

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME PERDE KONUMLARININ
BİNA DEPREM PERFORMANSINA OLAN ETKİSİNİN
BİLGİSAYAR DESTEKLİ İRDELENMESİ

Eren ARACI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2012

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

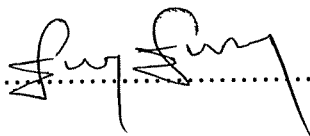
BETONARME PERDE KONUMLARININ
BİNA DEPREM PERFORMANSINA OLAN ETKİSİNİN
BİLGİSAYAR DESTEKLİ İRDELENMESİ

Eren ARACI

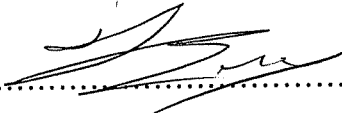
YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 04./10./2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından (D.Ö.) not takdir edilerek
Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Engin EMSEN (Danışman).....

Yrd. Doç Dr. Niyazi Uğur KOÇKAL.....

Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY

ÖZET

BETONARME PERDE KONUMLARININ BİNA DEPREM PERFORMANSINA OLAN ETKİSİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ İRDELENMESİ

Eren ARACI

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Engin EMSEN
Ekim 2012, 114 Sayfa

Deprem performansında yetersizlik saptanan bir binanın, ekonomik olması halinde uygun bir teknikle güçlendirilmesi gerekir. Binaların davranışını düzeltmek amacıyla taşıyıcı sisteme ilave deprem perdelerinin eklenmesi, bir sistem iyileştirme yöntemidir. Perde tipi elemanlar yüksek rijitlikleri nedeniyle yapı sisteminin davranışını önemli ölçüde etkilemektedir. Deprem etkilerine maruz perde duvarların etkin bir biçimde çalışabilmeleri, kat planı içinde nasıl yerleştirildiklerine bağlıdır. Bu tez çalışmasında, deprem performansında yetersizlik görülen mevcut binalarda yapılacak olan herhangi bir sistem güçlendirme çalışması kapsamında binaya ilave edilecek olan betonarme perde duvarların konumu hakkındaki temel tasarım ilkeleri, bilgisayar uygulamalı olarak irdelenmiştir. Buna göre, örnek bir betonarme binanın perdeli ve perdesiz 12 durumunun Probina Orion bilgisayar programı ile DBYBHY 2007 uyarınca *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'ne göre analizi yapılmış ve binanın davranışındaki değişim incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara bakılarak örnek bina için uygun perde takviyeli durumlar belirlenmeye çalışılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: bina deprem performansı, güçlendirme, betonarme perde, doğrusal elastik analiz, Türk Deprem Yönetmeliği

JÜRİ: Yrd. Doç Dr. Engin EMSEN (Danışman)

Yrd. Doç Dr. Niyazi Uğur KOÇKAL

Yrd. Doç Dr. Hakan ERSOY

ABSTRACT

COMPUTER BASED ANALYSIS OF THE EFFECT OF RC SHEAR WALL POSITIONS TO THE SEISMIC PERFORMANCE OF BUILDINGS

Eren ARACI

M. Sc. in Civil Engineering

Advisor: Assist. Prof. Dr. Engin EMSEN

October 2012, 114 Pages

The structure that is detected to be insufficient in its seismic performance, in case of being economical, should be strengthened with appropriate techniques. Adding seismic RC shear wall to carrying system in order to improve the behavior of buildings is a method of system recovery. Due to their stiffness the shear walls significantly affect the behavior of the structural system. Effective working of the shear walls which are under the effect of an earthquake depends on how they are placed in a floor plan. In this thesis, it is tried to examine the basic design principles of the position of RC shear walls which will be added to the buildings which seismic performance's will be observed as inadequate during any system enforcement study. 12 cases of a reinforced concrete building are analyzed with/without shear walls and are examined the change in behavior of a building by using Probina Orion computer program in accordance with the Turkish Earthquake Code 2007 according to life safety performance level. According to the results it is attempted to establish the appropriate shear wall conditions for the sample structure.

KEYWORDS: seismic performances of buildings, reinforced concrete shear walls, strengthening, linear elastic analysis, Turkish Earthquake Code

COMMITTEE: Assist. Prof. Dr. Engin EMSEN (Advisor)
Assist. Prof. Dr. Niyazi Uğur KOÇKAL
Assist. Prof. Dr. Hakan ERSOY

ÖNSÖZ

Aktif deprem kuşağında bulunan ülkemiz, günümüze kadar meydana gelen depremlerden dolayı maddi ve manevi olarak büyük zararlar görmüştür. Deprem, önlenemeyen ve ne zaman olacağı önceden kesin olarak bilinemeyen ani bir yer kabuğu hareketidir. Bu doğa olayı karşısında yapılması gereken, depremi tanımakla birlikte, zararlarını en aza indirmek için depreme dayanıklı yapı tasarlamak ve uygulamak olacaktır.

Ülkemizde yakın geçmişte yaşanan deprem felaketleri sonucu depreme dayanıklı yapı tasarımı konusu ve mevcut binaların deprem performansının belirlenmesi önem kazanmaya başlamıştır. Bu kapsamda mevcut eski yönetmeliklerimiz güncel ve kapsamlı hale getirilmiş ve bu konuda çeşitli bilgisayar yazılımları üretilmiştir.

Bu tez çalışması, henüz yeni sayılabilecek olan deprem yönetmeliğimiz (DBYBHY–2007) ve bilgisayar yazılımlarının uygulamaya yönelik yansımaları hakkındaki belirsizlikleri azaltmak amacıyla hazırlanmıştır.

Bana bu konuda çalışma imkânı sunan ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Engin EMSEN'e ve maddi-manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI.....	4
2.1. Performansa Dayalı Tasarım Kavramı	4
2.2. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı	5
2.3. Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi	7
2.3.1. Kapsam	7
2.3.2. Binalardan bilgi toplanması.....	7
2.3.2.1. Binalardan toplanacak bilginin kapsamı	7
2.3.2.2. Bilgi düzeyleri	8
2.3.3. Yapı Elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri.....	8
2.3.3.1. Yapı elemanlarının kırılma türleri	8
2.3.3.2. Kesit hasar sınırları.....	8
2.3.3.3. Kesit hasar bölgeleri	9
2.3.3.4. Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması	9
2.3.4. Deprem hesabına ilişkin genel ilke ve kurallar	9
2.3.5. Depremde bina performansının doğrusal elastik hesap yöntemleri ile belirlenmesi	11
2.3.5.1. Hesap yöntemleri	11
2.3.5.2. Betonarme binaların yapı elemanlarında hasar düzeylerinin belirlenmesi	12
2.3.5.3. Göreli kat ötelemelerinin kontrolü	15
2.3.6. Bina deprem performansının belirlenmesi	15
2.3.6.1. Betonarme binaların deprem performansı	15
2.3.7. Binalar için hedeflenen performans düzeyleri.....	17

2.4. Binaların Güçlendirilmesi	18
2.4.1. Güçlendirilen binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi	18
2.4.2. Güçlendirme türleri	19
2.4.3. Betonarme taşıyıcı sistemlerin yerinde dökme betonarme perdeler ile güçlendirilmesi	19
2.5. Perdelerin Tasarımı ve Mevcut Binada Yerlerinin Tespiti	21
2.6. Binalarda Ağırlık ve Kütle Merkezleri	22
3. MATERYAL VE METOT	28
3.1. Giriş.....	28
3.2. Binaların Probina Orion bilgisayar programı ile modellenmesi	29
4. SAYISAL UYGULAMALAR VE BULGULAR	30
4.1. Giriş.....	30
4.2. Örnek Binada İncelenen Durumları	32
4.2.1. Durum 1 (Perdesiz durum)	32
4.2.2. Durum 2	37
4.2.3. Durum 3	42
4.2.4. Durum 4	47
4.2.5. Durum 5	52
4.2.6. Durum 6	57
4.2.7. Durum 7	62
4.2.8. Durum 8	67
4.2.9. Durum 9	72
4.2.10. Durum 10	77
4.2.11. Durum 11	82
4.2.12. Durum 12	87
4.3. Durumlardan Elde Edilen Sonuçların Birlikte İrdelenmesi	92
5. SONUÇ	96
6. KAYNAKLAR	101
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER

A_c	Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
A_{sw}	Enine donatı alanı
A_o	Etkin yer ivmesi katsayısı
$A(T)$	Spektral ivme katsayısı
b_w	Kirişin gövde genişliği
f_{ck}	Karakteristik beton dayanımı
f_{cm}	Mevcut beton dayanımı
f_{ctd}	Betonun tasarım çekme dayanımı
f_{yd}	Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
f_{yk}	Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı
f_{ywd}	Enine donatının tasarım akma dayanımı
f_{ywk}	Enine donatının karakteristik akma dayanımı
f_{ctm}	Karakteristik beton çekme dayanımı
H_i	Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği
h	Çalışan doğrultudaki kesit boyutu
H_{cr}	Kritik perde yüksekliği
H_w	Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
I	Bina önem katsayısı
l_n	Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği
l_w	Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
m_i	Binanın i'inci katının kütlesi ($m = w / g$)
n	Hareketli yük katılım katsayısı
r	Etki/kapasite oranı
$R_a(T)$	Deprem yükü azaltma katsayısı
r_s	Etki/kapasite oranının sınır değeri
s	Enine donatı aralığı
$S(T)$	Spektrum katsayısı
T_A, T_B	Spektrum karakteristik periyotlar
V_c	Betonun kesme dayanımına katkısı
V_{cr}	Beton eğik çatlama dayanımı

V_{dy}	Kirişin herhangi bir kesitinde düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti
V_e	Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
V_r	Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
V_t	Binaya etkiyen toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)
V_w	Etriyenin kesme dayanımına katkısı
W	Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
Δ_i	Binanın i'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi
$\Delta_{i(ort)}$	Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi
ΔF_N	Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
η_{bi}	i'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
λ	Eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısı
d	Kirişin ve kolonun faydalı yüksekliği
ρ	Kesitteki çekme donatısı oranı
ρ'	Kesitteki basınç donatısı oranı
ρ_b	Mevcut malzeme dayanımlarını kullanarak hesaplanan kesit dengeli donatı oranı
Φ	Donatı çapı

KISALTMALAR

FEMA	Federal Emergency Management Agency
ATC	Applied Technology Council
DBYBHY 2007	Deprem bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
MN	Minimum Hasar Sınırı
GV	Güvenlik Sınırı
GÇ	Göçme Sınırı
CG	Can Güvenliği Performans Düzeyi
HK	Hemen Kullanım Performans Düzeyi
GÖ	Göçme Öncesi Performans Düzeyi
RC	Reinforced Concrete

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kesit hasar sınırları ve bölgeleri	9
Şekil 2.2. Elastik ivme spektrum grafiği	11
Şekil 2.3. Taşıyıcı sistem dağılımına göre rijitlik merkezinin değişimi	23
Şekil 2.4. Binada burulma düzensizliği oluşturan durumlar	24
Şekil 2.5. Binada burulma düzensizliği oluşturan durumlar (Canbay vd 2008)	25
Şekil 2.6. Yatay yük altında yapının plandaki davranışı (Celep ve Kumbasar 2004)	25
Şekil 2.7. Yapının deprem davranışı bakımından plandaki durumu (Celep ve Kumbasar 2004)	26
Şekil 2.8. Perdeli yapıların deprem etkisi altındaki davranışı bakımından plandaki durumu (Celep ve Kumbasar 2004)	27
Şekil 4.1. Örnek binada kullanılan eleman detayları	31
Şekil 4.2. Binanın perdesiz durumuna ait üç boyutlu model (Durum 1)	32
Şekil 4.3. Binanın perdesiz durumuna ait normal kat planı (Durum 1)	33
Şekil 4.4. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 1)	34
Şekil 4.5. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 1)	35
Şekil 4.6. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 2)	37
Şekil 4.7. Binanın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 2)	38
Şekil 4.8. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 2)	39
Şekil 4.9. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 2)	40
Şekil 4.10. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 3)	42
Şekil 4.11. Binanın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 3)	43
Şekil 4.12. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 3)	44
Şekil 4.13. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 3)	45
Şekil 4.14. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 4)	47
Şekil 4.15. Binanın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 4)	48
Şekil 4.16. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 4)	49
Şekil 4.17. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 4)	50
Şekil 4.18. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 5)	52
Şekil 4.19. Binanın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 5)	53
Şekil 4.20. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 5)	54

Şekil 4.21. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 5)	55
Şekil 4.22. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 6).....	57
Şekil 4.23. Binanın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 6)	58
Şekil 4.24. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 6)	59
Şekil 4.25. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 6)	60
Şekil 4.26. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 7).....	62
Şekil 4.27. Binanın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 7)	63
Şekil 4.28. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 7)	64
Şekil 4.29. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 7)	65
Şekil 4.30. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 8).....	67
Şekil 4.31. Binanın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 8)	68
Şekil 4.32. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 8)	69
Şekil 4.33. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 8)	70
Şekil 4.34. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 9).....	72
Şekil 4.35. Binanın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 9)	73
Şekil 4.36. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 9)	74
Şekil 4.37. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 9)	75
Şekil 4.38. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 10).....	77
Şekil 4.39. Binanın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 10)	78
Şekil 4.40. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 10)	79
Şekil 4.41. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 10)	80
Şekil 4.42. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 11).....	82
Şekil 4.43. Binanın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 11)	83
Şekil 4.44. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 11)	84
Şekil 4.45. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 11)	85
Şekil 4.46. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 12).....	87
Şekil 4.47. Binanın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 12)	88
Şekil 4.48. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 12)	89
Şekil 4.49. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 12)	90

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranı.....	14
Çizelge 2.2. Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranı	14
Çizelge 2.3. Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranı.....	14
Çizelge 2.4. Göreli kat ötelemesi sınırları.....	15
Çizelge 2.5. Farklı deprem düzeyinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri.....	18
Çizelge 4.1. Durum 1’de düşey elemanların (kolonlar ve perdeler) performansı.....	36
Çizelge 4.3. Durum 2’de düşey elemanların (kolonlar ve perdeler) performansı.....	41
Çizelge 4.4. Durum 2’de yatay elemanların (kirişler) performansı	41
Çizelge 4.5. Durum 3’de düşey elemanların (kolonlar ve perdeler) performansı.....	46
Çizelge 4.6. Durum 3’de yatay elemanların (kirişler) performansı	46
Çizelge 4.7. Durum 4’de düşey elemanların (kolonlar ve perdeler) performansı.....	51
Çizelge 4.8. Durum 4’de yatay elemanların (kirişler) performansı	51
Çizelge 4.9. Durum 5’de düşey elemanların (kolonlar ve perdeler) performansı.....	56
Çizelge 4.10. Durum 5’de yatay elemanların (kirişler) performansı	56
Çizelge 4.11. Durum 6’de düşey elemanların (kolonlar ve perdeler) performansı.....	61
Çizelge 4.12. Durum 6’de yatay elemanların (kirişler) performansı	61
Çizelge 4.13. Durum 7’de yatay elemanların (kirişler) performansı	66
Çizelge 4.14. Durum 7’de yatay elemanların (kirişler) performansı	66
Çizelge 4.15. Durum 8’de yatay elemanların (kirişler) performansı	71
Çizelge 4.16. Durum 8’de yatay elemanların (kirişler) performansı	71
Çizelge 4.17. Durum 9’de yatay elemanların (kirişler) performansı	76
Çizelge 4.18. Durum 9’de yatay elemanların (kirişler) performansı	76
Çizelge 4.19. Durum 10’de yatay elemanların (kirişler) performansı	81
Çizelge 4.20. Durum 10’de yatay elemanların (kirişler) performansı	81
Çizelge 4.21. Durum 11’de yatay elemanların (kirişler) performansı	86
Çizelge 4.22. Durum 11’de yatay elemanların (kirişler) performansı	86
Çizelge 4.23. Durum 12’de yatay elemanların (kirişler) performansı	91

Çizelge 4.24. Durum 12’de yatay elemanların (kirişler) performansı	91
Çizelge 4.25. Durumlara göre binaya etki eden toplam deprem kuvveti.....	92
Çizelge 4.26. Binanın birbirine dik iki yönü için serbest titreşim periyotları.....	92
Çizelge 4.27. Durumlara göre ileri hasar bölgesine geçen eleman sayısının analizde dikkate alınan toplam eleman sayısına oranı.....	93
Çizelge 4.28. Durumlara göre genel performans değerlendirmesi	94
Çizelge 4.29. Durumlara göre (A1) tipi burulma düzensizliğinin binada oluşumu ...	95

1. GİRİŞ

Son yıllarda meydana gelen depremlerin sosyo-ekonomik yönden yıkıcı etkiler ortaya çıkarması, deprem risk bölgelerinde mevcut yapı stokunun ivedilikle deprem dayanımının belirlenmesi, yetersiz olanların güçlendirilmesi veya yıkılması kararlarının verilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bununla beraber, proje ve yapım hataları sebebiyle deprem hasarıyla karşı karşıya kalacak bina sayısının fazla olacağı bilindiğinden, deprem güvenliği değerlendirmesinin etkili ve pratik bir şekilde yapılması bir ihtiyaç olmuştur.

1998 yılında yürürlüğe giren **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY)** ile yeni yapılacak binalar için tasarım koşulları belirlenmiştir. Ancak yönetmelikte, daha önce inşa edilen ve şu anda mevcut olan binaların değerlendirilmesi veya güçlendirilmesi konularında hükümler bulunmamaktadır. Bu nedenle, 1998 ABYYHY hükümleri yayımlanmadan önce inşa edilen binaların deprem performanslarının değerlendirmesinde veya güçlendirme çalışmaları esnasında güçlüklerle karşılaşmaktadır.

Mevcut yönetmeliklere uygun projelendirilen ve inşa edilen yapıların bile can güvenliği hedefini sağlamalarına rağmen, taşıyıcı ve / veya taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasar seviyelerinin yüksek olması geleneksel kuvvete dayalı tasarım yöntemlerinin yerini alacak yeni bir yaklaşım ihtiyacını açığa çıkarmış ve **Performansa Dayalı Tasarım** olarak adlandırılan yaklaşım ile ilgili çalışmalar hız kazanmıştır. Binaların deprem performansı yeni bir kavramdır. Deprem performansı, “*tanımlanan deprem etkisi altında bir binada oluşabilecek hasarların düzeyine ve dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği durumu*” olarak tanımlanabilir.

Yürürlükteki bütün çağdaş yönetmeliklerde olduğu gibi Türk Deprem Yönetmeliği’nde depreme dayanıklı yapı tasarımının ana ilkesi olarak, çeşitli deprem seviyelerine göre çok genel bazı performans hedefleri öngörülmektedir. Bu yönetmeliklerin başlıca amacı, çok sık olmayan fakat şiddetli depremlere karşı binanın göçmesini önlemek için gerekli mukavemet ve rijitliğinin sağlanmasıdır. İkinci amaçları

ise daha sık olması beklenen orta şiddetli depremle karşı mal kaybını ve yapının işlevine devam edebilmesini kontrol altına alabilmektir. Öngörülen hedefler, yönetmeliklerde yer alan süneklik, yer değiştirme sınırlandırmaları vb. koşullarla sağlanmaya çalışılmaktadır. Fakat yönetmeliklerdeki geleneksel deprem tasarımı yaklaşımı ile yapının sismik kapasitesinin hesaplanmasında bazı belirsizlikler bulunmakla beraber yapı ve yapı elemanlarının performansının öngörülen sınırlar içinde kalıp kalmadığının kontrolü de yapılamamaktadır.

Mevcut bir binanın deprem performansının belirlenebilmesi için öncelikle binanın yapıldığı haliyle olan durumunun yeterli ölçüde bilinmesi gereklidir. Bu amaçla mevcut binalardan toplanacak yapısal sistem özellikleri, boyutlar, malzeme ve detaylarla ilgili bilgilerin kapsamı deprem yönetmeliğin ayrıntılı olarak belirtilmiştir. Daha sonra bu bilgiler kullanılarak binanın yapısal modeli oluşturulur ve deprem etkileri altında elemanlarda meydana gelecek iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler hesaplanır. Elde edilen bu değerler sınır değerler ile kıyaslanarak öncelikli olarak elemanlarda oluşacak hasar tipleri belirlendikten sonra hasarlı elman miktarına bakılarak binanın deprem performansı hakkında karar verilir.

Hasarsız bir yapı veya yapı elemanını öngörülen bir güvenlik düzeyine çıkarmak için yapılan işlemlere "Güçlendirme" adı verilir. Deprem performansında yetersizlik saptanan bir yapının, ekonomik olması halinde, uygun bir teknikle güçlendirilmesi gerekir. Bina güçlendirmesi, "Taşıyıcı Elemanların Güçlendirilmesi" ve/veya "Sistem İyileştirmesi" şeklinde yapılabilir. Binaların davranışını düzeltmek amacıyla taşıyıcı sisteme ilave deprem perdelerinin eklenmesi bir sistem iyileştirme yöntemidir. Perdeler yüksek rijitlikleri nedeniyle yapı sisteminin davranışını önemli ölçüde etkilerler. Deprem etkilerine maruz perde duvarların etkin bir biçimde çalışabilmeleri, kat planı içinde nasıl yerleştirildiklerine bağlıdır.

Bu tez çalışmasında, deprem performansında yetersizlik görülen mevcut binalarda yapılacak olan herhangi bir sistem güçlendirme çalışması kapsamında, binaya ilave edilecek olan betonarme perde duvarların konumu hakkında temel tasarım ilkeleri bilgisayar uygulamalı olarak irdelenmiştir. Buna göre, örnek bir betonarme binanın perdeli ve perdesiz 12 durumunun Probina Orion bilgisayar programı ile DBYBHY

2007 uyarınca *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'ne göre analizi yapılmış ve binanın davranışındaki değişim incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara bakılarak örnek bina için uygun perde takviyeli durumlar belirlenmeye çalışılmıştır.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

2.1. Performansa Dayalı Tasarım Kavramı

Geçmişte yaşanan büyük depremler çok büyük can ve mal kaybına sebep olmuşlardır ve her türden mühendislik yapısına zarar vermişlerdir. Ayrıca bu depremlerde mevcut yönetmeliklere uygun yapılan yapıların, can güvenliğini sağlamalarına karşın yapısal ve yapısal olmayan hasar seviyelerinin yüksek olması, önemli ekonomik kayıplara sebep olmuştur. Bu depremlerden sonra, yapıların deprem etkisindeki performanslarını arttırıcı çalışmalara olan ihtiyaç ortaya çıkmıştır. Bu tür çalışmaları ve yöntemleri *Performansa Dayalı Tasarım* başlığı altında toplamak mümkündür. Performansa Dayalı Tasarım ile ne anlatılmak istenildiğini ifade edebilmek için, birçok farklı yorum yapılmıştır. Bunlardan en uygunu, “Belirli performans hedeflerini elde edebilmek için kullanılan yapısal tasarım kriterlerini içeren yöntemdir” ifadesidir (Akbaş 2004).

Performansa Dayalı Tasarım yapıyı sismik risklere tabi tutarak elde edilen davranışı (performans) içerdiği için daha genel bir tasarım felsefesine sahiptir. Performansa Dayalı Tasarım aslında yeni bir yaklaşım değildir. Limit bir durumdaki performans hedefinin farklı bir ifade seklidir. Tek serbestlik dereceli sisteme, hedeflenen yer değiştirme, tepki (response) parametresi olarak uygulanır ve bu durumda limit gerilmelerin asılıp asılmadığı kontrol edilir.

Yurtdışında, özellikle Amerika Birleşik Devletlerinde, deprem performanslarının belirlenmesine yönelik detaylı çalımsalar mevcuttur. Bu ülkede deprem güvenliği konusunda çalışmalar gerçekleştiren “Applied Technology Council (ATC)” tarafından yayımlanan ATC 40, “Federal Emergency Management Agency (FEMA)” tarafından yayımlanan FEMA 273, 274, 356, 440 ve en son yayımlanan 547 yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesi için yöntemler geliştirilmesi, analizlerin daha gerçekçi hale getirilmesine yönelik önemli çalışmalardır. DBYBHY 2007 ile açıklanan analiz yöntemleri de FEMA ve ATC tarafından yayımlanmış yöntemlerle paralel özellikler göstermektedir.

Eski adıyla T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 06.03.2007 tarihinde Resmi Gazete’de yayınlanmıştır. Sonrasında, 03.05.2007 tarihinde bazı kısımlarında değişikliğe gidilerek bugünkü şeklini almıştır. Yeni yönetmelik eski yönetmeliğe göre, mevcut binaların deprem öncesi veya sonrasında performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için gerekli kurallarla birlikte minimum koşullar verilmesi ve çelik yapılar kısmının genişletilmiş olması bakımından büyük farklılıklar taşımaktadır. Özellikle mevcut binaların deprem performansının belirlenmesi ve güçlendirilmesiyle ilgili olan Bölüm 7’de performans ve hasar düzeyi tanımlamalarına ve ayrıca doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemlerine yer verilmiş, güçlendirme çalışmalarında uyulması gereken kurallar tanımlanmıştır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü 2007).

2.2. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı

Bir taşıyıcı sistem tasarlanırken, yapının küçük deprem kuvvetleri altında elastik sınırlar içinde kalması, orta şiddetli depremlerde az miktarda ve onarılabilir çatlaklar oluşması, şiddetli depremlerde ise hasarların meydana gelebilmesi ancak yapının göçmemesi hedeflenir. Öncelikli amaç can kayıplarının oluşmasını önlemektir. Bina tasarımı sırasında göz önünde bulundurulması gereken bazı unsurlar mevcuttur. Bunlar kısaca şöyle sıralanabilir.

- Binanın Geometrisi
- Süreklilik
- Rijitlik ve Dayanım
- Göçme Modu
- Süneklilik

Binanın Geometrisi: Yapı ne kadar basit düzenlenmiş ise o kadar depreme dayanıklıdır. Planda karmaşık ve düzensiz binalarda burulma etkileri ortaya çıkmaktadır. Bina modeli planda tasarlanırken şu hususlara dikkat edilmelidir (Celep ve Kumbasar 2000).

Sürekli lik: Bütün kolon ve perdeler temelden çatıya kadar sürekli olmalıdır ve elemanların birbirlerine dış merkezli olarak mesnetlenmesinden kaçınılmalıdır (Celep ve Kumbasar 2000).

Rijitlik ve Dayanım: Binalarda ani rijitlik değışimine izin verilmemelidir (Yumuşak Zemin Kat). Yapı elemanının rijitliğini uygun seçerek ve titreşim periyodunu belirli aralığa getirerek deprem etkilerini küçöltmek mümkündür. Bunun için bölgenin hakim periyodu ile yapının periyodu birbirlerinden uzak tutularak rezonans olayını önlemek gerekmektedir. Mesela yumuşak zeminlerde (uzun zemin periyotlarının hâkim olduğı bölgelerde) kısa periyotlu rijit az katlı yapılar uygun düşer. Binalarda rijitlik artarsa katlar arası yer değıştirmeler azalır. Normal kuvvetten kaynaklanan ikinci mertebe momenti de azalmaktadır (Celep ve Kumbasar 2000).

Göçme Modu: Sistemin ani olarak göçmesine izin verilmemelidir. Kolon-kiriş birleşimlerinde kiriş tarafında mafsallaşma olmalıdır (Celep ve Kumbasar 2000).

Sünekli lik: Her bir elemanın sünekli liğinden bahsedilebileceğı gibi sistemin sünekli liğinden de bahsedilebilir. Sünekli lik, yapının mukavemetinde önemli ölçüde azalma ve kararsız denge olmaksızın, deprem sırasında ortaya çıkan enerjinin büyük bir kısmını plastik ve tersinir büyük şekil değıştirmeleriyle yutma yeteneğidir (Celep ve Kumbasar 2000).

Sonuç olarak;

- Planda ve düşey kesitte yapı mümkün olduğı kadar basit olmalıdır.
- Temel, sağlam ve düzgün özellikli zemine oturmalıdır.
- Deprem etkisini taşıyacak elemanlar, planda burulma olmayacak şekilde düzenlenmelidirler.
- Yapı elemanları yeterli dayanımları yanında sünek özellik de göstermelidirler.
- Meydana gelen şekil değıştirmeler ve yer değıştirmeler, güvenliğı ve kullanımı engellememelidir.

2.3. Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi

2.3.1. Kapsam

Deprem bölgelerinde bulunan mevcut ve güçlendirilecek tüm binaların ve bina türü yapıların deprem etkileri altındaki davranışlarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları, güçlendirme kararlarında esas alınacak ilkeler ve güçlendirilmesine karar verilen binaların güçlendirme tasarımı ilkeleri Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) Bölüm 7 ile tanımlanmıştır. Değerlendirilecek ve güçlendirilecek binaların deprem performansı yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında kontrol edilecektir.

Kullanım süresi içinde deprem ve benzeri dış etkilere ve değişikliklere maruz kalması muhtemel olan mevcut yapıların taşıyıcı sistemindeki belirsizlikleri yeni yapılacak binalara oranla daha fazladır. Tüm bu belirsizlikler, yapıdan derlenen verilerin kapsamına göre tanımlanan *bilgi düzeyi katsayıları* ile hesap yöntemlerine yansıtılacaktır.

2.3.2. Binalardan bilgi toplanması

2.3.2.1. Binalardan toplanacak bilginin kapsamı

Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin hesaplanmasında ve deprem dirençlerinin değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinden ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilecektir.

Binalardan bilgi toplanması kapsamında yapılacak izlemler, 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 kontrolüdür.

2.3.2.2. Bilgi düzeyleri

Binaların incelenmesinden elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre her bina türü için bilgi düzeyi tanımlanacaktır. Bilgi düzeyleri sırasıyla *sınırlı*, *orta* ve *kapsamlı* olarak sınıflandırılacaktır. Elde edilen bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacaktır.

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 yeterli düzeyde ölçümler yapılır.

Taşıyıcı elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacak malzeme dayanımları *Mevcut Malzeme Dayanımı* olarak tanımlanır. Binaların bilgi düzeylerinin belirlenmesi ile ilgili detaylı bilgi Deprem Yönetmeliği'nin 7'nci bölümünde mevcuttur (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü 2007).

2.3.3. Yapı Elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri

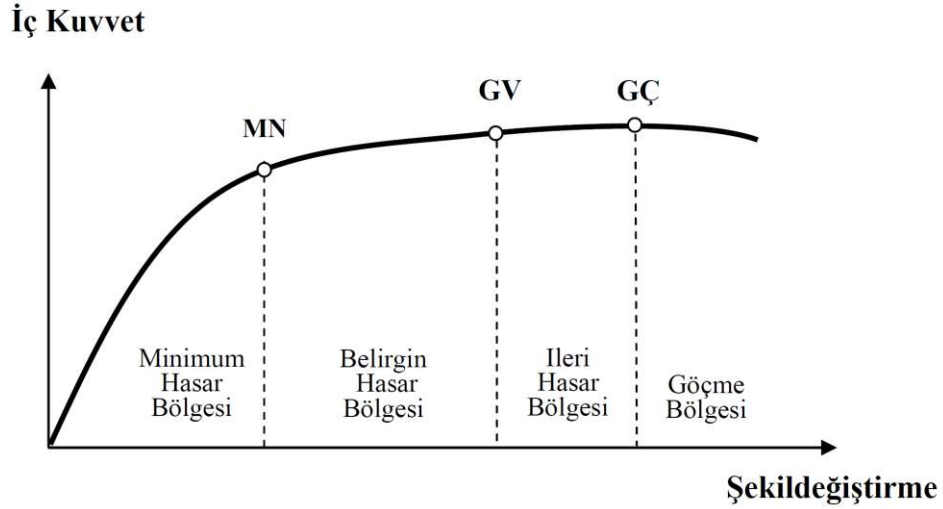
2.3.3.1. Yapı elemanlarının kırılma türleri

Yapı elemanlarının hasar sınırlarının belirlenmesinde, yapı elemanları “*sünek*” ve “*gevrek*” olarak iki sınıfa ayrılacaktır. Sünek ve gevrek eleman tanımları, elemanların kapasitelerine hangi kırılma türünde ulaştığı ile ilgilidir.

2.3.3.2. Kesit hasar sınırları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar *Minimum Hasar Sınırı* (MN), *Güvenlik Sınırı* (GV) ve *Göçme Sınırı* (GÇ)'dir (Şekil 2.1). Minimum hasar sınırı kritik kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını,

göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek elemanlar için elastik ötesi davranışın oluşmasına izin verilmez.



Şekil 2.1. Kesit hasar sınırları ve bölgeleri

2.3.3.3. Kesit hasar bölgeleri

Kritik kesitleri MN'ye ulaşmayan elemanlar *Minimum Hasar Bölgesi*'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar *Belirgin Hasar Bölgesi*'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar *İleri Hasar Bölgesi*'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise *Göçme Bölgesi*'nde kabul edilecektir (BKZ. Şekil 2.1).

2.3.3.4. Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması

Yapı analizi sonucu hesaplanan iç kuvvetlerin ve şekil değiştirmelerin, 2.3.3.2'de tanımlanan sınır değerler ile karşılaştırılması sonucunda kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilecektir. Eleman hasarını, elemanın en fazla hasarlı kesiti belirler.

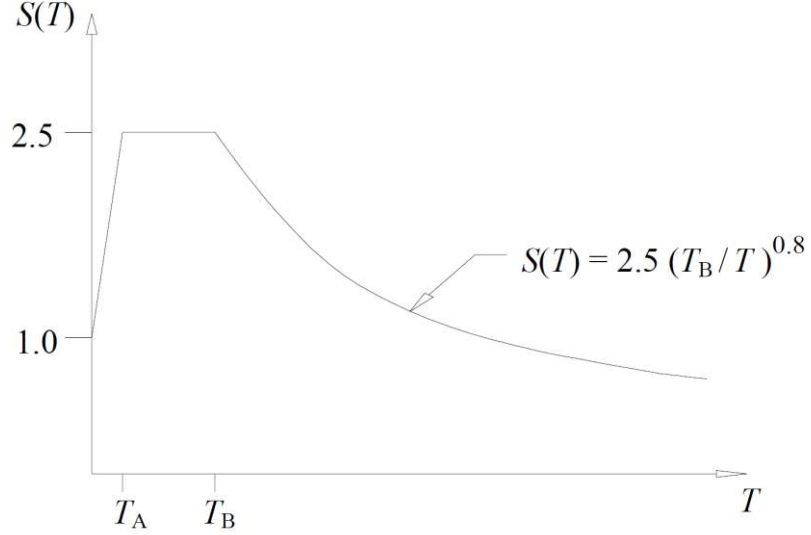
2.3.4. Deprem hesabına ilişkin genel ilke ve kurallar

Performansa dayalı deprem hesabının amacı, mevcut ve güçlendirilmiş binaların deprem davranışını belirlemektir. Bu amaçla *doğrusal elastik* veya *doğrusal elastik*

olmayan hesap yöntemleri kullanılabilir. Aşağıda tanımlanan genel ilke ve kurallar her iki türdeki yöntemler için de geçerlidir.

- Deprem etkisinin tanımında, Şekil 2.2'deki elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacak, ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde 2.3.7'ye göre yapılan değişiklikler göz önüne alınacaktır. Deprem hesabında bina önem katsayısı uygulanmayacaktır ($I = 1.0$).
- Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir.
- Deprem hesabında kullanılacak zemin özellikleri DBYBHY Bölüm 6'ya göre belirlenecektir.
- Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yer değiştirme ve şekil değiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanacaktır.
- Deprem hesabında göz önüne alınacak kat ağırlıkları DBYBHY 2.7.1.2'ye göre hesaplanacak, kat kütleleri kat ağırlıkları ile uyumlu olarak tanımlanacaktır.
- Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yer değiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dış merkezlik uygulanmayacaktır.
- Kısa kolon durumuna düşürülmüş olan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.
- Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak göz önüne alınacaktır.
- Betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılacaktır. Çalışan tabla genişliği TS-500'e göre belirlenecektir.
- Betonarme elemanlarda kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olması durumunda, kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatı akma gerilmesi kenetlenme veya bindirme boyundaki eksikliği oranında azaltılacaktır.
- Zemindeki şekil değiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zeminin şekil değiştirme özellikleri yapı modeline yansıtılacaktır.

- DBYBHY Bölüm 2’de modelleme ile ilgili olarak verilen diğer esaslar geçerlidir.



Şekil 2.2. Elastik ivme spektrum grafiği

2.3.5. Depremde bina performansının doğrusal elastik hesap yöntemleri ile belirlenmesi

2.3.5.1. Hesap yöntemleri

Doğrusal elastik hesap yöntemleri, *Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ve *Mod Birleştirme Yöntemi*'dir. Binaların deprem performanslarının belirlenmesi için her iki yöntemin kullanılmasında aşağıda belirtilen ek kurallar uygulanacaktır.

- 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. Toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) hesaplanmasında denklem (1)'de $R_a = 1$ alınacak ve ifadenin sağ tarafı I katsayısı ile çarpılacaktır. I katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 alınacaktır.

$$V_t = \frac{W A(T_1)}{R_a(T_1)} \quad (1)$$

- Mod Birleştirme Yöntemi'nin kullanılmasında $R_a = 1$ alınacaktır. Uygulanan deprem doğrultusu ve yönü ile uyumlu olan eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesaplanmasında, bu doğrultuda hâkim olan modda elde edilen iç kuvvet doğrultuları esas alınacaktır.

2.3.5.2. Betonarme binaların yapı elemanlarında hasar düzeylerinin belirlenmesi

Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile betonarme sünek elemanların hasar düzeylerinin belirlenmesinde kiriş, kolon ve perde elemanlarının ve güçlendirilmiş dolgu duvarı kesitlerinin *etki/kapasite oranları* (r) olarak ifade edilen sayısal değerler kullanılacaktır.

Betonarme elemanlar, kırılma türü eğilme ise “*sünek*”, kesme ise “*gevrek*” olarak sınıflanırlar.

- Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti V_e 'nin, *mevcut malzeme dayanımı* değerleri kullanılarak TS-500'e göre hesaplanan kesme kapasitesinin V_r 'yi aşmaması gereklidir. V_e 'nin hesabı kolonlar için DBYBHY 3.3.7'ye, kirişler için DBYBHY 3.4.5'e ve perdeler için DBYBHY 3.6.6'ya göre yapılacak, ancak DBYBHY Denk.(3.16)'da $\beta_v=1$ alınacaktır. Kolon, kiriş ve perdelerde V_e 'nin hesabında pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine taşıma gücü momentleri kullanılacaktır. Düşey yükler ile birlikte $R_a=1$ alınarak depremden hesaplanan toplam kesme kuvvetinin V_e 'den küçük olması durumunda ise, V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır.
- Yukarıda verilen süneklik koşullarını sağlamayan betonarme elemanlar, *gevrek olarak hasar gören elemanlar* olarak tanımlanacaktır.

Sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranı, deprem etkisi altında $R_a = 1$ alınarak hesaplanan kesit momentinin kesit artık moment kapasitesine bölünmesi ile elde edilir. Etki/kapasite oranının hesabında, uygulanan deprem kuvvetinin yönü dikkate alınacaktır.

- Kesit artık moment kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkıdır. Kiriş mesnetlerinde düşey yükler altında hesaplanan moment etkisi, yeniden dağılım ilkesine göre en fazla %15 oranında azaltılabilir.
- Kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranları, DBYBHY Bilgilendirme Eki 7A’da açıklandığı üzere hesaplanabilir.
- Sarılma bölgesindeki enine donatı koşulları bakımından DBYBHY 3.3.4’ü sağlayan betonarme kolonlar, DBYBHY 3.4.4’ü sağlayan betonarme kirişler ve uç bölgelerinde DBYBHY 3.6.5.2’yi sağlayan betonarme perdeler “sargılanmış”, sağlamayanlar ise “sargılanmamış” eleman sayılır. “Sargılanmış” sayılan elemanlarda sargı donatılarının DBYBHY 3.2.8’e göre “özel deprem etriyeleri ve çirozları” olarak düzenlenmiş olması ve donatı aralıklarının yukarıda belirtilen maddelerde tanımlanan koşullara uyması zorunludur.

Hesaplanan kiriş, kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranları (r), **Çizelge 2.1-2.3**’de verilen sınır değerler (r_s) ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. **Çizelge 2.1-2.2**’deki ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanacaktır.

$H_w / \ell_w \leq 2.0$ koşulunu sağlayan betonarme perdelerin etki/kapasite oranı, deprem etkisi altında hesaplanan kesme kuvvetinin kesme kuvveti dayanımına oranıdır. $H_w / \ell_w \leq 2.0$ koşulunu sağlayan betonarme perdelerde, **Çizelge 2.3**’te verilen (r_s) sınır değerleri $[(1 + H_w / \ell_w) / 3] \geq 0.5$ katsayısı ile çarpılarak küçültülecektir.

Çizelge 2.1. Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranı (r_s)

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$	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 2.2. Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranı (r_s)

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}^{(1)}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$	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

(1) N_K eksenel kuvveti DBYBHY Bilgilendirme Eki 7A'ya göre hesaplanabilir.

Çizelge 2.3. Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranı (r_s)

Sünek Perdeler	Hasar Sınır		
Perde uç bölgesinde sargılama	MN	GV	GÇ
Var	3	6	8
Yok	2	4	6

2.3.5.3. Göreli kat ötelemelerinin kontrolü

Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusunda, 2.3.5.2'de yapılan karşılaştırmalara ek olarak, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerin göreli kat ötelemeleri, Çizelge 2.4'te verilen sınır değer ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. Bu karşılaştırmanın daha elverişsiz sonuçlar vermesi durumunda, o katta ilgili kolon veya perdenin alt ve üst kesitlerinde 2.3.5.2'ye göre yapılan hasar değerlendirmeleri göz önüne alınmayacaktır. Çizelge 2.4'te δ_{ji} i'inci katta j'inci kolon veya perdenin alt ve üst uçları arasında yer değiştirme farkı olarak hesaplanan göreli kat ötelemesini, h_{ji} ise ilgili elemanın yüksekliğini göstermektedir.

Çizelge 2.4. Göreli kat ötelemesi sınırları

Görelî kat ötelemesi oranı	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
δ_{ji} / h_i	0.01	0.03	0.04

2.3.6. Bina deprem performansının belirlenmesi

2.3.6.1. Betonarme binaların deprem performansı

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır. Bölüm 2.3.5'te tanımlanan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir. Binaların deprem performansının belirlenmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir. Burada verilen kurallar betonarme ve prefabrike betonarme binalar için geçerlidir.

Hemen kullanım performans düzeyi: Herhangi bir katta, uygulanan 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 gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, bu durumdaki binaların *Hemen Kullanım Performans Düzeyi*'nde olduğu kabul edilir.

Can güvenliği performans düzeyi: Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'nde olduğu kabul edilir:

- 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 ve kolonların aşağıdaki maddede tanımlanan kadarı *İleri Hasar Bölgesi*'ne geçebilir.
- *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.
- 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. (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden DBYBHY denklem (3.3)'te verilen kolonların kirişlerden daha güçlü olma koşulunun sağlandığı kolonlar bu hesaba dâhil edilmezler).

Göçme öncesi performans düzeyi: 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:

- 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.

- 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 (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden DBYBHY Denk.(3.3)'te verilen kolonların kirişlerden daha güçlü olma koşulunun sağlandığı kolonlar bu hesaba dâhil edilmezler).
- Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

Göçme durumu: Bina *Göçme Öncesi Performans Düzeyi*'ni sağlayamıyorsa *Göçme Durumu*'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

2.3.7. Binalar için hedeflenen performans düzeyleri

Yeni yapılacak binalar için Şekil 2.2'de verilen ivme spektrumu, DBYBHY 1.2.2'ye göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremi esas almaktadır. Bu deprem düzeyine ek olarak, mevcut binaların değerlendirilmesinde ve güçlendirme tasarımında kullanılmak üzere ayrıca aşağıda belirtilen iki farklı deprem düzeyi tanımlanmıştır:

- 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları, Şekil 2.2'de tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık yarısı olarak alınacaktır.
- 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları ise Şekil 2.2'de tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık 1.5 katı olarak kabul edilmiştir.
- Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri Çizelge 2.5'te verilmiştir.

Çizelge 2.5. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri

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

HK: Hemen Kullanım; CG: Can Güvenliği; GÖ: Göçme Öncesi

2.4. Binaların Güçlendirilmesi

Binaların güçlendirilmesi, deprem hasarlarına neden olacak kusurlarının giderilmesi, deprem güvenliğini arttırmaya yönelik olarak yeni elemanlar eklenmesi, kütle azaltılması, mevcut elemanlarının deprem davranışlarının geliştirilmesi, kuvvet aktarımında sürekliliğin sağlanması türündeki işlemleri içerir.

2.4.1. Güçlendirilen binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi

Güçlendirilen binaların ve elemanlarının deprem güvenliklerinin hesaplanmasında, mevcut binalar için bu bölümde yukarıda verilen hesap yöntemleri ve değerlendirme esasları kullanılmaktadır.

2.4.2. Güçlendirme türleri

Güçlendirme uygulamaları, her taşıyıcı sistem türü için eleman ve bina sistemi düzeyinde olmak üzere iki farklı kapsamda değerlendirilecektir.

Eleman güçlendirmesi: Binanın kolon, kiriş, perde, birleşim bölgesi gibi deprem yüklerini karşılayan elemanlarında dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerinin artırılmasına yönelik olarak uygulanan işlemler, *eleman güçlendirmesi* olarak tanımlanır.

Sistem güçlendirmesi: Binanın taşıyıcı sisteminin dayanım ve şekil değiştirme kapasitesinin artırılması ve iç kuvvetlerin dağılımında sürekliliğin sağlanması, binaya yeni elemanlar eklenmesi, birleşim bölgelerinin güçlendirilmesi, deprem etkilerinin azaltılması amacıyla binanın kütesinin azaltılması işlemleri *sistem güçlendirmesi* olarak tanımlanır.

2.4.3. Betonarme taşıyıcı sistemlerin yerinde dökme betonarme perdeler ile güçlendirilmesi

Yanal rijitliği ve dayanımı yetersiz olan betonarme taşıyıcı sistemler, yerinde dökme betonarme perdelerle güçlendirilebilir. Binayı depreme karşı en çok kuvvetlendiren elemanlar perdelerdir. Mantolama depremsiz analiz sonucunda yetersizlikler ortaya çıktığı zaman uygulanır. Eğer kirişler depremlili analizde yetersiz, depremsiz analizde yeterli ise mantolanmalarına gerek yoktur. Çünkü binaya yeni perdeler eklendiği takdirde, deprem kuvvetlerinin büyük bir kısmını perdeler karşılamaktadır. Mantolar sadece yerel güçlendirme sağlayan elemanlardır. Taşıyıcı sistemi bir bütün olarak sağlamlaştıran bir eleman değildir. Bunun en önemli sebebi, perdeler göre daha küçük atalet momentine sahip olmasıdır.

Aynı hacimde bir perde eleman ile bir manto kıyaslanırsa, mantonun atalet momenti perdenin atalet momentinin 1/3'ü kadardır. Yapılan araştırmalar ve gözlemler, depremden sonra en son ayakta kalan elemanların perdeler olduğunu göstermektedir. Büyük deprem kuvvetlerinde plastik mafsallaşmaya başlayan kolonlara ancak kendinden daha rijit olan perde elemanlar destek olabilmektedir. Yeni yapılan perdelerin, deprem tesirlerinin %70'ini alacak şekilde tasarlanması gerekmektedir.

Betonarme perdeler mevcut çerçeve düzlemi içinde veya çerçeve düzlemine bitişik olarak düzenlenebilir.

Çerçeve düzlemi içinde betonarme perde eklenmesi: Betonarme sisteme eklenecek perdeler çerçeve aksının içinde düzenlenecek, temelden başlayarak perde üst kotuna kadar sürekli olacaktır. Bu amaçla, perde uç bölgesindeki boyuna donatıların ve gereği durumunda perde gövdesindeki boyuna donatıların perde yüksekliği boyunca sürekliliği sağlanacaktır. Perdeler, içinde bulundukları çerçeveye ankraj çubukları ile bağlanarak birlikte çalışmaları sağlanacaktır. Ankraj çubukları, mevcut çerçeve elemanları ile eklenen betonarme perde elemanı arasındaki ara yüzlerde deprem kuvvetleri altında oluşan kayma gerilmelerini karşılamak için yeterli dayanıma sahip olacaklardır. Ara yüzlerdeki kayma gerilmelerinin çerçeve elemanları boyunca dağılımı bilinen mekanik prensiplerine uygun olarak hesaplanacaktır. Ankraj çubuklarının tasarımında TS-500'deki sürtünme kesmesi esasları kullanılacaktır. En küçük ankraj çubuğu çapı 16 mm, en az ankraj derinliği çubuk çapının on katı ve en geniş çubuk aralığı 40 cm olmalıdır. Perde ucunda mevcut kolon bulunmaması durumunda DBYBHY 3.6.5'e göre perde uç bölgesi oluşturulacaktır. Perde ucunda mevcut kolon bulunması durumunda mevcut kolondan uç bölgesi olarak yararlanılabilir. Gerekli durumlarda mevcut kolon DBYBHY 7.10.2'ye göre büyütülerek veya mevcut kolona bitişik perde içinde gizli kolon düzenlenerek perde uç bölgesi oluşturulacaktır. Her iki durumda da perde uç bölgesine eklenecek düşey donatıların katlar arasında sürekliliği sağlanacaktır. Perdenin altına DBYBHY 6.3.1'de verilen esaslar uyarınca temel yapılacaktır. Perde temeli, perde tabanında oluşan iç kuvvetleri temel zeminine güvenle aktaracak şekilde boyutlandırılacaktır. Perde temelinde oluşabilecek dış merkezliği azaltmak amacıyla perde temeli komşu kolonları içerecek şekilde genişletilerek mevcut kolonların eksenel basınç kuvvetlerinden yararlanılabilir. Perde temelinin mevcut temel sistemi ile birlikte çalışması için gerekli önlemler alınacaktır.

Çerçeve düzlemine bitişik betonarme perde eklenmesi: Betonarme sisteme eklenecek perdeler dış çerçeve aksının dışında, çerçeveye bitişik olarak düzenlenecek, temelden başlayarak perde üst kotuna kadar sürekli olacaktır. Perdeler bitişik oldukları çerçeveye ankraj çubukları ile bağlanarak birlikte çalışmaları sağlanacaktır. Ankraj çubukları, mevcut çerçeve elemanları ile sisteme eklenen dışmerkezli perde elemanı

arasındaki ara yüzlerde deprem kuvvetleri altında oluşan kayma gerilmelerini karşılamak için yeterli dayanıma sahip olacaklardır. Ankraj çubuklarının tasarımında DBYBHY 7.10.5.1’de verilen esaslara uyulacaktır. Perde ucunda mevcut kolon bulunmaması durumunda DBYBHY 3.6.5’e göre perde uç bölgesi oluşturulacaktır. Perde ucunda mevcut kolon bulunması durumunda mevcut kolondan uç bölgesi olarak yararlanılabilir. Gerekli durumlarda mevcut kolon DBYBHY 7.10.2’ye göre büyütülerek perde uç bölgesi oluşturulacaktır. Perdenin altına DBYBHY 6.3.1’de verilen esaslar uyarınca temel yapılacaktır. Perde temeli, perde tabanında oluşan iç kuvvetleri temel zeminine güvenle aktaracak şekilde boyutlandırılacaktır. Perde temelinde oluşabilecek dış merkezliği azaltmak amacıyla perde temeli komşu kolonları içerecek şekilde genişletilerek mevcut kolonların eksenel basınç kuvvetlerinden yararlanılabilir. Perde temelinin mevcut temel sistemi ile birlikte çalışması için gerekli önlemler alınacaktır.

2.5. Perdelerin Tasarımı ve Mevcut Binada Yerlerinin Tespiti

Bir binanın deprem güvenliğine en büyük katkısı yapan taşıyıcı elemanlar perde duvarlardır. Perdeler yüksek rijitlikleri nedeniyle yapı sisteminin davranışını önemli ölçüde etkilerler. Perde duvarlar binaya,

- Rijitlik
- Dayanım
- Süneklik

olmak üzere üç önemli özellik kazandırır. Bir bina içinde uygun şekilde yerleştirilen perde duvarların temel görevleri yatay yükleri taşımak ve binanın yatay ötelenmesini sınırlandırmaktır (Atımtay 2000).

Perde duvarların kat planı içinde yerleşim ilkeleri aşağıda kısaca özetlenmiştir:

- Perdeler yeterli burulma rijitliği sağlamalıdır. Bu amaçla perde duvarlar olabildiğince yapı planının dış çerçevesine ve simetrik yerleştirilmelidir.
- Bina kütle merkeziyle rijitlik merkezi mümkün olduğunca yakın olacak şekilde perde yerleşimi yapılmalıdır.
- Bu elemanlar birbirlerine yakın boyut ve rijitliklerde düzenlenmelidir.

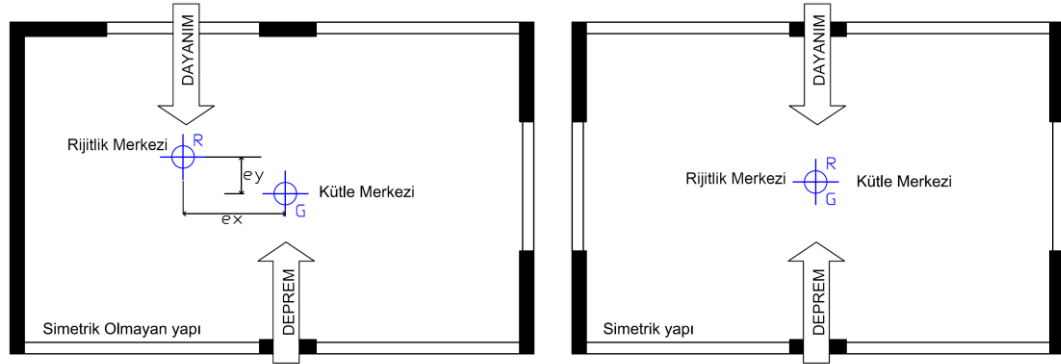
- Perde duvarlar kat planı içinde bir bölgede yoğunlaştırılmamalı ve olabildiğince kat planı içinde dağılmalıdır.
- Perdelerin her iki yönde moment taşıma kapasiteleri deprem momentlerini karşılamalıdır.
- Perdeler süneklilik düzeyi yüksek olarak dizayn edilmelidir. Kesme kırılmasının eğilme kırılmasından önce oluşmasına izin verilmemelidir. Perdeler yapı boyunca sürekli olmalıdır.
- Aynı düzlem içinde kalan perde duvarlar, tek başlarına konsol kiriş olarak çalışabildikleri gibi, birbirlerine bağ kirişleri ile bağlanarak perde çifti olarak da düzenlenebilirler.

Deprem etkilerine maruz perde duvarların etkin bir biçimde çalışabilmeleri, kat planı içinde nasıl yerleştirildiklerine bağlıdır. Yapıya yeterli yatay rijitliğin sağlanabilmesi için, kat planına oranla toplam perde alanının yeterli olması gerekir. Uygulamada, birbirine dik X ve Y yönlerinde, yaklaşık olarak $\sum \frac{A_g}{A_p} \geq 0.002$ şartı sağlanmalıdır. Burada, A_g kattaki toplam perde alanı, A_p ise katın toplam alanıdır. Kat sayısı arttıkça bu oran da artmalıdır. Bu oran kullanılarak, gerekli perde miktarı hesaplanır ve kat planı içinde bireysel perdeler olarak dağıtılır. Depremde hasar görmüş yapıların onarılması ve güçlendirilmesinde yaklaşık %1 oranında perde ilavesi yapılabilir (Atımtay 2000).

2.6. Binalarda Ağırlık ve Kütle Merkezleri

Yapıya gelen deprem yüklerini dağılımının sağlanması için yapının ağırlıklarından oluşan bir *Kütle Merkezi* ve düşey taşıyıcı elemanların rijitliklerinden oluşan bir *Rijitlik Merkezi*'nin koordinatlarının hesaplanması gerekir. Bu merkezlerden ağırlık merkezi; döşemeler, kolon ve kirişler, bölme veya taşıyıcı duvarlar, hareketli yükler ve diğer yükler sonucu oluşan ağırlıkların geometrik merkezi olarak hesaplanır. Yapıya gelen deprem yüklerinin de ağırlık merkezine etki ettiği düşünülebilir. Kat planında yayılı yüklerin eşit kalınlık ve simetrik olmaması durumu düşük döşeme olarak isimlendirilen döşemelerin büyük ve değişik yerlerde olması durumu bu merkezin yerini değiştirecektir. Rijitlik merkezi ise; kolonlar ve perdeler gibi düşey taşıyıcı elemanların

deprem kuvvetlerine ters ve eşit miktarda karşı direnç gösterdikleri kesme kuvvetlerinin bileşkesinin koordinatları olarak hesaplanır. Bu merkezin koordinatları kolon ve perde elemanlarının rijitliklerine ve yapı içindeki dağılımına bağlıdır (Şekil 2.3). Bu sebepten dolayı düşey taşıyıcı elemanların yapı planının üzerine her iki yönde eşit ve simetrik olması gerekir. Aksi halde yapıda burulma oluşur.



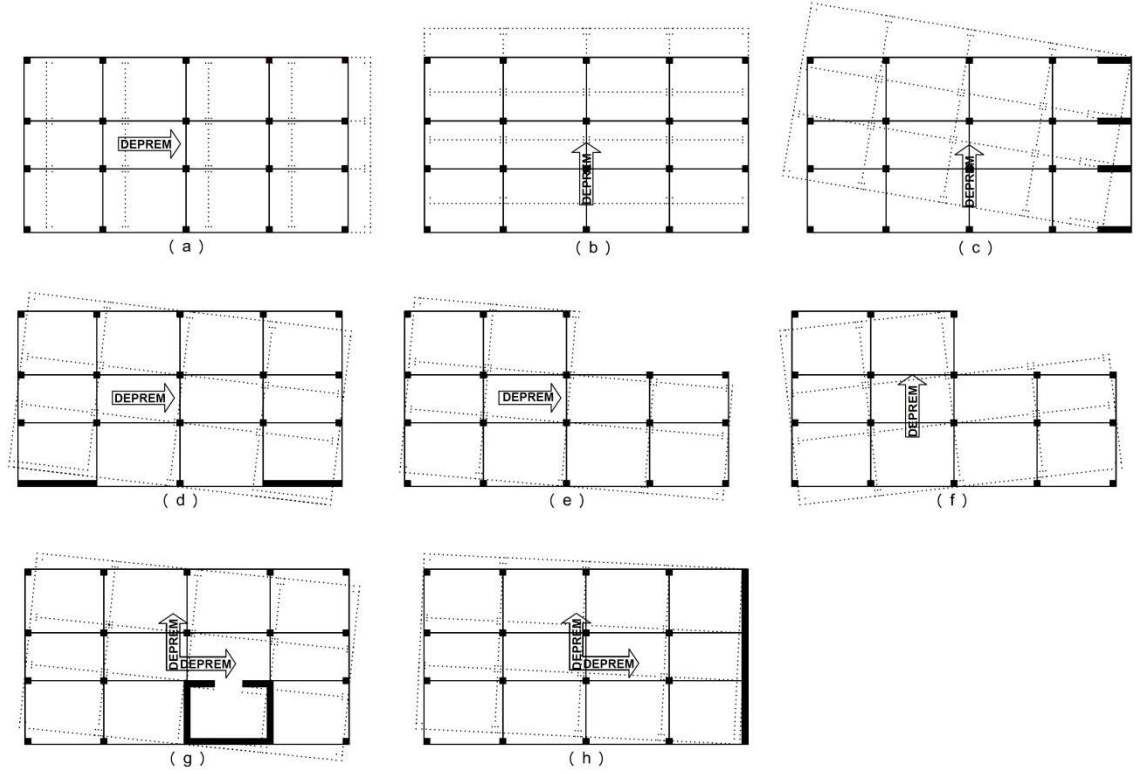
Şekil 2.3. Taşıyıcı sistem dağılımına göre rijitlik merkezinin değişimi

Yapıda döşeme kalınlığının kat seviyesine eşit olması durumunda kat ağırlık merkezinin koordinatları;

$$X_G = \frac{B_x}{2} \quad Y_G = \frac{B_y}{2} \quad (2)$$

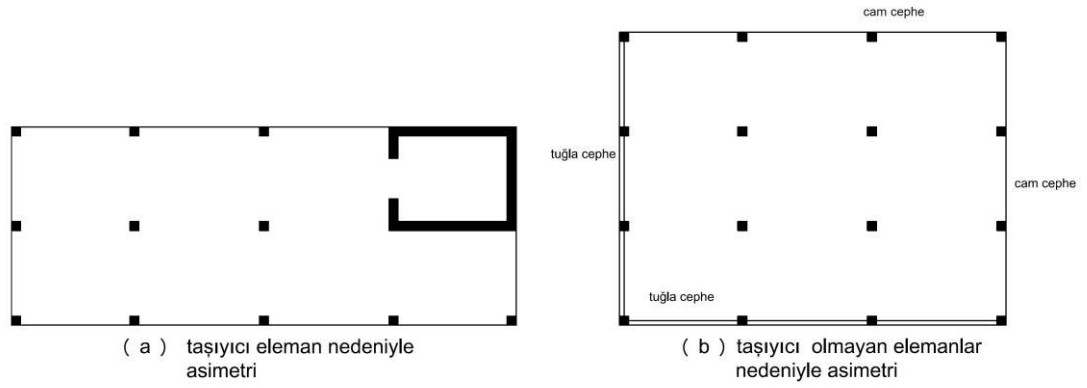
olarak yapının kenar boylarının yarısına eşit olarak alınabilir. Yapının gerek yatayda gerek düşeyde simetrik olması yapıya olumlu yönde önemli bir davranış kazandırarak burulmanın oluşumunu engeller. Düşey taşıyıcı elemanların birbirine ve her iki yönde eşit olması yapının deprem yükleri altında belli bir deplasman yapmasını sağlayacak ve yapıda burulma oluşturmayacaktır. (Şekil 2.4.a,b). Düşey taşıyıcı elemanların eşit ve simetrik olmaması durumunda yapı deprem yükleri altında rijitliğin büyük olduğu eksen etrafında burulma gösterecektir (Şekil 2.4.c,d). Bu durumun tersi olması durumunda yapının plandaki çıkıntıların A3 düzensizliği kriterlerini sağlaması yapının rijitlik merkezinin farklı olmasını önlemez. Bu nedenle bu tür yapılarda burulma dikkatli olarak hesaplanmalıdır (Şekil 2.4.e,f). Yapılarda düşey taşıyıcı elemanların özellikle mevcut yönetmelikten önce yapılmış yapılarda asansör, yangın merdiveni ve diğer bazı

düzenlemelerle yapının belli bir yerinde toplanması yapının burulma kriterlerini büyük olmasını sağlamaktadır (Şekil 2.4.g,h).



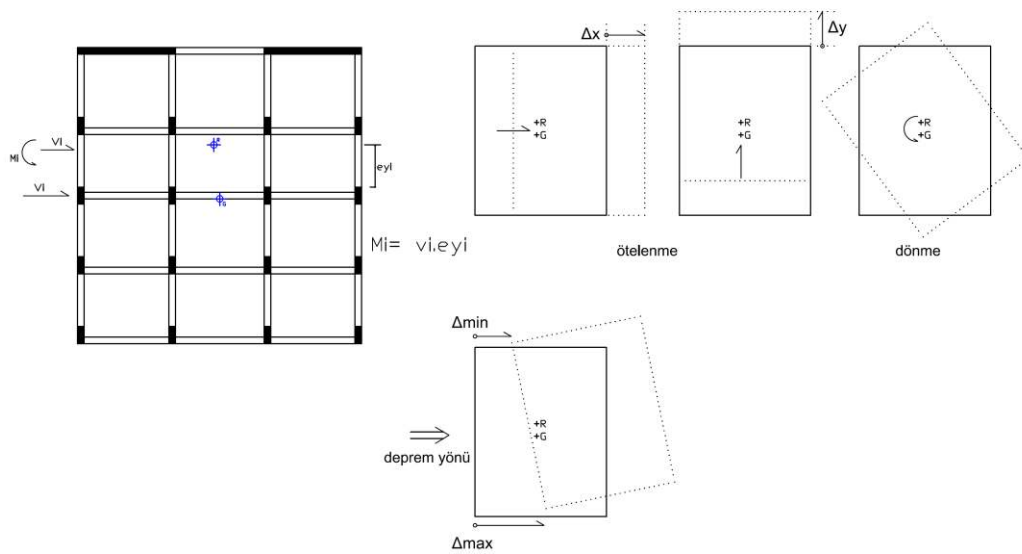
Şekil 2.4. Binada burulma düzensizliği oluşturan durumlar

Burulma momentleri, özellikle bina çevresine yakın kolonlara ve perdeler ek kesme kuvvetleri getirir. Simetrinin bozulması Şekil 2.5.a’da gösterildiği gibi taşıyıcı sistemden kaynaklanacağı gibi, hesapta dikkate alınmayan dolgu duvarlardan da kaynaklanabilir (Şekil 2.5.b) (Canbay vd 2008).



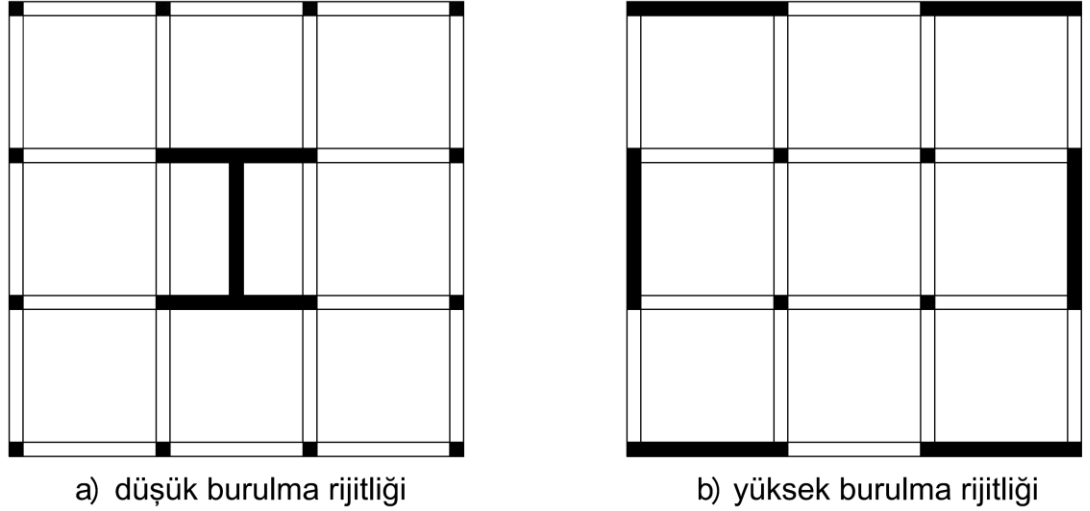
Şekil 2.5. Binada burulma düzensizliği oluşturan durumlar (Canbay vd 2008)

Yatay kuvvetlerin etkisiyle bir kat döşemesi alttaki kat döşemesine göre relatif olarak hareket eder. Eğer bu öteleme bina taşıyıcı sisteminin bir asal doğrultusunda tüm kat kolonlarında aynı doğrultuda ortaya çıkarsa, kat öteleme rijitliği kat kesme kuvvetleri ile orantılı olur. Bu durumda kattaki kolon kesme kuvvetlerinin bileşkesi R kat rijitlik merkezinden geçer. İki doğrultuda kat rijit ötelenmesi düşünülerek kat rijitlik merkezi bulunabilir. Planda kolonlar düzgün dağılmışsa rijitlik merkezi şeklin geometrik merkezine dolayısıyla G kütle merkezine yakın olur. Ancak, bina planda düzenli değilse, kolonlar ve perdeler planda simetrik düzende bulunmuyorsa, rijitlik merkezi rijit elemanlara doğru kayar ve Şekil 2.6’da gösterilen dışmerkez durumu ortaya çıkar (Celep ve Kumbasar 2004).



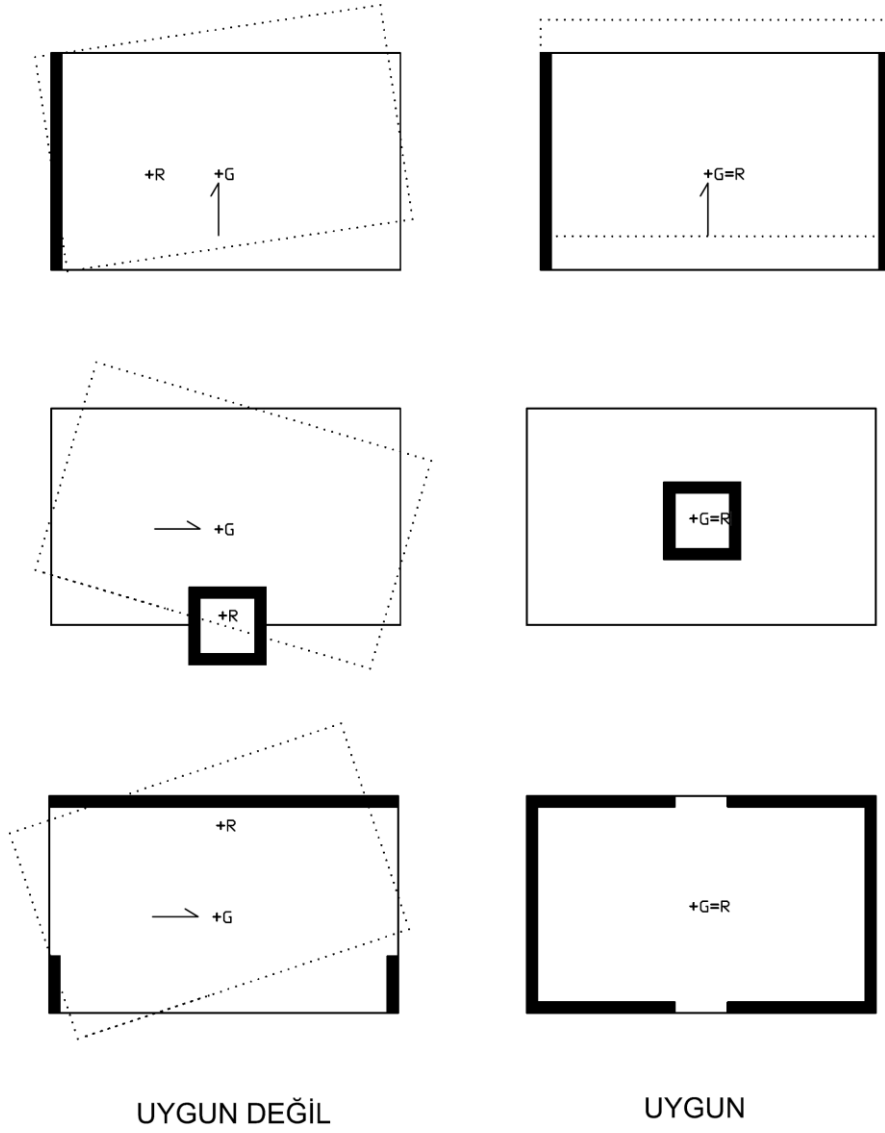
Şekil 2.6. Yatay yük altında yapının plandaki davranışı (Celep ve Kumbasar 2004).

Kütle merkezinde bulunan kat kesme kuvveti bu noktaya geçirildiğinde düşey eksen etrafında ilave bir burulma momenti oluşur. Bu da, binayı planda rijitlik merkezi etrafında döndürmeye çalışırken, kolonlarda ilave kesme kuvvetleri meydana getirir. Ek burulma momentinin etkisini azaltmak ve kat relatif yer değiştirmelerini sınırlandırmak bakımından kütle merkezi ile rijitlik merkezini birbirine yaklaştırmak uygundur. Ayrıca simetri olmaması durumunda oluşan burulma momentleri altında yapının davranışının sağlıklı olarak belirlenmesi zordur. Perdeler yeterli burulma rijitliği sağlanmalıdır. Bu amaçla perde duvarlar olabildiğince yapı planının dış çerçevesine ve simetrik yerleştirilmelidir.



Şekil 2.7. Yapının deprem davranışı bakımından plandaki durumu (Celep ve Kumbasar 2004).

Şekil 2.8’de gösterildiği gibi planda rijit kısımların bir tarafa toplanması rijitlik merkezi ile kütle merkezinin birbirinden uzaklaşmasına neden olacaktır. Perdelerin planda simetrik düzenlenmesi ile rijitlik merkezinin planda simetri merkezine yaklaşması sağlanır (Celep ve Kumbasar 2004).



Şekil 2.8. Perdeli yapıların deprem etkisi altındaki davranışı bakımından plandaki durumu (Celep ve Kumbasar 2004)

3. MATERİYAL VE METOT

3.1. Giriş

Mevcut betonarme binaların değerlendirilmesinde Deprem Yönetmeliği (2007) de doğrusal ve doğrusal olmayan iki yöntem tanımlanmaktadır. Bu yöntemlerden doğrusal olanı, yeni binaların tasarımında kullanılan yöntemin genişletilmiş olarak görülebilir. Yeni binalarda tüm taşıyıcı sistem için öngörülen tek bir R_a Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı, mevcut binada taşıyıcı eleman kesiti esasına bağlı olarak etki/kapasite (r) biçiminde hesaplanmakta ve öngörülen sınır değerleri ile karşılaştırılmaktadır. Bunun en önemli sebebi, mevcut taşıyıcı sistem elemanlarının sahip olduğu süneklik düzeyi farklılıklarıdır. Yeni binada süneklik düzeyinin bütün elemanlarda belirli bir seviyeye getirilmesi mümkünken, mevcut binada tespit edilen süneklik seviyesinin dikkate alınması gerekir.

Elastik ötesi davranışı temsil eden (r) katsayısı, yapı elemanına etki eden deprem etkisinin, yapı elemanının sahip olduğu kapasiteye oranını ifade etmektedir. Doğrusal yöntemde taşıyıcı sistem davranışı doğrusal kabul edilerek çözüm elde edilmesine rağmen, eleman bazında (r) katsayısının kullanılmasıyla sistemin elastik ötesi davranışı da göz önüne alınmış olmaktadır. (Aydınoğlu, vd 2007). Bu değerlendirme yönteminde çözüm işlemi daha kolay olup, doğrusal işlem yapan bilgisayar programlarından faydalanmak mümkündür (Sezer, vd 2007).

Yeni yapı tasarımında taşıyıcı sistemin elastik ötesi davranışı tek bir R_a deprem yüğü azaltma katsayısı ile göz önüne alınmaktadır. Doğrusal değerlendirme yöntemi bu kavramın genişletilmesi olup, öngörülen bir R_a deprem yüğü azaltma katsayısı kullanılarak incelemek yerine, mevcut binada öngörülen deprem etkisi altında talep edilen (r) değerini hesaplanarak bunun sağlanma ve oluşacak hasarın kabul edilme imkânının bulunup bulunmadığı araştırılmaktadır. Bu işlem, hesaplanan (r) katsayısının yönetmelikte verilen ($r_{sınır}$) değerleri ile karşılaştırılması şeklinde olmaktadır.

Yapı elemanlarının hasar sınırlarının belirlenmesi için kiriş, kolon ve perde elemanların kritik kesitlerini etki/kapasite oranları (r) cinsinden ifade eden sayısal değerler kullanılmaktadır. Yönetmelikte (r) katsayısının sınır değerleri, taşıyıcı yapı

elemanlarındaki normal kuvvet ve kesme kuvvet değerleri ile kesitte sargılama olup olmamasına ve binada kabul edilebilecek hasar seviyelerine bağlı olarak verilmiştir. (Uygun ve Celep 2007). Doğrusal elastik hesap yöntemi üç temel adımdan oluşmaktadır. İlk olarak ilgili yapının doğrusal elastik analizi yapılır. Hesap için eşdeğer deprem yükü yöntemi veya mod birleştirme yöntemi kullanılabilir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi 8 katlı ve yüksekliği 25 m'yi geçmeyen, burulma düzensizliği olmayan yapılara uygulanırken, modal analiz yöntemi ise herhangi bir kısıtlama yapılmadan tüm binalar için geçerlidir (DBYBHY 2007). İkinci adımda, yapısal elemanların beton dayanımı ve donatı miktarına göre kapasitesi bulunur. Son olarak da, yapı elemanlarının ve tüm yapının performans değerlendirilmesi yapılır.

Bu tez çalışmasında, deprem performansında yetersizlik görülen mevcut binalarda yapılacak olan herhangi bir sistem güçlendirme çalışması kapsamında, binaya ilave edilecek olan betonarme perde duvarların konumu ve miktarı hakkında temel tasarım ilkeleri uygulamalı olarak irdelenmiştir. Buna göre, örnek bir betonarme binanın perdeli ve perdesiz 12 durumunun Probina Orion bilgisayar programı ile DBYBHY 2007 uyarınca *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'ne göre analizi yapılmış ve binanın davranışındaki değişim incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara bakılarak örnek bina için uygun perde takviyeli durumlar belirlenmeye çalışılmıştır.

3.2. Binaların Probina Orion bilgisayar programı ile modellenmesi

Bu çalışma kapsamında ele alınan örnek bina, Probina Orion programı ile modellenerek deprem performans değerlendirmeleri yapılmıştır. Bu bilgisayar program, DBYBHY 2007'nin 7'nci bölümü uyarınca binaların performans analizini hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirebilme özelliğine sahiptir. Simetrik ve düzenli olarak seçilen örnek betonarme bina öncelikle perdesiz olarak modellenmiş ve analiz sonucu elde edilen bulgulara göre binanın 11 ayrı betonarme perde duvarlı durumu için analizler tekrarlanmıştır. Tüm durumlar için elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

4. SAYISAL UYGULAMALAR VE BULGULAR

4.1. Giriş

Bu bölümde, binalarda bulunan betonarme perdelerin konum yönünden bina deprem performansına olan etkisini belirleyebilmek amacıyla çeşitli örnek durumlar için analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerde, örnek bir betonarme binanın performans yetersizliği bulunan 4 adet durumu için (Durum 1, 5, 7, 10), 8 adet perde takviyeli durum (Durum 2, 3, 4, 6, 8, 9, 11, 12) belirlenmiş ve DBYBHY 2007'ye göre eşdeğer deprem yükü yöntemi ile deprem performansına bakılmıştır. Her duruma ait eşdeğer çerçeve modelleri PROBİNA ORİON yapı analiz programıyla oluşturulmuş ve analiz sonucu elde edilen bulgular grafik ve tablo halinde karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Bu tez çalışmasında yapılan analizler, binanın birbirine dik olan dört adet $\pm X$ ve $\pm Y$ doğrultuları için gerçekleştirilmiştir. Ancak elde edilen sonuçlar, şekiller ve çizelgeler halinde yalnız, binanın en elverişsiz doğrultusu olan $+Y$ yönü için sunulmuştur. Örnek binaya ait çeşitli geometrik ve malzeme özellikleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir ve binada kullanılan kesit tipleri Şekil 4.1'de yer almaktadır.

- **Beton sınıfı:** C25
- **Donatı sınıfı:** S420
- **Döşeme kalınlığı:** 15 cm
- **Döşeme öz ağırlık:** Normal katlar $g=0.375 \text{ t/m}^2$, çatı katı $g=0.375 \text{ t/m}^2$
- **Döşeme sabit yükleri:** Normal katlar $g=0.350 \text{ t/m}^2$, çatı katı $g = 0$
- **Döşeme hareketli yükleri:** Normal katlar $q=0.200 \text{ t/m}^2$, çatı katı $q=0.150 \text{ t/m}^2$
- **İç duvarlar:** 10 cm tuğla duvar
- **Dış duvarlar:** 20 cm tuğla duvar
- **Bina bilgileri:**
 - Normal kat sayısı: 5
 - Bodrum kat sayısı: -
 - Bina önem katsayısı: $I=1.0$ (DBYBHY 2007, Madde 7.4.2)
 - Taşıyıcı sistem: Yerinde dökme betonarme çerçeveli sistem
- **Deprem bilgileri:**
 - Deprem bölgesi: 1
 - Etkin yer ivme katsayısı: $A_0 = 0.4$

Yerel zemin sınıfı: Z2 (Spek. karakteristik periyotları: $T_A = 0.15$ s ; $T_B = 0.40$ s)

Hareketli yük katılım katsayısı: $n = 0.3$

50 yılda olma olasılığı %2 olan deprem

- **Performans bilgisi:**

Can Güvenliği Performans Düzeyi

Kolonlar ve Kirişler; sargısız

Perdeler; sargılı

- **Kiriş boyutları ve donatısı:** $b = 25$ cm, $h = 50$ cm

Boyuna donatı; $2\Phi 16$ üstte, $2\Phi 16$ pilye, $2\Phi 16$ altta

Etriye; $\Phi 8/20$ açıklıkta, $\Phi 8/15$ sıklaştırma bölgesinde

- **Kolon boyutları ve donatısı:** $b = 40$ cm, $h = 40$ cm

Boyuna donatı; $8\Phi 16$ (%1 minimum donatı)

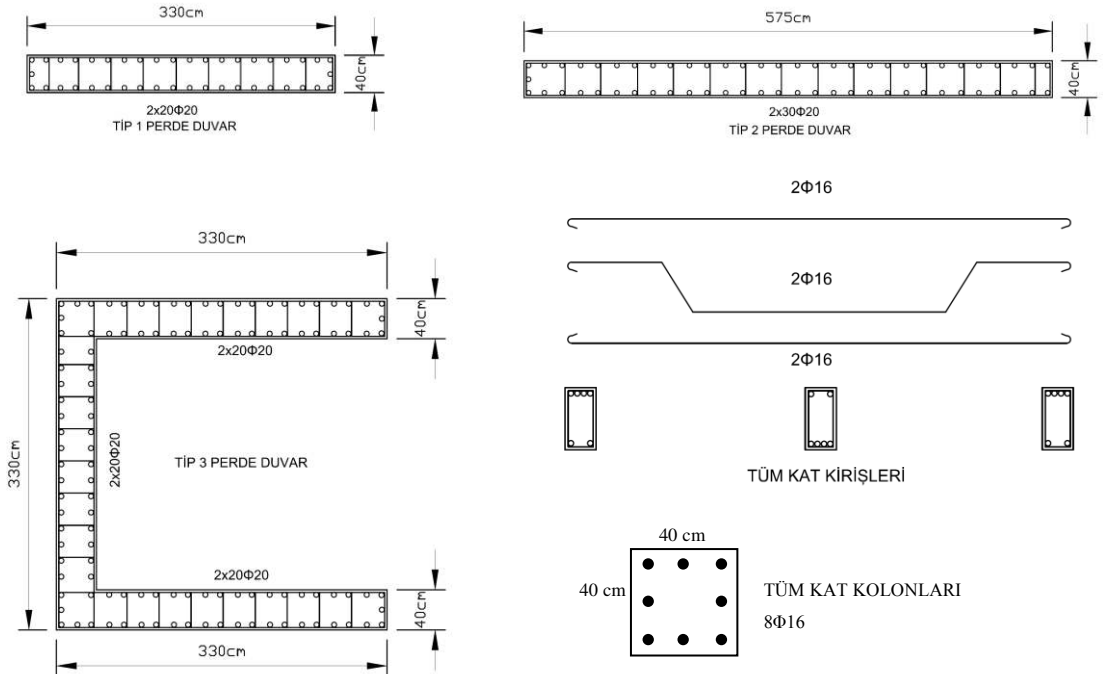
Etriye; $\Phi 8/20$ açıklıkta, $\Phi 8/15$ sıklaştırma bölgesinde

- **Perde boyutları ve donatısı:**

Tip 1: $b = 40$ cm, $h = 330$ cm, $2 \times 20\Phi 20$

Tip 2: $b = 40$ cm, $h = 575$ cm, $2 \times 30\Phi 20$

Tip 3: $b = 40$ cm, $h = 330$ cm (her bir kolu), $2 \times 20\Phi 20$ (her bir kolu)



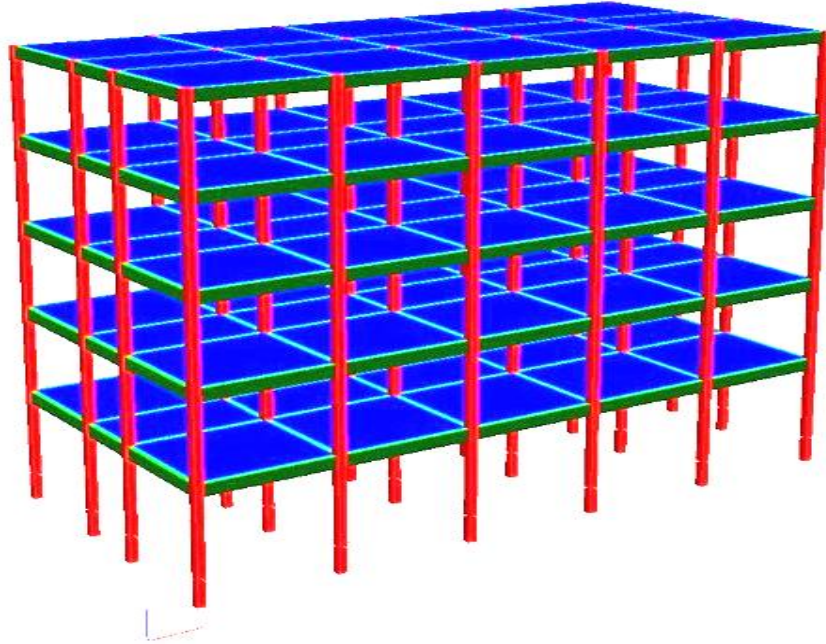
Şekil 4.1. Örnek binada kullanılan eleman detayları

4.2. Örnek Binada İncelenen Durumları

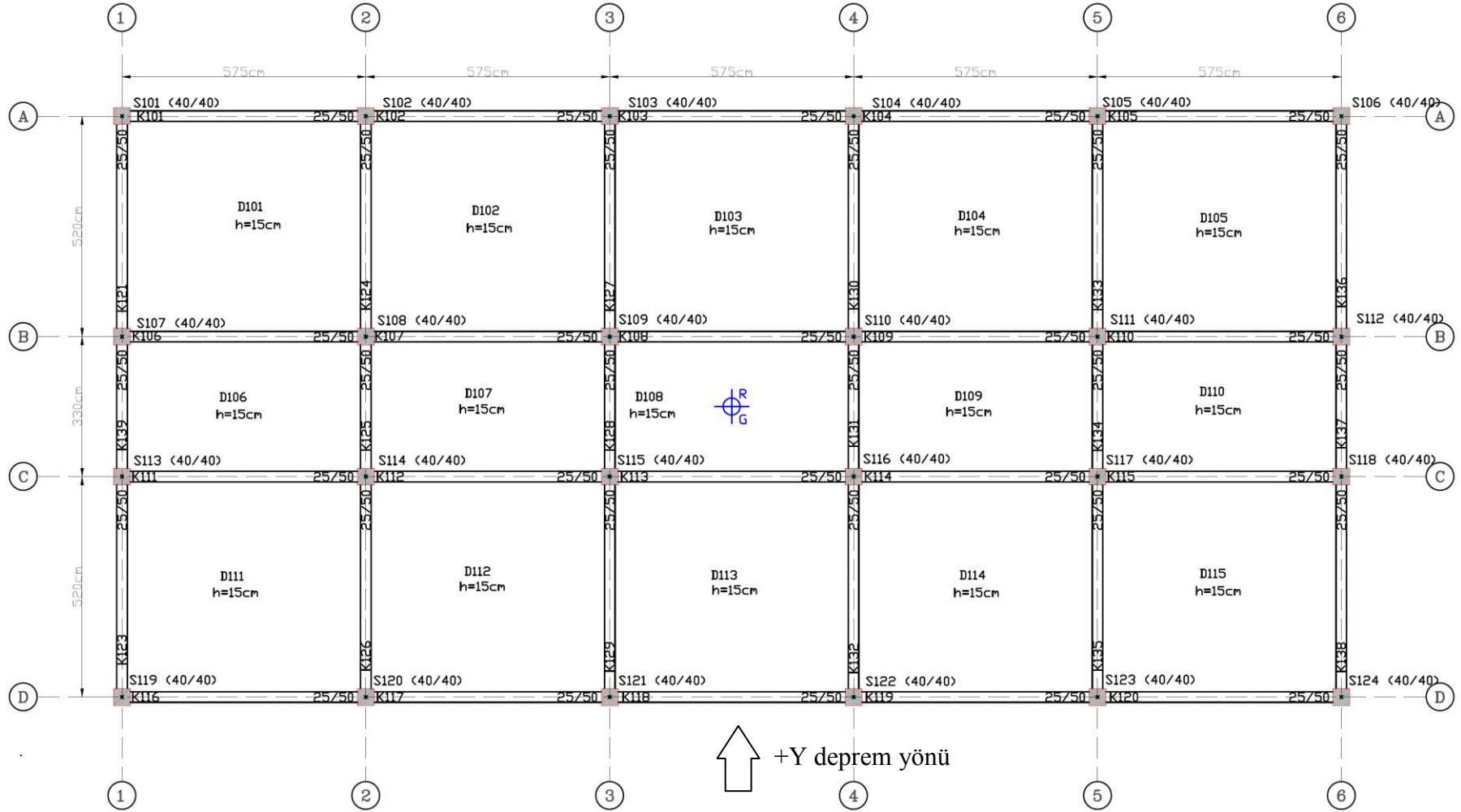
Binaya ait toplam 12 adet durum ayrı ayrı olarak "Can Güvenliği Performans Düzeyi" için kontrol edilmiştir. Bu performans seviyesine göre, uygulanan her bir deprem doğrultusunda, her kat için ayrı olmak üzere kirişlerin en fazla %30'u *İleri Hasar Bölgesi*'ne (GV ve GÇ arası) geçebilir. Kolonlarda ise; her katta ayrı olmak üzere, *İleri Hasar Bölgesi*'ndeki kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri toplamı, o kat kolonlarındaki toplam kesme kuvvetinin %20'sinden az olmalıdır. Özel olarak bu sınır en üst kat kolonları için %40'tır. Diğer taşıyıcı elemanların tümü *Minimum Hasar Bölgesi* (MN altı) veya *Belirgin Hasar Bölgesi*'ndedir (MN ve GV arası). Bu kapsamda her bir duruma ait elde edilen bulgular, grafikler ve çizelgeler halinde sunulmuştur.

4.2.1. Durum 1 (Perdesiz durum)

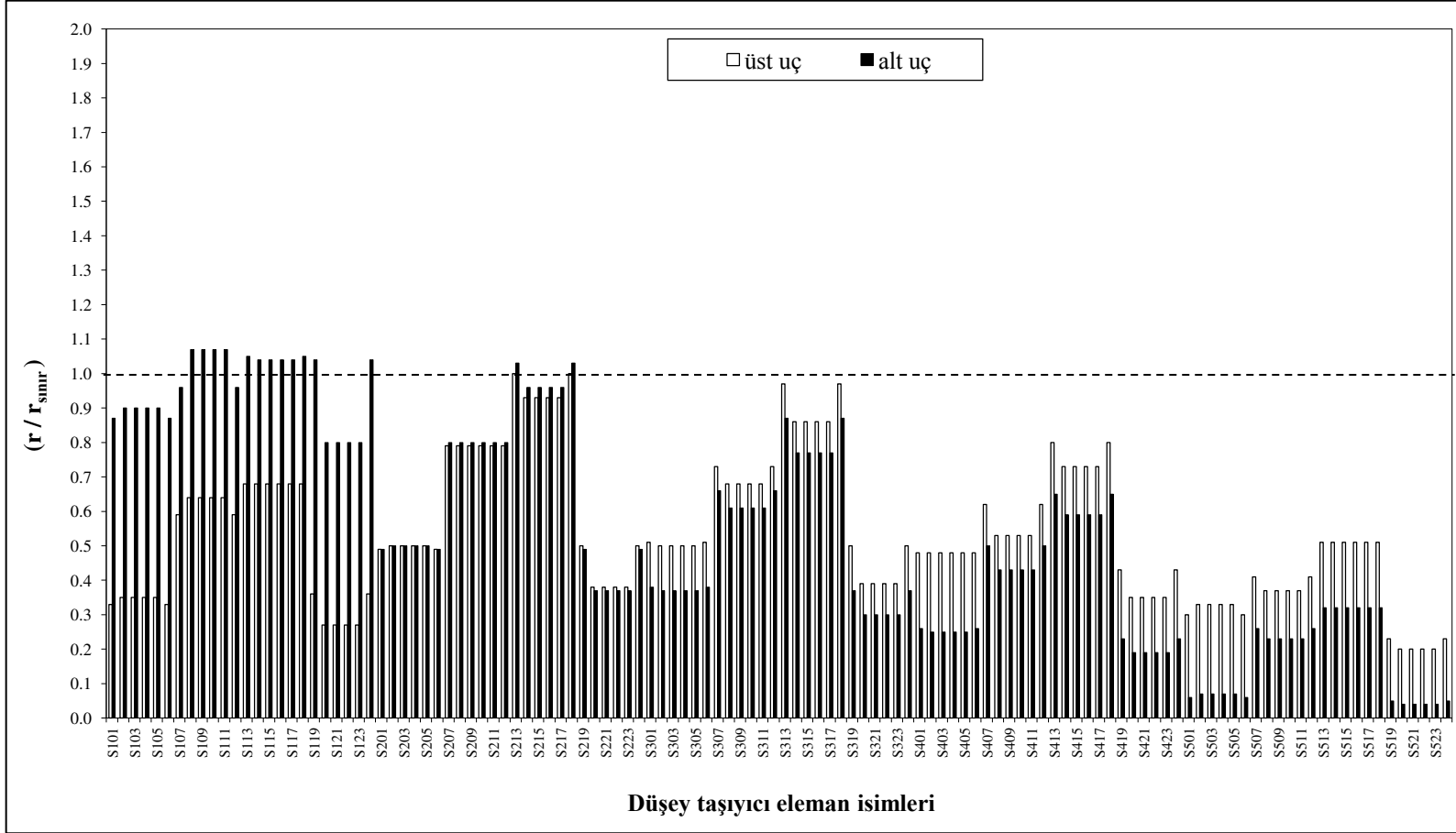
Üç boyutlu görünümü Şekil 4.2'de ve normal kat planı Şekil 4.3'te verilen örnek binanın deprem performans analizi öncelikle perdesiz durum için gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda yatay ve düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite (r) oranları DBYBHY 2007 performans sınırları ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te grafik olarak verilmiştir.



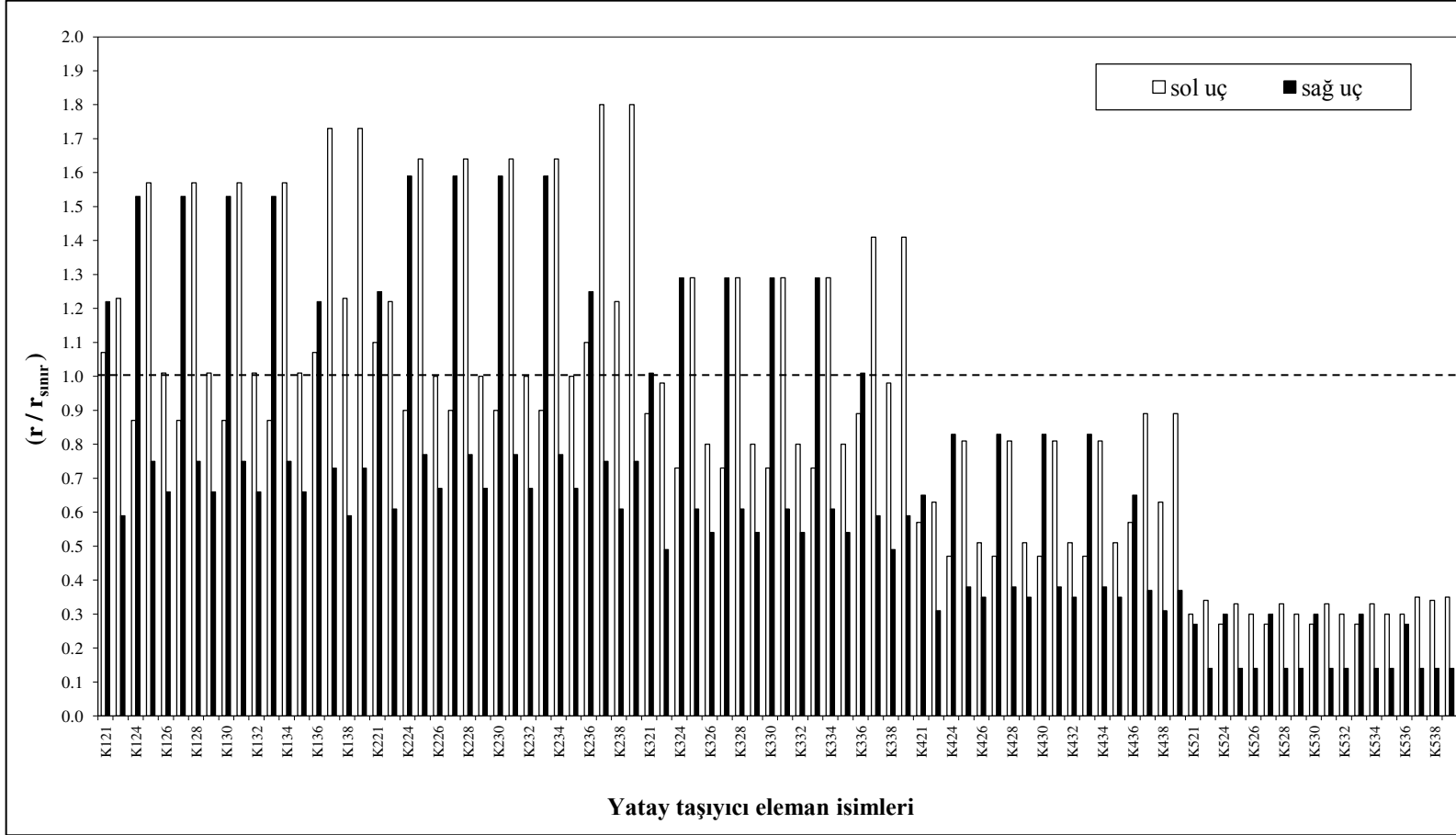
Şekil 4.2. Binanın perdesiz durumuna ait üç boyutlu model (Durum 1)



Şekil 4.3. Bina'nın perdesiz durumuna ait normal kat planı (Durum 1)



Şekil 4.4. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 1)



Şekil 4.5. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 1)

*Can Güvenliği Performans Düzeyi'*ne göre kontrol edilen binada örnek durum için kolon ve kirişlerin öngörülen performans limitlerini sağlayıp sağlamadığını gösterebilmek amacıyla Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.1. Durum 1'de düşey elemanların (kolonlar ve perdeler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	V toplam (t)	V sağlamayan (t)	Sağlamayan V yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	24	12	603.448	336.149	55.7	> 20.00 !
2	24	2	559.201	62.581	11.19	< 20.00
3	24	0	470.707	0	0	< 20.00
4	24	0	337.967	0	0	< 20.00
5	24	0	160.98	0	0	< 40.00

Çizelge 4.1'e bakıldığında 1'inci kat kolonlarının öngörülen performans limitini aştığı görülmektedir. Bu durumda, düşey taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağlamadığı söylenebilir.

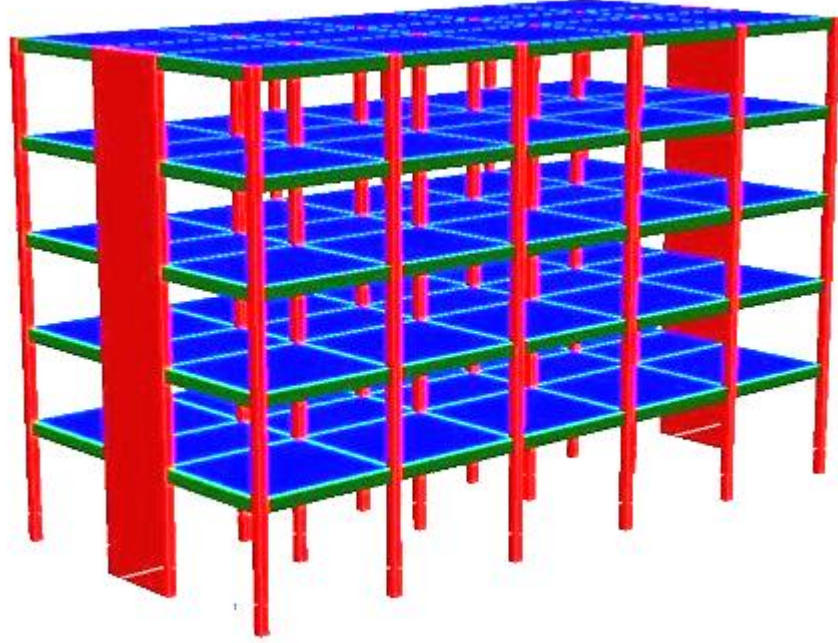
Çizelge 4.2. Durum 1'de yatay elemanların (kirişler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	Sağlamayan eleman yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	18	18	100	> 30.00 !
2	18	14	77.78	> 30.00 !
3	18	12	66.67	> 30.00 !
4	18	0	0	< 30.00
5	18	0	0	< 30.00

Çizelge 4.2'ye bakıldığında 1'inci, 2'nci ve 3'üncü kat kirişlerinin öngörülen performans limitini aştığı görülmektedir. Bu durumda, yatay taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağlamadığı söylenebilir.

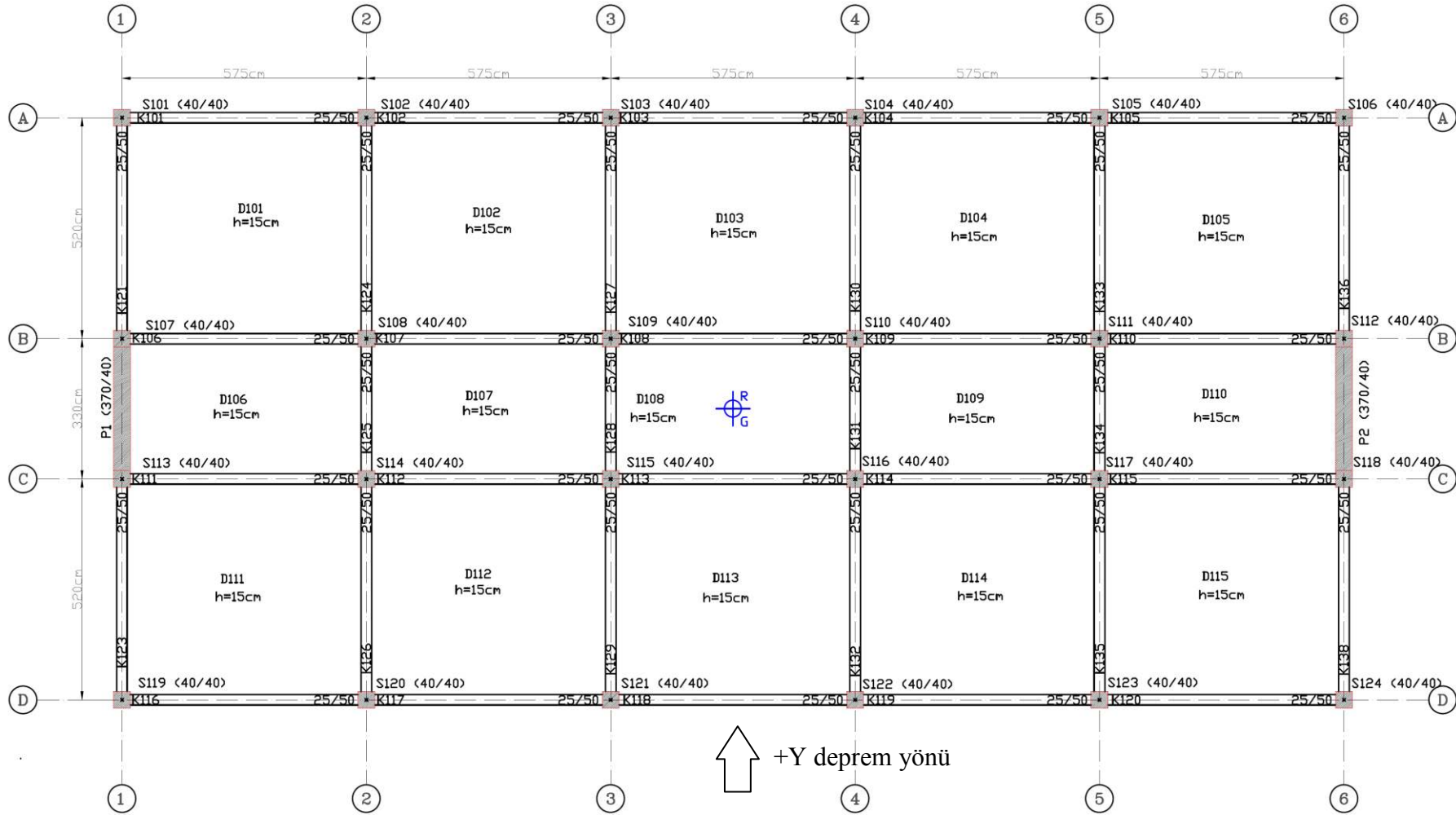
4.2.2. Durum 2

Üç boyutlu görünümü Şekil 4.6'da ve normal kat planı Şekil 4.7'de verilen örnek binanın deprem performans analizi, Y yönünde simetrik yerleştirilmiş iki adet perdeli durum için gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda yatay ve düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite (r) oranları DBYBHY 2007 performans sınırları ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da grafik olarak verilmiştir.

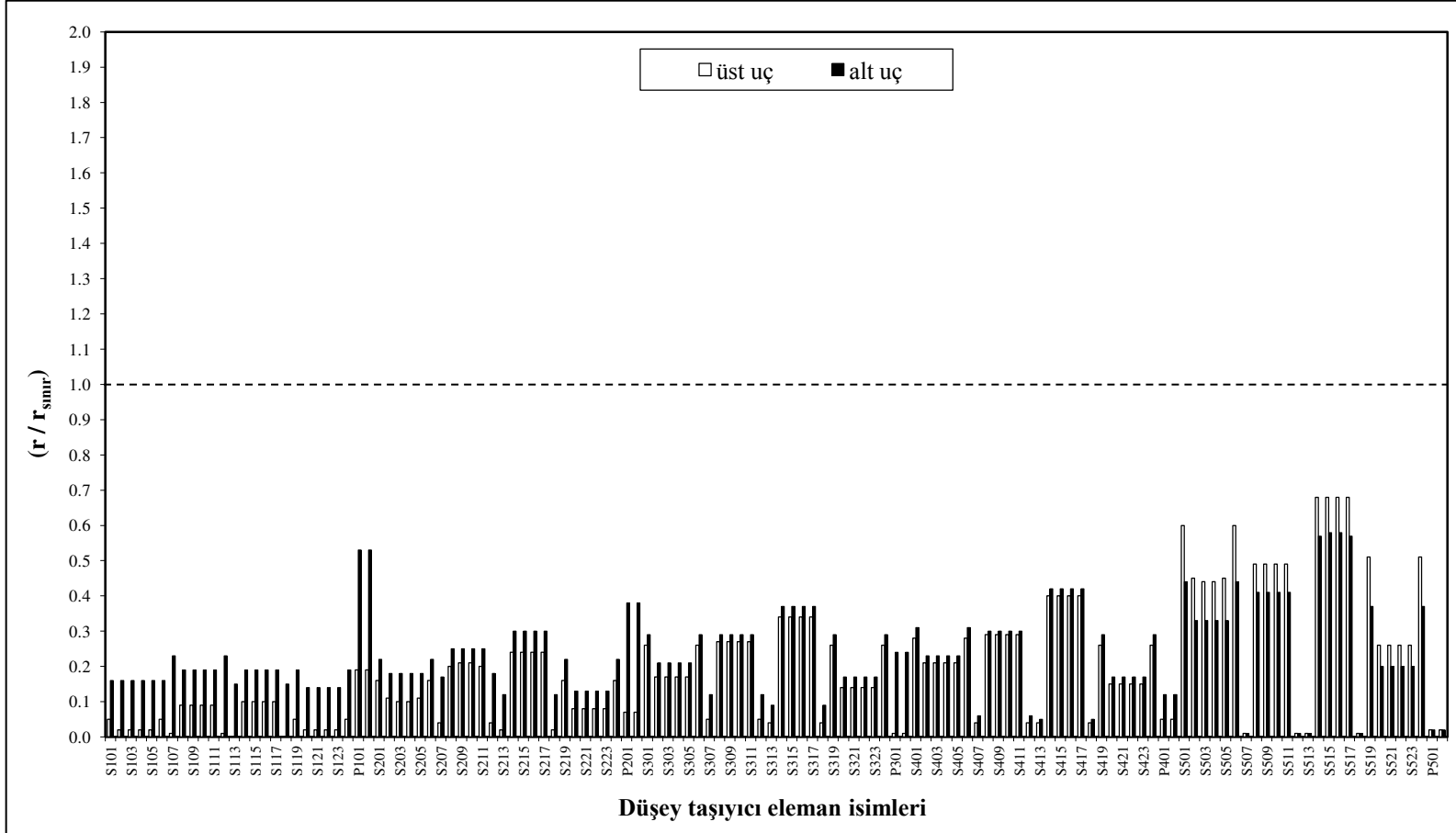


Şekil 4.6. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 2)

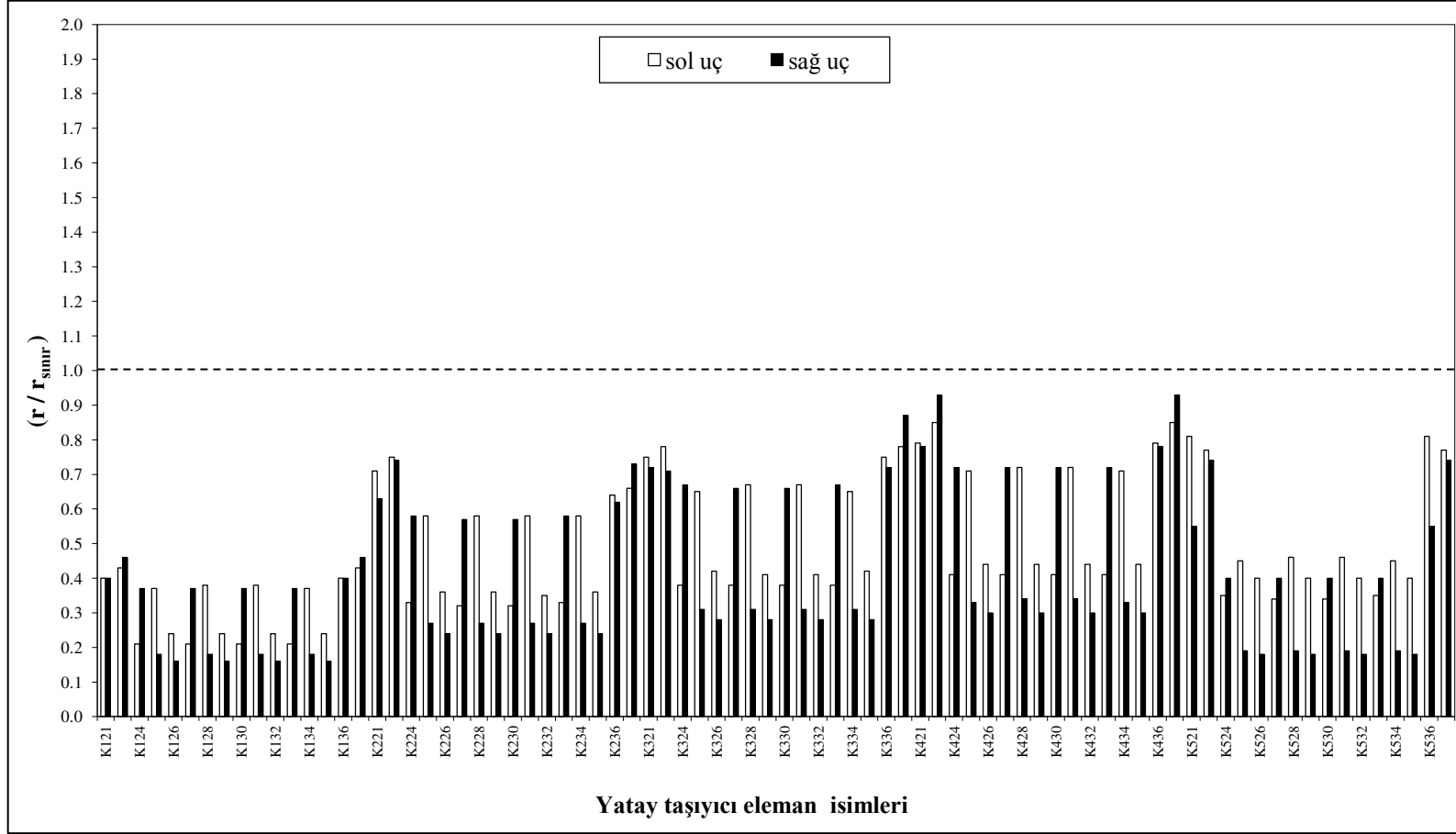
Örnek binaya ilave edilen betonarme perdelerin kalınlığı 40 cm olarak seçilmiş olup C-B aksları arasında 1 ve 6 aksları üzerine yerleştirilmiş ve tüm katlar boyunca devam edecek şekilde modellenmiştir. Malzeme olarak, kolon ve kirişlerle uyumlu olacak şekilde, C25 beton ve S420 donatı sınıfı seçilmiştir. Donatı düzenlenmesi başlıksız perde şeklinde gerçekleştirilmiş ve her bir perde elemanında $2 \times 20\Phi 20$ donatı varlığı dikkate alınmıştır.



Şekil 4.7. Bina'nın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 2)



Şekil 4.8. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 2)



*Can Güvenliği Performans Düzeyi'*ne göre kontrol edilen binada örnek durum için kolon ve kirişlerin öngörülen performans limitlerini sağlayıp sağlamadığını gösterebilmek amacıyla Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.3. Durum 2'de düşey elemanların (kolonlar ve perdeler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	V toplam (t)	V sağlamayan (t)	Sağlamayan V yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	26	0	1234.218	0	0	< 20.00
2	26	0	1144.483	0	0	< 20.00
3	26	0	965.013	0	0	< 20.00
4	26	0	695.808	0	0	< 20.00
5	26	0	336.868	0	0	< 40.00

Çizelge 4.3'e bakıldığında tüm kat kolonlarının öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, düşey taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı söylenebilir.

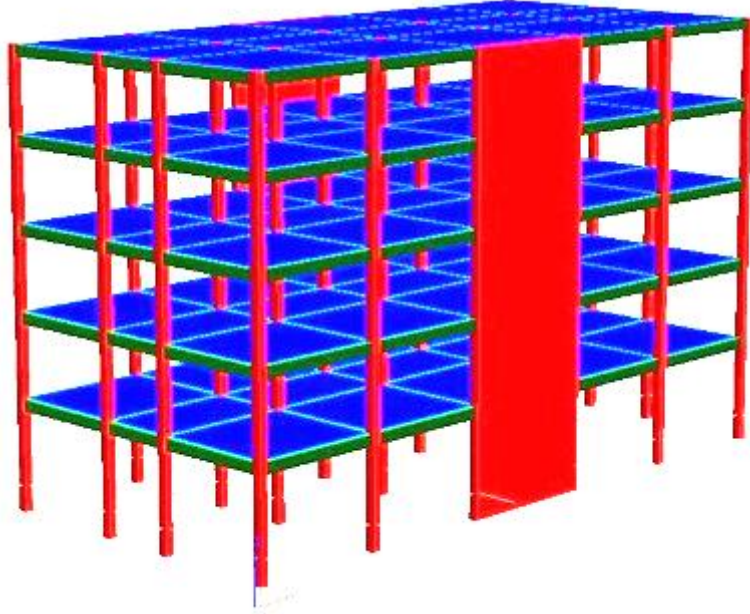
Çizelge 4.4. Durum 2'de yatay elemanların (kirişler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	Sağlamayan eleman yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	16	0	0	< 30.00
2	16	0	0	< 30.00
3	16	0	0	< 30.00
4	16	0	0	< 30.00
5	16	0	0	< 30.00

Çizelge 4.4'e bakıldığında tüm kat kirişlerinin öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, yatay taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı söylenebilir.

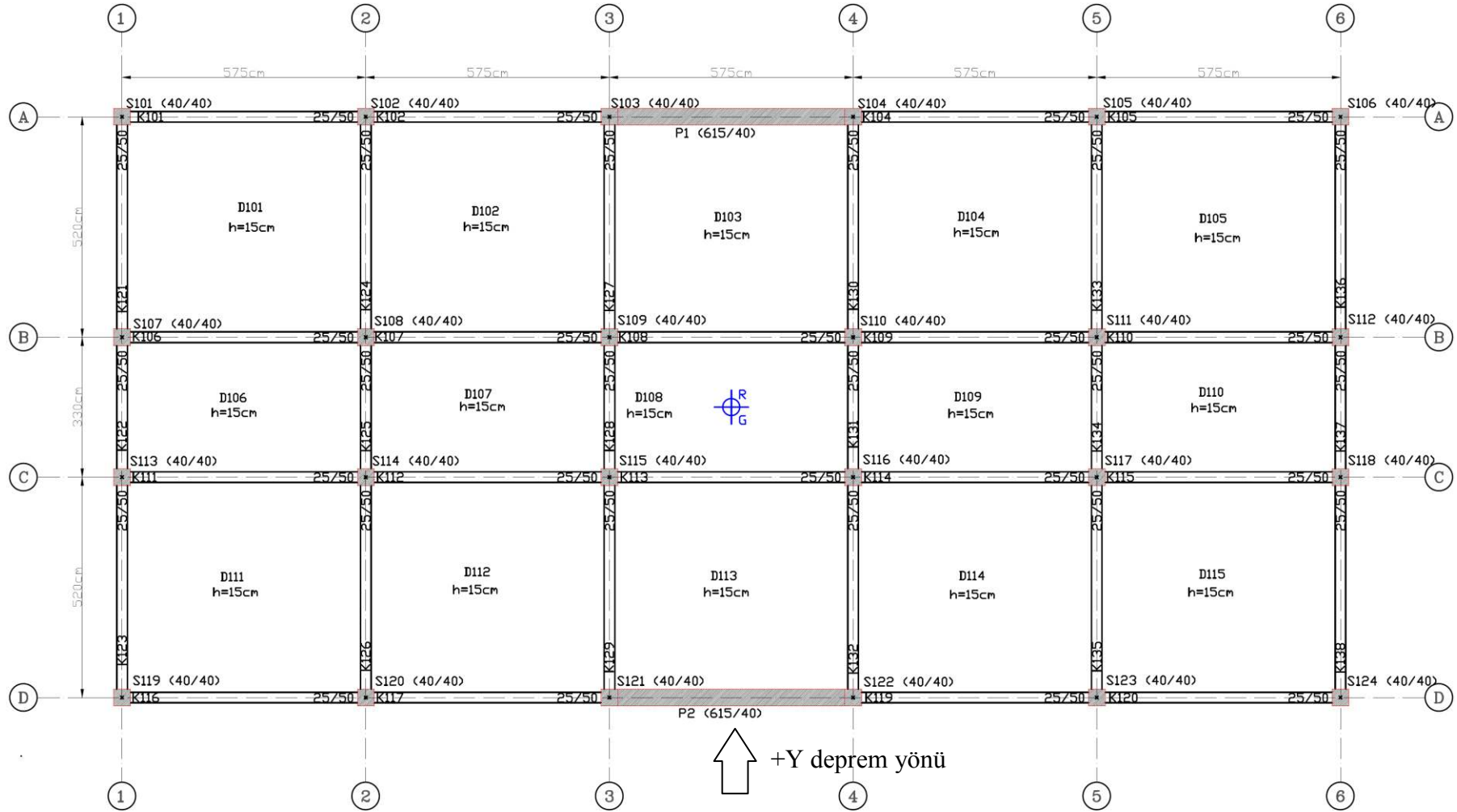
4.2.3. Durum 3

Üç boyutlu görünümü Şekil 4.10'da ve normal kat planı Şekil 4.11'de verilen örnek binanın deprem performans analizi, X yönünde simetrik yerleştirilmiş iki adet perdeli durum için gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda yatay ve düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite (r) oranları DBYBHY 2007 performans sınırları ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te grafik olarak verilmiştir.

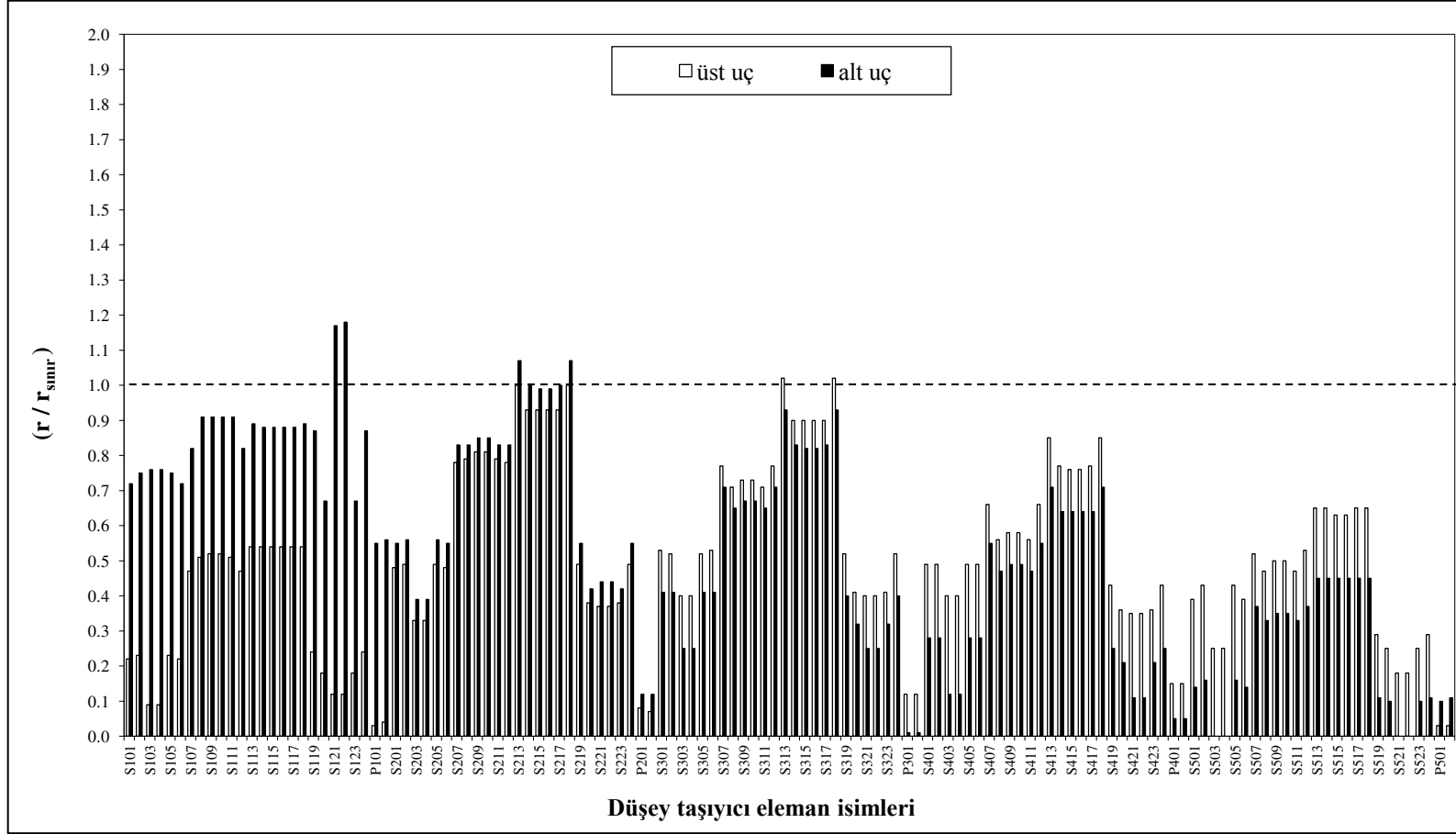


Şekil 4.10. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 3)

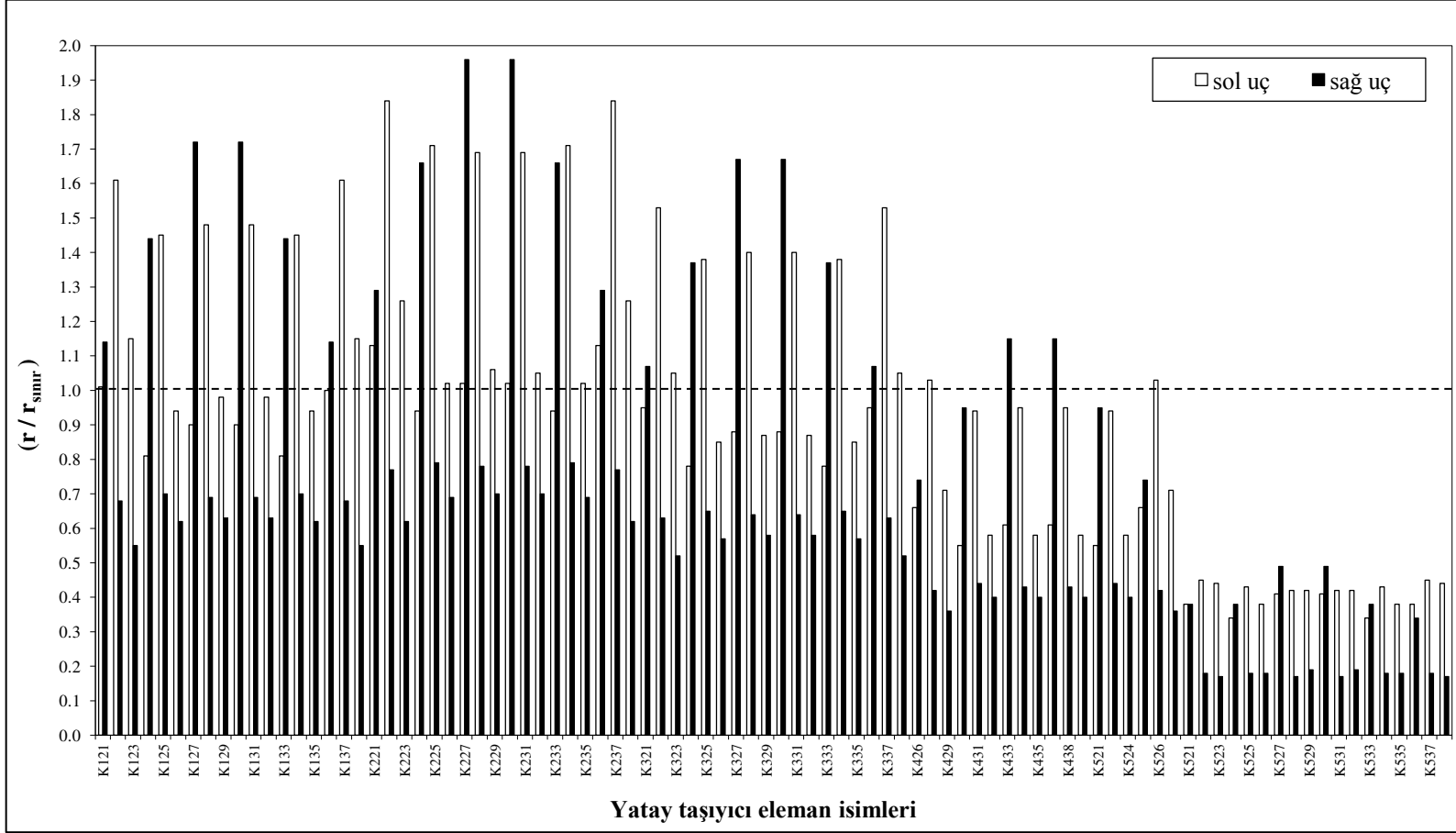
Örnek binaya ilave edilen betonarme perdelerin kalınlığı 40 cm olarak seçilmiş olup 3-4 aksları arasında A ve D aksları üzerine yerleştirilmiş ve tüm katlar boyunca devam edecek şekilde modellenmiştir. Malzeme olarak, kolon ve kirişlerle uyumlu olacak şekilde, C25 beton ve S420 donatı sınıfı seçilmiştir. Donatı düzenlenmesi başlıksız perde şeklinde gerçekleştirilmiş ve her bir perde elemanında $2 \times 30 \Phi 20$ donatı varlığı dikkate alınmıştır.



Şekil 4.11. Bina'nın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 3)



Şekil 4.12. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 3)



Şekil 4.13. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 3)

*Can Güvenliği Performans Düzeyi'*ne göre kontrol edilen binada örnek durum için kolon ve kirişlerin öngörülen performans limitlerini sağlayıp sağlamadığını gösterebilmek amacıyla Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.5. Durum 3'te düşey elemanların (kolonlar ve perdeler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	V toplam (t)	V sağlamayan (t)	Sağlamayan V yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	26	2	666.234	25.724	3.86	< 20.00
2	26	2	618.039	63.611	10.29	< 20.00
3	26	2	521.649	55.577	10.65	< 20.00
4	26	0	377.064	0	0	< 20.00
5	26	0	184.285	0	0	< 40.00

Çizelge 4.5'e bakıldığında tüm kat kolonlarının öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, düşey taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı söylenebilir.

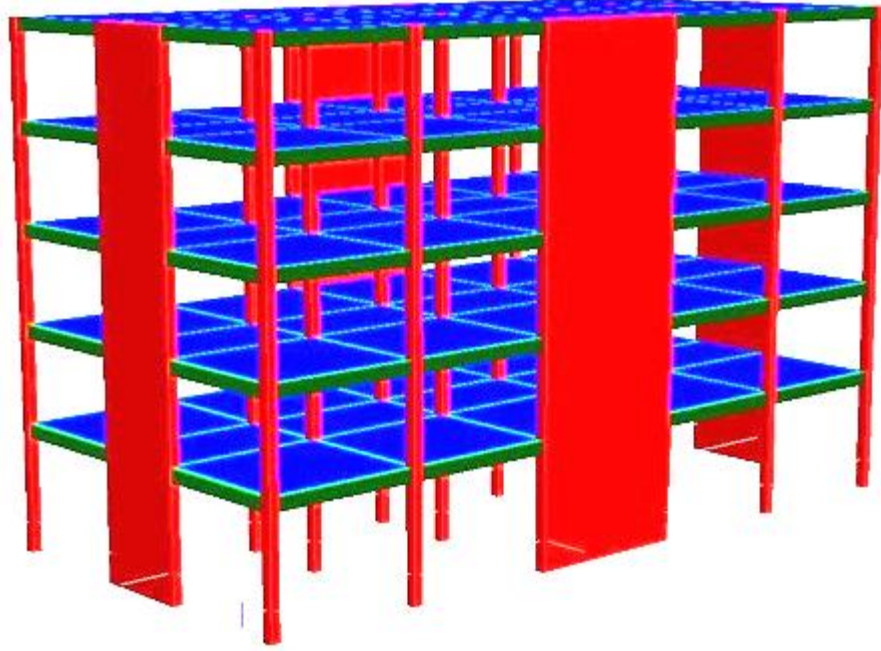
Çizelge 4.6. Durum 3'te yatay elemanların (kirişler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	Sağlamayan eleman yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	18	14	77.78	> 30.00 !
2	18	18	100	> 30.00 !
3	18	14	77.78	> 30.00 !
4	18	4	22.22	< 30.00
5	18	0	0	< 30.00

Çizelge 4.6'ya bakıldığında 1'inci, 2'nci ve 3'üncü kat kirişlerinin öngörülen performans limitini aştığı görülmektedir. Bu durumda, yatay taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağlamadığı söylenebilir.

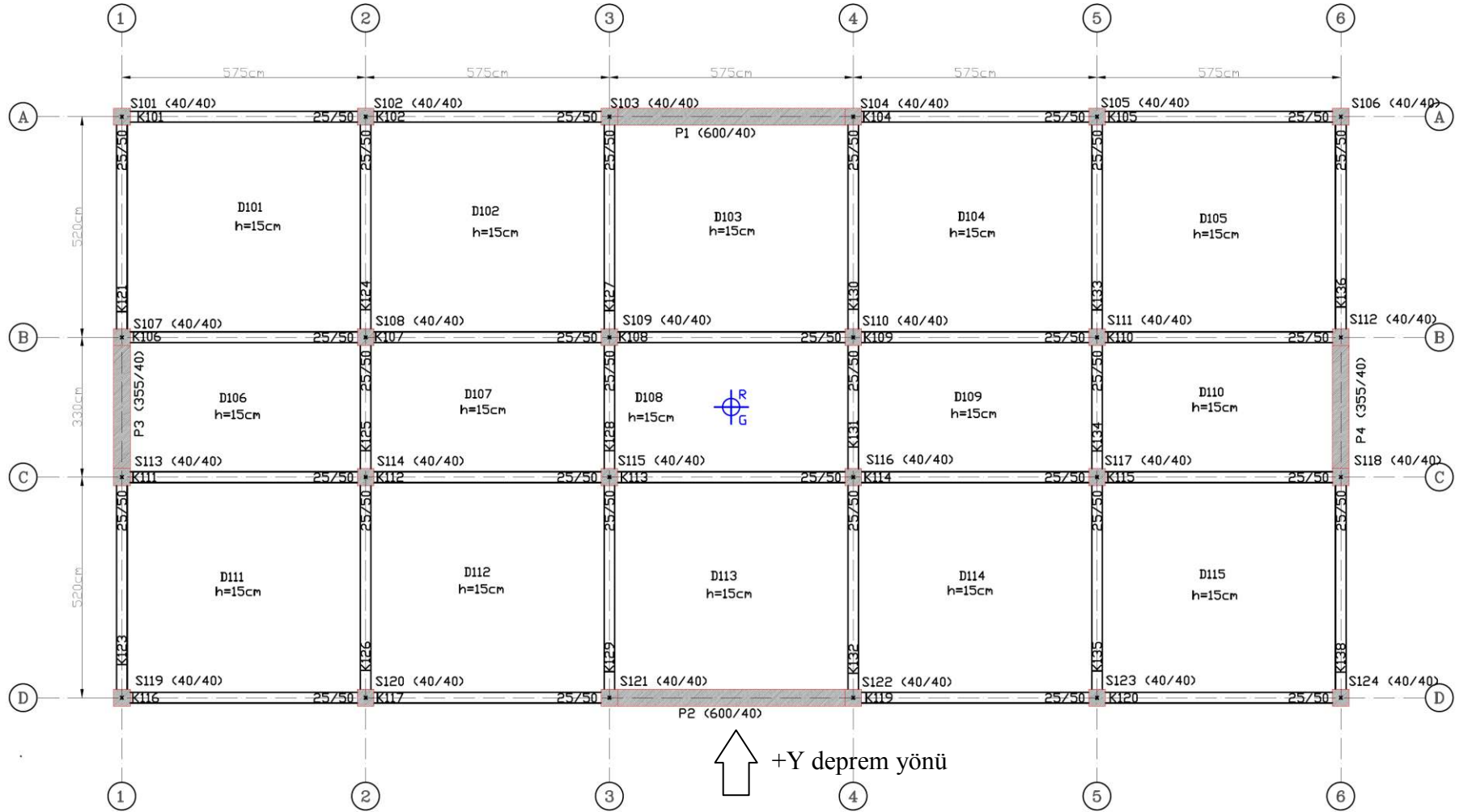
4.2.4. Durum 4

Üç boyutlu görünümü Şekil 4.14'te ve normal kat planı Şekil 4.15'te verilen örnek binanın deprem performans analizi, X ve Y yönünde simetrik yerleştirilmiş dört adet perdeli durum için gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda yatay ve düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite (r) oranları DBYBHY 2007 performans sınırları ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.16 ve Şekil 4.17'de grafik olarak verilmiştir.

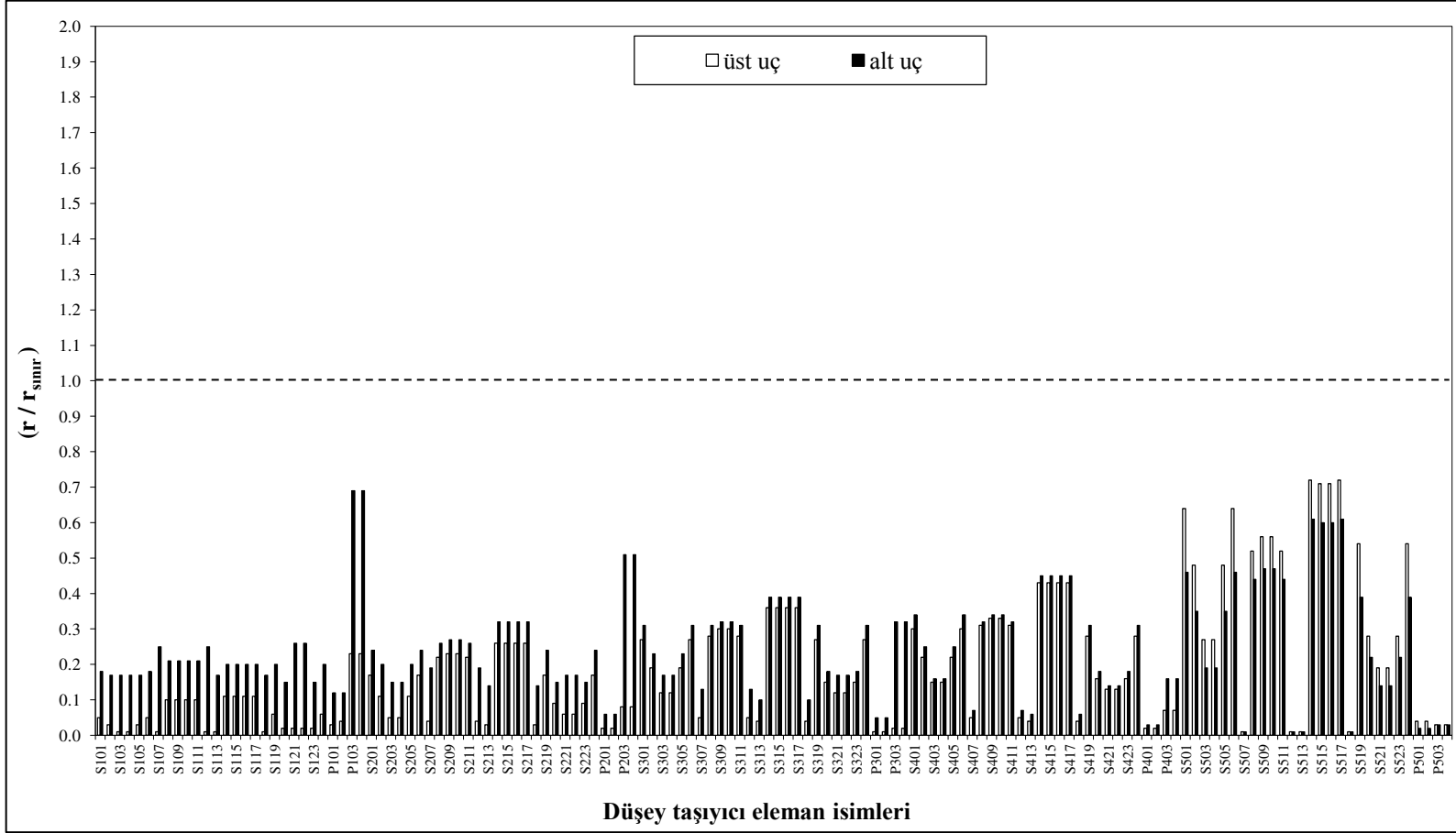


Şekil 4.14. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 4)

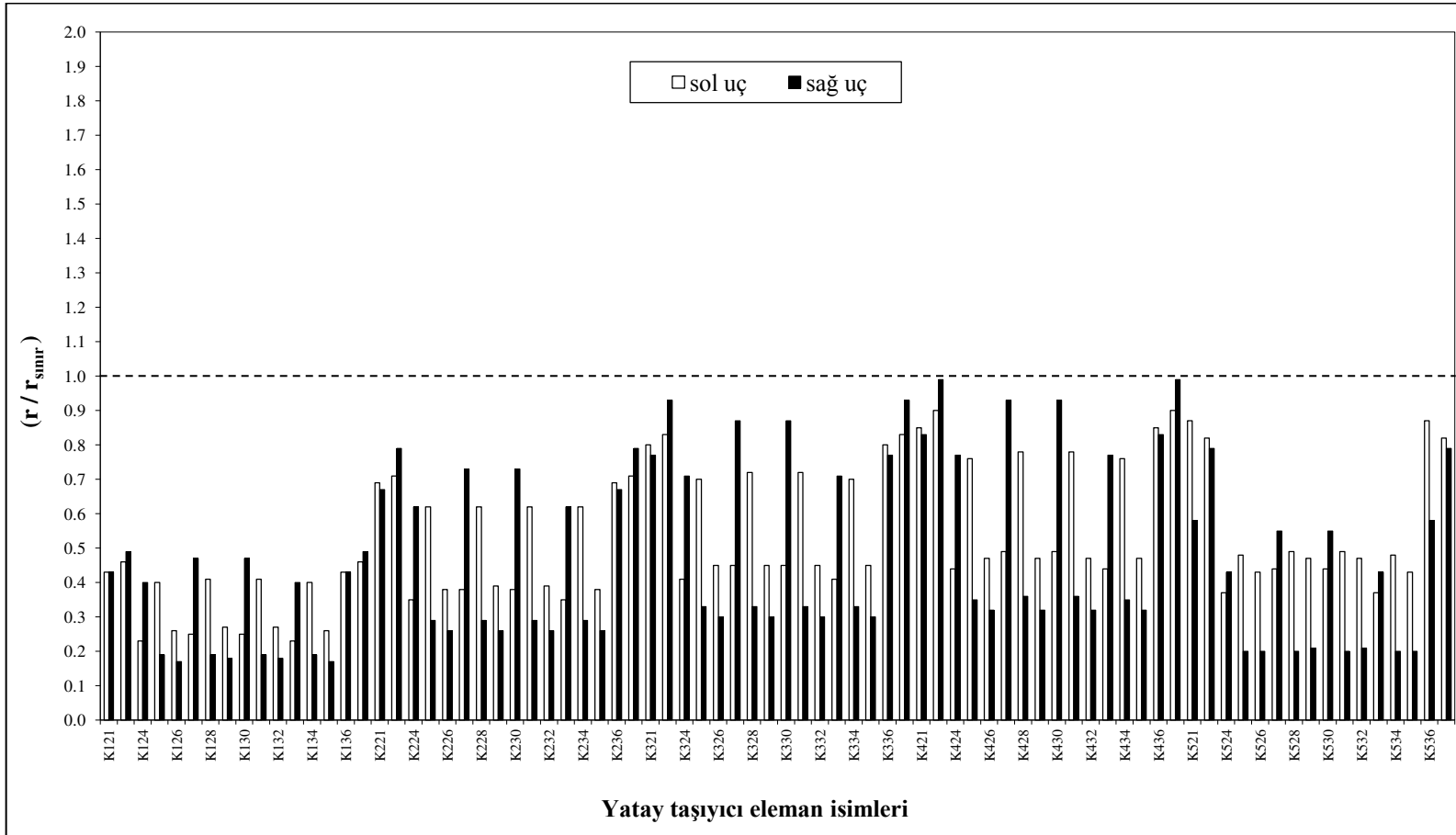
Örnek binaya ilave edilen betonarme perdelerin kalınlığı 40 cm olarak seçilmiş olup C-B aksları arasında 1 ve 6 aksları üzerine ve 3-4 aksları arasında A ve D aksları üzerine yerleştirilmiş ve tüm katlar boyunca devam edecek şekilde modellenmiştir. Malzeme olarak, kolon ve kirişlerle uyumlu olacak şekilde, C25 beton ve S420 donatı sınıfı seçilmiştir. Donatı düzenlenmesi başlıksız perde şeklinde gerçekleştirilmiş ve Y yönündeki her bir perde elemanında $2 \times 20\Phi 20$ donatı varlığı dikkate alınmıştır. X yönündeki perdeler ise $2 \times 30\Phi 20$ donatı yerleştirilmiştir.



Şekil 4.15. Bina'nın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 4)



Şekil 4.16. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 4)



Şekil 4.17. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 4)

*Can Güvenliği Performans Düzeyi'*ne göre kontrol edilen binada örnek durum için kolon ve kirişlerin öngörülen performans limitlerini sağlayıp sağlamadığını gösterebilmek amacıyla Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.7. Durum 4'te düşey elemanların (kolonlar ve perdeler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	V toplam (t)	V sağlamayan (t)	Sağlamayan V yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	28	0	1278.035	0	0	< 20.00
2	28	0	1186.176	0	0	< 20.00
3	28	0	1002.457	0	0	< 20.00
4	28	0	726.88	0	0	< 20.00
5	28	0	359.442	0	0	< 40.00

Çizelge 4.7'ye bakıldığında tüm kat kolonlarının öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, düşey taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı söylenebilir.

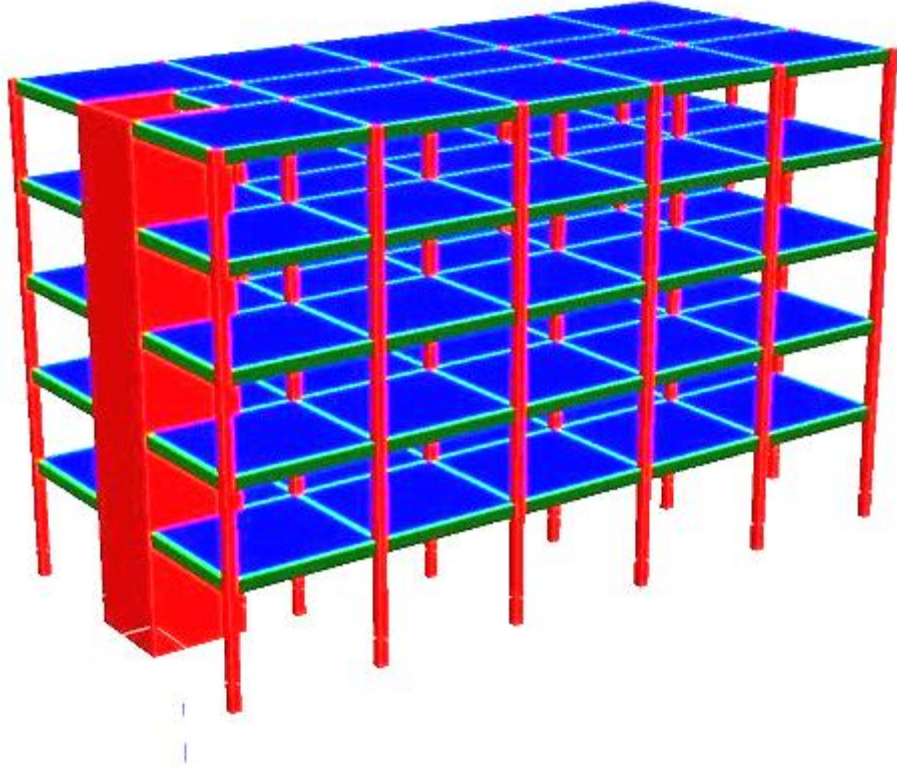
Çizelge 4.8. Durum 4'te yatay elemanların (kirişler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	Sağlamayan eleman yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	16	0	0	< 30.00
2	16	0	0	< 30.00
3	16	0	0	< 30.00
4	16	0	0	< 30.00
5	16	0	0	< 30.00

Çizelge 4.8'e bakıldığında tüm kat kirişlerinin öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, yatay taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı söylenebilir.

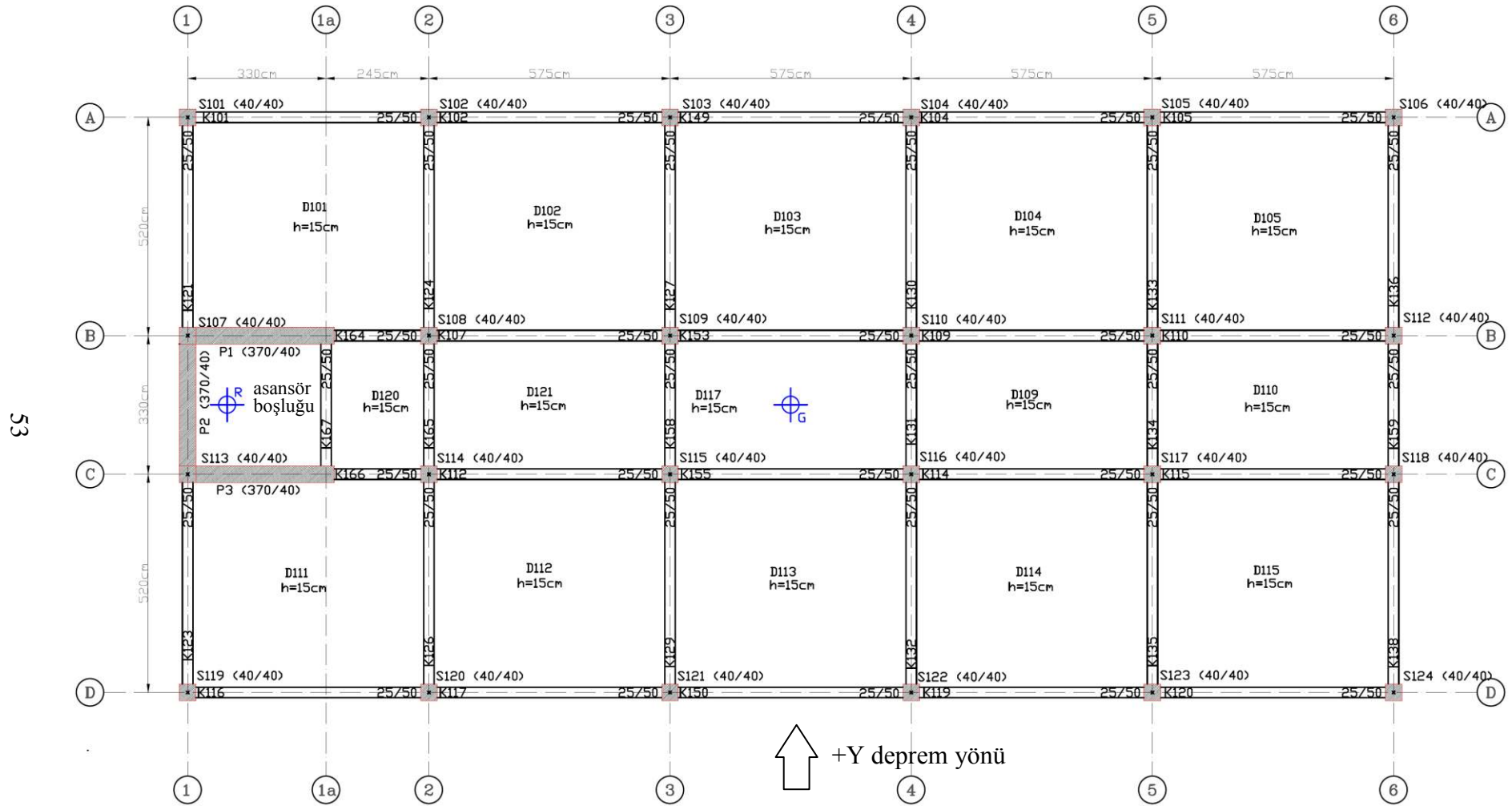
4.2.5. Durum 5

Üç boyutlu görünümü Şekil 4.18'de ve normal kat planı Şekil 4.19'da verilen örnek binanın deprem performans analizi, bir adet şaft tipi perdeli durum için gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda yatay ve düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite (r) oranları DBYBHY 2007 performans sınırları ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.20 ve Şekil 4.21'de grafik olarak verilmiştir.

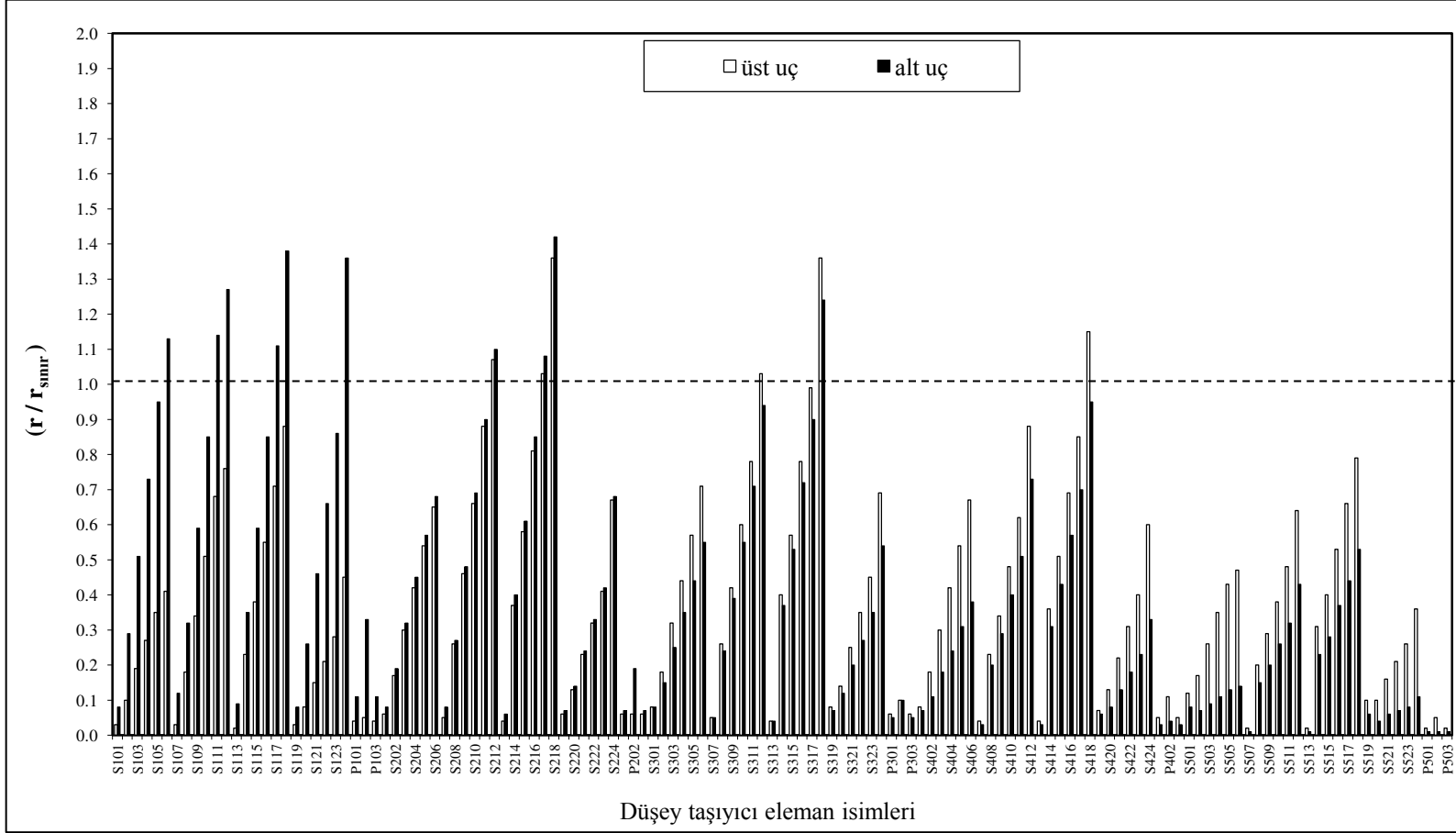


Şekil 4.18. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 5)

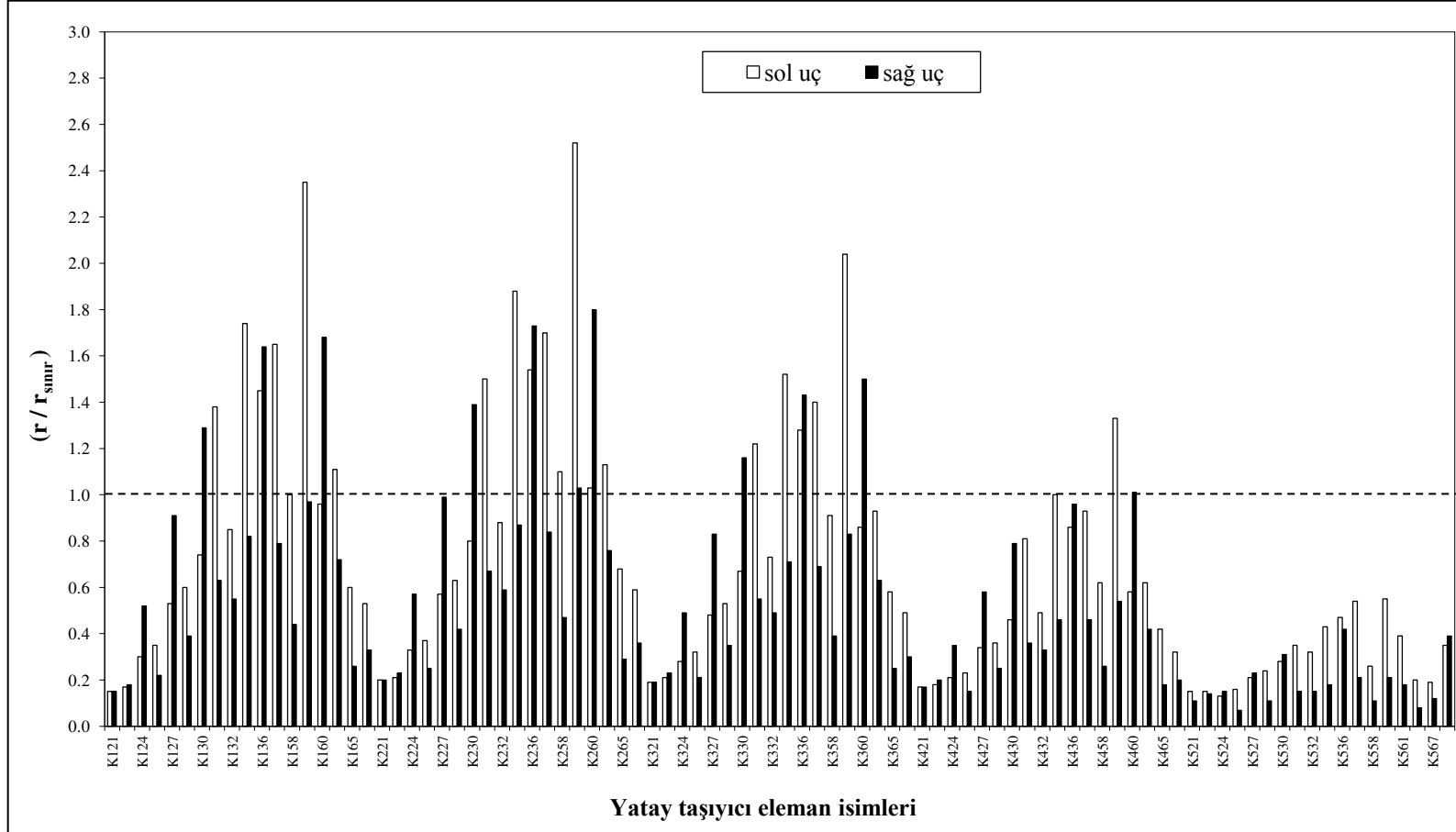
Örnek binaya ilave edilen şaft tipi betonarme perdenin kalınlığı 40 cm olarak seçilmiş olup 1-1(a) aksları arasında C ve D aksları üzerine ve C-B aksları arasında 1 aksı üzerine yerleştirilmiş ve tüm katlar boyunca devam edecek şekilde modellenmiştir. Malzeme olarak, kolon ve kirişlerle uyumlu olacak şekilde, C25 beton ve S420 donatı sınıfı seçilmiştir. Donatı düzenlenmesi başlıksız perde şeklinde gerçekleştirilmiş ve perdenin her bir kolunda $2 \times 20\Phi 20$ adet donatı eşit aralıklarla yerleştirilmiştir.



Şekil 4.19. Bina'nın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 5)



Şekil 4.20. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 5)



Şekil 4.21. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 5)

*Can Güvenliği Performans Düzeyi'*ne göre kontrol edilen binada örnek durum için kolon ve kirişlerin öngörülen performans limitlerini sağlayıp sağlamadığını gösterebilmek amacıyla Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.9. Durum 5'te düşey elemanların (kolonlar ve perdeler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	V toplam (t)	V sağlamayan (t)	Sağlamayan V yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	27	6	795.098	193.453	24.33	> 20.00 !
2	27	3	738.109	120.447	16.32	< 20.00
3	27	2	624.131	74.191	11.89	< 20.00
4	27	1	453.164	26.992	5.96	< 20.00
5	27	0	225.207	0	0	< 40.00

Çizelge 4.9'a bakıldığında 1'inci kat kolonlarının öngörülen performans limitini aştığı görülmektedir. Bu durumda, düşey taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağlamadığı söylenebilir.

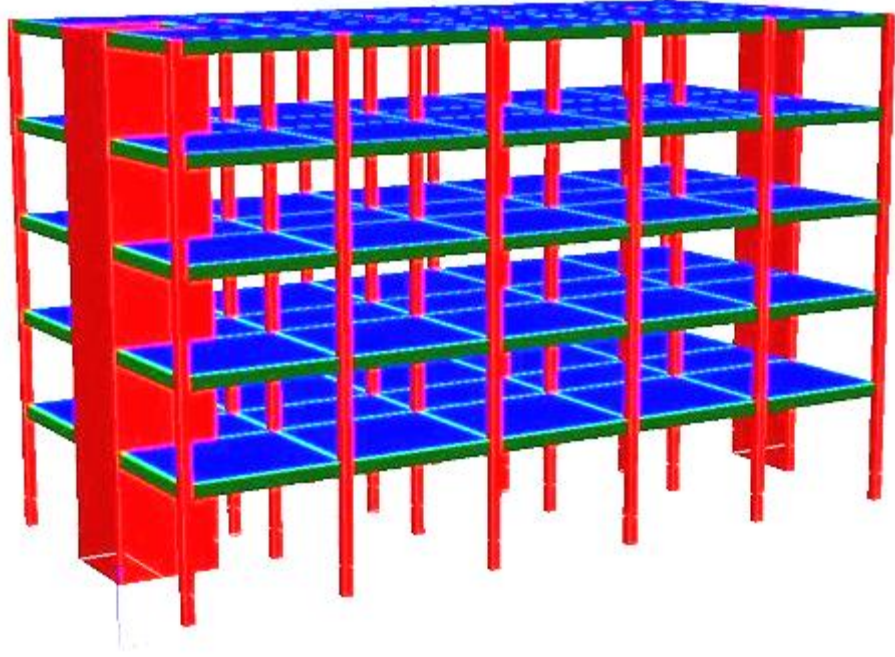
Çizelge 4.10. Durum 5'te yatay elemanların (kirişler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	Sağlamayan eleman yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	18	9	50	> 30.00 !
2	18	9	50	> 30.00 !
3	18	7	38.89	> 30.00 !
4	18	3	16.67	< 30.00
5	18	0	0	< 30.00

Çizelge 4.10'a bakıldığında 1'inci, 2'nci ve 3'üncü kat kirişlerinin öngörülen performans limitini aştığı görülmektedir. Bu durumda, yatay taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağlamadığı söylenebilir.

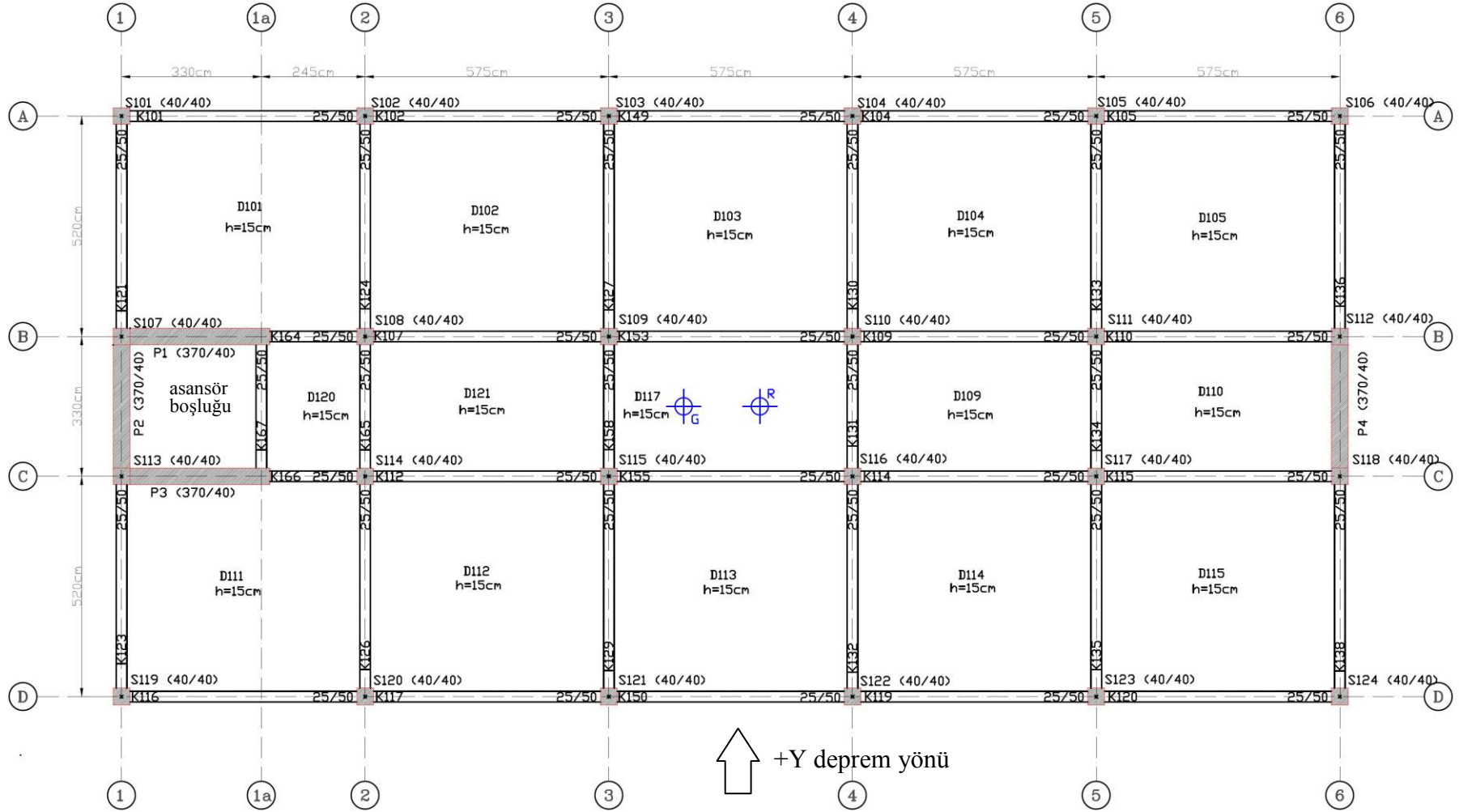
4.2.6. Durum 6

Üç boyutlu görünümü Şekil 4.22'de ve normal kat planı Şekil 4.23'de verilen örnek binanın deprem performans analizi, bir adet şaft tipi ve bir adet de Y yönünde yerleştirilmiş perdeli durum için gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda yatay ve düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite (r) oranları DBYBHY 2007 performans sınırları ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.24 ve Şekil 4.25'te grafik olarak verilmiştir.

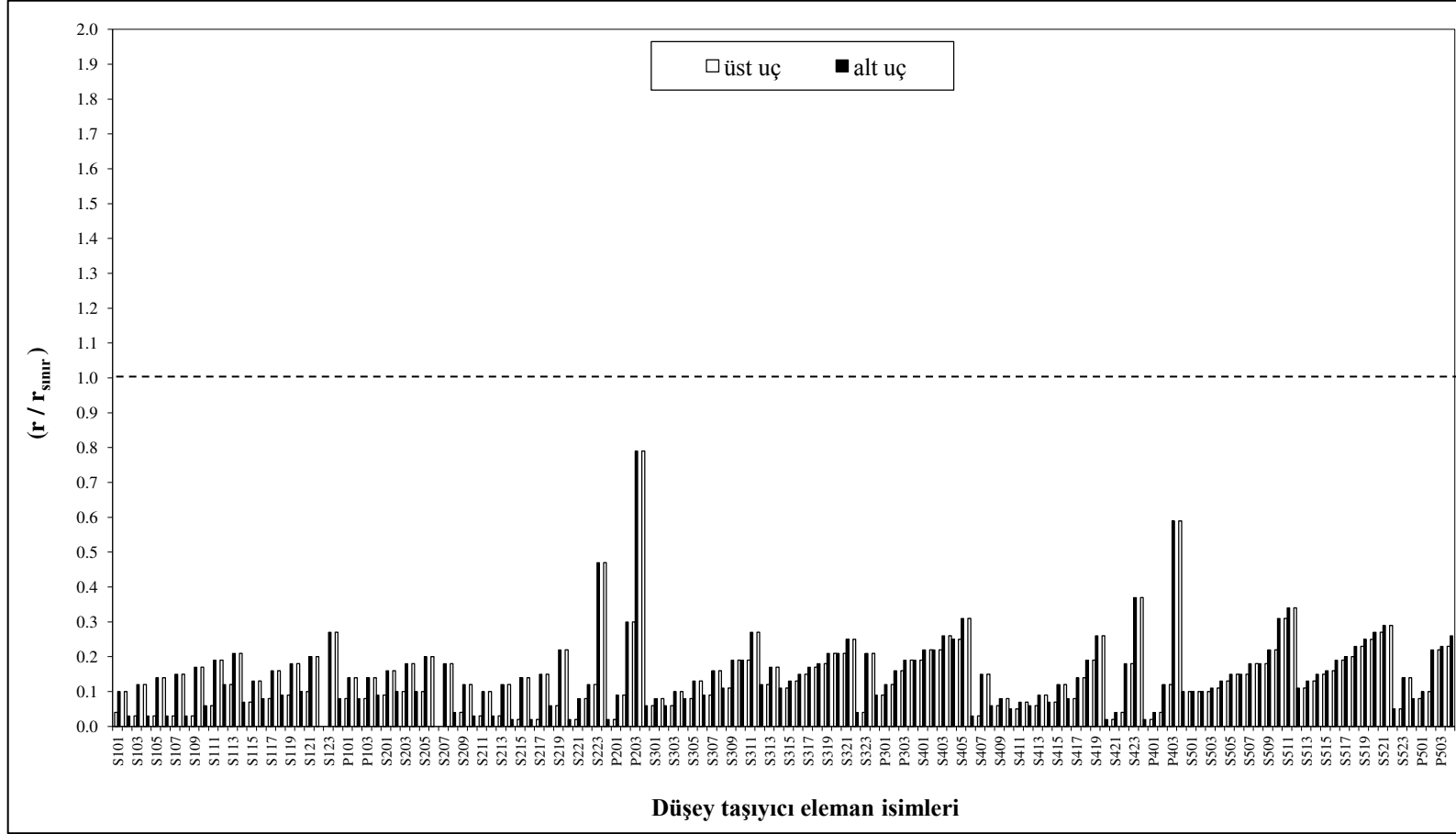


Şekil 4.22. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 6)

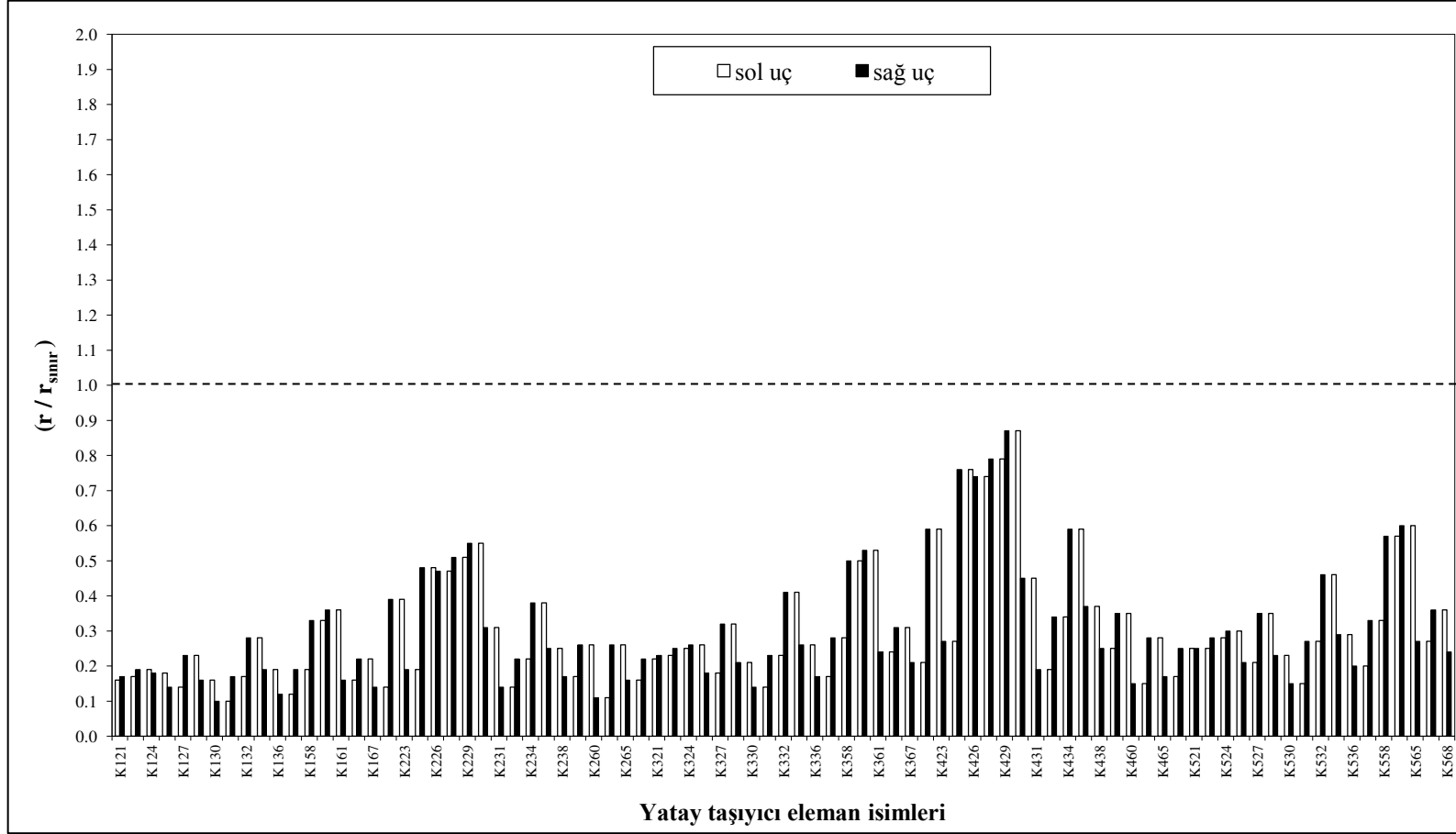
Örnek binaya ilave edilen betonarme perdelerin kalınlığı 40 cm olarak seçilmiş olup şaft tipi perde; 1-1(a) aksları arasında C ve D aksları üzerine ve C-B aksları arasında 1 aksı üzerine, bir adet perde ise; C-B aksları arasında 6 aksı üzerine yerleştirilmiş ve tüm katlar boyunca devam edecek şekilde modellenmiştir. Malzeme olarak, kolon ve kirişlerle uyumlu olacak şekilde, C25 beton ve S420 donatı sınıfı seçilmiştir. Perdelerin donatı düzenlenmesi başlıksız perde şeklinde gerçekleştirilmiştir. Şaft tipi perdenin her bir kolunda $2 \times 20\Phi 20$ adet donatı eşit aralıklarla yerleştirilmiştir. Y yönündeki bir adet perde elemanında $2 \times 20\Phi 20$ donatı varlığı dikkate alınmıştır.



Şekil 4.23. Bina'nın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 6)



Şekil 4.24. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 6)



Şekil 4.25. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 6)

*Can Güvenliği Performans Düzeyi'*ne göre kontrol edilen binada örnek durum için kolon ve kirişlerin öngörülen performans limitlerini sağlayıp sağlamadığını gösterebilmek amacıyla Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.11. Durum 6'da düşey elemanların (kolonlar ve perdeler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	V toplam (t)	V sağlamayan (t)	Sağlamayan V yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	28	0	1471.94	0	0	< 20.00
2	28	0	1366.808	0	0	< 20.00
3	28	0	1156.545	0	0	< 20.00
4	28	0	841.151	0	0	< 20.00
5	28	0	420.625	0	0	< 40.00

Çizelge 4.11'e bakıldığında tüm kat kolonlarının öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, düşey taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı söylenebilir.

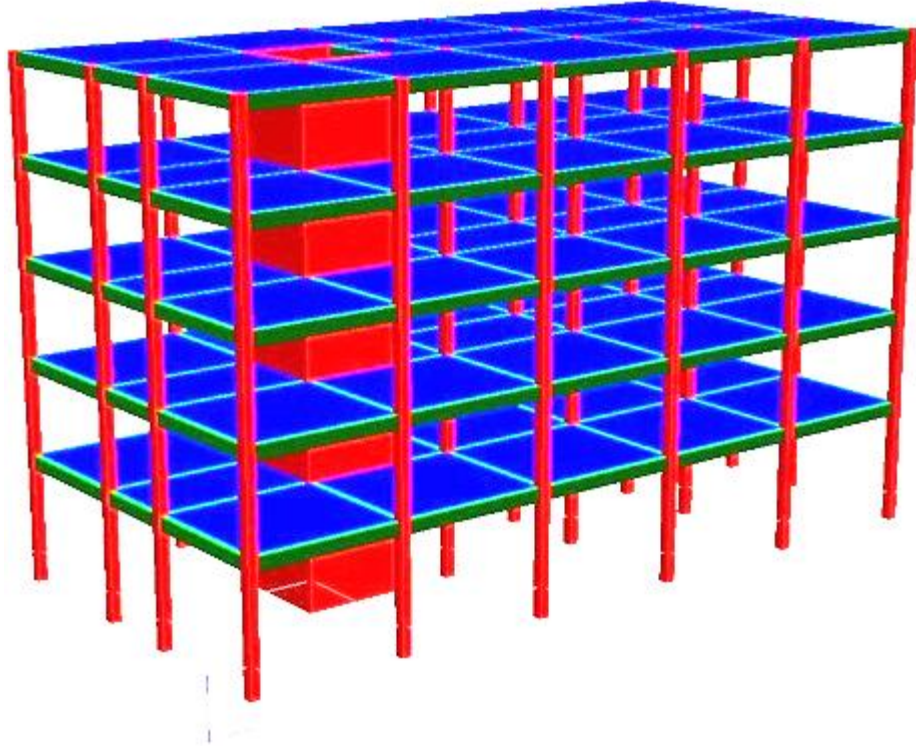
Çizelge 4.12. Durum 6'da yatay elemanların (kirişler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	Sağlamayan eleman yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	17	0	0	< 30.00
2	17	0	0	< 30.00
3	17	1	5.88	< 30.00
4	17	1	5.88	< 30.00
5	17	0	0	< 30.00

Çizelge 4.12'ye bakıldığında tüm kat kirişlerinin öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, yatay taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı söylenebilir.

4.2.7. Durum 7

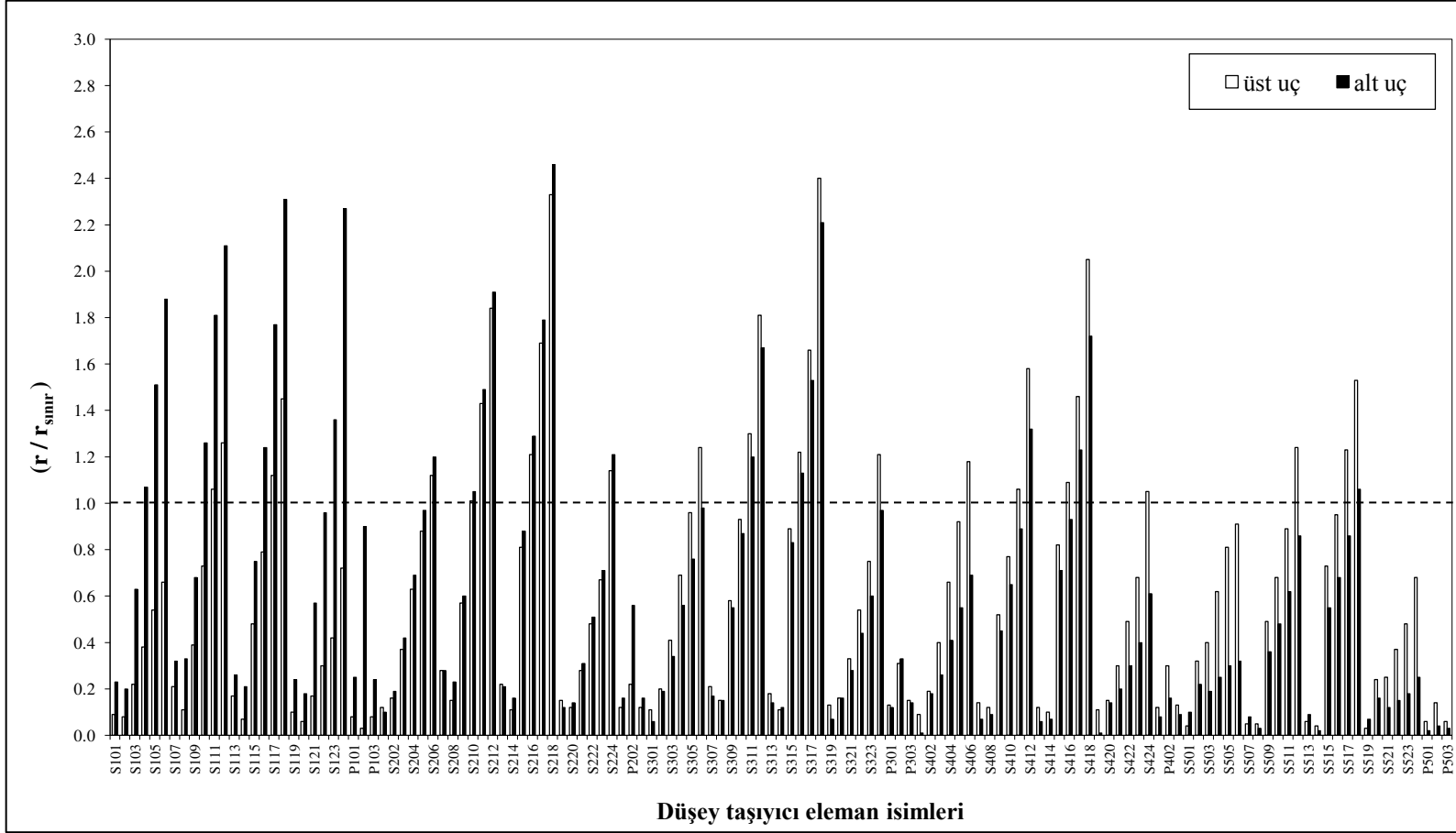
Üç boyutlu görünümü Şekil 4.26'da ve normal kat planı Şekil 4.27'de verilen örnek binanın deprem performans analizi, bir adet şaft tipi perdeli durum için gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda yatay ve düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite (r) oranları DBYBHY 2007 performans sınırları ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.28 ve Şekil 4.29'da grafik olarak verilmiştir.



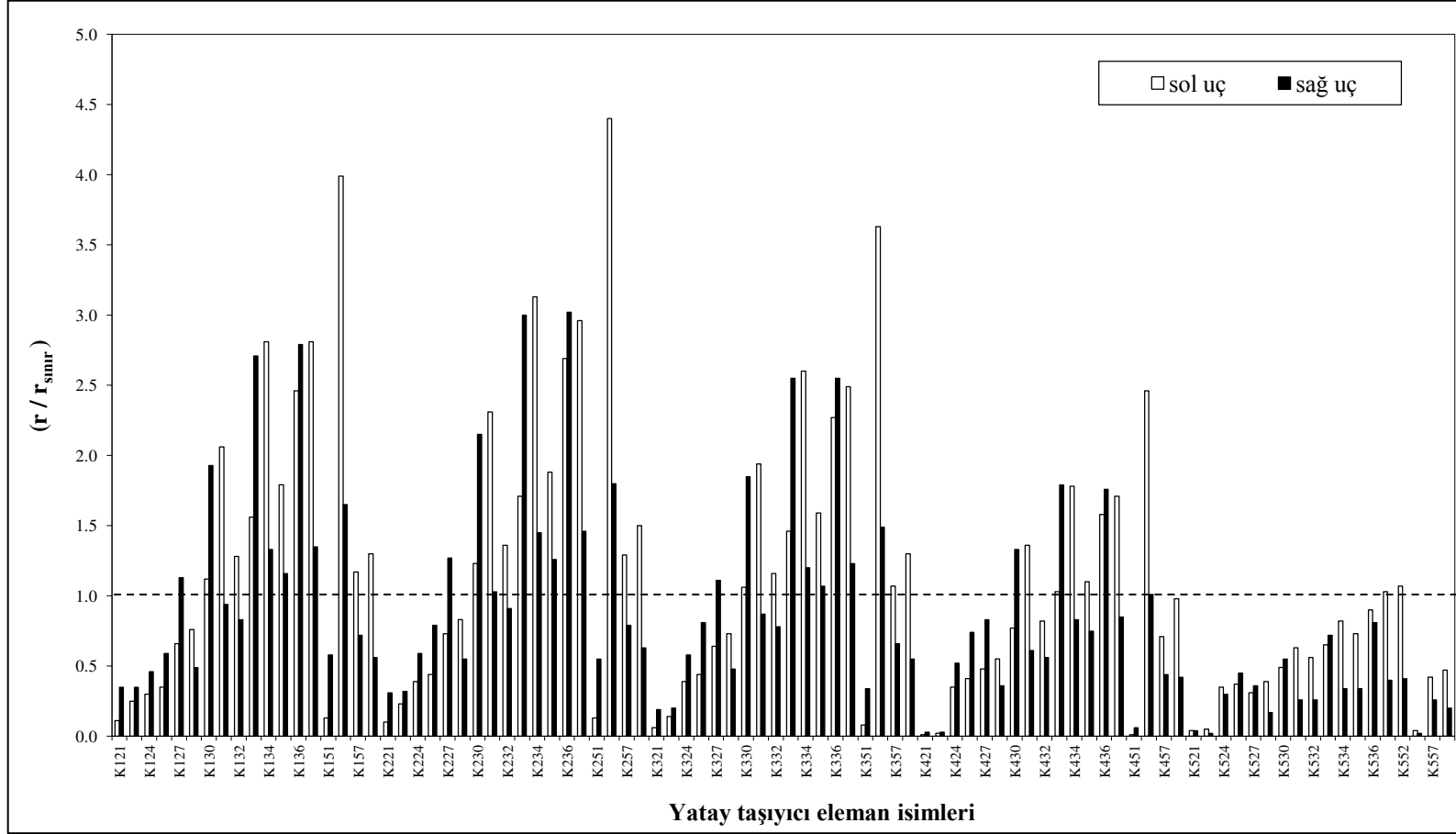
Şekil 4.26. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 7)

Örnek binaya ilave edilen şaft tipi betonarme perdenin kalınlığı 40 cm olarak seçilmiş olup 2-2(a) aksları arasında C ve D aksları üzerine ve C-B aksları arasında 2 aksı üzerine yerleştirilmiş ve tüm katlar boyunca devam edecek şekilde modellenmiştir. Malzeme olarak, kolon ve kirişlerle uyumlu olacak şekilde, C25 beton ve S420 donatı sınıfı seçilmiştir. Donatı düzenlenmesi başlıksız perde şeklinde gerçekleştirilmiş ve perdenin her bir kolunda $2 \times 20\Phi 20$ adet donatı eşit aralıklarla yerleştirilmiştir.

Şekil 4.27. Binanın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 7)



Şekil 4.28. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 7)



Şekil 4.29. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 7)

*Can Güvenliği Performans Düzeyi'*ne göre kontrol edilen binada örnek durum için kolon ve kirişlerin öngörülen performans limitlerini sağlayıp sağlamadığını gösterebilmek amacıyla Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.13. Durum 7'de düşey elemanların (kolonlar ve perdeler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	V toplam (t)	V sağlamayan (t)	Sağlamayan V yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	27	11	1644.594	478.659	29.11	> 20.00 !
2	27	8	1526.251	417.774	27.37	> 20.00 !
3	27	7	1289.564	335.687	26.03	> 20.00 !
4	27	7	934.534	249.293	26.68	> 20.00 !
5	27	3	461.161	82.978	17.99	< 40.00

Çizelge 4.13'e bakıldığında 5'inci kat hariç tüm kat kolonlarının öngörülen performans limitini aştığı görülmektedir. Bu durumda, düşey taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağlamadığı söylenebilir.

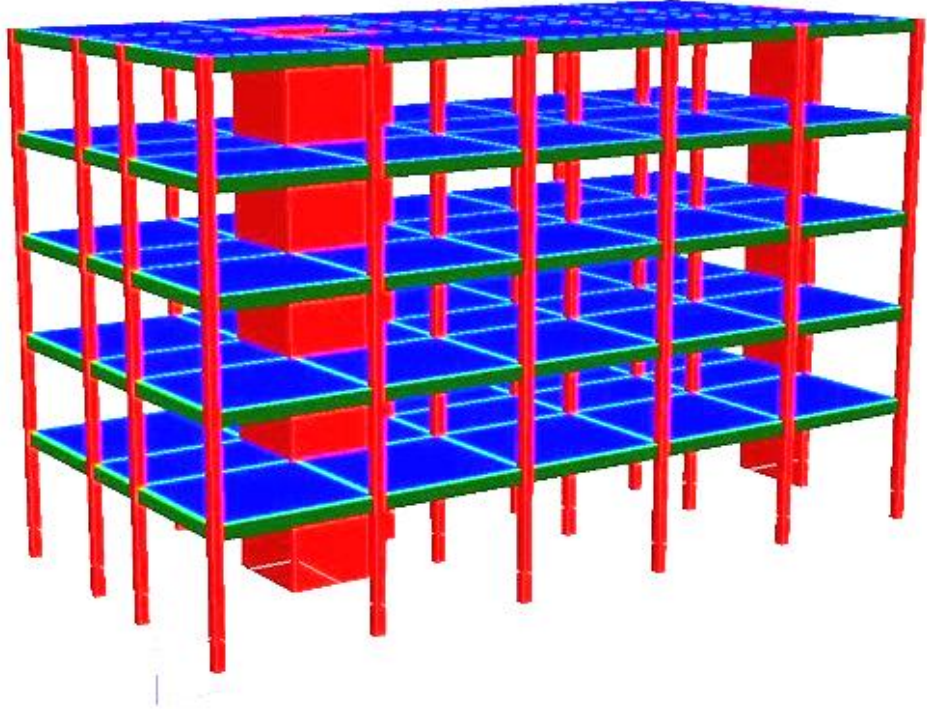
Çizelge 4.14. Durum 7'de yatay elemanların (kirişler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	Sağlamayan eleman yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	18	12	66.67	> 30.00 !
2	18	12	66.67	> 30.00 !
3	18	12	66.67	> 30.00 !
4	18	8	44.44	> 30.00 !
5	18	2	11.11	< 30.00

Çizelge 4.14'e bakıldığında 5'inci kat hariç tüm kat kirişlerinin öngörülen performans limitini aştığı görülmektedir. Bu durumda, yatay taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağlamadığı söylenebilir.

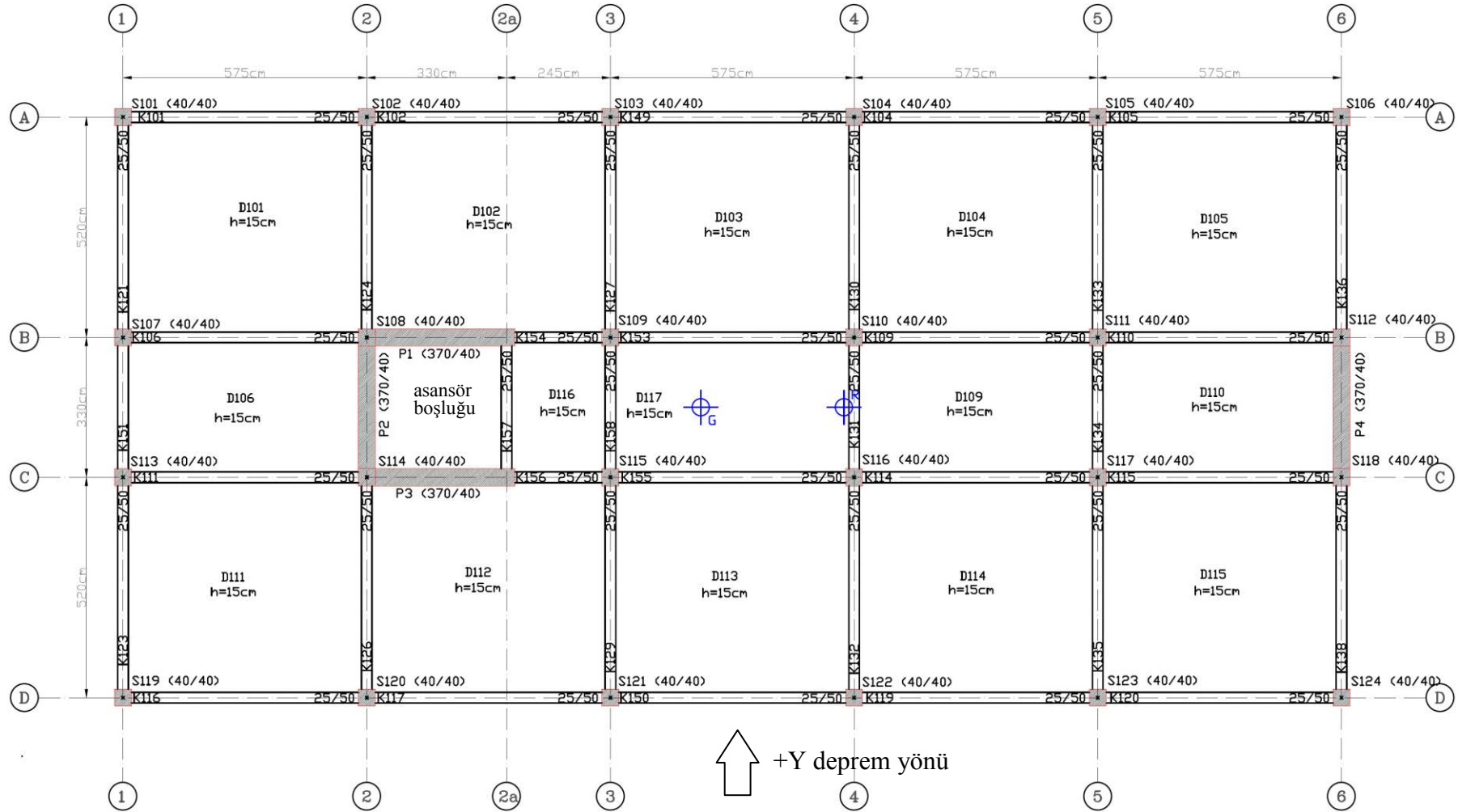
4.2.8. Durum 8

Üç boyutlu görünümü Şekil 4.30'da ve normal kat planı Şekil 4.31'de verilen örnek binanın deprem performans analizi, bir adet şaft tipi ve bir adet de Y yönünde yerleştirilmiş perdeli durum için gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda yatay ve düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite (r) oranları DBYBHY 2007 performans sınırları ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.32 ve Şekil 4.33'te grafik olarak verilmiştir.

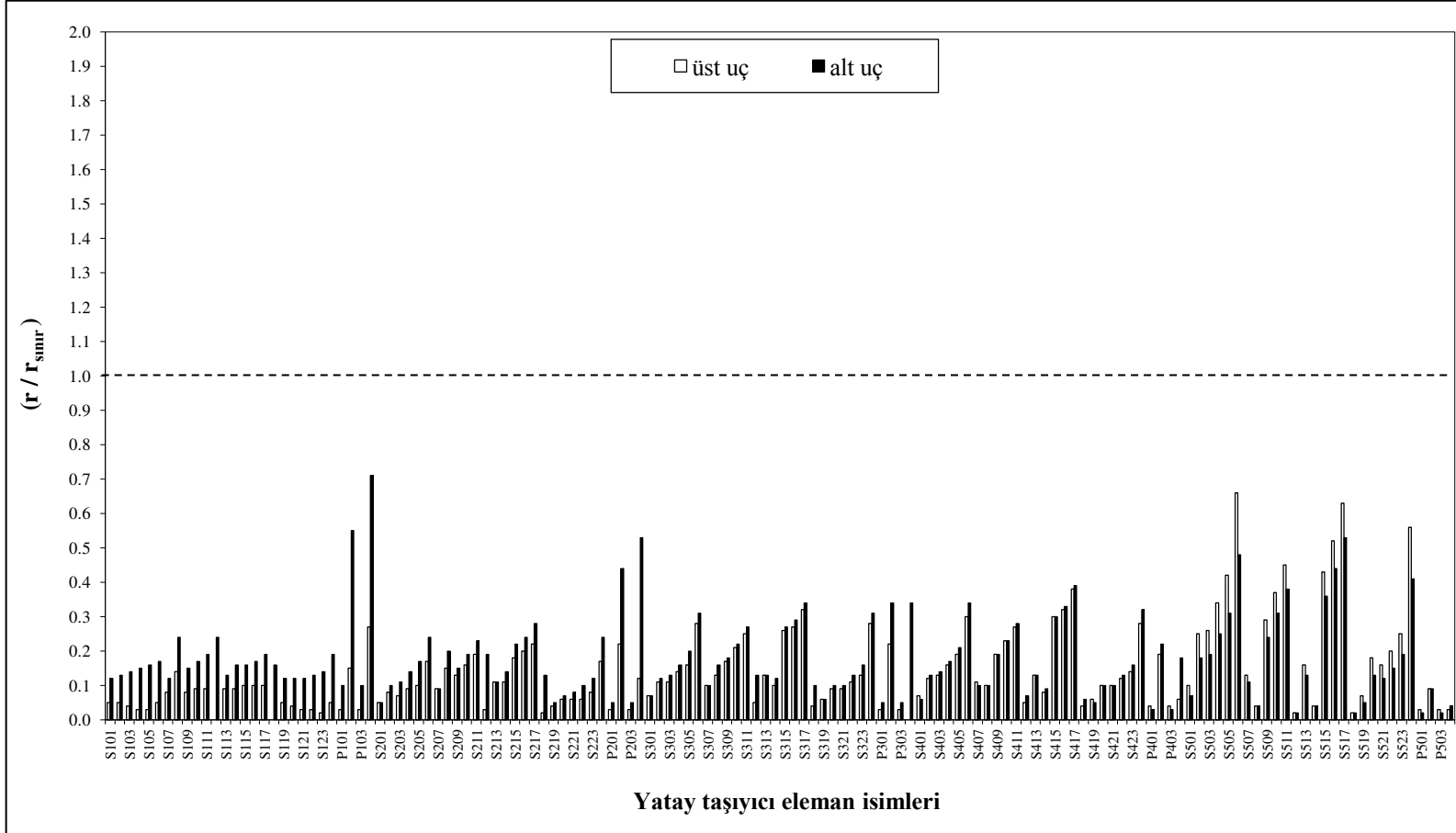


Şekil 4.30. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 8)

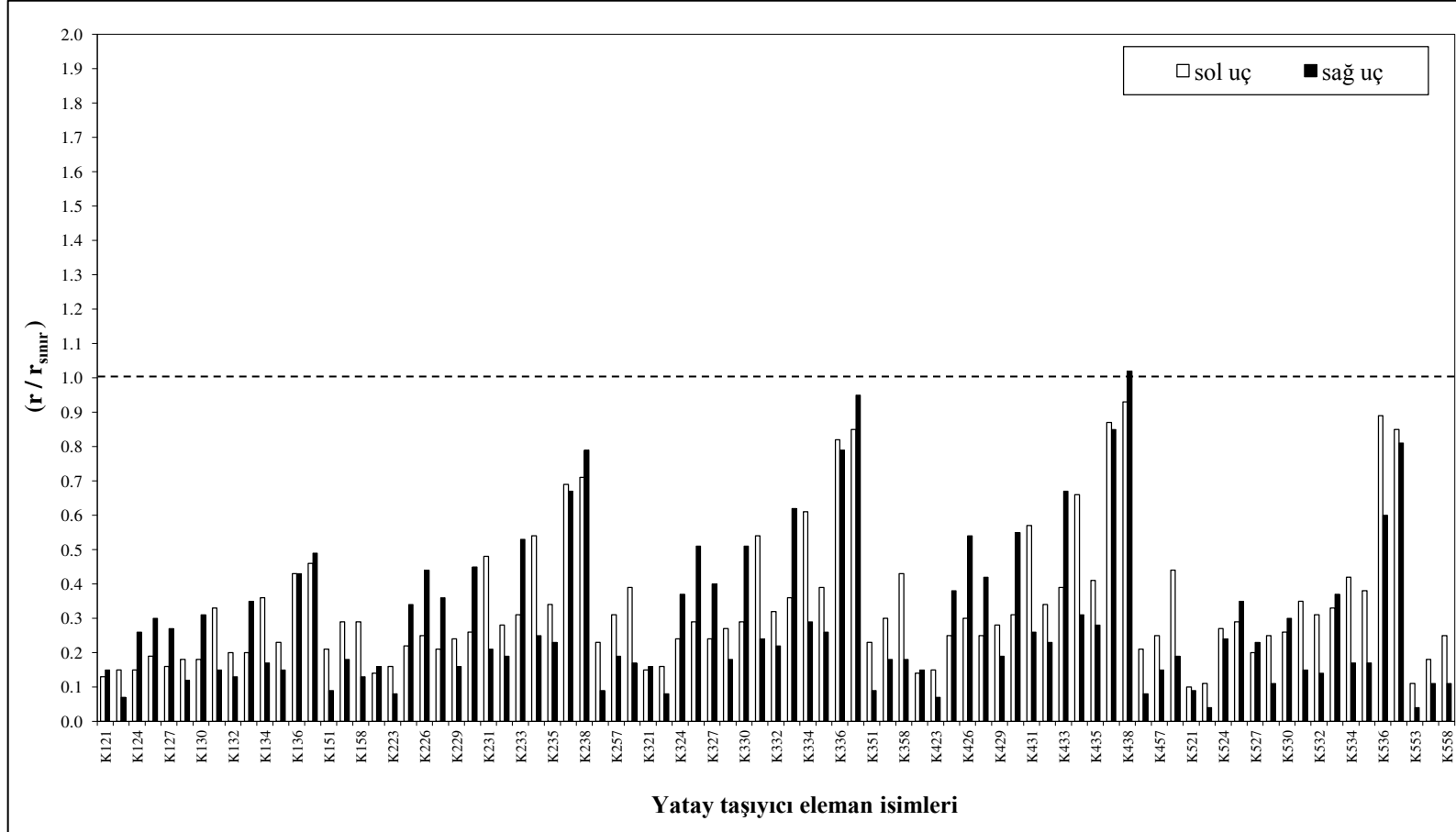
Örnek binaya ilave edilen betonarme perdelerin kalınlığı 40 cm olarak seçilmiş olup şaft tipi perde; 2-2(a) aksları arasında C ve D aksları üzerine ve C-B aksları arasında 2 aksı üzerine, bir adet perde ise; C-B aksları arasında 6 aksı üzerine yerleştirilmiş ve tüm katlar boyunca devam edecek şekilde modellenmiştir. Malzeme olarak, kolon ve kirişlerle uyumlu olacak şekilde, C25 beton ve S420 donatı sınıfı seçilmiştir. Perdelerin donatı düzenlenmesi başlıksız perde şeklinde gerçekleştirilmiştir. Şaft tipi perdenin her bir kolunda $2 \times 20\Phi 20$ adet donatı eşit aralıklarla yerleştirilmiştir. Y yönündeki bir adet perde elemanında $2 \times 20\Phi 20$ donatı varlığı dikkate alınmıştır.



Şekil 4.31. Bina'nın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 8)



Şekil 4.32. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 8)



Şekil 4.33. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 8)

*Can Güvenliği Performans Düzeyi'*ne göre kontrol edilen binada örnek durum için kolon ve kirişlerin öngörülen performans limitlerini sağlayıp sağlamadığını gösterebilmek amacıyla Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.15. Durum 8'de düşey elemanların (kolonlar ve perdeler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	V toplam (t)	V sağlamayan (t)	Sağlamayan V yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	28	0	1577.73	0	0	< 20.00
2	28	0	1464.60	0	0	< 20.00
3	28	0	1238.35	0	0	< 20.00
4	28	0	898.975	0	0	< 20.00
5	28	0	446.475	0	0	< 40.00

Çizelge 4.15'e bakıldığında tüm kat kolonlarının öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, düşey taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı söylenebilir.

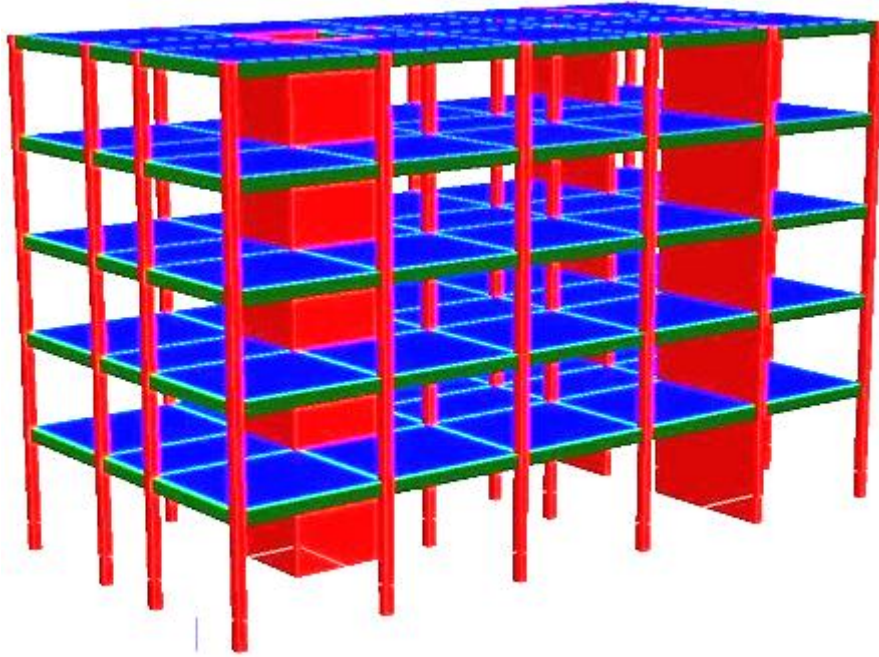
Çizelge 4.16. Durum 8'de yatay elemanların (kirişler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	Sağlamayan eleman yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	17	0	0	< 30.00
2	17	0	0	< 30.00
3	17	0	0	< 30.00
4	17	1	5.88	< 30.00
5	17	0	0	< 30.00

Çizelge 4.16'ya bakıldığında tüm kat kirişlerinin öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, yatay taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı söylenebilir.

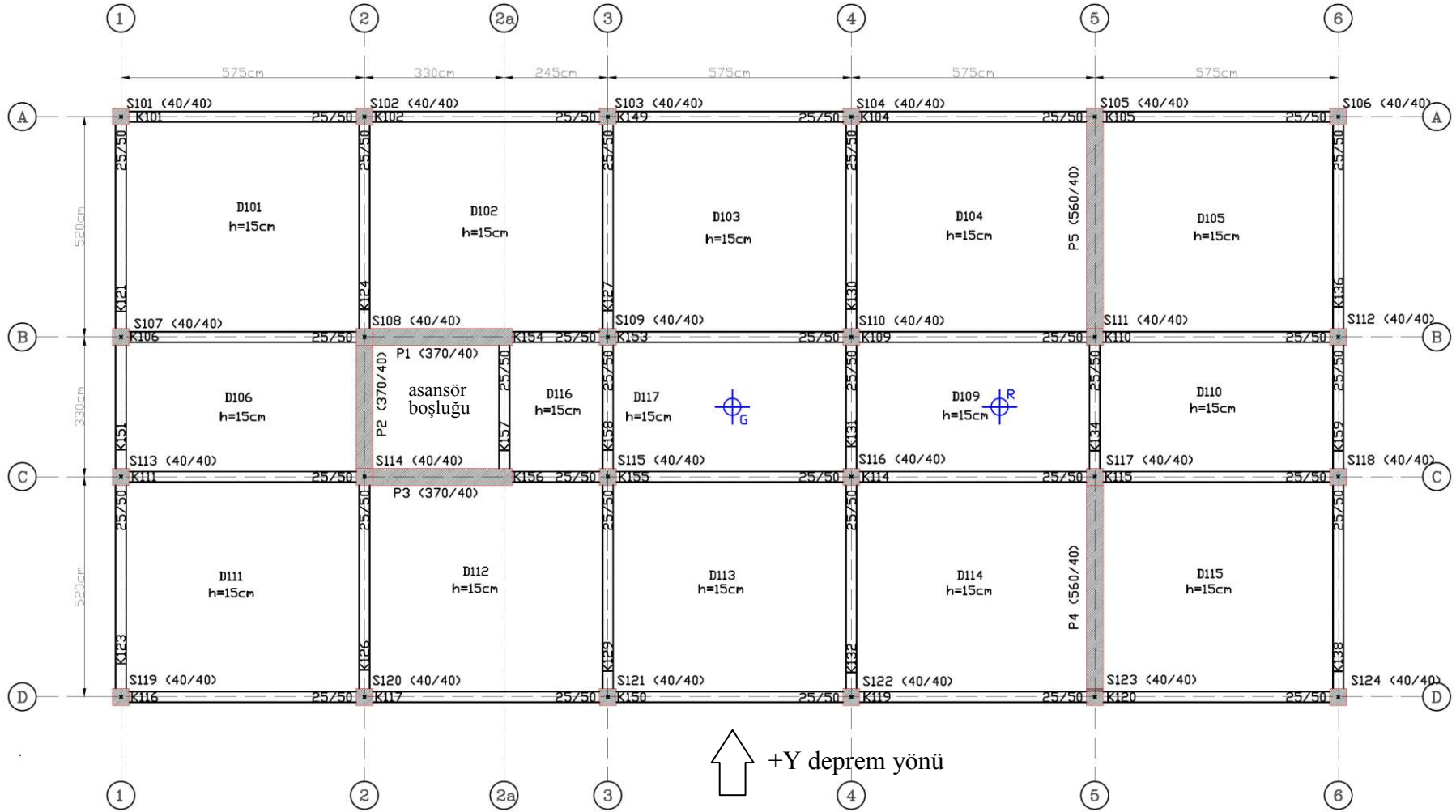
4.2.9. Durum 9

Üç boyutlu görünümü Şekil 4.34'te ve normal kat planı Şekil 4.35'te verilen örnek binanın deprem performans analizi, bir adet şaft tipi ve iki adet de Y yönünde yerleştirilmiş perdeli durum için gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda yatay ve düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite (r) oranları DBYBHY 2007 performans sınırları ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.36 ve Şekil 4.37'de grafik olarak verilmiştir.

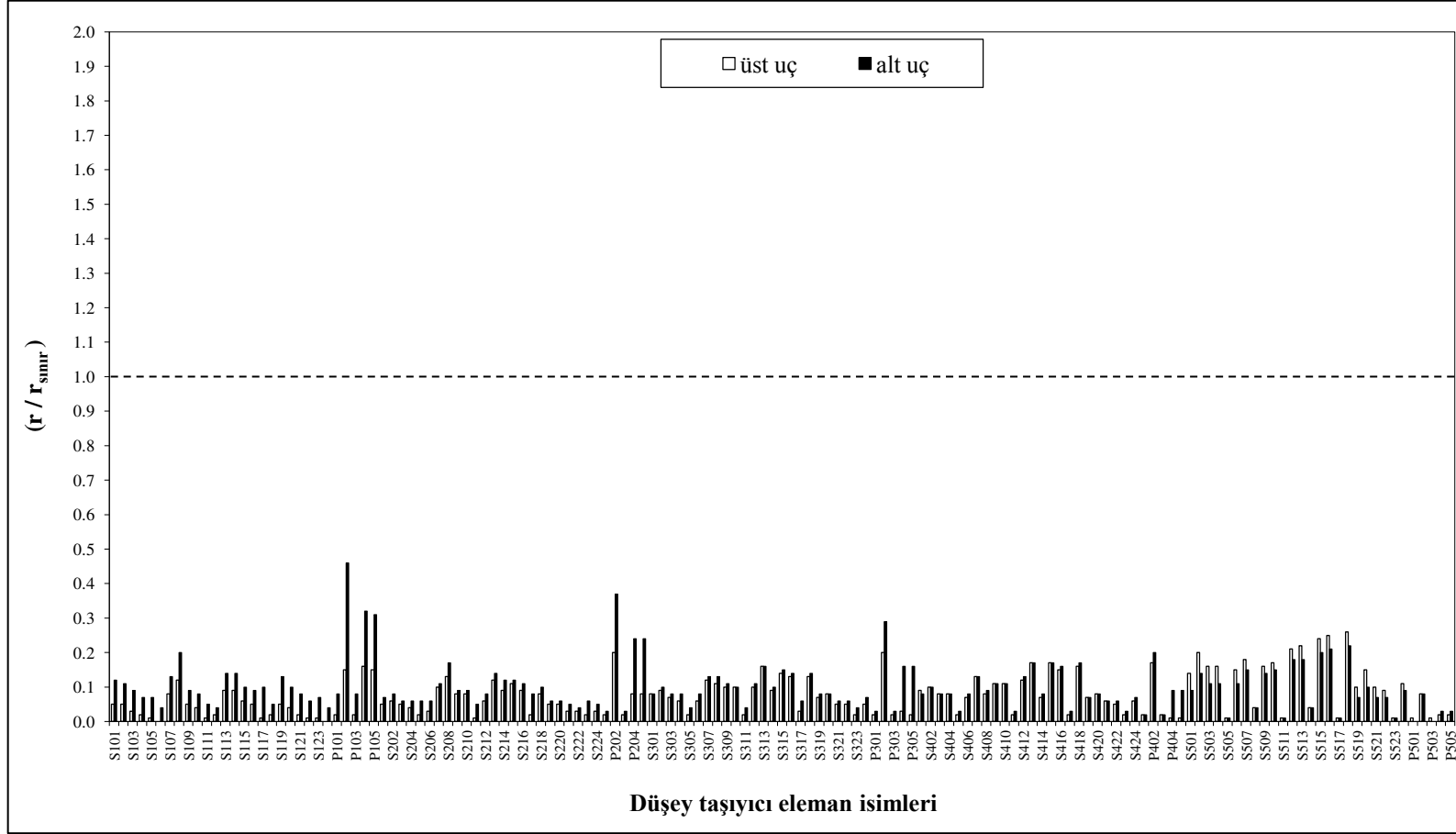


Şekil 4.34. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 9)

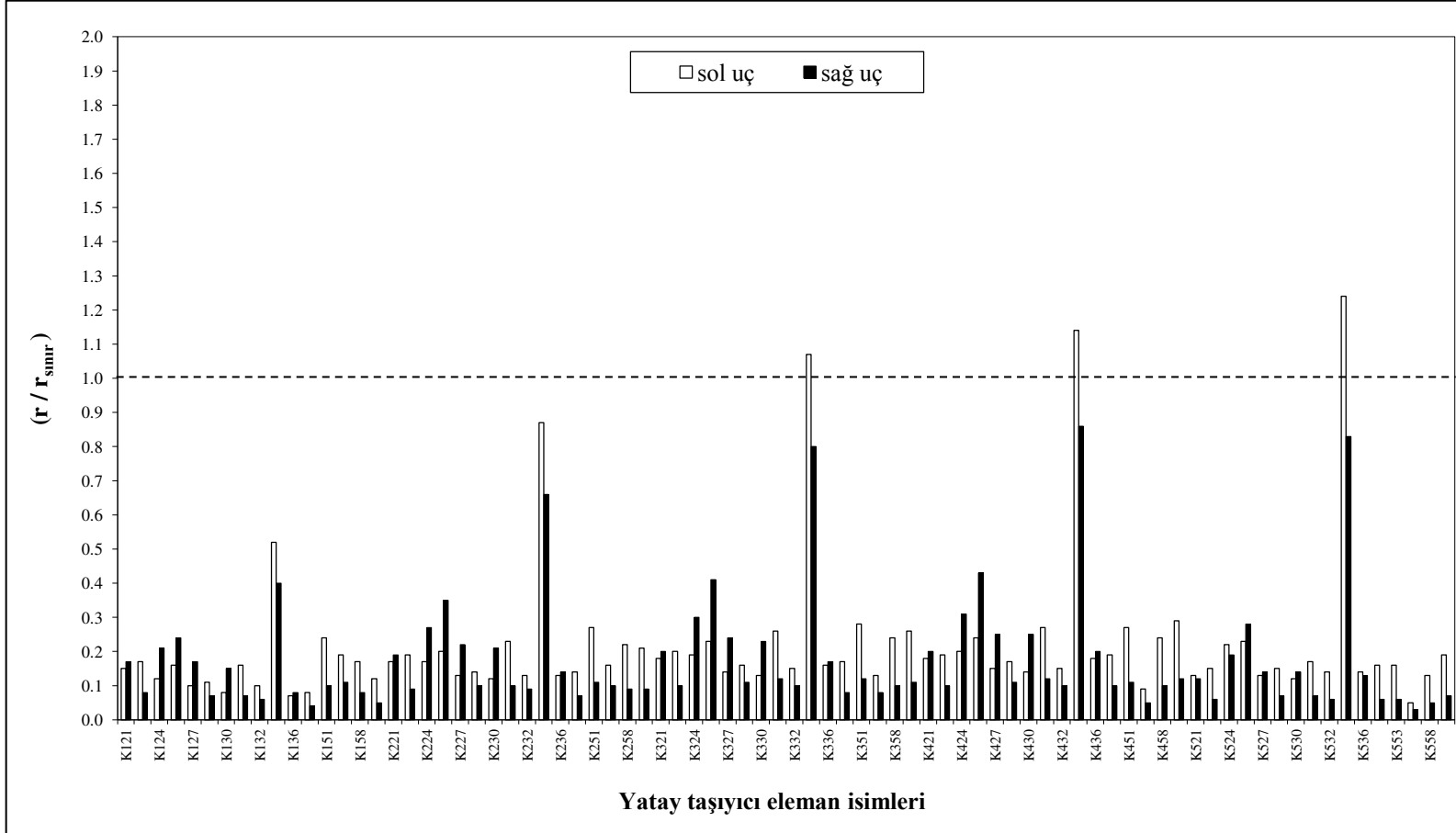
Örnek binaya ilave edilen betonarme perdelerin kalınlığı 40 cm olarak seçilmiş olup şaft tipi perde; 2-2(a) aksları arasında C ve D aksları üzerine ve C-B aksları arasında 2 aksı üzerine, iki adet perde ise; A-B ve C-D aksları arasında 5 aksı üzerine yerleştirilmiş ve tüm katlar boyunca devam edecek şekilde modellenmiştir. Malzeme olarak, kolon ve kirişlerle uyumlu olacak şekilde, C25 beton ve S420 donatı sınıfı seçilmiştir. Perdelerin donatı düzenlenmesi başlıksız perde şeklinde gerçekleştirilmiştir. Şaft tipi perdenin her bir kolunda $2 \times 20\Phi 20$ adet donatı eşit aralıklarla yerleştirilmiştir. Y yönündeki her bir perde elemanında $2 \times 30\Phi 20$ donatı varlığı dikkate alınmıştır.



Şekil 4.35. Bina'nın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 9)



Şekil 4.36. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 9)



Şekil 4.37. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 9)

*Can Güvenliği Performans Düzeyi'*ne göre kontrol edilen binada örnek durum için kolon ve kirişlerin öngörülen performans limitlerini sağlayıp sağlamadığını gösterebilmek amacıyla Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.18 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.17. Durum 9'da düşey elemanların (kolonlar ve perdeler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	V toplam (t)	V sağlamayan (t)	Sağlamayan V yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	29	0	1789.163	0	0	< 20.00
2	29	0	1661.741	0	0	< 20.00
3	29	0	1406.897	0	0	< 20.00
4	29	0	1024.631	0	0	< 20.00
5	29	0	514.944	0	0	< 40.00

Çizelge 4.17'ye bakıldığında tüm kat kolonlarının öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, düşey taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı söylenebilir.

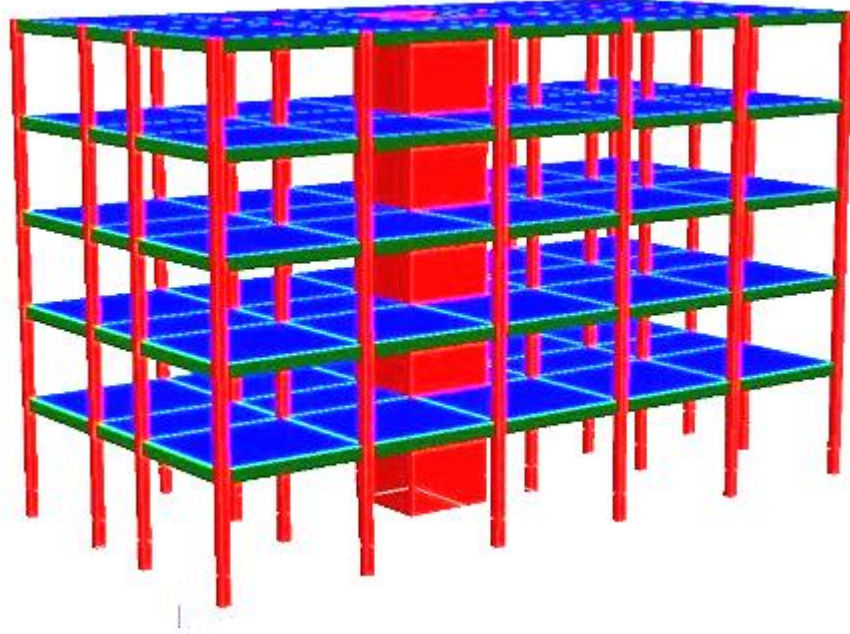
Çizelge 4.18. Durum 9'da yatay elemanların (kirişler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	Sağlamayan eleman yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	16	0	0	< 30.00
2	16	0	0	< 30.00
3	16	1	6.25	< 30.00
4	16	1	6.25	< 30.00
5	16	1	6.25	< 30.00

Çizelge 4.18'e bakıldığında tüm kat kirişlerinin öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, yatay taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı söylenebilir.

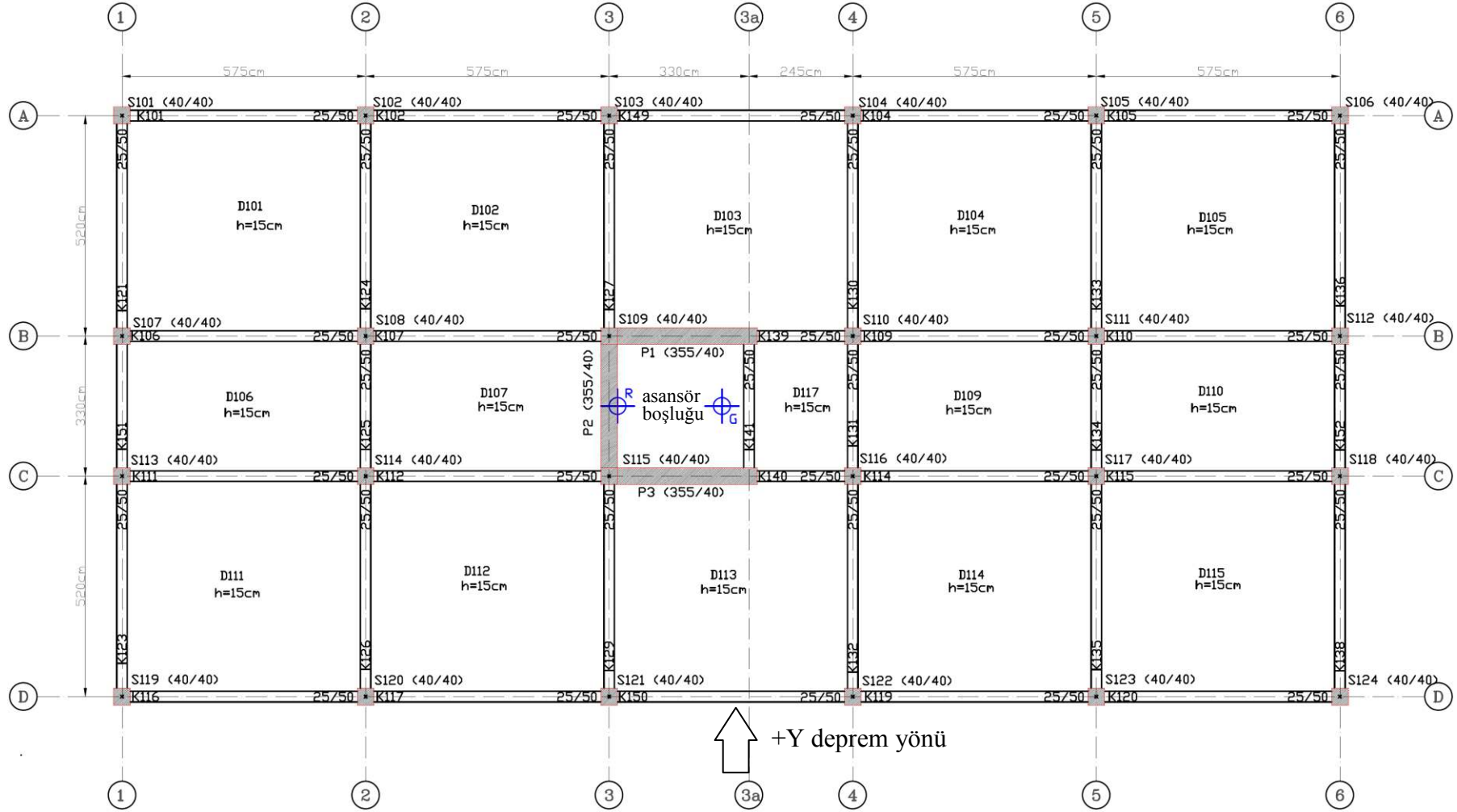
4.2.10. Durum 10

Üç boyutlu görünümü Şekil 4.38'de ve normal kat planı Şekil 4.39'da verilen örnek binanın deprem performans analizi, bir adet şaft tipi perdeli durum için gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda yatay ve düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite (r) oranları DBYBHY 2007 performans sınırları ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.40 ve Şekil 4.41'de grafik olarak verilmiştir.

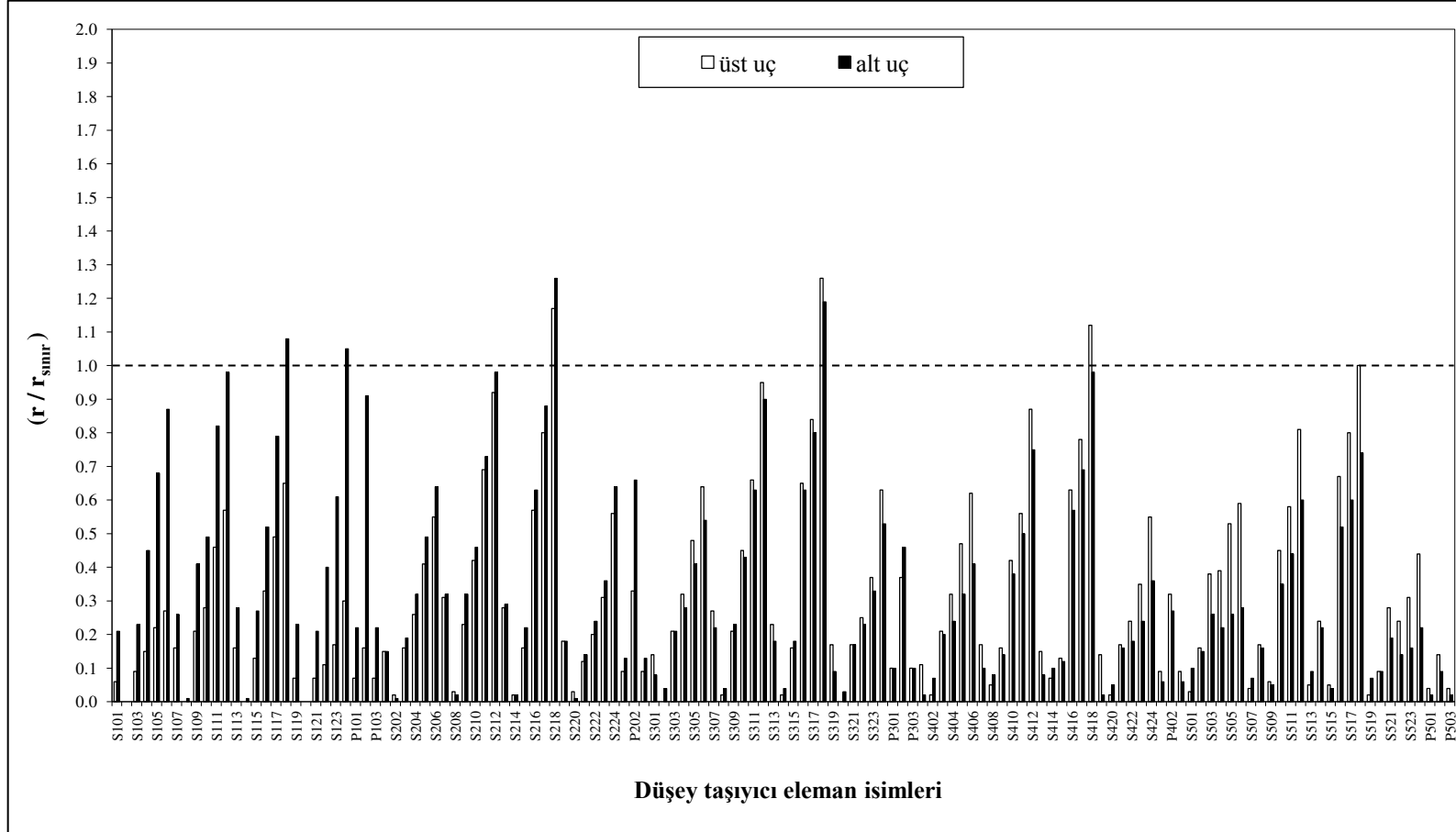


Şekil 4.38. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 10)

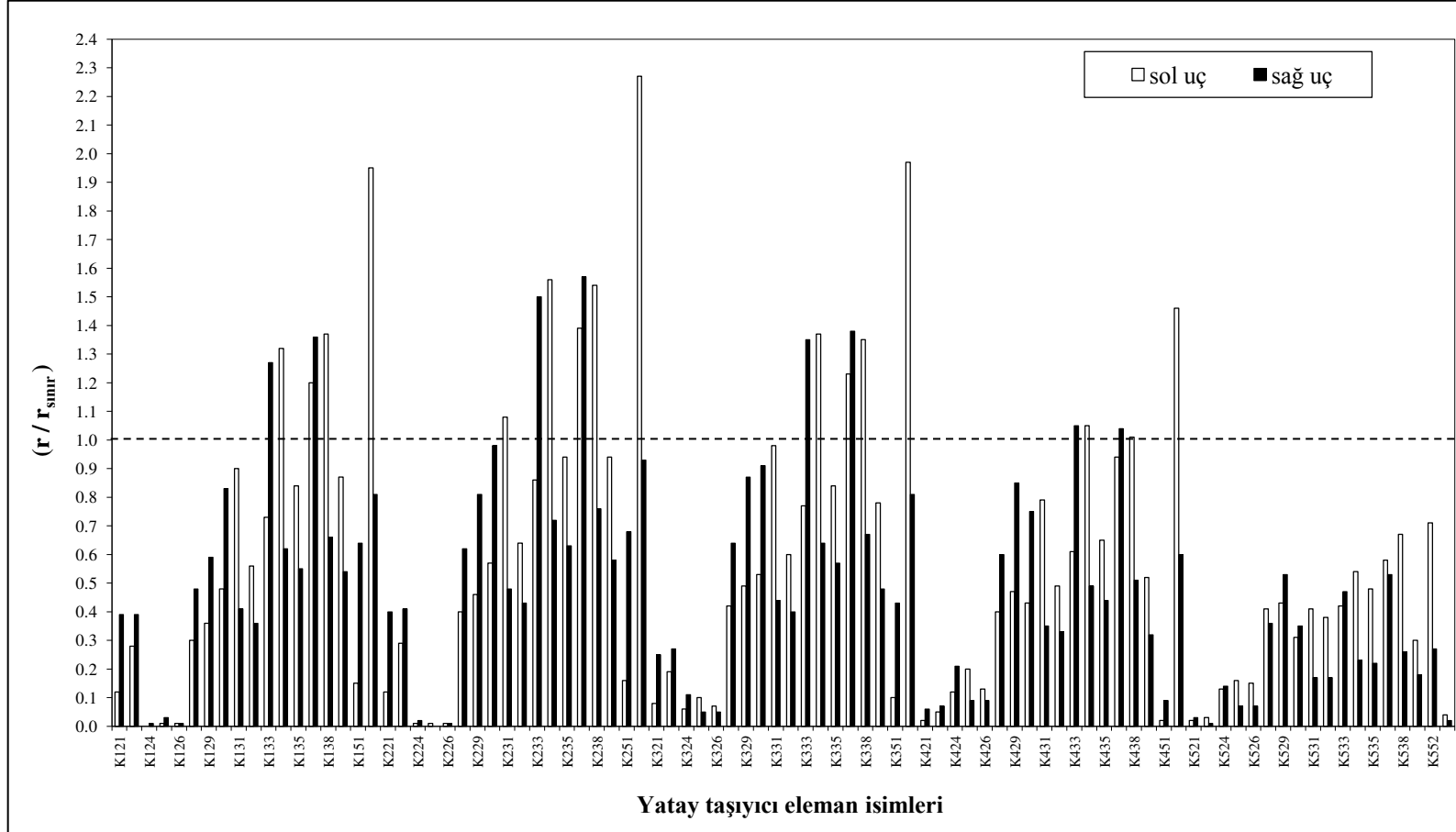
Örnek binaya ilave edilen şaft tipi betonarme perdenin kalınlığı 40 cm olarak seçilmiş olup 3-3(a) aksları arasında C ve D aksları üzerine ve C-B aksları arasında 3 aksı üzerine yerleştirilmiş ve tüm katlar boyunca devam edecek şekilde modellenmiştir. Malzeme olarak, kolon ve kirişlerle uyumlu olacak şekilde, C25 beton ve S420 donatı sınıfı seçilmiştir. Donatı düzenlenmesi başlıksız perde şeklinde gerçekleştirilmiş ve perdenin her bir kolunda $2 \times 20\Phi 20$ adet donatı eşit aralıklarla yerleştirilmiştir.



Şekil 4.39. Bina'nın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 10)



Şekil 4.40. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 10)



Şekil 4.41. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 10)

*Can Güvenliği Performans Düzeyi'*ne göre kontrol edilen binada örnek durum için kolon ve kirişlerin öngörülen performans limitlerini sağlayıp sağlamadığını gösterebilmek amacıyla Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.19. Durum 10'da düşey elemanların (kolonlar ve perdeler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	V toplam (t)	V sağlamayan (t)	Sağlamayan V yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	27	2	1581.63	49.413	3.12	< 20.00
2	27	1	1467.323	37.374	2.55	< 20.00
3	27	1	1238.708	34.911	2.82	< 20.00
4	27	1	895.786	27.076	3.02	< 20.00
5	27	0	438.556	0	0	< 40.00

Çizelge 4.19'a bakıldığında tüm kat kolonlarının öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, düşey taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı söylenebilir.

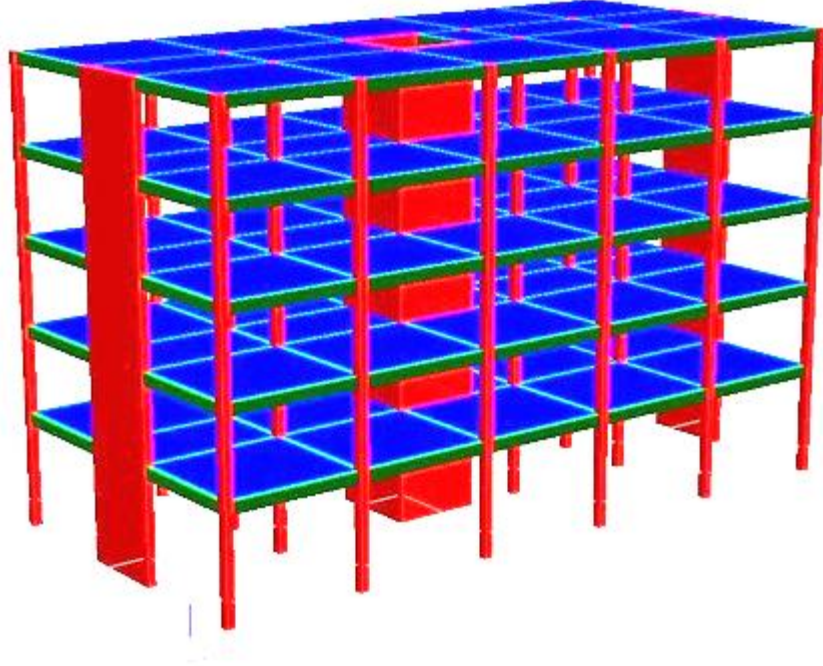
Çizelge 4.20. Durum 10'da yatay elemanların (kirişler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	Sağlamayan eleman yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	18	5	27.78	< 30.00
2	18	6	33.33	> 30.00 !
3	18	5	27.78	< 30.00
4	18	5	27.78	< 30.00
5	18	0	0	< 30.00

Çizelge 4.20'ye bakıldığında 2'nci kat kirişlerinin öngörülen performans limitini aştığı görülmektedir. Bu durumda, yatay taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağlamadığı söylenebilir.

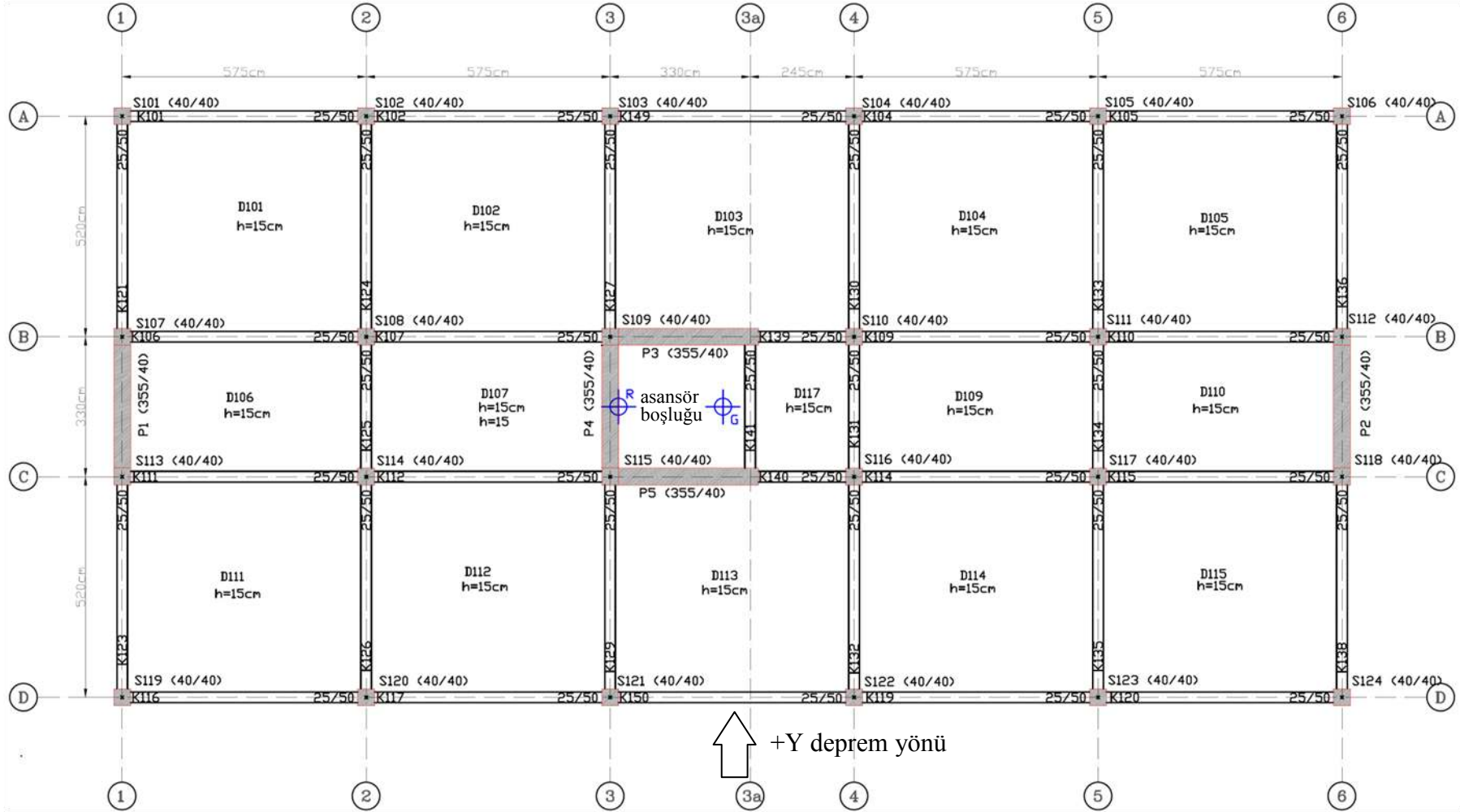
4.2.11. Durum 11

Üç boyutlu görünümü Şekil 4.42'de ve normal kat planı Şekil 4.43'te verilen örnek binanın deprem performans analizi, bir adet şaft tipi ve iki adet de Y yönünde yerleştirilmiş perdeli durum için gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda yatay ve düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite (r) oranları DBYBHY 2007 performans sınırları ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.44 ve Şekil 4.45'te grafik olarak verilmiştir.

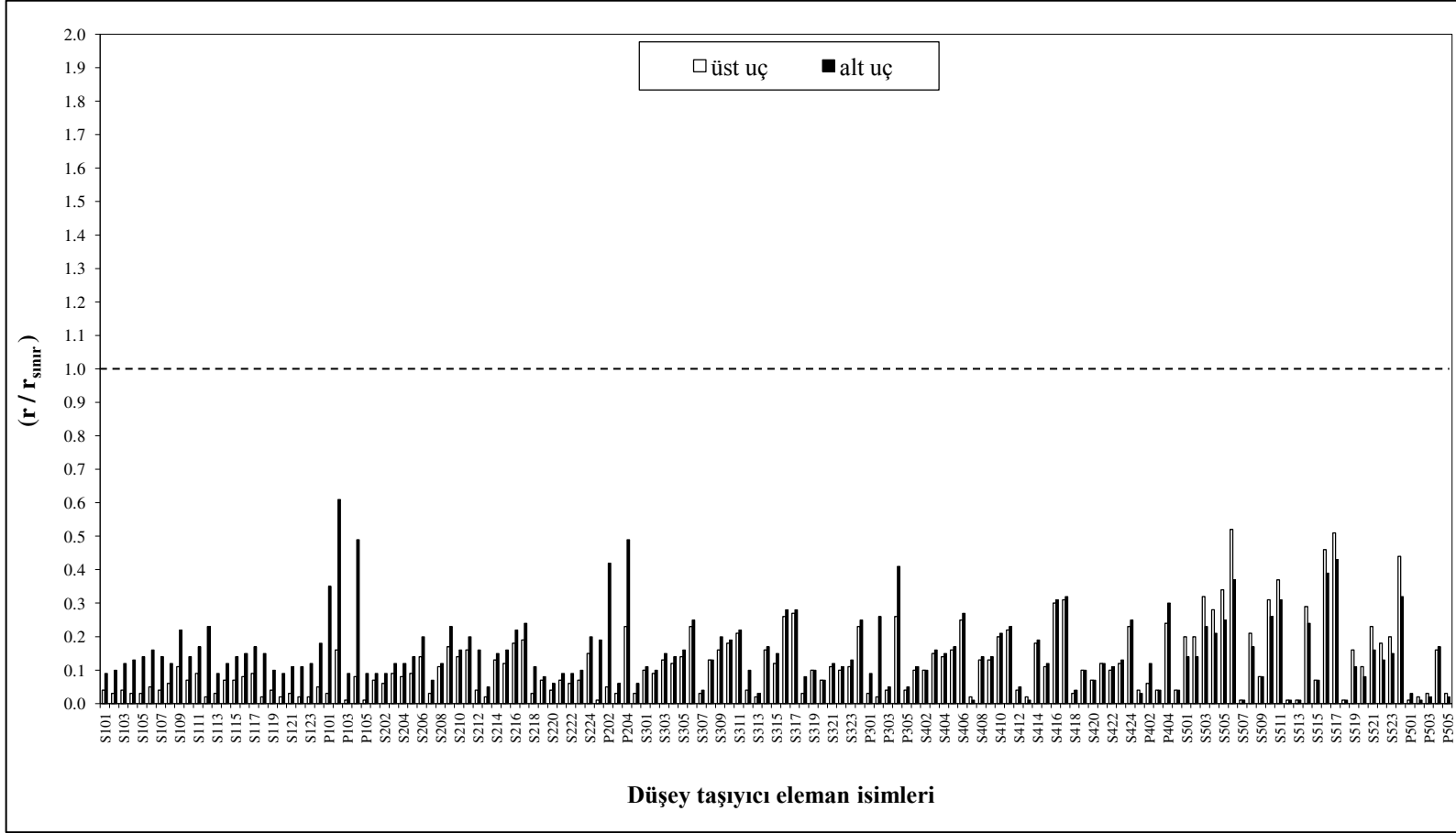


Şekil 4.42. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 11)

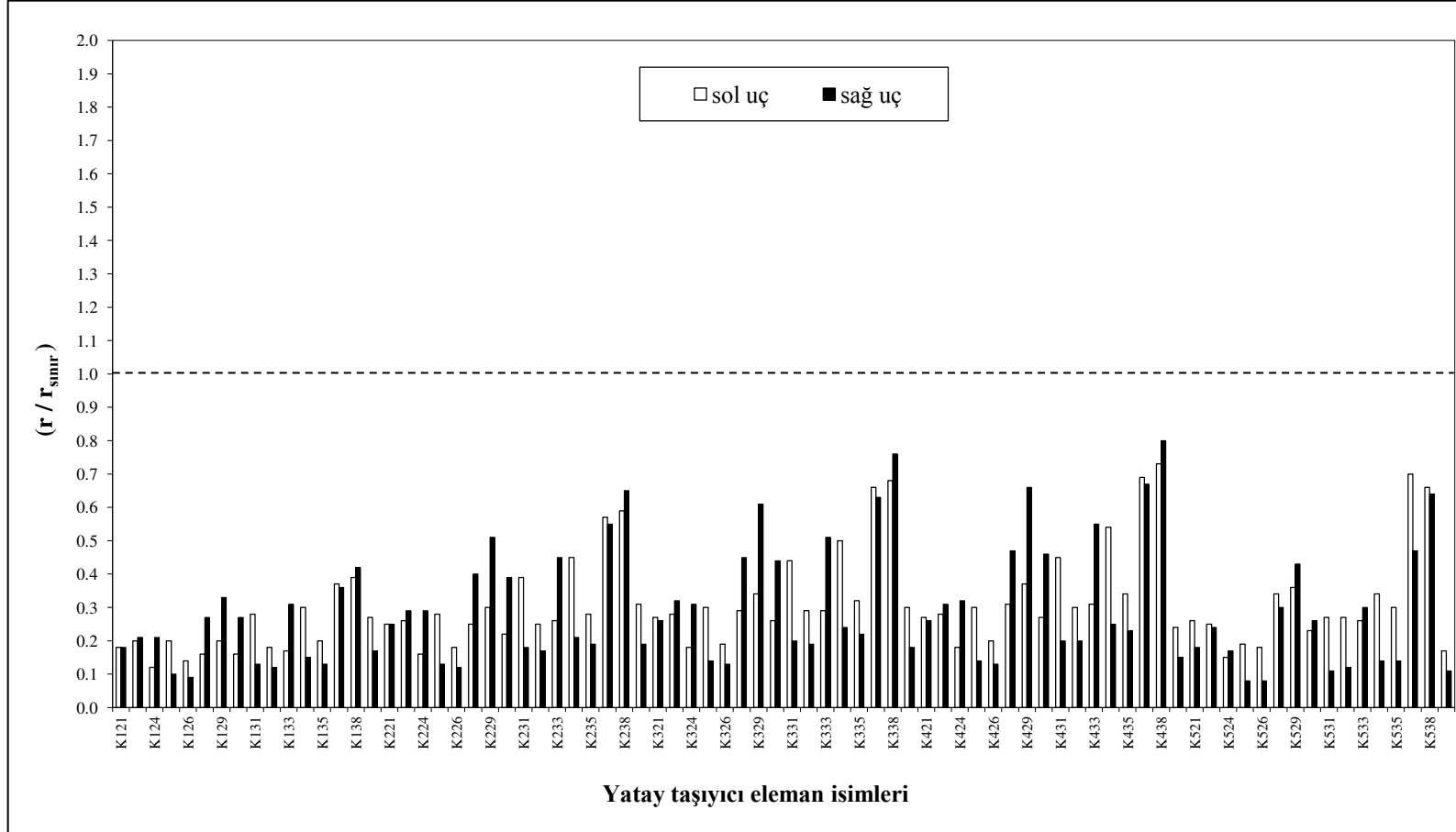
Örnek binaya ilave edilen betonarme perdelerin kalınlığı 40 cm olarak seçilmiş olup şaft tipi perde; 3-3(a) aksları arasında C ve D aksları üzerine ve C-B aksları arasında 3 aksı üzerine, iki adet perde ise; C-B aksları arasında 1 ve 6 aksları üzerine yerleştirilmiş ve tüm katlar boyunca devam edecek şekilde modellenmiştir. Malzeme olarak, kolon ve kirişlerle uyumlu olacak şekilde, C25 beton ve S420 donatı sınıfı seçilmiştir. Perdelerin donatı düzenlenmesi başlıksız perde şeklinde gerçekleştirilmiştir. Şaft tipi perdenin her bir kolunda $2 \times 20\Phi 20$ adet donatı eşit aralıklarla yerleştirilmiştir. Y yönündeki her bir perde elemanında $2 \times 20\Phi 20$ donatı varlığı dikkate alınmıştır.



Şekil 4.43. Binanın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 11)



Şekil 4.44. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 11)



Şekil 4.45. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 11)

*Can Güvenliği Performans Düzeyi'*ne göre kontrol edilen binada örnek durum için kolon ve kirişlerin öngörülen performans limitlerini sağlayıp sağlamadığını gösterebilmek amacıyla Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.21. Durum 11'de düşey elemanların (kolonlar ve perdeler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	V toplam (t)	V sağlamayan (t)	Sağlamayan V yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	29	0	1752.84	0	0	< 20.00
2	29	0	1627.027	0	0	< 20.00
3	29	0	1375.399	0	0	< 20.00
4	29	0	997.958	0	0	< 20.00
5	29	0	494.703	0	0	< 40.00

Çizelge 4.21'e bakıldığında tüm kat kolonlarının öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, düşey taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı söylenebilir.

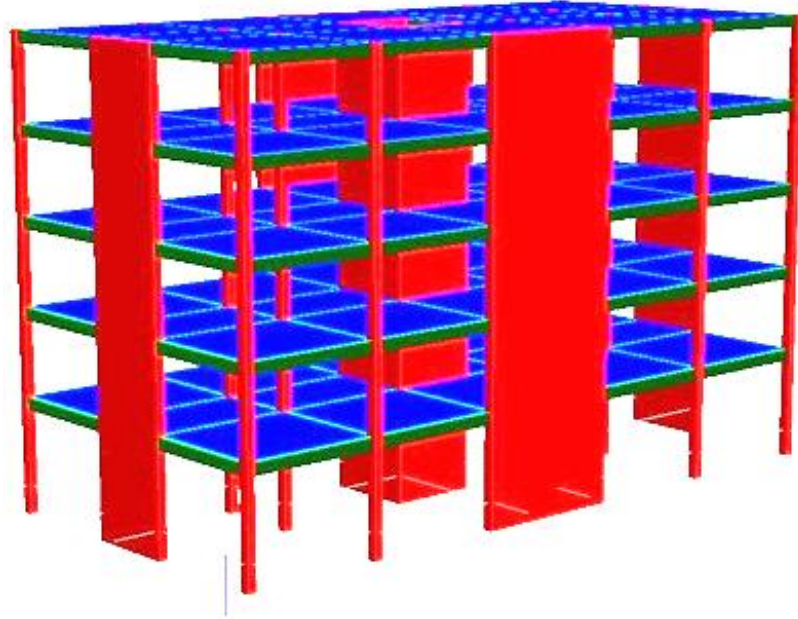
Çizelge 4.22. Durum 11'de yatay elemanların (kirişler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	Sağlamayan eleman yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	16	0	0	< 30.00
2	16	0	0	< 30.00
3	16	0	0	< 30.00
4	16	0	0	< 30.00
5	16	0	0	< 30.00

Çizelge 4.22'ye bakıldığında tüm kat kirişlerinin öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, yatay taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı söylenebilir.

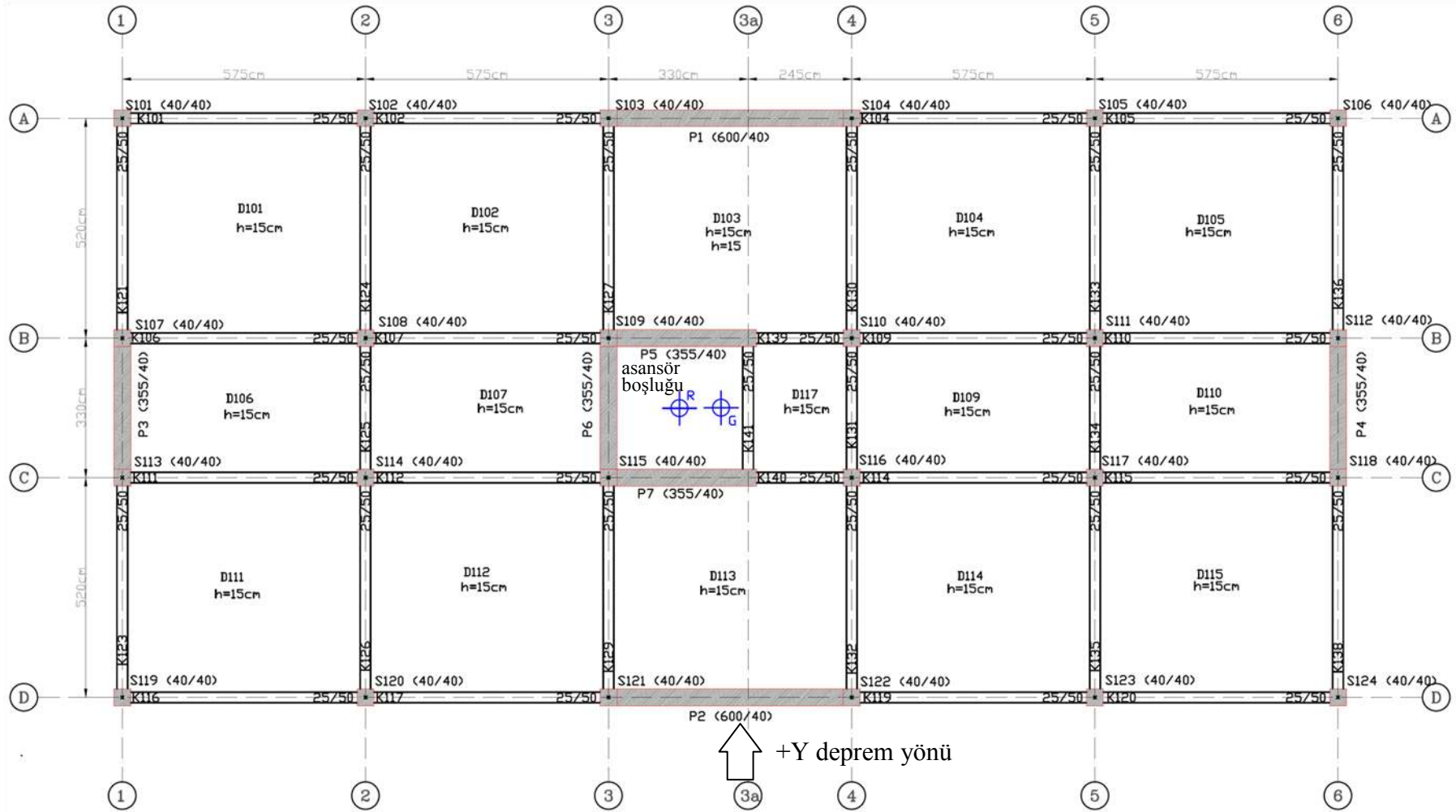
4.2.12. Durum 12

Üç boyutlu görünümü Şekil 4.46'da ve normal kat planı Şekil 4.47'de verilen örnek binanın deprem performans analizi, bir adet şaft tipi ve ikişer adet de X ve Y yönünde yerleştirilmiş perdeli durum için gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda yatay ve düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite (r) oranları DBYBHY 2007 performans sınırları ile karşılaştırmalı olarak Şekil 4.48 ve Şekil 4.49'da grafik olarak verilmiştir.

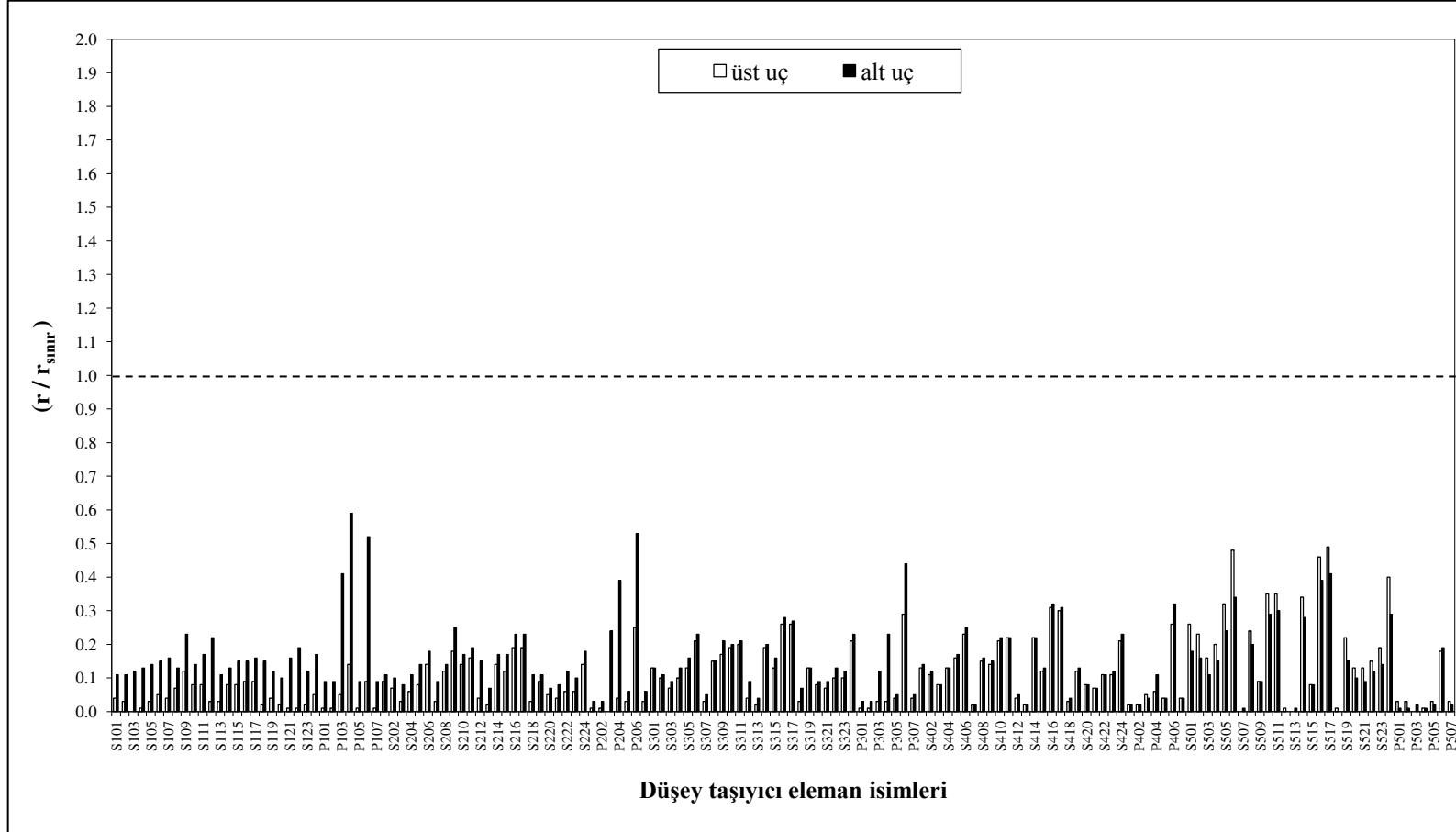


Şekil 4.46. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 12)

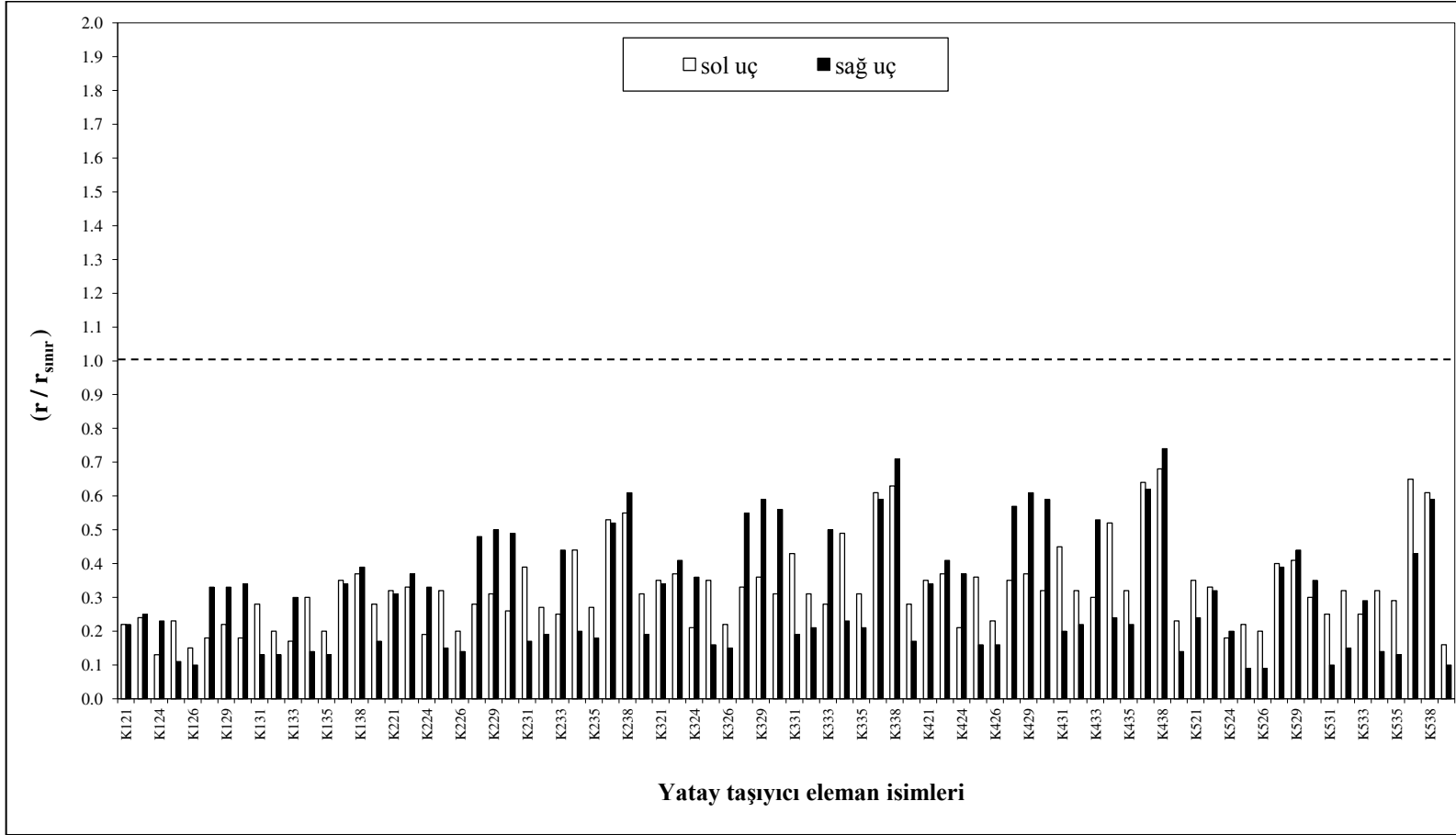
Örnek binaya ilave edilen betonarme perdelerin kalınlığı 40 cm olarak seçilmiş olup şaft tipi perde; 3-3(a) aksları arasında C ve D aksları üzerine ve C-B aksları arasında 3 aksı üzerine, X yönündeki iki adet perde; 3-4 aksları arasında A ve B aksları üzerine, Y yönündeki iki adet perde ise; C-B aksları arasında 1 ve 6 aksları üzerine yerleştirilmiş ve tüm katlar boyunca devam edecek şekilde modellenmiştir. Malzeme olarak, kolon ve kirişlerle uyumlu olacak şekilde, C25 beton ve S420 donatı sınıfı seçilmiştir. Perdelerin donatı düzenlenmesi başlıksız perde şeklinde gerçekleştirilmiştir. Şaft tipi perdenin her bir kolunda $2 \times 20\Phi 20$ adet donatı eşit aralıklarla yerleştirilmiştir. Y yönündeki her bir perde elemanında $2 \times 20\Phi 20$ donatı varlığı dikkate alınmıştır. X yönündeki perdeler ise $2 \times 30\Phi 20$ donatı yerleştirilmiştir.



Şekil 4.47. Bina'nın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 12)



Şekil 4.48. Düşey elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 12)



Şekil 4.49. Yatay elemanlar için elde edilen etki/kapasite oranları (Durum 12)

*Can Güvenliği Performans Düzeyi'*ne göre kontrol edilen binada örnek durum için kolon ve kirişlerin öngörülen performans limitlerini sağlayıp sağlamadığını gösterebilmek amacıyla Çizelge 4.23 ve Çizelge 4.24 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.23. Durum 12'de düşey elemanların (kolonlar ve perdeler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	V toplam (t)	V sağlamayan (t)	Sağlamayan V yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	31	0	1863.873	0	0	< 20.00
2	31	0	1731.434	0	0	< 20.00
3	31	0	1466.556	0	0	< 20.00
4	31	0	1069.239	0	0	< 20.00
5	31	0	539.483	0	0	< 40.00

Çizelge 4.23'e bakıldığında tüm kat kolonlarının öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, düşey taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı söylenebilir.

Çizelge 4.24. Durum 12'de yatay elemanların (kirişler) performansı

Kat	Toplam eleman adedi	Sağlamayan eleman adedi	Sağlamayan eleman yüzdesi (%)	Performans Limiti (%)
1	16	0	0	< 30.00
2	16	0	0	< 30.00
3	16	0	0	< 30.00
4	16	0	0	< 30.00
5	16	0	0	< 30.00

Çizelge 4.24'e bakıldığında tüm kat kirişlerinin öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, yatay taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı söylenebilir.

4.3. Durumlardan Elde Edilen Sonuçların Birlikte İrdelenmesi

Binaya ait perdeli ve perdesiz 12 adet durum "Can Güvenliği Performans Düzeyi" için eşdeğer deprem yükü yöntemiyle irdelenmiştir. Bu kapsamda durumların ortak değerlendirilmesinden elde edilen bulgular çizelgeler halinde aşağıda sunulmuştur (Çizelge 4.25-29).

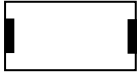
Çizelge 4.25. Durumlara göre binaya etki eden toplam deprem kuvveti

Durum	Toplam deprem kuvveti	
	X yönü (ton)	Y yönü (ton)
1	589	603
2	628	1234
3	1714	666
4	1802	1278
5	1370	795
6	1393	1471
7	1391	1644
8	1413	1578
9	1465	1789
10	1375	1582
11	1424	1753
12	1909	1864

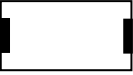
Çizelge 4.26. Binanın birbirine dik iki yönü için serbest titreşim periyotları

Durum	Serbest titreşim periyodu	
	X yönü (sn)	Y yönü (sn)
1	1.3447	1.3040
2	1.3382	1.0578
3	0.3526	1.3034
4	0.3688	0.6174
5	0.4953	1.1717
6	0.5029	0.5163
7	0.4943	0.3311
8	0.5019	0.4972
9	0.5156	0.3017
10	0.5071	0.4288
11	0.5217	0.3572
12	0.3237	0.4295

Çizelge 4.27. Durumlara göre *İleri Hasar Bölgesi*'ne geçen eleman sayısının analizde dikkate alınan toplam eleman sayısına oranı

DURUM		$\pm X$ yönü		$\pm Y$ yönü	
		Kolonlar (adet / adet)	Kirişler (adet / adet)	Kolonlar (adet / adet)	Kirişler (adet / adet)
1		4 / 120	16 / 100	14 / 120	44 / 90
2		2 / 130	18 / 90	0 / 130	0 / 80
3		0 / 130	0 / 90	6 / 130	50 / 90
4		0 / 140	0 / 100	0 / 140	0 / 80
5		0 / 135	10 / 100	12 / 135	28 / 90
6		0 / 140	10 / 100	0 / 140	2 / 85
7		0 / 135	12 / 100	36 / 135	46 / 90
8		0 / 140	12 / 100	0 / 140	1 / 85
9		0 / 145	13 / 100	0 / 145	3 / 80
10		0 / 135	10 / 100	5 / 135	21 / 90
11		0 / 145	12 / 100	0 / 145	0 / 80
12		0 / 155	0 / 90	0 / 155	0 / 80

Çizelge 4.28. Durumlara göre genel performans değerlendirmesi

DURUM		Can Güvenliği Performans Düzeyi			
		$\pm X$ yönü		$\pm Y$ yönü	
		Kolonlarda	Kirişlerde	Kolonlarda	Kirişlerde
1		Sağlanıyor	Sağlanıyor	Sağlanmıyor	Sağlanmıyor
2		Sağlanıyor	Sağlanıyor	Sağlanıyor	Sağlanıyor
3		Sağlanıyor	Sağlanıyor	Sağlanmıyor	Sağlanmıyor
4		Sağlanıyor	Sağlanıyor	Sağlanıyor	Sağlanıyor
5		Sağlanıyor	Sağlanıyor	Sağlanmıyor	Sağlanmıyor
6		Sağlanıyor	Sağlanıyor	Sağlanıyor	Sağlanıyor
7		Sağlanıyor	Sağlanıyor	Sağlanmıyor	Sağlanmıyor
8		Sağlanıyor	Sağlanıyor	Sağlanıyor	Sağlanıyor
9		Sağlanıyor	Sağlanıyor	Sağlanıyor	Sağlanıyor
10		Sağlanıyor	Sağlanıyor	Sağlanıyor	Sağlanmıyor
11		Sağlanıyor	Sağlanıyor	Sağlanıyor	Sağlanıyor
12		Sağlanıyor	Sağlanıyor	Sağlanıyor	Sağlanıyor

Çizelge 4.29. Durumlara göre (A1) tipi burulma düzensizliğinin binada oluşumu

DURUM		Burulma düzensizliği (η_{ib})
1		-
2		-
3		-
4		-
5		Var
6		-
7		Var
8		-
9		-
10		Var
11		-
12		-

5. SONUÇ

Bu tezde, deprem performansında yetersizlik görülen mevcut binalarda yapılacak olan herhangi bir sistem güçlendirme çalışması kapsamında, binaya ilave edilecek olan betonarme perde duvarların konumu hakkında temel tasarım ilkeleri bilgisayar uygulamalı olarak irdelenmiştir. Buna göre, örnek bir betonarme binanın performans yetersizliği bulunan 4 adet durumu için (Durum 1, 5, 7 ve 10), 8 adet perde takviyeli durum (Durum 2, 3, 4, 6, 8, 9, 11 ve 12) belirlenmiş, DBYBHY 2007 uyarınca *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'ne göre performans analizi yapılmış ve binanın davranışındaki değişime bakılmıştır (Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.28). Hesaplarda DBYBHY 2007'de yer alan doğrusal elastik analiz yöntemlerinden Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ne göre performans değerlendirmeleri yapılmıştır. Örnek durumlara ait bilgisayar modellerinin oluşturulmasında ve analizde Probina Orion bilgisayar programından yararlanılmıştır. Binanın birbirine dik 4 farklı yönde için analizler gerçekleştirilmiştir. Bu yönlerden en elverişsiz durum olan +Y yönü için sonuçlar çizelge ve grafikler halinde verilmiştir.

Çalışma kapsamında ele alınan binanın ilk aşamada perdesiz durumu (Durum 1) incelenmiş ve binanın can güvenliği düzeyini sağlamadığı görülmüştür. Bu yetersizliğin iyileştirilmesi amacıyla 3 adet ayrı durum (Durum 2, 3 ve 4) olacak şekilde binaya perde duvar ilavesi yapılmış ve analizler tekrarlanmıştır. İkinci aşamada, binaya bir adet şaft tipi perde asimetrik olarak yerleştirilmiş (Durum 5) ve binanın can güvenliği düzeyini sağlamadığı görülmüştür. Bu yetersizliğin iyileştirilmesi amacıyla bir adet perde duvar Durum 6'da görüldüğü gibi binaya ilave edilmiştir. Üçüncü yetersiz durum olarak, şaft tipi perde duvarın yeri bir aks aralığı kadar bina merkezine kaydırılarak Durum 7 oluşturulmuştur. Bu durumun iyileştirilmesi amacıyla da Durum 8 ve 9'da görülen perde takviyeli bina modelleri hazırlanmıştır. Son olarak da binanın şaft tipi perde elemanı binanın orta bölgesine yerleştirilmiş (Durum 10) ve can güvenliğinin sağlanmadığı görülmüştür. Bu yetersizliğin iyileştirilmesi amacıyla 2 adet ayrı durum (Durum 11 ve 12) olacak şekilde binaya perde duvar ilavesi yapılmış ve analizler tekrarlanmıştır.

Perdesiz durumda (Durum 1), taşıyıcı sistem simetrisi nedeniyle binada burulma düzensizlik (A1) mevcut değildir. Y yönündeki yükleme için Şekil 4.4, Şekil 4.5, Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'ye bakıldığında binanın düşey ve yatay taşıyıcı elemanlarının (kolonlar ve kirişler) uçlarındaki mevcut etki/kapasite oranlarının Deprem Yönetmeliği'nde ön görülen kapasite sınırlarını aştığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla binada Y yönünde can güvenliği performans durumunun sağlanmadığı görülmüş ve güçlendirilmesi gerektiği tespit edilmiştir. X yönündeki yüklemeye ise bir miktar kolon ve kiriş elemanının hasar gördüğü ancak bu doğrultuda can güvenliğinin sağlandığı Çizelge 4.27 ve 4.28'e bakıldığında görülebilir.

Binanın deprem performansının yetersiz olduğu doğrultu olan Y yönünde iki adet simetrik perde yerleştirilerek Durum 2 oluşturulmuştur. Perde elemanların simetrik yerleştirilmesi nedeniyle binada burulma düzensizlik (A1) oluşmamıştır. Y yönündeki yükleme için Şekil 4.8, Şekil 4.9, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'e bakıldığında, kolonların ve kirişlerin tamamının yönetmelik kapsamında verilen kesit etki/kapasite sınırlarının altında olduğu gözlemlenmiş ve binanın can güvenliği durumunu sağladığı görülmüştür. X yönündeki yüklemeye ise Durum 1'e benzer şekilde can güvenliğinin sağlanması ile birlikte bir miktar kolon ve kiriş elemanında hasar oluşmaktadır (Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.28).

Durum 3'te, binanın X yönünde 2 adet perde duvar konulmuş ve bu şekilde performans analizi yapılmıştır. Y yönündeki yükleme için Şekil 4.12, Şekil 4.13, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da verilen sonuçlara bakıldığında, kolonların kesit etki/kapasite sınırlarının altında ancak sınıra çok yakın olduğu, kirişlerin ise mevcut etki/kapasite oranlarının Deprem Yönetmeliği'nde ön görülen kapasite sınırlarını aştığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla binada can güvenliği performans durumunun sağlanmadığı görülmüştür. X yönünde yerleştirilmiş olan perdelerin binanın Y yönündeki deprem performansına önemli bir iyileştirici katkısı olmamıştır. X yönündeki yüklemeye ise hiç hasarlı yapı elemanının bulunmadığı Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.28'e bakıldığında görülebilir.

Durum 4'te ise, Durum 2 ve 3'te denenen perde konumlarının bir arada olduğu durum olarak modellenmiştir ve binanın bu şekilde performans analizine bakılmıştır.

Her iki Y ve X yönlerindeki yükleme için de kolonların ve kirişlerin tamamının yönetmelik kapsamında verilen kesit etki/kapasite sınırlarının altında olduğu gözlemlenmiş ve binanın can güvenliği durumunu sağladığı görülmüştür (Şekil 4.16, Şekil 4.17, Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8). Binada hasar görebilecek yapı elemanı kalmamıştır (Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.28).

Durum 5, binada asansör shaftı bulunması durumu için hazırlanmıştır. Binanın 1 ve 2 numaralı aksları arasına shaft tipi perde duvar konumlandırılmış ve bu şekilde performans analizi yapılmıştır. Y yönündeki yükleme için analiz sonucuna göre kolon ve kirişlere ait mevcut etki/kapasite oranlarının Deprem Yönetmeliği'nde ön görülen kapasite sınırlarını aştığı ve binanın can güvenliği durumunu sağlamadığı görülmüştür (Şekil 4.20, Şekil 4.21, Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10). Perdenin kat planında asimetrik yerleştirilmesi nedeniyle binada burulma düzensizlik (A1) mevcuttur.

Durum 6'da ise Durum 5'teki asansör shaftının yeri aynı kalacak şekilde 6 numaralı aks üzerine bir perde duvar eklenerek binanın performans analizi tekrarlanmıştır. Y yönündeki yükleme için Şekil 4.24, Şekil 4.25, Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12'de verilen sonuçlara bakıldığında kolonların ve kirişlerin tamamının yönetmelik kapsamında verilen kesit etki/kapasite sınırlarının içinde olduğu gözlemlenmiş ve binanın can güvenliği durumunu sağladığı görülmüştür. Ayrıca Durum 5'te gözlemlenen burulma düzensizliği giderilmiştir.

Durum 7'de, binanın 2 ve 3 numaralı aksları arasına shaft tipi perde duvar konumlandırılmış ve bu şekilde performans analizi yapılmıştır. Y yönündeki yükleme için elde edilen sonucuna göre kolon ve kirişlere ait mevcut etki/kapasite oranlarının Deprem Yönetmeliği'nde ön görülen kapasite sınırlarını aştığı ve binanın can güvenliği durumunun sağlanmadığı görülmüştür (Şekil 4.28, Şekil 4.29, Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14). Ayrıca binada burulma düzensizliği oluşmuştur.

Durum 8 ve 9'da ise, Durum 7'deki asansör shaftının yeri aynı kalacak şekilde öncelikle 6 numaralı aks üzerine bir adet perde duvar eklenmiş, 5 numaralı aks üzerine iki adet perde duvar eklenerek binanın performans analizi tekrarlanmıştır. Y yönündeki yükleme için Şekil 4.32, Şekil 4.33, Şekil 4.36, Şekil 4.37, Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16'da verilen sonuçlara bakıldığında kolonların ve kirişlerin tamamının yönetmelik

kapsamında verilen kesit etki/kapasite sınırlarının içinde olduğu gözlemlenmiş ve binanın can güvenliği durumunu sağladığı görülmüştür. Ayrıca Durum 7’de gözlemlenen burulma düzensizliği her iki uygulamada da giderilmiştir.

Durum 10’da asansör shaftı binanın orta bölgesine gelecek şekilde konumlandırılmış ve bu şekilde performans analizine bakılmıştır. Sonuçlara bakıldığında, kolonlar kesit etki/kapasite oranlarının sınırların içinde kaldığı ancak kirişlerin bu sınırları aştığı gözlemlenmiş ve binanın can güvenliği durumunu sağlamadığı görülmüştür (Şekil 4.40, Şekil 4.41, Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20). Bu durumda da bir miktar binada burulma düzensizliği oluşmuştur.

Durum 11’de ise, Durum 10’daki asansör shaftının yeri aynı kalacak şekilde 1 ve 6 numaralı akslar üzerine iki adet perde duvar eklenmiş binanın performans analizi tekrarlanmıştır. Y yönündeki yükleme için Şekil 4.44, Şekil 4.45, Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22’de verilen sonuçlara bakıldığında kolonların ve kirişlerin tamamının yönetmelik kapsamında verilen kesit etki/kapasite sınırlarının içinde olduğu gözlemlenmiş ve binanın can güvenliği durumunu sağladığı görülmüştür. Ayrıca Durum 10’da gözlemlenen burulma düzensizliği görülmemiştir. X yönündeki yüklemede ise bir miktar kiriş elemanının hasar gördüğü ancak bu doğrultuda can güvenliğinin sağlandığı Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.28’e bakıldığında görülebilir.

Durum 12’de ise, Durum 10’daki asansör shaftının yeri aynı kalacak şekilde X ve Y yönlerinde 1, 6, A ve D aksları üzerine dört adet perde duvar eklenmiş binanın performans analizi tekrarlanmıştır. Her iki Y ve X yönlerindeki yükleme için de kolonların ve kirişlerin tamamının yönetmelik kapsamında verilen kesit etki/kapasite sınırlarının altında olduğu gözlemlenmiş ve binanın can güvenliği durumunu sağladığı görülmüştür (Şekil 4.48, Şekil 4.49, Çizelge 4.23 ve Çizelge 4.24). Binada hasar görebilecek yapı elemanı kalmamıştır (Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.28).

İncelenen durumların ortak değerlendirilmesinden elde edilen bulgulara göre; binaya eklenen perdelerin yerleştirildiği doğrultudaki toplam deprem kuvvetinin perdesiz duruma göre arttığı Çizelge 4.25’te görülebilir. Yine binanın perdeli durumlarında serbest titreşim periyotlarının azaldığı Çizelge 4.26’da mevcuttur.

Binanın perdesiz durumuna baktığımızda X ve Y yönü için çoğu elemanın ileri hasar bölgesine geçtiği gözlenmektedir (Çizelge 4.27). Perdeli durumlar ortak değerlendirildiğinde, binanın deprem performansına yeterli miktarda katkı sağlayamayan durumların 3'üncü, 5'inci, 7'inci ve 10'uncu durumlar olduğu Çizelge 4.28'de sunulmuştur. Hatta bu durumlardan 5'inci, 7'inci ve 10'uncu durumlar binanın deprem performansında daha kötü sonuçların alınmasına yol açmıştır. Tüm yönlerde hiç eleman hasarının oluşmadığı ve can güvenliğinin her yönde sağlandığı sonuçların ise Durum 4 ve 12'de elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.28).

Yapılan çalışmada, binalara perde duvar eklenmesiyle deprem performansında bir iyileştirme sağlanabildiği görülmüştür. Ancak, eklenecek olan perdelerin konumu, binanın davranışını önemli ölçüde olumlu ya da olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle henüz tasarım aşamasındayken perdelerin yeri iyi etüt edilmelidir. Perdeler yeterli burulma rijitliği sağlanmalıdır. Bu amaçla perde duvarlar olabildiğince yapı planının dış çerçevesine ve simetrik yerleştirilmelidir. Bina kütle ve rijitlik merkezleri mümkün olduğunca yakın tutulmalıdır. Perde duvarlar kat planı içinde bir bölgede yoğunlaştırılmamalı ve olabildiğince kat planı içinde dağılmalıdır. Perdelerin her iki yönde moment taşıma kapasiteleri deprem momentlerini karşılamalıdır.

6. KAYNAKLAR

- AKBAŞ, B. 2004. Performansa dayalı tasarım dersi notları, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- AKGÖNEN, A.İ. 2005. Depreme dayanıklı yapı tasarımı ve onarım – güçlendirme tekniklerinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- ANONİM, 1998. Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, Yayın No: 25, 12. Baskı, İzmir, 85 s.
- ATC-40, 1996, Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings, Applied technology council, California.
- AYDINOĞLU, N., CELEP, Z., ÖZER, E., SUCUOĞLU, H. 2007. Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik – Örnekler kitabı. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- CE571-EQ ENGINEERING. 2003. Equivalent lateral load procedures in earthquake resistant design. Purdue University, West Lafayette.
- CELEP, Z. ve KUMBASAR, N. 1998. Betonarme yapılar, Beta Dağıtım, İkinci baskı, İstanbul, 888 s.
- CELEP, Z. ve KUMBASAR, N. 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. Beta Dağıtım, İkinci Baskı, İstanbul, 596 s.
- CELEP, Z. ve KUMBASAR, N. 2001. Yapı dinamiği, Beta Dağıtım, Üçüncü Baskı, İstanbul, 418 s.
- CELEP, Z. ve KUMBASAR, N. 2004. Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı (Bölüm 11: Performans kavramına dayalı tasarım). Beta Yayıncılık, İstanbul.
- DOĞAN, M. 2006. Depreme dayanıklı yapı tasarımı. ESOGÜ, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ders Notları.
- ERSOY, U., ÖZCEBE, G., CANBAY, E. 2008. Binalar için deprem mühendisliği temel ilkeleri, Evrim yayınevi, 1. Baskı, İstanbul.
- EMREN, T. 2000. Betonarme (Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik), Evrim yayınları, İstanbul.
- FALCO, S. ve BENTO, R. 2001. Analysis procedures for performance-based seismic design. 12th European Conference on Earthquake Engineering, 371 p.

- FEMA-356. 2000. Pre-standard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings, American Society of Civil Engineers, Virginia, ABD.
- FEMA-440. 2004. Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, Applied Technology Council ATC-55 Project, California, ABD.
- GHOBARAH, A. 2001. Performance-based design in earthquake engineering: state of development. Engineering Structures, 23: 878-884.
- GENÇ, M. 2007. Farklı yapısal özelliklere sahip betonarme yapıların çeşitli çözüm yöntemleriyle performansa dayalı analizi. Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi.
- GÜN, Ö. 2007. Mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesinin 2006 Deprem yönetmeliği kapsamında irdelenmesi. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi.
- GÜLTEKİN, E.E. 2008. Mevcut yapıların depreme karşı güçlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi.
- ŞENGÖZ, A. Ve SUCUOĞLU, H. 2009. 2007 deprem yönetmeliğinde yer alan mevcut binaların değerlendirilmesi yöntemlerinin artıları ve eksileri”, İMO Teknik Dergi, 4609–4633 s.
- PROBİNA ORİON V16, 2012, Kullanma kılavuzu. PROTA BİLGİSAYAR A.Ş., ANKARA.
- T.C. BAYINDIRLIK ve İSKÂN BAKANLIĞI. 2007. Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik. Afet isleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- UYGUN, G. ve CELEP, Z. 2007. İstanbul betonarme bir binanın deprem güvenliğinin deprem yönetmeliği (2007)’deki doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerle karşılaştırılmalı incelenmesi. Altıncı ulusal deprem mühendisliği konferansı.

ÖZGEÇMİŞ

Eren ARACI, 1983 yılında Trabzon’da doğdu. İlköğrenimini Antalya, orta ve lise öğrenimini Konya’da tamamladı. 2003 yılında girdiği Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü’nden 2007 yılında İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. 2009 yılında Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisansına başladı. Çeşitli iş yerlerinde çalıştıktan sonra 2011 yılı içerisinde askerlik hizmetini tamamladı. Askerlik hizmetinden sonra 2011 yılından beri özel bir mimarlık ofisinde inşaat mühendisi olarak çalışmaktadır.