



MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BETONARME BİR KAMU BİNASININ 2007 DEPREM
YÖNETMELİĞİNE GÖRE GÜÇLENDİRİLMESİ**

ALİ ŞEREF ÖZKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Antakya/HATAY

ARALIK-2009

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME BİR KAMU BİNASININ 2007 DEPREM
YÖNETMELİĞİNE GÖRE GÜÇLENDİRİLMESİ**

Ali Şeref ÖZKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Yrd. Doç. Dr. Murat BİKÇE danışmanlığında hazırlanan bu tez 11/12/2009 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Murat BİKÇE

Başkan

Yrd. Doç. Dr. Hakan T. TÜRKER

Üye

Yrd. Doç. Dr. Vedat ÖZKANER

Üye

Bu tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Bünyamin YILDIZ
Enstitü Müdürü V.

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

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	VI
ABSTRACT.....	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIII
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. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi.....	9
3.3. Mevcut Binaların Değerlendirilmesi Ve Güçlendirilmesi	10
3.3.1. 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Performansının	
Değerlendirilmesi.....	10
3.3.1.1 Binalardan Bilgi Toplanması	10
3.3.1.1.1 Binalardan Toplanacak Bilginin Kapsamı	10
3.3.1.1.2 Bilgi Düzeyleri.....	11
3.3.1.1.3 Mevcut Malzeme Dayanımı.....	11
3.3.1.1.4 Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi.....	12
3.3.1.1.5 Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi.....	12
3.3.1.1.6. Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi	13
3.3.1.2 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri.....	13
3.3.1.2.1 Kesit Hasar Sınırları.....	13
3.3.1.2.2 Kesit Hasar Bölgeleri.....	14
3.3.1.3. Bina Deprem Performans Seviyeleri.....	14
3.3.1.3.1 Hemen Kullanım Durumu.....	14
3.3.1.3.2 Can Güvenliği Durumu	15

	<u>Sayfa</u>
3.3.1.3.3 Göçmenin Önlenmesi Durumu.....	15
3.3.1.3.4 Göçme Durumu	16
3.3.1.4. Bina Performansının Belirlenmesi.....	16
3.3.1.4.1. Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi	17
3.3.1.4.2. Betonarme Binaların Yapı Elemanlarında Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi	18
3.3.1.4.3. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü.....	24
3.3.1.5 Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi.....	24
3.3.1.6. Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri	25
3.4. Betonarme Binalarda Onarım ve Güçlendirme	26
3.4.1. Onarım ve Güçlendirme	26
3.4.2. Betonarme Binalarda Güçlendirme Yöntemleri.....	28
3.4.2.1. Sistem Güçlendirmesi.....	28
3.4.2.1.1. Dolgu Duvarların Güçlendirilmesi.....	28
3.4.2.1.2. Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva ile Güçlendirilmesi	29
3.4.2.1.3. Dolgu Duvarlarının LP ile Güçlendirilmesi	30
3.4.2.1.4. Dolgu Duvarların Prefabrike Beton Paneller ile Güçlendirilmesi.....	32
3.4.2.1.5. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Yerinde Dökme Betonarme Perdeler ile Güçlendirilmesi	33
3.4.2.1.5.1 Çerçeve Düzlemi İçinde Betonarme Perde Eklenmesi.....	33
3.4.2.1.5.2. Çerçevelerin Çelik Elemanlarla Güçlendirilmesi	37
3.4.2.1.5.3. Çerçeveye Bitişik Perde Eklenmesi	39
3.4.2.1.6. Betonarme Sisteme Yeni Çerçeveler Eklenmesi.....	39
3.4.2.1.7. Betonarme Sistemin Kütlesinin Azaltılması	40
3.4.2.2. Eleman Güçlendirmesi.....	40
3.4.2.2.1. Kolonların Sarılması.....	40

	<u>Sayfa</u>
3.4.2.2.1.1. Çelik Sargı	40
3.4.2.2.1.2. Betonarme ile Sargı (Mantolama)	41
3.4.2.2.1.3. Kolonların Lifli Polimer (LP) ile Sarılması	43
3.4.2.2.1.4. Kolon Kapasitelerinin Arttırılması	44
3.4.2.2.2. Kirişlerin Sarılması	45
3.4.2.2.2.1. Kiriş Kapasitelerinin Arttırılması	45
3.4.2.2.2.2. Dıştan Etriye Eklenerek Kirişlerin Sarılması	46
3.4.2.2.2.3. Çelik ile Sargı Yapılarak Kiriş Güçlendirmesi	47
3.4.2.2.2.4. Beton ile Sarılması (Mantolama) ile Kirişlerin Güçlendirmesi	47
3.4.2.2.2.5. Lifli Polimer (LP) ile Sarma	49
3.4.2.2.2.6. Karbon Lifli Polimerlerle (FRP) Kiriş Kapasitesinin Arttırılması	49
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	51
4.1. Ulubatlı Hasan İlk Öğretim Okulu'nun 2007 Deprem Yönetmeliği'ne Göre Değerlendirilmesi	51
4.1.1. Yapıya Ait Genel Bilgiler	51
4.1.1.1. Çelik Sınıfı Tespiti.....	54
4.1.1.2. Çelik Sınıfı Tespiti.....	54
4.1.1.3. Beton Sınıfının Tespiti.....	54
4.1.1.4. Mevcut Kolon Ölçü ve Donatıları	55
4.1.1.5. Mevcut Kiriş Ölçü ve Donatıları.....	56
4.1.2. Mevcut Yapının 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Değerlendirilmesi	58
4.1.2.1. Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı ve Burulma Düzensizliği Kontrolü	58
4.1.3. +X Deprem Yönüne Göre Hesaplamalar.....	60
4.1.3.1. Kirişlerin Uçlarındaki Moment Kapasitelerinin (M_K) Hesabı	60
4.1.3.2. Üst Moment Kapasitelerinin Hesabı.....	60
4.1.3.3. Alt Moment Kapasitelerinin Hesabı.....	61

4.1.3.4. Kolon Kesitlerinin “Etki / Kapasite Oranları (r)” ve “Sınır Değerleri ($r_{sınır}$)”nin Hesaplanması	64
4.1.3.5. Kiriş Kesitlerinin “Etki / Kapasite Oranları (r)” ve Sınır Değerleri ($r_{sınır}$)’nin Hesaplanması.....	65
4.1.3.6. Kiriş ve Kolon Kesitlerinin “Etki/Kapasite Oranları (r)” Belirlenmesi ve “Sınır Değerleri ($r_{sınır}$)” ile Karşılaştırılması	70
4.1.4. Bina Performansının Belirlenmesi.....	75
4.1.4.1. Lineer Çözüme Göre Değerlendirme	75
4.2. Ulubathı Hasan İlk Öğretim Okulunun 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Güçlendirilmesi.....	76
4.2.1. Güçlendirme Modeli.....	76
4.2.2. Güçlendirilen Yapıya Ait Bilgiler.....	77
4.2.3. Güçlendirme Alternatifleri	77
4.2.3.1. Eleman Güçlendirilmesi.....	77
4.2.3.2. Sistem Güçlendirilmesi.....	89
4.2.4 Güçlendirme Modellerinin Keşif Özeti.....	93
4.2.5 Güçlendirme Kararının Verilmesi.....	94
4.3. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabilirliği.....	94
4.3.1. Eşdeğer Deprem Yüğülerinin Hesabı ve Burulma Düzensizliği Kontrolü	94
4.3.2. Yapının Güçlendirme Modelinin Ön Görülen Minimum Performans Hedeflerine Göre Değerlendirilmesi.....	97
4.3.3. Bina Performansının Değerlendirilmesi.....	108
4.3.3.1. Lineer Çözüme Göre Değerlendirme	108
4.3.3.2. Bina Performansının Non-Linear Çözüme Göre Değerlendirilmesi	114
4.3.3.2.1. Mevcut Durumun Non-Linear (Pushover) Çözüme Göre Değerlendirme	114
4.3.3.2.2. Mantolanmış Durumun Non-Linear (Pushover) Çözüme Göre Değerlendirme	115

4.3.3.2.3. Güçlendirilmiş Durumun Non-Linear (Pushover)	
Çözüme Göre Değerlendirme	117
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	119
KAYNAKLAR.....	120
TEŞEKKÜR.....	121
ÖZGEÇMİŞ.....	122

ÖZET

Ülkemizin önemli bir kısmının deprem kuşağı üzerinde olması ve son yıllarda yaşanan acı deneyimler, özellikle deprem sonrası yapıların sağlıklı, bilinçli olarak onarılmasını veya güçlendirilmesini gündeme getirmiştir. Onarım, hasar görmüş bir yapı elemanının önceki haline getirilmesi için yapılan işlemlerdir. Yapının onarımı yapıldıktan sonra hasara sebep olan eksikliği gidermek amacıyla güçlendirme işlemi yapılır. Güçlendirme ise bir yapının yük taşıma kapasitesini, rijitliğini duktilitesini, stabilitesini veya bunlardan bazılarının önceki veya mevcut durumun üzerine çıkarmak için yapılan çalışmalardır. Onarım herhangi bir sebepten dolayı hasar görmüş bir yapıda yapılırken, güçlendirme için ise bu şart değildir.

Bu çalışmada, bir kamu binasının, öncelikle mevcut durumu tespit edilmiş, gerekli testler uygulanarak malzemeler hakkında gerekli bilgiler elde edilmiş, daha sonra bina 2007 Deprem Yönetmeliğine göre; eleman ve sistem güçlendirilmesi yapılarak analizi yapılmış ve oluşan sonuçta sistem güçlendirmesinin uygun olduğuna karar verilip mevcut verilerle farklı güçlendirme modelleri üretilerek maliyet kıyaslaması yapıp en uygun güçlendirme modeli oluşturulmuştur.En uygun modele göre güçlendirme analizleri yapılmıştır.

Bu çalışmada SAP2000 ve STA4-CAD programı kullanılmıştır.

2009, 122 sayfa

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

ABSTRACT

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.

2009, 122 page

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

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A_o	Etkin Yer ivmesi Katsayısı
$A(T)$	Spektral ivme Katsayısı
H	Binanın i 'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği
I	Bina Önem Katsayısı
n	Hareketli Yük Katılım Katsayısı
r	Etki/kapasite oranı
$R_a(T)$	Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
r_s	Etki/kapasite oranının sınır değeri
s	Enine donatı aralığı
$S(T)$	Spektrum Katsayısı
T_A, T_B	Spektrum Karakteristik Periyotlar
T_x	X yönü bina Periyodu
T_y	Y yönü bina Periyodu
V_c	Betonun kesme dayanımına katkısı
V_{cr}	Beton eğik çatlama dayanımı
V_{dy}	Kirişin herhangi bir kesitinde düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti
V_e	Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
V_r	Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
V_t	Binaya etkiyen toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)
V_{tx}	X deprem yönü toplam taban kesme kuvveti
V_{ty}	Y deprem yönü toplam taban kesme kuvveti
V_w	Etriyenin kesme dayanımına katkısı,
W	Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
Δ_i	Binanın i 'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi

Δ_i (ort)	Binanın i 'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi
ΔF_N	Binanın N 'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
η_{bi}	i 'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
λ	Eşdeğer Deprem Yükü Azaltma Katsayısı
d	Kirişin ve kolonun faydalı yüksekliği
ρ	Kesitteki çekme donatısı oranı
ρ'	Kesitteki basınç donatısı oranı
ρ_b	Mevcut malzemenin dengeli donatı oranı
\emptyset	Donatı çapı Moment Kapasiteleri
M_K	Moment Kapasitesi
M	Minimum Hasar Bölgesi
B	Belirgin Hasar Bölgesi
I	İleri Hasar Bölgesi
DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
ABYYHY	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
MN	Minimum Hasar Sınırı
GV	Güvenlik Sınırı
GÇ	Göçme Sınırı
HK	Hemen Kullanım Performans Düzeyi
CG	Can Güvenliği Performans Düzeyi
GÖ	Göçme Öncesi Performans Düzeyi
TS500	Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
TDY	Türk Deprem Yönetmeliği
TS	Türk Standardı
LP	Lifli Polimer
CFRP	Karbon Lifli Polimerler
BS	Beton Sınıfı
BÇ	Beton Çeliği

ÇİZELGELER DİZİNİ**Sayfa**

Çizelge 3.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine uygun binalar (TDY 07 Çizelge 6.6)	9
Çizelge 3.2 Binalar için bilgi düzeyi katsayıları	11
Çizelge 3.3 Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları	22
Çizelge 3.4 Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları	23
Çizelge 3.5. Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları	23
Çizelge 3.6. Güçlendirilmiş dolgu duvarlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları ve görelî kat ötelemeleri oranları	23
Çizelge 3.7 Görelî kat ötelemeleri sınırları	24
Çizelge 3.8 Farklı deprem düzeylerinde binalar için ön görülen minimum performans hedefleri	26
Çizelge 4.1 Binaya ait yapı analiz parametreleri	51
Çizelge 4.2 Yüğü analizi	52
Çizelge 4.3 Ulubatlı Hasan İlk Öğretim Okulu'nun Karot deney sonuçları	54
Çizelge 4.4 Ulubatlı Hasan İlk Öğretim Okuluna Ait Bazı Kolon Bilgileri	55
Çizelge 4.5 Ulubatlı Hasan İlk Öğretim Okuluna Ait Bazı Mevcut Kiriş Donatıları	56
Çizelge 4.6 x yönündeki burulma düzensizliğı (+%5)	59
Çizelge 4.7 x yönündeki burulma düzensizliğı (-%5)	59
Çizelge 4.8 y yönündeki burulma düzensizliğı (+%5)	59
Çizelge 4.9 y yönündeki burulma düzensizliğı (-%5)	59
Çizelge 4.10 KZ10 Kirişinin moment kapasiteleri değerleri	60
Çizelge 4.11 Bazı kirişlere ait üst moment kapasiteleri	62
Çizelge 4.12 Bazı kirişlere ait alt moment kapasiteleri	63
Çizelge 4.13 Bazı kolonların r değerlerinin hesaplanması	64
Çizelge 4.14 Bazı kirişlere ait hasar sınırları	67
Çizelge 4.15 Görelî Kat Ötelemeleri	69
Çizelge 4.16 Bina Performansı	69

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.17 Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı	69
Çizelge 4.18 Alt ve üst kesitlerinde minimum hasar bölgesini aşan kolonların kesme kuvveti dağılımı	69
Çizelge 4.19 Değerlendirme çizelgesi	75
Çizelge 4.20 X ve Y yönlerindeki kolon ve kiriş hasar oranları	76
Çizelge 4.21 Ulubatlı Hasan İlköğretim Okulunun güçlendirmede kullanılan yapıya ait analiz parametreleri	77
Çizelge 4.22 Bazı kolonların r kapasite oranları	81
Çizelge 4.23 Bazı kirişlerin r kapasite oranları	85
Çizelge 4.24 G1 güçlendirme modeli keşif özeti	93
Çizelge 4.25 G2 güçlendirme modeli keşif özeti	93
Çizelge 4.26 G3 güçlendirme modeli keşif özeti	93
Çizelge 4.27 Yeniden yapım maliyeti ve güçlendirme maliyeti kıyaslaması	94
Çizelge 4.28 X yönü (+%5) görelî deplasman kontrolü	95
Çizelge 4.29 X yönü (-%5) görelî deplasman kontrolü	96
Çizelge 4.30 Y yönü (+%5) görelî deplasman kontrolü	96
Çizelge 4.31 Y yönü (-%5) görelî deplasman kontrolü	96
Çizelge 4.32 Binanın türüne göre performans düzeyi	97
Çizelge 4.33 Bazı Kirişlere Ait Kesme Kapasiteleri Kontrolü	98
Çizelge 4.34 Bazı Kolon uçlarında kiriş-kolon moment kapasite kontrolü	100
Çizelge 4.35 Bazı Kolonların ‘r’ Kapasite Oranı	102
Çizelge 4.36 Bazı Kirişlerin ‘r’ Kapasite Oranı	104
Çizelge 4.37 Görelî Kat Öteleme Kontrolü	108
Çizelge 4.38 Kiriş Hasar Yüzdeleri	108
Çizelge 4.39 Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı	109
Çizelge 4.40 Alt Ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Aşan Kolonların kesme kuvveti dağılımı	109
Çizelge 4.41 Can Güvenliğini Sağlamayan Eleman Dağılımı	110

ŞEKİLLER DİZİNİ**Sayfa**

Şekil 3.1 Kesit hasar bölgeleri	14
Şekil 3.2 Kuvvet – şekil değiştirme eğrisi	18
Şekil 3.3. M_N-N_D 'nin belirlenmesi	19
Şekil 3.4 M_K ve N_K nın belirlenmesi	20
Şekil 3.5 Kolon ve perde kesitlerinde etki/kapasite oranı (r)'nin belirlenmesi için uygulanabilecek analiz adımları	21
Şekil 3.6 Yapıların sismik performanslarının geliştirilmesi	27
Şekil 3.7 Güçlendirme türleri	28
Şekil 3.8 Dolgu duvar güçlendirmesi	29
Şekil 3.9 Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva ile Güçlendirilmesi ..	29
Şekil 3.10 Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva ile Güçlendirilmesi	30
Şekil 3.11 Dolgu duvarlara yapılan LP uygulama şekilleri	31
Şekil 3.12 Dolgu Duvarlarının Lifli Polimerler ile Güçlendirilmesi	31
Şekil 3.13 Dolgu Duvarlarının Lifli Polimerler ile Güçlendirilmesi	32
Şekil 3.14 Dolgu Duvarların Prefabrike Beton Paneller ile Güçlendirilmesi	33
Şekil 3.15 Perde ekleme yönteminde kullanılan ankraj detayları	34
Şekil 3.16 Takviye perde duvar temel detayı	35
Şekil 3.17 Çelik elemanlarla yapılan güçlendirme teknikleri	37
Şekil 3.18 Çerçeve açıklığının çelik elemanlarla güçlendirilmesi	38
Şekil 3.19 Çerçeve açıklığına bulonlu çelik diyagonal elemanlar yerleştirilmesi ve bağlantı detayları	39
Şekil 3.20 Kolonda Çelik sargı	41
Şekil 3.21 Çelik mantolama yada çelik kolon ilaveleriyle yapının güçlendirilmesi	41
Şekil 3.22 Kolonun Betonarme ile mantolanması	42
Şekil 3.23 Kolonun Betonarme ile mantolanma uygulaması	42
Şekil 3.24 Beton sargıda eski ve yeni betonun kaynaştırılması	43
Şekil 3.25 Kolon güçlendirmesinde lifli polimer (LP) ile sargı	44
Şekil 3.26 Kolon kapasitesinin artırılması	44

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.27 Kiriş kapasitesinin arttırılması	45
Şekil 3.28 Dıştan Etriye eklenmesi	46
Şekil 3.29 Çelik ile kiriş güçlendirilmesi	47
Şekil 3.30 Betonarme sargı ile kiriş güçlendirmesi	48
Şekil 3.31 Betonarme manto ile kiriş güçlendirilmesine ait detay örnekleri	48
Şekil 3.32 Kiriş mantolama uygulaması yapılan bir kiriş	48
Şekil 3.33 Karbon Lifli Polimerlerle (FRP) kiriş kapasitelerinin arttırılması	49
Şekil 3.34 FRP ile eğilmeye karşı dayanımın arttırılması uygulaması	50
Şekil 3.35 Karbon lifli şeritlerle kiriş eğilme kapasitelerinin arttırılması	50
Şekil 4.1 Ulubatlı Hasan İlköğretim Okulu'na ait ön cepheden görünüm	51
Şekil 4.2. Mevcut Kalıp Planı	53
Şekil 4.3.a.b. Doğrusal Elastik Deprem Spektrumu ve katlara gelen deprem kuvvetleri	58
Şekil 4.4 X yönüne ait zemin kat ve 1. kat kolonlarının $r/r_{sınır}$ değerlerinin karşılaştırılması	71
Şekil 4.5 Y yönüne ait zemin kat ve 1.kat kolonlarının $r/r_{sınır}$ değerlerinin karşılaştırılması	72
Şekil 4.6 X yönüne ait zemin kat ve 1.kat kirişlerinin $r/r_{sınır}$ değerlerinin karşılaştırılması	73
Şekil 4.7 Y yönüne ait zemin kat ve 1.kat kirişlerinin $r/r_{sınır}$ değerlerinin karşılaştırılması	74
Şekil 4.9.a.b. Doğrusal Elastik Deprem Spektrumu ve katlara gelen deprem kuvvetleri	80
Şekil 4.10 X yönüne ait zemin kat ve 1. kat kolonlarının $r/r_{sınır}$ değerlerinin karşılaştırılması	83
Şekil 4.11 Y yönüne ait zemin kat ve 1. kat kolonlarının $r/r_{sınır}$ değerlerinin karşılaştırılması.....	84
Şekil 4.12 X yönüne ait zemin kat ve 1.kat kirişlerinin $r/r_{sınır}$ değerlerinin karşılaştırılması	87

Şekil 4.13 Y yönüne ait zemin kat ve 1.kat kirişlerinin $r/r_{sınır}$ değerlerinin karşılaştırılması	88
Şekil 4.14 Ulubatlı Hasan İlköğretim Okulu G1 Güçlendirme Modeli	90
Şekil 4.15 Ulubatlı Hasan İlköğretim Okulu G2 Güçlendirme Modeli	91
Şekil 4.16 Ulubatlı Hasan İlköğretim Okulu G3 Güçlendirme Modeli	92
Şekil 4.17 Doğrusal elastik deprem spektrumu eğrisi ve katlara gelen deprem kuvvetleri	95
Şekil 4.18 X yönüne ait zemin kat ve 1. kat kirişlerinin $r/r_{sınır}$ değerlerinin karşılaştırılması	106
Şekil 4.19 Y yönüne ait zemin kat ve 1. kat kolonların ve perdelerin $r/r_{sınır}$ değerlerinin karşılaştırılması	107
Şekil 4.20 X yönü için Sa-Sd grafiği	114
Şekil 4.21 Y yönü için Sa-Sd grafiği	115
Şekil 4.22 X yönü için Sa-Sd grafiği	116
Şekil 4.23 Y yönü için Sa-Sd grafiği	116
Şekil 4.24 X yönü için Sa-Sd grafiği	117
Şekil 4.25 Y yönü için Sa-Sd grafiği	118

1. GİRİŞ

Ülkemizde doğal afetler sonucu meydana gelen üst yapı ve alt yapı hasarlarının çoğunluğu depremler sonucu meydana gelmektedir. Ülkemizin büyük bir bölümünün deprem riski taşıdığı düşünülürse, yeni yapıların depreme karşı daha dayanıklı olarak tasarlanması ve mevcut yapıların da dayanımlarının arttırılması yani depremi daha az zararlarla atlatabilmesi için güçlendirilmesi gereklidir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı sonucunda aşağıda verilen asgari şartların sağlanması gerekmektedir.

1. Düşük şiddetli bir depremde, duvar ve sıvalarda çatlaklar oluşurken taşıyıcı sistem elastik sınırlar içinde kalmalıdır.

2. Orta şiddetli bir depremde, taşıyıcı olmayan yapı elemanlarında hasarlar olabilir. Ancak taşıyıcı elemanlarda kılcal çatlaklar oluşmasına izin verilir.

3. Şiddetli bir depremde ise taşıyıcı sistemde ağır hasarlar oluşabilir. Ancak, yapı yıkılmamalı, insanlar yapıyı rahatça terk edebilmeli ve can kaybı olmamalıdır.

Güçlendirme, 2007 Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğinden (ABYBHY) önce herhangi bir ulusal 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 sunulan performans yaklaşımı, ülkemizde deprem mühendisliği uygulamalarında önemli bir açılım yapmıştır. Bu çalışmada, dikkate alınan bir yapıda performans esaslı hesaba dayanarak güçlendirme yapılarak yönetmeliğe yeni giren temel kavramlar irdelenmiş ve uygulamadaki güçlükler araştırılarak yöntemin geliştirilmesine katkıda bulunmak hedeflenmiştir.

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

Dördüncü bölümde, Ulubatlı Hasan İlköğretim Okulu seçilerek 2007 ABYBHY’de belirtildiği şekli ile öncelikle mevcut hali için performansı belirlenmiştir. Analizlerde yönetmelikte belirtildiği şekli ile malzeme test sonuçları dikkate alınarak yapının mevcut yönetmelikte istenilen performans düzeyini sağlamadığı görülmüş ve güçlendirme yapılmasına karar verilmiştir.

Yapının güçlendirme seçenekleri için hem eleman hem de sistem güçlendirmesi yöntemleri araştırılmıştır. Belirlenen çeşitli güçlendirme alternatiflerinden maliyet ve performans mukayesesine bağlı olarak en uygun güçlendirme çözümü belirlenmiştir. Güçlendirilmiş yapının 2007 ABYBHY’de belirtilen hemen kullanım ve can güvenliği 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.

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

Suleiman (1990), mantolanarak güçlendirilen betonarme kolonların aksel 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 yöntemidir. Yazarlar ayrıca yapılan güçlendirme yöntemlerini değerlendirmiştir.

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

Ziraba ve Baluch (1995), çalışmalarında betonarme kirişlerin güçlendirilmesi için epoksi yardımıyla çelik levha yapıştırma yöntemini benimsemiştir. Modellerde özel bir ara yüzey elemanı rolü oynayan ince tabaka halindeki epoksi yapıştırıcısı yardımıyla plakanın başkalaşması sağlanarak plakanın dayanımı arttırılmıştır. Birleştirilen beton tabakası ve dahili betonarme elemanların başarısızlığı incelenmiştir.

Babalıoğlu (1995), çalışmasında komşu iki yüzünden mantolanmış kolon örneklerini mekanik kenetleme yöntemi ile deprem yükleri altında incelemiştir. Deney sonuçları ; mantolanmış kolonların dayanımı, 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 dayanımı üzerindeki etkisini deneysel olarak incelemiştir. Deney sonuçlarında kelepçelerin, elemanda davranışı değiştirerek eğilme eğilme davranışını hakim kıldıkları, kesme çatlaklarını başarılı bir biçimde kontrol ettikleri gözlenmiştir. Elemanlarda dayanım istenilen düzeye çıkarılırken, süneklik de önemli ölçüde artmıştır.

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 çalışmada 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 davranışı 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 güçlendirerek gerilme analizi yapmıştır. Ayrıca, plaka kalınlığı değişimi ile eğilme momenti taşıma kapasitesi arasındaki bağlantı incelenmiştir.

Ergin (1998), çalışmasında 1975 deprem yönetmeliğine göre 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 etkideği bölgelerde ve yapıştırıcı ile çelik plaka birleşim bölgelerinde sıklaştırma yapılmıştır.

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 işlenmiştir. İlk olarak FTR sistemlerinin bugünkü durumu gözden geçirilmekte, malzemeler, prosesler ve dıştan FTR ile donatılmış sistemlerin mekanik davranışları incelenmiştir. Daha sonra, eğilme ve kiriş-kolon elemanları ile uygulamalar gözden geçirilmiştir. Son olarak onarım ve güçlendirme uygulamalarındaki sorunlara dikkat çekilmiştir.

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 yapıda 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 güvenilirlikleri, 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 ETABS 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 Samandağ İlçesinde yer alan, Zemin+1 kattan oluşan okulun 2007 Deprem Yönetmeliğine göre performans değerlendirilmiş ve aynı yönetmeliğe göre de güçlendirme çalışmaları yapılmıştır. Çalışmanın başlangıcında söz konusu binanın çeşitli bölgelerinden alınan 12 adet karot numunesi ve çelik numuneler değerlendirilerek beton sınıfı ve çelik sınıfı tespit edilmiştir. Ayrıca, yapının zemininden alınan numunelere göre hazırlanmış zemin raporlarından elde edilen zemin özellikleri modele yansıtılmıştır.

3.2. Yöntem

Bu çalışmada yapılan analizlerde SAP2000 ve Sta4CAD programları kullanılmış ve yapı rijit diyafram olarak modellenmiştir.

SAP2000 yapı analizi programı ile hazırlanan modelde 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.

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. Ayrıca pushover analizi yapılarak hesaplar kontrol edilmiştir.

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 birbirini 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 kullanılacaktır.

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 etkidiğı 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 verilmektedir.

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 düzensizliğı olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan binalar	$H_N \leq 25$ m
1,2	A1 türü burulma düzensizliğı olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan ve ayrıca B2 türü düzensizliğı olmayan binalar	$H_N \leq 60$ m
3,4	Tüm Binalar	$H_N \leq 75$ m

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

Hedeflenen performans düzeyleri 2007 Deprem Yönetmeliğindeki Çizelge 7.7 kullanılarak, belirlenir ve bina performansı bu düzeyler için kontrol edilir. Bu çalışmada incelenen yapı bir okul olduğundan 50 yılda depremin aşılma olasılığı %2 olan "Can Güvenliğı" ve 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan "Hemen Kullanım" performans seviyelerine göre hesaplar yapılacaktır.

3.3 Mevcut Binaların Değerlendirilmesi Ve Güçlendirilmesi

3.3.1. 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Performansının Değerlendirilmesi

DBYBHY'07'nin 7. bölümünde, 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 verilmiştir.

TDY 7. Bölüm 'Mevcut Binaların Değerlendirilmesi Ve Güçlendirilmesi' ana konu başlıkları özetle şu şekildedir;

- ✓ *Binalardan Bilgi Toplanması,*
- ✓ *Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri,*
- ✓ *Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar,*
- ✓ *Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi*
- ✓ *Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi*
- ✓ *Bina Deprem Performansının Belirlenmesi*
- ✓ *Binaların Güçlendirmesi*
- ✓ *Betonarme Binaların Güçlendirmesi*

3.3.1.1. Binalardan Bilgi Toplanması

3.3.1.1.1. 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.

3.3.1.1.2. Bilgi Düzeyleri

Binaların incelenmesi ile elde edilen mevcut bilgilerin kapsamına göre “bilgi düzeyi katsayıları” tanımlanır ve taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesabında kullanılır (Çizelge 3.2).

Sınırlı Bilgi Düzeyi: Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir. Sınırlı bilgi düzeyi “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.

Çizelge 3.2 Binalar için bilgi düzeyi katsayıları

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

3.3.1.1.3. Mevcut Malzeme Dayanımı

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

3.3.1.1.4. 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 gerçekleştirme 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

3.3.1.1.5. 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 gerçekleştirme 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

3.3.1.1.6. 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)

3.3.1.2. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Yapı elemanlarının hasar sınırlarının belirlenmesinde yapı elemanları sünek ve gevrek eleman olarak ikiye ayrılır. Bu ayrım elemanların kapasitelerine hangi kırılma türü ile ulaştığının belirlenmesi ile yapılır.

3.3.1.2.1. Kesit Hasar Sınırları

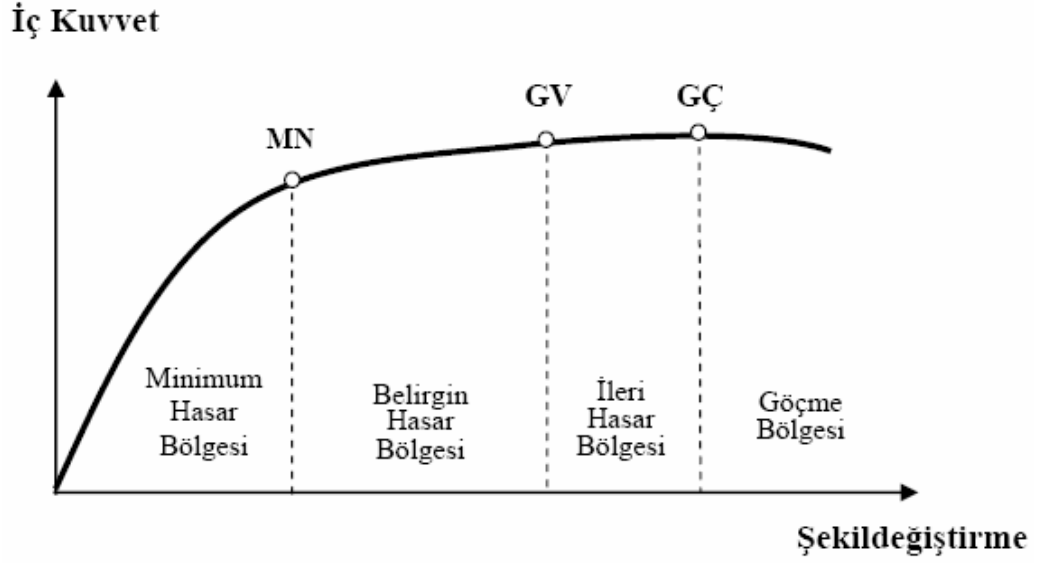
Sünek elemanlar için kesit düzeyinde Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ) olmak üzere üç sınır durum tanımlanmıştır. Minimum Hasar Sınırı kritik kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, Güvenlik

Sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, Göçme Sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır.

Gevrek elemanlar için elastik ötesi davranışın oluşmasına izin verilmez.

3.3.1.2.2. Kesit Hasar Bölgeleri

Kritik kesitleri MN' ye ulaşmayan elemanlar *Minimum Hasar Bölgesi*'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar *İleri Hasar Bölgesi*'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise *Göçme Bölgesi*'nde kabul edilir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Kesit hasar bölgeleri

3.3.1.3. Bina Deprem Performans Seviyeleri

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında yapıda oluşması beklenen hasar durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu için tanımlanmıştır. Deprem geçirmiş binaların deprem sonrası hasar durumlarının belirlenmesi için de benzer tanımlar kullanılabilir.

3.3.1.3.1 Hemen Kullanım Durumu

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanlarda oluşan hasar minimum düzeydedir ve elemanlar rijitlik ve dayanım özelliklerini korumaktadırlar. Yapıda kalıcı

ötelenmeler oluşmamıştır. Az sayıda elemanda akma sınırı aşılmış olabilir. Yapısal olmayan elemanlarda çatlamlar görülebilir. Ancak bunlar onarılabılır düzeylerde.

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u belirgin hasar bölgesine geçiyor, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü minimum hasar bölgesinde kalıyorsa bina *Hemen Kullanım Durumu*'nda kabul edilir. Güçlendirilmesine gerek yoktur.

3.3.1.3.2 Can Güvenliği Durumu

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların bir kısmında hasar görülür, ancak bu elemanlar yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü korumaktadırlar. Düşey elemanlar düşey yüklerin taşınması için yeterlidir. Yapısal olmayan elemanlarda hasar bulunmakla birlikte dolgu duvarlar yıkılmamıştır. Yapıda az miktarda kalıcı ötelenmeler oluşabilir; ancak bu kalıcı şekil değiştirmeler gözle fark edilebilir değerlerde değildir.

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20'si ve kolonların bir kısmı ileri hasar bölgesine geçebilir. Ancak ileri hasar bölgesindeki kolonların, tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine katkısı %20'nin altında olmalıdır. Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar veya belirgin hasar bölgesindedir. Bu durumda bina *Can Güvenliği Durumu*'nda kabul edilir. Can güvenliği durumunun kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin her ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının da %30'u aşmaması gerekir. En üst katta ileri hasar bölgesindeki düşey elemanların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir. Binanın güçlendirilmesine, güvenlik sınırını aşan elemanların sayısına ve yapı içindeki dağılımına göre karar verilir.

3.3.1.3.3 Göçmenin Önlenmesi Durumu

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların önemli bir kısmında hasar görülür. Bu elemanların bazıları yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli

bölümünü yitirmişlerdir. Düşey elemanlar düşey yüklerin taşınmasında yeterlidir. Ancak, bazıları eksenel kapasitelerine ulaşmıştır. Yapısal olmayan elemanlar hasarlıdır ve dolgu duvarların bir bölümü yıkılmıştır. Yapıda kalıcı ötelemeler oluşmuştur.

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20'si ve kolonların bir kısmı göçme bölgesine geçebilir. Ancak, göçme bölgesindeki kolonların, tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır ve bu elemanların durumu yapının kararlılığını bozmamalıdır. Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar bölgesi, belirgin hasar bölgesi veya ileri hasar bölgesindedir. Bu durumda bina *Göçmenin Önlenmesi Durumu*'nda kabul edilir. Göçmenin önlenmesi durumunun kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kat kesme kuvvetine oranının da %30'u aşmaması gerekir. En üst katta göçme bölgesindeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır ve bina güçlendirilmelidir. Ancak, güçlendirmenin ekonomik verimliliği değerlendirilmelidir.

3.3.1.3.4 Göçme Durumu

Yapı uygulanan deprem etkisi altında göçme durumuna ulaşır. Düşey elemanların bir bölümü göçmüştür. Göçmeyen elemanlar ise düşey yükleri taşıyabilmekle birlikte yatay rijitlikleri ve dayanımları çok azalmıştır. Yapısal olmayan elemanların büyük çoğunluğu göçmüştür. Yapıda belirgin kalıcı ötelemeler oluşmuştur. Yapı tamamen göçmüştür veya yıkılmanın eşiğindedir. Daha sonra meydana gelebilecek hafif şiddetteki bir yer hareketi altında bile yıkılma olasılığı yüksektir. Binanın güçlendirme uygulanmadan, mevcut durumu ile kullanılması can güvenliği bakımından sakıncalıdır. Bununla beraber, göçme durumuna gelen binalarda güçlendirme çok kere ekonomik olmayabilir.

3.3.1.4. 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 TDY 2007 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.

3.3.1.4.1. Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi

2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nde binaların deprem performanslarının belirlenmesi için kullanılacak doğrusal elastik hesap yöntemleri *Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ve *Mod Birleştirme Yöntemi*'dir.

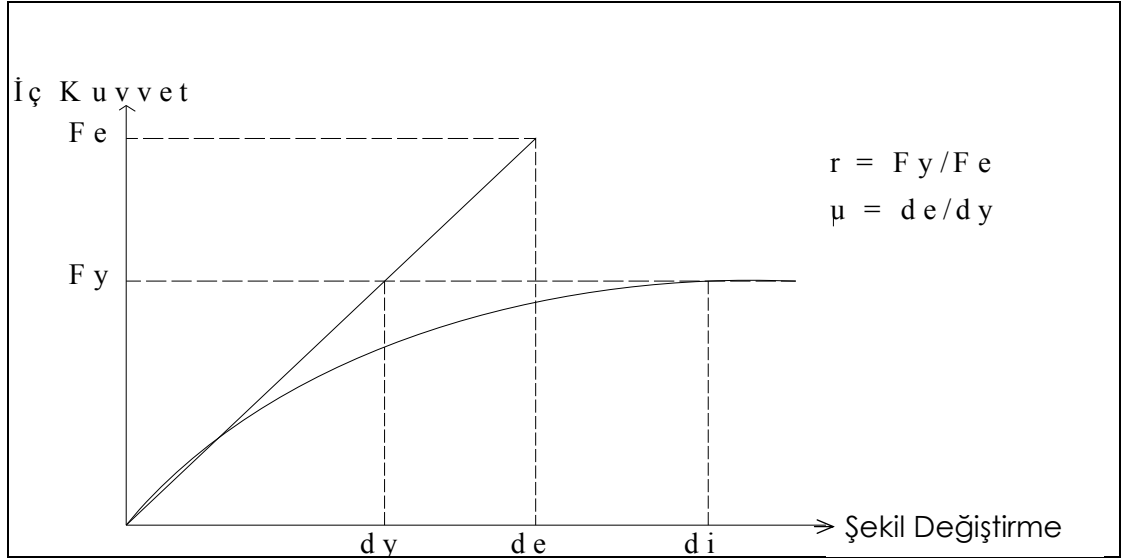
Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi; Bodrum üzerindeki toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8' i aşmayan, ayrıca ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ olan binalara uygulanır.

Mod Birleştirme Yöntemi; Bu yöntemin kullanılmasında da $R_a=1$ alınır, diğer bir deyişle, elastik deprem spektrumları azaltılmadan aynen kullanılır. Uygulanan deprem doğrultusu ve yönü ile uyumlu olan eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesaplanmasında, bu doğrultuda hâkim olan modda elde edilen iç kuvvet doğrultuları esas alınır.

3.3.1.4.2. 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.

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 3.2).



Şekil 3.2 Kuvvet – şekildeğiştirme eğrisi

Doğrusal elastik hesap yönteminde, bir yapısal elemanın hasar durumunu belirlemek için *etki/kapasite* oranı olarak tanımlanan bir “*r*” sayısı kullanılır. Bu oran kolon, kiriş ve perde gibi yapısal elemanların her bir kritik kesitinde hesaplanır.

Hasar sınırını belirleyen “*etki/kapasite*” (*r*) oranı, eleman kesitine gelen deprem etkisinin, kesit artık kapasite momentine bölünmesi ile elde edilir. Bir elemanın hangi hasar bölgesinde olduğunu, o elemanın en çok hasarlı olan kesiti belirler. Bir elemenda birbirine dik iki deprem doğrultusu için her iki yönde de “*r*” sayıları hesaplanır.

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.

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

$$\text{Artık Moment Kapasitesi} = \text{Kesit eğilme moment kapasitesi} - \text{Düşey yük momenti}$$

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.

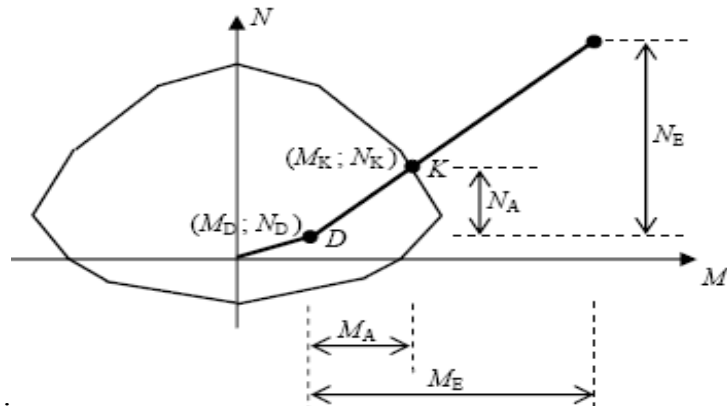
1. Adım; Sistem düşey yüklere göre analiz edilir.

Düşey yüke göre yükleme ($1 \cdot G + n \cdot Q$)

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

Depreme göre $= 1.0 \cdot G + 1.0 \cdot Q + 1.0 \cdot E$

3. Adım; Şekil 3.3.'te 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.

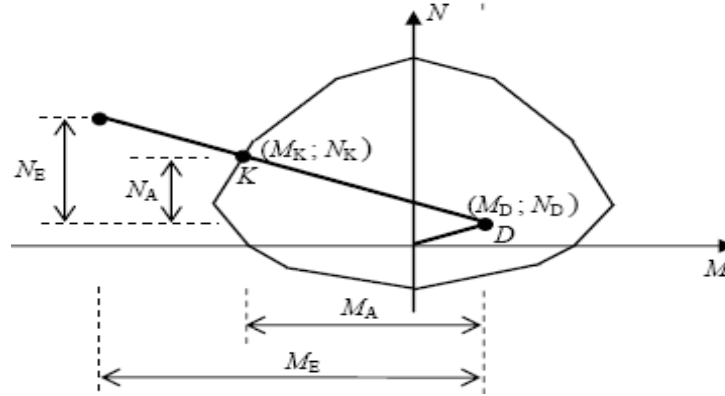


Şekil 3.3 M_N-N_D 'nin belirlenmesi

4. Adım; Şekil 3.3.'te, 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 3.3 ve Şekil 3.4 'te 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 3.4 M_K ve N_K nin belirlenmesi

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

$$M_A = M_K - M_D \quad (3.1)$$

$$N_A = N_K - N_D \quad (3.2)$$

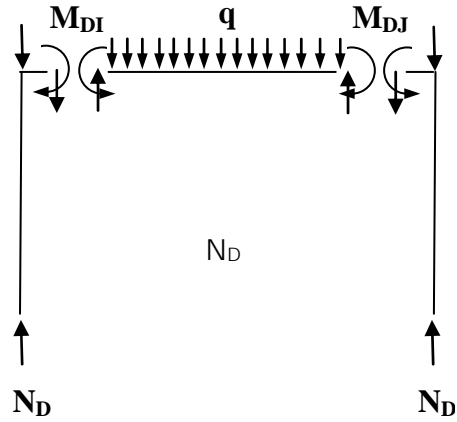
3. Kolon veya perdenin etki/kapasite oranı ise şu şekilde tanımlanabilir:

$$r = \frac{M_E}{M_A} = \frac{N_E}{N_A} \leq r_s \quad (3.3)$$

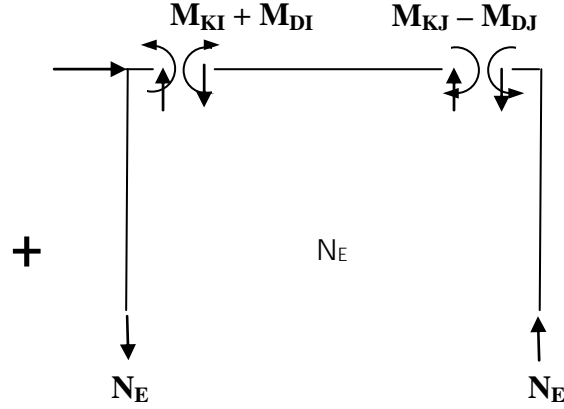
Düşey yük analizi $\rightarrow N_D$

Limit analizi $\rightarrow N_E$

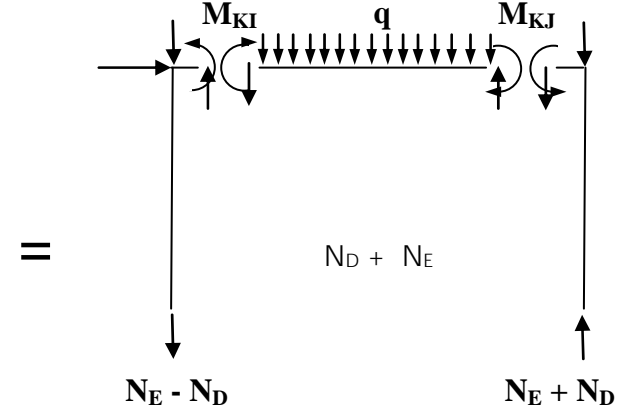
Düşey Yük Analizi



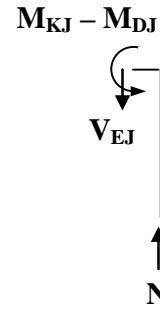
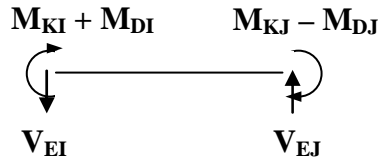
Limit Analizi



Birleştirme



Artık kapasite momentleri



Yatay yük altında kapasite durumundaki eksene kuvvet

Şekil 3.5 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 3.3, kolonlar için Çizelge 3.4, perdeler için çizelge 3.5, güçlendirilmiş dolgu duvarlar için çizelge 3.6) ile karşılaştırılarak elemanın hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. Bu çizelgelerdeki ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanmaktadır.

Çizelge 3.3 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 3.4 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 3.5 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 3.6'da 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 3.6 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	-

3.3.1.4.3. 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 3.7 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 3.7 Göreli kat ötelemeleri sınırları

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

3.3.1.5 Bina Performansının Doğrusal Olmayan Elastik Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi

Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, belirli bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvetleri hesaplayarak bu değerleri şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırarak kesit ve bina düzeyinde performansı belirleyebilmektir. Yönetmeliğin içerdiği doğrusal olmayan elastik analiz yöntemleri; *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi*, *Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi*dir. İlk iki yöntem yönetmeliğin temel aldığı artımsal itme analizinde kullanılan yöntemlerdir.

✓ Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (İtme Analizi)

Bodrum kat üzerindeki toplam kat sayısı 8' i aşmayan ve ek dışmerkezlilik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ olan binalara uygulanır. Bu yöntemin uygulanabilmesi için ayrıca, gözönüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması gerekmektedir.

Artımsal eşdeğer deprem yüğü yönteminde, deprem istem limitine (performans noktasına) kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında, doğrusal olmayan (nonlineer) itme analizi yapılır. Analizde

ardışık iki plastik mafsal oluşumu arasındaki her bir itme adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvet artımları ile bu büyüklüklere ait birikimli değerler ve son itme adımında ise deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanır.

✓ **Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi**

Deprem istem limitine kadar her bir titreşim modunda monotonik olarak arttırılan modal yerdeğiştirmelere göre mod birleştirme yöntemi, ardışık iki plastik mafsal oluşumu arasındaki her bir itme adımında artımsal olarak uygulanır. Bu itme adımlarında taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvet artımları ile bu büyüklüklere ait birikimli değerler ve son itme adımında deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanır.

✓ **Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi**

Taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan (nonlineer) davranışı gözönüne alınarak, sistemin hareket denklemi artımsal olarak entegre edilir ve her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanır.

3.3.1.6. 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 3.8’de verilmiştir.

Çizelge 3.8 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

3.4. Betonarme Binalarda Onarım Ve Güçlendirme

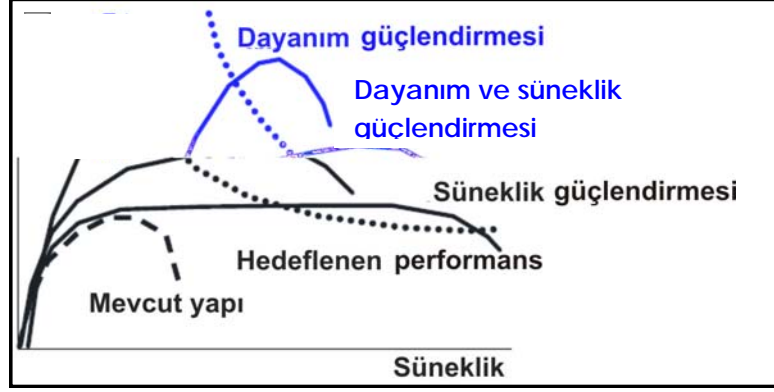
3.4.1. Onarım Ve Güçlendirme

Güçlendirme kavramı TDY 2007’de şöyle ifade edilmektedir:

“ 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.”

Depremde hasar görüp taşıma gücü kapasitesi azalmış hasarlı yapı elemanlarının performanslarını hasar öncesi kapasitelerine yeniden getirmek için yapılan işlemlere ise *onarım* denilmektedir.

Onarımdaki amaç; yapıyı önceki durumuna geri getirmektir. Bu kullanım bakımından olabileceği gibi yapının yük taşıma kapasitesini, rijitliğini, sünekliğini ve dayanıklılığını artırmak şeklinde de olabilir. Güçlendirmedeki amaç ise; yapının dayanım ve benzeri karakteristiklerini önceki düzeyinin üstüne çıkartmaktır.



Şekil 3.6 Yapıların sismik performanslarının geliştirilmesi

Binaların güçlendirilmesinde, TDY 2007 Bölüm 7.10'da betonarme eleman ve sistem güçlendirme yöntemleri aşağıdaki şekilde verilmiştir;

— **Kolonların Sarılması**

- Çelik Sargı
- Betonarme Sargı
- Lifli Polimer (LP) Sargı

— **Kolonların Eğilme Kapasitesinin Arttırılması**

— **Kirişlerin Sarılması**

- Dıştan Etriye Ekleme
- Lifli Polimer (LP) ile Sarma
- Dolgu Duvarlarının Güçlendirilmesi

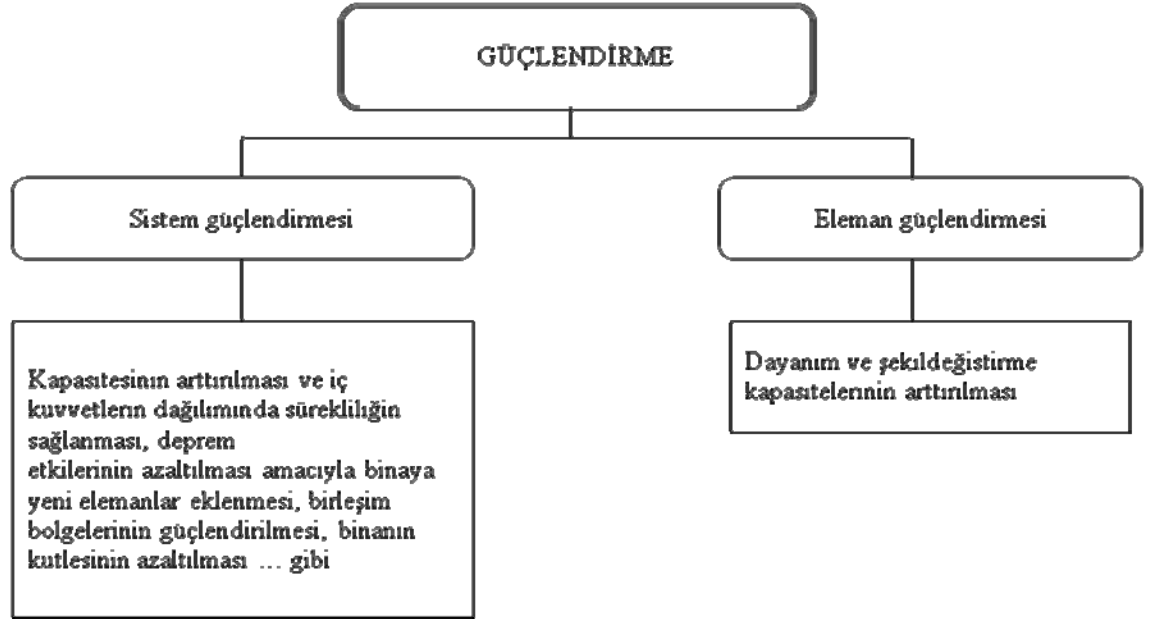
— **Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Yerinde Dökme Betonarme Perdeler ile**

Güçlendirilmesi

- Çerçeve Düzlemi İçinde Betonarme Perde Eklenmesi
 - Çerçeve Düzlemine Bitişik Betonarme Perde Eklenmesi
 - Betonarme Sisteme Yeni Çerçeveler Eklenmesi
- **Betonarme Sistemin Kütlesinin Azaltılması**

3.4.2. Betonarme Binalarda Güçlendirme Yöntemleri

Güçlendirme yöntemleri genel olarak iki başlık altında incelenmektedir. Bunlar; Sistem Güçlendirmesi ve Eleman Güçlendirmesidir. Her iki tür de birçok alt tekniklere ayrılmaktadır. Mevcut bir yapıda güçlendirme yapılabilmesi için öncelikle yapının zayıflıkları belirlenmeli, sonra da yapıdan beklenen performans seviyesine getirilmesi için güçlendirme stratejileri belirlenerek bu hedefleri sağlayacak yöntemler seçilmelidir.



Şekil 3.7 Güçlendirme Türleri

3.4.2.1. Sistem Güçlendirmesi

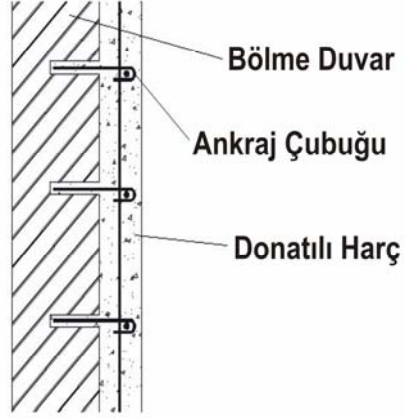
Binanın taşıyıcı sisteminin dayanım ve şekildeğiştirme kapasitesinin artırılması ve iç kuvvetlerin dağılımında sürekliliğin sağlanması, binaya yeni elemanlar eklenmesi, birleşim bölgelerinin güçlendirilmesi, deprem etkilerinin azaltılması amacıyla binanın kütlesinin azaltılması gibi uygulamalardır.

3.4.2.1.1. Dolgu Duvarların Güçlendirilmesi

Çerçeve açıklığında bulunan tuğla, briket v.b. malzemelerden teşkil edilmiş dolgu duvarların her iki yüzüne donatılı harç tabakası ekleyerek, dayanımı ve rijitliği daha yüksek çerçeveler elde etmek mümkündür. Dolgu duvarların güçlendirilmesi yönteminde de kuvvet transferi, mevcut düşey ve yatay taşıyıcılara monte edilmiş ankraj çubukları vasıtasıyla sağlanmaktadır. Ankraj çubukları düzenlenirken, deprem

kuvvetlerinin çerçeve içi transferini sağlayacak basınç çubuğu oluşumunun sağlanması gerekmektedir.

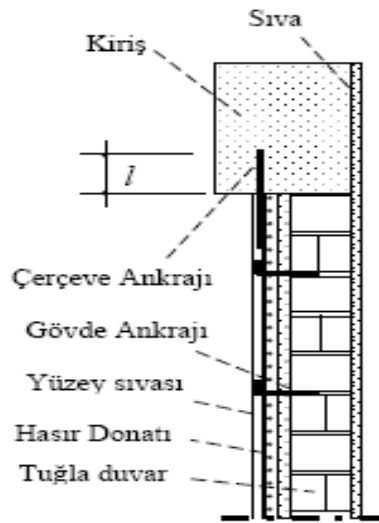
Donatılı harç tabakası ile mevcut duvarın birlikte çalışması amacıyla, duvara dik yönde ve ayrıca yatay ve düşey yönlerde kolon ile kirişlere ankraj çubukları teşkil edilmesi gerekmektedir.



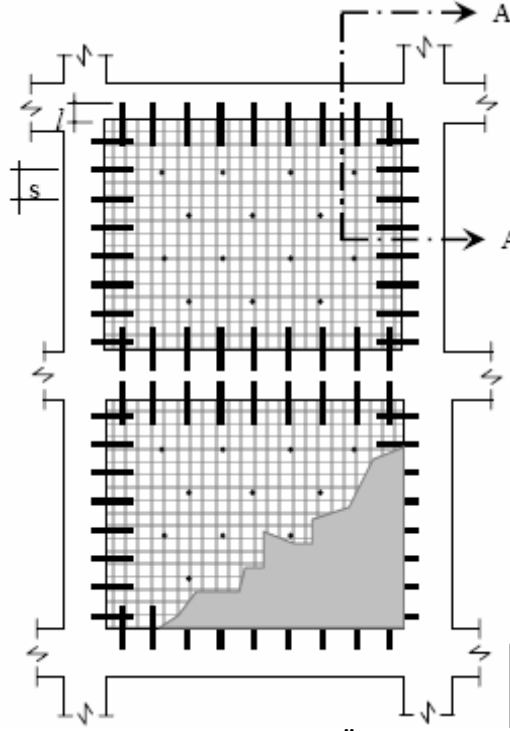
Şekil 3.8 Dolgu Duvar Güçlendirmesi

3.4.2.1.2. 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 3.9), (TDY 2007 7F.2.).



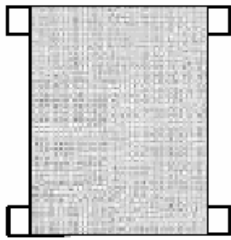
Şekil 3.9 Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva ile Güçlendirilmesi



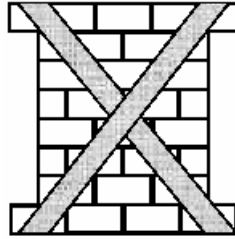
Şekil 3.10 Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva ile Güçlendirilmesi

3.4.2.1.3. Dolgu Duvarlarının Lifli Polimerler ile Güçlendirilmesi

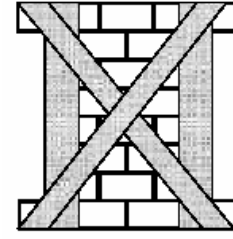
Dolgu duvarlar, depremde sistemin aşırı deplasman yaparak enerji sönmlemesi yerine bu enerjiyi kendi bünyelerinde sönmleyerek binaların yıkılmasını zorlaştırır. Dolgu duvarlarda güçlendirme işlemi için çeşitli şekillerde uygulama seçenekleri mevcuttur. Dolgu duvarlara yapılan LP uygulama biçimleri Şekil 3.11’ de gösterilmektedir.



Tamamı
Sarılmış

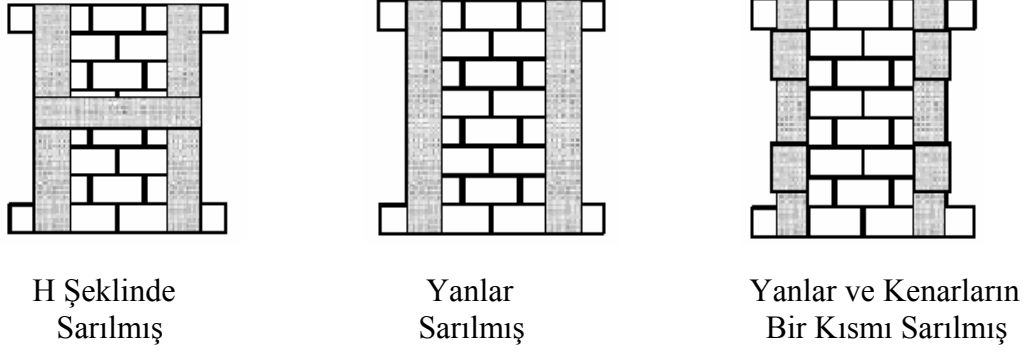


X Şeklinde



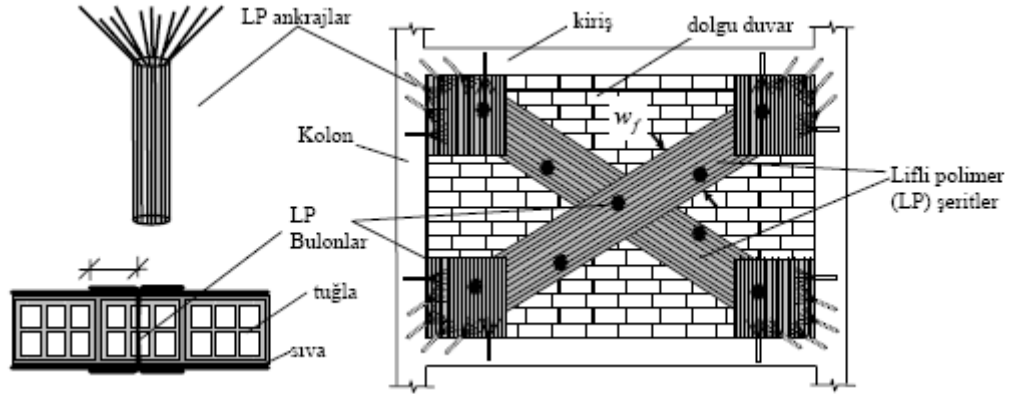
Yanlar Sarılmış
ve X şeklinde

Şekil 3.11 Dolgu duvarlara yapılan LP uygulama şekilleri



Şekil 3.11 devamı Dolgu duvarlara yapılan LP uygulama şekilleri

Uzunluğunun yüksekliğine oranı 0.5 ile 2 arasında olan dolgu duvarların rijitliği ve kesme dayanımı, duvar yüzüne uygulanan lifli polimerler (LP) ile arttırılabilir (Şekil 3.12). 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 (TDY 2007 7F.3.).



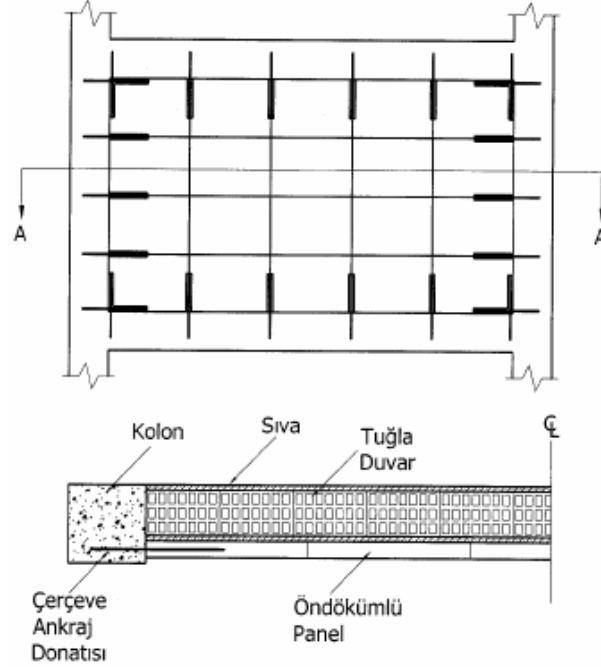
Şekil 3.12 Dolgu Duvarlarının Lifli Polimerler ile Güçlendirilmesi



Şekil 3.13 Dolgu Duvarlarının Lifli Polimerler ile Güçlendirilmesi

3.4.2.1.4. Dolgu Duvarların Prefabrike Beton Paneller ile Güçlendirilmesi

Dolgu duvarlarının kesme dayanımı ve rijitliği ön dökümlü beton panel elemanlar kullanılarak arttırılabilir (Şekil 3.14). 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 3.14 Dolgu Duvarların Prefabrike Beton Paneller ile Güçlendirilmesi

3.4.2.1.5. 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.

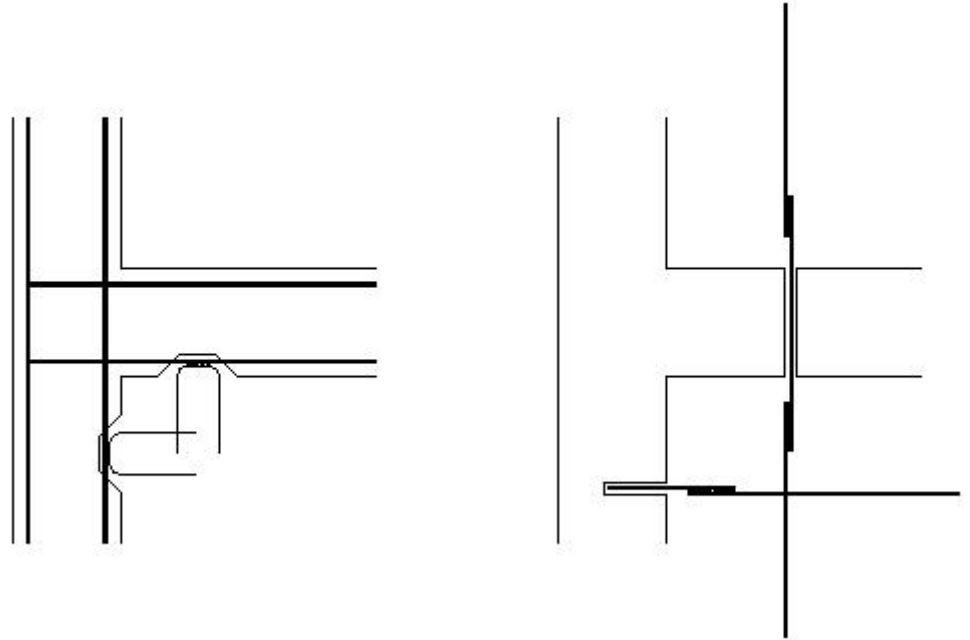
3.4.2.1.5.1. Çerçeve Düzlemi İçinde Betonarme Perde Eklenmesi

Yapıya yeni perde duvarlar ekleyerek güçlendirme teknikleri, mevcut yapıların yanal dayanımlarını arttırmakta ve kat arası göreceli ötelemeleri sınırlamakta son derece etkili olmaktadır.

Yanal dayanımı zayıf binalarda tercih edilen bu güçlendirme metodu aynı zamanda yapı stabilitesini bozabilecek kesme göçmesine meyilli gevrek elemanların bulunması durumunda da, ötelenmeleri sınırlayarak gevrek elemanların kesme yükünü hafifletmek amacıyla da kullanılabilir. Perdelerin plandaki konumu belirlenirken mümkün olduğu kadar düzenli bir yapı sistemi oluşturulmalı, yada mevcut düzensizlikleri giderici yönde çözümler üretilmelidir. Ayrıca yapı ile yeni elemanların birlikte çalışmasını sağlayacak detayların üretilmesi ve ek perdelerden aktarılan ilave zorlamaların, mevcut elemanlara olan etkisinin de incelenmesi gerekmektedir.

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.

Perdeler, yerleştirilecekleri çerçeveye ankraj çubukları ile bağlanarak birlikte çalışmaları sağlanmaktadır. Bu bağlantı elemanlarının tasarımında deprem etkileri altında mevcut yapı elemanı ile yeni eklenen perde arasında oluşacak kayma gerilmelerine karşı yeterli güvenliğin sağlanması dikkate alınmakta ve gerekli donatı miktarı sürtünme kesmesi ilkeleri esas alınarak belirlenmektedir. Eski ve yeni betonun ara yüzüne dik yönde, kesme kuvvetlerini aktarabilmesi için mevcut betonda açılacak yuvalara yerleştirilecek demir filizlerinin, yüksek dayanımlı ve geniş çimentolu harç ile yerleştirilmesi gerekir.

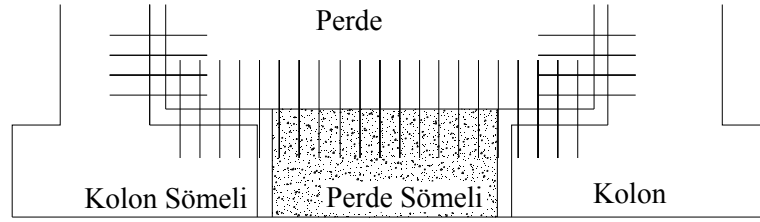


Şekil 3.15 Perde ekleme yönteminde kullanılan ankraj detayları

Çerçeve içine perde eklemek suretiyle yapılan güçlendirmede önem arz eden hususlardan biri, ek elemanların yarattığı gerilmeleri zemine aktarabilecek

temellerin inşa edilmesidir. Perdenin oturacağı temelin, perdeden aktarılan yükleri taşıyacak şekilde münferit olarak imal edilmesi mümkün olduğu gibi, perde temelinde oluşabilecek dış merkezliği azaltmak amacıyla perde temeli komşu kolonları içerecek şekilde de düzenlenebilir.

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 3.16).



Şekil 3.16 Takviye perde duvar temel detayı

Perdelerin onarım ve güçlendirilmesinde dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. Güçlendirme perdelerinin tasarımında göz önünde tutulması gereken temel ilkeler ve bu ilkeler doğrultusunda oluşturulan öneriler şu şekilde sıralanabilir:

- ✓ Güçlendirme perdelerinin konumları binanın mimari tasarımı ile uyumlu olmalı, fonksiyonlarını engellememeli, tesisatın yoğun olarak bulunduğu duvarların güçlendirme perdesine dönüştürülmesinden sakınılmalıdır.

- ✓ Güçlendirme perdelerinin sayısı ve plandaki yerleşimi yapıya yeterli düzeyde dayanım ve burulma rijitliği sağlayabilmelidir.

- ✓ Perdelerin düzenlenmesinde, perde temellerinin gerçekçi ve ekonomik olarak tasarımı da göz önünde tutulmalıdır.

- ✓ Yapı sistemine eklenecek betonarme perdelerin mevcut taşıyıcı sistem ile bütünleşmesi ve mevcut yapıdan bu güçlendirme elemanlarına kuvvet aktarılması sağlanmalıdır. Bu amaca yönelik olarak bazı önlemlerin alınması uygun olmaktadır.

Güçlendirme perdeleri, mümkün olduğu oranda, mevcut taşıyıcı sistemin çerçeve eksenlerine merkezi olarak yerleştirilmelidir. Güçlendirme perdelerinin dışmerkez olarak oluşturulmaları halinde, mevcut yapı sistemi ile güçlendirme perdesi arasındaki kuvvet aktarımını sağlamak amacıyla ek önlemler alınması gerekli olabilir.

Yatay deprem etkilerinin bir bölümünün mevcut yapı sisteminden güçlendirme perdelerine aktarılmasına katkı sağlamak üzere, mevcut çerçeve kirişlerini perdeye bağlayan düşey ankraj çubuklarından yararlanılmalıdır. Böylece, perde uçlarındaki mevcut yapı kolonlarının düşey donatısı ile birlikte, bu ankraj çubuklarının sağladığı kesme sürtünmesi ile deprem etkilerinin güçlendirme perdesine aktarılması mümkün olabilmektedir.

Güçlendirme perdesinin uçlarındaki mevcut bina kolonlarının perde uç bölgesi olarak davranmalarını ve böylece perdenin mevcut bina taşıyıcı sistemi ile bütünleşmesini sağlamak amacıyla, perdeyi bu uç kolonlarına bağlamak üzere, yatay ankraj çubukları kullanılmalıdır. Bu ankraj çubukları, ölü yüklerden oluşan kolon aksel kuvvetinin ve kolon düşey donatısının sağladığı aksel kuvvet kapasitesinin güçlendirme perdesine aktarılması için yeterli olmalıdır.

Güçlendirme perdesinin uç bölgesi konumundaki mevcut yapı kolonlarının aksel basınç kuvvetinin ve mevcut boyuna donatısının, perde eğilme momentinden oluşan uç kuvvetlerinin dengelenmesi için yeterli olmaması durumunda, söz konusu kolonların çevresinde bir manto oluşturulmalı ve artık çekme kuvvetlerinin aktarılması için gerekli olan ek donatı bu manto betonu içine yerleştirilmelidir.

✓ Güçlendirme perdelerinin, temelden başlayarak perde üst kotuna kadar sürekli olması sağlanmalıdır. Bu amaçla, perde uç donatıları perde yüksekliği boyunca sürekli olarak devam ettirilmelidir.

✓ Perde temeli, güçlendirme perdesinden ve perde ucundaki mevcut yapı kolonlarından aktarılan düşey yükleri ve eğilme momentlerini güvenle temel zeminine aktaracak şekilde boyutlandırılmalıdır. Perde temelının mevcut yapı temelleri ile bütünleşmesi için gerekli önlemler alınmalıdır. Büyük dışmerkezlilik etkisindeki perde temellerinin ekonomik olarak tasarımı için, perde dolaylarındaki mevcut yapı kolonlarının perde temeli ile bütünleşmesi ve böylece söz konusu kolonların aksel yüklerinin de perde temeline aktarılması sağlanmalıdır.

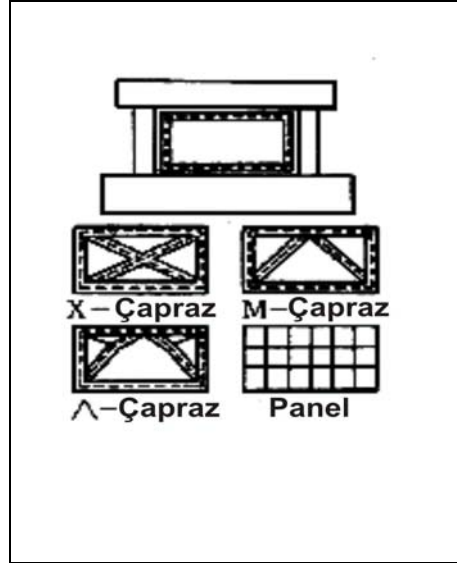
✓ İlave perde kalınlığı en az 10 cm, flanş kalınlığı ise en az 15 cm olmalıdır.

✓ Hem düşey hem de yatay toplam donatının toplam brüt beton alanına oranı 0,0025'den (binde iki buçuk) az olmamalıdır.

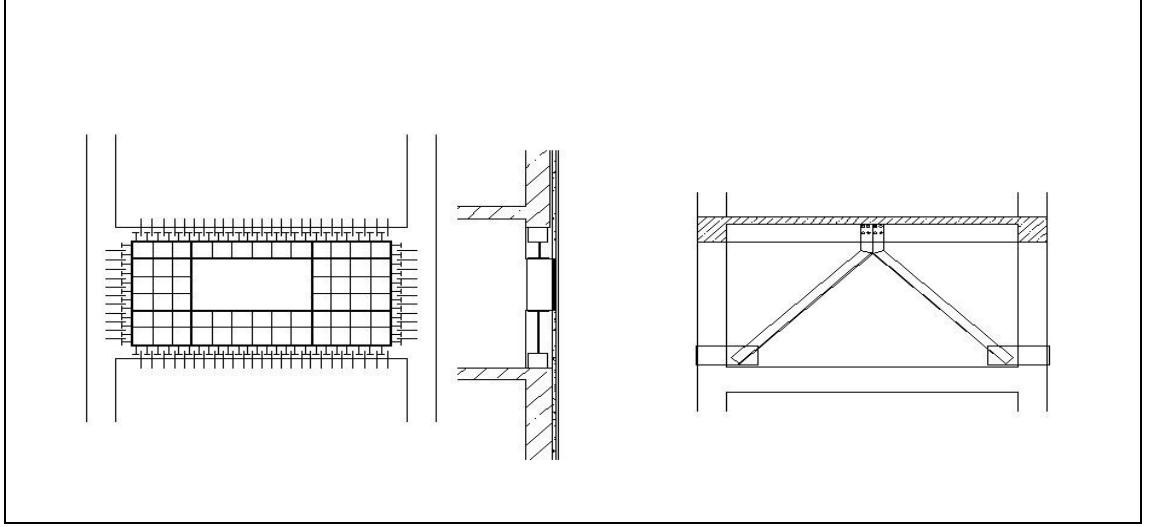
✓ Perde ucundaki etriyelerin çapı 8 mm'den ve o bölgedeki boyuna donatı çapının 1/3'ünden ince olmamalıdır. Aralıkları ise uçtaki betonun et kalınlığından ve 15 cm'den fazla olmamalıdır.

3.4.2.1.5.2. Çerçevelerin Çelik Elemanlarla Güçlendirilmesi

Betonarme çerçeve sistemlerinin sismik performanslarını arttırmak için çelik elemanlar kullanımı son yıllarda gündeme gelmiş bir yöntemdir. Çelik elemanlarla güçlendirme yapının deprem anındaki yanal deplasmanlarını azaltacağı gibi enerji yutma kapasitesini de arttırmaktadır. Bu yöntemle, çerçeve açıklığı içerisine çelik çaprazlar ya da çelik profillerden teşkil edilmiş paneller yerleştirilmektedir (Şekil 3.17). Söz konusu metotla yapılan güçlendirmede yapı ağırlığı, eklenen elemanlarla çok değişmediğinden yapıya etkiyen deprem kuvvetinde de önemli bir artışa sebep olmadan yanal rijitliği arttırmak mümkün olmaktadır.

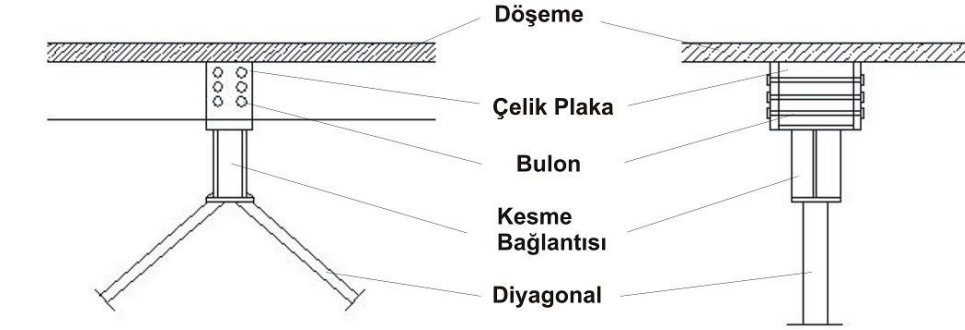


Şekil 3.17 Çelik elemanlarla yapılan güçlendirme teknikleri

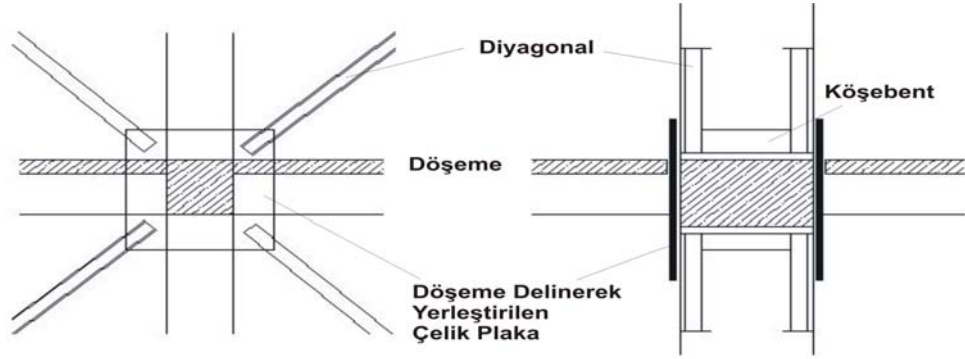


Şekil 3.18 Çerçeve açıklığının çelik elemanlarla güçlendirilmesi

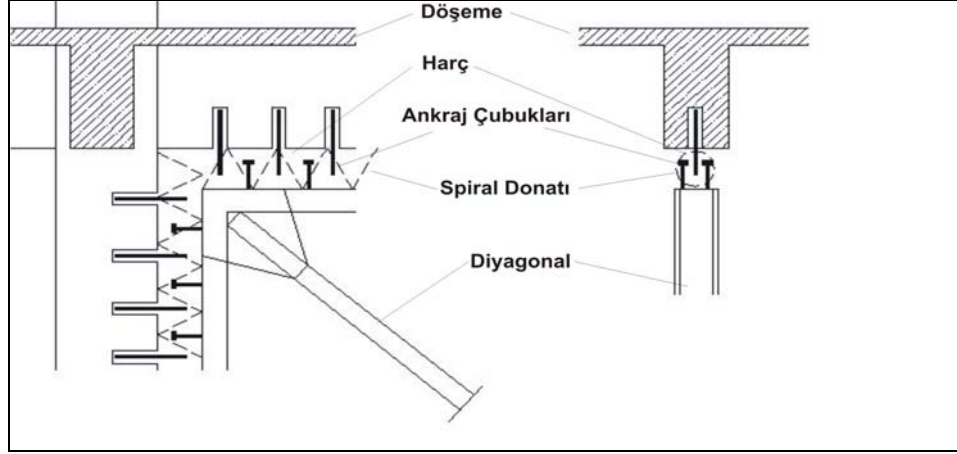
Bu metotla yapılacak güçlendirmede, çelik çerçevenin betonarme sistemle bir bütün olarak çalışması için uygun bağlantı detaylarına ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, söz konusu uygulama son derece önemlidir ve titizlikle uygulanmalıdır. Zira çelik çerçeve ile mevcut yapı elemanları arasında kalabilecek boşluklar bu noktalarda gerilme birikimine ve hatta çelik elemanların burkulmasına sebep olmaktadır.



Diyagonal kesme bağlantısı detayı



X diyagonal düğüm bağlantı detayı



Şekil 3.19 Çerçeve açıklığına bulonlu çelik diyagonal elemanlar yerleştirilmesi ve Spiral donatılı bağlantı detayı

3.4.2.1.5.3. Çerçeveye Bitişik Perde Eklenmesi

Yapıya yeni perde duvarlar ekleyerek güçlendirme teknikleri, mevcut yapıların yanal dayanımlarını arttırmakta ve katarası göreceli ötelemeleri sınırlamakta son derece etkili olmaktadır. Yanal dayanımı zayıf binalarda tercih edilen bu güçlendirme metodu aynı zamanda yapı stabilitesini bozabilecek kesme göçmesine meyilli gevrek elemanların bulunması durumunda da, ötelenmeleri sınırlayarak gevrek elemanların kesme yükünü hafifletmek amacıyla da kullanılabilir. Perdelerin plandaki konumu belirlenirken mümkün olduğu kadar düzenli bir yapı sistemi oluşturulmalı ya da mevcut düzensizlikleri giderici yönde çözümler üretilmelidir. Ayrıca yapı ile yeni elemanların birlikte çalışmasını sağlayıcı detayların üretilmesi ve ek perdelerden aktarılan ilave zorlamaların, mevcut elemanlara olan etkisinin de incelenmesi gerekmektedir.

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.

3.4.2.1.6. Betonarme Sisteme Yeni Çerçeveler Eklenmesi

Yapı dışına uzaysal çerçeve ekleme yöntemi sistem bazında bir güçlendirme olup yapının yanal yük kapasitesini arttırmaya yönelik olarak uygulanmaktadır. Ayrıca

yapıya bütün anlamda süneklik kazandırmak da mümkün olmaktadır. Bu güçlendirme yöntemi içeriden müdahale edilemeyecek ve kullanım açısından önemli açıklıkların bulunması durumunda tercih edilmektedir. Bu metodun uygulanabilmesi için yapı çevresinde yeterli alanın bulunması gerekmektedir.

Çerçeve eklenerek yapılacak güçlendirmede, yeni ile eski çerçevenin bağlantı detayları ve birbirleriyle olan etkileşimi, kesmenin döşemeler arasındaki aktarımı gibi kuvvet transferi ile ilgili unsurlara dikkat edilmelidir. Gerilme iletiminin sağlanması açısından mevcut elemanla yeni elemanın donatıları kaynaklanmalı ya da bunun kadar etkili bir yöntem kullanılmalıdır. Eklenen çerçevenin kat seviyeleri ve kolon boyları var olan çerçeve ile uyumlu olmalıdır.

3.4.2.1.7. Betonarme Sistemin Kütlesinin Azaltılması

Kütle azaltılması bir yapı güçlendirme yöntemi değildir. Yapıya etkileyen deprem kuvveti kütle ile orantılı olduğundan, bazı durumlarda yapının hafifletilmesi uygun ve etkili bir çözüm olmaktadır. En etkili kütle azaltılması türleri yapının birkaç katının kaldırılması, bölme duvarların ve kaplamaların hafifletilmesi, ağır tesisat malzemelerinin zemine indirilmesi gibi yöntemler düşünülmektedir. Binanın hafifletilmesi ile sismik yükler azaltıldığı gibi yapının periyodu da değişmektedir.

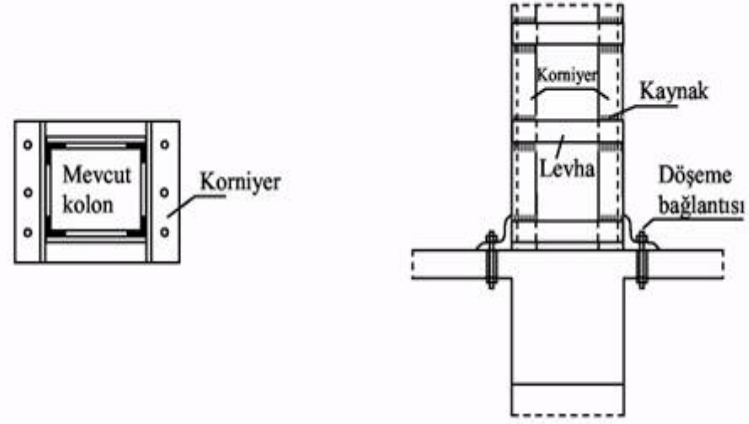
3.4.2.2. Eleman Güçlendirmesi

Binanın kolon, kiriş, perde, birleşim bölgesi gibi deprem yüklerini karşılayan elemanlarında dayanım ve şekildeğiştirme kapasitelerini arttırmaya yönelik yapılan uygulamalardır.

3.4.2.2.1. Kolonların Sarılması

3.4.2.2.1.1. Çelik Sargı

Kolonun dört köşesine çelik köşebent yerleştirerek ve bunları enine ve/veya boyuna levhalarla birbirine kaynaklamak suretiyle yapılan güçlendirmedir. Plakalar ile kolon arasına aderans sağlayıcı harç sürülerek uygulanan bu yöntem kolonun aksenal yük kapasitesine ve kesme kapasitesine katkı sağlamaktadır.



Şekil 3.20 Kolonda Çelik sargı

Kolon aksenal yük kapasitesinin arttırılmasının gerekli olduğu durumlarda, köşe korniyerlerinin, döşemelerde açılan deliklerden geçirilerek sürekli olması sağlanmaktadır. Ayrıca basınç aktarımının sağlanması ve gerilme birikiminin önlenmesi açısından döşemelere başlık plakası teşkil edilmesi gerekmektedir. Çelik manto ile güçlendirme uygulamasında bindirmeli eklerin zayıflıklarının giderilmesi için ise sargı boyunun bindirme bölgesi boyundan daha uzun olması ve bu bölgede plakaların bulonla sıkıştırılması gerekmektedir. Çelik sargı yapıldığında, katlar arası süreklilik sağlanamadığı için kolonun eğilme kapasitesinde de bir katkı sağlanmadığı bilinmektedir (Şekil 3.21).



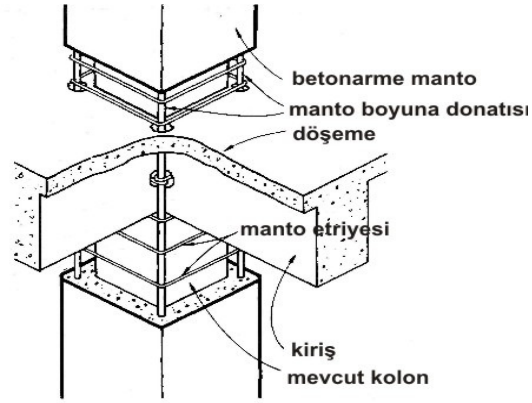
Şekil 3.21 Çelik Mantolama ile Yapının Güçlendirilmesi

3.4.2.2.1.2. Betonarme ile Sargı (Mantolama)

Kolon kapasitesinin arttırılması amacıyla kolonun bütün çevresinde betonarme kesit arttırma işlemine **mantolama** adı verilmektedir. Betonarme kolonun

betonarme elemanlarla onarımı ya da güçlendirilmesi, kolonun beton enkesitinin ve boyuna donatısının artırılmasıdır. Mantolamanın temel amacı, kolonun düşey yük taşıma kapasitesini arttırarak düşey yüklere karşı daha güvenli hale getirmektir.

Kolonun sünekliğinin geliştirilecek olması durumunda manto sargısı alt döşemenin 1-5 cm üzerinde başlayıp, üst döşemenin de aynı miktarda aşağısında sonlanmaktadır. Ancak süneklik yanında dayanımın da geliştirilmesinin gerektiği hallerde ise büyütülen kolona eklenen boyuna donatıların katlar arasında sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir. Donatı sürekliliği, döşemelerde açılan deliklerden donatıların geçirilmesi suretiyle sağlanmaktadır (Şekil 3.22).



Şekil 3.22 Kolonun Betonarme ile mantolanması

Mevcut kolon ile yeni dökülecek manto betonunun aderansının yüksek olabilmesi için mevcut kolonun donatıları ortaya çıkıncaya kadar kabuk betonu kırılmalıdır. Betonarme sargı gerek yatay, gerekse düşey donatının yerleştirilmesi, beton dökülmesi ve minimum pas payının sağlanması için yeterli kalınlıkta olmalıdır. En az sargı kalınlığı 100 mm'dir. Betonarme sargı alt kat döşemesinin üstünde başlar ve üst kat döşemesinin altında sona erer.



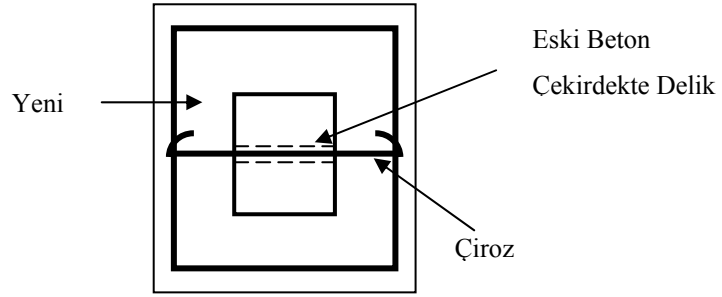
Şekil 3.23 Kolonun Betonarme ile mantolanma uygulaması

Mantolama ile kolonun hem aksenal yük kapasitesi hem de sünekliliği artarken, manto içerisine yerleştirilen boyuna donatıların katlar arasında sürekliliği sağlanırsa, kolonun eğilme kapasitesi de artabilmektedir.

Mantolamada dikkat edilmesi gereken noktalar eski ve yeni betonun kaynaştırılması ve yeni boyuna donatı ile eski boyuna donatının ankrajıdır.

- Manto yüksekliği boyunca kat hizalarında kirişle kesişen bölgelerde düğüm noktalarının da güçlendirilmesi açısından kirişlere de ankraj çubukları yerleştirilmesi gerekmektedir.

- Kolon mantolamasında, eski ve yeni beton kütlelerinin bir bütün olarak çalışması ve birbirleri içerisinde kuvvet aktarımının sağlanması yapılan güçlendirme uygulamasının performansını doğrudan etkilemektedir. Bu sebeple, yüzey hazırlığının performansa olan etkisi göz önüne alındığında, eski ve yeni betonun kaynaşması oldukça önem kazanmaktadır (Şekil 3.24).



Şekil 3.24 Beton sargıda eski ve yeni betonun kaynaştırılması

3.4.2.2.1.3. Kolonların Lifli Polimer (LP) ile Sarılması

Ülkemizde son yıllarda yaygın olarak kullanılan güçlendirme yöntemlerinden birisi, Lifli Polimer(LP) ile taşıyıcı elemanları sargılamaktır. Lifler cam, karbon ya da aramide denilen malzemelerden yapılabilmekte ve epoksi harcı ile elemana yapıştırılmaktadır. Liflerin en önemli özelliği liflere paralel yönde çekme dayanımlarının çok yüksek olması ve kopma gerilmesine kadar doğrusal elastik davranmasıdır. Lifli polimer ile sargı uygulamasında kolonların kesme dayanımı, aksenal basınç dayanımı ve sünekliliğini arttırılabildiği gibi yetersiz bindirme boyu hatalarından dolayı oluşan davranış bozuklukları da giderilmektedir.

LP sargılama ile yapılan güçlendirmelerde tam sargı (tüm kesit çevresinin sarılması) yöntemi kullanılmalı ve sargı sonunda en az 200 mm bindirme yapılmalıdır.

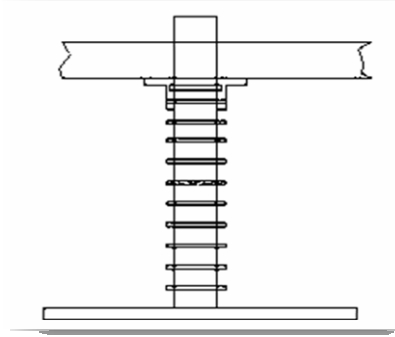
LP sargısı dikdörtgen kolonlarda kolon köşelerinin en az 30 mm yarıçapında yuvarlatılması ile uygulanır.



Şekil 3.25 Kolon güçlendirmesinde lifli polimer (LP) ile sargı

3.4.2.2.1.4. Kolon Kapasitelerinin Arttırılması

Betonarme kolonların güçlendirilmesi onların aksenal yük, moment ve kesme kuvveti taşıma güçlerinin arttırılmasıdır. Bu işlem genellikle ya betonarme kesitin arttırılması, kolona yeni donatılı en kesit eklenmesi ya da kolonun çelik bir kafes içine alınarak betona yandan destek verilerek taşıma gücünün arttırılmasıdır.



Şekil 3.26 Kolon kapasitesinin arttırılması

Kolonların onarım ve güçlendirilmesinde uygulamada ve proje aşamalarında bazı hususlara dikkat edilmelidir. Mantolama ile kolon güçlendirmesinde kesit ve donatı miktarının hesabında gereken enkesit hesabı için seçilen et kalınlığının taşıyabileceği yük ile donatının taşıyabileceği yük hesaplanmalıdır. Güçlendirme yapılan kolonda kullanılacak betonun agrega boyutları, betonun donatılar arasına girip aderansı sağlayabilmesi açısından, en büyük dane çapı et kalınlığının yarısından fazla olmamalıdır. Boyuna donatının toplam yüzdesi %1'den az olmayacağı gibi %1'den de

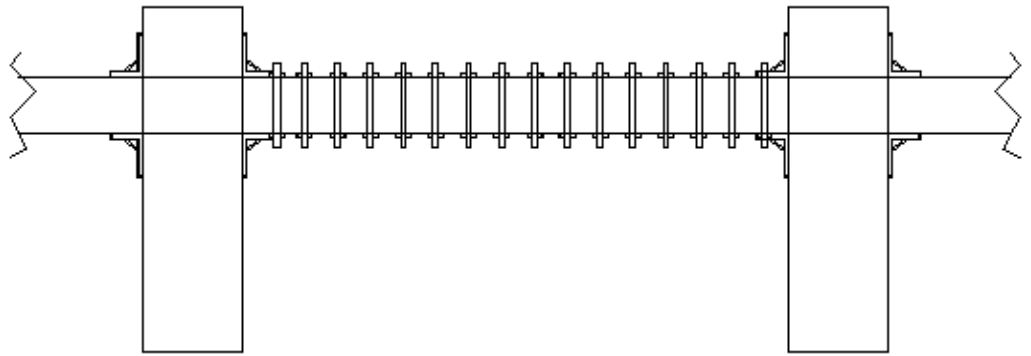
fazla olmamalıdır. Kolon güçlendirilmeleri kolonların yükleri boşaltıldıktan sonra yapılmalıdır. Kolon yükünün askıya alınarak yapıldığı güçlendirmelerde yapılan mantolamanın %80 etkili olduğu, kolon yükünün askıya alınmadan yapılan güçlendirmelerde ise yapılan mantolamanın %50 etkili olduğu bu konuda yapılmış olan deneylerde gözlenmiştir.

3.4.2.2. Kirişlerin Sarılması

3.4.2.2.1. Kiriş Kapasitelerinin Arttırılması

Betonarme kirişler genel olarak iki biçimde (eğilme ve kesme) göçme davranışı sergilemektedir. Kesme göçmesi ani ve gevrek bir kırılmaya sebep olmaktadır, bu yüzden betonarme kirişlerin, eğilme kapasitesine ulaşarak sünek bir biçimde göçmesi istenmektedir. Bu amaçla, yetersiz dayanıma sahip, perdeler arasında açıklığı nispeten az ya da sonradan eklenen perdeler sebebiyle haddinden fazla zorlanan kirişlerin bulunması durumunda bu elemanların güçlendirilmesi gerekmektedir. Günümüzde uygulanan güçlendirme yöntemleri genel olarak bu kusurları gidermeye yöneliktir. Kirişlerin güçlendirilmesinde en sık kullanılan yöntemler; betonarme sargı (mantolama) ile güçlendirme, çelik sargı ile güçlendirme ve lifli polimerler ile sargılamadır.

Hasar gören veya dayanım ve rijitliği yeterli olmayan kirişler değişik şekilde onarılır ve güçlendirilir. Bu işlem sırasında komşu kolonları da göz önüne alarak kuvvetli kiriş zayıf kolon türünden birleşim bölgesinin meydana getirilmemesine özen gösterilmelidir. Güçlendirme yöntemlerinin bazılarında sadece kesme kuvvet kapasitesi artmakta, eğilme kapasitesinde artış görülmemektedir. Güçlendirme türü hasarın seviyesine (çatlama, beton, ezilmesi, donatı sıyrılma ve kopması) bağlı olarak değişir.



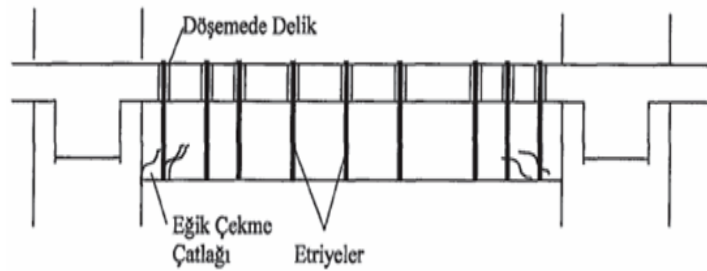
Şekil 3.27 Kiriş kapasitesinin arttırılması

Depremde hasar görmüş betonarme yapı elemanlarından olan kirişlerin onarım ve güçlendirilmesinde uygulama ve proje v.b. aşamalarında dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. Onarım ve güçlendirme yapılacak kiriş krikolar yardımı ile askıya alınarak üzerindeki yük boşaltılmalıdır. 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 ya da eski betonda kesme yuvaları oluşturularak kenetlenme yüzeyi artırılır.

Kirişlerin güçlendirilmesinde dikkat edilecek bir 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 sünekliği açısından istenmeyen bir durumdur.

3.4.2.2.2. Dıştan Etriye Eklenerek Kirişlerin Sarılması

Kesme dayanımı yetersiz olan kiriş mesnet bölgelerinde gerekli sayıda etriye çubuğu kirişin iki yüzüne dıştan eklenir. Kiriş altına yerleştirilen bir çelik profile bulonla bağlanan çubuklar, üstteki döşemede açılan deliklerden geçirilerek döşeme üst yüzeyinde açılan yuvanın içine bükülerek yerleştirilir. Daha sonra betonda açılan boşluklar beton ile doldurulur. Bu yöntem aynı esaslarla farklı detaylar kullanılarak da uygulanabilir.

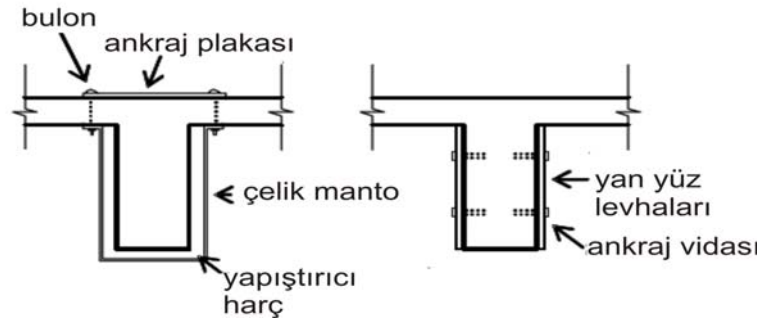


Şekil 3.28 Dıştan Etriye eklenmesi

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

3.4.2.2.2.3. Çelik ile Sargı Yapılarak Kiriş Güçlendirmesi

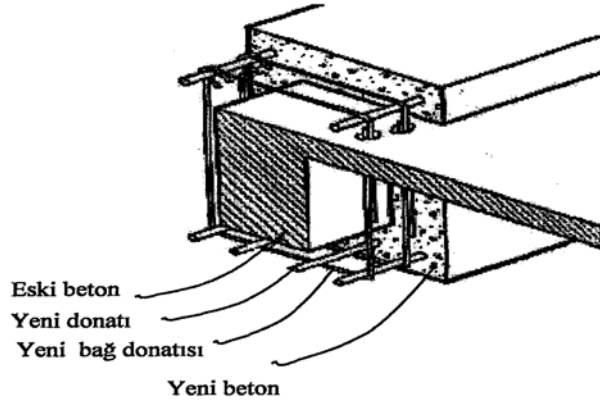
Kesme dayanımı yetersiz olan kiriş mesnet bölgelerinde gerekli sayıda etriye çubuğu kirişin iki yüzüne Şekil 3.29’da gösterildiği gibi dıştan eklenmektedir. Kiriş altına yerleştirilen bir çelik profile bulonla bağlanan çubuklar, üstteki döşemede açılan deliklerden geçirilerek döşeme üst yüzeyinde açılan yuvarın 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 3.29 Çelik ile kiriş güçlendirilmesi

3.4.2.2.2.4. Beton ile Sarılması (Mantolama) ile kirişlerin güçlendirmesi

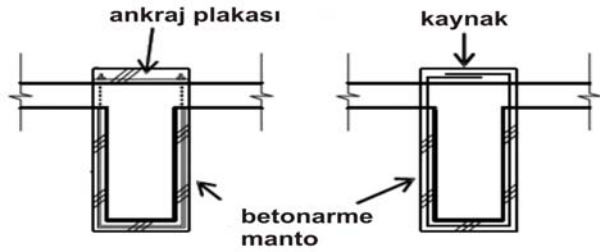
Betonarme sargı oldukça sık kullanılan bir yöntemdir. Mevcut kirişe yeni donatılar ve etriyeler eklenip en kesit alanının genişletilmesi suretiyle uygulanmaktadır. Yeni eklenen enine ve boyuna donatılar ile kirişin kesme ve eğilme kapasitesi geliştirilmektedir (Şekil 3.30). Betonarme manto ile sargılama yönteminde performans, eski ve yeni kesitin birlikte çalışması ve kuvvet aktarımının sağlanabilmesi açısından önem kazanan yüzey hazırlığı çalışması ile elde edilir. Bu nedenle kirişin kabuk betonu kaldırılarak epoksi ile kesite agrega yapıştırılması ya da kesitte kesme yuvaları oluşturulması gerekir.



Şekil 3.30 Betonarme sargı ile kiriş güçlendirmesi

Performans açısından ikinci önemli konu ise uygulama tipi ve ankraj detayıdır.

Kirişin eğilme dayanımının artırılmasının gerektiği durumlarda kiriş mantosu ve boyuna donatılar kolonların içine açılan deliklerden geçirilerek sürekli olarak devam ettirilmektedir. Sadece kesme kapasitesinin artırılmasının söz konusu olduğu durumlarda ise sargılama, kolon yüzünde 1-2 cm boşluk bırakılarak sonlandırılmaktadır. Enine donatının ankrajı da, döşemelerden açılan deliklerden geçirilerek sağlanmaktadır. (Şekil 3.31)



Şekil 3.31 Betonarme manto ile kiriş güçlendirilmesine ait detay örnekleri



Şekil 3.32 Kiriş mantolama uygulaması yapılan bir kiriş

3.4.2.2.5. Lifli Polimer (LP) ile Sarma

Gelişen teknoloji ile birlikte son yıllarda ortaya çıkan, uygulama açısından kolay ve performans bakımından verimli olan lifli polimerler ile sargı yöntemi kirişlerin güçlendirilmesi amacıyla da kullanılmaktadır. Lifli polimerle güçlendirilen kirişlerde oldukça büyük miktarda eğilme ve kesme kapasitesi artışı sağlanabilmektedir.

3.4.2.2.6. Karbon Lifli Polimerlerle (FRP) Kiriş Kapasitesinin Arttırılması

Kolonlardan sonra yapılarıdaki en önemli taşıyıcı elemanlar kirişlerdir. Döşemeden gelen yükleri kolonlara aktaran elemanlardır. Genellikle kirişin açıklık bölgesinde eğilme, mesnet bölgesinde ise kesme kuvvetine karşı güçlendirme yapılır. Güçlendirmenin belirli esaslara göre yapılması gerekir. Çünkü eğilme bölgesinde yapılacak gereğinden fazla güçlendirme, eğilme donatısı kopmadan basınç bölgesindeki betonun ezilmesine yol açar. Bu kırılma ani, gevrek ve istenmeyen bir kırılma şeklidir. Eğilme bölgesinde meydana gelebilecek bir hasarda; önce kullanılan FRP' nin kopması, daha sonra çeliğin akması ve en sonunda da betonun ezilmesi istenir.

FRP kirişlerin eğilme bölgesinde ise, 45 ve 135 derece açılarla uygulandığı zaman maksimum performans gösterirler. Gereksinime göre kirişin tamamına, iki yanına ya da sadece altına uygulanabilir (Şekil 3.33).



Şekil 3.33 Karbon Lifli Polimerlerle (FRP) kiriş kapasitelerinin arttırılması

Güçlendirmede karbon fiberlerin uygulaması çok kolaydır ve hafif bir sistemdir. Karbon fiberler mükemmel bir lineer elastik davranışa ve yüksek dayanıma sahiptirler.

CFRP kullanmak birçok avantaj sağlar. Servis yüklerinden dolayı oluşan sehimleri azaltır. Yapıya ek bir yük getirmez. Yük taşıma kapasitesi artışı sağlar.

Tekrarlanan yüklemelere karşı dayanımı artırır. Sismik yükler altında süneklik artışı sağlar. Dinamik yüklere ve çarpma etkisine karşı daha yüksek dayanım sağlar. Yapı elemanını klor ve donma-çözülme tekrarlarının zararlı etkilerine karşı koruyarak durabiliteyi artırır.

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



Şekil 3.34 FRP ile eğilmeye karşı dayanımın artırılması uygulaması

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



Şekil 3.35 Karbon lifli şeritlerle kiriş eğilme kapasitelerinin artırılması

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Ulubatlı Hasan İlk Öğretim Okulu'nun 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Değerlendirilmesi

4.1.1. Yapıya Ait Genel Bilgiler



Şekil 4.1. Ulubatlı Hasan İlköğretim Okulu'na ait ön cepheden bir görünüm

2007 Deprem Yönetmeliği, Bölüm7'ye göre değerlendirilecek olan bina; Hatay 'ın Samandağ İlçesine bağlı Deniz Sitesi, Ulubatlı Hasan Sokağı, No:11' de yer almaktadır. Genel görüntüsü Şekil 4.1'de verilen binada yapılan inceleme neticesinde zemin kat + 1 normal kattan oluşmaktadır. Çatısı kiremit ile kaplanmıştır.Yapının kat alanı 730 m²'dir. Yapının taşıyıcı sisteminde perde, kolon, kiriş ve normal döşemeler bulunmaktadır. Döşeme kalınlıkları 10 cm ve kat yüksekliği 3.2 m'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.

Kalıp Planı şekil 4.2.'de görülen yapının projeleri mevcut olup, yapının "Kapsamlı" bilgi düzeyinde olduğuna karar verilmiştir. Buna göre Çizelge 3.2'ye göre "Bilgi Düzeyi Katsayısı" 1.00 olarak alınmıştır. Yapı projesinde BS 16 beton sınıfı ve S220 çelik sınıfı olarak

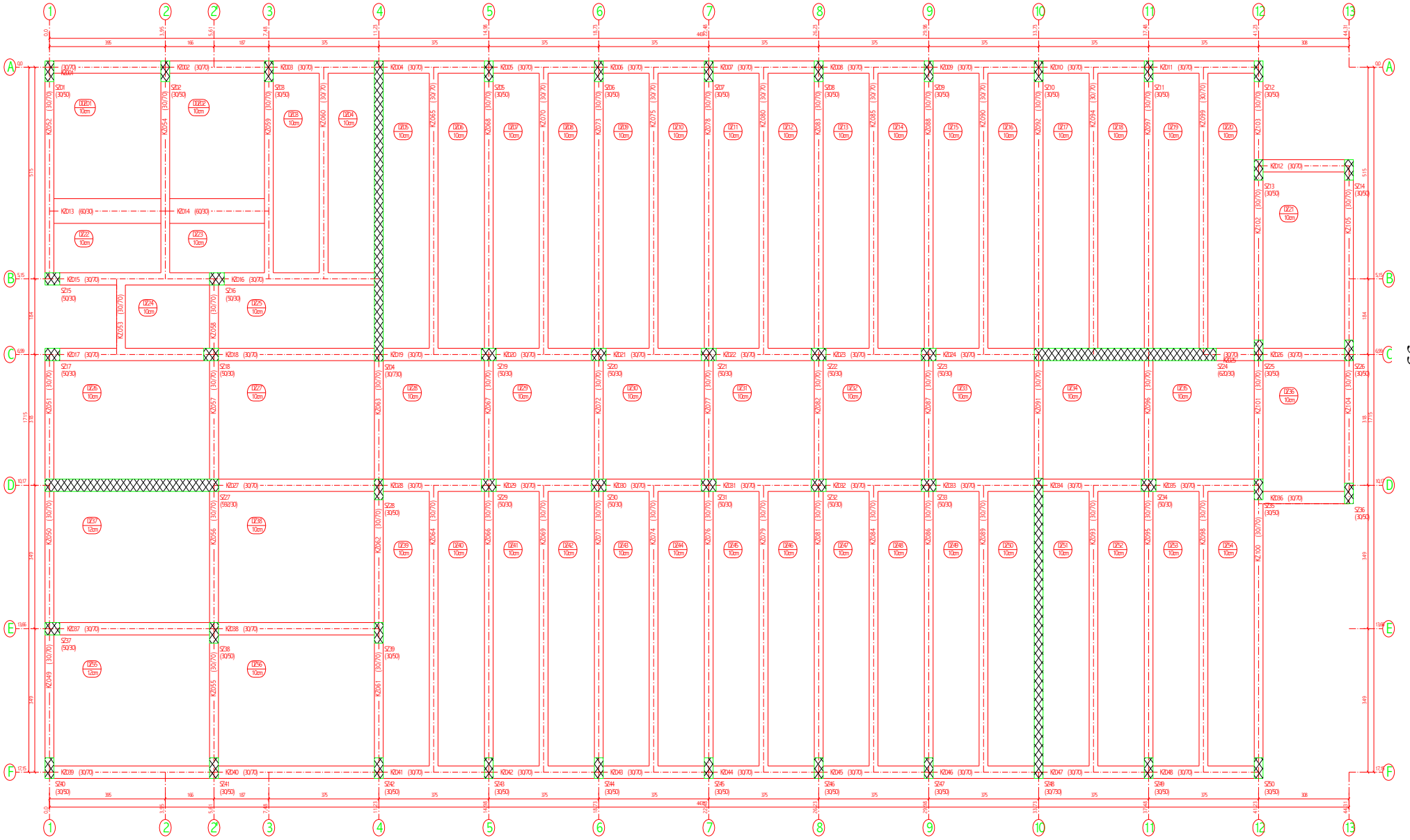
belirtilmiştir. Kat yüksekliği 3.2 m dir. Yapı ile ilgili beton,çelik ve zemin testleri ve incelemeleri yapılmıştır. Binaya ait genel bilgiler Çizelge 4.1’ de ve yapının analizinde dikkate alınan yükler Çizelge 4.2’ de sunulmuştur .

Çizelge 4.1. Binaya Ait 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
Donatı Gerçekleşme Katsayısı	1	Zemin Cinsi	Z4
Mevcut Beton Sınıfı (MPa)	16	Zemin Emniyet Gerilmesi	13 t / cm²
Mevcut Çelik Sınıfı (MPa)	220	Zemin Titreşim Periyodu	0.44 sn
Hedeflenen Perf. Düzeyi		Yataklanma Katsayısı	2500 t / m³
Hemen Kullanım-Can Güvenliği			

Çizelge 4.2. Analizlerde Dikkate Alınan Yükler

Marley kaplama odası	0.148 t/m ²
Fayans kaplama odası	0.170 t/m ²
Karo kaplama	0.212 t/m ²
Düşük döşeme	0.532 t/m ²
Çatı döşemesi	0.149 t/m ²
Merdiven	0.192 t/m ²



Şekil 4.2. Ulubatlı Hasan İlköğretim Okuluna ait Mevcut Kalıp Planı

4.1.1.2. Çelik Sınıfı Tespiti

Çelik numuneler üzerinde yapılan incelemede BÇI kullanıldığı ve çelik kapasite dayanımının 220 MPa'ı sağladığı bulunmuştur. Yapı Kapsamlı bilgi düzeyinde olduğundan yönetmelikte belirtildiği gibi ; çelik kapasite dayanımı, karakteristik akma dayanımına eşit alınacaktır.

4.1.1.3. Beton Sınıfının Tespiti

Özel bir Yapı Test Laboratuvarı tarafından alınan karot numunelerinin analizi sonucunda Çizelge 4.3'te yer alan karakteristik beton basınç dayanımı için değerleri tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3. Ulubatlı Hasan İlk Öğretim Okulu'nun Karot deney sonuçları

Sıra No	Deney No	Dayanım	Kırılma Zamanı	Numunen alındığı yer
1	3302-1	21.38 N/ mm ²	27 sn	1.Kat Perde Aks No:C-(1-3)
2	3302-2	20.52N/ mm ²	32 sn	1.Kat kolon Aks No:C-5
3	3302-3	19.24 N/ mm ²	29 sn	1.Kat perde Aks No:DF-5
4	3302-4	19.57 N/ mm ²	28 sn	1.Kat Kolon Aks No:D-(9-11)
5	3302-5	17.87 N/ mm ²	20 sn	1.Kat Kolon Aks No:D-13
6	3302-6	21.8 N/ mm ²	35 sn	1.Kat Kolon Aks No:F-8
7	3301-7	18.82 N/ mm ²	39 sn	Z.Kat perde Aks No:C-(1-3)
8	3301-8	22.61 N/ mm ²	16 sn	Z.Kat perde Aks No:FD-5
9	3301-9	18.32 N/ mm ²	20 sn	Z.Kat perde Aks No:CA-9
10	3301-10	18.55 N/ mm ²	12 sn	Z.Kat Kolon Aks No:D-9-10
11	3301-11	19.69 N/ mm ²	40 sn	Z.Kat perde Aks No:A-11
12	3301-12	21.32 N/ mm ²	18 sn	Z.Kat kolon E/2-6 Aks

Yapı Kapsamlı bilgi düzeyinde olduğundan Bölüm 3.3.1.1.6' da belirtildiği gibi ;

$$\text{Beton kapasite dayanımı} = \text{Ortalama} - \text{Standart Sapma}$$

şeklinde hesap yapılacaktır.

Çizelge 4.3'e göre Ortalama = 19.97 MPa, Standart Sapma = 3,4 MPa, Beton Kapasite Dayanımı =19.97– 3.4 = 16.57 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.

4.1.1.4. 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 4.4’te sunulmuştur.

Çizelge 4.4. Ulubatlı Hasan İlk Öğretim Okuluna Ait Bazı Kolon Bilgileri

Kolon Adı	Zemin Kat			1.Kat		
	Ölçü	Donatı	Alan (cm ²)	Ölçü	Donatı	Alan (cm ²)
S01	30x50	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31	30x50	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31
S02	30x50	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31	30x50	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31
S08	30x50	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31	30x50	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31
S09	30x50	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31	30x50	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31
S10	30x50	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31	30x50	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31
S11	30x50	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31	30x50	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31
S12	30x50	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31	30x50	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31
S13	30x50	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31	30x50	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31
S14	30x50	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31	50x30	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31
S15	50x30	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31	50x30	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31
S16	50x30	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31	50x30	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31
S17	50x30	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31	50x30	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31
S18	50x30	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31	50x30	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31
S19	50x30	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31	50x30	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31

S22	50x30	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31	50x30	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31
S32	50x30	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31	50x30	2x3ø14+2x1ø14 g,	12,31

4.1.1.5. Mevcut Kiriş Ölçü ve Donatıları

Mevcut kirişlerin donatıları muayeneler yapılarak projeye uygunluğu tespit edilmiştir. Kirişler genellikle 30x70 ebadındadır. Sadece her kattaki K013,K113 (30x60) ve K014,K114 (30x60) kirişleri diğer kirişlere göre farklı ölçülerdedir. Analiz sonucunda kirişlerin güçlendirilip güçlendirilmeyeceğine karar verilecektir. Zemin kata ait mevcut kirişlerin donatı ve ölçüleri Çizelge 4.5’ te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Ulubathı Hasan İlk Öğretim Okuluna Ait Bazı Mevcut Kiriş Donatıları

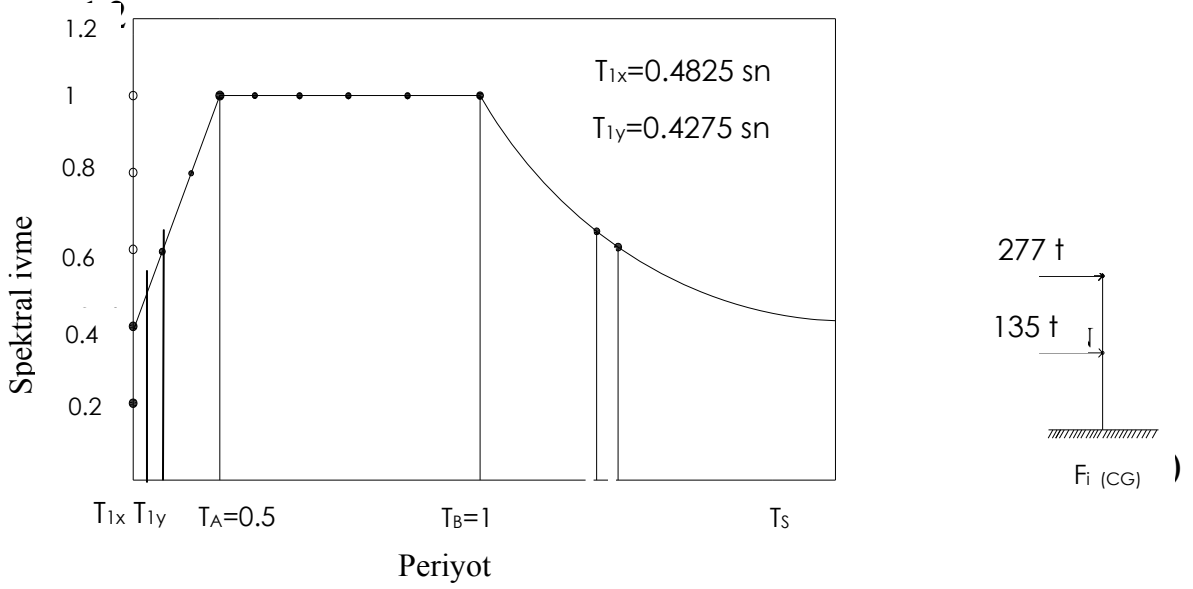
Kiriş No	b/d		Donatı		A _{sü} (cm ²)	A _{sa} (cm ²)
KZ001	30	üst	4ø14mon, + 1ø14sol + 1ø14sag	Sol	10,78	3,39
	70	alt	2ø12duz + 2ø14pilye + 1ø12sol + 1ø12sa	Sağ	15,4	4,52
KZ003	30	üst	4ø14mon, + 1ø14sol + 1ø14sag	Sol	15,4	4,52
	70	alt	2ø12duz + 2ø14pilye + 1ø12sol + 1ø12sa	Sağ	15,4	4,52
KZ005	30	üst	4ø14mon, + 1ø14sol + 1ø14sag	Sol	15,4	4,52
	70	alt	2ø12duz + 2ø14pilye + 1ø12sol + 1ø12sa	Sağ	15,4	4,52
KZ007	30	üst	4ø14mon, + 1ø14sol + 1ø14sag	Sol	15,4	4,52
	70	alt	2ø12duz + 2ø14pilye + 1ø12sol + 1ø12sa	Sağ	15,4	4,52
KZ011	30	üst	4ø14mon, + 1ø14sol + 1ø14sag	Sol	15,4	4,52
	70	alt	2ø12duz + 2ø14pilye + 1ø12sol + 1ø12sa	Sağ	10,78	3,39
KZ013	60	üst	4ø12mon, + 5ø14sag	Sol	10,78	3,39
	30	alt	4ø12duz + 3ø16sag	Sağ	15,4	4,52
KZ015	30	üst	4ø14mon, + 1ø14sol + 1ø14sag	Sol	15,4	4,52
	70	alt	2ø12duz + 2ø14pilye + 1ø12sol + 1ø12sa	Sağ	15,4	4,52
KZ017	30	üst	4ø14mon, + 1ø14sol + 1ø14sag	Sol	15,4	4,52
	70	alt	2ø12duz + 2ø14pilye + 1ø12sol + 1ø12sa	Sağ	15,4	4,52
KZ019	30	üst	4ø14mon, + 1ø14sol + 1ø14sag	Sol	15,4	4,52

	70	alt	2ø12duz + 2ø14pilye + 1ø12sol + 1ø12sa	Sağ	10,78	3,39
KZ020	30	üst	4ø14mon, + 1ø14sol + 1ø14sag	Sol	10,78	3,39
	70	alt	2ø12duz + 2ø14pilye + 1ø12sol + 1ø12sa	Sağ	15,4	4,52
KZ027	30	üst	4ø14mon, + 1ø14sol + 1ø14sag	Sol	15,4	4,52
	70	alt	2ø12duz + 2ø14pilye + 1ø12sol + 1ø12sa	Sağ	15,4	4,52
KZ073	30	üst	4ø14mon, + 1ø14sol + 1ø14sag	Sol	10,78	3,39
	70	alt	2ø12duz + 2ø14pilye + 1ø12sol + 1ø12sa	Sağ	15,4	4,52
KZ075	30	üst	4ø14mon, + 1ø14sol + 1ø14sag	Sol	15,4	4,52
	70	alt	2ø12duz + 2ø14pilye + 1ø12sol + 1ø12sa	Sağ	10,78	3,39
KZ078	30	üst	4ø14mon, + 1ø14sol + 1ø14sag	Sol	15,4	4,52
	70	alt	2ø12duz + 2ø14pilye + 1ø12sol + 1ø12sa	Sağ	15,4	4,52
KZ084	30	üst	4ø14mon, + 1ø14sol + 1ø14sag	Sol	10,78	3,39
	70	alt	2ø12duz + 2ø14pilye + 1ø12sol + 1ø12sa	Sağ	10,78	3,39
KZ085	30	üst	4ø14mon, + 1ø14sol + 1ø14sag	Sol	10,78	3,39
	70	alt	2ø12duz + 2ø14pilye + 1ø12sol + 1ø12sa	Sağ	10,78	3,39
KZ088	30	üst	4ø14mon, + 1ø14sol + 1ø14sag	Sol	10,78	4,52
	70	alt	2ø12duz + 2ø14pilye + 1ø12sol + 1ø12sa	Sağ	10,78	3,39
KZ105	30	üst	4ø14mon, + 1ø14sol + 1ø14sag	Sol	15,4	4,52
	70	alt	2ø12duz + 2ø14pilye + 1ø12sol + 1ø12sa	Sağ	15,4	4,52
KZ104	30	üst	4ø14mon, + 1ø14sol + 1ø14sag	Sol	10,78	3,39
	70	alt	2ø12duz + 2ø14pilye + 1ø12sol + 1ø12sa	Sağ	15,4	4,52
KZ012	30	üst	4ø14mon, + 1ø14sol + 1ø14sag	Sol	15,4	4,52
	70	alt	2ø12duz + 2ø14pilye + 1ø12sol + 1ø12sa	Sağ	10,78	3,39
KZ103	30	üst	2ø12mon, + 2ø14sol + 1ø14sag	Sol	10,78	3,39
	70	alt	3ø14duz + 1ø12sag	Sağ	15,4	4,52
KZ102	30	üst	4ø14mon, + 1ø14sol + 1ø14sag	Sol	15,4	4,52
	70	alt	2ø12duz + 2ø14pilye + 1ø12sol + 1ø12sa	Sağ	15,4	4,52

4.1.2. Mevcut Yapının 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Değerlendirilmesi

4.1.2.1. Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı ve Burulma Düzensizliği Kontrolü

Doğrusal Elastik Deprem Spektrumu eğrisi ile katlara gelen deprem yükleri şekil 4.3.a.b’de sunulmuştur.



Şekil 4.3.a. Doğrusal Elastik Deprem Spektrumu ve b.katlara gelen deprem kuvvetleri

Binanın toplam katsayısı 8’i aşmadığından hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları bütün katlarda $\eta_{bi} < 1,4$ koşulunu sağladığını kontrolü Çizelge 4.6-9.’da verilmiştir.

A1,B2 düzensizliklerinin hesabı

$$1. \text{ kat X dust} = -0.0002071 + .0000002 \times (.1 - 8.47) = -0.0002088 \text{ (S101)}$$

$$1. \text{ kat X dalt} = -0.0002071 + .0000002 \times (17.05 - 8.47) = -0.0002054 \text{ (S140)}$$

$$2. \text{ kat X dust} = -0.0004253 + .0000003 \times (.1 - 8.47) - 0.0002088 = -.0002194 \text{ (S201)}$$

$$2. \text{ kat X dalt} = -0.0004253 + .0000003 \times (17.05 - 8.47) - 0.0002054 = -0.000217 \text{ (S240)}$$

Çizelge 4.6. x yönündeki burulma düzensizliği (+%5)

Kat	Dx üst	Dx alt	Dx ort	η_{bi}	η_{ki}	R^*dx/h	(Fi)i	Kat tipi
2	0.0002194	0.0002170	0.0002182	1.01	0.00	0.00027	0.00025	Normal kat
1	0.0002088	0.0002054	0.0002071	1.01	0.77	0.00021	0.00026	Normal kat

Çizelge 4.7. x yönündeki burulma düzensizliği (-%5)

Kat	Dx üst	Dx alt	Dx ort	η_{bi}	η_{ki}	R^*dx/h	(Fi)i	Kat tipi
2	0.0002194	0.0002170	0.0002182	1.01	0.00	0.00027	0.00025	Normal kat
1	0.0002088	0.0002054	0.0002071	1.01	0.77	0.00021	0.00026	Normal kat

Çizelge 4.8. y yönündeki burulma düzensizliği (+%5)

Kat	Dx üst	Dx alt	Dx ort	η_{bi}	η_{ki}	R^*dx/h	(Fi)i	Kat tipi
2	0.0001785	0.0001259	0.0001522	1.17	0.00	0.00022	0.00018	Normal kat
1	0.0001824	0.0001285	0.0001554	1.17	0.83	0.00018	0.00020	Normal kat

Çizelge 4.9. y yönündeki burulma düzensizliği (-%5)

Kat	Dx üst	Dx alt	Dx ort	η_{bi}	η_{ki}	R^*dx/h	(Fi)i	Kat tipi
2	0.0001785	0.0001259	0.0001522	1.17	0.00	0.00022	0.00018	Normal kat
1	0.0001824	0.0001285	0.0001554	1.17	0.83	0.00018	0.00020	Normal kat

TDY 2007 madde 2.3.2.1 A1 burulma düzensizliği bulunmamaktadır.

TDY 2007 madde 2.3.2.1 B2 düzensizliği sağlanmaktadır.

TDY 2007 madde 2.19 kosulu sağlanmaktadır. $0.0003 < 0.02$

TDY 2007 madde 2.20 koşulu sağlanmaktadır. $\max \epsilon_i \leq 0.12$

4.1.3. +X Deprem Yönüne Göre Hesaplamalar



Yapıda her katta toplam 50 kolon ve 98 kiriş bulunmaktadır. Yapı zemin+1 katlıdır ve yapılan tüm işlemler tüm kat kiriş ve kolonlarında rutin bir şekilde tekrarlanmaktadır. Hesaplar tüm yapı dikkate alınarak çözülmüş olmasına rağmen, işlem kalabalığı yapmamak için hesaplara ait örnekler sunulmuş ve tüm elemanlara ait sonuçların tamamı çizelgelerde gösterilmiştir.

4.1.3.1. Kirişlerin Uçlarındaki Moment Kapasitelerinin (M_K) Hesabı

KZ10 (30 x 70 cm) Kirişinin Uçlarındaki Moment Kapasiteleri

Kiriş etriyeleri: Hem mesnet hem de açıklıkta Ø8/30 dir. Konsol Kirişlerde: Hem mesnet hem de açıklıkta Ø8/15 dir.

Çizelge 4.10. KZ10 Kirişinin moment kapasiteleri değerleri

	Üst Moment Kapasiteleri		Alt Moment Kapasiteleri	
	i	j	İ	J
A_s (cm ²)	15.4	15.4	4.52	4.52
M_K (kNm)	53.75	53.75	4,63	4,63
	 $M_{K\ i\ (üst)}$ $M_{K\ j\ (üst)}$		 $M_{K\ j\ (alt)}$ $M_{K\ İ\ (alt)}$	

4.1.3.2 Üst Moment Kapasitelerinin Hesabı

Üst Moment Kapasitelerinin Hesabının yapılışına dair bir örnek aşağıda gösterilmiştir.

$$d' = 25 \text{ mm}, \quad b_w = 300 \text{ mm}, \quad \rho = A_s/b_w*d = 1540/300*675 = 0.0076$$

$$d = 700 - 25 = 675 \text{ mm}, \quad d'/d = 0,037 \quad \rho' = A_s'/b_w*d = 0.00223$$

$$\alpha = (\rho - \rho') * f_{ym}/f_{cm} = (0.0076 - 0.00223) * 220/16 = 0.0738$$

$$\rho - \rho' = 0.00537$$

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

$$\rho_b = 0.0384$$

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

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

$$0.85 * f_{cm} * b_w * K_z * c + A_s' * \sigma_s' - A_s * f_{ym} = 0$$

$$0.85 * 16 * 300 * 0.85 * c + 452 * 600 * (c-20) / c - 1540 * 220 = 0 \Rightarrow c = 30 \text{ mm}$$

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

$$M_r = 0.85 * f_{cm} * b_w * K_z * c * (d - K_z * c / 2) + A_s' * \sigma_s' * (d - d')$$

$$M_r = 0.85 * 16 * 300 * 0.85 * 27 * (675 - 0.85 * 30 / 2) + 452 * 103.31 * (675 - 25)$$

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

Yukarda örneği gösterilen hesaplar, diğer kirişler içinde tekrarlanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.11-12'de sunulmuştur.

4.1.3.3 Alt Moment Kapasitelerinin Hesabı

Yapılan işlemlerin aynısı Alt Moment Kapasitelerinin hesabı için de uygulanmıştır.

Çizelge 4.11. Bazı kirişlere ait üst moment kapasiteleri

Kiriş Adı	b/d	d'	d	f _{ym}	F _{cm}	bw	K _Z	Mr
		(mm)	(mm)	N/ mm ²	N/ mm ²	(mm)		ton-m
KZ01	30/70	25	675	220	16	300	0,85	22,60
KZ29	30/70	25	675	220	16	300	0,85	21,48
KZ001	30/70	25	675	220	16	300	0,85	14,57
KZ002	30/70	25	675	220	16	300	0,85	19,57
KZ003	30/70	25	675	220	16	300	0,85	19,57
KZ004	30/70	25	675	220	16	300	0,85	19,57
KZ005	30/70	25	675	220	16	300	0,85	19,57
KZ006	30/70	25	675	220	16	300	0,85	19,57
KZ007	30/70	25	675	220	16	300	0,85	19,57
KZ008	30/70	25	675	220	16	300	0,85	19,57
KZ009	30/70	25	675	220	16	300	0,85	19,57
KZ015	30/70	25	675	220	16	300	0,85	14,57
KZ016	30/70	25	675	220	16	300	0,85	19,57
KZ017	30/70	25	675	220	16	300	0,85	14,57
KZ018	30/70	25	675	220	16	300	0,85	19,57
KZ019	30/70	25	675	220	16	300	0,85	19,57
KZ020	30/70	25	675	220	16	300	0,85	19,57
KZ021	30/70	25	675	220	16	300	0,85	19,57
KZ022	30/70	25	675	220	16	300	0,85	19,57
KZ024	30/70	25	675	220	16	300	0,85	19,57
KZ027	30/70	25	675	220	16	300	0,85	14,57
KZ028	30/70	25	675	220	16	300	0,85	19,57

Çizelge 4.12. Bazı kirişlerin alt moment kapasiteleri

Kiriş Adı	b/d	d'	d	f _{ym}	F _{cm}	bw	K _z	Mr
		(mm)	(mm)	N/ mm ²	N/ mm ²	(mm)		ton-m
KZ01	30/70	25	675	220	16	300	0,85	4.52
KZ29	30/70	25	675	220	16	300	0,85	4.52
KZ001	30/70	25	675	220	16	300	0,85	4.52
KZ002	30/70	25	675	220	16	300	0,85	4.52
KZ003	30/70	25	675	220	16	300	0,85	4.52
KZ004	30/70	25	675	220	16	300	0,85	4.52
KZ005	30/70	25	675	220	16	300	0,85	4.52
KZ006	30/70	25	675	220	16	300	0,85	3.39
KZ007	30/70	25	675	220	16	300	0,85	4.52
KZ008	30/70	25	675	220	16	300	0,85	4.52
KZ009	30/70	25	675	220	16	300	0,85	4.52
KZ015	30/70	25	675	220	16	300	0,85	3.39
KZ016	30/70	25	675	220	16	300	0,85	4.52
KZ017	30/70	25	675	220	16	300	0,85	4.52
KZ018	30/70	25	675	220	16	300	0,85	4.52
KZ019	30/70	25	675	220	16	300	0,85	3.39
KZ020	30/70	25	675	220	16	300	0,85	4.52
KZ021	30/70	25	675	220	16	300	0,85	4.52
KZ022	30/70	25	675	220	16	300	0,85	3.39
KZ024	30/70	25	675	220	16	300	0,85	4.52
KZ027	30/70	25	675	220	16	300	0,85	4.52
KZ028	30/70	25	675	220	16	300	0,85	4.52

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

SZ02 kolonunun sınır değerleri: 2007 Deprem Yönetmeliği Tablo 7.3’e göre hesaplanmıştır.

$$N = 40.25 \text{ t}, A_c = 500 * 300 = 150000 \text{ mm}^2, f_{cm} = 16 \text{ N / mm}^2$$

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

$$N / A_c * f_{cm} = 4025 / 150000 * 16 = 0.894$$

$$V = V_e = 1.61 \text{ t} \quad b = 500 \text{ mm} \quad h = 300 \text{ mm} \quad f_{ctd} = 0,9 \text{ N / mm}^2$$

$$V / (b_w * d * f_{ctm}) = 1.61 / (500 * 275 * 0,9) = 0.177$$

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.Çizelge 4.13.’te bazı kolonlara ait r değerleri ve ilgili büyüklükler sunulmuştur.

Çizelge 4.13. Bazı Kolonların r Değerlerini Hesaplanması

		Ve	Vr	N	N/(Ac,fc)	V/(Ac,fc)	Md	Mr	r	Hasar
SZ01	-X	2,26	8,56 SN	23,5	0,522	0,248	3,49	3,01	1,16	M
	+X	1,93	8,56 SN	17,02	0,378	0,212	3,49	4,29	0,81	M
	-Y	4,03	9,90 SN	24,44	0,543	0,444	6,31	5,69	1,111	M
	+Y	2,93	9,90 SN	17,71	0,394	0,323	6,31	7,46	0,85	M
SZ02	-X	1,61	8,56 SN	40,25	0,894	0,177	4,44	2,68	1,66	B
	+X	1,55	8,56 SN	41,53	0,923	0,17	4,44	2,44	1,82	B
	-Y	2,8	9,90 SN	42,08	0,935	0,309	5,67	2,76	2,051	I
	+Y	2,82	9,90 SN	29,25	0,65	0,31	5,67	7,96	0,71	M
SZ03	-X	1,76	8,56 SN	36,93	0,821	0,194	4,92	2,93	1,68	B
	+X	1,94	8,56 SN	32,44	0,721	0,214	4,92	3,09	1,59	B
	-Y	3,44	9,90 SN	34,7	0,771	0,379	5,78	4,38	1,321	M
	+Y	2,94	9,90 SN	23,77	0,528	0,324	5,78	7,81	0,74	M

SZ04	-X	23,62	91,54 SN	126,81	0,193	0,178	56,89	30,67	1,86	M
	+X	23,61	91,54 SN	126,63	0,193	0,178	56,89	28,38	2	B
	-Y	83,05	144,54GV	133,39	0,203	2,887	3874,0	762,85	5,082	I
	+Y	388,05	144,54GV	123,47	0,188	2,925	3874,0	629,78	6,15	G
SZ05	-X	1,97	8,56 SN	31,6	0,702	0,217	4,92	2,91	1,69	B
	+X	1,71	8,56 SN	38,01	0,845	0,188	4,92	3,07	1,6	B
	-Y	3,37	9,90 SN	35,47	0,788	0,371	5,71	4,42	1,291	M

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

$$\Delta M_{K\ddot{u}} = 34,76 - (16,40) = 18,36 \text{ kNm}$$

$$\text{“ Etki / Kapasite Oranı (r) “ Üst uçta } M_{E\ddot{u}} / \Delta M_{K\ddot{u}} = 92,30 / 18,36 = 5,03$$

$$\text{Alt uçta } M_{Ea} / \Delta M_{Ka} = 193,98 / 18,13 = 10,70 \text{ bulunur.}$$

$$\text{Kolonun üst ucunda “r / r}_{s\text{ınır}}\text{”} = 5,03 / 2,5 = 2,01$$

$$\text{Kolonun alt ucunda “r / r}_{s\text{ınır}}\text{”} = 10,70 / 2,5 = 4,28$$

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

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

KZ10 kirişinin sınır değerleri 2007 Deprem Yönetmeliği Tablo 7.2.'ye göre hesaplanmıştır.

(i) Ucu:

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

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

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

(j) Ucu:

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

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

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

(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 giriş sargılanmamıştır.

Bina “Can Güvenliği Performans Seviyesi”ne ve “Hemen Kullanım Performans Seviyesi”ne göre kontrol edilmiştir. Yapının hemen kullanım ve can güvenliği performans seviyesine göre yapılan analizlerinden ortaya çıkan sonuçlarda, can güvenliği performans seviyesi, depremin aşılma olasılığı 50 yılda %2 olduğundan daha kritiktir. Aşağıdaki sonuçlar “Can Güvenliği Performans Seviyesi”ne göre verildiği için “GV” hasar sınırının değerleri göz önüne alınmıştır.

Hesaplanan $(\rho - \rho') / \rho_b$ ve $V / (b_w * d * f_{ctm})$ değerleri ile 2007 Deprem Yönetmeliği Tablo 7.2’den girişimiz 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. Girişin kapasitesinden düşey yüklemekten gelen moment (M_D) çıkarılarak artık moment kapasitesi bulunur.

“Etki / Kapasite Oranı (r)”

$$M_{Ei} / \Delta M_{Ki} = 95,46 / 169,75 = 0,56$$

$$M_{Ej} / \Delta M_{Kj} = 83,12 / 23,12 = 3,61 \text{ bulunur.}$$

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

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

“ $r / r_{sınır}$ ” değerleri her iki uçta da 1’den büyük olduğu için bu giriş “GV” güvenlik sınırını sağlamamaktadır. Eğer her iki uçta da 1’den küçük olsaydı bu giriş “GV” sınırını sağlardı. Bazı Kirişlere ait hasar sınırları çizelge 4.14.’te sunulmuştur. Çizelgedeki sargı ifadeleri girişlerin etriyelerle sarılmış olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.14. Bazı Kirişlere ait hasar sınırları

KİRİŞ			$\rho\text{-}\rho^2/\rho_b$	V_e/V_r		$V_e/(Ac, \text{fct})$	$R=M_d/M_{rc}$	Hasar
KZ001	SOL	-X	0,3877	5,07/11,1=0,46	SN	0,1006	8,16/13,12=0,62	MH
Sargı	SAĞ	-X	0,5709	0,17/11,1=0,02	SN	0,107	5,79/8,67=0,67	MH
Sargı	SOL	+X	0,3877	0,15/11,1=0,01	SN	0,119	8,16/6,49=1,26	MH
Sunek	SAĞ	+X	0,5709	6,32/11,1=0,57	SN	0,1253	5,79/17,58=0,33	MH
KZ002	SOL	-X	0,5709	4,76/11,1=0,43	SN	0,0945	4,4/17,7=0,25	MH
Sargı	SAĞ	-X	0,5709	0,89/11,1=0,08	SN	0,0951	3,06/8,59=0,36	MH
Sargı	SOL	+X	0,5709	0,85/11,1=0,08	SN	0,0943	4,4/8,55=0,51	MH
Sunek	SAĞ	+X	0,5709	4,79/11,1=0,43	SN	0,0949	3,06/17,65=0,17	MH
KZ003	SOL	-X	0,5709	6,61/11,1=0,6	SN	0,1312	8,15/17,82=0,46	MH
Sargı	SAĞ	-X	0,5709	1,46/11,1=0,13	SN	0,1659	16,73/11,24=1,49	MH
Sargı	SOL	+X	0,5709	3,21/11,1=0,29	SN	0,1471	8,15/8,43=0,97	MH
Sunek	SAĞ	+X	0,5709	9,17/11,1=0,83	SN	0,1819	16,73/15,01=1,11	MH
Sunek	SAĞ	+X	0,5709	6,98/11,1=0,63	SN	0,1386	5,23/15,45=0,34	MH
KZ015	SOL	-X	0,3877	7,61/11,1=0,69	SN	0,1509	17,83/9,29=1,92	MH
Sargı	SAĞ	-X	0,5709	7,14/11,1=0,64	SN	0,2895	15,24/19,19=0,79	MH
Sargı	SOL	+X	0,3877	0,15/11,1=0,01	GV	0,1644	17,83/10,39=1,72	MH
Gevrek	SAĞ	+X	0,5709	15,27/11,1=1,38	GV	0,303	15,24/7,14=2,13	BH
KZ016	SOL	-X	0,5709	13,67/11,1=1,23	GV	0,2738	8,91/8,3=1,07	MH
Sargı	SAĞ	-X	0,3877	7,21/11,1=0,65	GV	0,2366	3,73/14,67=0,25	MH
Sargı	SOL	+X	0,5709	9,09/11,1=0,82	GV	0,2693	8,91/18,03=0,49	MH
Gevrek	SAĞ	+X	0,3877	11,7/11,1=1,05	GV	0,2321	3,73/5,01=0,74	MH
KZ017	SOL	-X	0,3877	5,32/11,1=0,48	SN	0,1056	17,71/12,34=1,43	MH
Sargı	SAĞ	-X	0,5709	1,69/11,1=0,15	SN	0,1316	13,75/10,71=1,28	MH
Sargı	SOL	+X	0,3877	3,0/11,1=0,27	SN	0,1135	17,71/7,34=2,41	MH
Sunek	SAĞ	+X	0,5709	7,04/11,1=0,63	SN	0,1396	13,75/15,61=0,88	MH

KZ018	SOL	-X	0,5709	8,32/11,1=0,75	SN	0,165	14,01/14,7=0,95	MH
Sarg1	SOL	-Y	0,3877	2,81/11,1=0,25	SN	0,1594	13,16/7,2=1,83	MH
Sarg1	SAĀ	+Y	0,5709	4,04/11,1=0,36	SN	0,1217	8,62/7,1=1,21	MH
Sunek	SOL	+Y	-0,3877	7,37/11,1=0,66	SN	0,1462	13,16/12,43=1,06	MH
KZ056	SAĀ	-Y	0,5709	10,91/11,1=0,98	SN	0,2165	16,14/14,21=1,14	MH
Sarg1	SOL	-Y	0,5709	6,03/11,1=0,54	SN	0,1386	10,85/6,38=1,7	MH
Sarg1	SAĀ	+Y	0,5709	2,11/11,1=0,19	SN	0,1851	16,14/12,07=1,34	MH
Sunek	SOL	+Y	-0,5709	5,41/11,1=0,49	SN	0,1073	10,85/19,9=0,55	MH
KZ057	SAĀ	-Y	0,3877	6,63/11,1=0,6	SN	0,1315	8,38/13,7=0,61	MH
Sarg1	SOL	-Y	0,5709	1,22/11,1=0,11	SN	0,1956	15,83/11,94=1,33	MH
Sarg1	SAĀ	+Y	0,3877	4,45/11,1=0,4	GV	0,176	8,38/5,93=1,41	MH
Gevrek	SOL	+Y	-0,5709	12,1/11,1=1,09	GV	0,24	15,83/14,34=1,1	MH
Sunek	SAĀ	-X	0,5709	8,39/11,1=0,76	SN	0,1666	8,1/14,64=0,55	MH
KZ021	SOL	-X	0,5709	7,94/11,1=0,72	SN	0,1575	8,04/14,54=0,55	MH
Sarg1	SAĀ	+X	0,5709	1,99/11,1=0,18	SN	0,1591	8,06/11,9=0,68	MH
Sarg1	SOL	+X	0,5709	1,91/11,1=0,17	SN	0,158	8,04/11,74=0,69	MH
Sunek	SAĀ	-X	0,5709	8,04/11,1=0,72	SN	0,1596	8,06/14,39=0,56	MH
KZ022	SOL	-X	0,5709	8,0/11,1=0,72	SN	0,1588	8,0/14,41=0,56	MH
Sarg1	SAĀ	+X	0,5709	1,92/11,1=0,17	SN	0,1588	8,21/11,91=0,69	MH
Sarg1	SOL	+X	0,5709	1,92/11,1=0,17	SN	0,1589	8,0/11,87=0,67	MH
Sunek	SAĀ	-X	0,5709	8,01/11,1=0,72	SN	0,1589	8,21/14,38=0,57	MH
KZ024	SOL	-X	0,5709	8,66/11,1=0,78	SN	0,1719	13,8/16,0=0,86	MH
Sarg1	SAĀ	+X	0,3877	0,71/11,1=0,06	SN	0,2062	38,94/29,24=1,33	MH
Sarg1	SOL	+X	0,5709	2,44/11,1=0,22	SN	0,1842	13,8/10,29=1,34	MH
Sunek	SAĀ	-X	0,3877	11,01/11,1=0,99	SN	0,2184	38,94/-9,59=4,06	IH
Sarg1	SOL	+X	0,5709	2,43/11,1=0,22	SN	0,1622	8,29/11,97=0,69	MH
Sarg1	SOL	+X	0,5709	3,34/11,1=0,3	SN	0,1263	3,84/10,9=0,35	MH
Sarg1	SAĀ	-X	0,5709	3,06/11,1=0,28	SN	0,1205	3,87/10,42=0,37	MH

Yapının Görelî Kat Ötemeleri Çizelge 4.15’ te sunulmuş ve sınır değeri aşmadığı görülmüştür. Yapıya ait Bina Performansı Çizelge 4.16’ da, Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı Çizelge 4.17’ de, Yapının Alt ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı Çizelge 4.18’ de sunulmuştur.

Çizelge 4.15 Görelî Kat Ötelemeleri : [max(R•d/h)=0,02 Can güvenliği]

Kat	hi	X yönü Rx*dx/h	Y yönü Ry*dy/h
1	3.20	0.0002728 √	0.0001897
Zemin	3.20	0.0002589 √	0.0001938

Çizelge 4.16 Bina Performansı

KAT	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
NO	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
2	95,7	2,2	0	2,2	95,7	2,2	2,2	0	95,1	2,4	0	2,4	97,6	2,4	0	0
1	95,7	2,2	0	2,2	93,5	4,3	2,2	0	97,6	0	0	2,4	97,6	2,4	0	0
Max						4,3	2,2					2,4	97,6			

X yönü giriş oranı %46,46

Y yönü giriş oranı %41,41

Çizelge 4.17 Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı:

KAT	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
NO	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
2	25,5	25,4	45,8	3,3	9,5	38,3	46,6	5,7	65,9	17	10,7	6,4	64,7	23,2	5,2	6,9
1	12,7	5,8	5,4	76,1	5,9	13,9	3,8	76,5	19,8	1,3	78,4	0,5	20	0,4	43,5	36,2
Max,						38,3		76,5	65,9		78,4					

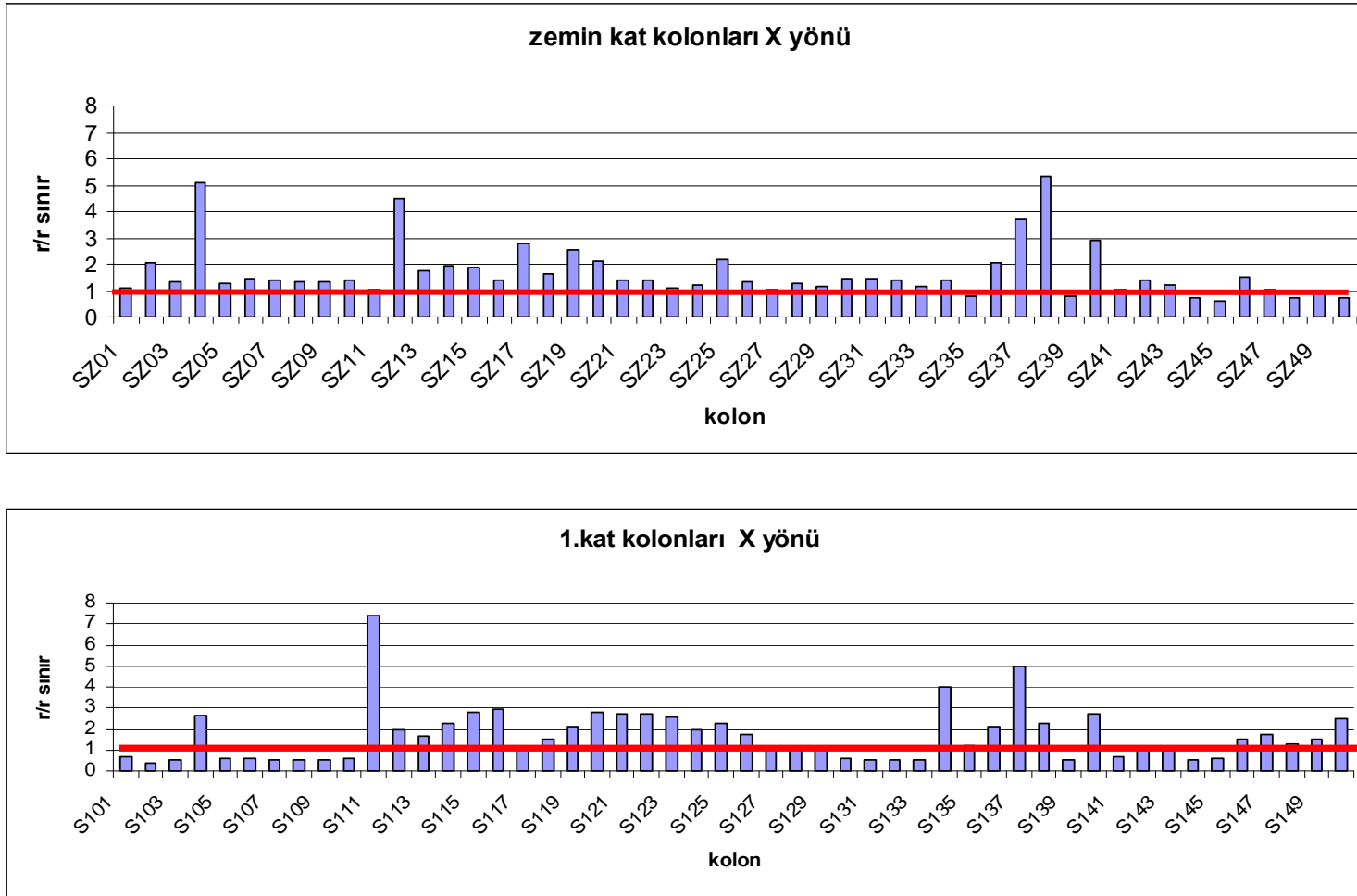
Çizelge 4.18 Alt ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı:

KAT	(-X)		(X)		(-Y)		(Y)	
NO	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB
2	35,9	64,1	29,7	70,3	72,6	27,4	82,2	17,8
1	17,7	82,3	19,2	80,8	20,4	79,6	20,5	79,5
Max		82,3					82,2	

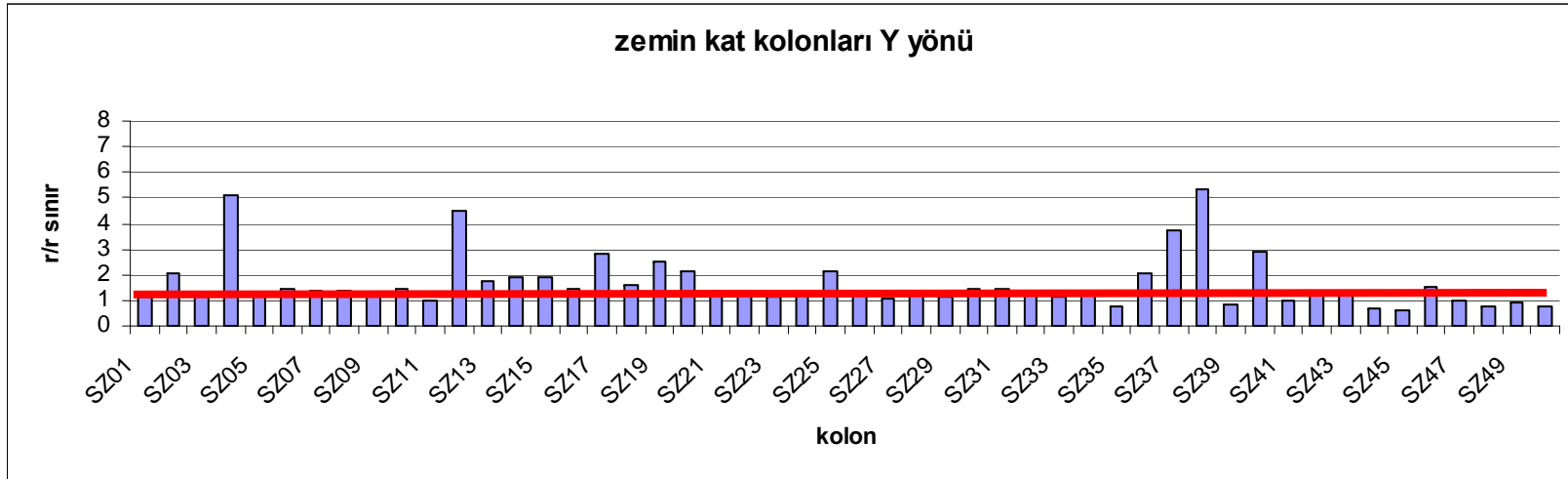
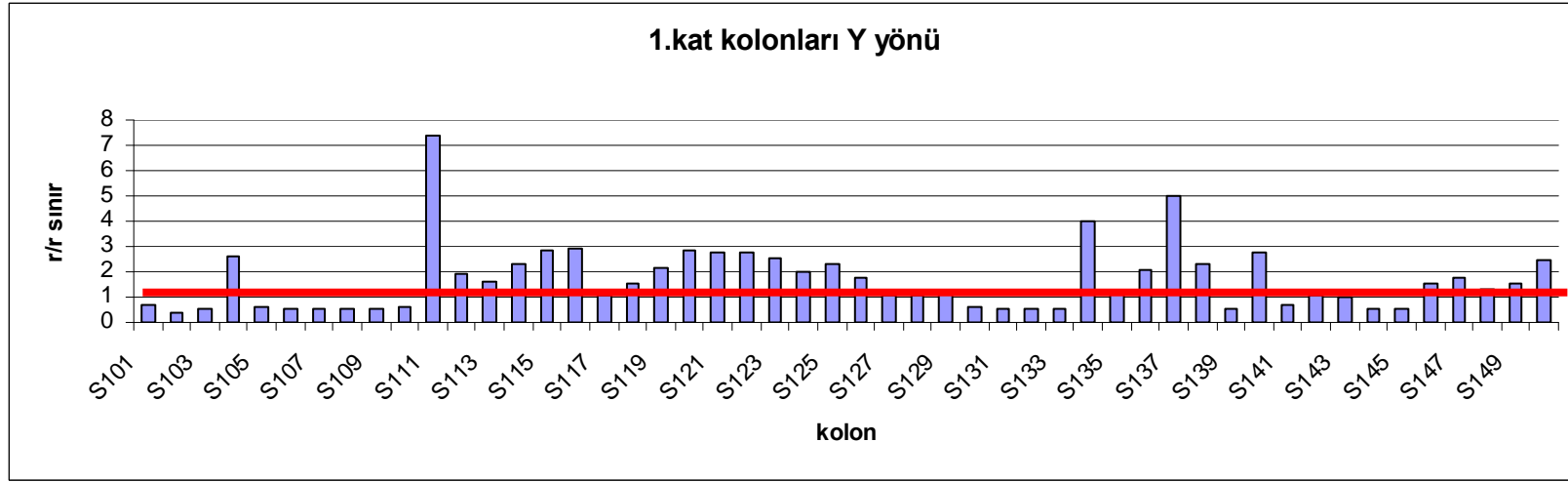
4.1.3.6. Kiriş Ve Kolon Kesitlerinin ‘Etki/Kapasite Oranları (r)’ Belirlenmesi Ve ‘Sınır Değerleri ($r_{sınır}$)’ İle Karşılaştırılması

X yönüne ait zemin ve 1.kat kolonlarının $r/r_{sınır}$ sonuçlarının karşılaştırılması şekil 4.4’te, Y yönüne ait zemin ve 1.kat kolonlarının $r/r_{sınır}$ sonuçlarının karşılaştırılması Şekil 4.5’te, X yönüne ait zemin ve 1.kat kirişlerinin $r/r_{sınır}$ sonuçlarının karşılaştırılması şekil 4.6’da, Y yönüne ait zemin ve 1.kat kirişlerinin $r/r_{sınır}$ sonuçlarının karşılaştırılması şekil 4.7’de sunulmuştur.

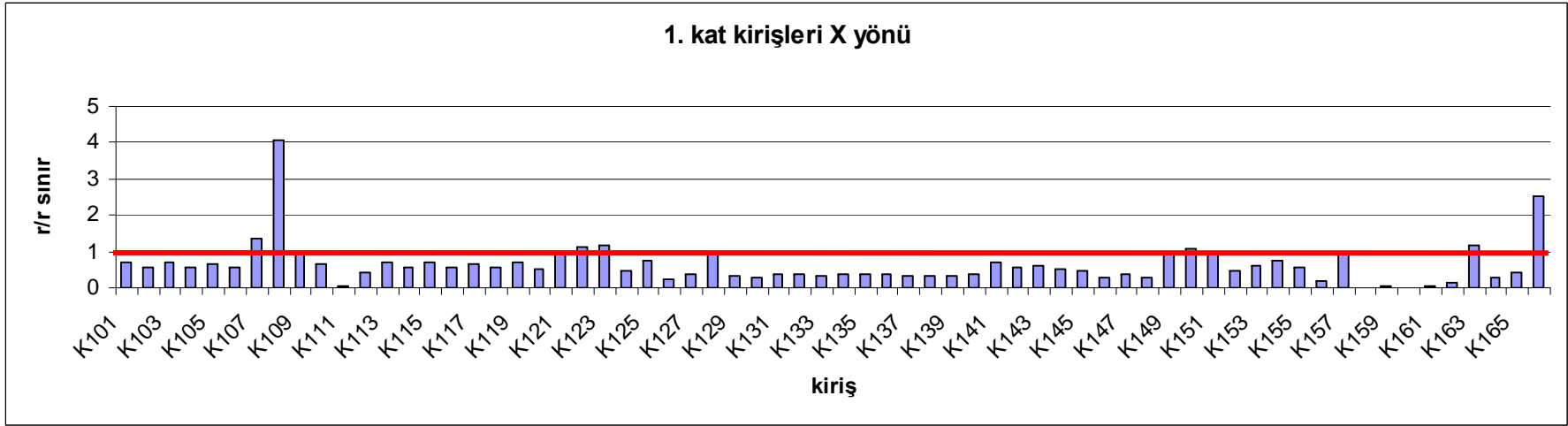
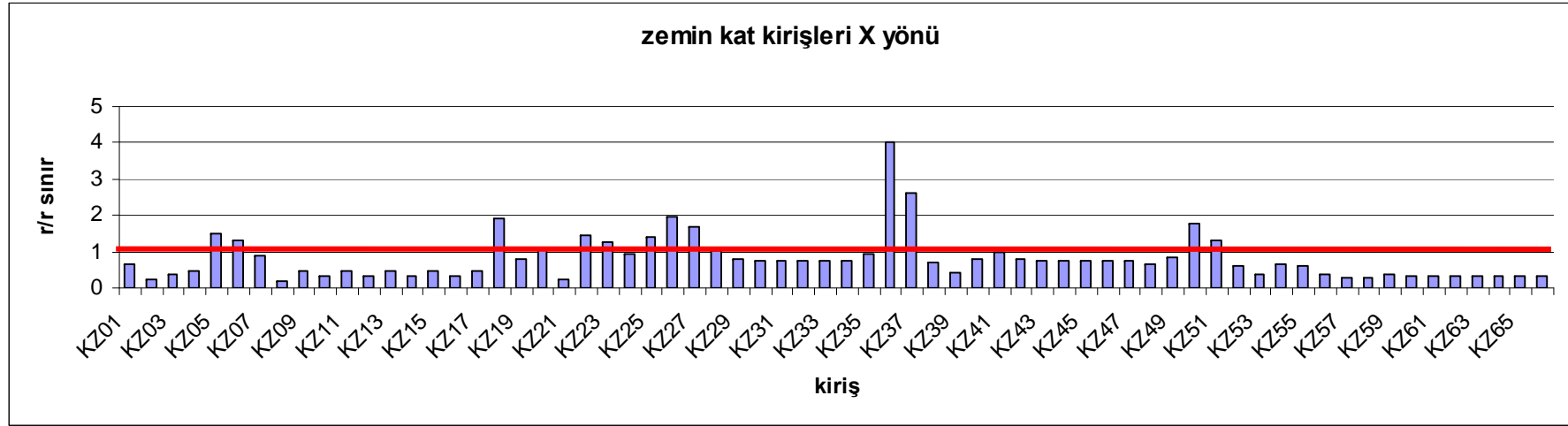
4.2.3.10. Kiriş ve Kolon Kesitlerinin “Etki / Kapasite Oranları (r)” Belirlenmesi ve “Sınır Değerleri ($r_{sınır}$)” ile Karşılaştırılması



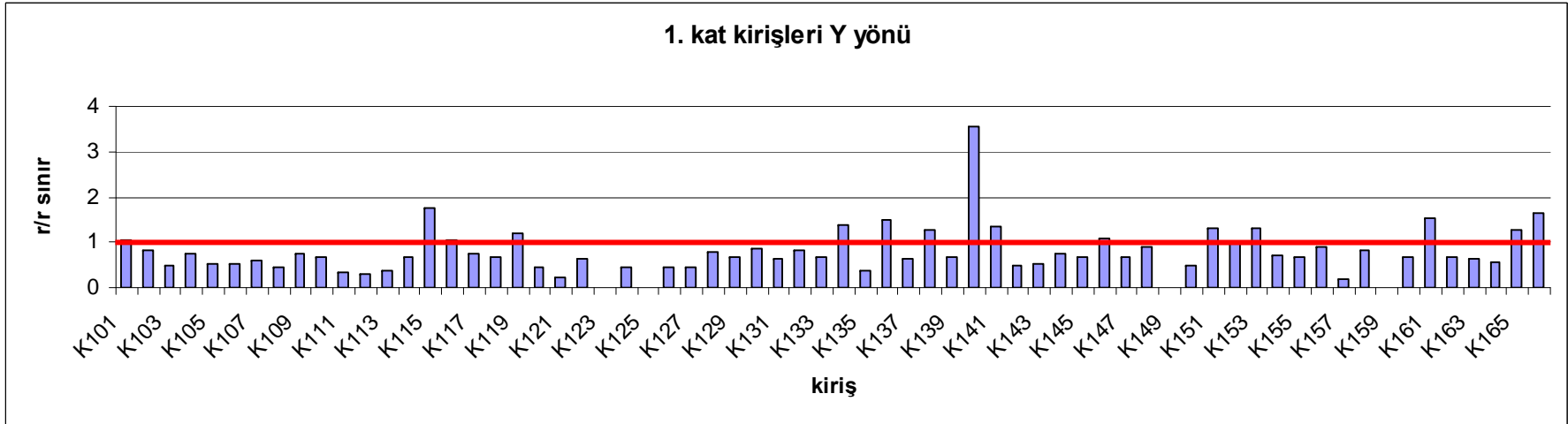
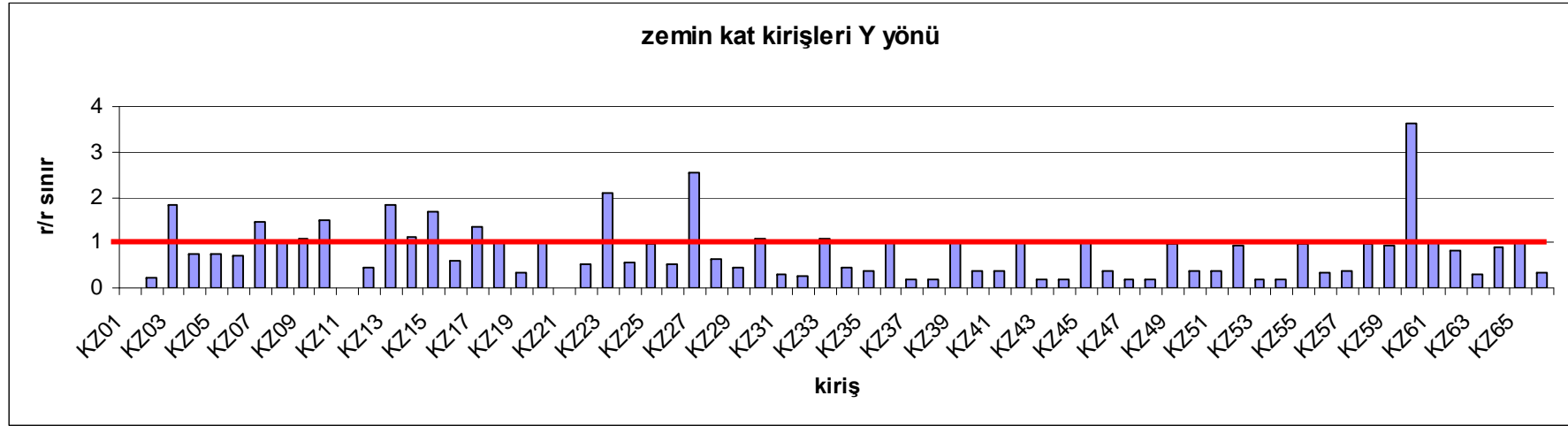
Şekil 4.4. X yönüne ait zemin kat ve 1. kat kolonlarının $r/r_{sınır}$ değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.5. Y yönüne ait zemin kat ve 1. kat kolonlarının $r/r_{sınır}$ değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.6. X yönüne ait zemin kat ve 1. kat kirişlerinin $r/r_{sınır}$ değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.7. Y yönüne ait zemin kat ve 1. kat kirişlerinin $r/r_{sınır}$ değerlerinin karşılaştırılması

4.1.4. Binanın Performansının Belirlenmesi

4.1.4.1. Lineer Çözüme Göre Değerlendirme

Çizelge 4.19’da “Güvenlik Sınırını Sağlamayan Kirişlerin Adedi’ nin” o Kattaki o Doğrultudaki Kirişlerin Adedi’ne oranı ve “Güvenlik Sınırını Sağlamayan Kolonlar”ın, adedinin o “Kattaki Tüm Kolonlar”ın 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

Yapılan analizler sonucunda X ve Y yönü için kolon ve kirişlerin can güvenliği sınır değerleri çizelge 4.19’da, hasar oranları ise çizelge 4.20’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.19. 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

Bina yatay yük kapasite oranı 1. kat : $V_r/V_e=386,2/413,41=0,934$

Plastiklesen kolon V_c oranı=%82,3>%30

Göçme durumu, Güçlendirme gereklidir. Can güvenliği

Göçmenin önlenmesi durumu yeterlilik kontrolü:

Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı=%2,4<%20

Kolon Vc oranı=%76,5>%30

Ust kat Vc oranı=%6,9<%40

Plastiklesen kolon Vc oranı=%82,3>%30

Çizelge 4.20. X ve Y yönlerindeki kolon ve kiriş hasar oranları

KAT NO	X yönü		Y yönü	
	Kiriş(%)	Kolon(%)	Kiriş(%)	Kolon(%)
2	1/46 (%2,2)	33/50 (%66,0)	1/41 (%2,4)	19/50 (%38,0)
1	1/46 (%2,2)	19/50 (%38,0)	1/41 (%2,4)	13/50 (%26,0)

Görüldüğü gibi Mevcut haliyle yapı “Can Güvenliği Performans Seviyesi”ni sağlamamaktadır. Bundan dolayı yapı güçlendirilecektir.

4.2. Ulubatlı Hasan İlköğretim Okulunun 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Güçlendirilmesi

4.2.1. Güçlendirme Modeli

Yapı okul binası olduğu için güçlendirilmesinde, Depremi aşılma olasılığı 50 yılda %10 için Hemen Kullanım ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 için Can Güvenliği performans seviyeleri dikkate alınacaktır.

Yapının mevcut hali hem SAP2000 hemde STA4CAD programında modellenmiştir. Mevcut hal üzerine güçlendirme alternatiflerinin daha hızlı ve pratik değerlendirilmesi için,STA4CAD paket program kullanılmıştır.

4.2.2. Güçlendirilen Yapıya Ait Bilgiler

Güçlendirmesi yapılan yapıda yeni imal ettiğimiz betonarme elemanlarda BS30 betonu ve BÇ III çeliği kullanılmıştır. Yapıya ait analiz parametreleri Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Ulubatlı Hasan İlköğretim Okulunun Güçlendirmede Kullanılan Yapıya ait 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	Z4
Mevcut Beton Sınıfı (Mpa)	16	Zemin Titreşim Periyodu	0.44 sn
Güçlendirme Elemanı Beton (Mpa)	30	Yataklanma Katsayısı	2500 t / m³
Mevcut Çelik Sınıfı (MPa)	220	Hedeflenen Performans Düzeyi: Can Güvenliği (50 yılda %2)	
Güçlendirme Elemanı Çeliği (Mpa)	420		

4.2.3. Güçlendirme Alternatifleri

Bu çalışmada sistem güçlendirilmesi ve eleman güçlendirilmesi ayrı ayrı değerlendirilecektir. Öncelikle Eleman Güçlendirmesinin hedeflenen performansı sağlayıp sağlamadığı değerlendirilecektir.

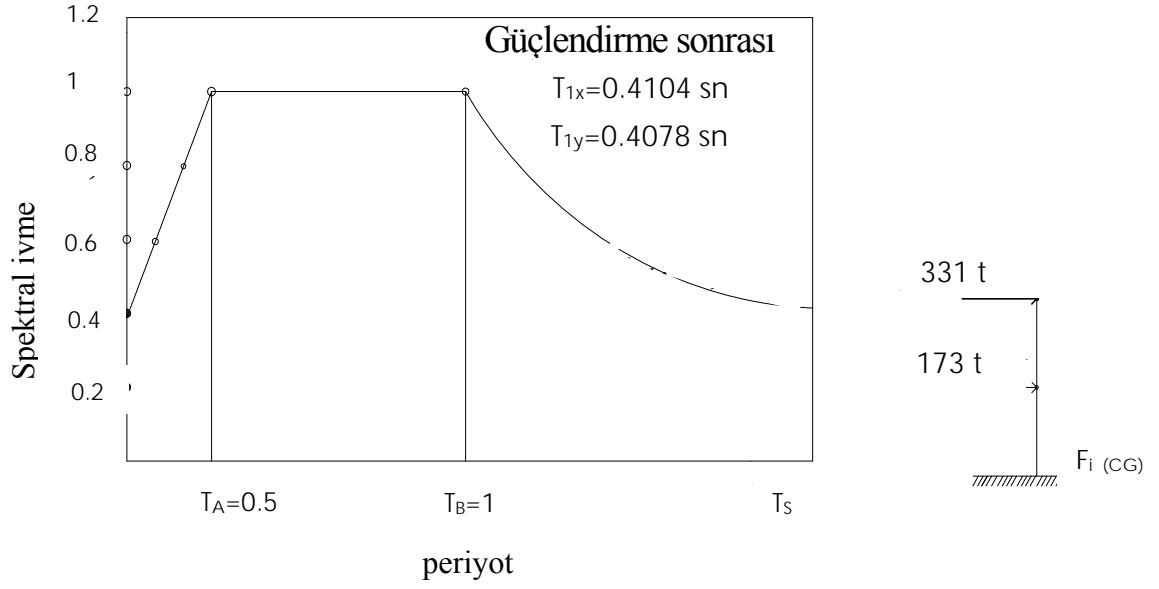
4.2.3.1. Eleman Güçlendirilmesi

Önce ABYYHY 98 ve daha sonra ABYBHY 2007 ile tasarımda önemli değişikliklerin yönetmeliklere girmesi ile bunlara göre daha eski deprem yönetmeliklerine göre projelendirilmiş yapılarda genellikle güçlendirme gereksinimini ortaya çıkmaktadır. Bu bölümde 1975 deprem yönetmeliğine göre projelendirilip inşa

edilmiş, çerçevelerden oluşan Ulubatlı Hasan İlköğretim Okulunun ABYBHY 2007'ye göre eleman güçlendirme alternatifi incelenmiştir.

Bu çalışmada, ilk önce eleman güçlendirmesi alternatifi dikkate alınarak yapılan testler sonucu beton dayanımı düşük olan kolonlar mantolanmıştır. Eleman güçlendirmesi ile ilgili kalıp planı şekil 4.7' de sunulmuştur. Yapıya ait yükler için Çizelge 4.21'deki veriler kullanılmıştır.Doğrusal elastik deprem spektrumu eğrisi ile katlara gelen deprem yükleri şekil 4.9.a,b'de gösterilmiştir.

Mantolama Sonrası Deprem Spektrum Eğrisi



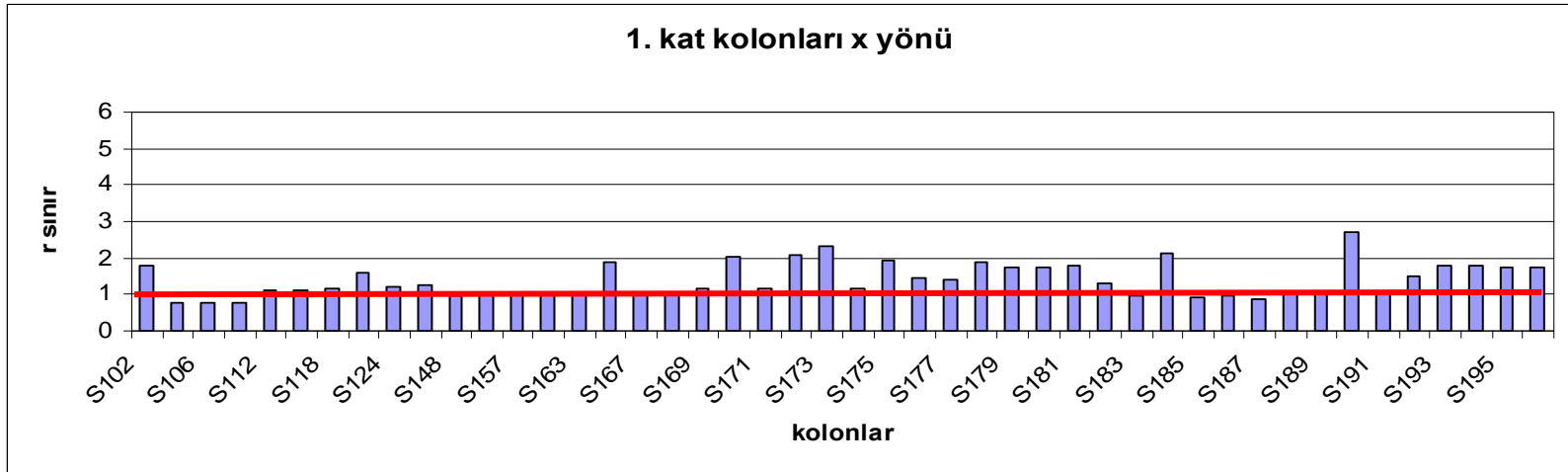
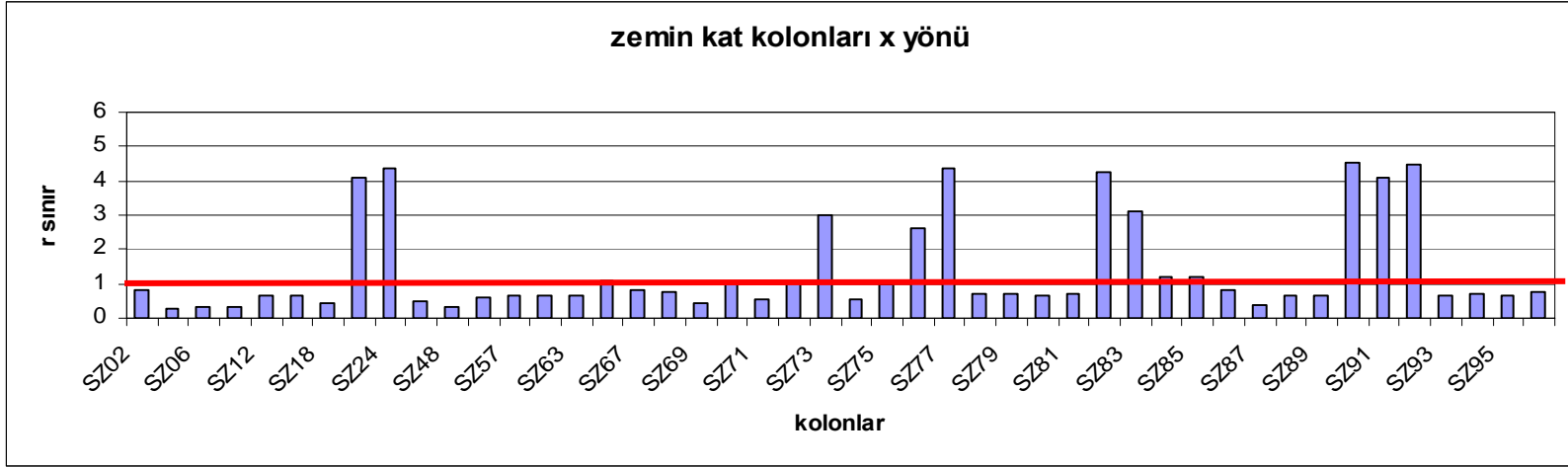
Şekil 4.9.a) Doğrusal Elastik Deprem Spektrumu Eğrisi **b)** Katlara gelen deprem kuvvetleri

Eleman güçlendirmesi sonucu kiriş ve kolonların $r_{s\text{MIR}}$ değerleri Çizelge 4.22-23' te verilmiştir.

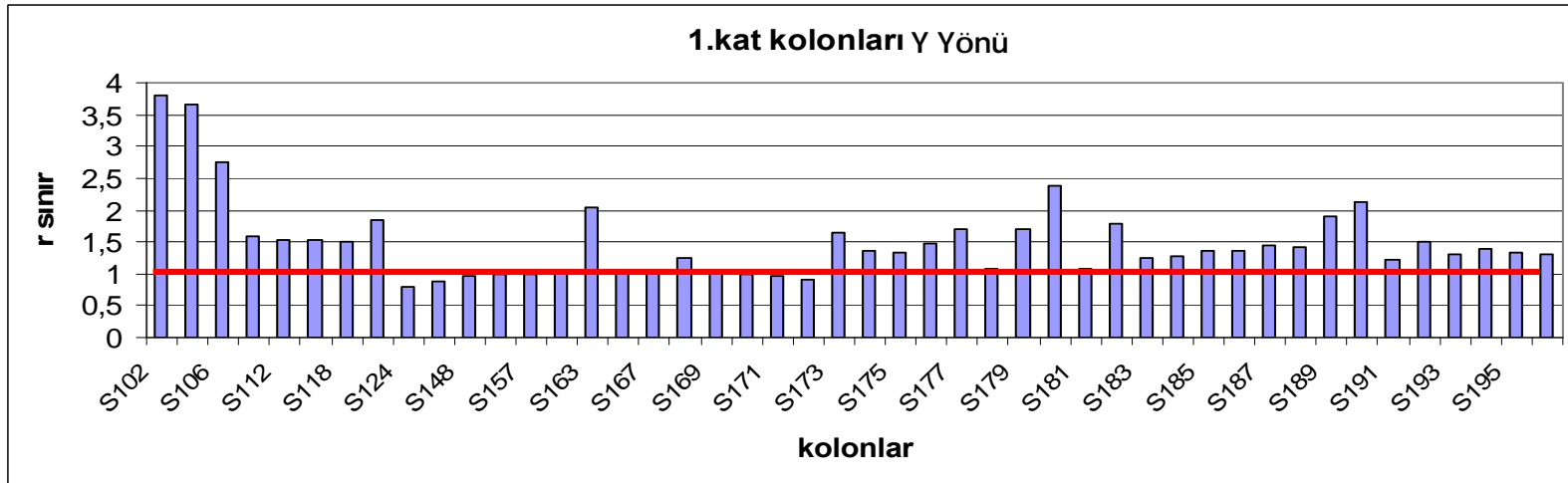
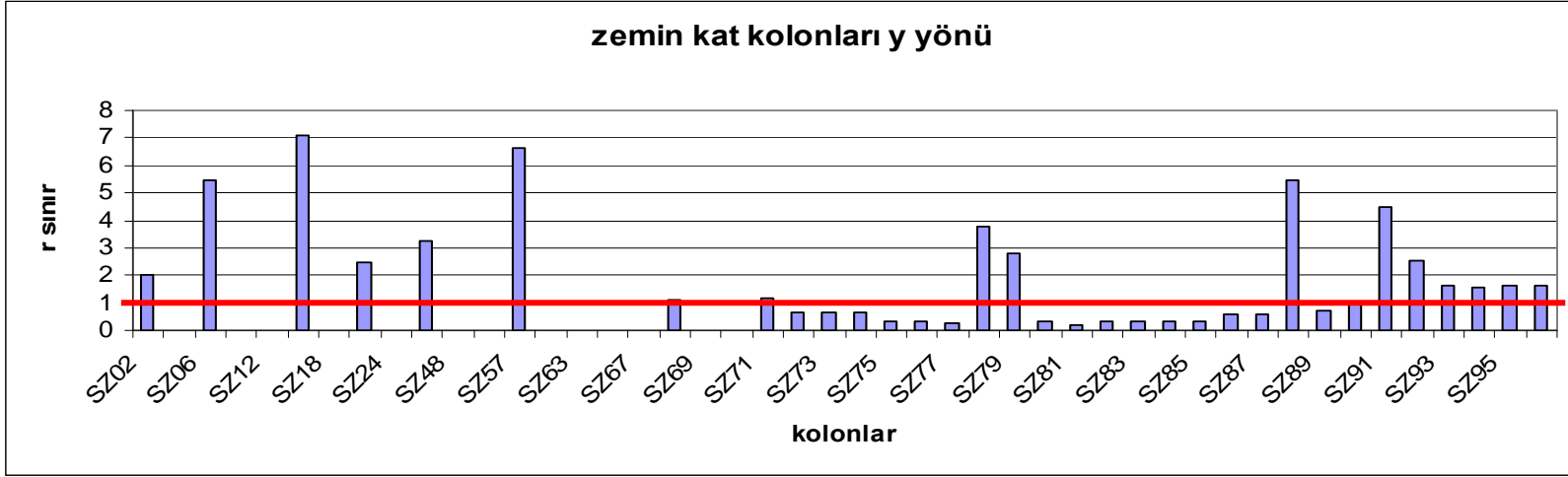
Çizelge 4.22. Bazı Kolonların ‘r’ Kapasite Oranı

KOLON	N	Ve	Vr	N	N/(Ac,fc)	V/(Ac,fct)	Md	r
SZ01	-X	1,27	9,47SN	27,2	0,453	0,121	0	0
	+X	0	9,47SN	12,71	0,212	0	0	
Sargı	-Y	2,28	11,24SN	25,47	0,425	0,217	0	0
KO:MH	+Y	0	11,24SN	15,91	0,265	0	0	0
SZ03	-X	1,27	9,47SN	25,37	0,423	0,121	0	0
	+X	1,26	9,47SN	21,34	0,356	0,12	0	0
Sargı	-Y	2,28	11,24SN	26,16	0,436	0,217	0	0
KO:MH	+Y	0	11,24SN	21,58	0,36	0	0	0
SZ05	-X	1,26	9,47SN	20,97	0,349	0,12	0	0
	+X	1,27	9,47SN	26,92	0,449	0,121	0	0
Sargı	-Y	2,28	11,24SN	26,08	0,435	0,217	0	0
KO:MH	+Y	0	11,24SN	21,51	0,358	0	0	0
SZ07	-X	11,76	104,88SN	139,87	0,16	0,077	191,25	6,26
	+X	10,88	104,88SN	120,74	0,138	0,071	191,25	7,34
Sargı	-Y	171,21	192,72SN	143,66	0,164	1,118	514,49	2
KO:MH	/P+Y	168,02	192,72SN	130,13	0,149	1,097	1514,49	2,18
SZ08	-X	1,27	9,47SN	25,76	0,429	0,121	0	0
	+X	1,26	9,47SN	21,09	0,351	0,12	0	0
Sargı	-Y	2,28	11,24SN	26,04	0,434	0,217	0	0
KO:MH	+Y	0	11,24SN	18,28	0,305	0	0	0
SZ10	-X	1,26	9,47SN	22,37	0,373	0,12	0	0
	+X	1,26	9,47SN	22,37	0,373	0,12	0	0
Sargı	-Y	2,29	11,24SN	28,09	0,468	0,218	0	0
KO:MH	+Y	2,22	11,24SN	16,33	0,272	0,212	0	0
SZ11	-X	1,26	9,47SN	22,38	0,373	0,12	0	0
	+X	1,26	9,47SN	22,38	0,373	0,12	0	0
Sargı	-Y	2,28	11,24SN	26,07	0,434	0,217	0	0
KO:MH	+Y	0	11,24SN	18,14	0,302	0	0	0
SZ13	-X	1,26	9,47SN	22,36	0,373	0,12	0	0
	+X	1,26	9,47SN	22,36	0,373	0,12	0	0
S110	-X	3,24	9,47SN	18,88	0,315	0,309	0	0
	+X	3,24	9,47SN	18,88	0,315	0,309	0	0
Sargı	-Y	5,91	11,24SN	23,22	0,387	0,563	0	0
KO:MH	+Y	5,74	11,24SN	14,71	0,245	0,547	0	0
S111	-X	3,24	9,47SN	18,53	0,309	0,309	0	0
	+X	3,24	9,47SN	18,53	0,309	0,309	0	0
Sargı	-Y	5,9	11,24SN	21,54	0,359	0,562	0	0
KO:MH	+Y	2,88	11,24SN	15,57	0,259	0,274	0	0
S113	-X	3,25	9,47SN	19,14	0,319	0,31	0	0
	+X	3,25	9,47SN	19,14	0,319	0,31	0	0
Sargı	-Y	5,91	11,24SN	23,57	0,393	0,563	0	0
KO:MH	+Y	5,74	11,24SN	14,83	0,247	0,547	0	0
S114	-X	3,25	9,47SN	19,19	0,32	0,31	0	0
	+X	3,25	9,47SN	19,19	0,32	0,31	0	0
Sargı	-Y	5,9	11,24SN	22,23	0,371	0,562	0	0

X yönüne ait zemin ve 1.kat kolonlarının $r/r_{\text{SİMİR}}$ sonuçlarının karşılaştırılması şekil 4.10'da , Y yönüne ait zemin ve 1.kat kolonlarının $r/r_{\text{NİSİR}}$ sonuçlarının karşılaştırılması Şekil 4.11'de, X yönüne ait zemin ve 1.kat kirişlerinin $r/r_{\text{SİMİR}}$ sonuçlarının karşılaştırılması şekil 4.12'de, Y yönüne ait zemin ve 1.kat kirişlerinin $r/r_{\text{SİMİR}}$ sonuçlarının karşılaştırılması şekil 4.13'te sunulmuştur.



Şekil 4.10. X yönüne ait zemin kat ve 1. kat kolonlarının $r/r_{sınır}$ değerlerinin karşılaştırılması

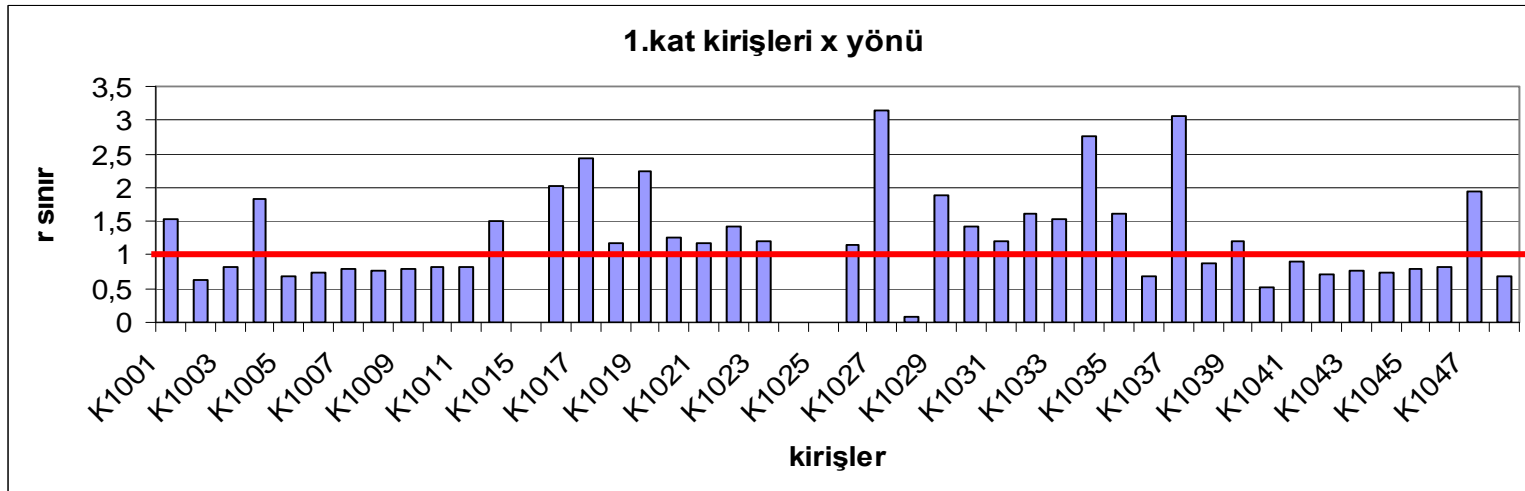
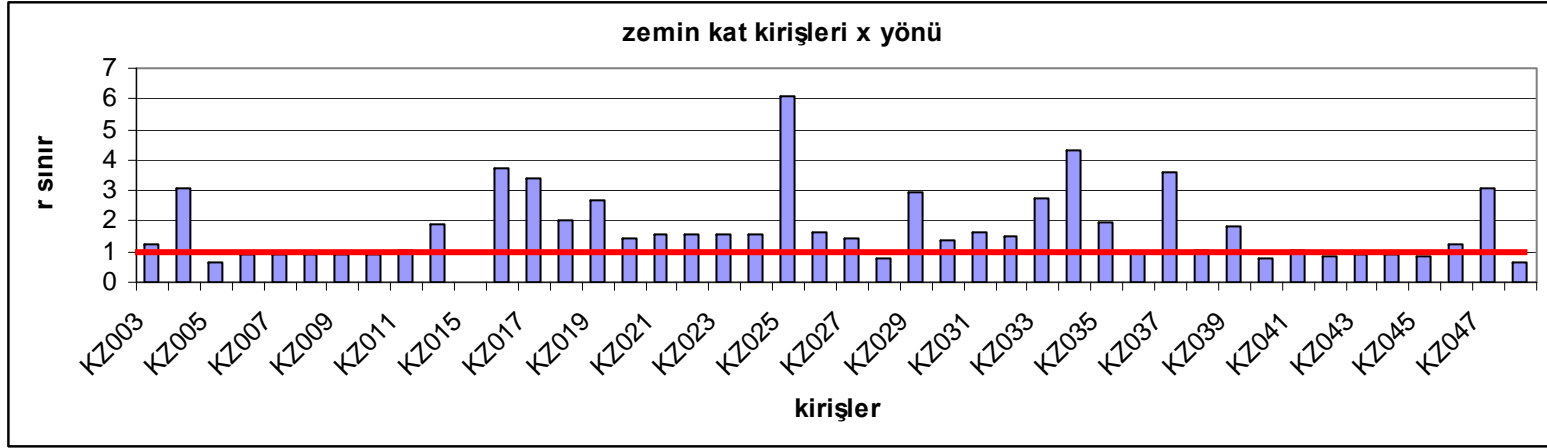


Şekil 4.11. Y yönüne ait zemin kat ve 1. kat kolonlarının $r/r_{sınır}$ değerlerinin karşılaştırılması

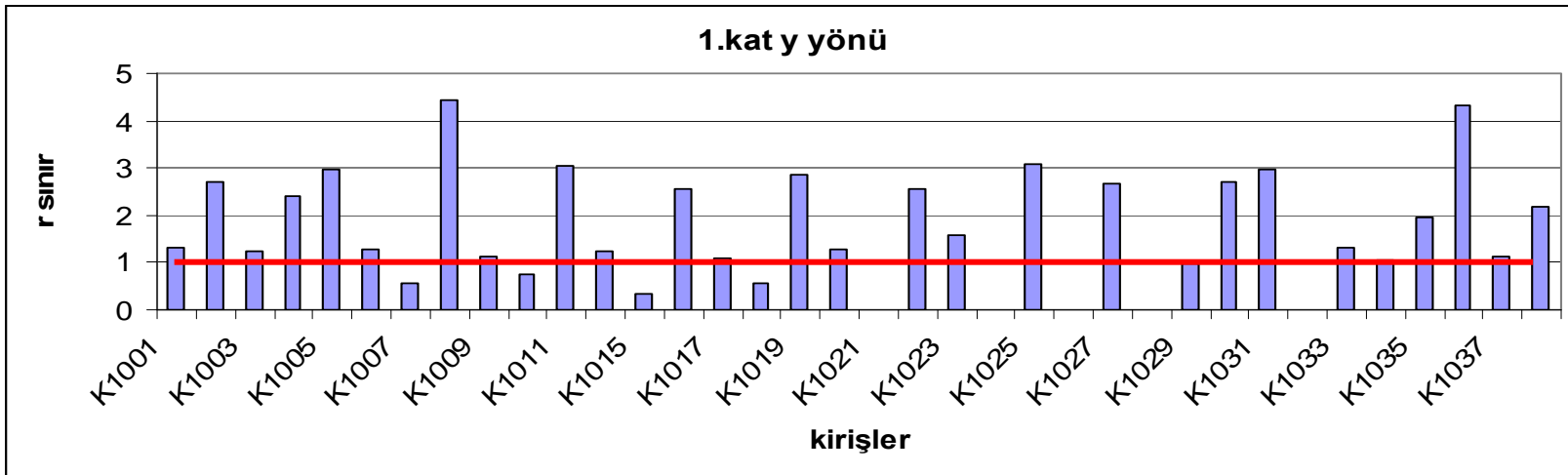
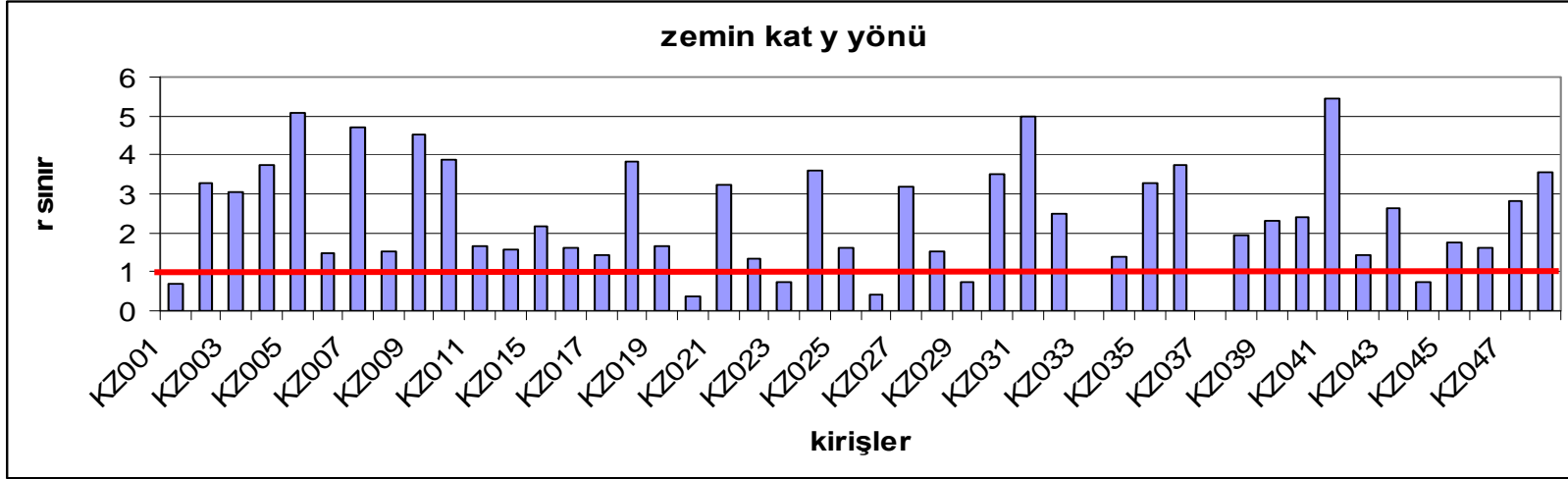
Çizelge 4.23. Bazı Kirişlerin ‘r’ Kapasite Oranı

KİRİŞ	Ve/Vr	r	Hasar
KZ001	-XSol 0,2908 9,27/12,07=0,77	1,97	MH
Sargı	-XSag-0,4282 7,81/12,07=0,65	2,15	MH
Sargı	+XSol-0,2908 8,12/12,07=0,67	4,08	IH
Sunek	+XSag 0,4282 10,63/12,07=0,88	1,01	MH
KZ002	-XSol 0,4282 10,14/12,07=0,84	0,77	MH
Sargı	-XSag-0,4282 4,23/12,07=0,35	1,3	MH
Sargı	+XSol-0,4282 4,28/12,07=0,35	1,67	MH
Sunek	+XSag 0,4282 10,19/12,07=0,84	0,6	MH
KZ003	-XSol 0,4282 10,07/12,07=0,83	1,25	MH
Sargı	-XSag-0,4282 12,05/12,07=1,0	3,76	BH
Sargı	+XSol-0,4282 7,81/12,07=0,65	2,81	BH
Sunek	+XSag 0,4282 9,79/12,07=0,81	2,78	BH
KZ004	-XSol 0,4282 11,34/12,07=0,94	3,07	BH
Sargı	-XSag-0,4282 8,92/12,07=0,74	2,41	MH
Sargı	+XSol-0,4282 11,02/12,07=0,91	3,23	BH
Sunek	+XSag 0,4282 10,69/12,07=0,89	1,28	MH
KZ005	-XSol 0,4282 11,99/12,07=0,99	0,67	MH
Sargı	-XSag-0,4282 1,46/12,07=0,12	1,34	MH
Sargı	+XSol-0,4282 2,03/12,07=0,17	1,16	MH
Gevre	k +XSag 0,4282 12,56/12,07=1,04	0,9	MH
KZ006	-XSol 0,4282 13,12/12,07=1,09	0,92	MH
Sargı	-XSag-0,4282 2,71/12,07=0,22	1,36	MH
Sargı	+XSol-0,4282 2,67/12,07=0,22	1,38	MH
Gevre	k +XSag 0,4282 13,08/12,07=1,08	0,9	MH
KZ007	-XSol 0,4282 13,13/12,07=1,09	0,92	MH
Sargı	-XSag-0,4282 2,78/12,07=0,23	1,39	MH
Sargı	+XSol-0,4282 2,72/12,07=0,23	1,37	MH
Gevre	k +XSag 0,4282 13,07/12,07=1,08	0,92	MH
KZ008	-XSol 0,4282 13,11/12,07=1,09	0,91	MH
Sargı	-XSag-0,4282 2,64/12,07=0,22	1,36	MH
Sargı	+XSol-0,4282 2,62/12,07=0,22	1,37	MH
Gevre	k +XSag 0,4282 13,09/12,07=1,09	0,9	MH
KZ009	-XSol 0,4282 13,13/12,07=1,09	0,92	MH
Sargı	-XSag-0,4282 2,82/12,07=0,23	1,41	MH
Sargı	+XSol-0,4282 2,77/12,07=0,23	1,38	MH
Gevre	k +XSag 0,4282 13,08/12,07=1,08	0,93	MH
KZ010	-XSol 0,4282 12,79/12,07=1,06	0,91	MH
Sargı	-XSag-0,4282 2,42/12,07=0,2	1,26	MH
Sargı	+XSol-0,4282 2,31/12,07=0,19	1,37	MH
Gevre	k +XSag 0,4282 12,68/12,07=1,05	0,82	MH
KZ011	-XSol 0,4282 13,14/12,07=1,09	1,04	MH
Sargı	-XSag-0,2908 6,89/12,07=0,57	3,61	BH
Sargı	+XSol-0,4282 5,73/12,07=0,47	1,61	MH
Gevre	k +XSag 0,2908 10,85/12,07=0,9	2,01	MH
KZ012	-XSol 0,2908 10,47/12,07=0,87	1,9	MH
Sargı	-XSag-0,2908 10,33/12,07=0,86	4,61	IH
Sargı	+XSol-0,2908 10,47/12,07=0,87	4,67	IH
Sunek	+XSag 0,2908 10,33/12,07=0,86	1,92	MH
KZ015	-XSol 0,2908 6,91/12,07=0,57	0	MH
Sargı	-XSag-0,4282 11,61/12,07=0,96	0	MH
Sargı	+XSol-0,2908 6,91/12,07=0,57	0	MH
Sunek	+XSag 0,4282 11,61/12,07=0,96	0	MH

KZ016	-XSol 0,4282 13,99/12,07=1,16	3,74	IH
Sargı	-XSag-0,2908 0,71/12,07=0,06	0,89	MH
Sargı	+XSol-0,4282 2,14/12,07=0,18	4,05	IH
Gevre	k +XSag 0,2908 13,64/12,07=1,13	3,51	IH
KZ017	-XSol 0,0044 12,13/47,58=0,26	3,4	BH
Sargı	-XSag-0,0439 13,71/47,58=0,29	3,05	BH
Sargı	+XSol-0,0044 14,2/47,58=0,3	3,08	BH
Sunek	+XSag 0,0439 15,78/47,58=0,33	2,81	MH
KZ018	-XSol 0,4282 9,77/12,07=0,81	2,01	MH
Sargı	-XSag-0,4282 6,79/12,07=0,56	3,28	BH
Sargı	+XSol-0,4282 8,07/12,07=0,67	2,91	BH
Sunek	+XSag 0,4282 9,58/12,07=0,79	3,2	IH
KZ019	-XSol 0,1352 25,44/47,58=0,53	2,68	MH
Sargı	-XSag-0,0406 19,25/47,58=0,4	3,76	BH
Sargı	+XSol-0,1352 22,59/47,58=0,47	3,21	BH
Sunek	+XSag 0,0406 16,4/47,58=0,34	3,1	BH
KZ020	-XSol 0,4282 14,39/12,07=1,19	1,45	MH
Sargı	-XSag-0,4282 6,47/12,07=0,54	2,14	MH
Sargı	+XSol-0,4282 6,6/12,07=0,55	2,06	MH
Gevre	k +XSag 0,4282 14,52/12,07=1,2	1,56	MH
KZ021	-XSol 0,0689 22,3/47,58=0,47	1,59	MH
Sargı	-XSag-0,0568 18,65/47,58=0,39	1,86	MH
Sargı	+XSol-0,0689 19,16/47,58=0,4	2,18	MH
Sunek	+XSag 0,0568 21,86/47,58=0,46	1,66	MH
KZ022	-XSol 0,4282 14,49/12,07=1,2	1,55	MH
Sargı	-XSag-0,4282 6,78/12,07=0,56	2,09	MH
Sargı	+XSol-0,4282 6,7/12,07=0,56	2	MH
Gevre	k +XSag 0,4282 14,42/12,07=1,19	1,6	MH
KZ023	-XSol 0,0568 21,59/47,58=0,45	1,54	MH
Sargı	-XSag-0,0689 17,21/47,58=0,36	1,97	MH
Sargı	+XSol-0,0568 17,24/47,58=0,36	1,81	MH
Sunek	+XSag 0,0689 22,57/47,58=0,47	1,47	MH
KZ024	-XSol 0,4282 11,48/12,07=0,95	1,54	MH
Sargı	-XSag-0,2908 5,11/12,07=0,42	1,96	MH
Sargı	+XSol-0,4282 6,19/12,07=0,51	2,38	MH
Sunek	+XSag 0,2908 11,69/12,07=0,97	7,14	GB
KZ025	-XSol 0,0767 6,91/12,07=0,57	6,09	GB
Sargı	-XSag-0,0928 5,88/12,07=0,49	2,74	BH
Sargı	+XSol-0,0767 7,13/12,07=0,59	5,22	IH
Sunek	+XSag 0,0928 6,1/12,07=0,51	2,04	MH
KZ026	-XSol 0,2463 11,21/12,07=0,93	1,61	MH
Sargı	-XSag-0,2908 11,01/12,07=0,91	4,61	IH
Sargı	+XSol-0,2463 11,7/12,07=0,97	2,88	BH
Sunek	+XSag 0,2908 11,5/12,07=0,95	1,95	MH
KZ027	-XSol 0,2908 10,44/12,07=0,87	14,5	GB



Şekil 4.12. X yönüne ait zemin kat ve 1. kat kirişlerinin $r/r_{sınır}$ değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.13. Y yönüne ait zemin kat ve 1. kat kirişlerinin $r/r_{sınır}$ değerlerinin karşılaştırılması

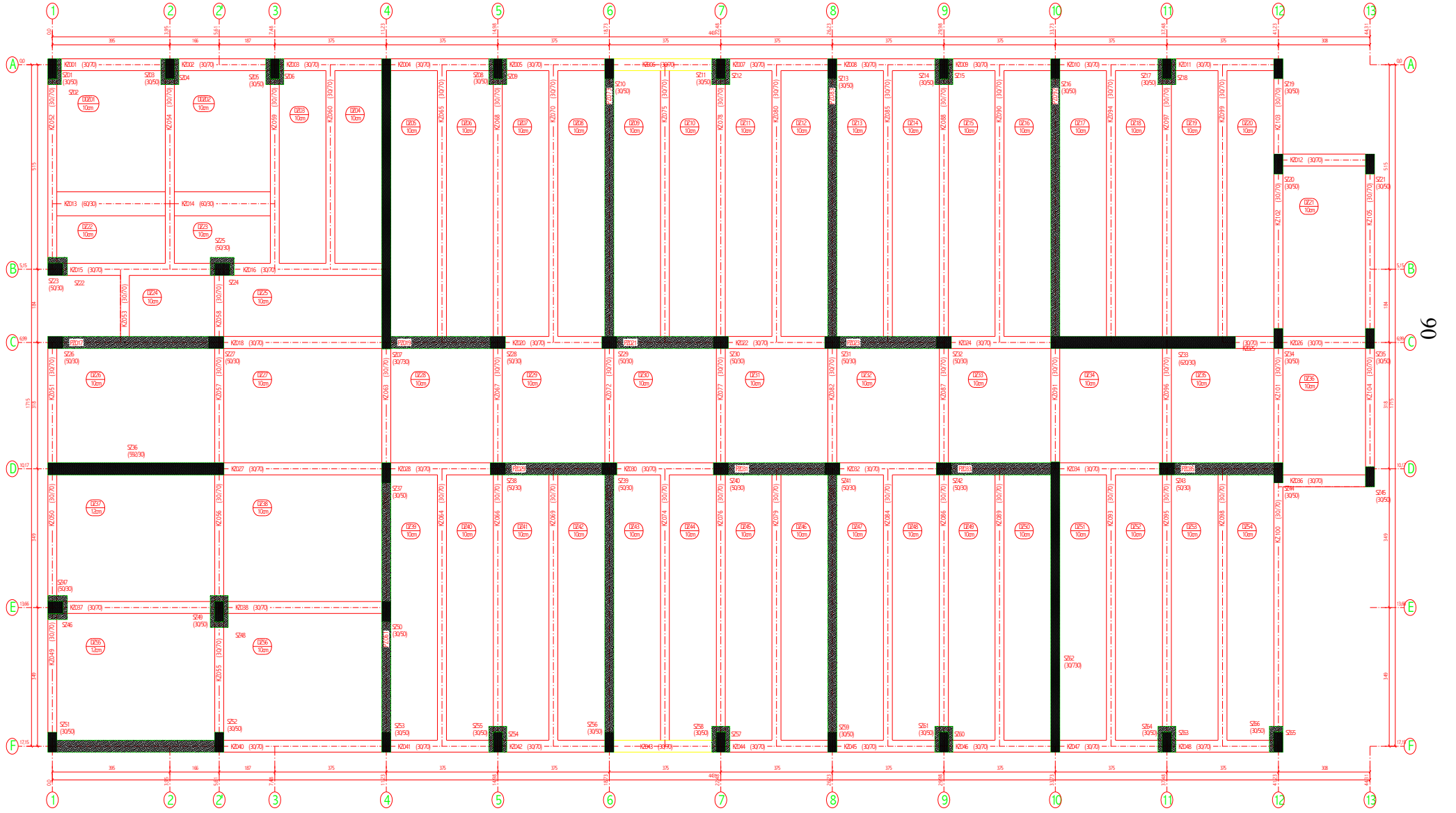
X yönü ve Y yönü kolon ve kirişlerin etki/kapasite oranlarından çıkan değerlerden kirişlerin %20, kolonların %30'undan fazlası sınır değerlerinin üzerinde çıktığından sistemin yeniden güçlendirilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Bu çalışmada yapılan bina performans değerlendirmesinde eleman güçlendirmesinin yetersiz olduğu ve sistem güçlendirmesinin de yapılması gerektiği görülmektedir.

Yapının güçlendirilmesinde eleman güçlendirmesi yetersiz olduğundan, eleman güçlendirmesine ek olarak perdeler ilave edilmesi tercih edilecektir. Burada; deprem yüklerinin büyük bir kısmını ilave perdelerle aktararak mevcut kirişlerdeki ve kolonlardaki kesit tesirlerini azaltarak yeterli hale getirmek amaçlanmıştır. Kirişlerin güçlendirilmesinin ekonomik olmaması ve de uygulamasının zor olmasından dolayı binada kolon mantolanması ve perde ilavesi yapılarak güçlendirmeye gidilecektir. Kolonların düşük mukavemet değerlerinde olmasından dolayı ve deprem yüklerinin perdeler tarafından alınmasının daha sağlıklı olmasından dolayı genellikle perde ilavesi yaygın olarak kullanılmaktadır.

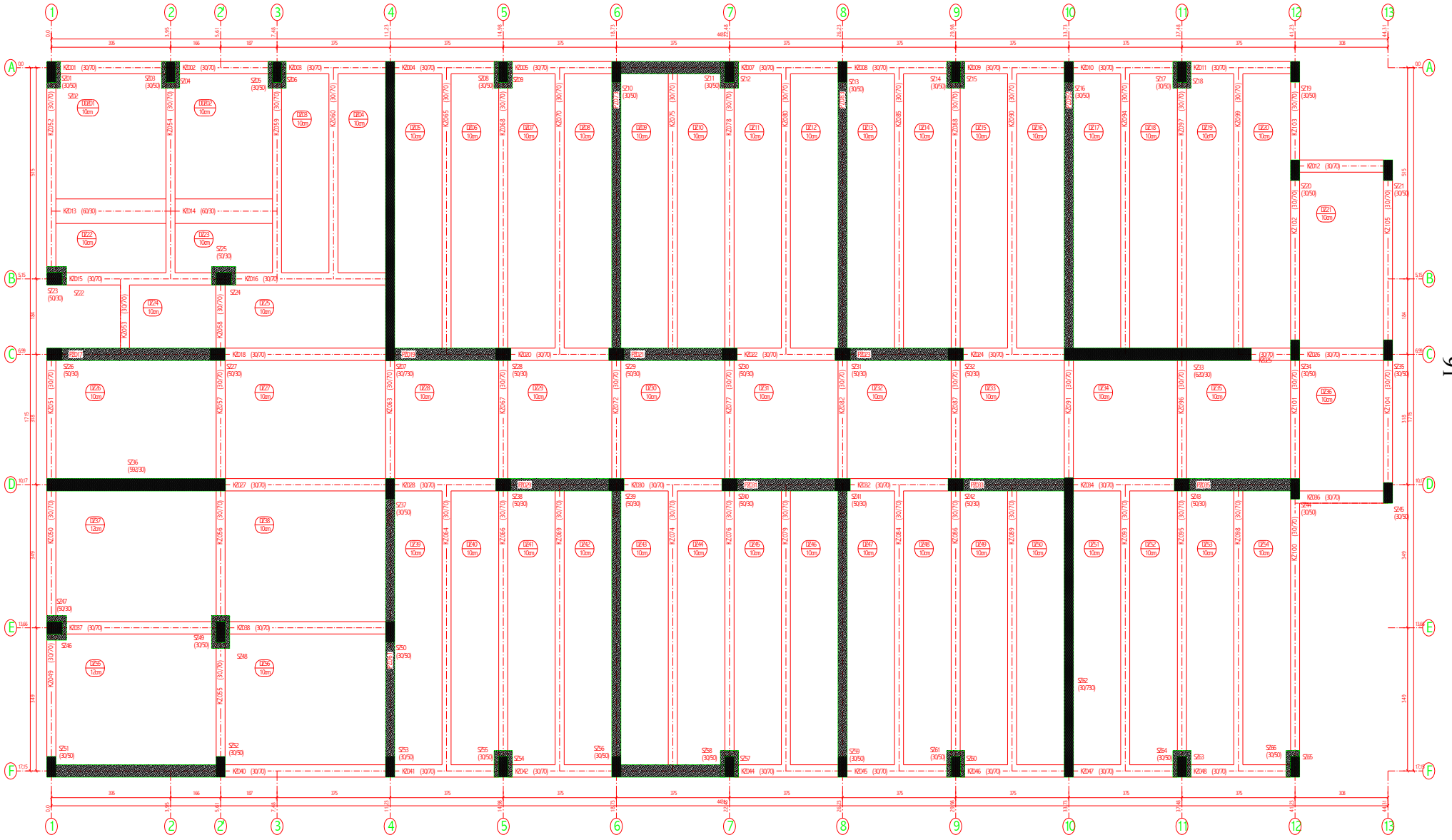
4.3.3.2. Sistem Güçlendirilmesi

Sistem güçlendirilmesi bölümünde de STA4CAD paket programı kullanılarak yapı modellenmiş ve en uygun güçlendirme modelinin belirlenmesi için çeşitli güçlendirme alternatifleri çözülerek en ekonomik çözüm belirlenmeye çalışılmıştır. Belirlenen güçlendirme modeli ABYBHY 2007'ye göre beklenen performans düzeyini sağlayıp sağlamadığı araştırılacaktır.

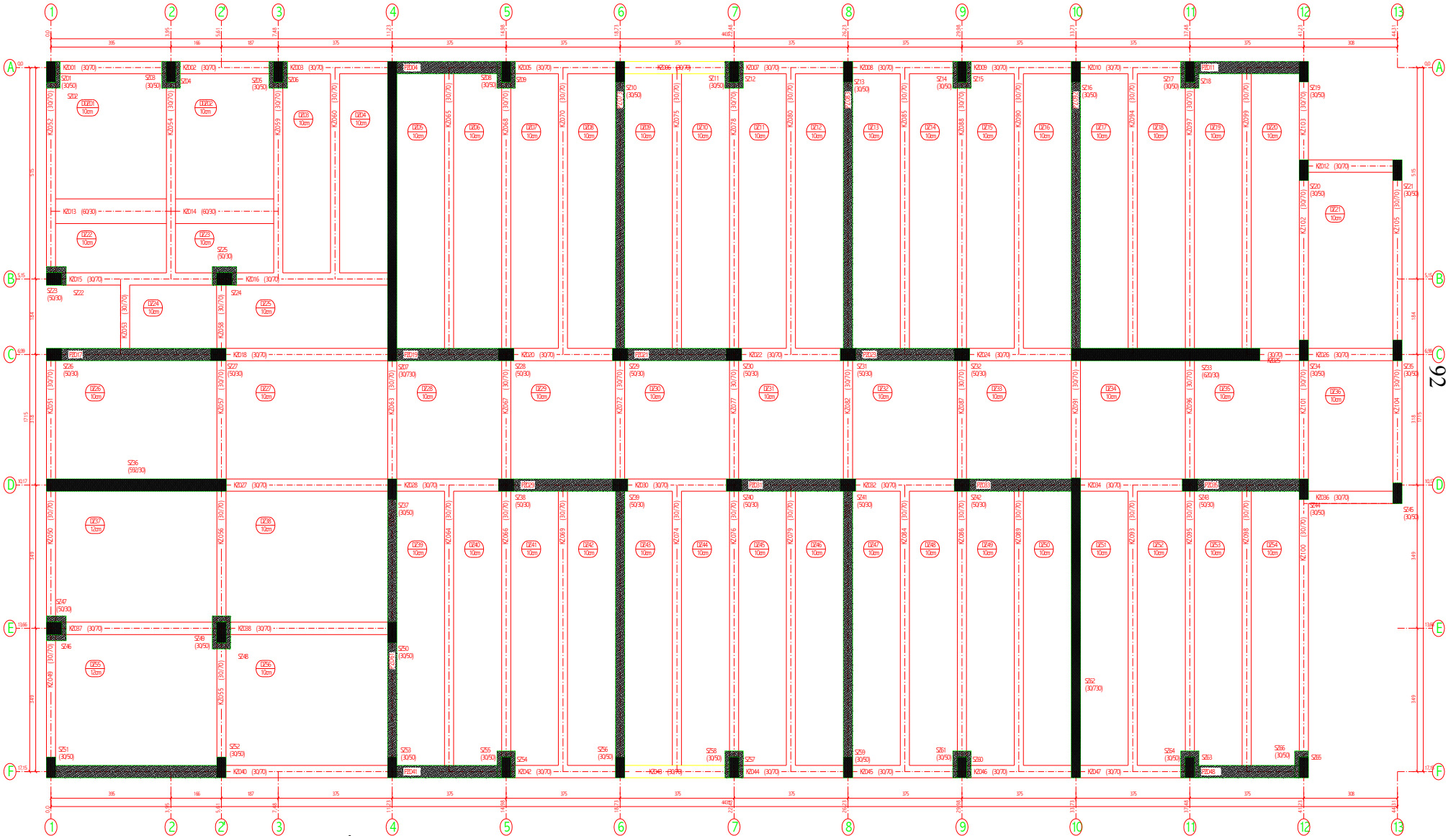
Yapıdaki mimari de göz önüne tutularak toplam 3 adet güçlendirme alternatifi üretilmiştir. Bu model adları G1, G2, G3, olarak verilmiş ve sırasıyla Şekil 4.14-16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Ulubatlı Hasan İlköğretim Okuluna ait G1Güçlendirme Modeli



Şekil 4.15. Ulubatlı Hasan İlköğretim Okuluna ait G2 Güçlendirme Modeli



Şekil 4.16. Ulubatlı Hasan İlköğretim Okuluna ait G3 Güçlendirme Modeli

4.2.4 Güçlendirme Modellerinin Keşif Özeti

Keşif özetinde 2009 Bayındırlık Bakanlığı birim fiyatları ve pozları baz alınmıştır. % 10 Nakliye ve % 18 KDV eklenmiştir. Yapının yeniden inşaa edilmesi halinde yapı 3B sınıfında (Kalorifersiz ve Asansörsüz) olup 2009 Bayındırlık Birim Fiyatlarına göre maliyetlerinin hesapları Çizelge 4.24-26'de sunulmuştur.

Çizelge 4.24 G1 Güçlendirme modeli keşif özeti

G1 GÜÇLENDİRME MODELİNİN KEŞİF ÖZETİ					
Poz No	Birim Fiyat Tarifi	Birim	Birim Fiyat	Miktar	Tutar (YTL)
16.059/1A	BS 30 Hazır Beton	m3	120,85	285,250	34.472,46
21.011	Düz Yüzeyle Betonarme Kalıbı	m2	16,08	962,830	15.482,30
23.014	8-12 mm ince nervürlü Demir	ton	1.478,75	9,376	13.864,76
23.015	14-50 mm kalın nervürlü Demir	ton	1.384,06	23,852	33.012,60
Nakliye % 10					9.683,21
Toplam					106.515,33
KDV % 18					19.172,75
Genel Toplam					125.688,07

Çizelge 4.25 G2 Güçlendirme modeli keşif özeti

G2 GÜÇLENDİRME MODELİNİN KEŞİF ÖZETİ					
Poz No	Birim Fiyat Tarifi	Birim	Birim Fiyat	Miktar	Tutar (YTL)
16.059/1A	BS 30 Hazır Beton	m3	120,85	289,250	34.955,86
21.011	Düz Yüzeyle Betonarme Kalıbı	m2	16,08	1.016,83	16.350,62
23.014	8-12 mm ince nervürlü Demir	ton	1.478,75	10,176	15.047,76
23.015	14-50 mm kalın nervürlü Demir	ton	1.384,06	24,052	33.289,41
Nakliye % 10					9.964,36
Toplam					109.608,01
KDV % 18					19.729,44
Genel Toplam					129.337,45

Çizelge 4.26 G3 Güçlendirme modeli keşif özeti

G3 GÜÇLENDİRME MODELİNİN KEŞİF ÖZETİ					
Poz No	Birim Fiyat Tarifi	Birim	Birim Fiyat	Miktar	Tutar (YTL)
16.059/1A	BS 30 Hazır Beton	m3	120,85	293,250	35.439,26
21.011	Düz Yüzeyle Betonarme Kalıbı	m2	16,08	1060,83	17.058,14
23.014	8-12 mm ince nervürlü Demir	ton	1.478,75	10,980	16.236,66
23.015	14-50 mm kalın nervürlü Demir	ton	1.384,06	24,252	33.566,22
Nakliye % 10					10.230,03
Toplam					112.530,31
KDV % 18					20.255,45
Genel Toplam					132.785,76

Yukarıdaki çizelgelerde görüldüğü gibi maliyet olarak en uygun model G1 modelidir. G1 modelinin beklenen performansı sağlayıp sağlamadığı kontrol edilecektir.

4.2.5 Güçlendirme Kararının Verilmesi

Güçlendirme kararının verilmesi için öncelikle binanın yeniden yapım maliyetini tespit etmek gerekir. Aşağıdaki Çizelge 4.27’de yapının yeniden yapımına göre maliyeti kıyaslanmıştır.

Çizelge 4.27. Yeniden yapım maliyeti ve güçlendirme maliyeti kıyaslaması

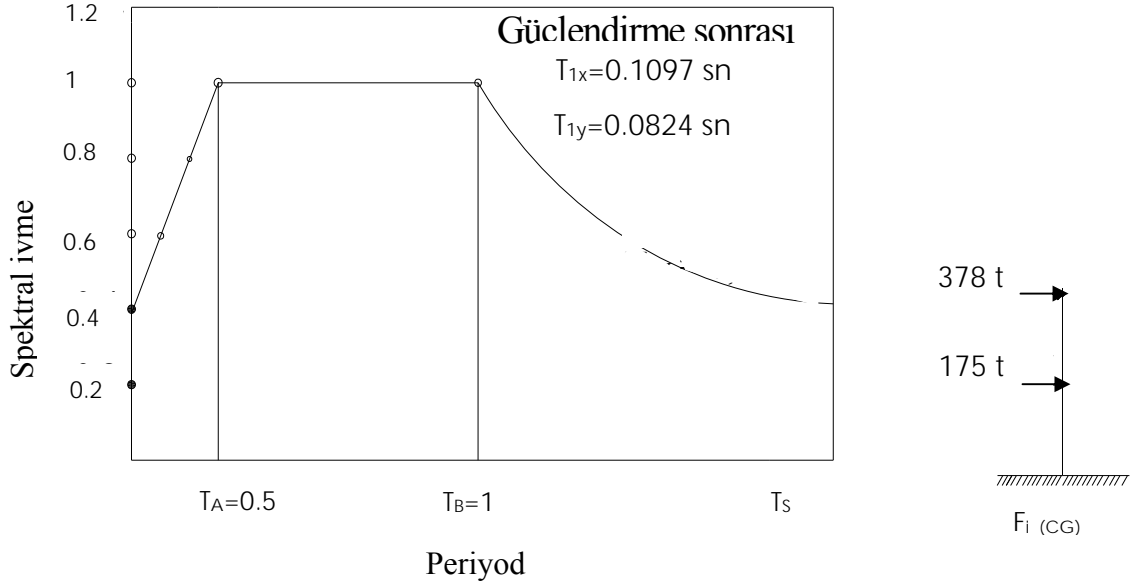
YENİDEN YAPIM MALİYETİ ve GÜÇLENDİRME MALİYET KİYASLAMASI		
Alan	3B sınıfı 2009 m2 Birim Fiyatı	Maliyet
1460	498	727.080,00
Kaba İnşaat Maliyeti (Yaklaşık Maliyetin %45’i)		327.186,00
Güçlendirme Kaba İnşaat Maliyeti		125.688,07
Güçlendirmenin Yeniden Yapıma Oranı		38%

Çizelge 4.27’de görüldüğü gibi Güçlendirme maliyeti yaklaşık maliyetin % 38’üne karşılık gelmektedir. Bu model ile güçlendirme yapılmasının ekonomik olduğu kabul edilerek G1 güçlendirme modelinin performansı araştırılacaktır.

4.3. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabilirliği

4.3.1. Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı ve Burulma Düzensizliği Kontrolü

Aşağıdaki Şekil 4.17.a,b’de gösterilen Doğrusal Elastik Deprem Spektrumu eğrisi ile katlara gelen deprem yükleri sunulmuştur.



Şekil 4.17.a. Güçlendirme Sonrası Doğrusal Elastik Deprem Spektrumu Eğrisi **b.** Katlara Gelen Deprem Kuvvetleri

Binanın toplam katsayısı 8'i aşmadığından hesaplanan burulma düzensizliği koşulunu sağladığının kontrolü aşağıda verilmiştir. X ve Y yönü deplasman kontrolleri çizelge 4.28-31'da sunulmuştur.

$$1. \text{ kat } X \text{ } d_{\text{üst}} = -.0004319 + .000005 \times (.1 - 8.92) = -.0004763 \text{ (S101)}$$

$$1. \text{ kat } X \text{ } d_{\text{alt}} = -.0004319 + .000005 \times (17.15 - 8.92) = -.0003905 \text{ (P1039)}$$

$$2. \text{ kat } X \text{ } d_{\text{üst}} = -.0009349 + .00001 \times (.1 - 9.99) - .0004763 = -.0005576 \text{ (S201)}$$

$$2. \text{ kat } X \text{ } d_{\text{alt}} = -.0009349 + .00001 \times (17.15 - 9.99) - -.0003905 = -.0004729 \text{ (P2039)}$$

Çizelge 4.28. X YÖNÜ (+%5) görel deplasman kontrolü

Kat	$\Delta X \text{ } d_{\text{üst}}(\text{m})$	$\Delta X \text{ } d_{\text{alt}}(\text{m})$	$\Delta X \text{ } \text{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$R \cdot \Delta x/h$	ϵ_i	kat tipi
2	0,0005576	0,0004729	0,0005152	1,08	0,00	0,00070	0,00051	Normal kat
1	0,0004763	0,0003905	0,0004334	1,10	0,75	0,00049	0,00053	Normal kat

Çizelge 4.29. X YÖNÜ (-%5) görelî deplasman kontrolü

Kat	$\Delta X d_{üst}(m)$	$\Delta X d_{alt}(m)$	ΔX_{ort}	η_{bi}	η_{ki}	$R \cdot \Delta x/h$	ϵ_i	kat tipi
2	0,0005576	0,0004729	0,0005152	1,08	0,00	0,00070	0,00051	Normal kat
1	0,0004763	0,0003905	0,0004334	1,10	0,75	0,00049	0,00053	Normal kat

Çizelge 4.30. Y YÖNÜ (+%5) görelî deplasman kontrolü

Kat	$\Delta Y d_{sol}(m)$	$\Delta Y d_{sağ}(m)$	ΔY_{ort}	η_{bi}	η_{ki}	$R \cdot \Delta y/h$	ϵ_i	kat tipi
2	0,0004340	0,0000472	0,0002406	1,80	0,00	0,00054	0,00028	Normal kat
1	0,0004472	0,0000459	0,0002466	1,81	0,83	0,00045	0,00031	Normal kat

Çizelge 4.31. Y YÖNÜ (-%5) görelî deplasman kontrolü

Kat	$\Delta Y d_{sol}(m)$	$\Delta Y d_{sağ}(m)$	ΔY_{ort}	η_{bi}	η_{ki}	$R \cdot \Delta y/h$	ϵ_i	kat tipi
2	0,0004340	0,0000472	0,0002406	1,80	0,00	0,00054	0,00028	Normal kat
1	0,0004472	0,0000459	0,0002466	1,81	0,83	0,00045	0,00031	Normal kat

TDY 2.3.2.1 A1 burulma düzensizliği sağlanmaktadır. \checkmark

TDY 2.3.2.1 B2 düzensizliği sağlanmaktadır. \checkmark

TDY 2.19 koşulu sağlanmaktadır. $.0007 < .02 \checkmark$

TDY 2.20 koşulu sağlanmaktadır. $\max \epsilon_i = .001 < 0.12 \checkmark$

4.3.2. Yapının Güçlendirme Modelinin Ön Görülen Minimum Performans Hedeflerine Göre Değerlendirilmesi

Çizelge 4.32 Binanın Türüne Göre Performans Düzeyi

<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

Güçlendirdiğimiz yapı okul binası olduğundan yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi performans seviyeleri deprem aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan “Hemen Kullanım” performans düzeyi ve 50 yılda %2 olan “Can Güvenliği” performans düzeyine göre sağlaması gerekmektedir. Hemen kullanım performans düzeyinde tasarım spektrumu kullanılırken can güvenliği performans düzeyinde tasarım spektrumunun 1.5 katı hesaplarda dikkate alınmaktadır. Yapılan hesaplamalar sonucunda “Can Güvenliği” performans düzeyi “Hemen Kullanım” performans düzeyine göre yapıya gelen kesme kuvveti ve göreceli deplasman değerleri daha büyük olduğundan daha kritik sonuçlar elde edilmektedir. Bunun sonucunda yapı daha kritik çözüm olan “Can Güvenliği” performans seviyesine göre çözülmüş ve “Hemen Kullanım” performans seviyesine görede kontrol edilmiştir.

4.3.3. Yapının Güçlendirme Modelinin +X Yönünde Değerlendirilmesi

Yapının 2007 Deprem Yönetmeliğine göre değerlendirilmesi ve Yapının 2007 Deprem Yönetmeliğine göre güçlendirilmesi aynı işlem basamaklarını içermektedir. Bazı kirişlere ait kesme kapasite kontrolleri çizelge 4.33'te sunulmuştur.

Çizelge 4.33. Bazı Kirişlere Ait Kesme Kapasiteleri Kontrolü

KİRİŞ	Bw	Ln	a	Sol	As _u	As _a	Mra'	Mr _u '		Mg+Mq	Mra	Mr _u	Vd		Vr
	D		b	Sağ	(cm ²)	(cm ²)									
KZ001	30	3,950	0,150	Sol	10,78	3,39	5,07	15,01	>	1,46	6,04	15,83	4,27	<	12,07
	70		0,150	Sağ	15,40	4,52	6,71	20,51	>	-2,01	7,53	21,48	4,60	<	12,07
KZ002	30	3,530	0,150	Sol	15,40	4,52	6,70	20,51	>	1,86	7,86	21,66	3,46	<	12,07
	70		0,150	Sağ	15,40	4,52	6,70	20,51	>	-1,81	7,86	21,66	3,43	<	12,07
KZ003	30	3,750	0,150	Sol	15,40	4,52	6,71	20,51	>	1,47	7,79	21,60	4,97	<	12,07
	70		0,150	Sağ	15,40	4,52	6,71	20,51	>	-5,40	7,79	21,60	7,42	<	12,07
KZ004	30	3,750	0,150	Sol	15,40	4,52	6,71	20,51	>	6,69	7,79	21,60	7,74	<	12,07
	70		0,150	Sağ	15,40	4,52	6,71	20,51	>	-1,77	7,79	21,60	4,64	<	12,07
KZ005	30	3,750	0,150	Sol	15,40	4,52	6,71	20,51	>	1,83	7,79	21,60	4,48	<	12,07
	70		0,150	Sağ	15,40	4,52	6,71	20,51	>	-6,37	7,79	21,60	7,31	<	12,07
KZ006	30	3,750	0,150	Sol	15,40	4,52	6,71	20,51	>	6,36	7,79	21,60	7,52	<	12,07
	70		0,150	Sağ	15,40	4,52	6,71	20,51	>	-1,93	7,79	21,60	4,72	<	12,07
KZ007	30	3,750	0,150	Sol	15,40	4,52	6,71	20,51	>	1,93	7,79	21,60	4,52	<	12,07
KZ016	30	5,520	0,260	Sol	15,40	4,52	6,81	20,51	>	7,02	7,84	21,72	11,18	<	12,07
	70		0,150	Sağ	10,78	3,39	5,17	15,01	>	-10,10	5,87	15,60	11,51	<	12,07
KZ018	30	5,720	0,250	Sol	10,78	3,39	5,17	15,01	>	5,82	6,06	15,89	8,84	<	12,07
	70		0,150	Sağ	10,78	3,39	5,17	15,01	>	-5,66	5,70	15,53	8,94	<	12,07
KZ020	30	3,750	0,250	Sol	10,78	3,39	5,11	15,01	>	4,96	6,45	16,35	11,49	<	12,07
	70		0,250	Sağ	10,78	3,39	5,11	15,01	>	-5,25	6,45	16,35	11,61	<	12,07

KZ022	30	3,750	0,250	Sol	10,78	3,39	5,11	15,01	>	4,78	6,45	16,35	11,38	<	12,07
	70		0,250	Sağ	10,78	3,39	5,11	15,01	>	-5,39	6,45	16,35	11,71	<	12,07
KZ024	30	6,700	0,250	Sol	10,78	3,39	5,11	15,01	>	5,35	5,86	15,76	10,68	<	12,07
	70		3,100	Sağ	10,78	3,39	5,11	15,01	<	-19,83	14,42	24,31	10,59	<	12,07
KZ027	30	8,420	2,960	Sol	10,78	3,39	5,17	15,01	<	22,42	14,20	22,68	7,66	<	12,07
	70		0,150	Sağ	15,40	4,52	6,82	20,51	>	-6,08	7,21	20,97	7,54	<	12,07
KZ028	30	3,750	0,150	Sol	15,40	4,52	6,76	20,51	>	5,67	7,63	21,53	9,96	<	12,07
	70		0,150	Sağ	15,40	4,52	6,74	20,51	>	0,00	8,03	21,79	3,02	<	12,07
KZ087	30	3,180	0,150	Sol	15,40	4,52	6,74	20,51	>	0,00	8,03	21,79	3,02	<	12,07
	70		0,150	Sağ	15,40	4,52	6,74	20,51	>	0,00	8,03	21,79	3,02	<	12,07
KZ088	30	6,890	0,250	Sol	10,78	3,39	5,21	15,01	>	5,78	6,14	15,80	7,14	<	12,07
	70		0,150	Sağ	15,40	4,52	6,85	20,51	>	-3,84	7,33	21,07	6,84	<	12,07
KZ091	30	6,660	0,150	Sol	10,78	3,39	5,10	15,01	>	0,00	5,55	15,46	5,37	<	12,07
	70		3,650	Sağ	10,78	3,39	5,10	15,01	>	0,00	16,12	26,02	3,62	<	12,07
KZ095	30	6,875	0,150	Sol	15,40	4,52	6,85	20,51	>	7,42	7,33	21,07	7,54	<	12,07
	70		0,255	Sağ	10,78	3,39	5,21	15,01	>	-4,53	6,16	15,82	6,18	<	12,07

Sonuçlarda görüldüğü gibi $V_r > V_d$ olduğundan kesme kontrolü sağlanmıştır. Bazı kolonların uç kiriş-kolon moment kapasite kontrolü çizelge 4.34'te, kapasite oranları (r) Çizelge 4.35'te ve bazı kirişlerin kapasite oranları (r) Çizelge 4.36'da sunulmuştur.

Çizelge 4.34. Bazı Kolon uçlarında kiriş-kolon moment kapasite kontrolü

KOLON NO	(-X)			(+X)			(-Y)			(+Y)		
	Mc	Mb >	Mb	Mc	Mb >	Mb	Mc	Mb >	Mb	Mc	Mb >	Mb
S101	8,13	< 15,83	15,83	7,55	> 6,04	6,04	14,60	< 16,00	16,00	14,04	> 6,08	6,08
S201	3,99	< 15,83	9,69	3,57	< 6,04	6,04	7,18	< 16,00	15,72	6,78	> 6,08	6,08
S103	8,25	< 29,20	29,20	8,19	< 29,34	29,34	14,82	< 16,01	16,01	14,50	> 6,20	6,20
S123	14,26	< 15,98	15,98	14,48	> 6,31	6,31	8,06	> 5,68	5,68	7,84	< 15,60	15,60
S203	4,12	< 29,20	29,20	4,08	< 29,34	29,34	7,39	< 16,01	16,01	7,22	> 6,20	6,20
S223	7,33	< 15,98	15,98	7,07	> 6,31	6,31	3,93	< 5,68	5,68	4,07	< 15,60	12,26
S105	8,14	< 29,46	29,46	8,24	< 29,46	29,46	14,78	< 16,01	16,01	14,41	> 6,20	6,20
S105	8,14	< 29,46	29,46	8,24	< 29,46	29,46	14,78	< 16,01	16,01	14,41	> 6,20	6,20
S207	17,44	< 40,96	18,58	18,42	< 60,52	16,39	493,03	> 25,84	25,84	478,17	> 15,94	15,94
S227	6,43	< 15,89	6,05	5,83	< 6,06	5,74	2,38	< 25,84	2,83	3,03	< 17,75	2,41
S108	8,21	< 29,39	29,39	8,18	< 29,39	29,39	14,72	< 15,80	15,80	14,48	> 6,14	6,14
S137	7,21	< 28,74	7,65	7,03	< 28,59	5,88	10,94	> 5,84	5,84	13,48	< 15,75	13,20
S136	905,55	> 22,68	22,68	887,39	> 14,20	14,20	44,31	< 58,81	37,12	40,60	< 59,19	43,74
S158	8,23	< 29,39	29,39	8,23	< 29,39	29,39	14,49	> 6,14	6,14	14,72	< 15,80	15,80
S102	14,67	> 0,00	0,00	13,93	> 0,00	0,00	27,58	> 0,00	0,00	26,61	> 0,00	0,00
S122	27,58	> 0,00	0,00	26,51	> 0,00	0,00	21,66	> 0,00	0,00	22,28	> 0,00	0,00
S237	3,41	< 28,74	3,75	3,41	< 28,59	2,74	5,43	< 5,84	5,57	6,44	< 15,75	6,22
S236	399,76	> 22,68	22,68	391,46	> 14,20	14,20	19,19	< 58,81	14,33	17,84	< 59,19	21,40
S110	5,38	< 29,39	5,29	5,38	< 29,39	5,28	13,01	> 0,00	0,00	13,01	> 0,00	0,00
S128	13,66	< 16,35	13,52	10,92	> 6,45	6,45	7,27	< 29,12	11,82	6,90	< 29,10	0,82
S126	11,69	> 0,00	0,00	11,69	> 0,00	0,00	7,17	< 16,03	6,40	5,36	< 6,26	4,76
S147	14,68	< 16,00	16,00	14,16	> 6,33	6,33	8,15	< 29,51	29,51	8,14	< 29,34	29,34

S149	8,21	<	28,69	28,69	8,22	<	28,69	28,69	14,77	<	31,26	31,26	14,77	<	30,94	30,94
S164	8,23	<	29,33	29,33	8,21	<	29,17	29,17	14,69	>	6,16	6,16	14,69	<	15,82	15,82
S124	79,47	>	0,00	0,00	81,08	>	0,00	0,00	43,09	>	0,00	0,00	39,36	>	0,00	0,00
S238	5,76	<	6,82	4,88	6,45	<	16,46	6,23	3,35	<	29,10	29,10	3,52	<	29,13	7,08
S152	220,82	>	15,59	15,59	220,50	>	5,78	5,78	16,86	>	7,04	7,04	22,19	>	16,66	16,66
S253	3,26	<	28,91	2,75	2,53	<	28,99	3,01	5,93	>	0,00	0,00	5,93	>	0,00	0,00
S210	2,67	<	29,39	2,65	2,66	<	29,39	2,63	6,14	>	0,00	0,00	6,14	>	0,00	0,00
S228	6,51	<	16,35	6,43	5,52	<	6,45	4,98	3,50	<	29,12	7,07	3,33	<	29,10	29,10
S226	5,65	>	0,00	0,00	5,65	>	0,00	0,00	3,36	<	16,03	2,83	2,87	<	6,26	2,84
S247	7,23	<	16,00	16,00	6,83	>	6,33	6,33	4,02	<	29,51	29,51	4,01	<	29,34	29,34
S117	8,25	<	29,33	29,33	8,23	<	29,17	29,17	14,80	<	15,80	15,80	14,62	>	6,14	6,14
S239	6,41	<	16,35	6,39	5,33	<	6,45	4,73	3,04	<	6,05	2,53	3,42	<	15,95	3,37
S257	29,30	>	0,00	0,00	29,30	>	0,00	0,00	31,85	>	0,00	0,00	31,85	>	0,00	0,00
S211	4,11	<	29,39	29,39	4,11	<	29,39	29,39	7,30	<	15,80	15,80	7,11	>	6,14	6,14
S229	5,30	<	6,45	4,74	6,39	<	16,35	6,35	3,41	<	15,95	3,37	3,02	<	6,05	2,51
S250	2,81	<	5,86	5,75	3,47	<	15,59	0,50	5,90	>	0,00	0,00	5,90	>	0,00	0,00
S251	3,04	>	0,00	0,00	3,04	>	0,00	0,00	3,95	<	6,94	5,95	6,08	<	16,61	4,02
S113	5,43	<	29,39	5,34	5,43	<	29,39	5,33	13,06	>	0,00	0,00	13,06	>	0,00	0,00
S144	7,37	<	15,98	7,32	6,03	>	6,03	4,59	11,03	<	30,21	7,55	11,58	<	30,08	12,82
S254	29,30	>	0,00	0,00	29,30	>	0,00	0,00	31,85	>	0,00	0,00	31,85	>	0,00	0,00
S115	62,89	>	0,00	0,00	62,89	>	0,00	0,00	56,90	>	0,00	0,00	55,76	>	0,00	0,00
S216	2,75	<	29,39	2,82	2,75	<	29,39	2,62	6,20	>	0,00	0,00	6,20	>	0,00	0,00
S219	3,23	<	6,09	5,01	3,90	<	15,87	2,00	7,07	<	9,53	6,35	6,43	<	8,58	6,41
S120	8,09	<	15,98	7,54	7,84	>	6,03	6,03	14,18	<	26,41	12,95	14,55	<	18,42	15,48
S214	4,11	<	29,39	29,39	4,11	<	29,39	29,39	7,30	<	15,80	15,80	7,11	>	6,14	6,14

Çizelge 4.35 Bazı Kolonların ‘r’ Kapasite Oranı

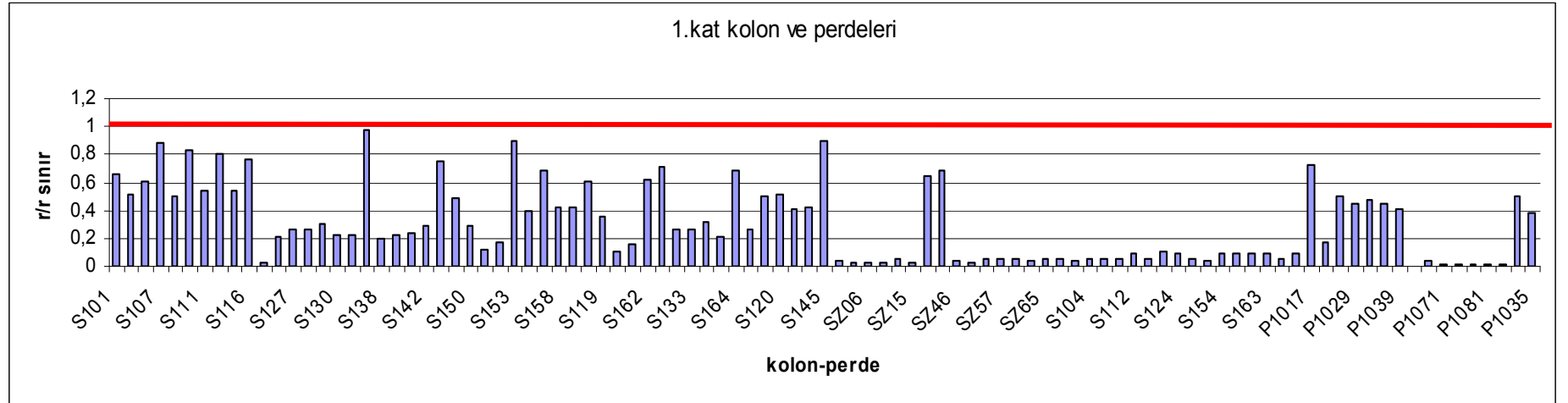
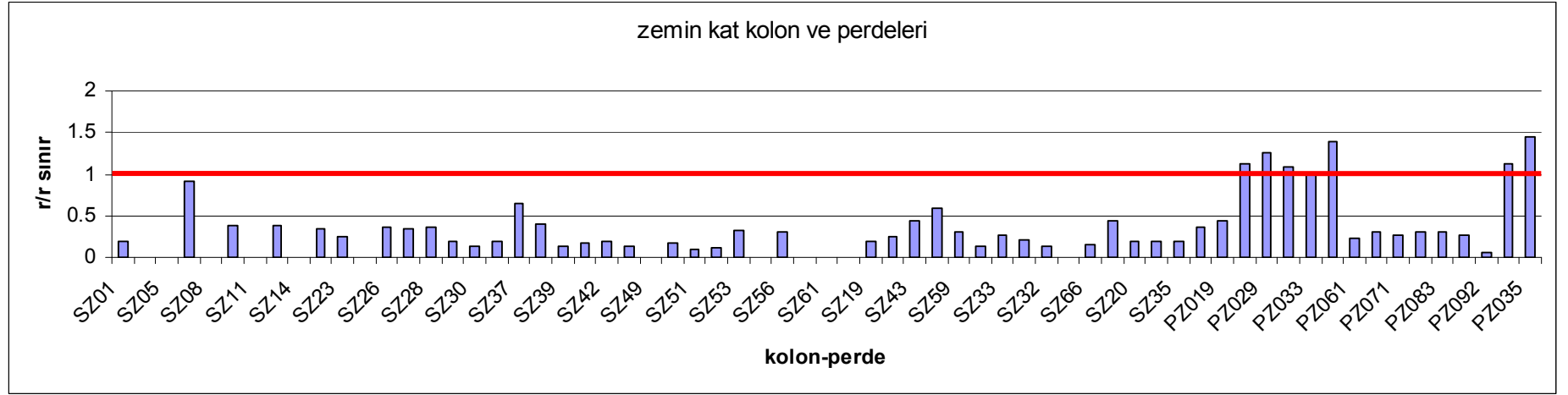
KOLON	Ve	Vr	N	N/(Ac,fc)	V/(Ac,fc)	Md	Mr	r	hasar
SZ01 -X	1,27	9,47SN	27,58	0,460	0,121	0,71	3,56	0.2	M
+Y	0,00	11,24SN	16,31	0,272	0,000	0,00	7,83	0	M
SZ05 -X	1,26	9,47SN	23,14	0,386	0,120	0,00	4,14	0	M
+X	1,27	9,47SN	26,80	0,447	0,121	0,00	4,09	0	M
Sargı -Y	2,28	11,24SN	26,06	0,434	0,217	0,00	6,95	0	M
+Y	0,00	11,24SN	16,91	0,282	0,000	0,00	7,71	0	M
SZ07 -X	8,40	104,88SN	66,41	0,076	0,055	20,09	21,91	0.92	M
+X	9,35	104,88SN	87,21	0,100	0,061	20,09	22,47	0.89	M
Sargı -Y	11,18	192,72SN	93,79	0,107	0,073	100,02	625,36	0.16	M
Perde +Y	11,13	192,72SN	83,07	0,095	0,073	100,02	592,80	0.17	M
SZ08 -X	1,27	9,47SN	23,98	0,400	0,121	0,00	4,10	0	M
+X	1,27	9,47SN	29,44	0,491	0,121	0,00	4,15	0	M
SZ31 -X	0,69	11,24SN	-3,62	-0,060	0,066	1,02	4,83	0.21	M
+Y	2,27	11,24SN	21,64	0,361	0,216	0,22	6,74	0.03	M
SZ34 -X	1,65	9,47SN	25,52	0,425	0,157	1,79	4,04	0.44	M
+X	1,65	9,47SN	25,36	0,423	0,157	1,79	4,20	0.43	M
Sargı -Y	2,94	11,24SN	31,17	0,520	0,280	0,62	7,89	0.08	M
+Y	2,98	11,24SN	28,84	0,481	0,284	0,62	6,89	0.09	M
SZ20 -X	1,27	9,47SN	26,59	0,443	0,121	0,79	3,95	0.2	M
+X	0,68	9,47SN	14,55	0,243	0,065	0,79	4,16	0.19	M
Sargı -Y	2,21	11,24SN	15,19	0,253	0,211	0,25	6,86	0.04	M
+Y	2,28	11,24SN	25,37	0,423	0,217	0,25	7,74	0.03	M
SZ21 -X	0,68	9,47SN	7,08	0,118	0,065	0,80	4,07	0.2	M

Sargı -Y	0,00	102,09SN	10,21	0,015	0,000	0,94	34,27	0.03	M
+Y	0,00	102,09SN	15,31	0,023	0,000	0,94	34,92	0.03	M
SZ60 -X	0,00	84,37SN	18,86	0,028	0,000	1,68	33,19	0.05	M
+X	0,00	84,37SN	16,66	0,024	0,000	1,68	32,81	0.05	M
Sargı -Y	0,00	102,09SN	9,87	0,015	0,000	0,68	34,17	0.02	M
+Y	0,00	102,09SN	14,97	0,022	0,000	0,68	34,84	0.02	M
SZ63 -X	0,00	84,37SN	19,76	0,029	0,000	1,44	33,29	0.04	M
+X	0,00	84,37SN	18,37	0,027	0,000	1,44	33,31	0.04	M
Sargı -Y	0,00	102,09SN	15,60	0,023	0,000	0,41	35,64	0.01	M
+Y	0,00	102,09SN	21,88	0,032	0,000	0,41	36,60	0.01	M
SZ65 -X	0,00	54,19SN	-2,27	-0,006	0,000	0,50	10,51	0.05	M
+X	0,00	54,19SN	6,55	0,016	0,000	0,50	11,55	0.04	M
Sargı -Y	0,00	60,52SN	0,96	0,002	0,000	0,12	17,68	0.01	M
+Y	0,00	60,52SN	7,81	0,019	0,000	0,12	18,98	0.01	M
SZ18 -X	0,00	84,37SN	19,44	0,029	0,000	1,79	33,40	0.05	M
+X	0,00	84,37SN	18,63	0,027	0,000	1,79	33,37	0.05	M
Sargı -Y	0,00	102,09SN	17,99	0,026	0,000	0,23	30,15	0.01	M
+Y	0,00	102,09SN	14,61	0,021	0,000	0,23	29,84	0.01	M
S115 -X	0,00	84,37SN	1,99	0,003	0,000	1,40	29,38	0.05	M
+X	0,00	84,37SN	1,99	0,003	0,000	1,40	29,36	0.05	M
Sargı -Y	0,00	102,09SN	1,99	0,003	0,000	0,05	26,86	0	M
+Y	0,00	102,09SN	1,99	0,003	0,000	0,05	26,96	0	M

Çizelge 4.36 Bazı Kirişlerin ‘r’ Kapasite Oranı

KİRİŞ	p-p'/pb	Ve/Vr		Ve/(Ac,ft)	r	Hasar
KZ001	-XSol 0,2908	4,27/12,07=0,35	SN	0,1378	0,16	MH
Sargı	-XSag-0,4282	2,75/12,07=0,23	SN	0,1427	0,17	MH
Sunek	+XSag 0,4282	3,43/12,07=0,28	SN	0,1682	0,03	MH
KZ003	-XSol 0,4282	4,97/12,07=0,41	SN	0,1615	0,14	MH
Sargı	-XSag-0,4282	3,62/12,07=0,3	SN	0,1979	0,37	MH
Sargı	+XSol-0,4282	1,18/12,07=0,1	SN	0,1325	0,32	MH
Sunek	+XSag 0,4282	7,42/12,07=0,62	SN	0,1689	0,3	MH
KZ004	-XSol 0,4282	7,74/12,07=0,64	SN	0,2156	0,17	MH
Sunek	+XSag 0,4282	7,31/12,07=0,61	SN	0,1457	0,07	MH
Sunek	+XSag 0,4282	7,31/12,07=0,61	SN	0,1457	0,07	MH
KZ006	-XSol 0,4282	7,52/12,07=0,62	SN	0,1455	0,11	MH
Sargı	-XSag-0,4282	3,0/12,07=0,25	SN	0,1039	0,19	MH
Sargı	+XSol-0,4282	5,8/12,07=0,48	SN	0,1904	0,12	MH
Sunek	+XSag 0,4282	4,72/12,07=0,39	SN	0,1488	0,09	MH
KZ038	-XSol 0,4282	8,29/12,07=0,69	SN	0,1863	0,11	MH
Sargı	-XSag-0,2908	5,24/12,07=0,43	SN	0,1586	0,24	MH
Sargı	+XSol-0,4282	7,1/12,07=0,59	SN	0,1444	0,1	MH
Sunek	+XSag 0,4282	4,03/12,07=0,33	SN	0,1510	0,02	MH
KZ042	-XSol 0,4282	4,73/12,07=0,39	SN	0,1489	0,09	MH
Sargı	-XSag-0,4282	5,79/12,07=0,48	SN	0,1903	0,11	MH
Sargı	+XSol-0,4282	3,01/12,07=0,25	SN	0,1039	0,2	MH
Sunek	+XSag 0,4282	7,51/12,07=0,62	SN	0,1453	0,1	MH
KZ043	-XSol 0,4282	7,09/12,07=0,59	SN	0,1455	0,05	MH
Sunek	+XSag 0,4282	7,33/12,07=0,61	SN	0,1452	0,08	MH

KZ045	-XSol 0,4282	7,3/12,07=0,61	SN	0,1459	0,07	MH
Sargı	-XSag-0,4282	3,21/12,07=0,27	SN	0,1033	0,15	MH
Sargı	+XSol-0,4282	6,08/12,07=0,5	SN	0,1908	0,08	MH
Sunek	+XSag 0,4282	4,44/12,07=0,37	SN	0,1482	0,07	MH
Sargı	-YSag-0,2908	4,87/12,07=0,4	SN	0,1368	0,0	MH
Sargı	+YSol 0,2908	8,84/12,07=0,73	SN	0,1957	0,19	MH
Sunek	+YSag-0,2908	4,87/12,07=0,4	SN	0,1368	0,0	MH
Sunek	+YSag-0,2908	4,87/12,07=0,4	SN	0,1368	0,0	MH
KZ063	-YSol 0,2908	3,7/12,07=0,31	SN	0,1247	0,0	MH
Sargı	-YSag-0,2908	5,38/12,07=0,45	SN	0,1497	0,0	MH
Sargı	+YSol 0,2908	3,7/12,07=0,31	SN	0,1191	0,0	MH
Sunek	+YSag-0,2908	5,38/12,07=0,45	SN	0,1441	0,0	MH
KZ066	-YSol 0,4282	7,2/12,07=0,6	SN	0,1134	0,11	MH
Sargı	-YSag-0,2908	6,22/12,07=0,52	SN	0,1156	0,19	MH
Sargı	+YSol 0,4282	6,07/12,07=0,5	SN	0,1394	0,16	MH
Sunek	+YSag-0,2908	7,35/12,07=0,61	SN	0,1416	0,23	MH
KZ068	-YSol 0,2908	7,32/12,07=0,61	SN	0,1412	0,22	MH
Sargı	-YSag-0,4282	6,12/12,07=0,51	SN	0,1400	0,16	MH
Sargı	+YSol 0,2908	6,21/12,07=0,51	SN	0,1152	0,19	MH
Sunek	+YSag-0,4282	7,24/12,07=0,6	SN	0,1140	0,11	MH
Sargı	+YSol 0,4282	6,18/12,07=0,51	SN	0,1380	0,1	MH
Sunek	+YSag-0,2908	7,25/12,07=0,6	SN	0,1424	0,17	MH



Şekil 4.19. Y yönüne ait zemin kat ve 1. kat kolonların ve perdelerin $r/r_{sınır}$ değerlerinin karşılaştırılması

4.3.3. Bina Performansının Değerlendirilmesi

4.3.3.1. Lineer Çözüme Göre Değerlendirme

Aşağıdaki çizelgede “Güvenlik Sınırnı Sağlamayan Kirişlerin Adedi” nin “O Kattaki O Doğrultudaki Kirişlerin Adedi”ne oranı, ve “Güvenlik Sınırnı Sağlamayan Kolonların aldığı Kesme Kuvveti”nin, “O Kattaki Tüm Kolonların Aldığı Kesme Kuvveti”ne oranı verilmiştir. TDY 2007’ye göre bu oranlar kirişlerde %30, kolonlarda %20 den küçük olduğu katlar “Güvenlik Sınırı”nı sağlayacaktır. En üst kat kolonlarında bu oran %40 tır. Aşağıdaki değerler “Can Güvenliği Performans Düzeyi” içindir. Göreli Kat Öteleme Kontrolü çizelge 4.37’de, kiriş hasar yüzdeleri çizelge 4.38’de, kolon kesme kuvveti dağılımı çizelge 4.39’da, alt ve üst kesitlerinde minimum hasar bölgesini aşan kolonların kesme kuvveti dağılımı çizelge 4.40’ta sunulmuştur.

Çizelge 4.37. Göreli Kat Öteleme Kontrolü [$\text{Max}(R \cdot \Delta/H)=0,02$ Can Güvenliği]

Kat	Hi	X yönü $R_x \cdot \Delta_x/h$	Y yönü $R_y \cdot \Delta_y/h$
2	3,20	0,0006288	0,0002831
1	3,20	0,0005399	0,0002898

Çizelge 4.38. Kiriş Hasar Yüzdeleri

KAT	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
2	100,	0,0	0,0	0,0	97,3	0,0	2,7	0,0	100,	0,0	0,0	0,0	100,	0,0	0,0	0,0
1	100,	0,0	0,0	0,0	97,3	0,0	2,7	0,0	100,	0,0	0,0	0,0	100,	0,0	0,0	0,0
Max,	100,						2,7					0,0				

X yönü kiriş oranı= % 37,37

Y yönü kiriş oranı= % 34,34

Çizelge 4.39. Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı

KAT	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
NO	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
2	100,	0,0	0,0	0,0	100,	0,0	0,0	0,0	100,	0,0	0,0	0,0	100,	0,0	0,0	0,0
1	100,	0,0	0,0	0,0	100,	0,0	0,0	0,0	100,	0,0	0,0	0,0	100,	0,0	0,0	0,0
Max,	100,					0,0						0,0				

Çizelge 4.40. Alt Ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı

KAT	(-X)			(+X)		(-Y)		(+Y)	
NO	MH	BH+IH+GB		MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB
2	100,	0,0		100,	0,0	100,	0,0	100,	0,0
1	100,	0,0		100,	0,0	100,	0,0	100,	0,0
Max,	100,								

Bina Yatay Yük Kapasite Oranı 1. Kat : $V_r/V_e=2036,9/553,34=3,681$

İleri Kiriş Hasar Oranı= $2,7 > 0$ olduğundan Hemen Kullanım' ı sağlamaktadır.

Can Güvenliği Durumu için Güçlendirme Yeterlidir.

Can Güvenliği Yeterlilik Kontrolü:

Kiriş Hasar Oranı= $(IH=2,7 \leq 20), (GB=0,)$

Kolon Hasar Oranı= $(IH=0,0 \leq 20), (GB=0,)$

Ust Kat V_c Oranı= $(IH=0,0 < 40), (GB=0,)$

Plastikleşen Kolon V_c Oranı= $BH+IH+GB=0,0 \leq 30$

Çizelge 4.41. Can Güvenliğini Sağlamayan Eleman Dağılımı

KAT NO	X yönü		Y yönü	
	Kiriş(%)	Kolon(%)	Kiriş(%)	Kolon(%)
2	1/37 (%2,7)	0 /82 (%0,0)	0/34 (%0,0)	4 /82 (%4,9)
1	1/37 (%2,7)	0 /82 (%0,0)	0/34 (%0,0)	0 /82 (%0,0)

Güçlendirmede Bazı Panel-Kolon Kesme Kontrolü

Pz017 Paneli Güçlendirme Kesme Kontrolü

$$f_{cd}=32 \text{ MPa, } f_{ctd}=5,6(\text{kg/cm}^2)$$

Bir dişin kesme kuvveti kapasitesi:

$$V_{c1}=32 \times 30 \times 5 = 4.8 \text{ (t)} \quad V_{c2}=0.65 \times 5.6 \times 30 \times 25 = 2.73 \text{ (t)} \quad \gg \quad V_b = 2.73 \text{ (t)}$$

Kolon bağlantısı kesme kontrolü: $V_{py}=10.71 \text{ (t)}$

Bir kenar kolonun kesme kuvveti kapasitesi: $V_k = 0.65 \times 5.6 \times 1500. = 5.46 \text{ (t)}$

Kolon donatısı=3ø14 $A_s=4.62 \text{ cm}^2$

$$V=5 \times 2.73 \text{ (diş)} + 5 \times 0.61 \text{ (rot)} + 18.48 \text{ (donati)} = 35.16 > 10.71 \text{ (t)}$$

Kiriş bağlantısı kesme kontrolü: $V_{px}=132.17 \text{ (t)}$

Sürtünme kuvveti= $1.4 \times (N_g - N_e) = 81.84 \text{ (t)}$

$$V=9 \times 2.73 \text{ (diş)} + 34 \times 0.61 \text{ (rot)} + 5.46 \text{ (kolon)} + 81.84 \text{ (sürtünme)} = 132.55 > 132.17 \text{ (t)}$$

PZ019 Paneli Güçlendirme Kesme Kontrolü

$$f_{cd}=32 \text{ Mpa, } f_{ctd}=5,6(\text{kg/cm}^2)$$

Bir dişin kesme kuvveti kapasitesi:

$$V_{c1}=32 \times 30 \times 5 = 4.8 \text{ (t)} \quad V_{c2}=0.65 \times 5.6 \times 30 \times 25 = 2.73 \text{ (t)} \quad \gg \quad V_b = 2.73 \text{ (t)}$$

Kolon bağlantısı kesme kontrolü: $V_{py} = 45.63 \text{ (t)}$

Bir kenar kolonun kesme kuvveti kapasitesi: $V_k = 0.65 \times 5.6 \times 1500. = 5.46 \text{ (t)}$

Kolon donatısı = $0\emptyset 12 \text{ As} = 0. \text{ cm}^2$

$$V = 5 \times 2.73 \text{ (diş)} + 53 \times 0.61 \text{ (rot)} + 0. \text{ (donati)} = 45.92 > 45.63 \text{ (t)}$$

Kiriş bağlantısı kesme kontrolü: $V_{px} = 78.24 \text{ (t)}$

Sürtünme kuvveti = $1.4 \times (N_g - N_e) = 42.63 \text{ (t)}$

$$V = 6 \times 2.73 \text{ (diş)} + 23 \times 0.61 \text{ (rot)} + 5.46 \text{ (kolon)} + 42.63 \text{ (sürtünme)} = 78.46 > 78.24 \text{ (t)}$$

PZ021 Paneli Güçlendirme Kesme Kontrolü

$$f_{cd} = 32 \text{ MPa}, \quad f_{ctd} = 5,6 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Bir dişin kesme kuvveti kapasitesi:

$$V_{c1}=32 \times 30 \times 5 = 4.8 \text{ (t)} \quad V_{c2}=0.65 \times 5.6 \times 30 \times 25 = 2.73 \text{ (t)} \quad \gg \quad V_b = 2.73 \text{ (t)}$$

Kolon bağlantısı kesme kontrolü: $V_{py} = 20.08 \text{ (t)}$

Bir kenar kolonun kesme kuvveti kapasitesi: $V_k = 0.65 \times 5.6 \times 1500. = 5.46 \text{ (t)}$

Kolon donatısı = $3\emptyset 14 \text{ As} = 4.62 \text{ cm}^2$

$$V = 5 \times 2.73 \text{ (diş)} + 5 \times 0.61 \text{ (rot)} + 18.48 \text{ (donati)} = 35.16 > 20.08 \text{ (t)}$$

Kiriş bağlantısı kesme kontrolü: $V_{px} = 50.44 \text{ (t)}$

Sürtünme kuvveti = $1.4 \times (N_g - N_e) = 67.75 \text{ (t)}$

$$V = 6 \times 2.73 \text{ (diş)} + 6 \times 0.61 \text{ (rot)} + 5.46 \text{ (kolon)} + 67.75 \text{ (sürtünme)} = 93.23 > 50.44 \text{ (t)}$$

PZ029 Paneli Güçlendirme Kesme Kontrolü

$$f_{cd}=32 \text{ MPa}, \quad f_{ctd}=5,6(\text{kg/cm}^2)$$

Bir dişin kesme kuvveti kapasitesi:

$$V_{c1}=32 \times 30 \times 5 = 4.8 \text{ (t)} \quad V_{c2}=0.65 \times 5.6 \times 30 \times 25 = 2.73 \text{ (t)} \quad \gg \quad V_b = 2.73 \text{ (t)}$$

Kolon bağlantısı kesme kontrolü: $V_{py}=19.93 \text{ (t)}$

Bir kenar kolonun kesme kuvveti kapasitesi: $V_k = 0.65 \times 5.6 \times 1500. = 5.46 \text{ (t)}$

Kolon donatısı=3ø14 $A_s=4.62 \text{ cm}^2$

$$V=5 \times 2.73 \text{ (diş)} + 5 \times 0.61 \text{ (rot)} + 18.48 \text{ (donati)} = 35.16 > 19.93 \text{ (t)}$$

Kiriş bağlantısı kesme kontrolü: $V_{px}=56.64 \text{ (t)}$

Sürtünme kuvveti= $1.4 \times (N_g - N_e) = 65.04 \text{ (t)}$

$$V=6 \times 2.73 \text{ (diş)} + 6 \times 0.61 \text{ (rot)} + 5.46 \text{ (kolon)} + 65.04 \text{ (sürtünme)} = 90.52 > 56.64 \text{ (t)}$$

PZ031 Paneli Güçlendirme Kesme Kontrolü

$$f_{cd}=32 \text{ MPa}, \quad f_{ctd}=5,6(\text{kg/cm}^2)$$

Bir dişin kesme kuvveti kapasitesi:

$$V_{c1}=32 \times 30 \times 5 = 4.8 \text{ (t)} \quad V_{c2}=0.65 \times 5.6 \times 30 \times 25 = 2.73 \text{ (t)} \quad \gg \quad V_b = 2.73 \text{ (t)}$$

Kolon bağlantısı kesme kontrolü: $V_{py}=21.03 \text{ (t)}$

Bir kenar kolonun kesme kuvveti kapasitesi: $V_k = 0.65 \times 5.6 \times 1500. = 5.46 \text{ (t)}$

Kolon donatısı=3ø14 $A_s=4.62 \text{ cm}^2$

$$V=5 \times 2.73 \text{ (diş)} + 5 \times 0.61 \text{ (rot)} + 18.48 \text{ (donati)} = 35.16 > 21.03 \text{ (t)}$$

Kiriş bağlantısı kesme kontrolü,: $V_{px}=48.97 \text{ (t)}$

Sürtünme kuvveti= $1.4 \times (N_g - N_e) = 62.98 \text{ (t)}$

$$V=6 \times 2.73 \text{ (diş)} + 6 \times 0.61 \text{ (rot)} + 5.46 \text{ (kolon)} + 62.98 \text{ (sürtünme)} = 88.46 > 48.97 \text{ (t)}$$

PZ033 Paneli Güçlendirme Kesme Kontrolü

$$f_{cd}=32 \text{ MPa, } f_{ctd}=5,6 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Bir dişin kesme kuvveti kapasitesi:

$$V_{c1}=32 \times 30 \times 5 = 4.8 \text{ (t)} \quad V_{c2}=0.65 \times 5.6 \times 30 \times 25 = 2.73 \text{ (t)} \quad \gg \quad V_b=2.73 \text{ (t)}$$

Kolon bağlantısı kesme kontrolü: $V_{py}=42.01 \text{ (t)}$

Bir kenar kolonun kesme kuvveti kapasitesi: $V_k= 0.65 \times 5.6 \times 1500. = 5.46 \text{ (t)}$

Kolon donatısı=0ø12 $A_s=0. \text{ cm}^2$

$$V=5 \times 2.73 \text{ (diş)} + 47 \times 0.61 \text{ (rot)} + 0. \text{ (donati)} = 42.26 > 42.01 \text{ (t)}$$

Kiriş bağlantısı kesme kontrolü: $V_{px}=65.42 \text{ (t)}$

Sürtünme kuvveti= $1.4 \times (N_g - N_e) = 35.61 \text{ (t)}$

$$V=6 \times 2.73 \text{ (diş)} + 14 \times 0.61 \text{ (rot)} + 5.46 \text{ (kolon)} + 35.61 \text{ (sürtünme)} = 65.96 > 65.42 \text{ (t)}$$

PZ061 Paneli Güçlendirme Kesme Kontrolü

$$f_{cd}=32 \text{ MPa, } f_{ctd}=5,6 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Bir dişin kesme kuvveti kapasitesi:

$$V_{c1}=32 \times 30 \times 5 = 4.8 \text{ (t)} \quad V_{c2}=0.65 \times 5.6 \times 30 \times 25 = 2.73 \text{ (t)} \quad \gg \quad V_b=2.73 \text{ (t)}$$

Kolon bağlantısı kesme kontrolü: $V_{py}=41.62 \text{ (t)}$

Bir kenar kolonun kesme kuvveti kapasitesi: $V_k= 0.65 \times 5.6 \times 1500. = 5.46 \text{ (t)}$

Kolon donatısı=3ø14 $A_s=4.62 \text{ cm}^2$

$$V=5 \times 2.73 \text{ (diş)} + 16 \times 0.61 \text{ (rot)} + 18.48 \text{ (donati)} = 41.86 > 41.62 \text{ (t)}$$

Kiriş bağlantısı kesme kontrolü: $V_{px}=39.66$ (t)

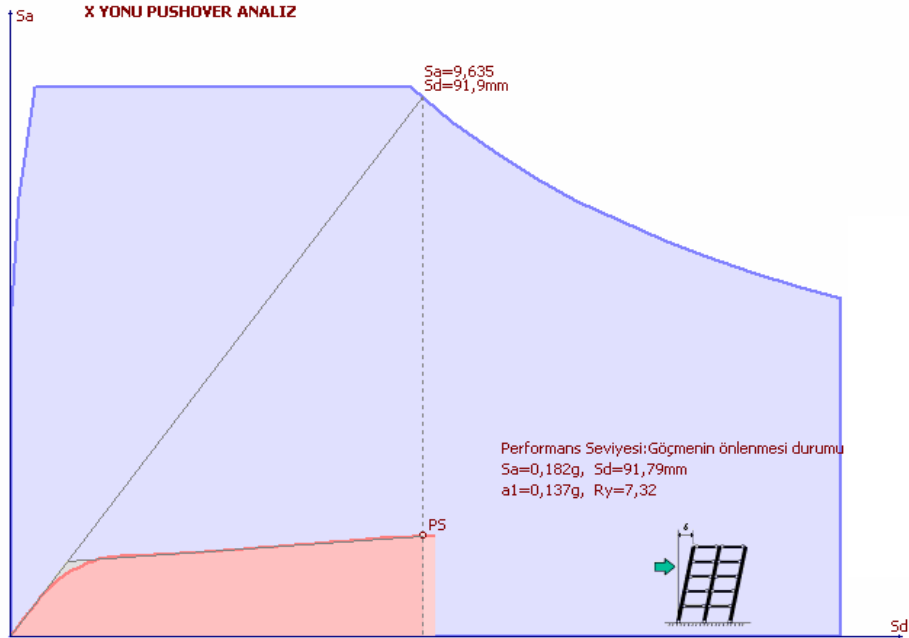
Sürtünme kuvveti= $1.4 \times (N_g - N_e) = -12.35$ (t)

$V=5 \times 2.73$ (diş)+ 55×0.61 (rot)+ 5.46 (kolon) + -12.35 (sürtünme) = $40.24 > 39.66$ (t)

4.3.3.2. Bina Performansının Non-Linear Çözümüne Göre Değerlendirilmesi

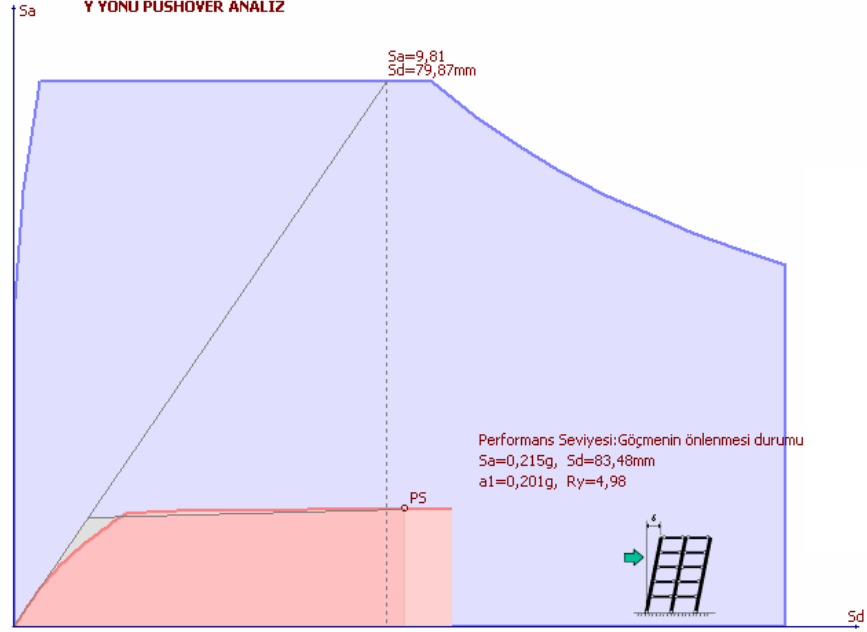
4.3.3.2.1. Mevcut Durumun Non-Linear (Pushover) Çözümüne Göre Değerlendirmesi:

“Pushover analizi”nde yatay yüklemeler zamana bağlı olmayan kuvvetler ile temsil edilerek, bu yatay kuvvetler yapıya adım adım etki ettirilerek yerdeğiştirmeler hesaplanmaktadır. Artımlı yüklemelerin her bir adımına karşılık gelen tepe deplasmanı değerine göre çizilmiş olan diyagramlara da Kapasite Eğrisi (ya da Pushover Eğrisi) adı verilmektedir. Pushover analizi ile elde edilen bir kapasite eğrisi yardımı ile yapının hasar ve göçme durumları, dayanabileceği en büyük yatay kuvvet, oluşabilecek en büyük deplasman ve bunlara bağlı olarak olası bir depremde göstereceği performans önceden tahmin edilebilir. Mevcut durumun pushover analizi sonucunda binaya ait x yönü için elde edilen spektral ivme ve spektral deplasman değerleri 0.182 g, 91.79 mm ‘dir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. X yönü için Sa-Sd grafiği

Mevcut durumun pushover analizi sonucunda binaya ait y yönü için elde edilen spektral ivme ve spektral deplasman değerleri 0.215 g, 83.48 mm 'dir (Şekil 4.21) .

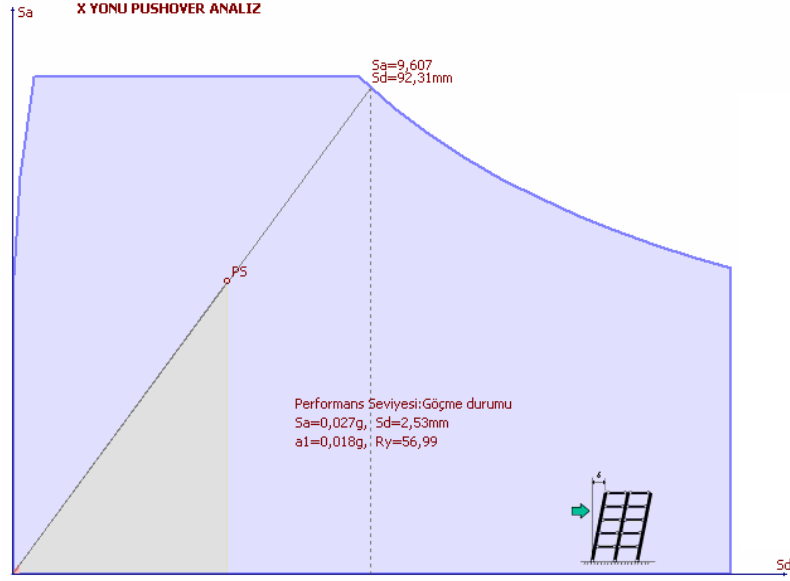


Şekil 4.21. Y yönü için Sa-Sd grafiği

X ve Y yönünde yapılan pushover analizi sonucunda, binaya ait kapasite eğrisi ile deprem yönetmeliği talep spektrumu eğrilerinin kesişim noktası olan performans noktasında göçmenin önlenmesi durumu elde edilmektedir. Bu hedeflenen “Can Güvenliği” performans seviyesini sağlamadığından binanın güçlendirilmesi gerekmektedir.

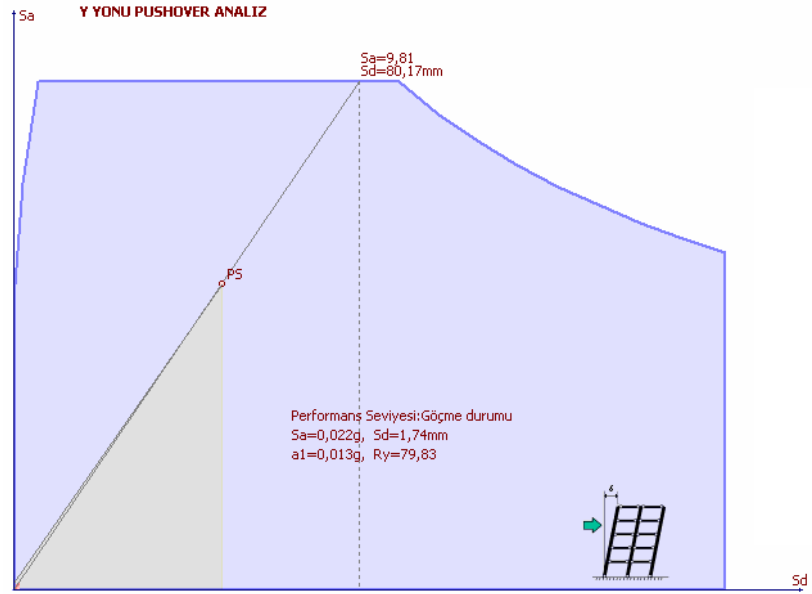
4.3.3.2.2 Mantolanmış Durumun Non-Linear (Pushover) Çözümüne Göre Değerlendirme:

Mantolanmış durumun pushover analizi sonucunda binaya ait x yönü için elde edilen spektral ivme ve spektral deplasman değerleri 0.027 g ve 2.53 mm 'dir (Şekil 4.22) .



Şekil 4.22. X yönü için Sa-Sd grafiği

Mantolanmış durumun pushover analizi sonucunda binaya ait y yönü için elde edilen spektral ivme ve spektral deplasman değerleri 0.022 g ve 1.74 mm 'dir (Şekil 4.23) .



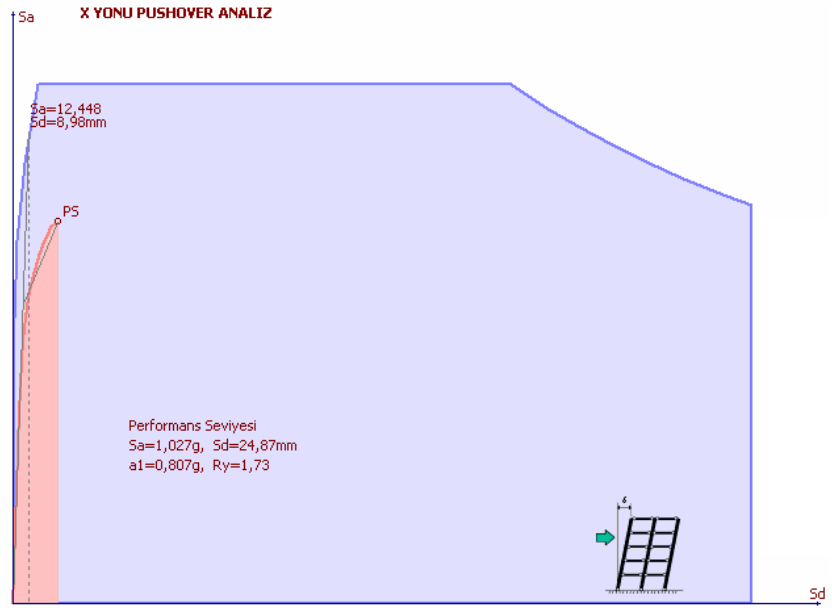
Şekil 4.23. Y yönü için Sa-Sd grafiği

X ve Y yönünde yapılan pushover analizi sonucunda, bina kolonlarının mantolanmış durumuna ait kapasite eğrisi ile deprem yönetmeliği talep spektrumu eğrilerinin kesişim noktası olan performans noktasında göçme durumu elde

edilmektedir. Bu durumda binaya yapılan güçlendirmenin yeterli olmadığı sonucuna varılmaktadır.

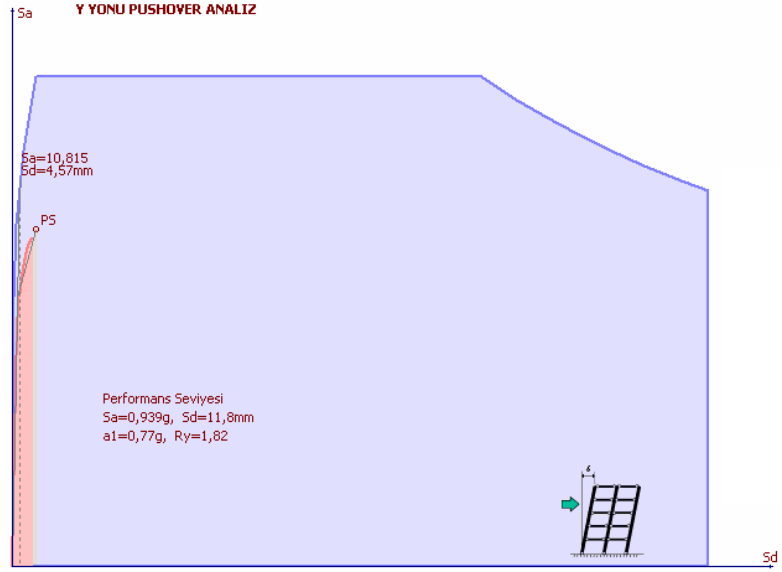
4.3.3.2.3 Güçlendirilmiş Durumun Non-Lineer (Pushover) Çözümüne Göre Değerlendirme:

Güçlendirilmiş durumun pushover analizi sonucunda binaya ait x yönü için elde edilen spektral ivme ve spektral deplasman değerleri 1.027 g ve 24.87 mm 'dir (Şekil 4.24) .



Şekil 4.24. X yönü için Sa-Sd grafiği

Güçlendirilmiş durumun pushover analizi sonucunda binaya ait y yönü için elde edilen spektral ivme ve spektral deplasman değerleri 0.939 g ve 11.8 mm 'dir (Şekil 4.25) .



Şekil 4.25. Y yönü için Sa-Sd grafiği

X ve Y yönünde yapılan pushover analizi sonucunda, binanın güçlendirilmiş durumuna ait kapasite eğrisi ile deprem yönetmeliği talep spektrumu eğrilerinin kesişim noktası olan performans noktasında “Can Güvenliği” durumu elde edilmektedir. Bu durumda binaya yapılan güçlendirmenin yeterli olduğu sonucuna varılmaktadır.

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, 2007 yılında yürürlüğe giren ABYBHY' in Bölüm 7' deki güçlendirme hesap prosedürü bir okul binası seçilerek uygulanmıştır.Yapının ilk analizinde mevcut hali için,öngörülen performansı sağlamadığı ve güçlendirilmesi gerektiği görülmüştür. Daha sonra yapılan hesaplarda Eleman güçlendirmesinin yeterli olmadığı anlaşıldığından, hem mantolama hem de yeni perdeler eklemek suretiyle sistem güçlendirmesinin yeterli olduğu anlaşılmıştır. Bu tasarım için çeşitli çözümleri denenerek en ekonomik seçenek tercih edilmiştir. Sistem güçlendirmesi ile yapının ABYBHY 2007' de belirtilen “Hemen Kullanım” ve “Can Güvenliği” performans seviyelerini sağladığı görülmüştür. Ayrıca lineer olarak yapılan hesaplar pushover analizi yapılarak da desteklenmiştir. Yapıların onarımı ve güçlendirilmesi konusunda şu hususlara dikkat edilmelidir.

- Beton dayanımı düşük yapılarda eleman güçlendirmesi yerine sistem güçlendirmesi daha iyi bir dinamik davranış göstermektedir.
- Onarım ve güçlendirme yapmadan önce maliyet analizi yaparak, yapıyı yeniden yapmanın mı, yoksa onarım veya güçlendirme yapmanın mı ekonomik olduğu araştırılmalıdır. Bu araştırma yapılırken sosyo-ekonomik şartlar göz önünde bulundurulmalıdır.

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.

TEŞEKKÜR

Tezin hazırlanması aşamasında çalışmalarımı büyük sabır ve ilgi ile yönlendirip değerli ilgi ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Murat BİKÇE'ye, lisans ve yüksek lisans öğretimi süresince değerli bilgilerini ve zamanlarını benimle paylaşan, başta Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Cemal GENEŞ ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Hakan TÜRKER olmak üzere MKÜ İnşaat Mühendisliği hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamım boyunca hemen her türlü sıkıntıda yanımda olan, maddi-manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve tezimin hazırlanması aşamasındaki desteklerinden ötürü çok sevdiğim aileme sonsuz teşekkür ederim.

Tezimin ortaya çıkmasında benden manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen dostlarım Hasan Erhan AÇIKYOL'a ve Ahmet ZUBAROĞLU'na en içten teşekkürlerimi sunmak isterim.

ÖZGEÇMİŞ

Ali Şeref ÖZKAYA, 13 Eylül 1982'de Hatay'da doğdum. İlk öğrenimimin bir kısmını Antakya'da bulunan Kültür İlk Öğretim Okulu'nda, bir kısmını da Sümerler İlk Öğretim Okulu'nda okudum. Orta ve lise öğrenimimi ise Hatay Osman Ökten Anadolu Lisesi'nde tamamladım. 2000 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünü kazandım. Bir sene İngilizce hazırlık bölümünde okuduktan sonra 2001 yılında bölüm derslerime başladım. Daha sonra 2005-2006 yılı güz yarıyılı sonunda mezun oldum. Daha sonra M.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsüne bağlı İnşaat Mühendisliği Yapı Anabilim dalında yüksek lisans öğrenimi almaya başladım.