

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEVCUT YAPILARIN KAT ADEDİNİN  
DEĞİŞİMİNE GÖRE PERFORMANSLARININ  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş.Müh. Mehdin DERE**

<b>Enstitü Anabilim Dalı</b>	<b>İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ</b>
<b>Enstitü Bilim Dalı</b>	<b>YAPI</b>
<b>Tez Danışmanı</b>	<b>Yrd. Doç. Dr. M.Zeki ÖZYURT</b>

**Temmuz 2009**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEVCUT YAPILARIN KAT ADEDİNİN  
DEĞİŞİMİNE GÖRE PERFORMANSLARININ  
KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ


İnş.Müh. Mehdin DERE


Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Bu tez 21/07/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

  
Yrd. Doç. Dr. M.Zeki ÖZYURT  
Jüri Başkanı

  
Prof. Dr. Adil ALTUNDAL  
Üye

  
Yrd. Doç. Dr. Muhammet CERİT  
Üye

## TEŞEKKÜR

Tez çalıŐmalarım sũresi boyunca engin bilgi ve deneyimleri ile bana yol gũsteren ve bana her tũrlũ desteği veren danıŐman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. M.Zeki ÖZYURT'a ve ũzerimde emeği olan tũm Őęretim ũyelerine teŐekkũrũ bir borç bilir, saygı ve Őũkranlarımı sunarım. Çalışma sũresi içinde bana yardımcı olmaya çalıŐan bũtũn arkadaŐlarım, Özellikle Mardin Bayındırlık ve İŐkân Mũdũrlũęũndeki tũm mesai arkadaŐlarım mũteŐekkũr olduğumu belirtmek isterim. Yıllardır yanımda olan ve verdikleri maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme de teŐekkũr ederim.

Mehdin DERE

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	x
TABLOLAR LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiv
SUMMARY.....	xv
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	2
BÖLÜM 2.	
PERFORMANSA DAYALI TASARIM KAVRAMI.....	4
2.1. Binalar İçin Performans Seviyeleri.....	4
2.2. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri.....	5
2.2.1. Kesit hasar sınırları.....	5
2.2.2. Kesit hasar bölgeleri.....	6
2.2.3. Deprem performans tanımları.....	6
2.2.3.1. Hemen kullanım seviyesi.....	6
2.2.3.2. Can güvenliği seviyesi.....	7
2.2.3.3. Göçme öncesi performans seviyesi.....	8
2.2.3.4. Göçme durumu.....	9
2.3. Deprem Etki Seviyeleri.....	9

2.4. Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesinde	
Hedeflenen Performans Seviyeleri.....	10
BÖLÜM 3.	
ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ	
(PUSHOVER ANALİZİ).....	12
3.1. Giriş.....	12
3.2. Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri.....	13
3.2.1. Plastik davranışın idealleştirilmesi.....	13
3.2.2. Artımsal mod birleştirme yöntemi .....	16
3.2.3. Zaman tanım alanında artımsal hesap yöntemi.....	16
3.2.4. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile	
itme analizi (statik itme analizi).....	16
3.2.4.1. Deprem yüklerinin tanımlanması.....	17
3.2.4.2. Kapasitenin belirlenmesi.....	20
3.2.4.3. İtme eğrisinin kapasite diyagramına dönüştürülmesi	22
3.2.4.4. Modal yer değiştirmenin hesabı.....	24
3.3. Kesitteki Birim Şekil Değiştirme Taleplerinin Belirlenmesi.....	28
3.4. Betonarme Elemanlarının Kesit Birim Şekil Değiştirme	
Kapasiteleri .....	29
BÖLÜM 4.	
MEVCUT BİNALARIN BİLGİ DÜZEYİ.....	
4.1. Giriş.....	30
4.2. Bilgi Düzeyleri.....	30
4.2.1. Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi.....	31
4.2.2. Betonarme binalarda orta bilgi düzeyi.....	32
4.2.3. Betonarme binalarda kapsamlı bilgi düzeyi.....	33

## BÖLÜM 5.

SAYISAL UYGULAMALAR.....	35
5.1. Giriş.....	35
5.2. 1975 Yönetmeliğine Göre Projelendirilmiş Mevcut Yapının İncelenmesi.....	37
5.2.1. Yapı modelinin hakkında genel bilgiler.....	37
5.2.2. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle İtme Analizi	41
5.2.2.1. İtme eğrilerinin belirlenmesi.....	41
5.2.2.2. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi.....	42
5.2.2.3 .Modal yer değiştirme isteminin hesabı.....	44
5.2.3. Yapının performans durumu.....	46
5.3. 1975 Yönetmeliğine Göre Analizi Yapılan Yapının 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Taşıyıcı Sisteminde Kesiti Yetersiz Elemanların Boyutlarının Değiştirilerek İncelenmesi.....	48
5.3.1. Artımsal eşdeğer yükü deprem yöntemiyle itme analizi.....	51
5.3.1.1. İtme eğrilerinin belirlenmesi.....	51
5.3.1.2. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi.....	52
5.3.1.3. Modal yer değiştirme isteminin hesabı.....	54
5.3.2. Yapının performans durumu.....	56
5.4. 1975 Yönetmeliğine Göre Analizi Yapılan Yapının Performans Seviyesinin 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Kesitleri Yeniden Belirlenen Yapının Performans Seviyesine Ulaşabilmesi İçin Kat Eksiltme Yöntemi.....	57
5.4.1. Bir kat eksiltme.....	57
5.4.1.1. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle itme eğrilerinin belirlenmesi.....	58
5.4.1.2. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi.....	59
5.4.1.3. Modal yer değiştirme isteminin Hesabı.....	61
5.4.1.4. Yapının performans durumu.....	63
5.4.1.5. Eksiltile katın yaklaşık maliyeti.....	64
5.4.2. İki kat eksiltme.....	65

5.4.2.1. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle itme eğrilerinin belirlenmesi.....	66
5.4.2.2. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi.....	67
5.4.2.3. Modal yer değiştirme isteminin hesabı.....	69
5.4.2.4. Yapının performans durumu.....	71
5.4.2.5. Eksiltelen katların yaklaşık maliyeti.....	72
5.5. 1998 Yönetmeliğine Göre Projelendirilmiş Yapı Modelinin İncelenmesi.....	73
5.5.1. Yapı modeli hakkında genel bilgiler.....	73
5.5.2. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle itme analizi.....	77
5.5.2.1. İtme eğrilerinin belirlenmesi.....	77
5.5.2.2. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi.....	78
5.5.2.3. Modal yer değiştirme isteminin hesabı.....	80
5.5.3. Yapının performans durumu.....	82
5.6. 1998 Yönetmeliğine Göre Analizi Yapılan Yapının 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Taşıyıcı Sisteminde Kesiti Yetersiz Elemanların Boyutlarının Değiştirilerek İncelenmesi.....	83
5.6.1. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle itme analizi	87
5.6.1.1. İtme eğrilerinin belirlenmesi.....	87
5.6.1.2. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi.....	88
5.6.1.3. Modal yer değiştirme isteminin hesabı.....	90
5.6.2. Yapının performans durumu.....	92
5.7. 1998 Yönetmeliğine Göre Analizi Yapılan Yapının Performans Seviyesinin 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Kesitleri Yeniden Belirlenen Yapının Performans Seviyesine Ulaşabilmesi İçin Kat Eksiltme Yöntemi.....	93
5.7.1. Bir kat eksiltme.....	93
5.7.1.1. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle itme eğrilerinin belirlenmesi.....	94
5.7.1.2. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi.....	95
5.7.1.3. Modal yer değiştirme İsteminin hesabı.....	97
5.7.1.4. Yapının performans durumu.....	99

5.7.1.5. Eksiltlen katm yaklaşık maliyeti.....	100
<b>BÖLÜM 6.</b>	
<b>SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....</b>	<b>102</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>106</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>108</b>



## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

DBYBH	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
Y	
TDY	: Türk Deprem Yönetmeliği
$A_0$	: Etkin yer ivmesi katsayısı
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
$a_1^{(i)}$	: i.itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme
$C_{R1}$	: Birinci moda ait spektral yer değiştirme oranı
$d_1^{(i)}$	: i.itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yer değiştirme
$g$	: Yerçekimi ivmesi
$H_t$	: Toplam bina yüksekliği
$I$	: Bina önem katsayısı
$L_p$	: Plastik mafsal boyu
$M_{x1}$	: Doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci moda ait etkin kütle
$n$	: Yapıdaki kat sayısı
$S(T)$	: Spektrum Katsayısı
$S_{ae}(T)$	: Elastik spektral ivme
$S_{d1l}$	: Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yer değiştirme
$S_{de1}$	: Birinci moda ait doğrusal elastik spektral yer değiştirme
$S_{ae1}$	: Birinci moda ait doğrusal elastik spektral ivme
$S_a$	: Spektral ivme
$S_d$	: Spektral yer değiştirme
$T$	: Doğal titreşim periyodu, (sn)
$T_A, T_B$	: Zemin hâkim periyotları

- $U^{(p)}_{xN1}$  : Binanın tepesinde x deprem doğrultusunda birinci moda ait yer değiştirme
- $V_{x1}^{(i)}$  : x deprem doğrultusunda birinci moda ait taban kesme kuvveti
- $w_i$  : i. katın ağırlığı
- $W$  : Yapı ağırlığı
- $\alpha_1$  : Birinci doğal mod için modal kütle katsayısı
- $\Phi_{xN1}$  : x doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği
- $\Phi_{i1}$  : i. seviyedeki modun sekli
- $\Phi_p$  : Plastik mafsalın dönmesi
- $\Phi_y$  : Plastik mafsalın dönmesi
- $\Phi_t$  : Plastik mafsalın dönmesi
- $\delta$  : Yer değiştirme
- $\delta_{tepe}$  : Yapının tepe noktasındaki yer değiştirme
- $\Gamma_{x1}$  : Birinci moda ait katkı çarpanı
- $\omega_1$  : Doğal açısal frekans

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Kapasite eğrisinde performans seviyeleri ve aralıkları.....	6
Şekil 3.1.	Eğilme momenti-plastik dönme bağıntıları.....	15
Şekil 3.2.	Taban Kesme Kuvveti ile Çatı Deplasmanı arasındaki ilişki	22
Şekil 3.3.	İtme eğrisinin modal kapasiteye dönüştürülmesi.....	23
Şekil 3.4.	Modal histeresis çevrimi.....	24
Şekil 3.5.	Performans noktasının belirlenmesi ( $T_1^{(1)} \geq T_B$ ).....	26
Şekil 3.6.	Performans noktasının belirlenmesi ( $T_1^{(1)} \leq T_B$ ).....	27
Şekil 5.1.	Mevcut yapıya ait Zemin Kat kalıp planı.....	39
Şekil 5.2.	Mevcut yapıya ait Normal Kat kalıp planı.....	40
Şekil 5.3.	Binanın X doğrultusu itme eğrisi.....	41
Şekil 5.4.	Binanın Y doğrultusu itme eğrisi.....	41
Şekil 5.5.	Binanın X doğrultusu modal kapasite diyagramı.....	44
Şekil 5.6.	Binanın Y doğrultusu modal kapasite diyagramı.....	44
Şekil 5.7.	X Doğrultusu performans seviyesi.....	46
Şekil 5.8.	Y Doğrultusu performans seviyesi.....	47
Şekil 5.9.	Mevcut yapıya ait Zemin Kat kalıp planı.....	49
Şekil 5.10.	Mevcut yapıya ait Normal Kat kalıp planı.....	50
Şekil 5.11.	Binanın X doğrultusu itme eğrisi.....	51
Şekil 5.12.	Binanın Y doğrultusu itme eğrisi.....	51
Şekil 5.13.	Binanın X doğrultusu modal kapasite diyagramı.....	54
Şekil 5.14.	Binanın Y doğrultusu modal kapasite diyagramı.....	54
Şekil 5.15.	X Doğrultusu performans seviyesi.....	56
Şekil 5.16.	X Doğrultusu performans seviyesi.....	56
Şekil 5.17.	Binanın X doğrultusu itme eğrisi.....	58
Şekil 5.18.	Binanın Y doğrultusu itme eğrisi.....	58
Şekil 5.19.	Binanın X doğrultusu modal kapasite diyagramı .....	61

Şekil 5.20.	Binanın Y doğrultusu modal kapasite diyagramı .....	61
Şekil 5.21.	X Doğrultusu performans seviyesi.....	63
Şekil 5.22.	Y Doğrultusu performans seviyesi.....	63
Şekil 5.23.	Binanın X doğrultusu itme eğrisi.....	66
Şekil 5.24.	Binanın Y doğrultusu itme eğrisi.....	66
Şekil 5.25.	Binanın X doğrultusu modal kapasite diyagramı.....	69
Şekil 5.26.	Binanın Y doğrultusu modal kapasite diyagramı.....	69
Şekil 5.27.	X Doğrultusu performans seviyesi.....	71
Şekil 5.28.	Y Doğrultusu performans seviyesi.....	71
Şekil 5.29.	Mevcut yapıya ait Bodrum Kat kalıp planı.....	75
Şekil 5.30.	Mevcut yapıya ait Zemin ve Normal Kat kalıp planı.....	76
Şekil 5.31.	Binanın X doğrultusu itme eğrisi.....	77
Şekil 5.32.	Binanın Y doğrultusu itme eğrisi.....	77
Şekil 5.33.	Binanın X doğrultusu modal kapasite diyagramı.....	80
Şekil 5.34.	Binanın Y doğrultusu modal kapasite diyagramı.....	80
Şekil 5.35.	X Doğrultusu performans seviyesi.....	82
Şekil 5.36.	Y Doğrultusu performans seviyesi.....	82
Şekil 5.37.	Mevcut yapıya ait Bodrum Kat kalıp planı.....	85
Şekil 5.38.	Mevcut yapıya ait Zemin ve Normal Kat kalıp planı.....	86
Şekil 5.39.	Binanın X doğrultusu itme eğrisi.....	87
Şekil 5.40.	Binanın Y doğrultusu itme eğrisi.....	87
Şekil 5.41.	Binanın X doğrultusu modal kapasite diyagramı.....	90
Şekil 5.42.	Binanın Y doğrultusu modal kapasite diyagramı.....	90
Şekil 5.43.	X Doğrultusu performans seviyesi.....	92
Şekil 5.44.	Y Doğrultusu performans seviyesi.....	92
Şekil 5.45.	Binanın X doğrultusu itme eğrisi.....	94
Şekil 5.46.	Binanın Y doğrultusu itme eğrisi.....	94
Şekil 5.47.	Binanın X doğrultusu modal kapasite diyagramı.....	97
Şekil 5.48.	Binanın Y doğrultusu modal kapasite diyagramı .....	97
Şekil 5.49.	X Doğrultusu performans seviyesi.....	99
Şekil 5.50.	Y Doğrultusu performans seviyesi.....	99

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Deprem etki seviyeleri.....	10
Tablo 2.2.	Farklı deprem etkileri altında hedeflenen performans düzeyleri (TDY-2007).....	11
Tablo 3.1.	Spektrum karakteristik periyotları.....	18
Tablo 3.2.	Etkin yer ivmesi katsayısı.....	18
Tablo 3.3.	Bina önem katsayısı.....	19
Tablo 4.1.	Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.....	31
Tablo 5.1.	X Yönünde modal kapasite hesap tablosu.....	42
Tablo 5.2.	Y Yönünde modal kapasite hesap tablosu.....	43
Tablo 5.3.	X Yönünde modal kapasite hesap tablosu.....	52
Tablo 5.4.	Y Yönünde modal kapasite hesap tablosu.....	53
Tablo 5.5.	X Yönünde modal kapasite hesap tablosu.....	59
Tablo 5.6.	Y Yönünde modal kapasite hesap tablosu.....	60
Tablo 5.7.	Yapı ve arsa bilgileri.....	64
Tablo 5.8.	X Yönünde modal kapasite hesap tablosu.....	67
Tablo 5.9.	Y Yönünde modal kapasite hesap tablosu.....	68
Tablo 5.10.	Yapı ve arsa bilgileri.....	72
Tablo 5.11.	X Yönünde modal kapasite hesap tablosu.....	78
Tablo 5.12.	Y Yönünde modal kapasite hesap tablosu.....	79
Tablo 5.13.	X Yönünde modal kapasite hesap tablosu.....	88
Tablo 5.14.	Y Yönünde modal kapasite hesap tablosu.....	89
Tablo 5.15.	X Yönünde modal kapasite hesap tablosu.....	95
Tablo 5.16.	Y Yönünde modal kapasite hesap tablosu.....	96
Tablo 5.17.	Yapı ve arsa bilgileri.....	100
Tablo 6.1.	Yapı modellerinin X doğrultusunda performanslarının karşılaştırılması.....	103

Tablo 6.2.	Yapı modellerinin Y doğrultusunda performanslarının karşılaştırılması.....	103
Tablo 6.3.	Yapı modellerinin X doğrultusunda performanslarının karşılaştırılması.....	104
Tablo 6.4.	Yapı modellerinin Y doğrultusunda performanslarının karşılaştırılması.....	105

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Performans Analizi, Pushover Analizi, Nonlineer Analiz, Performans Seviyesi, Deprem

Bu çalışmada DBYYHY-2007’de yer alan Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemlerinden Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (Pushover Analizi) ile mevcut yapıların performansının nasıl belirleneceğı açıklanmış ve aynı yapıların farklı kat adedleri için uygulanarak karşılaştırmalar yapılmıştır.

Altı bölümden oluşan bu çalışmanın ilk bölümünde çalışmanın amacı ve kapsamı hakkında bilgi sunulmuştur. İkinci bölümde Performansa Dayalı Yapı Tasarımı kavramı irdelenmiş, performans kavramı açıklanarak, yapıların performans seviyelerinin belirlenmesindeki faktörler ortaya konmuştur. Üçüncü bölümde Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Analizi ile yapıların performans seviyelerinin nasıl belirleneceğı açıklanmıştır. Dördüncü bölümde mevcut yapıların performansının belirlenmesinde bilgi düzeyleri ve katsayıları hakkında bilgi verilmiştir. Beşinci bölümde 1975 ve 1998 Deprem Yönetmeliklerine göre modellenen mevcut yapıların performans seviyesi STA4 CAD analiz programı yardımıyla belirlenmiştir. Bu yapıların 2007 Deprem Yönetmeliğine göre kesiti yetersiz olan taşıyıcı sistem elemanlarının kesitleri yeniden belirlenerek elde edilen yapının performans seviyesi belirlenmiştir. 1975 ve 1998 Deprem Yönetmeliklerine göre modellenen mevcut yapıların farklı katları için performans seviyeleri elde edilmiştir. Son bölümde analiz sonucunda ortaya çıkan performans seviyeleri incelenmiş ve performans kriterlerine göre genel bir değerlendirme yapılmıştır.

# **THE COMPARISON OF PERFORMANCES ACCORDING TO THE CHANGING OF THE NUMBER OF FLATS' AVAILABLE STRUCTURES**

## **SUMMARY**

Key Words: Performance Analysis, Pushover Analysis, Nonlinear Analysis, Performance Level, Earthquake

In this study, the DBYYHY-2007 Nonlinear Analysis of Increasing Equivalent Earthquake Load Method (Push Static Analysis) with the performance of existing structures is explained how to identify and apply for different times by the number of comparisons were made.

The first part of this work consists of six sections in the study were presented information about the purpose and scope. In the second section, the concept of Performance Based Design of Structures has been analyzed, the performance will be open concept, structure and performance levels have been determined to factors. In the third section Equivalent Earthquake Load Increasing Method (Static Push) Analysis of the structure is explained how to determine performance levels. The fourth section of the performance of existing structures to determine the level of knowledge and information about the coefficients are given. According to regulation 1975 and 1998 earthquake in the fifth model, the performance level of the existing structures with the help of program analysis STA4 CAD has been identified. According to this structure cross section of the 2007 Earthquake insufficient regulation of the carrier system of cross-sections obtained by re-determined performance level of the structure has been identified. Earthquake in 1975 and 1998 according to the model regulations for the performance level of the existing structure of the different layers have been obtained. In the last section of the analysis results were examined and the performance level has been an overall evaluation based on performance criteria.



## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Betonarme binalar, ülkemizde yaşanan depremlerde (1992 Erzincan, 1995 Afyon-Dinar, 1999 Adapazarı, 1999 Bolu-Düzce, 2002 Afyon-Sultandağı, 2003 Bingöl) yapısal özelliklerin yetersizliğinden kaynaklanan nedenlerden dolayı önemli derecede hasarlar almış ve can kaybına neden olmuştur [3].

Deprem Mühendisliğinde özellikle son yıllarda meydana gelen gelişmeler, mevcut yapıların deprem performanslarının değerlendirilmesinde ve yeni yapılan yapıların deprem tasarımında, yer değiştirmeye göre tasarım bir başka deyişle şekil değiştirmeye göre tasarım ilkesinin dikkate alınmasını öngörmektedir [3].

Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında amaç; hafif şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can kaybını asgariye indirmektir. Bu düşünce doğrultusunda yapılar bir defa tasarım depremi geçirecek şekilde projelendirilir. Tasarım depreminden daha büyük bir depremle karşılaşıldığında veya yapının birden çok depremle karşılaşması durumunda taşıyıcı sistemin davranışı kullanılan doğrusal yöntemlerle belirlenmemektedir [1].

Doğrusal yöntemlerin bazı durumlarda yetersiz kalması sebebiyle gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilen ve yapının elastik ötesi davranışlarını da dikkate alan Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemlerine ihtiyaç duyulması ve bu bağlamda yapı elemanlarının performanslarını belirleyebilmek amacıyla Performansa Dayalı Tasarım İlkeleri Doğmuştur [10].

Doğrusal Olmayan Yöntemler esas olarak global yer değiştirme, kat yer değiştirmesi, doğrusal olmayan eleman şekil değiştirmeleri, elemanlar arası şekil değiştirmeler gibi önemli performans parametrelerini hesaplamaya dayanmaktadır.

Yapıdaki şekil değiştirmelerin kontrol altında tutularak yükleme yapılmasını esas alarak geliştirilen doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden olan Statik İtme (Pushover) Yöntemi en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Daha önce FEMA ve ATC 'de esasları belirlenen bu yöntem kullanılırken bu yönetmeliklerde belirlenen değerler kullanılıyordu. Ancak DBYBHY-2007'de bu yönetime karşılık gelen doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizinin esaslarının belirlenmesi ile ülkemizde mevcut ya da yeni yapılacak olan binalar için DBYBHY-2007'de belirlenen esaslarla performans analizi yapılacaktır.

Bu yöntemde sabit düşey yükler altında her iki yönde yüklenen yatay yüklerle sistem hedeflenen deplasmana kadar yüklenmeye çalışılır. Adım adım yük ve yatay deplasmanların artmasıyla beraber elastik sınırların ötesinde plastik davranışlar ortaya çıkmaya başlar. Bu şekilde yapı hedeflenen yatay deplasmana erişinceye veya yapısal elemanların belirlenen göçme sınırına ulaşınca kadar analizi devam ettirilir. Bu noktada ulaşılan seviye binanın deprem sonrası performansı seviyesidir [7].

### **1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı**

Ülkemizde meydana gelen depremlerde özellikle betonarme binaların sünekliği sağlayan detaylarının eksikliğinden kaynaklanan nedenlerden dolayı büyük hasarlar aldığı ve sonuç olarak büyük can kaybına neden olduğu görülmüştür. Bundan dolayı mevcut betonarme binaların oluşabilecek bir depreme maruz kalmadan önce deprem performanslarının belirlenmesi ve gerekiyorsa güçlendirme yapılarak performanslarının yeterli düzeye getirilmesi gerekmektedir [3].

Bu çalışmada aşağıdaki adımlar takip edilmiştir:

1.DBYBHY-2007'ye göre performans kriterleri ve performansa dayalı tasarım kavramı hakkında bilgi verilmiştir.

2.Doğrusal olmayan analiz yöntemleri incelenmiş, sayısal uygulamada kullanacağımız Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü İle İtme Analizi ile yapılan analizde performans seviyelerinin nasıl belirleneceğı açıklanmıştır.

3.DBYBHY-2007'ye göre mevcut yapıların nasıl değerlendirileceğı açıklanmıştır.

4.Sayısal uygulama için 1975 Türk Deprem Yönetmeliğı ve ABYYHY-1998 yönetmeliklerine göre projelendirilip yapılan mevcut iki yapı modeli belirlenmiştir. Bu yapıların performans seviyeleri belirlenmiştir.

5.Analiz için belirlenen mevcut iki yapı sistemini, DBYBHY-2007'ye göre kesitleri yeniden belirlenerek iki yeni yapı modeli elde edilmiş ve bu yapıların performans seviyeleri belirlenmiştir. Mevcut yapı modelinin bu performans seviyesine ulaşabilmeleri için her defasında bir kat eksiltilerek yeniden analiz yapılmış, bu performans seviyesini kaç kat eksilterek elde edileceğı belirlenmiş ve bu kat eksiltmenin maliyeti ortaya çıkarılmıştır.

6. Çalışmada varılan sonuçlar değerlendirilmiştir.

## **BÖLÜM 2. PERFORMANSA DAYALI TASARIM KAVRAMI**

Geçtiğimiz yıllarda meydana gelen büyük depremler Northridge- California (1994), Kobe-Japonya (1995), Marmara-Türkiye (1999), Orta-Batı Hindistan (2001), Güney Asya (2004) ve Pakistan (2005) olarak sıralanabilir. Bu depremler çok büyük can ve mal kaybına sebep olmuşlar ve her türden mühendislik yapısına zarar vermişlerdir. Ayrıca bu depremlerde mevcut yönetmeliklere uygun yapılan yapıların, can güvenliğini sağlamalarına karşı yapısal ve yapısal olmayan hasar seviyelerinin yüksek olması önemli ekonomik kayıplara neden olmuştur. Bu depremlerden sonra yapıların deprem etkisindeki performanslarını artırıcı çalışmalara ve yayınlara olan ihtiyaç ortaya çıkmıştır. Bu tür çalışma ve yöntemleri Performansa Dayalı Tasarım başlığı altında toplamak mümkündür. Performansa Dayalı Tasarım; belirli performans hedeflerini elde edebilmek için kullanılan yapısal tasarım kriterlerini içeren yöntemdir.[12]

### **2.1. Binalar İçin Performans Seviyeleri**

Performans seviyeleri bir yapı için belirli bir deprem etkisi altında öngörülen hasar miktarlarının sınır durumlarıdır. Bu performans seviyelerini belirleyen durumlar, binalardaki fiziksel hasarlar, bu hasarlardan oluşabilecek can güvenliği tehdidi ve depremden sonra binanın kullanılabilirlik durumu olarak tanımlanır.

Performansa dayalı incelemede ilk adım bina için “Deprem Performans Amacı” tanımıdır. Bu ise iki soruya cevap verilerek tanımlanır.

1.Binada depremden sonra ne kadar hasara müsaade edilecek ve hangi seviyede güvenlik seviyesi kabul edilecektir?

2.Bunların belirlenmesinde hangi deprem esas alınacaktır? [4]

## 2.2. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesi yapılırken farklı kriterler dikkate alınmaktadır. Dayanıma (kuvvete) dayalı değerlendirme olarak bilinen doğrusal elastik değerlendirme yöntemlerinde, yapının sünekliğinin göz önüne alınarak belirlenen yapı elemanlarının dayanım kapasiteleri, doğrusal teoriye göre hesaplanan elastik deprem yüklerinin etkileriyle karşılaştırılır. Bu karşılaştırma DBYBHY-2007’de verilen etki/kapasite oranlarına göre yapılır. Bunun sonucunda binadan beklenen performans hedefinin ne ölçüde sağlandığı belirlenir [13].

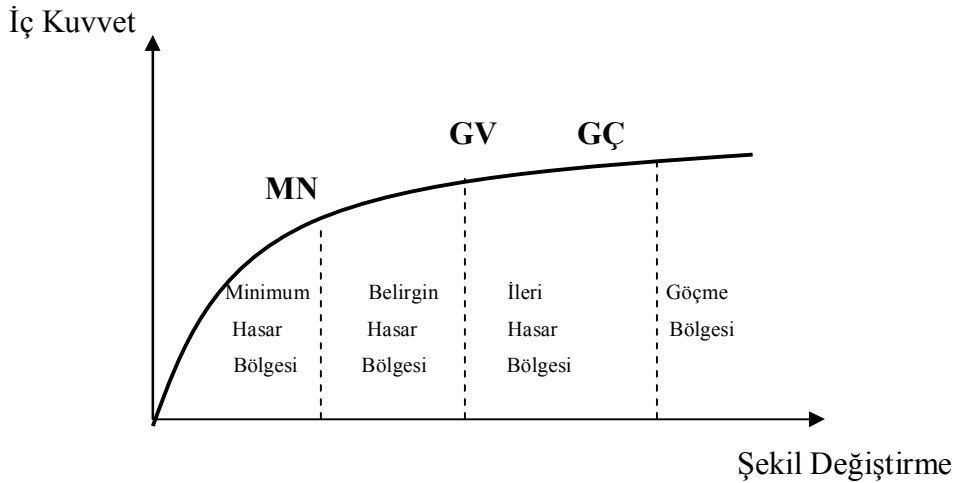
Yer değiştirmeye ve şekil değiştirmeye dayalı değerlendirmeler doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemleriyle yapılmaktadır. Malzeme bakımından doğrusal olmayan sistem hesabına dayanan yöntemlerde ise, önceden belirlenen deprem etkisi altında ele alınan binanın talep edilen yer değiştirme değerine ulaştığında, yapı elemanlarında meydana gelen plastik mafsallara göre beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir. İki yöntem içinde deprem yönetmeliğimiz, yapı elemanları için hasar sınırları ve hasar bölgeleri tanımlanmıştır. Hasar sınırlarının belirlenmesinde, yapı elemanlarının sünek ve gevrek davrandığı göz önüne alınarak elemanların kapasitelerine hangi kırılma türü ile ulaştıkları belirlenmelidir [4].

### 2.2.1. Kesit hasar sınırları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde uç sınır durum tanımlanmaktadır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)’dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik davranışın sona erdiği sınır değeridir. Güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir [1].

### 2.2.2. Kesit hasar bölgeleri

Kritik kesitleri MN hasar sınırına ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, Hasar sınırları MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ' yi aşan elemanların ise Göçme Bölgesi'nde yer aldığı kabul edilmektedir [1].



Şekil 2.1 Kapasite eğrisinde performans seviyeleri ve aralıkları

### 2.2.3. Deprem performans tanımları

Yapıların deprem güvenliği, belirlenen deprem etkisine maruz kalan yapıda oluşması beklenen hasarların durumuna göre belirlenir. Bunun için dört farklı hasar durumu için tanımlanmıştır. Depremde hasar gören yapıların deprem sonrası performansları yine aynı hasar durumlarına göre değerlendirilir [1].

#### 2.2.3.1. Hemen kullanım seviyesi

Belirlenen deprem etkisine maruz kalan yapısal elemanlarda oluşan hasar yok denecek kadar azdır. Yapı elemanları deprem öncesi sahip oldukları rijitlik ve dayanım özelliklerini hemen hemen korumaktadırlar. Yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmamıştır. Yani yapı elastik sınırlar içinde kalmıştır. Çok az sayıda elemanda (özellikler kirişlerde) akma sınırı aşılmış olabilir. Çatlamların oluştuğu yapısal

olmayan elemanların hasarları onarılabilir düzeydedir. Hemen kullanım seviyesinde herhangi bir katta, belirlenen her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Minimum Hasar Bölgesi'ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar geçen elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir [1].

### 2.2.3.2. Can güvenliği seviyesi

Belirlenen deprem etkisine maruz kalan yapıda bazı yapısal elemanlar da hasar görülür. Hasar gören bu elemanlar deprem öncesi sahip olduğu yatay rijitliklerini ve dayanımlarını önemli ölçüde korumaktadırlar. Düşey yüklerin taşınması konusunda herhangi bir problem söz konusu değildir. Dolgu duvarlar can güvenliğini tehlikeye sokacak kadar hasar görmemiştir. Bu duvarların yıkılması söz konusu değildir. Yapıda meydana gelen az miktardaki kalıcı ötelenmeler ve şekil değiştirmeler minimum düzeydedir [1].

Can güvenliği seviyesinin belirlenmesinde aşağıdaki yol izlenir. Buna göre eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u ileri hasar bölgesine geçebilir.

b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, 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.

### **2.2.3.3. Göçme öncesi performans seviyesi**

Yapısal elemanların önemli bir kısmında hasar görülür. Taşıyıcı elemanlarda bazıları deprem öncesi sahip oldukları rijitliklerinin ve dayanımlarının çok önemli bir kısmını kaybetmiştir. Düşey taşıyıcı elemanlar ancak düşey yükleri taşıyabilmektedir. Yapıda aksel kapasitelerine ulaşmış taşıyıcı elemanlara rastlanabilir. Yapısal olmayan elemanların hemen hemen hepsi hasar görmüştür. Hatta dolgu duvarların bazıları can güvenliğini tehlikeye sokacak kadar hasarlıdır veya yıkılmıştır. Yapıda geri dönüşü olmayan ötelemeler oluşmuştur [1].

Bu performans seviyesine göre gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun göz önüne alınması kaydı ile aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.

b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, 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.

c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.



#### 2.2.3.4. Göçme durumu

Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır. Yapı artık göçme durumuna gelmiştir. Düşey elemanların bir bölümü göçmüştür. Göçmeyen elemanlar düşey yükleri taşıyabilmektedir, ancak yatay rijitlikleri ve dayanımları çok azalmıştır. Yapısal olmayan elemanların büyük çoğunluğu göçmüştür. Yapıda belirgin kalıcı ötelenmeler oluşmuştur. Yapı tamamen göçmüştür veya yıkılmanın eşiğindedir. Daha sonra meydana gelebilecek artçı depremler altında bile yıkılma olasılığı yüksektir. Taşıyıcı olmayan elemanların hasarı ve kat rölatif yer değiştirmeleri gibi hususlar kontrol edilmez [1].

#### 2.3. Deprem Etki Seviyeleri

Yapıların performansa dayalı tasarım ve değerlendirilmesinde öncelikli olarak öngörülen performans hedefinin hangi deprem etki seviyesine karşı geldiği belirlenmelidir. Performansa dayalı tasarımın yapılabilmesi için farklı seviyede deprem hareketleri belirlenmiştir. Genel olarak deprem etki seviyeleri 50 yıl içerisinde asılma olasılıkları ve benzer büyüklükte depremlerin oluşumu göz önüne alınarak dönüş periyoduna göre ifade edilmektedir [16].

a) Servis (Kullanım) Depremi (SE): 50 yıl içinde asılma olasılığı %50 olan deprem hareketidir. Bu depremin etkisi tasarım depremi'nin 0.5 katı civarındadır. Yaklaşık dönüş periyodu ortalama 75 yıldır ve yapının ömrü boyunca bir kez veya daha fazla meydana gelmesi olasıdır.

b) Tasarım Depremi (DE): 50 yıl içinde aşılma olasılığı %10 olan deprem hareketidir. Dönüş periyodu yaklaşık 475 yıldır ve yapının ömrü boyunca meydana gelme olasılığı düşüktür. 2007 Türk Deprem Yönetmeliği tarafından yapıların sismik tasarımında esas alınan depremdir.

c) En Büyük Deprem (ME): 50 yılda aşılma olasılığı % 2, dönüş periyodu yaklaşık 2475 yıl olan bir depremdir. Bu depremin etkisi tasarım depreminin yaklaşık olarak 1.50 katıdır.

Aşılma olasılığı ile dönüş periyodu arasındaki bu ilişki Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. Deprem Etki Seviyeleri

<b>AŞILMA OLASILIĞI</b>	<b>ZAMAN ARALIĞI</b>	<b>ORTALAMA DÖNÜŞ PERİYODU</b>
50%	50 Yıl	75 Yıl
20%	50 Yıl	225 Yıl
10%	50 Yıl	475 Yıl
2%	50 Yıl	2475 Yıl

#### **2.4. Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesinde Hedeflenen Deprem Performans Seviyeleri**

Performans hedefi, belirli bir deprem etkisine maruz kalan bir binanın, bu deprem etkisini hangi hasar seviyesi ile karşıladığının belirlenmesi şeklinde ifade edilmektedir. Bir bina için, birden fazla yer hareketi altında farklı performans hedefleri seçmek mümkündür. Buna çok seviyeli performans hedefi denir. DBYBHY-2007’ye göre yeni yapılacak, mevcut ve güçlendirilecek binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesinde esas alınacak çok seviyeli performans hedefleri Tablo 2.2’ de verilmiştir [14].

Tablo 2.2. Farklı deprem etkileri altında hedeflenen performans düzeyleri (TDY–2007)

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

## **BÖLÜM 3. ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ (PUSHOVER ANALİZİ)**

### **3.1. Giriş**

Bu bölümde mevcut binaların performans seviyelerinin belirlenmesi için uygulanacak olan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin (Pushover Analizi) esasları, gerekli olan analitik işlemler ve uygulama yöntemleri sırasıyla açıklanmıştır. Bunlar doğrusal olmayan analiz için basitleştirme yöntemlerini, kapasiteyi, yer değiştirmeyi ve performans seviyesini belirlemek için kullanılacak işlemlerdir [16].

Betonarme binaların analizi için doğrusal ve doğrusal olmayan olmak üzere kullanılan başlıca iki analiz yöntemi vardır. Doğrusal analiz yöntemlerinde malzemenin doğrusal sınırlar içindeki davranışları dikkate alınır. Doğrusal analiz, statik yatay kuvvet, dinamik yatay kuvvet ve talep-kapasite oranlarını kullanan işlemler içerir. Binaya doğrusal olarak bir statik itme hareketi verildiğinde, karşılık olarak binanın tekrar eski haline dönüp salınımlar yapacağı varsayımı yapılarak gerçekleştirilen doğrusal analizde, malzemenin doğrusal olmayan davranışları göz önüne alınmadığı için elemanlarda kalan ek kapasite kullanılmamaktadır [16].

Doğrusal yöntemler kullanılarak yapının elastiklik kapasitesinin ve ilk akmanın nerede olacağını tespit edilmesi mümkün olmasına rağmen yapıdaki mekanizma durumları ve akma sırasındaki kuvvet dağılımları da incelenememektedir. Doğrusal olmayan analiz yöntemleri ise, yapıların göçme anına kadar ki davranışlarını, kuvvet dağılımlarını ve mod şeklinin nasıl olacağına dair oldukça net sonuçlar vermektedir. Analiz sırasında lineer olmayan yöntemlerin kullanılması, tasarımı yapan mühendise bir deprem anında binanın davranışı ile ilgili mekanizma durumlarını gösterecek şekilde sonuçlar verebildiği için gerçekçi çözümler üretilmesine olanak tanır [10].

Doğrusal olmayan itme analizi; mevcut binaların performanslarının değerlendirilmesi, güçlendirilme yapılacak binaların tasarımlarının yapılması ve yeni yapılacak yapıların tasarımında mühendislere fikir vermesi bakımından büyük kolaylık sağlayan bir yöntemdir. Analiz; yapının hedef deplasmana ulaşmaya kadar sabit yükseklik dağılımıyla adım adım artan yanal kuvvetlere maruz bırakılmasıyla yapılan yaklaşık bir yöntemdir [14].

Doğrusal Analiz Yöntemleri:

1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
2. Mod Birleştirme Yöntemi
3. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri:

1. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (Pushover Analizi)
2. Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi
3. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

### **3.2. Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri**

Deprem etkisi altında mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu istem büyüklükleri, şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesi yapılır.

#### **3.2.1. Plastik davranışın idealleştirilmesi**

2007 Deprem Yönetmeliğinde, doğrusal elastik olmayan analiz için yığılı plastik davranış modeli'nin (plastik kesit kavramı) kullanılması öngörülmüştür. Basit eğilme durumunda plastik mafsal hipotezi'ne karşı gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin

plastik kapasitelerine eristiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik sekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır. Basit eğilme durumunda plastik mafsal boyu olarak adlandırılan plastik sekil değiştirme bölgesi'nin uzunluğu ( $L_p$ ), çalışan doğrultudaki en kesit yksekligi ( $h$ )'nin yarısına eşit olmaktadır [1].

$$L_p = 0.5 h \quad (3.1)$$

Sadece aksenal kuvvet altında plastik sekil değiştirme yapan elemanların plastik sekil değiştirme bölgelerinin uzunluğu, ilgili elemanın serbest boyuna eşit olarak alınır. Yığılı plastik şekil değiştirmeyi temsil eden plastik kesit'in, teorik olarak yukarıda tanımlanan plastik şekil değiştirme bölgesinin tam ortasına yerleştirilmesi gerekir. Ancak pratik uygulamalarda aşağıda belirtilen yaklaşık idealleştirmeler yapılabilir:

a) Kolon ve kirişlerde plastik kesitler, kolon-kiriş birleşim bölgesinin hemen dışına, diğer deyişe kolon veya kirişlerin net açıklıklarının uçlarına konulabilir. Ancak, düşey yüklerin etkisinden ötürü kiriş açıklıklarında da plastik mafsalların oluşabileceği göz önüne alınmalıdır.

b) Betonarme perdelerde, plastik kesitler her katta perde kesiminin alt ucuna konulabilir. U, T, L veya kutu kesitli perdeler, bütün kolları birlikte çalışan tek perde olarak idealleştirilmelidir. Binaların bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunması durumunda, bu perdelerden üst katlara doğru devam eden perdelerin plastik kesitleri bodrum üstünden başlamak üzere konulmalıdır.

Bir veya iki aksenli eğilme ve aksenal kuvvet etkisinde plastikleşen betonarme kesitlerin akma yüzeylerinin (etkileşim diyagramlarının) tanımlanmasında, beton ve donatı çeliğinin bilgi düzeyi katsayısı ile çarpılan mevcut dayanımları esas alınır. Betonarme kesitlerin akma yüzeyleri uygun biçimde doğrusallaştırılarak, iki boyutlu davranış durumunda akma çizgileri, üç boyutlu davranış durumunda ise akma düzlemleri olarak modellenebilir. Eğilme etkisindeki betonarme elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılacaktır.

Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerlerden yararlanılabilir.

a) Kirişlerde  $0.40EI_0$

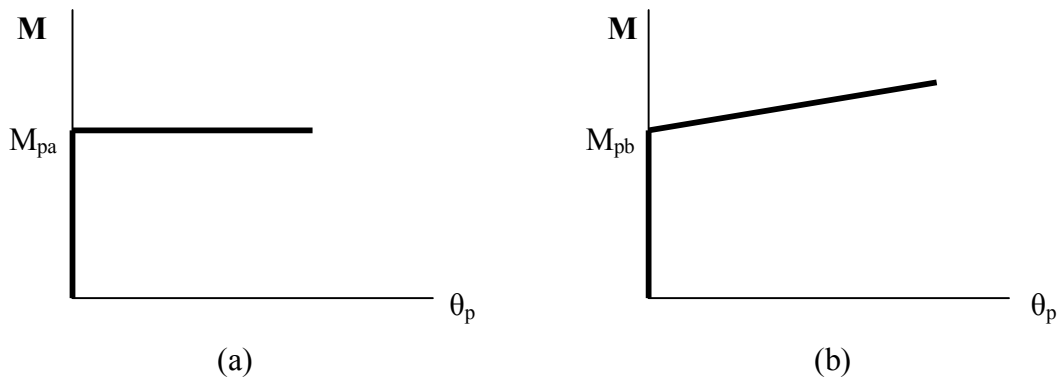
b) Kolon ve perdelerde  $N_d/(A_c f_{ck}) \leq 0.10$  olması durumunda:  $0.40 EI_0$

$N_d/(A_c f_{ck}) \geq 0.40$  olması durumunda:  $0.80 EI_0$

Yukarıdaki bağıntılarda  $N_d$  düşey yükler altında hesaplanan aksenal basınç kuvvetini göstermektedir.  $N_d$  'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. İtme analizi modelinde kullanılacak olan plastik kesitlerin iç kuvvet – plastik şekil değiştirme bağıntıları ile ilgili olarak aşağıdaki idealleştirmeler yapılabilir.

a) İç kuvvet-plastik şekil değiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağlı olarak plastik momentin artışı) yaklaşık olarak terk edilebilir (Şekil 3.1a). Bu durumda, bir veya iki eksenli eğilme ve aksenal kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında, iç kuvvetlerin akma yüzeyinin üzerinde kalması koşulu ile plastik şekil değiştirme vektörünün akma yüzeyine yaklaşık olarak dik olması koşulu göz önüne alınır.

b) Pekleşme etkisinin göz önüne alınması durumunda (Şekil 3.1b), bir veya iki eksenli eğilme ve aksenal kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında iç kuvvetlerin ve plastik şekil değiştirme vektörünün sağlaması gereken koşullar, ilgili literatürden alınan uygun bir pekleşme modeline göre tanımlanmalıdır.



Şekil 3.1. Eğilme momenti-Plastik dönme bağıntıları

### 3.2.2. Artımsal mod birleştirme yöntemi

Deprem talebine kadar her bir titreşim modunda monolitik olarak arttırılan modal yer değiştirmelere göre mod birleştirme yöntemi, ardışık iki plastik mafsal oluşumu arasındaki her bir itme adımında artımsal olarak uygulanır. Bu itme adımlarında taşıyıcı sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvet artımları ile bu büyüklüklere ait birikimli değerler ve son itme adımında deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanır. Artımsal mod birleştirme yöntemi tüm binalara uygulanabilmektedir [1].

### 3.2.3. Zaman tanım alanında artımsal hesap yöntemi

Taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan davranışı göz önüne alınarak, sistemin hareket denklemi artımsal olarak entegre edilir. Her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem talebine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanır. Zaman Tanım Alanında Artımsal Hesap Yöntemi tüm binalara uygulanabilir [1].

### 3.2.4. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi (pushover analizi)

DBYBHY-2007’de statik itme analizine karşı gelen Artımsal İtme Analizinin Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemidir. Bu yöntemin binaların performanslarının belirlenmesinde kullanılabilmesi için binanın kat sayısının bodrum hariç 8’den fazla olmaması ve herhangi bir katta dışmerkezlilik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının  $\eta_{bi} < 1,4$  koşulunu sağlaması gerekir. Ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütesine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur [1].

Bu yöntemin amacı, birinci titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizinin yapılmasıdır. Düşey yük analizini



izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait kümülatif değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanır.

Bu yöntemle analiz yapılması durumunda, koordinatları “modal yer değiştirme-modal ivme” olarak tanımlanan birinci moda ait “ modal kapasite diyagramı” elde edilecektir. Bu diyagram ile birlikte DBYBHY-2007'nin 2.4 maddesinde tanımlanan elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde DBYBHY-2007'nin 7.8 maddesinde yapılan değişiklikler göz önüne alınarak birinci moda ait modal yer değiştirme istemi belirlenecektir. Plastikleşen (sünek) kesitlerde hesaplanmış bulunan plastik dönme istemlerinden plastik eğrilik istemleri ve DBYBHY-2007'nin 7.6.8 maddesine göre toplam eğrilik istemleri elde edilecektir. Daha sonra bunlara bağlı olarak betonarme kesitlerde betonda ve donatı çeliğinde meydana gelen birim şekil değiştirme istemleri hesaplanır. Bu istem değerleri, kesit düzeyinde çeşitli hasar sınırları için ilgili birim şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit düzeyinde sünek davranışa ilişkin performans değerlendirilmesi yapılacaktır. Analiz sonucunda elde edilen kesme kuvveti istemleri ise DBYBHY-2007'nin 7.6.11 maddesinde tanımlanan kapasitelerle karşılaştırılarak kesit düzeyinde gevrek davranışa ilişkin performans değerlendirilmesi yapılır.

#### 3.2.4.1. Deprem yüklerinin tanımlanması

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı  $A(T)$  ile gösterilmiştir. % 5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumunun ordinatı olan Elastik Spektral İvme  $S_{ae}(T)$ , Spektral ivme katsayısı ile  $g$  nin çarpımına karşı gelmektedir [1].

$$\begin{aligned} A(T) &= A_o \cdot I \cdot S(T) \\ S_{ae}(T) &= A(T) \cdot g \end{aligned} \quad (3.2.)$$

DBYBHY –2007 yönetmeliğinde tasarıma esas yer hareketinin belirlenmesinde kullanılan, ivme spektrumlarının  $T_A$  ve  $T_B$  karakteristik değerlerinin zemin sınıfına göre dağılımı Tablo 3.1'de, deprem bölgelerine göre sınıflandırılan etkin yer ivme

katsayısı Tablo 3.2’de, yapıların kullanım amacına göre belirtilen bina önem katsayısı Tablo 3.3’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Spektrum karakteristik periyotları ( $T_A$  ve  $T_B$ )

Yerel Zemin Sınıfı	$T_A$ (Saniye)	$T_B$ (Saniye)
Z1	0,10	0,30
Z2	0,15	0,40
Z3	0,15	0,60
Z4	0,20	0,90

Tablo 3.2. Etkin Yer İvme Katsayısı ( $A_0$ )

Deprem Bölgesi	$A_0$
1	0,40
2	0,30
3	0,20
4	0,10

Spektrum Katsayısı,  $S(T)$ , yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu  $T$ 'ye bağlı olarak Denk.(3.3) ile hesaplanacaktır.

$$S(T) = 1 + 1,5 \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$S(T) = 2,5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (3.3)$$

$$S(T) = 2,5 \left( \frac{T_B}{T} \right)^{0,8} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

Tablo 3.3. Bina Önem Katsayısı (I)

<b>Binanın Kullanım Amacı Veya Türü</b>	<b>Bina Önem Katsayısı (I)</b>
<p><b>1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</b></p> <p><b>a)</b> Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)</p> <p><b>b)</b> Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar</p>	1.5
<p><b>2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</b></p> <p><b>a)</b> Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb.</p> <p><b>b)</b> Müzeler</p>	1.4
<p><b>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</b></p> <p>Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.</p>	1.2
<p><b>4. Diğer binalar</b></p> <p>Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)</p>	1.0

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (taban kesme kuvveti),  $V_t$ , Denk.(3.4) ile belirlenecektir.

$$V_t = \frac{W A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0,10 A_0 I W \quad (3.4)$$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı, çeşitli taşıyıcı sistemler için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı,  $R$ 'ye ve doğal titreşim periyodu,  $T$ 'ye bağılı olarak Denk.(3.5) ile belirlenecektir.

$$R_a(T) = 1,5 + (R-1,5) \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$R_a(T) = R \quad (T_A < T) \quad (3.5)$$

### 3.2.4.2. Kapasitenin belirlenmesi

Performansı değerlendirilecek bir yapının öncelikle kapasitesinin bilinmesi gerekmektedir. Performansa dayalı mühendislikte kapasite, statik itme eğrisi veya modal kapasite eğrisi adı verilen kuvvet-yer değiştirme eğrisi ile ifade edilir. Yaygın bir şekilde, kuvvet olarak taban kesme kuvveti, yer değiştirme olarak ise tepe yer değiştirmesi kullanılmaktadır. Performansa dayalı tasarımda temel parametreler kapasite, talep ve bunlara bağılı olarak elde edilen performans noktasıdır [10].

Talep (Deplasman): Bilindiği gibi deprem hareketi hem yatayda hem de düşeyde çok karmaşık deplasman şekilleri oluşturmaktadır. Bu kadar karmaşık hareketlerin hepsinin göz önünde bulundurulması çok zordur. Statik İtme Analizi yapılırken depremin oluşturduğu talep doğrudan yapının talebi varsayılarak bir basitleştirme yapılır ve yapının talebi olarak kullanılır [10].

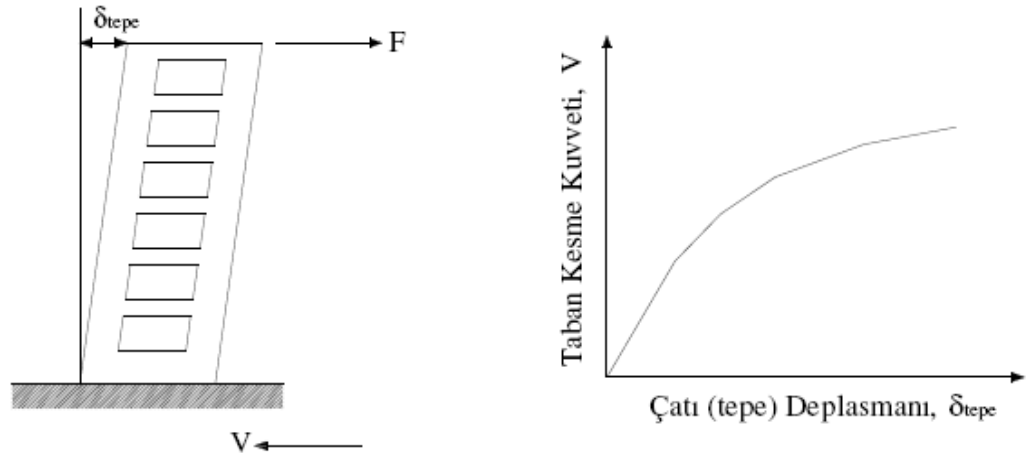
Kapasite: Yapının tüm kapasitesi, taşıma gücüne ve yapı bileşenlerinin deformasyon yapabilme kapasitelerine bağılıdır. Bu ifadeden de anlaşılacağı gibi yapının genel kapasitesi, ayrı ayrı onu oluşturan elemanların kapasitesine bağılıdır. Elastik sınıra kadar olan bölümdeki deformasyon yapabilme kapasitesi doğrusal analiz yöntemleri ile hesaplanabilir fakat elastik sınırın ötesindeki deformasyon yapabilme kapasitesini belirlemek için pushover gibi doğrusal olmayan analizlerden bazılarını kullanmak gerekir. Bu analiz yönteminde yapıyı teşkil eden bileşenlerin akma sınırına ulaşması için sisteme giderek artan yatay yük uygulanır. Bu işleme, yapı labil hale gelene kadar veya önceden belirlenmiş olan sınır duruma erisene kadar devam edilir. İki ve

üç boyutlu sistemlerin doğrusal olmayan davranışları ile bunlara ait kapasite eğrileri bilgisayar programları sayesinde kolaylıkla hesaplanabilmektedir. İtme analizi (pushover) sonucu elde edilen kapasite eğrisi, doğrusal ötesi davranış için gerçekçi sonuçlar sunsa da oldukça yaklaşık bir yöntem olduğu unutulmamalıdır [16].

Performans: Talep ve kapasitesinin belirlenmesinin ardından yapının performansı belirlenebilir. Belirlenen bu performans değeri ile yapının taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlarının kabul edilebilir performans limitleriyle karşılaştırması yapılabilir [10].

Bir yapının kapasitesinin belirlemede yani performansa dayalı analizde, ilk adım olarak, yapının kapasite eğrileri elde edilir. Kapasite diyagramları; belirli bir yapının sıfır konumundan kararsız hale gelinceye kadar geçen süre içerisinde yapıya artırılarak uygulanan yük etkisi altında taban kesme kuvvetlerine karşılık gelen çatı deplasman değerlerinin bir etkileşim diyagramı üzerinde kesişen noktaların geometrik olarak birleştirilmesiyle elde edilen diyagramlardır. Yapının kapasitesi bu diyagramlarla ifade edilir. Bu diyagramlara pushover eğrisi de denilmektedir. Bu eğrileri belirlemek için yapılan analiz Pushover Analizidir [16].

Pushover eğrisi çizilirken, genellikle yapının birinci doğal titreşim modu esas alınarak yapılan yüklemeler sonucunda yapıda meydana gelen taban kesme kuvveti ile oluşan yatay deplasman göz önünde tutulur. Bu durum genellikle doğal titreşim periyodu bir saniye ya da daha az olan yapılar için geçerlidir. Çünkü bu tür yapılarda daha yüksek modların yapıya etkileri oldukça küçük olduğu için bu etkiler ihmal edilebilir. Ancak, çok katlı ve daha sünek yapılarda, birinci moda ait doğal titreşim periyodu bir saniyeden daha fazladır ve yüksek modların yapıya olan etkileri göz ardı edilemeyecek kadar büyüktür, dolayısıyla bu durumda hesap yapılırken daha yüksek modların etkisi de göz önüne alınmalıdır [10].



Şekil 3.2. Taban kesme kuvveti ile çatı deplasmanı arasındaki ilişki

### 3.2.4.3. İtme eğrisinin kapasite diyagramına dönüştürülmesi

Artımsal İtme Analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanacaktır. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci doğal titreşim mod şeklinin genlikleri olarak her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme göz önüne alınacaktır [1].

Burada tanımlanan sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile koordinatları “tepe yer değiştirmesi-taban kesme kuvveti” olan itme eğrisi elde edilecektir (Şekil 3.2). Tepe yer değiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde göz önüne alınan x deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yer değiştirmedir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin x deprem doğrultusundaki toplamıdır. İtme eğrisine uygulanan koordinat dönüşümü ile “modal yer değiştirme-modal ivme” olan modal kapasite diyagramı aşağıdaki şekilde elde edilebilir [1].

(i)'inci itme adımında birinci moda ait modal ivme  $a_1^{(i)}$  aşağıdaki şekilde elde edilir:

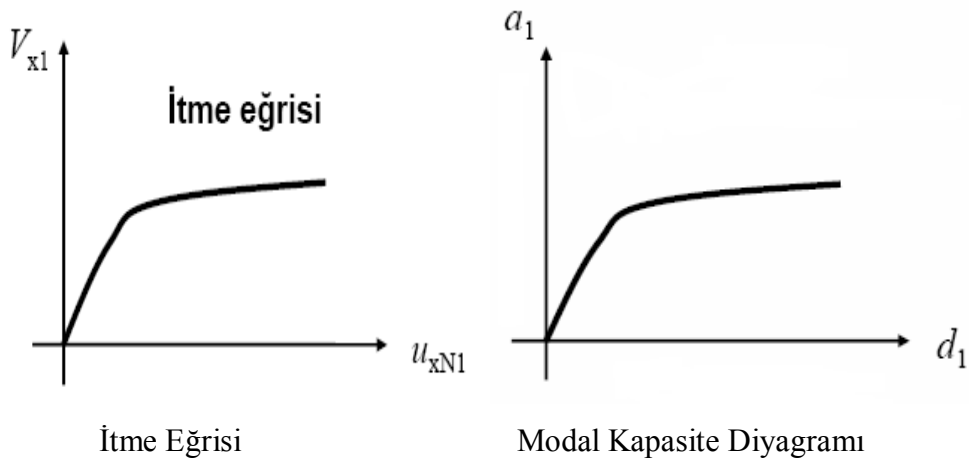
$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (3.6)$$

(i)'inci itme adımında birinci moda ait modal yer değiştirme  $d_1^{(i)}$ 'in hesabı için aşağıdaki bağıntı

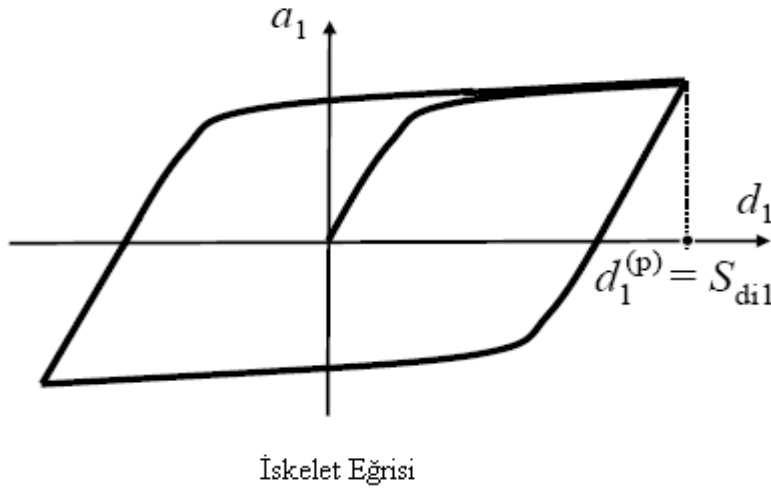
kullanılır:

$$d_1^{(i)} = \frac{U_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (3.7)$$

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (3.8)$$



Şekil 3.3. İtme Eğrisinin Modal Kapasiteye Dönüştürülmesi



Şekil 3.4. Modal Histeresis Çevrimi

### 3.2.4.4. Modal yer değıştirmenin hesaplanması

İtme analizi sonucunda yukarıda açıklandığı şekilde elde edilen modal kapasite diyagramı ile birlikte, elastik davranış spektrumu göz önüne alınarak, birinci moda ait maksimum modal yer değıştirme, diğer bir değışle modal yer değıştirme talebi hesaplanır. Tanım olarak modal yer değıştirme talebi  $d_1^{(p)}$  doğrusal olmayan spektral yer değıştirme  $S_{di1}$ 'e eşittir [1].

$$d_1^{(i)} = S_{di1} \quad (3.9)$$

Doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yer değıştirme,  $S_{di1}$ , itme analizinin ilk adımında, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci moda ait  $T_1^{(1)}$  başlangıç periyoduna karşı gelen doğrusal elastik (linear) spektral yer değıştirme  $S_{del}$ 'e bağlı olarak Denk.(3.10) ile elde edilir:

$$S_{di1} = C_{R1} \cdot S_{del} \quad (3.10)$$

Doğrusal elastik (linear) spektral yer değıştirme  $S_{del}$ , itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme  $S_{ael}$ 'den hesaplanır:



$$S_{del} = \frac{S_{ael}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (3.11)$$

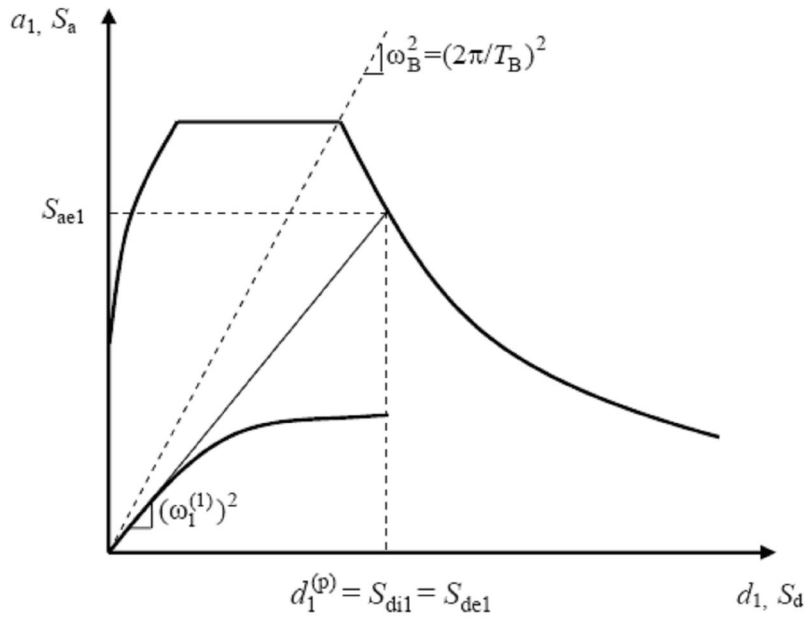
Spektral yer değiştirme oranı  $C_{R1}$ , başlangıç periyodu  $T_1^{(1)}$ 'in değerine ( $T_1^{(1)} = 2\pi / \omega_1^{(1)}$ ) bağlı olarak aşağıdaki şekilde belirlenir.  $T_1^{(1)}$  başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyot  $T_B$ 'ye eşit veya daha uzun olması durumunda ( $T_1^{(1)} \geq T_B$ ) veya  $(\omega_1^{(1)})^2 \leq \omega_B^2$ , doğrusal elastik olmayan spektral yer değiştirme  $S_{di1}$ , eşit yer değiştirme kuralı uyarınca doğal periyodu yine  $T_1^{(1)}$  olan eşenik doğrusal elastik sistem'e ait doğrusal elastik spektral yer değiştirme  $S_{del}$ 'e eşit alınacaktır. Buna göre Denk.(3.10)'daki spektral yer değiştirme oranı:

$$C_{R1}=1 \quad (3.12)$$

değerini almaktadır.

şekil 3.4'de ve şekil 3.5'te birinci titreşim moduna ait ve koordinatları  $(d_1, a_1)$  olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları "Spektral Yer Değiştirme ( $S_d$ ) – Spektral İvme ( $S_a$ )" olan davranış spektrumu bir arada çizilmiştir.

$T_1^{(1)}$  başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyot  $T_B$ 'den daha kısa olması durumunda ( $T_1^{(1)} < T_B$ ) veya  $(\omega_1^{(1)})^2 > \omega_B^2$ ), ise Denk. (3.10)'daki spektral yer değiştirme oranı  $C_{R1}$ , ardışık yaklaşımla aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır.

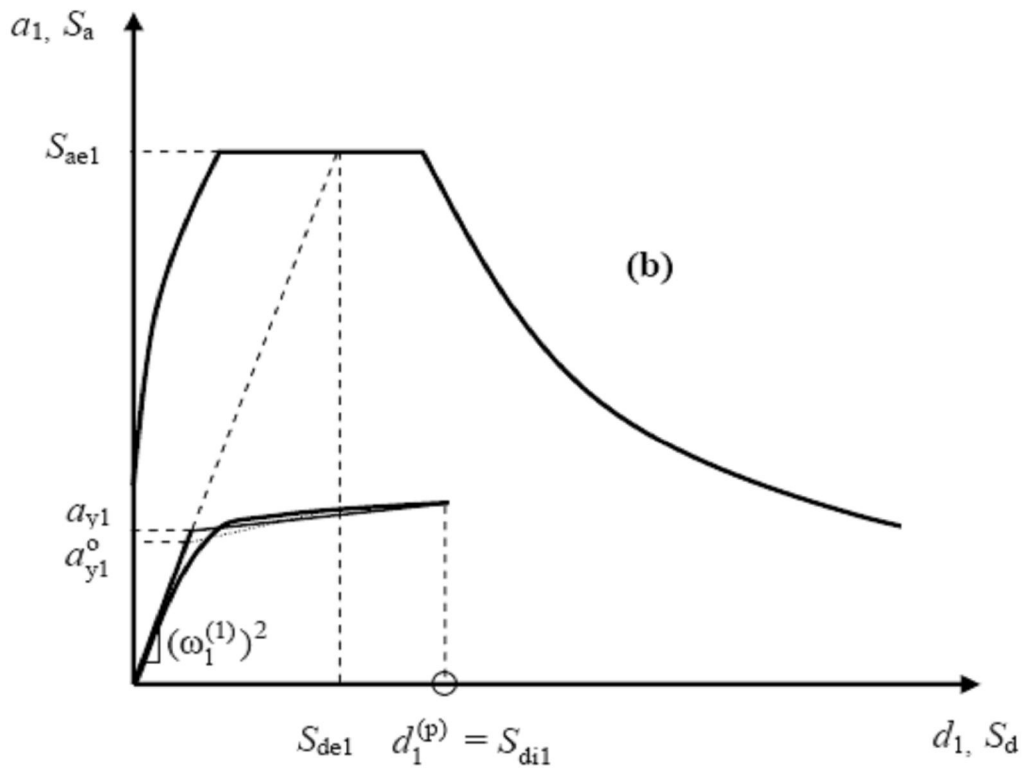
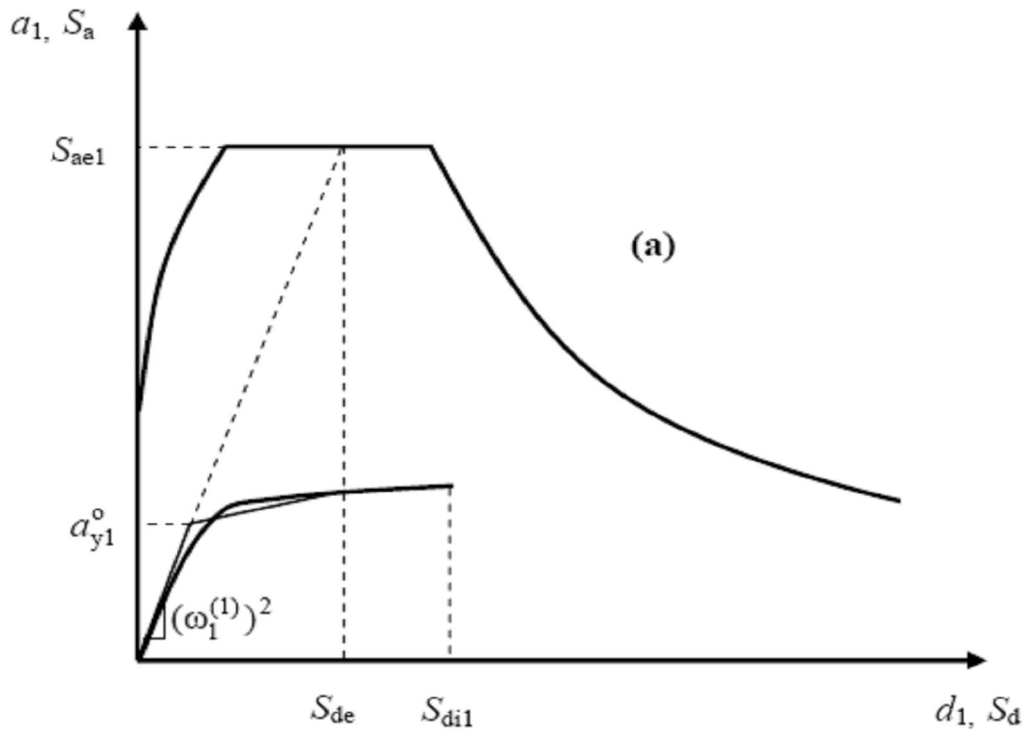


Şekil 3.5. Performans noktasının belirlenmesi ( $T_1^{(1)} \geq T_B$ )

a) İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı, şekil 3.6(a)'da gösterildiği gibi, yaklaşık olarak iki doğrulu bir diyagrama dönüştürülür. Bu diyagramın başlangıç doğrusunun eğimi, itme analizinin ilk adımındaki ( $i=1$ ) doğrunun eğimi olan birinci moda ait öz değere,  $(\omega_1^{(1)})^2$ , eşit alınır.

b) Ardışık yaklaşımın ilk adımında  $C_{R1} = 1$  kabulü yapılarak, diğer deyişle Denk. (3.13) kullanılarak eşdeğer akma noktası'nın koordinatları eşit alanlar kuralı ile belirlenir. Şekil 3.6 (a)'da görülen  $a_{y1}^0$  esas alınarak  $C_{R1}$  aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1) T_B / T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (3.13)$$



Şekil 3.6. Performans noktasının belirlenmesi ( $T_1^{(1)} \leq T_B$ )

Bu bağıntıda  $R_{y1}$  birinci moda ait dayanım azaltma katsayısı'nı göstermektedir:

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (3.14)$$

c) Denk.(3.13)'ye göre hesaplanan  $S_{d1}$  esas alınarak eşdeğer akma noktasının koordinatları, Şekil 3.6 (b)'de gösterildiği üzere, eşit alanlar kuralı ile yeniden belirlenir ve bunlara göre  $a_{y1}$ ,  $R_{y1}$ ,  $C_{R1}$ , tekrar hesaplanır. Ardışık iki adımda elde edilen sonuçların kabul edilebilir ölçüde birbirlerine yaklaştıkları adımda ardışık yaklaşıma son verilir. Son itme adımı  $i = p$  için Denk.(3.10)'ya göre belirlenen modal yer değiştirme talebi  $d_1^{(p)}$ 'nin Denk.(3.15)'de yerine konulması ile x deprem doğrultusundaki tepe yer değiştirmesi talebi  $U_{xN1}^{(p)}$  elde edilir:

$$U_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (3.15)$$

Buna karşı gelen diğer tüm talep büyüklükleri (yer değiştirme, şekil değiştirme ve iç kuvvet talepleri) mevcut itme analizi dosyasından elde edilecek veya tepe yer değiştirmesi talebine ulaşıncaya kadar yapılacak yeni bir itme analizi ile hesaplanır.

### 3.3. Kesitteki Birim Sekil Değiştirme Taleplerinin Belirlenmesi

Doğrusal elastik olmayan yöntemlere göre hesaplanan taşıyıcı sistemlerde, herhangi bir kesitte elde edilen  $\theta_p$  plastik mafsal dönmesine bağlı olarak, plastik eğrilik talebi aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$\varphi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (3.16)$$

Beton ve donatı çeliği modelleri kullanılarak elde edilen iki doğrulu eğilme momenti-eğrilik ilişkisi ile tanımlanan  $\varphi_y$  eşdeğer akma eğriliği, yukarıda tanımlanan  $\varphi_p$  plastik eğrilik talebiyle toplanarak, kesitteki  $\varphi_t$  toplam eğrilik talebi elde edilir.

$$\varphi_t = \varphi_y + \varphi_p \quad (3.17)$$

Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekil değiştirmesi talebi ile donatıdaki birim şekil değiştirme talebi, yukarıda tanımlanan toplam eğrilik talebine göre, ilgili kesitte verilen beton ve donatı çeliği modelleri kullanılarak elde edilen eğilme momenti – eğrilik ilişkisinden hesaplanır. Beton ve donatı çeliğinin birim şekil değiştirmeleri cinsinden elde edilen deprem taleplerine, aşağıda tanımlanan şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit bazında taşıyıcı performansı belirlenir [14].

### 3.4. Betonarme Elemanların Kesit Birim Sekil Değişirme Kapasiteleri

Plastik şekil değiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, performans düzeylerine göre izin verilen şekil değiştirme sınırları (kapasiteleri) aşağıda tanımlanmıştır.

a) Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN) için beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları için:

$$(\varepsilon_{cu})_{MN}=0.0035 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{MN}=0.010 \quad (3.18)$$

b) Kesit Güvenlik Sınırı (GV) için beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatıdaki birim şekil değiştirmesi üst sınırları için:

$$(\varepsilon_{cg})_{GV}=0.0035+0.01(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GV}=0.040 \quad (3.19)$$

c) Kesit Göçme Sınırı (GÇ) için beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı birim şekil değiştirmesi üst sınırları için:

$$(\varepsilon_{cg})_{GC}=0.004+0.014(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GC}=0.060 \quad (3.20)$$

## **BÖLÜM 4. MEVCUT BİNALARIN BİLGİ DÜZEYİ**

### **4.1. Giriş**

Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin hesaplanmasında ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler; binaların projelerinden, raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilerek yapılır. Binalardan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler; yapısal sistemin tanımlanması, bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin belirlenmesi, varsa mevcut hasarın ve evvelce yapılmış olan değişiklik ve/veya onarımların belirlenmesi, eleman boyutlarının ölçülmesi, malzeme özelliklerinin saptanması, sahada derlenen tüm bu bilgilerin binanın varsa projesine uygunluğunun kontrol edilmesi gerekmektedir [1].

### **4.2. Bilgi Düzeyleri**

Binaların incelenmesinden elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre her bina türü için bilgi düzeyi katsayıları tanımlanmaktadır. Bilgi düzeyleri sırasıyla sınırlı, orta ve kapsamlı olarak sınıflandırılırlar. Elde edilen bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır[10].

Sınırlı bilgi düzeyi'nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir.

Orta bilgi düzeyi'nde eğer binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Eğer mevcut ise sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri doğrulanır.

Kapsamlı bilgi düzeyi'nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması amacıyla orta bilgi düzeyine göre daha kapsamlı ölçümler yapılır.

Tablo 4.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

#### 4.2.1. Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi

**Bina Geometrisi:** Binanın geometrisinin incelenmesi sırasında saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem plan rölevesi çıkarılır. Mimari projeler mevcut ise, röleve çalışmalarında bu projelerden faydalanılır. Elde edilen bilgilerin; tüm betonarme elemanların ve bölme duvarların her kattaki yerini, aks aralıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermesi gerekir. Elde edilecek bilgiler binanın hesap modelinin oluşturulması için yeterli olmalıdır. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda kontrol çukuru ile belirlenir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) ayrıyeten belirlenmelidir [1].

**Eleman Detayları:** Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değildir. Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının en fazla binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı varsayılır. Bu varsayımın doğrulanması veya hangi oranda gerçekleştiğinin belirlenmesi için her katta en az birer adet olmak üzere kolonların ve kirişlerin her birinden %10 oranında elemanın pas payları sıyrılarak donatı tespiti yapılır. Sıyırma işlemi kolon ve kirişlerin uzunluğunun açıklık ortasındaki üçte birlik bölümde yapılmalıdır. Sıyrılan yüzeyler daha sonra yüksek dayanımlı tamir harcı ile kapatılır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi ile boyuna donatı bindirme boyları donatı tespit cihazları ile tahribatsız olarak ölçülmelidir [1].

Malzeme Özellikleri: Her katta kolonlardan veya perdelerden en az iki adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılır ve örneklerden elde edilen en düşük basınç dayanımı betonun kapasite dayanımı olarak alınır. Donatı sınıfı, yukarıda açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilir, bu sınıftaki çeliğin karakteristik akma dayanımı çeliğin kapasite dayanımı olarak alınır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenir. Bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınmalıdır [1].

#### 4.2.2. Betonarme binalarda orta bilgi düzeyi

Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcut ise, binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projesine uygunluğu kontrol edilir. Proje yoksa saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem rölevesi çıkarılır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve bölme duvarların her kattaki yerini, açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda kontrol çukuru ile belirlenir [1].

Eleman Detayları: Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değil ise sınırlı bilgi düzeyindeki eleman detaylarındaki koşullar geçerlidir, ancak donatı kontrolü yapılmalı kolon ve kirişlerin sayısı her katta en az 2'ser adet olmak üzere o kattaki toplam eleman sayılarının yüzde 20'sinden az olmamalıdır. Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut ise donatı kontrolü için yine sınırlı bilgi düzeyindeki eleman detaylarındaki belirtilen işlemler aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanır. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı belirlenir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı birden büyük olamaz. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanlardaki enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi ile boyuna donatı bindirme boyları donatı tespit cihazları ile tahribatsız olarak ölçülür [1].



Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 12 adetten az olmamak üzere, her 400 m<sup>2</sup>'den bir adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri kapasite dayanımı olarak alınır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile kalibre edilmiş beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilir. Donatı sınıfı, yukarıda açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilir, bu sınıftaki çeliğin karakteristik dayanımı eleman kapasite hesaplarında kapasite dayanımı olarak alınır. Donatılarında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenir ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınır [1].

#### **4.2.3. Betonarme binalarda kapsamlı bilgi düzeyi**

Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcuttur. Binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projelere uygunluğu kontrol edilir. Projeler ölçümler ile önemli farklılıklar gösteriyor ise proje yok varsayılır. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenir. Komşu binalarla ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda kontrol çukuru ile belirlenir [1].

Eleman Detayları: Binanın betonarme detay projeleri mevcuttur. Donatının projeye uygunluğunun kontrolü için yukarıda orta bilgi düzeyinin eleman detaylarında belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanır. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı belirlenir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı birden büyük olamaz. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanlardaki enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi ile boyuna donatı bindirme boyları donatı tespit cihazları ile tahribatsız olarak ölçülür [1].

Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 12 adetten az olmamak üzere, her 200 m<sup>2</sup>'den bir adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında, örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri kapasite dayanımı olarak alınır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile kalibre edilmiş beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan inceleme ile tespit edilir, her sınıftaki çelik için (S220, S420, vb.) birer adet kupon alınarak deney yapılacak, çeliğin akma ve kopma dayanımları ve şekil değiştirme özellikleri belirlenerek proje saptanır. Projesine uygun ise, eleman kapasite hesaplarında projede kullanılan çeliğin karakteristik akma dayanımı kapasite dayanımı olarak alınır. Uygun değil ise, en az üç adet kupon daha alınarak deney yapılır, elde edilen en elverişsiz değerler eleman kapasite hesaplarında kapasite dayanımı olarak alınır. Donatılarında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenir ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınır [1].

## **BÖLÜM 5. SAYISAL UYGULAMALAR**

### **5.1. Giriş**

Bu bölümde 1975 Türk Deprem Yönetmeliği ve 1998-ABYYHY Yönetmeliğine göre projelendirilen mevcut betonarme yapı modellerinin performans seviyeleri ile bu yapıların 2007 Deprem Yönetmeliğine göre projelendirilmesi halinde oluşacak yeni yapı modellerinin performans seviyeleri belirlenecektir. Mevcut betonarme yapı modellerinin performans seviyelerini kat eksiltme yöntemiyle, 2007 Deprem Yönetmeliğine göre kesitleri yeniden belirlenen yapıların performans seviyelerine kaç kat eksilterek ulaşılacağı ve bu kat eksiltmenin maliyeti belirlenecektir. Bu yapılar aşağıdaki sıra ile analize tabi tutulacaktır.

1) Birinci yapı; 1975 Türk Deprem Yönetmeliği kullanılarak projelendirilen bir yapı modelidir. Bu yapının 1975 Deprem Yönetmeliğine göre performans seviyesi incelenecektir.

2) 1975 Türk Deprem Yönetmeliğine göre modellenen birinci yapı DBYBHY-2007'ye göre can güvenliğini sağlamayan taşıyıcı elemanlarının kesitlerinin yeniden tasarımı yapılarak elde edilen yeni yapı modelinin performans seviyesi belirlenecektir.

3) Birinci yapı modelinin performans seviyesini DBYBHY-2007'ye göre kesitleri yeniden belirlenen yapı modelinin performans seviyesine ulaşması için kat eksiltme yöntemiyle katları birer birer eksilterek oluşacak yapı modellerinin

performans seviyeleri belirlenecek. DBYBHY-2007'ye göre kesitlerinin tasarımı yeniden yapılan yapı modelinin performans seviyesi ile karşılaştırılacaktır. Ayrıca eksiltelen katların maliyeti hesaplanacaktır.

4) İkinci yapı; 1998 Deprem Yönetmeliği kullanılarak projelendirilen bir yapı modelidir. Bu yapının 1998 Deprem Yönetmeliğine göre performans seviyesi incelenecektir.

5) 1998 Türk Deprem Yönetmeliğine göre yapılan yapı modeli DBYBHY-2007'ye göre yeniden tasarımı yapılarak elde edilen yeni yapı modelinin performans seviyesi belirlenecektir.

6) İkinci yapı modelinin performans seviyesini DBYBHY-2007'ye göre kesitleri yeniden belirlenen yapı modelinin performans seviyesine ulaşması için kat eksiltme yöntemiyle katları birer birer eksilterek oluşacak yapı modellerinin performans seviyeleri belirlenecek. DBYBHY-2007'ye göre tasarımı yeniden yapılan yapı modelinin performans seviyesi ile karşılaştırılacaktır. Ayrıca eksiltelen katların maliyeti hesaplanacaktır.

## 5.2.1975 Yönetmeliğine Göre Projelendirilmiş Mevcut Yapının İncelenmesi

### 5.2.1. Yapı modelinin hakkında genel bilgiler

1975 Deprem Yönetmeliğine göre projelendirilen mevcut yapı modelinin analizinde kullanılan bilgiler aşağıda sıralanmıştır.

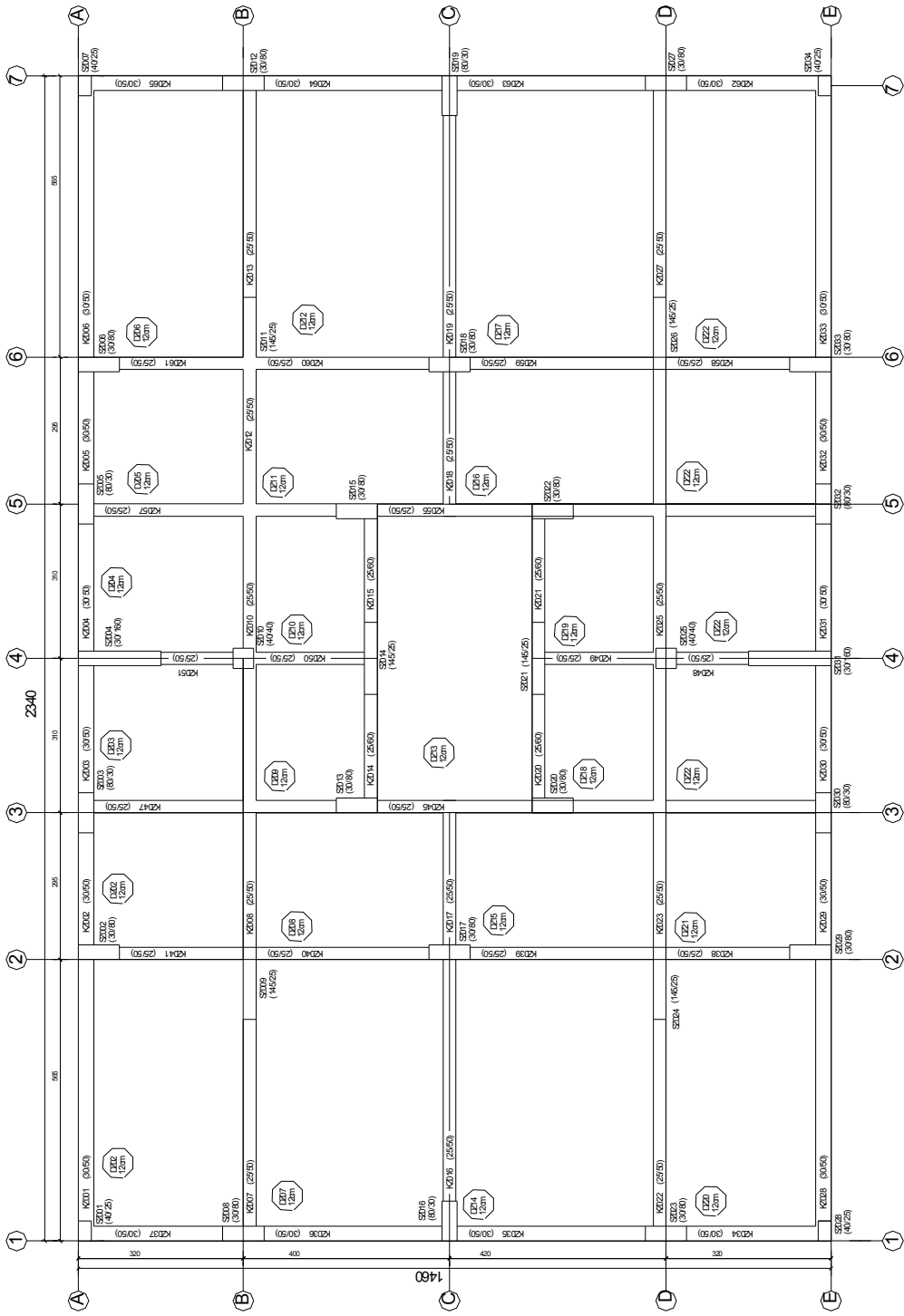
Kat adedi	Zemin + 6 Normal kat
Bina kat yüksekliği (h)	: 3 m (zemin kat), 2,9 m (normal katlar)
Toplam bina yüksekliği, [H]	: 20,4 m
Kullanım amacı	: Konut
Döşeme kalınlığı	: 12 cm
Yapının X doğrultusundaki toplam uzunluğu	: 23,40 m
Yapının Y doğrultusundaki toplam uzunluğu	: 14,60 m
Beton (Tüm betonarme elemanlar)	: C16
Donatı çeliği	: S220
Deprem bölgesi	:2
Etkin yer ivme katsayısı, [A0]	: 0.32
Bina önem katsayısı, [I]	:1
Yerel zemin sınıfı	:Z1
$T_A$ ve $T_B$	:0,10 ve 0,30

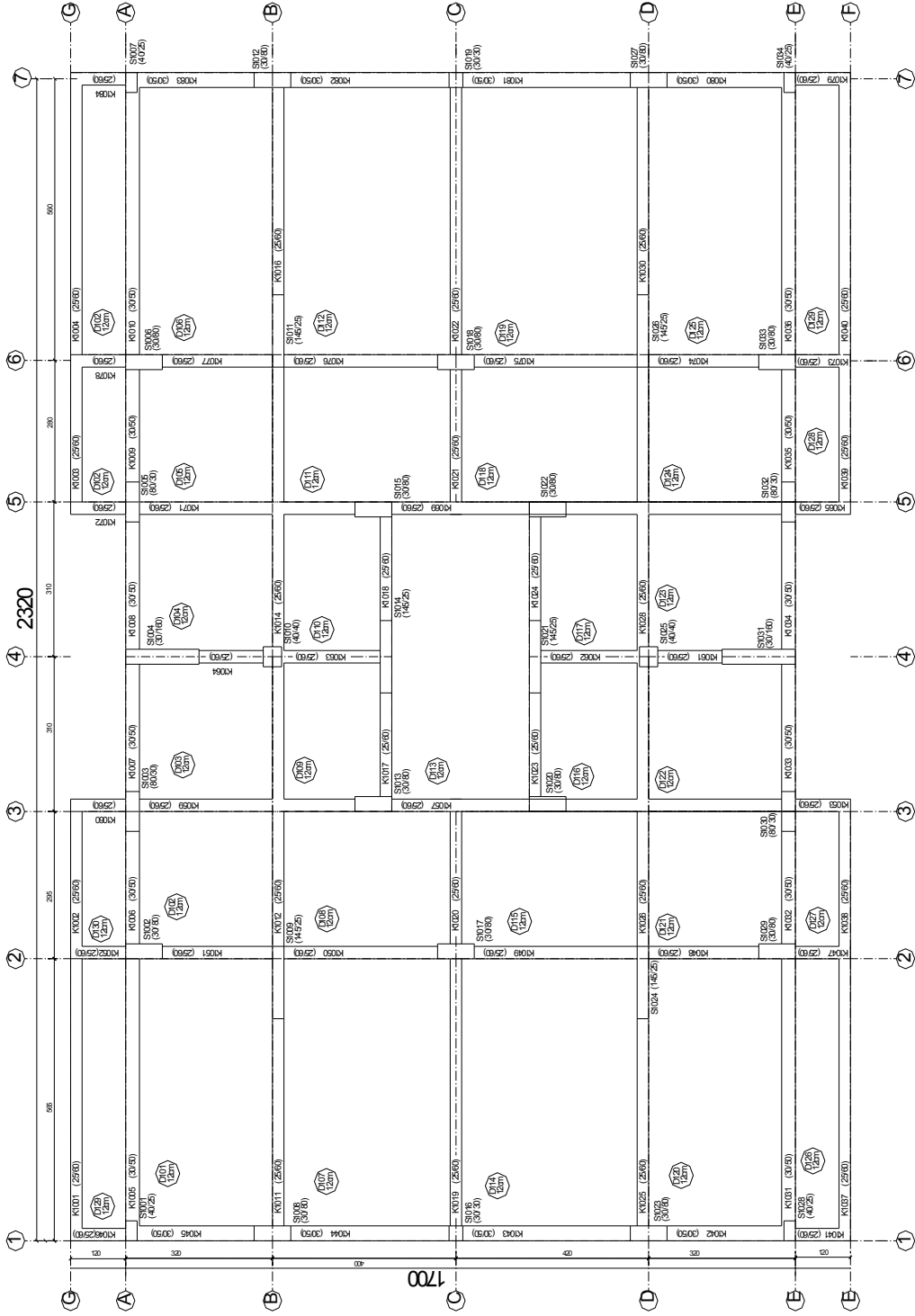
Yapının kapsamlı bilgi düzeyinde olduğu kabul edilmiş bilgi düzeyi katsayısı 1 olarak alınmıştır. Bu binanın tasarımında 50 yılda aşılma olasılığı %10 depremi kullanılmıştır. Binanın aynı deprem altında Yönetmelik 7.8'e göre Can Güvenliği performans hedefini sağlaması gerekmektedir.

Binanın toplam kat sayısı 8'i aşmadığından ve ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları bütün katlarda  $\eta_{bi} < 1.4$  koşulunu sağladığından, Yönetmelik 7.5.1.1'e göre "Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi" ile itme analizi uygulanabilir. Göz önüne alınan deprem

doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hâkim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranının en az 0.70 olması zorunludur. X yönünde birinci titreşim moduna ait etkin kütlelerin binanın toplam kütlelerine oranı 78,51 ve Y yönünde birinci titreşim moduna ait etkin kütlelerin binanın toplam kütlelerine oranı 78,52 olarak hesaplanmıştır.

Yapı modeli olarak kullanılan yapının kat kalıp planları Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de verilmiştir. Yapının kolonları 5 ayrı boyutta olup 30x80, 40x25, 145x25, 40x40 ve 30x160 olarak tasarlanmıştır. Kirişleri ise 3 farklı boyutta olup 30x50, 25x60 ve 25x50 olarak tasarlanmıştır.





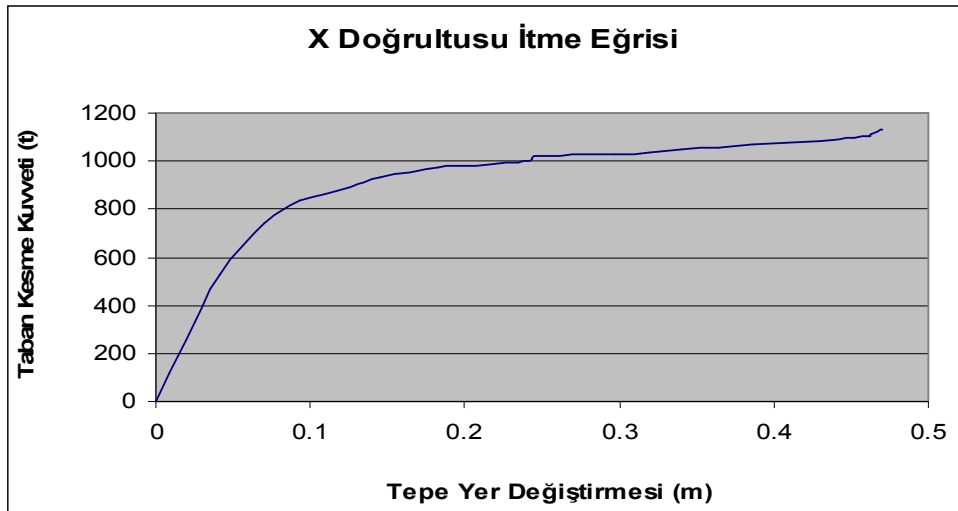
Şekil 5.2. Mevcut Yapıya Ait Normal Kat Kalıp Planı



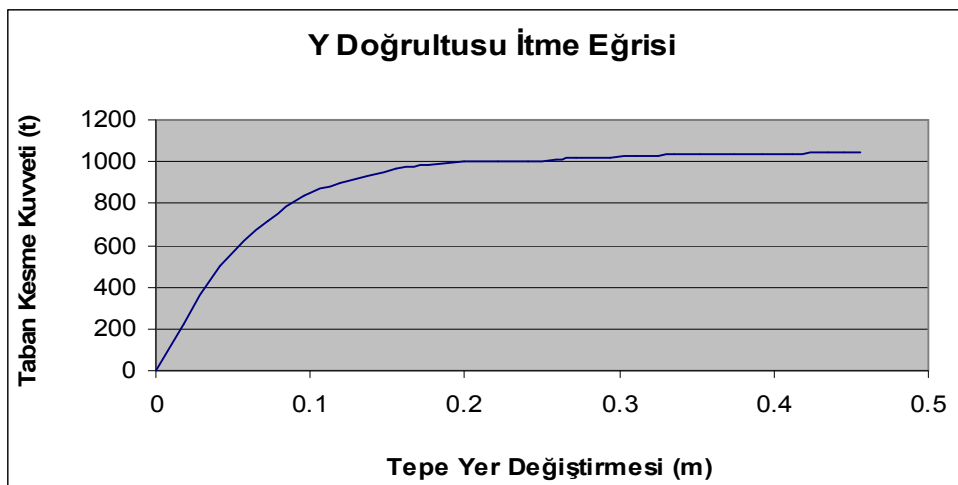
## 5.2.2. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle itme analizi

### 5.2.2.1. İtme eğrilerinin belirlenmesi

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılmıştır. Buna göre, her iki doğrultuda birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrileri aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur.



Şekil 5.3. Binanın X Doğrultusu İtme Eğrisi



Şekil 5.4. Binanın Y Doğrultusu İtme Eğrisi

### 5.2.2.2. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi

X doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı aşağıda sunulmuştur.

$$\Sigma M = 3658,96 \text{ t}$$

$$M_{x1} = 2872,63 \text{ t}$$

$$\Phi_{xN1} = 0,253$$

$$\Gamma_{x1} = 26,53$$

Olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.1. X Yönünde Modal Kapasite Hesap Tablosu

$U^{(1)}_{xN1} \text{ (m)}$	$V^{(1)}_{x1} \text{ (t)}$	$M_{x1}$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{x1}$	$d^{(1)} \text{ (m)}$	$a^{(1)} \text{ (m/s}^2\text{)}$
0	0	2872.63	0.253	26.53	0	0
0.0190	256.49	2872.63	0.253	26.53	0.00283	0.0893
0.0410	525.27	2872.63	0.253	26.53	0.00611	0.1829
0.0700	738.56	2872.63	0.253	26.53	0.01043	0.2571
0.0930	836.14	2872.63	0.253	26.53	0.01386	0.2911
0.1250	894.15	2872.63	0.253	26.53	0.01862	0.3113
0.1450	934.07	2872.63	0.253	26.53	0.02160	0.3252
0.1820	971.10	2872.63	0.253	26.53	0.02712	0.3381
0.2000	983.55	2872.63	0.253	26.53	0.02980	0.3424
0.2340	993.51	2872.63	0.253	26.53	0.03486	0.3459
0.2410	1000.98	2872.63	0.253	26.53	0.03591	0.3485
0.2430	1010.94	2872.63	0.253	26.53	0.03620	0.3519
0.2450	1020.92	2872.63	0.253	26.53	0.03650	0.3554
0.2970	1029.61	2872.63	0.253	26.53	0.04425	0.3584
0.3191	1038.82	2872.63	0.253	26.53	0.04755	0.3616
0.3413	1048.04	2872.63	0.253	26.53	0.05085	0.3648
0.3635	1057.25	2872.63	0.253	26.53	0.05415	0.3680
0.3856	1066.46	2872.63	0.253	26.53	0.05745	0.3712
0.4078	1075.68	2872.63	0.253	26.53	0.06076	0.3745
0.4300	1084.89	2872.63	0.253	26.53	0.06406	0.3777
0.4521	1094.11	2872.63	0.253	26.53	0.06736	0.3809
0.4613	1103.31	2872.63	0.253	26.53	0.06873	0.3841
0.4618	1112.53	2872.63	0.253	26.53	0.06880	0.3873
0.4671	1125.32	2872.63	0.253	26.53	0.06959	0.3917
0.4698	1133.82	2872.63	0.253	26.53	0.06999	0.3947

Y doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı aşağıda sunulmuştur.

$$\Sigma M = 3658,96 \text{ t}$$

$$M_{x1} = 2880,36 \text{ t}$$

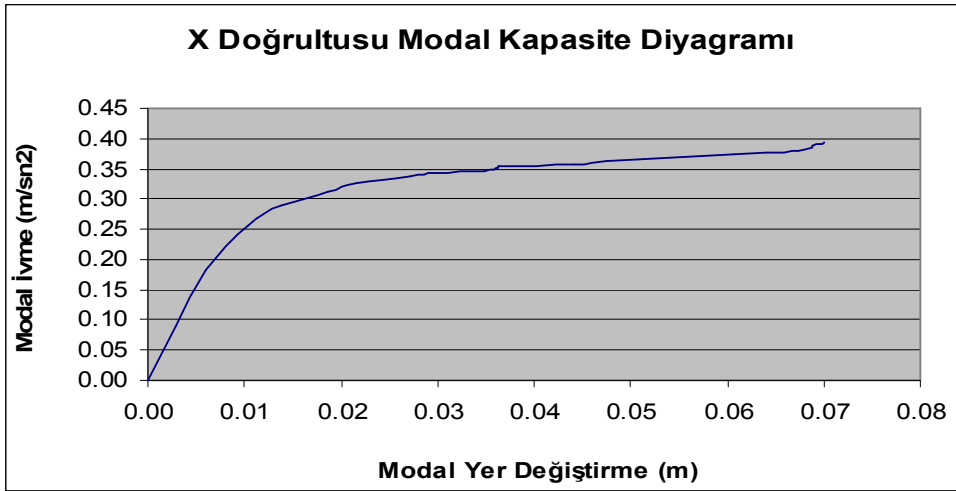
$$\Phi_{xN1} = 0,248$$

$$\Gamma_{x1} = 23,523$$

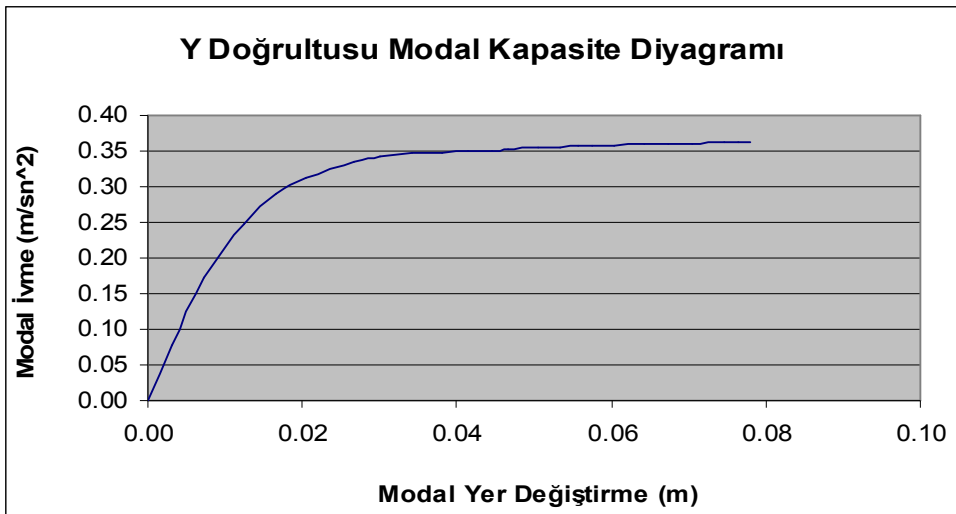
Olarak hesaplanmıştır

Tablo 5.2. Y Yönünde Modal Kapasite Hesap Tablosu

$U^{(1)}_{xN1} \text{ (m)}$	$V^{(1)}_{x1} \text{ (t)}$	$M_{x1}$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{x1}$	$d^{(1)} \text{ (m)}$	$a^{(1)} \text{ (m/s}^2\text{)}$
0	0	2880.37	0.248	23.523	0.00000	0.0000
0.0178	223.35	2880.37	0.248	23.523	0.00305	0.0775
0.0420	498.33	2880.37	0.248	23.523	0.00720	0.1730
0.0730	712.32	2880.37	0.248	23.523	0.01251	0.2473
0.0960	833.11	2880.37	0.248	23.523	0.01646	0.2892
0.1190	901.24	2880.37	0.248	23.523	0.02040	0.3129
0.1560	966.33	2880.37	0.248	23.523	0.02674	0.3355
0.1759	986.13	2880.37	0.248	23.523	0.03015	0.3424
0.1996	998.68	2880.37	0.248	23.523	0.03421	0.3467
0.2215	1001.14	2880.37	0.248	23.523	0.03797	0.3476
0.2415	1005.65	2880.37	0.248	23.523	0.04140	0.3491
0.2597	1011.70	2880.37	0.248	23.523	0.04452	0.3512
0.2714	1015.19	2880.37	0.248	23.523	0.04652	0.3525
0.2942	1019.55	2880.37	0.248	23.523	0.05043	0.3540
0.3113	1023.91	2880.37	0.248	23.523	0.05336	0.3555
0.3251	1028.26	2880.37	0.248	23.523	0.05573	0.3570
0.3356	1032.62	2880.37	0.248	23.523	0.05753	0.3585
0.3520	1033.25	2880.37	0.248	23.523	0.06034	0.3587
0.3743	1035.12	2880.37	0.248	23.523	0.06416	0.3594
0.3922	1037.15	2880.37	0.248	23.523	0.06723	0.3601
0.4115	1039.07	2880.37	0.248	23.523	0.07054	0.3607
0.4355	1046.50	2880.37	0.248	23.523	0.07465	0.3633
0.4451	1046.98	2880.37	0.248	23.523	0.07630	0.3635
0.4556	1047.19	2880.37	0.248	23.523	0.07810	0.3636



Şekil 5.5. Binanın X Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramı



Şekil 5.6. Binanın Y Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramı

### 5.2.2.3. Modal yer değiştirme isteminin hesabı

Yönetmelik 7.6.5.7'e göre X deprem doğrultusundaki tepe yer değiştirmesi istemi,  $U^{(p)}_{xN1} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d^{(p)}$  formülünden yararlanılarak belirlenecektir. Her iki doğrultu için modal yer değiştirme istemleri aşağıdaki bağıntılar kullanılarak hesaplanmıştır. (Yönetmelik 7.6.5.6)

$$d^{(p)} = S_{di1} \quad (5.1)$$

X doğrultusu için:

Yönetmelik 7C.1'e göre doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yer değiştirme,  $S_{d1}$  aşağıdaki bağıntılar yardımıyla hesaplanmıştır.

$$S_{d1} = C_{R1} S_{de1} \quad (5.2)$$

Doğrusal elastik spektral yer değiştirme:

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (5.3)$$

$$S_{ae1} = A(T) \cdot g \quad A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad S(T) = 2.5 (T_B/T_x)^{0.8} \quad (T_B < T_x) \quad (5.4)$$

$T_B = 0.3$  sn.  $T_x = 0.935$  sn.  $A_0 = 0.32$   $\omega_1^{(1)} = 6,72$  değerleri yerine yazılırsa;

$S_{ae1} = 3,15 \text{ m/s}^2$   $(\omega_1^{(1)})^2 = 45,15$  olduğundan  $S_{de1} = 0,069$  m olarak bulunur.

Yönetmelik 7C.2.1'e göre  $T_1^{(l)}$  başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyodu  $T_B$ 'ye eşit veya daha uzun olması durumunda spektral yer değiştirme oranı:

$T_1^{(l)} = 0,935 > T_B = 0,3$  sn. olduğu için  $C_{R1} = 1$  alınır. Dolayısıyla, nonlinear spektral yer değiştirme:

$S_{d1} = 1 * 0,069 = 0,069$  m olarak bulunur.

$d^{(p)} = S_{d1} = 0,069$  m

$U^{(p)}_{xN1} = 0,253 * 26,530 * 0,069 = 0,469$  m

Binanın tepe yer değiştirmesi istemi olan 0.469 m'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tım istem b uy uk l uk leri hesaplanacaktır.

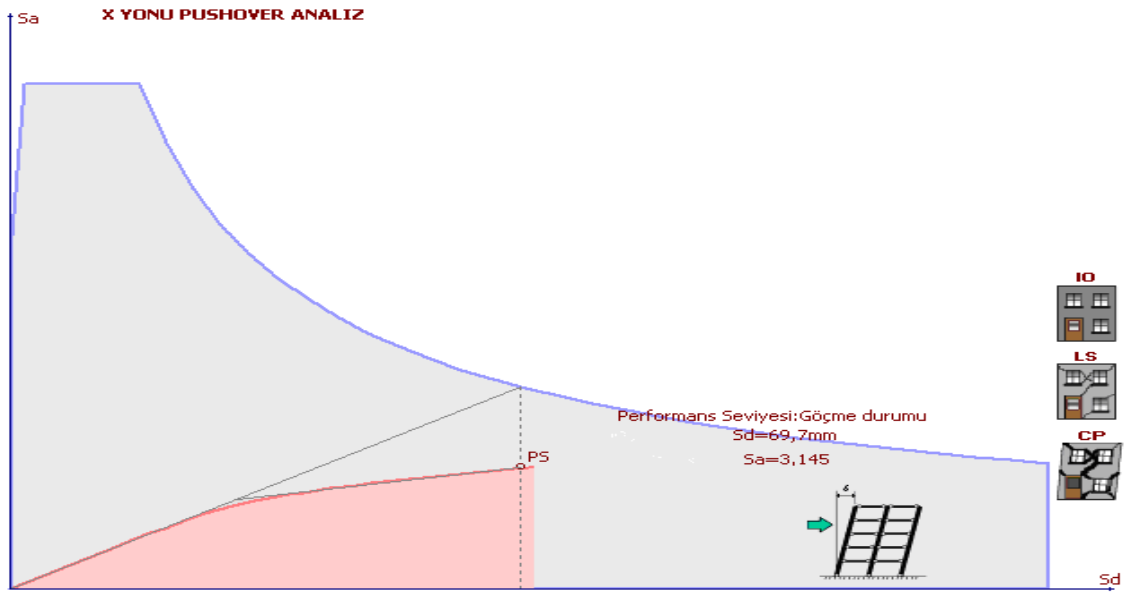
Y doğrultusu i in;

$$S_{ae1}=2,913 \text{ m/s}^2 \quad (\omega_1^{(1)})^2=37,08 \text{ olduğundan } S_{de1}=0,078 \text{ m olarak bulunur}$$

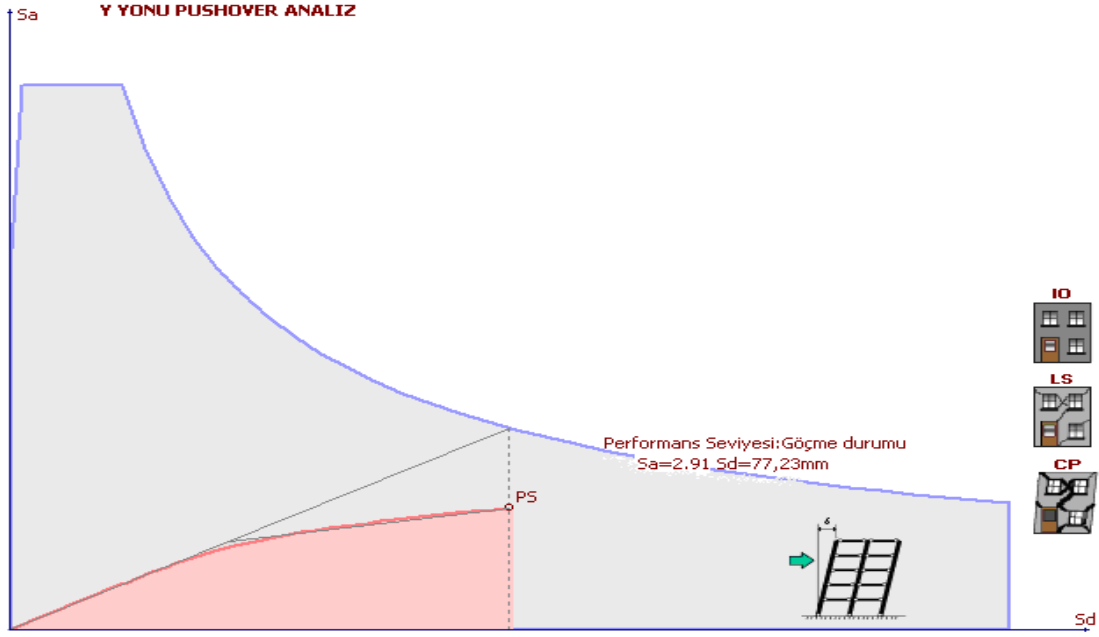
$$U^{(p)}_{xN1} = 0,248 * 23,523 * 0,078 = 0,455 \text{ m}$$

Binanın tepe yer değiştirmesi istemi olan 0.455 m'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tım istem b uy uk leri hesaplanacaktır.

### 5.2.3. Yapının performans durumu



şekil 5.7. X Doğrultusu Performans Seviyesi



Şekil 5.8. Y Doğrultusu Performans Seviyesi

Kiriş ve kolonlarda kesit hasar durumları;

- Zemin kat ve 1.kattaki kirişlerinin tamamı göçme bölgesindedir.
- 2 ve 3.kattaki kirişlerinin %30'u göçme bölgesindedir.
- 4.,5. ve 6.kattaki kirişlerinin tamamı belirgin hasar bölgesindedir.
- Zemin kat kolonlarının tamamı belirgin hasar bölgesindedir.
- 1.ve2.katta kolonların 10 tanesi göçme bölgesinde 24 tanesi belirgin hasar bölgesindedir.
- 3.katta kolonların 13 tanesi minimum hasar bölgesinde 21 tanesi belirgin hasar bölgesinde
- 4. ve 5. katta kolonların 20 tanesi minimum hasar bölgesinde 14 tanesi belirgin hasar bölgesinde
- 6.katta kolonların tamamı minimum hasar bölgesinde.

Sonuç olarak binada tasarım depremi altındaki yapısal performans seviyesi Göçme Durumu düzeyindedir.

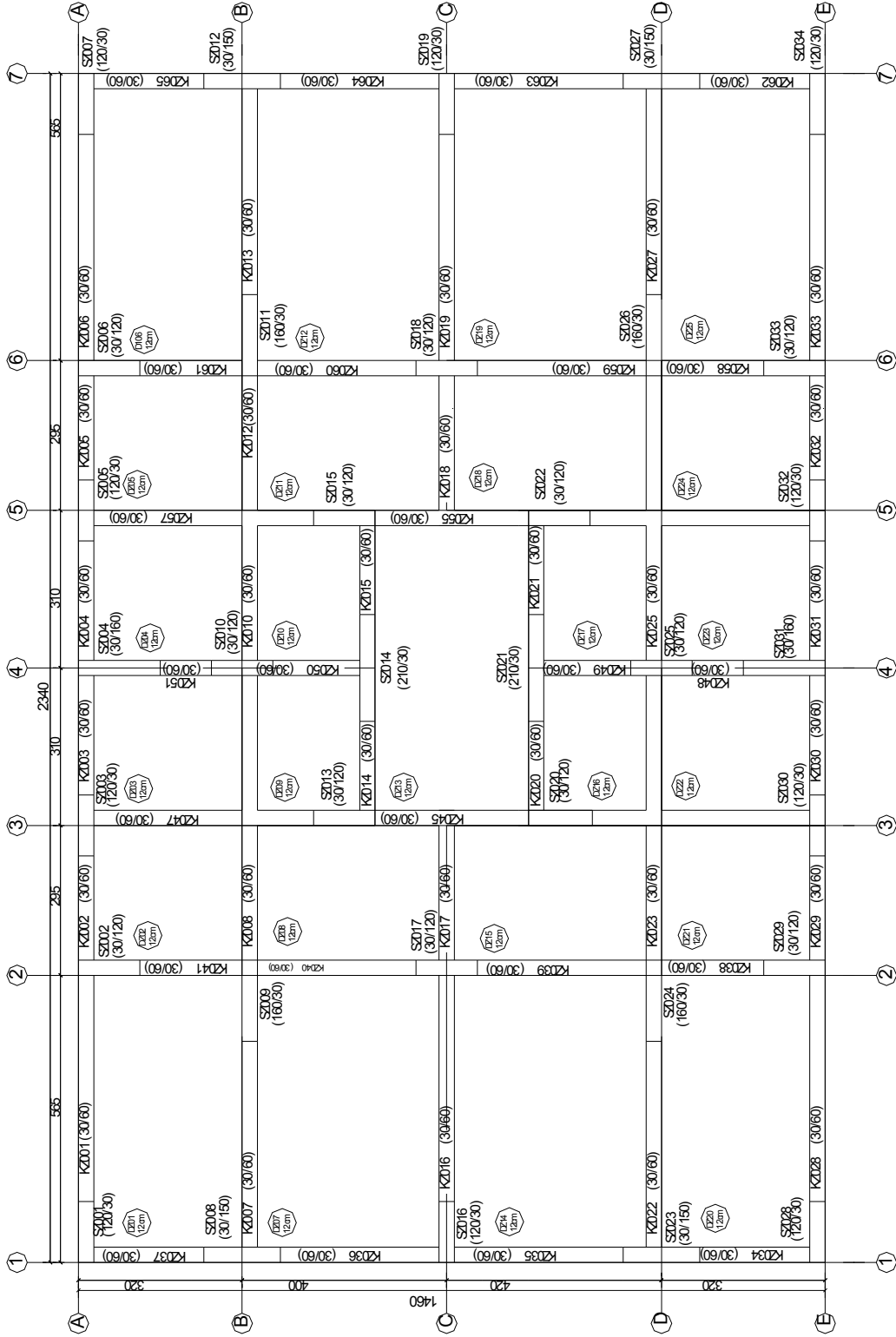
### **5.3. 1975 Yönetmeliğine Göre Analizi Yapılan Yapının 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Taşıyıcı Sisteminde Kesiti Yetersiz Elemanların Boyutlarının Değiştirilerek İncelenmesi**

Burada amaç; 1975 Deprem Yönetmeliğine göre yapılan yapının taşıyıcı sisteminde kesiti yetersiz olan elemanların 2007 Deprem Yönetmeliği esas alınarak kesit boyutlarının yeniden belirlenmesi ve belirlenen yeni kesitlerle 2007 Deprem Yönetmeliğine göre analizini yaparak yeni bir performans noktası elde etmek.

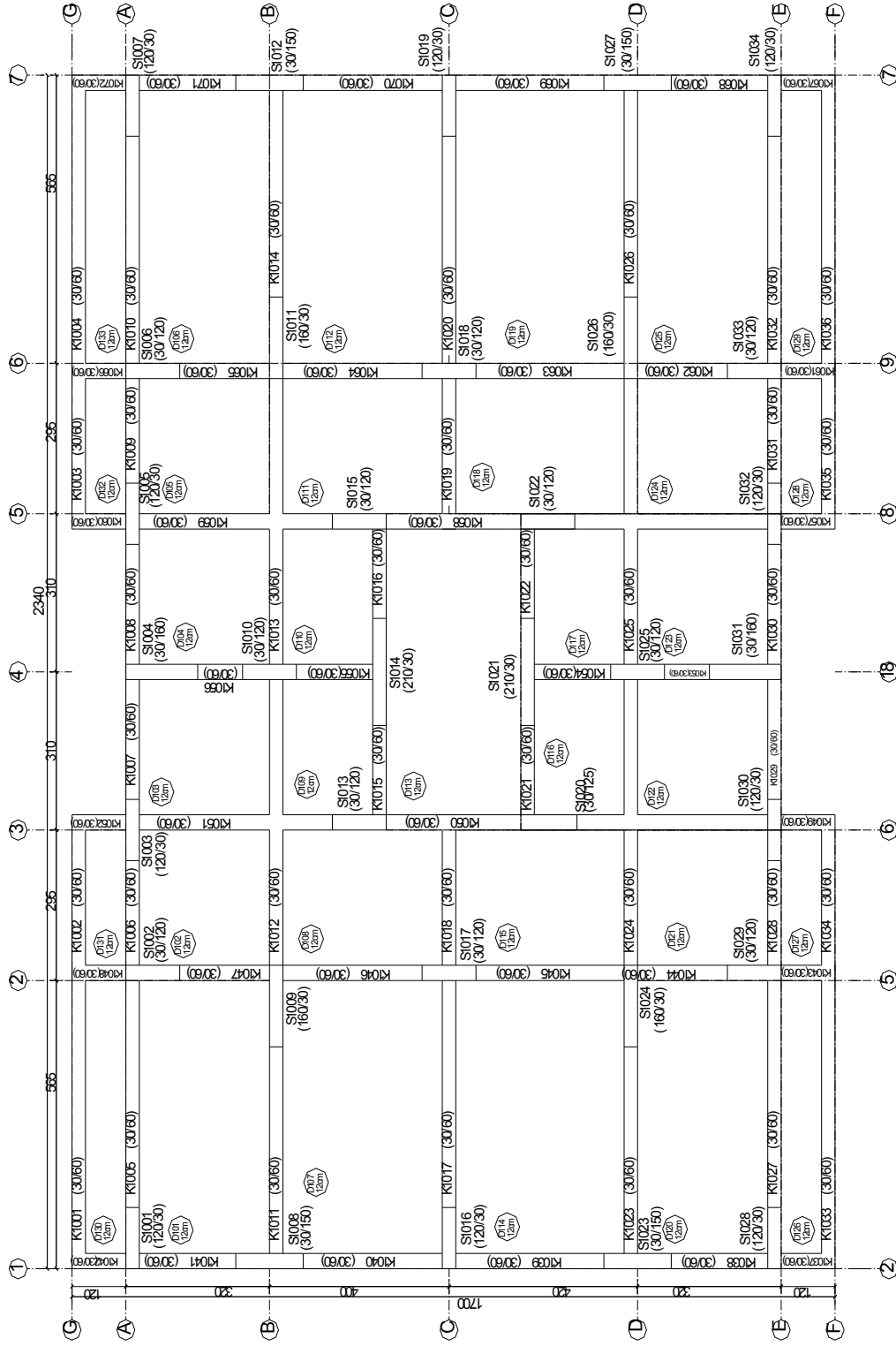
Mevcut yapının kat sayısı, kat yüksekliği, toplam bina yüksekliği, döşeme türü ve kalınlığı değiştirilmeden yapının kesiti yetersiz elemanlarının boyutu ve malzeme özellikleri değiştirilmiştir. 2007 Deprem Yönetmeliğinde taşıyıcı sistemde C16 betonunun kullanılmamasını belirttiğinden beton sınıfı C20 ve donatı çeliği de St420 olarak değiştirilmiştir. Yapının kapsamlı bilgi düzeyinde olduğu kabul edilmiş bilgi düzeyi katsayısı 1 olarak alınmıştır. Bu binanın tasarımında 50 yılda aşılma olasılığı %10 depremi kullanılmıştır. Binanın aynı deprem altında Yönetmelik 7.8'e göre Can Güvenliği performans hedefini sağlaması gerekmektedir.

Binanın toplam kat sayısı 8'i aşmadığından ve ek dışmerkezlilik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları bütün katlarda  $\eta_{bi} < 1.4$  koşulunu sağladığından, Yönetmelik 7.5.1.1'e göre "Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi" ile itme analizi uygulanabilir. Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranının en az 0.70 olması zorunludur. X yönünde birinci titreşim moduna ait etkin kütlelerin binanın toplam kütlelerine oranı 79,87 ve Y yönünde birinci titreşim moduna ait etkin kütlelerin binanın toplam kütlelerine oranı 79,71 olarak hesaplanmıştır. Yapı modeli olarak kullanılan yapının kat kalıp planları Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da verilmiştir. Yapının kolonları 30x80 olan kolonlardan 4 tanesi 30/150 16 tanesi 30/120, 40x25 olan 4 tane kolon 30/120, 145x25 olan 6 tane kolon 160/30, 40x40 olan 2 tane kolon 30/120 olarak değiştirilmiş olup 30x160 olan 2 kolon aynı boyutta bırakılmıştır. Kirişlerin tamamı ise 30/60 olarak yeniden tasarlanmıştır.





Şekil 5.9. Mevcut Yapıya Ait Zemin Kat Kalıp Planı

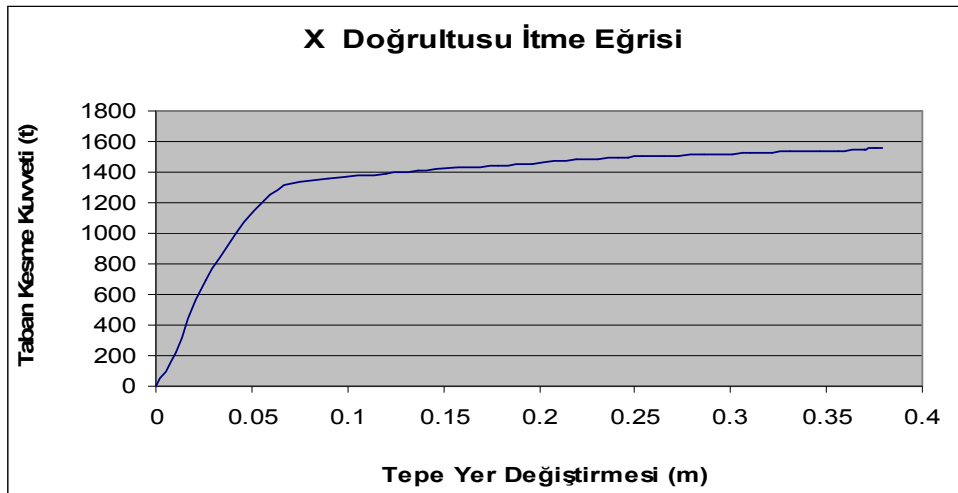


Şekil 5.10. Mevcut Yapıya Ait Normal Kat Kalıp Planı

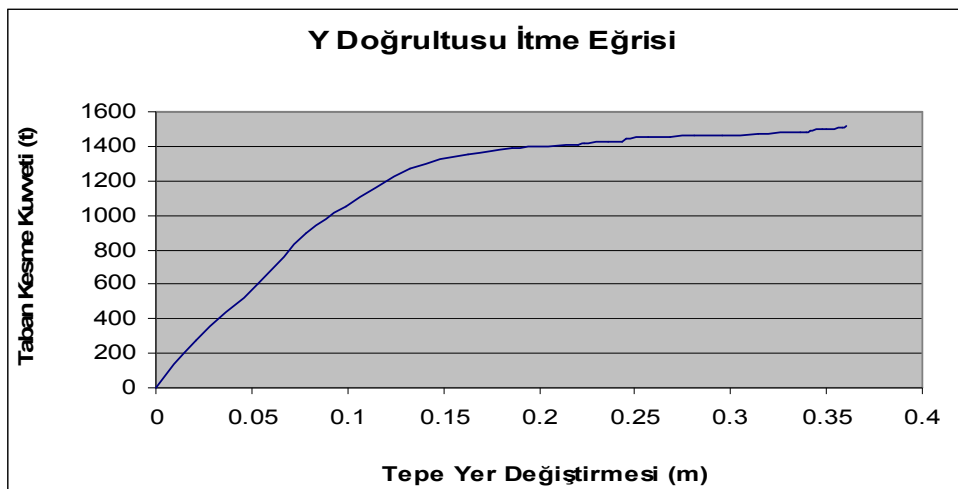
### 5.3.1. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle itme analizi

#### 5.3.1.1. İtme eğrilerinin belirlenmesi

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılmıştır. Buna göre, her iki doğrultuda birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrileri aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.



Şekil 5.11. Binanın X Doğrultusu İtme Eğrisi



Şekil 5.12. Binanın Y Doğrultusu İtme Eğrisi

### 5.3.1.2. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi

X doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı aşağıda sunulmuştur.

$$\Sigma M = 4072,12 \text{ t}$$

$$M_{x1} = 3252,54 \text{ t}$$

$$\Phi_{xN1} = 0,248$$

$$\Gamma_{x1} = 29,547$$

Olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.3. X Yönünde Modal Kapasite Hesap Tablosu

$U^{(1)}_{xN1} \text{ (m)}$	$V^{(1)}_{x1} \text{ (t)}$	$M_{x1}$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{x1}$	$d^{(1)} \text{ (m)}$	$a^{(1)} \text{ (m/s}^2\text{)}$
0	0	3252.55	0.248	29.547	0	0
0.0106	225.63	3252.55	0.248	29.547	0.0014	0.0694
0.0265	698.38	3252.55	0.248	29.547	0.0036	0.2147
0.0596	1256.38	3252.55	0.248	29.547	0.0081	0.3863
0.0900	1355.29	3252.55	0.248	29.547	0.0123	0.4167
0.1196	1389.39	3252.55	0.248	29.547	0.0163	0.4272
0.1365	1409.86	3252.55	0.248	29.547	0.0186	0.4335
0.1785	1438.22	3252.55	0.248	29.547	0.0244	0.4422
0.1960	1449.88	3252.55	0.248	29.547	0.0267	0.4458
0.2196	1484.03	3252.55	0.248	29.547	0.0300	0.4563
0.2309	1488.40	3252.55	0.248	29.547	0.0315	0.4576
0.2416	1492.77	3252.55	0.248	29.547	0.0330	0.4590
0.2466	1497.14	3252.55	0.248	29.547	0.0337	0.4603
0.2536	1501.51	3252.55	0.248	29.547	0.0346	0.4616
0.2652	1505.88	3252.55	0.248	29.547	0.0362	0.4630
0.2722	1510.25	3252.55	0.248	29.547	0.0371	0.4643
0.2862	1514.62	3252.55	0.248	29.547	0.0391	0.4657
0.3009	1518.99	3252.55	0.248	29.547	0.0411	0.4670
0.3099	1523.36	3252.55	0.248	29.547	0.0423	0.4684
0.3213	1527.73	3252.55	0.248	29.547	0.0438	0.4697
0.3316	1532.10	3252.55	0.248	29.547	0.0452	0.4710
0.3465	1536.47	3252.55	0.248	29.547	0.0473	0.4724
0.3566	1540.84	3252.55	0.248	29.547	0.0487	0.4737
0.3692	1545.21	3252.55	0.248	29.547	0.0504	0.4751
0.3700	1549.58	3252.55	0.248	29.547	0.0505	0.4764
0.3752	1553.95	3252.55	0.248	29.547	0.0512	0.4778
0.3755	1558.32	3252.55	0.248	29.547	0.0512	0.4791
0.3789	1562.69	3252.55	0.248	29.547	0.0517	0.4805

Y doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı aşağıda sunulmuştur.

$$\Sigma M = 4072,12 \text{ t}$$

$$M_{x1} = 3245,75 \text{ t}$$

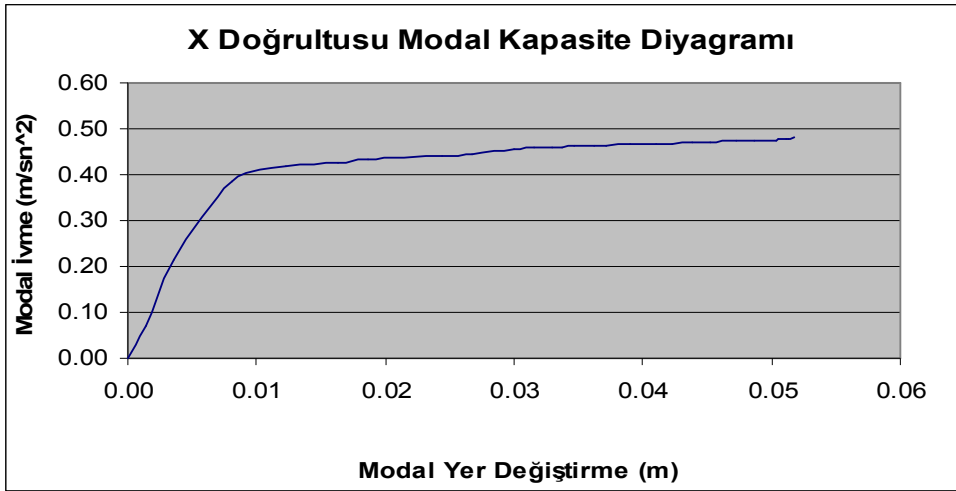
$$\Phi_{xN1} = 0,242$$

$$\Gamma_{x1} = 28,456$$

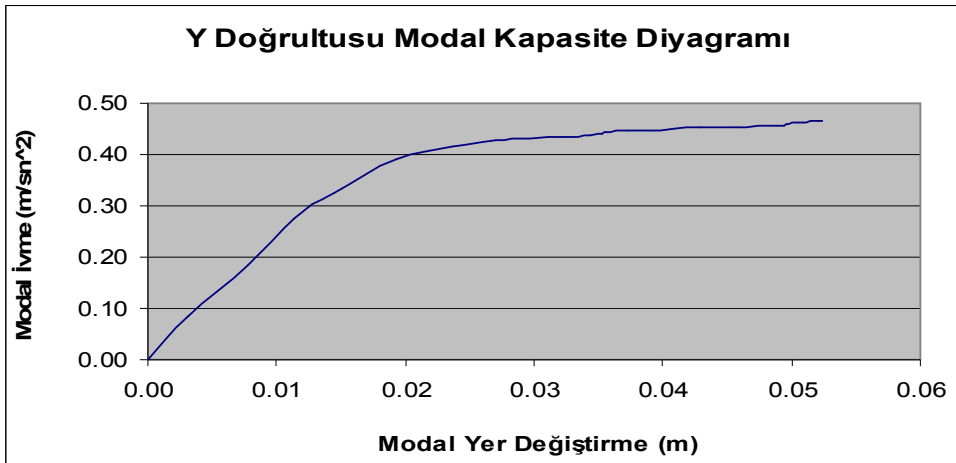
Olarak hesaplanmıştır

Tablo 5.4. Y Yönünde Modal Kapasite Hesap Tablosu

$U^{(1)}_{xN1} \text{ (m)}$	$V^{(1)}_{x1} \text{ (t)}$	$M_{x1}$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{x1}$	$d^{(1)} \text{ (m)}$	$a^{(1)} \text{ (m/s}^2\text{)}$
0	0	3245.75	0.242	28.456	0	0
0.0211	274.31	3245.75	0.242	28.456	0.00306	0.0845
0.0530	601.22	3245.75	0.242	28.456	0.00770	0.1852
0.0782	896.54	3245.75	0.242	28.456	0.01136	0.2762
0.0996	1055.32	3245.75	0.242	28.456	0.01446	0.3251
0.1322	1271.03	3245.75	0.242	28.456	0.01920	0.3916
0.1625	1350.98	3245.75	0.242	28.456	0.02360	0.4162
0.1859	1390.83	3245.75	0.242	28.456	0.02700	0.4285
0.2201	1405.74	3245.75	0.242	28.456	0.03196	0.4331
0.2235	1413.05	3245.75	0.242	28.456	0.03246	0.4354
0.2362	1422.30	3245.75	0.242	28.456	0.03430	0.4382
0.2430	1429.42	3245.75	0.242	28.456	0.03529	0.4404
0.2450	1441.55	3245.75	0.242	28.456	0.03558	0.4441
0.2574	1450.09	3245.75	0.242	28.456	0.03738	0.4468
0.2683	1453.59	3245.75	0.242	28.456	0.03896	0.4478
0.2809	1460.00	3245.75	0.242	28.456	0.04079	0.4498
0.2955	1466.99	3245.75	0.242	28.456	0.04291	0.4520
0.3146	1472.01	3245.75	0.242	28.456	0.04568	0.4535
0.3365	1478.65	3245.75	0.242	28.456	0.04886	0.4556
0.3399	1484.00	3245.75	0.242	28.456	0.04936	0.4572
0.3419	1490.16	3245.75	0.242	28.456	0.04965	0.4591
0.3480	1496.31	3245.75	0.242	28.456	0.05053	0.4610
0.3501	1502.10	3245.75	0.242	28.456	0.05084	0.4628
0.3582	1508.00	3245.75	0.242	28.456	0.05202	0.4646
0.3608	1514.22	3245.75	0.242	28.456	0.05239	0.4665



Şekil 5.13. Binanın X Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramı



Şekil 5.14. Binanın Y Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramı

### 5.3.1.3. Modal yer değiştirme isteminin hesabı

Yönetmelik 7.6.5.7'e göre X deprem doğrultusundaki tepe yer değiştirmesi istemi,  $U^{(p)}_{xN1} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d^{(p)}$  formülünden yararlanılarak belirlenecektir. Her iki doğrultu için modal yer değiştirme istemleri (5.1),(5.2),(5.3) ve (5.4)'te verilen bağıntılar kullanılarak hesaplanmıştır.

X doğrultusu için:

$$S_{ae1}=3,85 \text{ m/s}^2 \quad (\omega_1^{(1)})^2=74,47 \text{ olduğundan} \quad S_{de1}=0,051 \text{ m olarak bulunur.}$$

Yönetmelik 7C.2.1'e göre  $T_I^{(1)}$  başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyodu  $T_B$ 'ye eşit veya daha uzun olması durumunda spektral yer değiştirme oranı:

$T_I^{(1)}=0,7282 > T_B=0,3 \text{ sn.}$  olduğu için  $C_{R1}=1$  alınır. Dolayısıyla, nonlineer spektral yer değiştirme:

$$S_{di1}=1*0,051=0,051 \text{ m olarak bulunur.}$$

$$d^{(p)} = S_{di1}=0,051 \text{ m}$$

$$U^{(p)}_{xN1} = 0,248*29,547*0,051 = 0,378 \text{ m}$$

Binanın tepe yer değiştirmesi istemi olan 0,378 m'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

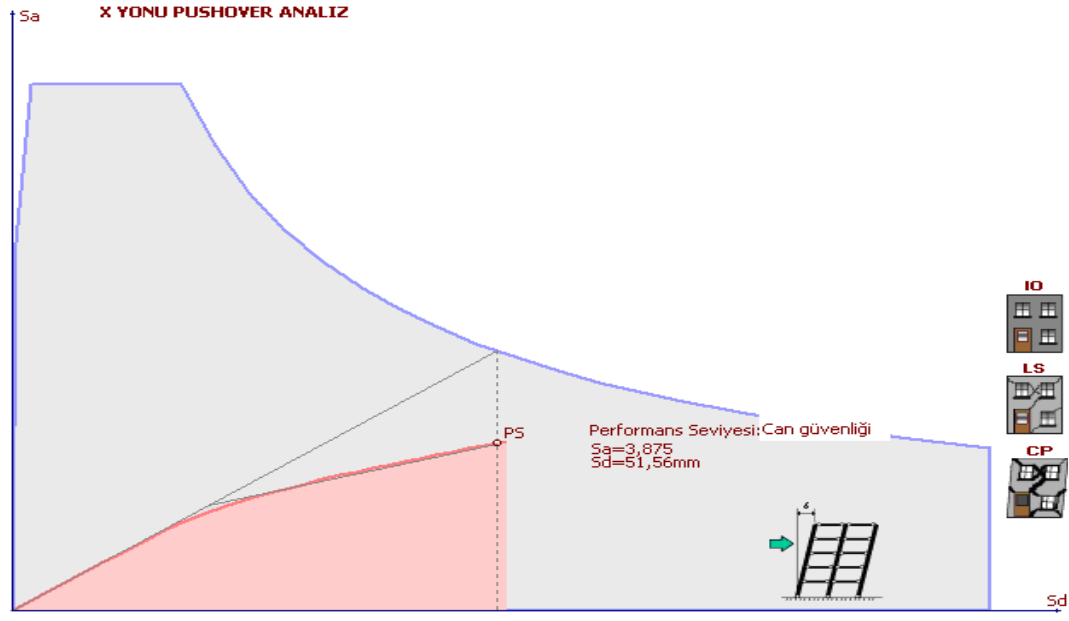
Y doğrultusu için;

$$S_{ae1}=3,74 \text{ m/s}^2 \quad (\omega_1^{(1)})^2=69,38 \text{ olduğundan} \quad S_{de1}=0,052 \text{ m olarak bulunur}$$

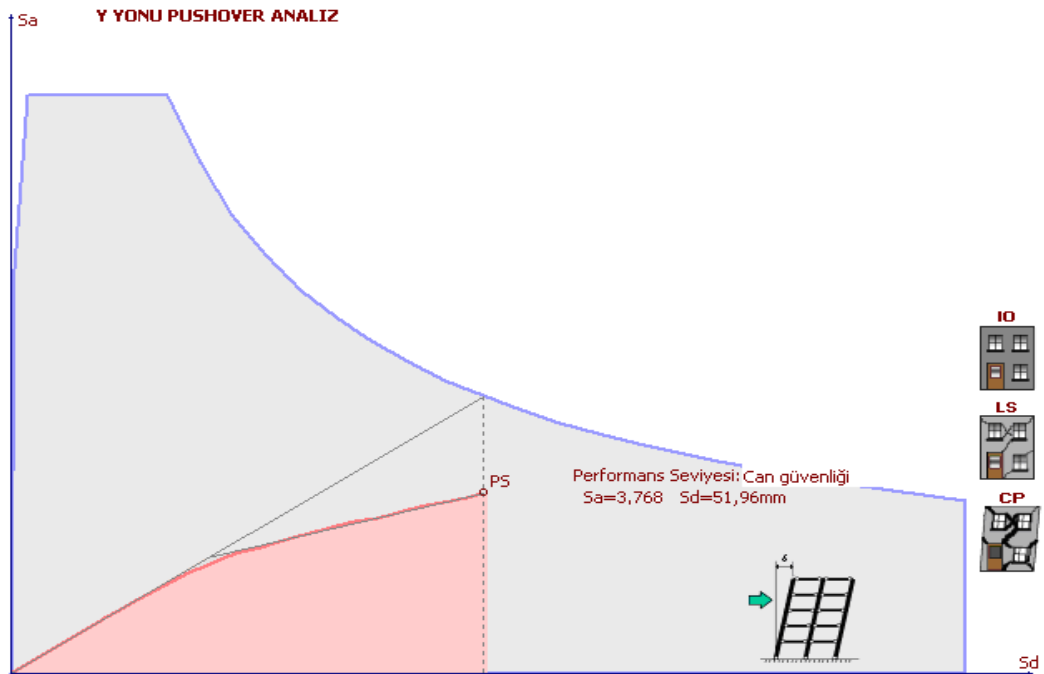
$$U^{(p)}_{xN1} = 0,242*28,456*0,052 = 0,359 \text{ m}$$

Binanın tepe yer değiştirmesi istemi olan 0,359 m'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

### 5.3.2. Yapının performans durumu



Şekil 5.15. X Doğrultusu Performans Seviyesi



Şekil 5.16. Y Doğrultusu Performans Seviyesi



Kiriş ve kolonlarda kesit hasar durumları;

- Zemin kat ve 1.kattaki kirişlerinin %20'si ileri hasar bölgesindedir.
- Zemin kat kolonlarının %15'i ileri hasar bölgesindedir.
- Diğer tüm katlarda ileri hasar bölgesinde eleman yok.
- 4 ve 5.katta kirişlerin tamamı minimum hasar bölgesindedir.
- 6.kat kirişlerinde plastikleşen kesit yok.

Sonuç olarak binada tasarım depremi altındaki yapısal performans seviyesi Can Güvenliği düzeyindedir.

#### **5.4. 1975 Yönetmeliğine Göre Analizi Yapılan Yapının Performans Seviyesinin 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Kesitleri Yeniden Belirlenen Yapının Performans Seviyesine Ulaşabilmesi İçin Kat Eksiltme Yöntemi:**

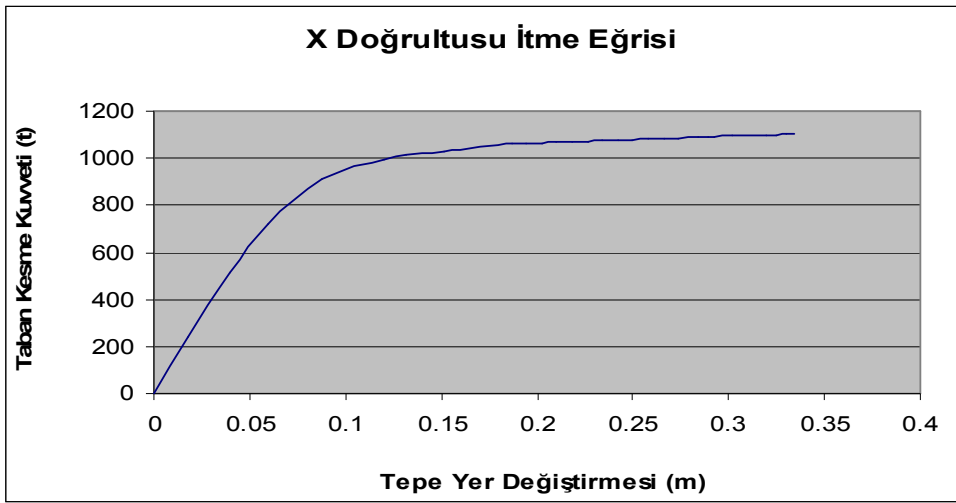
##### **5.4.1. Bir kat eksiltme**

Mevcut yapıdan bir kat eksilterek; kat sayısı 6, toplam bina yüksekliği 17,5 m diğer özellikleri 5.2.1'deki gibidir. Yapının kapsamlı bilgi düzeyinde olduğu kabul edilmiş bilgi düzeyi katsayısı 1 olarak alınmıştır. Binanın aynı deprem altında Yönetmelik 7.8'e göre Can Güvenliği performans hedefini sağlaması gerekmektedir.

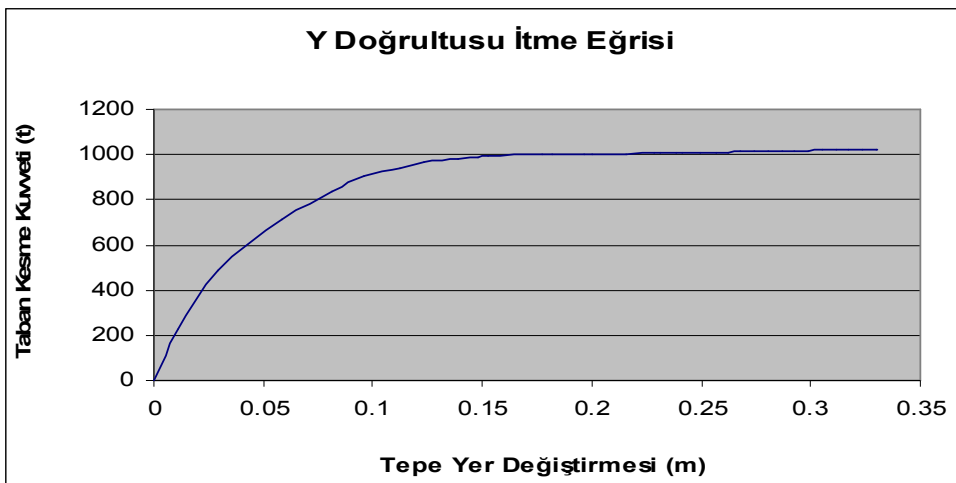
Binanın toplam kat sayısı 8'i aşmadığından ve ek dışmerkezlilik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları bütün katlarda  $\eta_{bi} < 1.4$  koşulunu sağladığından, Yönetmelik 7.5.1.1'e göre "Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi" ile itme analizi uygulanabilir. Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hâkim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranının en az 0.70 olması zorunludur. X yönünde birinci titreşim moduna ait etkin kütlelerin binanın toplam kütlelerine oranı 79,49 ve Y yönünde birinci titreşim moduna ait etkin kütlelerin binanın toplam kütlelerine oranı 79,45 olarak hesaplanmıştır.

#### 5.4.1.1. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle itme eğrilerinin belirlenmesi

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılmıştır. Buna göre, her iki doğrultuda birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrileri aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur.



Şekil 5.17. Binanın X Doğrultusu İtme Eğrisi



Şekil 5.18. Binanın Y Doğrultusu İtme Eğrisi

### 5.4.1.2. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi

X doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı aşağıda sunulmuştur.

$$\Sigma M = 3108,68 \text{ t}$$

$$M_{x1} = 2471,16 \text{ t}$$

$$\Phi_{xN1} = 0,272$$

$$\Gamma_{x1} = 21,079$$

Olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.5. X Yöntünde Modal Kapasite Hesap Tablosu

$U^{(1)}_{xN1} \text{ (m)}$	$V^{(1)}_{x1} \text{ (t)}$	$M_{x1}$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{x1}$	$d^{(1)} \text{ (m)}$	$a^{(1)} \text{ (m/s}^2\text{)}$
0	0	2471.165	0.272	21.079	0	0
0.01788	241.255	2471.165	0.272	21.079	0.00312	0.0976
0.03944	512.360	2471.165	0.272	21.079	0.00688	0.2073
0.05919	719.662	2471.165	0.272	21.079	0.01032	0.2912
0.08722	909.659	2471.165	0.272	21.079	0.01521	0.3681
0.11990	992.367	2471.165	0.272	21.079	0.02091	0.4016
0.13142	1015.165	2471.165	0.272	21.079	0.02292	0.4108
0.15166	1030.330	2471.165	0.272	21.079	0.02645	0.4169
0.18655	1060.510	2471.165	0.272	21.079	0.03254	0.4292
0.19449	1062.780	2471.165	0.272	21.079	0.03392	0.4301
0.20243	1065.050	2471.165	0.272	21.079	0.03531	0.4310
0.21038	1067.320	2471.165	0.272	21.079	0.03669	0.4319
0.21832	1069.590	2471.165	0.272	21.079	0.03808	0.4328
0.22627	1071.860	2471.165	0.272	21.079	0.03946	0.4337
0.24215	1076.400	2471.165	0.272	21.079	0.04223	0.4356
0.25010	1078.670	2471.165	0.272	21.079	0.04362	0.4365
0.25804	1080.940	2471.165	0.272	21.079	0.04501	0.4374
0.26598	1083.210	2471.165	0.272	21.079	0.04639	0.4383
0.27393	1085.480	2471.165	0.272	21.079	0.04778	0.4393
0.28457	1087.750	2471.165	0.272	21.079	0.04963	0.4402
0.28964	1090.020	2471.165	0.272	21.079	0.05052	0.4411
0.29223	1092.290	2471.165	0.272	21.079	0.05097	0.4420
0.30192	1094.560	2471.165	0.272	21.079	0.05266	0.4429
0.32458	1099.270	2471.165	0.272	21.079	0.05661	0.4448
0.33052	1101.030	2471.165	0.272	21.079	0.05765	0.4456
0.33430	1103.810	2471.165	0.272	21.079	0.05831	0.4467

Y doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı aşağıda sunulmuştur.

$$\Sigma M = 3108,68 \text{ t}$$

$$M_{x1} = 2469,72 \text{ t}$$

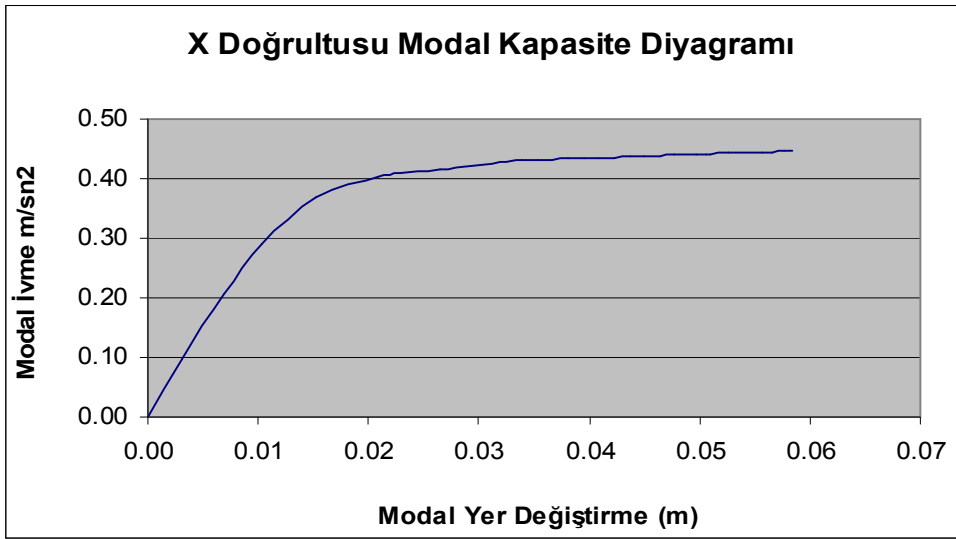
$$\Phi_{xN1} = 0,245$$

$$\Gamma_{x1} = 20,812$$

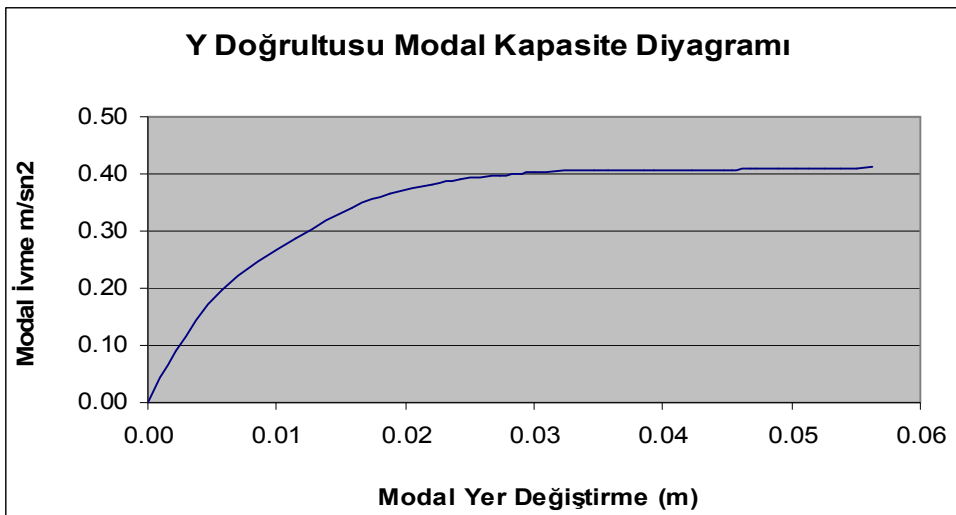
Olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.6 Y Yönünde Modal Kapasite Hesap Tablosu

$U^{(i)}_{xN1} \text{ (m)}$	$V^{(i)}_{x1} \text{ (t)}$	$M_{x1}$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{x1}$	$d^{(i)} \text{ (m)}$	$a^{(i)} \text{ (m/s}^2\text{)}$
0	0	2469.726	0.245	20.812	0	0
0.0112	223.681	2469.726	0.245	20.812	0.0022	0.0906
0.0293	485.126	2469.726	0.245	20.812	0.0058	0.1964
0.0586	709.822	2469.726	0.245	20.812	0.0115	0.2874
0.0810	839.655	2469.726	0.245	20.812	0.0159	0.3400
0.0962	902.362	2469.726	0.245	20.812	0.0189	0.3654
0.1125	940.303	2469.726	0.245	20.812	0.0221	0.3807
0.1236	965.289	2469.726	0.245	20.812	0.0242	0.3908
0.1394	983.550	2469.726	0.245	20.812	0.0273	0.3982
0.1482	990.330	2469.726	0.245	20.812	0.0291	0.4010
0.1526	992.365	2469.726	0.245	20.812	0.0299	0.4018
0.1770	1000.330	2469.726	0.245	20.812	0.0347	0.4050
0.1821	1001.268	2469.726	0.245	20.812	0.0357	0.4054
0.1968	1002.276	2469.726	0.245	20.812	0.0386	0.4058
0.2002	1003.284	2469.726	0.245	20.812	0.0393	0.4062
0.2153	1004.292	2469.726	0.245	20.812	0.0422	0.4066
0.2285	1005.300	2469.726	0.245	20.812	0.0448	0.4070
0.2409	1008.324	2469.726	0.245	20.812	0.0472	0.4083
0.2496	1009.332	2469.726	0.245	20.812	0.0490	0.4087
0.2566	1010.340	2469.726	0.245	20.812	0.0503	0.4091
0.2619	1011.348	2469.726	0.245	20.812	0.0514	0.4095
0.2681	1012.356	2469.726	0.245	20.812	0.0526	0.4099
0.2743	1013.364	2469.726	0.245	20.812	0.0538	0.4103
0.2804	1014.372	2469.726	0.245	20.812	0.0550	0.4107
0.2928	1016.388	2469.726	0.245	20.812	0.0574	0.4115
0.3051	1018.404	2469.726	0.245	20.812	0.0598	0.4124
0.3175	1020.480	2469.726	0.245	20.812	0.0623	0.4132
0.3236	1021.590	2469.726	0.245	20.812	0.0635	0.4136
0.3298	1022.020	2469.726	0.245	20.812	0.0647	0.4138
0.3299	1023.660	2469.726	0.245	20.812	0.0647	0.4145



Şekil 5.19. Binanın X Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramı



Şekil 5.20. Binanın Y Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramı

#### 5.4.1.3. Modal yer değişikliği isteminin hesabı

Yönetmelik 7.6.5.7'e göre X deprem doğrultusundaki tepe yer değişikliği istemi,  $U^{(p)}_{xN1} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d^{(p)}$  formülünden yararlanılarak belirlenecektir.

X doğrultusu için:

$S_{ae1}=3,562 \text{ m/s}^2$  ( $\omega_1^{(1)})^2=60,99$  olduğundan  $S_{de1}=0,058 \text{ m}$  olarak bulunur.

Yönetmelik 7C.2.1'e göre  $T_I^{(1)}$  başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyodu  $T_B$ 'ye eşit veya daha uzun olması durumunda spektral yer değiştirme oranı:

$T_I^{(1)}=0,8043 > T_B=0,3 \text{ sn.}$  olduğu için  $C_{R1}=1$  alınır. Dolayısıyla, nonlineer spektral yer değiştirme:

$S_{di1}=1*0,058=0,058 \text{ m}$  olarak bulunur.

$d^{(p)} = S_{di1}=0,058 \text{ m}$

$U^{(p)}_{xN1} = 0,272*21,079*0,058 = 0,333 \text{ m}$

Binanın tepe yer değiştirmesi istemi olan  $0.333 \text{ m}$ 'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

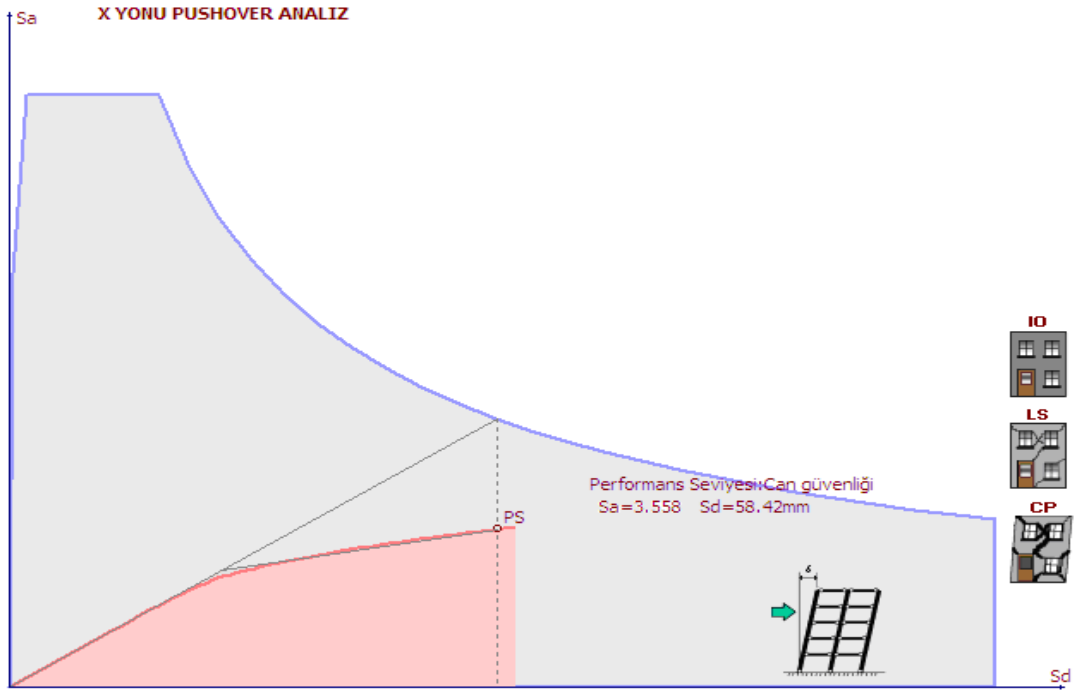
Y doğrultusu için;

$S_{ae1}=3,286 \text{ m/s}^2$  ( $\omega_1^{(1)})^2=49,84$  olduğundan  $S_{de1}=0,065 \text{ m}$  olarak bulunur

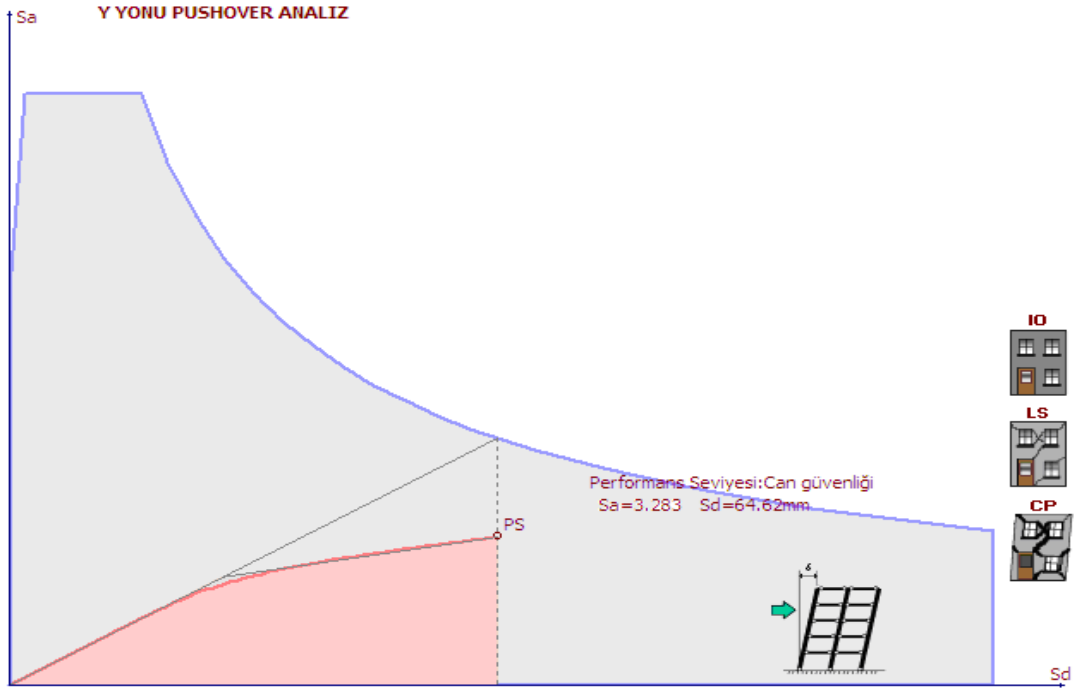
$U^{(p)}_{xN1} = 0,245*20,812*0,065 = 0,330 \text{ m}$

Binanın tepe yer değiştirmesi istemi olan  $0.330 \text{ m}$ 'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

#### 5.4.1.4. Yapının performans durumu



Şekil 5.21. X Doğrultusu Performans Seviyesi



Şekil 5.22. Y Doğrultusu Performans Seviyesi

Kiriş ve kolonlarda kesit hasar durumları;

- Zemin kat,1 ve 2.kattaki kirişlerinin %25'i ileri hasar bölgesindedir.
- Zemin kat kolonlarının 15'i belirgin hasar bölgesinde 19'u minimum hasar bölgesindedir.
- 1.kattaki kolonların 8'i belirgin hasar bölgesinde ve 26'sı minimum hasar bölgesindedir.
- 3 ve 4. Kat kolonlarının 5'i belirgin hasar bölgesinde 29'u minimum hasar bölgesindedir.
- 5.kat kolonlarının tamamı minimum hasar bölgesindedir.
- 3. ve 4.katta kirişlerin tamamı minimum hasar bölgesindedir.
- 5. kat kirişlerinde plastikleşen kesit yok.

Sonuç olarak binada tasarım depremi altında yapısal performans Can Güvenliği düzeyindedir.

#### 5.4.1.5. Eksiltelen katın yaklaşık maliyeti

16.07.1985 tarihli ve 85/9707 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile yürürlüğe giren "Mimarlık ve Mühendislik Hizmetleri Şartnamesi"nin 3.2 maddesi gereğince mimarlık ve mühendislik hizmet bedellerinin hesabında kullanılacak 2008 yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetlerine göre 3B yapı sınıfında, 02.12.1982 Gün ve 17886 Sayılı Resmi Gazete'de Yayımlanan Aşınma Oranını gösteren tebliğe göre yapı aşınma oranının %20 ve arsa m<sup>2</sup> fiyatının yapılan fiyat incelemesinde yaklaşık 250,00 TL olduğu dikkate alınarak yapılan hesaplamada;

Tablo 5.7 Yapı ve Arsa Bilgileri

Cinsi	Sınıfı	Alanı (m 2)	2008 Birim fiyatı (TL)	Aşınma oranı
Konut	3B	341,64	455,00	%20
Arsa	-	341,64	250,00	-



$$\begin{aligned}
341,64 \text{ m}^2 \times 455,00 \text{ TL} &= 155.446,20 \text{ TL} \\
155.446,2 \text{ TL} \times \%20 &= \underline{31.089,24 \text{ TL}} \\
&124.356,96 \text{ TL} \\
341,64 \text{ m}^2 \times 250,00/7 &= \underline{12.201,42 \text{ TL}} \\
\text{TOPLAM:} &136.558,38 \text{ TL}
\end{aligned}$$

1975 Deprem Yönetmeliğine göre yapılmış yapının 1 katının yaklaşık maliyeti 136.558,38 TL'dir. Bu katı yıkma bedeli Bayındırlık ve İskân Bakanlığı pozlarından "18.185 Patlayıcı madde kullanmadan her türlü demirli ve demirsiz beton inşaat yıkımı" pozunu kullanılarak elde edilmiştir. Bu pozun 2008 yılı m<sup>3</sup> fiyatı 58,13 TL'dir.

$$\begin{aligned}
341,64 \text{ m}^2 \times 58,13 \text{ TL} \times 2,90 &= 57.592,63 \text{ TL} \\
\text{Bir katın yaklaşık maliyeti} &= \underline{136.558,38 \text{ TL}} \\
\text{TOPLAM:} &194.151,01 \text{ TL}
\end{aligned}$$

1975 Deprem Yönetmeliğine göre yapılan mevcut yapının 1 katını eksiltmenin yaklaşık maliyeti 194.151,01 TL'dir

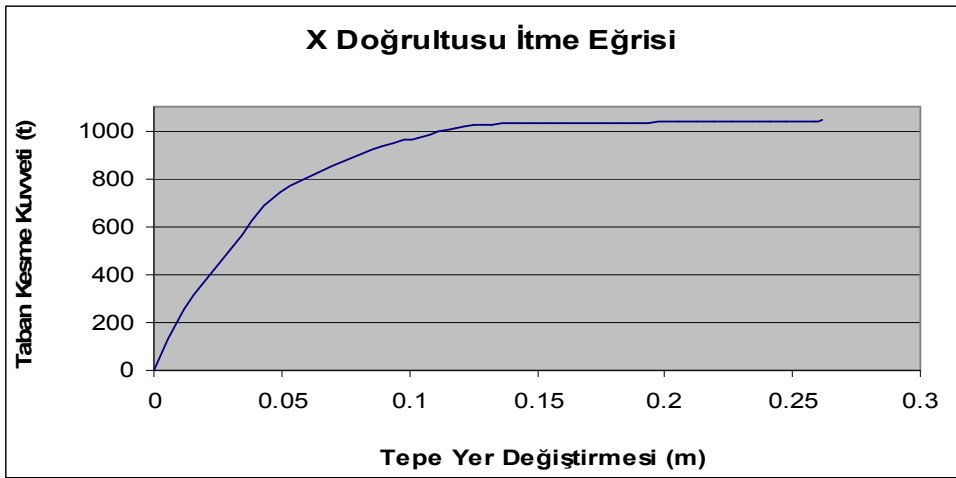
#### 5.4.2. İki kat eksiltme

Mevcut yapıdan iki kat eksilterek; kat sayısı 5, toplam bina yüksekliğini 14,6 m, diğer özellikleri 5.2.1'deki gibidir. Yapının kapsamlı bilgi düzeyinde olduğu kabul edilmiş bilgi düzeyi katsayısı 1 olarak alınmıştır. Binanın aynı deprem altında Yönetmelik 7.8'e göre Can Güvenliği performans hedefini sağlaması gerekmektedir.

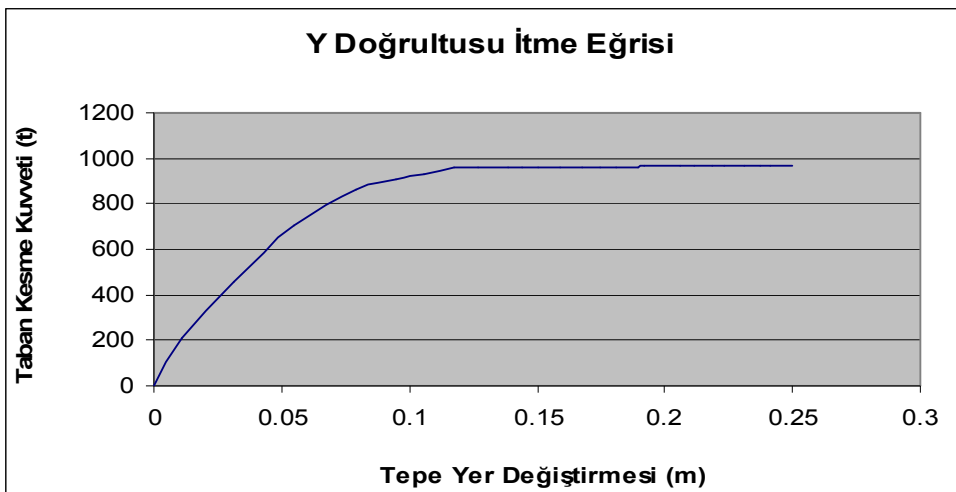
Binanın toplam kat sayısı 8'i aşmadığından ve ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları bütün katlarda  $\eta_{bi} < 1.4$  koşulunu sağladığından, Yönetmelik 7.5.1.1'e göre "Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi" ile itme analizi uygulanabilir. X yönünde birinci titreşim moduna ait etkin kütlelerin binanın toplam kütlelerine oranı 80,33 ve Y yönünde birinci titreşim moduna ait etkin kütlelerin binanın toplam kütlelerine oranı 80,34 olarak hesaplanmıştır.

#### 5.4.2.1. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle itme eğrilerinin belirlenmesi

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılmıştır. Buna göre, her iki doğrultuda birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrileri aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur.



Şekil 5.23. Binanın X Doğrultusu İtme Eğrisi



Şekil 5.24. Binanın Y Doğrultusu İtme Eğrisi

### 5.4.2.2. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi

X doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı aşağıda sunulmuştur.

$$\Sigma M = 2558,39 \text{ t}$$

$$M_{x1} = 2055,39 \text{ t}$$

$$\Phi_{xN1} = 0,226$$

$$\Gamma_{x1} = 24,552$$

Olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.8. X Yönünde Modal Kapasite Hesap Tablosu

$U^{(i)}_{xN1} \text{ (m)}$	$V^{(i)}_{x1} \text{ (t)}$	$M_{x1}$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{x1}$	$d^{(i)} \text{ (m)}$	$a^{(i)} \text{ (m/s}^2\text{)}$
0	0	2055.392	0.226	24.552	0	0
0.0115	255.21	2055.392	0.226	24.552	0.00207	0.1242
0.0297	501.14	2055.392	0.226	24.552	0.00535	0.2438
0.0490	742.30	2055.392	0.226	24.552	0.00883	0.3611
0.0892	935.58	2055.392	0.226	24.552	0.01608	0.4552
0.1037	969.01	2055.392	0.226	24.552	0.01869	0.4714
0.1109	996.62	2055.392	0.226	24.552	0.01999	0.4849
0.1182	1008.00	2055.392	0.226	24.552	0.02129	0.4904
0.1254	1026.60	2055.392	0.226	24.552	0.02260	0.4995
0.1326	1027.42	2055.392	0.226	24.552	0.02390	0.4999
0.1399	1028.24	2055.392	0.226	24.552	0.02521	0.5003
0.1471	1029.05	2055.392	0.226	24.552	0.02651	0.5007
0.1544	1029.87	2055.392	0.226	24.552	0.02782	0.5011
0.1616	1030.69	2055.392	0.226	24.552	0.02912	0.5015
0.1761	1032.33	2055.392	0.226	24.552	0.03173	0.5023
0.1833	1033.15	2055.392	0.226	24.552	0.03304	0.5027
0.1906	1033.97	2055.392	0.226	24.552	0.03434	0.5031
0.2050	1035.60	2055.392	0.226	24.552	0.03695	0.5038
0.2123	1036.42	2055.392	0.226	24.552	0.03826	0.5042
0.2195	1037.24	2055.392	0.226	24.552	0.03956	0.5046
0.2268	1038.06	2055.392	0.226	24.552	0.04087	0.5050
0.2340	1038.88	2055.392	0.226	24.552	0.04217	0.5054
0.2409	1039.70	2055.392	0.226	24.552	0.04342	0.5058
0.2477	1040.51	2055.392	0.226	24.552	0.04464	0.5062
0.2583	1041.33	2055.392	0.226	24.552	0.04655	0.5066
0.2615	1042.15	2055.392	0.226	24.552	0.04713	0.5070

Y doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı aşağıda sunulmuştur.

$$\Sigma M = 2558,39 \text{ t}$$

$$M_{x1} = 2055,34 \text{ t}$$

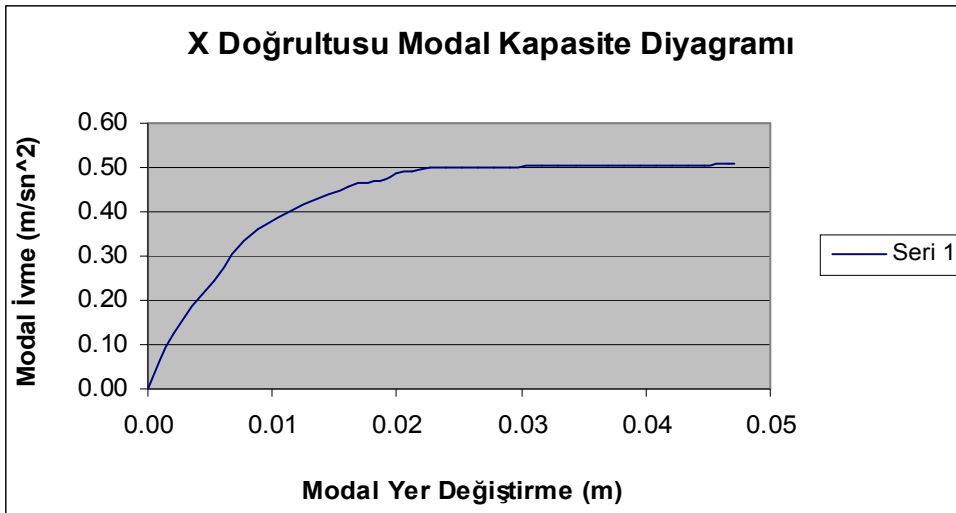
$$\Phi_{xN1} = 0,213$$

$$\Gamma_{x1} = 22,167$$

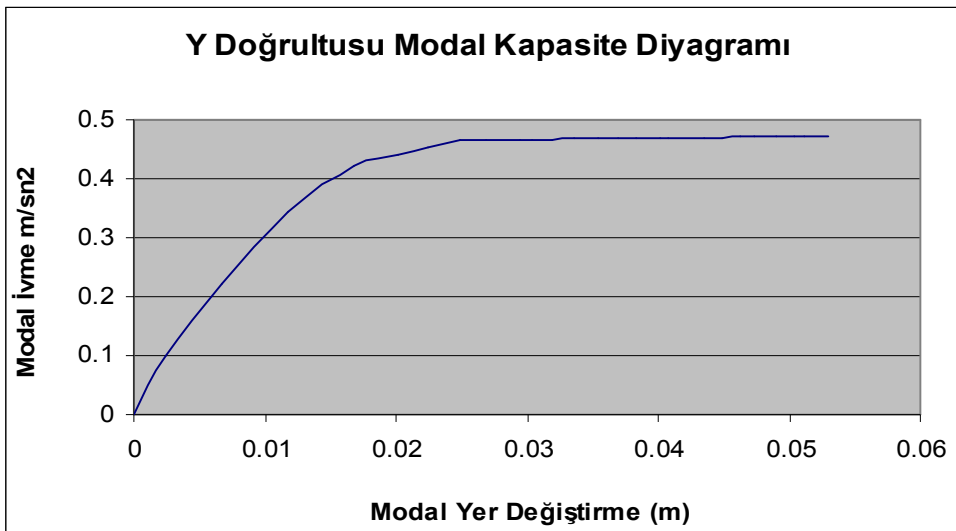
Olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.9. Y Yönünde Modal Kapasite Hesap Tablosu

$U^{(i)}_{xN1} \text{ (m)}$	$V^{(i)}_{x1} \text{ (t)}$	$M_{x1}$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{x1}$	$d^{(i)} \text{ (m)}$	$a^{(i)} \text{ (m/s}^2\text{)}$
0	0	2055.345	0.213	22.167	0	0
0.0112	208.23	2055.345	0.213	22.167	0.00238	0.1013
0.0316	457.26	2055.345	0.213	22.167	0.00669	0.2225
0.0552	703.62	2055.345	0.213	22.167	0.01169	0.3423
0.0790	865.23	2055.345	0.213	22.167	0.01673	0.4210
0.0950	905.66	2055.345	0.213	22.167	0.02012	0.4406
0.1059	932.66	2055.345	0.213	22.167	0.02243	0.4538
0.1173	956.29	2055.345	0.213	22.167	0.02484	0.4653
0.1267	957.11	2055.345	0.213	22.167	0.02683	0.4657
0.1388	957.94	2055.345	0.213	22.167	0.02940	0.4661
0.1438	958.76	2055.345	0.213	22.167	0.03046	0.4665
0.1503	959.59	2055.345	0.213	22.167	0.03183	0.4669
0.1588	960.41	2055.345	0.213	22.167	0.03363	0.4673
0.1673	961.23	2055.345	0.213	22.167	0.03543	0.4677
0.1747	962.06	2055.345	0.213	22.167	0.03700	0.4681
0.1809	962.88	2055.345	0.213	22.167	0.03831	0.4685
0.1899	963.71	2055.345	0.213	22.167	0.04022	0.4689
0.1922	964.53	2055.345	0.213	22.167	0.04071	0.4693
0.2058	965.35	2055.345	0.213	22.167	0.04359	0.4697
0.2116	966.18	2055.345	0.213	22.167	0.04482	0.4701
0.2185	967.00	2055.345	0.213	22.167	0.04628	0.4705
0.2232	967.83	2055.345	0.213	22.167	0.04727	0.4709
0.2314	968.66	2055.345	0.213	22.167	0.04901	0.4713
0.2377	969.48	2055.345	0.213	22.167	0.05034	0.4717
0.2416	970.25	2055.345	0.213	22.167	0.05117	0.4721
0.2498	971.15	2055.345	0.213	22.167	0.05291	0.4725



Şekil 5.25. Binanın X Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramı



Şekil 5.26. Binanın Y Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramı

#### 5.4.2.3. Modal yer değiştirme isteminin hesabı

Yönetmelik 7.6.5.7'e göre X deprem doğrultusundaki tepe yer değiştirmesi istemi,  $U$   
 $d^{(p)}_{xN1} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d^{(p)}$  formülünden yararlanılarak belirlenecektir.

X doğrultusu için;

$S_{ae1}=4,080 \text{ m/s}^2$  ( $\omega_1^{(1)})^2=86,11$  olduğundan  $S_{de1}=0,047 \text{ m}$  olarak bulunur.

Yönetmelik 7C.2.1'e göre  $T_I^{(1)}$  başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyodu  $T_B$ 'ye eşit veya daha uzun olması durumunda spektral yer değiştirme oranı:

$T_I^{(1)}=0,6768 > T_B=0,3 \text{ sn.}$  olduğu için  $C_{R1}=1$  alınır. Dolayısıyla, nonlineer spektral yer değiştirme:

$S_{di1}=1*0,047=0,047 \text{ m}$  olarak bulunur.

$d^{(p)} = S_{di1}=0,047 \text{ m}$

$U^{(p)}_{xN1} = 0,226*24,552*0,047 = 0,261 \text{ m}$

Binanın tepe yer değiştirmesi istemi olan  $0,061 \text{ m}$ 'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

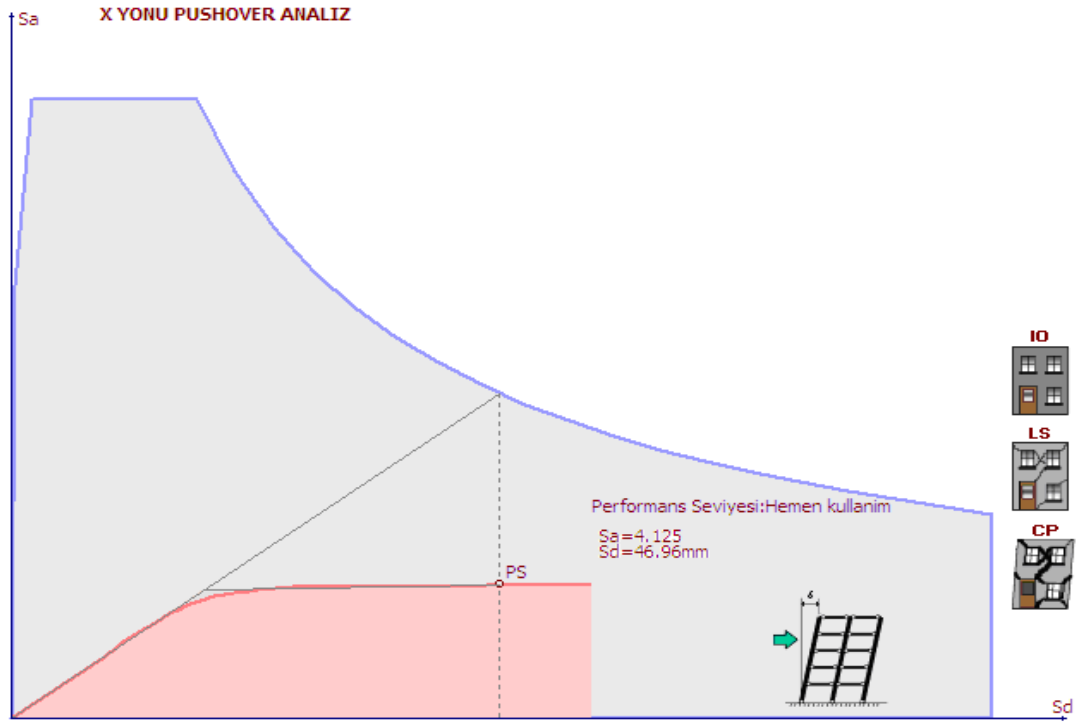
Y doğrultusu için;

$S_{ae1}=3,78 \text{ m/s}^2$  ( $\omega_1^{(1)})^2=71,06$  olduğundan  $S_{de1}=0,053 \text{ m}$  olarak bulunur

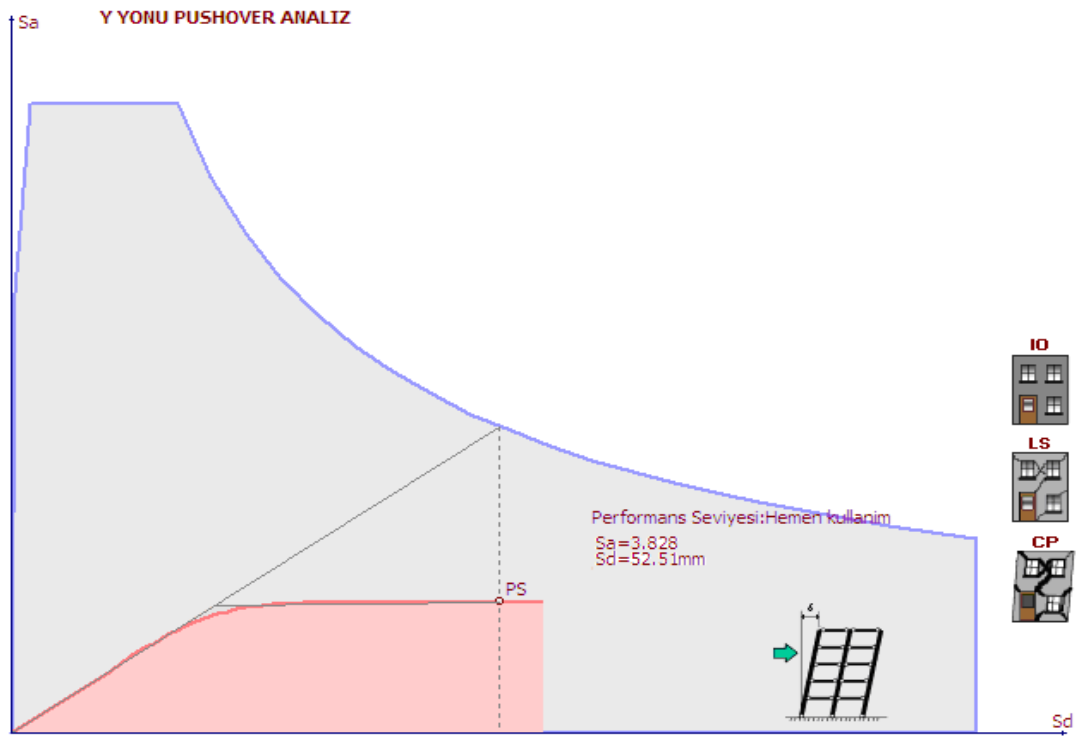
$U^{(p)}_{xN1} = 0,213*22,167*0,053 = 0,250 \text{ m}$

Binanın tepe yer değiştirmesi istemi olan  $0,250 \text{ m}$ 'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

#### 5.4.2.4. Yapının performans durumu



Şekil 5.27. X Doğrultusu Performans Seviyesi



Şekil 5.28 Y Doğrultusu Performans Seviyesi

Kiriş ve kolonlarda kesit hasar durumları;

- Zemin kat, 1ve 2. kattaki kirişlerinin %8'i belirgin hasar bölgesindedir.
- Zemin kat kolonlarının 5'i belirgin hasar bölgesinde 29'u minimum hasar bölgesindedir.
- 1.kattaki kolonların 6'i belirgin hasar bölgesinde ve diğerleri minimum hasar bölgesindedir.
- 2. Kat kolonlarının 3'i belirgin hasar bölgesinde diğerleri minimum hasar bölgesindedir.
- 3. ve 4.kat kolonlarının tamamı minimum hasar bölgesindedir.
- 3. ve 4.kat kirişlerinde plastikleşen kesit yok.

Sonuç olarak binada tasarım depremi altında yapısal performans Hemen Kullanım düzeyindedir.

#### 5.4.2.5. Eksiltelen katların yaklaşık maliyeti

16.07.1985 tarihli ve 85/9707 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile yürürlüğe giren "Mimarlık ve Mühendislik Hizmetleri Şartnamesi"nin 3.2 maddesi gereğince mimarlık ve mühendislik hizmet bedellerinin hesabında kullanılacak 2008 yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetlerine göre 3B yapı sınıfında, 02.12.1982 Gün ve 17886 Sayılı Resmi Gazete'de Yayımlanan Aşınma Oranını gösteren tebliğe göre yapı aşınma oranının %20 ve arsa m<sup>2</sup> fiyatının yapılan fiyat incelemesinde yaklaşık 250,00 TL olduğu dikkate alınarak yapılan hesaplamada;

Tablo 5.10 Yapı ve Arsa Bilgileri

Cinsi	Sınıfı	Alanı (m <sup>2</sup> )	2008 Birim fiyatı (TL)	Aşınma oranı
Konut	3B	341,64	455,00	%20
Arsa	-	341,64	250,00	-



$$341,64 \text{ m}^2 \times 455,00 \text{ TL} = 155.446,20 \text{ TL}$$

$$155.446,2 \text{ TL} \times \%20 = \underline{31.089,24 \text{ TL}}$$

124.356,96 TL (1 Katın Yaklaşık Maliyeti)

$$2 \times 124.356,96 \text{ TL} = 248.713,92 \text{ TL}$$

$$341,64 \text{ m}^2 \times 250,00 \text{ TL}/7 \times 2 = \underline{24.402,85 \text{ TL}}$$

TOPLAM:273.116,77 TL

1975 Deprem Yönetmeliğine göre yapılmış yapının 2 katının yaklaşık maliyeti 273.116,77 TL'dir. Bu iki katın yıkma bedeli Bayındırlık ve İskân Bakanlığı pozlarından "18.185 Patlayıcı madde kullanmadan her türlü demirli ve demirsiz beton inşaat yıkımı" pozunu kullanılarak elde edilmiştir. Bu pozun 2008 yılı m<sup>3</sup> fiyatı 58,13 TL'dir.

$$341,64 \text{ m}^2 \times 58,13 \text{ TL} \times 5,80 = 115.185,27 \text{ TL}$$

$$\text{İki katın yaklaşık maliyeti} = \underline{273.116,77 \text{ TL}}$$

TOPLAM:388.302,04 TL

1975 Deprem Yönetmeliğine göre yapılan mevcut yapının 2 katını eksiltmenin yaklaşık maliyeti 388.302,04 TL'dir.

## 5.5. 1998 Yönetmeliğine Göre Projelendirilmiş Yapı Modelinin İncelenmesi

### 5.5.1. Yapı Modeli Hakkında Genel Bilgiler

1997 Deprem Yönetmeliğine göre projelendirilen mevcut yapı modelinin analizinde kullanılan bilgiler aşağıda sıralanmıştır.

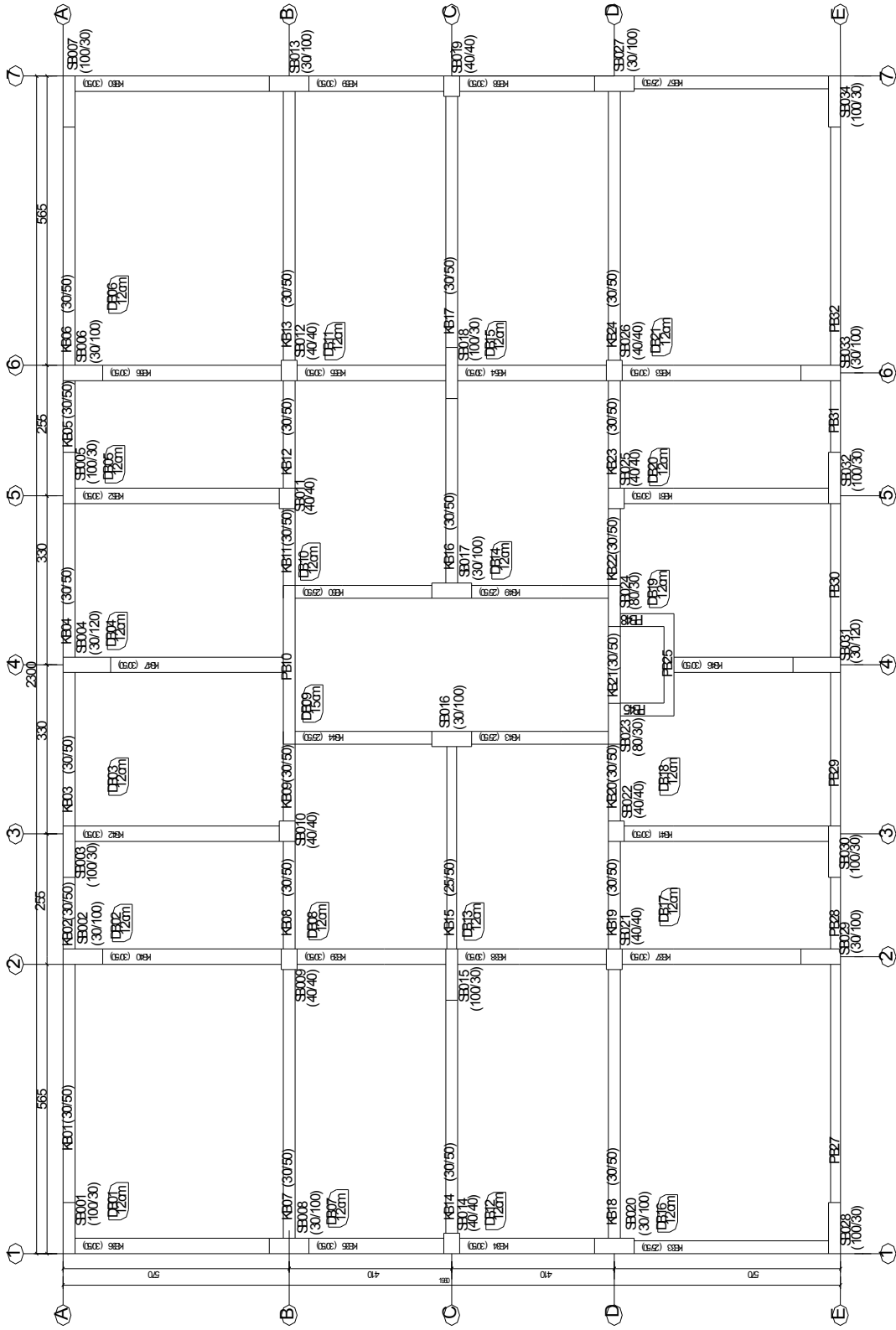
Kat adedi	: Bodrum+Zemin + 6 Normal kat
Bina kat yüksekliği (h)	: 3,2 m (bodrum kat), 3 m (normal katlar)
Toplam bina yüksekliği, [H]	:24,2 m
Kullanım amacı	: Konut
Döşeme kalınlığı	: 12 cm

Yapının X doğrultusundaki toplam uzunluğu	: 23,00 m
Yapının Y doğrultusundaki toplam uzunluğu	: 19,60 m
Beton (Tüm betonarme elemanlar)	: C20
Donatı çeliği	: S220
Deprem bölgesi	:2
Etkin yer ivme katsayısı, [A0]	: 0.32
Bina önem katsayısı, [I]	:1
Yerel zemin sınıfı	:Z1
$T_A$ ve $T_B$	:0,10 ve 0,30

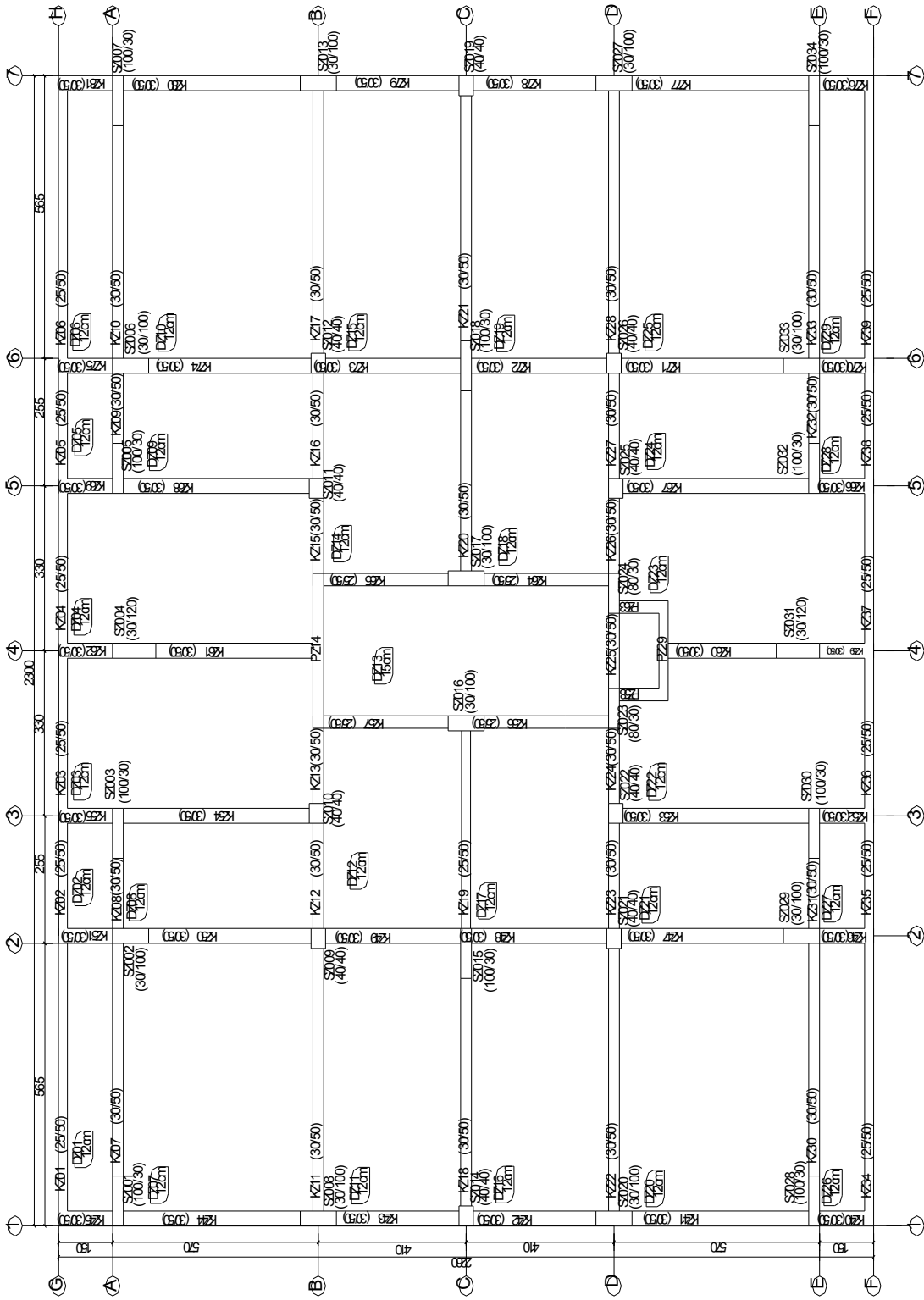
Yapının kapsamlı bilgi düzeyinde olduğu kabul edilmiş bilgi düzeyi katsayısı 1 olarak alınmıştır. Bu binanın tasarımında 50 yılda asılma olasılığı %10 depremi kullanılmıştır. Binanın aynı deprem altında Yönetmelik 7.8'e göre Can Güvenliği performans hedefini sağlaması gerekmektedir.

Binanın toplam kat sayısı 8'i aşmadığından ve ek dışmerkezlilik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları bütün katlarda  $\eta_{bi} < 1.4$  koşulunu sağladığından, Yönetmelik 7.5.1.1'e göre "Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi" ile itme analizi uygulanabilir. X yönünde birinci titreşim moduna ait etkin kütle binanın toplam kütle sine oranı 81,30 ve Y yönünde birinci titreşim moduna ait etkin kütle binanın toplam kütle sine oranı 80,50 olarak hesaplanmıştır.

Yapı modeli olarak kullanılan yapının kat kalıp planları Şekil 5.29 ve Şekil 5.30'da verilmiştir. Yapının kolonları 4 ayrı boyutta olup 2adet 30x80, 10 adet 40x40, 20 adet 100x30 ve 2 adet 120x30 olarak tasarlanmıştır. Kirişleri ise 30x50 boyutunda tasarlanmıştır. Ayrıca yapıda 2 adet 30/135, 1 adet 30/150 ve 1 adet 30/310 perdeleri de mevcuttur.



Şekil 5.29. Mevcut Yapıya Ait Bodrum Kat Kalıp Planı

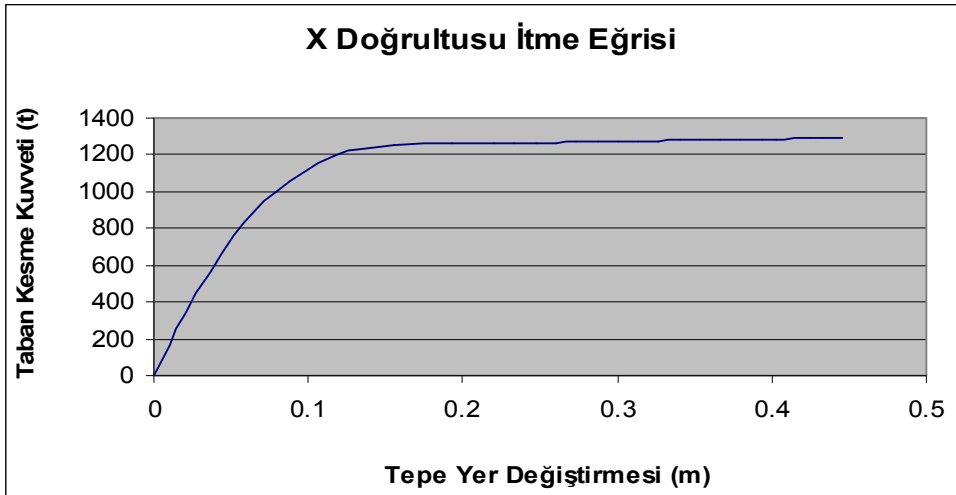


Şekil 5.30. Mevcut Yapıya Ait Zemin ve Normal Kat Kalıp Planı

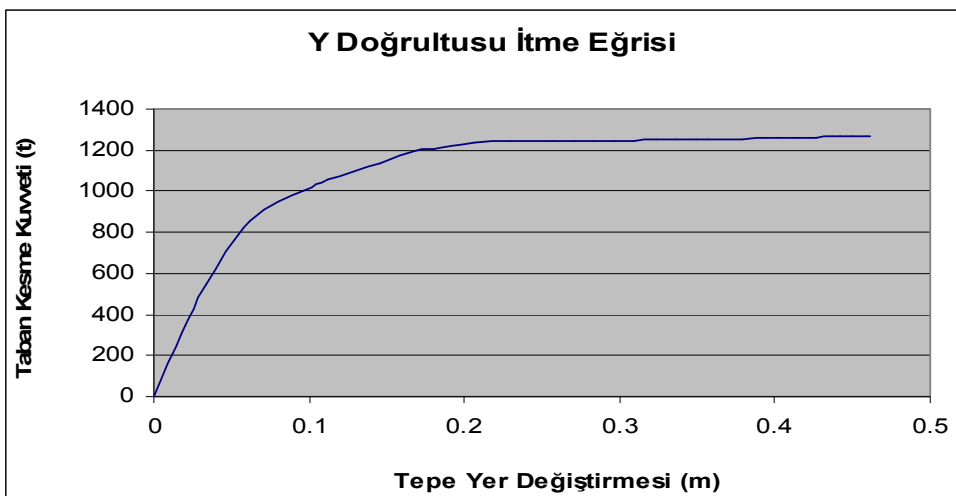
## 5.5.2. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle itme analizi

### 5.5.2.1. İtme eğrilerinin belirlenmesi

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılmıştır. Buna göre, her iki doğrultuda birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrileri aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur.



Şekil 5.31. Binanın X Doğrultusu İtme Eğrisi



Şekil 5.32. Binanın Y Doğrultusu İtme Eğrisi

### 5.5.2.2. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi

X doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı aşağıda sunulmuştur.

$$\Sigma M = 5098,87 \text{ t}$$

$$M_{x1} = 4145,38 \text{ t}$$

$$\Phi_{xN1} = 0,226$$

$$\Gamma_{x1} = 24,566$$

Olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.11. X Yönünde Modal Kapasite Hesap Tablosu

$U^{(1)}_{xN1} \text{ (m)}$	$V^{(1)}_{x1} \text{ (t)}$	$M_{x1}$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{x1}$	$d^{(1)} \text{ (m)}$	$a^{(1)} \text{ (m/s}^2\text{)}$
0	0	4145.38	0.2261	24.566	0	0
0.0213	339.65	4145.38	0.2261	24.566	0.00383	0.0819
0.0512	765.35	4145.38	0.2261	24.566	0.00922	0.1846
0.0790	996.32	4145.38	0.2261	24.566	0.01422	0.2403
0.1167	1195.37	4145.38	0.2261	24.566	0.02101	0.2884
0.1552	1257.19	4145.38	0.2261	24.566	0.02794	0.3033
0.1936	1259.07	4145.38	0.2261	24.566	0.03486	0.3037
0.2204	1260.95	4145.38	0.2261	24.566	0.03968	0.3042
0.2337	1262.83	4145.38	0.2261	24.566	0.04208	0.3046
0.2470	1264.71	4145.38	0.2261	24.566	0.04448	0.3051
0.2604	1266.58	4145.38	0.2261	24.566	0.04687	0.3055
0.2737	1268.46	4145.38	0.2261	24.566	0.04927	0.3060
0.2870	1270.34	4145.38	0.2261	24.566	0.05167	0.3064
0.3003	1272.22	4145.38	0.2261	24.566	0.05406	0.3069
0.3136	1274.10	4145.38	0.2261	24.566	0.05646	0.3074
0.3269	1275.97	4145.38	0.2261	24.566	0.05885	0.3078
0.3402	1277.85	4145.38	0.2261	24.566	0.06125	0.3083
0.3535	1279.73	4145.38	0.2261	24.566	0.06365	0.3087
0.3668	1281.61	4145.38	0.2261	24.566	0.06604	0.3092
0.3801	1283.49	4145.38	0.2261	24.566	0.06844	0.3096
0.3935	1285.14	4145.38	0.2261	24.566	0.07084	0.3100
0.4033	1287.30	4145.38	0.2261	24.566	0.07261	0.3105
0.4255	1289.67	4145.38	0.2261	24.566	0.07661	0.3111
0.4329	1290.61	4145.38	0.2261	24.566	0.07794	0.3113
0.4452	1293.36	4145.38	0.2261	24.566	0.08015	0.3120

Y doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı aşağıda sunulmuştur.

$$\Sigma M = 5098,87 \text{ t}$$

$$M_{x1} = 4104,38 \text{ t}$$

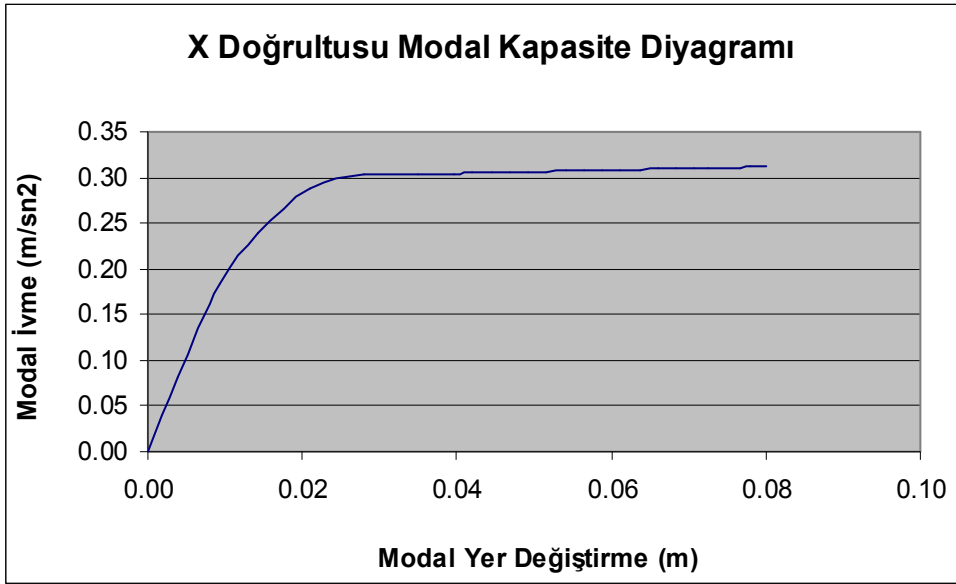
$$\Phi_{xN1} = 0,196$$

$$\Gamma_{x1} = 21,117$$

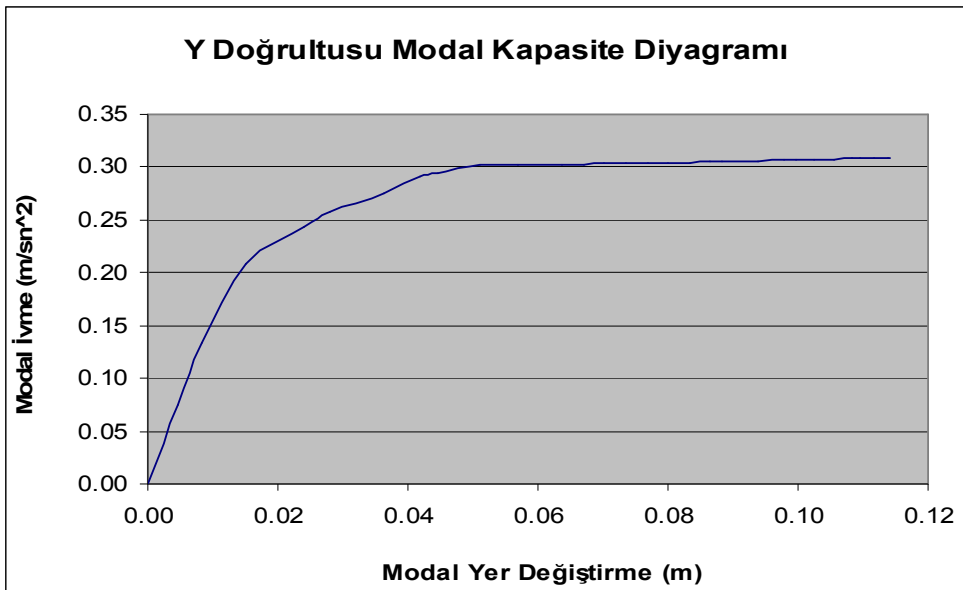
Olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.12. Y Yönünde Modal Kapasite Hesap Tablosu

$U^{(1)}_{xN1} \text{ (m)}$	$V^{(1)}_{x1} \text{ (t)}$	$M_{x1}$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{x1}$	$d^{(1)} \text{ (m)}$	$a^{(1)} \text{ (m/s}^2\text{)}$
0	0	4104.38	0.196	21.117	0	0
0.0187	309.660	4104.38	0.191	21.117	0.00463	0.0754
0.0331	546.360	4104.38	0.191	21.117	0.00821	0.1331
0.0613	852.910	4104.38	0.191	21.117	0.01519	0.2078
0.0966	1002.300	4104.38	0.191	21.117	0.02394	0.2442
0.1126	1059.680	4104.38	0.191	21.117	0.02790	0.2582
0.1462	1132.200	4104.38	0.191	21.117	0.03625	0.2759
0.1682	1195.340	4104.38	0.191	21.117	0.04170	0.2912
0.1799	1206.250	4104.38	0.191	21.117	0.04460	0.2939
0.2065	1239.700	4104.38	0.191	21.117	0.05120	0.3020
0.2296	1240.935	4104.38	0.191	21.117	0.05693	0.3023
0.2566	1242.170	4104.38	0.191	21.117	0.06362	0.3026
0.2704	1243.405	4104.38	0.191	21.117	0.06705	0.3029
0.2836	1244.640	4104.38	0.191	21.117	0.07031	0.3032
0.2967	1245.875	4104.38	0.191	21.117	0.07356	0.3035
0.3098	1247.110	4104.38	0.191	21.117	0.07682	0.3038
0.3230	1248.345	4104.38	0.191	21.117	0.08008	0.3041
0.3361	1249.580	4104.38	0.191	21.117	0.08333	0.3045
0.3566	1252.050	4104.38	0.191	21.117	0.08841	0.3051
0.3785	1255.755	4104.38	0.191	21.117	0.09384	0.3060
0.3947	1256.990	4104.38	0.191	21.117	0.09786	0.3063
0.4020	1258.225	4104.38	0.191	21.117	0.09967	0.3066
0.4135	1259.460	4104.38	0.191	21.117	0.10252	0.3069
0.4261	1260.695	4104.38	0.191	21.117	0.10564	0.3072
0.4372	1264.400	4104.38	0.191	21.117	0.10840	0.3081
0.4416	1265.800	4104.38	0.191	21.117	0.10949	0.3084
0.4501	1266.490	4104.38	0.191	21.117	0.11159	0.3086
0.4588	1268.370	4104.38	0.191	21.117	0.11375	0.3090
0.4608	1269.290	4104.38	0.191	21.117	0.11425	0.3093



Şekil 5.33. Binanın X Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramı



Şekil 5.34. Binanın Y Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramı

### 5.5.2.3. Modal yer değiştirme isteminin hesabı

Yönetmelik 7.6.5.7'e göre X deprem doğrultusundaki tepe yer değiştirmesi istemi,  $U^{(p)}_{xN1} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d^{(p)}$  formülünden yararlanılarak belirlenecektir.



X doğrultusu için;

$$T_B=0.3\text{sn.} \quad T_x=1,0578 \text{ sn.} \quad A_o=0.32 \quad \omega_1^{(1)}=5,94 \text{ değerleri yerine yazılırsa;}$$

$$S_{ae1}=2,854 \text{ m/s}^2 \quad (\omega_1^{(1)})^2=35,28 \text{ olduğundan } S_{de1}=0,080 \text{ m olarak bulunur.}$$

Yönetmelik 7C.2.1'e göre  $T_I^{(1)}$  başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyodu  $T_B$ 'ye eşit veya daha uzun olması durumunda spektral yer değiştirme oranı:

$T_I^{(1)}=1,0495 > T_B=0,3\text{sn.}$  olduğu için  $C_{R1}=1$  alınır. Dolayısıyla, nonlineer spektral yer değiştirme:

$$S_{di1}=1*0,080=0,080 \text{ m olarak bulunur.}$$

$$d^{(p)} = S_{di1}=0,080 \text{ m}$$

$$U^{(p)}_{xN1} = 0,226*24,566*0,080 = 0,445 \text{ m}$$

Binanın tepe yer değiştirmesi istemi olan 0.445 m'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

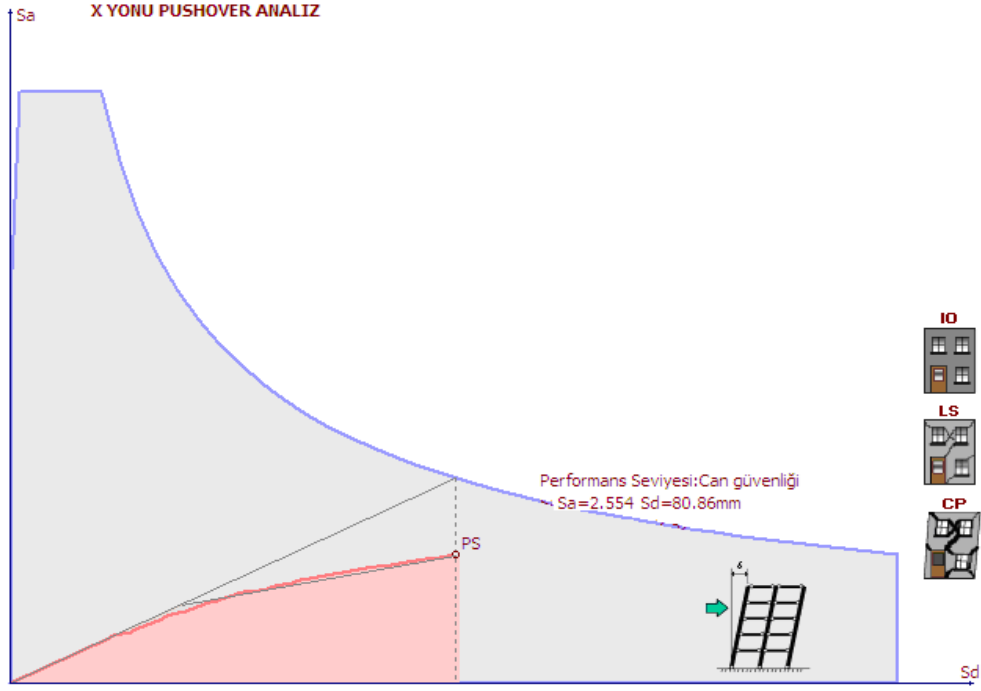
Y doğrultusu için;

$$S_{ae1}=2,266 \text{ m/s}^2 \quad (\omega_1^{(1)})^2=19,62 \text{ olduğundan } S_{de1}=0,115 \text{ m olarak bulunur}$$

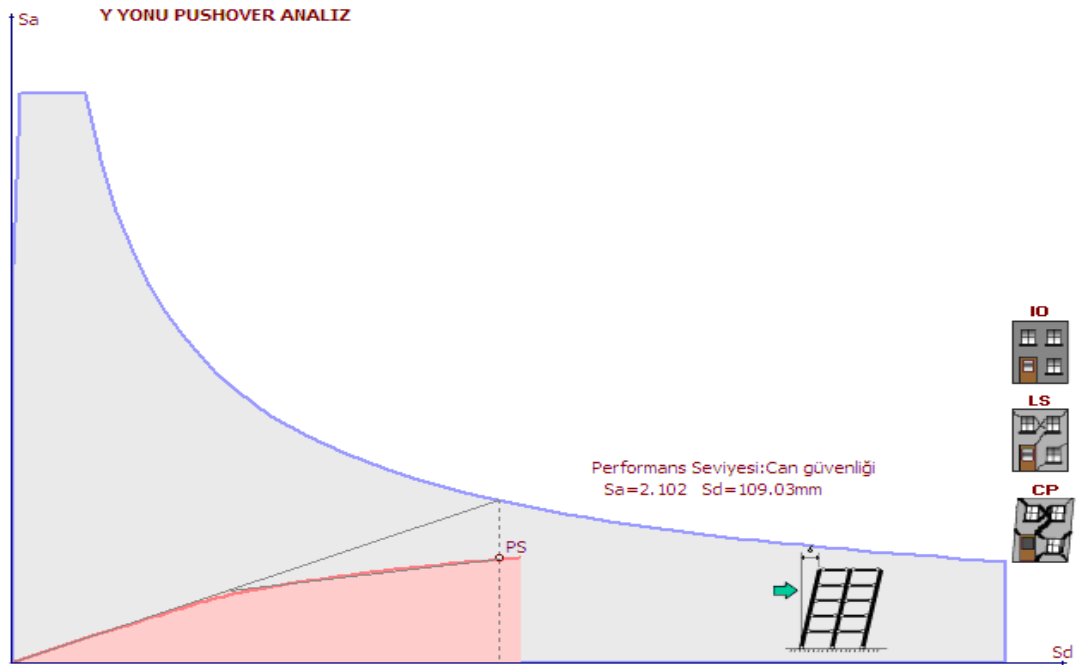
$$U^{(p)}_{xN1} = 0,191*21,117*0,115 = 0,460 \text{ m}$$

Binanın tepe yer değiştirmesi istemi olan 0,460 m'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

### 5.5.3. Yapının performans durumu



Şekil 5.35. X Doğrultusu Performans Seviyesi



Şekil 5.36. Y Doğrultusu Performans Seviyesi

Kiriş ve kolonlarda kesit hasar durumları;

- Bodrum, Zemin kat ve 1.kattaki kirişlerinin %5'i belirgin hasar bölgesindedir.
- Bodrum Kat kolonlarının 8'i Zemin kat kolonlarının 6'sı belirgin hasar bölgesindedir. Diğerleri minimum hasar bölgesindedir.
- 1. ve 2.kattaki kirişlerin %8'i belirgin hasar bölgesinde ve diğerleri minimum hasar bölgesindedir
- 1.kattaki kolonların 8'i belirgin hasar bölgesinde ve diğerleri minimum hasar bölgesindedir.
- 2. Kat kolonlarının 4'ü belirgin hasar bölgesinde diğerleri minimum hasar bölgesindedir.
- 3. ve 4.kat kolon ve kirişlerinin tamamı minimum hasar bölgesindedir.
- 5 ve 6.kat kirişlerinde plastikleşen kesit yok.

Sonuç olarak binada tasarım depremi altında yapısal performans Can Güvenliği düzeyindedir.

### **5.6. 1998 Yönetmeliğine Göre Analizi Yapılan Yapının 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Taşıyıcı Sisteminde Kesiti Yetersiz Elemanların Boyutlarının Değiştirilerek İncelenmesi**

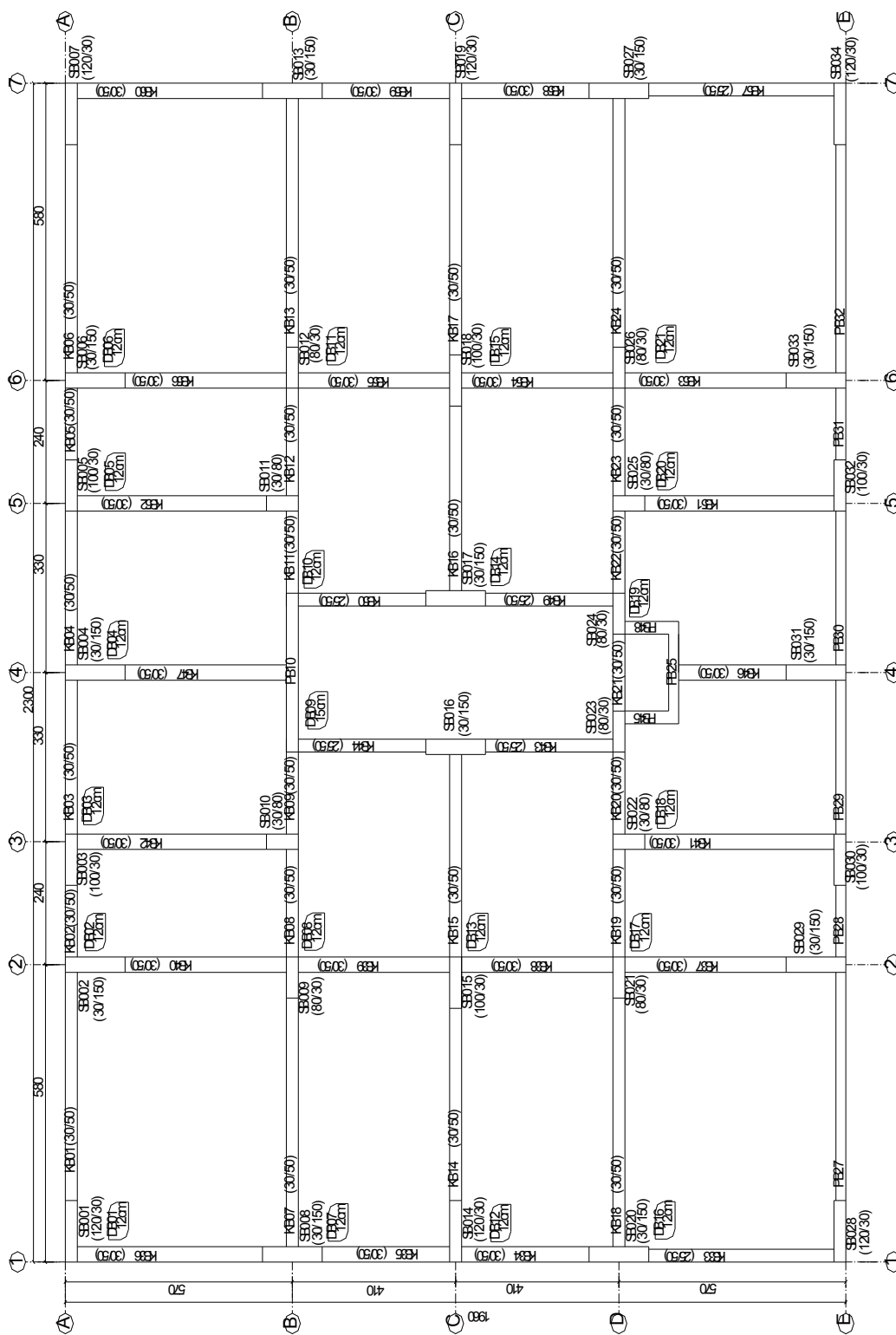
Burada amaç; 1998 Deprem Yönetmeliğine göre yapılan yapının taşıyıcı sisteminde kesiti yetersiz olan elemanların 2007 Deprem Yönetmeliği esas alınarak kesit boyutlarının yeniden belirlenmesi ve belirlenen yeni kesitlerle 2007 Deprem Yönetmeliğine göre analizi yapıp yeni bir performans noktası elde etmek.

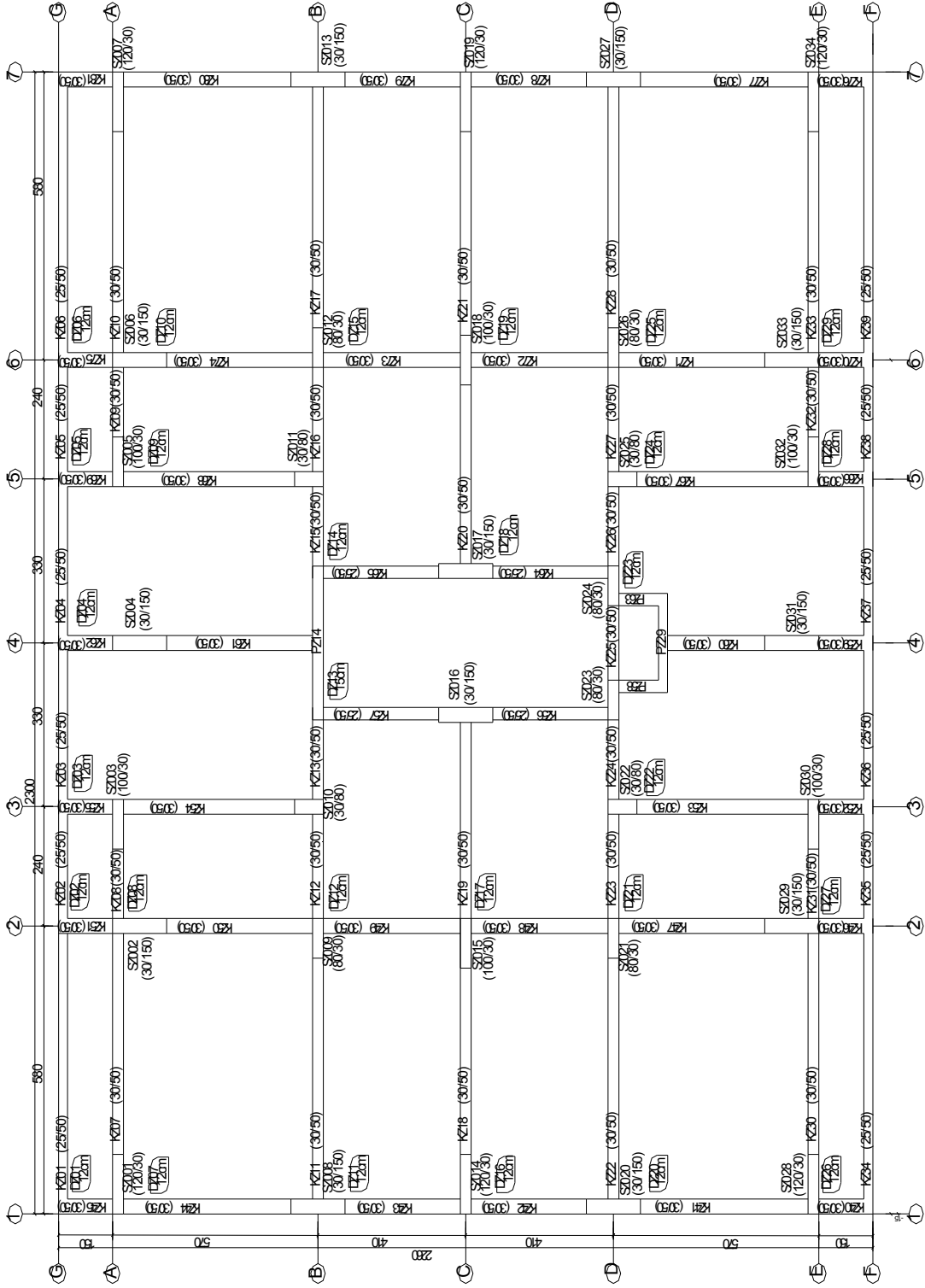
Mevcut yapının kat sayısı, kat yüksekliği, toplam bina yüksekliği, döşeme türü ve kalınlığı ve malzemesini değiştirmeden yapının kesiti yetersiz elemanlarının boyutu değiştirilmiştir. Yapının kapsamlı bilgi düzeyinde olduğu kabul edilmiş, bilgi düzeyi katsayısı 1 olarak alınmıştır. Bu binanın tasarımında 50 yılda aşılma olasılığı %10 depremi kullanılmıştır. Binanın aynı deprem altında Yönetmelik 7.8'e göre Can Güvenliği performans hedefini sağlaması gerekmektedir.

Binanın toplam kat sayısı 8'i aşmadığından ve ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları bütün katlarda  $\eta_{bi} < 1.4$  koşulunu sağladığından, Yönetmelik 7.5.1.1'e göre "Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi" ile itme analizi uygulanabilir.

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hâkim) titreşim moduna ait etkin kütle nin toplam bina kütle sine oranının en az 0.70 olması zorunludur. X yönünde birinci titreşim moduna ait etkin kütle nin binanın toplam kütle sine oranı 82,14 ve Y yönünde birinci titreşim moduna ait etkin kütle nin binanın toplam kütle sine oranı 78,78 olarak hesaplanmıştır.

Yapı modeli olarak kullanılan yapının kat kalıp planları Şekil 5.37 ve Şekil 5.38'de verilmiştir. Yapının kolonları 40x40 olan 8 tane kolon 30/80 ve 2 tanesi 30x120, 30x100 olan kolonlardan 4 tanesi 30x120 ve 10 tanesi 30x150, 30x120 olan 2 kolon 30x150 olarak değiştirilmiş olup diğer kolonlar aynı boyutta bırakılmıştır. Kirişlerde herhangi bir kesit değişikliği yapılmamıştır.



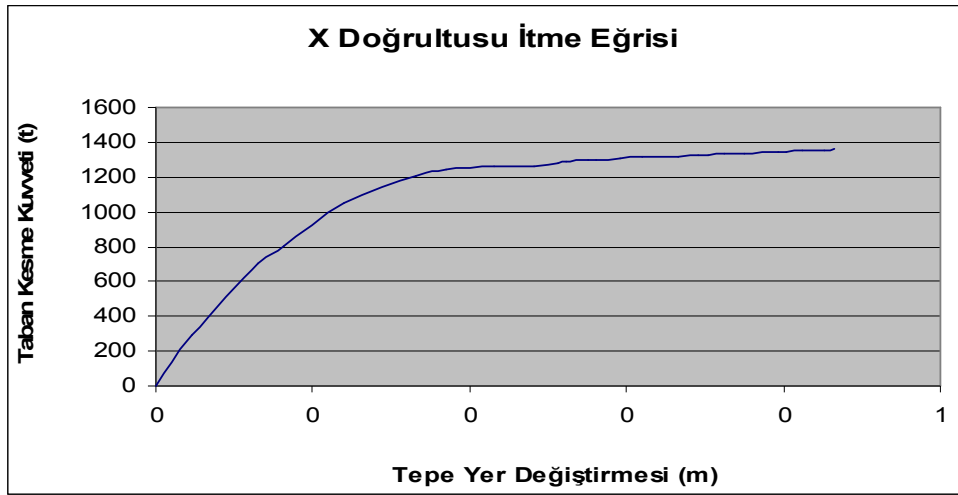


Şekil 5.38. Mevcut Yapıya Ait Bodrum Kat Kalıp Planı

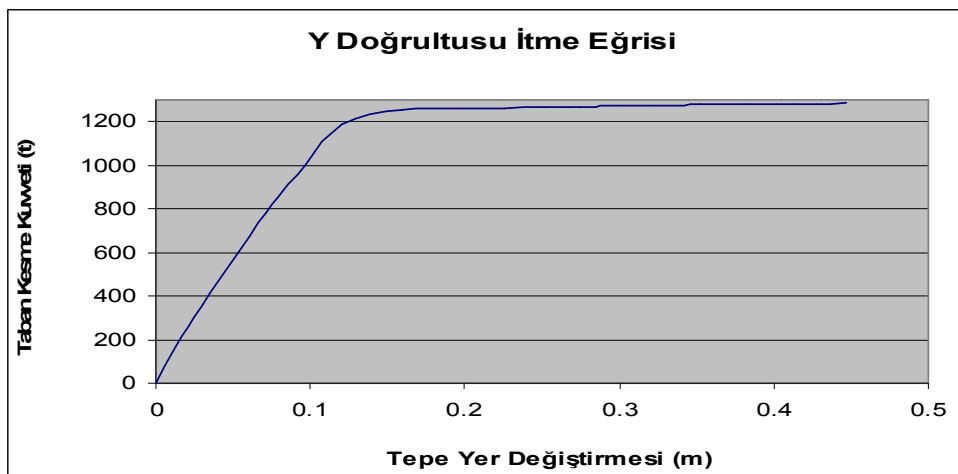
### 5.6.1. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle itme analizi

#### 5.6.1.1. İtme eğrilerinin belirlenmesi

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılmıştır. Buna göre, her iki doğrultuda birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrileri aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.



Şekil 5.39. Binanın Y Doğrultusu İtme Eğrisi



Şekil 5.40. Binanın Y Doğrultusu İtme Eğrisi

### 5.6.1.2. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi

X doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı aşağıda sunulmuştur.

$$\Sigma M = 5178,72 \text{ t}$$

$$M_{x1} = 4253,80 \text{ t}$$

$$\Phi_{xN1} = 0,2214$$

$$\Gamma_{x1} = 25,234$$

Olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.13. X Yönünde Modal Kapasite Hesap Tablosu

$U^{(1)}_{xN1}$ (m)	$V^{(1)}_{x1}$ (t)	$M_{x1}$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{x1}$	$d^{(1)}$ (m)	$a^{(1)}$ (m/s <sup>2</sup> )
0	0	4253.80	0.2214	25.234	0	0
0.0233	289.66	4253.80	0.2214	25.234	0.00417	0.0681
0.0651	706.95	4253.80	0.2214	25.234	0.01165	0.1662
0.0813	801.66	4253.80	0.2214	25.234	0.01454	0.1885
0.1199	1055.74	4253.80	0.2214	25.234	0.02145	0.2482
0.1655	1206.33	4253.80	0.2214	25.234	0.02963	0.2836
0.1849	1239.37	4253.80	0.2214	25.234	0.03309	0.2914
0.2157	1257.33	4253.80	0.2214	25.234	0.03860	0.2956
0.2409	1262.83	4253.80	0.2214	25.234	0.04311	0.2969
0.2566	1279.66	4253.80	0.2214	25.234	0.04592	0.3008
0.2615	1288.65	4253.80	0.2214	25.234	0.04680	0.3029
0.2754	1297.76	4253.80	0.2214	25.234	0.04929	0.3051
0.2805	1302.58	4253.80	0.2214	25.234	0.05020	0.3062
0.2954	1308.20	4253.80	0.2214	25.234	0.05287	0.3075
0.3096	1312.15	4253.80	0.2214	25.234	0.05541	0.3085
0.3323	1318.33	4253.80	0.2214	25.234	0.05947	0.3099
0.3451	1324.72	4253.80	0.2214	25.234	0.06176	0.3114
0.3520	1330.22	4253.80	0.2214	25.234	0.06299	0.3127
0.3622	1334.12	4253.80	0.2214	25.234	0.06482	0.3136
0.3746	1337.52	4253.80	0.2214	25.234	0.06704	0.3144
0.3966	1341.21	4253.80	0.2214	25.234	0.07098	0.3153
0.4012	1345.33	4253.80	0.2214	25.234	0.07180	0.3163
0.4125	1351.12	4253.80	0.2214	25.234	0.07382	0.3176
0.4259	1354.25	4253.80	0.2214	25.234	0.07622	0.3184
0.4325	1358.66	4253.80	0.2214	25.234	0.07740	0.3194



Y doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı aşağıda sunulmuştur.

$$\Sigma M = 5178,72 \text{ t}$$

$$M_{x1} = 4079,92 \text{ t}$$

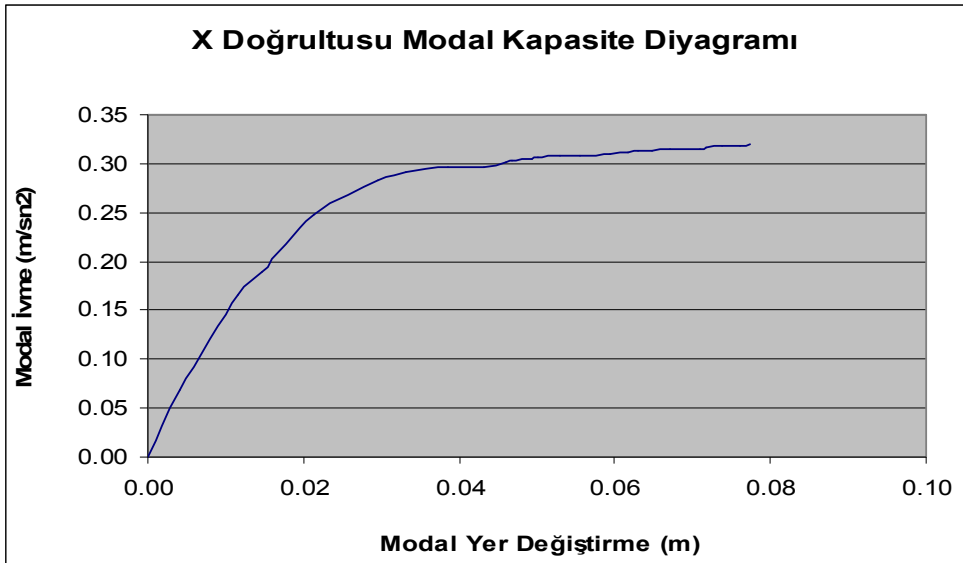
$$\Phi_{xN1} = 0,213$$

$$\Gamma_{x1} = 22,258$$

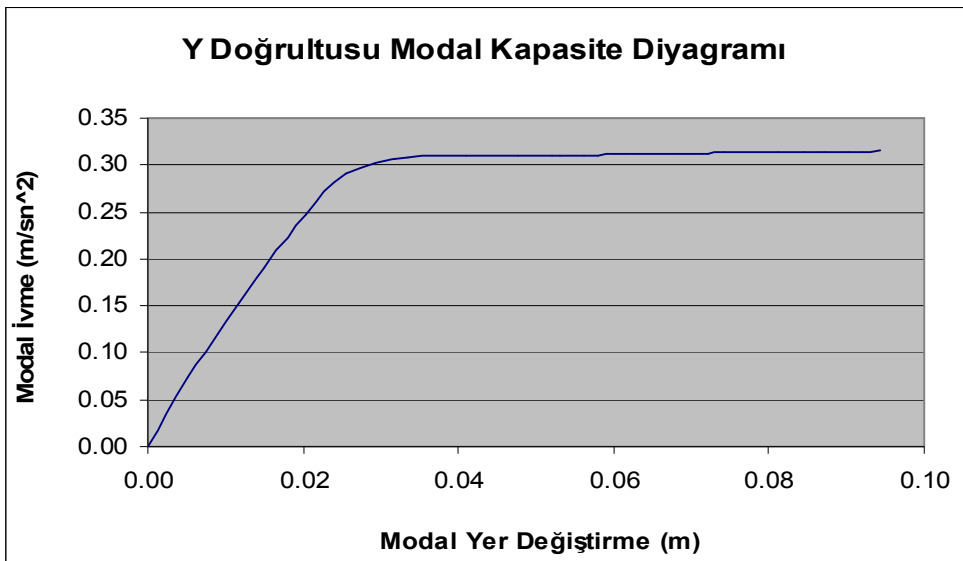
Olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.14. Y Yönünde Modal Kapasite Hesap Tablosu

$U^{(i)}_{xN1} \text{ (m)}$	$V^{(i)}_{x1} \text{ (t)}$	$M_{x1}$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{x1}$	$d^{(i)} \text{ (m)}$	$a^{(i)} \text{ (m/s}^2\text{)}$
0	0.0000	4079.924	0.213	22.258	0	0
0.0240	301.29	4079.924	0.213	22.258	0.00506	0.0738
0.0710	778.65	4079.924	0.213	22.258	0.01498	0.1908
0.0966	1006.95	4079.924	0.213	22.258	0.02038	0.2468
0.1206	1185.36	4079.924	0.213	22.258	0.02544	0.2905
0.1589	1255.36	4079.924	0.213	22.258	0.03352	0.3077
0.1944	1262.58	4079.924	0.213	22.258	0.04100	0.3095
0.2259	1263.81	4079.924	0.213	22.258	0.04765	0.3098
0.2471	1265.05	4079.924	0.213	22.258	0.05212	0.3101
0.2518	1266.28	4079.924	0.213	22.258	0.05311	0.3104
0.2666	1267.52	4079.924	0.213	22.258	0.05623	0.3107
0.2744	1268.75	4079.924	0.213	22.258	0.05788	0.3110
0.2846	1269.99	4079.924	0.213	22.258	0.06003	0.3113
0.2917	1271.22	4079.924	0.213	22.258	0.06153	0.3116
0.3019	1272.46	4079.924	0.213	22.258	0.06368	0.3119
0.3196	1273.69	4079.924	0.213	22.258	0.06741	0.3122
0.3389	1274.93	4079.924	0.213	22.258	0.07148	0.3125
0.3416	1276.16	4079.924	0.213	22.258	0.07205	0.3128
0.3519	1277.40	4079.924	0.213	22.258	0.07423	0.3131
0.3849	1278.63	4079.924	0.213	22.258	0.08119	0.3134
0.4011	1279.87	4079.924	0.213	22.258	0.08460	0.3137
0.4129	1281.10	4079.924	0.213	22.258	0.08709	0.3140
0.4281	1282.34	4079.924	0.213	22.258	0.09030	0.3143
0.4359	1283.57	4079.924	0.213	22.258	0.09194	0.3146
0.4475	1284.81	4079.924	0.213	22.258	0.09439	0.3149



Şekil 5.41. Binanın X Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramı



Şekil 5.42. Binanın Y Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramı

### 5.6.1.3. Modal yer değiştirme isteminin hesabı

Yönetmelik 7.6.5.7'e göre X deprem doğrultusundaki tepe yer değiştirmesi istemi,  $U^{(p)}_{xN1} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d^{(p)}$  formülünden yararlanılarak belirlenecektir. Her iki doğrultu için modal yer değiştirme istemleri (5.1),(5.2),(5.3) ve (5.4)'te verilen bağıntılar kullanılarak hesaplanmıştır.

X doğrultusu için:

$S_{ae1}=2,962 \text{ m/s}^2$  ( $\omega_1^{(1)})^2=38,44$  olduğundan  $S_{de1}=0,077 \text{ m}$  olarak bulunur.

Yönetmelik 7C.2.1'e göre  $T_I^{(1)}$  başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyodu  $T_B$ 'ye eşit veya daha uzun olması durumunda spektral yer değiştirme oranı:

$T_I^{(1)}=1,0138 > T_B=0,3 \text{ sn.}$  olduğu için  $C_{R1}=1$  alınır. Dolayısıyla, nonlineer spektral yer değiştirme:

$S_{di1}=1*0,077=0,077 \text{ m}$  olarak bulunur.

$d^{(p)} = S_{di1}=0,077 \text{ m}$

$U^{(p)}_{xN1} = 0,2214*25,234*0,077 = 0,432 \text{ m}$

Binanın tepe yer değiştirmesi istemi olan  $0,432 \text{ m}$ 'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

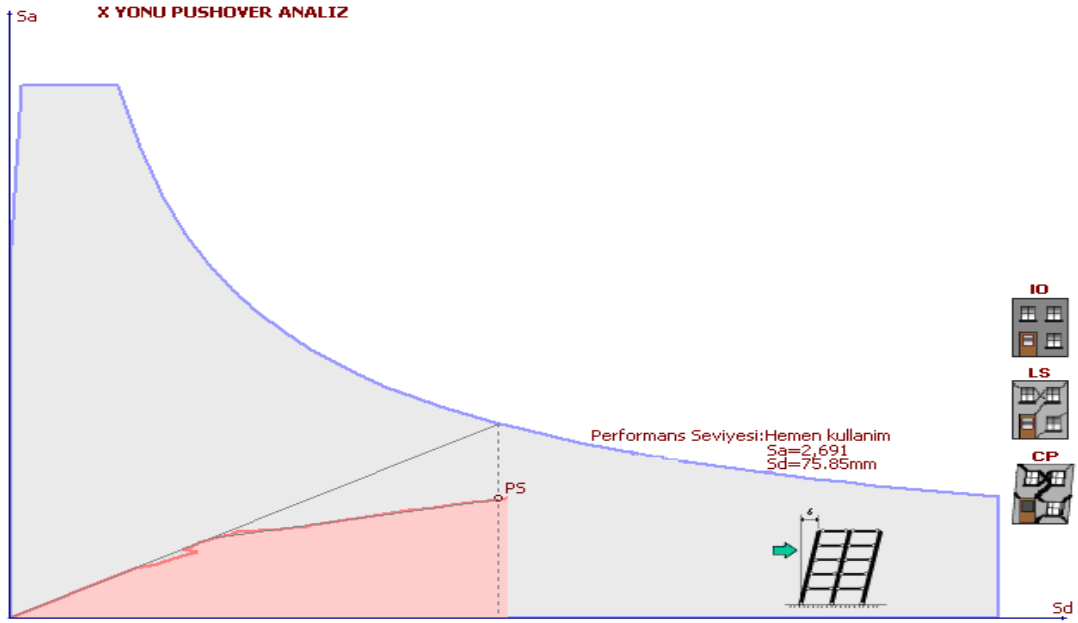
Y doğrultusu için;

$S_{ae1}=2,256 \text{ m/s}^2$  ( $\omega_1^{(1)})^2=23,91$  olduğundan  $S_{de1}=0,094 \text{ m}$  olarak bulunur.

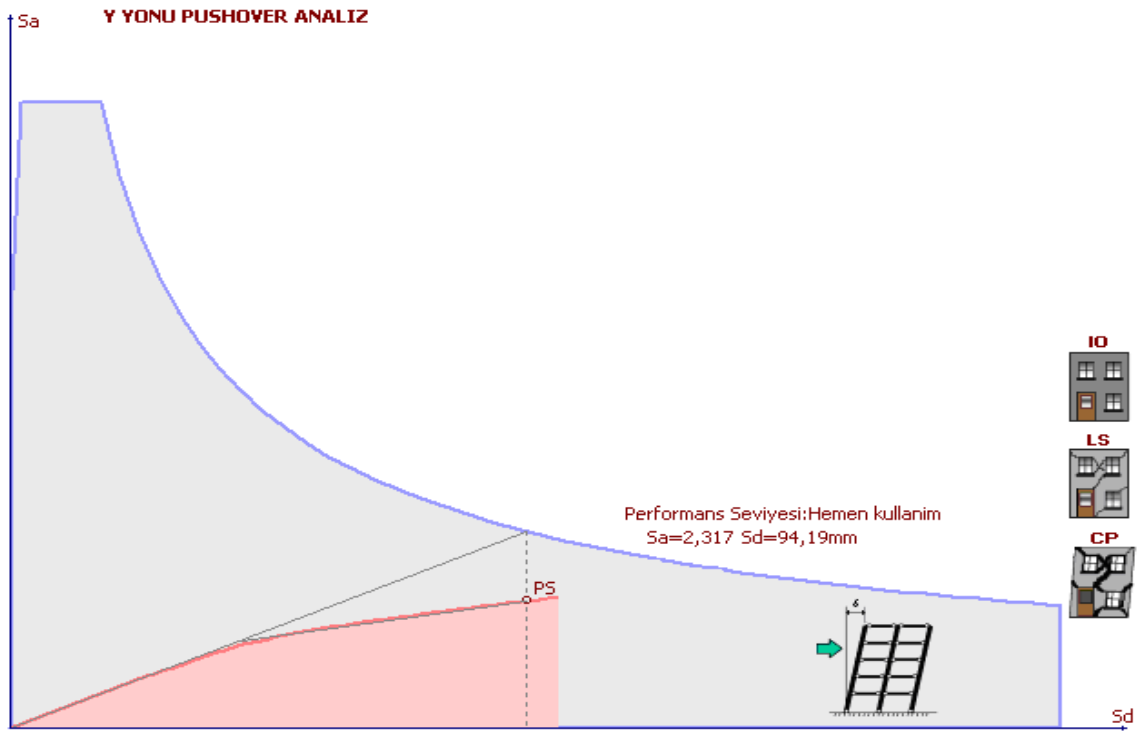
$U^{(p)}_{xN1} = 0,213*22,258*0,094 = 0,447 \text{ m}$

Binanın tepe yer değiştirmesi istemi olan  $0,447 \text{ m}$ 'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

### 5.6.2. Yapının performans durumu



Şekil 5.43. X Doğrultusu Performans Seviyesi



Şekil 5.44. Y Doğrultusu Performans Seviyesi

Kiriş ve kolonlarda kesit hasar durumları;

- Bodrum, Zemin kat ve 1.kattaki kirişlerinin %5'i belirgin hasar bölgesindedir.
- Binanın kolonlarının tamamı minimum hasar bölgesindedir.
- 2,3 ve 4.kat kirişlerinin tamamı minimum hasar bölgesindedir
- 5 ve 6.kat kirişlerinde plastikleşen kesit yok.

Sonuç olarak binada tasarım depremi altında yapısal performans Hemen Kullanım düzeyindedir.

### **5.7. 1998 Yönetmeliğine Göre Analizi Yapılan Yapının Performans Seviyesinin 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Kesitleri Yeniden Belirlenen Yapının Performans Seviyesine Ulaşabilmesi İçin Kat Eksiltme Yöntemi:**

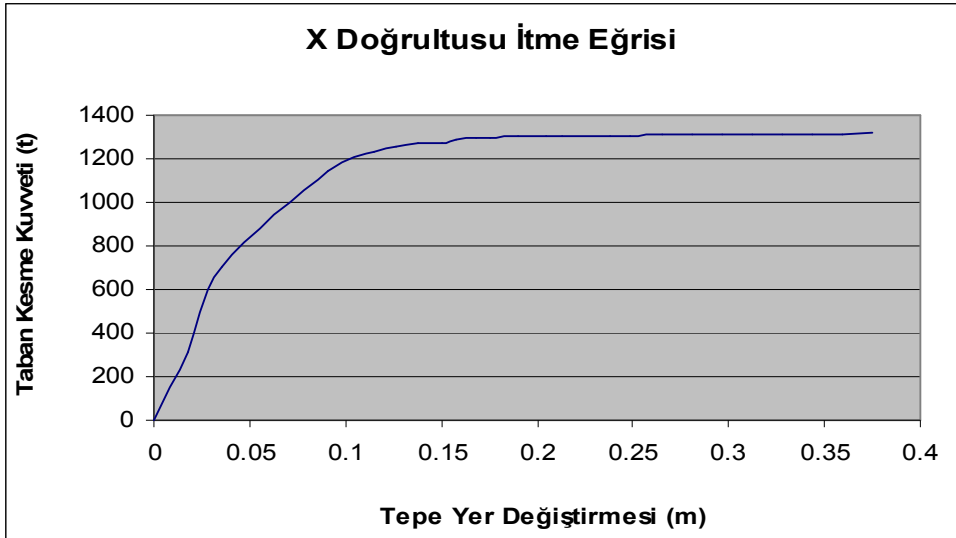
#### **5.7.1. Bir kat eksiltme**

Mevcut yapıdan bir kat eksilterek; kat sayısı 7, toplam bina yüksekliği (bodrum kat hariç) 18,2 m olmuştur. Diğer özellikleri 5.5.1'deki gibidir. Yapının kapsamlı bilgi düzeyinde olduğu kabul edilmiş bilgi düzeyi katsayısı 1 olarak alınmıştır. Bu binanın tasarımında 50 yılda aşılma olasılığı %10 depremi kullanılmıştır. Binanın aynı deprem altında Yönetmelik 7.8'e göre Can Güvenliği performans hedefini sağlaması gerekmektedir.

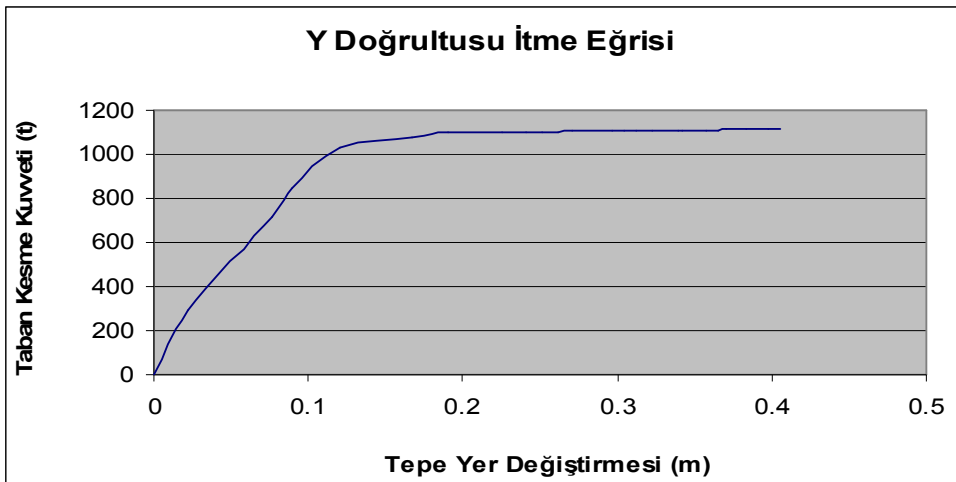
Binanın toplam kat sayısı 8'i aşmadığından ve ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları bütün katlarda  $\eta_{bi} < 1.4$  koşulunu sağladığından, Yönetmelik 7.5.1.1'e göre "Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi" ile itme analizi uygulanabilir. X yönünde birinci titreşim moduna ait etkin kütle binanın toplam kütle sine oranı 84,64 ve Y yönünde birinci titreşim moduna ait etkin kütle binanın toplam kütle sine oranı 79,94 olarak hesaplanmıştır.

### 5.7.1.1. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle itme eğrilerinin belirlenmesi

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılmıştır. Buna göre, her iki doğrultuda birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrileri aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur.



Şekil 5.45. Binanın X Doğrultusu İtme Eğrisi



Şekil 5.46. Binanın Y Doğrultusu İtme Eğrisi

### 5.7.1.2. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi

X doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı aşağıda sunulmuştur.

$$\Sigma M = 4439,91 \text{ t}$$

$$M_{x1} = 3757,93 \text{ t}$$

$$\Phi_{xN1} = 0,218$$

$$\Gamma_{x1} = 25,624$$

Olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.15. X Yönünde Modal Kapasite Hesap Tablosu

$U^{(1)}_{xN1} \text{ (m)}$	$V^{(1)}_{x1} \text{ (t)}$	$M_{x1}$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{x1}$	$d^{(1)} \text{ (m)}$	$a^{(1)} \text{ (m/s}^2\text{)}$
0	0	3757.93	0.218	25.624	0	0
0.0180	309.560	3757.93	0.218	25.624	0.00322	0.0824
0.0360	701.458	3757.93	0.218	25.624	0.00644	0.1867
0.0910	1145.234	3757.93	0.218	25.624	0.01629	0.3048
0.1152	1230.915	3757.93	0.218	25.624	0.02062	0.3276
0.1264	1255.819	3757.93	0.218	25.624	0.02263	0.3342
0.1382	1269.843	3757.93	0.218	25.624	0.02474	0.3379
0.1499	1275.916	3757.93	0.218	25.624	0.02683	0.3395
0.1573	1288.834	3757.93	0.218	25.624	0.02816	0.3430
0.1682	1295.127	3757.93	0.218	25.624	0.03011	0.3446
0.1755	1299.036	3757.93	0.218	25.624	0.03142	0.3457
0.1902	1303.330	3757.93	0.218	25.624	0.03405	0.3468
0.2047	1304.440	3757.93	0.218	25.624	0.03664	0.3471
0.2126	1305.550	3757.93	0.218	25.624	0.03806	0.3474
0.2382	1306.660	3757.93	0.218	25.624	0.04264	0.3477
0.2484	1307.770	3757.93	0.218	25.624	0.04447	0.3480
0.2652	1308.880	3757.93	0.218	25.624	0.04747	0.3483
0.2808	1309.990	3757.93	0.218	25.624	0.05027	0.3486
0.2965	1311.100	3757.93	0.218	25.624	0.05308	0.3489
0.3122	1312.210	3757.93	0.218	25.624	0.05588	0.3492
0.3278	1313.320	3757.93	0.218	25.624	0.05869	0.3495
0.3435	1314.660	3757.93	0.218	25.624	0.06149	0.3498
0.3592	1315.080	3757.93	0.218	25.624	0.06430	0.3499
0.3748	1316.880	3757.93	0.218	25.624	0.06710	0.3504

Y doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı aşağıda sunulmuştur.

$$\Sigma M = 4439,91 \text{ t}$$

$$M_{x1} = 3549,29 \text{ t}$$

$$\Phi_{xN1} = 0,196$$

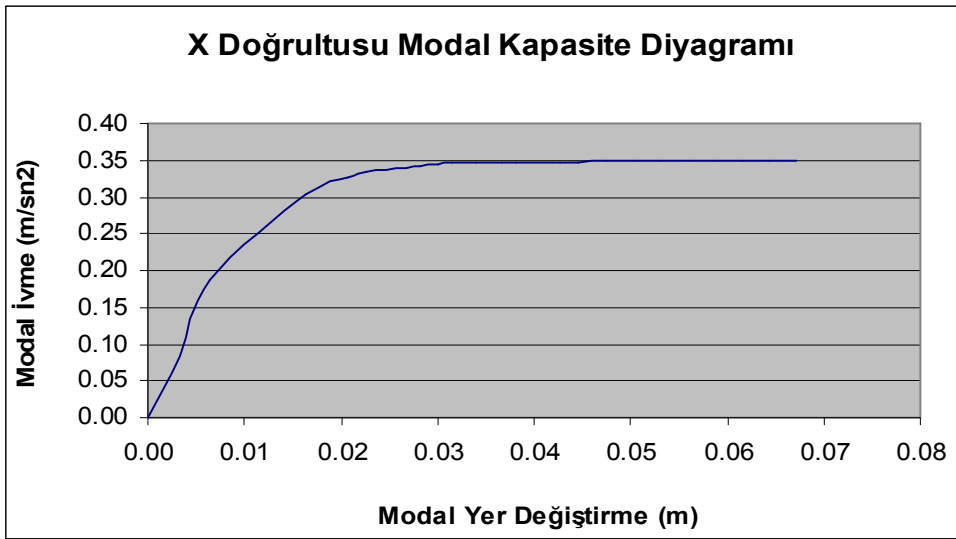
$$\Gamma_{x1} = 21,387$$

Olarak hesaplanmıştır.

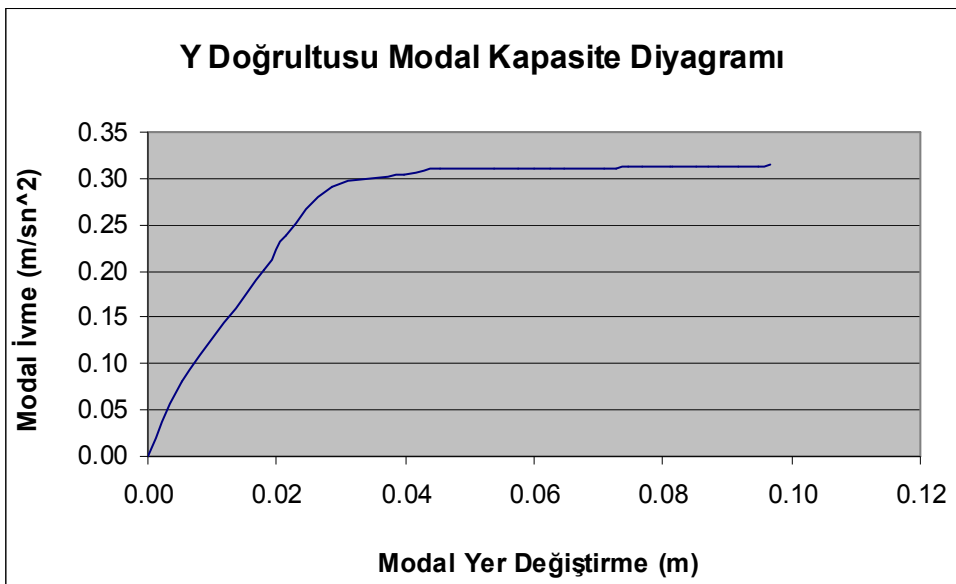
Tablo 5.16. Y Yönünde Modal Kapasite Hesap Tablosu

$U^{(1)}_{xN1}$ (m)	$V^{(1)}_{x1}(t)$	$M_{x1}$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{x1}$	$d^{(1)}(m)$	$a^{(1)}(m/s^2)$
0	0	3549.29	0.196	21.387	0	0
0.0223	289.66	3549.29	0.196	21.387	0.00532	0.0816
0.0760	715.09	3549.29	0.196	21.387	0.01813	0.2015
0.0896	844.36	3549.29	0.196	21.387	0.02137	0.2379
0.1205	1033.86	3549.29	0.196	21.387	0.02875	0.2913
0.1674	1078.69	3549.29	0.196	21.387	0.03993	0.3039
0.1901	1099.58	3549.29	0.196	21.387	0.04535	0.3098
0.2258	1100.45	3549.29	0.196	21.387	0.05387	0.3100
0.2409	1101.31	3549.29	0.196	21.387	0.05747	0.3103
0.2519	1102.18	3549.29	0.196	21.387	0.06009	0.3105
0.2615	1103.04	3549.29	0.196	21.387	0.06238	0.3108
0.2708	1103.91	3549.29	0.196	21.387	0.06460	0.3110
0.2966	1104.77	3549.29	0.196	21.387	0.07076	0.3113
0.3048	1105.64	3549.29	0.196	21.387	0.07271	0.3115
0.3122	1106.50	3549.29	0.196	21.387	0.07448	0.3118
0.3225	1107.37	3549.29	0.196	21.387	0.07693	0.3120
0.3399	1108.23	3549.29	0.196	21.387	0.08109	0.3122
0.3418	1109.10	3549.29	0.196	21.387	0.08154	0.3125
0.3572	1109.96	3549.29	0.196	21.387	0.08521	0.3127
0.3652	1110.83	3549.29	0.196	21.387	0.08712	0.3130
0.3709	1111.69	3549.29	0.196	21.387	0.08848	0.3132
0.3840	1112.63	3549.29	0.196	21.387	0.09161	0.3135
0.3978	1113.27	3549.29	0.196	21.387	0.09490	0.3137
0.4057	1114.36	3549.29	0.196	21.387	0.09678	0.3140





Şekil 5.47. Binanın X Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramı



Şekil 5.48. Binanın Y Doğrultusu Modal Kapasite Diyagramı

### 5.7.1.3. Modal yer değiştirme isteminin hesabı

Yönetmelik 7.6.5.7'e göre X deprem doğrultusundaki tepe yer değiştirmesi istemi,  $U^{(p)}_{xN1} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d^{(p)}$  formülünden yararlanılarak belirlenecektir. Her iki doğrultu için modal yer değiştirme istemleri (5.1),(5.2),(5.3) ve (5.4)'te verilen bağıntılar kullanılarak hesaplanmıştır.

X doğrultusu için:

$S_{ae1}=3,252 \text{ m/s}^2$  ( $\omega_1^{(1)})^2=48,44$  olduğundan  $S_{de1}=0,067 \text{ m}$  olarak bulunur.

Yönetmelik 7C.2.1'e göre  $T_I^{(1)}$  başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyodu  $T_B$ 'ye eşit veya daha uzun olması durumunda spektral yer değiştirme oranı:

$T_I^{(1)}=0,9022 > T_B=0,3 \text{ sn.}$  olduğu için  $C_{R1}=1$  alınır. Dolayısıyla, nonlineer spektral yer değiştirme:

$S_{di1}=1*0,067=0,067 \text{ m}$  olarak bulunur.

$d^{(p)} = S_{di1}=0,067 \text{ m}$

$U^{(p)}_{xN1} = 0,218*25,624*0,067 = 0,374 \text{ m}$

Binanın tepe yer değiştirmesi istemi olan  $0,374 \text{ m}$ 'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

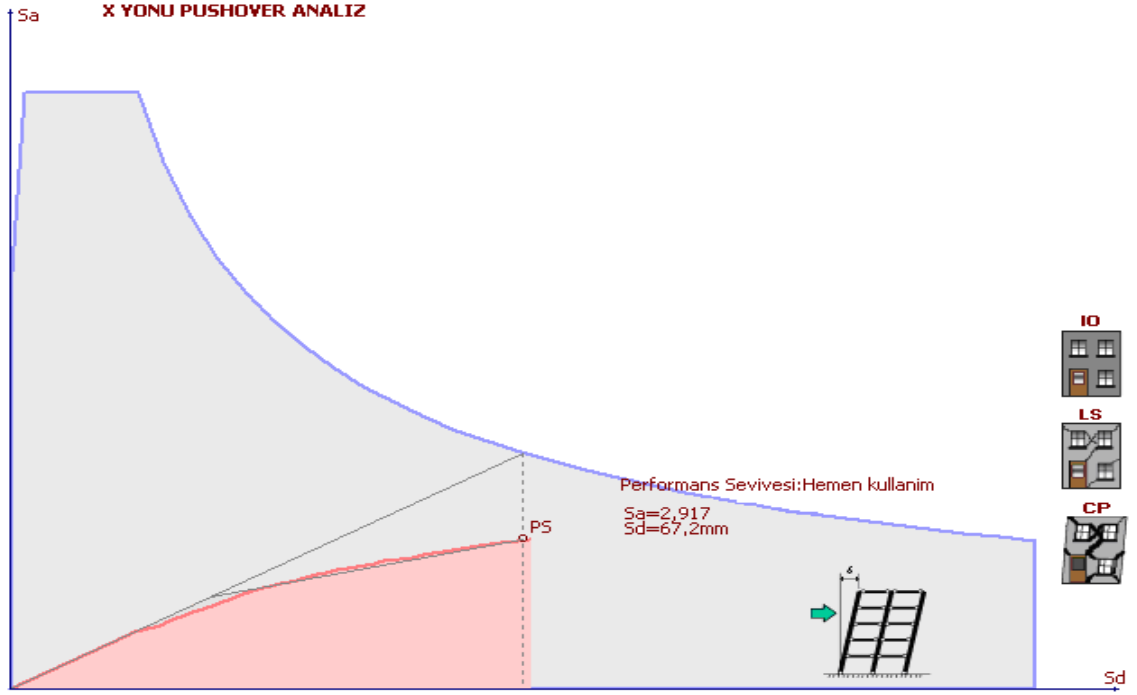
Y doğrultusu için;

$S_{ae1}=2,5358 \text{ m/s}^2$  ( $\omega_1^{(1)})^2=26,11$  olduğundan  $S_{de1}=0,097 \text{ m}$  olarak bulunur.

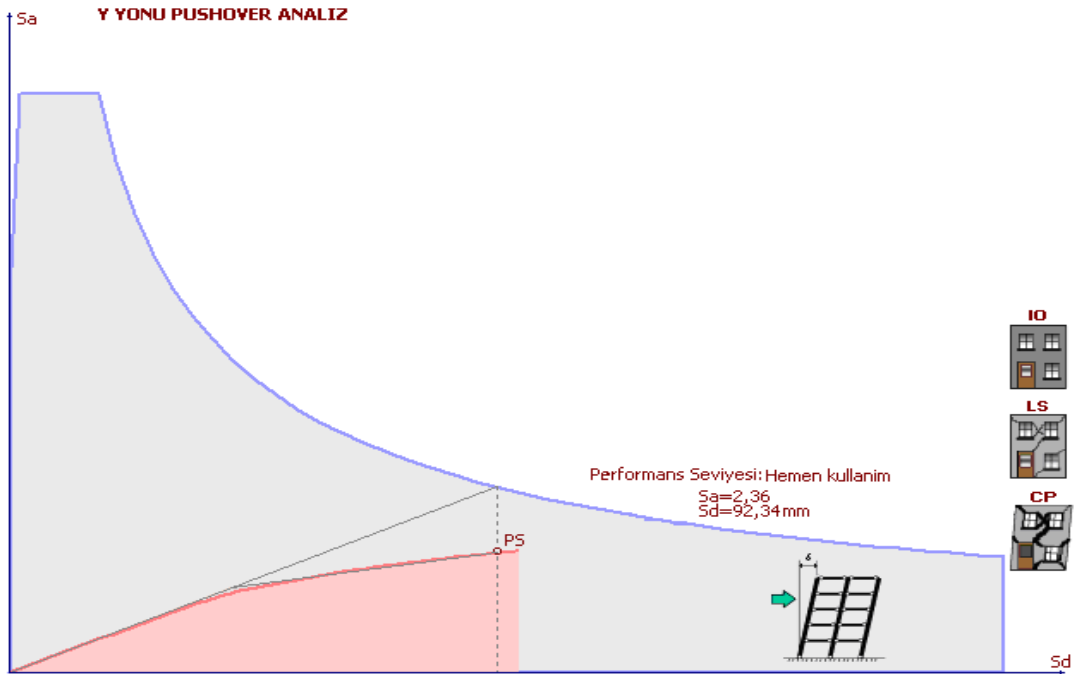
$U^{(p)}_{xN1} = 0,196*21,387*0,097 = 0,406 \text{ m}$

Binanın tepe yer değiştirmesi istemi olan  $0,406 \text{ m}$ 'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

### 5.7.1.4. Yapının performans durumu



Şekil 5.49. X Doğrultusu Performans Seviyesi



Şekil 5.50. Y Doğrultusu Performans Seviyesi

Kiriş ve kolonlarda kesit hasar durumları;

- Bodrum, Zemin kat ve 1.kattaki kirişlerinin %4'ü belirgin hasar bölgesindedir.
- Binanın kolonlarının tamamı minimum hasar bölgesindedir.
- 2 ve 3.kat kirişlerinin tamamı minimum hasar bölgesindedir
- 4 ve 5.kat kirişlerinde plastikleşen kesit yok.

Sonuç olarak binada tasarım depremi altında yapısal performans Hemen Kullanım düzeyindedir

#### 5.7.1.5. Eksiltilen katın yaklaşık maliyeti

16.07.1985 tarihli ve 85/9707 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile yürürlüğe giren "Mimarlık ve Mühendislik Hizmetleri Şartnamesi"nin 3.2 maddesi gereğince mimarlık ve mühendislik hizmet bedellerinin hesabında kullanılacak 2008 yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetlerine göre 4A yapı sınıfında, 02.12.1982 Gün ve 17886 Sayılı Resmi Gazete'de Yayımlanan Aşınma Oranını gösteren tebliğe göre yapı aşınma oranının %10 ve arsa m<sup>2</sup> fiyatının yapılan fiyat incelemesinde yaklaşık 250,00 TL olduğu dikkate alınarak yapılan hesaplamada;

Tablo 5.17. Yapı ve Arsa Bilgileri

Cinsi	Sınıfı	Alanı (m <sup>2</sup> )	2008 Birim fiyatı (TL)	Aşınma oranı
Konut	4A	450,8	513,00	%10
Arsa	-	450,8	250,00	-

$$\begin{aligned}
 &450,80 \text{ m}^2 \times 513,00 = 231.260,40 \text{ TL} \\
 &231.260,40 \text{ TL} \times \%10 = \underline{23.126,04 \text{ TL}} \\
 &254.386,44 \text{ TL} \\
 &450,8 \text{ m}^2 \times 250,00 \text{ TL}/8 = \underline{14.087,50 \text{ TL}} \\
 &\text{TOPLAM: } 268.473,94 \text{ TL}
 \end{aligned}$$

1998 Deprem Yönetmeliğine göre yapılmış yapının 1 katının yaklaşık maliyeti 268.473,94 TL'dir. Bu katın yıkma bedeli Bayındırlık ve İskân Bakanlığı pozlarından "18.185 Patlayıcı madde kullanmadan her türlü demirli ve demirsiz beton inşaat yıkımı" pozunu kullanılarak elde edilmiştir. Bu pozun 2008 yılı m<sup>3</sup> fiyatı 58,13 TL'dir.

$$450,8 \text{ m}^2 \times 58,13 \text{ TL} \times 3,0 \text{ m} = 78.615,01 \text{ TL}$$

$$\text{Bir katın yaklaşık maliyeti} = \underline{268.473,94 \text{ TL}}$$

$$\text{TOPLAM:} 347.088,95 \text{ TL}$$

1998 Deprem Yönetmeliğine göre yapılan mevcut yapının 1 katını eksiltmenin yaklaşık maliyeti 347.088,95 TL'dir.

## **BÖLÜM 6. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ**

2.Derece Deprem Bölgesinde 1975 ve 1998 Deprem yönetmeliklerine uygun olarak projelendirilen yapı modellerinin performans seviyeleri Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak elde edilmeye çalışılmıştır. Bu yapı modellerinin performans seviyesi bulduktan sonra mevcut yapı modellerinin 2007 Deprem Yönetmeliğine göre modellemesi yapılarak kesiti yetersiz olan taşıyıcı sistem elemanlarının kesitleri yeniden belirlenerek 2007 Deprem Yönetmeliğine uygun bir hale getirilmiştir. Elde edilen bu yeni yapı modellerinin performans seviyesi belirlenmiştir. Belirlenen bu yeni yapı modelinin performans düzeyine mevcut yapı modellerinden kaç kat eksilterek ulaşılacağı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada STA4-CAD V.12.1 statik programı kullanılmıştır.

Birinci modelde 1975 yönetmeliğı kullanılarak modellenen yapının performans seviyesi incelenmiştir. Bu örnekte kullanılan yapı zemin+6 normal kat olup betonarme karkas yapı olarak modellenmiştir. 2007 Deprem Yönetmeliğine göre Artımsal Eşdeğer Deprem Yöntemi analizine tabi tutulmuştur. Yapılan analizde Performans durumu göçme durumu seviyesi olarak belirlenen yapının tasarım depreminden sonra taşıyıcı sisteminin kısmi veya toptan göçmeye ulaşma sınırında olacağı tespit edilmiştir.

1975 Deprem Yönetmeliğine göre modellenen yapı 2007 Deprem Yönetmeliğine göre taşıyıcı sistem kesitleri yeniden belirlenerek ikinci yapı modeli elde edilmiştir. Bu yapı modelinin yapılan analizinde hedeflenen ‘Can Güvenliğı’ performans seviyesini sağladığı tespit edilmiştir. Mevcut yapı modelinin 2007 Deprem Yönetmeliğine göre yeniden modellenen yapının performans seviyesine ulaşabilmesi için önce 1 kat eksilterek üçüncü yapı modeli elde edilmiştir. Bir kat eksiltelen yapı modelinin yapılan analizinde ‘can güvenliğı’ performans seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Bu eksiltelen katın yaklaşık maliyeti 194.151,01 TL olarak hesaplanmıştır.

2007 Deprem Yönetmeliğine göre yeniden modellenen yapının performans seviyesi ile aynı performans seviyesinde olduğu belirlenmiştir. İki kat eksiltilek elde edilen dördüncü yapı modelinin yapılan analizinde ‘Hemen Kullanım’ performans seviyesinde olduğu tespit edilmiş ve eksiltilek katların yaklaşık maliyeti 388.302,04 TL olarak hesaplanmıştır. 2007 Deprem Yönetmeliğine göre yeniden modellenen yapıdan daha iyi bir performans seviyesinde olduğu görülmüştür.

Analizi yapılan 4 modelin X ve Y doğrultularındaki Performans sonuçları Tablo 6.1 ve Tablo 6.2’de verilmiştir.

Tablo 6.1. Yapı modellerinin X Doğrultusunda Performanslarının Karşılaştırılması

YAPI MODELİ	X DOĞRULTUSU					SONUÇ
	$U^{(p)} \times N1(m)$	$H_t(m)$	$U^{(p)} \times N1(m) / H_t(m)$		Can Güvenliği Sınırı	
1.Model	0,469	20,4	0,0229	>	0,02	Göçme Durumu
2.Model	0,378	20,4	0,0185	<	0,02	Can Güvenliği
3.Model	0,333	17,5	0,0190	<	0,02	Can Güvenliği
4.Model	0,261	14,6	0,0178	<	0,02	Hemen Kullanım

Tablo 6.2. Yapı modellerinin Y Doğrultusunda Performanslarının Karşılaştırılması

YAPI MODELİ	Y DOĞRULTUSU					SONUÇ
	$U^{(p)} \times N1(m)$	$H_t(m)$	$U^{(p)} \times N1(m) / H_t(m)$		Can Güvenliği Sınırı	
1.Model	0,455	20,4	0,0223	>	0,02	Göçme Durumu
2.Model	0,359	20,4	0,0175	<	0,02	Can Güvenliği
3.Model	0,330	17,5	0,0188	<	0,02	Can Güvenliği
4.Model	0,250	14,6	0,0171	<	0,02	Hemen Kullanım

Tablolarda görüldüğü gibi; 1975 Deprem Yönetmeliğine göre modellenen birinci yapının hedeflenen performans seviyesine ulaşamadığı, 2007 Deprem Yönetmeliğine göre yeniden modellenen ikinci yapı ile mevcut model yapıdan bir kat eksiltilek

oluşturulan üçüncü yapının hedeflenen performans seviyesine ulaştığı, mevcut model yapıdan iki kat eksiltilerek oluşturulan dördüncü yapının hedeflenen performans seviyesinin üstünde bir performans gösterdiği tespit edilmiştir.

İkinci örnekte 1998 yönetmeliği kullanılarak modellenen yapının performans seviyesi incelenmiştir. Bu örnekte kullanılan yapı bodrum+zemin+6 normal kat olup betonarme karkas yapı olarak modellenmiştir. 2007 Deprem Yönetmeliğine göre Artımsal Eşdeğer Deprem Yöntemi ile İtme Analizine tabi tutulmuştur. Yapılan analizde hedeflenen performans seviyesi olan ‘Can Güvenliği’ seviyesinde olduğu belirlenmiştir.

1998 Deprem Yönetmeliğine göre modellenen yapı 2007 Deprem Yönetmeliğine göre taşıyıcı sistem kesitleri yeniden belirlenerek ikinci yapı modeli elde edilmiştir. Bu yapı modelinin yapılan analizinde ‘Hemen Kullanım’ performans seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Mevcut yapı modelinin 2007 Deprem Yönetmeliğine göre yeniden modellenen yapının performans seviyesine ulaşabilmesi için 1 kat eksiltilerek üçüncü yapı modeli elde edilmiştir. Bir kat eksiltilecek yapı modelinin yapılan analizinde ‘Hemen Kullanım’ performans seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Bu eksiltilecek katın yaklaşık maliyeti 347.088,95 TL olarak hesaplanmıştır.

Analizi yapılan 3 modelin X ve Y doğrultularındaki Performans sonuçları Tablo 6.3 ve Tablo6.4’te verilmiştir.

Tablo 6.3. Yapı modellerinin X Doğrultusunda Performanslarının Karşılaştırılması

YAPI MODELİ	X DOĞRULTUSU					SONUÇ
	$U^{(p)} \times N1(m)$	$H_t(m)$	$U^{(p)} \times N1(m) / H_t(m)$		Can Güvenliği Sınırı	
1.Model	0,445	24,2	0,0183	<	0,02	Can Güvenliği
2.Model	0,432	24,2	0,0178	<	0,02	Hemen Kullanım
3.Model	0,374	21,2	0,0176	<	0,02	Hemen Kullanım



Tablo 6.4. Yapı modellerinin Y Doğrultusunda Performanslarının Karşılaştırılması

YAPI MODELİ	Y DOĞRULTUSU					SONUÇ
	$U^{(p)} \times N1(m)$	$H_t(m)$	$U^{(p)} \times N1(m) / H_t(m)$		Can Güvenliği Sınırı	
1.Model	0,460	24,2	0,0190	<	0,02	Can Güvenliği
2.Model	0,447	24,2	0,0184	<	0,02	Hemen Kullanım
3.Model	0,406	21,2	0,0189	<	0,02	Hemen Kullanım

Tablolarda görüldüğü gibi 1998 Deprem Yönetmeliğine göre modellenen birinci yapının yer hedeflenen performans seviyesini sağladığı, 2007 Deprem Yönetmeliğine göre yeniden modellenen ikinci yapı ile bir kat eksiltilecek oluşturulan üçüncü model yapının hedeflenen performans seviyesinin üstünde bir performans gösterdiği tespit edilmiştir.

Analiz sonuçları, 1975 Deprem Yönetmeliğine göre projelendirilen mevcut betonarme binaların uygulanan deprem yükleri altında performansının yetersiz düzeyde olduğunu göstermektedir, 1975 Deprem Yönetmeliğine göre yapılan yapıların deprem güvenliklerinin gözden geçirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. 1998 Deprem Yönetmeliğine göre projelendirilen mevcut betonarme binanın uygulanan deprem yükleri altında performansının yeterli düzeyde olduğunu göstermektedir.

Bu sonuçlara göre 1998 Deprem Yönetmeliğine göre projelendirilen mevcut yapıların 1975 Deprem Yönetmeliğine göre projelendirilen mevcut yapılara göre daha yüksek rijitliğe ve dayanıma sahip olduklarını açıklar. Ayrıca 1998 Deprem Yönetmeliğine göre projelendirilen mevcut yapıların performans seviyesini 2007 Deprem Yönetmeliğine göre hedeflenen performans seviyesine yükseltmek, 1975 Deprem Yönetmeliğine göre projelendirilen mevcut yapıların performans seviyesini yükseltmekten daha ekonomik olduğu görülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, 2007.
- [2] “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY)”, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 1998.
- [3] ALTAY, G., METE GÜNEYİSİ, E., Farklı Yöntemler Kullanarak Güçlendirilmiş Betonarme Binaların Performanslarının Belirlenmesi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 2006.
- [4] CELEP, Z., KUMBASAR, N., “Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı”, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul, 2004.
- [5] AYDINOĞLU, N., CELEP, Z., ÖZER, E., SUCUOĞLU, H., Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Örnekler Kitabı, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, 2006.
- [6] CELEP, Z., KUMBASAR, N., Yapı Dinamigi, İTÜ İnşaat Fakültesi İstanbul, 2001.
- [7] CELEP, Z., Mevcut Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi ve Güçlendirilmesinde Performans Kavramı, İ.M.O. İstanbul Subesi, 2001.
- [8] MEHMET A.K., Yapay Sınır Ağları ile Betonarme Binaların Statik İtme Analizi, Doktora Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2003.
- [9] AYDINOGLU, N., Performance Based Design Ders Notları, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 2001.
- [10] YÖN, B., Betonarme Binaların Statik İtme Analizi ile Performanslarının Belirlenmesi , Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2007.

- [11] KUTANİŞ, M., Performansa Dayalı Tasarım , İ.M.O. Tekirdağ Şubesi, 2008.
- [12] UYGUN, G., Mevcut Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Belirlenmesinde Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerin Karşılaştırılması , Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
- [13] TUNCER, Ö., Betonarme Binaların Performansının Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008.
- [14] ÖZCAN, C., Kat Yüksekliği Aynı Olan Binalar İle Borum Kat Yüksekliği Daha Az Olan Binaların Performansının Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2008.
- [15] AYDINOĞLU, N., Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi, İ.M.O. Adana Şubesi, 2006.
- [16] TEMÜR, F., Statik İtme (Pushover) Yöntemi Kullanılarak Yapıların Analizi, Yüksek Lisans Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2007.
- [17] TS-500, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara,
- [18] 2000TS-498, Yapıların Hesaplarında kullanılacak Yükler”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1997.
- [19] STA4-CAD V.12.1., Structural Analysis for Computer Aided Design

## ÖZGEÇMİŞ

Mehdin DERE, 1983 yılında Diyarbakır'da doğdu. İlköğrenimini Gazi İlkokulu (1989) ve Diyarbakır Ortaokulunda, Lise öğrenimini Fatih (Y.D.A) Lisesinde (2001) tamamladı. 2002 yılında girdiği Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden 2006 yılında mezun oldu. Mezun olduktan sonra bir süre özel sektörde çalıştı. 9 Ocak 2007 tarihinde Mardin Bayındırlık ve İskân İl Müdürlüğünde çalışmaya başladı. 2007-2008 eğitim yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Anabilim dalında eğitim görmeye başladı. Halen Mardin Bayındırlık ve İskân İl Müdürlüğünde İnşaat Mühendisi olarak çalışmaya devam etmektedir.