

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

**DEPREM GÜVENLİĞİ YETERSİZ BETONARME BİR BİNA
İÇİN FARKLI GÜÇLENDİRME ÖNERİLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Haluk ŞİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DIYARBAKIR

Aralık 2014

T.C. DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
DİYARBAKIR

Haluk ŞİK tarafından yapılan “Deprem Güvenliği Yetersiz Betonarme Bir Bina İçin Farklı Güçlendirme Önerilerinin Karşılaştırılması” konulu bu çalışma, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Özgür DEĞERTEKİN

Üye : Doç. Dr. F. Demet AYKAL

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 11 / 12 / 2014

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../.../.....

Doç. Dr. Mehmet YILDIRIM

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca, bilgi ve deneyimleri ile bana yol gösteren, özellikle tez çalışmam esnasında kıymetli zamanını benimle paylaşan değerli danışman hocam Prof. Dr. Özgür DEĞERTEKİN'e, görüşleriyle bu çalışmanın şekillenmesine yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ' ye ve üzerimde emeği olan tüm öğretim üyelerine teşekkürü bir borç bilir, saygılarımı sunarım.

Ayrıca bu günlere ulaşmamı sağlayan, benden desteklerini hiç esirgemeyen aileme ve her zaman yanımda olan arkadaşlarıma da sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	VI
ABSTRACT	VII
ÇİZELGE LİSTESİ	VIII
ŞEKİL LİSTESİ	IX
EK LİSTESİ	XII
KISALTMA VE SİMGELER	XIII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. MATERYAL VE METOT	11
3.1. Materyal	11
3.2. Metot	11
3.3. Depreme Dayanıklı Binalar İçin Hesap Kuralları	11
3.3.1. Bina Taşıyıcı Sistemlerine İlişkin Genel İlkeler	12
3.3.2. Deprem Yüklerine İlişkin Genel Kurallar	12
3.3.3. Düzensiz Binalar	12
3.3.3.1. Düzensiz Binaların Tanımı ve Düzensiz Binalara İlişkin Koşullar	13
- Planda A1, A2, A3 Düzensizlik Durumları	13
- Planda B1, B2, B3 Düzensizlik Durumları	16
3.3.4. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması: Spektral İvme Katsayısı	17
3.3.4.1. Etkin Yer İvme Katsayısı (A_0)	18
3.3.4.2. Bina Önem Katsayısı (I)	18
3.3.4.3. Spektrum Katsayısı	19
3.3.4.4. Özel Tasarım İvme Spektrumu	19
3.3.5. Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı	20
3.3.5.1. Taşıyıcı Sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Genel Koşullar	21
3.3.5.2. Süneklik Düzeyi Yüksek Betonarme Boşluksuz Perdeli - Çerçeve Sistemlere İlişkin Koşullar	22
3.3.5.3. Süneklik Düzeyi Normal Bazı Sistemlerde Perde Kullanım Zorunluluğuna İlişkin Koşullar	22
3.3.5.4. Süneklik Düzeyi Bakımından Karma Taşıyıcı Sistemlere İlişkin Koşullar	23
3.3.6. Hesap Yönteminin Seçilmesi	23
3.3.6.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulama Sınırları	23

3.3.7.	Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	24
3.3.7.1.	Gözönüne Alınacak Yerdeğiştirme Bileşenleri ve Deprem Yüğülerinin Etkime Noktaları	27
3.3.7.2.	Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi	28
3.3.7.3.	Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler	29
3.3.8.	Mod Birleştirme Yöntemi	30
3.3.8.1.	İvme Spektrumu	30
3.3.8.2.	Gözönüne Alınacak Dinamik Serbestlik Dereceleri	31
3.3.8.3.	Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı	31
3.3.8.4.	Mod Katkılarının Birleştirilmesi	32
3.3.8.5.	Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Altsınır Değerleri	33
3.3.8.6.	Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler	33
3.3.9.	Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri	33
3.3.10.	Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması ve İkinci Mertebe Etkileri	34
3.4.	2007 DBYBHY' de Yer Alan Betonarme Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları	35
3.4.1.	Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması	35
3.4.2.	Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler	38
3.4.2.1.	En Kesit Koşulları	38
3.4.2.2.	Perde Uç Bölgeleri ve Kritik Perde Yüksekliği	38
3.4.2.3.	Gövde Donatısı Koşulları	39
3.4.2.4.	Gövde Donatılarının Düzenlenmesi	40
3.4.2.5.	Perde Uç Bölgelerinde Donatı Koşulları	42
3.4.2.6.	Tasarım Eğilme Momentleri ve Kesme Kuvvetleri	42
3.4.2.7.	Perdelerin Kesme Güvenliği	44
3.4.2.8.	Bağ Kirişli (Boşluklu) Perdelere İlişkin Kural ve Koşullar	44
3.5.	Mevcut Binaların Değerlendirilmesi	47
3.5.1.	Binalardan Bilgi Toplanması	47
3.5.2.	Bilgi Düzeyleri	48
3.5.3.	Mevcut Malzeme Dayanımı	49
3.5.4.	Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi	49
3.5.5.	Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi	50
3.5.6.	Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi	52
3.5.7.	Bilgi Düzeyi Katsayıları	53
3.5.3.	Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	53
3.5.3.1.	Kesit Hasar Sınırları	53

3.5.3.2.	Kesit Hasar Bölgeleri	54
3.5.3.3.	Kesit ve Eleman Hasarlarının Tanımlanması	54
3.5.4.	Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar	54
3.5.5.	Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi	56
3.5.5.1.	Hesap Yöntemleri	56
3.5.5.2.	Betonarme Binaların Yapı Elemanlarında Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi	57
3.5.5.3.	Görelî Kat Ötelenmelerinin Kontrolü	59
3.5.6.	Bina Deprem Performansının Belirlenmesi	60
3.5.6.1.	Betonarme Binaların Deprem Performansı	60
3.5.6.2.	Hemen Kullanım Performans Düzeyi	60
3.5.6.3.	Can Güvenliği Performans Düzeyi	61
3.5.6.4.	Göçme Öncesi Performans Düzeyi	61
3.5.6.5.	Göçme Durumu	62
3.5.7.	Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri	62
3.6.	Mevcut Binaların Güçlendirme Yöntemleri	62
3.6.1.	Güçlendirme İhtiyacı	63
3.6.2.	Güçlendirmenin Amacı	63
3.6.3.	Güçlendirme Yöntemleri	63
3.6.4.	Eleman Düzeyinde Güçlendirme	64
3.6.4.1.	Kolonların Güçlendirilmesi	64
	- Kolonların Çelik Elemanlar İle Sarılması	65
	- Kolonların Betonarme İle Sarılması (Mantolama)	66
	- Kolonların Lifli Polimer İle Sarılması	69
3.6.4.2.	Kirişlerin Güçlendirilmesi	70
	- Kirişlerin Çelik İle Sarılması	71
	- Kirişlerin Betonarme İle Sarılması (Mantolama)	72
	- Kirişlerin Lifli Polimer İle Sarılması	73
3.6.4.3.	Kolon - Kiriş Birleşim Bölgelerinin Güçlendirilmesi	74
	- Kolon - Kiriş Birleşim Bölgelerinin Çelik Levhalar İle Sarılması	75
	- Kolon - Kiriş Birleşim Bölgelerinin Lifli Polimerler İle Sarılması	76
3.6.4.4.	Perdelerin Güçlendirilmesi	79
3.6.4.5.	Döşemelerin Güçlendirilmesi	83
	- Döşemelerin Kalınlıklarının Artırılması	84
	- Döşemelerin Lifli Polimerler İle Güçlendirilmesi	84
3.6.4.6.	Temellerin Güçlendirilmesi	85

3.6.5.	Sistem Düzeyinde Güçlendirme	86
3.6.5.1.	Yapı İçi Güçlendirme Yöntemleri	87
	- Çerçeve İçine Perde Ekleme	87
	- Bölme Duvarların Güçlendirilmesi	90
	- Çelik Elemanlarla Güçlendirme	91
	- Yapı İçi Güçlendirme Yöntemlerinin Değerlendirilmesi	93
3.6.5.2.	Yapı Dışından Uygulanan Güçlendirme Yöntemleri	94
	- Çerçeveye Bitişik Perde Eklenmesi	94
	- Yapıya Dışından Uzaysal Çerçeveler Eklenmesi	96
	- Yapıya Payandalar Eklenmesi	97
3.6.6.	Yapı Performansının Gelişmesini Sağlayan Diğer Teknikler	98
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA	101
4.1.	Altı Katlı Betonarme Lojman Binası Mevcut Durum Tanıtımı	101
4.2.	Binanın Mevcut Durumunun Değerlendirilmesi	106
4.3.	Mevcut Bina İçin Güçlendirme Önerileri	108
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	117
6.	KAYNAKLAR	119
	EKLER	123
	ÖZGEÇMİŞ	141

ÖZET

DEPREM GÜVENLİĞİ YETERSİZ BETONARME BİR BİNA İÇİN FARKLI GÜÇLENDİRME ÖNERİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Haluk ŞİK

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2014

Yapıların olası bir depreme dayanıklı hale getirilmesi için dayanımının ve taşıma kapasitesinin artırılmasına güçlendirme denilmektedir. Betonarme yapılarda yapılan güçlendirme uygulamaları, yapının planına, konumuna, bulunduğu bölgeye ve yapının yatay ve düşey yükler karşısındaki davranışına göre farklı olabilmektedir. Güçlendirme ile yapının ömrü uzatılmakta ve daha uzun süre hizmet vermesi sağlanmaktadır.

Yapı rijitliğinin ve sünekliğinin artırılması, yapıda mevcut eksantrisitelerin giderilmesi, yapının dinamik özelliklerinin iyileştirilmesi ve yapının taşıma kapasitesinin artırılması güçlendirmenin temel amaçlarıdır.

Bu tez çalışmasında, deprem güvenliği yetersiz bir bina için farklı güçlendirme önerileri sunulmuş ve her öneri için maliyet analizi yapılmıştır. Bu önerilerden elde edilen analiz sonuçları mevcut binadan elde edilen analiz sonuçlarıyla ve birbirleriyle kıyaslanmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda; hem bina dış akslarına hem de iç akslarına perdelerin yerleştirildiği çözüm önerisi rijitlik ve maliyet açısından daha uygun sonuçlar vermiştir.

Anahtar Kelimeler : Betonarme Bina, Deprem Güvenliği, Güçlendirme

ABSTRACT

COMPARISON OF VARIOUS RETROFITTING PROPOSALS FOR A REINFORCED CONCRETE BUILDING IN INEFFICIENT EARTHQUAKE SAFETY

MSc THESIS

Haluk SIK

**DEPARTMENT OF STRUCTURE
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF DICLE**

2014

Retrofitting is defined as increasing of structure's strength and stiffness in order to obtain an earthquake-resistant building. Retrofitting applications in reinforced concrete structures depend on structure planning, site of building, geographical region and the behaviour of structure under the vertical and lateral loads. The aim of the retrofitting is to extend the structure's lifetime.

The main objectives of retrofitting are to increase the stiffness and ductility of the structure, elimination of the existing eccentricities, rehabilitation of the dynamic characteristics and increasing of the load carrying capacity of the structure.

In this thesis various retrofitting proposals are presented and the cost analyses are performed for each proposal. The results obtained from these proposals are compared to each other and the existing building. As a result of these comparisons, the solution proposal, included shear walls in interior and exterior axes yielded the most appropriate results in terms of stiffness and cost.

Key Words : Reinforced Concrete Building, Earthquake Safety, Retrofitting

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge No:</u>		<u>Sayfa:</u>
Çizelge 3.1.	Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0)	18
Çizelge 3.2.	Bina Önem Tablosu	18
Çizelge 3.3.	Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B	19
Çizelge 3.4.	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	21
Çizelge 3.5.	Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi' nin Uygulanabileceği Binalar	24
Çizelge 3.6.	Hareketli Yüğü Katılım Katsayısı (n)	25
Çizelge 3.7.	Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri	49
Çizelge 3.8.	Binalar İçin Bilgi Düzeyi Katsayıları	53
Çizelge 3.9.	Betonarme Kirişler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r_s)	58
Çizelge 3.10.	Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r_s)	59
Çizelge 3.11.	Betonarme Perdeler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r_s)	59
Çizelge 3.12.	Görelî Kat Ötelemesi Sınırları	60
Çizelge 4.1.	Mevcut Binadan Alınan Karot Numunelerine Ait Basınç Dayanımı Sonuçları	104

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil No:</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1.	A1 Burulma Düzensizliği	14
Şekil 3.2.	A2 Döşeme Süreksizliği	15
Şekil 3.3.	A3 Planda Çıkıntı Bulunması	15
Şekil 3.4.	B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği	17
Şekil 3.5.	Özel Tasarım İvme Spektrumu	20
Şekil 3.6.	Bina Katlarına Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüğü	27
Şekil 3.7.	Deprem Doğrultusuna Dik Doğrultudaki Kat Boyutunun $\pm\%5$ Kaydırılması	28
Şekil 3.8.	Tekil Kütlelere Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüğünün $\pm\%5$ Kaydırılması	28
Şekil 3.9.	i'nci Katta Etkiyecek Fiktif Yüğ	29
Şekil 3.10.	Asal Eksen Doğrultusundaki İç Kuvvetler	30
Şekil 3.11.	Özel Deprem Etriye Ve Çirozları	37
Şekil 3.12.	Deprem Perdelerinin Donatı Detayı	41
Şekil 3.13.	Perdeler İçin Doğrusal Moment Diyagramı	43
Şekil 3.14.	Boşluklu Perdelerde Devrilme Momenti	45
Şekil 3.15.	Bağ Kirişler İçin Donatı Detayı	47
Şekil 3.16.	Kesit Hasar Bölgeleri	54
Şekil 3.17.	Kolon güçlendirme yöntemleri	65
Şekil 3.18.	Kolonların çelik ile sarılması	66
Şekil 3.19.	Mantolama donatılarının düzenlenmesi	67
Şekil 3.20.	Mantolamada donatı uygulaması	67
Şekil 3.21.	Mantolamanın bir iki üç ve dört köşeden yapılmasının şablonu	68
Şekil 3.22.	Lifli polimer uygulanan kolon	69
Şekil 3.23.	Kiriş güçlendirme yöntemleri	71
Şekil 3.24.	Çelik profillerle güçlendirilmiş kiriş	71
Şekil 3.25.	Dıştan etriye eklenmesi	72
Şekil 3.26.	Kiriş mantolanmasında donatılarda sürekliliğin sağlanması	73
Şekil 3.27.	Kirişte lifli dokuma	73
Şekil 3.28.	Kirişte lifli şerit kullanımı	74
Şekil 3.29.	Kolon kiriş birleşim bölgesi	74
Şekil 3.30.	Düğüm noktasının çelik levha ile sarılması	75

Şekil 3.31.	Farklı detaylara sahip lifli polimerler ile güçlendirilmiş düğüm noktalarına ait zarf eğrileri	77
Şekil 3.32.	Farklı detaylara sahip lifli polimerler ile güçlendirilmiş düğüm noktalarına ait zarf eğrileri	78
Şekil 3.33.	Farklı detaylara sahip lifli polimerler ile güçlendirilmiş düğüm noktalarına ait zarf eğrileri	79
Şekil 3.34.	Perdelerin güçlendirilmesinde mantolama yöntemi kullanılması	81
Şekil 3.35.	Perde ile döşeme arasında kesme kuvveti aktarımı	82
Şekil 3.36.	Döşeme güçlendirme modelleri	84
Şekil 3.37.	Lifli polimerin döşemelerde uygulanması	85
Şekil 3.38.	Temellerin güçlendirilmesi	86
Şekil 3.39.	Yerinde dökme perdeler	87
Şekil 3.40.	Başlık bölgesi kendi içinde olan perdeler	88
Şekil 3.41.	Ankraj örnekleri	88
Şekil 3.42.	Perde güçlendirilmesi için yapılan temel güçlendirme işlemi	89
Şekil 3.43.	Öndökümlü panel duvarlar	90
Şekil 3.44.	Bölme duvar güçlendirmesi	91
Şekil 3.45.	Çerçeve açıklığının çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmesi	91
Şekil 3.46.	Çelik elemanlarla yapılacak güçlendirme yönteminde kullanılan bazı bağlantı detayları	92
Şekil 3.47.	Çelik elemanlarla yapılan güçlendirme yöntemlerinin etkinliği	93
Şekil 3.48.	Çerçeve açıklığı güçlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması	94
Şekil 3.49.	Yapıya dıştan eklenen perdelerin çerçeveye etkisi	95
Şekil 3.50.	Yapıya dıştan perde eklemek için münferit temel imalatı	96
Şekil 3.51.	Yapıya dıştan uzay sistem eklenmesi	96
Şekil 3.52.	Yapıya payandalar eklenmesi	97
Şekil 3.53.	Sismik izolatörler	99
Şekil 3.54.	Kütle damper	99
Şekil 3.55.	Pasif enerji dağıtıcılar	100
Şekil 4.1.	Lojman binası görünüşü	101
Şekil 4.2.	1. 2. 3. 4. kat mimari planı	102
Şekil 4.3.	1. 2. 3. 4. kat kalıp aplikasyon planı	103
Şekil 4.4.	Lojman Binası Mevcut Durumunun Sta4Cad.V13.1 (2013) Programında 3 Boyutlu Modeli	106
Şekil 4.5.	Mevcut durum temel elemanı yetersizliğinin belirlenmesi	108
Şekil 4.6.	20cmx20cm kolon mantolama aplikasyon planı	109

Şekil 4.7.	İkinci Güçlendirme Önerisi İçin Kalıp Aplikasyon Planı	110
Şekil 4.8.	P129 no'lu ilave perde ile S129 - S130 kolonu mantolanma donatı detayı	111
Şekil 4.9.	İkinci Güçlendirme Önerisinin Ait Sta4CADV13.1 (2013) Programında Yapılan Üç Boyutlu Model	112
Şekil 4.10.	Üçüncü Güçlendirme Önerisi İçin Bodrum, Zemin 1. ve 2. Katta Ait Kalıp Aplikasyon Planı	113
Şekil 4.11.	Üçüncü Güçlendirme Önerisi İçin 3. Ve 4. Katların Kalıp Aplikasyon Planı	113
Şekil 4.12.	Üçüncü Güçlendirme Önerisinin Sta4CAD V13.1 Programı İle 3 Boyutlu Modeli	114
Şekil 4.13.	Dördüncü Çözüm Önerisinin Ait Kalıp Aplikasyon Planı	115
Şekil 4.14.	Dördüncü Güçlendirme Önerisinin Sta4CAD V13.1 Programı İle 3 Boyutlu Modeli	115

EK LİSTESİ

<u>Ek No:</u>		<u>Sayfa:</u>
Ek1.	Mevcut Durum Sta4CAD Programı Analiz Sonuçları	123
Ek2.	1. Güçlendirme önerisine ait Sta4CAD Programı Analiz Sonuçları	126
Ek3.	2. Güçlendirme önerisine ait Sta4CAD Programı Analiz Sonuçları	129
Ek4.	3. Güçlendirme önerisine ait Sta4CAD Programı Analiz Sonuçları	132
Ek5.	4. Güçlendirme önerisine ait Sta4CAD Programı Analiz Sonuçları	135
Ek6.	Oska yaklaşık maliyet programı ile güçlendirme önerileri için yaklaşık maliyet hesapları	138

KISALTMA VE SİMGELER

CQC	: Tam Karesel Birleştirme Kuralı
CG	: Can Güvenliği
DBYBHY (2007)	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
GÇ	: Göçme Sınırı
GÖ	: Göçme Öncesi
GV	: Güvenlik Sınırı
HK	: Hemen Kullanım
MN	: Minimum Hasar Sınırı
S220	: En Küçük Akma Dayanımı 220N/mm ² Olan Düz Yüzeyli Çelik
S420	: En Küçük Akma Dayanımı 420N/mm ² Olan Nervürlü Çelik
TS-500	: Betonarme Yapıların Tasarım Ve Yapım Kuralları Yönetmeliği
A	: En kesit alanı
A(T)	: Spektral İvme Katsayısı
A1	: Planda burulma düzensizliği
A2	: Döşeme süreksizlikleri
A3	: Çıkıntılar bulunması
A _b	: Bina planında bulunan boşluk alanları toplamı
A _c	: Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı
A _{ch}	: Boşluksuz perdenin, bağ kirişli perdede her bir perde parçasının, döşemenin veya boşluklu döşemede her bir döşeme parçasının brüt enkesit alanı
A _{ck}	: Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı
A _e	: Bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı
A _g	: Bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem en kesit alanı
A _k	: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanları (kapı ve pencere boşlukları hariç)
A _o	: Etkin yer ivme katsayısını
A _p	: Bina katlarının plan alanı
A _{sd}	: Bağ kirişinde çapraz donatı demetinin her birinin toplam alanı

A_{sh}	: s enine donatı aralığına karşı gelen yükseklik boyunca, kolonda veya perde uç bölgesindeki tüm etriye kollarının ve çirozların enkesit alanı değerlerinin gözönüne alınan b_k 'ya dik doğrultudaki izdüşümlerinin toplamı
A_w	: Kolon en kesiti etkin gövde alanı (depreme dik doğrultudaki kolon çıkıntılarının alanı hariç)
B1	: Düşeyde komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)
B2	: Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)
B3	: Taşıyıcı sistemin düşey elamanlarının süreksizliği
B_{ax}	: Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenine doğrultusunda, x doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
B_{ay}	: Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenine doğrultusunda, x'e dik y doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
B_{bx}	: Taşıyıcı sistem elemanının b asal eksenine doğrultusunda, x doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
B_{by}	: Taşıyıcı sistem elemanının b asal eksenine doğrultusunda, x'e dik y doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
b_k	: Birbirine dik yatay doğrultuların her biri için, kolon veya perde uç bölgesi çekirdeğinin enkesit boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık)
b_w	: Kirişin gövde genişliği
C_e	: Deprem
C_g	: Ölü yük
C_q	: Hareketli yük
C_s	: Zemin
C_t	: Isı parametresi
C_w	: Rüzgar
d	: Kirişin ve kolonun faydalı yüksekliği
d_{fi}	: Binanın i'nci katında F_{fi} fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
D_i	: Eşdeğer deprem yükü yönteminde burulma düzensizliği olan binalar için i'nci katta $\pm \% 5$ ek dışmerkezliğe uygulanan büyütme katsayısı
d_i	: Binanın i'nci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
E	: Elastisite Modülü
e	: Yük dış merkezlikleri
f_{cd}	: Betonun tasarım basınç dayanımını
f_{ck}	: Betonun karakteristik silindirik basınç dayanımı
f_{cm}	: Mevcut beton dayanımı

f_{ctd}	: Betonun tasarım çekme dayanımı
f_{ctd}	: Betonun tasarım çekme dayanımı
f_{ctm}	: Mevcut betonun çekme dayanımı
f_{yd}	: Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
F_{fi}	: Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i' nci kata etkiyen fiktif yük
F_i	: Eşdeğer deprem yükü yöntemi' nde i' nci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
F_{wi}	: i' nci katta bağ kirişli perde sistemine etkiyen deprem yükü
f_{yd}	: Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
f_{ywd}	: Enine donatının tasarım akma dayanımı
f_{ywk}	: Enine donatının karakteristik akma dayanımı
g	: Yerçekimi ivmesi
g_i	: Binanın i' nci katındaki toplam sabit yük
H_{cr}	: Kritik perde yüksekliği
h_i	: Binanın i' nci katının kat yüksekliğini ifade ediyor.
H_i	: Binanın i' nci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i' nci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği)
h_{ji}	: İlgili elemanın yüksekliği
h_k	: Kiriş yüksekliği
H_N	: Bina yüksekliği
H_w	: Temel üstünden veya perdenin plandaki uzunluğunun %20'den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren ölçülen perde yüksekliği
I	: Bina Önem Katsayısı
I_w	: Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
ℓ_b	: TS-500'de çekme donatısı için verilen kenetlenme boyu
ℓ_n	: Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği, kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı
m_i	: Binanın i' nci katının kütlesi ($m_i = w_i / g$)
M_n	: n'inci doğal titreşim moduna ait modal kütlesi
M_{ra}	: Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin alt ucunda f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti
M_{ri}	: Kirişin sağ ucu j'deki kolon veya perde yüzünde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan negatif veya pozitif taşıma gücü momenti

M_{rj}	: Kirişin sağ ucu j’deki kolon veya perde yüzünden fcd ve fyd ’ye göre hesaplanan negatif veya pozitif taşıma gücü momenti
$M_{r\bar{u}}$	: Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin üst ucunda fcd ve fyd ’ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti
M_{xn}	: Gözönüne alınan x deprem doğrultusunda binanın n’inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
M_{yn}	: Gözönüne alınan y deprem doğrultusunda binanın n’inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
N	: Binanın temel üstünden itibaren toplam katsayısı (bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren toplam katsayısı)
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
N_D	: Eksenel basınç kuvveti
N_K	: Mevcut malzeme dayanımları ile hesaplanan moment kapasitesine karşı gelen eksenel kuvvet
η_{ci}	: Dayanım düzensizliği katsayısı
η_{bi}	: i’nci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
q_i	: Binanın i’nci katındaki toplam hareketli yük
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
r	: Dolgu duvarı kesitlerinin etki/kapasite oranları
$R_a(T)$:	: Deprem yükü azaltma katsayısı
$R_{N\check{C}}$	: Deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi normal çerçeveler tarafından taşındığı durum için tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısı
r_s	: Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranı
R_{YP}	: Deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi normal perdeler tarafından taşındığı durum için tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısı
s	: Enine donatı aralığı
$S(T)$	: Spektrum katsayısını
$S_{ae}(T)$	: Elastik spektral ivme
$S_{aR}(T_r)$	: r’inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme
T	: Bina doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
T_m	: Saniye cinsinden binanın m’inci doğal titreşim periyodu
T_n	: Saniye cinsinden binanın n’inci doğal titreşim periyodu
V_d	: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti

V_e	: Tasarım kesme kuvveti
V_i	: Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın i' inci katına etki eden kat kesme kuvveti
V_r	: Perde kesitlerinin kesme dayanımı
V_t	: Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (taban kesme kuvveti)
V_{tB}	: Mod Katkılarının Birleştirilmesine göre elde edilen bina toplam deprem yükü
W	: Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlık
w_i	: Kat ağırlığı
Y	: Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı
Z_2	: Sınıfı zemin özellikleri kullanılmış
$(EI)_e$	: Etkin eğilme rijitlikleri
$(EI)_o$	: Çatlamamış kesitlere ait eğilme rijitliklerinin
$(Md)_t$	: Perdenin taban kesitinde yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan moment
$(Mp)_t$	: Perdenin taban kesitinde f_{ck} , f_{yk} ve çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak hesaplanan moment.kapasitesi
$(Mr)_t$	: Perdenin taban kesitinde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan taşıma gücü moment
α_s	: Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı
β	: Mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı
β_v	: Kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı
δ_i	: Etkin görelî kat ötelemeleri
θ_i	: İkinci Mertebe Gösterge Değeri
ρ	: Çekme donatısı oranı
ρ'	: Basınç donatısı oranı,
ρ_b	: Dengeli donatı oranı
Δ_i	: Görelî kat öteleme

1. GİRİŞ

Ülkemizin yüz ölçümünün büyük bölümü 1. derece deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Bu durumdan dolayı hayatımızın bir gerçeği olarak depremleri karşımızda bulmaktayız. 17 Ağustos 1999 İzmit (Kocaeli) Depremi Türkiye için bir dönüm olmuş ve deprem konusunda daha ciddi çalışmaların yapılması gerekliliği anlaşılmıştır. İzmit Depremi sonrası günümüze kadar geçen süreçte; 3 Şubat 2002 Afyon (Sultandağı) Depremi, 27 Ocak 2003 Tunceli (Pülümür) Depremi, 1 Mayıs 2003 Bingöl Depremi, 17-20 Ekim 2005 İzmir Depremi, 8 Mart 2010 Elazığ (Karakoçan) Depremi, 19 Mayıs 2011 Kütahya (Simav) Depremi, 23 Ekim 2011 Van Depremi ve 9 Kasım 2011 Van (Edremit) Depremleri' de bu konuda yapılan çalışmaların ne kadar önemli ve anlamlı olduğunu göstermiştir. Bu durumdan anlaşılabacağı gibi depremden kaçamayacağımız için deprem ile birlikte yaşamayı öğrenmemiz gerekmektedir. Bunun için yapılacak en önemli hazırlık içinde hayatlarımızı sürdürdüğümüz yapıların depreme dayanıklı olmasını sağlamaktır.

Yapıların depreme dayanıklı olmasında mevcut yönetmeliklere uygun projelendirilmesi ve projesine uygun inşa edilmesi en önemli etkindir. Bununla birlikte yönetmeliklerin yeni gelişmelere paralel olarak güncellenmesi ve değişmesi sebebiyle önceki yönetmelikler esas alınarak inşa edilen binalarında incelenmesi gerekebilmektedir. Bu kapsamda mevcut binaların taşıma kapasitelerinin artırılması amacıyla bir takım çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların tamamı güçlendirme olarak adlandırılmaktadır.

Güçlendirme ihtiyacı yerleşim alanlarının oluşturulduğu tarihten günümüze süregelen bir ihtiyaçtır. Oluşturulan her yerleşim alanında kullanılmış malzemelere göre güçlendirme uygulamaları da çeşitlilik göstermiştir. Günümüzde Türkiye'deki yapıların büyük çoğunluğu betonarme bina olarak inşa edilmiş ve yeni inşaatların çoğunluğu da betonarme binalardan oluşmaktadır.

Betonarme binaların zamana bağlı yıpranması, uygun şartlarda üretilmemiş beton ile yapılması, bina yapım aşamasında gerekli ve yeterli kontrollerin yapılmaması, bina temellerinin oturduğu zeminlerde çökmelerin olması, binaların kullanım amacının değişmesi, binaya sonradan eklenen bölümlerin bulunması, binadan bazı bölümlerin çıkarılması, binanın deprem kuvvetine maruz kalması, ve bina yönetmeliklerin

değişmesi yapılarda güçlendirme ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Güçlendirme yapılmaması durumunda mevcut yönetmelik koşullarını sağlayabilecek binaların yıkılıp yeni yönetmeliklere göre tekrar yapılması ülke ekonomisinde zarar teşkil edeceğinden, maliyetinin makul olması durumunda güçlendirmenin tercih edilmesi kaçınılmazdır.

Mevcut binaların ömürleri boyunca en az bir defa yüksek şiddetli depremlere maruz kalma olasılığı oldukça yüksek olup bu depremlere karşı binanın göçmemesi ve dolayısıyla can kayıplarının oluşmaması için binanın güçlendirilmesi gerekebilir. Güçlendirme yönteminin yapıdaki mevcut hasarlar gözönüne alınarak belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu durumun dikkate alınmaması halinde güçlendirme sonucunda yapıdan istenen performans sağlanamayacaktır. Betonarme binaların güçlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan güçlendirme yöntemleri eleman ve sistem düzeyinde olmak üzere iki kısımda incelenmektedir. Eleman düzeyinde güçlendirme; kolonların, kirişlerin, kolon-kiriş birleşim bölgelerinin, perde, döşeme ve temellerin güçlendirilmesi şeklindedir. Sistem düzeyinde güçlendirme yapı içine perde ekleme, çelik çaprazlarla güçlendirme şeklinde özetlenebilir.

Bu tez çalışmasında deprem güvenliği yetersiz bir bina için farklı güçlendirme önerileri karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda 2. bölümde bu konuda daha önce yapılan çalışmalarla ilgili bir literatür taraması yapılmıştır. 3. bölümde depreme dayanıklı binalar için hesap kuralları gözden geçirilmiş, "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" (DBYBHY 2007) yönetmeliğindeki betonarme binalar için depreme dayanıklı tasarım kuralları tez çalışması kapsamı gözönüne alınarak özet biçimde sunulmuş, mevcut binaların değerlendirilmesi ile ilgili kurallar verilmiş ve mevcut binaların güçlendirilmesi kapsamında kullanılan yöntemler açıklanmıştır. Bu tez çalışması kapsamında incelenen altı katlı lojman binası için güçlendirme önerileri Bölüm 4' te verilmiştir. Bölüm 5' te ise önerilen güçlendirme seçeneklerine ait sonuçlar değerlendirilmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Betonarme binaların güçlendirilmesi konusunda ulusal ve uluslar arası birçok lisansüstü tez çalışması ve makale mevcut olup, özellikle 1999 Marmara Depremi sonrası ulusal düzeydeki çalışmalarda büyük bir artış gözlenmiştir. Bu konuda yapılan çalışmalardan bazıları bu bölümde özet olarak sunulacaktır.

Ghobarah v.a (2000), "Betonarme Kolonların Güçlendirme Stratejilerinin Değerlendirilmesi", isimli çalışmasında mevcut bir betonarme ofis binasının deprem performansını, yanal deplasman, hasar seviyeleri cinsinden ve aynı zamanda lineer olmayan itme analiziyle performans eğrisini elde ederek değerlendirilmiştir. Bina kolonları için kolon dayanımını, duktilitesini ve rijitliğini artıran farklı güçlendirme stratejileri geliştirilmiştir. Yapılan analiz sonuçları betonarme kolonların dayanımının veya rijitlikle beraber dayanımının artırılmasının gerek yanal deplasman ve hasar seviyelerinin azaltılması gerekse statik itme analizinin performansının iyileştirilmesi açısından en uygun teknik olduğunu göstermiştir.

Yıldırım K., Sümer M. (2001), "Depremde Hasar Gören Betonarme Yapılarda Mantolama Yöntemiyle Güçlendirme Yapılması", isimli çalışmasında 17 Ağustos depremi sonrası Düzce'de bulunan bodrum kat + 4 katlı ve betonarme karkas yapıda oluşan deprem hasarları tespit etmişlerdir. Edinilen verilerin değerlendirilmesi sonucu yapının betonarme örtü (Mantolama) yöntemiyle güçlendirilmesinin yapılmasıyla yapının stabilitesi ve durabilitesinin arttığı gözlemlenmiştir.

Çetinkaya N. (2002), "Betonarme Yapı Elemanlarının FRP Malzemelerle Onarım Ve Güçlendirmesi", isimli bu çalışmasında, betonarme yapı elemanlarının FRP (fiber retrofitting polymer) kompozit malzemelerle onarım ve güçlendirilmesini incelemiştir. Toplamda 12 adet hazırlanan numuneler üç gruba ayrılmış ve çalışma kapsamında 1. grup numuneler 4 adet olup minimum donatıya sahiptir (çift donatılı kiriş). Numunelerin ikisine güçlendirme, diğer ikisine ise onarım yapılmıştır. Deneylerden yük-deplasman grafikleri elde edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Çalışma sonucunda FRP kompozit malzemelerle yapılan onarım ve güçlendirmenin betonarme elemanının taşıma gücüne önemli ölçüde artırdığı tespit edilmiştir.

Altun v.a. (2003) "Betonarme Yapılarda Deprem Hasarları Ve 6 Katlı Bir Yapının Güçlendirme Çalışmaları", başlıklı çalışmada, 1999 Marmara Depremi sonucunda orta hasarlı ve 6 katlı betonarme karkas bir yapıda, yapılan güçlendirme çalışması aşamaları verilmiştir. Çalışmada, hasar noktaları tespit edilmiş, mevcut projenin yerinde ve laboratuarda elde edilen zemin ve beton dayanımı deney sonuçları ile donatı düzeni bilgilerine göre, statik çözümü yapılmıştır. Çözüm sonucunda, statik sistemin rölatif kat deplasmanlarının çok yüksek oluşu nedeniyle, rijitlik artırılarak oluşan rölatif kat deplasmanlarının azaltılması için "kolon mantolama+perdeleme" sistemi ile takviye çalışmasına gidilmiştir. Bu çözüm yöntemi ile rölatif kat deplasmanları azalmış ve kolonlara gelen kesme kuvvetleri de büyük oranda perdeler tarafından aktarıldığı için, yapı güvenliği yeniden sağlanabilmiştir.

Arslan B.(2003), Ağustos 1999 Kocaeli depreminde orta derece hasar görmüş ve 2000 yılında Danimarka İnsani Yardım Kuruluşu tarafından güçlendirme çalışmaları yapılmış olan "Arifiye Anadolu Öğretmen Lisesi Kocaeli" okul binasının mevcut durumu ve güçlendirilmiş durumunun deprem güvenlikleri belirlenmiştir. İki duruma ait deprem güvenliğinin yeterli olmaması üzerine binaya yeni güçlendirme sistemleri uygulanmıştır. Güçlendirme çalışmaları kapsamında, yatay deprem kuvvetlerini karşılayacak şekilde ilave perdelerin yerleştirilmiştir. Perde yanındaki kolonlarda mantolama yapılarak perde boşlukları oluşturulmuş ve yeni oluşturulan güçlendirme sisteminde, her iki doğrultuda deprem etkisini karşılayacak kadar perde duvar ilave edilmiştir. Daha önce kesit ve donatı bakımından yetersiz olan kolonlar hem eğilme hem de kesme kuvveti bakımından yeterli hale getirilmiştir. Güçlendirme ile, görelî kat ötelemeleri sınır değerlerin oldukça altına düşürülmüş ve sistem rijitliği önemli ölçüde artırılmıştır. Perdelerde oluşan eğilme momenti ve normal kuvvet çifti kesit tarafından taşınmaktadır. Oluşturulan yeni güçlendirme sisteminde perde alanlarının bina alanına oranının mevcut güçlendirme sistemine göre önemli ölçüde artışı görülmüştür.

Sayın B. (Haziran 2003), "Mevcut Betonarme Yapıların Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Projelendirilmesi Ve Güçlendirme Teknikleri", isimli tez çalışmasında, betonarme yapılarda çerçeve arasına yerleştirilen dolgu duvarların, deprem yükleri altında yapının davranışına olan etkileri incelenmiştir. Bu kapsamda yapılan deney çalışmaları sonucunda; dolgu duvarların yapı taşıyıcı sistem davranışına büyük etkisi olduğu anlaşılmış, bir yandan yük dağılımını değiştirirken, diğer yandan rijitlik ve ağırlık merkezini etkileyerek, yapı davranışını çok önemli oranlarda değiştirebildiği gözlemlenmiştir.

Rocha v.a (2004) "Betonarme Çerçevelerin Deprem Güçlendirilmesi", isimli çalışmalarında, betonarme çerçevelerin deprem güçlendirilmesi için farklı stratejilerin nümerik simülasyonlarını sunarak elde edilen çözümlerde deneysel sonuçları kıyaslanmıştır. Bu çalışma İtalya’ da Elsa laboratuvarlarında gerçek ölçekli deneysel testlerle incelenen 1970’ li yıllarda inşaa edilmiş tipik bir betonarme yapının farklı güçlendirme teknikleri kullanılarak güçlendirilmesini esas almaktadır. Yapılan deneysel testlerin nümerik simülasyonları ve aynı zamanda lineer olmayan dinamik analiz metodunun uygulanmasıyla farklı güçlendirme metotlarıyla yapı davranışı ve yapı güvenliğindeki artış hesaplanmıştır. Nümerik simülasyonlarla elde edilen sonuçlarla, deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçların oldukça uyumlu olduğu görülmüştür.

Yıldızlar B. (2004), İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Eğitim Hastanesinin güçlendirmesini konu alan bir tez çalışması yapmıştır. Güçlendirme yöntemi olarak mevcut kolonların bir kısmının mantolanması, öngörülen açıklıklara ve dış akslarda bina dışına doğru her iki yönde betonarme perde duvar ilavesi tercih edilmiştir. Çalışmada, çok sayıda güçlendirme alternatifi hazırlanmış ve en uygun olan seçilmiştir. Yapılan irdelemeler neticesinde, seçilen güçlendirme yöntemiyle yer değiştirmelerin mevcut yapıya oranla her iki yönde yaklaşık % 80 oranında azaltılması sağlanmıştır.

Özsoy A.E, Özgen K (2005), "Perdelerdeki Boşlukların Yatay Ötelenmeye Etkisi", başlıklı çalışmasında; perde duvarlar, boşluklu yada dolu inşa edildiklerinde sistem davranışı ve yatay ötelenme açısından oluşan farklılıklar incelenmiştir. Boşluk

boyutlarının büyümesi ile sistem davranışı, konsol kirişe benzetilen perde duvar davranışından uzaklaşarak, çerçeve sisteme yaklaşmaktadır. Ayrıca boşluklu perde duvarların yatay ötelenmeleri dolu perde duvarlara göre artış göstermektedir. Bu çalışmada, tek boşluklu perde duvarların yatay yükler altındaki ötelenmeleri incelemiştir. Boşluğun katlar içindeki konumu değişken alınarak sonuçlar, dolu ve her katta kapı boşluğu olan perde duvar modelleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada çözümler yatay ötelenmeler açısından incelendiğinde, tek boşluklu ve perde duvar modelleri gibi her katta boşluğu bulunan perde duvar modelinde konsol kirişe benzer davranış gösterdiği gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, perde duvarlarda boşluğun alt katlarda bulunması dolu perde duvar davranışı ile karşılaştırıldığında yatay ötelenmeyi artırırken, boşluğun üst katlarda konumlandırılması sistemi önemsiz derecede etkilemektedir. Modeller arasında en yüksek yatay ötelenme değerlerine sahip sistem her katta boşluğu bulunan perde duvar model olduğu görülmüştür.

Sipahioğlu M. (2006), "Betonarme Binaların Fiber Takviyeli Polimer Sistemi İle Onarım Ve Güçlendirilmesi", başlıklı çalışmada FRP sargıların, kolonların eksenel taşıma gücüne katkısı MS Excel'de hazırlanmış olan programla hesaplanmıştır. Yapılan çözümler sonucunda; bir kat FRP sargısı ile güçlendirilen kolonun eksenel taşıma gücü kapasitesinin %16.29, iki kat sargı durumu için %33.78, üç kat sargı durumu için %49.03, dört kat sargı durumu için %62.57, beş kat sargı durumu için %74.75'lik bir artış sağlandığı tespit edilmiştir.

FRP sargılı kirişlerin taşıma gücü ile ilgili yapılan çalışmada kesitin sargılı ve sargısız durumları hesaplanmış, Matlab yazılımında hazırlanan program ile de ayrıca çözümlenmiş olup; bir kat FRP ile sarılmış betonarme kirişin taşıma gücünün %36.86, iki kat sargı durumu için %88.19, üç kat sargı durumu için %75.31, dört kat sargı durumu için %88.19, beş kat sargı durumu için %98.57' lik bir artış sağlandığı belirlenmiştir.

Şirin C. (2006) tez çalışmasında, Ülkemizde meydana gelen yapı hasarlarının sebepleri ve bu konuda alınması gerekli önlemlerin henüz proje aşamasında belirlenmesi gerektiğini vurgulamıştır. Bu tür hataların önüne geçmek için bir yapının güçlendirme projesini yaparak yapının daha sağlıklı bir hale getirmeyi amaçlamıştır.

Güçlendirme örneğinde, çok büyük hasarlara maruz kalmamış bir yapının sadece perde ilavesi ile gerekli dayanımı sağladığı görülmüştür.

Hueste ve Bai (2007) "Kirişsiz Döşemeli Betonarme Yapıların Deprem Güçlendirmesi", isimli çalışmasında 1980'li yıllarda Amerika'da inşaa edilmiş beş katlı betonarme bir ofis binasının deprem performansını değerlendirmiştir. Gerekli performans kriterlerini sağlamayan binanın deprem performansını değerlendirmiştir. Gerekli performans kriterlerini sağlamayan binanın deprem performansını artırmak için deprem perdeleri ilavesi, kolon mantolama ve kolon plastik mafsallı bölgelerinin çelik levhalarla sarılması şeklinde üç farklı güçlendirme yöntemi kullanılmış ve sonuçlar mevcut binaya ait sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bu sonuçlara göre binaya perde ilavesinin deprem performansını en fazla artıran güçlendirme yöntemi olduğu tespit edilmiştir.

Gürol K. B. (2007) "Deprem Dayanımı Yetersiz Betonarme Binaları Güçlendirme Yöntemleri", başlıklı tez çalışmasında güçlendirme yöntemleri incelenmiş ve her bir güçlendirme yönteminin yapı davranışına etkisi literatürde yer alan çeşitli deneysel çalışmalar yardımıyla irdelenerek, öne sürülen yöntemlere ait uygulama detaylarına yer verilmiştir. Güçlendirme yöntemlerinin davranışa etkisi ve temel tasarım ilkeleri belirlendikten sonra durum çalışması olarak mevcut bir yapı ele alınmıştır.

Akyıldız H. (Haziran 2007), "Betonarme Bir Yapının Güçlendirme Öncesi Ve Sonrası Yapı Performansının İncelenmesi", başlıklı tez çalışmasında deprem kuvvetine karşı geliştirilen analiz yöntemlerinden "Statik İtme Analizi" kullanılmış ve 1992 yılında inşaa edilmiş İstanbul Bağcılar Hoca Ahmet Yesevi İlköğretim Okulu binasının analizi 2007 Deprem Yönetmeliğine göre yapılmıştır. Güçlendirme modeli olarak ilave perde eklenmiş ve yapının tüm katlarında uygulanmıştır. Sonuç olarak yapılan güçlendirme sonrasında deprem performansı hemen kullanım performans düzeyine artırılarak deprem güvenliğinin elde edilmesi sağlanmıştır.

Yıldırım C. (2008), "2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Mevcut Bir Yapının Performansının Belirlenmesi Ve Bir Güçlendirme Önerisi", isimli tez çalışmasında 8

katlı bir konut türü perdeli - çerçeveli betonarme yapının DBYBHY 2007 de verilen doğrusal elastik yöntemlerden "EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ" kullanılarak performans analizi yapılmış ve yapının konut türü yapılar için öngörülen "Can Güvenliği" performans seviyesini sağlamadığı tespit edilerek bir güçlendirme önerisi sunulmuştur.

Yıldırım M. (2008), "Deprem Etkisindeki Betonarme Yapıların Onarım Ve Güçlendirilmesi", tez çalışmasında, örnek bir yapı üzerinde yeni deprem yönetmeliğinde yer alan performans esaslı hesap yöntemindeki temel kavramlar irdelenerek, yöntemlerin uygulanmasındaki zorluklar belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada seçilen binanın, öncelikle mevcut performansı 2007 Deprem Yönetmeliğine göre değerlendirilmiştir. Daha sonra çeşitli güçlendirme alternatifleri için maliyet kıyaslaması yapılarak en uygun modelin istenilen performans düzeyinde olup olmadığı SAP 2000 ve Sta4CAD programları kullanılarak kontrol edilmiştir.

Erdem M.F. (2008), "Perde Duvar Ve Betonarme Mantolama Yöntemleriyle Güçlendirilen Binalarda Güçlendirme Maliyetinin İncelenmesi Akşehir İHL Örneği", isimli bu çalışmasında bir yapının maliyeti, güçlendirme ve güçlendirme maliyeti hakkında bilgiler verilmiş ve tip bir lise binası inşaatının perde duvar ve mantolama ile güçlendirilmesi, İdeCAD paket programı ile yapılmış, perde duvarlar ilave edilerek kolonlardaki mantolamalar ve perde duvar altında temeller yapılmış ve bunların maliyetleri hesaplanarak, Çevre Ve Şehircilik bakanlığının Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri baz alınarak bina yapım maliyetiyle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda yapılan güçlendirme önerisinin yaklaşık maliyeti, yapılacak yeni bir yapı maliyetinin %50'si olduğu belirlenmiştir.

Özcan O., Binici B., Özcebe G. (2010), çalışmalarında, sabit eksenel yük ve artan tersinir yanal yer değiştirme işlemleri altında ODTÜ de test edilmiş 10 adet ve literatürden derlenen 18 adet kolon deneyi sonuçları ışığında DBYBHY 07 'nin tasarım yaklaşımı irdelenmiştir. Çalışmada, öncelikle yönetmelikteki tasarım yöntemi ODTÜ' de yapılmış olan deneyler ile karşılaştırılmış ve deprem yönetmeliğinin LP sargılama uygulamalarında aşırı güvenli tarafta kaldığı belirlenmiştir. Bu durum doğal olarak LP

sargılama için ağır bir cezalandırmayı beraberinde getirmektedir. Mevcut yönetmelik hükümleri, kolon LP uygulama maliyetini gereksiz yere artırmakta ve LP ile kolon güçlendirme yöntemini uygulanamaz hale getirmektedir.

Kaplan S.A (2010), mevcut çıkmalı binaların depreme karşı güvenceye alınması için bina yükünün bina dışında yapılacak perdelere aktarılacak olabilecek depremlere dayanıklı güçlendirme modeli önerilmiştir. Çalışmada, mevcut binayı güçlendirme değil, mevcut binayı güvenilir bir taşıyıcı sistem içine alıp koruyarak depremi karşılayacak olan bir sistem önerilmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında bu güçlendirme yönteminin avantajları arasında; ekonomiklik, uygulama kolaylığı, proje aşamasında tahmin ve yanlış kabullere yer vermemesi ve bina sakinlerinin binayı boşaltmalarına gerek kalmaması sayılabilir.

Atay H. (2010), Çalışmasında, uygulama yeri ve şekline göre çeşitli etkileri olan yöntemler, elde edilen bilgiler doğrultusunda, eleman ve malzeme bazında olmak üzere iki başlık altında güçlendirme yöntemleri irdelenmiş ve her bir güçlendirme yönteminin yapı davranışına etkisi, avantaj ve dezavantajları ve yöntemlere ait uygulama detaylarına yer verilmiştir. Farklı güçlendirme ve onarım yöntemleri üzerinde detaylı bilgiler verip mevcut yapı sistemi ve hasar tipi göz önünde bulundurularak optimum güçlendirme ve onarım yöntemleri tavsiye edilmiştir.

Bilen K. (Kasım 2010), 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Bir Güçlendirme Uygulaması isimli tez çalışmasında, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmeliğe göre can güvenliği performans düzeyini sağlamayan bir binanın, güçlendirme uygulaması yapılmıştır. Güçlendirme uygulaması sonrası, binanın güvenlik düzeyinin arttığı, performans analizleri ile tespit edilmiştir. Son olarak, güçlendirme uygulamasının maliyet analizi yapılarak, güçlendirme uygulamasının ekonomik olup olmadığı incelenmiştir.

Baran ve Diğ. (2011) Betonarme Çerçevelerin Öndökümlü Beton Panellerle Deprem Güçlendirmesi çalışması ile önerilen güçlendirme yönteminin betonarme çerçevelerin yanal dayanım, başlangıç rijitliği ve düktilite özelliklerini arttırmada

oldukça etkili olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca öndökümlü beton panellerle yapılan güçlendirmenin yerinde döküm perde duvarla yapılan güçlendirmeden daha fazla maliyetli olmadığı da belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında; Diyarbakır İli Eğin İlçesinde bulunan ve Milli Eğitim Bakanlığına ait olan, Eğin Alparslan Lisesine ait B+Z+4 normal katlı lojman binasının Deprem Bölgelerinde Yapılan Binalar Hakkında Yönetmelik 2007' ye göre performans analizi yapıp, binanın deprem performansı belirlenmiş ve söz konusu yönetmeliğin deprem raporunun Can Güvenliği performans seviyesini sağlamayan 1, sağlayan 3 çözüm önerisi yapılmıştır.

3.2. Metot

Bu tezde lojman binasının deprem performansının belirlenmesi için Structural Analysis For Computer Aided Design (Sta4CAD) programı kullanılmıştır.

Sta4CAD programı, çok katlı betonarme yapıların statik, deprem, rüzgar ve betonarme analizini entegre ve 3 boyutlu olarak çizimlerini yapan paket programdır. Programda kullanılan standartlar aşağıda sıralanmıştır:

- 1- Türkiye Deprem Yönetmeliği (1975)
- 2- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1997)
- 3- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007)
- 4- EUROCODE Yük Kombinasyonu
- 5- TS. 500 Betonarme Yapıların Hesap Standardı
- 6- ACI Yük Kombinasyon
- 7- BS Standardı
- 8- UBC Standardı
- 9- SNIP Standardı (Sta4CAD Handbook).

3.3. Depreme Dayanıklı Binalar İçin Hesap Kuralları

Bu kısımda DBYBHY 2007' nin 2. ve 3. bölümde açıklanan Depreme Dayanıklı Binalar için Hesap Kuralları ve Betonarme Binalar için Depreme Dayanıklı Tasarım İlkeleri açıklanacaktır.

3.3.1. Bina Taşıyıcı Sistemlerine İlişkin Genel İlkeler

Bir bütün olarak deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sisteminde ve aynı zamanda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte rijitlik, kararlılık ve dayanım bulunmalıdır. Döşeme sistemleri, deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarılmasını sağlayacak düzeyde rijitlik ve dayanıma sahip olmalıdır. Yeterli olmayan durumlarda, döşemelerde uygun aktarma elemanları düzenlenmelidir. Binaya aktarılan deprem enerjisinin önemli bir bölümünün taşıyıcı sistemin sünek davranışı ile tüketilmesi için, sünek tasarım ilkelerine titizlikle uyulmalıdır.

Düzensiz binaların tasarımından ve yapımından kaçınılmalıdır. Taşıyıcı sistem planda simetrik veya simetriğe yakın düzenlenmeli ve burulma düzensizliğine olabildiğince yer verilmemelidir. Bundan dolayı, perde vb rijit taşıyıcı sistem elemanlarının binanın burulma rijitliğini arttıracak biçimde yerleştirilmesine özen gösterilmelidir. Düşey doğrultuda ise özellikle herhangi bir katta zayıf kat veya yumuşak kat durumu oluşturan düzensizliklerden kaçınılmalıdır.

3.3.2. Deprem Yüklerine İlişkin Genel Kurallar

Binalara etkiyen deprem yüklerinin belirlenmesi için aksi belirtilmedikçe; Spektral İvme Katsayısı ve Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı esas alınacak, deprem yüklerinin sadece yatay düzlemde ve birbirine dik iki eksen doğrultusunda etkidikleri varsayılacak ve deprem yükleri ile diğer yüklerin ortak etkisi altında binanın taşıyıcı sistem elemanlarında oluşacak tasarım iç kuvvetlerinin taşıma gücü ilkesine göre hesabında kullanılacak yük katsayıları alınacaktır.

3.3.3. Düzensiz Binalar

Depreme karşı, davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması durumlara Düzensiz Binaların tanımlanmasıyla ilgili olarak planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar şu şekildedir.

3.3.3.1. Düzensiz Binaların Tanımı Ve Düzensiz Binalara İlişkin Koşullar

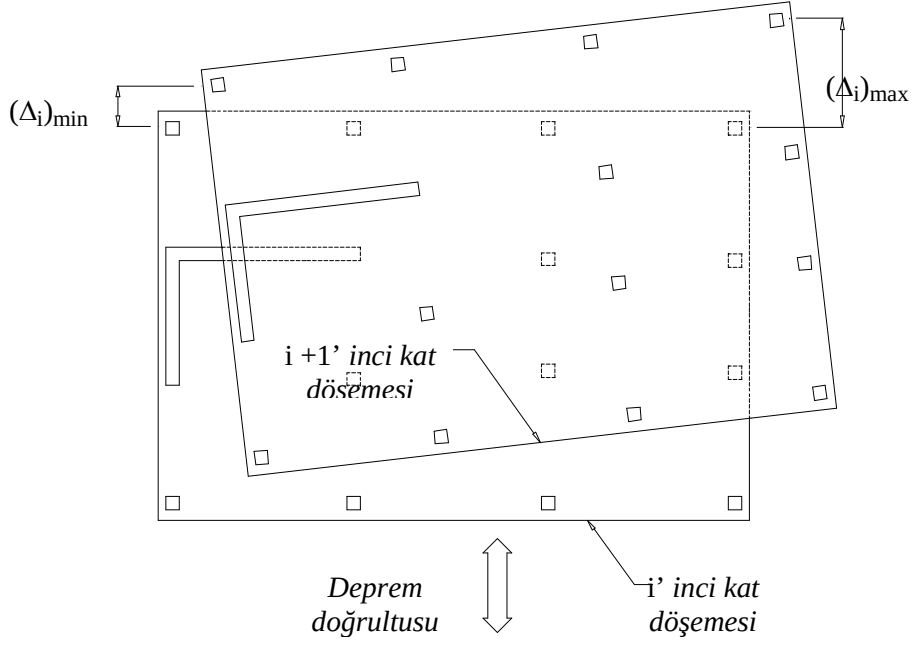
Planda burulma düzensizliği (A1), döşeme süreksizlikleri (A2), çıkıntılar bulunması (A3) ve düşeyde komşu katlar arası dayanım düzensizliği (B1-zayıf kat), komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (B2-yumuşak kat), taşıyıcı sistemin düşey elamanlarının süreksizliği (B3) olarak altı düzensizlik türü bulunmaktadır.

Planda burulma düzensizliği (A1) ve düşeyde komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (B2-yumuşak kat) deprem hesap yönteminin seçiminde etken olan düzensizliklerdir. Planda burulma düzensizliğine (A1) ve planda döşeme süreksizliğine (A2) sahip olan binalarda, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı istem elemanları arasında güvenle aktarabildiği hesapla doğrulanacaktır.

Düşeyde komşu katlar arası dayanım düzensizliğinin (B1-zayıf kat) bulunduğu binalarda, gözönüne alınan i' nci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, dayanım düzensizliği katsayısı olan η_{ci} ' nin hesabında dolgu duvarlar gözönüne alınmayacaktır. $0.60 \leq (\eta_{ci})_{\min} < 0.80$ aralığında verilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R), $1.25(\eta_{ci})_{\min}$ değeri ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanacaktır. Ancak hiçbir zaman $\eta_{ci} < 0.60$ olmayacaktır. Aksi durumda, zayıf katın dayanımı ve rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

Planda A1, A2, A3 Düzensizlik Durumları;

A1 - Burulma Düzensizliği: Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} ' nin 1.2' den büyük olması durumu (Şekil 3.1). $[\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{orta}} > 1.2]$. Görelî kat ötelemelerinin hesabı $\pm$ %5 ek dışmerkezlilik etkileri de gözönüne alınarak yapılacaktır



Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda

$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2 [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}]$$

Burulma düzensizliği katsayısı :

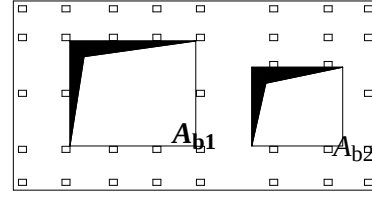
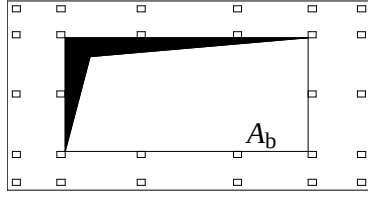
$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort}$$

Burulma düzensizliği durumu : $\eta_{bi} > 1.2$

Şekil 3.1. A1 Burulma Düzensizliği

A2 - Döşeme Süreksizlikleri: Herhangi bir kattaki döşemede (Şekil 3.2);

- I - Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu,
- II - Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,
- III - Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu



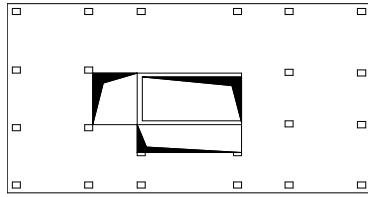
$$A_b = A_{b1} + A_{b2}$$

A2 türü düzensizlik durumu – I

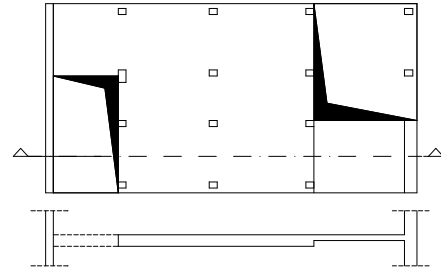
$$A_b / A > 1/3$$

A_b : Boşluk alanları toplamı

A : Brüt kat alanı



A2 türü düzensizlik durumu – II

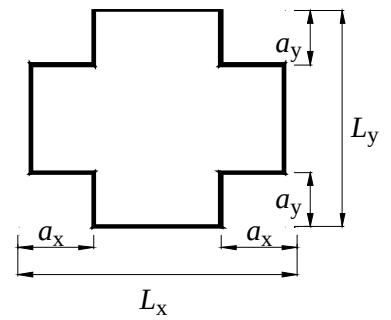
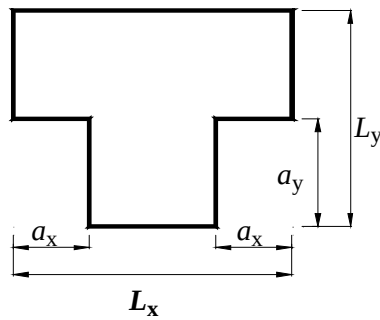
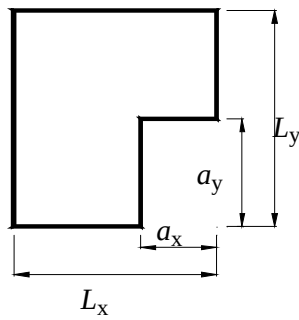


Kesit A-A

A2 türü düzensizlik durumu – II ve III

Şekil 3.2. A2 Döşeme Süreksizliği

A3 - Planda Çıkıntılar Bulunması: Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu (Şekil 3.3).



A3 türü düzensizlik durumu:

$$a_x > 0.2 L_x \text{ ve aynı zamanda } a_y > 0.2 L_y$$

Şekil 3.3. A3 Planda Çıkıntı Bulunması

Planda B1, B2, B3 Düzensizlik Durumları;

B1 - Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat): Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanı' nın, bir üst kattaki etkili kesme alanı' na oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci} ' nin 0.80' den küçük olması durumu.

$$[\eta_{ci}=(\sum A_e)_i/(\sum A_e)_{i+1} < 0.80]$$

Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:

$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k$$

B2 - Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat): Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i ' nci kattaki ortalama görel kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görel kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} ' nin 2.0' den fazla durumu.

$$[\eta_{ki}=(\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0 \text{ veya } \eta_{ki}=(\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0]$$

Görel kat ötelemelerinin hesabı $\pm$ %5 ek dışmerkezlilik etkileri de gözönüne alınarak yapılacaktır

B3 - Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumudur.

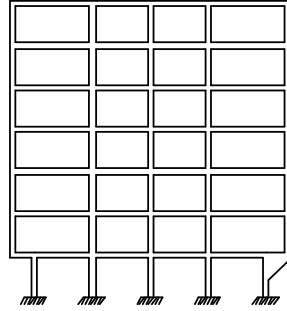
Taşıyıcı sistemin düşey elamanlarının süreksizliğinin (B3) bulunduğu binalara ilişkin koşullar, bütün deprem bölgelerinde uygulanmak üzere;

(a) Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

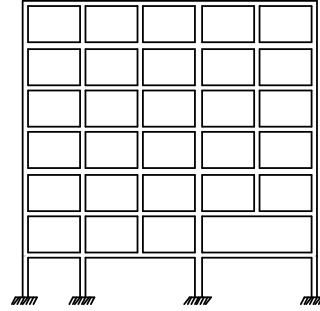
(b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer bir kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında arttırılacaktır.

(c) Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

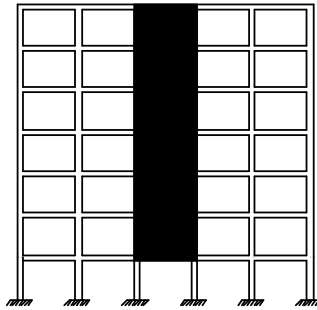
(d) Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez (Şekil 3.4).



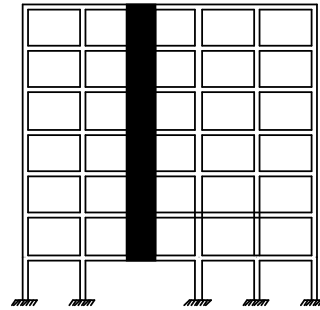
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 3.4. B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği

3.3.4. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması: Spektral İvme Katsayısı

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$, Denklem (3.1) ve (3.2) ile verilmiştir.

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (3.1)$$

$$S_{ae}(T) = A(T) \cdot g \quad (3.2)$$

Bu denklemlerde A_0 : etkin yer ivme katsayısını, I : bina önem katsayısını, $S(T)$: spektrum katsayısını, $S_{ae}(T)$: elastik spektral ivmeyi, g ise yerçekimi ivmesini göstermektedir. %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumu'nun ordinatı olan Elastik Spektral İvme, $S_{ae}(T)$, Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi g 'nin çarpımına karşı gelmektedir.

3.3.4.1. Etkin Yer İvme Katsayısı (A_0)

Etkin Yer İvme Katsayısı, A_0 , deprem bölgesine bağlı olarak Çizelge 3.1’ de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0)

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

3.3.4.2. Bina Önem Katsayısı (I)

Bina Önem Katsayısı değeri, I , binanın kullanım amacı veya türüne göre Çizelge 3.2’ de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Bina önem tablosu

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
<u>1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar:</u>	1.5
(a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)	
(b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	
<u>2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar:</u>	1.4
(a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb.	
(b) Müzeler	
<u>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar:</u>	1.2
Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	
<u>4. Diğer binalar:</u>	1.0
Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	

3.3.4.3. Spektrum Katsayısı

Denklem (3.1) ve (3.2) ' de yer alan Spektrum Katsayısı, $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T ' ye bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanacaktır. Denklem 3.3a, 3.3b ve 3.3c' de Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B , Yerel Zemin Sınıfları' na bağlı olarak Çizelge 3.3' te verilmiştir.

$$S(T) = 1 + 1.5 (T/T_A) \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.3a)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (3.3b)$$

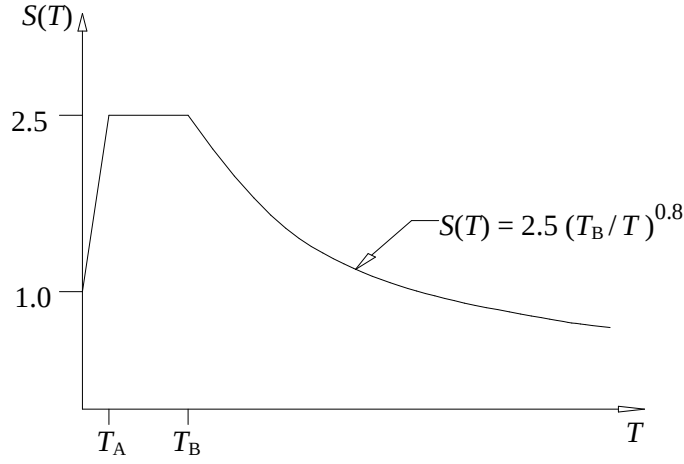
$$S(T) = 2.5 (T_B/T)^{0.8} \quad (T_B < T) \quad (3.3c)$$

Çizelge 3.3. Spektrum karakteristik periyotları, T_A ve T_B

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

3.3.4.4. Özel Tasarım İvme Spektrumu

Gerekli durumlarda elastik tasarım ivme spektrumu, yerel deprem ve zemin koşulları gözönüne alınarak yapılacak özel araştırmalarla da belirlenebilir. Ancak, bu şekilde belirlenecek ivme spektrumu ordinatlarına karşı gelen spektral ivme katsayıları, tüm periyotlar için, Çizelge 3.3' teki ilgili karakteristik periyotlar gözönüne alınarak Denklem (3.1) ve (3.2)'den bulunacak değerlerden hiçbir zaman daha küçük olmayacaktır.



Şekil 3.5. Özel tasarım ivme spektrumu

3.3.5. Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını gözönüne almak üzere spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı'na bölünecektir. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı, çeşitli taşıyıcı sistemler için Çizelge 3.4'te Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R' ye ve doğal titreşim periyodu, T' ye bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanacaktır.

$$R_a(T) = 1.5 + (R-1.5) (T/T_A) \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.4a)$$

$$R_a(T) = R \quad (T_A < T) \quad (3.4b)$$

Çizelge 3.4. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R)

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
(1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
(2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar	4	7
(3) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4	6
(4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar.	4	7

3.3.5.1. Taşıyıcı Sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Genel Koşullar

Süneklik düzeyi yüksek olarak gözönüne alınacak taşıyıcı sistemlerde, süneklik düzeyinin her iki yatay deprem doğrultusunda da yüksek olması zorunludur. Süneklik düzeyi bir deprem doğrultusunda yüksek veya karma, buna dik diğer deprem doğrultusunda ise normal olan sistemler, her iki doğrultuda da süneklik düzeyi normal sistemler olarak sayılacaktır. Süneklik düzeyleri her iki doğrultuda aynı olan veya bir doğrultuda yüksek, diğer doğrultuda karma olan sistemlerde, farklı doğrultularda birbirinden farklı R katsayıları kullanılabilir.

Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde; Bina Önem Katsayısı $I = 1.0$ ve $I = 1.2$ olan çelik binalarda, $H_N \leq 16$ m olmak koşulu ile, sadece süneklik düzeyi normal çerçevelerden oluşan taşıyıcı sistemler kullanılabilir bunun dışında taşıyıcı sistemi sadece çerçevelerden oluşan binalarda süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler' in kullanılması zorunludur. Bina Önem Katsayısı $I = 1.4$ ve $I = 1.5$ olan tüm binalarda süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler veya süneklik düzeyi bakımından karma taşıyıcı sistemler kullanılacaktır.

Perde içermeyen süneklik düzeyi normal taşıyıcı sistemler' e; sadece üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde $H_N \leq 13$ m olacak şekilde inşaa edilen betonarme binalar (H_N : bina yüksekliği) ve taşıyıcı sistemi sadece süneklik düzeyi normal çerçevelerden oluşan betonarme binalarda, $H_N \leq 25$ m olmak koşulu ile izin verilebilir.

3.3.5.2. Süneklik Düzeyi Yüksek Betonarme Boşluksuz Perdeli - Çerçevesi Sistemlere İlişkin Koşullar

Bu tür sistemlerde, yerinde dökme betonarme ve çelik çerçeve durumu için verilen $R = 7$ 'nin veya prefabrike betonarme çerçeve durumu için verilen $R = 6$ 'nın kullanılabilmesi için, boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen kesme kuvvetlerinin toplamı, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetinin %75' inden daha fazla olmayacaktır ($\alpha_s \leq 0.75$) (α_s : süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı). $0.75 < \alpha_s \leq 1.0$ aralığında ise kullanılacak R katsayısı, yerinde dökme betonarme ve çelik çerçeve durumu için $R = 10 - 4 \alpha_s$ bağıntısı ile, prefabrike betonarme çerçeve durumu için ise $R = 9 - 4 \alpha_s$ bağıntısı ile belirlenecektir.

$H_w / I_w \leq 2.0$ olan perdelerde (burda H_w : temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliğini, I_w : perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğunu göstermektedir.), yukarıda tanımlanan R katsayılarına göre hesaplanan iç kuvvetler, $[3 / (1 + H_w / I_w)]$ katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir, Ancak bu katsayı, 2' den büyük alınmayacaktır.

3.3.5.3. Süneklik Düzeyi Normal Bazı Sistemlerde Perde Kullanım Zorunluluğuna İlişkin Koşullar

Süneklik düzeyi normal sistemler, bütün deprem bölgelerinde ve betonarme binalar $H_N \leq 13$ m olmak koşulu ve taşıyıcı sistemi sadece süneklik düzeyi normal çerçevelerden oluşan betonarme binalar, $H_N \leq 25$ m olarak tanımlanan yükseklik sınırlarının üzerinde de yapılabilir. Ancak bu durumda, betonarme binalarda tüm yükseklik boyunca devam eden ve aşağıdaki koşulları sağlayan süneklik düzeyi normal veya yüksek betonarme boşluksuz ya da bağ kirişli (boşluklu) perdelerin, çelik binalarda ise süneklik düzeyi normal veya yüksek merkezi veya dışmerkez çaprazlı perdelerin kullanılması zorunludur.

Taşıyıcı sistemde süneklik düzeyi normal perdelerin kullanılması durumunda, her bir deprem doğrultusunda, deprem yüklerine göre perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetlerinin toplamı, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetinin %75' inden daha fazla olacaktır.

3.3.5.4. Süneklik Düzeyi Bakımından Karma Taşıyıcı Sistemlere İlişkin Koşullar

Süneklik düzeyi normal sistemlerin, süneklik düzeyi yüksek perdelerle birarada kullanılması mümkündür. Bu şekilde oluşturulan süneklik düzeyi bakımından karma sistemler’ de, aşağıda belirtilen koşullara uyulmak kaydı ile, süneklik düzeyi yüksek boşluksuz, bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler veya çelik binalar için merkezi veya dışmerkez çaprazlı çelik perdeler kullanılabilir.

(a) Bu tür karma sistemlerin deprem hesabında çerçeveler ve perdeler birarada gözönüne alınacak, ancak her bir deprem doğrultusunda mutlaka $\alpha_s \geq 0.40$ olacaktır.

(b) Her iki deprem doğrultusunda da $\alpha_s \geq 2 / 3$ olması durumunda, deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perde tarafından taşındığı durum için verilen R katsayısı ($R = R_{YP}$), taşıyıcı sistemin tümü için kullanılabilir.

(c) $0.40 < \alpha_s < 2 / 3$ aralığında ise, her iki deprem doğrultusunda da taşıyıcı sistemin tümü için $R = R_{NÇ} + 1.5 \alpha_s (R_{YP} - R_{NÇ})$ bağıntısı uygulanacaktır.

Binaların bodrum katlarının çevresinde kullanılan rijit betonarme perde duvarları, taşıyıcı sistem davranış katsayısı tablosunda yer alan perdeli veya perdeli - çerçeveli sistemlerin bir parçası olarak gözönüne alınmayacaktır. Bu tür binaların hesabında izlenecek kurallar daha sonra verilecektir.

3.3.6. Hesap Yönteminin Seçilmesi

Binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılacak yöntemler; Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri’ dir. Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi tüm binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılabilir.

3.3.6.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulama Sınırları

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’ nin uygulanabileceği binalar alttaki Çizelge 3.5’ te özetlenmiştir. Çizelge kapsamına girmeyen binaların deprem hesabında, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi kullanılacaktır.

Çizelge 3.5. Eşdeğer deprem yükü yöntemi' nin uygulanabileceği binalar

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m
3,4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m

3.3.7. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yükü (taban kesme kuvveti), V_t , aşağıdaki denklem ile belirlenecektir.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 I W \quad (3.5)$$

Bu denklemde: W : binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlık, $A(T_1)$: spektral ivme katsayısı, $R_a(T_1)$: deprem yükü azaltma katsayısı.

Binanın birinci doğal titreşim periyodu T_1 ve binanın deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılacak toplam ağırlık W ise şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (3.6)$$

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (3.7)$$

$$w_i = g_i + n q_i \quad (3.8)$$

formülü ile hesaplanmaktadır.

Bu denklemlerde: w_i : kat ağırlığı, m_i : binanın i 'nci katının kütlesi ($m_i = w_i / g$), d_{fi} : binanın i 'nci katında F_{fi} fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme, F_{fi} : birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i ' nci kata etkiyen fiktif yük, g_i : binanın i ' nci

katındaki toplam sabit yük. n : hareketli yük katılım katsayısı ve q_i : binanın i ' nci katındaki toplam hareketli yüküdür.

Denklem (3.8)' de verilen n değeri binanın kullanım amacına göre Çizelge 3.6' da verilmiştir. Deprem yüklerinin belirlenmesinde kullanılacak çatı katı ağırlığının hesabında kar yüklerinin %30' u gözönüne alınacaktır.

Çizelge 3.6. Hareketli yük katılım katsayısı (n)

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0.30

Denklem (3.6) ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak şu şekilde ifade edilir (Şekil 3.6a).

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (3.9)$$

Binanın N ' inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N ' in değeri aşağıdaki denklemle belirlenmektedir.

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t \quad (3.10)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N ' inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına Denklem (3.11) ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (3.11)$$

Bu denklemlerde: F_i : eşdeğer deprem yükü yöntemi' nde i ' nci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü, ΔF_N : binanın N ' inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü, w_i : kat ağırlığı, H_i : Binanın i ' inci katının temel üstünden itibaren ölçülen

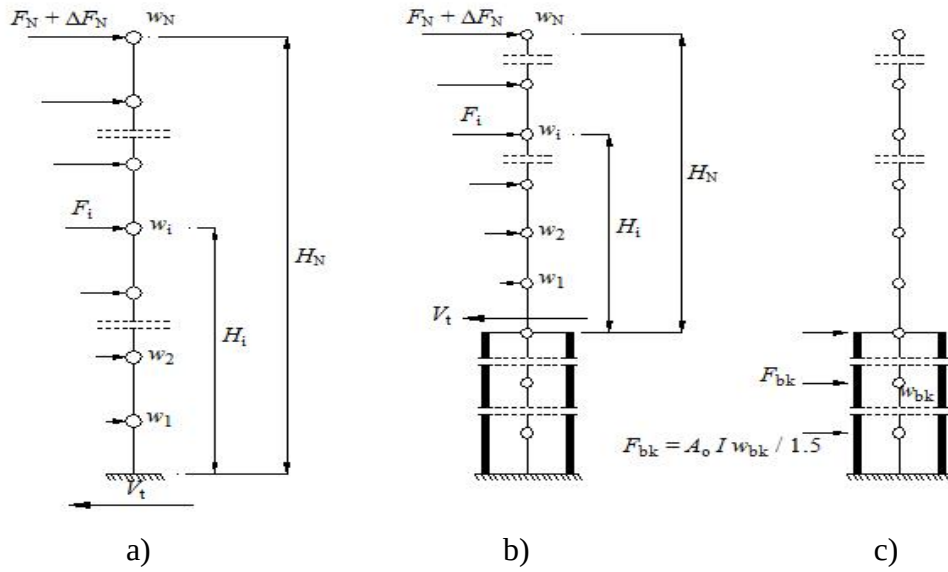
yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i 'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği)' ni göstermektedir.

Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, bodrum katlarına ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri, aşağıda belirtildiği üzere, ayrı ayrı hesaplanacaktır. Bu yükler, üst ve alt katların birleşiminden oluşan taşıyıcı sisteme birlikte uygulanacaktır.

(a) Üstteki katlara etkiyen toplam eşdeğer deprem yükünün ve eşdeğer kat deprem denklem (3.5), (3.10) ve (3.11)' e göre belirlenmesinde, bodrumdaki rijit çevre perdeleri gözönüne alınmaksızın Çizelge 3.4' ten seçilen R katsayısı kullanılacak ve sadece üstteki katların ağırlıkları hesaba katılacaktır. Bu durumda ilgili bütün tanım ve bağıntılarda temel üst kotu yerine zemin katın kotu gözönüne alınacaktır. Denklem (3.6)' ya göre birinci doğal titreşim periyodunun hesabında da, fiktif yüklerin belirlenmesi için sadece üstteki katların ağırlıkları kullanılacaktır (Şekil 3.6b).

(b) Rijit bodrum katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin hesabında, sadece bodrum kat ağırlıkları gözönüne alınacak ve Spektrum Katsayısı olarak $S(T) = 1$ alınacaktır. Her bir bodrum katına etkiyen eşdeğer deprem yükünün hesabında, Denklem (3.1) ve (3.2)' den bulunan spektral ivme değeri ile bu katın ağırlığı doğrudan çarpılacak ve elde edilen elastik yükler, $R_d(T) = 1.5$ katsayısına bölünerek azaltılacaktır (Şekil 3.6c).

(c) Üstteki katlardan bodrum katlarına geçişte yer alan ve çok rijit bodrum perdeleri ile çevrelenen zemin kat döşeme sisteminin kendi düzlemi içindeki dayanımı, bu hesapta elde edilen iç kuvvetlere göre kontrol edilecektir.



Şekil 3.6. Bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yükü

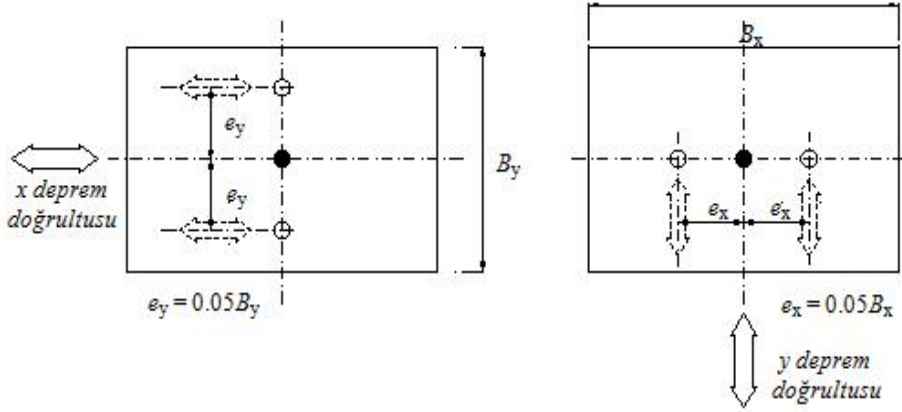
3.3.7.1. Gözönüne Alınacak Yerdeğiştirme Bileşenleri ve Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme bileşeni ile düşey eksen etrafındaki dönme, bağımsız yerdeğiştirme bileşenleri olarak gözönüne alınacaktır. Her katta bölüm 3.3.7.1' e göre belirlenen eşdeğer deprem yükleri, ek dışmerkezlilik etkisi'nin hesaba katılabilmesi amacı ile, gözönüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ayrıca kat kütle merkezine uygulanacaktır (Şekil 3.7).

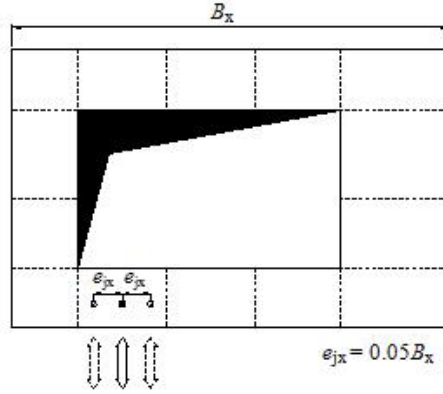
A2 türü düzensizliğin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin yatay düzlemdeki şekil değiştirmelerinin gözönüne alınmasını sağlayacak yeterlikte bağımsız statik yerdeğiştirme bileşeni hesapta gözönüne alınacaktır. Ek dışmerkezlilik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelere etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılacaktır (Şekil 3.8).

Binanın herhangi bir i 'inci katında $A1$ türü düzensizliğin bulunması durumunda, $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ olmak koşulu ile bu katta uygulanan $\pm\%5$ ek dışmerkezlilik, her iki deprem doğrultusu için Denklem (3.12)'den verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (3.12)$$



Şekil 3.7. Deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun $\pm\%5$ kaydırılması



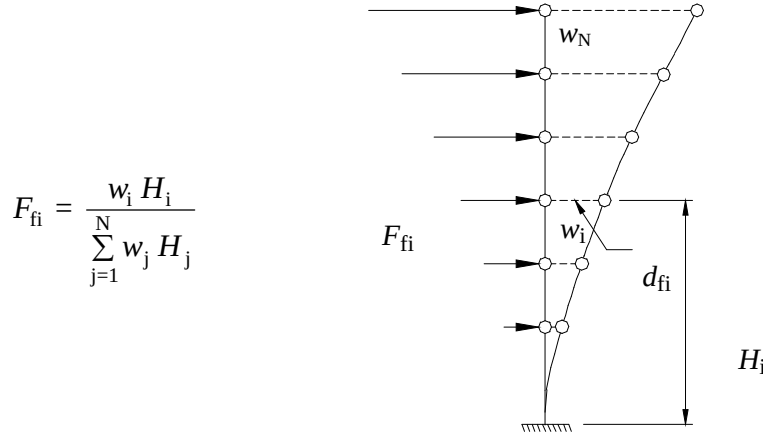
Şekil 3.8. Tekil kütlelere etkiyen eşdeğer deprem yükünün $\pm\%5$ kaydırılması

3.3.7.2. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulanması durumunda, binanın deprem doğrultusundaki hakim doğal periyodu, Denklem (3.6) ile hesaplanan değerden daha büyük alınmayacaktır.

i 'inci kata etkiyen fiktif yükü gösteren F_{fi} , Denklem (3.11)' de $(V_t J a F_N)$ yerine herhangi bir değer (örneğin birim değer) konularak elde edilecektir (Şekil 3.9).

Denklem (3.6) ile hesaplanan değerden bağımsız olarak, bodrum kat(lar) hariç kat sayısı $N > 13$ olan binalarda doğal periyod, $0.1N$ 'den daha büyük alınmayacaktır.

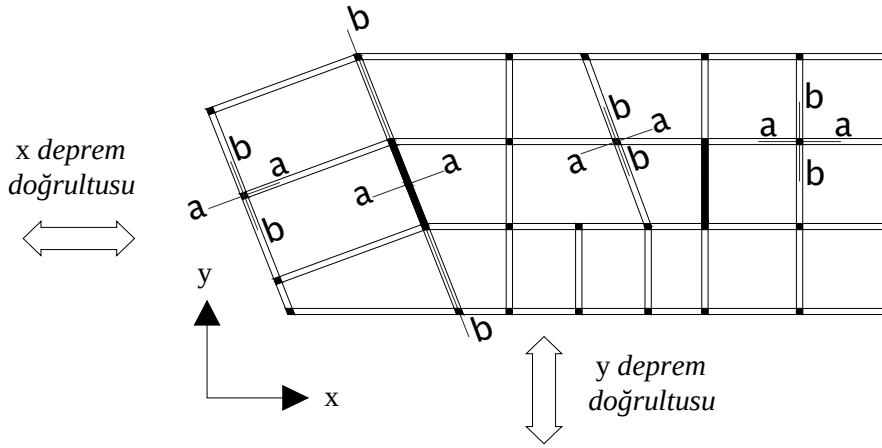


Şekil 3.9. i ' nci katta etkiyecek fiktif yük

3.3.7.3. Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler

Taşıyıcı sisteme ayrı ayrı etki ettirilen x ve y doğrultularındaki depremlerin ortak etkisi altında, taşıyıcı sistem elemanlarının a ve b asal eksen doğrultularındaki iç kuvvetler, en elverişsiz sonucu verecek şekilde Denklem (3.13) ile elde edilecektir (Şekil 3.10).

$$\begin{aligned} B_a &= \pm B_{ax} \pm 0.30 B_{ay} & \text{veya} & B_a = \pm 0.30 B_{ax} \pm B_{ay} \\ B_b &= \pm B_{bx} \pm 0.30 B_{by} & \text{veya} & B_b = \pm 0.30 B_{bx} \pm B_{by} \end{aligned} \quad (3.13)$$



Şekil 3.10. Asal eksen doğrultusundaki iç kuvvetler

3.3.8. Mod Birleştirme Yöntemi

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

3.3.8.1. İvme Spektrum

Herhangi bir n 'inci titreşim modunda gözönüne alınacak azaltılmış ivme spektrumu ordinatı aşağıdaki denklem yardımıyla belirlenir.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (3.14)$$

Bu denklemde: $S_{aR}(T_r)$ = r 'inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme [m/s^2], $S_{ae}(T)$: elastik spektral ivme [m/s^2], $R_a(T)$: deprem yükü azaltma katsayısı,

Elastik tasarım ivme spektrumunun Bölüm 3.3.4.4' e göre özel olarak belirlenmesi durumunda, Denklem (3.14)' te $S_{ae}(T_n)$ yerine, ilgili özel spektrum ordinatı gözönüne alınacaktır.

3.3.8.2. Gözönüne Alınacak Dinamik Serbestlik Dereceleri

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi gözönüne alınacaktır. Her katta modal deprem yükleri bu serbestlik dereceleri için hesaplanacak, ancak ek dışmerkezlik etkisi' nin hesaba katılabilmesi amacı ile, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ek bir yükleme olarak kat kütle merkezine uygulanacaktır (Şekil 3.7).

A2 başlığı altında tanımlanan döşeme süreksizliğinin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin kendi düzlemleri içindeki şekil değiştirmelerinin gözönüne alınmasını sağlayacak yeterlikte dinamik serbestlik derecesi gözönüne alınacaktır. Ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelere etkiyen modal deprem yüklerinin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılacaktır (Şekil 3.8). Bu tür binalarda, sadece ek dışmerkezlik etkilerinden oluşan iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri Denklem (3.9)' a göre de hesaplanabilir. Bu büyüklükler, ek dışmerkezlik etkisi gözönüne alınmaksızın her bir titreşim modu için hesaplanarak mod katkılarının birleştirilmesine göre birleştirilen büyüklüklere doğrudan eklenecektir.

3.3.8.3. Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, Y , gözönüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütle'lerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir:

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^Y M_{xn} &= \sum_{n=1}^Y \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \\ \sum_{n=1}^Y M_{yn} &= \sum_{n=1}^Y \frac{L_{yn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \end{aligned} \quad (3.15)$$

Bu denklemde; M_{xn} ve M_{yn} : sırasıyla, gözönüne alınan x deprem doğrultusunda binanın n 'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle ve gözönüne alınan y deprem

doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle, Y: Mod Birleştirme Yöntemi'nde hesaba katılan yeterli doğal titreşim modu sayısı ve M_n , n'inci doğal titreşim moduna ait modal kütlelerini ifade eder.

Denklem (3.15)' de yer alan L_{xn} ve L_{yn} ile modal kütle M_n 'nin ifadeleri, kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalar için şu şekilde tanımlanır:

$$\begin{aligned} L_{xn} &= \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{xin} \quad ; \quad L_{yn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{yin} \\ M_n &= \sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{xin}^2 + m_i \Phi_{yin}^2 + m_{\theta i} \Phi_{\theta in}^2) \end{aligned} \quad (3.16)$$

Bu denklemlerde: c_{xin} ve c_{yin} sırasıyla: kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta x eksenini doğrultusundaki yatay bileşeni, kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta y eksenini doğrultusundaki yatay bileşenini gösterir.

Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binaların hesabında, sadece bodrum katların üstündeki katlarda etkin olan titreşim modlarının gözönüne alınması ile yetinilebilir. Bu durumda, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi için Bölüm 3.3.7.2' nin (a) paragrafının karşılığı olarak Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılacak hesapta, bodrumdaki rijit çevre perdeleri gözönüne alınmaksızın Çizelge 3.4' ten seçilen R katsayısı kullanılacak ve sadece üstteki katların kütleleri gözönüne alınacaktır. Bölüm 3.3.7.2.' nin (b) ve (c) paragrafları ise aynen uygulanacaktır.

3.3.8.4. Mod Katkılarının Birleştirilmesi

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

T_m ve T_n saniye cinsinden binanın m' inci ve n' inci doğal titreşim periyotlarını göstermek üzere, $T_m < T_n$ için, gözönüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal

periyotların daima $T_m / T_n < 0.80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı uygulanabilir.

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

3.3.8.5. Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Altsınır Değerleri

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, Mod Katkılarının Birleştirilmesine göre elde edilen bina toplam deprem yükü V_{tB} 'nin, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde Denklem (3.4)' ten hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t 'ye oranının aşağıda tanımlanan değerinden küçük olması durumunda ($V_{tB} < V_t$), Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, aşağıdaki ifadeye göre büyütülecektir.

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B \quad (3.17)$$

$A1$, $B2$ veya $B3$ türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda Denklem (17)' de $=0.90$, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $=0.80$ alınacaktır.

3.3.8.6. Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler

Taşıyıcı sisteme ayrı ayrı etki ettirilen x ve y doğrultularındaki depremlerin ortak etkisi altında, taşıyıcı sistem elemanlarının a ve b asal eksen doğrultularında Mod Katkılarının Birleştirilmesine göre birleştirilerek elde edilen iç kuvvetler için Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler' de verilen birleştirme kuralı ayrıca uygulanacaktır (Şekil 3.10).

3.3.9. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri

Bina ve bina türü yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için, yapay yollarla üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılabilir.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesap yapılması durumunda, taşıyıcı sistem elemanlarının tekrarlı yükler altındaki dinamik davranışını temsil eden iç kuvvet-şekil değiştirme bağıntıları, teorik ve deneysel geçerlilikleri kanıtlanmış olmak kaydı ile, ilgili literatürden yararlanılarak tanımlanacaktır. Doğrusal veya doğrusal olmayan hesapta, üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumu, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda ise sonuçların ortalaması tasarım için esas alınacaktır. Bu tez çalışmasında bu yöntem uygulanmadığından burada daha detaylı biçimde açıklanmayacaktır.

3.3.10. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması Ve İkinci Mertebe Etkileri

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelemesi, a_i , Denklem (3.18) ile elde edilecektir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (3.18)$$

Denklem (3.18)' de d_i ve d_{i-1} , her bir deprem doğrultusu için binanın i 'inci ve $(i-1)$ 'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yerdeğiştirmeleri göstermektedir. Ancak bölüm 3.3.7.4'deki koşul ve ayrıca Denklem (3.5)' te tanımlanan minimum eşdeğer deprem yükü koşulu d_i 'nin ve a_i 'nin hesabında gözönüne alınmayabilir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın i 'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin görelî kat ötelemesi, δ_i , Denklem (3.19) ile elde edilecektir.

$$\delta_i = R \Delta_i \quad (3.19)$$

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i 'inci katındaki kolon veya perdelerde, Denklem (3.19) ile hesaplanan δ_i etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{\max}$, Denklem (3.20)'de verilen koşulu sağlayacaktır.

$$\frac{(\delta_i)_{\max}}{h_i} \leq 0.02 \quad (3.20)$$

Denklem (3.20)' de verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır. Ancak

verilen koşul sağlansa bile, yapısal olmayan gevrek elemanların (cephe elemanları vb) etkin görelî kat ötelemeleri altında kullanılabilirliğı hesapla doğrulanacaktır.

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça, ikinci mertebe etkileri yaklaşık olarak aşağıdaki şekilde gözönüne alınabilir:

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=i}^N w_j}{V_i h_i} \leq 0.12 \quad (3.21)$$

Burada: Δ_i , binanın i'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi, V_i , Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'inci katına etki eden kat kesme kuvveti, h_i , binanın i'inci katının kat yüksekliğini ifade ediyor.

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, İkinci Mertebe Gösterge Değeri, $\bar{\theta}_i$ 'nin Denklem (3.21) ile verilen koşulu sağlaması durumunda, ikinci mertebe etkileri yürürlükteki betonarme yönetmeliğine göre değerlendirilecektir.

Burada $(a_i)_{ort}$, i'inci kattaki kolon ve perdelerde hesaplanan azaltılmış görelî kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değeri olarak Denklem (3.18)' de göre bulunacaktır.

Denklem (3.21)'deki koşulun herhangi bir katta sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliğı yeterli ölçüde arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

3.4. DBYBHY 2007' de Yer Alan Betonarme Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları

Bu bölümde DBYBHY 2007' de yer alan betonarme binalar için depreme dayanıklı tasarım kuralları açıklanacaktır.

3.4.1. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması

Depreme karşı davranışları bakımından, betonarme binaların yatay yük taşıyıcı sistemleri, Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler ve Süneklik Düzeyi Normal Sistemler olarak iki sınıfa ayrılmıştır.

Kesit hesaplarında kullanılacak yöntemler ise, bütün deprem bölgelerinde, betonarme elemanların depreme dayanıklı olarak boyutlandırılmasında ve donatı

hesaplarında "Betonarme Yapıların Tasarım Ve Yapım Kuralları" TS-500'de verilen Taşıma Gücü Yöntemi'nin kullanılması zorunludur.

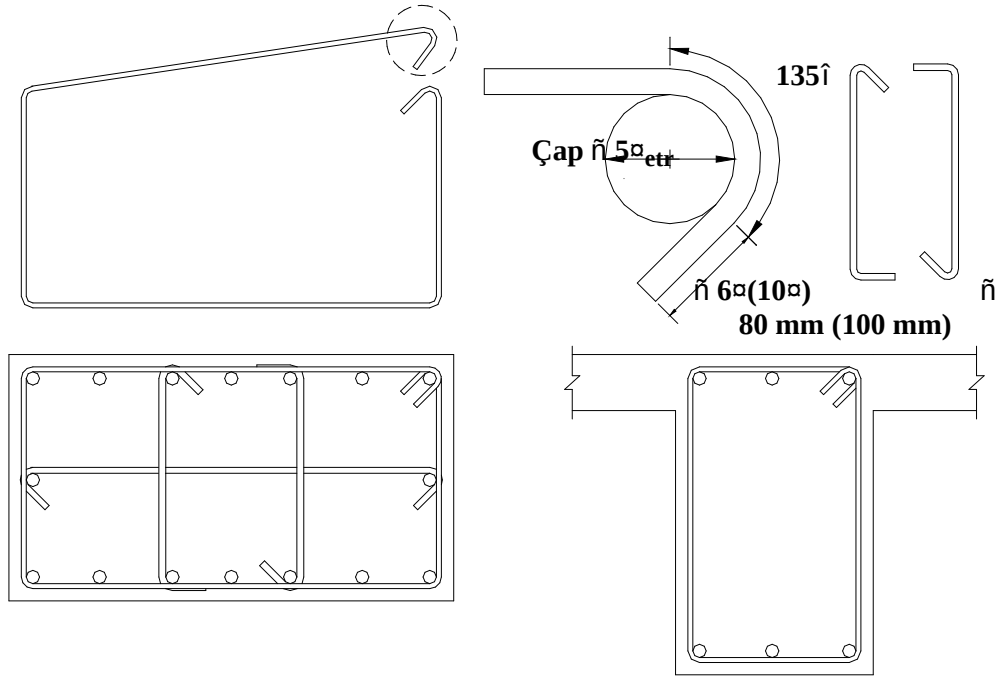
Malzeme olarak deprem bölgelerinde yapılacak tüm betonarme binalarda C20'den daha düşük dayanımlı beton kullanılamaz. Tüm deprem bölgelerinde, TS-500'deki tanıma göre kalite denetimli, bakımı yapılmış ve vibratörle yerleştirilmiş beton kullanılması zorunludur. Ancak, kendinden yerleşen beton kullanıldığı durumlarda, vibratörle beton yerleştirilmesine gerek yoktur. Etriye ve çiroz donatısı ile döşeme donatısı dışında, nervürlü donatı çeliği kullanılamaz. Ayrıca, kirişli sistemlerin döşemelerinde, kirişsiz döşemelerde, dişli döşeme tablalarında, etriyelerde, bodrum katların çevresindeki dış perde duvarlarının gövdelerinde, deprem yüklerinin tümünün bina yüksekliği boyunca perdeler tarafından taşındığı ve Denklem (3.22) ile verilen koşulların her ikisinin de sağlandığı binaların perde gövdeleri hariç olmak üzere, betonarme taşıyıcı sistem elemanlarında S420'den daha yüksek dayanımlı donatı çeliği kullanılmayacaktır. Kullanılan donatının kopma birim uzaması %10'dan az olmayacaktır. Donatı çeliğinin deneysel olarak bulunan ortalama akma dayanımı, ilgili çelik standardında öngörülen karakteristik akma dayanımının 1.3 katından daha fazla olmayacaktır. Ayrıca, deneysel olarak bulunan ortalama kopma dayanımı, yine deneysel olarak bulunan ortalama akma dayanımının 1.15 katından daha az olmayacaktır.

Kirişli sistemlerin döşemelerinde, kirişsiz döşemelerde, dişli döşeme tablalarında, etriyelerde, bodrum katların çevresindeki dış perde duvarlarının gövdelerinde, deprem yüklerinin tümünün bina yüksekliği boyunca perdeler tarafından taşındığı ve Denklem (3.22) ile verilen koşulların her ikisinin de sağlandığı binaların perde gövdelerinde S420'den daha yüksek dayanımlı donatı çeliği kullanılabilir.

$$\begin{aligned} \Sigma A_g / \Sigma A_p &\geq 0.002 \\ V_t / \Sigma A_g &\leq 0.5 f_{ctd} \end{aligned} \quad (3.22)$$

Kancalı ve kancasız çekme donatısı çubukları için gerekli kenetlenme boyları TS-500'de verilen kurallara göre saptanacaktır.

Bütün deprem bölgelerinde, süneklik düzeyi yüksek veya süneklik düzeyi normal olan tüm betonarme sistemlerin kolonlarında, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde, perde uç bölgelerinde ve kiriş sarılma bölgelerinde kullanılan etriyeler özel deprem etriyesi, çirozlar ise özel deprem çirozu olarak düzenlenecektir. Özel deprem etriye ve çirozlarının sağlaması gerekli koşullar aşağıda verilmiştir (Şekil 3.11):



Şekil 3.11. Özel deprem etriye ve çirozları

Özel deprem etriyelerinin her iki ucunda mutlaka 135 derece kıvrımlı kancalar bulunacaktır. Özel deprem çirozlarında ise bir uçta 90 derece kıvrımlı kanca yapılabilir. Bu durumda kolonun veya perdenin bir yüzünde, kanca kıvrımları 135 derece ve 90 derece olan çirozlar hem yatay hem de düşey doğrultuda şaşırtmalı olarak düzenlenecektir. 135 derece kıvrımlı kancalar, $\emptyset$ enine donatı çapını göstermek üzere, en az $5\emptyset$ çaplı daire etrafında bükülecektir. Kancaların boyu kıvrımdaki en son teğet noktasından itibaren, düz yüzeyli çubuklarda $10\emptyset$ ve 100 mm'den, nervürlü çubuklarda ise $6\emptyset$ ve 80 mm'den az olmayacaktır.

Özel deprem etriyeleri boyuna donatıyı dıştan kavrayacak ve kancaları aynı boyuna donatı etrafında kapanacaktır. Özel deprem çirozlarının çapı ve aralığı, etriyelerin çap ve aralığı ile aynı olacaktır. Çirozlar, her iki uçlarında mutlaka boyuna donatıları saracaktır. Etriye ve çirozlar beton dökülürken oynamayacak biçimde sıkıca bağlanacaktır.

Bu çalışma kapsamında süneklik düzeyi yüksek perdeler kullanılan güçlendirme önerileri bulunulduğundan bu kısımda, Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler için gerekli şartlar açıklanacaktır.

3.4.2. Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler

Süneklik düzeyi yüksek perdeler için sağlanması gerekli özellikler bu bölümde açıklanacaktır.

3.4.2.1. En Kesit Koşulları

Perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Altta belirtilen özel durumlar dışında, gövde bölgesindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin $1/20$ 'sinden ve 200 mm'den az olmayacaktır.

Taşıyıcı sistemi sadece perdelerden oluşan binalarda, Denklem (3.22) ile verilen koşulların her ikisinin de sağlanması durumunda perde kalınlığı, binadaki en yüksek katın yüksekliğinin $1/20$ 'sinden ve 150 mm'den az olmayacaktır.

Denklem (3.22), bodrum katlarının çevresinde çok rijit betonarme perdelerin bulunduğu binalarda zemin kat düzeyinde, diğer binalarda ise temel üst kotu düzeyinde uygulanacaktır.

Kat yüksekliği 6 m'den daha büyük olan ve kat yüksekliğinin en az $1/5$ 'ine eşit uzunluktaki elemanlarla yanal doğrultuda tutulan perdelerde, gövde bölgesindeki perde kalınlığı, yanal doğrultuda tutulduğu noktalar arasındaki yatay uzunluğun en az $1/20$ 'sine eşit olabilir. Ancak bu kalınlık 300 mm'den az olamaz.

3.4.2.2. Perde Uç Bölgeleri ve Kritik Perde Yüksekliği

$H_w / \ell_w > 2.0$ olan perdelerin planda her iki ucunda perde uç bölgeleri oluşturulacaktır (Şekil 3.12). Denklem (3.22)' de tanımlanan binalar dışında, perde uç bölgelerindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin $1/15$ 'inden ve 200 mm'den az olmayacaktır. Kat yüksekliği 6 m'den daha büyük olan perdelerin uç bölgelerinin, kat yüksekliğinin en az $1/5$ 'ine eşit uzunluktaki elemanlarla yanal doğrultuda tutulduğu durumlarda, uç bölgesindeki perde kalınlığı, yanal doğrultuda tutulan noktalar arasındaki yatay uzunluğun en az $1/20$ 'sine eşit olabilir. Ancak, bu kalınlık kat yüksekliğinin $1/20$ 'sinden veya 300 mm'den az olamaz. Perde uç bölgeleri, perde uç bölgesinin kendi kalınlığı içinde oluşturulabileceği gibi, perdeye birleşen diğer bir perdenin içinde de düzenlenebilir.

Temel üstünden veya perdenin plandaki uzunluğunun %20 den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren kritik perde yüksekliği, $2\ell_w$ değerini aşmamak üzere,

Denklem (3.23)'de verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacak biçimde belirlenecektir.

$$\begin{aligned} H_{cr} &\geq \ell_w \\ H_{cr} &\geq H_w / 6 \end{aligned} \quad (3.23)$$

Burada H_w , temel üstünden veya perdenin plandaki uzunluğunun %20'den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren ölçülen perde yüksekliğidir. Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, H_w ve H_{cr} büyüklükleri zemin kat döşemesinden itibaren yukarıya doğru gözönüne alınacaktır. Bu tür binalarda kritik perde yüksekliği, en az zemin katın altındaki ilk bodrum katının yüksekliği boyunca aşağıya doğru ayrıca uzatılacaktır.

Dikdörtgen kesitli perdelerde, yukarıda tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %20'sinden ve perde kalınlığının iki katından daha az olmayacaktır. Kritik perde yüksekliğinin üstünde kalan perde kesimi boyunca ise, perde uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %10'undan ve perde kalınlığından az olmayacaktır (Şekil 3.12).

Perde uç bölgelerinin, perdeye birleşen diğer bir perdenin veya perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde düzenlenmesi durumunda; her bir perde uç bölgesinin enkesit alanı, en az dikdörtgen kesitli perdeler için kritik perde yüksekliğinde, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %10'undan ve perde kalınlığından az olmayacak şekilde tanımlanan alana eşit olacaktır.

3.4.2.3. Gövde Donatısı Koşulları

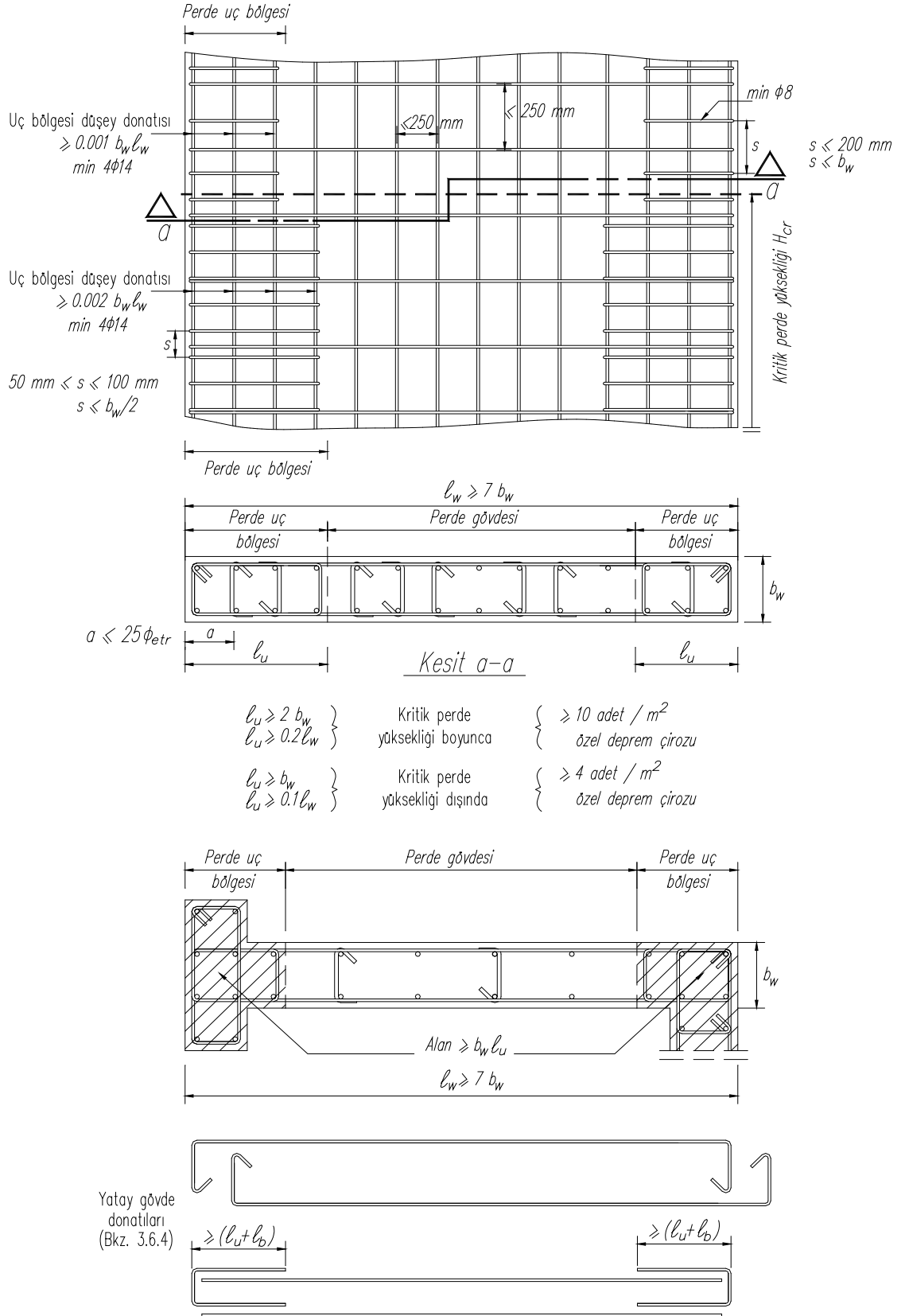
Perdenin her iki yüzündeki gövde donatılarının toplam enkesit alanı, düşey ve yatay donatıların her biri için, perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesi brüt enkesit alanının 0.0025'inden az olmayacaktır. $H_w / \ell_w \leq 2.0$ olması durumunda perde gövdesi, perdenin tüm kesiti olarak gözönüne alınacaktır. Perde gövdesinde boyuna ve enine donatı aralığı 250 mm'den fazla olmayacaktır (Şekil 3.12).

Denklem (3.22) ile verilen koşulların her ikisinin de sağlandığı binalarda, düşey ve yatay toplam gövde donatısı oranlarının herbiri 0.0015'e indirilebilir. Ancak bu durumda donatı aralığı 300 mm'yi geçmeyecektir.

Uç bölgeleri dışında, perde gövdelerinin her iki yüzündeki donatı ağırları, beher metrekaare perde yüzünde en az 4 adet özel deprem çirozu ile karşılıklı olarak bağlanacaktır. Ancak kritik perde yüksekliği boyunca, uç bölgeleri dışındaki beher metrekaare perde yüzünde en az 10 adet özel deprem çirozu kullanılacaktır. Çirozların çapı, en az yatay donatının çapı kadar olacaktır.

3.4.2.4. Gövde Donatılarının Düzenlenmesi

Yatay gövde donatıları etriyelerle sarılı perde uç bölgesinin sonunda 90 derece kıvrılarak karşı yüzde köşedeki düşey donatıya 135 derecelik kanca ile bağlanacaktır. Yada yatay gövde donatılarının perde ucunda 90 derece kıvrım yapılmaksızın bitirilmesi durumunda, perdenin her iki ucuna gövde donatısı ile aynı çapta olan $\supset$ biçiminde yatay donatılar yerleştirilecektir. Bu donatılar, perde uç bölgesinin iç sınırından itibaren perde gövdesine doğru en az kenetlenme boyu kadar uzatılacaklardır. Ancak, gövde donatısının kenetlenme boyunun perde uç bölgesi uzunluğundan daha küçük veya eşit olması durumunda $\supset$ biçimindeki donatılar konmayabilir. Bu durumda perde uç bölgelerindeki enine donatının birim boydaki toplam alanı, perde gövdesindeki yatay donatının birim boydaki toplam alanından az olmayacaktır. Perdelerin yatay gövde donatıları bu şekillerden biriyle düzenlenebilir Şekil (3.12)



Şekil 3.12. Deprem perdelerinin donatı detayı

3.4.2.5. Perde Uç Bölgelerinde Donatı Koşulları

Perde uç bölgelerinin her birinde, düşey donatı toplam alanının perde brüt enkesit alanına oranı 0.001'den az olmayacaktır. Ancak, kritik perde yüksekliği boyunca bu oran 0.002'ye çıkarılacaktır. Perde uç bölgelerinin her birinde düşey donatı miktarı 4Ø14'ten az olmayacaktır (Şekil 3.12).

Perde uç bölgelerindeki düşey donatılar, aşağıdaki kurallara uyularak, kolonlarda olduğu gibi etriyeler ve/veya çirozlardan oluşan enine donatılarla sarılacaktır.

(a) Uç bölgelerinde kullanılacak enine donatının çapı 8 mm'den az olmayacaktır. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık, a, etriye ve çiroz çapının 25 katından fazla olmayacaktır.

(b) kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerine, kolonların sarılma bölgeleri için Denklem (3.24)'ün ikinci koşulu ile belirlenen enine donatının en az 2/3'ü konulacaktır. Düşey doğrultuda etriye ve/veya çiroz aralığı perde kalınlığının yarısından ve 100 mm'den daha fazla, 50 mm'den daha az olmayacaktır (Şekil 3.12). Bu donatılar, temelin içinde de en az perde kalınlığının iki katı kadar bir yükseklik boyunca devam ettirilecektir.

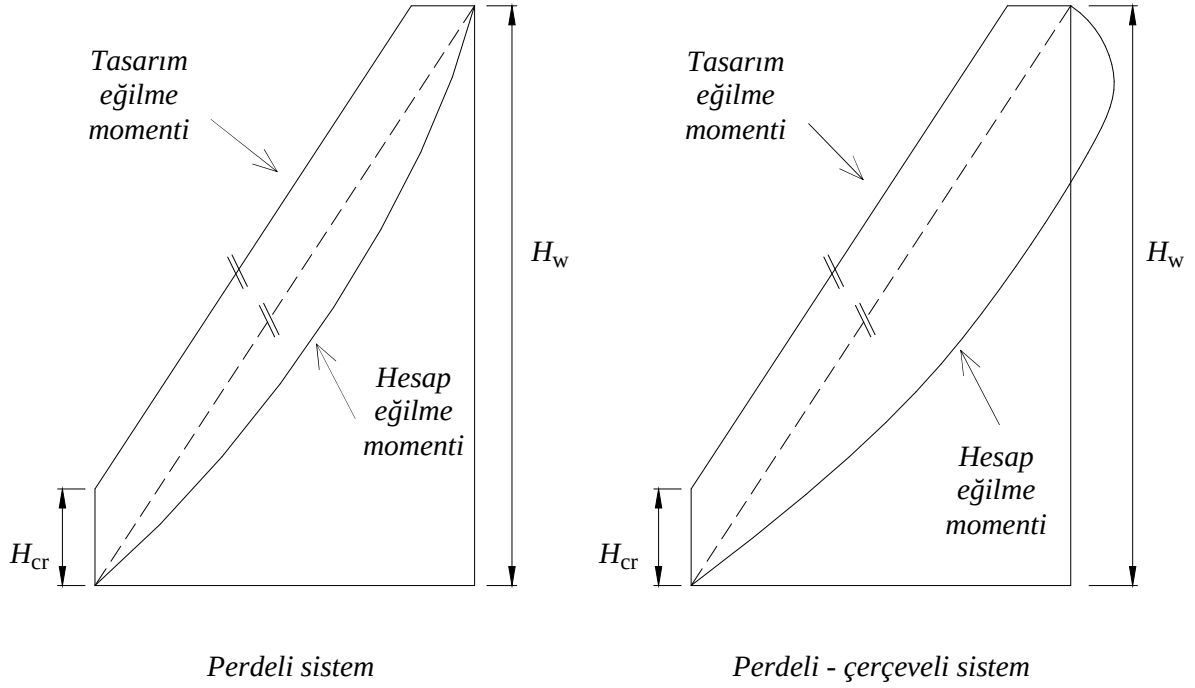
(c) Kritik perde yüksekliğinin dışında kalan perde uç bölgelerinde düşey doğrultudaki etriye ve/veya çiroz aralığı, perde duvar kalınlığından ve 200 mm'den daha fazla olmayacaktır (Şekil 3.12).

$$\begin{aligned} A_{sh} &\geq 0.30 s b_k [(A_c / A_{ck}) - 1] (f_{ck} / f_{ywk}) \\ A_{sh} &\geq 0.075 s b_k (f_{ck} / f_{ywk}) \end{aligned} \quad (3.24)$$

3.4.2.6. Tasarım Eğilme Momentleri Ve Kesme Kuvvetleri

$H_w / \ell_w > 2.0$ koşulunu sağlayan perdelerde tasarıma esas eğilme momentleri, 3.3.3.2 ve Denklem (3.23)'ye göre belirlenen kritik perde yüksekliği boyunca sabit bir değer olarak, perde tabanında Bölüm 3.3' e göre hesaplanan eğilme momentine eşit alınacaktır. Kritik perde yüksekliğinin sona erdiği kesidin üstünde ise, Bölüm 3.3' e göre perdenin tabanında ve tepesinde hesaplanan momentleri birleştiren doğruya paralel olan doğrusal moment diyagramı uygulanacaktır (Şekil 3.13). Çevresinde rijit perdeler bulunan bodrumlu binalarda sabit perde momenti, kritik perde yüksekliği boyunca

gözönüne alınacaktır. $H_w / \ell_w \leq 2.0$ olan perdelerin bütün kesitlerinde tasarım eğilme momentleri, Bölüm 3.3' e göre hesaplanan eğilme momentlerine eşit alınacaktır.



Şekil 3.13. Perdeler için doğrusal moment diyagramı

$H_w / \ell_w > 2.0$ olması durumunda, her bir katta perde kesitlerinin taşıma gücü momentlerinin, perdenin güçlü doğrultusunda kolonlar için Denklem (3.25) ile verilen koşulu sağlaması zorunludur. Aksi durumda perde boyutları ve/veya donatıları artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

$$(M_{ra} + M_{r\bar{u}}) \geq 1.2 (M_{ri} + M_{rj}) \quad (3.25)$$

Bu denklemde: M_{ra} ve $M_{r\bar{u}}$ sırasıyla kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin alt ucunda f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti ve kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin üst ucunda f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti, M_{ri} ve M_{rj} Kirişin sağ ucu j'deki kolon veya perde yüzünde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan negatif veya pozitif taşıma gücü momentini ifade eder.

$H_w / \ell_w > 2.0$ koşulunu sağlayan perdelerde, gözönüne alınan herhangi bir kesitte enine donatı hesabında esas alınacak tasarım kesme kuvveti, V_e , Denklem (3.26) ile hesaplanacaktır.

$$V_e = \beta_v \frac{(M_p)_t}{(M_d)_t} V_d \quad (3.26)$$

Bu bağıntıda yer alan kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı $\beta_v = 1.5$ alınacaktır. Ancak, deprem yükünün tamamının betonarme perdelerle taşındığı binalarda $\beta_v = 1.0$ alınabilir. Daha kesin hesap yapılmadığı durumlarda $(M_p)_t \cong 1.25 (M_r)_t$ alınabilir. Düşey yükler ile birlikte $R_a = 2$ alınarak Bölüm 3.3'e göre depremden hesaplanan kesme kuvvetinin Denklem (3.26) ile hesaplanan V_e 'den küçük olması durumunda, V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır. $H_w / \ell_w \leq 2.0$ olan perdelerin bütün kesitlerinde tasarım kesme kuvvetleri, Bölüm 3.3'e göre hesaplanan kesme kuvvetlerine eşit alınacaktır.

3.4.2.7. Perdelerin Kesme Güvenliği

Perde kesitlerinin kesme dayanımı, V_r , Denklem (3.27) ile hesaplanacaktır.

$$V_r = A_{ch} (0.65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd}) \quad (3.27)$$

Bu denklemde: A_{ch} : boşluksuz perdenin, bağ kirişli perdede her bir perde parçasının, döşemenin veya boşluklu döşemede her bir döşeme parçasının brüt enkesit alanı, f_{ctd} : betonun tasarım çekme dayanımı, ρ_{sh} : perdede yatay gövde donatılarının hacımsal oranı [$(\rho_{sh})_{\min} = 0.0025$] ve f_{ywd} : enine donatının tasarım akma dayanımı Bölüm 3.4.3.6.'da tanımlanan V_e tasarım kesme kuvveti aşağıdaki koşulları sağlayacaktır:

$$\begin{aligned} V_e &\leq V_r \\ V_e &\leq 0.22 A_{ch} f_{cd} \end{aligned} \quad (3.28)$$

Burada f_{cd} ; betonun tasarım basınç dayanımını ifade eder.

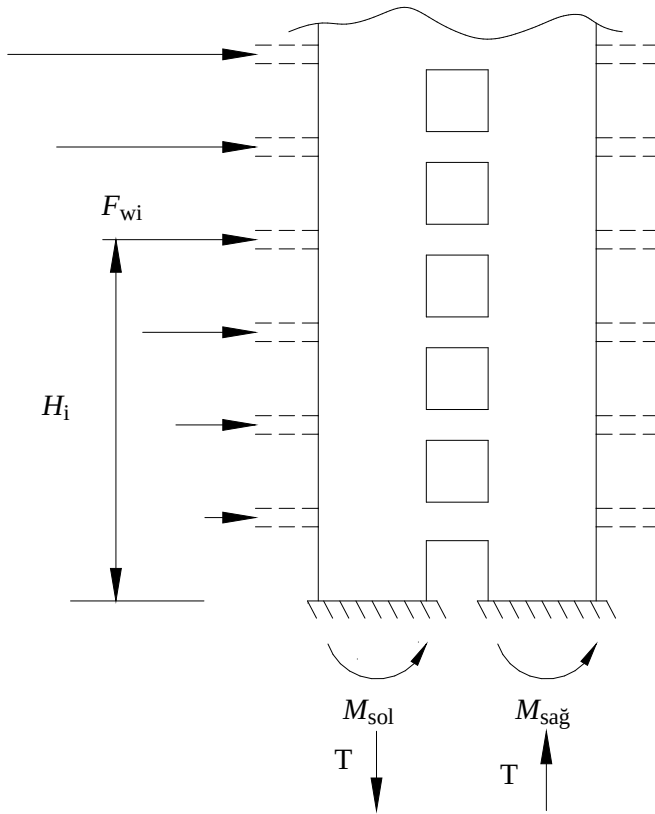
Aksi durumda, perde enine donatısı ve/veya perde kesit boyutları bu koşullar sağlanmak üzere arttırılacaktır.

Temele bağlantı düzeyinde ve üst katlarda yapılacak yatay inşaat derzlerindeki düşey donatı, o kesitte aktarılan kesme kuvveti gözönüne alınarak, TS-500'de tanımlanan kesme sürtünmesi yöntemi ile kontrol edilecektir.

3.4.2.8. Bağ Kirişli (Boşluklu) Perdelerle İlişkin Kural ve Koşullar

Perdeler için yukarıda verilen tüm kural ve koşullar, bağ kirişli perdeleri oluşturan perde parçalarının her biri için de geçerlidir.

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, herhangi bir bağ kirişli perde sistemini oluşturan perde parçalarında deprem yüklerinden oluşan taban momentlerinin toplamı, bağ kirişli perde sisteminde deprem yüklerinden oluşan toplam devrilme momentinin 2/3'ünden fazla olmayacaktır (Şekil 3.14). Bu koşulun sağlanamaması durumunda, bağ kirişli perdeyi oluşturan perde parçalarının her biri boşluksuz perde olarak sayılacak ve R katsayısı değiştirilecektir.



Şekil 3.14. Boşluklu perdelerde devrilme momenti

$$(M_{sol} + M_{sag}) \leq 2/3 \sum (F_{wi} H_i)$$

F_{wi} : i ' inci katta bağ kirişli
perde sistemine etkileyen
deprem yükü

Bağ kirişli perdeyi oluşturan perde parçalarının düşey donatı hesabında, düşey yükler ve depremin ortak etkisinde çekmeye çalışan perde parçasındaki eğilme momentinin en fazla %30'unun, basınca çalışan perde parçasına aktarılmasına (yeniden dağılım) izin verilebilir.

Bağ kirişlerinin kesme donatısına ilişkin kurallar aşağıda verilmiştir:

(a) Aşağıdaki koşulların herhangi birinin sağlanması durumunda, bağ kirişlerinin kesme donatısı hesabı DBYBHY (2007)'nin kiriş kesme güvenliğine (Bölüm 3.4.5) göre yapılacaktır.

$$\begin{aligned} \ell_n &> 3 h_k \\ V_d &\leq 1.5 b_w d f_{ctd} \end{aligned} \quad (3.29)$$

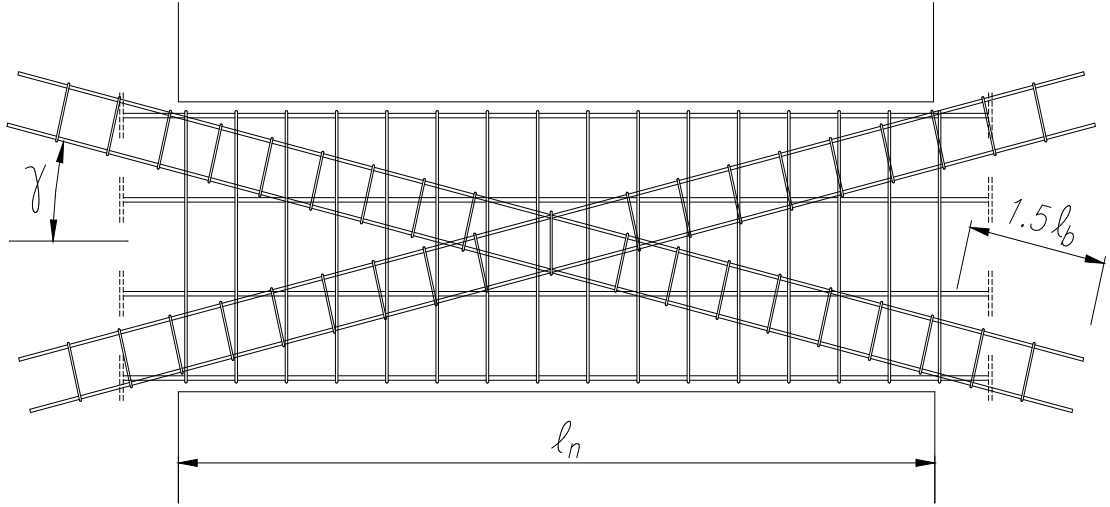
Bu denklemde ℓ_n ; kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği, kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı, h_k ; kiriş yüksekliği, b_w ; kirişin gövde genişliği, perdenin gövde kalınlığı ve d ; kirişin faydalı yüksekliğini gösterir.

(b) Denklem (3.29) ile verilen koşulların her ikisinin de sağlanamaması durumunda, bağ kirişine konulacak özel kesme donatısı, geçerliliği deneylerle kanıtlanmış yöntemlerle belirlenecek veya bağ kirişindeki kesme kuvvetini ve onun oluşturduğu eğilme momentini karşılamak üzere çapraz donatılar kullanılacaktır (Şekil 3.15). Her bir çapraz donatı demetindeki toplam donatı alanı Denklem (3.30) ile belirlenecektir.

$$A_{sd} = V_d / (2 f_{yd} \sin \gamma) \quad (3.30)$$

Burada A_{sd} ; bağ kirişinde çapraz donatı demetinin her birinin toplam alanı, V_d ; yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti, f_{yd} ; boyuna donatının tasarım akma dayanımı ve γ , bağ kirişinde kullanılan çapraz donatı demetinin yatayla yaptığı açısını ifade etmektedir.

Çapraz donatı demetlerinde en az dört adet donatı bulunacak ve bu donatılar perde parçalarının içine doğru en az $1.5\ell_b$ (ℓ_b : TS-500'de çekme donatısı için verilen kenetlenme boyu) kadar uzatılacaktır. Donatı demetleri özel deprem etriyeleri ile sarılacak ve kullanılacak etriyelerin çapı 8 mm'den, aralığı ise çapraz donatı çapının 8 katından ve 100 mm'den daha fazla olmayacaktır. Çapraz donatılara ek olarak, bağ kirişine TS-500'de öngörülen minimum miktarda etriye ve yatay donatı konulacaktır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Bağ kirişler için donatı detayı

3.5. Mevcut Binaların Değerlendirilmesi

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 DBYBHY (2007) Bölüm 7’de verilen kurallara göre bu kısımda tanımlanmıştır.

Binada hasara neden olan bir deprem sonrasında hasarlı binanın güçlendirilmesi ve daha sonra güçlendirilmiş binanın deprem performansının belirlenmesi için Bölüm 3.5’te verilen esaslar uygulanacaktır.

3.5.1. Binalardan Bilgi Toplanması

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.

3.5.2. Bilgi Düzeyleri

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

Sınırlı bilgi düzeyi’nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir. Sınırlı bilgi düzeyi Çizelge 3.7’ de tanımlanan “Deprem Sonrası Hemen Kullanımı Gereken Binalar” ile “İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar” için uygulanamaz.

Orta bilgi düzeyi’nde eğer binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Eğer mevcut ise sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri doğrulanır.

Kapsamlı bilgi düzeyi’nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması amacıyla yeterli düzeyde ölçümler yapılır.

Çizelge 3.7. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen 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

3.5.3. Mevcut Malzeme Dayanımı

Taşıyıcı elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacak malzeme dayanımları DBYBHY (2007) Bölüm 7’ de verilen mevcut malzeme dayanımı olarak tanımlanır.

3.5.4. Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

Bina Geometrisi: Saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem plan rölevesi çıkarılacaktır. Mimari projeler mevcut ise, röleve çalışmalarına yardımcı olarak kullanılır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, eksen açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir ve binanın hesap modelinin oluşturulması için yeterli olmalıdır. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir. Binadaki kısa

kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir.

Eleman Detayları: Betonarme projeler veya uygulama çizimleri mevcut değildir. Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı varsayılır. Bu varsayımın doğrulanması veya hangi oranda gerçekleştiğinin belirlenmesi için her katta en az birer adet olmak üzere perde ve kolonların %10'unun ve kirişlerin %5'inin pas payları sıyrılarak donatı ve donatı bindirme boyu tespiti yapılacaktır. Sıyırma işlemi kolonların ve kirişlerin uzunluğunun açıklık ortasındaki üçte birlik bölümde yapılmalı, ancak donatı bindirme boyunun tespiti amacıyla en az üç kolonda bindirme bölgelerinde yapılmalıdır. Sıyrılan yüzeyler daha sonra yüksek dayanımlı tamir harcı ile kapatılacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Donatı tespiti yapılan betonarme kolon ve kirişlerde bulunan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

Malzeme Özellikleri: Her katta kolonlardan veya perdelerden TS EN 13791 (2010) (Yapı ve Yapı Bileşenlerinde Sertleşmiş Betondan Numune Alınması ve Basınç Mukavemetinin Tayini Yönetmeliği)'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. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

3.5.5. Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi

Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcut ise, binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projesine uygunluğu kontrol edilir. Proje yoksa, saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem rölevesi çıkarılacaktır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin

hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.

Eleman Detayları: Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değil ise Sınırlı Bilgi Düzeyi eleman detaylarındaki koşullar geçerlidir, 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. Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut ise donatı kontrolü için Sınırlı Bilgi Düzeyi eleman detaylarında 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. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

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. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik dayanımı eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

3.5.6. Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi

Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcuttur. Binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projelere uygunluğu kontrol edilir. Projeler ölçümler ile önemli farklılıklar gösteriyor ise proje yok sayılacak ve bina orta bilgi düzeyine uygun olarak incelenecektir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Komşu binalarla ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.

Eleman Detayları: Binanın betonarme detay projeleri mevcuttur. Donatının projeye uygunluğunun kontrolü için Orta Bilgi Düzeyi eleman detaylarında 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. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

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 yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında, örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan inceleme ile tespit edilecek, her sınıftaki çelik için (S220, S420, vb.) birer adet örnek alınarak deney yapılacaktır, çeliğin akma ve kopma dayanımları ve şekildeğiştirme özellikleri belirlenerek projeye uygunluğu saptanacaktır. Projesine uygun ise, eleman kapasite hesaplarında projede kullanılan çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Uygun değil ise, en az üç adet örnek daha alınarak

deney yapılacak, elde edilen en elverişsiz değer eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

3.5.7. Bilgi Düzeyi Katysayıları

Çizelge 3.8. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

İncelenen binalardan edinilen bilgi düzeylerine göre, eleman kapasitelerine uygulanacak Bilgi Düzeyi Katsayıları Çizelge 3.8’de verilmektedir. Malzeme dayanımları, özellikle belirtilmedikçe ilgili tasarım yönetmeliklerinde verilen malzeme katsayıları ile bölünmeyecektir. Eleman kapasitelerinin hesabında mevcut malzeme dayanımları kullanılacaktır.

3.5.3. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

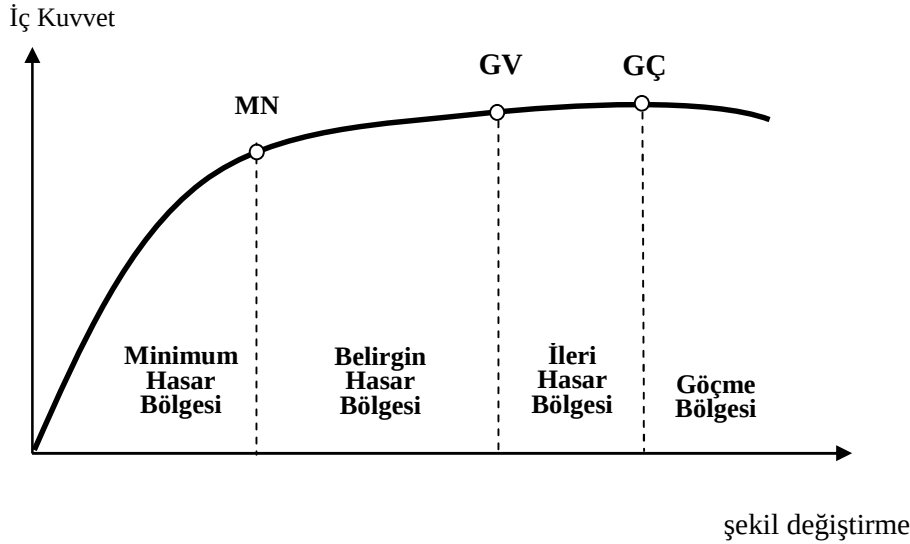
Yapı elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri aşağıdaki bölümlerde incelenmiştir.

3.5.3.1. Kesit Hasar Sınırları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)’dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir.

3.5.3.2. Kesit Hasar Bölgeleri

Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Kesit hasar bölgeleri

3.5.3.3. Kesit ve Eleman Hasarlarının Tanımlanması

Doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan yöntemlerle hesaplanan iç kuvvetlerin ve/veya şekil değiştirmelerin, kesit hasar sınırlarına karşı gelmek üzere tanımlanan sayısal değerler ile karşılaştırılması sonucunda, kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilecektir. Eleman hasarı, elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenecektir.

3.5.4. Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar

Deprem hesabının amacı, mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansını belirlemektir. Bu amaçla doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri kullanılabilir. Ancak, teorik olarak farklı yaklaşımları esas alan bu yöntemlerle yapılacak performans değerlendirmelerinin birebir aynı sonucu vermesi beklenmemelidir. Aşağıda tanımlanan genel ilke ve kurallar her iki türdeki yöntemler için de geçerlidir.

Deprem etkisinin tanımında, elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacak, ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde binalarda hedeflenen performans düzeylerine göre yapılan değişiklikler gözönüne alınacaktır. Deprem hesabında Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır ($I=1.0$).

Binaların deprem performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Hareketli düşey yükler, deprem hesabında gözönüne alınan kütleler ile uyumlu olacak şekilde tanımlanacaktır. Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir. Deprem hesabında kullanılacak zemin parametreleri DBYBHY (2007) Bölüm 6 Temel Zemin ve Temeller İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kurallarına göre belirlenecektir.

Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanacaktır. Deprem hesabında göz önüne alınacak kat ağırlıkları hesaplanacak, kat kütleleri kat ağırlıkları ile uyumlu olarak tanımlanacaktır. Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri gözönüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dışmerkezlik uygulanmayacaktır.

Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen verilerin kapsamına göre bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemlerine yansıtılacaktır. Kısa kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır. Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanmasına ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir:

(a) Analizde beton ve donatı çeliğinin bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınacaktır.

(b) Betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekildeğiştirmesi ise 0.01 alınabilir.

(c) Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemli diyagramlar olarak modellenebilir.

Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak gözönüne alınabilir. Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda

çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılacaktır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılacaktır:

(a) Kirişlerde: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$

(b) Kolon ve perdelerde, $N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$

$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.80 (EI)_o$

Eksenel basınç kuvveti N_D 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. N_D , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin gözönüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait $(EI)_o$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenecektir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen etkin eğilme rijitliği $(EI)_e$ kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılacaktır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılacaktır.

Betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılabilir. Betonarme elemanlarda kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olması durumunda, kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatının akma gerilmesi kenetlenme veya bindirme boyundaki eksikliği oranında azaltılabilir. Zemindeki şekildeğiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zemin özellikleri analiz modeline yansıtılacaktır.

3.5.5. Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi

Binaların deprem performanslarının belirlenmesi için kullanılacak doğrusal elastik hesap yöntemleri, Eş Değer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemidir. Bu yöntemlerle ilgili olarak aşağıda belirtilen ek kurallar uygulanacaktır.

3.5.5.1. Hesap Yöntemleri

Eşdeğer deprem yükü yöntemi, bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8'i aşmayan, ayrıca ek dışmerkezlilik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ olan binalara uygulanacaktır. Toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) Bölüm 3.3' te verilen hesabında $R_d=1$ alınacak ve denklemin sağ tarafı λ katsayısı ile çarpılacaktır. λ katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 alınacaktır.

Mod Birleştirme Yöntemi ile hesapta Bölüm 3.3’ te verilen R_a değeri 1 alınacaktır. Uygulanan deprem doğrultusu ve yönü ile uyumlu eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesabında, bu doğrultuda hakim olan modda elde edilen iç kuvvet doğrultuları esas alınacaktır.

3.5.5.2. Betonarme Binaların Yapı Elemanlarında Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi

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

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

(a) Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti V_e' nin, bilgi düzeyi ile uyumlu mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak TS-500 (2000)’e göre hesaplanan kesme kapasitesinin V_r' yi aşmaması gereklidir. V_e' nin hesabı kolonlar, kirişler ve perdeler için DBYBHY (2007)’ nin 3’ üncü bölümüne göre yapılacak, ancak DBYBHY (2007) Denklem (3.16)’ da $\beta_v=1$ alınacaktır. Kolon, kiriş ve perdelerde V_e' nin hesabında pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine taşıma gücü momentleri kullanılacaktır. Düşey yükler ile birlikte $R_a=1$ alınarak depremden hesaplanan toplam kesme kuvvetinin V_e' den küçük olması durumunda ise, V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır.

(b) Yukarıda verilen süneklik koşullarını sağlamayan betonarme elemanlar, gevrek olarak hasar gören elemanlar olarak tanımlanacaktır.

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

(a) Kesit artık moment kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkıdır. Kiriş mesnetlerinde düşey

yükler altında hesaplanan moment etkisi, yeniden dağılım ilkesine göre en fazla %15 oranında azaltılabilir.

(b) Sarılma bölgesindeki enine donatı koşulları bakımından betonarme kolonlar, kirişler ve uç bölgelerini DBYBHY (2007) Bölüm 3' e göre sağlayan betonarme perdeler “sargılanmış”, sağlamayanlar ise “sargılanmamış” eleman sayılır. “Sargılanmış” sayılan elemanlarda sargı donatılarının “özel deprem etriyeleri ve çirozları” olarak düzenlenmiş olması ve donatı aralıklarının yukarıda belirtilen maddelerde tanımlanan koşullara uyması zorunludur.

$H_w / \ell_w \leq 2.0$ koşulunu sağlayan betonarme perdelerin ve güçlendirilmiş dolgu duvarlarının etki/kapasite oranı, deprem etkisi altında hesaplanan kesme kuvvetinin kesme kuvveti dayanımına oranıdır.

Hesaplanan kiriş, kolon ve perde kesitlerinin ve güçlendirilmiş dolgu duvarlarının etki/kapasite oranları (r), Çizelge 3.9, Çizelge 3.10 ve Çizelge 3.11' de verilen sınır değerler (r_s) ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. Tablolardaki ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanacaktır.

Ancak $H_w / \ell_w \leq 2.0$ koşulunu sağlayan betonarme perdelerde, Çizelge 3.10' da verilen (r_s) sınır değerleri $[(1 + H_w / \ell_w) / 3] \geq 0.5$ katsayısı ile çarpılarak küçültülecektir.

Çizelge 3.9. Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s)

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

Bu tabloda; ρ , çekme donatısı oranı, ρ' , basınç donatısı oranı, ρ_b , dengeli donatı oranı, V_e , kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti, b_w , kirişin gövde genişliği, d , kirişin ve kolonun faydalı yüksekliği, f_{ctm} , mevcut betonun çekme dayanımını göstermektedir.

Çizelge 3.10. Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s)

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

Bu tabloda; N_K , mevcut malzeme dayanımları ile hesaplanan moment kapasitesine karşı gelen eksenel kuvvet, A_c , kolon veya perdenin brüt kesit alanı, f_{cm} , mevcut beton dayanımını göstermektedir.

Çizelge 3.11. Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s)

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

3.5.5.3. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusunda, 3.5.5.2' de yapılan karşılaştırmalara ek olarak, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerin göreli kat ötelemeleri, Çizelge 3.12' de verilen sınır değerler ile

karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. Bu karşılaştırmanın daha elverişsiz sonuçlar vermesi durumunda, o katta ilgili kolon veya perdenin alt ve üst kesitlerinde önceki kısma göre yapılan hasar değerlendirmeleri gözönüne alınmayacaktır. Çizelge 3.12’ de δ_{ji} i’inci katta j’inci kolon veya perdenin alt ve üst uçları arasında yer değiştirme farkı olarak hesaplanan görelî kat ötelemesini, h_{ji} ise ilgili elemanın yüksekliğini göstermektedir.

Çizelge 3.12. Görelî kat ötelenmesi sınırları

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

3.5.6. Bina Deprem Performansının Belirlenmesi

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanacaktır.

3.5.6.1. Betonarme Binaların Deprem Performansı

Deprem Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi ve Deprem Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler İle Belirlenmesi olarak tanımlanan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir. Binaların deprem performansının belirlenmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir. Burada verilen kurallar betonarme ve prefabrik betonarme binalar için geçerlidir.

3.5.6.2. Hemen Kullanım Performans Düzeyi

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kırışların en fazla %10’u Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Minimum Hasar Bölgesi’ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyi’nde olduğu kabul edilir.

3.5.6.3. Can Güvenliği Performans Düzeyi

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

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.

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

(c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden DBYBHY(2007) Denklem (3.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler).

3.5.6.4. Göçme Öncesi Performans Düzeyi

Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun gözönüne alınması kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

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

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

%30'u aşmaması gerekir (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden DBYBHY(2007) Denklem (3.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler).

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

3.5.6.5. Göçme Durumu

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

3.5.7. Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri

Yeni yapılacak binalar için Bölüm 3.3.4' de tanımlanan ivme spektrumu, 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, Bölüm 3.3.4' de tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık yarısı olarak alınacaktır.

(b) 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları ise Bölüm 3.3.4'de tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık 1.5 katı olarak kabul edilmiştir.

Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri Çizelge 3.7'de verilmiştir.

3.6. Mevcut Binaların Güçlendirme Yöntemleri

Yapıların olası bir depreme dayanıklı hale getirilmesi için mukavemetinin ve taşıma kapasitesinin artırılmasına güçlendirme denilmektedir. Betonarme yapılarda yapılan güçlendirme uygulamaları, yapının planına, konumuna, bölgeye ve yapının yatay ve düşey yükler karşısındaki davranışına göre farklı olabilmektedir. Güçlendirme ile yapının ömrünü uzatarak, daha uzun süre hizmet vermesi amaçlanmaktadır.

3.6.1. Güçlendirme İhtiyacı

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'in (DBYBHY 2007) 1.2.1 no' lu maddesinde belirtilen; “ Bu yönetmeliğe göre yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarımının ana ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılmasıdır.” İfadesi aslında güçlendirilme sonucunda istenen hedefi de tarif etmektedir.

Güçlendirme ihtiyacına; depremde veya herhangi bir afet anında hasar görmüş orta hasarlı yapılarda, ekonomik ömrünün uzatılması istenen yapılarda, 1998 öncesi deprem yönetmeliğine göre yapılmış, oturma müsaadesi bulunan yapılarda tadilat taleplerinin karşılanması sırasında yapılan inceleme sonunda taşıyıcı sistemin depreme dayanıksız olduğu ortaya çıkan yapılarda, kat ilavesi ve yükleri artıran tadilat işlemleri yapılan yapılarda, yeni yapılmakta olan inşaatlarda çeşitli nedenlerle mukavemeti yetersiz olduğu tespit edilen yapılarda ve 1998 öncesi projelendirilen ve inşaatı yarım kalmış yapılarda 4708 sayılı yasaya göre ruhsat yenilenmesi istenen yapılarda, gerek duyulmaktadır.

3.6.2. Güçlendirmenin Amacı

Güçlendirmedeki amaç; yapının veya yapı elemanının mukavemet ve statik özelliklerini mevcut durumunun üstüne çıkarmaktır. Güçlendirmenin temel amaçları; yapının rijitliğinin ve yapının sünekliğinin artırılması, yapıda mevcut eksantrisitelerin giderilmesi , yapının dinamik özelliklerinin iyileştirilmesi ve yapının taşıma kapasitesinin artırılmasıdır.

3.6.3. Güçlendirme Yöntemleri

Güçlendirme uygulamaları, her taşıyıcı sistem türünde eleman düzeyinde ve yapı sistemi düzeyinde olmak üzere iki farklı şekilde olmaktadır.

Binanın kolon, kiriş, perde ve kolon - kiriş birleşim bölgesi gibi deprem yüklerini karşılayan elemanların dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerinin

artırılmasına yönelik olarak uygulanan işlemler eleman bazında güçlendirme olarak tanımlanmaktadır.

Binanın taşıyıcı sisteminin dayanım ve şekil değiştirme kapasitesinin artırılması ve iç kuvvetlerin dağılımında sürekliliğin sağlanması, binaya yeni elemanlar eklenmesi, birleşim bölgelerinin güçlendirilmesi, deprem etkilerinin azaltılması amacıyla binanın kütlelerinin azaltılması işlemleri ise sistem güçlendirmesi olarak tanımlanır (DBYYHY 2007).

3.6.4. Eleman Düzeyinde Güçlendirme

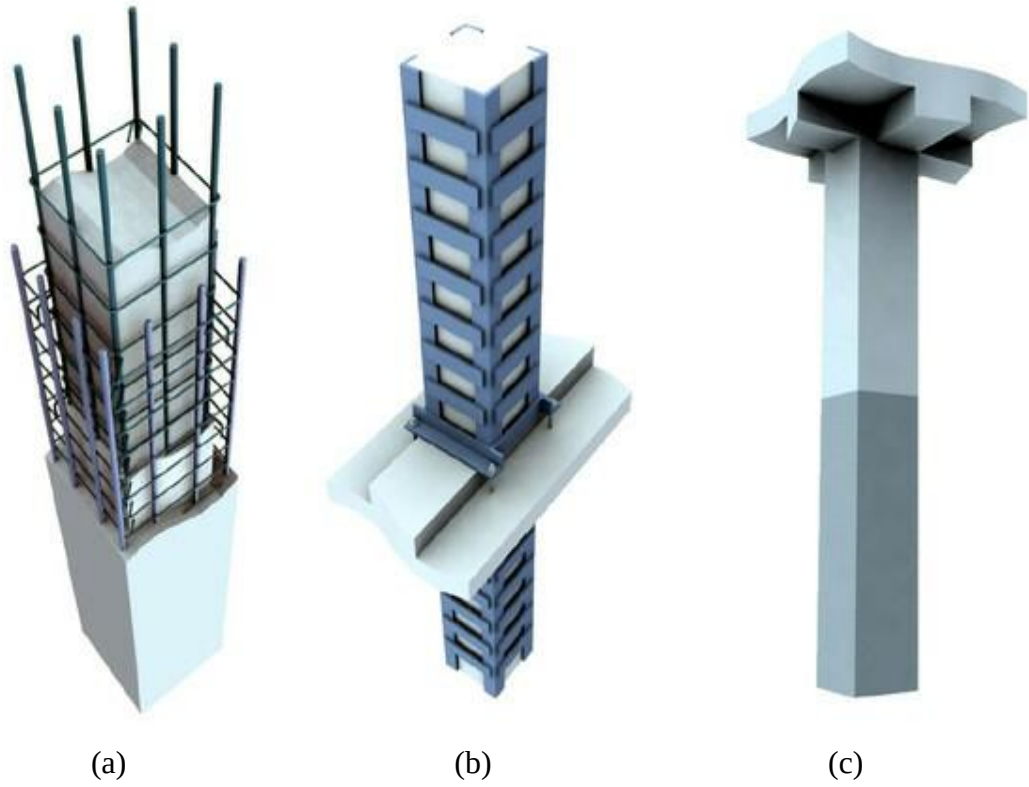
Yapıya etki etmesi muhtemel deprem kuvvetleri altında yapıdaki bazı taşıyıcı elemanların yetersiz kalması sonucu yapıda göçme mekanizması meydana gelmesi ve can kaybının olmasının engellenmesi için yetersiz olan bu taşıyıcı elemanların güçlendirilmesi eleman düzeyinde güçlendirme olmaktadır.

Güçlendirme yapılması gereken yetersizlikler elemanlardaki genel; süneklik düzeyinin düşüklüğü, eksenel yük kapasitesinin azlığı, yetersiz kesme kuvveti ve zaman içinde çevresel şartlardan dolayı yapıda oluşan yorulmalardır. Eleman düzeyinde; kolon, kiriş, kolon-kiriş birleşimi, perde, döşeme ve temellerin güçlendirmesi yapılabilmektedir.

3.6.4.1. Kolonların Güçlendirilmesi

Mevcut yapıların büyük çoğunluğu DBYBHY (2007)' den önceki yönetmeliklere göre düzenlenmesi ve eski yönetmelikler esas alınarak inşaa edildiğinden ve önceki yönetmeliklerde perdelerinin uygulanmamasından dolayı düşey taşıyıcı eleman olarak yalnız kolonlar kullanılmaktadır. Bu durum kolonların güçlendirilmesinin öneminin daha fazla artmasına sebep olmaktadır.

Kolonlarda eksenel yük taşıma, düşük süneklik ve yetersiz eğilme momenti gibi problemler görülebilmektedir. Kolonların güçlendirme yöntemleri olarak Şekil 3.17' de görüldüğü gibi; betonarme ile sarılması (mantolama) (a), çelik elemanlarla sarılması (b) ve Lifli polimer ile sarılması (c) başlıkları irdelenecektir.



Şekil 3.17. Kolon güçlendirme yöntemleri

Kolonun mevcut durumundaki yetersizliğinin nedeni belirlenmeden bu yöntemlerin gelişigüzel uygulanması beklenenin aksine yapıya ek yük getirebileceği unutulmamalıdır. Eğer kolonda eğilme kapasitesinin artırılması bekleniyorsa kolona eklenen yeni boyuna donatıların katlar arasında sürekliliği sağlanması gereklidir. Ancak, amaç sadece sürekliliğe katkıda bulunulması ise çelik lamalarla kolon aksenal yük taşıma kapasitesi artırılabilir. Kolonların sürekliliğini arttırmaya yönelik olarak kesme ve basınç dayanımlarının artırılması, bindirmeli eklerin zayıflıklarının giderilmesi için de bu yöntemler kullanılabilir (Yıldırım 2008).

Kolonların Çelik Elemanlarla İle Sarılması;

Bu yöntemde betonarme kolonun çevresine çelik elemanlarla profil yerleştirilerek sarılmasıyla aksenal yük taşıma kapasitesinde ve sürekliliğinde iyileştirme yapılması amaçlanmaktadır. Şekil 3.18’ de kolonların çelik ve korniyerle sarılma uygulaması görülmektedir. Bu uygulamada kolon rijitliğinde önemli derecede bir değişme olmaz. Yöntemin uygulanmasında kolon ile çeliğin bir bütün olarak çalışmasını sağlayacak şekilde çelik eleman ve betonarme kolon arasına reçine harcı

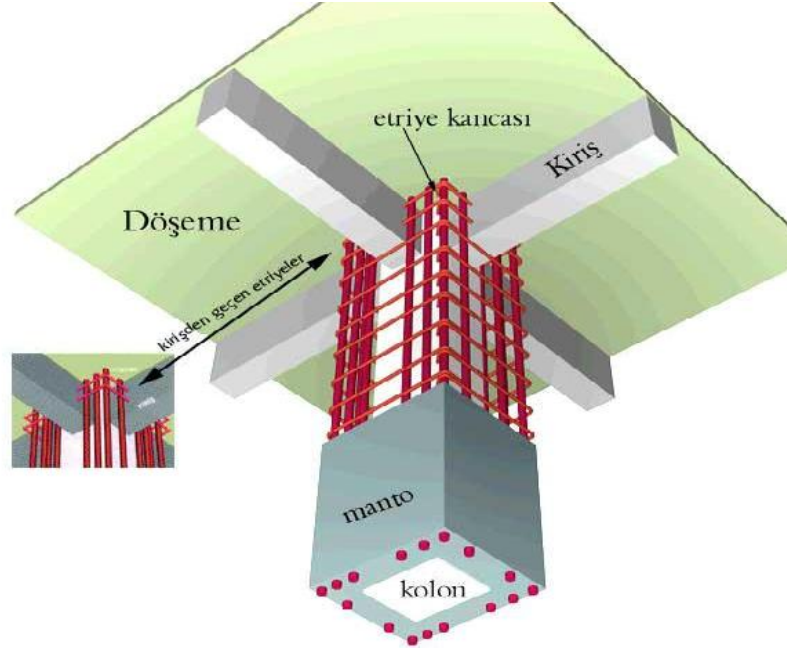
yada rötre yapmayan çimento harcının doldurulması ve kuvvet aktarımı için de kolonun döşemelerle alt ve üstten bağlandığı yerlere çelik bantların dikkatli ve özenli yerleştirilmesi çelik elemanların yangın altında dayanımının önemli ölçüde azalabileceği gözönüne alınarak bu yöntemin uygulanması durumunda güçlendirilmiş kolonun üstünün püskürtme beton veya hasırlı betonla örtülmesi tercih edilmelidir.



Şekil 3.18. Kolonların çelik ile sarılması

Kolonların Betonarme İle Sarılması (Mantolama);

Kolonların güçlendirilmesinde en fazla tercih edilen güçlendirme yöntemi kolonun mantolanmasıdır. Mantolama işlemi kat yüksekliğinde uygulandığında kesme kuvvetini karşılama yönünden ve eksenel kuvvet yönünden kolon güçlendirilmiş olur. Ancak mantolama donatıları üst kat döşemelerinde açılan deliklerden geçirilerek Şekil 3.19’ daki gibi güçlendirme yapılırsa kolon eğilmeye karşı da güçlendirilmiş olacak ve yapının bir bütün olarak çalışması sağlandığından yapı sistemine de olumlu yönde katkı sağlanacaktır.

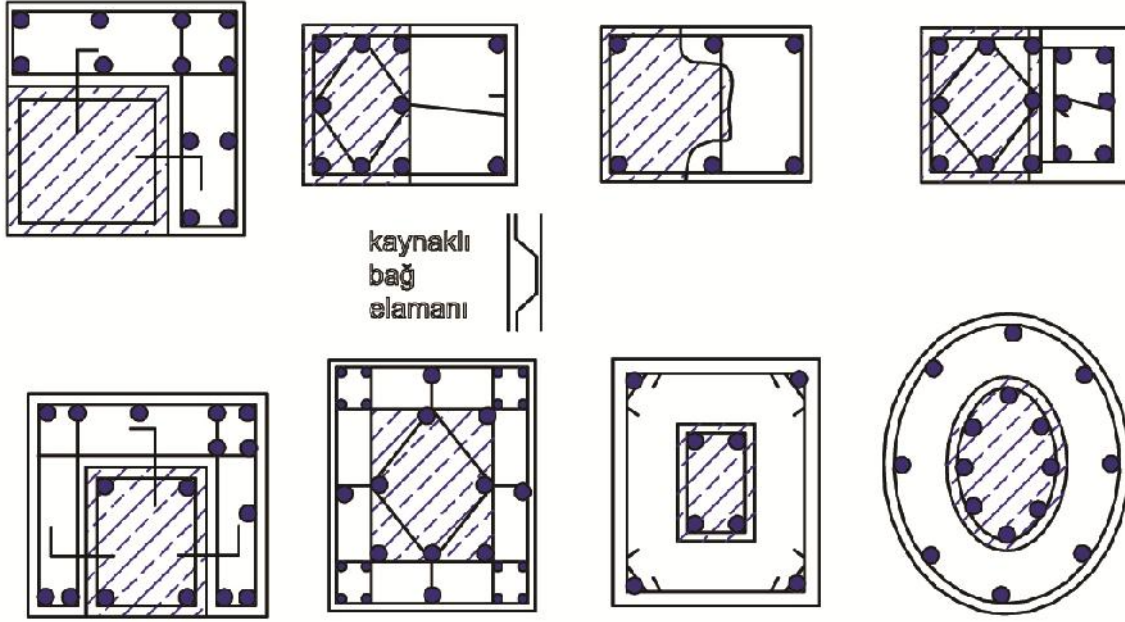


Şekil 3.19. Mantolama donatılarının düzenlenmesi

Mantolamanın uygulanabilmesi için kolon üstündeki boya sıva vb. malzemeler sıyrılarak ulaşılan çekirdek beton üzerindeki, artık malzemeler ve toz su ya da basınçlı hava kullanılarak temizlenir. Mevcut betonda oluşturulacak çentik ve dişler yeni ve eski malzeme arasındaki aderans oldukça artırmaktadır. Şekil 3.20’ deki gibi donatıların dikkatli ve projesine uygun yerleştirilmesi, yapılacak mantolamanın amacına ulaşmasındaki en büyük etkindir. Ayrıca dökülecek betonun boşluk bırakmadan tam olarak yerleştirilmesiyle mantolama işlemi tamamlanmış olur. Mantolama işlemi Şekil 3.21’ deki gibi kolonun bir, iki, üç veya dört köşesinden yapılabilir.



Şekil 3.20. Mantolamada donatı uygulaması



Şekil 3.21. Mantolamanın bir iki üç ve dört köşeden yapılmasının şablonu (Şirin 2006)

Sık kullanılan bir yöntem olmasından dolayı bu yöntem ile ilgili deneysel çalışmaların sayısı oldukça fazladır. "Yapılarda Oluşan Hasar Biçimler Ve Nedenleri Ve Yapıların Onarım Ve Güçlendirilmesi Teknikleri İle Bir Yapının Güçlendirilmesi" (Şirin 2006) isimli tez çalışmasında iki, üç, ve dört yüzünden mantolanmış kolonları deneysel olarak incelenmiş, mantoların bir döküm ve yalın kolon ile kıyaslanmasında her tip mantonun dayanım ve rijitlik bakımından etkili olduğu, dört yüzden mantonun diğerlerine göre dayanım ve süneklik bakımından daha etkili olduğu belirlenmiştir. Mantolama yalın kolona göre süneklik, rijitlik ve dayanım açısından oldukça iyi bir performans göstermiştir. Mantolanan kolonların dayanım ve enerji tüketimi hesaplanırken aynı boyutta yekpare olarak inşaa edilen kolona göre, dört yüzden mantolamada % 20 azaltılarak, üç yüzden mantolamada % 25 ve iki yüzden mantolamada % 30 düşürülerek alınması önerilmiştir.

Kolonların Lifli Polimerle Sarılması;

Son yıllarda ön plana çıkan pahalı bir malzeme olmasıyla beraber laboratuarlarda yapılan deneylerde çok iyi sonuçlar veren lifli polimerler ile sarma diğer bir kolon güçlendirme modelidir. Şekil 3.22’ deki gibi Lifli Polimer sarılarak yapılan güçlendirme ile kolonun kesme kuvveti , eğilme momenti ve normal kuvvet taşıma kapasitesi artırılmış olur. Kolon rijitliği değişmediğinden sistem içinde kuvvet değişimi de olmaz. Yapıya ek bir ağırlık getirmediğinden yapıya etkiyecek deprem kuvvetinde bir artış olmaz.

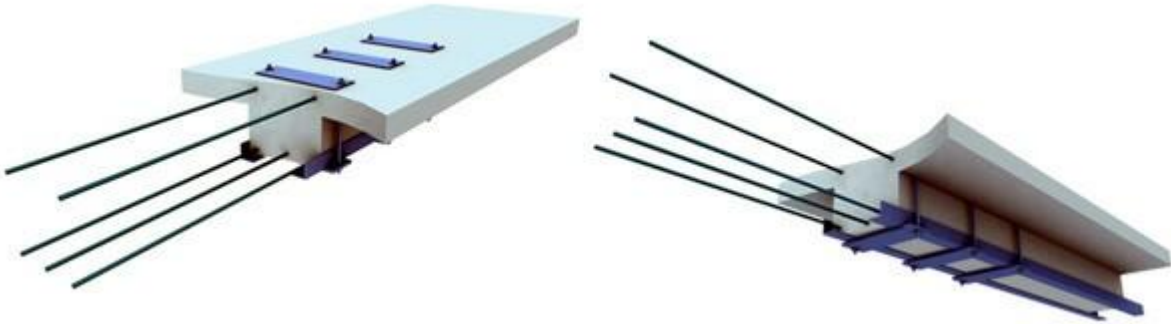


Şekil 3.22. Lifli polimer uygulanan kolon

Çelik sargı yapılma uygulamasında çeliklerin paslanma ihtimali vardır ancak lifli polimer sarma işleminde böyle bir problem yoktur. Ancak lifli polimer sarılacak kolonun çekirdek kısmına ulaşip kolonu köşelerini oval hale getirilip uygulanması gerekmektedir. Aksi halde lifli polimer bezi köşelerde oluşacak keskin uçlardan dolayı yırtılabilir ve kolona herhangi bir etkisi olmamış olur.

3.6.4.2. Kirişlerin Güçlendirilmesi

Yapılarda kolonlardan sonra en önemli taşıyıcı sistem elemanları kirişlerdir. Kirişlerde meydana gelebilecek göçmeler yapıda genelde bölgesel çökmelere neden olmakla beraber bazen yapıda mekanizma oluşmasını sağlayarak yapının tamamının çökmesine sebep olabilirler. Yapıya gelecek deprem kuvvetlerinin aktarımında kirişlerin önemli bir yeri vardır. Bu sebeplerden dolayı yapıda zayıf kiriş bulunuyorsa güçlendirmesi zorunludur. Kiriş güçlendirme yöntemleri Şekil 3.23’ deki gibi; çelik elamanlar ile sarılması, Lifli polimer ile sarma ve kirişlerin mantolanması olarak üç başlıkta sıralanabilir. Kiriş güçlendirmesi gereken yapılarda farklı kirişlerde farklı uygulamalar tercih edilebilir.



(a)



(b)

Şekil 3.23. Kiriş güçlendirme yöntemleri



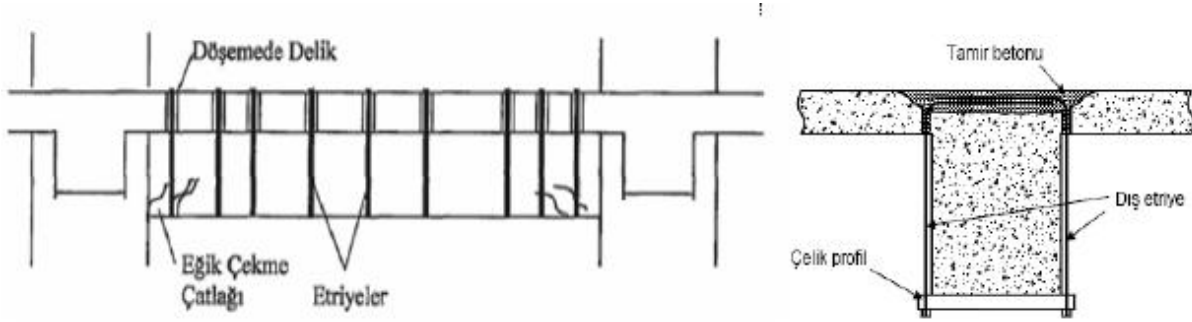
Kirişlerin Çelik İle Sarılması;

Kirişlerin çelik ile sarılmasındaki amaç kesme dayanımı yetersiz olan kirişlerin güçlendirilmesi ve kirişlerdeki sünekliliğin artırılmasıdır. Bir kaç şekilde uygulanabilen bu yöntem hızlı uygulanabilmesinden dolayı hasar görmüş kirişlerde de uygulanabilen bir yöntemdir. Uygulama şekillerinden biri Şekil 3.24’ te gösterildiği gibi kiriş alt köşelerine köşebent şeklinde destek olarak yerleştirilen L profillerin kaynaklanarak monte edilmesiyle yapılır.



Şekil 3.24. Çelik profillerle güçlendirilmiş kiriş

Uygulanan diğer yöntem ise üst döşemeden açılan deliklerle kiriş altına yerleştirilen çeliğin bağlanmasıyla yapılır. Bu yöntemde dıştan eklenen etriyenin sargılama etkisi yoktur (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Dıştan etriye eklenmesi (Yıldırım 2008)

Kirişlerin Betonarme İle Sarılması (Mantolama);

Kirişlerin betonla sarılmasında amaç kirişin kesme dayanımının artırılması ve kirişlerin eğilme kapasitelerinin artırılmasıdır. Mantolamada kirişe yeni bir katman ekleneceğinden bu katmana hem boyuna donatı hem de etriye yerleştirme imkanına sahip olunur ve bundan dolayı eğilme ve kesme dayanımı artar.

Kiriş mantolanmasında dikkat edilecek hususlar; mevcut kiriş sıvanın iyice sıyırılması ve çekirdek betonun temizlenmesi, mevcut kirişte yeni mantolama aderansının iyi olması için çekirdek betonda çentikler açılması, eklenecek donatının komşu açıklıklarda da devam etmesini sağlamak ya da bir sarsıntı halinde yeni manto donatılarının betondan sıyırılmadan kolon içine ve komşu kirişe devam ettirilmesi gereklidir. (Şekil 3.26)



Şekil 3.26. Kiriş mantolanmasında donatılarda sürekliliğin sağlanması
(Yıldırım 2008)

Kirişlerin Lifli Polimer ile Sarılması;

Lifli polimerler ile kiriş güçlendirme işlemi son zamanlarda en fazla kullanılan yöntemlerdendir. Bu malzemelerin hemen hepsi yüksek lineer elastik davranışa ve dayanıma sahiptirler. Ultra Viole ışınlar, alkali maddelere ve asitlere karşı da dayanıklıdırlar. Uygulama yöntemlerinin en uygun olanı ise üretici firmalar tarafından önerilen yoldur.

Lifli polimer dokumalar kirişlerde kesmeye karşı Şekil 3.27’ deki gibi kullanılırken, lifli polimer şeritler le kirişlerin eğilme kapasitelerinin artırılması işlemi Şekil 3.28’deki gibi kullanılır.



Şekil 3.27. Kirişte lifli dokuma



Şekil 3.28. Kirişte lifli şerit kullanımı

3.6.4.3. Kolon - Kiriş Birleşim Bölgelerinin Güçlendirilmesi

Yapılarda kolon-kiriş birleşim bölgeleri Şekil 3.29’ da görüldüğü gibi yatay ve düşey doğrultuda gelen tüm yüklerin aktarımının yapıldığı bölgelerdir. Bu sebepten dolayı yapılarda yapı performansını direk olarak etkileyen bölgelerdir. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde farklı doğrultudaki elemanların kesit etkileri karşılıklı dengelenir. Bu bölgelerin zayıf olması, yapının performansını gösterememesine ve çoğu zaman yapının göçmesine neden olmaktadır.



Şekil 3.29. Kolon kiriş birleşim bölgesi

Kolon-kiriş birleşim bölgelerinin güçlendirme yöntemleri; birleşim bölgesinin mantolanması, birleşim bölgesinin çelik levhalarla sarılması ve birleşim bölgelerinin lifli polimerler ile sarılması, olarak üç şekilde olabilir. Ancak uygulamada, betonarme ile kolon-kiriş birleşim bölgesinin sarılması çok zahmetli olduğundan tercih edilmemektedir. Bundan dolayı bu tez çalışmasında sadece ikinci ve üçüncü güçlendirme yöntemleri irdelenecektir.

Kolon - Kiriş Birleşim Bölgelerinin Çelik Levhalar İle Sarılması;

Kolon-kiriş birleşim bölgesinin güçlendirilmesi için uygulanan yöntemlerin ilki çelik levhalarla sarılmasıdır. Bu yöntem uygulama kolaylığı ve birleşim bölgesinde az yer kaplayıp küçük şekil değişiklikleriyle yapılabildiği için tercih edilmektedir. Çelik levhaların uygulanabilmesi için kolon-kiriş birleşim bölgesinin yüzeyi pürüzsüz olmalıdır. Eğer birleşim yüzeyi pürüzlü ise çimento harcı ile düzeltilmelidir. Çelik levhalar Şekil 3.30’ daki gibi istenen uzunlukta ve birleşim noktasına düz yada oluklu şekilde, öngermeli vidalarla bağlanır.



Şekil 3.30. Düğüm noktasına çelik levha ile sarılması

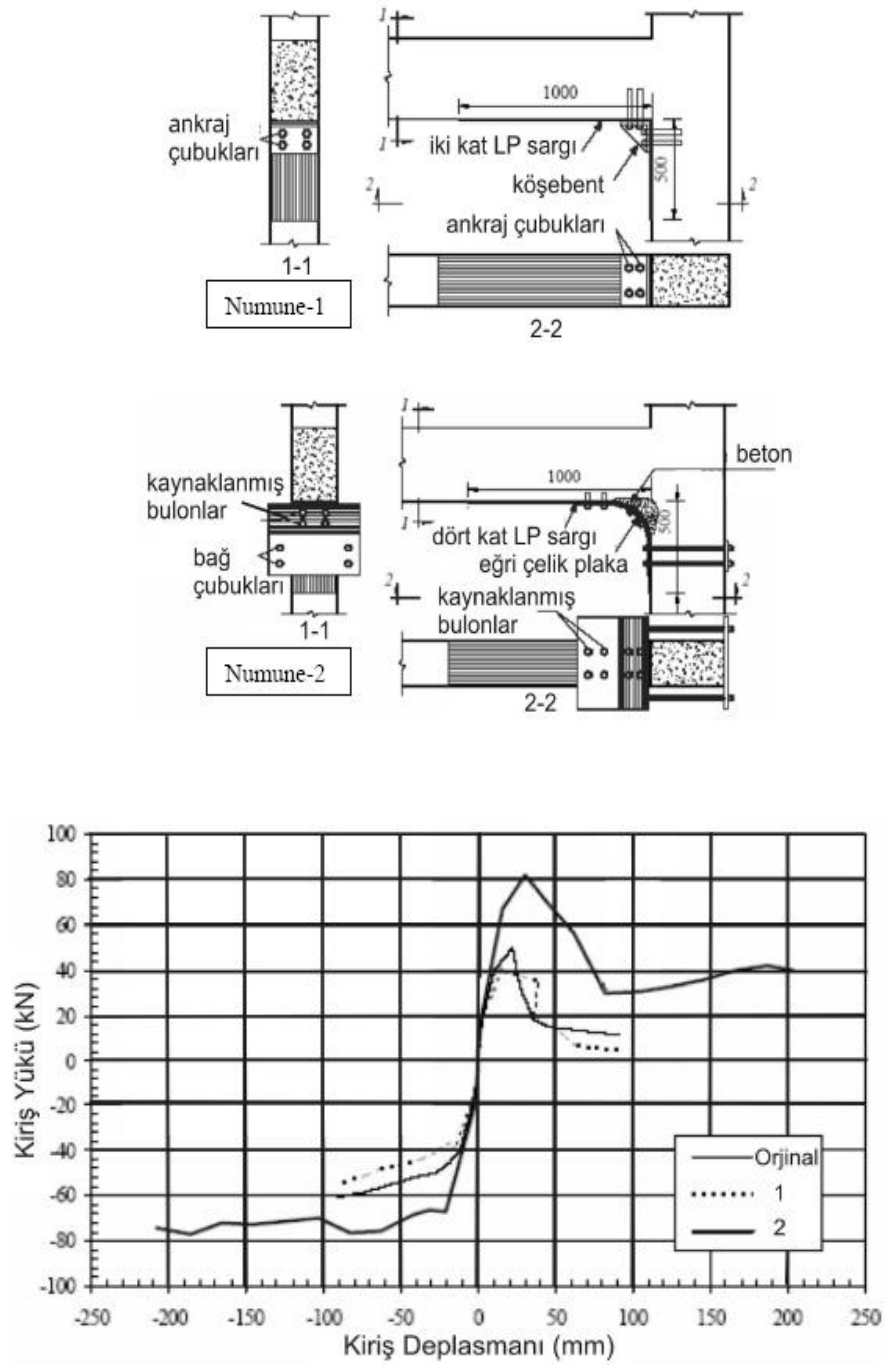
Düğüm noktalarına uygulanan çelik levha sarma yöntemi ile basınç, çekme, kesme kuvveti ve eğilme momentlerine karşı güçlendirme sağlanır. Oluklu levhalarla yapılan sarma işlemi ile yanal kuşaklama etkisinin oldukça etkili olduğu, bundan dolayı kolonların elastik ötesi burkulmasının geciktirilebileceği bilinmektedir. Bu yöntemin dezavantajı, levhaların korozyona uğrayabilmesi, yangında zarar görebilmesi ve sistemle birlikte çalışmayabilmesidir. Bu problemlerin giderilebilmesi için levhalar anti pas ile boyanmalı, yangına karşı püskürtme betonla örtülmeli ve sistemle beraber çalışması için levha bağlantı detayları özenle uygulanmalıdır.

Kolon - Kiriş Birleşim Bölgelerinin Lifli Polimerler İle Sarılması;

Kolon-kiriş birleşim bölgelerin dayanımının artırılmasında uygulanan yöntemlerden bir diğeri de lifli polimerler ile sargılamadır. Son yıllarda, kolon-kiriş birleşim bölgelerinin kesme ve aderans kaybına yönelik olarak yapılan güçlendirme uygulamalarının, yapının davranışının gelişmesinde oldukça fazla etkisinin olduğu sonucunu ortaya koymaktır.

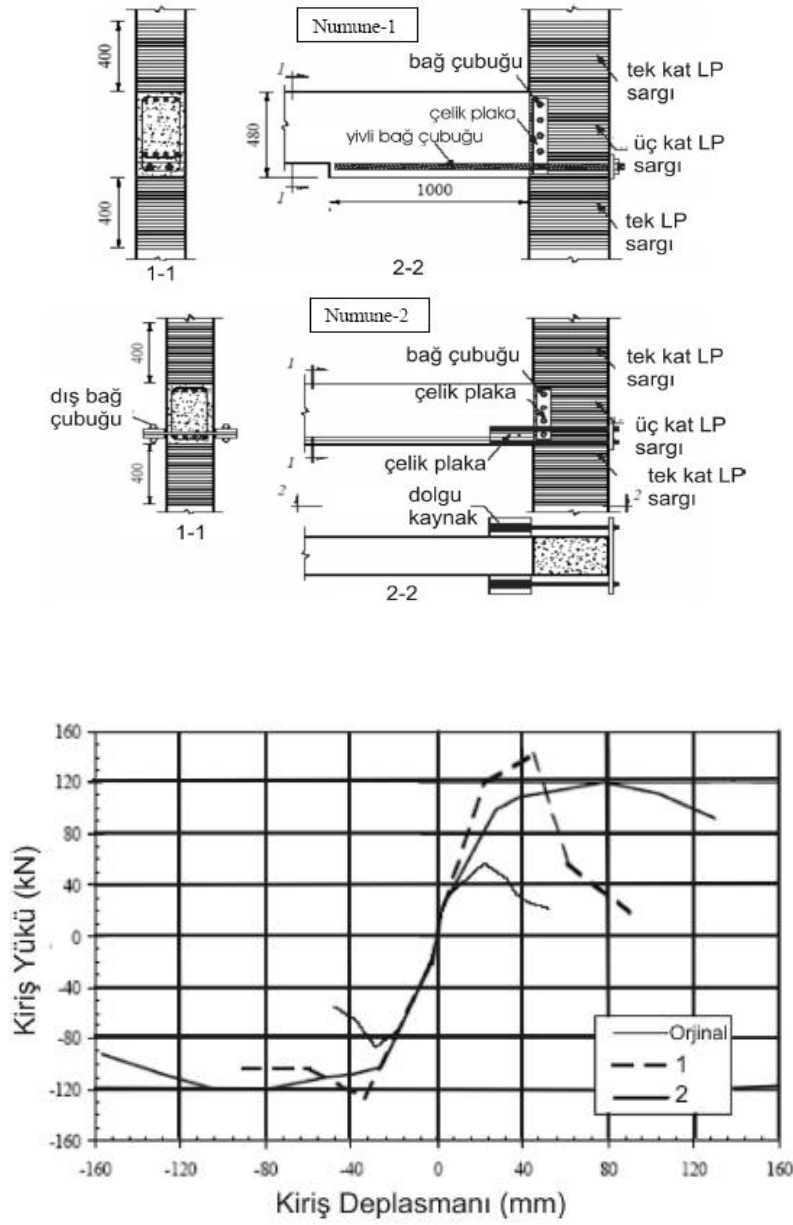
Kolon-kiriş birleşim bölgelerinin lifli polimerlerle güçlendirilmesiyle önemli derece dayanım, rijitlik ve süneklik artırımı elde edilmektedir. Söz konusu yöntem ile ilgili yapılan çalışmalar, uygulamanın performansının birleşimin mevcut durumuna, kolon eksenel yüküne ve uygulama detayına bağlı olduğu göstermektedir.

Gürol (2007) çalışmasında incelediği farklı lifli polimerlerle güçlendirme uygulamaları için elde ettiği araştırma neticeleri (Şekil 3.31), (Şekil 3.32), (Şekil 3.33)' de verilmiştir. Deney numunesi olarak üretilen tipik düğüm noktalarının kiriş uç kısmına tersinir yük uygulamak suretiyle davranışları belirlenmiştir. Şekil 3.31' de gösterilen deneysel çalışmada, sadece kolon-kiriş alt yüzüne köşebent uygulaması, yetersiz kalmış ve polimer katmanların diğer elemanlara ankrajının yapılmaması sebebiyle ayrışma meydana gelerek göçme durumu oluşmuştur.



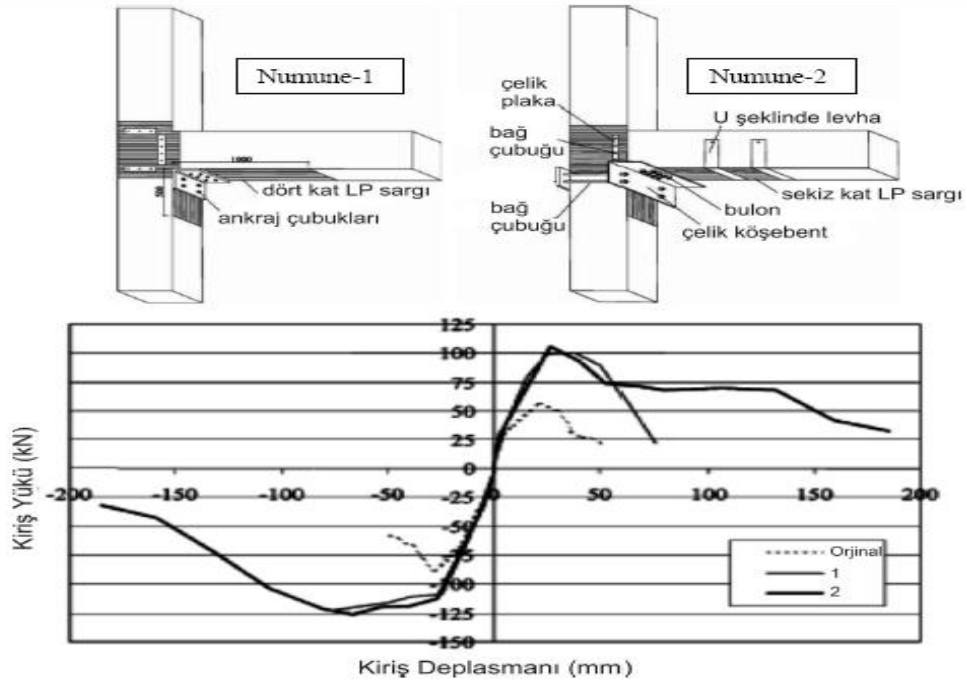
Şekil 3.31. Farklı detaylara sahip lifli polimerler ile güçlendirilmiş düğüm noktalarına ait zarf eğrileri

Şekil 3.32’ de görülen numuneler üzerinde yapılan çalışmada ise yivli bağ çubuğu ankre edilerek yeni beton tabakası eklemek suretiyle güçlendirilen numunede aderans kaybı sebebiyle yeni beton tabakasının ayrışması gözlenirken, kiriş alt yüzüne kolon kesiti boyunca uzanan çelik plakalar ekleyerek gerçekleştirilen güçlendirme uygulaması oldukça iyi bir performans sergilemiştir.



Şekil 3.32. Farklı detaylara sahip lifli polimerler ile güçlendirilmiş düğüm noktalarına ait zarf eğrileri

Şekil 3.33’de görülen güçlendirme detay ise, Şekil 3.32’de verilen yönteme göre dayanım açısından farklılık göstermemekle birlikte birleşim noktasının performansı önemli ölçüde arttırmıştır. Buna ilaveten 2 no.lu numunede kiriş alt yüzüne monte edilen U şeklinde çelik levhalar polimer tabakasının yüzeyden ayrılmasını önlemiştir.



Şekil 3.33. Farklı detaylara sahip lifli polimerler ile güçlendirilmiş düğüm noktalarına ait zarf eğrileri

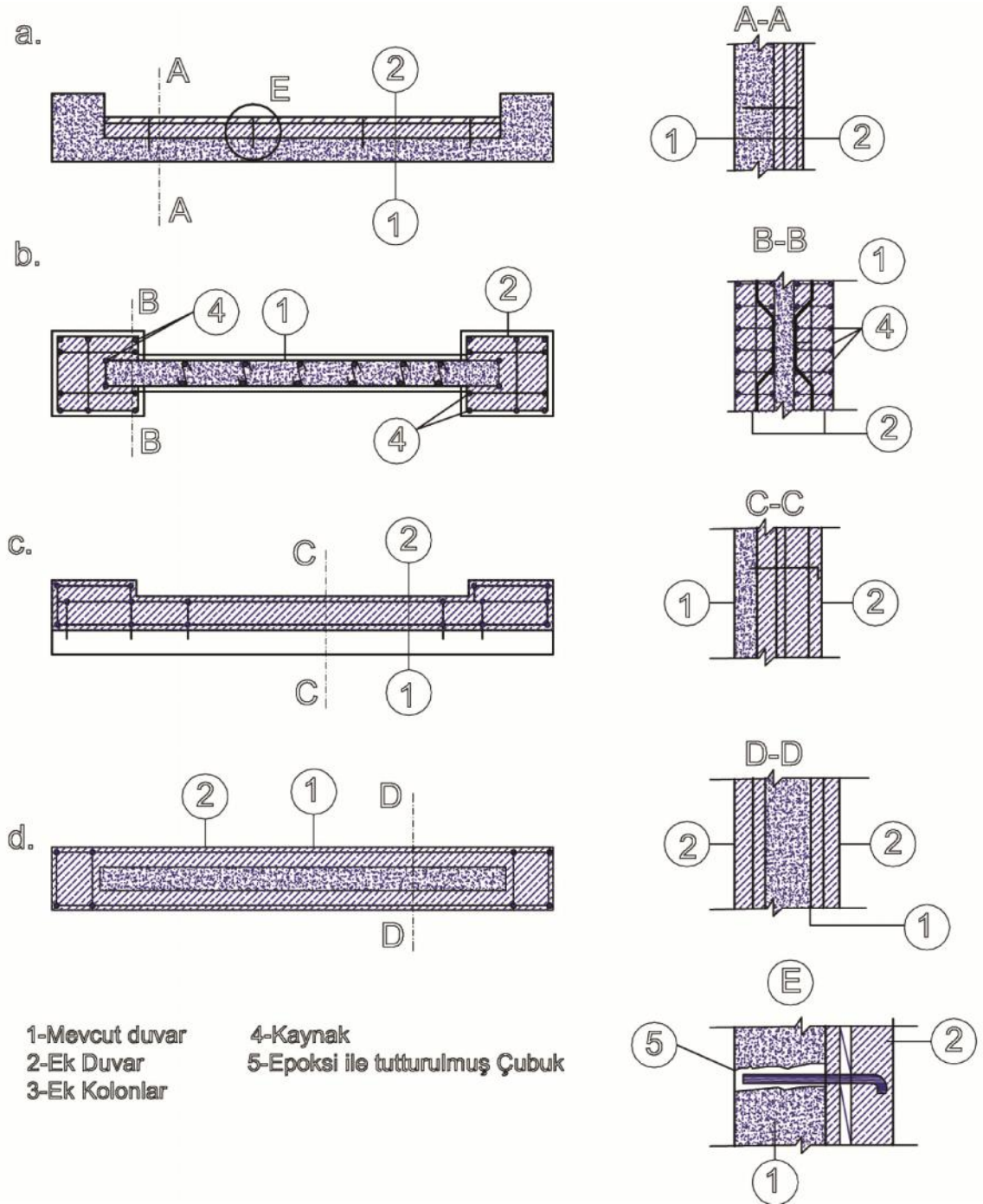
Yukarıda bahsedilen kusurlar düşük dayanımlı beton, düz donatı, yetersiz ve hatalı enine donatı kullanımı sebebiyle meydana gelirken kat birleşimlerinde bindirme boylarının yetersiz olması da bu durumu daha kritik hale getirmektedir. Son yıllarda Lifli polimerle sargılamayla sünek olmayan kolonların bindirme boyu eksiklerinin giderilmesi üzerine araştırmalar yapılmış ve bu çalışmalar neticesinde lifli polimerler ile bindirme boyu kusurlarının sınırlı seviyelerde giderilebileceği tespit edilmiştir. Sözü edilen sınırlamaları, düz donatı kullanılmış kolonlarda bindirme bölgesine yapılan kuşaklamanın etkisinin olmaması, nervürlü donatı bulunan kolonlarda ise 15 Ø ' den (Ø = donatı çapı) kısa bindirme yapılmış olması durumunda enerji yutma ve dayanım açısından etkili bir performans elde edilmemesi şeklinde açıklamak mümkündür (Gürol 2007).

3.6.4.4. Perdelerin Güçlendirilmesi

Perdeler yüksek mukavemetinden dolayı yapıya gelen yüklerin karşılanmasında en önemli taşıyıcı eleman olarak kabul edilebilir. Perdeler yapının yanıl ötelenmesini büyük ölçüde kısıtlayarak ikinci mertbe momentlerden dolayı kesitlerde meydana gelerek ilave zorlamaları 'da engeller. Bu özelliklerinden dolayı perdelerin güçlendirilmesi titizlikle yapılmalıdır. Deprem yükü taşımak üzere düzenlenen

betonarme perdelerde hasarlar, kayma ve eğilme taşıma gücünün yetersizliğinden veya büyük boşluklu perdelerde bağ kirişlerinin yetersizliğinden kaynaklanabilir. Perdelerin güçlendirilmesinde, eğer varsa, pencere, kapı gibi boşlukların doldurulması ile sağlanan ek taşıma gücü kapasitesi yeterli olabilir.

Hasarlı veya hasarsız perdelerin mukavemetlerinin yetersiz olduğu durumlarda boyutları artırılarak güçlendirilir. Perdelerde kesme mukavemeti yetersiz ise perde kalınlığı artırılır. Eğilme momenti mukavemeti yetersiz ise perdenin her iki ucuna flanşlar (başlıklar) eklenir. Eğer her iki durum da yetersiz ise kalınlığı artırılır hem de perde uçlarına flanş eklenmesi yapılır. Perdelerin güçlendirilmesinde kullanılan farklı mantolama türleri Şekil 3.34’te gösterilmektedir.



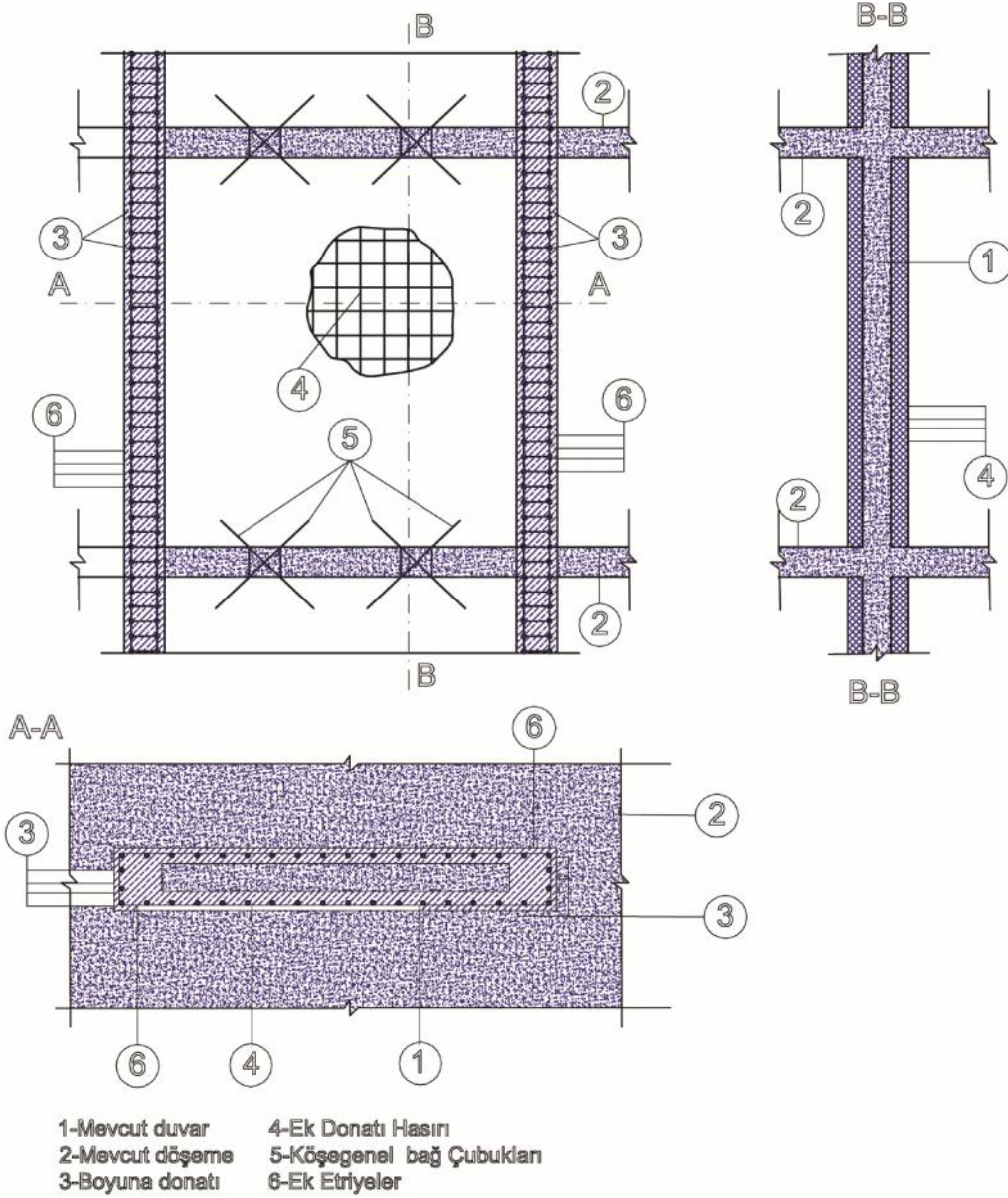
Şekil 3.34. Perdelerin güçlendirilmesinde mantolama yönteminin kullanılması

Her güçlendirme yönteminde olduğu gibi yeni betonarme kısım ile mevcut kısmın beraber çalışması için iki kesit arasında kuvvetli aderans sağlanmalıdır. Bundan dolayı sıva tabakası sıyrılır ve mevcut beton yüzeyi pürüzlendirilir. Yeni bağlantı elemanlarının mevcut donatılara kaynaklanması için mevcut donatılar ortaya çıkarılır.

3. MATERYAL VE METOT

Ayrıca perdenin ilave yatay ve düşey donatıları özel ankraj cıvataları veya kancalı dübellerle mevcut perde duvarına bağlanır. Ankraj cıvataları ve dübeller 90 derecelik açıyla mevcut perdeye her doğrultuda en fazla 60 cm aralıklarla epoksi ile tutturulmalıdır.

Diğer bir ayrıntı ise perde ile döşeme arasındaki kesme kuvveti aktarımıdır. Bunun için mevcut döşemde Şekil 3.35’ deki gibi kalınlığınca delikler açılarak bu bölgelere dübeller ve köşegen doğrultuda donatı çubukları yerleştirilir. Bu açılan delikler daha sonra yeni betonun dökülmesinde kullanılır.



Şekil 3.35. Perde ile döşeme arasında kesme kuvveti aktarımı

Güçlendirilen perdenin rijitliği arttığından dolayı taşıyıcı sistemde öncekinden farklı kuvvet dağılımı oluşur. Bundan dolayı perdenin rijitlik artışı hesaba katılmalıdır. Ayrıca kuvvetleri temele aktarılması için güçlendirilen perdelerin temelle bağlantısı sağlanmalıdır. (Şirin 2006)

Perdelerin güçlendirilmesi sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir. Mevcut perdeye açılan deliklerden geçen ve perdenin iki tarafındaki donatıya kanca ile tespit edilen bağlantı çubukları, perdenin mukavemetini hesap değerinin üzerine bir değer olmasını sağlar. Perde ile döşeme arasındaki kesme kuvveti aktarımının sağlanabilmesi için mevcut döşemede açılan deliklerden dubel cinsi bağlantılar geçmektedir. Bu delikler aynı zamanda döşeme altındaki yeni perde kısımlarının betonlanmasında da kullanılmaktadırlar. Döşeme kalınlığı içinden geçen, alttaki ve üstteki perdelerle ankre edilen köşegenler doğrultusundaki eğik donatı çubukları bu kesme kuvvetinin aktarılması için ek bir bağlantı temin etmektedirler (Şekil 3.35).

Yeni malzemelerin mukavemetleri mevcut malzemelerden az olmamalıdır. İlave perde kalınlığı en az 10 cm, flanş kalınlığı ise en az 15 cm olmalıdır. Hem düşey hem de yatay toplam donatının toplam brüt beton alanına oranı 0.0025'den az olmamalıdır. Perde ucundaki etriyelerin çapı 8 mm'den ve o bölgedeki boyuna donatı çapının 1/3'ünden ince olmamalıdır. Yeni ilave edilen elemanlar, yapının kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki mesafeyi minimuma indirecek şekilde yerleştirilmelidirler. Perdenin temel döşeme ve çatı yeri birleşimlerinin uygun olarak temin edilmelidir. Mümkünse perdelerin boyutları tüm katlarda aynı kalmalıdır. (Yıldırım 2008)

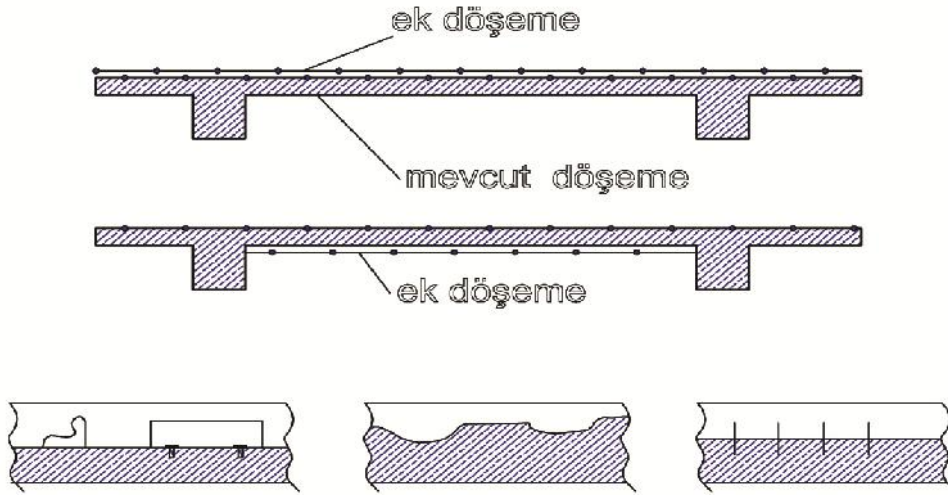
3.6.4.5. Döşemelerin Güçlendirilmesi

Döşemelerde güçlendirme işlemleri yeni eklenen perdelerden dolayı birleşim bölgelerindeki mukavemetin artırılması amacıyla, döşemenin mevcut mukavemetinin düşük olmasından dolayı yada döşemelerin sehim yapmasından dolayı yapılır. Döşeme güçlendirme yöntemleri olarak; kalınlığının artırılması, Lifli polimerlerle güçlendirilmesi, çelik levhalarla desteklenmesi ve döşemenin kırılarak yeniden yapılması yöntemlerini sayabiliriz. Bu yöntemlerden en fazla kullanılan ilk iki yöntem açıklanacaktır.

Döşemelerin Kalınlıklarının Artırılması;

Genelde düşey yükleri taşımak için tasarlanan döşemeler yanal yüklere de direnç göstermektedir. Döşemede meydana gelen kusurla çoğu rijitliği fazla olan perde ile birleşim yerlerinde, merdiven bölgelerinde ve döşeme sehiminin olduğu döşeme ortalarında oluşmaktadır.

Döşeme kalınlığının artırılması ile yapılan güçlendirme yöntemi Şekil 3.36’da görüldüğü gibi döşemenin üstünden uygulanabildiği gibi döşemenin altından da uygulanabilir. Üsten yapılan döşeme kalınlığının artırılmasında donatıların rahat ve istenene en uygun şekilde yerleştirilebildiği durumdur. Ancak alttan hasır çelik ve püskürtme beton uygulaması mümkündür. Her iki durumda da döşemenin eğilme rijitliği artırılmış olur. Yeni eklenen kısım ile mevcut bölgenin aderansının fazla olması için eklenecek donatı ile mevcut donatının bağlantısının iyi yapılması ve döşemede açılan çentik ve boşluklara yeni betonun iyice yerleştirilmesi sağlanmalıdır.



Şekil 3.36. Döşeme güçlendirme modelleri (Şirin 2006)

Döşemelerin Lifli Polimerler İle Güçlendirilmesi;

Döşemelerin düşey yük taşıma elemanı olması hasebiyle sık görülen problemlerden biri zamanla donatının akmasıyla meydana gelen sehimlerdir. Döşemelerde meydana gelen sehimlerden dolayı eğilmeye karşı güçlendirme yapılır.

Lifli polimerlerle yapılacak güçlendirmede kumaşların ya da şeritlerin her iki yönden Şekil 3.37’deki gibi geçirilmesiyle yapılır. Ayrıca bu güçlendirme yöntemi köprülerde de uygulama alanı bulabilmekte ve trafiğin durdurulmaması uygulama kolaylığı gibi avantajlar sağlamaktadır.



Şekil 3.37. Lifli Polimerin döşemelerde uygulanması (Siphaioğlu 2006)

3.6.4.6. Temellerin Güçlendirilmesi

Temeller yapının zemin ile bağlantısını sağlayan, yapıdan gelen yükleri zemine aktaran ve zeminden gelen deprem yüklerini yapıya aktaran taşıyıcı elemanlardır. Temellerin güçlendirme sebepleri; zeminde oluşan çökmeler, yapının depreme maruz kalması, kat ilavesi, gelen ölü yükün artması, uygulamada yapılan hatalar, değişen yönetmelikler ve yapıda ilave edilen yeni güçlendirme elemanlarının temelinin inşaa edilmesi olabilir.

Yeni eklenecek temelerde dikkat edilecek en önemli husus dış merkezlik oluşturulmamasıdır. Farklı temel türlerinin bir arada kullanılması da bir başka sakıncalı durumdur. Yeni temel için çalışmalar yapılırken mevcut temele zarar verilmemelidir. Temelin oturduğu zemin de iyileştirilerek dayanım artırımı sağlanabilir.

Mevcut temel ile yeni eklenecek temelin beraber çalışması için eklenecek donatıların mevcut donatılarla bağlantısının tam ve sağlam yapılması gerekmektedir (Şekil 3.38). Yeni eklenecek beton tabakasının birbirine bağlanmasını sağlamak için kimyasallar kullanılabileceği gibi dişler oluşturularak ta bağlantının sağlamlığı artırılabilir.



Şekil 3.38. Temellerin güçlendirilmesi

3.6.5. Sistem Düzeyinde Güçlendirme

Ülkemizde yakın tarihlerde yaşanan depremler sonucunda yapıların orta şiddetteki depremlerde bile ağır hasarlara maruz kaldığı ve can kayıplarının meydana geldiği görülmüştür. Mevcut yapıların büyük çoğunluğunda bu şekilde göçme olasılığının olduğunu öngörmek pekte zor değildir. Özellikle bu yapıların yönetmeliklere uygun olarak tasarlanmaması ve yeterli kontrol mekanizmasından yoksun inşaa edilmiş olmaları dikkate alınınca problemin ciddiyeti iyice görülmektedir.

Yaşanabilecek depremlerin yapıya yanal yük olarak etki ettiği ve yapıyı burulmaya zorladığı dikkate alınırca yanal rijitliği zayıf olan yapılarda, çok fazla sayıda elemanın güçlendirilmesinin gerekli olduğu yapılarda, yatayda ve düşeyde düzensiz olan yapılarda ve burulma etkisi gözlenen yapılarda sistem bazında güçlendirme gerekliliği bulunmaktadır. Bir yapının sistem bazında güçlendirilmesi ihtiyaçlar ve imkanlar dahilinde içten ve dıştan güçlendirme olmak üzere iki türde yapılmaktadır.

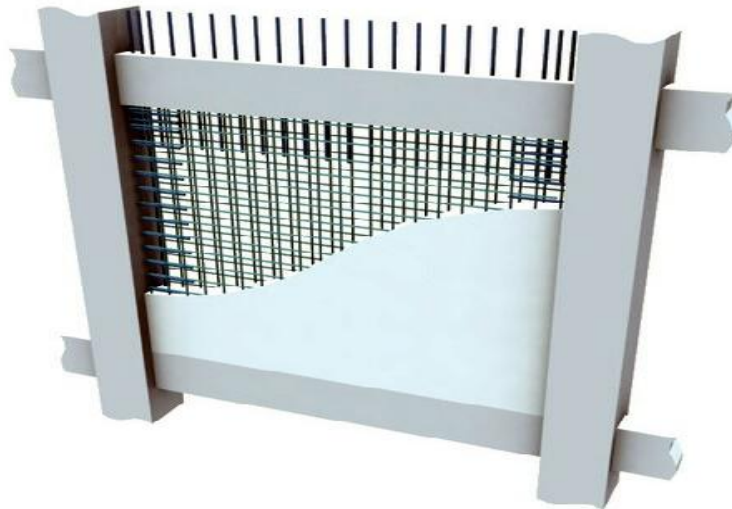
3.6.5.1. Yapı İçi Güçlendirme Yöntemleri

Yapı içi güçlendirme yöntemleri mevcut yapının dışında güçlendirme uygulaması yapılmasının mümkün olmadığı, yapının taşıyıcı sistemindeki bazı elemanların taşıma kapasitelerini kaybettiği, büyük açıklıkların olduğu, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik durumlarının bulunduğu, gelebilecek deprem kuvvetlerini karşılayabilecek kapasiteye sahip olmadığı ve burulma etkisinin oluşması görülme ihtimalinin bulunduğu yapılarda uygulanabilmektedir. Sistem bazında yapı içinden yapılan güçlendirme yöntemleri; çerçeve içine perde ekleme ile yapılan güçlendirme, bölme duvarların güçlendirilmesi ve çelik elemanlarla güçlendirme olmak üzere üç şekilde yapılmaktadır.

Çerçeve İçine Perde Ekleme;

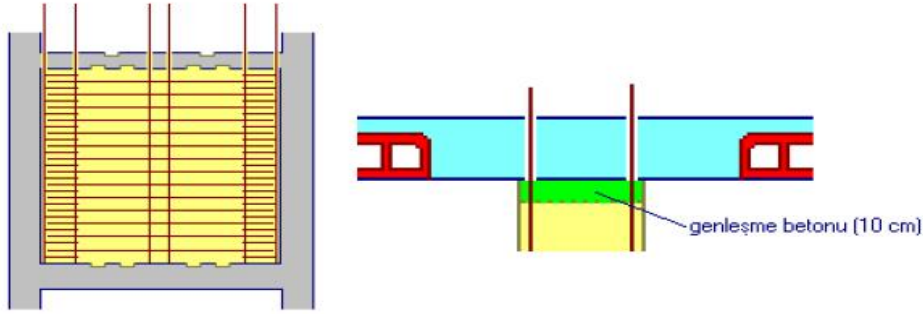
Çerçeve içine perde eklenmesi yapı dayanımını artırdığı gibi görelî kat ötelemelerini de büyük ölçüde azaltmaktadır. Bu durum yapının titreşiminin küçülmesine ve titreşimden meydana gelebilecek hasarların önlenmesine yardımcı olmaktadır.

Bu uygulama ile aynı zamanda yapıdaki gevrek elemanlara gelen kesme yükünün azaltılmasında sağlanır. Perdelerin düzenlenmesinde mümkün olduğunca yataydaki ve düşeydeki düzensizliklerin giderilmesi amaçlanmaktadır. Perde ekleme yöntemi yerinde dökme perdeler ve hazır dökülmüş panolar şeklinde olmak üzere iki şekilde uygulanmaktadır.



Şekil 3.39. Yerinde dökme perdeler

Yerinde dökme perdeler yapı içinde mevcut duvarlar yıkılarak yada iki kolon arası kiriş altlarına yapılabilir. Şekil 3.39'daki gibi iki kolon arasına panel yapılması ile yapılan perdeler dayandıkları kolonları başlık şeklinde kullanabildikleri gibi kendi içinde yeni başlıklar yapılabilir. İki uçtaki kolonlar başlık olarak kullanılacak ise kolonlar mantolanarak bu duruma uygun hale getirilmelidir. Bununla birlikte manto uygulanacak kolonların elastik ötesi burkulma hareketi yapmayacak biçimde basınç birim uzama kapasitesine sahip olmaları gerekliliği dikkate alınmalıdır.



Şekil 3.40. Başlık bölgesi kendi içinde olan perdeler (Sta4CAD Handbook)

Kolonlar başlık olarak kullanılmayacaksa perde içinde Şekil 3.40'ta gösterildiği gibi kolonla perde arasına derz bırakılarak veya kolonlarla perde bağlantısı yapılarak başlık hazırlanabilir. Eğer kolonlarla perde bağlantısı yapılacaksa ankraj detayları iyi hesaplanmalı ve birlikte hareket etmeleri için kesme kuvvetlerini aktarabilmelidir. Ankraj çubuğu şekil ve miktarı ise birleştirilen elemanlar arasında oluşan kesme kuvvetine bağlı olarak belirlenmektedir. Ankrajlar Şekil 3.41'te görüldüğü gibi kaynaklı yada mevcut betona yerleştirilerek düzenlenebilir.



Şekil 3.41. Ankraj örnekleri

Şekil 3.42’ de görüldüğü gibi çerçeveye perde ilave edilmesi durumunda dikkat edilecek diğer bir hususta yapılacak yeni perde yüklerini zemine aktaracak temelin inşa edilmesidir. Perde temelinde oluşabilecek dış merkezliği azaltmak amacıyla komşu kolonları içine alacak biçimde imal edilebileceği gibi tekil olarak da imal edilebilir.



Şekil 3.42. Perde güçlendirilmesi için yapılan temel güçlendirme işlemi

Öndöküm duvar paneller ile Şekil 3.43’ deki gibi yapılacak sistem güçlendirmesi imalathanede hazırlanmış plak şeklindeki perdelerin yapıya monte edilmesi ile yapılır. Öndökümlü duvarlar her katta standart boşluklara sahip yapılarda daha kullanışlıdır. Bu şekilde yapılan güçlendirme, yerinde dökme betonarme perde duvarlarla yapılan güçlendirmeye göre daha az yatay yük taşımasına karşın sünekliği daha fazladır. Bu panolar yapı içinde insan gücü ile taşınabilecek ağırlık ve ebatlarda olmalıdır. Panolarda, mevcut kolon ve kiriş arasında kenetlenmenin olması için dişler oluşturulmalı böylece kesme kuvvetlerine karşı dayanımları sağlanmalıdır.



Şekil 3.43. Öndökümlü panel duvarlar

Perde duvarlarla güçlendirme yapının dayanım ve rijitliğini artırmasından dolayı en fazla uygulanan güçlendirme yöntemi olarak dünyanın bir çok yerinde kullanılmaktadır. Bu tip uygulamada daha az kalifiye elemana ihtiyaç duyulması bir diğer tercih sebebidir.

Bölme Duvar Güçlendirmesi;

Şekil 3.44’deki gibi açıklıklarda bulunan bölme duvarlar donatılı harç tabakası eklenmesi ile rijitlik ve dayanımı çok daha yüksek çerçeveler elde edilebilir. Donatı olarak hasır çelik veya nervürlü donatı kullanılabilir. Bölme duvarların güçlendirilmesinde kuvvet aktarımı mevcut yatay ve düşey taşıyıcılara bağlanmış ankrajlarla sağlanmaktadır. Ankraj çubuk sayısı belirlenirken çerçeve içinden aktarılabilecek kuvvetler dikkate alınmalıdır. Bölme duvarların tek tarafı güçlendirilebileceği gibi iki tarafına da güçlendirme işlemi uygulanabilir. Ancak iki tarafına da güçlendirme yapılacak duvarlarda duvar yüzeyine dik şekilde duvara ankrajlar yapılmalı ve iki tarafın birlikte çalışması sağlanmalıdır.



Şekil 3.44. Bölme duvar güçlendirmesi

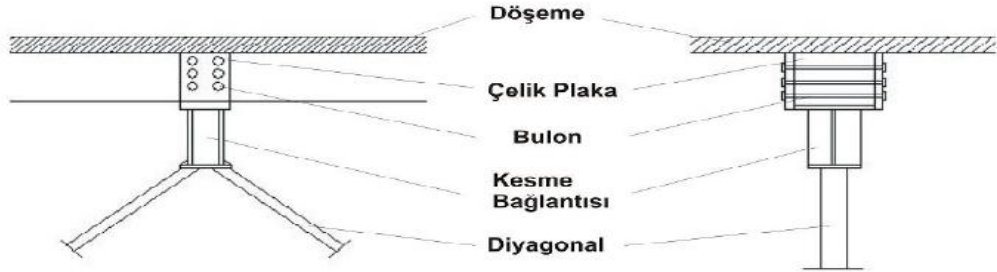
Çelik Elemanlarla Güçlendirme;

Çelik elemanlarla sistem güçlendirmesi deprem etkisindeki yapının yanal deplasmanlarını azaltacağı gibi enerji yutma kapasitesini de artırmaktadır. Bu yöntemde çerçeve açıklığı içerisine çelik çerçeveler, çelik profiller veya çelik çaprazlar konularak güçlendirme yapılır (Şekil 3.45). Çelik çerçevelerle yapılan güçlendirmelerde yapı ağırlığı çok fazla artmadığından yapıya etkiyecek deprem kuvvetleri de artmayacaktır. Çelik elemanlarla güçlendirme çok kısa sürelerde uygulanabiliyor olmakla birlikte betonarme perdelerle göre yatay kuvvetlere karşı daha zayıf bir davranış göstermekte ve maliyeti daha fazla olmaktadır.

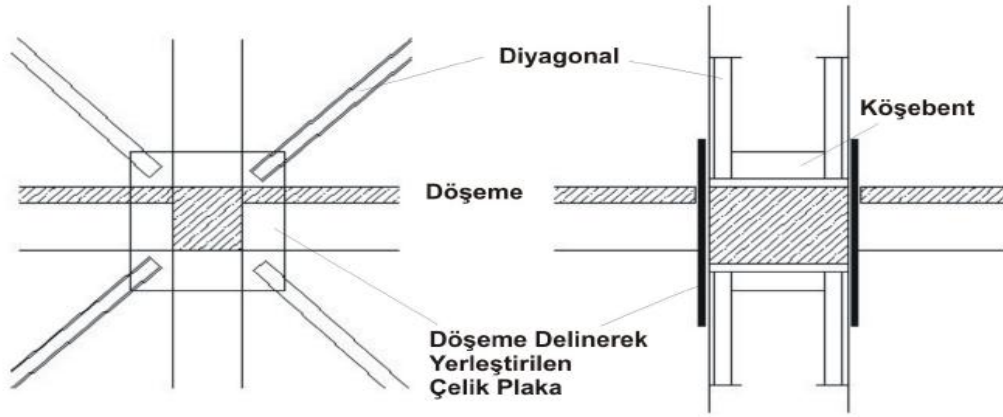


Şekil 3.45. Çerçeve açıklığının çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmesi

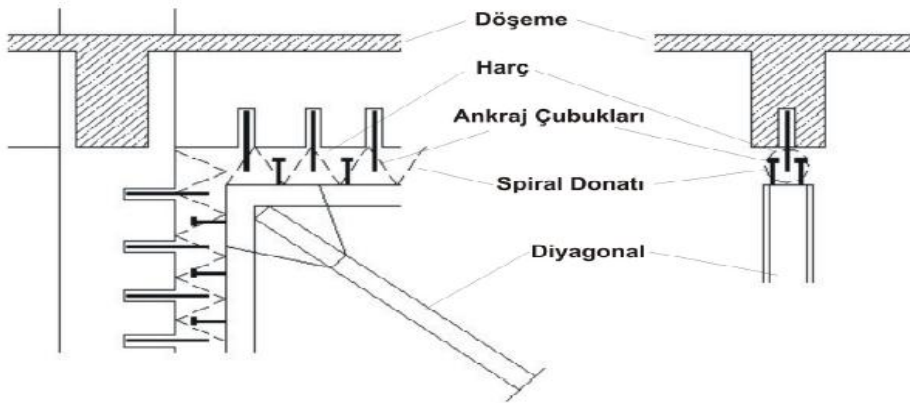
Bu güçlendirmede, çelik sistemin betonarmeyle bir bütün olarak çalışması gerekmektedir. Ayrıca deprem sırasında düğüm noktalarıyla çelik eleman arasındaki kuvvet aktarımı olmalıdır. Uygulamada tercih edilen çelik bağlantı detayları Şekil 3.46’da verilmiştir.



a) diyagonal kesme bağlantısı detayı



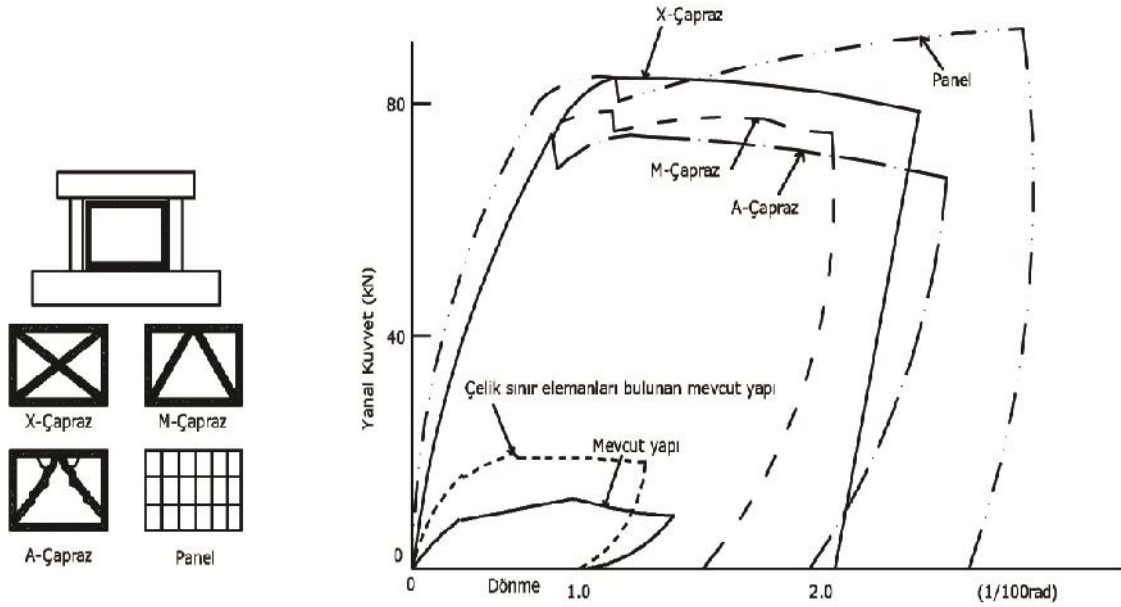
b) X diyagonal düğüm bağlantı detayı



c) spiral donatılı bağlantı detayı

Şekil 3.46. Çelik elemanlarla yapılacak güçlendirme yönteminde kullanılan bazı bağlantı detayları

Çelik elemanlarla yapılacak güçlendirmede, seçilecek olan uygulama tipi yapının mevcut durumu, kullanım amacı, malzeme özellikleri gibi birçok faktöre bağlı olarak tayin edilmektedir. Bu konuyla ilgili yapılmış çalışmalardan da anlaşılaçağı üzere, uygulama tiplerinin verimliliğı çeşitli değişkenlere bağlı olmakla beraber Şekil 3.47’ deki yanal kuvvet-dönme eğrilerinde görüleceğı gibi X çapraz ve panel uygulamaları, M çapraz ve Λ çapraz uygulamalarına kıyasla yapının yanal yük kapasitesi artırarak daha sünek bir davranış göstermesini sağlamaktadır. (Gürol 2007)

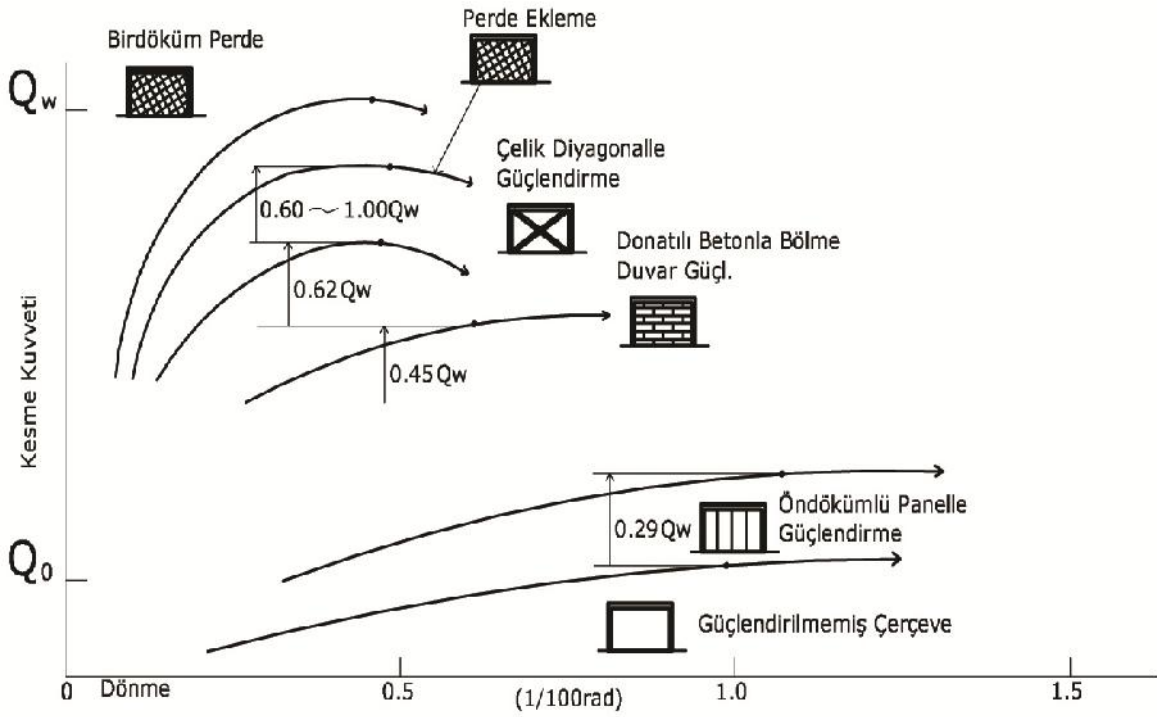


Şekil 3.47. Çelik elemanlarla yapılan güçlendirme yöntemlerinin etkinliğı

Yapı İçi Güçlendirme Yöntemlerinin Değerlendirilmesi;

Yapı içinde uygulanan güçlendirme yöntemleri sık kullanılan yöntemler olduğundan bu yöntemlerle ilgili birçok deneysel çalışma mevcuttur.

Gürol (2007) tarafından yapılan " Deprem Dayanımı Yetersiz Betonarme Binaları Güçlendirme Yöntemleri" başlıklı tez çalışmasında sunulan ve Şekil 3.48’ de çizilen kesme kuvveti - dönme eğrilerine göre en iyi performans gösteren sistem güçlendirme yöntemi betonarme perde ekleme olduğu görülmektedir. Betonarme perde ekleme yöntemiyle yanal rijitlik, süneklik ve dayanım önemli ölçüde artmaktadır. Bununla birlikte incelenen yapının davranışı dikkate alınarak güçlendirme projesini hazırlayan mühendis tarafından yapının mevcut durumu göz önüne alınarak diğer yöntemler tercih edilebilir.



Şekil 3.48. Çerçeve açıklığı güçlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması

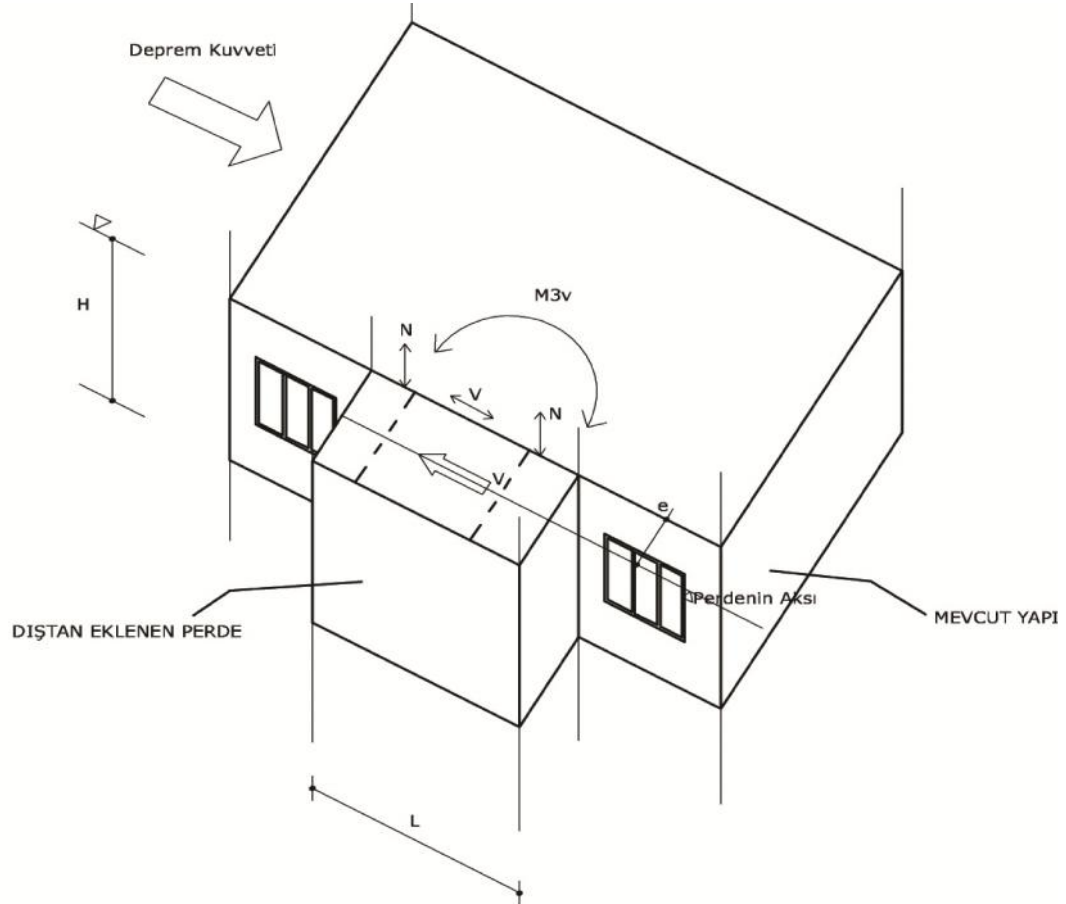
3.6.5.2. Yapı Dışından Uygulanan Güçlendirme Yöntemleri

Yapının dışında güçlendirme yapılabilmesi için gerekli alanının olması, yapının daha çok yanal rijitliğe sahip olması gerekliliğinin bulunması ve güçlendirme ile beraber yapıya estetik bir görünüm kazandırılmak istenirse yapı dışından uygulanan güçlendirme yöntemleri tercih edilebilir.

Diğer güçlendirme yöntemlerinde olduğu gibi bu yöntemde de güçlendirme işleminin mevcut yapıyla bütünlük göstermesi oldukça önemlidir. Sistem bazında yapı dışından uygulanan güçlendirme yöntemleri; çerçeveye bitişik perde ekleme ile yapılan güçlendirme, yapıya dışından uzaysal çerçeveler eklenmesi ile yapılan güçlendirme ve yapıya payandalar eklenmesi ile yapılan güçlendirme olarak 3 tiptedir.

Çerçeveye Bitişik Perde Eklenmesi;

Çerçeveye bitişik perde ekleme ile güçlendirme metodunun temel amacı yapıya yanal doğrultuda gelebilecek deprem yüklerinin karşılanmasıdır. Bu yöntemde yapılacak olan perde Şekil 3.49' daki gibi yapı köşesine paralel olarak düzenlenir, bundan dolayı yapı dışında çok fazla alana ihtiyaç olmayacağı gibi yapı içinde süren yaşam alanına da müdahale edilmeden güçlendirme yapılmış olunur.



Şekil 3.49. Yapıya dıştan eklenen perdelerin çerçeveye etkisi (Gürol 2007)

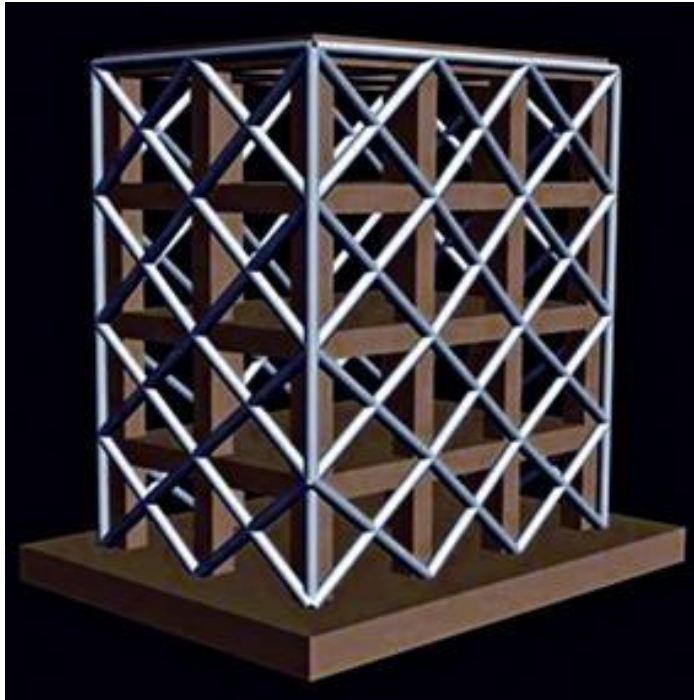
Yapılacak yeni perdelerin kendi içinde perde başlıkları yapılmalı ve perdelerden gelen bütün yükleri zemine aktaracak temel sisteminin inşası gerekmektedir. Şekil 3.50’ de görüleceği üzere temel sistemi münferit düzenlenebileceği gibi temelde oluşacak dış merkezliği azaltmak yada ortadan kaldırmak için mevcut temelle beraber çalışması amacıyla mevcut kolonları kapsayacak şekilde de düzenlenebilir. Mevcut temel ile birlikte düzenlenecekse birlikte hareketin sağlanması için donatılarda bağlantıların dikkatli şekilde düzenlenmesi ve uygulama aşamasında proje detaylarına uygun yapılması gerekmektedir.



Şekil 3.50. Yapıya dıştan perde eklemek için münferit temel imalatı

Yapıya Dışından Uzaysal Çerçeveler Eklenmesi;

Yapı dışına uzaysal çerçeve ekleme yöntemi de yapıya gelen yanal deprem yüklerine karşı uygulanan sistem bazında bir güçlendirme şeklidir. İhtiyaçlara göre eleman bazında güçlendirmelerin uygulanması ile birlikte yapıya ilave süneklik kazandırması da söz konusudur.



Şekil 3.51. Yapıya dıştan uzay sistem eklenmesi

Çerçeve ekleme yöntemi genel de, yapının içinden müdahalenin yapılamadığı, yapının kullanımına devamın gerekli olduğu ve bu sistemle yapının güçlendirilmesinin yapılabileceği durumlarda kullanılır. Şekil 3.51’ de görüldüğü gibi bu yöntemin uygulanabilmesi için yapı dışında bir miktar alana ihtiyaç duyulmaktadır ve bu yöntemle yapıya estetik bir görünüm kazandırılabilir.

Bütün çelik elemanlarla güçlendirme yöntemlerinde olduğu gibi yapı dışına çerçeve ekleme yönteminde de, çelik çerçeve sisteminin mevcut yapıya bağlantılarının yapılması kalifiye işçilik gerektirmektedir. Oluşturulacak elemanlar mevcut elemanlarla uygun ebatlarda olmalıdır. Kuvvet aktarımı için gerekli bağlantıların düzenlenmesi ve detaylandırılması özenle yapılmalıdır.

Yapıya Payandalar Eklenmesi;

Yapı dışından uygulanan sistem bazında güçlendirme yöntemlerinden biride yapıya payandalar eklenmesidir. Diğer güçlendirme yöntemlerinde olduğu gibi bu yöntemde de yapıya yanall rijitlik ve süneklik kazandırmak ana amaçtır. Yapıya bitişik perde ekleme yönteminde bina dış aksına paralel perde ilave etmek yerine bu sistemde bina dış aksına dik perdeler ilave edilmektedir.

Bu güçlendirme sistemi Şekil 3.52’ de verilen üniversite binası örneğindeki gibi; yapının içinden müdahalenin yapılamadığı, yapının kullanımının kesintiye uğramasının mümkün olmadığı durumlarda tercih edilir.



Şekil 3.52. Yapıya payandalar eklenmesi (Yıldırım 2008)

Bu yöntemde; payandaların simetrik olarak yerleştirilmesi, bağlantılarının kat hizasında olması, perde içinde başlık yapılması, yapının aynı cephesinde yapılacak payandaların birbirleriyle bağlantılarının olması ve payandaların altına temel sistemi yapılması gereklidir.

3.6.6. Yapı Performansının Gelişmesini Sağlayan Diğer Teknikler

Burada söz edilecek konular güçlendirme işlemi olmamakla birlikte yapıya gelecek olan deprem yüklerinin etkisini azaltmaya yönelik, doğal olarak güvenliğin artırılması için yapılan işlemlerdendir. Bu işlemler; kütle azaltma, sismik izolasyon, kütle damperleri ve pasif enerji dağıtıcılar olarak sıralandırılabilir.

Yapıya etkiyen deprem kuvveti kütle ile orantılı olduğundan, bazı durumlarda yapının kütlelerinin azaltılması uygun ve etkili bir çözüm olmaktadır. Bu amaçla 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. Dolayısıyla yapı ve zemin özelliklerinin etkileşiminden kaynaklı olarak binaya tesir eden sismik yüklere, söz konusu yaklaşımla sınırlı müdahale ve önlemler getirilebilmektedir (Gürol 2007).

Sismik izolatörler yapıya gelecek deprem yüklerini yalıtmaya yarayan son zamanlarda sık kullanılan yöntemlerdendir. Şekil 3.53' deki gibi çelik ve lastik levhalardan oluşan bu düzenekler yapının temel sisteminin altına yerleştirilerek yapıda oluşacak olan temel periyodunu artırmakta, deplasman kabiliyetini artırmakta ve sonuç olarak deprem yüklerini azaltmaktadır.



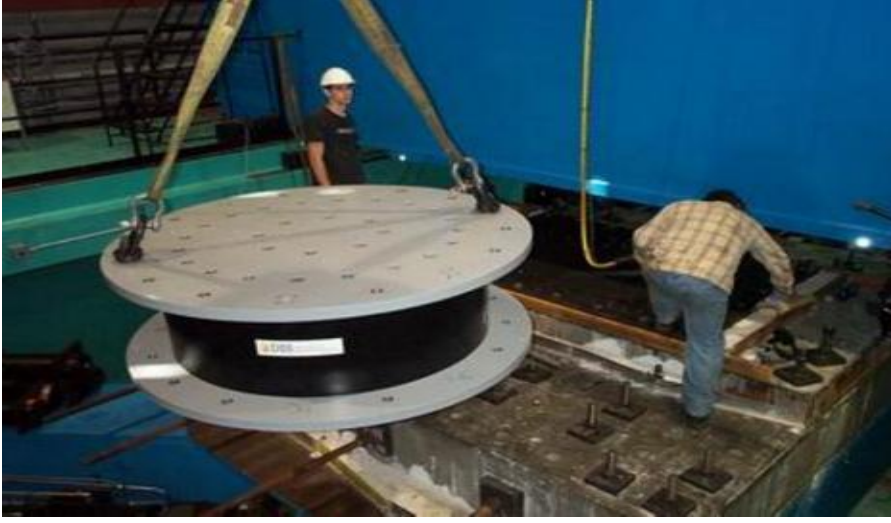
Şekil 3.53. Sismik izolatör

Kütle damperleri deprem yükleri altında salınımları fazla olan yüksek binalarda kullanılan, Şekil 3.54’ deki gibi çelik kablo ve çelik elamanlardan yapılan malzemelerdir. Sismik hareketler halinde yapının salın hareketinin aksi yönde hareket ederek yapının yapacağı deplasmanları azaltmak amacıyla kullanılmaktadırlar.



Şekil 3.54. Kütle damper

Pasif enerji dağıtıcıları sismik olaylarda oluşacak enerjinin sönümlenmesi için kullanılan elemanlardır (Şekil 3.55). Bunlar vasıtasıyla elastik davranış sağlanarak, gelen yatay yükleri azaltırlar.



Şekil 3.55. Pasif enerji dağıtıcılar

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında incelenen betonarme binanın deprem performansı ve buna ait çözüm önerileri bu bölümde sunulacaktır.

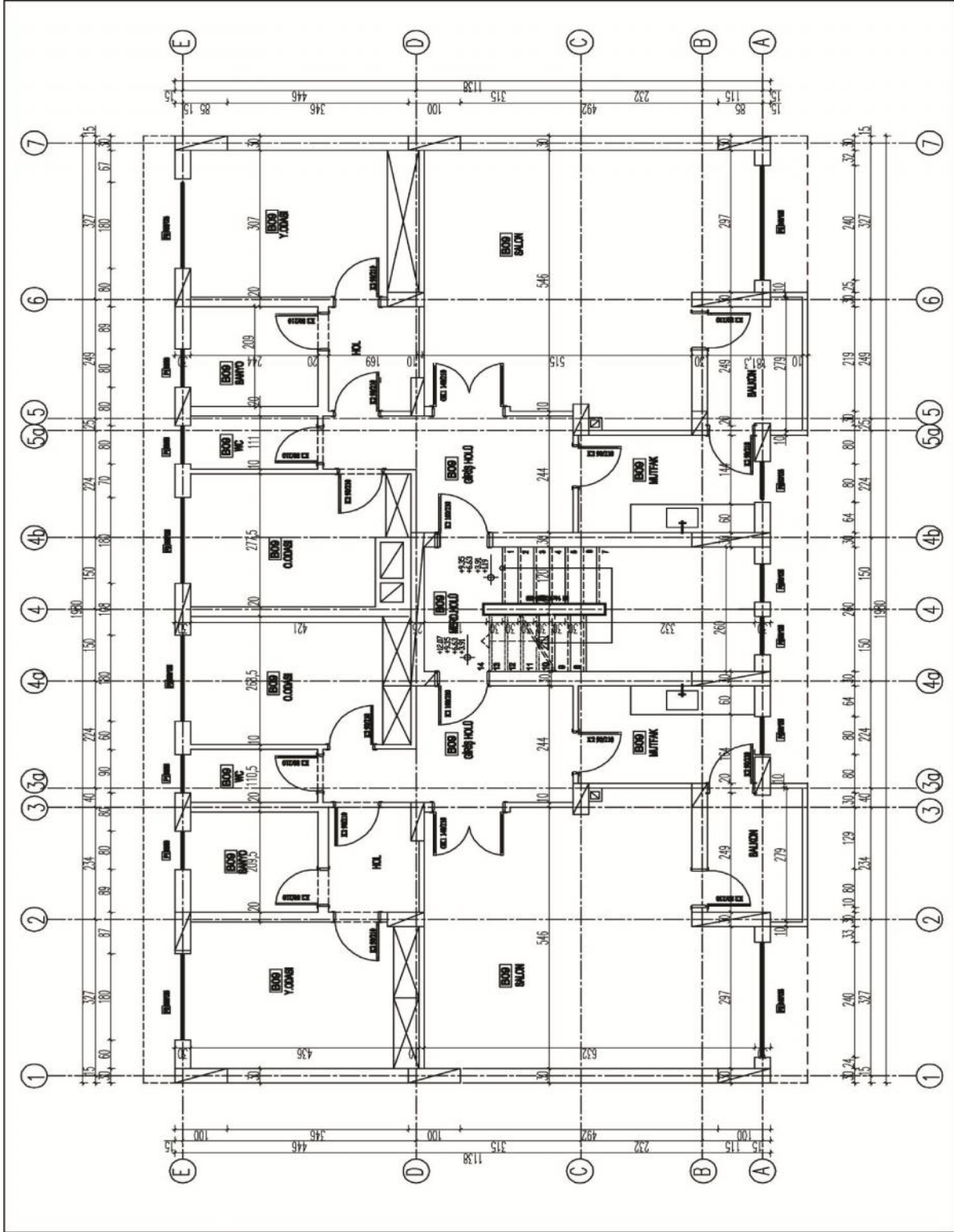
4.1. Altı Katlı Betonarme Lojman Binası Mevcut Durum Tanıtımı

1998 yılında bodrum+zemin+4 normal kat olmak üzere 6 katlı olarak Diyarbakır İli Eğil İlçesinde betonarme taşıyıcı sistem olarak inşa edilen Alparslan Lisesi Lojman binası incelenecektir. Lojman binasının görünüşü Şekil 4.1’de verilmiştir. Mevcut bina üzerinde farklı güçlendirme önerileri uygulanmış ve bu önerilerden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve kıyaslanmıştır. Binanın mimari ve kalıp aplikasyon planı sırasıyla Şekil 4.2 ve 4.3’deki gibidir



Şekil 4.1. Lojman binası görünüşü

Bina dikdörtgen bir plan geometrisine sahip binanın boyuna uzunluğu 19.80 m, enine uzunluğu ise 11.40 m’dir. Bina yaklaşık olarak 225 m² plan ebatlarında oturtulmuş ve kat yüksekliği tüm katlarda aynı olup 2.72 m’ dir. Plandaki şekli dikdörtgen olan taşıyıcı sistemde yükler 12 cm kalınlığında betonarme plak ile 20/60, 25/60 ve 30/60 en kesitli betonarme kirişler ve 30/80, 30/70, 30/65, 30/100 ve 30/150 kolonlara ve bodrum katta 30 cm kalınlıklı perde duvarlara oradan da temellere aktarılmaktadır. Temel sürekli temel olup ve temel yüksekliği 90 cm’ dir.



Şekil 4.2. 1. 2. 3. 4. kat mimari planı

103

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Mevcut bina T.C Milli Eğitim Bakanlığınca 1998 yılında inşa ettirilen tip proje olup proje ile ilgili detaylı bilgiler bakanlıktan temin edilmiştir. Bina 1997 Affet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik esasları doğrultusunda inşa edilmiştir. Yerinde ölçüm ve gözlemler yapılmak suretiyle mevcut projenin imalata uygun yapılp yapılmadığı tespit edilmiştir. Binanın taşıyıcı elemanları olan kolonların, perdelerin, kirişlerin ebatları ve plandaki konumları statik projesine uygun olarak imal edildiği doğrulanmıştır.

İnceleme tarihi itibari ile pas payının sıyrılması sonucu yapılan gözlemlerde donatılarda korozyon etkisine rastlanmamıştır. Kat döşemelerinde sehim problemi görülmemiştir. Binada St 1 (nervürsüz) çeliği kullanılmıştır. Kolon ve kirişlerde pas payının sıyrılması neticesinde etriye sıklaştırılması yapılmadığı tespit edilmiştir. Çizelge 4.1' de binadan alınan 18 adet karot numunesine ait beton basınç dayanım sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.1. Mevcut binadan alınan karot numunelerine ait basınç dayanımı sonuçları

SIRA NO	NUMUNE ADI	BASINÇ DAYANIMI (kgf/cm ²)
1	1. Kat 1 No' lu karot	126.0
2	1. Kat 2 No' lu karot	134.0
3	1. Kat 3 No' lu karot	133.0
4	2. Kat 1 No' lu karot	183.0
5	2. Kat 2 No' lu karot	97.0
6	2. Kat 3 No' lu karot	188.0
7	3. Kat 1 No' lu karot	163.0
8	3. Kat 2 No' lu karot	111.0
9	3. Kat 3 No' lu karot	134.0
10	4. Kat 1 No' lu karot	96.0
11	4. Kat 2 No' lu karot	123.0
12	4. Kat 3 No' lu karot	98.0
13	5. Kat 1 No' lu karot	109.0
14	5. Kat 2 No' lu karot	76.0
15	5. Kat 3 No' lu karot	100.0
16	6. Kat 1 No' lu karot	104.0
17	6. Kat 2 No' lu karot	101.0
18	6. Kat 3 No' lu karot	134.0

Çizelge 4.1' de verilen karot numunelerine ait beton basınç dayanım sonuçlarından TS EN 13791 " Basınç Dayanımının Yapılar Ve Öndökümlü Beton Bileşenlerde Yerinde Tayini" (2010)'deki hesap esaslarına göre hesaplanarak;

Ortalama dayanım = 122.78 kgf/cm²

Standart Sapma (σ_{n-1}) = 30.53 kgf/cm²

Ortalama - Standart Sapma = 92.25 kgf/cm² (Küp Dayanımı)

Eşdeğer Silindir Dayanımı = 0.85 x 92.25 = 82.10 kgf/cm² (C8 BETON) elde edilmiştir.

Yapının mevcut durumu bilgisayar ortamında Sta4CAD V.13.1 (2013) "Yapı Analiz Programı" kullanılarak 3 boyutlu olarak modellenmiş ve DBYBHY (2007) yönetmeliği esas alınarak statik ve dinamik analizi gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan parametreler;

- 1. Derece deprem bölgesi (Etkin İvme Katsayısı $A_0 = 0.40$)
- Yapı önem katsayısı $I = 1.0$ olarak alınmış
- Z2 sınıfı zemin özellikleri kullanılmış
- $e = 0$ (yük dış merkezlikleri) alınmış
- Elastisite Modülü TS500 (2000) (3.3.1)'de verilen;
 $E = 3250\sqrt{f_{ck}} + 14000$ (M_{pa}) formülü ile hesaplanmıştır.
 Burada; f_{ck} , mevcut beton basınç dayanımı olup, binadan alınan karot numunelerine ait basınç dayanımı sonuçlarına göre 8 Mpa olarak belirlenmiştir.
- Bina Performans Düzeyi = CAN GÜVENLİĞİ DURUMU (CG)
- Taban Kesme Kuvveti Katsayısı = 0.85 DBYBHY (2007)
- Bina Bilgi Düzeyi = ORTA
- Bilgi Düzey Katsayısı = 0.9 DBYBHY (2007)
- İvme Spektrumu - Deprem Aşılma Olasılığı = 50 YILDA % 10
- Sargılama Durumu: YOK
- Statik Analiz Sonuçları $R = 1.0$ kullanılarak elde edilmiştir
- Yapı Tipi Katsayısı (R): 4.0
- Hareket Yük Katsayısı: (n): 0.3
- Zemin Emniyet Gerilmesi: 19.6 t/m²
- Betonarme Hesap Yöntemi: Taşıma Gücü Yöntemi TS500 (2000)
- Deprem Hesabı Yöntemi: Mod Süperpozisyonu İle Dinamik Analiz. Hesapta kullanılan 10 farklı yük kombinasyonu şu şekildedir;
- 1- 1.4 C_g + 1.6 C_q
- 2- 1.4 C_g + 1.6 C_q + 1.6 C_s

3- $1.0 C_g + 1.2 C_q + 1.0 C_t$

4- $1.0 C_g + 1.0 C_q \pm 1.0 C_e$

5- $1.0 C_g + 1.0 C_q + 1.0 C_s \pm 1.0 C_e$

6- $0.9 C_g \pm 1.0 C_e$

7- $1.0 C_g + 1.3 C_q \pm 1.3 C_w$

8- $1.0 C_g + 1.3 C_q + 1.0 C_s \pm 1.3 C_w$

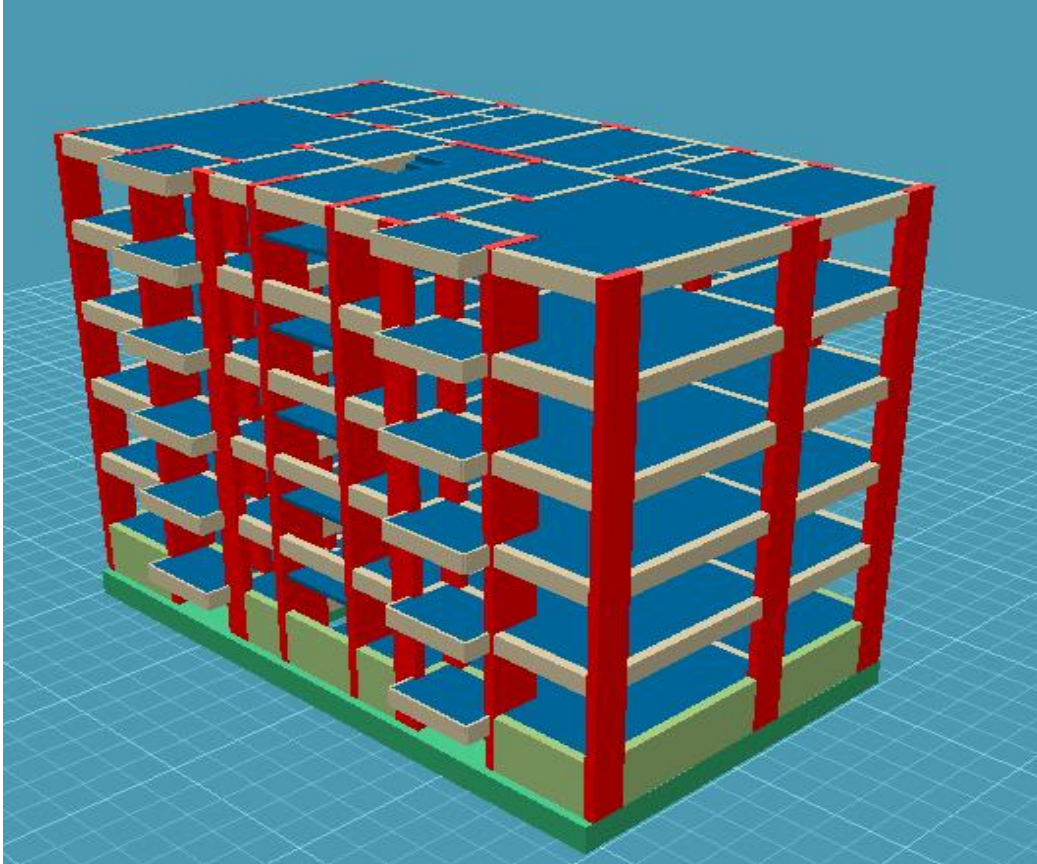
9- $0.9 C_g \pm 1.3 C_w$

10- $0.9 C_g + 0.9 C_s \pm 1.3 C_w$

Burada; C_g , ölü yük, C_q , hareketli yük, C_s , zemin, C_e , deprem, C_w , rüzgar, C_t , ısı parametresini göstermektedir.

4.2. Binanın Mevcut Durumunun Değerlendirilmesi

Binanın mevcut durumu ile Sta4CAD V.13.1 (2013) yapı analiz programında üç boyutlu modellenerek, statik ve dinamik analiz yapılmıştır. Yapının mevcut durumunun üç boyutlu modeli Şekil 4.4'deki gibidir.



Şekil 4.4. Lojman Binası Mevcut Durumu Sta4Cad.V13.1 (2013) Programında 3 Boyutlu Modeli

Mevcut binaya ait modal analiz sonuçları, deprem kuvveti değerleri, yapı düzensizlikleri kontrolü, modal analiz mod şekilleri, bina performans raporu Ek 1’ de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenecektir:

1- Binanın düşey taşıyıcı elemanlarının planda simetrik olarak düzenlenmemesinin yanı sıra bu elemanların bir çoğunun eğilmede kuvvetli eksenleri, X eksenine doğrultusunda olduğundan yapı analiz sonuçlarının incelemesiyle kiriş hasarlarının Y eksenine doğrultusunda olduğu gözlemlenmiştir. Aynı şekilde kolon kesme kuvvet etkisinin Y eksenine doğrultusunda daha fazla oranlarda olduğu tespit edilmiştir.

2-Kolonların taşıma gücü kapasitelerinin yetersiz kalmasından dolayı aşırı zorlanan kolonlar kuvvet dağılımı ilkesi gereğince kapasitelerini aşan yükleri komşu elemanlara aktarmaktadır. Bu durumun kiriş elemanlarında hasar oluşumuna neden olduğu düşünülmektedir.

3- Analiz sonuçları değerlendirildiğinde DBYBHY (2007) madde 7.7.3. Can Güvenliği performans düzeyi kriterleri açısından;

a) Herhangi bir kattaki kirişlerin % 30’ unun üzerinde oranlarda ileri hasar bölgesine geçtiği tespit edilmiştir. İleri hasar bölgesindeki kiriş yüzdeleri incelendiğinde en yüksek değer X eksenine doğrultusunda 2. ve 3. katlarda % 33.3 olduğu, Y eksenine doğrultusunda ise 3. katta % 66.7 oranında olduğu görülmektedir.

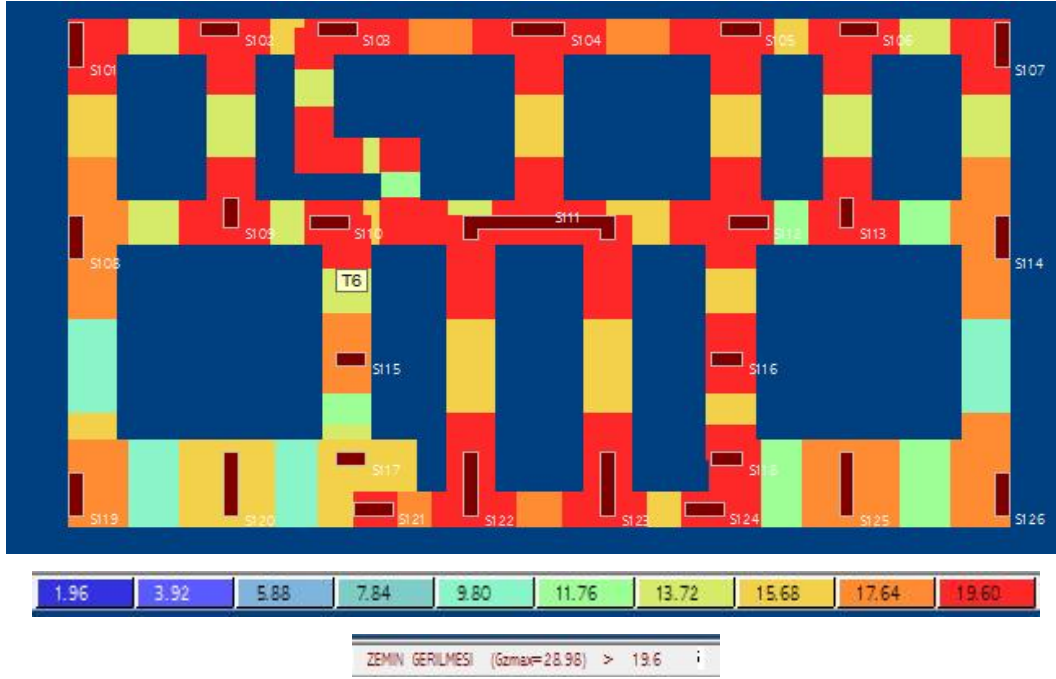
b) İleri hasar bölgesinde ki kolonların her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı % 20’nin altında olması gerekirken bu oranın 2. kat X doğrultusunda % 40.6, ve 2. kat Y doğrultusunda % 58.3 olduğu Ek 1’ de verilen kolon kesme kuvveti dağılımı tablosunda görülmektedir.

4- Mevcut durum analiz sonuçlarından elde edilen düzensizlik değerlerinde Z , 1. ve 2. katlarda $\max n_{bi} = 1,09$ olduğu ve bu durumun $\pm X$ yönünde ortaya çıktığı gözlemlenmiştir.

Tüm bu tespitler neticesinde binanın 50 yılda aşılması olasılığı % 10 olan deprem düzeyini (can güvenliği kriterini) sağlamadığı ve mevcut binanın güçlendirmesinin gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

Lojman binasının performans hesapları; bodrum üzerinden yüksekliği 25 m’ den küçük olduğu, toplam kat sayısının 8’ i geçmediği ve burulma düzensizliği katsayısı $n_{bi} < 1,4$ olarak belirlendiğinden, hesap yöntemi olarak 2007 DBYBHY’ in 2. bölümüne

ek olarak aynı yönetmeliğin Bölüm 7.5’ inde verilen Doğrusal Elastik Yöntemler ile belirlenecektir.



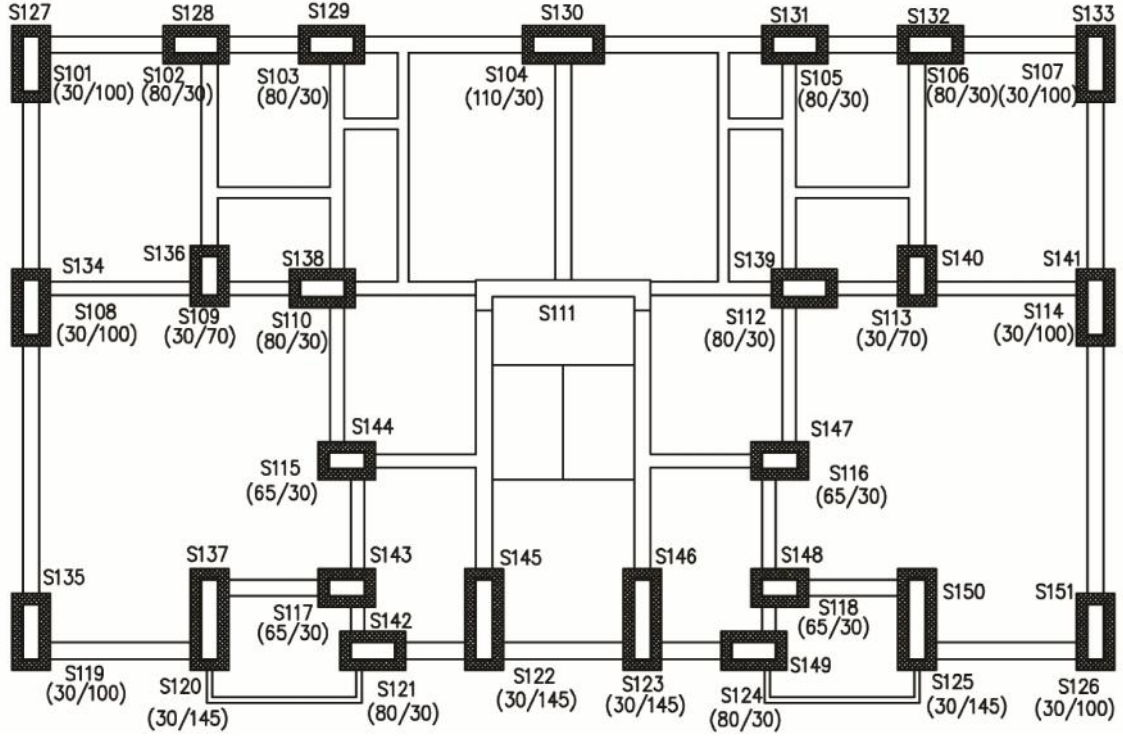
Şekil 4.5. Mevcut durum temel elemanı yetersizliğinin belirlenmesi

Şekil 4.5’ ten görüleceği üzere, zemin $19,8 \text{ t/m}^2$ olan gerilmesi $28,98 \text{ t/m}^2$ olarak hesaplanmış ve bu değer emniyet gerilmesi değerini aştığı tespit edilmiştir. Bu durum yapı temelinin mevcut durumunun yetersiz olduğunu göstermektedir. DBYBHY(2007)’ de temel elemanlarda donatıların pas payı 5 cm olmak zorunda olmasından dolayı donatıların bu durumu dikkate alınarak, 40 cm’ lik radye temel eklenmiştir. Temel sistemi bütün çözüm önerilerinde aynı alınarak üstyapıya ait sonuçların daha uygun bir şekilde kıyaslanması sağlanmıştır. Bölgede uygulanabilmesi açısından ve üretilmesi için ekstra bir çaba gerek duyulmamasından dolayı kullanılacak beton sınıfı C25 kullanılacaktır. Donatı olarak DBYBHY (2007) dikkate alınarak St 420 çeliği kullanılacaktır.

4.3. Mevcut Bina İçin Güçlendirme Önerileri

Mevcut binanın güçlendirilmesi için 4 farklı öneri sunulacaktır. 1. güçlendirme önerisi; mevcut binanın tüm kolonlarının $20\text{cm} \times 20\text{cm}$ ebatlarında manto ile sarılması olup bu uygulamaya ait kalıp aplikasyon planı Şekil 4.6’daki gibidir. Bu öneri öncesi ön çalışma olarak tüm kolonlar $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ ebatlarında manto ile sarılarak güçlendirilmiş

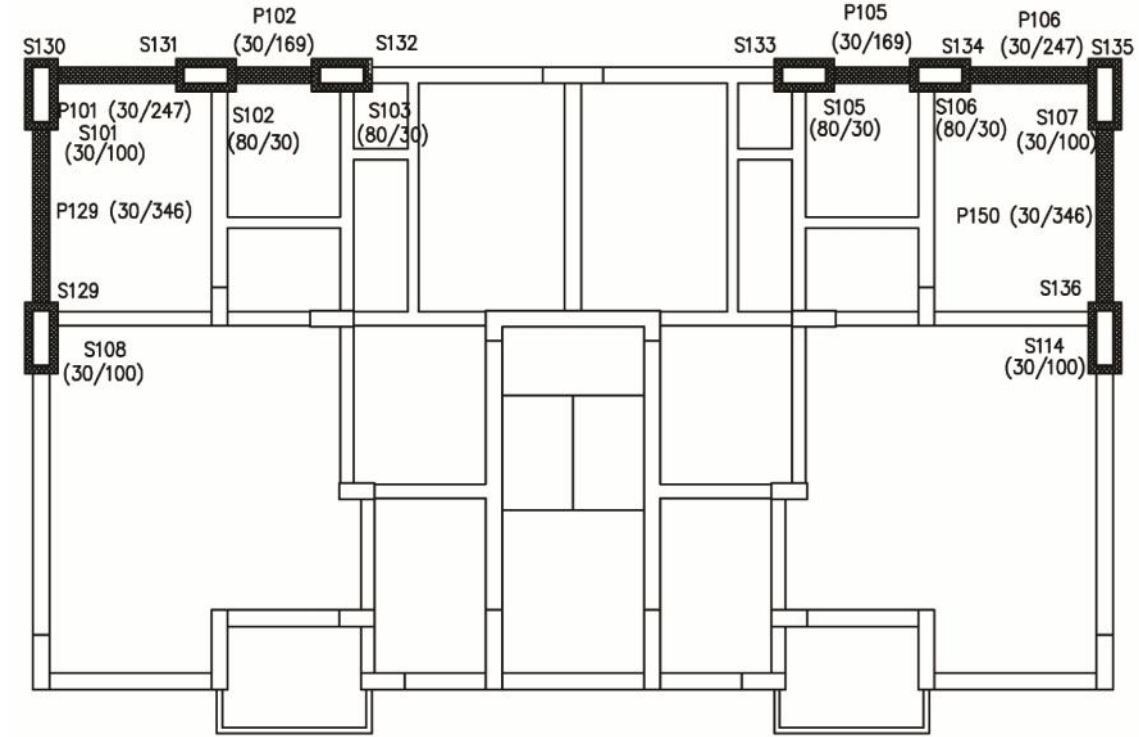
ve yapılan analiz sonucunda bu güçlendirme önerisinin bina deprem performansının Can Güvenliği performans düzeyini sağlamadığı belirlendiğinden bu analize ait sonuçlar ayrıca verilmemiştir. 1. güçlendirme önerisine ait bina performans raporu Ek 2’ de verilmiştir.



Şekil 4.6. 20cmX20cm kolon mantolama aplikasyon planı

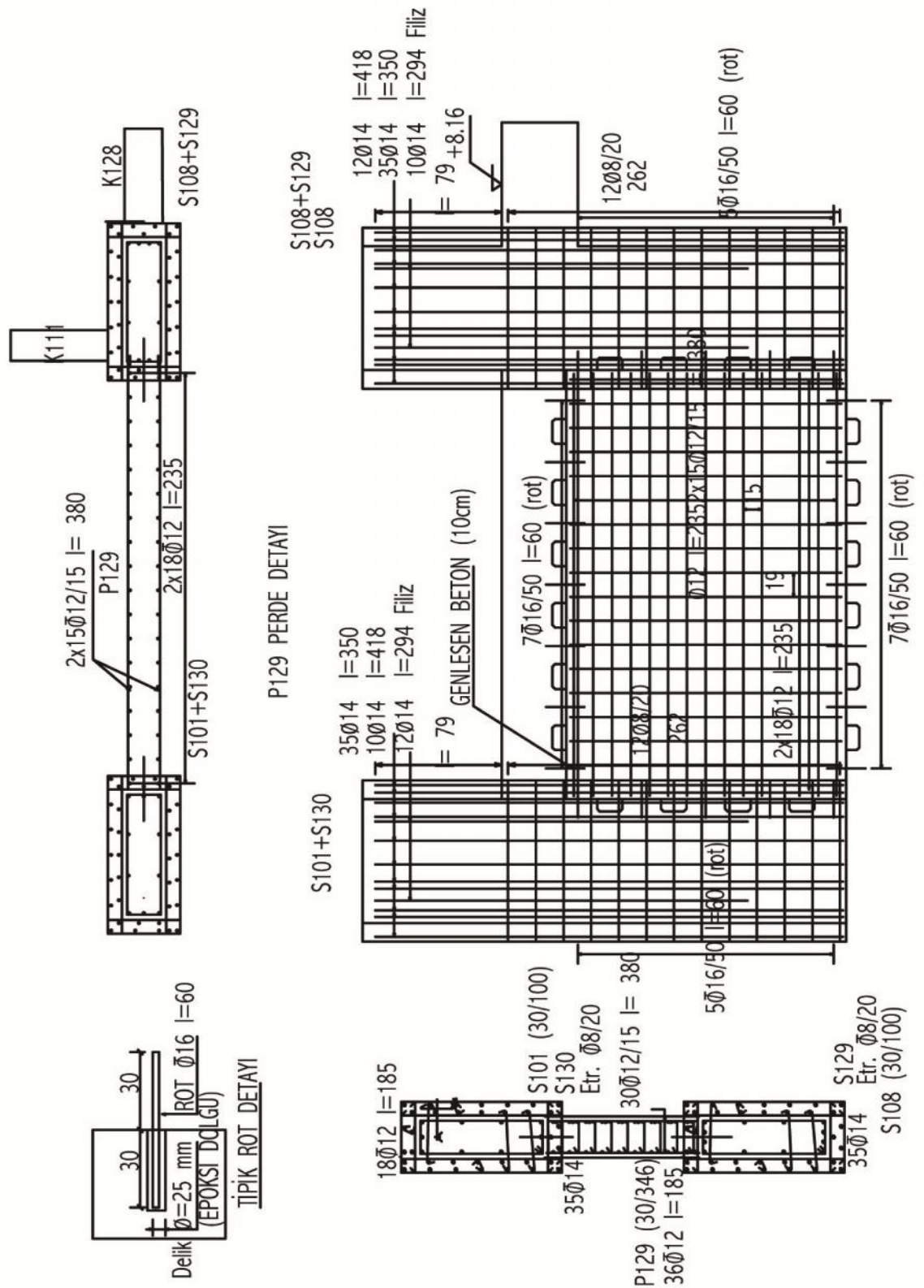
Ek 2’ de verilen sonuçlara göre kiriş hasar oranı % 38,1 olup DBYBHY (2007) Madde 7.7.3a’ da sağlanması gereken % 30 değerinin üzerinde olduğundan tüm kolonların 20cmx20cm’ lik manto ile güçlendirilmesi Can Güvenliği Performans Düzeyini sağlamamaktadır.

İkinci güçlendirme önerisi olarak; mevcut yapı üzerinde bölüm 7.2’ de yapılan değerlendirmeler sonucu DBYBHY (2007) Madde 7.7.3 kriterleri açısından kiriş hasar yüzdeleri ve kolon kesme kuvvetine toplam katkısı açısından D ve E aksındaki kiriş ve kolonların yetersiz olduğu tespit edildiğinden ikinci güçlendirme önerisinde boşluklu perde elemanlar bu akslara simetrik olacak şekilde yerleştirilmişlerdir. Bu güçlendirme önerisine ait kalıp aplikasyon planı Şekil 4.7’ de görülmektedir.



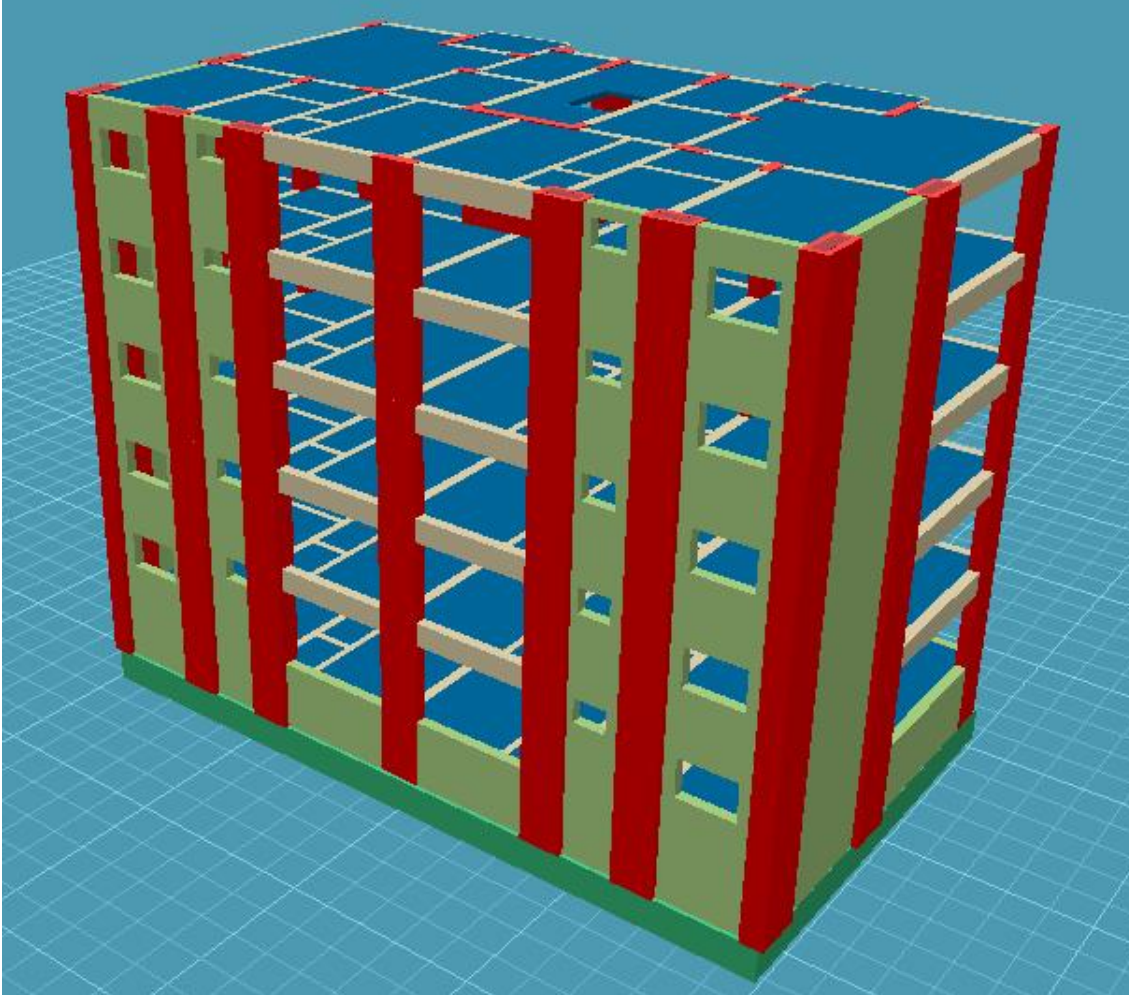
Şekil 4.7. İkinci Güçlendirme Önerisi İçin Kalıp Aplikasyon Planı

P129 no'lu ilave perde ile S129 - S130 no'lu kolon mantolanmasına ait güçlendirme donatı detayı Şekil 4.8'de örnek olarak verilmiştir.



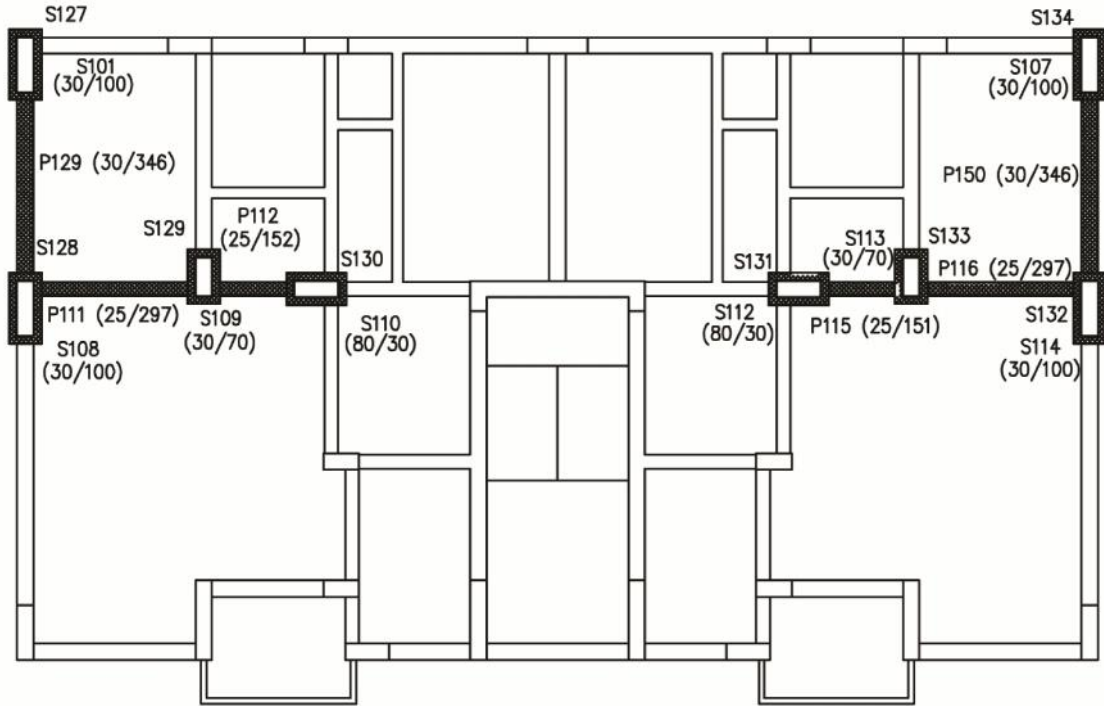
Şekil 4.8. P129 no'lu ilave perde ile S129 - S130 kolonu mantolanma donatı detayı

Bu öneri için Sta4CAD V13.1 (2013)' de yapılan üç boyutlu modelleme Şekil 4.9' da verilmiş olup bu modellemeye ait analiz sonuçları Ek 3' te özet olarak sunulmuştur. Ek 3' deki sonuçlardan görüleceği üzere bina için önerilen güçlendirme ile Can Güvenliği Performans Düzeyi sağlanmaktadır.



Şekil 4.9. İkinci Güçlendirme Önerisine Ait Sta4CADV13.1 (2013)Programında Yapılan Üç Boyutlu Modeli

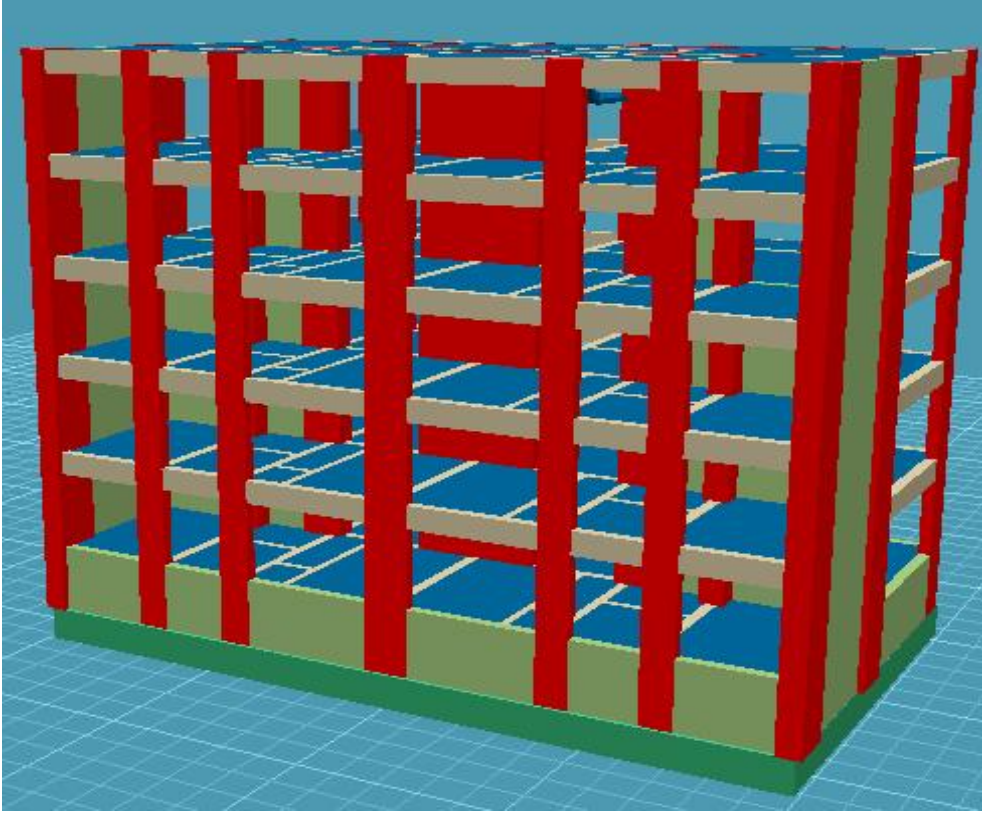
Üçüncü güçlendirme önerisine ait kalıp aplikasyon planı ve Sta4CAD V13.1 (2013)' deki üç boyutlu modeli Şekil 4.10 - 4.12 ' da gösterilmektedir. Şekil 4.10 Bodrum+Zemin+2 katta ait kalıp aplikasyon planını, Şekil 4.11' de ise 3. ve 4. katların kalıp aplikasyon planıdır.



Şekil 4.10. Üçüncü Güçlendirme Önerisi İçin Bodrum, Zemin 1. ve 2. Katta Ait Kalıp Aplikasyon Planı



Şekil 4.11. Üçüncü Güçlendirme Önerisi İçin 3. Ve 4. Katların Kalıp Aplikasyon Planı

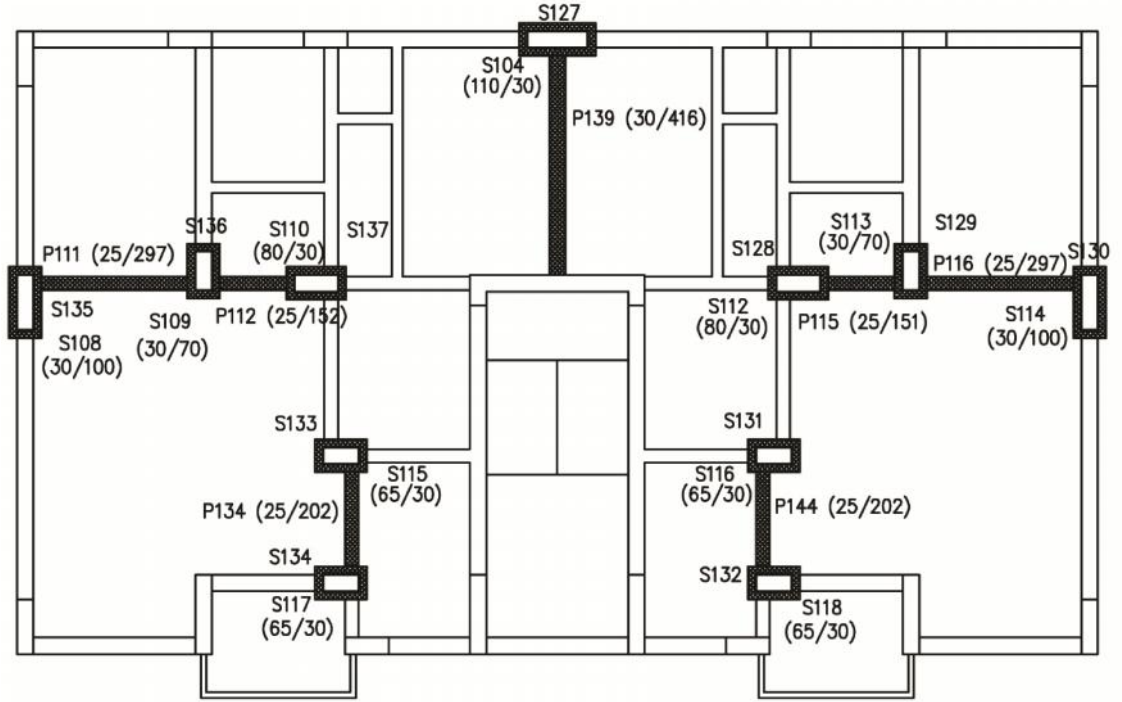


Şekil 4.12. Üçüncü Güçlendirme Önerisi Sta4CAD V13.1 Programı İle Üç Boyutlu Modeli

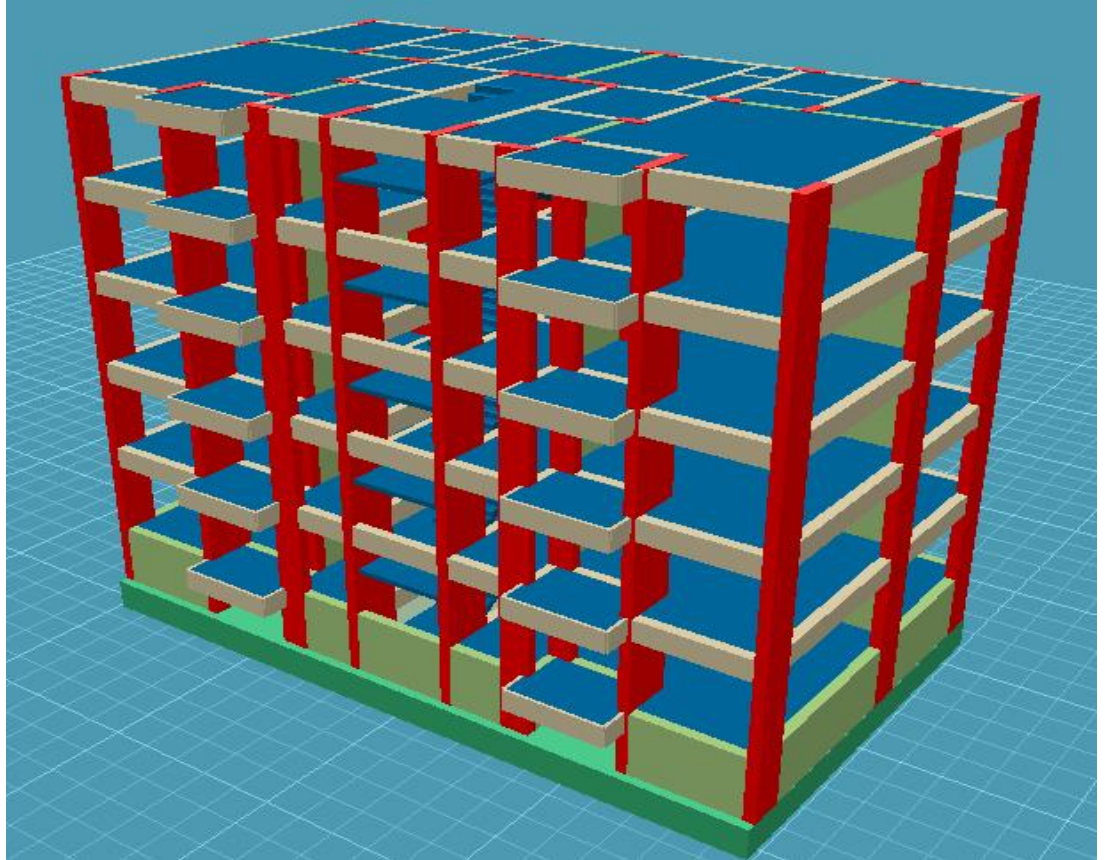
Bu güçlendirme önerisinde ikinci güçlendirme önerisinden farklı olarak E aksındaki boşluklu perdeler D aksına alınmış ve önceki çözüm önerisinde boşluklu olarak düzenlenen perdeler bu çözümde boşluksuz olarak modellenmiştir. Ayrıca beklenen performans sağlandığından D 1-2 ve D 6-7 aksları arasındaki perdeler 3. ve 4. katlarda devam ettirilmesine gerek duyulmamıştır.

Bu öneriye ait analiz sonuçları Ek 4’ de sunulmuştur. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde kullanım amacı konut olan binanın hedeflenen performans düzeyi olan Can Güvenliği Performans Düzeyini sağladığı görülmektedir.

Dördüncü ve son güçlendirme önerisine ait kalıp aplikasyon planı ve Sta4CAD V13.1 (2013) programında yapılan üç boyutlu modeli Şekil 4.13 ve Şekil 4.14’ deki gibidir. Bu öneride perde elemanlar D, 3a, 4 ve 5a akslarında kullanılmıştır. Önceki çözüm önerilerinden farklı olarak burada perde elemanlar binanın iç kısımlarında kullanılmıştır. Öneriye ait analiz sonuçları Ek 5’ de verilmiştir. Analiz sonuçlarından görüleceği üzere bina kendisinden talep edilen Can Güvenliği Performans Düzeyi sağlanmaktadır.



Şekil 4.13. Dördüncü Çözüm Önerisine Ait Kalıp Aplikasyon Planı



Şekil 4.14. Dördüncü Güçlendirme Önerisi Sta4CAD V13.1 Programı İle Üç Boyutlu Modeli

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1- Çözümü yapılan bütün güçlendirme öneriler için; yapının mimari planının bozulmamasına dikkat edilmiştir.

2- Bu tez kapsamında bina temeli ve üst yapı ile ilgili detaylı çalışmalar yapılmış olup, binanın oturduğu zemine ilişkin çalışmaların uygun görülen güçlendirme önerisinin uygulanmasından önce ayrıca yapılmasının yerinde olacağı düşünülmektedir.

3- Mevcut yapının analizi sonucunda serbest titreşim periyodu; birinci güçlendirme önerisi için; 1. Mod için $T_{1y} = 0.6462$, 2. Mod için $T_{2x} = 0.5357$, 3. Mod için $T_{3\theta} = 0.4745$, İkinci güçlendirme önerisi için; 1. Mod için $T_{1x} = 0.3783$, 2. Mod için $T_{2y} = 0.3438$, 3. Mod için $T_{3\theta} = 0.1790$, Üçüncü güçlendirme önerisi için; 1. Mod için $T_{1y} = 0.3459$, 2. Mod için $T_{2x} = 0.3139$, 3. Mod için $T_{3\theta} = 0.2327$, Dördüncü güçlendirme önerisi için; 1. Mod için $T_{1\theta} = 0.4451$, 2. Mod için $T_{2y} = 0.3642$, 3. Mod için $T_{3x} = 0.3106$. olarak tespit edilmiştir.

4- Göreli kat ötelemeleri incelendiğinde; Mevcut yapı için en büyük göreli kat ötelenmesi oranı $\Delta_{\max} = 0.0091518$, İkinci güçlendirme önerisi için en büyük göreli kat ötelenmesi değeri $\Delta_{\max} = 0.0035424$, Üçüncü güçlendirme önerisi için en büyük göreli kat ötelenmesi değeri, $\Delta_{\max} = 0.0036508$, Dördüncü güçlendirme önerisi için en büyük göreli kat ötelenmesi değeri $\Delta_{\max} = 0.0041300$. Gerek yapı periyotları, gerekse maksimum göreli kat ötelenme değerleri incelendiğinde güçlendirme önerilerinde hedeflenen daha rijit yapı elde etme amacına ulaşıldığı görülmektedir.

5- Perde taban moment oranı kontrolü yapıldığında; İkinci güçlendirme önerisinde X yönü için 0.72, ve Y yönü için 0.81, üçüncü güçlendirme önerisinde X yönü için 0.79, ve Y yönü için 0.80, ve dördüncü güçlendirme önerisinde X yönü için 0.80, ve Y yönü için 0.71 değerleri elde edilmiştir. Bu değerler önerilen güçlendirme sistemlerine her iki doğrultuda deprem kuvvetlerini karşılayacak yeterli sayıda perde duvar ilave edildiğini göstermektedir.

6- Tüm güçlendirme önerilerinde eleman $r = \text{etki} / \text{kapasite}$ oranlarının DBYBHY - 2007 yönetmeliğindeki farklı hasar düzeylerine karşı gelen r sınır değerleriyle karşılaştırılarak performans seviyeleri belirlenmiştir. Bu önerilerin hepsinde Bina Can Güvenliği performans düzeyi sağlanmıştır.

7- Mevcut yapı yaklaşık maliyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığından: Mimarlık Ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2014 Yılı Yapı Yaklaşık

Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ esas alınarak Ek 6'da görüleceği üzere şekilde hesaplanarak 748.271,70 (Yedi yüz kırk sekiz bin iki yüz yetmiş bir Türk Lirası yetmiş Kuruş) Türk Lirası olarak hesaplanmıştır.

Ek 6'daki gibi OSKA (2013) programı yardımı ile hesaplanan çözüm önerilerinin yaklaşık maliyetler; İkinci çözüm önerisi için yaklaşık maliyet 207.331,74 TL, üçüncü çözüm önerisi için yaklaşık maliyet 208.291,29 TL, dördüncü çözüm önerisi için yaklaşık maliyet 221.024,41 TL olarak hesaplanmıştır.

Bu yaklaşık maliyetlere göre ikinci, üçüncü ve dördüncü çözüm önerileri mevcut yapı yaklaşık maliyetinin sırasıyla % 27, % 28 ve % 30'u mertebesinde. Bu durum yapının güçlendirilmesinin maliyet açısından kabul edilebilir sınırlarda olduğunu göstermektedir.

8- Göreli kat ötelenme oranı açısından 2. güçlendirme en uygun sonuç verdiği, burulma etkisi açısından, perde oranı yüksek olduğundan 4. çözüm önerisinin en uygun olduğu, maliyet açısından ise 2. çözüm önerisinin az da olsa ekonomik olduğu tespit edilmiştir.

9- Tüm çözüm önerilerinin mimari açıdan ve güçlendirme detayı açısından uygulanabilir olduğu görülmektedir. Bu kriterler incelendiğinde maliyet açısından az bir farkla fazla olmasına karşın burulma etkisi göz önüne alınarak 4. güçlendirme önerisinin daha uygun olacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

1997 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1997 İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayın NO:25

Akyıldız, H. (2007) Betonarme Bir Yapının Güçlendirme Öncesi Ve Sonrası Yapı Performansının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, SAKARYA.

Arslan, B. (2003) Bir Okul Yapısının Depreme Karşı Güvenliğinin Sağlanmasında İki Ayrı Güçlendirme Sisteminin İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İSTANBUL.

Atay, H. (2010) Depremde Hasar Görmüş Yapıların Güçlendirme Yöntemleri Ve Güçlendirmede Kullanılan Malzemeler. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, SAKARYA.

Aydoğan M., 2000 Betonarme Binalarda Onarım Ve Güçlendirme Sistemleri Ve Tasarımı, İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi.

Bayulken, N., 2001 Depremde Hasar Gören Betonarme Yapıların Onarım Ve Güçlendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi.

Bilen, S. (2010) 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Bir Güçlendirme Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, ESKİŞEHİR.

Celep, Z., 1999 Kocaeli Depremi Sonrası Betonarme Binalarda Onarım Ve Güçlendirme İlkeleri. İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Bülteni, sayı 47-48.

Celep, Z., 1999 KUMBASAR, N., 2000 Deprem Mühendisliğine Giriş Ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım İstanbul.

Celep, Z., Kumbasar, N., Örneklerle Yapı Dinamiği Ve Deprem Mühendisliğine Giriş İstanbul 1992.

Çelik, H. (2009) Mevcut Bir Yapının Statik İtme Analizi (Pushover) Yöntemi İle Güçlendirme Performansının Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, SAKARYA.

Çetinkaya, N. (2002) Betonarme Yapı Elemanlarının FRP Malzemelerle Onarım Ve Güçlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, DENİZLİ.

Demir, H., 1992 Depremde Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Onarım Ve Güçlendirilmesi, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 2007.

Erdem, M. F. (2008) Perde Duvar Ve Betonarme Mantolama Yöntemleriyle Güçlendirilen Binalarda Güçlendirme Maliyetinin İncelenmesi Akşehir İhl Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, ANKARA.

Ersoy, U., 1999 TUBİTAK, Betonarme Binaların Onarım Ve Güçlendirilmesi, Kurs Notları, İMO.

Ersoy, U., Betonarme Temel İlkeler Ve Taşıma Gücü Hesabı, Evrim Yayınları Ankara.

Gürol, K. B. (2007) Deprem Dayanımı Yetersiz Betonarme Binaları Güçlendirme Yöntemleri. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İZMİR. 37,40,41,70,76.

Haluk Sucuoğlu, 2007 Deprem Yönetmeliği Performans Esaslı Hesap Yöntemlerinin Karşılıklı Değerlendirilmesi, THM Sayı 444-445-2006/4-5 syf 24-36.

İMO Diyarbakır Meslekici Eğitim Seminerleri (2009), Güçlendirme Tekniklerine Genel Bir Bakış, Doç. Dr. Alper İlki, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yapı Anabilim Dalı, Yapı Ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarı.

İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, Depremde Hasar Görmüş Yapıların Onarım Ve Güçlendirilmesi.

Kumbasar, N., İlki, A., ve Demir, C., (2004) Onarılmış Ve Güçlendirilmiş Betonarme Kolonların Davranışı, TUBİTAK İNTAG Proje No:568.

Prof. Dr. Halit Demir, Depremlerden Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Onarım Ve Güçlendirilmesi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul 1992.

Prof. Dr. M. Nuray Aydınoglu, Prof. Dr. Zekai CELEP, Prof. Dr. Erkan ÖZER, Prof. Dr. Haluk SUCUOĞLU; Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007) Açıklamalar Ve Örnekler El Kitabı.

Prof. Dr. Seyit Ali Kaplan, Mevcut Yapıların Depreme Karşı Güvenceye Alınmasında Binayı Sırtlayıp, Kucaklayıp Depremi Emniyetle Savacak Yeni Bir Güçlendirme Yöntemi (TMH-459-460-2010/1-2 syf47-55).

Sayın, B. (2003) Mevcut Betonarme Yapıların Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Projelendirilmesi Ve Güçlendirme Teknikleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İSTANBUL.

Sipahioğlu, M. (2006) Betonarme Binaların Fiber Takviyeli Polimer Sistemi İle Onarım Ve Güçlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, SAMSUN. 23.

Şirin, C. (2006) Yapılarda Oluşan Hasar Biçimleri Ve Nedenleri Ve Yapıların Onarım Ve Güçlendirilmesi Teknikleri İle Bir Yapının Güçlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İSTANBUL. 142,151.

TS 500, Betonarme Yapıların Hesap Ve Yapım Kuralları Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 13791 Basınç Dayanımının Yapılar Ve Öndökümlü Beton Bileşenlerde Yerinde Tayini (2010).

TUBİTAK, İMO, 1999 Betonarme Binaların Onarım Ve Güçlendirilmesi Kurs Notları.

Yıldırım, C. (2008) 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Mevcut Bir Yapının Performansının Belirlenmesi Ve Bir Güçlendirme Önerisi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İSTANBUL.

Yıldırım, M. (2008) Deprem Etkisindeki Betonarme Yapıların Onarım Ve Güçlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, HATAY. 26,31,32,41,43.

Yıldızlar, B. (2004) Binalarda Güçlendirme Teknikleri Ve Detaylandırmanın Önemi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İSTANBUL.

Yılmaz, B. (2006) Betonarme Yapıların Onarım Ve Güçlendirilmesi/Güçlendirmenin Ekonomik Olmaması Durumunda Patlayıcı Madde Kullanılarak Kontrolü Yıkımı. Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, ESKİŞEHİR.

Yörükçü, B. (2007) Hasarlı Yapıların Onarım Ve Güçlendirme İlkeleri. Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, ESKİŞEHİR.

EKLER

Ek - 1 : Mevcut Durum Sta4CAD Analiz Sonuçları

GÖRELİ KAT ÖTELEME KONTROLÜ

[max(R.Δ/h: MH < 0.01 < BH < 0.03 < IH < 0.04 < GB]

KAT	hi	X yönü Rx.Δx/h		Y yönü Ry.Δy/h	
6	2.72	0.0047550	MH	0.0062894	MH
5	2.72	0.0059801	MH	0.0079669	MH
4	2.72	0.0066938	MH	0.0091518	MH
3	2.72	0.0066174	MH	0.0089855	MH
2	2.72	0.0046966	MH	0.0059489	MH
1	2.72	0.0002546	MH	0.0003946	MH

BİNA PERFORMANSI

KİRİŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
6	33.3	66.7	0.0	0.0	42.9	52.4	0.0	4.8	52.4	47.6	0.0	0.0	42.9	57.1	0.0	0.0
5	0.0	85.7	14.3	0.0	0.0	95.2	0.0	4.8	19.0	61.9	19.0	0.0	23.8	76.2	0.0	0.0
4	0.0	71.4	28.6	0.0	0.0	85.7	9.5	4.8	19.0	42.9	28.6	9.5	19.0	28.6	52.4	0.0
3	0.0	61.9	33.3	4.8	0.0	71.4	23.8	4.8	19.0	42.9	9.5	28.6	19.0	14.3	66.7	0.0
2	0.0	66.7	33.3	0.0	0.0	85.7	14.3	0.0	19.0	52.4	19.0	9.5	19.0	61.9	19.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	87.5	12.5	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
Max.	100.					95.2						28.6			66.7	

X yönü kiriş sayısı = 8, 21, 21, 21, 21, 21

Y yönü kiriş sayısı = 15, 21, 21, 21, 21, 21

KOLON KESME KUVVET DAĞILIMI

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
6	13.5	61.9	17.1	7.5	13.2	61.7	19.4	5.8	42.0	12.9	31.2	13.9	52.1	32.5	5.7	9.7
5	28.5	53.0	15.7	2.8	28.1	53.2	16.0	2.7	25.1	34.5	29.0	11.5	31.8	49.5	0.0	18.7
4	30.9	43.3	20.0	5.9	30.4	43.4	20.3	5.9	34.0	27.2	0.0	38.9	36.3	35.1	9.2	19.4
3	5.2	75.5	13.1	6.2	5.3	70.7	17.8	6.2	19.1	47.8	0.0	33.1	41.0	30.4	10.6	18.1
2	1.2	38.0	40.5	20.3	3.3	35.8	40.6	20.3	6.0	4.5	58.3	31.3	9.1	3.6	17.4	69.8
1	98.0	0.3	1.7	0.0	98.0	0.3	1.7	0.0	99.8	0.2	0.0	0.0	97.2	2.8	0.0	0.0
Max.		75.5							99.8		58.3					69.8

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE MİNİMUM HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)		(X)		(-Y)		(Y)	
	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB
6	80.3	19.7	78.0	22.0	80.7	19.3	100.	0.0
5	78.3	21.7	76.3	23.7	75.0	25.0	88.1	11.9
4	90.1	9.9	90.1	9.9	75.1	24.9	90.8	9.2
3	93.8	6.2	93.8	6.2	85.7	14.3	85.4	14.6
2	100.	0.0	100.	0.0	87.1	12.9	84.5	15.5
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
Max.						25.0	100.	

Bina yatay yük kapasite oranı 2. kat: $V_r / V_e = 168.38 / 252.75 = 0.666$

Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı = % 28.6 > % 20 Göçmenin önlenmesi durumu X

Göçme durumu, Güçlendirme gereklidir. Can güvenliği X

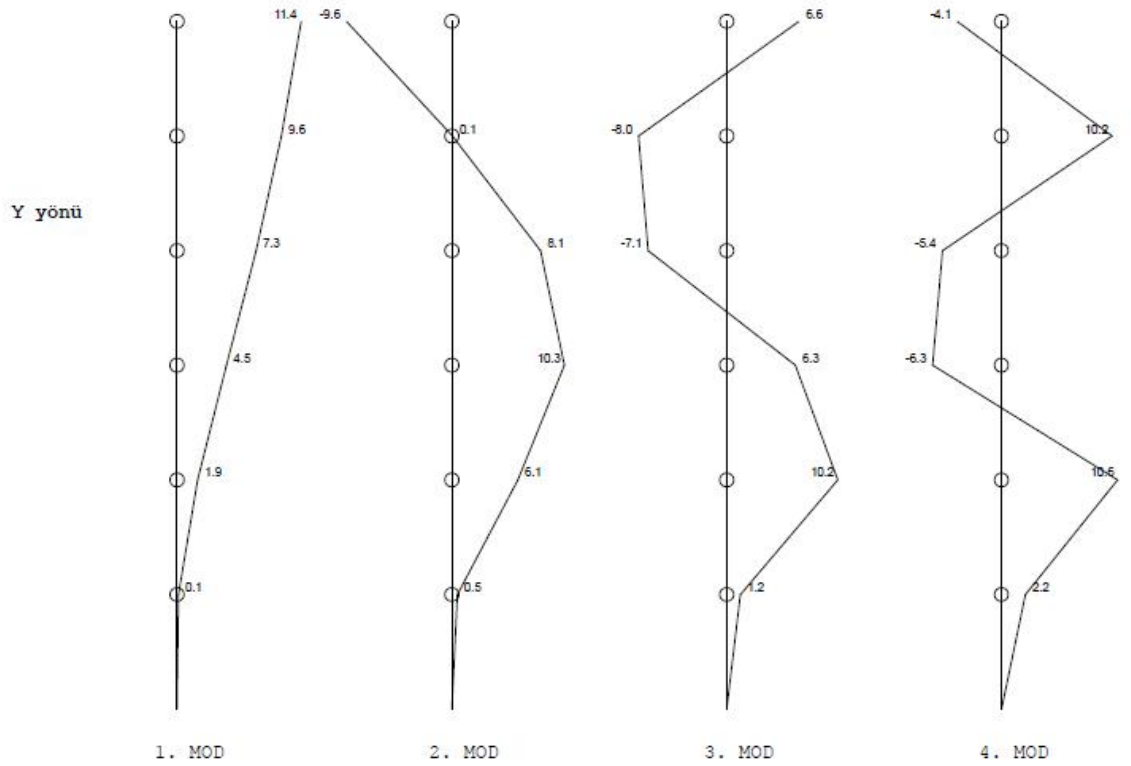
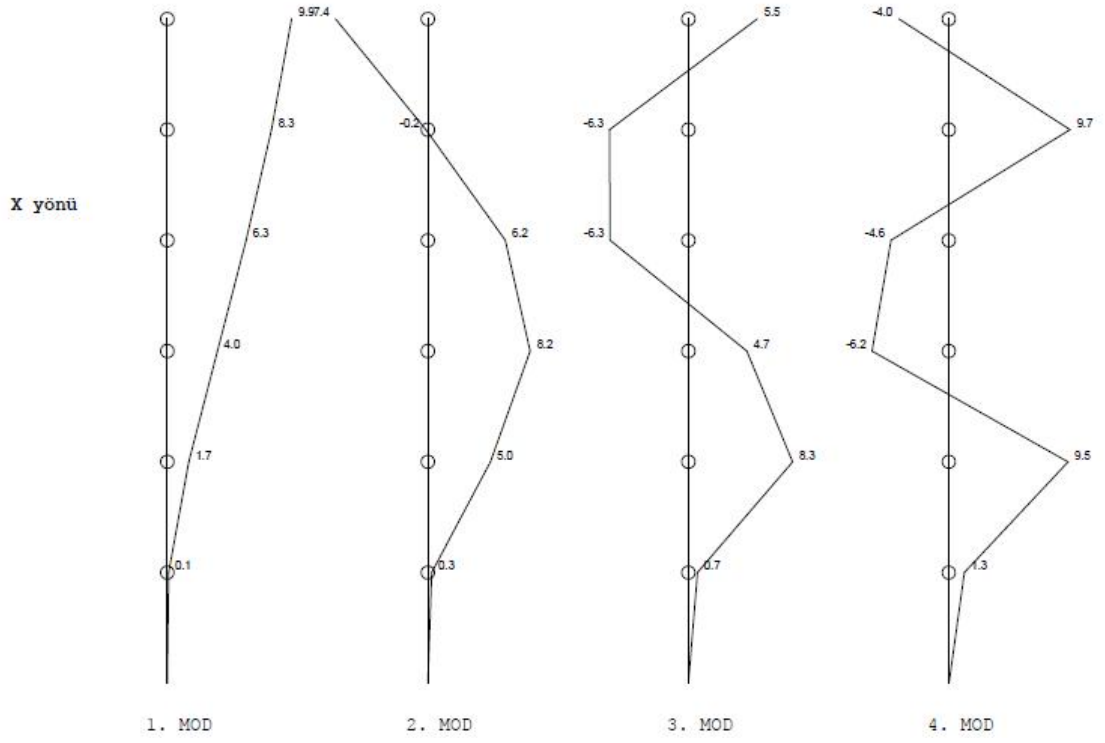
Göçmenin önlenmesi durumu yeterlilik koşulu:

Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı = % 28.6 > % 20 X

Plastikleşen kolon V_c oranı = % 25.0 < % 30 √ (GB = % 0. √)

KAT NO	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon (%)	Kiriş (%)	Kolon (%)
6	1/21 (% 4.8)	8/26 (% 30.8)	0/21 (% 0.0)	15/26 (% 57.7)
5	3/21 (% 14.3)	6/26 (% 23.1)	4/21 (% 19.0)	12/26 (% 46.2)
4	6/21 (% 28.6)	8/26 (% 30.8)	11/21 (% 52.4)	12/26 (% 46.2)
3	8/21 (% 38.1)	7/26 (% 26.9)	14/21 (% 66.7)	12/26 (% 46.2)
2	7/21 (% 33.3)	15/21 (% 57.7)	6/21 (% 28.6)	22/26 (% 84.6)
1	0/21 (% 0.0)	1/45 (% 2.2)	0/15 (% 0.0)	0/45 (% 0.0)

MODAL ANALİZ MOD GRAFİĞİ (1000 X Dep. vektörü)



Ek - 2 : 1. Güçlendirme Önerisi Sta4CAD Analiz Sonuçları

GÖRELİ KAT ÖTELEME KONTROLÜ

[max(R. Δ /h: MH < 0.01 < BH < 0.03 < IH < 0.04 < GB]

KAT	hi	X yönü Rx. Δ x/h	Y yönü Ry. Δ y/h
6	2.72	0.0064908 MH	0.0080017 MH
5	2.72	0.0069344 MH	0.0081825 MH
4	2.72	0.0069741 MH	0.0078575 MH
3	2.72	0.0061474 MH	0.0066463 MH
2	2.72	0.0038992 MH	0.0041430 MH
1	2.72	0.0005024 MH	0.0006363 MH

BİNA PERFORMANSI

KİRİŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
6	4.8	90.5	4.8	0.0	4.8	81.0	9.5	4.8	28.6	47.6	23.8	0.0	19.0	76.2	4.8	0.0
5	0.0	66.7	28.6	4.8	0.0	81.0	14.3	4.8	19.0	52.4	19.0	9.5	19.0	42.9	38.1	0.0
4	0.0	57.1	38.1	4.8	0.0	71.4	23.8	4.8	19.0	42.9	28.6	9.5	19.0	57.1	23.8	0.0
3	0.0	66.7	28.6	4.8	0.0	76.2	19.0	4.8	19.0	52.4	28.6	0.0	23.8	76.2	0.0	0.0
2	0.0	90.5	9.5	0.0	0.0	95.2	4.8	0.0	28.6	61.9	9.5	0.0	23.8	76.2	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	87.5	12.5	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
Max.	100.					95.2						9.5			38.1	

X yönü kiriş sayısı = 8, 21, 21, 21, 21, 21

Y yönü kiriş sayısı = 15, 21, 21, 21, 21, 21

KOLON KESME KUVVET DAĞILIMI

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
6	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	93.8	0.0	6.2	0.0	94.6	5.4	0.0	0.0
5	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
4	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
3	87.5	12.5	0.0	0.0	87.7	12.3	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
2	91.1	8.9	0.0	0.0	91.2	8.8	0.0	0.0	67.8	32.2	0.0	0.0	67.9	32.1	0.0	0.0
1	99.7	0.3	0.0	0.0	99.7	0.3	0.0	0.0	98.6	1.4	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
Max.	100.									32.2	6.2					

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE MİNİMUM HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)		(X)		(-Y)		(Y)	
	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB
6	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
5	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
4	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
3	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
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 2. kat: $V_r / V_e = 486.05 / 399.15 = 1.218$

Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı = % 38.1 > % 20 Göçmenin önlenmesi durumu X

Göçme durumu, Güçlendirme gereklidir. Can güvenliği X

Can güvenliği yeterlilik kontrolü:

Kiriş Hasar oranı = (IH = % 38.1 > % 30 X), (GB = % 9.5 > % 0 X)

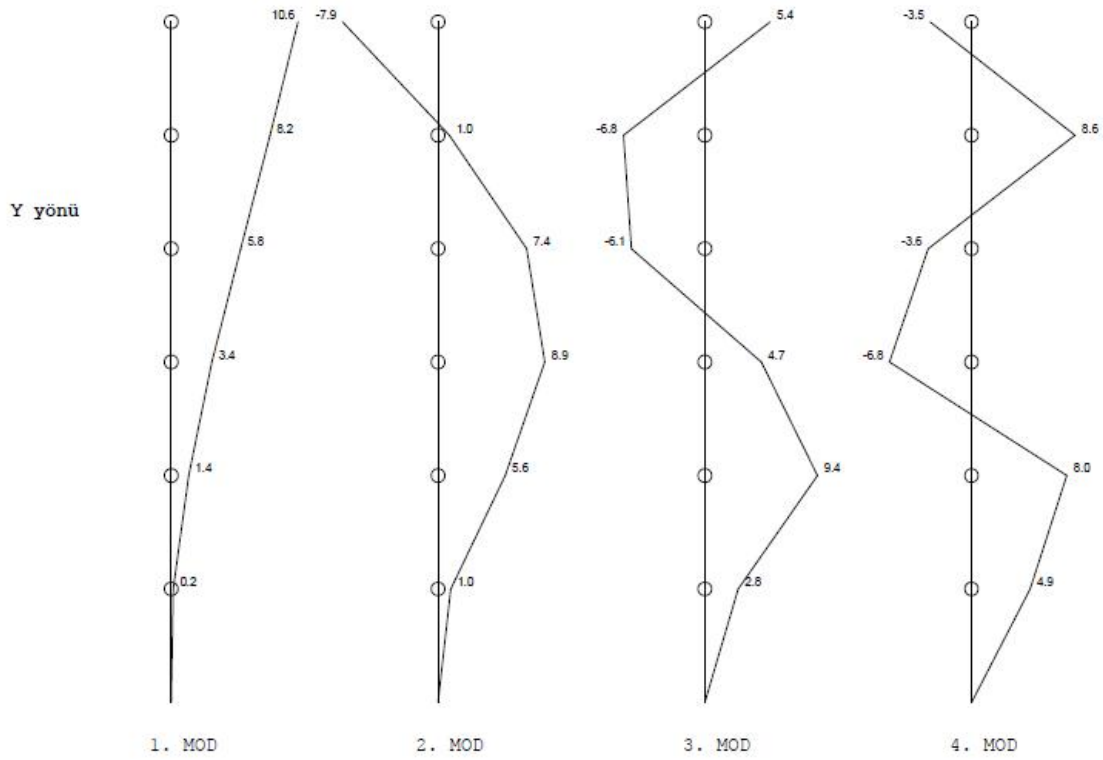
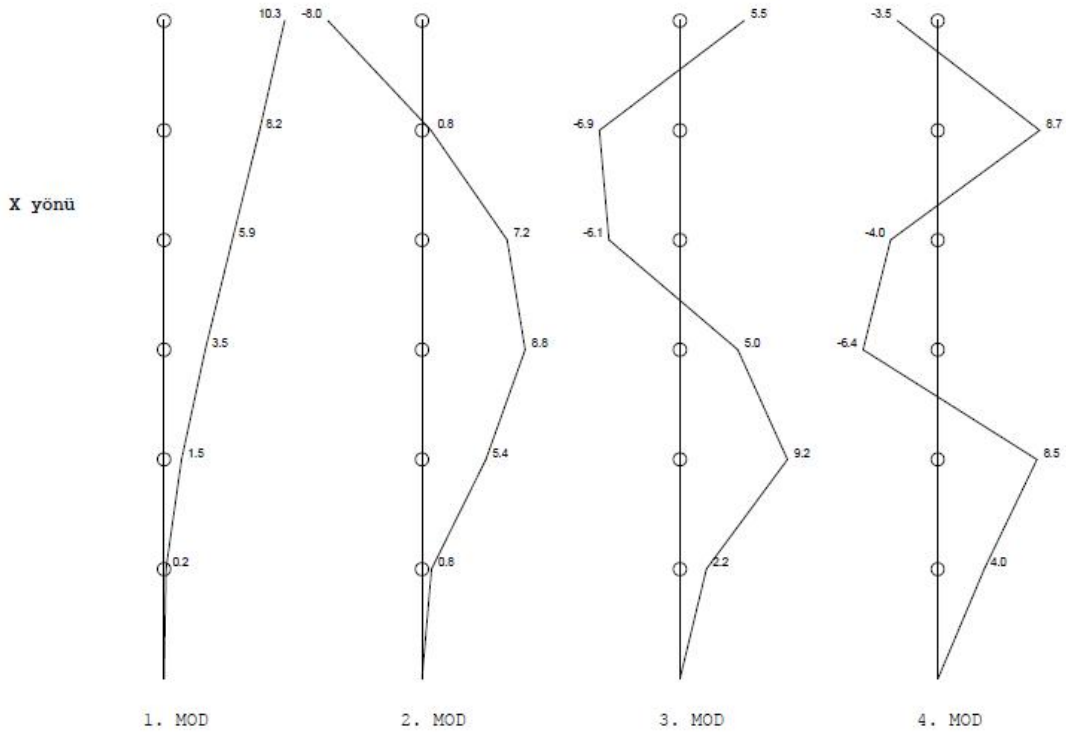
Kolon Hasar oranı = (IH = % 6.2 <= % 20 X), (GB = % 0 ✓)

Üst kat V_c oranı = (IH = % 6.2 <= % 40 ✓), (GB = % 0 ✓)

Plastikleşen kolon V_c oranı = (BH+IH+GB = % 0.0 <= % 30 ✓), (GB = % 0. ✓)

KAT NO	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon (%)	Kiriş (%)	Kolon (%)
6	3/21 (% 14.3)	0/51 (% 0.0)	5/21 (% 23.8)	1/51 (% 2.0)
5	7/21 (% 33.3)	0/51 (% 0.0)	8/21 (% 38.1)	0/51 (% 0.0)
4	9/21 (% 42.9)	0/51 (% 0.0)	8/21 (% 38.1)	0/51 (% 0.0)
3	7/21 (% 33.3)	0/51 (% 0.0)	6/21 (% 28.6)	0/51 (% 0.0)
2	2/21 (% 9.5)	0/51 (% 0.0)	2/21 (% 9.5)	0/51 (% 0.0)
1	0/8 (% 0.0)	0/70 (% 0.0)	0/15 (% 0.0)	0/70 (% 0.0)

MODAL ANALİZ MOD GRAFİĞİ (1000 X Dep. vektörü)



Ek - 3 : 2. Güçlendirme Önerisi Sta4CAD Analiz Sonuçları**GÖRELİ KAT ÖTELEME KONTROLÜ**

[max(R.Δ/h: MH < 0.01 < BH < 0.03 < IH < 0.04 < GB]

KAT	hi	X yönü Rx.Δx/h	Y yönü Ry.Δy/h
6	2.72	0.0021215 MH	0.0032022 MH
5	2.72	0.0025392 MH	0.0035262 MH
4	2.72	0.0028325 MH	0.0035424 MH
3	2.72	0.0028449 MH	0.0032557 MH
2	2.72	0.0022758 MH	0.0024549 MH
1	2.72	0.0003611 MH	0.0005221 MH

BİNA PERFORMANSI**KİRİŞ HASAR YÜZDELERİ**

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
6	70.6	29.4	0.0	0.0	70.6	29.4	0.0	0.0	89.5	10.5	0.0	0.0	89.5	10.5	0.0	0.0
5	29.4	64.7	5.9	0.0	23.5	76.5	0.0	0.0	78.9	21.1	0.0	0.0	68.4	31.6	0.0	0.0
4	23.5	70.6	5.9	0.0	11.8	76.5	11.8	0.0	57.9	42.1	0.0	0.0	68.4	31.6	0.0	0.0
3	23.5	70.6	5.9	0.0	17.6	82.4	0.0	0.0	68.4	31.6	0.0	0.0	78.9	21.1	0.0	0.0
2	47.1	52.9	0.0	0.0	47.1	52.9	0.0	0.0	78.9	21.1	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.						82.4	11.8						100.			

X yönü kiriş sayısı = 8, 17, 17, 17, 17, 17

Y yönü kiriş sayısı = 15, 19, 19, 19, 19, 19

KOLON KESME KUVVET DAĞILIMI

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
6	97.8	1.6	0.6	0.0	97.8	1.6	0.6	0.0	99.2	0.8	0.0	0.0	99.7	0.0	0.2	0.0
5	99.0	0.9	0.1	0.0	99.0	0.9	0.1	0.0	99.5	0.5	0.0	0.0	99.5	0.2	0.2	0.0
4	99.0	0.8	0.2	0.0	99.0	0.8	0.2	0.0	99.7	0.3	0.0	0.0	99.5	0.3	0.3	0.0
3	99.4	0.4	0.2	0.0	99.4	0.4	0.2	0.0	99.6	0.4	0.0	0.0	99.4	0.3	0.3	0.0
2	98.8	1.2	0.0	0.0	98.8	1.2	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	98.9	1.1	0.0	0.0
1	99.4	0.6	0.0	0.0	99.4	0.6	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.						1.6	0.6		100.							

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE MİNİMUM HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)		(X)		(-Y)		(Y)	
	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB
6	99.3	0.7	99.3	0.7	99.8	0.2	100.	0.0
5	99.4	0.6	99.4	0.6	99.9	0.1	99.9	0.1
4	99.6	0.4	99.6	0.4	100.	0.0	100.	0.0
3	99.8	0.2	99.8	0.2	100.	0.0	99.8	0.2
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.			0.7				

Bina yatay yük kapasite oranı 2. kat: $V_r / V_e = 1142.72 / 415.96 = 2.747$

İleri Kiriş Hasar oranı = % 11.8 > 0 Hemen kullanım X

Can güvenliği durumu, Güçlendirme yeterlidir.

Can güvenliği yeterlilik kontrolü:

Kiriş Hasar oranı = (IH = % 11.8 <= % 30 √), (GB = % 0. √)

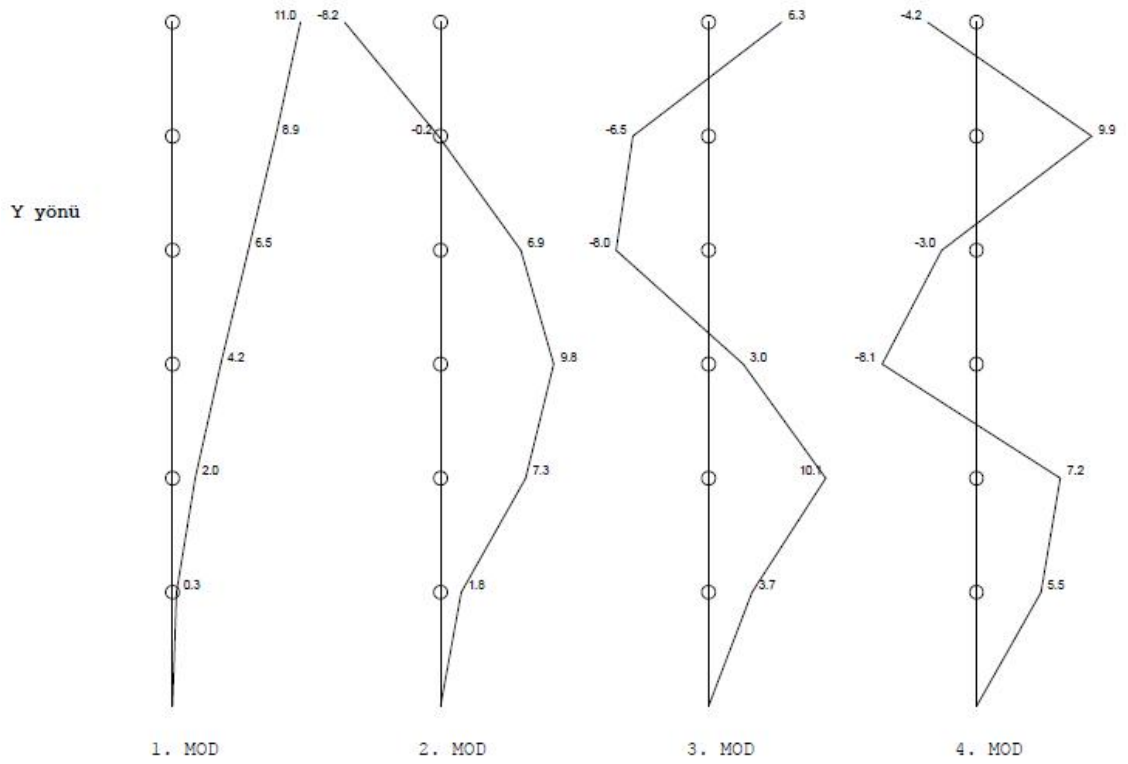
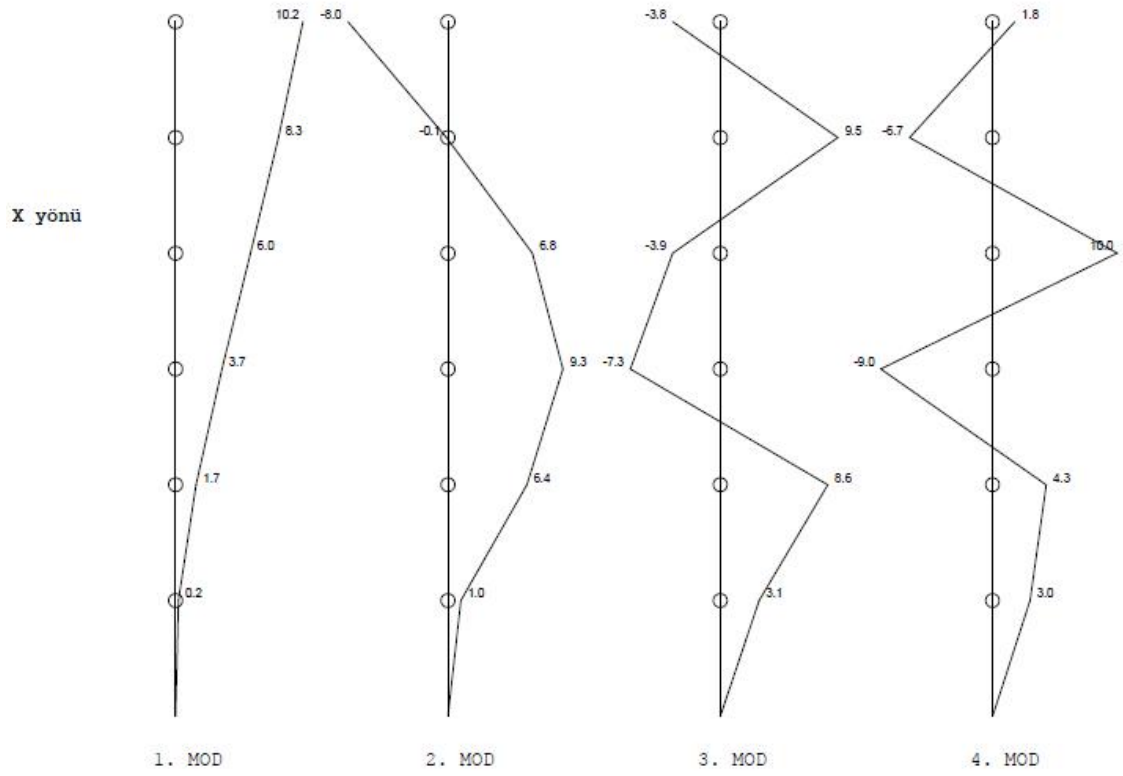
Kolon Hasar oranı = (IH = % 0.6 <= % 20 √), (GB = % 0.2 √)

Üst kat V_c oranı = (IH = % 0.6 <= % 40 √), (GB = % 0.2 √)

Plastikleşen kolon V_c oranı = (BH+IH+GB = % 0.7 <= % 30 √), (GB = % 0. √)

KAT NO	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon (%)	Kiriş (%)	Kolon (%)
6	0/17 (% 0.0)	5/40 (% 12.5)	0/19 (% 0.0)	6/40 (% 15.0)
5	1/17 (% 5.9)	1/40 (% 2.5)	0/19 (% 0.0)	4/40 (% 10.0)
4	2/17 (%11.8)	2/40 (% 5.0)	0/19 (% 0.0)	4/40 (% 10.0)
3	1/17 (% 5.9)	2/40 (% 5.0)	0/19 (% 0.0)	4/40 (% 10.0)
2	0/17 (% 0.0)	0/42 (% 0.0)	0/19 (% 0.0)	0/42 (% 0.0)
1	0/8 (% 0.0)	0/55 (% 0.0)	0/15 (% 0.0)	0/55 (% 0.0)

MODAL ANALİZ MOD GRAFİĞİ (1000 X Dep. vektörü)



Ek - 4 : 3. Güçlendirme Önerisi Sta4CAD Analiz Sonuçları

GÖRELİ KAT ÖTELEME KONTROLÜ

[max(R. Δ /h: MH < 0.01 < BH < 0.03 < IH < 0.04 < GB]

KAT	hi	X yönü Rx. Δ x/h	Y yönü Ry. Δ y/h
6	2.72	0.0034753 MH	0.0034657 MH
5	2.72	0.0036007 MH	0.0036508 MH
4	2.72	0.0026360 MH	0.0036030 MH
3	2.72	0.0024619 MH	0.0032659 MH
2	2.72	0.0019370 MH	0.0024452 MH
1	2.72	0.0002818 MH	0.0005158 MH

BİNA PERFORMANSI

KİRİŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
6	63.2	36.8	0.0	0.0	68.4	31.6	0.0	0.0	84.2	15.8	0.0	0.0	89.5	10.5	0.0	0.0
5	36.8	63.2	0.0	0.0	36.8	57.9	5.3	0.0	78.9	21.1	0.0	0.0	47.4	52.6	0.0	0.0
4	52.9	41.2	5.9	0.0	52.9	47.1	0.0	0.0	78.9	21.1	0.0	0.0	57.9	42.1	0.0	0.0
3	4.7	35.3	0.0	0.0	82.4	17.6	0.0	0.0	89.5	10.5	0.0	0.0	73.7	26.3	0.0	0.0
2	64.7	35.3	0.0	0.0	94.1	5.9	0.0	0.0	89.5	10.5	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.		63.2	5.9										100.			

X yönü kiriş sayısı = 4, 17, 17, 17, 19, 19

Y yönü kiriş sayısı = 15, 19, 19, 19, 19, 19

KOLON KESME KUVVET DAĞILIMI

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
6	95.2	4.8	0.0	0.0	95.2	4.8	0.0	0.0	98.8	1.0	0.2	0.0	99.8	0.0	0.1	0.0
5	98.8	1.2	0.0	0.0	98.8	1.2	0.0	0.0	99.5	0.5	0.0	0.0	99.7	0.0	0.3	0.0
4	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	99.5	0.5	0.0	0.0	99.7	0.2	0.1	0.0
3	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	99.7	0.3	0.0	0.0	99.7	0.3	0.0	0.0
2	99.3	0.7	0.0	0.0	99.3	0.7	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0	99.3	0.7	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.					4.8									0.3	

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE MİNİMUM HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)		(X)		(-Y)		(Y)	
	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB
6	99.2	0.8	99.2	0.8	99.8	0.2	99.9	0.1
5	99.6	0.4	99.6	0.4	99.8	0.2	99.8	0.2
4	100.	0.0	100.	0.0	99.8	0.2	99.8	0.2
3	100.	0.0	100.	0.0	99.9	0.1	99.8	0.2
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.	0.8						

Bina yatay yük kapasite oranı 2. kat: $V_r / V_e = 1140.11 / 410.3 = 2.779$

İleri Kiriş Hasar oranı = % 5.9 > 0 Hemen kullanım X

Can güvenliği durumu, Güçlendirme yeterlidir.

Can güvenliği yeterlilik kontrolü:

Kiriş Hasar oranı = (IH = % 5.9 <= % 30 √), (GB = % 0. √)

Kolon Hasar oranı = (IH = % 0.3 <= % 20 √), (GB = % 0.1 √)

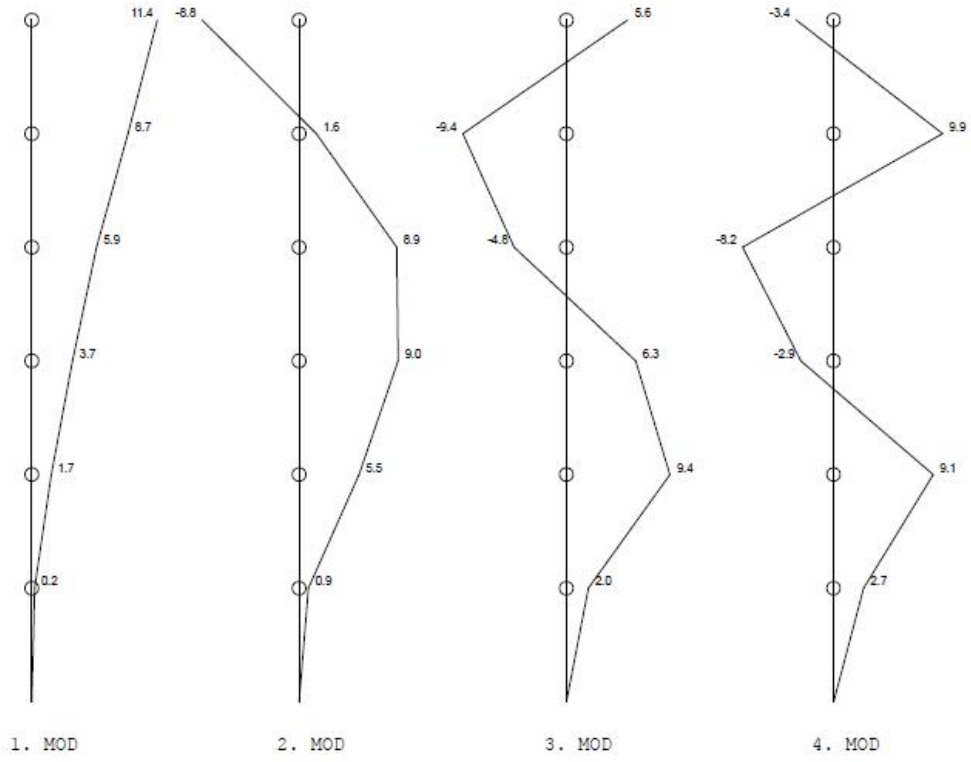
Üst kat V_c oranı = (IH = % 0.2 <= % 40 √), (GB = % 0.1 √)

Plastikleşen kolon V_c oranı = (BH+IH+GB = % 0.8 <= % 30 √), (GB = % 0. √)

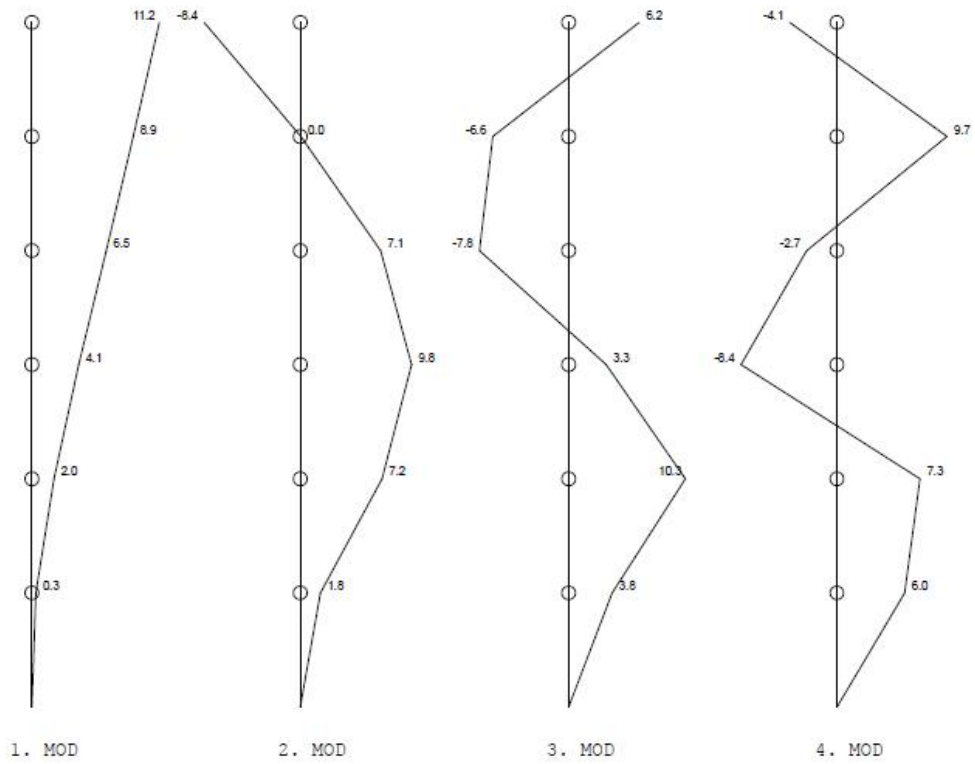
KAT NO	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon (%)	Kiriş (%)	Kolon (%)
6	0/19 (% 0.0)	0/38 (% 0.0)	0/19 (% 0.0)	4/38 (% 10.5)
5	1/19 (% 5.3)	0/38 (% 0.0)	0/19 (% 0.0)	4/38 (% 10.5)
4	1/17 (% 5.9)	0/40 (% 0.0)	0/19 (% 0.0)	2/40 (% 5.0)
3	0/17 (% 0.0)	0/40 (% 0.0)	0/19 (% 0.0)	0/40 (% 0.0)
2	0/17 (% 0.0)	0/40 (% 0.0)	0/19 (% 0.0)	0/40 (% 0.0)
1	0/4 (% 0.0)	0/57 (% 0.0)	0/15 (% 0.0)	0/57 (% 0.0)

MODAL ANALİZ MOD GRAFİĞİ (1000 X Dep. vektörü)

X yönü



Y yönü



Ek - 5 : 4. Güçlendirme Önerisi Sta4CAD Analiz Sonuçları

GÖRELİ KAT ÖTELEME KONTROLÜ

[max(R. Δ /h: MH < 0.01 < BH < 0.03 < IH < 0.04 < GB]

KAT	hi	X yönü Rx. Δ x/h	Y yönü Ry. Δ y/h
6	2.72	0.0026747 MH	0.0037020 MH
5	2.72	0.0029621 MH	0.0040502 MH
4	2.72	0.0030392 MH	0.0041300 MH
3	2.72	0.0028215 MH	0.0037643 MH
2	2.72	0.0020782 MH	0.0026429 MH
1	2.72	0.0002996 MH	0.0004252 MH

BİNA PERFORMANSI

KİRİŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
6	88.2	11.8	0.0	0.0	82.4	17.6	0.0	0.0	55.6	44.4	0.0	0.0	55.6	33.3	11.1	0.0
5	70.6	23.5	5.9	0.0	82.4	17.6	0.0	0.0	44.4	55.6	0.0	0.0	33.3	55.6	11.1	0.0
4	64.7	29.4	5.9	0.0	70.6	29.4	0.0	0.0	44.4	55.6	0.0	0.0	22.2	66.7	11.1	0.0
3	64.7	35.3	0.0	0.0	70.6	29.4	0.0	0.0	44.4	55.6	0.0	0.0	33.3	55.6	11.1	0.0
2	70.6	29.4	0.0	0.0	82.4	17.6	0.0	0.0	44.4	55.6	0.0	0.0	66.7	33.3	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.													66.7	11.1	

X yönü giriş sayısı = 4, 17, 17, 17, 17, 17

Y yönü giriş sayısı = 12, 18, 18, 18, 18, 18

KOLON KESME KUVVET DAĞILIMI

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
6	99.3	0.7	0.0	0.0	99.4	0.6	0.0	0.0	99.3	0.4	0.3	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
5	99.7	0.3	0.0	0.0	99.7	0.3	0.0	0.0	99.5	0.4	0.1	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
4	99.7	0.3	0.0	0.0	99.7	0.3	0.0	0.0	99.5	0.4	0.0	0.1	100.	0.0	0.0	0.0
3	99.9	0.1	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0	99.6	0.3	0.0	0.1	100.	0.0	0.0	0.0
2	99.6	0.4	0.0	0.0	99.6	0.4	0.0	0.0	99.3	0.6	0.1	0.0	98.6	1.4	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.											0.3	0.1	100.	1.4		

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE MİNİMUM HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)		(X)		(-Y)		(Y)	
	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB
6	99.7	0.3	99.7	0.3	100.	0.0	100.	0.0
5	99.9	0.1	99.9	0.1	100.	0.0	100.	0.0
4	99.9	0.1	99.9	0.1	100.	0.0	100.	0.0
3	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
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.		0.3			100.			

Bina yatay yük kapasite oranı 2. kat: $V_r / V_e = 1016.98 / 416.39 = 2.442$

İleri Kiriş Hasar oranı = % 11.1 > 0 Hemen kullanım X

Can güvenliği durumu, Güçlendirme yeterlidir.

Can güvenliği yeterlilik kontrolü:

Kiriş Hasar oranı = (IH = % 11.1 <= % 30 ✓), (GB = % 0. ✓)

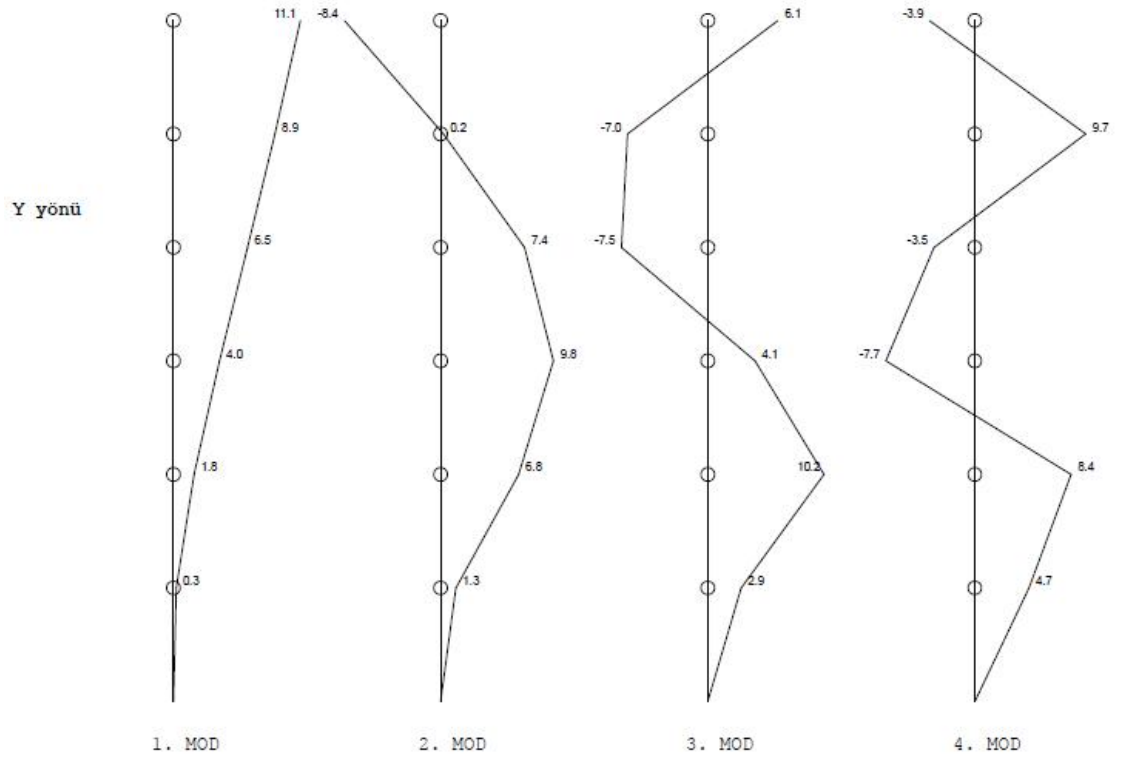
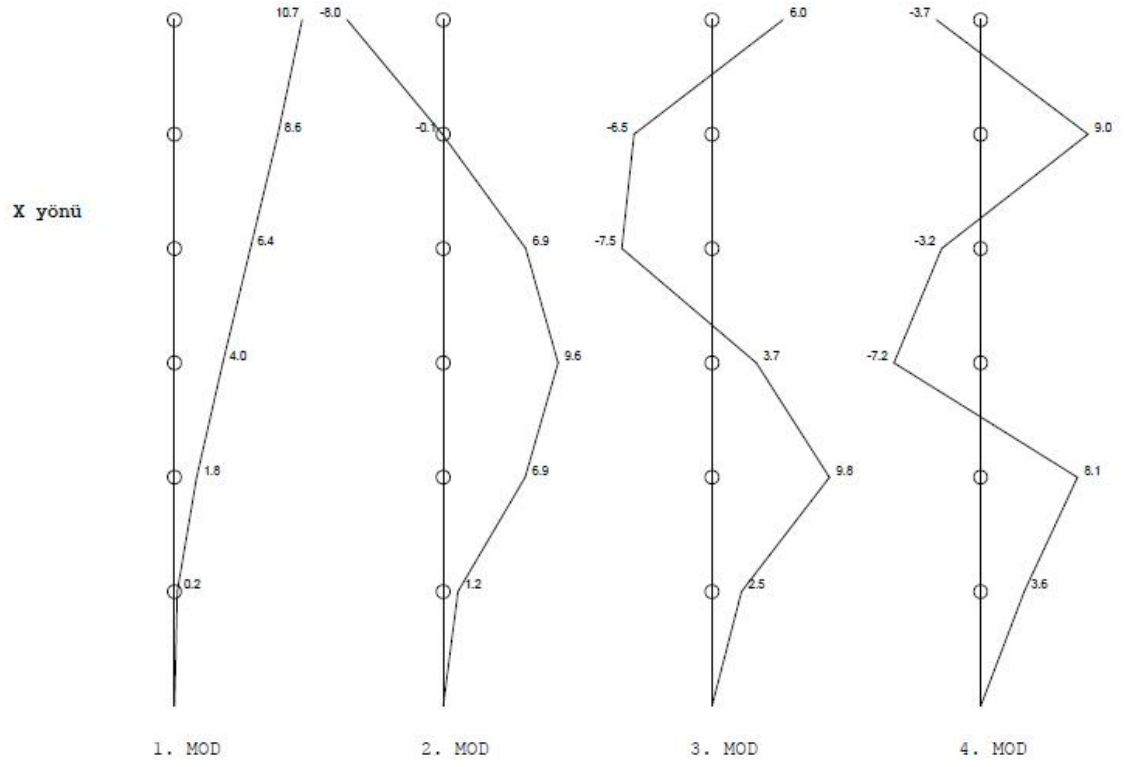
Kolon Hasar oranı = (IH = % 0.3 <= % 20 ✓), (GB = % 0.1 ✓)

Üst kat V_c oranı = (IH = % 0.3 <= % 40 ✓), (GB = % 0. ✓)

Plastikleşen kolon V_c oranı = (BH+IH+GB = % 0.3 <= % 30 ✓), (GB = % 0. ✓)

KAT NO	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon (%)	Kiriş (%)	Kolon (%)
6	0/17 (% 0.0)	0/44 (% 0.0)	2/18 (% 11.1)	4/44 (% 9.1)
5	1/17 (% 5.9)	0/44 (% 0.0)	2/18 (% 11.1)	2/44 (% 4.5)
4	1/17 (% 5.9)	0/44 (% 0.0)	2/18 (% 11.1)	2/44 (% 4.5)
3	0/17 (% 0.0)	0/44 (% 0.0)	2/18 (% 11.1)	2/44 (% 4.5)
2	0/17 (% 0.0)	0/44 (% 0.0)	0/18 (% 0.0)	2/44 (% 4.5)
1	0/4 (% 0.0)	0/63 (% 0.0)	0/12 (% 0.0)	0/63 (% 0.0)

MODAL ANALİZ MOD GRAFİĞİ (1000 X Dep. vektörü)



Ek - 6 : Oska Yaklaşık Maliyet Programı İle Güçlendirme Önerileri İçin Yaklaşık Maliyet Hesapları

1. Çözüm önerisi can güvenlik performans düzeyini sağlamadığından yaklaşık maliyeti hesaplanmamıştır. Diğer güçlendirme önerilerine ait yaklaşık maliyet hesapları aşağıda sırasıyla verilmiştir.

2. Çözüm önerisi için yaklaşık maliyet hesabı;

1	18.185	Her cins demirli ve demirsiz beton inşaatın yıkılması	m ³	64,538	99,79	6.440,25
2	21.067	İş iskelesi (duvarlar için)(12.51 mt'den fazla yük. için)	m ²	313,344	8,01	2.509,89
3	27.508/ MK	350 kg çimento dozlu harçla tek kat serpmeye düz sıva yapılması (Beton yüzeyler üzerine)	m ²	573,888	12,28	7.047,34
4	27.528/ 2	Kaba sıva vb. yüzeyler üzerine 5 mm kalınlığında saten alçı kaplama yapılması	m ²	286,944	6,83	1.959,83
5	Y.16.0 50/05	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 25/30 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m ³	430,080	144,34	62.077,75
6	Y.18.0 01/C05	190 mm kalınlığında yatay delikli tuğla (190 x 190 x 135 mm) ile duvar yapılması	m ²	73,984	27,25	2.016,06
7	Y.21.0 01/02	Ahşaptan düz yüzeyli beton ve betonarme kalıbı yapılması	m ²	2.074,9	27,14	56.313,33
8	Y.23.0 14	Ø 8- Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	Ton	23,176	1.905,8	44.170,21
9	Y.23.0 15	Ø 14- Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması.	Ton	8,5792	1.878,4	16.115,42
10	Y.23.2 41	Plastik doğrama imalatı yapılması ve yerine konulması (Sert PVC doğrama profillerinden her çeşit kapı, pencere, kaplama ve benzeri imalat) (PVC hammaddesi kurşun ihtiva etmeyen) Not: Tüm ana profiller ile ilave profiller, pencere kapalı iken görülmeyen v	kg	8,640	7,83	67,65
11	Y.25.0 03/34	Saten alçılı ve alçıpanel yüzeylere astar uygulanarak iki kat su bazlı hybrid teknolojiyle boya yapılması (iç cephe)	m ²	286,944	9,79	2.809,18
12	Y.25.0 04/05	Brüt beton, sıvalı veya eski boyalı yüzeylere, astar uygulanarak silikon esaslı grenli/tekstürlü kaplama yapılması (dış cephe)	m ²	286,944	18,21	5.225,25
13	Y.28.6 45/C01	PVC ve alüminyum doğramaya profil ile 3+3 mm kalınlıkta 12 mm ara boşluklu çift camlı pencere ünitesi takılması	m ²	12,960	43,36	561,95

Toplam : 207.331,74

3. Çözüm önerisi için yaklaşık maliyet hesabı;

1	18.185	Her cins demirli ve demirsiz beton inşaatın yıkılması	m ³	67,369	99,79	6.722,75
2	21.067	İş iskelesi (duvarlar için)(12.51 mt'den fazla yük. için)	m ²	313,072	8,01	2.507,71
3	27.508/ MK	350 kg çimento dozlu harçla tek kat serpmeye düz sıva yapılması (Beton yüzeyler üzerine)	m ²	617,875	12,28	7.587,51
4	27.528/ 2	Kaba sıva vb. yüzeyler üzerine 5 mm kalınlığında saten alçı kaplama yapılması	m ²	469,363	6,83	3.205,75
5	Y.16.05 0/05	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 25/30 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m ³	431,270	144,34	62.249,51
6	Y.18.00 1/C05	190 mm kalınlığında yatay delikli tuğla (190 x 190 x 135 mm) ile duvar yapılması	m ²	78,336	27,25	2.134,66
7	Y.21.00 1/02	Ahşaptan düz yüzeyli beton ve betonarme kalıbı yapılması	m ²	2.081,83	27,14	56.500,87
8	Y.23.01 4	Ø 8- Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	Ton	8,683	1.905,8	16.548,58
9	Y.23.01 5	Ø 14- Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması.	Ton	23,176	1.878,4	43.534,49
10	Y.25.00 3/34	Saten alçılı ve alçıpanel yüzeylere astar uygulanarak iki kat su bazlı hybrid teknolojili boya yapılması (iç cephe)	m ²	469,363	9,79	4.595,06
11	Y.25.00 4/05	Brüt beton, sıvalı veya eski boyalı yüzeylere, astar uygulanarak silikon esaslı grenli/tekstürlü kaplama yapılması (dış cephe)	m ²	148,512	18,21	2.704,40

Toplam : 208.291,29

4. Çözüm önerisi için yaklaşık maliyet hesabı;

1	18.185	Her cins demirli ve demirsiz beton inşaatın yıkılması	m ³	79,217	99,79	7.905,06
2	27.508/ MK	350 kg çimento dozlu harçla tek kat serpmeye düz sıva yapılması (Beton yüzeyler üzerine)	m ²	648,557	12,28	7.964,28
3	27.528/ 2	Kaba sıva vb. yüzeyler üzerine 5 mm kalınlığında saten alçı kaplama yapılması	m ²	648,557	6,83	4.429,64
4	Y.16.05 0/05	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 25/30 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m ³	418,870	144,34	60.459,70
5	Y.18.00 1/C05	190 mm kalınlığında yatay delikli tuğla (190 x 190 x 135 mm) ile duvar yapılması	m ²	117,504	27,25	3.201,98
6	Y.21.00 1/02	Ahşaptan düz yüzeyli beton ve betonarme kalıbı yapılması	m ²	1.994,62	27,14	54.133,99
7	Y.23.01 4	Ø 8- Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	Ton	8,649	1.905,86	16.483,78
8	Y.23.01 5	Ø 14- Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması.	Ton	31,993	1.878,43	60.096,61
9	Y.25.00 3/34	Saten alçılı ve alçıpanel yüzeylere astar uygulanarak iki kat su bazlı hybrid teknolojili boya yapılması (iç cephe)	m ²	648,557	9,79	6.349,37

Toplam : 221.024,41

Mevcut binanın yaklaşık maliyeti 6 Mayıs 2014 Salı tarihli ve 28992 sayılı Resmi Gazete' de "Mimarlık Ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2014 Yıllı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ" e göre incelenen lojman binası; 3 sınıf, A Grubu Yapıların, Konutlar (dört kata kadar -dört kat dahil- asansörsüz ve/veya kalorifersiz) kısmına dahil olmaktadır. Buna göre yapı kapalı alanları toplamı hesabına göre;

Bodrum = 19,80 X 11,38

Minha (Balkon Boşluğu) = 1,5 X 3,00

Toplam = 220,824 m²

Zemin, 1. Kat, 2. Kat, 3. Kat, 4. Kat = 19,80 X 11,38

Balkon Çıkıntısı = 3,00X0,87

Toplam = 227,934 m²

Toplam Kapalı Alan = 220,824 + (5 X 227,934) = 1.360,494 m²

Maliyet = 1.360,494 X 550 = 748.271,7 TL

ÖZGEÇMİŞ

1986'da Diyarbakır' da doğdu. 2003 yılında Şehitlik Lisesi'nden mezun oldu. 2009'da Dicle Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2010 yılında Şırnak Üniversitesinde araştırma görevlisi olarak çalıştı. 2011 yılında Diyarbakır İl Özel İdaresinde çalışmaya başladı, 2014 yılı mart ayından itibaren Diyarbakır Büyükşehir Belediyesine geçti ve hala aynı kurumda İnşaat mühendisi olarak çalışmaktadır.