaktır.

### 2.1 Yapı Hafif Olmalıdır.

Depremlerde yapılara gelen kuvvetler yapının ağırlığı ile orantılıdır. Yapı ne kadar hafif olursa yapıya gelecek deprem kuvvetleri daha az olacaktır. Ancak bu, kesitlerin küçük tutulması ile sağlanmış ise yapı aynı zamanda esnek olacağından yatay yükler altında yapının büyük ötelemeler yapması olasılığı vardır. Büyük yatay ötelemeler de ikinci dereceden momentlerin oluşmasına yol açıklarından yapının göçme olasılığı artacaktır.

Betonarme bir yapının hafif olması için dolgu ve bölme duvarlarının hafif olması çok önemlidir. Bunun yanında ağır süsleyici ayrıntıların olmaması, örneğin balkonların önüne alt kata kadar sarkan korkuluk yapılması, (Şekil-1) üzeri-



SEKİL-1 YAPI AĞIRLIĞINI ARTTIRAN  
BİR BALKON DETAYI

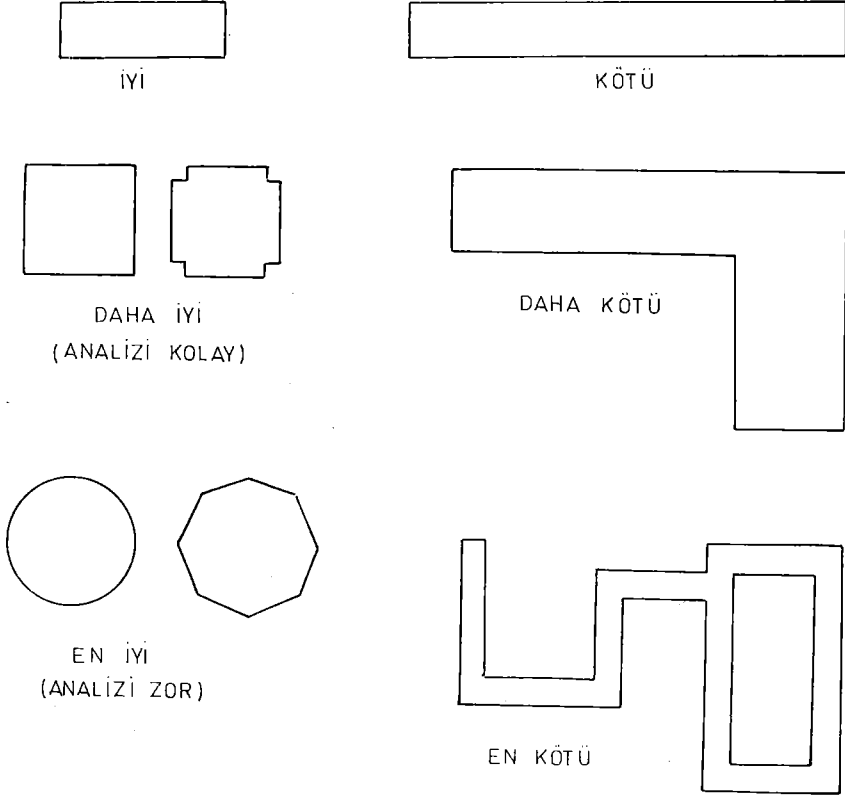
ne çakıl serilmiş düz çatılar yapılmaması gibi önlemleri gerektirir. Tuğla yığma yapılar ağır yapılardır, bunlara büyük deprem kuvvetleri gelecektir. Büyük açıklıklı çerçeveleri olan yapılar, kirişsiz döşemeli yapılar da daha ağır yapılardır.

## 2.2 Yapı Planda Basit ve Simetrik Olmalıdır.

Basit ve simetrik yapıların hem muhtemel deprem davranışı hemde depreme dayanıklılık için gereken ayrıntıları daha kolay hesaplanabilmekte ve sağlanabilmektedir. Basit ve simetrik olmayan yapılarda ise analizlerinin güç olması sonucu statik ve dinamik çözümlerinin hassasiyetinin az olması yanında bu tip yapılarda deprem sırasında burulma etkileri de ortaya çıkmaktadır. Burulma etkileri yapının kütle merkezi ile rijitlik merkezinin aynı noktada olmayışından kaynaklanmaktadır.

Depremde yapıya gelen kuvvetlerin etkideği nokta yapının kütle merkezidir. Burası bir bakıma yapının geometrik merkezidir. Rijitlik merkezi ise yapıdaki taşıyıcı elemanların (kolon ve perde duvar) rijitliklerinin merkezidir. Bunların farklı oluşu yapıya gelen deprem kuvvetlerinin yapıyı düşey bir eksen çevresinde bükmesine yol açar. Aslında rijitlikleri ile orantılı olarak kuvvet almaları gereken taşıyıcı elemanlar, rijitlik merkezine olan uzaklıklarına gö-

re, bu burulma momentinin doğurduğu etkileri de almağa başlarlar. Bunun sonucu bazı düşey taşıyıcı elemanlar çok büyük şekilde zorlanır. Planda basit ve simetrik olma kuralı açısından sakıncalı ve iyi yapı biçimleri Şekil-2 de gösterilmektedir (2).



## ŞEKİL-2 DEPREM AÇISINDAN SAKINCALI VE SAKINCASIZ YAPI KONUMLARI (2)

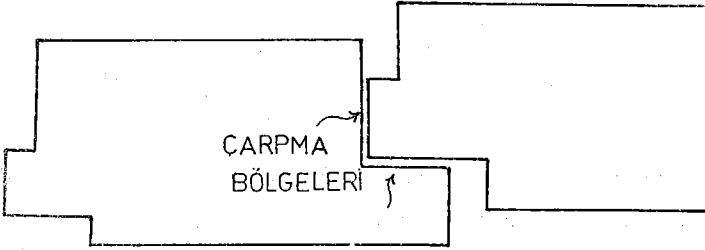
Deprem açısından en uygun biçim planı kare veya daire olan yapılardır. Bunlar simetrik olduklarından her yönde aynı oranda deprem kuvvetine maruz kalırlar ve yine simetri nedeni ile her yönde aynı ölçüde dirençleri vardır. Dairesel yapı planı en ideali olmakla birlikte analizi güçtür. Fazla uzun olmak şartı ile dikdörtgen yapı planı da basitlik ve simetri açısından uygundur.

L, T, H gibi plan konumları olan yapılarda deprem sırasında mutlaka burulma etkileri olur. Çünkü bu yapılarda rijitlik merkezi ile kütle merkezi aynı

yerde değildirler ve düşey taşıyıcı elemanlar burulma zorlanmalarına da maruz kalacaklardır. Bundan başka bu tip yapılarda içeriye dönük köşeler bulunmaktadır. Bu köşelerde gerilme birikimleri oluşacak ve yapı köşelerinde büyük hasar meydana gelebilecektir.

Burulma etkilerinin oluşmasını önleyebilmek için yapıyı derzler ile bölümlere ayırmak bir çözümdür. Ancak bu durumda yapı bölümlerinin birbirine çarpmaları veya derzlerin iyi yapılamaması nedeni ile yapı bölümlerinin yine birlikte çalışması ve burulma etkilerinin yine ortaya çıkması söz konusudur. Gereken derz miktarı bazen 10 cm. mertebesinde olabilir. Üstelik yapılan deneyler ve gözlemlerden derzlerin yapımı sırasında çeşitli döküntülerle derzlerin dolması nedeniyle yapı bölümleri arasında sürtünme ile kuvvet aktarımı olduğu gözlenmiştir (3).

Bayındırlık Bakanlığınca yapılan ve planı Şekil-3'de verilen lise yapısında birbirinden şaşırtmalı bölümler derz ile ayrılmış olmasına karşın orta şiddetteki depreme maruz kalmış olan bu tip yapıda derz ile ayrılmış bölümler birbirlerine çarpmışlardır. Bunda her iki bölümün kat düzeylerinin farklı oluşunun da etkisi büyüktür. Bunun sonucunda yapıda aynı düzeylerde yatay ötelemeler farklı olmaktadır. Her iki bölümün dinamik özelliklerinin farklı oluşu çarpışmayı kaçınılmaz yapmaktadır ve derzlerden beklenen güvenlik gerçekleşmemektedir.

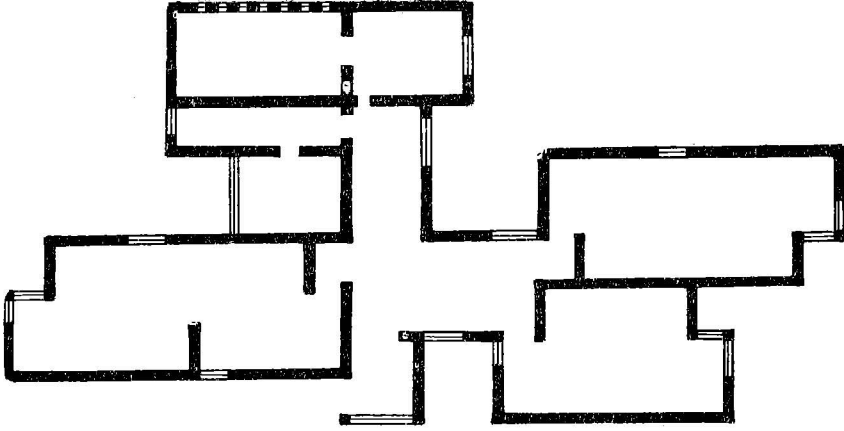


Şekil — 3 Derzlerle Ayrılmış Tip Lise Yapısı

Yapının burulma oluşturan biçimi üzerinde ısrar edildiği zaman, yapı elemanlarının (kolon ve perde duvarların) burulmayı taşıyabilecek donatı ve boyuta sahip olması gerekir. Burulma etkilerinin ekonomik olarak karşılanabilmesi mimari tasarımdaki boyutların değiştirilmesini gerektirebilir. Öyle ki bazı durumlarda ne kadar donatı konulursa konulsun bir kesitin taşıyabileceği burulmadan doğan kayma gerilmelerinin bir sınırı vardır ve kesit boyutunun artırılmasından başka çözüm olmayabilir.

Konuları simetrik olmayan betonarme yapılarda bir ölçüye kadar burulma etkilerini karşılayacak önlemler alınırken, tuğla yığma yapılarda simetri olmamasından doğan burulma etkilerine karşı önlem almak çok güçtür. Kesme dayanımları çok az olan tuğla yığma duvarlar, burulma etkisinden gelen ek gerilmeler altında daha da zorlanacaklardır. Simetrik olmayan tuğla yığma yapıların depremlerde büyük hasar görmesi kaçınılmaz görünmektedir (Şekil-4).

Boyları çok uzun olan yapılar da deprem açısından sakancalıdır. Çünkü böyle yapılarda yapının çeşitli bölümlerinin dinamik davranışlarının farklı olması mümkündür.



ŞEKİL-4 DEPREM AÇISINDAN SAKINCALI BİR YAPI PLANI.YAPISININ KANATLARINDA BÜYÜK BURULMA ETKİLERİ OLACAKTIR.

(Bu yapı 1966 Varto depreminde enkaz haline gelmiştir.)

### 2.3 Yapı Yüksekliği Boyunca Basitlik ve Sımetri.

Yapıda alt kattan başlayarak üst kata doğru ağırlık ve rijitlikte uyumlu bir azalış olmalıdır. Aynı yapının bölümleri arasında büyük yükseklik farkları olması sakıncalıdır. Şekil-5'de verilen yapı üzerinde kule, penthouse gibi alan olarak asıl yapıdan daha küçük ve yüksek bölümlerin depremde ana yapıdan farklı davranış gösterdikleri ve daha büyük yatay kuvvetlere maruz kaldıkları bilinmektedir. Pek çok depremde bu bölümlerin ağır hasar görmesi nedeni ile yapılarında bazı kısıtlamalar söz konusudur. Eğer bu şekilde bölümler olacaksa bunların yapıya ankastre ayrı bölümler olarak kabulü ve çok daha yüksek bir yatay kuvvete göre hesaplanması (yaklaşık ana yapıda kullanılan katsayının 2 katı) gerekecektir.

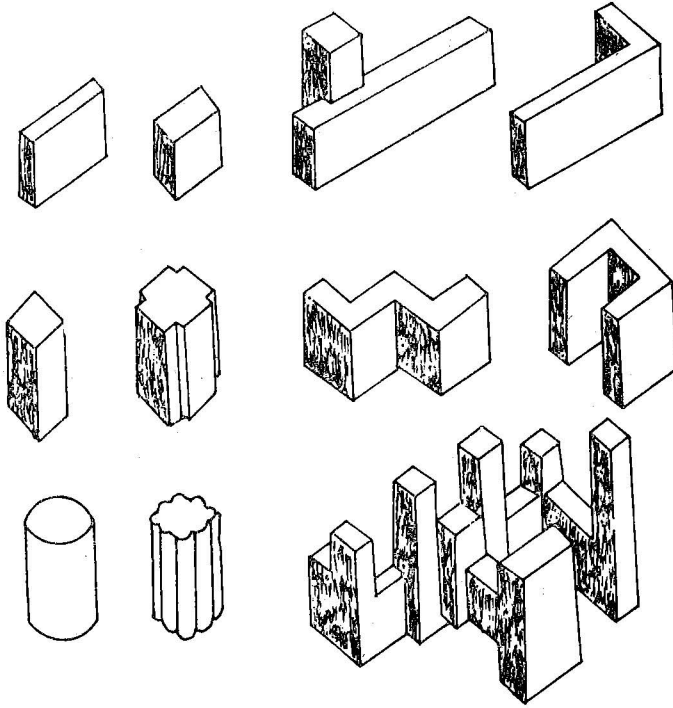
Yapının narınlığı; yani en/yükseklik, genişlik/yükseklik oranlarının büyük olması yapıda büyük devrilme momentleri oluşturabileceği ve dış aks kolonlarına çok büyük aksel yük gelebileceği bilinmektedir. Yapının yükseklik/genişlik oranının 3-4'den fazla olması yapı için taşıyıcı sistem tasarımında güçlükler çıkarabilir.

### 2.4 Taşıyıcı Sistemler.

Deprem açısından yapının taşıyıcı sistemi i-salt perde duvar, ii-perde duvar ve çerçevesi, iii-salt çerçevesi sistemler olarak ayrılabilir. Bunların her birinin deprem kuvvetleri altında davranışı farklıdır.

İYİ

KÖTÜ



Şekil — 5 Deprem Açısından Sakıncalı ve Sakıncasız Yapı Konumları

Perde duvarlı yapılar çok rijit olurlar ancak düktiliteleri azdır. Düktilite depreme dayanıklı yapılarda aranan en önemli özelliktir. Kısaca yapının plastik olarak enerji yutma gücü ile elastik olarak enerji yutma gücü arasındaki orandır. Düktil yapıların plastik enerji yutma güçleri yüksek olurken, rijit yapıların ise elastik enerji yutma güçleri yüksektir. Perde duvarlı yapılar büyük yatay kuvvetlere karşı elastik olarak karşı koyabilirler, ancak bu limit aşılınca süratle yıkılmaya doğru giderler. Salt perde duvarlı yapılar hafif ve orta şiddetli depremlerde kendileri hasar görmedikleri gibi içlerindeki eşyaları da korurlar. Bu şekilde içinde değerli eşyaları saklayan yapıların (müzeler gibi) ve önemli hizmetler gören yapıların (hastane, telefon santrali vb.) yatay yükler altında fazla öteleme yapmayan salt perde duvarlı yapı olarak düşünülmesi deprem açısından yararlıdır. Salt perde duvarlı yapıların bedeli daha yüksek olabilir.

Salt çerçevesel yapılar, sünek (düktil) yapılardır, daha ekonomik olurlar, ancak hafif ve orta şiddetli depremlerde taşıyıcı sistemleri hasar görmese bile içlerinde bulunan eşyalara ve taşıyıcı olmayan bölme duvarlarına zarar verebilirler. Salt çerçevesel yapılar şiddetli depremlere, kalıcı (plastik) deformasyon yaparak (hasar görerek) karşı koyarlar. Büyük bir olasılıkla bu yapıların ekonomik ömürleri içinde beklenen en şiddetli depremde onarılmaz derecede hasar



görmeleri söz konusudur. Perde duvar ve çerçevesel yapılar hem ekonomi hemde ötelemelerin sınırlı olması açısından çok daha elverişlidirler. Ancak perde duvarların simetrik konumda olmaları ve perde-çerçeve bağlantısının yeterli olması gerekir. Perde duvar ve çerçevesel yapılarda önce perde duvarlar hasar görür. Ancak perde duvarların taşıma gücünün hasar nedeni ile zayıflamasından sonra mevcut çerçeve sistemi ikinci bir depreme dayanma çizgisi olarak devreye girer ve salt perde duvarlı yapılarda perdenin taşıma gücünü kaybetmesinden sonra süratle ortaya çıkan göçme tehlikesini önler. Bu da perdeli ve çerçevesel sistemlerin bir diğer üstünlüğüdür.

Mimari tasarım sırasında yapının taşıyıcı sistem tasarımı da bir ölçüde oluşacağından bu çeşitli tip taşıyıcı sistemlerin özelliklerinin bilinmesinde depreme dayanıklı yapı oluşturulması açısından büyük yarar görülmektedir.

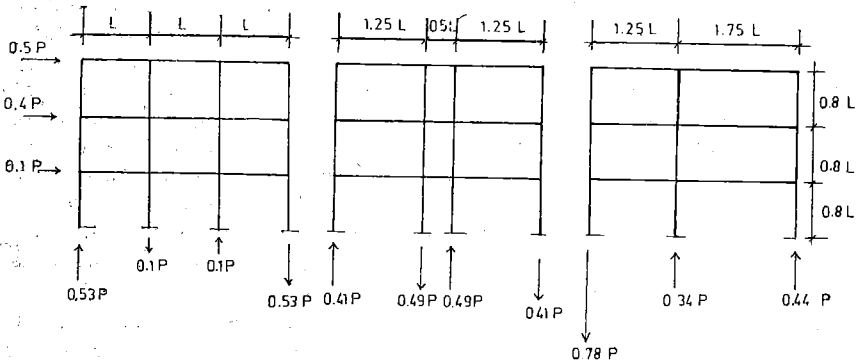
### 3. TAŞIYICI SİSTEMİN OLUŞUMUNA ETKİYEN MİMARİ AYRINTILAR.

Kolon ve kirişlerin bölme duvarları içinde gizlenmesi, tavadan sarkan kirişlerin olmaması, gerektiğinde bölme duvarlarının yerlerinin değiştirilmesi ve benzeri mimari kaygılar taşıyıcı sistemin oluşturulmasını etkimektedir. Bu koşulların etkisinde ortaya çıkan taşıyıcı sistemin deprem açısından doğurabileceği sakıncalar üzerinde durulacaktır.

#### 3.1 Kolonlarda :

Eksenel yükleri az olan (kolonun taşıdığı eksenel yük kolon maksimum eksenel yük taşıma kapasitesinin  $1/3'$ ünden az, diğer bir deyişle kolon eksenel yük emniyet katsayısının 3 olması hali) kolonlar depremde büyük eğilme momenti taşıyabilir. Ayrıca kolonun eksenel yükü ne kadar az olursa düktilitesi de o derece yüksek olmaktadır. Bu nedenle mimari tasarımda kolon boyutlarının, özellikle yapının zemin katında, genişçe tutulmasında ve bol sayıda kolon yapılmasında deprem açısından çok yarar vardır.

Ayrıca çerçeve açıklıklarının da, kolonlara depremde yatay yüklerden gelen düşey eksenel yükler üzerinde etkisi vardır. Şekil-6. Özellikle iç aks ko-



ŞEKİL-6 ÇERÇEVE AÇIKLIĞININ KOLONLARA DEPREMDEN GELEN DÜŞEY YÜKLERE ETKİSİ

lonlarına, yatay yüklerden, büyük eksenel yükler gelmesi, normal olarak büyük düşey yük alan bu kolonların durumunun depremde daha da kritik olmasına yol açabilir. Kolon aksları arasında büyük mesafeler olması özellikle dış aks kolonlarına depremde yatay yüklerden dolayı büyük eksenel yükler gelmesine yol açar.

Kiriş akslarının şaşırtmalı olması ve bu kirişlerin aynı kolona bağlanması sonucu düşey yüklerin gerektirdiğinden çok daha geniş boyutlu kolonlar yapılmaktadır. Böyle bir kolon rijit olduğundan depremde büyük yatay kuvvetlere maruz kalacaktır.

Türkiye'de üretilen standart tuğlanın boyutları 19 x 9 x 6 cm'dir. Bu tuğlalarla örülen tek tuğla duvar kalınlığı ise 20 cm olmaktadır. Oysa "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" uyarınca betonarme yapılarda minimum kolon boyutu 25 cm olarak belirtilmiştir. Bu durumda kolonların bölme duvarı içinde saklanması olanak dışı olmakta, kolonlar da köşeler dışı şeklinde görünmektedir. Ancak bu durum estetik olarak pek istenmemekte ve minimum kolon boyutu olarak 20 cm'de ısrar edilmektedir. Bir boyutu 20 cm olan kolonun diğer boyutu çok uzun yapılmakta (20 x 80 gibi) ve sonuçta davranış kolondan çok perde duvar gibi olacak kolonlar ortaya çıkmaktadır. Türkiye'deki kalıp işçiliği göz önüne alınırsa 20 cm'lik kolon 19-18-cm'e düşebilmektedir. Bu kolonun iç moment kolu 12 cm'e kadar inmekte, kolonun dar kenarı yönünde moment kapasitesi çok düşük olmaktadır. Dolayısı ile bir yönü diğer yönüne göre çok daha az düşük moment kapasiteli kolonlar oluşmaktadır. Bu durum deprem açısından son derece sakıncalıdır. Kolonların minimum boyutunun en az 25 cm olması ve mümkün olduğu kadar kareye yakın kesidi olan kolon yapılması gerekir. Deprem tehlikesi bakımından Türkiye'den pek farklı bir durumda olmayan Japonya ve ABD Kaliforniya eyaletinde minimum kolon boyutu 30 cm'dir.

### 3.2 Kirişlerde :

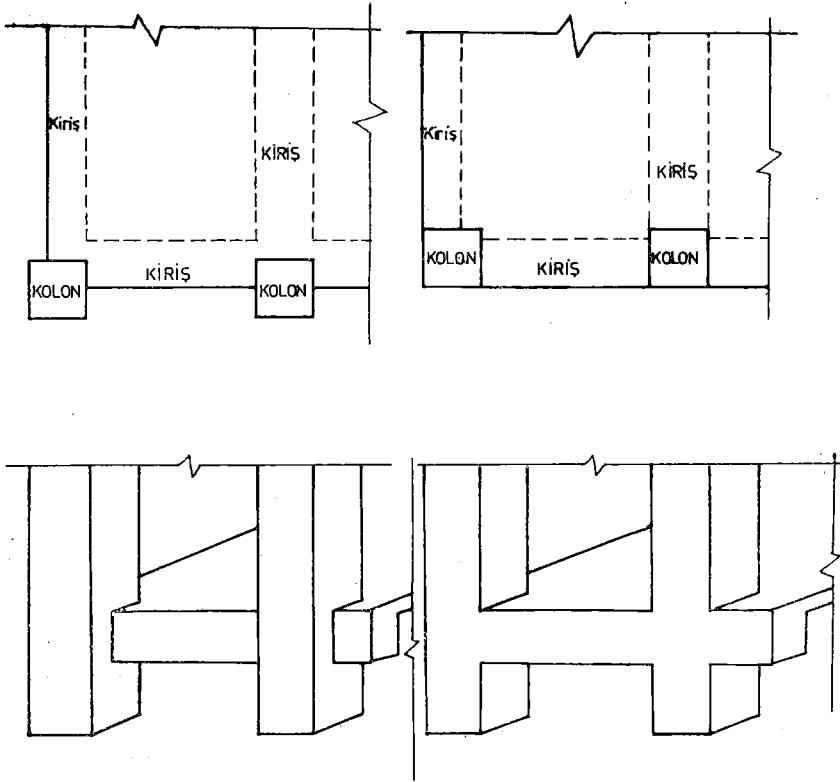
Kirişlerin sığ olmaması deprem açısından yararlı olmaktadır. Basık kirişleri olan çerçeveler esnek olurlar ve yatay kuvvetler altında büyük ötelemeler yaparak 2 nci mertebeden (düşey yük çarpı yatay öteleme) momentlerin depremde büyük ve belki de yapının yıkılmasına yol açabilecek boyutlara ulaşmasına yol açarlar. Bundan başka basık kirişleri olan çerçevelerden oluşan yapılar hafif ve orta şiddetli depremlerde büyük ötelemeler yaparak taşıyıcı olmayan bölme duvarlarına ve yapı içindeki eşyalara (onların büyük yatay hareketten dolayı devrilme ve düşmesi sonucu) zarar verdirebilirler.

Bu nedenle Deprem Yönetmeliğinde kiriş genişlikleri kirişin oturduğu kolon eni artı döşeme kalınlığının 1.5 katı olarak sınırlandırılmıştır.

Büyük açıklıklı kirişler de davranış bakımından aynı basık kirişler gibidirler.

### 3.3 Kolon-Kiriş Birleşim Yerleri :

Kolon-kiriş birleşim yerlerinde depremlerde büyük kesme kuvvetleri oluşabilir. Eğer birleşim yerine yeterli sayıda ve biçimde kiriş saplanıyorsa, birleşim yerinin kesme kuvveti taşıma gücü, saplanan kirişlerin sağlayacağı yan-



1) ZAYIF KOLON KİRİŞ BAĞLANTISI

2) İYİ KOLON KİRİŞ BAĞLANTISI

**Şekil — 7 Kolon - Kiriş Bağlantıları**

dan destekleme yardımı ile artacaktır. Bu durum özellikle dış aks ve köşe kolonlarında çok daha önemli olmaktadır. Çünkü buralarda kolona her yönden saplanan kirişler yoktur. Bu nedenle Deprem Yönetmeliğinde kolon etriyelerinin birleşim yerinde de devam etmesi kuralına özellikle uyulması gerekir. Birleşim yerine konulan etriyeler buranın kesme kuvveti taşıma gücünü artırır.

Şekil-7'de gösterilen ve kirişlerin kolonlara eksantrik bir şekilde bağlandığı kolon kiriş birleşim şekli deprem açısından sakıncalıdır. Ayrıca böyle bir birleşimde kiriş ile kolon arasında kesme kuvveti aktarma alanı da küçüldüğünden bir başka sakıncalı durum da söz konusudur. Şekil-8'deki gibi yüksek eksantrisiteli bir kolon kiriş bağlantısı da yukarıda sayılan nedenler ile büyük sakınca getirir.

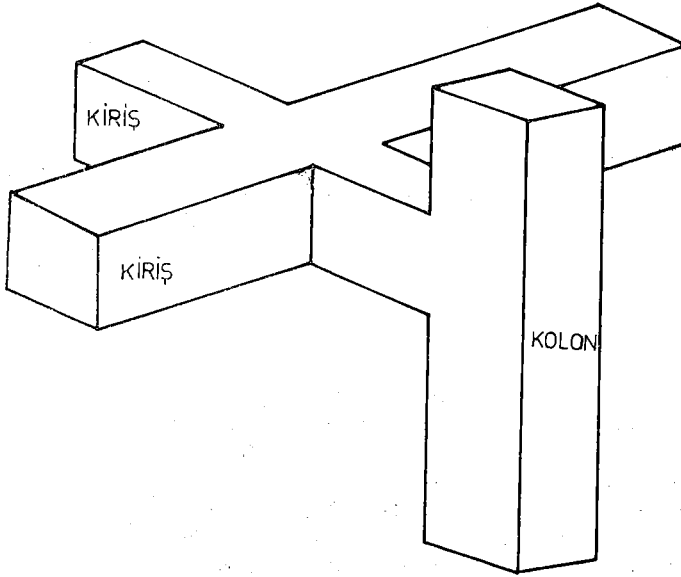
### 3.4 Döşemeler.

Kirişsiz döşemeleri olan yapılar genellikle daha esnek olduklarından deprem kuvvetleri altında büyük yatay ötelemeler yaparlar. İkinci mertebeden momentlerin şiddetli depremlerde kritik durumlar yaratma olasılığı vardır. Bun-

dan başka asmolenli ve kirişsiz döşemeli yapılar normal plak döşemeli yapılara göre yaklaşık % 20 daha ağır olurlar. Yapılara gelen deprem yükleri yapı ağırlığı ile oranlı olduğundan, ağır yapı oluşları nedeni ile bu cins yapıların bir başka sakıncası daha ortaya çıkmaktadır.

Kirişsiz döşemeleri veya kiriş derinlikleri döşeme kalınlığı ile sınırlanmış döşemeleri (asmolen, mantar döşemeler gibi) olan yapılarda yatay ötelemelerin sınırlandırılması gerekir. Yoksa hafif depremlerde bile yapının içindeki eşyalar ve yapının taşıyıcı olmayan elemanlarında büyük hasar olacaktır. Bu nedenle kirişsiz veya asmolen döşemeli, diğer bir deyişle tavandan kiriş sarkması görülmeyen yapılarda, mutlaka yatay ötelemeleri kısıtlayan perde duvarlar bulunmalıdır.

Asmolenli ve kaset döşemeli yapılarda, döşemenin üzerine deprem sırasında ağır bir cismin devrilmesi, örneğin baca gibi, döşemedeki tuğla, briket vb. gibi dolgu blokları ile beton arasındaki aderansın yok olması sonucu bu blokların tavandan sıyrılarak yapı içindeki insan ve eşyalar üzerine düşerek kayıplara yol açması ihtimali vardır. Bu elemanların birbirine ve döşemenin yerinde dökme beton kirişlerine bağlanmış olması gerekir.

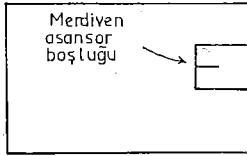


**Şekil — 8 Deprem Açısından Çok Sakıncalı Kolon - Kiriş Birleşimi**

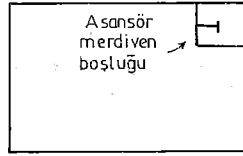
### **3.5 Perde Duvarlar.**

Yapılarda büyük deprem kuvvetlerini taşıyabilme ve yatay ötelemeleri kısıtlama açısından perde duvarlar çok etkilidir. Perde duvarlı yapıların depremlerde çok iyi davrandıkları gözlenmiştir. Ancak perde duvarların yapı içinde simetrik bir konumda yerleştirilerek burulmaya yol açmamaları gerekir. Yoksa faydadan çok zararlı olabilirler.

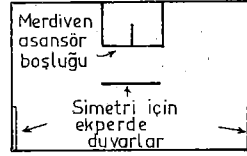
Yapılarda genellikle perde duvarları asansör boşlukları veya merdivenlerin çevrelerine yerleştirilmektedir. Eğer bunlar yapının içinde simetrik bir yerde değilse, (örneğin asansör boşluğu ve merdivenler yapının bir yanında olabilir) yapıda deprem sırasında burulma etkileri oluşacaktır. 1967 Adapazarı Depreminde Sakarya Vilayet Konağında perde duvarların yapının merkezinde olmayan merdiven kenarında ve asansör boşluğu çevresinde olması yapıda burulma etkileri doğurmuş ve bu durum yapının depremde gördüğü hasarda büyük bir rol oynamıştır (5). Şekil-9'da sakıncalı perde duvar yerleştirme şekilleri gösterilmektedir. Eğer asansör boşluğu veya merdivenler yapıda simetrik bir konumda değilse ve perde duvarlar bunların çevresine yerleştirilmiş ise, yapının diğer taraflarında burulma etkisinin oluşmasını önleyecek ve yapının rijitlik merkezi ile kütle merkezinin birbirine çok yakın olmasını sağlayacak başka perde duvarlarda konulmalıdır. Şekil-9c.



1) BURULMA ETKİSİ  
YARATACAK  
PERDE DUVAR KONUMU.



2) KRİTİK ÖLÇÜDE  
BURULMA ETKİSİ  
YARATACAK PERDE  
DUVAR KONUMU

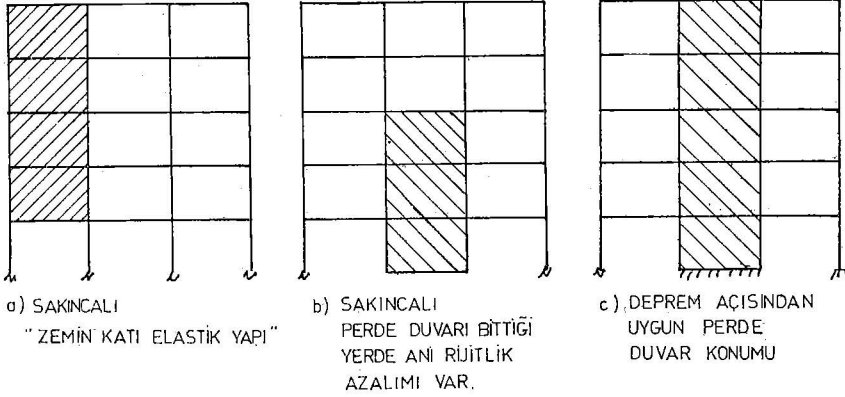


3) BURULMAYI ÖNLEMEK  
İÇİN EK PERDE DUVAR  
YERLEŞTİRİLMESİ.

### ŞEKİL-9 BURULMA ETKİSİ YARATAN MERDİVEN VE ASANSÖR ÇEVRESİNE PERDE DUVAR KONULMASI ŞEKİLLERİ.

Perde duvarların temelden başlayarak yapının üst katına kadar sürekli olması gerekmektedir. Çeşitli nedenlerle zemin katında perde duvar yapılmaması (zemin katın garaj olarak düşünülmesi gibi) veya üst katlarda dekoratif amaçla perde duvar yapılması sonucunda 'Zemin Katı Esnek' olarak nitelenen yapılar ortaya çıkmaktadır. Şekil-10. 'Zemin katı Esnek' yapılar deprem açısından çok sakıncalıdır. Bu yapılarda deprem anında, zemin katda çok büyük gerilmeler ve yatay ötelemeler oluşacaktır. Bunlara dayanabilecek kolonların yapılması, ki bu kolonların çok büyük kesme kuvveti ve moment taşıma kapasitesi olması gerekmektedir; çok güçtür. Bunun başka perde duvarın zemin katında kesilmesi, birinci katın yapacağı büyük ötelemeler sonucu, ikinci mertebeden büyük momentler de oluşturacak ve zemin kat kolonlarının işi daha da güçleşecektir.

Perde duvarların zemin katında kesilmesinin depremde doğurabileceği sakıncaların benzeri, normal olarak statik hesaplarda yük almadığı var sayılan tuğla dolgu duvarların zemin katında diğer katlardakinden daha az olması durumunda da olmaktadır. Zemin katında garaj, veya tüm cephesi pencere



ŞEKİL-10 PERDE DUVARLARIN YAPI YÜKSEKLİĞİ BOYUNCA DAĞILIMI

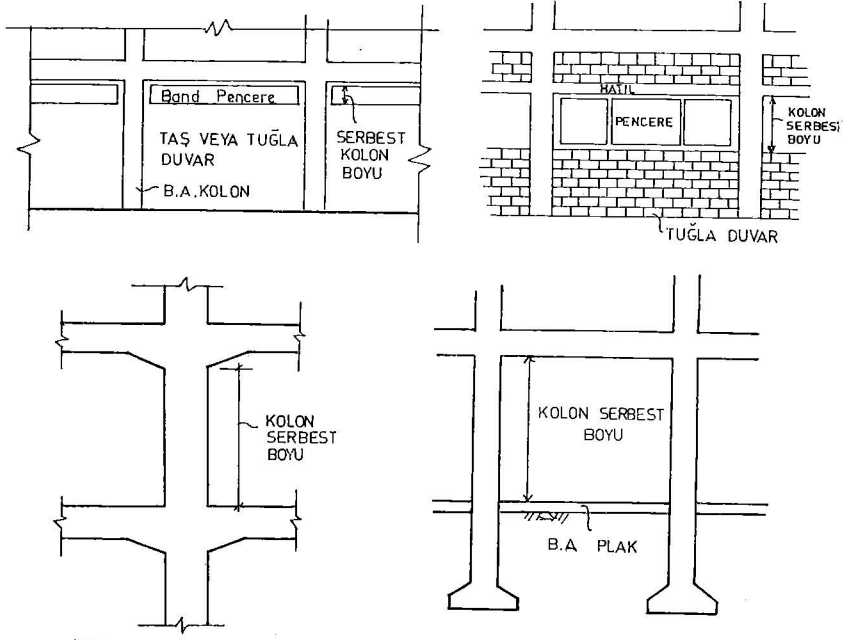
olan işyeri yapılması sonucu zemin kat bölme duvarlarının diğer katlara göre daha az olması tıpkı taşıyıcı perde duvarın zemin katta kesilmesi ile aynı sonuçları doğuracaktır. ...

### 3.6 Bant Pencereleler (Kısa kolon davranışı)

Okul, kışla ve yatakhane gibi yapılarda genellikle kat ortalarındaki koridorlara ve bodrum katlarına ışık gelmesi için, çerçevelerin dolgu duvarlarının üst başlarına pencere yapılır. Şekil-11. Böyle durumlarda çerçevenin kolonları pencere seviyesine kadar olan bölümlerinde bölme duvarları tarafından yandan desteklenirken, pencere olan bölümde böyle bir yan destekten yoksundurlar. Bu durumda kolonun pencere olan bölümündeki rijitliği, duvar olan bölümdeki rijitliğinden çok daha az olmakta, ve yatay yükler altında kolonun yalnızca duvarsız bölümü öteleme yapmaktadır. Sonuçta kolonun burkulma boyu pencere yüksekliğine eşit olmakta, kolonun boyu kısalmakta ve kolon boyu kısaldığı için çok yüksek bir rijitliğe ulaşmaktadır. Kolonların boylarının kısılmasına yol açan başka etkenlerde vardır. Şekil-11.

Taşıyıcı olmayan bölme duvarı, hatıl vb. elemanların etkisi ile boyu kısalan kolonların moment kapasitelerine ulaşmak için çok daha büyük kesme kuvvetleri gerekir. Ancak kolon bu kesme kuvvetini taşıyacak güçte değilse, kolonda kesme kırılması olacaktır. Normal olarak böyle bir etkinin oluşması düşünülmmez ise kolonun kesme dayanımı çok düşük yapılır ve bu etkinin oluşması kolonun tahribine yol açabilir. Kolonda kesme kırılması sünek olmayan bir kırılma şeklindedir. Kolon boyuna donatıları akma gerilmelerine varamadan kolon kırılır. Kesme kırılması ile tahrip olan kolonların ezilmesi ve kat yüksekliklerinin azalması olasılığı vardır. Böyle kolonların onarımı güçtür.

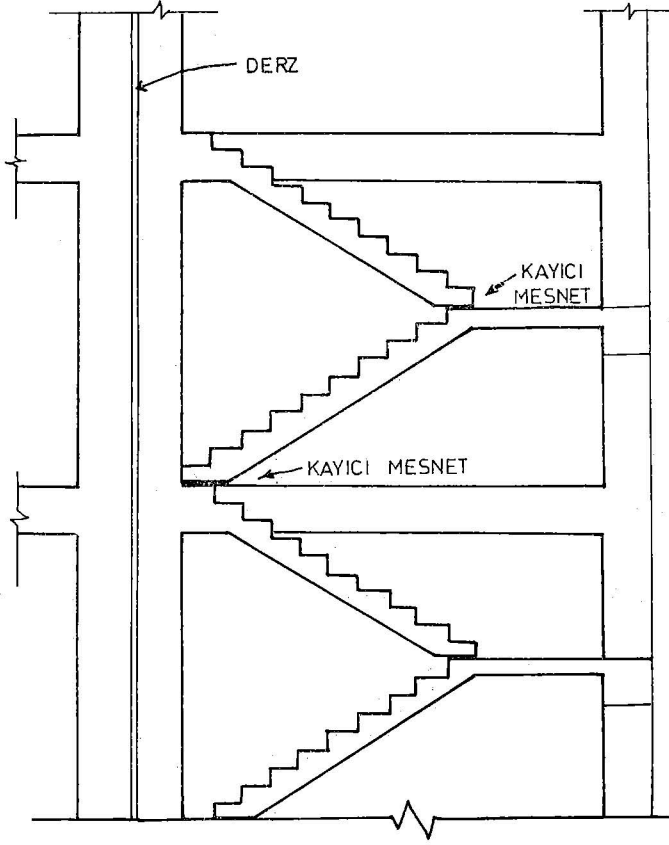
Çeşitli etkiler nedeni ile kolon burkulma boyunun kısılması olasılığı karşısında kolonların kesme dayanımının yüksek olması gerekir. Bazı durumlarda etriye aralıkları pratik olmayan miktarlara ulaşabilir. Bir çözüm yolu çerçeve ile dolgu duvar arasında boşluklar (derz) bırakılması olabilir.



ŞEKİL-11 KOLONLARDA KISA KOLON DAVRANIŞI YARATABİLECEK DURUMLAR

### 8.7. Merdivenler.

Yapıların bir deprem veya bir başka olağan dışı durumda hızla boşaltılması işleminde merdivenlerin çok önemli bir görevi vardır. Merdivenler, yatay yükler altında, katlar arasında diyagonal giriş gibi çalışırlar. Bu bakımdan merdivenlerin bulunduğu çerçeve aksları yapıların en rijit akslarını oluştururlar. Yapılarda taşıyıcı elemanlara gelen deprem kuvvetleri elemanın rijitliği ile orantılı olduğundan merdivenlerin bulunduğu akslar, yapıda depremde en büyük yatay kuvvetlerin geldiği akslardır. Diyagonal gibi çalışan merdiven elemanlarına çekme kuvvetleri gelir ve büyük hasar yapabilir, ve merdivenler bir deprem anında kullanılamaz olabilir. Bu nedenle yapının deprem anında süratle ve güvenle boşaltılabilmesi için merdiven elemanlarının hasar görmemesi gerekir. Bir çözüm yolu merdivenlerin bir ucudan çerçevelere ankastre, diğer uçlarından kayıcı mesnetli olmasıdır. Diğer bir çözüm ise merdivenlerin yapıdan derzler ile ayrı bloklar olarak tasarlanmasıdır. Derzler ile ayrı bloklar olarak düşünülmeleri halinde derzlerin yeterli miktarda olması yanında, önemi nedeni ile merdiven bloğunun ana yapının dayanabileceğinden daha büyük bir yatay kuvvete dayanabilecek şekilde hesaplanması gerekir. Böylece ana yapı hasar görse bile merdivenlerin hasar görmemesi sağlanmış olacaktır. Şekil-12.



Şekil — 12 Yapılarda Merdivenlerin Tasarımı

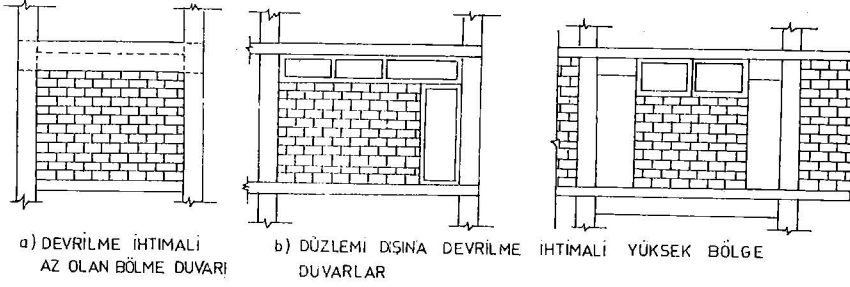
#### 4. TAŞIYICI OLMAYAN ELEMANLARIN ETKİLERİ.

Yapının depreme dayanıklılığı ve yapı içindeki eşyaların ve insanların korunması açısından mimari tasarımda, taşıyıcı olmayan elemanları dikkate almak zorunluluğu vardır. Taşıyıcı olmayan elemanlarında deprem açısından değerlendirilmesi yapılmalıdır.

##### 4.1. Serbest Duvarlar.

Çerçeve aralıklarında bulunmayan ve döşeme üstüne oturan bölme duvarlarının depremde devrilmek can kaybına yol açma olasılığı vardır. Özellikle tavana kadar ulaşmayan bu cins bölme duvarları ters bir sarkaç gibi davranarak kolayca devrilebilirler. Betonarme çerçeve içindeki duvarlar ise kolon ve kirişlerle aralarında oluşacak olan sürtünme ile daha güç yıkılırlar, ancak çerçevelerin hareketinden çatlayıp yıkılmaları söz konusu olsa bile, bu çok daha yüksek şiddetlerde gerçekleşecektir. Şekil-13





ŞEKİL-13 BÖLME DUVARLARI

Aynı şekilde yapıların teraslarında yapılan parapet duvarları ve bahçe duvarları belli bir yüksekliği aşmaları halinde üzerlerinden betonarme hatıllar ile bağlanmamışlarsa, depremlerde devrilmeleri söz konusu olacaktır. Böyle duvarların yıkılması çevredeki kişiler ve eşyalar için tehlike yaratabilir. Yüksek duvarların stabilitesi zayıf olduğundan duvarların 3 metreden yüksek yapılması halinde duvar üstü hatılının yanısıra ara hatıl yapılması da gerekmektedir.

#### 4.2. Asma Tavanlar.

Asma tavanların döşemelere iyi bağlanmamış olması veya tavan içinde serbestçe hareket eden kaplama plakalarının bulunması, bunların depremde yerlerinden koparak oda içindeki insan ve eşyaların üzerine düşerek can ve mal kaybına yol açma olasılığını arttırmaktadır.

#### 4.3. Duvar Kaplamaları ve Kornişler.

İç ve dış duvarlarda karo mozayık, mermer ve benzeri kaplamalar duvarlara harç ile bağlanmaktadır. Harçların çekme ve aderans dayanımları ve kopma birim deformasyonları bellidir. Yapının depremde büyük yatay ötelemeler yapması, bu kaplama malzemelerini duvarlara yapıştıran harcın aderans dayanımının ve kopma birim deformasyonunun aşılması ve bu ağır kaplama malzemesinin yerinden düşerek yapı içindeki ve dışındaki kişi ve eşyalara zarar vermesi olasılığı vardır.

Yine yapı içinde veya dışındaki korniş, pendentif vb. süs elemanlarının veya asılı elemanların yerlerinden ve ankrajlarından koparak can ve mal kaybına yol açtıkları çoğu kereler gözlenmiştir.

#### 4.4. Pencere Camları.

Pencerelerin cam bölümlerinin, yapının depremde yatay ötelemelerine dayanamayıp aniden patladıkları sık sık görülür. Bu durum insan hayatı için tehlikelidir. Pencere camlarının kasalara kayıcı bir şekilde takılmaları, halinde kasalar yatay öteleme sonucu deforme olsalar bile camı sıkıştırmayacaklarından, camın kırılması önenebilecektir. Özellikle metalik pencere kasaları (demir

veya alüminyum) çok daha rijit olduklarından, pencere detaylarında bu olasılığın göz önünde tutulması gerekir.

## 5. MALZEME VE İŞÇİLİK.

Yapıların mimari ve taşıyıcı sistem tasarımı yapılırken malzeme ve işçilik olanaklarının göz önüne alınması gerekir. Çünkü malzeme ve işçilik özelliklerinin bazı kısıtlamalar getirdiği açıktır. Türkiye'nin her yanında aynı kolaylıkla yetenekli işçi ve istenilen yapı malzemesi bulunamamaktadır. Özellikle tip yapı projeleri yapılırken bu durumun gözönüne alınması gerekir. Üstün ve hassas bir kalıp ile beton ve donatı işçiliği gerektiren yapı projelerinin belli bölgelerde uygulanması güç olmakta ve sonuçta ortaya çıkan yapılarla ayrıntıların tam olarak uygulanmaması sonucu, deprem açısından büyük tehlikeler yaratılmaktadır. Özellikle karmaşık betonarme yapılarda kalıplar yapılsa bile istenen kalitede beton üretilmemesi, yeterli kalitede donatı yerleştirme ustasının bulunmaması ve kontrol yetersizliği sonucu, aslında depreme daha iyi dayanması gereken betonarme yapılar, yerel ve hiç bir mühendislik hizmeti görmemiş yapılar kadar, depremde hasar görebilmektedir. Bu durum göz önüne alınarak belli bölgelerde daha basit formlara gidilmesinde yarar vardır. Basit formulu yapıların analizi yanında yapımı da kolay olacak ve yerel malzeme ve işçilik olanakları kısıtlı bölgelerde yapımda güçlük çıkmayacaktır.

## 6. SONUÇ.

Bu yazının amacı özellikle mimarların deprem açısından güvenliği yüksek olan yapı tasarımı yapmaları için önemli olan noktaları belirtmektir. Deprem faktörü diğer başka faktörler gibi mimarın yaratıcılığını kısıtlamaktadır. Ancak kişi güvenliği ve ulusal varlık açısından bu zorunludur. Ekonomi, fonksiyon, estetik ve güvenlik açısından olumlu yapıların oluşturulması mühendis ile mimar arasındaki işbirliği ve ortak çalışmanın artırılması ve bu disiplinlerin birbirine yaklaştırılmasını gerektirmektedir. Mimarın, yapı taşıyıcı sistemini oluştururken, özellikle deprem faktörünün mühendise çıkardığı problemleri ve bu problemlerin ekonomik ve güvenilir yapı elde edilmesine olan etkisini bilmesinde yarar vardır.

## KAYNAKLAR

- 1 — A. Tabban “**Türkiye Deprem Bölgeleri Nüfus ve Alan Araştırmaları**” İmar ve İskan Bakanlığı, Deprem Araştırma Enstitüsü, Ankara 1973
- 2 — ..... “**Guidelines for Disaster Prevention, Volume I, Pre-Disaster Physical Planning of Human Settlements**” Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator, United Nations, Geneva 1976
- 3 — M. Çelebi, M. Erdik, Ö. Yüzügülü “**Dolgu Duvarsız Betonarme Çerçeve Titreşimi**” ODTÜ, DMAE Rapor No. 77-3, Deprem Mühendisliği Araştırma Enstitüsü, Ankara Nisan 1977
- 4 — D.J. Dowrick “**Earthquake Resistant Design. A Manual for Engineers and Architects**” John Wiley, 1977
- 5 — Ü. Arıoğlu, K. Anadol, E. Arıoğlu “1967 Akyazı Depreminde Ağır Hasar Gören Sakarya Valilik Binası Onarım ve Takviye Projesi” **Türkiye’de Deprem Sorunu ve Deprem Mühendisliği Simpozyumu 2-5 Şubat 1972**, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara 1973.

## TARTIŞMA

“Batı Anadolunun Deprem Riski Analizi”, (\*)

### DEPREM RİSK ANALİZLERİNDEKİ BELİRSİZLİKLER HAKKINDA

Ali Erguvanlı (\*\*) — Kutay Özaydın (\*\*)

#### SUMMARY

This discussion is presented for the improvement of the relationship between the Gutenberg-Richter parameters (a, b) and the extreme value model coefficients ( $\alpha$  and  $\beta$ ).

The writers suggest that an appropriate comparison of the “cumulative frequency” distributions for the two models will lead to the relationship,

$$\alpha = 2.3 [a - \log (2.3 b) - \log T]$$

rather than the one suggested by the author

It is also suggested that, depending upon the geology and seismotectonics of the region, a certain finite limit to the value which earthquake magnitudes can take should be assessed and the distribution should be “truncated” after that value.

Yazar (A. Baki Dumanoglu) “Batı Anadolunun Deprem Riski Analizi” adlı ilginç ve değerli makalesinde, uç değer yöntemi hakkında bilgi verdikten sonra bu modelin uygulanması ile (37.0 - 41.0 N) ve (27.0 - 31.0 E) koordinatları içindeki bölgenin deprem riskini hesaplamıştır. Sonuçların Gutenberg-Richter bağıntısı kullanılarak elde edilecek sonuçlarla aynı çıkacağı ve Gumbel dağılımı ile Gutenberg-Richter parametreleri arasında,

$$a = \ln \alpha / \ln 10$$

$$b = \beta / \ln 10$$

şeklinde bir ilişki olduğu belirtilmiştir.

Sismik risk analiz yöntemleri ve risk analizi sonuçları, giriş verileri ve depremler hakkındaki bilgilerin seçimi ile etkilenmektedir. “Risk” modellerinin kullanılmasında,

(\*) A. Baki Dumanoglu, Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, No. 21.

(\*\*) İ.T.Ü. Maçka İnşaat Fakültesi, Geoteknik Kürsüsü

- (1) Gutenberg-Richter, Uç değerler, veya başka yöntemler ile bulunacak deprensellik parametreleri,
- (2) Geçerli ve uygun azalım (attenuation) bağıntıları,
- (3) Jeolojik yapı ve yerel koşullar, ile
- (4) Ekonomik gereksinmelerin,

gerçekçi olarak dikkate alınması gerekli olmaktadır.

Bu tartışma, yazar tarafından değinilen, Gutenberg-Richter katsayıları ile Gumbel uç değerleri parametreleri arasındaki bağıntılar ile sınırlanmıştır.

Depremlerin mağnitüd dağılımının incelenmesinde "Mağnitüd (M)-Tekrar Sayısı" bağıntısının elde edilmesi gerekli olmaktadır. Bu konuda, iyi bilinen Gutenberg-Richter "Mağnitüd (M)-Toplam Tekrar Sayısı (N)" bağıntısı

$$\log N = a - bM$$

kullanılır. Gutenberg-Richter ilişkisinin integre edilmesi ile, belirli bir değerden büyük M değerleri için "toplam (kümülatif) frekans dağılımı" aşağıdaki gibi elde edilebilir.

$$\log F(M) = a' - bM$$

Burada

$$a' = a - \log(b \cdot \ln 10)$$

olmaktadır.

Bu bağıntılardaki a ve a' katsayıları incelenen periyot aralığına bağlıdır; b katsayısı ise periyot aralığına bağlı olmayıp bir sismotektonik parametre olarak düşünülebilir.

Bu ilişkilerdeki a ve a' katsayılarına karşıt olan ortalama yıllık değerler aşağıdaki bağıntılardan bulunmaktadır.

$$a_1 = a - \log T$$

$$a' = a'_1 - \log T = a - \log(b \cdot \ln 10) - \log T$$

Burada T incelenen periyot aralığıdır.

Depremlerin zaman dağılımı aynı zamanda bir stokastik süreç (Stochastic Process) olarak incelenmiştir. Depremlerin zaman dağılımı  $F(x, t)$  şeklinde gelişigüzel bir stokastik süreç olarak ele alındığında, burada x deprem şiddetini t ise zaman eksenini temsil eder ve gözlenen zaman süresi eşit aralıklara (yıllara) bölünür ise, her zaman aralığında x'in aldığı en büyük değer M ile gösterilebilir. Bu durumda en şiddetli depremlerin dağılımı bir uç değer dağılımı şeklinde ifade edilebilir (8). En şiddetli depremlerin toplam dağılımı Gumbel Uç Değerler Tip I dağılımı ile :

$$G(M) = \exp(-\alpha e^{-\beta M}) \quad M > 0$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada  $\alpha$  depremlerin yıllık ortalama değerini, M ise yıllık en büyük depremin şiddetini temsil etmektedir.  $\alpha$  ve  $\beta$  katsayılarının de-

ğerleri, gözlenen değerleri özel probabilistik eğelli grafik kağıtları üzerine yerleştirerek, bu noktalardan geçirilecek bir doğrudan bulunması mümkün olmaktadır. Bu doğrunun denklemi,

$$\ln (-\ln G (M) ) = \ln \alpha - \beta M$$

şeklinde yazılabilir.

Depremlerin zaman dağılımı hem istatistiksel Gutenberg-Richter toplam frekans dağılımı, hem de Gumbel Uç Değerler dağılımı ile ifade edilebildiğine göre, depremlerin tekrarlaması verileri için bu bağıntılardaki katsayılar arasında doğrudan bir ilişkinin varolduğu düşünülebilir. İki bağıntının karşılaştırılmasından,

$$\ln \alpha = 2.3 a' = 2.3 [a - \log (2.3 b) - \log T]$$

$$\beta = 2.3 b$$

ilişkilerinin kolayca elde edilebileceği görülmektedir.

Çeşitli araştırmacılar 'a, b' ile " $\alpha, \beta$ " arasında bağıntılar saptamışlardır. (9, 12). Yazarın'da kullandığı

$$\ln \alpha = 2.3 a$$

bağıntısı, yerine Donovan ve Bornstein (7)

$$\ln \alpha = 2.3 (a - \log T)$$

bağıntısının kullanılmasının doğru olduğunu ifade etmektedir.

Tarafımızdan teklif edilen

$$\ln \alpha = 2.3 [a - \log (2.3 b) - \log T]$$

geliştirilmiş bağıntının depremsel veriler ile daha iyi bir uyum gösterdiği önceki çalışmalarda gösterilmiştir (5, 6, 10).

Gumbel dağılımının özelliği,  $G (M)$  toplam dağılımının uç değerleri iyi tanımlanması olmaktadır. Bu bakımdan deprem kayıtları gibi tarihsel verileri değerlendirmede, küçük depremler ( $M < 4.0$ ) hakkında eksik ve belirsiz bilgiler olduğu da gözönüne alınır, daha çok büyük depremleri en iyi şekilde tanımlayan bir probabilistik modelin kullanılmasının faydaları açıktır.

Belirli bir inşaat sahasının yerel sismisitesini değerlendirme çalışmalarından geçmiş deprem kayıtları genellikle, düzenli olmayıp Gumbel dağılımını istatistiksel olarak tanımlamaya yeterli olmayabilir. Bu durumlarda eldeki mevcut verilerden Gutenberg- Richter bağıntısını tanımlayarak, bu bağıntıdaki "a" ve "b" katsayılarından Gumbel dağılımındaki  $\alpha$  ve  $\beta$  katsayılarının bulunması ve böylece belirli bir zaman aralığında o sahada oluşması beklenebilecek en büyük depremin tahmin edilmesinde Gumbel dağılımından faydanılması önerilmektedir.

Doğal olayların hemen hepsinde gözlemlendiği gibi en şiddetli deprem dağılımının üst sınırında bir belirsizlik (eksiklik) vardır ve bunun dağılımın model edilmesinde dikkate alınması gereklidir. Bir başka deyişle, bölgenin jeolojisi ve sismotektoniğine göre o bölgede oluşabilecek depremin bir üst sınır değeri var-

dır, sonsuza gidemez. Bölgesel verilere göre, en şiddetli deprem mağnitüdü saptandıktan sonra, dağılım bu değere göre kesilmelidir (truncated) (5).

İhtimal yoğunluk fonksiyonu

$$g(M) = d G(M)/dt$$

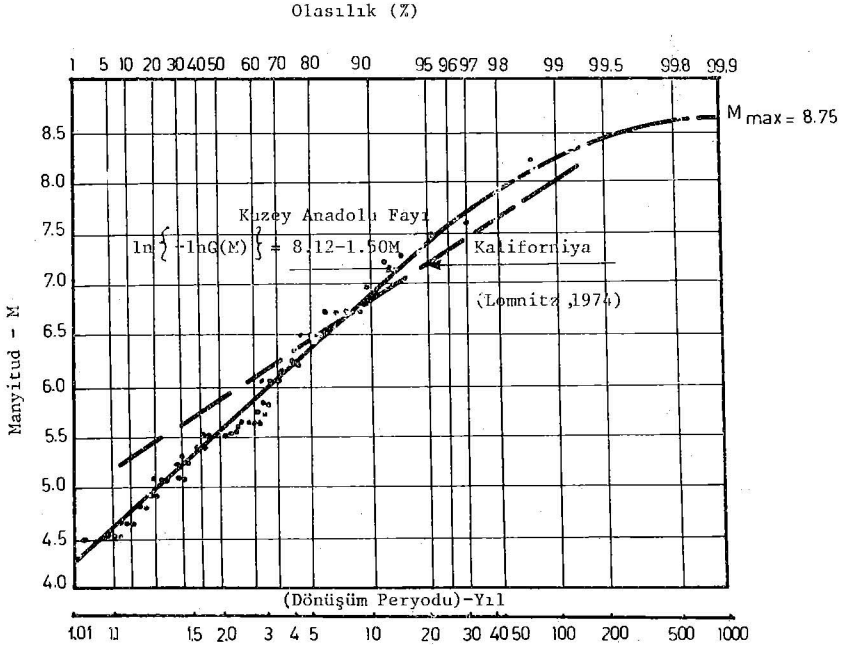
şeklinde belirtilirse ve  $M_{max}$  incelenen bölgede olabileceği saptanan muhtemel en şiddetli deprem ise, kesilmiş (truncated) ihtimal yoğunluk dağılımı

$$g^T(M) = \begin{cases} k \cdot g(M) & M \leq M_{max} \\ 0 & M > M_{max} \end{cases}$$

$$k = 1/G(M_{max})$$

şeklinde tanımlanmaktadır (2).

Bu kesilim etkisi dikkate alınarak Kuzey Anadolu Fay Hattının uç değerler dağılımına göre depremsellik parametreleri yeniden (5) şekil 1'de verilmiştir. Kullanılan azalım modeli tatmin edici sonuçlar vermiş olmasına karşın, başka kesilim yöntemlerinde kullanılabileceği açıktır. Bölgenin jeolojisi ve tektoniği ile uyumlu bir kesilim fonksiyonunun kullanılması, en şiddetli depremlerin uç değerler dağılımına uygun olan değerdendirmesinde daha gerçekçi sonuçlar verdiği düşünölmektedir.



SEKİL 1 : KUZAY ANADOLU FAY HATTINDA OLUSABİLECEK YILLIK EN BÜYÜK DEPREMLERİN DAĞILIMI (Gumbel Uç Değerler Tip I)

## KAYNAKLAR

- 1 — Allen, C.R., (1976), "Seismic Risk and Engineering Decisions" Chap 3., Edited by Lomitz C. and Rosenblueth E., Elsevier, Amsterdam.
- 2 — Benjamin, C.R., Cornell, A.C., (1970), "Probability, Statistics and Decision of Civil Engineers" McGraw Hill.
- 3 — Ergin, K., Güçlü, U., Uz, Z., (1967), "Türkiye ve Civarının Deprem Kataloğu" İTÜ Maden Fakültesi, Arz Fiziği Enstitüsü, No. 24-28.
- 4 — Ergin, K. (1971) "Depremlerde Gözlenen Şiddetin Episantra Olan Uzaklıkla Değişimi" İTÜ Dergisi, Cilt 29, No. 1.
- 5 — Erguvanlı, A, Özaydın, K., (1978), "A Comparative Extreme Value Approach for Seismic Risk Analysis", CO.P.I.S.E.E, November 20-25, Bükreş, Romanya
- 6 — Erguvanlı, A, Özaydın, K., (1978) "Kuzey Anadolu Fay Hattının Depremselliği", IMO 7. Teknik Kongresi, Ekim 25-27, Ankara.
- 7 — Donovan N.C., Bornstein, A.E., (1978), "Uncertainties in Seismic Risk Procedures" ASCE Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 104, GT 7.
- 8 — Lomnitz, C., (1974), "Global Tectonics and Earthquake Risk", Elsevier, Amsterdam.
- 9 — Oliveira, S.C., (1974), "Seismic Risk Analysis, "Earthquake Engineering Research Center, Univ. of California Berkeley-NTIS PB 235-920.
- 10 — Özaydın, K., Erguvanlı, A., (1978), "Seismicity of the North Anatolian Fault", International Symposium on Guatemalan Earthquake and Reconstruction Process, May, 14-20 Guatemala.
- 11 — Tabban, A., Gençoğlu, S., (1975), "Deprem ve Parametreleri", Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, No. 11 Ankara.
- 12 — Tezcan, S., (1978), "Estimation of Design Earthquake Ground Motion", Boğaziçi Üniversitesi, İnşaat Fakültesi. Dahili Rapor, No. 78-20 E.



## KÜÇÜK DEPREMLERİN GETİRDİĞİ SORUNLAR\*

Çeviri : Ref'an Ateş

Son aylarda San Andreas Fayı boyunca oluşan küçük depremler fırtınası, yerbilimcileri, bu aktivitenin değerlendirilmesinde güç durumda bırakmıştır. Bazıları bu aktiviteyi büyük bir depremin izleyeceğini söylerken diğerleri ise karşı görüştedirler.

Bir yıl kadar önce Palmdale, Kaliforniya yöresinde 11600 km<sup>2</sup>'lik bir bölge tıpkı mayalı ekmek hamurunun kabarması gibi 30 cm'den fazla yükselmiştir. Eski çalışmaları gözden geçiren araştırmacılar güney Kaliforniya'da 60 kişinin ölümüne yol açan 1971 San Fernando depreminden önce de yukarıda konu edilen daha dar bir alanda yer kabuğunun yükselmiş olduğunu saptamışlardır.

Geçen baharda oluşan Palmdale kabarmasının önceden sanılandan daha büyük olduğu ve bir bölümünün daha sonra sanki iğne ile delinmiş gibi çökmüş olduğu ortaya çıkmıştır. Fay boyunca arazide bazı bölümler kabarma öncesinden daha da alçalmıştır. Yer kabarması ile birlikte bir seri küçük depremler de olmaya başlamıştır. Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü Sismoloji Laboratuvarından Dr. K. McNally'e göre Palmdale yöresinde, fay boyunca 32 km'lik bir bölümde magnitüdü Richter Ölçeğine göre 3'e kadar ulaşan 400 deprem kaydedilmiştir (Ölçeğe göre 4.5'dan büyük depremler hasar yapabilir).

Bu tür 'Deprem Fırtınaları' 1971 San Fernando Depreminden iki-üç yıl önce de olmuştu. Çinde 650.000 kişinin öldüğü 1976 büyük depreminden önce de deprem fırtınası izlenmiştir.

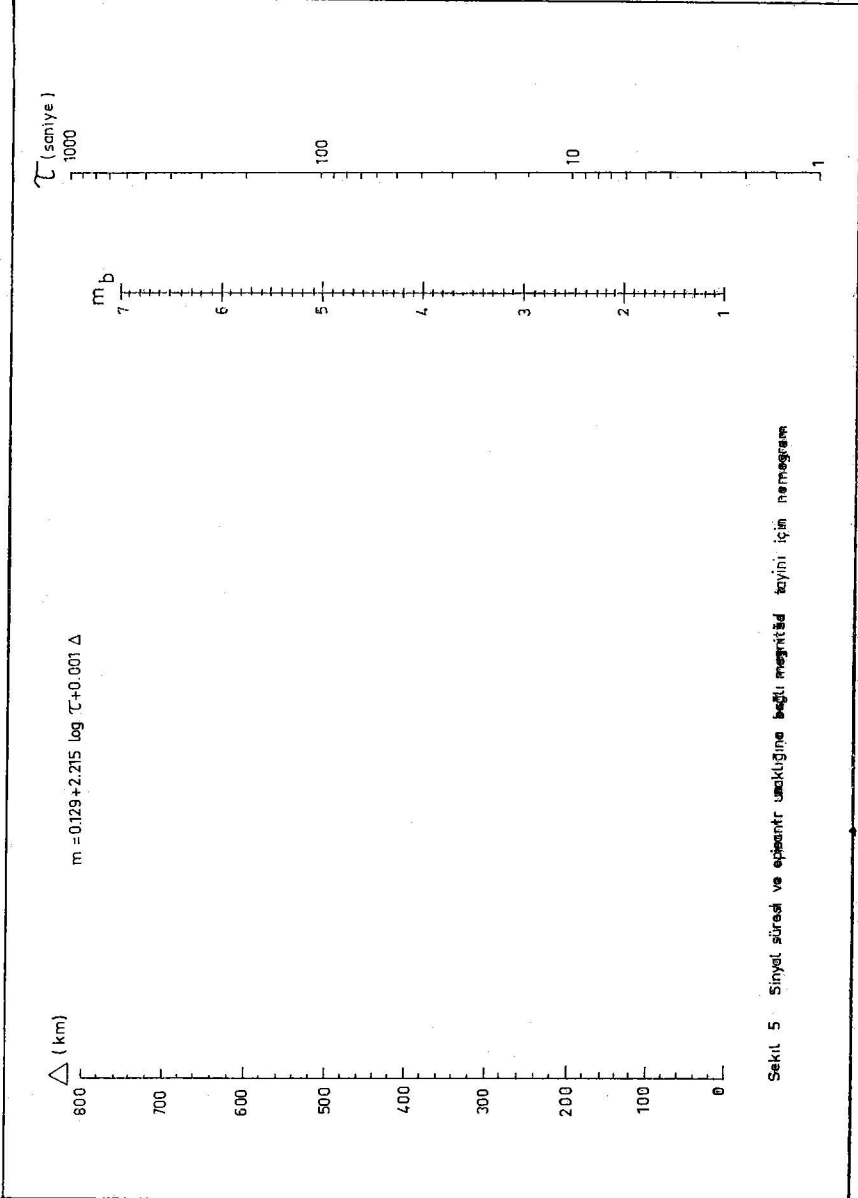
Diğer yandan Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü araştırmacıları, başka bölgelerde gözlenmiş küçük deprem fırtınalarının ardından büyük depremlerin oluşmadığını söylemektedirler. Esrar henüz çözülmeden durmaktadır.

---

\* Engineering News, Civil Engineering ASCE Nov. 1977 den alınmıştır.

## DÜZELTME

Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni Sayı 21 de yayınlanan "İstanbul-Kandıllı Deprem İstasyonu için Süreye Bağlı Magnitüd Denklemi" isimli makalede yer alan Şekil 5'in (sinyal süresi ve episant uzaklığına bağlı magnitüd tayini için monogramı veren şekil) basımında hata yapılmıştır. Şeklin düzeltilmiş aşağıda verilmektedir. Elde olmayan nedenle yapılan hatadan dolayı özür dileriz.



Şekil 5 Sinyal süresi ve episant uzaklığına bağlı magnitüd tayini için monogram

## DEPREM ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ BÜLTENİ YAYIN KOŞULLARI

1. Bültene gönderilecek telif ve tercüme yazılarn :
  - 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 aydınır 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 bağı bulunduğu birim amiri tarafından (genel müdürlüklerde daire başkanı, müstakil birimlerde birim amiri) verilecek bir belge ile belgelendirilmesi zorunludur. Bu belge ile birlikte verilmeyen yazılar için ücret ödenmez.
4. Telif ve tercüme ücretleri ancak yazı bültende yayınlandıktan sonra tahakkuka bağlanır.
5. Bültende yayınlanacak yazıların 300 kelimelik beher standart 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 uzatmaların kısaltılmasını teklif etmeye, verilecek ücrette esas teşkil edecek kelime sayısını tesbit etmeye ve yazıların yayın sırasını tayine yetkilidir.
10. Kurulca incelenen yazıların bültende yayınlanıp yayınlanmayacağı yazı sahiplerine yazı ile duyurulur.
11. Yayınlanmıyacak yazılar bu duyurmadan sonra en geç bir ay içinde sahipleri tarafından geri alınabilir. Bu süre içinde alınmayan yazıların korunmasından Enstitü sorumlu değildir.
12. Diğer kuruluşlar ve Bakanlık mensupları tarafından bilgi, haber tanıtma v.b. gibi nedenlerle gönderilecek not ve açıklamalar, ya da bu nitelikteki yazılar için ücret ödenmez.
13. Enstitü mensupları Enstitüce kendilerine verilen görevlere ait çalışmalarından ötürü herhangi bir telif ya da tercüme ücreti talep edemezler.