

İSTANBUL VE ÇEVRESİNDEKİ YAPILARDA BEKLENEN DEPREM KUVVETLERİ

Zeki HASGÜR¹

Deprem Kuvvetlerinin Belirlenmesi

İstanbul ve çevresini etkileyecek depremlerin belirlenebilmesi için öncelikle bölgeyi etkisine alacak sismotektonik yörenin incelenmesi ve İstanbul'un çevresinde tarihsel dönemde oluşmuş depremler hakkında bilgi toplamak gerekir. Jeolojik ve jeofizi' verilerin ışığı altında sismotektonik yöre üç ana başlıkta toplanabili Bunlar:

a)Kuzey Anadolu fay hattının batıya doğru uzanımı c' ı İzmit körfezini Tekirdağ yöresi ile Gelibolu yarımadasını birleştiren kırıklar ve bunların oluşturduğu fay zinciri,

b)Karpatlar bölgesini içine alan orta derinlikteki depremlerin oluşturduğu bölge,

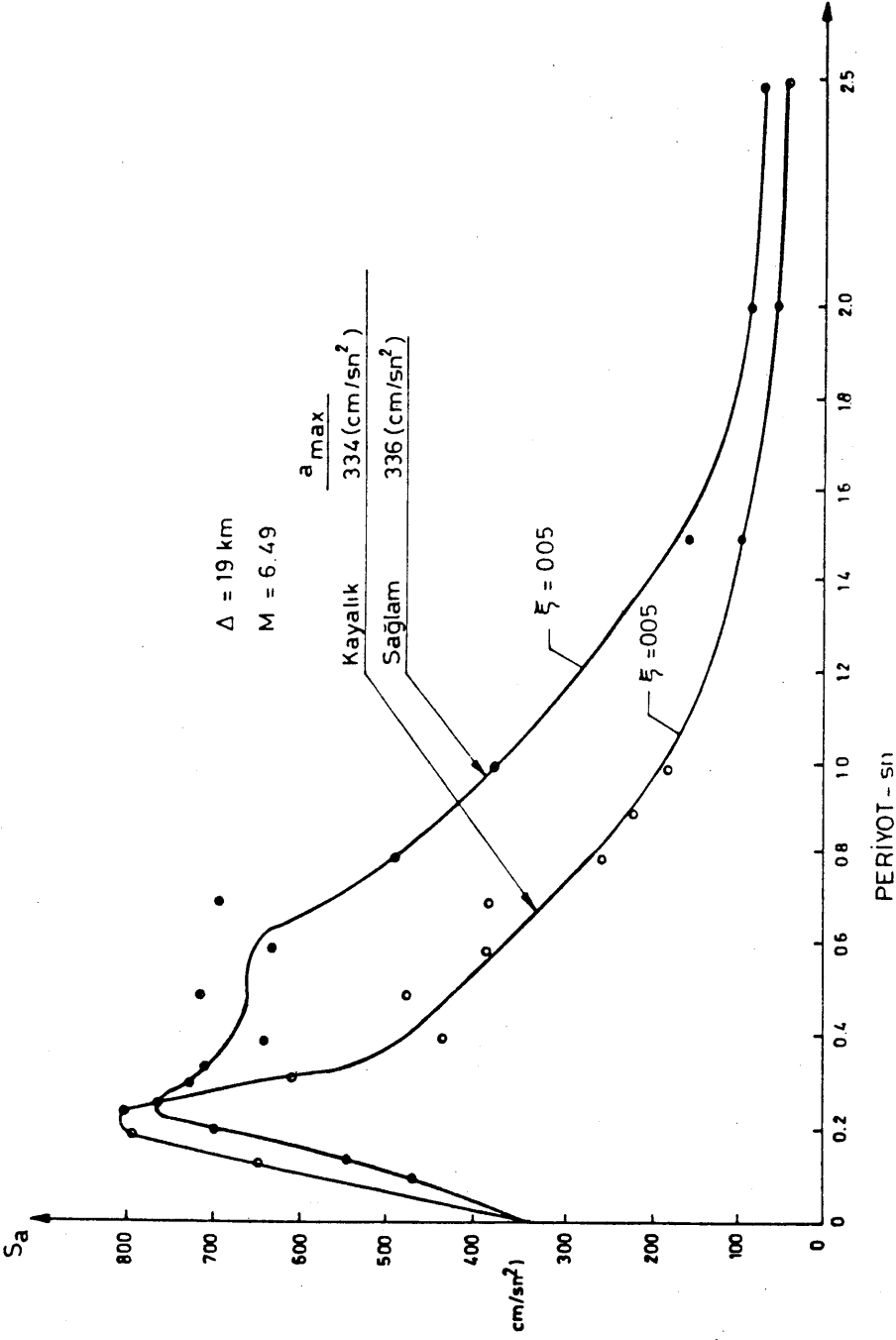
c)Ege bölgesindeki depremleri yaratan grabenlerin oluşturduğu çöküntü havzaları olarak sıralanabilir.

Bunların içinde, Kuzey Anadolu fay hattının devamı olan hat boyunca oluşacak olan depremler çizgisel kaynak olarak sığ depremleri oluşturacaktır. Öte yandan Karpatlar'daki depremlerin (Romanya örneği) derin ya da orta sığ odaklı nokta kaynak olarak, İstanbul'a uzaklığı gözönüne alındığında ancak küçük genlikli fakat büyük periyotlu dalgaları iletebileceği düşünülebilir. Ege bölgesi ise sığ odaklı depremlerin olduğu alan kaynak durumuyla, İstanbul'a uzaklığından dolayı etkili olamayacaktır.

Bu çalışmada Tezcan S., Acar Y. ve Çivi A. tarafından çizgisel kaynak ve bunun etrafındaki bölgede oluşan 1870-1970 yılları arasındaki aletsel dönem deprem etkinliğinin gözönüne alındığı risk analizi [1] esas alınmıştır. Araştırmada önemli yapılar (hastahane, okul, enerji santrali, itfaiye binaları) için %5 yıllık aşılma olasılığı ile çizgisel kaynağa =19 km mesafede $M=6.49$ manyitüdü bir depremin oluşabileceği görülmektedir.

Böyle bir depremin oluşması durumunda yapılarımıza etkiyecek kuvvetli hareket ivme-izi (strong motion accelerogram) toplumunun

¹ Doç.Dr., İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Maslak, İstanbul



Şekil 1. Katayama Yöntemi ile Belirlenmiş İvme Spektrumları.

kestirilmesi gerekir. Bölgemizde kuvvetli hareketler olarak kaydedilmiş ivme-izleri bulunmadığından Japonya'da çeşitli zeminlerin yüzeyinde kaydedilmiş 277 kuvvetli hareket depremlerinin ($M > 4.5$ ve $h < 65$ km) incelenmesine dayanan Katayama v.d.'nin [2] çalışması esas alınarak iki tip zemin için ivme spektrumu $\epsilon = 0.05$ sönüm derecesi için 0.10-2.5 sn. periyot aralığında aşağıdaki gibi sırasıyla manyitüd, kaynak uzaklığı ve zemin koşullarının fonksiyonu olarak kestirilir.

$$S_A(T;0.05) = f_M(T; 0.05) \cdot f(T;0.05) \cdot f_{GC}(T; 0.05) \quad (1)$$

Ayrıca aşılma olasılığına bağlı olarak α değerleri gözlenen spektrumunun kestirilen spektruma oranı şeklinde verilmişlerdir.

$$\alpha = S_a/S_a \quad (2)$$

Bu şekilde "kayalık zeminler" ve "sıkı-sağlam zeminler" için spektrum eğri değerleri (S_a) tek tek elde edilmiş sonra da düzleştirme (smoothing) uygulanarak Şekil 1'deki ivme spektrum eğrileri çizilmiştir. Bu spektrumların yanısıra Türkiye'de oluşmuş depremlerden Denizli 1976 depreminin NS bileşeni, Erzurum-Kars depreminin Horasan 1983 EW bileşeni, Dursunbey 1979 depreminin NS bileşeni ve Balıkesir 1984 depreminin NS bileşeni ile dış ülkelerin kayıtlarından El Centro 1940 NS ve Romanya 1977 depreminin Bükreş NS kaydı karşılaştırmalı olarak bir örnek yapı toplumu üzerinde uygulanıp etkileri verilecektir.

Kuvvetli Hareket Depremlerinin Özellikleri

Çizelge 1'de bu çalışmada kullanılan kuvvetli hareket depremlerine ait manyitüd, kaynak uzaklığı, odak derinliği ve pik ivme değeri gösterilmiştir. Dolayısı ile çizelgeden de görüleceği gibi Türkiye'de oluşan depremler, hepsi sığ odaklı depremlerdir. Romanya depremi ise orta derinlikte odağa sahip depremdir. Keza aynı çizelgeden görüleceği gibi büyük manyitüdüde büyük ivme beklentisi gerçekleşmemiş, tersine Denizli depremi örneğinde olduğu gibi küçük manyitüdü ($M_b = 5.0$) depreminde büyük genlik ($a_{maks} = 343$ cm/sn²) ortaya çıkmıştır.

Bu depremlerin yalnızca pik ivme değerlerinin büyüklüğü değil frekans içeriğinin, spektrum biçiminin de önemi yapılarımız üzerinde görülebilecektir. $SI_{0,2}$, Housner şiddeti, aletsel şiddet ölçeklerinden biri olup, 0.20 sönüm değeri için görece hız spektrumunun 0.1 sn-2.5 sn periyot değerleri arasında integrasyonudur. Bu alanın integrasyon aralığına, (2.4 sn) oranı bize ortalama olarak deprem sırasında çatlaklarla rijitliği azalmış tek serbestlik dereceli bir sistemin toplam enerjisi ile ilgili bilgi vermektedir. Çizelgeye göre en büyük SI değeri Romanya NS deprem ivmesine ait olmaktadır. Bundan sonra Türkiye Depremleri içinde Denizli NS bileşeni, El Centro NS bileşeninden de büyük değer almaktadır. Yapılan araştırmada [3] Türkiye depremleri içinde aletsel şiddetler arasında yalnızca Housner Şiddeti için El Centro'yu aşan bu deprem ivmesi olmaktadır.

Balıkesir depremi küçük manyitüdü fakat genlik bakımından Romanya NS bileşeninin pik ivmesine yakın değerdedir. Buna karşın hem süresinin azlığı hem de sahip olduğu iki, üç büyük pik ile darbe tipi depreme örnektir. Dursunbey NS bileşeni de küçük manyitüdü bir depreme ait olup ele alacağımız çok katlı yapılarda, Katayama yöntemi ile oluşturduğumuz spektrumlara karşı gelen $M=6.49-6.7$ manyitüdü depremden daha küçük etki vermesi beklenir.

ÇİZELGE 1. Ele Alınan Kuvvetli Hareket Depremleri.

Deprem	Manyitüd (m_b)	Kaynak Uzaklığı (km)	Kaynak Derinliği (km)	a_{maks} (cm/sn^2)	SI (cm)
Denizli NS, 1976	5.0	10	10	335.5	64.1
Dursunbey NS, 1979	5.2	10	7	271.3	35.9
Horasan EW, 1983	6.5	20	12	137.3	54.3
Balıkesir NS, 1984	4.4	10	12	218.8	22.5
Romanya NS, 1977	7.1(x)	160	110	217.5	151.8
El Centro NS 1940	6.5(x)	20	10	341.0	52.6
Katayama (Kaya)	6.49-6.7	19	<65	334.0	29.1
Katayama (Sağlam)	6.49-6.7	19	<65	366.0	49.5

(x) Yerel Manyitüd

Bundan başka Karpatlar'da derin ya da orta derinlikte deprem olması durumunda çok uzak mesafelerden süzülerek gelecek büyük periyotlu fakat küçük genlikli ($a_{maks}=40 \text{ cm/sn}^2$)lik harmonik dalgaların etkisi de incelemeye katılmıştır.

İncelemeye Esas Yapı Sistemleri

İncelemede esas alınan ilk yapı sistemi özellikleri Kaynak [4,5]'de verilmiş olan perde-çerçevelerden oluşan 20 katlı betonarme örnek bir yapıdır. Bu yapının 30 cm kalınlığında ve kenarlardaki perdeleri aynı kalınlıkta, yirmi kat boyunca devam ederek yeterli rijitlik oluşturmakla Şekil 2'de verildiği gibi çerçeveler de yapıya yeterli sünekliği sağlayacaktır.

Böyle bir taşıyıcı sistem, simetri özellikleri ile birlikte ideal bir sistem durumundadır. Çizelge 1'de gösterilen kuvvetli hareket depremleri 20 kattan başlayarak aynı yapı tipine sahip 15, 12, 10, 7 ve 5 katlı yapılara etkideği varsayılacaktır. Sözkonusu katlara sahip

yapılan 20 katlı yapının katları aşağıdan itibaren kesilip indirilmesi suretiyle elde edilecek ve yine normal katları ($h=3.0$ m) ve alt katları 5.0 m olarak yatay rijitlikleri düzenlenecektir. 30 cm kalınlıktaki perdeler korunmuş ve aynı şekilde yapı yüksekliği boyunca devam ettiği varsayılmıştır.

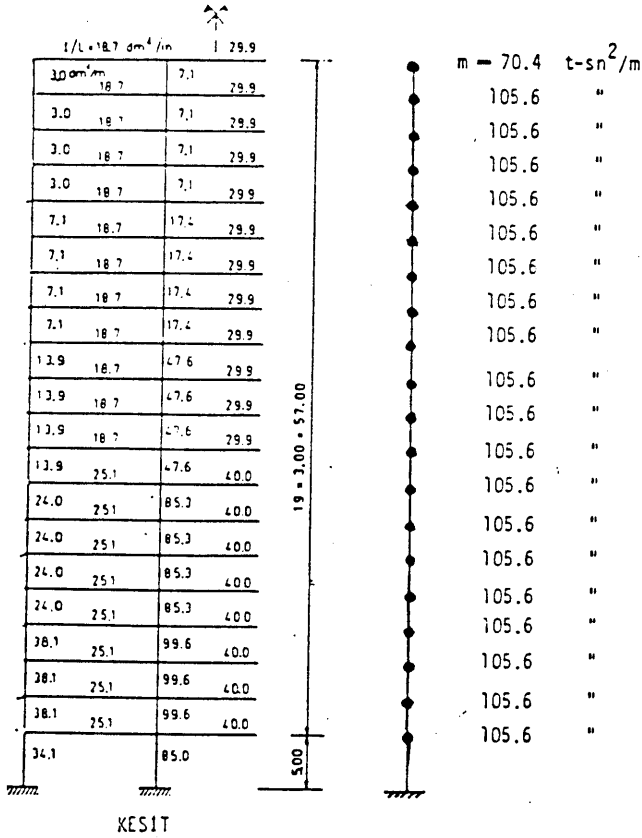
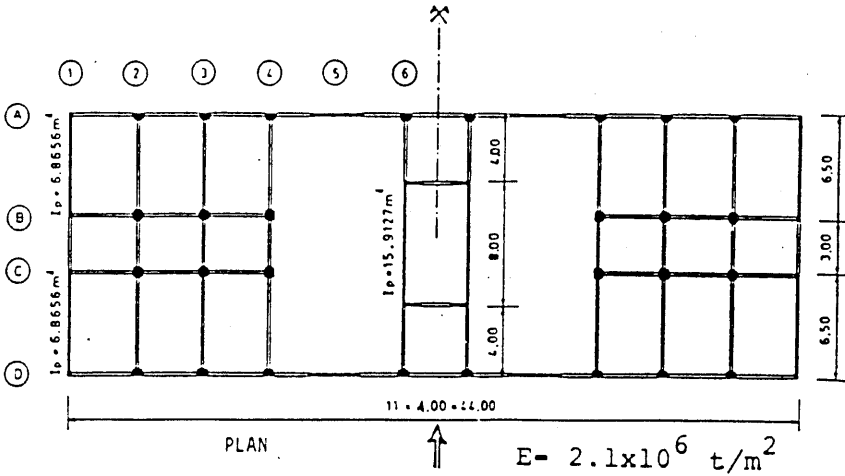
Bu tip yapı sistemi dışında 10 katlı yapı için bir de çerçevelerden oluşan bir taşıyıcı sistem söz konusu edilmiştir. Bunun için iç çerçeveler kenara taşınmış yalnız en alt kat kolonları biraz daha rijitleştirilmiştir. Ortadaki çekirdek perdelerinin bulunduğu 8.0 m'lik açıklığın perdelerin kaldırılması durumunda (40/75) cm'lik kirişle geçirildiği varsayılmıştır. Perde yerine, tuğla duvar konması ile kütlelerdeki kısmi azalmalar da gözönüne alınmıştır.

Dinamik Analiz ve Gerekli Sünekliğin Saptanması

Dinamik analiz yapılmadan önce İstanbul'da inşaatı düşünülen ve yukarıda açıklanan aynı tipte farklı yükseklikte yapılar için yönetmeliğin öngördüğü eşdeğer deprem kuvvetinin hesabındaki C taban kesme katsayılarının saptanması düşünülmüştür. Buna göre zemin hakim periyotları kayalık zeminlerde ($T_0=0.25$ sn), sağlam zeminlerde ($T_0=0.40$ sn) ve nisbeten yumuşak, III'ncü sınıf zeminlerde ($T_0=0.60$ sn) için, 1975 tarihli Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik uyarınca perde-çerçeve yapı tipi için $K=1.2$ ve çerçeve tipi yapılar için $K=0.8$ değerleri, her yapının dinamik analiz sonucunda bulunan birinci doğal periyodu esas alınarak hesaplanacak S spektrum katsayısı ve $I=1.5$ önem katsayısı, $C_0=0.08$ ile çarpılmak suretiyle İstanbul için C katsayıları hesaplanmış ve Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. 1975 Tarihli Yönetmeliğe Göre Deprem Katsayıları

		20Kat	15Kat	12Kat	10Kat	10Kat Çerçevesi
$T_0=0.25$ sn	S	0.519	0.639	0.750	0.931	0.485
	(C)	(0.075)	(0.092)	(0.108)	(0.134)	(0.047)
$T_0=0.40$ sn	S	0.663	0.706	0.845	1.00	0.522
	(C)	(0.081)	(0.102)	(0.122)	(0.144)	(0.050)
$T_0=0.60$ sn	S	0.635	0.822	1.00	1.00	0.583
	(C)	(0.091)	(0.118)	(0.144)	(0.144)	(0.056)



Şekil 2. Betonarme 20 katlı yapının Planı ve Çerçeve Kesiti.

Öte yandan deprem yönetmeliklerinin oluşumunda ana felsefeye göre normal yapılarımızda küçük manyitüdü depremler altında hiç hasar olmaması, orta büyüklükteki manyitüdü depremler altında

yapısal olmayan hasarlar olabileceği fakat yapısal hasarlar beklenemeyeceği, buna karşın şiddetli depremlerde yapısal hasarla birlikte göçmenin olmaması gerekmektedir. Bu durumda dinamik analiz sonucu elde edilecek deprem kuvvetleri taban kesme kuvvetleri olarak elde edilir ve yapı ağırlığına oranlanırsa \bar{C} katsayısı bulunur ki yapının buna ulaşması ancak gerekli sünekliği (μ) göstermesi durumunda olasıdır. Bu gerekli süneklik \bar{C}/C oranı şeklinde global olarak yerdeğiştirme sünekliği olup her yapı ve her deprem kuvveti için belirlenebilir.

Dinamik analiz için modların süperpozisyonu yöntemi kullanılmış ve her yapı için ilk üç mod esas alınmıştır. Modal analizde kullanılan Romanya 1977 NS, Denizli 1976 NS, Horasan 1983 EW deprem kuvvetli hareketlerine ait ivme karşılık spektrumları sırasıyla Şekil 3,4 ve 5'te verilmiştir.[6,7,8]

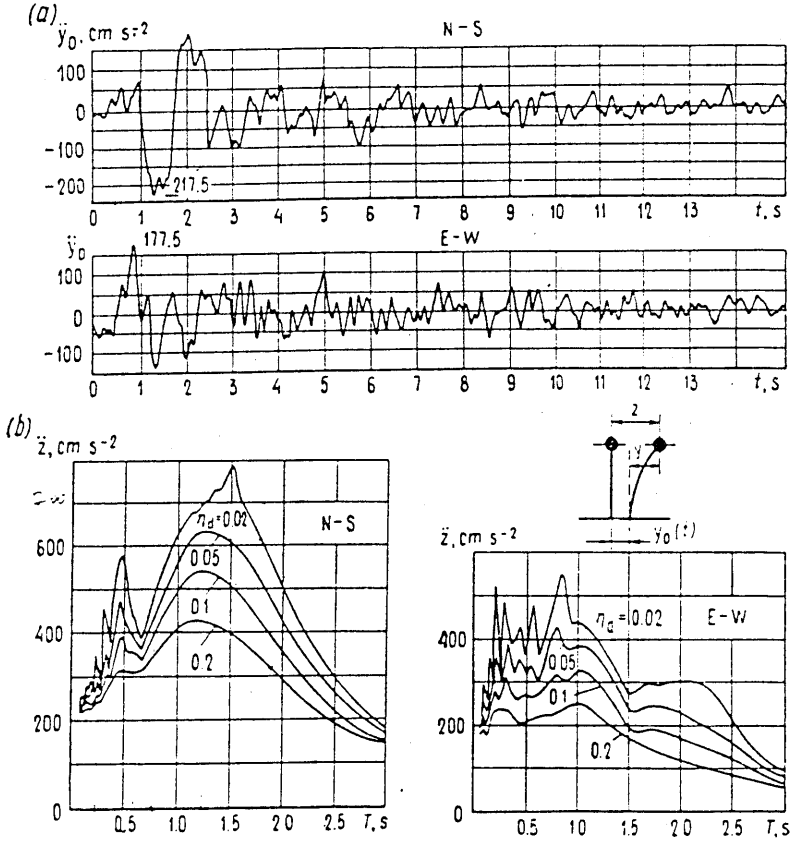
a- Perde ve Çerçeveli Yapı Sistemlerinin Dinamik Analizi

Çizelge 3,4,5, ve 6'da sırasıyla 20, 15, 12 ve 10 katlı perde ve çerçeveli yapı sistemlerine deprem kuvvetlerinin etkimesi sonucunda ortaya çıkan V_{0maks} taban kesme kuvveti, \bar{C} taban kesme katsayısı, δ_{maks} yapının en üst katındaki yerdeğiştirmeler, $(\delta_r)_{maks}$ herhangi iki kat arasındaki ortaya çıkan en büyük kat ötelemeleri ve μ_{ger} gerekli süneklik oranları gösterilmiş bulunmaktadır. Katayama-Kaya, İstanbul'da kayalık zeminde üretilmiş bir spektruma karşı gelen depremde gerekli süneklik hesabında kayalık zemin durumu, keza Romanya depremi için ise III. sınıf zemin durumu gözönüne alınmıştır.

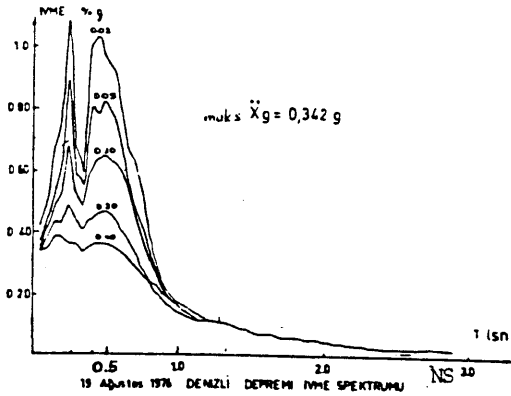
Beklenildiği gibi 20 katlı büyük peryotlu yapılar nisbeten yumuşak zeminlerde elde edilmiş ve hakim periyodu Şekil 3'den de görüleceği gibi 1~1.5 saniye arasında olan Romanya depremi tipindeki depremlerden oldukça etkilenecektir. Romanya depreminin en büyük genliği El Centro'nun 2/3'ü kadarken ortaya çıkan kuvvet onun üç katına yakındır. Bu arada Romanya depremi yapıda rölatif kat yerdeğiştirmesinin en büyük değerini vermektedir. Housner şiddetiyle gücünü ortaya koyan depremlerin aynı üstünlüğü dinamik analizde de gösterdiği görülmektedir. Katayama-Sağlam ve El Centro sırasıyla daha alt taban kesme kuvvetlerini vermektedirler.

Harmonik dalgalar, ($T= 1.38$ sn) yapı periyodu ile çakışması sonucu Dursunbey gibi nisbeten küçük manyitüdü depremler kadar yapıda etkili olabilmektedirler. Oysa ki harmonik dalgaların genliği aynı depremin pik ivmesinin 1/7'si kadardır.

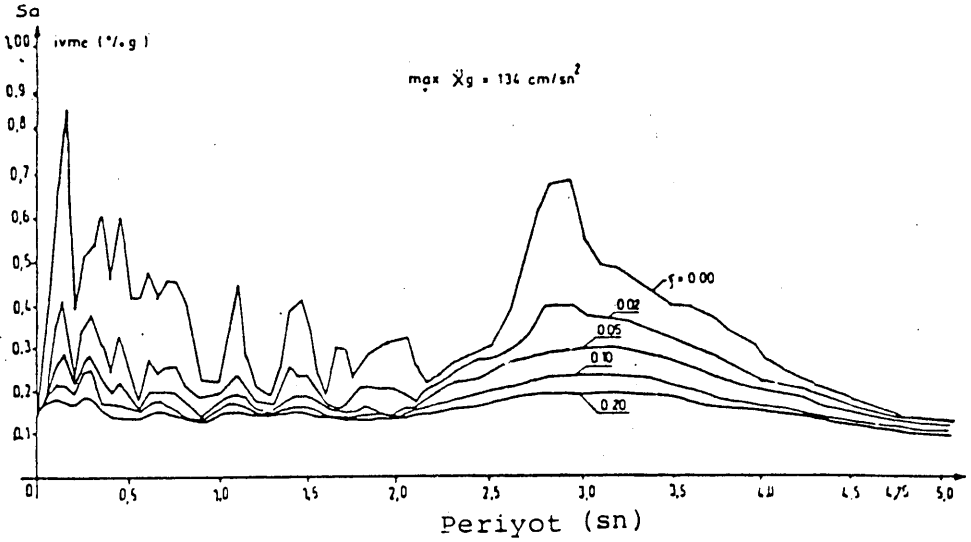
Yapı periyodu, kat sayısının azalması ile paralel olarak azalacak ve başka depremler önem kazanmaya başlayacaktır. 15 katlı yapıda $(V_0)_{maks}$ El Centro, Romanya 1977 depremine yaklaşırken Katayama-Sağlam'da artma görülmektedir. Keza $T=1.0$ sn.'lik harmonik dalga 40 cm/sn^2 'lik genliği ile onun yaklaşık 6 katı maksimum genliğe sahip Balıkesir depreminden daha büyük taban kesme kuvveti meydana getirebilmiştir.



Şekil 3. Romanya(1977) Depremi İvme Kaydı ve Spektrumları.



Şekil 4.



Şekil 5. Horasan 1983 EW İvme Spektrumu.

Çizelge 3. 20 Katlı Perde ve Çerçevesi Yapı.

Deprem	$V_{0\text{maks}}(t)$	$\bar{C} = V_0/W$	δ_{maks} (m)	$(\delta_r)_{\text{maks}}$ (mm)	μ_{ger}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Katayama K.	2192.8	0.108	0.074	5	1.44
Katayama S.	3958.1	0.194	0.156	10	2.59
Denizli NS	2756.5	0.135	0.077	5	1.80
Horasan EW	2728.9	0.134	0.122	8	1.79
Dursunbey NS	1652.1	0.081	0.061	4	1.08
Balıkesir NS	882.2	0.043	0.014	1	0.57
El Centro NS	3772.7	0.185	0.153	9	2.46
Romanya NS	9674.2	0.475	0.442	27	5.22
Harmonik(1,38)	1348.3	0.066	0.062	4	0.88
Harmonik(1,25)	1120.5	0.055	0.052	3	0.73
Harmonik(1,00)	569.6	0.028	0.025	2	0.37

$T_1 = 1.376 \text{ sn.}$; $T_2 = 0.386 \text{ sn.}$; $T_3 = 0.177 \text{ sn.}$

Çizelge 4. 15 Katlı Perde ve Çerçevesi Yapı.

Deprem	$V_{0maks}(t)$	$C=V_0/W$	δ_{maks} (m)	$(\delta_r)_{maks}$ (mm)	μ_{ger}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Katayama K.	2689.8	0.177	0.068	5	1.92
Katayama S.	4529.7	0.298	0.144	12	2.92
Denizli NS	1829.0	0.120	0.038	3	1.30
Horasan EW	2045.9	0.135	0.068	6	1.47
Dursunbey NS	1357.3	0.089	0.032	3	0.97
Balıkesir NS	876.3	0.058	0.017	2	0.63
El Centro NS	5811.6	0.382	0.188	15	4.15
Romanya NS	6346.0	0.418	0.218	18	4.54
Harmonik(1.00)	977.2	0.064	0.034	3	0.70

$T_1= 1.016$ sn. ; $T_2= 0.257$ sn. ; $T_3= 0.110$ sn.

Çizelge 5. 12 Katlı Perde ve Çerçevesi Yapı.

Deprem	$V_{0maks}(t)$	$\bar{C}=V_0/W$	δ_{maks} (m)	$(\delta_r)_{maks}$ (mm)	μ_{ger}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Katayama K.	2930.6	0.242	0.066	7	2.24
Katayama S.	4552.7	0.377	0.115	12	3.09
Denizli NS	4164.1	0.345	0.106	11	2.83
Horasan EW	1954.4	0.162	0.050	5	1.33
Dursunbey NS	1438.7	0.119	0.032	3	0.98
Balıkesir NS	1383.2	0.114	0.012	2	0.93
El Centro NS	4657.3	0.385	0.117	12	3.16
Romanya NS	3890.6	0.322	0.101	10	2.64
Harmonik(1,0)	676.7	0.056	0.018	2	0.46

$T_1= 0.784$ sn. ; $T_2= 0.181$ sn. ; $T_3= 0.074$ sn.

Çizelge 6. 10 Katlı Perde ve Çerçevesi Yapı.

Deprem	$V_{0maks}(t)$	$C=V_0/W$	δ_{maks} (m)	$(\delta_r)_{maks}$ (mm)	μ_{ger}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Katayama K.	2847.7	0.284	0.052	6	2.12
Katayama S.	4810.7	0.480	0.095	11	3.33
Denizli NS	2400.6	0.240	0.046	6	1.67
Horasan EW	1830.4	0.183	0.035	5	1.27
Dursunbey NS	1580.4	0.158	0.029	4	1.09
Balıkesir NS	1001.4	0.100	0.014	2	0.69
El Centro NS	5406.9	0.540	0.108	13	3.75
Romanya NS	2934.9	0.243	0.059	7	1.69
Harmonik(1,00)	437.3	0.044	0.009	1	0.31

$T_1= 0.624$ sn. ; $T_2= 0.135$ sn. ; $T_3= 0.054$ sn.

Şekil 6'da \bar{C} katsayısının periyota göre çeşitli depremler için nasıl değiştiği görülebilir. Aynı şekil üzerinde 0.05 sönümlü El Centro eğrisi çizilmiştir. Bu spektrum eğrisi tek serbestlik dereceli sistemin karşılık eğrisi olmasına karşın, çok serbestlik dereceli sistemlerin \bar{C} deprem katsayıları ile oldukça iyi uyum göstermektedir. Bu bakımdan spektrum eğrilerinin önemi bir kez daha vurgulanmalıdır. Yine beklenildiği gibi 5 katlı ve 7 katlı rijit yapılarda Katayama-Kaya, Denizli NS ve El Centro depremleri etkili olabilecektir. Romanya depremi ise bu tip yapılarda etkisini tamamen yitirecektir.

b- Çerçeve Yapı Sisteminin Dinamik Analizi

Bölüm 3'te belirtildiği şekilde 10 katlı rijit perdeleri olan sistemde perdeler yerine çerçeveler yerleştirilince yapı birdenbire esnek (fleksibl) hale gelmektedir. Periyot $T=0.624$ sn'den $T=1.514$ sn'ye çıkmaktadır. Çizelge 7'den görüleceği üzere yine uzun periyotlu dalgalara sahip Romanya, El Centro ve Horasan gibi depremler bu yapıda etkili olabilmektedir.

Diğer önemli nokta, yapının perde ve çerçevelerden oluşan rijit yapı olması durumunda yalnızca çerçevelerden oluşan yapıya göre çok fazla deprem kuvvetini üzerine çektiğidir. Çizelge 6 ve 7'nin karşılaştırılması ile Katayama-Sağlam spektrumuna karşı gelen deprem, El Centro için yaklaşık 3 kat, Denizli için 2 kat fazla deprem kuvveti rijit yapıya gelebilmektedir.

Ayrıca esnekliğin artması ile şiddetli depremlerde yumuşak zeminlerde ortaya çıkabilecek bazı problemler, deprem kuvvetlerinin çok büyümesi, kat ötemelerinin artması gibi (Romanya depremi 63 mm) lineer elastik hesaplardan görülecektir.

Hasara Bağlı Süneklik İrdelemesi

Şekil 7'de 1975 tarihli yönetmelik uyarınca hesaplanan, statikçe denk kuvvetleri veren C katsayılarının değişimi verilmektedir. İstanbul'da önemli yapılar için bu katsayının en büyük değeri 0.144 olmaktadır. Bu eğrinin üzerinde gereken kuvvetleri karşılayabilmesi için yapının en büyük sünekliği

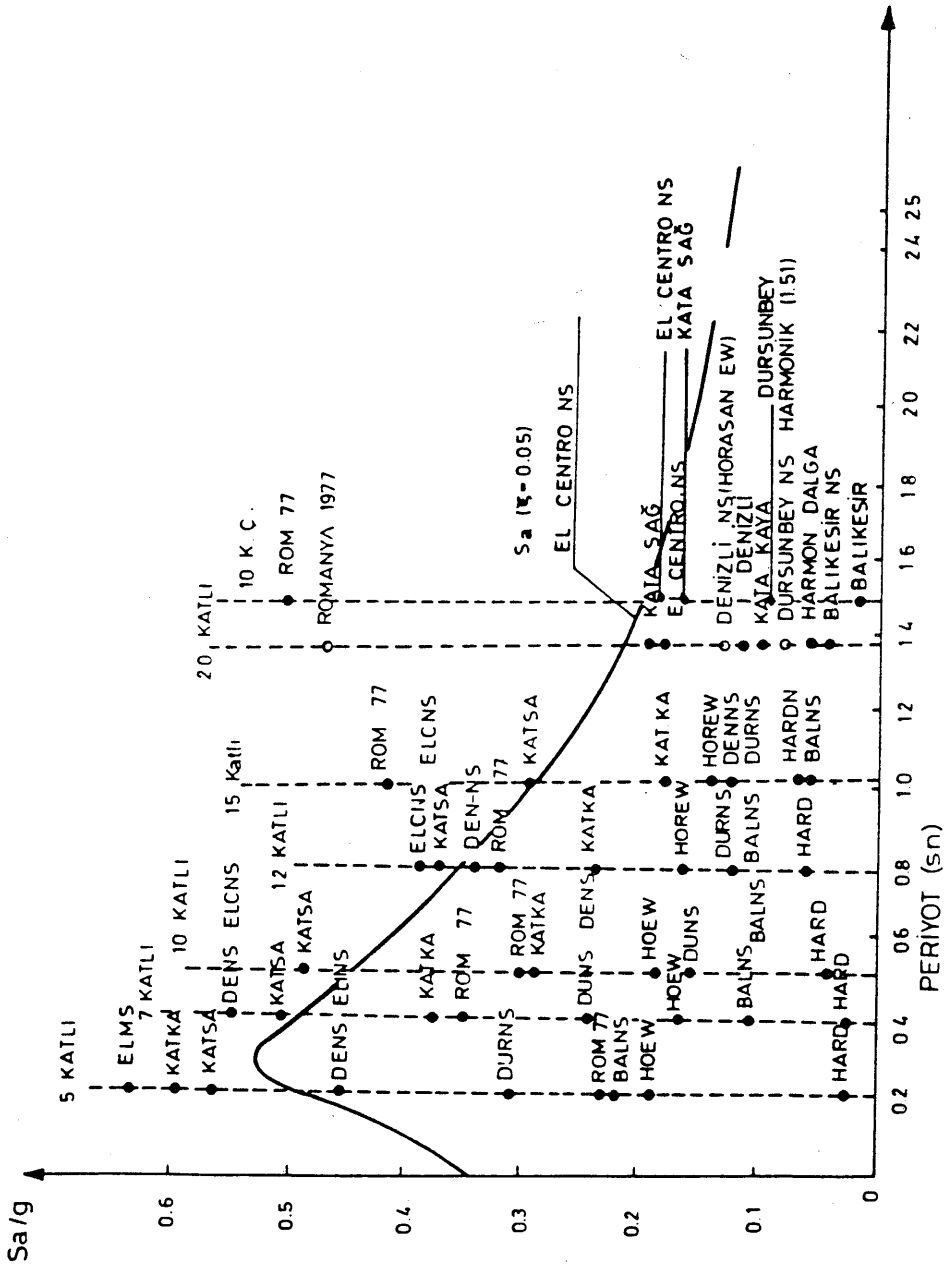
$$\mu_{\text{limit}} = K/6 \quad (3)$$

ile verilebilir. Bu durumda perde-çerçeve yapılar için $\mu_{\text{lim}} = 5$, çerçeve yapılar için $\mu_{\text{lim}} = 7.5$ olarak sınırlanabilecektir. Bu durumda Romanya 1977 depremi 10 katlı çerçeve yapı için ağır hasarın ötesinde etkili olacaktır. Diğer taraftan öteleme oranlarının yönetmelikteki denk kuvvetlerle hesabı yapıldığında,

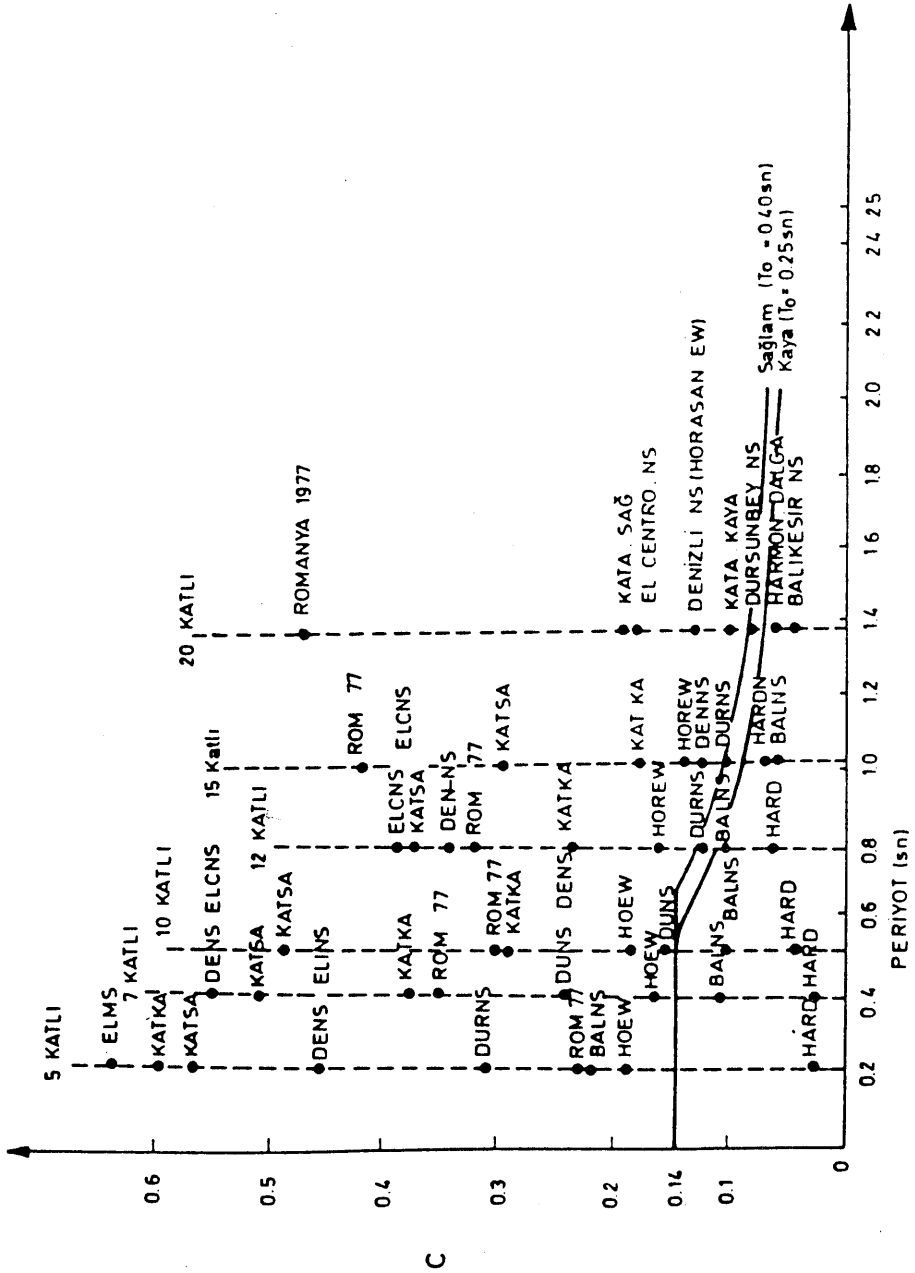
$$\Delta_{\text{lim}} = h_k/400 \quad (4)$$

veya, yapı tipi katsayısı (K)'ya bağlı olarak [10],

$$\Delta_{\text{lim}} = h_k/250K \quad (5)$$



Şekil 6.



Şekil 7.

verilmesi ile yapısal olmayan duvar, asma tavan ve doğrama gibi elemanlarda da hasarın sınırlandırılması gerekir. Bu durumda yönetmelik sonucu 7.5 mm, diğer öneriye göre ise perdeli yapılarda 10 mm, çerçevesel yapılarda 15 mm kat ötelemesinin elde edilmesi söz konusu olacaktır.

Dinamik hesapların örnek perde ve çerçevelerden oluşan sistemlerde bütün koşulları sağlayacak durumda olduğunu göstermektedir. Öte yandan çerçevelerden oluşan sistem de yumuşak zeminlerde inşaa edilmemek koşulu ile yeterli sünekliği ve rijitliği göstermektedir.

Önemli yapılarda sünek davranışla ortaya çıkacak hasarın maliyeti ayrıca önem taşımaktadır. Bu maliyet yapısal ve yapısal olmayan elemanların tamiri, işletme ve üretim kaybı, kurumun, yapı sahibinin yada yapımcı şirketin prestij kaybı sonucunda ortaya çıkabilir. Ayrıca içinde yaşayanlarda veya geçici olarak yapıda bulunanlarda deprem hasarı herhangi bir güvensizlik ve paniğe de yol açmamalıdır.

Umumura [9] bu yönden hafif hasar için $\mu=2.0$ önermektedir. Öte yandan hasar gözlemine dayanan MSK şiddet cetveline göre VIII şiddetindeki depremde betonarme yapılarda orta hasar beklenmektedir.

Çizelge 7. 10 Katlı Çerçevesel Yapı.

Deprem	$V_{0\text{maks}}(t)$	$\bar{C}=V_0/W$	δ_{maks} (m)	$(\delta_r)_{\text{maks}}$ (mm)	μ_{ger}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Katayama K.	917.0	0.094	0.077	9	2.00
Katayama S.	1676.0	0.171	0.145	17	3.42
Denizli NS	1105.0	0.113	0.082	9	2.26
Horasan EW	1465.9	0.150	0.139	19	3.00
Dursunbey NS	822.8	0.084	0.074	9	1.68
Balıkesir NS	205.2	0.021	0.016	2	0.42
El Centro NS	1859.5	0.021	0.016	2	0.42
Romanya NS	4943.0	0.505	0.158	19	3.16
Harmonik(1,0)	234.3	0.024	0.022	3	0.42
Harmonik(1,25)	461.8	0.047	0.044	5	0.88
Harmonik(1,51)	734.9	0.075	0.070	10	1.50

$$T_1= 1.514 \text{ sn. ; } T_2= 0.581 \text{ sn. ; } T_3= 0.341 \text{ sn.}$$

İrdeleme, Romanya depremi dışta tutulmak suretiyle yapılsa Denizli 1976 depremi ile Katayama yöntemi ile elde edilmiş spektrumlarla dinamik analiz sonuçları karşılaştırılmalıdır. Bu durumda hasarı sınırlayıcı bir süneklik aralığı verilebilir. 5 Normal Kat + Zemin Kat + Bodrum Kattan oluşan, özenle yapımı gerçekleştirilmiş Denizli Merkez Bankası duvarlarında Denizli depremi sırasında küçük çatlaklar oluşmuştur [7]. Bu, bizim örneğimizdeki 7 katlı yapı için

$\mu_{ger}=3.20$ 'ye karşı gelmektedir. Katayama spektrumu kullanıldığında ortalama $\mu=3.26$ elde edilebilecektir. Denizli depremi sırasında betonarme yapılarda önemli herhangi bir yapısal hasar (birkaç yapı dışında) olmadığı da göz önüne alınırsa hafif veya orta hasar beklentisinde $2.4 < \mu < 3.2$ arasında seçilmesi uygun gözükmektedir.

Sonuçlar

a) Önemli yapılar için iki tip zemin cinsini kapsayan ($\mu= 0.05$) sönüm değerinde ivme karşılık spektrumları (S_A)'lar İstanbul için önerilmiştir.

b) Böyle bir spektrum, bu büyüklükte ($M=6.49\sim 6.7$) deprem için ortaya çıkacak yapılara gelebilecek, deprem kuvvetlerini vermeye dönük işleve sahiptir.

c) Bu türden bir depreme karşı koyacak yapıların taşıyıcı sistemleri yeterli sünekliği ve rijitliği sağlayacak biçimde seçilmeli, tasarımı buna göre yapılmalı ve tasarıma uygun inşaatı gerçekleştirilmelidir.

d) Hasarın sınırlandırılması amaçlandığında süneklik $2.4 < \mu < 3.2$ değerleri arasında alınmalı, bu değerler aşılmamalıdır.

e) Küçük manyitüdü darbe tipi depremlerin yukarıdaki sıralanan konulara uyumlu inşaa edilmiş yapılarda herhangi bir hasar yapması beklenemez.

f) Yumuşak zeminlerde inşaa edilecek esnek yapılar için büyük öteleme oranları ve (Romanya depremi örneğindeki gibi) büyük kuvvetler bekleneceğinden özel önlemler alınması gerekir.

g) Katayama modeline bağlı karşılık spektrumlarının bölge için geçerliliği, gelecekte İstanbul ve yöresini sarsması olası kuvvetli hareket depremlerine ait ivmelerin yakalanıp kaydedilmesi ve sonra da incelenmesine çok bağlıdır. Bu bakımdan ivme-yazar (accelerograph) şebekesinin bölgeye yterince ve yeterli sıklıkta yerleştirilmesinin önemi bir kez daha vurgulanmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Tezcan, S., S., Acar, Y., Çivi,A., "İstanbul İçin Deprem Riski Analizi" Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni No.26, 5-34, 1979.
- [2] Katayama, T., Iwasaki, T., Saeki, M., "Prediction of Acceleration Response Spectra For Given Earthquake Magnitude , Epicentral Distance and Site Conditions" Bull. ERS., 11, 3-20, 1977.
- [3] Hasgür, Z., Güngör, Z., "Intensity Investigation of Last Ten Years Turkish Earthquake Acceleration Records: A Proposal for a New Parameter", 9th European Conf. on Eatrquake Eng., Moscow, Vol.4B, 90-99, 1990.

- [4] akıroğlu, A., zmen, G., "ereveler ve Bořluklu Perdelerden Oluşan Yapıların Yatay Yklere Gre Hesabı", Teknik Rapor 16, İ.T.. İnşaat Fakltesi, 1973.
- [5] akıroğlu, A., zmen, G., "Yapıların zel Periyotlarının Tayini ve Modların Sperpozisyonu Yntemi", Uluđ Katabevi, 1977.
- [6] Polyakov, S., V., "Design of Earthquake Structures", Mir Publishers, Moscow, 1985.
- [7] Baylke, N., Ateř, R., "Denizli Eartquake August 19, 1976" , Bull. of Turkish Geophycists Assoc. VII, No.3, 49-79, 1977
- [8] Earthquake Research Department, "Strong Motion Accelerograph Records of Turkey" Ankara, 1985.
- [9] Umemura, H., "Earthquake Resistant Design of Structures-From Wooden Frame to High Rise", Faculty of Eng., University of Tokyo, 1976.
- [10] zden, K., "Betonarme ve ngerilmeli Beton Prefabrike Taşıyıcı Elaman, Sistem ve Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları- neri, 1988.