



**MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DEPREM ETKİSİNDEKİ BETONARME YAPILARIN
ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ**

Mehmet YILDIRIM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Antakya / HATAY
Nisan-2008**

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEPREM ETKİSİNDEKİ BETONARME YAPILARIN
ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ**

Mehmet YILDIRIM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Yrd. Doç. Dr. Murat BİKÇE danışmanlığında hazırlanan bu tez 29/04/ 2008 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Yrd.Doç.Dr.Murat BİKÇE Yrd.Doç.Dr.Hakan T. Türker Yrd.Doç.Dr.Ersin ÖZDEMİR
Başkan Üye Üye

Bu tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Necat AĞCA
Enstitü Müdürü

Bu çalışma **MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu**. tarafından desteklenmiştir.
Proje No: 06 M 0604

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	7
3.1. Materyal.....	7
3.2. Yöntem.....	7
3.2.1. Deprem Hesabına Ait Genel İlke ve Kurallar.....	8
3.2.2. Eş Değer Deprem Yüğü Yöntemi.....	9
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	
4.1. 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Performansının Değerlendirilmesi.....	10
4.1.1. Binalardan Bilgi Toplanması.....	10
4.1.1.1. Binalardan Toplanacak Bilginin Kapsamı.....	10
4.1.1.2. Bilgi Düzeyleri.....	10
4.1.1.3. Mevcut Malzeme Dayanımı.....	11
4.1.1.4. Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi.....	11
4.1.1.5. Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi.....	11
4.1.1.6. Betonarme Binalarda Sınırlı Kapsamlı Düzeyi.....	13
4.1.1.7. Bilgi Düzeyi Katsayıları	13
4.1.1.8. Bilgi Düzeyi Katsayıları	13
4.1.2. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri.....	13
4.1.3. Bina Performansının Belirlenmesi.....	14
4.1.3.1. Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi.....	14
4.1.3.2. Betonarme Binaların Yapı Elemanlarında Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi.....	15
4.1.3.3. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü.....	22

4.1.4. Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi.....	22
4.1.5. Betonarme Binaların Deprem Performansı.....	23
4.1.5.1. Hemen Kullanım Performans Düzeyi.....	23
4.1.5.2. Can Güvenliği Performans Düzeyi.....	23
4.1.5.3. Göçme Öncesi Performans Düzeyi.....	24
4.1.5.4. Göçme Durumu Performans Düzeyi.....	24
4.1.6. Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri.....	25
4.2. Betonarme Binaların Onarım ve Güçlendirilmesi.....	26
4.2.1. Güçlendirme Türleri.....	26
4.2.2. Betonarme Binaların Güçlendirme Yöntemleri.....	26
4.2.2.1. Kolon Kapasitelerinin Arttırılması.....	26
4.2.2.2. Kolonların Çelik ile Sarılması.....	27
4.2.2.3. Kolonların Betonarme ile Sarılması (Mantolama).....	28
4.2.2.4. Kolonların Lifli Polimer (LP) ile Sarılması.....	29
4.2.3. Kiriş Kapasitelerinin Arttırılması.....	30
4.2.3.1. Dıştan Etriye Eklenerek Kirişlerin Sarılması.....	30
4.2.3.2. Kirişlerin Dıştan Çelik ile Sarılması.....	30
4.2.3.3. Kirişlerin Dıştan Beton ile Sarılması.....	31
4.2.3.4. Lifli Polimer ile Sarma.....	32
4.2.3.5. Karbon Lifli Polimerlerle (FRP) Kiriş Kapasitelerinin Arttırılma.....	32
4.2.3.6. Karbon Lifli Şeritlerle (CFRP) Kiriş Kapasitelerinin Arttırılması.....	34
4.2.4. Dolgu Duvarların Güçlendirilmesi.....	35
4.2.4.1. Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva ile Güçlendirme.....	35
4.2.4.2. Dolgu Duvarların Lifli Polimerler ile Güçlendirilmesi.....	36
4.2.4.3. Dolgu Duvarların Prefabrike Beton Paneller ile Güçlendirme.....	37
4.2.5. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Yerinde Dökme Betonarme Perdeler ile Güçlendirilmesi.....	38
4.2.5.1. Çerçeve Düzlemi İçinde Betonarme Perde Eklenmesi.....	38
4.2.5.2. Çelik Diagonal Elemanlarla Çerçevelerin Doldurulması.....	40
4.2.5.3. Çerçeve Düzlemine Bitişik Betonarme Perde Eklenmesi.....	41

4.2.6. Betonarme Sisteme Yeni Çerçeveler Eklenmesi.....	42
4.2.7. Betonarme Sistemin Kütlesinin Azaltılması.....	42
4.2.8. Kirişlerin Onarım ve Güçlendirilmesinde Dikkat Edilecek Hususlar.....	42
4.2.9. Kolonların Onarım ve Güçlendirilmesinde Dikkat Edilecek Hususlar...	43
4.2.10. Perdelerin Onarım ve Güçlendirilmesinde Dikkat Edilecek Hususlar...	43
4.2.11. Projelendirme ile İlgili Hususlar.....	45
4.3. Sönemz Apartmanının 2007 DepremYönetmeliğine Göre Değerlendirilmesi....	46
4.3.1. Yapıya Ait Genel Bilgiler.....	46
4.3.1.1. Zemin Özelliklerinin Tespiti.....	48
4.3.1.2. Çelik Sınıfının Tespiti.....	48
4.3.1.3. Beton Sınıfının Tespiti.....	48
4.3.1.4. Mevcut Kolon Ölçü ve Donatıları.....	49
4.3.1.5. Mevcut Kiriş Ölçü ve Donatıları.....	50
4.3.2. Eşdeğer Deprem Yükünün Uygulanabilirliği.....	52
4.3.2.1. Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı ve Burulma Düzensizliğinin Kontrolü.....	52
4.3.2.2. Göreli Kat Ötelemelerinin Hesabı.....	53
4.3.3. +X Deprem Yönüne Göre Hesaplamalar.....	53
4.3.3.1. Kiriş Uçlarındaki Moment Kapasitelerinin (M_K)Hesabı	53
4.3.3.2. Üst Moment Kapasitelerinin Hesabı.....	54
4.3.3.3. Alt Moment Kapasitelerinin Hesabı.....	56
4.3.3.4. Kolon Eksenel Yüklerinin Hesabı.....	58
4.3.3.5. Kolonların Kesme Kontrolü.....	60
4.3.3.6. Kirişlerin Kesme Kontrolü.....	63
4.3.3.7. Birleşim Bölgelerinin Kesme Kontrolü.....	66
4.3.3.8. Kolon Kapasitelerinin “Etki/Kapasite Oranları (r) ve Sınır Değerlerinin Hesaplanması.....	68
4.3.3.9. Kiriş Kapasitelerinin “Etki/Kapasite Oranları (r) ve Sınır Değerleri....	71
4.3.3.10.Kolon ve Kiriş Kapasitelerinin “Etki/Kapasite Oranları (r) ve Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması.....	80
4.3.4. +Y Yönüne Göre Hesaplamalar.....	82
4.3.5. Bina Performansının Belirlenmesi.....	84

4.4. Güçlendirme Analizi ve Çeşitli Çözüm Önerileri.....	85
4.4.1. Güçlendirme Alternatifleri.....	85
4.4.2. Güçlendirme Modellerinin Keşif Özeti.....	92
4.4.3. Güçlendirme Modellerinin Hasar Oranları ve Kesme Kuvveti Kıyaslaması.....	93
4.4.4. Güçlendirme Kararının Verilmesi.....	94
4.5. Sönemz Apartmanı'nın 2007 TDY'ye Göre Güçlendirilmesi.....	95
4.5.1. Güçlendirme Modeli.....	95
4.5.2. Güçlendirilen Yapıya Ait Bilgiler.....	95
4.5.3. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabilirliği.....	97
4.5.3.1. Eşdeğer Deprem Yüğülerinin Hesabı ve Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	97
4.5.3.2. Göreli Kat Ötelemelerinin Hesaplanması.....	98
4.5.4. Yapının Güçlendirme Modelinin +X Yönünde Değerlendirilmesi.....	98
4.5.6. Yapının Güçlendirme Modelinin +Y Yönünde Değerlendirilmesi.....	106
4.5.7. Bina Performansının Değerlendirilmesi.....	108
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	109
KAYNAKLAR.....	110
TEŞEKKÜR.....	111
ÖZGEÇMİŞ.....	112

ÖZET

DEPREM ETKİSİNDEKİ BETONARME YAPILARIN ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ

Ülkemizin önemli bir kısmının deprem kuşağı üzerinde olması ve son yıllarda yaşanan acı deneyimler, özellikle deprem sonrası yapıların sağlıklı ve bilinçli olarak onarılmasını veya güçlendirilmesini gündeme getirmiştir. Onarım, hasar görmüş bir yapı elemanının önceki haline getirilmesi için yapılan işlemlerdir. Güçlendirme ise bir yapının yük taşıma kapasitesini, rijitliğini düktilitesini, stabilitesini veya bunlardan bazılarını önceki veya mevcut durumun üzerine çıkarmak için yapılan çalışmalardır.

2007 yılında yayınlanarak yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 7. bölümdeki mevcut binaları değerlendirme ve güçlendirme konusunda getirdiği performans yaklaşımı ile ülkemizde deprem mühendisliği uygulamalarında önemli bir açılım yapmıştır. Bununla birlikte yeni yönetmelikte uygulama yaşamımıza giren performans esaslı deprem mühendisliğinin anlaşılması ve yerleşmesi zaman alacaktır. Bu çalışmanın amacı örnek bir yapı üzerinde yeni deprem yönetmeliğinde yer alan performans esaslı hesap yöntemindeki temel kavramlar irdelenerek, yöntemlerin uygulanmasındaki zorluklar belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada, seçilen bir binanın, öncelikle mevcut performansı 2007 Deprem Yönetmeliğine göre değerlendirilmiştir. Daha sonra çeşitli güçlendirme alternatifleri için maliyet kıyaslaması yapılmış ve en uygun modelin istenilen performans düzeyinde olup olmadığı kontrol edilmiştir.

Analizde SAP2000 ve STA4-CAD programları kullanılmıştır.

2008, 112 sayfa

Anahtar Kelimeler; Onarım ve Güçlendirme, Performans Tasarımı, 2007 Deprem Yönetmeliği

ABSTRACT

**REPAIR AND RETROFIT OF REINFORCED
CONCRETE STRUCTURE UNDER EARTHQUAKE RISK**

Since our country is on an earthquake zone, some tragic experiences result in modifying or repairing the buildings. Repairing is an application to renew the structural element. Modifications are the applications to increase the capacity, stability, and rigidity.

By the code of 2007 about the buildings which are being constructed in earthquake zones, a new approach in earthquake engineering is made. By this new code, evaluation of the existing buildings, determination of their performances and the difficulties in evaluations are tried to be determined.

In these studies, first the existing performance is tried to be determined according to the 2007 earthquake code. After that, some costs for alternatives are compared and the performance level is checked.

In the analysis, SAP2000 and STA-CAD programs are used.

2008, 112 page

Keywords: Repairing and modification, performance design, 2007 code of earthquake.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Kat alanı
Ab	: Kat içindeki boşluk alanları toplamı
A _c	: Kolonun ve perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı
A _g	: Gerekli donatı alanı
A	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A _s	: Çekme donatısı kesit alanı
A(T)	: Spektral ivme katsayısı
A _{Smin}	: Minimum donatı kesit alanı
A _{Smax}	: Maksimum donatı kesit alanı
A _e	: Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı
b	: Çalışan tabla genişliği, kolon kesit boyutu, döşeme şerit genişliği
b _w	: Kiriş gövde genişliği, perdenin gövde kalınlığı
d	: Eğilme elemanlarında faydalı yükseklik
d'	: Basınç donatısı merkezinden ölçülen beton örtüsü
E	: Deprem etkisi
E _c	: Beton elastisite modülü
f _{cd}	: Beton tasarım basınç dayanımı
f _{ck}	: Beton karakteristik basınç dayanımı
f _{ctk}	: Beton karakteristik aksenal çekme dayanımı
f _{ctd}	: Beton tasarım aksenal çekme dayanımı
f _{ctk}	: Beton karakteristik aksenal çekme dayanımı
f _{yd}	: Boyuna donatı tasarım akma dayanımı
f _{yk}	: Boyuna donatı karakteristik akma dayanımı
f _{ywd}	: Enine donatı tasarım akma dayanımı
g _i	: Binamn i'inci katındaki toplam sabit yük
G	: Kalıcı yük etkisi
h	: Döşeme kalınlığı, eleman yüksekliği, kiriş toplam yüksekliği, kolonun eğilme düzlemindeki kesit boyutu
hf	: Döşeme kalınlığı
H _{cr}	: Kritik perde yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı

K	:Zemin düşey yatak katsayısı
l	:Hesap açıklığı
Is	:Döşemenin kısa doğrultuda , mesnet eksenleri arasında kalan açıklığı
lw	: Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
M	: Binanın toplam kütlesi
Md	: Tasarım eğilme momenti
Mx	:X yönü momenti
My	:Y yönü momenti
Mr	: Taşıma gücü momenti
M ₁ , M ₂	:Lokal eksenler etrafında döndüren eğilme momentleri
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
Nd	: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet
N _{dmax}	:Yük katsayıları kullanılarak, sadece düşey yüklere göre veya düşey yükler ve deprem yüklerine göre hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü
N _{max}	:En büyük tasarım eksenel yükü
Pd	:Düzgün yayılı döşeme tasarım yükü
q ₁	:Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük
Q	: Hareketli yük etkisi
R	:Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
Ra(T)	:Deprem yükü azaltma katsayısı
S(T)	:Spektrum katsayısı
T	:Binanın doğal titreşim periyodu
Ta, Tb	:Spektrum karakteristik periyotları
Vd	:Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti
Ve	:Kolon ve kirişte enine donatı hesabına esas alınan kesme kuvveti
Vr	:Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
Vt	:Binaya etkiyen toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti) ,eşdeğer deprem yükü yönteminde , gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü
V _x	: X yönünde oluşan kesme kuvveti

- V_Y : Y yönünde oluşan kesme kuvveti
- V_2, V_3 :Lokal eksenler doğrultusunda meydana gelen kesme kuvvetleri
- W :Binanın hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
- W_j :Binanın i'inci katının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunana ağırlığı

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemine uygun binalar.....	9
Çizelge 4.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.....	13
Çizelge 4.2. Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite Oranları.....	20
Çizelge 4.3. Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite Oranlar.....	21
Çizelge 4.4. Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite Oranları.....	21
Çizelge 4.5. Güçlendirilmiş dolgu duvarlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s) ve görelî kat ötelemeleri oranları.....	21
Çizelge 4.6. Görelî kat ötelemeleri sınırları.....	22
Çizelge 4.7. Farklı deprem düzeylerinde binalar için ön görülen minimum performans hedefleri	25
Çizelge 4.8. Binaya ait genel bilgiler.....	46
Çizelge 4.9. Karat deney sonuçları.....	48
Çizelge 4.10. Kolon ölçüleri.....	49
Çizelge 4.11. Kolon donatı tablosu.....	50
Çizelge 4.12. 1 kat ve 2 kat mevcut kiriş donatıları.....	51
Çizelge 4.13. Burulma düzensizliği kontrolü.....	53
Çizelge 4.14. Görelî kat ötelemesi.....	53
Çizelge 4.15. K_{101} kirişinin moment kapasiteleri değerleri.....	54
Çizelge 4.16. Bazı kritik kirişlere ait üst basınç kontrolü.....	55
Çizelge 4.17. Bazı kritik kirişlerde denge altı kontrolü.....	55
Çizelge 4.18. Bazı kirişlere ait üst moment kapasiteleri.....	56
Çizelge 4.19. Bazı kirişlerin alt ucu basınç kontrolü.....	56
Çizelge 4.20. Bazı kirişlerin denge altı kontrolü.....	57
Çizelge 4.21. Bazı kirişlerin alt moment kapasiteleri.....	57
Çizelge 4.22. 1. kat bazı kolon aksenal kuvvetleri ve moment kapasiteleri.....	59
Çizelge 4.23. 2. kat bazı kolon aksenal kuvvetleri ve moment kapasiteleri.....	60
Çizelge 4.24. Bazı kolonların kesme dayanımı.....	62

Çizelge 4.25. Bazı kolonların kesme kuvveti hesabı.....	63
Çizelge 4.26. Bazı kirişlerin kesme dayanımı.....	64
Çizelge 4.27. Bazı kirişlerin kesme kontrolü.....	66
Çizelge 4.28. Bazı kolon $r_{sınır}$ değerlerinin hesaplanması.....	68
Çizelge 4.29. 1. kat kolon alt ucu güvenlik sınır değerleri.....	69
Çizelge 4.30. 1. kat kolon üst ucu güvenlik sınır değerleri.....	69
Çizelge 4.31. 2. kat kolon alt ucu güvenlik sınır değerleri.....	70
Çizelge 4.32. 2. kat kolon alt ucu güvenlik sınır değerleri.....	70
Çizelge 4.33. 1. kat kiriş i ucu sınır değerleri.....	72
Çizelge 4.34. 1. kat kiriş j ucu sınır değerleri.....	73
Çizelge 4.35. 2. kat kiriş i ucu sınır değerleri.....	74
Çizelge 4.36. 2. kat kiriş j ucu sınır değerleri.....	74
Çizelge 4.37. 1. kat kiriş i ucu $r/r_{sınır}$ değerleri.....	76
Çizelge 4.37. 1. kat kiriş j ucu $r/r_{sınır}$ değerleri.....	77
Çizelge 4.39. 2. kat kiriş i ucu $r/r_{sınır}$ değerleri.....	78
Çizelge 4.40. 2. kat kiriş j ucu $r/r_{sınır}$ değerleri.....	79
Çizelge 4.41. x yönü 1. kat kolonla $r/r_{sınır}$ değerleri.....	80
Çizelge 4.42. x yönü 2. kat kolonla $r/r_{sınır}$ değerleri.....	80
Çizelge 4.43. X yönü 1. kat kiriş $r/r_{sınır}$ değerleri.....	81
Çizelge 4.44. X yönü 2. kat kiriş $r/r_{sınır}$ değerleri.....	81
Çizelge 4.45. Y yönü 1. kat kolon $r/r_{sınır}$ değerleri.....	82
Çizelge 4.46. Y yönü 2. kat kolon $r/r_{sınır}$ değerleri.....	82
Çizelge 4.47. Y yönü 1. kat kiriş $r/r_{sınır}$ değerleri.....	83
Çizelge 4.48. Y yönü 2. kat kiriş $r/r_{sınır}$ değerleri.....	83
Çizelge 4.49. Değerlendirme çizelgesi.....	84
Çizelge 4.50. G1 Güçlendirme modeli keşif özeti.....	92
Çizelge 4.51. G1M Güçlendirme modeli keşif özeti.....	92
Çizelge 4.52. G2 Güçlendirme modeli keşif özeti.....	92
Çizelge 4.53. G3 Güçlendirme modeli keşif özeti.....	93
Çizelge 4.54. G4 Güçlendirme modeli keşif özeti.....	93
Çizelge 4.55. Güçlendirme modellerinin kıyaslanması.....	93
Çizelge 4.56. Yeniden yapım maliyeti ve güçlendirme maliyeti kıyaslaması.....	94

Çizelge 4.57. Sönmez Apartmanı Güçlendirmede Kullanılan Yapı Analiz Parametreleri.....	95
Çizelge 4.58. Burulma düzensizliğinin kontrolü.....	97
Çizelge 4.59. Göreli kat ötelemesi.....	98
Çizelge 4.60. 1. kat kolonların alt ucu $r/r_{sınır}$ değerleri.....	98
Çizelge 4.61. 1. kat kolonların üst ucu $r/r_{sınır}$ değerleri.....	99
Çizelge 4.62. 2. kat kolonların alt ucu $r/r_{sınır}$ değerleri.....	99
Çizelge 4.63. 2. kat kolonların alt ucu $r/r_{sınır}$ değerleri.....	100
Çizelge 4.64. 1. kat kirişlerini ucu $r/r_{sınır}$ değerleri.....	101
Çizelge 4.65. 1. kat kirişleri j ucu $r/r_{sınır}$ değerleri.....	101
Çizelge 4.66.. 2. kat kirişleri i ucu $r/r_{sınır}$ değerleri.....	102
Çizelge 4.67. 2. kat kirişleri j ucu $r/r_{sınır}$ değerleri.....	103
Çizelge 4.68. X yönü 1. kat kolon $r/r_{sınır}$ değerleri.....	104
Çizelge 4.69. X yönü 2. kat kolon $r/r_{sınır}$ değerleri.....	104
Çizelge 4.70. X yönü 1. kat kiriş $r/r_{sınır}$ değerleri.....	105
Çizelge 4.71. X yönü 2. kat kiriş $r/r_{sınır}$ değerleri.....	105
Çizelge 4.72. Y yönü 1. kat kolon $r/r_{sınır}$ değerleri.....	106
Çizelge 4.73. Y yönü 2. kat kolon $r/r_{sınır}$ değerleri.....	106
Çizelge 4.74. Y yönü 1. kat kiriş $r/r_{sınır}$ değerleri.....	107
Çizelge 4.75. Y yönü 2. kat kiriş $r/r_{sınır}$ değerleri.....	107
Çizelge 4.76. Kolon ve kirişlerin can güvenliği performans düzeyi.....	108

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 4.1. Kesit tesirlerinin hasar durumu.....	14
Şekil 4.2. Kuvvete bağlı şekil değiştirme.....	16
Şekil 4.3. Eleman kırılma türüne göre etki/kapasite oranı tespit formülasyonu.....	16
Şekil 4.4. M_N-N_D 'nin belirlenmesi.....	17
Şekil 4.5. M_K ve N_K 'nin belirlenmesi.....	18
Şekil 4.6. Kolon ve perde kesitlerinde etki/kapasite oranı (r)'nin belirlenmesi için uygulanabilecek analiz adımları.....	19
Şekil 4.7. Kolonun Çelik ile sarılması.....	28
Şekil 4.8. Kolonun Betonarme ile mantolanması.....	29
Şekil 4.9. Betonarme ile mantolama çeşitleri.....	30
Şekil 4.10. Kolonda eski ve yeni betonun kaynaştırılması.....	30
Şekil 4.11. Kolonun lifli polimer (LP) ile sarılması.....	31
Şekil 4.12. Dıştan Etriye eklenmesi.....	32
Şekil 4.13. Kiriş mantolanması perspektif görünüşü.....	32
Şekil 4.14. Kiriş mantolanmasında donatılarda sürekliliğin sağlandığı bir kiriş.....	32
Şekil 4.15. Kolona ankraj çubuğunun bağlanması, delikle ankraj çubuğunun bağlanması.....	33
Şekil 4.16. Karbon Lifli Polimerlerle (FRP) kiriş kapasitelerinin artırılması.....	33
Şekil 4.17. Fiber karbonun kirişe yandan ve alttan uygulanması.....	33
Şekil 4.18. Fiber karbonun kirişe alttan uygulanması.....	34
Şekil 4.19. Eğilmeye karşı lifli dokular ile dayanımın artırılması.....	34
Şekil 4.20. Karbon lifli şeritlerle kiriş eğilme kapasitelerinin artırılması.....	35
Şekil 4.21. Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva ile Güçlendirilmesi.....	35
Şekil 4.22. Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva ile Güçlendirilmesi.....	37
Şekil 4.23. Dolgu Duvarlarının Lifli Polimerler ile Güçlendirilmesi.....	37
Şekil 4.24. Dolgu Duvarlarının Lifli Polimerler ile Güçlendirilmesi.....	37
Şekil 4.25. Dolgu Duvarların Prefabrike Beton Paneller ile Güçlendirilmesi.....	39
Şekil 4.26. Deprem perdesi kesitlerinin artırılması.....	40

Şekil 4.27. Takviye perde duvar temel detayı.....	41
Şekil 4.28. Çerçeve ve boşluklar arasına çelik çerçeveler ve diagonal elemanlar konularak güçlendirme.....	41
Şekil 4.29. Çerçever açıklığına bulonlu diyagonal elemanlar yerleştirilmesi.....	42
Şekil 4.30. İstanbul Üniv.'nde perde eklenmesi ile güçlendirme örneği.....	42
Şekil 4.31. Perdelerin çerçeve ile birlikte çalışması için teknik detay.....	45
Şekil 4.32. Sönmez Apartmanı'nın Tipik Kat Planı.....	48
Şekil 4.33. Doğrusal Elastik Deprem Spektrumu ve katlara gelen deprem kuvvetleri..	53
Şekil 4.34. Sönmez Apartmanı'na ait mevcut durum kalıp planı.....	88
Şekil 4.35. Sönmez Apartmanı G1 Modeli.....	89
Şekil 4.36. Sönmez Apartmanı'na ait G1M güçlendirme modeli.....	90
Şekil 4.37. Sönmez Apartmanı'na ait G2 güçlendirme modeli.....	91
Şekil 4.38. Sönmez Apartmanı'na ait G3 güçlendirme modeli.....	92
Şekil 4.39. Sönmez Apartmanı'na ait G4 güçlendirme modeli.....	93
Şekil 4.40. Güçlendirme Modeli Planı.....	98
Şekil 4.41. Doğrusal Elastik Deprem Spektrumu Eğrisi ve katlara gelen deprem kuvvetleri.....	99

1. GİRİŞ

Ülkemizde doğal afetler sonucu meydana gelen üst yapı ve alt yapı hasarlarının çoğunluğu depremler sonucu meydana gelmektedir. Ülkemizin büyük bir bölümü deprem riski taşıdığı düşünülürse, yeni yapıların depreme karşı daha dayanıklı tasarlanması son yönetmeliklerde daha fazla önem verilmektedir. Mevcut yapıların depremi daha az zararlarla atlatabilmesi için de dayanımlarının artırılması yani güçlendirilmesi gerekmektedir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı sonucunda aşağıda verilen şartların sağlanması gerekmektedir.

1. Düşük şiddetli bir depremde, taşıyıcı sistemler elastik sınırlar içinde kalmalı, ancak duvar ve sıvalarda çatlaklar olmamalıdır.
2. Orta şiddetli bir depremde, taşıyıcı olmayan yapı elemanlarında hasarlar olabilir. Taşıyıcı elemanlarda ise kılcal çatlaklar oluşabilir.
3. Şiddetli bir depremde ise taşıyıcı sistemde ağır hasarlar oluşabilir. Ancak yapı yıkılmamalı insanlar yapıyı rahatça terk edebilmeli ve can kaybı olmamalıdır.

Güçlendirme son deprem yönetmeliğinden önce herhangi bir yönetmeliğe dayandırılmaksızın uluslararası uygulamalara, mühendisin tecrübe ve bilgisine göre yapılmaktaydı. Mart 2007’de yürürlüğe giren yeni Deprem Yönetmeliğinin 7. Bölümünde “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirmesi” başlığı altında performans yaklaşımı ile ülkemizde deprem mühendisliği uygulamalarında önemli bir açılım yapmıştır. Bu çalışmada, performans esaslı hesaba dayanarak güçlendirme yapılmıştır. Böylelikle yönetmeliğe yeni giren temel kavramlar irdelenerek uygulamadaki güçlükleri tartışmak ve yöntemin geliştirilmesine katkıda bulunmak hedeflenmiştir.

Bu tez çalışmasının ikinci bölümünde konuyla ilgili literatürler sunulmuş, üçüncü bölümde meteryal ve yöntem verildikten sonra dördüncü ve beşinci bölümlerde yeni yönetmelikte yer alan performans esaslı hesap ve Güçlendirme Yöntemleri hakkında bilgiler verilmiştir.

Altıncı bölümde, 5 katlı 10 daireden oluşan Sönmez Apartmanı seçilerek 2007 A.B.Y.B.H.Y.’de belirtildiği şekli ile öncelikle mevcut hali için performans esaslı hesabı yapılmıştır. Analizlerde yönetmelikte belirtildiği şekli ile malzeme test sonuçları

dikkate alınarak, yedinci bölümde çeşitli güçlendirme modelleri için maliyet mukayasesi yapılmış ve en uygun güçlendirme çözümü belirlenmiştir. Sekizinci bölümde güçlendirilmiş yapının belirlenen performans düzeyini sağladığı ispatlanmıştır. Sonuç ve öneriler bölümünde ise, analiz sonuçları için değerlendirmeler yapılarak yöntemin uygulanmasında dikkati çeken hususlar belirtilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kahn (1980), çalışmasında kolonların depreme karşı güçlendirilmesini incelemiştir. Deney elemanı 4 adet betonarme kolondan oluşmaktadır. Bir kolon deneye tabi tutulduktan sonra çimento şerbeti ve çember kullanılarak tekrar teste tabi tutulmuştur. Diğer kolonlar ise dışardan 6 mm' lik tel ile çelik sarmalama yada 8 mm lik kalın U demirleri ile sargılanmıştır. Deneyler sonunda, çelik bilezik ve U demirlerle yapılan güçlendirilmelerde kolonların sünekliği önemli ölçüde artmıştır.

Chronopulos (1986), çalışmasında onarılmış/güçlendirilmiş betonarme kolonların tersinir yük altındaki davranışını incelemiştir. Çalışmalarında üç değişik teknik kullanmıştır. Yapılan deneylerin sonuçlarını hasar öncesi ve sonrası dayanımı, rijitlik ve düktilite oranlarını şekillendirerek ifade etmiştir. Çalışma sonucunda güçlendirilen kolonların mekanik karakterlerinin arttığı tespit edilmiştir.

Suleiman (1990), mantolanarak güçlendirilen betonarme kolonların aksenal yük ve tek eğrilikli eğilme altındaki davranışı ve dayanımını deneysel olarak incelemiştir. Beş deney elemanından üçü tersinir yük altında denenmiş ve sonra bu elemanlar mantolanarak tekrar deneye tabii tutulmuştur. Sonuçta; mantolama yöntemiyle güçlendirilen elemanlar hem monotik hem de tersinir yük altında referans alınan hasarsız elemanlar kadar iyi davranmıştır. Onarılan elemanlarda ise rijitlik ve dayanım azalması görülmüştür.

Basunbul, Gubati, Al-Sulaimani ve Baluch (1990), çalışmalarında kirişleri güçlendirilme için en uygun yöntemi belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmalarında 36 adet kiriş A,B ve C olmak üzere üç farklı gruba ayrılarak, her kirişe dört noktadan kuvvet etki ettirilmiştir. A grubu kirişlere 10 mm hasar seviyesine kadar, B grubu kirişlere 15 mm hasar seviyesine kadar, C grubu kirişlere ise maksimum hasar seviyesine kadar, kuvvet etki ettirilerek hasarlı bir hale getirilmiştir. Bu grupların güçlendirilmesi için dört farklı metot kullanılmıştır. Bunlar; Yüksek dayanımlı çimento kullanımı, Epoksi enjeksiyonu yöntemi, Çelik plakalar yapıştırma yöntemi, Yüksek dayanımlı çimento ve epoksi enjeksiyonlu karma yöntemi. Bu çalışmada yöntemlerle yapılan güçlendirmeler değerlendirilmiştir.

Chajes, Januszka, Mertz, Thomson ve Finch (1995), çalışmalarında betonarme kirişlerin kesme kuvvetine karşı güçlendirilmesi için dıştan uygulanan kompozit

güçlendirilmiş elemanları incelemiştir. Çalışmalarında 12 adet T kirişten oluşan betonarme eleman incelenmiştir. Yapılan deney sonucunda 12 kirişin sekizinde bir dayanım artışı olmazken, aramid ile güçlendirilen dördünde %60 - 150 arasında değişen bir dayanım artışı ile karşılaşmıştır.

Ziraba ve Baluch(1995), çalışmalarında betonarme kirişlerin güçlendirilmesi için epoksi yardımıyla çelik levha yapıştırma yöntemini benimsemiştir. Çalışmada, güçlendirilen betonarme kirişlerin kesme kuvveti etkisindeki davranışı sonlu elemanlar yardımıyla irdelenmiştir. Modellerde özel bir ara yüzey elemanı rolü oynayan ince tabaka halindeki epoksi yapıştırıcısı yardımıyla plakanın başkalaşması sağlanarak plakanın dayanımı artırılmıştır. Birleştirilen beton tabakası ve dahili betonarme elemanların başarısızlığı incelenmiştir.

Babalioğlu (1995), çalışmasında komşu iki yüzünden mantolanmış kolon örneklerini mekanik kenetleme yöntemi ile deprem yükleri altında incelemiştir. Deney sonuçları mantolanmış kolonların dayanım ve dayanım azalması, enerji tüketimi, rijitlik değişimi ve süneklik üzerindeki etkilerini, ortaya koyacak şekilde değerlendirmiştir. Değerlendirmeler sonucunda komşu iki yüzünden mantolanmış kolonların oldukça başarılı bir davranış sergilediği görülmüştür.

Pulak (1996), çalışmasında kirişlere dıştan kelepçe yerleştirilmesi yönteminin kiriş davranış, dayanımı üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemiştir. Deney sonuçlarında kelepçelerin, elemanda davranışını değiştirerek eğilme davranışını değiştirerek eğilme davranışını hakim kıldıkları, kesme çatlaklarını başarılı bir biçimde kontrol ettikleri gözlenmiştir. Elemanlarda dayanım istenilen düzeye çıkarılırken, süneklik de önemli ölçüde artırılmıştır.

Altın ve Demirel (1997), çalışmalarında kirişe dıştan yerleştirilen kelepçelerle kesme kuvvetine karşı güçlendirme veya onarım yönteminin kiriş davranış ve dayanımı üzerindeki etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Düzenlenen deneysel programda kesme açıklığı üç olan T-kesitli 5 adet model kiriş test edilmiştir. Deney sonuçları yöntemin dayanım, rijitlik, süneklik üzerindeki etkilerini ortaya koyacak biçimde değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler, yöntemin çok etkin olduğunu kelepçelerin kesme çatlaklarını başarılı bir şekilde kontrol ederek elemanda eğilme davranışını gelişmesinin sağlandığını göstermektedir.

Korkmaz (1997), çalışmasında onarım ve güçlendirme yöntemlerini genel olarak incelemiş ve detaylı bilgi vermiştir.

Elmas, Çağlar ve Mert (1997), Çalışmalarında tekil yükler etkisinde ve orta bölgesinde, çekme çatlağı bulunan betonarme kirişlerin epoksi reçinesi ile yapıştırılan çelik plakalarla güçlendirilmesi durumunda gerilme analizi yapılmıştır. Ayrıca bu çalışmada plaka kalınlığı değişimi ile eğilme momenti taşıma kapasitesi arasındaki bağlantıda incelenmiştir.

Ergin (1998), çalışmasında 1975 deprem yönetmeliğine projelendirilip yapılmış çok katlı bir binanın, deprem kuvvetlerine karşı güvenliğinin artırılması için yürütülen işlemler açıklanmıştır.

Utku ve Wasti (1999), çalışmalarında tekil ve yayılı yük altında dıştan plaka yapıştırılmış basit mesnetli iki kiriş ele alınmıştır. Plaka yapıştırılmış kirişlerin her biri için değişik sonlu eleman ağları ele alınmış olup, koordinat üretmesi ile sonlu eleman ağı, tekil yüklerin etkidiği bölgelerde ve yapıştırıcı ile çelik plaka birleşim bölgelerinde sıklaştırılmıştır.

Karaduman, Kaltakçı, Umucalılar ve Çınar (1999), çalışmalarında yapım aşamasında kullanılmakta olan bir yapıda oluşan hasarlar ve nedenleri, yapılacak güçlendirme tekniğinin seçilmesi, güçlendirme projesinin hazırlanma aşaması ve uygulanma aşamasındaki karşılaşılan sorunlar ele alınmıştır. Uygulama örneği olarak ele alınan binada tekil temeller ve döşemelerin güçlendirilmesindeki özel uygulamalardan söz edilmiştir.

Büyüköztürk, Hearing ve Güneş (1999), çalışmalarında onarım ve güçlendirme endüstrisinde, betonarme yapılara vurgulama yapılarak, elyaf takviyeli plastik (FTR) lamine malzeme kullanımıyla ilgili güncel uygulama konuları işlenmektedir. İlk olarak FTR sistemlerinin bugünkü durumu gözden geçirilmekte, malzemeler, prosesler ve dıştan FTR ile donatılmış sistemlerin mekanik davranışları incelenmektedir. Daha sonra, eğilme ve kiriş-kolon elemanları ile uygulamalar gözden geçirilmektedir. Son olarak onarım ve güçlendirme uygulamalarındaki sorunlara dikkat çekilmektedir.

Gelekçi (2002), konut amacı ile kullanılan 1975 Deprem Yönetmeliğine göre tasarlanmış yapı 1997 deprem yönetmeliğine göre irdelemiş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı şartlarını sağlayacak şekilde uygun bir güçlendirme modeli düzenlenmiştir.

Taş (2004) çalışmasında; yapı tasarımının ana ilkeleri, yapılarda depremin ortaya çıkardığı ve depremden dolayı oluşan hasarlar ve sebepleri, onarım ve güçlendirme yöntemleri, onarılmış ve güçlendirilmiş yapı sistem ve elemanlar üzerinde yapılan deney davranışları konusundaki bilgiler verilmiştir. Ayrıca, sayısal uygulama olarak, 1975 Deprem Yönetmeliğine göre projelendirilip inşa edilmiş ve 1 Mayıs 2003 Bingöl Depreminde hasar görmüş betonarme bir yapının İde Statik (4.01) Yapı Analiz Programı kullanılarak güçlendirme yapılmıştır. Deprem yüklerinin büyük bir kısmı ilave perdeler tarafından karşılanarak binanın depreme karşı güvenliği yeter seviyeye çıkarılmıştır.

Şahin (2004), betonarme bir yapının 1997 Deprem Yönetmeliği'nin şartlarına uygunluğu bilgisayar programı yardımıyla analizini yaparak incelemiştir.

Keskin (2005), çalışmada öncelikle betonarme yapılara etkiyen hasar tipleri açıklanmış ve ülkemizin jeolojik konumu sebebiyle bu hasar tipleri arasında en çok zararı veren "deprem" üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada ülkemizde yaygın olarak kullanılan onarım ve güçlendirme yöntemleri ve malzemeleri hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Köse (2006), çalışmasında, yapıların deprem güvenirlilikleri, probabilistik ve deterministik yaklaşımlar kullanılarak tespit etmiştir. Yapılan analizler sonucunda, onarımı ve güçlendirilmesi gereken elemanlar belirlenmiş ve farklı malzemelerin kullanılmasıyla güçlendirme yapılmıştır. Ayrıca, yapılan güçlendirme çalışmaları maliyet ve yapıya getirdiği ek ağırlık bakımından karşılaştırılmıştır.

Yılmaz (2006), çalışmasında önce, onarım ve güçlendirme konusunda genel bilgiler vermiştir. Daha sonraki bölümlerde ise çok katlı betonarme bir binayı 1997 deprem yönetmeliğine göre ETAPS bilgisayar programı yardımıyla analiz ederek güçlendirme yönüyle yapıyı incelenmiştir. Çalışmada, mevcut binanın güçlendirilmesinin ekonomik olmadığı kararına varılarak, betonarme binanın kontrollü yıkımı tercihinde bulunulmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu tezde Hatay İli Antakya İlçesi Çekmece Mıntıkası 1191 No'lu Parsel üzerinde yer alan, Ali SÖNMEZ'e ait, Zemin+4 Kattan oluşan Konutun 2007 Deprem Yönetmeliğine göre performans değerlendirilmiş ve aynı yönetmeliğe göre de güçlendirme çalışmaları yapılmıştır. Çalışmanın başlangıcında söz konusu binanın çeşitli bölgelerinden alınan 15 adet karot numunesi değerlendirilerek beton sınıfı tespit edilmiştir. Ayrıca, yapının zemininden alınan numunelere göre hazırlanmış zemin raporu mevcuttur.

3.2. Yöntem

Bu çalışmada yapılan analizlerde SAP2000 ve Sta4CAD programları kullanılmış ve rijit diyafram olarak modellenmiştir. SAP2000 yapı analizi programı ile çözülen örneklerde kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit olduğu ve döşemelerin yatay düzlemde yaptığı deplasmanların her noktada aynı olduğu kabul edilmiştir. Elemanların kütleleri, toplanmış kütle kabulü ile kat kütle merkezine etki ettirilmiştir. Deprem yükleri için eşdeğer deprem yükleri 2007 Deprem yönetmeliğinde belirtildiği şekilde kat kütlelerine etki ettirilmiştir.

STA4-CAD paket programı ile çözülen örneklerde kat kütleleri ve kat hizalarına etki eden deprem yükleri program tarafından hesaplanmaktadır. Program bu yüklerin dışarıdan elle girilmesine izin vermemektedir.

Zemin Sınıfı I olarak belirlendiğinden taşıyıcı sistemler en alt katta zemine ankastre olarak bağlandığı kabul edilmiştir.

2007 Deprem Yönetmeliğinde mevcut binaların performanslarının belirlenmesinde uygulanan analiz yöntemleri şunlardır.

1. Dayanım tabanlı doğrusal-elastik yöntemler

a) Eşdeğer deprem yükü yöntemi: Bu yöntem sınırlı olarak uygulanabilir.

b) Mod birleştirme yöntemi: Bu yöntem tüm binalara uygulanabilir.

2. Şekil değiştirme tabanlı doğrusal-elastik olmayan yöntemler.

- a) Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi: Sınırlı olarak uygulanabilir.
- b) Artımsal mod birleştirme yöntemi: Tüm binalara uygulanabilir.
- c) Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi: Tüm binalara uygulanabilir.

Bizim yapımız elastik yöntemlerden eşdeğer deprem yükü ile çözülecektir.

3.2.1. Deprem Hesabına Ait Genel İlke ve Kurallar

2007 Deprem Yönetmeliği 7.4.1. maddesinde mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansını belirlenmesinde yukarıda tanımlanan doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin kullanılabilmesi, ancak, teorik olarak farklı yaklaşımları esas alan bu yöntemlerle yapılacak performans değerlendirmelerinin birebir aynı sonucu vermesinin beklenmemesi gerektiği belirtilmektedir.

Aşağıda tanımlanan bazı önemli genel ilke ve kurallar her iki türdeki yöntemler için de geçerlidir. Tümü için TDY 2007 Bölüm 7'ye bakılmalıdır.

- a. Deprem etkisinin tanımında, elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacaktır ($R=1$).
- b. Deprem hesabında bina önem katsayısı uygulanmayacaktır ($I=1.0$).
- c. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, kütle merkezlerine ayrıca **ek dışmerkezlilik** uygulanmayacaktır.
- d. Kısa kolon durumuna düşürülmüş olan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.
- e. Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlama kesite ait *etkin eğilme rijitlikleri* (EI_e) kullanılacaktır.
 - (a) Kirişlerde: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$
 - (b) Kolon ve perdelerde, $ND / (Ac f_{cm}) \leq 0.10 \rightarrow (EI)_e = 0.40 (EI)_o$
 $ND / (Ac f_{cm}) \geq 0.40 \rightarrow (EI)_e = 0.80 (EI)_o$
- f. Zemindeki sekil değiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zemin özellikleri analiz modeline yansıtılacaktır.
- g. Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir.
- h. Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak göz önüne alınabilir.

3.2.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, TDY2007'in, bina türü yapıların deprem hesaplamalarının yapımında kullanılmasına izin verdiği üç çözüm yönteminden biridir. Bu yöntemde deprem sırasında oluşacak atalet kuvvetleri kat hizalarına etkiyen statik yatay yükler olarak düşünülür. Bu yatay yüklerin, binanın X ve Y doğrultularında ayrı ayrı etkiği varsayılarak taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlardaki kesit tesirleri ve kat hizalarındaki deplasmanlar bulunmaktadır. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulanmasına Çizelge 3.1.'deki şartların sağlanması durumunda izin vermektedir.

Çizelge 3.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ne uygun binalar. (TDY 2007 Çizelge 6.6)

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1,2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan binalar	$H_N \leq 25$ m
1,2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan ve ayrıca B2 türü düzensizliği olmayan binalar	$H_N \leq 60$ m
3,4	Tüm Binalar	$H_N \leq 75$ m

Bu tablonun incelenmesinden görüleceği gibi bu yöntemin uygulanmasında deprem bölgesi, H_N temel üst seviyesinden itibaren toplam bina yüksekliği, A1 burulma düzensizliği ve B2 rijitlik düzensizliği ile ilgili koşullar etkilidir. Bizim incelediğimiz yapıda bu koşulların sağlandığı ve bu yöntemin kullanılmasında hiçbir sıkıntı olmadığı çalışmanın ileriki kısımlarında tespit edilmiştir.

2007 Deprem Yönetmeliğinin Çizelge 7.7 kullanılarak, göz önüne alınan bina için depremin aşılma olasılığına göre hedeflenen performans düzeyleri belirlenir ve bina performansı bu düzeyler için kontrol edilir. Bu çalışmada incelenen yapı bir konut olduğundan 50 yılda depremin aşılma olasılığı %10 olan "Can Güvenliği" performans seviyesine göre hesaplar yapılacaktır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Performansının Değerlendirilmesi

4.1.1. Binalardan Bilgi Toplanması

4.1.1.1. Binalardan Toplanacak Bilginin Kapsamı

Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının 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 işlemler, yapısal sistemin tanımlanması, bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin saptanması, 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

Binalardan bilgi toplanması kapsamında tanımlanan inceleme, veri toplama, derleme, değerlendirme, malzeme örneği alma ve deney yapma işlemleri inşaat mühendislerinin sorumluluğu altında yapılacaktır.

4.1.1.2. Bilgi Düzeyleri

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

Sınırlı Bilgi Düzeyi: Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir. Sınırlı bilgi düzeyi de tanımlanan “Deprem Sonrası Hemen Kullanımı Gereken Binalar” ile “İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar” için uygulanamaz.

Orta Bilgi Düzeyi: 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: Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması amacıyla yeterli düzeyde ölçümler yapılır.

4.1.1.3. Mevcut Malzeme Dayanımı

Taşıyıcı elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacak malzeme dayanımları 2007 Deprem Yönetmeliğinde mevcut malzeme dayanımı olarak tanımlanmaktadır.

4.1.1.4. Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

Bina Geometrisi: Taşıyıcı sistem plan rölevesinin elde edilmesi, kısa kolon vb. olumsuzlukların, komşu binalarla ilişkilerin işlenmesi ve temel sisteminin kontrol çukuru açılarak belirlenmesi gerekmektedir.

Eleman Detayları: Betonarme projeler veya uygulama çizimleri mevcut değildir. Binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı varsayımı yapılacaktır. Her katta kolon ve kirişlerin %10'unda (en az birer adet) pas payı sıyrılarak doğrulama yapılması, çelik sınıfının gözle tespit edilmesi istenmektedir. Pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde tahribatsız yöntemlerle donatı tespiti yapılması Donatı gerçekleşme katsayısı'nın belirlenmesi gerekmektedir.

Malzeme Özellikleri: Her katta kolonlardan veya perdelerden TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde en az iki adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılacak ve örneklerden elde edilen en düşük basınç dayanımı mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır.

Beton kapasite dayanımı = En düşük basınç dayanımı

Çelik kapasite dayanımı = Karakteristik akma dayanımı

4.1.1.5. Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi

Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcut ise, binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projesine uygunluğu kontrol edilir. Kısa kolon vb. olumsuzlukların,

komşu binalarla ilişkilerin işlenmesi ve temel sisteminin kontrol çukuru açılarak belirlenmesi istenmektedir.

Eleman Detayları: Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değil ise, ancak pas payları sıyrılarak donatı kontrolü yapılacak perde, kolon ve kirişlerin sayısı her katta en az ikişer adet olmak üzere o kattaki toplam kolon sayısının %20'sinden ve kiriş sayısının %10'undan az olmayacaktır. Pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde tahribatsız yöntemlerle donatı tespiti yapılması ve *Donatı gerçekleşme katsayısı*'nın belirlenmesi gerekmektedir.

Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 400 m²'den bir adet beton örneği (karot) TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Ayrıca, malzeme dayanımları aşağıdaki gibi alınacaktır.

Beton kapasite dayanımı = Ortalama - standart sapma

Çelik kapasite dayanımı = Karakteristik akma dayanımı

4.1.1.6. Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi

Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcuttur. Binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projelere uygunluğu kontrol edilir. Kısa kolon vb. olumsuzlukların, komşu binalarla ilişkilerin işlenmesi ve Temel sisteminin kontrol çukuru açılarak belirlenmesi istenmektedir.

Eleman Detayları: Binanın betonarme detay projeleri mevcuttur. Donatının projeye uygunluğunun kontrolü için belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. *Donatı gerçekleşme katsayısı*'nın belirlenmesi gerekmektedir.

Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 200 m²'den bir adet beton örneği (karot) TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney sonuçlarına göre aşağıdaki gibi belirlenecektir.

Beton kapasite dayanımı = Ortalama - standart sapma

Çelik kapasite dayanımı = Karakteristik akma dayanımı (projedekine uygun ise)

4.1.1.7. Bilgi Düzeyi Katsayıları

İncelenen binalardan edinilen bilgi düzeylerine göre, eleman kapasitelerine uygulanacak bilgi düzeyi katsayıları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

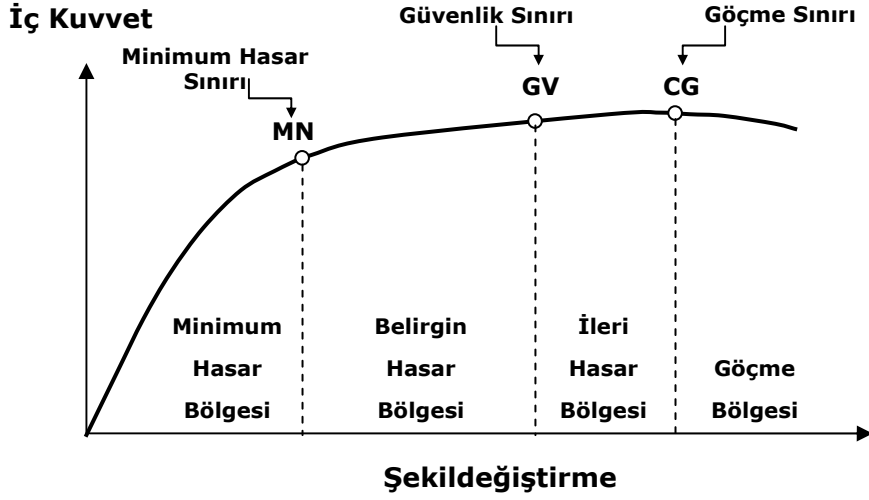
Çizelge 4.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzey Katsayısı
Sınırlı	0,75
Orta	0,90
Kapsamlı	1,00

4.1.2. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

2007 TDY’de Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)’dir. **Minimum hasar sınırı** ilgili 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 olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir.

Kritik kesitlerinin hasarı 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 yer alırlar (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Kesit tesirlerinin hasar durumu

4.1.3. Bina Performansının Belirlenmesi

Deprem bölgelerinde bulunan mevcut ve güçlendirilecek tüm binaların ve bina türü yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları, güçlendirme kararlarında esas alınacak ilkeler ve güçlendirilmesine karar verilen binaların güçlendirme tasarımı ilkeleri 2007 TDY Bölüm 7' de tanımlanmıştır. Bu bölümlere ait dikkati çeken hususlar ana hatları ile aşağıda anlatılmıştır.

Malzeme dayanımları, özellikle belirtilmedikçe ilgili tasarım yönetmeliklerinde verilen malzeme katsayıları ile bölünmeyecektir. Eleman kapasitelerinin hesabında mevcut malzeme dayanımları kullanılacaktır.

Binaların deprem performansını belirlemek için TDY 2007'de doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri kullanılabilir denilmektedir.

4.1.3.1. Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi

Yeni Deprem Yönetmeliğinde binaların deprem performanslarının belirlenmesi için kullanılacak doğrusal elastik hesap yöntemleri için aşağıdaki yöntemler sunulmuştur.

- a) Eşdeğer deprem yükü yöntem
- b) Mod birleştirme yöntemi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin uygulanabilmesi için Deprem Yönetmeliğinde dikkati çeken hususlar aşağıda ifade edilmektedir.

- Yükseklik < 25 metre
- Kat sayısı < 8
- Burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$
- Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R_a=1$
- Toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) $V_t = \lambda W A(T_1)$;

$$\lambda = 1.0 \text{ (1 ve 2 katlı yapılarda)}$$

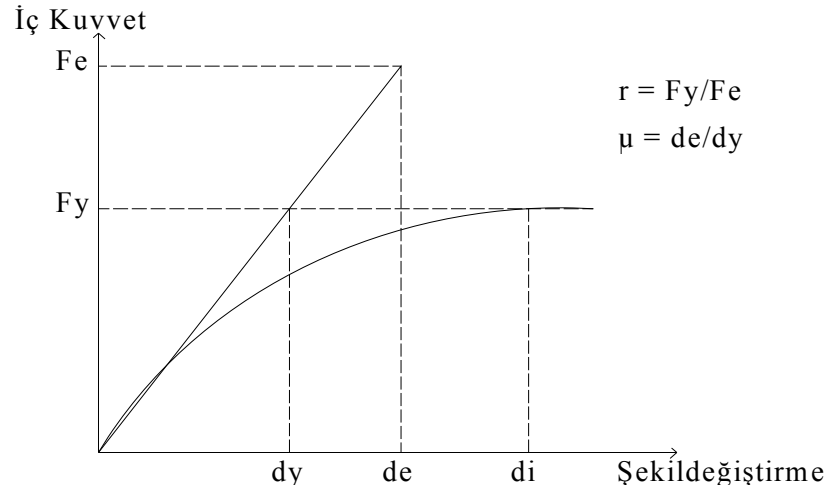
$$\lambda = 0.85 \text{ (3 vey yukarı katlı yapılarda)}$$

4.1.3.2. Betonarme Binaların Yapı Elemanlarında Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi

Betonarme elemanlar, kırılma türü eğilme ise “**sünek**”, kesme ise “**gevrek**” olarak sınıflanırlar. Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanlarla ilgili sınırlamalar TDY 2007 7.5.2.2.a, b, c’de belirtilmektedir.

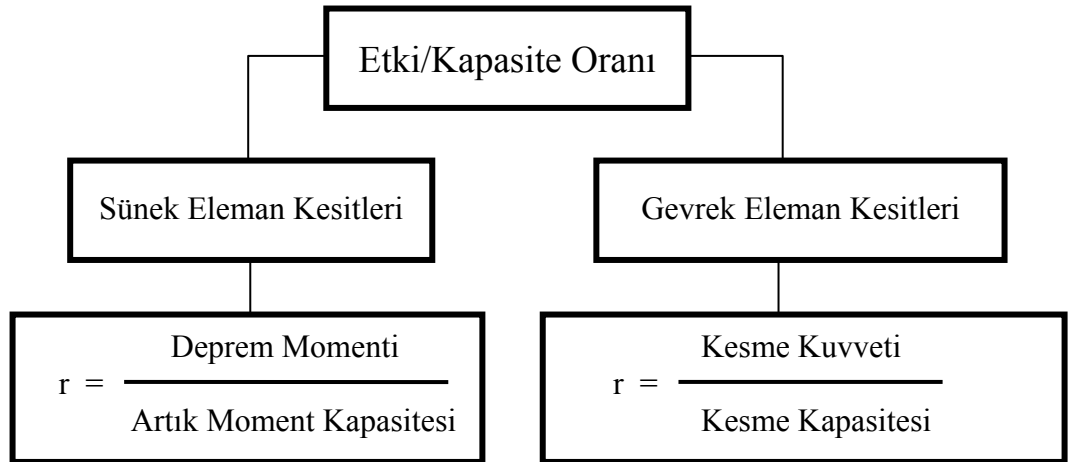
Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile betonarme sünek elemanların hasar düzeylerinin belirlenmesinde kiriş, kolon ve perde elemanlarının ve güçlendirilmiş dolgu duvar kesitlerinin etki/kapasite oranları (r) olarak ifade edilen sayısal değerler kullanılmaktadır.

Taşıma gücüne göre kesit tasarımında, yükler belirli bir katsayı ile arttırılarak ve malzeme dayanımları da belli katsayılarla bölünerek emniyetli sınırlar içinde kalınmaya çalışılmaktadır. Oysa ki lineer çözüme göre tasarlanan bu kesit deprem ve düşey yük gibi tatbiki yüklere maruz kaldığında gerçekteki malzeme ve yük davranışını sergileyecek ve tasarımda öngörülen değerler ile gerçek davranışı arasında bir **artık kapasite** oluşmaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Kuvvete bağlı şekil değiştirme

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 (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Eleman kırılma türüne göre etki/kapasite oranı tespit formülasyonu

Kesit artık moment kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkıdır.

Artık Moment Kapasitesi = Kesit eğilme moment kapasitesi – Düşey yük momenti

Kirişlerin Taşıma gücüne göre eğilme momentinin kapasitesi ve düşey yüklerden dolayı oluşan eğilme moment değerleri kolonlara ve perdelerine göre çok daha kolay bulunurlar.

Doğrusal elastik yöntemler ile yapılan hesapta, moment – aksenal kuvvet etkisi altındaki kolon ve perde kesitlerinde etki/kapasite oranı (r)'nin belirlenmesi için uygulanabilecek adımlar şu şekilde sıralanabilir.

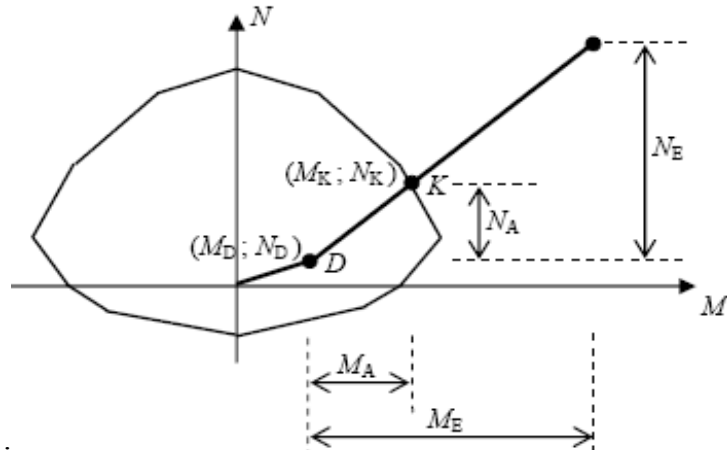
1. Adım; Sistem düşey yüklerle göre analiz edilir.

Düşey yüke göre yükleme ($1*G+n*Q$)

2.Adım; $R_a = 1$ için deprem hesabı yapılır.

Depreme göre $=1.0*G+1.0*Q+1.0*E$

3. Adım; Şekil 4.4'da görüldüğü gibi, 1. Adımda düşey yüklerden elde edilen ve M_D-N_D çiftine karşı gelen D noktasının koordinatları Moment–eksenel kuvvet etkileşim diyagramında işaretlenir.

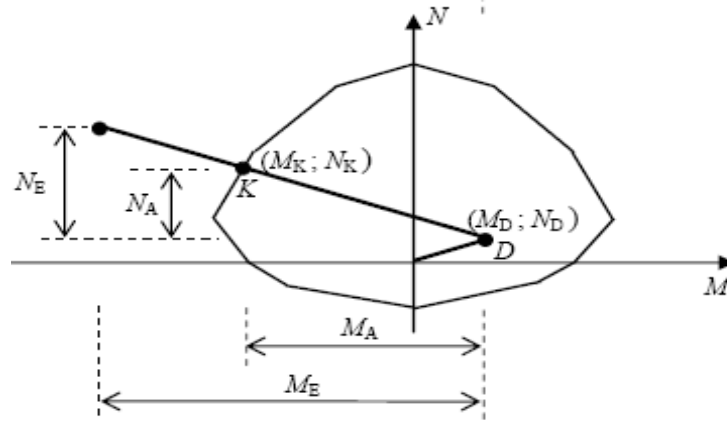


Şekil 4.4. M_N-N_D 'nin belirlenmesi

4. Adım; Şekil 4.10'da, 2. Adımda $R_a = 1$ için deprem hesabından elde edilen ve depremin yönü ile uyumlu olan M_E-N_E çiftine karşı gelen E noktasının koordinatları Moment–eksenel kuvvet etkileşim diyagramında işaretlenir. Şekil 4.9 ve Şekil 4.10 'de M_E 'nin işaretlerinin farklı olduğu iki durum ayrı ayrı gösterilmiştir.

5. Adım; Bu iki noktanın Moment–Eksenel kuvvet etkileşim diyagramında İkinci doğru parçasının etkileşim diyagramını kestiği K noktasının koordinatları, kolon veya

perde kesitinin M_K moment kapasitesi ve buna karşı gelen N_K eksenel kuvvetini göstermektedir.



Şekil 4.5. M_K ve N_K nın belirlenmesi

6. Adım; Artık moment kapasitesi M_A ve buna karşı gelen eksenel kuvvet N_A aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$M_A = M_K - M_D$$

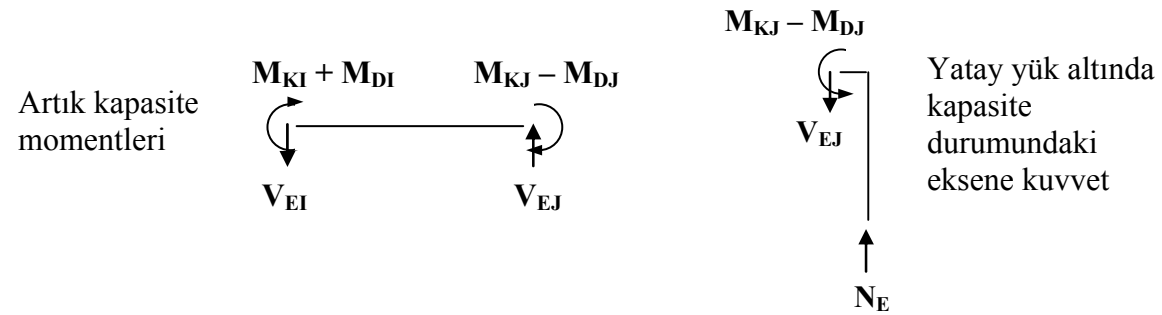
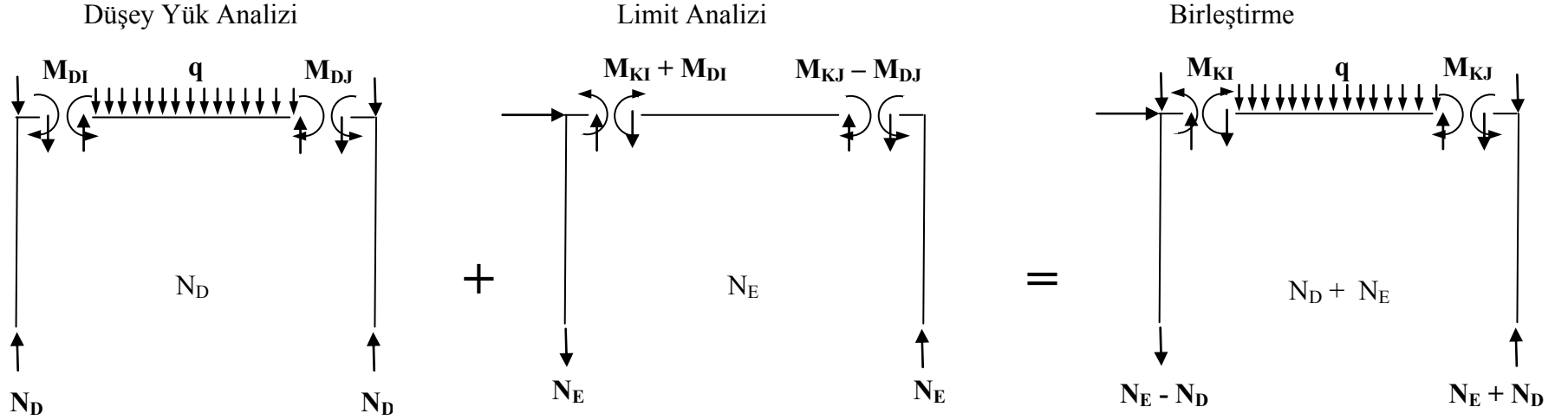
$$N_A = N_K - N_D$$

3. Kolon veya perdenin etki/kapasite oranı ise şu şekilde tanımlanabilir:

$$r = \frac{M_E}{M_A} = \frac{N_E}{N_A} \leq r_s$$

Şekil 4.6. yukarıdaki işlem adımlarını daha anlaşılır kılmaktadır

Düşey yük analizi $\rightarrow N_D$
 Limit analizi $\rightarrow N_E$



Şekil 4.6. Kolon ve perde kesitlerinde etki/kapasite oranı (r)'nin belirlenmesi için uygulanabilecek analiz adımları

Güçlendirilmiş dolgu duvarlarının etki/kapasite oranı, deprem etkisi altında hesaplanan kesme kuvvetinin kesme kuvveti dayanımına oranı olarak dikkate alınır. Güçlendirilmiş dolgu duvarlarının kesme kuvveti dayanımının hesabı TDY 2007 Bilgilendirme Eki 7F’de verilmiştir.

Kirişler, kolonlar ve Perdelerde Etki/kapasite oranları belirlendikten sonra bu elemanların sarılma bölgesindeki enine donatı koşulları bakımından deprem yönetmeliğini (kolonlar için TDY 3.3.4, kirişler için TDY 3.4.4 ve perdeler için TDY 3.6.5.2) sağlayan elemanlar “*sargılanmış*”, sağlamayanlar ise “*sargılanmamış*” eleman sayılır.

Hesaplanan kiriş, kolon ve perde kesitlerinin ve güçlendirilmiş dolgu duvarlarının etki/kapasite oranları (r), aşağıda verilen sınır değerler (r_s) (kirişler için Çizelge 4.2., kolonlar için Çizelge 4.3., perdeler için çizelge 4.4., güçlendirilmiş dolgu duvarlar için çizelge 4.4.) ile karşılaştırılarak elemanın hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. Bu çizelgelerdeki ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanmaktadır.

Çizelge 4.2. Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları

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

Çizelge 4.3. Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları

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

Çizelge 4.4. Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları

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

Betonarme binalardaki güçlendirilmiş dolgu duvarlarının hasar bölgelerinin belirlenmesinde ayrıca Çizelge 4.5.'te verilen görelî kat ötelemesi oranı sınırları gözönüne alınmalıdır. Görelî kat ötelemesi oranı, ilgili katta hesaplanan en büyük görelî kat ötelemesinin kat yüksekliğine bölünmesi ile elde edilmektedir.

Çizelge 4.5. Güçlendirilmiş dolgu duvarlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları ve görelî kat ötelemeleri oranları

l_{duvar} / h_{duvar} oranı aralığı 0.5 - 2.0	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
Etki/Kapasite Oranı (r_s)	1	2	-
Görelî Kat Ötelemesi Oranı	0.0015	0.0035	-

4.1.3.3. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusunda, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerin göreli kat ötelemeleri, her bir hasar sınırı için Çizelge 4.6. de verilen değeri aşmayacaktır. Çizelgede δ_{ji} i'inci katta j'inci kolon veya perdenin alt ve üst uçları arasında yerdeğiştirme farkı olarak hesaplanan göreli kat ötelemesini, h_{ji} ise ilgili elemanın yüksekliğini göstermektedir.

Çizelge 4.6. Göreli kat ötelemeleri sınırları

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

4.1.4 Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi

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

Bu Yönetmelik kapsamında yer alan doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri, *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi*, *Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi*'dir. Ayrıntılar TDY 2007 bölüm 7.6. da sunulmakla birlikte dikkati çeken hususlar başlıklar halinde aşağıda ifade edilmektedir.

Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (İtme Analizi)

- Tek modlu itme analizi (Pushover)
- Hakim mod kütlesi > toplam kütleinin %70'i
- Bina Yüksekliği < 25 metre
- Kat sayısı < 8
- $\eta_{bi} < 1.4$

Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi

- Çok modlu itme (pushover) analizi
- Birleştirilmiş iç kuvvet yönleri, deprem yönündeki 1. mod iç kuvvet yönleri olarak alınır

Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

- En az 3 kuvvetli yer hareketi kaydı
- 3 kuvvetli yer hareketinin ortalama spektrumu $> \%90$ Yönetmelik spektrumu

4.1.5. 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. Hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir.

Binaların deprem performansının belirlenmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir.

4.1.5.1. 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.

4.1.5.2. 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:

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak

üzere, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların aşağıdaki **(b)** paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.

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

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

4.1.5.3. 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:

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

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

(c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

4.1.5.4. Göçme Durumu

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

4.1.6. Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri

Yeni yapılacak binalar için 2007 TDY’de Bölüm 2.4’de tanımlanan ivme spektrumu, 2007 TDY Bölüm 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:

(a) 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları, 2007 TDY Bölüm 2.4’de tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık yarısı olarak alınacaktır.

(b) 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları ise 2007 TDY Bölüm 2.4’de tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık 1.5 katı olarak kabul edilmiştir.

2007 TDY Bölüm 7.8.2. Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde minimum performans hedefleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı deprem düzeylerinde binalar için ön görülen minimum performans hedefleri

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

HK: Hemen Kullanım; CG: Can Güvenliği; GÖ: Göçme Öncesi (Bkz. 7.7)

4.2. Betonarme Binaların Onarım ve Güçlendirilmesi

Onarım ve Güçlendirme, aynı cümlelerde kullanılmasına rağmen amaçları birbirinden farklıdır ve şu şekilde tanımlanabilir;

Onarım: Depremde hasar görüp taşıma gücü kapasitesi azalmış yapıların deprem öncesi kapasitelerine yeniden getirilmesidir

Güçlendirme: Bir yapı veya yapı elemanını eski durumundan daha güçlü duruma getirilmesi için yapılan işlemlerdir. Bunun için hasar görmüş olması gerekmez.

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.

4.2.1. Güçlendirme Türleri

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

- Binanın kolon, kiriş, perde, birleşim bölgesi gibi deprem yüklerini karşılayan elemanlarında dayanım ve şekildeğiştirme kapasitelerinin artırılmasına yönelik olarak uygulanan işlemler, **eleman güçlendirmesi** olarak tanımlanır.
- Binanın taşıyıcı sisteminin dayanım ve şekildeğiştirme 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.

4.2.2. Betonarme Binaların Güçlendirilmesi Yöntemleri

4.2.2.1. Kolon Kapasitelerinin Arttırılması

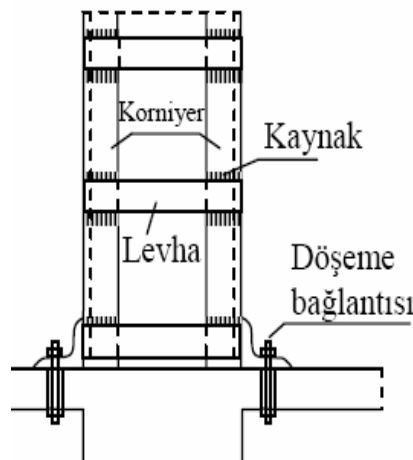
Kolonların süneklik, eksenel yük taşıma gücü ve eğilme kapasitelerinin artırılması güçlendirme çalışmalarında amaca hitap eden yöntemlerden biridir. Burada, kolonda mevcut dayanım eksikliğine göre çelik ve betonarme ile sarılmak suretiyle

kapasitelerinin artırılması yollarına gidilebilir. Bu yöntemlerin gelişigüzel tercih edilmesinin beklenenin aksine yapıya ek yük getirebileceği unutulmamalıdır. Eğer kolonda eğilme kapasitesinin artırılması bekleniyorsa kolona eklenen yeni boyuna donatıların katlar arasında sürekliliği sağlanması gereklidir. Ancak, amaç sadece sürekliliğe katkıda bulunulması ise çelik lamalarla kolon aksenal yük taşıma kapasitesi artırılabilir. Kolonların sünekliğini arttırmaya yönelik olarak kesme ve basınç dayanımlarının artırılması, bindirmeli eklerin zayıflıklarının giderilmesi için aşağıda verilen yöntemler kullanılabilir.

4.2.2.2. Kolonların Çelik ile Sarılması

Çelik sargı dikdörtgen betonarme kolonların köşelerine dört adet boyuna köşebent yerleştirilmesi ve köşebentlerin belirli aralıklarla düzenlenen yatay plakalarla kaynaklanması ile oluşturulur.

Kolon ve kiriş içinde olması gereken sargı donatısı, bantlar kullanılarak elemanın dışında sağlanır. Bu şekilde kolonun hem aksenal yük kapasitesi artırılır, hem de daha yüksek süneklik elde edilir. Burada en önemli husus çelik kafesin betonu çok iyi sarması gerekmektedir. Aksi halde kolonun süneklik artışına bir katkıda bulunamayacaktır. Bu yöntem ile güçlendirme de kolonun moment ve aksenal yük taşıma kapasitesinde önemli bir artış sağlanamamaktadır. Çelik manto, katlar arası süreklilik sağlanamadığı için kolonun eğilme kapasitesinde de bir katkı sağlamadığı bilinmektedir (Şekil 5.7, Resim 5.1)



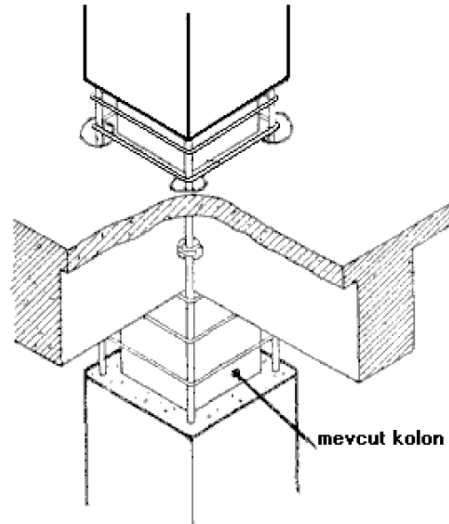
Şekil 4.7. Kolonun Çelik ile sarılması

4.2.2.3. Kolonların Betonarme ile Sarılması (Mantolama)

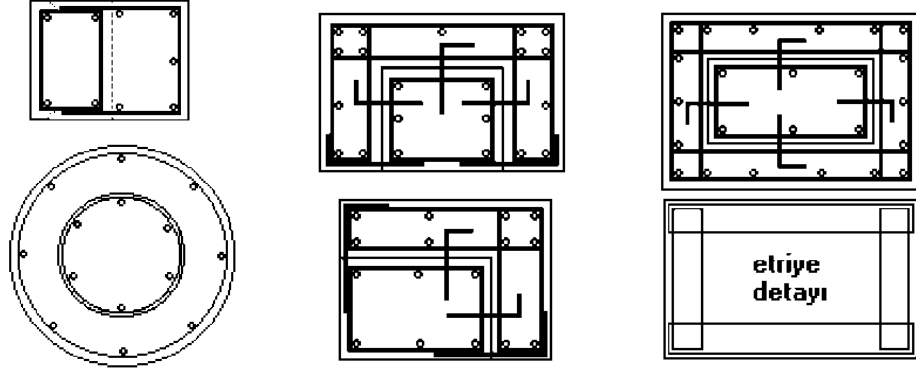
Mevcut kolonun pas payı sıyrılarak veya yüzeyleri örselenerek uygulanmalıdır. Betonarme sargı gerek yatay, gerekse düşey donatının yerleştirilmesi, beton dökülmesi ve minimum pas payının sağlanması için yeterli kalınlıkta olmalıdır.

Kolonların eğilme kapasitesini arttırmak için kolon kesitleri büyütülebilir. Bu işlem aynı zamanda kolonun kesme ve basınç kuvveti kapasitelerini de artırır. Büyütülen kolona eklenen boyuna donatıların katlar arasında sürekliliği sağlanmalıdır. Boyuna donatılar kat döşemelerinde açılan deliklerden geçirilir. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde kirişler delinerek veya kirişlere ankraj yapılarak gerekli enine donatı konulmalıdır. Büyütülmüş kolon kesitinin eğilme, kesme, basınç dayanımının ve eğilme rijitliğinin hesabında brüt kesit boyutları ve eklenen kesit betonunun tasarım özellikleri esas alınacak, ancak elde edilen rijitlik ve dayanımlar 0.9 ile çarpılarak azaltılacaktır.

Bu yöntemde, kolonun hem eksenel yük kapasitesi, hem de sünekliliği artırılabilir. Manto içerisine yerleştirilen boyuna donatıların katlar arasında sürekliliği sağlanırsa, kolonun eğilme kapasitesi de artar (Şekil 4.8.). Kolonların çeşitli Betonarme mantolama çeşitleri şekil 4.8’te verilmiştir.

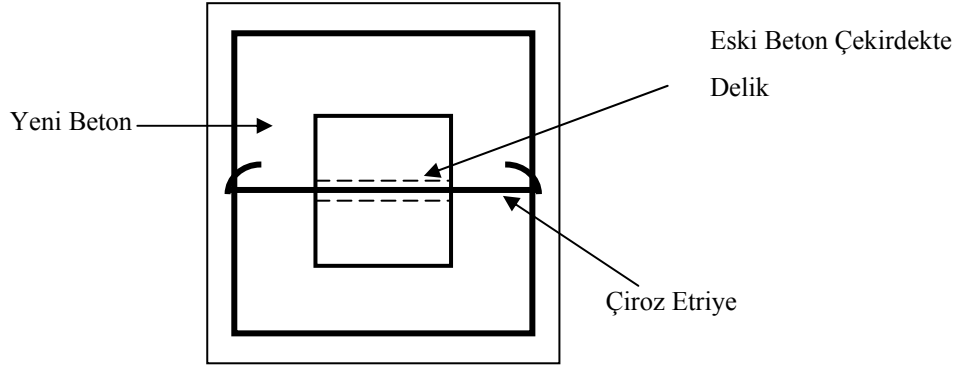


Şekil 4.8. Kolonun Betonarme ile mantolanması



Şekil 4.9. Betonarme ile mantolama çeşitleri

Bu yöntemde en önemli husulardan biri eski ve yeni betonu kaynaştırmadır. Bunun için kolonun üzerindeki hasarlı bölümler, etriyeler ve boyuna donatılar ile belirlenen çekirdek bölümüne kadar kazınmalıdır. Var olan beton artık ve tozlan basınçlı su veya hava yardımıyla temizlenmelidir. Mevcut kolonun betonunda açılacak olan dişler, eski kolon kesitinin içinden geçen çiroz etriyeler eski ve yeni beton arasında adersans oldukça etkilidir (Şekil 4.10)



Şekil 4.10. Kolonda eski ve yeni betonun kaynaştırılması

4.2.2.4. Kolonların Lifli Polimer (LP) ile Sarılması

LP tabakasının kolonların çevresine, lifler enine donatılara paralel olacak şekilde, sarılması ve yapıştırılması ile sargılama sağlanır. LP sargısı ile betonarme kolonların süneklik kapasitesi, kesme ve basınç dayanımları ile boyuna donatı bindirme boyunun yetersiz olduğu durumlarda donatı kenetlenme dayanımı artırılır.



Şekil 4.11. Kolonun lifli polimer (LP) ile sarılması

4.2.3. Kiriş Kapasitelerinin Arttırılması

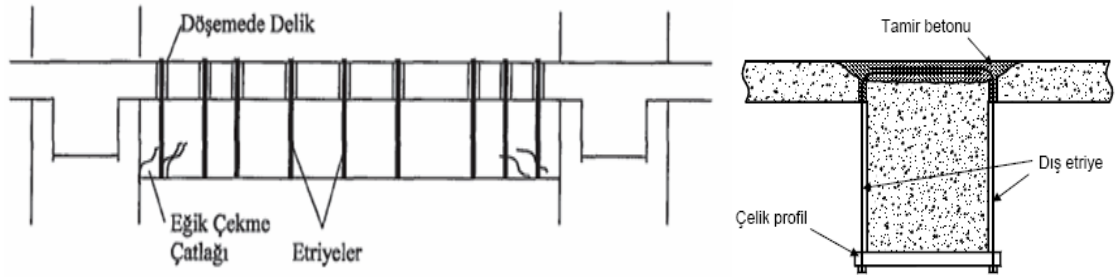
Betonarme kirişlerin kesme dayanımlarının ve bazı durumlarda süneklik kapasitelerinin arttırılması amacıyla aşağıdaki çözümler sıkça uygulanmaktadır. Bu yöntemlerde bazı yöntemlerin sadece kesme kuvvet kapasitesinin arttırdığı ve eğilme kapasitesini arttırmadığı unutulmamalıdır.

4.2.3.1. Dıştan Etriye Eklenerek Kirişlerin Sarılması

Kirişlerin onarılması ve/veya sarılarak süneklik kapasitesinin arttırılması amacıyla uygulanan bu yöntemde iki tür tercih söz konusudur. Bunlara aşağıda sıralanmıştır.

4.2.3.2. Kirişlerin Dıştan Çelik ile Sarılması

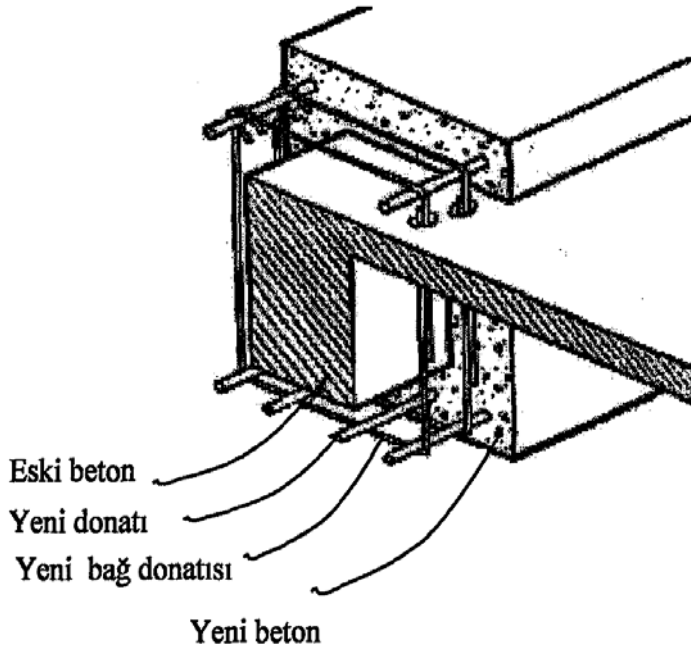
Kesme dayanımı yetersiz olan kiriş mesnet bölgelerinde gerekli sayıda etriye çubuğu kirişin iki yüzüne Şekil 4.12’de gösterildiği gibi dıştan eklenmektedir. Kiriş altına yerleştirilen bir çelik profile bulonla bağlanan çubuklar, üstteki döşemede açılan deliklerden geçirilerek döşeme üst yüzeyinde açılan yuvanın içine bükülerek yerleştirilmektedir. Daha sonra betonda açılan boşluklar beton ile doldurulur. Beton ile çelik arasında aderans olmadığından dıştan eklenen etriyelerin sargılama etkisi yoktur ve TDY 2007’de kiriş kesitinin sünekliğini arttırmadığı kabul edilmektedir.



Şekil 4.12. Dıştan Etriye eklenmesi

4.2.3.3. Kirişlerin Dıştan Beton ile Sarılması (Mantolama)

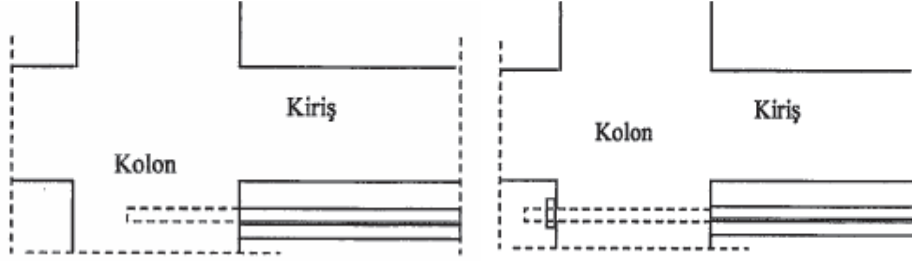
Kirişlerin hem kesme dayanımlarının arttırılması hem de eğilme kapasitelerinin arttırılması amacıyla mevcut kirişe yeni bir betonarme katman eklenir (Şekil 4.13). Burada, dikkat edilmesi gerekli iki husus; eski kiriş ile yeni kiriş arasında tam bir aderansın oluşması ve kiriş donatılarının eğilmeyi alabilecek şekilde komşu açıklıklara devam ettirilmesi veya sıyrılmayacak şekilde aderansın sağlanması için epoksi ile kolon içine ankre edilmesi vb. çözümler uygulanmaktadır (Şekil 4.14)



Şekil 4.13. Kiriş mantolanması perspektif görünüşü



Şekil 4.14. Kiriş mantolanmasında donatılarda sürekliliğin sağlandığı bir kiriş



Şekil 4.15. Kolona ankraj çubuğunun bağlanması, açılan delikle ankraj çubuğunun bağlanması

4.2.3.4. Lifli Polimer (LP) ile Sarma

LP sargılama ile kiriş kapasitelerinin artırılmasında son yıllarda teknolojik gelişmelerle birlikte sıkça başvurulan yöntemler arasına girmiştir. Bu yöntemlerin uygulanmasında da kullanılan yöntemler aşağıda sıralanmıştır.

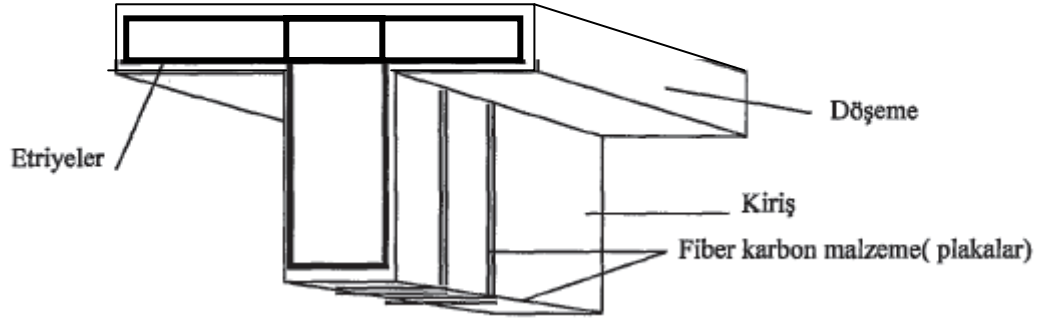
4.2.3.5. Karbon Lifli Polimerlerle (FRP) Kiriş Kapasitesinin Arttırılması

Kiriş sünekliğinin ve kesme dayanımının artırılmasında FRP ile sargı kullanılmaktadır. LP sargılama ile kiriş sünekliğinin ve kesme dayanımının artırılmasında tam sargı (tüm kesit çevresinin sarılması) yöntem kullanılmalıdır.

Uygulaması üretici firma tarafından önerilen yöntemle uygun olarak gerçekleştirilmelidir (Şekil 4.16).



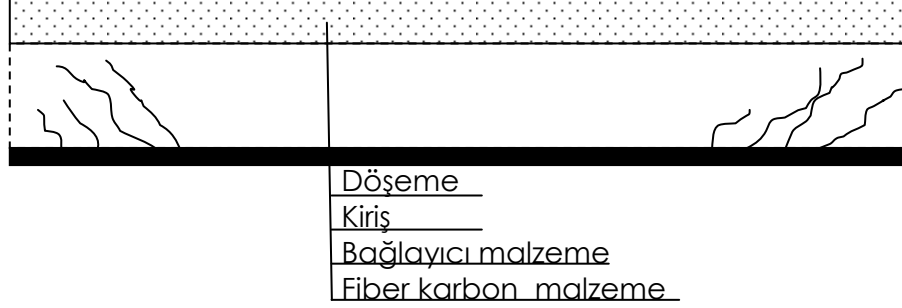
Şekil 4.16. Karbon Lifli Polimerlerle (FRP) kiriş kapasitelerinin artırılması



Şekil 4.17. Fiber karbonun kirişe yandan ve alttan uygulanması

Karbon fiberler farklı rijitlik sınıflarında mevcuttur. Bu ürünlerin hepsi mükemmel bir lineer elastik davranışa ve yüksek dayanıma sahiptirler. Karbon fiberler alkali, UV ve asitlere dayanıklıdır. Yüksek yorulma dayanımına ve düşük termal genişleme katsayısına sahiptirler. Gerilme korozyonuna uğramazlar. Kullanım alanları; döşeme kirişlerdeki yük taşıma kapasitelerinin artırılması, yapı elemanlarının zarar görmesi halinde (donatı korozyonu, deprem, dış kuvvetler sonucu), yapısal sistemdeki

değişiklikler (kolon ve duvarların kaldırılması, döşemede boşluk açılması) tasarım ve imalat hataları (eksik etriye, yetersiz kesit v.b.) olan yerlerde kullanılmaktadır.



Şekil 4.18. Fiber karbonun kirişe alttan uygulanması.

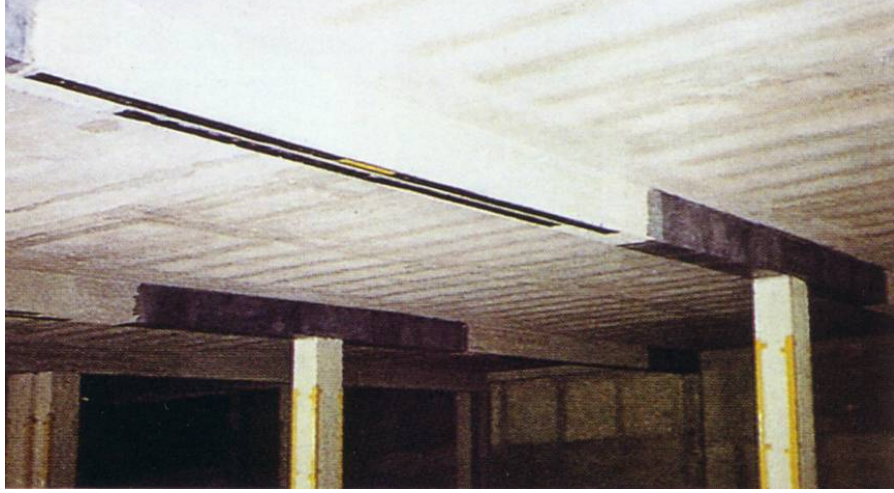
Karbon lifli dokumalar yaygın olarak kirişlerde kesmeye karşı kullanılmakla birlikte, hem döşeme açıklıklarında hem de eğilmeye karşı dayanımın artırılmasında kullanılmaktadır..



Şekil 4.19. Eğilmeye karşı lifli dokular ile dayanımının artırılması

4.2.3.6. Karbon Lifli Şeritlerle (CFRP) Kiriş Kapasitesinin Arttırılması

Karbon lifli dokumalar kesmeye karşı yaygın olarak kullanılırken, karbon lifli şeritler de kiriş eğilme kapasitelerinin artırılması için tercih edilmektedir.



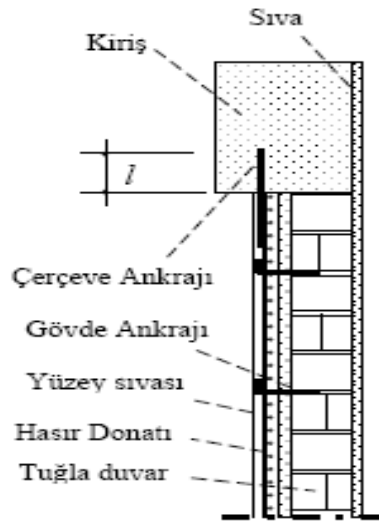
Şekil 4.20. Karbon lifli şeritlerle kiriş eğilme kapasitelerinin artırılması

4.2.4. Dolgu Duvarlarının Güçlendirilmesi

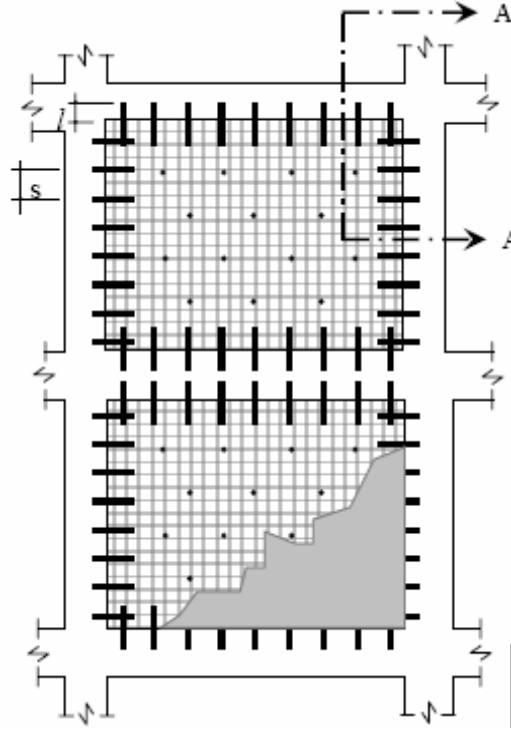
Bodrum hariç en fazla üç katlı binalarda uygulanmak üzere, temel üstünden yukarıya kadar üst üste süreklilik gösteren betonarme çerçeve içindeki dolgu duvarlarının rijitliği ve kesme dayanımı, aşağıda tanımlanan güçlendirme yöntemleri ile artırılabilir. Bu tarz güçlendirme klasik güçlendirme yöntemlerine göre daha az süre gerektirmekte ve ev sahiplerinin yapıyı terk etmesi gerekmeyebilmektedir.

4.2.4.1. Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva ile Güçlendirilmesi

Dolgu duvarlarının rijitliği ve kesme dayanımı, duvar yüzüne uygulanan hasır çelik donatılı, özel karışımlı sıva tabakası ile artırılabilir. (Şekil 4.21.) Yöntemle ilgili ayrıntılar TDY 2007 7F.2. de verilmektedir.



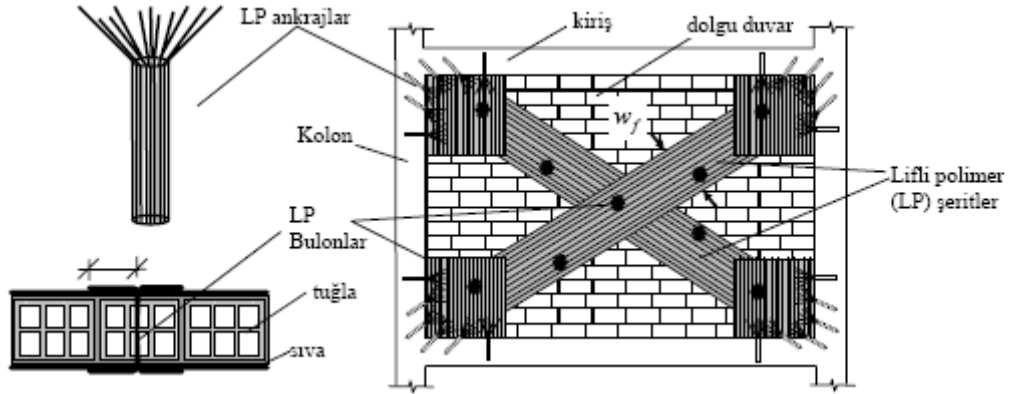
Şekil 4.21. Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva ile Güçlendirilmesi



Şekil 4.22. Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva ile Güçlendirilmesi

4.2.4.2. Dolgu Duvarlarının Lifli Polimerler ile Güçlendirilmesi

Uzunluğunun yüksekliğine oranı 0.5 ile 2 arasında olan dolgu duvarlarının rijitliği ve kesme dayanımı, duvar yüzüne uygulanan lifli polimerler (LP) ile artırılabilir (Şekil 5.22.). Bu tür uygulamalarda mevcut çerçeve içinde basınç çubuğu oluşumu sağlanmalı ve çerçeveye yük aktarımı için gerekli ankrajlar düzenlenmelidir. Bunun için uygulamanın yapılacağı duvar yüzü ile çerçeve elemanlarının dış yüzü arasında en az 30 mm derinliğinde boşluk olmalıdır. Aksi halde bu tür duvar güçlendirmesi uygulanamaz. Yöntemle ilgili ayrıntılar TDY 2007 7F.3. de verilmektedir.



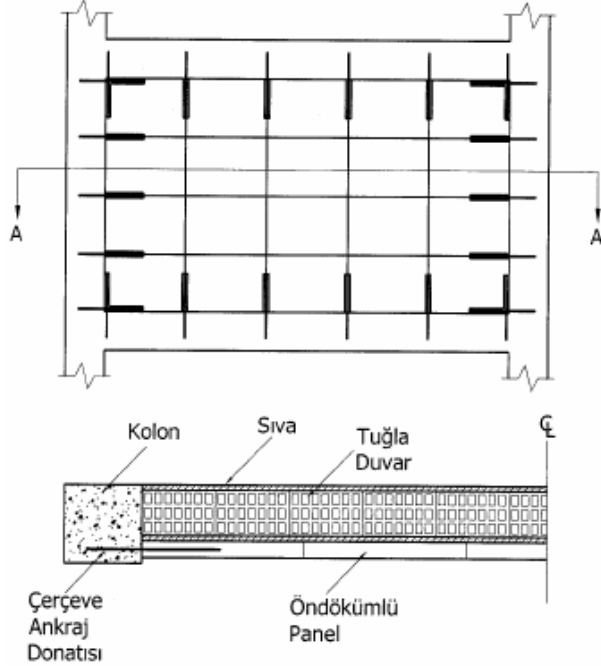
Şekil 4.23. Dolgu Duvarlarının Lifli Polimerler ile Güçlendirilmesi



Şekil 4.24. Dolgu Duvarlarının Lifli Polimerler ile Güçlendirilmesi

4.2.4.3. Dolgu Duvarların Prefabrike Beton Paneller ile Güçlendirilmesi

Dolgu duvarlarının kesme dayanımı ve rijitliği ön dökümlü beton panel elemanlar kullanılarak arttırılabilir (Şekil 4.25.). Bu tür güçlendirme, uzunluğunun yüksekliğine oranı 0.5 ile 2 arasında değişen duvarlara uygulanmalıdır. Ön dökümlü paneller mutlaka çerçevenin içinde kalacak şekilde yerleştirilecek, dışmerkezli olarak yerleştirilmeyecektir. Bunun için uygulamanın yapılacağı duvar yüzü ile çerçeve elemanları dış yüzü arasında en az panel kalınlığına eşit derinlikte boşluk olmalıdır. Aksi halde bu tür duvar güçlendirmesi uygulanamaz.



Şekil 4.25. Dolgu Duvarların Prefabrike Beton Paneller ile Güçlendirilmesi

4.2.5. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Yerinde Dökme Betonarme Perdeler ile Güçlendirilmesi

Yanal rijitliği ve dayanımı yetersiz olan betonarme taşıyıcı sistemler, yerinde dökme betonarme perdelerle güçlendirilebilir. Betonarme perdeler mevcut çerçeve düzlemi içinde veya çerçeve düzlemine bitişik olarak düzenlenebilir.

4.2.5.1. Çerçeve Düzlemi İçinde Betonarme Perde Eklenmesi

Rijitlikleri ve kendi düzlemleri içindeki etkilere karşı mukavemetlerinin büyük olması nedeniyle, deprem perdeleri bina taşıyıcı sistemlerinin depreme dayanımı bakımından en önemli elemanlardır. Bundan dolayı, depremden hasar görmüş ya da projelendirmesi yeterli olmayan bir deprem perdesinin onarım ve güçlendirilmesi en çok tercih edilen klasik yöntemdir.

Betonarme sisteme eklenecek perdeler çerçeve aksının içinde düzenlenmeli ve temelden başlayarak perde üst kotuna kadar sürekli olmalıdır. Bu amaçla, perde uç bölgesindeki boyuna donatıların ve gereği durumunda perde gövdesindeki boyuna donatıların perde yüksekliği boyunca sürekliliği sağlanmalıdır. Perdeler, içinde buldukları çerçeveye ankraj çubukları ile bağlanarak birlikte çalışmaları sağlanmalıdır. Ankraj çubukları, mevcut çerçeve elemanları ile eklenen betonarme

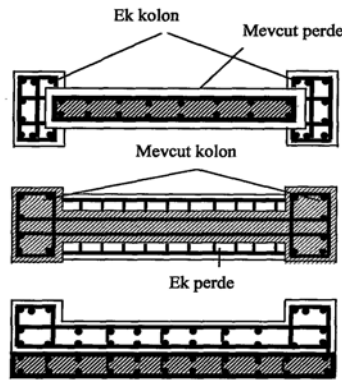
perde elemanı arasındaki ara yüzlerde deprem kuvvetleri altında oluşan kayma gerilmelerini karşılamak için yeterli dayanıma sahip olmalıdır. En küçük ankraj çubuğu çapı 16 mm, en az ankraj derinliği çubuk çapının on katı ve en geniş çubuk aralığı 40 cm olmalıdır.

Eğer sadece kesme kuvveti taşıma gücü arttırılacaksa duvar kesitinin arttırılması yeterlidir (flanşlara gerek yoktur). Gerçekleştirilmesi istenen kesme dayanımı artışına bağlı olarak yatay ve düşey çubuklardan oluşan gövde donatısı ilave edilir. Bu arada mevcut duvar yüzü pürüzlendirilmeli ve yeni eklenen kısım özel ankraj civataları ile mevcut duvara bağlanmalıdır. Ek gövde donatısının mevcut duvara ankrajında epoksi ile tespit edilmiş çelik dübellerden de faydalanılabilir.

Eğer deprem perdesinin sadece eğilme dayanımının arttırılması isteniyorsa perdenin her iki ucuna betonarme flanşlar (başlık kolonları) eklenmelidir. Yeni flanş betonu, uygun detaylandırılmış sık aralıklı etriyeler ile sarılmalıdır. Yeni flanşların mevcut perdeye ankrajının sağlanması için özel olarak bükülmüş bağlantı elemanları ile yeni ve mevcut donatılar birbirine bağlanmalıdır. Bu bağlantıyı sağlamak için kaynak metodu yada epoksi ile tespit edilmiş ankraj çubukları kullanılabilir.

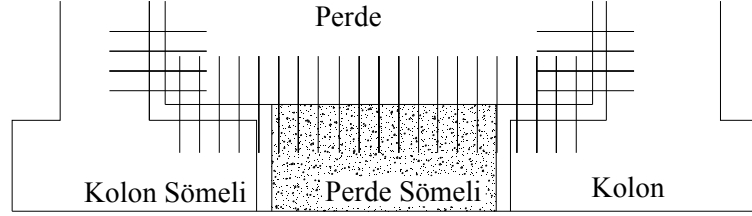
Eğer deprem perdesinin hem eğilme hem de kesme dayanımının arttırılması gerekiyorsa, bu durumda hem kesit uçlarına flanşlar hem de perde gövdesine yeni betonarme katman ilave edilmelidir.

Perdelerin hem ön hem de arka yüzlerine betonarme tabaka ilave edilerek kesitlerinin arttırılması daha iyi sonuçlar vermektedir. Ancak, gerek ekonomik sebepler ve gerekse teknik zorluklar nedeniyle bu her zaman mümkün olamamaktadır.



Şekil 4.26. Deprem perdesi kesitlerinin arttırılması

Bir başka önemli husus da taşıyıcı sisteme yeni eklenen perdenin temelden itibaren rijitliğinin sağlanmasıdır. Dolayısıyla, bölme duvar yerine gelen yeni perde için temelde yeni bir sistem düzenlenmelidir (Şekil 4.27.).



Şekil 4.27. Takviye perde duvar temel detayı

4.2.5.2. Çelik diyagonal elemanlarla çerçevelerin doldurulması

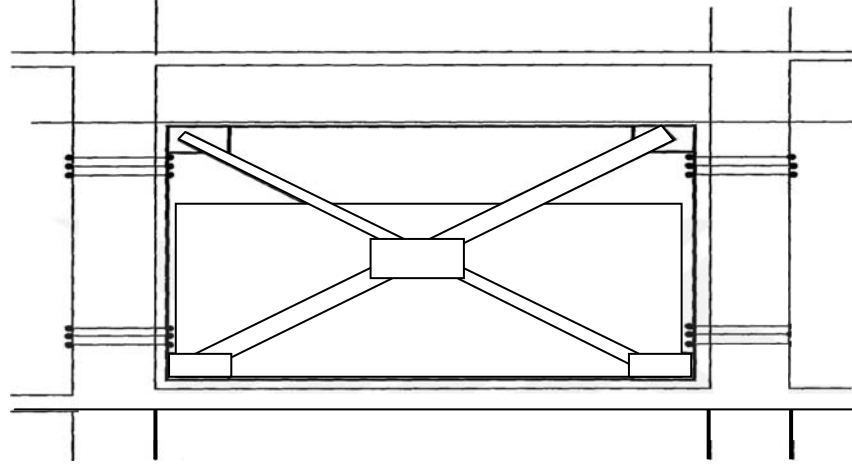
Yapıya betonarme perde duvarların eklenmesi, yapının ağırlığını ve dolayısıyla yapıya gelen deprem kuvvetlerini artırır. Bu artıştan kaçınmak ya da yapının ağırlığını arttırmadan rijitliğini ya da daha önemlisi sünekliğini arttırmak için çerçeve boşlukları arasına çelik çerçeveler ya da diyagonal elemanlar konularak güçlendirme yapılabilmektedir..



Şekil 4.28. Çerçeve ve boşluklar arasına çelik çerçeveler ve diagonal elemanlar konularak güçlendirme

Bu yöntemde, çerçevenin betonarme kolonlara özel bir biçimde bağlanması gerekmektedir. Bu bağlantı yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi bulunlu bir bağlantı ya da

Şekil.5.16' de görüldüğü gibi kaynaklı bir bağlantı da olabilmektedir. Bulonlu bağlantı kolonun dış yüzünde olabileceği gibi, kolon delinerek bulonlar kolon içerisinden de geçirilebilmektedir.



Şekil 4.29. Çerçeve açıklığına bulonlu çelik diyagonal elemanlar yerleştirilmesi

4.2.5.3. Çerçeve Düzlemine Bitişik Betonarme Perde Eklenmesi

Betonarme sisteme eklenecek perdeler dış çerçeve aksının dışında, çerçeveye bitişik olarak düzenlenmeli ve temelden başlayarak perde üst kotuna kadar sürekli olmalıdır. Perdeler bitişik oldukları çerçeveye ankraj çubukları ile bağlanarak birlikte çalışmaları sağlanmalıdır. 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 olmalıdır.



Şekil 4.30. İstanbul Üniv' de perde eklenmesi ile güçlendirme örneği

4.2.6. Betonarme Sisteme Yeni Çerçeveler Eklenmesi

Betonarme sistemin dışına, yeni çerçeveler eklenerek, yatay kuvvetlerin paylaşımı sağlanabilir. Sisteme eklenecek çerçevelerin temelleri mevcut binanın temelleri ile birlikte düzenlenmelidir. Yeni çerçevelerin mevcut binanın taşıyıcı sistemi ile birlikte çalışması için bu çerçeveler mevcut binanın döşemelerine gerekli yük aktarımını sağlayacak şekilde bağlanmalıdır.

4.2.7. Betonarme Sistemin Kütlesinin Azaltılması

Kütle azaltılması bir yapı güçlendirme yöntemi değildir. Ancak yapıya etki eden düşey yüklerin ve deprem kuvvetlerinin azalan kütle ile orantılı olarak azalacak olması yapı güvenliğini arttıracaktır. Azaltılacak veya kaldırılacak kütle ne kadar yapı üst kotlarına yakın ise, deprem güvenliğini arttırmadaki etkinliği de o kadar fazla olacaktır. En etkili kütle azaltılması türleri binanın üst katının veya katlarının iptal edilerek kaldırılması, mevcut çatının hafif bir çatı ile değiştirilmesi, çatıda bulunan su deposu vb tesisat ağırlıklarının zemine indirilmesi, ağır balkonların, parapetlerin, bölme duvarların, cephe kaplamalarının daha hafif elemanlar ile değiştirilmesidir.

4.2.8. Kirişlerin onarım ve güçlendirilmesinde dikkat edilecek hususlar

Depremde hasar görmüş betonarme yapı elemanlarından olan kirişlerin onarım ve güçlendirilmesinde uygulama ve proje v.b. aşamalarında dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda açıklanmıştır.

- Onarım ve güçlendirme yapılacak kiriş krikolar yardımı ile askıya alınarak üzerindeki yük boşaltılmalıdır.
- Onarım ve güçlendirmesi yapılan kirişte, askıya almada kullanılan krikolar, kiriş tam dayanımına ulaştıktan sonra kaldırılmalıdır.
- Kirişlerin güçlendirilmesi eski ve yeni betonun kaynaşması için her ikisi arasında tam bir yapışma yani kesme kuvveti aktarım olmalıdır. Bunu sağlamak için eski beton üzerine epoksi reçine ile çakıllar yapıştırılarak yada eski betonda kesme yuvaları oluşturularak kenetlenme yüzeyi artırılır.
- Kirişlerin güçlendirilmesinde dikkat edilecek bir diğer önemli nokta, güçlendirilmiş kirişin toplam donatı yüzdesinin, dengeli kırılma için gerekli olan maksimum donatı yüzdesini aşmamış olmasıdır. Aksi halde, deprem etkisinde basınç kırılması olarak da

adlandırılan gevrek kırılma oluşabilecektir. Bu kırılma binanın sünekliliği açısından istenmeyen bir durumdur.

4.2.9. Kolonların onarım ve güçlendirilmesinde dikkat edilecek hususlar

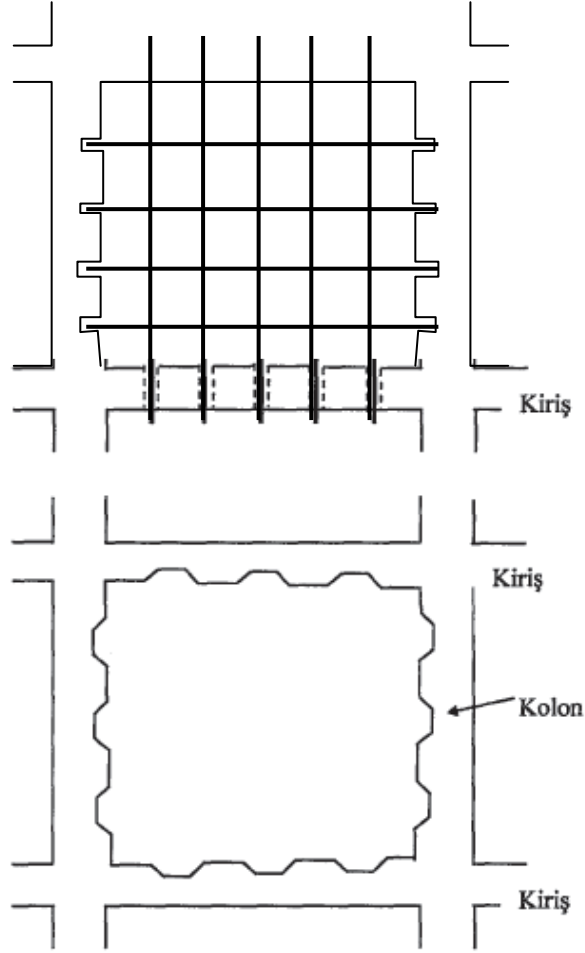
Depremde hasar görmüş betonarme yapı elemanlarından olan kolonların, onarım ve güçlendirmesinde uygulama ve proje v.b. aşamalarında dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda açıklanmıştır.

- Boyuna donatının toplam yüzdesi %1'den az olmayacağı gibi %1'den de fazla olmamalıdır.
- Mantolama ile kolon güçlendirmesinde kesit ve donatı miktarının hesabında gereken enkesit hesabı için seçilen et kalınlığının taşıyabileceği yük ile donatının taşıyabileceği yük hesaplanmalıdır.
- Kolonların güçlendirilmesi sırasında kullanılacak betonun agrega boyutları, hem eklenen en kesit alanının et kalınlığına hem de boyuna donatılar arasındaki aralığa bağlıdır. Genellikle, kullanılan agreganın en büyük dane çapı et kalınlığının yarısından fazla olmamalıdır. Aksi takdirde, donatıların arasına beton girmez, donatıyı tam olarak sarmaz ve aderans gerçekleşmez.
- Kat döşemesinin tavanına kadar yapılan mantolama da kolonun kesme kuvveti taşıma gücü artar, eksenel yük ve moment taşıma gücünde bir değişme olmaz. Ancak, kat döşemeleri de delinerek yapılan mantolama da kolonun hem kesme kuvveti, hem eksenel yük ve hem de moment taşıma gücünde bir artış beklenmelidir
- Yapılan deneyler sonucunda kolon yükünün askıya alınarak yapılan güçlendirmelerde yapılan mantolamanın %80 etkili olduğu, kolon yükünün askıya alınmadan yapılan güçlendirmelerde yapılan mantolamanın %50 etkili olduğu gözlenmiştir. Bu deneyler gösteriyor ki; kolon güçlendirilmeleri kolonların yükleri boşaltıldıktan sonra yapılmalıdır.

4.2.10. Perdelerin onarım ve güçlendirilmesinde dikkat edilmesi gereken hususlar

Depremden hasar görmüş betonarme yapı elemanlarından olan perdelerin onarımları ve güçlendirilmeleri sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Mevcut perdeye açılan deliklerden geçen ve perdenin iki tarafındaki donatıya kanca ile tespit edilen bağlantı çubukları, perdenin mukavemetini hesaplanan değerlerin daha üzerine çıkartır.
- Perde ile döşeme arasındaki kesme kuvveti aktarımının sağlanabilmesi için mevcut döşemede açılan deliklerden geçen dubel cinsi bağlantılar yapılmaktadır. Bu delikler aynı zamanda döşeme altındaki yeni perde kısımlarının betonlanmasında da kullanılmaktadırlar. Bu arada, döşeme kalınlığı içinden geçen, alttaki ve üstteki perdelerle ankre edilen köşegenler doğrultusundaki (eğik) donatı çubukları bu kesme kuvvetinin aktarılması için ek bir bağlantı temin etmektedirler (Şekil 4.31).



Şekil 4.31. Perdelerin çerçeve ile birlikte çalışması için teknik detay

- Yeni malzemelerin mukavemetleri mevcut malzemelerden az olmamalıdır.
- İlave perde kalınlığı en az 10 cm, flanş kalınlığı ise en az 15 cm olmalıdır.

- Hem düşey hem de yatay toplam donatının toplam brüt beton alanına oranı 0.0025'den (binde iki buçuk) az olmamalıdır.
- Perde ucundaki etriyelerin çapı 8 mm'den ve o bölgedeki boyuna donatı çapının 1/3'ünden ince olmamalıdır. Aralıkları ise uçtaki betonun et kalınlığından ve 15 cm'den fazla olmamalıdır.
- Mevcut perdenin yüzü tamamen pürüzlendirilmeli ve yeni beton mevcut betona her doğrultuda en çok 60 cm aralıklarla epoksi ile tespit edilmiş kancalı dübeller yardımıyla bağlanmalıdır.
- Mevcut bir yapıya yeni taşıyıcı elemanların ilave edilmesi, olası bir depremde yapının davranışını önemli ölçüde etkileyecektir. Bu nedenle; yeni ilave edilen elemanlar ile mevcut elemanlar arasındaki rijitlik uyumu sağlanmalıdır.
- Yeni ilave edilen elemanlar, yapının kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki mesafeyi minimuma indirecek şekilde yerleştirilmelidirler.
- Hatalı perde dağılımı yapılmamalıdır
- Esas problem perdenin temel döşeme ve çatı yeri birleşimlerinin uygun olarak temin edilmesidir.
- Mümkünse perdelerin boyutları tüm katlarda aynı kalmalıdır

4.2.11. Projelendirme ile ilgili hususlar

Betonarme yapı elemanları olan perdelerin depremden sonra güçlendirilmesi için mevcut yönetmeliklere göre projelendirilmeleri gerekmektedir. Bunlarla ilgili bilgi aşağıda maddeler halinde verilmektedir.

- Güçlendirilecek deprem perdesinde; mevcut perde ile yeni ilave kısmın arasındaki aderansın etkinliğine, eğilme, normal kuvvet ve kesme kuvvetinin beraber etkisine göre boyutlandırılarak donatı hesabı yapılmalıdır.
- Kuvvetlerin temellere aktarımı uygun ve yeterli olarak sağlanmalıdır.
- Güçlendirilmiş perdenin rijitliğindeki artış hesaba katılmalıdır. Bu artış deprem kuvvetleri etkisi altında yapının davranışını tamamen değiştirebilecektir.

4.3. Sönmez Apartmanı'nın 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Değerlendirilmesi

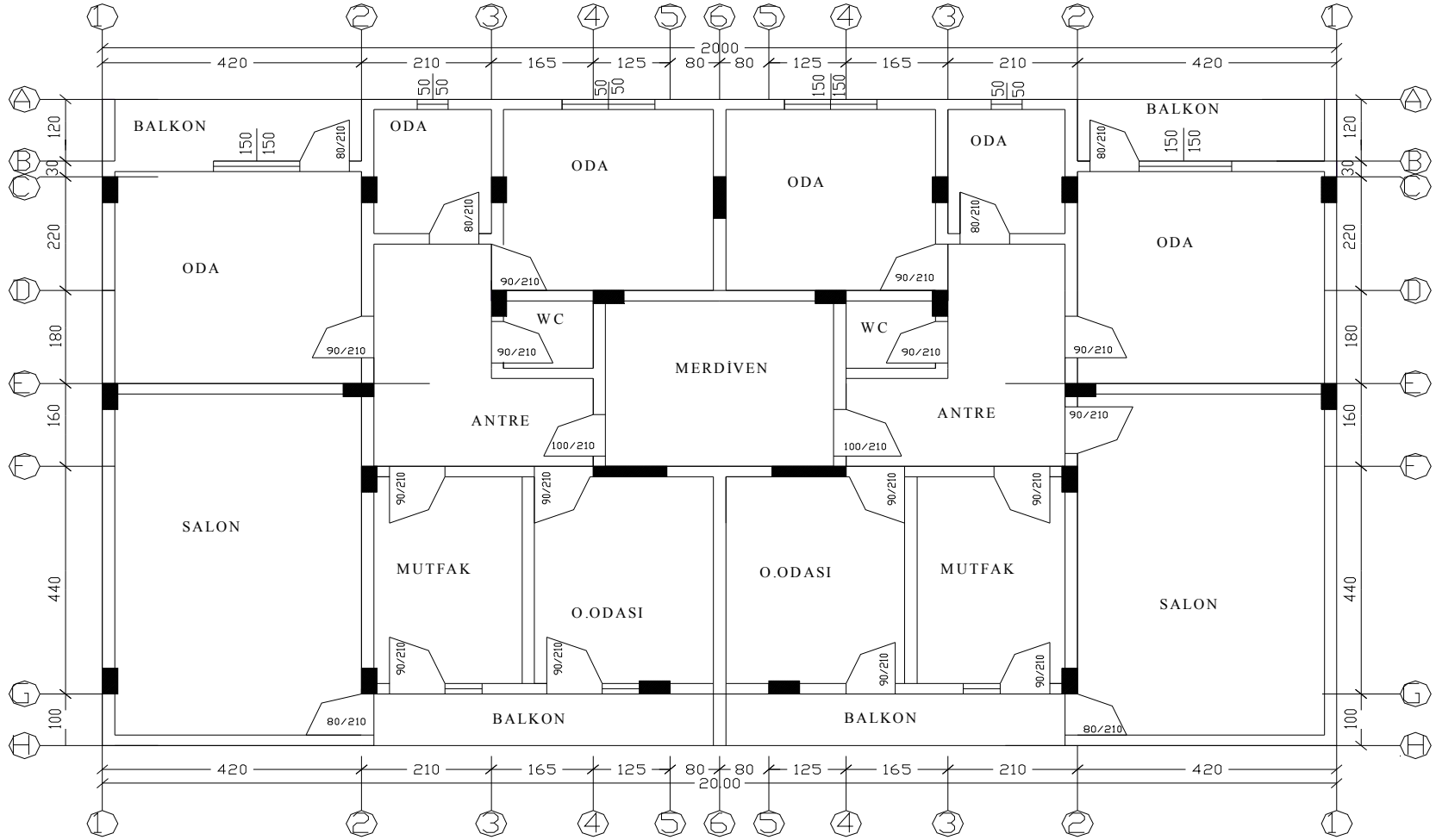
4.3.1. Yapıya Ait Genel Bilgiler.

Performans hesabı yapılmak üzere seçilen bina; Hatay ili Antakya ilçesi ve Çekmece Mıntıkası 1191 Numaralı Parsel üzerinde yer almaktadır. Mimari projesi Şekil 6.1'de görülen Binada yapılan inceleme neticesinde zemin kat + 4 normal kattan oluştuğu görülmektedir. Çatı kiremit kaplanmıştır. Yapının taşıyıcı sistemi kolon, kiriş ve normal döşemeden oluşmaktadır. Döşeme kalınlıkları 12 cm dir. Kolon boyutları üst katlara doğru azalarak devam etmektedir. Ara duvarlar kirişlerin üzerine oturtulmuştur. Yapının tüm katlarındaki çevre ve bölme duvarlarının tamamı boşluklu tuğla ile örülmüştür.

Yapı 1986 tarihinde inşaa edilmiştir ve projeleri mevcuttur. Bölüm 4.1.2 . ve 4.1.6.'ya göre yapılan incelemede yapının "Kapsamlı" bilgi düzeyinde olduğuna karar verilmiş ve Çizelge 4.1.'e göre "Bilgi Düzeyi Katsayısı" 1.00 olarak bulunmuştur. Kat alanı 250 m² dir. Kat yüksekliği 2.9 m dir. Çizelge 4.8. de Binaya ait genel bilgiler sunulmuştur.

Çizelge 4.8. Binaya ait genel bilgiler

Mevcut Yapının Özellikleri		2007 Deprem Yönetmeliği Parametreleri
Binanın Projesi	Var	Deprem Bölgesi 1
Bilgi Düzeyi	Kapsamlı	Derem Bölge Katsayısı 0.4
Bilgi Düzey Katsayısı	1	Bina Önem Katsayısı 1.0
Donatı Gerçekleşme Katsayısı	1	Zemin Cinsi Z3
Mevcut Beton Sınıfı (MPa)	16	Zemin Emniyet Gerilmesi 1,21 kg / cm²
Mevcut Çelik Sınıfı (MPa)	220	Zemin Titreşim Periyodu 0.44 sn
Hedeflenen Perf. Düzeyi	Can Güvenliği	Yataklanma Katsayısı 1500 t / m³



Şekil 4.32. Sönmez Apartmanı'nın Tipik Kat Planı

4.3.1.1. Zemin Özelliklerinin Tespiti

Temmuz 2006 Ayında Özel bir şirket tarafından Jeolojik ve Jeoteknik Etüt Raporunda yukarıdaki Çizelge 6.1. deki değerler tespit edilmiştir.

4.3.1.2. Çelik Sınıfı Tespiti

Çelik numuneler üzerinde yapılan incelemede BÇI kullanıldığı ve çelik kapasite dayanımının 220 MPa'ı sağladığı bulunmuştur.

4.3.1.3. Beton Sınıfının Tespiti

Haziran 2006 tarihinde özel bir Yapı Test Laboratuvarı tarafından alınan karot numunelerinin analizi sonucunda Çizelge 6.2.'de yer alan değerler tespit edilmiştir. Bölüm 4.1.6.'da belirtildiği üzere

Beton kapasite dayanımı = Ortalama – Standart Sapma

Şeklinde hesaplanacağı belirtilmektedir.

Çizelge 4.9. Karot deney sonuçları

ALİ SÖNMEZ APRT. AİT KAROT SONUÇLARI				
Sıra No	Deney No	Dayanım	Kırılma Zamanı	Numunen alındığı yer
1	4400-1	34 N/ mm ²	28 sn	3.Kat Kolon Aks No:B-6
2	4400-2	51 N/ mm ²	33 sn	3.Kat Kolon Aks No:D-6
3	4400-3	45 N/ mm ²	31 sn	3.Kat Kolon Aks No:D-4
4	4400-4	22 N/ mm ²	22 sn	2.Kat Kolon Aks No:A-9
5	4400-6	25 N/ mm ²	19 sn	2.Kat Kolon Aks No:D-6
6	4400-7	23 N/ mm ²	46 sn	1.Kat Kolon Aks No:A-1
7	4400-8	25 N/ mm ²	41 sn	1.Kat Kolon Aks No:B-5
8	4400-9	19 N/ mm ²	16 sn	1.Kat Kolon Aks No:D-6
9	4400-10	18 N/ mm ²	19 sn	Z.Kat Kolon Aks No:A-8
10	4400-11	30 N/ mm ²	54 sn	Z.Kat Kolon Aks No:B-7
11	4400-12	22 N/ mm ²	45 sn	Z.Kat Kolon Aks No:D-4
12	4400-13	19 N/ mm ²	16 sn	Subasman Kirişi E/2-6 Aks
13	4400-14	29 N/ mm ²	54 sn	Subasman Kirişi E/5-8 Aks
14	4400-15	22 N/ mm ²	20 sn	Subasman Kirişi 1/E-C Aks

Çizelge 4.9.'a göre

$$\text{Ortalama} = 27,4 \text{ MPa}$$

$$\text{Standart Sapma} = 9,5$$

$$\text{Beton Kapasite Dayanımı} = 27,4 - 9,5 = 17,9 \text{ MPa olarak belirlenmektedir.}$$

2007 Deprem Yönetmeliği Madde 7.2.16. (b)'ye göre; "Malzeme dayanımları, özellikle belirtilmedikçe ilgili tasarım yönetmeliklerinde verilen malzeme katsayıları ile bölünmeyecektir. Eleman kapasitelerinin hesabında *mevcut malzeme dayanımları* kullanılacaktır." denilmektedir. Bundan dolayı dayanımda azaltma yapılmayacaktır. Yapı projesinde BS16 olarak tanımlandığından beton dayanımının projesini sağladığı görülmektedir. Dolayısıyla hesaplarda 16 MPa kullanılmıştır.

4.3.1.4. Mevcut Kolon Ölçü ve Donatıları

Yapının Betonarme projelerinde belirtilen donatıların; bazı yerlerde pas payı sıyrılarak bazı yerlerde donatı tespit cihazı ile ve yapının en üst katında gözlenen kolon filizlerinden projeye uyulup uyulmadığı konusunda inceleme yapılmış olup, projeye uyulduğu tespit edilmiştir. Buna göre hesaplarda dikkate alınan kolon boyutları ile donatı özellikleri Çizelge 6.3-4.'te sunulmuştur.

Çizelge 4.10. Kolon ölçüleri

SÖNMEZ APARTMANI KOLON ÖLÇÜLERİ					
Kolon Adı	1.Kat	2.Kat	3.Kat	4.Kat	5.kat
S1	25/50	25/50	25/40	25/40	25/40
S2	25/50	25/50	25/50	25/40	25/40
S3	25/50	25/50	25/50	25/45	25/45
S4	25/80	25/70	25/70	25/60	25/60
S5	25/60	25/60	25/60	25/50	25/50
S6	65/25	60/25	60/25	50/25	50/25
S7	25/60	25/50	25/50	25/45	25/45
S8	50/25	50/25	50/25	40/25	40/25
S9	25/65	25/60	25/60	25/50	25/50
S10	125/20	125/20	125/20	125/20	125/20
S11	25/50	25/50	25/50	25/40	25/40
S12	25/55	25/50	25/50	25/40	25/40
S13	55/25	55/25	55/25	45/25	45/25

Çizelge 4.11. Kolon donatı tablosu

SÖNMEZ APARTMANINA AİT KOLON DONATI TABLOSU										
Kolon Adı	1.Kat		2.Kat		3.Kat		4.Kat		5.Kat	
	Donatı	Alan (cm ²)	Donatı	Alan (cm ²)	Donatı	Alan (cm ²)	Donatı	Alan (cm ²)	Donatı	Alan (cm ²)
S1	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32	6 Ø 14	9,24	6 Ø 14	9,24
S2	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32	6 Ø 14	9,24	6 Ø 14	9,24
S3	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32	6 Ø 14	9,24	6 Ø 14	9,24
S4	12 Ø 14	18,48	10 Ø 14	15,4	10 Ø 14	15,4	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32
S5	10 Ø 14	15,4	10 Ø 14	15,4	10 Ø 14	15,4	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32
S6	10 Ø 14	15,4	10 Ø 14	15,4	10 Ø 14	15,4	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32
S7	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32	6 Ø 14	9,24	6 Ø 14	9,24
S8	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32	6 Ø 14	9,24	6 Ø 14	9,24
S9	10 Ø 14	15,4	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32
S10	12 Ø 14	18,48	12 Ø 14	18,48	12 Ø 14	18,48	10 Ø 14	15,4	10 Ø 14	15,4
S11	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32	6 Ø 14	9,24	6 Ø 14	9,24
S12	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32	6 Ø 14	9,24	6 Ø 14	9,24
S13	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32	8 Ø 14	12,32	6 Ø 14	9,24	6 Ø 14	9,24

4.3.1.5. Mevcut Kiriş Ölçü ve Donatıları

Mevcut kirişlerin donatıları muayeneler yapılarak projeye uygunluğu tespit edilmiştir. Kirişler genellikle 20x50 ebadındadır. Sadece her kattaki K18' (20x70), K3 ve K21 (20x60) ve K22' (20x80) farklı ölçülerdedir. Deprem yönetmeliğine göre kiriş gövde genişliği en az 250 mm olmalıdır. Fakat hiçbir kiriş bu koşulu sağlamamaktadır. Analiz sonucunda kirişlerin güçlendirilip güçlendirilmeyeceğine karar verilecektir. Mevcut kirişlerin donatı ve ölçüleri Çizelge 4.12. da verilmiştir.

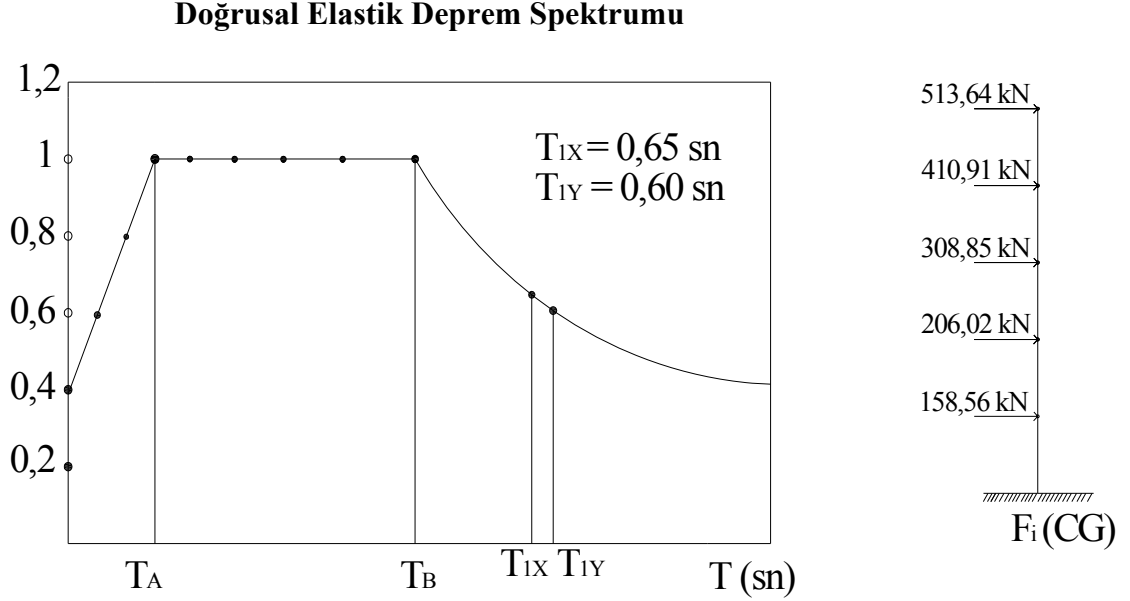
Çizelge 4.12. 1. Kat ve 2. Kat mevcut kiriş donatıları

1. KAT ve 2.KAT KİRİŞ DONATI TABLOSU																	
Kiriş No	b/d	Düz	Alan (cm ²)	Pilye	Alan (cm ²)	montaj	Alan (cm ²)	i ucu İlave	Alan (cm ²)	j ucu İlave	Alan (cm ²)	i ucu üst	i ucu alt	j ucu üst	j ucu alt	Açıklık üst	Açıklık alt
K101	20/50	2Ø12	2,26	1Ø12	1,13	2Ø12	2,26	0	0	0	0	3,39	2,26	3,39	2,26	2,26	3,39
K102	20/50	2Ø12	2,26	1Ø12	1,13	2Ø12	2,26	0	0	0	0	3,39	2,26	3,39	2,26	2,26	3,39
K103	20/60	3Ø14	4,62	3Ø14	4,62	2Ø12	2,26	0	0	0	0	6,88	4,62	6,88	4,62	2,26	9,24
K104	20/50	2Ø12	2,26	1Ø12	1,13	2Ø12	2,26	2Ø14	3,08	3Ø14	4,62	6,47	2,26	8,01	2,26	2,26	3,39
K105	20/50	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	0	0	0	0	4,52	2,26	4,52	2,26	2,26	4,52
K106	20/50	2Ø12	2,26	1Ø12	1,13	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	3Ø14	4,62	5,65	2,26	8,01	2,26	2,26	3,39
K107	20/50	2Ø12	2,26	1Ø12	1,13	2Ø12	2,26	0	0	0	0	3,39	2,26	3,39	2,26	2,26	3,39
K108	20/50	2Ø12	2,26	1Ø12	1,13	2Ø12	2,26	1Ø14	1,54	8Ø14	12,3	4,93	2,26	15,7	2,26	2,26	3,39
K109	20/50	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	0	0	0	0	4,52	2,26	4,52	2,26	2,26	4,52
K110	20/50	3Ø14	4,62	2Ø14	3,08	2Ø12	2,26	0	0	3Ø14	4,62	5,34	4,62	5,34	4,62	2,26	7,7
K111	20/50	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	2Ø12	2,26	0	0	0	0	4,52	2,26	4,52	2,26	2,26	4,52
K112	20/50	2Ø14	3,08	2Ø14	3,08	2Ø12	2,26	0	0	0	0	5,34	3,08	5,34	3,08	2,26	6,16
K113	20/50	2Ø12	2,26	2Ø14	3,08	2Ø12	2,26	0	0	3Ø14	4,62	5,34	2,26	9,96	2,26	2,26	5,34
K113'	20/50	2Ø12	2,26	0	0	2Ø12	2,26	1Ø12	1,13	0	0	3,39	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26
K114	20/50	2Ø12	2,26	1Ø12	1,13	2Ø12	2,26	0	0	4Ø14	6,16	3,39	2,26	9,55	2,26	2,26	3,39
K114'	20/50	2Ø12	2,26	0	0	2Ø12	2,26	1Ø14	1,54	0	0	3,8	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26
K115	20/50	2Ø12	2,26	1Ø12	1,13	2Ø12	2,26	3Ø14	4,62	2Ø12	2,26	8,01	2,26	5,65	2,26	2,26	3,39
K115'	20/50	2Ø12	2,26	0	0	2Ø12	2,26	2Ø14	3,08	0	0	5,34	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26
K116	20/50	2Ø12	2,26	1Ø12	1,13	2Ø12	2,26	0	0	0	0	3,39	2,26	3,39	2,26	2,26	3,39
K117	20/50	2Ø12	2,26	0	0	2Ø12	2,26	0	0	0	0	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26
K117'	20/50	2Ø12	2,26	0	0	2Ø12	2,26	3Ø14	4,62	0	0	6,88	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26
K118	20/50	2Ø12	2,26	1Ø12	1,13	2Ø12	2,26	3Ø14	4,62	3Ø14	4,62	8,01	2,26	8,01	2,26	2,26	3,39
K118'	20/70	2Ø12	2,26	0	0	2Ø12	2,26	3Ø14	4,62	0	0	6,88	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26
K119	20/50	2Ø12	2,26	1Ø12	1,13	2Ø12	2,26	0	0	0	0	3,39	2,26	3,39	2,26	2,26	3,39
K120	20/50	2Ø12	2,26	2Ø14	3,08	2Ø12	2,26	0	0	0	0	5,34	2,26	5,34	2,26	2,26	5,34
K121	20/60	3Ø14	4,62	3Ø14	4,62	2Ø12	2,26	0	0	0	0	6,88	4,62	6,88	4,62	2,26	9,24
K121'	20/50	3Ø14	4,62	3Ø14	4,62	2Ø12	2,26	0	0	0	0	6,88	4,62	6,88	4,62	2,26	9,24
K122	20/50	2Ø12	2,26	1Ø12	1,13	2Ø12	2,26	0	0	0	0	3,39	2,26	3,39	2,26	2,26	3,39
K122'	20/80	5Ø14	7,7	0	0	2Ø12	2,26	5Ø14	7,7	0	0	9,96	7,7	2,26	7,7	2,26	7,7

4.3.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabilirliği

4.3.2.1. Eşdeğer Deprem Yüğülerinin Hesabı ve Burulma Düzensizliği Kontrolü

Aşağıdaki Şekil 6.1. de gösterilen Doğrusal Elastik Deprem Spektrumu eğrisi ile katlara gelen deprem yükleri hesaplamaların tezimizde kalabalık yaratmaması için sonuçlar direk verilmiştir.



Şekil 4.33. Doğrusal Elastik Deprem Spektrumu ve katlara gelen deprem kuvvetleri

Binanın toplam katsayısı 8'i aşmadığından ve ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,4$ koşulunu sağladığını kontrolü Çizelge 6.6.'te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Burulma düzensizliğinin kontrolü.

		1.Kat	2.Kat	3.Kat	4.kat	5.Kat
Δ_{max}	+X Yönü	0,00274	0,00302	0,00429	0,00488	0,00489
	+Y Yönü	0,00337	0,00342	0,00537	0,00599	0,00613
Δ_{min}	+X Yönü	0,00271	0,00275	0,00399	0,00459	0,00467
	+Y Yönü	0,00205	0,00275	0,00310	0,00337	0,00342
Δ_{ort}	+X Yönü	0,00273	0,00289	0,00414	0,00474	0,00478
	+Y Yönü	0,00305	0,00309	0,00424	0,00468	0,00478
$nb = \Delta_{max}/\Delta_{ort}$	+X Yönü	1,01	1,05	1,04	1,03	1,02
	+Y Yönü	1,11	1,11	1,27	1,28	1,28

Görüldüğü gibi $\eta_b < 1,4$ koşulu salanmaktadır.

4.3.2.2. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

Binanın bütün katlarındaki görelî kat ötelemesi oranları aşğıdaki Çizelgede görüldüğü üzere Yönetmelik Çizelge 7.5.'e göre "Can Güvenliğı" performans değeri olan 0,0035'nin altında kalmaktadır.

Çizelge 4.14. Görelî kat ötelemesi

Kat	+X Doğrultusu			+Y Doğrultusu		
	di,max (m)	đi,max	đi,max / h	di,max (m)	đi,max	đi,max / h
5	0,00489	0,00001	0,00010	0,00613	0,00014	0,00005
4	0,00488	0,00059	0,00020	0,00599	0,00062	0,00021
3	0,00429	0,00127	0,00044	0,00537	0,00195	0,00067
2	0,00302	0,00028	0,00010	0,00342	0,00005	0,00002
1	0,00274	0,00274	0,00094	0,00337	0,00337	0,00116

4.3.3. +X Deprem Yönüne Göre Hesaplamalar

Yapıda her katta toplam 13 kolon ve 29 kiriş bulunmaktadır.Yapı 5 katlıdır ve yapılan tüm işlemler tüm kat kiriş ve kolonlarında rutin bir şekilde tekrarlanmaktadır.Hesaplar tüm yapı dikkate alınarak çözülmüş olmasına rağmen, gereksiz işlem kalablığı yapmamak ve tezin özgünlüğü yitirmemesi için hesap örnekleri sunulmuş ve sonuçlar direk çizelgelerde gösterilmiştir.

Yukarıda belirtilen aynı nedenlerden dolayı yapılan hesaplardan 1. ve 2.kat hesap sonuçları bu tezde gösterilmiştir.

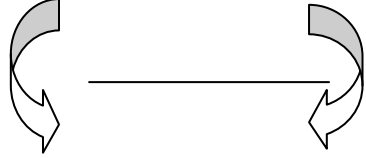

4.3.3.1. Kiriş Uçlarındaki Moment Kapasitelerinin (Mk) Hesabı

K110 (20 x 50 cm) Kirişinin Uçlarındaki Moment Kapasitesi

Kiriş etriyeleri: Hem mesnet hem de açıklıkta Ø8/20 dir.

Konsol Kirişlerde: Hem mesnet hem e açıklıkta Ø8/15 dir.

Çizelge 4.15. K101 Kirişinin moment kapasiteleri değerleri

	Üst Moment Kapasiteleri		Alt Moment Kapasiteleri	
	i	j	i	j
As(cm²)	5,34	5,34	4,62	4,62
M_k(kNm)	53,75 kNm	53,75 kNm	44,04 kNm	44,04 kNm
				

4.3.3.2. Üst Moment Kapasitelerinin Hesabı

$$d' = 25 \text{ mm}, \quad bw = 200 \text{ mm}, \quad \rho = As/bw*d = 534/200*485 = 0.0056$$

$$d = 500 - 25 = 475 \text{ mm}, \quad d'/d = 0,053 \quad \rho' = As'/bw*d = 0.0049$$

$$\alpha = (\rho - \rho') * f_{ym} / f_{cm} = (0.0056 - 0.0049) * 220 / 16 = 0.0104$$

$$\rho - \rho' = 0.007$$

$$\rho_b = 0.85 * k_1 * (f_{cd} / f_{yd}) * (600 / (600 + f_{yd})) \quad \rho_b = 0.85 * 0.85 * (16 / 220) * (600 / (600 + 220))$$

$$\rho_b = 0.0384 \quad \rho - \rho' < \rho_b, \text{ kesit denge altıdır.}$$

$$\sigma_s' = 0.003 * (c - d') * E_s / c = 600 * (c - 25) / c$$

$$0.85 * f_{cm} * bw * k_1 * c + As' * \sigma_s' - As * f_{ym} = 0$$

$$0.85 * 16 * 200 * 0.85 * c + 462 * 600 * (c - 20) / c - 534 * 220 = 0 \quad c = 30 \text{ mm}$$

$$\sigma_s' = 600 * (c - 20) / c = 600 * (27 - 20) / 27 = 103.31 \text{ kN / m}^2$$

$$M_r = 0.85 * f_{cm} * bw * k_1 * c * (d - k_1 * c / 2) + As' * \sigma_s' * (d - d')$$

$$M_r = 0.85 * 16 * 200 * 0.85 * 27 * (475 - 0.85 * 30 / 2) + 226 * 103.31 * (475 - 25)$$

$$M_r = 53,75 \text{ kNm}$$

Yukarda örneği gösterilen hesapların diğer kirişler için elde edilen sonuçları Çizelge 6.9-14'de sunulmuştur. Yapılan işlemlerin aynısı Alt Moment Kapasitelerinin hesabı içinde uygulanmaktadır.

Çizelge 4.16. Bazı kritik kirişlere ait üst basınç donatısı kontrolü

1.KAT VE 2.KAT BASINÇ DONATISI KONTROLÜ														
Kiriş Adı	b/d	d' (mm)	d (mm)	bw (mm)	d'/d	As' (mm ²)	As (mm ²)	fym N/ mm ²	fcm N/ mm ²	ρ'	ρ	αc	α	Açıklama
K101-K201	20/50	25	475	200	0,053	226	339	220	16	0,0024	0,0036	0,18	0,0164	αc>α basınç donatısı akmamıştır
K103-K203	20/60	25	575	200	0,043	462	688	220	16	0,0040	0,0060	0,18	0,0270	αc>α basınç donatısı akmamıştır
K111-K211	20/50	25	475	200	0,053	226	452	220	16	0,0024	0,0048	0,18	0,0327	αc>α basınç donatısı akmamıştır
K112-K212	20/50	25	475	200	0,053	308	534	220	16	0,0032	0,0056	0,18	0,0327	αc>α basınç donatısı akmamıştır
K113'-K213'	20/50	25	475	200	0,053	226	339	220	16	0,0024	0,0036	0,18	0,0164	αc>α basınç donatısı akmamıştır
K117'-K217'	20/50	25	475	200	0,053	226	288	220	16	0,0024	0,0030	0,18	0,0090	αc>α basınç donatısı akmamıştır
K122'-K222'	20/80	25	775	200	0,032	770	996	220	16	0,0050	0,0064	0,18	0,0200	αc>α basınç donatısı akmamıştır

Çizelge 4.17. Bazı kritik kirişlerde denge altı kontrolü

1.KAT VE 2.KAT KİRİŞLERİNİN DENGE KONTROLÜ									
Kiriş Adı	b/d	ρ	ρ'	k1	fym N/ mm ²	fcm N/ mm ²	ρb	ρ-ρ'	Açıklama
K101-K201	20/50	0,0036	0,0024	0,85	220	16	0,0384	0,0012	(ρ-ρ')<ρb kesit denge altıdır
K106-K206	20/50	0,0059	0,0024	0,85	220	16	0,0384	0,0036	(ρ-ρ')<ρb kesit denge altıdır
K107-K207	20/50	0,0036	0,0024	0,85	220	16	0,0384	0,0012	(ρ-ρ')<ρb kesit denge altıdır
K112-K212	20/50	0,0056	0,0032	0,85	220	16	0,0384	0,0024	(ρ-ρ')<ρb kesit denge altıdır
K116-K216	20/50	0,0036	0,0024	0,85	220	16	0,0384	0,0012	(ρ-ρ')<ρb kesit denge altıdır
K117-K217	20/50	0,0024	0,0024	0,85	220	16	0,0384	0,0000	(ρ-ρ')<ρb kesit denge altıdır
K122'-K222'	20/80	0,0064	0,0050	0,85	220	16	0,0384	0,0015	(ρ-ρ')<ρb kesit denge altıdır

Çizelge 4.18. Bazı kirişlere ait üst moment kapasiteleri

1.KAT-2.KAT KİRİŞ ÜST MOMENT KAPASİTELERİ												
Kiriş Adı	b/d	d' (mm)	d (mm)	f _{ym} N/mm ²	f _{cm} N/mm ²	bw (mm)	k1	c	As' (mm ²)	As (mm ²)	σ'	Mr kN-m
K101-K201	20/50	25	475	220	16	200	0,85	27	339	226	50,55	34,39
K112-K212	20/50	25	475	220	16	200	0,85	33	534	308	138,46	53,84
K113'-K213'	20/50	25	475	220	16	200	0,85	27	339	226	50,55	34,39
K118-K218	20/50	25	475	220	16	200	0,85	48	801	226	287,50	79,69
K118'-K218'	20/70	25	675	220	16	200	0,85	43	688	226	247,06	100,84
K122'-K222'	20/80	25	775	220	16	200	0,85	36	996	770	177,46	164,86

4.3.3.3. Alt Moment Kapasitelerinin Hesabı

Çizelge 4.19. Bazı kirişlerin alt ucu basınç donatısı kontrolü

1.KAT VE 2.KAT BASINÇ DONATISI KONTROLÜ														
Kiriş Adı	b/d	d' (mm)	d (mm)	bw (mm)	d'/d	As' (mm ²)	As (mm ²)	f _{ym} N/mm ²	f _{cm} N/mm ²	ρ'	ρ	α _c	α	Açıklama
K101-K201	20/50	25	475	200	0,053	339	226	220	16	0,00238	0,00357	0,18	0,0164	α _c >α basınç donatısı akmamıştır
K107-K207	20/50	25	475	200	0,053	339	226	220	16	0,00238	0,00519	0,18	0,0386	α _c >α basınç donatısı akmamıştır
K108-K208	20/50	25	475	200	0,053	493	226	220	16	0,00238	0,00476	0,18	0,0327	α _c >α basınç donatısı akmamıştır
K111-K211	20/50	25	475	200	0,053	452	226	220	16	0,00324	0,00562	0,18	0,0327	α _c >α basınç donatısı akmamıştır
K113'-K213'	20/50	25	475	200	0,053	339	226	220	16	0,00238	0,00357	0,18	0,0164	α _c >α basınç donatısı akmamıştır
K114-K214	20/50	25	475	200	0,053	339	226	220	16	0,00238	0,00400	0,18	0,0223	α _c >α basınç donatısı akmamıştır

Çizelge 4.20. Bazı kirişlerin alt ucu denge üstü kontrolü

1.KAT VE 2.KAT KİRİŞLERİNİN DENGE KONTROLÜ									
Kiriş Adı	b/d	ρ	ρ'	k1	fym N/ mm ²	fcm N/ mm ²	ρb	$\rho-\rho'$	Açıklama
K101-K201	20/50	0,0036	0,0024	0,85	220	16	0,0384	0,0012	$\rho-\rho' < \rho b$ kesit denge altıdır
K102-K202	20/50	0,0060	0,0040	0,85	220	16	0,0384	0,0020	$\rho-\rho' < \rho b$ kesit denge altıdır
K109-K209	20/50	0,0056	0,0049	0,85	220	16	0,0384	0,0008	$\rho-\rho' < \rho b$ kesit denge altıdır
K110-K210	20/50	0,0048	0,0024	0,85	220	16	0,0384	0,0024	$\rho-\rho' < \rho b$ kesit denge altıdır
K112-K212	20/50	0,0056	0,0024	0,85	220	16	0,0384	0,0032	$\rho-\rho' < \rho b$ kesit denge altıdır
K114'-K214'	20/50	0,0084	0,0024	0,85	220	16	0,0384	0,0061	$\rho-\rho' < \rho b$ kesit denge altıdır

Çizelge 4.21. Bazı kirişlerin alt moment kapasiteleri

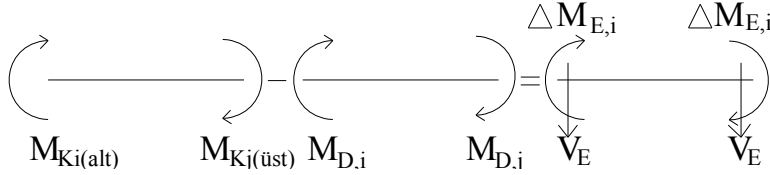
1.-2. KAT KİRİŞ ALT MOMENT KAPASİTELERİ												
Kiriş Adı	b/d	d' (mm)	d (mm)	fym N/ mm ²	fcm N/ mm ²	bw (mm)	k1	c	As' (mm ²)	As (mm ²)	σ'	Mr kN-m
K101-K201	20/50	25	475	220	16	200	0,85	24,30	339	226	17,28	24,35
K102-K202	20/50	25	475	220	16	200	0,85	24,30	688	462	17,28	20,75
K103-K203	20/60	25	575	220	16	200	0,85	27,50	647	226	54,55	55,23
K104-K204	20/50	25	475	220	16	200	0,85	24,70	452	226	7,29	25,04
K105-K205	20/50	25	475	220	16	200	0,85	24,50	565	226	12,24	23,20
K106-K206	20/50	25	475	220	16	200	0,85	24,50	339	226	12,24	24,45
K107-K207	20/50	25	475	220	16	200	0,85	24,30	493	226	17,28	22,27
K108-K208	20/50	25	475	220	16	200	0,85	24,50	452	226	12,24	23,83
K109-K209	20/50	25	475	220	16	200	0,85	24,50	534	462	12,24	23,37
K110-K210	20/50	25	475	220	16	200	0,85	28,20	452	226	68,09	44,04

4.3.3.4. Kolon Eksenel Yüklerinin Hesabı

Deprem yükündün kaynaklanan eksenel yükler (N_E) 2007 Deprem Yönetmeliği'nin Ek-7A'deki esaslara göre hesaplanmıştır.

S113 Kolon Deprem Yükünden Kaynaklanan Eksenel Yükün Hesabı

K110 ve K111kirişlerinden aktarılan kesme kuvveti ($V_{E,1,1}$)



K110 kirişinden aktarılan kesme kuvveti

$M_{Ki(alt)} = 44,04$ kNm, $M_{D,j} = -125,71$ kNm (Düşey yüklemeden elde edilen moment)

$\Delta M_{E,i} = M_{Ki(alt)} - M_{D,i} = 44,04 - (-125,71) = 169,75$ kNm

$M_{Kj(üst)} = 53,75$ kNm, $M_{D,j} = -76,77$ kNm (Düşey yüklemeden elde edilen moment)

$\Delta M_{E,j} = M_{Kj(üst)} - M_{D,j} = 53,75 - (-76,77) = 130,52$ kNm

$V_{E,1,1} = (\Delta M_{E,i} + \Delta M_{E,j}) / l_n = (169,75 + 130,52) / 4,6 = 65,27$ kN (basınç)

$V_{E,1,1} = 65,27$ kN, değeri analizden elde edilen V_E ile kontrol edilir. Eğer analiz değeri $65,27$ kN dan küçük ise , $V_{E,1,1} =$ analizden elde edilen değerdir. Analizden elde edilen değer bulduğumuz değerden büyük ise $V_{E,1,1} =$ hesap sonucu bulunan değer.

Örnek kirişimizin analiz sonucu çıkan değeri $V_E = 148,77$ kN dur. Hesap sonucu bulduğumuz $\Delta V_{E,1,1} = 65,27$ kN değerinden büyüktür. Onun için hesaplarımızda $V_{E,1,1} = 65,27$ kN alınacaktır, kolona aktarılan ise aynı yönde $65,27$ kN olur.

K111 kirişinden aktarılan kesme kuvveti ($V_{E,1,2}$)

$M_{Ki(alt)} = 23,37$ kNm, $M_{D,j} = -40,58$ kNm (Düşey yüklemeden elde edilen moment)

$\Delta M_{E,i} = M_{Ki(alt)} - M_{D,i} = 23,37 - (-40,58) = 63,95$ kNm

$M_{Kj(üst)} = 45,95$ kNm, $M_{D,j} = -40,53$ kNm (Düşey yüklemeden elde edilen moment)

$\Delta M_{E,j} = M_{Kj(üst)} - M_{D,j} = 45,95 - (-40,53) = 86,48$ kNm

$V_{E,1,1} = (\Delta M_{E,i} + \Delta M_{E,j}) / l_n = (63,95 + 86,48) / 1,6 = 94,02$ kN

Örnek kirişimizin analiz sonucu çıkan değeri $V_{E,1,2} = 54,6$ kN dur. Hesap sonucu bulduğumuz $\Delta V_{E,1,1} = 94,02$ kN değerinden küçüktür. Onun için hesaplarımızda $V_{E,1,2} = 54,6$ kN alınacaktır, kolona aktarılan ise ters yönde $-54,6$ kN olur.

1. Katta K110 ve K111 kirişlerinden aktarılan kesme kuvveti

$$V_{E,1} = V_{E,1,1} + V_{E,1,2} = 65,27 - 54,6 = 10,67 \text{ kN olarak hesaplanır.}$$

Aynı hesaplamalar K210, K211, K310, K311, K410, K411, K510, K511 içinde yapılır.

$$V_{E,2} = 11,79 \text{ kN,}$$

$$V_{E,3} = 11,26 \text{ kN,}$$

$$V_{E,4} = 10,08 \text{ kN,}$$

$$V_{E,5} = 19,97 \text{ kN}$$

$N_{E,1}$ S113 kolonuna üstündeki kirişlerden aktarılan kesme kuvvetleri toplamıdır.

$$N_{E,1} = V_{E,1} + V_{E,2} + V_{E,3} + V_{E,4} + V_{E,5} = 10,67 + 11,79 + 11,26 + 10,08 + 19,97$$

$$N_{E,1} = 63,67 \text{ kN}$$

$N_{D,1}$ S113 kolonunun düşey yüklemekten elde edilen eksenel kuvvetidir.

$$N_{D,1} = -186,5 \text{ kN}$$

$N_{D,1} + N_{E,1} = -186,5 + 63,67 = -122,73$ kN değeri için S113 kolonunun üst ucunun moment kapasitesi $M_{Kü} = 14,76$ kNm olarak hesaplanır.

Hesaplamalar aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.22. 1. Kat kolon eksenel kuvvetleri ve moment kapasiteleri

1.KAT KOLON EKSENEL KEVET ve MOMENT KAPASİTELERİ				
Kolon Adı	$N_{E,1}$ (kN)	$N_{D,1}$ (kN)	$N_{E,1} + N_{D,1}$ (kN)	Mk (kNm)
S101	0,00	-728,78	-728,78	6,57
S102	0,00	-1035,72	-1035,72	6,91
S103	0,00	-506,44	-506,44	6,50
S104	0,00	-648,12	-648,12	9,96
S105	187,60	-304,85	-117,25	3,19
S106	17,16	-486,52	-469,36	21,67
S107	-158,19	-685,28	-843,47	7,31
S108	15,69	-903,47	-887,78	14,00
S109	-196,21	-753,33	-949,54	7,61
S110	-39,54	-898,87	-938,41	54,59
S111	0,00	-529,46	-529,46	6,54
S112	-232,30	-1129,39	-1361,69	7,05
S113	64,49	-970,8	-906,31	14,76

Çizelgi 4.23. 2.Kat kolon aksenal kuvvetleri ve moment kapasiteleri

2.KAT KOLON EKSENEL KEVETLERİ ve MOMENT KAPASİTELERİ				
Kolon	N,E,1	N,D,1	N,E,1+N,D,1	Mk
Adı	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)
S201	0,00	-575,15	-575,15	6,2
S202	0,00	-816,54	-816,54	6,57
S203	0,00	-399,29	-399,29	6,04
S204	0,00	-508,61	-508,61	8,51
S205	156,53	-252,8	-96,27	3,24
S206	22,10	-376,42	-354,32	18,27
S207	-121,78	-537,56	-659,34	6,33
S208	10,85	-695,21	-684,36	13,31
S209	-154,00	-610	-764,00	6,53
S210	-32,74	-710,58	-743,32	48,31
S211	0,00	-414,01	-414,01	6,16
S212	-167,03	-884,23	-1051,26	6,39
S213	53,82	-767,44	-713,62	13,92

4.3.3.5. Kolonların Kesme Kontrolü

S113 (25 cmX 55 cm) Kolonunun Kesme Kontrolü

Kesit kesme kapasiteleri TS-500'e göre

$V_r = V_c + V_w = 0,8 V_{cr} + V_w$ ile hesaplanmıştır.

$$V_c = 0,8 * 0,65 * f_{ctm} * b_w * d * (1 + \gamma * N / A_c)$$

$$V_c = 0,8 * 0,65 * 0,9 * 250 * 535 * (1 + 0,07 * -122010,00 / (550 * 250))$$

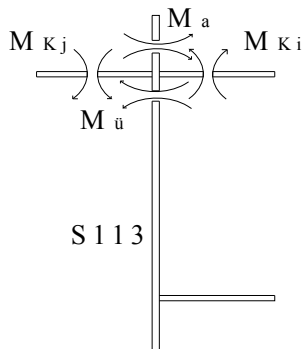
$$V_c = 58706,96 \text{ N}$$

$$V_w = A_{sw} * f_{yw} * (d / s) = 100,5 * 220 * 535 / 150 = 78859 \text{ N}$$

$$V_r = V_c + V_w = 58706,96 + 78859 = 137566 \text{ N}$$

$V_r = 137,57 \text{ kN}$ olarak hesaplanır.

M_{kü} ve M_{ka} Değerlerinin Hesabı



$$\Sigma M_K = M_{K_i} + M_{K_j}$$

$$M_{K_u} = M_{K_u} / (M_u + M_a) * \Sigma M_K$$

Ma, Mü değerleri yatay yük analizinden elde edilmiştir. Ma, S213 Kolonunun alt ucundaki analizden elde edilen moment; Mü S113 kolonunun üst ucundaki analizden elde edilen moment. MKj ve MKi değerleri S113 kolonunun üst ucundaki birleşimin solundaki kirişin sağ ucunun üst moment kapasitesi ve sağındaki kirişin sol ucunun alt moment kapasitesidir.

$$\Sigma M_K = M_{K_i} + M_{K_j} = 53,75 + 23,37 = 77,12 \text{ kNm}$$

$$M_u = -92,3 \text{ kNm (S213'ün yatay yük analizinden elde edilen moment değeri)}$$

$$M_a = 181,44 \text{ kNm (S313'ün yatay yük analizinden elde edilen moment değeri)}$$

$$M_{K_u} = M_u / (M_u + M_a) * \Sigma M_K = (-92,3 / (-92,4 + 181,44)) * 77,12$$

$$M_{K_u} = -79,85 \text{ kNm}$$

Aynı şekilde MKa = 156,97 olarak hesaplanır.

$$V_e = (M_{K_u} + M_{K_a}) / l_n \quad l_n = \text{Kolonun net açıklığı}$$

$$V_e = (-77,85 + 156,97) / 2,4$$

$$V_e = 32,13 \text{ kN}$$

$V_e < V_r$ olduğu için S113 kolonunun uçları sünektir.

Kesit kesme etkisi 2007 Deprem Yönetmeliği'nin Madde 3.3.7'sine göre

$V_e = (M_{K_u} + M_{K_a}) / l_n$ ile hesaplanmıştır.

$$M_{K_u} = -79,85 \text{ kN} \quad M_{K_a} = 156,97 \text{ kN} \quad l_n = 2,4 \text{ (Kolon net açıklığı)}$$

$$V_e = (-77,85 + 156,97) / 2,4 \quad V_e = 32,13 \text{ kN}$$

Örnek kolonun üst ve alt ucundaki kolonlar kirişlerden güçlü olduğu için MKü ve MKa

Değeri Şekil 3.5 (Deprem Yönetmeliği)'nden hesaplanmıştır.

Diğer bazı kolonların kesme kuvveti aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Çizelge 4.24. Bazı kolonlarının kesme dayanımı

1. KAT-2.KAT KOLONUN KESME KONTROLÜ														
Kolon Adı	d' (mm)	b (mm)	h (mm)	fctm (N/mm ²)	fywm (N/mm ²)	Ac (mm ²)	N (N)	Vc (N)	d (mm)	s (mm)	Asw (mm ²)	Vw (N)	Vr (N)	Vr (kN)
S101	235	500	250	0,90	220	125000	-728780,00	32547,66	235	150	100,5	34639	67186,66	67,19
S102	235	500	250	0,90	220	125000	-1035720,00	23095,62	235	150	100,5	34639	57734,62	57,73
S103	235	500	250	0,90	220	125000	-506440,00	39394,48	235	150	100,5	34639	74033,48	74,03
S104	235	800	250	0,90	220	200000	-648120,00	68025,53	235	150	100,5	34639	102664,5	102,66
S105	235	600	250	0,90	220	150000	-117250,00	62377,36	235	150	100,5	34639	97016,36	97,02
S106	635	250	650	0,90	220	162500	-469360,00	59273,6	635	150	100,5	93599	152872,6	152,87
S107	235	600	250	0,90	220	150000	-843470,00	40013,85	235	150	100,5	34639	74652,85	74,65
S108	485	250	500	0,90	220	125000	-887780,00	28533,84	485	150	100,5	71489	100022,8	100,02
S109	235	650	250	0,90	220	162500	-949540,00	42246,49	235	150	100,5	34639	76885,49	76,89
S110	1235	200	1250	0,90	220	250000	-938410,00	85222,6	1235	150	100,5	182039	267261,6	267,26
S111	235	500	250	0,90	220	125000	-529460,00	38685,6	235	150	100,5	34639	73324,6	73,32
S112	235	550	250	0,90	220	137500	-1361690,00	18556,57	235	150	100,5	34639	53195,57	53,20
S113	535	250	550	0,90	220	137500	-906310,00	33714,03	535	150	100,5	78859	112573	112,57
S201	235	500	250	0,90	220	125000	-575150,00	37278,6	235	150	100,5	34639	71917,6	71,92
S202	235	500	250	0,90	220	125000	-816540,00	29845,14	235	150	100,5	34639	64484,14	64,48
S203	235	500	250	0,90	220	125000	-399290,00	42694,1	235	150	100,5	34639	77333,1	77,33
S204	235	700	250	0,90	220	175000	-508610,00	61323,66	235	150	100,5	34639	95962,66	95,96
S205	235	600	250	0,90	220	150000	-296270,00	56864,54	235	150	100,5	34639	91503,54	91,50
S206	585	250	600	0,90	220	150000	-354320,00	57127,66	585	150	100,5	86229	143356,7	143,36
S207	235	500	250	0,90	220	125000	-659340,00	34686,02	235	150	100,5	34639	69325,02	69,33
S208	485	250	500	0,90	220	125000	-684360,00	34997,96	485	150	100,5	71489	106487	106,49
S209	235	600	250	0,90	220	150000	-764000,00	42461,08	235	150	100,5	34639	77100,08	77,10
S210	1235	200	125	0,90	220	25000	-743320,00	-124993	1235	150	100,5	182039	57045,51	57,05
S211	235	500	250	0,90	220	125000	-414010,00	42240,81	235	150	100,5	34639	76879,81	76,88
S212	235	500	250	0,90	220	125000	-1051260,00	22617,08	235	150	100,5	34639	57256,08	57,26
S213	535	250	550	0,90	220	137500	-713620,00	39854,4	535	150	100,5	78859	118713,4	118,71

Çizelge 4.25. Bazı kolonların kesme kuvveti hesabı

KOLON KESME KUVVETİ HESABI									
Birleşim	Ln (m)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mkj (kNm)	Mki (kNm)	ΣMk (kNm)	Mkü (kNm)	Mka (kNm)	Ve (kN)
S105-S205	2,4	-39,21	66,89	0	25,04	25,04	-35,47	60,51	10,43
S106-S206	2,4	-111,02	193,46	65,24	23,2	88,44	-119,10	207,54	36,85
S107-S207	2,4	-34,43	52,09	0	24,45	24,45	-47,67	72,12	10,19
S108-S208	2,4	-62,03	124,74	56,91	22,27	79,18	-78,32	157,50	32,99
S109-S209	2,4	-40,64	66,51	0	23,83	23,83	-37,44	61,27	9,93
S110-S210	2,4	105,85	436,11	49,96	23,37	73,33	14,32	59,01	30,55
S112-S212	2,4	-35,88	58,63	0	44,04	44,04	-69,46	113,50	18,35
S113-S213	2,4	-92,3	181,44	53,75	23,37	77,12	-79,85	156,97	32,13
S205-S305	2,4	-62,4	56,41	0	25,04	25,04	260,85	-235,81	10,43
S206-S306	2,4	-173,64	164,67	65,24	23,2	88,44	1712,01	-1623,57	36,85
S207-S307	2,4	-50,45	48,43	0	24,45	24,45	610,64	-586,19	10,19
S208-S308	2,4	-111,19	107,19	56,91	22,27	79,18	2201,01	-2121,83	32,99
S209-S309	2,4	-63,64	61,37	0	23,83	23,83	668,08	-644,25	9,93
S210-S310	2,4	-233,48	148,09	49,96	23,37	73,33	200,50	-127,17	30,55
S212-S312	2,4	-56,84	55,62	0	44,04	44,04	2051,83	-2007,79	18,35
S213-S313	2,4	-158,65	143,01	53,75	23,37	77,12	782,29	-705,17	32,13

4.3.3.6. Kirişlerin Kesme Kontrolü

K110 (20 cm x 50 cm) Kirişinin Kesme Kuvveti Kontrolü

Kesit kesme kapasitesi TS-500'e göre

$V_r = V_c + V_w = 0,8 * V_{cr} + V_w$ ile hesaplanmıştır.

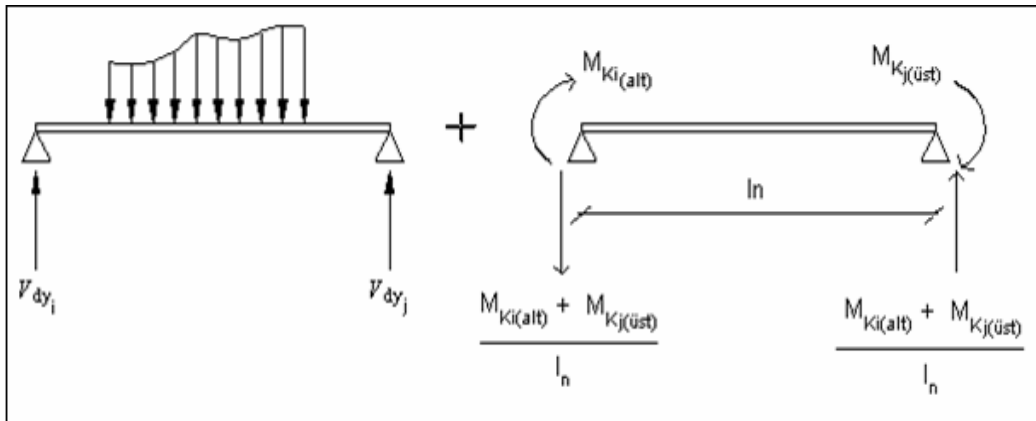
$$V_c = 0,8 * 0,65 * f_{ctm} * b_w * d = 0,8 * 0,65 * 0,9 * 200 * 485 = 45396 \text{ N}$$

$$V_c = 45,396 \text{ kNm}$$

$$V_w = A_{sw} * f_{yw} * d / s = 100,5 * 220 * 485 / 200 = 53616,75 \text{ N} = 53,6 \text{ kN}$$

$$V_r = 45,396 + 53,62 = 99,01 \text{ kN}$$

Kesit kesme etkisi 2007 Deprem Yönetmeliği'nin Madde 3.4.5.'ine göre (i) ucunda



$V_e = V_{dy} - (M_{ki(alt)} + M_{kj(üst)}) / l_n$ ile hesaplanmıştır.

$V_{dy} = 129,19 \text{ kN}$ $M_{ki(alt)} = 44,04 \text{ kNm}$ $M_{kj(üst)} = 53,75 \text{ kNm}$ $l_n = 5 \text{ m}$

$V_{ei} = 129,19 - (44,04 + 53,75)/5 = 109,63 \text{ kN}$

j ucunda ise $V_e = V_{dy} + (M_{ki(alt)} + M_{kj(üst)}) / l_n$ ile hesaplanmıştır

$V_{ej} = 129,19 + (44,04 + 53,75)/5 = 148,75 \text{ kN}$

$V_r < V_e$ olduğundan K110 kirişi “gevrek” davranmaktadır.

Diğer kirişlere ait kesme kuvveti değerleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.26. Bazı kirişlerin kesme dayanımı

BAZI KİRİŞLERİNİN KESME KONTROLÜ											
Kiriş Adı	bw (mm)	d (mm)	bw (mm)	fctm (N/mm ²)	fywm (N/mm ²)	Vc (N)	s (mm)	Asw (mm ²)	Vw (N)	Vr (N)	Vr (kN)
K101	200	485	200	0,9	220	45396	200	100,5	53616,75	99012,75	99,01
K102	200	485	200	0,9	220	45396	200	100,5	53616,75	99012,75	99,01
K105	200	485	200	0,9	220	45396	200	100,5	53616,75	99012,75	99,01
K108	200	485	200	0,9	220	45396	200	100,5	53616,75	99012,75	99,01
K113'	200	485	200	0,9	220	45396	150	100,5	71489	116885	116,89
K114'	200	485	200	0,9	220	45396	150	100,5	71489	116885	116,89
K115'	200	485	200	0,9	220	45396	150	100,5	71489	116885	116,89
K117'	200	485	200	0,9	220	45396	150	100,5	71489	116885	116,89
K118'	200	685	200	0,9	220	64116	150	100,5	100969	165085	165,09
K119	200	485	200	0,9	220	45396	200	100,5	53616,75	99012,75	99,01
K121'	200	485	200	0,9	220	45396	150	100,5	71489	116885	116,89
K122	200	785	200	0,9	220	73476	150	100,5	115709	189185,00	189,19
K201	200	485	200	0,9	220	45396	200	100,5	53616,75	99012,75	99,01
K204	200	485	200	0,9	220	45396	200	100,5	53616,75	99012,75	99,01
K207	200	485	200	0,9	220	45396	200	100,5	53616,75	99012,75	99,01
K209	200	485	200	0,9	220	45396	200	100,5	53616,75	99012,75	99,01
K213'	200	485	200	0,9	220	45396	150	100,5	71489	116885	116,89
K214'	200	485	200	0,9	220	45396	150	100,5	71489	116885	116,89
K215'	200	485	200	0,9	220	45396	150	100,5	71489	116885	116,89
K217	200	485	200	0,9	220	45396	200	100,5	53616,75	99012,75	99,01
K218'	200	685	200	0,9	220	64116	150	100,5	100969	165085	165,09
K220	200	485	200	0,9	220	45396	200	100,5	53616,75	99012,75	99,01
K222	200	485	200	0,9	220	45396	200	100,5	53616,75	99012,75	99,01

Çizelge 4.27. Bazı kirişlerin kesme kontrolü

1.KAT KİRİŞLERİNİN KESME KONTROLÜ								
Kiriş Adı	ln (m)	Mki(alt) (kNm)	Mkj(üst) (kNm)	Vdy (kN)	Veİ (kN)	VeJ (kN)	Vr (kN)	Açıklama
K101	1,90	24,35	34,39	8,68	-22,23	39,59	99,01	Ve < Vr kirişin uçları süneklerdir.
K102	3,40	20,75	34,39	28,10	11,88	44,32	99,01	Ve < Vr kirişin uçları süneklerdir
K103	4,00	55,23	84,42	102,08	67,17	136,99	119,43	Ve > Vr kirişin uçları sünek değildir
K104	1,45	25,04	65,24	31,06	-31,20	93,32	99,01	Ve < Vr kirişin uçları süneklerdir
K105	3,70	23,20	45,95	46,32	27,63	65,01	99,01	Ve < Vr kirişin uçları süneklerdir
K106	4,00	24,45	56,91	56,59	36,25	76,93	99,01	Ve < Vr kirişin uçları süneklerdir
K107	3,55	22,27	34,39	49,53	33,57	65,49	99,01	Ve < Vr kirişin uçları süneklerdir
K108	3,55	23,83	49,96	76,71	55,93	97,49	99,01	Ve < Vr kirişin uçları süneklerdir
K109	3,70	23,37	45,95	68,29	49,55	87,03	99,01	Ve < Vr kirişin uçları süneklerdir
K110	5,00	44,04	53,75	129,19	109,63	148,75	99,01	Ve > Vr kirişin uçları sünek değildir
K111	1,60	23,37	45,95	54,60	11,27	97,93	99,01	Ve < Vr kirişin uçları süneklerdir
K112	4,00	31,50	53,84	33,18	11,84	54,52	99,01	Ve < Vr kirişin uçları süneklerdir
K113	5,80	24,45	53,75	62,98	49,50	76,46	99,01	Ve < Vr kirişin uçları süneklerdir
K113'	0,80	23,47	34,39	53,94	-18,38	126,26	116,89	Ve > Vr kirişin uçları sünek değildir
K114	3,30	23,15	34,39	37,38	19,94	54,82	99,01	Ve < Vr kirişin uçları süneklerdir
K114'	1,50	19,88	38,29	-117,18	-155,96	-78,40	116,89	Ve > Vr kirişin uçları sünek değildir
K115	4,00	19,78	79,69	58,06	33,19	82,93	99,01	Ve < Vr kirişin uçları süneklerdir
K115'	0,80	24,45	53,75	-57,92	-155,67	39,83	116,89	Ve > Vr kirişin uçları sünek değildir
K116	1,60	24,35	34,39	18,74	-17,97	55,45	99,01	Ve < Vr kirişin uçları süneklerdir
K117	3,30	22,55	23,25	82,47	68,59	96,35	99,01	Ve < Vr kirişin uçları süneklerdir
K117'	1,50	16,78	29,57	-136,72	-167,62	-105,82	116,89	Ve > Vr kirişin uçları sünek değildir
K118	1,70	23,36	79,69	38,53	-22,09	99,15	99,01	Ve > Vr kirişin uçları sünek değildir
K118'	1,50	34,95	100,84	-68,61	-159,13	21,91	165,09	Ve < Vr kirişin uçları süneklerdir
K119	1,40	21,95	34,39	31,47	-8,77	71,71	99,01	Ve < Vr kirişin uçları süneklerdir
K120	3,20	22,53	53,75	43,30	19,46	67,14	99,01	Ve < Vr kirişin uçları süneklerdir
K121	1,70	66,57	84,42	54,52	-45,52	143,34	119,43	Ve > Vr kirişin uçları sünek değildir
K121'	1,00	37,78	69,22	12,94	-52,48	119,94	116,89	Ve > Vr kirişin uçları sünek değildir
K122	1,40	127,57	164,86	9,81	-199,07	218,69	189,19	Ve > Vr kirişin uçları sünek değildir
K122'	1,30	23,47	34,39	-92,61	-137,12	-48,10	99,01	Ve > Vr kirişin uçları sünek değildir

4.3.3.7. Birleşim Bölgelerinin Kesme Kontrolü

S113 Kolonunun Üst Ucundaki Birleşim Bölgesinin Kesme Kontrolü

Birleşim Bölgesi Kesme Kapasitesi;

Kesit kesme kapasitesi 2007 Deprem Yönetmeliği Madde 3.5.2.2'e göre kuşatılmış birleşimlerde $V_r = 0,6 * b * h * f_{cm}$ ile, kuşatılmamış birleşimlerde $V_r = 0,45 * b * h * f_{cm}$ ile hesaplanmıştır.

Örnek birleşim bölgesi kuşatılmamıştır.

$$V_r = 0,45 * 25 * 55 * 0,85 = 525,94 \text{ kN olarak hesaplanır.}$$

Sönmez Apartmanı'nda S108, S208, S308, S408, S508 kolonları kuşatılmış diğerleri kuşatılmamıştır.

Kesit kesme etkisi:

(2007 Deprem Yönetmeliği Madde 3.5.2.1.'göre)

$$V_e = 1,25 * f_{ym} * (A_{s1} + A_{s2}) - V_e(\text{kol}) \text{ ile hesaplanır.}$$

$$K110 Kirişinin j ucundaki üst donatı $A_{s1} = 534 \text{ mm}^2$$$

$$K111 Kirişinin i ucundaki alt donatı $A_{s2} = 226 \text{ mm}^2$$$

$$V_e(\text{kol})_1 = V_e(\text{kol})_2 = 32,14 \text{ kN} = 32140 \text{ N}$$

$$V_e = 1,25 * 220 * (534 + 226) - 32140 = 176860 \text{ N} = 176,86 \text{ kN}$$

$$V_r = 525,94 \text{ kN}$$

$V_e < V_r$ olduğu için birleşim bölgesi kesme bakımından güvenlidir.

Diğer birleşim bölgeleri için hesaplamalar aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.27. Bazı kolonların üst ucundaki birleşim bölgesinin kesme kontrolü

BAZI KOLONLARININ ÜST UCUNDAKİ BİRLEŞİM BÖLGESİNİN KESME KONTROLÜ									
Birleşim Bölgesi	Alt Kat $V_e(\text{kN})$	Üst Kat $V_e(\text{kN})$	f_{ym} (N/mm ²)	A_{s1} (mm ²)	A_{s2} (mm ²)	$V_e(\text{kol})$ (kN)	V_e (kN)	V_r (kN)	Açıklama
S105-S205	10,43	10,43	220	0,00	226,00	10,43	51,72	573,75	$V_e < V_r$ güvenli
S106-S206	36,85	36,85	220	801,00	226,00	36,85	245,58	621,56	$V_e < V_r$ güvenli
S109-S209	9,93	9,93	220	0,00	493,00	9,93	125,65	621,56	$V_e < V_r$ güvenli
S110-S210	30,55	30,55	220	1571,00	226,00	30,55	463,62	956,25	$V_e < V_r$ güvenli
S112-S212	18,35	18,35	220	0,00	462,00	18,35	108,70	525,94	$V_e < V_r$ güvenli
S113-S213	32,13	32,13	220	996,00	226,00	32,13	303,92	525,94	$V_e < V_r$ güvenli
S205-S305	10,43	10,43	220	0,00	226,00	33,20	28,95	573,75	$V_e < V_r$ güvenli
S206-S306	36,85	36,85	220	801,00	226,00	9,39	273,04	621,56	$V_e < V_r$ güvenli
S208-S308	32,99	32,99	220	801,00	226,00	19,83	262,59	637,50	$V_e < V_r$ güvenli
S209-S309	9,93	9,93	220	0,00	493,00	22,57	113,00	621,56	$V_e < V_r$ güvenli
S210-S310	30,55	30,55	220	1571,00	226,00	22,40	471,78	956,25	$V_e < V_r$ güvenli
S212-S312	18,35	18,35	220	0,00	462,00	43,35	83,70	525,94	$V_e < V_r$ güvenli
S213-S313	32,13	32,13	220	996,00	226,00	0,00	336,05	525,94	$V_e < V_r$ güvenli

4.3.3.8. Kolon Kesitlerinin “Etki / Kapasite Oranları (r)” ve “Sınır Değerleri (r_{sınır})” nin Hesaplanması

S113 kolonunun sınır değerleri: 2007 Deprem Yönetmeliği Tablo 7.3’e göre hesaplanmıştır.

$$N = 906310 \text{ N} \quad A_c = 550 * 250 = 137500 \text{ mm}^2 \quad f_{cm} = 16 \text{ N / mm}^2$$

Yönetmelikte sunulan r_{sınır} değerlerini okuyabilmek için $N / (A_c * f_{cm})$ ve $V / (b_w * d * f_{ctm})$ sabitleri bulunacaktır.

$$N / A_c * f_{cm} = 906310 / 137500 * 16 = 4,12$$

$$V = V_e = 303916,67 \text{ N} \quad b = 550 \text{ mm} \quad h = 235 \text{ mm} \quad f_{ctd} = 0,9 \text{ N / mm}^2$$

$$V / (b_w * d * f_{ctm}) = 303916 / (550 * 235 * 0,9) = 2,61$$

Örnek kolon sargılanmamıştır.

Bina “ Can Güvenliği Performans Seviyesine “ ne göre değerlendirilmiştir.

2007 Deprem Yönetmeliği Çizelge 7.3’den r_{sınır} değeri 2,5 bulunur. Diğer kolonlara ait “ r_{sınır} ” değeri gene aynı şekilde bulunur. Aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 4.28. Bazı kolon $r_{sınır}$ değerlerinin hesaplanması

BAZI KOLON SINIR DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI												
Kolon Adı	h (mm)	bw (mm)	d (mm)	f _{cm} (N/mm ²)	f _{ctm} (N/mm ²)	Ac (mm ²)	N (N)	N/(Ac*f _{cm})	V=V _e (N)	V/(bw*d*f _{ctm})	r _{sınır}	
S105	600	250	585	16	0,9	150000	-117250	-0,49	51716,67	0,39	2,03	
S106	250	650	235	16	0,9	162500	-469360	-1,81	245575,00	1,79	2,5	
S107	600	250	585	16	0,9	150000	-843470	-3,51	51962,50	0,39	2,03	
S108	250	500	235	16	0,9	125000	-887780	-4,44	249433,33	2,36	2,5	
S109	650	250	635	16	0,9	162500	-949540	-3,65	125645,83	0,88	2,97	
S110	200	1250	185	16	0,9	250000	-938410	-2,35	463620,83	2,23	2,5	
S112	550	250	535	16	0,9	137500	-1361690	-6,19	108700,00	0,90	2,92	
S113	250	550	235	16	0,9	137500	-906310	-4,12	303916,67	2,61	2,5	
S205	600	250	585	16	0,9	150000	-252800	-1,05	51716,67	0,39	2,03	
S206	250	600	235	16	0,9	150000	-376420	-1,57	245575,00	1,94	2,5	
S207	500	250	485	16	0,9	125000	-537560	-2,69	51962,50	0,48	2	
S208	250	500	235	16	0,9	125000	-695210	-3,48	249433,33	2,36	2,5	
S209	600	250	585	16	0,9	150000	-610000	-2,54	125645,83	0,95	2,81	
S210	200	1250	185	16	0,9	250000	-710580	-1,78	463620,83	2,23	2,5	
S211	500	250	485	16	0,9	125000	-414010	-2,07	0,00	0,00	3,5	
S212	500	250	485	16	0,9	125000	-884230	-4,42	108700,00	1,00	2,69	
S213	250	550	235	16	0,9	137500	-767440	-3,49	303916,67	2,61	2,5	

Yatay yükler altında hesaplanan (ME) kolonun üst ucunda 92,30 kNm, alt ucunda ise 193,98 kNm'dir. Kolonun moment kapasitesinden düşey yüklemeden gelen moment (MD) çıkarılarak artık moment kapasitesi bulunur. Artık moment kapasitesi üst uçta

$$\Delta MK_{\text{ü}} = 34,76 - (16,40) = 18,36 \text{ kNm}$$

$$\text{“ Etki / Kapasite Oranı (r) “ Üst uçta } ME_{\text{ü}} / \Delta MK_{\text{ü}} = 92,30 / 18,36 = 5,03$$

$$\text{Alt uçta } ME_{\text{a}} / \Delta MK_{\text{a}} = 193,98 / 18,13 = 10,70 \text{ bulunur.}$$

Kolonun üst ucunda “r / rsınır” = 5,03 / 2,5 = 2,01

Kolonun alt ucunda “r / rsınır” = 10,70 / 2,5 = 4,28

“r / rsınır” değeri her iki uçta 1'den büyük olduğu için bu kolon “GV” güvenlik sınırını sağlamamaktadır. Eğer her iki uçta 1'den küçük olsaydı “GV” güvenlik sınırını sağlardı.

Çizelge 4.29. 1.Kat kolon alt ucu güvenlik sınır değerleri

1.KAT KOLON ALT UCU GÜVENLİK SINIR DEĞERLERİ								
Kolon Adı	MEi (kNm)	MKi (kNm)	MDi (kNm)	ΔMK_{a} (kNm)	r	rsınır	r / rsınır	Açıklama
S101	36,73	6,57	-6,67	13,24	2,77	3,50	0,79	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S102	36,95	6,91	5,68	1,23	30,12	3,50	8,61	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S103	28,80	6,50	-10,17	16,67	1,73	3,50	0,49	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S104	45,93	9,96	2,03	7,93	5,79	3,50	1,65	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S105	50,77	3,19	-1,33	4,52	11,23	2,03	5,53	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S106	273,36	21,67	-3,96	25,63	10,67	2,50	4,27	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S107	49,19	7,31	-4,96	12,27	4,01	2,03	1,97	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S108	134,86	14,00	-1,48	15,48	8,71	2,50	3,49	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S109	55,67	7,83	-4,73	12,56	4,43	2,97	1,49	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S110	1182,41	7,61	-20,00	27,61	42,83	2,50	17,13	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S111	31,72	6,54	-1,41	7,95	3,99	3,50	1,14	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S112	49,56	7,05	-12,86	19,91	2,49	2,92	0,85	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S113	193,98	34,76	16,63	18,13	10,70	2,50	4,28	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır

Çizelge 4.30. 1.Kat kolon üst ucu güvenlik sınır değerleri

1.KAT KOLON ÜST UCU GÜVENLİK SINIR DEĞERLERİ								
Kolon Adı	MEj (kNm)	MKj (kNm)	MDj (kNm)	$\Delta MK_{\text{ü}}$ (kNm)	r	rsınır	r / rsınır	Açıklama
S101	-22,93	6,57	13,56	-6,99	3,28	3,50	0,94	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S102	-23,38	6,91	11,55	-4,64	5,04	3,50	1,44	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S103	-6,81	6,50	10,36	-3,86	1,77	3,50	0,50	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S104	-10,59	9,96	12,50	-2,54	4,17	3,50	1,19	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S105	-39,21	3,19	15,71	-12,52	3,13	2,03	1,54	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır

Çizelge 4.30. (Devamı) 1.Kat kolon üst ucu güvenlik sınır değerleri

1.KAT KOLON ÜST UCU GÜVENLİK SINIR DEĞERLERİ								
Kolon Adı	MEj (kNm)	MKj (kNm)	MDj (kNm)	ΔMKü (kNm)	r	rsınır	$\frac{r}{rsınır}$	Açıklama
S106	-111,02	21,67	-8,87	30,54	3,64	2,50	1,45	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S107	-34,43	5,31	10,08	-4,77	7,21	2,03	3,55	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S108	-62,03	14,00	3,17	10,83	5,73	2,50	2,29	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S109	-40,64	7,83	9,61	-5,78	7,03	2,97	2,37	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S110	-105,85	7,61	35,96	-28,35	3,73	2,50	1,49	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S111	-5,52	6,54	10,87	-4,33	1,27	3,50	0,36	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S112	-35,88	7,05	26,14	-19,09	1,88	2,92	0,64	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S113	92,30	34,76	16,40	18,36	5,03	2,50	2,01	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır

Çizelge 4.31. 2.Kat kolon alt ucu güvenlik sınır değerleri

2.KAT KOLON ALT UCU GÜVENLİK SINIR DEĞERLERİNİN BULUNMASI								
Kolon Adı	MEi (kNm)	MKi (kNm)	MDi (kNm)	ΔMKa (kNm)	r	rsınır	$\frac{r}{rsınır}$	Açıklama
S201	42,37	6,20	-19,80	26,00	1,63	3,50	0,47	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S202	42,52	6,57	16,20	-9,63	4,42	3,50	1,26	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S203	17,49	6,04	-0,35	6,39	2,74	3,50	0,78	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S204	24,68	8,51	0,01	8,50	2,90	3,50	0,83	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S205	66,89	3,24	-4,59	7,83	8,55	2,03	4,21	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S206	193,46	18,27	-10,73	29,00	6,67	2,50	2,67	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S207	52,09	6,33	-12,53	18,86	2,76	2,00	1,38	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S208	124,74	13,31	-3,93	17,24	7,24	2,50	2,89	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S209	66,51	6,53	-12,42	18,95	3,51	2,81	1,25	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S210	436,11	48,31	0,99	47,32	9,22	2,50	3,69	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S211	16,82	6,16	-4,12	10,28	1,64	3,50	0,47	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S212	58,63	6,39	-33,97	40,36	1,45	2,69	0,54	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S213	181,44	13,92	-49,23	63,15	2,87	2,50	1,15	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır

Çizelge 4.32. 2.Kat kolon üst ucu güvenlik sınır değerleri

2.KAT KOLON ÜST UCU GÜVENLİK SINIR DEĞERLERİNİN BULUNMASI								
Kolon Adı	MEj (kNm)	MKj (kNm)	MDj (kNm)	ΔMKü (kNm)	r	rsınır	$\frac{r}{rsınır}$	Açıklama
S201	-40,12	6,20	19,35	-13,15	3,05	3,50	0,87	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S202	-39,74	6,57	15,12	-8,55	4,65	3,50	1,33	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S203	-14,41	6,04	17,00	-10,96	1,31	3,50	0,38	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S204	-20,95	8,51	10,00	-1,49	14,06	3,50	4,02	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S205	-62,40	3,24	-5,16	8,40	7,43	2,03	3,66	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S206	-173,64	18,27	-11,31	29,58	5,87	2,50	2,35	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S207	-50,44	6,33	12,52	-6,19	8,14	2,00	4,07	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S208	-111,19	13,31	3,15	10,16	10,94	2,50	4,38	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır

Çizelge 4.32. (Devamı) 2.Kat kolon üst ucu güvenlik sınır değerleri

2.KAT KOLON ÜST UCU GÜVENLİK SINIR DEĞERLERİNİN BULUNMASI								
Kolon Adı	MEj (kNm)	MKj (kNm)	MDj (kNm)	ΔMKü (kNm)	r	r _{sınır}	$\frac{r}{r_{sınır}}$	Açıklama
S209	-63,64	6,53	11,59	-5,06	12,57	2,81	4,47	r/r _{sınır} >1 GV sağlamamaktadır
S210	-233,48	48,31	12,60	35,71	16,54	2,50	6,62	r/r _{sınır} >1 GV sağlamamaktadır
S211	-13,60	6,16	3,97	2,19	6,22	3,50	1,78	r/r _{sınır} >1 GV sağlamamaktadır
S212	-56,84	6,39	32,45	-26,06	2,18	2,69	0,81	r/r _{sınır} <1 GV sağlamaktadır
S213	-158,65	13,92	-45,26	59,18	2,68	2,50	1,07	r/r _{sınır} >1 GV sağlamamaktadır

4.3.3.9. Kolon Kesitlerinin “Etki / Kapasite Oranları (r)” ve Sınır Değerleri (r_{sınır})”

nin Hesaplanması

K110 kirişinin sınır değerleri 2007 Deprem Yönetmeliği Tablo 7.2.’ye göre hesaplanmıştır.

(i) Ucu:

$$\rho = 0,0049, \quad \rho' = 0,0056,$$

$$\rho_b = (0,85 * f_{cm} / f_{ym}) * k_1 * (0,003 * E_s / (0,003 * E_s + f_{ym})) = 0,038$$

$$\rho - \rho' / \rho_b = -0,020$$

(j) Ucu:

$$\rho = 0,0048, \quad \rho' = 0,0026,$$

$$\rho_b = (0,85 * f_{cm} / f_{ym}) * k_1 * (0,003 * E_s / (0,003 * E_s + f_{ym})) = 0,038$$

$$\rho - \rho' / \rho_b = 0,062$$

(i) Ucu:

$$V = 109.632,73 \text{ N} \quad b_w * d = 95000 \text{ mm}^2 \quad f_{ctm} = 0,9 \text{ N/mm}^2$$

$$V / (b_w * d * f_{ctm}) = 1,28$$

(j) Ucu:

$$V = 148747,27 \text{ N} \quad b_w * d = 95000 \text{ mm}^2 \quad f_{ctm} = 0,9 \text{ N/mm}^2$$

$$V / (b_w * d * f_{ctm}) = 1,74$$

Örnek kiriş sargılanmamıştır.

Bina “Can Güvenliği Performans Seviyesi”ne ve “Hemen Kullanım Performans Seviyesi”ne göre kontrol edilmiştir.Aşağıdaki sonuçlar “Can Güvenliği Performans Seviyesi”ne göre verildiği için “GV” hasar sınırının değerleri göz önüne alınmıştır.

Hesaplanan $(\rho-\rho') / \rho b$ ve $V / (bw * d * f_{ctm})$ değerleri ile 2007 Deprem Yönetmeliği Tablo 7.2'den kirişimiz kesme bakımından gevrek olduğu için “ $r_{sınır}$ ” değeri (i) ucu için 1, (j) ucu için 1 alınır.

Yatay yüklemekten dolayı hesaplanan moment (ME) (i) ucunda -95,46 kNm, (j) ucunda 83,12 kNm dir.Kirişin kapasitesinden düşey yüklemekten gelen moment (MD) çıkarılarak artık moment kapasitesi bulunur.

Artık moment kapasitesi

(i) ucunda $\Delta M_{Ki} = 44,04 - (-125,71) = 169,75$ kNm

(j) ucunda $\Delta M_{Kj} = 53,75 - (76,77) = -23,02$ kNm olarak hesaplanır.

“Etki / Kapasite Oranı (r)”

(i) ucunda $ME_i / \Delta M_{Ki} = 95,46 / 169,75 = 0,56$

(j) ucunda $ME_j / \Delta M_{Kj} = 83,12 / 23,12 = 3,61$ bulunur.

Kirişin (i) ucunda “ $r / r_{sınır}$ ” = $0,56 / 1 = 0,56$

Kirişin (j) ucunda “ $r / r_{sınır}$ ” = $3,61 / 1 = 3,61$ olarak hesaplanır.

“ $r / r_{sınır}$ ” değerleri her iki ucta da 1'den büyük olduğu için bu kiriş “GV” güvenlik sınırını sağlamamaktadır.Eğer her iki uctada 1'den küçük olsaydı bu kiriş “GV” sınırını sağlardı.

Çizelge 4.33. 1.Kat i ucu kiriş sınır değerleri

1. KAT KİRİŞ SINIR DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI										
i ucu										
Kiriş Adı	ρ	ρ'	ρb	$\rho-\rho'/\rho b$	bw (mm)	d (mm)	f_{ctm} (N/mm ²)	V (N)	V (bw*d*f _{ctm})	rsınır
K101	0,0024	0,0036	0,038	-0,031	200	475	0,90	-22234,88	-0,26	4,00
K102	0,0024	0,0036	0,038	-0,031	200	475	0,90	11880,90	0,14	4,00
K103	0,0040	0,0060	0,038	-0,051	200	575	0,90	67168,65	0,65	1,00
K104	0,0024	0,0068	0,038	-0,115	200	475	0,90	-31204,69	-0,36	4,00
K105	0,0024	0,0048	0,038	-0,062	200	475	0,90	27630,05	0,32	4,00
K106	0,0024	0,0059	0,038	-0,093	200	475	0,90	36250,47	0,42	4,00
K107	0,0024	0,0036	0,038	-0,031	200	475	0,90	33568,99	0,39	4,00
K108	0,0024	0,0052	0,038	-0,073	200	475	0,90	55925,36	0,65	4,00
K109	0,0024	0,0048	0,038	-0,062	200	475	0,90	49553,88	0,58	4,00
K110	0,0049	0,0056	0,038	-0,020	200	475	0,90	109632,73	1,28	1,00
K111	0,0024	0,0048	0,038	-0,062	200	475	0,90	11272,72	0,13	4,00
K112	0,0032	0,0056	0,038	-0,062	200	475	0,90	11844,54	0,14	4,00
K113	0,0024	0,0056	0,038	-0,084	200	475	0,90	49497,56	0,58	4,00
K113'	0,0024	0,0036	0,038	-0,031	200	475	0,90	-18384,22	-0,22	1,00
K114	0,0024	0,0036	0,038	-0,031	200	475	0,90	19943,49	0,23	4,00
K114'	0,0024	0,0040	0,038	-0,042	200	475	0,90	-155957,36	-1,82	1,00
K115	0,0024	0,0084	0,038	-0,157	200	475	0,90	33191,67	0,39	4,00
K115'	0,0024	0,0056	0,038	-0,084	200	475	0,90	-155667,67	-1,82	1,00
K116	0,0024	0,0036	0,038	-0,031	200	475	0,90	-17971,42	-0,21	4,00

Çizelge 4.34. 1.Kat j ucu kiriş sınır değerleri

1. KAT KİRİŞ SINIR DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI										
j ucu										
Kiriş Adı	ρ	ρ'	ρb	$\rho-\rho'/\rho b$	bw (mm)	d (mm)	fctm (N/mm ²)	V (N)	V (bw*d*fctm)	rsınır
K101	0,0036	0,0024	0,038	0,031	200	475	0,90	39594,88	0,46	3,94
K102	0,0060	0,0040	0,038	0,051	200	475	0,90	44319,10	0,52	3,90
K103	0,0068	0,0024	0,038	0,115	200	575	0,90	136991,35	1,32	1,00
K104	0,0048	0,0024	0,038	0,062	200	475	0,90	93324,69	1,09	2,98
K105	0,0059	0,0024	0,038	0,093	200	475	0,90	65009,95	0,76	3,75
K106	0,0036	0,0024	0,038	0,031	200	475	0,90	76929,53	0,90	3,42
K107	0,0052	0,0024	0,038	0,073	200	475	0,90	65491,01	0,77	3,72
K108	0,0048	0,0024	0,038	0,062	200	475	0,90	97494,64	1,14	2,87
K109	0,0056	0,0049	0,038	0,020	200	475	0,90	87026,12	1,02	3,15
K110	0,0048	0,0024	0,038	0,062	200	475	0,90	148747,27	1,74	1,00
K111	0,0056	0,0032	0,038	0,062	200	475	0,90	97927,28	1,15	2,85
K112	0,0056	0,0024	0,038	0,084	200	475	0,90	54515,46	0,64	3,83
K113	0,0036	0,0024	0,038	0,031	200	475	0,90	76462,44	0,89	3,45
K113'	0,0036	0,0024	0,038	0,031	200	475	0,90	126264,22	1,48	1,00
K114	0,0040	0,0024	0,038	0,042	200	475	0,90	54816,51	0,64	3,92
K114'	0,0084	0,0024	0,038	0,157	200	475	0,90	-78402,64	-0,92	1,00
K115	0,0056	0,0024	0,038	0,084	200	475	0,90	82928,33	0,97	3,26
K115'	0,0036	0,0024	0,038	0,031	200	475	0,90	39827,67	0,47	3,94
K116	0,0020	0,0020	0,038	0,000	200	475	0,90	55451,42	0,65	4,00
K117	0,0030	0,0024	0,038	0,017	200	475	0,90	96349,04	1,13	2,89
K117'	0,0084	0,0024	0,038	0,157	200	475	0,90	-105820,29	-1,24	1,00
K118	0,0052	0,0017	0,038	0,091	200	475	0,90	99145,71	1,16	1,00
K118'	0,0036	0,0024	0,038	0,031	200	675	0,90	21914,49	0,18	3,94
K119	0,0056	0,0024	0,038	0,084	200	475	0,90	71714,79	0,84	3,56
K120	0,0051	0,0034	0,038	0,044	200	475	0,90	67135,96	0,79	3,68
K121	0,0072	0,0049	0,038	0,062	200	675	0,90	143335,37	1,18	1,00
K121'	0,0036	0,0024	0,038	0,031	200	475	0,90	119938,32	1,40	1,00
K122'	0,0036	0,0024	0,038	0,031	200	475	0,90	218688,33	2,56	1,00
K122	0,0064	0,0050	0,038	0,038	200	775	0,90	-48102,79	-0,34	1,00

Çizelge 4.35. 2. Kat i ucu kiriş sınır değerleri

2. KAT KİRİŞ SINIR DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI										
i ucu										
Kiriş Adı	ρ	ρ'	ρb	$\rho-\rho'/\rho b$	bw (mm)	d (mm)	fctm (N/mm ²)	V (N)	V/ (bw*d*fctm)	rsınır
K201	0,0024	0,0036	0,038	-0,031	200	475	0,90	-19434,88	-0,23	4,00
K202	0,0024	0,0036	0,038	-0,031	200	475	0,90	10780,90	0,13	4,00
K203	0,0040	0,0060	0,038	-0,051	200	575	0,90	68058,65	0,66	1,00
K204	0,0024	0,0068	0,038	-0,115	200	475	0,90	-23434,69	-0,27	1,00
K205	0,0024	0,0048	0,038	-0,062	200	475	0,90	27060,05	0,32	4,00
K206	0,0024	0,0059	0,038	-0,093	200	475	0,90	34760,47	0,41	4,00

Çizelge 4.35. (Devam) 2. Kat i ucu kiriş sınır değerleri

2. KAT KİRİŞ SINIR DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI										
i ucu										
Kiriş Adı	ρ	ρ'	ρb	$\rho-\rho'/\rho b$	bw (mm)	d (mm)	fctm (N/mm ²)	V (N)	V/(bw*d*fctm)	rsınır
K207	0,0024	0,0036	0,038	-0,031	200	475	0,90	-79751,01	-0,93	4,00
K208	0,0024	0,0052	0,038	-0,073	200	475	0,90	56215,36	0,66	3,98
K209	0,0024	0,0048	0,038	-0,062	200	475	0,90	46713,88	0,55	4,00
K210	0,0049	0,0056	0,038	-0,020	200	475	0,90	-168327,27	-1,97	1,00
K211	0,0024	0,0048	0,038	-0,062	200	475	0,90	-97827,28	-1,14	4,00
K212	0,0032	0,0056	0,038	-0,062	200	475	0,90	-57745,46	-0,68	4,00
K213	0,0024	0,0056	0,038	-0,084	200	475	0,90	49607,56	0,58	4,00
K213'	0,0024	0,0036	0,038	-0,031	200	475	0,90	-17634,22	-0,21	1,00
K214	0,0024	0,0036	0,038	-0,031	200	475	0,90	19053,49	0,22	4,00
K214'	0,0024	0,0040	0,038	-0,042	200	475	0,90	-157917,36	-1,85	1,00
K215	0,0024	0,0084	0,038	-0,157	200	475	0,90	-93308,33	-1,09	4,00
K215'	0,0024	0,0056	0,038	-0,084	200	475	0,90	-154907,67	-1,81	1,00
K216	0,0024	0,0036	0,038	-0,031	200	475	0,90	-8851,42	-0,10	4,00
K217	0,0024	0,0024	0,038	0,000	200	475	0,90	69490,96	0,81	3,63
K217'	0,0024	0,0030	0,038	-0,017	200	475	0,90	-163939,71	-1,92	1,00
K218	0,0024	0,0084	0,038	-0,157	200	475	0,90	-25665,71	-0,30	4,00
K218'	0,0017	0,0052	0,038	-0,091	200	675	0,90	-163024,49	-1,34	4,00
K219	0,0024	0,0036	0,038	-0,031	200	475	0,90	-6824,79	-0,08	4,00
K220	0,0024	0,0056	0,038	-0,084	200	475	0,90	18634,04	0,22	4,00
K221	0,0034	0,0051	0,038	-0,044	200	675	0,90	-149225,37	-1,23	1,00
K221'	0,0049	0,0072	0,038	-0,062	200	475	0,90	-94058,32	-1,10	1,00
K222	0,0024	0,0036	0,038	-0,031	200	475	0,90	-92287,21	-1,08	4,00
K222'	0,0050	0,0064	0,038	-0,038	200	775	0,90	-299298,33	-2,15	1,00

Çizelge 4.36. 2. Kat j ucu kiriş sınır değerleri

2. KAT KİRİŞ SINIR DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI										
j ucu										
Kiriş Adı	ρ	ρ'	ρb	$\rho-\rho'/\rho b$	bw (mm)	d (mm)	fctm (N/mm ²)	V (N)	V/(bw*d*fctm)	rsınır
K201	0,0036	0,0024	0,038	0,031	200	475	0,90	42394,88	0,50	3,94
K202	0,0060	0,0040	0,038	0,051	200	475	0,90	43219,10	0,51	3,90
K203	0,0068	0,0024	0,038	0,115	200	575	0,90	137881,35	1,33	1,00
K204	0,0048	0,0024	0,038	0,062	200	475	0,90	101094,69	1,18	1,00
K205	0,0059	0,0024	0,038	0,093	200	475	0,90	64439,95	0,75	3,77
K206	0,0036	0,0024	0,038	0,031	200	475	0,90	75439,53	0,88	3,47
K207	0,0052	0,0024	0,038	0,073	200	475	0,90	-47828,99	-0,56	3,85
K208	0,0048	0,0024	0,038	0,062	200	475	0,90	97784,64	1,14	2,87
K209	0,0056	0,0049	0,038	0,020	200	475	0,90	84186,12	0,98	3,24
K210	0,0048	0,0024	0,038	0,062	200	475	0,90	-129212,73	-1,51	1,00
K211	0,0056	0,0032	0,038	0,062	200	475	0,90	-11172,72	-0,13	3,88
K212	0,0056	0,0024	0,038	0,084	200	475	0,90	-15074,54	-0,18	3,83
K213	0,0036	0,0024	0,038	0,031	200	475	0,90	76572,44	0,90	3,42
K213'	0,0036	0,0024	0,038	0,031	200	475	0,90	127014,22	1,49	1,00
K214	0,0040	0,0024	0,038	0,042	200	475	0,90	53926,51	0,63	3,92
K214'	0,0084	0,0024	0,038	0,157	200	475	0,90	-80362,64	-0,94	1,00
K215	0,0056	0,0024	0,038	0,084	200	475	0,90	-43571,67	-0,51	3,83

Çizelge 4.36. (Devam) 2. Kat j ucu kiriş sınır değerleri

2. KAT KİRİŞ SINIR DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI										
j ucu										
Kiriş Adı	ρ	ρ'	ρb	$\rho-\rho'/\rho b$	bw (mm)	d (mm)	fctm (N/mm ²)	V (N)	V (bw*d*fctm)	rsınır
K215'	0,0036	0,0024	0,038	0,031	200	475	0,90	40587,67	0,47	1,00
K216	0,0020	0,0020	0,038	0,000	200	475	0,90	64571,42	0,76	3,75
K217	0,0030	0,0024	0,038	0,017	200	475	0,90	97249,04	1,14	2,87
K217'	0,0084	0,0024	0,038	0,157	200	475	0,90	-102140,29	-1,19	1,00
K218	0,0052	0,0017	0,038	0,091	200	475	0,90	95565,71	1,12	2,92
K218'	0,0036	0,0024	0,038	0,031	200	675	0,90	18024,49	0,15	3,94
K219	0,0056	0,0024	0,038	0,084	200	475	0,90	73664,79	0,86	3,83
K220	0,0051	0,0034	0,038	0,044	200	475	0,90	66305,96	0,78	3,88
K221	0,0072	0,0049	0,038	0,062	200	675	0,90	28405,37	0,23	1,00
K221'	0,0036	0,0024	0,038	0,031	200	475	0,90	119938,32	1,40	1,00
K222	0,0036	0,0024	0,038	0,031	200	475	0,90	-3272,79	-0,04	3,94
K222'	0,0064	0,0050	0,038	0,038	200	775	0,90	118458,33	0,85	1,00

Çizelge 4.37. 1.Kat kiriş i ucu $r/r_{sınır}$ değerleri

1.KAT İ UCU KİRİŞ SINIR DEĞERLERİNİN BULUNMASI								
Kiriş Adı	MEi (kNm)	MKi (kNm)	MDi (kNm)	ΔMKi (kNm)	r	rsınır	$\frac{r}{rsınır}$	Açıklama
K101	373	24,35	-5,13	29,48	12,65	4,00	3,16	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K102	104,1	20,75	-8,13	28,88	3,60	4,00	0,90	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K103	-63,25	55,23	-34,33	89,56	0,71	1,00	0,71	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K104	-163,91	25,04	-8,88	33,93	4,83	4,00	1,21	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K105	130,54	23,20	-31,91	55,11	2,37	4,00	0,59	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K106	89,02	24,45	-22,44	46,89	1,90	4,00	0,47	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K107	79,76	22,27	-48,45	70,72	1,13	4,00	0,28	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K108	111,19	23,83	-22,21	46,04	2,42	4,00	0,60	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K109	-168,41	23,37	-56,05	79,42	2,12	4,00	0,53	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K110	-95,49	44,04	-125,71	169,75	0,56	1,00	0,56	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K111	-178,25	23,37	-40,58	63,95	2,79	4,00	0,70	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K112	-112	31,50	-14,91	46,42	2,41	4,00	0,60	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K113	-111,4	24,45	-58,29	82,73	1,35	4,00	0,34	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K113'	-18	23,47	-0,34	23,81	0,76	1,00	0,76	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K114	18,16	23,15	-23,86	47,01	0,39	4,00	0,10	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K114'	280	19,88	-22,23	42,11	6,65	1,00	6,65	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K115	85,5	19,78	-51,81	71,59	1,19	4,00	0,30	r/rsınır <1 GV sağlamamakta
K115'	-73	24,45	-47,20	71,65	1,02	1,00	1,02	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K116	112,2	24,35	-14,96	39,31	2,85	4,00	0,71	r/rsınır <1 GV sağlamamakta
K117	-428	22,55	-35,04	57,59	7,43	3,78	1,97	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K117'	49,9	16,78	-41,96	58,74	0,85	1,00	0,85	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K118	-216,9	23,36	-6,76	30,12	7,20	7,20	1,00	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K118'	81	34,95	-72,44	107,39	0,75	4,00	0,19	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K119	67,2	21,95	8,24	13,71	4,90	4,00	1,23	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K120	49	22,53	-20,80	43,33	1,13	4,00	0,28	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K121	113,3	66,57	-26,44	93,01	1,22	1,00	1,22	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K121'	112,3	37,78	0,00	37,78	2,97	1,00	2,97	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K122	105,3	23,47	-41,13	64,60	1,63	1,00	1,63	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K122'	108,42	127,57	-112,02	239,59	0,45	1,00	0,45	r/rsınır <1 GV sağlamakta

Çizelge 4.38. 1.kat j ucu $r/r_{\text{sınır}}$ değerleri

1.KAT J UCU KİRİŞ SINIR DEĞERLERİ								
Kiriş Adı	MEj (kNm)	MKj (kNm)	MDj (kNm)	ΔMKj (kNm)	r	rsınır	$\frac{r}{rsınır}$	Açıklama
K101	86,9	34,39	-7,83	42,22	2,06	3,94	0,52	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K102	-111,1	34,39	-20,98	55,37	2,01	3,90	0,52	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K103	64,95	84,42	-33,97	118,39	0,55	1,00	0,55	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K104	111,3	65,24	-7,70	72,94	1,53	2,98	0,51	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K105	-130,54	45,95	-32,16	78,11	1,67	3,75	0,45	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K106	-102,08	56,91	41,83	15,08	6,77	3,42	1,98	$r/rsınır > 1$ GV sağlamamakta
K107	-255,2	34,39	-48,45	82,84	3,08	3,72	0,83	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K108	-146,35	49,96	-53,83	103,79	1,41	2,87	0,49	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K109	168,41	45,95	-55,96	101,91	1,65	3,15	0,52	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K110	83,12	53,75	76,77	-23,02	3,61	1,00	3,61	$r/rsınır > 1$ GV sağlamamakta
K111	178,25	45,95	-40,53	86,48	2,06	2,85	0,72	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K112	201,9	53,84	-6,56	60,40	3,34	3,83	0,87	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K113	107,8	53,75	-62,69	116,44	0,93	3,45	0,27	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K113'	73	34,39	-43,90	78,29	0,93	1,00	0,93	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K114	-171,6	34,39	-27,87	62,26	2,76	3,92	0,70	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K114'	-171,6	38,29	0,00	38,29	4,48	1,00	4,48	$r/rsınır > 1$ GV sağlamamakta
K115	-100,5	79,69	-37,09	116,78	0,86	3,26	0,26	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K115'	108	53,75	0,34	53,41	2,02	3,94	0,51	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K116	-211,7	34,39	-18,39	52,78	4,01	4,00	1,01	$r/rsınır > 1$ GV sağlamamakta
K117	97,1	23,25	-57,86	81,11	1,20	2,89	0,41	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K117'	-108	29,57	-1,19	30,76	3,51	1,00	3,51	$r/rsınır > 1$ GV sağlamamakta
K118	199,2	79,69	-26,06	105,75	1,88	1,00	1,88	$r/rsınır > 1$ GV sağlamamakta
K118'	95	100,84	13,90	86,94	1,09	3,94	0,28	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K119	-71,4	34,39	-12,75	47,14	1,51	3,56	0,42	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K120	-134,7	53,75	-21,06	74,81	1,80	3,68	0,49	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K121	-105,2	84,42	-12,71	97,13	1,08	1,00	1,08	$r/rsınır > 1$ GV sağlamamakta
K121'	121,4	69,22	-7,76	76,98	1,58	1,00	1,58	$r/rsınır > 1$ GV sağlamamakta
K122	132,6	34,39	-0,33	34,72	3,82	1,00	3,82	$r/rsınır > 1$ GV sağlamamakta
K122'	119,6	164,86	-41,00	205,86	0,58	1,00	0,58	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta

Çizelge 4.39. 2.kat i ucu r/rsınır değerleri

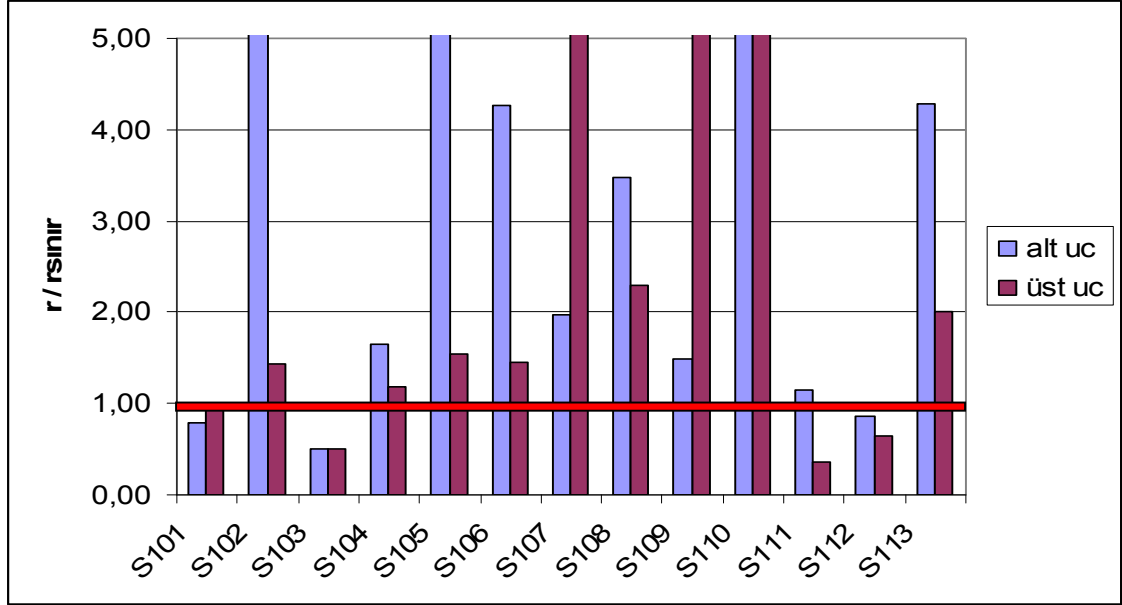
2.KAT İ UCU KİRİŞ SINIR DEĞERLERİ								
Kiriş Adı	Mei (kNm)	Mki (kNm)	Mdi (kNm)	ΔMki (kNm)	r	rsınır	$\frac{r}{rsınır}$	Açıklama
K201	42,10	24,35	-3,46	27,81	1,51	3,94	0,38	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K202	109,00	20,75	-11,48	32,23	3,38	3,90	0,87	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K203	-73,79	55,23	-34,27	89,50	0,82	1,00	0,82	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K204	-172,10	25,04	-3,08	28,13	6,12	1,00	6,12	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K205	154,72	23,20	-31,41	54,61	2,83	3,77	0,75	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K206	101,75	24,45	-25,35	49,80	2,04	3,47	0,59	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K207	94,09	22,27	-43,47	65,75	1,43	3,85	0,37	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K208	129,50	23,83	-22,52	46,35	2,79	2,87	0,97	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K209	-194,96	23,37	-56,26	79,64	2,45	3,24	0,76	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K210	-116,46	44,04	-127,82	171,85	0,68	1,00	0,68	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K211	-185,20	23,37	-36,21	59,59	3,11	3,88	0,80	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K212	129,20	31,50	-12,87	44,38	2,91	3,83	0,76	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K213	-118,70	24,45	-58,08	82,53	1,44	3,42	0,42	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K213'	18,00	23,47	-0,31	23,78	0,76	1,00	0,76	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K214	198,70	23,15	-25,67	48,82	4,07	3,92	1,04	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K214'	326,00	19,88	-22,32	42,20	7,73	1,00	7,73	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K215	87,70	19,78	-60,35	80,13	1,09	3,83	0,29	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K215'	-83,40	24,45	-46,48	70,93	1,18	1,00	1,18	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K216	158,20	24,35	-7,86	32,21	4,91	3,75	1,31	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K217	-48,30	22,55	-32,94	55,49	0,87	2,87	0,30	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K217'	66,60	16,78	-38,05	54,83	1,21	1,00	1,21	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K218	-298,40	23,36	-10,32	33,68	8,86	2,92	3,03	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K218'	-56,00	34,95	-77,79	112,74	0,50	3,94	0,13	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K219	85,10	21,95	9,26	12,69	6,70	3,83	1,75	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K220	201,00	22,53	-24,04	46,57	4,32	3,88	1,11	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K221	-110,20	66,57	-25,28	91,85	1,20	1,00	1,20	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K221'	125,00	37,78	0,00	37,78	3,31	1,00	3,31	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K222	109,40	23,47	-42,54	66,01	1,66	3,94	0,42	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K222'	127,00	127,57	-108,95	236,52	0,54	1,00	0,54	r/rsınır <1 GV sağlamakta

Çizelge 4.40. 2.kat j ucu r/rsınır değerleri

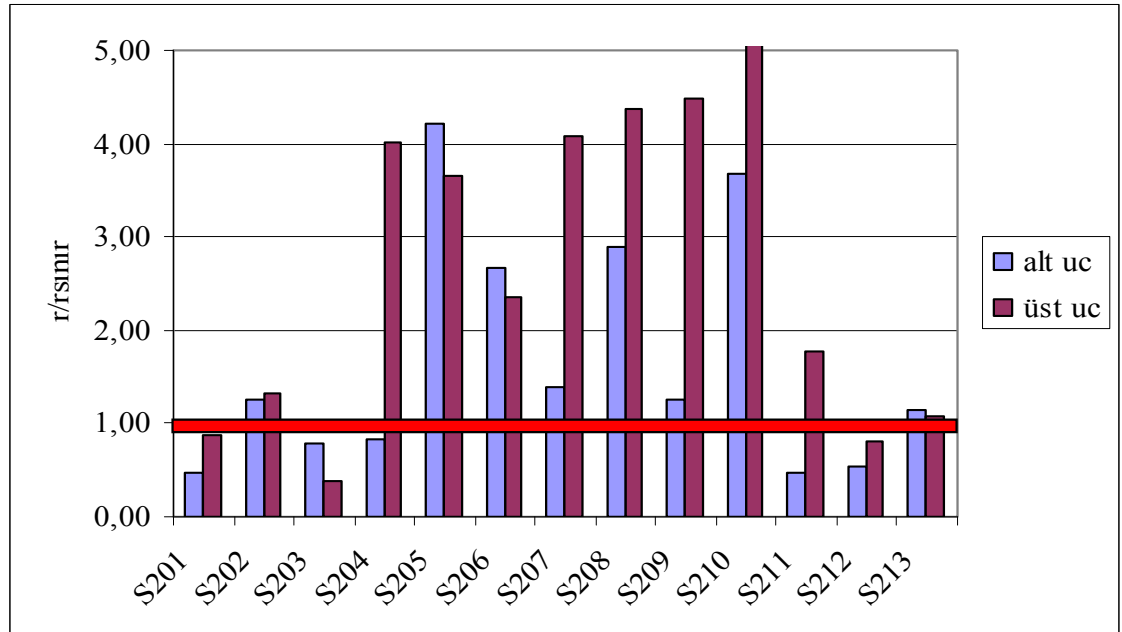
2.KAT J UCU KİRİŞ SINIR DEĞERLERİ								
Kiriş Adı	MEj (kNm)	MKj (kNm)	MDj (kNm)	ΔMKj (kNm)	r	rsınır	$\frac{r}{rsınır}$	Açıklama
K201	91,2	34,39	-12,01	46,40	1,97	3,94	0,50	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K202	-123,6	34,39	-20,3	54,69	2,26	3,90	0,58	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K203	74,37	84,42	-37,64	122,06	0,61	1,00	0,61	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K204	123,73	65,24	-12	77,24	1,60	1,00	1,60	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K205	-154,72	45,95	-31,14	77,09	2,01	3,77	0,53	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K206	-118,65	56,91	-38,49	95,40	1,24	3,47	0,36	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K207	-293,3	34,39	-8,09	42,48	6,90	3,85	1,79	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K208	-168,77	49,96	-55,22	105,18	1,60	2,87	0,56	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K209	194,96	45,95	-56,13	102,08	1,91	3,24	0,59	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K210	99,48	53,75	-78,88	132,63	0,75	1,00	0,75	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K211	185,2	45,95	-36,13	82,08	2,26	3,88	0,58	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K212	228,4	53,84	7,7	46,14	4,95	3,83	1,29	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K213	110,4	53,75	-63,11	116,86	0,94	3,42	0,28	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K213'	83,4	34,39	-44,62	79,01	1,06	1,00	1,06	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K214	-185,2	34,39	-26,11	60,50	3,06	3,92	0,78	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K214'	-175	38,29	-36,98	75,27	2,33	1,00	2,33	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K215	-106,5	79,69	-29,4	109,09	0,98	3,83	0,26	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K215'	180	53,75	0,3	53,45	3,37	1,00	3,37	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K216	-281,1	34,39	-25,88	60,27	4,66	3,75	1,24	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K217	116	23,25	-59,37	82,62	1,40	2,87	0,49	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K217'	-141	29,57	-1,56	31,13	4,53	1,00	4,53	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K218	27,26	79,69	-21,74	101,43	0,27	2,92	0,09	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K218'	134	100,84	1,87	98,97	1,35	3,94	0,34	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K219	-90,2	34,39	-15,23	49,62	1,82	3,83	0,48	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K220	-174,8	53,75	-20,22	73,97	2,36	3,88	0,61	r/rsınır <1 GV sağlamakta
K221	-110,54	84,42	-13,12	97,54	1,13	1,00	1,13	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K221'	126,78	69,22	-7,76	76,98	1,65	1,00	1,65	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K222	135,67	34,39	0,2	34,19	3,97	3,94	1,01	r/rsınır >1 GV sağlamamakta
K222'	125,78	164,86	-0,63	165,49	0,76	1,00	0,76	r/rsınır <1 GV sağlamakta

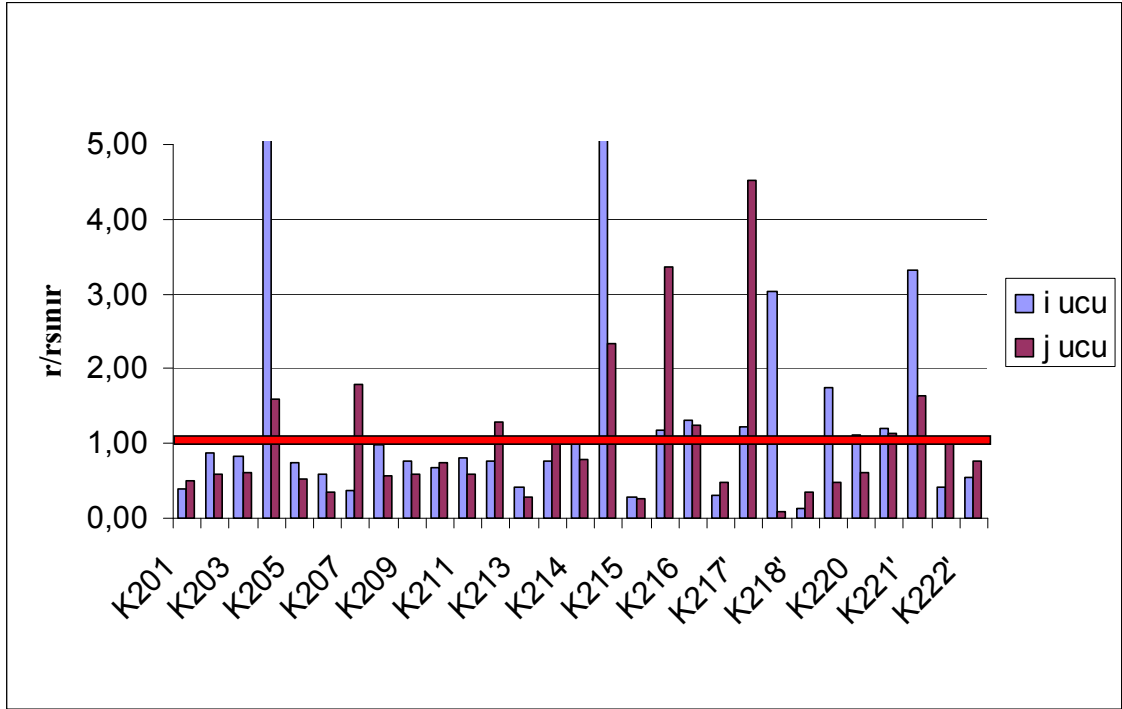
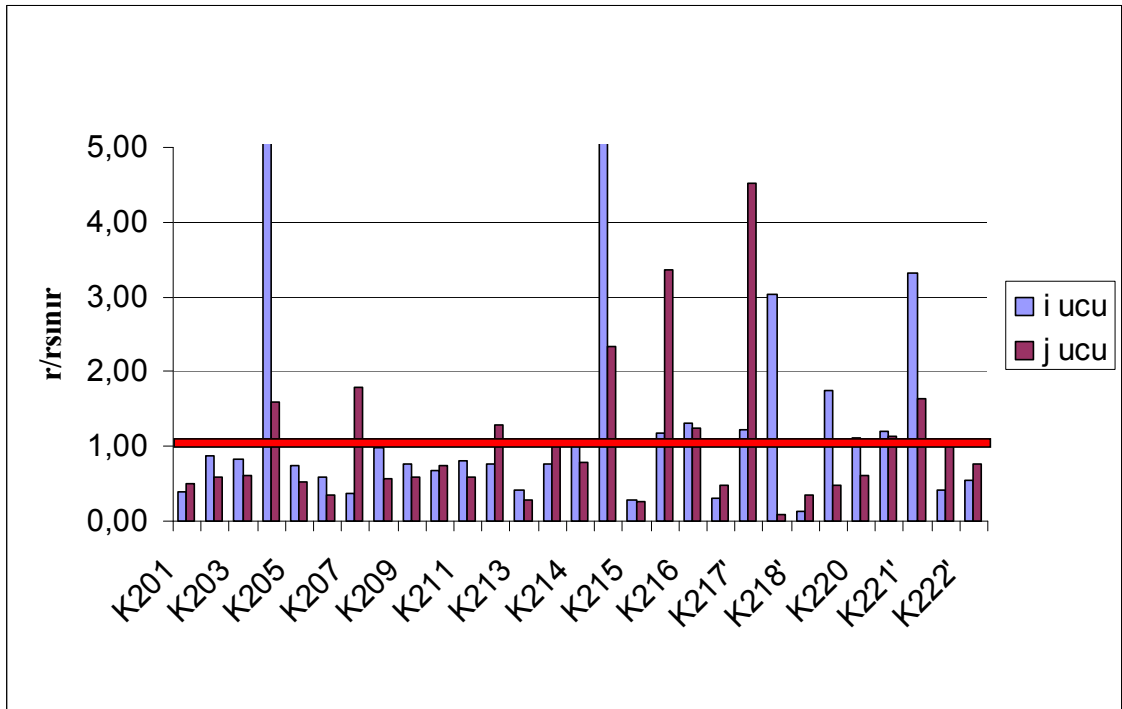
4.3.3.10. Kiriş ve Kolon Kesitlerinin “Etki / Kapasite Oranları (r)” Belirlenmesi ve “Sınır Değerleri (r_{sınır})” ile Karşılaştırılması

Çizelge 4.41. X yönü 1.kat kolonları “r/r_{sınır} değerleri



Çizelge 6.42. X yönü 2.kat kolonları r/r_{sınır} değerleri

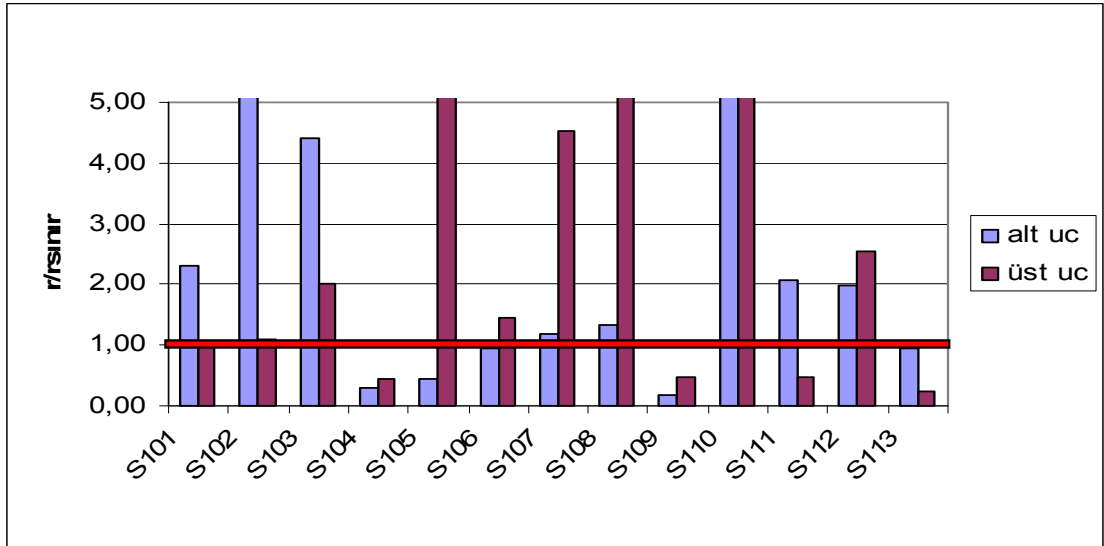


Çizelge 6.43. X yönü 1.kat kirişleri $r/r_{sınır}$ değerleriÇizelge 6.44. X yönü 2.kat kirişleri $r/r_{sınır}$ değerleri

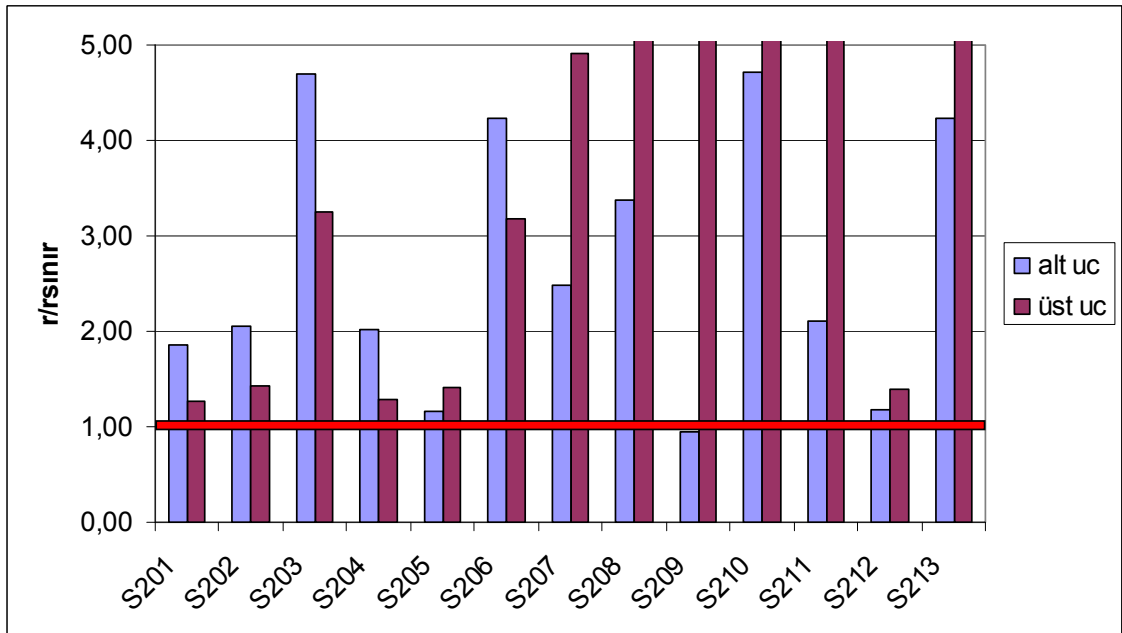
4.3.4 +Y Yönüne Göre Hesaplamalar.

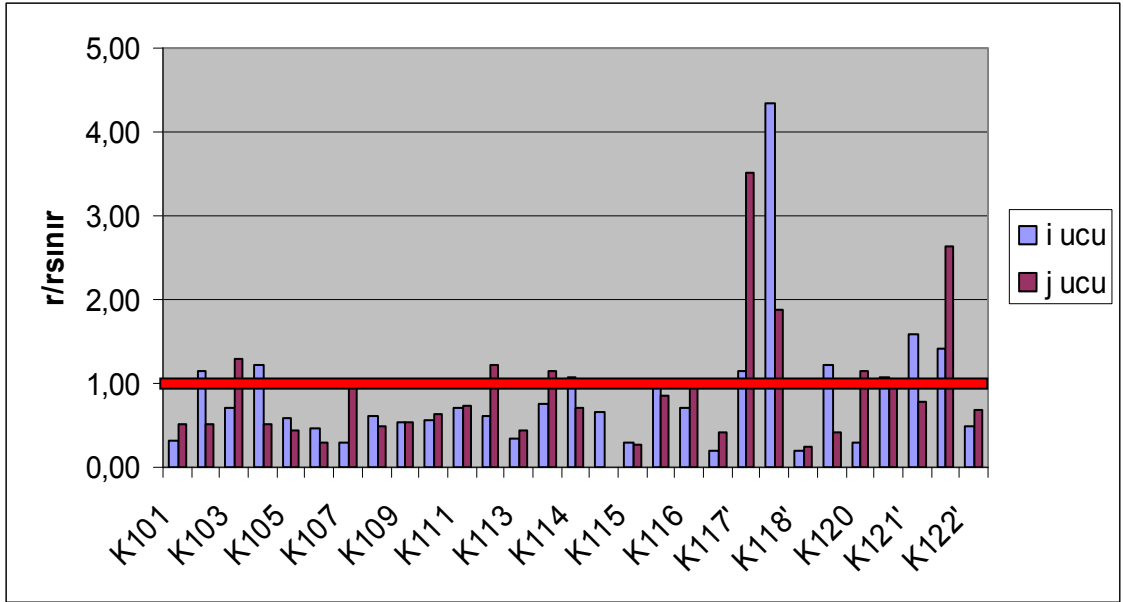
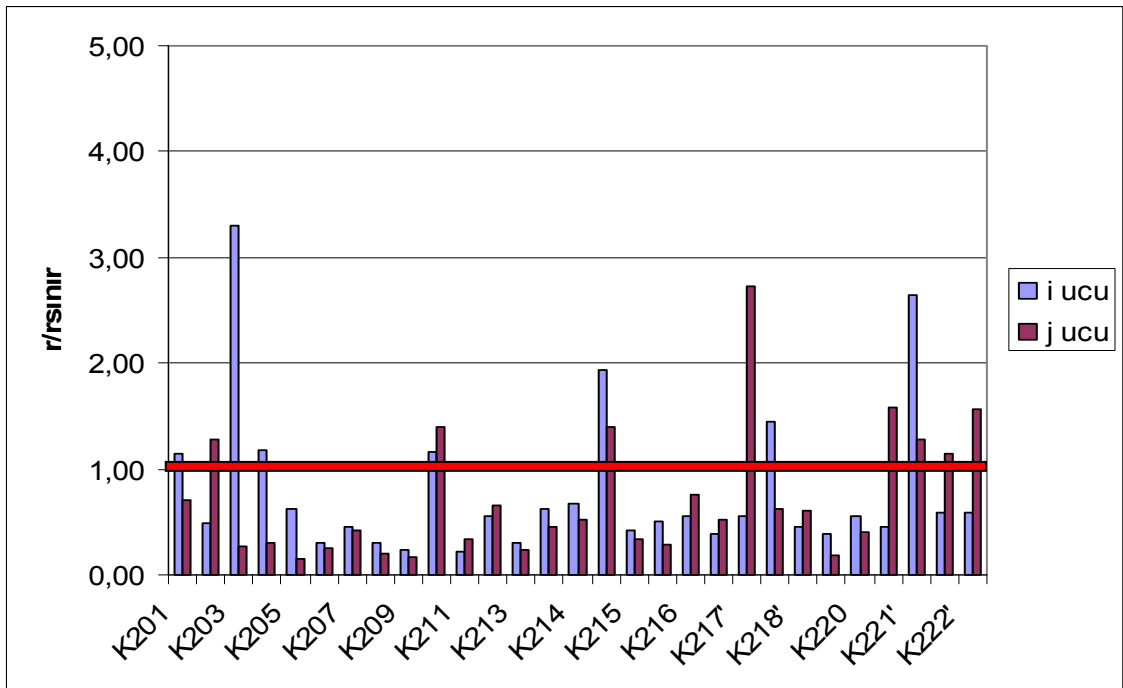
+Y yönündeki hesaplamalar da aynen +X yönündeki hesaplamalar gibidir. Bu nedenle, işlem adımlarının ayrıntılı anlatımına ihtiyaç duyulmadan sadece sonuç grafikleri sunulmuştur.

Çizelge 4.45. Y yönü 1.kat kolonları $r/r_{sınır}$ değerleri



Çizelge 4.46. Y yönü 2.kat kolonları $r/r_{sınır}$ değerleri



Çizelge 4.47. Y yönü 1.kat kirişleri $r/r_{sınır}$ değerleriÇizelge 4.48. Y yönü 2.kat kirişleri $r/r_{sınır}$ değerleri

4.3.5. Bina Performansının Belirlenmesi

Çizelge 6.42. de “Güvenlik Sınırını Sağlamayan Kirişlerin Adedi” nin O Kattaki O Doğrultudaki Kirişlerin Adedi’ne oranı ve Güvenlik Sınırını Sağlamayan Kolonların , adedinin o Kattaki Tüm Kolonların adedine oranı verilmiştir. Bu oranların kirişlerde %30, kolonlarda %20 den büyük olduğu katlar “Güvenlik Sınırı”nı sağlamamaktadır. En üst kat kolonlarında bu oran %40 tır. Aşağıdaki değerler “Can Güvenliği Performans Düzeyi” içindir.

Kirişler için:

Güvenlik Sınırı (GV)’nı Sağlamayan Kirişlerin Adedi < % 30
O Katta Kontrol Edilen Yöndeki Tüm Kirişlerin Adedi

Kolonlar için

Güvenlik Sınırı (GV)’nı Sağlamayan Kolonların Adedi < % 20
O Katta Kontrol Edilen Yöndeki Tüm Kolonların Adedi

Çizelge 4.49. Değerlendirme çizelgesi

Kat	+X yönü		+Y yönü	
	Kirişler (%)	Kolonlar (%)	Kirişler (%)	Kolonlar (%)
	CG	CG	CG	CG
1	48	77	55	77
2	55	77	41	100
sınır	30	20	30	20

Yukarıda ki tabloda da görüldüğü gibi kiriş ve kolonların belirtilen sınır değerlerinin üzerinde olduğu için yapımız 2007 Deprem Yönetmeliğine göre gerekli koşulları sağlamamaktadır. Bu nedenle, yapının güçlendirme alternatifi Bölüm 7’de değerlendirilmiştir.

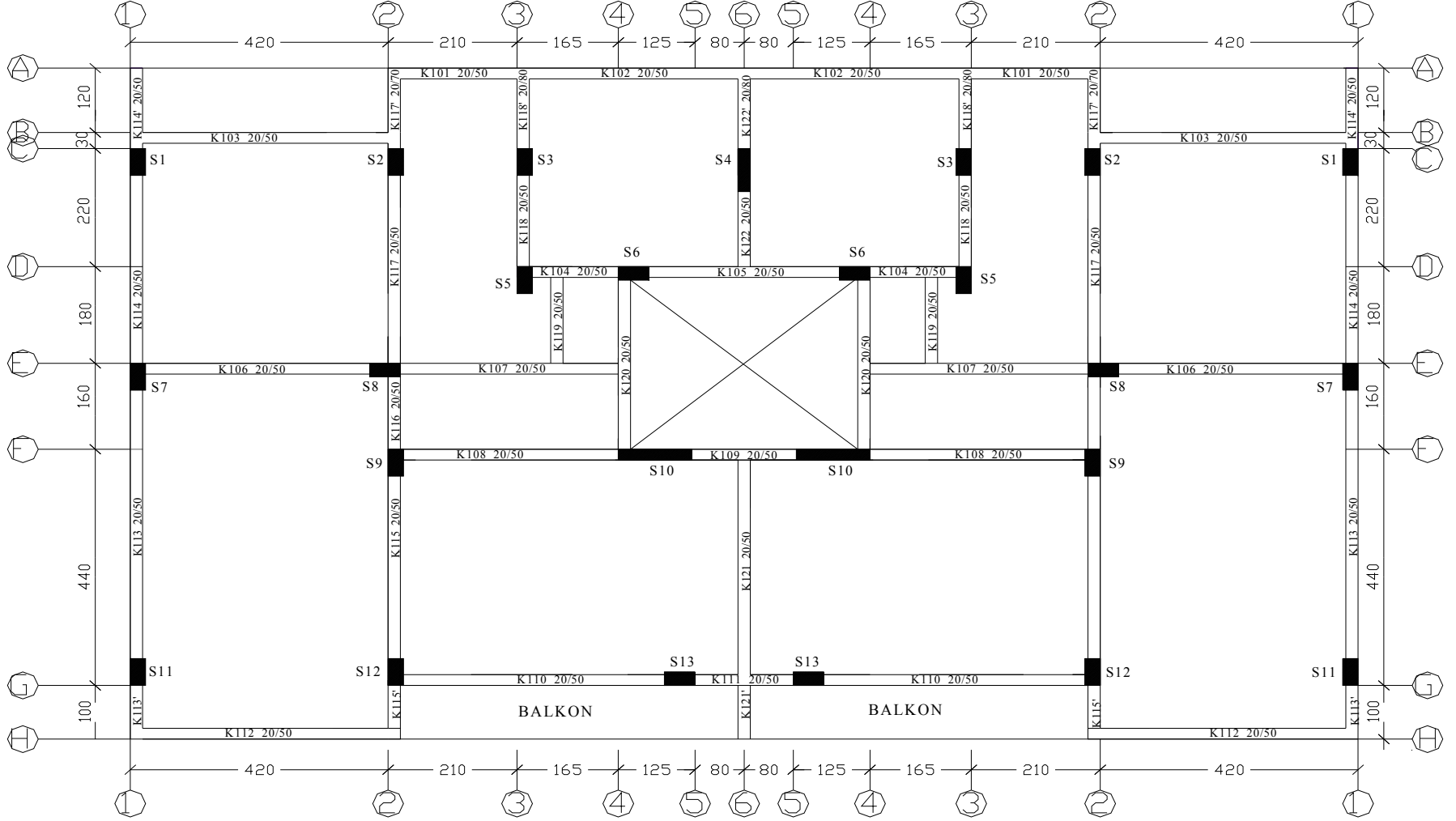
4.4. Güçlendirme Analizi ve Çeşitli Çözüm Önerileri

4.4.1. Güçlendirme Alternatifleri

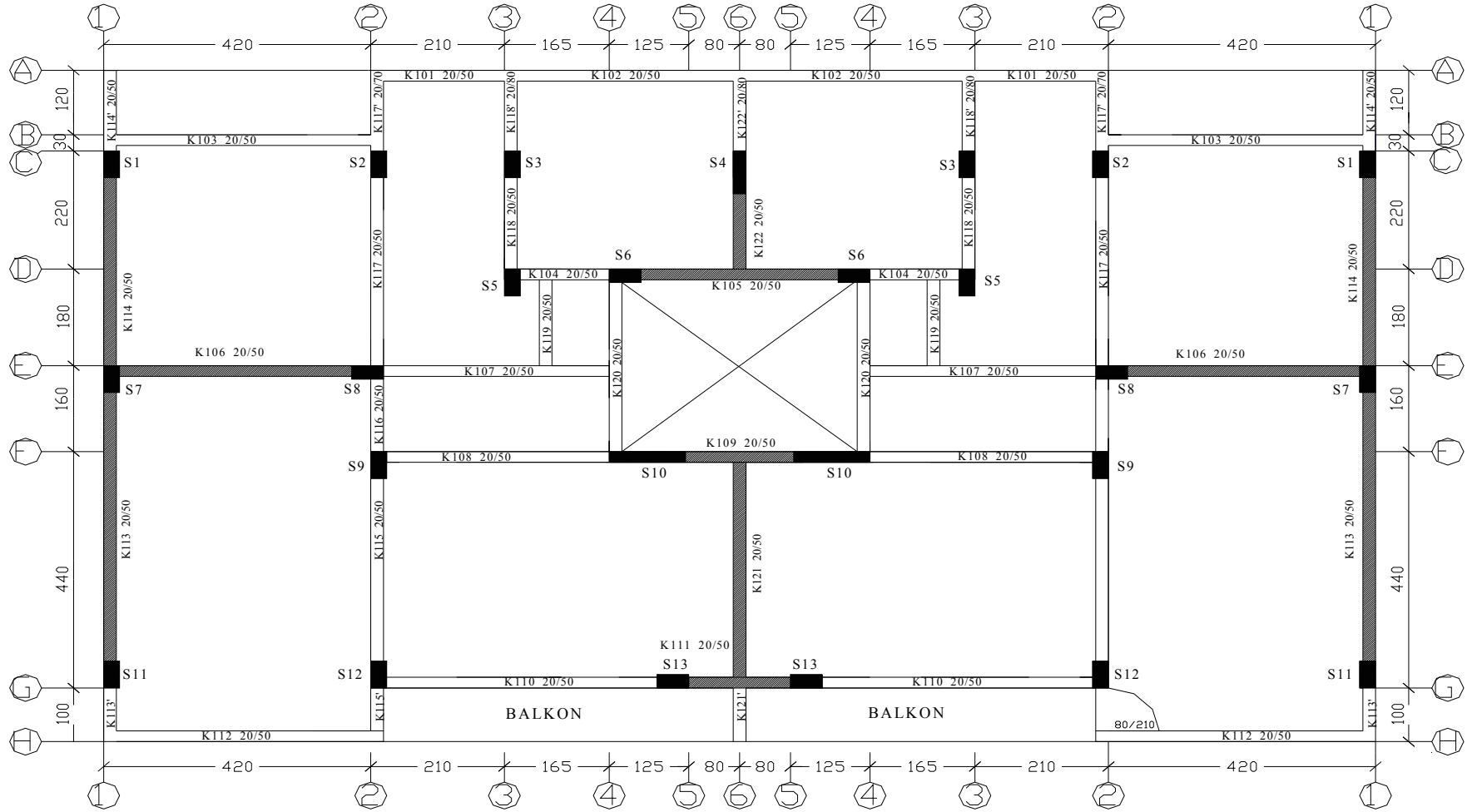
Önce A.B.Y.Y.H.Y. 98 ve daha sonra A.B.Y.B.H.Y. 2007 ile tasarımda önemli değişikliklerin yönetmeliklere girmesi, eski deprem yönetmeliklerine göre projelendirilmiş yapıların genellikle güçlendirilmesi gereksinimini ortaya çıkarmaktadır.

Bu bölümde 1975 deprem yönetmeliğine göre projelendirilip inşa edilmiş, çerçevelerden oluşan Sönmez Apartmanı A.B.Y.B.H.Y. 2007'ye göre güçlendirme alternatifleri incelenmiştir. STA4-CAD (Çok Katlı Betonarme Yapıların Üç Boyutlu Analiz ve Tasarım) paket programı kullanılarak yapı modellenmiş en uygun güçlendirme modelinin belirlenmesi için çeşitli güçlendirme alternatifleri çözümlenerek en ekonomik çözüm belirlenmeye çalışılmıştır. Belirlenen güçlendirme modeli A.B.Y.B.H.Y. 2007'ye göre beklenen performans düzeyini sağlayıp sağlamadığı araştırılacaktır.

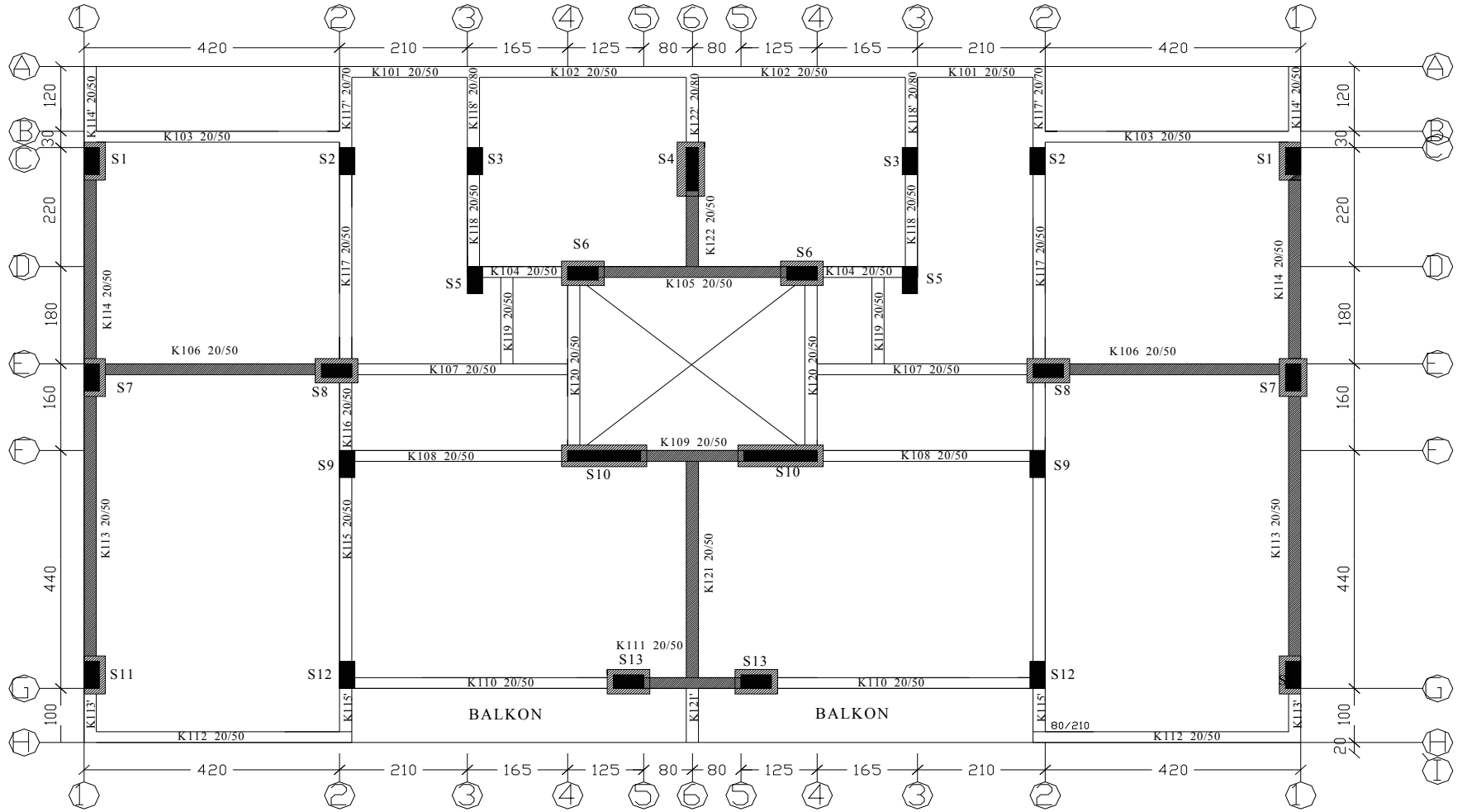
Yapının mevcut halinin gösterildiği kalıp planı Şekil 4.34.'te sunulmuştur. Yapıdaki mimari de göz önüne tutularak toplam 5 adet güçlendirme alternatifi üretilmiştir. Bu model adları G1, G1M, G2, G3, G4, olarak verilmiş ve sırasıyla Şekil 5.34-39. da gösterilmiştir.



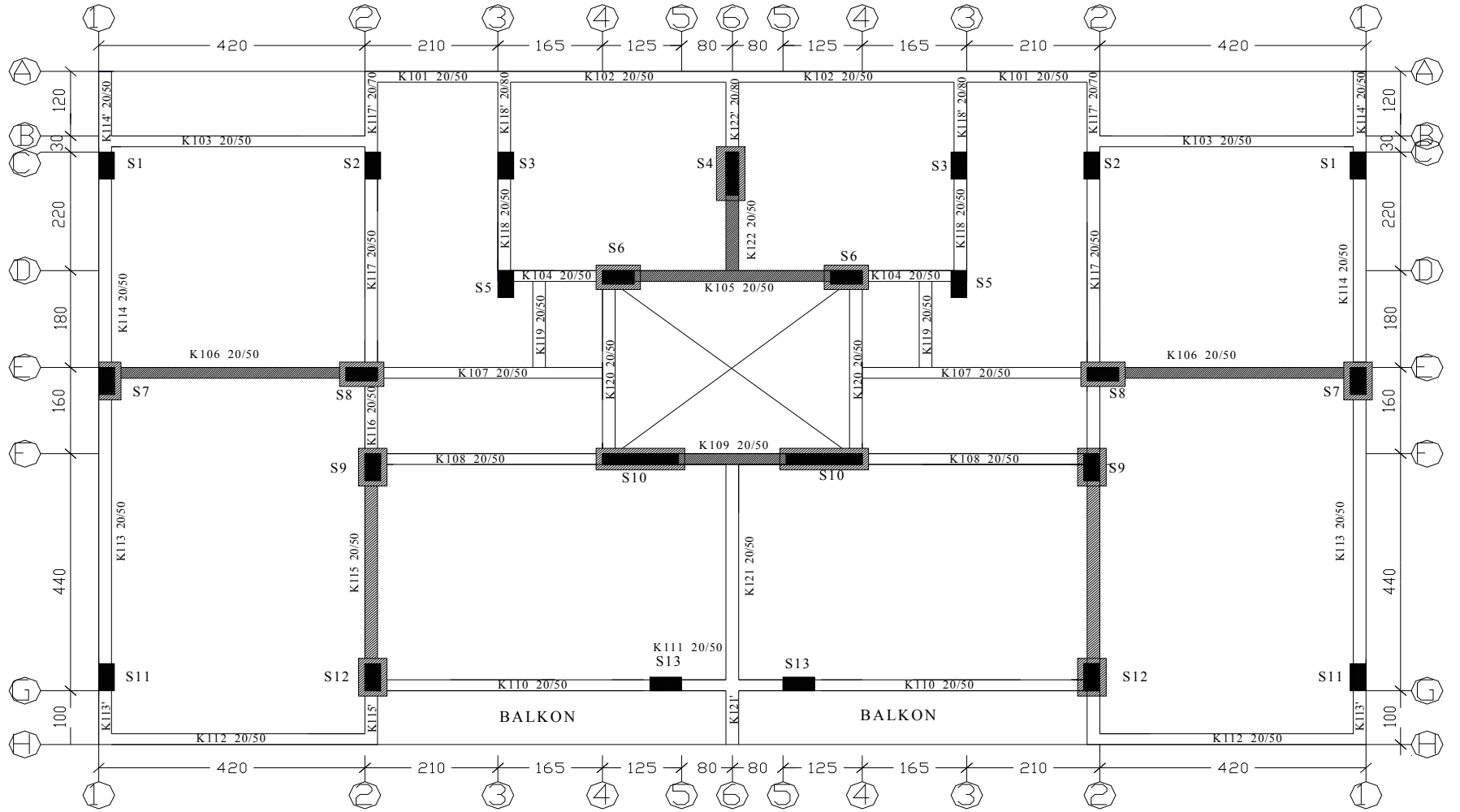
Şekil 4.34. Sönmez Apartmanı'na ait mevcut durum kalıp planı



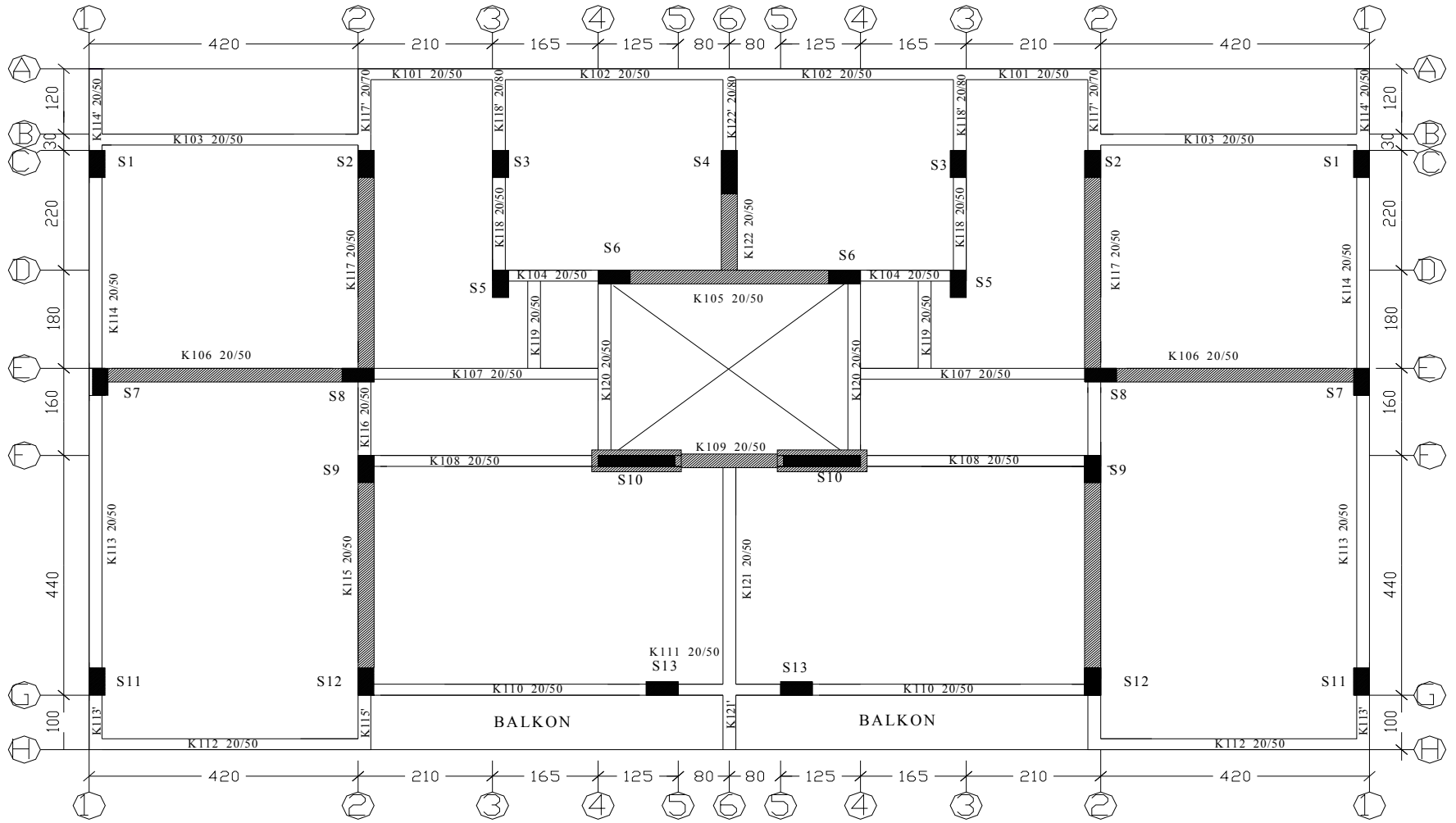
Şekil 4.35. Sönmez Apartmanı G1 Modeli



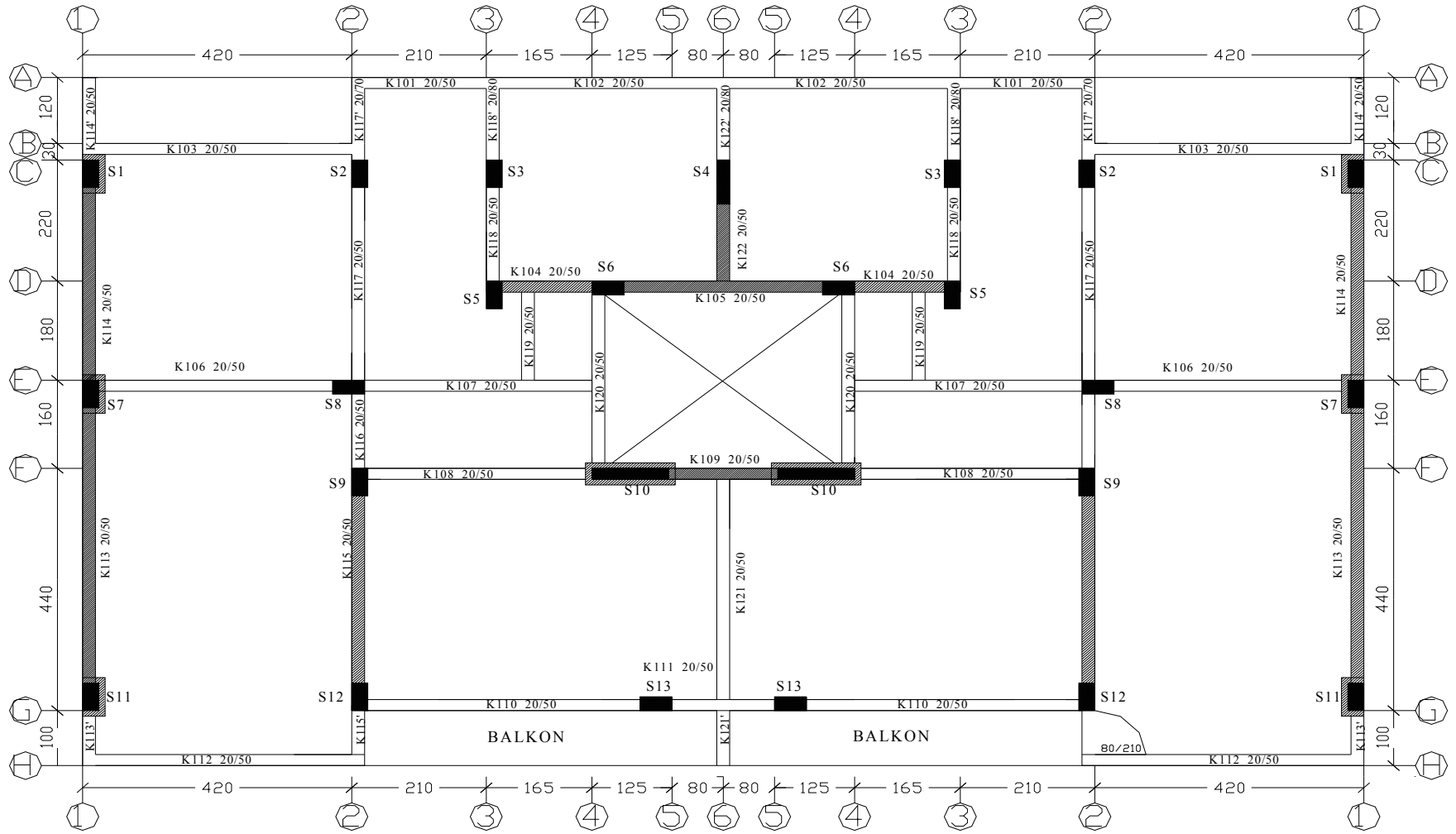
Şekil 4.36. Sönmez Apartmanı'na ait G1M güçlendirme modeli



Şekil 4.37. Sönmez Apartmanı'na ait G2 güçlendirme modeli



Şekil 4.38. Sönmez Apartmanı'na ait G3 güçlendirme modeli



Şekil 4.39. Sönmez Apartmanı'na ait G4 güçlendirme modeli

4.4.2. Güçlendirme Modellerinin Keşif Özeti

Keşif özetinde 2007 Bayındırlık Bakanlığı birim fiyatları ve pozları baz alınmıştır. % 10 Nakliye ve % 18 KDV eklenmiştir.Yapının yeniden inşaa edilmesi halinde yapı 3A sınıfında (Kalorifersiz ve Asansörsüz) olup 2007 Bayındırlık Birim Fiyatlarına göre maliyeti hesaplanmıştır.

Çizelge 4.50. G1 Güçlendirme modeli keşif özeti

G1 GÜÇLENDİRME MODELİNİN KEŞİF ÖZETİ					
Poz No	Birim Fiyat Tarifi	Birim	Birim Fiyat	Miktar	Tutar (YTL)
16.058/1	BS 20 Hazır Beton	m3	100,66	105,2	10.589,43
21.011	Düz Yüzeyle Betonarme Kalıbı	m2	13,6	1011,2	13.752,32
04.241	8-12 mm Betonarme Demiri	ton	750	9,5	7.125,00
04.252	8-12 mm Betonarme Demiri	ton	750	1,6	1.200,00
Nakliye % 10					5.305,49
Toplam					37.972,24
KDV % 18					6.835,00
Genel Toplam					44.807,25

Çizelge 4.51. G1M Güçlendirme modeli keşif özeti

G1M GÜÇLENDİRME MODELİNİN KEŞİF ÖZETİ					
Poz No	Birim Fiyat Tarifi	Birim	Birim Fiyat	Miktar	Tutar (YTL)
16.058/1	BS 20 Hazır Beton	m3	100,66	141,6	14.253,46
21.011	Düz Yüzeyle Betonarme Kalıbı	m2	13,6	1860,4	25.301,44
04.241	8-12 mm Betonarme Demiri	ton	750	12	9.000,00
04.252	8-12 mm Betonarme Demiri	ton	750	6	4.500,00
Nakliye % 10					5.305,49
Toplam					58.360,39
KDV % 18					10.504,87
Genel Toplam					68.865,26

Çizelge 4.52. G2 Güçlendirme modeli keşif özeti

G2 GÜÇLENDİRME MODELİNİN KEŞİF ÖZETİ					
Poz No	Birim Fiyat Tarifi	Birim	Birim Fiyat	Miktar	Tutar (YTL)
16.058/1	BS 20 Hazır Beton	m3	100,66	100,1	10.076,07
21.011	Düz Yüzeyle Betonarme Kalıbı	m2	13,6	1360,2	18.498,72
04.241	8-12 mm Betonarme Demiri	ton	750	9,1	6.825,00
04.252	8-12 mm Betonarme Demiri	ton	750	3,7	2.775,00
Nakliye % 10					5.305,49
Toplam					43.480,28
KDV % 18					7.826,45
Genel Toplam					51.306,73

Çizelge 4.53. G3 Güçlendirme modeli keşif özeti

G3 GÜÇLENDİRME MODELİNİN KEŞİF ÖZETİ					
Poz No	Birim Fiyat Tarifi	Birim	Birim Fiyat	Miktar	Tutar (YTL)
16.058/1	BS 20 Hazır Beton	m3	100,66	118,2	11.898,01
21.011	Düz Yüzeyle Betonarme Kalıbı	m2	13,6	1011,1	13.750,96
04.241	8-12 mm Betonarme Demiri	ton	750	8,8	6.600,00
04.252	8-12 mm Betonarme Demiri	ton	750	1,8	1.350,00
Nakliye % 10					5.305,49
Toplam					38.904,46
KDV % 18					7.002,80
Genel Toplam					45.907,27

Çizelge 4.54. G4 Güçlendirme modeli keşif özeti

G4 GÜÇLENDİRME MODELİNİN KEŞİF ÖZETİ					
Poz No	Birim Fiyat Tarifi	Birim	Birim Fiyat	Miktar	Tutar (YTL)
16.058/1	BS 20 Hazır Beton	m3	115,7	118,2	13.675,74
21.011	Düz Yüzeyle Betonarme Kalıbı	m2	13,6	1350,2	18.362,72
04.241	8-12 mm Betonarme Demiri	ton	750	10,2	7.650,00
04.252	8-12 mm Betonarme Demiri	ton	750	3,9	2.925,00
Nakliye % 10					5.305,49
Toplam					47.918,95
KDV % 18					8.625,41
Genel Toplam					56.544,36

4.4.3. Güçlendirme Modellerinin Hasar Oranları ve Kesme Kuvveti Kıyaslaması

Çizelge 4.55. Güçlendirme modellerinin kıyaslanması

KRİTERLER	GÜÇLENDİRME MODELLERİ				
	G1	G1M	G2	G3	G4
Güçlendirme Sonrası Kiriş Hasar Oranı	7,30 %	6,20 %	12,70 %	3,80%	12,30 %
Güçlendirme Sonrası Kolon Hasar Oranı	5,30 %	2,50 %	6,40 %	4,90 %	9,90 %
5.Kat X yönü mevcut Yapı kesme Kuvveti (Vr) kN	529,4	529,4	529,4	529,4	529,4
5.Kat X yönü Güçlendirilmiş Yapı kesme Kuvveti (Vr) kN	1048,28	1826,61	1695,68	1145,32	802,66
5.Kat Y yönü mevcut Yapı kesme Kuvveti (Vr) kN	70,6	70,6	70,6	70,6	70,6
5.Kat Y yönü Güçlendirilmiş Yapı kesme Kuvveti (Vr) kN	1296,78	2605,86	1292,1	1031,43	3123,46
Maliyet	44.807,25	68.865,26	51.306,73	45.907,27	56.544,36

Yukarıdaki tabloda Güçlendirme modellerinin kolon-kiriş hasar oranları ve kesme kuvveti değerleri en üst kata göre yapılmıştır. Ayrıcada maliyet kıyaslaması da çizelgeye eklenmiştir.

Yukarıdaki çizelgede görüldüğü gibi maliyet olarak en uygun model G1 modelidir. Kolon-kiriş hasar oranları da A.B.Y.B.H.Y. 2007 Yönetmeliğinde belirlenen sınırların çok altındadır. Bilindiği gibi en fazla kirişlerin % 30'u kolonların ise % 20 si hasarlı olabilir.

4.4.4. Güçlendirme Kararının Verilmesi

Güçlendirme kararını vermeden önce binanın yediden maliyetini tespit etmek gerekir. Aşağıdaki Çizelge 4.56. gerekli tespit ve kıyaslamalar yapılmıştır.

Çizelge 4.56. Yeniden yapım maliyeti ve güçlendirme maliyeti kıyaslaması

YENİDEN YAPIM MALİYETİ ve GÜÇLENDİRME MALİYET KİYASLAMASI		
Alan	3A sınıfı 2007 m2 Birim Fiyatı	Maliyet
1250	375	468.750,00
Kaba İnşaat Maliyeti (Yaklaşık Maliyetin %40'ı)		187.500,00
Güçlendirme Kaba İnşaat Maliyeti		44.807,25
Güçlendirmenin Yaniden Yapıma Oranı		23%

Çizelge 4.56. de görüldüğü gibi Güçlendirme maliyeti yaklaşık maliyetin % 23'üne karşılık gelmektedir. Bu model ile güçlendirme yapılması ekonomik bir çözümdür.

4.5. Sönmez Apartmanı'nın 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Güçlendirilmesi

4.5.1. Güçlendirme Modeli

Binanın güçlendirilmesinde, perde ilave edilmesi tercih edilmiştir. Burada; deprem yüklerinin büyük bir kısmını ilave perdelerle aktararak kirişlerdeki ve mevcut kolonlardaki kesit tesirlerini azaltmak ve bu kiriş ve kolonları deprem yükleri bakımından yeterli hale getirmek amaçlanmıştır. Kolonların mantolanması ve kirişlerin güçlendirilmesinin ekonomik olmaması, uygulamasının zor olması ve deprem yüklerinin perdeler tarafından alınması daha sağlıklı olmasından dolayı pratikte perde ilavesi yaygın olarak kullanılmaktadır.

İşlem adımları yapının güçlendirmesiz halinin incelenmesinde uygulanan adımların aynısı olduğu için tekrar işlem adımlarının anlatılmasına ihtiyaç duyulmamıştır. Aynı değerleri içeren tablolarda tekrar kullanılmamıştır.

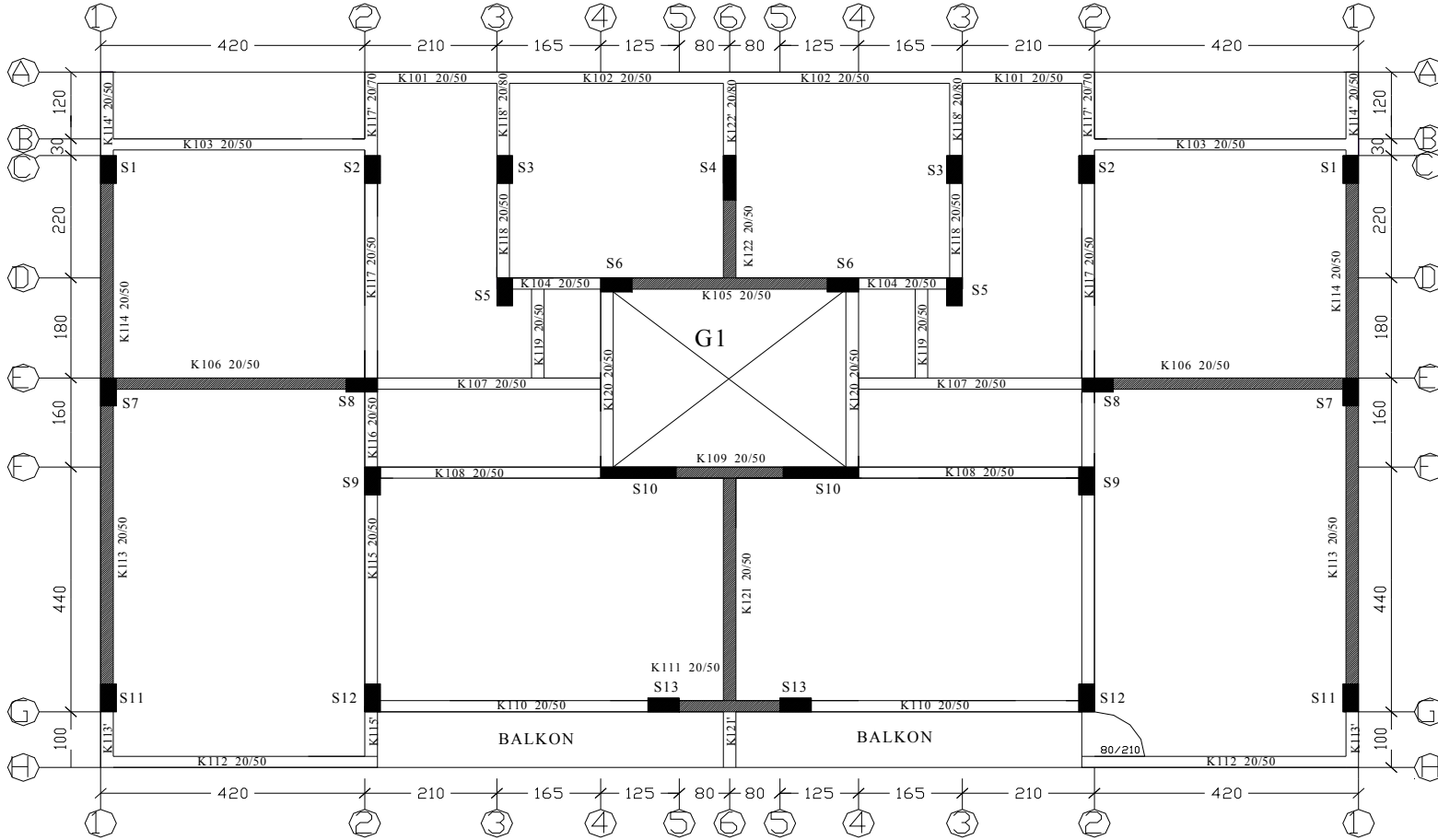
Güçlendirme halinin tekrar SAP2000'de modellenmesi sonucu deprem momentleri ve kesme kuvvetleri değiştiği için hesaplarımızda güçlendirmeli moment değerleri ve kesme kuvveti değerleri kullanılmıştır.

4.5.2. Güçlendirilen Yapıya Ait Bilgiler

Güçlendirmesi yapılan yapıda yeni imal ettiğimiz betonarme elemanlarda BS20 betonu ve BÇ III çeliği kullanılmıştır. Aşağıdaki Çizelgede de verilmiştir.

Çizelge 4.57. Sönmez Apartmanı Güçlendirmede Kullanılan Yapı Analiz Parametreleri

Mevcut Yapının Özellikleri		2007 Deprem Yönetmeliği Parametreleri	
Binanın Projesi	Var	Deprem Bölgesi	1
Bilgi Düzeyi	Kapsamlı	Derem Bölge Katsayısı	0.4
Bilgi Düzey Katsayısı	1	Bina Önem Katsayısı	1.0
Donatı Gerçekleşme Katsayısı	1	Zemin Cinsi	Z3
Mevcut Beton Sınıfı (Mpa)	16	Zemin Titreşim Periyodu	0.4 sn
Güçlendirme Elemanı Beton (Mpa)	20	Yataklanma Katsayısı	1500 t / m ³
Mevcut Çelik Sınıfı (MPa)	220	Hedeflenen Performans Düzeyi:	
Güçlendirme Elemanı Çeliği (Mpa)	420	Can Güvenliği (50 yılda %10)	

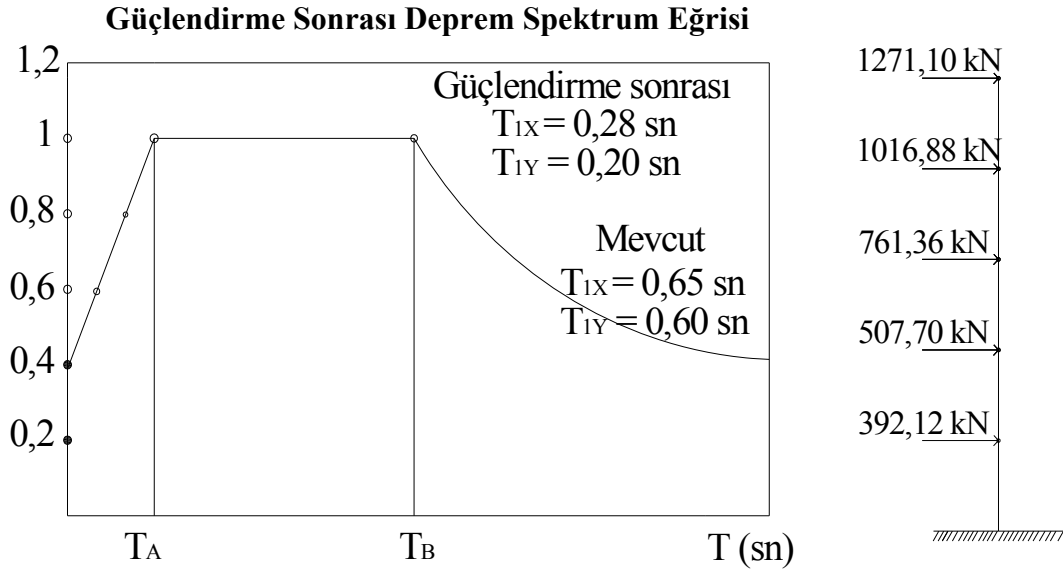


Şekil 4.40. Güçlendirme Modeli Planı

4.5.3. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabilirliği

4.5.3.1. Eşdeğer Deprem Yüğülerinin Hesabı ve Burulma Düzensizliği Kontrolü

Aşağıdaki Şekil 6.1. de gösterilen Doğrusal Elastik Deprem Spektrumu eğrisi ile katlara gelen deprem yükleri hesaplamaların tezimizde kalabalık yaratmaması için sonuçlar direk verilmiştir.



Şekil 4.41. Doğrusal Elastik Deprem Spektrumu Eğrisi ve katlara gelen deprem kuvvetleri

Binanın toplam katsayısı 8'i aşmadığından ve ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları bütün katlarda $n_b < 1,4$ koşulunu sağladığını kontrolü Çizelge 8.2. de verilmiştir.

Çizelge 4.58. Burulma düzensizliğinin kontrolü.

		1.Kat	2.Kat	3.Kat	4.kat	5.Kat
Δ_{max}	+X Yönü	0,001014	0,001656	0,001811	0,001958	0,002356
	+Y Yönü	0,004768	0,004965	0,005234	0,007665	0,008671
Δ_{min}	+X Yönü	0,000907	0,001566	0,001751	0,001892	0,002135
	+Y Yönü	0,003823	0,004231	0,004467	0,006124	0,007893
Δ_{ort}	+X Yönü	0,00096	0,00161	0,00178	0,00193	0,00225
	+Y Yönü	0,00286	0,00460	0,00485	0,00689	0,00828
$\eta_b = \Delta_{max}/\Delta_{ort}$	+X Yönü	1,06	1,03	1,02	1,02	1,05
	+Y Yönü	1,08	1,08	1,08	1,11	1,05

Görüldüğü gibi $\eta_b < 1,4$ koşulu salanmaktadır.

4.5.3.2. Göreli Kat Ötelemelerinin Hesaplanması

Binanın bütün katlarındaki göreli kat ötelemesi oranları aşağıdaki Çizelgede görüldüğü üzere Yönetmelik Çizelge 7.5.'e göre "Can Güvenliği" performans değeri olan 0,0035'nin altında kalmaktadır.

Çizelge 4.59. Göreli kat ötelemesi

Kat	+X Doğrultusu			+Y Doğrultusu		
	di,max (m)	δi,max	δi,max / h	di,max (m)	δi,max	δi,max / h
5	0,003532	0,00042	0,00010	0,00549	0,00037	0,00013
4	0,003114	0,00017	0,00006	0,00512	0,00034	0,00012
3	0,002942	0,00037	0,00013	0,00478	0,00061	0,00021
2	0,002573	0,00034	0,00012	0,00417	0,00103	0,00036
1	0,002231	0,00274	0,00094	0,00314	0,00337	0,00116

4.5.4. Yapının Güçlendirme Modelinin +X Yönünde Değerlendirilmesi

Yapının 2007 Deprem Yönetmeliğine göre değerlendirilmesi ile Yapının 2007 Deprem Yönetmeliğine göre güçlendirilmesi aynı işlem basamaklarını içerdiği ve aynı mantık ile yapıldığı için tekrar anlatılma ihtiyacı duyulmamıştır direk çizelgeler çalışmamıza eklenmiştir.

Çizelge 4.60. 1.kat kolonların alt ucu $r_{sınır}$ değerleri

1.KAT KOLON ALT UCU GÜVENLİK SINIR DEĞERLERİ									
Kolon Adı	MEi (kNm)	MKi (kNm)	MDi (kNm)	ΔMKa (kNm)	r	r _{sınır}	r	r _{sınır}	Açıklama
S101	32,20	5,45	-6,67	12,12	2,66	3,50	0,76		r/r _{sınır} <1 GV sağlamaktadır
S102	4,23	6,90	5,68	1,22	3,48	3,50	0,99		r/r _{sınır} <1 GV sağlamaktadır
S103	3,30	6,60	-10,17	16,77	0,20	3,50	0,06		r/r _{sınır} <1 GV sağlamaktadır
S104	4,50	10,60	2,03	8,57	0,52	3,50	0,15		r/r _{sınır} <1 GV sağlamaktadır
S105	7,61	19,16	-1,33	20,49	0,37	2,03	0,18		r/r _{sınır} <1 GV sağlamaktadır
S106	27,65	7,10	-3,96	11,06	2,50	2,50	1,00		r/r _{sınır} >1 GV sağlamamaktadır
S107	4,21	12,48	-4,96	17,44	0,24	2,03	0,12		r/r _{sınır} <1 GV sağlamaktadır
S108	16,39	5,76	-1,48	7,24	2,26	2,50	0,91		r/r _{sınır} <1 GV sağlamaktadır
S109	6,80	24,17	-4,73	28,90	0,24	2,97	0,08		r/r _{sınır} <1 GV sağlamaktadır
S110	125,75	39,80	-20,00	59,80	2,10	2,50	0,84		r/r _{sınır} <1 GV sağlamaktadır
S111	2,59	2,44	-1,41	3,85	0,67	3,50	0,19		r/r _{sınır} <1 GV sağlamaktadır
S112	5,48	16,48	-12,86	29,34	0,19	2,92	0,06		r/r _{sınır} <1 GV sağlamaktadır
S113	15,76	42,60	16,63	25,97	0,61	2,50	0,24		r/r _{sınır} <1 GV sağlamaktadır

Çizelge 4.61. 1.kat kolonları üst r/r_{sınır} değerleri

1.KAT KOLON ÜST UCU SINIR DEĞERLERİ								
Kolon Adı	MEj (kNm)	MKj (kNm)	MDj (kNm)	ΔMKü (kNm)	r	r _{sınır}	r/r _{sınır}	Açıklama
S101	6,10	5,45	13,56	-8,11	0,75	3,50	0,21	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S102	-2,67	6,90	11,55	-4,65	0,57	3,50	0,16	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S103	7,80	6,60	10,36	-3,76	2,08	3,50	0,59	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S104	3,40	10,60	12,50	-1,90	1,79	3,50	0,51	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S105	-8,29	19,16	15,71	13,45	0,62	2,03	0,31	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S106	-5,75	7,10	-8,87	15,97	0,36	2,50	0,14	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S107	-11,33	12,48	10,08	2,40	0,56	2,03	0,28	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S108	-10,08	5,76	3,17	2,59	5,73	2,50	2,29	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S109	-5,94	24,17	9,61	-5,78	1,03	2,97	0,35	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S110	9,10	39,80	35,96	3,84	2,37	2,50	0,95	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S111	9,00	2,44	10,87	-8,43	1,07	3,50	0,31	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S112	-4,36	16,48	26,14	-9,66	0,45	2,92	0,15	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S113	13,00	42,60	16,40	26,20	0,50	2,50	0,20	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır

Çizelge 4.62. 2.kat kolonları alt ucu r/r_{sınır} değerleri

2.KAT KOLON ALT UCU GÜVENLİK SINIR DEĞERLERİNİN BULUNMASI								
Kolon Adı	MEi (kNm)	MKi (kNm)	MDi (kNm)	ΔMKa (kNm)	r	r _{sınır}	r/r _{sınır}	Açıklama
S201	25,30	4,41	-19,80	24,21	1,05	3,50	0,30	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S202	5,85	6,58	16,20	-9,62	4,42	3,50	1,26	r/rsınır>1 GV sağlamamaktadır
S203	2,80	6,14	-0,35	6,49	0,43	3,50	0,12	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S204	17,40	8,77	0,01	8,76	1,99	3,50	0,57	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S205	15,84	4,66	-4,59	9,25	1,71	2,03	0,84	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S206	16,87	20,03	-10,73	30,76	0,55	2,50	0,22	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S207	3,41	4,22	-12,53	16,75	0,20	2,00	0,10	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S208	22,61	11,31	-3,93	15,24	1,48	2,50	0,59	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S209	11,15	5,05	-12,42	17,47	0,64	2,81	0,23	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S210	64,48	41,03	0,99	40,04	1,61	2,50	0,64	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S211	18,00	4,13	-4,12	8,25	2,18	3,50	0,62	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S212	8,14	6,34	-33,97	40,31	0,20	2,69	0,80	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır
S213	8,38	44,67	-49,23	93,90	0,09	2,50	0,40	r/rsınır<1 GV sağlamaktadır

Çizelge 4.63. 2.kat kolonları üst ucu $r_{sınır}$ değerleri

2.KAT KOLON ÜST UCU GÜVENLİK SINIR DEĞERLERİNİN BULUNMASI								
Kolon Adı	MEj (kNm)	MKj (kNm)	MDj (kNm)	$\Delta MKü$ (kNm)	r	$r_{sınır}$	$\frac{r}{r_{sınır}}$	Açıklama
S201	-15,50	4,41	19,35	-14,94	1,04	3,50	0,30	$r/r_{sınır}<1$ GV sağlamaktadır
S202	-5,13	6,58	15,12	-8,54	0,60	3,50	0,17	$r/r_{sınır}<1$ GV sağlamaktadır
S203	-18,40	6,14	17,00	-10,86	1,69	3,50	0,48	$r/r_{sınır}<1$ GV sağlamaktadır
S204	-2,80	8,77	10,00	-1,23	2,28	3,50	0,65	$r/r_{sınır}<1$ GV sağlamaktadır
S205	-16,21	4,66	-5,16	9,82	1,65	2,03	0,81	$r/r_{sınır}<1$ GV sağlamaktadır
S206	-7,63	20,03	-11,31	31,34	0,24	2,50	0,10	$r/r_{sınır}<1$ GV sağlamaktadır
S207	-2,52	4,22	12,52	-8,30	0,30	2,00	0,15	$r/r_{sınır}<1$ GV sağlamaktadır
S208	-19,74	11,31	3,15	8,16	2,42	2,50	0,97	$r/r_{sınır}<1$ GV sağlamaktadır
S209	-10,95	5,05	11,59	-6,54	1,67	2,81	0,60	$r/r_{sınır}<1$ GV sağlamaktadır
S210	-25,20	41,03	12,60	28,43	-0,89	2,50	0,35	$r/r_{sınır}<1$ GV sağlamaktadır
S211	1,00	4,13	3,97	0,16	6,40	3,50	1,83	$r/r_{sınır}>1$ GV sağlamamaktadır
S212	-7,69	6,34	32,45	-26,11	0,29	2,69	0,11	$r/r_{sınır}<1$ GV sağlamaktadır
S213	-20,50	44,67	-45,26	89,93	-0,23	2,50	0,67	$r/r_{sınır}<1$ GV sağlamaktadır

Çizelge 4.64. 1.kat kirişleri i ucu r/r_{sınır} değerleri

1.KAT İ UCU KİRİŞ SINIR DEĞERLERİ								
Kiriş Adı	MEi (kNm)	MKi (kNm)	MDi (kNm)	ΔMKi (kNm)	r	r _{sınır}	R r _{sınır}	Açıklama
K101	47,00	24,35	-5,13	29,48	1,59	4,00	0,40	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K102	98,00	20,75	-8,13	28,88	3,39	4,00	0,85	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K103	-80,50	55,23	-34,33	89,56	0,90	1,00	0,90	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K104	-43,06	25,04	-8,88	33,93	1,27	4,00	0,32	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K105	130,54	23,20	-31,91	55,11	2,37	4,00	0,59	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K106	22,78	24,45	-22,44	46,89	0,49	4,00	0,12	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K107	125,20	22,27	-48,45	70,72	1,77	4,00	0,44	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K108	176,90	23,83	-22,21	46,04	3,84	4,00	0,96	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K109	-168,41	23,37	-56,05	79,42	2,12	4,00	0,53	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K110	-149,90	44,04	-125,71	169,75	0,88	1,00	0,88	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K111	-40,00	23,37	-40,58	63,95	0,63	4,00	0,16	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K112	-109,00	31,50	-14,91	46,42	2,35	4,00	0,59	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K113	-111,40	24,45	-58,29	82,73	1,35	4,00	0,34	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K113'	-40,00	23,47	-0,34	23,81	0,97	1,00	0,97	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K114	104,56	23,15	-23,86	47,01	2,22	4,00	0,56	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K114'	36,78	19,88	-22,23	42,11	0,87	1,00	0,87	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K115	45,67	19,78	-51,81	71,59	0,64	4,00	0,16	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K115'	-86,00	24,45	-47,20	71,65	1,20	1,00	1,20	r/r _{sınır} >1 GV sağlamamakta
K116	151,67	24,35	-14,96	39,31	3,86	4,00	0,96	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K117	127,00	22,55	-35,04	57,59	2,21	3,78	0,58	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K117'	56,95	16,78	-41,96	58,74	0,97	1,00	0,97	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K118	59,05	23,36	-6,76	30,12	1,96	7,20	0,27	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K118'	200,00	34,95	-72,44	107,39	1,86	4,00	0,47	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K119	76,00	21,95	8,24	13,71	5,54	4,00	1,39	r/r _{sınır} >1 GV sağlamamakta
K120	96,00	22,53	-20,80	43,33	2,22	4,00	0,55	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K121	87,67	66,57	-26,44	93,01	0,94	1,00	0,94	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K121'	45,70	37,78	0,00	37,78	1,21	1,00	1,21	r/r _{sınır} >1 GV sağlamamakta
K122	55,60	23,47	-41,13	64,60	0,86	1,00	0,86	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K122'	108,42	127,57	-112,02	239,59	0,45	1,00	0,45	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta

Çizelge 4.65. 1.kat kirişleri j ucu r/r_{sınır} değerleri

1.KAT J UCU KİRİŞ SINIR DEĞERLERİNİN HESAPLANAMASI								
Kiriş Adı	MEj (kNm)	MKj (kNm)	MDj (kNm)	ΔMKj (kNm)	r	r _{sınır}	R r _{sınır}	Açıklama
K101	47,00	34,39	-7,83	42,22	1,11	3,94	0,28	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K102	98,00	34,39	-20,98	55,37	1,77	3,90	0,45	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K103	-80,50	84,42	-33,97	118,39	0,68	1,00	0,68	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K104	-43,06	65,24	-7,70	72,94	0,59	2,98	0,20	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K105	-130,54	45,95	-32,16	78,11	1,67	3,75	0,45	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K106	22,78	56,91	41,83	15,08	1,51	3,42	0,44	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K107	125,20	34,39	-48,45	82,84	1,51	3,72	0,41	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K108	176,90	49,96	-53,83	103,79	1,70	2,87	0,59	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K109	168,41	45,95	-55,96	101,91	1,65	3,15	0,52	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K110	-14,99	53,75	76,77	-23,02	0,65	1,00	0,65	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K111	-40,12	45,95	-40,53	86,48	0,46	2,85	0,16	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K112	-109,00	53,84	-6,56	60,40	1,80	3,83	0,47	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta
K113	107,80	53,75	-62,69	116,44	0,93	3,45	0,27	r/r _{sınır} <1 GV sağlamakta

Çizelge 4.65. (Devam)1.kat kirişleri j ucu $r/r_{sınır}$ değerleri

1.KAT J UCU KİRİŞ SINIR DEĞERLERİNİN HESAPLANAMASI								
Kiriş Adı	MEj (kNm)	MKj (kNm)	MDj (kNm)	ΔMKj (kNm)	r	rsınır	R rsınır	Açıklama
K113'	-41,45	34,39	-43,90	78,29	0,51	1,00	0,51	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K114	-171,60	34,39	-27,87	62,26	5,56	3,92	1,42	$r/rsınır > 1$ GV sağlamamakta
K114'	34,65	38,29	35,56	53,45	0,91	1,00	0,91	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K115	105,50	79,69	-37,09	116,78	0,90	3,26	0,28	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K115'	-86,56	53,75	0,34	53,41	1,61	3,94	0,41	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K116	186,45	34,39	-18,39	52,78	3,53	4,00	0,88	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K117	145,60	23,25	-57,86	81,11	1,80	2,89	0,62	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K117'	63,76	29,57	-1,19	30,76	2,07	1,00	2,07	$r/rsınır > 1$ GV sağlamamakta
K118	-59,50	79,69	-26,06	105,75	0,56	1,00	0,56	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K118'	-106,89	100,84	13,90	86,94	1,23	3,94	0,31	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K119	76,54	34,39	-12,75	47,14	1,62	3,56	0,46	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K120	-96,45	53,75	-21,06	74,81	1,28	3,68	0,35	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K121	-89,76	84,42	-12,71	97,13	0,92	1,00	0,92	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K121'	121,40	69,22	-7,76	76,98	1,36	1,00	1,36	$r/rsınır > 1$ GV sağlamamakta
K122	28,98	34,39	10,33	24,06	1,20	1,00	0,94	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K122'	89,32	164,86	-41,00	205,86	0,43	1,00	0,43	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta

Çizelge 4.66. 2.kat kirişleri i ucu $r/r_{sınır}$ değerleri

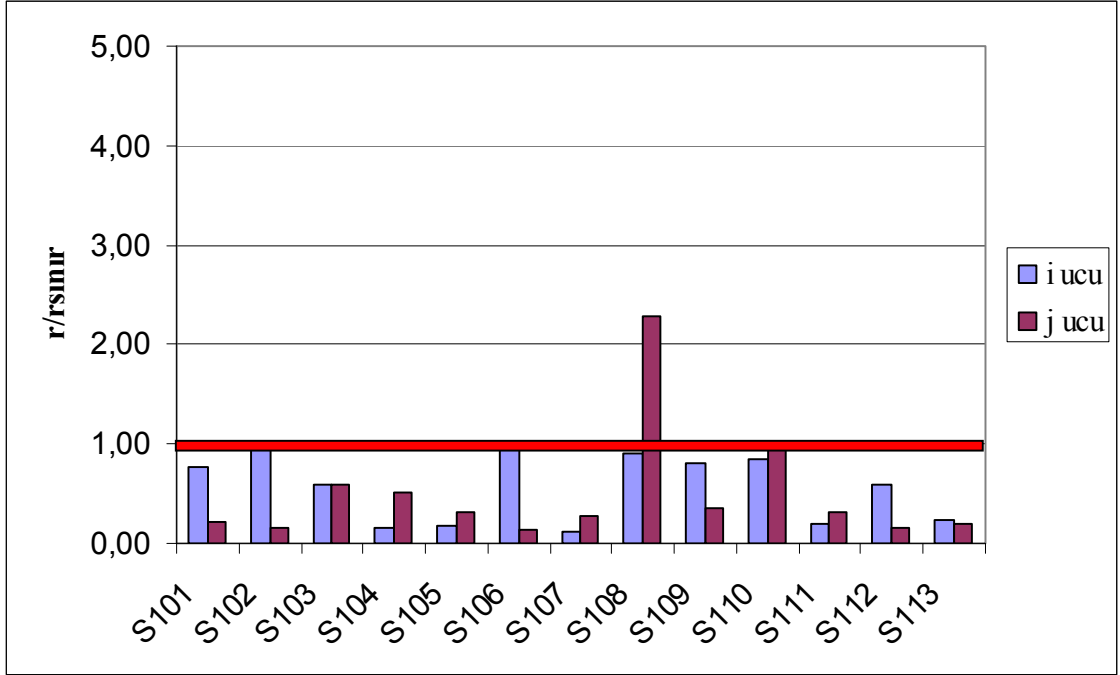
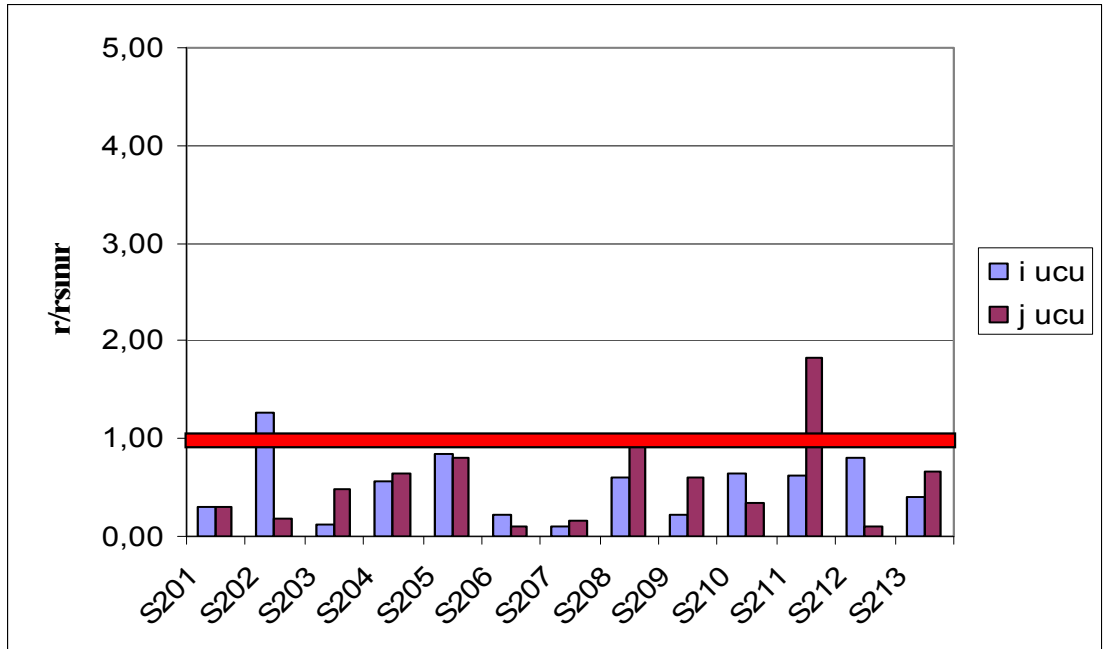
2.KAT İ UCU KİRİŞ SINIR DEĞERLERİ								
Kiriş Adı	Mei (kNm)	Mki (kNm)	Mdi (kNm)	ΔMKi (kNm)	r	rsınır	R rsınır	Açıklama
K201	76,18	24,35	-3,46	27,81	2,74	3,94	0,70	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K202	112,44	20,75	-11,48	32,23	3,49	3,90	0,89	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K203	-80,45	55,23	-34,27	89,50	0,90	1,00	0,90	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K204	-34,67	25,04	-30,08	55,13	0,63	1,00	0,63	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K205	154,72	23,20	-31,41	54,61	2,83	3,77	0,75	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K206	131,62	24,45	-25,35	49,80	2,64	3,47	0,76	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K207	193,19	22,27	-43,47	65,75	2,94	3,85	0,76	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K208	126,21	23,83	-22,52	46,35	2,72	2,87	0,95	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K209	-194,96	23,37	-56,26	79,64	2,45	3,24	0,76	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K210	-157,78	54,34	-127,82	182,16	0,87	1,00	0,87	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K211	249,00	23,37	-45,76	69,13	3,60	3,88	0,93	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K212	158,90	31,50	-12,87	44,38	3,58	3,83	0,93	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K213	-118,70	24,45	-58,08	82,53	1,44	3,42	0,42	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K213'	-5,53	23,47	-0,31	23,78	0,23	1,00	0,23	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K214	167,67	23,15	-25,67	48,82	3,43	3,92	0,88	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K214'	62,62	19,88	-22,32	42,20	1,48	1,00	1,48	$r/rsınır > 1$ GV sağlamamakta
K215	-204,50	19,78	-60,35	80,13	2,55	3,83	0,67	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K215'	-119,19	24,45	-46,48	70,93	1,68	1,00	1,68	$r/rsınır > 1$ GV sağlamamakta
K216	33,13	24,35	-7,86	32,21	1,03	3,75	0,27	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K217	42,61	22,55	-32,94	55,49	0,77	2,87	0,27	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K217'	106,56	16,78	-38,05	54,83	1,94	1,00	1,94	$r/rsınır > 1$ GV sağlamamakta
K218	-108,45	23,36	-30,45	53,81	2,02	2,92	0,69	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta

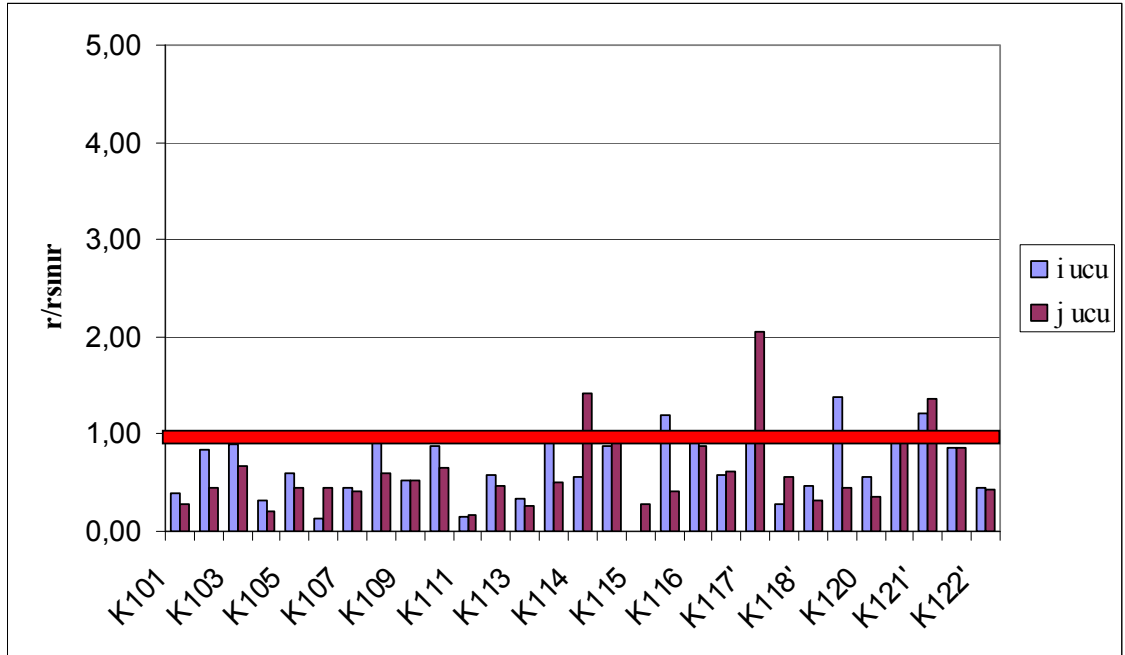
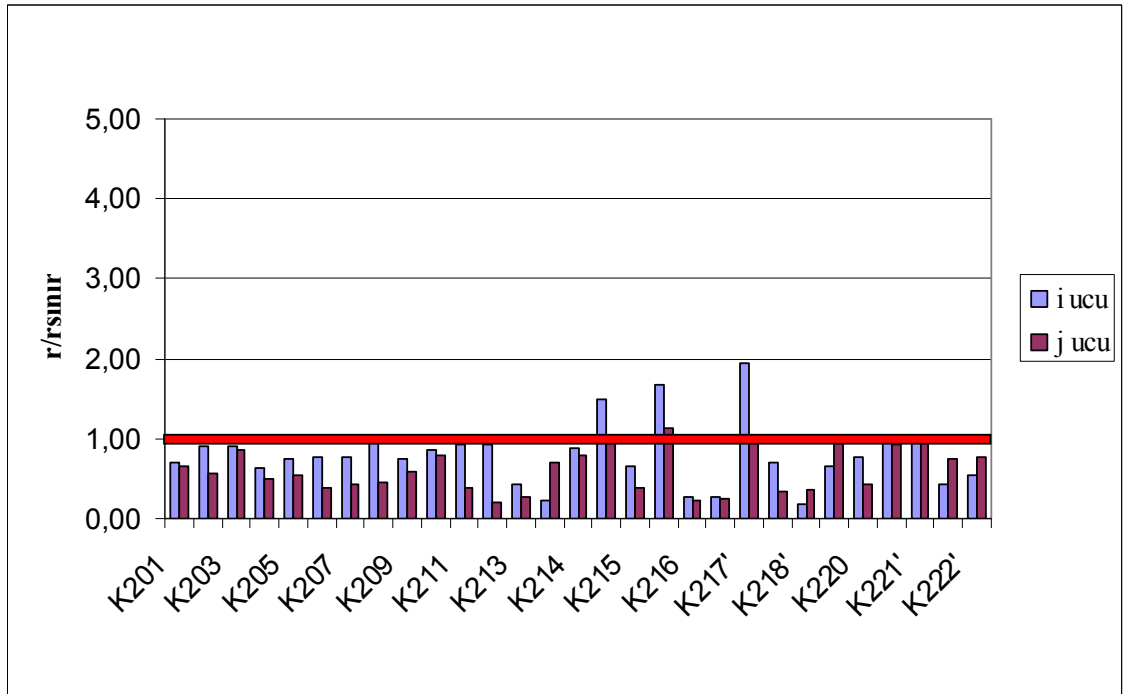
Çizelge 4.66. (Devam) 2.kat kirişleri i ucu $r/r_{sınır}$ değerleri

2.KAT İ UCU KİRİŞ SINIR DEĞERLERİNİN HESAPLANAMASI								
Kiriş Adı	Mei (kNm)	Mki (kNm)	Mdi (kNm)	ΔMKi (kNm)	r	rsınır	R rsınır	Açıklama
K218'	-326,67	34,95	-77,79	112,74	0,74	3,94	0,19	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K219	129,41	21,95	-29,26	51,21	2,53	3,83	0,66	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K220	-137,60	22,53	-24,04	46,57	2,96	3,88	0,76	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K221	-110,20	66,57	-45,67	112,24	0,98	1,00	0,98	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K221'	124,56	37,78	-87,76	125,54	0,99	1,00	0,99	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K222	109,40	23,47	-42,54	66,01	1,66	3,94	0,42	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K222'	127,00	127,57	-108,95	236,52	0,54	1,00	0,54	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta

Çizelge 4.67. 2.kat kirişleri j ucu $r/r_{sınır}$ değerleri

1.KAT J UCU KİRİŞ SINIR DEĞERLERİNİN HESAPLANAMASI								
Kiriş Adı	MEj (kNm)	MKj (kNm)	MDj (kNm)	ΔMKj (kNm)	r	rsınır	R rsınır	Açıklama
K201	120,06	34,39	-12,01	46,40	2,59	3,94	0,66	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K202	-120,00	34,39	-20,30	54,69	2,19	3,90	0,56	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K203	105,42	84,42	-37,64	122,06	0,86	1,00	0,86	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K204	37,94	65,24	-12,00	77,24	0,49	1,00	0,49	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K205	-154,72	45,95	-31,14	77,09	2,01	3,77	0,53	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K206	-127,83	56,91	-38,49	95,40	1,34	3,47	0,39	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K207	-68,70	34,39	-8,09	42,48	1,62	3,85	0,42	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K208	-134,56	49,96	-55,22	105,18	1,28	2,87	0,45	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K209	194,96	45,95	-56,13	102,08	1,91	3,24	0,59	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K210	105,90	53,75	-78,88	132,63	0,80	1,00	0,80	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K211	-124,90	45,95	-36,13	82,08	1,52	3,88	0,39	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K212	36,80	53,84	7,70	46,14	0,80	3,83	0,21	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K213	110,40	53,75	-63,11	116,86	0,94	3,42	0,28	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K213'	56,00	34,39	-44,62	79,01	0,71	1,00	0,71	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K214	-185,20	34,39	-26,11	60,50	3,06	3,92	0,78	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K214'	72,25	38,29	-36,98	75,27	0,96	1,00	0,96	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K215	-160,50	79,69	-29,40	109,09	1,47	3,83	0,38	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K215'	60,50	53,75	0,30	53,45	1,13	1,00	1,13	$r/rsınır > 1$ GV sağlamamakta
K216	-49,05	34,39	-25,88	60,27	0,82	3,75	0,22	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K217	58,00	23,25	-59,37	82,62	0,70	2,87	0,24	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K217'	-32,00	29,57	-1,56	31,13	1,03	1,00	1,03	$r/rsınır > 1$ GV sağlamamakta
K218	99,10	79,69	-21,74	101,43	0,98	2,92	0,33	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K218'	142,00	100,84	1,87	98,97	1,43	3,94	0,36	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K219	-180,00	34,39	-15,23	49,62	3,63	3,83	0,95	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K220	-123,20	53,75	-20,22	73,97	1,67	3,88	0,43	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K221	-89,89	84,42	-13,12	97,54	0,92	1,00	0,92	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K221'	105,78	69,22	-37,76	106,98	0,99	1,00	0,99	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K222	135,67	34,39	-12,00	46,39	2,92	3,94	0,74	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta
K222'	125,78	164,86	-0,63	165,49	0,76	1,00	0,76	$r/rsınır < 1$ GV sağlamakta

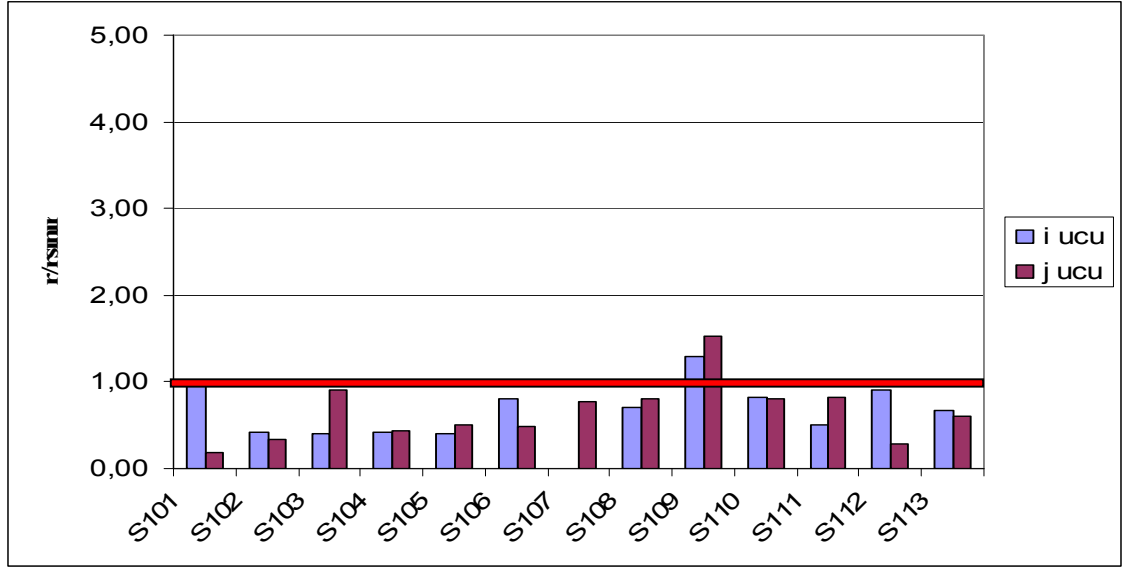
Çizelge 4.68 .+X-Yönü 1.kat kolon r / r_{smr} değerleriÇizelge 4.69. +X-Yönü 2.kat kolon r / r_{smr} değerler

Çizelge 4.70. 1.Kat kirişleri $r / r_{sınır}$ değerleriÇizelge 4.71. 2.kat kiriş $r / r_{sınır}$ değerleri

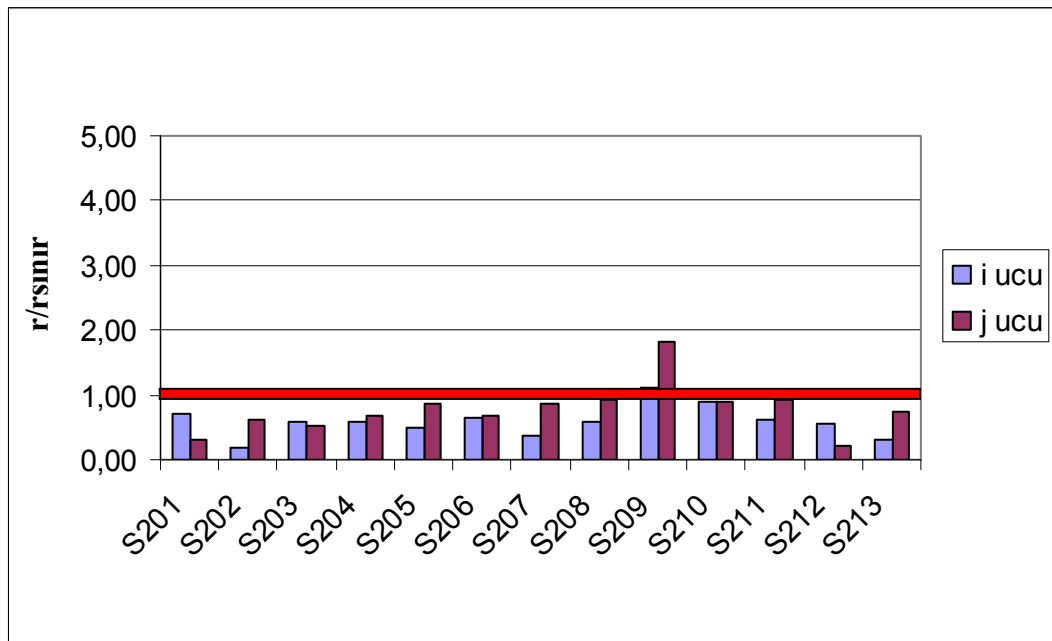
4.5.6. +Y-Yönü Güçlendirilmiş Halinin Değerlendirilmesi

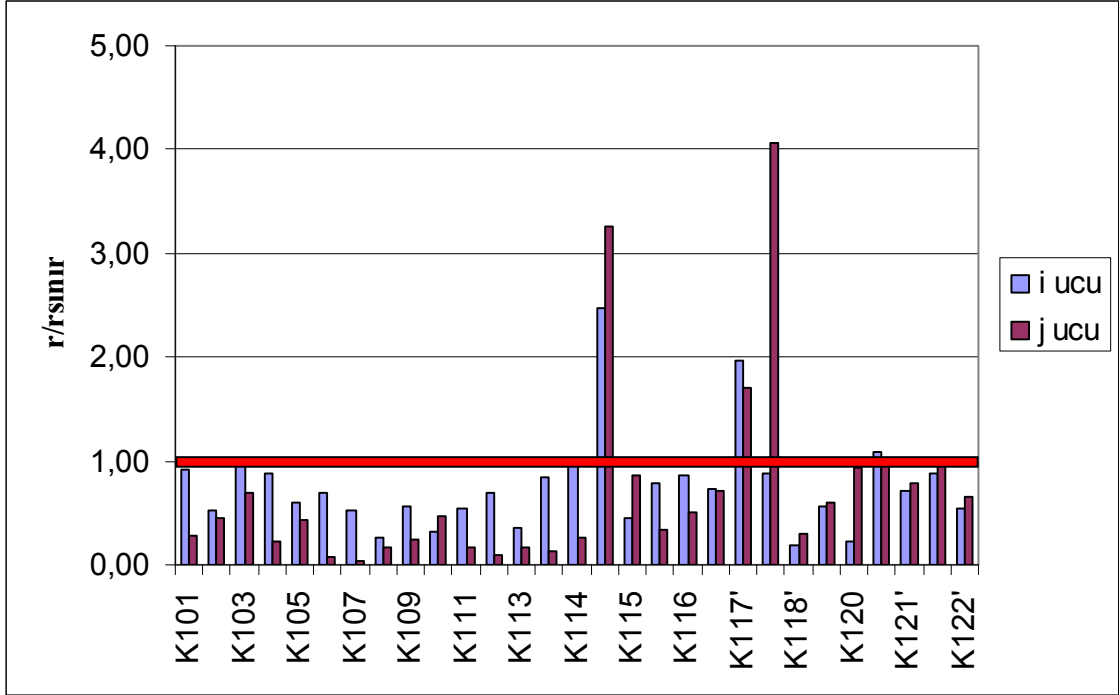
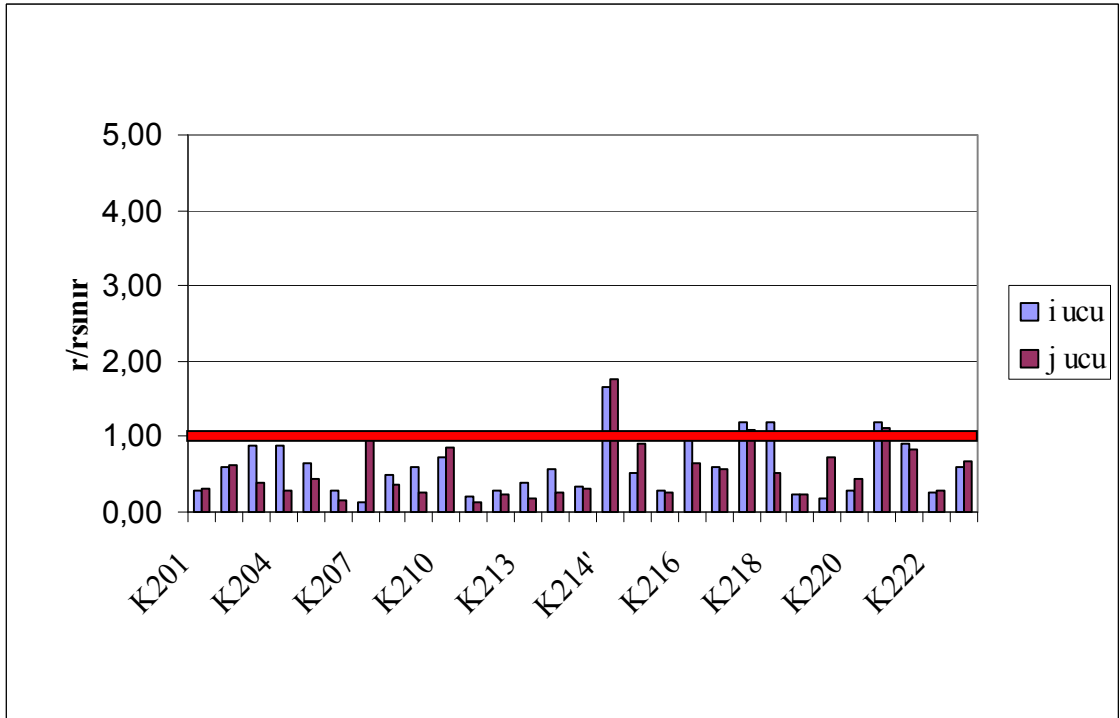
+Y Yönü değerlendirmesi de aynen +X yönü gibidir sadece deprem yönü ile bağılı olarak moment değerleri değişmektedir. Diğer bölümlerde işlem aşamaları anlatıldığı için bu bölümde sadece kiriş ve kolonların sadece çubuk diyagram sonuçları verilecektir.

Çizelge 4.72. Y Yönü 1.kat kolon $r / r_{sınır}$ değerleri



Çizelge 4.73. Y Yönü 2.kat kolon $r / r_{sınır}$ değerleri



Çizelge 4.74. Y Yönü 1.kat giriş $r / r_{sınır}$ değerleriÇizelge 4.75. Y Yönü 2.kat giriş $r / r_{sınır}$ değerleri

4.5.7. Bina Performansının Değerlendirilmesi

Aşağıdaki çizelgede “Güvenlik Sınırını Sağlamayan Kirişlerin Adedi” nin “O Kattaki O Doğrultudaki Kirişlerin Adedi”ne oranı, ve “Güvenlik Sınırını Sağlamayan Kolonların aldığı Kesme Kuvveti”nin, “O Kattaki Tüm Kolonların Aldığı Kesme Kuvveti”ne oranı verilmiştir. Bu oranların kirişlerde %30, kolonlarda %20 den büyük olduğu katlar “Güvenlik Sınırı”nı sağlamamaktadır. En üst kat kolonlarında bu oran %40 tır. Aşağıdaki değerler “Can Güvenliği Performans Düzeyi” içindir.

Çizelge 4.76. Kolon ve kirişlerin Can Güvenliği Performans Düzeyi

Kat	+X yönü		+Y yönü	
	Kirişler (%)	Kolonlar (%)	Kirişler (%)	Kolonlar (%)
	CG	CG	CG	CG
1	17	8	14	8
2	10	15	14	8
sınır	30	20	30	20

Yukarıdaki tabloda da görüldüğü gibi kolon ve kirişlerdeki hasar oranı yönetmelik dahilinde verilen sınırlar içerisinde kalmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezde, seçilen bir yapının, 2007 A.B.Y.B.H.Y. Bölüm 7 de yer alan performans tasarımının hem mevcut yapı hem de güçlendirilmiş yapıda uygulanmıştır.

Öncelikle 2007 Deprem Yönetmeliğine göre bina performansının uygulanması ile ilgili önemli kurallar verilmiştir. Daha sonra Yapıların Onarım ve güçlendirmesinde uygulanan yöntem ve usuller hakkında bilgiler sunulmuştur. Örnek uygulama olarak ele alınan 5 katlı bir yapının önce mevcut halinin performansının yetersizliği görülmüştür. Yapının çeşitli modeldeki sistem güçlendirmelerinin maliyet analizi yapıldıktan sonra en uygun güçlendirme çözümü tespit edilmiştir. Seçilen çözüm önerisine de 2007 A.B.Y.B.H.Y.'deki "Can Güvenliği" Performans düzeyini sağladığı ispat edilmiştir.

Yapıların onarımı ve güçlendirilmesi konusunda dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda sıralanmıştır.

- Yapılarda hasarlara yıkımlara neden olan sebepleri en aza indirmek, mümkünse ortadan kaldırmak için yönetmeliklere uygun proje hazırlamak ve projeleri bire bir tatbik etmek gerekir. Unutulmamalıdır ki güçlendirme ve onarımın maliyeti, yapıyı yaparken uygun olarak yapma maliyetinden fazla olacaktır.
- Mevcut yapının kiriş ve kolon kapasiteleri arttırılarak depreme daha dayanıklı hale getirilmiştir.
- Yapının mevcut durumunun Titreşim Periyodu $T_x = 0,65$, $T_y = 0,60$ iken Güçlendirildikten sonra $T_x = 0,28$, $T_y = 0,20$ değerlerine ulaşmıştır. Bu da yapımızın daha rijit bir hale geldiğinin bir göstergesi olmuştur.
- Deprem v.b. etkiler sonucu hasar görmüş yapının analizi, alanında uzmanlaşmış mühendisler tarafından yapılmalı, elde edilen sonuçlara göre yapının onarımı ve güçlendirilmesi konusunda en uygun maliyetli onarım veya güçlendirme projesi hazırlanmalıdır.
- Onarım ve güçlendirme yapmadan önce maliyet analizi yaparak, yapıyı yeniden yapmanın ya da güçlendirmesinin mi ekonomik olduğu araştırılmalıdır. Bu araştırma yapılırken sosyo-ekonomik şartlar da göz önünde bulundurulmalıdır. Eğer güçlendirme ekonomik değilse bu konuda ısrarcı olunmamalıdır.

- Onarım ve güçlendirme yapılırken gerekli hassasiyet gösterilmeli aksi halde yapılan hataların ekonomik açıdan zararları görülebileceği gibi aynı zamanda yapıya getirilecek yeni yüklerle yapı eski halinden daha kötü bir hale gelebilir.
- Yapımıza ek ağırlık bindirmek deprem kuvvetinin büyütmesine rağmen yapı elemanlarımızda ek bir rijitlik kazandırmaktadır. Ancak güçlendirmede mümkün olduğu kadar yapıya ek ağırlık ilave etmekten kaçınılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Yurdakul, T., Çolak B., 1999. Depremde Hasar Gören Binaların Onarılması**, Panel, Yapı Endüstri Merkezi, İstanbul, 21 Ekim
- Önel, H., 1999. Deprem Semineri**, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği İstanbul İl Koordinasyon Kurulu, İstanbul, 6 Kasım
- Demir, H., 1992. Depremde Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi**, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Aydoğan, M., 2000. Betonarme Binalarda Onarım ve Güçlendirme Sistemleri ve Tasarımı**, İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi.
- Bayülke, N., 2001. Depremde Hasar Gören Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi**, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi.
- Tübitak, İMO, 1999. Betonarme Binaların Onarım ve Güçlendirilmesi Kurs Notları.**
- Celep, Z., Kumbasar, N., 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı**, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Celep, Z., 1999. Kocaeli Depremi Sonrası Betonarme Binalarda Onarım ve Güçlendirme İlkeleri**, İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Bülteni, Sayı: 47-48
- Yerci, N., 2001. Betonarme Binalarda Onarım Güçlendirme ve Betonarme Bir Binanın Güçlendirme Yönünden İncelenmesi**, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Başığit, C, Gençer, Ö., Terzi, S., 2000. Deprem Araştırma Bülteni**, Sayı: 83, Ankara.
- TS 500, Betonarme yapıların hesap ve yapım kuralları**. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- 2007 Deprem Yönetmeliği**, Antalya İnşaat Mühendisleri Odası, 2007
- Köse, S., 2006. Betonarme Yapılarda Onarım ve Güçlendirme Tekniklerinin İrdelenmesi**, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Niğde.
- Keskin, E., 2005. Betonarme Yapıların Onarım, Güçlendirilmesi ve Lifle Güçlendirilmiş Polimerler**, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Şahin, E., 2004. Hasarlı Betonarme Yapılarda Onarım-Güçlendirme Esasları ve Uygulama Örneği**, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

TEŐEKKÖR

Bu tezin hazırlanması aşamasında çalıŐmalarımı bŸyŸk sabır ve ilgi ile yŸnlendirip ilgi ve yardımlarımı hiçbir zaman esirgemeyen danıŐman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Murat BİKÇE'ye, Araştırma GŸrevlisi Sayın Hasan Erhan AIKYOL'a, Merit İnş. Tic. Ltd. Őti. yŸneticilerine, Hakkari Bayındırlık İl MŸdŸrlŸėŸ İdari ve Teknik Personellerine ,eŐim ve aileme saygılarımı ve teŐekkŸrlerimi sunarım.

ÖZGEÇMİŞ

1977 Yılında Antakya da doğdum. İlkokul, ortaokul ve lise öğrenimimi Antakya'da tamamladım.1995 Yılında Akdeniz Üniv. TBMYO İnşaat Teknikerliği bölümünü kazandım.1997 yılında bu bölümden mezun oldum.1998 Yılında Mustafa Kemal Üniv.Müh.Mim.Fak. İnşaat Müh.Bölümü'nu kazandım 2003 yılında mezun oldum. 2004 yılında Mustafa Kemal Üniv.Müh.Mim.Fak'nin yüksek lisans sınavını kazandım.Hem yüksek lisansı hem de piyasada 2003-2007 yılları arasında Antakya da çalıştım. 2007 Eylül'lünde Hakkari Bayındırlık ve İskan Müdürlüğün de İnş.Müh. olarak göreve başladım. Mayıs 2008 de de Hatay Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü'ne geçiş yaptım halen aynı kurumda görevime devam etmekteyim. Evli ve bir çocuk babasıyım.