

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BETONARME BİR BİNANIN PROBİNA ORİON BİLGİSAYAR
PROGRAMIYLA DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ VE
SONUÇLARIN DBYBHY-2007 BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Şerafettin SAĞLAM

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

2013

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME BİR BİNANIN PROBİNA ORİON BİLGİSAYAR
PROGRAMIYLA DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ VE
SONUÇLARIN DBYBHY-2007 BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Şerafettin SAĞLAM


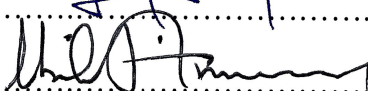
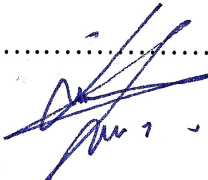
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu teze 02/08/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Engin EMSEN

Yrd. Doç. Dr. İbrahim ATMACA

Yrd. Doç. Dr. İbrahim AYDOĞDU


.....

.....

.....

ÖZET

BETONARME BİR BİNANIN PROBİNA ORİON BİLGİSAYAR PROGRAMIYLA DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ VE SONUÇLARIN DBYBHY-2007 BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Şerafettin SAĞLAM

**Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Engin EMSEN
Temmuz 2013, 160 sayfa**

Tasarım güvenliği açısından binaların deprem yükleri altındaki davranışının belirlenmesi ve buna bağlı oluşan kesit tesirlerinin tespiti oldukça önemlidir. Bu nedenle, binaların deprem performansını belirleyen analiz yöntemleri geliştirilmiş ve son şekliyle 2007 yılından itibaren Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde yerini almıştır. Bu çalışmada, betonarme binaların deprem performans seviyesini belirleyen Probina Orion hazır bilgisayar programı kullanılarak örnek bir binanın performans analizi gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 (DBYBHY-2007) bakımından değerlendirilmiştir. Performans yetersizliği görülen binaya perde ilavesi yapılarak güçlendirme yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. Performans analizleri ve kontroller, yönetmelikte yer alan doğrusal elastik hesap yöntemleri esaslarına göre gerçekleştirilmiştir. Kontrol ve kıyaslama işlemleri SAP2000 yapı analiz programı yardımı ile gerçekleştirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Betonarme bina, Deprem performansı,
Doğrusal elastik yöntem, Probina Orion,
Güçlendirme, DBYBHY-2007

JÜRİ: Yrd. Doç. Dr. Engin EMSEN (Danışman)
Yrd. Doç. Dr. İbrahim ATMACA
Yrd. Doç. Dr. İbrahim AYDOĞDU

ABSTRACT

DETERMINATION OF SEISMIC PERFORMANCE OF A RC BUILDING BY USING PROBINA ORION SOFTWARE AND EVALUATING THE RESULTS ACCORDING TO THE TURKISH EARTHQUAKE CODE-2007

Şerafettin SAĞLAM

MSc Thesis in Civil Engineering
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Engin EMSEN
July 2013, 160 pages

From the point of design safety, it is very important to determine the behavior of buildings under seismic loads and accordingly detection of the internal forces caused by them. For this reason, some analysis methods which determine the seismic performance of buildings were developed and have taken their places in the Turkish Earthquake Code since 2007 in its final state. In this study, performance analysis of a sample building was carried out and the results were evaluated according to Turkish Earthquake Code (2007) by using Probina Orion, software that determines reinforced concrete buildings earthquake performance level. The building which showed low performance was supported by additional shear wall and the results were interpreted. Linear elastic computational methods which were explained in the Turkish Earthquake Code (2007) were used for the performance analysis and controls. Control and comparison processes were performed with the help of SAP2000 software.

KEYWORDS: Reinforced concrete buildings, Seismic performances,
Linear elastic method, Probina Orion, Strengthening,
Turkish Earthquake Code (2007)

COMMITTEE: Asst. Prof. Dr. Engin EMSEN (Supervisor)
Asst. Prof. Dr. İbrahim ATMACA
Asst. Prof. Dr. İbrahim AYDOĞDU

ÖNSÖZ

Ülkemizin büyük bir bölümü aktif deprem kuşağında yer almaktadır. Buna en yakın örnek olarak 1999 Marmara Depremi önemli ölçüde can ve mal kaybına sebep olmuştur. Bu durum, özellikle 2000’li yıllardan önce yapılan mevcut yapı stokumuzun; projersiz veya projesine uygun olarak yapılmadığını, kalitesiz malzeme ve kötü işçilikle inşa edildiğini göstermektedir. Bununla birlikte, oluşan hasar tiplerine bakıldığında binaların henüz projelendirme aşamasındayken dahi yetersiz bir mühendislik anlayışıyla tasarlandığı görülmektedir. Ülkemizin içinde bulunduğu bu durum nedeniyle, mevcut yapıların deprem performansının belirlenmesi büyük bir önem kazanmıştır.

Bu kapsamda, günümüzde yürürlükte olan deprem yönetmeliğine uygun olarak hazırlanmış, bina deprem performans analizi yapabilen çeşitli bilgisayar yazılımları geliştirilmiştir. Bu yazılımlardan bir tanesi de Probina Orion 2012 (SP.5) hazır bilgisayar programıdır.

Bu çalışmada, Probina Orion 2012 (SP.5) hazır bilgisayar programı sonuçları, DBYBHY-2007 Bölüm 7’de yer alan “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” kurallarına göre örnek bir bina üzerinde irdelenerek, bu konudaki olası belirsizliklerin giderilmesinde fayda sağlamak amaçlanmıştır.

Bana bu konuda çalışma imkânı sunan ve özveriyle yardımlarını esirgemeyen danışmanım Yrd. Doç. Dr. Engin EMSEN’e, çalışma saatlerimde esneklik tanıyan şirket yöneticilerime ve çalışma arkadaşlarıma, manevi desteklerinden dolayı aileme ve yakın arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, yazılım ve teknik bilgi desteklerinden dolayı PROTA Yazılım Bilişim ve Mühendislik Hiz. Ltd. Şti.’ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMASI	3
2.1. Performansa Dayalı Tasarım Kavramı	3
2.2. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı.....	4
2.3. Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi	5
2.3.1. Kapsam	5
2.3.2. Binalardan bilgi toplanması.....	5
2.3.3. Yapı elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri.....	6
2.3.4. Deprem hesabına ilişkin genel ilke ve kurallar.....	7
2.3.5. Depremde bina performansının doğrusal elastik hesap yöntemleri ile belirlenmesi	8
2.3.6. Bina deprem performansının belirlenmesi.....	13
2.3.7. Binalar için hedeflenen performans düzeyleri	14
2.4. Binaların Güçlendirilmesi	15
2.4.1. Güçlendirilen binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi	15
2.4.2. Güçlendirme türleri.....	15
2.4.3. Betonarme taşıyıcı sistemlerin yerinde dökme betonarme perdeler ile güçlendirilmesi	15
2.5. Perdelerin Tasarımı ve Mevcut Binada Yerlerinin Tespiti	17
2.6. Probina Orion Yapı Analiz Programı	18
2.6.1. Probina Orion ile dinamik analiz (Mod Birleştirme Yöntemi).....	19
2.6.2. Probina Orion ile kapasite ve performans belirleme	19
2.7. Önceki Çalışmalar	19
3. MATERYAL ve METOT	22
3.1. Amaç	22
3.2. Yöntem ve Değerlendirme	22
4. SAYISAL UYGULAMALAR ve BULGULAR.....	29
4.1. Giriş.....	29
4.2. Bina ile İlgili Çeşitli Bilgiler	29
4.3. Binanın Bilgisayar Modelinin Oluşturulması ve Yapısal Analiz	32
4.3.1. Binanın bilgisayar modeli.....	32
4.3.2. Düşey yük analizi	33
4.3.3. Hesap yönteminin seçimi.....	37
4.4. Kolonlarda Toplam Eksenel Kuvvetin ($N_{Dc}+N_{Ec}$) ve Buna Bağlı Elde Edilen Moment Kapasitesinin (M_{Kc}) Hesaplanması	43
4.4.1. S108 kolonu için toplam eksenel kuvvetinin ($N_{Dc}+N_{Ec}$) hesaplanması	43
4.4.2. Düşey yükler (N_{Dc}) ve kiriş eğilme kapasiteleriyle uyumlu kesme kuvvetlerinin (V_{Eb}) süperpozisyonu	47
4.4.3. S108 kolonun moment kapasitesinin (M_{Kc}) hesaplanması	50

4.4.4. S108 kolonun kolon-kiriş kapasite oranlarının (KKO) hesaplanması.....	51
4.4.5. S108 kolonu için düzeltilmiş toplam eksenel kuvvetinin ($N_{Dc}+N_{Ec}$) ve buna bağlı elde edilen moment kapasitesinin (M_{Kc}) hesaplanması.....	52
4.5. Kolonlarda Eksenel Kuvvet ve Moment Kapasitelerinin ($N_{Kc} - M_{Kc}$) DBYBHY-2007'ye Göre Hesaplanması.....	53
4.6. Kolonların Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi	54
4.6.1. S108 kolonunun eğilme kapasitesiyle uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvvetinin (V_e) belirlenmesi	54
4.6.2. S108 kolonunun kırılma türünün belirlenmesi (sünek, gevrek)	56
4.6.3. S108 kolonunun etki/kapasite (r) oranının belirlenmesi.....	58
4.6.4. S108 kolonu hasar seviyesinin belirlenmesi.....	58
4.7. Kolonların “Can Güvenliği” Performans Düzeyi için Değerlendirilmesi.....	66
4.8. Kirişlerin Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi	67
4.8.1. K107 kirişinde performans değerlendirmesi	67
4.8.2. K107 kirişinin eğilme kapasitesiyle uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvvetinin (V_e) belirlenmesi	68
4.8.3. K107 kirişinin kırılma türünün belirlenmesi (sünek, gevrek)	69
4.8.4. K107 kirişinin etki/kapasite (r) oranının belirlenmesi.....	69
4.8.5. K107 kirişinin hasar seviyesinin belirlenmesi.....	70
4.8.6. Kirişlerin “Can Güvenliği” performans düzeyi için değerlendirilmesi	78
4.9. Kolon-Kiriş Birleşim Bölgelerinin Kesme Güvenliği Kontrolü	79
4.10. Örnek Binanın Betonarme Perdelerle Güçlendirilmesi.....	80
4.10.1. Durum 1	81
4.10.2. Durum 2	89
4.10.3. Durum 3	97
4.10.4. Durumlardan Elde Edilen Sonuçların Birlikte İrdelenmesi.....	104
5. TARTIŞMA	106
6. SONUÇ	107
7. KAYNAKLAR	110
8. EKLER.....	113
Ek-1: D-D Aksı Kirişleri Yük Analiz Raporu.....	113
Ek-2: Örnek Binanın Kalıp Planları ve Donatı Detayları.....	117
Ek-3: Her İki Programın +X Deprem Yönü Bina Performans Analiz Sonuçları	124
Ek-4: Her İki Programın +Y Deprem Yönü Bina Performans Analiz Sonuçları	143
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

A_c	Kolon veya perde brüt kesit alanı
A_{sw}	Enine donatı toplam kesit alanı
A_o	Etkin yer ivme katsayısı
$A(T)$	Spektral ivme katsayısı
B_B	Mod Birleştirme Yöntemi'nde mod katsayılarının birleştirilmesiyle bulunan bir büyüklük
B_D	B_B büyüklüğüne ait büyütülmüş değer
b_w	Kiriş gövde genişliği
d	Kiriş ve kolon faydalı yüksekliği
d_i	Binanın i 'inci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
$(EI)_e$	Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(EI)_o$	Çatlamamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
f_{cd}	Betonun hesap basınç dayanımı
f_{ck}	Betonun karakteristik basınç dayanımı
f_{cm}	Mevcut beton basınç dayanımı
f_{ctd}	Betonun hesap çekme dayanımı
f_{ctk}	Betonun karakteristik çekme dayanımı
f_{ctm}	Mevcut beton çekme dayanımı
f_{yd}	Boyuna donatının hesap akma dayanımı
f_{yk}	Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı
f_{ywd}	Enine donatının hesap akma dayanımı
f_{ywk}	Enine donatının karakteristik akma dayanımı
H_i	Binanın i 'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği
h	Çalışan doğrultudaki kesit boyutu
H_{cr}	Kritik perde yüksekliği
h_i	Binanın i 'inci katının kat yüksekliği
H_w	Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
I	Bina önem katsayısı
l_n	Yatay veya düşey elemanların bağlandığı diğer elemanlar arasında kalan serbest boyu
l_w	Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
M_{Ab}	Kiriş artık moment kapasitesi
M_{Ac}	Kolon artık moment kapasitesi
M_{Db}, N_{Db}, V_{Db}	Kirişlerin performans hesabında dikkate alınan ve düşey yüklerden dolayı oluşan iç kuvvetler
M_{Dc}, N_{Dc}, V_{Dc}	Kolonların performans hesabında dikkate alınan ve düşey yüklerden dolayı oluşan iç kuvvetler
M_{Eb}, N_{Eb}, V_{Eb}	Kirişlerin performans hesabında dikkate alınan ve deprem yükünden dolayı oluşan iç kuvvetler
M_{Ec}, N_{Ec}, V_{Ec}	Kolonların performans hesabında dikkate alınan ve deprem yükünden dolayı oluşan iç kuvvetler
m_i	Binanın i 'inci katının kütlesi ($m = w / g$)

M_{Kb}	Mevcut malzeme dayanımlarına göre hesaplanan kiriş moment kapasitesi
M_{Kc}	Mevcut malzeme dayanımlarına göre hesaplanan kolon moment kapasitesi
$M_{\bar{D}}, N_{\bar{D}}, V_{\bar{D}}$	Yalnız düşey yükler altında analiz sonucundan elde edilen iç kuvvetler
$M_{\bar{E}}, N_{\bar{E}}, V_{\bar{E}}$	Yalnız deprem yükleri altında analiz sonucundan elde edilen iç kuvvetler
n	Hareketli yük katılım katsayısı
N_A	Artık moment kapasitesine karşı gelen aksel kuvvet
N_E	Deprem yükleri altında oluşan ve limit analize göre hesaplanan kolon aksel kuvveti
N_K	Kesit moment kapasitesine karşı gelen aksel kuvvet
r	Etki/kapasite oranı
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T)$	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}	Basit kiriş hesabına göre kirişin mesnetlerinde düşey yüklerden dolayı meydana gelen kesme kuvveti
V_e	Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
V_r	Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
V_t	Deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
V_{tB}	Deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina 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
δ_i	Binanın i 'inci katındaki etkin görelî kat ötelemesi
η_{bi}	i 'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
ρ	Kesitteki çekme donatısı oranı
ρ'	Kesitteki basınç donatısı oranı
ρ_b	Mevcut malzeme dayanımlarını kullanarak hesaplanan kesit dengeli donatı oranı
Φ	Donatı çapı

Kısaltmalar

FEMA	Federal Emergency Management Agency
ATC	Applied Technology Council
DBYBHY	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
KKO	Kolon-Kiriş Kapasite Oranı
FRP	Fibre-Reinforced Plastic
RC	Reinforced Concrete
CQC	Complete Quadratic Combination

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Kesit hasar sınırları ve bölgeleri.....	6
Şekil 2.2.	Elastik ivme spektrum grafiği	8
Şekil 3.1.	Kirişlerde artık moment kapasitelerini dengeleyen kesme kuvvetleri	24
Şekil 3.2.	Bir birleşime bağlanan kiriş ve kolon uç moment kapasiteleri	25
Şekil 3.3.	Doğrusal elastik yöntemle performans değerlendirilmesinde izlenen hesap adımları.....	27
Şekil 4.1.	Binanın üç boyutlu görünümü (Probina Orion)	29
Şekil 4.2.	Normal kat kalıp planı (Probina Orion)	30
Şekil 4.3.	Yapının üç boyutlu bilgisayar modeli (SAP2000)	32
Şekil 4.4.	Düşey yüklerden dolayı $D-D$ aksı eksenel kuvvet (N_D) diyagramı (Probina).....	33
Şekil 4.5.	Düşey yüklerden dolayı $D-D$ aksı eksenel kuvvet (N_D) diyagramı (SAP2000).....	33
Şekil 4.6.	Düşey yüklerden dolayı $D-D$ aksı kesme kuvvet (V_D) diyagramı (Probina).....	34
Şekil 4.7.	Düşey yüklerden dolayı $D-D$ aksı kesme kuvvet (V_D) diyagramı (SAP2000).....	34
Şekil 4.8.	Düşey yüklerden dolayı $D-D$ aksı moment (M_D) diyagramı (Probina).....	35
Şekil 4.9.	Düşey yüklerden dolayı $D-D$ aksı moment (M_D) diyagramı (SAP2000).....	35
Şekil 4.10.	$D-D$ aksı üzerindeki kirişlere etki eden düşey yükler	36
Şekil 4.11.	Z3 zemin sınıfına ait spektrum grafiği	38
Şekil 4.12.	+X yönü deprem yüklemesinden dolayı $D-D$ aksında elde edilen eksenel kuvveti (N_E) diyagramı (Probina).....	40
Şekil 4.13.	+X yönü deprem yüklemesinden dolayı $D-D$ aksında elde edilen eksenel kuvveti (N_E) diyagramı (SAP2000).....	40
Şekil 4.14.	+X yönü deprem yüklemesinden dolayı $D-D$ aksında elde edilen kesme kuvveti (V_E) diyagramı (Probina).....	41
Şekil 4.15.	+X yönü deprem yüklemesinden dolayı $D-D$ aksında elde edilen kesme kuvveti (V_E) diyagramı (SAP2000).....	41
Şekil 4.16.	+X yönü deprem yüklemesinden dolayı $D-D$ aksında elde edilen moment (M_E) diyagramı (Probina)	42
Şekil 4.17.	+X yönü deprem yüklemesinden dolayı $D-D$ aksında elde edilen moment (M_E) diyagramı (SAP2000).....	42
Şekil 4.18.	$D-D$ aksı çerçevesi.....	43
Şekil 4.19.	K107 kirişinin her iki ucundaki kesit ve donatı özellikleri	44
Şekil 4.20.	K107 kirişinin sağ ucundaki üst moment kapasitesi hesabı	44
Şekil 4.21.	Kirişinin deprem yükü ile uyumlu artık moment kapasiteleri.....	45
Şekil 4.22.	Kirişlerde artık moment kapasitelerini dengeleyen kesme kuvvetleri	46
Şekil 4.23.	K107 kirişi uçlarında eğilme kapasiteleri ile uyumlu kesme kuvvetleri (V_{Eb}).....	46
Şekil 4.24.	K107 kirişi uçlarında eğilme kapasiteleri ile uyumlu kesme kuvvetleri (V_{Eb}).....	47
Şekil 4.25.	S108 kolonuna kirişlerden gelen deprem yönü ile uyumlu kesme kuvvetleri.....	48
Şekil 4.26.	S108 kolon kesiti ve donatı detayı	50
Şekil 4.27.	S108 kolonu moment kapasitesi hesabı.....	50

Şekil 4.28.	Kolon moment–eksenel kuvvet etkileşim diyagramı	53
Şekil 4.29.	S108 kolonunun üst ucundaki birleşimin analiz değerleri	55
Şekil 4.30.	+X deprem yönü için kolonların (GV) sınırına göre performans grafiği (Probina Orion).....	62
Şekil 4.31.	+X deprem yönü için kolonların (GV) sınırına göre performans grafiği (Bu çalışma)	63
Şekil 4.32.	+Y deprem yönü için kolonların (GV) sınırına göre performans grafiği (Probina Orion).....	64
Şekil 4.33.	+Y deprem yönü için kolonların (GV) sınırına göre performans grafiği (Bu çalışma)	65
Şekil 4.34.	Kirişlerde V_e kesme kuvvetinin hesabı	68
Şekil 4.35	+X deprem yönü için kirişlerin (GV) sınırına göre performans grafiği (Probina Orion).....	74
Şekil 4.36	+X deprem yönü için kirişlerin (GV) sınırına göre performans grafiği (Bu çalışma)	75
Şekil 4.37	+Y deprem yönü için kirişlerin (GV) sınırına göre performans grafiği (Probina Orion).....	76
Şekil 4.38	+Y deprem yönü için kirişlerin (GV) sınırına göre performans grafiği (Bu çalışma)	77
Şekil 4.39.	Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 1)	81
Şekil 4.40.	Binanın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 1).....	82
Şekil 4.41.	+X yönü tüm kat kolonlarının performans grafiği (Durum 1)	83
Şekil 4.42.	+X yönü tüm kat kirişlerinin performans grafiği (Durum 1)	84
Şekil 4.43.	+Y yönü tüm kat kolonlarının performans grafiği (Durum 1)	86
Şekil 4.44.	+Y yönü tüm kat kirişlerinin performans grafiği (Durum 1)	87
Şekil 4.45.	Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 2).....	89
Şekil 4.46.	Binanın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 2).....	90
Şekil 4.47.	+X yönü tüm kat kolonlarının performans grafiği (Durum 2)	91
Şekil 4.48.	+X yönü tüm kat kirişlerinin performans grafiği (Durum 2)	92
Şekil 4.49.	+Y yönü tüm kat kolonlarının performans grafiği (Durum 2)	94
Şekil 4.50.	+Y yönü tüm kat kirişlerinin performans grafiği (Durum 2)	95
Şekil 4.51.	Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 3).....	97
Şekil 4.52.	Binanın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 3).....	98
Şekil 4.53.	+X yönü tüm kat kolonlarının performans grafiği (Durum 3)	99
Şekil 4.54.	+X yönü tüm kat kirişlerinin performans grafiği (Durum 3)	100
Şekil 4.55.	+Y yönü tüm kat kolonlarının performans grafiği (Durum 3)	102
Şekil 4.56.	+Y yönü tüm kat kirişlerinin performans grafiği (Durum 3)	103

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranı (r_s).....	11
Çizelge 2.2.	Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranı (r_s).....	12
Çizelge 2.3.	Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranı (r_s).....	12
Çizelge 2.4.	Görelî kat ötelemesi sınırları	12
Çizelge 2.5.	Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri.....	14
Çizelge 4.1.	Kiriş net açıklıkları (l_n) ve kiriş uçlarında oluşan kesme kuvvetleri (V_{dy})	36
Çizelge 4.2.	Kat kütleleri, kat ağırlıkları ve kat kütle merkezlerinin yeri	37
Çizelge 4.3.	X ve Y yönlerinde serbest titreşim analiziyle elde edilen periyot değerleri ve etkin kütle katılım oranları	37
Çizelge 4.4.	Taban kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.....	38
Çizelge 4.5.	+X deprem doğrultusunda ilgili kontroller	39
Çizelge 4.6.	+Y deprem doğrultusunda ilgili kontroller	39
Çizelge 4.7.	Hesap yöntemine göre elde edilen taban kesme kuvveti değerleri.....	39
Çizelge 4.8.	K107 kirişi uçlarının momenti kapasiteleri	45
Çizelge 4.9.	K107 kirişi uçlarının artık moment kapasiteleri (kN-m).....	45
Çizelge 4.10.	Tüm katlarda K107 ve K108 kirişlerinin artık moment kapasiteleri (M_{Ab}).....	46
Çizelge 4.11.	S108 kolonuna bağlanan kiriş uçlarında elde edilen eğilme kapasiteleri ile uyumlu kesme kuvveti (V_{Eb}) değerleri	47
Çizelge 4.12.	D-D aksı üzerinde toplam kolon aksel kuvvet hesabı ($N_{Dc}+N_{Ec}$)	49
Çizelge 4.13.	S108 kolonu toplam aksel kuvvetleri, moment kapasiteleri ve kolon-kiriş kapasite oranları (KKO).....	51
Çizelge 4.14.	Düzeltilmiş kiriş uç momentleri ile toplam kolon aksel kuvvetlerinin tekrar hesaplanması	52
Çizelge 4.15.	S108 kolonu aksel yük-eğilme kapasiteleri	53
Çizelge 4.16.	S108 kolonu üst düğümünde moment kapasitelerinin dağıtılması (kN-m)	56
Çizelge 4.17.	S108 kolonunun eğilme kapasitesiyle uyumlu kesme kuvvetinin (V_e)	56
Çizelge 4.18.	S108 kolonunun kesit, donatı ve malzeme özellikleri.....	57
Çizelge 4.19.	S108 kolonunda kesme kapasitesi kontrolü (kN).....	57
Çizelge 4.20.	S108 kolonunun alt ve üst uçlarında artık moment kapasiteleri (kN-m) .	58
Çizelge 4.21.	S108 kolonunun alt ve üst ucunda etki/kapasite oranları	58
Çizelge 4.22.	S108 kolonunun alt ve üst ucunda (GV) için etki/kapasite sınırı (r_s).....	59
Çizelge 4.23.	S108 kolonunda (GV) için (r / r_s) oranının belirlenmesi	59
Çizelge 4.24.	S108 kolonunun alt ve üst ucunda (GÇ) için etki/kapasite sınırı (r_s).....	60
Çizelge 4.25.	S108 kolonunun alt ucunda (GÇ) için (r / r_s) oranının belirlenmesi.....	60
Çizelge 4.26.	+X deprem yönü için S108 kolonunun performans hesabı (Probina Orion).....	61
Çizelge 4.27.	+X deprem yönü için S108 kolonunun performans hesabı (Bu çalışma).	61
Çizelge 4.28.	+X deprem yönü için kolonların performans hesabı (Probina Orion)	66
Çizelge 4.29.	+X deprem yönü için kolonların performans hesabı (Bu çalışma)	66
Çizelge 4.30.	+Y deprem yönü için kolonların performans hesabı (Probina Orion)	67

Çizelge 4.31. +Y deprem yönü için kolonların performansı hesabı (Bu çalışma)	67
Çizelge 4.32. K107 kirişi uçlarının moment kapasiteleri (kN-m)	68
Çizelge 4.33. K107 kirişinin eğilme kapasitesiyle uyumlu kesme kuvvetinin (V_e)	68
Çizelge 4.34. S108 kolonunun kesit, donatı ve malzeme özellikleri.....	69
Çizelge 4.35. S108 kolonunda kesme kapasitesi kontrolü (kN).....	69
Çizelge 4.36. K107 kirişi uçlarının düzeltilmiş artık moment kapasiteleri (kN-m).....	70
Çizelge 4.37. S108 kolonunun alt ve üst ucunda etki/kapasite oranları	70
Çizelge 4.38. K107 kirişinin sol (i) ucunda (GV) için etki/kapasite sınırı (r_s) _i	71
Çizelge 4.39. K107 kirişinin sağ (j) ucunda (GV) için etki/kapasite sınırı (r_s) _j	71
Çizelge 4.40. K107 kirişi uçlarında (GV) için (r / r_s) oranlarının belirlenmesi	71
Çizelge 4.41. K107 kirişinin sol (i) ucunda (GÇ) için etki/kapasite sınırı (r_s) _i	71
Çizelge 4.42. K107 kirişinin sağ (j) ucunda (GÇ) için etki/kapasite sınırı (r_s) _j	72
Çizelge 4.43. K107 kirişi uçlarında (GÇ) için (r / r_s) oranlarının belirlenmesi.....	72
Çizelge 4.44. +X deprem yönü için K107 kirişinin performansı hesabı (Probina Orion).....	73
Çizelge 4.45. +X deprem yönü için K107 kirişinin performansı hesabı (Bu çalışma) ..	73
Çizelge 4.46. +X deprem yönü için kirişlerin performansı hesabı (Probina Orion)	78
Çizelge 4.47. +X deprem yönü için kirişlerin performansı hesabı (Bu çalışma)	78
Çizelge 4.48. +Y deprem yönü için kirişlerin performansı hesabı (Probina Orion)	78
Çizelge 4.49. +Y deprem yönü için kirişlerin performansı hesabı (Bu çalışma)	79
Çizelge 4.50. S108 kolonunun üst birleşim bölgesinin kesme dayanımı (V_r) _{birleşim}	79
Çizelge 4.51. +X deprem yönü için S108 kolonunun tüm katlardaki üst birleşimlerinin kesme güvenliği	80
Çizelge 4.52. +X yönü düşey taşıyıcı elemanların performansı (Durum 1).....	85
Çizelge 4.53. +X deprem yönü yatay taşıyıcı elemanların performansı (Durum 1)	85
Çizelge 4.54. +Y yönü düşey elemanların performansı (Durum 1)	88
Çizelge 4.55. +Y deprem yönü yatay taşıyıcı elemanların performansı (Durum 1)	88
Çizelge 4.56. +X yönü düşey elemanların performansı (Durum 2)	93
Çizelge 4.57. +X deprem yönü yatay taşıyıcı elemanların performansı (Durum 2)	93
Çizelge 4.58. +Y yönü düşey elemanların performansı (Durum 2)	96
Çizelge 4.59. +Y deprem yönü yatay taşıyıcı elemanların performansı (Durum 2)	96
Çizelge 4.60. +X yönü düşey elemanların performansı (Durum 3)	101
Çizelge 4.61. +X deprem yönü yatay taşıyıcı elemanların performansı (Durum 3)	101
Çizelge 4.62. +Y yönü düşey elemanların performansı (Durum 3)	104
Çizelge 4.63. +Y deprem yönü yatay taşıyıcı elemanların performansı (Durum 3)	104
Çizelge 4.64. Durumlara göre binaya etki eden toplam deprem kuvveti	105
Çizelge 4.65. Binanın birbirine dik iki yönü için serbest titreşim periyotları	105
Çizelge 4.66. Durumlara göre İleri Hasar Bölgesi'ne geçen eleman sayısının analizde dikkate alınan toplam eleman sayısına oranı	105

1. GİRİŞ

Deprem Bölgeleri Haritasına göre, yurdumuzun %92'si deprem riski altındadır (Can 2005). Bu nedenle, yurdumuz dünyanın en etkin deprem kuşaklarından birinin üzerinde bulunduğu söylenebilir. Geçmişte yurdumuzda birçok yıkıcı depremler olduğu gibi, gelecekte de oluşacak depremlerle de büyük can ve mal kaybına uğrayacağımız unutulmamalıdır.

Bununla beraber son yıllarda meydana gelen depremlerin sosyo-ekonomik yönden yıkıcı etkileri nedeniyle, deprem risk bölgelerinde bulunan mevcut yapı stokunun acilen deprem dayanımının belirlenmesi ve yetersiz olanların güçlendirme veya yıkım kararlarının verilmesi gereğini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca, 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. Bunun sonucunda mevcut yapıların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi büyük bir önem kazanmıştır.

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.

Bir binanın deprem performansının belirlenebilmesi için öncelikle o binanın mevcut haliyle durumunun belirlenmesi gerekir. Bu amaçla mevcut binalardan; malzeme özellikleri, taşıyıcı sistem özellikleri, eleman boyutları ve detayları ile ilgili bilgilerin toplanması gerekir. Daha sonra bu bilgiler kullanılarak binanın yapısal bilgisayar 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 eleman miktarına bakılarak binanın deprem performansı hakkında karar verilir.

Eski adıyla T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan ve 1998 yılında yürürlüğe giren Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY) ile yeni yapılacak binalar için tasarım koşulları belirlenmiştir. Ancak bu yönetmelikte, daha önce inşa edilen mevcut olan binaların değerlendirilmesi veya güçlendirilmesi konularında hükümler bulunmamaktadır. Bu konuda ilk kurallar, 06.03.2006 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) içerisinde yer almakta olup ülkemizde ilk kez performansa dayalı tasarım ilkeleri bu yönetmelikle belirlenmiştir. Bundan tam bir yıl sonra 06.03.2007 tarihinde yönetmeliğin çeşitli bölümleri değiştirilmiş ve hemen arkasından 03.05.2007 tarihinde bazı kısımlarında yapılan düzeltmelerle bugünkü şeklini almıştır.

Deprem Yönetmeliğinde öngörülen tasarım ve hesap kurallarının bilgisayar kullanımını zorunlu hale getirmesi ve olası mühendislik hatalarının önüne geçilmesi amacıyla ülkemizde bu konuda yapılan yoğun çalışmalarla çeşitli bilgisayar yazılımları geliştirilmiştir. Bu hazır programlar yeni bir binanın taşıyıcı sistem hesaplarını ve çizimlerini yapabilmekle birlikte mevcut bir binanın deprem performansını da belirleyebilmektedir. Ancak, bu konuda hazırlanan tüm hazır programların yönetmeliğe olan uygunluğunun ve ne ölçüde geneli yansıttığının da ölçülmesi, tasarım güvenliği açısından önemlidir. Bu düşünceyle söz konusu programların çeşitli yapı tiplerine göre denenmesi ve bu denemeler sonucu belirlenen görüşlere göre güncellenmesi uygun olacaktır.

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 iyileştirme yöntemlerinden biridir.

Bu çalışmada, Probina Orion 2012 (SP.5) hazır bilgisayar programı kullanılarak örnek bir betonarme binanın deprem performansı belirlenmiş olup elde edilen sonuçlar DBYBHY-2007 bakımından adımlar halinde değerlendirilmiştir. Örnek binanın deprem performans analizi, doğrusal elastik hesap yöntemlerinden “**Mod Birleştirme Yöntemi**” kullanılarak yapılmıştır. İşlemler esnasında iç kuvvet diyagramlarının elde edilmesi amacıyla SAP2000 yapı analiz programından yararlanılmıştır. Ayrıca, kirişlerin eğilme kapasitelerinin ve kolonların karşılıklı etki diyagramlarının belirlenmesi amacıyla Orta Doğu Teknik Üniversitesi’nde hazırlanan Microsoft Excel tabanlı bilgisayar programlarından faydalanılmıştır (Ersoy ve Özcebe 2004). Bu işlemlerden sonra, performansında yetersizlik görülen örnek binanın güçlendirilmesi amacıyla çeşitli sistem güçlendirme durumları denenmiş ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMASI

2.1. Performansa Dayalı Tasarım Kavramı

Geçmişte yaşanan büyük depremler çok büyük can ve mal kaybına sebep olmuş ve her türden mühendislik yapısına zarar vermişlerdir. Ayrıca bu depremlerde, mevcut yönetmeliklere uygun olarak yapılan yapıların can güvenliğini sağlamalarına karşın, oluşan hasar seviyelerinin yüksek olması nedeniyle önemli ekonomik kayıplara sebep oldukları görülmüştür. Bu depremlerden sonra, yapıların deprem etkisindeki performanslarını arttıracak 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 bir tanesi, “*Belirli performans hedeflerini elde edebilmek için kullanılan yapısal tasarım ölçütlerini içeren yöntem*” ifadesidir (Akbaş 2004).

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

Yurtdışında, özellikle Amerika Birleşik Devletleri’nde, deprem performanslarının belirlenmesine yönelik detaylı çalışmalar 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, 03.05.2007 tarihinde bugünkü şeklini almıştır. Yeni yönetmelik eski yönetmeliklere göre, mevcut binaların deprem öncesi veya sonrasında performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için gerekli kurullarla 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 kurullar 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 onarılabılır 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).

Süreklilik: 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 değişimine izin verilmemelidir (Yumuşak Zemin Kat). Yapı elemanının rijitliğini uygun seçerek ve titreşim periyodunu belirli aralığa getirerek deprem etkilerini küçültmek mümkündür. Bunun için bölgenin hakim periyodu ile yapının periyodu birbirlerinden uzak tutularak rezonans olayını önlemek gerekmektedir. Mesela yumuşak zeminlerde (uzun zemin periyotlarının hâkim olduğu bölgelerde) kısa periyotlu rijit az katlı yapılar uygun düşer. Binalarda rijitlik artarsa katlar arası yer değiştirmeler 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).

Süneklilik: Her bir elemanın sünekliliğinden bahsedilebileceği gibi sistemin sünekliliğinden de bahsedilebilir. Süneklilik, yapının mukavemetinde önemli ölçüde azalma ve kararsız denge olmaksızın, deprem sırasında ortaya çıkan enerjinin büyük bir kısmını plastik ve tersinir büyük şekil değiştirmeleriyle yutma yeteneğidir (Celep ve Kumbasar 2000).

Sonuç olarak;

- Planda ve düşey kesitte yapı mümkün olduğu 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 değiştirmeler ve yer değiştirmeler, güvenliği 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 2007 (DBYBHY-2007) Bölüm 7 ile tanımlanmıştır. Değerlendirilecek ve güçlendirilecek binaların deprem performansı yapıya etkileyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında kontrol edilecektir.

Kullanım süresi içinde depreme ve benzeri dış etkilere aynı zamanda 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).

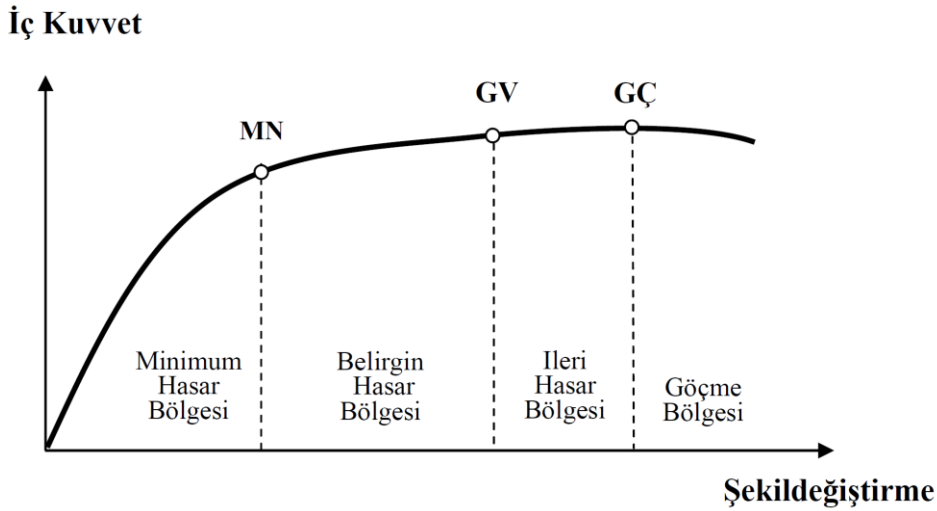
2.3.3. Yapı elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri

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 (Şekil 2.1).

2.3.3.4. Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması

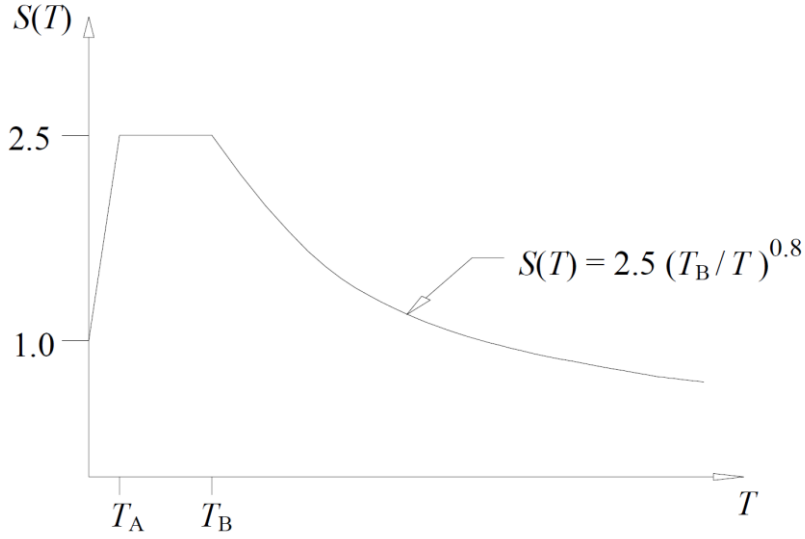
Yapı analizi sonucu hesaplanan iç kuvvetlerin ve şekil değiştirmelerin, 2.3.3.2'de tanımlanan sınır değerler ile karşılaştırılması sonucunda kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilecektir. Eleman hasarını, elemanın en fazla hasarlı kesiti belirler.

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 Bölüm 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-2007 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-2007 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 moment kapasitesinin 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-2007 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 dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ olan binalara uygulanacaktır. Toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) hesaplanmasında (2.1) ifadesinde $R_a = 1$ alınacak ve ifadenin sağ tarafı 1 katsayısı ile çarpılacaktır. 1 katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 alınacaktır.

$$V_t = \frac{W A(T_1)}{R_a(T_1)} \quad (2.1)$$

- 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. Mod Birleştirme Yöntemiyle bina deprem performansının belirlenmesi

Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yer değiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir.

- **İvme spektrumu:** Herhangi bir n'inci titreşim modunda göz önüne alınacak *azaltılmış ivme spektrumu* ordinatı (2.2) ifadesiyle belirlenecektir.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (2.2)$$

- **Göz önüne alınacak dinamik serbestlik dereceleri:** Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi göz önüne alınacaktır.
- **Hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı:** Hesaba katılması gereken *yeterli titreşim modu sayısı*, Y, göz önüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan *etkin kütle*'lerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir:

$$\sum_{n=1}^Y M_{xn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (2.3)$$
$$\sum_{n=1}^Y M_{yn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{yn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i$$

(2.3) ifadesinde yer alan L_{xn} ve L_{yn} ile modal kütle M_n 'nin ifadeleri, kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalar için aşağıda verilmiştir:

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{xin} \quad ; \quad L_{yn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{yin} \quad (2.4)$$
$$M_n = \sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{xin}^2 + m_i \Phi_{yin}^2 + m_{\theta i} \Phi_{\theta in}^2)$$

- **Mod katkılarının birleştirilmesi:** Binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, yerdeğiştirme ve görelî kat ötelemesi gibi büyüklüklerin *her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere*, her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesinde uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir:

$T_m < T_n$ olmak üzere, göz önüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_m / T_n < 0.80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkıların birleştirilmesi için *Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı* uygulanabilir.

Yukarıda belirtilen koşulun sağlanmaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için *Tam Karesel Birleştirme (CQC)* kuralı uygulanacaktır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak *çapraz korelasyon katsayıları*'nın hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınacaktır.

- **Hesaplanan büyüklüklere ilişkin alt sınır değerleri:** Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, *Mod Katkılarının Birleştirilmesi*'ne göre birleştirilerek elde edilen bina toplam deprem yükü V_{TB} 'nin, *Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi*'nde (2.1) ifadesinden hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t 'ye oranının aşağıda tanımlanan β değerinden küçük olması durumunda ($V_{TB} < \beta V_t$), *Mod Birleştirme Yöntemine*'ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, (2.5) ifadesine göre büyütülecektir.

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{TB}} B_B \quad (2.5)$$

DBYBHY-2007 Tablo 2.1'de tanımlanan A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda (2.5) ifadesinde $\beta=0.90$, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $\beta=0.80$ alınacaktır.

2.3.5.3. 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-2007 3.3.7'ye, kirişler için DBYBHY-2007 3.4.5'e ve perdeler için DBYBHY-2007 3.6.6'ya göre yapılacak, ancak DBYBHY-2007 Denklem (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 yükünün 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-2007 Bilgilendirme Eki 7A’da açıklandığı üzere hesaplanabilir.
- Sarılma bölgesindeki enine donatı koşulları bakımından DBYBHY-2007 3.3.4’ü sağlayan betonarme kolonlar, DBYBHY-2007 3.4.4’ü sağlayan betonarme kirişler ve uç bölgelerinde DBYBHY-2007 3.6.5.2’yi sağlayan betonarme perdeler “sargılanmış”, sağlamayanlar ise “sargılanmamış” eleman sayılır. “Sargılanmış” sayılan elemanlarda sargı donatılarının DBYBHY-2007 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 2.1-3’te verilen sınır değerler (r_s) ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. Çizelge 2.1 ve Çizelge 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 Sınırı		
Perde uç bölgesinde sargılama	MN	GV	GÇ
Var	3	6	8
Yok	2	4	6

2.3.5.4. Görelî kat ötelemelerinin kontrolü

Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusunda, 2.3.5.3'de yapılan karşılaştırmalara ek olarak, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerin görelî kat ötelemeleri, Çizelge 2.4'te verilen sınır değeri 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 2.3.5.3'e 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 görelî kat ötelemesini, h_{ji} ise ilgili elemanın yüksekliğini göstermektedir.

Çizelge 2.4. Görelî 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-2007 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-2007 Denklem (3.3)'te verilen kolonların kirişlerden daha güçlü olma koşulunun sağlandığı kolonlar bu hesaba dâhil edilmezler).

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-2007 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

Bir binanın hangi performans düzeyinde olduğunu ya da hedeflenen herhangi bir performans düzeyini sağlayıp sağlayamadığını belirleyebilmemiz için, bütün elemanlarda hasar seviyesi belirlendikten sonra kirişlerde her bir katta adet bazında hasarlı kirişlerin yüzdesinin, kolonlarda ise hasarlı kolonların taşıması gereken kesme kuvvetinin toplam kat kesme kuvvetine oranının hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplanan hasarlı eleman yüzdeleri, hedeflenen performans düzeyinin öngördüğü sınır değerlerle karşılaştırılarak her bir kat için performans seviyesi belirlenir.

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 kütlelerinin 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 deprensiz analiz sonucunda yetersizlikler ortaya çıktığı zaman uygulanır. Eğer kirişler depremlerle analizde yetersiz, deprensiz 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, perdelerle 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 buldukları 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-2007 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-2007 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-2007 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 aksel 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-2007 7.10.5.1'de verilen esaslara uyulacaktır. Perde ucunda mevcut kolon bulunmaması durumunda DBYBHY-2007 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-2007 7.10.2'ye göre büyütülerek perde uç bölgesi oluşturulacaktır. Perdenin altına DBYBHY-2007 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 aksenal 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 katkıyı 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. Probina Orion Yapı Analiz Programı

Probina Orion, bina sistemlerinin üç boyutlu analizi, kolon, perde, kiriş ve döşeme gibi yapı elemanlarının tasarımı ve donatı hesapları ile temel hesaplarının hazırlanması amacıyla geliştirilmiş bir inşaat mühendisliği proje uygulama programıdır. Yapısal analiz Rijitlik Matrisi Yöntemi ile üç boyutlu olarak yapılmaktadır. Yapı, her kat seviyesinde, iki ortogonal doğrultuda yatay serbestlik ve düşey eksen etrafında dönme serbestliği esas alınarak oluşturulan 3 serbestlik derecesine sahiptir. Probina Orion da yapısal modelinde kullanılabilen Kat Serbestlik Derecesi opsiyonel olarak da verilebilmektedir.

Probina Orion ile oluşturulan yapısal modellerde “Kolon-Kiriş” veya “Perde-Kiriş” birleşimlerinde, elemanların boyutlarından kaynaklanan rijit bölgeler eleman etkili boylarının hesabında otomatik olarak göz önüne alınmaktadır. Probina Orion bu bölgelerde %25 azaltma yapabilmeyi (betonarme binalarda malzemenin çatlayacağı düşünülürse, bir emniyet payı olarak) sağlayabilmektedir. Analizler sırasında rijit bölgelerin kullanılmasını istenmiyorsa, “yok” opsiyonu seçilebilmektedir. Bu durumda analizler sırasında herhangi bir rijit bölge kabulü yapılmayacak ve donatı hesapları sırasında mesnet yüzlerindeki iç kuvvetler yerine, aks kesişim noktalarında bulunan iç kuvvetler göz önüne alınmaktadır.

Probina Orion ile üçgen, dikdörtgen, yamuk ve geometrisi bozuk çokgen plak döşemelerden kirişlere yük aktarımı kırılma çizgileri ve sonlu elemanlar yöntemiyle yapılabilmektedir. Kirişlere duvar ve döşemeden gelen yükler, elemanların öz ağırlıklarının katkısıyla bina yükü otomatik olarak hesaplanabilmektedir. Probina Orion ile analizini yapacağınız binaya, şartnamelerde yer alan veya kullanıcının oluşturduğu her türde kombinasyonlardan oluşan yükleme yapılabilmektedir. Yükleme “Asal Yük Hallerinin” (Yük Vektörleri) faktörler ile çarpılarak birleştirildiği kombinasyonlar vasıtasıyla yapılmaktadır. Probina Orion ile çeşitli yük kombinasyonlarını bir araya getirdiğiniz “SLC” (Standart Yük Kombinasyonu) dosyaları oluşturabilmekte olup 1 adet sabit, 1 adet hareketli, 2 adet şaşırtmalı hareketli 4 adet deprem yüklemesi yapılabilmekte veya mevcut dosyalardan biri seçilebilmektedir.

Probina Orion; DBYBHY-2007, TS-500 ve TS-498 şartname hükümlerine uygun olarak hesap yapmaktadır. Bu yönetmeliklerin gerektirdiği tüm kontrolleri yapabilir. Örneğin; süneklik düzeyi yüksek sistemlerde kolonların kirişlerden güçlü olması ve birleşim bölgeleri kesme güvenliği kontrollerini Probina Orion ile çok kısa süre içerisinde yapabilir ve tasarımınızın doğruluğunu kontrol edilebilir. Probina Orion’da çözüm için Statik Analiz, Serbest Titreşim Analizi, Statik+Deprem Analizi, Dinamik Analiz (Mod Birleştirme) yöntemleri kullanılabilir.

2.6.1. Probina Orion ile dinamik analiz (Mod Birleştirme Yöntemi)

Probina Orion ile statik düşey yük analizinin yanı sıra “Mod Birleştirme Yöntemi”ni kullanarak dinamik analiz de yapılabilmektedir. Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yer değiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilmektedir. Probina Orion, TS-500, TS-498 ve DBYBHY-2007 yönetmeliklerine uygun olarak çözüm yapmakta olup aşağıdaki kontrolleri yapmaktadır:

- Dinamik etkin kütle oranları kontrolü ile yeterli sayıda titreşim modunun katkısının hesaba katılıp katılmadığının kontrolü yapılmakta ve gerekli uyarı yapılmaktadır.
- A1, B1 ve B2 yapı düzensizlikleri otomatik olarak kontrol edilmekte ve gerekli uyarılar yapılmaktadır. mod birleştirme yönteminde bu düzensizliklere rastlandığında deprem yönetmeliği gereği analiz sonuçları toplam statik deprem yüküne göre, x ve y yönü için artırım faktörleri otomatik olarak hesaplanmakta ve elde edilen bütün deplasman ve kesit tesirleri artırım faktörleri ile çarpılarak büyütülmektedir.
- Taşıyıcı sistem sınıfına göre seçilen taşıyıcı sistem davranış katsayısını uygunluğu program tarafından yapılmaktadır.
- İkinci merteye etkileri ve görelî kat ötelemelerinin kontrolü otomatik olarak yapılmakta, bu kontrollerde gereken şartlar sağlanmıyorsa uyarılar yapılmaktadır.
- Yapıdaki her bir kolon-kiriş birleşim bölgesinde kesme güvenliği kontrolü ve kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu kontrolü yapılmaktadır.
- Analiz sonrasında kiriş, kolon/perde donatı hesabı program tarafından otomatik olarak yapılmaktadır.

2.6.2. Probina Orion ile kapasite ve performans belirleme

Probina Orion, mevcut yapıların deprem performansının belirlenmesi amacıyla, Türk Deprem Yönetmeliğinde ve FEMA’da tanımlanmış olan, *kapasite kontrol yöntemi* ve *statik artımsal itme (pushover) yöntemi* ile mevcut yapıların performansını isteğe göre doğrusal veya doğrusal olmayan yöntemlerle belirleyebilir. Bu amaçla, mevcut yapılardaki elemanların kapasitesinin ve performansının belirlenmesi ve mevcut elemanların kapasite kontrollerini yapmak için kolon, perde ve kiriş donatı hesap modülleri içermektedir. Buna ek olarak, mevcut elemanlar ile yeni eklenen güçlendirme elemanlarının tanımlanabilmesi amacıyla, eleman bazında kesit özellikleri ve malzeme bilgisi ataması yapılabilir. Ayrıca kolon, perde veya kiriş elemanlarının atalet momentlerinin ve elastisite modül değerlerinin göreceli olarak azaltılması olanağı da mevcuttur.

2.7. Önceki Çalışmalar

Can (2005), yapıların depreme karşı davranışlarını performans kavramına bağlı olarak incelemiş, lineer olmayan bir analiz yöntemi olan Statik İtme Yöntemi kullanarak yapıların deprem etkisi altında güvenilirliğini ve yapılabilecek güçlendirme çalışmalarını değişik kriterler altında değerlendirmiştir. Ayrıca, 1975 Deprem

Yönetmeliği şartlarına göre inşa edilmiş 3 katlı betonarme bir yapının taşıyıcı sistemini ayrıntılı bir şekilde incelemiş, Statik İtme Yöntemiyle deprem güvenliği tahkikini yapmış ve gerekli güçlendirme çalışması yaparak incelenen konunun örnekleme yapmıştır.

Koparan (2006), yapı mühendisliğinin en güncel konularından biri olan ve halen gelişmekte olan “Performansa Dayalı Tasarım” kavramı ve buna bağlı olarak doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri üzerinde durmuştur. Statik itme analizi (Pushover) ve performans değerlendirme yöntemlerinden Kapasite Spektrumu Yöntemi ile Deplasman Katsayıları Yöntemi’ni anlatmaya çalışmıştır. Deplasman Katsayıları Yöntemi kullanarak, öncelikle eski yönetmeliklere göre inşa edilmiş dört katlı betonarme bir yapının mevcut ve güçlendirilmiş durumlarının performanslarını değerlendirmiştir. Yine, yeni yönetmeliğe göre inşa edilmiş dört katlı betonarme bir binanın performansını Deplasman Katsayıları Yöntemi ile değerlendirmiştir. Sonuç olarak, performans seviyesi belirlemede çok yakın sonuçlar ortaya koyan yöntemlerden, şekil değiştirmeye göre performans değerlendirmesi yapan ve daha belirgin limitleri olan ABYYHY 2005’nin, hasar seviyesi ve dağılımı tahmininde FEMA’ya göre daha net, detaylı ve gerçekçi sonuçlar verdiğini görmüştür. Yer değiştirmeye dayalı tasarım yöntemlerinin, gelecekte kuvvete dayalı tasarım metotları kadar etkin olacağını ve bunun gerekliliğini vurgulamıştır.

Lüle (2006), seçilmiş değişik projelerin inşaat mühendisliği alanında proje bürolarında kullanılan Sta4Cad ve Probina Orion adlı paket programları ile çözümlemesini yapmıştır. İncelenen projelerin aynı zamanda SAP2000 programı ile sismik modellemesini de yapmıştır. Her iki programda aynı değerler kullanarak analiz yapmış olup deprem hesap sonuçlarını, kat ağırlıklarını, yapının doğal periyotlarını ve etkin kütle katılım oranlarını, deprem etkisinden dolayı katlarda meydana gelen x ve y yönü deprem yüklerini, A1 ve B2 düzensizlik kontrollerini, seçilen herhangi bir döşeme, giriş ve kolon elemanları için statik ve betonarme sonuçlarını, perdeli sistemlerde α_m değerlerini, 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik esaslarına göre süneklik düzeyi yüksek sistemlerde yapılması gereken güçlü kolon kontrol sonuçlarını, kolon-giriş birleşim bölgeleri kesme güvenliği kontrolünü bütün örneklerde yapmış ve son olarak beton, kalıp ve donatı metrajını çizelgeler şeklinde oluşturarak vermiştir. Analiz sonuçlarını birbirleriyle kıyaslamıştır. Her iki programı kullanarak yapmış olduğu proje hesap sonuçlarını karşılaştırmıştır.

Çelik (2007), Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 (DBYBHY’07)’nin ilgili bölümlerini özet olarak verdikten sonra İstanbul’da mevcut 6 katlı bir binanın, DBYBHY’07-Bölüm 7’de yer alan Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi’ne göre deprem performans seviyesini incelemiştir. Yapının yatay yük analizinde doğrusal elastik yöntemlerden Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’ni kullanmıştır. Taşıyıcı elemanlar üzerinde yapılan performans değerlendirmeleri sonucu, söz konusu yapının 2007 Yönetmeliği’nde konutlar için öngörülen “Can Güvenliği” performans seviyesini sağlayıp sağlamadığını araştırmıştır. Binanın 3 boyutlu modellemesini SAP2000 yapısal analiz programında oluşturarak düşey ve yatay yük analizini yine bu programda yapmıştır. Yapısal elemanlara ait eğilme momenti kapasitelerini girişlerde, Doç. Dr. Mustafa ZORBOZAN tarafından yazılmış olan bir programla, kolonlarda Prof. Dr. Uğur ERSOY’ un “Dikdörtgen Kolon

Analizi” ve “Moment Eğrilik İlişkisi” programı ile, 2 yönde çalışan perdelerde ise “Biaxial” programı ile hesaplamıştır. Daha sonra DBYBHY’07-Bölüm 7’de öngörülen doğrusal hesap yöntemi ile kolon, kiriş ve perdeler için Excel tabloları oluşturularak performans seviyelerini belirlemiştir.

Genç (2007), depremin yapı elemanlarında meydana getireceği etkilerini ve bunun sonucunda belirlenecek yapısal performans seviyelerindeki farklılıkları incelemek üzere, iki adet plan simetrisine ve aynı kat plan alanına sahip dört ve sekiz katlı ve aynı kat plan alanına sahip burulma düzensizliği olan, dört ve sekiz katlı iki bina olmak üzere, toplamda dört adet betonarme taşıyıcı sistemli bina, ilk ikisi Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelikte (DBYBHY-2006) yer alan doğrusal elastik değerlendirme, doğrusal olmayan statik artımsal eşdeğer deprem yükü ve deprem mühendisliği literatüründe yer alan, doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri ile çözümlenmiştir.

Gün (2007), Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007-Bölüm 7’de yer alan Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi içerisindeki yeni esasları ve analiz yöntemleriyle mevcut binaların deprem performansı bakımından yeterliliğini ve çıkan sonuçlara göre güçlendirme esaslarını belirlemiştir. Hesaplarda, yapı analizi yapan SAP2000 paket programını kullanmıştır.

Mermer (2007), kapasite kontrollü lineer çözümler ve deplasman kontrollü lineer olmayan çözümler yapmıştır. Bunun için Türk Deprem Yönetmeliği’ndeki doğrusal elastik yöntem ve doğrusal elastik olmayan yöntemleri kullanmıştır. Bu yöntemlerin anlaşılabilirliği için zemin + 5 katlı mevcut bir yapı üzerinde performans değerlendirmesi yapmıştır.

Gültekin (2008), değişik yapı analiz programlarının hesap sonuçlarını geçerliliği uluslararası çevrelerce kabul gören ETABS yapı analiz programının verdiği sonuçlarla karşılaştırmış ve Deprem Yönetmeliği’ne ne kadar uyumlu olduklarını tespit etmiştir. Çalışma sonunda Adana ili Ceyhan ilçesinde bulunan bir okul yapısının güçlendirme projesini Deprem Yönetmeliği’ne uygun olarak gerçekleştirmiştir.

Aracı (2012), 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 ilkelerini, 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 analizini yapmış ve binanın davranışındaki değişimi incelemiştir. Elde edilen sonuçlara bakarak örnek bina için uygun perde takviyeli durumları belirlenmeye çalışmıştır.

Bu çalışmada, yararlanılan kaynakların içerikleri yukarıda yer almaktadır. Literatürde, Probina Orion hazır programıyla yapılan “binaların deprem performans analizi” konulu bir tez çalışmasına rastlanmamıştır.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Amaç

Yapıların deprem yükleri altındaki davranışının belirlenmesi ve buna bağlı oluşan kesit tesirlerinin tespiti, tasarım güvenliği açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle, yapıların deprem performansını dikkate alan analiz yöntemleri geliştirilmiş olup, ilk olarak 2006 yılında yürürlüğe giren Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde yerini almıştır. Hemen bir yıl sonrasında söz konusu yöntemde bir takım güncellemeler yapılmış ve 2007 yılından itibaren günümüzdeki son şeklini almıştır. Söz konusu yöntemlerin oldukça karmaşık olması ve yapı analizinin üç boyutlu yapıma zorunluluğu nedenleriyle tasarımı kolaylaştırmak ve hata payını en aza indirmek için birçok bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Bu programlardan birisi de inşaat mühendisliği proje bürolarında sıkça kullanılan Probina Orion yapı analiz programıdır.

Bu çalışmada, betonarme binaların deprem performans seviyesini belirleyen Probina Orion yapı analiz programı kullanılarak örnek bir betonarme binanın performans analizi gerçekleştirilmiş olup elde edilen sonuçlar Türkiye Deprem Yönetmeliği bakımından değerlendirilmiştir. Deprem performansında yetersizlik görülen binada güçlendirme perdeleri kullanılarak güçlendirme hesabı yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. Performans analizleri ve kontroller, yönetmelikte yer alan doğrusal elastik hesap yöntemleri esaslarına göre gerçekleştirilmiştir.

Örnek olarak ele alınan betonarme binanın, öncelikle tasarımda kullanılan en kesit boyutları, beton sınıfı, donatı çapı ve sayıları dikkate alınarak Probina Orion programı ile bilgisayar modeli oluşturulmuştur. Kontrol ve kıyaslama işlemleri, SAP2000 yapı analiz programı yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Böylece Probina Orion yapı analiz programından elde edilen sonuçlar DBYBHY Bölüm 7'de yer alan performans hesap kurallarına göre irdelenmiştir.

3.2. Yöntem ve Değerlendirme

Mevcut betonarme binaların değerlendirilmesinde Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde 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 (Aydınöglü 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 yükü azaltma katsayısı ile göz önüne alınmaktadır. Doğrusal değerlendirme yöntemi bu kavramın genişletilmesi olup, öngörülen bir R_a deprem yükü 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_s) 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, mod birleştirme yöntemi ise herhangi bir kısıtlama yapılmadan tüm binalar için geçerlidir. İkinci adımda, yapısal elemanların beton dayanımı ve donatı miktarına göre kapasitesi bulunur. Son olarak da, yapı elemanlarının ve tüm yapının performans değerlendirmesi yapılır.

Binanın performans düzeyini belirleyebilmek amacıyla; DBYBHY-2007 Tablo 7.7 kullanılarak, binanın kullanım amacına göre depremin aşılma olasılığı ve hedeflenen performans düzeyleri seçilir. Daha sonra, bina performansı seçilen bu düzeyler için kontrol edilir.

Herhangi bir performans düzeyi için, doğrusal elastik hesap yöntemlerinden mod birleştirme yöntemiyle mevcut yapıların DBYBHY-2006'ya göre değerlendirilmesinde izlenmesi gereken adımlar ve DBYBHY-2007 yönetmeliğinin getirdiği yeni uygulamalar aşağıda özetlenmiştir.

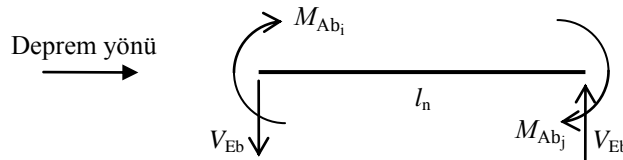
1. Binanın üç boyutlu bilgisayar modeli oluşturulur.
2. Yalnız düşey yüklerden dolayı ($G+0.3Q$) oluşan iç kuvvet diyagramları (N_D , V_D , M_D) belirlenir. Performans hesaplarında kullanılan, düşey yüklerden dolayı kolonlarda oluşan aksel kuvvet (N_{Dc}) ifadesi, analiz sonucu çizilen (N_D) diyagramından elde edilir ($N_{Dc} = N_D$). Benzer şekilde, kirişlerde ve kolonlarda düşey yüklerden oluşan moment ifadeleri de (M_{Db} , M_{Dc}), analiz sonucu çizilen (M_D) diyagramından alınır (M_{Db} , $M_{Dc} = M_D$).
3. Basit kiriş varsayımına göre kiriş uçlarında oluşan kesme kuvveti değerleri (V_{dy}) belirlenir.
4. Kat kütleleri ve kat ağırlıkları hesaplanır.
5. Yapının serbest titreşim periyotlarını belirleyebilmek için yeter sayıda serbestlik derecesi dikkate alınarak *Serbest Titreşim Analizi* yapılır.
6. Binaya etki eden deprem yükleri *Mod Birleştirme Yöntemi* ile hesaplanır.

7. Belirlenen deprem yüküyle ilgili olarak DBYBHY-2006 ve 2007 Madde 2.8.5 uyarınca çeşitli kontroller yapılır. Bunlara ek olarak, her katın görece kat ötelemeleri hesaplanır ve DBYBHY-2006 ve 2007 Tablo 7.6'da performans düzeyine göre yer alan sınır değerlerle kıyaslanır. 2006 yönetmeliğinde katı olan bu sınır değerler 2007 yönetmeliğinde esnetilerek değiştirilmiştir. Bu çalışmada, DBYBHY-2007'de yer alan sınır değerleri dikkate alınmıştır.
8. Yalnız deprem yükleri altında oluşan iç kuvvet diyagramları ($N_{\dot{E}}$, $V_{\dot{E}}$, $M_{\dot{E}}$) belirlenir. Performans hesaplarında kullanılan, deprem yüklerden dolayı kirişlerde ve kolonlarda oluşan moment ifadeleri (M_{Eb} , M_{Ec}), analiz sonucu çizilen ($M_{\dot{E}}$) diyagramından elde edilir (M_{Eb} , $M_{Ec} = M_{\dot{E}}$).
9. Kiriş uçlarında pozitif ve negatif moment kapasiteleri (M_{Kb}) hesaplanır.
10. Deprem yükünün yönüyle uyumlu olan kiriş uçlarındaki moment kapasitelerinden (M_{Kb}), düşey yükler altında oluşan momentler (M_{Db}) çıkartılarak, kiriş uçlarında artık moment kapasite (M_{Ab}) değerleri elde edilir. Bu değerler, soldan sağa etki eden deprem yüklemesi için,

$$\begin{aligned} M_{Ab_i} &= M_{Kb_i(\text{alt})} - M_{Db_i} \\ M_{Ab_j} &= M_{Kb_j(\text{üst})} - M_{Db_j} \end{aligned} \quad (3.1)$$

şeklinde belirlenir. Burada, i kirişin sol ucunu, j ise kirişin sağ ucunu temsil etmektedir. Buna göre, M_{Ab_i} kirişin sol ucundaki ve M_{Ab_j} kirişin sağ ucundaki artık moment kapasite değerleridir.

11. Kirişlerde artık moment kapasite (M_{Ab}) değerlerini dengeleyen kiriş kesme kuvvetleri (V_{Eb}) hesaplanır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Kirişlerde artık moment kapasitelerini dengeleyen kesme kuvvetleri

$$V_{Eb} = (M_{Ab_i} + M_{Ab_j}) / l_n \quad (3.2)$$

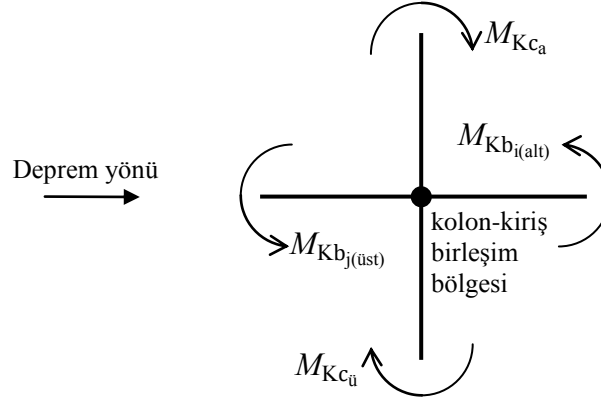
Burada, l_n kirişin net açıklığını göstermektedir.

12. Deprem yükleri altında kolonlarda elde edilen kapasite eksenel kuvvet değerleri (N_{Ec}), göz önüne alınan kolona bağlanan ve kolonun üstünde yer alan aynı düzlemdeki tüm kat kirişlerinden aktarılan kesme kuvvetlerinin (V_{Eb}) yukarıdan aşağı doğru kümülatif olarak toplanmasıyla elde edilir.

$$N_{Ec} = \sum V_{Eb_i} + \sum V_{Eb_j} \quad (3.3)$$

13. Düşey yüklerden kaynaklanan kolon eksenel kuvvet değerleri (N_{Dc}) ve deprem yükleri altında kolonlarda elde edilen kapasite eksenel kuvvet değerleri (N_{Ec}) toplanarak toplam kolon eksenel kuvvetleri ($N_{Dc} + N_{Ec}$) hesaplanır.

14. Karşılıklı etkileşim diyagramı kullanılarak, toplam kolon aksel kuvvetleri ($N_{Dc}+N_{Ec}$) altında kolon alt ve üst uçlarının moment kapasiteleri (M_{Kc_a} , $M_{Kc_ü}$) hesaplanır.
15. Tüm kolon-kiriş düğüm noktalarında, uygulanan deprem kuvvetlerinin yönü ile uyumlu *Kolon-Kiriş Kapasite Oranları* (KKO) hesaplanır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Bir birleşime bağlanan kiriş ve kolon uç moment kapasiteleri

$$KKO = \frac{\text{Birleşime bağlanan kolon kapasite momentleri toplamı } (M_{Kc_a} + M_{Kc_ü})}{\text{Birleşime bağlanan kiriş kapasite momentleri toplamı } (M_{Kb_i(alt)} + M_{Kb_j(üst)}} \dots (3.4)$$

16. Hesaplanan KKO değerleri kullanılarak kiriş uçlarındaki moment kapasite değerleri (M_{Kb}) düzeltilir. Herhangi bir düğüm noktasındaki KKO değeri 1'den küçükse, o düğüm noktasına bağlanan kirişlerin ucundaki moment kapasiteleri KKO ile çarpılarak düzeltilmiş kapasite değerleri elde edilir. Eğer KKO değeri 1'den büyükse, moment kapasitelerinin düzeltilmesi gerekmez.
17. Moment kapasiteleri yerine, düzeltilmiş moment kapasiteleri kullanılarak 10'uncu adıma geri dönülür 10-14'üncü adımlar yeniden tekrarlanır. Bu şekilde, kolonların ve kirişlerin deprem yükünün yönü ile uyumlu moment kapasite değerleri hesaplanmış olur.
18. Yukarıda 11'inci ve 17'inci maddeler arasında açıklanan hesap adımları kolon moment ve aksel kuvvet kapasitelerinin (M_{Kc} , N_{Kc}) belirlenmesi ile ilgilidir. Mevcut yapıların, DBYBHY-2007'ye göre değerlendirilmesinde ise bu hesap adımları yerine uygulanabilecek yeni yöntem önerilmektedir (DBYBHY-2007, 7A.1). Yeni yönetmeliğin bu bölümünde yer alan ifadelerin kesin olmayan esnek ifadeler olmasından dolayı, kolon aksel kuvvet ve moment kapasitelerinin belirlenmesinde, 2006 ya da 2007'de yer alan yöntemlerden hangisine göre yapılacağıın analizi yapan mühendise bırakıldığı anlaşılmaktadır.
19. Kolon ve perde moment kapasitelerinden (M_{Kc} , M_{Kp}), düşey yükler altında oluşan momentler (M_{Dc} , M_{Dp}) çıkartılarak, kolon ve perde artık moment kapasite (M_{Ac} , M_{Ap}) değerleri hesaplanır. Bu değerler, kolonun ve perdenin alt ve üst ucu için,

$$\begin{aligned} M_{Ac(alt)} &= M_{Kc(alt)} - M_{Dc(alt)} & M_{Ap(alt)} &= M_{Kp(alt)} - M_{Dp(alt)} \\ M_{Ac(üst)} &= M_{Kc(üst)} - M_{Dc(üst)} & M_{Ap(üst)} &= M_{Kp(üst)} - M_{Dp(üst)} \end{aligned} \quad (3.5)$$

şeklinde elde edilir.

- 20.** Betonarme elemanların kırılma türü “sünek” ya da “gevrek” olarak belirlenir. Kırılma türü, eğilme ise “sünek”, kesme ise “gevrek” olarak sınıflandırılır. Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti V_e 'nin, TS-500'e göre hesaplanan kesme kapasitesi V_r 'yi aşmaması gereklidir. V_e 'nin hesabı kolonlar için DBYBHY-2006 Madde 3.3.7'ye, kirişler için DBYBHY-2006 Madde 3.4.5'e ve perdeler için DBYBHY-2006 Madde 3.6.6'ya göre yapılır. Eğer V_e değeri V_r 'den büyükse kırılma türü eğilmedir ve göz önüne alınan eleman sünek olarak kabul edilir. V_r değeri kolonlar ve perdeler için orta bölgelerde, kirişler için ise uç bölgelerde hesaplanır. Düşey yüklerle birlikte deprem analizinden ($G+nQ+E$) elde edilen toplam kesme kuvveti ($V_T = V_D + V_E$), belirlenen V_e değerinden küçükse hesaplarda V_e olarak bu değer kullanılır.
- 21.** Kırılma türü eğilme olan sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranları (r); sadece deprem etkisi altında hesaplanan moment değerinin (M_E), kesit artık moment kapasitesine (M_A) bölünmesiyle elde edilir.

$$r_b = \frac{M_{Eb}}{M_{Ab}} \quad , \quad r_c = \frac{M_{Ec}}{M_{Ac}} \quad , \quad r_p = \frac{M_{Ep}}{M_{Ap}} \quad (3.6)$$

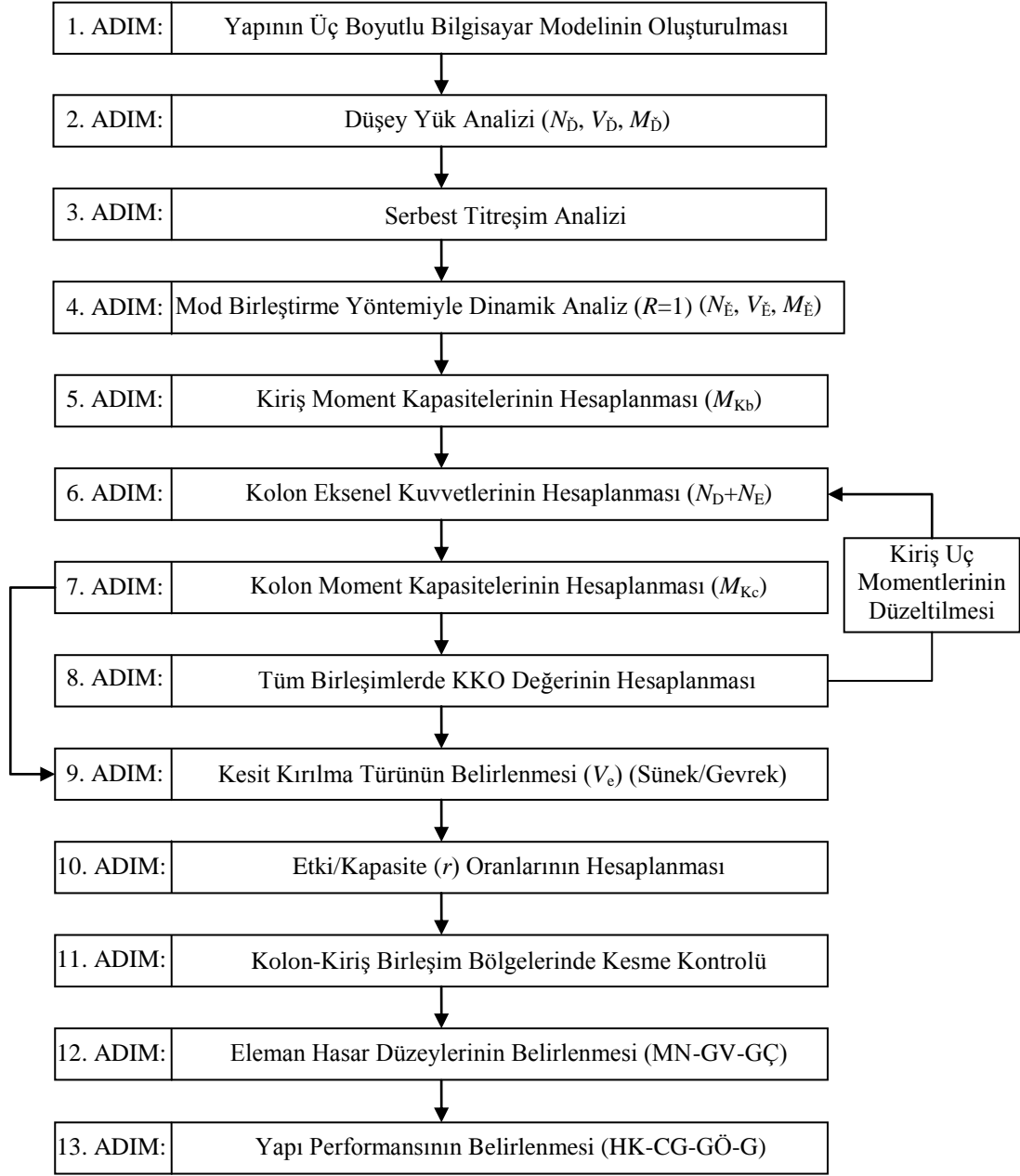
Etki/kapasite oranının hesaplanmasında, uygulanan deprem yükünün yönü dikkate alınır. DBYBHY-2007'de kolon ve perdelerin etki/kapasite oranlarının (r) belirlenmede yeni kavramlar tanımlanmıştır.

$$r_c = \frac{M_{Ec}}{M_{Ac}} = \frac{N_{\check{E}c}}{N_{Ac}} \quad , \quad r_p = \frac{M_{Ep}}{M_{Ap}} = \frac{N_{\check{E}p}}{N_{Ap}} \quad (3.7)$$

Burada, ($N_{\check{E}c}$, $N_{\check{E}p}$) ifadeleri yalnız depremden dolayı kolon ve perdelerde oluşan aksel kuvvet değerleri ve (N_{Ac} , N_{Ap}) kolon ve perdelerin artık moment kapasitelerine karşı gelen aksel kuvvet değerleridir.

- 22.** Etki/kapasite oranları için sınır değerler (r_s), 19'uncu adımda hesaplanmış olan etki/kapasite oranları (r_b , r_c , r_p) ile karşılaştırılarak, göz önüne alınan bina performans düzeyi için elemanların performans (kabul edilebilirlik) kontrolü yapılır. 2007 yönetmeliğinde yer alan (r_s) sınır değerleri 2006'ya göre bazı farklılıklar göstermektedir. Bu çalışmada, DBYBHY-2007'de yer alan sınır değerleri dikkate alınmıştır.
- 23.** Kolon-kiriş birleşimlerinde kesme kontrolü yapılır. Birleşimi zorlayan kesme kuvvetinin, bu bölgenin kesme dayanımını aşması durumunda, birleşime sapslanan tüm elemanlar göçme bölgesinde kabul edilir.
- 24.** Her katta hedef performans düzeyini sağlamayan kirişlerin o kattaki toplam kiriş sayısına oranı ve hedef performans düzeyini sağlamayan kolonların aldıkları kesme kuvvetinin o kattaki toplam kesme kuvvetine oranı belirlenir. Bu oranların herhangi bir katta, göz önüne alınan performans düzeyi için yeterli olup olmadığına bakılır.

Yukarıda anlatılan adımlara göre düzenlenen performans değerlendirilmesinde izlenecek hesap algoritması Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Doğrusal elastik yöntemle performans değerlendirilmesinde izlenen hesap adımları

Bu tez çalışmasında, depremin yapı elemanlarında meydana getireceği etkileri ve bunun sonucunda belirlenecek yapısal performans seviyelerindeki farklılıkları inceleyerek betonarme mevcut bir yapı Probing Orion yapısal analiz programı ile doğrusal elastik yöntemle analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar DBYBHY-2007 uyarınca “**Can Güvenliği Performans Düzeyi**” bakımından değerlendirilmiştir. Kontrol ve kıyaslama işlemleri, SAP2000 yapı analiz programı yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Buna göre, örnek betonarme binanın perde takviyeli 3 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 binanın için uygun perde takviyeli durumlar belirlenmeye çalışılmıştır.

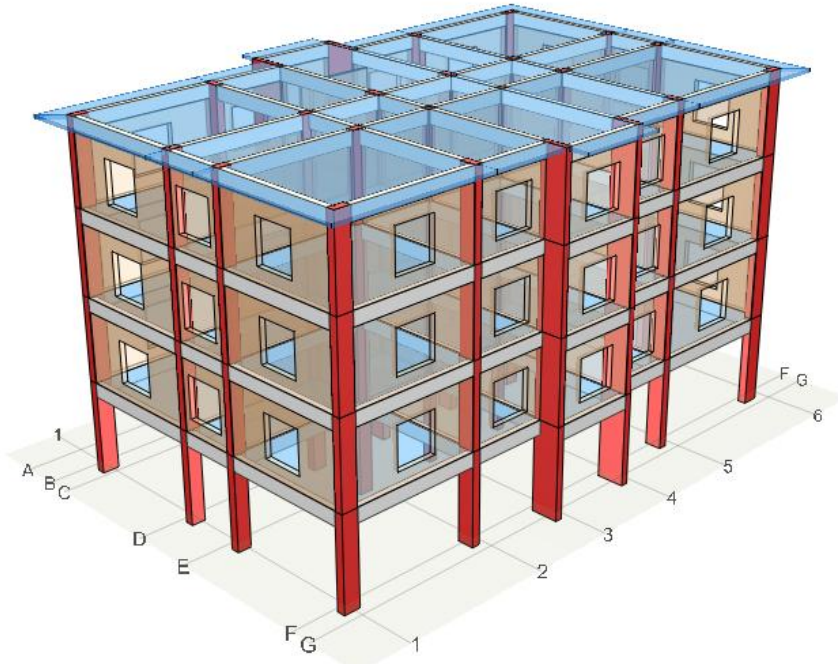
4. SAYISAL UYGULAMALAR ve BULGULAR

4.1. Giriş

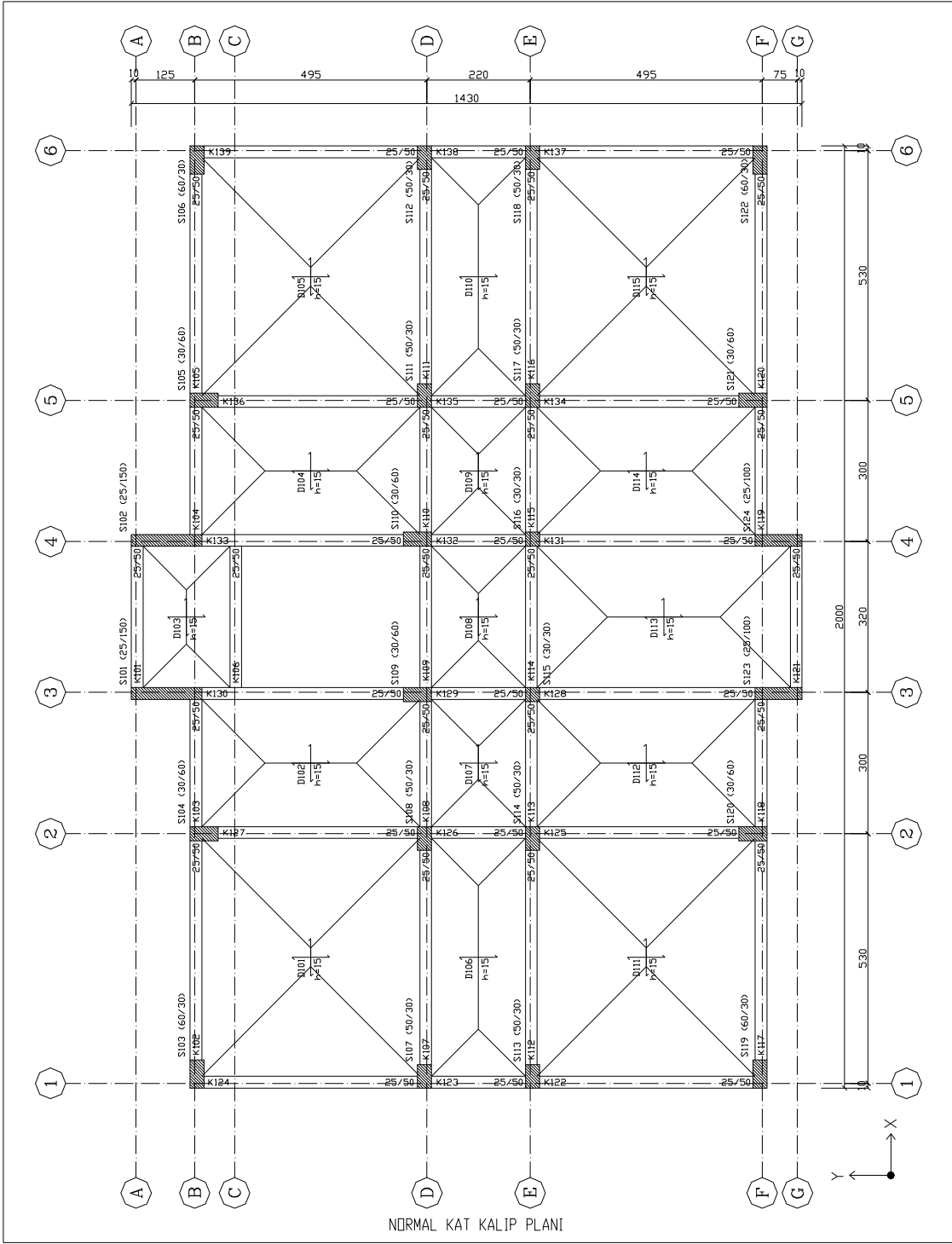
Bu bölümde, örnek olarak ele alınan mevcut bir betonarme binanın deprem performans hesabı anlatılmıştır. Analiz öncelikle Probina Orion 2012 (SP.5) hazır bilgisayar programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Daha sonra aynı binanın deprem performansı DBYBHY-2007 uyarınca detaylı olarak irdelenmiştir. Her iki analiz programından elde edilen hesap sonuçları, çizelgeler ve grafikler halinde kıyaslanmıştır. İşlem esnasında iç kuvvet diyagramlarının elde edilmesi amacıyla SAP2000 yapı analiz programından yararlanılmıştır. Ayrıca, kirişlerin eğilme kapasitelerinin ve kolonların karşılıklı etki diyagramlarının belirlenmesi amacıyla Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde hazırlanan Microsoft Excel tabanlı bilgisayar programlarından faydalanılmıştır (Ersoy ve Özcebe 2004). Örnek binanın deprem performans hesapları, doğrusal elastik analiz yöntemlerinden “**Mod Birleştirme Yöntemi**” kullanılarak yapılmıştır. Analizler, binanın birbirine dik olan +X ve +Y doğrultuları için gerçekleştirilmiştir. Örnek olarak seçilen binaya ait eleman performans hesapları, yalnız binanın D-D aksında yer alan S108 kolonu ve K107, K108 kirişleri için verilmiştir. Diğer kolon ve kirişler için elde edilen sonuçlar, çizelgeler halinde ekte sunulmuştur. Son olarak, deprem performansında yetersizlik görülen binanın ilave perdelerle takviye edilmesi şeklinde düşünülen olası bir sistem iyileştirme önerisinde bulunulmuştur.

4.2. Bina ile İlgili Çeşitli Bilgiler

Örnek olarak seçilen betonarme bina, çerçeve tipi bir taşıyıcı sisteme sahiptir. Probina Orion bilgisayar programından alınan binanın üç boyutlu görünümü ve normal kat kalıp planı Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Binanın üç boyutlu görünümü (Probina Orion)



Şekil 4.2. Normal kat kalıp planı (Probina Orion)

Örnek binaya ait çeşitli geometrik ve malzeme özellikleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir. Hesaplamalarda SI birim sistemi (kN, m, sn) kullanılmıştır.

Bina bilgileri:

Kat sayısı: 4
Bina kat yüksekliği: 3 m
Kiriş kesiti: 25×50 (dikdörtgen kesit)
Döşeme türü: Plak ($h = 15$ cm)
Çatı kat döşemesinde saçak uzunluğu: 70 cm
Kullanım amacı: Konut

Malzeme bilgileri:

Mevcut beton dayanımı: $f_{cm} = 15$ MPa, $f_{ctm} = 1.36$ MPa
Mevcut çelik dayanımı: $f_{ym} = 220$ MPa, $f_{ywm} = 220$ MPa
Mevcut betonun elastisite modülü, $[E_c]$: 26590 MPa (TS500'e göre)
Mevcut çeliğin elastisite modülü, $[E_s]$: 200000 MPa

Proje parametreleri:

Deprem bölgesi: 1
Etkin yer ivme katsayısı, $[A_0]$: 0.4
Bina önem katsayısı, $[I]$: 1
Yapı davranış katsayısı, $[R]$: 8
Yerel zemin sınıfı: Z3
Spektrum karakteristik periyotları: $T_A = 0.15$ s, $T_B = 0.60$ s
Hareketli yük katılım katsayısı, $[n]$: 0.3
Mod birleştirme yöntemi: CQC

Yük bilgisi:

Beton yoğunluğu: 25.00 kN/m³
İç duvarlar: 10 cm tuğla duvar (1.035 kN/m²)
Dış duvarlar: 20 cm tuğla duvar (1.54 kN/m²)
Hareketli yükler: normal katlarda 2.0 kN/m², çatı katında 1.5 kN/m²
Döşemelerde sıva+kaplama ağırlığı: 1.5 kN/m²

Bina bilgi düzeyinin belirlenmesi:

Binaya ait mimari ve betonarme uygulama projeleri mevcuttur. Bu nedenle binanın bilgi düzeyi “**Kapsamlı**” olarak dikkate alınmıştır (Bilgi düzeyi katsayısı: 1.00). Mevcut malzeme özelliklerinin ve betonarme eleman detaylarının projeye uygun olduğu kabul edilmiştir. Uygulamada sıkça karşılaşılan bir yapı kusuru olması nedeniyle kolon ve kirişlerde sargılamanın bulunmadığı düşünülerek performans hesapları yapılmıştır. Yalnızca, güçlendirme önerisinde bulunulurken uygulanacak olan ilave perdelerde sargılamanın var olacağı düşünülmüştür.

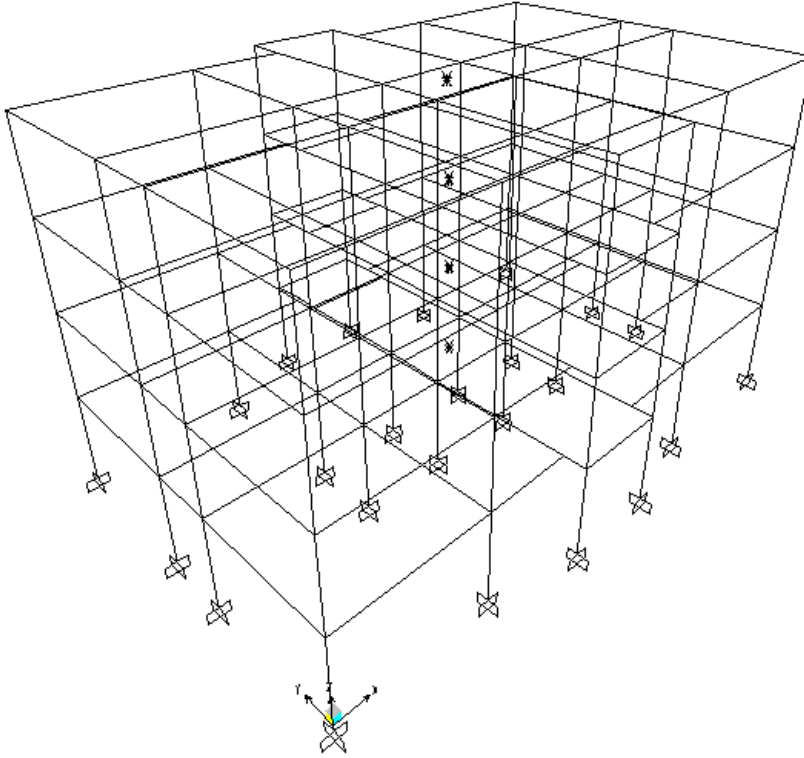
Performans ölçütü:

Binanın kullanım amacı “**Konut**” olarak dikkate alınmıştır. Buna göre binanın, aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem yüklemesi altında “Can Güvenliği (CG)” performans seviyesini sağlaması beklenmektedir. Eğilme etkisindeki betonarme elamanlarda çatlama kesite ait etkin eğilme rijitliğinin, çatlama kesite ait eğilme rijitliğine oranı $[(EI)_e / (EI)_o]$; kirişlerde 0.4, kolon ve perdelerde 0.65 olarak dikkate alınmıştır.

4.3. Binanın Bilgisayar Modelinin Oluşturulması ve Yapısal Analiz

4.3.1. Binaın bilgisayar modeli

Probina Orion ve SAP2000 yapı analiz programları kullanılarak örnek binanın üç boyutlu bilgisayar modeli oluşturulmuştur. Her iki programda da kolonlar ve kirişler dikdörtgen kesitli çubuk elemanlar olarak tanımlanmıştır. SAP2000 programında hazırlanan çubuk sistem modeli Şekil 4.3'te verilmiştir. Birleşim bölgelerinde kolon ve kirişlerin birbirine olan saplanma miktarı oranında çubuk uçlarına eğilme rijitliği sonsuz bölgeler tanımlanmıştır. Tüm kat döşemelerinin düzlem içi şekil değiştirmesi ihmal edilerek her bir katta ayrı olacak şekilde rijit diyafram tanımı yapılmıştır. Her kat seviyesinde iki adedi yatay öteleme ve bir adedi düşey eksen etrafında dönme olmak üzere toplam üç adet serbestlik dereceleri dikkate alınmıştır. Bu durumda, toplam kat sayısı 4 olan binanın serbest titreşim analizinde dikkate alınan serbestlik derecesi 12'dir. Ayrıca, her bir kat için “**Toplanmış Kütle Kabulü**” yapılarak katların toplam kütlesi o katın kütle merkezlerine tanımlanmıştır.

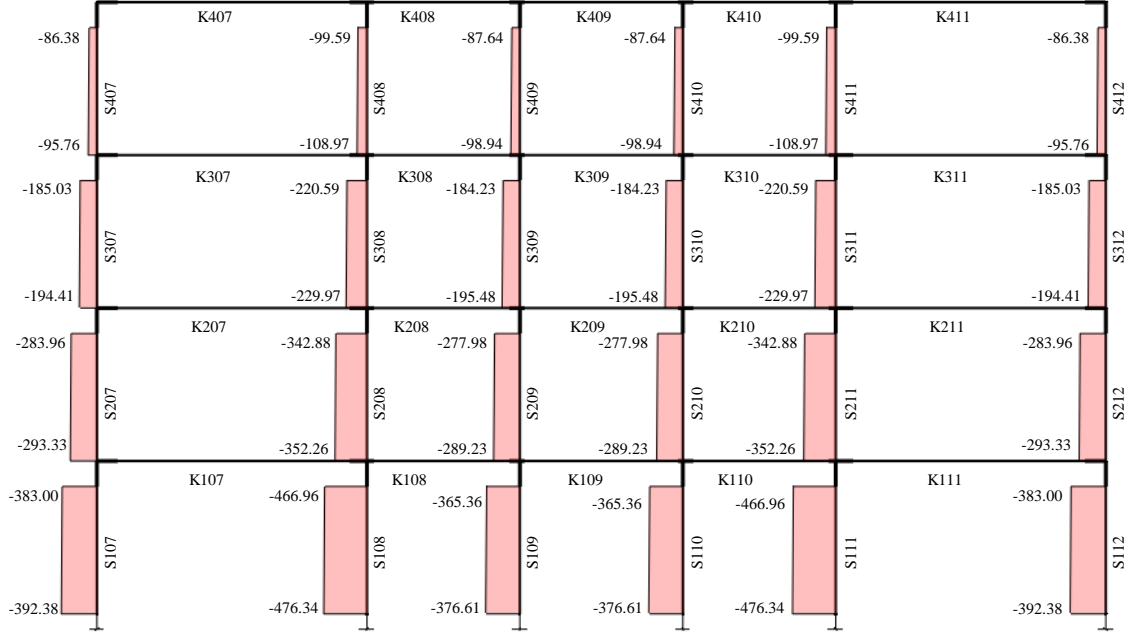


Şekil 4.3. Yapının üç boyutlu bilgisayar modeli (SAP2000)

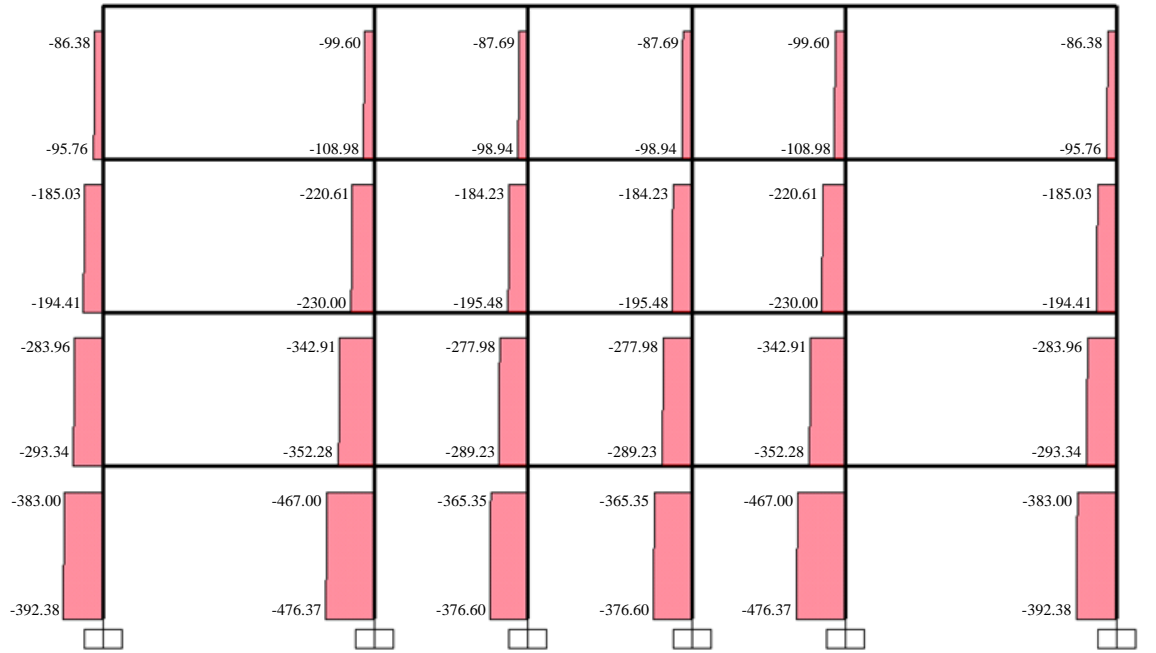
Binanın performans analizi yapılırken sırasıyla; düşey yük analizi, +X ve +Y yönlerinde serbest titreşim analizi ve son olarak +X ve +Y yönlerinde mod birleştirme yöntemiyle dinamik analizi gerçekleştirilmiştir. Artık moment (M_A) ve eksenel kuvvet (N_A) kapasitelerinin deprem esnasındaki değerlerinin belirlenmesi gerektiği düşüncesiyle, düşey yük analizi yapılırken ($G+0.3Q$) yüklemesi dikkate alınmıştır. Burada; G ve Q sırasıyla, taşıyıcı sisteme etki eden sabit ve hareketli yüklerdir.

4.3.2. Düşey yük analizi

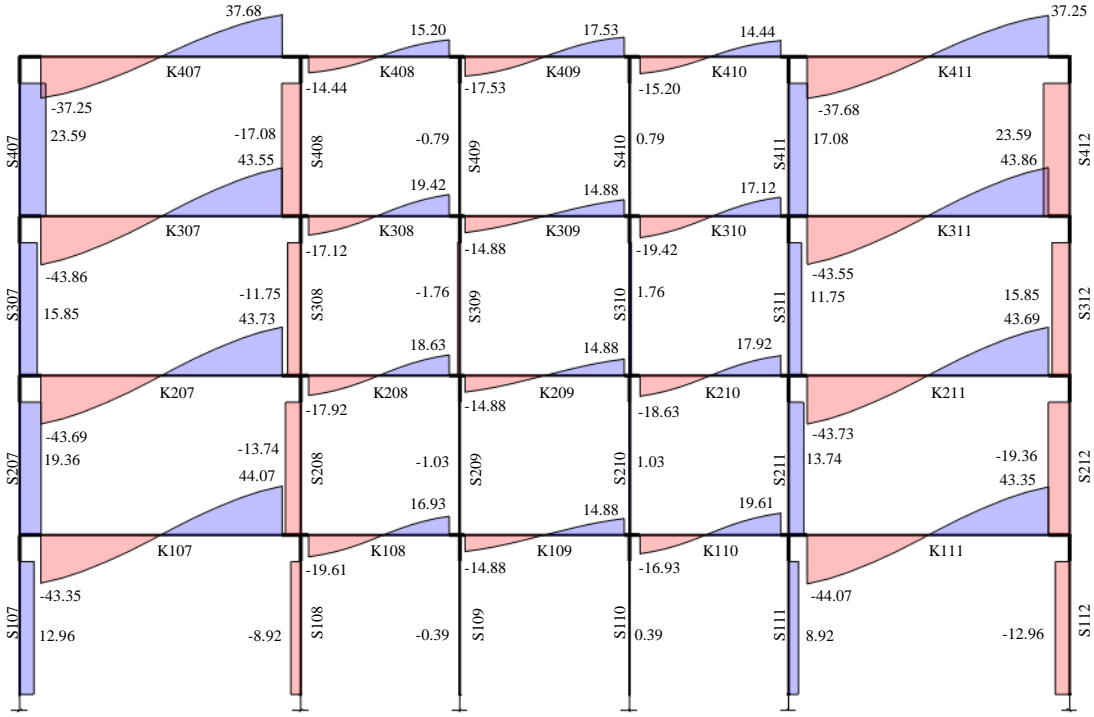
Taşıyıcı elemanların üzerindeki sabit ve hareketli yükler, Probina Orion ve SAP2000 programlarında aynı olacak şekilde tanımlanmıştır. Düşey yüklerden dolayı ($G+0.3Q$) programlardan elde edilen eksenel kuvvet (N_D) diyagramları Şekil 4.4-5'te, kesme kuvvet (V_D) diyagramları Şekil 4.6-7'de ve moment (M_D) diyagramları Şekil 4.8-9'da sunulmuştur. Diyagramlar yalnız binanın $D-D$ aksı için çizilmiştir.



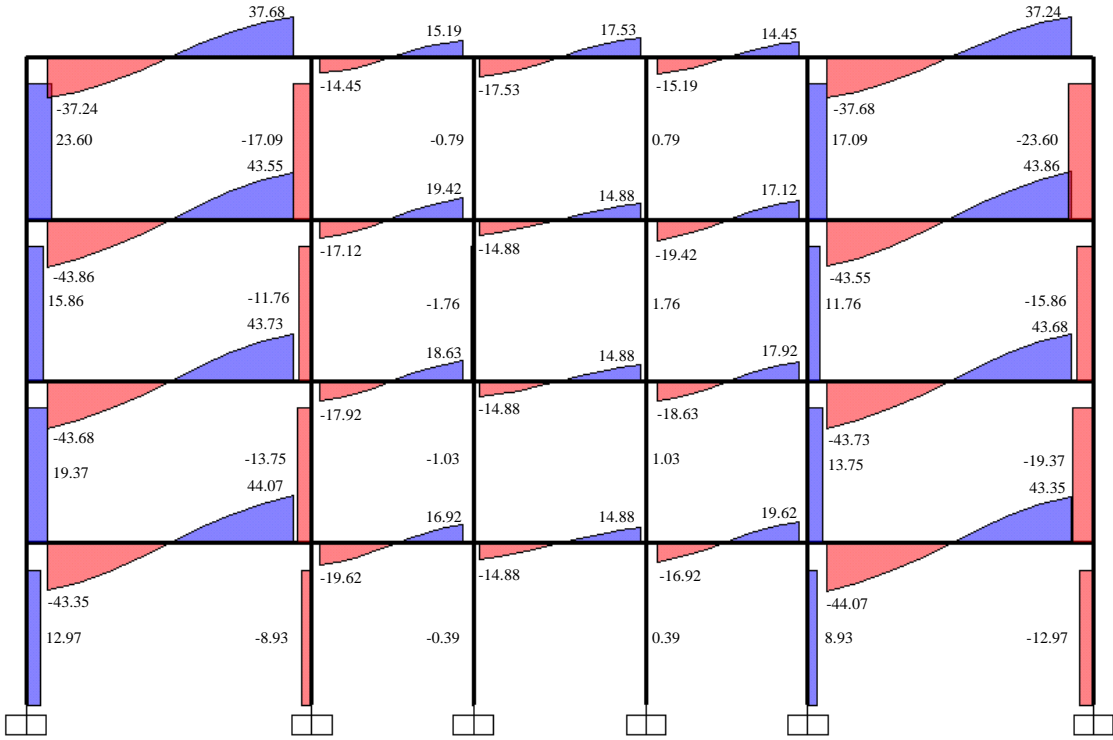
Şekil 4.4. Düşey yüklerden dolayı $D-D$ aksı eksenel kuvvet (N_D) diyagramı (Probina)



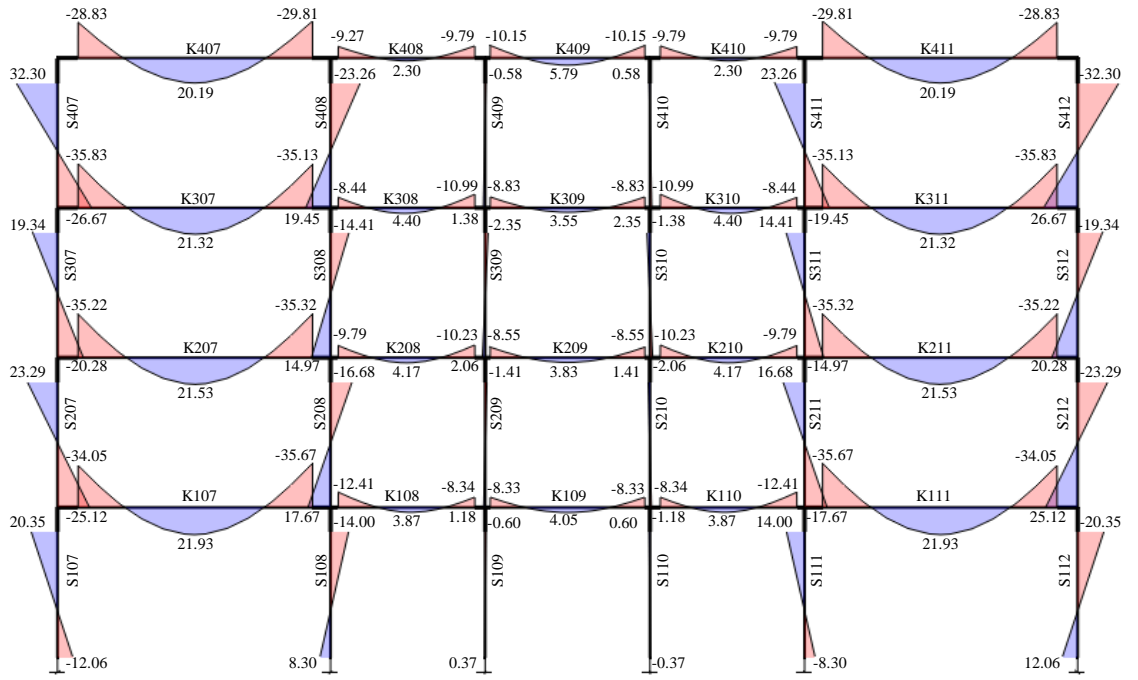
Şekil 4.5. Düşey yüklerden dolayı $D-D$ aksı eksenel kuvvet (N_D) diyagramı (SAP2000)



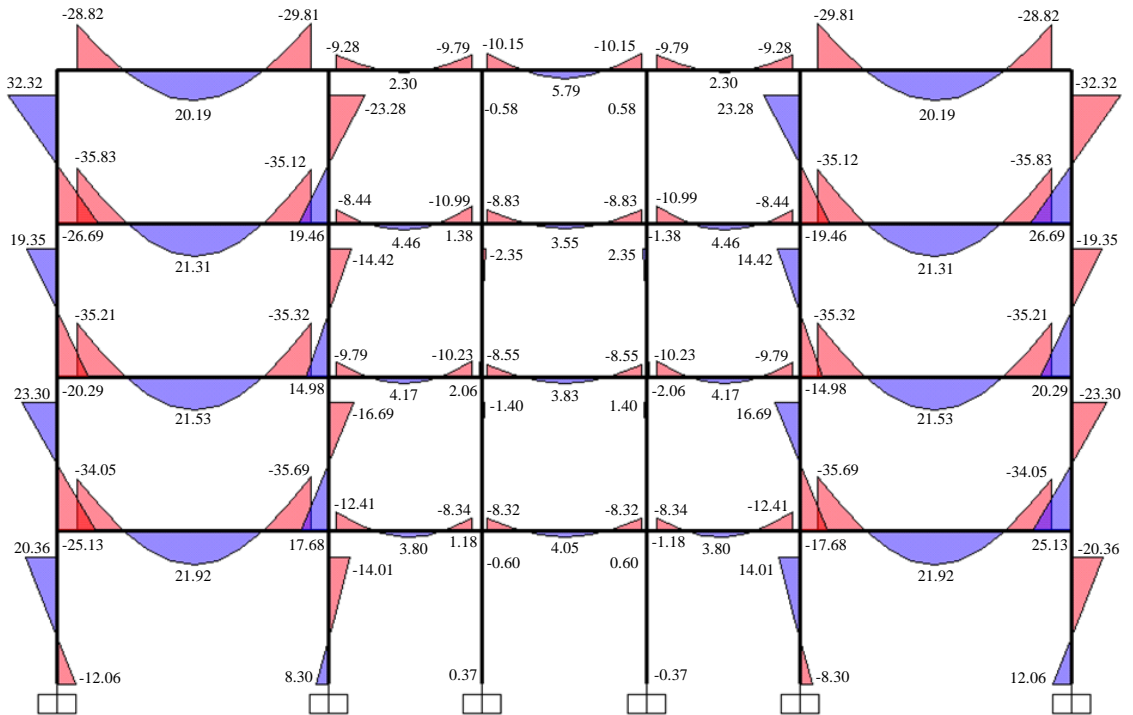
Şekil 4.6. Düşey yüklerden dolayı $D-D$ aksı kesme kuvvet (V_D) diyagramı (Probina)



Şekil 4.7. Düşey yüklerden dolayı $D-D$ aksı kesme kuvvet (V_D) diyagramı (SAP2000)

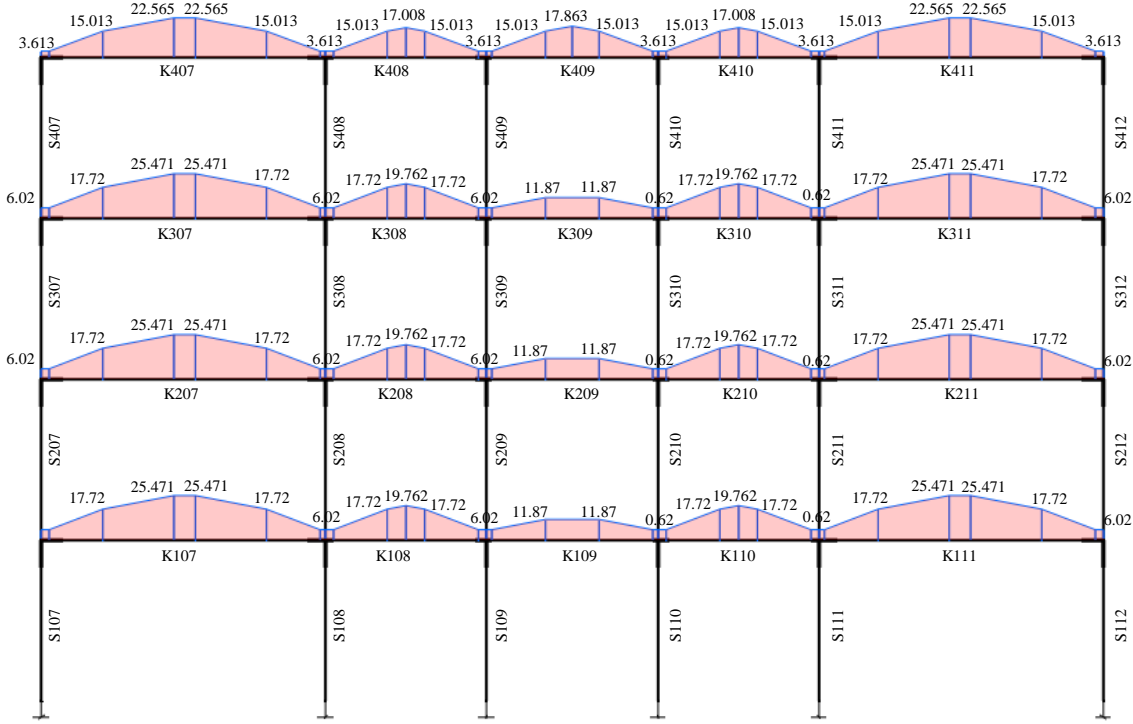


Şekil 4.8. Düşey yüklerden dolayı $D-D$ aksı moment (M_D) diyagramı (Probina)



Şekil 4.9. Düşey yüklerden dolayı $D-D$ aksı moment (M_D) diyagramı (SAP2000)

Her iki analiz programında da aynı olacak şekilde tanımlanan düşey yükler örnek olarak *D-D* aksı için Şekil 4.10'da verilmiştir. Probina Orion programından alınan kiriş üzeri yükler ayrıntılı olarak Ek-1'de yer almaktadır. DBYBHY-2007 uyarınca basit kiriş varsayımına göre belirlenen kiriş uçlarında oluşan kesme kuvveti değerleri (V_{dy}) ve kiriş net açıklıkları Çizelge 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.10. *D-D* aksı üzerindeki kirişlere etki eden düşey yükler

Çizelge 4.1. Kiriş net açıklıkları (l_n) ve kiriş uçlarında oluşan kesme kuvvetleri (V_{dy})

Kiriş	l_n (m)	V_{dy} (kN)		Kiriş	l_n (m)	V_{dy} (kN)		Kiriş	l_n (m)	V_{dy} (kN)		Kiriş	l_n (m)	V_{dy} (kN)	
		Sol uç	Sağ uç			Sol uç	Sağ uç			Sol uç	Sağ uç			Sol uç	Sağ uç
K101	3.00	15.90	15.90	K121	3.00	16.87	16.87	K401	3.00	18.58	18.58	K420	3.00	35.79	35.35
K102	4.65	35.35	35.79	K122	4.55	31.73	31.73	K402	4.65	37.99	38.42	K421	4.55	34.22	34.22
K103	2.70	14.98	14.98	K123	2.00	10.00	10.00	K403	2.70	16.60	16.60	K422	2.00	11.21	11.21
K104	2.70	14.98	14.98	K124	4.55	31.73	31.73	K404	2.70	16.60	16.60	K423	4.55	34.22	34.22
K105	4.65	35.79	35.35	K125	4.25	43.74	43.74	K405	4.65	38.42	37.99	K424	4.25	37.04	37.04
K107	4.55	45.98	46.69	K126	2.00	12.47	12.47	K406	4.55	38.83	39.52	K425	2.00	9.67	9.67
K108	2.65	19.33	19.33	K127	4.25	38.88	38.88	K407	2.65	15.46	15.46	K426	4.25	37.04	37.04
K109	3.00	15.48	15.48	K128	5.50	45.08	49.52	K408	3.00	17.89	17.89	K427	5.50	37.50	41.83
K110	2.65	19.33	19.33	K129	2.00	12.47	12.47	K409	2.65	15.46	15.46	K428	2.00	9.67	9.67
K111	4.55	46.69	45.98	K130	5.70	35.58	32.81	K410	4.55	39.52	38.83	K429	5.70	46.07	39.34
K112	4.55	45.98	46.69	K131	5.50	45.08	49.52	K411	4.55	38.83	39.52	K430	5.50	37.50	41.83
K113	2.65	19.33	19.33	K132	2.00	12.47	12.47	K412	2.65	15.46	15.46	K431	2.00	9.67	9.67
K114	3.00	22.06	22.06	K133	5.70	35.58	32.81	K413	3.00	17.89	17.89	K432	5.70	46.07	39.34
K115	2.65	19.33	19.33	K134	4.25	43.74	43.74	K414	2.65	15.46	15.46	K433	4.25	37.04	37.04
K116	4.55	46.69	45.98	K135	2.00	12.47	12.47	K415	4.55	39.52	38.83	K434	2.00	9.67	9.67
K117	4.65	35.35	35.79	K136	4.25	37.88	37.88	K416	4.65	37.99	38.42	K435	4.25	37.04	37.04
K118	2.70	14.98	14.98	K137	4.55	31.73	31.73	K417	2.70	16.60	16.60	K436	4.55	34.22	34.22
K119	2.70	14.98	14.98	K138	2.00	10.00	10.00	K418	2.70	16.60	16.60	K437	2.00	11.21	11.21
K120	4.65	35.79	35.35	K139	4.55	31.73	31.73	K419	4.65	38.42	37.99	K438	4.55	34.22	34.22

4.3.3. Hesap yönteminin seçimi

4.3.3.1. Kat kütleleri ve kat ağırlıklarının belirlenmesi

Her iki deprem yönü için bulunan kat kesme kuvvetleri DBYBHY-2007 Madde 7.4.8'de belirtildiği gibi ek dış merkezlik uygulanmadan her bir katın ağırlık merkezine uygulanacaktır. Bu amaçla her katın toplam kütlesi ($G+0.3Q$) şeklinde belirlenerek kütle merkezine tanımlanmıştır. Hesaplanan kat kütleleri, kat ağırlıkları ve kat kütle merkezlerinin yeri Çizelge 4.2'de sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Kat kütleleri, kat ağırlıkları ve kat kütle merkezlerinin yeri

Kat	h (m)	X_g (m)	Y_g (m)	m (t)	W (kN)
4	3	9.9	6.911	242.143	2375.425
3	3	9.9	6.828	252.706	2479.047
2	3	9.9	6.828	252.706	2479.047
1	3	9.9	6.828	252.706	2479.047
Toplam				1000.261	9812.567

4.3.3.2. Serbest titreşim analizi

Yapının serbest titreşim periyotlarını belirleyebilmek için 12 serbestlik dereceli serbest titreşim analizi yapılmıştır. Her iki analiz programından da aynı serbest titreşim periyot değerleri elde edilmiştir. Sonuçlar, etkin kütle katılım oranlarıyla birlikte Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3. X ve Y yönlerinde serbest titreşim analiziyle elde edilen periyot değerleri ve etkin kütle katılım oranları

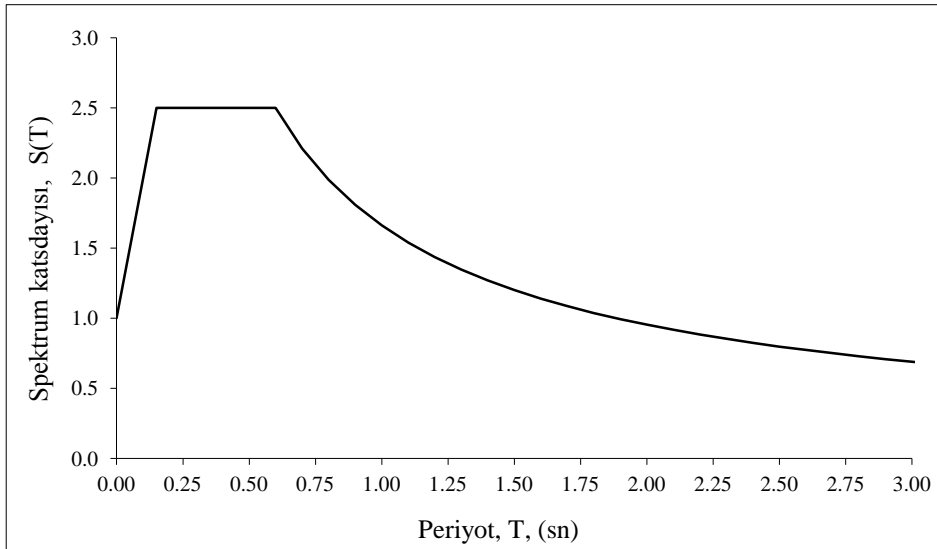
Mod	Periyot (sn) (Probina ve SAP2000)	X yönü (%)	Y yönü (%)	ΣX -yönü (%)	ΣY -yönü (%)
1	0.643	33.365	0.000	33.365	0.000
2	0.619	50.383	0.000	83.749	0.000
3	0.551	0.000	79.235	83.749	79.235
4	0.199	3.310	0.000	87.059	79.235
5	0.191	7.581	0.000	94.640	79.235
6	0.152	0.000	13.860	94.640	93.095
7	0.106	0.766	0.000	95.406	93.095
8	0.102	3.325	0.000	98.731	93.095
9	0.071	0.147	0.000	98.878	93.095
10	0.069	0.000	5.322	98.878	98.417
11	0.068	1.122	0.000	100.000	98.417
12	0.042	0.000	1.583	100.000	100.000

Çizelge 4.3'te görüldüğü gibi, en büyük kütle katılım oranı olarak, X yönünde 2'inci mod'un katkısı % 50.383 ve Y yönünde 3'üncü mod'un katkısı % 79.235'tir. Etkin kütle katılım oranının her iki yönde de % 90'ı sağladığı mod, en az 6'ncı mod'dur. Bu tez çalışmasında 12 modun tümü analiz aşamasında dikkate alınmıştır.

4.3.3.3. Binaya etki eden deprem yüklerinin hesabı

DBYBHY-2007 Madde 7.5.1.2'ye göre, deprem doğrultusu ve yönü ile uyumlu eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesabında, bu doğrultuda hâkim olan moddan (etkin kütle katılım oranı en büyük olan mod) elde edilen iç kuvvet değerlerinin esas alınacağından söz edilmektedir. Bu şekilde belirlenen iç kuvvetlerin hesabında yalnızca hâkim modun periyoduna göre belirlenecek olan deprem yükleri dikkate alınmaktadır. Esasında bu yöntem geliştirilmiş bir Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi niteliğindedir. Analizin Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılması için binanın etkin kütle katılım oranına göre yeter sayıdaki modunun dikkate alınması gerekmektedir.

Probina Orion analiz programının hesap çıktılarına bakıldığında, binaya etki eden deprem yüklerinin belirlenmesinde, Şekil 4.11'de yer alan tasarım ivme spektrum grafiğini ve yapının 12 modunu da dikkate alan Mod Birleştirme Yöntemi'ni kullandığı görülmektedir. Bu şekilde belirlenen eleman iç kuvvetlerin, binanın tüm modlarının dikkate alınmış olması nedeniyle daha gerçekçi sonuç vereceği düşünülmektedir.



Şekil 4.11. Z3 zemin sınıfına ait spektrum grafiği

SAP2000 programıyla yapılan dinamik analizde de aynı yöntem kullanılarak deprem yüklemesi altındaki eleman iç kuvvet değerleri elde edilmiştir. Buna göre, her iki programdan elde edilen binaya etki eden taban kesme kuvveti değerleri karşılaştırmalı olarak Çizelge 4.4'te sunulmuştur.

Çizelge 4.4. Taban kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

Taban kesme kuvveti (V_{TB})			
F_x (kN)		F_y (kN)	
Probina	SAP2000	Probina	SAP2000
7758.555	7758.615	7905.328	7905.397

4.3.3.4. Hesap yönteminin seçimiyle ilgili çeşitli kontroller

Yapının her iki deprem yönü için elde edilen kat deplasmanları, burulma düzensizliği (A1) ve görelî kat ötelenmelerinin kontrolü Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da sunulmuştur.

Çizelge 4.5. +X deprem doğrultusunda ilgili kontroller

Kat No	d_{i-max} (m)	d_{i-min} (m)	Δ_{i-max} (m)	Δ_{i-min} (m)	Δ_{i-ort} (m)	Burulma düzensizliği (η_b)	Görelî kat ötelemesi (Δ_{i-ort} / h_{kat})
1	0.0286	0.0277	0.0286	0.0277	0.0281	1.017 < 1.4	0.009 < 0.03

Çizelge 4.6. +Y deprem doğrultusunda ilgili kontroller

Kat No	d_{i-max} (m)	d_{i-min} (m)	Δ_{i-max} (m)	Δ_{i-min} (m)	Δ_{i-ort} (m)	Burulma düzensizliği (η_b)	Görelî kat ötelemesi (Δ_{i-ort} / h_{kat})
1	0.0177	0.0177	0.0177	0.0177	0.0177	1.000 < 1.4	0.006 < 0.03

Binada A1, B2 ve B3 düzensizlikleri yoktur. Bu durumda, DBYBHY-2007 Madde 2.8.5'e göre $\beta = 0.80$ alınabilir. Her iki deprem yönü için binaya etki eden taban kesme kuvveti değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir.

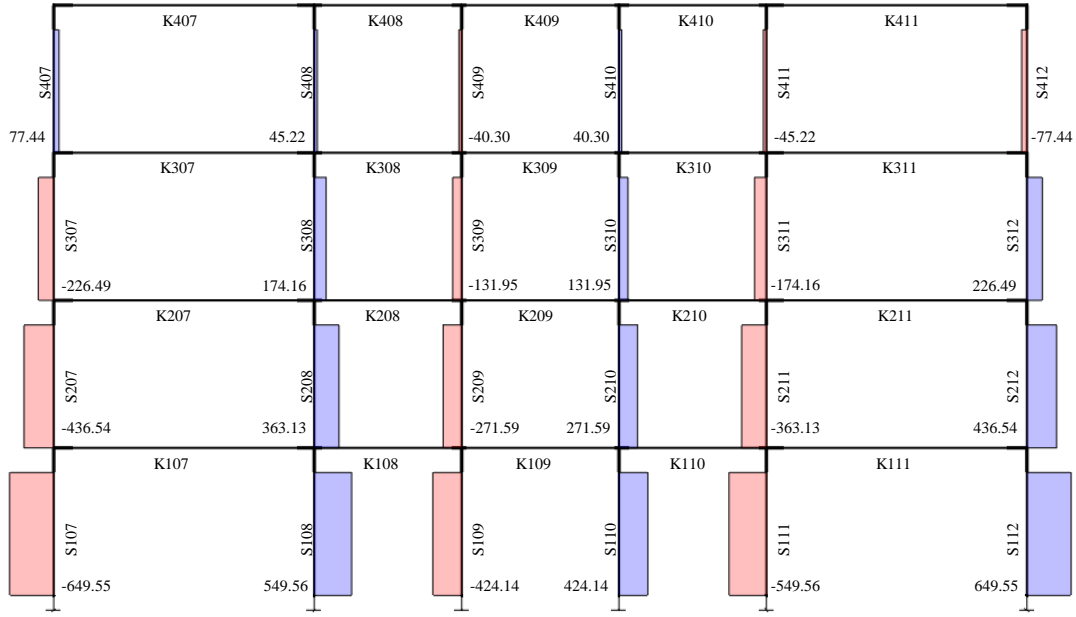
Çizelge 4.7. Hesap yöntemine göre elde edilen taban kesme kuvveti değerleri

Hesap yöntemi	Taban kesme kuvveti (kN)	
	+X yönü	+Y yönü
Mod Birleştirme Yöntemi (V_{TB})	7758.555	7905.328
Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (V_t)	9576.199	9812.560
βV_t	7660.96	7850.05

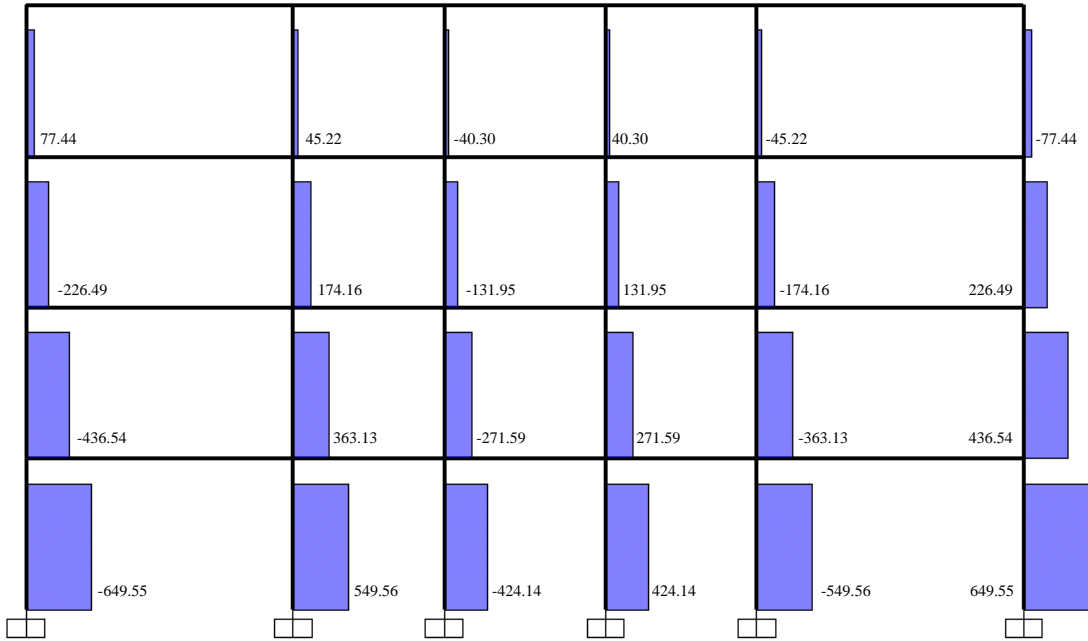
Her iki deprem yönü için de; ($V_{TB} > \beta V_t$) olarak belirlenmiştir. Bu sebeple dinamik analiz sonucu elde edilen iç kuvvetlerde herhangi bir artırma yapmaya gerek yoktur.

4.3.3.5. Mod birleştirme yöntemiyle dinamik analiz

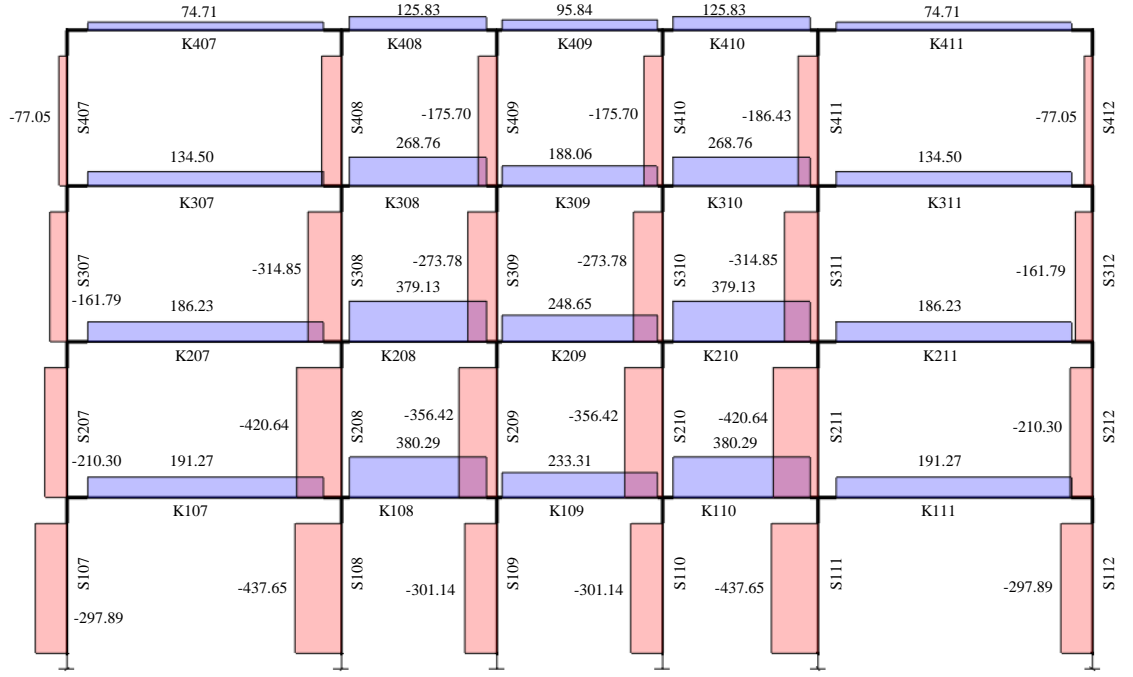
+X yönü deprem yüklemesinden dolayı programlardan elde edilen eksenel kuvveti (N_E) diyagramları Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te, kesme kuvveti (V_E) diyagramları Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'te, moment (M_E) diyagramları Şekil 4.16 ve Şekil 4.17'de sunulmuştur. Diyagramlar yalnız binanın D-D aksı için çizilmiştir.



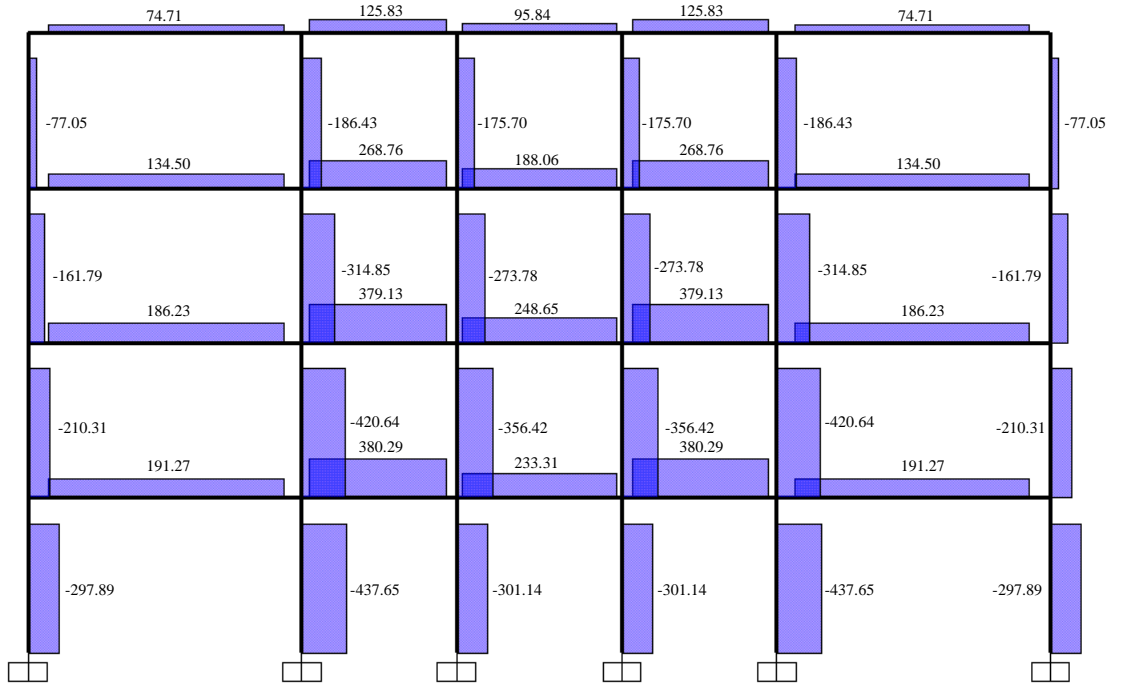
Şekil 4.12. +X yönü deprem yüklemesinden dolayı *D-D* aksında elde edilen eksenel kuvveti (N_E) diyagramı (Probina)



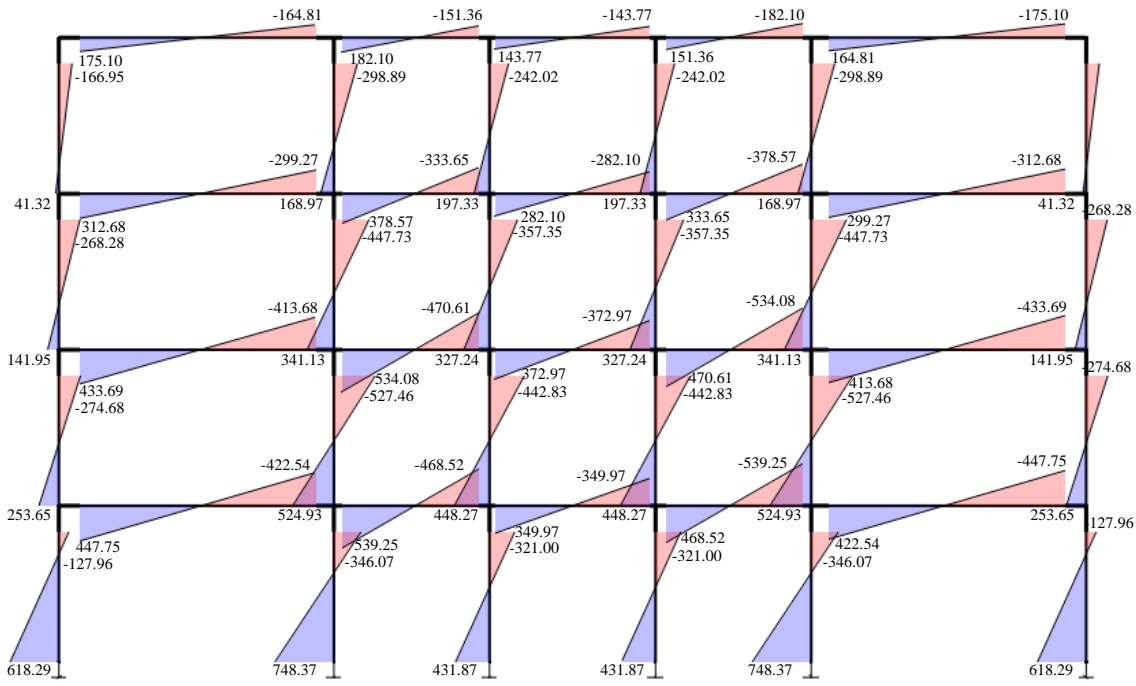
Şekil 4.13. +X yönü deprem yüklemesinden dolayı *D-D* aksında elde edilen eksenel kuvveti (N_E) diyagramı (SAP2000)



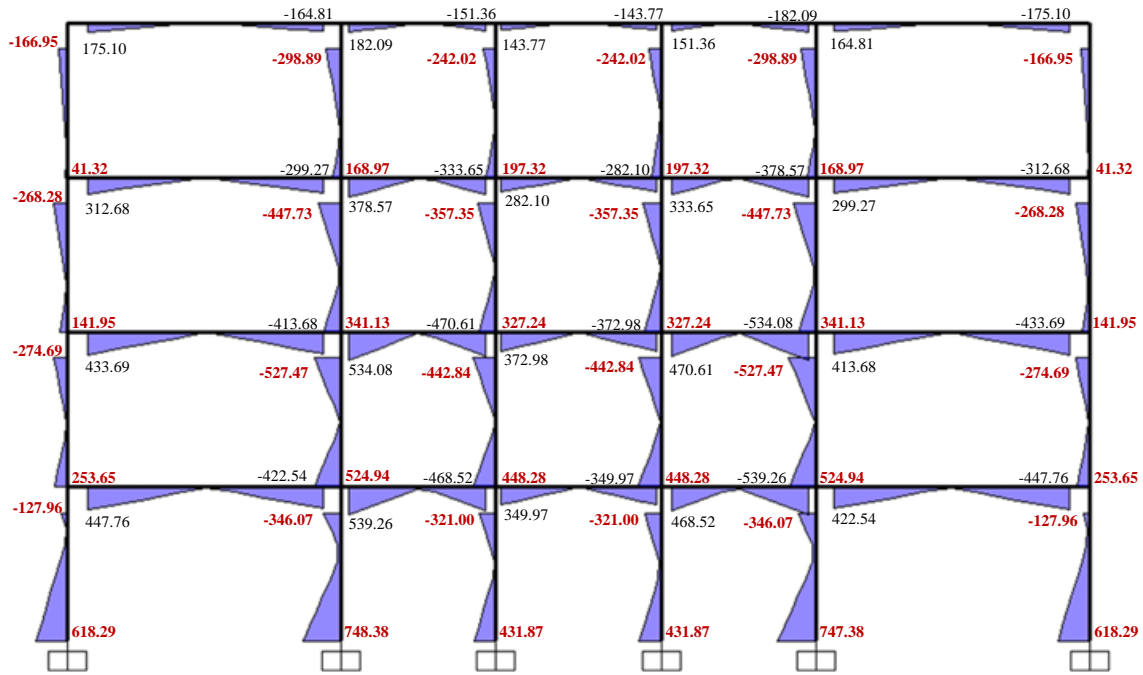
Şekil 4.14. +X yönü deprem yüklemesinden dolayı *D-D* aksında elde edilen kesme kuvveti (V_E) diyagramı (Probin)



Şekil 4.15. +X yönü deprem yüklemesinden dolayı *D-D* aksında elde edilen kesme kuvveti (V_E) diyagramı (SAP2000)



Şekil 4.16. +X yönü deprem yüklemesinden dolayı *D-D* aksında elde edilen moment (M_E) diyagramı (Probina)

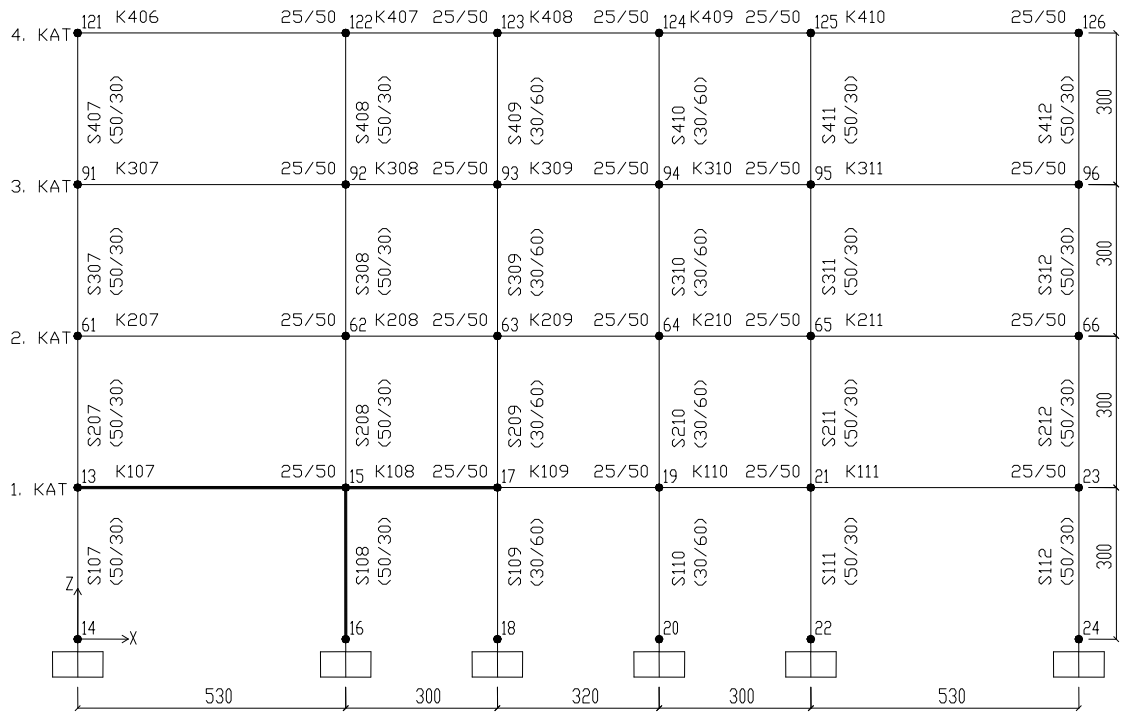


Şekil 4.17. +X yönü deprem yüklemesinden dolayı *D-D* aksında elde edilen moment (M_E) diyagramı (SAP2000)

4.4. Kolonlarda Toplam Eksenel Kuvvetin ($N_{Dc}+N_{Ec}$) ve Buna Bağlı Elde Edilen Moment Kapasitesinin (M_{Kc}) Hesaplanması

Düşey yüklerden dolayı oluşan kolon eksenel kuvvetleri N_{Dc} , düşey yükler altında uygulanan doğrusal elastik yöntemler ile elde edilmiştir ($N_{Dc} = N_D$). Deprem yükleri altında oluşan kolon eksenel kuvvetleri N_{Ec} ise izleyen alt bölümlerde açıklanan limit hesabı ile bulunacaktır. Bu alt bölümde öncelikle, kolonların eğilme kapasitelerini (M_{Kc}) belirleyebilmek için gerekli olan toplam eksenel kuvvet ($N_{Dc}+N_{Ec}$) hesaplanmıştır. Bu işlem, DBYBHY-2006 Bilgilendirme Eki 7A'da verilen yöntemle yapılmıştır.

Binanın $D-D$ aksı Şekil 4.18'de yer almaktadır. Eleman performans hesap detayları, örnek olarak seçilen ve dört kat boyunca tekrarlanan S108 (50/30) kolonu için ilerleyen alt bölümlerde verilecektir (Şekil 4.18). Bu kolon için sunulan detaylı hesaplar yalnız +X deprem yüklemesi yönü içindir.



Şekil 4.18. $D-D$ aksı çerçevesi

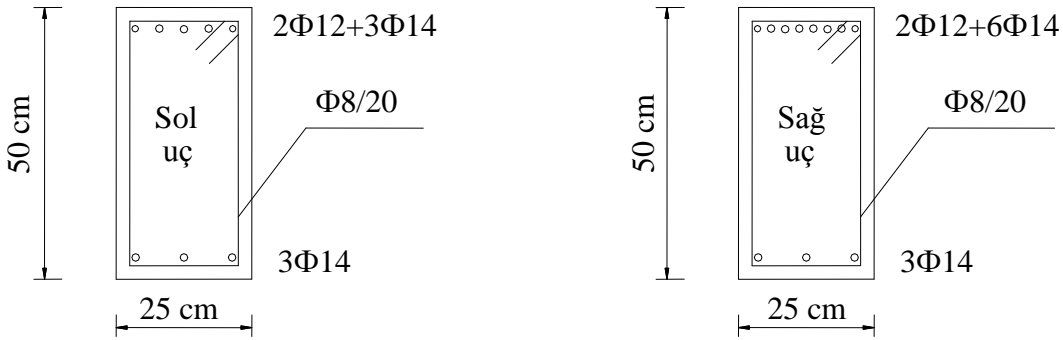
4.4.1. S108 kolonu için toplam eksenel kuvvetinin ($N_{Dc}+N_{Ec}$) hesaplanması

Herhangi bir deprem yönü için kolonlarda oluşan toplam eksenel kuvveti ($N_{Dc}+N_{Ec}$) belirlemek için bütün katlarda kolonlara bağlanan kirişlerin aynı deprem yönü ile uyumlu eğilme kapasitelerine ulaştığı varsayılır. Bu varsayımla kirişlerin bu kapasiteye ulaşabilmeleri için düşey yüklemelere ek olarak daha ne kadar eğilme momenti alabileceğini belirleyen kiriş artık moment kapasiteleri (M_{Ab}) hesaplanır.

4.4.1.1. Kolona bağlanan kiriş uçlarındaki moment kapasitelerinin (M_{Kb}) hesaplanması

Kiriş uçlarındaki momenti kapasitelerinin hesabında, Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde hazırlanan Microsoft Excel tabanlı bilgisayar programlarından yararlanılmıştır. Örnek olarak, S108 kolonuna bağlanan K107 kirişinin Şekil 4.19'da görülen mevcut kesit ve donatı özelliklerine göre, Şekil 4.20'de görülen program kullanılarak her iki ucunun moment kapasite değerleri hesaplanmış ve Çizelge 4.8'de sunulmuştur.

Kiriş moment kapasiteleri hesaplanırken, Probeta Orion yapı analiz programının kirişin alt ve üst donatılarını birlikte dikkate alarak basınç donatılı hesap yapabildiği görülmüştür. Ancak, kullanılan Excel programı basınç donatısının varlığını ihmal ederek yalnızca basit donatılı kiriş hesabı yapmaktadır. Bu sebeple kirişlerin moment kapasitelerinde Probeta Orion'a göre çok az miktarda bir farklılık oluşmaktadır.



Şekil 4.19. K107 kirişinin her iki ucundaki kesit ve donatı özellikleri

MALZEME ÖZELLİKLERİ				
f_{ck}	γ_{mc}	f_{yk}	γ_{ms}	E_s
(MPa)		(MPa)		(MPa)
15	1.00	220	1.00	200,000

KESİT GEOMETRİSİ				
Beton Katmanı	Genişlik (mm)		Yükseklik (mm)	
Gövde	b_w	250	h	500
Tabla	b	250	t	150

DONATI DÜZENLEMESİ		
No.	Donatı Alanı (A_{si}) (mm^2)	Kesit Alt Kotundan Olan Uzaklık (x_i) (mm)
1	462	461
2	1150	39
3		
4		
5		
6		

ACIKLAMALAR

f_{ck} = Beton karakteristik basınç dayanımı
 f_{yk} = Donatı karakteristik akma dayanımı
 γ_{mc}, γ_{ms} = Beton ve donatı için malzeme katsayıları
 E_s = Donatı elastisite modülü
 b_w = Gövde genişliği
 h = Elemanın yüksekliği
 b = Tabla genişliği
 t = Tabla kalınlığı
 M = Moment dayanımı
 κ = Eğrilik

Önemli Not: Dikdörtgen eleman tanımında tabla genişliği ve gövde genişliği eşit olmalıdır, $b = b_w$.

Eksenel Yük (Basınç +)	(kN)
HESAPLA	
$M = 109$ kN.m	
$\kappa = 0.0051$ rad/m	
Kesit Adı: K107 sağ uç, üst moment kapasitesi	

EKRANI TEMİZLE	ARŞİVE EKLE	ARŞİVDEN ÇAĞIR	ARŞİVDEN SİL
----------------	-------------	----------------	--------------

Şekil 4.20. K107 kirişinin sağ ucundaki üst moment kapasitesi hesabı

Çizelge 4.8. K107 kirişi uçlarının momenti kapasiteleri

	Üst Moment Kapasiteleri		Alt Moment Kapasiteleri	
	i	j	i	j
A_s (mm ²)	688	1150	462	462
M_{Kb} (kN-m)	66.3	108.63	45.18	45.18

4.4.1.2. Kolona bağlanan kiriş uçlarındaki artık moment kapasitelerinin (M_{Ab}) hesaplanması

Kirişlerin artık moment kapasiteleri (M_{Ab}); ilgili deprem yönü ile uyumlu kiriş moment kapasitelerinden (M_{Kb}), düşey yükler altında oluşan eğilme momentleri (M_{Db}) çıkarılarak belirlenir (Şekil 4.21). Bu işlem, kirişlerin her katta moment kapasitelerine ulaştığı varsayılarak yapılır.

$$\left(\begin{array}{c} \curvearrowright \\ \text{K107} \\ \curvearrowleft \\ M_{Kb_i(alt)} \quad M_{Kb_j(üst)} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \curvearrowright \\ \text{K107} \\ \curvearrowleft \\ M_{Db_i} \quad M_{Db_j} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \curvearrowright \\ \text{K107} \\ \curvearrowleft \\ M_{Ab_i} \quad M_{Ab_j} \\ l_n \end{array} \right)$$

Şekil 4.21. Kirişinin deprem yükü ile uyumlu artık moment kapasiteleri

Örnek olarak ele alınan K107 kirişinin sağ ve sol uçlarında düşey yüklerden oluşan eğilme momentleri $M_{Db_i} = -34.046$ kN-m, $M_{Db_j} = 35.687$ kN-m olarak bulunmuştur (Şekil 4.9). Aynı kiriş uçlarında ilgili deprem yönü ile uyumlu moment kapasiteleri $M_{Kb_i(alt)} = 45.18$ kN-m, $M_{Kb_j(üst)} = 108.63$ kN-m'dir (Çizelge 4.8). Buna göre hesaplanan kiriş uçlarının ilgili deprem yönüne göre artık moment kapasiteleri Çizelge 4.9'da sunulmuştur.

Çizelge 4.9. K107 kirişi uçlarının artık moment kapasiteleri (kN-m)

	M_{Kb}	M_{Db}	M_{Ab}
$M_{Ab_i} = M_{Kb_i(alt)} - M_{Db_i}$	45.18	-34.046	79.226
$M_{Ab_j} = M_{Kb_j(üst)} - M_{Db_j}$	108.63	35.687	72.943

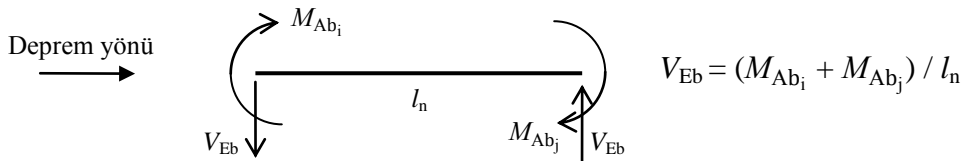
İşlemler kolona aynı doğrultuda bağlanan K108 kirişinde ve bütün katlarda benzer şekilde yapılır. K107-K108 kirişleri için bütün katlarda elde edilen artık moment kapasiteleri Çizelge 4.10'da özetlenmiştir.

Çizelge 4.10. Tüm katlarda K107 ve K108 kirişlerinin artık moment kapasiteleri (M_{Ab})

l_n (m)		4.55		2.65	
İç kuvvet	Kat Numarası	K107		K108	
		Sol uç	Sağ uç	Sol uç	Sağ uç
M_{Db} (kN-m)	4	-28.823	29.808	-9.279	9.786
	3	-35.830	35.124	-8.440	10.986
	2	-35.214	35.315	-9.789	10.230
	1	-34.046	35.687	-12.410	8.341
M_{Kb} (kN-m)	4	45.180	108.630	45.180	94.520
	3	45.180	108.630	45.180	94.520
	2	45.180	108.630	45.180	94.520
	1	45.180	108.630	45.180	94.520
$M_{Ab} = M_{Kb} - M_{Db}$	4	74.003	78.822	54.459	84.734
	3	81.010	73.506	53.620	83.534
	2	80.394	73.315	54.969	84.290
	1	79.226	72.943	57.590	86.179

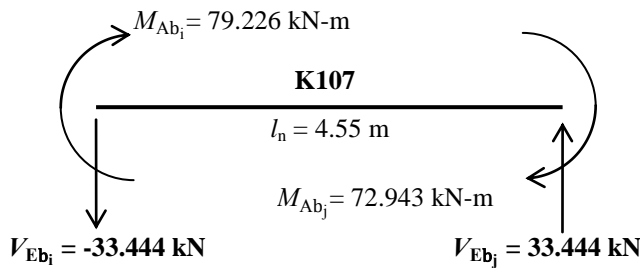
4.4.1.3. Kirişlerin eğilme kapasiteleri ile uyumlu kesme kuvvetleri (V_{Eb})

Kirişlerde artık moment kapasite (M_{Ab}) değerlerini dengeleyen kiriş kesme kuvvetleri (V_{Eb}) Şekil 4.22’de denge denklemleri yazılarak hesaplanır.

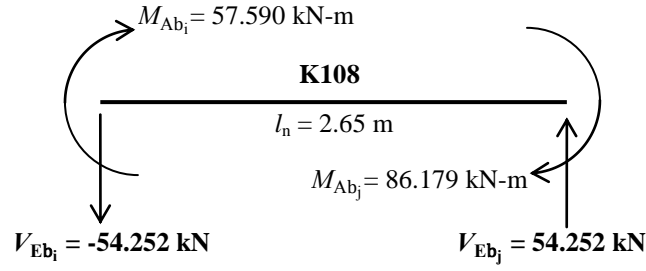


Şekil 4.22. Kirişlerde artık moment kapasitelerini dengeleyen kesme kuvvetleri

Burada, l_n kirişin net açıklığını göstermektedir. S108 kolonuna bağlanan K107 ve K108 kirişlerinin eğilme kapasiteleri ile uyumlu kesme kuvveti (V_{Eb}) değerleri, kirişin her iki ucundaki artık moment kapasitesini dengeleyecek bir kuvvet çifti şeklinde bulunur (Şekil 4.23 ve Şekil 4.24).



Şekil 4.23. K107 kirişi uçlarında eğilme kapasiteleri ile uyumlu kesme kuvvetleri (V_{Eb})



Şekil 4.24. K107 kirişi uçlarında eğilme kapasiteleri ile uyumlu kesme kuvvetleri (V_{Eb})

Benzer işlemler, S108 kolonuna tüm katlarda bağlanan kirişler için de yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.11’de sunulmuştur.

Çizelge 4.11. S108 kolonuna bağlanan kiriş uçlarında elde edilen eğilme kapasiteleri ile uyumlu kesme kuvveti (V_{Eb}) değerleri

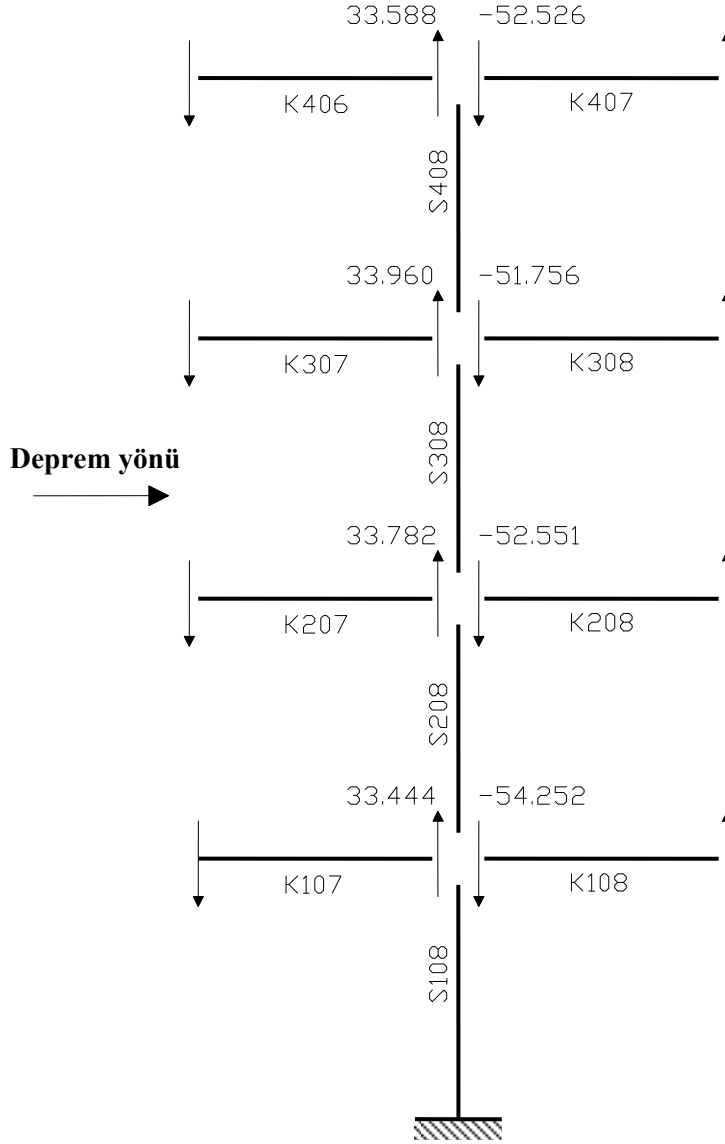
l_n (m)		4.55		2.65	
İç kuvvet	Kat Numarası	K107		K108	
		Sol uç	Sağ uç	Sol uç	Sağ uç
$M_{Ab} = M_{Kb} - M_{Db}$	4	74.003	78.822	54.459	84.734
	3	81.010	73.506	53.620	83.534
	2	80.394	73.315	54.969	84.290
	1	79.226	72.943	57.590	86.179
V_{Eb} (kN)	4	-33.588	33.588	-52.526	52.526
	3	-33.960	33.960	-51.756	51.756
	2	-33.782	33.782	-52.551	52.551
	1	-33.444	33.444	-54.252	54.252

4.4.2. Düşey yükler (N_{Dc}) ve kiriş eğilme kapasiteleriyle uyumlu kesme kuvvetlerinin (V_{Eb}) süperpozisyonu

Deprem yükleri altında kolonlarda elde edilen kapasite eksenel kuvvet değerleri (N_{Ec}), göz önüne alınan kolona bağlanan ve kolonun üstünde yer alan aynı düzlemdeki tüm kat kirişlerinden aktarılan kesme kuvvetlerinin (V_{Eb}) yukarıdan aşağı doğru kümülatif olarak toplanmasıyla elde edilir.

$$N_{Ec} = \sum V_{Eb_i} + \sum V_{Eb_j} \quad (4.1)$$

S108 kolonuna gelen eksenel yükler ilgili deprem yönü için Şekil 4.25’te verilmiştir. Deprem yönü ile uyumlu kiriş uçlarındaki kesme kuvvetleri (V_{Eb}), sol uçlarda negatif ve sağ uçlarda pozitifdir.



Şekil 4.25. S108 kolonuna kirişlerden gelen deprem yönü ile uyumlu kesme kuvvetleri

Şekil 4.25'te görüldüğü gibi S108 kolonuna bağlanan kirişlerden gelen kesme kuvvetleri yukarıdan aşağıya doğru toplanarak depremden dolayı her bir kattaki toplam kolon kapasite eksenel kuvvet (N_{Ec}) değerleri bulunur.

Düşey yüklerden kaynaklanan kolon eksenel kuvvet değerleri (N_{Dc}) ve deprem yükleri altında kolonlarda elde edilen kapasite eksenel kuvvet değerleri (N_{Ec})'dir. Bu değerler toplanarak toplam kolon eksenel kuvvetleri ($N_{Dc}+N_{Ec}$) hesaplanır.

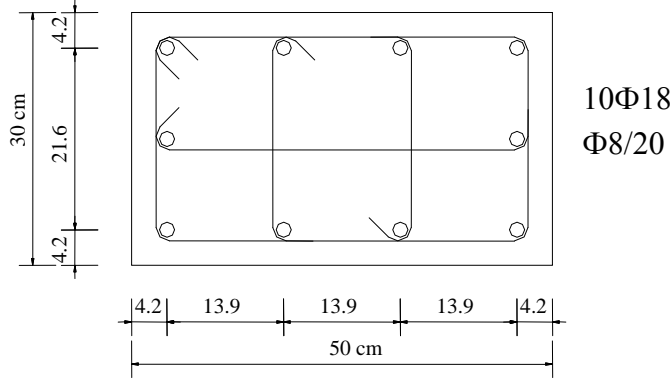
S108 kolonunun içinde bulunduğu *D-D* aksındaki diğer kolonların toplam kolon eksenel kuvvetleri ($N_{Dc}+N_{Ec}$) Çizelge 4.12'de hesaplanmıştır. Toplam eksenel kuvvetin pozitif çıkması durumunda kolon basınca, negatif çıkması durumunda ise çekmeye çalışacaktır.

Çizelge 4.12. *D-D* aksı üzerinde toplam kolon eksenel kuvvet hesabı ($N_{Dc}+N_{Ec}$)

l_n (m)		4.55		2.65		3.00		2.65		4.55	
İç kuvvet	Kat	K107		K108		K109		K110		K111	
		Sol uç (i)	Sağ uç (j)	Sol uç (i)	Sağ uç (j)	Sol uç (i)	Sağ uç (j)	Sol uç (i)	Sağ uç (j)	Sol uç (i)	Sağ uç (j)
M_{Db} (kN-m) Yalnız düşey yükler altında kiriş eğilme momentleri	4	-28.823	29.808	-9.279	9.786	-10.147	10.147	-9.786	9.279	-29.808	28.823
	3	-35.830	35.124	-8.440	10.986	-8.830	8.830	-10.986	8.440	-35.124	35.830
	2	-35.214	35.315	-9.789	10.230	-8.547	8.547	-10.230	9.789	-35.315	35.214
	1	-34.046	35.687	-12.410	8.341	-8.324	8.324	-8.341	12.410	-35.687	34.046
M_{Kb} (kN-m) +X yönünde kiriş moment kapasiteleri	4	45.180	108.630	45.180	94.520	45.180	94.520	45.180	108.630	45.180	66.300
	3	45.180	108.630	45.180	94.520	45.180	94.520	45.180	108.630	45.180	66.300
	2	45.180	108.630	45.180	94.520	45.180	94.520	45.180	108.630	45.180	66.300
	1	45.180	108.630	45.180	94.520	45.180	94.520	45.180	108.630	45.180	66.300
$M_{Ab}=M_{Kb}-M_{Db}$ (kN-m) Artık moment kapasiteleri	4	74.003	78.822	54.459	84.734	55.327	84.373	54.966	99.351	74.988	37.477
	3	81.010	73.506	53.620	83.534	54.010	85.690	56.166	100.190	80.304	30.470
	2	80.394	73.315	54.969	84.290	53.727	85.973	55.410	98.841	80.495	31.086
	1	79.226	72.943	57.590	86.179	53.504	86.196	53.521	96.220	80.867	32.254
V_{Eb} (kN) $\pm \frac{(M_{Ab_i}+M_{Ab_j})}{l_n}$	4	-33.588	33.588	-52.526	52.526	-46.567	46.567	-58.233	58.233	-24.718	24.718
	3	-33.960	33.960	-51.756	51.756	-46.567	46.567	-59.002	59.002	-24.346	24.346
	2	-33.782	33.782	-52.551	52.551	-46.567	46.567	-58.208	58.208	-24.523	24.523
	1	-33.444	33.444	-54.252	54.252	-46.567	46.567	-56.506	56.506	-24.862	24.862
N_{Ec} (kN) $= \sum_{t=n}^4 V_{Eb_t}$ n: kat numarası	4	-33.588	33.588	-52.526	52.526	-46.567	46.567	-58.233	58.233	-24.718	24.718
	3	-67.547	67.547	-104.282	104.282	-93.133	93.133	-117.235	117.235	-49.064	49.064
	2	-101.330	101.330	-156.832	156.832	-139.700	139.700	-175.443	175.443	-73.587	73.587
	1	-134.773	134.773	-211.085	211.085	-186.267	186.267	-231.949	231.949	-98.449	98.449
N_{Dc} (kN) Yalnız düşey yükler altında kolon eksenel kuvvetleri	4	95.760	108.980	98.940	98.940	108.980	95.760				
	3	194.410	229.990	195.480	195.480	229.990	194.410				
	2	293.340	352.280	289.230	289.230	352.280	293.340				
	1	392.380	476.370	376.600	376.600	476.370	392.380				
$N_{Dc}+N_{Ec}$ (kN) Toplam kolon eksenel kuvveti	4	62.172	90.042	104.899	87.274	142.495	120.478				
	3	126.863	193.256	206.629	171.378	298.162	243.474				
	2	192.010	296.777	306.362	253.487	454.136	366.927				
	1	257.607	400.059	401.418	330.918	609.870	490.829				
Kolon		S107	S108	S109	S110	S111	S112				

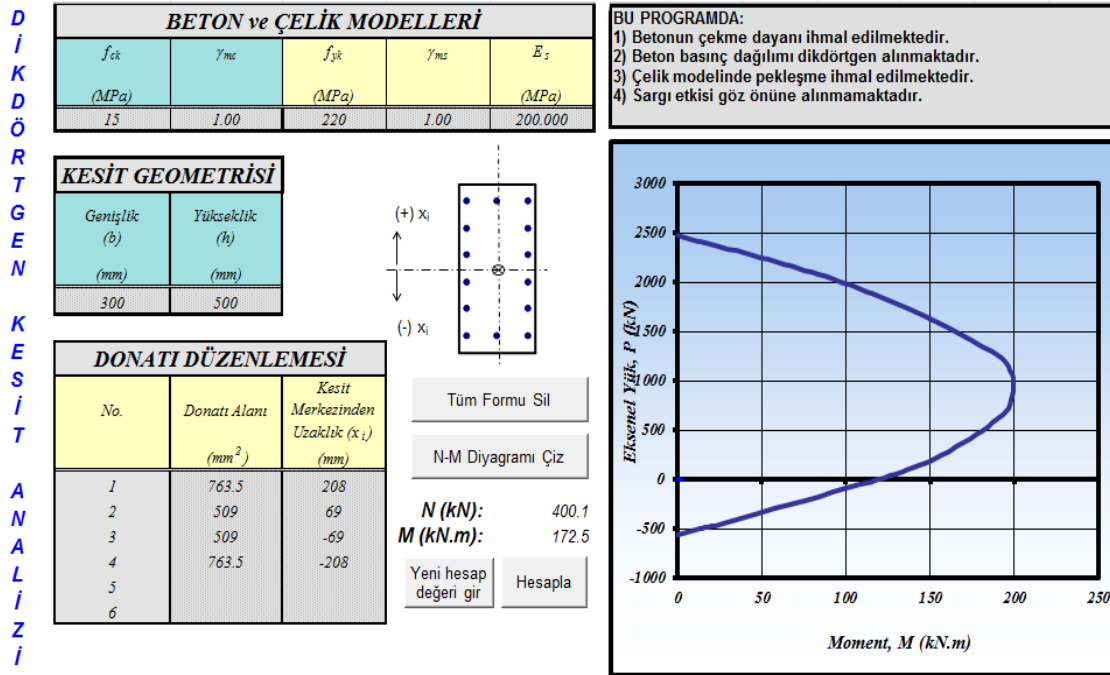
4.4.3. S108 kolonun moment kapasitesinin (M_{Kc}) hesaplanması

Bu bölümde kolonların, toplam eksenel kuvveti ($N_{Dc}+N_{Ec}$) altında taşıyabileceği kapasite momentleri (M_{Kc}) hesaplanacaktır. Örnek olarak seçilen S108 kolonunun kesit boyutları ve donatı detayı Şekil 4.26'da sunulmuştur.



Şekil 4.26. S108 kolon kesiti ve donatı detayı

Kolonların moment kapasitelerinin hesabında, Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde hazırlanan Microsoft Excel tabanlı bilgisayar programlarından yararlanılmıştır. Örnek olarak seçilen ve Şekil 4.25'te görülen mevcut kesit ve donatı özelliklerine sahip S108 kolonu için ($N_{Dc}+N_{Ec}$) = 400.059 kN eksenel yük altında hesaplanan moment kapasitesi değeri (M_{Kc}) = 172.54 kN-m olarak elde edilmiştir (Şekil 4.27).



Şekil 4.27. S108 kolonu moment kapasitesi hesabı

4.4.4. S108 kolonun kolon-kiriş kapasite oranlarının (KKO) hesaplanması

S108 kolonunun Çizelge 4.12’de verilen toplam eksenel kuvvetleri altında elde edilen moment kapasiteleri hesaplanmış ve Çizelge 4.13’te sunulmuştur. Burada kullanılan toplam kolon eksenel kuvvetlerinin hesabı, daha önceki bölümlerde açıklandığı gibi kiriş uçlarının kapasitelerine ulaştığı varsayımına dayanmaktadır. Bu varsayımın ne ölçüde doğru olduğunun kontrolü gerekir. Bu işlem, birleşim bölgelerinde kolon-kiriş kapasite oranlarının (KKO) hesaplanması ile yapılır. Kolon kiriş kapasite oranı 2006 yılı Bilgilendirme 7A’da;

$$KKO = \frac{\sum M_{Kc}}{\sum M_{Kb}} = \frac{M_{Kc_a} + M_{Kc_{\bar{u}}}}{M_{Kb_{i(alt)}} + M_{Kb_{j(\bar{u}st)}}} \quad (4.2)$$

şeklinde tanımlanmıştır. Herhangi bir birleşimde KKO değerinin 1’den büyük olması durumunda yapılan varsayım doğrudur ve kolon performansının değerlendirilmesine Çizelge 4.12’de belirtilen toplam eksenel kuvvetler ve bu kuvvetler altındaki moment kapasiteleri kullanılabilir. KKO değerinin 1’den küçük olması durumunda ise kolona bağlanan kiriş moment kapasiteleri KKO ile çarpılarak azaltılacak ve toplam kolon eksenel kuvvetleri bu azaltılmış değerlere göre güncellenecektir.

Çizelge 4.13. S108 kolonu toplam eksenel kuvvetleri, moment kapasiteleri ve kolon-kiriş kapasite oranları (KKO)

KAT	b_x b_y (cm)	A_s A_s/A_c (cm ²)	$N_{Dc}+N_{Ec}$ (kN)	M_{Kc_a} ve $M_{Kc_{\bar{u}}}$ (kN-m)	$M_{Kb_{i(alt)}}$ (kN-m)	$M_{Kb_{j(\bar{u}st)}}$ (kN-m)	$\sum M_{Kb}$ $\sum M_{Kc}$	KKO
4	50.0 30.0	25.45 1.70	90.042	135.55	108.63	45.18	153.81 135.55	0.88
3	50.0 30.0	25.45 1.70	193.256	151.43	108.63	45.18	153.81 286.98	1.87
2	50.0 30.0	25.45 1.70	296.777	162.50	108.63	45.18	153.81 313.93	2.04
1	50.0 30.0	25.45 1.70	400.059	172.54	108.63	45.18	153.81 335.04	2.18

Çizelge 4.13’te yer alan M_{Kc_a} ve $M_{Kc_{\bar{u}}}$ değerleri, ilgili düğüm noktasına bağlanan kolonların moment kapasitelerini göstermektedir. $M_{Kc_{i(alt)}}$ ve $M_{Kc_{j(\bar{u}st)}}$ ise bu düğümüne bağlanan kirişlerin ilgili deprem yönündeki moment kapasiteleridir.

4.4.5. S108 kolonu için düzeltilmiş toplam eksenel kuvvetinin ($N_{Dc}+N_{Ec}$) ve buna bağlı elde edilen moment kapasitesinin (M_{Kc}) hesaplanması

Çizelge 4.13'e bakıldığında 4'üncü katta S408-K406-K407 kolon-kiriş birleşim bölgesi için elde edilen KKO = 0.88 değeri 1'den küçüktür. Buna göre, moment kapasitesine kiriş uçlarında değil kolonlarda ulaşıldığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle, düğüm noktasına birleşen kiriş uçlarının eğilme kapasiteleri 0.88 ile çarpılarak benzer işlem adımlarının tekrarlanmasıyla toplam kolon eksenel yükleri düzeltilmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Düzeltilmiş kiriş uç momentleri ile toplam kolon eksenel kuvvetlerinin tekrar hesaplanması

l_n (m)		4.55		2.65		3.00		2.65		4.55	
İç Kuvvet	Kat	K107		K108		K109		K110		K111	
		Sol uç (i)	Sağ uç (j)	Sol uç (i)	Sağ uç (j)	Sol uç (i)	Sağ uç (j)	Sol uç (i)	Sağ uç (j)	Sol uç (i)	Sağ uç (j)
M_{Db} (kN-m)	4	-28.823	29.808	-9.279	9.786	-10.147	10.147	-9.786	9.279	-29.808	28.823
	3	-35.830	35.124	-8.440	10.986	-8.830	8.830	-10.986	8.440	-35.124	35.830
	2	-35.214	35.315	-9.789	10.230	-8.547	8.547	-10.230	9.789	-35.315	35.214
	1	-34.046	35.687	-12.410	8.341	-8.324	8.324	-8.341	12.410	-35.687	34.046
M_{Kb} (kN-m)	4	45.180	95.734	39.817	53.138	25.400	51.855	24.786	101.660	42.281	66.300
	3	45.180	108.630	45.180	94.520	45.180	94.520	45.180	108.630	45.180	66.300
	2	45.180	108.630	45.180	94.520	45.180	94.520	45.180	108.630	45.180	66.300
	1	45.180	108.630	45.180	94.520	45.180	94.520	45.180	108.630	45.180	66.300
$M_{Ab}=M_{Kb}-M_{Db}$	4	74.003	65.926	49.096	43.352	35.547	41.708	34.572	92.381	72.089	37.477
	3	81.010	73.506	53.620	83.534	54.010	85.690	56.166	100.190	80.304	30.470
	2	80.394	73.315	54.969	84.290	53.727	85.973	55.410	98.841	80.495	31.086
	1	79.226	72.943	57.590	86.179	53.504	86.196	53.521	96.220	80.867	32.254
V_{Eb} (kN)	4	-30.754	30.754	-34.886	34.886	-25.752	25.752	-47.907	47.907	-24.080	24.080
	3	-33.960	33.960	-51.756	51.756	-46.567	46.567	-59.002	59.002	-24.346	24.346
	2	-33.782	33.782	-52.551	52.551	-46.567	46.567	-58.208	58.208	-24.523	24.523
	1	-33.444	33.444	-54.252	54.252	-46.567	46.567	-56.506	56.506	-24.862	24.862
N_{Ec} (kN)	4	-30.754	30.754	-34.886	34.886	-25.752	25.752	-47.907	47.907	-24.080	24.080
	3	-64.713	64.713	-86.642	86.642	-72.318	72.318	-106.909	106.909	-48.426	48.426
	2	-98.495	98.495	-139.193	139.193	-118.885	118.885	-165.117	165.117	-72.950	72.950
	1	-131.939	131.939	-193.445	193.445	-165.452	165.452	-221.623	221.623	-97.811	97.811
N_{Dc} (kN)	4	95.760	108.980	98.940	98.940	98.940	98.940	108.980	95.760	95.760	108.980
	3	194.410	229.990	195.480	195.480	195.480	195.480	229.990	194.410	194.410	229.990
	2	293.340	352.280	289.230	289.230	289.230	289.230	352.280	293.340	293.340	352.280
	1	392.380	476.370	376.600	376.600	376.600	376.600	476.370	392.380	392.380	476.370
$N_{Dc}+N_{Ec}$ (Düzeltilmiş)	4	65.006	104.848	108.074	76.785	132.806	119.840	119.840	132.806	104.848	65.006
	3	129.697	208.061	209.804	160.889	288.473	242.836	242.836	288.473	208.061	129.697
	2	194.845	311.583	309.538	242.998	444.447	366.290	366.290	444.447	311.583	194.845
	1	260.441	414.864	404.594	320.428	600.182	490.191	490.191	600.182	414.864	260.441
Kolon		S107	S108	S109	S110	S111	S112				

Ayrıca, düzeltilmiş ve düzeltilmemiş toplam kolon eksenel kuvvet değerleri ($N_{Dc}+N_{Ec}$) ve buna bağlı elde edilen moment kapasiteleri (M_{Kc}) hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.15’te sunulmuştur.

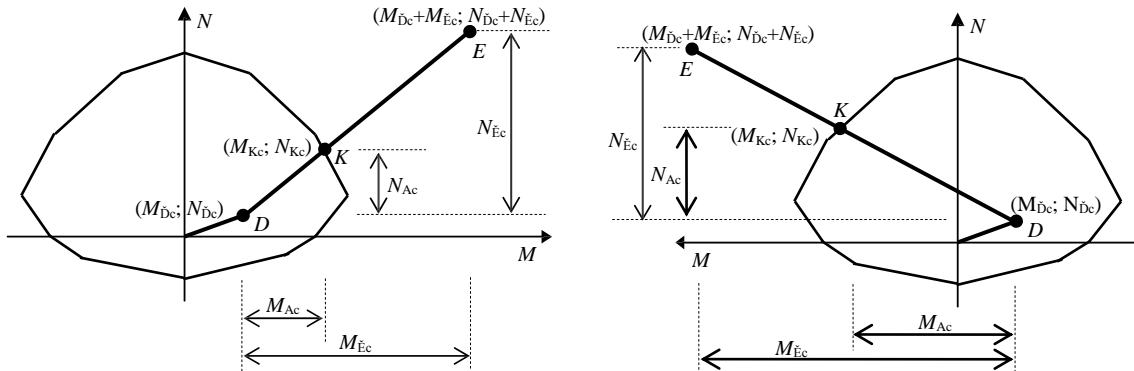
Çizelge 4.15. S108 kolonu eksenel yük-eğilme kapasiteleri

KOLON	KAT	DÜZELTİLMEMİŞ		DÜZELTİLMİŞ	
		$N_{Dc}+N_{Ec}$ (kN)	M_{Kc} (kN-m)	$N_{Dc}+N_{Ec}$ (kN)	M_{Kc} (kN-m)
S108	4	90.04	135.55	104.85	137.94
	3	193.26	151.43	208.06	154.44
	2	296.78	162.50	311.58	163.98
	1	400.06	172.54	414.86	173.92

4.5. Kolonlarda Eksenel Kuvvet ve Moment Kapasitelerinin ($N_{Kc} - M_{Kc}$) DBYBHY-2007’ye Göre Hesaplanması

Bölüm 4.4’te açıklanan hesap adımları, kolon toplam eksenel kuvvet ($N_{Dc}+N_{Ec}$) ve moment (M_{Kc}) kapasitelerinin belirlenmesi ile ilgilidir. Burada tanımlanan, deprem yükleri altında kolonların kapasite eksenel kuvvet değerleri (N_{Ec}), kapasite durumuna kirişlerde ulaşıldığı varsayımına dayanarak hesaplanan bir limit analiz yöntemiyle elde edilmektedir. Mevcut yapıların değerlendirilmesinde DBYBHY-2007’de yer alan ve bu hesap adımları yerine uygulanabilecek yeni bir yöntem aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Herhangi bir kolon veya perde kesitinin doğrusallaştırılan moment–eksenel kuvvet etkileşim diyagramı Şekil 4.28’de görülmektedir. Şekildeki D noktasının koordinatları, yalnız düşey yüklerden dolayı kolonlarda meydana gelen $M_{Dc}-N_{Dc}$ çiftine karşı gelmektedir. D noktasından başlayan ve etkileşim diyagramının dışına çıkan ikinci doğru parçasının yatay ve düşey izdüşümleri ise, $R_a = 1$ için deprem hesabından elde edilen ve depremin yönü ile uyumlu olan $M_{Ec}-N_{Ec}$ çiftine karşı gelmektedir (Şekil 4.28’de M_{Ec} ’nin işaretlerinin farklı olduğu iki durum ayrı ayrı gösterilmiştir). İkinci doğru parçasının etkileşim diyagramını kestiği K noktasının koordinatları, kolon veya perde kesitinin M_{Kc} moment kapasitesi ve buna karşı gelen N_{Kc} eksenel kuvvetidir. Şekil 4.28’deki K kesişme noktasının koordinatları olan M_{Kc} ve N_{Kc} geometrik veya sayısal olarak elde edilebilir.



Şekil 4.28. Kolon moment–eksenel kuvvet etkileşim diyagramı

DBYBHY-2007’de söz edilen yeni yöntemin avantajı, detaylı bir kapasite hesabı yapılmaksızın, düşey yük ve deprem analiz sonuçlarında elde edilen iç kuvvetlere göre doğrudan kapasite değerlerinin elde edilebilmesidir. Bununla birlikte, DBYBHY-2007 7A.1’de yer alan ifadelerin, kesin olmayan esnek nitelikte ifadeler olmasından dolayı, kolon aksenal kuvvet ve moment kapasitelerinin belirlenmesi işleminin DBYBHY 2006 ya da 2007’de yer alan yöntemlerden hangisine göre yapılacağı konusunun, analizi yapan mühendise bırakıldığı anlaşılmaktadır.

Probina Orion 2012 (SP.5) yapı analiz programının hesap çıktılarına bakıldığında, kolonların aksenal kuvvet ve moment kapasitelerinin DBYBHY-2006’ya göre belirlendiği anlaşılmaktadır. Probina Orion programından elde edilen performans sonuçlarının yorumlanabilmesi amacıyla, bu çalışmada da benzer işlem adımlarına göre hesaplar gerçekleştirilmiştir.

4.6. Kolonların Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi

Kolonların hasar düzeylerinin belirlenmesi işlemi; ilgili deprem doğrultusunda elemanda hesaplanan eğilme momentinin (etki), aynı deprem doğrultusunda artık moment kapasitesine (kapasite) bölünmesi olarak tanımlanan “ r ” (etki/kapasite) değerinin bulunarak, elemanın kesme kuvveti seviyesine göre belirlenen sınır değerlerle karşılaştırılmasıyla yapılır. Bu karşılaştırma sonucunda elemanların hangi hasar bölgesinde olduğu bulunur.

Bu bölümde, Bölüm 4.4’te toplam aksenal kuvvet ve moment kapasiteleri belirlenen S108 kolonunun etki/kapasite oranı hesaplanarak, ilgili hasar sınırlarıyla karşılaştırılması sonucu eleman performansının belirlenmesi işlemi detaylı olarak gösterilmiştir. Bu işlem için öncelikle kolonların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesiyle uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvvetinin (V_e) belirlenmesi gereklidir. Daha sonra, bu kesme kuvveti, kolonun kesme kapasitesi (V_r) ile karşılaştırılarak kırılma türünün "sünek" ya da "gevrek" olduğu belirlenir.

4.6.1. S108 kolonunun eğilme kapasitesiyle uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvvetinin (V_e) belirlenmesi

Kolonlarda kesme güvenliği hesabında esas alınacak kesme kuvveti,

$$V_e = (M_{c_a} + M_{c_ü}) / l_n \quad (4.3)$$

ifadesiyle belirlenir. Burada, M_{c_a} ve $M_{c_ü}$ ’nün hesaplanması için, kolonun alt ve/veya üst uçlarında

$$(M_{Kc_a} + M_{Kc_ü}) \geq 1.2 (M_{Kb_i(alt)} + M_{Kb_j(üst)}) \quad (4.4)$$

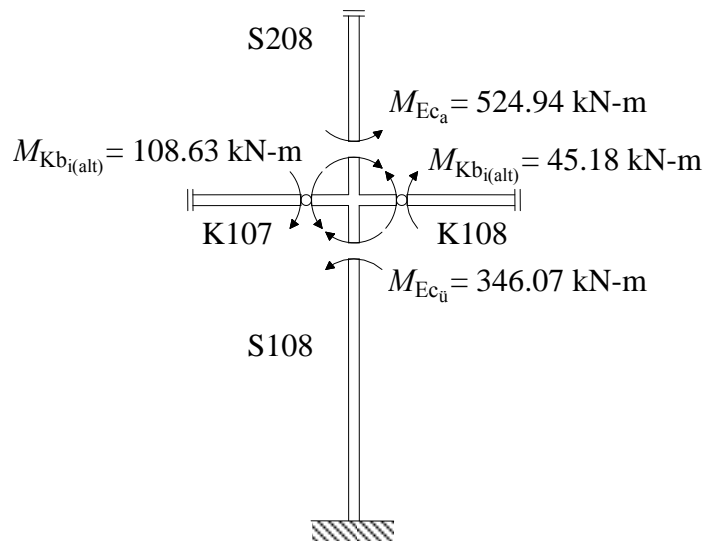
ifadesinin sağlanması durumunda, kolonun alt ve üst düğüm noktasında ayrı ayrı olmak üzere, bu noktalara birleşen kirişlerin uçlarındaki moment kapasitelerinin toplamı olan $\sum M_{Kb}$ momenti hesaplanacaktır:

$$\Sigma M_{Kb} = M_{Kb_{i(alt)}} + M_{Kb_{j(üst)}} \quad (4.5)$$

Burada, l_n kolonun serbest boyu, M_{Kc_a} ve $M_{Kc_{\bar{u}}}$ ilgili düğüm noktasına bağlanan kolonların moment kapasiteleri, $M_{Kb_{i(alt)}}$ ve $M_{Kb_{j(üst)}}$ aynı düğüm noktasına bağlanan kiriş uçlarının moment kapasiteleridir. DBYBHY-2007 de kolon, kiriş ve perdelerde performans hesapları yapılırken V_e 'nin hesabında pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine taşıma gücü momentleri kullanılacağı belirtilmiştir. ΣM_{Kb} momenti, kolonların düğüm noktasına birleşen kiriş uçlarında deprem analizine göre elde edilen momentler oranında kolonlara dağıtılacaktır. Dağıtım sonucunda ilgili kolonun alt veya üst ucunda elde edilen moment, M_{c_a} veya $M_{c_{\bar{u}}}$ olarak göz önüne alınacaktır. Deprem her iki yönü için (4.5) ifadesi ayrı ayrı uygulanacak ve elde edilen en büyük ΣM_{Kb} değeri dağıtımda esas alınacaktır.

(4.4) ifadesinin sağlanmaması durumunda ise düğüm noktasına birleşen kolonların uçlarındaki momentler, kolonların moment kapasiteleri olarak hesaplanacak ve M_{c_a} ve/veya $M_{c_{\bar{u}}}$ olarak kullanılacaktır. Moment kapasiteleri, M_{Kc_a} ve $M_{Kc_{\bar{u}}}$ olarak alınabilir. M_{Kc_a} ve $M_{Kc_{\bar{u}}}$ momentlerinin hesabında, depremin yönü ile uyumlu olarak bu momentleri en büyük yapan N_d aksel kuvvetleri göz önüne alınacaktır. Temele bağlanan kolonların alt ucundaki M_{c_a} momenti de, kolonun kendi moment kapasitesi olarak hesaplanacaktır.

Örnek olarak ele alınan S108 kolonu için öncelikle (4.4) şartının sağlanıp sağlanmadığının kontrolü yapılmıştır. (4.4) ifadesi esasen S108 kolonu için daha hesaplanmış olan KKO değerinin 1.2 değeriyle kıyaslanması şeklinde yapılabilir. Bu kolon için KKO değeri kolonun üst ucunda 2.16 belirlenmiştir. $KKO > 1.2$ olmasına göre (4.4) ifadesi sağlanmış olup, M_{c_a} ve $M_{c_{\bar{u}}}$ değerleri kiriş eğilme kapasitelerine göre belirlenecektir. S108 kolonuna bağlanan K107 ve K108 kirişlerinin ilgili deprem yönü ile uyumlu eğilme kapasiteleri $M_{Kb_{i(alt)}}$ ve $M_{Kb_{j(üst)}}$ momentleri ve yatay yük analizinden elde edilen S108 kolonu uç momentleri Şekil 4.29'da gösterilmiştir.



Şekil 4.29. S108 kolonunun üst ucundaki birleşimin analiz değerleri

Şekil 4.29’da, +X deprem yönü için S108 kolonu birinci kat üst birleşim bölgesindeki kiriş eğilme kapasiteleri gösterilmiştir. Bu kapasitelerle uyumlu kolon üst ve alt momentleri (M_{c_a} ve M_{c_u}), kirişlerin kapasiteleri toplamının yatay yük analizinden elde edilen kolon üst ve alt momentleri oranında dağıtılmasıyla bulunur (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. S108 kolonu üst düğümünde moment kapasitelerinin dağıtılması (kN-m)

K107	K108	K107+K108	S208	S108	S208	S108
$M_{Kb_i(alt)}$	$M_{Kb_i(alt)}$	$\sum M_{Kb}$	M_{Ec_a}	M_{Ec_u}	$M_{c_a} = M_{Ec_a} \frac{\sum M_{Kb}}{M_{Ec_a} + M_{Ec_u}}$	$M_{c_u} = M_{Ec_u} \frac{\sum M_{Kb}}{M_{Ec_a} + M_{Ec_u}}$
108.63	45.18	153.81	524.94	346.07	92.698	61.112

Kolon alt momentini temele bağlandığı için $M_{c_a} = M_{Kc} = 173.92$ kN-m şeklinde belirlenir (Çizelge 4.15). Böylece, ilgili deprem yönü için S108 kolonunun kesme güvenliği hesabında esas alınacak kesme kuvveti (V_e) hesaplanabilir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. S108 kolonunun eğilme kapasitesiyle uyumlu kesme kuvvetinin (V_e)

l_n (m)	S108 alt	S108 üst	$V_e = (M_{c_a} + M_{c_u}) / l_n$ (kN)
	M_{c_a} (kN-m)	M_{c_u} (kN-m)	
2.50	173.92	61.112	94.013

Düşey yüklerle birlikte deprem analizinden ($G+nQ+E$) elde edilen kolon toplam kesme kuvveti ($V_T = V_D + V_E$), kolon için belirlenen V_e değerinden küçükse hesaplarda V_e olarak bu değer kullanılır. DBYBHY-2007 Madde 7.5.2.2(a)’da yer alan bu kuralın da ayrıca kontrolü gerekir. Örnek olarak ele alınan binanın Şekil 4.7 ve Şekil 4.15’teki düşey ve deprem yükleri altında elde edilen diyagramlarının toplamı dikkate alındığında, elde edilen toplam kesme kuvveti değerlerinin kolonlara ait V_e ifadelerinden çok daha büyük olduğu görülmüştür.

4.6.2. S108 kolonunun kırılma türünün belirlenmesi (sünek, gevrek)

DBYBHY-2007 Madde 7.3.1’de belirtildiği gibi yapı elemanlarının hasar seviyelerini belirlenebilmesi için öncelikle elemanların kırılma türlerinin bilinmesi gerekmektedir. Buna göre, elemanların kapasitelerine eğilme ya da kesme kırılma türlerinden hangisiyle ulaştığına göre “sünek” ya da “gevrek” olarak sınıflandırılır.

Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvvetinin (V_e), binanın mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak TS-500’e göre hesaplanan kesme kapasitesi V_r ’yi aşmaması gereklidir.

Bölüm 4.6.1’de hesaplanan V_e kesme kuvveti, V_r kesme kuvveti taşıma kapasitesinden büyük çıkan elemanlar kesme kırılmasıyla kapasitelerine ulaşacaklardır ($V_e > V_r$). Bu tür elemanlar “gevrek” eleman olarak sınıflandırılacak ve elastik ötesi

davranış göstermelerine izin verilmeyecektir. Tersine durumda ise ($V_e < V_r$) kesit kapasitesine eğilme kırılması ile ulaşabilecektir. Bu tür elemanlar “sünek” elemanlar olarak sınıflandırılır. Kolonların kesme kuvveti kapasitesinin hesabı,

$$V_r = V_c + V_w \quad (4.6)$$

ifadesiyle hesaplanır. Burada, V_c betonun, V_w ise enine donatının kesme kapasitesine olan katkısıdır. Kolonlarda betonun eğik çatlama dayanımı,

$$V_{cr} = (0.65 f_{ctm} b_w d (1 + \gamma N/A_c)) \quad (4.7)$$

şeklinde tanımlıdır. Burada, f_{ctm} mevcut betonun çekme dayanımı, N kolonun üzerindeki aksel kuvvet ve A_c kolonun brüt kesit alanıdır. Katsayı olan γ ifadesi ise kolonlarda aksel basınç durumunda 0.07 olarak dikkate alınır. Betonun kesme dayanımına olan katkısı, eğik çatlama dayanımının %80'i olarak dikkate alınır:

$$V_c = 0.8 V_{cr} \quad (4.8)$$

Kesme kapasitesine etriyelerin katkısı ise,

$$V_w = A_{sw} f_{ywd} d/s \quad (4.9)$$

ifadesiyle belirlenir. Burada, A_{sw} etriye kollarının toplam kesit alanı, f_{ywd} etriyede kullanılan donatının akma dayanımı, s ise etriye adım aralığı olarak tanımlıdır.

S108 kolonunun Çizelge 4.18’de yer alan mevcut kesit, donatı ve malzeme özellikleri kullanılarak kesme kuvveti kapasitesinin bulunması Çizelge 4.19’da verilmiştir. Burada, Probina Orion programı (d') paspayı değeri olarak, boyuna donatı ağırlık merkezi ile beton yüzü arasındaki mesafeyi dikkate almaktadır.

Çizelge 4.18. S108 kolonunun kesit, donatı ve malzeme özellikleri

Beton		Etriye			Kolon		
f_{cm} (MPa)	f_{ctm} (MPa)	f_{ywd} (MPa)	A_{sw} (mm ²)	s (mm)	b_w (mm)	d' (mm)	d (mm)
15	1.36	220	150.797	200	300	42	458

Çizelge 4.19. S108 kolonunda kesme kapasitesi kontrolü (kN)

V_c	V_w	V_r	V_e	Kırılma türü
115.598	75.97 kN	191.569 kN	94.013kN	sünek ($V_e < V_r$)

4.6.3. S108 kolonunun etki/kapasite (r) oranının belirlenmesi

DBYBHY-2007 Madde 7.5.2.3'e göre betonarme kolonların etki/kapasite (r) oranları, yalnız deprem etkisi altında hesaplanan eğilme momenti değerinin (M_{Ec}), artık moment kapasitesine (M_{Ac}) bölünmesiyle elde edilir. Kolonların artık moment kapasiteleri (M_{Ac}); ilgili deprem yönü ile uyumlu kolon moment kapasitelerinden (M_{Kc}), düşey yükler altında oluşan eğilme momentleri (M_{Dc}) çıkarılarak belirlenir.

Örnek olarak ele alınan S108 kolonunun alt ve üst uçlarında düşey yüklerden oluşan eğilme momentleri $M_{Dc_a} = 8.30$ kN-m, $M_{Dc_ü} = -14.01$ kN-m olarak bulunmuştur (Şekil 4.9). Aynı kolon uçlarının moment kapasiteleri değerleri $M_{Kc_a} = -M_{Kc_ü} = 173.92$ kN-m'dir (Çizelge 4.15). Pozitif yön kabulüne göre; hesaplanan moment kapasitesinin işareti, alt uçta pozitif (+), alt uçta ise negatif (-) olarak dikkate alınır. Buna göre hesaplanan kolon uçlarının artık moment kapasiteleri Çizelge 4.20'de sunulmuştur.

Çizelge 4.20. S108 kolonunun alt ve üst uçlarında artık moment kapasiteleri (kN-m)

	M_{Kc}	M_{Dc}	M_{Ac}
$M_{Ac_ü} = M_{Kc_ü} - M_{Dc_ü}$	-173.92	-14.01	-159.91
$M_{Ac_a} = M_{Kc_a} - M_{Dc_a}$	173.92	8.30	165.62

S108 kolon uçlarında ilgili deprem yüklemesinden elde edilen moment değerleri, $M_{Ec_ü} = -346.07$ kN-m ve $M_{Ec_a} = 748.38$ kN-m'dir (Şekil 4.17). Bu durumda S108 kolonunun etki/kapasite oranı (r), Çizelge 4.21'de sunulduğu gibi hesaplanabilir.

Çizelge 4.21. S108 kolonunun alt ve üst ucunda etki/kapasite oranları

	M_{Ec} (kN-m)	M_{Ac} (kN-m)	r (etki/kapasite)
Üst uç	-346.07	-159.91	2.16
Alt uç	748.38	165.62	4.52

4.6.4. S108 kolonu hasar seviyesinin belirlenmesi

Betonarme bir kolonun hasar seviyesinin belirlenmesi, kolon için bulunan etki/kapasite (r) oranlarının ilgili hasar sınır değeriyle (r_s) karşılaştırılması şeklinde gerçekleştirilir. Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum (r_s) tanımlanmıştır. Bunlar *Minimum Hasar Sınırı* (MN), *Güvenlik Sınırı* (GV) ve *Göçme Sınırı* (GÇ)'dir.

Örnek olarak ele alınan binanın konut tipi olması nedeniyle, binanın **Can Güvenliği Performans Seviyesi**'ne kontrolü yapılmıştır. Bu performans seviyesine göre, kolonların kritik uç kesitlerinin (GV)'yi sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. Betonarme bir kolonun (GV) seviyesini sağladığını söylenebilmesi için her iki kritik uç kesitin de bu sınırı aşmaması yani belirgin hasar bölgesine geçmemesi gerekmektedir.

DBYBHY-2007 Tablo 7.3'te her bir hasar seviyesi için kırılma biçimine göre değişen etki/kapasite sınır değerleri (r_s) verilmiştir. Kırılma türü kesme kırılması olan (gevrek) kolonlar için $r_s = 1$ 'dir. Yani kolonun elastik ötesi davranış yapmasına izin verilmez.

Bu bölümde, S018 kolonunda (GV) sınırı için (r_s) değerinin hesabı yapılacaktır. Kırılma türü eğilme kırılması (sünek) olan kolonlar için tabloyu kullanırken ilgili eleman için daha önceden belirlememiz gereken üç parametre vardır. Bunlar, kolonun sargılanma durumu, aksenal yük düzeyi ($N_K / A_c f_{cm}$) ve kesme kuvveti seviyesidir ($V_e / b_w d f_{ctm}$). Burada N_K değeri, kolonun M_K eğilme momentiyle birlikte aksenal yük taşıma kapasitesidir. Bu çalışmada bu kapasite değeri, Probina Orion yapı analiz programına uyumlu olarak, kapasite durumuna kirişlerde ulaşıldığı varsayımına dayanarak hesaplanan bir limit analiz yöntemiyle elde edilmiştir. N_K ifadesi, Bölüm 4.4'te yer alan hesap adımlarıyla belirlenen düzeltilmiş toplam kolon aksenal kuvvet değeri ($N_{Dc}+N_{Ec}$) olarak dikkate alınabilir (Çizelge 4.15).

S108 kolonun kırılma türünün "sünek" olduğu Çizelge 4.19'da görülmektedir. Uygulamada sıkça karşılaşılan bir yapı kusuru olması nedeniyle kolon ve kirişlerde sargılanmanın bulunmadığı (yok olduğu) düşünülerek performans hesapları yapılmıştır. (r_s) sınır değeri, hesaplanan ($N_K / A_c f_{cm}$) için tabloda yer alan (GV) sınır değerleri üzerinde yapılan doğrusal enterpolasyon ile elde edilir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. S108 kolonunun alt ve üst ucunda (GV) için etki/kapasite sınırı (r_s)

$(N_{Dc}+N_{Ec}) / (A_c f_{cm})$	$V_e / (b_w d f_{ctm})$	Sargılama	(GV)	$(r_s)_{GV}$
414860 / (300*500*15)	94013 / (300*475*1.36)	yok	3.5	3.08
$0.1 < \mathbf{0.184} < 0.4$	$0.49 < 0.65$		2.0	

Buradaki hesaplarda kullanılan (d') paspayı değeri, Probina Orion programında boyuna donatı yüzü ile beton yüzü arasındaki mesafe olarak dikkate alınmaktadır. Bulunan $(r_s)_{GV}$ değeri, S108 kolonunun alt ve üst ucu için elde edilen etki/kapasite oranları (r) ile karşılaştırılarak elemanın hangi hasar bölgesinde kaldığı belirlenir (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. S108 kolonunda (GV) için (r / r_s) oranının belirlenmesi

$r_{üst}$	r_{alt}	$(r_s)_{GV}$	$r_{üst} / (r_s)_{GV}$	$r_{alt} / (r_s)_{GV}$
2.16	4.52	3.08	$0.68 < 1$	$1.47 > 1$
			(GV) altı	(GV) üstü

Üst uçta hesaplanan (r/r_s) oranı 1'den küçük olduğu için, kolonun "GV" güvenlik sınırını sağladığı görülmüştür. Ancak, (r/r_s) oranı alt uçta 1'den büyük olduğu için göçme sınırına (GÇ) göre yeniden kontrol edilmelidir. Bu işlem (GV) sınırına benzer şekilde doğrusal enterpolasyon yapılarak elde edilen (r_s) sınır değerinin belirlenmesiyle gerçekleştirilir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. S108 kolonunun alt ve üst ucunda (GÇ) için etki/kapasite sınırı (r_s)

$(N_{Dc}+N_{Ec}) / (A_c f_{cm})$	$V_e / (b_w d f_{ctm})$	Sargılama	(GÇ)	$(r_s)_{GÇ}$
0.184	0.49 < 0.65	yok	5	4.44
			3	

Bulunan $(r_s)_{GÇ}$ değeri, S108 kolonunun alt ucu için elde edilen etki/kapasite oranları (r) ile karşılaştırılır. Böylece, elemanın hangi hasar bölgesinde kaldığı belirlenir (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.25. S108 kolonunun alt ucunda (GÇ) için (r / r_s) oranının belirlenmesi

r_{alt}	$(r_s)_{GÇ}$	$r_{alt} / (r_s)_{GÇ}$
4.52	4.44	1.02 > 1
		(GÇ) üstü

S108 kolonunun alt ucunda (GÇ) için belirlenen (r / r_s) oranı 1'den büyüktür. Bu nedenle kolon elemanının performansı “**göçme bölgesi**” olarak tanımlanır.

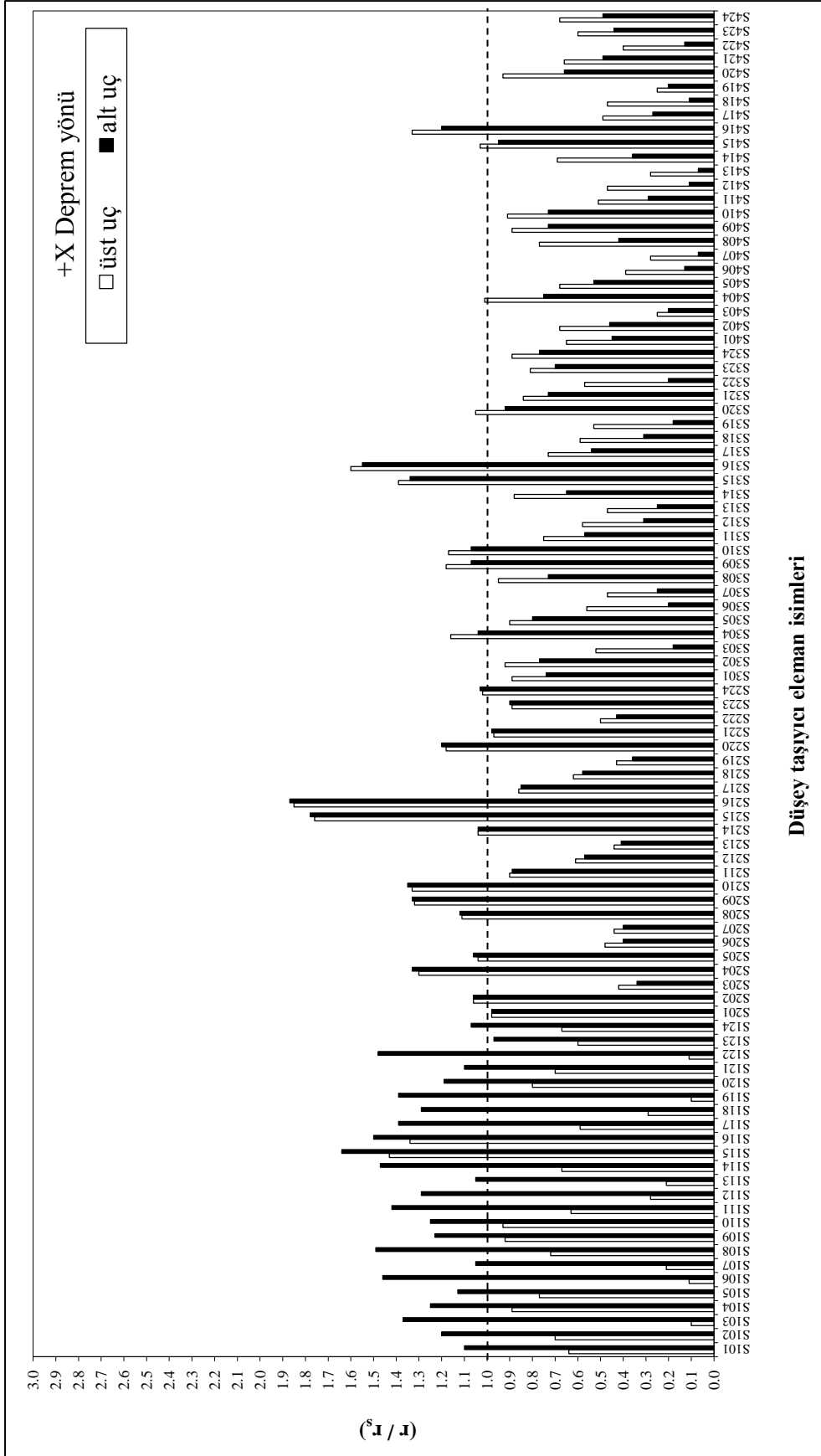
Tüm katlarda S108 kolonun performans seviyesi belirlenerek Probina Orion için Çizelge 4.26'da ve bu çalışma için ise Çizelge 4.27'de sunulmuştur. Ayrıca, bütün kat kolonlarının +X ve +Y deprem yönü için performans hesapları benzer işlem adımlarıyla yapılarak Ek-3 ve Ek-4'te verilmiştir. Tüm kat kolonları için (GV) sınırına göre çizilen eleman performans grafikleri Şekil 4.30-33'te görülmektedir.

Çizelge 4.26. +X deprem yönü için S108 kolonunun performans hesabı (Probina Orion)

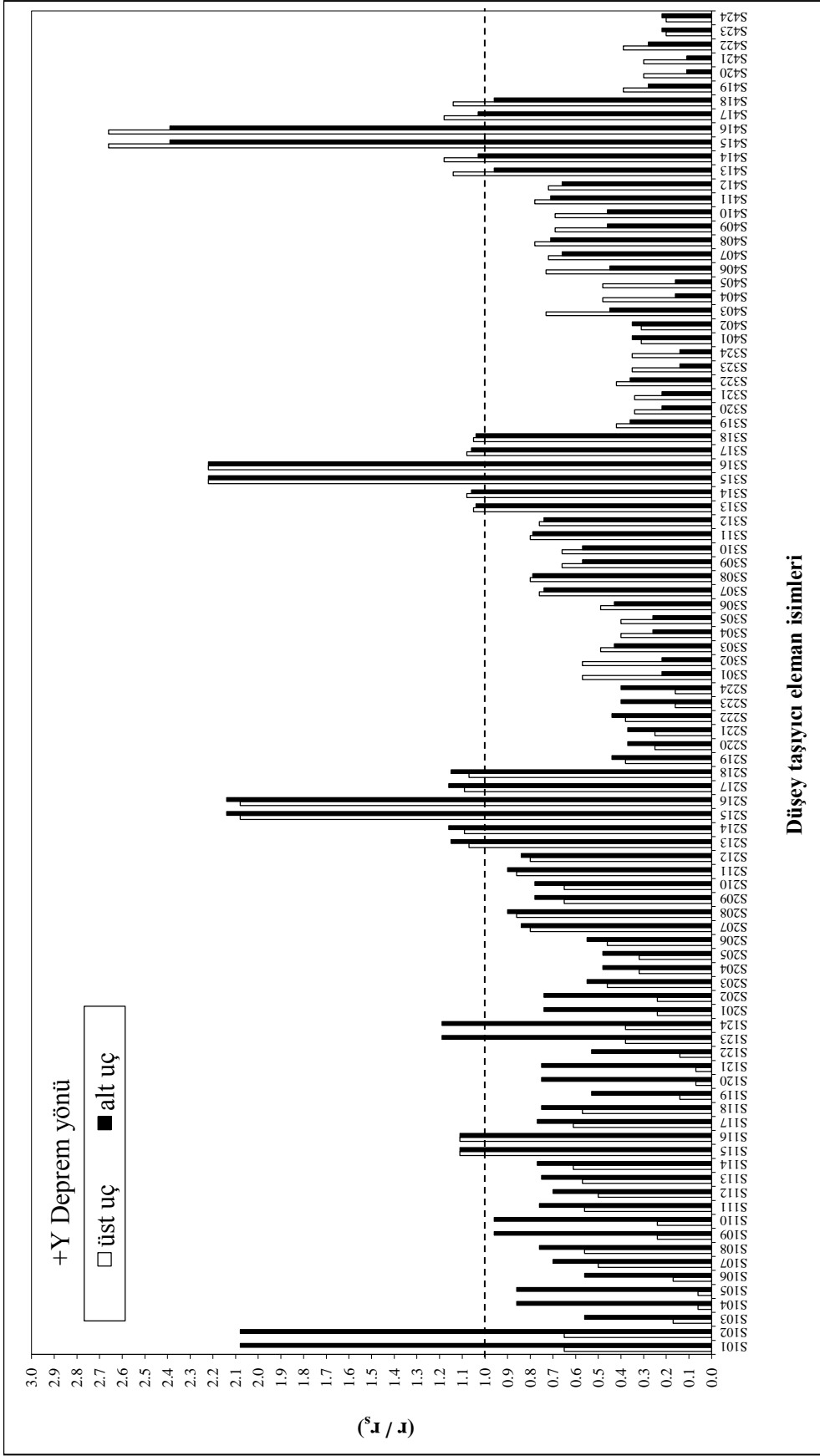
Kolon Kat	b_x b_y (cm)	A_s A_s/A_c (cm ²)	N_d N_e (kN)	M_r (kN-m)	TMr-kir TMr-kol KKO (kN-m)	Mr-Az Vr-kst (kN-m)	V_e Kırılma Türü	Etki Kapasite	r	N_{d+Ne} /AcFek /bwdFct	V r(s)	$r/r(s)$	Uç Kabul	Elemn Kabul	V_d (kN) V_d/V_{kat}
S108 1	50.0 30.0	25.45 1.70	476.335 -65.152	172.46 335.12	2.15 0.00	61.89 172.46	93.742 191.406	Sunek Sunek	-346.07 748.37	-155.87 162.63	2.22 4.60	3.09 3.09	0.72 1.49	<GV >GC X	437.647 5.57
S208 2	50.0 30.0	25.45 1.70	352.256 -43.271	162.65 314.89	2.02 2.15	94.59 93.88	75.388 186.787	Sunek Sunek	-527.46 524.93	-142.91 141.72	3.69 3.70	3.31 3.31	1.11 1.12	<GC! <GC!	420.641 5.94
S308 3	50.0 30.0	25.45 1.70	229.967 -23.429	152.23 289.67	1.86 2.02	113.09 61.18	69.706 182.157	Sunek Sunek	-447.73 341.13	-135.04 134.43	3.32 2.54	3.50 3.50	0.95 0.73	<GV <GV	314.847 5.81
S408 4	50.0 30.0	25.45 1.70	108.966 -4.560	137.43 137.43	0.88 1.86	137.43 42.68	72.045 177.541	Sunek Sunek	-298.89 168.97	-110.27 114.55	2.71 1.47	3.50 3.50	0.77 0.42	<GV <GV	186.431 6.13

Çizelge 4.27. +X deprem yönü için S108 kolonunun performans hesabı (Bu çalışma)

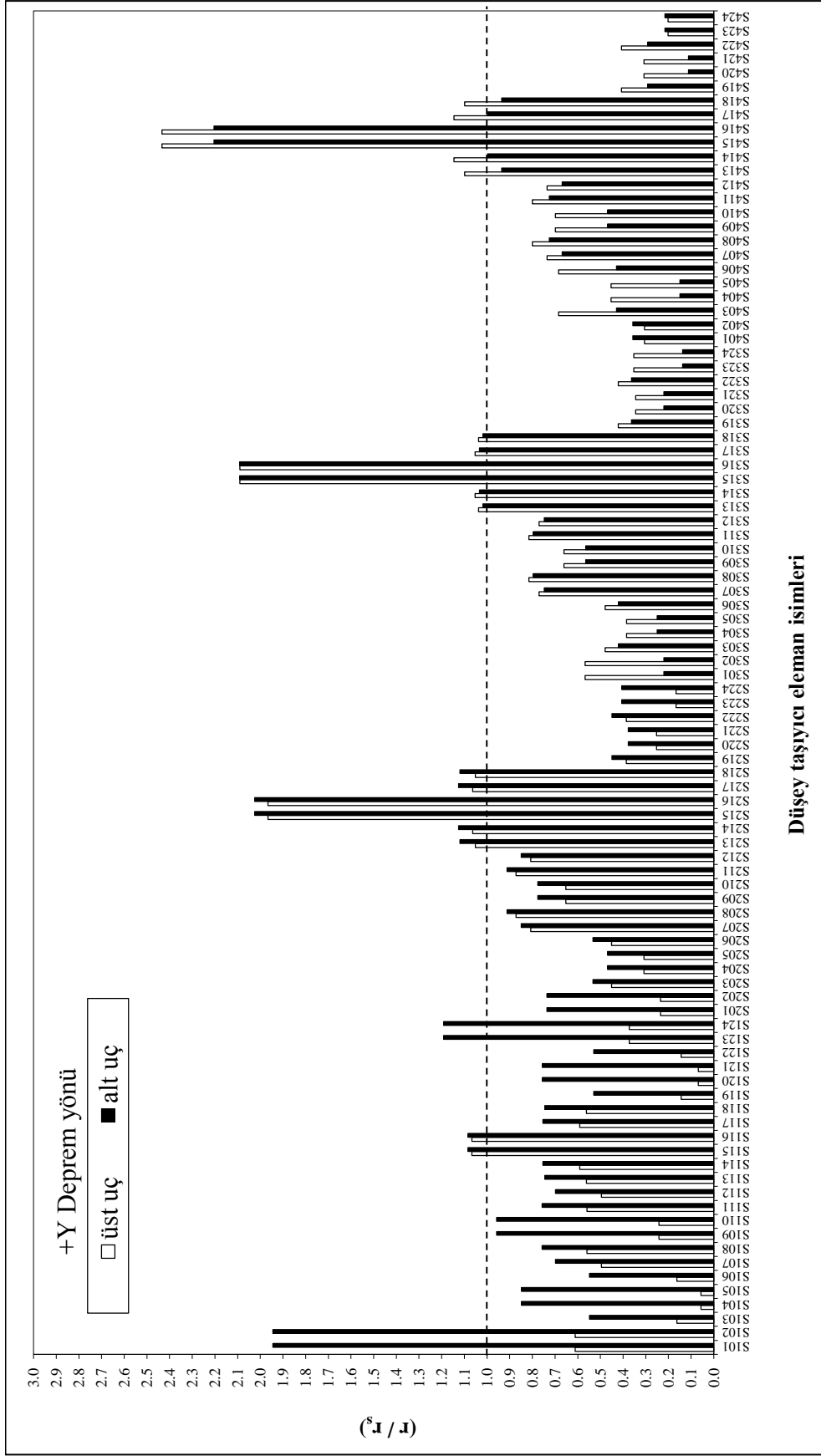
Kolon Kat	b_x b_y (cm)	A_s A_s/A_c (cm ²)	N_{Dc} N_{Ec} (kN)	M_{kc} (kN-m)	ΣM_{kb} ΣM_{kc} (kN-m)	KKO	M_{c0} M_{c0} (kN-m)	V_e V_r (kN)	Kırılma türü	Etki (M_E)	Kapasite (M_A)	r	$N_{Dc+N_{Ec}}$ /AcFcm /b_w d f_c m	V_e (r_s)	(r/r_s)	Uç Perf.	Elemn Perf.	V_E (kN) V_E/V_{Ekat}
S108 1	50.0 30.0	25.45 1.70	476.370 -61.506	173.92 335.04	153.81 0.00	2.18	61.11 173.92	94.013 191.569	Sunek Sunek	-346.07 748.38	-159.91 165.62	2.16 4.52	0.18 0.18	0.49 0.49	3.08 3.08	0.70 1.47	<GV >GC X	437.651 5.57
S208 2	50.0 30.0	25.45 1.70	352.280 -40.697	163.98 313.92	153.81 2.18	2.04	93.40 92.70	74.440 186.901	Sunek Sunek	-527.47 524.94	-147.29 146.30	3.58 3.59	0.14 0.14	0.38 0.38	3.31 3.31	1.08 1.08	<GC! <GC!	420.644 5.94
S308 3	50.0 30.0	25.45 1.70	229.990 -21.929	154.44 286.98	153.81 2.04	1.87	111.67 60.41	68.830 182.222	Sunek Sunek	-447.73 341.13	-140.02 139.46	3.20 2.45	0.09 0.09	0.36 0.36	3.50 3.50	0.91 0.70	<GV <GV	314.847 5.81
S408 4	50.0 30.0	25.45 1.70	108.980 -4.132	137.94 135.55	153.81 1.87	0.88	137.94 42.14	72.033 177.558	Sunek Sunek	-298.89 168.97	-114.67 118.48	2.61 1.43	0.05 0.05	0.37 0.37	3.50 3.50	0.74 0.41	<GV <GV	186.429 6.13



Şekil 4.30. +X deprem yönü için kolonların (GV) sınırına göre performans grafiği (Probinda Orion)



Şekil 4.32. +Y deprem yönü için kolonların (GV) sınırına göre performans grafiği (Probinda Orion)



Şekil 4.33. +Y deprem yönü için kolonların (GV) sınırına göre performans grafiği (Bu çalışma)

4.7. Kolonların “Can Güvenliği” Performans Düzeyi için Değerlendirilmesi

Hedeflenen “Can Güvenliği” performans seviyesine göre DBYBHY-2007 Madde 7.7.3 uyarınca kolonların aşağıda belirtilen koşulları sağlanması gerekmektedir.

- 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 (4.4) ifadesinin sağlandığı kolonlar bu hesaba dâhil edilmezler).

Yapının bütün kolonları için hasar düzeyleri Microsoft Excel (bu çalışma) ve Probina Orion programlarıyla belirlenmiştir. Böylece, hasar sınırını aşan kolonlara gelen kesme kuvveti yüzdeleri tüm katlar için hesaplanmıştır (Çizelge 4.28-31).

Çizelge 4.28. +X deprem yönü için kolonların performansı hesabı (Probina Orion)

Kat	Toplam eleman (adet)	Sağlamayan eleman (adet)	Sağlamayan eleman (%)	V toplam (kN)	V sağlamayan (kN)	V sağlamayan (%)	Limit (%)
1	24	23	95.83	7859.441	7612.985	96.86	> 20 !
2	24	11	45.83	7075.503	3595.479	50.81	> 20 !
3	24	6	25	5419.811	1403.737	25.90	> 20 !
4	24	3	12.5	3039.622	408.829	13.45	< 40

Çizelge 4.29. +X deprem yönü için kolonların performansı hesabı (Bu çalışma)

Kat	Toplam eleman (adet)	Sağlamayan eleman (adet)	Sağlamayan eleman (%)	V toplam (kN)	V sağlamayan (kN)	V sağlamayan (%)	Limit (%)
1	24	23	95.83	7860.026	7613.560	96.86	> 20 !
2	24	11	45.83	7076.486	3595.641	50.81	> 20 !
3	24	6	25	5420.634	1403.781	25.90	> 20 !
4	24	2	8.33	3040.038	125.482	4.13	< 40

Çizelge 4.30. +Y deprem yönü için kolonların performansı hesabı (Probina Orion)

Kat	Toplam eleman (adet)	Sağlamayan eleman (adet)	Sağlamayan eleman (%)	V toplam (kN)	V sağlamayan (kN)	V sağlamayan (%)	Limit (%)
1	24	6	25.00	7909.999	4690.396	59.30	> 20 !
2	24	6	25.00	7233.102	1395.916	19.30	< 20
3	24	6	25.00	5681.664	1261.693	22.21	> 20 !
4	24	6	25.00	3079.693	1077.072	34.97	< 40

Çizelge 4.31. +Y deprem yönü için kolonların performansı hesabı (Bu çalışma)

Kat	Toplam eleman (adet)	Sağlamayan eleman (adet)	Sağlamayan eleman (%)	V toplam (kN)	V sağlamayan (kN)	V sağlamayan (%)	Limit (%)
1	24	6	25.00	7910.038	4690.440	59.30	> 20 !
2	24	6	25.00	7233.154	1395.924	19.30	< 20
3	24	6	25.00	5681.690	1261.700	22.21	> 20 !
4	24	6	25.00	3786.254	1077.070	28.45	< 40

Çizelgelerde görüldüğü gibi her iki deprem yönü için de binanın yalnızca 4'üncü katı kolonları "Can Güvenliği" performans düzeyini sağlamaktadır. Genel bir değerlendirme yapıldığında; bina kolonlarının "Can Güvenliği" performans düzeyini sağlamadığı söylenebilir.

4.8. Kirişlerin Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi

Kirişlerin hasar düzeylerinin belirlenmesi işlemi de kolonlara benzer şekilde; ilgili deprem doğrultusunda elemanda hesaplanan eğilme momentinin (etki), aynı deprem doğrultusunda artık moment kapasitesine (kapasite) bölünmesi olarak tanımlanan "r" (etki/kapasite) değerinin bulunarak, elemanın kesme kuvveti seviyesine göre belirlenen sınır değerlerle karşılaştırılmasıyla yapılır. Bu karşılaştırma sonucunda elemanların hangi hasar bölgesinde olduğu bulunur.

Bu bölümde, Bölüm 4.4.1.1'de moment kapasiteleri belirlenen K107 ve K108 kirişlerinin etki/kapasite oranı hesaplanarak, ilgili hasar sınırlarıyla karşılaştırılması sonucu eleman performansları belirlenecektir. Bu işlem için öncelikle kirişlerin kritik kesitlerinde eğilme kapasitesiyle uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvvetinin (V_e) belirlenmesi gereklidir. Daha sonra, bu kesme kuvveti, kirişlerin kesme kapasitesi (V_r) ile karşılaştırılarak kırılma türünün "sünek" ya da "gevrek" olduğu belirlenir.

4.8.1. K107 kirişinde performans değerlendirmesi

K107 kirişi uçlarının mevcut malzeme, donatı ve kesit özelliklerine göre Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde hazırlanan Microsoft Excel tabanlı bilgisayar programıyla hesaplanan moment kapasiteleri ve aynı kiriş için Probina Orion programından alınan kapasiteler Çizelge 4.32'de sunulmuştur.

Çizelge 4.32. K107 kirişi uçlarının moment kapasiteleri (kN-m)

	Bu çalışma (Excel)		Probina Orion	
	$M_{Kb(üst)}$	$M_{Kb(alt)}$	M_{r-u}	M_{r-a}
Sol uç (i)	66.30	45.18	66.18	46.38
Sağ uç (j)	108.63	45.18	108.38	47.39

Çizelge 4.32’de verilen ve iki ayrı programdan elde edilen moment kapasiteleri arasındaki farklar oluşmuştur. Bunun sebebi Excel programının basit kiriş hesabı yapmasına karşın Probina Orion analiz programının basınç donatılarının varlığını da dikkate alarak çift donatılı kapasite hesabı yapabmesidir.

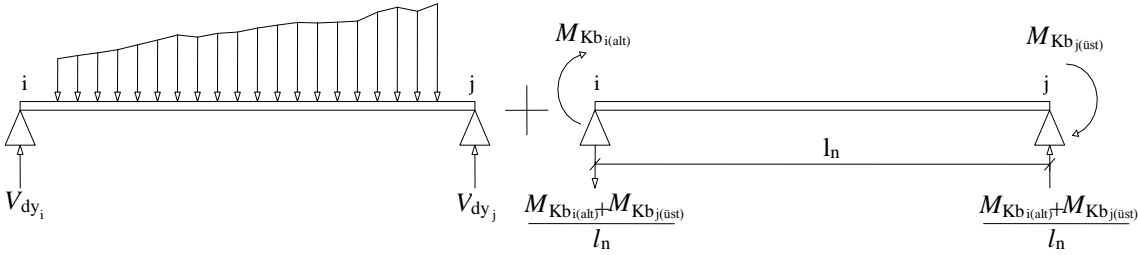
4.8.2. K107 kirişinin eğilme kapasitesiyle uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvvetinin (V_e) belirlenmesi

Kiriş uçlarının kesme güvenliği hesabında esas alınacak kesme kuvveti,

$$V_{e_i} = V_{dy_i} - (M_{Kb_i(alt)} + M_{Kb_j(üst)}) / l_n \quad (4.10)$$

$$V_{e_j} = V_{dy_j} + (M_{Kb_i(alt)} + M_{Kb_j(üst)}) / l_n \quad (4.11)$$

ifadesiyle belirlenir (Şekil 4.34). Burada, l_n kolonun serbest boyu, V_{dy_i} , V_{dy_j} basit kiriş hesabına göre belirlenen kiriş uçları kesme kuvveti ve $M_{Kb_i(alt)}$, $M_{Kb_j(üst)}$ kiriş uçlarının ilgili deprem yüküyle uyumlu moment kapasiteleridir. DBYBHY-2007 de kiriş performans hesapları yapılırken V_e ’nin hesabında pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine taşıma gücü momentleri kullanılacağı belirtilmiştir.



Şekil 4.34. Kirişlerde V_e kesme kuvvetinin hesabı

(4.10) ifadesiyle ilgili deprem yönü için K107 kirişinin kesme güvenliği hesabında esas alınacak kesme kuvveti (V_e) hesaplanabilir (Çizelge 4.33).

Çizelge 4.33. K107 kirişinin eğilme kapasitesiyle uyumlu kesme kuvvetinin (V_e)

l_n (m)	K107	V_{dy} (kN)	M_{Kb} (kN-m)	$V_e = V_{dy} \pm (M_{Kb_i(alt)} + M_{Kb_j(üst)}) / l_n$ (kN)
4.55	Sol uç (i)	45.98	45.18	12.171
	Sağ uç (j)	46.685	108.63	80.489

Düşey yüklerle birlikte deprem analizinden ($G+nQ+E$) elde edilen kiriş toplam kesme kuvveti ($V_T = V_D + V_E$), kiriş için belirlenen V_e değerinden küçükse hesaplarda V_e olarak bu değer kullanılır. DBYBHY-2007 Madde 7.5.2.2(a)'da yer alan bu kuralın da ayrıca kontrolü gerekir. Örnek olarak ele alınan binanın Şekil 4.7 ve Şekil 4.15'teki düşey ve deprem yükleri altında elde edilen diyagramlarının toplamı dikkate alındığında, elde edilen toplam kesme kuvveti değerlerinin kirişlere ait V_e ifadelerinden çok daha büyük olduğu görülmüştür.

4.8.3. K107 kirişinin kırılma türünün belirlenmesi (sünek, gevrek)

DBYBHY-2007 Madde 7.3.1'de belirtildiği gibi yapı elemanlarının hasar seviyelerini belirlenebilmesi için öncelikle elemanların kırılma türlerinin bilinmesi gerekmektedir. Buna göre, elemanların kapasitelerine eğilme ya da kesme kırılma türlerinden hangisiyle ulaştığına göre “sünek” ya da “gevrek” olarak sınıflandırılır. Kirişler için kırılma türünün belirlenmesi için uygulanan işlem adımları Bölüm 4.6.2'de kolonlar için anlatılan adımlarla aynıdır.

K107 kirişinin Çizelge 4.34'te yer alan mevcut kesit, donatı ve malzeme özellikleri kullanılarak kesme kuvveti kapasitesinin bulunması Çizelge 4.35'te verilmiştir. Burada, Probina Orion programı (d') paspayı değeri olarak, boyuna donatı ağırlık merkezi ile beton yüzü arasındaki mesafeyi dikkate almaktadır.

Çizelge 4.34. S108 kolonunun kesit, donatı ve malzeme özellikleri

Beton		Etriye			Kiriş		
f_{cm} (MPa)	f_{ctm} (MPa)	f_{ywd} (MPa)	A_{sw} (mm ²)	s (mm)	b_w (mm)	d' (mm)	d (mm)
15	1.36	220	100.53	200	250	40	460

Çizelge 4.35. S108 kolonunda kesme kapasitesi kontrolü (kN)

V_c	V_w	V_r	V_{ei} / V_{ej}	Kırılma türü
81.059	50.868	131.927	$\frac{12.171}{80.489}$	sünek ($V_e < V_r$)

4.8.4. K107 kirişinin etki/kapasite (r) oranının belirlenmesi

DBYBHY-2007 Madde 7.5.2.3'e göre betonarme kirişlerin etki/kapasite (r) oranları, yalnız deprem etkisi altında hesaplanan eğilme momenti değerinin (M_{Eb}), artık moment kapasitesine (M_{Ab}) bölünmesiyle elde edilir. Kirişlerin artık moment kapasiteleri (M_{Ab}); ilgili deprem yönü ile uyumlu kiriş moment kapasitelerinden (M_{Kb}), düşey yükler altında oluşan eğilme momentleri (M_{Db}) çıkarılarak belirlenir. Ayrıca, DBYBHY-2007 Madde 7.5.2.3(a)'da “Kiriş mesnetlerinde düşey yükler altında hesaplanan moment etkisi, yeniden dağılım ilkesine göre en fazla %15 oranında azaltılabilir.” ifadesi yer almaktadır. Buna dayanarak kirişlerin etki/kapasite (r) oranı belirlenirken düşey yükler altında oluşan eğilme momentleri (M_{Db}), Probina Orion analiz programına uyumlu olarak %15 oranında azaltılacaktır.

Örnek olarak ele alınan K107 kirişinin sağ ve sol uçlarında düşey yüklerden oluşan eğilme momentleri %15 oranında azaltılarak Çizelge 4.9'da bulunan artık moment kapasiteleri yeniden hesaplanmıştır (Çizelge 4.36).

Çizelge 4.36. K107 kirişi uçlarının düzeltilmiş artık moment kapasiteleri (kN-m)

	M_{Kb}	$\%85 M_{Db}$	M_{Ab}
$M_{Ab_i} = M_{Kb_i(alt)} - \%85 M_{Db_i}$	45.18	-28.939	74.119
$M_{Ab_j} = M_{Kb_j(üst)} - \%85 M_{Db_j}$	108.63	30.334	78.296

K107 kirişinin uçlarında ilgili deprem yüklemesinden elde edilen moment değerleri ise, $M_{Eb_i} = 447.75$ kN-m ve $M_{Eb_j} = 422.54$ kN-m'dir (Şekil 4.17). Bu durumda S108 kolonunun etki/kapasite oranı (r), Çizelge 4.37'de sunulduğu gibi hesaplanabilir.

Çizelge 4.37. S108 kolonunun alt ve üst ucunda etki/kapasite oranları

	M_{Eb} (kN-m)	M_{Ab} (kN-m)	r (etki/kapasite)
Sol uç (i)	447.75	74.119	6.04
Sağ uç (j)	422.54	78.296	5.40

4.8.5. K107 kirişinin hasar seviyesinin belirlenmesi

Betonarme bir kirişin hasar seviyesinin belirlenmesi, kolon için bulunan etki/kapasite (r) oranlarının ilgili hasar sınır değeriyle (r_s) karşılaştırılması şeklinde gerçekleştirilir. Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum (r_s) tanımlanmıştır. Bunlar *Minimum Hasar Sınırı* (MN), *Güvenlik Sınırı* (GV) ve *Göçme Sınırı* (GÇ)'dir.

DBYBHY-2007 Tablo 7.2'de her bir hasar seviyesi için kırılma biçimine göre değişen etki/kapasite sınır değerleri (r_s) verilmiştir. Bu bölümde, K107 kirişinde (GV) sınırı için (r_s) değerinin hesabı yapılacaktır. Kırılma türü eğilme kırılması (sünek) olan kirişler için tabloyu kullanırken ilgili eleman için daha önceden belirlememiz gereken üç parametre vardır. Bunlar; kolonun sargılanma durumu, kesme kuvveti seviyesi ($V_e / b_w d f_{ctm}$) ve kirişin donatı miktarı ile ilgili olan $(\rho - \rho') / \rho_b$ oranıdır. Burada, deprem yönü ile uyumlu olarak, ρ kesitteki çekme donatısı oranını, ρ' kesitteki basınç donatısı oranını, ρ_b ise mevcut malzeme dayanımları dikkate alınarak hesaplanan dengeli donatı oranıdır. Bu oranlar,

$$\rho = A_s / b_w d \quad (4.12)$$

$$\rho_b = (0.85 f_{cm} f_{ym}) k_1 0.003 E_s / (0.003 E_s + f_{ym}) \quad (4.13)$$

formülleriyle hesaplanır.

K107 kirişinin kırılma türünün "sünek" olduğu Çizelge 4.35'te görülmektedir. Uygulamada sıkça karşılaşılan bir yapı kusuru olması nedeniyle kolon ve kirişlerde

sargılamanın bulunmadığı (yok olduğu) düşünülerek performans hesapları yapılmıştır. Kirişin sol ve sağ uçları için (r_s) sınır değerleri, hesaplanan $(\rho-\rho')/\rho_b$ oranı dikkate alınarak tabloda yer alan (GV) sınır değerleri üzerinde yapılan doğrusal enterpolasyon ile elde edilir (Çizelge 4.38 ve Çizelge 4.39).

Çizelge 4.38. K107 kirişinin sol (i) ucunda (GV) için etki/kapasite sınırı (r_s)_i

$(\rho-\rho')/\rho_b$	$V_{ei} / (b_w d f_{ctm})$	Sargılama	(GV)	$(r_s)_i$
$\frac{(0.00389 - 0.00579)}{0.036}$	$\frac{12.171*1000}{250*475*1.3555}$	yok	4	4
-0.05 < 0.0	0.08 < 0.65			

Çizelge 4.39. K107 kirişinin sağ (j) ucunda (GV) için etki/kapasite sınırı (r_s)_j

$(\rho-\rho')/\rho_b$	$V_{ej} / (b_w d f_{ctm})$	Sargılama	(GV)	$(r_s)_j$
$\frac{(0.00968 - 0.00389)}{0.036}$	$\frac{80.489*1000}{250*475*1.3555}$	yok	4	3.68
0.0 < 0.16 < 0.5	0.50 < 0.65		3	

Buradaki hesaplarda kullanılan (d') paspayı değeri, Probina Orion programında boyuna donatı yüzü ile beton yüzü arasındaki mesafe olarak dikkate alınmaktadır. Bulunan (r_s) değerleri, K107 kirişinin sol ve sağ ucu için elde edilen etki/kapasite oranları (r) ile karşılaştırılarak elemanın hangi hasar bölgesinde kaldığı belirlenir (Çizelge 4.40).

Çizelge 4.40. K107 kirişi uçlarında (GV) için (r / r_s) oranlarının belirlenmesi

$(r)_i$	$(r)_j$	$(r_s)_i$	$(r_s)_j$	$(r / r_s)_i$	$(r / r_s)_j$
6.04	5.40	4	3.68	1.51 > 1	1.47 > 1
				(GV) üstü	(GV) üstü

Kiriş uçlarında hesaplanan (r/r_s) oranları 1'den büyük olduğu için göçme sınırına (GÇ) göre de kontrol yapılmalıdır. Bu işlem (GV) sınırına benzer şekilde doğrusal enterpolasyon yapılarak elde edilen (r_s) sınır değerinin belirlenmesiyle gerçekleştirilir (Çizelge 4.41 ve Çizelge 4.42).

Çizelge 4.41. K107 kirişinin sol (i) ucunda (GÇ) için etki/kapasite sınırı (r_s)_i

$(\rho-\rho')/\rho_b$	$V_{ei} / (b_w d f_{ctm})$	Sargılama	(GV)	$(r_s)_i$
-0.05 < 0.0	0.08 < 0.65	yok	6	6

Çizelge 4.42. K107 kirişinin sağ (j) ucunda (GÇ) için etki/kapasite sınırı (r_s)_j

$(\rho-\rho')/\rho_b$	$V_{e_j} / (b_w d f_{ctm})$	Sargılama	(GV)	$(r_s)_j$
0.0 < 0.16 < 0.5	0.50 < 0.65	yok	6	5.68
			5	

Bulunan (r_s) değerleri, K107 kirişi için elde edilen etki/kapasite oranları (r) ile karşılaştırılır. Böylece, elemanın hangi hasar bölgesinde kaldığı belirlenir (Çizelge 4.43).

Çizelge 4.43. K107 kirişi uçlarında (GÇ) için (r / r_s) oranlarının belirlenmesi

$(r)_i$	$(r)_j$	$(r_s)_i$	$(r_s)_j$	$(r / r_s)_i$	$(r / r_s)_j$
6.04	5.40	6	5.68	1.01 > 1	0.95 < 1
				(GÇ) üstü	(GÇ) altı

K107 kirişinin sol ucunda, (GÇ) için belirlenen (r / r_s) oranı 1'den büyüktür. Bu nedenle kiriş elemanının performansı “**göçme bölgesi**” olarak tanımlanır.

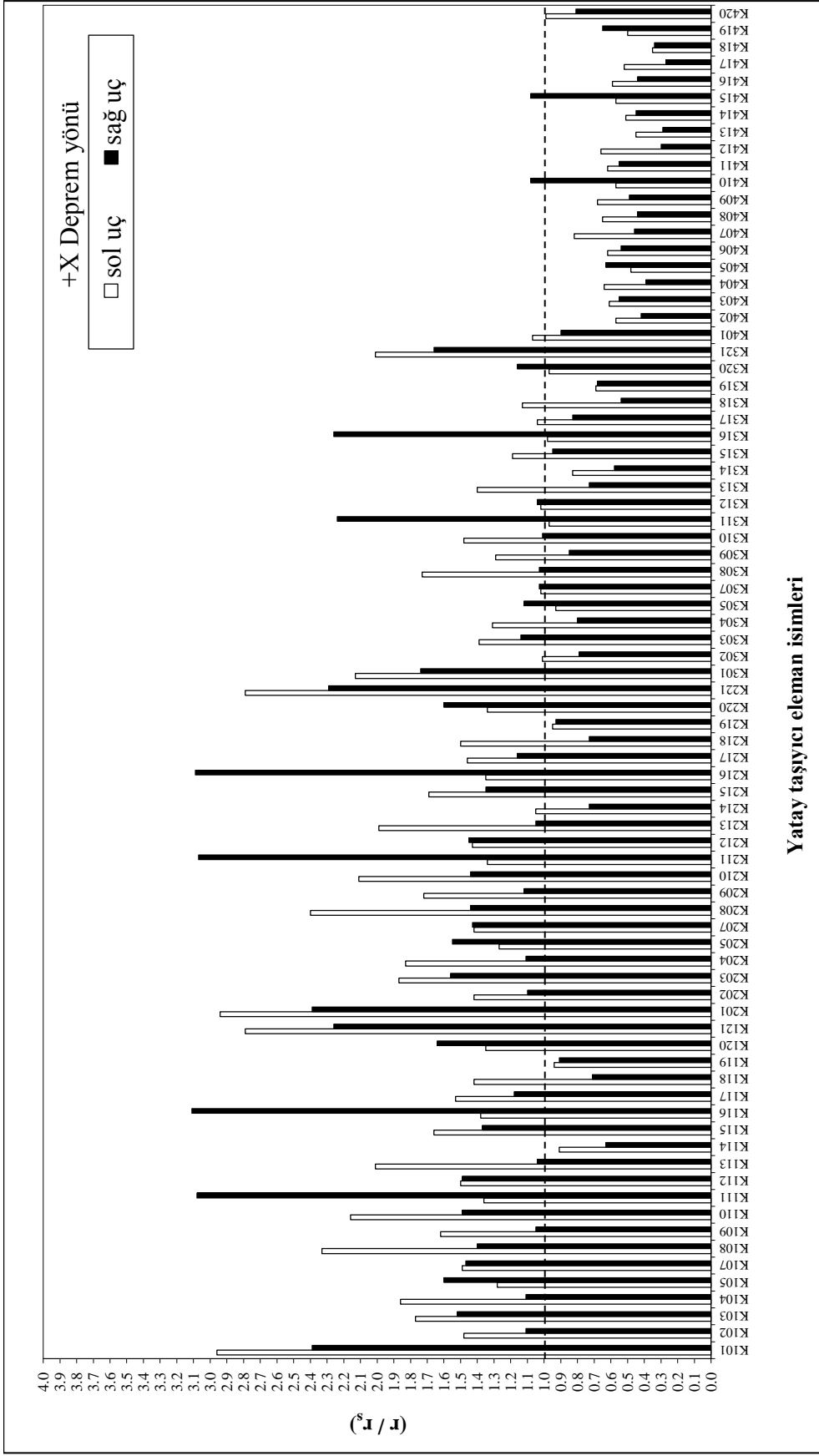
Tüm katlarda K107 kirişinin performans seviyesi belirlenerek Probina Orion için Çizelge 4.44'te ve bu çalışma için ise Çizelge 4.45'te sunulmuştur. Ayrıca, bütün kat kirişlerinin +X ve +Y deprem yönü için performans hesapları benzer işlem adımlarıyla yapılarak Ek-3 ve Ek-4'te verilmiştir. Tüm kat kirişleri için (GV) sınırına göre çizilen eleman performans grafikleri Şekil 4.35-38'de görülmektedir.

Çizelge 4.44. +X deprem yönü için K107 kirişinin performans hesabı (Probinda Orion)

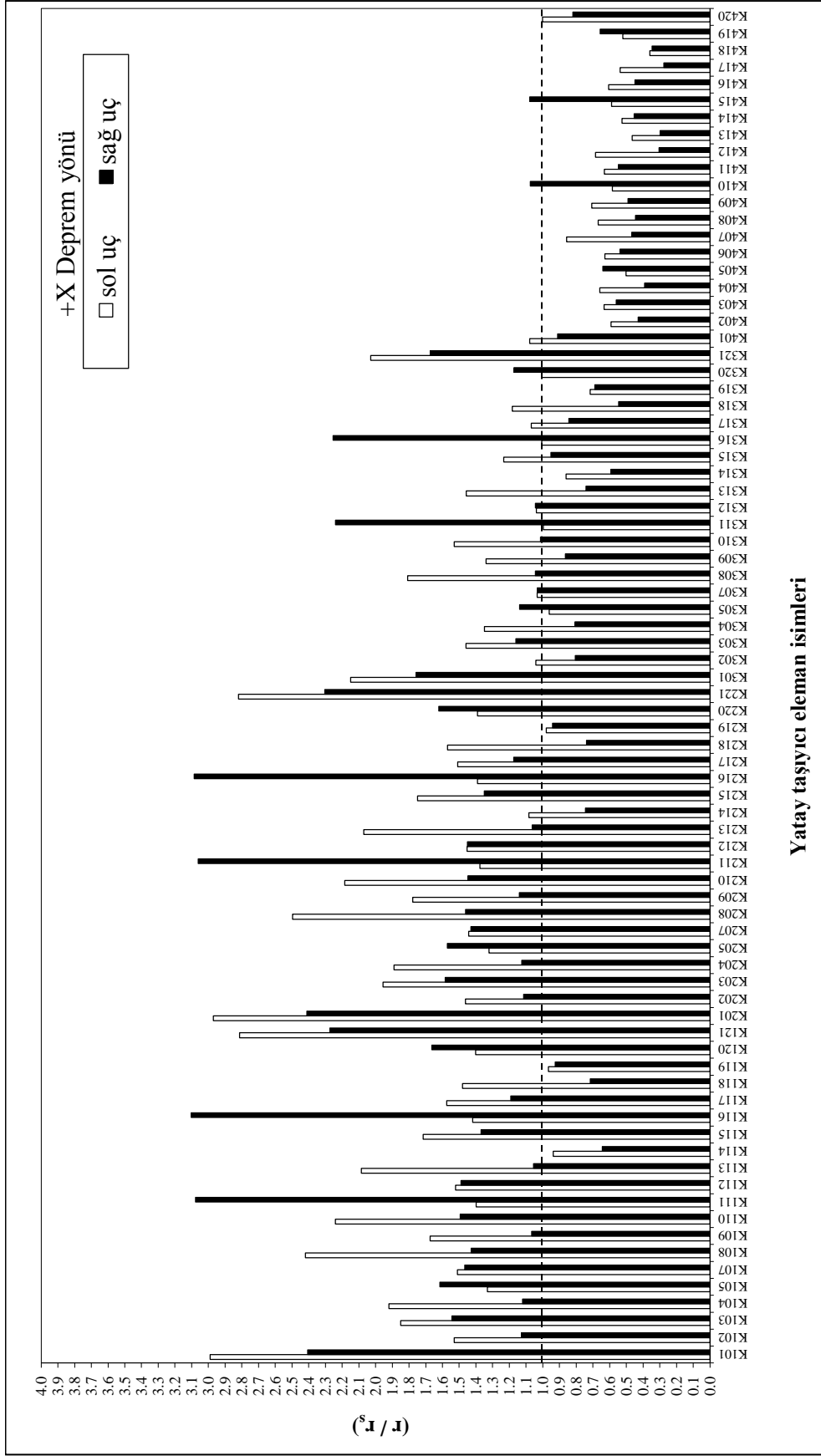
Kiriş	Kat	b_w/h (cm)	A_{s-u} (cm ²)	A_{s-a} (cm ²)	M_{kb-u} (kN-m)	M_{kb-a} (kN-m)	V_r (kN)	KKO	V_e (kN)	V_{r-kt} (kN)	Kirılma Turu	Etki (M_E)	Kapasite (M_A)	r	$(\rho - \rho')$ $/\rho_B$	$V_e /$ $A_c f_{ct}$	r_s	r/r_s	Uç Kabul	Eleman Kabul
K107	1	25.0	6.88	4.62	66.18	46.38	-33.65	6.65	11.961	131.07	Sunek	447.75	75.32	5.94	-0.05	0.07	4.00	1.49	<GC!	<GC!
	455	50.0	11.50	4.62	108.38	47.39		2.15	80.698	131.07	Sunek	422.54	78.04	5.41	0.15	0.48	3.69	1.47	<GC!	<GC!
K207	2	25.0	6.88	4.62	66.18	46.38	-33.99	6.30	11.961	131.07	Sunek	433.69	76.32	5.68	-0.05	0.07	4.00	1.42	<GC!	<GC!
	455	50.0	11.50	4.62	108.38	47.39		2.02	80.698	131.07	Sunek	413.68	78.36	5.28	0.15	0.48	3.69	1.43	<GC!	<GC!
K307	3	25.0	6.88	4.62	66.18	46.38	-34.17	5.87	11.961	131.07	Sunek	312.68	76.84	4.07	-0.05	0.07	4.00	1.02	<GC!	<GC!
	455	50.0	11.50	4.62	108.38	47.39		1.86	80.698	131.07	Sunek	299.27	78.52	3.81	0.15	0.48	3.69	1.03	<GC!	<GC!
K406	4	25.0	6.88	4.62	66.18	46.38	-30.61	2.82	7.616	131.07	Sunek	175.10	70.89	2.47	-0.05	0.04	4.00	0.62	<GV	<GV
	455	50.0	11.50	4.62	108.38	47.39		0.88	70.728	131.07	Sunek	164.81	83.04	1.98	0.15	0.42	3.69	0.54	<GV	<GV

Çizelge 4.45. +X deprem yönü için K107 kirişinin performans hesabı (Bu çalışma)

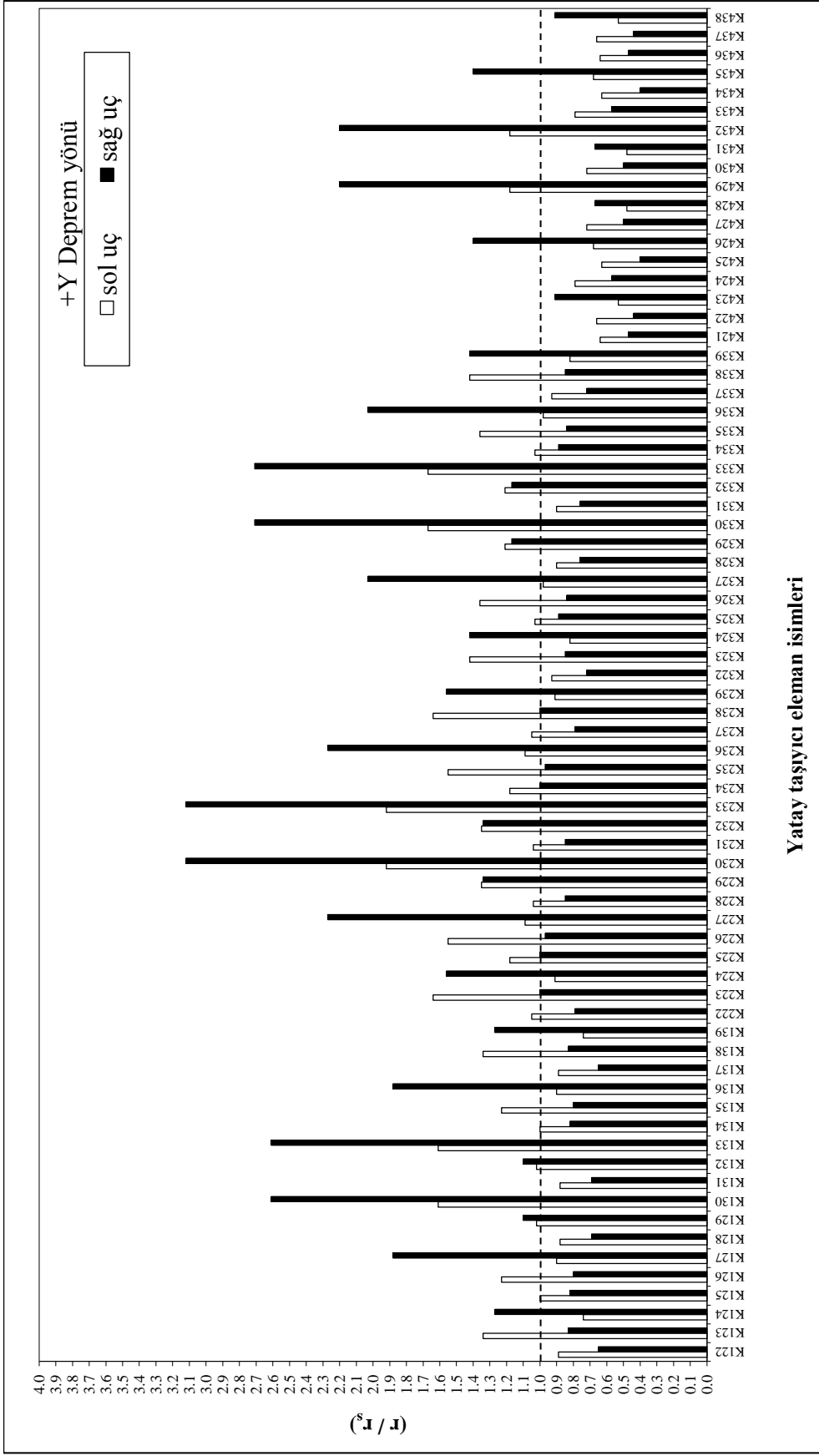
Kiriş	Kat	b_w/h (cm)	A_{s-u} (cm ²)	A_{s-a} (cm ²)	M_{kb-u} (kN-m)	M_{kb-a} (kN-m)	V (kN)	KKO	V_e (kN)	V_r (kN)	Kirılma türü	Etki (M_E)	Kapasite (M_A)	r	$(\rho - \rho')$ $/\rho_B$	$V_e /$ $b_w d f_{cm}$	r_s	r/r_s	Uç perf.	Eleman perf.
K107	1	25.0	6.88	4.62	66.30	45.18	-33.80	6.86	12.171	131.927	Sunek	447.75	74.12	6.04	-0.05	0.08	4.00	1.51	>GCX	>GCX
	455	50.0	11.50	4.62	108.63	45.18		2.18	80.489	131.927	Sunek	422.54	78.30	5.40	0.16	0.50	3.68	1.47	<GC!	<GC!
K207	2	25.0	6.88	4.62	66.30	45.18	-33.80	6.48	12.171	131.927	Sunek	433.68	75.11	5.77	-0.05	0.08	4.00	1.44	<GC!	<GC!
	455	50.0	11.50	4.62	108.63	45.18		2.04	80.489	131.927	Sunek	413.68	78.61	5.26	0.16	0.50	3.68	1.43	<GC!	<GC!
K307	3	25.0	6.88	4.62	66.30	45.18	-33.80	6.02	12.171	131.927	Sunek	312.68	75.64	4.13	-0.05	0.08	4.00	1.03	<GC!	<GC!
	455	50.0	11.50	4.62	108.63	45.18		1.87	80.489	131.927	Sunek	299.27	78.77	3.80	0.16	0.50	3.68	1.03	<GC!	<GC!
K406	4	25.0	6.88	4.62	66.30	45.18	-33.80	2.89	5.022	131.927	Sunek	175.10	69.68	2.51	-0.05	0.03	4.00	0.63	<GV	<GV
	455	50.0	11.50	4.62	108.63	45.18		0.88	73.322	131.927	Sunek	164.81	83.29	1.98	0.16	0.46	3.68	0.54	<GV	<GV



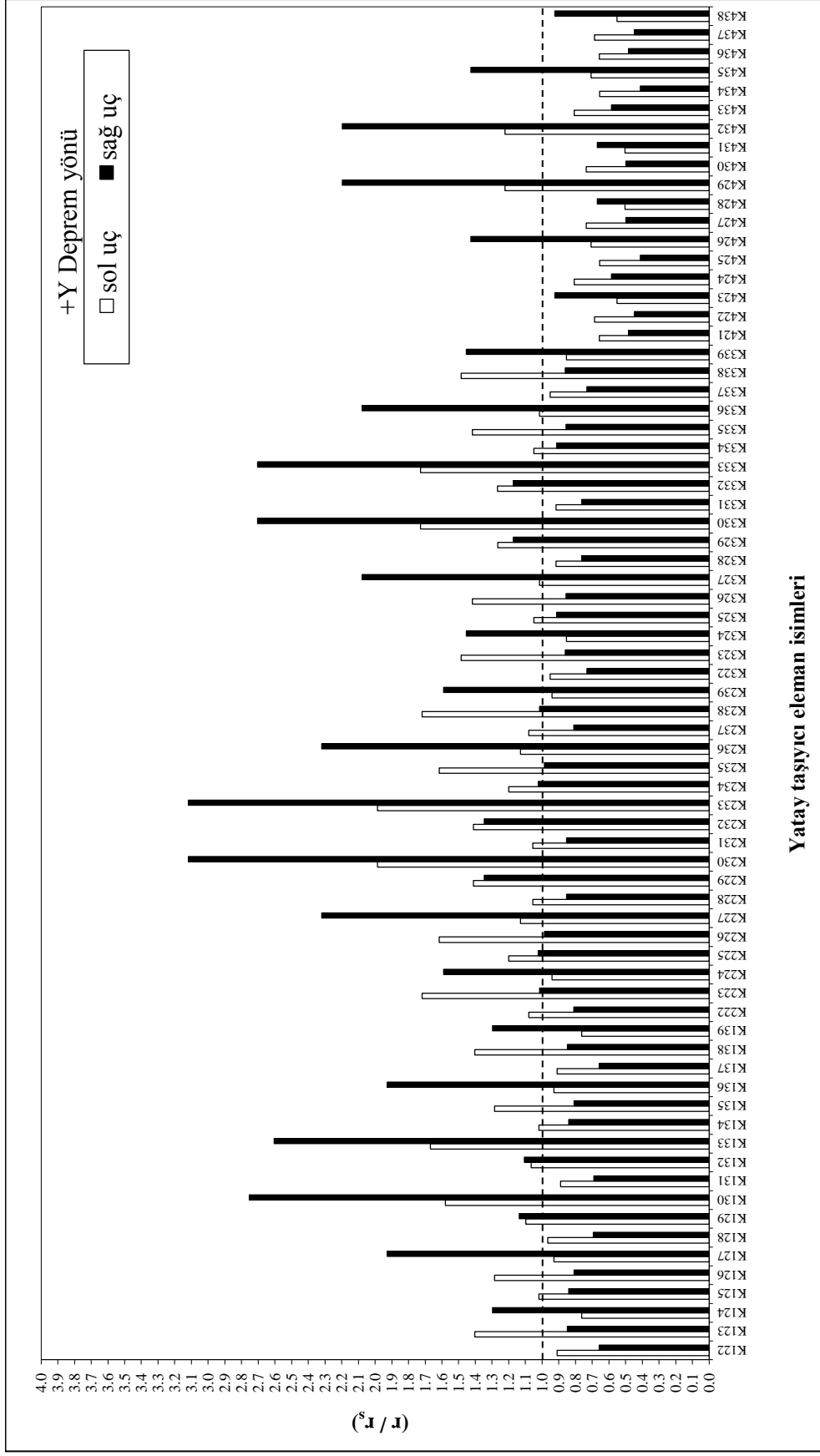
Şekil 4.35 +X deprem yönü için kirişlerin (GV) sınırına göre performans grafiği (Probona Orion)



Şekil 4.36 +X deprem yönü için kirişlerin (GV) sınırına göre performans grafiği (Bu çalışma)



Şekil 4.37 +Y deprem yönü için kirişlerin (GV) sınırına göre performans grafiği (Probona Orion)



Şekil 4.38 +Y deprem yönü için kirişlerin (GV) sınırına göre performans grafiği (Bu çalışma)

4.8.6. Kirişlerin “Can Güvenliği” performans düzeyi için değerlendirilmesi

Hedeflenen “Can Güvenliği” performans seviyesine göre DBYBHY-2007 Madde 7.7.3 uyarınca kirişlerin aşağıda belirtilen koşulu sağlanması gerekmektedir.

- 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 İleri Hasar Bölgesi’ne geçebilir.

Binanın bütün kirişleri için hasar düzeyleri Microsoft Excel (bu çalışma) ve Probina Orion programlarıyla belirlenmiştir. Böylece, hasar sınırını aşan kiriş yüzdeleri tüm katlar için hesaplanmıştır (Çizelge 4.46 ve Çizelge 4.47).

Çizelge 4.46. +X deprem yönü için kirişlerin performansı hesabı (Probina Orion)

Kat	Toplam eleman (adet)	Sağlamayan eleman (adet)	Sağlamayan eleman (%)	Limit (%)
1	20	18	90.00	> 30 !
2	20	19	95.00	> 30 !
3	20	18	90.00	> 30 !
4	20	3	15.00	< 30

Çizelge 4.47. +X deprem yönü için kirişlerin performansı hesabı (Bu çalışma)

Kat	Toplam eleman (adet)	Sağlamayan eleman (adet)	Sağlamayan eleman (%)	Limit (%)
1	20	18	90.00	> 30 !
2	20	19	95.00	> 30 !
3	20	18	90.00	> 30 !
4	20	4	20.00	< 30

Çizelge 4.48. +Y deprem yönü için kirişlerin performansı hesabı (Probina Orion)

Kat	Toplam eleman (adet)	Sağlamayan eleman (adet)	Sağlamayan eleman (%)	Limit (%)
1	18	12	66.67	> 30 !
2	18	18	100.00	> 30 !
3	18	14	77.78	> 30 !
4	18	4	22.22	< 30

Çizelge 4.49. +Y deprem yönü için kirişlerin performansı hesabı (Bu çalışma)

Kat	Toplam eleman (adet)	Sağlamayan eleman (adet)	Sağlamayan eleman (%)	Limit (%)
1	18	14	77.78	> 30 !
2	18	18	100.00	> 30 !
3	18	14	77.78	> 30 !
4	18	4	22.22	< 30

Çizelgelerde görüldüğü gibi her iki deprem yönü için de binanın yalnızca 4'üncü katı kirişleri "Can Güvenliği" performans düzeyini sağlamaktadır. Genel bir değerlendirme yapıldığında; bina kirişlerinin "Can Güvenliği" performans düzeyini sağlamadığı söylenebilir.

4.9. Kolon-Kiriş Birleşim Bölgelerinin Kesme Güvenliği Kontrolü

Doğrusal elastik yöntemde birleşim bölgelerinin kesme kontrolü DBYBHY-2007 Madde 7.5.2.6'daki esaslara göre yapılmıştır. Betonarme kolon-kiriş birleşimlerinde tüm sınır durumları için birleşime etki eden kesme kuvvetlerinin $(V_e)_{\text{birleşim}}$, birleşimin kesme dayanımlarını $(V_r)_{\text{birleşim}}$ aşmaması gerekir. Göz önüne alınan deprem doğrultuları kolon-kiriş birleşim bölgelerine gelen kesme kuvveti,

$$(V_r)_{\text{birleşim}} = 1.25 f_{ym} (A_{s1} + A_{s2}) - V_{e(\text{kol})} \quad (4.14)$$

ifadesine göre hesaplanmıştır. Herhangi bir birleşim bölgesinde (4.14) denklemiyle hesaplanan kesme kuvveti, göz önüne alınan deprem doğrultusunda sınırları aşmamalıdır:

$$\text{Kuşatılmış birleşimlerde:} \quad (V_e)_{\text{birleşim}} \leq (V_r)_{\text{birleşim}} = 0.60 b_j h f_{cm} \quad (4.15)$$

$$\text{Kuşatılmamış birleşimlerde:} \quad (V_e)_{\text{birleşim}} \leq (V_r)_{\text{birleşim}} = 0.45 b_j h f_{cm} \quad (4.16)$$

Birleşim kesme kuvvetinin kesme dayanımını aşması durumunda, kolon-kiriş birleşim bölgesi "gevrek olarak hasar gören eleman" olarak tanımlanacaktır.

Örnek olarak ele alınan S108 kolonunun tüm katlardaki üst birleşimleri DBYBHY-2007 Madde 3.5.2.3'e göre kuşatılmamıştır. Bu kolon-kiriş birleşim bölgelerinin kesme dayanımları $(V_r)_{\text{birleşim}}$ Çizelge 4.50'de ve +X deprem yönü için yapılan birleşim bölgesi tahkikleri ise Çizelge 4.51'de verilmiştir.

Çizelge 4.50. S108 kolonunun üst birleşim bölgesinin kesme dayanımı $(V_r)_{\text{birleşim}}$

Kat	b (mm)	h (mm)	f_{cm} (N/mm ²)	$(V_r)_{\text{birleşim}}$ (kN)
1,2,3,4	500	300	15	1012.5

Çizelge 4.51. +X deprem yönü için S108 kolonunun tüm katlardaki üst birleşimlerinin kesme güvenliği

f_{ym} (kN/cm ²)	Kat	Düğüm noktasına bağlanan kirişler		$V_{e(kol)}$ (kN)	$(V_e)_{birleşim}$ $1.25 f_{ym} (A_{S1}+A_{S2}) - V_{e(kol)}$	$(V_r)_{birleşim}$	Birleşim bölgesi kontrolü
		K107 üst donatı	K108 alt donatı				
		A_{S1} (cm ²)	A_{S2} (cm ²)				
22	4	11.5	4.62	72.033	371.267	1012.5	$V_e < V_r$ Kesme güvenliği sağlanıyor
	3	11.5	4.62	68.83	374.47	1012.5	
	2	11.5	4.62	68.83	374.47	1012.5	
	1	11.5	4.62	74.44	368.86	1012.5	

Çizelge 4.51'e bakıldığında tüm katlarda S108-K107-K108 kolon-kiriş birleşim bölgeleri güvenlidir.

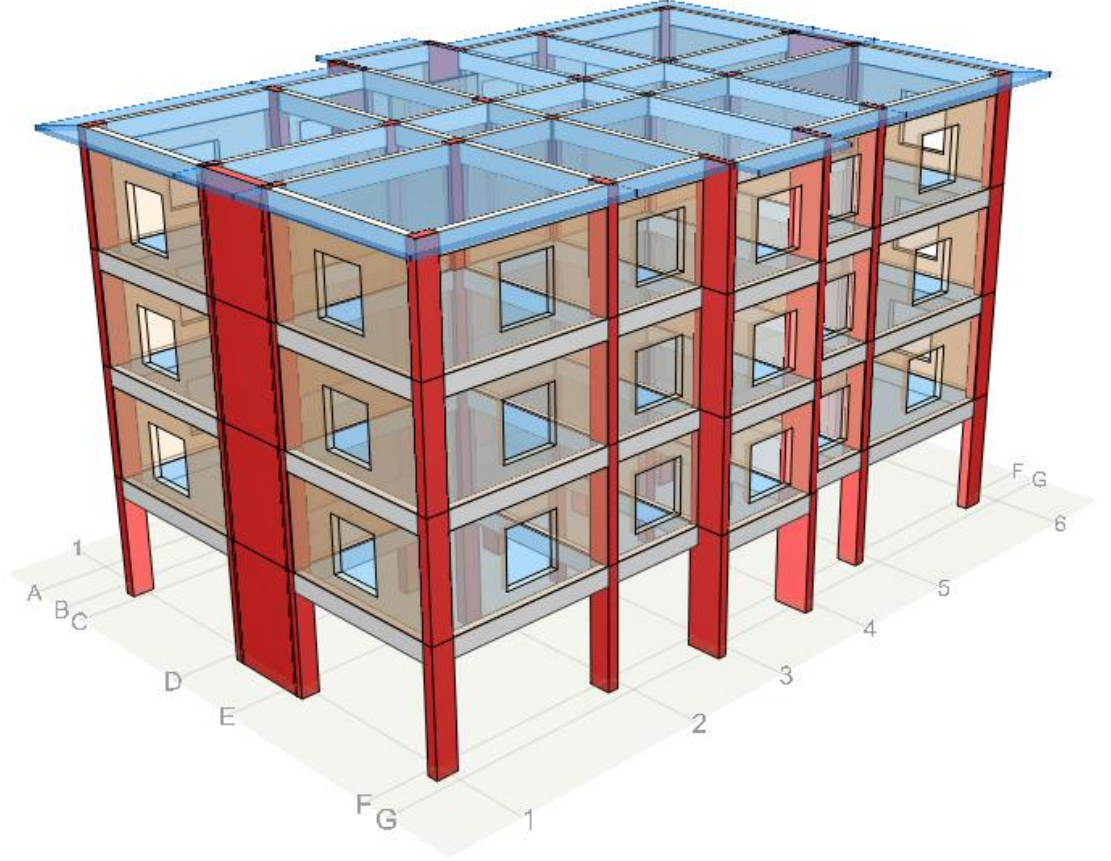
4.10. Örnek Binanın Betonarme Perdelerle Güçlendirilmesi

Bu bölümde, deprem performansı belirlenen ve yetersiz görülen örnek binanın güçlendirilmesi amacıyla betonarme perde ilavesi şeklindeki çeşitli örnek durumlar denenmiştir. Betonarme binanın yalnız Y doğrultusu (Durum 1), yalnız X doğrultusu (Durum 2) ve her iki doğrultusunda (Durum 3) perde uygulaması yapılarak ideal sistem güçlendirme durum araştırılmıştır. Performans analizleri, Probina Orion yapı analiz programı kullanılarak doğrusal elastik yöntemlerinden mod birleştirme yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Her durum için elde edilen performans sonuçları grafiklerle ve çizelgeler halinde sunulmuştur. Güçlendirme perdelerinin geometrik ve malzeme özellikleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Beton sınıfı: C30
- Donatı sınıfı: S420
- Perde kalınlığı: 30 cm
- Etriye çapı / aralığı: $\Phi 10/10$
- Boyuna donatı çapı / aralığı: $\Phi 18/10$
- Sargılama tipi: Sargılama var

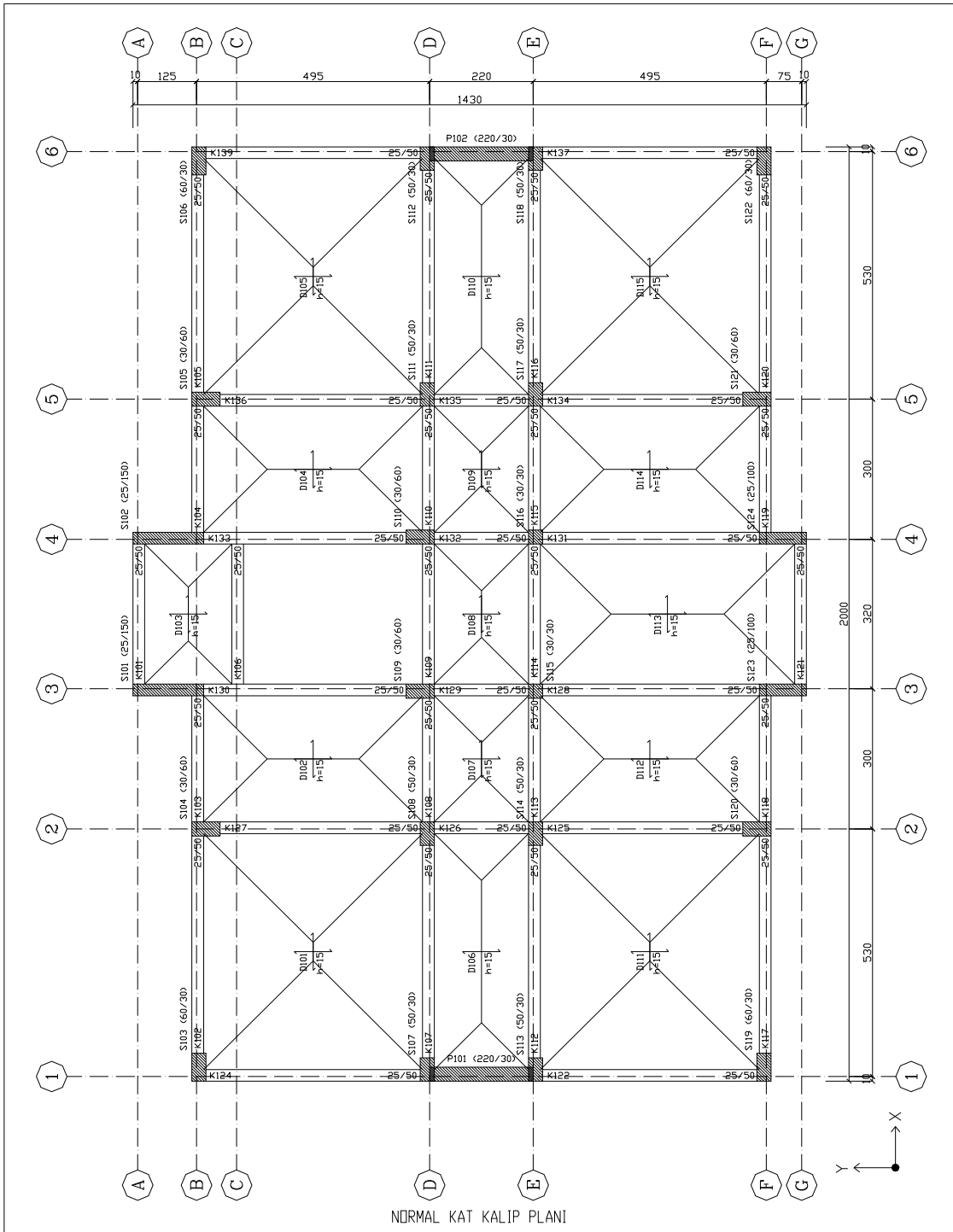
4.10.1. Durum 1

Üç boyutlu görünümü Şekil 4.39’da ve normal kat planı Şekil 4.40’ta verilen örnek binanın deprem performans analizi, yalnız Y doğrultusunda simetrik yerleştirilmiş iki adet perdeli durum için gerçekleştirilmiştir.

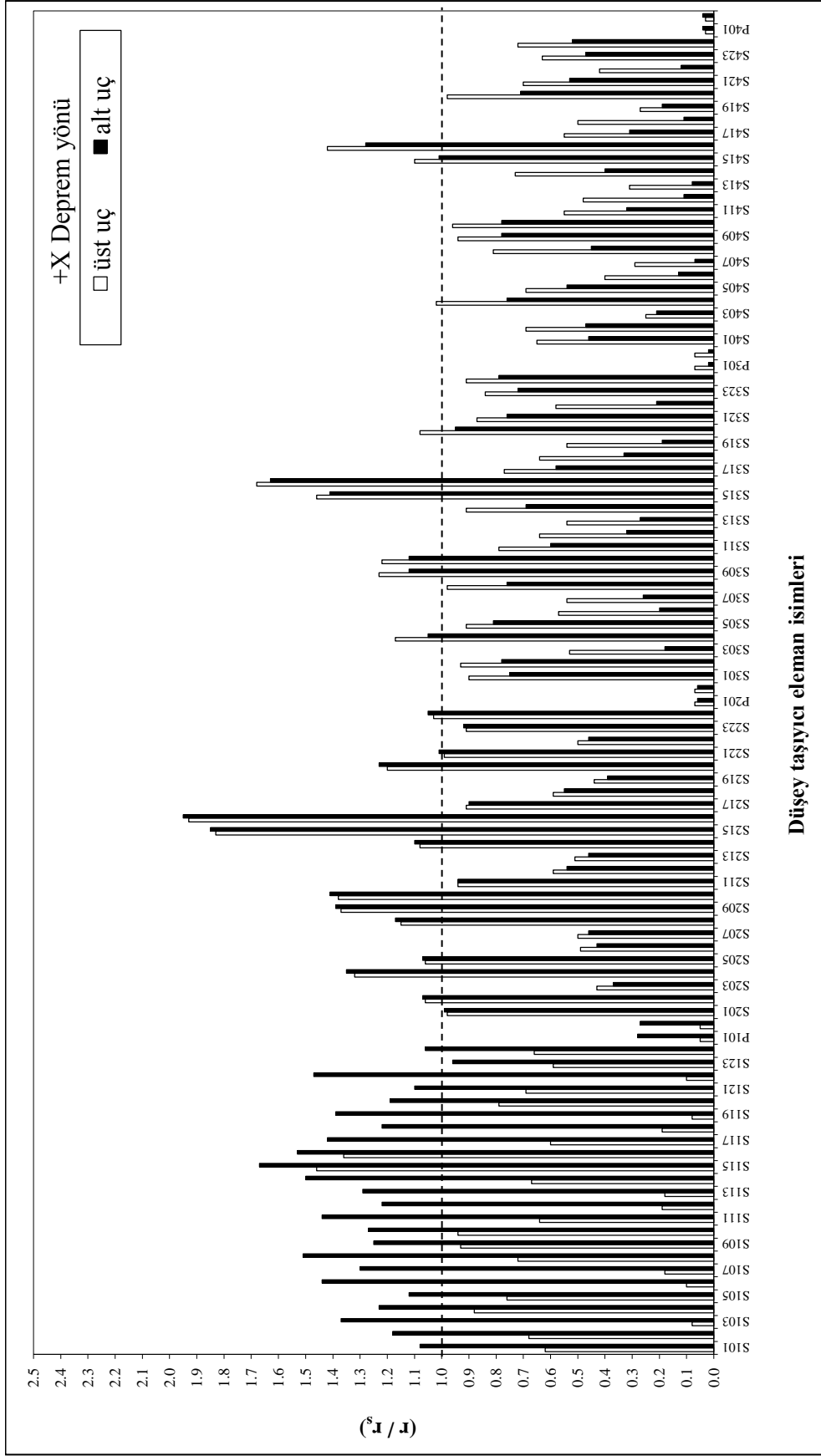


Şekil 4.39. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 1)

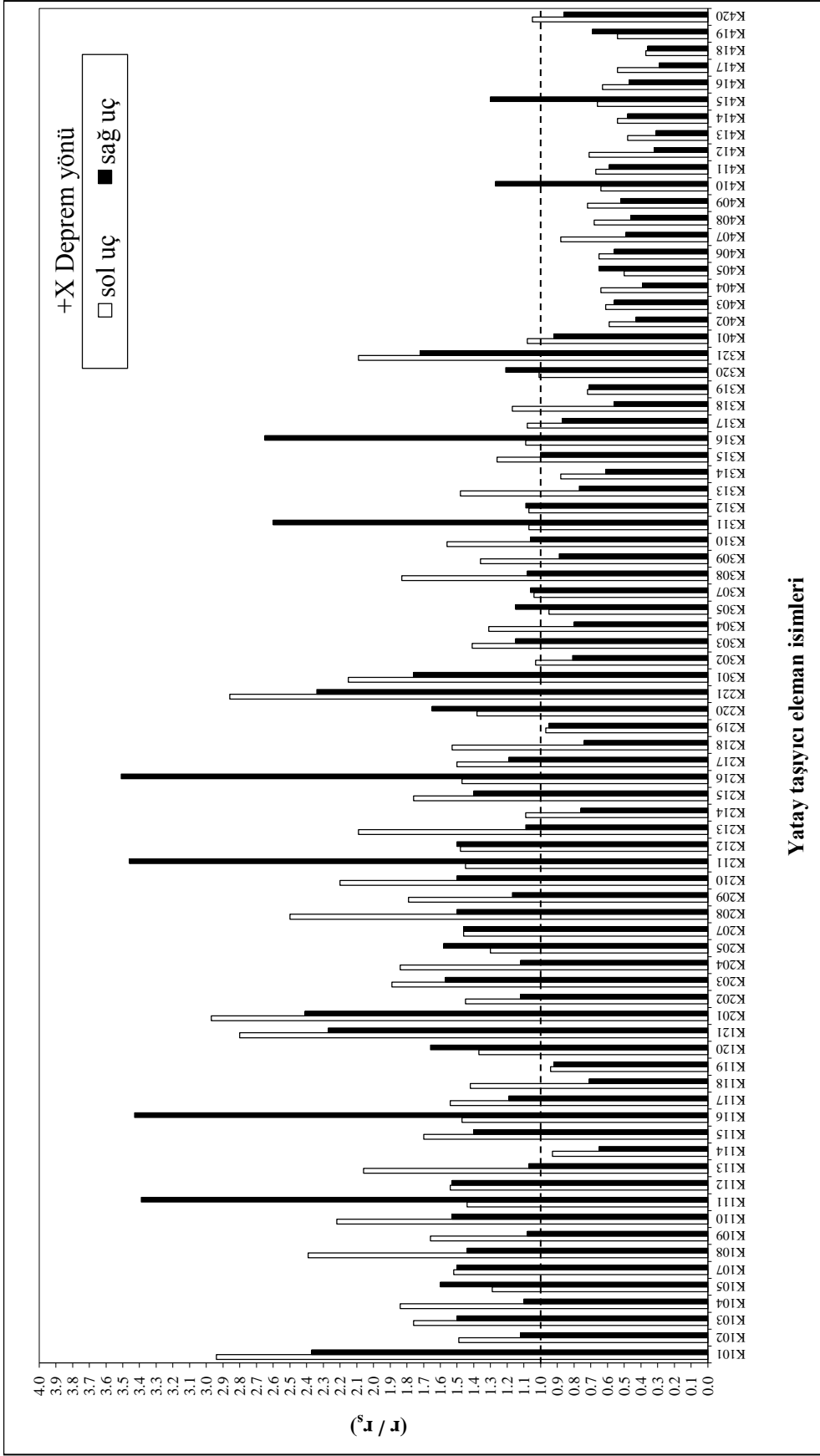
Örnek binaya ilave edilen betonarme perdelerin kalınlığı 30 cm olarak seçilmiş olup D-E aksları arasında 1 ve 6 aksları üzerine yerleştirilmiş ve tüm katlar boyunca devam edecek şekilde modellenmiştir. Malzeme olarak, C30 beton ve S420 donatı sınıfı seçilmiştir. Donatı düzenlenmesi başlıksız perde şeklinde gerçekleştirilmiş ve yalnız Y doğrultusunda yerleştirilen her bir perde elemanında $2 \times 19 \Phi 18$ boyuna donatı varlığı dikkate alınmıştır. +X deprem yönünde yapılan performans analiz sonucunda yatay ve düşey elemanlar için elde edilen (r / r_s) oranları Şekil 4.41 ve Şekil 4.42’de grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 4.40. Binanın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 1)



Şekil 4.41. +X yönü tüm kat kolonlarının performans grafiği (Durum 1)



Şekil 4.42. +X yönü tüm kat kirişlerinin performans grafiği (Durum 1)

+X deprem yönünde *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'ne göre kontrol edilen binada örnek durum için kolon ve kirişlerin öngörülen performans limitlerini sağlayıp sağlamadığını gösterebilmek amacıyla Çizelge 4.52 ve Çizelge 4.53 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.52. +X yönü düşey taşıyıcı elemanların performansı (Durum 1)

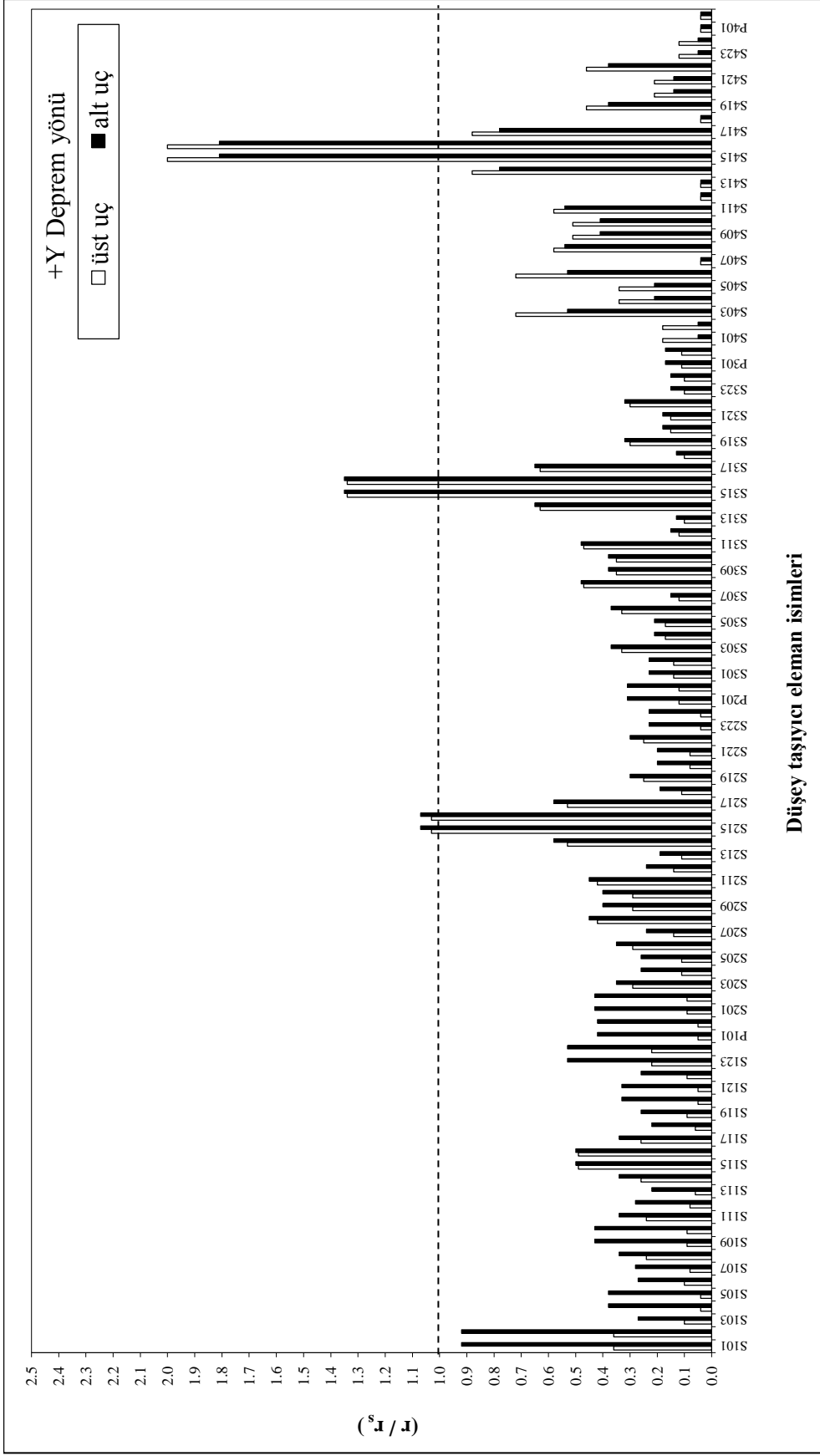
Kat	Toplam eleman (adet)	Sağlamayan eleman (adet)	Sağlamayan eleman (%)	V toplam (kN)	V sağlamayan (kN)	V sağlamayan (%)	Limit (%)
1	26	23	88.46	8175.065	7505.66	91.81	> 20.00 !
2	26	12	46.15	7377.695	4012.953	54.39	> 20.00 !
3	26	6	23.08	5664.455	1459.245	25.76	> 20.00 !
4	26	3	11.54	3161.274	428.331	13.55	< 40.00

Çizelge 4.52'ye bakıldığında yalnızca 4'üncü kat kolonlarının öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. İlk üç kat için öngörülen performans düzeyinin limiti aştığı görülmektedir. Bu durumda, bina düşey taşıyıcı elemanlarının Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağlamadığı söylenebilir.

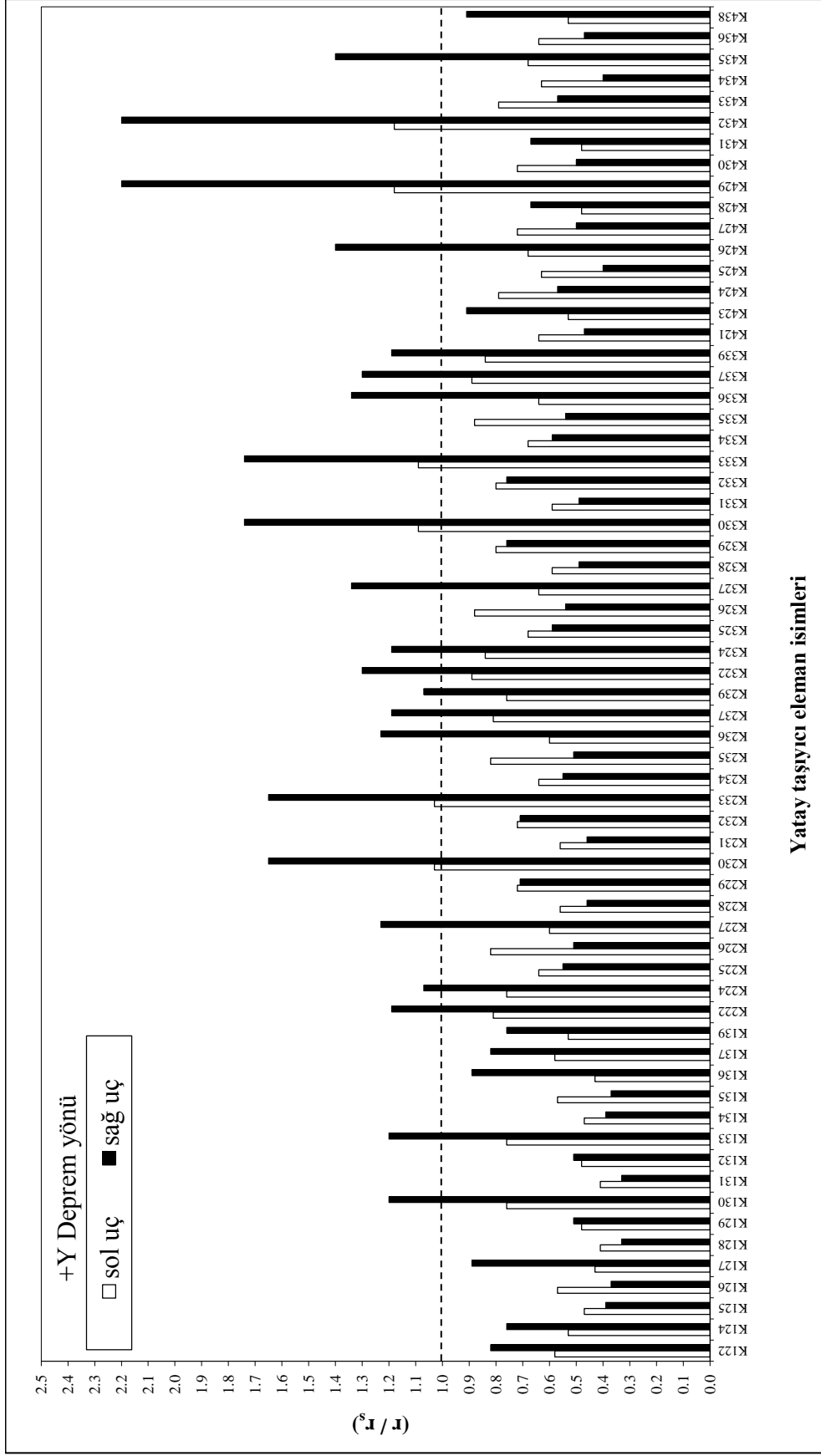
Çizelge 4.53. +X deprem yönü yatay taşıyıcı elemanların performansı (Durum 1)

Kat	Toplam eleman (adet)	Sağlamayan eleman (adet)	Sağlamayan eleman (%)	Limit (%)
1	20	18	90.00	> 30.00 !
2	20	19	95.00	> 30.00 !
3	20	18	85.00	> 30.00 !
4	20	4	20.00	< 30.00

Çizelge 4.53'e bakıldığında ilk üç kat kirişlerinin öngörülen performans limitini aştığı, yalnızca 4'üncü katta öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, bina yatay taşıyıcı elemanların Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağlamadığı söylenebilir. +Y deprem yönünde yapılan performans analiz sonucunda yatay ve düşey elemanlar için elde edilen (r / r_s) oranları Şekil 4.43 ve Şekil 4.44'te grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 4.43. +Y yönü tüm kat kolonlarının performans grafiği (Durum 1)



Şekil 4.44. +Y yönü tüm kat kirişlerinin performans grafiği (Durum 1)

+Y deprem yönünde *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'ne göre kontrol edilen binada örnek durum için kolon ve kirişlerin öngörülen performans limitlerini sağlayıp sağlamadığını gösterebilmek amacıyla Çizelge 4.54 ve Çizelge 4.55 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.54. +Y yönü düşey elemanların performansı (Durum 1)

Kat	Toplam eleman (adet)	Sağlamayan eleman (adet)	Sağlamayan eleman (%)	V toplam (kN)	V sağlamayan (kN)	V sağlamayan (%)	Limit (%)
1	26	0	0	8085.284	0	0	< 20.00
2	26	2	7.69	7494.804	210.787	2.81	< 20.00
3	26	2	7.69	6020.468	232.999	3.87	< 20.00
4	26	2	7.69	3634.163	245.026	6.74	< 40.00

Çizelge 4.54'e bakıldığında tüm kat kolonlarının öngörülen Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı görülmektedir.

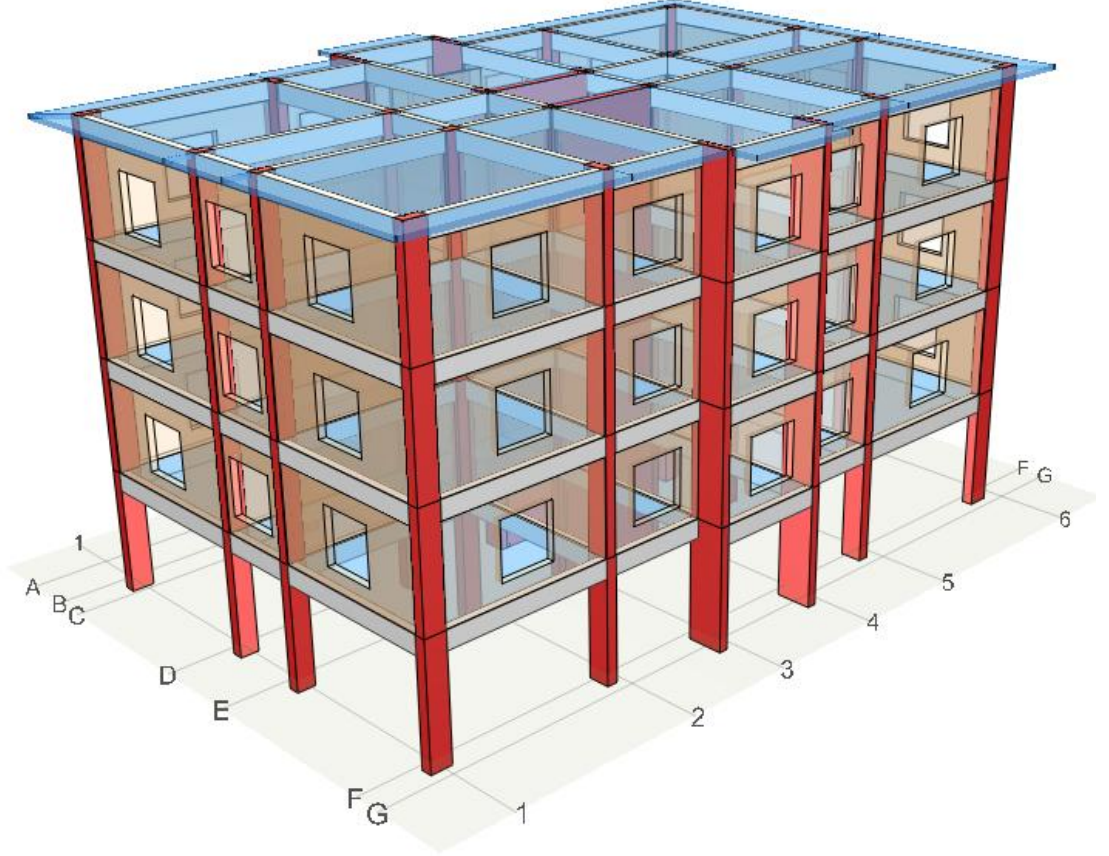
Çizelge 4.55. +Y deprem yönü yatay taşıyıcı elemanların performansı (Durum 1)

Kat	Toplam eleman (adet)	Sağlamayan eleman (adet)	Sağlamayan eleman (%)	Limit (%)
1	16	2	12.50	< 30.00
2	16	8	50.00	> 30.00 !
3	16	8	50.00	> 30.00 !
4	16	6	37.50	> 30.00 !

Çizelge 4.55'e bakıldığında yalnızca 1'inci katta öngörülen performans limitini sağladığı, diğer katlarda kirişlerinin öngörülen performans limitini aştığı görülmektedir. Bu durumda, bina yatay taşıyıcı elemanlarının Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağlamadığı söylenebilir.

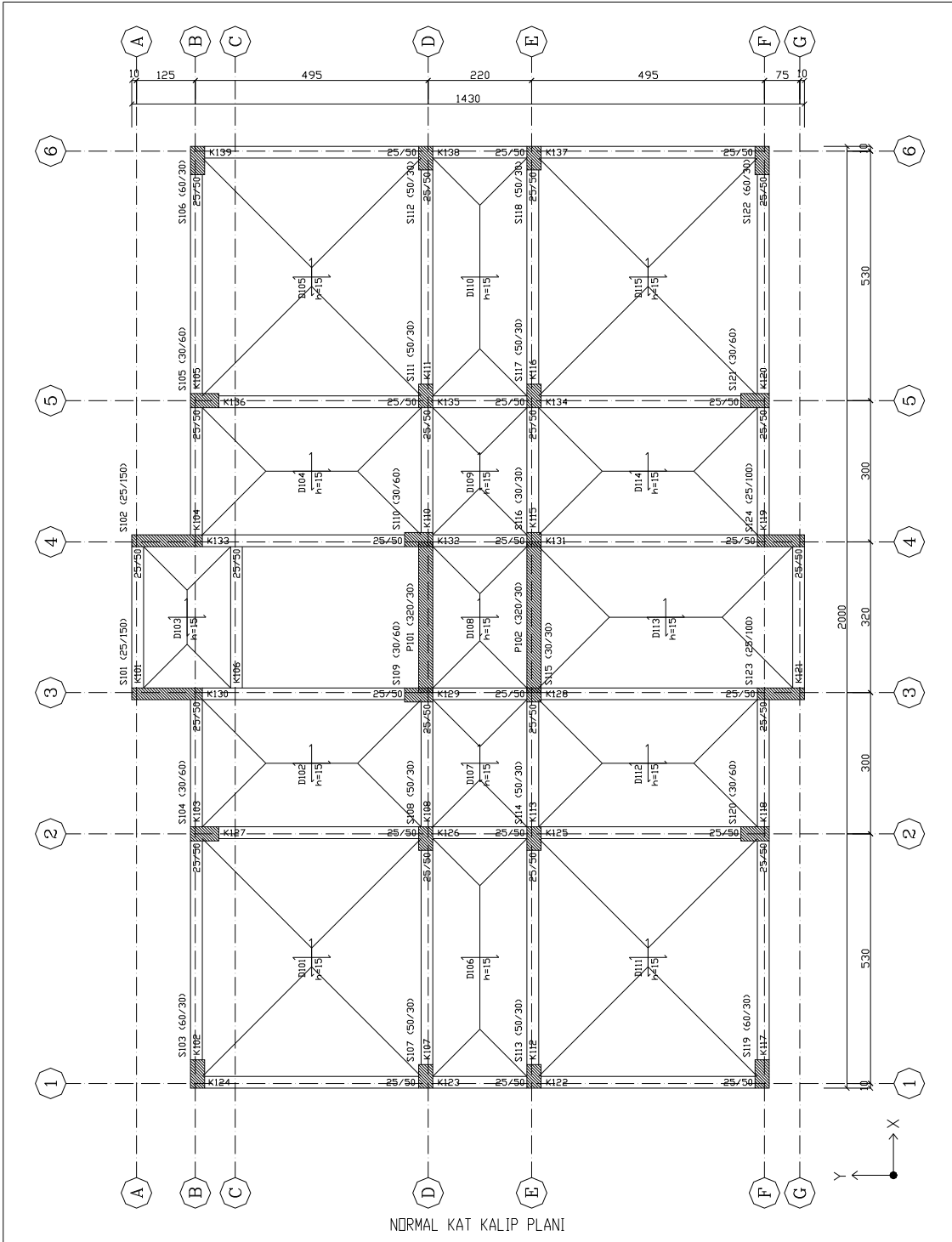
4.10.2. Durum 2

Üç boyutlu görünümü Şekil 4.45'te ve normal kat planı Şekil 4.46'da verilen örnek binanın deprem performans analizi, yalnız X doğrultusunda simetrik yerleştirilmiş iki adet perdeli durum için gerçekleştirilmiştir.

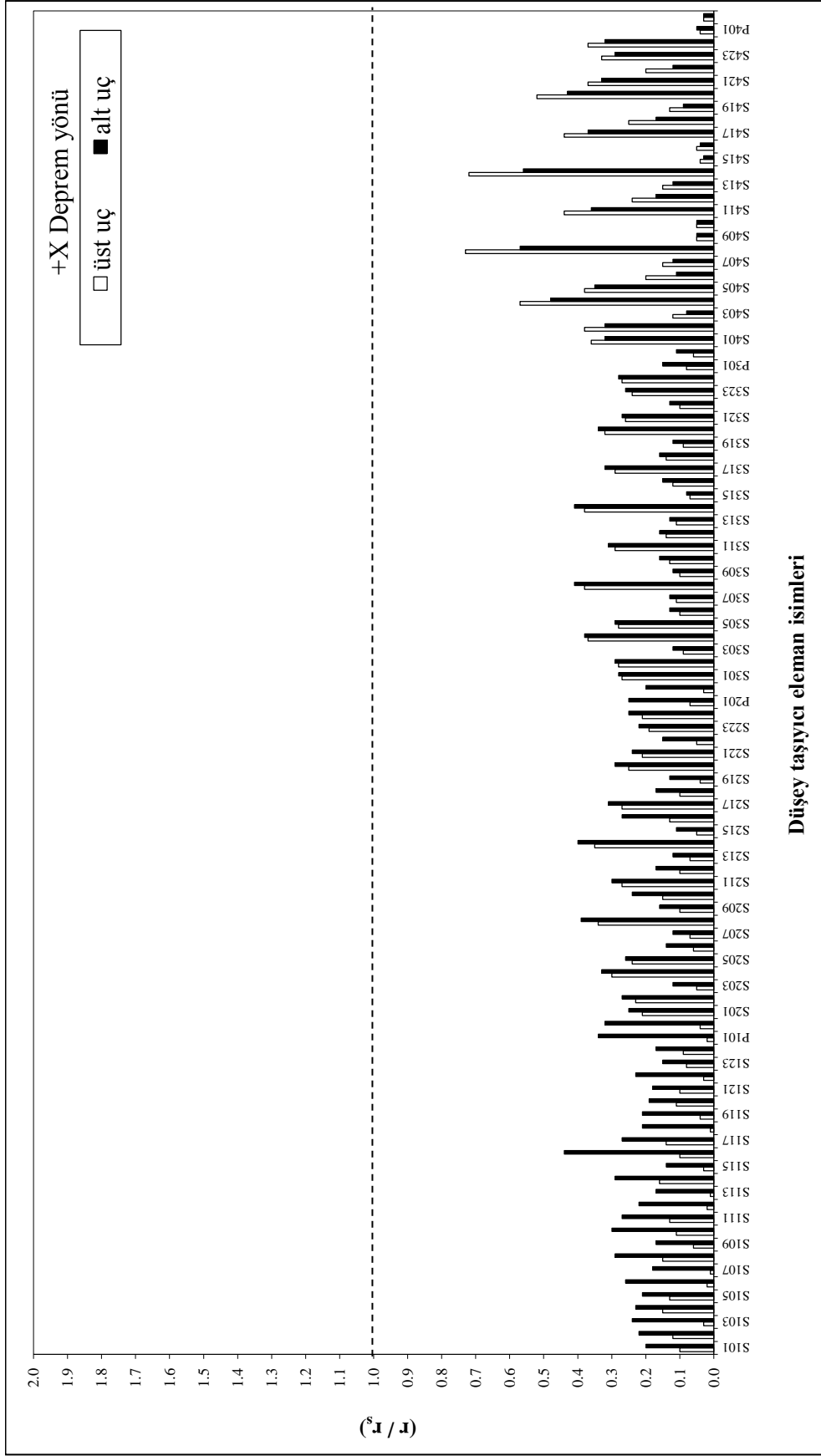


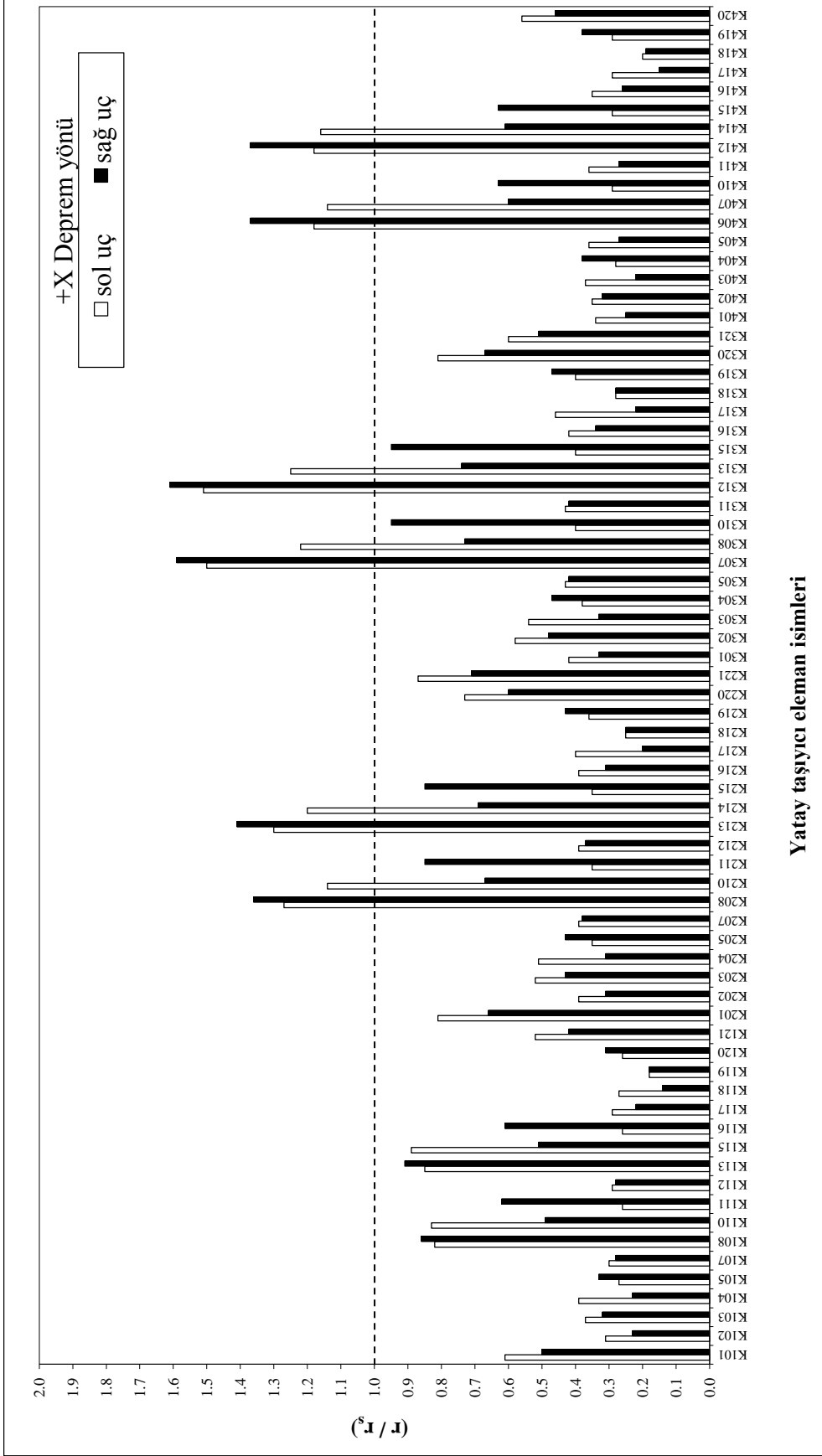
Şekil 4.45. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 2)

Örnek binaya ilave edilen betonarme perdelerin kalınlığı 30 cm olarak seçilmiş olup 3-4 aksları arasında D ve E aksları üzerine yerleştirilmiş ve tüm katlar boyunca devam edecek şekilde modellenmiştir. Malzeme olarak, C30 beton ve S420 donatı sınıfı seçilmiştir. Donatı düzenlenmesi başlıksız perde şeklinde gerçekleştirilmiş ve yalnız X doğrultusunda yerleştirilen her bir perde elemanında $2 \times 28 \Phi 18$ boyuna donatı varlığı dikkate alınmıştır. +X deprem yönünde yapılan performans analiz sonucunda yatay ve düşey elemanlar için elde edilen (r / r_s) oranları Şekil 4.47 ve Şekil 4.48'de grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 4.46. Binanın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 2)





Şekil 4.48. +X yönü tüm kat kirişlerinin performans grafiği (Durum 2)

+X deprem yönünde *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'ne göre kontrol edilen binada örnek durum için kolon ve kirişlerin öngörülen performans limitlerini sağlayıp sağlamadığını gösterebilmek amacıyla Çizelge 4.56 ve Çizelge 4.57 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.56. +X yönü düşey elemanların performansı (Durum 2)

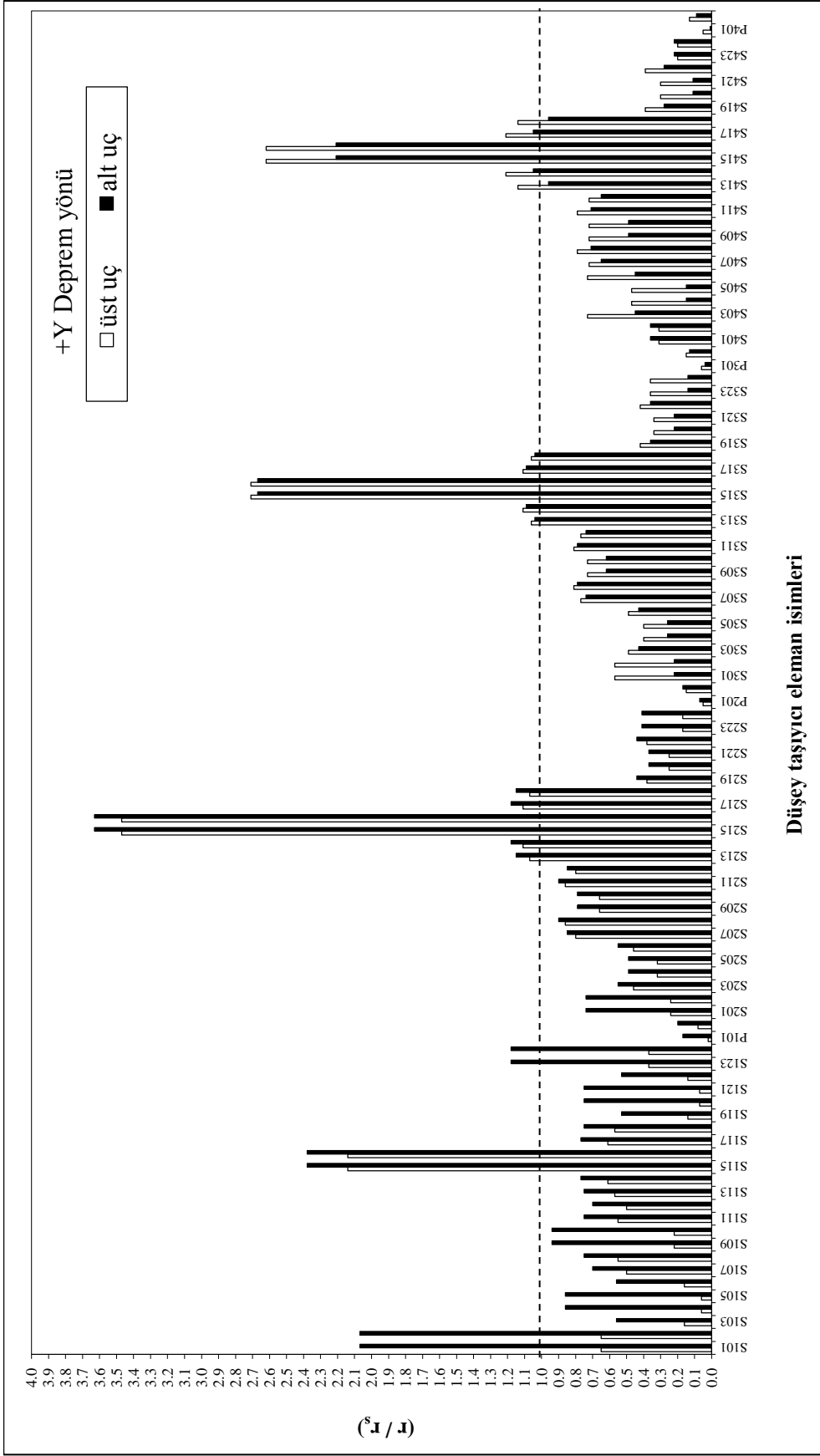
Kat	Toplam eleman (adet)	Sağlamayan eleman (adet)	Sağlamayan eleman (%)	V toplam (kN)	V sağlamayan (kN)	V sağlamayan (%)	Limit (%)
1	26	0	0	8203.861	0	0	< 20.00
2	26	0	0	7613.686	0	0	< 20.00
3	26	0	0	6123.175	0	0	< 20.00
4	26	0	0	3632.414	0	0	< 40.00

Çizelge 4.56'ya bakıldığında tüm kat kolonlarının öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, bina düşey taşıyıcı elemanlarının tüm katlarda *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'ni sağladığı söylenebilir.

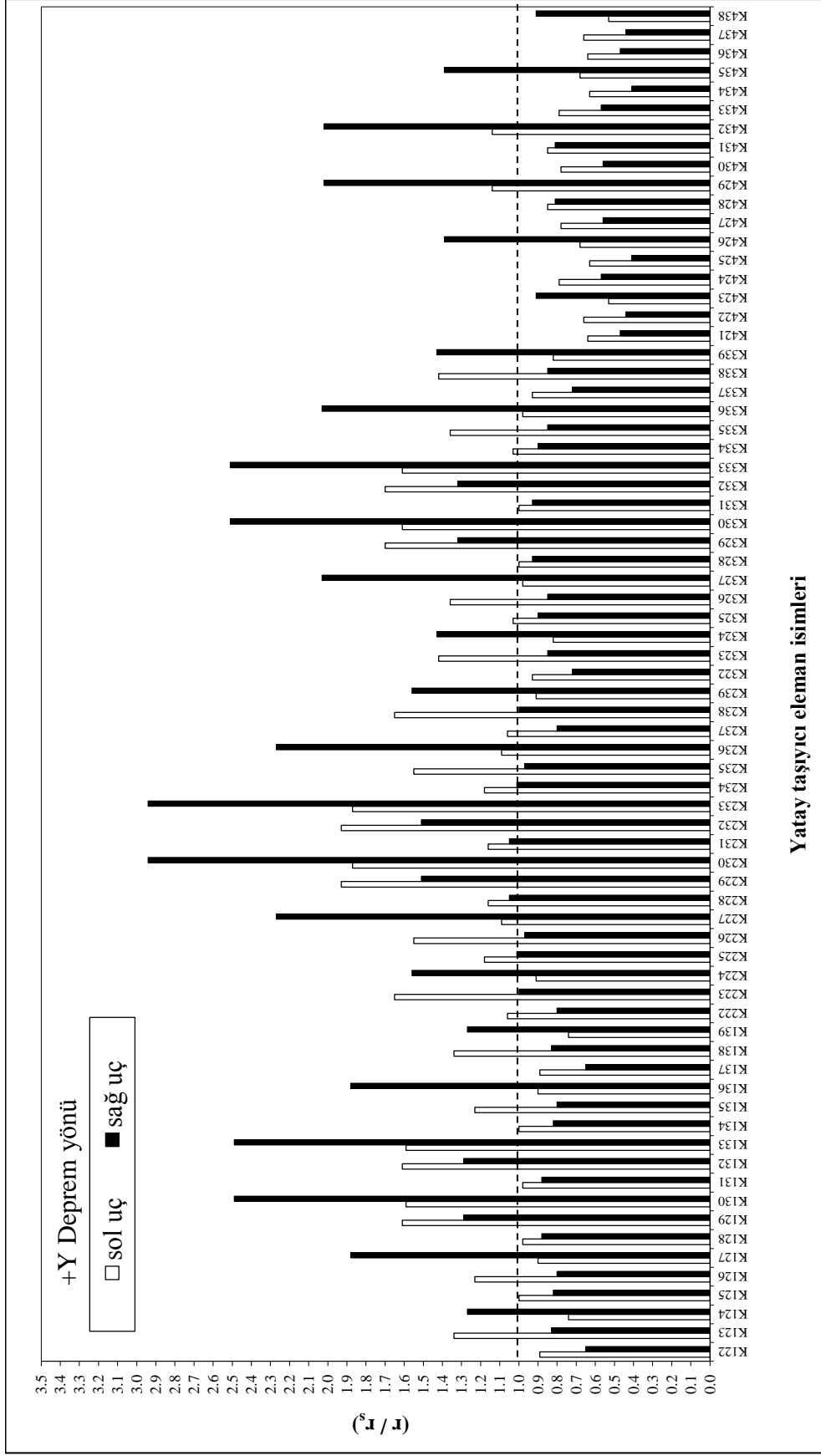
Çizelge 4.57. +X deprem yönü yatay taşıyıcı elemanların performansı (Durum 2)

Kat	Toplam eleman (adet)	Sağlamayan eleman (adet)	Sağlamayan eleman (%)	Limit (%)
1	18	0	0	< 30.00
2	18	4	22.22	< 30.00
3	18	4	22.22	< 30.00
4	18	4	22.22	< 30.00

Çizelge 4.57'ye bakıldığında tüm kat kirişlerinin öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, bina yatay taşıyıcı elemanlarının *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'ni sağladığı söylenebilir. +Y deprem yönünde yapılan performans analiz sonucunda yatay ve düşey elemanlar için elde edilen (r / r_s) oranları Şekil 4.49 ve Şekil 4.50'de grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 4.49. +Y yönü tüm kat kolonlarının performans grafiği (Durum 2)



Şekil 4.50. +Y yönü tüm kat kirişlerinin performans grafiği (Durum 2)

+Y deprem yönünde *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'ne göre kontrol edilen binada örnek durum için kolon ve kirişlerin öngörülen performans limitlerini sağlayıp sağlamadığını gösterebilmek amacıyla Çizelge 4.58 ve Çizelge 4.59 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.58. +Y yönü düşey elemanların performansı (Durum 2)

Kat	Toplam eleman (adet)	Sağlamayan eleman (adet)	Sağlamayan eleman (%)	V toplam (kN)	V sağlamayan (kN)	V sağlamayan (%)	Limit (%)
1	26	6	23.08	8262.242	4631.546	56.06	> 20.00 !
2	26	6	23.08	7557.608	1294.21	17.12	< 20.00
3	26	6	23.08	5940.807	1171.363	19.72	< 20.00
4	26	6	23.08	3250.362	1014.785	31.22	< 40.00

Çizelge 4.58'e bakıldığında yalnızca 1'inci kat kolonlarının öngörülen performans limitini aştığı, diğer kat kolonlarının öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, bina düşey taşıyıcı elemanlarının Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağlamadığı söylenebilir.

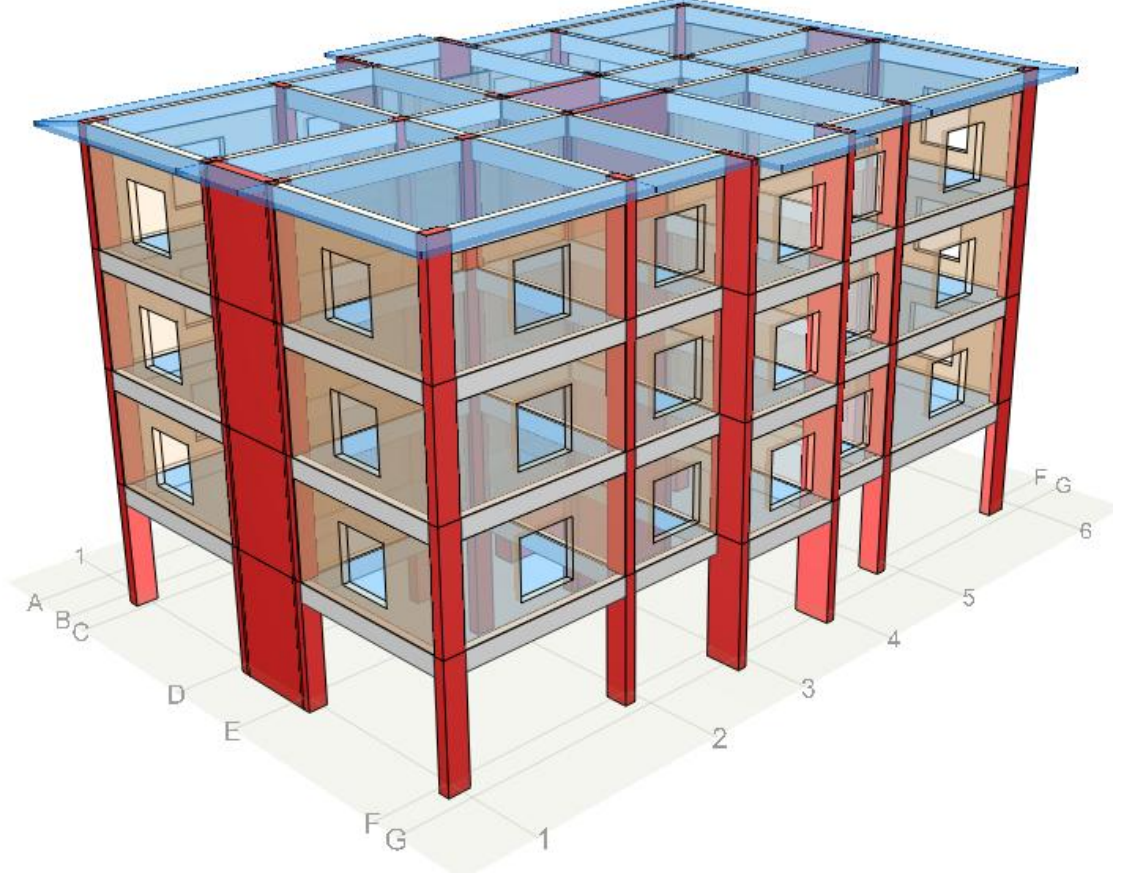
Çizelge 4.59. +Y deprem yönü yatay taşıyıcı elemanların performansı (Durum 2)

Kat	Toplam eleman (adet)	Sağlamayan eleman (adet)	Sağlamayan eleman (%)	Limit (%)
1	18	12	66.67	> 30.00 !
2	18	18	100.00	> 30.00 !
3	18	16	88.89	> 30.00 !
4	18	4	22.22	< 30.00

Çizelge 4.59'a bakıldığında yalnızca 4'üncü katta öngörülen performans limitini sağladığı, diğer katlarda kirişlerinin öngörülen performans limitini aştığı görülmektedir. Bu durumda, bina yatay taşıyıcı elemanlarının Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağlamadığı söylenebilir.

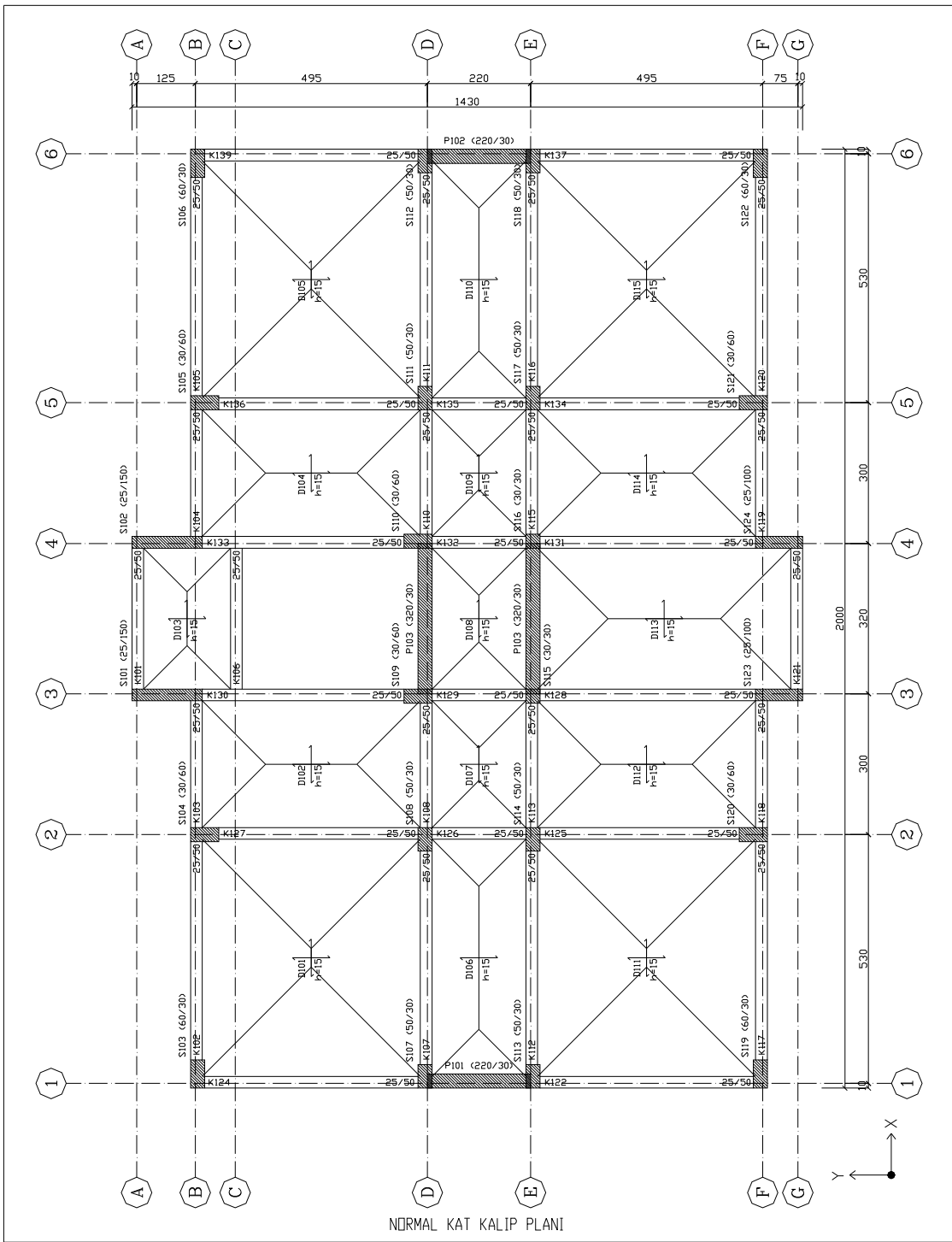
4.10.3. Durum 3

Üç boyutlu görünümü Şekil 4.51’de ve normal kat planı Şekil 4.52’de verilen örnek binanın deprem performans analizi, X ve Y doğrultularında simetrik yerleştirilmiş dört adet perdeli durum için gerçekleştirilmiştir.

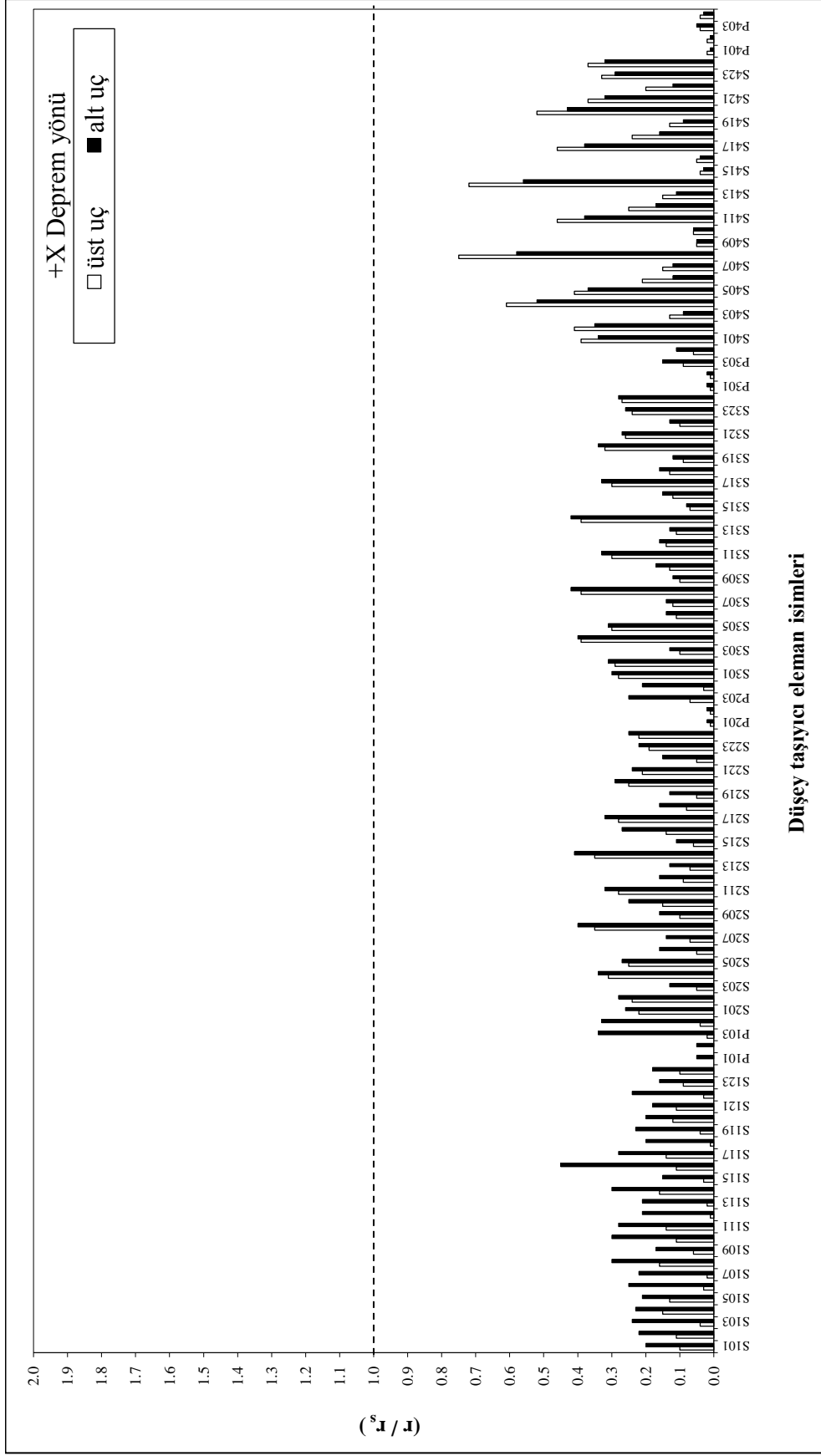


Şekil 4.51. Binanın perdeli durumuna ait üç boyutlu model (Durum 3)

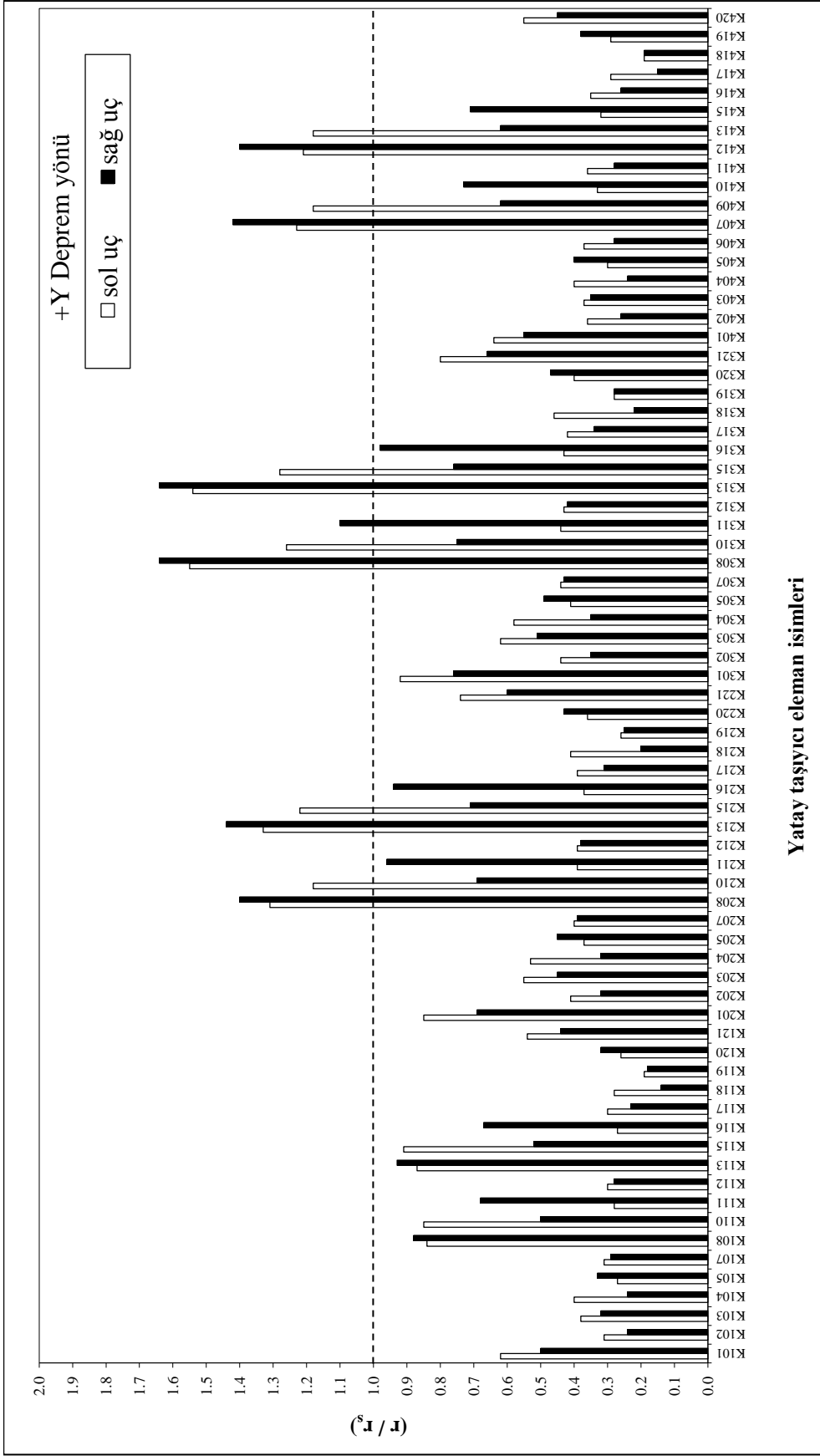
Örnek binaya ilave edilen betonarme perdelerin kalınlığı 30 cm olarak seçilmiş olup D-E aksları arasında 1 ve 6 aksları üzerine ve 3-4 aksları arasında D ve E aksları üzerine yerleştirilmiş ve tüm katlar boyunca devam edecek şekilde modellenmiştir. Malzeme olarak, C30 beton ve S420 donatı sınıfı seçilmiştir. Donatı düzenlenmesi başlıksız perde şeklinde gerçekleştirilmiş ve Y doğrultusundaki perde elemanında $2 \times 19\Phi 18$, X doğrultusundaki perde elemanında ise $2 \times 28\Phi 18$ boyuna donatı varlığı dikkate alınmıştır. +X deprem yönünde yapılan performans analiz sonucunda yatay ve düşey elemanlar için elde edilen (r / r_s) oranları Şekil 4.53 ve Şekil 4.54’te grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 4.52. Binanın perdeli durumuna ait normal kat planı (Durum 3)



Şekil 4.53. +X yönü tüm kat kolonlarının performans grafiği (Durum 3)



Şekil 4.54. +X yönü tüm kat kirişlerinin performans grafiği (Durum 3)

+X deprem yönünde *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'ne göre kontrol edilen binada örnek durum için kolon ve kirişlerin öngörülen performans limitlerini sağlayıp sağlamadığını gösterebilmek amacıyla Çizelge 4.60 ve Çizelge 4.61 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.60. +X yönü düşey elemanların performansı (Durum 3)

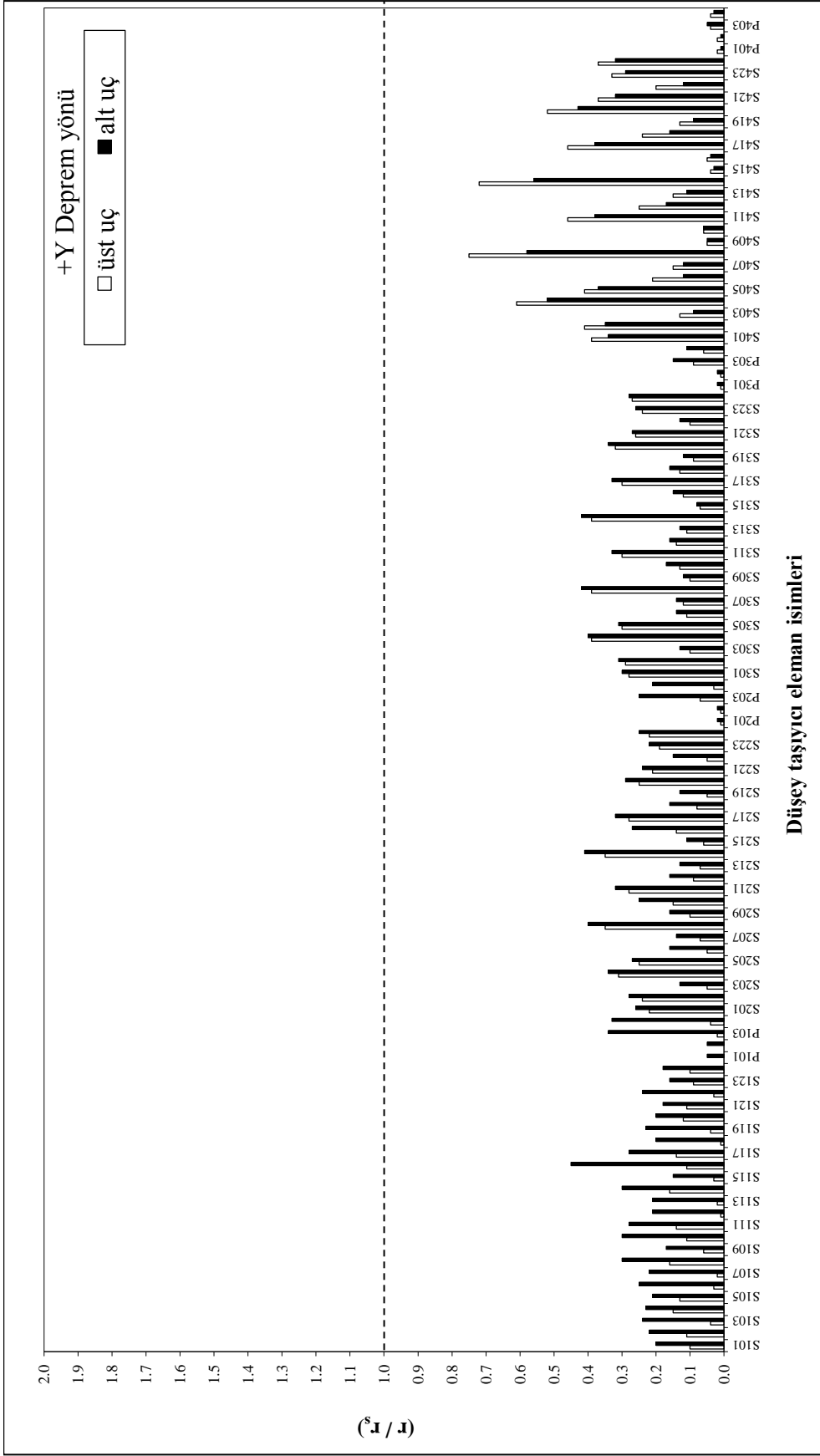
Kat	Toplam eleman (adet)	Sağlamayan eleman (adet)	Sağlamayan eleman (%)	V toplam (kN)	V sağlamayan (kN)	V sağlamayan (%)	Limit (%)
1	28	0	0	8432.729	0	0	< 20.00
2	28	0	0	7828.499	0	0	< 20.00
3	28	0	0	6303.317	0	0	< 20.00
4	28	0	0	3757.417	0	0	< 40.00

Çizelge 4.60'a bakıldığında tüm kat kolonlarının öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, bina düşey taşıyıcı elemanlarının Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı söylenebilir.

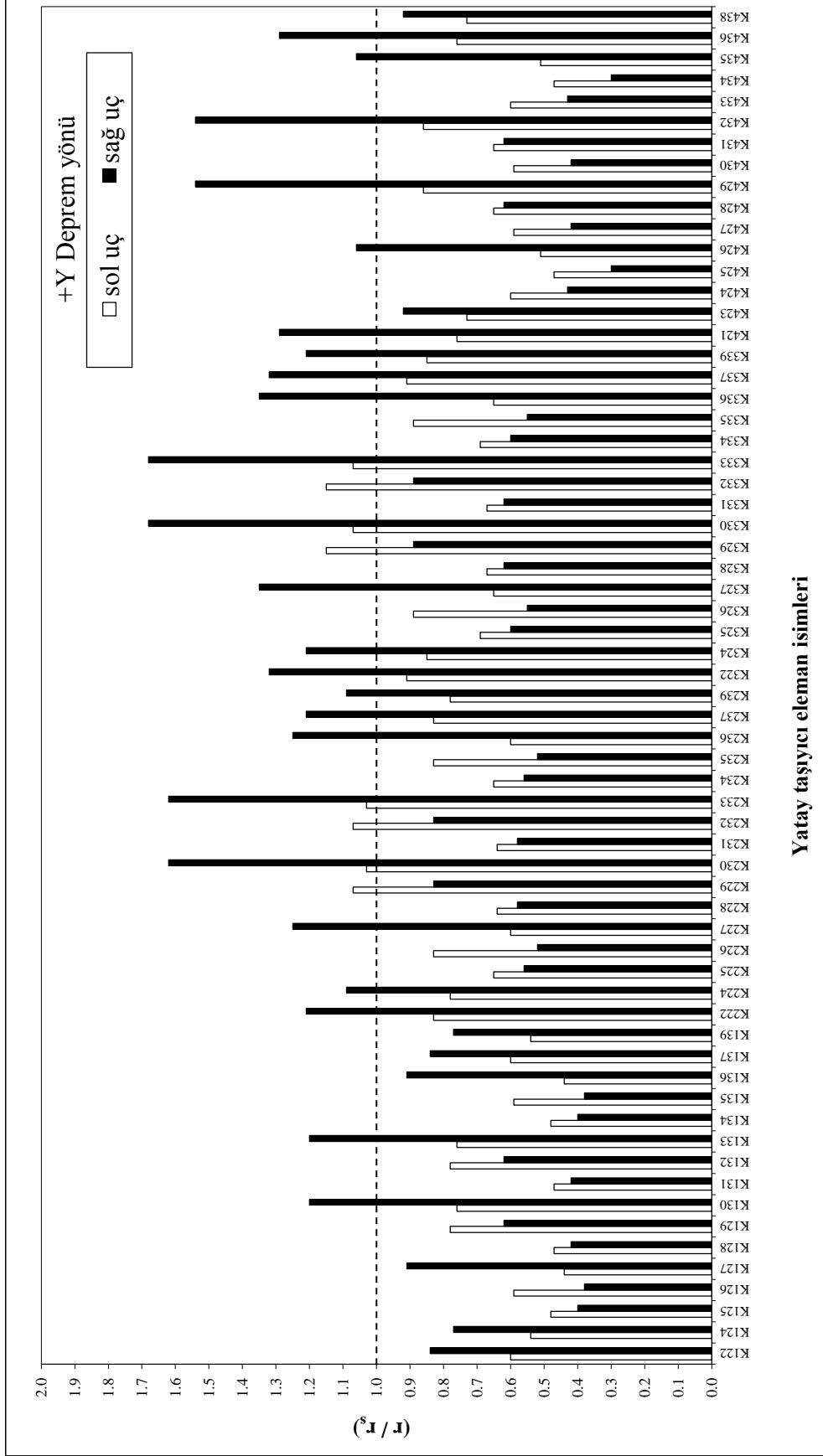
Çizelge 4.61. +X deprem yönü yatay taşıyıcı elemanların performansı (Durum 3)

Kat	Toplam eleman (adet)	Sağlamayan eleman (adet)	Sağlamayan eleman (%)	Limit (%)
1	18	0	0	< 30.00
2	18	4	22.22	< 30.00
3	18	5	27.77	< 30.00
4	18	4	22.22	< 30.00

Çizelge 4.61'e bakıldığında tüm kat kirişlerinin öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, bina yatay taşıyıcı elemanlarının Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı söylenebilir. +Y deprem yönünde yapılan performans analiz sonucunda yatay ve düşey elemanlar için elde edilen (r / r_s) oranları Şekil 4.55 ve Şekil 4.56'da grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 4.55. +Y yönü tüm kat kolonlarının performans grafiği (Durum 3)



Şekil 4.56. +Y yönü tüm kat kirişlerinin performans grafiği (Durum 3)

+Y deprem yönünde *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'ne göre kontrol edilen binada örnek durum için kolon ve kirişlerin öngörülen performans limitlerini sağlayıp sağlamadığını gösterebilmek amacıyla Çizelge 4.62 ve Çizelge 4.63 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.62. +Y yönü düşey elemanların performansı (Durum 3)

Kat	Toplam eleman (adet)	Sağlamayan eleman (adet)	Sağlamayan eleman (%)	V toplam (kN)	V sağlamayan (kN)	V sağlamayan (%)	Limit (%)
1	28	2	7.14	8431.685	92.284	1.09	< 20.00
2	28	2	7.14	7815.943	161.981	2.07	< 20.00
3	28	2	7.14	6280.545	180.042	2.87	< 20.00
4	28	2	7.14	3808.319	203.915	5.35	< 40.00

Çizelge 4.62'ye bakıldığında tüm kat kolonlarının öngörülen performans limitini sağladığı görülmektedir. Bu durumda, bina düşey taşıyıcı elemanlarının *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'ni sağladığı söylenebilir.

Çizelge 4.63. +Y deprem yönü yatay taşıyıcı elemanların performansı (Durum 3)

Kat	Toplam eleman (adet)	Sağlamayan eleman (adet)	Sağlamayan eleman (%)	Limit (%)
1	16	2	12.50	< 30.00
2	16	10	62.50	> 30.00 !
3	16	10	62.50	> 30.00 !
4	16	6	37.50	> 30.00 !

Çizelge 4.63'e bakıldığında yalnızca 1'inci katta performans limitini sağladığı, diğer katlarda kirişlerinin öngörülen performans limitini aştığı görülmektedir. Bu durumda, bina yatay taşıyıcı elemanlarının *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'ni sağlamadığı söylenebilir.

4.10.4. Durumlardan Elde Edilen Sonuçların Birlikte İrdelenmesi

Binaya ait perdeli ve perdesiz 4 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 4.64-66).

Çizelge 4.64. Durumlara göre binaya etki eden toplam deprem kuvveti

DURUM ADI	PERDE KONUMU		Toplam deprem kuvveti	
			X yönü (ton)	Y yönü (ton)
Mevcut durum	Perdesiz		7758.555	7905.328
Durum 1	Y yönü		8173.702	7716.990
Durum 2	X yönü		7796.041	8257.605
Durum 3	X ve Y yönü		7995.757	8058.613

Çizelge 4.65. Binanın birbirine dik iki yönü için serbest titreşim periyotları

DURUM ADI	PERDE KONUMU		Serbest titreşim periyodu (sn)		
			X yönü (↔)	Y yönü (↓)	Z etrafı
Mevcut durum	Perdesiz		0.619 (Mod 2)	0.551 (Mod 3)	0.643 (Mod 1)
Durum 1	Y yönü		0.632 (Mod 1)	0.405 (Mod 2)	0.367 (Mod 3)
Durum 2	X yönü		0.320 (Mod 3)	0.551 (Mod 2)	0.599 (Mod 1)
Durum 3	X ve Y yönü		0.325 (Mod 3)	0.409 (Mod 1)	0.361 (Mod 2)

Çizelge 4.66. Durumlara göre İleri Hasar Bölgesi'ne geçen eleman sayısının analizde dikkate alınan toplam eleman sayısına oranı

DURUM ADI	PERDE KONUMU		±X yönü		±Y yönü	
			Kolonlar (adet/adet)	Kirişler (adet/adet)	Kolonlar (adet/adet)	Kirişler (adet/adet)
Mevcut durum	Perdesiz		43/96	58/80	24/96	46/72
Durum 1	Y yönü		44/104	59/80	6/104	24/64
Durum 2	X yönü		0/104	12/72	24/104	50/72
Durum 3	X ve Y yönü		0/112	13/72	8/112	28/64

5. TARTIŞMA

DBYBHY-2007’de, deprem doğrultusu ve yönüyle uyumlu eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesabında, bu doğrultuda hâkim olan moddan (etkin kütle katılım oranı en büyük olan mod) elde edilen iç kuvvetlerin esas alınması gerekliliğinden söz edilmektedir (Madde 7.5.1.2). Bu şekilde belirlenen iç kuvvetlerin hesabında yalnızca hâkim modun periyoduna göre belirlenecek olan deprem yükleri dikkate alınmaktadır. Esasında bu yöntem geliştirilmiş bir Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi niteliğindedir. Bunun yanısıra, analizin Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılması için ise, binanın etkin kütle katılım oranına göre yeter sayıdaki modunun dikkate alınması gerekmektedir. Probina Orion analiz programının hesap çıktılarına bakıldığında, binaya etki eden deprem yüklerinin belirlenmesinde, yapının 12 modunun tümünü dikkate alan Mod Birleştirme Yöntemi’ni kullandığı görülmektedir. Bu şekilde belirlenen eleman iç kuvvetlerin, daha gerçekçi olacağı düşünülmektedir.

Elemanların artık moment (M_A) ve eksenel kuvvet (N_A) kapasitelerinin **deprem esnasındaki** değerlerinin belirlenmesi gerektiği düşüncesiyle, düşey yük analizi yapılırken ($G+0.3Q$) **yüklemesi** dikkate alınmıştır. Bu konuda DBYBHY-2007’de herhangi bir hükme rastlanmamıştır.

Probina Orion yapı analiz programı ve bu çalışmada adımlar halinde belirlenen kolonların etki/kapasite oranları (r) kıyaslandığında, aralarında çok küçük miktarda bir farkın olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeninin, bu çalışmada kolonların artık moment kapasitesinin hesabı yapılırken kullanılan düşey yüklerden dolayı oluşan moment değerlerinin ($G+0.3Q$) yüklemesinden elde edilmesine karşın, Probina Orion yapı analiz programında ($G+Q$) yüklemesine göre belirlenmiş olduğu düşünülmektedir. Sonuç olarak Probina Orion yapı analiz programında hesaplanan etki/kapasite (r) oranlarının farklı değerler aldığı görülmüştür.

6. SONUÇ

Bu çalışmada, örnek bir betonarme binanın deprem performansının kontrolü DBYBHY-2007’de verilen doğrusal elastik hesap yöntemlerinden mod birleştirme yöntemiyle yapılmıştır. Binanın deprem performansı öncelikle Probina Orion-2012 (SP.5) hazır yapı analiz programıyla belirlenmiştir. Daha sonra, aynı binanın performansı deprem yönetmeliği ölçütlerine göre adımlar halinde yeniden hesaplanmış olup elde edilen sonuçlar hazır program sonuçlarıyla çizelge ve grafikler halinde karşılaştırılmıştır. Bu işlemler esnasında binanın iç kuvvet diyagramlarının elde edilmesi amacıyla SAP2000 yapı analiz programından yararlanılmıştır. Ayrıca, kolonların ve kirişlerin moment kapasiteleri belirlenirken, Orta Doğu Teknik Üniversitesi’nde hazırlanan Microsoft Excel tabanlı hazır programdan yararlanılmıştır. Son olarak, deprem performansında yetersizlik görülen binanın güçlendirilmesi amacıyla ilave perde eklenmesi şeklindeki üç adet alternatif sistem iyileştirme durumu denenmiştir. Her ilave perdeli durum için binanın deprem performansındaki değişim irdelenmiştir. Güçlendirilmiş binaya ait analizler Probina Orion yapı analiz programıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda paragraflar halinde sunulmuştur.

Şekil 4.4-9’a bakıldığında, Probina Orion ve SAP2000 programlarıyla, düşey yük analizinden elde edilen iç kuvvet diyagramlarının neredeyse aynı olduğu görülmektedir. Benzer şekilde, Çizelge 4.4’e bakıldığında deprem yüklerinden dolayı binaya etki eden taban kesme kuvvet değerlerinin ve Şekil 4.12-17’de yer alan iç kuvvet diyagramlarının mükemmel derecede yakın olduğu görülmüştür.

Bölüm 4.4’te açıklanan hesap adımları, kolon toplam eksenel kuvvet ($N_{Dc}+N_{Ec}$) ve moment (M_{Kc}) kapasitelerinin belirlenmesi ile ilgilidir. Burada tanımlanan, deprem yükleri altında kolonların kapasite eksenel kuvvet değerleri (N_{Ec}), kapasite durumuna kirişlerde ulaşıldığı varsayımına dayanarak hesaplanan bir limit analiz yöntemiyle elde edilmektedir. Mevcut yapıların değerlendirilmesinde DBYBHY-2007’de yer alan ve bu hesap adımları yerine uygulanabilecek yeni bir yöntemden söz edilmektedir. Bu yeni yöntemin avantajı, detaylı bir kapasite hesabı yapılmaksızın, düşey yük ve deprem analiz sonuçlarında elde edilen iç kuvvetlere göre doğrudan kapasite değerlerinin elde edilebilmesidir. Bununla birlikte, DBYBHY-2007 7A.1’de yer alan ifadelerin, kesin olmayan esnek nitelikte ifadeler olmasından dolayı, kolon eksenel kuvvet ve moment kapasitelerinin belirlenmesi işleminin DBYBHY 2006 ya da 2007’de yer alan yöntemlerden hangisine göre yapılacağı konusunun, analizi yapan mühendise bırakıldığı anlaşılmaktadır. Probina Orion 2012 (SP.5) yapı analiz programının hesap çıktılarına bakıldığında, kolonların eksenel kuvvet ve moment kapasitelerinin DBYBHY-2006’ya göre belirlendiği görülmüştür. Probina Orion programından elde edilen performans sonuçlarının yorumlanabilmesi amacıyla, bu çalışmada da benzer işlem adımlarına göre hesaplar gerçekleştirilmiştir.

Kiriş moment kapasiteleri hesaplanırken, Probina Orion yapı analiz programının kirişin alt ve üst donatılarını birlikte dikkate alarak basınç donatılı kapasite hesabı yapabildiği görülmüştür. Ancak, bu çalışmada kullanılan Excel programı basınç donatısının varlığını ihmal ederek yalnızca basit donatılı kiriş hesabı yapmaktadır. Bu sebeple kirişlerin moment kapasitelerinde Probina Orion’a göre çok az miktarda bir farklılık oluşmaktadır. Buna bağlı olarak bu çalışmada belirlenen performans ölçütlerini

sağlamayan kiriş elemanı sayısında bir miktar artış olmaktadır. Ancak bu durum binanın “Can Güvenliği” performansına etki etmemektedir (Çizelge 4.46 ve Çizelge 4.47).

Kolonlar için Çizelge 4.26, Çizelge 4.27 ve Şekil 4.30-33’e, kirişler için Çizelge 4.44, Çizelge 4.45 ve Şekil 4.35-38’e bakıldığında, Probina Orion hazır yapı analiz programından ve bu çalışmadan elde edilen performans değerlendirmelerinin oldukça uyumlu olduğu görülmektedir. Probina Orion hazır bilgisayar programının, deprem yönetmeliğinin ölçütlerini dikkate alan ve binaların deprem performans değerlendirmesinde kullanılabilir donanıma sahip kullanıcı dostu bir program olduğu söylenebilir.

Yapılan performans değerlendirmeleri sonucunda, bina kolonlarının ve kirişlerinin her iki yönde etki eden deprem yüklemesine göre de öngörülen “Can Güvenliği” performans düzeyini sağlamadığı görülmüştür. Bu durumun nedenlerinde bazıları; binanın yeterli sayıda deprem perdesine sahip olmaması ve kolonlarda sargılamanın bulunmaması gösterilebilir. Binanın X doğrultusunda çalışan düşey taşıyıcı eleman miktarının Y doğrultusuna göre daha az olması nedeniyle elde edilen performans sonuçlarına bakıldığında plastik bölgeye geçen eleman sayısının X doğrultusunda daha fazla olduğu görülmüştür. Binanın zayıf yönünün X doğrultusu olduğu söylenebilir.

Deprem performansı belirlenen ve yetersiz görülen örnek binanın betonarme perdeler kullanılarak güçlendirilmesi amacıyla çeşitli örnek durumlar denenmiştir. Betonarme binanın yalnız Y doğrultusu (Durum 1), yalnız X doğrultusu (Durum 2) ve her iki doğrultusunda (Durum 3) perde uygulaması yapılarak ideal sistem güçlendirme durumu araştırılmıştır. Performans analizleri, Probina Orion yapı analiz programı kullanılarak doğrusal elastik yöntemlerinden mod birleştirme yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Her durum için elde edilen performans sonuçları grafikler ve çizelgeler halinde sunulmuştur.

Birinci durumda, yalnız Y deprem doğrultusuna paralel olarak simetrik güçlendirme perdeleri binaya ilave edilmiştir. Çizelge 4.52-55 ve Şekil 4.41-44’e bakıldığında, yatay ve düşey taşıyıcı elemanların X deprem doğrultusundaki performansının neredeyse hiç etkilenmediği ancak Y deprem doğrultusundaki performans düzeyinde önemli ölçüde bir iyileşmenin sağlandığı görülmüştür.

İkinci durumda, yalnız X deprem doğrultusuna paralel olarak simetrik güçlendirme perdeleri binaya ilave edilmiştir. Çizelge 4.56-59 ve Şekil 4.47-50’ye bakıldığında, yatay ve düşey taşıyıcı elemanların Y deprem doğrultusundaki performansının neredeyse hiç etkilenmediği ancak X deprem doğrultusundaki performans düzeyinde önemli ölçüde bir iyileşmenin sağlandığı görülmüştür.

Üçüncü durumda, X ve Y deprem doğrultularına paralel olarak simetrik güçlendirme perdeleri aynı anda binaya ilave edilmiştir. Çizelge 4.56-59 ve Şekil 4.47-50’ye bakıldığında, yatay ve düşey taşıyıcı elemanların her iki deprem doğrultusunda da performanslarının önemli ölçüde iyileştiği görülmüştür.

Çizelge 4.64'e bakıldığında perdesiz duruma göre Durum 3'te binaya etki eden deprem kuvvetinin arttığı görülebilir. Ancak ilave perdelerin artan bu yüklerin önemli bir kısmını üzerine alması nedeniyle diğer taşıyıcı elemanların performansında olumlu yönde bir değişim oluşmaktadır. Bununla birlikte, Çizelge 4.65'e bakıldığında perde uygulamasıyla birlikte binanın ilk üç doğal titreşim periyodundaki değişim görülebilir. Deprem perdesinin uygulandığı doğrultudaki doğal titreşim periyodu, perdesiz duruma göre daha düşük değerler almaktadır. Bu durum nedeniyle taşıyıcı elemanlar deprem esnasında daha az şekil değiştirecekleri için üzerlerinde oluşan iç kuvvetlerde orantılı olarak azalacaktır. Ayrıca, Çizelge 4.65'e bakıldığında Y doğrultusunda binanın dış kenarlarına yerleştirilen perdelerin, X doğrultusunda binanın merkezine yerleştirilen perdelerle göre burulma serbestliği olan Z etrafındaki dönme periyodunu daha fazla azalttığı görülebilir.

Bu durumda binanın deprem performansının "Can Güvenliği" seviyesini sağlayabilmesi için her iki deprem doğrultusunda da simetrik yerleştirilmiş perdelerle güçlendirilmesi uygun olacaktır (Çizelge 4.66). Deprem performansı "Can Güvenliği" seviyesine göre hala yeterli olmayan Y doğrultusundaki kirişlerin ise FRP uygulamasıyla sargılanarak kesme ve eğilme kapasitelerinin arttırılması uygun bir çözüm olabilir. Eğilme altındaki FRP ile kaplanmış kirişlerin hiç güçlendirilmemiş kirişlere göre %53 oranında daha fazla yük taşıdığı önceki çalışmalarda belirlenmiştir (Grace vd 2003).

7. KAYNAKLAR

- AKBAŞ, B. 2004. Performansa dayalı tasarım dersi notları. YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ANONİM, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, Yayın No: 25, 12. Baskı, İzmir.
- ARACI, E. 2012. Betonarme perde konumlarının bina deprem performansına olan etkisinin bilgisayar destekli irdelenmesi. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- ATC-40, 1996. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Applied Technology Council, California.
- ATIMTAY, E. 2000. Açıklamalar ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik (Betonarme Yapılar) Cilt 1. Bizim Büro, Ankara.
- ATIMTAY, E. 2000. Açıklamalar ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik (Betonarme Yapılar) Cilt 2. Bizim Büro, Ankara.
- AYDINOĞLU, N., CELEP, Z., ÖZER, E. ve SUCUOĞLU, H. 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik – Örnekler Kitabı. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- AYDINOĞLU, N., ÖZER, E. ve SUCUOĞLU, H. 2007. Yeni Deprem Yönetmeliği ve Uygulamalı Çözümler. TMMOB İMO Antalya Şubesi, Antalya.
- CAN, D. 2005. Statik itme (pushover) yöntemi ile mevcut bir yapının güvenliğinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- CELEP, Z. ve KUMBASAR, N. 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. Beta Dağıtım, II. Baskı, İstanbul.
- CELEP, Z. ve KUMBASAR, N. 2001. Yapı Dinamiği, Beta Dağıtım, Üçüncü Baskı, İstanbul.
- CELEP, Z. ve KUMBASAR, N. 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı (Bölüm 11: Performans kavramına dayalı tasarım). Beta Yayıncılık, İstanbul.
- ÇELİK, U. 2007. 2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre mevcut bir betonarme yapının performansının değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- ERSOY, U., ÖZCEBE, G. ve CANBAY, E. 2008. Binalar İçin Deprem Mühendisliği Temel İlkeleri. Evrim Yayınevi, I. Baskı, İstanbul.

- ERSOY, U. ve ÖZCEBE, G. 2004. Temel İlkeler TS-500-2000 ve Türk Deprem Yönetmeliğine (1998) Göre Hesap. Evrim Yayınevi, II. Baskı, İstanbul.
- 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.
- GENÇ, M. 2007. Farklı yapısal özelliklere sahip betonarme yapıların çeşitli çözüm yöntemleriyle performans dayalı analizi. Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- GRACE, N.F., RAGHEB, W.F. and ABDEL-SAYED, G. 2003. Development and Application of Innovative Triaxially Brided Ductile FRP Fabric for Strengthening Concrete Beams, Composite Structures.
- GÜLTEKİN, E.E. 2008. Mevcut yapıların depreme karşı güçlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi.
- GÜN, Ö. 2007. Mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesinin 2006 Deprem yönetmeliği kapsamında irdelenmesi. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi.
- KOPARAN, İ. 2006. Mevcut betonarme binaların performans analizleri. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- LÜLE, A. 2006. Betonarme yapı proje hesaplarının Sta4-Cad ve Probina Orion paket programlarına göre incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Kocatepe Üniversitesi. Afyon.
- MERMER, S. 2007. Mevcut bir yapının yeni deprem yönetmeliğine (DBYBHY-2007) göre performans değerlendirmesi. Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- ÖZCAN, Z. 2005. Betonarme kirişlerin kompozit malzemeler ile güçlendirilmesi. Deprem Sempozyumu, Kocaeli.
- PROBİNA ORION 2012, 2012, Eğitim kılavuzu. Prota Yazılım Bilişim ve Mühendislik Ltd. Şti. Ankara.
- SEZER F., GENÇOĞLU M. ve CELEP Z. Betonarme binaların deprem güvenliğinin değerlendirilmesinde Deprem Yönetmeliği 2007'deki kurallarına örnekle kıyaslamalı bir bakış. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.
- T.C. BAYINDIRLIK ve İSKÂN BAKANLIĞI 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

UYGUN, G. ve CELEP, Z. 2007. İstanbul betonarme bir binanın deprem güvenliğinin Deprem Yönetmeliği (2007)'deki doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerle karşılaştırılması incelenmesi. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.

8. EKLER

Ek-1: D-D Aksı Kirişleri Yük Analiz Raporu

Birinci Kat Kirişleri:

K107	(25.0/50.0 cm L= 530.00 cm)	Öz Agirlik:	g= 3.13 kN/m		
	10 cm Tuğla Duvar:	g= 2.59 kN/m			
	Ek Y¼kler:	g= 0.22 kN/m q= 0.29 kN/m			
	Fonksiyon Yayili Y¼kler (m, kN/m):				
D101	x= 0.15	2.48	2.88	5.20	
	g= 0.00	12.21	12.21	0.00	
	q= 0.00	4.65	4.65	0.00	
D106	x= 0.15	1.15	4.20	5.20	
	g= 0.00	5.25	5.25	0.00	
	q= 0.00	2.00	2.00	0.00	
	Reaksiyonlar:	GI= 42.665 kN	QI= 11.033 kN	GJ= 43.302 kN	QJ= 11.276 kN
K108	(25.0/50.0 cm L= 300.00 cm)	Öz Agirlik:	g= 3.13 kN/m		
	10 cm Tuğla Duvar:	g= 2.59 kN/m			
	Ek Y¼kler:	g= 0.22 kN/m q= 0.29 kN/m			
	Fonksiyon Yayili Y¼kler (m, kN/m):				
D102	x= 0.15	1.50	2.85		
	g= 0.00	7.09	0.00		
	q= 0.00	2.70	0.00		
D107	x= 0.15	1.15	1.85	2.85	
	g= 0.00	5.25	5.25	0.00	
	q= 0.00	2.00	2.00	0.00	
	Reaksiyonlar:	GI= 18.145 kN	QI= 3.958 kN	GJ= 18.145 kN	QJ= 3.958 kN
K109	(25.0/50.0 cm L= 320.00 cm)	Öz Agirlik:	g= 3.13 kN/m		
	10 cm Tuğla Duvar:	g= 2.59 kN/m			
	Ek Y¼kler:	g= 0.22 kN/m q= 0.29 kN/m			
	Fonksiyon Yayili Y¼kler (m, kN/m):				
D108	x= 0.10	1.10	2.10	3.10	
	g= 0.00	5.25	5.25	0.00	
	q= 0.00	2.00	2.00	0.00	
	Reaksiyonlar:	GI= 14.742 kN	QI= 2.464 kN	GJ= 14.742 kN	QJ= 2.464 kN
K110	(25.0/50.0 cm L= 300.00 cm)	Öz Agirlik:	g= 3.13 kN/m		
	10 cm Tuğla Duvar:	g= 2.59 kN/m			
	Ek Y¼kler:	g= 0.22 kN/m q= 0.29 kN/m			
	Fonksiyon Yayili Y¼kler (m, kN/m):				
D104	x= 0.15	1.50	2.85		
	g= 0.00	7.09	0.00		
	q= 0.00	2.70	0.00		
D109	x= 0.15	1.15	1.85	2.85	
	g= 0.00	5.25	5.25	0.00	
	q= 0.00	2.00	2.00	0.00	
	Reaksiyonlar:	GI= 18.145 kN	QI= 3.958 kN	GJ= 18.145 kN	QJ= 3.958 kN
K111	(25.0/50.0 cm L= 530.00 cm)	Öz Agirlik:	g= 3.13 kN/m		
	10 cm Tuğla Duvar:	g= 2.59 kN/m			
	Ek Y¼kler:	g= 0.22 kN/m q= 0.29 kN/m			
	Fonksiyon Yayili Y¼kler (m, kN/m):				
D105	x= 0.10	2.43	2.83	5.15	
	g= 0.00	12.21	12.21	0.00	
	q= 0.00	4.65	4.65	0.00	
D110	x= 0.10	1.10	4.15	5.15	
	g= 0.00	5.25	5.25	0.00	
	q= 0.00	2.00	2.00	0.00	
	Reaksiyonlar:	GI= 43.302 kN	QI= 11.276 kN	GJ= 42.665 kN	QJ= 11.033 kN

İkinci Kat Kirişleri:

K207	(25.0/50.0 cm L= 530.00 cm)	Öz Ağırlık:	g= 3.13 kN/m						
	10 cm Tuğla Duvar:	g= 2.59 kN/m							
	Ek Y¼kler:	g= 0.22 kN/m	q= 0.29 kN/m						
	Fonksiyon Yayılı Y¼kler (m, kN/m):								
D201	x=	0.15	2.48	2.88	5.20				
	g=	0.00	12.21	12.21	0.00				
	q=	0.00	4.65	4.65	0.00				
D206	x=	0.15	1.15	4.20	5.20				
	g=	0.00	5.25	5.25	0.00				
	q=	0.00	2.00	2.00	0.00				
	Reaksiyonlar:	GI= 42.665 kN	QI= 11.033 kN	GJ= 43.302 kN	QJ= 11.276 kN				
K208	(25.0/50.0 cm L= 300.00 cm)	Öz Ağırlık:	g= 3.13 kN/m						
	10 cm Tuğla Duvar:	g= 2.59 kN/m							
	Ek Y¼kler:	g= 0.22 kN/m	q= 0.29 kN/m						
	Fonksiyon Yayılı Y¼kler (m, kN/m):								
D202	x=	0.15	1.50	2.85					
	g=	0.00	7.09	0.00					
	q=	0.00	2.70	0.00					
D207	x=	0.15	1.15	1.85	2.85				
	g=	0.00	5.25	5.25	0.00				
	q=	0.00	2.00	2.00	0.00				
	Reaksiyonlar:	GI= 18.145 kN	QI= 3.958 kN	GJ= 18.145 kN	QJ= 3.958 kN				
K209	(25.0/50.0 cm L= 320.00 cm)	Öz Ağırlık:	g= 3.13 kN/m						
	10 cm Tuğla Duvar:	g= 2.59 kN/m							
	Ek Y¼kler:	g= 0.22 kN/m	q= 0.29 kN/m						
	Fonksiyon Yayılı Y¼kler (m, kN/m):								
D208	x=	0.10	1.10	2.10	3.10				
	g=	0.00	5.25	5.25	0.00				
	q=	0.00	2.00	2.00	0.00				
	Reaksiyonlar:	GI= 14.742 kN	QI= 2.464 kN	GJ= 14.742 kN	QJ= 2.464 kN				
K210	(25.0/50.0 cm L= 300.00 cm)	Öz Ağırlık:	g= 3.13 kN/m						
	10 cm Tuğla Duvar:	g= 2.59 kN/m							
	Ek Y¼kler:	g= 0.22 kN/m	q= 0.29 kN/m						
	Fonksiyon Yayılı Y¼kler (m, kN/m):								
D204	x=	0.15	1.50	2.85					
	g=	0.00	7.09	0.00					
	q=	0.00	2.70	0.00					
D209	x=	0.15	1.15	1.85	2.85				
	g=	0.00	5.25	5.25	0.00				
	q=	0.00	2.00	2.00	0.00				
	Reaksiyonlar:	GI= 18.145 kN	QI= 3.958 kN	GJ= 18.145 kN	QJ= 3.958 kN				
K211	(25.0/50.0 cm L= 530.00 cm)	Öz Ağırlık:	g= 3.13 kN/m						
	10 cm Tuğla Duvar:	g= 2.59 kN/m							
	Ek Y¼kler:	g= 0.22 kN/m	q= 0.29 kN/m						
	Fonksiyon Yayılı Y¼kler (m, kN/m):								
D205	x=	0.10	2.43	2.83	5.15				
	g=	0.00	12.21	12.21	0.00				
	q=	0.00	4.65	4.65	0.00				
D210	x=	0.10	1.10	4.15	5.15				
	g=	0.00	5.25	5.25	0.00				
	q=	0.00	2.00	2.00	0.00				
	Reaksiyonlar:	GI= 43.302 kN	QI= 11.276 kN	GJ= 42.665 kN	QJ= 11.033 kN				

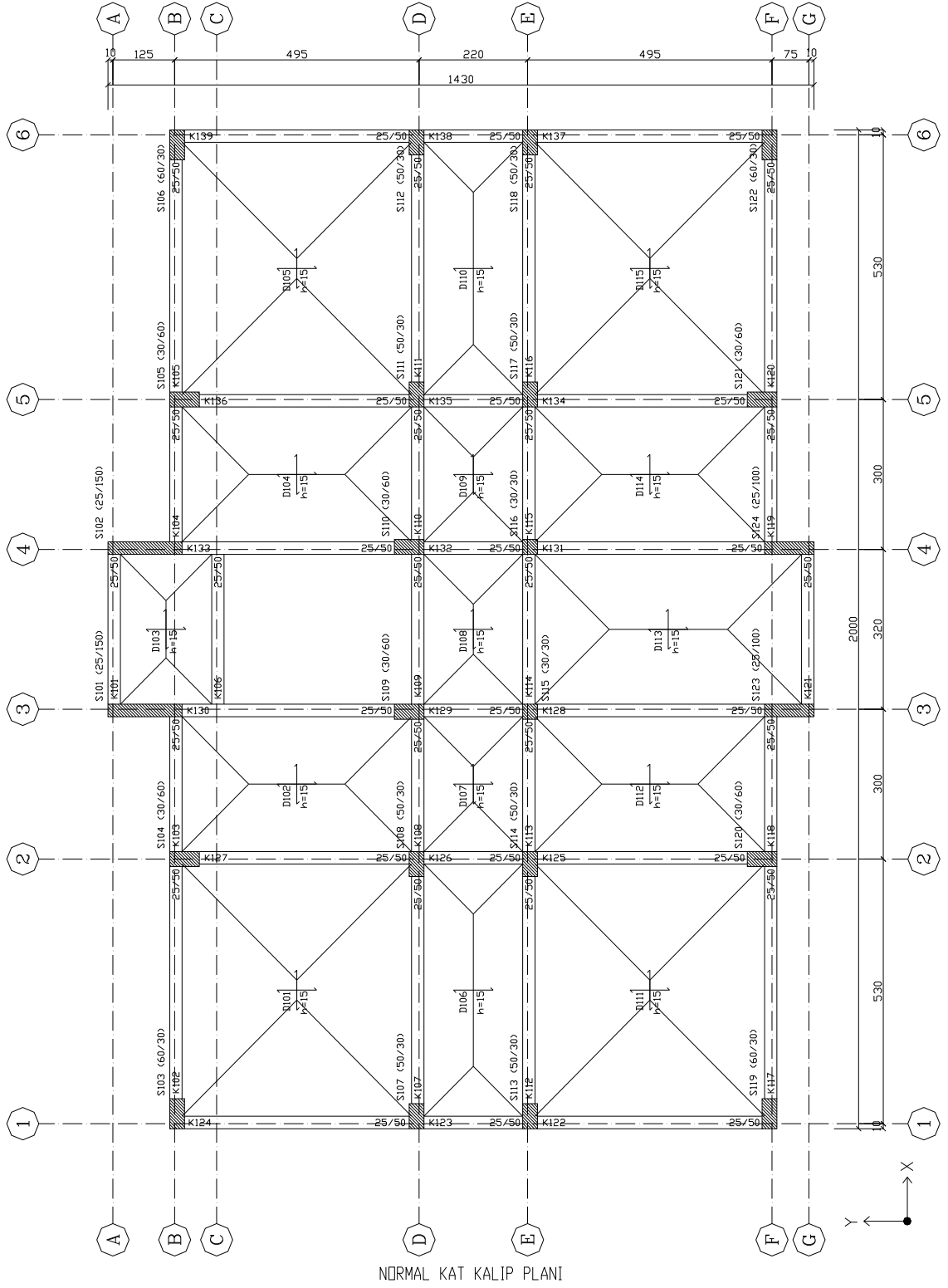
Üçüncü Kat Kirişleri:

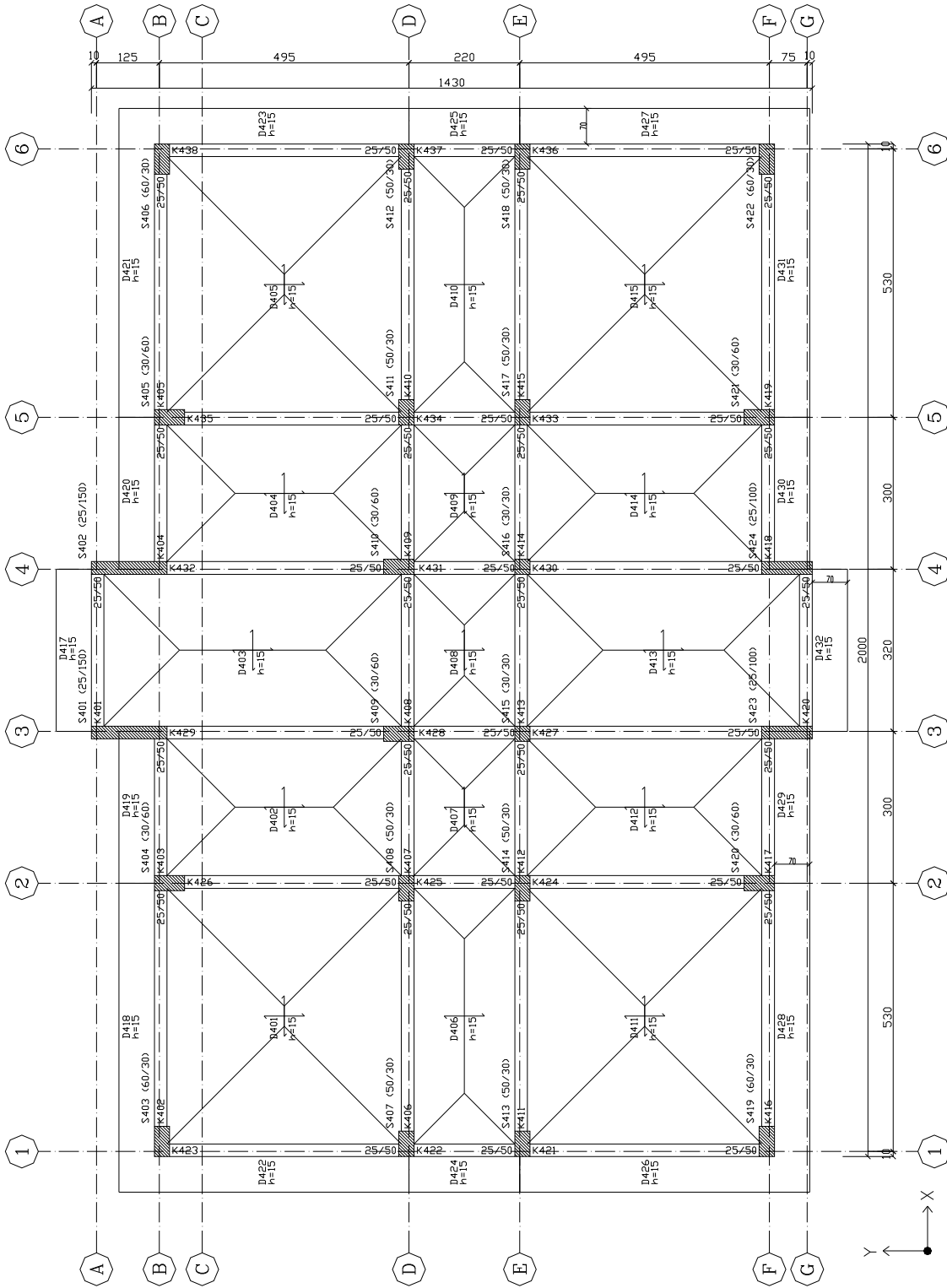
K307	(25.0/50.0 cm L= 530.00 cm)	Öz Ağırlık:	g= 3.13 kN/m			
	10 cm Tuğla Duvar:	g= 2.59 kN/m				
	Ek Yükler:	g= 0.22 kN/m q= 0.29 kN/m				
	Fonksiyon Yayılı Yükler (m, kN/m):					
D301	x=	0.15	2.48	2.88	5.20	
	g=	0.00	12.21	12.21	0.00	
	q=	0.00	4.65	4.65	0.00	
D306	x=	0.15	1.15	4.20	5.20	
	g=	0.00	5.25	5.25	0.00	
	q=	0.00	2.00	2.00	0.00	
	Reaksiyonlar:	GI= 42.665 kN	QI= 11.033 kN	GJ= 43.302 kN	QJ= 11.276 kN	
K308	(25.0/50.0 cm L= 300.00 cm)	Öz Ağırlık:	g= 3.13 kN/m			
	10 cm Tuğla Duvar:	g= 2.59 kN/m				
	Ek Yükler:	g= 0.22 kN/m q= 0.29 kN/m				
	Fonksiyon Yayılı Yükler (m, kN/m):					
D302	x=	0.15	1.50	2.85		
	g=	0.00	7.09	0.00		
	q=	0.00	2.70	0.00		
D307	x=	0.15	1.15	1.85	2.85	
	g=	0.00	5.25	5.25	0.00	
	q=	0.00	2.00	2.00	0.00	
	Reaksiyonlar:	GI= 18.145 kN	QI= 3.958 kN	GJ= 18.145 kN	QJ= 3.958 kN	
K309	(25.0/50.0 cm L= 320.00 cm)	Öz Ağırlık:	g= 3.13 kN/m			
	10 cm Tuğla Duvar:	g= 2.59 kN/m				
	Ek Yükler:	g= 0.22 kN/m q= 0.29 kN/m				
	Fonksiyon Yayılı Yükler (m, kN/m):					
D308	x=	0.10	1.10	2.10	3.10	
	g=	0.00	5.25	5.25	0.00	
	q=	0.00	2.00	2.00	0.00	
	Reaksiyonlar:	GI= 14.742 kN	QI= 2.464 kN	GJ= 14.742 kN	QJ= 2.464 kN	
K310	(25.0/50.0 cm L= 300.00 cm)	Öz Ağırlık:	g= 3.13 kN/m			
	10 cm Tuğla Duvar:	g= 2.59 kN/m				
	Ek Yükler:	g= 0.22 kN/m q= 0.29 kN/m				
	Fonksiyon Yayılı Yükler (m, kN/m):					
D304	x=	0.15	1.50	2.85		
	g=	0.00	7.09	0.00		
	q=	0.00	2.70	0.00		
D309	x=	0.15	1.15	1.85	2.85	
	g=	0.00	5.25	5.25	0.00	
	q=	0.00	2.00	2.00	0.00	
	Reaksiyonlar:	GI= 18.145 kN	QI= 3.958 kN	GJ= 18.145 kN	QJ= 3.958 kN	
K311	(25.0/50.0 cm L= 530.00 cm)	Öz Ağırlık:	g= 3.13 kN/m			
	10 cm Tuğla Duvar:	g= 2.59 kN/m				
	Ek Yükler:	g= 0.22 kN/m q= 0.29 kN/m				
	Fonksiyon Yayılı Yükler (m, kN/m):					
D305	x=	0.10	2.43	2.83	5.15	
	g=	0.00	12.21	12.21	0.00	
	q=	0.00	4.65	4.65	0.00	
D310	x=	0.10	1.10	4.15	5.15	
	g=	0.00	5.25	5.25	0.00	
	q=	0.00	2.00	2.00	0.00	
	Reaksiyonlar:	GI= 43.302 kN	QI= 11.276 kN	GJ= 42.665 kN	QJ= 11.033 kN	

Dördüncü Kat Kirişleri:

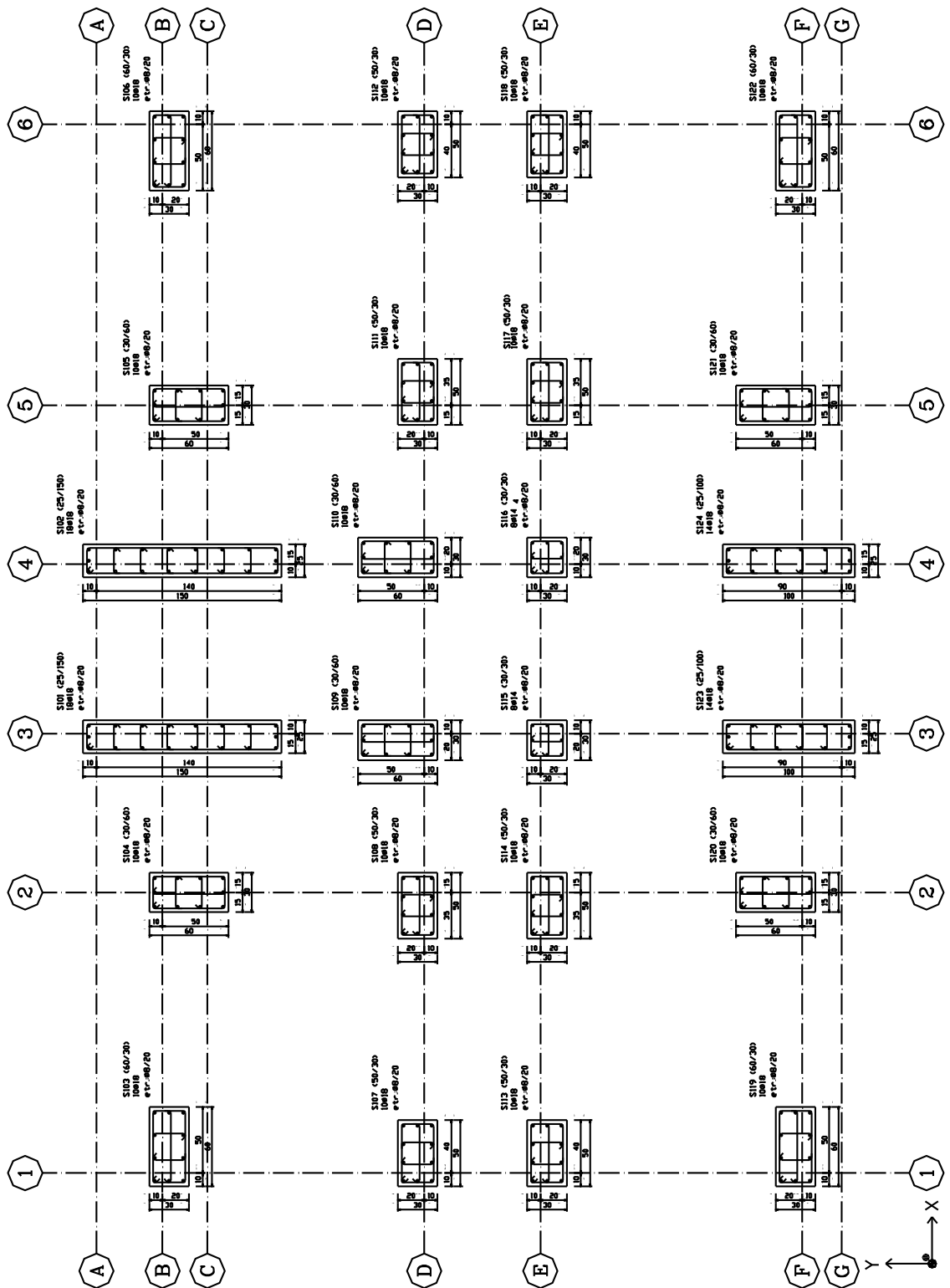
K406	(25.0/50.0 cm L= 530.00 cm)	Öz Ağırlık:	g= 3.13 kN/m				
	Ek Yükler:	g= 0.38 kN/m	q= 0.38 kN/m				
	Fonksiyon Yayılı Yükler (m, kN/m):						
D401	x=	0.15	2.48	2.88	5.20		
	g=	0.00	12.21	12.21	0.00		
	q=	0.00	3.49	3.49	0.00		
D406	x=	0.15	1.15	4.20	5.20		
	g=	0.00	5.25	5.25	0.00		
	q=	0.00	1.50	1.50	0.00		
	Reaksiyonlar:	GI= 36.218 kN	QI= 8.692 kN	GJ= 36.856 kN	QJ= 8.874 kN		
K407	(25.0/50.0 cm L= 300.00 cm)	Öz Ağırlık:	g= 3.13 kN/m				
	Ek Yükler:	g= 0.38 kN/m	q= 0.38 kN/m				
	Fonksiyon Yayılı Yükler (m, kN/m):						
D402	x=	0.15	1.50	2.85			
	g=	0.00	7.09	0.00			
	q=	0.00	2.03	0.00			
D407	x=	0.15	1.15	1.85	2.85		
	g=	0.00	5.25	5.25	0.00		
	q=	0.00	1.50	1.50	0.00		
	Reaksiyonlar:	GI= 14.497 kN	QI= 3.204 kN	GJ= 14.497 kN	QJ= 3.204 kN		
K408	(25.0/50.0 cm L= 320.00 cm)	Öz Ağırlık:	g= 3.13 kN/m				
	Ek Yükler:	g= 0.38 kN/m	q= 0.38 kN/m				
	Fonksiyon Yayılı Yükler (m, kN/m):						
D403	x=	0.10	1.60	3.10			
	g=	0.00	7.88	0.00			
	q=	0.00	2.25	0.00			
D408	x=	0.10	1.10	2.10	3.10		
	g=	0.00	5.25	5.25	0.00		
	q=	0.00	1.50	1.50	0.00		
	Reaksiyonlar:	GI= 16.756 kN	QI= 3.788 kN	GJ= 16.756 kN	QJ= 3.788 kN		
K409	(25.0/50.0 cm L= 300.00 cm)	Öz Ağırlık:	g= 3.13 kN/m				
	Ek Yükler:	g= 0.38 kN/m	q= 0.38 kN/m				
	Fonksiyon Yayılı Yükler (m, kN/m):						
D404	x=	0.15	1.50	2.85			
	g=	0.00	7.09	0.00			
	q=	0.00	2.03	0.00			
D409	x=	0.15	1.15	1.85	2.85		
	g=	0.00	5.25	5.25	0.00		
	q=	0.00	1.50	1.50	0.00		
	Reaksiyonlar:	GI= 14.497 kN	QI= 3.204 kN	GJ= 14.497 kN	QJ= 3.204 kN		
K410	(25.0/50.0 cm L= 530.00 cm)	Öz Ağırlık:	g= 3.13 kN/m				
	Ek Yükler:	g= 0.38 kN/m	q= 0.38 kN/m				
	Fonksiyon Yayılı Yükler (m, kN/m):						
D405	x=	0.10	2.43	2.83	5.15		
	g=	0.00	12.21	12.21	0.00		
	q=	0.00	3.49	3.49	0.00		
D410	x=	0.10	1.10	4.15	5.15		
	g=	0.00	5.25	5.25	0.00		
	q=	0.00	1.50	1.50	0.00		
	Reaksiyonlar:	GI= 36.856 kN	QI= 8.874 kN	GJ= 36.218 kN	QJ= 8.692 kN		

Ek-2: Örnek Binanın Kalıp Planları ve Donatı Detayları



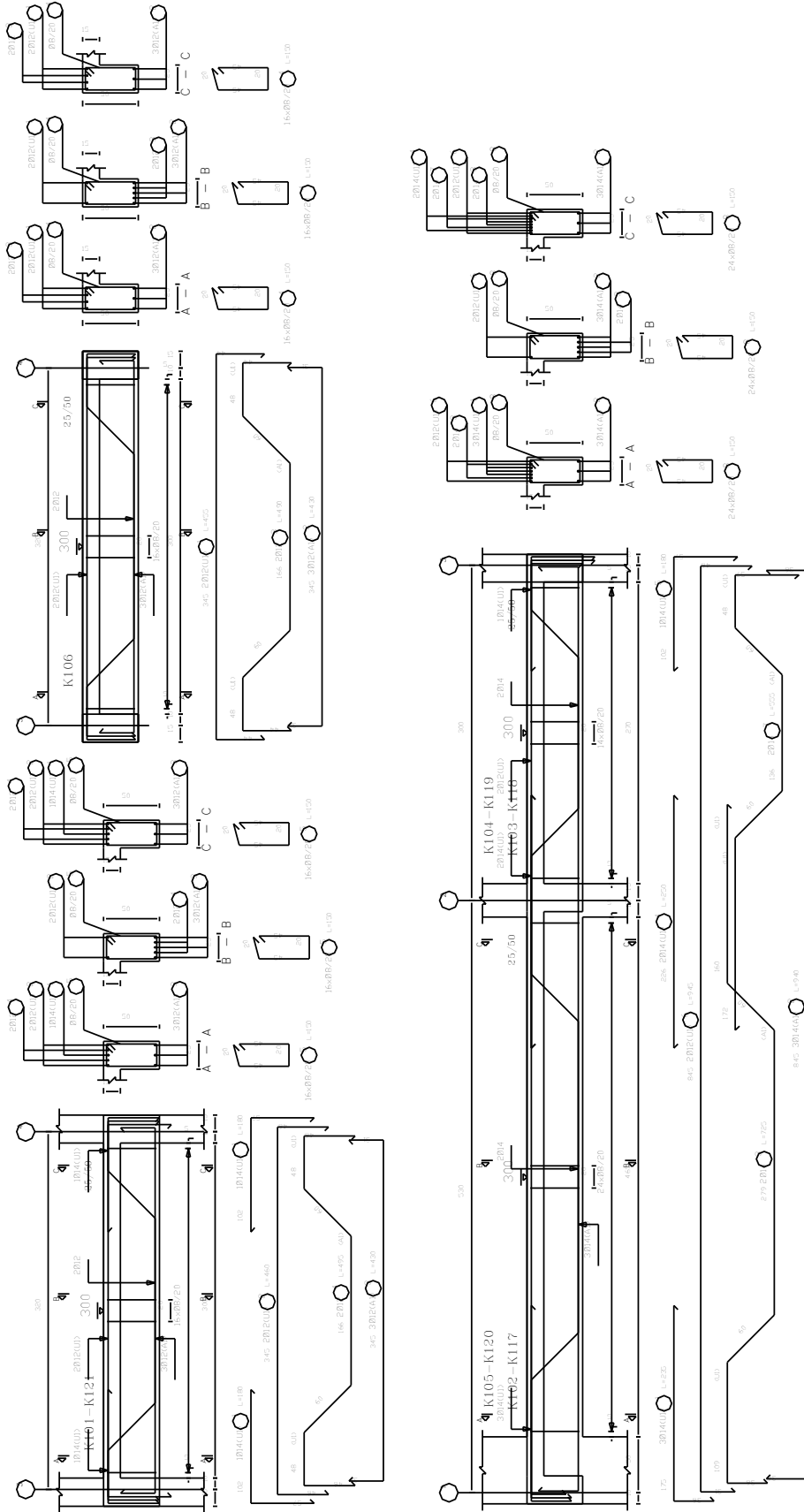


4. KAT KALIP PLANI

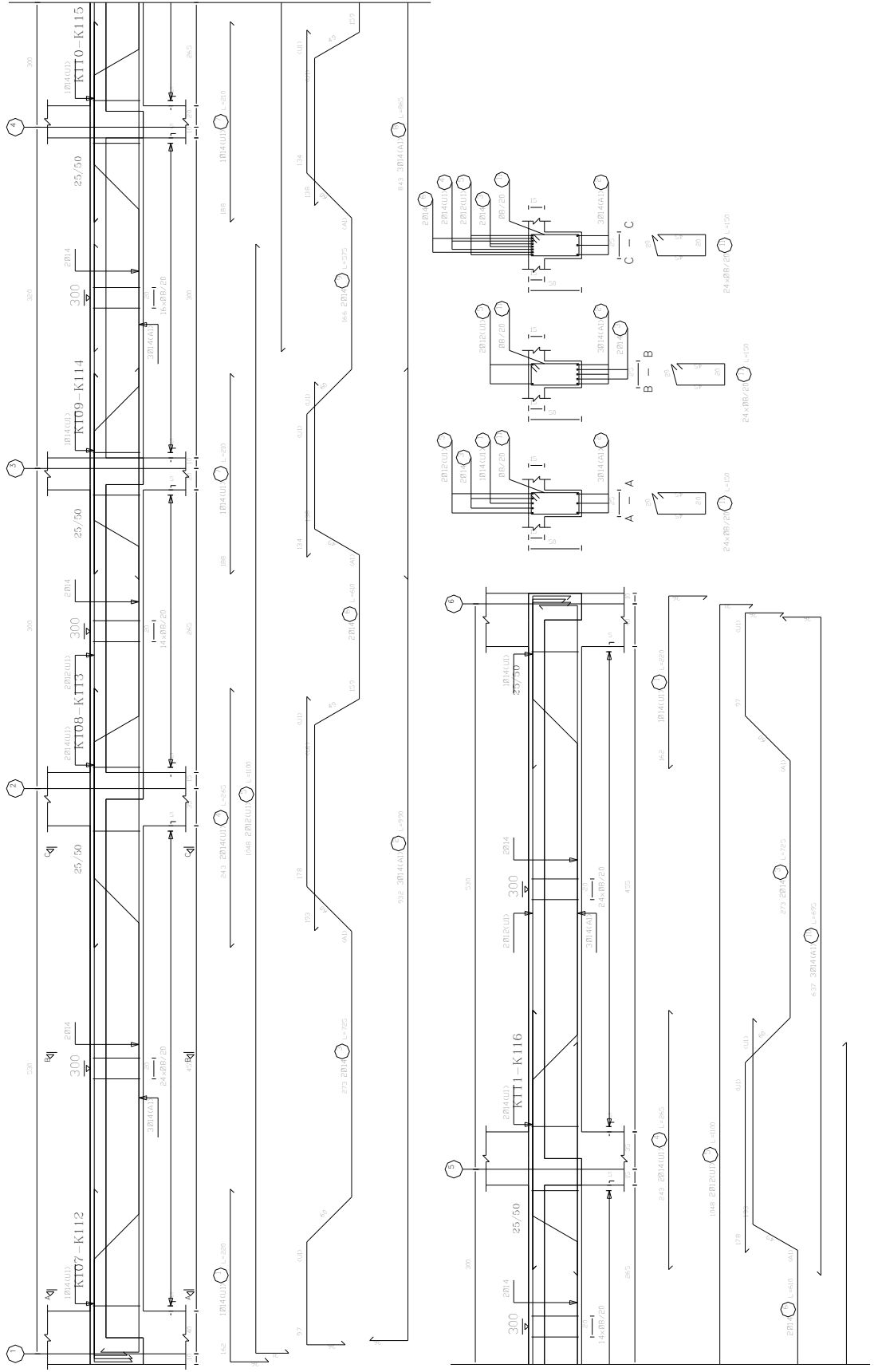


ΚΑΙ ΠΑΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΝ ἢ ΠΡΟΝΑΤΙ ΔΕΤΑΥΙ ΑΡΧΙ

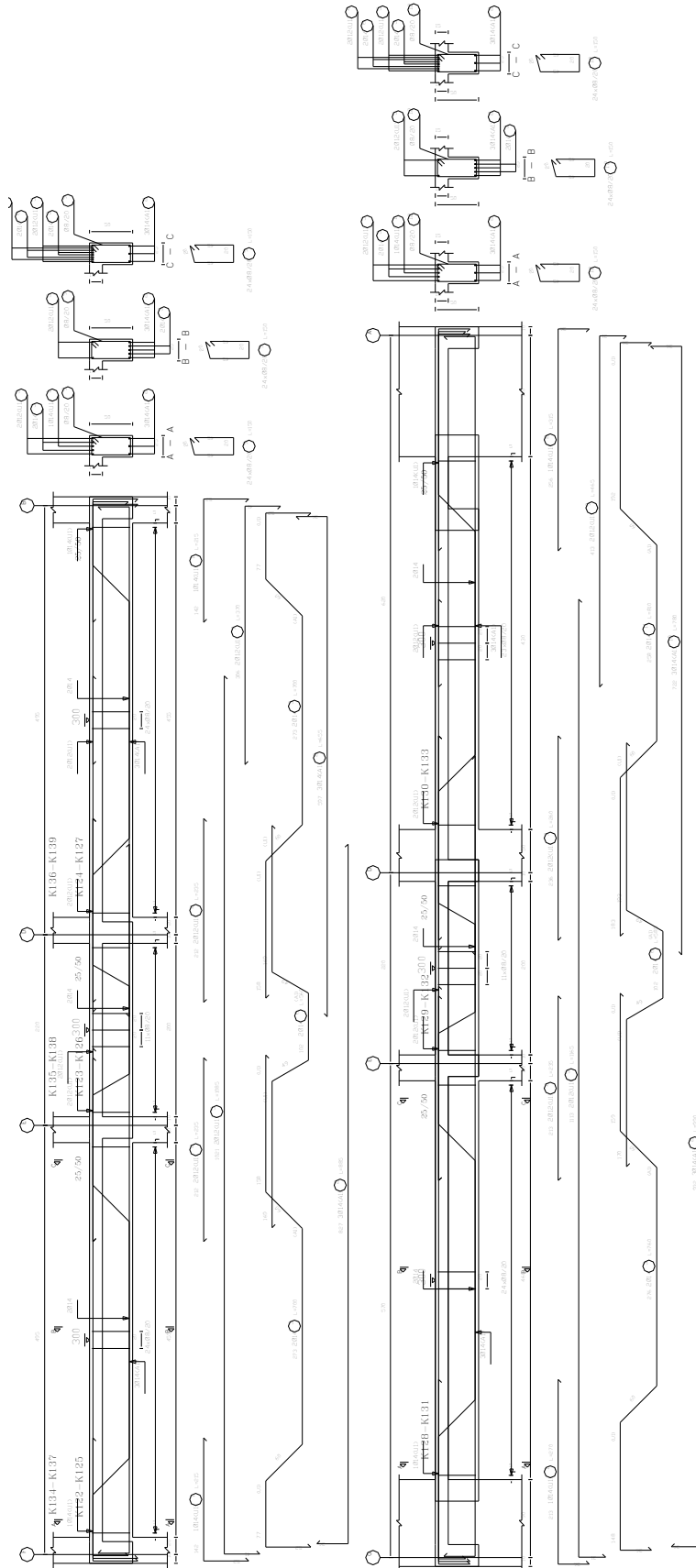
Kiriş açılım detayları-1



Kiriş açılım detayları-2

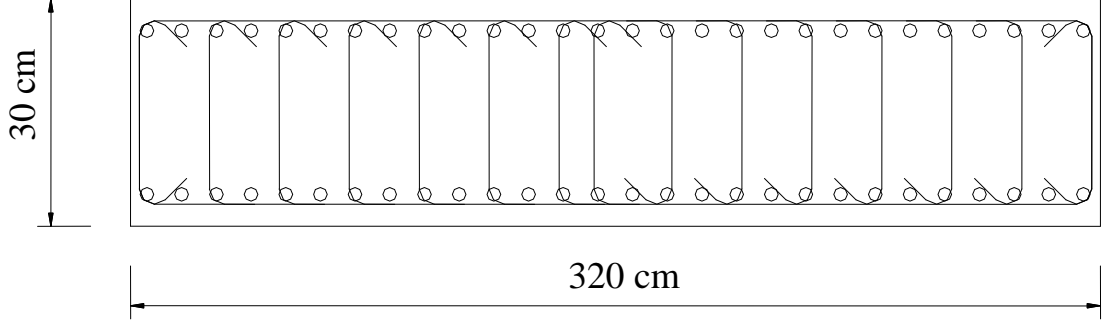


Kiriş açılım detayları-3



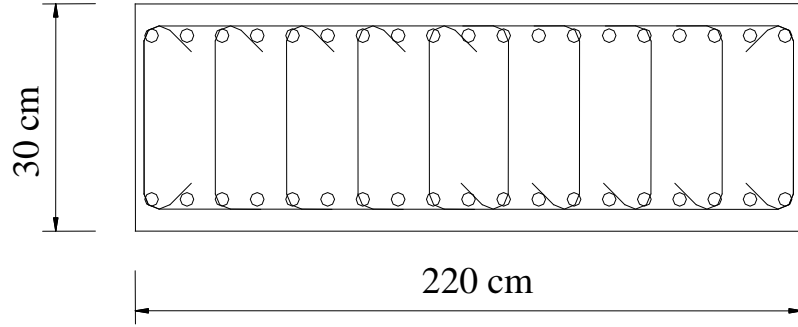
X YÖNÜ GÜÇLENDİRME
PERDESİ DETAYI

2x26 Φ 18/10
etr: Φ 10/10



Y YÖNÜ GÜÇLENDİRME
PERDESİ DETAYI

2x19 Φ 18/10
etr: Φ 10/10



Ek-3: Her İki Programın +X Deprem Yönü Bina Performans Analiz Sonuçları

Bina Performans Düzeyi: CAN GUVENLİĞİ (CG) Toplam Kat Adedi: 4 Taban Kesme Kuvveti Katsayısı: 0.85 (TDY-2007, 7.5.1.1)
Bina Bilgi Düzeyi: KAPSAMLI Bilgi Düzeyi Katsayısı: 1.00 (TDY-2007, 7.2.17)
İvrme Spektrumu - Deprem'in Asılma Olasılığı: 50 YILDA % 10 (F=1.00) (TDY-2007, 7.8) - Zemin Sınıfı: Z3
Kolonlar: Mevcut Donatı - Perdeler: Mevcut Donatı - Kirişler(alt): Mevcut Donatı - kullanılıyor.
Sargılama Durumu: Kolonlar=YOK / Perdeler=VAR / Kirişler=YOK
Statik analiz sonuçları R=1 kullanılarak elde edilmiştir.

Ortak Parametreler:

- o KKO : Dügüm noktasındaki kolonların toplam kapasite momentinin kirişlerin toplam kapasite momentine oranı
- o Vr-kst : TS500'e göre hesaplanan kesit kesme kapasitesi
- o Etki, M, V : Analiz sonucunda hesaplanan etkiler. (Sünek elemanlarda Moment, Gevrek elemanlarda Kesme Kuvveti)
- o Kapasite M, V : Moment (sünek elemanlarda Mr) veya Kesme (gevrek elemanlarda Vr) kapasitesi
- o Kırılma Türü : Elemanın sünek (egilme) veya gevrek (kesme) kırılma durumu
- o r : Etki / Kapasite Oranı
- o r(s) : Etki / Kapasite Oranı limit değeri
- o Birleşim Kesme Kont. : Dügüm noktasında kesme kapasitesinin asılması durumu kontrolü. (E:Kabul, *H*: Eleman Yetersiz)
- o Uc Kabul : r/r(s) değerine göre eleman kabul durumu. '1'den büyük değerlere sahip elemanların aktığı kabul edilir. (E:Kabul, *H*: Eleman Yetersiz)

KOLON TABLOSU

- Mevcut Elemanlar - Beton: 15 MPa - Çelik: 220 MPa
- Lokal Eksenler: x=Kolon 1-yönü, y=Kolon 2-yönü
- İlk satırda Kolon üst-ucu, ikinci satırda alt-ucu bilgileri yer almaktadır.
- r = 99 kolon eğilme kapasitesinin '0' olduğunu göstermektedir.

Kolon Parametreleri:

- o bx, by : Kolon kesit boyutları
- o As : Kolon boyuna donatı alanı
- o As/Ac : Kolon boyuna donatı oranı
- o Nd : Düşey yüklenme sonucunda elde edilen eksenel kuvvet
- o Ne : Deprem yükleri altında elde edilen kapasite eksenel kuvveti (Kiriş kapasite momentleri kullanılarak elde edilen kesme kapasiteleri kullanılarak elde edilir.)
- o Mr : Nd+Ne eksenel etkisi altında elde edilen kolon kapasite momentini
- o TMr-kir : Dügüm noktasına deprem doğrultusunda bağlanan kirişlerin toplam kapasite momentini
- o TMr-kol : Dügüm noktasına deprem doğrultusunda bağlanan kolonların toplam kapasite momentini
- o Mr-Az : Kuvvetli Kolon Kontrolü sonucunda (gerekiyorsa) azaltılmış kolon kapasite momentini
- o Ve : Kolon kesitinde oluşan kapasite kesme kuvveti
- o A.Kapast : Artık Kapasite (Sünek kolonlarda Moment, Gevrek kolonlarda kesme kapasitesi)
- o Vd : Elastik analiz sonucunda elde edilen kolon kesme kuvveti
- o Vd/Vkat : Vd'nin toplam kat kesme kuvvetine oranı
- o Etki : Sünek Kırılma: M (kN-m), Gevrek Kesme Kırılmasında: V (kN), Gevrek Basınc Kırılmasında: Nd (kN)
- o Kapasite : Sünek Kırılma: Mr, Gevrek Kesme Kırılmasında: Vr-kst, Gevrek Basınc Kırılmasında: Nmax= 0.6 Ac Fcm

3'üncü kat kolon performansının hesabı (Probina)

Kolon	Kat	b _x	As	As/Ac	As/Ac	Nd	Mr	T _{Mr} -k _{ir}	KKO	Mr-Az	Ve	Kiriilma	Eiki	Kapasite	r	Nd+Ne	V	r(t)	r/r(s)	Uc	Elenn	Vd (kN)	Vd/Vkat
		(cm)	(cm ²)	(cm ²)	(kN-m)	(kN)	(kN-m)	(kN-m)		(kN-m)	(kN)	Turu				/AcFek	/b _{wd} Fct	(s)		Kabul	Kabul		
S301	3	25	45.8	1.22	120.07	101.37	2.27	2.27	69.07	44.238	Sunek	-373.9	-119.97	3.12	0.04	0.09	0.09	3.5	0.89	<GV		274.5	
S302	3	150	16.858	1.22	115.97	105.54	2.47	2.47	41.53	321.656	Sunek	-373.9	-116.07	3.22	0.03	0.1	0.1	3.5	0.92	<GV		5.06	
S303	3	60	25.45	1.41	173.03	47.36	7.08	7.08	37.3	20.319	Sunek	-345.52	-190.3	1.82	0.04	0.09	0.09	3.5	0.52	<GV		176.798	
S304	3	30	25.45	1.41	87.54	157.1	1.05	1.05	13.5	215.867	Sunek	-320.1	-79.16	4.04	0.07	0.3	0.3	3.5	1.16	<GC!		242.334	
S305	3	60	25.45	1.41	93.79	157.1	1.11	1.11	93.79	63.797	Sunek	-320.1	-102.17	3.13	0.09	0.28	0.28	3.5	0.9	<GV		242.334	
S306	3	30	25.45	1.41	194.79	95.21	3.86	3.86	74.98	40.847	Sunek	-345.52	-177.52	1.95	0.08	0.18	0.18	3.5	0.56	<GV		176.798	
S307	3	30	25.45	1.41	141.43	46.38	5.87	5.87	27.14	221.01	Sunek	-268.28	-164.4	1.63	0.06	0.12	0.12	3.5	0.47	<GV		161.785	
S308	3	30	25.45	1.41	152.23	155.77	1.86	1.86	113.09	69.706	Sunek	-447.73	-135.04	3.32	0.09	0.36	0.36	3.5	0.95	<GV		314.847	
S309	3	30	25.45	1.41	89.68	142.77	2.18	2.18	61.18	185.83	Sunek	-357.35	-86.78	4.12	0.08	0.26	0.26	3.5	1.18	<GC!		273.78	
S310	3	30	25.45	1.41	84.59	142.77	1.12	1.12	84.59	173.045	Sunek	-357.35	-87.48	4.08	0.06	0.06	0.06	3.5	1.17	<GC!		5.05	
S311	3	30	25.45	1.41	160.53	102.33	1.25	1.25	60.67	173.045	Sunek	-447.73	-177.73	2.52	0.13	0.36	0.36	3.36	0.57	<GV		314.847	
S312	3	30	25.45	1.41	156.05	66.18	4.47	4.47	57.35	31.959	Sunek	-268.28	-133.08	2.02	0.11	0.17	0.17	3.46	0.58	<GV		161.785	
S313	3	30	25.45	1.41	141.67	46.38	5.88	5.88	22.55	183.831	Sunek	-269.43	-164.73	1.64	0.06	0.12	0.12	3.46	0.31	<GV		2.98	
S314	3	30	25.45	1.41	154.85	155.77	1.88	1.88	115.01	70.249	Sunek	-428.08	-140.37	3.05	0.1	0.36	0.36	3.48	0.88	<GV		297.994	
S315	3	30	12.32	1.37	52.69	142.77	0.67	0.67	52.69	42.154	Sunek	-248.2	-54.46	4.56	0.15	0.36	0.36	3.27	1.39	<GC!		195.141	
S316	3	30	12.32	1.37	45.97	142.77	0.59	0.59	45.97	106.509	Sunek	-248.2	-54.46	4.4	0.15	0.36	0.36	3.27	1.34	<GC!		3.6	
S317	3	30	25.45	1.41	159.76	155.77	1.93	1.93	84.07	31.959	Sunek	-428.08	-140.37	3.05	0.1	0.36	0.36	3.5	1.6	>GC X		195.141	
S318	3	30	25.45	1.41	156.2	66.18	4.48	4.48	45.97	103.312	Sunek	-248.2	-54.46	4.56	0.15	0.36	0.36	3.48	0.88	<GV		3.6	
S319	3	30	25.45	1.41	173.21	47.36	7.03	7.03	60.61	185.485	Sunek	-353.51	-190.53	1.86	0.04	0.09	0.09	3.38	0.73	<GV		297.994	
S320	3	30	25.45	1.41	88.76	157.1	1.06	1.06	88.76	71.011	Sunek	-298.54	-81.42	3.67	0.07	0.31	0.31	3.46	0.39	<GV		162.597	
S321	3	30	25.45	1.41	94.21	157.1	1.11	1.11	94.21	63.776	Sunek	-298.54	-101.56	2.94	0.09	0.28	0.28	3.5	0.84	<GV		223.602	
S322	3	30	25.45	1.41	194.95	95.21	3.86	3.86	65.23	176.963	Sunek	-353.51	-177.63	1.99	0.08	0.18	0.18	3.5	0.57	<GV		4.13	
S323	3	25	35.63	1.43	95.02	101.37	1.78	1.78	75.22	40.978	Sunek	-276.43	-96.99	2.85	0.06	0.14	0.14	3.5	0.81	<GV		181.451	
S324	3	25	35.63	1.43	90.64	105.54	1.65	1.65	70.64	45.74	Sunek	-276.43	-88.67	3.12	0.05	0.14	0.14	3.5	0.89	<GV		205.482	
		100	1.43		174.54	174.54	1.78	1.78	43.71	222.711	Sunek	-237.61	-88.38	2.69	0.05	0.14	0.14	3.5	0.77	<GV		3.79	

4'üncü kat kolon performansının hesabı (Probinda)

Kolon	Kat	bx by (cm)	As As/Ac (cm ²)	Nd Ne (kN)	Mr (kN-m)	TMe-kir TMe-kol (kN-m)	KKO	Mr-Az (kN-m)	Vr-ksr (kN)	Kirılma Turu	Etki	Kapasite	r	Nda-Ne /AcFek	V /bwdFet	r(s)	r(r)	Lic	Elenm Kabul	Vd(kN) Vd/Vkat
S401	4	25 150	45.8 1.22	108.926 4.858	109.61	101.37	1.08	109.61	56.764	Sunek	-254.07	-111.8	2.27	0.02	0.12	3.5	0.65	<KV	<GV	171.369 5.64
S402	4	25 150	45.8 1.22	108.926 -5.088	108.7	105.54	1.03	108.7	56.933	Sunek	-254.07	-106.51	2.39	0.02	0.12	3.5	0.68	<KV	<GV	171.369 5.64
S403	4	60 30	25.45 1.41	88.603 -22.511	162.35	47.36	3.43	47.36	22.97	Sunek	-177.78	-204.87	0.87	0.02	0.1	3.5	0.25	<KV	<GV	48.424 1.59
S404	4	30 60	25.45 1.41	108.358 -13.36	77.46	157.1	0.49	77.46	61.971	Sunek	-223.17	-63.35	3.52	0.04	0.27	3.5	1.01	<GC!	<GC!	157.87 5.19
S405	4	30 60	25.45 1.41	108.358 10.975	80.07	157.1	0.51	80.07	64.053	Sunek	-223.17	-94.18	2.37	0.04	0.28	3.5	0.68	<KV	<GV	157.87 5.19
S406	4	60 30	25.45 1.41	88.603 25.126	172.61	95.21	1.81	95.21	46.175	Sunek	-177.78	-130.09	1.37	0.04	0.2	3.5	0.39	<KV	<GV	48.424 1.59
S407	4	50 30	25.45 1.7	95.758 -30.606	130.88	46.38	2.82	46.38	21.03	Sunek	-166.95	-168.45	0.99	0.03	0.11	3.5	0.28	<KV	<GV	77.049 2.53
S408	4	50 30	25.45 1.7	108.966 -4.56	137.43	155.77	0.88	137.43	72.045	Sunek	-298.89	-110.27	2.71	0.05	0.37	3.5	0.77	<KV	<GV	186.431 6.13
S409	4	30 60	25.45 1.41	98.944 9.401	78.89	142.77	0.55	78.89	73.79	Sunek	-242.02	-78.08	3.1	0.04	0.27	3.5	0.89	<KV	<GV	175.697 5.78
S410	4	30 60	25.45 1.41	98.944 -21.621	75.57	142.77	0.53	75.57	60.452	Sunek	-242.02	-76.38	3.17	0.03	0.26	3.5	0.93	<KV	<GV	175.697 5.78
S411	4	50 30	25.45 1.7	108.966 23.034	141.8	155.77	0.91	141.8	73.79	Sunek	-298.89	-168.96	1.77	0.06	0.38	3.5	0.51	<KV	<GV	186.431 6.13
S412	4	50 30	25.45 1.7	95.758 24.352	139.94	66.18	2.11	66.18	30.006	Sunek	-166.95	-102.37	1.63	0.05	0.16	3.5	0.47	<KV	<GV	77.049 2.53
S413	4	50 30	25.45 1.7	96.139 -30.394	130.98	46.38	2.82	46.38	21.044	Sunek	-167.8	-168.33	1	0.03	0.11	3.5	0.28	<KV	<GV	77.563 2.55
S414	4	50 30	25.45 1.7	111.255 0.326	138.58	155.77	0.89	138.58	71.738	Sunek	-281.86	-116.65	2.42	0.05	0.37	3.5	0.69	<KV	<GV	172.576 5.68
S415	4	30 30	12.52 1.37	72.737 16.516	42.56	142.77	0.3	42.56	34.047	Sunek	-164.26	-45.39	3.62	0.07	0.29	3.5	1.03	<GC!	<GC!	125.482 4.13
S416	4	30 30	12.52 1.37	72.737 -24.983	38.1	142.77	0.27	38.1	30.478	Sunek	-164.26	-35.27	4.66	0.04	0.26	3.5	1.33	<GC!	<GC!	125.482 4.13
S417	4	50 30	25.45 1.7	111.255 14.045	140.76	155.77	0.9	140.76	72.608	Sunek	-281.86	-162.69	1.73	0.06	0.38	3.5	0.49	<KV	<GV	172.576 5.68
S418	4	50 30	25.45 1.7	96.139 24.49	140.02	66.18	2.12	66.18	178.485	Sunek	-167.8	-102.67	1.63	0.05	0.16	3.5	0.47	<KV	<GV	77.563 2.55
S419	4	60 30	25.45 1.41	88.932 -22.473	162.43	47.36	3.43	47.36	22.922	Sunek	-181.83	-204.9	0.89	0.02	0.1	3.5	0.25	<KV	<GV	50.488 1.66
S420	4	30 60	25.45 1.41	111.108 -11.479	77.96	157.1	0.5	77.96	62.368	Sunek	-211.84	-65.38	3.24	0.04	0.27	3.5	0.93	<KV	<GV	147.083 4.84
S421	4	30 60	25.45 1.41	111.108 5.236	79.75	157.1	0.51	79.75	63.798	Sunek	-211.84	-92.32	2.29	0.04	0.28	3.5	0.66	<KV	<GV	147.083 4.84
S422	4	60 30	25.45 1.41	88.932 25.182	172.69	95.21	1.81	95.21	46.079	Sunek	-181.83	-130.23	1.4	0.04	0.2	3.5	0.4	<KV	<GV	50.488 1.66
S423	4	25 100	35.63 1.43	97.987 8.994	85.12	101.37	0.84	85.12	47.459	Sunek	-188.66	-89.76	2.1	0.03	0.15	3.5	0.6	<KV	<GV	130 4.28
S424	4	25 100	35.63 1.43	97.987 -5.459	83.9	105.54	0.79	83.9	47.524	Sunek	-188.66	-89.76	2.38	0.02	0.15	3.5	0.44	<KV	<GV	130 4.28
		100	1.43	-5.459	83.9	83.9	1.65	34.91	219.419	Sunek	136.61	80.41	1.7	0.02	0.15	3.5	0.49	<KV	<GV	4.28

KIRIS TABLOSU

- Mevcut Elemanlar - Beton: 15 MPa - Çelik: 220 MPa

- İlk satırda Kiris i-ucu, ikinci satırda j-ucu bilgileri raporlanmaktadır.

- KKO=0 dugum noktasında kolon bulunmadığını göstermektedir.

Kiris Parametreleri:

o Lnet : Kiris net acikligi

o bw/h : Kiris kesit boyutlari

o As-u : Kiris mesnet üst donati alanı

o As-a : Kiris mesnet alt donati alanı

o Mr-u : Kiris mesnetinde üst kenarda çekme yönünde moment kapasitesi

o Mr-a : Kiris mesnetinde alt kenarda çekme yönünde moment kapasitesi

o Vr : Kiris kapasite kesme kuvveti

o Ve : Kiris kapasite kesme kuvveti ile disey yüklerin olusturdugu kesme kuvveti toplami

1'inci kat kiriş performansının hesabı (Probinda)

Kiris	Kat	L-Net	bw/h	As-u	As-a	Mr-u	Mr-a	Vr	KKO	Ve	Vr-kest	Kirilma	Eki	Kapasite	r	(Ro-Ro)	Ve	r/(s)	Uc	Eleman
K101	1	25	6.06	3.39	58.85	34.19	-31.013	2.67	15.111	132.217	Sunek	483.77	40.86	11.84	-0.06	0.09	4	2.96	>GC X	>GC X
K102	1	25	9.96	4.62	95.21	47.36	-34.267	7.93	46.915	132.217	Sunek	483.77	52.18	9.27	0.06	0.28	3.88	2.39	>GC X	>GC X
K103	1	25	11.5	4.62	109.4	47.7	-45.201	1.29	69.506	131.93	Sunek	425.31	71.74	5.93	-0.12	0.01	4	1.48	<GC !	<GC !
K104	1	25	6.88	4.62	67.18	46.69	-55.16	2.4	42.836	131.93	Sunek	407.13	57.55	7.07	-0.15	0.16	4	1.77	>GC X	>GC X
K105	1	25	11.5	4.62	109.4	47.7	-50.177	1.41	72.788	131.93	Sunek	376.06	50.46	7.45	-0.05	0.25	4	1.86	>GC X	>GC X
K107	1	25	6.88	4.62	66.18	46.38	-33.653	6.65	5.062	131.93	Sunek	358.73	69.88	5.13	-0.15	0.03	4	1.28	<GC !	<GC !
K108	1	25	11.5	4.62	108.38	47.39	-55.534	2.15	66.081	131.93	Sunek	447.75	75.32	5.94	-0.05	0.07	4	1.49	<GC !	<GC !
K109	1	25	9.96	4.62	95.71	47.06	-47.589	1.46	80.698	131.07	Sunek	422.54	78.04	5.41	0.15	0.48	3.69	1.47	<GC !	<GC !
K110	1	25	9.96	4.62	95.71	47.06	-57.121	1.36	73.333	131.07	Sunek	539.25	57.94	9.31	-0.15	0.2	4	2.33	>GC X	>GC X
K111	1	25	11.5	4.62	108.38	47.39	-25.322	2.33	32.108	131.07	Sunek	349.97	54.13	6.47	-0.12	0.19	4	1.62	>GC X	>GC X
K112	1	25	6.88	4.62	66.18	46.38	-33.652	5.26	63.07	131.07	Sunek	447.75	37.24	12.02	0.12	0.37	3.76	1.05	<GC !	<GC !
K113	1	25	11.5	4.62	108.38	47.39	-51.468	2.21	39.321	131.07	Sunek	468.52	54.15	8.65	-0.12	0.23	4	2.16	>GC X	>GC X
K114	1	25	9.96	4.62	95.71	47.06	-39.159	0.85	77.986	131.07	Sunek	539.25	97.83	5.51	0.15	0.46	3.69	1.49	<GC !	<GC !
K115	1	25	9.96	4.62	95.71	47.06	-52.293	0.78	21.724	131.07	Sunek	422.54	77.73	5.44	-0.15	0.13	4	1.36	<GC !	<GC !
K116	1	25	11.5	4.62	108.38	47.39	-25.323	2.33	70.936	131.07	Sunek	447.75	37.24	12.02	0.05	0.42	3.9	3.08	>GC X	>GC X
K117	1	25	9.96	4.62	95.21	47.36	-34.239	7.94	80.698	131.07	Sunek	451.1	75.36	5.5	-0.05	0.07	4	1.5	<GC !	<GC !
K118	1	25	11.5	4.62	109.4	47.7	-46.644	1.32	29.363	131.07	Sunek	482.93	60.1	8.04	-0.15	0.17	4	2.01	>GC X	>GC X
K119	1	25	6.88	4.62	67.18	46.69	-53.717	2.16	68.028	131.07	Sunek	350.81	89.78	3.91	0.12	0.4	3.76	1.04	<GC !	<GC !
K120	1	25	11.5	4.62	109.4	47.7	-30.205	1.43	16.317	131.07	Sunek	205.14	56.62	3.62	-0.12	0.1	4	0.91	<GV	<GV
K121	1	25	9.96	4.62	95.21	47.36	-31.013	2.16	60.442	131.07	Sunek	205.14	86.14	2.38	0.12	0.36	3.76	0.63	<GV	<GV
K122	1	25	6.06	3.39	58.85	34.19	-51.013	1.9	35.478	131.07	Sunek	350.81	52.99	6.62	-0.12	0.21	4	1.66	>GC X	>GC X
	300		6.06	3.39	58.85	34.19	-51.013	1.9	74.143	131.07	Sunek	482.93	95.67	5.05	0.15	0.44	3.69	1.37	<GC !	<GC !

3'üncü kat kiriş performansının hesabı (Probina)

Kiris	Kat	bw/h	As-u	As-a	Mr-u	Mr-a	Vr	KKO	Ve	Vr-kst	Kirilma	Eki	Kapasite	r	(Ro-Ro) /RoB	Ve	r(s)	r/r(s)	Uc	Eleman
	L-Net	(cm)	(cm ²)	(cm ²)	(kN-m)	(kN-m)	(kN)		(kN)	(kN)	Turu	(kN-m)	(kN-m)			(AcFct			Kabul	Kabul
K301	300	25	6.06	3.39	58.85	34.19	-31.013	2.27	15.111	132.217	Sunek	350.92	41.22	8.51	-0.06	0.09	4	2.13	>GC X	>GC X
K302	3	25	9.96	4.62	95.21	47.36	-34.679	7.08	46.915	132.217	Sunek	350.92	51.82	6.77	0.06	0.28	3.88	1.74	>GC X	>GC X
K303	3	25	11.5	4.62	109.4	47.7	-43.013	1.05	69.506	131.93	Sunek	294.47	72.93	4.01	-0.12	0.01	4	1.01	<GC!	<GC!
K304	3	25	11.5	4.62	109.4	47.7	-43.013	1.05	69.506	131.93	Sunek	257.36	87.65	2.94	0.15	0.41	3.69	0.79	<GC!	<GC!
K305	3	25	6.88	4.62	67.18	46.69	-57.348	2.27	57.524	131.93	Sunek	274.14	61.52	4.46	0.05	0.34	3.9	1.14	<GC!	<GC!
K306	3	25	11.5	4.62	109.4	47.7	-29.766	1.11	5.062	131.93	Sunek	257.36	69.45	3.71	-0.15	0.03	4	0.93	<GC!	<GC!
K307	3	25	6.88	4.62	66.18	46.38	-34.168	5.87	11.961	131.07	Sunek	312.68	76.84	4.07	-0.05	0.07	4	1.02	<GC!	<GC!
K308	3	25	11.5	4.62	108.38	47.39	-53.038	1.86	80.698	131.07	Sunek	299.27	78.52	3.81	0.15	0.48	3.69	1.03	<GC!	<GC!
K309	3	25	9.96	4.62	95.71	47.06	-47.589	1.18	73.333	131.07	Sunek	333.65	86.37	3.86	0.12	0.43	3.76	1.03	<GC!	<GC!
K310	3	25	9.96	4.62	95.71	47.06	-59.617	1.12	32.108	131.07	Sunek	282.1	54.56	5.17	-0.12	0.19	4	1.29	<GC!	<GC!
K311	3	25	11.5	4.62	108.38	47.39	-24.806	1.94	77.986	131.07	Sunek	378.57	101.21	3.74	0.15	0.46	3.69	1.01	<GC!	<GC!
K312	3	25	6.88	4.62	66.18	46.38	-34.164	4.47	21.724	131.07	Sunek	299.27	77.25	3.87	-0.15	0.13	4	0.97	<GC!	<GC!
K313	3	25	11.5	4.62	108.38	47.39	-44.829	1.88	22.648	131.07	Sunek	336.46	59.92	5.62	-0.15	0.13	4	1.4	<GC!	<GC!
K314	3	25	9.96	4.62	95.71	47.06	-30.136	0.67	7.188	131.07	Sunek	188.62	56.71	3.33	-0.12	0.04	4	0.83	<GC!	<GC!
K315	3	25	9.96	4.62	95.71	47.06	-48.699	0.59	51.313	131.07	Sunek	188.62	86.06	2.19	0.12	0.3	3.76	0.58	<GC!	<GC!
K316	3	25	11.5	4.62	108.38	47.39	-24.81	1.93	32.02	131.07	Sunek	248.59	52.28	4.75	-0.12	0.19	4	1.19	<GC!	<GC!
K317	3	25	9.96	4.62	95.21	47.36	-34.688	7.09	70.685	131.07	Sunek	336.46	95.85	3.51	0.15	0.42	3.69	0.95	<GC!	<GC!
K318	3	25	11.5	4.62	109.4	47.7	-45.217	1.06	21.724	131.07	Sunek	302.32	77.33	3.91	-0.15	0.13	4	0.98	<GC!	<GC!
K319	3	25	6.88	4.62	67.18	46.69	-55.143	1.78	70.936	131.07	Sunek	314.16	35.66	8.81	0.05	0.42	3.9	2.26	>GC X	>GC X
K320	3	25	11.5	4.62	109.4	47.7	-29.757	1.11	69.506	131.93	Sunek	302.85	73.02	4.15	-0.12	0.01	4	1.04	<GC!	<GC!
K321	3	25	9.96	4.62	95.21	47.36	-31.013	3.86	27.572	131.93	Sunek	253.64	56.16	4.52	-0.15	0.16	4	1.13	<GC!	<GC!
K322	300	25	6.06	3.39	58.85	34.19	-31.013	1.78	57.524	131.93	Sunek	136.25	64.84	2.1	0.05	0.34	3.9	0.54	<GC!	<GC!
K323	3	25	6.88	4.62	67.18	46.69	-55.143	1.65	42.836	131.93	Sunek	136.25	49.03	2.78	-0.15	0.25	4	0.69	<GC!	<GC!
K324	3	25	11.5	4.62	109.4	47.7	-29.757	1.11	72.788	131.93	Sunek	253.64	100.94	2.51	0.15	0.43	3.69	0.68	<GC!	<GC!
K325	3	25	9.96	4.62	95.21	47.36	-31.013	3.86	5.062	131.93	Sunek	257.36	69.45	3.88	-0.15	0.03	4	0.97	<GC!	<GC!
K326	3	25	6.06	3.39	58.85	34.19	-31.013	1.78	14.144	132.217	Sunek	302.85	69.55	4.35	0.12	0.39	3.76	1.16	<GC!	<GC!
K327	300	25	6.06	3.39	58.85	34.19	-31.013	1.65	47.882	132.217	Sunek	332.71	51.64	6.44	0.06	0.28	3.88	1.66	>GC X	>GC X

Bina performans kontrolü (Probina)

Kat	Eleman	Toplam Eleman (Adet)	Sağlamayan Eleman (Adet)	Sağlamayan Eleman (%)	V toplam (kN)	V sağlamayan (kN)	V sağlamayan (%)	Limit (%)
1	Kolonlar:	24	23	95.83	7859.441	7612.985	96.86	> 20.00 !
	Kirisler:	20	18	90				> 30.00 !
2	Kolonlar:	24	11	45.83	7075.503	3595.479	50.81	> 20.00 !
	Kirisler:	20	19	95				> 30.00 !
3	Kolonlar:	24	6	25	5419.811	1403.737	25.9	> 20.00 !
	Kirisler:	20	18	90				> 30.00 !
4	Kolonlar:	24	3	12.5	3039.622	408.829	13.45	< 40.00
	Kirisler:	20	3	15				< 30.00

1'inci kat kolon performansının hesabı (Bu çalışma)

Kolon	Kat	b_x b_y (cm)	A_c A_s/A_c (cm ²)	$N_{i,c}$ $N_{i,c}$ (kN)	$M_{i,c}$ $\Sigma M_{i,c}$ (kN-m)	ΣM_{b0} $\Sigma M_{k,c}$ (kN-m)	KKO	M_{b0} M_{b0} (kN-m)	V_c V_c (kN)	Kırılma türü	Etki	Kapasite	r	$N_{pct+N_{te}}$ $/A_c \cdot f_{cm}$	V_c $/b_w \cdot d \cdot f_{cm}$	(r_d)	$(\tau_{r,d})$	Uç perf.	Eleman perf.	V_f (kN) $V_f/V_{f,lim}$
S101	1	25.0	45.80	439.530	140.33	100.09	2.72	41.26	72.636	Sunek	-316.18	-141.74	2.23	0.09	0.16	3.50	0.64	<GV	<GC!	344.201 4.38
S102	1	25.0	45.80	439.530	130.40	103.71	2.41	42.75	69.261	Sunek	-316.18	-128.99	2.45	0.06	0.15	3.50	0.70	<GV	<GC!	344.201 4.38
S103	1	60.0	25.45	340.280	193.47	45.18	8.25	10.09	81.422	Sunek	-72.22	-211.80	4.24	0.08	0.35	3.50	0.10	<GV	<GC!	417.509 5.31
S104	1	30.0	25.45	421.410	106.50	153.81	1.33	64.43	68.372	Sunek	-290.81	-100.13	2.90	0.14	0.30	3.29	0.88	<GV	<GC!	283.198 3.60
S105	1	30.0	25.45	421.410	116.46	153.81	1.46	64.43	182.361	Sunek	-290.81	-122.83	2.37	0.19	0.32	3.05	0.78	<GV	<GC!	283.198 3.60
S106	1	60.0	25.45	340.280	226.70	94.52	4.66	21.11	99.122	Sunek	-72.22	-208.37	0.35	0.17	0.42	3.16	0.11	<GV	>GC X	417.509 5.31
S107	1	50.0	25.45	392.380	158.82	45.18	6.86	15.15	69.588	Sunek	-127.96	-179.18	0.71	0.12	0.36	3.42	0.21	<GV	>GC X	297.887 3.79
S108	1	50.0	25.45	476.370	173.92	153.81	2.18	61.11	184.590	Sunek	-346.07	-159.91	2.16	0.18	0.49	3.08	0.70	<GV	>GC X	437.651 5.57
S109	1	30.0	25.45	376.600	108.42	139.70	1.49	58.29	191.569	Sunek	-321.00	-107.82	2.98	0.15	0.30	3.25	0.92	<GV	<GC!	301.139 3.83
S110	1	30.0	25.45	376.600	101.02	139.70	1.40	58.29	63.725	Sunek	-321.00	-101.62	3.16	0.12	0.28	3.41	0.93	<GV	<GC!	301.139 3.83
S111	1	50.0	25.45	476.370	189.36	153.81	2.39	61.11	100.189	Sunek	-346.07	-203.37	1.70	0.27	0.52	2.67	0.64	<GV	<GC!	437.651 5.57
S112	1	50.0	25.45	392.380	180.62	153.81	2.39	22.23	81.141	Sunek	-127.96	-160.26	0.80	0.22	0.42	2.91	0.27	<GV	<GC!	297.887 3.79
S113	1	50.0	25.45	394.600	159.08	45.18	6.87	15.12	69.680	Sunek	-128.93	-179.47	0.72	0.12	0.36	3.42	0.21	<GV	<GC!	299.005 3.80
S114	1	50.0	25.45	394.600	178.54	310.33	0.00	159.08	184.702	Sunek	-322.37	-165.33	1.95	0.21	0.49	2.96	0.66	<GV	>GC X	423.022 5.38
S115	1	30.0	12.32	360.970	62.92	139.70	0.84	62.92	50.336	Sunek	-224.87	-64.14	3.51	0.31	0.45	2.47	1.42	<GC!	>GC X	192.070 2.44
S116	1	30.0	12.32	360.970	59.18	139.70	0.84	59.18	115.829	Sunek	-224.87	-63.66	4.01	0.31	0.45	2.47	1.63	>GC X	>GC X	192.070 2.44
S117	1	50.0	25.45	394.600	189.21	153.81	2.40	60.52	99.894	Sunek	-322.37	-202.42	1.59	0.27	0.52	2.67	0.60	<GV	<GC!	423.022 5.38
S118	1	50.0	25.45	394.600	180.82	66.30	5.29	22.19	47.344	Sunek	-224.87	-57.96	3.88	0.21	0.42	2.93	1.49	>GC X	>GC X	192.070 2.44
S119	1	60.0	25.45	341.520	193.71	45.18	8.27	9.68	195.082	Sunek	-72.45	-212.03	0.34	0.08	0.35	3.50	0.10	<GV	<GC!	299.005 3.80
S120	1	30.0	1.41	-123.629	373.42	0.00	0.00	193.71	220.551	Sunek	994.49	204.38	4.87	0.08	0.35	3.50	1.39	<GC!	<GC!	421.873 5.37
S121	1	60.0	25.45	450.180	108.58	153.81	1.35	63.60	68.870	Sunek	-262.19	-102.71	2.55	0.15	0.31	3.25	0.79	<GV	<GC!	265.992 3.38
S122	1	60.0	25.45	450.180	117.66	153.81	1.48	59.12	183.413	Sunek	-262.19	-102.71	2.55	0.15	0.31	3.25	1.18	<GV	<GC!	265.992 3.38
S123	1	25.0	35.63	406.980	113.80	100.09	2.19	41.10	70.710	Sunek	-232.19	-123.53	1.88	0.20	0.32	3.02	0.62	<GV	<GC!	421.873 5.37
S124	1	25.0	35.63	406.980	103.86	103.71	1.91	42.59	188.612	Sunek	-232.19	-123.53	1.88	0.20	0.32	3.02	1.10	<GV	<GC!	265.992 3.38
		100.0	1.43	-73.917	198.48	0.00	0.00	113.80	61.961	Sunek	-235.69	-116.25	2.03	0.12	0.20	3.39	0.60	<GV	<GC!	421.873 5.37
		25.0	35.63	406.980	103.86	103.71	1.91	42.59	234.378	Sunek	-235.69	-116.25	2.03	0.12	0.20	3.39	0.97	<GV	<GC!	246.466 3.14
		100.0	1.43	-73.917	198.48	0.00	0.00	103.86	58.579	Sunek	-235.69	-101.41	2.32	0.09	0.19	3.50	0.66	<GV	<GC!	246.466 3.14

3'üncü kat kolon performansının hesabı (Bu çalışma)

Kolon Kat	b_x b_y (cm)	A_s A_s/A_c (cm ²)	N_{bc} N_{bc} (kN)	M_{bc} M_{bc} (kN-m)	ΣM_{bc} ΣM_{bc} (kN-m)	KKO	M_{bc} M_{bc} (kN-m)	V_c V_c (kN)	Kırtlama türü	Etki	Kapasite	r	$N_{bc}+N_{bc}$ $A_c f_{cm}$	V_c $f_{bc} d f_{cm}$	(τ_s)	(τ_s)	Uç perf.	Eleman perf.	V_c (kN) V_c/A_{bc}
S301	3	25.0	45.80	220.070	119.90	100.09	2.31	68.20	Sunek	-373.90	-119.94	3.12	0.04	0.10	3.50	0.89	<GV	274.499	
S302	3	25.0	45.80	220.070	115.98	103.71	2.14	41.00	Sunek	312.96	120.25	2.60	0.04	0.10	3.50	0.92	<GV	5.06	
S303	3	60.0	25.45	172.920	173.69	45.18	7.34	35.58	Sunek	-345.53	-188.91	1.83	0.04	0.08	3.50	0.52	<GV	274.499	
S304	3	30.0	1.41	-56.256	172.920	331.40	7.81	12.88	Sunek	120.79	191.04	0.63	0.04	0.08	3.50	0.18	<GV	5.06	
S305	3	30.0	25.45	211.560	87.69	153.81	1.08	87.69	Sunek	-320.10	-80.49	3.98	0.07	0.31	3.50	1.14	<GC!	176.798	
S306	3	60.0	25.45	172.920	195.32	94.52	3.92	74.43	Sunek	320.10	101.01	3.17	0.09	0.28	3.50	0.91	<GV	242.334	
S307	3	50.0	25.45	194.410	141.94	370.23	4.33	26.94	Sunek	285.96	101.26	2.82	0.09	0.28	3.50	0.81	<GV	4.47	
S308	3	50.0	25.45	229.990	154.44	153.81	1.87	111.67	Sunek	-447.73	-140.02	3.20	0.09	0.36	3.50	0.91	<GV	314.847	
S309	3	30.0	25.45	195.480	89.67	139.70	1.20	89.67	Sunek	341.13	139.46	2.45	0.09	0.36	3.50	0.70	<GV	5.81	
S310	3	30.0	25.45	195.480	84.52	139.70	1.16	84.52	Sunek	-357.35	-86.87	4.11	0.06	0.26	3.50	1.18	<GC!	273.780	
S311	3	50.0	25.45	229.990	161.67	153.81	1.99	111.67	Sunek	327.24	86.58	3.78	0.06	0.26	3.50	1.08	<GC!	314.847	
S312	3	50.0	25.45	293.340	150.02	66.30	4.49	57.45	Sunek	-268.28	-130.67	2.05	0.15	0.17	3.24	0.63	<GV	161.785	
S313	3	50.0	25.45	195.740	142.18	45.18	6.03	39.12	Sunek	269.43	-161.62	1.67	0.06	0.11	3.50	0.48	<GV	162.598	
S314	3	50.0	25.45	242.260	155.99	153.81	1.87	113.56	Sunek	-428.08	-143.90	2.97	0.10	0.36	3.48	0.85	<GV	297.995	
S315	3	30.0	12.32	165.230	52.79	139.70	0.67	52.79	Sunek	248.20	-54.30	4.57	0.14	0.38	3.28	1.40	<GV	195.142	
S316	3	30.0	12.32	165.230	45.96	139.70	0.64	45.96	Sunek	239.67	54.32	4.41	0.14	0.38	3.28	1.35	<GC!	3.60	
S317	3	50.0	25.45	242.260	160.96	153.81	1.99	113.56	Sunek	-428.08	-173.05	2.47	0.13	0.36	3.37	0.73	<GV	195.142	
S318	3	50.0	25.45	195.740	157.17	66.30	4.49	57.40	Sunek	269.43	-137.73	1.96	0.11	0.17	3.46	0.57	<GV	297.995	
S319	3	60.0	25.45	173.730	173.87	45.18	7.34	35.69	Sunek	-353.52	-189.14	1.87	0.04	0.08	3.50	0.53	<GV	162.598	
S320	3	30.0	1.41	-56.228	173.87	331.66	7.82	12.92	Sunek	124.80	191.26	0.65	0.04	0.08	3.50	0.19	<GV	3.00	
S321	3	60.0	25.45	223.560	88.88	153.81	1.08	88.88	Sunek	-298.54	-82.54	3.62	0.07	0.32	3.50	1.03	<GC!	223.603	
S322	3	60.0	25.45	173.730	195.50	94.52	3.90	74.67	Sunek	260.77	82.27	3.17	0.07	0.32	3.50	0.91	<GV	4.13	
S323	3	25.0	35.63	202.310	94.89	100.09	1.81	66.99	Sunek	-298.54	-100.65	2.97	0.09	0.28	3.50	0.85	<GV	223.603	
S324	3	25.0	35.63	202.310	90.68	103.71	1.66	69.41	Sunek	260.77	100.92	2.58	0.09	0.28	3.50	0.74	<GV	4.13	
		100.0	1.43	-28.892	103.71	171.77	1.79	42.96	Sunek	-353.52	-180.23	1.96	0.08	0.17	3.50	0.56	<GV	181.452	
		100.0	1.43	-28.892	103.71	171.77	1.79	42.96	Sunek	353.52	180.23	1.96	0.08	0.17	3.50	0.20	<GV	3.35	
		100.0	1.43	-28.892	103.71	171.77	1.79	42.96	Sunek	-276.43	-88.89	3.11	0.05	0.15	3.50	0.82	<GV	205.484	
		100.0	1.43	-28.892	103.71	171.77	1.79	42.96	Sunek	276.43	88.89	3.11	0.05	0.15	3.50	0.70	<GV	3.79	
		100.0	1.43	-28.892	103.71	171.77	1.79	42.96	Sunek	237.61	88.65	2.68	0.05	0.15	3.50	0.77	<GV	205.484	
		100.0	1.43	-28.892	103.71	171.77	1.79	42.96	Sunek	-237.61	-88.65	2.68	0.05	0.15	3.50	0.77	<GV	3.79	

Bina performans kontrolü (Bu çalışma)

Kat	Eleman	Toplam Eleman (Adet)	Sağlamayan Eleman (Adet)	Sağlamayan Eleman (%)	V toplam (kN)	V sağlamayan (kN)	V sağlamayan (%)	Limit (%)
1	Kolonlar:	24	23	95.83	7860.026	7613.560	96.86	>20.00!
	Kirisler:	20	18	90.00				>30.00!
2	Kolonlar:	24	11	45.83	7076.486	3595.641	50.81	>20.00!
	Kirisler:	20	19	95.00				>30.00!
3	Kolonlar:	24	6	25.00	5420.634	1403.781	25.90	>20.00!
	Kirisler:	20	18	90.00				>30.00!
4	Kolonlar:	24	2	8.33	3040.038	125.482	4.13	<40.00
	Kirisler:	20	4	20.00				<30.00

Ek-4: Her İki Programın + Y Deprem Yönü Bina Performans Analiz Sonuçları

1'inci kat kolon performansının hesabı (Probrina)

Kolon	Kat	bx (cm)	by (cm)	As (cm ²)	Nd (kN)	Mr (kN-m)	Tm-kir (kN-m)	Kko	Mf-Az (kN-m)	Ve (kN-kst)	Kirılma Turu	Etki	Kapasite	r	Nd+Ne /AcFck	V /bwdFct	r(s)	r(r)	Uc Kabul	Elenim Kabul	Vd (kN) Vd/Vkat
S101	1	25	45.8	439.529	919.11	66.18	1783.62	27	32.82	380.77	Sunek	2069.8	972.84	2.13	0.09	0.79	3.29	0.65	<GC X	1643.03	
S102	1	25	45.8	439.529	919.11	66.18	1783.62	27	32.82	442.85	Sunek	2069.8	972.84	6.83	0.09	0.79	3.29	2.08	>GC X	20.77	
S103	1	60	25.45	340.288	1106.62	67.18	1783.62	3.16	16.52	50.854	Sunek	-51.58	-97.67	6.83	0.09	0.79	3.29	2.08	>GC X	1643.03	
S104	1	30	25.45	421.417	233.12	67.18	450.44	6.7	8.55	96.666	Sunek	182.41	102.81	1.77	0.16	0.22	3.19	0.17	<GV	93.508	
S105	1	30	25.45	421.417	233.12	67.18	450.44	6.7	8.55	96.666	Sunek	575.52	257.53	0.17	0.19	0.42	3.04	0.06	<GV	216.534	
S106	1	30	25.45	340.288	1106.62	67.18	1783.62	3.16	16.52	50.854	Sunek	575.52	257.53	2.63	0.19	0.42	3.04	0.06	<GV	216.534	
S107	1	30	25.45	392.375	111.38	150.04	1.44	1.44	52.7	65.634	Sunek	-164.03	-120.25	1.36	0.25	0.34	2.75	0.5	<GV	153.862	
S108	1	30	25.45	476.335	113.74	150.04	1.48	1.48	53.16	66.758	Sunek	-176.19	-123.24	1.43	0.29	0.35	2.57	0.56	<GV	163.681	
S109	1	30	25.45	376.606	236.19	148.67	3.07	3.07	34.61	108.321	Sunek	-179.15	-248.51	0.72	0.2	0.47	2.99	0.24	<GV	350.924	
S110	1	30	25.45	376.606	236.19	148.67	3.07	3.07	34.61	108.321	Sunek	699.35	243.56	2.87	0.2	0.47	2.99	0.96	<GV	4.44	
S111	1	30	25.45	168.786	113.74	150.04	2.22	2.22	236.19	235.624	Sunek	-179.15	-248.51	0.72	0.2	0.47	2.99	0.24	<GV	350.924	
S112	1	30	25.45	476.335	113.74	150.04	1.48	1.48	53.16	66.758	Sunek	-176.19	-123.24	1.43	0.29	0.35	2.57	0.56	<GV	163.681	
S113	1	30	25.45	394.602	92.09	150.04	1.19	1.19	52.7	65.634	Sunek	-164.03	-120.25	1.36	0.25	0.34	2.75	0.5	<GV	153.862	
S114	1	30	25.45	505.43	102.44	150.04	1.32	1.32	53.16	62.241	Sunek	-164.03	-120.25	1.36	0.25	0.34	2.75	0.5	<GV	153.862	
S115	1	30	12.32	360.978	53.11	148.67	0.68	0.68	53.11	42.485	Sunek	-158.59	-44.07	3.6	0.15	0.37	3.25	1.11	<GC !	132.201	
S116	1	30	12.32	360.978	53.11	148.67	0.68	0.68	53.11	42.485	Sunek	171.92	47.65	3.61	0.15	0.37	3.25	1.11	<GC !	1.67	
S117	1	30	25.45	505.43	102.44	150.04	1.32	1.32	53.16	62.241	Sunek	-176.05	-91.88	1.92	0.17	0.32	3.16	0.61	<GV	163.592	
S118	1	30	25.45	394.602	92.09	150.04	1.19	1.19	52.7	65.634	Sunek	-164.03	-120.25	1.36	0.25	0.34	2.75	0.5	<GV	2.07	
S119	1	30	25.45	341.535	90.81	46.69	3.78	3.78	90.81	175.564	Sunek	182.42	98.66	1.85	0.08	0.18	3.5	0.53	<GV	93.516	
S120	1	30	25.45	450.195	207.97	46.69	8.66	8.66	90.81	175.564	Sunek	575.32	223.54	2.57	0.12	0.37	3.42	0.77	<GV	216.315	
S121	1	30	25.45	450.195	207.97	46.69	8.66	8.66	90.81	175.564	Sunek	575.32	223.54	2.57	0.12	0.37	3.42	0.77	<GV	216.315	
S122	1	60	25.45	341.535	90.81	46.69	3.78	3.78	11.48	40.914	Sunek	-51.59	-103.67	0.5	0.08	0.18	3.5	0.53	<GV	163.592	
S123	1	25	35.63	406.996	443.69	46.38	18.6	18.6	20.59	185.711	Sunek	532.86	400.09	1.33	0.09	0.58	3.5	0.38	<GV	93.516	
S124	1	25	35.63	406.996	443.69	46.38	18.6	18.6	20.59	185.711	Sunek	532.86	400.09	1.33	0.09	0.58	3.5	0.38	<GV	93.516	
		100	1.43	-85.671	443.69	46.38	18.6	18.6	443.69	289.948	Sunek	1943.14	467.42	4.16	0.09	0.58	3.5	1.19	<GC !	569.963	
		100	1.43	-85.671	443.69	46.38	18.6	18.6	443.69	289.948	Sunek	1943.14	467.42	4.16	0.09	0.58	3.5	1.19	<GC !	569.963	

3'üncü kat kolon performansının hesabı (Probrina)

Kolon	Kat	bx (cm)	by (cm)	As (cm ²)	As/Ac	Nd (kN)	Mr (kN-m)	TMr-kir (kN-m)	KKO	Mr-Az (kN-m)	Ve (kN)	Kiriş Turu	Etki	Kapasite	r	Nd+Ne /AcFek	V /bwdFct	r(s)	r/r(s)	Uc Kabul	Elemm Kabul	Vd (kN) Vd/Vkat
S301	3	25	45.8	801.19	220.07	66.18	23.2	1535.47	25.2	40.02	28.432	Sunek	-1512.9	-756.31	2	0.05	0.06	3.5	0.57	<GV	<GV	635.861 1.1.19
S302	3	25	45.8	801.19	220.07	66.18	23.2	1535.47	25.2	40.02	28.432	Sunek	-1512.9	-756.31	2	0.05	0.06	3.5	0.57	<GV	<GV	635.861 1.1.19
S303	3	60	25.45	90.56	172.924	67.18	2.52	169.58	2.86	39.56	28.326	Sunek	-134.48	-78.96	1.7	0.08	0.12	3.5	0.49	<GV	<GV	100.476 1.77
S304	3	30	25.45	200	211.565	67.18	5.59	375.76	6.21	51.03	32.396	Sunek	-247.21	-178.67	1.38	0.1	0.14	3.5	0.4	<GV	<GV	159.645 2.81
S305	3	30	25.45	200	211.565	67.18	5.59	375.76	6.21	51.03	32.396	Sunek	-247.21	-178.67	1.38	0.1	0.14	3.5	0.4	<GV	<GV	159.645 2.81
S306	3	30	25.45	90.56	172.924	67.18	2.52	169.58	2.86	39.56	28.326	Sunek	-134.48	-78.96	1.7	0.08	0.12	3.5	0.49	<GV	<GV	100.476 1.77
S307	3	50	25.45	93.46	194.405	150.04	1.15	150.04	1.15	93.46	66.015	Sunek	-267.29	-102.46	2.61	0.12	0.34	3.41	0.76	<GV	<GV	211.309 3.72
S308	3	50	25.45	96.47	229.967	150.04	1.17	176.22	1.37	96.47	67.298	Sunek	-285.46	-106.48	2.68	0.13	0.35	3.34	0.8	<GV	<GV	226.13 3.98
S309	3	30	25.45	202.02	195.484	148.67	2.55	148.67	2.55	90.24	63.408	Sunek	-482.34	-208.03	2.32	0.1	0.27	3.5	0.66	<GV	<GV	358.758 6.31
S310	3	30	25.45	202.02	195.484	148.67	2.55	148.67	2.55	90.24	63.408	Sunek	-482.34	-208.03	2.32	0.1	0.27	3.5	0.66	<GV	<GV	358.758 6.31
S311	3	50	25.45	96.47	229.967	150.04	1.17	176.22	1.37	96.47	67.298	Sunek	-285.46	-106.48	2.68	0.13	0.35	3.34	0.8	<GV	<GV	226.13 3.98
S312	3	50	25.45	93.46	194.405	150.04	1.15	150.04	1.15	93.46	66.015	Sunek	-267.29	-102.46	2.61	0.12	0.34	3.41	0.76	<GV	<GV	211.309 3.72
S313	3	50	25.45	80.48	195.739	171.8	1.32	171.8	1.32	80.48	64.381	Sunek	-267.32	-103.05	2.53	0.12	0.34	3.41	0.74	<GV	<GV	211.332 3.72
S314	3	50	25.45	86.2	242.24	150.04	1.08	162.67	1.21	86.2	63.181	Sunek	-284.97	-75.38	3.78	0.08	0.33	3.5	1.08	<GC!	<GC!	225.751 3.97
S315	3	30	12.32	42.91	165.231	148.67	0.54	148.67	0.54	42.91	34.33	Sunek	-242.02	-31.14	7.77	0.07	0.3	3.5	2.22	>GC X	>GC X	193.764 3.41
S316	3	30	12.32	42.91	165.231	148.67	0.54	148.67	0.54	42.91	34.33	Sunek	-242.02	-31.14	7.77	0.07	0.3	3.5	2.22	>GC X	>GC X	193.764 3.41
S317	3	50	25.45	86.2	242.24	150.04	1.08	162.67	1.21	86.2	63.181	Sunek	-284.97	-75.38	3.78	0.08	0.33	3.5	1.08	<GC!	<GC!	225.751 3.97
S318	3	50	25.45	80.48	195.739	150.04	1.03	150.04	1.03	80.48	64.381	Sunek	-267.32	-103.05	2.53	0.12	0.34	3.5	1.05	<GC!	<GC!	211.332 3.72
S319	3	60	25.45	80.07	173.756	154.62	3.55	154.62	3.55	21.72	171.241	Sunek	-134.52	-92.05	1.46	0.04	0.08	3.5	0.42	<GV	<GV	100.502 1.77
S320	3	30	25.45	182.21	223.562	46.69	7.47	348.92	8.11	35.55	22.543	Sunek	-246.46	-207.2	1.19	0.06	0.1	3.5	0.34	<GV	<GV	159.022 2.8
S321	3	30	25.45	182.21	223.562	46.69	7.47	348.92	8.11	35.55	22.543	Sunek	-246.46	-207.2	1.19	0.06	0.1	3.5	0.34	<GV	<GV	159.022 2.8
S322	3	60	25.45	80.07	173.756	154.62	3.55	154.62	3.55	21.72	171.241	Sunek	-134.52	-92.05	1.46	0.04	0.08	3.5	0.42	<GV	<GV	100.502 1.77
S323	3	25	35.63	396.12	202.315	46.38	16.5	766.6	17.6	20.4	282.47	Sunek	-535.03	-437.52	1.22	0.04	0.07	3.5	0.35	<GV	<GV	258.283 4.55
S324	3	25	35.63	396.12	202.315	46.38	16.5	766.6	17.6	20.4	282.47	Sunek	-535.03	-437.52	1.22	0.04	0.07	3.5	0.35	<GV	<GV	258.283 4.55

4'üncü kat kiriş performansının hesabı (Probrina)

Kiriş	Kat	L-Net	bw/h	As-rt	As-a	Mf-u	Mf-a	V	KKO	Vc	Vr	Kirişma	Etki	Kapasite	r	(Ro-Ro)	Vc	r/s	r/r(s)	Uc	Eleman
			(cm)	(cm ²)	(cm ²)	(kN-m)	(kN-m)	(kN)		(kN)	(kN)	Turu	(kN-m)	(kN-m)		/RoB	/AcFct			Kabul	Kabul
K421	4	25	6.88	4.62	67.18	46.69	-20.94	1.6	12.788	131.93	Sunek	170.77	66.41	2.57	-0.05	0.08	4	0.64	<GV	<GV	
K422	4	25	10.68	4.62	102.52	47.52	-39.713	0.5	55.656	131.93	Sunek	145.58	82.38	1.77	0.13	0.33	3.73	0.47	<GV	<GV	
K423	4	25	10.68	4.62	102.52	47.52	-20.932	0.52	49.758	131.93	Sunek	152.4	57.82	2.64	-0.13	0.16	4	0.66	<GV	<GV	
K424	4	25	10.68	4.62	102.52	47.52	-20.932	1.18	14.004	131.93	Sunek	145.5	68.32	2.13	-0.13	0.08	4	0.53	<GV	<GV	
K425	4	25	6.88	4.62	67.18	46.69	-25.099	0.51	54.441	131.93	Sunek	170.69	48.26	3.54	0.05	0.32	3.9	0.91	<GV	<GV	
K426	4	25	10.68	4.62	102.52	47.52	-39.388	0.53	13.762	131.93	Sunek	180.85	84.43	2.14	-0.05	0.08	4	0.79	<GV	<GV	
K427	4	25	10.68	4.62	102.52	47.52	-20.555	0.53	29.682	131.93	Sunek	140.8	55.99	2.51	-0.13	0.18	4	0.63	<GV	<GV	
K428	4	25	10.68	4.62	102.52	47.52	-17.133	2.62	49.03	131.93	Sunek	140.35	92.94	1.51	0.13	0.29	3.73	0.4	<GV	<GV	
K429	4	25	6.88	4.62	67.18	46.69	-52.059	0.25	58.794	131.93	Sunek	182.5	66.95	2.73	-0.13	0.09	4	0.68	<GV	<GC !	
K430	4	25	6.88	4.62	67.18	46.69	-19.14	7.99	24.483	131.07	Sunek	233.41	80.55	2.9	-0.05	0.14	4	0.72	<GV	<GV	
K431	4	25	10.68	4.62	101.26	47.42	-52.059	0.25	54.847	131.07	Sunek	160.34	86.58	1.85	0.13	0.32	3.73	0.5	<GV	<GV	
K432	4	25	10.68	4.62	101.26	47.42	-19.14	1.19	66.205	131.643	Sunek	101.4	52.63	1.93	-0.13	0.28	4	0.48	<GV	<GV	
K433	4	25	6.88	4.62	67.18	46.69	-25.099	0.51	26.14	131.643	Sunek	220.28	88.56	2.49	0.13	0.39	3.73	0.67	<GV	<GV	
K434	4	25	10.68	4.62	102.52	47.52	-39.388	1.19	59.271	131.643	Sunek	325.82	68.92	4.73	-0.13	0.15	4	1.18	<GC !	>GC X	
K435	4	25	6.88	4.62	67.18	46.69	-20.555	0.53	49.03	131.93	Sunek	182.5	66.95	2.73	-0.13	0.09	4	0.68	<GV	<GC !	
K436	4	25	10.68	4.62	102.52	47.52	-20.94	1.6	12.788	131.93	Sunek	170.77	66.41	2.57	-0.05	0.08	4	0.64	<GV	<GV	
K437	4	25	10.68	4.62	102.52	47.52	-39.713	0.5	55.656	131.93	Sunek	145.58	82.38	1.77	0.13	0.33	3.73	0.47	<GV	<GV	
K438	4	25	10.68	4.62	102.52	47.52	-20.932	0.52	27.332	131.93	Sunek	152.4	57.82	2.64	-0.13	0.16	4	0.66	<GV	<GV	
									49.758	131.93	Sunek	152.4	93	1.64	0.13	0.29	3.73	0.44	<GV	<GV	
									14.004	131.93	Sunek	145.5	68.32	2.13	-0.13	0.08	4	0.53	<GV	<GV	
									54.441	131.93	Sunek	170.69	48.26	3.54	0.05	0.32	3.9	0.91	<GV	<GV	

Bina performans kontrolü (Probina)

Kat	Eleman	Toplam Eleman (Adet)	Sağlamayan Eleman (Adet)	Sağlamayan Eleman (%)	V toplam (kN)	V sağlamayan (kN)	V sağlamayan (%)	Limit (%)
1	Kolonlar: Kirisler:	24 18	6 12	25 66.67	7909.999	4690.396	59.3	> 20.00 ! > 30.00 !
2	Kolonlar: Kirisler:	24 18	6 18	25 100	7233.102	1395.916	19.3	< 20.00 > 30.00 !
3	Kolonlar: Kirisler:	24 18	6 14	25 77.78	5681.664	1261.693	22.21	> 20.00 ! > 30.00 !
4	Kolonlar: Kirisler:	24 18	6 4	25 22.22	3079.693	1077.072	34.97	< 40.00 < 30.00

Bina performans kontrolü (Bu çalışma)

Kat	Eleman	Toplam Eleman (Adet)	Sağlamayan Eleman (Adet)	Sağlamayan Eleman (%)	V toplam (kN)	V sağlamayan (kN)	V sağlamayan (%)	Limit (%)
1	Kolonlar:	24	6	25.00	7910.038	4690.440	59.30	>20.00!
	Kirisler:	18	14	77.78				>30.00!
2	Kolonlar:	24	6	25.00	7233.154	1395.924	19.30	<20.00
	Kirisler:	18	18	100.00				>30.00!
3	Kolonlar:	24	6	25.00	5681.690	1261.700	22.21	>20.00!
	Kirisler:	18	14	77.78				>30.00!
4	Kolonlar:	24	6	25.00	3786.254	1077.070	28.45	<40.00
	Kirisler:	18	4	22.22				<30.00

ÖZGEÇMİŞ

Şerafettin SAĞLAM, 1984 yılında Isparta'da doğdu. İlköğretim ve lise öğrenimini Isparta'da tamamladı. 2004 yılında girdiği Antalya Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2008 yılında İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. 2010 yılında Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansına başladı. Çeşitli iş yerlerinde çalıştıktan sonra 2009 yılından beri BST Mühendislik Proje İnşaat Taahhüt Yatçılık Tic. Ltd. Şti.'de İnşaat Mühendisi olarak görev yapmaktadır.