

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

731633

DEPREM BÖLGELERİNE GÖRE YAPI MALİYET ARTIŞININ
KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Barış ÖZKUL

131633

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DEPREM BÖLGELERİNE GÖRE YAPI MALİYET ARTIŞININ
KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Barış ÖZKUL

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Şerif SAYLAN

Sınav Tarihi : 25.07.2003

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Şerif SAYLAN

(BAÜ)

Prof. Dr. H. Hikmet ÇATAL

(DEÜ)

Yrd. Doç. Dr. Hasan ELÇİ

(BAÜ)

Balıkesir, Temmuz 2003

ÖZET

DEPREM BÖLGELERİNE GÖRE YAPI MALİYET ARTIŞININ KARŞILAŞTIRILMASI

Barış ÖZKUL
Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

(Yüksek Lisans Tezi/ Tez Danışmanı: Prof. Dr. Şerif SAYLAN)

Balıkesir, 2003

Çalışmanın ilk bölümünde, kullanılabilirlik kavramına yer verilmiştir. İkinci bölümde, daha önceki bir depremde hasara uğramış ve depremden hemen sonra kullanılabilir şekilde depremi hasarsız olarak atlatmış iki yapının taşıyıcı sistemleri incelenmiştir. Üçüncü bölümde, dünyadaki çeşitli ülkelerin deprem şartnamesi koşullarına yer verilmiştir. Dördüncü bölümde Amerikan ve Japon sistemlerinin karşılaştırılması irdelenmiştir.

Beşinci bölümde, 17 Ağustos 1999 depremini hasarsız denilebilecek şekilde atlatan Sakarya Vilayet binası bilgisayar ile simüle edilerek yatay yer değiştirmeleri incelenmiştir. Aynı yapının 22 Temmuz 1967 Akyazı depreminde ağır hasara uğramış olan yapı sisteminin de statik analizi bilgisayar simülasyonu ile yapılarak, her iki binanın kullanılabilirlik kriteri ile olan ilişkileri incelenmiştir.

Altıncı bölümde, deprem bölgelerine göre yapının kat adedi ve yapı yüksekliğinin kullanılabilirlik kriteri ile olan ilişkisi incelenmiştir.

Yedinci bölümde, seçilen iki yapının, aynı kat planı ve farklı yapı yükseklikleri için çerçeve sistem olarak statik analizleri yapılmıştır. Kullanılabilirlik kriterini sağlayacak şekilde taşıyıcı sistemi perde+çerçeve sistem olarak düzenlenerek yeniden statik analizleri yapılmış ve maliyet artışının %2 ile %3 civarında olacağı bulunmuştur.

Geçmiş depremlerdeki gözlemlere dayanarak çok katlı yapıların taşıyıcı sistemlerinin betonarme perde veya perde+çerçeve sistem olarak seçilmesi halinde kullanılabilirlik kriterini rahatlıkla sağlayacakları sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR SÖZCÜKLER : Kullanılabilirlik / Yerdeğiştirme Kontrolü / Yapı Maliyeti / Göreli Kat Ötelemesi

ABSTRACT

COMPARISON OF STRUCTURE COST RISING ACCORDING TO EARTHQUAKE ZONES

Barış ÖZKUL

**Balıkesir University, Institute of Science,
Department of Civil Engineering**

(M.sc. Thesis/Supervisor: Prof. Dr. Şerif SAYLAN)

Balıkesir, 2003

At the first chapter of thesis, serviceability concept was explained. In the second chapter, comparison of the damaged structure and the serviceable structure after an earthquake is investigated according to structural systems. In the following third chapter, the conditions of the earthquake codes of various countries around the world were investigated. The comparison of American and Japan systems were investigated in fourth chapter.

In fifth chapter, lateral deflections of Sakarya City Hall, which was almost without damage after 17th August 1999 earthquake was investigated by computer simulation. After 22nd July 1967 earthquake, the heavily damaged structure system of the same building is analyzed statically using computer simulations and both of these buildings were investigated in accordance with serviceability criteria.

In sixth chapter, according to earthquake zones number of the stories and height of the structure were investigated in accordance with serviceability criteria.

In the seventh chapter, two selected structures with the same floor plan and various structure heights were analyzed as frame system. Structural system was modified as frame+shear wall according to serviceability criteria and analyzed statically. The increase of the cost is between %2 and %3.

As a result, based on the observations of the recent earthquakes, if the structural system of the multistory buildings was selected as concrete shear wall or frame with shear wall, the serviceability criterion would be obtained easily.

KEYWORDS: Serviceability / Drift Control / Structure Cost / Interstory Drift

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET, ANAHTAR SÖZCÜKLER	ii
ABSTRACT, KEYWORDS	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SEMBOL LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	4
1.2 Konu İle İlgili Daha Önce Yapılan Çalışmaların İncelenmesi	5
1.3 Kullanılabilirlik Kavramı	7
2. KULLANILABİLİRLİK İÇİN GERÇEK BİR ÖRNEK	13
2.1 Managua, Nikaragua Depremi	13
2.2 İki Binanın Performans Simülasyonu	16
2.3 Perde Duvar-Çerçeve Etkileşimi	24
2.4 Yatay Deplasmanların Sınırlandırılması ve Düktilite	25
2.5 Betonarme Perdeli Sistemlerin Deprem Davranışları	27
3. YERDEĞİŞTİRMELER İÇİN DEPREM ŞARTNAMESİ KOŞULLARI	28
3.1 Taban Kesme Katsayısı	28
3.2 Kat Ötelemesi Oranı	28
3.3 Elasto-Plastik Yerdeğİştİrmeler	30
3.4 Maksimum Görelİ Kat Ötelemesi	30
3.5 Maksimum Çatı Yerdeğİştİrmesi	31
3.6 Hasar Kontrol Endeksi	32
4. YERDEĞİŞTİRME KRİTERİ UYGULAMALARI	36
4.1 Japon ve Amerikan Sistemlerinin Karşılaştırılması	36
4.2 En Üst Katın Yer Değİştİrme Kriteri	40
4.3 Görelİ Kat Ötelemesi Kriteri	41

4.4 Görelî Kat Ötelemesi Oranı Kriteri	41
4.5 Hasar Kontrol Endeksi Kriteri	43
5. ADAPAZARI VİLAYET BİNASI	44
5.1 1967 Akyazı Depremi	44
5.2 1967 Akyazı Depremindeki Genel Hasarlar	44
5.3 Adapazarı Vilayet Binası'nın İki Farklı Deprem Performansı	45
5.4 1967 Akyazı Depreminde Yapıda Meydana Gelen Hasarlar	50
5.5 Orijinal Yapının Analizi	53
5.6 Projenin Onarım ve Takviye İnkeleri	61
5.7 Güçlendirilmiş Yapının Analizi	63
5.8 İki Sistemin Karşılaştırılması	71
6. KULLANILABİLİRLİK KRİTERİ UYGULAMALARI	73
6.1 Kullanılabilirlik ve Yapı Yüksekliği	73
7. KULLANILABİLİRLİĞİN YAPI MALİYET'İNE ETKİSİ	96
7.1 I. Derece Deprem Bölgesinde Kullanılabilirlik	96
7.1.1 10 Katlı Yapının Statik Analizi	99
7.1.2 10 Katlı Yapının Maliyet Analizi	101
7.1.3 5 Katlı Yapının Statik Analizi	102
7.1.4 5 Katlı Yapının Maliyet Analizi	104
7.2 IV. Derece Deprem Bölgesi'nde Kullanılabilirlik	105
7.2.1 10 Katlı Yapının Statik Analizi	106
7.2.2 10 Katlı Yapının Maliyet Analizi	108
7.3 Ayvalık Rahim Usta ve Zeliha Timuçin Lisesi	109
7.3.1 Çerçeve Sistem	110
7.3.2 Güçlendirilmiş Sistem	112
7.3.3 Perde+Çerçeve Sistem	114
7.3.3.1 1. Perde+Çerçeve Sistem	114
7.3.3.2 2. Perde+Çerçeve Sistem	116
8. SONUÇLAR	119
EKLER:	
EK A Deprem Yüklerinin Hesabı İçin Bilgisayar Programı	122
KAYNAKLAR	129
ÖZGEÇMİŞ	133

SEMBOL LİSTESİ

Simge	Adı
C_m	Taban kesme katsayısı
d_n	n'inci katın elastik yerdeğiştirmesi
d_N	En üst katın elastik yerdeğiştirme sınırı
h	Kat yüksekliği
H	Binanın toplam yüksekliği
i	Hasar kontrol endeksi
i_m	Hasar kontrol endeksi sınırı
R	Yapısal davranış katsayısı
M	Rihter Ölçeğinde deprem büyüklüğü
s	Kat ötelemesi oranı
s_m	Kat ötelemesi oranı sınır değeri
T	Yapının hakim periyodu
δ_e	Elastik görelilik kat ötelemesi
δ_{ep}	Elasto-plastik görelilik kat ötelemesi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil Numarası	Adı	Sayfa
Şekil 1.1	Kobe Belediye Binası (17 Ocak 1995 Kobe Depremi, M=7.2)	9
Şekil 1.2	Kobe Belediye Binası'nın Tipik Bir Kat Planı	10
Şekil 2.1	Banco Central De Nicaragua ve Banco De America Binaları	14
Şekil 2.2	Banco Central De Nicaragua Binası Tipik Kat Planı	15
Şekil 2.3	Banco De America Binası Tipik Kat Planı	16
Şekil 2.4	Moment Aktarabilen Çerçeve Sistem Kesiti (20 Katlı Bina)	18
Şekil 2.5	Moment Aktarabilen Çerçeve Sistem Kat Planı (20 Katlı Bina)	19
Şekil 2.6	Perde-Çerçeve Sistem Kesiti (20 Katlı Bina)	20
Şekil 2.7	Perde-Çerçeve Sistem Kesiti (20 Katlı Bina)	21
Şekil 2.8	Yanal Ötelemeler (20 Katlı Bina)	23
Şekil 2.9	Kat Ötelemeleri (20 Katlı Bina)	23
Şekil 2.10	Perde-Çerçeve Sistemlerin Yatay Yükler Altındaki Davranışları	25
Şekil 3.1	Çeşitli Ülkelerin Deprem Şartnamelerinde Kat Ötelemeleri Sınırları	35
Şekil 4.1	Yatay Yük Etkisiyle Çelik Profil Kesitte Meydana Gelen Hasar	37
Şekil 4.2	Yatay Yük Etkisiyle Çelik Profil Kesitte Meydana Gelen Hasar	37
Şekil 4.3	Yatay Yük Etkisiyle Çelik Profil Kesitte Meydana Gelen Hasar	38
Şekil 4.4	Kolonlarda Amerikan ve Japon Uygulamaları	39
Şekil 4.5	20 Katlı Binada Amerikan ve Japon Sistemlerinin Karşılaştırılması	40
Şekil 4.6	Kat Ötelemeleri (Amerikan ve Japon Sistemleri)	42
Şekil 4.7	Kat Ötelemeleri Oranları (Amerikan ve Japon Sistemleri)	42
Şekil 5.1	Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı Planı	47
Şekil 5.2	Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı Üç Boyutlu Görünümü	48
Şekil 5.3	Sakarya Vilayet Binası Tipik Kesiti	49
Şekil 5.4	Sakarya Vilayet Binası 1. Kat A11 Kolonu	50
Şekil 5.5	Sakarya Vilayet Binası Zemin Kat T4 Kolonu	51
Şekil 5.6	1967 Akyazı Depreminde Sakarya Vilayet Binasında Meydana Gelen Hasarların Genel Tasviri	52

Şekil 5.7	Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı Yer Değiş-tirmeleri (X Yönü)	56
Şekil 5.8	Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı Görelî Kat Ötelemesi Oranları (X Yönü)	56
Şekil 5.9	Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı X Yönü Yer Değiş-tirmeleri	57
Şekil 5.10	Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı Yer Değiş-tirmeleri (Y Yönü)	58
Şekil 5.11	Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı Görelî Kat Ötelemesi Oranları (Y Yönü)	59
Şekil 5.12	Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı Y Yönü Yer Değiş-tirmeleri	60
Şekil 5.13	Ağırlık ve Rijitlik Merkezleri	62
Şekil 5.14	Sakarya Vilayet Binası Güçlendirilmiş Yapı Planı	65
Şekil 5.15	Sakarya Vilayet Binası Güçlendirilmiş Yapı Üç Boyutlu Görünümü	66
Şekil 5.16	Sakarya Vilayet Binası Güçlendirilmiş Yapı Yer Değiş-tirmeleri (X Yönü)	68
Şekil 5.17	Sakarya Vilayet Binası Güçlendirilmiş Yapı Görelî Kat Ötelemesi Oranları (X Yönü)	68
Şekil 5.18	Sakarya Vilayet Binası Güçlendirilmiş Yapı Yer Değiş-tirmeleri (Y Yönü)	70
Şekil 5.19	Sakarya Vilayet Binası Güçlendirilmiş Yapı Görelî Kat Ötelemesi Oranları (Y Yönü)	70
Şekil 5.20	1999 Marmara Depreminden Hemen Sonra Sakarya Vilayet Binası	71
Şekil 5.21	Sakarya Vilayet Binasının İki Farklı Yapı Sisteminin Yer Değiş-tirmeleri	72
Şekil 5.22	Sakarya Vilayet Binasının İki Farklı Yapı Sisteminin Görelî Kat Ötelemesi Oranları	72
Şekil 6.1	Seçilen Sistemin Mimari Planı	74
Şekil 6.2	Seçilen Sistemin Kalıp Planı	74
Şekil 6.3	I. Derece Deprem Bölgesi İçin Yapılara Ait Yerdeğiş-tirmeler	95
Şekil 7.1	Çerçeve Yapının Tipik Kat Planı	97
Şekil 7.2	Çerçeve Yapıya Ait Kalıp Planı	97
Şekil 7.3	Perde+Çerçeve Yapının Tipik Kat Planı	98
Şekil 7.4	Perde+Çerçeve Yapıya Ait Kalıp Planı	98
Şekil 7.5	10 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiş-tirmeler	101
Şekil 7.6	5 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiş-tirmeler	104
Şekil 7.7	IV. Derece Deprem Bölgesi'nde Çerçeve Yapıya Ait Kalıp Planı	106
Şekil 7.8	10 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiş-tirmeler	108
Şekil 7.9	Çerçeve Sistemin Kalıp Planı	110
Şekil 7.10	Güçlendirilmiş Sistemin Kalıp Planı	112
Şekil 7.11	1. Perde+Çerçeve Sistemin Kalıp Planı	114
Şekil 7.12	2. Perde+Çerçeve Sistemin Kalıp Planı	116
Şekil 7.13	4 Farklı Sisteme Ait Yerdeğiş-tirmeler	118

TABLO LİSTESİ

Tablo Numarası	Adı	Sayfa
Tablo 1.1	Kat Arası Deplasmanları ve Tasarım İlkeleri	12
Tablo 2.1	Yatay Ötelemeler ve Kat Ötelemeleri Oranları	22
Tablo 3.1	Çeşitli Ülkelerin Deprem Şartnamelerinde Kat Ötelemeleri Sınırları	34
Tablo 5.1	Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı Deprem Yükleri	53
Tablo 5.2	Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı X Yönü Kat Ötelemeleri	55
Tablo 5.3	Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı Y Yönü Kat Ötelemeleri	58
Tablo 5.4	Sakarya Vilayet Binası Güçlendirilmiş Yapı Deprem Yükleri	64
Tablo 5.5	Sakarya Vilayet Binası Güçlendirilmiş Yapı X Yönü Kat Ötelemeleri	67
Tablo 5.6	Sakarya Vilayet Binası Güçlendirilmiş Yapı Y Yönü Kat Ötelemeleri	69
Tablo 6.1	10 Katlı Yapıya Ait Deprem Yükleri	75
Tablo 6.2	I. Derece Deprem Bölgesinde 10 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler	76
Tablo 6.3	IV. Derece Deprem Bölgesinde 10 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler	77
Tablo 6.4	9 Katlı Yapıya Ait Deprem Yükleri	78
Tablo 6.5	I. Derece Deprem Bölgesinde 9 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler	79
Tablo 6.6	IV. Derece Deprem Bölgesinde 9 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler	80
Tablo 6.7	8 Katlı Yapıya Ait Deprem Yükleri	81
Tablo 6.8	I. Derece Deprem Bölgesinde 8 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler	82
Tablo 6.9	IV. Derece Deprem Bölgesinde 8 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler	83
Tablo 6.10	7 Katlı Yapıya Ait Deprem Yükleri	84
Tablo 6.11	I. Derece Deprem Bölgesinde 7 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler	84
Tablo 6.12	IV. Derece Deprem Bölgesinde 7 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler	85
Tablo 6.13	6 Katlı Yapıya Ait Deprem Yükleri	86
Tablo 6.14	I. Derece Deprem Bölgesinde 6 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler	86

Tablo 6.15	IV. Derece Deprem Bölgesinde 6 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler	87
Tablo 6.16	5 Katlı Yapıya Ait Deprem Yükleri	88
Tablo 6.17	I. Derece Deprem Bölgesinde 5 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler	88
Tablo 6.18	IV. Derece Deprem Bölgesinde 5 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler	89
Tablo 6.19	4 Katlı Yapıya Ait Deprem Yükleri	89
Tablo 6.20	I. Derece Deprem Bölgesinde 4 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler	90
Tablo 6.21	IV. Derece Deprem Bölgesinde 4 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler	91
Tablo 6.22	3 Katlı Yapıya Ait Deprem Yükleri	91
Tablo 6.23	I. Derece Deprem Bölgesinde 3 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler	92
Tablo 6.24	IV. Derece Deprem Bölgesinde 3 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler	92
Tablo 6.25	2 Katlı Yapıya Ait Deprem Yükleri	93
Tablo 6.26	I. Derece Deprem Bölgesinde 2 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler	93
Tablo 6.27	IV. Derece Deprem Bölgesinde 2 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler	94
Tablo 7.1	10 Katlı Yapıda İki Farklı Sisteme Etkiyen Deprem Yükleri	99
Tablo 7.2	10 Katlı Yapıda İki Farklı Sisteme Ait Yerdeğiştirmeler	100
Tablo 7.3	10 Katlı Yapının Maliyet Analizi	101
Tablo 7.4	5 Katlı Yapıda İki Farklı Sisteme Etkiyecek Deprem Yükleri	102
Tablo 7.5	5 Katlı Yapıda İki Farklı Sisteme Ait Yerdeğiştirmeler	103
Tablo 7.6	10 Katlı Yapının Maliyet Analizi	104
Tablo 7.7	IV. Derece Deprem Bölgesi'nde 10 Katlı Yapıya Etkiyen Deprem Yükleri	106
Tablo 7.8	10 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler	107
Tablo 7.9	10 Katlı Yapının Maliyet Analizi	108
Tablo 7.10	Çerçeve Sisteme Etkiyecek Deprem Yükleri	110
Tablo 7.11	Çerçeve Sisteme Ait Yerdeğiştirmeler	111
Tablo 7.12	Çerçeve Yapının Rijitlik Merkezinde Yerdeğiştirmeler	111
Tablo 7.13	Çerçeve Yapının Maliyet Analizi	111
Tablo 7.14	Güçlendirilmiş Sisteme Etkiyecek Deprem Yükleri	112
Tablo 7.15	Güçlendirilmiş Sisteme Ait Yerdeğiştirmeler	113
Tablo 7.16	Güçlendirilmiş Yapının Rijitlik Merkezinde Yerdeğiştirmeler	113
Tablo 7.17	Güçlendirilmiş Yapının Maliyet Analizi	113
Tablo 7.18	1. Perde+Çerçeve Sisteme Etkiyecek Deprem Yükleri	114
Tablo 7.19	1. Perde+Çerçeve Sisteme Ait Yerdeğiştirmeler	115
Tablo 7.20	1. Perde+Çerçeve Yapının Rijitlik Merkezinde Yerdeğiştirmeler	115
Tablo 7.21	1. Perde+Çerçeve Yapının Maliyet Analizi	115
Tablo 7.22	2. Perde+Çerçeve Sisteme Etkiyecek Deprem Yükleri	116

Tablo 7.23	2. Perde+Çerçeve Sisteme Ait Yerdeğiştirmeler	117
Tablo 7.24	2. Perde+Çerçeve Yapının Rijitlik Merkezinde Yerdeğiştirmeler	117
Tablo 7.25	2. Perde+Çerçeve Yapının Maliyet Analizi	117



ÖNSÖZ

1992 Erzincan, 1995 Dinar, 1998 Ceyhan, 1999 Marmara ve Düzce... 1980'li yıllarda doğmuş insanların dahi aklına kazınan bu depremlerden ulusça çok büyük yaralar aldık. 1992 Erzincan depreminden sonra Erzincan Valiliği'nin yayınladığı "Deprem ve Erzincan" adlı kitabın sonuç ve öneriler kısmında, "Artık depremle yaşamasını öğrenmeliyiz" yazısını okuduğumda hayrete düştüm... Çünkü bu söz 1999 Marmara depreminden sonra en çok sarf edilen söz olmuştu. Şimdi 2003 yılındayız ve en son Bingöl'deki depremin ardından, hala aynı sözler konuşuluyor, "Artık depremle yaşamasını öğrenmeliyiz..."

Bizlere yaşattıkları sıkıntıların yanında nasıl yapı teşkil edilmesi gerektiğini de öğreten bu depremlerin bir sonraki tekrarında "Artık depremle yaşamasını öğrendik!" diyebilmek umuduyla bu çalışmayı yaptım...

Bu çalışmaya başlamam için bana yol gösteren ve bu yolda bilgi ve desteğini benden hiç esirgemeyen saygıdeğer hocam Prof. Dr. Şerif SAYLAN'a,

Yaptığım çalışmaya değerli fikirleri ile katkıda bulunan ve tüm görüşmelerimizde bana cesaret veren saygıdeğer hocam Prof. Dr. S. Semih TEZCAN'a,

Çalışmamın çeşitli aşamalarında yardımlarına başvurduğum hocalarım; Y.Doç.Dr. Mehmet TERZİ, Y.Doç.Dr. Hasan ELÇİ ve tüm İnşaat Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerine,

Yalnızca bu çalışmada değil, yüksek lisansımın her aşamasında bilgisini benimle paylaşmakta hiçbir sakınca görmeyen, yardımını benden hiç esirgemeyen sevgili hocam Araş. Gör. Kaan TÜRKER'e,

Sakarya Vilayet Binası ile ilgili kaynaklara ulaşmamda büyük yardımlarını aldığım Y. Mimar Köksal ANADOL'a,

Yüksek lisansın ilk gününden beri el ele vererek bugüne geldiğim, en kötü günlerde dahi hep yanımda bulduğum sevgili arkadaşlarım, A. Erkan KARAMAN, L. Mustafa AŞIKKUTLU, Seray ŞENER, Kadir BALCI, Nuray GEDİK ve Sibel MACİT'e,

Yetişmemde büyük emeği olan sevgili hocam Öğr. Gör. Abdullah ALTUN SARAY ve eşi Asude ALTUN SARAY'a,

Fedakarlıkları ve bana olan emekleri kelimelerle ifade edilmeyecek kadar çok olan Annem Cemaliye ÖZKUL, Babam Mustafa ÖZKUL ve canım kardeşim Aysu'ya,

Ne kadar teşekkür etsem de azdır...

Balıkesir, 2003

Başı ÖZKUL

1. GİRİŞ

Depreme dayanıklı yapı tasarımının uluslararası felsefesi, binanın ekonomik ömrü içerisinde meydana gelebilecek en şiddetli deprem sırasında binada yapısal çökme yada göçme olmamasıdır. Bununla birlikte bu uluslararası felsefe yapısal olmayan hasarlara izin verir. Bazen yapısal olmayan elemanların aşırı hasarı yüzünden binalar depremden sonra yıkılmak zorunda kalırlar. Yanal yük taşıma sisteminin bütünüyle çökmesi beklenmemesine rağmen, yapısal elemanların, önemsiz hasara uğramasına izin verilir.

Son 10 yılda oldukça yeni bir fikir, uluslararası sismik dizayn felsefesi olarak kabul görmüştür. Bu yeni felsefeye göre binanın depremden hemen sonra kullanılabilir olması gerekmektedir. Bu sebeple, yapısal olmayan elemanların hasarı minimuma indirgenecek şekilde sınırlandırılmak zorundadır.

Yapısal olmayan hasarın oluşumu, yük taşıyan sistemin deprem sırasındaki davranışı, mukavemeti ve sünegliği ile yakından ilgilidir. Kat ötelemelerinin sınırlandırılması ve perde duvarların teşkil edilmesi ile yapısal olmayan elemanların hasarının engellenmesi fikri, eski depremlerden edinilen tecrübelerle dayanmaktadır [1].

13 Mart 1992'de saat 19.19'da Erzincan'da meydana gelen $M=6.8$ büyüklüğündeki deprem yaklaşık 20 saniye sürmüştür ve 653 canın yitirilmesine, 3850 kişinin yaralanmasına sebep olmuştur.

Merkez üssü Erzincan'a 5 km olan depremin sebep olduğu yapı hasarları oldukça fazladır. 5393 bina tamamen yıkılmış yada ağır hasara

uğramıştır. 6480 bina orta hasarlı ve 10107 bina az hasarlı olarak bu depremi atlatmışlardır.

Bu depremden sadece 41 gün sonra 24.04.1992'de California'da meydana gelen $M=7.1$ büyüklüğündeki depremde kalp krizi sonucu 1 ölü ve 15 yaralı tespit edilmiş, tamamen yıkılan bina olmamıştır. Erzincan'da meydana gelen depremden 2-3 kat daha büyük olan bu depremi California'nın bu denli az kayıp ile atlatabilmiş olması bizim açımızdan oldukça düşündürücüdür [2].

1 Ekim 1995'de meydana gelen Dinar depremi 95 kişinin yitimine 200 kişinin yaralanmasına sebep olmuştur. Depremde 4340 ağır hasarlı, 3712 orta hasarlı ve 6104 hafif hasarlı bina rapor edilmiştir [3,4].

27 Haziran 1998'de meydana gelen Adana-Ceyhan depreminde 290 can kaybı ve 1388 ağır hasarlı bina rapor edilmiştir. Hasarlı binalar sebebi ile kaybımız yaklaşık 750 Milyon Amerikan Doları olarak hesaplanmış, depremin ülke ekonomisine vermiş olduğu olumsuzluklar nedeni ile toplam kaybımız yaklaşık 1.3 Milyar Dolar olarak hesaplanmıştır [5].

17 Ağustos 1999 Marmara depremi 40000 hayatın yitirilmesine, 150000 kişinin yaralanmasına ve 5000 binanın tamamıyla yıkılmasına sebep olmuştur. Bu deprem Gölcük, İzmit, Düzce, Yalova, Adapazarı ve İstanbul'da çeşitli yapısal hasarlara sebep olmuştur. Ana deprem Türkiye'nin batısında hissedilmiştir. Sadece yapısal hasarlar nedeni ile oluşan ekonomik kayıp 20 Milyar Amerikan Dolarıdır [6].

Ülkemizi ekonomik olarak böylesine etkileyen, binlerce vatandaşımızın hayatına son veren, milyonlarca insanımızın yaralanmasına sebep olan bu depremlerin hasar raporlarında ön plana çıkan en önemli yapısal sorun planda yeterli betonarme perde kullanılmaması ve çok düşük basınç dayanımına sahip beton kullanımı olmuştur.

Çeşitli yazarlar yayınlarında bölme duvar, alçı kaplama gibi ikincil elemanların hasarlarının kontrolü için perde duvar ve/veya kutu sistemleri çok güçlü şekilde savunmaktadır. Bu tespit, onların geçmiş depremlerdeki çok sayıdaki betonarme binanın dikkatli gözlemlerine dayanmaktadır. Bu yazarlardan biri, Mark FİNTEL şöyle söylemektedir;

“...Deprem mühendisliğinin ana kaygısı çökmeye karşı gerekli olan güvenlidir. Güvenliğe ek olarak hasar kontrolü bizim ana amacımız olmalıdır.

Çok katlı betonarme binaların depremler sırasındaki davranışına bakılırsa, hasar kontrolünü sağlamak için sünek perde duvarlar deprem bölgelerinde en iyi çözüm olarak görünmektedir.”

Dünyadaki hemen hemen tüm ülkelerin deprem şartnamelerinde binaların görelî kat ötelemeleri için bazı limitleri vardır. Fakat bu şartnameler yapısal olmayan elemanların hasarını kontrol etmek için yeterli değildirler. Bu sınırlamalar yapısal sistemi moment aktarabilen çerçevelerden perde duvarlara yönlendirmeyi amaçlar.

Moment taşıyan bir betonarme çerçeve yapı tüm kuvvet ve düktilite gereksinimleri, kat ötelemesi limitleri kadar tatmin edebilir, fakat kuvvetli bir deprem sırasındaki ikincil hasarlar öyle büyük olabilir ki binayı tamir etmek ve kuvvetlendirmek için gereken masraflar yıkıp yeniden yapmanın maliyetinden daha fazla olabilir.

Bununla birlikte eğer yapı yanal yükleri taşıyacak şekilde perde duvarlı olarak dizayn edilseydi, yapısal ve yapısal olmayan hasarlar az olduğundan bina depremden hemen sonra kullanıma hazır olacaktı. Moment aktarabilen çerçevelere betonarme perdeler eklenmesi ile görelî kat ötelemeleri önemli ölçüde sınırlandırılabilir. Bu yüzden, yapıda betonarme perde kullanımı ile yapısal olmayan elemanların hasarı kontrol edilebilir ve yapı depremden hemen sonra kullanılabilir.

Kat ötelemesi sınırı, S_m , hemen hemen tüm deprem şartnamelerinde belirtilmiştir. Fakat yapısal olmayan hasarları direk kontrol altına almak için tasarlanmış tek parametre olarak gözükmemektedir. Romanya ve Kolombiya deprem şartnameleri bu görüşe göre en katı şartnamelerdir. Romanya deprem şartnamesinde kat ötelemesi sınırı moment aktarabilen çerçevede yapısal olmayan elemanların yapıya izole edilmeden eklendiği durumda, $S_m=0.0035/R=0.0035/5=0.0007$ 'dir. Kolombiya şartnamesinde ise bu parametre $S_m=0.0150/R=0.0150/11.2=0.0013$ 'dür. Buna zıt olarak, Avustralya ve Hindistan şartnameleri çok düşük taban kesme katsayısı belirtmelerine rağmen kat ötelemesine daha yüksek sınırlamalar getirmişlerdir. Avustralya ve Hindistan deprem şartnamelerinde moment aktarabilen çerçeve sisteme izole edilmeden yapılan birleşimler için kat ötelemesi sınırı sırasıyla, $S_m=0.0050/R=0.0050/1.5=0.0033$ ve 0.0040 'dır [7].

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Yapılan çalışmada, yapıların deprem hesabı için yeni yeni gündeme gelmekte olan kullanılabilirlik kriteri incelenmiştir. Binalarda yatay yer değiştirmelerin sınırlandırılarak boyutlandırma yapılmasının hem güvenli hem de basit bir yaklaşım olduğu daha önceki çalışmalarda çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur.

Bu çalışmanın amacı; kullanılabilirlik kriterini uygulayarak, deprem bölgelerine göre, yapı maliyetinin nasıl bir artış gösterebileceğini ortaya koymaktır. Ayrıca yine önceki depremlerde yaşananlardan dersler çıkartarak bundan sonraki statik analizlerde bu kavrama dayalı olarak hesap yapmanın olumlu ve olumsuz yanları ortaya konulmaya çalışılacaktır.

Çalışmanın ilk bölümünde, kullanılabilirlik kavramına yer verilmiştir. İkinci bölümde, daha önceki bir depremde hasara uğramış ve depremden hemen sonra kullanılabilir şekilde depremi hasarsız olarak atlattığı birbirine çok yakın iki yapının yapı sitemlerindeki temel farklar ile ilgili çalışmalar

incelenmiştir. Üçüncü bölümde, daha önceki çalışmalarda incelenmiş olan dünyadaki çeşitli ülkelerin deprem şartnamesi koşullarına yer verilmiştir. Dördüncü bölümde yine daha önceki çalışmalarda da ortaya konulmuş olan Amerikan ve Japon sistemlerinin karşılaştırılması irdelenmiştir.

Beşinci bölümde, 17 Ağustos 1999 depremini hasarsız denilebilecek şekilde atlatan Sakarya Vilayet Binası'nın deprem davranışı bilgisayar ile simüle edilerek yatay yer değiştirmeleri incelenmiştir. Aynı yapının 22 Temmuz 1967 Akyazı depreminde büyük ölçüde hasara uğramış olan yapı sistemi de yine bilgisayar simülasyonu yardımı ile statik analizi yapılarak, her iki binanın kullanılabilirlik kriteri ile olan ilişkileri incelenmiştir.

Altıncı bölümde, deprem bölgelerine göre yapının kat adedi ve yapı yüksekliğinin kullanılabilirlik kriteri ile olan ilişkisi incelenmiştir.

Yedinci bölümde, seçilen iki yapının, aynı kat planı ve farklı yapı yükseklikleri için iki farklı deprem bölgesinde statik analizleri yapılmıştır. Kullanılabilirlik kriterini sağlamayan yapıların taşıyıcı sistemleri perde+çerçeve sistem olarak seçilerek, yeniden statik analizleri yapılmış ve maliyet artışının ne mertebede olacağı bulunmuştur.

1.2 Konu İle İlgili Daha Önce Yapılan Çalışmaların İncelenmesi

Betonarme yapıların deprem etkilerine karşı olan dayanımlarının incelendiği çalışmalardan biri olan "Serviceability Considerations in Earthquake Resistant Design of Buildings" isimli yüksek lisans tezinde taşıyıcı sistemi tamamen çerçevelerden oluşan 10 katlı bir konut yapısı seçilmiştir. Bina kullanılabilirlik kriterlerini sağlayacak biçimde perdelerle takviye edilmiş ve bu iki sistemin maliyet farkları incelenmiştir. Perdelerin getireceği ek masrafın, çerçeveli bina maliyetinin yüzde biri civarında olacağı hesaplanmıştır [7].

“Earthquake Resistance of Reinforced Concrete Structures” isimli yüksek lisans tezinde yapı planındaki düşey taşıyıcılar ile kat ötelemeleri arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. Göreli kat ötelemesine dayalı hesap yönteminin çok uygun bir araç olduğu görülmüş ve önerilen metotların etkili, kolay uygulanabilir ve sismik zarar görme değerlendirilmelerinde kullanılabilir olduğu öne sürülmüştür [8].

“Damage Control Indices for Reinforced Concrete Buildings” isimli çalışmada yapısal olmayan hasarları kontrol altında tutabilecek olan bir hasar kontrol endeksi tarif edilmiştir. Yeni bir kullanılabilirlik kriteri önerisi olan bu endeksin etkinliğini ve kullanıma tekniğini açıklamak üzere, deprem tecrübesi geçirmiş üç ayrı betonarme bina örnek olarak incelenmiştir [1].

“Drift Control and Damage in Tall Buildings” isimli çalışmada, çeşitli ülkelerin deprem yönetmeliklerindeki rölatif kat ötelemesi oranlarına ait sınırlamalar gözden geçirilmiştir. Betonarme binalarda deprem güvencesi ve özellikle ikinci derece elemanların hasar görme ihtimali, mukavemet, düktilite ve enerji yutabilme gibi yeteneklerinin yanı sıra, rölatif kat ötelemelerindeki sınırlama ile çok yakından ilişkili olduğu ortaya konulmuştur [9].

“Importance of Deflection Criteria in Aseismic Design of Buildings” isimli çalışmada, bir yapının yatay yüklere karşı direnci, düktilitesi ve enerji yutabilme özelliklerinin yanı sıra, yapısal ve yapısal olmayan elemanların hasarlarını önleyebilmek için, kat arası deplasmanlarını belli sınırlar içinde tutabilme yeteneğinin son derece önem taşıdığı kanıtlanmıştır. Bu çalışmada hem yapısal hem de yapısal olmayan elemanlardaki hasarları önleyebilmek veya minimumda tutabilmek üzere, yapının deprem hesabı sırasında bilinçli bir şekilde göz önünde bulundurulması gereken bazı yatay deplasman sınırlamaları ve hasar kontrol endeksi kriterleri önerilmiştir [10].

1.3 Kullanılabilirlik Kavramı

Japonya'nın güneyinde Kobe-Osaka şehirlerinde ve civarında çok önemli hasara neden olan $M=7.2$ büyüklüğündeki 17 Ocak 1995 depreminin bilançosunda 5100 can kaybı, 26000 yaralı, 300000 evsiz insan ve 100000 orta ve ağır hasarlı bina vardır. Kobe depremi, 1923 Tokyo Büyük Kanto depreminden sonra Japonya'da en fazla can kaybına, bina hasarına ve ekonomik kayıplara neden olan bir depremdir [11].

Avrasya Plakası ile Kuzey Amerika Plakasının Izu-Itoigawa hattı boyunca çarpışması neticesinde Avrasya Plakasının Doğu-Batı yönünde kısalması bölgede tarih boyunca birçok yanal atımlı deprem yaratmıştır. (1981 $M=8$ Nobi depremi; 1927 $M=7,3$; 1943 $M=7,2$ Tottori depremi; 1948 $M=7,1$ Fukui depremi gibi). Kobe depremi de benzer plaka hareketleri sonucunda oluşmuştur.

Kobe şehrindeki toplam nüfusun yaklaşık %0,25'i depremde hayatını kaybetmiştir. 1992 Erzincan depremindeki can kayıplarının nüfusa oranı, Erzincan şehri için %0,57 olmuştur. Bu oran Kobe şehrinin iki katından fazladır. Kobe şehrindeki can kayıplarının %90'ı bir veya iki katlı konutların yıkılmasından (ve kısmen de yanmasından) meydana gelmiştir ve coğrafi olarak oldukça düzenli bir dağılım göstermektedir. Erzincan şehrinde ise can kayıplarının %90'ı yaklaşık 10 adet çok katlı betonarme binanın yıkılmasından kaynaklanmıştır [12].

Odak derinliği sadece 10 kilometre olan Kobe depremi yaklaşık 60 km^2 'lik bir alanda oluşmuştur. Betonarme binalarda en ağır hasarlar Kobe'nin Sannomiya sahilindeki iş merkezinde yoğunlaşmıştır. Genelde, 1980 öncesi inşa edilmiş betonarme binalardan yıkılmayan yok gibidir. 1980 sonrası inşa edilen yüksek katlı binalarda ise hasar yok denecek kadar azdır. Bunun sebebi, 1980 sonrası Japonya'da kat ötelemelerine oldukça sıkı

sınırlandırmalar getirmiş olan yeni bir yönetmeliğin uygulanmaya başlanmış olmasıdır.

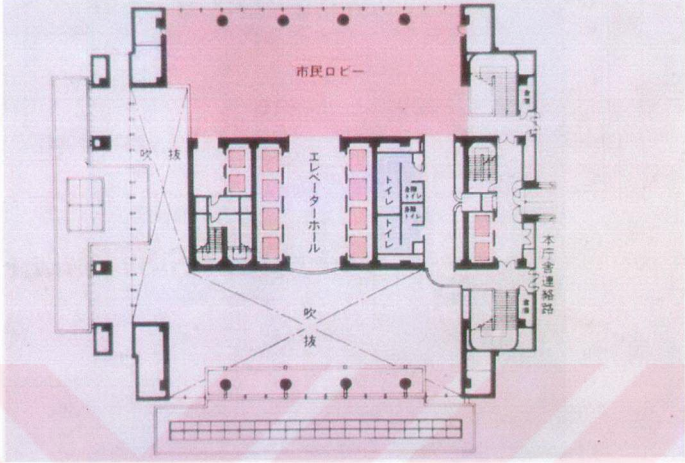
Hiç hasar görmeden, depremi birkaç kılcal çatlakla veya bir iki mermer kaplama plakasının kırılması ile atlatan, yüksek katlı betonarme binalar "Kullanılabilirlik" kavramının en belirgin örnekleridir.

Kobe depreminde şehir merkezinde tüm eski betonarme binalar yerle bir olurken, aralara serpiştirilmiş ve hiç hasar görmemiş bu yüksek katlı betonarme binaların yakından yapılan incelemeleri göstermiştir ki, bu binaların hepsinde kolonlar, çelik kutu profil üzerine betonarme kılıf geçirmek sureti ile, kompozit olarak inşa edilmişlerdir. Bu binaların asansör ve merdiven kovalarının etrafında betonarme çekirdek perdelerinin bulunduğunu belirtmekte yarar vardır.

Zemin üstüne 58 katlı betonarme bir bina olan ve Şekil 1.1'de gösterilen Kobe Belediye Binası, depremde hiçbir hasar görmemiştir. Sadece, giriş katında asansör çekirdeği etrafındaki perde duvarın bazı mermer kaplamaları çatlamıştır. Etrafındaki betonarme binalarda hasar varken, özellikle hemen yanındaki sekiz katlı eski Belediye Binası'nda bir orta katın ani göçmesi sonucu büyük hasar meydana gelmişken, bu yüksek katlı betonarme binanın mükemmel davranışı "Kullanılabilirlik" kriterinin başka bir örneğidir. Bu binanın tipik bir kat planı ve tüp içinde tüp şeklinde düzenlenen perde duvar sistemi Şekil 1.2'de gösterilmiştir. Yapılan hesaplar bu yüksek katlı binanın kat arası deplasmanlarının, yönetmelik sınırlarının çok altında kaldığını göstermiştir. Dolayısı ile, binanın depremde hiç hasar görmemesinin ve depremden sonra hemen kullanılabilir olmasının tek sebebi, kat arası deplasmanlarını önemli ölçüde sınırlayan deprem perdeleridir.



Şekil 1.1 Kobe Belediye Binası (17 Ocak 1995 Kobe Depremi, $M=7.2$)



Şekil 1.2 Kobe Belediye Binası'nın Tipik Bir Kat Planı

Dünyada hemen hemen tüm ülkelerin Deprem Yönetmeliklerinin öngördüğü geleneksel tasarım ilkesi özetle şöyledir;

"Binanın ömrü boyunca meydana gelebilecek en şiddetli depremde, can kaybını önlemek amacı ile, binanın kısmen veya tamamen göçmesi önlenmelidir. Bu esnada, bölme duvarları, dolgu duvarları, sıva ve kaplamalar gibi yapısal olmayan elemanlar ağır hasar görebilirler. Binanın yatay ve düşey yük taşıyıcı sisteminde bazı çatlaklar meydana gelmesine, hatta yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabilecek düzeyde kalmasına izin verilir. Ancak, taşıyıcı sistemde herhangi bir göçme olmamalıdır."

Bu tasarım ilkesi Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde (1998) Kısım 5.1.2'de hemen hemen aynı şekilde yer almıştır. Görülüyor ki, yapısal olmayan elemanlarda ağır hasar, yapısal elemanlarda ise mafsallaşma ile sınırlı, göçme önlenmiş hafif hasar, başarılı bir deprem davranışı olarak kabul

edilmektedir. Ancak, yapısal ve yapısal olmayan hasarların onarılması ve binanın ileride meydana gelebilecek şiddetli bir depreme karşı güçlendirilmesi için gerekli masraf binanın yenileme maliyetinin %30 ila %70 arasında olabilir. Fakat, binanın deprem sırasındaki davranışı hala "başarılı" sayılmaktadır.

İşte bu onarım ve güçlendirme zorluklarını ortadan kaldırmak ve binanın depremden hemen sonra fonksiyonel hale gelmesini sağlamak amacı ile yeni bir tasarım felsefesi olan, "Kullanılabilirlik" ilkesi getirilmiştir. Kullanılabilirlik ilkesine göre tasarımılanmış binalar, şiddetli bir depremden hemen sonra hizmete sokulmaktadır. Bu kritere göre tasarımılanmış binalarda deprem hasarı, tüm bina maliyetinin %1 ila %2'sini geçmeyecek kadar az olmaktadır. Hasarın bu kadar küçük olmasının sebebi, binanın kat arası rölatif deplasmanlarının çok dar sınırlar içinde tutulmasıdır.

Kat arası rölatif deplasmanların geleneksel ve "Kullanılabilirlik" tasarım ilkelerine göre üst sınırları Tablo 1.1'de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Bu tablodan görüleceği üzere, bir binanın "Kullanılabilirlik" ilkesine göre tasarımında, kat arası deplasmanları oranı, geleneksel tasarım ilkesine göre müsaade edilen sınırların ikibuçukta biri kadardır. Bu nedenle "Kullanılabilirlik" ilkesine göre tasarım daima ekstra boyutlu kolonlara ve ekstra deprem perdelerine ihtiyaç gösterir [11].

Tablo 1.1 Kat Arası Deplasmanları ve Tasarım İlkeleri

NO	KRİTER	GENEL TASARIM İLKESİ	KULLANILABİLİRLİK İLKESİ	ORAN
		(A)	(B)	(A/B)
1	Maksimum Çatı Yer Değiştirmesi	$0.0035 H$ $0.02 H / R$	$0.0007 H$	5.0
2	Maksimum Kat Arası Deplasmanı	----	4 mm	----
3	Maksimum Kat Arası Deplasmanı Oranı	0.0035 $0.02 / R$	0.0014 ----	2.5 ----
4	Kontrol Endeks' i	----	120	----

H= Binanın toplam yüksekliği

R= Yapısal davranış katsayısı

2. KULLANILABİLİRLİK İÇİN GERÇEK BİR ÖRNEK

2.1 Managua, Nikaragua Depremi

23 Aralık 1972'de Managua'da meydana gelen deprem orta şiddetli (M=6.5) bir deprem olmasına karşılık çok ağır hasara sebep olmuştur. Deprem gerçekleştiği nokta şehrin tam altında ve yüzeye yakın olması sebebiyle son derece büyük hasar meydana gelmiştir. En büyük hasar tahta plakların arasında kerpiç içeren yapılarda meydana gelmiştir. 9000 ölü, çoğunluğu kerpiç 500 hasar görmüş blok rapor edilmiştir. Bu raporda 1450 ölü bırakan 1931 depreminden beri son 40 yılda inşa edilmiş 150-200 arasında bir ila dört katlı beton bina vardır. Bu binaların çoğu yıkılmış yada kısmen zarar görmüştür. Nikaragua'da deprem şartnamesinin olmadığı yıllarda binalar yatay kuvvetler göz önüne alınmaksızın ve binaların deprem davranışı bir mühendis değerlendirmesine tabii olmaksızın inşa edilmişlerdir. Bu sebeple, söz konusu binaların hasar görmesi sürpriz bir sonuç değildir.

Managua depremini özel yapan, çok katlı modern binaların davranışlarıdır. Bu binalar Amerika ve Kanada'daki modern binalar ile aynı şekilde inşa edilmişler ve en katı deprem şartnamesi olan Amerika Batı Kıyısı Şartnamesi'ne göre dizayn edilmişlerdir.

Mark Fintel'in bu binalar üzerindeki incelemesi, betonarme perde duvarların ve hasar kontrolünün önemini göstermiştir. Şekil 2.1'de gösterilen iki yüksek katlı binanın farklı davranışları, Banco Central de Nicaragua ve Banco de America, mühendislere kullanılabilirliğin anlamını açıklamak için önemli bir örnektir.

Bu iki bina birbirlerinin karşı köşelerinde çapraz olarak yerleştirilmişlerdir. İki binanın yapı sistemleri birbirlerinden oldukça farklıdır. Her iki yapıda dikkatli bir şekilde inşa edilmiş, her ikisi de aynı deprem kuşağına tabi olmuştur. Birinin yapı sistemi, geleneksel moment aktarabilen çerçeve (Banco Central de Nicaragua), diğ erinin ise perde duvar-çerçeve dir (Banco de America) [13].

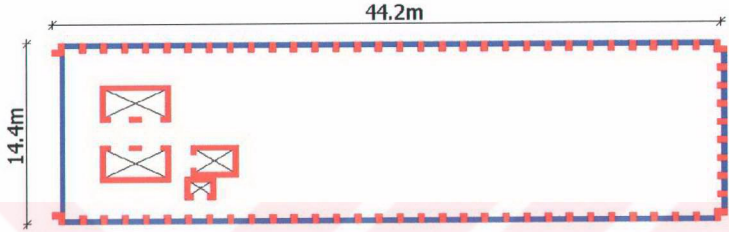


Şekil 2.1 Banco Central De Nicaragua ve Banco De America Binaları

Planı Şekil 2.2'de verilmiş olan Banco Central de Nicaragua binası iki bodrumlu, çatısında eksantrik yerleşmiş bir çatı katı bulunan 15 katlı bir binadır. Asansör ve merdiven kovası, kat planlarında eksantrik yerleştirilmiştir.

1960'lı yılların başlarında inşa edilen Banco Central de Nicaragua binasında esas taşıyıcı sistem yaklaşık 14 metre açıklığındaki kirişleri taşıyan kolonlardan ibarettir. Kat planında rijitlikler simetrik dağıtılmamış, asansör ve merdiven kovası etrafındaki perde duvar eksantrisite yaratmıştır. Çerçevenin esnekliği nedeni ile binada önemli yatay deplasmanlar ve dolayısı ile önemli hasarlar meydana gelmiştir. Tavanda, bölme duvarlarında, cephe

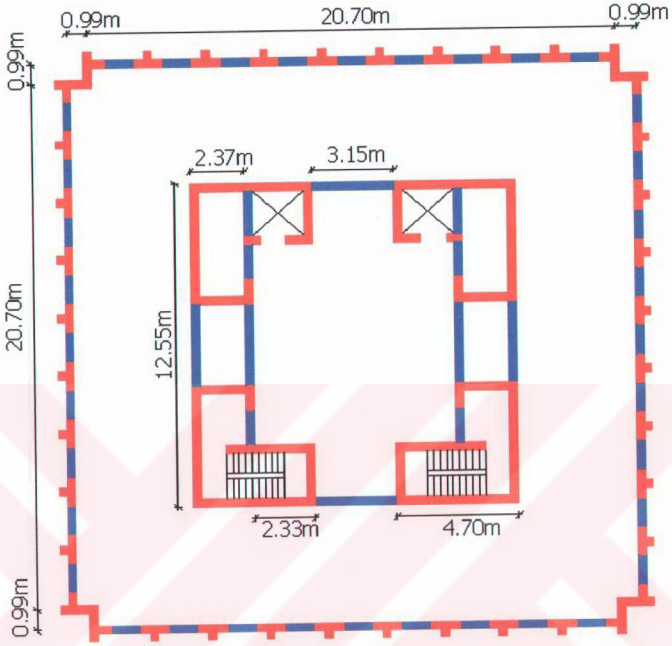
duvarlarında meydana gelen göçmeler o kadar şiddetli olmuştur ki; depremden sonra, binanın taşıyıcı sistemini oluşturan kolon-kiriş birleşim noktalarında, onarım kabul edilmeyecek nitelikte hasarlar oluşmuş ve binanın zemin üstünde kalan katları depremden sonra yıktırılmıştır.



Şekil 2.2 Banco Central De Nicaragua Binası Tipik Kat Planı

Oysa, planı Şekil 2.3'de verilen 18 katlı Banco de America binası deprem sırasında harika bir performans sergilemiştir. Deprem esnasında mobilyalar bile devrilmemiş, yalnızca bazı kitaplar raflardan düşmüştür. Bina, depremi yapısal olmayan çok hafif hasarlarla atlattığı ve ufak bazı onarımlarla bir hafta gibi kısa bir süre içinde hizmete sunulmuştur.

Banco de America binası, dıştan betonarme kolonlarla çevrili, içte asansör ve merdiven kovanı etrafına yerleştirilmiş dört adet L şeklinde betonarme kutu perde sisteme sahip olan bir binadır. Planda ve yükseklik boyunca hem kütleler hem de rijitliklerin dağılışı bakımından iki yönlü simetriye sahiptir. Depremi, perde duvarlarındaki bazı kılcal çatlakların oluşması dışında hiç hasar görmeden atlatabilmesinin nedeni, binanın simetrik olması ve çok rijit bir perde sistemi ile dizayn edilmesidir. Birbirine bu kadar yakın bu iki binanın deprem davranışlarındaki bu tezat durum, perde+çerçeve sistemlerde, betonarme perdelerin yapıda burulmaya sebebiyet vermeyecek şekilde yerleştirilmesi durumunda, deprem davranışlarının çok başarılı olduğunun bariz bir kanıtıdır [11,13].



Şekil 2.3 Banco De America Binası Tipik Kat Planı

2.2 İki Bina'nın Performans Simülasyonu

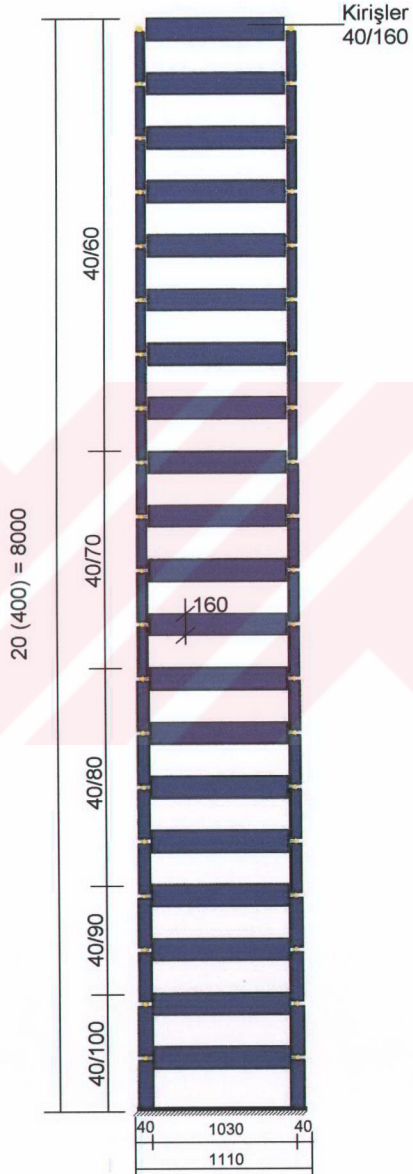
Banco de Central Nicaragua ve Banco de America binalarının performansını simüle etmek için 20 katlı bir bina örneği seçilmiştir. İki farklı yapısal sistem kullanılmıştır. Bu sistemlerden biri çerçeve sistem diğeri ise perdeli sistemdir. Seçilen yapısal sistemler Banco de Central Nicaragua ve Banco de America binalarına çok benzerdir. Her iki sistemde de döşeme alanı 400 m^2 'dir. Tipik moment aktarabilen çerçeve sistemin kesiti Şekil 2.4'de, planı Şekil 2.5'de, perdeli çerçeve sistemin kesiti Şekil 2.6'da, planı ise Şekil 2.7'de verilmiştir.

Moment aktarabilen çerçeve sistemde kolonların döşeme alanına oranı bodrum katında %3.2, ilk katta %2.5 dur. Bununla birlikte perdeli çerçeve sistemin zemin katında perde duvarların döşeme alanına oranı %5.6 ve daha üst katlarda ise %4.1'dir.

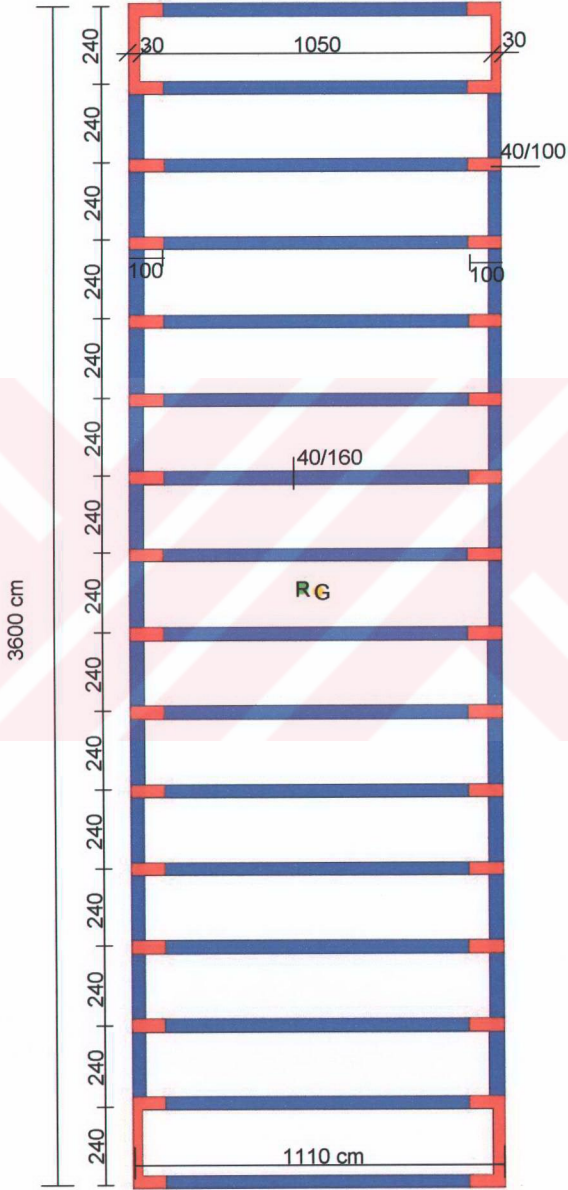
Yapının I. derece deprem bölgesinde dizayn edildiği varsayılmaktadır. 1998 Türk Deprem Şartnamesinde tanımlanan yöntem izlenmiştir. Yanal ötelemeler ile birlikte kat ötelemeleri hesaplanmış ve Tablo 2.1'de listelenmiştir. Aynı değerler Şekil 2.8 ve Şekil 2.9'da da gösterilmiştir.

Çerçeve sistemde sadece tipik bir iç çerçeve analiz edilmiştir. Bununla birlikte perdeli sistemde simetri nedeniyle bir buçuk betonarme perde bulunan düzlem çerçeve analiz edilmiştir. Kenardaki kolonlar düzlem çerçeve olarak hesaba katılmıştır ve perde duvarlara döşeme seviyesinde mafsallar ile eklenmiştir.

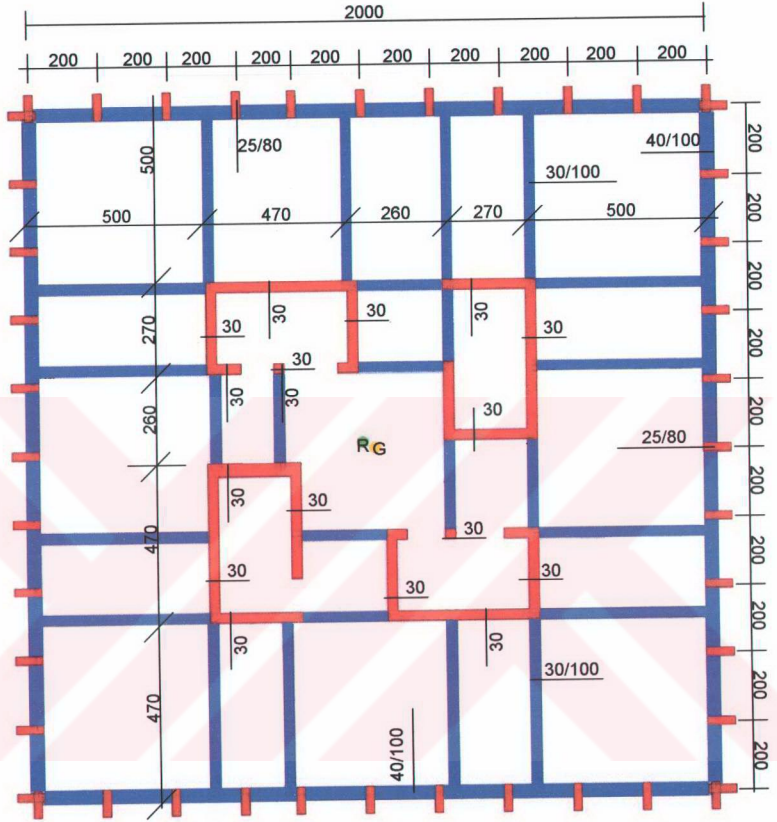
Şekil 2.10 ve Şekil 2.11'den yanal ötelemeler ve kat ötelemelerinin perdeli sistemde beklendiği gibi sınırlandırıldığı açıkça görülmektedir. Perde duvar-çerçeve etkileşimli sistemler yanal yüklerle karşı en etkili sistemlerdir [7].



Şekil 2.4 Moment Aktarabilen Çerçeve Sistem Kesiti (20 Katlı Bina)



Şekil 2.5 Moment Aktarabilen Çerçeve Sistem Kat Planı (20 Katlı Bina)

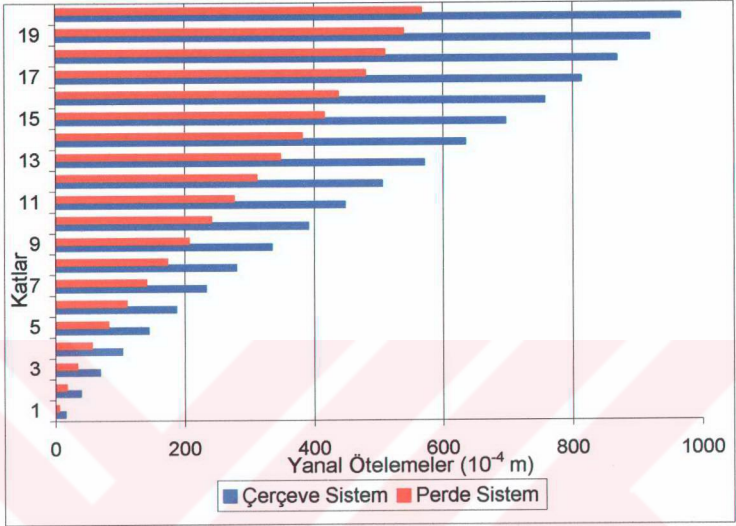


Şekil 2.7 Perde-Çerçeve Sistem Kesiti (20 Katlı Bina)

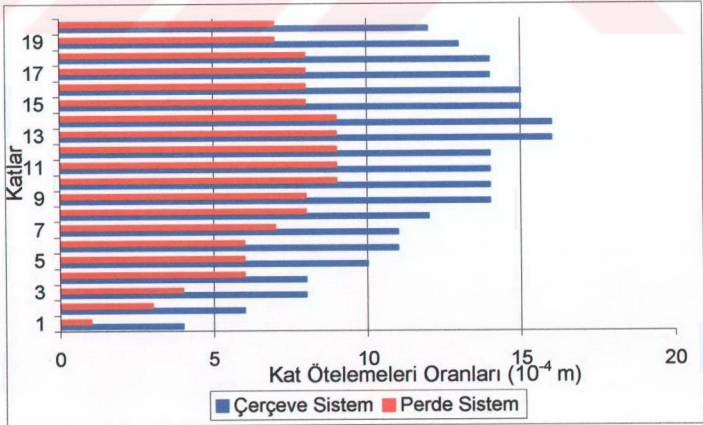
- R = Rijitlik Merkezi
- G = Ağırlık Merkezi

Tablo 2.1 Yatay Ötelemeler ve Kat Ötelemeleri Oranları [7]

Kat	ÇERÇEVE SİSTEM		PERDE SİSTEM	
	Yanal Öteleme (mm)	Kat Ötelemesi Oranı	Yanal Öteleme (mm)	Kat Ötelemesi Oranı
1	1,5	0,0004	0,5	0,0001
2	3,9	0,0006	1,7	0,0003
3	6,9	0,0008	3,4	0,0004
4	10,3	0,0008	5,6	0,0006
5	14,4	0,0010	8,2	0,0006
6	18,7	0,0011	11,0	0,0006
7	23,3	0,0011	14,1	0,0007
8	28,0	0,0012	17,3	0,0008
9	33,5	0,0014	20,7	0,0008
10	39,1	0,0014	24,2	0,0009
11	44,8	0,0014	27,7	0,0009
12	50,5	0,0014	31,2	0,0009
13	57,0	0,0016	34,8	0,0009
14	63,4	0,0016	38,2	0,0009
15	69,6	0,0015	41,6	0,0008
16	75,6	0,0015	43,8	0,0008
17	81,3	0,0014	48,0	0,0008
18	86,8	0,0014	51,0	0,0008
19	91,9	0,0013	53,9	0,0007
20	96,6	0,0012	56,7	0,0007



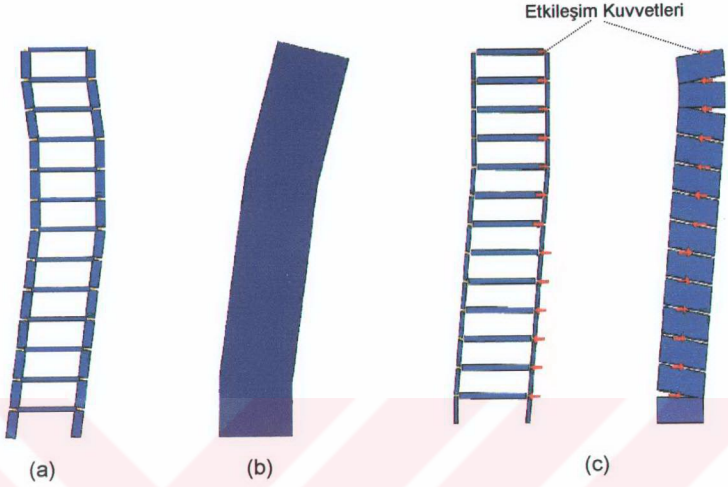
Şekil 2.8 Yanal Ötelemeler (20 Katlı Bina) [7]



Şekil 2.9 Kat Ötelemeleri (20 Katlı Bina) [7]

2.3 Perde Duvar-Çerçeve Etkileşimi

Çok katlı yapılara ait taşıyıcı sistemlerin yatay yükler altında deformasyonu iki farklı şekilde tanımlanabilir. Kirişleri sonsuz rijit kabul edilen çerçevelerin yatay yük altındaki deplasmanı Şekil 2.10(a)'da gösterildiği gibi kayma deformasyonları şeklinde oluşur. Burada rijit kirişler düğüm noktalarının dönmesine engel olduğundan, kolonların alt ve üst uçlarında dönme sıfırdır. Kat kesme kuvvetleri, kolon uçlarının yatay yönde rölatif deplasman yapmasına neden olur. Moment sıfır noktaları kolon ortalarında oluşur. Şekil 2.10(b)'de gösterilen perde ise, yatay yükler altında bir konsol kiriş gibi davrandığından, esas olarak eğilme deformasyonlarına maruzdur. Kayma deformasyonlarının özelliği, kirişlerin deformasyondan sonra yatay kalmasına karşın, eğilme deformasyonlarının özelliği, yatay kesitlerin eğilmeden sonra doğrusal konsolun (perde) tarafsız eksenini etrafında dönmesidir. Eğilme deformasyonları döşemelerin perdelerle mafsallarla bağlandığı kabul edilen sistemlerde görülür. Perde-çerçeve etkileşimli yapılardaki yatay deformasyon kayma ve eğilme deformasyonlarının arasında bir durumdadır. Genel olarak Şekil 2.10(c)'de görüldüğü gibi perde ve çerçeveler arasında üst katlarda çekme ve alt katlarda basınç kuvvetleri oluşur [14].



Şekil 2.10 Perde-Çerçeve Sistemlerin Yatay Yükler Altındaki Davranışları

2.4 Yatay Deplasmanların Sınırlandırılması ve Düktilite

Türkiye’de meydana gelen eski depremlerde yapılan gözlemlerden yapısal hasarların genel olarak aşırı yatay öteleme oranı yüzünden meydana geldiği görülmüştür. Bu noktada yapılarda yeterli rijitlik ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu tip yapılar düktil olmayan yapılar olarak sınıflandırılabilir [8,15].

Düktilite, çok büyük deformasyonlar altındaki yapının, davranışının belirlenmesi için yapısal bir tercihtir ve binanın tüm yapısal elemanları ile ilişkilidir. Düktilite, önemli rijitlik kaybına neden olmaksızın yapının yüksek deformasyon yapabileceğini ifade eder. Bu özellik yapının sismik dizaynı için gereklidir çünkü yapı yüksek deformasyonlar altında rijitlik kaybına uğramaksızın ayakta kalmalı ve mümkün olduğu kadar çabuk, giren enerjiyi yutmalıdır. Yüksek yapılarda deprem dizaynı için yapılacak perde duvarlar mutlaka yeterli düktiliteye sahip olmalıdırlar [16].

Deprem yönetmeliğimizde düktil çerçeve türü yapılar için öngörülen çok küçük deprem yükü değerleri, eğer yapı gerçekten sağlıklı ve düktil bir davranış sergilerse taşıma gücü ve stabilitesini yitirmeksizin büyük deformasyonlar yapabilir ve böylece yeterli enerji tüketebilirse, sağlıklı sonuç verebilir. Bu nedenle, düktiliteyi sağlamaya yönelik, sistem seçimi ve donatı detaylandırma koşulları çok büyük önem taşır. Erzincan ve Dinar'da yapılan incelemelerin tümünde, öngörülen sargı donatısının neredeyse hiçbir yapıda kullanılmadığını; yapıların yeterli yanal rijitlik taşımadığını, yumuşak kat, kısa kolon, güçlü kiriş-zayıf kolon gibi sistem kusurlarının çok yaygın olduğu belirlenmiştir. Oysa Erzincan'da taşıyıcı sisteminde betonarme perde bulunan yapıların depremi hasarsız yada kolay onarılabilir hasarla atlattığı olduğu dikkati çekmiştir. Bu gözlem, perde etkisiyle yanal rijitliği yeterli düzeyde olan yapıların daha sağlıklı davranış gösterdiğini, hatta bu yapılarda, düktilite sağlamaya yönelik önlemlerin gerektiği gibi alınmamış olsa bile büyük sakınca yaratmadığını belirtmektedir.

Yapı hasarı, genellikle yetersiz yanal rijitlik sonucu oluşan aşırı yanal deplasmanlardan kaynaklanmaktadır. Düktil olmayan çerçeveler bu düzeydeki yanal deplasmanlara uyum sağlayamayarak ağır hasara uğramaktadırlar. Oysa betonarme perde duvarlar yanal deplasmanı sınırlayarak bu sorunun çözümüne büyük ölçüde yardımcı olabilmektedir [15].

Deprem tehlikesine maruz yapıların hesabında ve mevcut yapıların güvenlik tahkiklerinde kuvvet yerine yer değiştirmelerin kontrol altında tutulması düşüncesi, sayıları gittikçe artan bir taraftar kitlesi bulmaktadır [17].

Bazı ülkelerde yapılan çalışmalar sismik dizayn yaklaşımını deplasmana dayalı olarak değiştirmek üzere yoğunlaşmıştır. Amerika bu yönde hareket etmektedir [8,18].

2.5 Betonarme Perdeli Sistemlerin Deprem Davranışları

Perdeler rijitlikleri nedeniyle yatay etkilerin önemli bir kısmını karşıladıkları gibi, çerçeve taşıyıcı sisteminin yatay yer değiştirmesini sınırlayarak deprem etkisinde taşıyıcı olan yada olmayan elemanlarda hasarın sınırlı kalmasını sağlarlar. Ayrıca, katlar arası yatay yer değiştirmelerin sınırlandırılması ile çerçeve sistemde ikinci mertebe etkilerinin büyümesini önlerler [19].

1999 Marmara depreminde yatay yük dayanımı yüksek betonarme perdeler ile inşa edilen binalar oldukça güzel performans sergilemişlerdir. Bazı yapılar, perde duvarları yatay yer değiştirmeleri yeteri kadar sınırlandırabilecek rijitlikte olmadığı için hasar görmüşlerdir. Taşıyıcı sistemde betonarme perde bulunan yapılarda kat göçmesi meydana gelmemiştir. Gölcük çevresinde çerçeve sistem ile inşa edilmiş tüm binaların göçmesine karşın taşıyıcı sistemde betonarme perde duvar bulunan binanın ayakta kalması perde duvarların deprem dizaynında ne kadar büyük bir öneme sahip olduklarını gözler önüne sermiştir [20].

1985 Şili depreminde ($M=7.8$) depremin merkezine 80 km uzakta bulunan Vina del Mar ve çevresinde 6 ila 23 katlı 165 den fazla bina bulunuyordu. Bu binaların %98'i yatay yüklere karşı dayanımı yüksek olan betonarme perdeler ile inşa edilmişti. Yapıların Taşıyıcı sistemlerinde bulunan betonarme perdelerin deprem sırasındaki başarılı davranışları bu depremde açıkça görülmüştür. Vina del Mar'da yapısal hasarlar yok denecek kadar az olmuştur. Sadece 5 binada ağır hasar meydana gelmiş, 8 orta hasarlı, 21 az hasarlı yapı tespit edilmiştir. Toplam yapı adedinin %80'ini teşkil eden 131 binada hiç hasar meydana gelmemiştir. Bu depremde yer değiştirmeler yapısal hasarların önlenmesi için bir kontrol endeksi olarak kullanılmıştır [21].

3. YERDEĞİŞTİRMELER İÇİN DEPREM ŞARTNAMESİ KOŞULLARI

3.1 Taban Kesme Katsayısı

Toplam yanal çatı yer değiştirmesi, betonarme binaların görelı kat yer değiştirmeleri gibi deprem yönetmeliklerinde sınırlandırılmıştır ve normal olarak üst limitleri aşmamalıdır. Görelı kat ötelemesi limit oranları dünyanın çeşitli ölkelerinin deprem yönetmeliklerinde tavsiye edilmiştir. Bu oranlar Tablo 3.1'de [1,7,9,10,23,25,27] özetlenmiştir. Aynı oranlar Şekil 3.1'de grafik olarak gösterilmiştir.

Tipik bir betonarme bina için yerçekiminin bir oranı olarak verilen taban kesme kuvveti katsayısı " C_m "de yanal yüklerin önerilen yatay yük seviyesini karşılamak amacıyla bu tabloda verilmiştir. Bu " C_m " değerleri I. derece deprem bölgesi sert zemin periyodu 0.2 saniyeden küçük, rijit, az katlı binalar ve düktil moment taşıyan çerçeve durumlarına uymaktadır.

3.2 Kat Ötelemesi Oranı

Kat ötelemesi; herhangi iki ardışık katın kendi kat yüksekliğine bölünerek maksimum elastik yanal yer değiştirmesi olarak tanımlanır [1].

Binaların deprem etkileri altında gösterdikleri davranışın ifade edilebilmesi, yapının genel stabilitesi, hasar görebilme potansiyeli ve dizaynın kabul edilirlık düzeyinin belirlenmesi için Scholl (1984) aşağıdaki gibi bir sınıflandırma yapmıştır [22].

0.0010	Yapısal olmayan hasar muhtemeldir.
0.0020	Yapısal olmayan hasar pek muhtemeldir.
0.0070	Yapısal olmayan hasar hemen hemen kesindir; yapısal hasar ise muhtemeldir.
0.0150	Yapısal hasar pek muhtemeldir.

Taşıyıcı olmayan elemanların bağlantı tiplerine dayanarak dolgu duvarlar, bölme duvarlar v.b. gibi ana yapısal sistemin, kat ötelemesi aşağıdaki iki farklı üst limite sahiptir.

a) İzole Edilmemiş Bağlantılar

Yapısal olmayan elemanlar yapıya izole edilmeden eklendiğinde kat ötelemesinin nispeten daha düşük limiti, bu durum için tanımlanır. Burada yapısal olmayan elemanlar yapının deformasyonu yüzünden şiddetli hasarlara maruz kalırlar. Bu tip bağlantılar için kat ötelemesi limiti, S_m 0.002 ile 0.005 arasındadır.

b) İzole Edilmiş Bağlantılar

Yapısal olmayan elemanlar ana yapıdan ayrıldığında binanın yanal titreşiminin etkisinde kalmazlar, bu yüzden bu elemanlarda şiddetli hasar meydana gelmez. Bu durumda nispeten yüksek kat ötelemesi değeri, S_m , 0.004 ile 0.008 arasında kullanılır [1].

Türk Deprem Yönetmeliği'nde [23] her kattaki maksimum kat ötelemesi elastik yer değiştirmelere göre hesaplanmaktadır. $S \leq 0.0025$ 'i aşmasına izin verilmez. Yeni yönetmelikte revize edilen üst limit $S_m=0.0035$ ve $S_m=0.02/R'$ 'den daha küçük olacak şekilde önerilmiştir. Etkili hasar kontrolü sebebiyle kat ötelemesinin en üst limiti;

$$S \leq S_m = 0.0014$$

olarak tavsiye edilmiştir [1].

3.3 Elasto-Plastik Yerdeşiştirmeler

Bazı deprem şartnamelerinde, yapının elasto-plastik hareketinin yerini tutan çok yüksek kat ötelemesi sınırları belirtilmiştir. Karşılaştırmada tek biçimlilik ve normalizasyon amacıyla, binada meydana gelen elasto-plastik kat ötelemeleri kendi yapısal faktörlerine, R 'ye bölünmüşlerdir. Bu bölüm bir bakıma elasto-plastik yer değiştirmelerin elastik yer değiştirmelere olan oranını temsil etmektedir.

Bu yüzden, kat ötelemesinin en st limiti, S_m , Tablo 3.1'de sadece elastik yer değiştirmeye karşı test edilen izole edilmiş ve izole edilmemiş bağlantılar için ayrı ayrı listelenmiştir. Aynı zamanda moment aktarabilen ereve (M), ereve ve Perde sistem (D), ki burada ereve yalnız başına yanal kesme kuvvetinin minimum %25'ini karşılamalıdır, son olarak da Perde sistem (S) için yapısal faktör, R , Tablo 3.1'de gösterilmiştir [10].

3.4 Maksimum Görelı Kat telemesi

Son 10 yılda yapılan "Kat telemeleri Kontrolü" alışmaları ışığında ynetmeliğimizin altıncı kısım 19. denkleminde verilen Görelı Kat telemelerinin Sınırlandırılması'nın yeterli olmadığı grlmştir [24].

Mısır ve Endonezya'nın Deprem şartnameleri'nde, maksimum görelı elasto-plastik sapmanın en st limiti, δ_{ep} , iki ardışık kat arasında 2 cm den az olarak sınırlandırılmıştır.

$$\delta_{ep} = R\delta_e \leq 0.02 \text{ m}$$

Burada, δ_e =Ardışık iki kat arasındaki elastik yer değiştirmedir. Yapısal katsayı, R , Endonezya'da $R=1$ olarak verilmiştir fakat Mısır'da $R=3$ 'dr.

Diğer şartnamelerde böyle bir sınırlama bulunmamaktadır. Hasar kontrolü sebebiyle elasto-plastik yer değiştirme Prof. Dr. Semih TEZCAN tarafından $\delta_e \leq 0.0040$ m olarak önerilmiştir.

3.5 Maksimum Çatı Yerdeğiştirmesi

Binanın en üst noktasındaki maksimum elastik yer değiştirme sınırlandırılmıştır, aşağıda gösterilen bina yüksekliğinin belirlenen yüzdesini aşmamalıdır.

$d_N \leq 0.0010 H$ İsrail, 1975

$d_N \leq 0.0017 H$ Yugoslavya, 1982

$d_N \leq 0.0007 H$ M.Fintel, 1973

burada;

d_N = Binanın en üst katındaki elastik yer değiştirme

N= Katların toplam sayısı

H= Binanın toplam yüksekliği

İsrail ve eski Yugoslavya'nın deprem yönetmeliklerinde çatı yer değiştirmesi limitlerinin açıkça belirtildiği görülmüştür. Orta Amerika'da meydana gelen depremlerdeki gözlemlere dayanarak Mark Fintel, maksimum çatı yer değiştirmesi için oldukça düşük bir limit tavsiye etmiştir [1]. Bu önemli yer değiştirme sınırı dünyanın çoğu ülkesinin deprem şartnamelerine henüz dahil edilmemiştir. 1998'de yürürlüğe giren Türk Deprem Yönetmeliği'nde [23] çatı yer değiştirmesi hakkında bir koşul bulunmamaktadır. Bu konu hakkındaki en katı koşul İsrail Şartnamesi'nde $d_N \leq 0.0010H$ olarak bulunmaktadır. Perde duvarların kullanımını desteklemek için maksimum yer değiştirme, d_N , en üst katta Prof. Dr. Semih TEZCAN tarafından $d_N \leq 0.0007H$ olarak önerilmiştir [1].

3.6 Hasar Kontrol Endeksi

Kat öteleme sınırı, S_m , hemen hemen tüm deprem şartnamelerinde açıkça belirtilmiştir ve yapısal olmayan elemanlarda hasar oluşmasını direk kontrol altına almak için sadece bu parametrenin olduğu görülmektedir. Bununla birlikte pratikte bu parametrenin dizayna olan etkisi nadiren başlıca kriter olmaktadır.

Kat ötelemesi sınırı, S_m , sadece elastik yer değiştirmelere karşı test edilmesi için ortaya çıkarılmıştır. Eğer elastik dizayn yükleri nispeten küçük ise binanın kat ötelemesi de nispeten küçük hesaplanır. Bu nedenle çeşitli ülkelerin deprem yönetmelikleri arasında bir normalizasyon elde etmek amacıyla kat ötelemesinin en üst sınırı S_m 'i, elastik dizayn yükleri seviyelerine bölmek mantıksal olarak akla yatkın olacaktır.

Bu amaç için, maksimum kat ötelemesi değeri, S_m , her ülke için ayrı olan kendi taban kesme katsayısı C_m 'e bölünerek, hasar kontrol endeksi olarak tanımlanan ve Tablo 3.1'in en son kolonunda listelenen parametre bulunur.

$$I_m = 10^4 (S_m / C_m) \quad (3.1)$$

Tablo 3.1'de görüldüğü gibi en düşük değer Romanya'da $I_m=44$ ve en yüksek değer ise $I_m=986$ ile Avustralya'da dır.

Birçok ülkede hasar kontrol endeksi nispeten daha dar olan 200 ile 500 bandı arası içindedir. Deprem şartnamelerinde, kat ötelemesi, hasar kontrol endeksi sınırı ve diğer tüm hususlarda, elastik yer değiştirmeler normalize edilmesine rağmen, bir fikir birliği sağlanamadığı açıkça görülmektedir [7].

1975'de yürürlüğe giren ülkemizin "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te [25] kat ötelemesi sınırı $S_m=0,0025$ ve sonucunda hasar kontrol endeksi ,

$$I_m=10^4 S_m/C_m=10^4(0,0025)/0,08=312$$

1998'de yürürlüğe giren yönetmelikte [23] kat ötelemesi sınırı moment dayanımlı çerçevelerde ($R=8$) $S_m=0,02/R=0,0025$ ve hasar kontrol endeksi'i

$$I_m=10^4 S_m/C_m=10^4(0,0025)/0,125=200$$

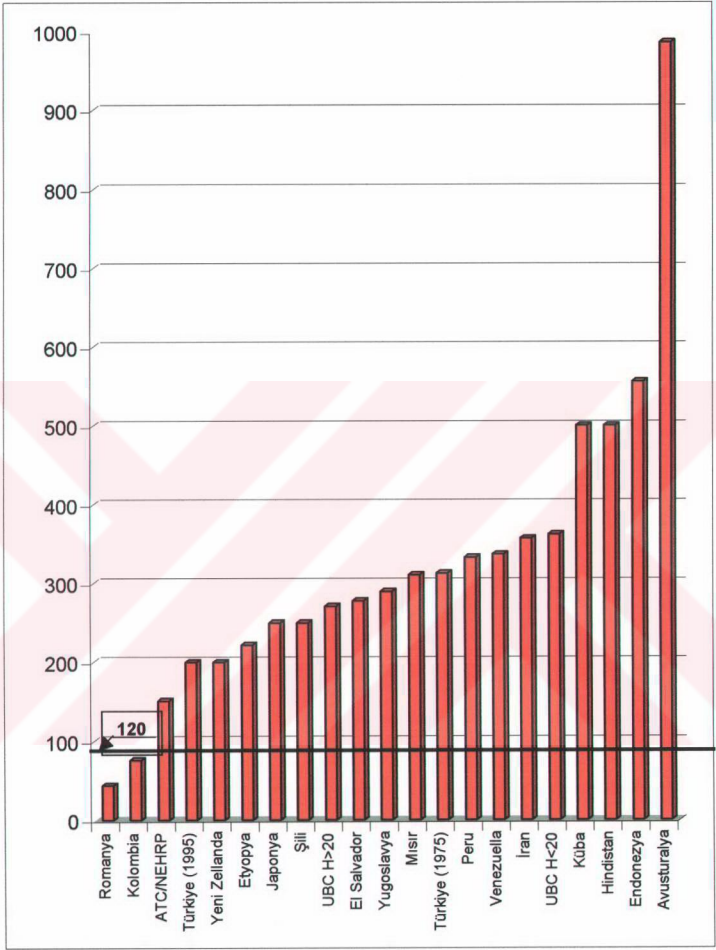
olarak hesaplanır.

Kolombiya ve Romanya dışındaki ülkelerin deprem şartnamelerinin hiçbirisi hasar kontrolü için yeterince rijitlik gereksinimini sağlamamaktadır. Pratikte betonarme perdelerin uygulamasının teşvik edilmesi için Prof. Dr. Semih TEZCAN tarafından $I_m=120$ değeri önerilmiştir [1,7].

Tablo 3.1 Çeşitli Ülkelerin Deprem Şartnamelerinde Kat Ötelemeleri Sınırları [1,7,9,10,23,25,27]

Ülke	Yıl	Taban Kesme Katsayısı (C_m)	$S_m = \frac{\delta_e}{h}$		R			δ_{ep}	d_N	Hasar Kontrol Endeksi $I_m = \frac{S_m}{C_m} \cdot 10^4$
			Perde Duvar Bağlantılı	Perde Duvardan Ayrılmış	M	D	S			
Küba	1964	0.040	0.0020	0.0040	-	-	-	-	-	500
El Salvador	1966	0.072	0.0020	0.0040	-	-	-	-	-	278
Şili	1972	0.080	0.0020	0.0040	-	-	-	-	-	250
Türkiye	1975	0.080	0.0025	-	-	-	-	-	-	312
İsrail	1975	0.200	-	-	-	-	-	-	0.001H	-
Avustralya	1979	0.034	0.0050/R	-	1.5	1.3	1.0	-	-	986
Japonya	1981	0.200	0.0050	0.0083	-	-	-	-	-	250
Kolombiya	1981	0.178	0.0150/R	-	11.2	6.5	5.0	-	-	76
Yugoslavya	1982	0.100	0.0029	-	-	-	-	-	0.0017H	290
Peru	1982	0.067	0.0100/R	0.015/R	4.5	3.8	2.3	-	-	333
Venezüella	1982	0.089	0.0180/R	0.024/R	6.0	5.0	4.0	-	-	337
Endonezya	1983	0.090	0.0050/R	-	1.0	1.0	0.8	2	-	556
Etiyopya	1983	0.075	0.0050/R	-	3.0	3.0	3.0	-	-	222
Yeni Zelanda	1984	0.096	0.0060/R	0.010/R	3.1	2.5	2.5	-	-	200
Hindistan	1984	0.080	0.0040	-	-	-	-	-	-	500
UBC H<20 m	1988	0.092	0.0400/R	-	12.0	12	8.0	-	-	362
		0.092	0.0050	-	12.0	12	8.0	-	-	543
UBC H>20 m	1988	0.092	0.0300/R	-	-	-	-	-	-	271
		0.092	0.0040	-	12.0	12	8.0	-	-	435
İran	1988	0.140	0.0050	-	-	-	-	-	-	357
Mısır	1988	0.054	0.0050/R	-	3.0	3.0	3.0	2	-	311
ATC/NEHRP	1991	0.180	0.0150/R	-	5.5	6.5	5.0	-	-	151
Romanya	1992	0.160	0.0035/R	0.007/R	5.0	4.0	4.0	-	-	44
EUROCODE	1993	-	0.0040	0.0080	5.0	5.0	5.0	-	-	-
Türkiye	1998	0.125	0.0200/R	-	8.0	7.0	6.0	-	-	200
		0.125	0.0035	-	-	-	-	-	-	280

M=Moment aktarabilen çerçeve, D=Perde-Çerçeve Sistem, S=Perde sistem



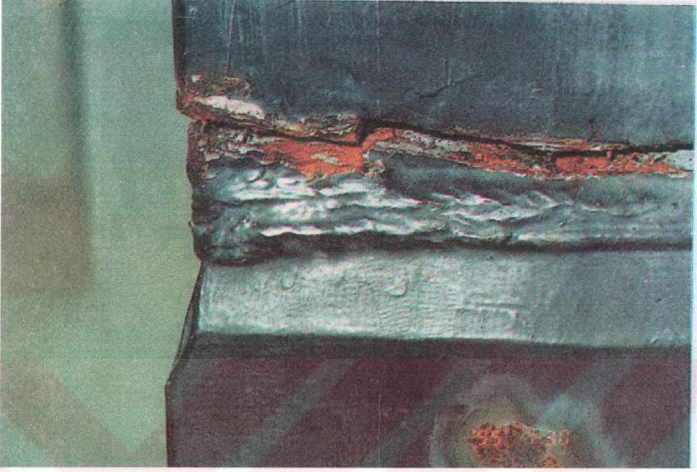
Şekil 3.1 Çeşitli Ülkelerin Deprem Şartnamelerinde Kat Ötelemeleri Sınırları [1,7,9,10,23,25,27]

4. YER DEĞİŞTİRME KRİTERİ UYGULAMALARI

4.1 Japon ve Amerikan Sistemlerinin Karşılaştırılması

Japonya'da 17 Ocak 1995'de meydana gelen Kobe Depremi'nde 1980 sonrası inşa edilmiş yüksek katlı binaların hasar görmemiş olduğu Bölüm 1.1'de anlatılmıştı. Bu binalarda deprem yüklerini taşıyabilmek üzere tüm kolonların tasarımı çelik kutu profil olarak yapılmıştır. Bu çelik kutu profiller tek başlarına deprem yüklerini taşımak için yeterlidir. Ancak, deplasmanları küçültmek, yangına ve korozyona karşı koruyuculuk yapmak üzere, bu çelik kutu profillerin etrafına betonarme bir manto geçirilmiştir.

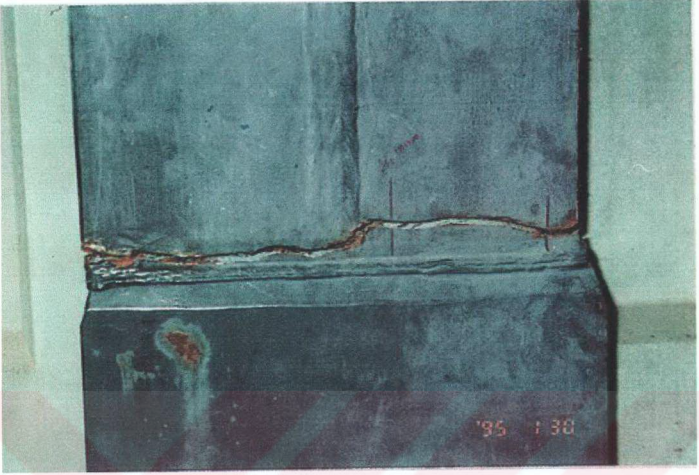
Amerika Birleşik Devletleri'nde bu çelik kutu profilin etrafına, korozyona ve yangına karşı önlem olmak üzere sadece alçı plakalar yerleştirilmektedir. Kompozit kesit uygulaması yoktur. Bu nedenle, Kaliforniya'da 17 Ocak 1994 Northridge Depremi'nde çelik kutu profil en kesitli kolonlar birleşim yerlerinde ağır burkulma ve flambaj hasarlarına maruz kalmışlardır. Önce bu gibi binaların az hasar gördüğü zannedilmiş, ancak daha sonra alçı plakalar kaldırılınca çelik kolonlarda ve düğüm noktalarındaki burkulmalar, v.b. yapısal hasarlar göz önüne çıkmıştır. Deprem sırasında hasara maruz kalmış çelik kutu profillere örnek Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Yatay Yük Etkisiyle Çelik Profil Kesitte Meydana Gelen Hasar

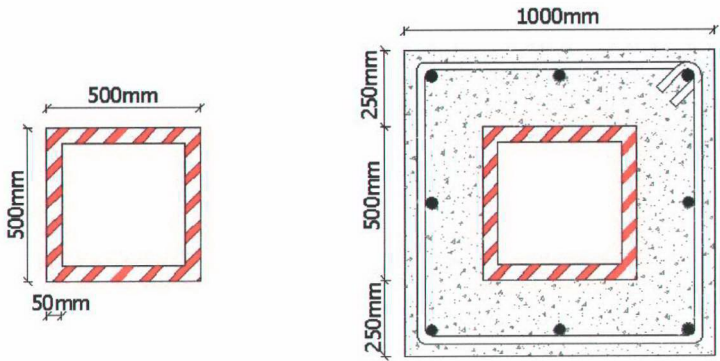


Şekil 4.2 Yatay Yük Etkisiyle Çelik Profil Kesitte Meydana Gelen Hasar



Şekil 4.3 Yatay Yük Etkisiyle Çelik Profil Kesitte Meydana Gelen Hasar

50 cm dış boyutlu bir çelik profil kutu kesitin Amerikan ve Japon uygulaması Şekil 4.4'de şematik olarak gösterilmiştir. Japon mühendislerin aynı kolon kesitine uyguladığı kompozit betonarme kılıfın iki avantajı vardır, birincisi kolon en kesit alanının en az iki katına, kolon atalet momentinin dolayısıyla taşıma gücünün en az dört katına çıkmasıdır. Böylelikle kat ötelemeleri de önemli ölçüde sınırlandırılmış olmaktadır. İkincisi ise, çelik profilin etrafındaki beton örtü sayesinde korozyon ve yangına karşı korunmuş olmasıdır [11].



(a) ABD Uygulaması

$$A=900 \text{ cm}^2$$

$$I=3(10^5)\text{cm}^4$$

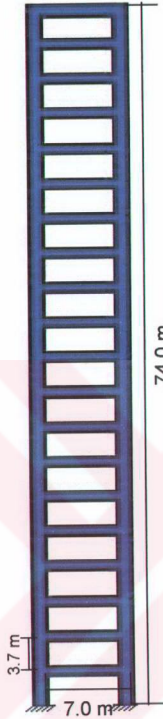
(b) Japon Uygulaması

$$A=1971 \text{ cm}^2$$

$$I=13(10^5)\text{cm}^4$$

Şekil 4.4 Kolonlarda Amerikan ve Japon Uygulamaları

Japon ve Amerikan uygulamalarını karşılaştırabilmek ve kat ötelemesi oranlarının değişimini gözleyebilmek için kesiti ve taşıyıcı sistem özellikleri Şekil 4.5'de verilen 20 katlı bir bina, aynı yatay yükler altında Japon ve Amerikan uygulamasına göre analiz edilmiştir.



	t (cm)	A (cm ²)	I (cm ⁴)	C _M
Amerikan:				
Kolonlar 1-10	5.0	900	307500	0.092
Kolonlar 10-20	2.5	745	179115	
Kirişler	5.0	-	307500	
Japon:				
Kolonlar 1-10	5.0	1971	1315837	0.092
Kolonlar 10-20	2.5	1546	1185452	
Kirişler	5.0	-	1061500	

Şekil 4.5 20 Katlı Binada Amerikan ve Japon Sistemlerinin Karşılaştırılması

4.2 En Üst Katın Yer Değiştirme Kriteri

Seçilen sistem için elastik yanal kat ötelemeleri ve görelî kat ötelemeleri sırasıyla Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Yapı, Japonya'da uygulanan şekilde teşkil edildiğinde yer değiştirmelerin oldukça düşük değerlerde kaldığı açıkça görülmektedir. Oldukça katı bir kriter olan maksimum çatı yer değiştirmesi, $d_N=0.0007H$ kriterini en üst iki kattaki ufak bir sapma ile sağlamıştır.

Bununla birlikte Amerika'da uygulanan yöntem kayda değer büyüklüklerde kat ötelemesi değerleri sergilemiştir. En üst katın yer değiştirmesi 0.0022H olarak hesaplanmıştır ki bu değer önerilen toplam yer değiştirme kriterinden yaklaşık üç kat daha fazladır.

4.3 Görelî Kat Ötelemesi Kriteri

Sistemin maksimum görelî kat ötelemesi, her iki uygulama için analizi yapılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

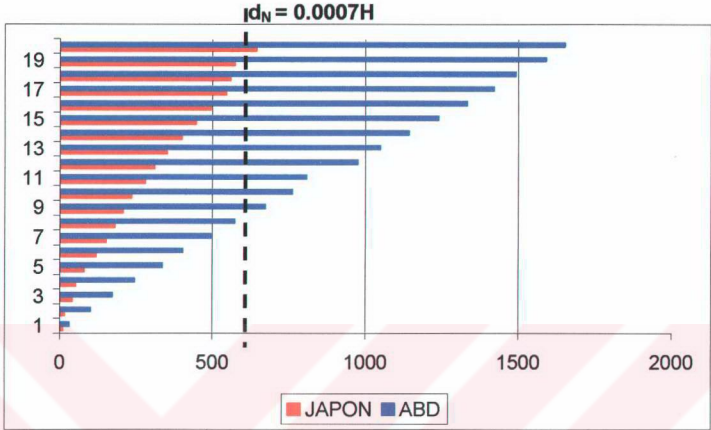
Japonya	$\delta_e = 0.0038 \text{ m} < 0.004 \text{ m}$
ABD	$\delta_e = 0.0092 \text{ m} > 0.004 \text{ m}$

Maksimum elastik görelî kat ötelemesi kriterini yalnızca Japon yapı şekli için sağladığı açıkça görülmektedir.

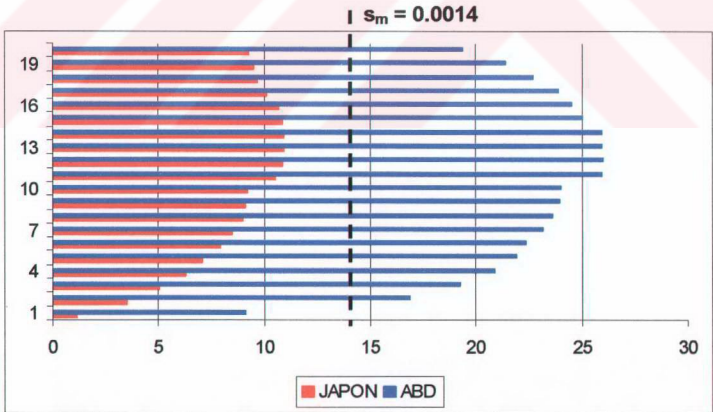
4.4 Görelî Kat Ötelemesi Oranı Kriteri

Yapının Japon uygulama şekli ile teşkil edilmesi durumunda kat ötelemeleri oldukça düşük değerlerde kalmıştır. Amerika'da uygulanan yapıım şekli ile teşkil edilen sistemin kat ötelemesi oranları Japonya'dakinden 2.5 kat daha yüksektir. Maksimum kat ötelemeleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Japonya	$s = 0.0011 < 0.0014$
ABD	$s = 0.0026 > 0.0014$



Şekil 4.6 Kat Ötelemeleri (Amerikan ve Japon Sistemleri) [7]



Şekil 4.7 Kat Ötelemeleri Oranları (Amerikan ve Japon Sistemleri) [7]

4.5 Hasar Kontrol Endeksi Kriteri

Her iki yapım tarzı için hasar kontrol endeksi oranları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\begin{array}{ll} \text{Japonya} & i = 10^4 S / C_m = 10^4 (0.0011) / 0.092 = 119 < 120 \\ \text{ABD} & i = 10^4 S / C_m = 10^4 (0.0026) / 0.092 = 283 > 120 \end{array}$$

Görüldüğü gibi önerilen hasar kontrol endeksi ABD yapım tarzında aşılmış, kolonların beton örtü ile kaplandığı Japonya'da uygulanmış yapım tarzı için ise $i_m=120$ değerinin altında kalmıştır [7].

5. ADAPAZARI VİLAYET BİNASI

5.1 1967 Akyazı Depremi

22 Temmuz 1967 Cumartesi günü saat 18.57'de meydana gelen depremin merkezi Adapazarı'nın 36 km doğusundadır, büyüklüğü literatüre $M=7.1$ olarak geçmiştir ve Adapazarı'ndaki tahmini şiddeti 7 olarak belirlenmiştir. Odak derinliği 4~5 km olan deprem, sık bir depremdir ve 450.000 km²'lik bir alanda hissedilmiştir. Yapısal hasarlar sadece 7000 km²'de toplanmıştır. 86 canın yitirilmesine, 332 kişinin yaralanmasına, 5200 yapının hasar görmesine sebep olmuştur [28].

5.2 1967 Akyazı Depremindeki Genel Hasarlar

1967 Akyazı depreminin ön inceleme raporunda, binaların kolon-kiriş birleşimlerinin yetersizliğinden dolayı yıkıldığı rapor edilmiştir. Kırılmaların kolonların asmolen kirişlerine bağlandığı noktada olduğu, kolonların yatay deprem kuvvetlerinin doğurduğu kesme kuvveti ve burulma tesirlerini taşıyamadığı belirtilmiştir.

Binaların birçoğunda yatay yüklere mukavemet edecek, doğru kolon ve kirişlemeden ibaret düzlemsel çerçeve sistemler teşkil edilmediği, kiriş ve kolonların rijitlikleri arasında büyük orantısızlıklar olduğu ifade edilmiştir.

Bu orantısızlıklar, kiriş ve kolon birleşimlerinde büyük zorlamalar meydana getirmiştir. Hemen hemen bütün binalarda 1.20-1.50 m genişlikteki basık ve ağır, ekonomik olmayan kirişler, bir boyutu 20-23 cm olan ince, uzun, narin kolonlara oturtulmuştur.

Bir kata gelen deprem kuvvetleri o kattaki kolonlara, kolon rijitlikleri oranları göz önüne alınmadan dağıtılmıştır. Rijitlik merkezi ile kütle merkezinin çakışmamasından ileri gelen eksantrisitenin doğurduğu burulma etkilerine göre hesaplara proje dosyalarında rastlanmamıştır.

Binaların hiçbirinde betonarme perde bulunmadığı ve kolonların zayıflığı nedeni ile tüm döşemelerin birbirleri üzerine iskambil kağıdı gibi düştüğü rapor edilmiştir [29].

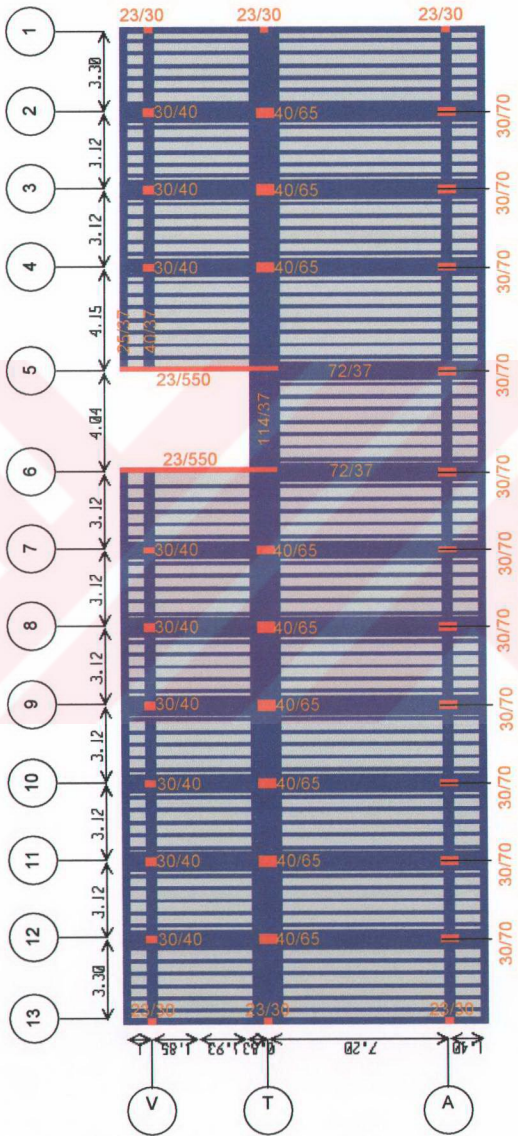
5.3 Adapazarı Vilayet Binası'nın İki Farklı Deprem Performansı

Planı Şekil 5.1'de ve üç boyutlu görünüşü Şekil 5.2'de gösterilen Adapazarı Vilayet Binası'nın inşasına 1959 yılında başlanılmış ve 1964 yılında tamamlanmıştır. Bu beş katlı betonarme çerçeve bina 22 Temmuz 1967 Akyazı ($M=7.1$) depremi sırasında oldukça büyük hasara maruz kalmıştır. Bazı teknik ekiplerce yapının yıkılıp yeniden inşa edilmesi önerilse de söz konusu yapı geleneksel güçlendirme metotları kullanılarak depremden sonraki sekiz aylık süre içerisinde güçlendirilmiştir.

Güçlendirilmiş yapıya ait planı Şekil 5.14'de gösterilen Adapazarı Vilayet Binası, 17 Ağustos 1999 Marmara ($M=7.4$) depremi sırasında tamamıyla göçen yada önemli hasara maruz kalan birçok bina gibi şehir merkezinde bulunuyordu. Güçlendirilmiş yapı çok küçük hasarlar ile depremi atlattığı ve deprem sonrası şehrin kriz merkezi olarak hizmet vermiştir [30].

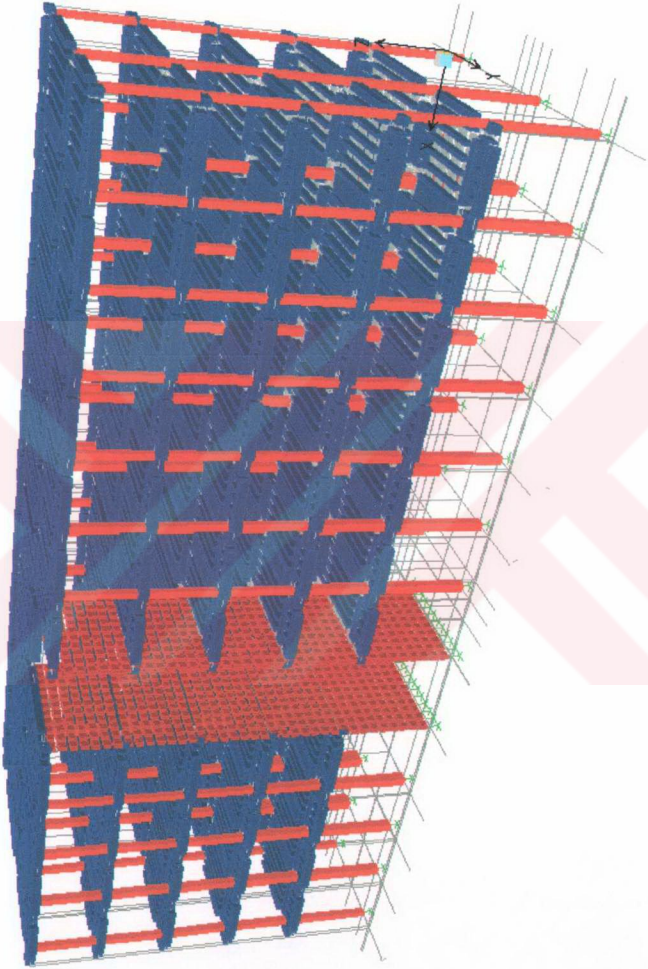
Depremden sonra yapıdaki bazı bölme duvarda çeşitli çatlaklar meydana gelmiş ve birkaç cam kırılmıştır. 17 Ağustos depreminden hemen sonra kullanılabilir durumda olan bina, güçlendirildikten sonra orijinal yapıya ait tüm belgelerin ve dizayn özelliklerinin korunduğu, dünyadaki birkaç binadan biri olarak gösterilmiştir [31].

Betonarme malzemesi olarak B160, Stl çeliği kullanılan yapının kesiti Şekil 5.3'de verilmiş, bina dolgu toprak zemin üzerine inşa edilmiştir. Taşıyıcı sistemin 2.10 m'lik yüksekliği toprak içindedir. Temel radye-jeneral olarak oluşturulmuştur. Radye plağı kalınlığı 25 cm, X istikametinde radye kirişleri 40/90 cm, Y istikametinde ise 50/150 cm boyutludur.

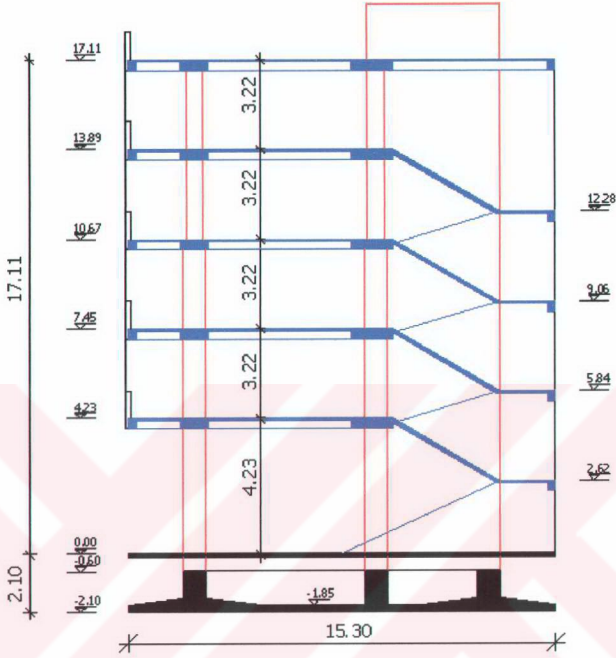


B160,St1

Şekil 5.1 Sakarya Vilayet Binası Orjinal Yapı Planı



Şekil 5.2 Sakarya Vilayet Binası Orjinal Yapı Üç Boyutlu Görünümü



Şekil 5.3 Sakarya Vilayet Binası Tipik Kesiti

Binanın zemininden olan yüksekliği 17.11 m'dir ve 14.20x40.00 m boyutlarındadır. Binanın düşey taşıyıcıları 35 adet kolon ve 2 adet perdeden ibarettir. Perdeler planda simetrik olarak yerleştirilmemiş ve deprem sırasında yapının burulmasına sebep olmuşlardır. Muhtelif ebatlarda olan kolonların en büyük boyutu 30/70~40/65 cm, en küçük boyutu ise, 23/30 cm'dir. Merdiven ve sahanlık plaklarını taşıyan betonarme perdeler 5 ve 6 numaralı akslarda yer alır. Boyutları her katta aynı olup 23/550 cm'dir. Döşemeler her katta 37 cm kalınlıkta olup, nervürlüdür. Nervür aralıkları briket asmolenlerle doldurulmuştur. Kirişler 37 cm asmolen döşeme içinde yastık kirişler olarak projelendirilmiştir. Y istikametine paralel, esas çerçeve kirişleri boyutu 75-80/37 cm'dir. Diğer istikametteki kirişler V aksında 40/37, T aksında 114-100/37 cm, A aksında 50-60/37 cm'dir.

5.4 1967 Akyazı Depreminde Yapıda Meydana Gelen Hasarlar

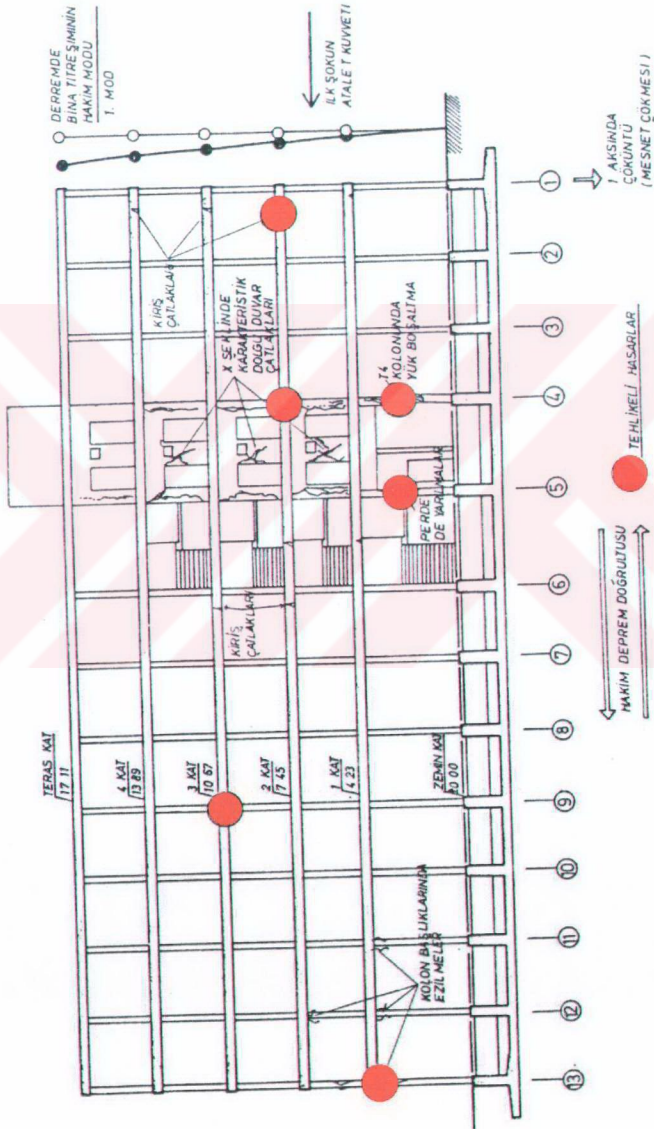
Depremın yapıda meydana getirdiği hasarlar depremin Őiddetine göre beklenen hasarlardan çok daha tahripkar ölçüde olmuştur. Yapıda meydana gelen hasarlar, 22 Temmuz ilk depreminden ve 30 Temmuz artçı Őokundan meydana gelmiştir. Hasarlar perde duvarlarda ve alt katlardaki kolonlarda yoğunlaşmıştır. Şekil 5.4'de gösterildiği gibi bir kolonda hiç etriye olmadığı görülmüştür. Şekil 5.5'de T4 noktasında zemin kattaki bir kolonda meydana gelen kesme hasarı gösterilmiştir. Hasarlar daha ziyade yapının rijitik merkezine yakın olan merdiven kovası ve asansör civarında toplanmıştır. Kolonların büyük bir kısmında yer yer plastikleŐmeye varan tahribatlar ve ezilmeler tespit edilmiştir. Zemin katta T4 kolonu yükünü tamamen boŐaltacak Şekilde kırılmıştır. Şekil 5.6'da yapının deprem hasarları genel olarak tasvir edilmektedir.



Şekil 5.4 Sakarya Vilayet Binası 1. Kat A11 Kolonu



Şekil 5.5 Sakarya Vilayet Binası Zemin Kat T4 Kolonu



Şekil 5.6 1967 Akyazı Depreminde Sakarya Vilayeti Binasında Meydana Gelen Hasarların Genel Tasviri

1967'deki güçlendirme programı hasara uğramış döşeme, kiriş, kolon ve perde duvarların onarımını ve güçlendirilmesini, bunun yanında yeni perde duvar ve kirişlerin eklenmesini öngörüyordu [30,32].

5.5 Orijinal Yapının Analizi

Öncelikle Sakarya Vilayet Binası'nın güçlendirme öncesindeki orijinal yapı sistemi analiz edilmiştir. Yapı sistemi ETABS programı ile modellenerek analizi yapılmış ve yapının X ve Y yönündeki periyotları aşağıda belirtilmiştir [33].

- $T_x = 1.40$ sn
- $T_y = 0.63$ sn

Binanın yapısal davranış katsayısı $R=8$ olarak düşünülmüş, yerel zemin sınıfı Z3 olarak belirlenmiştir. Birinci derece deprem bölgesinde bulunan Sakarya Vilayet Binası'nın toplam ağırlığı, en üst kattaki 60 ton izolasyon amaçlı çakıl ağırlık da dikkate alınarak, 4370 ton olarak hesaplanmıştır. Yapıya etkiyecek deprem yükleri, fortran programlama dili ile hazırlanmış bir bilgisayar programı ile hesaplanmış ve Tablo 5.1'de gösterilmiştir [34].

Tablo 5.1 Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı Deprem Yükleri

DEPREM YÜKLERİ		
KATLAR	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
5	137.45	260.36
4	104.24	197.44
3	80.07	151.67
2	60.11	113.87
1	34.13	64.65

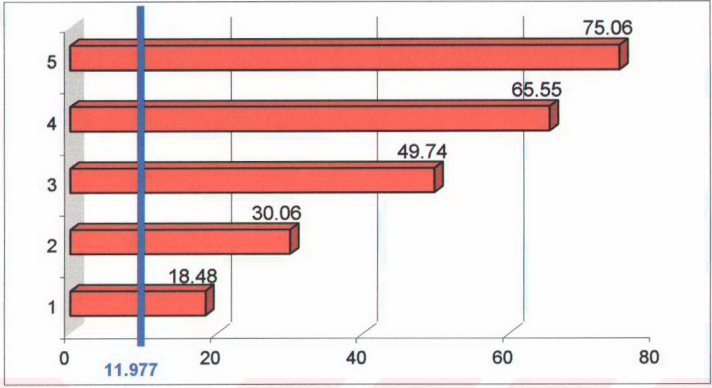
Döşemelerde hareketli yük 0.35 t/m^2 olarak seçilmiş ve aşağıdaki yük kombinasyonlarına göre yapının statik analizi yapılmıştır. Statik analiz yapılırken 2. mertebe etkileri de hesaba katılmıştır.

- $1.4G+1.6Q$
- $1G+1Q\pm 1E_x$
- $1G+1Q\pm 1E_y$
- $0.9G\pm 1 E_x$
- $0.9G\pm 1 E_y$

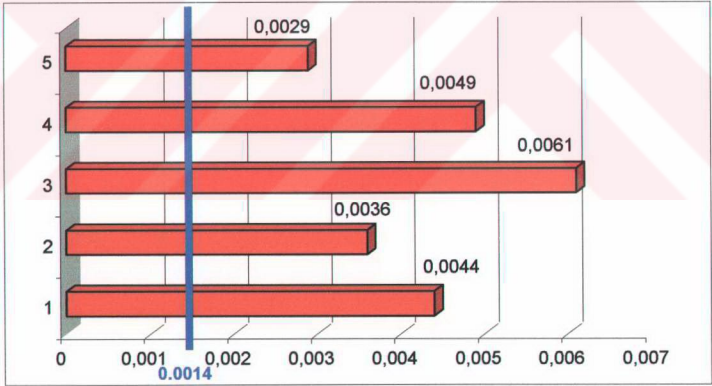
Statik analiz sonucunda elde edilen yer değiştirmeler, görelî kat ötelemeleri ve görelî kat ötelemeleri oranları, X yönü için Tablo 5.2, Şekil 5.7, Şekil 5.8'de, Y yönü için ise, Tablo 5.3, Şekil 5.10 ve Şekil 5.11'de gösterilmiştir. Yapının X yönünde yaptığı yer değiştirme Şekil 5.9'da, Y yönündeki yer değiştirme ise Şekil 5.12'de gösterilmiştir. Yapıya asimmetrik şekilde ve mühendislik bilgisinden oldukça uzak biçimde yerleştirilen iki adet betonarme perde yapıda ciddi bir burulma etkisine sebep olmuş ve yapıda hasarın bu derecede yüksek olmasına katkıda bulunmuştur.

Tablo 5.2 Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı X Yönü Kat Ötelemeleri

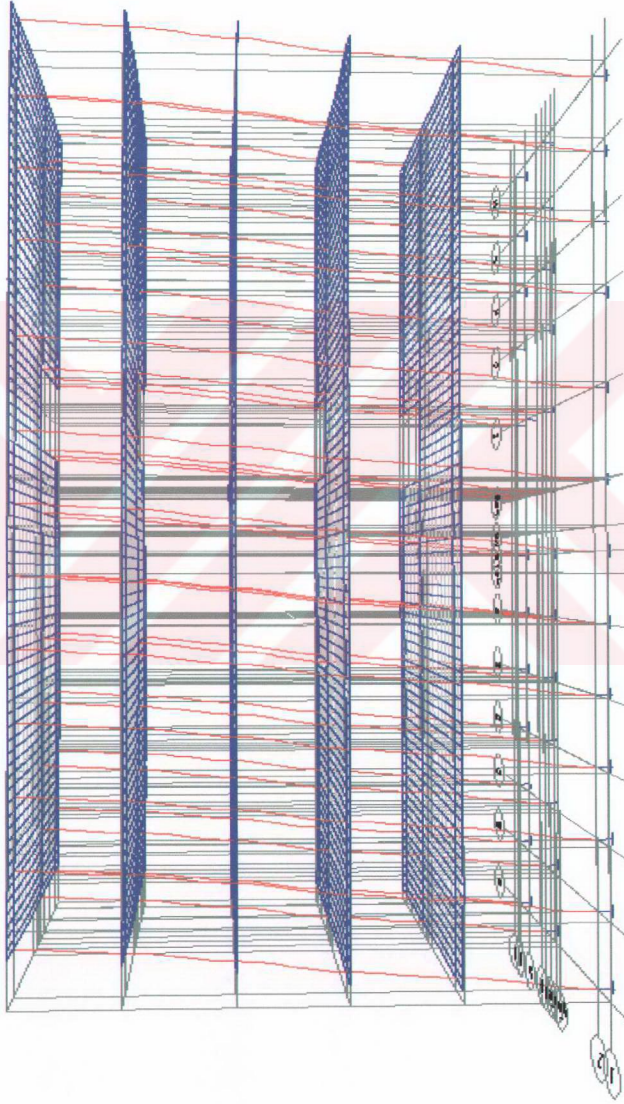
YÜK KOMBİNASYONLARI		Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı X Yönü	
1G+1Q±1EX 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EXN (%5) 0.9G±1EX 0.9G±1EXP (%5) 0.9G±1EXN (%5)		Yapıda X yönündeki deprem yükleri etkisi ile burulma meydana gelmemekte ve deprem yüklerinin etkidiği tüm yük her düğüm noktasında yaklaşık olarak aynı ötelemelere sebep olmaktadır. Değerler 1G+1Q+1EX kombinasyonuna aittir.	
Katlar	Yer Değişiklikleri (mm)	Görelî Kat Ötelemesi (mm)	Görelî Kat Ötelemesi Oranı
5. KAT	75.06		
		9.51	0.0029
4. KAT	65.55		
		15.81	0.0049
3. KAT	49.74		
		19.68	0.0061
2. KAT	30.06		
		11.58	0.0036
1. KAT	18.48		
		18.48	0.0044
Z. KAT	0		
Max. Çatı Yerdeğişikliği :			Malzeme
0.0007 x 17110 = 11.977 mm < 75.06 mm			B160,Stl



Şekil 5.7 Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı Yer Değişimleri (X Yönü)



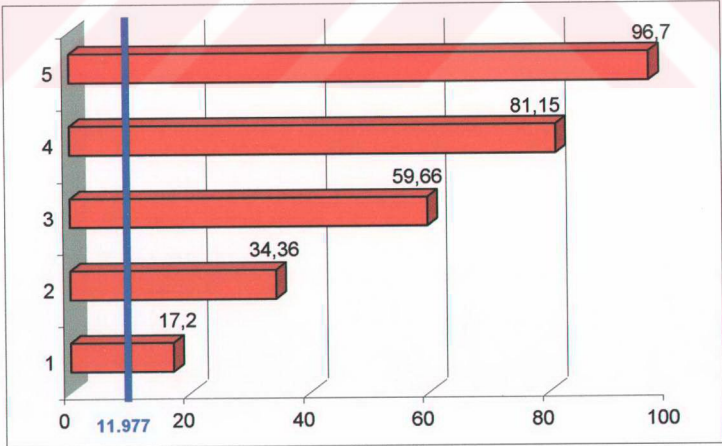
Şekil 5.8 Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı Görel Kat Öteleme Oranları (X Yönü)



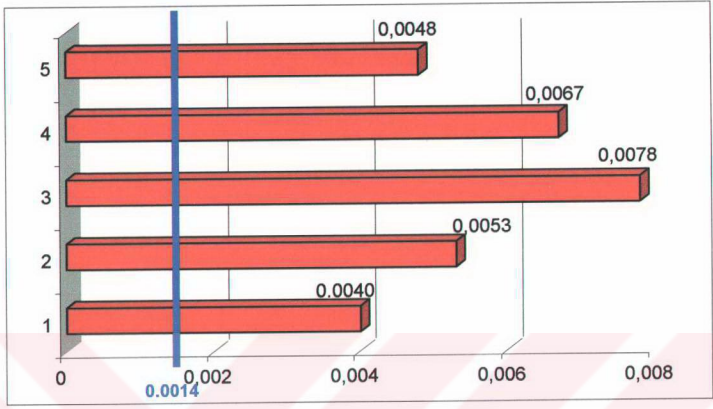
Şekil 5.9 Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı X Yönü Yer Değiştirmeleri

Tablo 5.3 Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı Y Yönü Kat Ötelemeleri

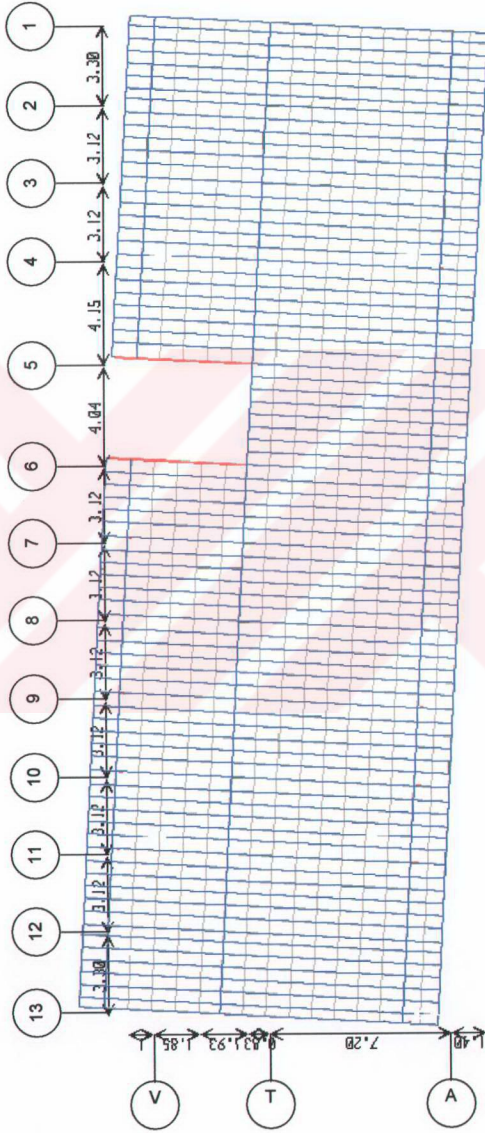
YÜK KOMBİNASYONLARI				Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı Y Yönü					
1G+1Q±1EY 1G+1Q±1EYP (%5) 1G+1Q±1EYN (%5) 0.9G±1EY 0.9G±1EYP (%5) 0.9G±1EYN (%5)				Yapıda Y yönündeki deprem yükleri etkisi ile burulma meydana geldiğinden yapının üç farklı noktasındaki ötelemeler yazılmıştır. Değerler en yüksek yer değiştirmelere sebep olan 1G+1Q+1EYP yüklemesine aittir.					
Katlar	Yer Değişimleri (mm)			Görel Kat Ötelemesi (mm)			Görel Kat Ötelemesi Oranı		
	V13	V6	V1	V13	V6	V1	V13	V6	V1
5. KAT	96.70	33.68	-17.06	15.55	7.30	0.65	0.0048	0.0023	0.0002
4. KAT	81.15	26.38	-17.71	21.49	7.90	3.04	0.0067	0.0024	0.0009
3. KAT	59.66	18.48	-14.67	25.30	7.87	6.17	0.0078	0.0024	0.0019
2. KAT	34.36	10.61	-8.50	17.16	5.98	3.02	0.0053	0.0018	0.0009
1. KAT	17.20	4.63	-5.48	17.20	4.63	5.48	0.0040	0.0011	0.0013
Z. KAT	0	0	0						
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi :							Malzeme		
0.0007 x 17110 = 11.977 mm < 96.70 mm							B160,Stl		



Şekil 5.10 Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı Yer Değişimleri (Y Yönü)



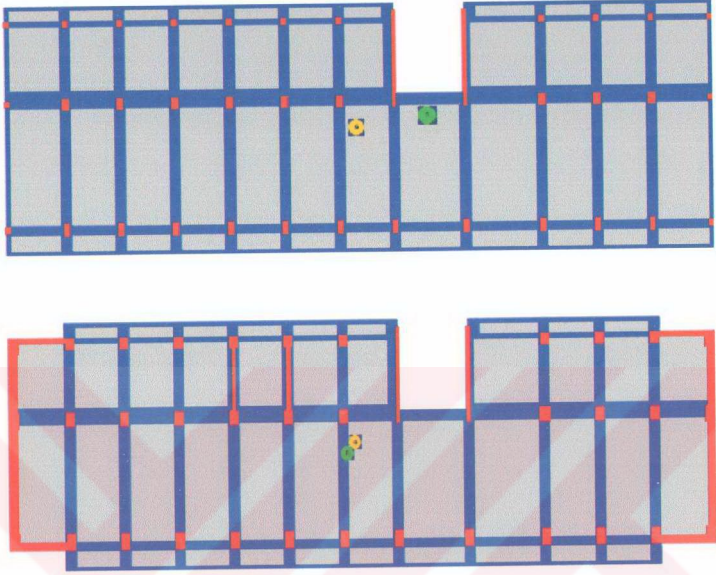
Şekil 5.11 Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı
Görelî Kat Ötelemesi Oranları (Y Yönü)



Şekil 5.12 Sakarya Vilayet Binası Orijinal Yapı Y Yönü Yer Değişimleri

5.6 Projenin Onarım ve Takviye İlkeleri

1. Takviye ve onarım için öngörülen yöntem ve detaylar yapının mimari fonksiyon ve estetiğini zedelemeyecek şekilde ekonomik ve kolay uygulama niteliğine sahip bir yöntem olarak seçilmiştir.
2. Yapının periyotları küçültülmüştür.
 - Kolonların çatlakları açılarak çimento şerbeti takviye edilmiştir.
 - Kolonların hepsi mantolanmıştır.
 - Manto etriyesi fret şeklinde tertip edilmiştir.
 - T4 Kolonu askıya alınarak ayrı bir detay ile onarılmıştır.
 - Mantolama işlemine zemin kattan başlanmış ve bir alt katın mantolaması bitmeden bir üst kata geçilmemiştir.
 - 1 ve 13 akslarına yapı yüksekliğince devam eden, deprem kuvvetlerinin büyük bir kısmını alabilecek nitelikte boyutlandırılmış düşey perdeler tertip edilmiş, 5 ve 6 akslarında bulunan mevcut perdelerin simetriğinde ve aynı boyutlarda betonarme perdeler tertiplenmiştir.
3. Yapı mümkün olduğu kadar hafifletilmiştir.
 - Çatıda izolasyon maksadı ile tertiplenen 67 ton çakıl indirilmiştir.
 - Büyük ölçüde zarar gören merdiven ve sahanlık plakları perdelerden ayrılmış, yerine yükünü doğrudan doğruya temele aktaran hafif bir merdiven sistemi inşa edilmiştir.
 - Mevcut sıva ve kaplamalar sökülerek mimari görünüşe dokunmaksızın yerine hafif ve inceleri uygulanmıştır.
4. Yapının ağırlık ve rijitlik merkezleri üst üste getirilmiştir.



Şekil 5.13 Ağırılık ve Rijitlik Merkezleri

5. Yapının söndürüm özellikleri artırılmıştır.
 - Mimari koşulların uygun olduğu zemin katta söndürücü özellikte duvarlar inşa edilmiştir.
6. Yapıya düktilite kazandırılmıştır.
 - Gerek mantolamada verilen boyutlar, gerekse yeni inşa edilecek perde ve takviye kirişlerinin boyutları önce donatının akması sağlanacak şekilde düzenlenmiştir.
 - Yeni inşa edilecek takviye elemanlarının mevcut yapı ile kaynaşması sağlanmıştır.

Depremın hakim tesiri X eksenı doğrultusunda olduğundan nervürler depremden hasar görmemişlerdir. Sadece hasar gören döşeme elemanları asmolen dolgu bloklardır. Bağlantısı ve aderansı çözülen asmolenler tespit

edilmiş, bunlar yerlerinden çıkartılarak boşluklar kaplama elemanları ile kapatılmıştır.

Dolgu duvarların hepsi yıkılarak yeniden inşa edilmiştir. Zemin katta inşa edilen duvarlar harman tuğlası ile teşkil edilmiştir [32].

5.7 Güçlendirilmiş Yapının Analizi

Sakarya Vilayet Binası'nın güçlendirme öncesindeki orijinal yapı sistemi analiz edildikten sonra ikinci aşamada planı Şekil 5.14 ve üç boyutlu görünümü Şekli 5.15'de verilen güçlendirilmiş yapı analiz edilmiştir. Yapı sistemi orijinal yapıda olduğu gibi ETABS programı ile modellenerek analiz yapılmış ve yapının X ve Y yönündeki periyotları aşağıda belirtilmiştir [33].

- $T_x = 0.33$ sn
- $T_y = 0.15$ sn

Binanın yapısal davranış katsayısı $R=7$ olarak düşünülmüştür. Güçlendirilmiş yapının toplam ağırlığı, en üst kattaki 60 ton izolasyon amaçlı çakıl ağırlığının kaldırılmış olması da dikkate alınarak, 4732 ton olarak hesaplanmıştır. Yerel zemin sınıfı ve deprem bölgesi orijinal yapı ile aynıdır. Yapıya etkiyecek deprem yükleri, orijinal yapı için de kullanılan bilgisayar programı ile hesaplanarak Tablo 5.4'de gösterilmiştir [34].

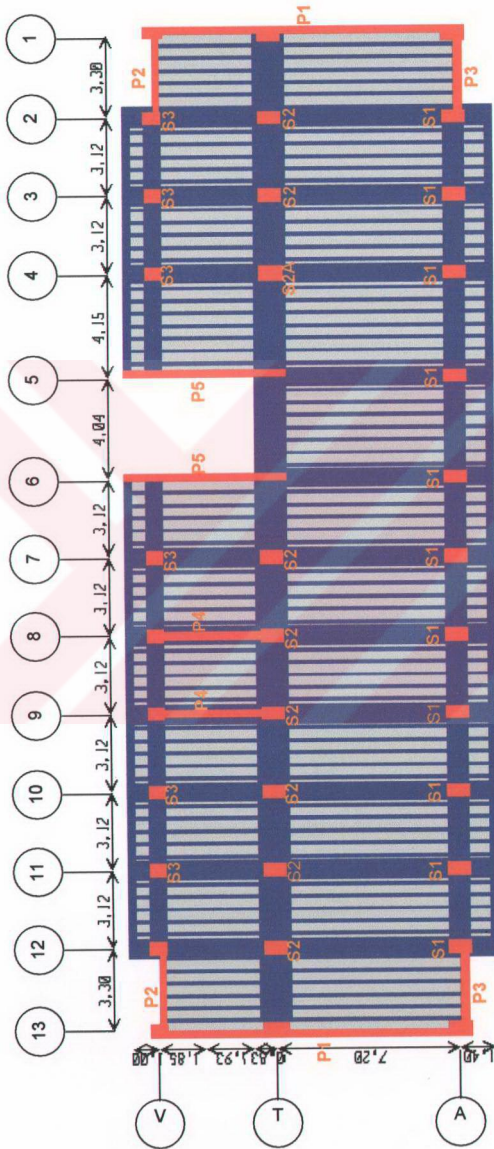
Yapının her iki yöndeki periyodu, yerel zemin sınıfına ait T_A ve T_B değerlerinin arasında kaldığından spektrum katsayıları, dolayısıyla yapıya etkiyecek deprem yükleri her iki yön için de aynı olmaktadır.

Tablo 5.4 Sakarya Vilayet Binası Güçlendirilmiş Yapı Deprem Yükleri

	DEPREM YÜKLERİ
KATLAR	X ve Y Yönü (Ton)
5	325.127
4	263.940
3	202.753
2	141.716
1	80.464

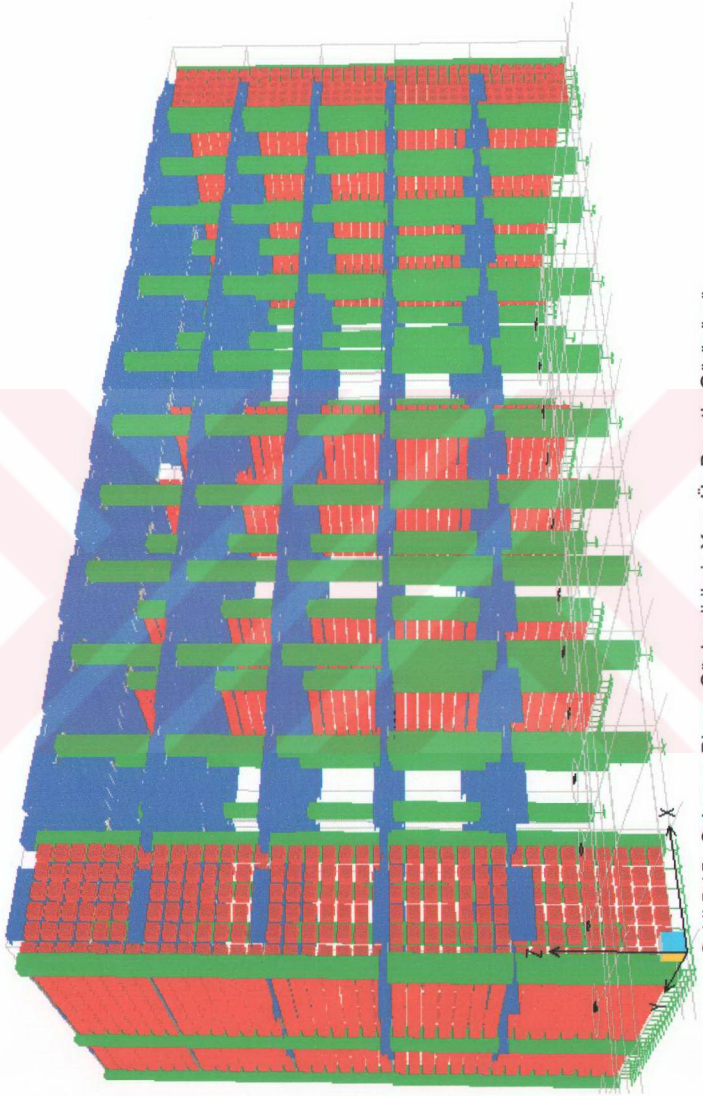
Döşemelerde hareketli yük ve yük kombinasyonları orijinal yapı ile aynıdır. Statik analiz yapılırken 2. mertebe etkileri güçlendirilmiş yapıda da hesaba katılmıştır.

Statik analiz sonucunda elde edilen yer değiştirmeler, görelî kat ötelemeleri ve görelî kat ötelemeleri oranları sırasıyla, X yönü için Tablo 5.5, Şekil 5.16 ve Şekil 5.17'de, Y yönü için ise Tablo 5.6, Şekil 5.18 ve Şekil 5.19'da gösterilmiştir. Yapıya her iki yönde takviye edilen betonarme perdelerin simetrik yerleştirilmiş olması, ağırlık ve rijitlik merkezlerinin oldukça yakın kalmasına, yapıdaki burulma etkisinin ortadan kalkmasına, her iki yönde de rijitliğin önemli ölçüde artmasına ve yer değiştirmelerin, dolayısıyla kat ötelemelerinin ve kat öteleme oranlarının oldukça düşük değerlerde kalmasına sebep olmuştur. Hatta bu değerler öyle küçük kalmıştır ki; yapının nispeten daha fazla deformasyon yaptığı X yönünde görelî kat ötelemeleri kullanılabilirlik sınırının yarısı kadardır. Bu oranın Y yönü için çok daha düşük değerlerde kaldığı Şekil 5.19'da açıkça görülmektedir.



- P1=35/1130
 P2=30/330
 P3=40/330
 P4=23/460
 P5=23/550
 S1=50/90
 S2=50/80
 S2A=60/85
 S3=50/60
 B160/Stl

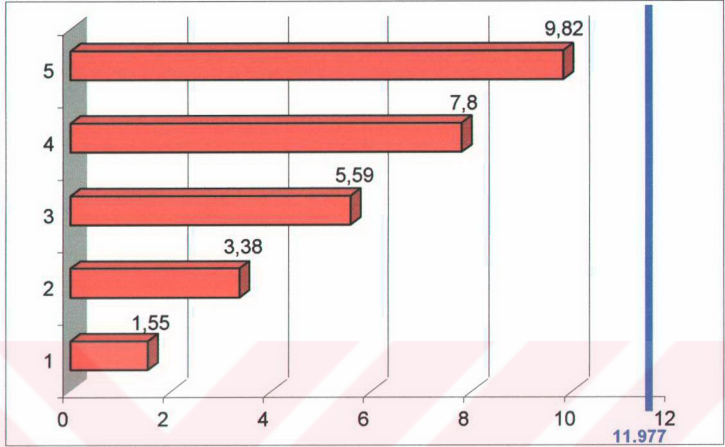
Sekil 5.14 Sakarya Vilayet Binası Güçlendirilmiş Yapı Planı



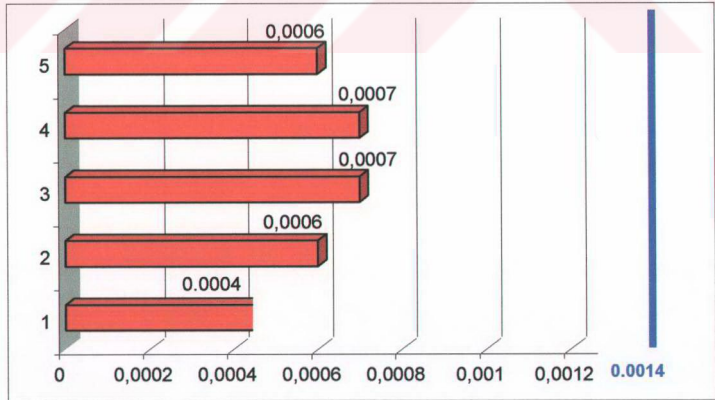
Şekil 5.15 Sakarya Binası Güçlendirilmiş Yapı Üç Boyutlu Görünümü

Tablo 5.5 Sakarya Vilayet Binası Güçlendirilmiş Yapı X Yönü Kat Ötelemeleri

YÜK KOMBİNASYONLARI		Sakarya Vilayet Binası Güçlendirilmiş Yapı X Yönü	
1G+1Q±1EX 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EXN (%5) 0.9G±1EX 0.9G±1EXP (%5) 0.9G±1EXN (%5)		Değerler 0.9G+1EXP kombinasyonuna aittir.	
Katlar	Yer Değişiklikleri (mm)	Görelî Kat Ötelemesi (mm)	Görelî Kat Ötelemesi Oranı
5. KAT	9.82		
		2.02	0.0006
4. KAT	7.80		
		2.21	0.0007
3. KAT	5.59		
		2.21	0.0007
2. KAT	3.38		
		1.83	0.0006
1. KAT	1.55		
		1.55	0.0004
Z. KAT	0		
Max. Çatı Yerdeğişikliği : 0.0007 x 17110 = 11.977 mm > 9.82 mm			Malzeme B160,Stl



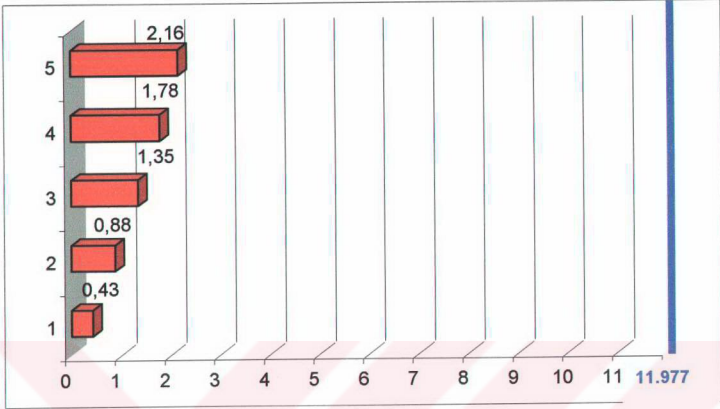
Şekil 5.16 Sakarya Vilayet Binası Güçlendirilmiş Yapı Yer Değiştirmeleri (X Yönü)



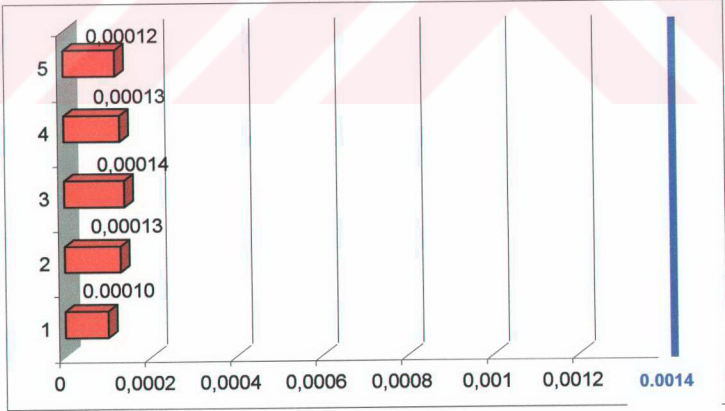
Şekil 5.17 Sakarya Vilayet Binası Güçlendirilmiş Yapı Göreli Kat Ötelemesi Oranları (X Yönü)

Tablo 5.6 Sakarya Vilayet Binası Güçlendirilmiş Yapı Y Yönü Kat Ötelemeleri

YÜK KOMBİNASYONLARI 1G+1Q±1EX 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EXN (%5) 0.9G±1EX 0.9G±1EXP (%5) 0.9G±1EXN (%5)		Sakarya Vilayet Binası Güçlendirilmiş Yapı Y Yönü Değerler 0.9G+1EYP kombinasyonuna aittir.	
Katlar	Yer Değiş-tirmeler (mm)	Görelî Kat Ötelemesi (mm)	Görelî Kat Ötelemesi Oranı
5. KAT	2.16	0.38	0.00012
4. KAT	1.78	0.43	0.00013
3. KAT	1.35	0.47	0.00014
2. KAT	0.88	0.45	0.00013
1. KAT	0.43	0.43	0.00010
Z. KAT	0		
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi : 0.0007 x 17110 = 11.977 mm > 2.16 mm			Malzeme B160,Stl



Şekil 5.18 Sakarya Vilayet Binası Güçlendirilmiş Yapı Yer Değiştirmeleri (Y Yönü)



Şekil 5.19 Sakarya Vilayet Binası Güçlendirilmiş Yapı Görel Kat Ötelemesi Oranları (Y Yönü)

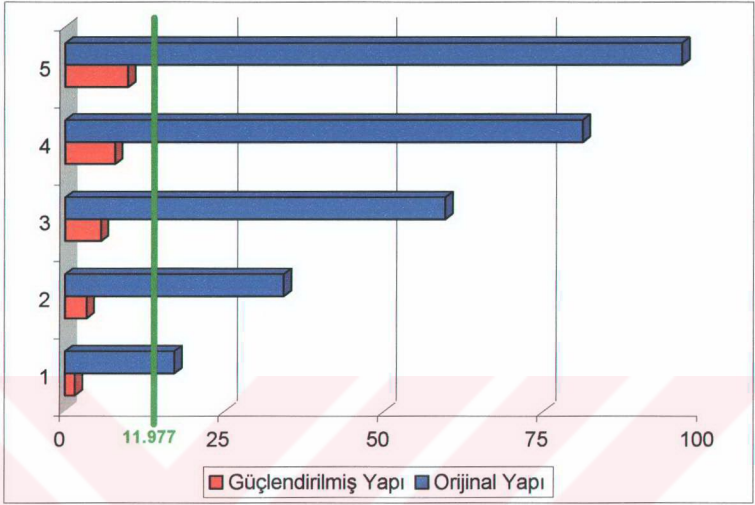
5.8 İki Sistemin Karşılaştırılması

1967 Akyazı ve 1999 Marmara depremlerini iki farklı sistemle karşılamış olan Sakarya Vilayet Binası'nın, 1967'deki orijinal sistemi yıkılmaya gidecek kadar ağır hasara uğramıştı. Oysa bina, güçlendirilen yapı sistemiyle 1999 Marmara depreminden hemen sonra Şekil 5.20'de görüldüğü gibi kullanılabilir durumdaydı ve Sakarya İli'nin kriz merkezi olarak hizmet verdi.

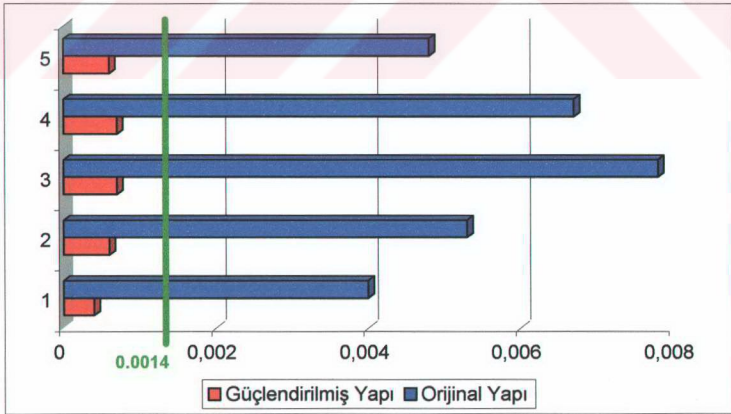


Şekil 5.20 1999 Marmara Depreminde Hemen Sonra Sakarya Vilayet Binası

İki yapı sisteminin analizinden elde edilen sonuçlar bu gerçeği onaylar nitelikte olmuştur. Her iki sistemin yaptığı maksimum yer değiştirmeler ve görelî kat ötelemesi oranları Şekil 5.21 ve 5.22'de sırasıyla gösterilmiştir. Orijinal yapıda son kattaki yer değiştirmenin, kullanılabilirlik sınırının sekiz katı kadar fazla olduğu ve güçlendirilmiş yapıda ise bu değerin kullanılabilirlik sınırının altında kalmış olduğu grafikte açıkça görülmektedir.



Şekil 5.21 Sakarya Vilayet Binasının İki Farklı Yapı Sisteminin Yer Değişimleri



Şekil 5.22 Sakarya Vilayet Binasının İki Farklı Yapı Sisteminin Görelî Kat Ötelemesi Oranları

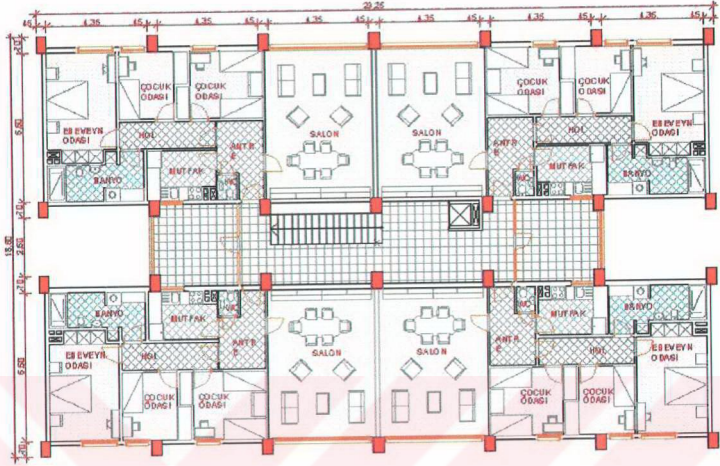
6. KULLANILABİLİRLİK KRİTERİ UYGULAMALARI

6.1 Kullanılabilirlik ve Yapı Yüksekliği

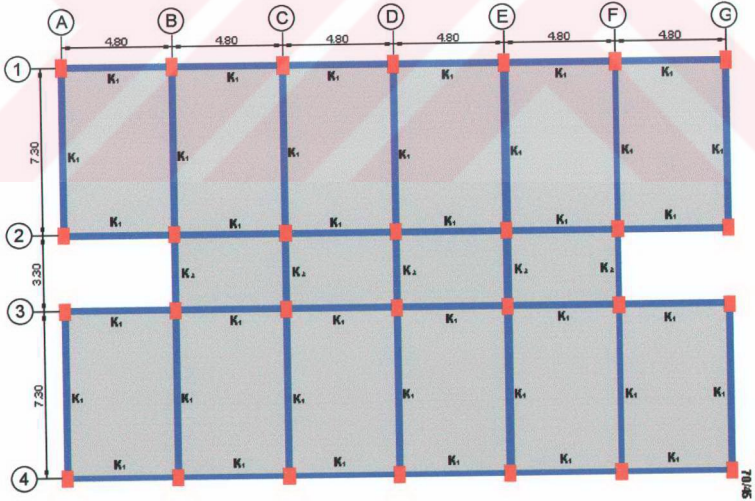
Kullanılabilirlik kriterinin yapı yüksekliği ile olan ilişkisini belirlemek amacıyla mimari planı Şekil 6.1'de, kalıp planı Şekil 6.2'de gösterilen yapı seçilmiş ve kat yüksekliği 3 metre olan 10 katlı bir yapı olarak dizayn edilmiştir. 10 katlı yapının I. ve IV. derece deprem bölgelerinde uygulandığı düşünülerek iki farklı çözüm yapılmıştır. Daha sonra yapının kat sayısı her aşamada bir kat azaltılarak iki katlı bir yapı olana kadar I. ve IV. derece deprem bölgeleri için analizleri yapılmıştır. Tüm yapıların statik analizleri Etabs [33] programı ile yapılmıştır. Yapılara etkiyen deprem yükleri fortran programlama dili ile hazırlanmış bir bilgisayar programı yardımıyla hesaplanmıştır [34].

Betonarme malzemesi olarak C20, S420 kullanıldığı varsayılan binaların yapısal davranış katsayısı $R=8$ olarak düşünülmüş, yerel zemin sınıfı Z2 olarak belirlenmiştir. Normal kat döşemeleri 16 cm, çatı katı döşemeleri 14 cm kalınlığındadır. Tüm kolonlar 70/45 cm boyutlarında, K_1 kirişleri 25/60, K_2 kirişleri 25/50 cm boyutlarındadır. Normal kat döşemelerinde hareketli yük 0.20 t/m^2 , çatı katı döşemelerinde ise 0.10 t/m^2 olarak seçilmiş ve aşağıdaki yük kombinasyonlarına göre yapıların statik analizi yapılmıştır. Statik analiz yapılırken ikinci mertebe etkileri de hesaba katılmıştır.

- $1.4G+1.6Q$
- $1G+1Q\pm 1Ex$
- $1G+1Q\pm 1Ey$
- $0.9G\pm 1Ex$
- $0.9G\pm 1 Ey$



Şekil 6.1 Seçilen Sistemin Mimari Planı



Şekil 6.2 Seçilen Sistemin Kalıp Planı

Tablo 6.1 10 Katlı Yapıya Ait Deprem Yükleri

I. Derece Deprem Bölgesi		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
10	40.83	41.80
9	48.56	49.72
8	43.16	44.19
7	37.77	38.67
6	32.37	33.14
5	26.97	27.62
4	21.58	22.09
3	16.18	16.57
2	10.79	11.04
1	5.39	5.52

IV. Derece Deprem Bölgesi		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
10	10.45	10.20
9	12.43	12.14
8	11.05	10.79
7	9.66	9.44
6	8.28	8.09
5	6.90	6.74
4	5.52	5.39
3	4.14	4.04
2	2.76	2.69
1	1.38	1.35

Tablo 6.2 I. Derece Deprem Bölgesinde 10 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)			10 Katlı Bina		I.Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görelü Kat Ötelemesi (mm)		Görelü Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
10. KAT	27.58	30.47				
			0.78	1.11	0.0003	0.0004
9. KAT	26.80	29.36				
			1.41	1.73	0.0005	0.0006
8. KAT	25.39	27.63				
			2.03	2.39	0.0007	0.0008
7. KAT	23.36	25.24				
			2.57	3.00	0.0008	0.0010
6. KAT	20.79	22.24				
			3.05	3.51	0.0010	0.0011
5. KAT	17.74	18.73				
			3.44	3.93	0.0011	0.0013
4. KAT	14.30	14.80				
			3.75	4.23	0.0012	0.0014
3. KAT	10.55	10.57				
			3.95	4.34	0.0013	0.0014
2. KAT	6.60	6.23				
			3.93	4.00	0.0013	0.0013
1. KAT	2.67	2.23				
			2.67	2.23	0.0009	0.0008
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi : $0.0007 \times 30000 = 21 < 30.47$ mm					Yapı Periyotları $T_x=1.14$ $T_y=1.11$	

Tablo 6.3 IV. Derece Deprem Bölgesinde 10 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)			10 Katlı Bina		IV.Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görelü Kat Ötelemesi (mm)		Görelü Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
10. KAT	6.89	7.61				
			0.20	0.27	0.0001	0.0001
9. KAT	6.69	7.34				
			0.35	0.44	0.0001	0.0001
8. KAT	6.34	6.90				
			0.50	0.60	0.0002	0.0002
7. KAT	5.84	6.30				
			0.65	0.74	0.0002	0.0002
6. KAT	5.19	5.56				
			0.76	0.88	0.0002	0.0003
5. KAT	4.43	4.68				
			0.86	0.98	0.0003	0.0003
4. KAT	3.57	3.70				
			0.94	1.06	0.0003	0.0003
3. KAT	2.63	2.64				
			0.99	1.08	0.0003	0.0003
2. KAT	1.64	1.56				
			0.98	1.01	0.0003	0.0003
1. KAT	0.66	0.55				
			0.66	0.55	0.0003	0.0002
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi : 0.0007 x 30000 = 21 > 7.61 mm					Yapı Periyotları T _x =1.14 T _y =1.11	

Tablo 6.4 9 Katlı Yapıya Ait Deprem Yükleri

I. Derece Deprem Bölgesi		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
9	44.66	45.85
8	52.47	53.86
7	45.91	47.13
6	39.35	40.39
5	32.79	33.66
4	26.23	26.93
3	19.67	20.19
2	13.11	13.46
1	6.56	6.73

IV. Derece Deprem Bölgesi		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
9	11.16	11.46
8	13.12	13.46
7	11.47	11.78
6	9.84	10.09
5	8.20	8.41
4	6.56	6.73
3	4.91	5.05
2	3.27	3.36
1	1.64	1.68

Tablo 6.5 I. Derece Deprem Bölgesinde 9 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)			9 Katlı Bina		I.Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görel Kat Ötelemesi (mm)		Görel Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
9. KAT	24.31	26.62				
			0.82	1.14	0.0003	0.0004
8. KAT	23.49	25.48				
			1.50	1.81	0.0005	0.0006
7. KAT	21.99	23.67				
			2.15	2.51	0.0007	0.0008
6. KAT	19.84	21.16				
			2.73	3.13	0.0009	0.0010
5. KAT	17.11	18.03				
			3.20	3.66	0.0010	0.0012
4. KAT	13.91	14.37				
			3.58	4.03	0.0012	0.0013
3. KAT	10.33	10.34				
			3.84	4.21	0.0012	0.0014
2. KAT	6.49	6.13				
			3.86	3.93	0.0012	0.0013
1. KAT	2.63	2.20				
			2.63	2.20	0.0009	0.0007
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi : 0.0007 x 27000 = 18.9 < 26.62 mm					Yapı Periyotları T _x = 1.02 T _y = 0.99	

Tablo 6.6 IV. Derece Deprem Bölgesinde 9 Katlı Yapıya Ait
Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)			9 Katlı Bina		IV.Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görelü Kat Ötelemesi (mm)		Görelü Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
9. KAT	6.07	6.65				
			0.20	0.28	0.0001	0.0001
8. KAT	5.87	6.37				
			0.38	0.46	0.0001	0.0001
7. KAT	5.49	5.91				
			0.53	0.62	0.0002	0.0002
6. KAT	4.96	5.29				
			0.69	0.79	0.0002	0.0003
5. KAT	4.27	4.50				
			0.80	0.91	0.0003	0.0003
4. KAT	3.47	3.59				
			0.89	1.01	0.0003	0.0003
3. KAT	2.58	2.58				
			0.96	1.05	0.0003	0.0003
2. KAT	1.62	1.53				
			0.96	0.98	0.0003	0.0003
1. KAT	0.66	0.55				
			0.66	0.55	0.0002	0.0002
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi : $0.0007 \times 27000 = 18.9 > 6.65$ mm					Yapı Periyotları $T_x = 1.02$ $T_y = 0.99$	

Tablo 6.7 8 Katlı Yapıya Ait Deprem Yükleri

I. Derece Deprem Bölgesi		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
8	52.63	54.22
7	60.86	62.70
6	52.16	53.75
5	43.47	44.79
4	34.77	35.83
3	26.08	26.87
2	17.38	17.91
1	8.69	8.95

IV. Derece Deprem Bölgesi		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
8	13.15	13.55
7	15.21	15.67
6	13.04	13.43
5	10.86	11.19
4	8.69	8.95
3	6.52	6.71
2	4.34	4.48
1	2.17	2.24

Tablo 6.8 I. Derece Deprem Bölgesinde 8 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)			8 Katlı Bina		I.Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görelü Kat Ötelemesi (mm)		Görelü Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
8. KAT	22.52	24.45				
			0.93	1.27	0.0003	0.0004
7. KAT	21.59	23.18				
			1.71	2.04	0.0006	0.0007
6. KAT	19.88	21.14				
			2.46	2.84	0.0008	0.0009
5. KAT	17.42	18.30				
			3.10	3.52	0.0010	0.0011
4. KAT	14.32	14.78				
			3.59	4.05	0.0012	0.0013
3. KAT	10.73	10.73				
			3.94	4.33	0.0013	0.0014
2. KAT	6.79	6.40				
			4.03	4.10	0.0014	0.0013
1. KAT	2.76	2.30				
			2.76	2.30	0.00092	0.0007
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi : 0.0007 x 24000 = 16.8 < 24.45 mm					Yapı Periyotları T _x = 0.90 T _y = 0.867	

Tablo 6.9 IV. Derece Deprem Bölgesinde 8 Katlı Yapıya Ait
Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)			8 Katlı Bina		IV.Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görelü Kat Ötelemesi (mm)		Görelü Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
8. KAT	5.63	6.11				
			0.24	0.32	0.0001	0.0001
7. KAT	5.39	5.79				
			0.42	0.51	0.0002	0.0002
6. KAT	4.97	5.28				
			0.62	0.71	0.0003	0.0002
5. KAT	4.35	4.57				
			0.77	0.88	0.0003	0.0003
4. KAT	3.58	3.69				
			0.90	1.01	0.0003	0.0003
3. KAT	2.68	2.68				
			0.99	1.08	0.0003	0.0003
2. KAT	1.69	1.60				
			1.00	1.03	0.0003	0.0003
1. KAT	0.69	0.57				
			0.69	0.57	0.0002	0.0002
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi :					Yapı Periyotları	
0.0007 x 24000 = 16.8 > 6.11 mm					T _x = 0.90 T _y = 0.867	

Tablo 6.10 7 Katlı Yapıya Ait Deprem Yükleri

I. Derece Deprem Bölgesi		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
7	57.95	60.23
6	65.64	68.23
5	54.70	56.86
4	43.76	45.48
3	32.82	34.11
2	21.88	22.74
1	10.94	11.37

IV. Derece Deprem Bölgesi		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
7	14.48	15.05
6	16.41	17.05
5	13.67	14.21
4	10.94	11.37
3	8.20	8.53
2	5.47	5.68
1	2.73	2.84

Tablo 6.11 I. Derece Deprem Bölgesinde 7 Katlı Yapıya Ait Yerdeğİştİrmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)			7 Katlı Bina		I.Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değİştİrmeler (mm)		Görelİ Kat Ötelemesi (mm)		Görelİ Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
7. KAT	18.91	20.41				
			0.99	1.33	0.0003	0.0004
6. KAT	17.92	19.08				
			1.84	2.17	0.0006	0.0007
5. KAT	16.08	16.91				
			2.61	3.00	0.0008	0.0010
4. KAT	13.47	13.91				
			3.25	3.66	0.0010	0.0012
3. KAT	10.22	10.25				
			3.70	4.07	0.0012	0.0013
2. KAT	6.52	6.18				
			3.85	3.94	0.0012	0.0013
1. KAT	2.67	2.24				
			2.67	2.24	0.0008	0.0007
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğİştİrme : 0.0007 x 21000 = 14.7 < 20.41 mm					Yapı Periyotları T _x = 0.785 T _y = 0.75	

Tablo 6.12 IV. Derece Deprem Bölgesinde 7 Katlı Yapıya Ait
Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)			7 Katlı Bina		IV.Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görelİ Kat Ötelemesi (mm)		Görelİ Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
7. KAT	4.72	5.10				
			0.24	0.33	0.0001	0.0001
6. KAT	4.48	4.77				
			0.46	0.54	0.0001	0.0002
5. KAT	4.02	4.23				
			0.66	0.76	0.0002	0.0002
4. KAT	3.36	3.47				
			0.81	0.91	0.0003	0.0003
3. KAT	2.55	2.56				
			0.92	1.02	0.0003	0.0003
2. KAT	1.63	1.54				
			0.96	0.98	0.0003	0.0003
1. KAT	0.67	0.56				
			0.67	0.56	0.0002	0.0002
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi : 0.0007 x 21000 = 14.7 > 5.10 mm					Yapı Periyotları T _x = 0.785 T _y = 0.75	

Tablo 6.13 6 Katlı Yapıya Ait Deprem Yükleri

I. Derece Deprem Bölgesi		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
6	64.72	67.91
5	71.28	74.79
4	57.02	59.83
3	42.77	44.87
2	28.51	29.91
1	14.25	14.95

IV. Derece Deprem Bölgesi		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
6	16.18	16.97
5	17.82	18.69
4	14.25	14.95
3	10.69	11.21
2	7.13	7.48
1	3.56	3.74

Tablo 6.14 I. Derece Deprem Bölgesinde 6 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)			6 Katlı Bina		I.Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görelİ Kat Ötelemesi (mm)		Görelİ Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
6. KAT	15.47	16.56				
			1.08	1.43	0.0003	0.0004
5. KAT	14.39	15.13				
			1.98	2.32	0.0006	0.0007
4. KAT	12.41	12.81				
			2.80	3.17	0.0009	0.0010
3. KAT	9.61	9.64				
			3.39	3.74	0.0011	0.0012
2. KAT	6.22	5.90				
			3.65	3.74	0.0012	0.0012
1. KAT	2.57	2.16				
			2.57	2.16	0.0008	
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi : 0.0007 x 18000 = 12.6 < 16.56 mm					Yapı Periyotları T _x = 0.669 T _y = 0.63	

Tablo 6.15 IV. Derece Deprem Bölgesinde 6 Katlı Yapıya Ait
Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)			6 Katlı Bina		IV.Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görelî Kat Ötelemesi (mm)		Görelî Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
6. KAT	3.86	4.14				
			0.27	0.36	0.0001	0.0001
5. KAT	3.59	3.78				
			0.49	0.78	0.0001	0.0002
4. KAT	3.10	3.20				
			0.70	0.79	0.0002	0.0002
3. KAT	2.40	2.41				
			0.85	0.94	0.0003	0.0003
2. KAT	1.55	1.47				
			0.91	0.93	0.0003	0.0003
1. KAT	0.64	0.54				
			0.64	0.54	0.0002	0.0002
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi : $0.0007 \times 18000 = 12.6 > 4.14 \text{ mm}$					Yapı Periyotları $T_x = 0.669 \quad T_y = 0.63$	

Tablo 6.16 5 Katlı Yapıya Ait Deprem Yükleri

I. Derece Deprem Bölgesi		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
5	73.58	78.01
4	77.79	82.48
3	58.34	61.86
2	38.89	41.24
1	19.45	20.62

IV. Derece Deprem Bölgesi		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
5	18.39	19.50
4	19.45	20.62
3	14.58	15.46
2	9.72	10.31
1	4.86	5.15

Tablo 6.17 I. Derece Deprem Bölgesinde 5 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)			5 Katlı Bina		I. Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görelî Kat Ötelemesi (mm)		Görelî Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
5. KAT	12.19	12.89	1.19	1.55	0.0004	0.0005
4. KAT	11.00	11.34	2.17	2.51	0.0007	0.0008
3. KAT	8.83	8.83	2.98	3.29	0.0010	0.0011
2. KAT	5.85	5.54	3.40	3.47	0.0011	0.0011
1. KAT	2.45	2.07	2.45	2.07	0.0008	0.0007
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi : 0.0007 x 15000 = 10.05 < 12.89 mm					Yapı Periyotları T _x = 0.55 T _y = 0.514	

Tablo 6.18 IV. Derece Deprem Bölgesinde 5 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)			5 Katlı Bina		IV.Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görel Kat Ötelemesi (mm)		Görel Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
5. KAT	3.05	3.22				
			0.30	0.39	0.0001	0.0001
4. KAT	2.75	2.83				
			0.54	0.62	0.0002	0.0002
3. KAT	2.21	2.21				
			0.75	0.83	0.0002	0.0003
2. KAT	1.46	1.38				
			0.85	0.86	0.0003	0.0003
1. KAT	0.61	0.52				
			0.61	0.52	0.0002	0.0002
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi : 0.0007 x 15000 = 10.05 > 3.22 mm					Yapı Periyotları T _x = 0.55 T _y = 0.514	

Tablo 6.19 4 Katlı Yapıya Ait Deprem Yükleri

I. Derece Deprem Bölgesi		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
4	85.54	91.98
3	84.78	91.17
2	56.52	60.78
1	28.26	30.39

IV. Derece Deprem Bölgesi		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
4	21.38	22.99
3	21.19	22.79
2	14.13	15.19
1	7.06	7.59

Tablo 6.20 I. Derece Deprem Bölgesinde 4 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)			4 Katlı Bina		I.Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görelü Kat Ötelemesi (mm)		Görelü Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
4. KAT	9.07	9.42				
			1.34	1.71	0.0004	0.0005
3. KAT	7.73	7.71				
			2.38	2.67	0.0008	0.0009
2. KAT	5.35	5.04				
			3.05	3.10	0.0010	0.0010
1. KAT	2.30	1.94				
			2.30	1.94	0.0007	0.0006
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi : 0.0007 x 12000 = 8.40 < 9.42 mm					Yapı Periyotları T _x = 0.438 T _y = 0.40	

Tablo 6.21 IV. Derece Deprem Bölgesinde 4 Katlı Yapıya Ait
Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)			4 Katlı Bina		IV.Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görelİ Kat Ötelemesi (mm)		Görelİ Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
4. KAT	2.27	2.35				
			0.34	0.42	0.0001	0.0001
3. KAT	1.93	1.93				
			0.59	0.67	0.0002	0.0002
2. KAT	1.34	1.26				
			0.77	0.78	0.0002	0.0002
1. KAT	0.57	0.48				
			0.57	0.48	0.0001	0.0001
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi : 0.0007 x 12000 = 8.40 > 2.35 mm					Yapı Periyotları T _x = 0.438 T _y = 0.40	

Tablo 6.22 3 Katlı Yapıya Ait Deprem Yükleri

I. Derece Deprem Bölgesi		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
3	86.71	86.71
2	76.39	76.39
1	38.19	38.19

IV. Derece Deprem Bölgesi		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
3	21.67	21.67
2	19.09	19.09
1	9.55	9.55

Tablo 6.23 I. Derece Deprem Bölgesinde 3 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)			3 Katlı Bina		I.Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görelü Kat Ötelemesi (mm)		Görelü Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
3. KAT	5.19	4.77				
			1.30	1.44	0.0004	0.0005
2. KAT	3.89	3.33				
			2.12	1.99	0.0007	0.0006
1. KAT	1.77	1.34				
			1.77	1.34	0.0006	0.0004
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi : 0.0007 x 9000 = 6.30 > 5.19 mm					Yapı Periyotları T _x = 0.325 T _y = 0.29	

Tablo 6.24 IV. Derece Deprem Bölgesinde 3 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)			3 Katlı Bina		IV.Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görelü Kat Ötelemesi (mm)		Görelü Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
3. KAT	1.29	1.19				
			0.32	0.36	0.0001	0.0001
2. KAT	0.97	0.83				
			0.53	0.49	0.0002	0.0001
1. KAT	0.44	0.34				
			0.44	0.34	0.0001	0.0001
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi : 0.0007 x 9000 = 6.30 > 1.19 mm					Yapı Periyotları T _x = 0.325 T _y = 0.29	

Tablo 6.25 2 Katlı Yapıya Ait Deprem Yükleri

I.Derece Deprem Bölgesi		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
2	77.24	77.24
1	51.04	51.04

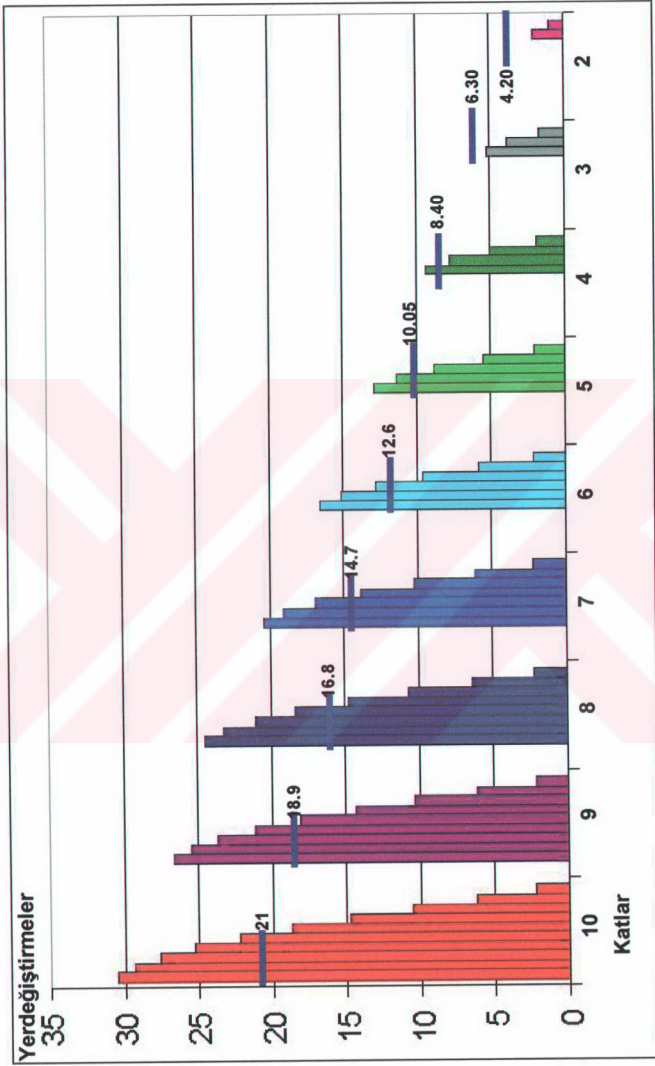
IV.Derece Deprem Bölgesi		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
2	19.31	19.31
1	12.76	12.76

Tablo 6.26 I. Derece Deprem Bölgesinde 2 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)			2 Katlı Bina		I.Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görel Kat Ötelemesi (mm)		Görel Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
2. KAT	2.08	1.75				
			1.02	0.97	0.0003	0.0003
1. KAT	1.06	0.78				
			1.06	0.78	0.0003	0.0002
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi : $0.0007 \times 6000 = 4.20 > 2.08 \text{ mm}$					Yapı Periyotları $T_x = 0.214 \quad T_y = 0.18$	

Tablo 6.27 IV. Derece Deprem Bölgesinde 2 Katlı Yapıya Ait
Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)			2 Katlı Bina		IV.Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görelü Kat Ötelemesi (mm)		Görelü Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
2. KAT	0.52	0.44				
			0.26	0.25	0.0001	0.0001
1. KAT	0.26	0.19				
			0.26	0.19	0.0001	0.0001
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi : $0.0007 \times 6000 = 4.20 > 0.52 \text{ mm}$					Yapı Periyotları $T_x = 0.214 \quad T_y = 0.18$	



şekil 6.3 I. Derece Deprem Bölgesi İçin Yapılara Ait Yerdeğiştirmeler

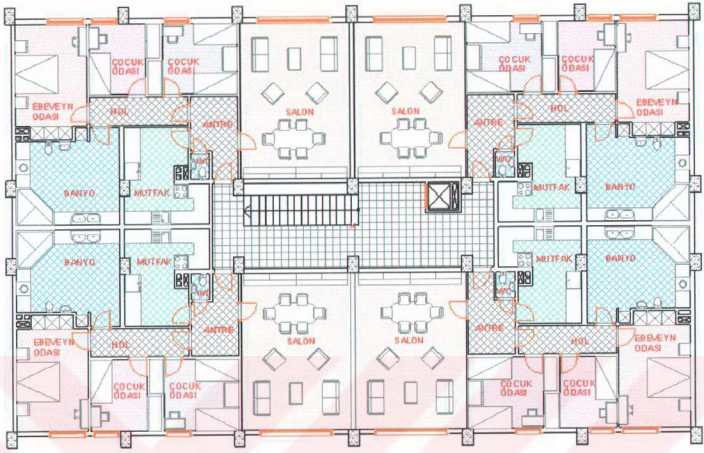
7. KULLANILABİLİRLİĞİN YAPI MALİYET'İNE ETKİSİ

7.1 I. Derece Deprem Bölgesi'nde Kullanılabilirlik

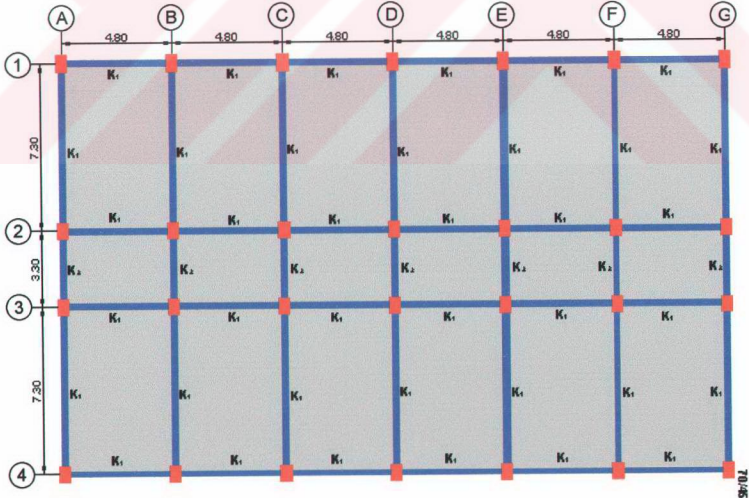
Kullanılabilirlik felsefesi ile inşa edilen yapılarda ne kadar maliyet artışı olabileceğini belirlemek amacı ile, tipik kat planı Şekil 7.1'de gösterilen çerçeve yapının, 10 katlı ve 5 katlı çerçeve sistem olarak I. derece deprem bölgesinde statik analizleri yapılmıştır. Çerçeve sisteme ait kalıp planı Şekil 7.2'de gösterilmiştir. Daha sonra binalar kullanılabilirlik kriterini sağlayacak şekilde taşıyıcı sistemi perde+çerçeve olarak belirlenmiştir. Tipik kat planı Şekil 7.3'de, kalıp planı Şekil 7.4'de verilen yapıların statik analizleri yapılmıştır. Yapılarda perdeler 20 cm kalınlığında, tüm kolonlar 45/70, K1 kirişleri 25/60, K2 kirişleri ise 25/50 boyutlarındadır.

Çerçeve sistem ile inşası düşünülen yapılarda $R=8$, perde-çerçeve şeklinde teşkil edilen yapıların yapısal davranış katsayısı $R=7$ olarak düşünülmüş, tüm yapıların yerel zemin sınıfı Z2, betonarme malzemesi C20, S420 olarak belirlenmiştir. Normal kat döşemeleri 16 cm kalınlığında, çatı katı döşemeleri ise 14 cm kalınlığındadır. Normal kat döşemelerinde hareketli yük $0.20 t/m^2$, çatı katı döşemelerinde ise $0.10 t/m^2$ olarak seçilmiş ve aşağıdaki yük kombinasyonlarına göre yapıların statik analizleri yapılmıştır. Statik analiz yapılırken ikinci mertebe etkileri de hesaba katılmıştır.

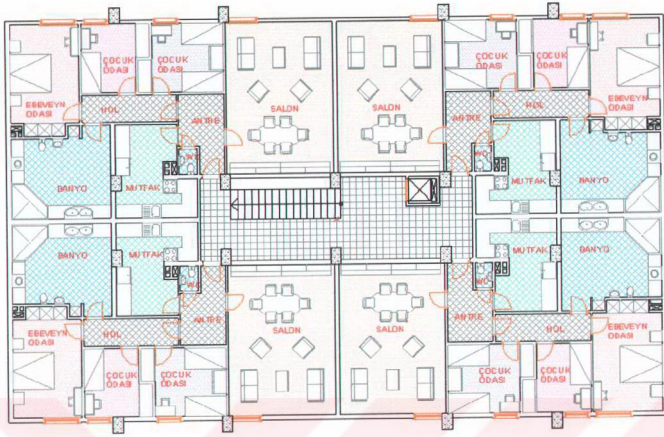
- $1.4G + 1.6Q$
- $1G + 1Q \pm 1Ex$
- $1G + 1Q \pm 1Ey$
- $0.9G \pm 1Ex$
- $0.9G \pm 1 Ey$



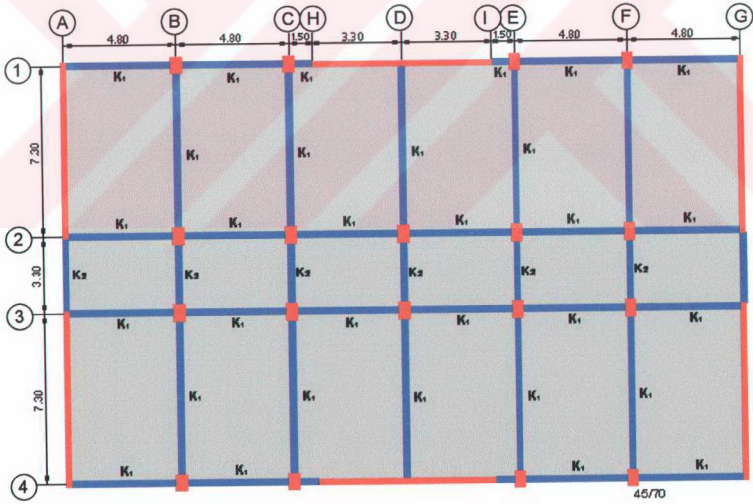
Şekil 7.1 Çerçeve Yapının Tipik Kat Planı



Şekil 7.2 Çerçeve Yapıya Ait Kalıp Planı



Şekil 7.3 Perde+Çerçeve Yapının Tipik Kat Planı



Şekil 7.4 Perde+Çerçeve Yapıya Ait Kalıp Planı

Çerçeve ve Perde-Çerçeve şeklinde teşkil edilen yapıların statik analizleri, Etabs [33] programı ile çözülerek yapılara ait yerdeğiştirme, görelî kat ötelemesi ve görelî kat ötelemesi oranı değerleri ilgili tablolarda verilmiş ve grafik olarak gösterilmiştir.

Yapıların maliyet analizleri Sta4Cad [35] programı ile yapılmış, maliyet analizlerinde 2003 yılına ait birim fiyatlar kullanılmıştır [36]. Kullanılabilirlik kriterlerini sağlayan perdeli yapıların ve bu kriterleri sağlayamayan çerçeve yapıların maliyetleri hesaplanmış, aralarındaki maliyet farkları gösterilmiştir.

7.1.1 10 Katlı Yapının Statik Analizi

Tablo 7.1 10 Katlı Yapıda İki Farklı Sisteme Etkiyen Deprem Yükleri

Çerçeve Sistem		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
10	41.76	44.47
9	49.45	52.66
8	43.95	46.81
7	38.46	40.96
6	32.96	35.11
5	27.47	29.25
4	21.97	23.40
3	16.48	17.55
2	10.98	11.70
1	5.49	5.85

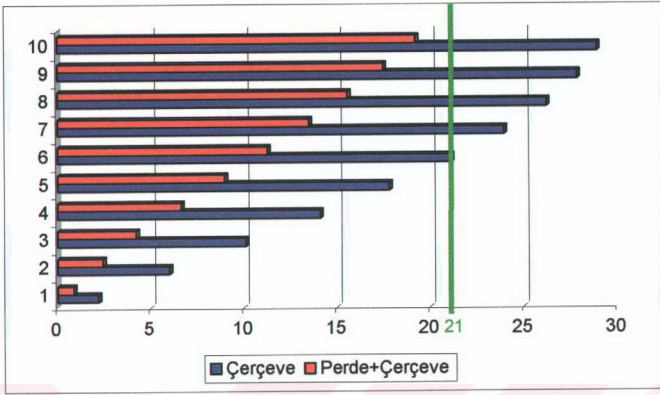
Perde+Çerçeve Sistem		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
10	77.24	90.42
9	91.30	106.88
8	81.16	95.00
7	71.01	83.12
6	60.87	71.25
5	50.72	59.37
4	40.58	47.50
3	30.43	35.62
2	20.29	23.75
1	10.14	11.87

Tablo 7.2 10 Katlı Yapıda İki Farklı Sisteme Ait Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)			10 Katlı Bina		I. Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görelü Kat Ötelemesi (mm)		Görelü Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	M	D	M	D	M	D
10. KAT	28.90	19.20				
			1.05	1.73	0.00035	0.00058
9. KAT	27.85	17.47				
			1.65	1.91	0.00055	0.00064
8. KAT	26.20	15.56				
			2.27	2.07	0.00075	0.00069
7. KAT	23.93	13.49				
			2.84	2.22	0.00095	0.00074
6. KAT	21.09	11.27				
			3.31	2.30	0.0011	0.00077
5. KAT	17.78	8.97				
			3.70	2.32	0.0012	0.00077
4. KAT	14.08	6.65				
			3.98	2.42	0.0013	0.00081
3. KAT	10.10	4.23				
			4.09	1.79	0.0014	0.00060
2. KAT	6.01	2.44				
			3.82	1.57	0.0013	0.00052
1. KAT	2.19	0.87				
			2.19	0.87	0.00073	0.00029
Z. KAT	0.00	0.00				
Yapı Periyotları:		M $T_x=1.148$ $T_y=1.069$		D $T_x=0.664$ $T_y=0.551$		

M=Çerçeve Sistem

D=Perde+Çerçeve Sistem



Şekil 7.5 10 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler

7.1.2 10 Katlı Yapının Maliyet Analizi

Tablo 7.3 10 Katlı Yapının Maliyet Analizi

ÇERÇEVE SİSTEM				
Malzeme	Birim	Miktar	Birim Fiyatı (\$)	Tutar (\$)
Beton (C20)	m ³	1307.4	50.76	66363.6
Kalıp	m ²	8923.1	6.65	59338.6
8-12 mm Donatı	t	85.7	604.18	51778.2
14-18 mm Donatı	t	78.5	571.98	44900.4
TOPLAM				222381
PERDE+ÇERÇEVE SİSTEM				
Malzeme	Birim	Miktar	Birim Fiyatı (\$)	Tutar (\$)
Beton (C20)	m ³	1382	50.76	70150.3
Kalıp	m ²	10102	6.65	67178.3
8-12 mm Donatı	t	78.6	604.18	47488.5
14-18 mm Donatı	t	85.1	571.98	48675.5
Tuğla	adet	23820	0.0662	-1576.9
TOPLAM				231915

10 Katlı yapıda, taşıyıcı sistemin maliyet artışı %4.3 olmaktadır. Kaba inşaatın maliyeti tüm yapının maliyetinin %40 kadar olduğunu da göz önünde bulundurarak tüm yapının maliyet artışı %2 olmaktadır.

7.1.3 5 Katlı Yapının Statik Analizi

Tablo 7.4 5 Katlı Yapıda İki Farklı Sisteme Etkiyecek Deprem Yükleri

Çerçeve Sistem		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
5	75.16	82.45
4	79.11	86.79
3	59.33	65.09
2	39.55	43.39
1	19.77	21.69

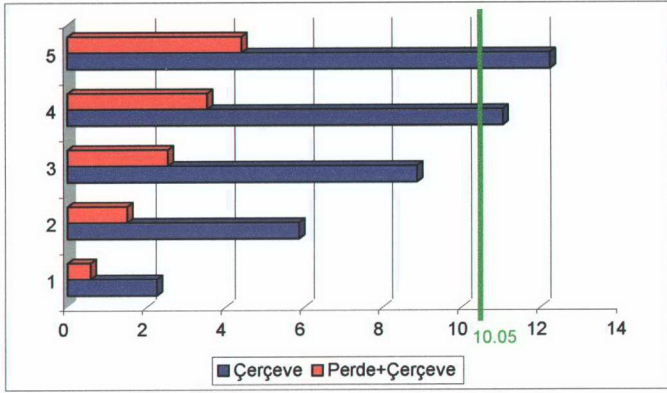
Perde+Çerçeve Sistem		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
5	112.93	112.93
4	118.65	118.65
3	88.99	88.99
2	59.32	59.32
1	29.66	29.66

Tablo 7.5 5 Katlı Yapıda İki Farklı Sisteme Ait Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)			5 Katlı Bina		I. Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görel Kat Ötelemesi (mm)		Görel Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	M	D	M	D	M	D
5. KAT	12.22	4.42				
			1.19	0.87	0.00040	0.00029
4. KAT	11.03	3.55				
			2.17	1.00	0.00072	0.00033
3. KAT	8.86	2.55				
			2.99	1.03	0.0010	0.00034
2. KAT	5.87	1.52				
			3.60	0.93	0.0012	0.00031
1. KAT	2.27	0.59				
			2.27	0.59	0.00075	0.00020
Z. KAT	0.00	0.00				
Yapı Periyotları:		M $T_x=0.553$ $T_y=0.514$		D $T_x=0.263$ $T_y=0.204$		

M=Çerçeve Sistem

D=Perde+Çerçeve Sistem



Şekil 7.6 5 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler

7.1.4 5 Katlı Yapının Maliyet Analizi

Tablo 7.6 10 Katlı Yapının Maliyet Analizi

ÇERÇEVE SİSTEM				
Malzeme	Birim	Miktar	Birim Fiyatı (\$)	Tutar (\$)
Beton (C20)	m ³	649.1	50.76	32948.3
Kalıp	m ²	4465	6.65	29692.2
8-12 mm Donatı	t	39.4	604.18	23804.7
14-18 mm Donatı	t	32.8	571.98	18760.9
			TOPLAM	105206
PERDE+ÇERÇEVE SİSTEM				
Malzeme	Birim	Miktar	Birim Fiyatı (\$)	Tutar (\$)
Beton (C20)	m ³	686.4	50.76	34841.6
Kalıp	m ²	5054.1	6.65	33609.7
8-12 mm Donatı	t	38.7	604.18	23381.7
14-18 mm Donatı	t	38.2	571.98	21849.6
Tuğla	adet	11910	0.0662	-788.4
			TOPLAM	112894

5 Katlı yapıda, taşıyıcı sistemin maliyet artışı %7.3 olmaktadır. Kaba inşaatın maliyeti tüm yapının maliyetinin %40 kadar olduğunu da göz önünde bulundurarak tüm yapının maliyet artışı %3 olmaktadır.

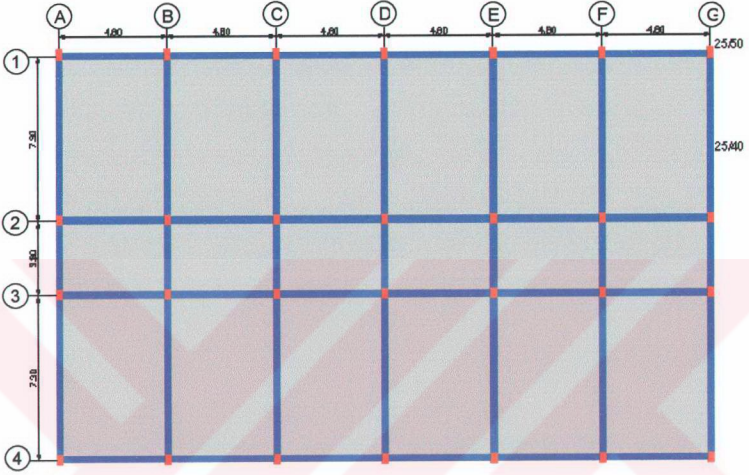
7.2 IV. Derece Deprem Bölgesi'nde Kullanılabilirlik

6. Bölümde yapılan çalışmada 10 katlı yapı dahil olmak üzere IV. derece deprem bölgesinde statik analizi yapılan tüm çerçeve yapıların kullanılabilirlik kriterini rahatlıkla sağladığı görülmüştü. Kullanılabilirlik kriterinin oldukça altında kalan 10 katlı yapının taşıyıcı sisteminde değişiklik yapılarak yeniden analizi yapılmıştır.

Çerçeve sistem ile inşası düşünülen 10 katlı yapıda $R=8$ olarak belirlenmiş, yerel zemin sınıfı Z2 olarak alınmıştır. Normal kat ve çatı katı döşemeleri 12 cm'ye, kolon boyutları 25/50'ye ve kiriş boyutları ise 25/40'a indirilmiştir. Normal kat döşemelerinde hareketli yük 0.20 t/m^2 , çatı katı döşemelerinde ise 0.10 t/m^2 olarak seçilmiş ve aşağıdaki yük kombinasyonlarına göre yapıların statik analizleri yapılmıştır. Statik analiz yapılırken ikinci mertebe etkileri de hesaba katılmıştır.

- $1.4G+1.6Q$
- $1G+1Q\pm 1Ex$
- $1G+1Q\pm 1Ey$
- $0.9G\pm 1Ex$
- $0.9G\pm 1Ey$

7.2.1 10 Katlı Yapının Statik Analizi



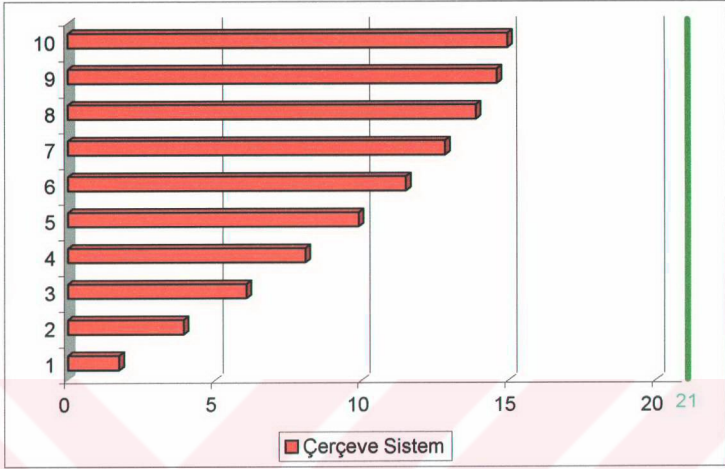
Şekil 7.7 IV. Derece Deprem Bölgesi'nde Çerçeve Yapıya Ait Kalıp Planı

Tablo 7.7 IV. Derece Deprem Bölgesi'nde 10 Katlı Yapıya Etkiyen Deprem Yükleri

Çerçeve Sistem		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
10	4.37	5.87
9	5.14	6.90
8	4.56	6.13
7	3.99	5.36
6	3.42	4.60
5	2.85	3.83
4	2.28	3.06
3	1.71	2.30
2	1.14	1.53
1	0.57	0.76

Tablo 7.8 10 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiş-tirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXP (%5) 1G+1Q±1EYP (%5)		10 Katlı Bina	IV. Derece Deprem Bölgesi
Katlar	Yer Değiş-tirmeler (mm)	Görelî Kat Ötelemesi (mm)	Görelî Kat Ötelemesi Oranı (mm)
10. KAT	14.96		
		0.36	0.00012
9. KAT	14.60		
		0.71	0.00023
8. KAT	13.89		
		1.05	0.00035
7. KAT	12.84		
		1.34	0.00044
6. KAT	11.50		
		1.60	0.00053
5. KAT	9.90		
		1.82	0.00060
4. KAT	8.08		
		2.00	0.00066
3. KAT	6.08		
		2.13	0.00071
2. KAT	3.95		
		2.20	0.00073
1. KAT	1.75		
		1.75	0.00058
Z. KAT	0.00		
Max. Çatı Yerdeğiş-tirmesi :		Yapı Periyotları:	
0.0007x30000=21>14.96mm		$T_x=2.45$	$T_y=1.81$



Şekil 7.8 10 Katlı Yapıya Ait Yerdeğiştirmeler

7.2.2 10 Katlı Yapının Maliyet Analizi

Tablo 7.9 10 Katlı Yapının Maliyet Analizi

ÇERÇEVE SİSTEM				
Malzeme	Birim	Miktar	Birim Fiyatı (\$)	Tutar (\$)
Beton (C20)	m ³	878.5	50.76	44592.6
Kalıp	m ²	7668.4	6.65	50994.8
8-12 mm Donatı	t	64.5	604.18	38969.6
14-18 mm Donatı	t	74.1	571.98	42383.7
TOPLAM				176940

Aynı yapının I. Derece Deprem Bölgesinde inşa edilmesi durumunda yapı, kullanılabilirlik sınırını sağlayamamaktadır. Bölüm 7.1'de analizi yapılan çerçeve yapıya göre kolon ve kiriş boyutları azaltılmasına karşılık IV. Derece Deprem Bölgesi'nde yapının kullanılabilirlik kriterini sağladığı ve yapı maliyetinin sadece kaba inşaat %25, tüm yapıda ise %10 azaldığı görülmektedir.

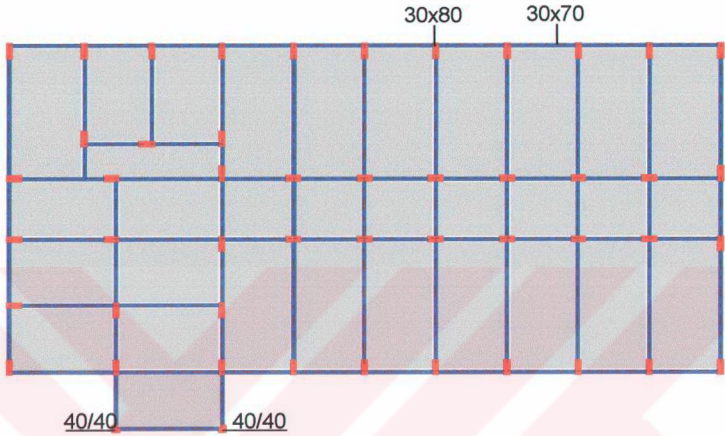
7.3 Ayvalık Rahim Usta ve Zeliha Timuçin Lisesi

3 Katlı yapının, çerçeve sistem, perdeler ile güçlendirilmiş sistem ve perde+çerçeve sistem ile inşa edilmesi durumlarında yapacağı yerdeğiştirmeler, Etabs [33] programı ile analiz edilmiştir. Her üç sistem şekli için yapıların maliyet analizleri Sta4Cad [35] programı ile yapılmıştır.

Çerçeve sistemin yapısal davranış katsayısı $R=8$, güçlendirilmiş ve perde+çerçeve sistem olarak dizayn edilen yapıların ise yapısal davranış katsayısı $R=7$ olarak düşünölmüş, yerel zemin sınıfı Z1 olarak belirlenmiştir. Kat yükseklikleri 3.9 m olan yapıda, tüm kolonlar 30/80 cm, kirişler ise 30/70 cm boyutlarında, döşemeler 15 cm kalınlığındadır. Normal kat döşemelerinde hareketli yük 0.50 t/m^2 olarak seçilmiş ve aşağıdaki yük kombinasyonlarına göre yapıların statik analizi yapılmıştır. Statik analiz yapılırken ikinci mertebe etkileri de hesaba katılmıştır.

- $1.4G+1.6Q$
- $1G+1Q\pm 1Ex$
- $1G+1Q\pm 1Ey$
- $0.9G\pm 1Ex$
- $0.9G\pm 1Ey$

7.3.1 Çerçeve Sistem



Şekil 7.9 Çerçeve Sistemin Kalıp Planı

Tablo 7.10 Çerçeve Sisteme Etkiyecek Deprem Yükleri

Çerçeve Sistem		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
3	126.22	123.81
2	139.06	136.40
1	72.08	70.71

Tablo 7.11 Çerçeve Sisteme Ait Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXN (%6.1) 1G+1Q±1EYP (%6.1)			Çerçeve Yapı		I. Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görel Kat Ötelemesi (mm)		Görel Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
3. KAT	9.71	12.77				
			2.20	3.31	0.00056	0.00084
2. KAT	7.51	9.46				
			3.99	5.33	0.0010	0.0013
1. KAT	3.52	4.13				
			3.52	4.13	0.00090	0.0010
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi: 0.0007X11700=8.19<12.77 mm				Yapı Periyotları: T _x =0.41 T _y =0.42		

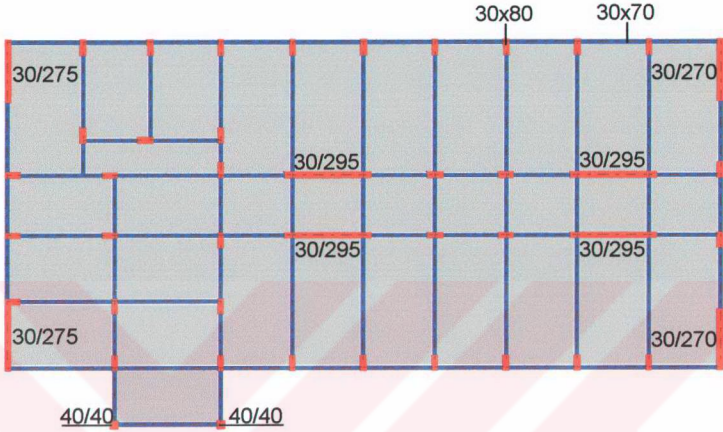
Tablo 7.12 Çerçeve Yapının Rijitlik Merkezinde Yerdeğiştirmeler

1G+1Q±1EY(%6.1)		
Katlar	Sta4Cad (mm)	Etabs (mm)
3	7.4	8.8
2	5.8	6.6
1	2.9	2.9

Tablo 7.13 Çerçeve Yapının Maliyet Analizi

ÇERÇEVE SİSTEM				
Malzeme	Birim	Miktar	Birim Fiyatı (\$)	Tutar (\$)
Beton (C20)	m ³	577.9	50.76	29334.2
Kalıp	m ²	4136.9	6.65	27510.4
8-12 mm Donatı	t	34.8	604.18	21025.4
14-18 mm Donatı	t	34.5	571.98	18008.3
			TOPLAM	95878

7.3.2 Güçlendirilmiş Sistem



Şekil 7.10 Güçlendirilmiş Sistemin Kalıp Planı

Tablo 7.14 Güçlendirilmiş Sisteme Etkiyecek Deprem Yükleri

Güçlendirilmiş Sistem		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
3	205.48	205.48
2	216.51	216.51
1	112.27	112.27

Tablo 7.15 Güçlendirilmiş Sisteme Ait Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXN (%5.7) 1G+1Q±1EYP (%5.7)			Güçlendirilmiş Yapı		I. Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görel Kat Ötelemesi (mm)		Görel Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
3. KAT	3.89	8.06				
			1.49	3.03	0.00038	0.00077
2. KAT	2.40	5.03				
			1.50	3.17	0.00038	0.00081
1. KAT	0.90	1.86				
			0.90	1.86	0.00023	0.00047
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi: 0.0007X11700=8.19>8.06 mm				Yapı Periyotları: T _x =0.206 T _y =0.265		

Tablo 7.16 Güçlendirilmiş Yapının Rijitlik Merkezinde Yerdeğiştirmeler

1G+1Q±1EY(%5.7)		
Katlar	Sta4Cad (mm)	Etabs (mm)
3	6.8	5.8
2	4.3	3.6
1	1.7	1.3

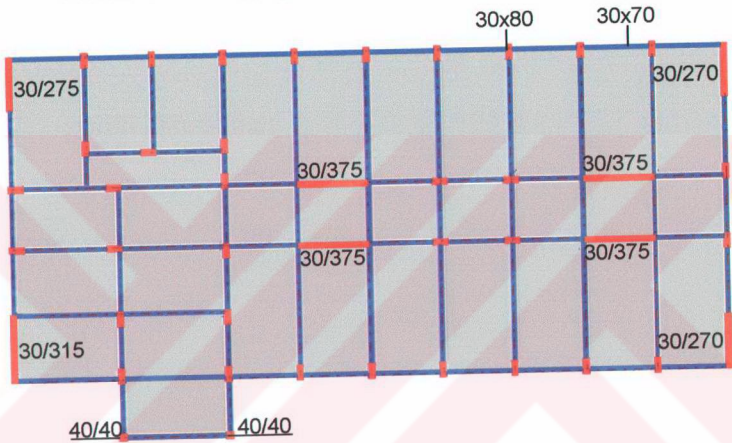
Tablo 7.17 Güçlendirilmiş Yapının Maliyet Analizi

GÜÇLENDİRİLMİŞ SİSTEM				
Malzeme	Birim	Miktar	Birim Fiyatı (\$)	Tutar (\$)
Beton (C20)	m ³	657.8	50.76	33389.9
Kalıp	m ²	4725.8	6.65	31426.5
8-12 mm Donatı	t	37.6	604.18	22717.1
14-18 mm Donatı	t	47.1	571.98	26940.2
			TOPLAM	114473

Maliyet artışı taşıyıcı sistemde %19, tüm yapıda ise %7.6 olarak hesaplanmıştır.

7.3.3 Perde+Çerçeve Sistem

7.3.3.1 1. Perde+Çerçeve Sistem



Şekil 7.11 1. Perde+Çerçeve Sistemin Kalıp Planı

Tablo 7.18 1. Perde+Çerçeve Sisteme Etkiyecek Deprem Yükleri

1. Perde+Çerçeve Sistem		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
3	195.15	197.20
2	209.06	207.71
1	107.68	106.98

Tablo 7.19 1. Perde+Çerçeve Sisteme Ait Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXN (%5.2) 1G+1Q±1EYP (%5.2)			1. Perde+Çerçeve Yapı		I. Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görelî Kat Ötelemesi (mm)		Görelî Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
3. KAT	5.70	10.16				
			2.13	4.20	0.00055	0.0011
2. KAT	3.57	6.40				
			2.25	4.03	0.00058	0.0010
1. KAT	1.32	2.37				
			1.32	2.37	0.00034	0.00061
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi: 0.0007X11700=8.19<10.36mm				Yapı Periyotları: T _x =0.253T _y =0.300		

Tablo 7.20 1. Perde+Çerçeve Yapının Rijitlik Merkezinde
Yerdeğiştirmeler

1G+1Q±1EY(%5.2)		
Katlar	Sta4Cad (mm)	Etabs (mm)
3	6.3	6.7
2	4.1	4.2
1	1.5	1.6

Tablo 7.21 1. Perde+Çerçeve Yapının Maliyet Analizi

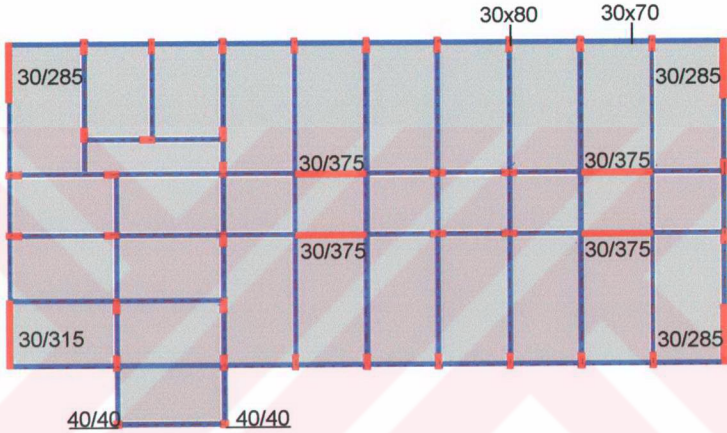
1. PERDE+ÇERÇEVE SİSTEM				
Malzeme	Birim	Miktar	Birim Fiyatı (\$)	Tutar (\$)
Beton (C20)	m ³	626.3	50.76	31790.9
Kalıp	m ²	4434.3	6.65	29488.1
8-12 mm Donatı	t	36.2	604.18	21871.3
14-18 mm Donatı	t	41.5	571.98	23737.1
Tuğla	adet	4794	0.0662	-317.4
			TOPLAM	106570

Maliyet artışı taşıyıcı sistemde %11, tüm yapıda ise %4.4 olarak hesaplanmıştır.

Maliyet artışı taşıyıcı sistemde %11, tüm yapıda ise %4.4 olarak hesaplanmıştır.

Sistem kullanılabilirlik sınırını sağlamadığı için perde boyutları artırılarak yeni bir çözüm yapılmıştır.

7.3.3.2 2. Perde+Çerçeve Sistem



Şekil 7.12 2. Perde+Çerçeve Sistemin Kalıp Planı

Tablo 7.22 2. Perde+Çerçeve Sisteme Etkiyecek Deprem Yükleri

2. Perde+Çerçeve Sistem		
Katlar	X Yönü (Ton)	Y Yönü (Ton)
3	195.52	195.52
2	209.20	209.20
1	107.75	107.75

Tablo 7.23 2. Perde+Çerçeve Sisteme Ait Yerdeğiştirmeler

Etkili Yük Kombinasyonları : 1G+1Q±1EXN (%5.2) 1G+1Q±1EYP (%5.2)			2.Perde+Çerçeve Yapı		I. Derece Deprem Bölgesi	
Katlar	Yer Değiştirmeler (mm)		Görel Kat Ötelemesi (mm)		Görel Kat Ötelemesi Oranı (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
3. KAT	5.76	8.04				
			2.40	2.54	0.00061	0.00065
2. KAT	3.56	5.50				
			2.25	3.48	0.00058	0.00089
1. KAT	1.31	2.02				
			1.31	2.02	0.00034	0.00052
Z. KAT	0.00	0.00				
Max. Çatı Yerdeğiştirmesi: 0.0007X11700=8.19>8.04mm				Yapı Periyotları: T _x =0.253T _y =0.284		

Tablo 7.24 2. Perde+Çerçeve Yapının Rijitlik Merkezinde
Yerdeğiştirmeler

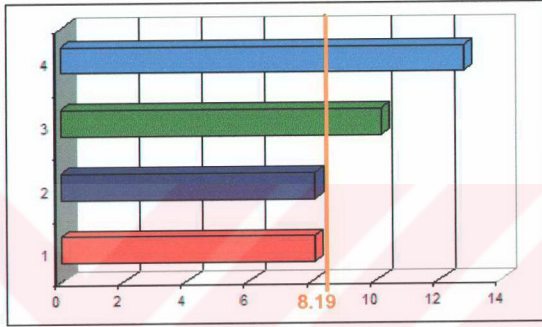
1G+1Q±1EY(%5.2)		
Katlar	Sta4Cad (mm)	Etabs (cm)
3	6.1	5.8
2	3.9	3.6
1	1.5	1.3

Tablo 7.25 2. Perde+Çerçeve Yapının Maliyet Analizi

2. PERDE+ÇERÇEVE SİSTEM				
Malzeme	Birim	Miktar	Birim Fiyatı (\$)	Tutar (\$)
Beton (C20)	m ³	627.8	50.76	31867.1
Kalıp	m ²	4443.7	6.65	29550.6
8-12 mm Donatı	t	36.2	604.18	21871.3
14-18 mm Donatı	t	41.5	571.98	23737.1
Tuğla	adet	4899	0.0662	-324.3
			TOPLAM	106702

Maliyet artışı taşıyıcı sistemde %11, tüm yapıda ise %4.4 olarak hesaplanmıştır.

- Çerçeve Sistem
- 1. Perde+Çerçeve Sistem
- Güçlendirilmiş Sistem
- 2. Perde+Çerçeve Sistem



Şekil 7.13 4 Farklı Sisteme Ait Yerdeğiştirmeler

8. SONUÇLAR

I. Derece deprem bölgesinde analizi yapılan yapılarda, yapı yüksekliği 9 metreye kadar olan çerçeve yapıların tüm kriterleri sağladığı, yapı yüksekliği 9 metre ile 18 metre arasında olan çerçeve yapıların, görelî kat ötelemesi ve görelî kat ötelemesi oranını sağladığı, yapı yüksekliği 18 metre ile 21 metre arasında olan çerçeve yapıların sadece görelî kat ötelemesi oranını sağladığı ve son olarak yapı yüksekliği 21 metreden fazla olan yapıların her üç sınırı da sağlayamadığı görülmüştür. IV. Derece deprem bölgesinde analizi yapılan tüm yapıların ise her üç kriteri de rahatlıkla sağlayabildikleri görülmüştür.

1) Çerçeve sistemler sünek yapıları ile deprem etkilerini absorbe etmelerine karşın yapısal olmayan elemanların hasarını engelleyemezler. Bazen çerçeve sistem ile inşa edilmiş yapılarda, meydana gelen depremlerden sonra, ikincil elemanların hasarının tamir ve takviye masrafları toplam yapı maliyetinin %70'ine kadar çıkabilmektedir. Yapısal olmayan elemanların hasarının önlenmesi için betonarme perde kullanımı oldukça etkili bir metottur.

2) Daha önceki depremlerden elde ettiğimiz tecrübeler göstermiştir ki, betonarme perdeler ile yanal yerdeğıştirmelerin sınırlandırıldığı yapılarda bazı yapıım hataları olsa dahi, yapılar ağır hasara maruz kalmamaktadırlar. Depremlerden son derece zarar görmüş bir ulus olarak, yönetmeliğimizdeki yatay yerdeğıştirme sınırlarının betonarme perdeler ile daha da kısıtlanması bundan sonra oluşabilecek yeni felaketlerin önlenmesinde etkili olacaktır.

3) Yönetmeliğimizde yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması için getirilen koşullarda revizyon yapılarak, bu sınırlar daha düşük değerlere çekilmelidir. Sınırlamalar belirlenirken yapının teşkil edileceği deprem bölgesi de göz önüne alınmalıdır.

4) Bazen yapıların taşıyıcı sistemlerinin simetrik yerleştirilmemesi yada asimetrik yükleme sebebi ile yapılar burulma etkilerine maruz kalmakta ve yapının çok büyük yerdeğiştirmeler yapmasına sebep olmaktadır. Yapılarda burulmaya sebebiyet vermeyecek şekilde taşıyıcı sistem seçimi yapılmalı, yapıya etkiyecek yükler düzgün dağıtılmalıdır.

5) Yapıların betonarme perdeler ile teşkil edilmesi durumunda yapı maliyetinin artışı I. Derece Deprem Bölgesi'nde on katlı yapı için %4.3, beş katlı yapı için ise %7.3 olarak hesaplanmıştır. Bu artış sadece kaba inşaat göz önüne alınarak hesap edilmiştir. Kaba inşaatın toplam yapı maliyetinin %40'ı civarında olduğu da düşünülürse tüm yapının, ince işler dahil, maliyetindeki artış on katlı yapı için %2, beş katlı yapı için ise %3 civarında olacaktır. Oysa meydana gelebilecek birkaç depremdaki ikincil hasarların maliyeti bu maliyet artışından çok daha fazla olmaktadır.

6) Önceki depremlerden elde ettiğimiz tecrübeler ile çok katlı yapıların taşıyıcı sistemlerinin betonarme perde veya perde+çerçeve sistem olarak seçilmesi halinde kullanılabilirlik kriterini rahatlıkla sağlayabilecekleri görülmüştür.

7) Sakarya Vilayet Binası güçlendirilmiş yapı sistemi ile 17 Ağustos 1999 Depremi'nde oldukça başarılı bir performans sergilese de 12 Kasım 1999 Düzce Depremi'nden sonra yapıda çatlaklar oluşmuş ve yapı boşaltılmıştır. Yapılarda deplasmanlar ne kadar sınırlandırılırsa da, ard arda gelen birkaç depremden sonra malzeme kalitesine bağlı olarak yapılarda hasar meydana gelebilmekte, fakat yine de can kaybı önlenmektedir.

8) Farklı deprem bölgelerinde ve kullanılabilirlik sınırını sağlayacak şekilde dizayn edilen yapılarda, maliyet artışının tek bir değer olarak verilemeyeceği sonucuna ulaşılmıştır.



EK A DEPREM YÜKLERİNİN HESABI İÇİN BİLGİSAYAR PROGRAMI

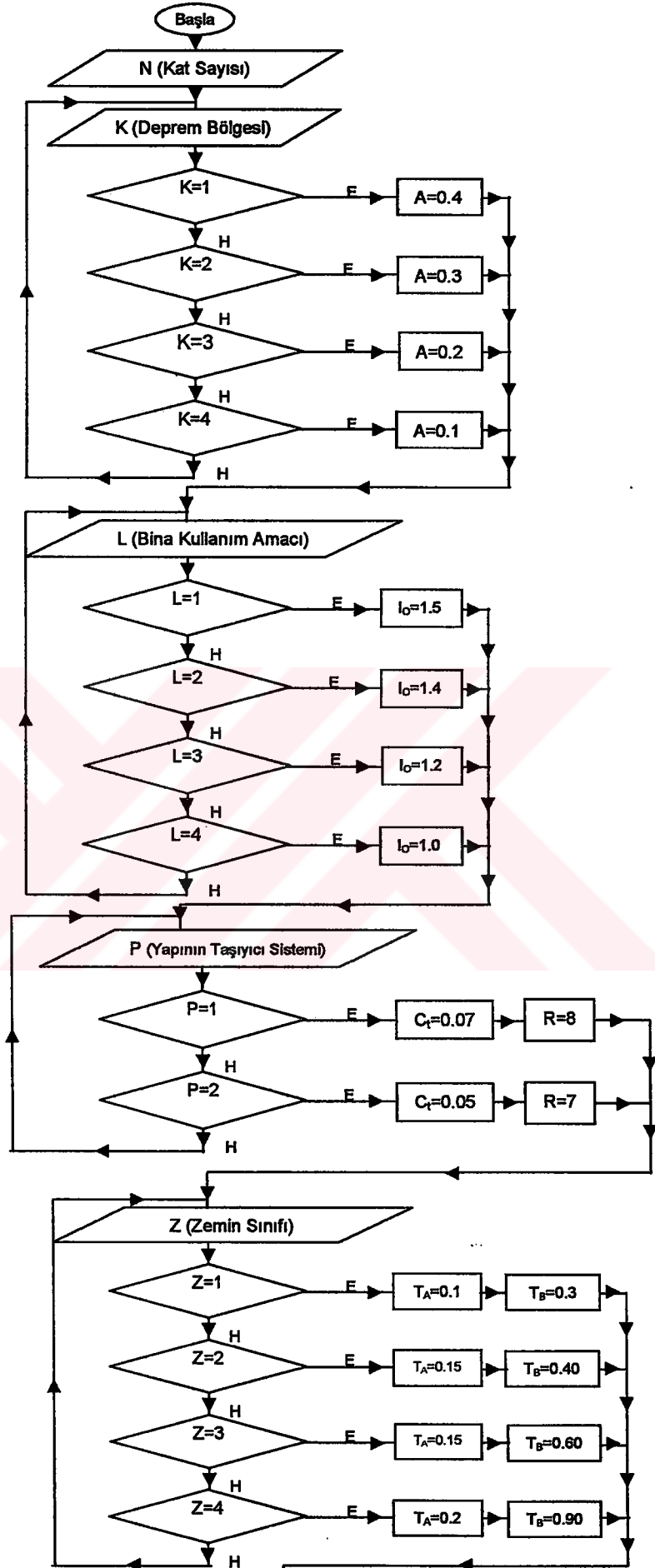
ETABS [33] programının ülkemizde kullanılması bazı uyum sorunları yaratmaktadır. Deprem yönetmeliklerinin farklı olması sebebi ile programa bazı veriler dışarıdan girilmek zorunda kalmaktadır. Bunlardan bir tanesi yapıya etkiyecek deprem yükleridir.

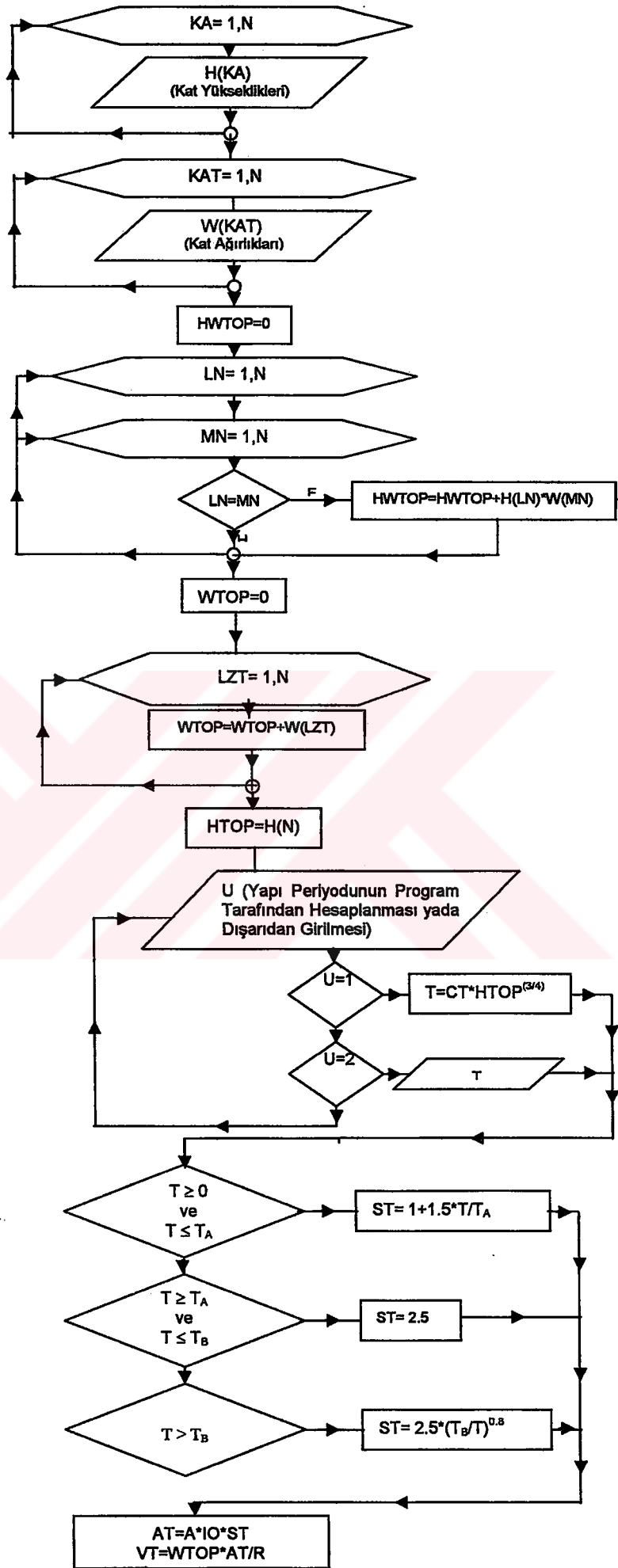
ETABS programı eşdeğer deprem yükü yöntemine göre deprem yüklerini hesaplayabilmektedir. Bu noktada karşımıza çıkan sorun; bu programın Türk Deprem Yönetmeliği'ne [23] uygun olmamasıdır. Program UBC94, UBC97, BOCA96, NBCC95, IBC2000, NEHRP97, EUROCODE8, NZS4203 yönetmeliklerine göre deprem yüklerini hesaplayıp yapıya etkitmektedir. Program bizim yönetmeliğimize uyumlu olmadığı için deprem yüklerini elle hesaplamak zorunda kalmaktayız.

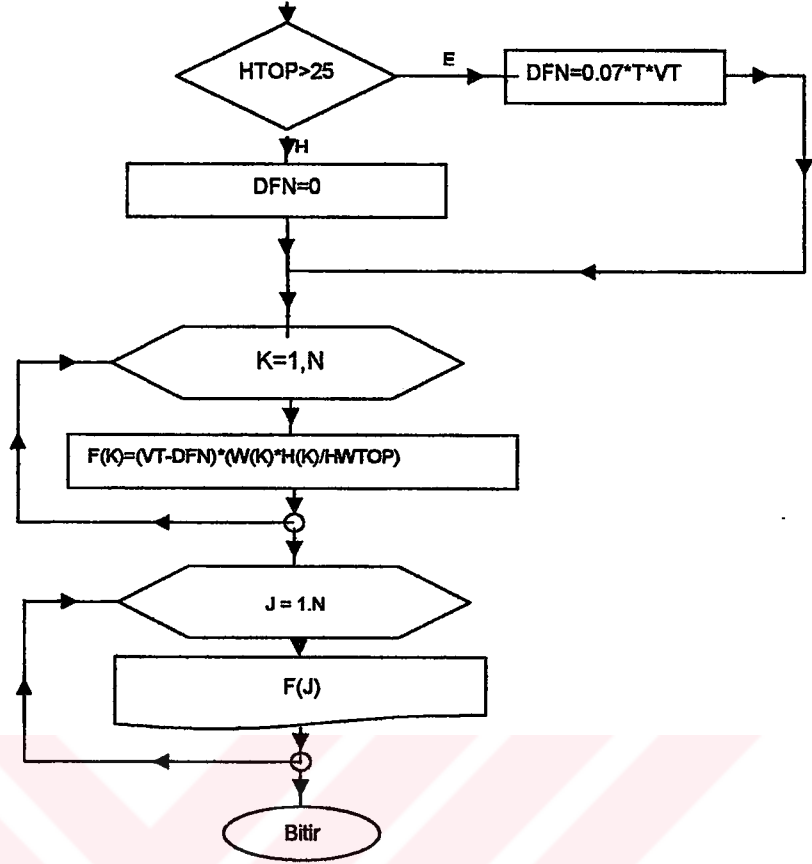
Bu noktada yönetmeliğimiz uyarınca deprem yüklerini hesaplayan bir program yapmak ve bu program ile deprem yüklerini hesaplayıp ETABS programına hesaplanan yükleri etkitmek gereği ortaya çıkmıştır. Böylelikle yönetmeliklerin farklılığından dolayı çıkan bazı uyum sorunlarından bir tanesi yine bir bilgisayar programı ile ortadan kaldırılmış olmaktadır. Bunun yanında elle hesap sırasındaki işlem hataları riski de ortadan kalkmaktadır. Program, fortran programlama dili ile yazılmıştır.

EK A.1 Akış Diyagramı

Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapıya etkiyecek deprem yüklerini hesaplayan programa ait akış diyagramı aşağıda gösterilmiştir.







EK A.2 Program Listesi

Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapıya etkiyecek deprem yüklerini hesaplayan programa ait program listesi aşağıda gösterilmiştir.

```

INTEGER P,U,R,Z
REAL IO
DIMENSION W(99),H(99),F(99)
WRITE(*,*)'KAT SAYISINI YAZINIZ.'
READ(*,2)N
2  FORMAT(12)
14 WRITE(*,*)'*****
      LÜTFEN YAPININ TEŞKİL EDİLECEĞİ
      DEPREM BÖLGESİNİ SEÇİNİZ
      *****'
1. DERECE DEPREM BÖLGESİ İÇİN 1
2. DERECE DEPREM BÖLGESİ İÇİN 2
3. DERECE DEPREM BÖLGESİ İÇİN 3
4. DERECE DEPREM BÖLGESİ İÇİN 4 YAZINIZ'
READ(*,4)K
4  FORMAT(11)
IF (K.EQ.1) GOTO 6
IF (K.EQ.2) GOTO 8
IF (K.EQ.3) GOTO 10
IF (K.EQ.4) GOTO 12
  
```

```

GOTO 14
6 A=0.4
GOTO 16
8 A=0.3
GOTO 16
10 A=0.2
GOTO 16
12 A=0.1
16 WRITE(*,*)'*****
      BİNANIN KULLANIM AMACI VEYA
      TÜRÜNÜ SEÇİNİZ.
      *****
      DEPREM SONRASI KULLANIMI GEREKTİREN
      BİNALAR VE TEHLİKELİ MADDE İÇEREN BİNALAR
      İÇİN 1 YAZINIZ. (HASTANE,İTFAIYE,PTT,PATLAYICI
      BULUNAN BİNALAR)
      -----
      İNSANLARIN UZUN SÜRELİ VE YOĞUN OLARAK
      BULUNDUĞU DEĞERLİ EŞYALARIN SAKLANDIĞI
      BİNALAR İÇİN 2 YAZINIZ. (OKULLAR,ASKERİ
      KIŞLALAR, CEZAEVLERİ MÜZELER)
      -----
      İNSANLARIN KISA SÜRELİ VE YOĞUN OLARAK
      BULUNDUĞU BİNALAR İÇİN 3 YAZINIZ.(SPOR
      TESİSİ,SİNEMA,TIYATRO)
      -----
      YUKARIDAKİ TANIMLARA GİRMEYEN
      BİNALAR İÇİN 4 YAZINIZ.(KONUT,İŞYERİ,OTEL,
      BİNA TÜRÜ ENDÜSTRİ YAPILARI)
      -----
      READ(*,18)L
18 FORMAT(I1)
      IF(L.EQ.1) GOTO 20
      IF(L.EQ.2) GOTO 22
      IF(L.EQ.3) GOTO 24
      IF(L.EQ.4) GOTO 26
      GOTO 16
20 IO=1.5
      GOTO 28
22 IO=1.4
      GOTO 28
24 IO=1.2
      GOTO 28
26 IO=1.0
28 WRITE(*,*)'*****
      YAPININ TAŞIYICI SİSTEMİ YANLIZCA ÇERÇEVELERDEN OLUŞUYORSA 1
      YAZINIZ.
      TAŞIYICI SİSTEMDE PERDE BULUNUYORSA 2
      YAZINIZ.
      *****
      READ(*,30)P
30 FORMAT(I1)
      IF(P.EQ.1) GOTO 32
      IF(P.EQ.2) GOTO 34
      GOTO 28
32 CT=0.07
      R=8
      GOTO 36
34 CT=0.05

```

```

R=7
36 WRITE(*,*)'-----
YAPININ TEŞKİL EDİLDİĞİ ZEMİN SINIFINI SEÇİNİZ
Z1 SINIFI İÇİN 1 YAZINIZ, Z2 SINIFI İÇİN 2 YAZINIZ
Z3 SINIFI İÇİN 3 YAZINIZ, Z4 SINIFI İÇİN 4 YAZINIZ
-----'

READ(*,38)Z
38 FORMAT(I1)
IF(Z.EQ.1) GOTO 40
IF(Z.EQ.2) GOTO 42
IF(Z.EQ.3) GOTO 44
IF(Z.EQ.4) GOTO 46
GOTO 36
40 TA=0.1
TB=0.3
GOTO 48
42 TA=0.15
TB=0.4
GOTO 48
44 TA=0.15
TB=0.6
GOTO 48
46 TA=0.2
TB=0.9
WRITE(*,*)'*****'
48 LÜTFEN EN ALT KATTAN BAŞLAMAK ÜZERE KAT
YÜKSEKLİKLERİNİ YAZINIZ.'
DO 50 KA=1,N
READ(*,*)H(KA)
50 CONTINUE
LÜTFEN EN ALT KATTAN BAŞLAMAK ÜZERE KAT
AĞIRLIKLARINI YAZINIZ.'
DO 54 KAT=1,N
READ(*,*)W(KAT)
54 CONTINUE
HWTOP=0
DO 58 LN=1,N
DO 58 MN=1,N
IF(LN.EQ.MN) GOTO 60
GOTO 58
60 HWTOP=HWTOP+H(LN)*W(MN)
58 CONTINUE
WTOP=0
DO 62 LZT=1,N
WTOP=WTOP+W(LZT)
62 CONTINUE
HTOP=H(N)
72 WRITE(*,*)'YAPI PERİYODUNUN A.B.Y.Y.H.Y. 6.11
FORMÜLÜ İLE HESAPLANMASINI İSTİYORSANIZ '
1, DAHA ÖNCE HESAPLANMIŞ BİR DEĞER
GİRMEK İSTİYORSANIZ 2 YAZINIZ. '
READ(*,66)U
66 IFORMAT(I1)
IF(U.EQ.1) GOTO 68
IF(U.EQ.2) GOTO 70
GOTO 72
68 T=CT*HTOP**(3/4)
GOTO 74
70 WRITE(*,*)'LÜTFEN YAPI PERİYODUNU YAZINIZ.'

```

```

READ(*,*)T
74 IF(T.GE.0.AND.T.LE.TA) GOTO 78
   IF(T.GT.TA.AND.T.LE.TB) GOTO 80
   IF(T.GT.TB) GOTO 82
78 ST=1+1.5*T/TA
   GOTO 84
80 ST=2.5
   GOTO 84
82 ST=2.5*(TB/T)**0.8
84 AT=A*IO*ST
   VT=WTOP*AT/R
   IF(HTOP.GT.25) GOTO 86
   DFN=0.
   GOTO 88
86 DFN=0.07*T*VT
88 DO 90 K=1,N
   F(K)=(VT-DFN)*(W(K)*H(K)/HWTOP)
90 CONTINUE
   DO 92 J=1,N
   WRITE(*,*)J,'. KATIN DEPREM YÜKÜ:'
   WRITE(*,94)F(J)
94 FORMAT(32X,F11.5)
92 CONTINUE
STOP
END

```


KAYNAKLAR

- [1] Tezcan, S.S., Akbaş, R., "Damage control indices for reinforced concrete buildings" Üçüncü Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, (Mart, 1995), 294.
- [2] Çuhadaroğlu, F., Kara, R., Ustaoglu, E., "Deprem ve Erzincan" Erzincan Valiliği, İstanbul, (Ekim, 1992),47-63.
- [3] Tezcan, S.S., İpek, M., "1995 Dinar, Turkey Earthquake" A Reconnaissance Report, İstanbul, T.D.V/DR 95-001, (Ekim, 1995).
- [4] Aydoğan, M., Altan, M., Hasgür, Z., Gündüz, A.N., Taşkın, B., Toz, G., Şeker, D., İyidiker, A., İyidiker, H., Duran, Z., "1 Ekim 1995 Dinar depremi raporu", İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, (Aralık, 1995).
- [5] Tezcan, S.S., Boduroğlu, H.M., "June 27,1998 Adana-Ceyhan earthquake,Turkey", A Reconnaissance Report, T.D.V/DR 98-026, (Ağustos,1998).
- [6] Aydan, Ö., "A preliminary investigation of Kocaeli earthquake of August 17, 1999", T.D.V, (Eylül, 1999).
- [7] Er, A., "Serviceability considerations in earthquake resistant design of buildings", Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, (Haziran, 1997).
- [8] İyidal, E., "Earthquake resistance of reinforced concrete structures", Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Ankara, (Nisan, 2001).

- [9] Sindel, Z., Akbaş, R., Tezcan, S.S., "Drift control damage in tall buildings", Engineering Structures, Vol.18, No.12, pp. 957-966, (1996).
- [10] Tezcan, S., Akbaş, R., "Importance of deflection criteria in aseismic design of buildings", Prof. Turgan Sabis Anısına Sempozyum, (Kasım, 1995), 105.
- [11] Tezcan, S., "Depreme dayanıklı tasarım için bir mimarın seyir defteri", Türkiye Deprem Vakfı, TDV/KT 98-024, (Eylül, 1998).
- [12] Aydınöglü, N., Erdik M., "17 Ocak 1995 Hyogo-Ken Nanbu (Kobe) depremi gözlem ve değerlendirme raporu", Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, (Nisan, 1995).
- [13] Fintel,M., "Quake lesson from Managua: revise concrete building design?," Civil Engineering-ASCA, Vol.43, No:8,(Ağustos, 1973), pp:60-63.
- [14] Ersoy, U., Çıtıptıoğlu, E., "Yüksek yapıların tasarım ve yapımında izlenecek temel İlkeler", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayınları, Ankara, (1988).
- [15] Ersoy, U., Tankut, T., "Az katlı yapıların deprem tasarımına ilişkin bir öneri", Türkiye Mühendislik Haberleri, No.386, (Kasım, 1996), 40-43.
- [16] Salse, E.A.B., Fintel, M., "Strength, stiffness and ductility properties of slender shear walls", Proceedings of the Fifth World Conference on Earthquake Engineering, Roma-İtalya, No. 109, (1973).
- [17] Gülkan, P., Sözen, M.A., "Binaların deprem hesabında yerdeğiştirme kriterinin uygulanması", Prof. Dr. Rifat Yarar Sempozyumu, İstanbul, (Aralık,1997).

- [18] Aktan, A.E., Bertero, V.V., "Conceptual Seismic design of frame-wall structures", Journal of Structural Engineering, vol.110, no.11, pp. 2778-2797, (1984).
- [19] Celep, Z., Akkaya, Y., "Deprem yüklerinin karşılanmasında betonarme perdeler", Türkiye Mühendislik Haberleri, No.386, (Kasım, 1996), 44.
- [20] Sezen, H., Elwood, K.J., Whittaker, A.S., Mosalam K.M., "Performance of reinforced concrete components and buildings during the August 17, 1999 Kocaeli (Izmit), Turkey earthquake"
- [21] Wood, S.L., "Performance of reinforced concrete buildings during the 1985 Chile earthquake: Implications for the design of structural walls", Earthquake Spectra, vol.7, no.4, (1991), pp.607-638.
- [22] Gülhan, P., Sözen, M.A., Ersoy, U., Yorulmaz, M., Aşkar, G., "Betonarme binaların deprem güvenliğinin tespiti için alternatif bir yaklaşım", TDV/TR 97-011, İstanbul, (Aralık, 1997).
- [23] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, (1998).
- [24] Tezcan, S.S., Besler, İ.H., "Yeni (1996) Deprem Yönetmeliği üzerine görüşler", Türkiye Mühendislik Haberleri, No.385, (Eylül, 1996), 17-20.
- [25] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, (1975).
- [26] Code for Aseismic Design of Residential Buildings, Ministry of Public Works and Territory Planing Romania, (1992).
- [27] Eurocode 8, "Earthquake Resistant Design of Structures", (1993).

[28] Yarar, R., Tezcan, S.S., "Structural engineering aspects of the 1967 Adapazarı, Turkey, earthquake".

[29] Yarar, R., Tezcan S.S., Ünal, E., "Adapazarı zelzelesinin sonuçlarını yerinde inceleyen komisyonun I. raporu", Türkiye Mühendislik Haberleri, (Ağustos, 1967), 4-7.

[30] Sezen, H., Elwood, K.J., Whittaker, A.S., Mosalam, M.K., Wallace, W.J., Stanon F.J., "Structural engineering reconnaissance of the August 17, 1999 earthquake: Kocaeli (İzmit), Turkey", PEER Report 2000/09, Berkeley, (Aralık, 2000), 143-145.

[31] Youd, L.T., Bardet, P.J., Bray, D.J., "Kocaeli, Turkey, earthquake of August 17, 1999 reconnaissance report", Earthquake Spectra, vol.16, (2000).

[32] Anadolu, K., Arıoğlu, Ü., Arıoğlu, E., "1967 Akyazı depreminden ağır hasar gören Sakarya Valilik binası onarım ve tekviye projesi", Türkiyede Deprem Sorunu ve Deprem Mühendisliği Sempozyumu, ODTU, Ankara, (Şubat, 1972).

[33] "Etabs V7.22 Integrated Building Design Software", Computers and Structures, Berkeley, California, USA, (2001).

[34] Özkul, B., "Deprem yüklerinin hesabı için bir bilgisayar programı" İzmir İnşaat Mühendisleri Odası Dergisi, Sayı:105, (Haziran, 2002), 21-24.

[35] "Sta4Cad V10 Çok Katlı Betonarme Yapıların 3 Boyutlu Analiz ve Tasarımı", S. Amasralı, Sta Bilgisayar Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti., İstanbul, (2003).

[36] <http://www.birimfiyat.net>

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Balıkesir’de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Balıkesir’de tamamladı. 1995 yılında Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne başladı. 1999 yılında mezun oldu. Aynı yıl Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.

