

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PERDELERDEN OLUŞAN ONİKİ KATLI BİR BETONARME YAPININ
PERFORMANSININ BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Necati Göktuğ AŞIK**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı Mühendisliği

EKİM 2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PERDELERDEN OLUŞAN ONİKİ KATLI BİR BETONARME YAPININ
PERFORMANSININ BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Necati Göktuğ AŞIK
(501071085)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Eylül 2010
Tezin Savunulduğu Tarih : 04 Ekim 2010**

Tez Danışmanı : Doç. Dr. A. Necmettin GÜNDÜZ (İTÜ)

**Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Zekai CELEP (İTÜ)
Prof. Dr. Oğuz Cem ÇELİK (İTÜ)**

EKİM 2010

ÖNSÖZ

Sunulmakta olan bu çalışmada, perde sistemlerden oluşan betonarme bir yapının farklı analiz yöntem ve programlarıyla performans değerlendirilmesi ele alınmıştır.

Mühendislik öğrenim süresi boyunca kendisinden almış olduğum dersler neticesinde mühendislik bakış açısı kazandıran, hiçbir konuda yardımını esirgemeyen danışmanım Sayın Doç. Dr. A. Necmettin GÜNDÜZ' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın hazırlanma süresi boyunca, bana zamanını ayırıp her konuda yardımcı olan meslektaşım ve dostum İzgi ŞENDAĞ'a teşekkürlerimi borç bilirim.

Hayatım boyunca yanımda olan, desteklerini ve sevgilerini esirgemeyen aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Eylül 2010

Necati Göktuğ Aşık
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Konu.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	2
2. MALZEME BAKIMINDAN DOĞRUSAL OLMAYAN SİSTEMLERİN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ.....	3
2.1 Malzeme Modelleri	3
2.2 Hesap Yöntemleri.....	5
2.2.1 Doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin yayılı olması hali.....	5
2.2.2 Plastik mafsalsal kabulü	6
3. DBYBHY 2007'YE GÖRE BETONARME YAPILARIN DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ.....	9
3.1 Deprem Performansı Tanımı.....	9
3.2 Yapı Elemanlarının Hasar Sınırları ve Bölgeleri	9
3.3 Yapı Performans Seviyeleri	10
3.3.1 Hemen kullanım performans düzeyi	10
3.3.2 Can güvenliği performans düzeyi	10
3.3.3 Göçme öncesi performans düzeyi	11
3.3.4 Göçme durumu.....	11
3.4 Yapı Performans Hedefi.....	11
3.5 Yapı Bilgi Düzeyinin Belirlenmesi.....	12
3.6 Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi	13
3.7 Deprem Performansının Doğrusal Elastik Yöntemlerle Belirlenmesi.....	14
3.7.1 Hasar düzeylerinin belirlenmesi.....	14
3.8 Deprem Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemlerle Belirlenmesi.....	15
3.8.1 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi	16
3.8.1.1 Kapasite eğrisi ve modal kapasite diyagramı oluşturulması	16
3.8.1.2 Tepe yer değiştirmesi	17
3.8.2 Artımsal mod birleştirme yöntemi	19
3.8.3 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi	19
3.9 Birim Şekil Değiştirme İstemleri ve Kapasiteleri	19
4. ANALİZ PROGRAMLARI İLE İLGİLİ SAYISAL ÇALIŞMA.....	21
4.1 Zayıf Doğrultudaki Perde Davranışının İncelenmesi.....	21
5. PERDELERDEN OLUŞAN 12 KATLI BETONARME YAPININ DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ.....	25

5.1 Genel Yapı Bilgisi.....	25
5.1.1 Tasarım parametreleri	25
5.1.2 SAP2000 analiz programı ile yapının modellenmesi ve tasarımı	26
5.1.3 Tasarımı yapılan sistemin dinamik parametreleri	27
5.2 Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Performans Değerlendirilmesi... 28	
5.2.1 SAP2000 modeli ve değerlendirme.....	28
5.2.1.1 Kesme kuvveti kapasiteleri	28
5.2.1.2 Sistemin modellenmesi	29
5.2.1.3 Hakim mod ve kütlelerle orantılı yatay yüklerin elde edilmesi	29
5.2.1.4 Statik itme eğrisinin modal kapasite eğrisine dönüştürülmesi	30
5.2.1.5 Talep tepe yer değiştirmesinin elde edilmesi	32
5.2.1.6 Hasar durumlarının belirlenmesi	34
5.3 PERFORM 3D Modeli ve Değerlendirme	35
5.3.1 Sistemin modellenmesi	35
5.3.2 Statik itme eğrilerinin elde edilmesi.....	36
5.3.3 Perde hasar bölgelerinin belirlenmesi	39
6. SONUÇLAR	41
KAYNAKLAR.....	43
EKLER.....	45
EK A	47
EK B	51
EK C	71

KISALTMALAR

DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
G	: Düşey Sabit Yükler
Q	: Düşey Hareketli Yükler
MHB	: Minimum Hasar Bölgesi
BHB	: Belirgin Hasar Bölgesi
İHB	: İleri Hasar Bölgesi
GÇ	: Göçme Sınırı
GV	: Güvenlik Sınırı
MN	: Minimum Hasar Sınırı
HK	: Hemen Kullanım
CG	: Can Güvenliği
SAP 2000	: Integrated Software for Structural Analysis and Design
TS-500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
XTRACT	: Cross-sectional X Structural Analysis of Components
PERFORM 3D	: Nonlinear Analysis and Performance Assessment of 3D Structures

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Donatı çeliği malzemesine ait gerilme-şekil değiştirme değerleri	4
Çizelge 3.1 : Binalar için hedeflenen çok seviyeli performans düzeyleri	12
Çizelge 3.2 : Betonarme kirişler için hasar sınırları	14
Çizelge 3.3 : Betonarme kolonlar için hasar sınırları	15
Çizelge 3.4 : Betonarme perdeler için hasar sınırları	15
Çizelge 3.5 : Görelî kat ötelemesi sınırları	15
Çizelge 5.1 : X ve Y doğrultuları için elastik deprem yükleri.....	26
Çizelge 5.2 : Yapı mod şekilleri kütle katılım değerleri.....	28
Çizelge 5.3 : X doğrultusunda etki eden itme kuvvetleri	29
Çizelge 5.4 : Y doğrultusunda etki eden itme kuvvetleri	30
Çizelge 5.5 : X doğrultusundaki hakim mod kütle katılım oranı ve modal katkı çarpanı.....	30
Çizelge 5.6 : Y doğrultusundaki hakim mod kütle katılım oranı ve modal katkı çarpanı.....	31
Çizelge 5.7 : X doğrultusunda P1 perdesi hasar bölgeleri.....	34
Çizelge 5.8 : X doğrultusunda P1 perdesi birim şekil değiştirmeleri.....	39
Çizelge B.1 : SAP2000 X doğrultusunda P2 perdesi hasar tespiti	53
Çizelge B.2 : SAP2000 X doğrultusunda P3 perdesi hasar tespiti	54
Çizelge B.3 : SAP2000 X doğrultusunda P4 perdesi hasar tespiti	55
Çizelge B.4 : SAP2000 X doğrultusunda P5 perdesi hasar tespiti	56
Çizelge B.5 : SAP2000 Y doğrultusunda P1 perdesi hasar tespiti	57
Çizelge B.6 : SAP2000 Y doğrultusunda P2 perdesi hasar tespiti	58
Çizelge B.7 : SAP2000 Y doğrultusunda P3 perdesi hasar tespiti	59
Çizelge B.8 : SAP2000 Y doğrultusunda P4 perdesi hasar tespiti	60
Çizelge B.9 : SAP2000 Y doğrultusunda P5 perdesi hasar tespiti	61
Çizelge B.10 : PERFORM 3D X doğrultusunda P2 perdesi hasar tespiti	62
Çizelge B.11 : PERFORM 3D X doğrultusunda P3 perdesi hasar tespiti	63
Çizelge B.12 : PERFORM 3D X doğrultusunda P4 perdesi hasar tespiti	64
Çizelge B.13 : PERFORM 3D X doğrultusunda P5 perdesi hasar tespiti	65
Çizelge B.14 : PERFORM 3D Y doğrultusunda P1 perdesi hasar tespiti	66
Çizelge B.15 : PERFORM 3D Y doğrultusunda P2 perdesi hasar tespiti	67
Çizelge B.16 : PERFORM 3D Y doğrultusunda P3 perdesi hasar tespiti	68
Çizelge B.17 : PERFORM 3D Y doğrultusunda P4 perdesi hasar tespiti	69
Çizelge B.18 : PERFORM 3D Y doğrultusunda P5 perdesi hasar tespiti	70
Çizelge C.1 : Doğrusal elastik yöntem kullanılarak kesit hasar tespiti	71
Çizelge C.2 : Görelî kat ötelemelerinin kontrolü.....	72

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : İdeal malzemeler	3
Şekil 2.2 : Sargılı ve sargısız beton gerilme-şekil değiştirme diyagramları	4
Şekil 2.3 : Beton çeliği gerilme-şekil değiştirme diyagramı	5
Şekil 2.4 : Eğilme momenti- eğrilik diyagramı	6
Şekil 2.5 : Doğrusal olmayan şekil değiştirmeler	8
Şekil 3.1 : Kesit hasar sınırları ve bölgeleri	10
Şekil 3.2 : $T_1 > T_B$ için Modal Kapasite Diyagramı	17
Şekil 3.3 : $T_A < T_1 < T_B$ için Modal Kapasite Diyagramı	18
Şekil 4.1 : Analiz modelleri	21
Şekil 4.2 : İtme doğrultusundaki perde taban kesme kuvveti diyagramı	22
Şekil 4.3 : Zayıf doğrultudaki perde taban kesme kuvveti diyagramı	23
Şekil 5.1 : Yapının tasarlanmış üç boyutlu SAP2000 modeli	27
Şekil 5.2 : X doğrultusunda elde edilen statik itme eğrisi	31
Şekil 5.3 : Y doğrultusunda elde edilen statik itme eğrisi	32
Şekil 5.4 : X doğrultusunda elde edilen modal kapasite diyagramı	32
Şekil 5.5 : Y doğrultusunda elde edilen modal kapasite diyagramı	33
Şekil 5.6 : PERFORM 3D genel malzeme modeli	35
Şekil 5.7 : PERFORM 3D yapı modeli	36
Şekil 5.8 : X doğrultusundaki statik itme eğrisi	37
Şekil 5.9 : Y doğrultusundaki statik itme eğrisi	37
Şekil 5.10 : X doğrultusundaki statik itme eğrileri diyagramı	38
Şekil 5.11 : Y doğrultusundaki statik itme eğrileri diyagramı	38
Şekil A.1 : Zemin Kat Kalıp Planı	48
Şekil A.2 : P1-P3 perdeleri donatı krokileri	49
Şekil A.3 : P2-P4 perdeleri donatı krokileri	49
Şekil A.4 : P5 perdesi donatı krokisi	50

SEMBOL LİSTESİ

A_c	: Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
A_o	: Etkin Yer İvmesi Katsayısı
$a_1^{(i)}$: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme
a_{y1}	: Birinci moda ait eşdeğer akma ivmesi
c	: Tarafsız eksen uzunluğu
C_{R1}	: Birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı
$d_1^{(i)}$: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yerdeğiştirme
$d_1^{(p)}$: Birinci moda ait modal yerdeğiştirme istemi
E_c	: Betonun elastisite modülü
E_s	: Donatı çeliğinin elastisite modülü
$(EI)_e$: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(EI)_o$: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
f_{cm}	: DBYBHY 2007 Bölüm 7.2'ye göre tanımlanan mevcut beton dayanımı [2]
f_{ym}	: DBYBHY 2007 Bölüm 7.2'ye göre tanımlanan mevcut donatı çeliği akma dayanımı [2]
f_c	: Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
f_{cc}	: Sargılı beton dayanımı
f_{co}	: Sargısız betonun basınç
f_e	: Etkili sargılama basıncı
f_s	: Donatı çeliğindeki gerilme
f_{sy}	: Donatı çeliğinin akma dayanımı
f_{su}	: Donatı çeliğinin kopma dayanımı
f_{yw}	: Enine donatının akma dayanımı
g	: Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s^2)
G	: Sabit yük simgesi
h	: Çalışan doğrultudaki kesit boyutu
H_i	: Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği)
I	: Bina önem katsayısı
L_p	: Plastik mafsal boyu
M_K	: Kesit moment taşıma kapasitesi
M_{EX}	: X doğrultusundaki deprem etkisinde kesitte oluşan moment
M_{EY}	: Y doğrultusundaki deprem etkisinde kesitte oluşan moment
M_{x1}	: Gözönüne alınan x deprem doğrultusunda binanın birinci doğal titreşim modundaki etkin kütle
M_{y1}	: Gözönüne alınan y deprem doğrultusunda binanın birinci doğal titreşim modundaki etkin kütle
m_i	: Binanın i'inci katının kütlesi ($m_i : W_i / g$)

N	: Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren toplam kat sayısı)
n	: Hareketli Yük Katılım Katsayısı
N_D	: Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolon veya perdede oluşan aksel kuvvet
Q	: Hareketli yük simgesi
r_x	: X doğrultusundaki deprem durumunda etki/kapasite oranı
r_y	: Y doğrultusundaki deprem durumunda etki/kapasite oranı
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
R_a(T)	: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
R_{y1}	: Birinci moda ait Dayanım Azaltma Katsayısı
S(T)	: Spektrum Katsayısı
S_{ae}(T)	: Elastik spektral ivme [m/s ²]
S_{ae1}⁽¹⁾	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme
S_{del}⁽¹⁾	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait doğrusal elastik spektral yer değiştirme
S_{di1}	: Birinci moda ait doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yer değiştirme
T	: Bina doğal titreşim periyodu [s]
T₁	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
T_A, T_B	: Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
V_i	: Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'inci katına etki eden kat kesme kuvveti
V_t	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti)
W	: Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
W_i	: Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
ω₁	: Başlangıçtaki (i:1) itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim moduna ait doğal açısal frekans
S_{di1}	: Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yer değiştirme
u_{xN1}⁽ⁱ⁾	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yer değiştirme
u_{xN1}^(p)	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda tepe yer değiştirme istemi
V_e	: Kolon, giriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
V_{x1}⁽ⁱ⁾	: x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda (hakim moda) ait taban kesme kuvveti
ε_{cg}	: Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
ε_{cu}	: Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
ε_{sy}	: Donatı çeliğinin akma birim şekil değiştirmesi
ε_s	: Donatı çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekil değiştirmesi
ε_{su}	: Donatı çeliğinin kopma birim şekil değiştirmesi
φ_p	: Plastik eğrilik istemi
φ_t	: Toplam eğrilik istemi
φ_y	: Eşdeğer akma eğriliği

Φ_{xN1}	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği
Γ_{x1}	: x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı
η_{bi}	: i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
θ_p	: Plastik dönme istemi
ρ	: Çekme donatısı oranı
ρ_b	: Dengeli donatı oranı
ρ_s	: Kesitte mevcut bulunan ve DBYBHY 2007 Bölüm 3.2.8'e göre "özel deprem etriyeleri ve çirozları" olarak düzenlenmiş enine donatının hacımsal oranı [2]
ρ_{sm}	: DBYBHY 2007 Bölüm 3.3.4, 3.4.4 veya 3.6.5.2'ye göre kesitte bulunması gereken enine donatının hacımsal oranı [2]
ΔF_N	: Binanın N'inci katına (tepesine) etkileyen ek eşdeğer deprem yükü
Δ_i	: Binanın i'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{maks}$: Binanın i'inci katındaki maksimum azaltılmış görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{min}$: Binanın i'inci katındaki minimum azaltılmış görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{ort}$: Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi
γ_m	: Malzeme katsayısı
β_x, β_y	: Birinci hakim titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam yapı kütlelerine oranı

PERDELERDEN OLUŞAN ONİKİ KATLI BETONARME BİR YAPININ PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

ÖZET

Günümüzde yapı mühendisliği analiz yöntemleri kuvvet esaslı olarak uygulanmaktadır. Ancak, yaşanan depremler sonrasında mevcut yapıların veya yeni yapılacak yapıların deprem performansının değerlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, analiz yöntemlerinin kuvvet kontrollü yöntemler dışında yer değiştirme esaslı hesap yöntemleri doğrultusunda geliştirilmesi öngörülmüştür.

Bu tez çalışması kapsamında, bu yöntemlere ait genel bilgiler verilerek DBYBHY 2007'ye göre tasarımı yapılan perde sistemli betonarme bir yapının doğrusal olmayan yöntemler ile performansının değerlendirilmesi ele alınmıştır.

Beş bölümden oluşan bu çalışmanın ilk bölümünde çalışmanın konusu ve kapsamı ile ilgili genel bilgiler verilmiş ve çalışmanın amacı belirtilmiştir.

İkinci bölümde, malzeme bakımından doğrusal olmayan sistemler genel olarak açıklanmış ve çözüm yöntemlerinde yapılan kabuller ele alınmıştır. Doğrusal olmayan yöntemlerde kullanılan plastik mafsal kavramı açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde ise, DBYBHY 2007 kapsamında doğrusal elastik performans değerlendirme yöntemleri ve doğrusal elastik olmayan performans değerlendirme yöntemleri uygulanabilirlik koşulları ile birlikte açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde, analiz programlarının yapı davranışını nasıl değerlendirdiği ile ilgili bilgi sahibi olabilmek için basit bir perde çerçeve sisteminin SAP2000 ve PERFORM 3D analiz programları ile doğrusal olmayan analizi yapılmış ve karşılaştırılmıştır.

Beşinci bölümde, 12 katlı perde sistemli bir yapının DBYBHY 2007'ye göre tasarımı yapılmış ve bu tasarım sonucunda yapının doğrusal olmayan yöntem ile deprem performansı belirlenmiştir.

Altıncı bölümde, elde edilen veriler karşılaştırılarak genel değerlendirme yapılmıştır.

SEISMIC PERFORMANCE ASSESSMENT OF A 12-STOREY REINFORCED CONCRETE SHEAR WALL STRUCTURE

SUMMARY

The current design approach adopted by the structural engineering community is based primarily on force-based analyses. However, past earthquakes have proven the importance of improved seismic assessment methodologies for existing buildings and for this purpose displacement-based methodologies have been used to overcome the shortcomings of conventional force-based design philosophy.

This thesis gives an overview of the displacement-based analysis and conducts a seismic performance assessment for a multi-storey reinforced concrete structure using nonlinear methods and provisions proposed by the Turkish Seismic Code 2007.

This study is divided into five chapters. Section 1 provides the scope and the objective of the study.

Section 2 introduces general aspects of nonlinear structural analysis methods including analysis of inelastic systems with material nonlinearity.

Section 3 describes linear elastic and nonlinear procedures for structural evaluation proposed in Turkish Seismic Code 2007.

Section 4 compares the results of two analyses for the same sample shear wall-frame structure using two different nonlinear software tools SAP2000 and PERFORM 3D.

Section 5 explains the design process of a 12-storey shear wall structure according to Turkish Seismic Code 2007 and performs a nonlinear seismic assessment for the structure. The last section concludes the study with a general comparison of the obtained results.

1. GİRİŞ

1.1 Konu

Deprem etkisi, şiddetine göre yeryüzünde can ve mal kayıplarına yol açmaktadır. Çok şiddetli depremlerde yurdumuz dışında dev dalga (tsunami), volkan patlaması vb. gibi başka doğal afetlere yol açtığını da görmekteyiz. Yurdumuzda meydana gelen depremlerde, yapıldığı yılda yürürlükte olan deprem yönetmeliklerine uygun olarak yapılmış ya da uygun olarak yapılmamış olan mevcut betonarme binaların deprem öncesi ve sonrası güvenliklerinin, sadece dış görünüşü göze alınarak incelenmesinden sonra, çok aşağı seviyelerde olduğunu bu konularda bilgi sahibi olmayan insanlar bile anlayabilmektedir. Akademisyenler ve mühendisler yapıların oluşabilecek herhangi bir deprem etkisi altında can ve mal güvenliğini sağlamak amacıyla en iyi performansı verebilmesi için deprem etkilerine karşı pratik, ekonomik ve güvenli çözümler üretmektedirler.

Son yıllarda özellikle mevcut binaları değerlendirme ve güçlendirme konusunda ortaya koyulan performans yaklaşımı ile ülkemizde deprem mühendisliği uygulamalarında önemli bir ilerleme sağlanmıştır. Deprem yönetmeliğinde belirtilen bu kavramların yapı mühendisliği eğitiminde ileride gerçeğe daha yakın değişimlere yol açacağı kuşkusuzdur. Bununla birlikte yeni yönetmelikle uygulama yaşamımıza giren performans esaslı deprem mühendisliğinin anlaşılması ve yerleşmesi zaman alacaktır .

Ülkemizde depremlerin büyük hasarlara yol açmasının en önemli sebebi, binaların yapıma tarihleri ne olursa olsun deprem etkileri düşünülmeden tasarlanmış ve yapılmış olmalarıdır. Yurdumuzda mevcut binaların büyük bir kısmı deprem etkilerine karşı gerekli olan dayanıma sahip değildir. Bu sebeple ileride meydana gelecek ve nüfus yoğunluğu çok fazla olan yerleşim bölgelerini etkileyecek depremlerde deprem zararlarının azaltılabilmesi için öncelikle mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesi gereklidir.

DBYBHY 2007 Bölüm 7’de belirtilen performans kavramının değerlendirilebilmesi için iki yöntem tanımlanmıştır. Performans bazlı tasarım kullanılarak uygulanan doğrusal olmayan yöntemler doğrusal yöntemlere göre daha gerçekçi sonuçları elde etmemize olanak sağlamaktadır.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemlerinin esası, yer değiştirme ve şekildeğiştirme esaslı değerlendirmenin temel alındığı ve genel olarak malzeme ve geometri değişimleri bakımından doğrusal olmayan sistem hesabına dayanan yöntemlerde, belirli bir deprem etkisi için binadaki yer değiştirme istemine ulaşıldığında yapıdan beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığının kontrol edilmesidir .

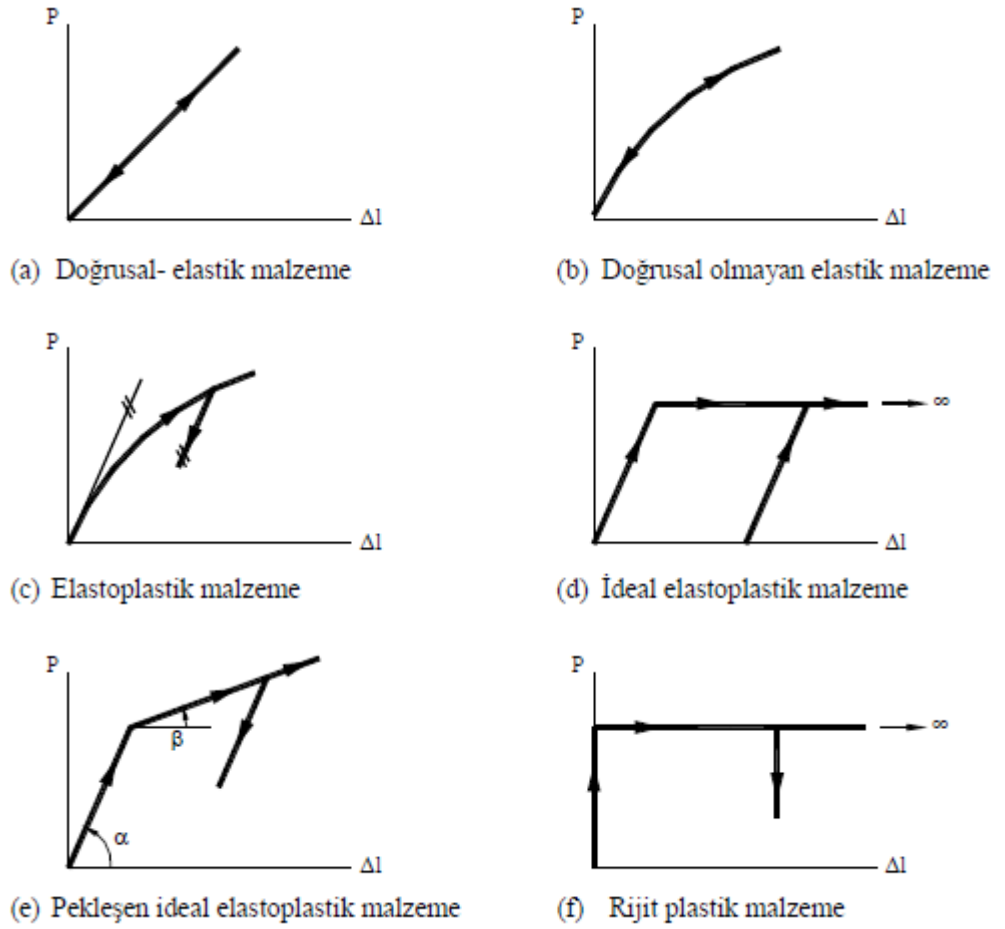
Bu çalışmada, doğrusal elastik olmayan yöntemler uygulanarak betonarme bir yapının artımsal itme analizi yöntemi ile deprem performansının belirlenmesi incelenmiştir.

2. MALZEME BAKIMINDAN DOĞRUSAL OLMAYAN SİSTEMLERİN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Bu bölümde, malzeme bakımından doğrusal olmayan sistemlerin hesap yöntemleri DBYBHY 2007 esas alınarak incelenecektir.

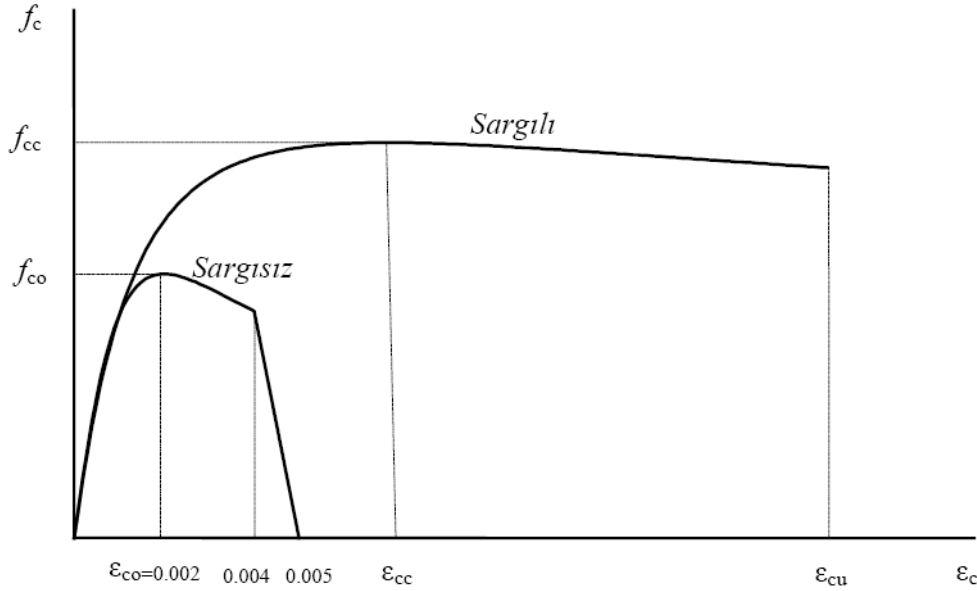
2.1 Malzeme Modelleri

Yapı sistemlerinde kullanılan gerçek yapı malzemelerinin şekil değiştirme özellikleri üzerinde bazı idealleştirmeler yaparak tanımlanan ideal malzemelerin başlıcaları Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 : İdeal malzemeler

Betonarme yapı elemanlarını oluşturan beton çeliği ve betonun DBYBHY 2007'ye göre (σ - ϵ) bağıntıları Mander modeli ile tanımlanmıştır. Beton modeli sargılı ve sargısız olarak iki farklı diyagramla tanımlanabilir. Şekil 2.2'de sargılı ve sargısız betona ait gerilme-şekil değiştirme bağıntıları verilmiştir.



Şekil 2.2 : Sargılı ve sargısız beton gerilme-şekil değiştirme diyagramları

Sargılı betonun şekil değiştirme kapasitesi sargısız beton ile karşılaştırıldığında, betonda sargı etkisinin kesitin şekil değiştirme kapasitesini artırdığı görülebilir. Aynı şekilde sargı etkisine bağlı olarak gerilme kapasitesinin arttığı gözlemlenebilir.

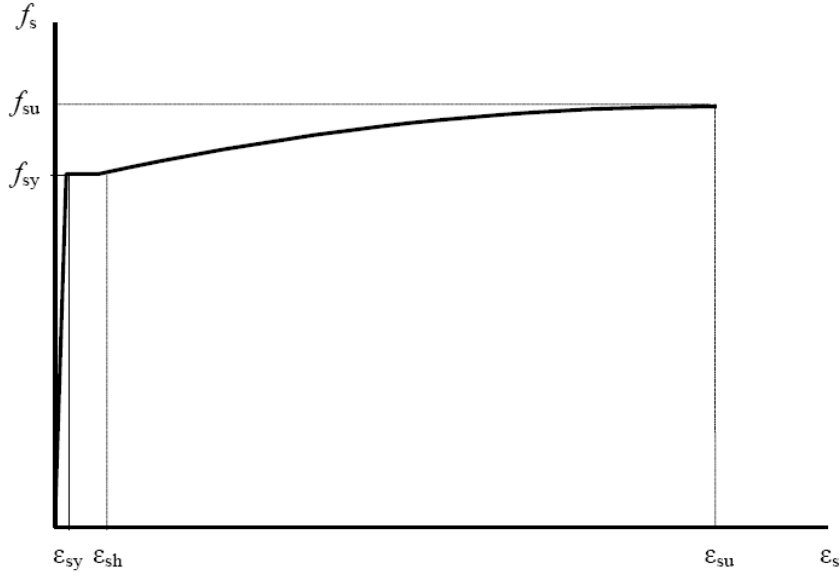
DBYBHY 2007'de tanımlanan donatı çeliği modeline göre elastik davranışta gerilme-şekil değiştirme ilişkisi doğrusaldır. Çeliğin akma noktasından peklemeye başladığı noktaya kadar gerilme sabit şekil değiştirme artmaktadır. Pekleme sürecinde ise şekil değiştirme ve gerilme artış göstermektedir.

Çizelge 2.1'de S220 ve S420 beton çeliklerine ait gerilme-şekil değiştirme değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Donatı çeliği malzemesine ait gerilme-şekil değiştirme değerleri

Kalite	f_{sy} (MPa)	ϵ_{sy}	ϵ_{sh}	ϵ_{su}	f_{su} (MPa)
S220	220	0,0011	0,011	0,16	275
S420	420	0,0021	0,008	0,10	550

Çizelge 3.1’de S220 ve S420 beton çeliklerine ait gerilme-şekil değiştirme değerlerine uygun olarak DBYBHY 2007’de verilen gerilme-şekil değiştirme diyagramı Şekil 2.3’de verilmiştir.



Şekil 2.3 : Beton çeliği gerilme-şekil değiştirme diyagramı

S220 ve S420 beton çeliklerine ait Çizelge 2.1’de verilen gerilme-şekil değiştirme değerlerinin Şekil 2.3’de gösterilen diyagramla uyumlu olduğu görülmektedir.

2.2 Hesap Yöntemleri

Malzeme bakımından doğrusal olmayan betonarme sistemlerin hesap yöntemlerinde iki farklı yaklaşım vardır. Bu iki yaklaşım doğrusal olmayan Şekil değiştirmelerin kesit üzerinde yayılı olması hali veya kesitin belli bölgelerinde toplandığı varsayımı üzerine oluşmuştur. Bu bölümde kısaca, doğrusal olmayan Şekil değiştirmelerin yayılı olması hali ile ilgili bilgi verilecek ve plastik mafsal kabulü ayrintılı incelenecektir.

2.2.1 Doğrusal olmayan Şekil değiştirmelerin yayılı olması hali

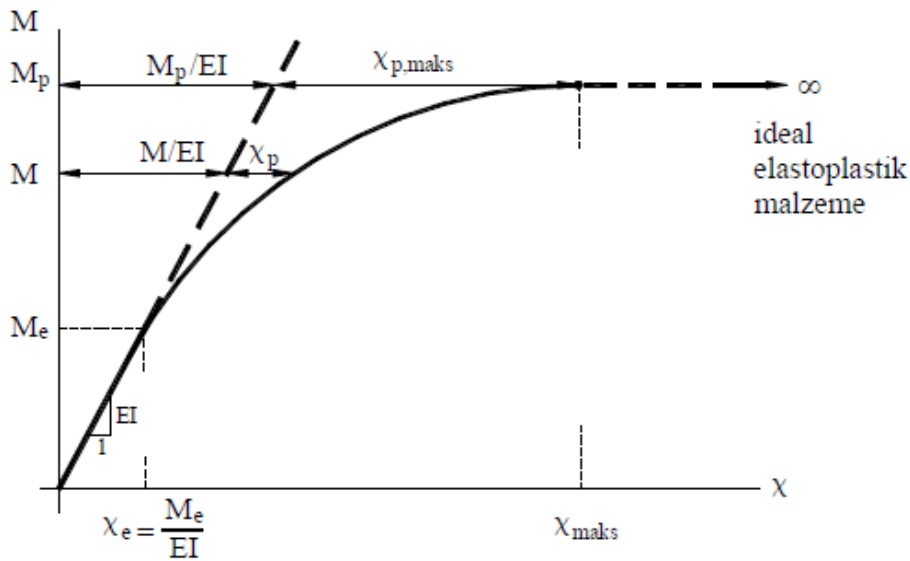
Doğrusal olmayan Şekil değiştirmelerin sistem üzerinde sürekli olması varsayımı ile kapasite eğrilerinin belirlenmesi ve göçme yükü hesabında ardışık yaklaşım yöntemleri veya yük artımı yöntemleri kullanılır.

2.2.2 Plastik mafsal kabulü

Süneklik oranının büyük olduğu ve doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin küçük bir bölgeye yayıldığı sistemlerde, plastif mafsal adı verilen kesitlerde doğrusal olmayan eğilme şekil değiştirmelerinin toplandığı ve diğer bölgelerde doğrusal elastik davranışın hakim olduğu kabul edilir. Bu kabul plastik mafsal kabulü olarak adlandırılır.

Yeterli düzeyde sünek davranış gösteren sistemlerde (çelik yapılar ve bazı koşullar altında betonarme yapılar), plastik mafsal hipotezi uygulanarak sistem hesapları önemli ölçüde kısaltılabilmektedir.[1].

Doğrusal olmayan malzemeden yapılan ve bir kesitindeki gerçek eğilme momenti- eğrilik bağıntısı bir düzlem çubuk elemanın bir bölgesine ait eğilme momenti diyagramı, toplam eğilme şekil değiştirmeleri ve doğrusal olmayan değiştirmeler Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4 : Eğilme momenti- eğrilik diyagramı

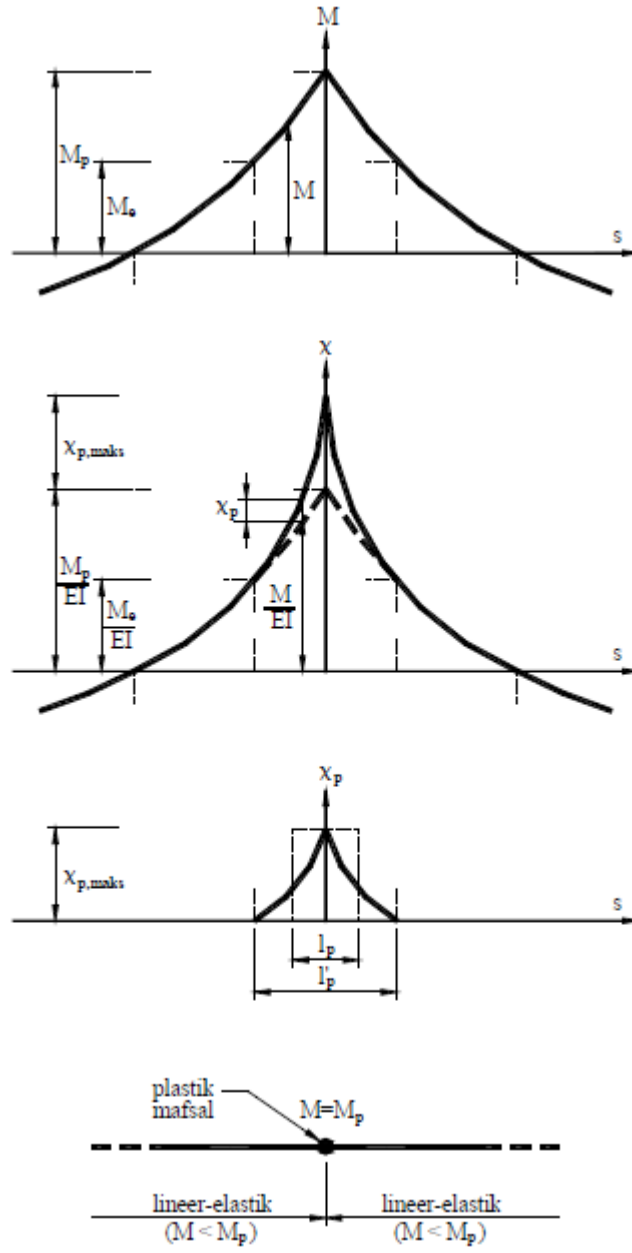
Yeterli düzeyde sünekliğe sahip olan betonarme kesitlerin eğilme momenti- eğrilik bağıntıları incelendiğinde, bu bağıntıların esas olarak iki farklı bölgeden oluştuğu gözlenir. Birinci bölgede, eğilme momentinin küçük değerleri için eğilme momenti- eğrilik ilişkisi yaklaşık olarak doğrusal elastik varsayılabılır. Betonarme kesitlerde, bu bölgede beton ve beton çeliği doğrusal davranış bölgesinde kaldığı için, eğilme momenti- eğrilik bağıntısında da benzer özellik ortaya çıkar. Ancak beton ve çelik gerilmelerinin artmasına paralel olarak, doğrusal olmayan gerilme-şekil değiştirme

ilişkisinin kesitin davranışında etkili olmaya başlaması, eğilme momenti-eğrilik bağıntısının da doğrusal davranıştan ayrılmasına neden olur. Eğilme momenti-eğrilik bağıntısının ikinci bölgesinde eğrinin eğimi giderek azalır. Bu bölgede elastik ötesi, elastoplastik davranış etkilidir. Kesite etkiyen eğilme momentinde çok küçük artım meydana gelirken, eğrilik belirgin bir şekilde artar ve eğriliğin sınır değerine erişmesi ile kesitte güç tükenmesi meydana gelir.

Şekil 2.5’de görüldüğü gibi, doğrusal olmayan şekildeğişiklikler çubuk üzerindeki l_p uzunluğundaki bir bölgede yoğunlaşmakta ve en büyük plastik eğrilik $\chi_{p,max}$ değerine eşit olmaktadır. Bu hipotezde doğrusal olmayan (plastik) şekildeğişikliklerin çubuk elemanı üzerinde l_p uzunluğunda bir bölgede sürekli olarak düzgün yayıldığı varsayılmaktadır. Buna göre plastikleşen bölgedeki toplam plastik dönme

$$\varphi_p = \int_{l_p} \chi_p ds \quad (2.1)$$

şeklinde, eğilme momenti diyagramının şekline ve (M- χ) bağıntısına bağlı olarak belirlenir.



Şekil 2.5 : Doğrusal olmayan şekil değiştirmeler

Plastik mafsal hipotezinin uygulaması, eğilme momenti-eğrilik bağıntısının

$$M \leq M_p \quad \text{için} \quad \chi = \frac{M}{EI} \quad (2.2)$$

$$M = M_p \quad \text{için} \quad \chi \rightarrow \chi_{p,maks} \quad (2.3)$$

şeklinde iki doğru parçasından oluşacak şekilde idealleştirilmesine karşı gelmektedir.

3. DBYBHY 2007'YE GÖRE BETONARME YAPILARIN DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

Bu bölümde, betonarme bir yapının deprem performansının belirlenmesinde DBYBHY 2007 yaklaşımı ele alınacaktır.

3.1 Deprem Performansı Tanımı

Mevcut yapıların depreme karşı güvenliklerinin belirlenmesinde, büyük yıkıcı depremler sonrasında yer değiştirmeye bağlı performans ilkeleri geliştirilmiştir. Loma Prieta ve Northridge depremleri sonrasında oluşan büyük hasarlar yapıların yer değiştirmelerinin ve şekil değiştirmelerinin belirlenerek yapı güvenliğinin tespit edilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur.

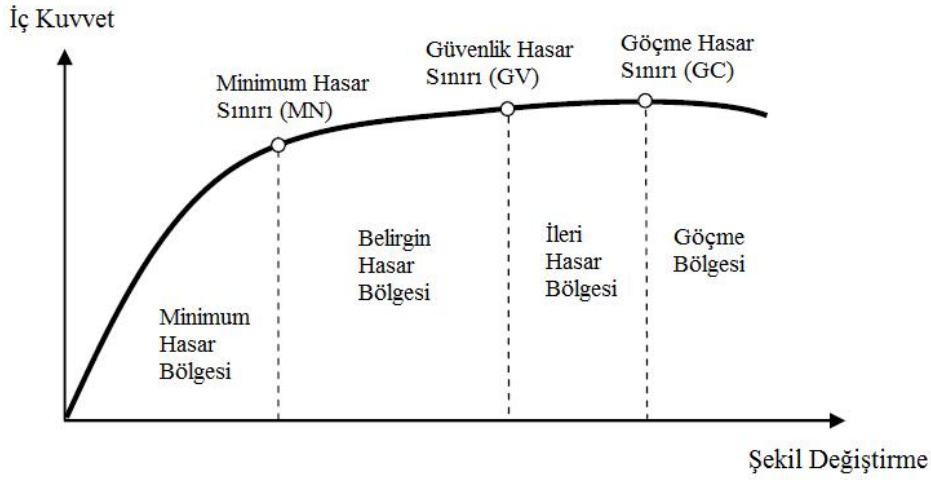
Deprem performansı kavramı, yer değiştirme ve şekil değiştirmelere bağlı olarak hasar sınır değerleri kullanılarak yapı güvenliğinin belirlenmesi olarak tanımlanır.

3.2 Yapı Elemanlarının Hasar Sınırları ve Bölgeleri

Yapı elemanlarının hasar durumları kesitin sünek veya gevrek davranış göstermesine bağlı olarak belirlenir. Sünek davranış gösteren elemanların hasar sınırları Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ) olarak belirlenmiştir. Elastik ötesi davranışın başladığı nokta Minimum Hasar Sınırı, kesitin dayanımını güvenli şekilde sağlayabilecek elastik ötesi davranışın sınırı Güvenlik Sınırı, kesitin göçme öncesi davranışının sınırı Göçme Sınırı olarak tanımlanmıştır.

Eleman hasar bölgeleri, hasar sınırlarına bağlı olarak belirlenmiştir. Minimum Hasar Sınırı'na ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, Minimum Hasar Sınırı ile Güvenlik Sınırı arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, Güvenlik Sınırı'nı aşmış ancak Göçme Sınırı'na ulaşmamış elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, Göçme Sınırı'nı aşmış elemanlar Göçme Bölgesi'nde yer almaktadır.

Şekil 3.1’de hasar sınırları ve hasar bölgeleri tanımlanmış iç kuvvet- şekil değiştirme diyagramı verilmiştir.



Şekil 3.1 : Kesit hasar sınırları ve bölgeleri

3.3 Yapı Performans Seviyeleri

Yapıların performans seviyeleri deprem etkisi altında oluşması öngörülen hasar durumlarına göre belirlenir. Tespit edilen hasar durumlarına göre dört farklı performans düzeyi belirlenmiştir. Aşağıda, bu performans düzeylerinin belirlenmesi için gerekli olan koşullar açıklanarak verilmiştir.

3.3.1 Hemen kullanım performans düzeyi

Hemen Kullanım Performans Düzeyi’nde, yapılan çözümler neticesinde her bir deprem doğrultusu için kirişlerin en fazla %10’u Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçebilir. Diğer taşıyıcı elemanların tamamı Minimum Hasar Bölgesi’ndedir. Bu koşulları sağlayan yapılar Hemen Kullanım Performans Düzeyi’nde kabul edilir.

3.3.2 Can güvenliği performans düzeyi

Can Güvenliği Performans Düzeyi’nde gevrek hasar gören elemanlar var ise bu elemanların güçlendirilmeleri gerekir. Sünek elemanlar için her bir deprem doğrultusu için, herhangi bir katta, ikincil kirişler haricindeki kirişlerin en fazla %30’u İleri Hasar Bölgesi’ne geçebilir. İleri Hasar Bölgesi’ne geçen kolonların her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20’nin altında olmalıdır. En üst katta bulunan İleri Hasar Bölgesi’ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamı, tüm kat kolonlarının kesme kuvvetleri toplamının %40’ından fazla olamaz.

Diğer taşıyıcı elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde veya Belirgin Hasar Bölgesi'nde olmalıdır. 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]

3.3.3 Göçme öncesi performans düzeyi

Bu performans düzeyinde, gevrek olarak hasar gören elemanlar Göçme Bölgesi'nde kabul edilir. Bu elemanlar dışında, her bir deprem doğrultusu için ikincil kirişler dışındaki kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ndedir. Diğer taşıyıcı elemanların tamamı 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.[2]

3.3.4 Göçme durumu

Yapı için Göçme Öncesi Performans Düzeyi sağlanamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Bu yapıların kullanımı can güvenliği açısından sakıncalıdır.

3.4 Yapı Performans Hedefi

Mevcut yapıların performansının belirlenmesi ve deprem güvenliğinin değerlendirilmesinde üç farklı deprem düzeyi tanımlanmıştır. Aşağıda bu deprem düzeyleri açıklamaları ile birlikte verilmiştir.

- 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan deprem Kullanım Depremi olarak tanımlanmıştır. Bu depremin ivme spektrumunun ordinatları tasarım depremi ivme spektrumu ordinatlarının yaklaşık yarısı olarak alınır.
- 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem Tasarım Depremi olarak tanımlanır.
- 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem En Büyük Deprem olarak tanımlanır. Bu depremin ivme spektrumunun ordinatları tasarım depremi ivme spektrumu ordinatlarının yaklaşık 1.5 katı olarak alınır.

Mevcut yapıların değerlendirilmesinde, öngörülen performans hedefleri farklı yapı türleri ve farklı deprem düzeyleri bakımından Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Binalar için hedeflenen çok seviyeli performans düzeyleri

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

3.5 Yapı Bilgi Düzeyinin Belirlenmesi

Yapıların performans değerlendirilmesinin yapılabilmesi için yapının eleman detayları, malzeme dayanımları ve yapı geometrisi ile ilgili bilgilerin elde edilmesi gerekmektedir. Bu bilgiler yapılarda yapılacak gözlemlerden, deneylerden ve var ise mevcut projelerden sağlanabilir.

Deprem yönetmeliği, performans değerlendirilmesinde gerekli olan bilgilerin yeterlilik durumuna göre yapıları sınıflandırılmıştır. Aşağıda, bu sınıflandırma ile ilgili bilgiler verilmiştir.

- **Sınırlı Bilgi Düzeyi:** Bu bilgi düzeyinde yapının taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Gerekli bilgiler yapıda yapılacak ölçümlerle belirlenir. “Deprem Sonrası Hemen Kullanımı Gereken Binalar” ile “İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar” için bu bilgi düzeyi kullanılamaz. Bilgi düzeyi katsayısı 0.70 olarak alınacaktır.

- Orta Bilgi Düzeyi: Yapının taşıyıcı sistem projeleri mevcut ise sınırlı bilgi düzeyinde yapılan ölçümler yapılarak proje bilgileri doğrulanır. Eğer mevcut değil ise, sınırlı bilgi düzeyi için yapılan ölçümlerden daha fazla ölçümler yapılarak gerekli bilgiler elde edilir. Bilgi düzeyi katsayısı 0.90 olarak alınacaktır.
- Kapsamlı Bilgi Düzeyi: Yapının taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgileri yeterli derecede ölçümler yapılarak doğrulanır. Bilgi düzeyi katsayısı 1.00 olarak alınacaktır.

3.6 Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi

Yapıların deprem performansında uygulanan doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler için göz önüne alınacak deprem durumu ve şartları aşağıda verilmiştir.

- Deprem etkisinde, farklı aşılma olasılıklarına göre elastik ivme spektrumları kullanılacaktır.
- Deprem hesabında Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır.
- Yapı performansı, düşey yükler ve deprem etkilerinin birarada bulunması durumu altında incelenecektir.
- Düşey yükler, deprem hesabında etkin olan kütlelerle uyumlu olarak ele alınacaktır.
- Deprem hesabında kullanılacak kat ağırlıkları $g+nq$ formülüne göre hesaplanacaktır.
- Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ek dışmerkezlik uygulanmayacaktır.
- Betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının hesaplanmasında bilgi düzeyine göre hesaplanan mevcut dayanımları kullanılacaktır.
- Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlama kesit rijitliği kullanılacaktır. Kirişler bu değer $0.4EI$, kolonlarda ise normal kuvvet ve kesit alanına bağlı olarak $0.4EI$ ile $0.8EI$ arasında bir değer olarak alınacaktır.

3.7 Deprem Performansının Doğrusal Elastik Yöntemlerle Belirlenmesi

Yapıların deprem performansının değerlendirilmesinde uygulanan doğrusal elastik hesap yöntemleri aşağıda verilmiştir.

- Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi: Bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8'i aşmayan, ayrıca ek dışmerkezlilik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ olan binalara uygulanacaktır.
- Mod Birleştirme Yöntemi: Uygulanan deprem doğrultusu ve yönü ile uyumlu eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesabında, bu doğrultuda hakim olan modda elde edilen iç kuvvet doğrultuları esas alınacaktır.

3.7.1 Hasar düzeylerinin belirlenmesi

Betonarme yapı elemanlarının deprem etkisi altında kırılma türü sünek ve gevrek olarak iki sınıfa ayrılır. Kırılma türü eğilmeden kaynaklanıyor ise sünek, kesme kuvvetinden kaynaklanıyor ise gevrek olarak adlandırılır.

Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile hasar düzeylerinin belirlenmesinde etki/kapasite oranı olarak adlandırılan r katsayısı kullanılır. Etki/kapasite oranı, deprem etkisi altında $R_a=1$ alınarak hesaplanan kesit momentinin kesit artık moment kapasitesine bölünmesi ile elde edilir. Kesit artık moment kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkıdır.[1]

Çizelge 3.2 : Betonarme kirişler için hasar sınırları

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V}{b_w d f_{ct}}^{(1)}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≥ 1.30	2.5	5	8
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Var	≥ 1.30	2.5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	Yok	≥ 1.30	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	4

Çizelge 3.3 : Betonarme kolonlar için hasar sınırları

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N}{A_c f_c}$	Sargılama	$\frac{V}{b_w d f_{ct}}^{(1)}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≥ 1.30	1	1.5	2
≥ 0.7	-	-	1	1	1

Çizelge 3.4 : Betonarme perdeler için hasar sınırları

Sünek Perdeler	Hasar Sınırı		
Sargılama	MN	GV	GÇ
Var	3	6	8
Yok	2	4	6

Betonarme yapı elemanlarının etki/kapasite oranlarının belirlenmesine ilave olarak yapının görel kat ötelemelerinin kontrol sınırları da belirlenmiştir. Çizelge 2.6'da bu sınırlar ifade edilmiştir.

Çizelge 3.5 : Görel kat ötelemesi sınırları

Görel Kat Ötelemesi Oranı	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
δ_{ji} / h_{ij}	0.01	0.03	0.04

3.8 Deprem Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemlerle Belirlenmesi

Doğrusal olmayan yöntemlerle performans değerlendirilmesinde yapının elastik ötesi davranışı gerçekçi bir şekilde ele alınarak elemanların hasar durumları tespit edilir. DBYBHY 2007'ye göre ele alınan bu yöntemler Artımsal İtme Analizi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi olarak sınıflandırılabilir. Bu yöntemlerden Artımsal İtme Analizi uygulanmasında iki farklı yöntem uygulanır.

3.8.1 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi

Birinci modun etkili olduğu düşük katlı binalarda ve burulma düzensizliğinin sınırlı olduğu durumda bu yöntem uygulanabilir. Yöntemin uygulama koşulları yönetmelikte aşağıdaki gibi verilmiştir.

- Toplam kat adeti 8'i aşmayan yapılar
- Burulma düzensizlik katsayısı 1.4'den küçük olan yapılar
- Deprem doğrultusundaki birinci titreşim modunun etkin kütle oranı %70'den büyük olan yapılar

Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi, yatay yük kapasite eğrisi ile deprem talep eğrisi buluşturularak deprem performansının belirlenmesi ile gerçekleştirilir.

3.8.1.1 Kapasite eğrisi ve modal kapasite diyagramı oluşturulması

Kapasite eğrisi, taşıyıcı sistemin özelliklerine bağlı olarak, doğrusal elastik olmayan davranışla sistemin taşıyabildiği yatay yük ile oluşan yerdeğiştirme arasındaki ilişkiyi gösterir.

Kapasite eğrisini deprem talep eğrisi ile birleştirebilmek için eksenler arası dönüşüm yapılarak modal kapasite diyagramı elde edilir. Bu dönüşümde yatay kuvvet modal ivmeye, yatay deplasman modal yerdeğiştirmeye çevrilir. Denklem (3.1) ve Denklem (3.2)'de bu dönüşümün formülleri verilmiştir.

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (3.1)$$

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (3.2)$$

Denklem (3.1)'deki M_{x1} , deprem doğrultusundaki birinci moda ait etkin kütleli ifade etmektedir.

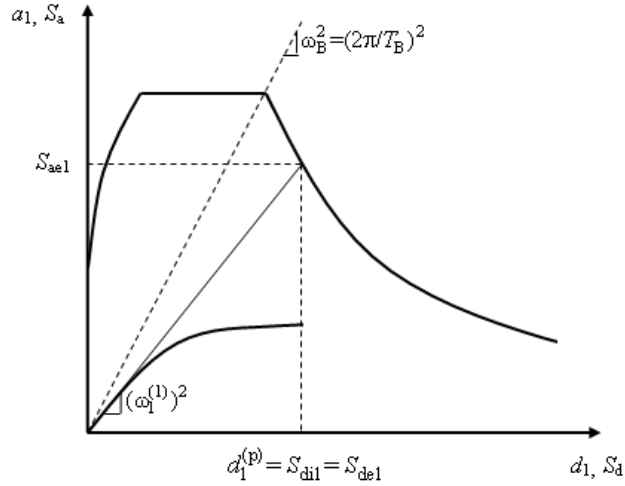
Denklem (3.2)'deki Γ_{x1} , modal katkı çarpanını ifade etmektedir.

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (3.3)$$

Verilen denklemler ile kapasite eğrisinin modal kapasite eğrisine dönüştürülmesiyle modal yerdeğiştirme – modal ivme diyagramı elde edilir.

3.8.1.2 Tepe yer değiştirilmesi

Modal kapasite diyagramının oluşturulmasıyla elastik ivme spektrumundan yararlanılarak modal yer değiştirme istemi elde edilir. Şekil 3.2’de modal yer değiştirme isteminin elde edilme biçimi gösterilmiştir.



Şekil 3.2 : $T_1 > T_B$ için Modal Kapasite Diyagramı

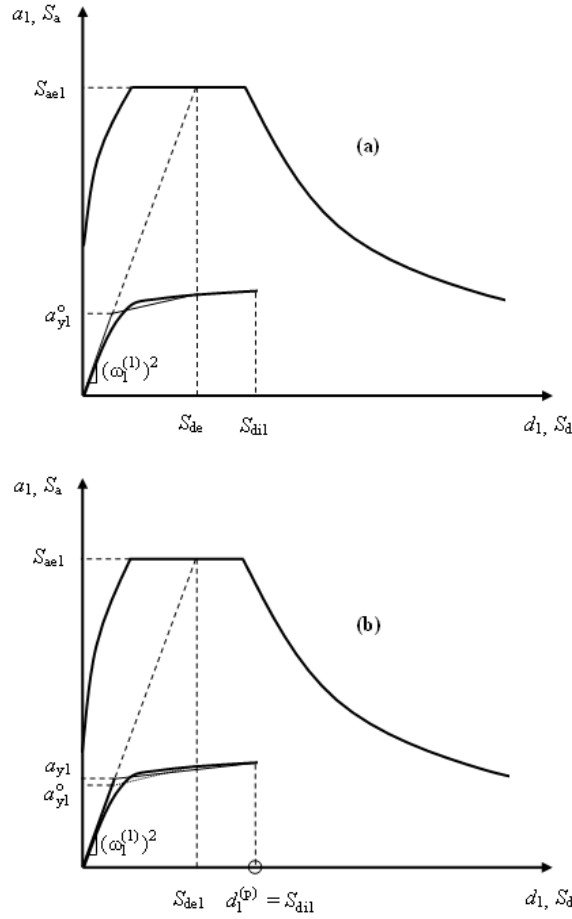
Modal kapasite diyagramının oluşturulmasıyla elastik ivme spektrumundan yararlanılarak modal yer değiştirme istemi elde edilir. Şekil 3.2’de modal yer değiştirme isteminin elde edilme biçimi gösterilmiştir.

Modal yer değiştirme, doğrusal olmayan spektral yer değiştirmeye eşittir. Doğrusal olmayan spektral yer değiştirme, S_{di1} , birinci moda ait hakim periyot, T_B değerinden büyük ise doğrusal elastik spektral yer değiştirmeye eşittir. Hakim periyot, T_A ile T_B değeri arasında ise doğrusal olmayan spektral yer değiştirme ile doğrusal spektral yer değiştirme arasında Denklem 3.4’deki gibi bir bağıntı vardır.

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (3.4)$$

Doğrusal elastik spektral yer değiştirme, birinci moda ait elastik spektral ivme ile hakim periyoda bağlı frekans değeri ile bulunur. Denklem (3.5)’de bu bağıntı verilmiştir.

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (3.5)$$



Şekil 3.3 : $T_A < T_1 < T_B$ için Modal Kapasite Diyagramı

Hakim periyodun T_A ile T_B değerleri arasında olması durumu için doğrusal olmayan spektral ivmenin elde edilmesi Şekil 2.4'de gösterilmiştir. Bu durum için hesaplanması gereken CR katsayısı Denklem 3.6'da verilmiştir.

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1) T_B / T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (3.6)$$

Bu bağıntıda R_{y1} Denklem (3.7)'de verilen birinci moda ait dayanım azaltma katsayısı'nı göstermektedir.

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (3.7)$$

Doğrusal elastik olmayan spektral yer değiştirme elde edildikten sonra Denklem (3.8)'ye göre tepe yer değiştirme değeri hesaplanır.

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (3.8)$$

3.8.2 Artımsal mod birleştirme yöntemi

Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi'nin amacı, taşıyıcı sistemin davranışını temsil eden yeterli sayıda doğal titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde monotonik olarak adım adım arttırılan ve birbirleri ile uygun biçimde ölçeklendirilen modal yerdeğiştirmeler veya onlarla uyumlu modal deprem yükleri esas alınarak Mod Birleştirme Yöntemi'nin artımsal olarak uygulanmasıdır.

3.8.3 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi

Bu yöntemde, sistemdeki doğrusal olmayan davranış gözönünde bulundurularak bir deprem hareketi altındaki sistemin davranışı incelenir. Sistemin bütün elastik ve plastik şekil değiştirmeleri, yer değiştirmeleri ve kesit iç etkileri zamana bağlı olarak bulunur. Daha sonra sistemde plastik mafsallarda dönmesi ve beton ve donatının birim uzama/kısalma talepleri belirlenir.[2] Bu yöntemde dikkat edilmesi gereken husus seçilen deprem kaydının DBYBHY 2007'de verilen elastik ivme spektrum eğrisi ile uyumu ve çok sayıda kayıtle analiz yapılmasıdır.

3.9 Birim Şekil Değiştirme İstemleri ve Kapasiteleri

Doğrusal olmayan yöntemlerle performans değerlendirilmesinde, oluşan plastik mafsallardaki eğrilik, Denklem (3.9)'de verildiği gibi plastik dönmenin plastik mafsallarda boyuna oranlanmasıyla elde edilir.

$$\phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (3.9)$$

Toplam eğrilik istemi, plastik eğrilik istemi ile moment-eğrilik ilişkisi ile tanımlanan eşdeğer akma eğriliğinin süperpozisyonu ile elde edilir.

Betonarme sünek taşıyıcı elemanların, farklı hasar sınırlarına göre izin verilen birim şekil değiştirme kapasiteleri sırasıyla verilmiştir.

- Kesit Minimum Hasar Sınırı için kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi 0.0035, donatı çeliğinin maksimum birim şekil değiştirmesi 0.01 olarak alınacaktır.
- Kesit Güvenlik Sınırı için kesitte etriye içinde kalan bölgenin en dış lifindeki betonun maksimum basınç birim şekil değiştirmesi Denklem (3.10) ile verilmiştir.

$$(\epsilon_{cg})_{GV}=0.0035+0.01(\rho_s/ \rho_{sm}) \leq 0.0135 \quad (3.10)$$

Donatı çeliğinin maksimum birim şekil değiştirmesi 0.04 olarak alınacaktır.

- Kesit Göçme Sınırı için kesitte etriye içinde kalan bölgenin en dış lifindeli betonun maksimum basınç birim şekil değiştirmesi Denklem (3.11) ile verilmiştir.

$$(\epsilon_{cg})_{GV}=0.004+0.014(\rho_s/ \rho_{sm}) \leq 0.018 \quad (3.11)$$

Donatı çeliğinin maksimum birim şekil değiştirmesi 0.06 olarak alınacaktır.

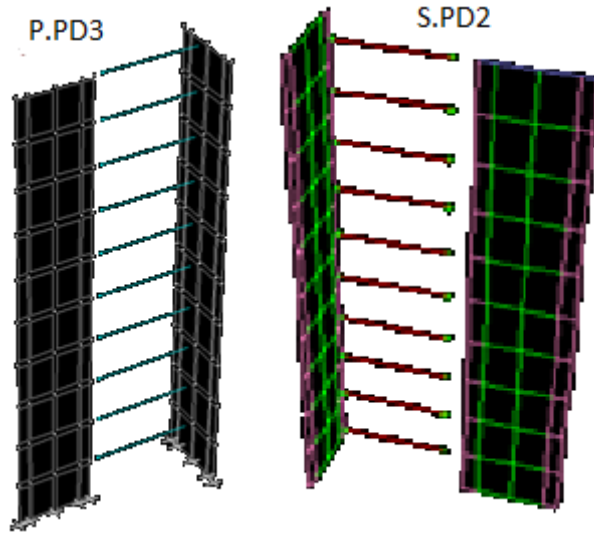
Deprem durumunda hesaplanan beton ve donatı çeliğinin birim şekil değiştirme istemleri izin verilen şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak yapı performansı belirlenecektir.

4. ANALİZ PROGRAMLARI İLE İLGİLİ SAYISAL ÇALIŞMA

4.1 Zayıf Doğrultudaki Perde Davranışının İncelenmesi

Yapı davranışının analiz programlarına doğru aktarılabilmesi için bazı ön çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan bir tanesi zayıf yöndeki perde davranışının itme analizi karşısında nasıl davrandığı ile ilgili bir çalışmadır.

İncelenecek sistem, farklı iki doğrultudaki iki perdenin kirişlerle bağlanmasıyla oluşturulan bir sistemdir. Bu sistem SAP2000 ve PERFORM 3D analiz programlarında modellenmiştir.



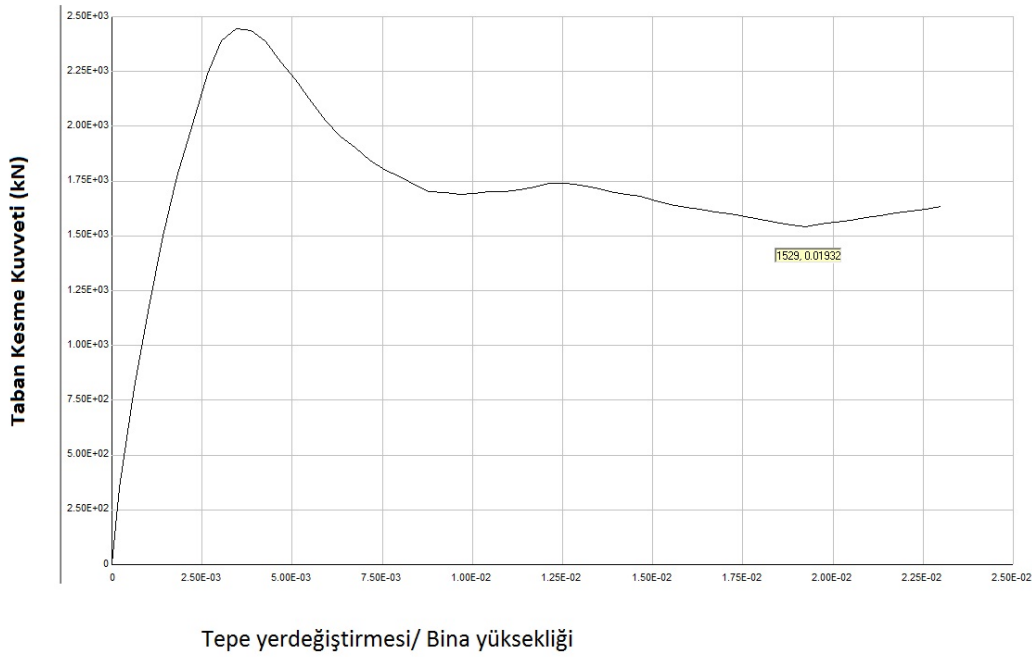
Şekil 4.1 : Analiz modelleri

Perde elemanlar modellenirken kesitin düzlem dışı davranışı doğrusal olarak modellenmiştir. Bu modele göre yapılan analiz sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

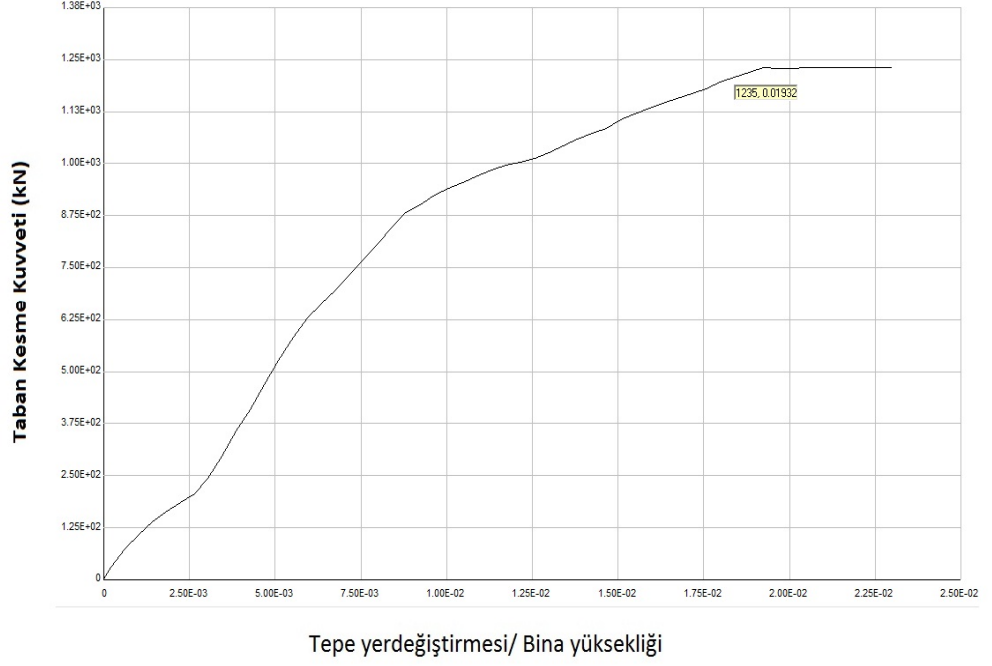
- İtme analizinin ilk adımlarında perdeler elastik davranış göstermektedir.
- İtme analizinin ileri adımlarında itme doğrultusundaki perde rijitliği azalmakta ve göçme durumuna ulaşmaktadır.

- İtme doğrultusunda çalışan perde göçme durumuna ulaşmasına rağmen sistemin taşıyıcılığı zayıf doğrultudaki perdenin doğrusal davranış göstermesi nedeniyle devam etmektedir.
- Performans değerlendirilmesinin yapıldığı talep yer değiştirmesi değerine ve sisteme bağlı olarak zayıf yöndeki perde davranışının etkisi farklılık göstermektedir.
- Rijitliği zayıf olan sistemlerde zayıf eksendeki perdenin rijitliği etkin olacaktır. Bu durumda gerçekte ulaşılmayacak performans düzeylerine ulaşılmasına neden olabilir.

Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de zayıf eksen ve kuvvetli eksendeki perdelerin taban kesme kuvvet diyagramları verilmiştir. İtme analizi uygulanırken tepe yerdeğiştirme istemi bina yüksekliğinin %4’ü oranında göz önüne alınmıştır.

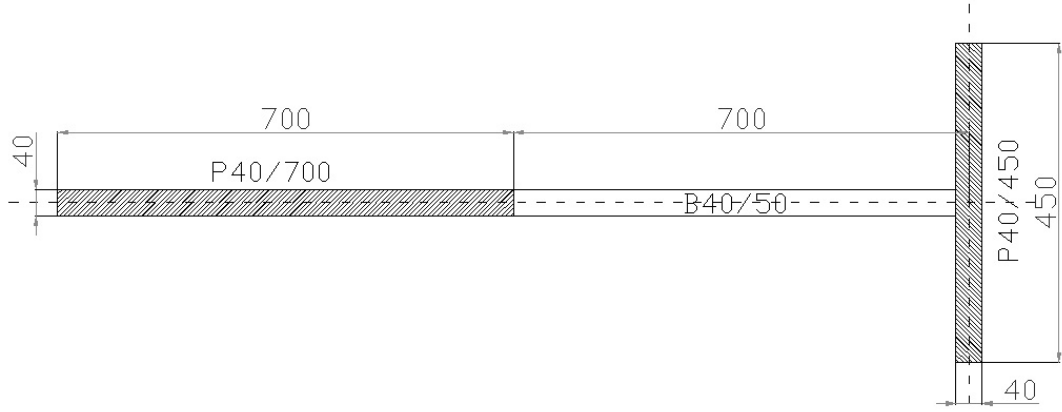


Şekil 4.2 : İtme doğrultusundaki perde taban kesme kuvveti diyagramı



Şekil 4.3 : Zayıf doğrułudaki perde taban kesme kuvveti diyagramı

Bu davranışın doğru olarak analiz edilebilmesi için sistemde itme doğrułusu dışındaki perde elemanların da doğruasal elastik ötesi davranışının göz önüne alınması gerekmektedir.



Şekil 4.4 : Taşıyıcı sistem kalıp planı

5. PERDELERDEN OLUŞAN 12 KATLI BETONARME YAPININ DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

5.1 Genel Yapı Bilgisi

Bu bölümde incelenecek olan sistemi DBYBHY 2007'ye göre tasarımı yapılmış olan 12 katlı bir konut yapısıdır. Bu yapı sisteminin öncelikle doğrusal elastik yöntem ile deprem kuvvetleri belirlenecek, daha sonra yapının tek moda bağlı olarak doğrusal elastik olmayan yöntem ile itme analizi yapılacaktır.

5.1.1 Tasarım parametreleri

Performans değerlendirilmesi yapılacak olan yapı sistemi perde taşıyıcı sistemli, on iki katlı bir konut yapısıdır. Bu yapı DBYBHY2007'ye göre tasarlanmış ve bu tasarım sonucunda yapının performans düzeyi belirlenecektir. Yapının tasarımında göz önüne alınan parametreler aşağıda özetlenmiştir.

Yapı analizinde kullanılan birimler	: kN, m
Kat sayısı	: 12 Kat
Kat yüksekliği	:Zemin.kat 5.0m :Diğer katlar 3.0m
Döşeme kalınlığı	: 0.30 m
Döşeme tipi	: Kirişsiz döşeme
Hareketli yük katılım katsayısı	: 0.3
Deprem bölgesi	: 1.Deprem bölgesi
Etkin yer ivmesi katsayısı	: $A_0=0.4$
Zemin sınıfı	: Z3
Spektrum karakteristik periyotları	: $T_A=0.15s$ $T_B=0.60s$
Beton sınıfı	: C30
Çelik sınıfı	: S420

Bilgi düzeyi : Kapsamlı

Bina kullanım amacı : Konut

5.1.2 SAP2000 analiz programı ile yapının modellenmesi ve tasarımı

Yapı taşıyıcı sisteminde mevcut olan perde elemanlar shell eleman olarak modellenmiştir. Shell eleman alanları yeterli sayıda alana bölünerek yük aktarımının sağlıklı biçimde gerçekleşmesi sağlanmıştır. Yapı tasarımında, hareketli yük 3.5kN/m^2 , kaplama yükü ise 1.5kN/m^2 olarak alınmıştır. Yapının kendi ağırlığı ise analiz programı tarafından hesaplanmış ve çözüme dahil edilmiştir. Yapının DBYBHY 2007'ye göre yapılan tasarımı sonucunda yapının hakim periyodu Y doğrultusunda ve $T=0.796\text{s}$ olarak hesaplanmıştır. X doğrultusundaki hakim periyod ise $T=0.598\text{s}$ olarak belirlenmiştir. Bu veriler altında yapılan tasarım sonucunda taşıyıcı perdeler 40cm ve 30 cm kalınlığında olmak üzere iki farklı türde belirlenmiş ve gerekli donatılar konulmuştur. Döşeme kalınlığı ise SAFE programı yardımıyla 30 cm olarak hesaplanmıştır. Tasarım hesaplarında spektrum analizi Z3 zemin sınıfı ve Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R=6$ alınarak tanımlanmıştır. Tasarım hesapları sonucunda sistemin taşıyabileceği yatay kuvvetler aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

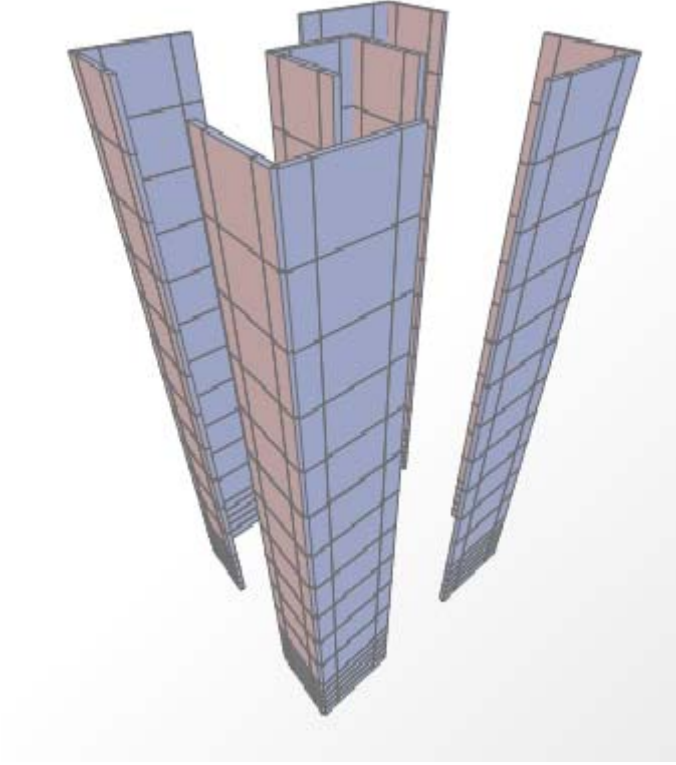
Çizelge 5.1 : X ve Y doğrultuları için elastik deprem yükleri

	YÖN	YATAY KUVVET (kN)
MOD BİRLEŞTİRME	X	10687
	Y	8784
EŞDEĞER DEPREM	X	10158
	Y	8139

Çizelge 5.1'de verilen yatay deprem kuvvetlerinin farklı iki yöntem sonucunda hesaplanan değerleri karşılaştırılarak yapının birinci mod şekli dışındaki diğer modların etkisinin azımsanacak düzeyde olduğu kabul edilebilir.

5.1.3 Tasarımı yapılan sistemin dinamik parametreleri

Taşıyıcı sistem tasarımı yapılırken uygulanan spektrum analizi yönteminde hesaba katılan titreşim modlarının kütle katılım oranları toplamı yapı kütlelerinin %90'ından daha az olmaması için yapının yeterli sayıda mod şekli dikkate alınmıştır. Modların birleştirme yönteminde Tam Karesel Birleştirme metodu analiz programı tarafından kullanılmıştır.



Şekil 5.1 : Yapının tasarlanmış üç boyutlu SAP2000 modeli

Yapı sistemine ait mod şekillerinin kütle katılımına oranı ve periyotları Çizelge 5.2’de verilmiştir

Çizelge 5.2 : Yapı mod şekilleri kütle katılım değerleri

MOD	PERİYOT (s)	KÜTLE KATILIM ORANI	
		X	Y
MOD-1	0,797	0,000	0,648
MOD-2	0,599	0,646	0,000
MOD-3	0,438	0,006	0,000
MOD-4	0,154	0,000	0,212
MOD-5	0,125	0,215	0,000
MOD-6	0,095	0,002	0,000
MOD-7	0,088	0,000	0,000
MOD-8	0,065	0,000	0,000
MOD-9	0,065	0,000	0,000
MOD-10	0,065	0,000	0,068
MOD-11	0,065	0,000	0,000
MOD-12	0,065	0,000	0,000
MOD-13	0,055	0,065	0,000
MOD-14	0,000	0,000	0,000
MOD-15	0,000	0,03	0,000

5.2 Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Performans Değerlendirilmesi

Yapı sisteminin doğrusal olmayan performansının değerlendirilmesinde iki farklı analiz programı kullanılarak sonuçlar elde edilecektir. Analiz programları ile ilgili genel bilgiler ve değerlendirme aşamaları bu bölümde ayrıntılı biçimde ele alınacaktır.

5.2.1 SAP2000 modeli ve değerlendirme

5.2.1.1 Kesme kuvveti kapasiteleri

Taşıyıcı sistem, DBYBHY 2007 koşullarına göre boyutlandırıldığı için kesme kuvveti kapasite koşulları sağlanmıştır. Bu nedenle, taşıyıcı elemanlar sünek eleman olarak değerlendirilecektir.

5.2.1.2 Sistemin modellenmesi

Yapı sisteminin modellenmesinde izlenen yöntemler aşağıda sıra ile verilmiştir.

- Perde kesitlerinin, sargılı ve sargısız beton gerilme-şekil değiştirme diyagramları XTRACT programı yardımı ile oluşturulmuştur.
- Taşıyıcı sistem elemanlarının çatlama kesit rijitlikleri belirlenmiştir.
- Katlara rijit diyafram atanmıştır.
- Kirişsiz döşeme sisteminde plastik mafsall oluşumu göz önüne alınmamıştır.
- Beton ve donatı çeliği gerilme-şekil değiştirme diyagramları analiz programına aktarılmıştır.
- Perde kesitleri doğrusal olmayan shell eleman olarak donatıları ve XTRACT programından alınan gerilme-şekil değiştirme diyagramları ile birlikte tanımlanmıştır.
- Yapıya etkileyen düşey yükler tanımlanmış ve yapıya etki ettirilmiştir.

5.2.1.3 Hakim mod ve kütlelerle orantılı yatay yüklerin elde edilmesi

Yapıya etki eden yatay itme kuvvetlerinin hesaplanması kat kütleleriyle orantılı ve kat genliklerine bağlı olarak hesaplanır. Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4'de, kat kütleleri ile orantılı olarak hesaplanan yatay itme kuvvetleri X ve Y doğrultuları için ayrı ayrı verilmiştir.

Çizelge 5.3 : X doğrultusunda etki eden itme kuvvetleri

KAT	m_i	Φ_{yin}	$m_i\Phi_{i1(x)}$
1	652,39	0,0009	0,5669
2	523,96	0,0019	1,0149
3	523,96	0,0033	1,7506
4	523,96	0,0050	2,6340
5	523,96	0,0069	3,6395
6	523,96	0,0090	4,7403
7	523,96	0,0113	5,9146
8	488,41	0,0137	6,6712
9	488,41	0,0161	7,8669
10	488,41	0,0186	9,0786
11	488,41	0,0211	10,2904
12	488,41	0,0235	11,4928

Çizelge 5.4 : Y doğrultusunda etki eden itme kuvvetleri

KAT	m_i	Φ_{yin}	$m_i\Phi_{i1(y)}$
1	652,39	0,0008	0,5173
2	523,96	0,0018	0,9599
3	523,96	0,0032	1,6877
4	523,96	0,0049	2,5711
5	523,96	0,0068	3,5824
6	523,96	0,0090	4,6969
7	523,96	0,0112	5,8899
8	488,41	0,0137	6,6668
9	488,41	0,0161	7,8849
10	488,41	0,0187	9,1250
11	488,41	0,0212	10,3715
12	488,41	0,0238	11,6150

Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4'deki itme kuvvetleri yapıya uygulanır ve itme analizi gerçekleştirilir. Analiz sonucunda statik itme eğrisi elde edilecektir.

5.2.1.4 Statik itme eğrisinin modal kapasite eğrisine dönüştürülmesi

Statik itme analizi sonucunda elde edilen itme eğrilerinin modal kapasite diyagramlarına dönüştürülmesi için hakim moda ait katkı çarpanı ve moda ait kütle katılım oranlarının hesaplanması gerekmektedir. Aşağıda bu değerlerin hesaplanması ile ilgili çizelgeler farklı deprem doğrultuları için verilmiştir.

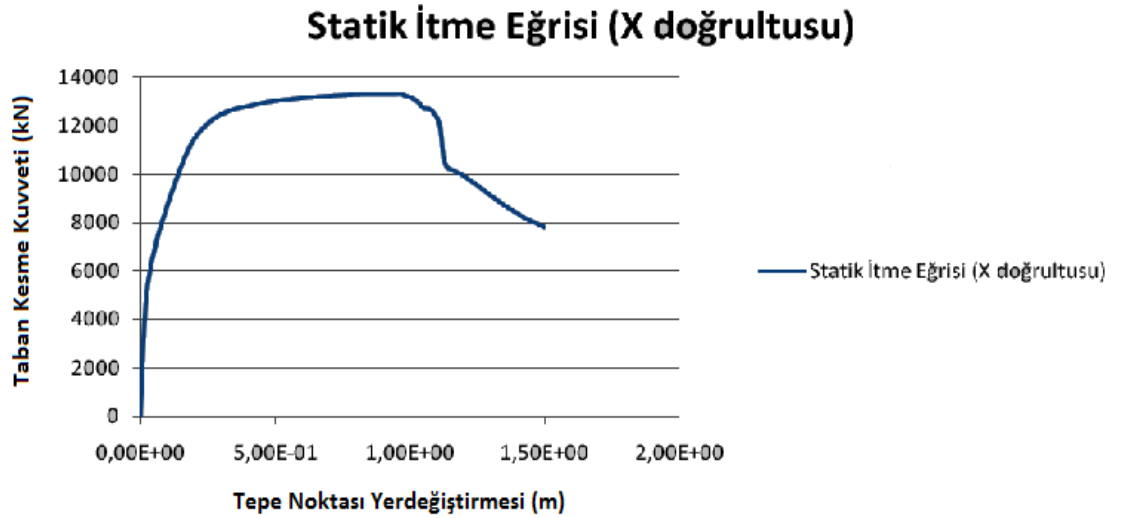
Çizelge 5.5 : X doğrultusundaki hakim mod kütle katılım oranı ve modal katkı çarpanı

KAT	m_i	Φ_{xin}	$m_i\Phi_{i1(x)}$	L_{xn}	$m_i\Phi_{i1}^2(x)$	M_n	M_{xn}	Γ_{x1}
1	652,39	0,0009	0,5669	65,66	0,000493	1,03	4184,50	63,73
2	523,96	0,0019	1,0149		0,001966			
3	523,96	0,0033	1,7506		0,005849			
4	523,96	0,0050	2,6340		0,013241			
5	523,96	0,0069	3,6395		0,02528			
6	523,96	0,0090	4,7403		0,042886			
7	523,96	0,0113	5,9146		0,066764			
8	488,41	0,0137	6,6712		0,091122			
9	488,41	0,0161	7,8669		0,126712			
10	488,41	0,0186	9,0786		0,168753			
11	488,41	0,0211	10,2904		0,216808			
12	488,41	0,0235	11,4928		0,270438			

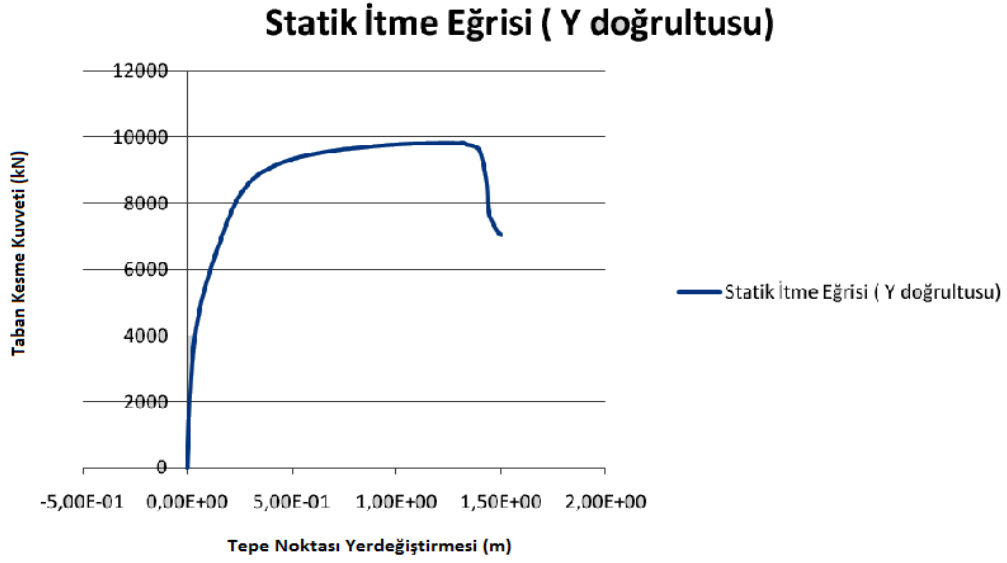
Çizelge 5.6 : Y doğrultusundaki hakim mod kütle katılım oranı ve modal katkı çarpanı

KAT	m_i	Φ_{yin}	$m_i\Phi_{i1(y)}$	L_{yn}	$m_i\Phi_{i1}^{2(y)}$	M_n	M_{yn}	Γ_{y1}
1	652,39	0,0008	0,5173	65,57	0,00041	1,04	4140,80	63,15
2	523,96	0,0018	0,9599		0,001759			
3	523,96	0,0032	1,6877		0,005436			
4	523,96	0,0049	2,5711		0,012616			
5	523,96	0,0068	3,5824		0,024493			
6	523,96	0,0090	4,6969		0,042103			
7	523,96	0,0112	5,8899		0,066209			
8	488,41	0,0137	6,6668		0,091002			
9	488,41	0,0161	7,8849		0,127295			
10	488,41	0,0187	9,1250		0,170483			
11	488,41	0,0212	10,3715		0,220238			
12	488,41	0,0238	11,6150		0,276215			

Elde edilen modal katkı çarpanı ve kütle katılım oranı değerleri kullanılarak Denklem (3.1) ve Denklem (3.2) yardımıyla modal kapasite diyagramı oluşturulur. Aşağıda analiz sonucu elde edilen statik itme eğrileri gösterilmiştir.



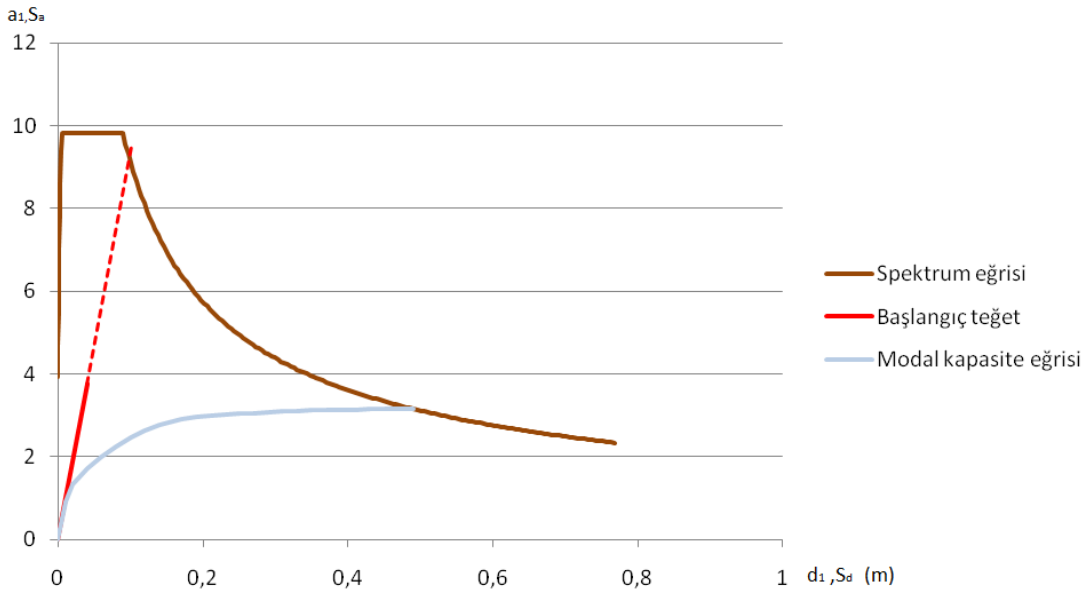
Şekil 5.2 : X doğrultusunda elde edilen statik itme eğrisi



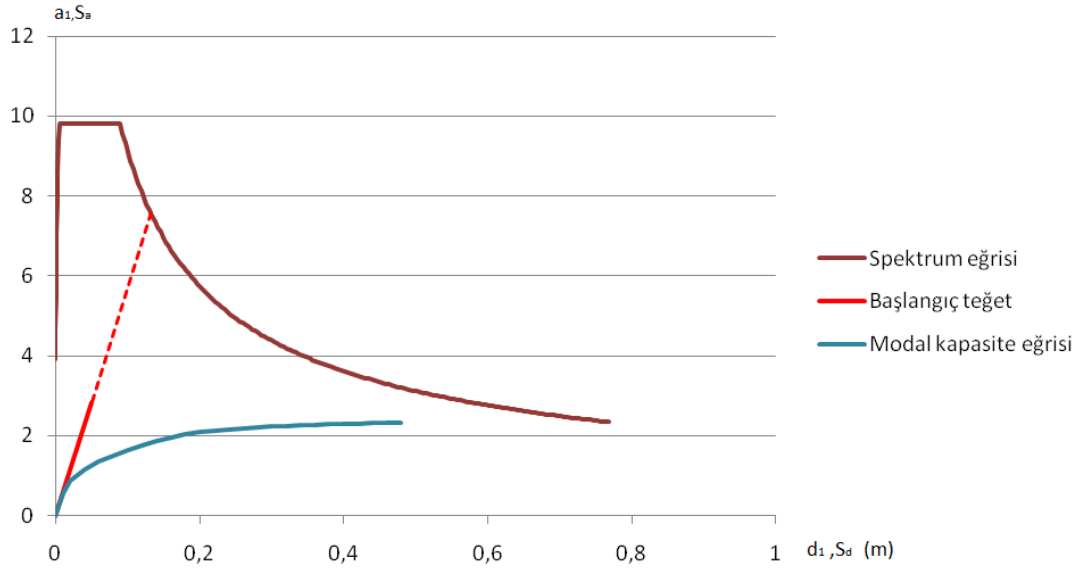
Şekil 5.3 : Y doğrultusunda elde edilen statik itme eğrisi

5.2.1.5 Talep tepe yer değiştirmesinin elde edilmesi

Yapının deprem performansının belirlenmesinde göz önüne alınacak talep tepe yer değiştirmeleri, elde edilen statik itme eğrisinden hesaplanan modal kapasite diyagramının başlangıç teğetinin spektrum eğrisini kestiği noktanın x eksenindeki değeri bulunarak hesaplanır. Aşağıda bu işlemin grafiksel biçimi verilmiştir.



Şekil 5.4 : X doğrultusunda elde edilen modal kapasite diyagramı



Şekil 5.5 : Y doğrultusunda elde edilen modal kapasite diyagramı

Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'de gösterilen diyagramların yatay eksenini spektral yer değiştirmeyi, dikey eksenini de spektral ivmeyi temsil etmektedir. X doğrultusundaki modal kapasite diyagramının başlangıç teğetinin spektrum ivmesini kestiği noktanın yer değiştirme değeri 0.101m olarak belirlenmiştir. Aynı noktanın Y doğrultusundaki değeri ise 0.135 m olarak belirlenmiştir.

Spektral yer değiştirmelerin belirlenmesiyle yapının performans değerlendirilmesi için gerekli olan talep tepe yer değiştirmeleri Denklem (3.2) yardımıyla elde edilir. Aşağıda yapının talep yer değiştirme değerleri özetlenmiştir.

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} = 1.00 \times 0.11 = 0.11 \text{ m}$$

$$u_{xN1} = d_1 (\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}) = 0.101 \times 1.53 = 0.151 \text{ m} \rightarrow \text{X doğrultusu için tepe}$$

noktası yer değiştirme miktarı

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} = 1.00 \times 0.165 = 0.165 \text{ m}$$

$$u_{yN1} = d_1 (\Phi_{yN1} \Gamma_{y1}) = 0.135 \times 1.501 = 0.202 \text{ m} \rightarrow \text{Y doğrultusu için tepe}$$

noktası yer değiştirme miktarı

5.2.1.6 Hasar durumlarının belirlenmesi

Talep tepe yer değiştirmelerinin belirlenmesiyle yapı, bu hedef deplasman değerleriyle tekrar itme analizine tabi tutulur. Bu itme analizi sonucunda yapı taşıyıcı sistem elemanlarının performansı belirlenir.

Yapı taşıyıcı sistem elemanları olan perdelerin hasar durumları kat bazında hesaplanan birim Şekil değiştirme değerlerinin sınır değerlerle karşılaştırılmasıyla bulunur. Çizelge 5.7’de X doğrultusunda P1 perdesine ait birim Şekil değiştirmeler ve hasar bölgeleri verilmiştir. Hasar bölgelerinin belirlenmesinde donatının birim Şekil değiştirmesinin betona göre etkin olduğu belirlenmiş ve diğer elemanların hasar bölgeleri donatının birim Şekil değiştirmesine göre belirlenmiştir.

Çizelge 5.7 : X doğrultusunda P1 perdesi hasar bölgeleri

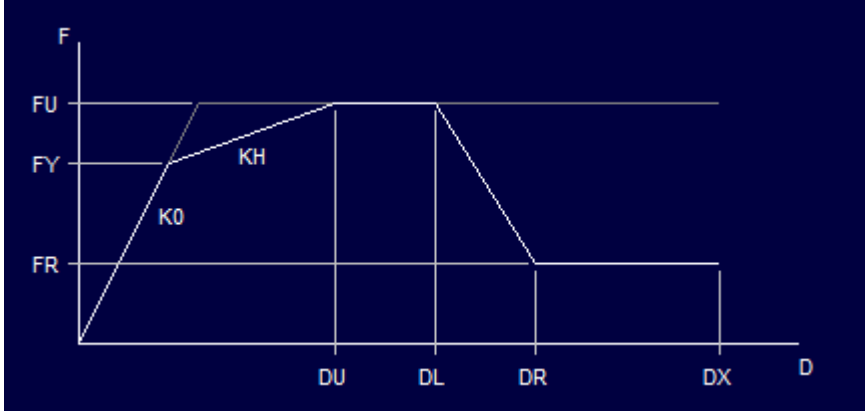
PERDE	KAT	h(m)	Donatı Uzama (m)	ϵ_s	Beton Kısalma (m)	ϵ_c	HASAR BÖLGESİ
P1	1	5	0	0.0012	0	0.00082	MHB
			0.006		-0.004118		
	2	3	0.006	0.00091	-0.004118	0.00063	MHB
			0.00874		-0.006006		
	3	3	0.00874	0.0007	-0.006006	0.00053	MHB
			0.010868		-0.007599		
	4	3	0.010868	0.00053	-0.007599	0.00043	MHB
			0.012478		-0.008898		
	5	3	0.012478	0.00037	-0.008898	0.00034	MHB
			0.013611		-0.009918		
	6	3	0.013611	0.00023	-0.009918	0.00025	MHB
			0.014308		-0.010679		
7	3	0.014308	0.00011	-0.010679	0.00017	MHB	
		0.014632		-0.011203			
8	3	0.014632	0	-0.011203	0.00015	MHB	
		0.01477		-0.011644			
9	3	0.01477	0	-0.011644	0.00009	MHB	
		0.014791		-0.011904			
10	3	0.014791	0	-0.011904	0.00005	MHB	
		0.014771		-0.012044			
11	3	0.014771	0	-0.012044	0.00002	MHB	
		0.014744		-0.012106			
12	3	0.014744	0	-0.012106	0.00001	MHB	
		0.014728		-0.012124			

5.3 PERFORM 3D Modeli ve Değerlendirme

5.3.1 Sistemin modellenmesi

PERFORM 3D analiz programı ile modellemede sistemin geometrisi SAP2000 modeli üzerinden oluşturulmuştur. Oluşturulan bu geometri modeli üzerinde sırasıyla malzeme modelleri, kesitler ve yük koşulları tanımlanmıştır.

Malzeme modelleri SAP2000 modelinde olduğu gibi pekleşme ve dayanım kaybı göz önünde bulundurularak modellenmiştir. Aşağıda oluşturulan malzeme modeli genel grafiği verilmiştir.

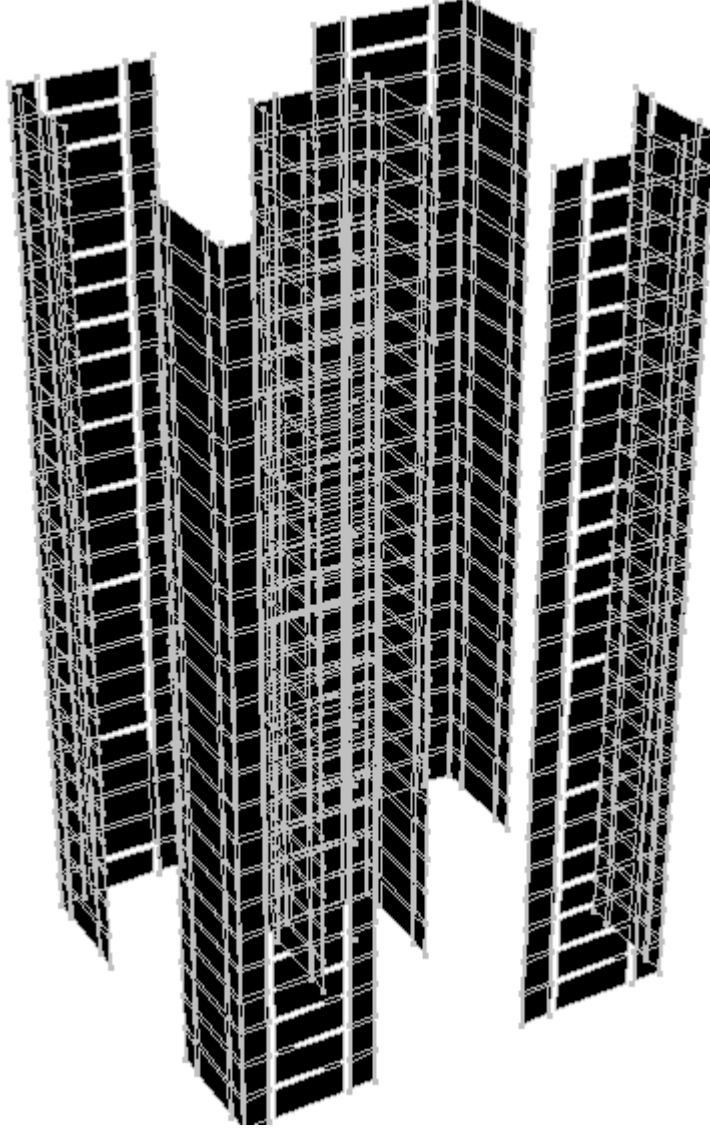


Şekil 5.6 : PERFORM 3D genel malzeme modeli

Şekil 5.6’da verilen malzeme modelinde FY ile FU arasında kala bölümde pekleşme etkisi gözönüne alınmıştır. DL noktası malzemede dayanım kaybının başladığı birim şekil değiştirme değeri olarak tanımlanmıştır.

Malzeme modelleri belirlendikten sonra, kesitler ve yük koşulları programa tanımlanmıştır. Düşey ve yatay yükler de etki ettirildikten sonra yapı itme analizi için hazır duruma getirilmiş olur.

Şekil 5.7’de yapının PERFORM 3D programında hazırlanmış genel modeli gösterilmiştir.

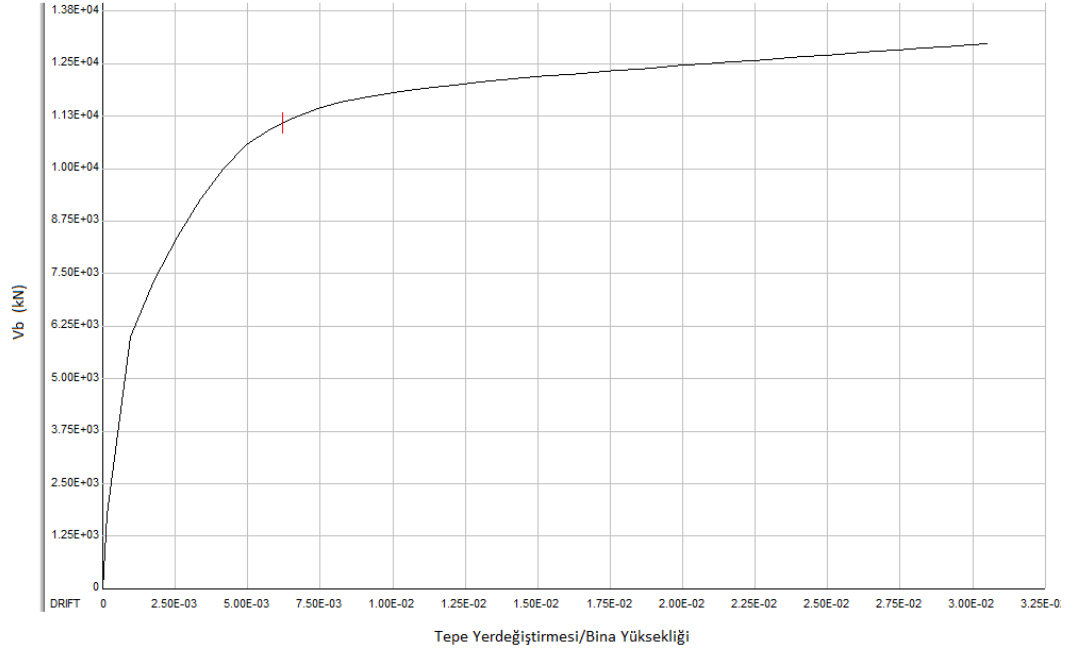


Şekil 5.7 : PERFORM 3D yapı modeli

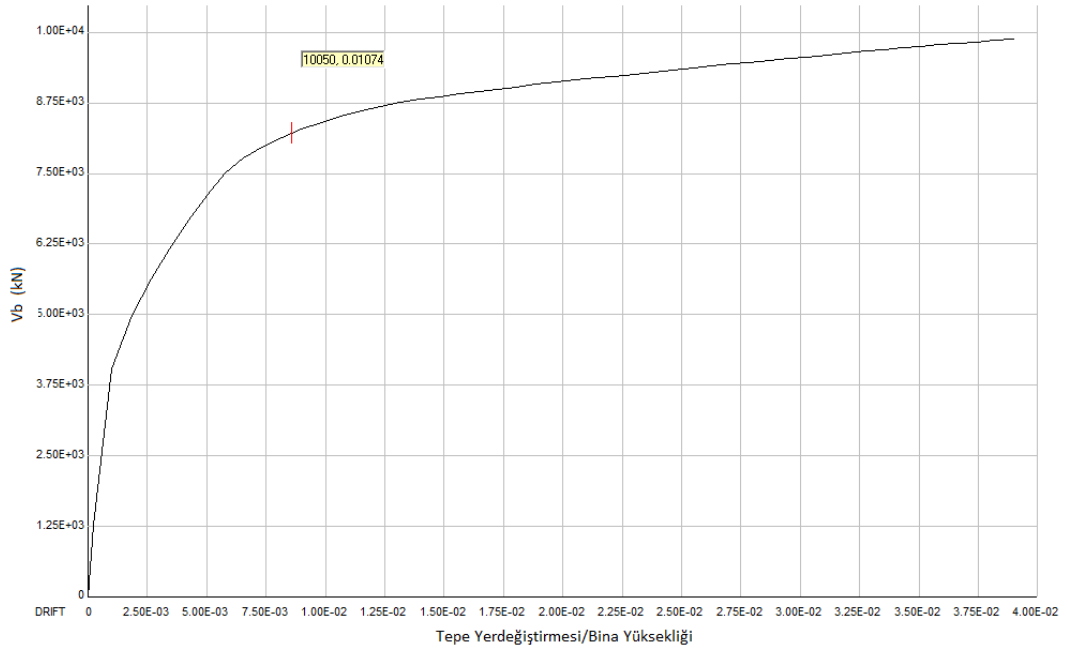
5.3.2 Statik itme eğrilerinin elde edilmesi

SAP2000 modelinde olduğu gibi, kat kütleleri ile orantılı yatay itme kuvvetlerinin kat kütle merkezlerine etki ettirilmesi ile statik itme analizi yapılır. Statik itme analizi parametreleri ayarlanırken ilk itme istemi bina yüksekliğinin %4’ü kadar tanımlanmıştır.

PERFORM 3D analiz programına göre elde edilen statik itme eğrileri X ve Y doğrultularına göre aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

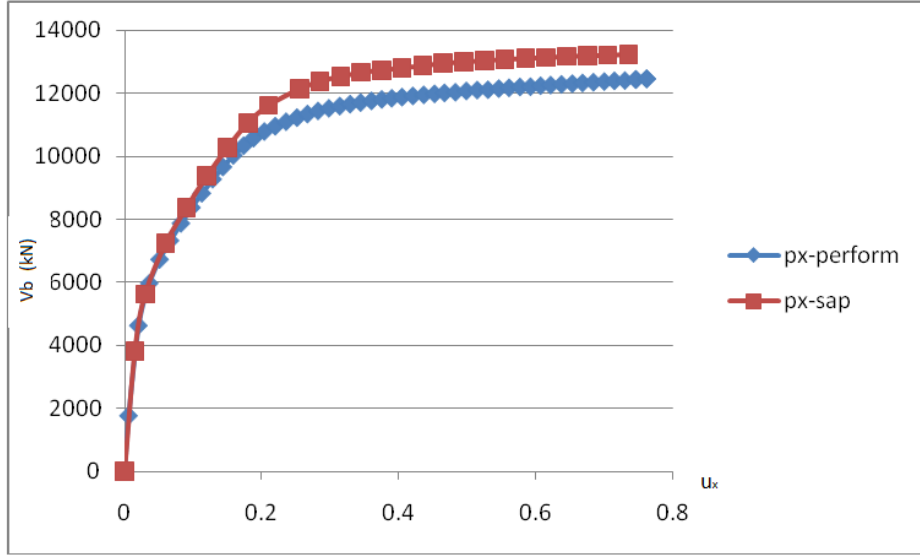


Şekil 5.8 : X doğrultusundaki statik itme eğrisi

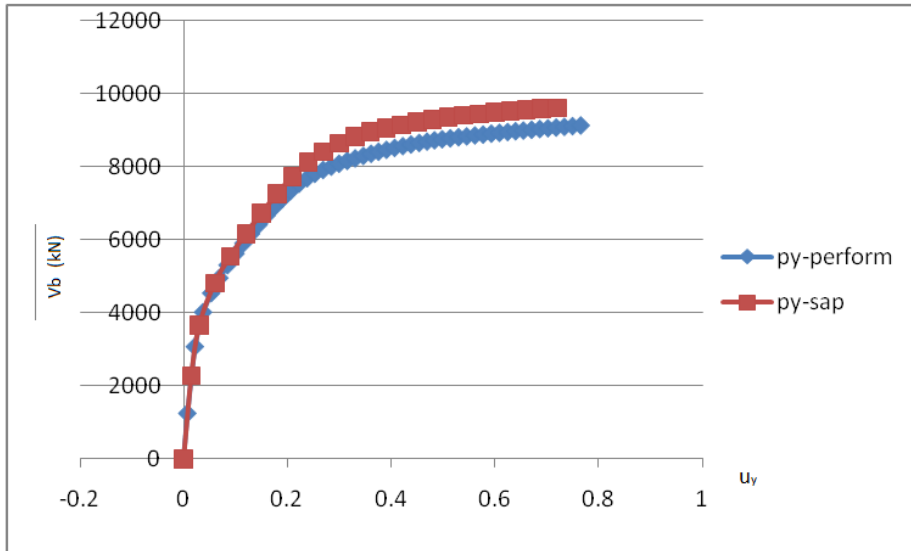


Şekil 5.9 : Y doğrultusundaki statik itme eğrisi

Elde edilen statik itme eğrileri, SAP2000 programından elde edilen eğrilerle büyük ölçüde örtüşmektedir. Bu nedenle talep tepe yer değiştirme değerleri de aynı değerlerde belirlenmiştir. Aşağıda PERFORM 3D ve SAP2000 analiz programlarından elde edilmiş itme eğrileri verilmiştir.



Şekil 5.10 : X doğrultusundaki statik itme eğrileri diyagramı



Şekil 5.11 : Y doğrultusundaki statik itme eğrileri diyagramı

5.3.3 Perde hasar bölgelerinin belirlenmesi

Statik itme etkisi altında, yapı taşıyıcı elemanlarında oluşan şekil değiştirmeler PERFORM 3D programından belirlenerek hasar bölgeleri belirlenmiştir. Çizelge 5.8'de X doğrultusunda itme etkisi altında, P1 perdesine ait birim şekil değiştirmeler ve hasar bölgeleri verilmiştir.

Çizelge 5.8 : X doğrultusunda P1 perdesi birim şekil değiştirmeleri

PERDE	KAT	YERDEĞİŞTİRME(m)	h(m)	BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME	HASAR BÖLGESİ
P1	1	0	5	0.001200	MHB
		0.006			
	2	0.006	3	0.001040	MHB
		0.00914			
	3	0.00914	3	0.00070	MHB
		0.011241			
	4	0.011241	3	0.00052	MHB
		0.012806			
	5	0.012806	3	0.00035	MHB
		0.013871			
	6	0.013871	3	0.000204	MHB
		0.014485			
	7	0.014485	3	9.3E-05	MHB
		0.014764			
	8	0.014764	3	0	MHB
		0.014883			
	9	0.014883	3	0	MHB
		0.01489			
	10	0.01489	3	0	MHB
		0.014868			
	11	0.014868	3	0	MHB
		0.01484			
	12	0.01484	3	0	MHB
		0.014823			

6. SONUÇLAR

“Perdelerden Oluşan 12 Katlı Bir Betonarme Yapının Performansının Belirlenmesi” başlıklı yüksek lisans tezi kapsamında ilk önce Bölüm 4 başlığı altında incelenen SAP2000 ve Perform3D programları ile iki boyutlu elemanlar ile lineer olmayan analiz yapılması üzerine sayısal çalışma yapılmıştır; ardından Bölüm 5 başlığı altında, perde ve kirişsiz döşeme taşıyıcı sisteme sahip 12 katlı betonarme yapının DBYBHY’07 ‘ ye göre boyutlandırılması yapıp, yine DBYBHY’07’de lineer olmayan analiz yöntemleri başlığı içerisinde bulunan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile SAP2000 ve Perform3D sonlu elemanlar analiz programları kullanılarak performans analizi yapılmıştır.

Bölüm 4 başlığı altında yapılan sayısal çalışmalar sonucunda, her iki programda da performans analizinin yapıldığı doğrultudaki perdelerde lineer olmayan davranışın uygun bir biçimde oluştuğu görülmektedir. Ancak yapı taşıyıcı sistemine dik doğrultuda bir perdenin eklenmesi durumunda, doğrusal olmayan alan elemanı oluşturulurken düzlem dışındaki malzeme modeli doğrusal olarak kabul edilmiş ise, taşıyıcı sisteme ait itme analizinin ilk adımlarında sistem elemanları doğrusal elastik davranmaktadır. Ancak itme adımının ilerleyen aşamalarında, itme doğrultudaki kesit, doğrusal elastik ötesi davranış göstererek taşıma kapasitesine yaklaştıkça rijitliği azalacaktır. İtme doğrultusuna dik doğrultudaki perde rijitliğinde bir kayıp olmadan elastik davranmaya devam edecektir. Sonuçta itme adımı sayısı arttıkça iki perde arasındaki rijitlik farkı azalacak, yani zayıf doğrultudaki perde gerçekte alamayacağı yükleri almış olacaktır. İtme analizinin son adımlarına gelindiğinde itme doğrultusundaki perde rijitliğinin büyük bölümünü kaybetmiş, yani yük taşıma kapasitesini kaybetmiş olacak, ona dik doğrultudaki perde ise rijitliğini kaybetmediğinden yerdeğiştirme yaparak yüklerin büyük bölümünü taşıyıcı nitelikte kalacaktır. Bu durumun önlenmesi için shell alan elemanlarının her iki yönde de doğrusal olmayan davranış yapacak şekilde modellenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Bölüm 5 kapsamında perde ve kirişsiz döşeme taşıyıcı sisteme sahip 12 katlı betonarme yapının DBYBHY'07'ye göre boyutlandırılması yapıp, yine DBYBHY'07'de bulunan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile SAP2000 ve Perform3D sonlu elemanlar analiz programları kullanılarak performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Analiz sonucunda yapının performans düzeyi Can Güvenliğı Performans Düzeyini sağlamaktadır.

Bölüm 5 kapsamında yapılan performans analizi sonucunda her iki programın da birbirine oldukça yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. SAP2000 sonlu elemanlar analiz programında kullanıcı ara yüzünün daha gelişmiş olması ve diğer programlarla veri alışverişi imkanlarının bulunması, gerek modelleme ve analiz sürecinde gerekse raporlama kısımlarında oldukça kolaylık sağlamaktadır. PERFORM3D analiz programı ise başlı başına yapıların lineer olmayan davranışının incelenmesi üzerine tasarlanmış bir program olduğu için analiz ve sonuç safhalarında bir çok detayın göz önünde bulundurulabilmesine imkan sağlamaktadır.

Bunları kısaca özetlemek gerekir ise;

- Kayma şekil değiştirmelerinin eğilme sünekliğine etkisi modellenabilmektedir.
- Mafsallarda döngü (loop) etkisi göz önüne alınabilmektedir.
- Yapılan hesapların enerji metodları ile irdelenebilmesi mümkündür.
- Yapıların performans düzeyi, gerekli veriler aktarılarak başka ara programa gerek kalmadan hesaplanabilmektedir.
- Sönümleyici gibi elemanlar lineer ötesi dinamik hesapta göz önüne alınabilmektedir.

Sonuç olarak doğru verilerin , programın analiz mantığına uygun şekilde girilmesi ile her iki programda da uygun sonuçlar elde edilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Özer E.**, 2009. Yapıların Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi Yöntemleri Ders Notları, www.ins.itu.edu.tr/eozer, İstanbul
- [2] **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik**, DBYBHY 2007. Bayındırlık Bakanlığı, Ankara.
- [3] **Celep, Z.**, 2008. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış Ve Çözümleme, *Beta Dağıtım*, İstanbul.
- [4] **TS-500**, 2000. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [5] **TS-498**, 1987. Yapılar hesaplarında kullanılacak yükler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [6] **Betonarme Tablo ve Abaklar**, 2004. İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Matbaası
- [7] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2005. Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [8] **XTRACT**, 2001, Section Analysis Program, Imbsen Software Systems.
- [9] **SAP 2000**, 2005. Structural Analysis Program, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- [10] **Mander, J.B., Priestley, M.J.N., Park, R.** (1988). Theoretical Stress-Strain Confined Concrete, *Journal of Structural Division (ASCE)*, 114(8), 1804-1826.

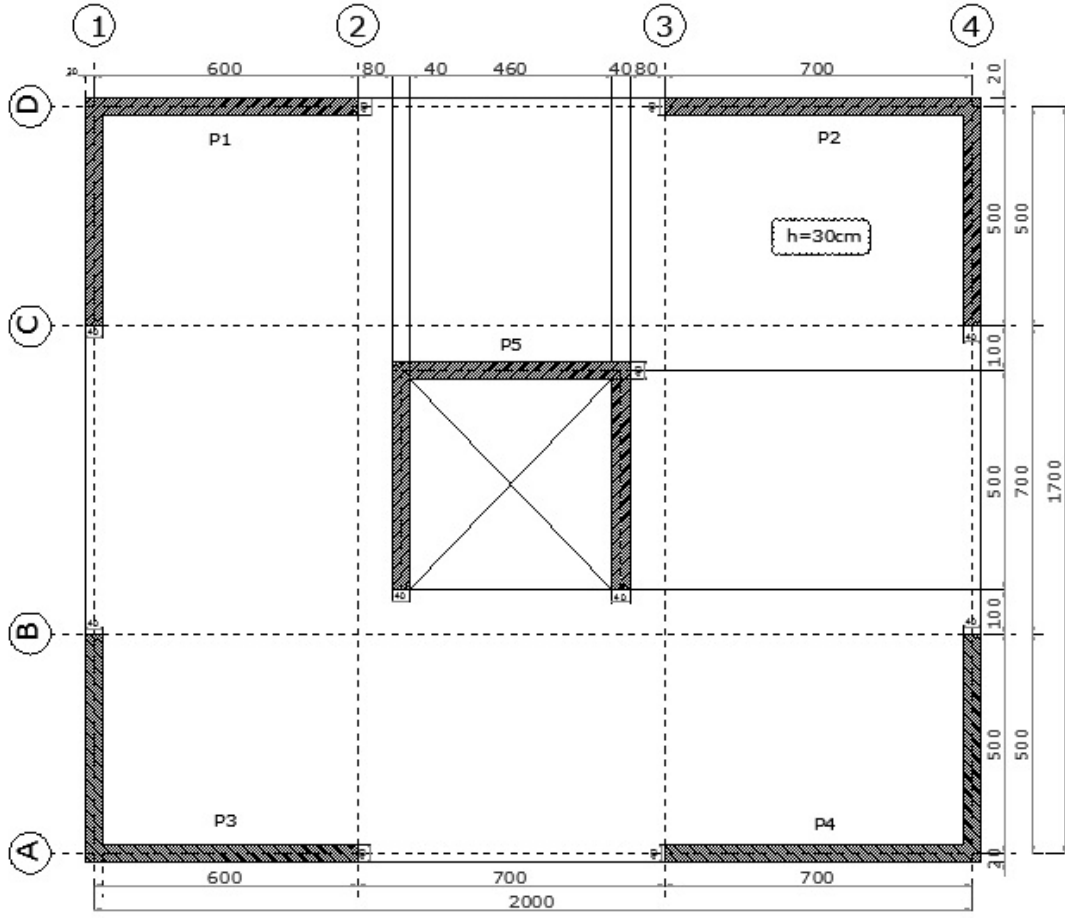
EKLER

EK A : 1.Kat Kalıp Planı ve Perde Donatı Krokileri

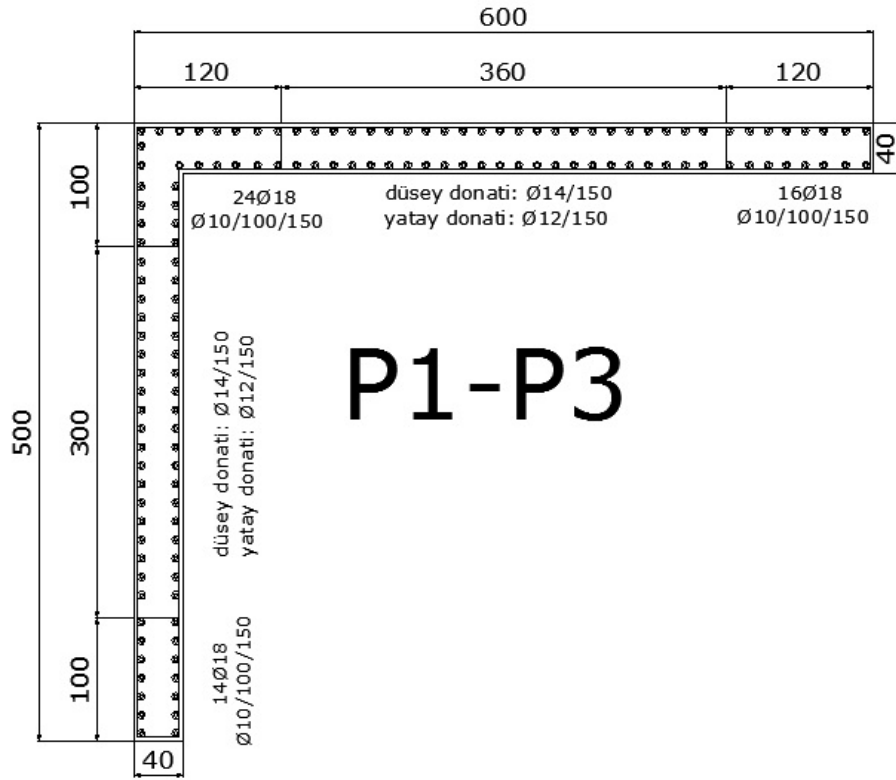
EK B : Doğrusal Elastik Olmayan Performans Değerlendirilmesine Göre Perde Hasar Durumları

EK C : Doğrusal Elastik Performans Değerlendirilmesine Göre Perde Hasar Durumları

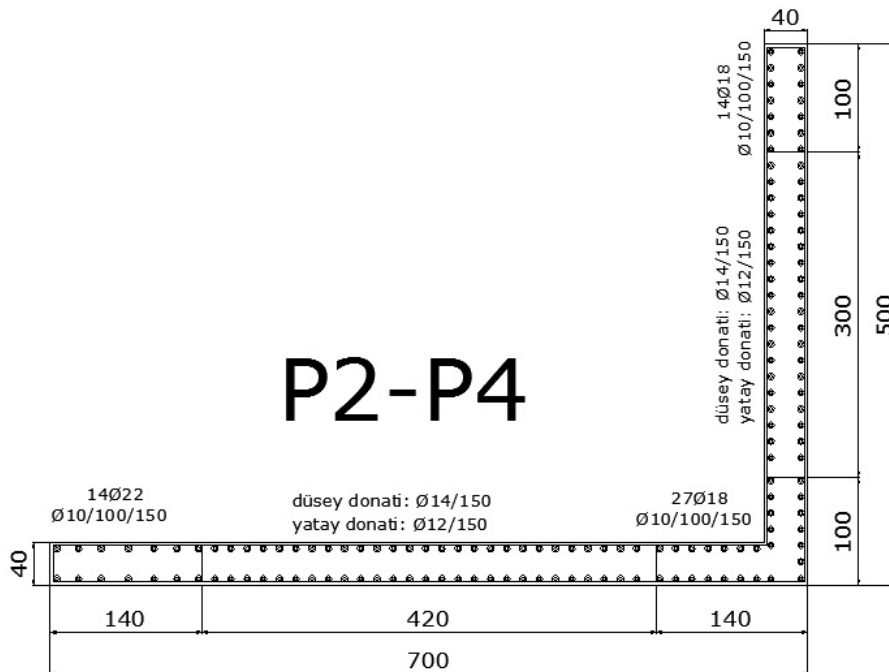
EK A



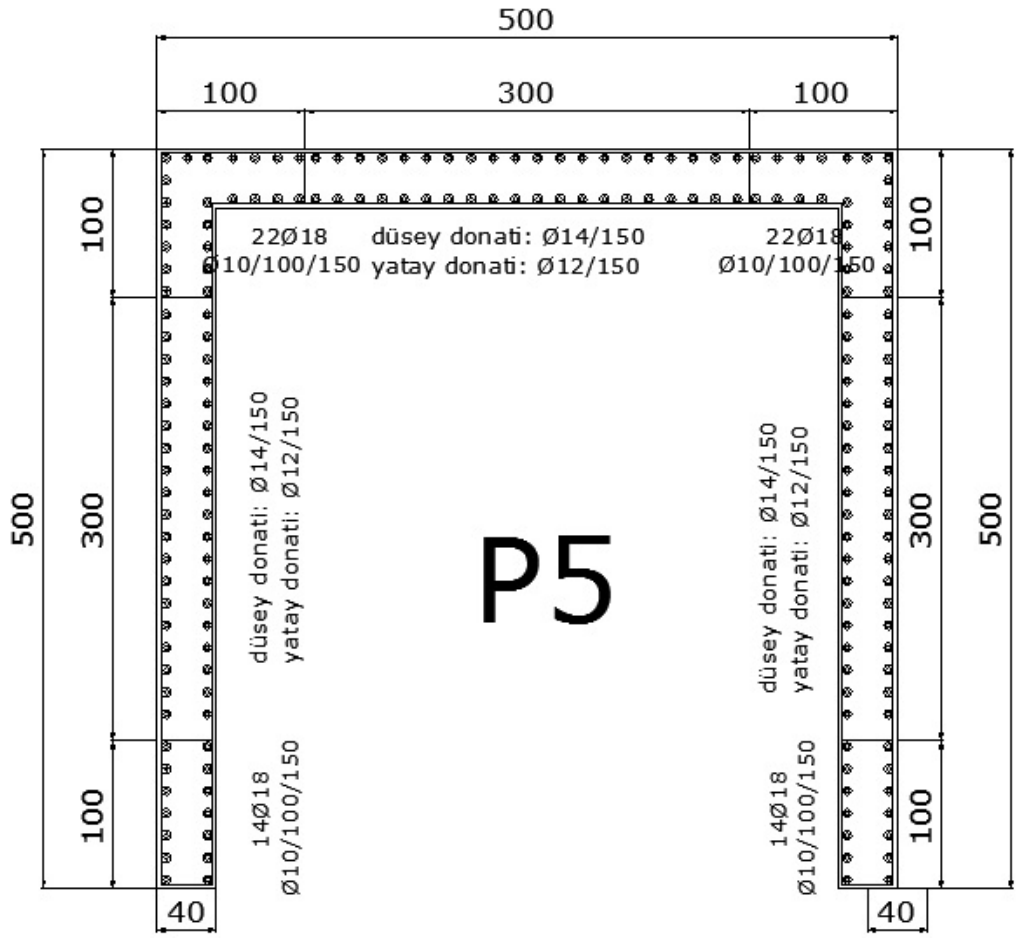
Şekil A.1 : Zemin Kat Kalıp Planı



Şekil A.2 : P1-P3 perdeleri donatı krokileri



Şekil A.3 : P2-P4 perdeleri donatı krokileri



Şekil A.4 : P5 perdesi donatı krokisi

EK B

Çizelge B.1 : SAP2000 X doğrultusunda P2 perdesi hasar tespiti

PERDE	KAT	YERDEĞİŞTİRME(m)	h(m)	BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME	HASAR BÖLGESİ
P2	1	0	5	0.0021	MHB
		0.0106			
	2	0.0106	3	0.0015	MHB
		0.015224			
	3	0.015224	3	0.0022	MHB
		0.02189			
	4	0.02189	3	0.0007	MHB
		0.02391			
	5	0.02391	3	0.0005	MHB
		0.02528			
	6	0.02528	3	0.0002	MHB
		0.026			
	7	0.026	3	0.0002	MHB
		0.0265			
	8	0.0265	3	0.0000	MHB
		0.0265			
	9	0.0265	3	0.0000	MHB
		0.0265			
	10	0.0265	3	-0.0080	MHB
		0.0026			
	11	0.0026	3	0.0005	MHB
		0.004			
	12	0.007	3	0.0090	MHB
		0.034127			

Çizelge B.2 : SAP2000 X doğrultusunda P3 perdesi hasar tespiti

PERDE	KAT	YERDEĞİŞTİRME(m)	h(m)	BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME	HASAR BÖLGESİ
P3	1	0	5	0.0015	MHB
		0.00752			
	2	0.00752	3	0.0011	MHB
		0.01084			
	3	0.01084	3	0.0009	MHB
		0.013534			
	4	0.013534	3	0.0007	MHB
		0.015635			
	5	0.015635	3	0.0005	MHB
		0.017181			
	6	0.017181	3	0.0003	MHB
		0.018221			
	7	0.018221	3	0.0002	MHB
		0.018817			
	8	0.018817	3	0.0001	MHB
		0.019109			
	9	0.019109	3	0.0000	MHB
		0.019188			
	10	0.019188	3	0.0000	MHB
		0.019176			
	11	0.019176	3	0.0000	MHB
		0.019153			
	12	0.019153	3	0.0000	MHB
		0.019137			

Çizelge B.3 : SAP2000 X doğrultusunda P4 perdesi hasar tespiti

PERDE	KAT	YERDEĞİŞTİRME(m)	h(m)	BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME	HASAR BÖLGESİ
P4	1	0	5	0.0028	MHB
		0.014122			
	2	0.014122	3	0.0020	MHB
		0.020253			
	3	0.020253	3	0.0017	MHB
		0.025292			
	4	0.025292	3	0.0013	MHB
		0.029287			
	5	0.029287	3	0.0010	MHB
		0.032298			
	6	0.032298	3	0.0007	MHB
		0.034413			
	7	0.034413	3	0.0004	MHB
		0.035728			
	8	0.035728	3	0.0003	MHB
		0.036621			
	9	0.036621	3	0.0001	MHB
		0.036929			
	10	0.036929	3	0.0000	MHB
		0.036982			
	11	0.036982	3	0.0000	MHB
		0.036971			
	12	0.036971	3	0.0000	MHB
		0.036958			

Çizelge B.4 : SAP2000 X doğrultusunda P5 perdesi hasar tespiti

PERDE	KAT	YERDEĞİŞTİRME(m)	h(m)	BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME	HASAR BÖLGESİ
P5	1	0	5	0.0014	MHB
		0.006995			
	2	0.006995	3	0.0010	MHB
		0.01			
	3	0.01	3	0.0009	MHB
		0.012573			
	4	0.012573	3	0.0006	MHB
		0.014442			
	5	0.014442	3	0.0004	MHB
		0.015767			
	6	0.015767	3	0.0003	MHB
		0.016626			
	7	0.016626	3	0.0002	MHB
		0.017127			
	8	0.017127	3	0.0001	MHB
		0.017349			
	9	0.017349	3	0.0000	MHB
		0.017403			
	10	0.017403	3	0.0000	MHB
		0.017388			
	11	0.017388	3	0.0000	MHB
		0.017362			
	12	0.017362	3	0.0000	MHB
		0.017343			

Çizelge B.5 : SAP2000 Y doğrultusunda P1 perdesi hasar tespiti

PERDE	KAT	YERDEĞİŞTİRME(m)	h(m)	BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME	HASAR BÖLGESİ
P1	1	0	5	0.003673	MHB
		0.018365			
	2	0.018365	3	0.001518	MHB
		0.022919			
	3	0.022919	3	0.001192333	MHB
		0.026496			
	4	0.026496	3	0.000895333	MHB
		0.029182			
	5	0.029182	3	0.000621333	MHB
		0.031046			
	6	0.031046	3	0.000388667	MHB
		0.032212			
	7	0.032212	3	0.000245	MHB
		0.032947			
	8	0.032947	3	0	MHB
		0.033232			
	9	0.033232	3	0	MHB
		0.03331			
	10	0.03331	3	0	MHB
		0.0331			
	11	0.0331	3	0	MHB
		0.00331			
	12	0.00331	3	0	MHB
		0.0331			

Çizelge B.6 : SAP2000 Y doğrultusunda P2 perdesi hasar tespiti

PERDE	KAT	YERDEĞİŞTİRME(m)	h(m)	BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME	HASAR BÖLGESİ
P2	1	0	5	0.0023	MHB
		0.01135			
	2	0.01135	3	0.0017	MHB
		0.016313			
	3	0.016313	3	0.0013	MHB
		0.020312			
	4	0.020312	3	0.0010	MHB
		0.023436			
	5	0.023436	3	0.0008	MHB
		0.025755			
	6	0.025755	3	0.0005	MHB
		0.027332			
	7	0.027332	3	0.0003	MHB
		0.028296			
	8	0.028296	3	0.0002	MHB
		0.028884			
	9	0.028884	3	0.0001	MHB
		0.029104			
	10	0.029104	3	0.0000	MHB
		0.029168			
	11	0.029168	3	0.0000	MHB
		0.029165			
	12	0.029165	3	0.0000	MHB
		0.029156			

Çizelge B.7 : SAP2000 Y doğrultusunda P3 perdesi hasar tespiti

PERDE	KAT	YERDEĞİŞTİRME(m)	h(m)	BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME	HASAR BÖLGESİ
P3	1	0	5	0.0015	MHB
		0.007467			
	2	0.007467	3	0.0011	MHB
		0.010818			
	3	0.010818	3	0.0009	MHB
		0.013528			
	4	0.013528	3	0.0007	MHB
		0.01563			
	5	0.01563	3	0.0005	MHB
		0.017164			
	6	0.017164	3	0.0003	MHB
		0.018179			
	7	0.018179	3	0.0002	MHB
		0.018733			
	8	0.018733	3	0.0001	MHB
		0.018999			
	9	0.018999	3	0.0000	MHB
		0.019072			
	10	0.019072	3	0.0000	MHB
		0.019059			
	11	0.019059	3	0.0000	MHB
		0.019036			
	12	0.019036	3	0.0000	MHB
		0.019021			

Çizelge B.8 : SAP2000 Y doğrultusunda P4 perdesi hasar tespiti

PERDE	KAT	YERDEĞİŞTİRME(m)	h(m)	BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME	HASAR BÖLGESİ
P4	1	0	5	0.0013	MHB
		0.006464			
	2	0.006464	3	0.0010	MHB
		0.00932			
	3	0.00932	3	0.0008	MHB
		0.011611			
	4	0.011611	3	0.0006	MHB
		0.013348			
	5	0.013348	3	0.0004	MHB
		0.014592			
	6	0.014592	3	0.0003	MHB
		0.01538			
	7	0.01538	3	0.0001	MHB
		0.015762			
	8	0.015762	3	0.0001	MHB
		0.015946			
	9	0.015946	3	0.0000	MHB
		0.015975			
	10	0.015975	3	0.0000	MHB
		0.015956			
	11	0.015956	3	0.0000	MHB
		0.015928			
	12	0.015928	3	0.0000	MHB
		0.015912			

Çizelge B.9 : SAP2000 Y doğrultusunda P5 perdesi hasar tespiti

PERDE	KAT	YERDEĞİŞTİRME(m)	h(m)	BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME	HASAR BÖLGESİ
P5	1	0	5	0.0022	MHB
		0.011			
	2	0.011	3	0.0016	MHB
		0.015782			
	3	0.015782	3	0.0013	MHB
		0.019585			
	4	0.019585	3	0.0010	MHB
		0.022523			
	5	0.022523	3	0.0007	MHB
		0.024672			
	6	0.024672	3	0.0005	MHB
		0.026081			
	7	0.026081	3	0.0003	MHB
		0.026954			
	8	0.026954	3	0.0002	MHB
		0.027438			
	9	0.027438	3	0.0001	MHB
		0.027618			
	10	0.027618	3	0.0000	MHB
		0.027646			
	11	0.027646	3	0.0000	MHB
		0.02763			
	12	0.02763	3	0.0000	MHB
		0.027613			

Çizelge B.10 : PERFORM 3D X doğrultusunda P2 perdesi hasar tespiti

PERDE	KAT	YERDEĞİŞTİRME(m)	h(m)	BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME	HASAR BÖLGESİ
P2	1	0	5	0.0022	MHB
		0.011095			
	2	0.011095	3	0.0016	MHB
		0.015784			
	3	0.015784	3	0.0012	MHB
		0.019512			
	4	0.019512	3	0.0009	MHB
		0.022341			
	5	0.022341	3	0.0007	MHB
		0.024335			
	6	0.024335	3	0.0004	MHB
		0.025586			
	7	0.025586	3	0.0002	MHB
		0.026245			
	8	0.026245	3	0.0001	MHB
		0.026619			
	9	0.026619	3	0.0000	MHB
		0.026712			
	10	0.026712	3	0.0000	MHB
		0.026719			
	11	0.026719	3	0.0000	MHB
		0.0267			
	12	0.0267	3	0.0001	MHB
		0.026885			

Çizelge B.11 : PERFORM 3D X doğrultusunda P3 perdesi hasar tespiti

PERDE	KAT	YERDEĞİŞTİRME(m)	h(m)	BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME	HASAR BÖLGESİ
P3	1	0	5	0.0016	MHB
		0.008122			
	2	0.008122	3	0.0012	MHB
		0.01158			
	3	0.01158	3	0.0009	MHB
		0.01432			
	4	0.01432	3	0.0007	MHB
		0.016409			
	5	0.016409	3	0.0005	MHB
		0.017911			
	6	0.017911	3	0.0003	MHB
		0.0188922			
	7	0.0188922	3	0.0002	MHB
		0.019428			
	8	0.019428	3	0.0001	MHB
		0.019707			
	9	0.019707	3	0.0000	MHB
		0.019762			
	10	0.019762	3	0.0000	MHB
		0.019746			
	11	0.019746	3	0.0000	MHB
		0.019721			
	12	0.019721	3	0.0000	MHB
		0.019705			

Çizelge B.12 : PERFORM 3D X doğrultusunda P4 perdesi hasar tespiti

PERDE	KAT	YERDEĞİŞTİRME(m)	h(m)	BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME	HASAR BÖLGESİ
P4	1	0	5	0.0030	MHB
		0.015203			
	2	0.015203	3	0.0021	MHB
		0.021464			
	3	0.021464	3	0.0017	MHB
		0.026587			
	4	0.026587	3	0.0013	MHB
		0.030597			
	5	0.030597	3	0.0010	MHB
		0.033567			
	6	0.033567	3	0.0007	MHB
		0.035602			
	7	0.035602	3	0.0004	MHB
		0.036835			
	8	0.036835	3	0.0003	MHB
		0.037664			
	9	0.037664	3	0.0001	MHB
		0.037922			
	10	0.037922	3	0.0000	MHB
		0.037958			
	11	0.037958	3	0.0000	MHB
		0.037946			
	12	0.037946	3	0.0000	MHB
		0.037932			

Çizelge B.13 : PERFORM 3D X doğrultusunda P5 perdesi hasar tespiti

PERDE	KAT	YERDEĞİŞTİRME(m)	h(m)	BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME	HASAR BÖLGESİ
P5	1	0	5	0.0015	MHB
		0.007486			
	2	0.007486	3	0.0011	MHB
		0.01068			
	3	0.01068	3	0.0008	MHB
		0.013181			
	4	0.013181	3	0.0006	MHB
		0.015049			
	5	0.015049	3	0.0004	MHB
		0.016346			
	6	0.016346	3	0.0003	MHB
		0.017144			
	7	0.017144	3	0.0001	MHB
		0.017557			
	8	0.017557	3	0.0001	MHB
		0.01775			
	9	0.01775	3	0.0000	MHB
		0.017782			
	10	0.017782	3	0.0000	MHB
		0.017763			
	11	0.017763	3	0.0000	MHB
		0.017736			
	12	0.017736	3	0.0000	MHB
		0.017717			

Çizelge B.14 : PERFORM 3D Y doğrultusunda P1 perdesi hasar tespiti

PERDE	KAT	YERDEĞİŞTİRME(m)	h(m)	BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME	HASAR BÖLGESİ
P1	1	0	5	0.0027616	MHB
		0.013808			
	2	0.013808	3	0.001942333	MHB
		0.019635			
	3	0.019635	3	0.001557667	MHB
		0.024308			
	4	0.024308	3	0.001213	MHB
		0.027947			
	5	0.027947	3	0.000898333	MHB
		0.030642			
	6	0.030642	3	0.000614667	MHB
		0.032486			
	7	0.032486	3	0.000379333	MHB
		0.033624			
	8	0.033624	3	0	MHB
		0.034345			
	9	0.034345	3	0	MHB
		0.034601			
	10	0.034601	3	0	MHB
		0.034665			
	11	0.034665	3	0	MHB
		0.034664			
	12	0.034664	3	0	MHB
		0.034655			

Çizelge B.15 : PERFORM 3D Y doğrultusunda P2 perdesi hasar tespiti

PERDE	KAT	YERDEĞİŞTİRME(m)	h(m)	BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME	HASAR BÖLGESİ
P2	1	0	5	0.0024	MHB
		0.012188			
	2	0.012188	3	0.0017	MHB
		0.017293			
	3	0.017293	3	0.0014	MHB
		0.021359			
	4	0.021359	3	0.0010	MHB
		0.0245			
	5	0.0245	3	0.0008	MHB
		0.026795			
	6	0.026795	3	0.0005	MHB
		0.02833			
	7	0.02833	3	0.0003	MHB
		0.029242			
	8	0.029242	3	0.0002	MHB
		0.029798			
	9	0.029798	3	0.0001	MHB
		0.029995			
	10	0.029995	3	0.0000	MHB
		0.030043			
	11	0.030043	3	0.0000	MHB
		0.03			
	12	0.03	3	0.0000	MHB
		0.03			

Çizelge B.16 : PERFORM 3D Y doğrultusunda P3 perdesi hasar tespiti

PERDE	KAT	YERDEĞİŞTİRME(m)	h(m)	BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME	HASAR BÖLGESİ
P3	1	0	5	0.0016	MHB
		0.008077			
	2	0.008077	3	0.0012	MHB
		0.011579			
	3	0.011579	3	0.0009	MHB
		0.014371			
	4	0.014371	3	0.0007	MHB
		0.016514			
	5	0.016514	3	0.0005	MHB
		0.018054			
	6	0.018054	3	0.0003	MHB
		0.019052			
	7	0.019052	3	0.0002	MHB
		0.019593			
	8	0.019593	3	0.0001	MHB
		0.019866			
	9	0.019866	3	0.0000	MHB
		0.019919			
	10	0.019919	3	0.0000	MHB
		0.019903			
	11	0.019903	3	0.0000	MHB
		0.019879			
	12	0.019879	3	0.0000	MHB
		0.019864			

Çizelge B.17 : PERFORM 3D Y doğrultusunda P4 perdesi hasar tespiti

PERDE	KAT	YERDEĞİŞTİRME(m)	h(m)	BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME	HASAR BÖLGESİ
P4	1	0	5	0.0014	MHB
		0.006949			
	2	0.006949	3	0.0010	MHB
		0.00991			
	3	0.00991	3	0.0008	MHB
		0.012241			
	4	0.012241	3	0.0006	MHB
		0.013999			
	5	0.013999	3	0.0004	MHB
		0.015225			
	6	0.015225	3	0.0003	MHB
		0.015978			
	7	0.015978	3	0.0001	MHB
		0.016354			
	8	0.016354	3	0.0001	MHB
		0.016518			
	9	0.016518	3	0.0000	MHB
		0.016532			
	10	0.016532	3	0.0000	MHB
		0.01651			
	11	0.01651	3	0.0000	MHB
		0.016482			
	12	0.016482	3	0.0000	MHB
		0.016466			

Çizelge B.18 : PERFORM 3D Y doğrultusunda P5 perdesi hasar tespiti

PERDE	KAT	YERDEĞİŞTİRME(m)	h(m)	BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME	HASAR BÖLGESİ
P5	1	0	5	0.0024	MHB
		0.011974			
	2	0.011974	3	0.0017	MHB
		0.016927			
	3	0.016927	3	0.0013	MHB
		0.02083			
	4	0.02083	3	0.0010	MHB
		0.023813			
	5	0.023813	3	0.0007	MHB
		0.025953			
	6	0.025953	3	0.0005	MHB
		0.027349			
	7	0.027349	3	0.0003	MHB
		0.028182			
	8	0.028182	3	0.0002	MHB
		0.028657			
	9	0.028657	3	0.0000	MHB
		0.028657			
	10	0.028657	3	0.0000	MHB
		0.028798			
	11	0.028798	3	0.0000	MHB
		0.028819			
	12	0.028819	3	0.0000	MHB
		0.028783			

EK C

Çizelge C. 1: Doğrusal elastik yöntem kullanılarak kesit hasar tespiti

KAT	PERDE	M_K/M_K	M_{EX}/M_K	M_{EY}/M_K	M_D/M_K	r_x	r_y	HASAR BÖLGESİ
1	P1	1	4.5	5	0.1	5.00	5.56	BHB
	P2	1	5.2	4.89	0.1	5.78	5.43	BHB
	P3	1	4.5	5.04	0.1	5.00	5.60	BHB
	P4	1	5.4	4.9	0.1	6.00	5.44	BHB
	P5	1	4.05	4.97	0.17	4.88	5.99	BHB
2	P1	1	3.88	4.38	0.09	4.26	4.81	BHB
	P2	1	4.72	4.23	0.09	5.19	4.65	BHB
	P3	1	3.9	4.35	0.09	4.29	4.78	BHB
	P4	1	4.75	4.3	0.09	5.22	4.73	BHB
	P5	1	3.22	4.15	0.15	3.79	4.88	BHB
3	P1	1	3.92	4.42	0.08	4.26	4.80	BHB
	P2	1	4.77	4.27	0.08	5.18	4.64	BHB
	P3	1	3.95	4.4	0.08	4.29	4.78	BHB
	P4	1	4.72	4.35	0.08	5.13	4.73	BHB
	P5	1	2.76	3.86	0.14	3.21	4.49	BHB
4	P1	1	3.32	3.77	0.07	3.57	4.05	BHB
	P2	1	4.06	3.64	0.07	4.37	3.91	BHB
	P3	1	3.35	3.75	0.07	3.60	4.03	BHB
	P4	1	4.1	3.7	0.07	4.41	3.98	BHB
	P5	1	2.32	3.26	0.13	2.67	3.75	BHB
5	P1	1	2.76	3.15	0.06	2.94	3.35	BHB
	P2	1	3.38	3.04	0.06	3.60	3.23	BHB
	P3	1	2.78	3.14	0.06	2.96	3.34	BHB
	P4	1	3.41	3.1	0.06	3.63	3.30	BHB
	P5	1	1.91	2.71	0.11	2.15	3.04	BHB
6	P1	1	2.23	2.58	0.055	2.36	2.73	MHB
	P2	1	2.74	2.5	0.055	2.90	2.65	MHB
	P3	1	2.25	2.57	0.055	2.38	2.72	MHB
	P4	1	2.77	2.54	0.055	2.93	2.69	MHB
	P5	1	1.53	2.2	0.1	1.70	2.44	MHB
7	P1	1	1.73	2.04	0.045	1.81	2.14	MHB
	P2	1	2.13	1.97	0.045	2.23	2.06	MHB
	P3	1	1.75	2.03	0.045	1.83	2.13	MHB
	P4	1	2.16	2	0.045	2.26	2.09	MHB
	P5	1	1.21	1.77	0.085	1.32	1.93	MHB

Çizelge C. 2: Göreli kat ötelemelerinin kontrolü

KAT	d_{imaksx}	h_i	Δ_i/h_i
12	0.2324	3	0.0081
11	0.2081	3	0.0082
10	0.1835	3	0.008133
9	0.1591	3	0.008033
8	0.135	3	0.0078
7	0.1116	3	0.007333
6	0.0896	3	0.0069
5	0.0689	3	0.0063
4	0.05	3	0.005533
3	0.0334	3	0.004633
2	0.0195	3	0.003567
1	0.0088	5	0.00176

KAT	d_{imaksy}	h_i	Δ_i/h_i
12	0.3316	3	0.011867
11	0.296	3	0.011867
10	0.2604	3	0.0118
9	0.225	3	0.011667
8	0.19	3	0.011
7	0.157	3	0.010667
6	0.125	3	0.009733
5	0.0958	3	0.008933
4	0.069	3	0.007833
3	0.0455	3	0.0065
2	0.026	3	0.004867
1	0.0114	5	0.00228

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Necati Göktuğ AŞIK

Doğum Yeri ve Tarihi: Merzifon – 25.11.1984

Lise: Merzifon Anadolu Lisesi

Lisans Üniversite: İstanbul Teknik Üniversitesi