

624.042.7

F 282 b

MFN: 5395



TÜRKİYE BİLİMSEL VE  
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL  
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

FAY BÖLGELERİNE  
ÇOK YAKIN YAPILARIN  
DEPREM SIRASINDAKİ DAVRANIŞLARININ  
YERİNDE ALINAN KAYITLARLA KIYASLANMASI

1997-130

PROJE NO : INTAĞ 506 (YAG-40)

24

ODTÜ

1-147

İnşaat Teknolojileri Araştırma Grubu

Construction Technologies Research Grant Committee

624.042.7  
F 282 b

610 011 000 000 000  
1994  
1994 011 000 000 000

**FAY BÖLGELERİNE  
ÇOK YAKIN YAPILARIN  
DEPREM SIRASINDAKİ DAVRANIŞLARININ  
YERİNDE ALINAN KAYITLARLA KIYASLANMASI**

1997-130

PROJE NO : İNTAĞ 506 (YAG-40)

24

ODTÜ

1-147

Prof. Dr. Polat GÜLKAN  
Doç. Dr. Haluk SUCUOĞLU  
Ar. Gör. Onur SONUVAR  
Ar. Gör. Çetin Önder İNCEKARA  
Y. Müh. Nejat BAYÜLKE  
Prof. Dr. Yalçın MENGİ

Eylül 1994  
Ankara

1997-130

19246



## ÖNSÖZ

Yapı sistemlerinin deprem sırasında gösterdiği "davranış", sistemin zamana bağlı yer hareketi sırasında farklı yerlerinin geçirdiği yerdeğiştirme, hız, ivme, birim şekil değiştirme, gerilme, iç kuvvet, v.b. (gene zamana bağlı) değişkenlere verilen toplu ve kısa addır. Davranışın izlenmesi ve kayıt edilmesi yapıların üzerine yerleştirilen ölçüm cihazları vasıtasıyla gerçekleştirilir. Bu cihazlar genellikle ivme ölçerleri olarak seçilmektedir.

Ülkemizde yürürlükte olan 1975 tarihli "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik" önemli veya özelliğe sahip binalara ivme ölçüm cihazlarının yerleştirilmesini öngörmekle beraber bunu mecburi tutmamaktadır. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumunun İNTAG 506 (YAG 40) kodlu proje kapsamında sağladığı destek ve ODTÜ ile Afet İşleri Genel Müdürlüğünün katkıları ile Gerede'de mevcut bir bina üzerine ve civarına toplam 9 kanallı bir ivme ölçme sistemi kurulmuştur. Araştırmacılar bu destekten ötürü TÜBİTAK'a teşekkür ederler. Binanın inşasını yaptıran Sabancı Vakfı Yönetim Kurulu mimari ve betonarme projelerini araştırmada kullanılmak üzere araştırma ekibine teslim etmiştir, kendilerine bu yardımlarından ötürü teşekkür ederiz.

Bu raporda yeralan araştırma Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğünün aktif desteği ile gerçekleşmiştir. Proje kapsamında temin edilen ölçüm cihazlarının binaya monte edilmesi Bolu Valiliği ve Milli Eğitim Müdürlüğü ile Gerede İmam Hatip Lisesi Müdürlüğünün yardımları ile mümkün olmuştur. Raporda yeralan çizimlerin çoğu ODTÜ AFP 93-03-03-03 projesi kapsamında temin edilen donanım ile hazırlanmıştır.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Önsöz .....	i
İçindekiler .....	ii
Tablo Listesi .....	iv
Şekil Listesi .....	v
Öz .....	ix
Abstract .....	x
1. Giriş .....	1
1.1 Araştırma Hakkında Ön Bilgi .....	1
1.2 Literatür .....	4
1.3 Amaç ve Kapsam .....	5
2. Ölçüm Cihazlarının Yerleştirildiği Binanın Tanıtımı .....	7
2.1 Giriş .....	7
2.2 Binanın Yeri ve Yapısal Özellikleri .....	8
2.3 Bina Yakınındaki ve İçindeki Cihazlar .....	9
2.4 Cihazların Özellikleri .....	9
3. Doğrusal Hesap için Analitik Model .....	25
3.2 Model Tanımı .....	25
3.2.1 Çerçeve Modeli .....	25
3.2.2 Dolgu Duvarlı Çerçeve Modeli .....	27
3.2.3 Frekans Ölçümleri ve Sönüm Tahminleri .....	27
3.3 Yükleme Durumları .....	29
3.4 Statik Düşey Yüklerin Yaratacağı Tesirler .....	29
3.5 Yer Hareketinin Yaratacağı Tesirler .....	30



4.	Binanın Yatay Yük Taşıma Kapasitesinin Yarı Statik Yıkılma Analizi ile Hesaplanması . . . . .	101
4.1	Giriş . . . . .	101
4.2	Yatay Yük Dağılımının Hesaplanması . . . . .	101
4.3	D-B Yönünde Doğrusal Olmayan Yıkılma Analizi . . . . .	103
4.4	K-G Yönünde Doğrusal Olmayan Yıkılma Analizi . . . . .	105
5.	Binanın Elastik Sınır Ötesi Dinamik Analizi . . . . .	121
5.1	Deprem Yer Hareketi . . . . .	121
5.2	D-B Yönünde Dinamik Deprem Analizi . . . . .	121
5.3	K-G Yönünde Dinamik Deprem Analizi . . . . .	123
5.4	Tartışma . . . . .	125
6.	Özet ve Sonuçlar . . . . .	141
6.1	Özet . . . . .	141
6.2	Sonuçlar . . . . .	142
	Yararlanılan Kaynaklar . . . . .	145
	Ek A : Kayıt ve Değerlendirme Sistemi . . . . .	147

## TABLO LİSTESİ

Tablo	Sayfa
3.1	Kolon Detayları ..... 34
3.2	Kiriş Detayları ..... 46
3.3	Periyot ve Sönüm Ölçüm Sonuçları ..... 55
3.4	Hesaplanan Titreşim Periyotları ..... 56
4.1	Düzlem D-B Yönü Çerçevesi Titreşim Özellikleri ..... 108
4.2	Düzlem K-G Yönü Çerçevesi Titreşim Özellikleri ..... 108
3.2(a)	
3.3 (a)	
3.4	
3.5	
3.6	
3.7 (a)	
3.8	
3.9	
3.10 (a)	
3.10 (b)	
3.11 (a)	
3.11 (b)	
3.11 (c)	
3.11 (d)	
3.11 (e)	
3.11 (f)	
3.11 (g)	
3.11 (h)	



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil	Sayfa
2.1	Gerede Yurt Binası : Dış Görünüş . . . . . 11
2.2	Bina Kat Planları ve Kesitleri . . . . . 12
2.3	Analitik Modelin Üç Boyutlu Görünüşü . . . . . 23
3.1	Güç Spektrumları . . . . . 57
3.2 (a)	1nci Mod Şekli . . . . . 58
3.2(b)	2nci Mod Şekli . . . . . 58
3.2(c)	3ncü Mod Şekli . . . . . 59
3.2(d)	4ncü Mod Şekli . . . . . 59
3.3	Sabit Düşey Yükler . . . . . 60
3.4	Doğrusal Hesapta Kullanılan Yer Hareketi Kayıtları . . . . . 61
3.5	Sabit Düşey Yüklerin Yarattığı M22 Momentleri . . . . . 62
3.6	Sabit Düşey Yüklerin Yarattığı M33 Momentleri . . . . . 62
3.7	Sabit Düşey Yüklerin Yarattığı V22 Kuvvetleri . . . . . 63
3.8	Sabit Düşey Yüklerin Yarattığı Eksenel Kuvvetler . . . . . 63
3.9	Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğiştirmeleri . . . . . 64
3.10	Taban Kesme Kuvveti (Erzincan) . . . . . 80
3.10	Taban Kesme Kuvveti (El Centro) . . . . . 81
3.11(a)	Birinci Katta P3 Perdesindeki Kesme Kuvveti : Erzincan . . . . . 82
3.11(b)	Birinci Katta P3A Perdesindeki Kesme Kuvveti : Erzincan . . . . . 82
3.11(c)	Birinci Katta P3 Perdesindeki Kesme Kuvveti : Erzincan . . . . . 83
3.11(d)	Birinci Katta P3A Perdesindeki Kesme Kuvveti : Erzincan . . . . . 83
3.11(e)	Birinci Katta P3 Perdesindeki Kesme Kuvveti : El Centro . . . . . 84
3.11(f)	Birinci Katta P3A Perdesindeki Kesme Kuvveti : El Centro . . . . . 84
3.11(g)	Birinci Katta P3 Perdesindeki Kesme Kuvveti : El Centro . . . . . 85
3.11(h)	Birinci Katta P3A Perdesindeki Kesme Kuvveti : El Centro . . . . . 85

3.12(a)	K106 Kirişindeki Eğilme Momenti : Erzincan	86
3.12(b)	K118 Kirişindeki Eğilme Momenti : Erzincan	86
3.12(c)	K211 Kirişindeki Eğilme Momenti : Erzincan	87
3.12(d)	K227 Kirişindeki Eğilme Momenti : Erzincan	87
3.12(e)	K106 Kirişindeki Eğilme Momenti : Erzincan	88
3.12(f)	K118 Kirişindeki Eğilme Momenti : Erzincan	88
3.12(g)	K211 Kirişindeki Eğilme Momenti : Erzincan	89
3.12(h)	K227 Kirişindeki Eğilme Momenti : Erzincan	89
3.12(i)	K106 Kirişindeki Eğilme Momenti : El Centro	90
3.12(j)	K118 Kirişindeki Eğilme Momenti : El Centro	90
3.12(k)	K211 Kirişindeki Eğilme Momenti : El Centro	91
3.12(l)	K227 Kirişindeki Eğilme Momenti : El Centro	91
3.12(m)	K106 Kirişindeki Eğilme momenti : El Centro	92
3.12(n)	K118 Kirişindeki Eğilme Momenti : El Centro	92
3.12(o)	K211 Kirişindeki Eğilme Momenti : El Centro	93
3.12(p)	K227 Kirişindeki Eğilme Momenti : El Centro	93
3.13(a)	4ncü Kat İvme Ölçer Kaydı : Erzincan	94
3.13(b)	6ncı Kat İvme Ölçer Kaydı : Erzincan	94
3.13(c)	8nci Kat İvme Ölçer Kaydı : Erzincan	95
3.13(d)	4ncü Kat İvme Ölçer Kaydı : Erzincan	95
3.13(e)	6ncı Kat İvme Ölçer Kaydı : Erzincan	96
3.13(f)	8nci Kat İvme Ölçer Kaydı : Erzincan	96
3.13(g)	4ncü Kat İvme Ölçer Kaydı : El Centro	97
3.13(h)	6ncı Kat İvme Ölçer Kaydı : El Centro	97
3.13(i)	8nci Kat İvme Ölçer Kaydı : El Centro	98
3.13(j)	4ncü Kat İvme Ölçer Kaydı : El Centro	98
3.13(k)	6ncı Kat İvme Ölçer Kaydı : El Centro	99
3.13(l)	8nci Kat İvme Ölçer Kaydı : El Centro	99
4.1	Fiktif Yatay İvme	109



4.2	Yer Hareketi Spektrumu	109
4.3	D-B Yönü Çerçeve Modeli	110
4.4	Taban Kesme Kuvveti - 8nci Kat Yerdeğiştirme İlişkisi, D-B	111
4.5	D-B Yönünde Plastik Mafsalları Dağılımı	112
4.6	Taban Kesme Kuvveti - Fiktif Zaman İlişkisi, D-B	113
4.7	Yatay Kat Kuvvetleri, D-B	113
4.8	Yatay Yerdeğiştirme Profilleri, D-B	114
4.9	Kat Ötelenme Oranları, D-B	114
4.10	K-G Yönü Çerçeve Modeli	115
4.11	Taban Kesme Kuvveti - 8nci Kat Yerdeğiştirme İlişkisi, K-G	116
4.12	K-G Yönünde Plastik Mafsalları Dağılımı	117
4.13	K-G Yönünde Taban Kesme Kuvvetine Perde Duvarı Katkısı	118
4.14	Taban Kesme Kuvveti - Fiktif Zaman İlişkisi, K-G	119
4.15	Yatay Kat Kuvvetleri, K-G	119
4.16	Yatay Yerdeğiştirme Profilleri, K-G	120
4.17	Kat Ötelenme Oranları, K-G	120
5.1	Erzincan D-B Bileşeni Elastik Tepki Spektrumu	127
5.2	Süneklik Spektrumu	127
5.3	Taban Kesme Kuvvetinin Yüzde 5 Pekleşme İçin Zamanla Değişimi, D-B	128
5.4	Taban Kesme Kuvvetinin Yüzde 1 Pekleşme İçin Zamanla Değişimi, D-B	128
5.5	Kat Yerdeğiştirmeleri (Yüzde 5 Pekleşme, D-B)	129
5.6	Kat Yerdeğiştirmeleri (Yüzde 1 Pekleşme, D-B)	129
5.7	Yatay Kat Kuvvetleri, D-B	130
5.8	Kat Ötelenme Oranları, D-B	130
5.9	Plastik Mafsalları Dağılımı, D-B	131
5.10	K216 Kirişinde Moment-Dönme İlişkisi, D-B	132
5.11	K313 Kirişinde Moment-Dönme İlişkisi, D-B	132

5.12	P4 Kolonunda Moment-Dönme İlişkisi, D-B . . . . .	133
5.13	Taban Kesme Kuvvetinin Yüzde 5 Pekleşme İçin Zamanla Değişimi, K-G . . . . .	134
5.14	Taban Kesme Kuvvetinin Yüzde 1 Pekleşme İçin Zamanla Değişimi, K-G . . . . .	134
5.15	Kat Yerdeğiştirmeleri (Yüzde 5 Pekleşme, K-G) . . . . .	135
5.16	Kat Yerdeğiştirmeleri (Yüzde 1 Pekleşme, K-G) . . . . .	135
5.17	Yatay Kat Kuvvetleri, K-G . . . . .	136
5.18	Kat Ötelenme Oranları, K-G . . . . .	136
5.19	Plastik Mafsal Dağılımı (K-G) . . . . .	137
5.20	K227 Kirişinde Moment-Dönme İlişkisi, K-G . . . . .	138
5.21	K235 Kirişinde Moment-Dönme İlişkisi, K-G . . . . .	138
5.22	P3 Perdesi Alt Ucu-Moment İlişkisi, K-G . . . . .	139
A.1	Serbest Alan Cihazı . . . . .	149
A.2	Binaya Kablo Girişleri . . . . .	149
A.3	Zemin Kattaki Cihaz . . . . .	150
A.4	Yedinci Kat Tavanındaki Cihaz . . . . .	150



## ÖZ

Bu çalışma Gerede'de Kuzey Anadolu Fay kırığına çok yakın bir mesafede bulunan 7 katlı betonarme bir binanın muhtemel bir deprem sonrasındaki dinamik davranışını ele almaktadır. Bina çevresinde ve üzerinde 9 adet tek eksenli ivme ölçme cihazı belirli yerlere monte edilmiştir. Cihazlardan herhangi birinde ölçülen ivmenin 0.02g eşik değerini aşması halinde sistem kayıt almaya başlayacak ve daha sonra değerlendirmeye tabi tutulacak bilgileri depolayacaktır. Bu yapı, ülkemizde cihazlandırılmış ilk binadır.

Bina şimdiye kadar herhangi bir deprem tarafından sınınamamıştır. Bu sebeple plan ve projeler ile yerinde yapılan ölçümlerden elde edilen bilgiler yardımıyla kurulan analitik bina modeli teorik olarak doğrusal ve doğrusal olmayan iki ayrı aşamada depreme karşı hesaplanmış ve bazı tahminler yapılmıştır. Üç boyutlu doğrusal model ile düzlem doğrusal olmayan model arasında önemli bazı farklar göze çarpmaktadır. Gerçek bina davranışı ölçüldüğünde bu farkların kaynakları teşhis edilebilecek ve daha doğru modelleme için çok değerli bilgiler elde edilebilecektir.

## ABSTRACT

### ANALYSIS OF INSTRUMENTED BUILDING RESPONSE TO STRONG GROUND MOTIONS AT VERY SHORT DISTANCES TO THE CAUSATIVE FAULT

This study investigates the dynamic response during a postulated earthquake of a seven-story reinforced concrete building located in Gerede which is virtually astride the North Anatolian Fault. An accelerometer network comprising 9 single-axis instruments mounted on or near the building has been established. When any one of these transducers records an acceleration pulse surpassing the 0.02 threshold, the entire system will be triggered and store information for later retrieval and evaluation. This structure is the first instrumented building in Turkey.

To date, no ground motion has been recorded. Therefore two different building models have been constructed on the basis of project drawings and on-site measurements. The linear three-dimensional model is more detailed than the nonlinear plane frame idealization. Significant differences between the calculated response variables of the two different idealizations are noted. When actual response is measured with the help of the system in place, the sources of these discrepancies will be identified, and background information required for more accurate modeling gathered.

## 1. GİRİŞ

### 1.1 Araştırma Hakkında Ön Bilgi

Depremlerin yarattığı tahripkar tesirlerin mühendislik yapılarında kabul edilemeyecek ölçüde hasara yolaçmasının önlenmesi deprem mühendisliği bilim alanının en önde gelen amacıdır. Ülkemizde de son 20-30 yılda meydana gelen hızlı şehirleşme, sanayileşme ve nüfus hareketleri sonucu aşırı deprem tehlikesinin maruz olduğu bilinen (ve hesaplanan) birçok yöre mal ve hizmet üretimi açısından yoğunlaşmış merkez haline gelmiştir. Bunun manası bu yörelerde meydana gelecek şiddetli depremlerin artık eskisiyle kıyaslanamayacak ölçüde daha fazla can ve mal kaybına yolaçabileceğidir. Hernekadar önemli yerleşim merkezlerinde beklenebilecek depremlerin sebep vereceği kayıplar hakkında elimizde güvenilir tahminler yoksa da, mesela bir 13 Mart 1992 tarihinde 90 bin nüfuslu Erzincan'da meydana gelen depremin zararlarını başka yörelere "taşımak" mümkündür. Böyle bir işlem sonucu ülke ekonomisinin ciddi sıkıntılara düşeceğini ileri sürmek mümkündür.

Ülke çapındaki bir deprem zararlarının azaltılması programının nihai amacı, toplumun kabul edeceği ölçüler içinde kayıpları en az seviyeye indirecek tedbirleri formüle etmek ve yürürlüğe koymaktır (National Research Council, 1987). Depreme maruz bölgelerde ekonomik ve emniyetli yapıları dizayn ve inşa etmek için iki şartın yerine getirilmesi lazımdır : Önce bu yapıların maruz kalabileceği yer hareketlerinin bütün özellikleriyle birlikte anlaşılması, sonra da bu hareketlerin yapılarda yolaçacağı tesirlerin bilinmesi gereklidir. Kompüter hesaplamaları ve matematik modelleme yardımıyla fay mekanizmaları, dalga yayılması, yapısal davranış, zemin-yapı etkileşmesi ve benzeri alanlardaki fiziki olaylar hakkında epeyce bilgi sahibi olmak mümkündür. Ancak bu olayların eksiksiz ve güvenilir bir biçimde anlaşılması için meydana gelen süreçlerin doğrudan ölçülmesi şarttır. İşte bu amacın sağlanması da bina veya benzeri yapılara yakın alandaki kuvvetli hareketin kaydedilmesi ve bu



kayıtların yapıların kendinden alınan kayıtlarla zenginleştirilmesi işlemine ihtiyaç gösterir. Görüldüğü gibi serbest arazi ve bina kayıtlarının doğru yorumlanması deprem mühendisliğinin en vazgeçilmez önşartıdır.

Konuyla olan doğrudan ilişkisi bakımından kuvvetli yer hareketi/ivme ölçüm ve kayıt sistemlerinin tarih içindeki gelişmesini anlatmak faydalıdır. 1906 da San Francisco'da meydana gelen büyük deprem sonrası yerinde inceleme yapan birçok mühendis titreşim sırasında yapı sistemlerin zamana bağlı olarak değişen iç tesirlere uğradığını bir defa daha idrak etmiş, hatta bunlardan bazıları (daha sonra yapı dinamiği adlı bir bilim alanının doğacağını kestirememekten ötürü) statik halin aksine dinamik halin bambaşka bir durum olduğunu, dolayısıyla deprem gerilmelerini hesaplamaya çalışmanın "beyhude bir çaba" teşkil ettiğini ileri sürmüşlerdi (Housner, 1986). Bu tür tavsiyelere mühendislik camiasının kulak asmamış olması ilerlemenin başlangıcını teşkil etmiştir. 1920 li yıllarda Japonya'da Kyoji Suyehiro, A.B.D.'de ise Caltech'te inşaat mühendisliği profesörü olan R.R. Martel ile müşavir mühendis John R. Freeman deprem hareketinin ölçülüp kaydedilmesi için ilk adımları attılar. Freeman, ivme ölçüm cihazının babasıdır, denilebilir. Bu kişi 1925'te (70 yaşındayken) depremlerle ilgilenmeye başlamış ve 1929'da Tokyo'da düzenlenen Dünya Deprem Mühendislik Konferansında Martel ve Suyehiro ile tanıştıktan sonra böyle bir cihazın imali için şahsi dostu olan A.B.D. Ticaret Bakanından ricada bulunmuştur. Kendisi mühendis olan ticaret bakanı gene bir mühendis olan o zamanki Cumhurbaşkanı Hoover'den gerekli onayı aldıktan sonra Freeman'a imalat projesini havale etmiştir. Freeman'ın ilk dizaynları 1920'li yıllarda dizayn edilmiş olan Wood-Andersen sismometresinden büyük ölçüde ilham almıştır. İlk ivme ölçer optik kayıt için 1 cm/s hızla dönen bir tambur ve 10 Hz tabii frekansa sahip bir torsiyon sarkacından ibaretti ve Ticaret Bakanlığının özel siparişi üzerine imal edilmişti. İmal edilen ilk üç cihaz 1932 yılında Güney California'da Los Angeles, Vernon ve Long Beach şehirlerine yerleştirildi. Bu üç cihazın hepsi de 10 Mart 1933'te meydana gelen M=6.2 büyüklüğündeki Long Beach depreminde tetiklendiler. Long Beach kaydı



dünyada alınan ilk kayıt olma şerefine layık görüldü ve daha sonraki depreme dayanıklı dizayn yapma felsefesinde önemli bir rol oynadı.

Başlangıçta kabul edilen bir ivmeölçer şebekesi kurulması işi İkinci Dünya Savaşı'ndan dolayı yavaş ilerledi. Öyle ki 1964'e gelindiğinde A.B.D.'de çoğu California'da olmak kaydıyla 71 istasyon bulunmaktaydı. Bunların sayısının artmasında iki faktör rol oynamıştır. 1965 yılından itibaren Los Angeles belediyesi 10 kattan yüksek bütün binalara en az üç akselerometre yerleştirilmesini emretmiş ayrıca ticari olarak cihazlar farklı firmalarca üretilmeye başlanmıştır. İlk analog cihazlar arasında en popülerleri Kinematics adlı firmanın piyasaya sürdüğü SMA-1 kodlu cihazdır.

Ülkemizdeki kuvvetli yer ivmesi ölçüm şebekesi 1972 yılında kurulmaya başlanmıştır. Bu şebeke halihazırda 74 analog, 8 kadar da digital cihaza sahiptir (Bayülke, v.d., 1990, Altinyollar, 1992). Ayrıca çeşitli üniversite ve araştırma kuruluşu da merkezi bir yerleştirme planına uymadan özel amaçlarla muhtelif bölge ve/veya yapı üzerine ivme ölçüm cihazları monte etmiştir. Halen çalışan cihaz istasyonu sayısının 100 civarında olduğu sanılmaktadır.

SMA-1 tipi analog cihazlar vasıtasıyla alınan kayıtlar zahmetli ve uzun işlemlerden geçirildikten sonra kullanılabilir hale getirilebilir (Hudson, 1979). Analog bir halde 70 mm genişlikte fotoğraf kağıdına alınan ışık izi çeşitli süzgeçlerden geçirilip düzeltmeler yapılmadan kullanılamaz. Digital teknolojide meydana gelen ilerlemeler sonucu bu aletler de artık demode olmuş, 8, 12, 16 hatta 24 bitlik sayısal cihazlar eskileriyle fiyat bakımından rekabet edecek biçimde piyasaya sürülmeye başlanmıştır. Digital cihazlarda süzgeçleme ihtiyacı bulunmamakta, kayıtlar uzaktan telefon hattı ve modem vasıtasıyla merkezi kompüterlere aktarılabilir. Bu cihazların iyi bir başka tarafı da zaman koordineli olmalarıdır. Böylelikle bireysel alet yerleştirmek yerine deprem dalgalarının yayılmaları sırasında değişmelerini

dünyada alınan ilk kayıt olma şerefine layık görüldü ve daha sonraki depreme dayanıklı dizayn yapma felsefesinde önemli bir rol oynadı.

Başlangıçta kabul edilen bir ivmeölçer şebekesi kurulması işi İkinci Dünya Savaşı'ndan dolayı yavaş ilerledi. Öyle ki 1964'e gelindiğinde A.B.D.'de çoğu California'da olmak kaydıyla 71 istasyon bulunmaktaydı. Bunların sayısının artmasında iki faktör rol oynamıştır. 1965 yılından itibaren Los Angeles belediyesi 10 kattan yüksek bütün binalara en az üç akselerometre yerleştirilmesini emretmiş ayrıca ticari olarak cihazlar farklı firmalarca üretilmeye başlanmıştır. İlk analog cihazlar arasında en popülerleri Kinematics adlı firmanın piyasaya sürdüğü SMA-1 kodlu cihazdır.

Ülkemizdeki kuvvetli yer ivmesi ölçüm şebekesi 1972 yılında kurulmaya başlanmıştır. Bu şebeke halihazırda 74 analog, 8 kadar da digital cihaza sahiptir (Bayülke, v.d., 1990, Altınyollar, 1992). Ayrıca çeşitli üniversite ve araştırma kuruluşu da merkezi bir yerleştirme planına uymadan özel amaçlarla muhtelif bölge ve/veya yapı üzerine ivme ölçüm cihazları monte etmiştir. Halen çalışan cihaz istasyonu sayısının 100 civarında olduğu sanılmaktadır.

SMA-1 tipi analog cihazlar vasıtasıyla alınan kayıtlar zahmetli ve uzun işlemlerden geçirildikten sonra kullanılabilir hale getirilebilir (Hudson, 1979). Analog bir halde 70 mm genişlikte fotoğraf kağıdına alınan ışık izi çeşitli süzgeçlerden geçirilip düzeltmeler yapılmadan kullanılamaz. Digital teknolojide meydana gelen ilerlemeler sonucu bu aletler de artık demode olmuş, 8, 12, 16 hatta 24 bitlik sayısal cihazlar eskileriyle fiyat bakımından rekabet edecek biçimde piyasaya sürülmeye başlanmıştır. Digital cihazlarda süzgeçleme ihtiyacı bulunmamakta, kayıtlar uzaktan telefon hattı ve modem vasıtasıyla merkezi kompüterlere aktarılabilir. Bu cihazların iyi bir başka tarafı da zaman koordineli olmalarıdır. Böylelikle bireysel alet yerleştirmek yerine deprem dalgalarının yayılmaları sırasında değişmelerini

izleyebilmek için sık geometrik dokularda yerleştirilmiş şebekeler (array) dizayn edilmiştir (Bolt v.d., 1982). Bina veya diğer yapılar açısından bunlara monte edilmiş cihazlar ise gerçek yapı davranışının anlaşılması, şartnamelerin kalibrasyonu ve iyileştirmesi bakımından son derece yararlı bilgiler vermektedir. Ancak ülkemizde bina üzerinde kaydedilmiş bir kuvvetli hareket ölçümü henüz yoktur.

## 1.2 Literatür

Binalara yerleştirilmiş cihazlardan geniş ölçüde kayıt alınması ilk defa 1971 San Fernando depremi sırasında başarılmıştır (Murphy, 1973). Bu başarıda şüphesiz Los Angeles'te önem veya özelliğe sahip binalara cihaz yerleştirme mecburiyeti büyük paya sahiptir. Elde edilen kayıtlar dizayn sırasında yapılan varsayımların doğruluk derecesini, tek tek ele alındığında bir kesit veya en kabası bir eleman olarak hesaplanabilen çok sayıda elemanın biraraya getirildiğinde ortaya çıkan yapı sisteminin ötelenmeler, ivmeler, burulmalar cinsinden nasıl global bir nicelik olduğunu ortaya koymuştur. Bu gözlemler sonucudur ki yapı davranışı dar eleman kapsamından kurtarılmış ve makro bir düzeye getirilmiştir. Ayrıca alınan kayıtlar tıpkı bir hastanın röntgen veya NMR imajı gibi kullanılarak sistemin tanımlanmasında da kullanılabilir.

Bina enstrümantasyon programlarında gözetilecek kriterler Hart v.d. (1980) tarafından özetlenmiştir. Ancak bu tür çalışmalarda ekonomik kısıtlamalar da önemli rol oynar, yani her binaya yerleştirilebilecek cihaz sayısı tahditlidir. Gene de bu cihazların en optimum biçimde konumlandırılması için kriterler geliştirilmiştir (Shah ve Udwadia, 1977). Bina dışındaki diğer yapılar (baraj, köprü, nükleer veya konvansiyonel santral, v.b.) için de cihaz yerleştirme programları uygulamaya konulmuştur (Bolt ve Hudson, 1975; Darbre ve Pougatsch, 1992; Hall, 1994).

Halihazırda işler vaziyette olan en yaygın bina ölçüm sistemleri California'da ve Japonya'da yoğunlaşmıştır (Rojahn ve Borchardt, 1982; Hall, 1994). California

programı diyebileceğimiz programda çeşitli üniversiteler, United States Geological Survey (USGS), California Division of Mines and Geology (CDMG), elektrik üreten şirketler v.b. kuruluşların katkısı bulunmaktadır. California'da son 10-15 yıl içinde meydana gelen depremlerde çok sayıda bilgi elde edilmiş ve bunların yorumlanmasıyla depremlere karşı korunma yolunda önemli adımlar atılmıştır (Thiel, 1990; National Research Council, 1987; Fenves v.d., 1992; Anderson ve Bertero, 1991; Miranda ve Bertero, 1991; Chen v.d., 1992; Hall, 1994). Bütün bu çalışmalar alınan kayıtların nasıl yorumlanması gerektiğini ve binanın iç yapısı hakkında doğru bilgiler elde edilmesi için hangi değerlendirme adımlarının atılması gerektiğini tarif etmektedir.

Gerek depremler sırasında, gerekse rüzgar v.b. dinamik etkiler veya kontrollü deneyler sırasında çok farklı boyut ve niteliklerde yapıların ölçülen davranışı, Hart (1981)'de bulunabilir.

### 1.3 Amaç ve Kapsam

Ülkemizde (ve dünyada) deprem merkezüstüne çok yakın mesafelerde (<10 km) alınmış kuvvetli yer hareketi kayıtları fazla değildir. Benzer mesafelerde binaların üzerindeki hareket davranışını ölçen aletlerden alınan kayıtlar da çok kısıtlıdır, ülkemizde de hiç yoktur. Bu araştırma projesinin amacı en son teknolojik yenilikleri içinde bulunduran ivme kaydedici cihazlardan meydana gelen bir sistemin ülkemizdeki aktif fay kuşakları üzerinde dikkatle seçilecek bazı binalar üzerine yerleştirmek ve önceden yapılan tahmini davranış hesapları ile ileride alınacak kayıtlar arasındaki benzerlikleri kıyaslayacak bir ortam yaratmaktır.

Proje başlangıcında üç bina üzerinde durulmaktaydı. Bunlardan ikisi Gerede şehrinde bulunmaktadır: Gerede İmam Hatip Lisesi öğrencilerinin kullandığı Belkis Sabancı Öğrenci Yurdu ve Gerede Lisesi. İki bina arasında birkaç yüz metre uzaklık vardır. Üçüncü bina ise Bolu şehrinde bulunan Sağlık Bakanlığına bağlı Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesidir. Sonuçta inşaat kalitesi daha iyi olduğu için Gerede



Sabancı binası ile Bolu Hastanesi seçilmiş ancak alet yerleştirilmesi bunlardan sadece ilki üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bolu Hastanesi binasında konumlandırılmayı düşündüğümüz Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın elinde bulunan CRA-1 türü merkezi kaydeden çok kanallı bir cihaz yedek parça eksikliği yüzünden henüz işler hale getirilemediği için rapora konu teşkil etmemiştir. Dolayısıyla bu raporda yalnızca Sabancı binası ele alınmaktadır.

Rapor toplam 6 bölümden meydana gelmektedir. İkinci bölümde 9 kanallı ivme ölçme sisteminin üzerine monte edildiği bina detaylı bir şekilde açıklanmaktadır. İyi bir inşaat kalitesine sahip bina tarafımızdan çok detaylı bir şekilde incelenmiş, proje ile inşaat edilen hali kıyaslanmış, periyot ve sönüm özellikleri ölçülmüş ve bütün giriş ve kolon özellikleri tespit edilmiştir. Bölüm 2 ve Ek:A, binaya monte edilen cihaz ve ölçüm sisteminin özelliklerini vermektedir.

Bölüm 3, statik ve dinamik türde yapılan doğrusal hesapların dayandığı üç boyutlu modeli vermektedir. Bu model, ağırlıklı olarak binayı etkisi altına aldığı varsayılan iki deprem yer hareketinin yaratacağı kat yerdeğiştirmeleri, iç zorlamalar ve ölçüm aletlerinin bulunduğu katlardaki mutlak ivmeleri hesaplamak için yoğun biçimde kullanılmıştır. Dördüncü bölüm doğrusal davranış sınırının ötesinde bu binanın monoton artan yarı statik bir yükleme altındaki davranışına ayrılmıştır. Bölüm 5 te ise benzer biçimde fiktif deprem etkisi altında dinamik hareket hesaplanmıştır. Bölüm 4 ve 5 te konu edilen model, Bölüm 3 ün aksine düzlemdir. Varılan sonuçlar ve önemli görülen bazı hususlar Bölüm 6 da özetlenmektedir.

Sabancı binası ile Bolu Hastanesi seçilmiş ancak alet yerleştirilmesi bunlardan sadece ilki üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bolu Hastanesi binasında konumlandırmayı düşündüğümüz Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın elinde bulunan CRA-1 türü merkezi kaydeden çok kanallı bir cihaz yedek parça eksikliği yüzünden henüz işler hale getirilemediği için rapora konu teşkil etmemiştir. Dolayısıyla bu raporda yalnızca Sabancı binası ele alınmaktadır.

**Rapor** Rapor toplam 6 bölümden meydana gelmektedir. İkinci bölümde 9 kanallı ivme ölçme sisteminin üzerine monte edildiği bina detaylı bir şekilde açıklanmaktadır. İyi bir inşaat kalitesine sahip bina tarafımızdan çok detaylı bir şekilde incelenmiş, proje ile inşa edilen hali kıyaslanmış, periyot ve sönüm özellikleri ölçülmüş ve bütün giriş ve kolon özellikleri tespit edilmiştir. Bölüm 2 ve Ek:A, binaya monte edilen cihaz ve ölçüm sisteminin özelliklerini vermektedir.

**Bölüm 3**, statik ve dinamik türde yapılan doğrusal hesapların dayandığı üç boyutlu modeli vermektedir. Bu model, ağırlıklı olarak binayı etkisi altına aldığı varsayılan iki deprem yer hareketinin yaratacağı kat yerdeğiştirmeleri, iç zorlamalar ve ölçüm aletlerinin bulunduğu katlardaki mutlak ivmeleri hesaplamak için yoğun biçimde kullanılmıştır. Dördüncü bölüm doğrusal davranış sınırının ötesinde bu binanın monoton artan yarı statik bir yükleme altındaki davranışına ayrılmıştır. Bölüm 5 te ise benzer biçimde fiktif deprem etkisi altında dinamik hareket hesaplanmıştır. Bölüm 4 ve 5 te konu edilen model, Bölüm 3 ün aksine düzlemdir. Varılan sonuçlar ve önemli görülen bazı hususlar Bölüm 6 da özetlenmektedir.

## 2. ÖLÇÜM CİHAZLARININ YERLEŞTİRİLDİĞİ BİNANIN TANITIMI

### 2.1 Giriş

Bu araőtirmaya ilişkin proje teklifinin hazırlanması sırasında üç bina üzerinde durulmaktaydı. Bunlardan ikisi Gerede'de (Belkıs Sabancı Öğrenci Yurdu ve Gerede Lisesi) diğeri de 60 km daha batıda Bolu'da (Sağlık Bakanlığı Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi) bulunmaktaydı. Yurt ile lise binaları aslında birbirlerine 100-150 m mesafededirler. Lise binası 3 katlı olup, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tip projesine göre inşa edilmiştir. Buna karőtılık 7 katlı yurt binası daha dar plan boyutlarına göre düzenlenmiştir.

Yaptığımız proje teklifinde ilk iki binanın TÜBİTAK fonlarından temin edilecek cihazlarla teÇhizini, Bolu'daki binanın ise Bayındırlık ve İskan Bakanlığında mevcut fakat iőtler vaziyette olmayan 4 kanallı Kinometrics CRA-1 cihazı ile ölçüme hazır hale getirilmesini öngörmüştük. Baőtlangıőtta 1991 Şartlarına göre 198.550.000 TL + \$37.000 olarak düőtündüĐümüz proje bütöesi toplam 201.350.000 TL olarak baőtlanınca otomatik olarak lise binasından vazgeömek zorunda kalınmiőtir. Üstelik toplam 12 kanallı bir sistemle teÇhizi düőtünülen yurt binasında 3 kanallık bir azaltma yaparak toplam 9 kanala inilmiştir. Bu sistem aőtaĐıda detaylı bir Şekilde anlatılacaktır.

Yaptığımız bütün öabalara karőtı Bakanlık envanterindeki CRA-1 cihazı henüz iőtler hale gelmemiştir. Bunun öeőtli sebepleri bulunmaktadır. Bir defa CRA-1, bugün için eskimiőt bir teknolojiyi temsil etmektedir: sistem analogdur, kayıtları fotoğraf kağıdına almaktadır, mutlak zaman sinyali yoktur, tamburları ise yedek paröaya ihtiyaö göstermektedir. Bakanlık ilgilileri bunun gerektirdiği \$1000 mertebesindeki yedek paröa ihtiyacını defalarca ihale etmek teőtbbüsüne giriőtmiőt olmakla beraber bu istek her defasında "tasarruf tedbirleri" tebliği gereköe gösterilerek üst yönetim

## 2. ÖLÇÜM CİHAZLARININ YERLEŞTİRİLDİĞİ BİNANIN TANITIMI

### 2.1 Giriş

Bu araştırmaya ilişkin proje teklifinin hazırlanması sırasında üç bina üzerinde durulmaktaydı. Bunlardan ikisi Gerede'de (Belkis Sabancı Öğrenci Yurdu ve Gerede Lisesi) diğeri de 60 km daha batıda Bolu'da (Sağlık Bakanlığı Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi) bulunmaktaydı. Yurt ile lise binaları aslında birbirlerine 100-150 m mesafededirler. Lise binası 3 katlı olup, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tip projesine göre inşa edilmiştir. Buna karşılık 7 katlı yurt binası daha dar plan boyutlarına göre düzenlenmiştir.

Yaptığımız proje teklifinde ilk iki binanın TÜBİTAK fonlarından temin edilecek cihazlarla teçhizini, Bolu'daki binanın ise Bayındırlık ve İskan Bakanlığında mevcut fakat işler vaziyette olmayan 4 kanallı Kinometrics CRA-1 cihazı ile ölçüme hazır hale getirilmesini öngörmüştük. Başlangıçta 1991 şartlarına göre 198.550.000 TL + \$37.000 olarak düşündüğümüz proje bütçesi toplam 201.350.000 TL olarak bağlanınca otomatik olarak lise binasından vazgeçmek zorunda kalınmıştır. Üstelik toplam 12 kanallı bir sistemle teçhizi düşünülen yurt binasında 3 kanallık bir azaltma yaparak toplam 9 kanala inilmiştir. Bu sistem aşağıda detaylı bir şekilde anlatılacaktır.

Yaptığımız bütün çabalara karşı Bakanlık envanterindeki CRA-1 cihazı henüz işler hale gelmemiştir. Bunun çeşitli sebepleri bulunmaktadır. Bir defa CRA-1, bugün için eskimiş bir teknolojiyi temsil etmektedir: sistem analogdur, kayıtları fotoğraf kağıdına almaktadır, mutlak zaman sinyali yoktur, tamburları ise yedek parçaya ihtiyaç göstermektedir. Bakanlık ilgilileri bunun gerektirdiği \$1000 mertebesindeki yedek parça ihtiyacını defalarca ihale etmek teşebbüsüne girişmiş olmakla beraber bu istek her defasında "tasarruf tedbirleri" tebliği gerekçe gösterilerek üst yönetim



tarafından beklemeye alınmıştır. Sonuçta, bu raporun yazıldığı tarihte teklifte yer alan binalardan yalnızca Gerede Sabancı Öğrenci Yurdu binasında işler halde olan bir ivme ölçüm sistemi mevcuttur. Ancak, CRA-1 bina enstrümantasyon için imal edilmiş bir cihaz olduğu için bunun planladığımız binada konumlandırılması işine sadece gecikmiş bir işlem gözüyle bakabiliriz.

## 2.2 Binanın Yeri ve Yapısal Özellikleri

Gerede Yurt Binası şehrin batı çıkışında Bolu Caddesi üzerinde yer almaktadır ve 1 Şubat 1944 tarihindeki  $M=7.4$  büyüklüğündeki deprem sırasında meydana gelen yüzey kırılmasına çok yakındır (Tokay, 1972). Binanın aktif bir fay bölgesinin hemen üzerinde bulunması ve kaliteli bir dizayn ve inşaa standardını tutturmuş olması seçiminde önemli rol oynamıştır.

Binanın ana eksenleri yaklaşık olarak D-B ve K-G eksenlerindedir. Dış görünüşü Şekil 2.1 de gösterilen binanın gerçek eksen azimutları, kat planları ve kesitleri Şekil 2.2 de verilmektedir. Şekil 2.3 binaya ait üç boyutlu çerçeve modelini sergilemektedir.

Bina planda yaklaşık kare biçiminde olduğu için uzun veya kısa eksen olarak adlandırabileceğimiz eksenler bulunmamaktadır. Ancak Ankara-İstanbul karayoluna yaklaşık paralel olan yöne D-B, buna dik olana da K-G adını verecek olursak Şekil 2.2 den binanın ilk yönde çerçeve, ikincisinde ise merdivenlerin iki yanına tertiplenmiş 4.20 m boyunda iki perde duvarına sahip olduğu görülmektedir. Binadaki bölme duvarları boşluklu fabrika tuğlasından imal edilmiştir, ancak bu duvarların özellikleri hakkında bilgi bulunmamaktadır. Binaya ait hesaplar 1985 yılında, inşası ise 1988 yılında tamamlanmıştır.

Elde edilen betonarme ve mimari projelerden binanın 1975 deprem yönetmeliğine göre hesaplandığı anlaşılmaktadır. Yatay yük katsayısı D-B yönü için

0.09, K-G yönü için ise 0.10 olarak alınmıştır. Beton hesap mukavemeti B25 tir; binada StI çeliği kullanılmıştır. İlgili çeken bir nokta projede hesaplanan periyotların yukarıdaki sırada 0.74s ve 0.59s olmalarıdır (Bkz. Bölüm 3 ve 4).

Bina projeleri, temel sisteminin münferit sömeller şeklinde tertiplendiğini göstermektedir. Zemin sıkı kum ve kil karışımıdır, eldeki bilgiler temel boyutlandırılmasında "zemin emniyet gerilmesinin"  $15 \text{ t/m}^2$  olarak alındığını öğretmektedir.

### 2.3 Bina Yakınındaki ve İçindeki Cihazlar

Binanın muhtemel bir depremde göstereceği davranışın izlenmesi için yerleştirmesi yapılan cihazlara ait döküm aşağıdaki gibidir (Bkz. Ek: A):

Serbest alandaki hareketin ölçülmesi için bina bahçesinin en uzak köşesine 1.5 m derinlikte açılan bir beton duvarlı çukura 3 eksenli bir cihaz yerleştirilmiştir. Çukurun binaya olan uzaklığı yaklaşık 25 m dir (Bkz. Şekil A.1). İkinci üç eksenli cihaz binanın bodrumundaki bir depoda bulunmaktadır ve Şekil 2.2(a) da koordinatları işaretlenmiştir. Geri kalan üç tek eksenli cihaz ise 3ncü, 5nci ve 7nci kat tavanlarına monte edilmiştir. Bunların yerleştirildiği koordinatlar ve hassas oldukları yönler Şekil 2.2(e), (g) ve (i) de gösterilmektedir.

### 2.4 Cihazların Özellikleri

Binada bulunan toplam 9 kanallı cihazlar İsviçre imalatı olup Syscom markadır. Sistem toplam 5 adet cihazı içine almakla beraber değerlendirme aşamasında kompütere sanki 3 ayrı cihazmış gibi tanımlanmıştır. Bunların ikisi bahçe ve bodrumda bulunan üç eksenli cihazlardır. Muhtelif katlarda bulunan geri kalan 3 adet tek eksenli cihaz ise sanki bir arada bulunan tek bir kayıtcının farklı kanallarıymış gibi işlem görmektedir. Hareketi kaydeden cihazların imalatçı firmaca verilen isimleri MR'dır (motion recorder).

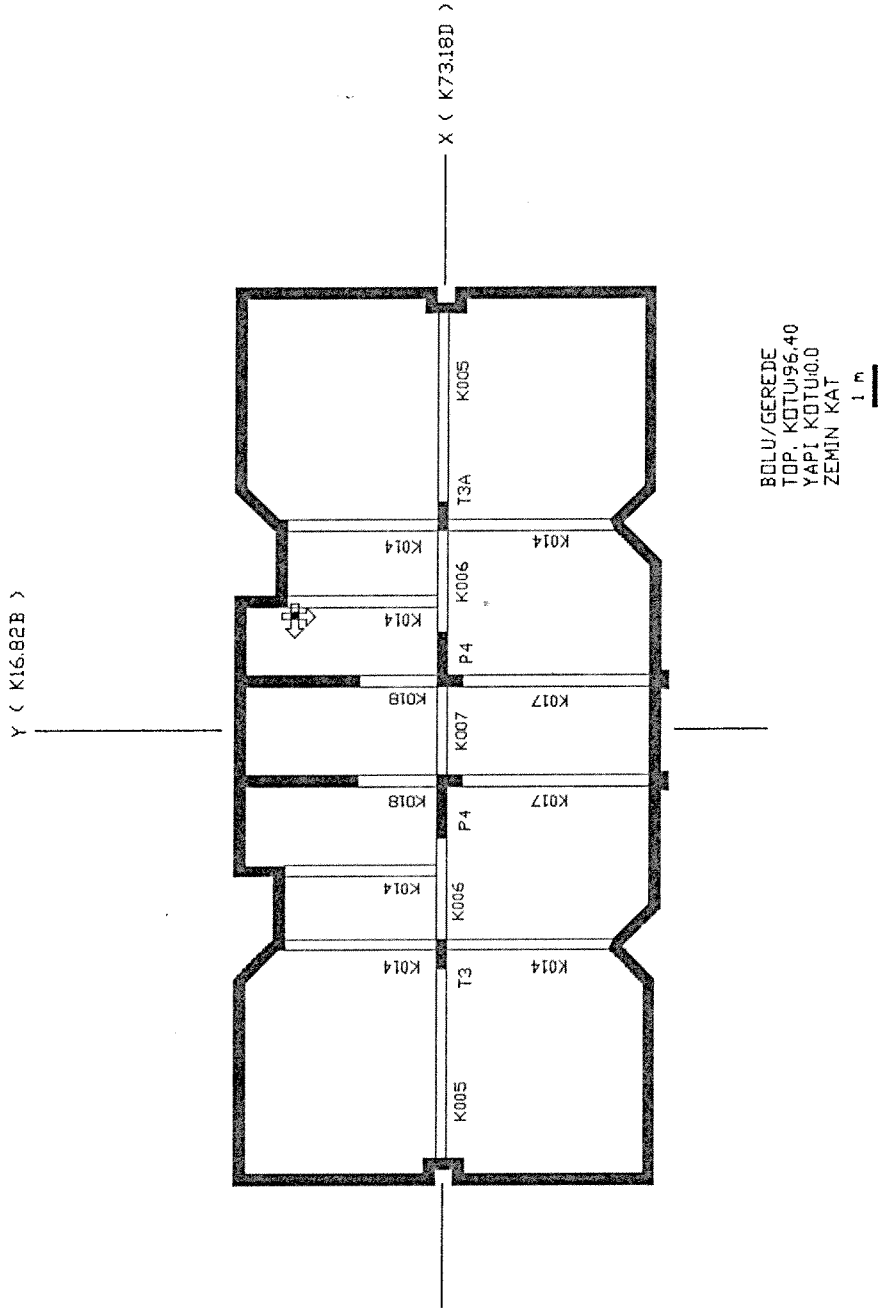
Herbir MR, bir kapasitif katı hal ivme ölçeridir. Frekans tepkisi DC-200 Hz arasında olup tabii frekansı 850 Hz dir. Ölçerlerin maksimum kapasiteleri 2 g olarak seçilmiştir. Cihazlar digital kayıt yapar; herbir MR 256 KB hafızaya sahiptir. Çözümleme 12 bit, ölçme sürati ise kanal başına saniyede 200 örnektir. Tetikleme ivmesi 0.02g olarak ayarlanmıştır. Tetik öncesinde 4, deprem sonrasında da 4 s süreyle çalışacak biçimde programlanmıştır, ancak bu süreleri değiştirme imkanı bulunmaktadır.

Cihazların kaydettiği bilginin işlenebilmesi için bunun bilgisayara alınmasını sağlayan MCC (motion control center) cihazı mevcuttur. Sistemin değerlendirme imkanları Ek: A'da anlatılmaktadır.

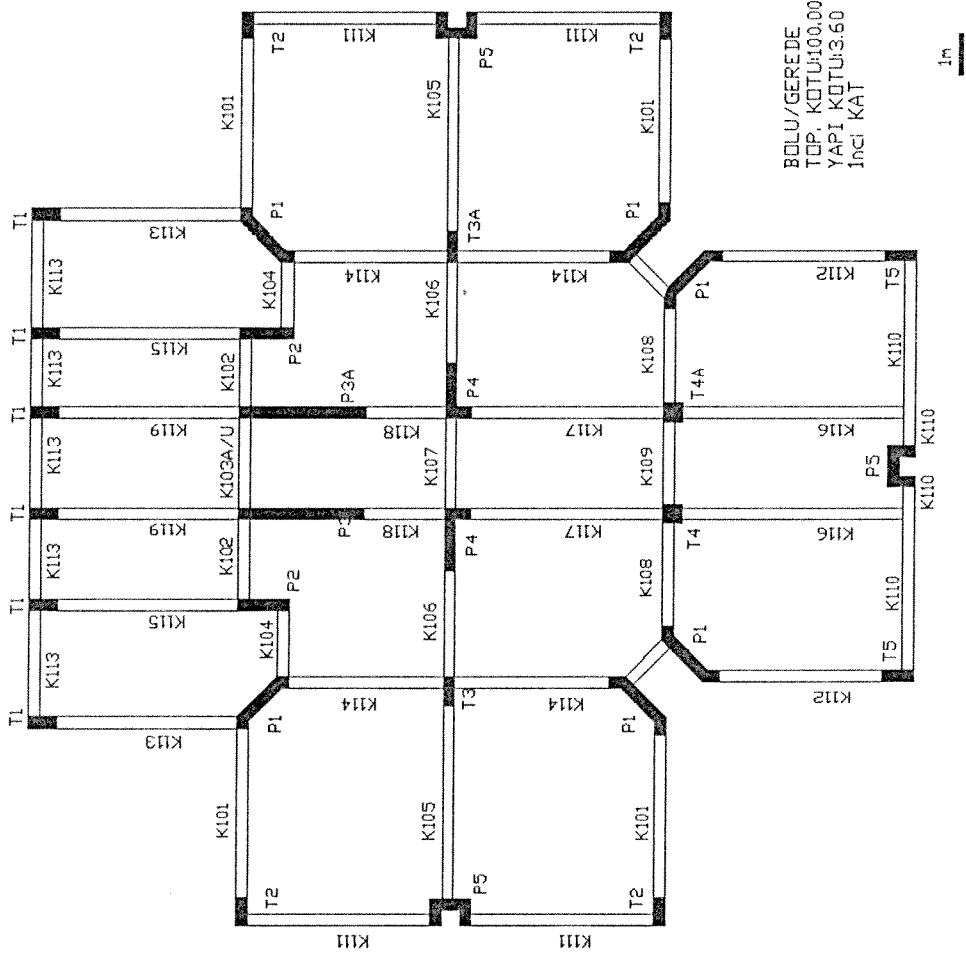


Şekil 2.1 Gerde Yurt Binası: Dış Görünüş

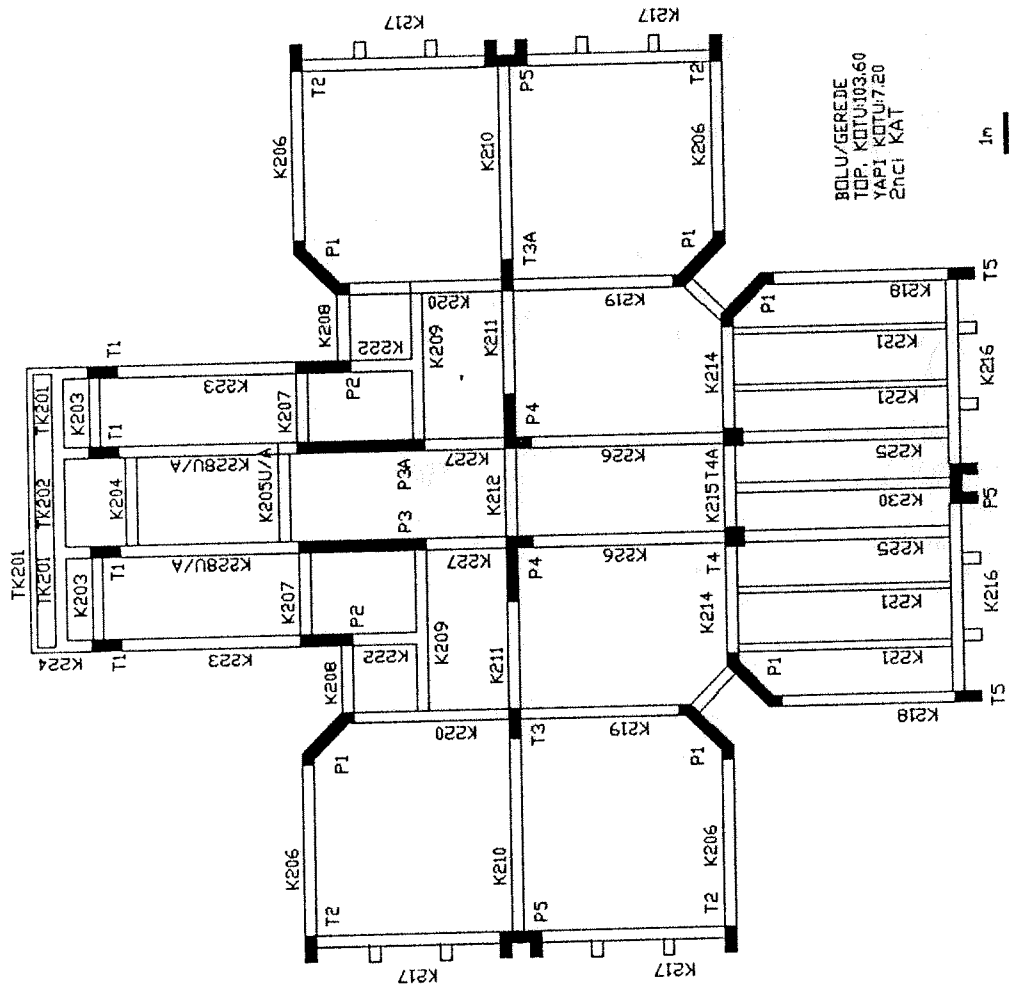




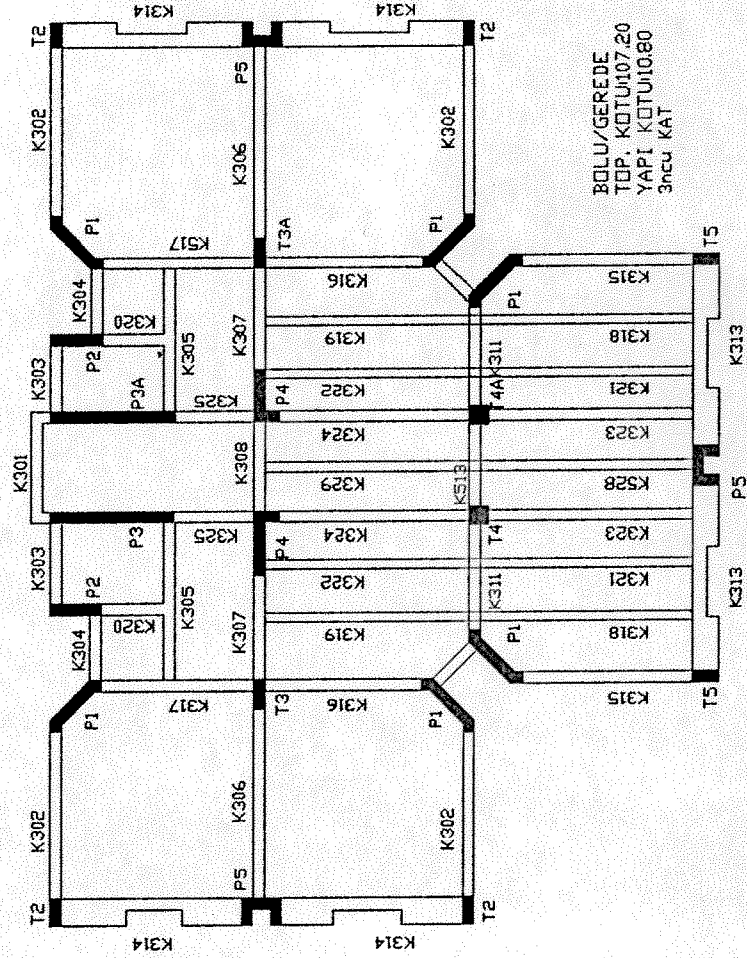
Şekil 2.2(a) Bina Kat Planları ve Kesitleri



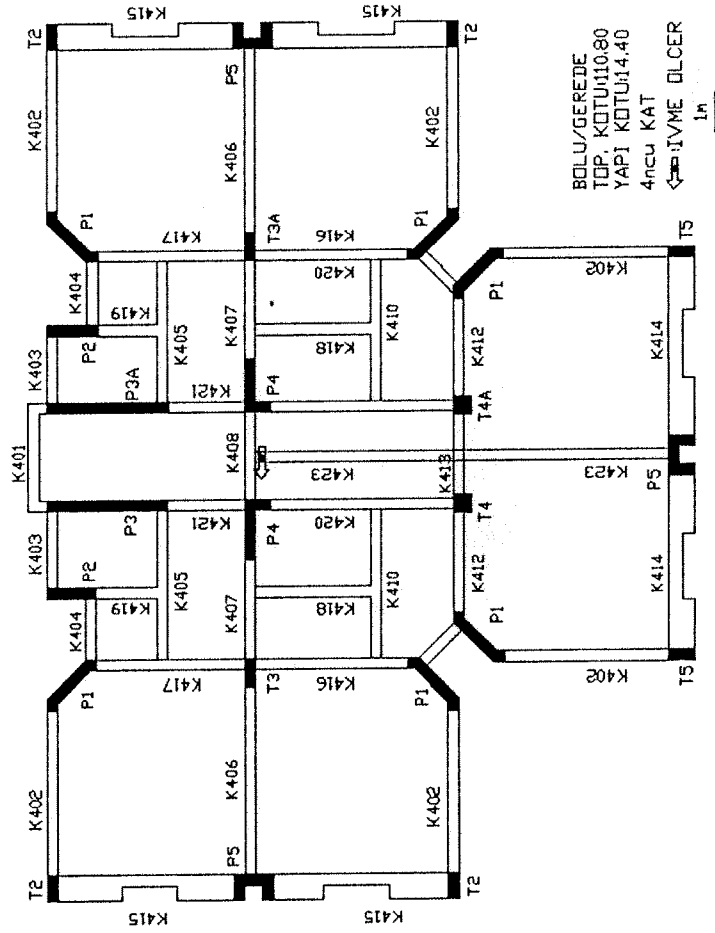
Şekil 2.2(b) Bina Kat Planları ve Kesitleri



Şekil 2.2(c) Bina Kat Planları ve Kesitleri

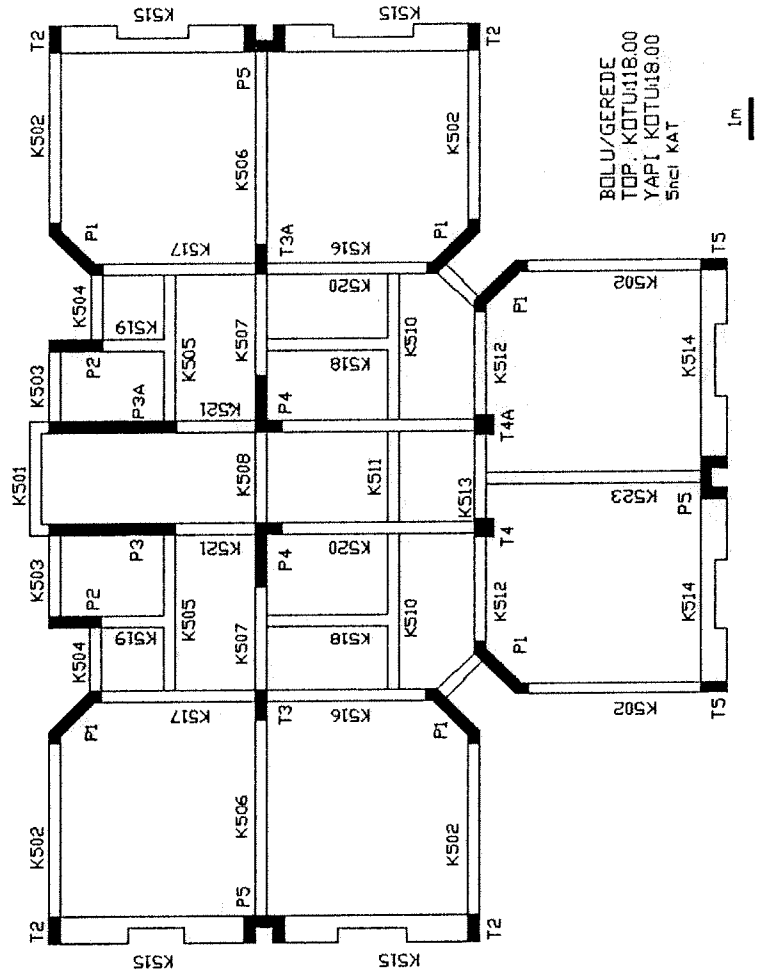


Şekil 2.2(d) Bina Kat Planları ve Kesitleri

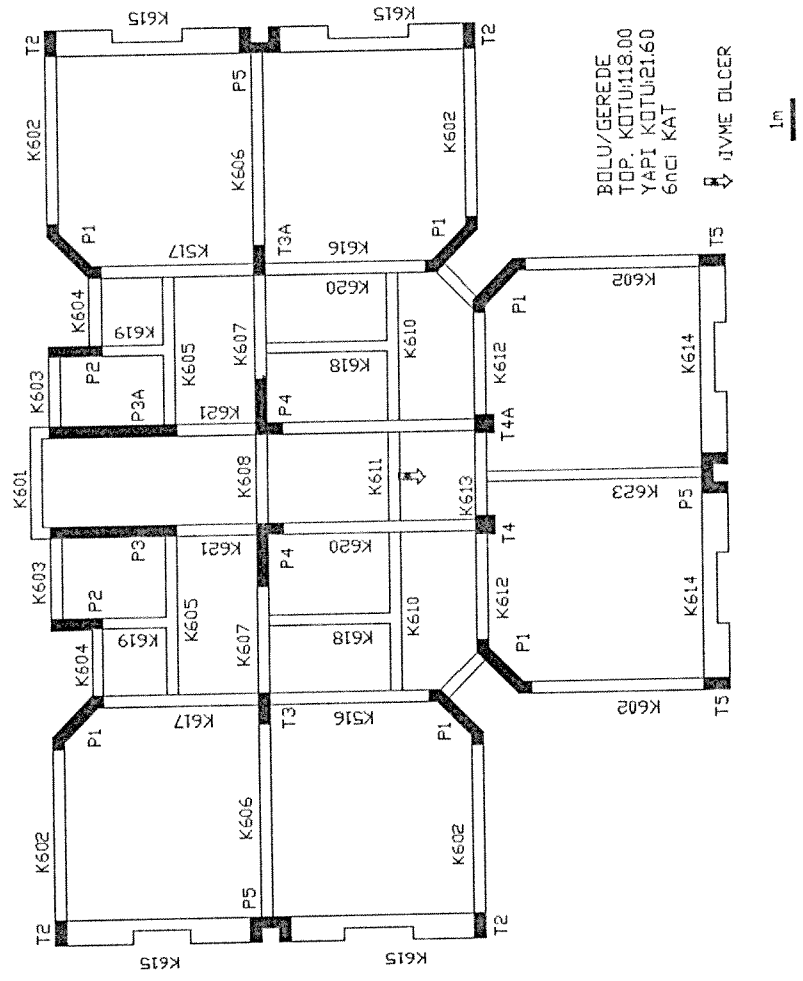


Şekil 2.2(e) Bina Kat Planları ve Kesitleri

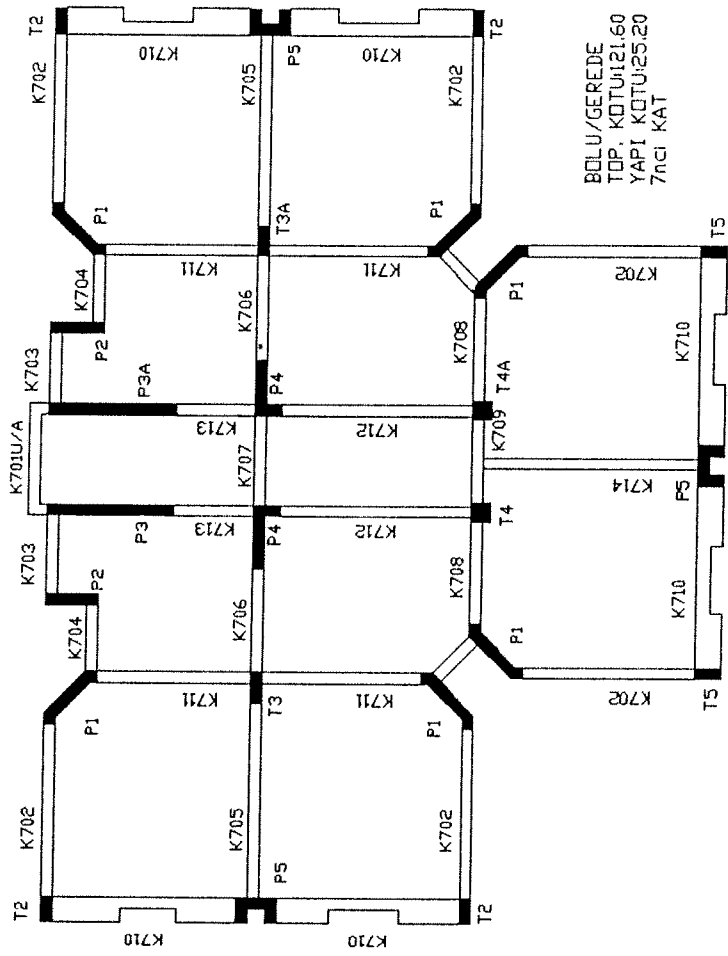




Şekil 2.2(f) Bina Kat Planları ve Kesitleri

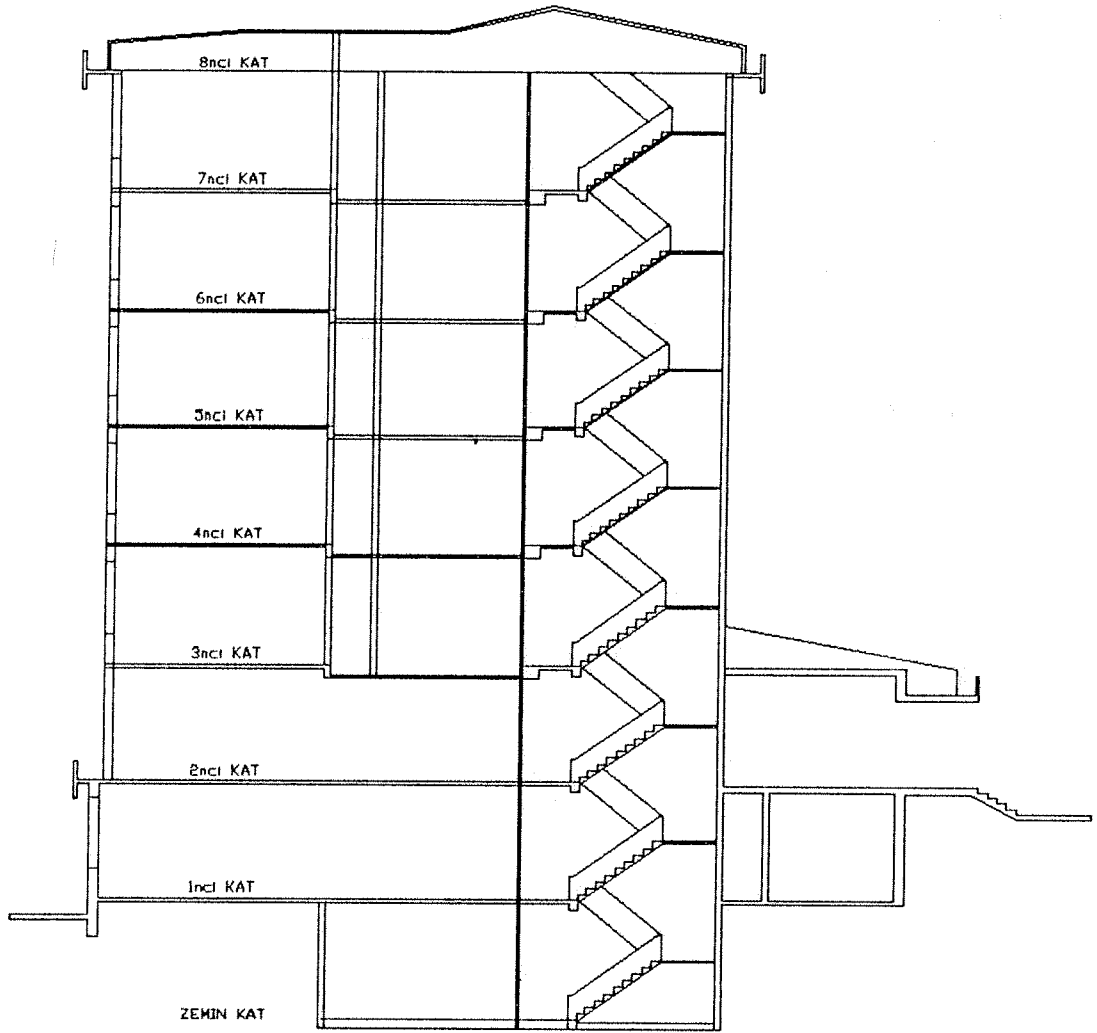


Şekil 2.2(g) Bina Kat Planları ve Kesitleri



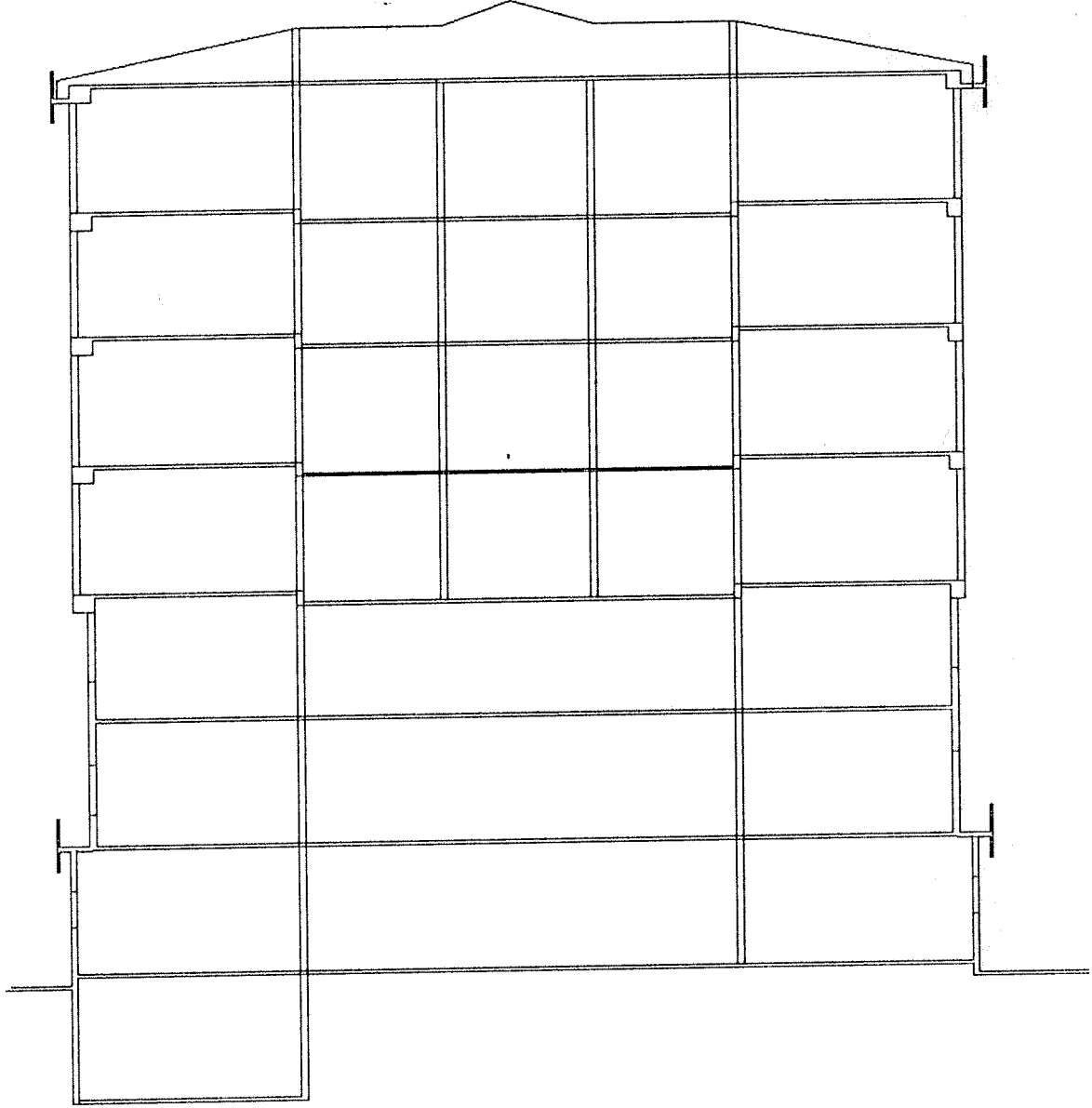
Şekil 2.2(h) Bina Kat Planları ve Kesitleri



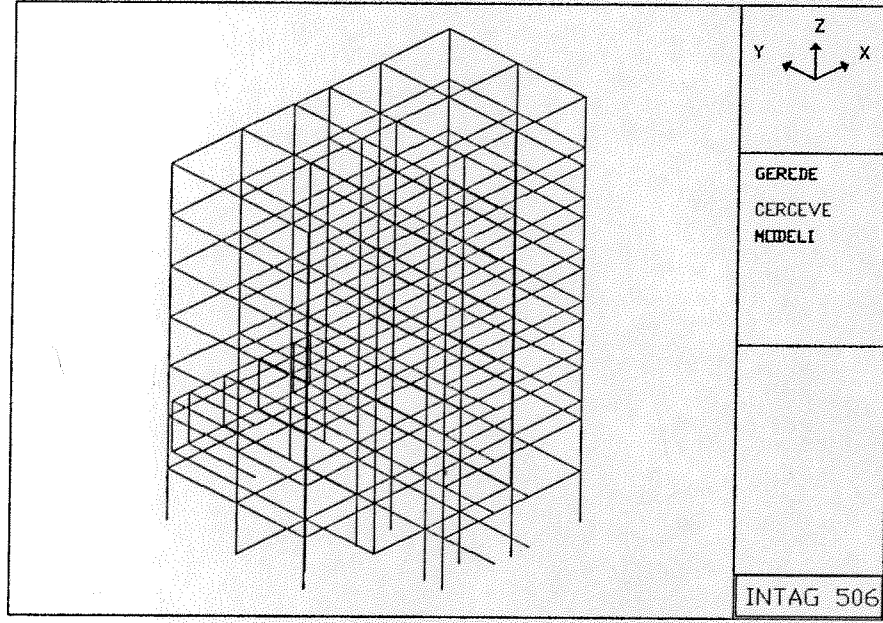


Şekil 2.2(j) Bina Kat Planları ve Kesitleri





Şekil 2.2(k) Bina Kat Planları ve Kesitleri



Şekil 2.3 Analitik Modelin Üç Boyutlu Görünüşü



### 3. DOĞRUSAL HESAP İÇİN ANALİTİK MODEL

#### 3.1 Giriş

Son 20-25 yıl içinde yapıların statik ve dinamik hesabında erişilen ilerleme sayesinde deprem etkilerinin önceden kestirilmesi görünüşte pek kolay bir egzersiz haline gelmiştir. Ancak bilgisayar yardımıyla gerçekleştirilen bütüh hesaplarda olduğu gibi kurulan modeller değeri tam bilinemeyen bazı parametrelere dayanır. Mesela bina sisteminin üç boyutlu bir modeli mutlaka zemin yapısını da içine almalı ve onun dinamik özelliklerini yansıtabilme yeteneğine sahip olmalıdır. Yapısal olmadığı düşünölen bölme duvarı gibi bileşenler bir biçimde modele ithal edilebilmelidir. Üst yapıyı meydana getiren bileşenleri de modellemek sanıldığı kadar kolay değildir. Bu belirsizlikler yüzünden gerçek yapıların hizmet süreleri içinde uğrayabilecekleri depremlerin tesirlerin pek te kesin hesabının yapılamayacağı ileri sürölmüştür. Bu iddiaların doğrulanması pek tabii bir depremin meydana gelmesi ile alınacak kayıtların tahminlerle kıyaslanmasıdır.

Bu raporun yazıldığı tarihte (1994) Gerede Yurt Binasında henüz bir deprem hareketi kaydedilmiş değildir, dolayısıyla yukarıdaki nitelikte bir kıyaslama yapma imkanı yoktur. Bu yüzden raporda gerek doğrusal gerekse doğrusal olmayan tahminlerimiz fiktif deprem olaylarına göre yapılacaktır. Doğrusal hesaplar 3ncü Bölümde, doğrusal olmayan hesaplar ise sonraki iki bölümde yer almaktadır.

#### 3.2 Model Tanımı

##### 3.2.1 Çerçeve Modeli

Bina hesabının yer aldığı betonarme projesi incelendiğinde sistemin bilgisayar yardımıyla fakat her iki yönde birbirinden bağımsız çalışan düzlem çerçeveler şeklinde idealize edildiği görölmektedir. Ülkemizde kabul edilen pratiğe uygun olan bu

basitleştirme, bodrum katta yapılan bir tadilat hariç projesine aynen uyularak inşa edilen binanın bu bölümde tarafımızdan yapılan hesaplamalarında tekrarlanmamıştır. Binanın gerek doğrusal statik gerekse dinamik hesapları için tarafımızdan geliştirilen çerçeve modelinin üç boyutlu bir görünüşü Şekil 2.3 te verilmektedir. Bu modelde varolan düğüm noktası sayısı 218, farklı eleman türü 42, elemanlara tatbik edilen ve farklı döşeme yüklerinden gelen tesirleri temsil eden düzgün yayılı yük türü ise 20 dir. Çerçeve elemanı sayısı 770, modelin toplam serbestlik derecesi ise 1164 tür.

Model, büyüklüğünden ötürü sonuçları daha sonra verilecek hesaplarda oldukça uzun zaman gerektirmiştir, ancak simetrinin bulunmadığı D-B doğrultusunda gelecek hareketin yaratacağı burulma hareketini ancak böyle bir modelleme ile yakalamak mümkün olabilir. Ayrıca imkan olduğu zamanlarda üç boyutlu hesaplamanın düzlem hesap sonuçlarına tercih edilmesi gereklidir.

Bu raporun sağlamayı amaçladığı hedeflerden birisi de söz konusu binanın başka araştırmacılar tarafından başka bilgisayar programları veya başka yaklaşımlar ile hesaplanması için gerekli detay bilgileri sunmaktır. Amacın gerçekleştirilmesi için binayı meydana getiren elemanların hepsine ait toplu bilgiler Tablo 3.1 (kolonlar) ve Tablo 3.2 de (kirişler) özetlenmiştir. Çerçeve modelinin içerdiği ancak bu tablolarda yeralmayan elemanlar da mevcuttur. Bu elemanlar döşemelerin modellenmesi amacıyla kullanılmıştır. Kendi düzlemi içinde sonsuz rijit olarak kabul edilebilecek döşeme plakları, yatay ötelenmenin ve düşey eksen etrafındaki dönmenin yalnızca bir noktada bilinmesi halinde bütün kolon uç noktalarının yatay yerdeğiştirmelerinin hesaplanmasında basit geometrik bağıntıların kullanılabilmesine imkan tanıyan bir ifadenin yazılmasını mümkün kılar. Ancak bu nokta gerçek rijitlik merkezinden başka bir yerde seçilirse kullanılan programın özelliklerine bağlı olarak rijitlik merkezinin suni olarak o noktaya taşınması gibi gerçeğe aykırı bir durum ortaya çıkabilir. Bu araştırmanın doğrusal hesaplama kısmında kullandığımız SAP90 (Computers &



Structures, Inc., 1991) programı bu karaktere sahiptir; hernekadar döşeme plakası içinde gelişigüzel bir referans noktasının seçilerek sonsuz rijit döşeme mekanizmasının işletileceği söylenmekte ise de rijitlik merkezinin uğrayacağı kopmadan bahsedilmemektedir. İşte bu mahzuru ortadan kaldırmak için çerçeve modelinde yatay düzlemde aksel rijitliği efektif olarak sonsuz, ancak kütlesi sıfır çapraz kafes elemanları kullanılmıştır. Bu elemanlar kullanılmadığı takdirde çarpılabilecek plan görüntüleri, böylelikle gerçek davranışa doğru itilmiş olmaktadır.

### 3.2.2 Dolgu Duvarlı Çerçeve Modeli

Binanın daha önce proje firması tarafından yapılan statik hesapları iki boyuta indirilmekle beraber esas itibariyle Şekil 2.3 te gösterilen yalnızca uzunluk boyutuna sahip elemanları içine alan idealizasyon yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Aslında her binada olduğu gibi, çerçeve açıklıklarında çoğu boşluklu tuğlalardan imal edilmiş duvarlara sahiptir ve bu duvarlar özellikle dinamik davranışı etkileyebilecek seviyede düzlemi rijitliğe sahiptir. Duvarların iki boyutlu elemanlar yardımıyla modele dahil edilmesi mümkündür, ancak bu zaten yeterli derecede karmaşık olan modeli manasız ölçüde içinden çıkılmaz hale getireceği için izlemeyi tercih ettiğimiz yön olmamıştır. Ayrıca duvarlar hakkında elde yeterli bilgi olmadığından bunları "eşdeğer" çubuk elemanları v.b. mekanizmaları ile simüle etme yoluna gidilmemiştir. Açıkladığımız bu sebeplerden dolayı dolgu duvarlı bir çerçeve modeline dayalı sonuçlar bu raporda yer almamaktadır. Aslında dolgu duvar etkisi lineer sınırın ötesinde hissedilir bir düzeye erişir; elastik limit altında küçük genlikli yerdeğiştirmelerde ise başlangıç rijitliğine önemli bir etki yapar. Ölçülen ve hesaplanan bina periyotlarının aşağıda verilecek tartışmasında bu tesire yeniden temas edilecektir.

### 3.2.3 Frekans Ölçümleri ve Sönüm Tahminleri

Yapı sistemlerinin dinamik hesabında sık sık karşılaşılan bir problem kullanılacak sönüm değeri ile ilgilidir. Yapı türüne bağlı olmaksızın çokça kullanılan kritik değere göre normalize edilmiş 0.05 değeri, ortalama bir değerdir.

Özellikle yapı temeli gözönüne alındığında eşdeğer sönüm yüzdesi çok daha fazla olabilmekte, ayrıca bir moddan diğerine büyük değişimler gösterebilmektedir.

Düşük genlikli yerdeğiştirmelerdeki gerek periyot gerekse sönüm değerleri hakkında bir fikir sahibi olmak amacıyla Kinematics marka Vibration Monitor cihazı kullanılarak bazı ölçümler yapılmıştır. Bu sınıfa dahil cihazlar ya rüzgar etkisi altında ya da insanlar tarafından ileri geri hareket etmek suretiyle yaratılan hareketlerin hızını ölçmek suretiyle çalışmaktadır. İnsan gücü ile harekete geçirilen binada yapılan ölçmeler Tablo 3.3 te özetlenmektedir. Aynı yönlerde kaydedilen titreşimlerden çıkarılan güç spektrumları ise Şekil 3.1 de verilmiştir.

Güç spektrumlarının gözle yapılan incelemesinde kabaca K-G diye adlandırdığımız (fakat aslında K16.82B azimutuna sahip perde duvarlarına paralel) doğrultuda 2.5 ve 3.5 Hz (0.40 ve 0.29s) de iki tepe bulunduğu farkedilmektedir. Diğer modlar ise belirsizdir. Buna karşılık D-B (K73.18D) yönünde 2.5 Hz (0.40s) deki pike ilaveten 4, 8 ve 10 Hz de (0.25, 0.13 ve 0.10s) enerji yığılımı gösteren tepeler mevcuttur.

Sistemin özdeğer probleminin çözülmesi sonucu elde edilen frekanslar Tablo 3.4 te verilmektedir. Bu tablonun incelenmesi sonucu hesaplanan ve ölçülen değerler (Tablo 3.3) arasında büyük fark olduğu hemen görülecektir. Bunun bir sebebi hesaplanan değerlerin dolgu duvar etkisini içine almamasıdır. Çok küçük deplasman genliklerinde ölçülen periyot değerleri düzlemiçi yük kapasitesi düşük de olsa duvarların varlığından ötürü azalma eğilimi gösterir. İlgi çeken bir nokta asal doğrultudaki periyot değerlerinin (veya modal rijitliklerin) fazla bir fark göstermemesidir. Halbuki hesaplanan değerlerde modal rijitliklerin farklı olduğunu gösteren periyot farkları okunmaktadır. Tablo 3.4 te verilen modal frekanslara karşı gelen mod şekillerinden ilk dördü Şekil 3.2 de gösterilmiştir. Bu modal vektörlerin incelenmesinden ilk modun binanın zayıf yönü olan x doğrultusunda (Bkz. Şekil 2.2(a)) ötelenmeye karşı geldiği,

ikinci modun ise burulma hareketini içerdiği görülmektedir. Üçüncü modun, perde duvarlarının etkili olduğu y doğrultusunda ötelenmeye, dördüncü modun ise x yönündeki ikinci moda karşı geldiği farkedilmektedir.

### 3.3 Yükleme Durumları

Araştırmamızın ana amacı üzerine ölçüm cihazı yerleştirilen binanın tasavvur edilebilecek bir deprem sırasında gösterebileceği davranışın önceden bilinmesi olduğu için yükleme durumları kısıtlı bir şekilde ele alınmıştır. Mimari ve betonarme projelerden edinilen bilgiler yardımıyla tespit edilen sabit yükler döşemelerden kirişlere aktarılmış ve yalnızca bir düşey yükleme durumu için hesap yapılmıştır. Hareketli yüklerin gözönüne alınmaması sonucu statik projedeki hesap kuvvetleri ile bu sonuçlar arasında belirli farklar doğmuştur. İç kuvvetlerin elemanlar üzerindeki şiddeti şematik olarak Şekil 3.3 de verilmektedir.

Dinamik etkiler ise binaya her iki asal doğrultuda gelen deprem hareketleri ile temsil edilmiştir. Hesaplarda kullanılmak üzere seçilen iki kayıt bulunmaktadır :

1. 13 Mart 1992 tarihinde Erzincan'da kaydedilen D-B yer hareketi (maksimum yer ivmesi  $\approx 0.5g$ )
2. 18 Mayıs 1940 tarihinde El Centro'da kaydedilen K-G yer hareketi (maksimum yer ivmesi  $\approx 0.34g$ )

İleride sık sık atıfta bulunulacak bu iki gerçek kayıt Şekil 3.4 te gösterilmiştir.

### 3.4 Statik Düşey Yüklerin Yaratacağı Tesirler

Bina, betonarme projesinde yapıların aksine, Şekil 3.3 de verilen sabit düşey yük tesirleri altında uzay sistem olarak incelenmiştir. Elemanlarda hesaplanan:

1. Ana eksenler etrafındaki eğilme momenti Şekil 3.5 te ve 3.6 da

2. Ana eksenler doğrultusundaki kesme kuvvetleri Şekil 3.7 de (diğer asal eksen doğrultusundaki kesme kuvvetleri ihmal edilecek kadar azdır)
3. Eksen doğrultusundaki kuvvetler ise Şekil 3.8 de gosterilmiştir. Eleman bazında kesin tesir rakamlarını toplu bir Şekilde tablo haline getirmek yerine ölçekli bu grafikleri vermenin yeterli olacağı düşünölmüştür.

### 3.5 Yer Hareketinin Yaratacağı Tesirler

Binayı etkileyebileceği varsayılan iki deprem hareketi de herhangi bir ölçeklemeye tabi tutulmadan ilk alındıkları kayıt Őekliyle binaya tatbik edilmiştir. Ancak bu hareketler bina plan asal eksenleri doğrultusunda tarif edildiklerinden aynı deprem farklı zamanlarda ortaya çıkmış gibi hesaplara dahil edilmiştir.

Dinamik dıř etkinin yaratacađı zamana bađlı iç deđiřkenler olarak řu grup sečilmiřtir:

1. Asal doğrultulardaki kat yerdeğiştirmeleri (Şekil 3.9)
2. Taban kesme kuvveti (Şekil 3.10)
3. Birinci katta P3 ve P3A perdelerindeki kesme kuvveti (Şekil 3.11)
4. 1 ve 2nci katta P3 perdesine saplanan K106, K118 ve K211, K227 elemanlarındaki asal eksen eğilme momenti (Şekil 3.12)
5. İvme ölçerlerin buldukları noktalardaki mutlak ivme (Şekil 3.13)

Hesaplar sorucu ortaya çıkan büyük sayıdaki çizimlerde dikkat çekmek istediğimiz bazı hususlar vardır. Bunlardan birincisi sunulan zaman fonksiyonlarının hepsini sıfır başlangıç değerine sahip olmasıdır. Aslında statik hesaplarda bulunan değerler dinamik tesirlerin  $t=0$  anındaki değerini teşkil ederler. Ayrıca verilen kat yerdeğiştirmeleri yere göre olan relatif değerlerdir. İvme ölçüm cihazları maliyetleri itibariyle mutlak ivmeyi ölçtükleri için bu noktalarda hesaplanan relatif ivmelere yer ivmesi eklenerek mutlak ivmeler hesaplanmıştır.

Modelimiz, zemin yapısını içine almayan bir modeldir; bu sebeple zemin elastikiyetinden doğan yerdeğiştirme ve dönmeleri göstermemektedir. Ayrıca Şekil 2.2(a) da gösterilen bodrum katını çevreleyen betonarme perde duvarları üst katlara oranla çok daha rijit olduklarından bu seviyede hesaplanan yerdeğiştirmeler ihmal edilecek seviyede küçük çıkmış ve sunulan grafiklere dahil edilmemiştir.

Grafikler her durum için belirli bir sırada tertiplenmiştir. Deprem yer hareketlerine göre ayırım önce Erzincan sonra El Centro depremlerine aittir. Bu depremlerin etki yönü ise önce x, sonra ise y yönleri içindir. Yönler şekillerde bina ikonası yanında gösterilmiştir. Benzer niceliklerin sergilenmesinde aynı ölçek kullanıldığından genlik ve frekans alanlarında gözle hemen yapılabilecek bazı kıyaslamalar mevcuttur. Bu arada her iki deprem kaydının da kuvvetli tepelerini içine alan ilk 10 s lik bölümlerinin hesaplarda gözönüne alındığını yeniden hatırlatmak isteriz.

Kat yerdeğiştirmeleri x ve y yönlerindeki ilk modun sağladığı periyotta gelişmektedir. Şekil 3.9(a)-(g) incelendiği zaman görüleceği gibi bina x yönünde etki eden bir yer hareketi altında yaklaşık 0.75 s lik bir periyotta süzgeçlenmiş ötelenmeler göstermektedir ve bu birinci modun periyodudur. Yerdeğiştirmeler her katta geometrik merkezde hesaplanmıştır. Kat yüksekliklerinin 3.60 m olduğu hatırlanacak olursa ardışık deplasmanların da 0.005 oranını aşmadığı görülmektedir. Yer hareketinin (perde duvarlarının etkili olduğu) y doğrultusunda olması halinde katlarda meydana gelecek yerdeğiştirmeler grup halinde Şekil 3.9(h)-(n) de gösterilmiştir. Bu grup şekilden hemen farkedileceği gibi tepki hareketinin periyotu bu sefer 0.5 s dir ve ulaşılan genlikler ise esnek yönün yaklaşık yarısı olmaktadır.

El Centro kaydı için hesaplanan benzer dinamik davranış-zaman grafikleri Şekil 3.9(o)-(bb) çerçevelerinde sunulmaktadır ve varılan sonuç aynıdır. x-doğrultusundaki bir hareket 0.75-0.80 s mertebesinde, y doğrultusundaki bir hareket ise 0.5 s



mertebesinde bir hakim periyotta gerçekleşen dinamik davranışa yolaçmaktadır. Bu arada farkedilecek bir başka karakteristik özellik Erzincan kaydının El Centro kaydından daha şiddetli bir depreme karşı geldiğidir. Perde duvarları y yönündeki hareketi kısıtlamakta oldukça etkilidir ve daha esnek yön olan x doğrultusuna göre yerdeğiştirme genliklerini yarı yarıya azaltmaktadır.

İncelenen binanın ağırlığı 34'000 kN'dir. Buna göre Şekil 3.10 da verilen taban kesme kuvveti diyagramları (bu grafikler mobilize olan kütlelerin modal ivmeler ile çarpılması sonucu elde edilmektedir) Erzincan kaydının y doğrultusunda 0.7x ağırlık mertebesinde bir elastik taban kesme kuvvetini yarattığını göstermektedir. Buna karşılık El Centro kaydının ortaya çıkardığı en büyük kesme kuvveti 0.6x ağırlık kadardır. Beklenebileceği gibi perde duvarları, zayıf eksenleri doğrultusunda bu taban kesme kuvvetinin az bir kısmına maruz kalmakta (Şekil 3.11 (a), (b), (e), (f)) buna karşılık öteki yönde yaklaşık yüzde 60 kadarı P3 ve P3A duvarlarınca taşınmaktadır (Şekil 3.11 (c), (d), (g), (h)). Perde duvarların bu mertebede bir etkinlik sağladığı, etraflı sonuçları bu raporda yer almıyan statik yatay üçgen yük yükleme durumları çalışmamızla da uyum göstermektedir.

Şekil 3.11 de hemen farkedilmeyecek bir husus x doğrultusundaki hareketler için minimal bir burulmanın olmasıdır. Perde duvarlarının aynı kesme kuvvetine maruz kalmaları dönme hareketinin bulunmadığını ispatlamaktadır. Aynı sonuç, tartışması aşağıda verilen ivme hesapları tarafından da doğrulanacaktır.

Elastik tepki hesapları, şiddetli deprem sırasındaki eleman bazındaki zorlamalar için ancak global gösterge niteliğinde sonuçlar doğurur çünkü çatlama ve benzeri rijitlik değişimine yolaçan gelişmeler iç kuvvetlerin karmaşık bir biçimde yeniden dağılmasını beraberinde getirir. Şekil 3.12 ye konu teşkil eden elemanların yerleri ve doğrultuları için bu şekli incelemeyen önce Şekil 2.2 ye gözetilmesi faydalı olacaktır. Erzincan kaydının doğu-batı yönünde uygulanması sonucu bu yöne dik

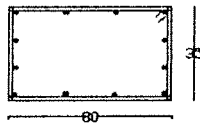
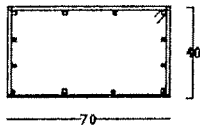
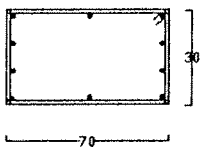
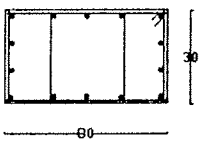
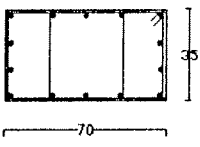
K118 veya K227 kirişlerinde ihmal edilebilecek kadar az zorlamalar doğmakta buna karşılık Şekil 3.12(c) de görüldüğü gibi K211 kirişinde bu kirişin elastik olarak taşıyabileceği değerden daha büyük momentler ortaya çıkmaktadır (Tablo 3.2). İlgili çeken bir başka husus da moment değerlerinin ikinci kattan itibaren artış göstermesidir. Şekil 2.2(j) bunun sebebini açıklayacak bilgiyi yansıtmaktadır. Arka taraftan toprağa gömülü ve perde duvarlarına oturan bina ancak bu seviyeden itibaren yerdeğiştirme açısından serbestleşmekte, bunun sonucu da iç kuvvetler ortaya çıkabilmektedir. Deprem kayıtları arasındaki kıyaslama ise kat yerdeğiştirmelerinde olduğu gibidir.

Kiriş momentleri ile ilgili değerlendirmede T geometrisindeki kirişlerin alt ve üst donatıları arasındaki farkı da taşıma kapasiteleri açısından hatırdta tutmak gerekir.

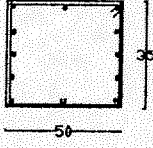
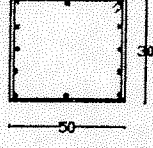
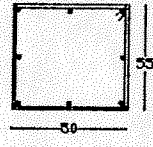
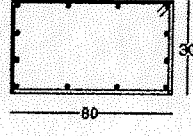
Katlarda ivme kayıt cihazları, 4 ve 8nci katta x yönünde, 6ncu katta ise y yönünde çalışmaktadır. Dolayısıyla dik yönde bir tepkinin doğması cihazın bulunduğu noktanın binanın düşey eksenini etrafında yaptığı bir dönme sonucu mümkündür. Şekil 3.13 ise böyle bir hareketin beklenmemesi gerektiğini göstermektedir. Erzincan depremi en üst 8nci katta x yönünde 1.5 g mertebesinde bir hareket yaratmakta (Şekil 3.13 (c)), buna karşılık iki kat aşağıda y yönünde herhangi bir tepki hesaplanmamaktadır. Bu durum hareketin y doğrultusunda gerçekleşmesi durumunda tersine dönmektedir (Şekil 3.13 (d)-(f)). Perde duvarlarının hareketin genliğini kontrol altında tutmada ne kadar etkili olduğu bir daha farkedilmektedir. Şekil 3.13(e) de verilen grafik, bu katın mutlak ivmesinin 1.0 g kadar olacağını göstermektedir.

El Centro kaydı esas alınarak yapılan hesaplarda aynı gözlemler tekrarlanmakta, ancak genliklerin daha az tepe değerlere ulaştığı farkedilmektedir.

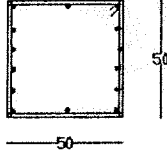
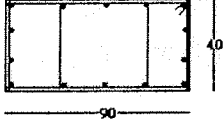
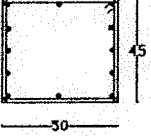
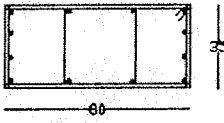
Tablo 3.1 Koşon Detayları

ELEMAN NUMARASI	KESİT	DONATI
T3 3ncu KAT		12Ø20 ETRIYE: Ø8/17
T3A 3ncu KAT		12Ø20 ETRIYE: Ø8/20
T3A 5-6nci KAT 7-8nci KAT		10Ø16 ETRIYE: Ø8/19
T3 4ncu KAT 5-6nci KAT 7-8nci KAT		14Ø16 ETRIYE: Ø8/19
T3A 4ncu KAT		14Ø16 ETRIYE: Ø8/19

Tablo 3.1 (Devamı) Kolon Detayları

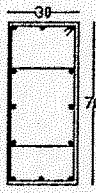
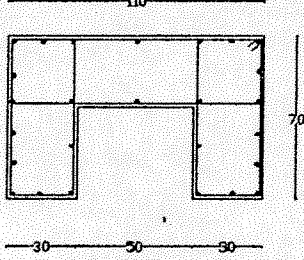
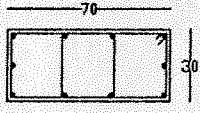
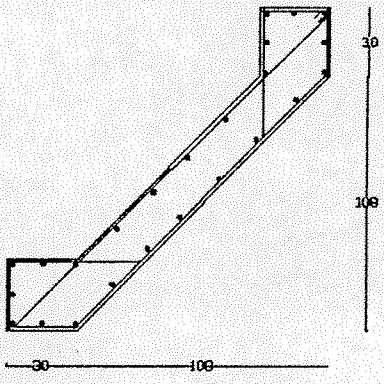
ELEMAN NUMARASI	KESİT	DONATI
T4 T4A 5nci KAT		12Ø18 ETRIYE: Ø8/20
T4 T4A 6nci KAT 7nci KAT		12Ø18 ETRIYE: Ø8/20
T4 T4A ZEMİN KAT 1nci KAT		12Ø20 ETRIYE: Ø8/20
T3A T3 2nci KAT		12Ø20 ETRIYE: Ø8/17

Tablo 3.1 (Devamı) Kolon Detayları

ELEMAN NUMARASI	KESİT	DONATI
T4 T4A 2nci KAT		12Ø20 ETRIYE: Ø8/20
T3 T3A ZEMİN KAT 1nci KAT		14Ø20 ETRIYE: Ø8/20
T4 T4A 3ncu KAT		12Ø18 ETRIYE: Ø8/20
T2 BUTUN KATLAR		12Ø20 ETRIYE: Ø8/20



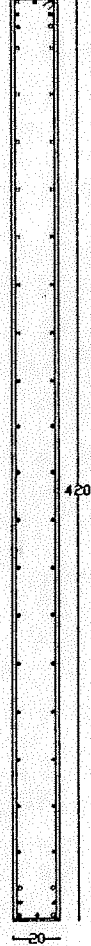
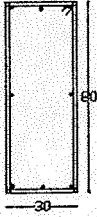
Tablo 3.1 (Devamı) Kolon Detayları

ELEMAN NUMARASI	KESIT	DONATI
T5 BUTUN KATLAR		12Ø18 ETRIYE: Ø8/20
P5 BUTUN KATLAR		26Ø16 ETRIYE: Ø8/19
T2 BUTUN KATLAR		10Ø16 ETRIYE: Ø8/19
P1 BUTUN KATLAR		5Ø16 10Ø10 5Ø16 ETRIYE: Ø10/20

Tablo 3.1 (Devamı) Kolon Detayları

ELEMAN NUMARASI	KESİT	DONATI
T4A T4 ZEMİN KAT 1nci KAT		12Ø20 ETRIYE: Ø8/20
T3 T3A ZEMİN KAT 1nci KAT		14Ø20 ETRIYE: Ø8/20
P4 BUTUN KATLAR		16Ø18+8Ø10 ETRIYE: Ø8/20
P2 BUTUN KATLAR		12Ø14 ETRIYE: Ø8/17

Tablo 3.1 (Devamı) Kolon Detayları

ELEMEN NUMARASI	KESİT	DONATI
<p>P3-P3A</p> <p>BUTUN KATLAR</p>		<p>7Ø16</p> <p>Ø10/20</p> <p>7Ø16</p> <p>ETRIYE: Ø8/17</p>
<p>T1</p> <p>BUTUN KATLAR</p>		<p>8Ø14</p> <p>ETRIYE: Ø8/17</p>

Tablo 3.1 (Devamı) Kolon Detayları

ZEMİN KAT		
KOLON NUMARASI	DONATI	
	BOYUNA	ENİNE
T3	14 $\Phi$ 20	$\emptyset$ 8/20
T3A	14 $\Phi$ 20	$\emptyset$ 8/20
T4	12 $\Phi$ 20	$\emptyset$ 8/20
T4A	12 $\Phi$ 20	$\emptyset$ 8/20
P3 -P3A	14 $\Phi$ 16+36 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 8/17
P4	16 $\Phi$ 18+8 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 8/20

BİRİNCİ KAT		
KOLON NUMARASI	DONATI	
	BOYUNA	ENİNE
T1	8 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17
T2	10 $\Phi$ 16	$\emptyset$ 8/19
T3	14 $\Phi$ 20	$\emptyset$ 8/20
T3A	14 $\Phi$ 20	$\emptyset$ 8/20
T4	12 $\Phi$ 20	$\emptyset$ 8/20
T4A	12 $\Phi$ 20	$\emptyset$ 8/20
T5	12 $\Phi$ 18	$\emptyset$ 8/20
P1	14 $\Phi$ 16+10 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 10/20
P2	12 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17
P3-P3A	14 $\Phi$ 16+36 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 8/17
P4	16 $\Phi$ 18+8 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 8/20
P5	26 $\Phi$ 16	$\emptyset$ 8/19

Tablo 3.1 (Devamı) Kolon Detayları

İKİNCİ KAT		
KOLON NUMARASI	DONATI	
	BOYUNA	ENİNE
T2	10 $\Phi$ 16	$\emptyset$ 8/19
T3	14 $\Phi$ 20	$\emptyset$ 8/20
T3A	14 $\Phi$ 20	$\emptyset$ 8/20
T4	12 $\Phi$ 20	$\emptyset$ 8/20
T4A	12 $\Phi$ 20	$\emptyset$ 8/20
T5	12 $\Phi$ 18	$\emptyset$ 8/20
P1	14 $\Phi$ 16+10 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 8/20
P2	12 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17
P3-P3A	10 $\Phi$ 14+38 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 8/20
P4	16 $\Phi$ 18+8 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 8/17
P5	22 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/20

ÜÇÜNCÜ KAT		
KOLON NUMARASI	DONATI	
	BOYUNA	ENİNE
T2	10 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17
T3	12 $\Phi$ 20	$\emptyset$ 8/17
T3A	12 $\Phi$ 20	$\emptyset$ 8/20
T4	12 $\Phi$ 20	$\emptyset$ 8/20
T4A	12 $\Phi$ 20	$\emptyset$ 8/20
T5	12 $\Phi$ 18	$\emptyset$ 8/20
P1	10 $\Phi$ 16+10 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 8/20
P2	12 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17
P3-P3A	10 $\Phi$ 14+38 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 8/20
P4	16 $\Phi$ 16+8 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 8/20
P5	22 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17

Tablo 3.1 (Devamı) Kolon Detayları

DORDUNCU KAT		
KOLON NUMARASI	DONATI	
	BOYUNA	ENINE
T2	10 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17
T3	14 $\Phi$ 16	$\emptyset$ 8/19
T3A	14 $\Phi$ 16	$\emptyset$ 8/19
T4	12 $\Phi$ 18	$\emptyset$ 8/20
T4A	12 $\Phi$ 18	$\emptyset$ 8/20
T5	10 $\Phi$ 16	$\emptyset$ 8/19
P1	10 $\Phi$ 14+10 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 8/20
P2	12 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17
P3-P3A	8 $\Phi$ 14+38 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 8/20
P4	16 $\Phi$ 16+8 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 8/20
P5	22 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17

BESINCI KAT		
KOLON NUMARASI	DONATI	
	BOYUNA	ENINE
T2	10 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17
T3	10 $\Phi$ 16	$\emptyset$ 8/19
T3A	10 $\Phi$ 16	$\emptyset$ 8/19
T4	12 $\Phi$ 18	$\emptyset$ 8/20
T4A	12 $\Phi$ 18	$\emptyset$ 8/20
T5	10 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17
P1	10 $\Phi$ 14+10 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 8/20
P2	12 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17
P3-P3A	8 $\Phi$ 14+38 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 8/20
P4	14 $\Phi$ 16+8 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 8/20
P5	22 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17



Tablo 3.1 (Devamı) Kolon Detayları

ALTINCI KAT		
KOLON NUMARASI	DONATI	
	BOYUNA	ENINE
T2	10 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17
T3	10 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17
T3A	10 $\Phi$ 16	$\emptyset$ 8/19
T4	10 $\Phi$ 16	$\emptyset$ 8/19
T4A	10 $\Phi$ 16	$\emptyset$ 8/19
T5	10 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17
P1	10 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/20
P2	12 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17
P3-P3A	8 $\Phi$ 14+38 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 8/20
P4	14 $\Phi$ 16+8 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 8/20
P5	22 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17

YEDİNCİ KAT		
KOLON NUMARASI	DONATI	
	BOYUNA	ENINE
T2	10 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17
T3	10 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17
T3A	10 $\Phi$ 16	$\emptyset$ 8/19
T4	8 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17
T4A	8 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17
T5	10 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17
P1	10 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/20
P2	12 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17
P3-P3A	4 $\Phi$ 14+40 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 8/20
P4	13 $\Phi$ 16+8 $\Phi$ 10	$\emptyset$ 8/20
P5	22 $\Phi$ 14	$\emptyset$ 8/17

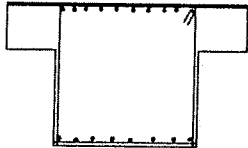
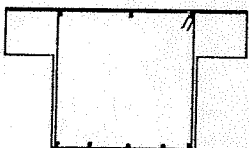
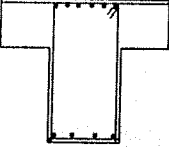
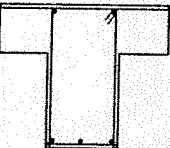
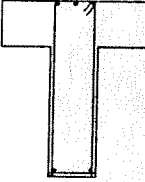
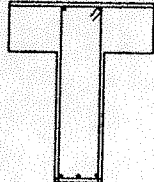
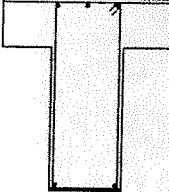
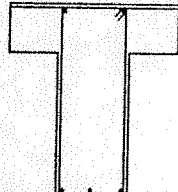
Tablo 3.1 (Devamı) Kolon Detayları

ZEMİN KAT						
KOLON NUMARASI	$P_u$ (kN)	$M_u$ (kNm)	$\delta_u$ ( $10^{-3}$ m)	$P_b$ (kN)	$M_b$ (kNm)	$\delta_b$ ( $10^{-3}$ m)
T3	-8805	284.67	60	-2850	513.88	10.00
T3A	-8805	284.67	60	-2850	513.88	10.00
T4	-6875	335.07	32	-2550	493.51	5.82
T4A	-6875	335.07	32	-2550	493.51	5.82
P3-P3A	-18808	3950.87	8	-4024	8587.16	0.95
P4	-9714	360.91	68	-5100	714.73	6.67
BİRİNCİ KAT						
T1	-5250	170	30	-2100	510	3.60
T2	-4933	95.77	80	-1800	208	13.33
T3	-8805	284.67	60	-2851	513.88	10.00
T3A	-8805	284.67	60	-2851	513.88	10.00
T4	-6875	335.07	32	-2550	493.51	5.82
T4A	-6875	335.07	32	-2550	493.51	5.82
T5	-5313	345.39	24	-2000	495.18	4.57
P1	-13500	858.90	22.60	-4000	2265.75	2.90
P2	-8955	446.27	30.72	-3880	1500.43	2.32
P3-P3A	-18800	3950.87	8	-4024	8587.16	0.95
P4	-9714	360.91	68	-5100	714.73	6.67
P5	-12500	606.93	49.14	-5500	1140.47	5.71
İKİNCİ KAT						
T2	-4933	95.77	80	-1800	208	13.33
T3	-8005	283.71	58	-2800	479.47	10.00
T3A	-8005	283.71	58	-2800	479.47	10.00
T4	-6375	298.71	33.60	-2350	418.81	6.40
T4A	-6375	298.71	33.60	-2350	418.81	6.40
T5	-5313	345.39	24	-2000	495.18	4.57
P1	-13500	858.90	22.60	-4000	2265.75	2.90
P2	-8955	446.27	30.72	-3880	1500.43	2.32
P3-P3A	-18457	3271.93	8	-8050	9421.44	0.76
P4	-9714	360.91	68	-5100	714.73	6.67
P5	-11818	397.78	61.71	-5050	1024.14	5.71
UCUNCU KAT						
T2	-4762	74.30	85.33	-1850	192.84	13.33
T3	-6746	176.33	64	-2500	344.85	11.43
T3A	-6975	242.87	58	-2600	377.65	8.00
T4	-5875	263.42	32	-2400	347.80	7.11
T4A	-5875	263.42	32	-2400	347.80	7.11
T5	-5313	345.39	24	-2000	495.18	4.57
P1	-13166	690.31	27.83	-3800	2091.44	2.90
P2	-8955	446.27	30.72	-3880	1500.43	2.32
P3-P3A	-18458	3271.93	8	-8050	9421.44	0.76
P4	-9478	296.35	64	-4900	659.66	6.67
P5	-11818	397.78	61.71	-5050	1024.14	5.71

Tablo 3.1 (Devamı) Kolon Detayları

DÖRDÜNCÜ KAT						
KOLON NUMARASI	$P_u$ (kN)	$M_u$ (kNm)	$\delta_u(10^3m)$	$P_b$ (kN)	$M_b$ (kNm)	$\delta_b(10^3m)$
T2	-4762	74.30	85.33	-1850	192.84	13.33
T3	-5680	114.69	80	-2100	243.99	13.33
T3A	-5927	157.63	64	-2150	297.32	11.43
T4	-5113	195.72	58	-1900	282.39	8.01
T4A	-5113	195.72	58	-1900	282.39	8.01
T5	-4934	238	45.71	-1950	450	4.57
P1	-12995	580.56	27.25	-4000	2051.60	2.90
P2	-8955	446.27	30.72	-3880	1500.43	2.32
P3-P3A	-18345	3038.54	7.24	-8000	9234.03	0.76
P4	-9478	296.35	64	-4900	659.66	6.67
P5	-11818	397.78	61.71	-5050	1024.14	5.71
BESİNCİ KAT						
T2	-4762	74.30	85.33	-1850	192.84	13.33
T3	-5534	96.36	80	-2050	227.88	13.33
T3A	-4934	95.77	88	-1800	207.39	13.33
T4	-4613	167.81	48	-1650	230.01	10.00
T4A	-4613	167.81	48	-1650	230.01	10.00
T5	-4762	183.51	48	-1900	421.17	4.57
P1	-12995	580.56	27.25	-4000	2051.60	2.90
P2	-8955	446.27	30.72	-3880	1500.43	2.32
P3-P3A	-18345	3038.54	7.24	-8000	9234.03	0.76
P4	-9332	285.45	62.67	-4850	650.19	6.67
P5	-11818	397.78	61.71	-5050	1024.14	5.71
ALTINCI KAT						
T2	-4762	74.30	85.33	-1850	192.84	13.33
T3	-5362	74.81	93.33	-2000	212.58	13.33
T3A	-4934	95.77	88	-1800	207.39	13.33
T4	-3587	76.21	69.33	-1400	140.49	10.67
T4A	-3587	76.21	69.33	-1400	140.49	10.67
T5	-4762	183.51	48	-1900	421.17	4.57
P1	-12995	580.56	27.25	-4000	2051.60	2.90
P2	-8955	446.27	30.72	-3880	1500.43	2.32
P3-P3A	-18345	3038.54	7.24	-8000	9234.03	0.76
P4	-9332	285.45	62.67	-4850	650.19	6.67
P5	-11818	397.78	61.71	-5050	1024.14	5.71
YEDİNCİ KAT						
T2	-4762	74.30	85.33	-1850	192.84	13.33
T3	-5362	74.81	93.33	-2000	212.58	13.33
T3A	-4934	95.77	88	-1800	207.39	13.33
T4	-3450	59.12	77.33	-1300	134.55	11.73
T4A	-3450	59.12	77.33	-1300	134.55	11.73
T5	-4762	183.51	48	-1900	421.17	4.57
P1	-12995	580.56	27.25	-4000	2051.60	2.90
P2	-8955	446.27	30.72	-3880	1500.43	2.32
P3-P3A	-18236	2832.06	7.43	-8000	9080.55	0.76
P4	-9242	280	64	-4850	1182.36	6.67
P5	-11818	397.78	61.71	-5050	1024.14	5.71

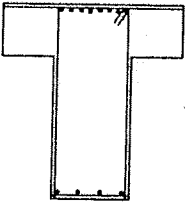
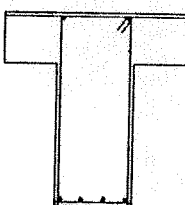
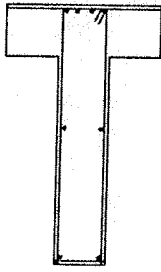
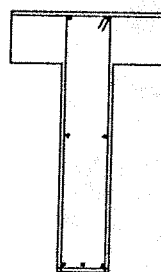
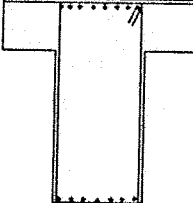
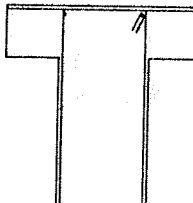
Tablo 3.2 Kiriş Detayları

ELEMAN NUMARASI	UC KESİT	DONATI	ORTA KESİT	DONATI
K508 40x60		5Ø12 5Ø18  3Ø12 5Ø16 ETRIYE: Ø8/20		3Ø12  5Ø12 ETRIYE: Ø8/20
K207 40x30		3Ø12 3Ø16  4Ø12 ETRIYE: Ø8/30		2Ø12  3Ø12 ETRIYE: Ø8/30
K301 55x20		3Ø12  2Ø12 ETRIYE: Ø8/20		2Ø12  3Ø12 ETRIYE: Ø8/20
K113 30x60		2Ø12 1Ø14  2Ø14 ETRIYE: Ø8/25		2Ø12  3Ø14 ETRIYE: Ø8/25

Tablo 3.2 (Devamı) Kiriş Detayları

ELEMAN NUMARASI	UC KESIT	DONATI	ORTA KESIT	DONATI
K115 20x60		2Ø12 1Ø16 3Ø22  2Ø16 1Ø18 ETRIYE: #8/20		2Ø12  3Ø16 ETRIYE: #8/20
K110 30x90		2Ø12 2Ø14 2Ø16  2Ø10  3Ø16 ETRIYE: #8/20		2Ø12  2Ø10  4Ø16 ETRIYE: #8/20
K710 70x35		6Ø12  4Ø12 ETRIYE: #8/25		3Ø12  7Ø12 ETRIYE: #8/25

Tablo 3.2 (Devamı) Kiriş Detayları

ELEMAN NUMARASI	UC KESIT	DONATI	ORTA KESIT	DONATI
K312 55x30		2Ø12 1Ø14 2Ø16 3Ø22  2Ø14 2Ø16 ETRIYE: Ø8/20		2Ø12  2Ø16 2Ø14 ETRIYE: Ø8/20
K709 80x20		4Ø12  2Ø10  2Ø12 ETRIYE: Ø8/20		2Ø12  2Ø10  3Ø12 ETRIYE: Ø8/20
K105 60x35		3Ø12 2Ø18 3Ø22  2Ø12 2Ø16 3Ø22 ETRIYE: Ø8/20		2Ø12  2Ø16 2Ø18 ETRIYE: Ø8/20



Tablo 3.2 (Devamı) Kiriş Detayları

KIRIS NUMARASI	UST	UC KESIT		UST	ORTA KESIT		ETRIYE
		ORTA	ALT		ORTA	ALT	
K101	2Ø20+2Ø12+2Ø16	-	2Ø14	2Ø12	-	2Ø16+2Ø14	Ø8/20
K102	3Ø12	-	2Ø12	2Ø12	-	3Ø12	Ø8/20
K103	4Ø12	-	2Ø12	2Ø12	-	3Ø12	Ø8/20
K104	2Ø16	-	2Ø16	2Ø16	-	2Ø16	Ø8/25
K105	3Ø22+3Ø12+2Ø18	-	3Ø22+2Ø12+2Ø16	2Ø12	-	2Ø18+2Ø16	Ø8/20
K106	3Ø22+1Ø12	-	2Ø12	2Ø12	-	3Ø12	Ø8/20
K107	3Ø22	-	3Ø22	3Ø22	-	3Ø22	Ø10/10
K108	3Ø22+2Ø12+1Ø14	-	3Ø22+2Ø14	2Ø12	-	3Ø14	Ø8/20
K109	2Ø20+2Ø22+1Ø14	-	2Ø22+2Ø14	2Ø20	-	2Ø14	Ø8/25
K110	2Ø14+2Ø12+2Ø16	2Ø10	2Ø16+1Ø14	2Ø12	2Ø10	4Ø16	Ø8/20
K111	2Ø14+2Ø12+2Ø16	2Ø10	3Ø14+2Ø16	2Ø12	2Ø10	2Ø16+2Ø14	Ø8/20
K112	5Ø16+2Ø12	2Ø10	2Ø14	2Ø12	2Ø10	2Ø16+2Ø14	Ø8/20
K113	2Ø12+1Ø14	-	2Ø14	2Ø12	-	3Ø14	Ø8/25
K114	2Ø18+2Ø12+1Ø16	2Ø10	1Ø12+2Ø16	2Ø12	2Ø10	3Ø16	Ø8/20
K115	2Ø12+3Ø22+1Ø16	-	2Ø16+1Ø18	2Ø12	-	3Ø16	Ø8/20
K116	2Ø12+2Ø18	-	2Ø18	2Ø12	-	4Ø18	Ø8/20
K117	2Ø12+4Ø18+1Ø16	-	2Ø18+1Ø14	2Ø12	-	1Ø16+2Ø14	Ø8/25
K118	3Ø22	-	3Ø22	3Ø22	-	3Ø22	Ø10/10
K119	2Ø12+3Ø20+1Ø14+1Ø22	-	2Ø12+1Ø18	2Ø12	-	1Ø14+2Ø12	Ø8/20
K120	2Ø14	-	2Ø14	2Ø14	-	2Ø14	Ø8/20
TK201	3Ø12	2Ø10	2Ø12	2Ø12	2Ø10	3Ø12	Ø8/20
TK202	4Ø12	2Ø10	2Ø12	2Ø12	2Ø10	3Ø12	Ø8/20
K209	2Ø12+1Ø14	-	2Ø14	2Ø12	-	3Ø14	Ø8/20
K210	3Ø22+2Ø12+1Ø18	2Ø10	3Ø20+2Ø16	2Ø12	2Ø10	1Ø18+2Ø16	Ø8/20
K211	3Ø22+3Ø12+1Ø18	-	2Ø12	2Ø12	-	3Ø12	Ø8/20
K212	3Ø22	-	3Ø22	3Ø22	-	3Ø22	Ø10/10
K214	3Ø22+2Ø12+1Ø14	-	2Ø14+3Ø22	2Ø12	-	3Ø14	Ø8/20
K215	2Ø20+2Ø22+1Ø14	-	2Ø14+2Ø22	2Ø20	-	2Ø14	Ø8/20
K218	3Ø22+2Ø12+1Ø16	-	4Ø14	2Ø12	-	1Ø16+2Ø14	Ø8/20
K206	3Ø22+2Ø12+2Ø16	-	2Ø16+2Ø14	2Ø12	-	4Ø16	Ø8/20
K207	2Ø16+3Ø12	-	4Ø12	2Ø12	-	3Ø12	Ø8/20
K216	1Ø16+2Ø12+2Ø16	2Ø10	2Ø14+2Ø18	2Ø12	2Ø10	2Ø16+2Ø14	Ø8/20
K222	3Ø22	-	3Ø20	3Ø22	-	3Ø20	Ø8/20
K223	3Ø22+1Ø12	-	2Ø12+3Ø20	2Ø12	-	3Ø12	Ø8/20
K224	2Ø14	2Ø10	4Ø12	2Ø14	2Ø10	4Ø12	Ø8/20
K225	3Ø12+1Ø14	-	2Ø14	3Ø12	-	3Ø14	Ø8/20
K226	3Ø14+4Ø12+1Ø18	-	2Ø16+2Ø14	3Ø12	-	1Ø18+2Ø16	Ø8/20
K227	3Ø22+1Ø18	-	3Ø22	3Ø22	-	3Ø22	Ø8/20
K221	1Ø16+2Ø12+1Ø18	-	2Ø18	2Ø12	-	3Ø16	Ø8/20
K230	1Ø16+2Ø12+1Ø16	-	2Ø16	2Ø12	-	3Ø18	Ø8/20
K228	3Ø20+3Ø12	-	1Ø14+2Ø12	2Ø12	-	3Ø12	Ø8/20
K229	2Ø14	2Ø10	4Ø12	2Ø14	2Ø10	4Ø12	Ø8/20
K203	2Ø12	2Ø10	3Ø14	2Ø12	2Ø10	3Ø14	Ø8/25
K204	2Ø12	2Ø10	2Ø14	2Ø12	2Ø10	2Ø14	Ø8/25
K217	4Ø12+1Ø16	2Ø10	2Ø16+1Ø12	2Ø12	2Ø10	3Ø16	Ø8/25
K230	2Ø14	-	2Ø14	2Ø14	-	2Ø14	Ø8/20
K206	3Ø18	-	3Ø18	2Ø12	-	2Ø16+2Ø18	Ø8/20
K208	3Ø18	-	3Ø18	3Ø18	-	3Ø18	Ø8/25
K205	3Ø12	-	2Ø12	2Ø12	-	3Ø12	Ø8/20
K219	3Ø14+4Ø12+1Ø18	-	2Ø16+2Ø14	3Ø12	-	1Ø18+2Ø16	Ø8/20
K220	3Ø14+4Ø12+1Ø18	-	2Ø16+2Ø14	3Ø12	-	1Ø18+2Ø16	Ø8/20

Tablo 3.2 (Devamı) Kiriş Detayları

KIRIS NUMARASI	UST	UC KESIT		UST	ORTA KESIT		ETRIYE
		ORTA	ALT		ORTA	ALT	
K306	3Ø22+2Ø12+2Ø16	-	2Ø16+3Ø20	2Ø12	-	4Ø16	Ø8/20
K307	3Ø22+2Ø12+3Ø16	-	4Ø16+2Ø18	2Ø12	-	5Ø16	Ø10/20
K308	3Ø22	-	3Ø22	3Ø22	-	3Ø22	Ø10/10
K311	3Ø22+2Ø12+2Ø16	-	2Ø14+3Ø22	2Ø12	-	2Ø16+2Ø14	Ø8/20
K312	3Ø22+2Ø12+2Ø16+1Ø14	-	4Ø14+2Ø16	2Ø12	-	2Ø16+3Ø14	Ø8/20
K321	3Ø12	-	2Ø12	2Ø12	-	3Ø12	Ø8/20
K322	1Ø12	-	2Ø14	2Ø12	-	2Ø14	Ø8/20
K328	2Ø18+2Ø12+1Ø14	-	2Ø14	2Ø12	-	3Ø14	Ø8/20
K329	4Ø14	-	4Ø14	2Ø12	-	2Ø14	Ø8/20
K309	3Ø12	-	2Ø12	2Ø12	-	3Ø12	Ø8/20
K310	4Ø12	-	2Ø12	2Ø12	-	2Ø12	Ø8/20
K314	2Ø12+1Ø14+1Ø16	2Ø10	2Ø16+1Ø12	2Ø12	2Ø10	1Ø16+2Ø14	Ø8/25
K318	3Ø12	-	2Ø12	2Ø12	-	3Ø12	Ø8/25
K319	3Ø12+1Ø20+2Ø18	-	2Ø18	2Ø12	-	4Ø18	Ø8/20
K323	5Ø12	-	2Ø12	2Ø12	-	3Ø12	Ø8/20
K324	2Ø20+3Ø12+1Ø18	-	2Ø18	2Ø12	-	2Ø14+3Ø18	Ø10/20
K325	3Ø22+1Ø18	-	3Ø22	3Ø22	-	3Ø22	Ø10/10
K301	3Ø12	-	2Ø12	2Ø12	-	3Ø12	Ø8/20
K302	3Ø22+2Ø12+2Ø16	-	2Ø14+2Ø18	2Ø12	-	2Ø16+2Ø14	Ø8/25
K315	3Ø22+2Ø12+1Ø14	-	4Ø14	2Ø12	-	3Ø14	Ø8/25
K303	2Ø16+3Ø12	-	2Ø12+2Ø14	2Ø12	-	3Ø12	Ø8/25
K304	3Ø18	-	3Ø18	3Ø18	-	3Ø18	Ø8/25
K330	2Ø14	-	2Ø14	2Ø14	-	2Ø14	Ø8/20
K320	3Ø22	-	3Ø18	3Ø22	-	3Ø18	Ø10/10
K316	2Ø12+1Ø16+3Ø20	2Ø10	2Ø14+2Ø20	2Ø12	2Ø10	2Ø14+1Ø16	Ø8/20
K317	2Ø14+2Ø12+3Ø16	2Ø10	2Ø14	2Ø12	2Ø10	2Ø14+2Ø16	Ø8/20
K305	2Ø12+2Ø16	-	2Ø16	2Ø12	-	4Ø16	Ø8/20
K311	3Ø22+2Ø12+2Ø16	-	2Ø16+2Ø18	2Ø12	-	4Ø16	Ø8/20
K327	2Ø14	4Ø10	2Ø12	2Ø14	4Ø10	2Ø12	Ø8/20
K509	2Ø12+1Ø14	-	2Ø12	2Ø12	-	2Ø12+1Ø14	Ø8/20
K505	2Ø12+2Ø16	-	2Ø16	2Ø12	-	4Ø16	Ø8/20
K501	3Ø12	-	2Ø12	2Ø12	-	3Ø12	Ø8/20
K506	3Ø22+2Ø12+1Ø16	2Ø10	3Ø16	2Ø12	2Ø10	3Ø16	Ø8/15
K507	3Ø20+2Ø12+1Ø16+1Ø14	-	2Ø14	2Ø12	-	5Ø14	Ø8/20
K512	3Ø22+3Ø12	2Ø10	3Ø22+2Ø12	2Ø12	2Ø10	3Ø12	Ø8/20
K513	3Ø18+3Ø12+1Ø14	2Ø10	2Ø14+1Ø16	2Ø12	2Ø10	2Ø16+3Ø14	Ø8/20
K523	5Ø18+2Ø12	2Ø10	2Ø16	2Ø12	2Ø10	4Ø16	Ø8/20
K502	3Ø20+2Ø12+2Ø16	-	2Ø14	2Ø12	-	2Ø16+2Ø14	Ø8/25
K503	1Ø14+3Ø12	-	3Ø12	2Ø12	-	3Ø12	Ø8/25
K524	2Ø14	-	2Ø14	2Ø14	-	2Ø14	Ø8/20
K508	5Ø18+5Ø12	-	3Ø12+5Ø16	3Ø12	-	5Ø12	Ø8/20
K522	2Ø14	4Ø10	2Ø12	2Ø14	4Ø10	2Ø12	Ø8/20
K504	3Ø16	-	3Ø16	3Ø16	-	3Ø16	Ø8/25
K510	2Ø12+2Ø18	-	2Ø16	2Ø12	-	2Ø16+2Ø18	Ø8/20
K511	3Ø12+2Ø18	-	2Ø16+2Ø12	2Ø12	-	3Ø12	Ø8/20
K518	2Ø12+2Ø16	-	2Ø16	2Ø12	-	4Ø16	Ø8/20
K515	4Ø16+2Ø12	-	2Ø14	2Ø12	-	2Ø16+2Ø14	Ø8/20
K514	4Ø16+2Ø12	-	2Ø14	2Ø12	-	2Ø14+2Ø16	Ø8/20
K513	3Ø22+2Ø12+2Ø16	2Ø10	2Ø16+2Ø18	2Ø12	2Ø10	4Ø16	Ø8/20
K520	2Ø12+2Ø16	-	2Ø16	2Ø12	-	4Ø16+2Ø18	Ø8/20
K520	2Ø12+4Ø16	2Ø10	2Ø14	2Ø12	2Ø10	4Ø14	Ø8/20
K517	2Ø12+4Ø16	2Ø10	2Ø12	2Ø12	2Ø10	2Ø14+2Ø16	Ø8/20

Tablo 3.2 (Devamı) Kiriş Detayları

KIRIS NUMARASI	UST	UC KESIT		UST	ORTA KESIT		ETRIYE
		ORTA	ALT		ORTA	ALT	
K521	3Ø22	-	3Ø22	3Ø22	-	3Ø22	Ø10/10
K516	3Ø18+2Ø12+1Ø16	2Ø10	2Ø14+2Ø16	2Ø12	2Ø10	1Ø16+2Ø14	Ø8/20
K519	3Ø22	-	3Ø16	3Ø22	-	3Ø16	Ø10/10
K701	3Ø12	-	2Ø12	2Ø12	-	3Ø12	Ø8/20
K708	5Ø12	2Ø10	2Ø12+2Ø14	2Ø12	2Ø10	3Ø12	Ø8/20
K709	4Ø12	2Ø10	2Ø12	2Ø12	2Ø10	3Ø12	Ø8/20
K702	4Ø14+2Ø12	-	2Ø14	2Ø12	-	4Ø14	Ø8/25
K703	3Ø12	-	2Ø12	2Ø12	-	3Ø12	Ø8/25
K715	2Ø14	-	2Ø14	2Ø14	-	2Ø14	Ø8/20
K707	8Ø12	-	5Ø12	3Ø12	-	5Ø12	Ø8/20
K714	2Ø14	4Ø10	2Ø12	2Ø14	4Ø10	2Ø12	Ø8/20
K704	2Ø12	-	2Ø14	2Ø12	-	2Ø14	Ø8/25
K705	3Ø12+1Ø16	2Ø10	2Ø14	2Ø12	2Ø10	1Ø16+2Ø14	Ø8/20
K706	1Ø14+3Ø12+1Ø16	-	2Ø12	2Ø12	-	3Ø12	Ø8/20
K710	5Ø12	-	4Ø12	3Ø12	-	7Ø12	Ø8/25
K711	2Ø14+2Ø12	2Ø10	2Ø12+1Ø14	2Ø12	2Ø10	1Ø14+2Ø12	Ø8/20
K712	2Ø12+1Ø16	-	2Ø16	2Ø12	-	3Ø16	Ø8/20
K713	3Ø22+1Ø16	-	3Ø22+2Ø16	3Ø22	-	3Ø22	Ø10/10
K714	1Ø16+2Ø18	2Ø10	2Ø18	2Ø12	2Ø10	4Ø18	Ø8/20
K706	2Ø12+1Ø18	-	2Ø16	2Ø12	-	1Ø18+2Ø16	Ø8/20

NOT : Bu tabloda verilmeyen dördüncü ve altıncı katlar için beşinci kattaki bilgiler, diğer katlar için ise bir üst kattaki bilgiler geçerlidir.

Tablo 3.2 (Devamı) Kiriş Detayları

KIRIS NUMARASI	BOYUT	UÇ KESİT				ORTA KESİT				STATİK YUK(kN/m)
		My(kNm)	Oy(E-3m)	M ult(kNm)	O ult(E-3m)	My(kNm)	Oy(E-3m)	M ult(kNm)	O ult(E-3m)	
K101	30x60	62.34	4	63.44	56	45.94	4	46.92	60	1.722
K102	20x60	66.24	4	69.15	38.67	66.24	4	69.15	38.67	1.618
K103	20x60	45.43	4	46.46	53.33	77.86	4	81.81	38.67	1.618
K104	30x60	45.85	4	46.89	61.33	80	4	82.38	46.67	1.762
K105	35x60	345.28	5.33	356.73	60	46.15	4	47.14	62.67	2.284
K106	20x60	45.74	4	46.44	54.67	45.33	4	46.47	53.33	2.018
K107	20x60	221.37	5.33	229.78	62.67	221.37	5.33	229.78	62.67	1.628
K108	30x60	282.4	5.33	292.2	64	45.87	4	46.92	62.57	2.022
K109	30x60	210.8	5.33	215.96	34.67	121.86	5.33	126.86	56	1.762
K110	30x90	180.17	2.67	198.88	36.44	82.52	2.67	96.53	45.33	1.938
K111	30x90	268.88	2.67	293.84	28.44	82.67	2.67	96.52	45.33	1.938
K112	30x90	107.87	2.67	121.94	46.22	82.58	2.67	96.54	46.22	1.938
K113	30x60	61.84	4	63.47	53.33	45.87	4	46.91	58.67	1.582
K114	20x80	146.38	3	163.75	35	71.37	3	84.73	41	2.134
K115	20x60	33.87	2.67	46.44	54.67	45.33	4	46.47	53.33	1.488
K116	30x60	100.88	4	103.7	45.33	46.01	4	46.93	60	1.792
K117	30x60	131.67	4	134.63	45.33	45.89	4	46.92	60	1.792
K118	20x60	221.37	5.33	229.78	62.67	148.72	5.33	153.63	62.67	1.888
K119	20x60	96.12	4	97.5	48	45.36	4	46.47	52	1.788
K201	20x80	70.61	3	84.64	39	61.93	4	80.64	44	1.341
K202	20x80	70.96	3	84.68	40	61.93	4	80.64	44	1.341
K203	30x100	92.14	2.4	107.19	42.4	168.23	2.4	189.21	28.8	1.341
K204	20x100	89.88	2.4	107.05	34.4	115.9	2.4	135.2	28	1.341
K205	20x60	45.33	4	46.47	53.33	45.33	4	46.47	53.33	1.618
K206	30x60	141.41	4	144.23	45.33	45.82	4	46.9	61.33	1.722
K207	30x40	70.38	8	72.26	78	29.35	6	30.34	74	1.618
K208	30x55	136.65	5.82	140.79	72.73	136.65	5.82	140.79	72.73	1.562
K209	20x60	258	5.33	264.49	68	45.7	4	46.47	53.33	0.918
K210	20x80	70.96	3	84.71	40	70.61	3	84.72	43	2.284
K211	20x80	45.79	4	46.43	56	45.33	4	46.47	52	1.345
K212	20x60	221.37	5.33	229.78	62.67	221.37	5.33	229.78	62.67	1.628
K213	20x60	221.37	5.33	229.78	62.67	221.37	5.33	229.78	62.67	1.011
K214	20x60	280.78	5.33	291.57	65.33	45.44	4	46.47	53.33	0.523
K215	20x60	210.06	5.33	215.31	30.67	121.86	5.33	126.86	57.33	0.881
K216	30x90	255.7	2.67	279.26	31.11	82.67	2.67	96.53	48.89	0.323
K217	30x90	167.22	2.67	185.99	38.22	82.49	2.67	96.49	45.31	1.938
K218	30x60	122.92	4	125.37	46.47	45.89	4	46.9	61.33	1.323
K219	30x60	138.65	4	144.27	72	68.13	4	69.69	53.33	2.139
K220	30x60	138.65	4	144.27	72	68.13	4	69.69	53.53	1.838
K221	20x60	97.21	4	103.08	37.33	45.54	4	46.45	53.33	0.323
K222	20x60	184.57	5.33	190.19	72	219.9	5.33	229.72	53.33	0.517
K223	20x60	228.84	5.33	236.09	62.67	45.81	4	46.9	61.33	1.082
K224	20x80	126.06	3	145.72	27	91.76	3	106.78	35	1.05
K225	20x60	61.37	4	62.95	46.47	67.28	4	69.18	44	1.323
K226	30x60	138.65	4	144.22	41.33	68.13	4	69.69	53.33	1.792
K227	20x60	222.89	5.33	229.57	34.67	221.37	5.33	229.78	62.67	1.888
K228	20x60	76.19	4	77.4	49.33	65.74	4	68.56	40	1.488
K229	20x80	126.06	3	155.38	55	95.14	3	116.33	54	1.359

Tablo 3.2 (Devamı) Kiriş Detayları

KIRIS NUMARASI	BOYUT	UÇ KESİT				ORTA KESİT				STATİK YUK(kN/m)
		My(kNm)	Oy(E-3m)	M ult(kNm)	O ult(E-3m)	My(kNm)	Oy(E-3m)	M ult(kNm)	O ult(E-3m)	
K301	20x55	41.24	4.36	42.33	52.36	41.24	4.36	42.33	52.36	1.618
K302	30x55	192.7	5.82	196.89	37.82	41.47	4.36	42.3	55.27	1.722
K303	30x55	89.97	4.36	96.72	39.27	41.24	4.36	42.33	52.36	1.618
K304	30x55	135.57	5.82	140.13	65.45	135.57	5.82	140.13	65.45	1.562
K305	20x60	79.58	4	81.33	42.67	45.63	4	46.45	54.67	1.051
K306	20x60	263.06	5.33	270.86	64	45.63	4	46.45	54.67	2.284
K307	20x60	258	5.33	264.49	68	45.7	4	46.44	53.33	1.009
K308	20x60	221.37	5.33	229.78	62.67	221.37	5.33	229.78	62.67	0.813
K309	20x40	28.55	6	29.92	56	28.55	6	30	100	1.351
K310	20x40	28.55	6	29.92	56	28.55	6	30	100	1.351
K311	30x55	258.01	5.82	265.88	64	41.47	4.36	42.3	55.33	1.337
K312	30x55	183.91	5.82	187.46	39.27	41.83	4.36	42.76	61.09	1.294
K313	30x55	164.63	5.82	167.75	40.73	41.82	4.36	42.76	61.09	1.323
K314	30x90	166.91	2.67	185.91	39.11	82.31	2.67	96.02	39.11	1.938
K315	30x55	109.27	4.36	113.55	42.18	41.34	4.36	42.32	53.82	1.323
K316	20x80	260.41	4	278.58	28	71.12	3	84.72	40	1.356
K317	20x80	93.83	3	107.19	43	71.62	3	84.73	42	0.809
K318	20x55	41.24	4.36	42.33	52.36	41.24	4.36	42.28	62.55	1.323
K319	20x55	132.02	5.82	135.11	69.82	39.09	5.82	41.25	64	1.356
K320	20x60	140.44	4	154.01	33.33	218.25	5.33	229.35	54.67	0.517
K321	20x55	41.24	4.36	42.33	52.36	41.24	4.36	42.33	53.82	1.323
K322	20x55	55.75	4.36	57.34	74.18	41.21	4.36	42.33	52.36	1.356
K323	20x55	41.41	4.36	42.31	55.27	41.24	4.36	42.33	52.36	1.368
K324	20x55	132.17	5.82	135.11	66.91	41.58	4.36	42.3	55.27	1.368
K325	20x60	222.89	5.33	229.91	66.67	221.37	5.33	229.78	64	1.888
K326	20x60	222.89	5.33	229.91	66.67	221.37	5.33	229.78	64	1.888
K327	20x100	100.26	2.4	133.95	27.2	125.41	2.4	162.07	43.2	1.618
K328	20x55	56.22	4.36	57.3	50.91	41.34	4.36	42.32	53.82	1.368
K329	20x55	110.01	5.82	113.33	45.09	41.21	4.36	42.33	52.36	1.358
K330	30x55	56.19	4.36	57.84	53.82	56.19	4.36	57.84	53.82	1.368
K501	20x55	41.24	4.36	42.33	52.36	41.24	4.36	42.33	52.36	1.605
K502	30x55	56.5	4.36	57.28	52.36	41.47	4.36	42.3	55.27	1.614
K503	30x55	61.42	4.36	62.72	53.82	41.24	4.36	42.33	52.36	1.505
K504	30x55	107.74	5.82	111.17	69.82	107.74	5.82	111.17	69.82	1.45
K505	20x60	79.58	4	81.83	42.67	45.63	4	46.44	56	0.835
K506	20x80	171.34	3	187.94	37	71.37	3	84.73	42	2.15
K507	20x60	62.15	4	62.92	53.33	45.62	4	46.45	54.67	1.47
K508	60x40	168.85	8	173.37	66	43	6	45	100	1.42
K509	20x40	28.67	6	30	98	29.1	8	26.93	56	1.047
K510	20x60	79.84	4	81.85	45.33	45.67	4	46.43	57.33	1.28
K511	20x60	123.99	5.33	127.12	37.33	45.33	4	46.43	60	1.338
K512	20x80	369.17	4	396.31	55	70.61	3	84.69	37	1.281
K513	20x80	206.05	3	224.05	35	70.61	3	84.69	37	1.108
K514	30x55	56.31	4.36	57.3	50.91	41.47	4.36	42.3	55.27	1.813
K515	30x55	56.31	4.36	57.3	50.91	41.47	4.36	42.3	55.27	1.938
K516	20x80	193.78	3	216.99	29	71.12	3	84.72	40	1.335
K517	20x80	72.26	3	84.73	46	71.62	3	84.73	42	0.749
K518	20x60	79.58	4	81.83	42.67	45.63	4	46.44	56	1.28
K519	20x60	116.32	4	122.17	40	216.63	5.33	228.58	45.33	0.749
K520	30x60	80.83	4	82.31	57.33	46.03	4	46.93	60	1.638
K521	20x60	221.37	5.33	229.78	62.67	221.37	5.33	229.78	62.67	1.788
K522	20x100	100.26	2.4	133.95	27.2	125.41	2.4	162.07	43.2	1.605
K523	20x80	118.26	3	132.93	40	71.83	3	84.73	42	1.792
K524	30x55	56.19	4.36	57.84	53.82	56.19	4.36	57.8	56.73	1.281

Tablo 3.2 (Devamı) Kiriş Detayları

KIRIS NUMARASI	BOYUT	UÇ KESİT				ORTA KESİT				STATİK YUK(kN/m)
		My(kNm)	Oy(E-3m)	M ult(kNm)	O ult(E-3m)	My(kNm)	Oy(E-3m)	M ult(kNm)	O ult(E-3m)	
K701	20x55	41.24	4.36	42.33	52.36	41.24	4.36	42.33	52.36	1.605
K702	30x55	56.19	4.36	57.31	50.91	41.43	4.36	42.31	55.27	1.614
K703	30x55	41.24	4.36	42.33	52.36	41.24	4.36	42.33	52.36	1.505
K704	30x55	54.84	4.36	57.37	71.27	54.84	4.36	57.37	71.27	1.45
K705	20x80	92.18	3	106.87	35	71.12	3	84.61	49	2.15
K706	20x60	45.69	4	46.45	54.67	45.32	4	46.47	52	1.47
K707	60x40	72.15	8	73.79	48	43	6	44.87	58	1.42
K708	20x80	147.4	3	168.79	54	70.61	3	84.69	37	1.922
K709	20x80	70.96	3	84.71	40	70.61	3	84.69	37	1.65
K710	70x55	101.59	4.36	104.29	62.55	61.64	4.36	62.99	49.45	1.813
K711	20x80	110.43	3	126.69	32	70.74	3	84.7	38	2.034
K712	20x60	78.06	4	81.81	40	45.54	4	46.45	53.33	1.694
K713	20x60	296.35	5.33	310.24	73.33	221.37	5.33	229.78	62.67	1.788
K714	20x100	143.43	3	161.67	30	72.23	3	84.74	46	1.792
K715	30x55	56.19	4.36	57.84	53.82	56.19	4.36	57.84	53.82	1.458

NOT : Bu tabloda verilmeyen dördüncü ve altıncı katlar için beşinci kattaki bilgiler, diğer katlar için ise bir üst kattaki bilgiler geçerlidir.



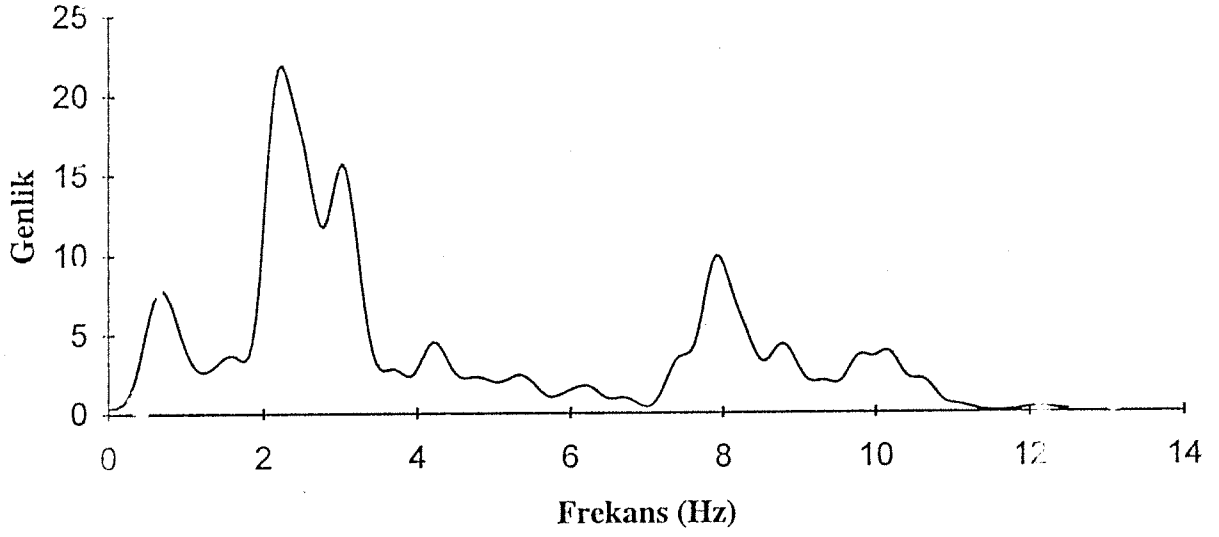
Tablo 3.3 Periyot ve Sönüm Ölçüm Sonuçları

Deney No	Doğrultu Periyodu, s	
	K-G (K16.82B)	D-B (K73.18D)
1	0.423	0.444
2	0.446	0.447
3	0.408	0.412
4	0.424	0.470
5	-	0.442
Sönüm Yüzdesi	5.1	4.6

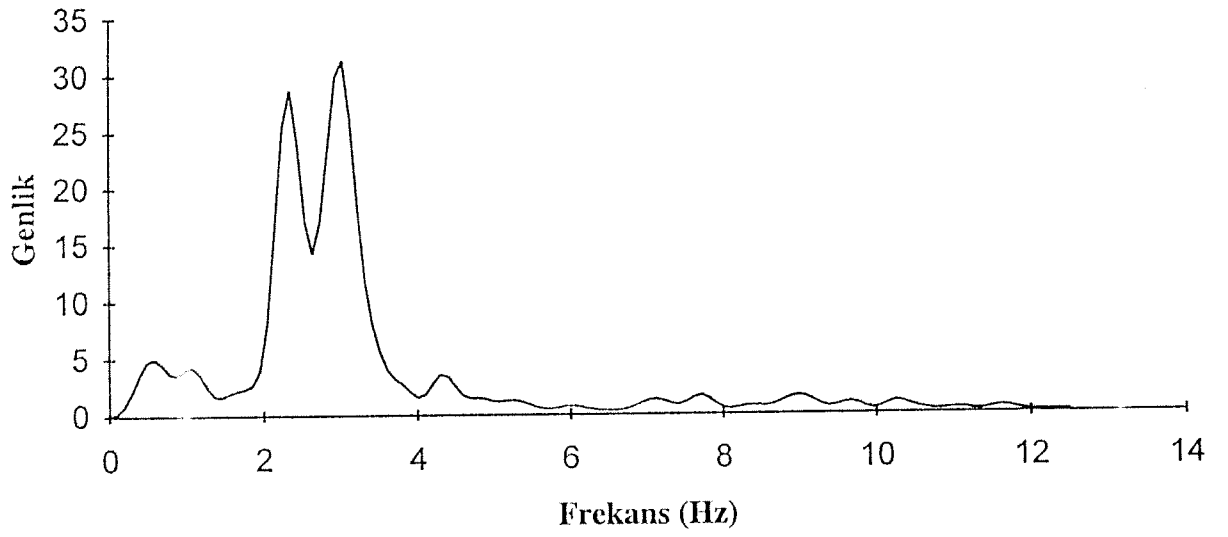
Tablo 3.4 Hesaplanan Titreşim Periyotları

Mod	Periyot, s	Şekil
1	0.77	3.2(a)
2	0.65	3.2(b)
3	0.50	3.2(c)
4	0.23	3.2(d)
5	0.20	-
6	0.13	-
7	0.12	-
8	0.11	-

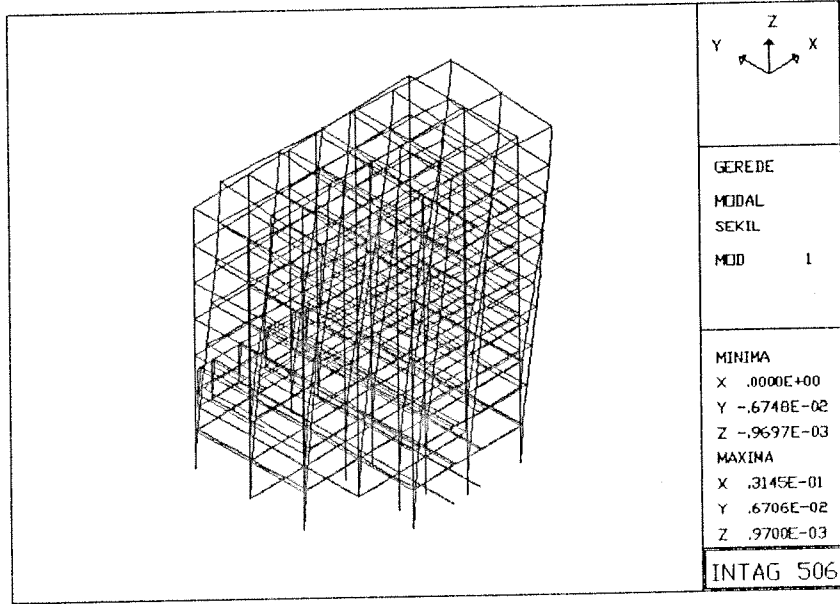
GEREDE YURT BİNASI DOĞU-BATI



GEREDE YURT BİNASI KUZEY-GÜNEY

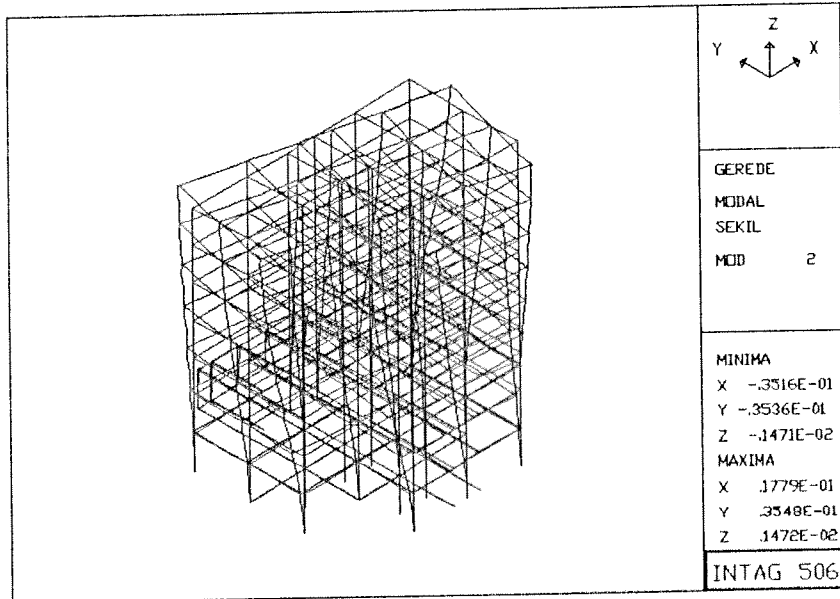


Şekil 3.1 Güç Spektrumları

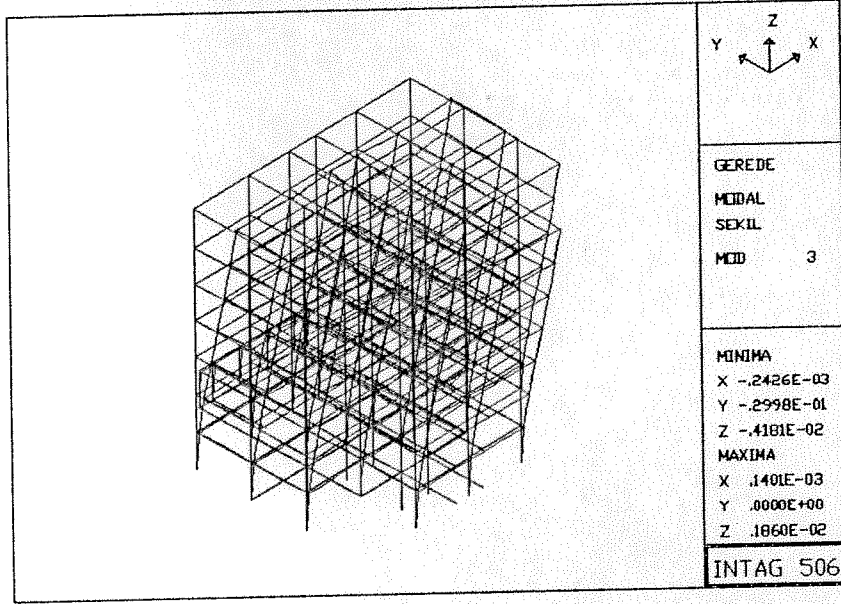


Şekil 3.2(a) 1nci Mod Şekli

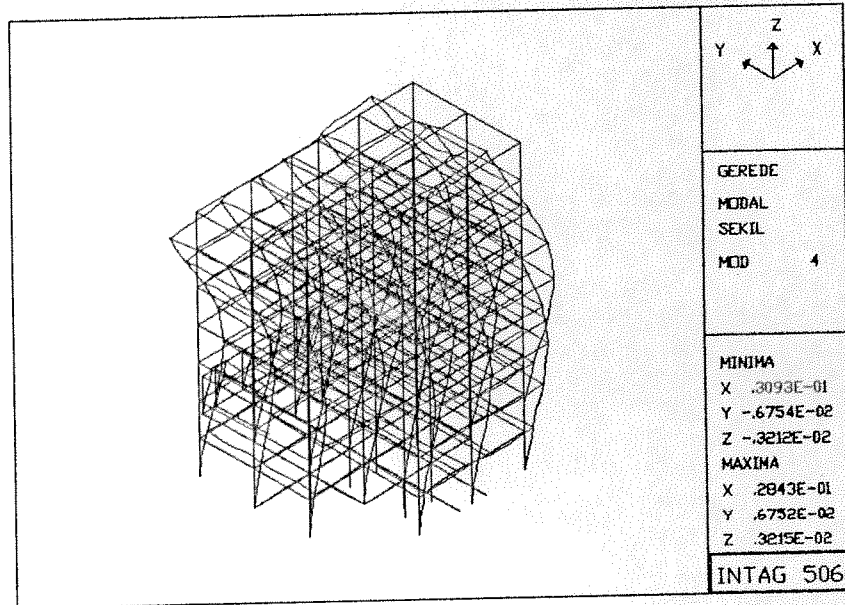
1.0000E+00  
2.0000E+00



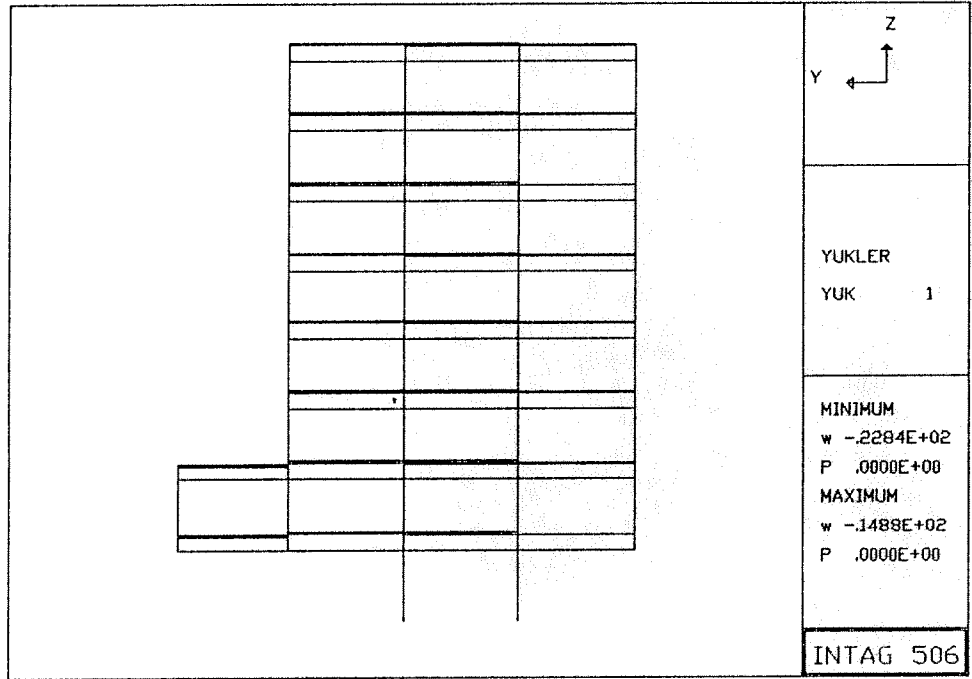
Şekil 3.2(b) 2nci Mod Şekli



Şekil 3.2(c) 3ncü Mod Şekli

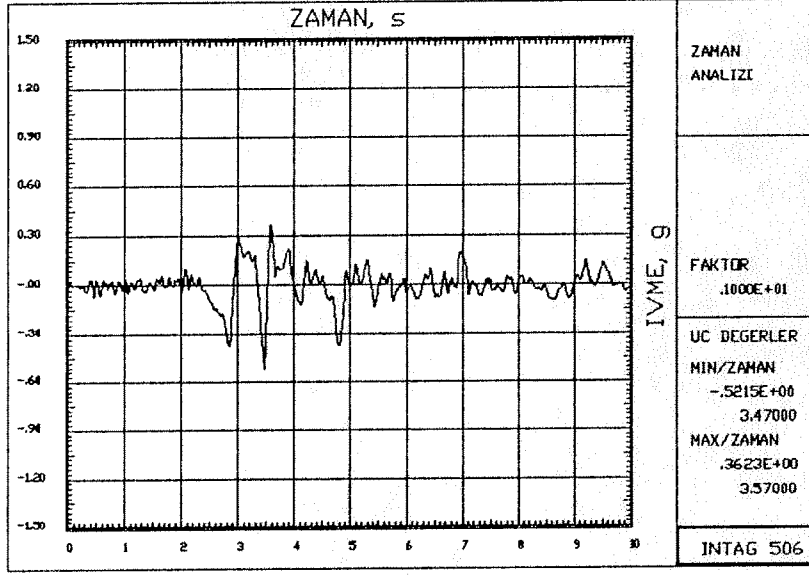


Şekil 3.2(d) 4ncü Mod Şekli

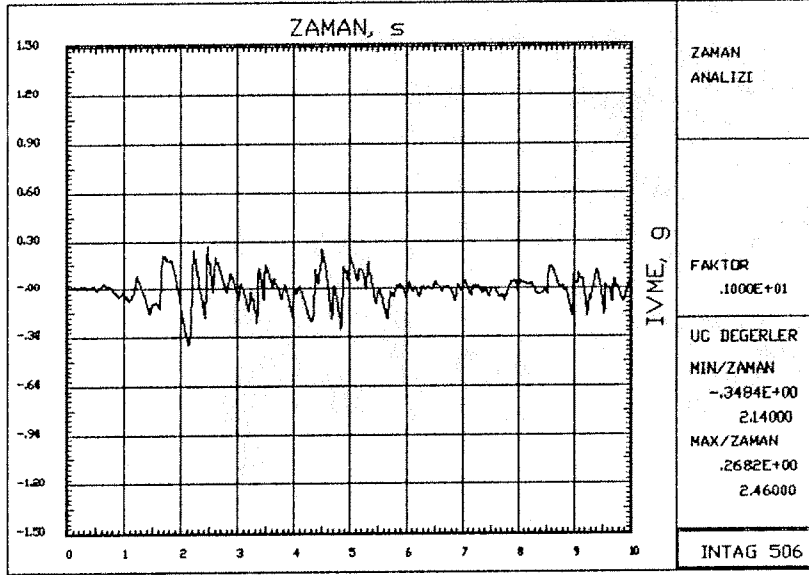


Şekil 3.3 Sabit Düşey Yükler



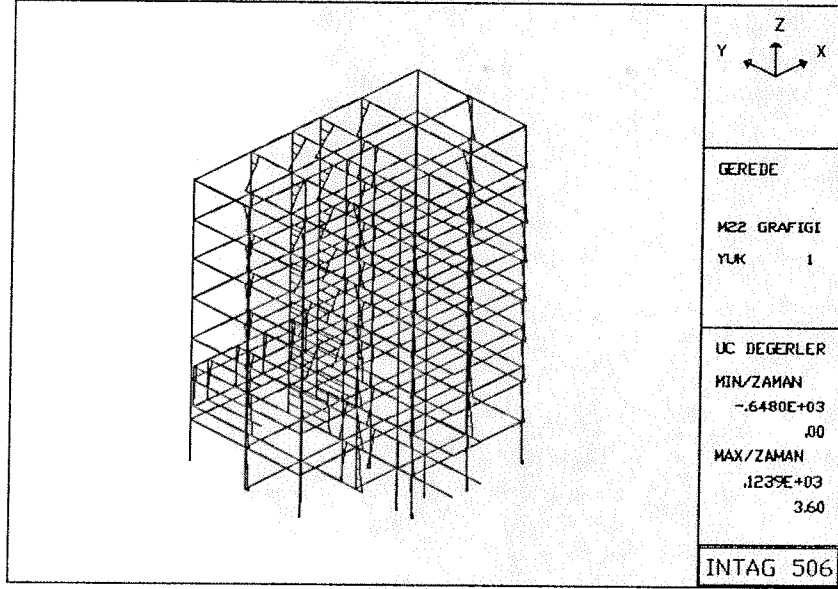


(a) Erzincan Doğu-Batı Bileşeni

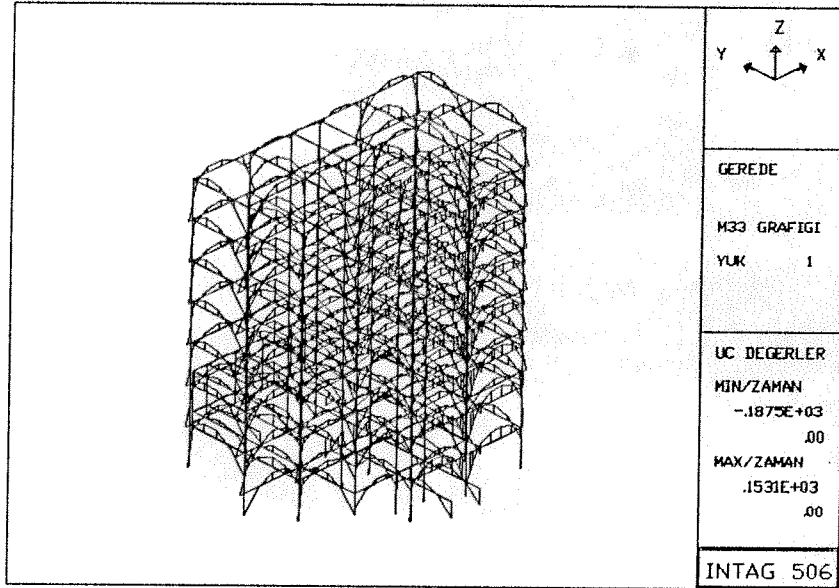


(b) El Centro Kuzey-Güney Bileşeni

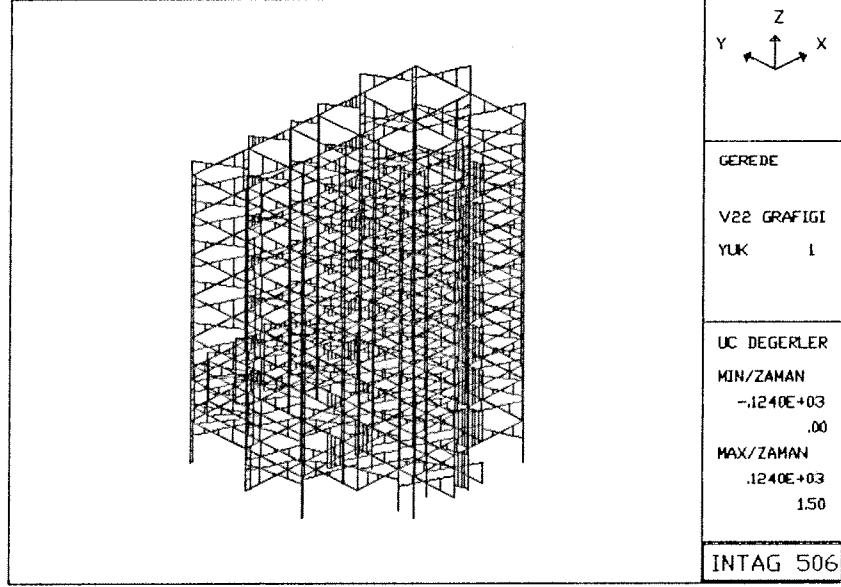
Şekil 3.4 Doğrusal Hesapta Kullanılan Yer Hareketi Kayıtları



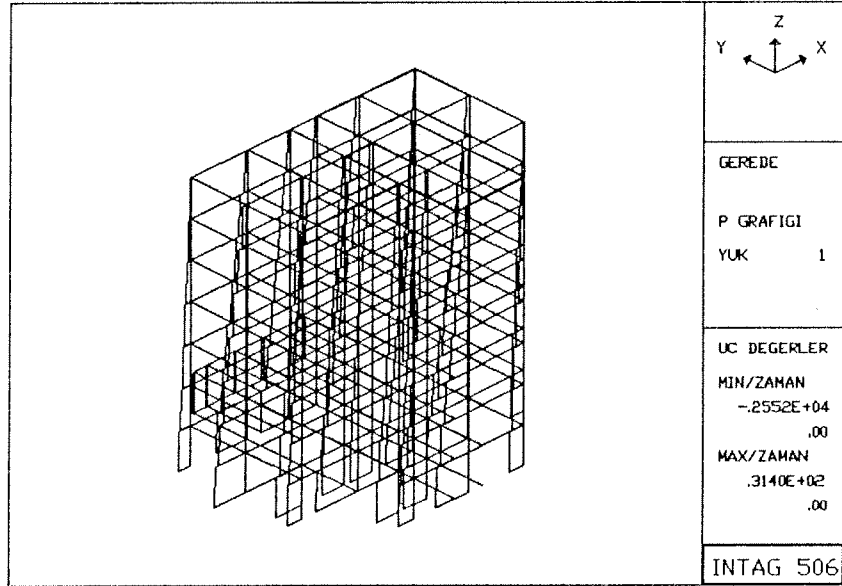
Şekil 3.5 Sabit Düşey Yüklerin Yarattığı M22 Momentleri



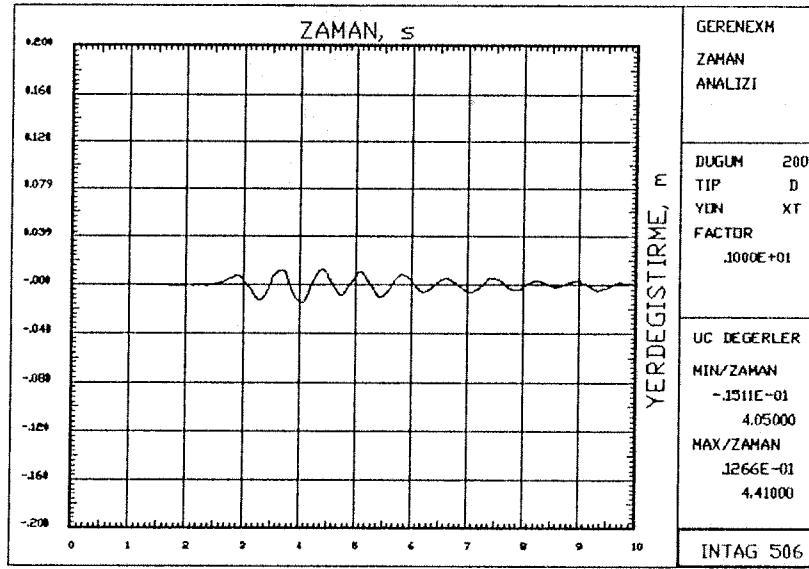
Şekil 3.6 Sabit Düşey Yüklerin Yarattığı M33 Momentleri



Şekil 3.7 Sabit Düşey Yüklerin Yarattığı V22 Kuvvetleri

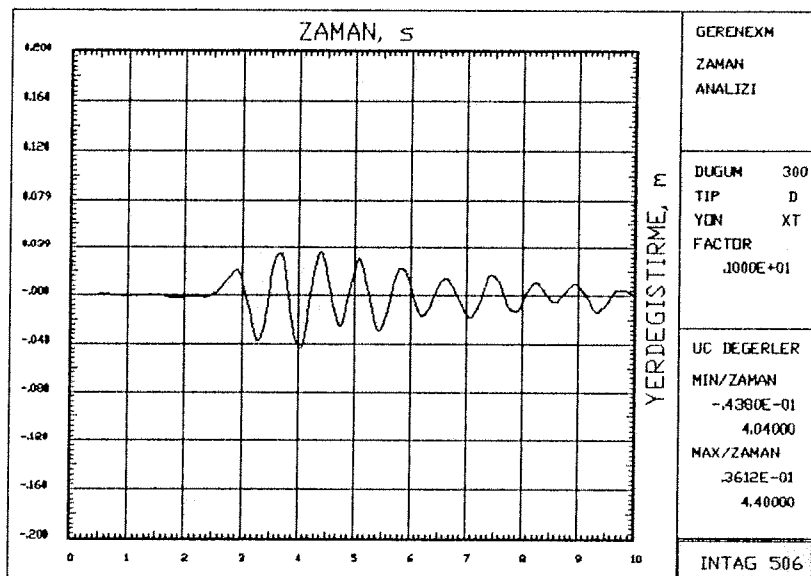


Şekil 3.8 Sabit Düşey Yüklerin Yarattığı Eksenel Kuvvetler



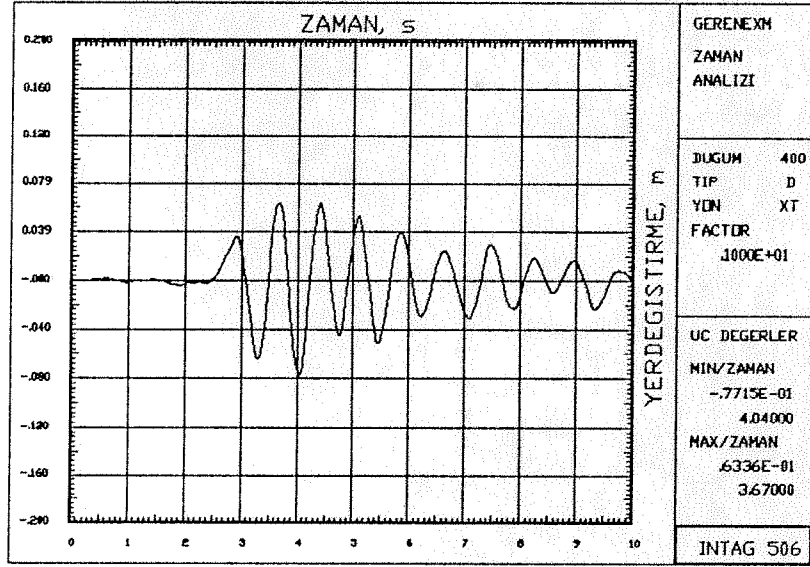
2nci KAT YERDEĞİSTİRMESİ

Şekil 3.9(a) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



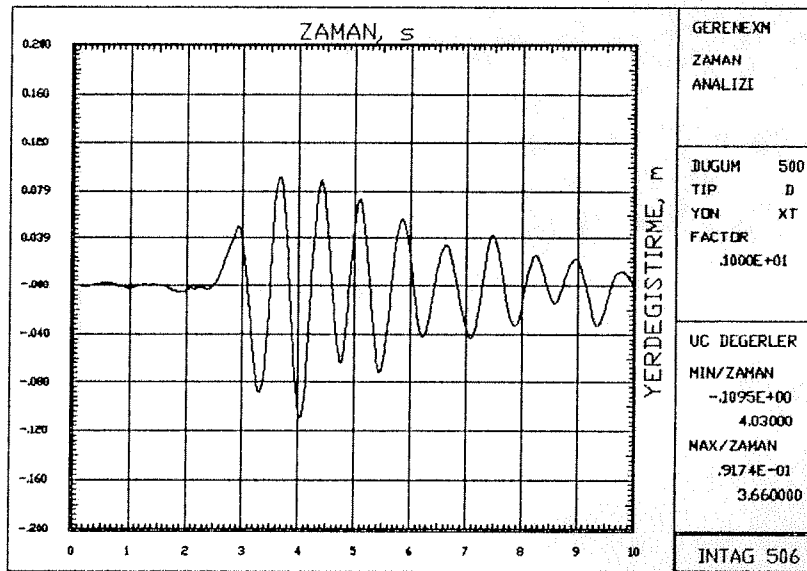
3ncu KAT YERDEĞİSTİRMESİ

Şekil 3.9(b) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



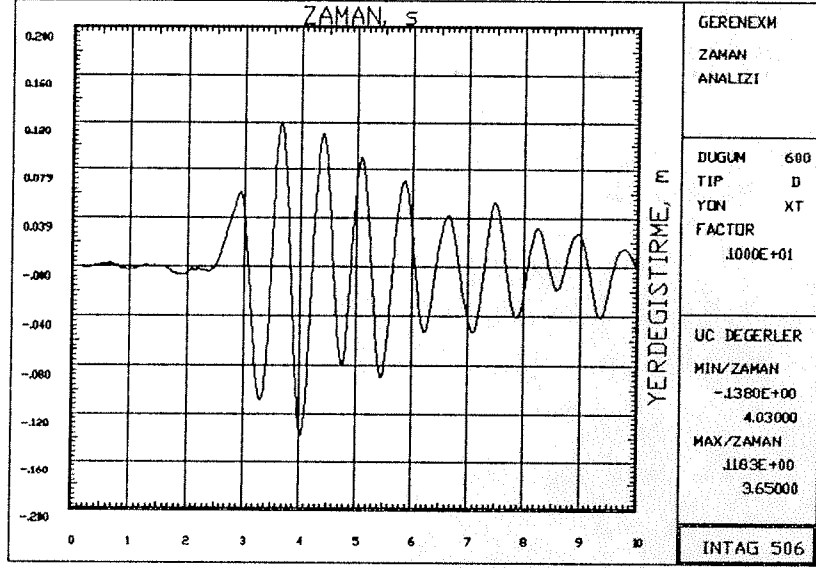
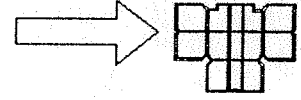
4ncu KAT YERDEĞİSTİRMESİ

Şekil 3.9(c) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



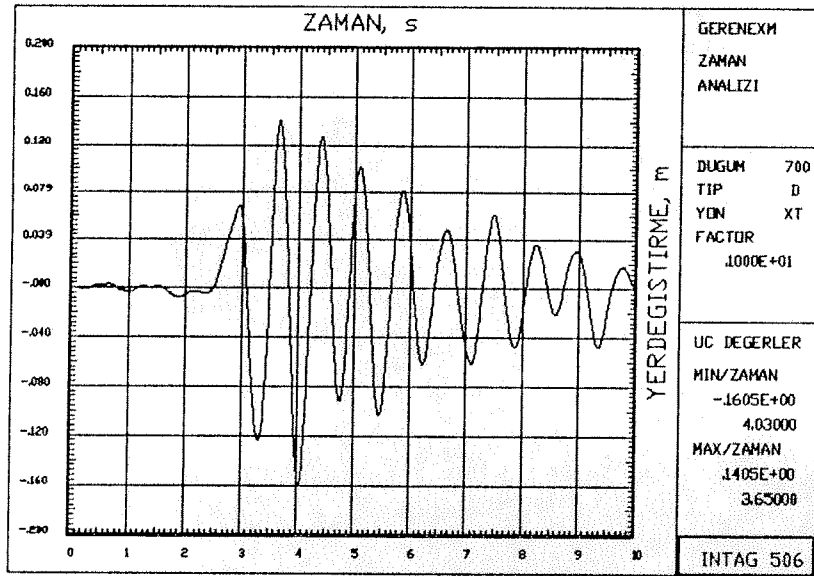
5nci KAT YERDEĞİSTİRMESİ

Şekil 3.9(d) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



6nci KAT YERDEĞİSTİRMESİ

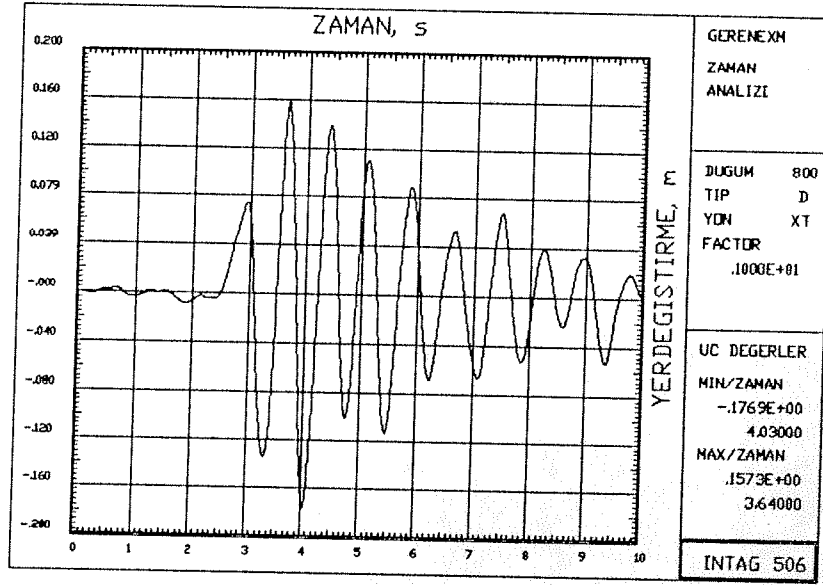
Şekil 3.9(e) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



7nci KAT YERDEĞİSTİRMESİ

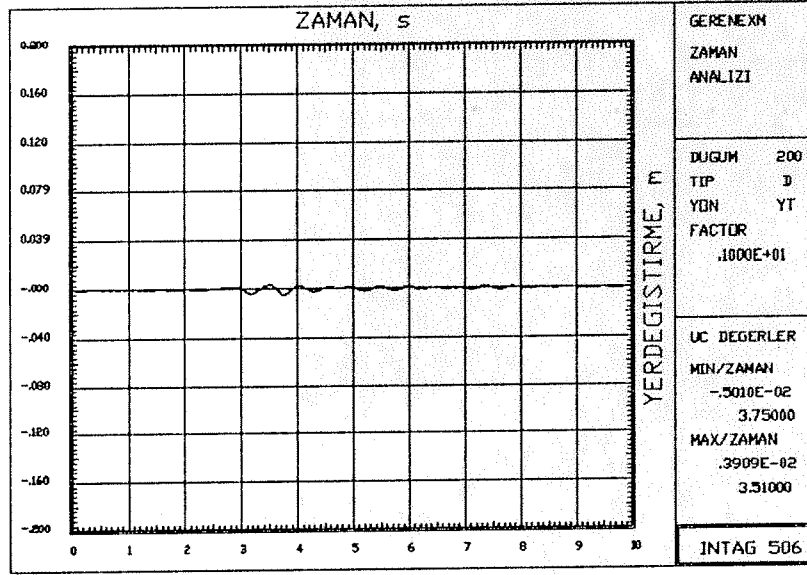
Şekil 3.9(f) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri





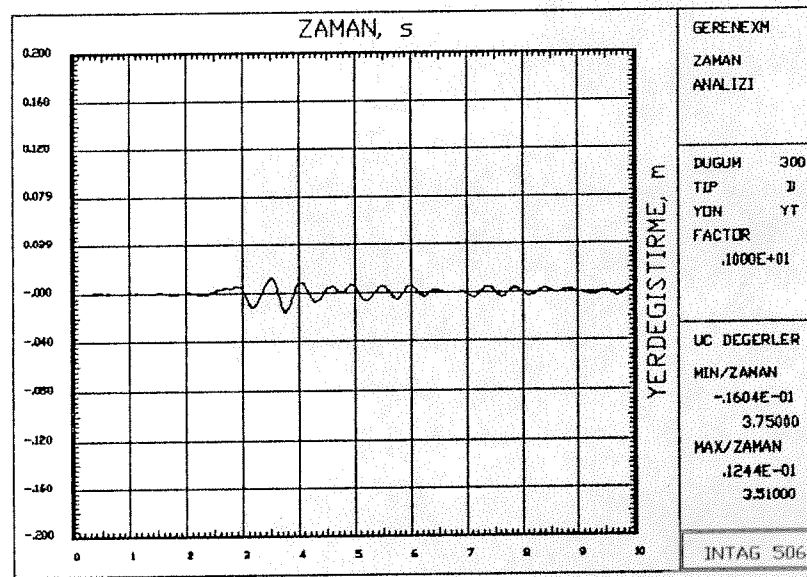
8nci KAT YERDEĞİŞTİRMESİ

Şekil 3.9(g) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



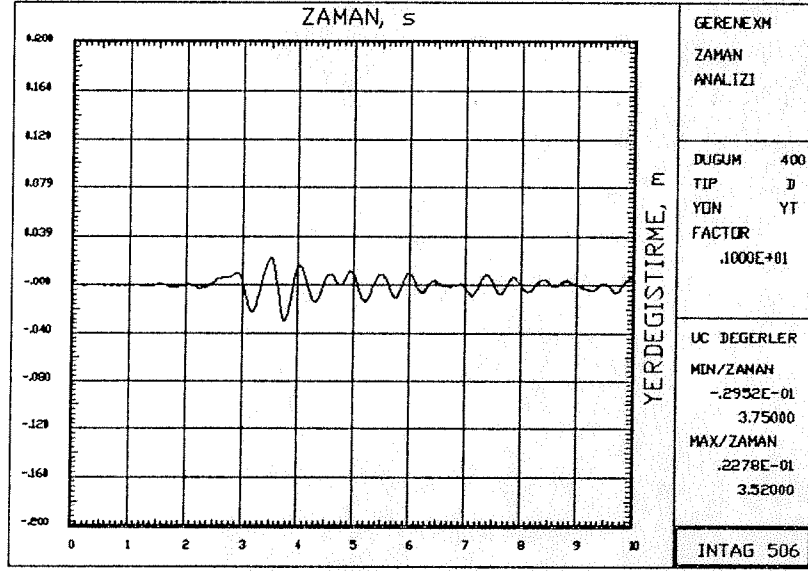
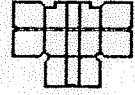
2nci KAT YERDEĞİSTİRMESİ

Şekil 3.9(h) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



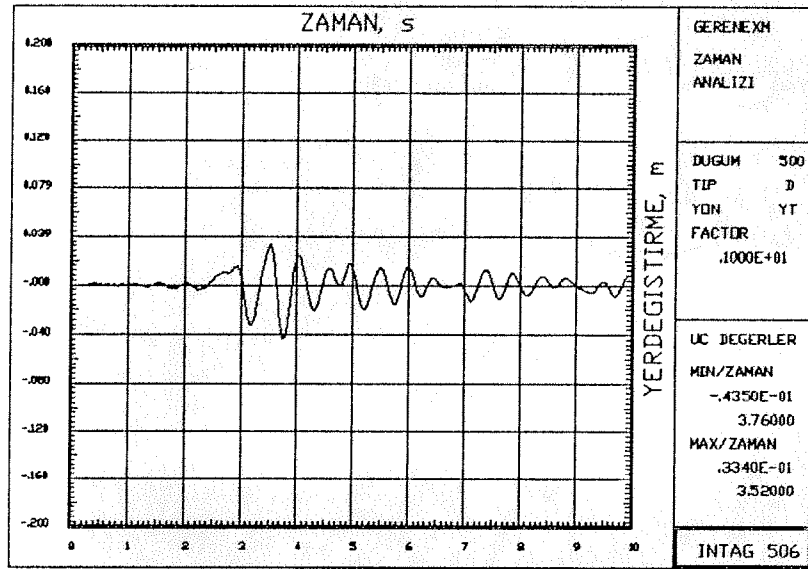
3ncu KAT YERDEĞİSTİRMESİ

Şekil 3.9(i) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



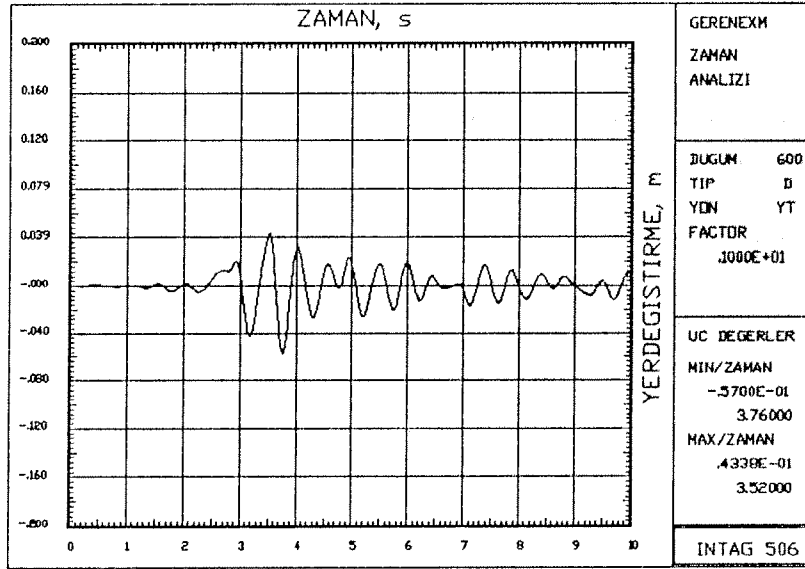
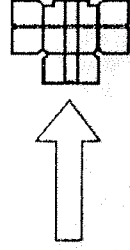
4ncu KAT YERDEĞİSTİRMESİ

Şekil 3.9(j) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



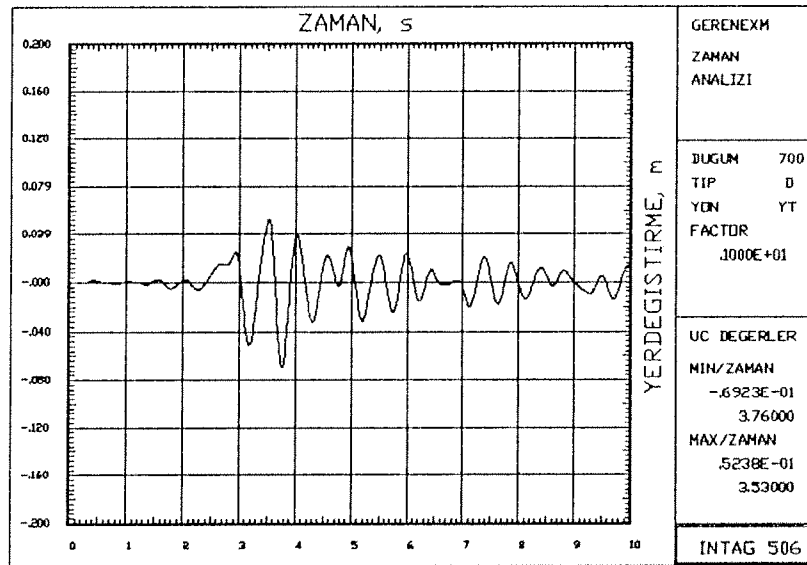
5nci KAT YERDEĞİSTİRMESİ

Şekil 3.9(k) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



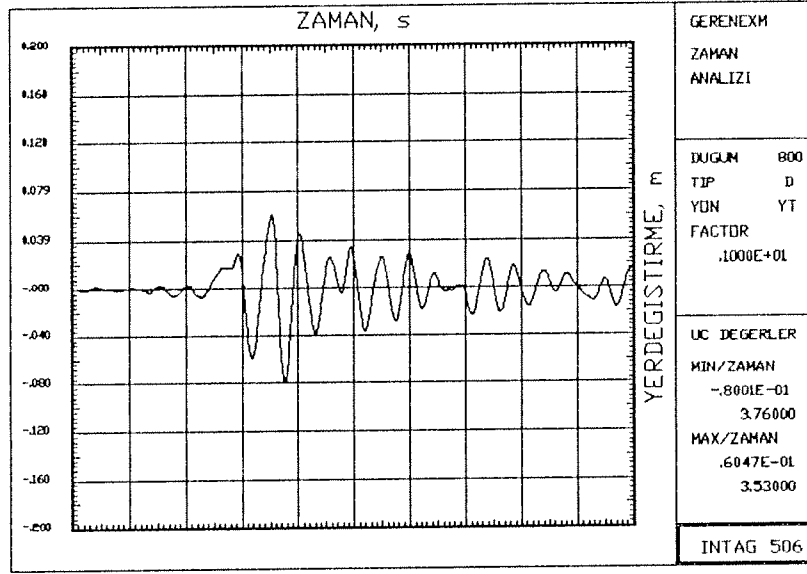
6nci KAT YERDEĞİSTİRMESİ

Şekil 3.9(l) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



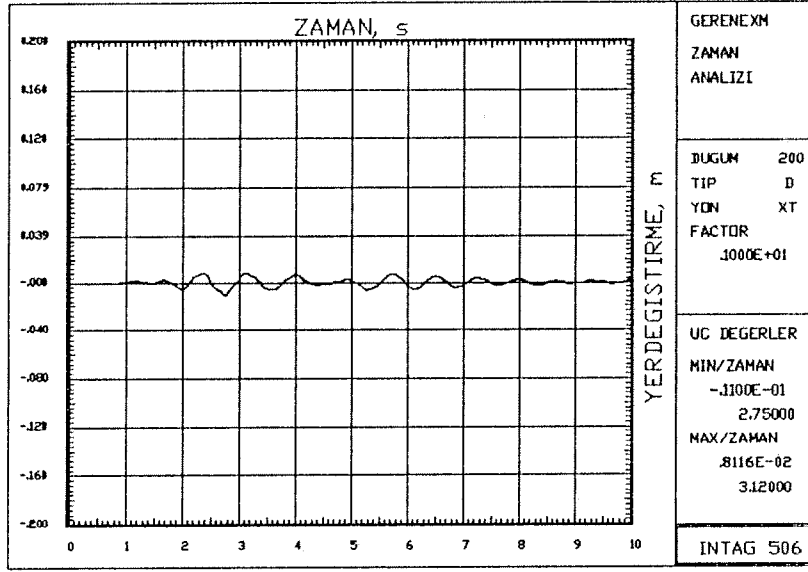
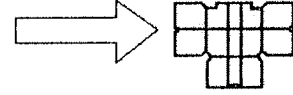
7nci KAT YERDEĞİSTİRMESİ

Şekil 3.9(m) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



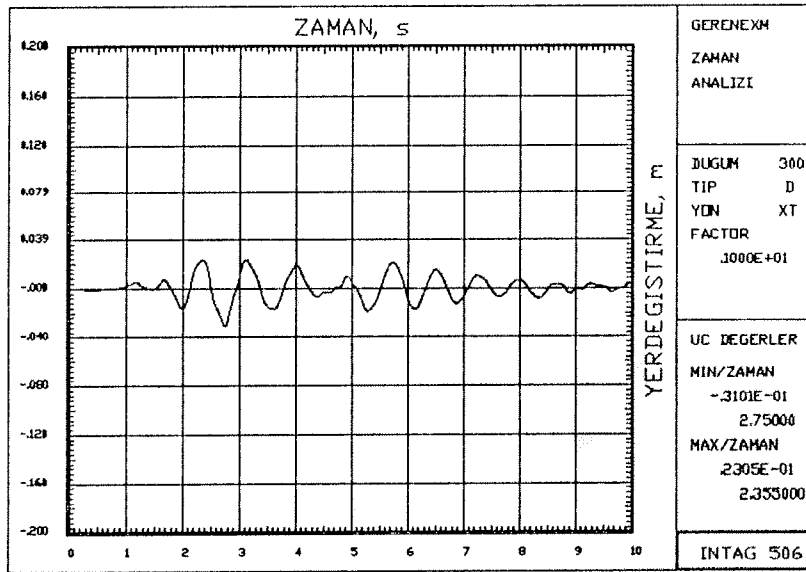
8nci KAT YERDEĞİSTİRMESİ

Şekil 3.9(n) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



2nci KAT YERDEGİSTİRMESİ

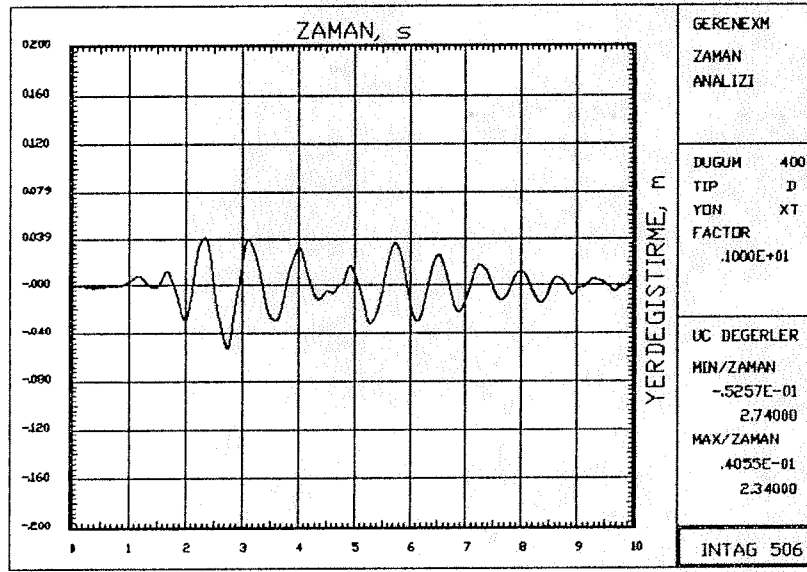
Şekil 3.9(o) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



3ncu KAT YERDEGİSTİRMESİ

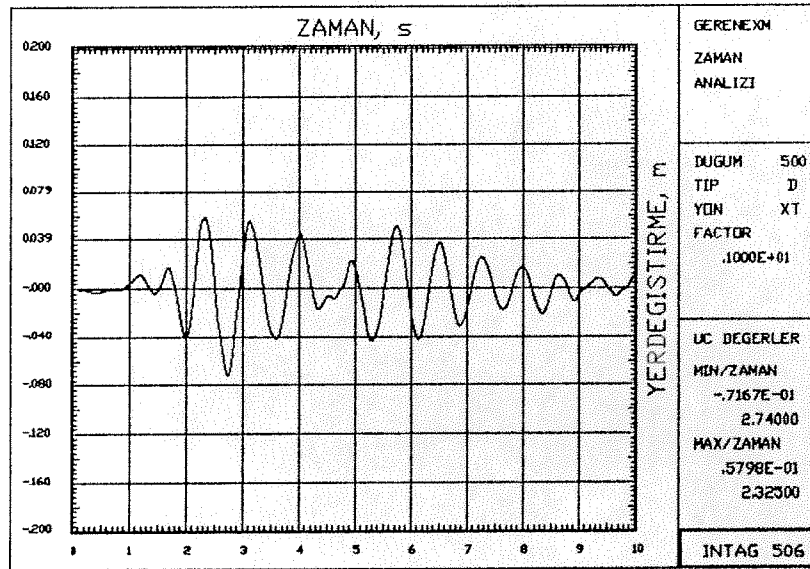
Şekil 3.9(p) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri





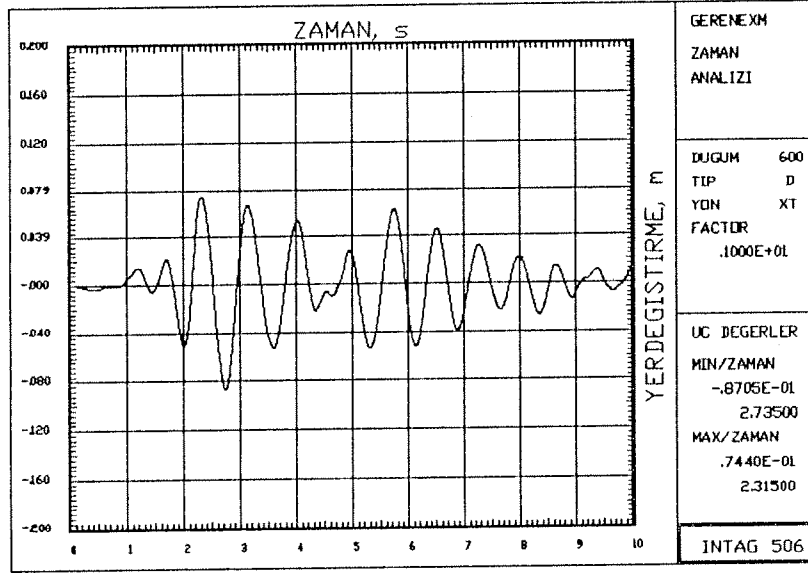
4ncu KAT YERDEĞİSTİRMESİ

Şekil 3.9(q) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



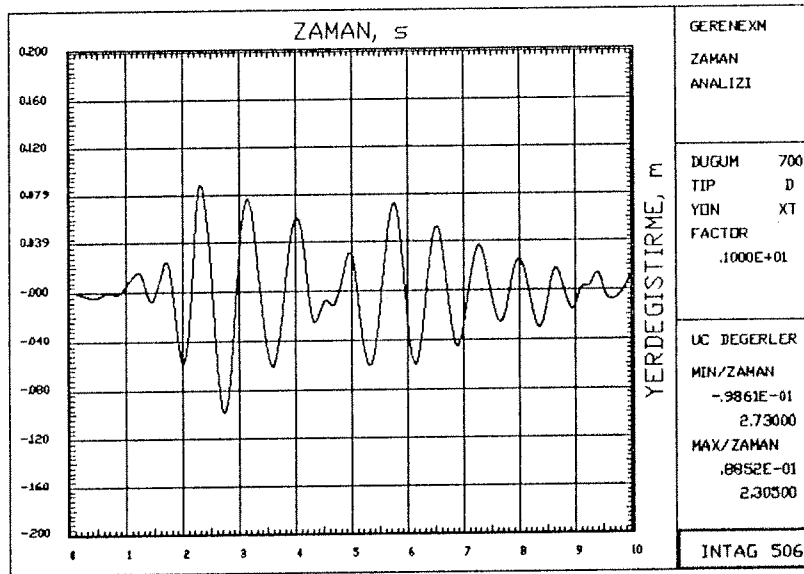
5nci KAT YERDEĞİSTİRMESİ

Şekil 3.9(r) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



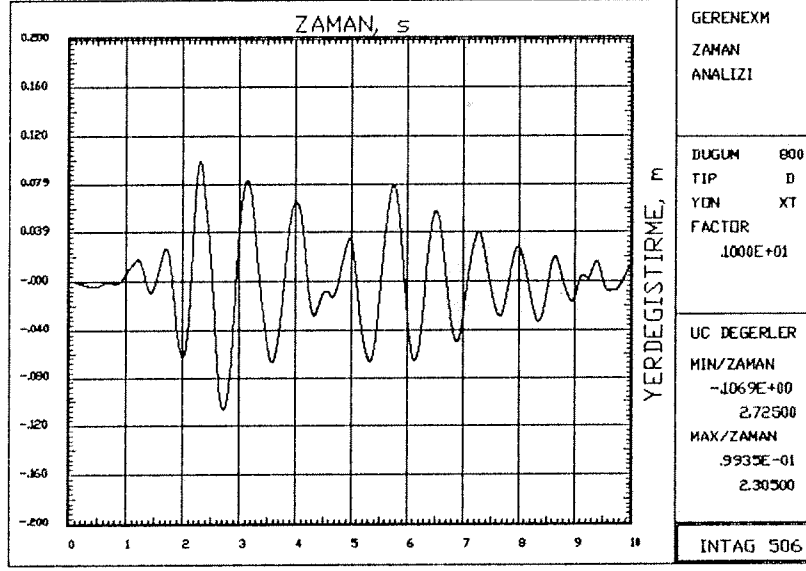
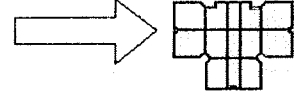
6nci KAT YERDEGISTIRMESI

Şekil 3.9(s) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



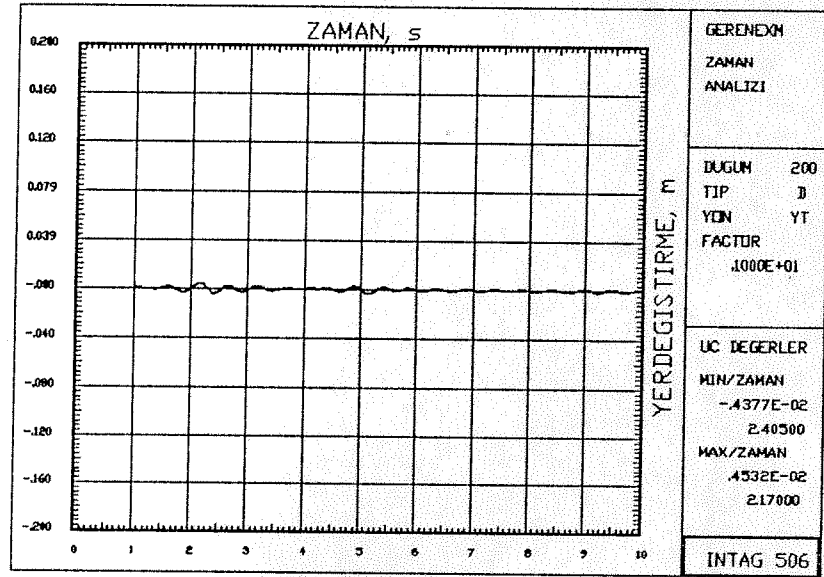
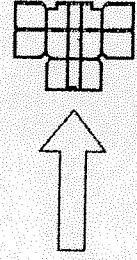
7nci KAT YERDEGISTIRMESI

Şekil 3.9(t) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



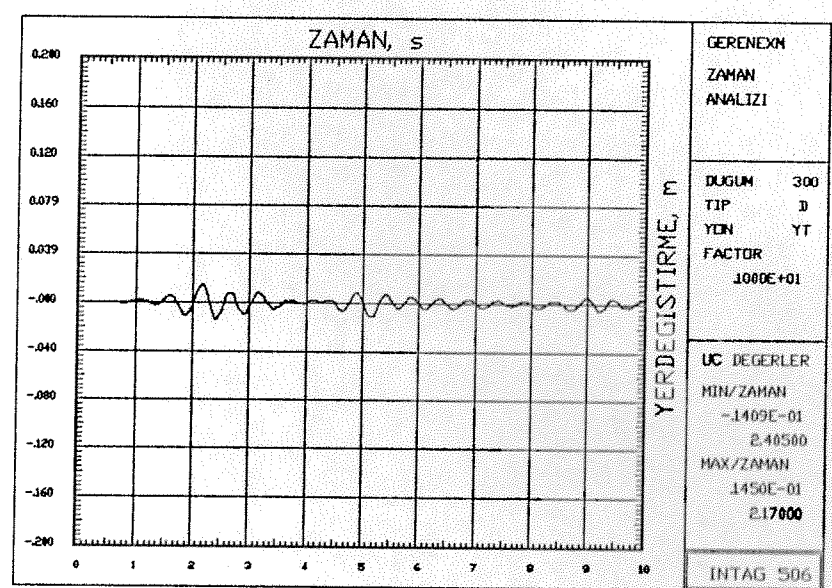
8nci KAT YERDEĞİSTİRMESİ

Şekil 3.9(u) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğİştİrmeleri



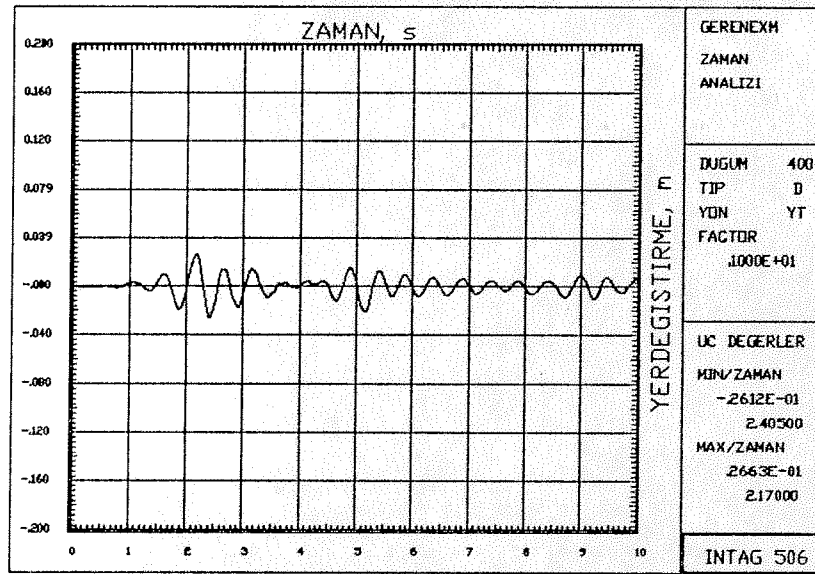
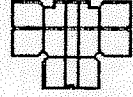
2nci KAT YERDEĞİSTİRMESİ

Şekil 3.9(v) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



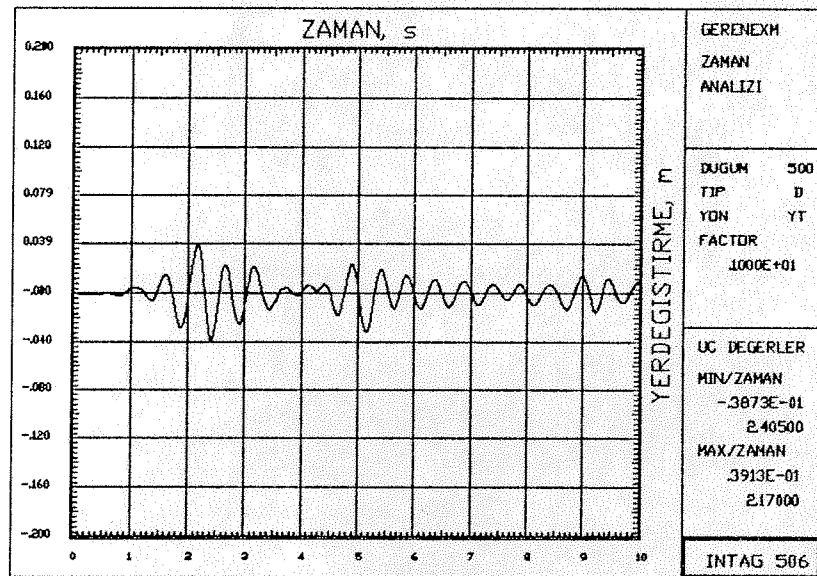
3ncu KAT YERDEĞİSTİRMESİ

Şekil 3.9(w) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



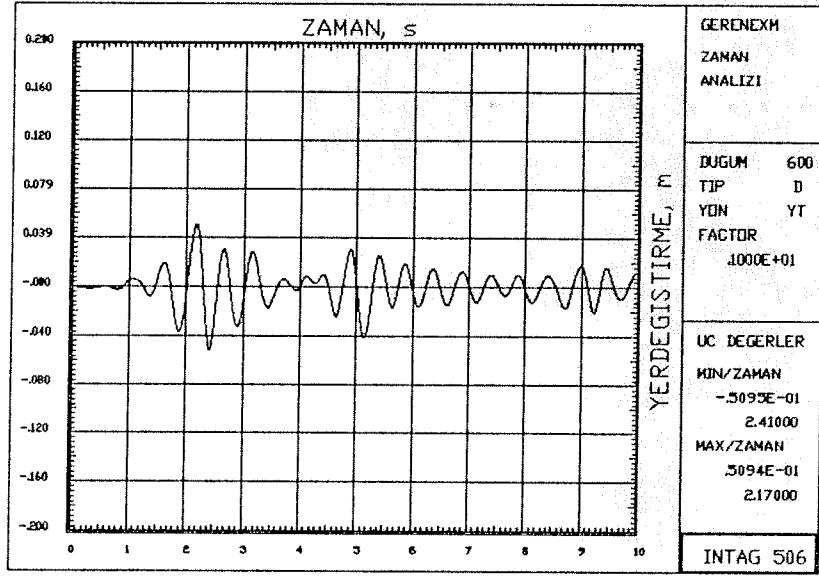
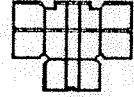
4ncu KAT YERDEĞİSTİRMESİ

Şekil 3.9(x) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



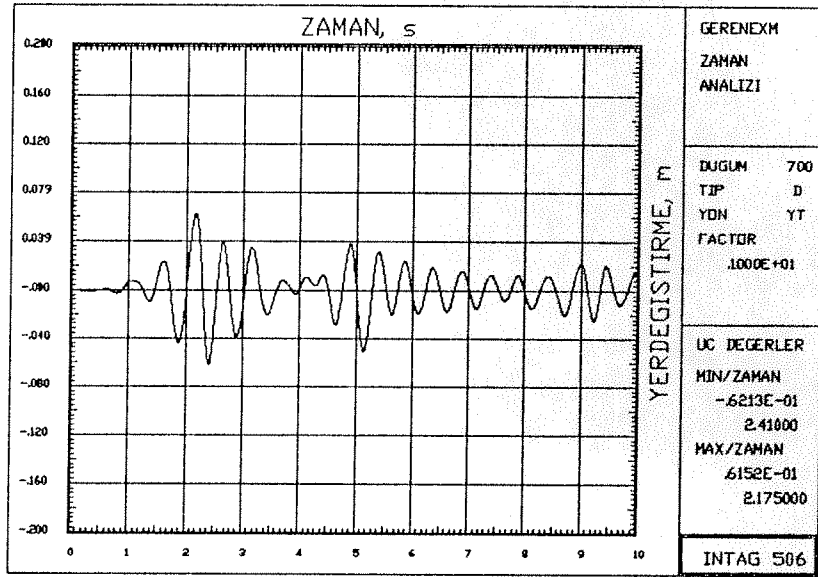
5nci KAT YERDEĞİSTİRMESİ

Şekil 3.9(y) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



6nci KAT YERDEGİSTİRMESİ

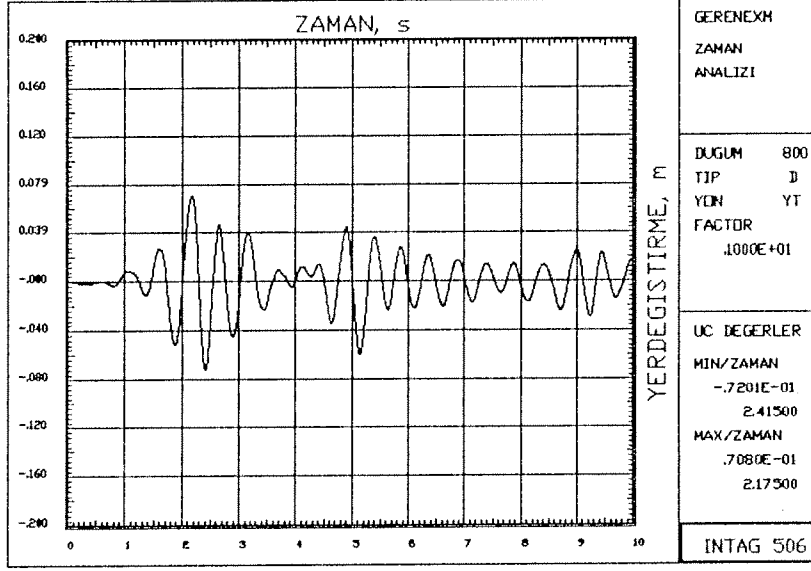
Şekil 3.9(z) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



7nci KAT YERDEGİSTİRMESİ

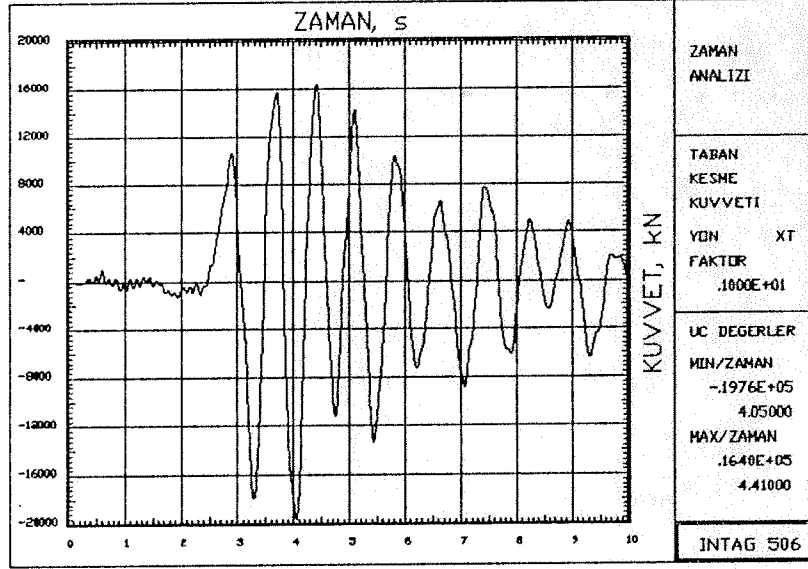
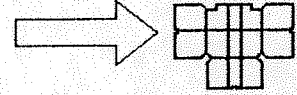
Şekil 3.9(aa) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



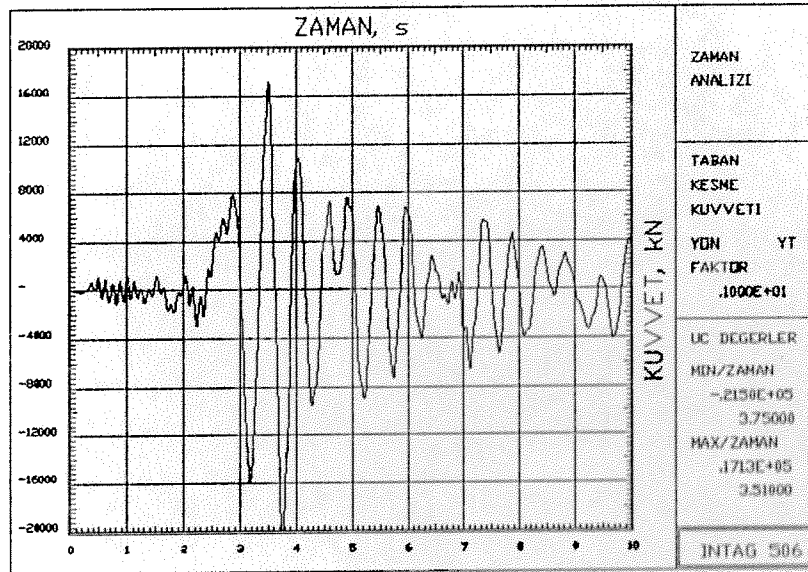
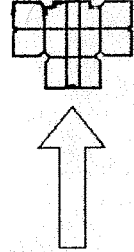


8nci KAT YERDEĞİSTİRMESİ

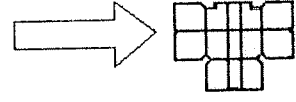
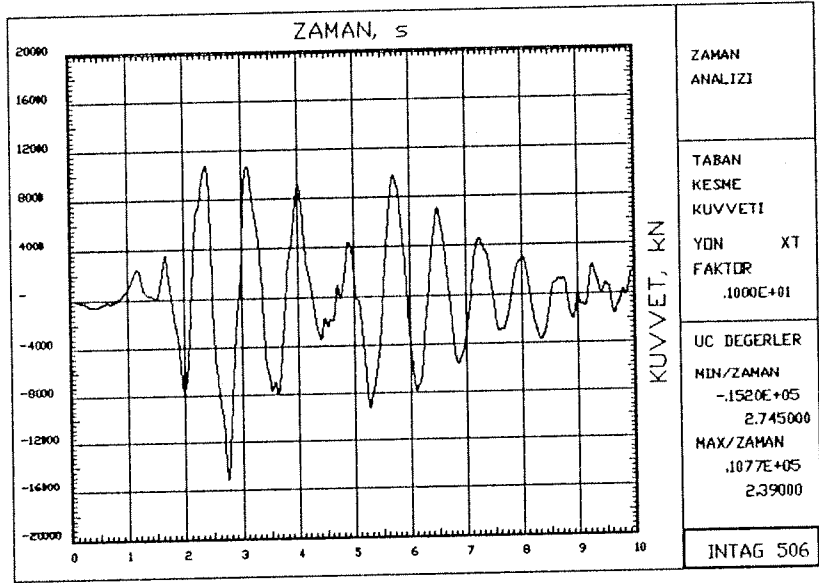
Şekil 3.9(bb) Asal Doğrultulardaki Kat Yerdeğıştirmeleri



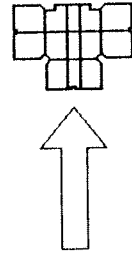
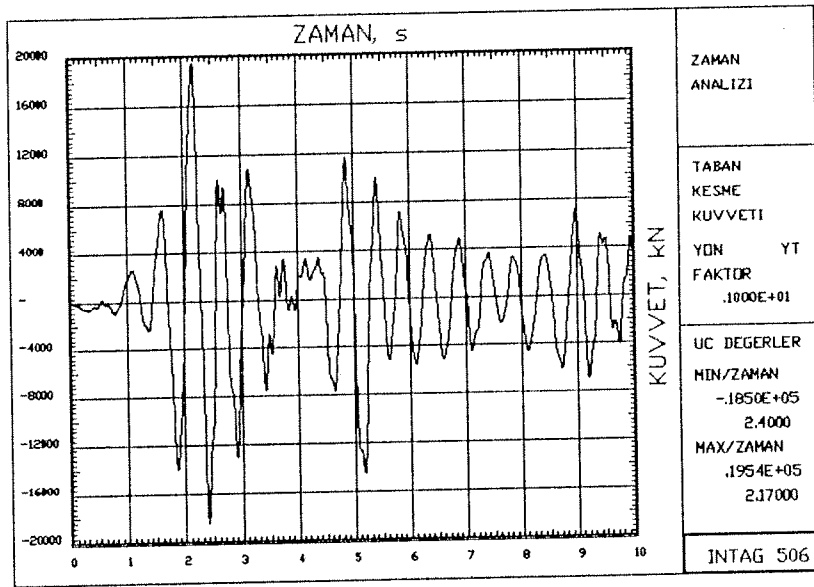
Şekil 3.10(a) Taban Kesme Kuvveti (Erzincan)



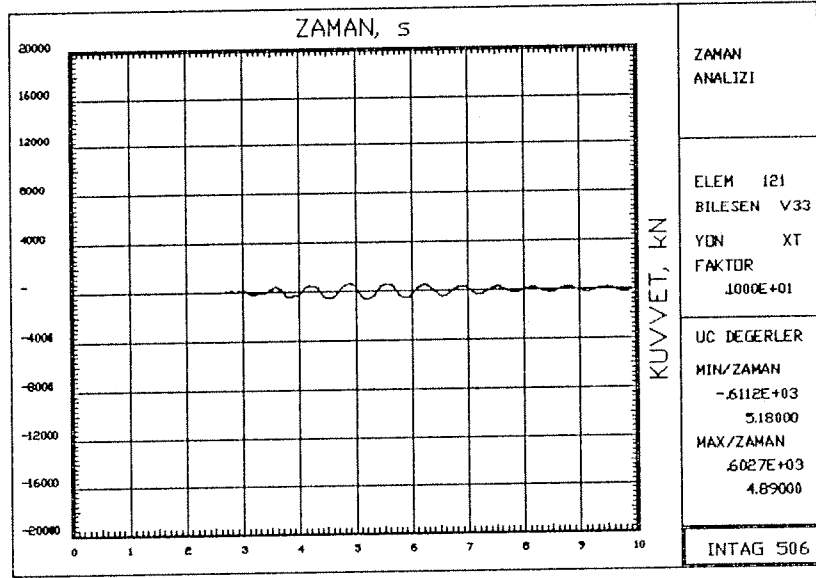
Şekil 3.10(b) Taban Kesme Kuvveti (Erzincan)



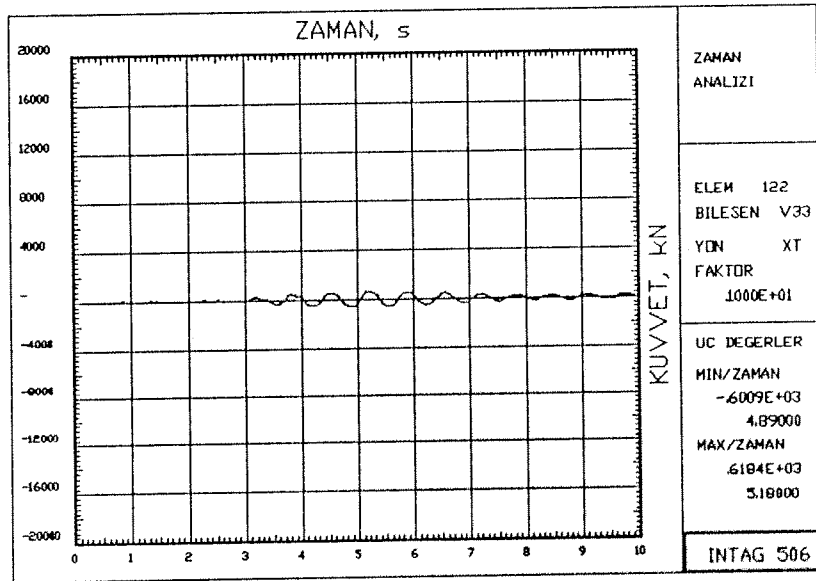
Şekil 3.10(c) Taban Kesme Kuvveti (El Centro)



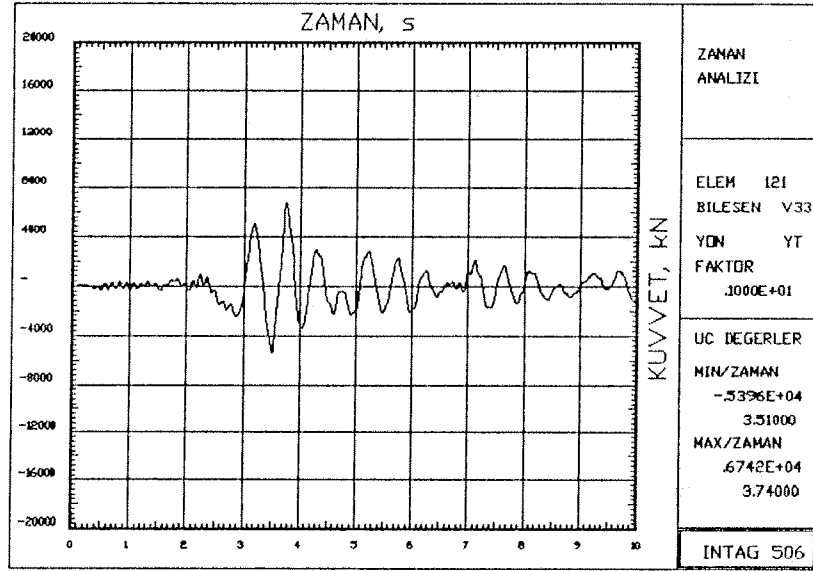
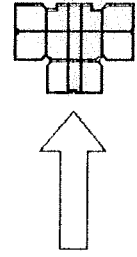
Şekil 3.10(d) Taban Kesme Kuvveti (El Centro)



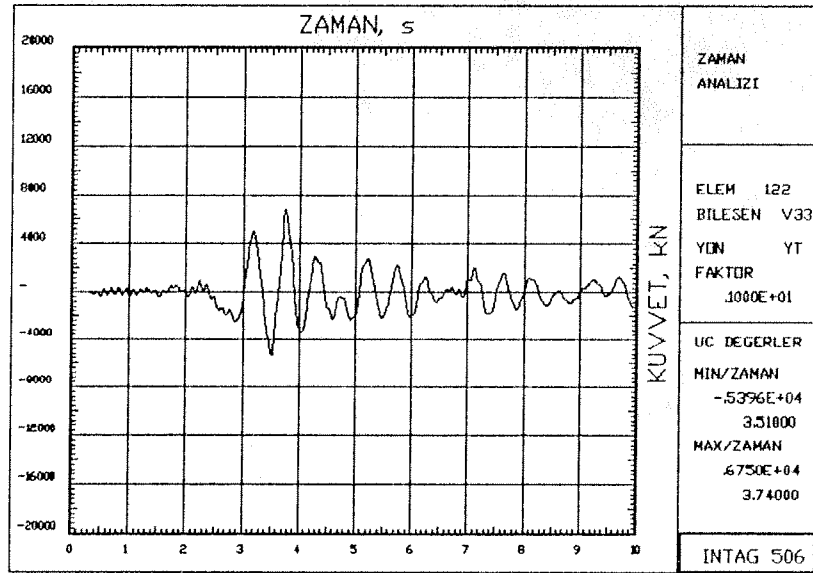
Şekil 3.11(a) Birinci Katta P3 Perdesindeki Kesme Kuvveti: Erzincan



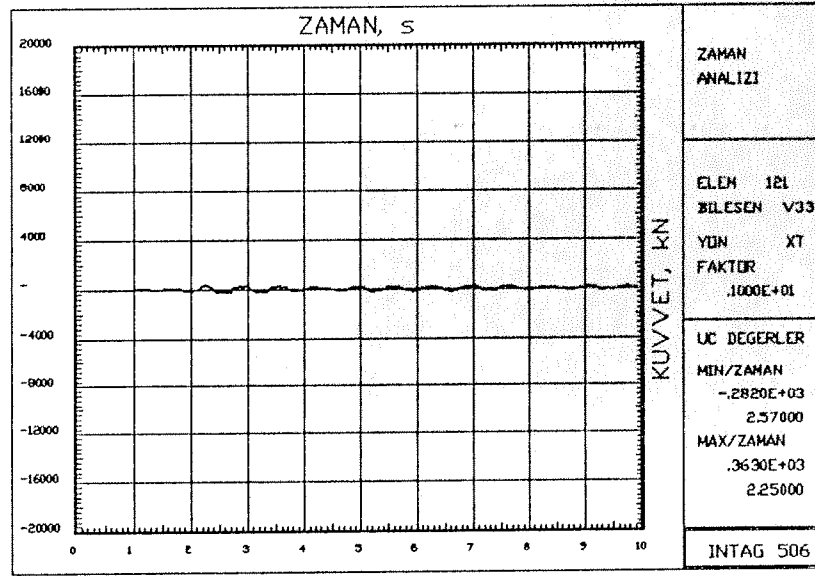
Şekil 3.11(b) Birinci Katta P3A Perdesindeki Kesme Kuvveti: Erzincan



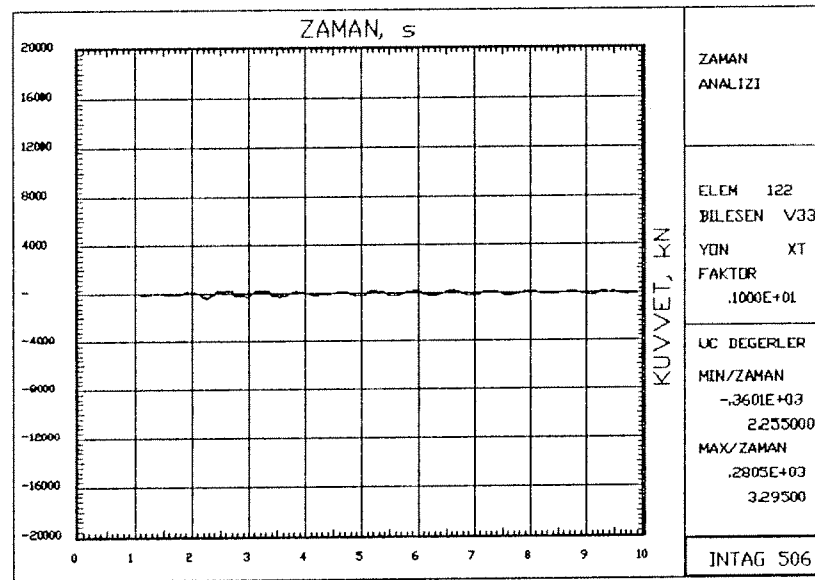
Şekil 3.11(c) Birinci Katta P3 Perdesindeki Kesme Kuvveti: Erzincan



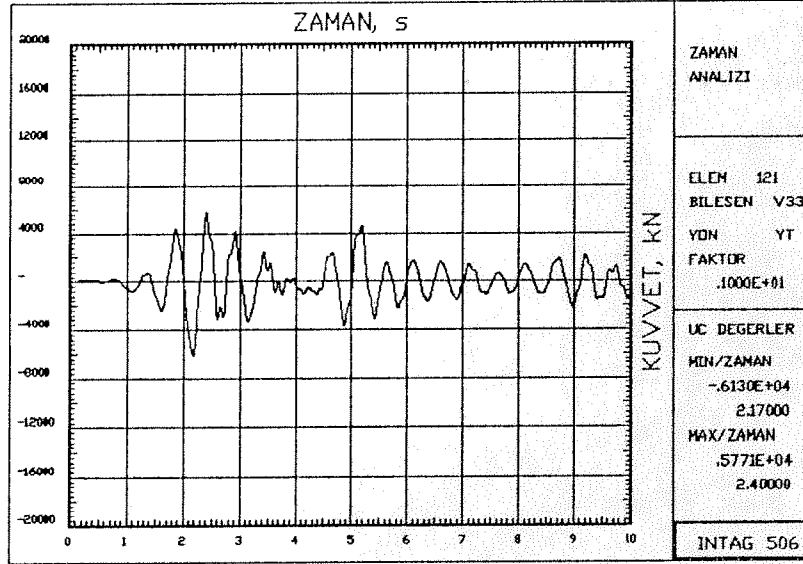
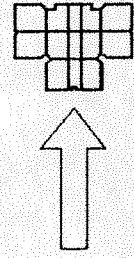
Şekil 3.11(d) Birinci Katta P3A Perdesindeki Kesme Kuvveti: Erzincan



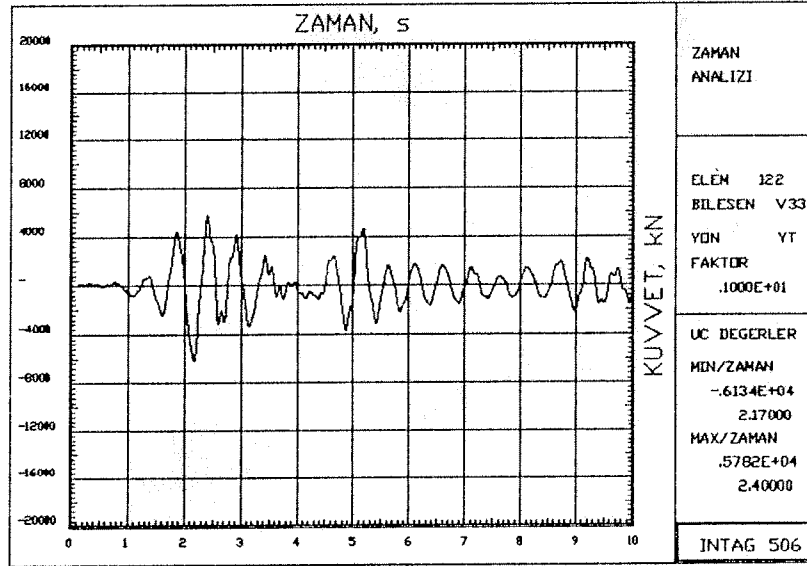
Şekil 3.11(e) Birinci Katta P3 Perdesindeki Kesme Kuvveti: El Centro



Şekil 3.11(f) Birinci Katta P3A Perdesindeki Kesme Kuvveti: El Centro

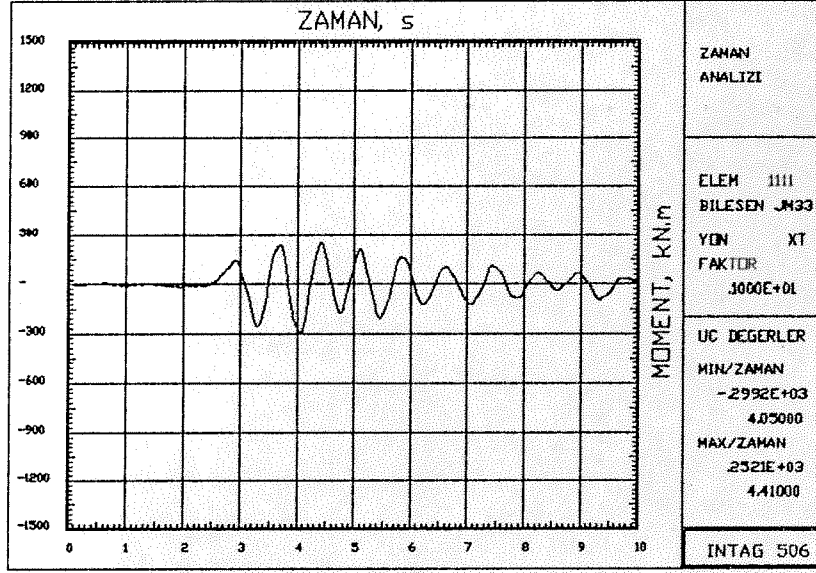
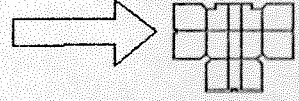


Şekil 3.11(g) Birinci Katta P3 Perdesindeki Kesme Kuvveti:  
El Centro

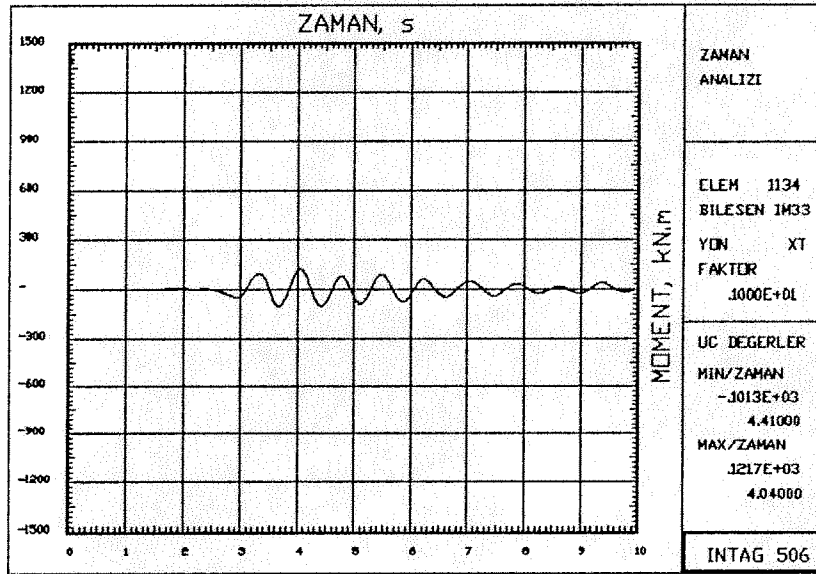


Şekil 3.11(h) Birinci Katta P3A Perdesindeki Kesme Kuvveti:  
El Centro

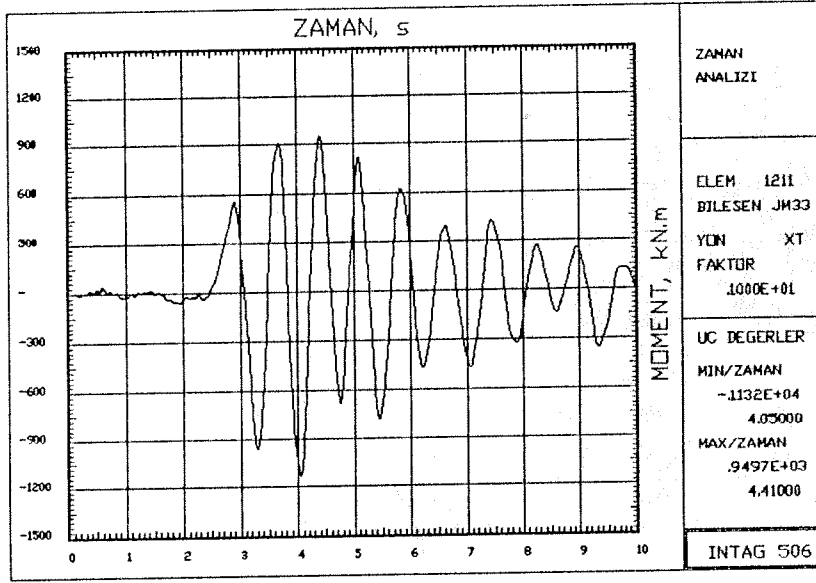
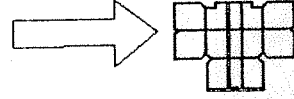




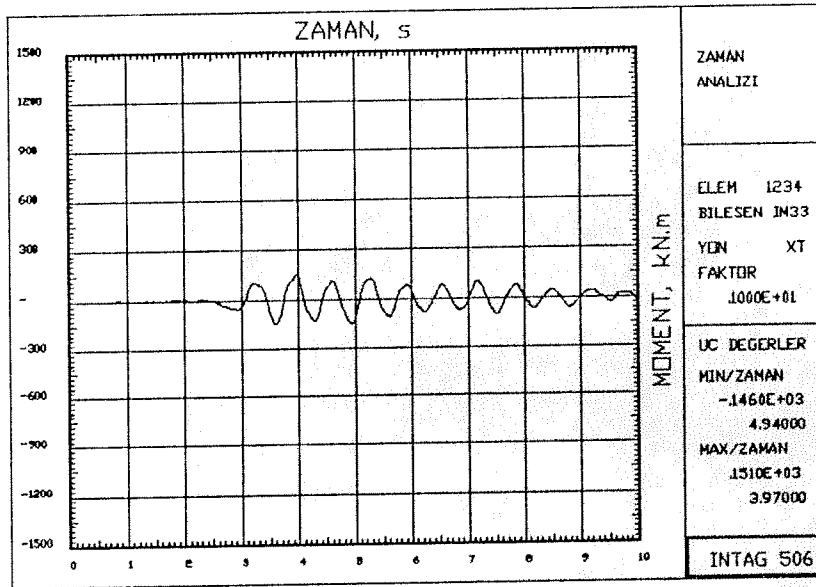
Şekil 3.12(a) K106 Kirişindeki Eğilme Momenti: Erzincan



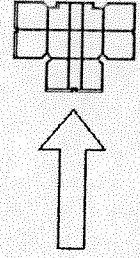
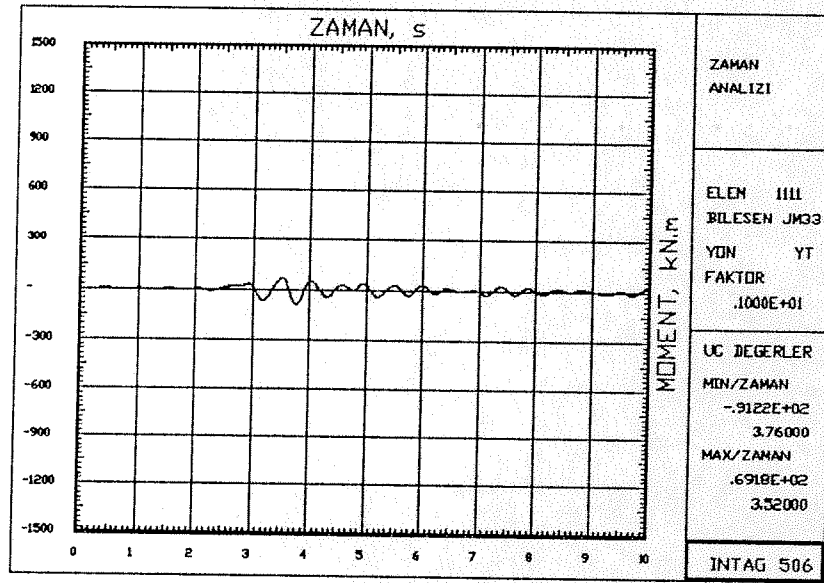
Şekil 3.12(b) K118 Kirişindeki Eğilme Momenti: Erzincan



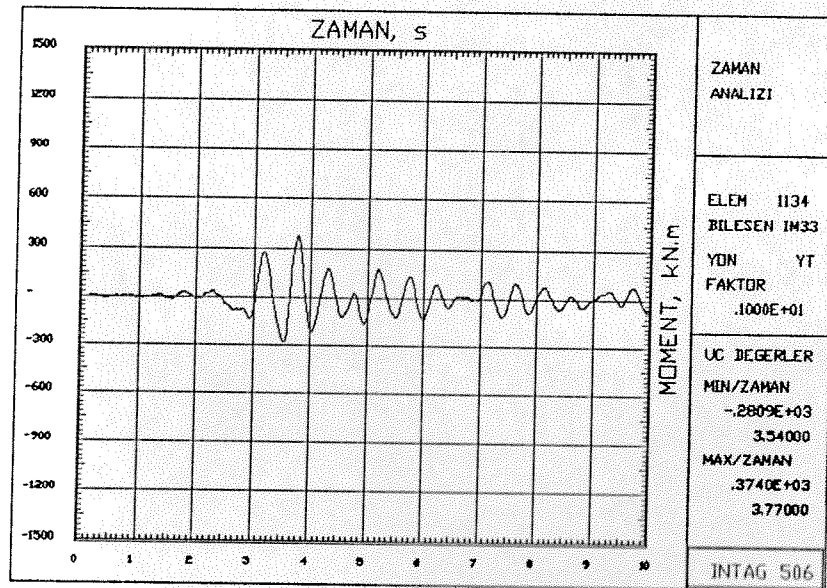
Şekil 3.12(c) K211 Kirişindeki Eğilme Momenti: Erzincan



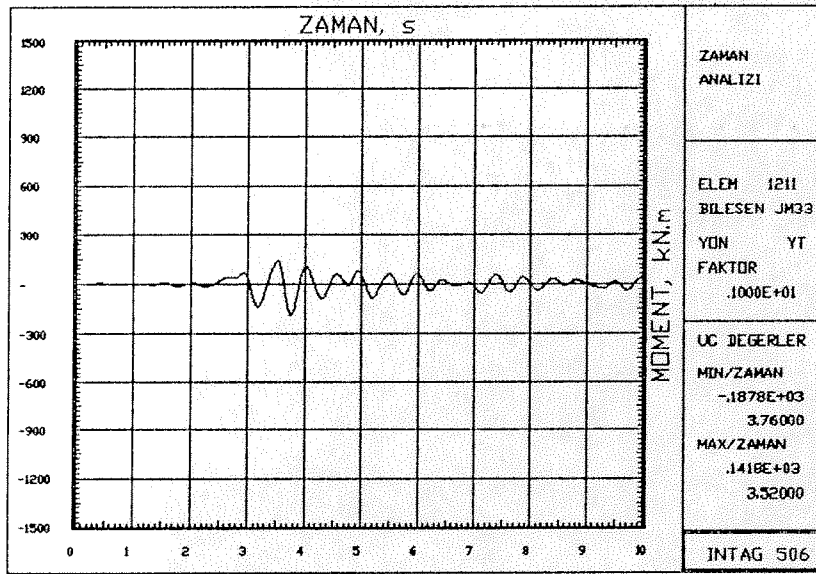
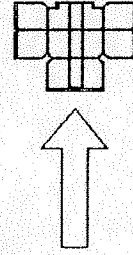
Şekil 3.12(d) K227 Kirişindeki Eğilme Momenti: Erzincan



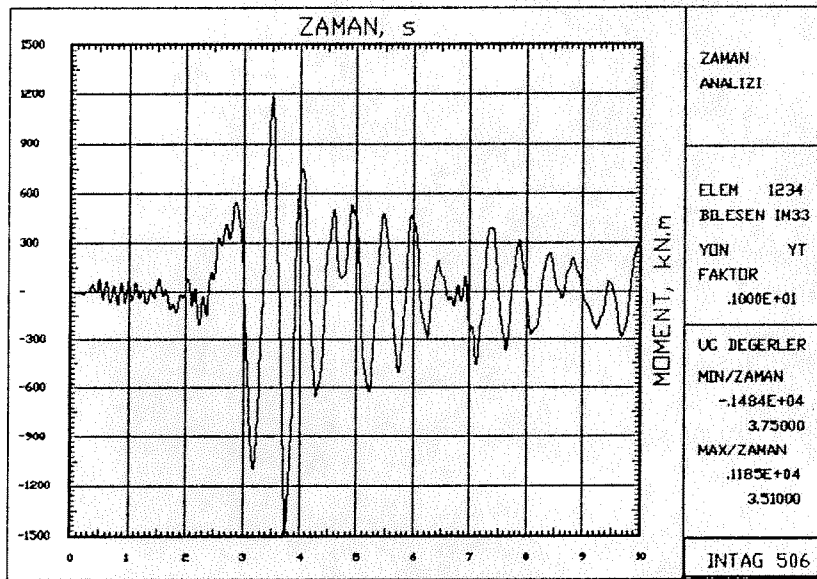
Şekil 3.12(e) K106 Kirişindeki Eğilme Momenti: Erzincan



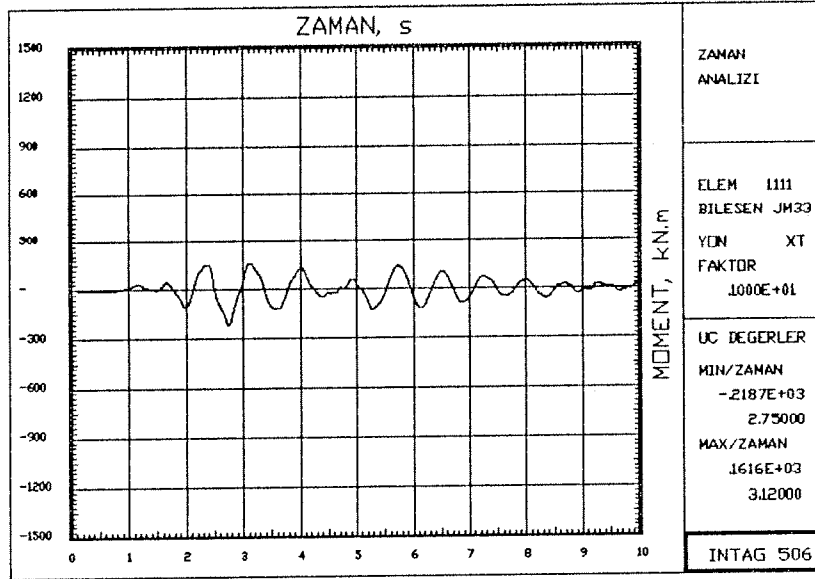
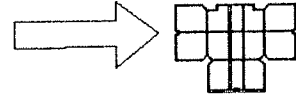
Şekil 3.12(f) K118 Kirişindeki Eğilme Momenti: Erzincan



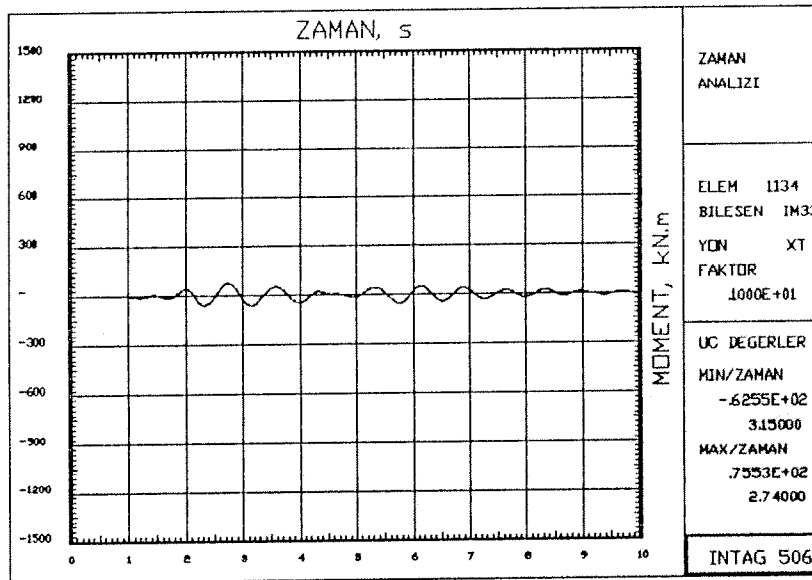
Şekil 3.12(g) K211 Kirişindeki Eğilme Momenti: Erzincan



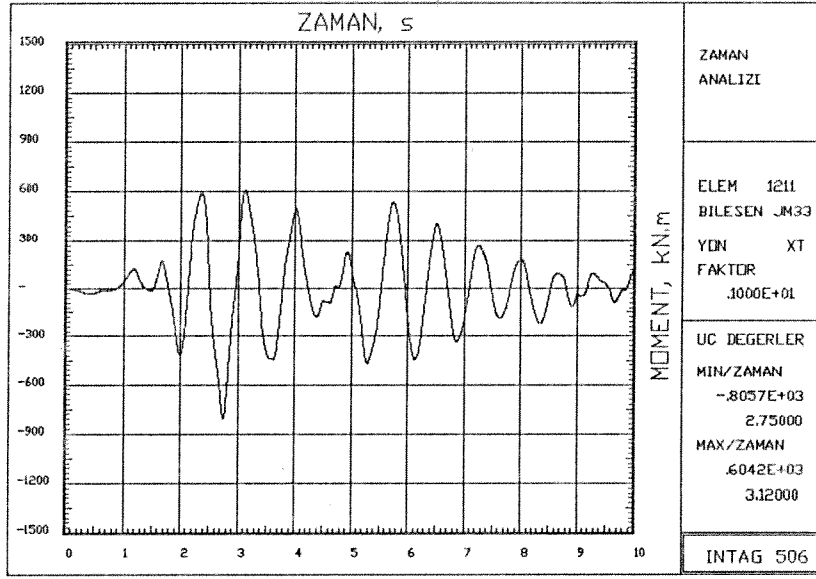
Şekil 3.12(h) K227 Kirişindeki Eğilme Momenti: Erzincan



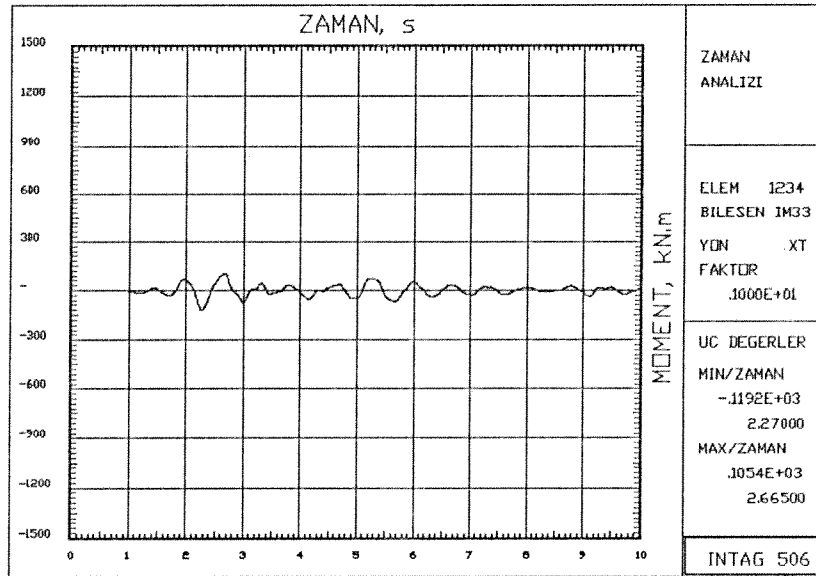
Şekil 3.12(i) K106 Kirişindeki Eğilme Momenti: El Centro



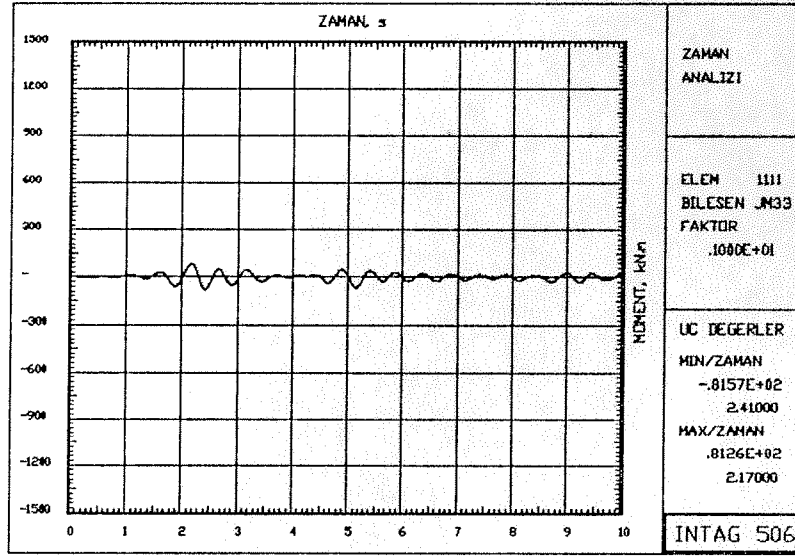
Şekil 3.12(j) K118 Kirişindeki Eğilme Momenti: El Centro



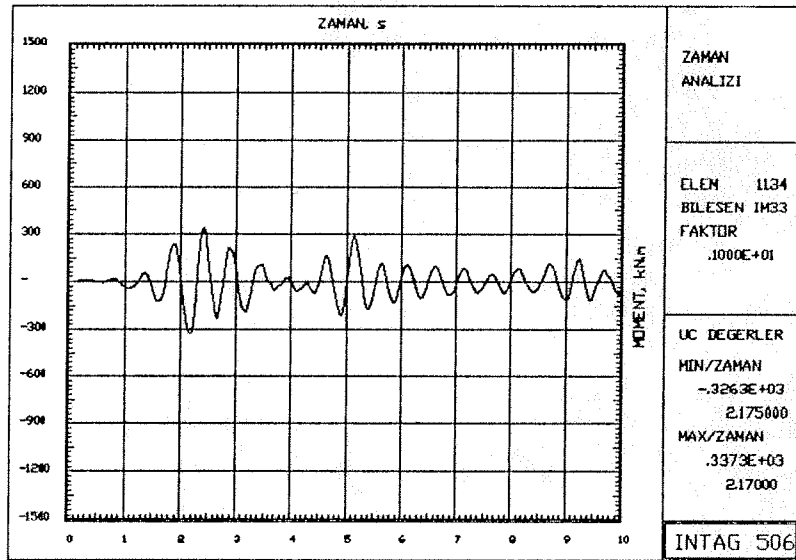
Şekil 3.12(k) K211 Kirişindeki Eğilme Momenti: El Centro



Şekil 3.12(l) K227 Kirişindeki Eğilme Momenti: El Centro

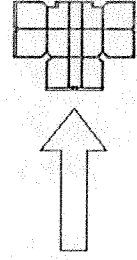
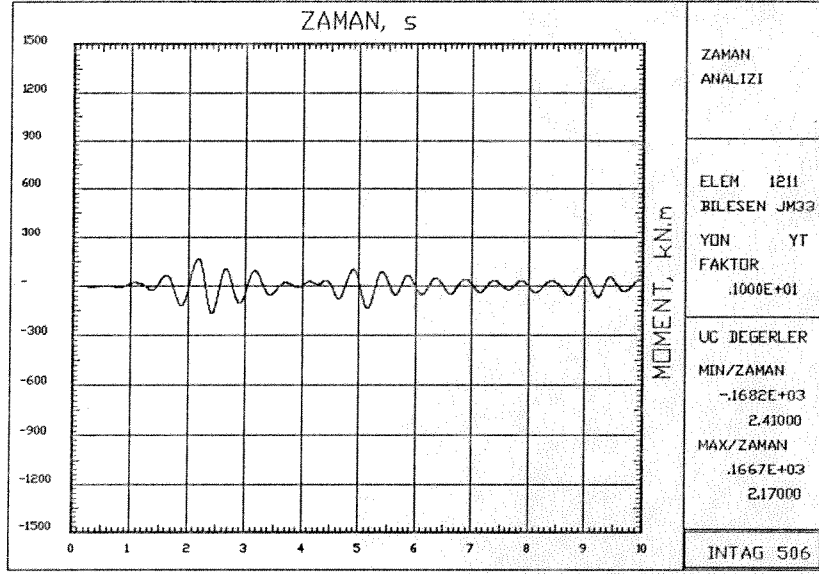


Şekil 3.12(m) K106 Kirişindeki Eğilme Momenti: El Centro

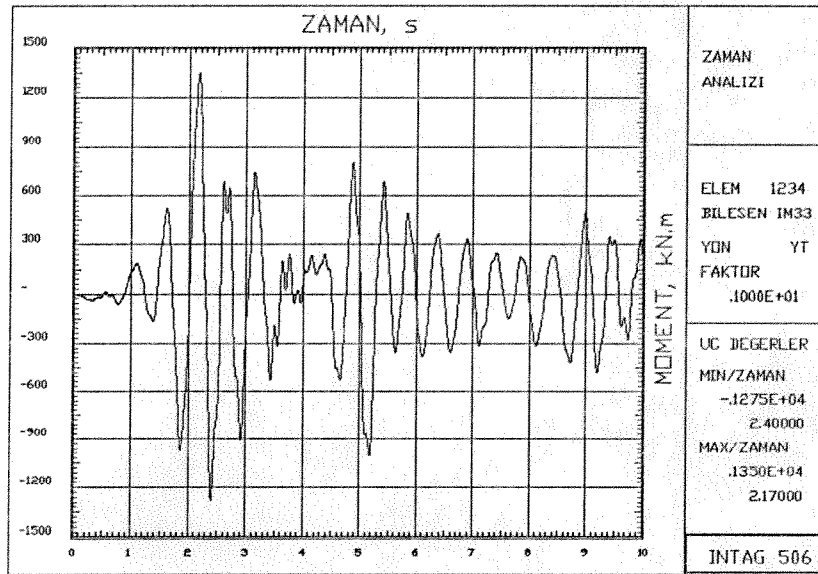


Şekil 3.12(n) K118 Kirişindeki Eğilme Momenti: El Centro

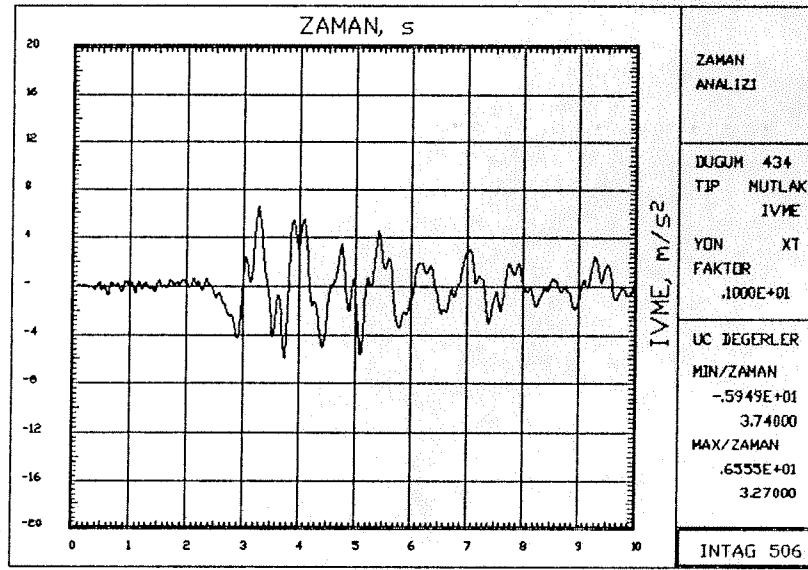
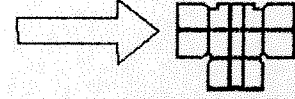




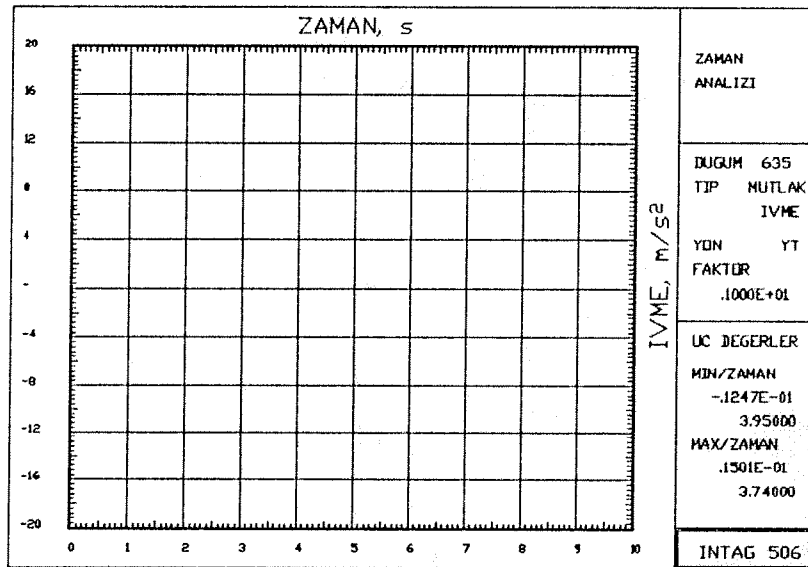
Şekil 3.12(o) K211 Kirişindeki Eğilme Momenti: El Centro



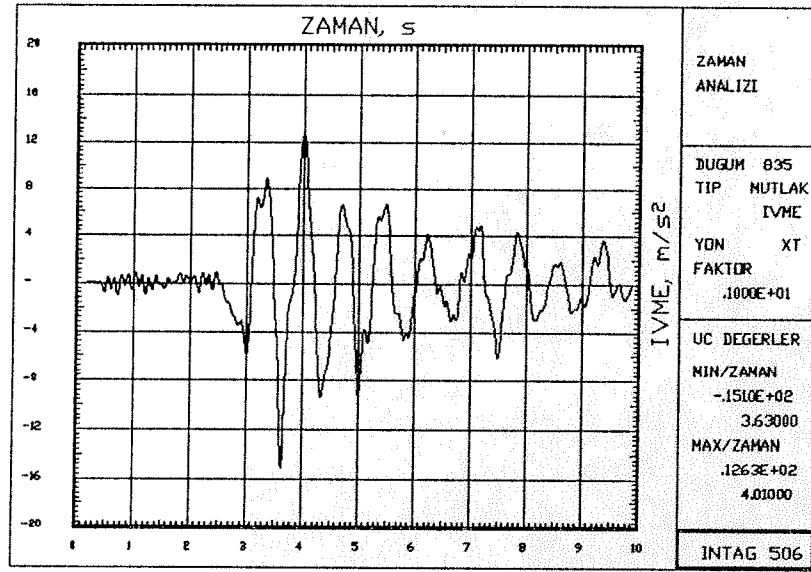
Şekil 3.12(p) K227 Kirişindeki Eğilme Momenti: El Centro



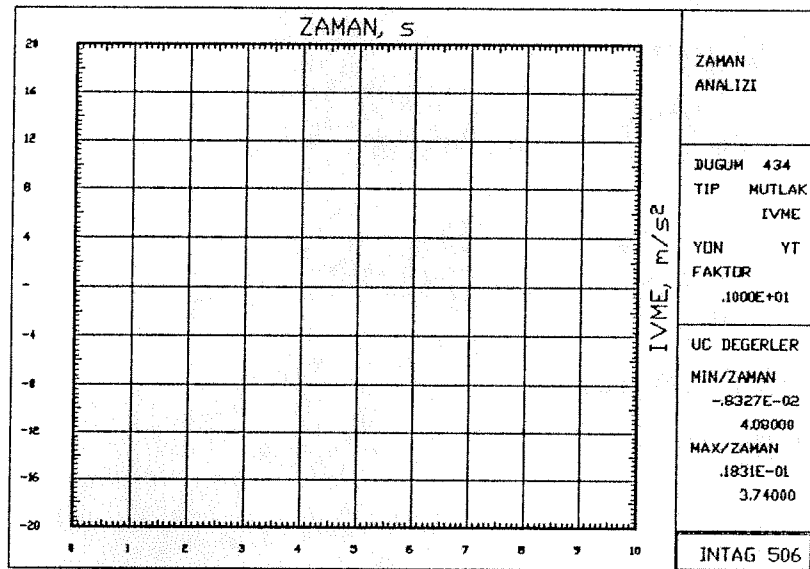
Şekil 3.13(a) 4ncü Kat İvme Ölçer Kaydı: Erzincan



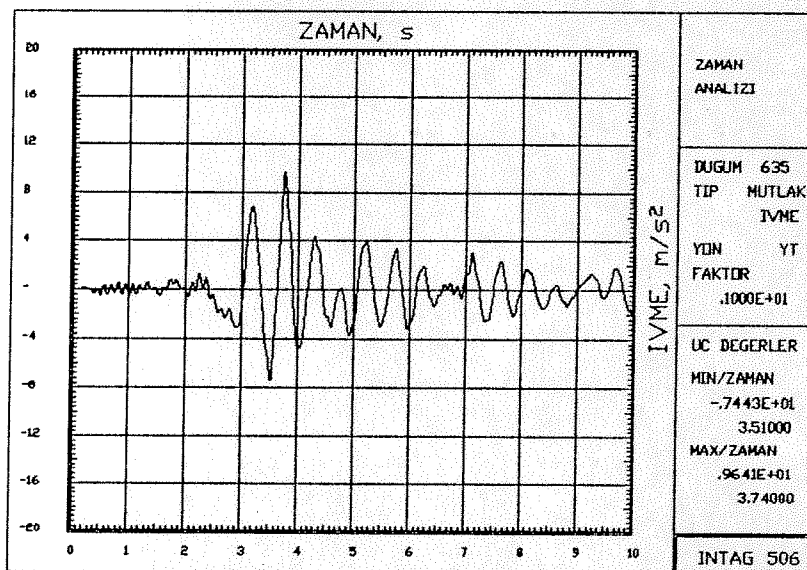
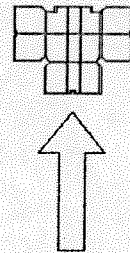
Şekil 3.13(b) 6ncı Kat İvme Ölçer Kaydı: Erzincan



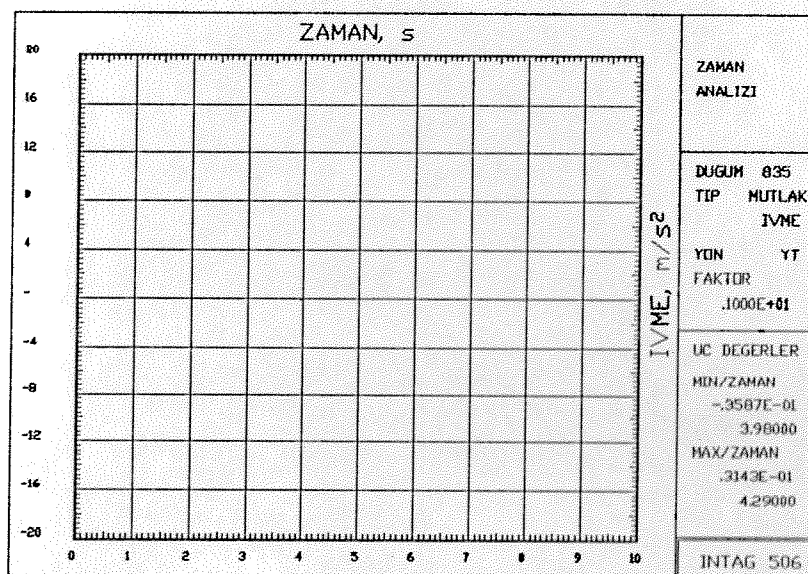
Şekil 3.13(c) 8nci Kat İvme Ölçer Kaydı: Erzincan



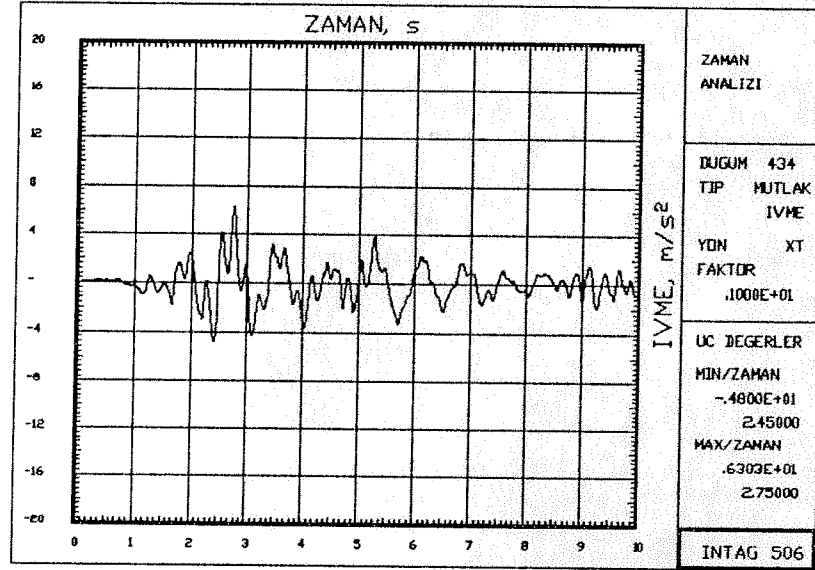
Şekil 3.13(d) 4ncü Kat İvme Ölçer Kaydı: Erzincan



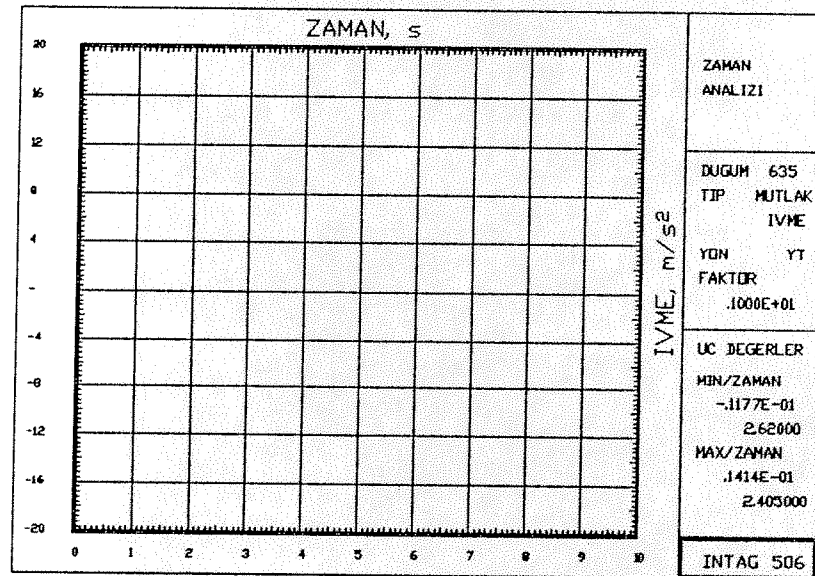
Şekil 3.13(e) 6ncı Kat İvme Ölçer Kaydı: Erzincan



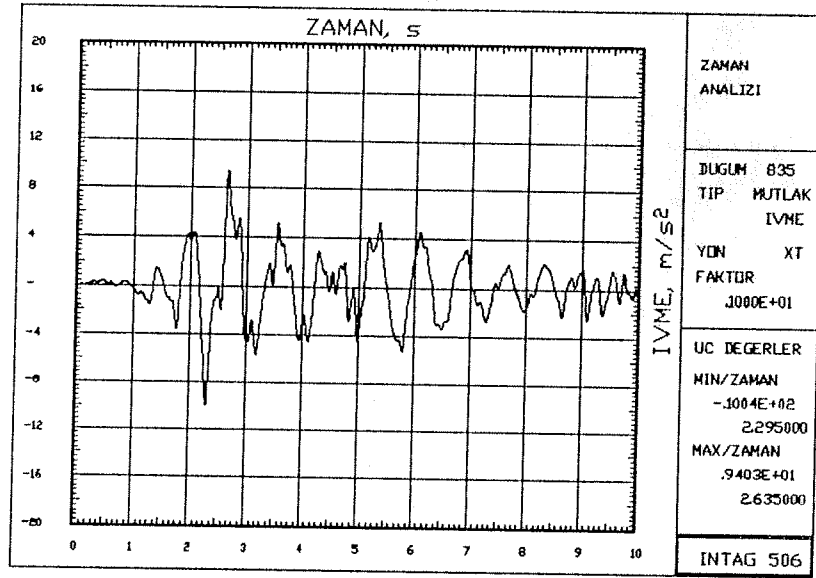
Şekil 3.13(f) 8nci Kat İvme Ölçer Kaydı: Erzincan



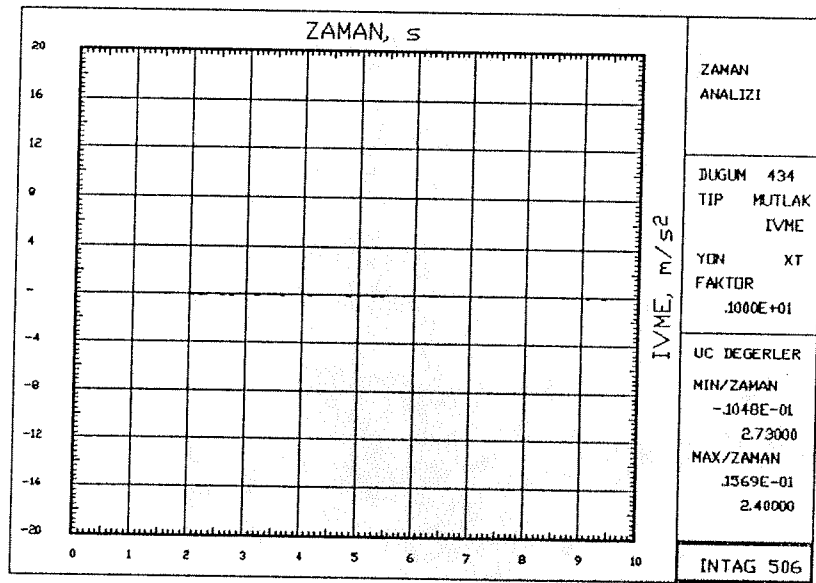
Şekil 3.13(g) 4ncü Kat İvme Ölçer Kaydı: El Centro



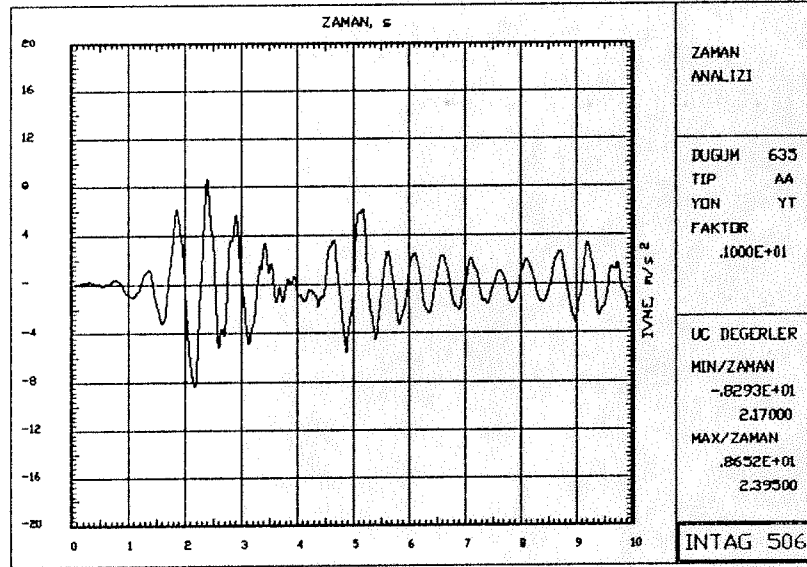
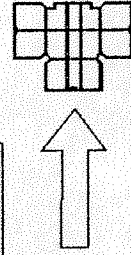
Şekil 3.13(h) 6ncı Kat İvme Ölçer Kaydı: El Centro



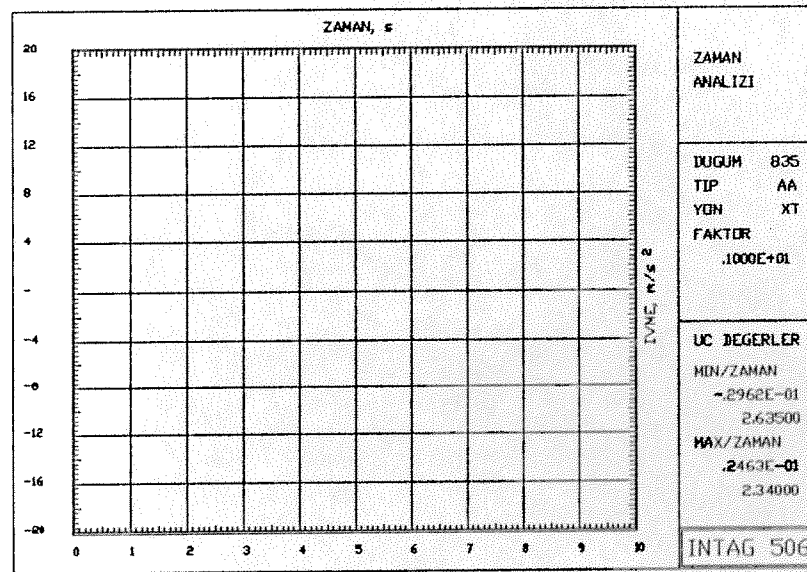
Şekil 3.13(i) 8nci Kat İvme Ölçer Kaydı: El Centro



Şekil 3.13(j) 4ncü Kat İvme Ölçer Kaydı: El Centro



Şekil 3.13(k) 6ncı Kat İvme Ölçer Kaydı: El Centro



Şekil 3.13(l) 8nci Kat İvme Ölçer Kaydı: El Centro





## 4. BİNANIN YATAY YÜK TAŞIMA KAPASİTESİNİN YARI STATİK YIKILMA ANALİZİ İLE HESAPLANMASI

### 4.1 Giriş

Binanın D-B ve K-G yönlerinde yatay yük dayanımlarının hesaplanması amacıyla yarı statik yıkılma analizi yapılmıştır. Yıkılma analizi için DRAIN-2D bilgisayar programı (Kanaan ve Powell, 1973) kullanılmıştır. Bu amaçla programın getirdiği sınırlamalardan dolayı bina asal yönlerinde düzlem çerçeve sistemi olarak modellenmiştir. Kiriş ve kolon elemanları elasto-plastik histeretik kesit özellikleri kullanılarak tanımlanmıştır. Kiriş uçlarındaki eğilme momenti kapasiteleri ve kolon uç kesitlerindeki aksenal yük-eğilme momenti kapasite etkileşim ilişkileri Tablo 3.1 ve 3.2 deki her bir kesit için Bölüm 3 deki gibi hesaplanmış ve programa tanımlanmıştır. Kesitlerde plastik mafsallı oluştuktan sonra pekleşme olacağı varsayılmış, pekleşme rijitliği olarak yüzde 5 ve 1 değerleri için (pekleşme rijitliğinin elastik rijitliğe oranı) ayrı analizler yapılmıştır. Elastik sınır ötesi hesaplamalarda beton hesap dayanımı için  $15 \text{ N/mm}^2$  değeri kullanılmıştır. Üç boyutlu bir sistemin iki boyuta indirilmesi şüphesiz bir ölçüde takribiyeti de beraberinde getirecektir. Bunun da ötesinde tanımlanan düzlem çerçeveler benzer çerçevelerin toplam özelliklerini taşımaktadır.

### 4.2 Yatay Yük Dağılımının Hesaplanması

Bu bölümde verilen hesap sonuçlarından amaçlanan, binanın ağırlığının ne kadarı kadar bir yatay yük etki ettiğinde toplam kapasitesine eriştiğidir. Yatay yük ise kat hizalarına farklı şekilde intikal ettirilebilir. Doğru yöntem yatay yük dağılımının dinamik davranış sırasında aldığı biçime en yakın dağılımın bulunmasıdır. Kullanılan programda ardışık olarak artan yük tariflenmediği için aynı amacı sağlayan bir başka yöntem uygulanmıştır.

Eşdeğer yatay deprem yükleri çerçeve tabanında sabit hızla artan bir ivme

rampası tanımlanarak uygulanmıştır. Şekil 4.1 de gösterilen ivme rampasının eğimi çok az olduğundan sistemde başlangıç şartlarının neden olduğu bir titreşim yaratmamakta, katlarda oluşan yatay atalet kuvvetleri ise kütle ile orantılı sabit olarak artmaktadır. Uygulanan taban ivmesinin tepki spektrumu Şekil 4.2 de görüldüğü gibi sabit bir değere ulaşmaktadır. Doğrusal elastik davranış durumunda katlarda oluşan modal yatay atalet kuvvetlerinin dağılımı

$$f_i = m \underline{\Phi}_i \left\{ \frac{L_i}{M_i} S_{a,i} \right\} \quad (4.1)$$

ifadesine uygun olacaktır. Burada  $\underline{m}$  diyagonal kütle matrisi,  $\underline{\Phi}_i$  i modu şekil vektörü,  $L_i$ ,  $M_i$  ve  $S_{a,i}$  ise i modundaki modal etkilenme faktörü, modal kütle ve spektral ivme genliğidir. Binanın yatay tepkisine katkıda bulunan n sayıdaki tüm modlar gözönüne alınırsa, Şekil 4.1 de gösterilen taban ivmesi zaman değişimine karşılık gelen yatay kuvvet dağılımı

$$f = \sum_{i=1}^n f_i \quad (4.2)$$

ilişkisi ile hesaplanabilecektir. Modal kuvvetlerin cebirsel olarak toplanmasının nedeni, tüm modal deformasyonların titreşime uğramadan aynı yönde artmaları, dolayısıyla senkronize olmalarıdır. Şekil 4.2 de verilen spektrum, şekil olarak modal periyotları 0.5 saniyeden küçük olan yapıların deprem tasarım spektrumlarına eşdeğerdir. Bu durumda Şekil 4.1 de verilen taban ivmesi, Denklem 4.1 ve 4.2 ışığında çerçeve kat seviyelerinde tüm modların katılımı ile oluşan bir yatay kuvvet dağılımı yaratmaktadır. İzleyen bölümde görüleceği gibi incelenen çerçeve modellerinde burada sunulan yöntemle elde edilen yatay kuvvet dağılımları, deprem yönetmeliklerinde kullanılan eşdeğer statik yatay yük yönteminde önerilen üçgen dağılımdan çok dikdörtgen dağılıma yakındır. Üçgen dağılım binanın kütle ve rijitlik dağılımlarının düzgün olması ve sadece birinci modunda titreşmesi varsayımlarına dayanır. Eğer ikinci ve daha üst mod etkileri ihmal edilseydi Denklem 4.1 düzgün bir

rampası tanımlanarak uygulanmıştır. Şekil 4.1 de gösterilen ivme rampasının eğimi çok az olduğundan sistemde başlangıç şartlarının neden olduğu bir titreşim yaratmamakta, katlarda oluşan yatay atalet kuvvetleri ise kütle ile orantılı sabit olarak artmaktadır. Uygulanan taban ivmesinin tepki spektrumu Şekil 4.2 de görüldüğü gibi sabit bir değere ulaşmaktadır. Doğrusal elastik davranış durumunda katlarda oluşan modal yatay atalet kuvvetlerinin dağılımı

$$f_i = m \phi_i \left\{ \frac{L_i}{M_i} S_{a,i} \right\} \quad (4.1)$$

ifadesine uygun olacaktır. Burada  $m$  diyagonal kütle matrisi,  $\phi_i$  i modu şekil vektörü,  $L_i$ ,  $M_i$  ve  $S_{a,i}$  ise i modundaki modal etkilenme faktörü, modal kütle ve spektral ivme genliğidir. Binanın yatay tepkisine katkıda bulunan n sayıdaki tüm modlar gözönüne alınırsa, Şekil 4.1 de gösterilen taban ivmesi zaman değişimine karşılık gelen yatay kuvvet dağılımı

$$f = \sum_{i=1}^n f_i \quad (4.2)$$

ilişkisi ile hesaplanabilecektir. Modal kuvvetlerin cebirsel olarak toplanmasının nedeni, tüm modal deformasyonların titreşime uğramadan aynı yönde artmaları, dolayısıyla senkronize olmalarıdır. Şekil 4.2 de verilen spektrum, şekil olarak modal periyotları 0.5 saniyeden küçük olan yapıların deprem tasarım spektrumlarına eşdeğerdir. Bu durumda Şekil 4.1 de verilen taban ivmesi, Denklem 4.1 ve 4.2 ışığında çerçeve kat seviyelerinde tüm modların katılımı ile oluşan bir yatay kuvvet dağılımı yaratmaktadır. İzleyen bölümde görüleceği gibi incelenen çerçeve modellerinde burada sunulan yöntemle elde edilen yatay kuvvet dağılımları, deprem yönetmeliklerinde kullanılan eşdeğer statik yatay yük yönteminde önerilen üçgen dağılımdan çok dikdörtgen dağılıma yakındır. Üçgen dağılım binanın kütle ve rijitlik dağılımlarının düzgün olması ve sadece birinci modunda titreşmesi varsayımlarına dayanır. Eğer ikinci ve daha üst mod etkileri ihmal edilseydi Denklem 4.1 düzgün bir

çerçeve için üçgene yakın bir dağılım verecekti. Dolayısıyla bu çalışmada elde edilen yatay kuvvet dağılımının bina özelliklerini daha iyi ifade ettiğini belirtmek uygun olabilir. Ayrıca üçgen ve dikdörtgen yatay kuvvet dağılımlarının statik yıkılma analizinde oldukça farklı sonuçlara yolaçtığı yapılan benzer bir çalışmada da görülmüştür (Miranda ve Bertero, 1991).

Tabandan uygulanan ivme rampası etkisi altında bina elemanlarında elastik limit ötesi deformasyonlar başladığında yatay kuvvet dağılımı Denklem 4.2 de verilen dağılımdan farklılık göstermeye başlayacaktır. Bu durum yatay kuvvet dağılımını sabit tutarak kuvvetleri arttırmaya kıyasla daha gerçekçidir. Zira gerçek deprem etkisi altında da binada plastik deformasyonlar arttıkça yatay atalet kuvvetleri dağılımında benzer değişimler ortaya çıkacaktır.

#### 4.3 D-B Yönünde Doğrusal Olmayan Yıkılma Analizi

Bina D-B yönünde simetri özelliklerine sahip olmadığından bu yönde beş çerçeveyi de bağımsız olarak çerçeve modeline almak gerekmektedir. Şekil 4.3 te gösterilen D-B yönü çerçeve modelinde soldan birinci çerçeve A aksını, ikinci çerçeve B aksını, üçüncü çerçeve C aksını, dördüncü çerçeve D aksını ve beşinci kısa çerçeve ise Şekil 2.2(b) deki E aksını temsil etmektedir. Modeldeki çerçevelerin aynı seviyedeki yatay kat deplasmanları birbirlerine bağımlıdır. Model 200 düğüm noktası, 349 serbestlik derecesi, 171 kolon ve 141 kiriş elemanından meydana gelmektedir.

Şekil 4.3 te gösterilen modelin yalnızca 7 katı bulunmaktadır; bunun nedeni bodrum perdesinin idealize edilememesi ve elastik davranışta kolonların sanki perdeye ankastre imiş gibi çalışmasıdır.

D-B yönü çerçeve modelinin doğrusal özdeğer analizi sonucunda elde edilen titreşim özellikleri Tablo 4.1 de sunulmaktadır. Eşdeğer çerçevenin ilk üç modu, üç

boyutlu modelin 1, 4 ve 7nci modları ile uyumludur (Tablo 3.4).

Çerçeve tabanına uygulanan ivme rampası (Şekil 4.1) altında elde edilen monotonik yük-en üst kat yerdeğiştirmesi ilişkisini Şekil 4.4 de yüzde 5 ve yüzde 1 eleman pekleşme oranları için verilmektedir. Çerçevenin uygulanan yatay kuvvet dağılımı altında elastik rijitliği ( $k$ ) 200 000 kN/m, elastik ötesi rijitlikleri ise yaklaşık olarak yüzde 5 pekleşme için 21 000 kN/m (0.1068  $k$ ) ve yüzde 1 pekleşme için ise 9 300 kN/m (0.0466  $k$ ) olarak hesaplanmıştır. D-B yönü çerçevesinin elastik rijitliği perde duvarı olmamasına karşın aşağıda ayrıca verilecek K-G yönü rijitliğine eşittir. Ancak şekilde tanımlanan yaklaşık akma dayanımı olan 6 000 kN, K-G yönü akma dayanımından yüzde 24 daha azdır. Akma ötelenmesi ise yaklaşık 0.03 m dir. Binanın D-B yönü akma dayanımı Türk Deprem Yönetmeliğine göre hesaplanan tasarım dayanımının 2 katıdır. Çerçevde ilk plastik mafsallık 2 000 kN toplam yatay kuvvet seviyesinde oluşmaktadır. Bu değer binanın tasarım dayanımından yaklaşık yüzde 32 daha azdır. Çerçevenin taban kesme kuvveti, bina ötelenme oranı yüzde 1 olduğunda 11 000 kN dur ve bu değer bina ağırlığının yüzde 32 sine eşittir. Çerçevenin global süneklik oranı ise  $0.25 \text{ m}/0.03 \text{ m} \approx 8$  olarak hesaplanabilir.

Dört ayrı toplam yatay kuvvet seviyesinde çerçevde oluşan plastik mafsallık dağılımları Şekil 4.5 te gösterilmektedir. Bu seviyeler Şekil 4.4 te yük-8 nci kat yerdeğiştirme ilişkisi üzerinde üçgenle işaretlenmiştir. D-B yönü çerçevesinde perde olmaması nedeniyle kolonlarda oluşan plastik mafsalların sayısı aynı kuvvet seviyelerinde K-G yönü çerçevesine oranla daha fazladır.

Çerçeve tabanına uygulanan ivme rampası etkisi altında taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi Şekil 4.6 da gösterilmektedir. Bu yönde de yatay atalet kuvvetleri eşdeğer statik etkiye sahiptir. Katlardaki yatay kuvvetlerin, yatay deplasmanların ve kat yerdeğiştirme oranlarının beş ayrı taban kuvveti seviyesinde çerçeve yüksekliğince dağılımları sırasıyla Şekil 4.7, 4.8 ve 4.9 da verilmektedir. Kat ötelenme oranları

ikinci ve üçüncü katların diğer katlardan daha fazla zorlandığını ortaya koymaktadır. Şekil 4.5 te görülen kolonlardaki plastik mafsallarda dağılımları da bu gözlemi doğrulamaktadır.

#### 4.4 K-G Yönünde Doğrusal Olmayan Yıkılma Analizi

Bina bu yönde simetrik olduğundan, simetrik yerleştirilmiş çerçeveler birleştirilerek çerçeve sayısı azaltılmıştır. Toplam üç bağımsız çerçeveden oluşan düzlem modelde birinci çerçeve 1 ve 11 akslarını, ikinci çerçeve 2,3,4,8,9,10 akslarını, üçüncü çerçeve ise 5, 6, 7 akslarını içermektedir. Her eleman, temsil ettiği elemanların toplam özelliklerine sahip olacak şekilde tanımlanmıştır. X yönü modeli Şekil 4.10 da gösterilmektedir. Üç çerçeve kat seviyelerinde fiktif çubuklarla birbirlerine bağlıdır. Kiriş ve kolonların aksel yönlerinde rijit olduğu kabul edilmiştir. Modelde 104 düğüm noktası, 195 serbestlik derecesi, 81 kolon ve 51 kiriş elemanı kullanılmıştır.

Düzlem çerçeve modelinin üç boyutlu bina modeli ile doğrusal elastik özelliklerinin uyumunu sınamak amacıyla diğer yönde olduğu gibi çerçevenin özdeğer analizi yapılmıştır. İlk yedi titreşim modunda hesaplanan doğrusal titreşim özellikleri Tablo 4.2 de verilmiştir.

Hesaplanan titreşim modları, üç boyutlu modelin K-G yönü ötelenmelerinin hakim olduğu 3, 6 ve 8 nci modları ile uyumludur (Tablo 3.4). Çerçeve tabanına uygulanan ve Şekil 4.1 de gösterilen ivme rampası etkisi altında elde edilen toplam taban kesme kuvvetinin üst kat ötelenmesi ile monotonik değişimi Şekil 4.11 de sunulmaktadır. Bu şekil, çerçevenin global dayanım ve deformasyon özelliklerini belirlemede oldukça yararlıdır. Çerçevenin elastik sınırdaki rijitliği (k) uygulanan kuvvet dağılımı altında 200 000 kN/m olarak hesaplanmıştır. Elemanların pekleşme rijitliğinin yüzde 5 olması durumunda çerçevenin elastik ötesi rijitliği 18 500 kN/m ye (0.0925 k); yüzde 1 olması durumunda ise 6 500 kN/m ye (0.0325 k)



azalmaktadır. Sistemin elastik sınır ötesi rijitlik oranının elemanların elastik ötesi rijitlik oranlarından yüksek olmasının nedeni çerçevenin tüm elemanlarının hiçbir zaman elastik ötesi duruma geçmemesidir. Tüm çerçevenin elastik durumdan elastik ötesi duruma geçmesi çerçeve elemanlarında belirli bir sırayla plastik mafsall oluşması ile sağlanmaktadır. Plastik mafsall oluşumunun başlangıcında ve ileri bir safhasında çerçevedeki plastik mafsall dağılımları Şekil 4.12 de sunulmaktadır. Şekil 4.12 deki mafsall oluşumu durumu Şekil 4.11 üzerinde de işaretlenmiştir. Birleşim noktalarının pek çoğunda önce kiriş uçlarında daha sonra kolon uçlarında mafsallaşma meydana gelmektedir. Bu durum iyi bir davranış göstergesidir. Perde duvarlar yatay kuvvetlerin önemli bir bölümünü taşımakta ve diğer kolonlardan daha önce elastik ötesi duruma geçmektedir. Perde duvarın çerçeve dayanımına olan önemli katkısı yüzde 5 pekleşme için Şekil 4.13 te gösterilmektedir. Elastik durumda düzlem modele göre yatay kuvvetlerin 1/3 ü perde duvar tarafından karşılanmakta, elastik ötesi durumda bu oran 1/2 ye çıkmaktadır. Bu gözlemlerin üç boyutlu model ile tam çakışmadığı bellidir.

Çerçevenin elastik durumdan elastik ötesi duruma bir deformasyon süreci içerisinde geçmesi nedeniyle kesin bir akma sınırı tanımlamak mümkün değildir. Ancak Şekil 4.11 de verilen yük-ötelenme ilişkisinin iki parçalı doğrusal ilişki şeklinde ifade edilmesiyle yaklaşık bir akma sınırı tanımlanabilir. Başlangıç rijitlikleri de bu tanıma uyarlanan çerçevede aslında farklı olan elastik periyotların göstergesi olan farklı elastik rijitlikler ihmal edilmektedir. Bu sınır üst kat yerdeğıştirmesinin yaklaşık 0.035 m, ve taban kesme kuvvetinin 7900 kN, veya bina ağırlığının yüzde 23 ü olduğu durumdur. Binanın 1975 Türkiye Deprem Yönetmeliğine göre ağırlığının yüzde 10u kadar yatay taban kuvveti için tasarlandığı göz önüne alınırsa (Şekil 4.11) tanımlanan akma dayanımının 2.3 kat fazla olduğu görülür. Aynı çerçevenin UBC (1991) e göre tasarım dayanımı ağırlığının yüzde 9 u olmaktadır. Çerçevede ilk plastik mafsall toplam 4 500 kN yatay yükte oluşmaktadır. Bu durumda elastik dayanım sınırı bile tasarım dayanımından yüzde 62 daha fazladır. Çerçevenin sınır dayanımı olarak üst kat ötelenme oranının (üst kat ötelenmesi/çerçeve yüksekliği)

azalmaktadır. Sistemin elastik sınır ötesi rijitlik oranının elemanların elastik ötesi rijitlik oranlarından yüksek olmasının nedeni çerçevenin tüm elemanlarının hiçbir zaman elastik ötesi duruma geçmemesidir. Tüm çerçevenin elastik durumdan elastik ötesi duruma geçmesi çerçeve elemanlarında belirli bir sırayla plastik mafsall oluşması ile sağlanmaktadır. Plastik mafsall oluşumunun başlangıcında ve ileri bir safhasında çerçevedeki plastik mafsall dağılımları Şekil 4.12 de sunulmaktadır. Şekil 4.12 deki mafsall oluşumu durumu Şekil 4.11 üzerinde de işaretlenmiştir. Birleşim noktalarının pek çoğunda önce kiriş uçlarında daha sonra kolon uçlarında mafsallaşma meydana gelmektedir. Bu durum iyi bir davranış göstergesidir. Perde duvarlar yatay kuvvetlerin önemli bir bölümünü taşımakta ve diğer kolonlardan daha önce elastik ötesi duruma geçmektedir. Perde duvarın çerçeve dayanımına olan önemli katkısı yüzde 5 pekleşme için Şekil 4.13 te gösterilmektedir. Elastik durumda düzlem modele göre yatay kuvvetlerin 1/3 ü perde duvar tarafından karşılanmakta, elastik ötesi durumda bu oran 1/2 ye çıkmaktadır. Bu gözlemlerin üç boyutlu model ile tam çakışmadığı bellidir.

Çerçevenin elastik durumdan elastik ötesi duruma bir deformasyon süreci içerisinde geçmesi nedeniyle kesin bir akma sınırı tanımlamak mümkün değildir. Ancak Şekil 4.11 de verilen yük-ötelenme ilişkisinin iki parçalı doğrusal ilişki şeklinde ifade edilmesiyle yaklaşık bir akma sınırı tanımlanabilir. Başlangıç rijitlikleri de bu tanıma uyarlanan çerçevede aslında farklı olan elastik periyotların göstergesi olan farklı elastik rijitlikler ihmal edilmektedir. Bu sınır üst kat yerdeğiştirmesinin yaklaşık 0.035 m, ve taban kesme kuvvetinin 7900 kN, veya bina ağırlığının yüzde 23 ü olduğu durumdur. Binanın 1975 Türkiye Deprem Yönetmeliğine göre ağırlığının yüzde 10u kadar yatay taban kuvveti için tasarlandığı göz önüne alınırsa (Şekil 4.11) tanımlanan akma dayanımının 2.3 kat fazla olduğu görülür. Aynı çerçevenin UBC (1991) e göre tasarım dayanımı ağırlığının yüzde 9 u olmaktadır. Çerçevede ilk plastik mafsall toplam 4 500 kN yatay yükte oluşmaktadır. Bu durumda elastik dayanım sınırı bile tasarım dayanımından yüzde 62 daha fazladır. Çerçevenin sınır dayanımı olarak üst kat ötelenme oranının (üst kat ötelenmesi/çerçeve yüksekliği)

0.01 e ulaştığı durum kabul edilebilir. Üst kat ötelenmesinin 0.25 m (25 m x 0.01) olduğu sınır durumda çerçeve dayanımı yüzde 5 pekleşme rijitliği için 12 000 kN, veya ağırlığın yüzde 35 i kadardır. Bu tanıma göre çerçevenin süneklilik oranı  $0.25/0.035 \approx 7$  olmaktadır.

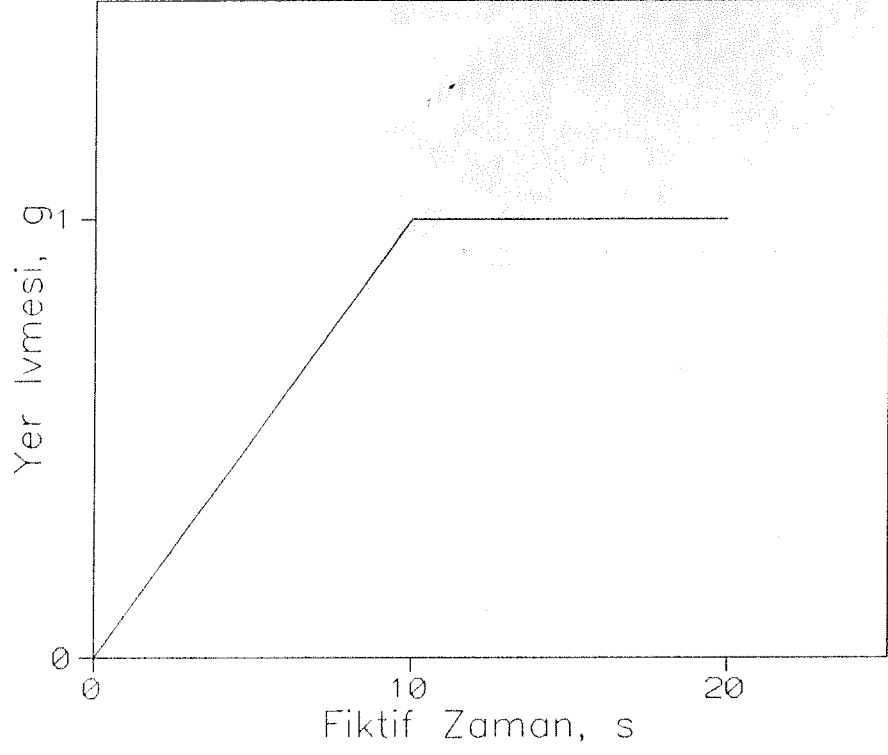
Çerçeve tabanına uygulanan ivme rampası etkisi altında elde edilen toplam taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi Şekil 4.14 de verilmektedir. Şekilden görüldüğu gibi çerçevede herhangi önemli bir titreşim ortaya çıkmamakta, taban kesme kuvvetleri yarı-statik monotonik yüklemeye eşdeğer olarak sabit bir hızla artmaktadır. Yatay kuvvetlerin çerçeve yüksekliğince dağılımı çeşitli yatay kuvvet seviyelerinde Şekil 4.15 de gösterilmektedir. Elastik ötesi deformasyonların artmasıyla dağılım değişmekte, alt katlarda daha fazla oranda yatay kuvvet birikmektedir. Şekil 4.15 deki yatay kuvvet dağılımlarına karşılık gelen yatay ötelenme dağılımları Şekil 4.16 da, ötelenme oranlarının katlara dağılımları ise Şekil 4.17 de sunulmaktadır. Çerçevede ikinci, üçüncü ve dördüncü katların en fazla yerdeğiştirdiği ve zorlandığı anlaşılmaktadır.

Tablo 4.1 Düzlem D-B Yönü Çerçevesi Titreşim Özellikleri

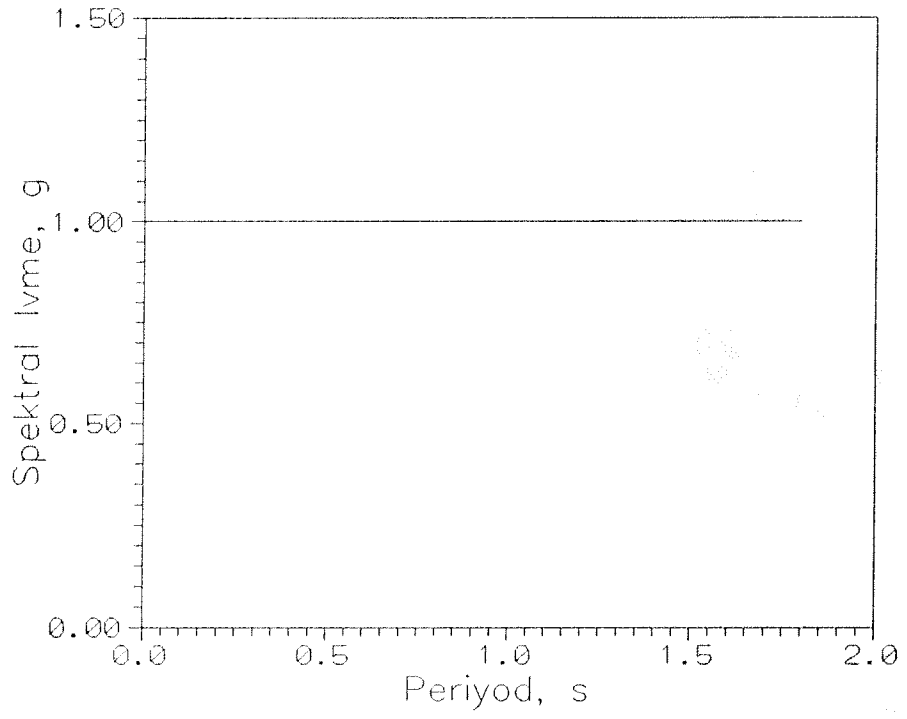
Mod No	$\omega$ (r/s)	T (s)	Etkilenme Faktörü	Kütle Oranı yüzde
1	10.58	0.594	47.7	75.46
2	35.23	0.178	19.8	13.02
3	68.69	0.091	-12.0	5.54
4	113.60	0.055	-9.37	2.92
5	168.33	0.037	-7.54	1.89
6	224.46	0.028	-5.39	0.965
7	274.07	0.023	2.49	0.207

Tablo 4.2 Düzlem K-G Yönü Çerçevesi Titreşim Özellikleri

Mod No	$\omega$ (r/s)	T (s)	Etkilenme Faktörü	Kütle Oranı %
1	11.12	0.565	45.5	68.8
2	40.94	0.153	23.0	17.5
3	91.49	0.069	-14.2	6.7
4	163.63	0.038	-10.3	3.5
5	255.37	0.025	7.98	2.1
6	351.97	0.018	5.90	1.6
7	436.12	0.014	2.79	0.3



Şekil 4.1 Fiktif Yatay İvme



Şekil 4.2 Yer Hareketi Spektrumu

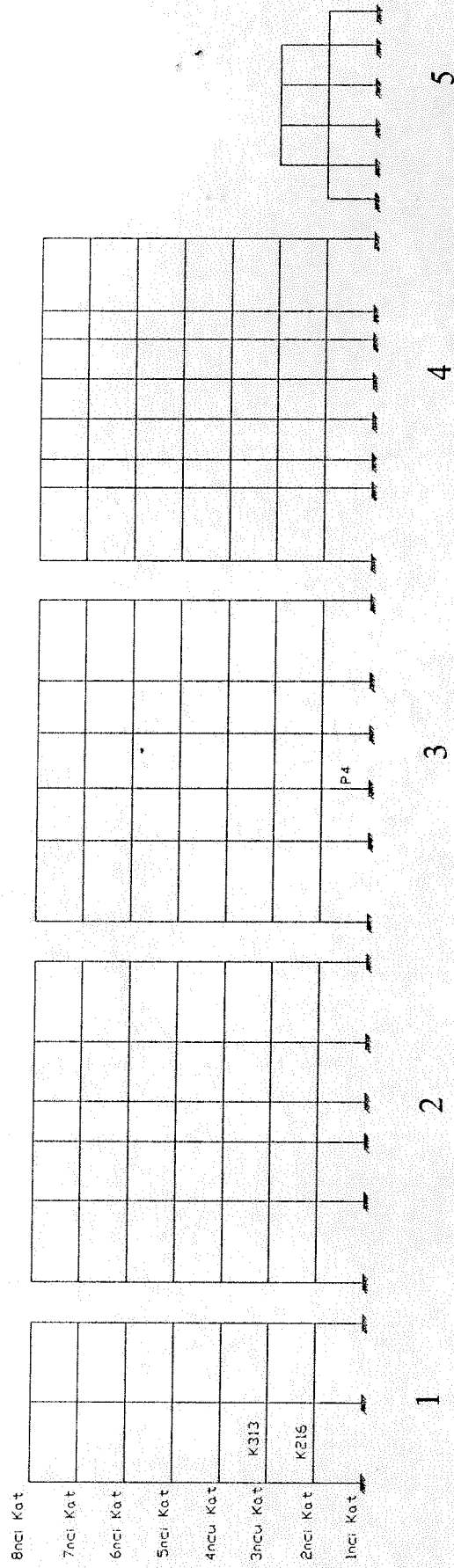
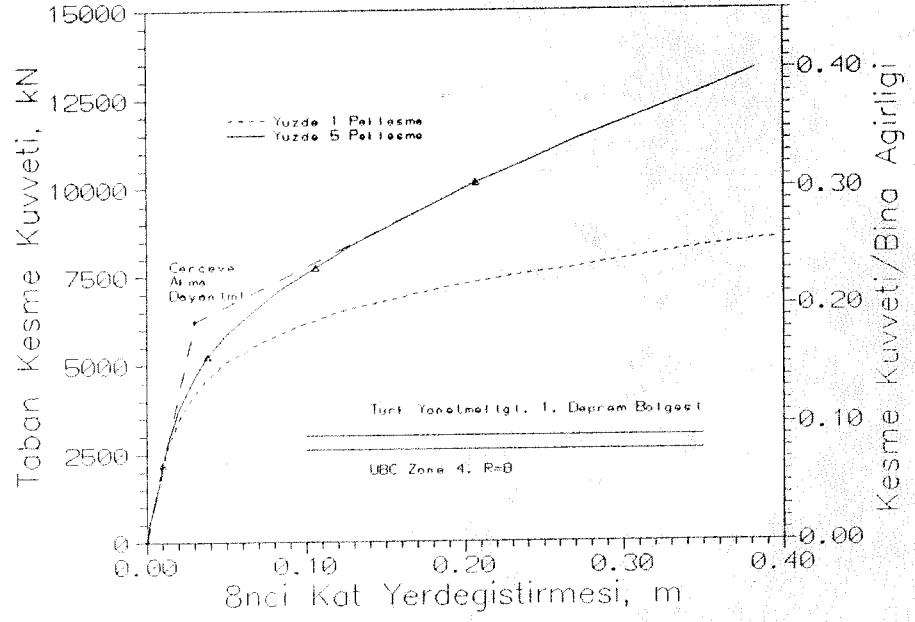
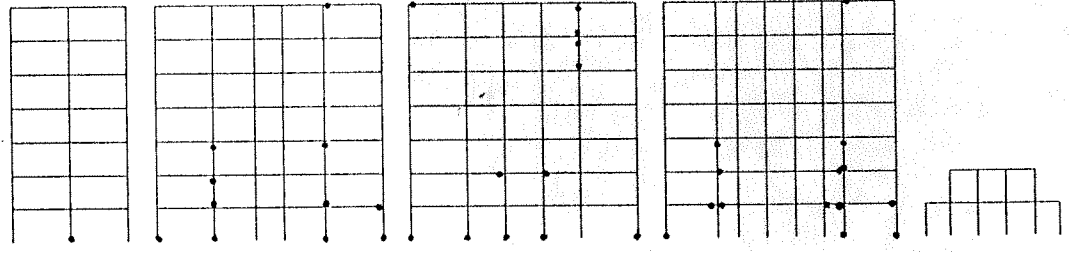


Fig 4.3 D-B Yönu Çerçeve Modeli

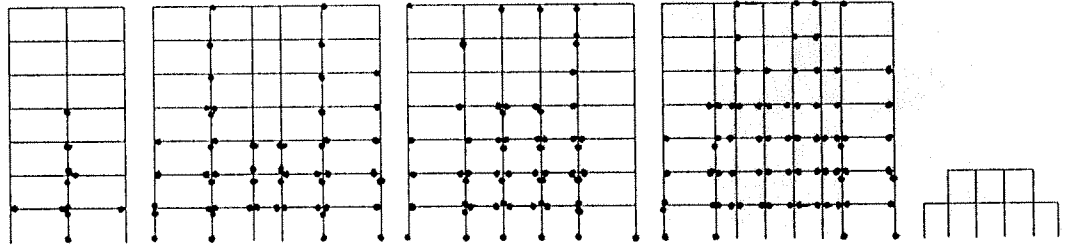


Şekil 4.4 Taban Kesme Kuvveti - 8nci Kat Yerdegistirme İlişkisi, D-B

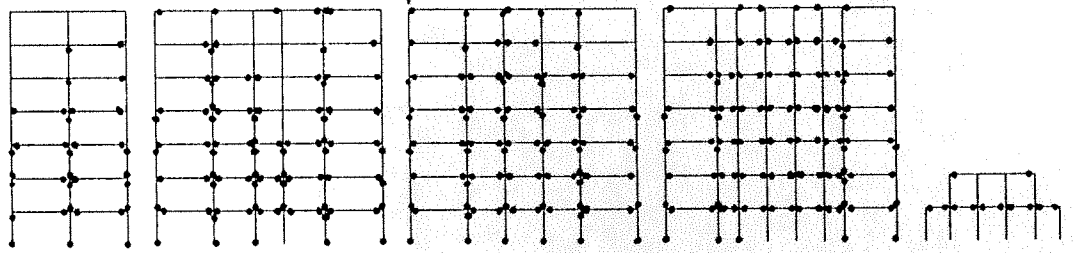




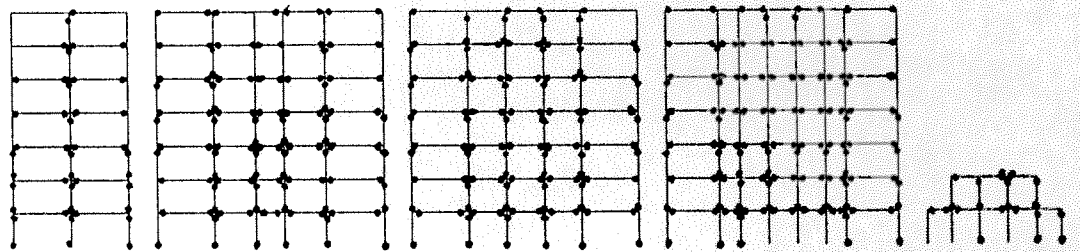
$t= 0.8 \text{ s}$ ,  $V=2200.86 \text{ kN}$ , Pekleşme Oranı=%5



$t= 1.8 \text{ s}$ ,  $V=5229.56 \text{ kN}$ , Pekleşme Oranı=%5

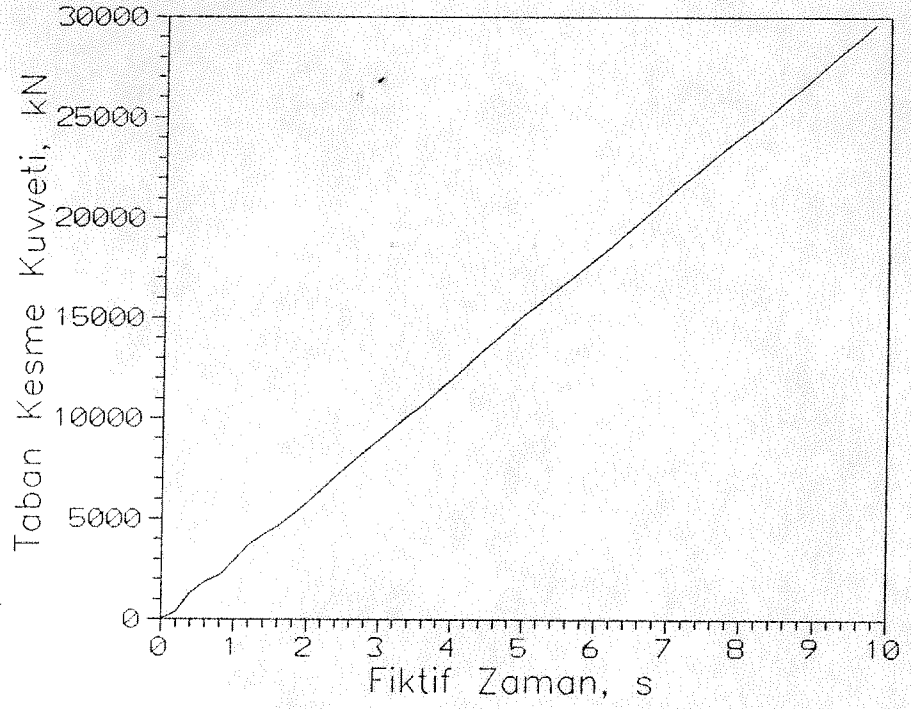


$t= 2.6 \text{ s}$ ,  $V=7734.94 \text{ kN}$ , Pekleşme Oranı=%5

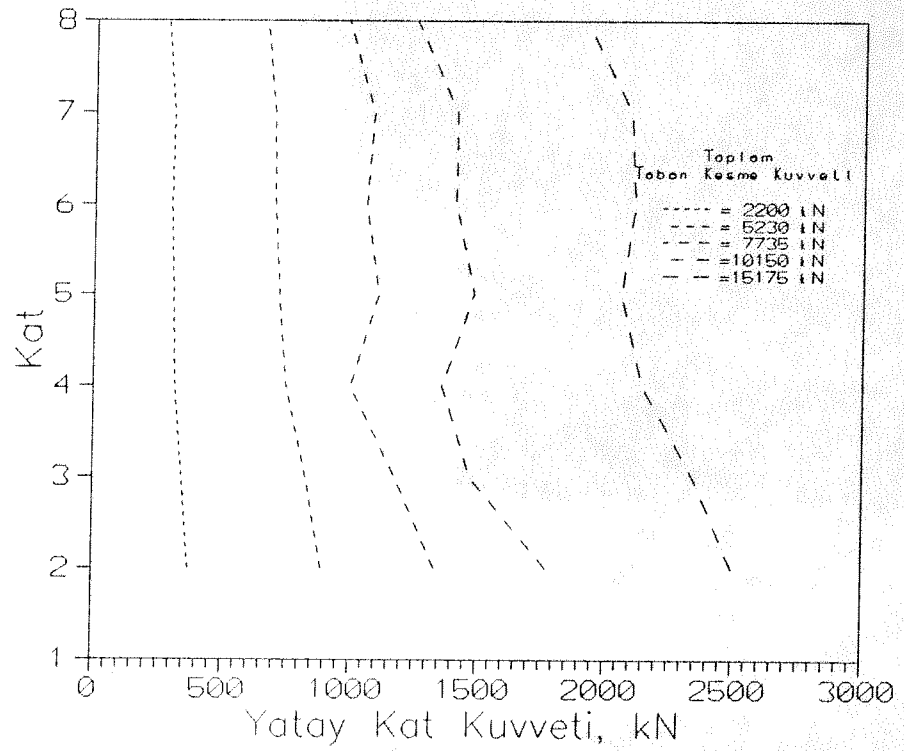


$t= 3.4 \text{ s}$ ,  $V=10150.37 \text{ kN}$ , Pekleşme Oranı=%5

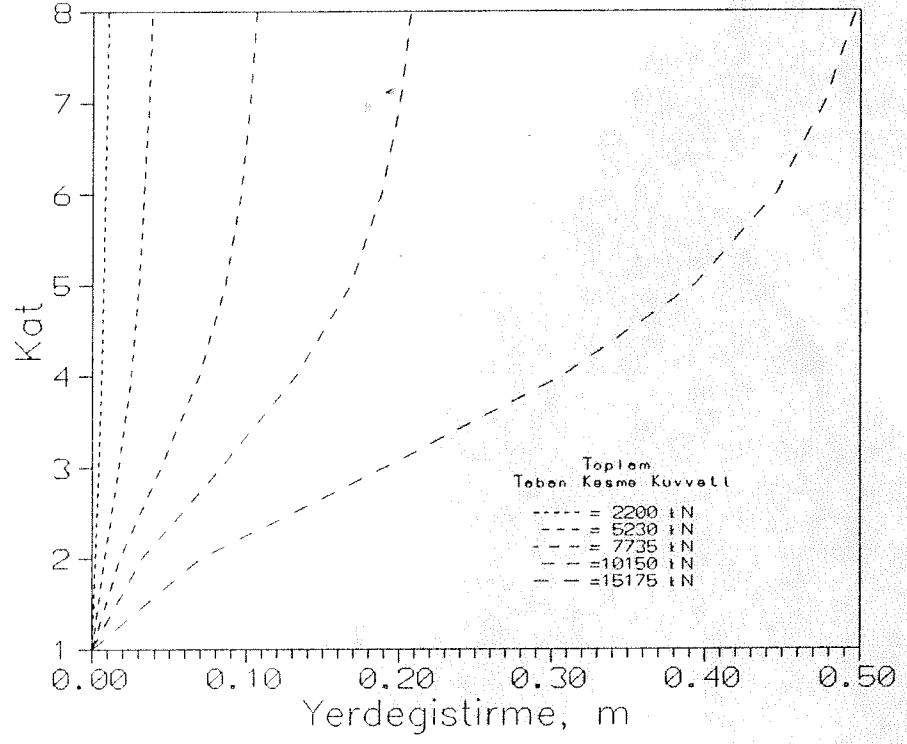
Şekil 4.5 D-B Yönünde Plastik Mafsal Dağılımı



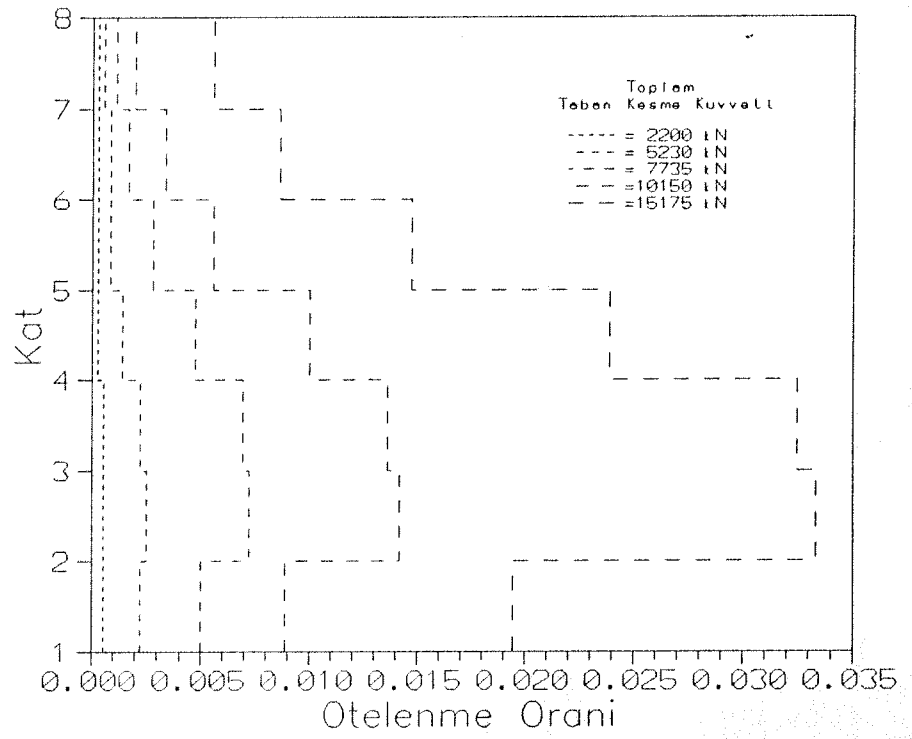
Şekil 4.6 Taban Kesme Kuvveti - Fiktif Zaman İlişkisi, D-B



Şekil 4.7 Yatay Kat Kuvvetleri, D-B



Şekil 4.8 Yatay Yerdeğiştirme Profilleri, D-B



Şekil 4.9 Kat Ötelenme Oranları, D-B

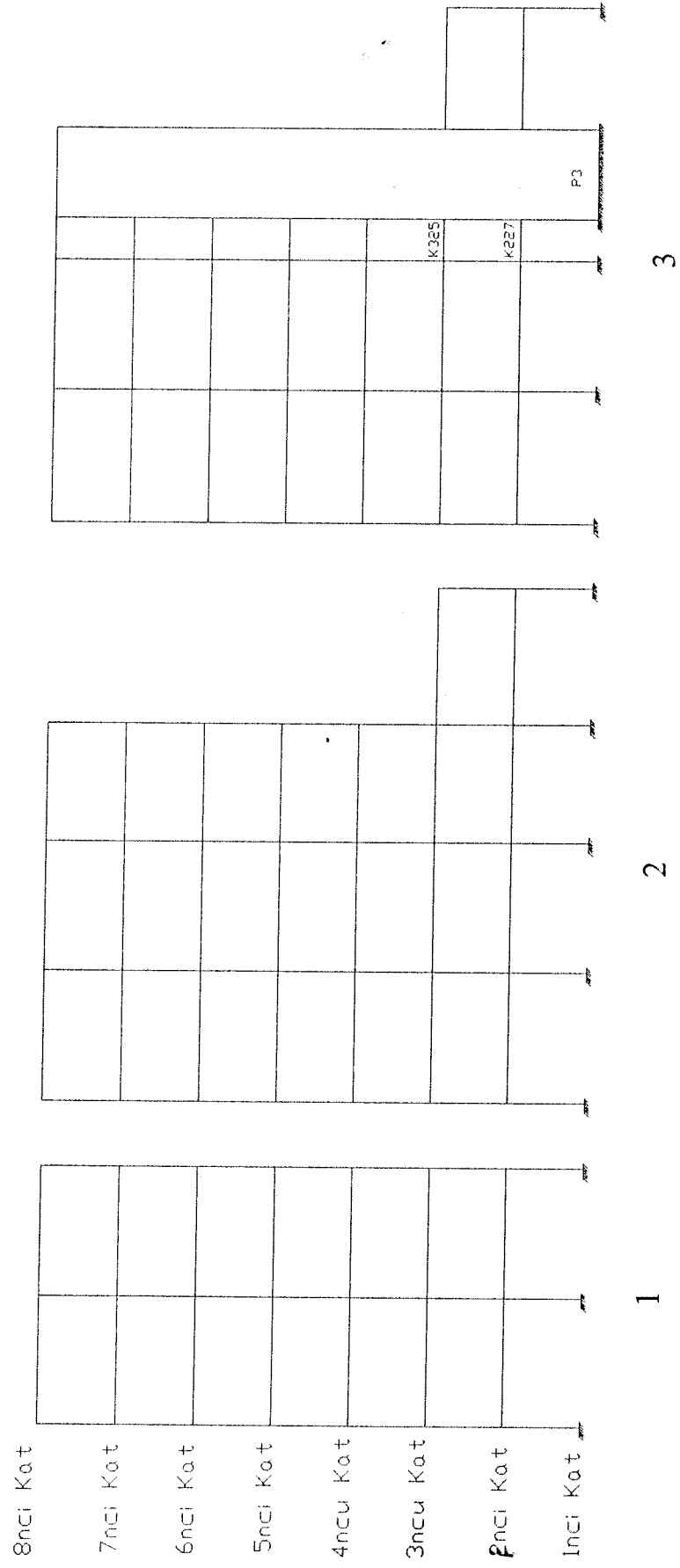
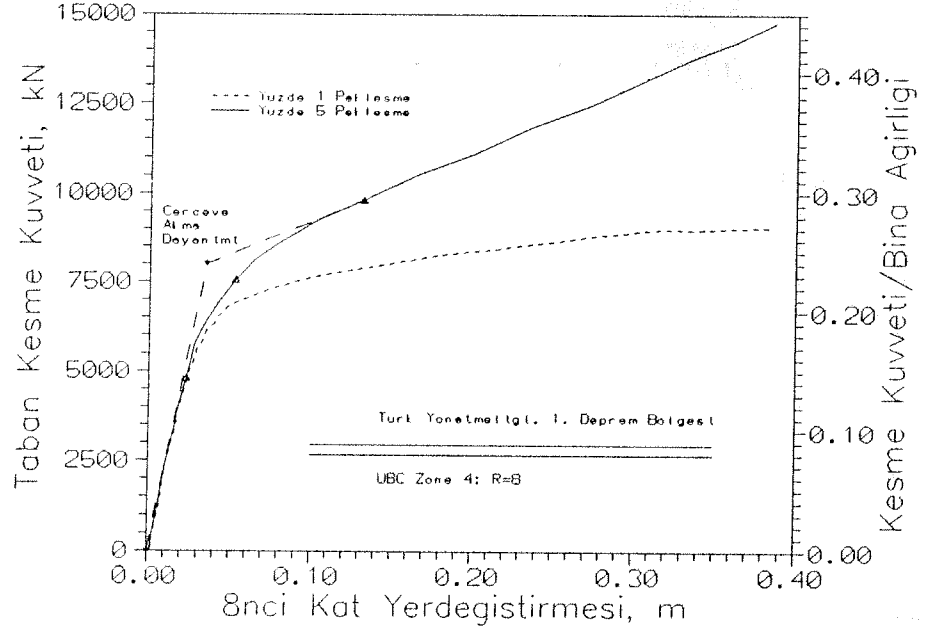
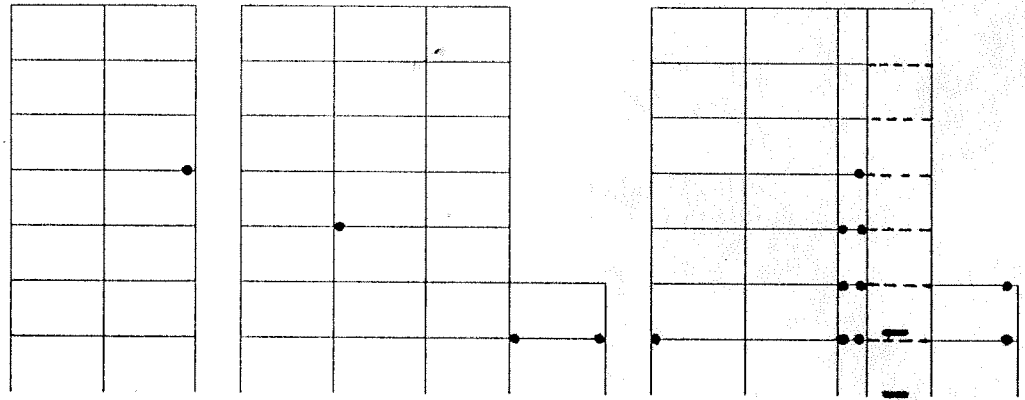


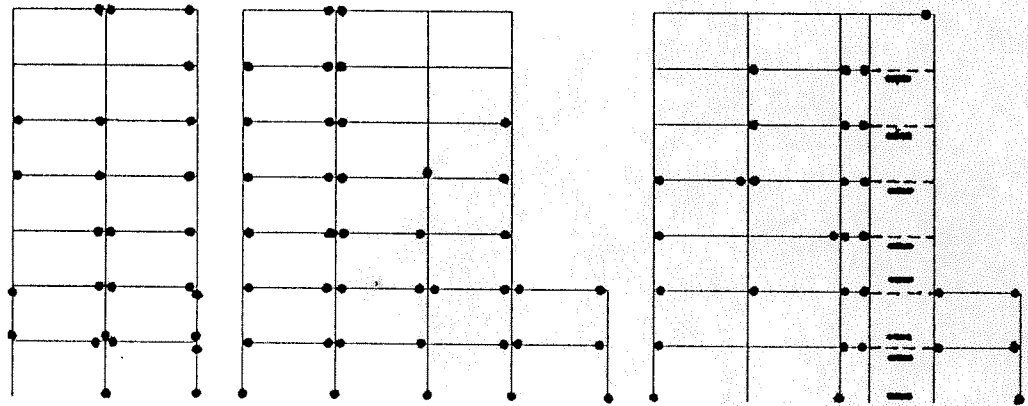
Fig 4.10 K-G Yönlü Çerçeve Modeli



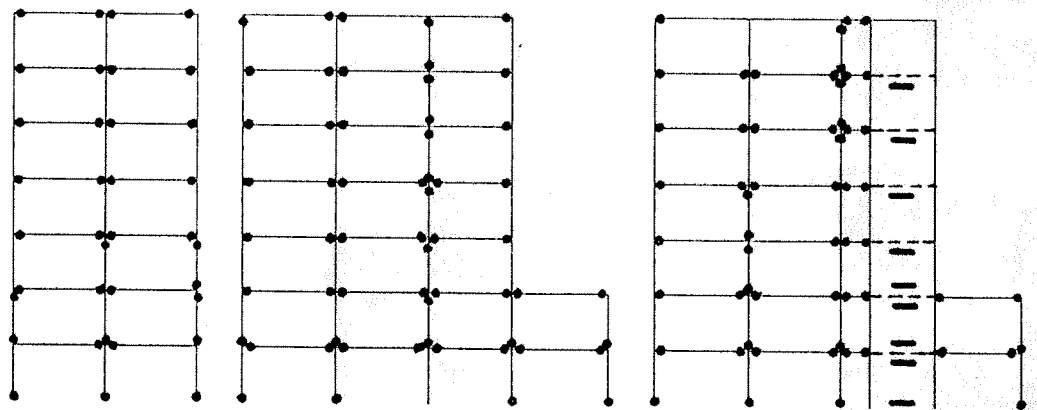
Şekil 4.11 Taban Kesme Kuvveti - 8nci Kat Yerdegistirme İlişkisi, K-G



$t=1.6$  s,  $V=4797.41$  kN, Pekleşme Oranı=%5

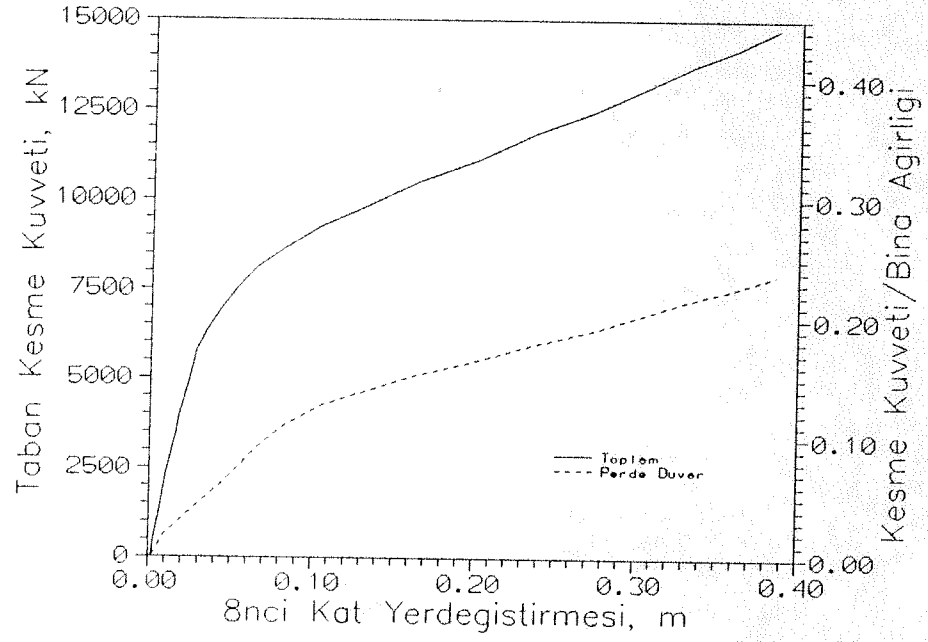


$t=2.6$  s,  $V=7554.55$  kN, Pekleşme Oranı=%5



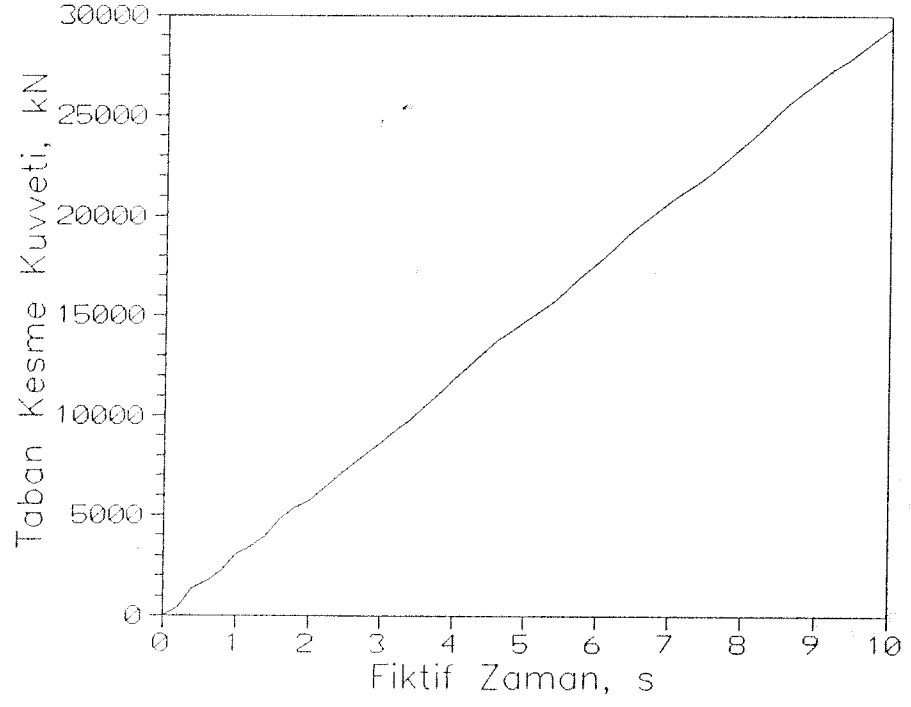
$t=3.4$  s,  $V=9807.73$  kN, Pekleşme Oranı=%5

Şekil 4.12 K-G Yönünde Plastik Mafsall Dağılımı

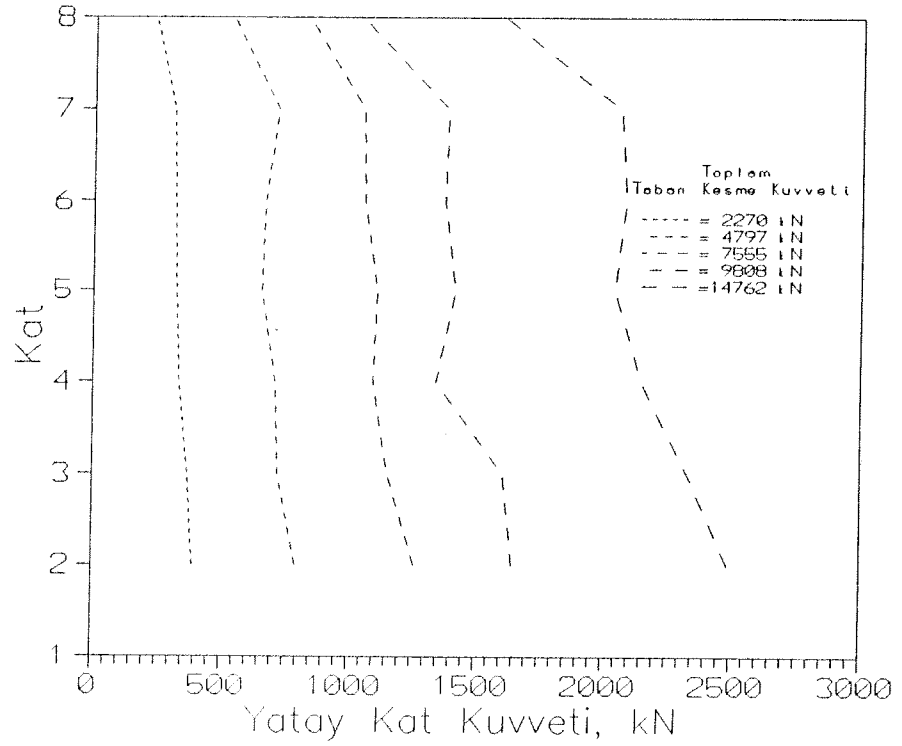


Şekil 4.13 K-G Yönünde Taban Kesme Kuvvetine Perde Duvarı Katkısı

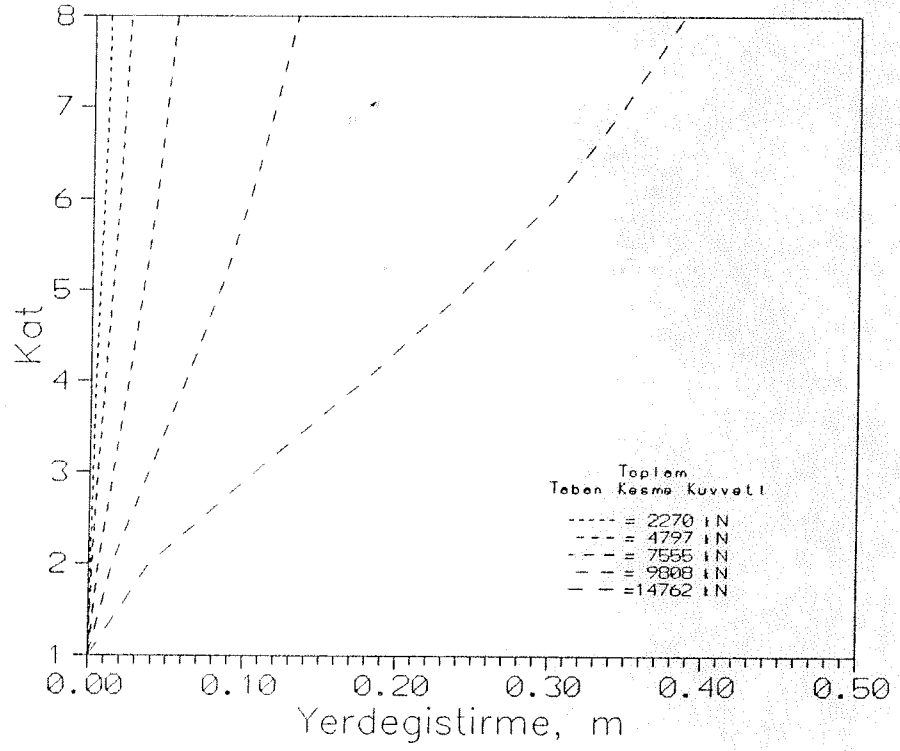




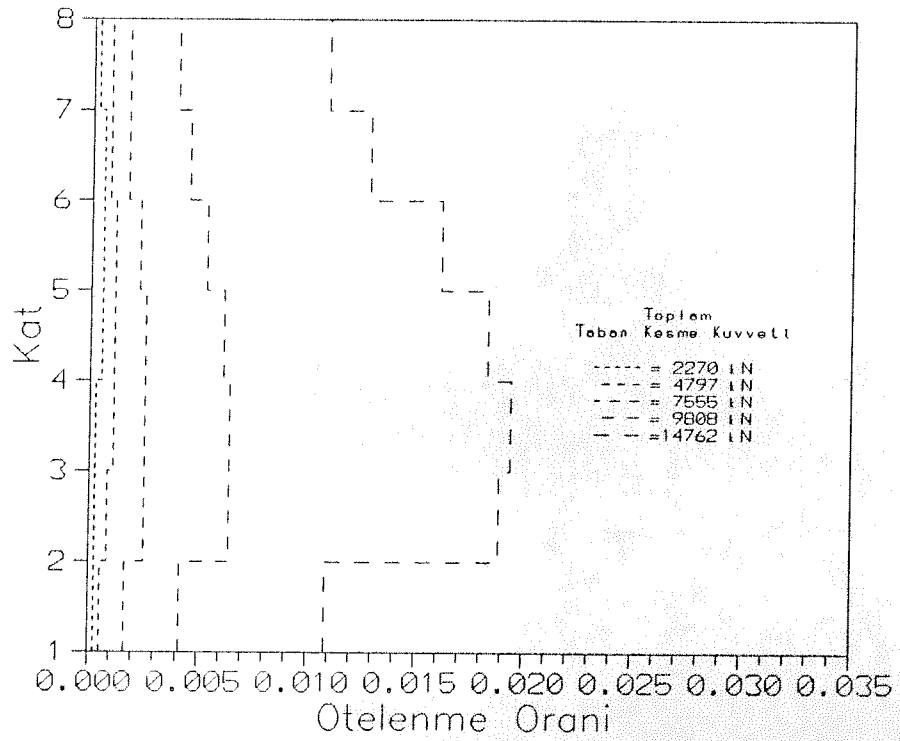
Şekil 4.14 Taban Kesme Kuvveti - Fiktif Zaman İlişkisi, K-G



Şekil 4.15 Yatay Kat Kuvvetleri, K-G



Şekil 4.16 Yatay Yerdeğiştirme Profilleri, K-G



Şekil 4.17 Kat Ötelenme Oranları, K-G

## 5. BİNANIN ELASTİK SINIR ÖTESİ DİNAMİK ANALİZİ

### 5.1 Deprem Yer Hareketi

Kuzey Anadolu Fay Hattı üzerinde yer alan binaya elastik sınır ötesi hesaplamalar sırasında deprem yer hareketi olarak yalnızca bu fay hattında meydana gelen ve aletsel olarak şimdiye kadar kaydedilmiş en şiddetli deprem olan 1992 Erzincan depremi Doğu-Batı bileşeni uygulanmıştır. Merkezi Erzincan kentinin 8 km kuzeydoğusunda ve 16 km derinlikte olduğu tahmin edilen 13 Mart 1992 Erzincan depremi Richter ölçeğine göre 6.8 büyüklüğünde ölçülmüştür ve El Centro kaydı gibi yakın mesafelerde alınmış kayıtlar için iyi bir örnektir.

Daha önce doğrusal hesaplamalarda kullanılan Erzincan depremi yer hareketi Doğu-Batı bileşeni ivme-zaman değişimi Şekil 3.4(a) da gösterilmektedir. Yer ivmesinin maksimum genliği 0.5 g, etkili süresi ise 6 saniye civarındadır. Doğrusal olmayan dinamik analizde yer ivmesinin etkili bölümünü içeren ilk 8 saniyelik kısmı kullanılmıştır. Yer hareketinin elastik tepki spektrumu Şekil 5.1 de, çeşitli dayanım oranları için elde edilen elastik sınırı ötesi süneklik spektrumu ise Şekil 5.2 de sunulmaktadır. Süneklik spektrumu elasto-plastik dayanım-deformasyon ilişkisi kullanılarak hesaplanmıştır.

### 5.2 D-B Yönünde Dinamik Deprem Analizi

D-B yönü çerçeve modeli Şekil 4.3 te sunulmuştur. Çerçeve modeline uygulanan Erzincan 1992 Doğu-Batı yer hareketi altında elde edilen taban kesme kuvveti ve yatay kat deplasmanlarının zaman değişimleri yüzde 5 ve yüzde 1 eleman pekleşme rijitlikleri için Şekil 5.3, 5.4, 5.5 ve 5.6 da gösterilmektedir. Eleman pekleşme rijitliğinin yüzde 5 den yüzde 1 e azalması ile maksimum taban kesme kuvveti yüzde 25 oranında azalmakta, ancak kat deplasmanlarında önemli bir değişiklik olmamaktadır. Pекleşme rijitliğinin yüzde 5 olması durumunda iki yönde maksimum taban kesme kuvvetleri

+7 500 kN ve -7 150 kN, bu kuvvetlere karşılık gelen 8nci kat ötelenmeleri ise +0.092 m ve -0.090 m olmaktadır. Bu değerler yıkılma analizinde elde edilen sonuçlarla (Şekil 4.4) oldukça tutarlıdır. Şekil 3.10(a) da gösterilen grafikte en fazla 20'000 kN olan elastik taban kuvveti 0.18 m lik bir 8nci kat yerdeğiştirmesine karşı gelmekteydi (Şekil 3.9 (g)). Elastik olmayan hesaba göre kuvvet 1/3 e, yerdeğiştirme ise 1/2 ye inmektedir.

Taban kesme kuvveti ve kat ötelenmelerinin maksimum olduğu 2.9 saniyede elde edilen kat yatay yük dağılımı Şekil 5.7 de verilmektedir. X- yönündeki yıkılma analizinde yaklaşık aynı yatay yük seviyesinde hesaplanan yatay yük dağılımları Şekil 4.7 de sunulmuştur. İki dağılım karşılaştırıldığında alt katlarda kuvvetlerin tutarlı olduğu, ancak üst katlarda dinamik analizin daha düşük kat yatay kuvvetleri verdiği görülmektedir. Yatay kat kuvvetlerinin maksimum olduğu andaki kat ötelenme oranlarının dağılımı da Şekil 5.8 de sunulmaktadır. Şekildeki dağılım, önceki bölümde Şekil 4.9 da sunulan ve yıkılma analizinde benzer taban kuvveti için elde edilen ötelenme oranları dağılımına çok benzemektedir.

Taban yatay kuvvetinin maksimuma ulaştığı 2.9 saniyede çerçevede oluşan plastik mafsallların dağılımı Şekil 5.9 da gösterilmektedir. Şekilde görülen plastik mafsall sayısına göre çerçeve orta hasarlı olarak nitelenebilir. Bu deformasyonları yaratan 7'500 kN taban kuvveti bina ağırlığının yüzde 22 si kadardır ve Şekil 4.4 yardımıyla Erzincan yer hareketinin çerçevede tasarım kuvvetinin 2.2 katı kadar yatay kuvvet yarattığı görülmektedir. Ancak Şekil 5.18 de verilen kat ötelenme oranları gözlenen plastik mafsall miktarı ile uyumlu değildir. Zira 2nci kat hariç tüm katlarda ötelenme oranları yüzde 0.5 in altındadır. Dolayısıyla D-B yönü için de düşey elemanların gereğinden fazla rijit olduğu öne sürülebilir. Çerçevenin K110 ve K106 kirişleri doğu uçları ile P4 kolonu alt ucunda elde edilen moment-dönme ilişkileri sırasıyla Şekil 5.10, 5.11 ve 5.12 de sunulmaktadır. Elde edilen dönmeler eleman dönme kapasitelerinin oldukça altındadır.

### 5.3 K-G Yönünde Dinamik Deprem Analizi

Önceki bölümde özellikleri anlatılan ve Şekil 4.10 da gösterilen K-G yönü çerçeve modeline uygulanan Erzincan 1992 Doğu-Batı yer hareketi altında elde edilen taban kesme kuvveti zaman değişimleri, elemanlarda yüzde 5 ve yüzde 1 pekleşme rijitlikleri için hesaplanmış ve sırasıyla Şekil 5.13 ve 5.14 de sunulmuştur. Pekleşmenin azalmasıyla taban kesme kuvvetlerinde önemsiz bir miktarda azalma gözlenmektedir. Aynı şekillerde perde duvarlarda hesaplanan taban kesme kuvvetleri de verilmiştir. Kuvvetlerin her iki yönde maksimum olduğu anlarda perde duvarının toplam çerçeve dayanımına katkı oranı yüzde 25 - yüzde 40 arasında olmaktadır. Maksimum taban kuvvetinin 8'500 kN civarında olduğu göz önüne alınırsa, bu oranlar yıkılma analizi sırasında aynı taban kuvveti seviyesinde hesaplanan ve Şekil 4.13 da sunulan oran ile az miktarda tutarlıdır. Şekil 5.13 te gözlenen ilginç bir durum ise 3-4.5 saniyeler arasında toplam taban kesme kuvvetinin yön değiştirmesine karşın perde taban kuvvetinin yön değiştirmemesidir. Bu durum perde ile çerçeve arasında belirgin bir ters etkileşim olduğunun göstergesidir. \*

Yatay kat ötelenmelerinin zaman değişimi yüzde 5 ve yüzde 1 pekleşme rijitlikleri için Şekil 5.15 ve 5.16 da gösterilmektedir. Pekleşme rijitliğinin kat deplasmanlarına önemli bir etkisi yoktur. Şekil 5.13 de taban kesme kuvvetlerinin her iki yönde yaklaşık 8'500 kN maksimum değere ulaştığı anlarda 8nci kat deplasmanları +0.05 ve -0.10 m olmaktadır. Şekil 4.11 de sunulan yıkılma analizi sonuçlarına göre aynı taban yüküne karşılık gelen deplasman 0.075 m dir. Dinamik tepki sırasında zıt yönlerde oluşan plastik mafsalların monotonik yüklemeye göre değişik dağılım göstermesi, iki yönde aynı yük altında deplasmanların farklı oluşmasına neden olmaktadır. Ancak yıkılma analizi iki yöndeki tepkilerin ortalamasına kabul edilebilir bir yaklaşım getirebilmektedir. İlgi çeken bir gözlem, düzlem modelin elastik sınır ötesinde doğrusal model ile aynı maksimum yerdeğiştirmesine uymasındır.

Taban kuvvetinin iki yönde maksimum olduğu 2.9 ve 3.3 saniyelerde kat seviyelerindeki yatay atalet kuvveti dağılımları Şekil 5.17 de verilmektedir. Her iki yönde yaklaşık 8'500 kN taban kesme kuvveti yaratan bu dağılımlar, aynı mertebedeki taban kuvvetleri için yıkılma analizinde elde edilen ve Şekil 4.15 de verilmiş olan kuvvet dağılımları ile oldukça benzerlik göstermektedir. Maksimum taban kuvvetlerinin olduğu anlardaki kat ötelenme oranı dağılımları da Şekil 5.18 de gösterilmektedir. Aynı şekilde, maksimum dinamik kuvvetler altında elde edilen bu dağılımlar önceki bölümde rampa şeklinde uygulanan atalet yükleri altında yıkılma analizinden elde edilen ve Şekil 4.17 de sunulmuş olan dağılımlar ile belirgin niteliksel benzerlikler göstermektedir. Her iki yükleme durumunda da yüksek mod etkileri gözlenebilmektedir. Bu durumda Bölüm 4.2 de önerilen yatay yük dağılımlarının yıkılma analizinde kullanılması ile elastik sınır ötesi dinamik davranışa iyi bir benzeşim sağlanabildiği ortaya konmaktadır.

İki yönde maksimum tepkilerin olduğu anlardaki plastik mafsallık dağılımları Şekil 5.19 da sunulmaktadır. İlk iki perdesiz çerçevede plastik mafsalların giriş uçlarında yoğunlaştığı, kolonlarda az hasarın meydana geldiği görülmektedir. Sadece 6 No.lu kolon aksında üst katlarda plastik mafsallık oluşmaktadır. Bu durum ikinci ve üçüncü modların etkilerinin sonucudur. Perde duvarı içeren çerçevede daha farklı bir dağılım gözlenmektedir. Perde ile çerçeveyi bağlayan kısa bağ kirişlerinin tümü akma sınırını aşmakta ve hasara uğramaktadır. Ayrıca bağ kirişlerin bağlandığı 11 No.lu kolon aksında tüm katlarda mafsallık oluşmaktadır. Diğer yandan perdenin sadece ikinci katında mafsallık meydana gelmektedir. Bu durumda K-G yönündeki çerçevede perdenin konumu ile bağ kirişlerin rijitliklerinin neden olduğu olumsuz bir hasar dağılımı ortaya çıkmaktadır.

Erzincan 1992 Doğu-Batı yer hareketi K-G yönünde çerçevede orta derecede hasar meydana getirmektedir. Ancak Şekil 5.18 deki maksimum ötelenme oranları bu sonuçla uyumlu değildir. Tüm kat ötelenme oranları yüzde 0.5 in altındadır ve yüzde

0.5 genelde yapısal hasara neden olmayan ötelenme oranı sınırı olarak kabul edilmektedir. Maksimum taban kesme kuvveti olan 8'500 kN mertebesinde çerçevenin elastik sınır ötesi davranışa geçtiği yıkılma analizinde de görülmektedir (Şekil 4.11). Zira bu kuvvet bina ağırlığının yaklaşık yüzde 25ine eşittir. Bu çelişkinin bir açıklaması, plastik mafsalların tümünün 6 ve 11 No.lu kolon aksı haricinde tamamen kirişlerde meydana gelmesidir. 2 ve 3ncü katlardaki K227 ve K325 kirişlerinin perdeye saplanan uçlarında elde edilen moment-dönme ilişkileri Şekil 5.20 ve 5.21 de gösterilmektedir. Bağ kirişlerinin önemli miktarda enerji tükettikleri bu şekillerden anlaşılmaktadır. Diğer yandan yatay çerçeve rijitliğine en fazla katkı sağlayan perde duvarlarında sadece alt katta mafsal oluşmaktadır. Ancak Şekil 5.22 de sunulan perde alt ucu moment-dönme ilişkisinde maksimum dönmenin 0.003 radyandan az olduğu görülmektedir. Bu değer oldukça düşüktür ve merteye olarak doğrudan 1 nci kat ötelenme oranı ile kıyaslanabilir. Bu durumda gözlenen hasar miktarı ile ötelenme oranı arasındaki çelişkiyi, düşey elemanların gereğinden fazla rijit olması ile açıklamak mümkündür.

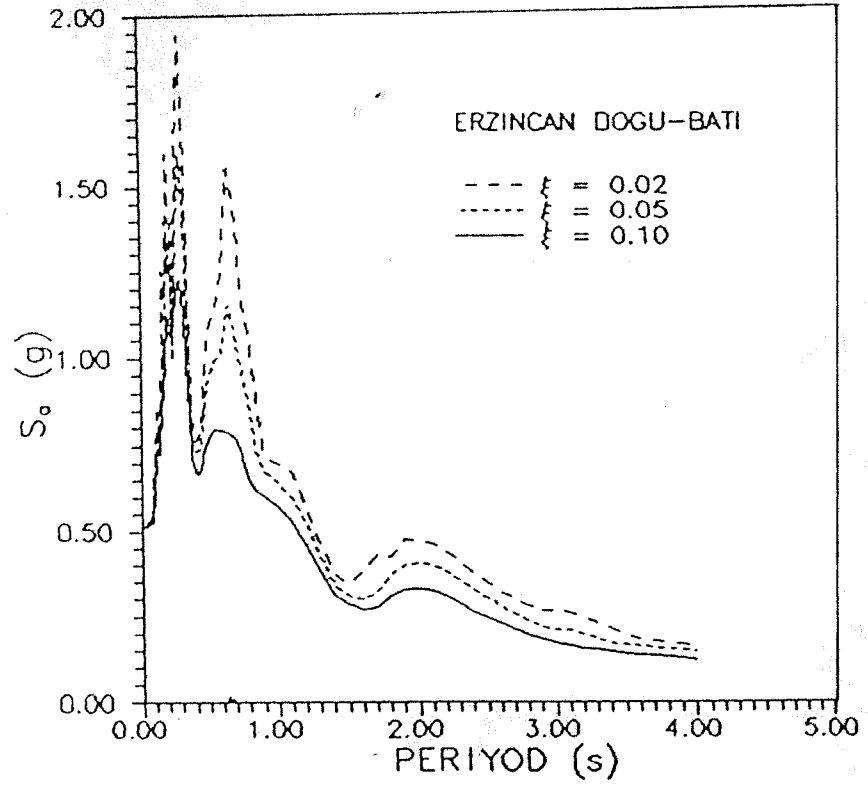
#### 5.4 Tartışma

Bu bölümde verilen sonuçlar üç boyutlu bir sistemin iki boyutlu bir basite indirilmiş modelinden elde edilmiştir. Modelin bu şekilde temsil edilmesinin sebebi eldeki analitik imkanların doğrusal hesapta olduğu gibi üç boyutlu bir temsil için yeterli olmamasıdır. Dolayısı ile sunulan sonuçlar tek bir deprem kaydı ve kat hizası yer değiştirmeler ile kısıtlanmıştır. (Bu basitleştirmeye rağmen birçok parametrik değişime maruz bırakılan modellerin herbir hesaplanması 3-4 saat arası bilgisayar zamanı almıştır.)

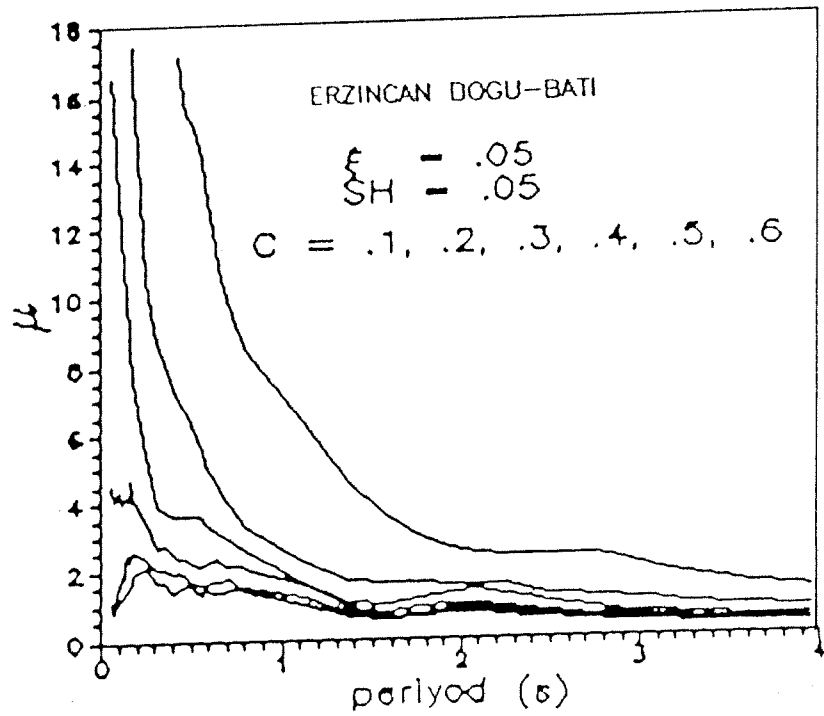
Dinamik hesap sonuçları ile 4ncü bölümde sunduğumuz yıkılma hesabı sonuçları benzer yargıya varmamıza yaramaktadır. Şüphesiz bunda her iki grup hesabın da aynı analitik model üzerinden yürütülmüş olması yatmaktadır. Ancak Bölüm 3 te verdiğimiz detaylı eleman analiz sonuçları kesit, eleman ve sistem bazında



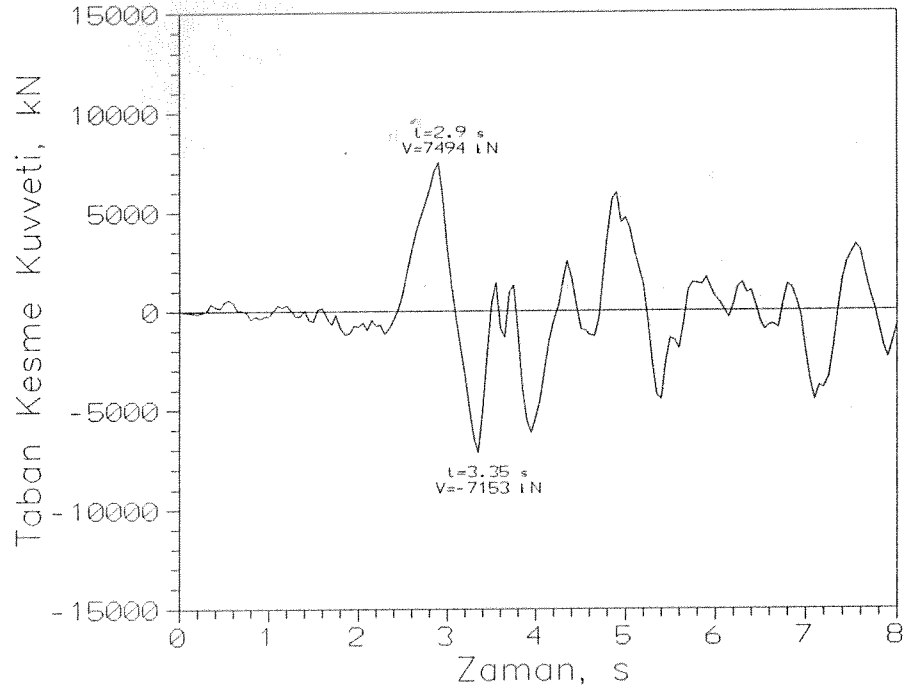
binayı yeterince temsil etmeye yarayacak bilgiyi bize kazandırmış bulunmaktadır. Doğrusal olmayan hesaplarda düzlem idealizasyonu şartların zorlamasıyla başvurulan bir çare olmuştur. Buna rağmen binanın her iki doğrultusunda da benzer bir kapasitenin mevcut bulunduğu (yaklaşık yatay yük kapasitesi = 0.25xagirlik) ve en az 5 mertebesinde bir duktilite rezervine sahip olduğu görülmektedir. Katlarda meydana gelecek ivmeler nitesel olarak yerdeğistirme grafiklerini andıracak, ancak üç boyutlu titreşim, lokal kırılmalar ve zemin-yapı etkileşmesi yüzünden bu tür bir idealizasyon ile yakalanamayacak sapmalar gösterebilecektir.



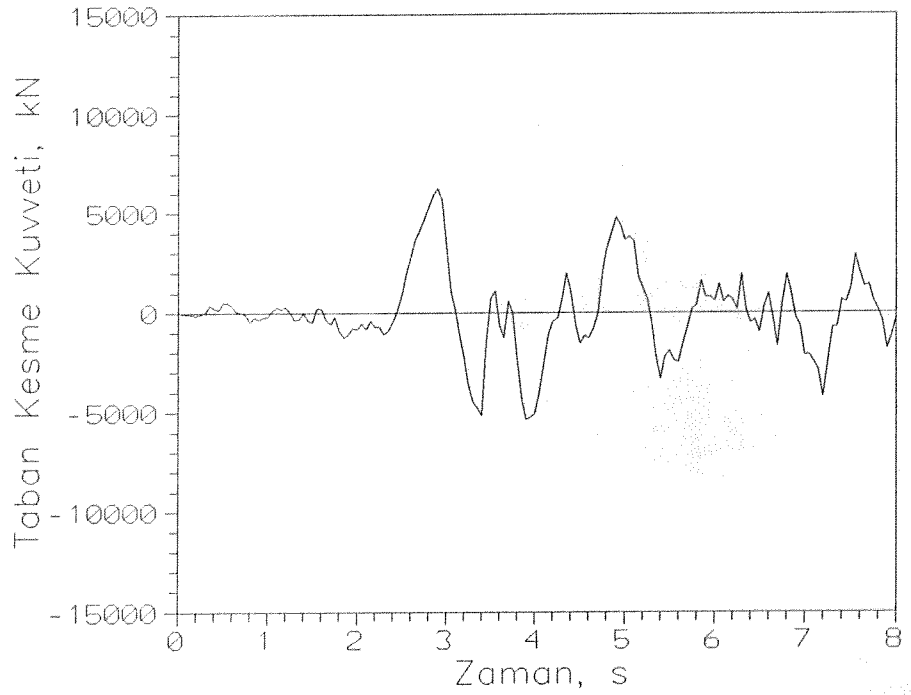
Şekil 5.1 Erzincan D-B Bileşeni Elastik Tepki Spektrumu



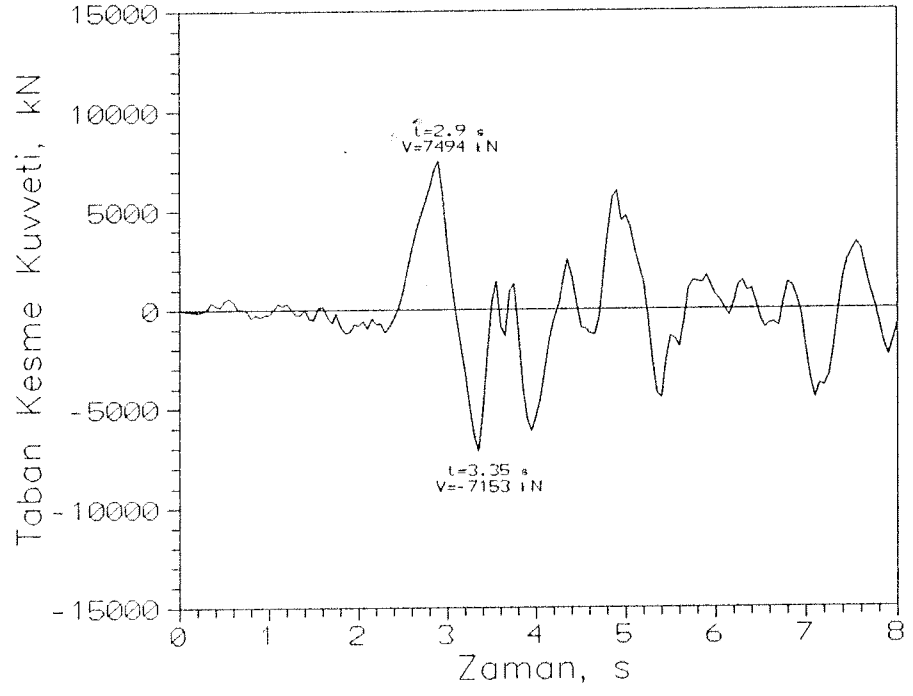
Şekil 5.2 Süneklik Spektrumu



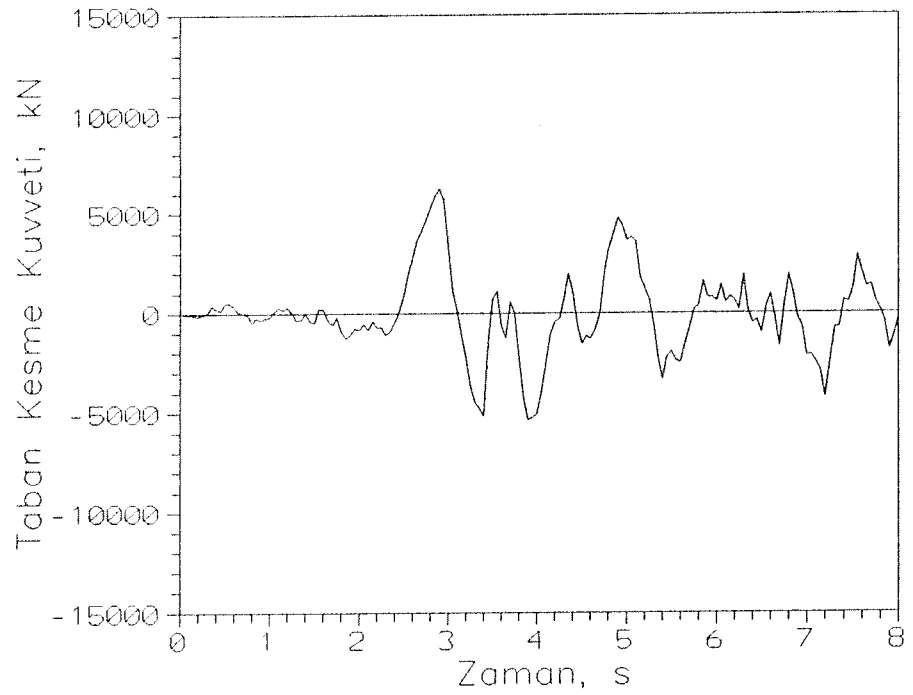
Şekil 5.3 Taban Kesme Kuvvetinin Yüzde 5 Pekleşme İçin Zamanla Değişimi, D-B



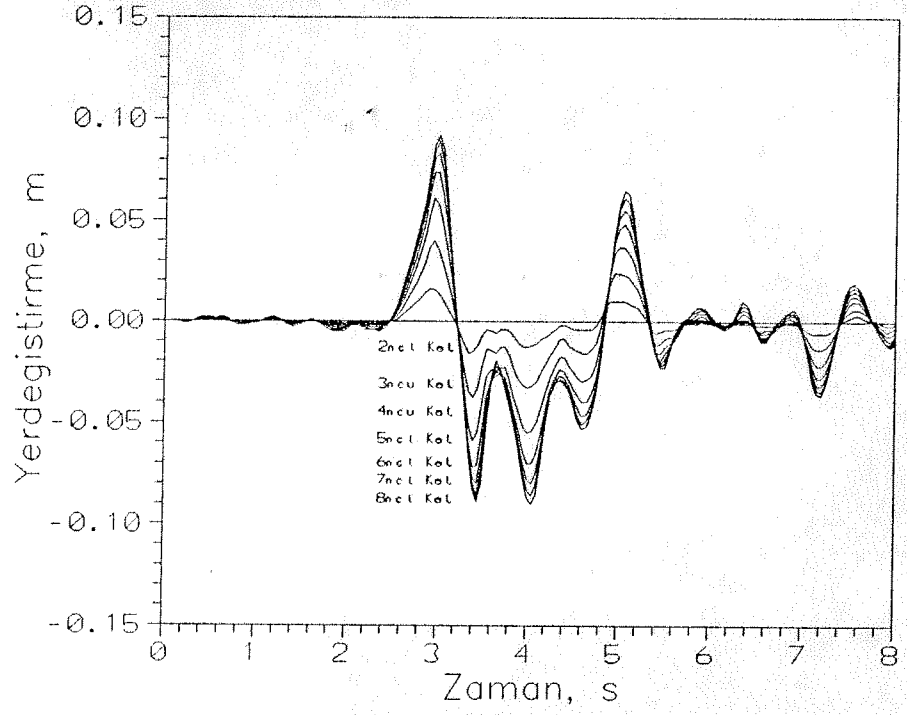
Şekil 5.4 Taban Kesme Kuvvetinin Yüzde 1 Pekleşme İçin Zamanla Değişimi, D-B



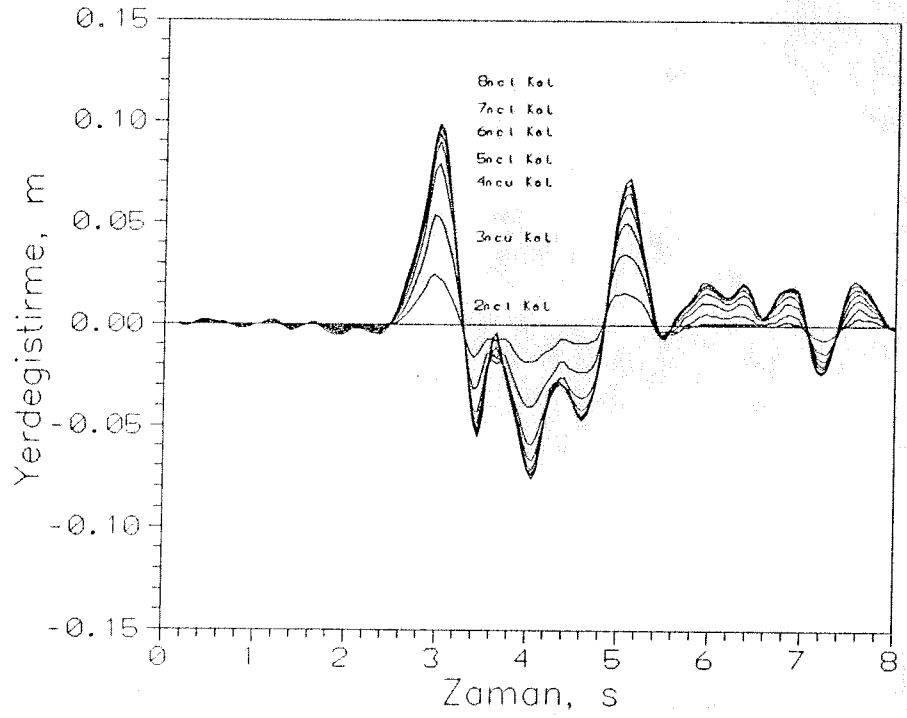
Şekil 5.3 Taban Kesme Kuvvetinin Yüzde 5 Pekleşme İçin Zamanla Değişimi, D-B



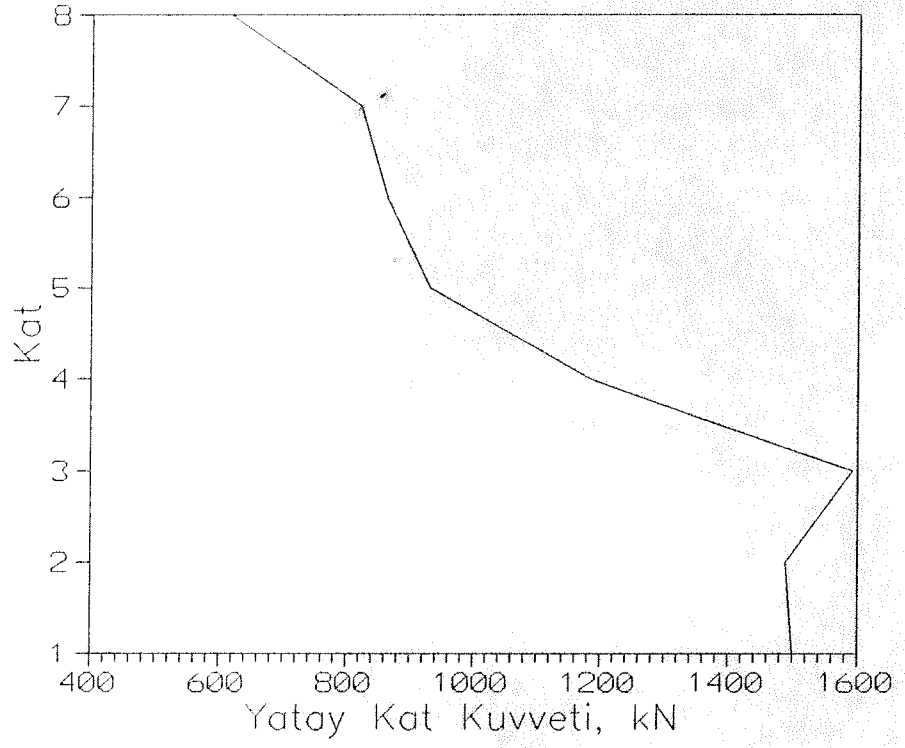
Şekil 5.4 Taban Kesme Kuvvetinin Yüzde 1 Pekleşme İçin Zamanla Değişimi, D-B



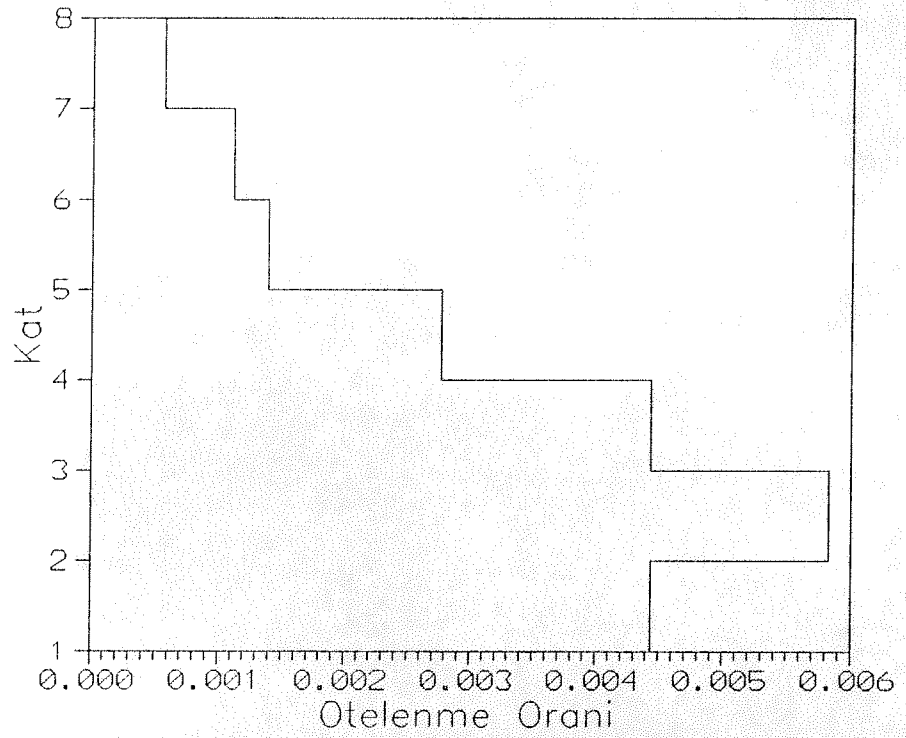
Şekil 5.5 Kat Yerdeğiştirmeleri (Yüzde 5 Pekleşme, D-B)



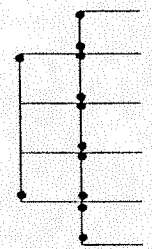
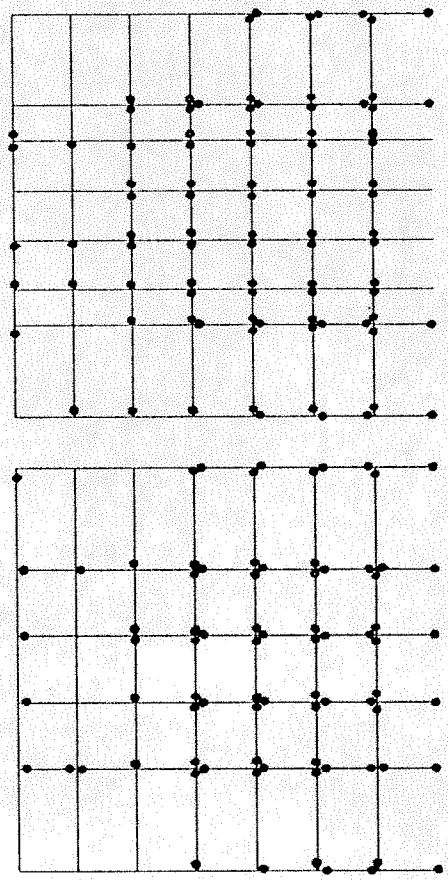
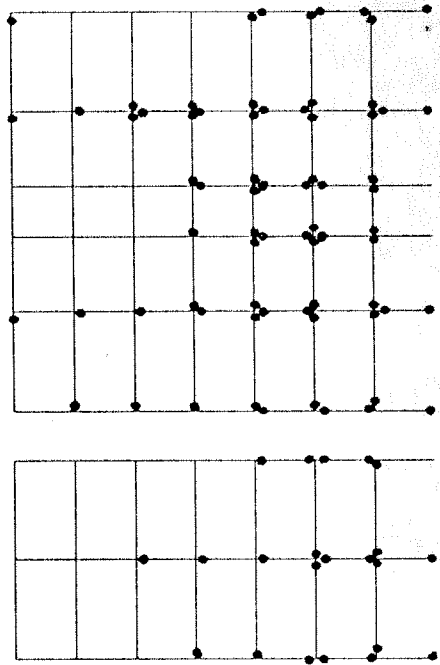
Şekil 5.6 Kat Yerdeğiştirmeleri (Yüzde 1 Pekleşme, D-B)



Şekil 5.7 Yatay Kat Kuvvetleri, D-B



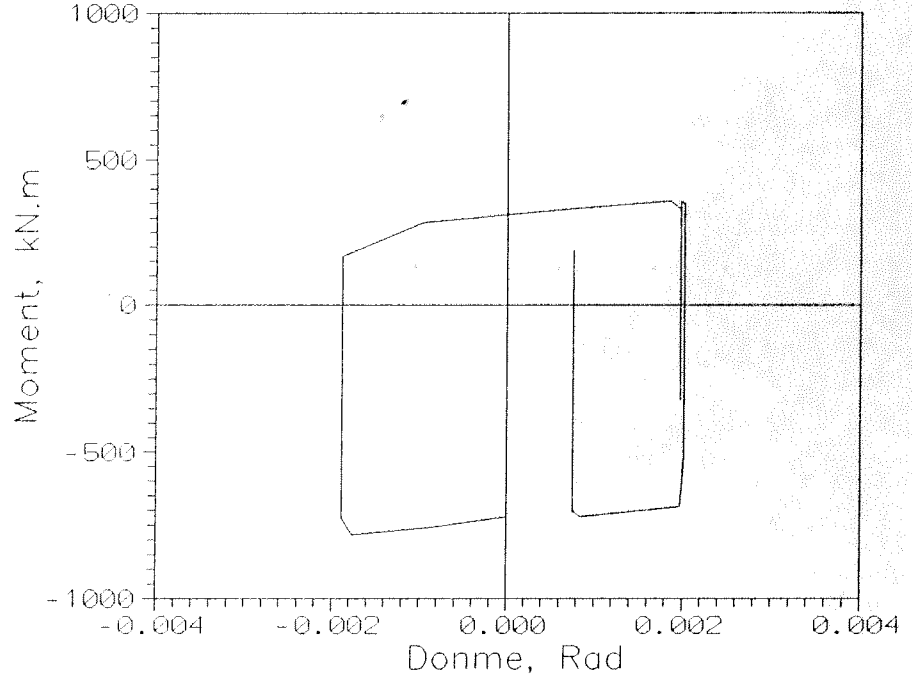
Şekil 5.8 Kat Ötelenme Oranları, D-B



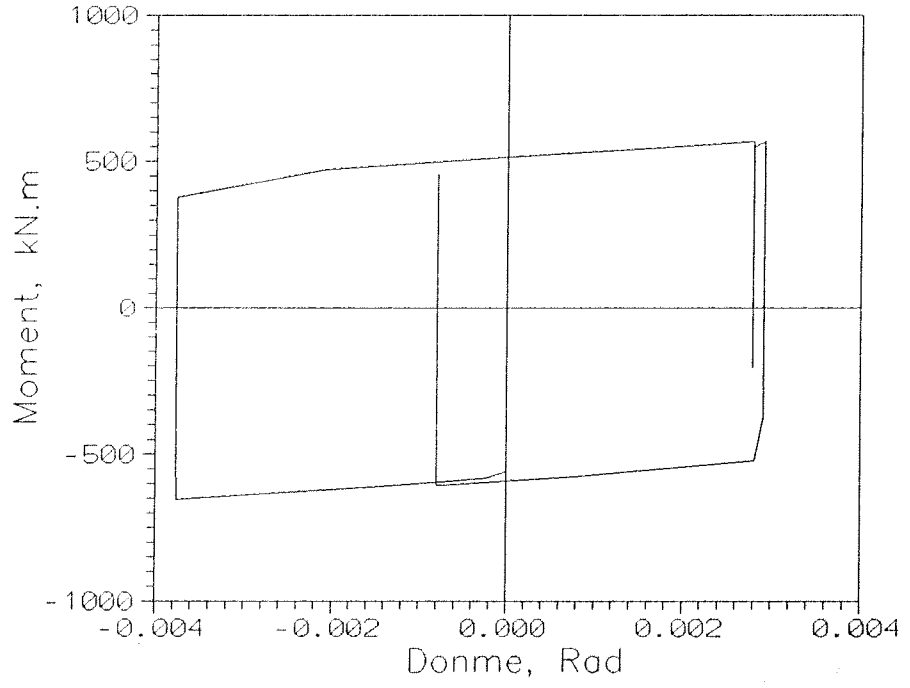
$t=2.9$  s,  $V=7494.65$  kN, Pekleşme Oranı=%5

Sekil 5.9 Plastik Mafsalsal Dağılımı (D-B)

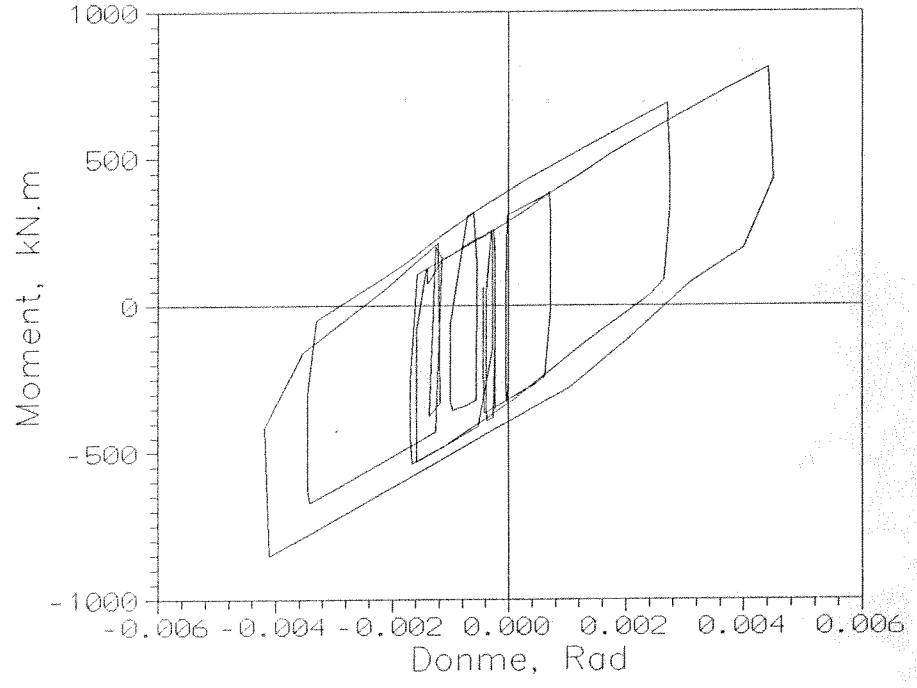




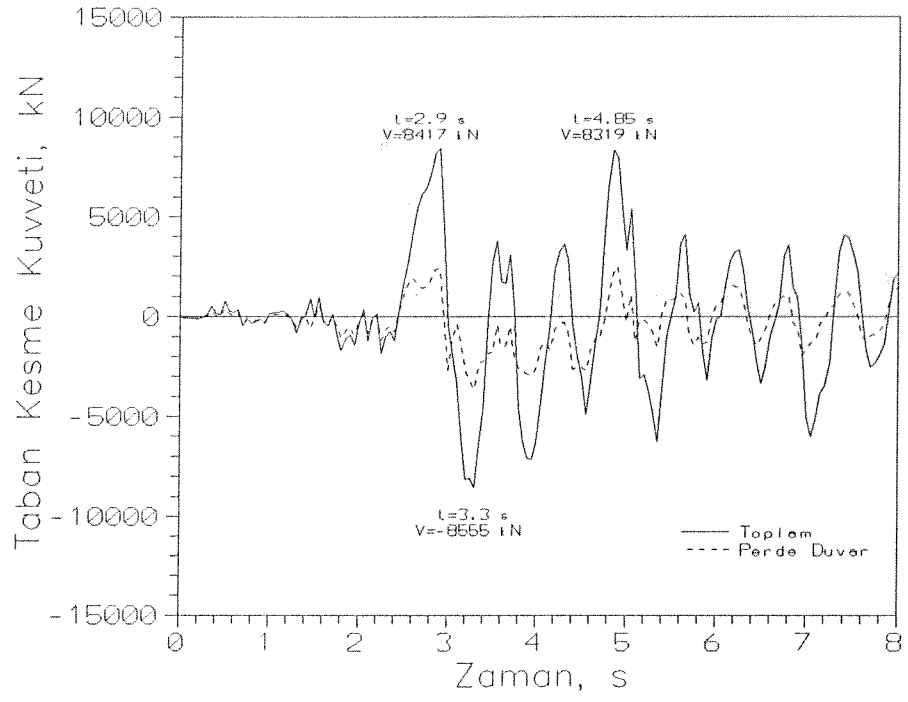
Şekil 5.10 K216 Kirişinde Moment - Dönme İlişkisi, D-B



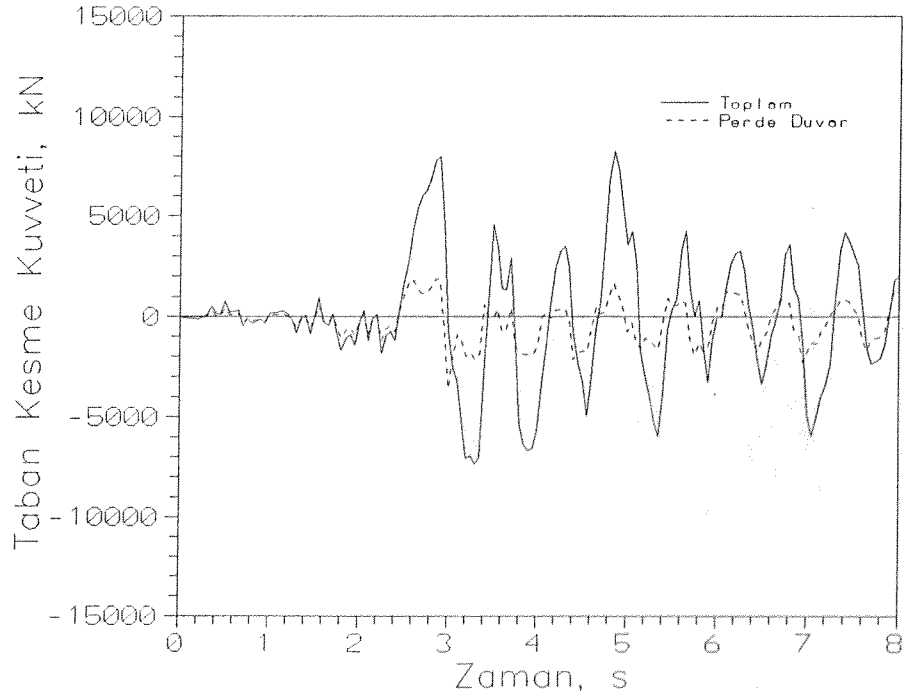
Şekil 5.11 K313 Kirişinde Moment - Dönme İlişkisi, D-B



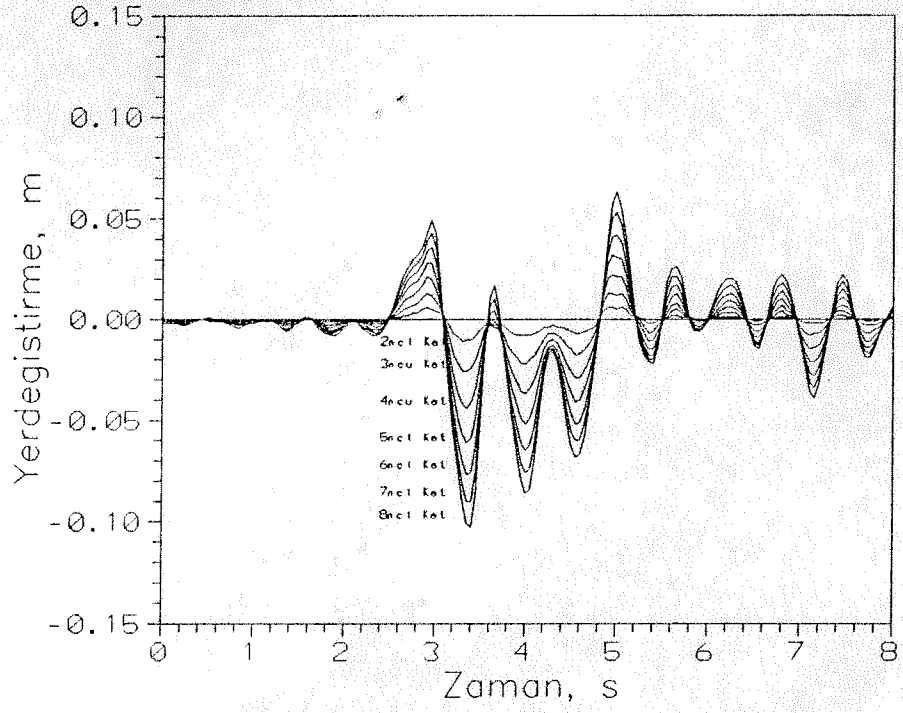
Şekil 5.12 P4 KOLONUNDA Moment - Dönme İlişkisi, D-B



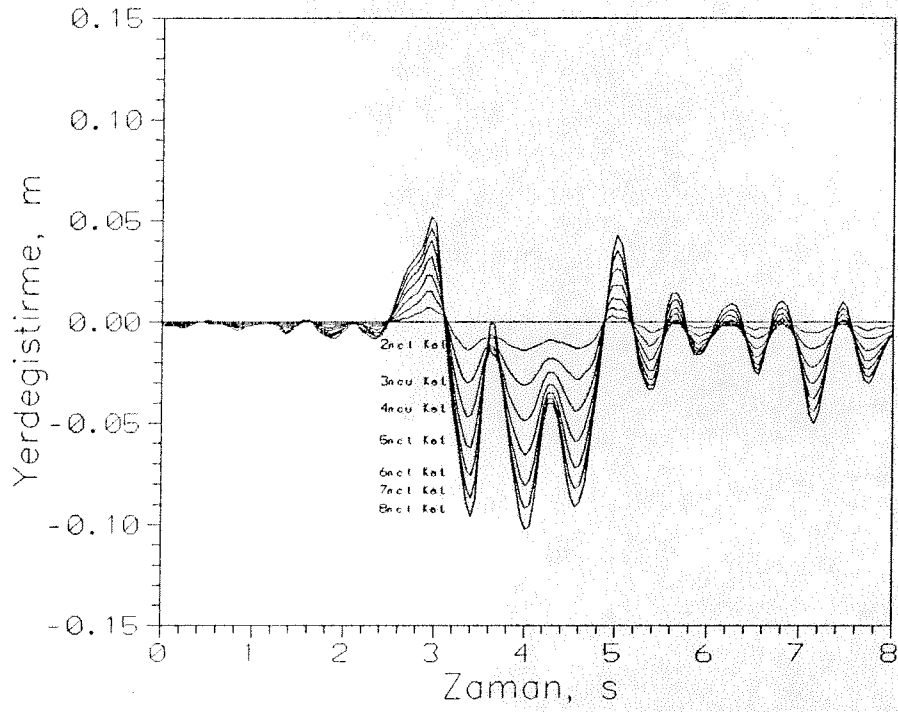
Şekil 5.13 Taban Kesme Kuvvetinin Yüzde 5 Pekleşme İçin Zamanla Değişimi, K-G



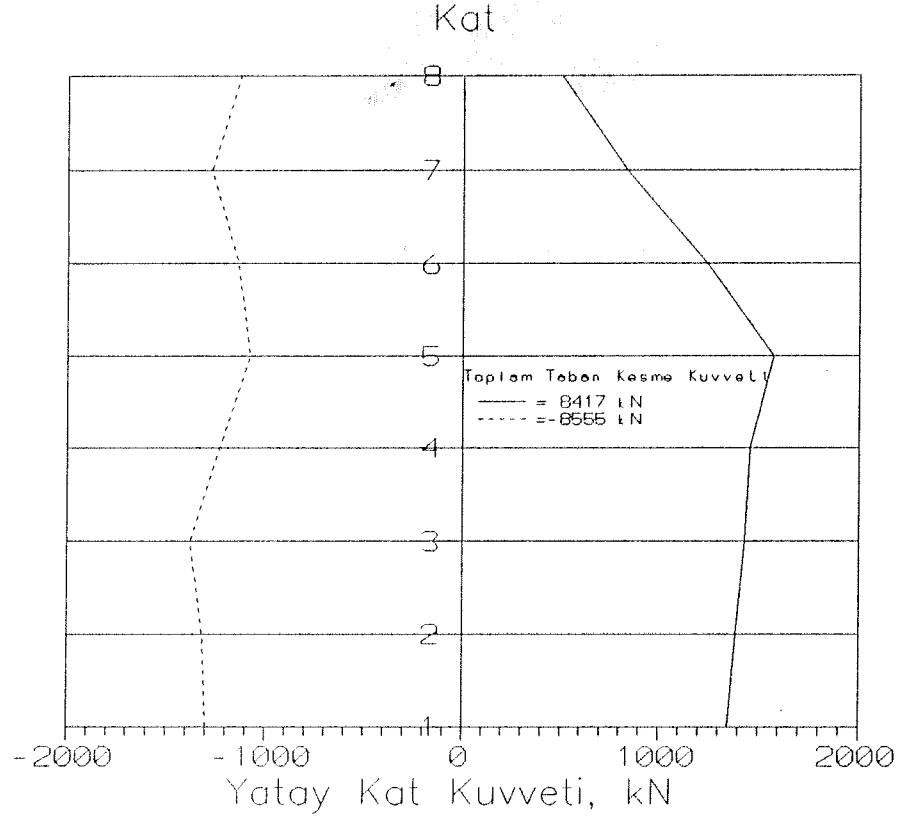
Şekil 5.14 Taban Kesme Kuvvetinin Yüzde 1 Pekleşme İçin Zamanla Değişimi, K-G



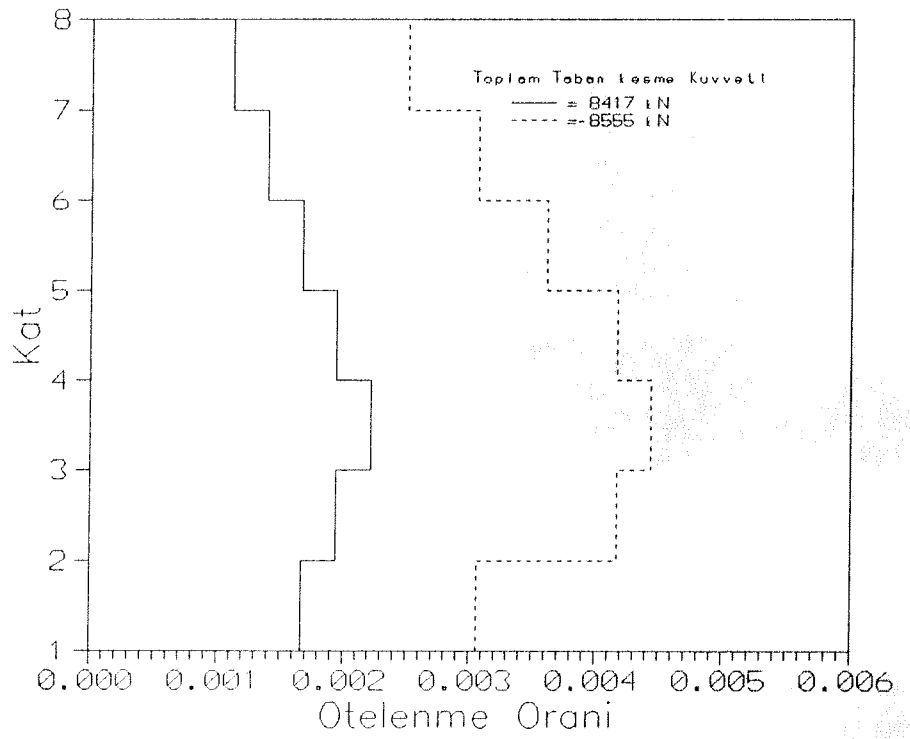
Şekil 5.15 Kat Yerdeğiştirmeleri (Yüzde 5 Pekleşme, K-G)



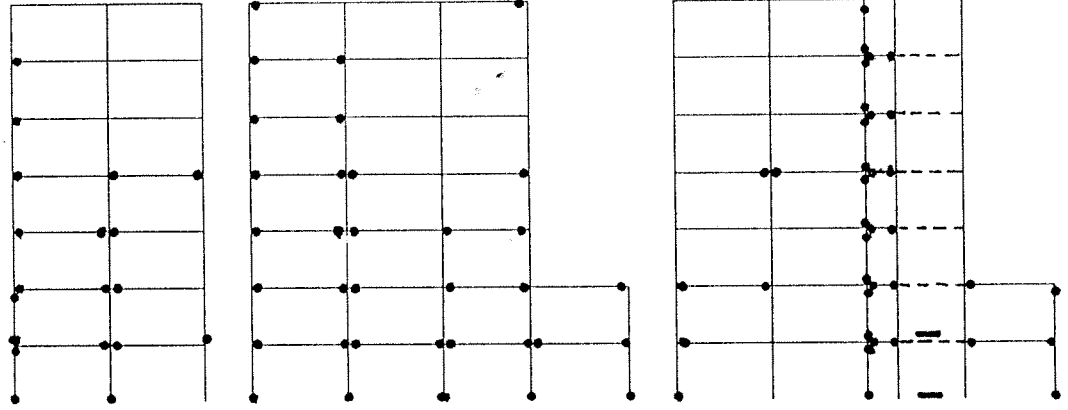
Şekil 5.16 Kat Yerdeğiştirmeleri (Yüzde 1 Pekleşme, K-G)



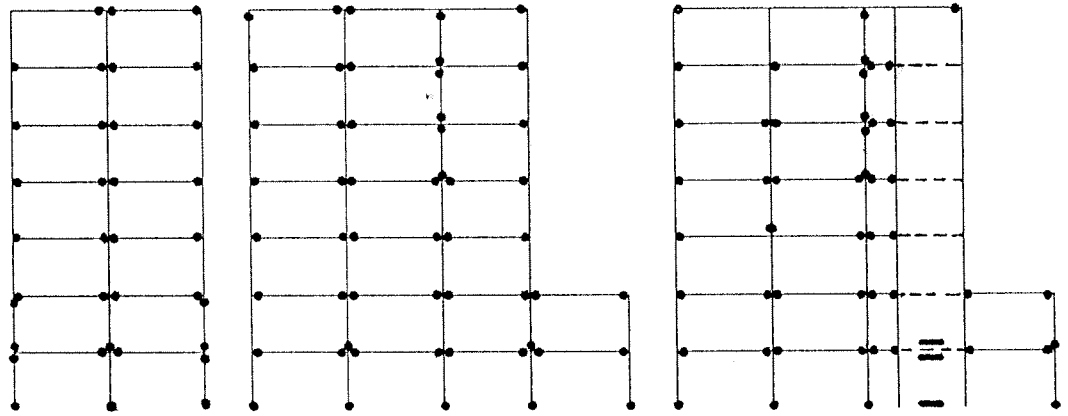
Şekil 5.17 Yatay Kat Kuvvetleri, K-G



Şekil 5.18 Kat Ötelenme Oranları, K-G



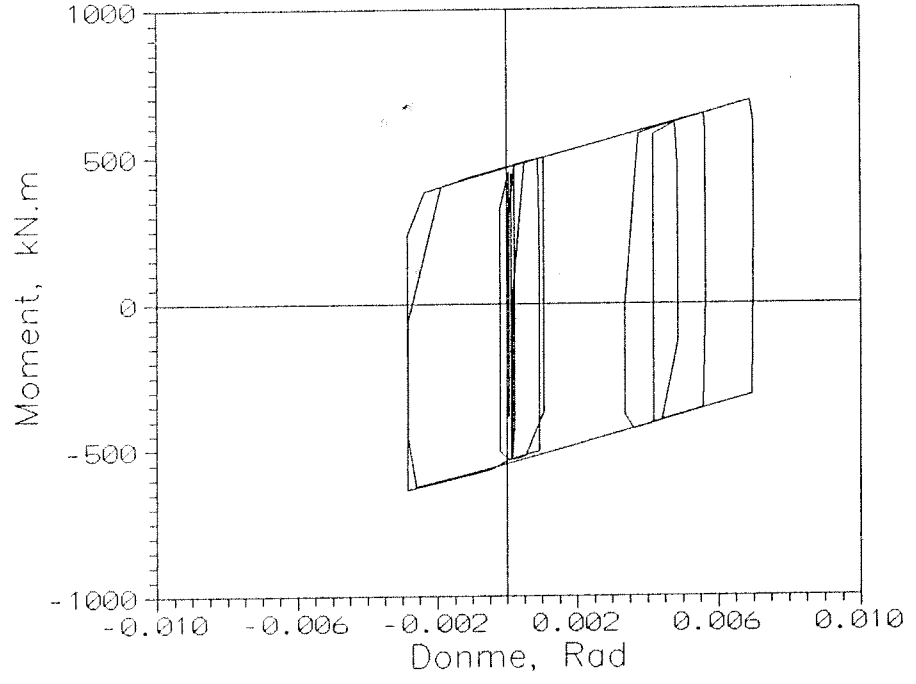
$t=2.9$  s  
 $V=8417.24$  kN  
 Pekleşme Oranı=%5



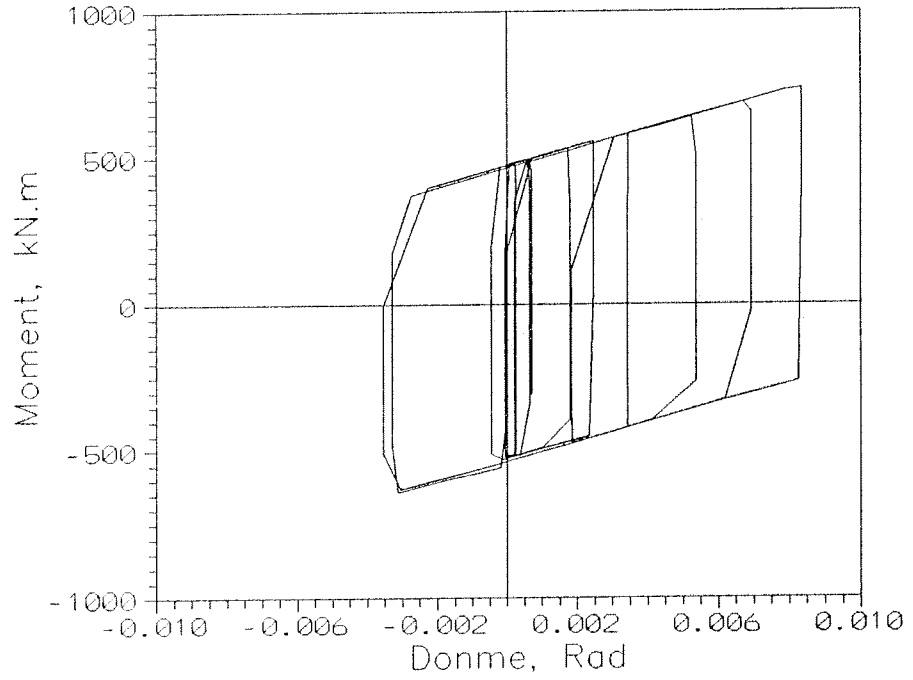
$t=3.3$  s  
 $V=8554.55$  kN  
 Pekleşme Oranı=%5

TÜRKİYE MİMARLIK ve  
 TEKNİK KURUMU  
 KURUMU MÜHÜRÜ

Şekil 5.19 Plastik Mafsal Dağılımı (K-G)

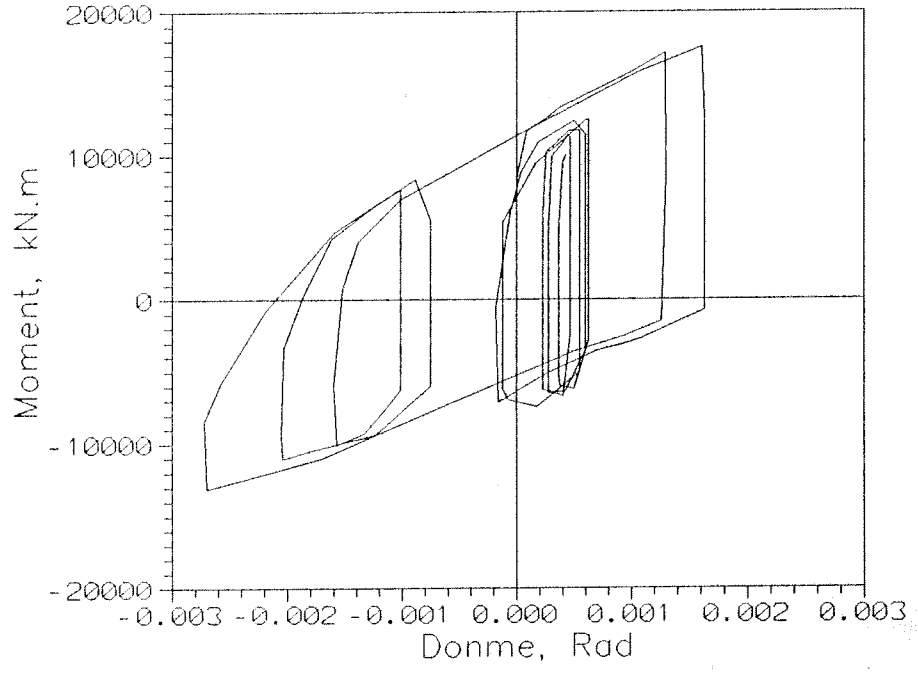


Şekil 5.20 K227 Kirişinde Moment - Dönme İlişkisi, K-G



Şekil 5.21 K325 Kirişinde Moment - Dönme İlişkisi, K-G





Şekil 5.22 P3 Perdesi Alt Ucu - Moment İlişkisi, K-G



## 6. ÖZET VE SONUÇLAR

### 6.1 Özet

Bu rapor, Bolu il merkezine bağlı Gerede şehrinde 1988 yılında inşası bitirilmiş olan bodrum+7 kullanma katına sahip betonarme bir binaya (Belkıs Sabancı Öğrenci Yurdu) yerleştirilen 9 kanallı bir ivme ölçüm sistemine paralel olarak bina üzerinde yapılan tahmini davranış hesap sonuçlarını konu almaktadır. Söz konusu bina şehir içinden geçen Kuzey Anadolu Fay Bölgesine metrelerle ölçülecek kadar yakındır; bu yörede meydana gelebilecek muhtemel deprem binada kayıt alınabilecek düzeyde hareket yaratacaktır. Ancak raporun yazıldığı ana kadar böyle bir deprem vukubulmamıştır. Ölçüm sistemi periyodik olarak kontrol edilmekte ve çalışır halde tutulmaktadır.

Bina, elastik davranış hesaplamaları amacıyla üç boyutlu bir model ile temsil edilmiştir. Sistemi meydana getiren bütün yatay ve düşey elemanların proje çizimlerinden elde edilen kesit boyutları ve donatı detayları çıkartılmış bulunmaktadır. Ayrıca bu kesitlerin hesaplanan akma ve taşıma kapasitesi limitindeki takatları tablolarda özetlenmiştir. Elastik hesaplamalar sırasında binaya iki farklı depremin iki asal yönde etki ettiği varsayılmış ve kat yerdeğiştirmeleri, seçilen bazı elemanlardaki iç zorlamalar, ivme ölçerlerinin bulunduğu katlardaki mutlak ivmeler gibi zamana bağlı değişkenler grafik biçiminde takdim edilmiştir. Elastik sınır ötesinde sistemin nasıl bir dinamik davranış gösterdiği ise düzleme indirilmiş modeller yardımıyla hesaplanmıştır. Güvenilir üç boyutlu elastik olmayan bir hesap imkanının elde olmamasından ötürü düzlem tahmin yapmak mecburiyeti doğmuştur. Birbirine paralel ve benzer çerçeveler kendi içlerinde toplanmış ve aynı kat seviyesinde aynı yatay ötelenmeyi yapacak şekilde irtibatlandırılmıştır.

## 6.2 Sonuçlar

Yaptığımız hesaplamalar ve değerlendirmeler sonucu varılan sonuçları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

- (1) Bina, deprem etkisi altında nominal bir burulmaya maruz kalacak şekilde titreşim yapmaktadır. Ancak iki yer hareketi bileşeninin aynı anda etkimesi ve sismik dalgaların dönme bileşenlerinin de binayı etkisi altına alması halinde bu durum değişebilmektedir.
- (2) Fiktif olarak binaya etki ettirilen Erzincan 1992 D-B bileşeni ile El Centro 1940 K-G bileşenleri elastik halde katarası yerdeğiştirmelerde yönetmeliklerde öngörülen limitlerin altında kalacak değerlere yolaçmaktadır. Ancak belirli taşıyıcı elemanlarda meydana geldiği hesaplanan iç zorlamalar bu elemanlarda akma sınırını aşan şekil değiştirmelerin meydana gelebileceğini göstermektedir.
- (3) Binanın üç boyutlu modeli, iki boyutlu modellere göre daha "yumuşak", yani hesaplanan elastik periyodu daha uzun olan bir modeldir. Bu fark idealizasyonda yapılan değişik varsayımlardan kaynaklanmaktadır.
- (4) Binanın perde duvarlarının etkili olduğu Y doğrultusunda elastik sınırlar içinde kalındığı sürece perdeler toplam yatay kuvvetlerin yaklaşık yüzde 60 kadarını taşımaktadır. Bu sınırın aşılması halinde perdelerce karşılanan yatay kuvvet toplamı modlara bağlı olarak büyük fark gösterebilmektedir.
- (5) Binanın çevresel etkiler altında ölçülen birinci hakim periyodu her iki asal yön için de 0.44s mertebesindedir. Buna karşılık üç boyutlu modelden D-B yönü için 0.77s, K-G yönü içinse 0.50s değerleri hesaplanmıştır. Elastik sınır ötesi modeline başlangıç rijitlik değerleri

kullanıldığında ise her iki yön için 0.58s kadar bir değer elde edilmektedir.

- (6) Elastik tepki sırasında hesaplarda kullanılan her iki deprem kaydına göre üst katlarda 1-1.5g mertebesinde mutlak ivmeler hesaplanmakta, taban kesme kuvvetleri ise ağırlığın yüzde 60ını teşkil etmektedir.
- (7) Binaya kat hizalarında gittikçe artan yatay statik yük uygulaması için, tepe değerine bina periyodundan çok daha uzun bir sürede tırmanan bir rampa fonksiyonu kullanılmıştır. Modelin düzlem bir model olması hatırda tutulmak kaydıyla binanın asal yönlerde ağırlığının yüzde 25-30 u kadar bir yatay yük taşıma kapasitesi olmakta global davranış açısından ise en az 7 kadar bir düktiliteye sahip görünmektedir.
- (8) Düzlem, elastik sınır ötesi modelin dinamik hesabı için yalnızca Erzincan 1992 D-B bileşenine ait kayıt kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar bu bileşenin binanın her iki doğrultusunda da ağırlığın yüzde 25i mertebesinde bir taban kesme kuvvetine, en az 5 düktilite oranına ulaştıracak lokal zorlamalara yolaçtığı merkezindedir.

TÜRKİYE BİLİMSEL VE  
TEKNİK ARAŞTIRMA  
KURUMU KÜTÜPHANESİ



## YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, İmar ve İskan Bakanlığı, 1975.
- Altinyollar, A., "A Study of Site Dependent Response Spectra Based on Accelerograms Recorded in Turkey," Orta Doğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü yüksek mühendislik (M.Sc.) tezi, Ekim 1992.
- Anderson, J.C., and Bertero, V.V., "Seismic Performance of an Instrumented Six-Story Building," Earthquake Engineering Research Center Report No. UCB/EERC-91/11, University of California, Berkeley, 1991.
- Bayülke, N., İnan, E., ve Güler, H., "Strong Motion Accelerograph Records of Turkey, Volume II," Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi yayını, Temmuz, 1990.
- Bolt, B.A., and Hudson, D.E., "Seismic Instrumentation of Dams," Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 101, No. 11, 1975, November, pp. 1095-1106.
- Bolt, B.A. v.d., "Preliminary Report on the SMART-1 Strong Motion Array in Taiwan," Report No. UCB/EERC-82/13, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, 1982.
- Chen, C.C., Bonowitz, D., and Astaneh, A.A., "Studies of a 49-Story Instrumented Steel Structure Shaken during the Loma Prieta Earthquake," Earthquake Engineering Research Center Report No. UCB/EERC-92/01, University of California, Berkeley, 1992.
- Computers and Structures, Inc., SAP90 Manual, Berkeley, 1991.
- Darbre, G.R., and Pougatsch, H., "Design and Implementation of Strong Motion Instrumentation Arrays in Dams," Proceedings of the Tenth World Conference on Earthquake Engineering, Vol. 1, Madrid, 1992, pp. 213-218.
- Fenves, G.L., Filippou, F.C., and Sze, D.T., "Response of Dumbarton Bridge in the Loma Prieta Earthquake," Earthquake Engineering Research Center Report No. UCB/EERC-92/02, University of California, Berkeley, 1992.
- Hall, J.F. (Ed.), Northridge Earthquake January 17, 1994: Preliminary Reconnaissance Report, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, 1994.
- Hart, G.C. (Ed.), Dynamic Response of Structures: Experimentation, Observation,

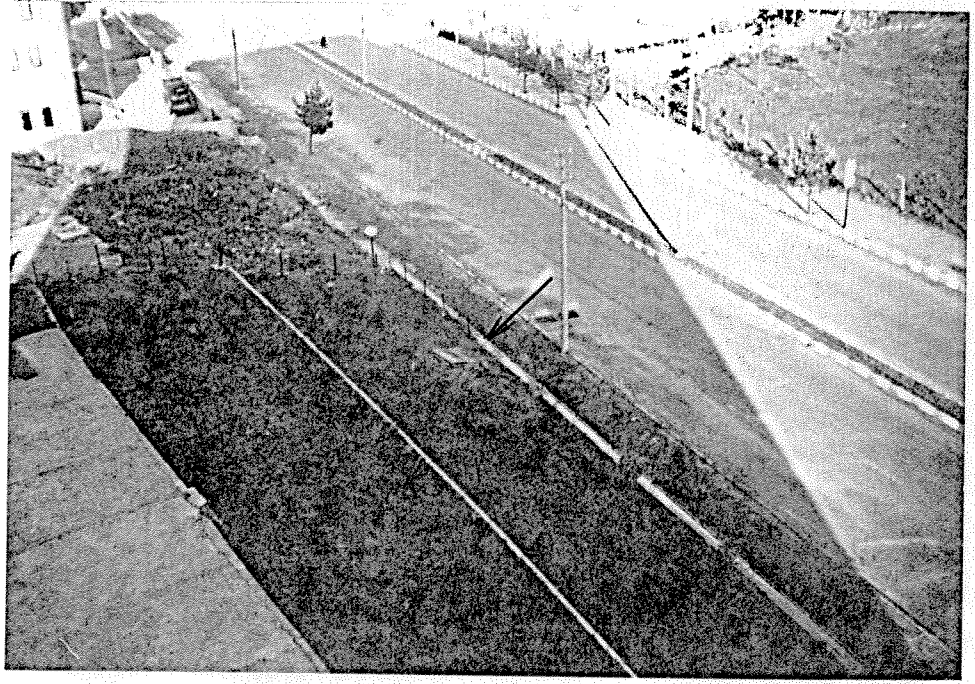
- Prediction and Control, American Society of Civil Engineers, New York, 1981.
- Hart, G.C., v.d., "Interpretation of Strong Motion Earthquake Records Obtained in or near Buildings," Mechanics and Structures Department, University of California Los Angeles, Report No. UCLA 8015, 1980.
- Housner, G. W., "Historical View of Earthquake Engineering," Proceedings of the Eighth World Conference on Earthquake Engineering, Post Conference Volume Prentice Hall, 1986, pp. 25-39.
- Hudson, D.E., Reading and Interpreting Strong Motion Accelerograms, Earthquake Engineering Research Institute, Berkeley, 1979.
- International Conference of Building Officials, Uniform Building Code, 1991.
- Kanaan, A., and Powell, G.H., "DRAIN-2D: A General Purpose Computer Program for Dynamic Analysis of Inelastic Plane Structures," Earthquake Engineering Research Center Report No. UCB/EERC-73/06, University of California, Berkeley, 1973.
- Miranda, E., and Bertero, V.V., "Evaluation of Seismic Performance of a Ten-Story RC Building during the Whittier Narrows Earthquake," Earthquake Engineering Research Center Report No. UCB/EERC-91/10, University of California, Berkeley, 1991.
- Murphy, L.M., "San Fernando California, Earthquake of February 9, 1971", U.S. Department of Commerce, Washington, D.C., 1973.
- National Research Council, Recommendations for the Strong Motion Program in the United States, Committee on Earthquake Engineering, National Academy Press, 1987.
- Rojahn, C., and Borchardt, R.D., "On the Status of In-situ Ground Motion and Structural Response Investigations," Proceedings of the Third International Earthquake Microzonation Conference, University of Washington, Seattle, 1982, Vol. 1, pp.329-363.
- Shah, P.C., and Udawadia, F.G., "Optimal Sensor Location for Identification of Building Structures Using Response to Earthquake Ground Motions," Proceedings of the Sixth World Conference on Earthquake Engineering, Sarita Prakashan, Meerut, India, Vol. III, 1977, pp. 2949-2955.
- Thiel, C.C. (ed.) Competing Against Time, State of California, Office of Planning and Research, North Highlands, 1990.
- Tokay, M., "Kuzey Anadolu Fay Zonunun Gerede ile Ilgaz Arasındaki Kisminda Jeolojik Gözlemler," Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşagi Sempozyumu kitabı, MTA Enstitüsü, Mart 1992, ss. 12-29.



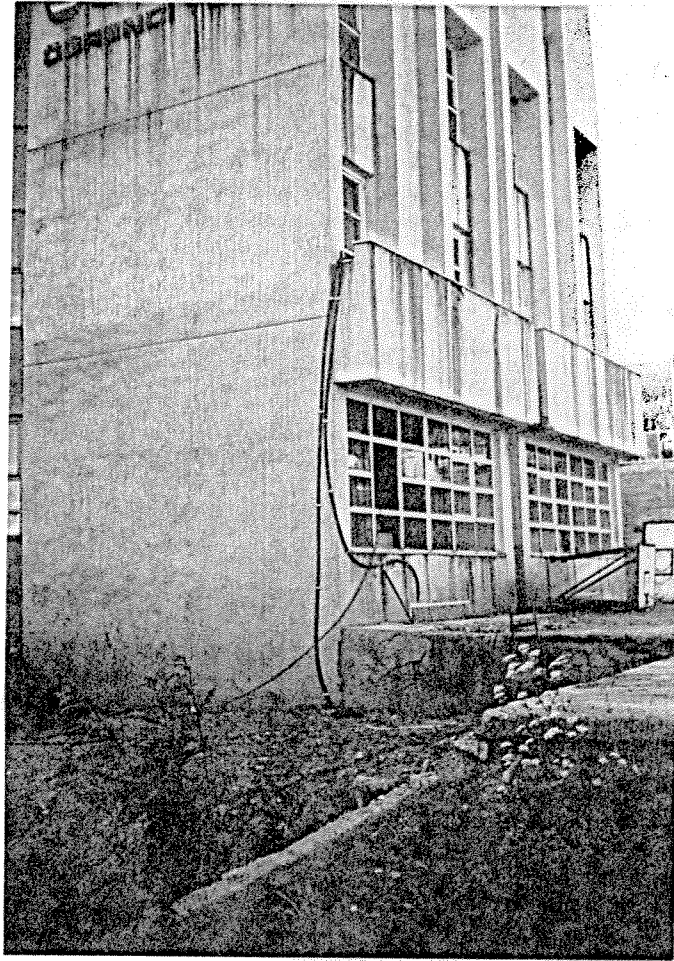
## Ek A : Kayıt ve Değerlendirme Sistemi

Yerine konulmuş olan kayıt ve değerlendirme sisteminin ivme ölçerlerinin yerleri şematik olarak Şekil 2.2 de verilmektedir. Okuyana daha iyi bir fikir vermek amacıyla binanın güneydoğusunda 1.5 m derinliğindeki bir betonarme çukurda bulunan serbest alan cihazları Şekil A.1 de okla gösterilmektedir. Bodrum kat ve bahçedeki cihazların binaya giriş kabloları Şekil A.2 de verilmiştir. Bodrum kattaki cihaz Şekil A.3 te, sekizinci kattakine ait görüntü ise Şekil A.4 te sunulmaktadır. Bu cihazlar, MR (yani motion recorder) olarak anılmaktadır.

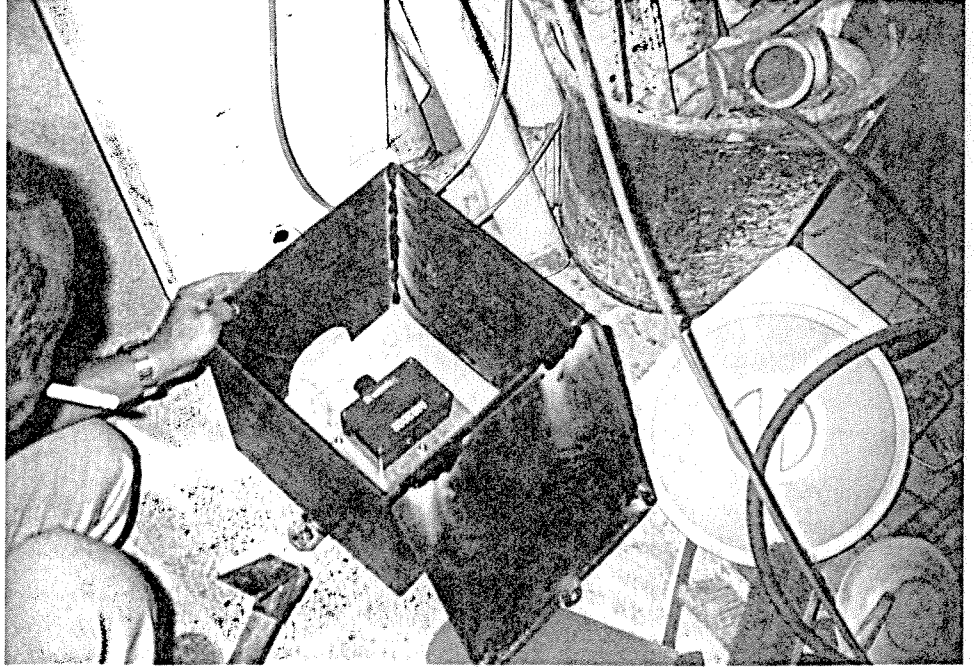
Bütün cihazların özel kablo ile bağlantıları ikinci katta devamlı işler halde tutulan MCC2002 (motion control center) adlı hafıza birimine bağlıdır. İkinci Bölümde anlatıldığı gibi her bir MR a ayrılan hafıza 256 KB dir. Muhtelif zamanlarda meydana gelen tetikleyici hareketler sırasında sayısal halde hafızaya alınan bilgiler MCC den portatif bir bilgisayar vasıtasıyla kompüter ortamına alınabilir. Cihaz ile kucaküstü bilgisayar arasında bilgi transferi yapılması "Communication" adlı bir yazılım aracı ile gerçekleştirilir. Mevcut 9 kanaldan herhangi birine ait bilgiler, tetikleyici olayın tarihi, saati, dakikası ve saniyesi ile birlikte bilgisayara alınabilir. Hafızaya alınan herhangi bir harekete ait grafik görüntüler bunları muhtelif ölçeklerde göstermek, anında güç veya davranış spektrumlarını çizmek, süzgeçlemek ve kuvvetli yerhareketi kayıtları üzerinde yapılan başka hesaplamaları gerçekleştirmek bu aşamadan rutin işlemler dizisi haline gelmektedir.



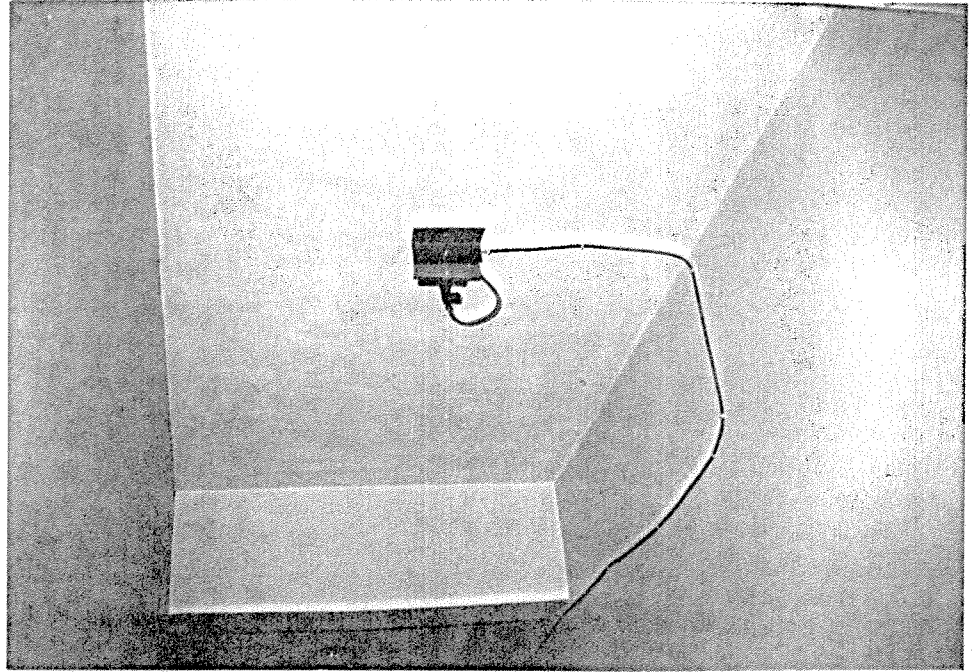
Şekil A.1 Serbest Alan Cihazı



Şekil A.2 Binaya Kablo Girişleri



Şekil A.3 Zemin Kattaki Cihaz



Şekil A.4 Yedinci Kat Tavanındaki Cihaz