

ERZINCAN'DAKI BİR BETONARME BINANIN DEPREM DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF EARTHQUAKE BEHAVIOUR OF A REINFORCED CONCRETE BUILDING IN ERZINCAN

Zekai CELEP¹, Zeki ÖZCAN²

SUMMARY

Earthquake behaviour of a damaged reinforced concrete building in Erzincan is investigated by using various post-earthquake inspection and evaluation techniques. The investigation includes some simple techniques as well as three dimensional finite element solution of the building. The results of the analytical solutions are compared with the earthquake damage. Based on this specific investigation as well as their experience on damage assessment, strengthening methods, project and application control in the Erzincan Rehabilitation Project, the authors have attempted to drive some general conclusions on the application of the code which regulates constructions in the earthquake regions.

ÖZET

Erzincan'daki hasar gören bir betonarme binanın deprem davranışı değişik değerlendirme yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Bu yöntemler basit hesaplar yanında binanın üç boyutlu sonlu eleman çözümünde kapsamaktadır. Bulunan bu hesap sonuçları ile deprem sonrası belirlenen hasar durumu karşılaştırılmıştır. Bu özel bina davranışı yanında, Erzincan Onarım ve Güçlendirme Projesi'ndeki hasar belirleme, güçlendirme yöntemleri, proje ve uygulama kontrolü deneyimlerine de dayanarak yazarlar deprem yönetmeliğinin uygulanması ve meydana gelen hasar nedenleri hakkında genel sonuçlar çıkarmaya çalışmışlardır.

KONU

13 Mart 1992 Erzincan depreminin hemen sonrasında yazarlar İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı-Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi tarafından gerçekleştirilen proje kapsamında hasarı yerinde incelemiş ve daha sonra hasar gören yapıların güçlendirme projelerinin hazırlanmasına katılmışlardır. Bu çerçevede pek çok hasarlı binayı ve güçlendirme projelerini incelemek fırsatını bulan yazarlar, konu hakkındaki düşüncelerini bir kooperatif binasını ayrıntılı ele alarak sunmaktadırlar [1,2].

SEÇKİN 2 YAPI KOOPERATIFI BLOKLARI

Seçkin2 bloklarının yerleşimi ve taşıyıcı sisteminin düzeni Erzincan için tipikdir. şekil 1 de normal kat kalıp planı verilen taşıyıcı sistem pek çok kooperatifde küçük değişikliklerle tekrar edilmiştir. İkiz bloklar halinde inşa edilen kooperatif 6 bloktan ibarettir. Blokların eksenleri kuzey-güney ve doğu-batı doğrultusunda olup Erzincan'da görülen tipik hasarı içermektedir. Bloklar bodrum, zemin ve iki adet normal kat olmak üzere toplam dört kattan oluşmaktadır. Bodrum katın yaklaşık 1/3 lük bir kısmı zemin üzerinde kalmaktadır. Binanın kalıp planları yanında, bazı kiriş çizimlerine rastlanmıştır. Herhangi bir statik ve betonarme hesabı bulunamamıştır. Taşıyıcı sistemin incelenmesinden binayı baştan başa geçen ve kolonları birbirine bağlayan ve dışmerkez birleşmeyen hemen hemen hiç bir çerçevenin bulunmadığı görülmektedir. Kirişler birbirine mesnetlendirilmiş veya kolonlara dışmerkez olarak

1 Prof Dr, İTÜ İnşaat Fakültesi, 80626 Maslak, İstanbul

2 Yük Müh, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Adapazarı

oturtulmuştur. Özellikle dış uzun kenarda bulunan çerçevenin dışmerkez düzenlenmesi bu cephedeki balkonların kısmen içeri çekilmesinden ortaya çıkmıştır. Kat kalıp planının incelenmesinden, bazı küçük değişikliklerle pek çok düzenli çerçevenin elde edilebileceği anlaşılmaktadır.

DEPREM HASARI

Deprem sonucu Erzincan'da çok miktarda betonarme binada önemli hasar meydana gelmiştir. Bu hasarlar ağır orta ve hafif olarak sınıflandırılarak, orta hasar olanlar için onarım ve güçlendirme işlemi başlatılmıştır. Burada gözönüne alınan kooperatif binaları, orta hasar meydana gelenler arasında bulunmakta olup Erzincan'da görülen tipik hasarı içermektedir.

Taşıyıcı sistemin beton kalitesi için darbeli çekiç ve ses hızı deneyleri ve kolonlardan numune alarak basınç deneyleri yapılmıştır. İki farklı bloktan alınan numunelerden elde edilen sonuçlar 7.9 MPa ve 23.6 MPa gibi birbirinden çok farklı değerler vermiştir. Bu sonuç beton kalitesinde çok geniş dağılıma ve bulunacak değerlere olan güvensizliği yansıtmaktadır. Kolonun düşey bir eleman olduğu hatırlanır ve yerleştirmenin kirişlere göre daha uygun olması gerekeceğinden hareket edilirse, kirişlerdeki beton kalitesi dağılımının çok daha güvensiz olacağı söylenebilir. Diğer beton deneyleri bu elde edilen sonuçlara bağlı olarak değerlendirilmiş ve ortama beton basıncı dayanımı değeri 15.5MPa ve %90 güvenli beton basınç dayanımı değeri ise 10.5MPa olarak bulunmuştur. Yapılan diğer çalışmalar gözden geçirildiğinde elde edilen değerlerin hemen hemen Erzincan ortalaması olarak kabul edilebileceği söylenebilir. Hasarsız bölgeler seçilerek deneyler yapıldığı için elde edilen değerlerin bir üst sınır oldukları unutulmamalıdır. Yapılan incelemeler sırasında bazı yerlerde betonun yeterli homojenliğe sahip olmadığı ve bazı yerlerde ceviz büyüklüğünde kil parçalarının bulunduğu tesbit edilmiştir. Kritik kesitlerinde böyle problemlerin bulunduğu bir yapı elemanında alışılabilen statik ve betonarme kabulleri ile hesaplar yaparak tutarlı bir sonuca gelinip gelinemeyeceği dikkate değer bir tartışma konusudur. Benzer bir çalışma mevcut donatının belirlenmesi için yapılmıştır. Bodrum kat kolonlarda donatı oranının 0.01 değerine yaklaştığı belirlenmiştir. Kirişlerde yapılan donatı tesbitinde ise donatı oranının 0.006 civarında olduğu görülmüştür. Bunlar mevcut fakat eksik olan çizimlerle karşılaştırıldığında projede öngörülen değerlerle uyduğu belirlenmiştir. Kolon ve kirişlerde etriye aralığı 25cm ile 30cm arasında değişmektedir.

Deprem sonucu bodrum kat ve zemin kat başta olmak üzere kirişlerde ve kolon-kiriş birleşim bölgelerinde yaygın biçimde çatlaklar meydana gelmiştir. Hasar özellikle bodrum ve zemin kat kolonlarının kirişlerle birleşim bölgelerinde yoğunlaşmıştır. Buralarda düşey ve yatay ayrılmalar ve geniş çatlaklara rastlanmıştır. Üst katlarda çatlaklar yukarı doğru yaygınlaşmakta ve azalmaktadır. Her zaman olduğu gibi deprem hasarlarının nedeni tek değildir, bir kaç tanesinin bir araya gelmesiyle hasar meydana gelir. Önemli olan nokta bunları önem sırasına göre düzenlemektir. Gözönüne alınan bu kooperatif blokları için hasarın meydana gelme nedenleri önem sırasına göre aşağıdaki gibi sıralanabilir [3,4,5]:

1 a. Beton kalitesi çok düşüktür. Bulunan ortalama değerden olan sapmalar da çok fazladır. Beton kalitesinin incelenmesi için yapılan deneylerin hasar meydana gelmeyen yerlerden alındığı unutulmamalıdır. Depremden sonra sistemin zayıf bölgeleri de zaten hasar meydana gelmiştir. Anlamlı sonuç elde edilmesi amacıyla numune alınarak kırılan ve darbe çekicinin uygulandığı yerlerin seçiminde mümkün olduğu kadar hasar bölgelerinden uzak durulmuştur. Bu nedenle beton kalitesi için elde edilen dayanım bir üst sınırı göstermektedir.

b. Betonla donatı arasındaki yük aktarımı için gerekli olan kenetlenme gerçekleşmemiş bulunmaktadır. Bu nedenle yerel çözümler meydana gelmiştir. Kenetlenmenin meydana gelmemesi iki nedene bağlanabilir: Bunlardan ilki beton kalitesinin yetersiz olması nedeniyle

donatı yüzeyi ile beton arasındaki aderans bağı oluşmamış bulunmaktadır. İkincisi donatının yerleştirilmesinde deprem yüklemesi için gerekli olan düzenden gerçekleştirilememiş olmasıdır. Örneğin kiriş düz donatılarının mesnetlerde yeterli kenetlenmeye sahip olmaması, kiriş-kolon birleşim bölgelerinde yeterli sıklıkta etriyenin kullanılmamış olması gibi.

GÜÇLENDİRME SİSTEMİ

Ele alınan bina, yürütülen proje içinde esasları tartışılan ve yaygın bir şekilde uygulanan perdeleme sistemi ile güçlendirilmesi projelendirilmiştir [6]. Bu sistemde, perdeler yatay yüklerin önemli bir kısmını karşılarken ve düşey yüklerin taşınmasına da yardım etmesi öngörülmüştür. Güçlendirme sisteminin seçilmesi ve projelendirilmesi sırasında en çok dikkati üzerinde durulan noktalar, mevcut sistemde oluşan deprem kuvvetlerinin perdeler geçişinin sağlanması ve perdelerin temellerinde oluşan deprem momentlerinin güvenli bir şekilde zemine iletilmesi olmuştur. Mevcut çerçeve sistemi ile, yeni güçlendirme perdelerinin bağı, döşemelerle perdelerin birleşim kesitlerinde ve perdelerin geçerek geçtiği kirişlerin ortak yüzlerinde sağlanmıştır. Temelde ise mevcut ve yeni sistemin temellerinin birleştirilmesiyle ve bazan da mevcut temel üzerine yapılan radye temelle gerçekleştirilmiştir.

Kat	Ac/Aa(%)	As/Ac (%)	Ort.Kolon Gerilmesi(MPa)
2	1.08	0.73	1.1
1	1.09	0.77	2.2
Z	1.24	0.87	2.9
B	1.44	0.87	3.3

Tablo 1 Kolonlarda ortalama kesit alanları oranları ve gerilmeler

Kolon	Kesme Kuv.Or.(%)	Me(kNm)	Cm(%)	Ve(kN)	Cv(%)
25X40	3.58	92.0	21	77.5	22
40X25	1.40	57.5	33	67.9	49
25X50	7.00	143.8	16	96.9	13
60X25	2.09	86.3	33	93.9	45

Tablo 2 Kolonlarda hasar için gerekli taban kesme kuvveti katsayıları

KOLON KESİT ALANLARININ KONTROLÜ

Hasar görmemiş sistemde düşey taşıyıcı elemanlarla ilgili basit bir kontrol her katta toplam kolon alanını(Ac) toplam kat alanına(Ap) ve toplam donatı alanını(As) toplam kolon alanına oranlayarak yapılmıştır ve sonuç Tablo 1 de verilmiştir. Tabloda ayrıca 12kN/m2 ortalama kullanma yükü(G+Q) kabul edilerek ortalama kolon gerilmeleri hesaplanmıştır. Diğer kontrol da bodrum katında kolonların düşey yüke ek olarak taşıyabilecekleri eğilme momenti(Me) bulunmuş ve kolonların büküm noktası kolon boyunun yarısı alınarak eğilme kırılması için gereken kolon kesme kuvveti hesaplanmıştır. Kolon kesitlerinin atalet momentleri esas alınarak yapı toplam kesme kuvveti ve taban kesme kuvveti katsayısı(Cm) bulunmuştur. Betonun ve kolonlardaki etriyenin katkısı gözönüne alınarak kesme kırılması için gereken kolon kesme kuvveti(Ve) ve taban kesme kuvveti katsayısı da hesaplanarak Tablo 2 de verilmiştir.Bütün bu hesaplarda betonun silindirik basınç dayanımı yapılan deney sonuçlarına uygun olarak 10MPa kabul edilmiştir. Bu hesaplardan depremdaki hasarın betonun dayanımının düşük olmasından

ortaya çıkabileceğini göstermektedir. Burada önemli bir nokta betonun bu düşük dayanımda bile düzgün olarak dağıldığının kabul edilmesidir. Bazı bölgelerde mevcut olan yerel dayanım düşüklülüğü ve inşaat hatası, hesaplanan katsayıları çok daha aşağı indirecektir.

Kolon kesit alanları için diğer basit bir kontrolde Japon Deprem Yönetmeliği'nde verilmiştir [7]. Buna göre 20 m den daha az yükseklikteki yapılarda her kat için her iki doğrultuda aşağıdaki eşitsizlik sağlanmalıdır:

$$25A_w + 7A_c + 10A_s > 0.1Z A_i W_i$$

A_w = Perdelerin toplam kesit alanı(cm²), A_c = Kolonların toplam kesit alanı(cm²), A_s = Kolon donatılarının toplam kesit alanı(cm²), Z = Deprem bölgesi katsayısı(1.0;0.9;0.8), $A_i = 1 + (1/\sqrt{\alpha_i}) - \alpha_i / 2T / (1 + 3T)$, $\alpha_i = W_i / W_n$, W_i = i. katın üstündeki ağırlık(N), W_n = Toplam bina ağırlığı(N), A_p = Binanın plandaki toplam alanı(cm²), T = Bina periyodu(s), n = Binanın kat sayısı.

Gözönüne alınan bina için kolon donatılarını da içeren kesit alan oranları Tablo 3 de verilmiştir. Bu değerler Japon yönetmeliğinde verilenle karşılaştırıldığında bunların yetersiz olduğu görülür. Ancak, burada deprem bölge katsayısının(Z) değeri yurdumuz için açık değildir.

Kat	2	1	Zemin	Bodrum
$(7A_c + 10A_s) / W_i$ (cm ² /N)	0.0635	0.0321	0.0243	0.0211

Tablo 3 Kolonlarda ortalama kesit alanları oranı

İNDEKS DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

Japonya'da mevcut binaların deprem davranışının belirlenmesi için kullanılan indeks yönteminin birinci seviye değerlendirmesi aşağıdaki gibi yapılabilir [8]:

$$I_s = E_o * S_d * T$$

$$E_o = (n + 1) / (C_w + a_1 * C_c) * F_w / (n + i)$$

I_s = Taşıyıcı sistem davranış indeksi, E_o = Deprem davranış ana indeksi, S_d = Tasarım ve boyutlandırma indeksi, T = Zamanla bozulma indeksi, n = Binanın kat sayısı, i = Gözönüne alınan kat, C_w = Perdelerin dayanımı, C_c = Kolonların dayanımı, $a_1 = 0.7$; ($C_w = 0$) 1.0, F_w = Perde süneklik indeksi.

$$C_w = (30A_{w1} + 20A_{w2} + 10A_{w3}) f_{cd} / (200W) \quad C_c = (10A_{c1} + 7A_{c2}) f_{cd} / (200W)$$

A_{w1}, A_{w2}, A_{w3} = İki, bir tarafı başlıklı ve başlıksız perdelerin kesit alanı(m²), f_{cd} = Beton hesap dayanımı(MPa), W = Gözönüne alınan kat üzerindeki bina ağırlığı, $A_{c1}(A_{c2})$ = Kat yüksekliği/kesit yüksekliği $< (> 6$ olan kolonların kesit alanı(m²).

Gözönüne alınan bina için ilgili hesap yapıldığında

$$I_s = 0.12 * 0.9 * 1.0 = 0.108$$

bulunur. Bu sonucun bir karşılaştırma değeri oluşturduğu kabul edilmelidir.

SONLU ELEMAN SONUÇLARI

Bu bölümde incelenen Seçkin 2 Yapı Kooperatifi'ne ait bir blokta dinamik etkiler altında yapılan çözümler verilmiştir. Çözüm için SAP90 programı kullanılmıştır. Yapı üç boyutlu olarak çubuk elemanlarla modellenmiştir. Taşıyıcı sistem planı şekil 1 de, SAP90 modeli şekil 2 de verilmiştir. Sayısal çözümlemeye; hasarsız yapı ve güçlendirilmiş yapı olmak üzere iki durum incelenmiştir. Dış etki olarak şekil 3 de verilen 13 Mart 1992 Erzincan Depremi, D-B bileşeninin %10 sönümlü spektral değerleri kullanılmıştır [9,10].

a. Hasarsız Durum: Yapının deprem öncesi hali göz önüne alınmıştır. Hesap değerleri, mevcut yapı üzerinden ve elde edilebilen mimari, betonarme projelerden alınmıştır. Elastisite modülü olarak $E_c = 20000$ MPa değeri uygun görülmüştür. Yapı tipi katsayısı $R = 3.5$ alınmıştır. Sistemin x ve y yönünde ilk dört periyodu gözönüne alınmıştır. Serbest titreşim frekansları ve periyotları Tablo 2 de verilmiştir. Sayısal çözümlerin incelenmesinden en büyük kesit değerlerinin A1, A15, B1 ve B15 kolonlarında ve bu kolonlara birleşen kirişlerde olduğu görülmektedir. Bu değerlerden bahsedilen noktalarda öngörülen şiddette bir deprem sonucu hasar meydana geleceği tahmin edilebilir.

b. Güçlendirilmiş Durum: Güçlendirme amacıyla şekil 1 de görülen x doğrultusunda bir, y doğrultusunda iki adet deprem perdesi düzenlenmiştir. Perdeler temelden itibaren değişen kesitlerle çatıya kadar devam ettirilmiştir. Perde etkilerinin zemine aktarılması için ilave temel düzenlenmiştir

Mod No	HASARSIZ		GÜÇLENDİRİLMİŞ	
	Frekans(rad/s)	Periyot(s)	Frekans(rad/s)	Periyot(s)
1	9.143	0.687	18.184	0.3455
2	10.044	0.625	24.674	0.2546
3	26.846	0.234	54.925	0.1144
4	29.742	0.211	64.571	0.0973
5	45.042	0.139	98.448	0.0638

Tablo 4 Yapının frekans ve periyot değerleri

şeklinde düzenlenmiştir. Perdeler için elastisite modülü 28000MPa, süneklilik katsayısı $R = 4.0$ alınmıştır. Serbest titreşim frekans ve periyotları Tablo 4 de verilmiştir. Hasar gören kesitler de güçlendirmeden sonra elde değerler, yatay kuvvetleri deprem perdelerinin aldığı, bu kesitlere gelen etkilerin azaldığını göstermektedir (Tablo 5).

Kolon	HASARSIZ				GÜÇLENDİRİLMİŞ			
	Vex	Mex	Vey	Mey	Vex	Mex	Vey	Mey
25X40	2.2	13.7	38.7	56.9	7.6	12.6	12.0	16.9
40X25	73.2	93.9	25.6	103.8	2.2	2.9	17.7	32.3
25X50	380.0	507.4	37.7	70.0	18.4	26.8	13.8	2.04
60X25	72.7	93.3	157.6	335.7	3.6	5.3	89.3	129.2

Tablo 5 Bodrum kat kolon kesme kuvvetleri(kN) ve momentleri(kNm)

KARŞILAŞTIRMA VE SONUÇ

Bir taşıyıcı sistemin depremde kabul edilemeyecek hasar nedenleri önem sırasına göre;

- Taşıyıcı sistemin iyi düzenlenmemiş olması,
- Malzeme dayanımlarının düşük olması,
- Konstrüktif ayrıntılara yeterli özenin gösterilmemiş olması,
- Statik ve betonarme hesaplarının yeterli olmaması, şeklinde sıralanır. Yukarıda sunulan inceleme ve hesaplar sonucunda benzer önem sırasının incelenen kooperatif bloğu için de geçerli olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan incelemenin ayrıntılı sonuçları aşağıdaki gibi verilebilir. Yazarlar bu sonuçların Erzincan'daki pek çok hasar gören bina için de genelleştirilebileceği kanısındadırlar:

a. Deprem hasarının ana nedeni olarak projelendirme safhasından başlayan ve uygulama safhasında yoğunlaşarak devam eden ciddiyetsizliğin ortadan kaldırılması gerekir. Bunun için denetime ihtiyaç vardır, ama bu tek çözüm olarak görülmemelidir. Depremi özen gösterilmesi gereken ve hataları affetmeyen bir sorun olduğunun bu işlerle uğraşanlar tarafından bilinmesi gerekir. Bu fikrin başlatılmasının ilk adımı da öğretim kurumlarındadır.

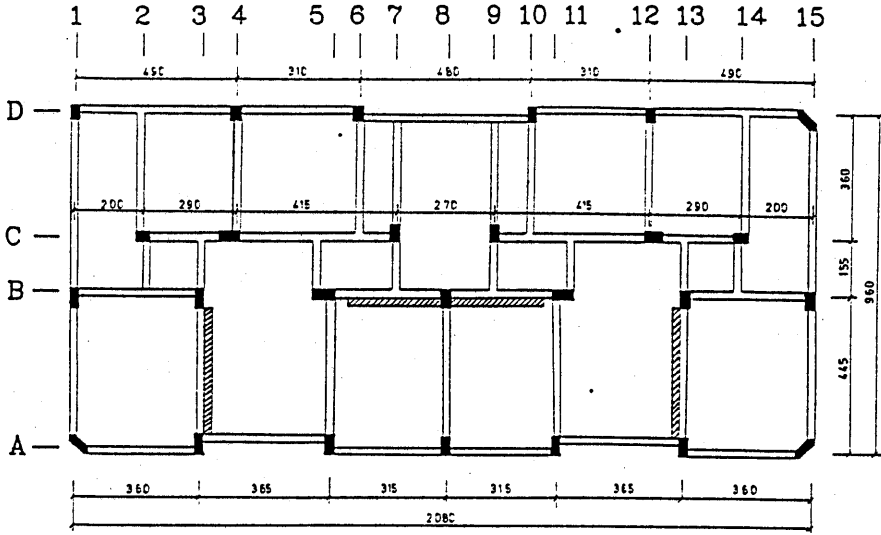
b. Yapının taşıyıcı sisteminin çözümlenmesinde kullanılan statik ve betonarme hesaplar isterse tablolar, isterse bilgisayar yardımıyla yapılsın, kullanılan kabuller gerçekleştirildiğinde anlamlıdır. Homojen olmayan ve yeterli dayanıma sahip olmayan betonun kullanılması durumunda bu hesapların hiç bir anlamı yoktur.

c. Yapının deprem altındaki davranışı ile düşey yükler altındaki davranışı birbirlerinden farklıdır. Yapının taşınması öngörülen düşey yüklerin tam değerleri ömrü boyunca hiç gerçekleşmeyebilir. Ancak, deprem meydana geldiğinde, şiddetine bağlı olarak, boyutlamada öngörülen deprem yüklemesi tam bir şekilde gerçekleşebilir. Bu nedenle düşey yükler altında yıllar boyunca güvenli bir şekilde yük taşıyan sistem, deprem etkisinde büyük hasar görebilir. Taşıyıcı sistem inşa edilirken başından itibaren düşey yüklerle aynı özellikte olan kendi ağırlığını taşımaya başlar. Taşıyıcı sistem bittiğinde ve diğer sabit yükler ve faydalı yükler etkimeye başladığında yüklemenin karakteri değişmemekte, sadece değerinde artmaktadır. Düşey yükler altındaki sistem depremde tamamen yeni karakterde yükler tarafından zorlanmaktadır.

d. Depreme dayanıklı yapılan tasarımında kullanılan malzemeler, taşıyıcı sistem, temellerin oturduğu zemin konusunda ileri bilgileri elde etmek ve ilgili yönetmeliklerde bunlara uygun değişiklikler yapmak şüphesiz her zaman faydalıdır. Ancak, mevcut yönetmeliklere uyulmuş olsa ve bunlarda öngörülen minimum özen gösterilseydi Erzincan'da yaşanan felaket önemli ölçüde küçük olacaktı. Bu nedenle, mevcut yönetmeliklere uyulmasına ağırlık verilmesi ve burada öngörülen özenin gösterilmesiyle depreme dayanıklı binaların projelendirilmesinde önemli ilerleme sağlamak mümkündür. Konu ile ilgili diğer önemli bir nokta da, yönetmeliklere ilgili kayıtların açık ifade edilerek uyulmanın kolaylaştırılmasıdır.

KAYNAKLAR

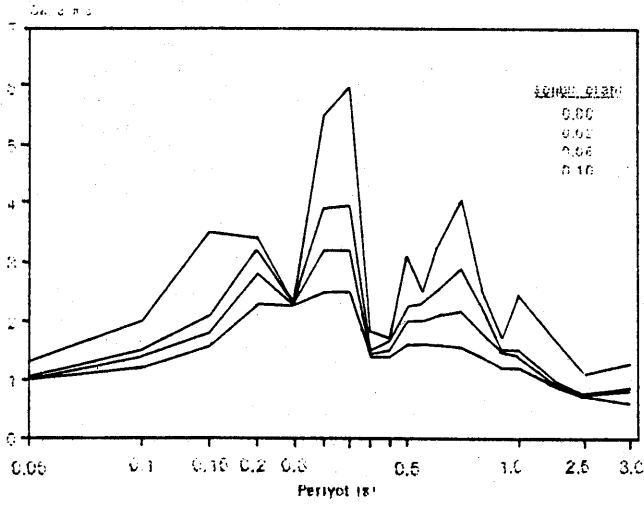
- 1 . "13 Mart 1992 Erzincan Depremi Hakkında Rapor" (1992); İTÜ Yapı ve Deprem Uygulama Araştırma Merkezi, İstanbul.
- 2 . "13 Mart 1992 Erzincan Depremi Mühendislik Raporu" (1992); İnşaat Mühendisleri Odası Ankara şubesi, Ankara.
- 3 . "ATC-14: Mevcut Binaların Depreme Dayanıklılığının Değerlendirilmesi" (1987); Applied Technology Council, California (ingilizce).
- 4 . "ATC-20: Binaların Deprem Sonrası Güvenliğinin Değerlendirilmesi için Yöntemler" (1989); Applied Technology Council, California (ingilizce).
- 5 . "ATC-21: Binaların Depremdeki Hasar Durumunun Belirlenmesi için Hızlı Görsel Yöntemler" (1989); Applied Technology Council, California (ingilizce).
- 6 . "Betonarme, Taş ve Tuğla Yığma Binaların Onarım ve Güçlendirilmesi" (1983); Building Construction under Seismic Conditions in the Balkan Region, UNDP/UNIDO Project Rer/78/015, Viyana (ingilizce).
- 7 . "Japon Deprem Yönetmeliği" (1988); Earthquake Resistant Regulations-A World List, International Association for Earthquake Engineering (ingilizce).
- 8 . "Mevcut Betonarme Binaların Depreme Dayanıklılığının Belirlenmesi için Yönetmelik" (1990); Japan Building Disaster Prevention Association (ingilizce).
- 9 . Celep, Z., N.Kumbasar (1992); "Yapı Dinamiği", Sema Matbaacılık, İstanbul.
- 10 . Celep, Z., N.Kumbasar (1993); "Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı", Sema Matbaacılık, İstanbul.



TASİYİCİ SİSTEM PLANI

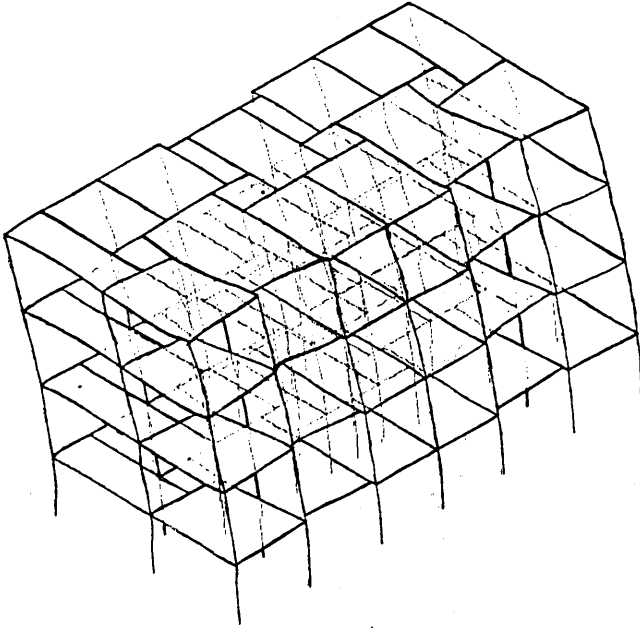
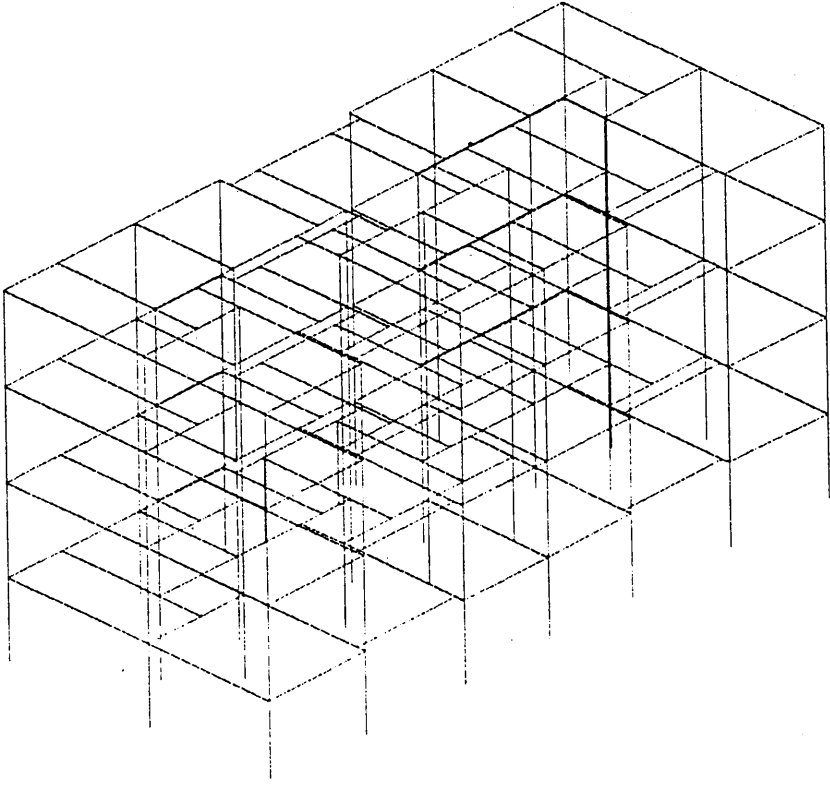
Şekil 1 Tipik bir kat kalıp planı ve güçlendirme perdeleri

13 MART 1992 ERZİNCAN DEPREMİ



E-W SPEKTRUM EĞRİLERİ
a max=492 cm/s²

Şekil 3 13 Mart 1992 Erzincan depreminin D-B spektrum eğrileri



Şekil 2 Binanın tipik bir titreşim modu