

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK BETONARME
ÇERÇEVELERDE TASARIM DEPREMİ ALTINDA HEDEF YER
DEĞİŞTİRMENİN BELİRLENMESİ

FARUK KOÇAK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE

2014

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK
BETONARME ÇERÇEVELERDE TASARIM
DEPREMİ ALTINDA HEDEF YER
DEĞİŞTİRMENİN BELİRLENMESİ

FARUK KOÇAK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
PROF. DR. BÜLENT AKBAŞ

GEBZE
2014

T.R.
GEBZE INSTITUTE OF TECHNOLOGY
GRADUATE SCHOOL OF ENGINEERING AND SCIENCES

**EVALUATION OF TARGET DISPLACEMENT
IN REINFORCED CONCRETE MOMENT
RESISTING FRAMES**

FARUK KOÇAK
A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF EARTHQUAKE AND STRUCTURE ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR
PROF. DR. BÜLENT AKBAŞ

GEBZE
2014



**GEBZE YÜKSEK
TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 23.06.2014 tarih ve 2014/37 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 23/10/2014 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Faruk Koçak'ın tez çalışması Deprem ve Yapı Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Prof. Dr. Bülent Akbaş

ÜYE

: Prof Dr. Bilge Siyahi

ÜYE

: Doç. Dr. Bilge Doran

ONAY

GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Süneklik Düzeyi Yüksek Betonarme Çerçeveler, betonarme yapılarda en sık kullanılan taşıyıcı sistemlerden bir tanesidir. Bu çerçeveler oldukça sünek davranış gösterebilmektedirler. Genel olarak bir yapının tasarımında şu şekilde bir sıra izlenir: dayanıma göre tasarım yapılarak boyutlandırma, görelî kat ötelemesi şartlarına göre kat yerdeğîştirmelerinin kontrol edilmesi, düğüm noktalarında güçlü kolon-zayıf kiriş ilkesinin kontrol edilmesi.

Mevcut binaların değîrlendirilmesinde veya yeni binaların tasarımında performansa dayalı tasarım kurallarının uygulandığı durumlarda tasarım depremi/depremleri altında hedef yer değîştirmelerin belirlenmesi gerekmektedir. Hedef yer değîştirmelerin belirlenmesi için Türk Deprem Yönetmeliğı, Bölüm 7 bir yaklaşım sunmakla birlikte, literatürde kullanılan dört farklı yöntem daha bulunmaktadır. Bunlar: ATC Kapasite Spektrumu, FEMA-Yerdeğîştirme Katsayısı, FEMA- Deplasman Katsayıları, FEMA- Eşdeğîr Doğrusallaştırma yöntemleridir.

Bu çalışmada, alçak ve orta-katlı (3 ve 6 katlı) SDYBÇ'ler üzerinde yapılacak statik öteleme ve doğrusal olmayan dinamik zaman geçmişı analizleriyle beş farklı yaklaşım ve hangisinin daha doğru sonuç verdiğı incelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Deprem Yönetmelikleri, Yapısal Deprem Mühendisliğı, İtme Analizi.

SUMMARY

Special Moment Resisting Frames are one of the most commonly used frame system for reinforced concrete buildings. These frames can experience substantial ductile behaviour. The design of a structural system follows a three-step procedure: strength design, drift design, strong column-weak beam design.

Target displacements need to be defined when evaluating the seismic performance of existing buildings in new building design. For determining the target displacements, 'TDY – Chapter 7' offers a specific approach. There are also four different methods used to determine the target displacements as follows; ATC-Capacity Spectrum Method, FEMA Coefficient Method, FEMA-Displacement Modification Method, FEMA-Equivalent Linearization Method.

In this study, 3- and 6-story reinforced concrete SMRFs are first designed. The target displacements of the frames are investigated by using the above-mentioned five methods through static pushover and nonlinear dynamic time history analyses.

Key Words: Seismic Design Codes, Structural Earthquake Engineering, Pushover Analysis.

TEŞEKKÜR

Başta, yüksek lisans eğitimimde desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyip bilgisi ile bu çalışmanın oluşmasının yolunu açan danışmanım Prof. Dr. Bülent AKBAŞ'a,

Bütün çalışmam boyunca yanımda olan, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan değerli arkadaşlarım Serkan GÖKALP ve Osman TOPÇU' ya,

Bana her zaman sonsuz destek veren ve hep güvenen aileme, sevgili annem Hanife KOÇAK, sevgili babam Muhlis KOÇAK ve sevgili eşim Hanım Berat KOÇAK'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği	2
2. TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ'NE GÖRE YER DEĞİŞTİRMENİN BELİRLENMESİ	3
2.1. Bina Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	4
2.1.1. Bina Deprem Performans Seviyeleri	4
2.1.2 Deprem Hareketi	5
2.1.3 Hedeflenen Deprem Performans Düzeyleri	6
2.2. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	6
2.2.1. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Hesap Adımları	7
3. ATC 40 KAPASİTE SPEKTRUMU YÖNTEMİ	12
4. FEMA 356 YERDEĞİŞTİRME KATSAYISI YÖNTEMİ	16
5. FEMA440 DEPLASMAN KATSAYILARI YÖNTEMİ	20
6. FEMA440 EŞDEĞER DOĞRUSALLAŞTIRMA YÖNTEMİ	24
6.1. Histeretik Davranış Tipleri	25
6.2. T_{eff} Efektif Periyot ve β_{eff} Efektif Sönüm Oranı' nın Hesaplanması	25
7. BİNALARA AİT TASARIM ESASLARI	29
7.1. Binaların Geometrileri	29
7.2. Malzeme Özellikleri	39
7.3. Boyutlandırmada Esas Alınan Yüğüler	39
7.4. Deprem Karakteristikleri	40
7.5. Taşıyıcı Sistemlerin Boyutlandırılması	41

8. İTME ANALİZİ ESASLARI, SONUÇLARI VE PERFORMANS ANALİZİ	42
8.1. İtme Analizi Esasları	42
8.2. İtme Analizi Sonuçları	44
8.2.1. ATC40 Kapasite Spektrumu Yöntemi İle Hedef Yer Değiştirme Hesabı	48
8.2.2.FEMA 356 Yer Değiştirme Katsayısı Yöntemi İle Hedef Yer Değiştirme Hesabı	51
8.2.3. FEMA 440 Eşdeğer Doğrusallaştırma Yöntemi İle Hedef Yer Değiştirme Hesabı	54
8.2.4. FEMA 440 Deplasman Katsayıları Yöntemi İle Hedef Yer Değiştirme Hesabı	58
8.2.5. TDY’ e Göre Hedef Deplasmanın Belirlenmesi ve Performans Analizi	61
9. ZAMAN TANIM ALANINDA ANALİZ ESASLARI,SONUÇLARI	
9.1 Analiz Esasları Ve Sonuçları	73
10.SONUÇLAR VE YORUMLAR	82
KAYNAKLAR	83
ÖZGEÇMİŞ	85

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Açıklamalar Kısaltmalar

A_c	: Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A_w	: Kesme donatısının alanı
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
a_{y1}	: Birinci moda ait eşdeğer akma ivmesi
a_{pi}	: Maksimum ivme
d_{pi}	: Maksimum yer değiştirme
$a_1^{(i)}$	: (i). itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme
C_{R1}	: Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme
$d_1^{(i)}$	: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yerdeğiştirme
$d_1^{(p)}$	: Birinci moda ait modal yerdeğiştirme istemi
$d_{max}^{(e)}$	: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yerdeğiştirme
$(EI)_e$	: Çatlamış kesite ait eğilme rijitliği
$(EI)_0$	: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
f_{cm}	: Mevcut beton basınç dayanımı
f_{ctm}	: Mevcut betonun çekme dayanımı
f_{su}	: Donatının minimum kopma dayanımı
f_{yk}	: Donatının en küçük akma dayanımı
G	: Sabit yükler
g	: Yerçekimi ivmesi
I	: Bina önem katsayısı
I_g	: Atalet momenti
K_i	: Yapı yatay rijitliğini
K_e	: İdealize edilmiş kapasite eğrisinin ilk doğrusunun eğimi olan etkili yatay rijitliği
L_p	: Plastik mafsalsal boyu
M_{x1}	: x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci

	moda ait etkin kütle
m_i	: Binanın i'inci katının kütlesi
N_D	: Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolon veya perdede oluşan aksenal kuvvet
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
Q	: Hareketli yükler
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
S_a	: Spektral ivme
$S_{ae}(T)$	: Elastik spektral ivme
S_d	: Spektral yerdeğiştirme
S_{di1}	: Birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı
S_{del}	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme
T	: Periyot
T_A	: Spektrum karakteristik periyotları
T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
T_e	: İki doğrulu kapasite eğrisinin ilk eğiliminden hesaplanan periyot
T_{eff}	: Efektif periyot
T_i	: Hesap yapılan doğrultudaki elastik doğal periyot
T_{sec}	: Sekant periyodu
$u_{xN1}^{(i)}$	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
$V_{x1}^{(i)}$	: x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda (hakim moda) ait taban kesme kuvveti
W	: Binanın hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan
$u_{xN1}^{(p)}$	: Bina tepe yerdeğiştirme talebi
ϵ_{cu}	: Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi
ϵ_s	: Donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi
ϵ_{cg}	: Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
Φ_p	: Plastik dönme istemi

Φ_y	: Eşdeğer akma eğriliği
Φ_t	: Toplam eğrilik istemi
Φ_{xN1}	: Hakim mod tepe deplasmanı
β_{eff}	: Efektif sönüm oranı
β_{eq}	: Etkili sönüm yüzdesi
ω	: Açısal frekans
Γ_{x1}	: x deprem doğrultusunda birinci moda ait modal katkı çarpanı
η_{bi}	: Burulma düzensizliği katsayısı
Ω	: Açısal frekans
μ	: Süneklik
ADRS	: Acceleration displacement response spectrum
AISC	: American institute of steel construction
ASCE	: American society of civil engineers
ASD	: Allowable stress design
ATC	: Applied technology council
DBYBHY	: Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik
FEMA	: Federal emergency management agency
IBC	: International building code
LRFD	: Load and resistance factor design
MADRS	: Modifiye edilmiş ivme-deplasman davranış spektrumu
SAP	: Structural anlysis program
SDYBÇ	: Süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler
SMRF	: Süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler
TDY07	: Türk deprem yönetmeliği
ZTADOA	: Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri.	4
2.2: Statik itme analizinde spektral yerdeğiştirme talebinin eşit yerdeğiştirme prensibi ile belirlenmesi.	7
2.3: Çok serbestlik dereceli sistem için kapasite eğrisi.	8
2.4: Eşdeğer tek serbestlik dereceli sistem için modal kapasite diyagramı.	8
2.5: $T_1^{(1)} \geq T_B$ durumu için performans noktasının belirlenmesi.	9
2.6: $T_1^{(1)} < T_B$ durumu için performans noktasının belirlenmesi.	10
3.1: Doğrusal olmayan teori ile kapasite eğrisinin elde edilmesi.	13
3.2: Histeretik sönüme eşdeğer viskoz sönümün belirlenmesi.	14
3.3: İndirgenmiş istem spektrumunun elde edilmesi.	15
4.1: İki doğru parçası ile idealleştirilen kapasite eğrisi.	16
5.1: $R=4, R=6$ için C_1 karşılaştırması.	21
5.2: C_2 katsayısı karşılaştırması.	22
5.3: İdealize edilmiş taban kesme kuvveti - deplasman eğrisi.	23
6.1: Kapasite spektrumu yönteminin şematik temsili.	24
6.2: Histeretik davranış tipleri.	25
6.3: Başlangıç ADRS talebi ve kapasite eğrisi.	27
6.4: Kapasite spektrumunun iki eğrili temsili.	27
6.5: MADRS ile bulunan olması muhtemel performans noktaları.	28
7.1: 3 katlı bina-sonlu eleman modeli.	29
7.2: 6 katlı bina-Sonlu Eleman Modeli.	29
7.3: 3 katlı bina - plan görüntüsü.	30
7.4: 3 katlı bina - a aksı.	30
7.5: 3 katlı bina - b aksı.	31
7.6: 3 katlı bina - c aksı.	31
7.7: 3 katlı bina - d aksı.	32
7.8: 3 katlı bina - e aksı.	32
7.9: 3 katlı bina - 1 aksı.	33

7.10:	3 katlı bina - 2 aksı.	33
7.11:	3 katlı bina - 3 aksı.	34
7.12:	6 katlı bina - plan görüntüsü.	34
7.13:	6 katlı bina - a aksı.	35
7.14:	6 katlı bina - b aksı.	35
7.15:	6 katlı bina - c aksı.	36
7.16:	6 katlı bina - d aksı.	36
7.17:	6 katlı bina - e aksı.	37
7.18:	6 katlı bina - 1 aksı.	37
7.19:	6 katlı bina - 2 aksı.	38
7.20:	6 katlı bina - 3 aksı.	38
7.21:	Spektrum davranış eğrisi.	40
8.1:	3 katlı bina - B30*55 elemanı.	42
8.2:	3 katlı bina - C50*50 elemanı.	42
8.3:	6 katlı bina - B30*60 elemanı.	43
8.4:	6 katlı bina - C60*60 elemanı.	43
8.5:	IYBDY spektrum eğrisi.	44
8.6:	3 katlı bina x yönü plastik mafsall oluşumları.	44
8.7:	3 katlı bina y yönü plastik mafsall oluşumları.	45
8.8:	6 katlı bina x yönü plastik mafsall oluşumları.	45
8.9:	6 katlı bina y yönü plastik mafsall oluşumları.	46
8.10:	3 katlı bina x yönü kapasite eğrisi.	46
8.11:	3 katlı bina y yönü kapasite eğrisi.	47
8.12:	6 katlı bina x yönü kapasite eğrisi.	47
8.13:	6 katlı bina y yönü kapasite eğrisi.	48
8.14:	ATC40 kapasite spektrumu yöntemi için kabul edilen parametreler.	49
8.15:	ATC40 kapasite spektrumu yöntemi için hedef deplasman. - 3 katlı bina-x yönü.	49
8.16:	ATC40 kapasite spektrumu yöntemi için hedef deplasman - 3 katlı bina-y yönü.	50
8.17:	ATC40 kapasite spektrumu yöntemi için hedef deplasman - 6 katlı bina - x yönü .	50

8.18: ATC40 kapasite spektrumu yöntemi için hedef deplasman - 6 katlı bina - x yönü.	51
8.19: Fema 356 yerdeğiştirme katsayısı yöntemi için kabul edilen parametreler.	52
8.20: Fema 356 yerdeğiştirme katsayısı yöntemi için hedef deplasman - 3 katlı bina - x yönü.	52
8.21: Fema 356 yerdeğiştirme katsayısı yöntemi için hedef deplasman - 3 katlı bina - y yönü.	53
8.22: Fema 356 yerdeğiştirme katsayısı yöntemi için hedef deplasman - 6 katlı bina - x yönü.	53
8.23: Fema 356 yerdeğiştirme katsayısı yöntemi için hedef deplasman - 6 katlı bina - y yönü.	54
8.24: Fema 440 eşdeğer doğrusallaştırma yöntemi için kabul edilen parametreler.	55
8.25: Fema 440 eşdeğer doğrusallaştırma yöntemi için hedef deplasman - 3 katlı bina - x yönü.	56
8.26: Fema 440 eşdeğer doğrusallaştırma yöntemi için hedef deplasman -3 katlı bina - y yönü	56
8.27: Fema 440 eşdeğer doğrusallaştırma yöntemi için hedef deplasman - 6 katlı bina - x yönü.	57
8.28: Fema 440 eşdeğer doğrusallaştırma yöntemi için hedef deplasman - 6 katlı bina - y yönü.	57
8.29: Fema 440 deplasman katsayıları yöntemi için kabul edilen parametreler.	58
8.30: Fema 440 deplasman katsayıları yöntemi için hedef deplasman - 3 katlı bina - x yönü.	59
8.31: Fema 440 deplasman katsayıları yöntemi için hedef deplasman - 3 katlı bina - y yönü.	59
8.32: Fema 440 deplasman katsayıları yöntemi için hedef deplasman - 6 katlı bina - x yönü.	60
8.33: Fema 440 deplasman katsayıları yöntemi için hedef deplasman - 6 katlı bina - y yönü.	60
8.34: 3 katlı bina x yönü kapasite eğrisi.	61

8.35:	ADRS spektrum - 3 katlı bina x yönü.	61
8.36:	3 katlı bina y yönü kapasite eğrisi.	62
8.37:	ADRS spektrum - 3 katlı bina y yönü.	62
8.38:	6 katlı bina x yönü kapasite eğrisi.	63
8.39:	ADRS spektrum - 6 katlı bina x yönü.	63
8.40:	6 katlı bina y yönü kapasite eğrisi.	64
8.41:	ADRS spektrum - 6 katlı bina y yönü.	64
9.1:	Tasarım spektrumu.	73
9.2:	Ölçeklenmemiş deprem kayıtları.	74
9.3:	Ölçeklenmiş deprem kayıtları.	74
9.4:	Irpinia - Italy - x yönü plastik mafsall oluşumları - 3 katlı bina.	75
9.5:	Irpinia - Italy - y yönü plastik mafsall oluşumları - 3 katlı bina.	75
9.6:	Chi Chi 2714 - x yönü plastik mafsall oluşumları - 3 katlı bina.	76
9.7:	Chi Chi 2714 - y yönü plastik mafsall oluşumları - 3 katlı bina.	76
9.8:	Chi Chi 2734 - x yönü plastik mafsall oluşumları - 3 katlı bina.	77
9.9:	Chi Chi 2734 - y yönü plastik mafsall oluşumları - 3 katlı bina.	77
9.10:	Irpinia - Italy - x yönü plastik mafsall oluşumları - 6 katlı bina.	78
9.11:	Irpinia - Italy - y yönü plastik mafsall oluşumları - 6 katlı bina.	78
9.12:	Chi Chi 2714 - x yönü plastik mafsall oluşumları - 6 katlı bina.	79
9.13:	Chi Chi 2714 - y yönü plastik mafsall oluşumları - 6 katlı bina.	79
9.14:	Chi Chi 2734 - x yönü plastik mafsall oluşumları - 6 katlı bina.	80
9.15:	Chi Chi 2734 - y yönü plastik mafsall oluşumları - 6 katlı bina.	80

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Deprem hareketleri.	5
2.2: Deprem performans düzeyleri.	6
4.1: C_0 katsayısı için yaklaşık değerler.	17
4.2: C_2 katsayıları değerleri.	18
7.1: C30 betonun mekanik özellikleri.	39
7.2: S420 donatı çeliği mekanik özellikleri.	39
7.3: Sabit ve hareketli yükler.	39
7.4: Binaların periyot ve taban kesme kuvvetleri.	40
7.5: Kesit ve donatı sonuçları.	41
8.1: 3 katlı bina x yönü statik itme analizi sonuçları.	46
8.2: 3 katlı bina y yönü statik itme analizi sonuçları.	47
8.3: 6 katlı bina x yönü statik itme analizi sonuçları.	48
8.4: 6 katlı bina x yönü statik itme analizi sonuçları.	48
8.5: 3 katlı bina x yönü statik itme analizi sonuçları.	61
8.6: 3 katlı bina y yönü statik itme analizi sonuçları.	62
8.7: 6 katlı bina x yönü statik itme analizi sonuçları.	63
8.8: 6 katlı bina y yönü statik itme analizi sonuçları.	64
8.9: 3 katlı bina hedef yer değiştirmeler.	65
8.10: 6 katlı bina hedef yer değiştirmeler.	65
8.11: 3 katlı bina - x yönü binanın performans durumu.	66
8.12: 3 katlı bina - y yönü binanın performans durumu.	67
8.13: 6 katlı bina - x yönü binanın performans durumu.	68
8.14: 6 katlı bina - y yönü binanın performans durumu.	70
9.1: 3 katlı bina için hedef deplasmanlar.	81
9.2: 3 katlı bina için tepe deplasmanları.	81
9.3: 6 katlı bina için hedef deplasmanlar.	81
9.4: 6 katlı bina için hedef deplasmanlar.	81

1. GİRİŞ

Yapıların deprem davranışlarının belirlenmesi, deprem mühendisliği alanında günümüzde önemli bir yer tutmaktadır ve günümüzde en sık kullanılan tasarım methodu kuvvete dayalı tasarım methodudur. Kuvvet esaslı tasarımda, yapı elemanlarının dayanım kapasiteleri elastik deprem yüklerinden oluşan ve lineer teoriye göre hesaplanan etkilerle karşılaştırılmaktadır. Bir diğer tasarım methodu ise yerdeğiştirme ve şekil değiştirme esaslı değerlendirmedir, malzeme ve geometri değişimleri bakımından doğrusal olmayan hesap yöntemlerine dayanır.

Deprem sonucunda oluşan yatay kuvvetler yapıda yatay deplasmanlara sebep olur ve bu deplasmanlar da binada hasarlara sebep olur. Burada oluşan hasarı kontrol altında tutmak yerdeğiştirme ve şekil değiştirme esaslı değerlendirme yöntemi ile daha kolaydır.

Günümüzde doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemleri ile yapıların doğrusal olmayan davranışı gerçeğe yakın olarak belirlenebilmektedir. Ancak bu yöntemlerin karmaşık ve zaman alıcı olmasından dolayı, daha uygulanabilir olan doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

Bu alanda en popüler yöntemlerden birisi olan ATC-Kapasite Spektrumu Yöntemi Freeman S.A. tarafından 1998’de geliştirilmiş ve daha sonra yöntem üzerinde çeşitli değişiklikler ve geliştirmeler yapılmıştır. Yöntem ile ilgili olarak yapılan son gelişmelere ise FEMA-Eşdeğer Doğrusallaştırma Yöntemi [1], [2].

FEMA’da yer alan Deplasman Katsayıları Yöntemi’nde, Kapasite Spektrumu Yöntemi’nden farklı olarak, grafiksel bir çözüm yerine, yapının yerdeğiştirme talebinin belirlenmesi için bir takım katsayılar kullanılmaktadır. Deplasman Katsayıları Yöntemi ile ilgili olarak yapılan son gelişmelere FEMA-Deplasman Katsayıları Yöntemi’nde yer verilmiştir [2], [3], [4].

Ülkemizde yaşanan 1999 Adapazarı-Kocaeli ve Düzce depremlerinin ardından, 1998 Türk Deprem Yönetmeliğine önemli yenilikler getirilmiştir. “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” bölümünde ise bu konuya yer verilmiştir.

Konu ile ilgili olarak yayınlanan yönetmelik, rapor, standart vb. dokümanlarda aynı yaklaşımlar olduğu gibi farklılıkların ortaya çıktığı noktalarda bulunmaktadır. Bu nedenle 5 farklı doğrusal olmayan statik analiz değerlendirme yöntemi bu çalışmada incelenmiş ve elde edilen sonuçlar ortaya konulmuştur [7].

1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği

Bu çalışmada, taşıyıcı sistemi bir doğrultuda süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerden oluşan binaların performansa dayalı tasarımında hedef yer değiştirmelerin belirlenmesi için önerilen yaklaşık yöntemler incelenecektir.

2.TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ'NE GÖRE YER DEĞİŞTİRMENİN BELİRLENMESİ

Depreme dayanıklı yapı tasarımında, mevcut yapıların deprem güvenliğinin değerlendirilmesi ve performansa bağlı analizin önemi, depremlerde meydana gelen yapı hasarları ve bu hasarların sebep olduğu kayıplar ile ortaya konmuştur.

Performansa dayalı deprem mühendisliğinin amacı, belirli bir deprem etkisi altında,yapıyı oluşturan taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlarda öngörülen hasar tespitlerinin yapılması ve yönetmeliklerde belirtilen sınır durumlar dikkate alınarak elemanların performans seviyelerinin,hasar durumlarının belirlenmesidir.Bu durum yapının deprem performansını ifade eder.

Yapıların deprem performansları genel olarak iki kritere göre yapılır.

- Dayanım(Kuvvet) Bazlı Değerlendirme
- Yerdeğiştirme Ve Şekil Değiştirme Bazlı Değerlendirme

Dayanım(Kuvvet) Bazlı Değerlendirme, yapı elemanlarının dayanım kapasiteleri lineer teoriye göre hesaplanan etkilerle karşılaştırılmaktadır. Yapı elemanının sünekliğine göre bir tür deprem azaltma katsayısı kullanılarak performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir.

Yerdeğiştirme Ve Şekil Değiştirme Bazlı Değerlendirme, malzeme ve geometri değişimi bakımından linner olmayan bir hesap türüne dayanır. Bu hesap şekline göre, öncelikle belli bir deprem etkisi için binadaki yer değiştirme istemine ulaşılır, sonraki aşamada ise yapının zayıf elemanları, olabilecek kısmi veya toptan göçme mekanizma durumları, tüm yapının ve elemanların deplasman talepleri belirlenebilmektedir.

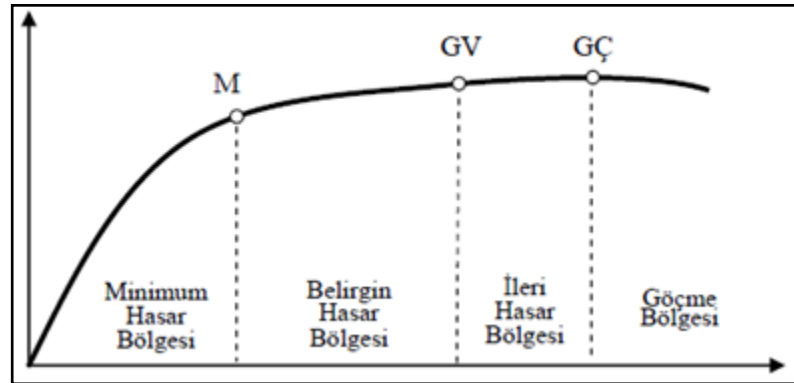
Günümüzde, doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemleri ile yapıların doğrusal olmayan davranışı gerçeğe oldukça yakın olarak belirlenebilmektedir. Ancak bu yöntemler çok karmaşık ve zaman alıcı olduğundan daha uygulanabilir olan “ Doğrusal Olmayan Statik Analiz ” yöntemleri üzerindeki çalışmalar geliştirilmiştir. Yabancı literatürde “ pushover ” olarak geçen bu yönteme “ İtme analizi ” denilmektedir [5], [6].

2.1. Bina Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde 3 sınır durum bulunmaktadır.

- Minimum Hasar Sınırı: Elastik ötesi davranışın başlangıç sınırı.
- Güvenlik Sınırı: Elastik ötesi davranış durumu halinde, kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği sınır durumu.
- Göçme Sınırı: Kesitin göçme öncesi davranışını tanımlamaktadır.

Bu bilgiler doğrultusunda, kritik kesitleri MN' ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi' nde, MN-GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi' nde, GV-GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi' nde ve GÇ' yi aşan elemanlar Göçme Bölgesi'nde kabul edilir [7].



Şekil 2.1: Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri.

2.1.1. Bina Deprem Performans Seviyeleri

Hemen Kullanım Seviyesi: Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için, kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'nde bulunabilir. Ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Minimum Hasar Bölgesi'nde olmalıdır.

Can Güvenliği Seviyesi: Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için, kirişlerin en fazla %30'u İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir. İleri Hasar Bölgesi'ne geçen kolonların her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine katkısı %20'nin altında olmalıdır. Yine en üst katta İleri Hasar

Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olmalıdır.

Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Fakat herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

Göçme Öncesi Performans Seviyesi: Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir. Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Fakat binanın herhangi bir katında alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

Göçme Durumu: Bina Göçme Öncesi performans seviyesini sağlamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın mevcut durumunda kullanımı, can güvenliği bakımından sakıncalıdır ve güçlendirilmelidir. Ancak güçlendirme, ekonomik olarak verimli olmayabilir [5], [6], [7].

2.1.2. Deprem Hareketi

Performansa dayalı değerlendirme ve tasarımda gözönüne alınmak üzere, yönetmeliklerde farklı düzeyde deprem hareketleri tanımlanmıştır. Bu deprem hareketlerinin sınıflandırılması, 50 yıllık bir süreç içindeki aşılma olasılıkları ve benzer depremlerin oluşumu arasındaki zaman aralığı (dönüş periyodu) ile yapılmaktadır [5], [6], [7].

Tablo 2.1: Deprem hareketleri.

Deprem Türü	Deprem Etki Katsayısı	50 Yılda Aşılma Olasılığı	Ortalama dönüş Periyodu
Kullanım Depremi	0.50	%50	72 Yıl
Tasarım Depremi	1.00	%10	475 Yıl
En Büyük Deprem	1.50	%2	2475 Yıl

2.1.3. Hedeflenen Deprem Performans Düzeyleri

Performans hedefi, belirli bir deprem hareketi altında, bir binanın ortaya koyacağı yapısal performans olarak tanımlanır. Farklı türden yapılar için öngörülen performans hedefleri aşağıda belirtilmiştir [5], [6], [7].

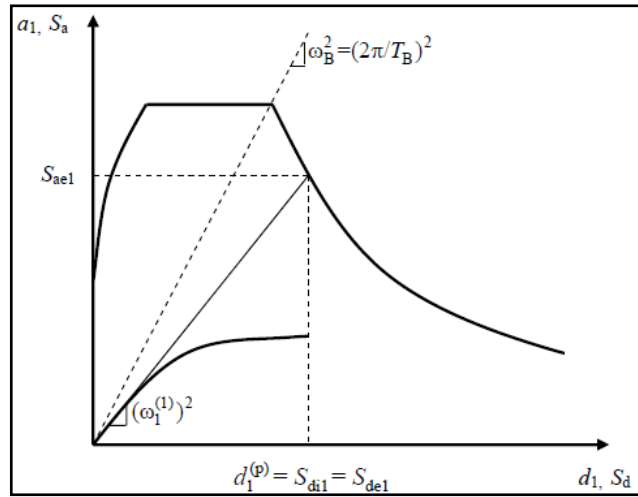
Tablo 2.2: Deprem performans düzeyleri.

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Etkisi		
	50 Yılda %50	50 Yılda %10	50 Yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	HK	-	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri.	-	CG	GÖ
Tehlikeli Madde İçeren Binalar : Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar.	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	-	CG	-
HK: Hemen Kullanım, CG: Can Güvenliği, GÖ: Göçmenin Önlenmesi			

2.2. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemi doğrusal elastik sistemler için eşdeğer deprem yüğü yönteminin uygulanabildiği binalara uygulanır. Bu yöntemde yapısal kapasite “ pushover curve ” kapasite eğrisi ile temsil edilir. Yapının kapasite eğrisi adım adım uygulanan toplam yatay yükün çatı ötelenmesine karşı olan değişimi olarak ifade edilir. Yapı sistemine ait bu eğri, sabit düşey yükler ve orantılı olarak artan yatay kuvvetler altında elde edilir, deprem sırasında binanın en fazla zorlandığı duruma bu şekilde ulaşıldığı kabul edilir.

Bina yatay yük kapasitesine ulaştıktan sonra, maksimum yatay yer değiştirme değerine statik itme analizi ile karar verilemez, “eşit yerdeğiştirme” prensibi kullanılarak doğrusal olmayan sistemin maksimum yerdeğiştirmesinin eşdeğer doğrusal sistemin maksimum yerdeğiştirmesine eşit olacağı varsayılır ve binanın performans değerlendirmesi doğrusal elastik sisteme ait maksimum yerdeğiştirme değerinde yapılır. Taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi düzlemindeki kapasite eğrisi spektral ivme - spektral deplasman düzlemine dönüştürülür ve iki doğrulu bir eğri ile basitleştirilir. Deprem spektrumunun da aynı düzlemde ifade edilmesi ile birlikte spektral yer değiştirme talebi “eşit yerdeğiştirme” prensibini kullanarak tahmin edilir ve binanın deprem yönündeki hakim moduna ait titreşim özelliklerinden faydalanarak spektral yer değiştirme değerine karşılık gelen tepe yerdeğiştirmesi bulunur [5], [6], [7].



Şekil 2.2: Statik itme analizinde spektral yerdeğiştirme talebinin eşit yerdeğiştirme prensibi ile belirlenmesi.

2.2.1. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Hesap Adımları

- Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılır. Kolon ve kirişlerde kullanılması gereken eğilme rijitlikleri aşağıdaki gibidir [5], [6], [7].

Kirişlerde:

$$(EI)_e = 0.40(EI)_e \quad (2.1)$$

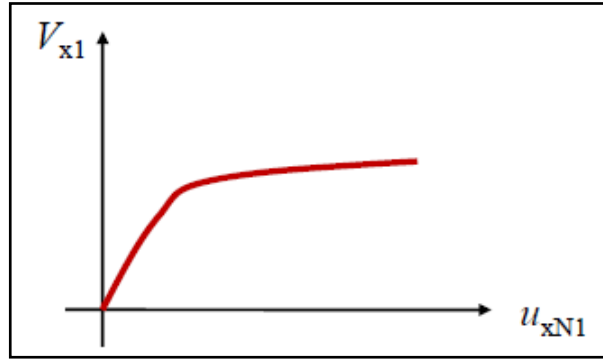
Kolonlarda:

$$(EI)_e = N_D / A_c f_{cm} \leq 0.10 \rightarrow (EI)_e = 0.40(EI)_e \quad (2.2)$$

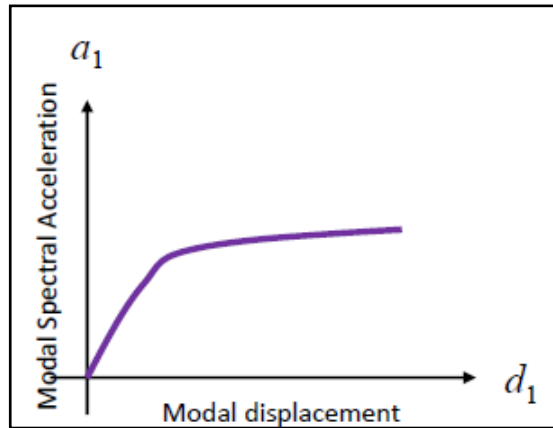
$$(EI)_e = N_D / A_c f_{cm} \geq 0.40 \rightarrow (EI)_e = 0.80(EI)_e \quad (2.3)$$

$(EI)_e$ 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

- Çok serbestlik dereceli sistem için bulunan kapasite eğrisi, eğdeğer tek serbestlik dereceli sisteme ait modal kapasite diyagramına dönüştürülür [8] :



Şekil 2.3: Çok serbestlik dereceli sistem için kapasite eğrisi.



Şekil 2.4: Eğdeğer tek serbestlik dereceli sistem için modal kapasite diyagramı.

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (2.4)$$

$$a_1^{(i)} = \frac{v_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (2.5)$$

- Elastik davranış spektrumu göz önüne alınarak, birinci (deprem doğrultusunda hâkim) moda ait maksimum modal yerdeğiştirme istemi hesaplanır.

$$S_{di1} = C_{R1} \cdot S_{de1} \quad (2.6)$$

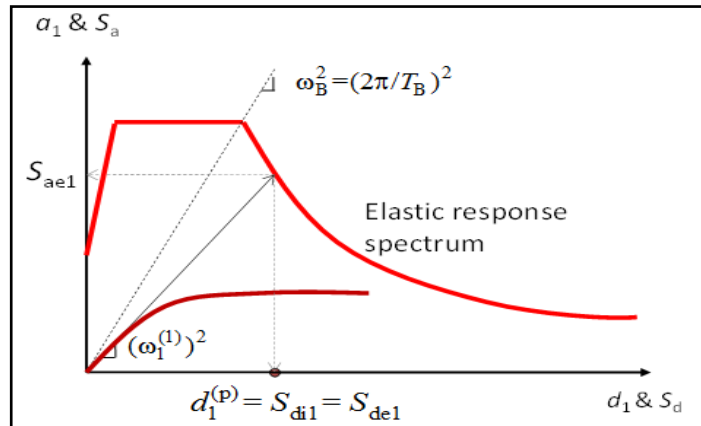
$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (2.7)$$

Denklem’de yer alan spektral yerdeğiştirme oranı C_{R1} , başlangıç periyodu $T_1^{(1)}$ ’in değerine ve ivme spektrumundaki karakteristik periyot T_B ’ e bağlı olarak farklı bağıntılarla hesaplanır.

$$T_1^{(1)} = \frac{2\pi}{\omega_1^{(1)}} \quad (2.8)$$

- $T_1^{(1)} \geq T_B$ ise [8] .

$$C_{R1} = 1 \quad (2.9)$$

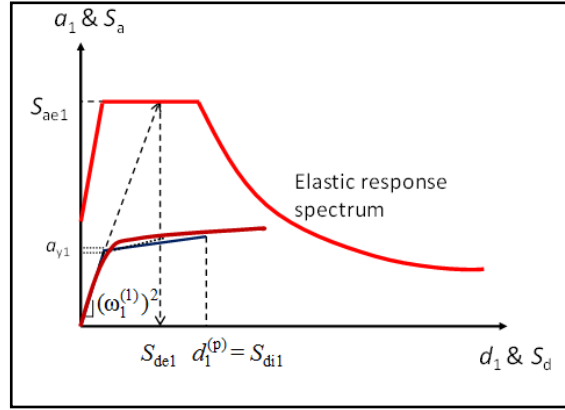


Şekil 2.5: $T_1^{(1)} \geq T_B$ durumu için performans noktasının belirlenmesi.

- $T_1^{(1)} < T_B$ ise [8] .

$$C_{R1} = \frac{1+(R_{y1}-1) \cdot T_B/T_1^{(1)}}{R_{y1}} \quad (2.10)$$

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (2.11)$$



Şekil 2.6: $T_1^{(1)} < T_B$ ise durumu için performans noktasının belirlenmesi.

- Eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteme ait yerdeğiştirme talebi, bina tepe yerdeğiştirme talebine dönüştürülür.

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \cdot \Gamma_{x1} \cdot d_1^{(p)} \quad (2.12)$$

- Performans noktasının belirlenmesinin ardından, depremin istemine karşı sistemin elasto - plastik davranışla yapacağı yerdeğiştirme, plastik mafsalları, θ_p plastik mafsalları dönmeleri ve buna bağlı olarak Φ_p plastik eğrilikler bulunabilir. Bu plastik eğriliklere kesitin plastikleşmeye erişinceye kadar yaptığı Φ_y akma elastik eğriliği de eklenerek kesitin toplam eğrilik istemi Φ_t bulunabilir [5], [6], [7].

$$\Phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (2.13)$$

$$\Phi_t = \Phi_p + \Phi_y \quad (2.14)$$

- İzin verilen şekildeğiştirme üst sınırları (kapasiteleri) aşağıdaki gibidir; Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN) için kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları;

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 \quad ; \quad (\epsilon_{su})_{MN} = 0.010 \quad (2.15)$$

Kesit Güvenlik Sınırı (GV) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları;

$$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0135 \quad ; \quad (\epsilon_{su})_{GV} = 0.040 \quad (2.16)$$

Kesit Göçme Sınırı (GÇ) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları;

$$(\epsilon_{cg})_{GC} = 0.018 \quad ; \quad (\epsilon_{su})_{GC} = 0.060 \quad (2.17)$$

3. ATC-40 KAPASİTE SPEKTRUMU YÖNTEMİ

Bu yöntem, bir deprem yer hareketi için yapının deplasman istemi ile yapının yatay yük taşıma kapasitesinin birbiri ile ilişkili olduğu esasına dayanmaktadır. Yöntem bir grafiksel deneme yanılma yöntemidir ve doğrusal ötesi bir Tek Serbestlik Dereceli Sistemin maksimum deplasman talebi, bu sisteme eşdeğer elastik bir Tek Serbestlik Dereceli Sistemin kullanılarak hesaplanabileceğidir.

Kapasite spektrumu yönteminde, kapasite diyagramı ve talep spektrumu aynı grafik üzerinde gösterilerek, indirgenmiş spektrum ile kapasite eğrisinin kesiştiği nokta yani kapasite ve istemin eşit olduğu noktadaki değer alınır, bu değer ilk tahmin edilen değerden fazla ise deplasman değeri azaltılır, az ise arttırılır. Görüldüğü üzere grafiksel bir deneme - yanılma yöntemi söz konusudur. Bu işlem tahmin edilen değer ve kesişme noktasından elde edilen değer birbirine yeterince yaklaşıncaya kadar devam eder. %5 hata yeterli kabul edilebilir. Sonuç olarak talep deplasman değeri bulunmuş olur.

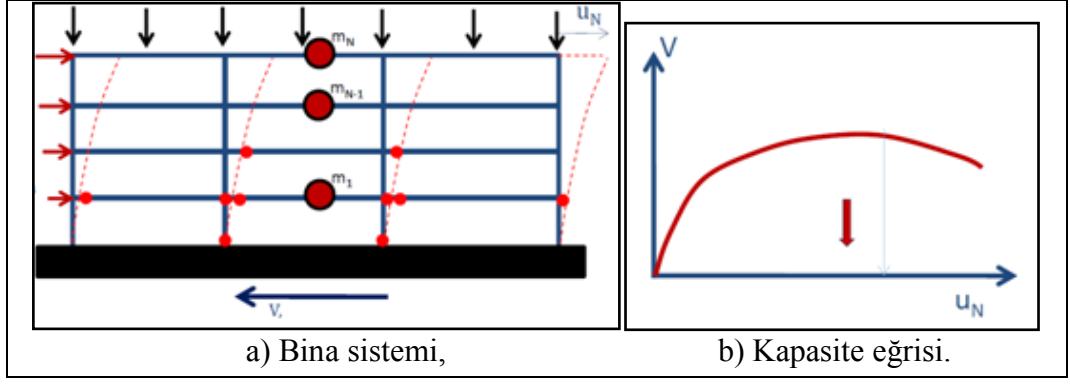
Davranış spektrumu tek serbestlik dereceli bir sistemdir. Kapasite eğrisi ve davranış spektrumunun aynı grafik üzerinde gösterilebilmesi için, Şekil 3.1' de gösterilen kapasite eğrisinin eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteme ve daha sonra bu eğrinin spektral formata dönüştürülmesi gerekir. Denklem 3.1 - 3.4 ile bu dönüşümler yapılabilmektedir. Burada birinci doğal moda ait modal kütle katsayısı ve modal katılım çarpanı kullanılmıştır [8], [9], [10], [11].

$$\alpha_1 = \frac{[\sum_{i=1}^N (w_i \Phi_{i1} / g)]^2}{[\sum_{i=1}^N (w_i / g)] [\sum_{i=1}^N (w_i \Phi_{i1}^2 / g)]} \quad (3.1)$$

$$S_a = \frac{V_t / W}{\alpha_1} \quad (3.2)$$

$$PF_1 = \frac{[\sum_{i=1}^N (w_i \Phi_{i1} / g)]}{[\sum_{i=1}^N (w_i \Phi_{i1}^2 / g)]} \quad (3.3)$$

$$S_d = \frac{\delta_{maks}}{PF_1 \Phi_{tepe,1}} \quad (3.4)$$



Şekil 3.1: Doğrusal olmayan teori ile kapasite eğrisinin elde edilmesi.

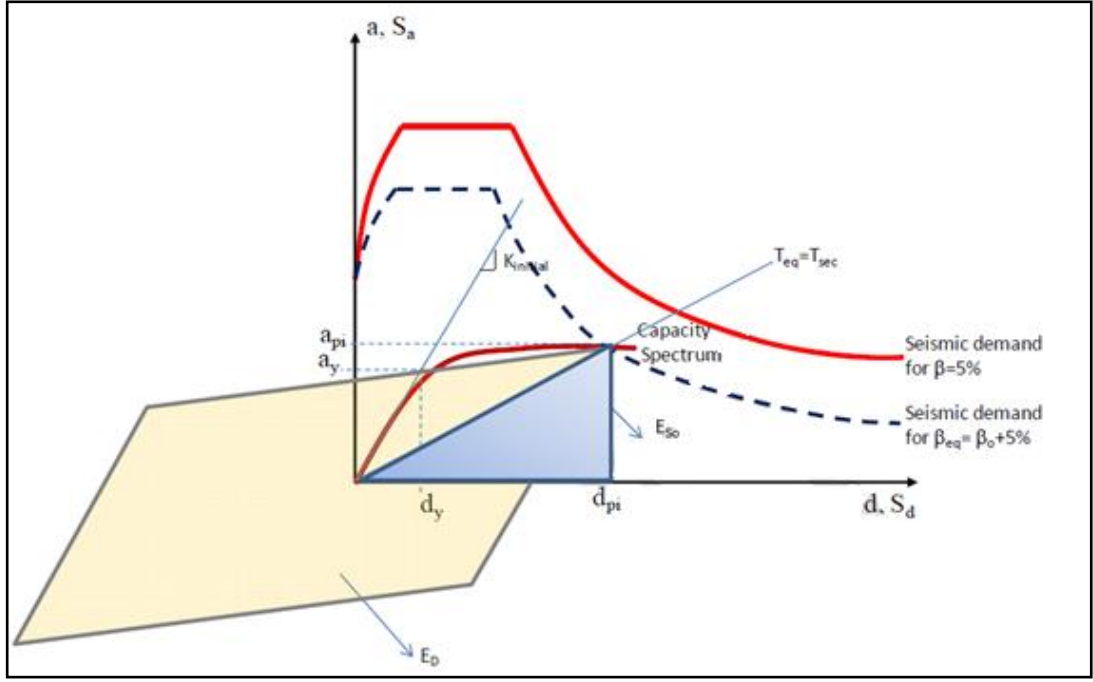
Benzer olarak elastik davranış spektrumu üzerinde de bir dönüştürme işlemi söz konusudur ve spektral ivme – spektral yer değiştirme formatına dönüştürülmesi gerekir. Bu işlem için denklem 3.5 bağıntısından yararlanılır [8], [9], [10].

$$S_d = S_a \frac{T^2}{4\pi^2} \quad (3.5)$$

T , yapı sisteminin birinci doğal periyotunu göstermektedir.

Deprem yükleri altındaki yapının sönümü artar ve dolayısıyla deprem istemi azalır. Bu yüzden, elastik davranış spektrumunun indirgenmesi gerekir. İndirgeme işleminde etkili sönüm yüzdesi kullanılır ve etkili sönüm yüzdesi için denklem 3.6 kullanılır [8],[9], [10].

$$\beta_{eq} = \kappa \beta_0 + 5 = \frac{63.7 \kappa (a_y d_{pi} - d_y a_{pi})}{a_{pi} d_{pi}} + 5 \quad (3.6)$$

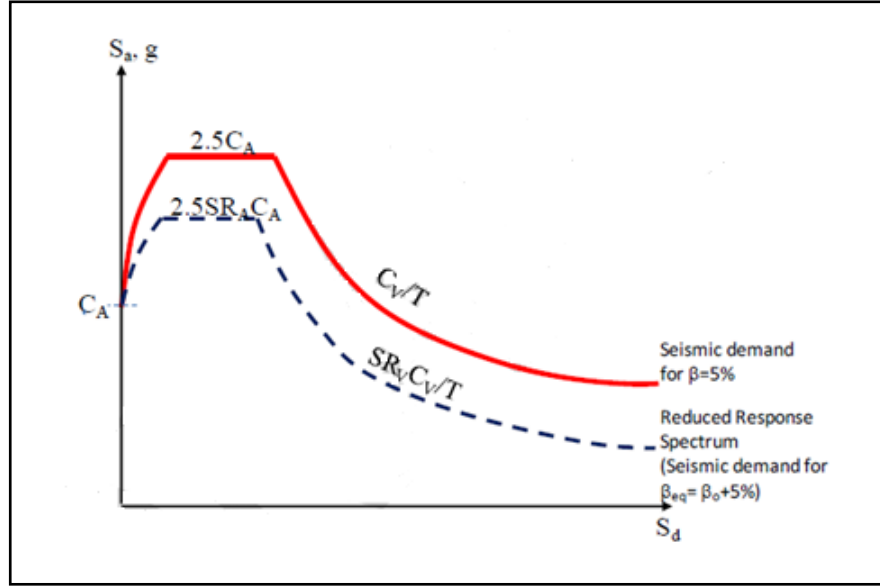


Şekil 3.2: Histeretik sönüme eşdeğer viskoz sönümün belirlenmesi.

Elastik davranış spektrumunun yatay ve azalan bölümüne indirgeme katsayıları uygulanmaktadır. Etkili sönüm oranına bağlı olarak indirgeme katsayıları, Denklem 3.1 - 3.4' de ifade edilmiştir [8].

$$SR_A \approx \frac{3.21 - 0.68 \cdot \ln(\beta_{eq})}{2.12} \geq SR_{A,min} = 0.33 - 0.56 \quad (3.7)$$

$$SR_V \approx \frac{2.31 - 0.4 \cdot \ln(\beta_{eq})}{1.65} \geq SR_{V,min} = 0.50 - 0.67 \quad (3.8)$$

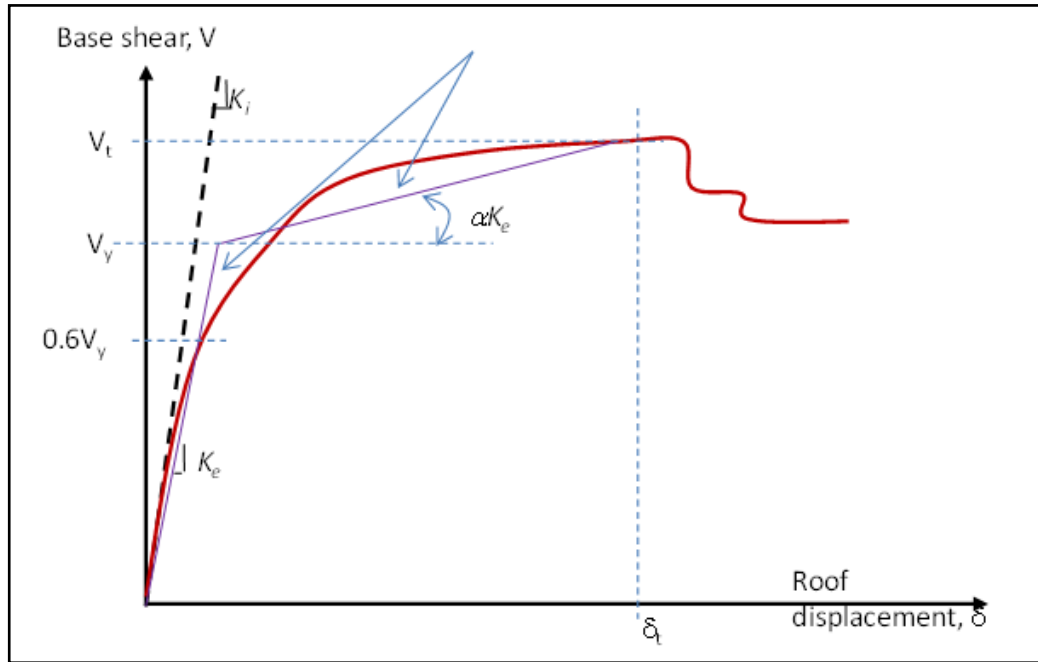


Şekil 3.3: İndirgenmiş istem spektrumunun elde edilmesi.

Performans noktasının bulunması işlemi tamamlandıktan sonra, yapının performans değerlendirmesi yapılır. Yapıdaki hasar seviyelerinin üst sınırları aşıp aşmadığı kontrolü ile performans hedefinin gerçekleşip gerçekleşmediği kontrol edilir.

4. FEMA 356 YERDEĞİŞTİRME KATSAYISI YÖNTEMİ

Esas olarak, eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin elastik deplasman değerinin farklı katsayılarla artırılarak inelastik sistemin deplasman talebinin belirlenmesi yöntemidir. Performans noktasını hesaplayabilmek için sistemin etkili yatay rijitliğini hesaplamak gerekir. Bunun için V_t taban kesme kuvveti ile maksimum tepe noktası deplasmanı arasındaki ilişkiyi belirleyen kapasite eğrisi elde edilir ve kapasite eğrisi iki adet doğru ile idealize edilir. Şekil 4.1'de nonlinear hale getirilmiş kapasite eğrisi verilmistir. Buradaki K_i başlangıçta yapı yatay rijitliğini, K_e ise idealize edilmiş kapasite eğrisinin ilk doğrusunun eğimi olan etkili yatay rijitliği temsil etmektedir. Bu doğrunun kapasite eğrisinin kestiği nokta akma dayanımının %60'ı kadar bir yük esas alınarak hesaplanır [8], [11], [12], [13].



Şekil 4.1: İki doğru parçası ile idealleştirilen kapasite eğrisi.

$$T_e = T_i (K_i / K_e)^{0.5} \quad (4.1)$$

bağıntısı ile T_e iki doğrulu kapasite eğrisinin ilk eğiliminden hesaplanan periyot. Buradaki T_i hesap yapılan doğrultudaki elastik doğal periyodudur.

Yapı sisteminin T_e etkin doğal periyodu bulunduğundan sonra, hedef yerdeğiştirme

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a T_e^2 / 4\pi^2 \quad (4.2)$$

formülü ile elde edilir. Bu formüldeki katsayı ve büyüklükler aşağıda tanımlanmıştır.

- C_0 : Tek serbestlik dereceli sistemin spektral deplasmanını çok serbestlik dereceli sistemin çatı deplasmanına dönüştüren katsayıdır.

C_0 katsayısı yapının 1. moda ait modal katılım çarpanı olarak alınabilir.

$$C_0 = \Phi_1^{\text{tepe}} \cdot P \cdot F_1 \quad (4.3)$$

- Hedef yerdeğiştirme anındaki deplasman şekli kullanılarak hesaplanan modal katılım çarpanı kullanılabilir.
- Ya da aşağıdaki tablodan C_0 katsayısı için yaklaşık değerler alınabilir.

Tablo 4.1: C_0 katsayısı için yaklaşık değerler.

Kat Sayısı	C_0
1	1
2	1.2
3	1.3
5	1.4
10+	1.5
Ara Değerler İçin Enterpolasyon Yapılmıştır	

- C_1 : Doğrusal elastik yerdeğiştirmeyi, beklenen maksimum inelastik yerdeğiştirmeye dönüştüren düzeltme katsayısıdır. Esas olarak kısa periyotlu ve stabil yapılarda, doğrusal davranış ile kıyaslandığında, doğrusal olmayan

davranış durumu için çatı deplasmanı genlik tepkisinin farkını ortaya çıkarmak için kullanılır. Dayanım oranı R kullanılarak C_1 kullanılarak

$$T_e \geq T_B \text{ ise } C_1 = 1 \quad (4.4)$$

$$T_B \leq T_e \text{ ise } C_1 = [1 + (R-1) \frac{T_B}{T_e}] / R \quad (4.5)$$

• C_2 : Çevrimsel enerji şeklinin etkisini hesaba katan düzeltme katsayısıdır. Doğrusal ötesi prosedürlerde 1.0 olarak alınabilir. C_2 katsayısının alacağı değerler, taşıyıcı sistemin türüne ve beklenen performans seviyesine göre Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2: C_2 katsayıları değerleri.

Performans Seviyesi	$T \leq 0.1$	$T \leq T_B$
Hemen Kullanım	1	1
Can Güvenliği	1.3	1.1
Yapısal Stabilité	1.5	1.2

• C_3 : Düşey yüklerden oluşan ikinci mertebe etkileri her zaman binanın yatay deplasmanını artırır. C_3 ikinci mertebe etkileri nedeniyle artan yerdeğistirmelerin etkisini göz önüne alan düzeltme katsayısıdır.

Pozitif akma sonrası rijitliğe sahip yapılarda ;

$$C_3 = 1 \quad (4.6)$$

Negatif akma sonrası rijitliğe sahip yapılarda;

$$C_3 = 1 + \frac{|\alpha|(R-1)^{3/2}}{T_e} \quad (4.7)$$

- α : İdealleştirilmiş kapasite eğrisindeki inelastik eğimin, elastik eğime oranıdır.
- g : Yerçekimi İvmesi
- R : Dayanım Azaltma Katsayısı aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$R = \frac{S_a}{V_{y/W}} \frac{1}{C_0} \quad (4.8)$$

- V_y : Taban kesme kuvveti
- S_a : Göz önüne alınan yapının etkin doğal periyoduna ve sönüm oranına bağlı olarak belirlenen ve g yerçekimi ivmesini de içeren spektral ivmedir.

Yukarıdaki işlemlerden sonra, başlangıçta seçilen ve T_e etkin doğal periyodunun hesabına esas olan δ_t yerdeğiştirmesi ile hesap sonucunda bulunan değerlerin eşit veya birbirine yeterince yakın olması halinde hedef yerdeğiştirme bulunmuş olur.

Hedef yerdeğiştirme bulunduktan sonra, sisteme ait büyüklüklerin, yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasar seviyelerinin üst sınırlarını aşmadığı kontrolü yapılır.

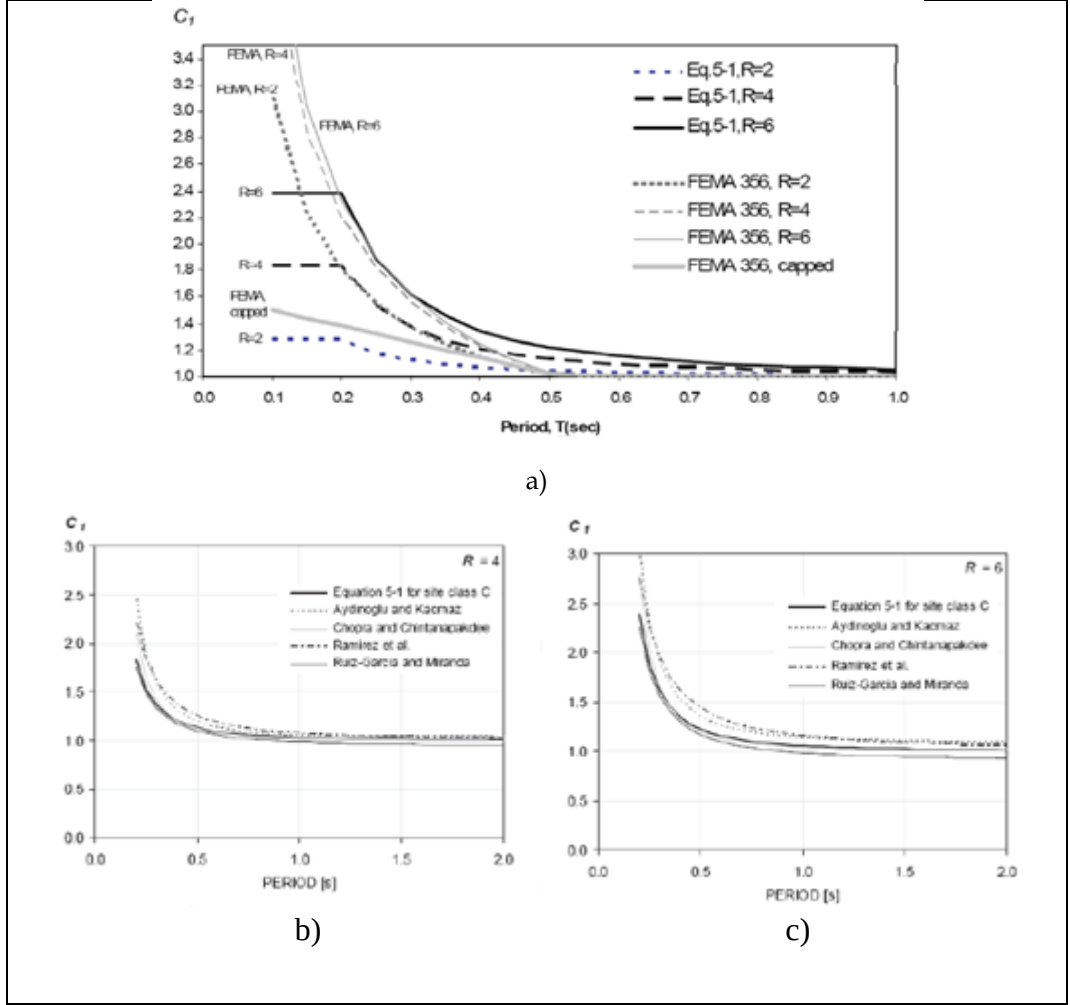
5. FEMA 440 DEPLASMAN KATSAYILARI YÖNTEMİ

FEMA- Deplasman Katsayıları Yöntemi FEMA ve ATC dökümanlarının yenilenmiş hali niteliğindedir ve FEMA-Yer Değiştirme Katsayısı Yöntemi'nde verilen yöntem modifiye edilmiştir. C_1 , C_2 , C_3 katsayılarında değişiklikler yapılmıştır. C_3 katsayısı iptal edilmiş, bunun yerine elastik kuvvet talebi olan R değerlerine üst sınır getirilmiştir.Yapılan değişiklikler aşağıda özetlenmiştir [1], [2], [3]:

- C_1 Katsayısı: Doğrusal elastik yerdeğiştirmeyi, beklenen maksimum inelastik yerdeğiştirmeye dönüştüren düzeltme katsayısıdır. FEMA-Yer Değiştirme Katsayısı Yöntemi kısa periyotlu yapılar için C_1 katsayısını sınırlar.Ancak FEMA-Deplasman Katsayıları Yöntemi bu sınırlamaların kullanılmayacağını öngörür. 0.2 saniyeden daha az periyotlarda, 0.2 saniye için C_1 değeri kullanılabilir ve 1.0 sn 'den daha büyük periyotlar için C_1 , 1.0 olarak alınabilir [2], [3], [8].

$$C_1 = 1 + \frac{R-1}{a T_e^2} \quad (5.1)$$

bağıntısı ile hesaplanır [8].

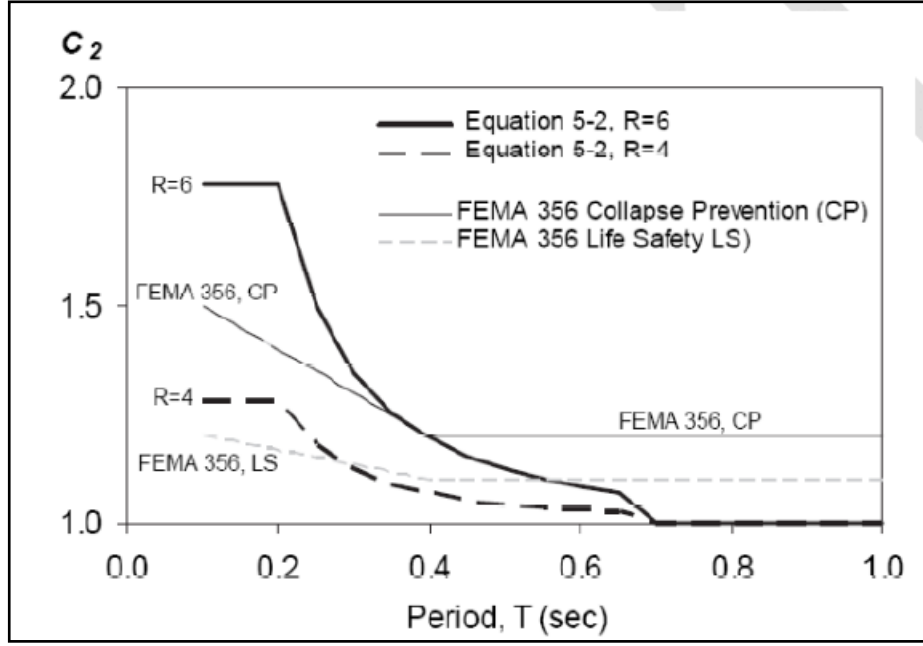


Şekil 5.1: a) R=4, R=6 için C_1 karşılaştırması, b) R=4, c) R=6.

- C_2 Katsayısı: Çevrimsel enerji şeklinin, rijitlik azalmasının ve dayanımın maksimum deplasman davranışına etkisini temsil eden katsayıdır. FEMA Yer Değiştirme Katsayısı Yöntemi'nde kullanılan C_2 katsayısı sadece çevrimsel enerji şeklinin etkisini dikkate alır. 0.2 saniyeden daha az periyotlar için; C_2 katsayısı değeri 0.2 alınabilir. 0.7 saniyeden daha büyük periyotlar için C_2 katsayısının 1.0'e eşit olduğu öngörülebilir [2], [3], [8].

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left(\frac{R-1}{T} \right)^2 \quad (5.2)$$

bağıntısı ile hesaplanır.

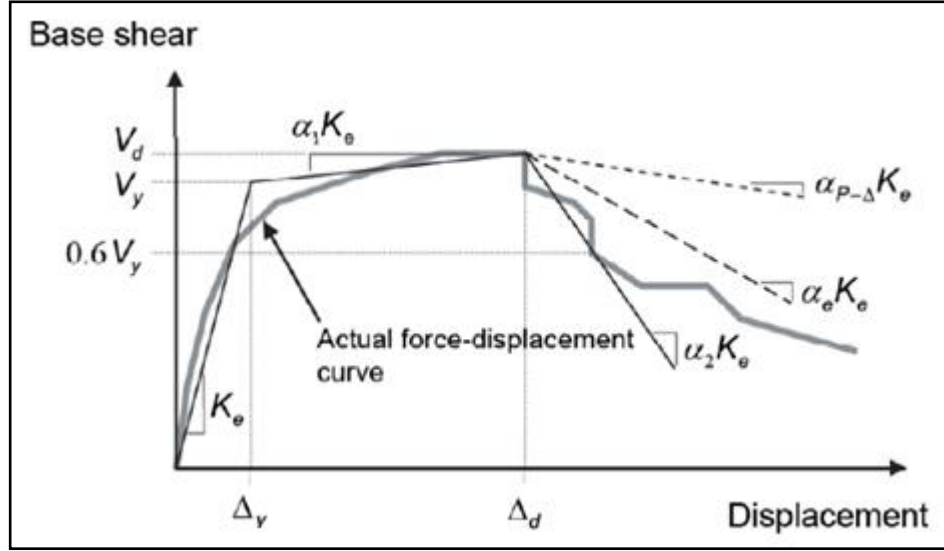


Şekil 5.2: C_2 katsayısı karşılaştırması.

- C_3 Katsayısı: Dinamik P- Δ etkisinden dolayı artan yer değiştirmeleri temsil eden bir düzeltme katsayısıdır. Dinamik stabilitesizliği önlemek adına FEMA-Deplasman Katsayıları Yöntemi' de C_3 katsayısı iptal edilmiş, bunun yerine elastik kuvvet talebi olan R değerlerine üst sınır getirilmiştir. R_{max} değeri için limit durum [2], [3], [8].

$$R_{max} = \frac{\Delta_d}{\Delta_y} + \frac{|\alpha_e|^{-t}}{4} \quad (5.3)$$

bağıntısı ile ifade edilir.



Şekil 5.3: İdealize edilmiş taban kesme kuvveti - deplasman eğrisi.

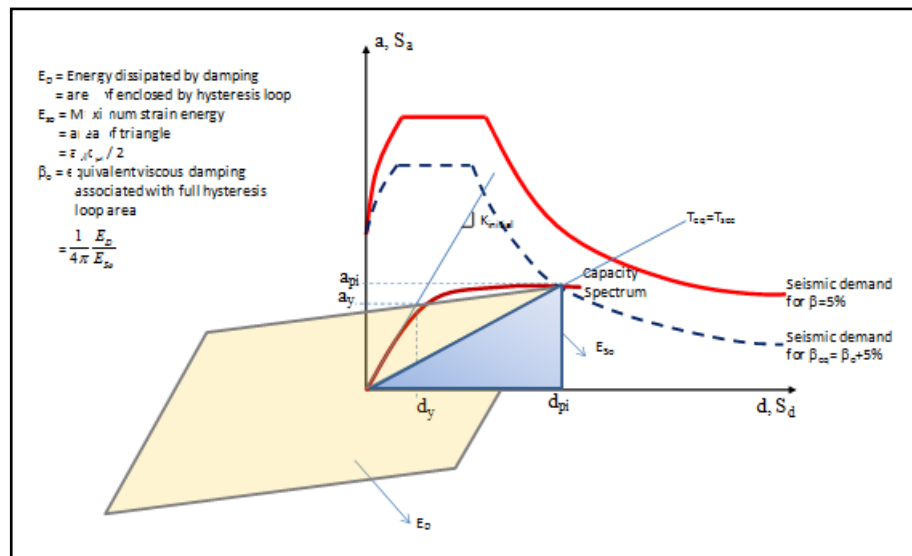
$$\alpha_e = \alpha_{p-\Delta} + \lambda(\alpha_2 - \alpha_{p-\Delta}) \quad (5.4)$$

$0 \leq \lambda \leq 1$, λ katsayısı yakın bölge etkisi altında olmayan yerler için 0.2, yakın bölge etkisi altında olan yerler için 0.8 alınabilir.

Hedef yerdeğiştirme bulunduktan sonra, sisteme ait büyüklüklerin, yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasar seviyelerinin üst sınırlarını aşmadığı kontrolü yapılır.

6. FEMA440 EŞDEĞER DOĞRUSALLAŞTIRMA YÖNTEMİ

FEMA-Eşdeğer Doğrusallaştırma Yöntemi ATC-Kapasite Spektrumu Yöntemi' nin geliştirilmiş halidir. Temel mantık olarak çok serbestlik dereceli bir yapının doğrusal olmayan davranışını, tek serbestlik dereceli bir sistemin doğrusal olmayan davranışı ile modeller ve model üzerinde bir performans noktası tahmin eder. Bunun için de Eşdeğer Lineerleştirme Yöntemi'nin Efektif Parametreleri olarak adlandırılan, T_{eff} Efektif Periyot ve β_{eff} Efektif Sönüm Oranı parametrelerinin bazı değişkenlere bağlı olarak hesaplanması gerekmektedir. FEMA-Eşdeğer Doğrusallaştırma Yöntemi T_{eff} Efektif Periyot ve β_{eff} Efektif Sönüm Oranı' na yeni tanımlamalar getirmiştir. ATC-Kapasite Spektrumu Yöntemi' nde Efektif Sönüm üzerindeki sınırlamalar burada kullanılmaz ve aşırı sünek durumlarda ($\mu > 10-12$) bu prosedürün uygulanması konusunda dikkatli olunması gerektiğini önerir [1], [4], [8], [14].

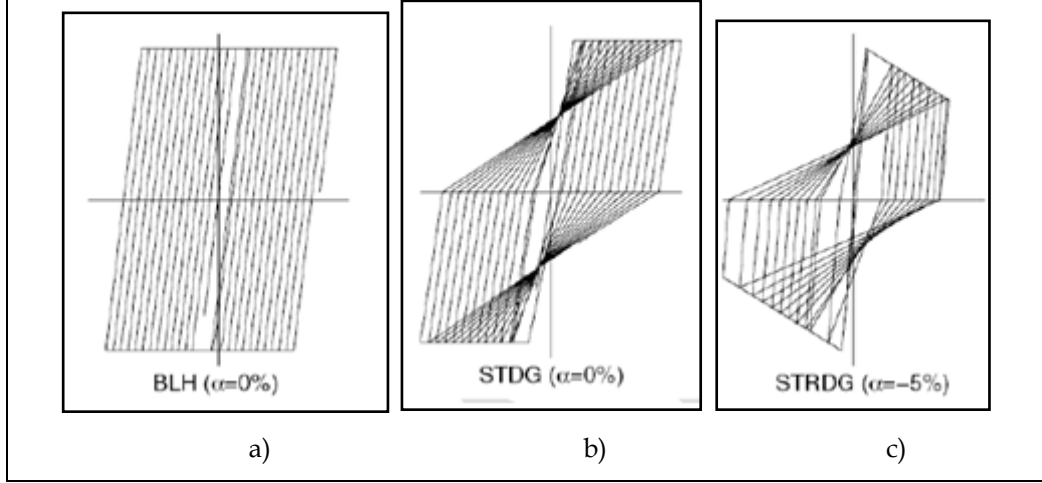


Şekil 6.1: Kapasite spektrumu yönteminin şematik temsili.

T_{eq} Eşdeğer Periyot, indirgenmiş ivme davranış spektrumu ile kapasite eğrisinin kesişim noktasından geçen periyot çizgisinin değeridir.

6.1. Histeretik Davranış Tipleri

FEMA-Eşdeğer Doğrusallaştırma Yöntemi' nde 3 tip histeretik davranış tipi tanımlanmıştır [4], [8], [14].



Şekil 6.2: a) Bilineer histeretik model, b) Rijitlik azaltmalı histeretik model, c) Dayanım azaltmalı histeretik model.

6.2. T_{eff} Efektif Periyot ve β_{eff} Efektif Sönüm Oranı' nın Hesaplanması

- $\mu < 4.0$ için;

$$T_{eff} = [G(\mu - 1)^2 + H(\mu - 1)^3 + 1] T_0 \quad (6.1)$$

- $4.0 < \mu < 6.5$ için;

$$T_{eff} = [I + J(\mu - 1) + 1] T_0 \quad (6.2)$$

- $\mu > 6.5$ için;

$$\beta_{eff} = \{ K [\sqrt{\frac{(\mu-1)}{1+L(\mu-2)}} - 1] + 1 \} T_0 \quad (6.3)$$

- $\mu < 4.0$ için;

$$\beta_{eff} = A(\mu - 1)^2 + B(\mu - 1)^3 + \beta_0 \quad (6.4)$$

- $4.0 < \mu < 6.5$ için;

$$\beta_{eff} = C + D(\mu - 1) + \beta_0 \quad (6.5)$$

- $\mu > 6.5$ için;

$$\beta_{eff} = E \left[\frac{F(\mu-1)-1}{F(\mu-1)^2} \right] \left(\frac{T_{eff}}{T_0} \right)^2 + \beta_0 \quad (6.6)$$

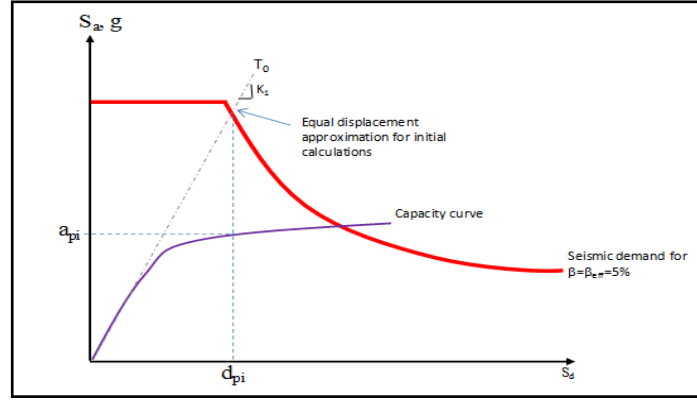
A, B, C, D, E, F katsayıları , seçilen histeretik model ve (α) elastik ötesi davranışın rijitlik oranına bağlı olarak çizelgelerden alınacak değerlerdir.

Yukarıdaki denklemlerde ifade edilen T_{eff} değerleri sadece $T_0 = 0.2 - 2$ sn aralığı için geçerlidir.

ATC-Kapasite Spektrumu Yöntemi'nde hedef yer değiştirmenin saptanmasında etkili lineer periyot olarak eşdeğer periyot kullanılır. Ancak bu prosedürde maksimum deplasman, binanın kapasite eğrisi ile ADRS formatındaki etkili sönümün istem eğrisinin kesişim noktasında oluşur [1], [8], [14].

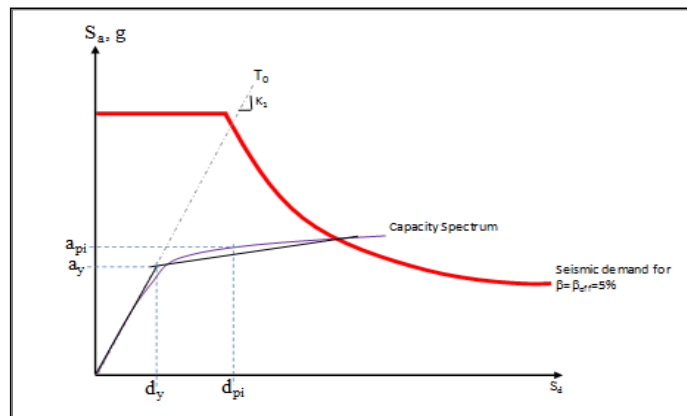
Yukarıda da değinildiği gibi T_{eff} ve β_{eff} süneklik talebinin fonksiyonlarıdır. Dolayısıyla eşdeğer lineerleştirme tekrarlı veya grafiksel bir çözüme ihtiyaç duyar. FEMA-Eşdeğer Doğrusallaştırma Yöntemi'nde maksimum yerdeğiştirmenin hesaplanabilmesi için 3 tip hesap şekli önerilmektedir. A, B, ve C yöntemleri için çözüm stratejileri şu şekildedir [4], [8], [14].

- Zemin tipine ve başlangıç sönüm oranı olarak % 5 sönümlü bir ivme davranış spektrumu oluşturulur.
- Yapı-zemin ilişkisi davranış spektrumunda dikkate alınacak ise spektrum eğrisi düzenlenir.



Şekil 6.3: Başlangıç ADRS talebi ve kapasite eğrisi.

- Yapıya itme analizi yapılır ve yapının kapasite eğrisi oluşturulur. Kapasite eğrisinin uygun şekilde dönüşümü yapılarak spektral ivme (S_a) - spektral yer değiştirme (S_d) eksen takımlarında çizimi sağlanır.
- Başlangıçta yaklaşık olarak bir performans noktası seçilir. Böylece maksimum ivme (a_{pi}) ve maksimum yerdeğiştirme (d_{pi}) tahmin edilmiş olur.
- ATC-Kapasite Spektrumu Yöntemi kuralları kullanılarak kapasite eğrisinin d_{pi} noktasına kadar olan kısmı iki eğri ile temsil edilecek şekilde çizilir. Bu işlem sonucunda T_0 başlangıç periyodu, d_y akma yerdeğiştirmesi ve a_y akma ivmesi belirlenir. Başlangıçtaki a_{pi} ve d_{pi} tahminlerine göre farklı sonuçlar alınabilir [1], [8], [14].



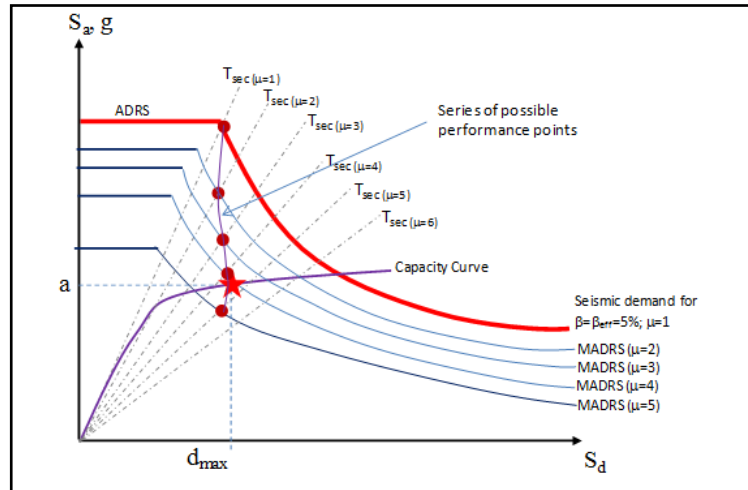
Şekil 6.4: Kapasite spektrumunun iki eğrili temsili.

- Elastik ötesi davranışın rijitlik oranı(α) ve süneklik(μ) oranı hesaplanır.

$$\alpha = \frac{\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}}{\frac{a_y}{d_y}} \quad (6.7)$$

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y} \quad (6.8)$$

- α ve μ bulunduktan sonra , bunlara bağılı olarak T_{eff} Efektif Periyot ve β_{eff} Efektif Sönüm Oranı bulunabilir.
- β_{eff} bağılı olarak başlangıçtaki ADRS eğrisi üzerinde düzenleme yapılır.
- Düzenlenen bu eğrinin ivme ordinatı modikasyon faktörü M ile çarpılarak, modifiye edilmiş ivme-deplasman davranış spektrumu oluşturulur.
- Modifiye edilmiş ivme-deplasman davranış spektrumu ile T_{sec} kesişiminden bir performans noktası elde edilebilir.
- Bulunan bu performans noktası artırılır veya azaltılır,doğru performans noktası serilerini oluşturmak için bu işlem tekrarlanır.
- Gerçek performans noktası,bu nokta serileri ile kapasite eğrisinin kesişiminden elde edilir [8], [14].



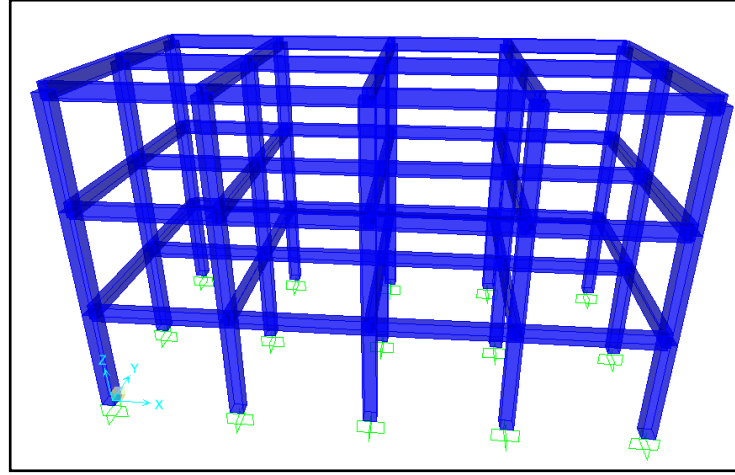
Şekil 6.5: MADRS ile bulunan olması muhtemel performans noktaları.

Hedef yer değiştirme bulunduktan sonra, sisteme ait büyüklüklerin, yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasar seviyelerinin üst sınırlarını aşmadığı kontrolü yapılır.

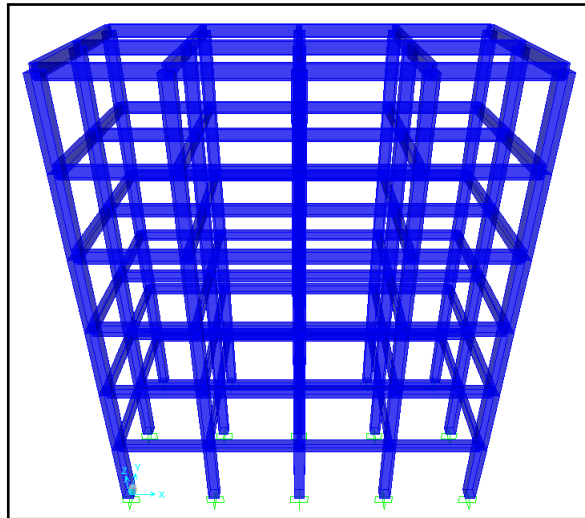
7. BİNALARA AİT TASARIM ESASLARI

7.1. Binaların Geometrileri

Bu çalışmada 3 ve 6 katlı, çerçeve sistem betonarme konut türü binalar üzerinde çalışılmıştır. Her iki binada x yönünde 5 aks, y yönünde 3 akstan oluşmakta ve aks aralıkları her iki yön için 5 m' dir. Kat yükseklikleri her tip bina için aynıdır ve bütün katlar için 4 m'dir. Binalar, planda hem x hem de y yönünde simetriktir [15].

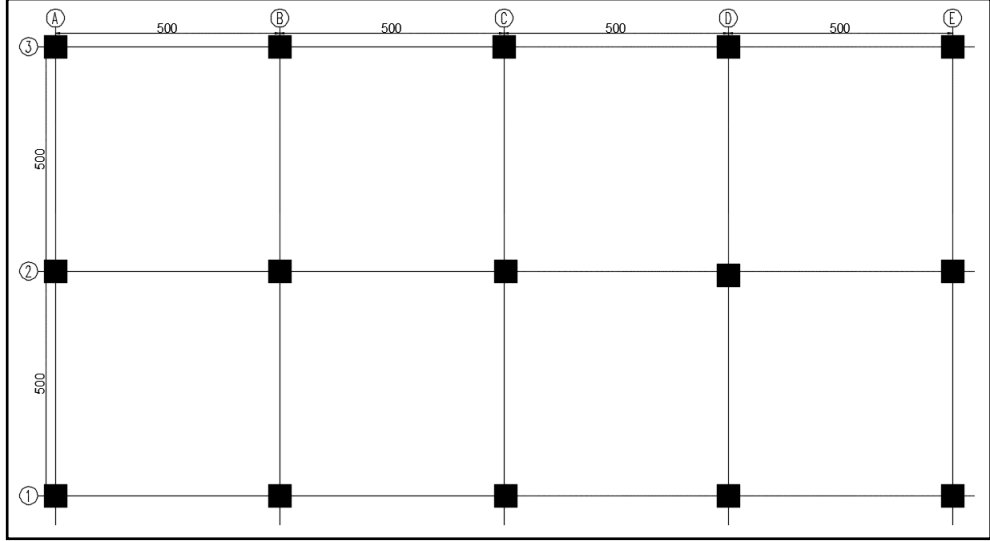


Şekil 7.1: 3 katlı bina-sonlu eleman modeli.

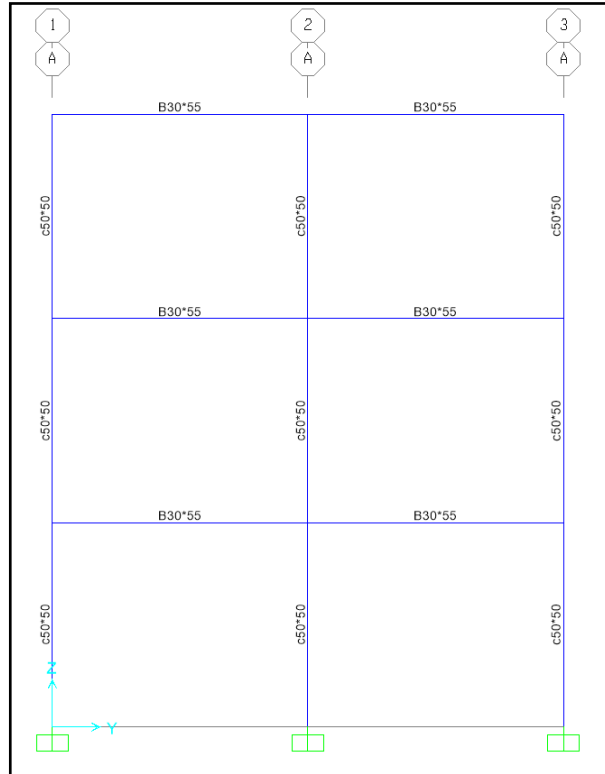


Şekil 7.2: 6 katlı bina-sonlu eleman modeli.

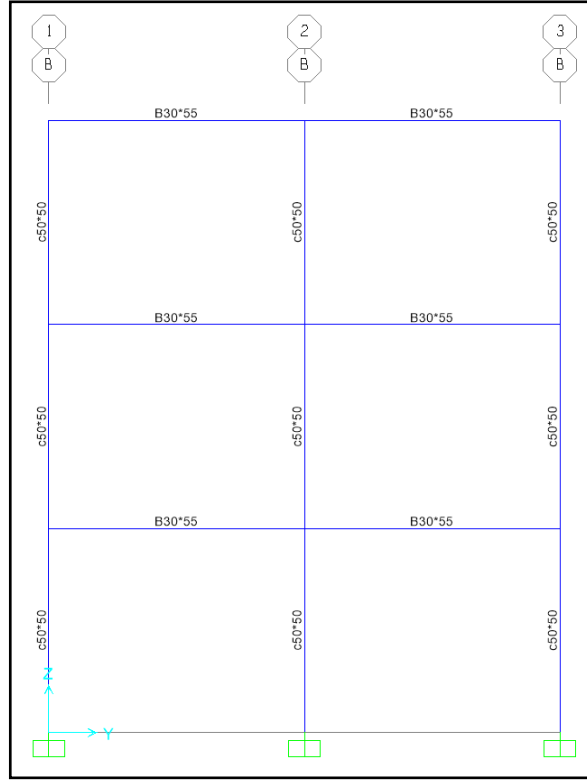
Kolon ve kiriş kesitleri tüm katlarda aynı, binalar arasında farklılık göstermektedir. 3 katlı binada 30*55 ebatlarında kiriş, 50*50 ebatlarında kolon kesitleri kullanılmıştır. 6 katlı binada ise 30*60 ebatlarında kiriş, 60*60 ebatlarında kolon kesitleri kullanılmıştır [15].



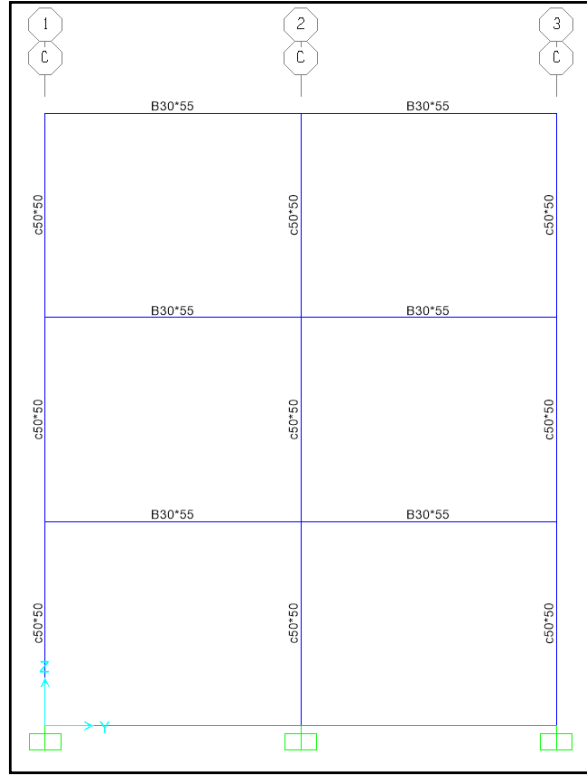
Şekil 7.3: 3 katlı bina - plan görüntüsü



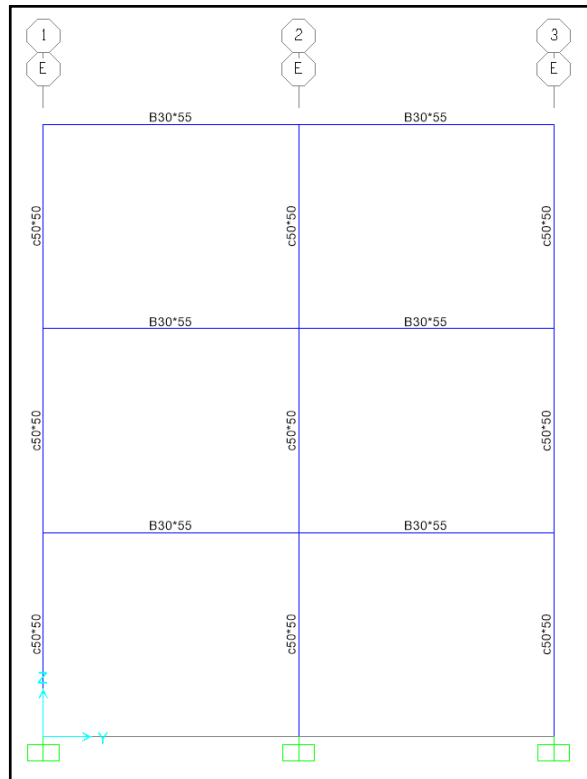
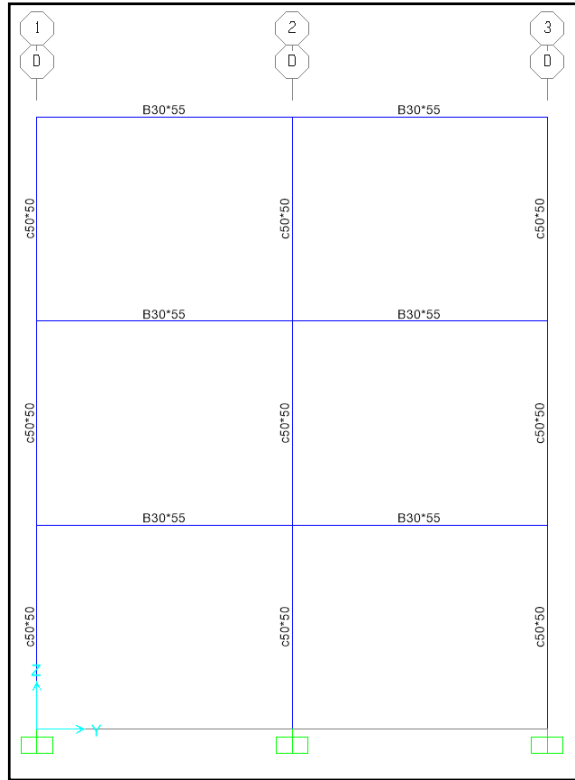
Şekil 7.4: 3 katlı bina - a aksı.

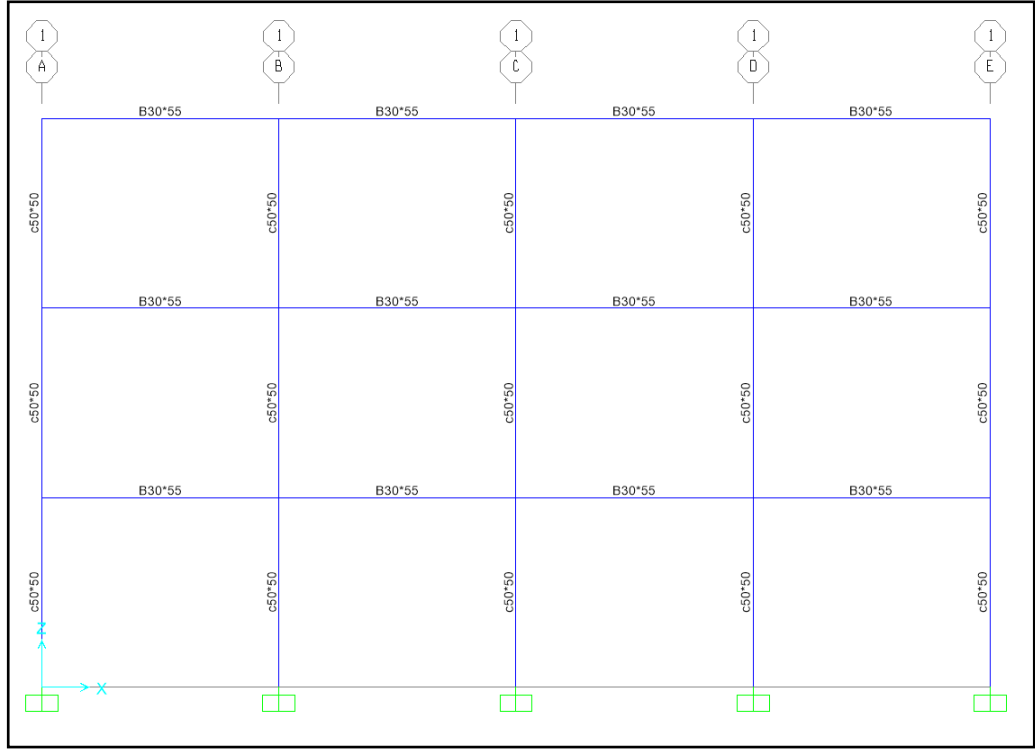


Şekil 7.5: 3 katlı bina - b aksı.

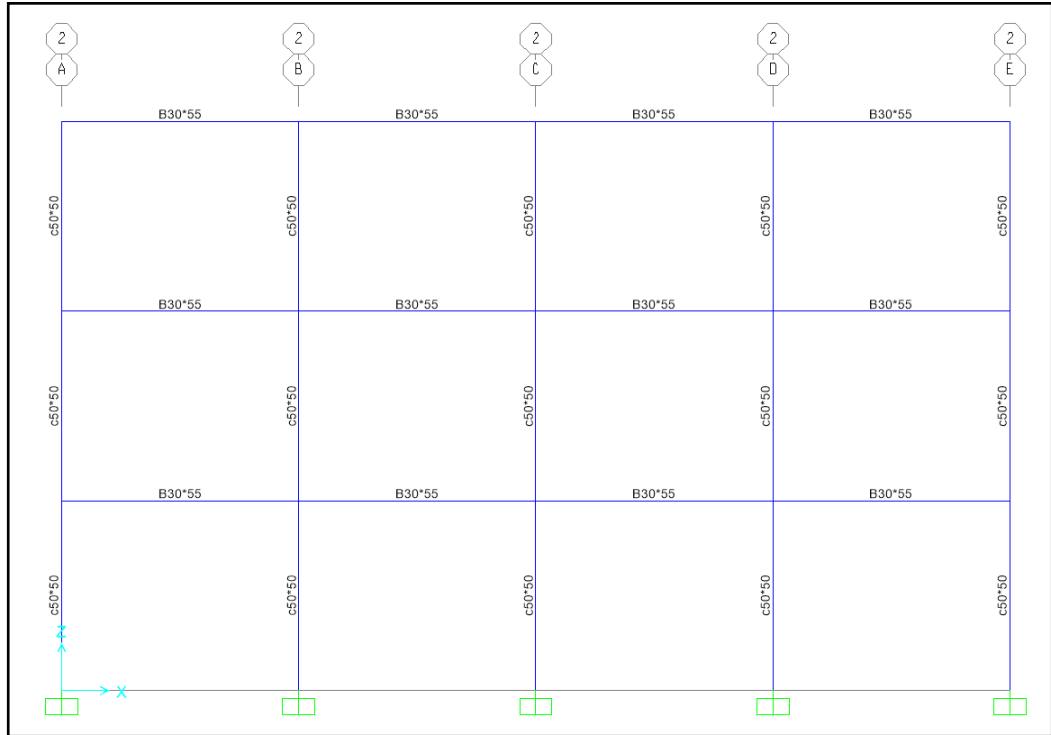


Şekil 7.6: 3 katlı bina - c aksı.

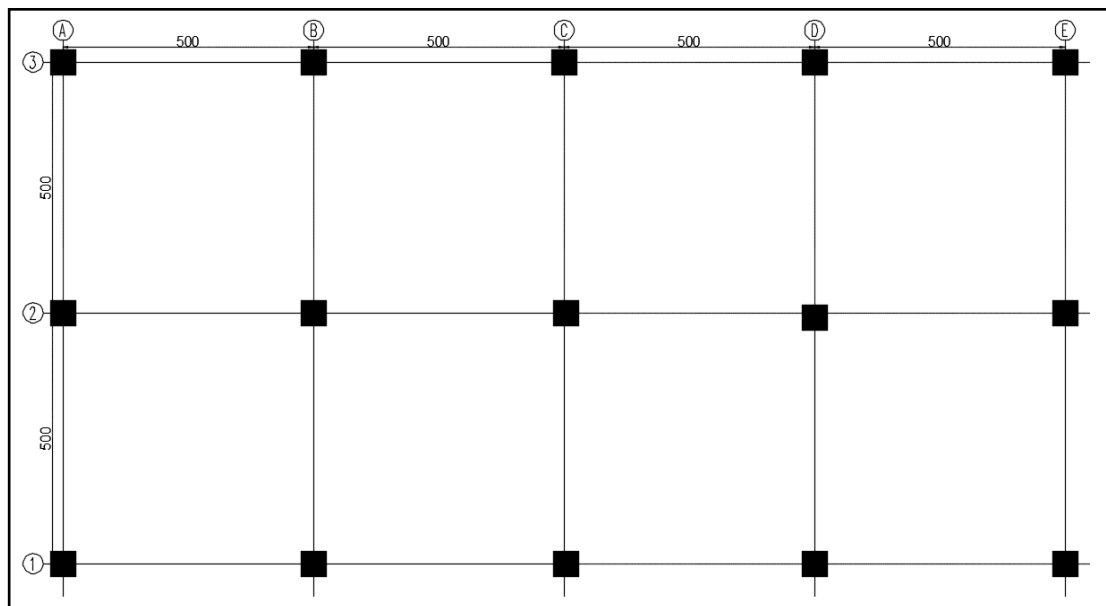
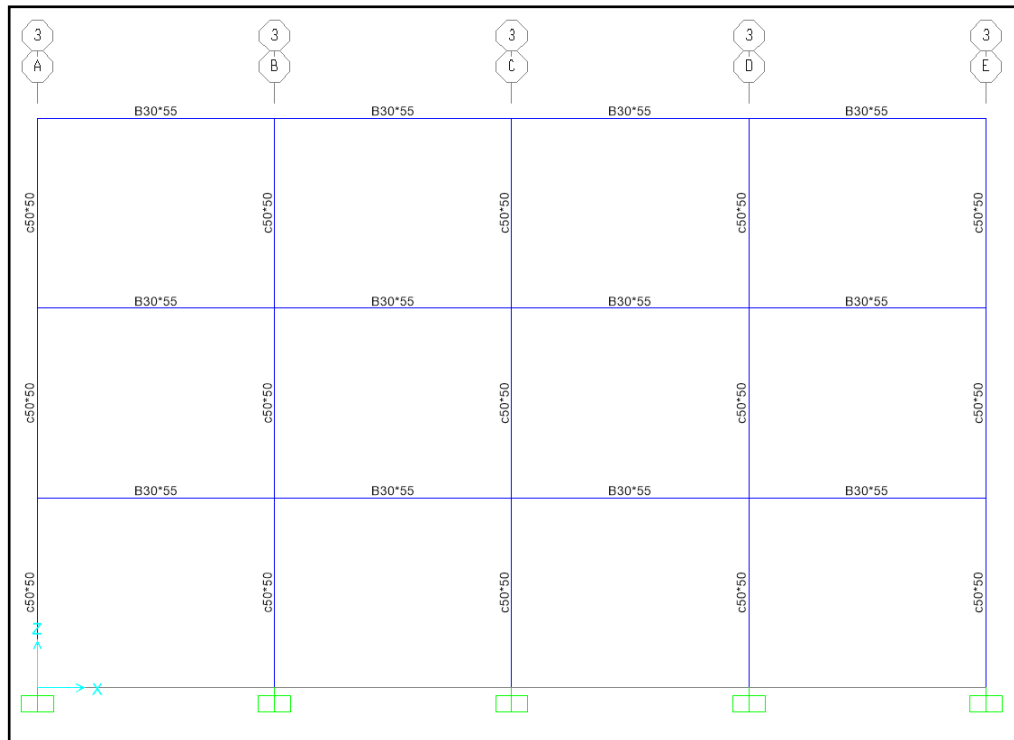


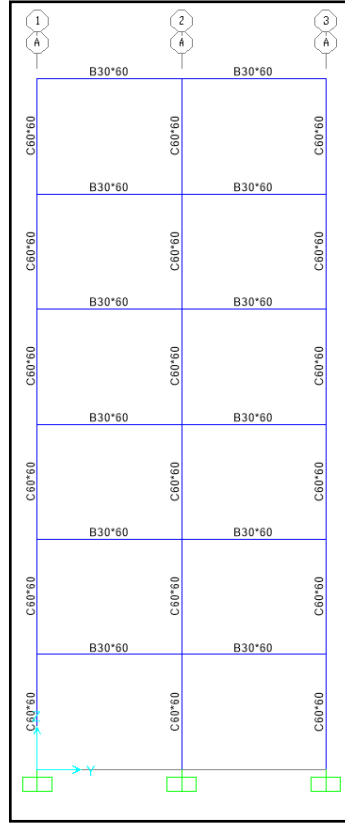


Şekil 7.9: 3 katlı bina - 1 aksı.

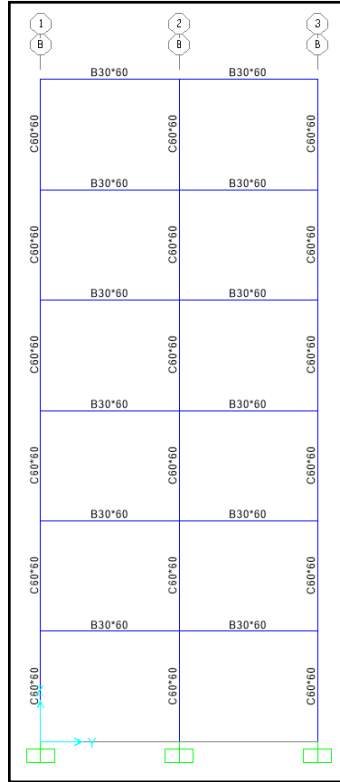


Şekil 7.10: 3 katlı bina - 2 aksı.

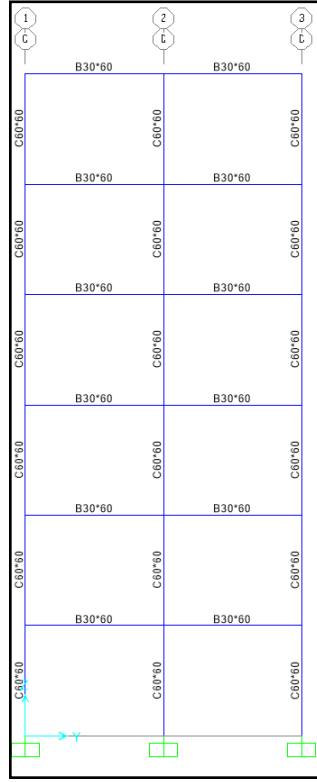




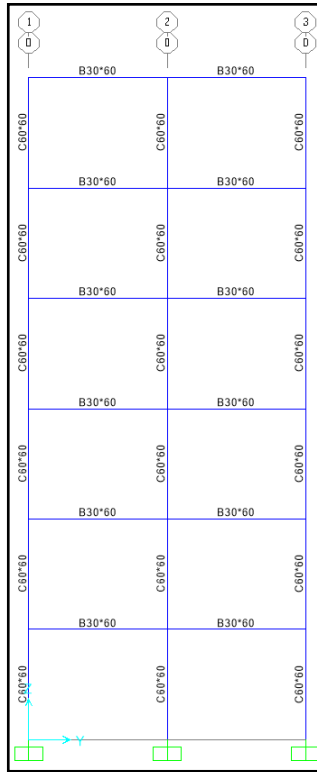
Şekil 7.13: 6 katlı bina - a aksı.



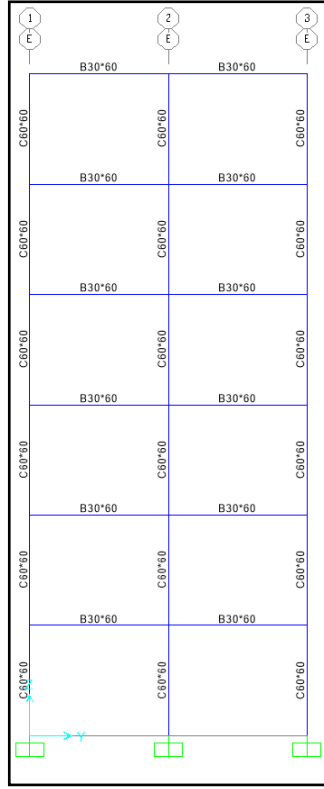
Şekil 7.14: 6 katlı bina - b aksı.



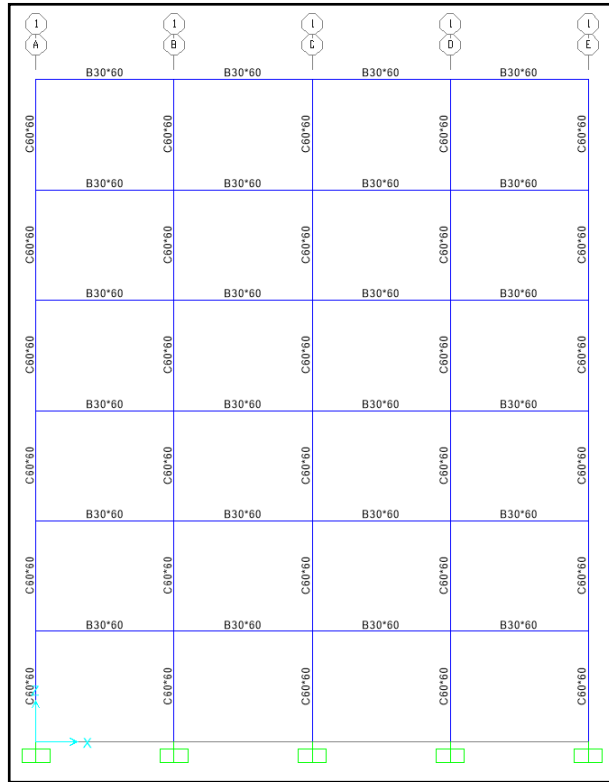
Şekil 7.15: 6 katlı bina - c aksı.



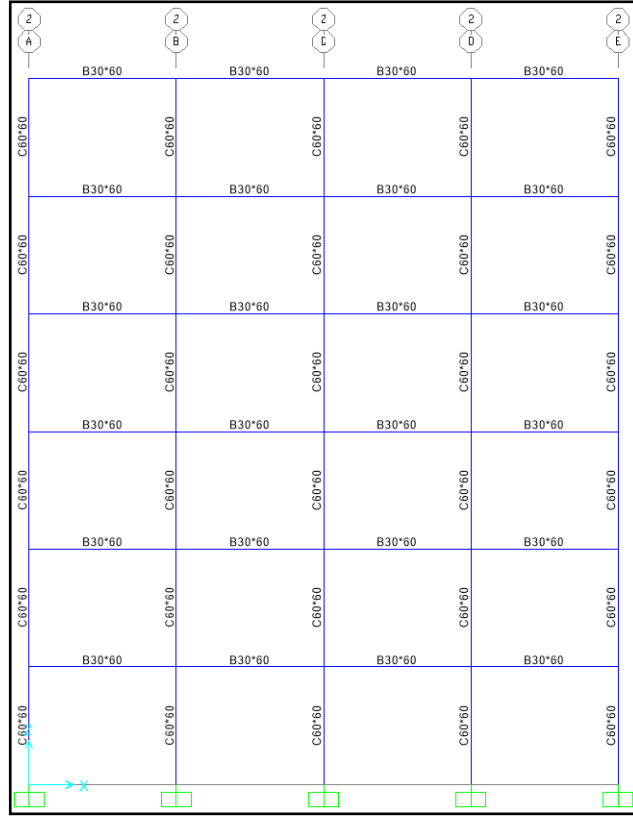
Şekil 7.16: 6 katlı bina - d aksı.



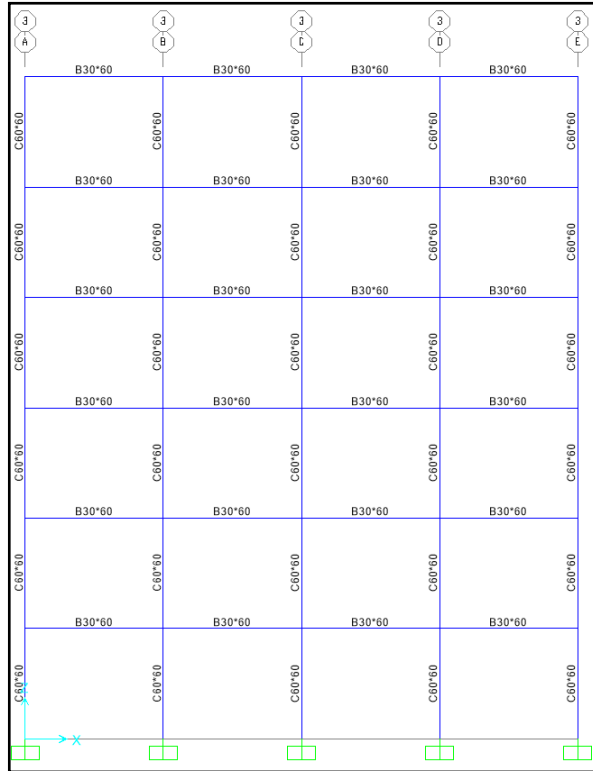
Şekil 7.17: 6 katlı bina - e aksı.



Şekil 7.18: 6 katlı bina - 1 aksı.



Şekil 7.19: 6 katlı bina - 2 aksı.



Şekil 7.20: 6 katlı bina - 3 aksı.

7.2. Malzeme Özellikleri

Kullanılan malzeme özellikleri her iki bina içinde aynıdır ve C30 sınıfı beton, S420 donatı çeliği kullanılmıştır. Türk Standartları' na göre bu malzemelerin mekanik özellikleri Tablo 6.1 ve Tablo 6.2'de verilmiştir [16].

Tablo 7.1: C30 betonun mekanik özellikleri.

Beton Sınıfı	Silindir Basınç Dayanımı f_{ck} (MPa)	Eşdeğer Küp Dayanımı (MPa)	Eksenel Çekme Dayanımı f_{ctk} (MPa)	Elastisite Modülü E_{c28} (MPa)
C30	30	37	1.9	32000

Tablo 7.2: S420 donatı çeliği mekanik özellikleri.

Çelik Sınıfı	Minimum Akma Dayanımı f_{yk} (MPa)	Minimum Kopma Dayanımı f_{su} (MPa)	$\Phi \leq 32$ Minimum Kopma Uzantısı ϵ_{su} (%) (MPa)	$32 < \Phi \leq 50$ Minimum Kopma Uzantısı ϵ_{su} (%) (MPa)
S420	420	500	12	10

7.3. Boyutlandırmada Esas Alınan Yükler

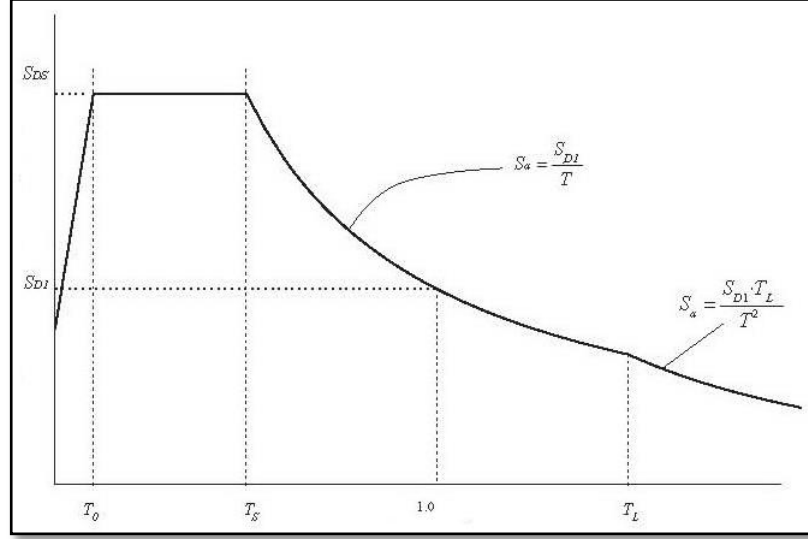
Tüm taşıyıcı sistem modellerinin boyutlandırılmasında Tablo 7.3'de verilen düşey yükler kullanılmıştır. Bu yüklere ilave olarak, elemanların kendi ağırlıklarından gelen zati yükler analiz sırasında göz önüne alınmıştır. Donatılı betonarme betonun birim hacim ağırlığı 25 kN/m^3 kabul edilmiştir.

Tablo 7.3: Sabit ve hareketli yükler.

Hareketli Yük	Ölü Yük
3.5 kN/m ²	5 kN/m ²

7.4. Deprem Karakteristikleri

Binaların deprem hesabında International Building Code 2009 kullanılmıştır. Binaya ait sismik değerler aşağıdadır [17].



Şekil 7.21 : Spektrum davranış eğrisi.

- $S_s = 2$
- $I = 1$
- $I = 1$
- $R=8$

Betonarme binaların boyutlandırma hesapları SAP programında yapılmıştır, analizler sonucunda bina periyotları ve toplam taban kesme kuvvetleri aşağıdaki tabloda verilmiştir [15].

Tablo 7.4: Binaların periyot ve taban kesme kuvvetleri.

	Periyot (sn)	$\sum V_{tx}$ (KN)	$\sum V_{ty}$ (KN)
3 Katlı Bina	0.46	1450	1450
6 Katlı Bina	0.80	2155	2000

7.5. Taşıyıcı Sistemlerin Boyutlandırılması

Taşıyıcı sistemler yukarıda verilen özelliklere göre SAP programına girilmiş ve LRFD kombinasyonları kullanılmıştır. Donatı hesapları, programdan alınan, kritik durumlara ait iç kuvvetler ve donatı alanları kullanılarak Türk Standartları ve Türk Deprem Yönetmeliği doğrultusunda boyutlandırılmıştır [7], [15], [16],[17].

Kombinasyonlar:

- 1.4D
- $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
- $1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (L \text{ or } 0.5W)$
- $1.2D + 1.0W + L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
- 0.9D+1.0W
- $1.2D + 1.0E + L + 0.2S$
- 0.9D + 1.0.

Kombinasyonlarda kullanılan ifadeler şunlardır.

- D = Dead Load
- L = Live Load
- LR = Roff Live Load
- W = Wind Load
- S = Snow Load
- E = Earth Quake
- R = Rain or Ice Load.

Tablo 7.5: Kesit ve donatı sonuçları.

	Boyuna Donatı	Enine Donatı
B30*55	4Φ22 + 4Φ22	Φ10/10
B30*60	5Φ22 + 4Φ16	Φ10/10
C50*50	16 Φ16	Φ10/20
C60*60	4 Φ20 + 16 Φ16	Φ10/20

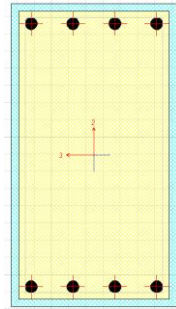
8. İTME ANALİZİ ESASLARI, SONUÇLARI VE PERFORMANS ANALİZİ

8.1. İtme Analizi Esasları

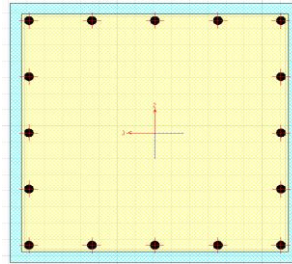
Bu çalışmada her iki bina türü için hedef yerdeğiştirme mesafelerini tespit etmek üzere SAP programının otomatik olarak performans noktası hesaplama özelliğinden yararlanılmıştır. Hedef yer değiştirmeler belirlendikten sonra sadece Türk Deprem Yönetmeliği' ne göre yapısal performans değerlendirmesi yapılmıştır [15].

İlk olarak Bölüm 6.5' de sonuçlandırılan taşıyıcı eleman ebatları SAP programında modellenmiştir. Statik itme analizinde programda varsayılan, betonarme elemanlar için mafsall tanımlaması kullanılmıştır. Kiriş elemanları için M3, kolon elemanları için P, M2, M3 için mafsallar tanımlanmıştır [15].

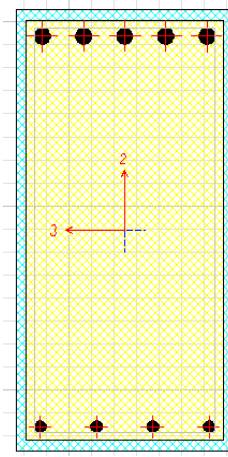
Performans analizinde kullanılmak üzere, atanan mafsallardan plastik dönme istemi, Φ_p değeri okunmuş, Φ_y akma elastik eğriliği tespiti için ise SAP programı-Section Designer bölümünde taşıyıcı elemanlar donatı detayları ile birlikte modellenmiştir [15].



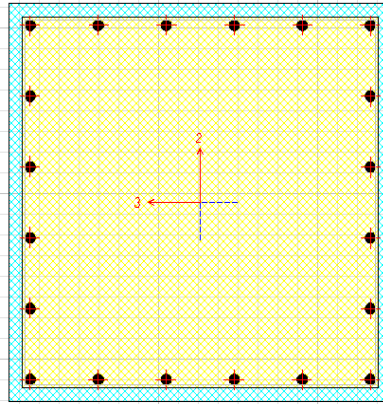
Şekil 8.1: 3 katlı bina - B30*55 elemanı - SAP - section designer.



Şekil 8.2: 3 katlı bina - C50*50 elemanı - SAP - section designer.



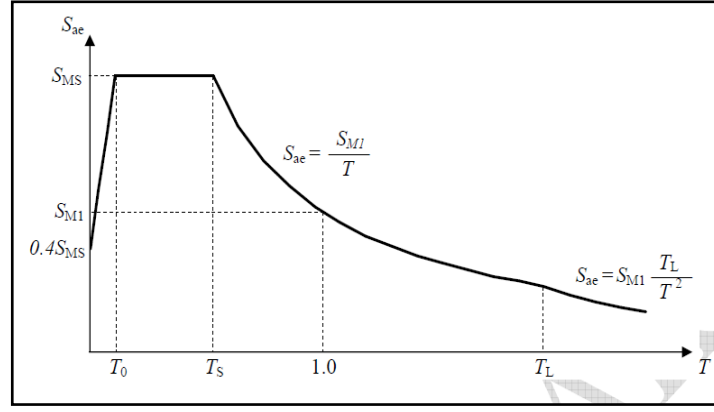
Şekil 8.3: 6 katlı bina - B30*60 elemanı - SAP - section designer.



Şekil 8.4: 6 katlı bina - C60*60 elemanı - SAP - section designer.

Binaların modellenmesi aşamasından sonra, 5 farklı yöntem için her iki binada da itme analizleri gerçekleştirilmiş, elde edilen kapasite eğrileri kendi içlerinde değerlendirildikten sonra hedef yerdeğiştirmeleri hesaplanmıştır.

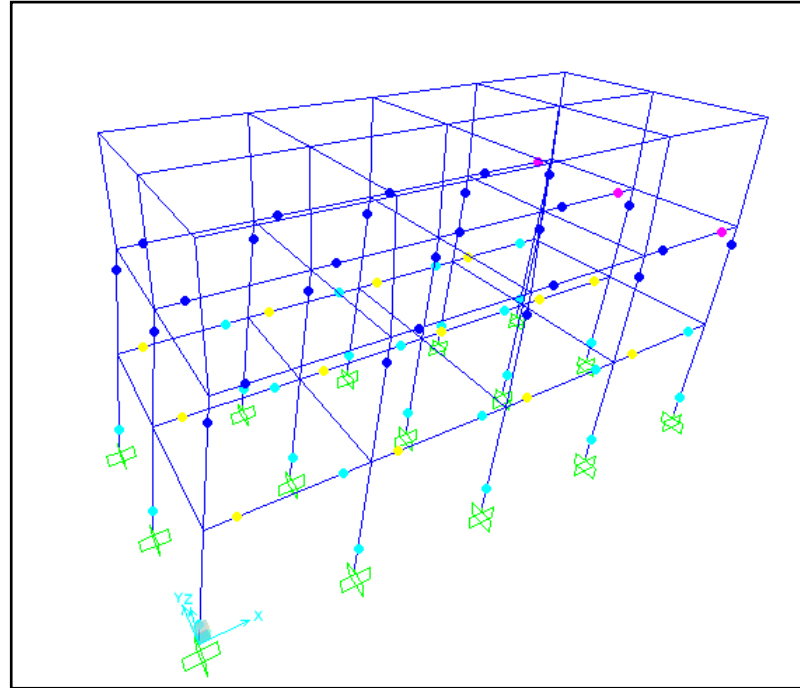
ATC-Kapasite Spektrumu, FEMA-Yer Değiştirme, FEMA-Eşdeğer Doğrusallaştırma, FEMA-Deplasman Katsayıları yöntemlerine ait hedef yerdeğiştirmelerin bulunması aşamasında, % 5 sönümlü İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği spektrum eğrisi kullanılmıştır [1], [2], [3], [4], [18].



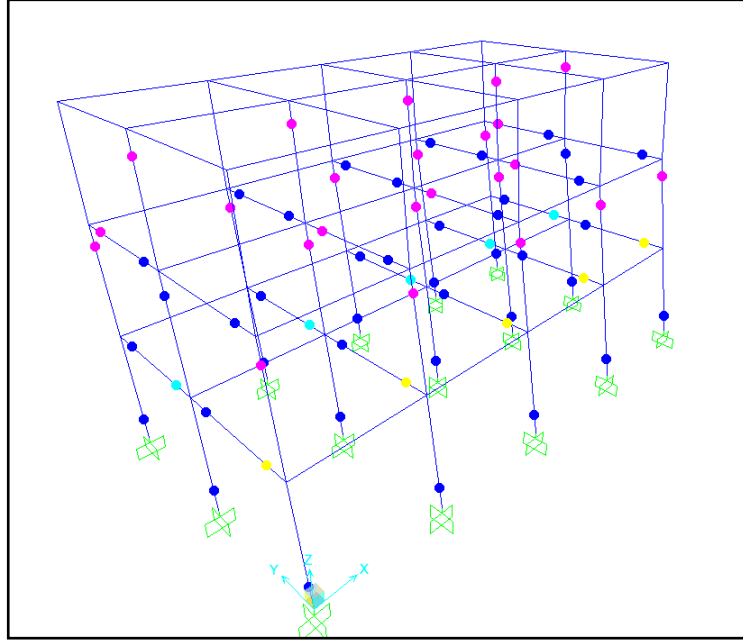
Şekil 8.5: IYBDY spektrum eğrisi.

8.2. İtme Analizi Sonuçları

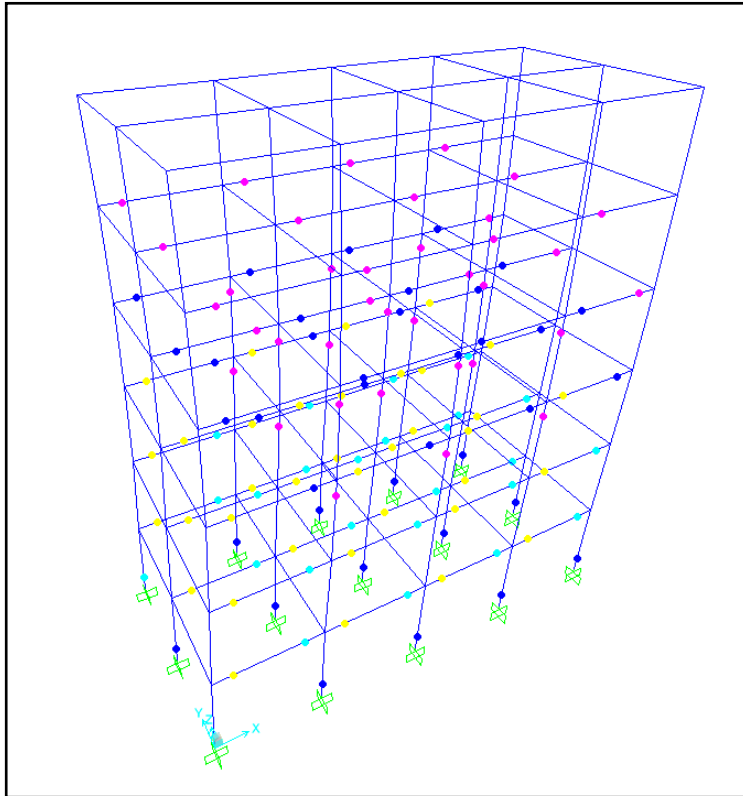
3 ve 6 katlı binalara ait plastik mafsallı durumları, kapasite eğrileri, dayanım fazlalığı katsayıları ve devamında takip eden işlemler sonucunda 5 farklı yöntem için hesaplanan hedef yer değiştirmeleri aşağıda gösterilmiştir [15].



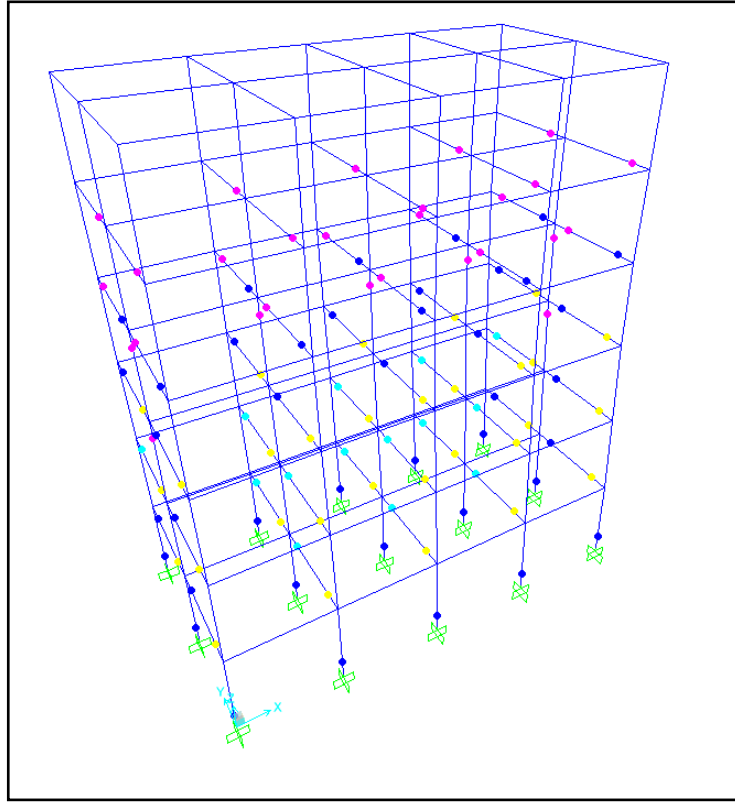
Şekil 8.6: 3 katlı bina x yönü plastik mafsallı oluşumları.



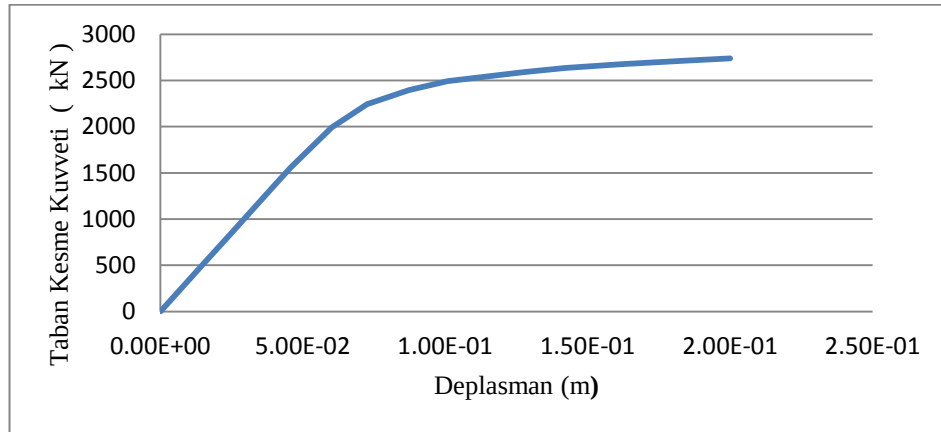
Şekil 8.7: 3 katlı bina y yönü plastik mafsall oluşumları.



Şekil 8.8: 6 katlı bina x yönü plastik mafsall oluşumları.



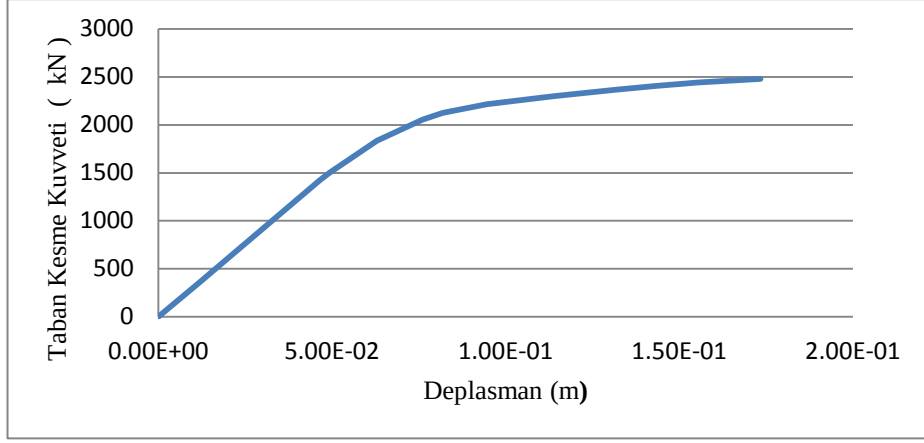
Şekil 8.9: 6 katlı bina y yönü plastik mafsall oluşumları.



Şekil 8.10: 3 katlı bina x yönü kapasite eğrisi.

Tablo 8.1: 3 katlı bina x yönü statik itme analizi sonuçları.

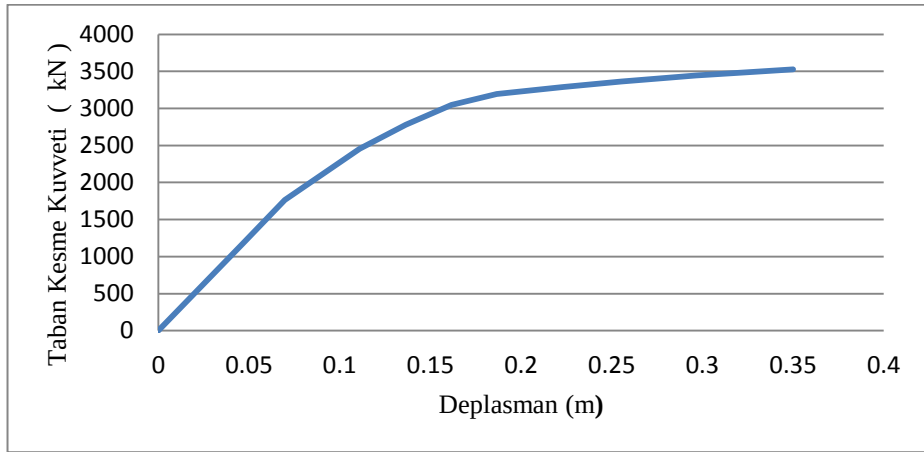
$D = f_y / f_d$ (Dayanım Fazlalığı Katsayısı)
$f_y = 2250$ KN
$f_d = 1450$ KN
$D = 1.55$



Şekil 8.11: 3 katlı bina y yönü kapasite eğrisi.

Tablo 8.2: 3 katlı bina y yönü statik itme analizi sonuçları.

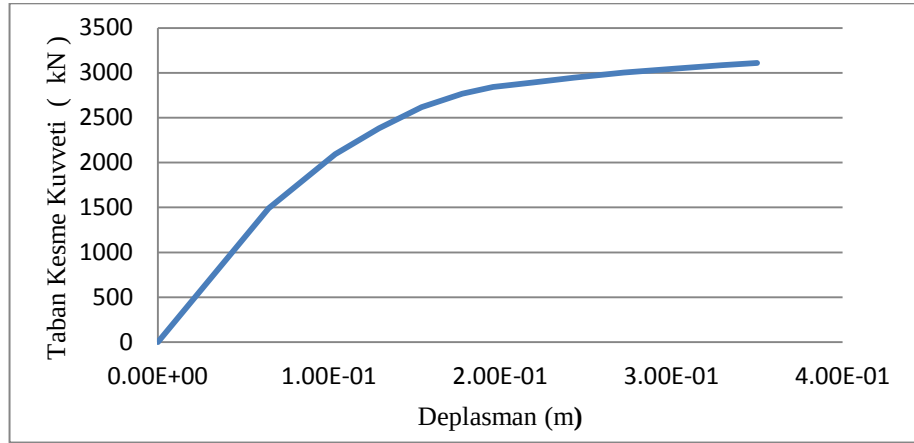
$D = f_y / f_d$ (Dayanım Fazlalığı Katsayısı)
$f_y = 2055$ KN
$f_d = 1450$ KN
$D = 1.32$



Şekil 8.12: 6 katlı bina x yönü kapasite eğrisi.

Tablo 8.3: 6 katlı bina x yönü statik itme analizi sonuçları.

$D = f_y / f_d$ (Dayanım Fazlalığı Katsayısı)
$f_y = 3050$ KN
$f_d = 2155$ KN
D= 1,415



Şekil 8.13: 6 katlı bina y yönü kapasite eğrisi.

Tablo 8.4: 6 katlı bina x yönü statik itme analizi sonuçları.

$D = f_y / f_d$ (Dayanım Fazlalığı Katsayısı)
$f_y = 2600$ KN
$f_d = 2000$ KN
D= 1,31

8.2.1.ATC40 Kapasite Spektrumu Yöntemi İle Hedef Yer Değiştirme Hesabı

ATC-Kapasite Spektrumu Yöntemine ait parametreler için, SAP programında var olan otomatik değerler kabul edilmiştir. Ancak spektrum olarak % 5 sönümlü İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği spektrum eğrisi kullanılmıştır [1], [15], [18].

Parameters For ATC-40 Capacity Spectrum

Pushover Parameters Name: **Name** [A40PD1] **Units** [KN, m, C]

Plot Axes: ☒ Sa - Sd ☐ Sa - T ☐ Sd - T **Axis Labels and Range** [Set Axis Data...]

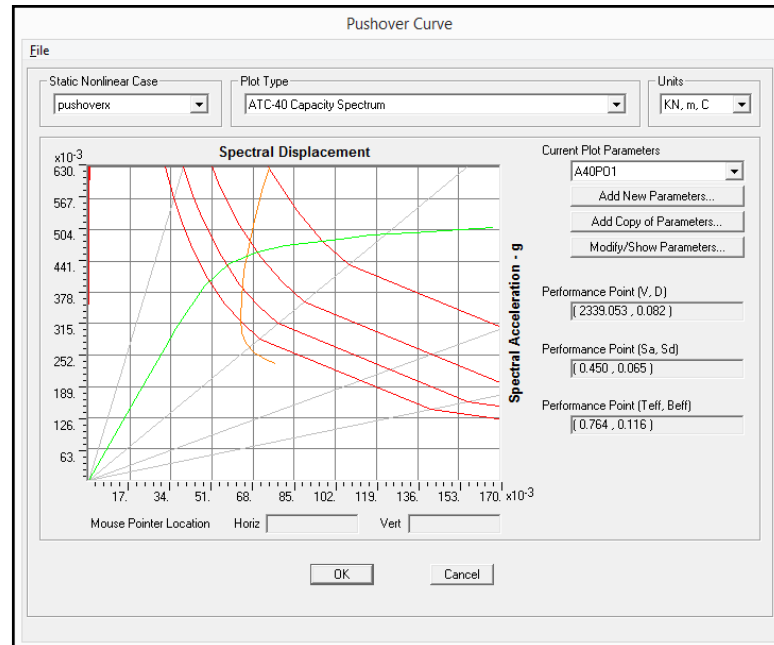
Demand Spectrum Definition: ☒ Function [iyy] **SF** [10] ☐ User Coeffs [Ca] [Cv]

Damping Parameters Definition: Inherent + Additional Damping [0.05] Structural Behavior Type ☐ A ☒ B ☐ C ☐ User [Modify/Show...]

Items Visible On Plot: ☒ Show Capacity Curve Color [Green] ☒ Show Family of Demand Spectra Color [Red] Damping Ratios [0.05] [0.1] [0.15] [0.2] ☒ Show Single Demand Spectrum (ADRS) (Variable Damping) Color [Yellow] ☒ Show Constant Period Lines at [0.5] [1.] [1.5] [2.] Color [Grey] [Reset Default Colors]

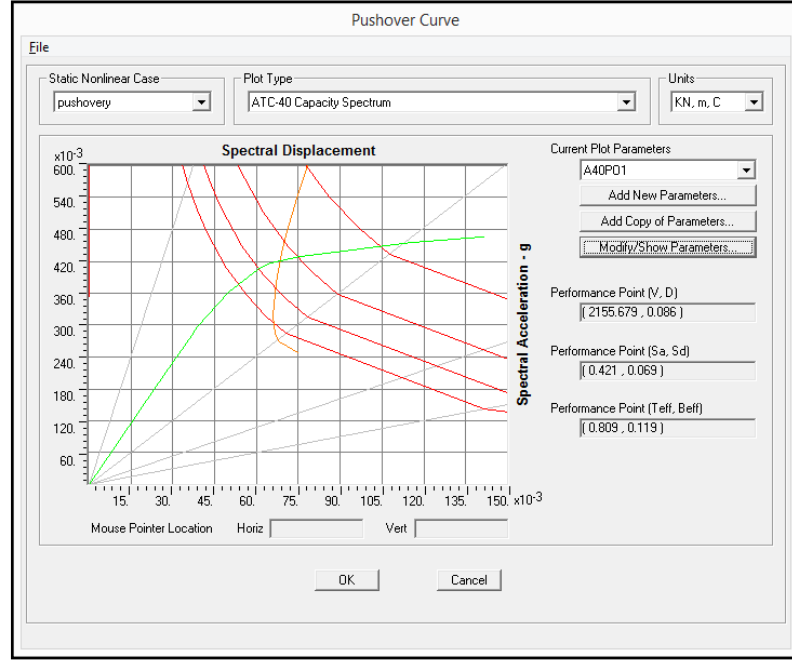
[Update Plot] [OK] [Cancel]

Şekil 8.14: ATC-kapasite spektrumu yöntemi için kabul edilen parametreler.



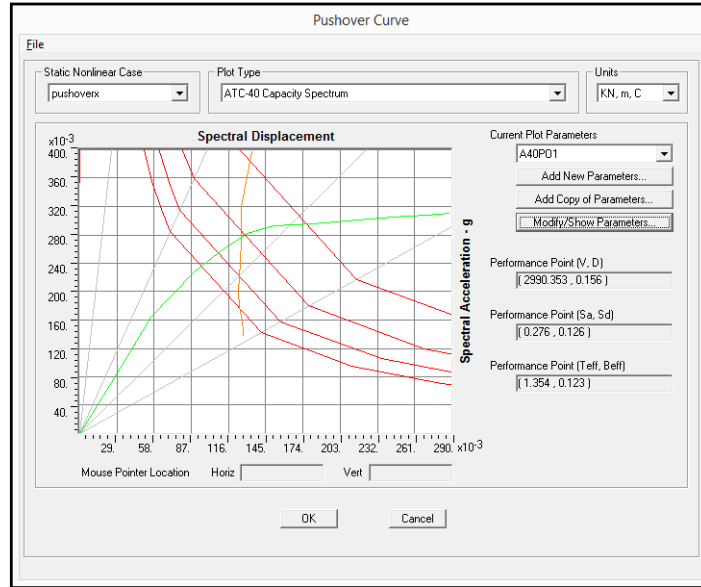
Şekil 8.15: ATC-kapasite spektrumu yöntemi için hedef deplasman - 3 katlı bina-x yönü.

• $\delta_{TEPE} = 8.2 \text{ cm}$



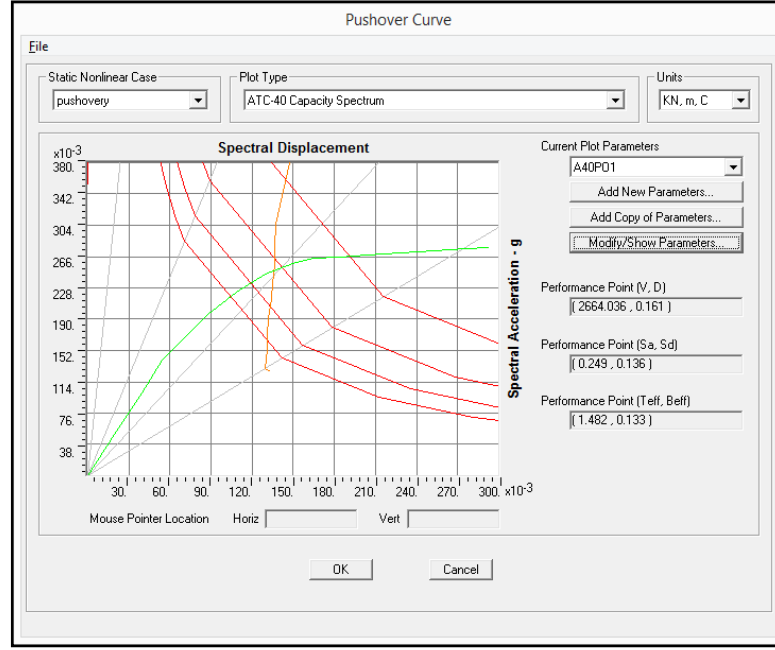
Şekil 8.16: ATC-kapasite spektrumu yöntemi için hedef deplasman - 3 katlı bina-y yönü.

- $\delta_{TEPE} = 8.6 \text{ cm}$



Şekil 8.17: ATC-kapasite spektrumu yöntemi için hedef deplasman - 6 katlı bina-x yönü.

- $\delta_{TEPE} = 15.6 \text{ cm}$



Şekil 8.18: ATC-kapasite spektrumu yöntemi için hedef deplasman - 6 katlı bina-x yönü.

- $\delta_{TEPE} = 16.1 \text{ cm}$

8.2.2. FEMA 356 Yer Değiştirme Katsayısı Yöntemi İle Hedef Yer Değiştirme Hesabı

FEMA-Yer Değiştirme Katsayısı Yöntemine ait parametreler için, SAP programında var olan otomatik değerler kabul edilmiştir. Ancak spektrum olarak % 5 sönümlü İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği spektrum eğrisi kullanılmıştır [3], [15], [18].

Parameters For FEMA 356 Coefficient Method

Pushover Parameters Name: **Name** F356P01 **Units** KN, m, C

Demand Spectrum Definition

Effective Viscous Damping (0 < Damp < 1) 0.05

☒ Defined Function **Function** iyy **Scale Factor** 10. **Characteristic Period of Resp Spec, Ts** 0.5

☐ FEMA 356 General Response Spectrum

Mapped Spectral Accel at Short Period, Ss

Mapped Spectral Accel at 1 Sec Period, S1

Site Class

Selected Coefficients

☒ User Value for C2 1.1

☒ User Value for C3 1.

☒ User Value for Cm 0.9

Items Visible On Plot

☒ Show Capacity Curve **Color** ■

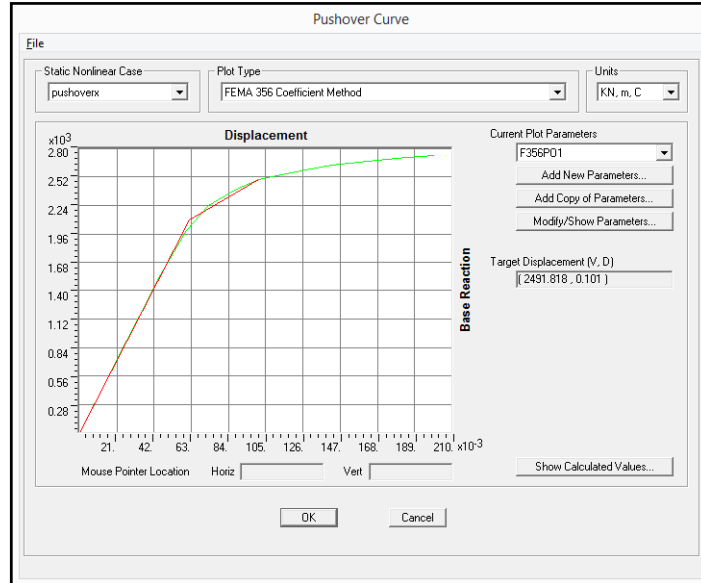
☒ Show Idealized Bilinear Force-Displ Curve **Color** ■

Reset Default Colors

Update Plot Set Axis Labels and Range...

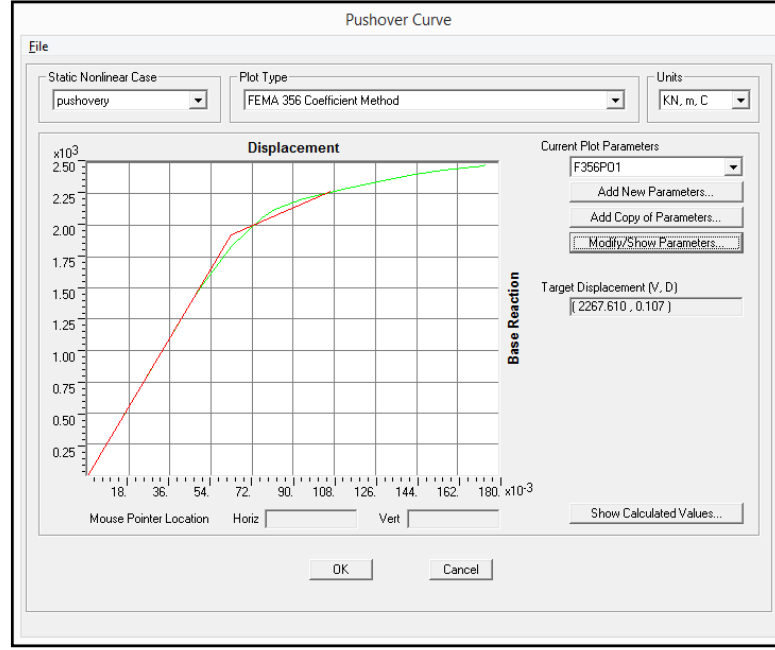
OK Cancel

Şekil 8.19: Fema-yerdeğiştirme katsayısı yöntemi için kabul edilen parametreler.



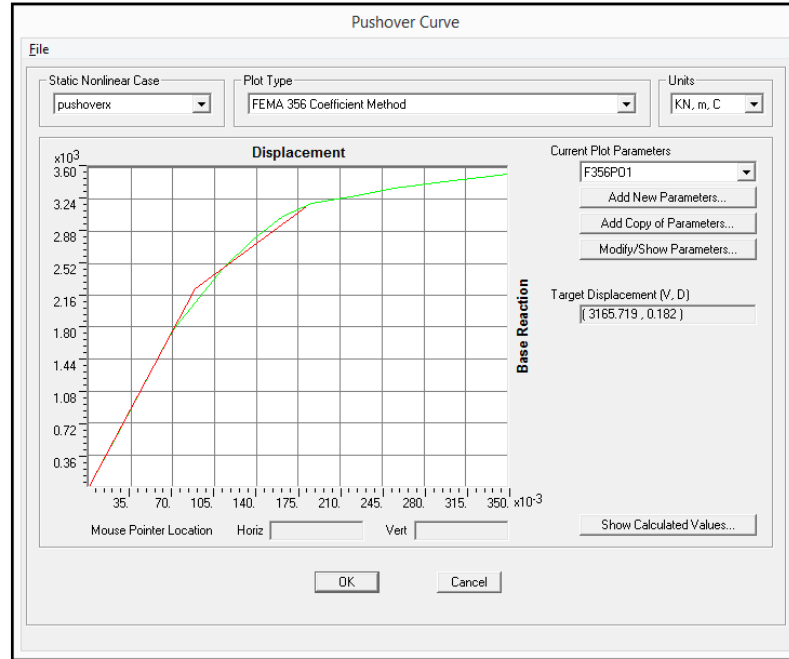
Şekil 8.20: Fema-yerdeğiştirme katsayısı yöntemi için hedef deplasman - 3 katlı bina - x yönü.

• $\delta_{TEPE} = 10.1 \text{ cm}$



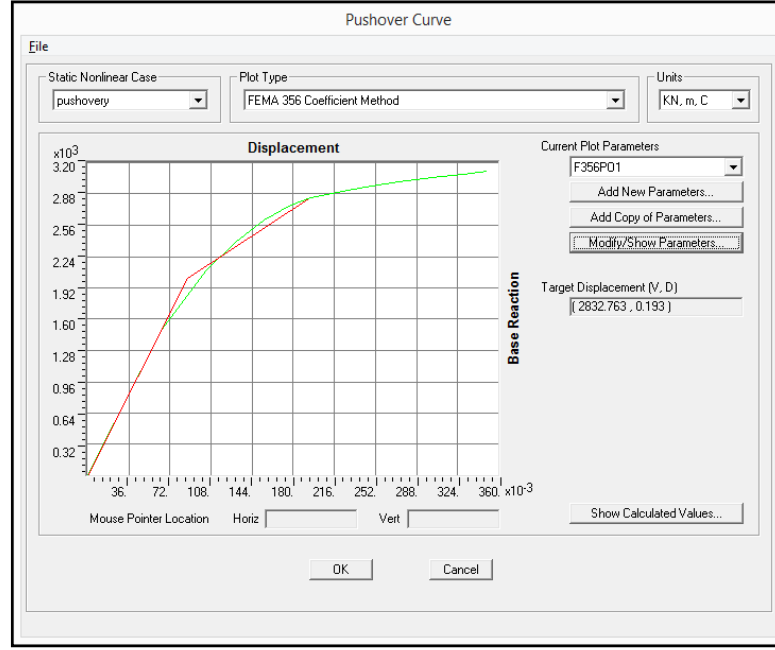
Şekil 8.21: Fema-yerdeğiştirme katsayısı yöntemi için hedef deplasman - 3 katlı bina - y yönü.

- $\delta_{TEPE} = 10.7 \text{ cm}$



Şekil 8.22: Fema-yerdeğiştirme katsayısı yöntemi için hedef deplasman - 6 katlı bina - x yönü.

- $\delta_{TEPE} = 18.2 \text{ cm}$



Şekil 8.23: Fema-yerdeğiştirme katsayısı yöntemi için hedef deplasman - 6 katlı bina - y yönü.

- $\delta_{TEPE} = 19.3 \text{ cm}$

8.2.3. FEMA 440 Eşdeğer Doğrusallaştırma Yöntemi İle Hedef Yer Değiştirme Hesabı

FEMA-Eşdeğer Doğrusallaştırma Yöntemine ait parametreler için, SAP programında var olan otomatik değerler kabul edilmiştir. Ancak spektrum olarak % 5 sönümlü İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği spektrum eğrisi kullanılmıştır [4], [15], [18].

Parameters For FEMA 440 Equivalent Linearization

Pushover Parameters Name

Name

Units

Plot Axes

☒ Sa - Sd
 ☐ Sa - T
 ☐ Sd - T

Axis Labels and Range

Demand Spectrum Definition

☒ Function

☐ User Coeffs
 Ca
 Cv

☐ Include Soil-Structure Interaction Effects

Damping and Period Parameters

Inherent + Additional Damping

☐ User Defined Effective Damping, Beff

☐ User Defined Effective Period, Teff

Items Visible On Plot

☒ Show Capacity Curve
 Color

☒ Show Family of Demand Spectra (MADRS)
 Color

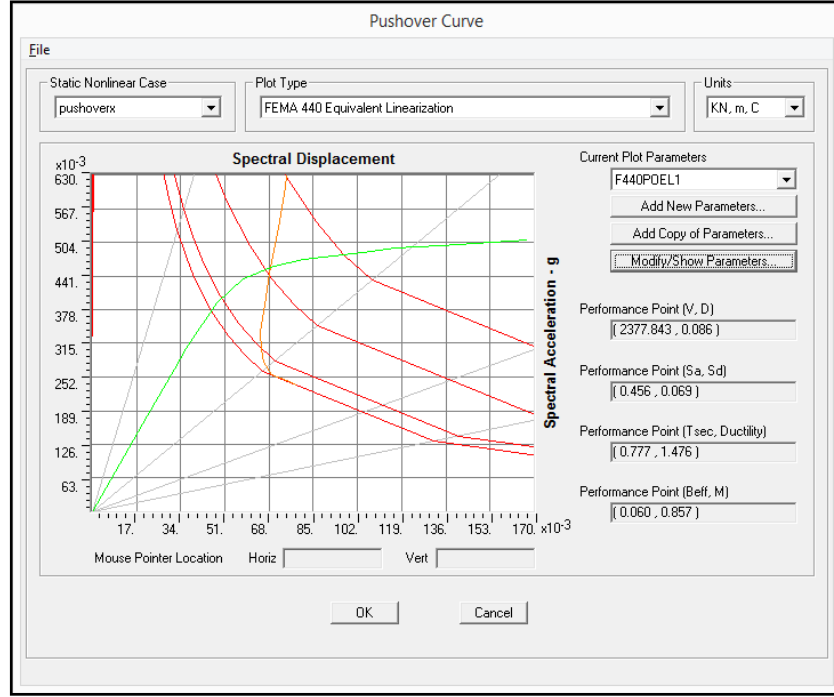
Ductility Ratios

☒ Show Single Demand Spectrum (MADRS)
 Color

(Variable Damping)

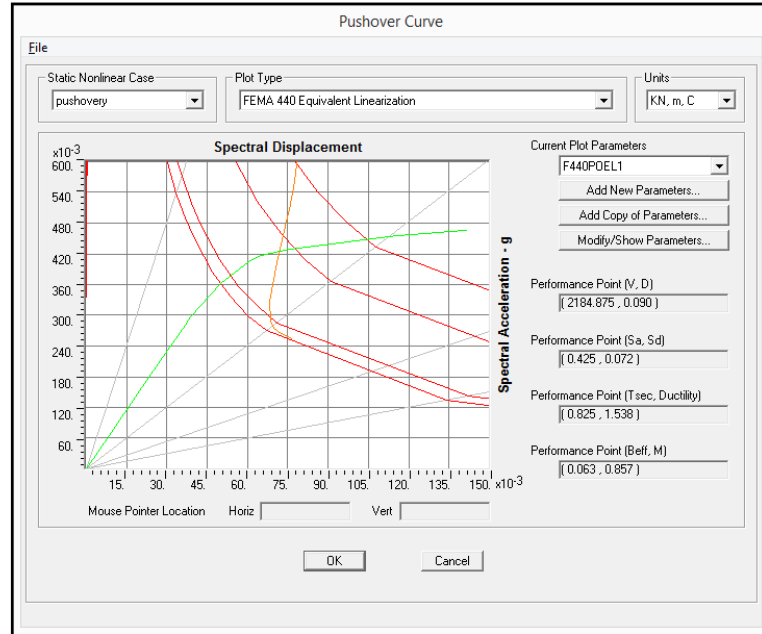
☒ Show Constant Period Lines at
 Color

Şekil 8.24: Fema-eşdeğer doğrusallaştırma yöntemi için kabul edilen parametreler.



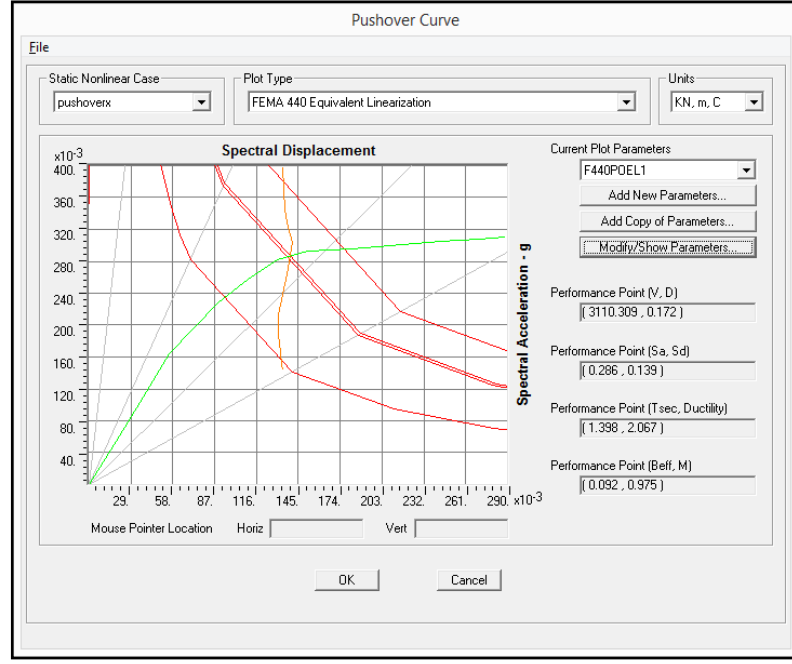
Şekil 8.25: Fema-eşdeğer doğrusallaştırma yöntemi için hedef deplasman - 3 katlı bina - x yönü.

- $\delta_{TEPE} = 8.7\text{cm}$



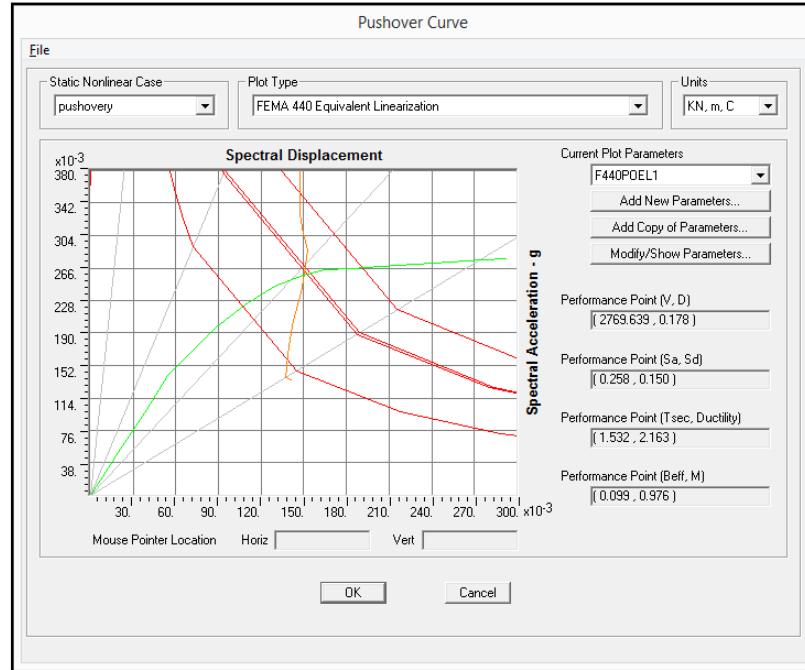
Şekil 8.26: Fema-eşdeğer doğrusallaştırma yöntemi için hedef deplasman - 3 katlı bina - y yönü.

- $\delta_{TEPE} = 9\text{ cm}$



Şekil 8.27: Fema-eşdeğer doğrusallaştırma yöntemi için hedef deplasman - 6 katlı bina - x yönü.

• $\delta_{TEPE} = 17.2 \text{ cm}$



Şekil 8.28: Fema-eşdeğer doğrusallaştırma yöntemi için hedef deplasman - 6 katlı bina - y yönü.

• $\delta_{TEPE} = 17.8 \text{ cm}$

8.2.4. FEMA 440 Deplasman Katsayıları Yöntemi İle Hedef Yer Değiştirme Hesabı

FEMA-Deplasman Katsayıları Yöntemine ait parametreler için, SAP programında var olan otomatik değerler kabul edilmiştir. Ancak spektrum olarak % 5 sönümlü İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği spektrum eğrisi kullanılmıştır [3], [15], [18].

Parameters For FEMA 440 Displacement Modification

Pushover Parameters Name

Name: F440PDDM1 Units: KN, m, C

Demand Spectrum Definition

Effective Viscous Damping (0 < Damp < 1): 0.05

Defined Function: iyy

Scale Factor: 10.

Characteristic Period of Resp Spec, Ts: 1.

FEMA 356 General Response Spectrum

Mapped Spectral Accel at Short Period, Ss:

Mapped Spectral Accel at 1 Sec Period, S1:

Site Class:

Include Soil-Structure Interaction Effects: ☐ Modify/Show SSI...

Selected Coefficients

User Value for C2: ☐

User Value for Cm: ☐

Items Visible On Plot

Show Capacity Curve: ☒ Color: Green

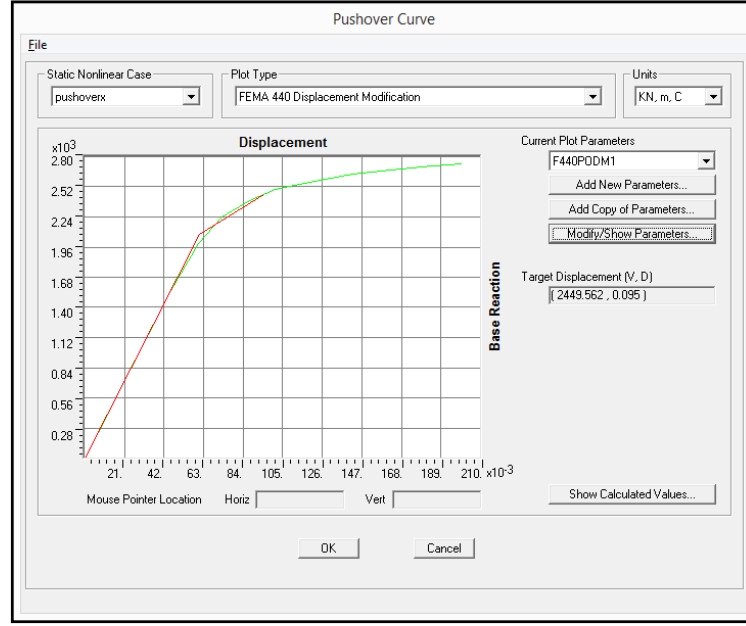
Show Idealized Bilinear Force-Displ Curve: ☒ Color: Red

Reset Default Colors

Update Plot Set Axis Labels and Range...

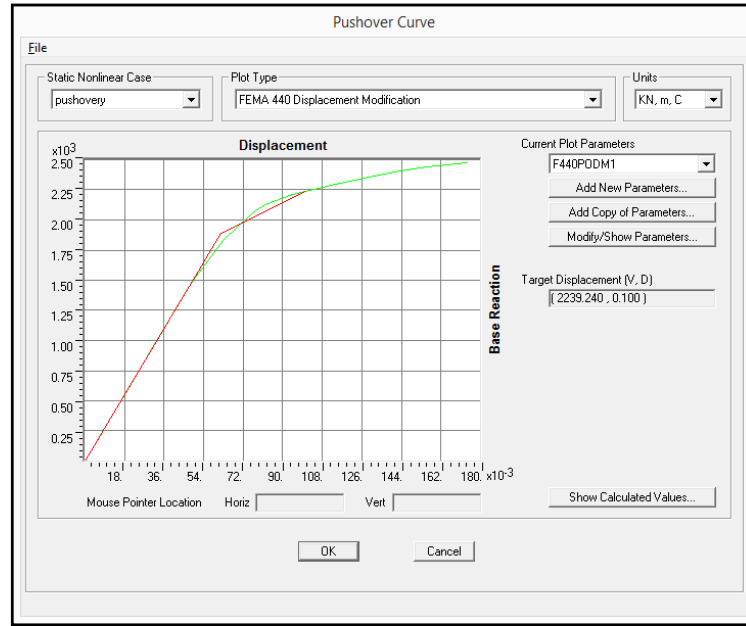
OK Cancel

Şekil 8.29: Fema-deplasman katsayıları yöntemi için kabul edilen parametreler.



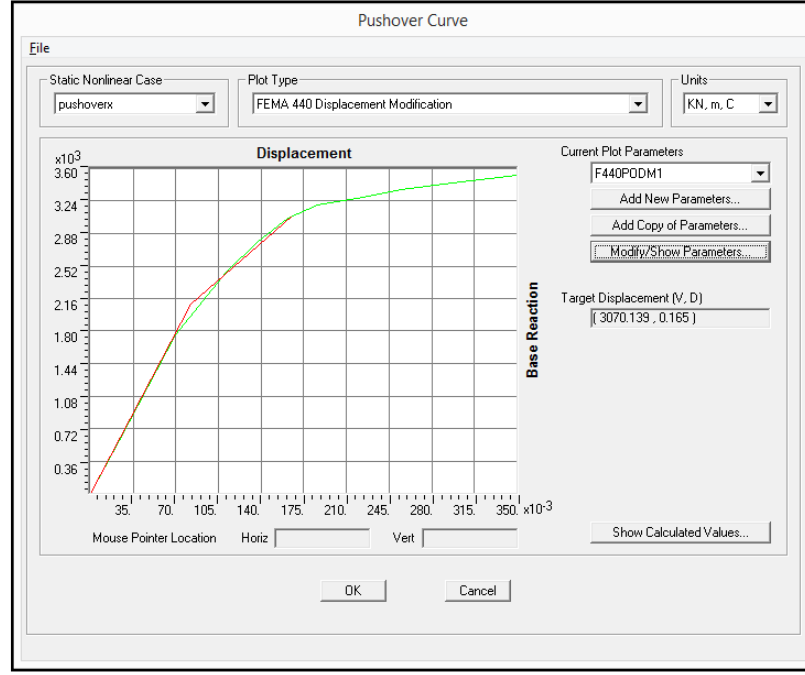
Şekil 8.30: Fema-deplasman katsayıları yöntemi için hedef deplasman - 3 katlı bina - x yönü.

• $\delta_{TEPE} = 9.5 \text{ cm}$



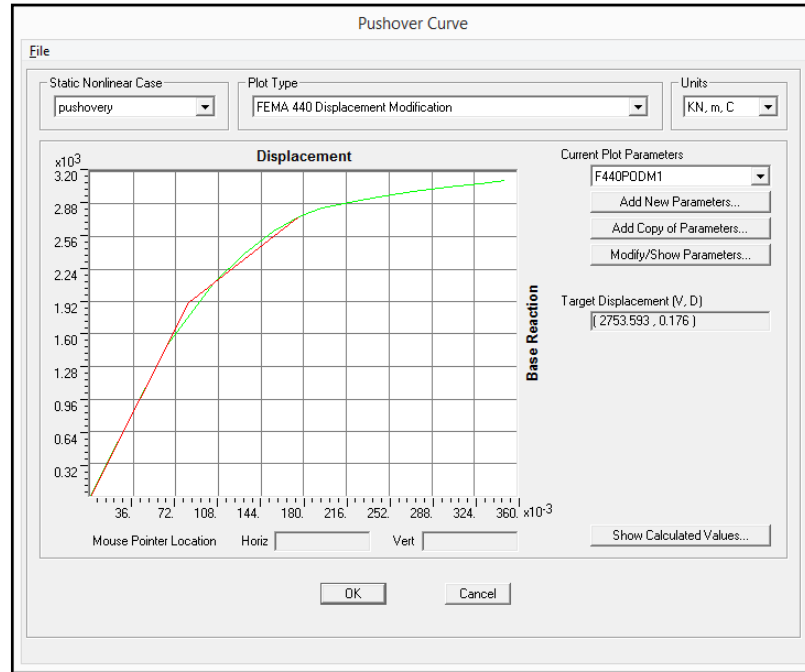
Şekil 8.31: Fema-deplasman katsayıları yöntemi için hedef deplasman - 3 katlı bina - y yönü.

• $\delta_{TEPE} = 10 \text{ cm}$



Şekil 8.32: Fema-deplasman katsayıları yöntemi için hedef deplasman - 6 katlı bina - x yönü.

• $\delta_{TEPE} = 16.5 \text{ cm}$

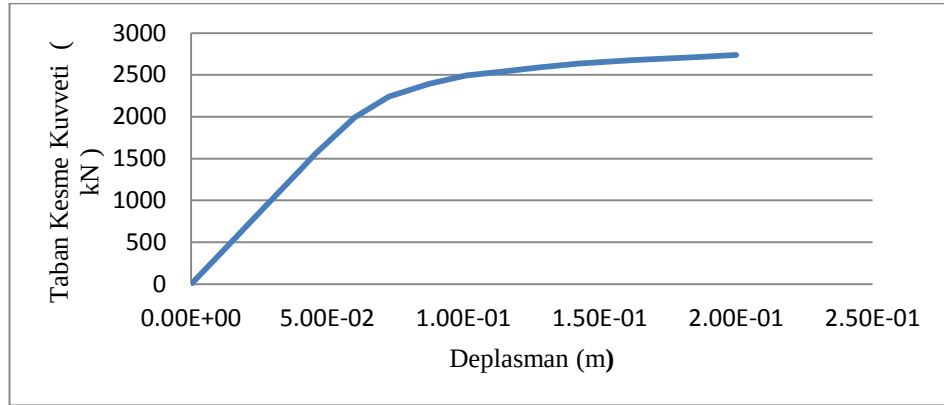


Şekil 8.33: Fema-deplasman katsayıları yöntemi için hedef deplasman - 6 katlı bina - y yönü.

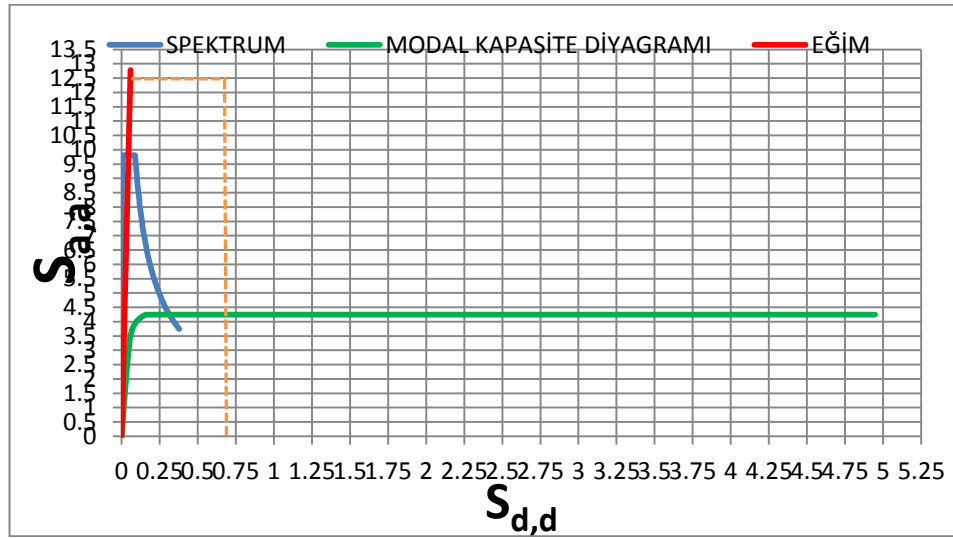
• $\delta_{TEPE} = 17.6 \text{ cm}$

8.2.5. Türk Deprem Yönetmeliği' ne Göre Hedef Deplasmanın Belirlenmesi ve Performans Analizi

TDY' ye göre hedef deplasmanın bulunması işleminde elde edilen değerler ve grafikler aşağıdadır [7] .



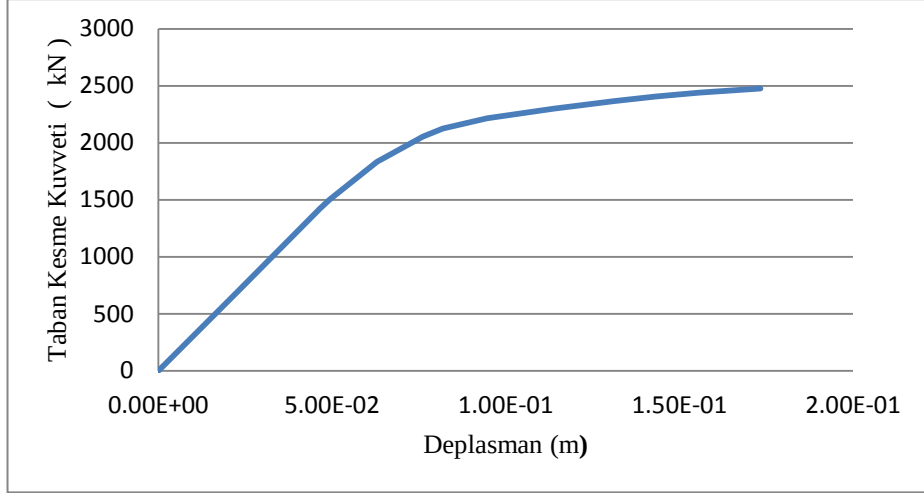
Şekil 8.34: 3 katlı bina x yönü kapasite eğrisi.



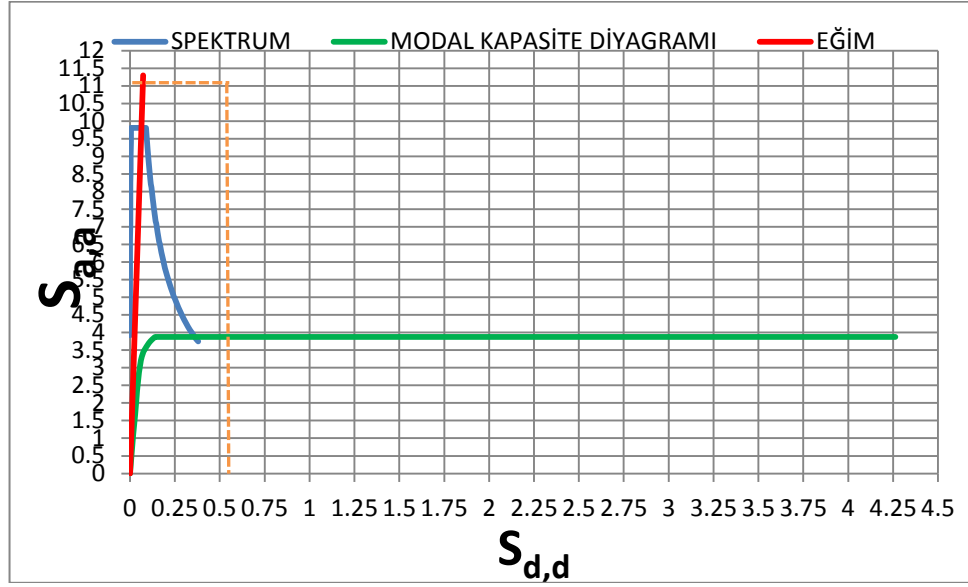
Şekil 8.35: ADRS spektrum - 3 katlı bina x yönü

Tablo 8.5: 3 katlı bina x yönü statik itme analizi sonuçları.

$\Gamma_{x1} = 22.79$
$\theta_{nx1} = 0.55 \text{ m}$
$S_{di} = 0.06015$
$\delta_{TEPE} = 7.53 \text{ cm}$



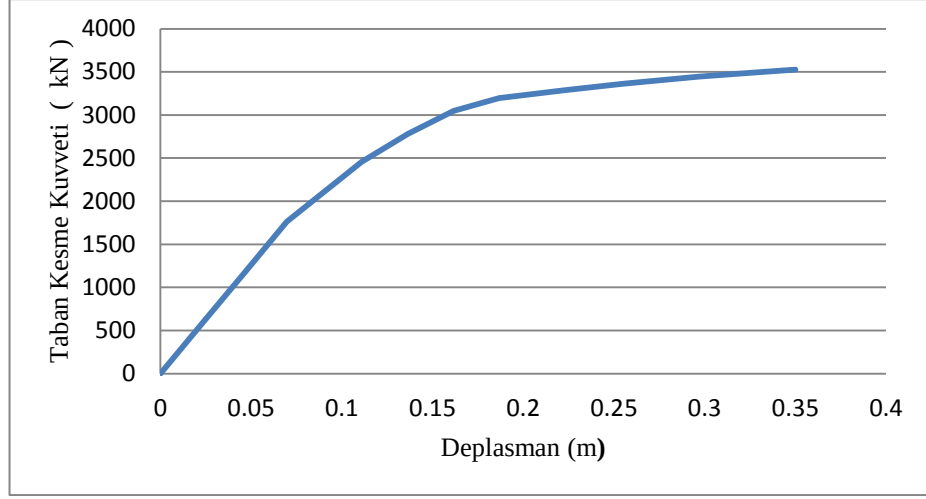
Şekil 8.36: 3 katlı bina y yönü kapasite eğrisi.



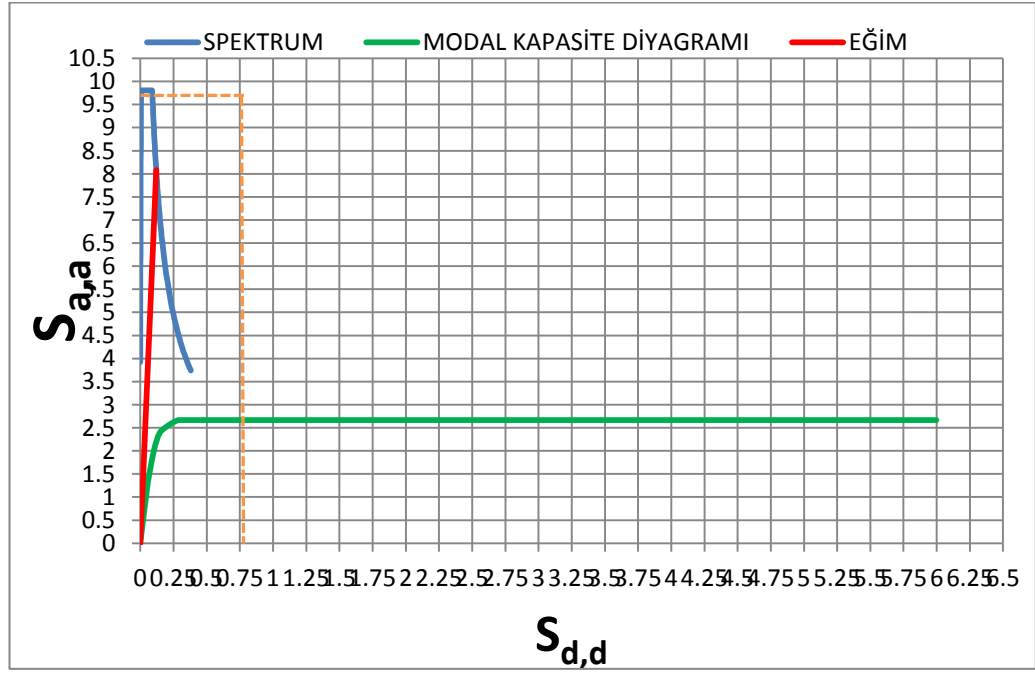
Şekil 8.37: ADRS spektrum - 3 katlı bina y yönü

Tablo 8.6: 3 katlı bina y yönü statik itme analizi sonuçları.

$\Gamma_{x1} = 22.71$
$\theta_{nx1} = 0.55 \text{ m}$
$S_{di} = 0.07241$
$\delta_{TEPE} = 9 \text{ cm}$



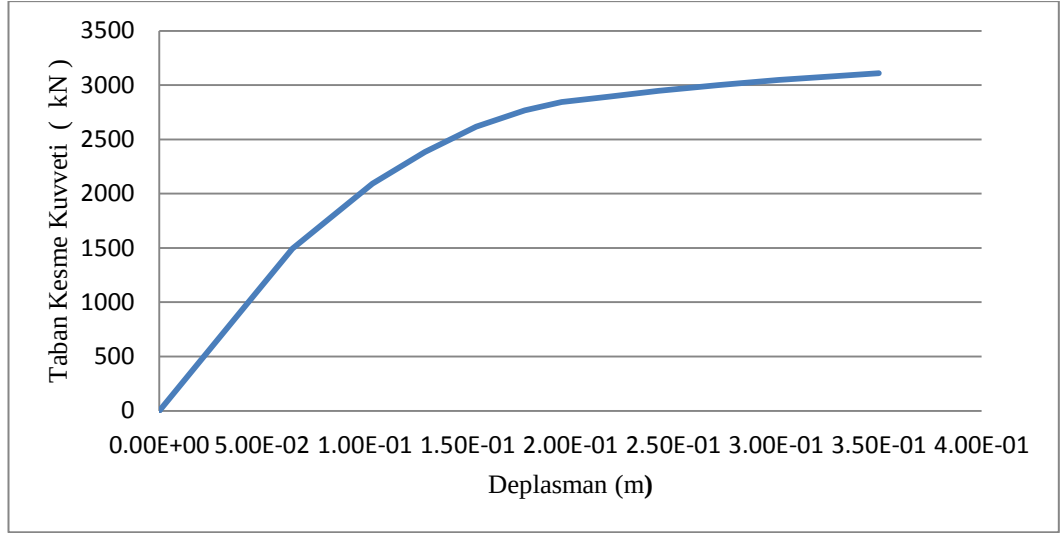
Şekil 8.38: 6 katlı bina x yönü kapasite eğrisi.



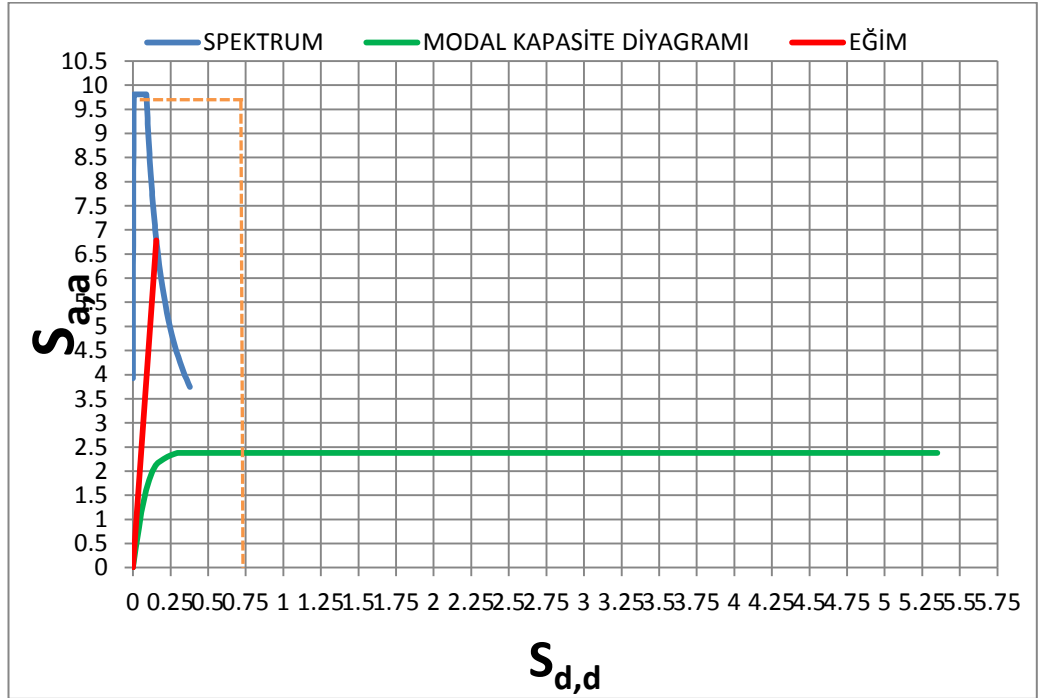
Şekil 8.39: ADRS spektrum - 6 katlı bina x yönü.

Tablo 8.7: 6 katlı bina x yönü statik itme analizi sonuçları.

$\Gamma_{x1} = 33.12$
$\theta_{nx1} = 0.037 \text{ m}$
$S_{di} = 0.1196$
$\delta_{TEPE} = 14.66 \text{ cm}$



Şekil 8.40: 6 katlı bina y yönü kapasite eğrisi.



Şekil 8.41: ADRS spektrum - 6 katlı bina y yönü.

Tablo 8.8: 3 katlı bina x yönü statik itme analizi sonuçları.

$\Gamma_{x1} = 32.97$
$\theta_{nx1} = 0.036 \text{ m}$
$S_{di} = 0.1555$
$\delta_{TEPE} = 18.45 \text{ cm}$

Tablo 8.9: 3 katlı bina hedef yer değiştirmeler.

	X YÖNÜ (cm)	Y YÖNÜ (cm)
TDY' YE GÖRE YER DEĞİŞTİRMENİN BELİRLENMESİ	7.53	9
ATC40 KAPASİTE SPEKTRUM	8.2	8.6
FEMA356 YERDEĞİŞTİRME KATSAYISI	10.1	10.7
FEMA440 EŞDEĞER DOĞRUSALLAŞTIRMA	8.7	9
FEMA440 DEPLASMAN KATSAYILARI	9.5	10

Tablo 8.10 : 6 katlı bina hedef yer değiştirmeler.

	X YÖNÜ (cm)	Y YÖNÜ (cm)
TDY'YE GÖRE YER DEĞİŞTİRMENİN BELİRLENMESİ	14.66	18.45
ATC40 KAPASİTE SPEKTRUM	15.6	16.1
FEMA356 YERDEĞİŞTİRME KATSAYISI	18.2	19.3
FEMA440 EŞDEĞER DOĞRUSALLAŞTIRMA	17.2	17.8
FEMA440 DEPLASMAN KATSAYILARI	16.5	17.6

Yukarıda elde edilen itme mesafelerine göre binalar itilmiő ve elde edilen performans durumları aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 8.11: 3 katlı bina - x yönü binanın performans durumu.

Eleman No	Kesit	ϕt	εc	Performans Sev.	εs	Performans Sev.
11	B30*55	0.032603	0.0023	MN	0.0144	MN-GV
12	B30*55	0.032395	0.0023	MN	0.0144	MN-GV
13	B30*55	0.032461	0.0023	MN	0.0144	MN-GV
14	B30*55	0.038843	0.00257	MN	0.017	MN-GV
15	B30*55	0.037043	0.00253	MN	0.0167	MN-GV
16	B30*55	0.036923	0.0025	MN	0.016	MN-GV
17	B30*55	0.037025	0.0025	MN	0.016	MN-GV
18	B30*55	0.043235	0.0028	MN	0.0197	MN-GV
19	B30*55	0.032603	0.0023	MN	0.0144	MN-GV
20	B30*55	0.032395	0.0023	MN	0.0144	MN-GV
21	B30*55	0.032461	0.0023	MN	0.0144	MN-GV
22	B30*55	0.038843	0.00257	MN	0.017	MN-GV
33	B30*55	0.05777	0.0034	MN	0.0262	MN-GV
34	B30*55	0.058017	0.0034	MN	0.0262	MN-GV
35	B30*55	0.057817	0.0034	MN	0.0262	MN-GV
36	B30*55	0.059086	0.00347	MN	0.027	MN-GV
37	B30*55	0.063541	0.0036	MN-GV	0.0289	MN-GV
38	B30*55	0.06377	0.0036	MN-GV	0.0289	MN-GV
39	B30*55	0.063785	0.0036	MN-GV	0.0289	MN-GV
40	B30*55	0.064955	0.0036	MN-GV	0.0289	MN-GV
41	B30*55	0.05777	0.0034	MN	0.0262	MN-GV
42	B30*55	0.058017	0.0034	MN	0.0262	MN-GV
43	B30*55	0.057817	0.0034	MN	0.0262	MN-GV
44	B30*55	0.059086	0.00347	MN	0.027	MN-GV
55	B30*55	0.056577	0.0033	MN	0.0254	MN-GV
56	B30*55	0.056472	0.0033	MN	0.0254	MN-GV
57	B30*55	0.05649	0.0033	MN	0.0254	MN-GV
58	B30*55	0.059774	0.00347	MN	0.027	MN-GV
59	B30*55	0.062941	0.0036	MN-GV	0.0285	MN-GV
60	B30*55	0.062875	0.0036	MN-GV	0.0285	MN-GV
61	B30*55	0.062883	0.0036	MN-GV	0.0285	MN-GV
62	B30*55	0.066188	0.0037	MN-GV	0.0304	MN-GV
63	B30*55	0.056577	0.0033	MN	0.0254	MN-GV

Tablo 8.12: 3 katlı bina - y yönü binanın performans durumu.

Eleman No	Kesit	ϕt	εc	Performans Sev.	εs	Performans Sev.
1	B30*55	0.045759	0.002	MN	0.0205	MN-GV
2	B30*55	0.052075	0.0032	MN	0.0239	MN-GV
3	B30*55	0.053694	0.0032	MN	0.0239	MN-GV
4	B30*55	0.060035	0.0035	MN	0.0274	MN-GV
5	B30*55	0.056428	0.0033	MN	0.0254	MN-GV
6	B30*55	0.062835	0.0036	MN-GV	0.0285	MN-GV
7	B30*55	0.053694	0.0032	MN	0.0239	MN-GV
8	B30*55	0.060035	0.0035	MN	0.0274	MN-GV
9	B30*55	0.045759	0.002	MN	0.0205	MN-GV
10	B30*55	0.052075	0.0032	MN	0.0239	MN-GV
23	B30*55	0.06613	0.0037	MN-GV	0.0304	MN-GV
24	B30*55	0.067486	0.0038	MN-GV	0.0308	MN-GV
25	B30*55	0.076246	0.0041	MN-GV	0.035	MN-GV
26	B30*55	0.077723	0.00421	MN-GV	0.0354	MN-GV
27	B30*55	0.079814	0.0043	MN-GV	0.036	MN-GV
28	B30*55	0.081359	0.0043	MN-GV	0.0373	MN-GV
29	B30*55	0.076246	0.0041	MN-GV	0.035	MN-GV
30	B30*55	0.077723	0.00421	MN-GV	0.0354	MN-GV
31	B30*55	0.06613	0.0037	MN-GV	0.0304	MN-GV
32	B30*55	0.067486	0.0037	MN-GV	0.0304	MN-GV
45	B30*55	0.057465	0.00341	MN	0.0262	MN-GV
46	B30*55	0.060668	0.0035	MN	0.0274	MN-GV
47	B30*56	0.06793	0.0038	MN-GV	0.0308	MN-GV
48	B30*57	0.071257	0.0039	MN-GV	0.0327	MN-GV
49	B30*58	0.071668	0.0039	MN-GV	0.0327	MN-GV
50	B30*59	0.075206	0.0041	MN-GV	0.0347	MN-GV
51	B30*60	0.06793	0.0038	MN-GV	0.0308	MN-GV
52	B30*61	0.071257	0.0039	MN-GV	0.0327	MN-GV
53	B30*62	0.057465	0.0037	MN-GV	0.0258	MN-GV

Tablolardan görüldüğü üzere 3 katlı binada sadece kiriş elemanlarında plastik mafsallar oluşmuştur. Bu elemanlardaki şekil değiştirmeler TDY’de izin verilen sınırları aşmamakta ve konutlar için istenen Can Güvenliği koşulunu sağlamaktadır.

Tablo 8.13: 6 katlı bina - x yönü binanın performans durumu.

Eleman No	Kesit	ϕ_t	ϵ_c	Performans Sev.	ϵ_s	Performans Sev.
11	B30*60	0.05879	0.0036	MN-GV	0.03	MN-GV
12	B30*60	0.059287	0.0036	MN-GV	0.03	MN-GV
13	B30*60	0.059293	0.0036	MN-GV	0.03	MN-GV
14	B30*60	0.06054	0.0037	MN-GV	0.03	MN-GV
15	B30*60	0.061743	0.0037	MN-GV	0.031	MN-GV
16	B30*60	0.06224	0.0038	MN-GV	0.031	MN-GV
17	B30*60	0.06224	0.0038	MN-GV	0.031	MN-GV
18	B30*60	0.063543	0.0038	MN-GV	0.032	MN-GV
19	B30*60	0.05879	0.0036	MN-GV	0.03	MN-GV
20	B30*60	0.059287	0.0036	MN-GV	0.03	MN-GV
21	B30*60	0.059293	0.0036	MN-GV	0.03	MN-GV
22	B30*60	0.060543	0.0037	MN-GV	0.03	MN-GV
33	B30*60	0.061613	0.0037	MN-GV	0.031	MN-GV
34	B30*60	0.06202	0.0038	MN-GV	0.031	MN-GV
35	B30*60	0.062003	0.0038	MN-GV	0.031	MN-GV
36	B30*60	0.06332	0.0038	MN-GV	0.032	MN-GV
37	B30*60	0.064497	0.0039	MN-GV	0.033	MN-GV
38	B30*60	0.065057	0.0039	MN-GV	0.033	MN-GV
39	B30*60	0.065067	0.0039	MN-GV	0.033	MN-GV
40	B30*60	0.066053	0.0039	MN-GV	0.033	MN-GV
41	B30*60	0.061617	0.0037	MN-GV	0.031	MN-GV
42	B30*60	0.062023	0.0038	MN-GV	0.031	MN-GV
43	B30*60	0.062007	0.0038	MN-GV	0.031	MN-GV
44	B30*60	0.063323	0.0038	MN-GV	0.032	MN-GV
55	B30*60	0.04442	0.003	MN	0.021	MN-GV

Tablo 8.13: Devam.

56	B30*60	0.044707	0.003	MN	0.021	MN-GV
57	B30*60	0.044723	0.003	MN	0.021	MN-GV
58	B30*60	0.046293	0.0031	MN	0.022	MN-GV
59	B30*60	0.046637	0.0031	MN	0.022	MN-GV
60	B30*60	0.046843	0.0031	MN	0.022	MN-GV
61	B30*60	0.046857	0.0031	MN	0.022	MN-GV
62	B30*60	0.048507	0.0031	MN	0.022	MN-GV
63	B30*60	0.04442	0.003	MN	0.021	MN-GV
64	B30*60	0.04471	0.003	MN	0.021	MN-GV
65	B30*60	0.044727	0.003	MN	0.021	MN-GV
66	B30*60	0.046297	0.0031	MN	0.022	MN-GV
67	C60*60	0.010447	0.0014	MN	0.0047	MN
88	C60*60	0.00866	0.00142	MN	0.0046	MN
91	C60*60	0.007607	0.0018	MN	0.0041	MN
94	C60*60	0.007603	0.0019	MN	0.0042	MN
97	C60*60	0.007597	0.0019	MN	0.0042	MN
103	C60*60	0.01046	0.00124	MN	0.0046	MN
122	B30*60	0.04249	0.0029	MN	0.02	MN-GV
123	B30*60	0.042947	0.0029	MN	0.02	MN-GV
124	B30*60	0.043047	0.0029	MN	0.02	MN-GV
125	B30*60	0.044283	0.003	MN	0.021	MN-GV
126	B30*60	0.04482	0.003	MN	0.021	MN-GV
127	B30*60	0.045483	0.003	MN	0.022	MN-GV
128	B30*60	0.04551	0.003	MN	0.022	MN-GV
129	B30*60	0.04684	0.0031	MN	0.022	MN-GV
130	B30*60	0.04249	0.0029	MN	0.02	MN-GV
131	B30*60	0.042947	0.0029	MN	0.02	MN-GV
132	B30*60	0.043047	0.0029	MN	0.02	MN-GV
133	B30*60	0.044283	0.003	MN	0.021	MN-GV
159	B30*60	0.02164	0.00196	MN	0.01	MN
160	B30*60	0.02228	0.00196	MN	0.01	MN

Tablo 8.13: Devam.

161	B30*60	0.02232	0.00196	MN	0.01	MN
162	B30*60	0.023533	0.00196	MN	0.01	MN
163	B30*60	0.0238	0.00196	MN	0.01	MN
164	B30*60	0.024553	0.00196	MN	0.01	MN
165	B30*60	0.024617	0.00196	MN	0.01	MN
166	B30*60	0.02597	0.00196	MN	0.01	MN
167	B30*60	0.021637	0.00196	MN	0.01	MN
168	B30*60	0.02228	0.00196	MN	0.01	MN
169	B30*60	0.02232	0.00196	MN	0.01	MN
170	B30*60	0.023533	0.00196	MN	0.01	MN
200	B30*60	0.00821	0.0012	MN	0.0034	MN
201	B30*60	0.008073	0.0012	MN	0.0034	MN
202	B30*60	0.008077	0.0012	MN	0.0034	MN
203	B30*60	0.009287	0.0012	MN	0.0034	MN

Tablo 8.14: 6 katlı bina - y yönü binanın performans durumu.

Eleman No	Kesit	ϕ_t	ϵ_c	Performans Seviyesi	ϵ_s	Performans Seviyesi
1	B30*60	0.064187	0.00389	MN-GV	0.032	MN-GV
2	B30*60	0.065827	0.0039	MN-GV	0.033	MN-GV
3	B30*60	0.067907	0.004	MN-GV	0.034	MN-GV
4	B30*60	0.06968	0.0041	MN-GV	0.035	MN-GV
5	B30*60	0.06883	0.00407	MN-GV	0.034	MN-GV
6	B30*60	0.070587	0.0041	MN-GV	0.036	MN-GV
7	B30*60	0.06791	0.004	MN-GV	0.034	MN-GV
8	B30*60	0.069683	0.0041	MN-GV	0.035	MN-GV
9	B30*60	0.064187	0.00389	MN-GV	0.032	MN-GV
10	B30*60	0.065827	0.0039	MN-GV	0.033	MN-GV
23	B30*60	0.064593	0.00389	MN-GV	0.032	MN-GV
24	B30*60	0.066217	0.0039	MN-GV	0.033	MN-GV

Tablo 8.14: Devam.

25	B30*60	0.068567	0.00407	MN-GV	0.034	MN-GV
26	B30*60	0.07002	0.0041	MN-GV	0.036	MN-GV
27	B30*60	0.062097	0.0038	MN-GV	0.031	MN-GV
28	B30*60	0.070833	0.0041	MN-GV	0.036	MN-GV
29	B30*60	0.068573	0.00407	MN-GV	0.034	MN-GV
30	B30*60	0.070023	0.0041	MN-GV	0.036	MN-GV
31	B30*60	0.064593	0.00389	MN-GV	0.032	MN-GV
32	B30*60	0.066217	0.0039	MN-GV	0.033	MN-GV
45	B30*60	0.045617	0.003	MN	0.022	MN-GV
46	B30*60	0.0476	0.0031	MN	0.023	MN-GV
47	B30*60	0.048667	0.0031	MN	0.023	MN-GV
48	B30*60	0.050467	0.0032	MN	0.024	MN-GV
49	B30*60	0.04918	0.0032	MN	0.02	MN-GV
50	B30*60	0.051027	0.0033	MN	0.025	MN-GV
51	B30*60	0.048667	0.0031	MN	0.023	MN-GV
52	B30*60	0.050467	0.0032	MN	0.024	MN-GV
53	B30*60	0.04562	0.003	MN	0.022	MN-GV
54	B30*60	0.047603	0.0031	MN	0.023	MN-GV
67	C60*60	0.0078	0.00132	MN	0.00235	MN
70	B30*60	0.049407	0.0032	MN	0.02	MN-GV
71	B30*60	0.05147	0.0033	MN	0.025	MN-GV
72	B30*60	0.052703	0.0033	MN	0.026	MN-GV
73	B30*60	0.054827	0.0034	MN	0.027	MN-GV
74	B30*60	0.05343	0.0034	MN	0.026	MN-GV
75	B30*60	0.055603	0.0035	MN	0.027	MN-GV
76	C60*60	0.007837	0.00132	MN	0.00235	MN
79	C60*60	0.007357	0.00132	MN	0.00235	MN
82	C60*60	0.007337	0.00132	MN	0.00235	MN
85	C60*60	0.076163	0.0043	MN-GV	0.038	MN-GV
88	C60*60	0.00689	0.00132	MN	0.00235	MN
91	C60*60	0.0071	0.00132	MN	0.00235	MN

Tablo 8.14: Devam.

94	C60*60	0.0071	0.00132	MN	0.00235	MN
97	C60*60	0.0071	0.00132	MN	0.00235	MN
100	C60*60	0.006887	0.00132	MN	0.00235	MN
118	B30*60	0.052707	0.0033	MN	0.026	MN-GV
119	B30*60	0.054827	0.0034	MN	0.027	MN-GV
120	B30*60	0.049407	0.0032	MN	0.02	MN-GV
121	B30*60	0.05147	0.0033	MN	0.025	MN-GV
149	B30*60	0.029543	0.0023	MN	0.0145	MN-GV
150	B30*60	0.030927	0.0023	MN	0.0148	MN-GV
151	B30*60	0.032313	0.00248	MN	0.0158	MN-GV
152	B30*60	0.03401	0.0025	MN	0.0168	MN-GV
153	B30*60	0.032887	0.00248	MN	0.0158	MN-GV
154	B30*60	0.03445	0.0025	MN	0.0168	MN-GV
155	B30*60	0.032317	0.00248	MN	0.0158	MN-GV
156	B30*60	0.03401	0.0025	MN	0.0168	MN-GV
157	B30*60	0.029543	0.0023	MN	0.0145	MN-GV
158	B30*60	0.030927	0.0023	MN	0.0148	MN-GV
186	B30*60	0.012087	0.00155	MN	0.0051	MN
187	B30*60	0.015827	0.00168	MN	0.0071	MN
188	B30*60	0.014833	0.00168	MN	0.0071	MN
189	B30*60	0.018317	0.00168	MN	0.0071	MN
190	B30*60	0.009967	0.00137	MN	0.0041	MN
191	B30*60	0.018783	0.00168	MN	0.0071	MN
192	B30*60	0.014833	0.00168	MN	0.0071	MN
193	B30*60	0.018317	0.00168	MN	0.0071	MN
194	B30*60	0.012083	0.00155	MN	0.0051	MN
195	B30*60	0.01583	0.00168	MN	0.0071	MN

Tablolardan görüldüğü üzere 6 katlı binada çoğunlukla kiriş elemanlarında ve az sayıda kolon elemanlarında plastik mafsallar oluşmuştur. Bu elemanlardaki şekil değiştirmeler TDY’de izin verilen sınırları aşmamakta ve konutlar için istenen Can Güvenliği koşulunu sağlamaktadır [7].

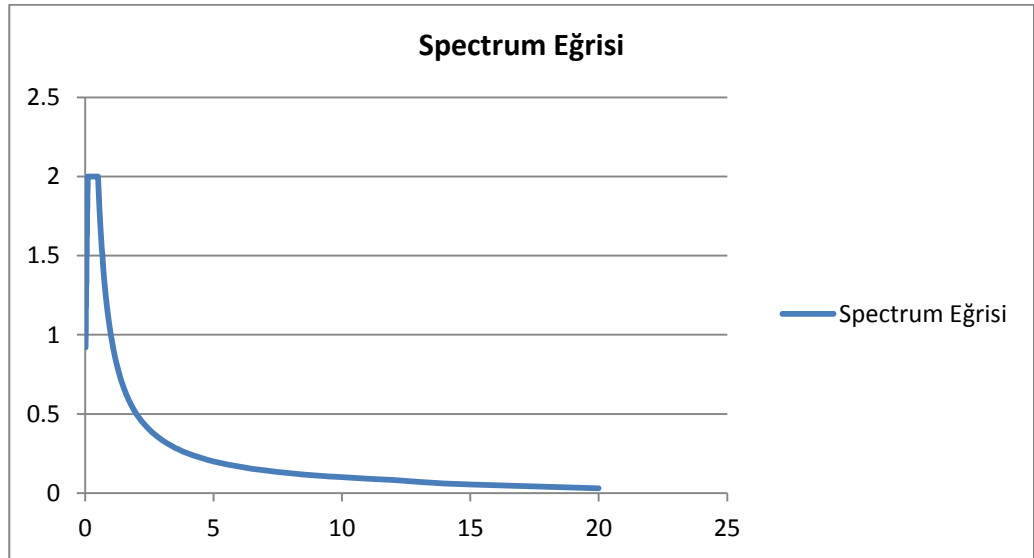
9.ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ ESASLARI,SONUÇLARI

9.1. Analiz Esasları Ve Sonuçları

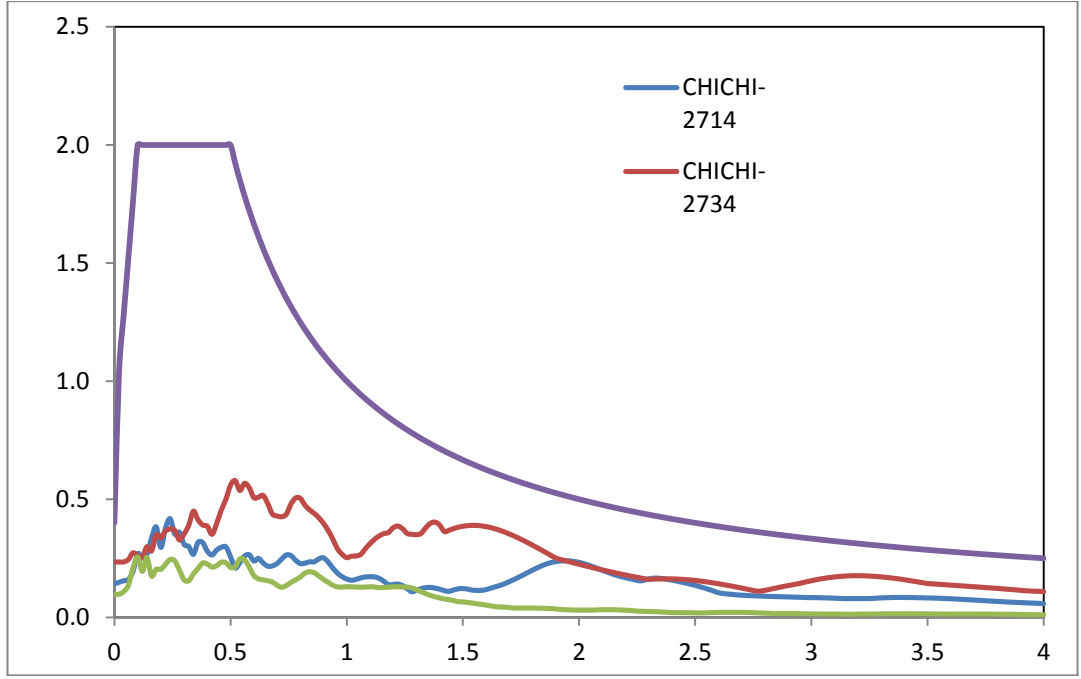
Çerçevelerdeki en büyük yerdeğişirmeleri belirlemek amacıyla 3 farklı deprem hareketi seçilmiş ve SAP programında zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. Bu deprem hareketleri [15].

- Irpinia - Italy
- Chi-Chi 2714 - Taiwan
- Chi-Chi 2734 - Taiwan.

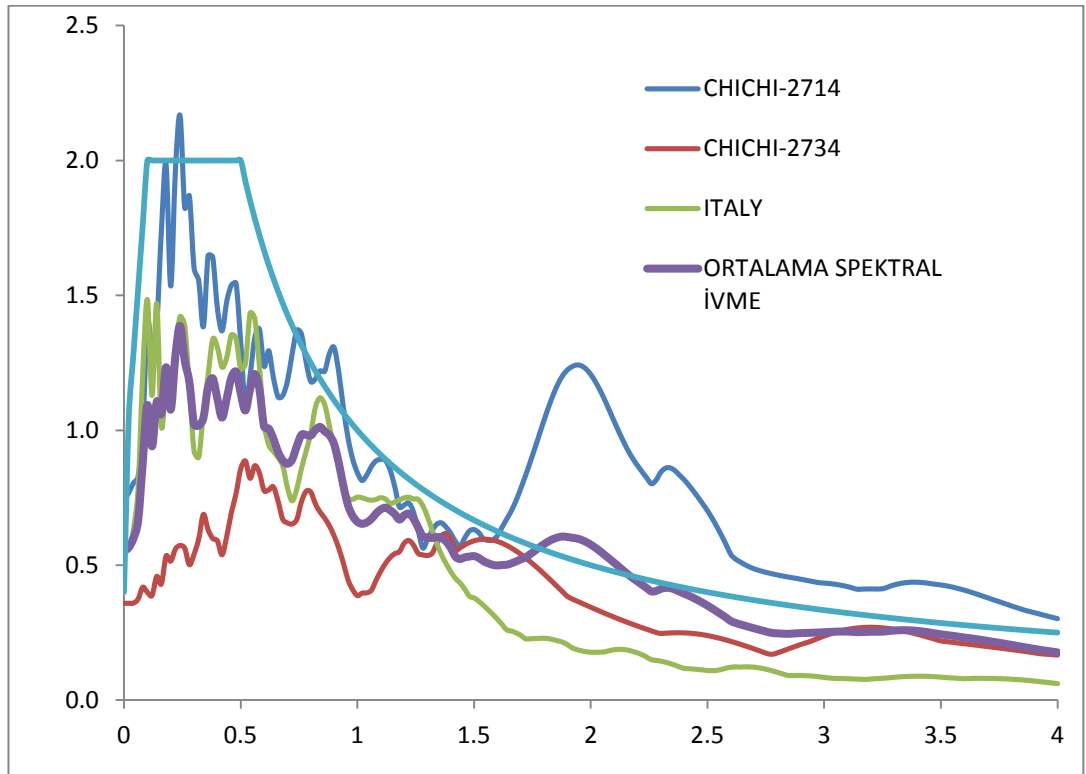
Seçilen deprem hareketleri uygun katsayılarla ölçeklenmiştir. Aşağıdaki grafiklerde seçilen deprem hareketleri ile tasarım spektrumunun ölçekli ve ölçeksiz durumları verilmiştir.



Şekil 9.1: Tasarım spektrumu.

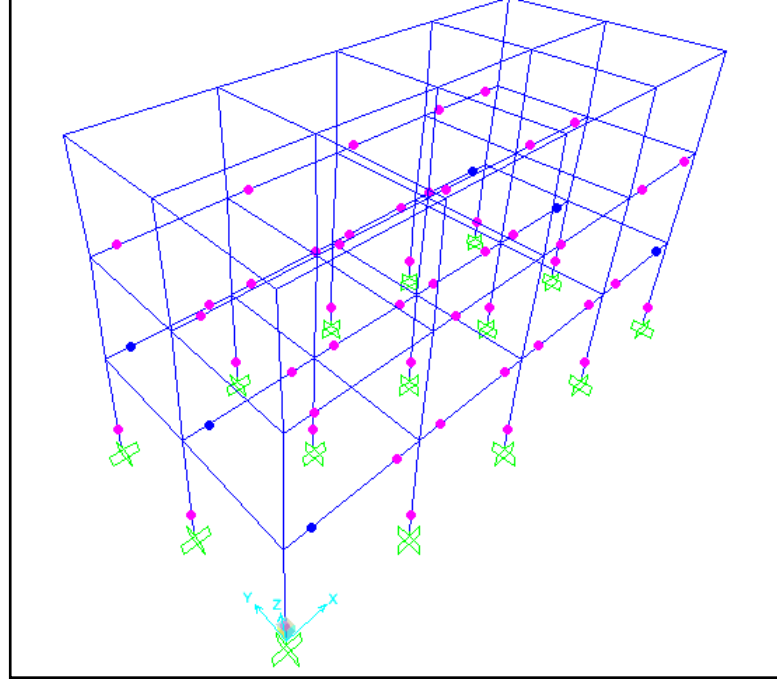


Şekil 9.2: Ölçeklenmemiş deprem kayıtları.

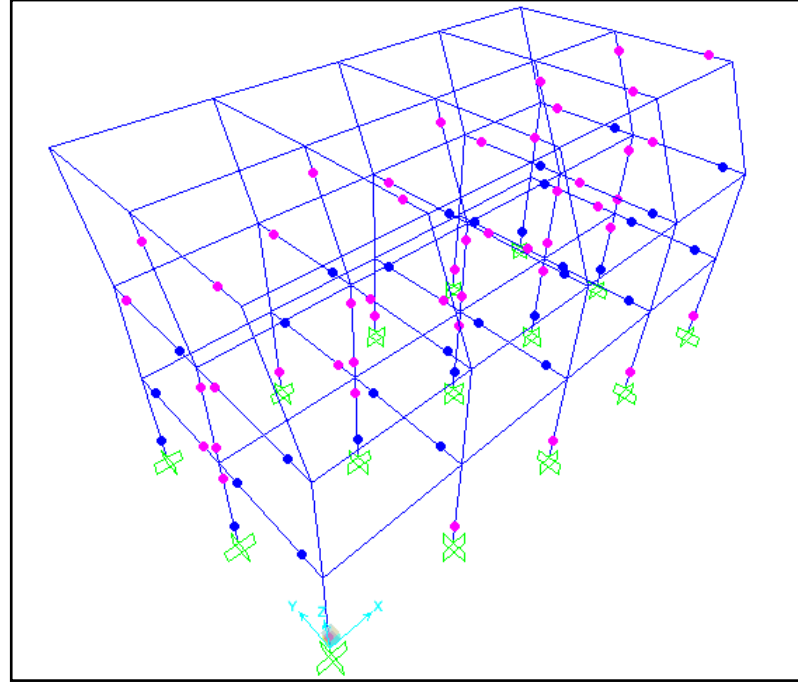


Şekil 9.3: Ölçeklenmiş deprem kayıtları.

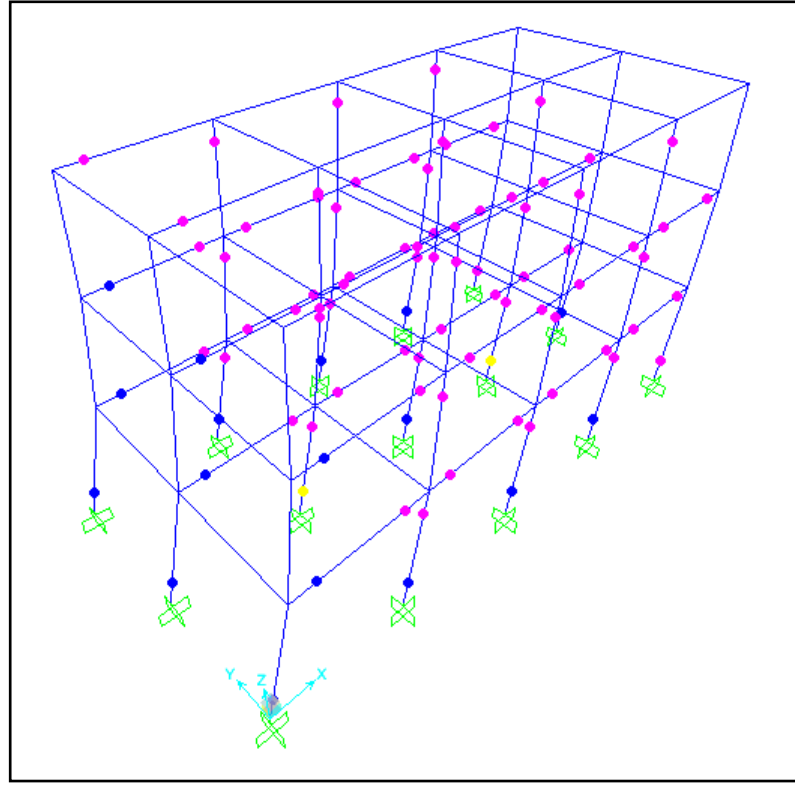
Uygun katsayılarla ölçeklenen deprem kayıtları ile zaman tanım alanında analizler tamamlanmıştır. Ortaya çıkan mafsall oluşumları aşağıdaki şekillerde görülmektedir.



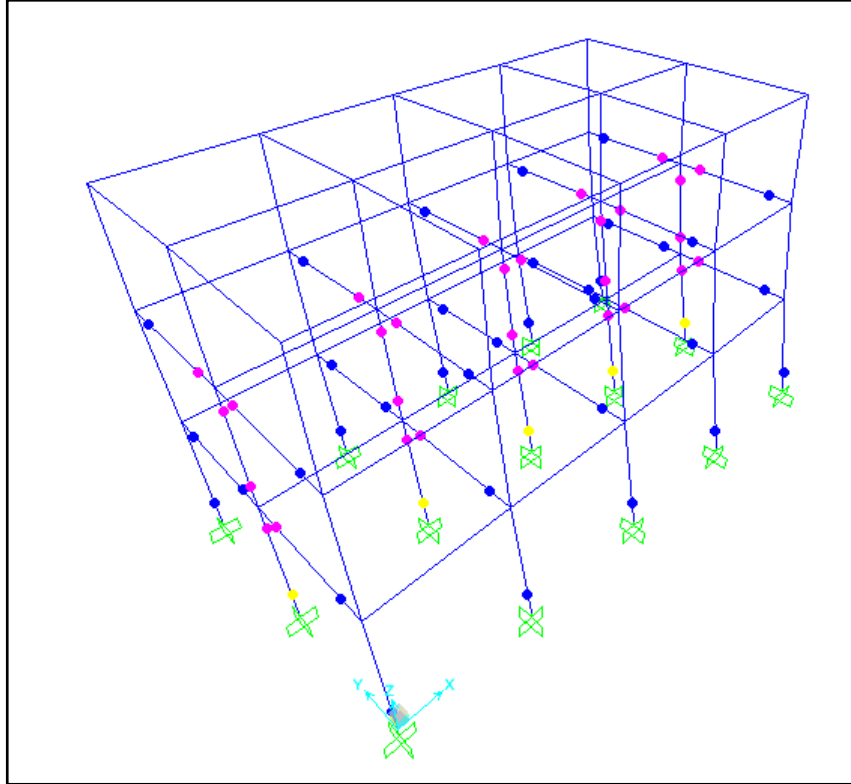
Şekil 9.4: Irpinia - Italy - x yönü plastik mafsall oluşumları - 3 Katlı Bina.



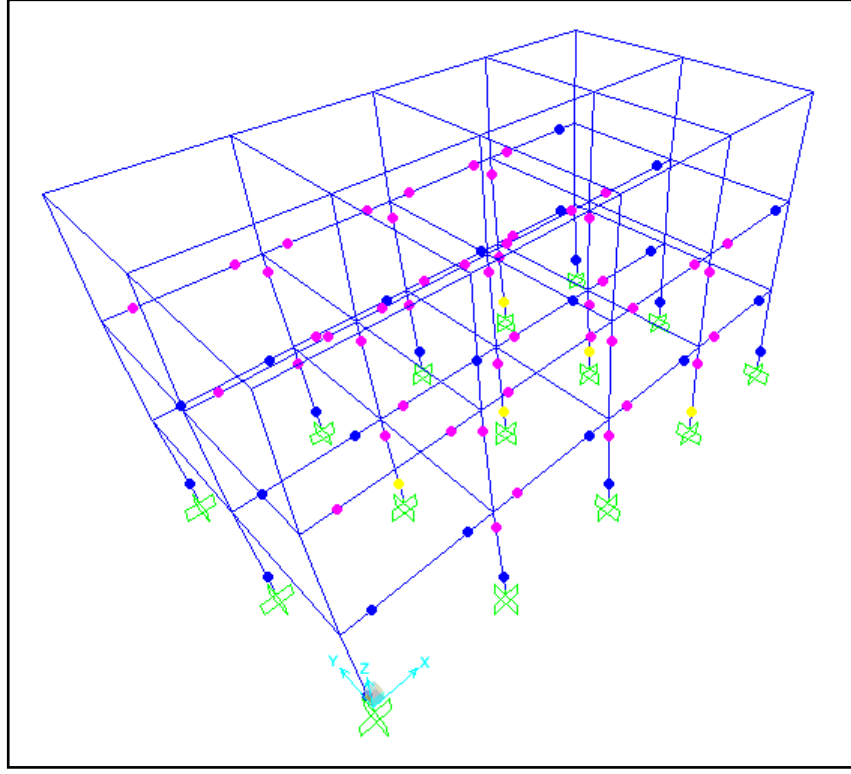
Şekil 9.5: Irpinia - Italy - y yönü plastik mafsall oluşumları - 3 katlı bina.



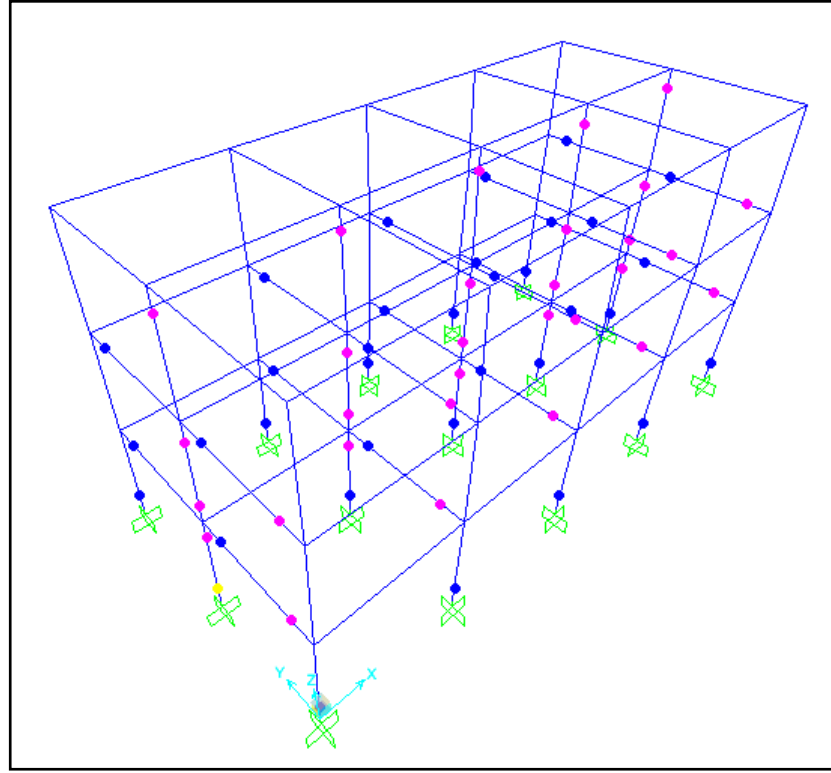
Şekil 9.6: Chi Chi 2714 - x yönü plastik mafsall oluşumları - 3 katlı bina.



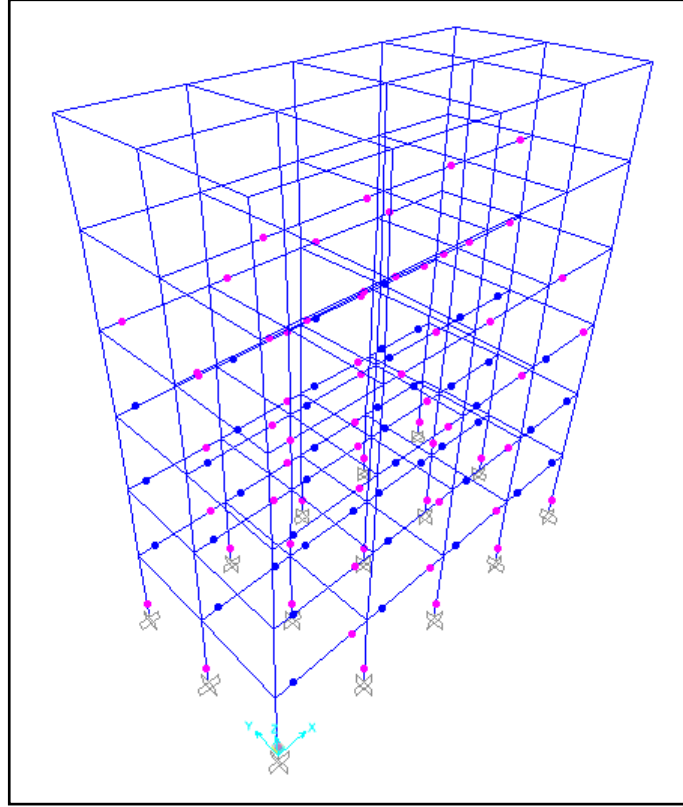
Şekil 9.7: Chi Chi 2714 - y yönü plastik mafsall oluşumları - 3 katlı bina.



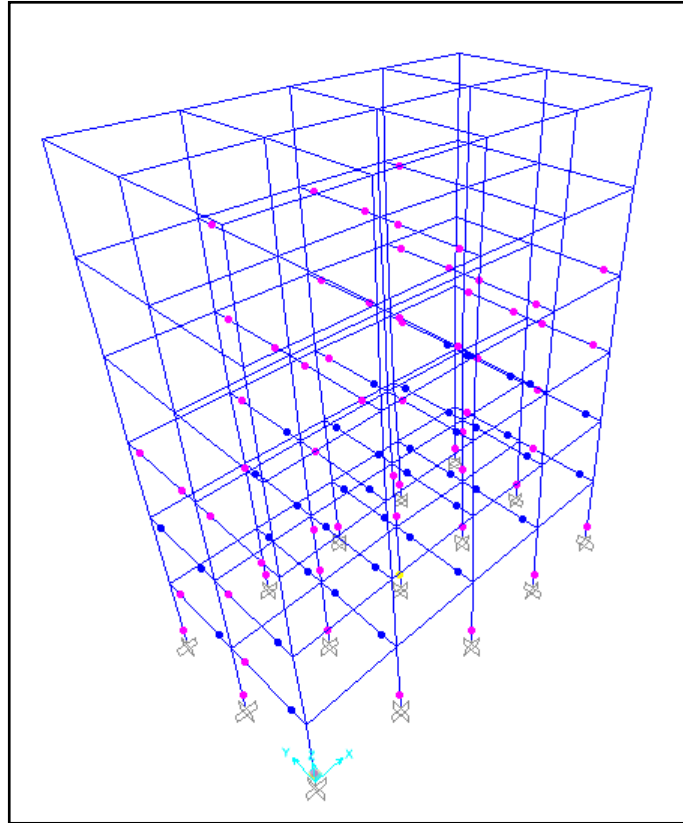
Şekil 9.8: Chi Chi 2734 - x yönü plastik mafsall oluşumları - 3 katlı bina.



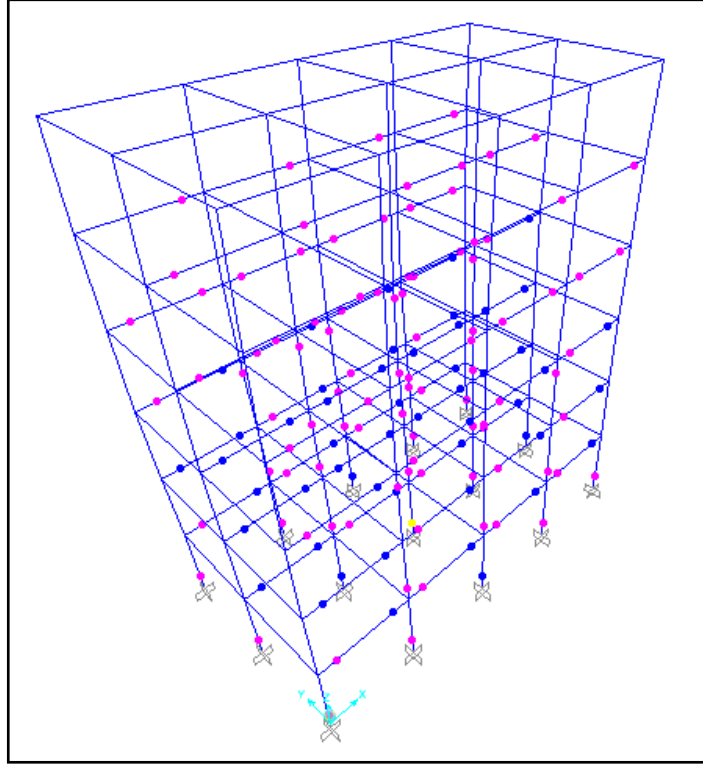
Şekil 9.9: Chi Chi 2734 - y yönü plastik mafsall oluşumları - 3 katlı bina.



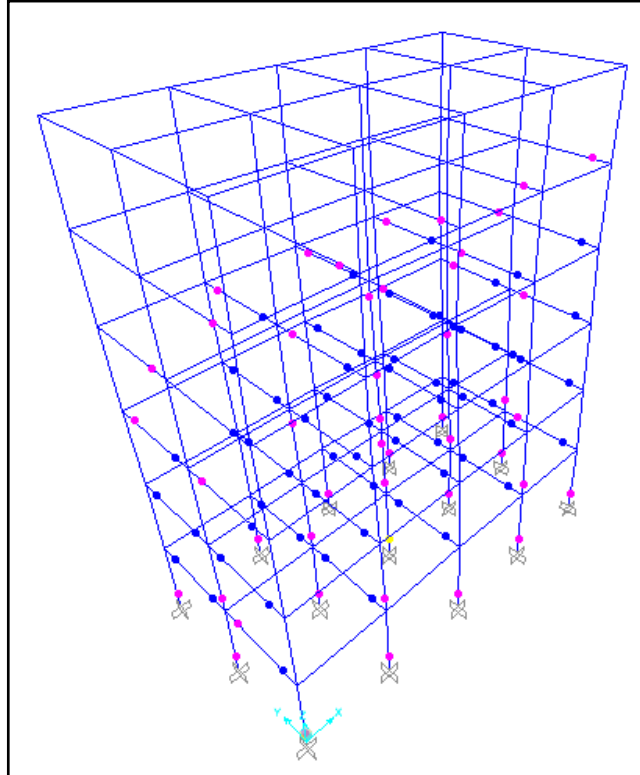
Şekil 9.10: Irpinia - Italy - x yönü plastik mafsall oluşumları - 6 katlı bina.



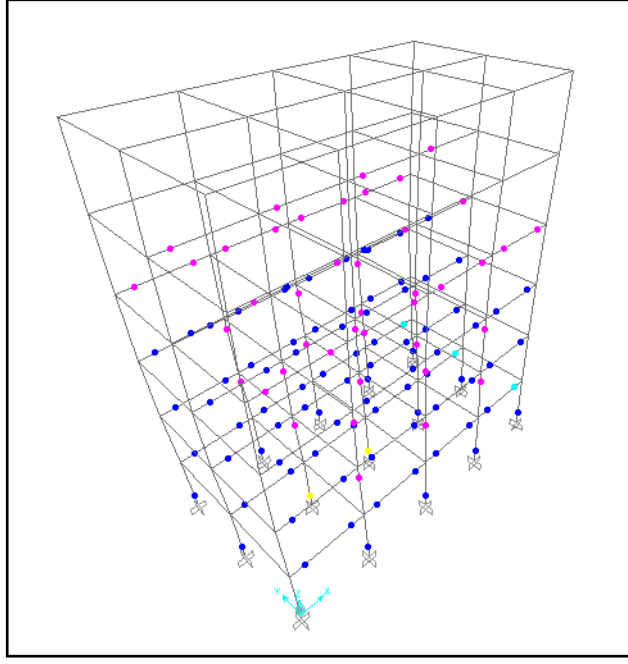
Şekil 9.11: Irpinia - Italy - y yönü plastik mafsall oluşumları - 6 katlı bina.



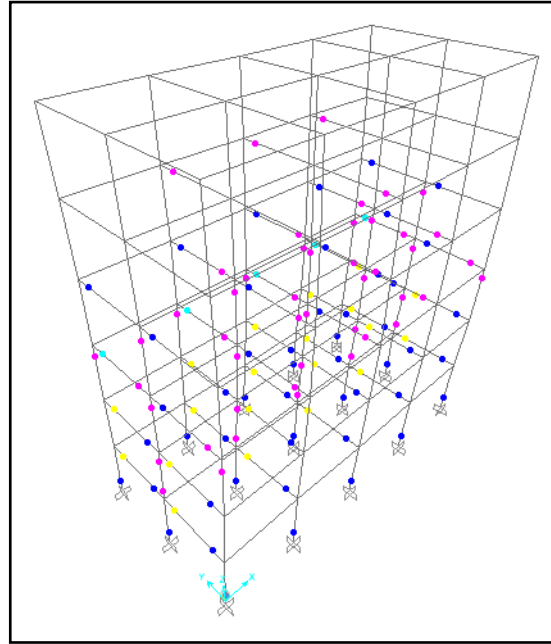
Şekil 9.12: Chi Chi 2714 - x yönü plastik mafsall oluşumları
- 6 katlı bina.



Şekil 9.13: Chi Chi 2714 - y yönü plastik mafsall oluşumları
- 6 katlı bina.



Şekil 9.14: Chi Chi 2734 - x yönü plastik mafsall oluşumları
- 6 katlı bina.



Şekil 9.15: Chi Chi 2734 - y yönü plastik mafsall oluşumları
- 6 katlı bina.

Yapılan analizler sonucunda, itme analizleri sonucu elde edilen hedef deplasmanlar ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler sonucu elde edilen tepe deplasmanları şu şekildedir.

Tablo 9.1: 3 katlı bina için hedef deplasmanlar.

	X YÖNÜ (cm)	Y YÖNÜ (cm)
TDY' YE GÖRE YER DEĞİŞTİRMENİN BELİRLENMESİ	7.53	9
ATC-KAPASİTE SPEKTRUM	8.2	8.6
FEMA- YERDEĞİŞTİRME KATSAYISI	10.1	10.7
FEMA-EŞDEĞER DOĞRUSALLAŞTIRMA	8.7	9
FEMA-DEPLASMAN KATSAYILARI	9.5	10

Tablo 9.2: 3 katlı bina için tepe deplasmanları

	X Yönü (cm)	Y Yönü (cm)
Irpinia - Italy	6.36	8.56
Chi Chi 2714	6.01	8.2
Chi Chi 2734	10.29	10.94

Tablo 9.3: 6 katlı bina için hedef deplasmanlar.

	X YÖNÜ (cm)	Y YÖNÜ (cm)
TDY' YE GÖRE YER DEĞİŞTİRMENİN BELİRLENMESİ	14.66	18.45
ATC-KAPASİTE SPEKTRUM	15.6	16.1
FEMA-YERDEĞİŞTİRME KATSAYISI	18.2	19.3
FEMA-EŞDEĞER DOĞRUSALLAŞTIRMA	17.2	17.8
FEMA-DEPLASMAN KATSAYILARI	16.5	17.6

Tablo 9.4: 6 katlı bina için hedef deplasmanlar.

	X Yönü (cm)	Y Yönü (cm)
Irpinia - Italy	11.36	11.7
Chi Chi 2714	13.28	16.97
Chi Chi 2734	17.8	28.77

10. SONUÇLAR VE YORUMLAR

Bu tez çalışmasında incelenen binalardan ve kullanılan değerlendirme yöntemlerinden elde edilen sonuçlara bağlı olarak bazı genel sonuçlara varılmıştır. Elde edilen hedef deplasmanlar ve tepe deplasmanların kıyaslanması sonucu ortaya çıkan genel sonuçlar aşağıda sıralanmıştır;

- Bu çalışmada incelenen 3 ve 6 katlı betonarme çerçeve tipi yapılarda uygulanan itme analizlerine göre hesaplanan performans noktalarında elde edilen tepe yerdeğiştirmesi değeri, ZTADOA'ler sonucunda elde edilen ortalama tepe yerdeğiştirmesi değeri, tüm statik itme analiz yöntemleri tepe yerdeğiştirmesini tahmin ederken güvenli tarafta kalmıştır.

Her iki binada da elde edilen sonuçlara göre FEMA-Yerdeğiştirme Katsayısı yönteminin verdiği tepe yer değiştirmesi değeri, diğeri statik itme analizlerinden elde edilen tepe yer değiştirmesi sonuçlarından daha büyüktür [3].

- FEMA-Yerdeğiştirme Katsayısı yönteminin dışındaki statik itme analizi yöntemlerinin verdiği sonuçlar birbirine yakın olmakla beraber, TDY' ye Göre İtme Analizi yönteminin verdiği tepe yer değiştirmesi değeri, diğeri statik itme analizlerinden elde edilen sonuçlardan daha küçüktür. Ancak TDY' ye Göre İtme Analizi yönteminin verdiği değeri, ZTADOA'ler sonucunda elde edilen ortalama tepe yerdeğiştirmesi değeri oldukça yakın değeri [3].
- ATC-Kapasite Spektrum Yönteminin verdiği tepe yer değiştirmesi sonucu ile geliştirilmiş hali olan FEMA-Eşdeğer Doğrusallaştırma yönteminin verdiği sonuçlar 3 katlı betonarme çerçeve tipi binada birbirine yakın değeri vermektedir. Aynı durum FEMA-Yerdeğiştirme Katsayısı yöntemi ile geliştirilmiş hali olan FEMA-Deplasman Katsayıları yöntemi arasında da görülmektedir. Ancak 6 katlı betonarme çerçeve tipi yapıda ortaya çıkan sonuçlar arasındaki farkın biraz daha açıldığı görülmektedir [1], [3].

KAYNAKLAR

- [1] ATC, (1996), Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Applied Tecnology Council, ATC,40.
- [2] FEMA, (2005), Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, Federal Emergency Management Agency, FEMA,440.
- [3] FEMA, (1997), NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildins, Federal Emergency Management Agency, FEMA,273.
- [4] FEMA, (2000), Prestandart and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildins, Federal Emergency Management Agency, FEMA,356.
- [5] Web 1, (2014), <http://www.ipkb.gov.tr/ismep/ElKitabi.html> (Erişim Tarihi: 07/10/2014).
- [6] Özer E., (2005), Betonarme Binaların Deprem Performansının Belirlenmesi İçin Bir Yaklaşım, Ders Notu, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [7] TDY, (2007), Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2. Baskı, İstanbul, TDY-07.
- [8] Akbaş B., (2013), Performans Based Design, Ders Notu, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli.
- [9] Külekçi, A. K., (2010), “ Çelik Taşıyıcı Sistemlerin Statik İtme Analizi Yöntemi Kullanılarak Deprem Performanslarının Değerlendirilmesi ”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [10] Öncü M. E., Calayır Y., (2008) “ Tek Serbestlik Dereceli Yapıların Elastik Ötesi Deprem Taleplerinin Spektral Yöntemlerle Belirlenmesi ”, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20(2), 326.
- [11] Korkmaz A., Uçar T., (2005) “ Betonarme Yapıların Performansa Bağlı Analizi ”, Deprem Sempozyumu, 431, İzmit,Kocaeli,Türkiye, 23-25 Mart.
- [12] Tekin M., Erdem R.T., Gündüz C., (2011), “ Betonarme Bir Yapının Performansa Dayalı Tasarımı: Deplasmana Dayalı Sismik Yaklaşım ve Yerdeğiştirme Katsayıları Yöntemi ”, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 1(11), 2.
- [13] Tekin, M., Gürbüz, A., (2013), “Mevcut Betonarme Bir Binanın Perde Duvarlar Kullanılarak Deplasmana Dayalı Yöntemle Güçlendirilmesi” , 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı,3, Hatay,Antakya,Türkiye, 25-27 Eylül.

- [14] Karabulut A., (2011), “TDY Yönetmeliği ve FEMA Raporunda Tanımlanan Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemlerinin Mevcut Betonarme Binalar İçin Karşılaştırılması” , Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [15] SAP, (2010), Static and Dynamic Calculation Software, Structural Analysis Program.
- [16] TSE, (2000), Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, TS-500, Türk Standartları Enstitüsü.
- [17] ASCE, (2005), Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, ASCE 7-05.
- [18] İYBDY, (2008), Bölüm 2.2: Deprem Tasarım Spektrumları İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği.
- [19] Seker, O., Akbas, B., Shen, J., Ozturk A.Z. (2014),“Evaluation of Deflection Amplification Factor in Steel Moment-Resisting Frames,” The Structural Design of Tall and Special Buildings, 23 (12), 897-928.

ÖZGEÇMİŞ

Faruk KOÇAK 1986 yılında Kars’da doğdu. Ortaokul ve lise öğrenimini sırası ile İzmir Nazire Merzeci İlköğretim Okulu ve Nevzat Ayaz Lisesi'nde tamamlamıştır. 2010 yılında Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden mezun olarak 2012 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü (GYTE) Deprem ve Yapı Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda öğrenim görmeye başlamıştır. Halen özel bir kuruluştaki görev yapmaktadır.