



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**DEPREM ETKİSİ ALTINDA MEVCUT BETONARME BİNALARIN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE GÜÇLENDİRME TEKNİKLERİ MALİYET
ANALİZLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Ahmad Arshad RAOFE

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Aralık-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Ahmad Arshad RAOFE tarafından hazırlanan “Deprem Etkisi Altında Mevcut Betonarme Binaların Değerlendirilmesi Ve Güçlendirme Teknikleri Maliyet Analizlerinin Karşılaştırılması” adlı tez çalışması 24/12/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Mehmet KAMANLI

Danışman

Prof. Dr. M. Sami DÖNDÜREN

Üye

Prof. Dr. Atilla ÖZÜTOK

İmza


.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



Ahmad Arshad RAOFE

Tarih: 24.12.2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DEPREM ETKİSİ ALTINDA MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE GÜÇLENDİRME TEKNİKLERİ MALİYET ANALİZLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ahmad Arshad RAOFE

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. M. Sami DÖNDÜREN

2019, 90 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. M. Sami DÖNDÜREN
Prof. Dr. Mehmet KAMANLI
Prof. Dr. Atilla ÖZÜTOK

Depremler, tüm yeryüzünde büyük can ve mal kaybına neden olan doğal afetlerin en yıkıcı ve etkilerinden biridir. Son yüzyılda dünyada birçok büyük deprem meydana geldiği ve bu depremler sonucunda milyonlarca insanın hayatını kaybettiği, sayısız yapının yıkıldığı bilinmektedir. Depreme karşı güvenliği sağlayamayan mevcut yapıların, tamamının yıkılarak yeniden inşa edilmesi ekonomik nedenlerden dolayı mevcut şartlarda mümkün değildir. Bu anlamda birçok durumda yeterli deprem güvenliğine sahip olmayan yapıların güçlendirilmesi tercih edilmiştir.

Bu çalışmada, TBDY 2018 'e göre mevcut betonarme binaların deprem etkisi altında değerlendirilmesi ve güçlendirme tasarımı konusu incelenmiştir. Birinci aşamada mevcut betonarme binaların değerlendirilmesi konusunda TDY 2007 ile TBDY 2018 arasındaki temel farklar anlatılmıştır. Örnek olarak seçilen betonarme mevcut bir bina STA4-Cad-V14 programı kullanılarak hem TDY 2007'e göre hemde TBDY 2018 'e göre dayanım ve tasarım analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. İkinci aşamada TBDY 2018'de önerilen betonarme yapılar için güçlendirme yöntemleri ile tasarım yapılmıştır. Sistem bazında ve eleman bazında ayrı ayrı güçlendirme yaparak kalıp, demir ve beton metrajları belirlenerek maliyet analizi açısından karşılaştırmaları yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mevcut betonarme bina, güçlendirme, hasar seviyesi, TDY 2007 ve TBDY 2018'e göre performans analizi.

ABSTRACT

MS THESIS

EVALUATION OF EXISTING REINFORCED CONCRETE BUILDINGS UNDER THE INFLUENCE OF EARTHQUAKES AND COMPARISON OF COST ANALYSIS OF RETROFITTING TECHNIQUES

Ahmad Arshad RAOFE

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering**

Advisor: Prof. Dr. M. Sami DÖNDÜREN

2019, 90 Pages

**Jury
Prof. Dr. M. Sami DÖNDÜREN
Prof. Dr. Mehmet KAMANLI
Prof. Dr. Atilla ÖZÜTOK**

Earthquakes are one of the most destructive and effective natural disasters that cause great loss of life and property all over the world. It is known that many large earthquakes have occurred in the world in the last century and millions of people have lost their lives as a result of these earthquakes, and countless structures have been destroyed. For economic reasons, it is not possible to rebuild all of the existing structures that cannot provide earthquake safety. In this sense, it has been preferred to strengthen structures that do not have adequate earthquake safety in many cases.

In this study, according to TBDY 2018, the subject of earthquake-influenced evaluation and retrofit design of existing reinforced concrete buildings was examined. In the first phase, the main differences between TDY 2007 and TBDY 2018 were explained regarding the evaluation of existing reinforced concrete buildings. Using STA4-Cad-V14 program, an existing reinforced concrete building selected as an example, strength and design were analyzed both according to TDY 2007 and according to TBDY 2018. The results were compared. The second phase was designed with retrofit methods for reinforced concrete structures proposed in TBDY 2018. According to the system and on the basis of the element by strengthening separately, mold, iron and concrete measurements were determined and comparisons were made in terms of cost analysis.

Keywords: Current reinforced concrete building, strengthening, the level of damage, performance analysis by TDY 2007 and TBDY 2018.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca, bana yol gösteren, bilgi ve tecrübesini esirgemeyen, tez çalışmamın her aşamasında gösterdiği ilgi ve destek için çok değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. M. Sami DÖNDÜREN'e teşekkürlerimi sunarım. Lisans ve yüksek lisans eğitimim süresince bilgilerini aktaran, yardımcı ve destek olan tüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca her koşulda yanımda olan, her türlü maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ahmad Arshad RAOFE
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. DEPREM HASARLARI	9
3.1. Türkiye’deki Deprem Hasarları	9
3.2. Betonarme Binalarda Hasar Biçimleri	9
3.2.1. Döşeme hasarı	10
3.2.2. Kirişlerde oluşan hasarlar	10
3.2.3. Kolonlarda oluşan hasarlar	12
3.2.4. Kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarı	13
3.2.5. Perde hasarları	14
3.2.5.1. Kesme çatlakları	14
3.2.5.2. Eğilme çatlakları	15
3.2.5.3. Kayma hasarı	15
3.2.6. Temelde oluşan hasarlar	16
4. YAPILARIN GÜÇLENDİRMESİNDE SIKÇA KULLANILAN MALZEMELER	18
4.1. Epoksi Reçineleri	18
4.2. Püskürtme Beton	18
4.3. Çimentolu Harçlar	18
4.4. Çelik Lamalar.....	19
4.5. Lifli Plastik Levhalar.....	19
4.6. Lifli Polimerler.....	19
5. BİNALARDA GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ	20
5.1. Taşıyıcı Sistem Elemanların Güçlendirilmesi.....	20
5.1.1. Kolonların güçlendirilmesi.....	20
5.1.2. Kirişlerin güçlendirilmesi.....	22
5.1.3. Kiriş–kolon birleşim bölgelerinin güçlendirilmesi.....	24

5.1.4. Perdelerin güçlendirilmesi.....	25
5.1.5. Döşemelerin güçlendirilmesi.....	26
5.1.6. Temellerin güçlendirilmesi.....	27
5.2. Taşıyıcı Sistemin Yeni Elemanlarla Güçlendirilmesi.....	28
5.2.1. Yapıya deprem perdelerinin ilave edilmesi.....	28
6. TBDY 2018'E GÖRE MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEPREM ETKİSİ ALTINDA DEĞERLENDİRİLMESİ VE GÜÇLENDİRME TASARIMI	30
6.1. Binalardan Bilgi toplanması.....	30
6.2. Bilgi Düzeyleri.....	30
6.2.1. Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi.....	31
6.2.3. Betonarme binalarda kapsamlı bilgi düzeyi.....	31
6.3. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları Ve Hasar Bölgeleri.....	32
6.3.1. Kesit hasar durumları.....	32
6.3.2. Kesit hasar bölgeleri.....	32
6.4. Mevcut Binaların Deprem Performansının Belirlenmesi.....	33
6.4.1. Mevcut binalarda sınırlı hasar performans düzeyi.....	33
6.4.2. Mevcut binalarda kontrollü hasar performans düzeyi.....	33
6.4.3. Mevcut binalarda göçmenin önlenmesi performans düzeyi.....	34
6.4.4. Göçme durumu.....	34
6.5. Betonarme Binaların Güçlendirilmesi.....	34
6.5.1. Kolonların sarılması.....	35
6.5.1.1. Betonarme Sargı.....	35
6.5.1.2. Çelik Sargı.....	35
6.5.1.3. Lifli Polimer (LP) Sargı.....	36
6.5.2. Kolonların eğilme kapasitesinin arttırılması.....	36
6.5.3. Kirişlerin sarılması.....	37
6.5.3.1. Dıştan etriye ekleme.....	37
7. MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ KONUSUNDA TDY 2007 İLE TBDY 2018 ARASINDAKİ TEMEL FARKLILIKLAR	39
8. ÖRNEK OLARAK SEÇİLEN MEVCUT BETONARME BİR BİNANIN TDY 2007 VE TBDY 2018'E GÖRE DEPREM ETKİSİ ALTINDA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	47
8.1. Örnek Olarak Seçilen Binanın Genel Özellikleri.....	47

8.2. TDY 2007'e Göre Analiz.....	50
8.2.1. Kat ağırlıklarının hesabı	50
8.2.2. Depremde yapı düzensizliklerinin kontrolü	50
8.2.2.1. A1,B2 düzensizliklerinin kontrolü.....	51
8.2.2.2. B1 düşey doğrultudaki düzensizliklerinin kontrolü.....	52
8.2.3. Yapı periyotları.....	53
8.3. TBDY 2018'e Göre Analiz	54
8.3.1. Deprem kuvvetinin hesabı	54
8.3.2. Yapı periyotları.....	60
8.4. Bina Performans Sonuçları	61
8.4.1. TDY 2007'e göre bina performans sonucu	61
8.4.2. TBDY 2018'e göre bina performans sonucu.....	62
9. TBDY 2018'E GÖRE MEVCUT BETONARME BİNALARIN GÜÇLENDİRİLMESİ.....	64
9.1. Binaya Güçlendirme Yapabilmek İçin Programdaki Bilgi Girişinin Hazırlanması	64
9.2. Yapının Perdelerle Güçlendirilmesi	69
9.2.1. Bina performans sonucu	70
9.3. Eleman Güçlendirilmesi.....	73
9.3.1 Kolonların betonarme sargı ile sarılması.....	73
9.3.1.1. Bina performans sonucu	74
9.3.2. Kolonların çelik sargı ile güçlendirilmesi	77
9.3.3. Kolonların Lifli Polimer (LP) Sargı İle Güçlendirilmesi	80
9.3.3.1. Kolonların eksenel basınç dayanımının artırılması	80
9.3.3.2. Kolonların kesme dayanımının artırılması	82
10. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	84
KAYNAKLAR	87
ÖZGEÇMİŞ	90

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

- Ac: Kolon enkesit alanı, mm^2
Ao: Etkin yer ivmesi katsayısı, m/sn^2
Ast: Kolon boyuna donatı alanı, mm^2
As: Donatı alanı, mm^2
Aw: Kolon enkesiti etkin gövde alanı, mm^2
BKS: Bina Kullanım Sınıfı
BYS: Bina Yükseklik Sınıfı
bw: Kiriş genişliği, mm
D: Dayanım fazlalığı katsayısı
DD-2: Deprem yer hareketi düzeyi
DTS: Deprem tasarım sınıfı
d: Kiriş faydalı yüksekliği, mm
Es: Çeliğin elastisite modülü, MPa
bw: Kiriş veya perde duvar kalınlığı, mm
fc: Beton basınç dayanımı, MPa
fck: Beton karakteristik basınç dayanımı, MPa
fctd: Beton çekme dayanımı, MPa
fsu: Donatı çekme dayanımı, MPa
fyd: Donatı akma dayanımı, MPa
fyk: Çeliğin karakteristik akma dayanımı, MPa
Fs: Kısa period bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
F1: 1.0 saniye periyod için yerel zemin etki katsayısı
g: Yerçekimi ivmesi, m/sn^2
HN: Bina toplam yüksekliği, m
h: Kiriş yüksekliği, mm
I: Bina önem katsayısı
Ra (T1): Deprem yükü azaltma katsayısı
R: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
S1: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
SDS: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
SD1: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
SS: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
S_{ae}(T) : Yatay elastik tasarım spektral ivmesi, g
S_{aeD}(T) :Düşey elastik tasarım spektral ivmesi, g
S_{de}(T) :Yatay elastik tasarım spektral yerdeğiştirme, m
S(T) : Spektrum katsayısı
T :Doğal titreşim periyodu, s
T_A :Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu, s
T_{AD} :Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu, s
T_B :Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu, s
T_{BD} :Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu, s
T_L: Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu, s
T_{LD}: Düşey elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu
V_{max}: Sisteme etki eden maksimum kesme kuvveti, kN
W: Binanın toplam ağırlığı

ZC: Yerel zemin sınıfı
 m_i : i 'inci katın toplam kütlesi, t
 n : Hareketli yük katılım katsayısı
 η_{bi} : i 'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
 η_{ci} : i 'inci katta tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı
 η_{ki} : i 'inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı
 σ_a : Çelik akma gerilmesi, MPa
 ρ : Kiriş ya da kolon donatı oranı
 ρ_{min} : Minimum donatı oranı
 Δ : Kat ötelenmesi, mm
 Δ_i : i 'inci kattaki ötelenme, mm
 Φ : Donatı çapı, mm
 Φ_l : Boyuna donatı çapı, mm
 Σ : Toplam

Kısaltmalar

CFRP: Karbon fiber ile güçlendirme
K: Kiriş harflendirilmesi
LP: Lifli Polimer
max.: En yüksek değer
ort.: Ortalama değer
min. : En düşük değer
S: Kolon harflendirilmesi
TBDY: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
DBYBHY: Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik
TDY: Türk Deprem Yönetmeliği
TS: Türk Standartla

1. GİRİŞ

Depremler tüm yeryüzünde büyük can ve mal kaybına neden olan doğal felaketlerin en yıkıcı ve etkililerinden biridir. Son yüzyılda dünya üzerinde birçok büyük deprem meydana geldiği bilinmektedir. Türkiye coğrafi konumu nedeniyle aktif deprem kuşaklarının üzerinde bulunması ve insanların büyük bir kısmının bu bölgelerine yakın olarak yaşaması, deprem açısından yüksek risk altında anlamına gelmekte ve deprem sonrası büyük can ve mal kaybına yol açmasına sebep olmaktadır.

Deprem risklerini azaltmak için mevcut binaların deprem güvenliği açısından değerlendirilmesi ve güçlendirmesine yönelik deprem yönetmeliklerinde 1999 depremlerinden sonra gerekli düzenlemelerin yapılması zorunluluk haline gelmiştir. Önceki yönetmeliklere göre inşa edilen çok sayıda mevcut yapılar bugünkü standart ve mevcut yönetmelik koşullarına uymamaktadır. Ayrıca projeye uygun olarak inşa edilmeyen yapılar deprem performans bakımından yetersiz olabilmektedir.

Deprem mühendisliğinin en önemli konuları arasında, yapıların deprem davranışlarının iyileştirilmesi ve performans düzeylerinin yükseltilmesi yer almaktadır. Deprem sonrası ortaya çıkan hasarlar depreme dayanıklılığın ve yapıların performans düzeylerini artırma konusunda deprem mühendisliği bakımından üzerinde durmuştur.

Günümüzde genellikle deprem bölgesinde bulunmakta olan ülkelerde depreme dayanıklı yapı tasarımına daha fazla özen gösterilmektedir. Türkiye deprem bölgesinde bulunduğu için yapıların depreme dayanıklı inşa edilmesi standartlara göre tasarlanması büyük önem taşımaktadır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı kavramı yürürlükteki deprem yönetmelik ve şartnamelere uygun olarak tasarlanmış, hesaplanmış ve uygulanmış bir yapı ortaya koymaktadır. Ancak yapının depreme karşı güvenliğini her durumda sağlamamaktadır. Depreme dayanıklı yapı tasarımının ana ilkesi, yapılarda meydana gelebilecek hasarların deprem şiddetine göre can ve mal kayıplarını önlemek için belirli seviyelerine izin verilmektedir.

Deprem yönetmeliklerinin amacı, herhangi bir durum için yapılarda meydana gelebilecek hasarı önlemek değil, can güvenliğini sağlamaktır. Deprem etkisinde, yapı yapısal ve yapısal olmayan hasara maruz kalabilir, ancak yapı çökmediği sürece yönetmelikler amaçlarına ulaşmış olur. Yapıları depreme dayanıklı hale getirmek için çıkartılan deprem yönetmelikleri zaman içerisinde gereksinimleri karşılayamadığı için sürekli geliştirilmesi ve yenilenmesi gerekmektedir.

Türk deprem yönetmeliği yeni inşa edilecek yapılarda depreme dayanıklılığı temel alan bir tasarım yapılmasını öngörmektedir. Depremden sonra öncelikle kullanılacak olan yapıların güvenliğinin ve deprem sırasındaki performansının bilinmesi gerekmektedir. Mevcut yapıların deprem güvenliğini hedeflenen seviyeye çıkarmak için onarım ve güçlendirme yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, TBDY 2018 'e göre mevcut betonarme binaların deprem etkisi altında değerlendirilmesi ve güçlendirme tasarımı konusu incelenmiştir. Birinci aşamada mevcut betonarme binaların değerlendirilmesi konusunda TDY 2007 ile TBDY 2018 arasındaki temel farklar anlatılmıştır. Örnek olarak seçilen betonarme mevcut bir bina STA4-Cad-V14 programı kullanılarak hem TDY 2007'e göre hemde TBDY 2018 'e göre dayanım ve tasarım analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. İkinci aşamada TBDY 2018'de önerilen betonarme yapılar için güçlendirme yöntemleri ile tasarım yapılmıştır. Sistem bazında ve eleman bazında ayrı ayrı güçlendirme yaparak kalıp, demir ve beton metrajları belirlenerek maliyet analizi açısından karşılaştırmaları yapılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Betonarme yapıların performansı ve güçlendirilmesi ile ilgili mevcut literatürde daha önce yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Yapılan bu tez çalışmasında, performans ve güçlendirme üzerine bir çalışma yapıldığı için, genellikle performans ve güçlendirme üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir. Aşağıda incelenen makale ve tez çalışmaları ile ilgili önemli kısımlara yer verilmiştir.

Çimen (2018) tarafından yapılan çalışmada, mevcut betonarme binaların deprem performans analizleri ve laboratuvar çalışmaları sonucunda yapı güçlendirme maliyetine hızlı yaklaşım metodunun geliştirilmesi için analitik çalışma yapılmıştır. Binaların ekonomik güçlendirme projeleri perde duvar ve mantolama yöntemi ile İdeCAD programında, 2007 deprem yönetmeliğine göre güçlendirme yaklaşık maliyetleri hazırlanmıştır. Yapılan çalışmada yapıların yeniden yapım maliyeti, güçlendirme yaklaşık maliyetleri ile karşılaştırılmıştır. Stratejik açıdan önemli ve güçlendirmenin kesinlikle gerekli olabileceği yapılarda bu oran yüksekte olsa da yapılan çalışmada dahil edilmiş ve güçlendirme maliyetine etkileyen parametreler araştırılmıştır. Etki eden parametrelerin, mevcut demir özellikleri, mevcut beton mukavemeti, m2, zemin özellikleri, toplam kat sayısı olduğu bulunmuştur. Güçlendirme projelerinin yaklaşık maliyetlerine yakın değerler Regresyon denklemi ile elde edilmiş ve “Güçlendirme Maliyetine Hızlı Yaklaşım Metodu” yöntemi geliştirilmiştir.

Ayatar (2018) tarafından yapılan çalışmada, uygulanan bir güçlendirme yöntemi, içi boş tuğla duvarlara tasarlanan çimento bağlayıcılı kompozit panellerin uygulanması yoluyla analitik ve deneysel olarak incelenmiştir. Test numuneleri üç açıklıklı, üç katlı, üç adet ve ½ ölçekli betonarme çerçevelerden oluşmakta ve deprem yönetmeliği ile uyumlu olmayacak şekilde tasarlanmıştır. İlk deney örneği boş çerçevedir. Diğer iki numunelerde her katın orta açıklığında boşluklu dolgu duvar bulunmuştur. Üçüncü çerçeve dolgu duvarlarında TÇK panelleri ile takviye edilmiştir. Dinamik benzeri bir yükleme yöntemi uygulanarak tüm deney örnekler test edilmiştir. Önerilen güçlendirme yöntemi, dinamik analiz sonuçları ve deney sonuçların karşılaştırılması ve çerçevelerin doğrusal olmayan zaman geçmişi analizlerine dayanarak değerlendirilmiştir.

Keleşoğlu ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada, 1975 yılında inşa edilmiş mevcut bir çerçeve sistemine sahip betonarme bir bina, 1975 Deprem Yönetmeliğine göre tasarlanmıştır. Yapılmış mevcut çerçeve sistemli betonarme binanın

2007 Deprem Yönetmeliğine göre performans analizi ile güçlendirilmesi önerilmiş ve kat ekleyerek yapılması incelenmiştir. Deprem performansı, doğrusal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılmıştır. Toplam yüksekliği 14 m ve 5 katlı olan betonarme bir yapı ele alınmıştır. Mevcut binanın üç boyutlu modeli oluşturularak Sta4Cad v13.1 programı ile güçlendirmesi yapılmıştır. Çalışma kapsamında, hasarlı elemanlar mantolama ve ilave perdelerle güçlendirildikten sonra binanın performansı yeniden belirlenmiştir. Yapılan çalışmanın sonunda yapının can güvenliği performans düzeyini karşılamadığı gözlenmiş ve yapı için alternatif bir güçlendirme önerisi verildiği tespit edilmiştir.

Öğütçü (2016) tarafından yapılan çalışmada, Yumuşak kat düzensizlik bulunan yapılarda güçlendirme yöntemleri üzerine deneysel bir çalışma yapılmıştır. Çalışma kapsamında 1/3 ölçekli iki katlı ve tek açıklıklı dört betonarme deney numunesi test edilmiştir. İlk test numunesi, her iki katın dolgu duvarına sahip olduğu referans numunesidir. İkinci test numunesi, sadece üst katın yumuşak kat düzensizliğine ve dolgu duvarlarına sahip olduğu bir çerçevedir. Üçüncü deneyde, yumuşak kat düzensizliğine sahip çerçevede zemin katta ters V çelik çaprazlarla bir takviye yapılmıştır. Dördüncü deneyde ise yine yumuşak kat düzensizliğine sahip çerçevede, zemin katta X çelik çaprazla takviye yapılmıştır.

Seyhan (2016) tarafından yapılan çalışmada, standartlara uymayan zayıf betonarme kolonların onarımından sonra lifli polimerler kullanılarak güçlendirilmiş ve sismik performanslarının değerlendirilmesi amacıyla deneysel ve analitik çalışma yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmada, standartlara uymayacak şekilde hazırlanmış, düşük beton mukavemeti ve nervürlü olmayan dikdörtgen kesitli 11 adet betonarme kolon kullanılmıştır. Bu numunelerin ilki, herhangi bir onarım ve güçlendirme uygulaması olmadan, % 20 sabit bir eksenel yük düzeyinde tekrarlayan yatay yüklere maruz bırakılarak test edilmiştir. Deneysel sonuçlar teorik hesaplamalar ile karşılaştırıldığında, bu numunelerde kullanılan güçlendirme tekniğinin tasarımında, beton ile çelik arasındaki mükemmel aderansa dayanan geleneksel dayanma gücü yönteminin de uygulanabilir olduğu sonucuna varılmıştır. Ek olarak, numune davranışları incelendiğinde, lifli polimer donatıların kimyasal yapısının çevrimsel yükler altındaki davranışı etkilediği açıkça belirlenmiştir. Bu çalışmanın temel amacı deney sonuçlarını değerlendirerek önemli miktarda veri elde etmek ve lifli polimer kompozit malzemelerle standartlara uymayan zayıf taşıyıcı elemanları güçlendirerek deprem performansını artırmasını sağlayacak şekilde yapıyı TSDC (2007) tarafından

ortaya konulan derhal kullanım performans seviyesine taşıyarak deprem sonrasında da binaların kullanımını sağlayacak yöntemler geliştirmektir.

Çakar (2015) tarafından yapılan çalışmada, 1975 yılında inşa edilmiş mevcut bir çerçeve sistemine sahip betonarme bir binanın 2007 deprem yönetmeliğine göre performans analizi ile güçlendirilmesi önerilmiştir. Yapıda olan tüm elemanların hasarı tespit edildikten sonra, yapının performansı yapıdaki hasar dağılımı ve oranına göre belirlenmiştir. Performans analizi sonucunda, kesme güvelliği yetersizliği, kesit yetersizliği bazı kolonlarda tespit edilmiştir. Elemanların kesme kapasite yetersizliği sebebi ile bina sisteminin iyileştirilmesi için bir güçlendirme önerisi yapılmıştır. Sta4cad v13.1"de yapı performans analizi yeniden yapılmış ve ortaya çıkan sonuçlara göre yapıda olan düzensizlikleri ve kolon kapasiteleri kontrol edilmiştir. Binanın "Can Güvenliği" performans düzeyini karşıladığı çalışma sonunda gözlenmiş ve bina için alternatif bir güçlendirme önerisi verilmiştir.

Khoshkholghi (2015) tarafından yapılan çalışmada, püskürtme bazalt tekstil takviyeli (GFRC) ile düşük dayanımlı kolonların güçlendirmesi için deneysel ve analitik olarak çalışma yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmada, dört farklı en kesit geometrisi ve toplam 26 düşük dayanımlı (beton basınç dayanımı 10 MPa dan az) olan kısa kolon numuneleri test edilmiştir. Tüm numuneler 5000 kN kapasiteli bir Amsler Universal deney cihazı ile monotonik basınç yüklemesi altında test edilmiştir. Ek olarak, kompozit malzemelerin davranışını belirlemek için 24 sayı çekme numunesi üretilmiş ve test edilmiştir. Yapılan deneylerde güçlendirilmiş olan numunelerinin monotonik artmış olan eksenel yük altındaki davranışında maksimum dayanıma ulaşmış olan yakın bölgelerde püskürtme cam lifli betonun davranışa hakim olduğu, maksimum dayanım değerinden sonra cam lifli betonda çatlakların oluşmaya başladığı görülmüştür. Ayrıca dikdörtgen kesitli örneklerde kenar boyutları oranı arttıkça sargılama etkinliğinin ve tüketilmiş olan deformasyonun enerjisinin azaldığı ve bu durumun güçlendirme tasarımında dikkate alınması gereken bir parametre olduğu görülmüştür. Çalışmanın analitik bölümünde, güçlendirilmiş olan beton numunelerinin en yüksek dayanım ve deformasyon değerlerinin tahmini için ampirik bağıntılar deney sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesinden elde edilmiştir. Kapsamlı deneysel çalışmalar ve deneysel sonuçlara dayanan analitik çalışmalar, tekstil takviyeli cam lifli püskürtme beton ile yetersiz betonarme elemanların güçlendirilmesinin mukavemet ve süneklik özelliklerinin artırılmasında önemli bir yöntem ortaya çıkarılmıştır.

Köse (2014) tarafından yapılan çalışmada, 1998 deprem yönetmeliğine göre tasarlanan mevcut çerçeve sistemli betonarme bir binanın performans analizi, güçlendirme önerisi ve kat eklenmesi ile 2007 deprem yönetmeliğine göre yapılmıştır. Sta4Cad v13.1 paket programı ile modellenen mevcut yapının statik ve dinamik analizi, bütün kirişler, beton, kolon ve çelik karakteristik değerleri ile elastisite modülü belirlenmiştir. Mevcut kolonların bir kısmını mantolanması ve yapıda tanımlanan yetersiz taşıyıcı elemanlarının güçlendirilmesi dikkate alınarak, betonarme perde duvarı, öngörülen açıklıklara ve binanın dışına doğru her iki yönde yerleştirilmesi tercih edilmiştir. Yapılan çalışma sonunda uygulanan her bir deprem yönü için yapılan hesap sonucunda yapının “Can Güvenliği” performans seviyesini karşıladığı “Hemen kullanım” koşulunu karşılamadığı görülmüş ve gevrek davranışı gösteren bazı kolonların güçlendirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Alternatif bir güçlendirme önerisi mevcut yapı için verilmiştir.

Ünal (2012) tarafından yapılan çalışmada, deprem dayanımı yetersiz sünek olmayan betonarme çerçevelerin düzlem dışı perde duvarlarla güçlendirilmesi deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan çalışmada, depremleri simüle eden geri dönüşümlü tekrarlayan yatay yüklerin etkisi altında 1/3 ölçekli 4 deney örneği test edilmiştir. Kolon taşıma kapasitesinin %20'sine kadar yükselmesi, Numunelere verilen eksenel yükten kaynaklanmıştır. Birinci numune yetersiz deprem dayanımına sahip ve güçlendirme yapılmayan binaları temsil eden deney numunesidir. Betonarme boş çerçeveye güçlendirme yapılmış deney elemanları, geriye kalan deney elemanlarıdır. Güçlendirme yapılması gereken binaları temsil etmek için, eksenel yük nedeniyle ikinci sıradaki deney elemanı oluşturulmuştur. Yapılan deney elemanında, kolonlar üç taraftan mantolanarak güçlendirme yapılmıştır. Üçüncü deney elemanı ise pencere boşluğuna sahip betonarme perde ile güçlendirme yapılmış numunedir. Son deney elemanı ise iki adet betonarme perde ile güçlendirilmiştir. Deney sonuçları incelenmiş ve öneriler yapılmıştır.

Kılıç (2012) tarafından yapılan çalışmada, betonarme çerçeveli yapılarda dolgu duvarların güçlendirilmesi deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada deneyleri gerçekleştirmek için, 2 katlı ve tek açıklıklı bir betonarme çerçeve sistemi, tasarım ve imalat kusurları ile malzeme mukavemeti yetersiz olacak şekilde inşa edilmiştir. Deney sistemi 1/2 ölçekli ve 5 adet farklı numune(dolgu duvarlı betonarme çerçeve ile hasır çelik, betonarme boş çerçeve ve sıva kaplamasının farklı şekillerde kullanıldığı 3 adet farklı numune) birbirleriyle karşılaştırmak ve sonucu incelemek

etmek için oluşturulmuştur. Deneysel çalışma sonucunda, çevrimlerde tüketilen enerjinin önemli ölçüde artırmasının sebebi, boş çerçevenin duvarla doldurulmasından kaynaklanmıştır. Taşıyıcı sistemin enerji yutma kapasitesi, enerji tüketimindeki artışla birlikte arttırılabilmektedir. Öte yandan, referans boş çerçevedeki çevrimlerde tüketilmiş olan enerji miktarına kıyasla boyutlarda önemli bir artış olduğu görülmüştür. Boş çerçeveye yalnızca duvar örülmesi dahi çevrimlerdeki yanal rijitliğe önemli ölçüde katkıda bulunmuştur. Referans dolgu çerçeve, ileri çevrimde maksimum yatay yük seviyesine 42.41 KN ve ters çevrimde -54.81 KN ulaşmış ve referans boş çerçeve geri çevrimde -39,33 KN, ileri çevrimde 36,51 KN maksimum yatay yüke dayanmıştır.

Özdöner (2011) tarafından yapılan çalışmada, İmalat sırasında bina kullanıcıları tarafından binaya terk edilmeden sistemin bina dışından iyileştirilmesi yöntemi, diğer güçlendirme yöntemlerinden farklı olarak incelenmiştir. Mevcut betonarme yapılarda yaygın hataları olarak üretilmiş 1/3 ölçekli, yetersiz deprem dayanımına sahip iki katlı ve iki açıklıklı bir adet güçlendirme yapılmış betonarme çerçeve ve iki adet de aynı özelliklerdeki mevcut betonarme çerçeveye farklı prefabrike dış paneller ilave edilmesi ile güçlendirilmiş sistem, yatay yükleme altındaki davranış ve depremin etkisi tersine çevrilerek tekrarlanır deneysel olarak incelenmiştir. Deprem dayanımı yetersiz sünek olmayan çok açıklıklı ve çok katlı betonarme çerçevelerin enerji tüketme kapasiteleri, dayanım ve rijitlik gibi özellikler ile davranışları deneysel verilerin değerlendirilmesi neticesinde ortaya çıkmıştır. Prefabrike dış paneller aynı özelliklere sahip mevcut betonarme yapıya eklenmiş ve sistemin iyileştirilmesi neticesinde davranışlar ve sonuçlar kıyaslama yapılmıştır. Sonlu elemanlar yöntemi, çalışmanın analitik bölümünde kullanılmış ve statik itme analizinden ortaya çıkan sonuçlar deneysel verilerle kıyaslama yapılmıştır.

Ateş (2010) tarafından yapılan çalışmada, daha önce güçlendirmeye karar verilen bir bina örneğinin mevcut durumunun değerlendirilmesi ve çeşitli güçlendirme yöntemlerle güçlendirilmesi yapılmıştır. Güçlendirme çalışmalarındaki performansları, ETABS-V9 ve STA4-CAD-V12 programları kullanılarak 2007 Türk deprem Yönetmeliği kapsamında incelenmiş ve ortaya çıkan sonuçları yorumlanmıştır.

Gülmez (2010) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'de bulunan yapı stoğunun güçlendirilmesinde, depreme karşı izlenecek uygun yöntemler araştırılmıştır. Bir yapının güçlendirilmesinde, hangi durumda nasıl bir güçlendirme yönteminin seçileceği yapılan çalışmada açıklanmıştır. Türkiye'de bu yöntemlerin dayandığı temel

ilkeler gerekçelerle birlikte tanımlanmış ve uygulamada bazı önemli kavramlar vurgulanmıştır.

Kaya (2007) tarafından yapılan çalışmada, Eksenel çekme ve statik yükleme koşullara bağlı olarak yapıların güçlendirilmesinde sıklıkla uygulanan tam ve kısmi bağlı ankrajların davranışı incelenmiştir. Yapılan çalışmada tam bağlı ankrajlar, kısmi bağlı ankrajlar ve referans yapışma örnekleri olmak üzere üç farklı eksenel çekme testi grubu yapılmıştır. Aynı mekanik fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olan ankraj donatıları tamamen 16 mm nervürlü donatıdır. Tozu atılmış, temiz ve temizlenmemiş yüzeylerde üç farklı yüzey temizlik işlemine göre deneyler gerçekleştirilmiştir.

Beyli (2002) tarafından yapılan çalışmada, Çok katlı betonarme bir bina, 1975 deprem yönetmeliğine göre yapılmış ve deprem güvenliği 1998 deprem yönetmeliğine göre araştırılmıştır. Çalışma kapsamında 1975 deprem yönetmeliği ile 1998 deprem yönetmeliği arasındaki farklar belirtilmiştir. Taşıyıcı sistemi yeterli dayanıma sahip olmayan bina, deprem yönetmeliğine göre çerçeve boşluklarına betonarme perde eklenerek güçlendirilmiştir.

Altın (1990) tarafından yapılan çalışmada, Betonarme dolgu duvarla güçlendirilmiş olan 1/3 geometrik ölçekte, tek açıklıklı iki katlı betonarme çerçeve elemanları, tersinir tekrarlanır yatay yükler altında test edilmiştir. Yapılan çalışmada, betonarme dolgu duvarlar ile betonarme çerçevelerin güçlendirilmesinden kaynaklanan davranış ve dayanım değişiklikleri araştırılmıştır. Bu nedenle, ana değişkenler dolgu ve dolgu panelinin donatı tipi ile çerçeve arasındaki bağlantı tipinin etkinliği, kolonda eksenel yükteki değişim, kolon eğilme kapasitesi ve çerçevenin beton basınç dayanımı olarak seçilmiştir. Yatay düzlemdeki deneylerden elde edilen sonuçlar, kolon eğilme kapasitesinin ve eksenel yük seviyesinin davranış ve mukavemeti üzerinde iyi bir etkiye sahip olduğu sonucuna varmıştır. Betonarme dolgu duvar ve çerçeve arasındaki yük aktarmış olan donatı detayının, süneklik seviyesi ve dayanım üzerindeki etkisi sağlanmıştır.

3. DEPREM HASARLARI

Depremden sonra hasar gören bir yapıda az hasarlı, hafif hasarlı, orta hasarlı, ağır hasarlı ve çok ağır hasarlı olmak üzere beş çeşit hasar olduğu söylenebilir. Bir binanın hasarlı olarak nitelendirilebilmesi için, binanın taşıyıcı sistem elemanlarının orta hasarlı, ağır hasarlı ve çok ağır hasarlı sınıflandırma içerisinde dahil edilmesi gerekir. Yapının taşıyıcı elemanları genel olarak harç ve sıva gibi kaplama elemanları ile kaplanır. Bu tip kaplama elemanlarında çatlak meydana geldiğinde çatlağın taşıyıcı elemandaki varlığının anlaşılabilmesi durumunda, kaplamalar kaldırılarak altta yatan beton yüzeyi incelenmeli ve çatlağın taşıyıcı elemanda, olup olmadığı tespit edilmelidir (Aytaç, 2011).

3.1. Türkiye'deki Deprem Hasarları

Türkiye'de yakın geçmişte yaşanan betonarme binalarda, görülen yapısal hasarın büyük kısmı projelendirme hataları, donatı işlenmesi ile ilgili hatalar ve yapım hataları olmak üzere bu üç nedenden kaynaklanmaktadır. Marmara depreminde üç sebebin yanında önemli sebebi de zeminin neden olduğu problemlerdir. Ayrıca, doğrudan zemin problemleri birçok yapısal hasarın nedeni olabilir. Zemin sıvılaşması nedeniyle yapılarda aşırı oturmalar, göçmeler ve dönmeler oluşmaktadır. Türkiye'de meydana gelen en yaygın hasar yumuşak ya da zayıf kattan kaynaklanır. Marmara depreminden sonra bölgede yumuşak ve zayıf kat nedeniyle hasar gören birçok bina bulunmaktadır. Deprem hasarlarını ve türlerini etki eden yapıların taşıyıcı sistemleri, malzemeleri ve tasarım kriterleri olarak belirlenmektedir. Betonarme sistemler, çelik sistemler, ahşap karkas sistemler ve yığma sistemlerde deprem hasarları değişiklik göstermektedir. Türkiye'de ağırlıklı olarak betonarme sistemler ve yığma sistemleri oldukça yoğundur (Gerek, 2015).

3.2. Betonarme Binalarda Hasar Biçimleri

Betonarme taşıyıcı sistemlerde çatlakların oluşması, temel oturmaları ve proje hataları sebebi ile aşırı yüklemeler sonucundan kaynaklanmaktadır. Taşıyıcı sistemde oluşan çatlaklar belli bir boyuta ulaştığında yapının güvenliğinin tehlikeye girmesine neden olur. Hasar görmüş yapılarda deprem sonrası güvenlik önlemleri alındıktan sonra

yapıya gelen hasarları hızlı ve dikkatli bir şekilde tespit edilmelidir. Bunun nedeni yapıdaki hasarın büyüklüğü, yapıyı tamir etme, güçlendirme ya da yıkım kararını belirler. Hasar değerlendirmesi neticesinde çökme tehlikesi bulunan binaların boşaltılması ve askıya alınması gerekmektedir. Taşıyıcı ya da taşıyıcı olmayan elemanlarda herhangi bir hasar tespit edilmesi gerekir. Gerekli olduğunda donatının çapı, yeri ve miktarı, donatıların üzerinde olan betonun çıkarılmasıyla tespit edilir. Yapı elemanlarının boyutlarının uygun olup olmadığı, projede belirtilen boyutlara göre incelenmelidir. Yönetmeliklere uygun olarak inşa edilmiş binalarda meydana gelen hasarlar mevcut inşaat yönetmeliklerinin ilerlemesine yardımcı olurlar. Yeni inşa edilecek binaların plan ve projelendirilmesinde deprem tehlikesinin azaltılması bu bilgileri kullanarak sağlanabilir (Beyli, 2002).

3.2.1. Döşeme hasarı

Döşemedeki titreşimler hareketli yüklerden kaynaklanmakta ve döşeme ortasında aşırı sehimler ve çatlakların ortaya çıkmaları genellikle düşey yüklerden kaynaklanmaktadır. Üstelik hareketli yüklerden kaynaklanan aşırı titreşim yapması dayanıksızlığının bir kanıtıdır. Bu belirtiler, döşemenin kalınlığının açıklıktan daha az olması, betonun tamamen sertleşmesine gerek kalmadan yüklenmesi, yani kalıpların erken çıkarılması ya da beton döşemenin mukavemetinin proje aşamasında belirtilen mukavemetten daha düşük olması gerçeğinden kaynaklanabilir (Özdöner, 2011).

Zımbalama, döşemede oluşabilecek hasarın nedenlerinden biri olarak sayılır. Kirişsiz döşemelerin hasar görmesi, döşeme ve kolonun birleşim bölgelerinde kesme çatlakları şeklinde gerçekleşir. Bu tip döşemelerde döşemeden kolona kesme kuvveti aktarmış olan alanın daha az nedeniyle son derece gevrek ve aniden gelişen zımbalama kırılması meydana gelir (Şirin, 2006).

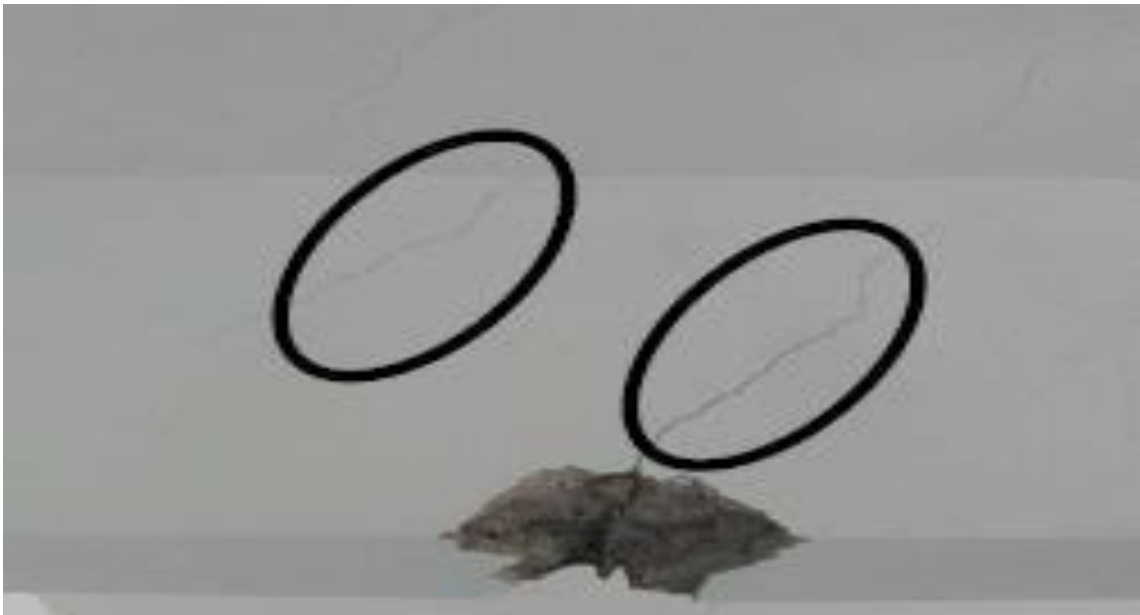
3.2.2. Kirişlerde oluşan hasarlar

Betonarme kirişlerde eğilme çatlakları, kiriş açıklığında ortaya çıkması düşey yükler etkisinden kaynaklanır (Şekil 3.1). Bu güç azalması kirişte boyuna donatının miktarı azalmasından dolayı kirişin ortasında çekme bölgesinde meydana gelen çatlak ile kendini ortaya çıkarmaktadır (Özdöner, 2011).



Şekil 3.1. Düğüm noktasında mafsallaşma ve kirişte eğilme çatlağı (Sezen, 2003)

Deprem etkisi altında kirişlerde en çok zorlanan bölgeler, mesnet gölgeleri olarak tanımlanmaktadır. Mesnet bölgelerinde kiriş eksenine dik eğilme çatlakları ve 45° 'lik açıyla kesme çatlakları meydana gelmektedir. Etriye donatısının yetersiz olduğu zaman bu tip çatlaklar ortaya çıkmaktadır (Halis, 2019).



Şekil 3.2. Kirişte oluşan kesme çatlakları (Çırak, 2011)

3.2.3. Kolonlarda oluşan hasarlar

Betonarme kolonlar kesme kuvveti, aksel kuvvet ve momentten kaynaklanan farklı şekillerde hasara uğramaktadır. Kolona etki eden bu kuvvetler kolonun taşıma kapasitesinden daha fazla ise hasar meydana gelir (Özdöner, 2011).

Kolonda takriben 45 derece eğimli kesme çatlakların meydana gelmesi, Kolon kesme kuvveti taşıma kapasitesinin yetersiz olmasından kaynaklanmaktadır. Beton basınç dayanımının beton ve donatı arasında dayanımının yeterli olmaması durumunda ya da aynı yerde kolon boyuna donatı eklenmesi sonucu aralarına beton girmemesi sebebi ile aderans sağlamadığı durumlarda, donatı üzerindeki beton kabuk kopar ve düşer. Donatıların akma gerilmesine ulaşmadan betondan ayrılmaları, donatı ile beton birlikte çalışmadığından kaynaklanmaktadır. İleri seviyede kolon kesme kırılması hasarı Şekil 3.3'te gösterilmektedir (Şirin, 2006).



Şekil 3.3. Kolonlarda kesme hasarı

Kolonun aşırı aksel yükü veya kolonun beton basınç dayanımının projede tahmin edilen mukavemetten daha az olması durumunda kolonda basınç kırılması hasarı oluşmaktadır. Kolon boyuna donatısının akma sınırına varmadan betonun ezilerek çatlama şeklinde gelişir ve binanın ani olarak çökmesine neden olabilir. Kolon dış yüzeyinde meydana gelen düşey çatlaklar sonrası sütun boyuna donatıları dışarıya doğru

burkulmaya başlar. Bu durumda hasarlı kolona yük aktaran elemanlar derhal askıya alınmalı, kolonun tamir edilmesi ve güçlendirmesi yapılmalıdır. Kolonlarda basınç hasarı Şekil 3.4'te gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Kolonlarda basınç hasarı

3.2.4. Kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarı

Kolon kiriş bileşim bölgeleri bina için, sistemin rijitliği ve deprem yükleri bakımından hayati öneme sahiptir. Yönetmeliklere uygun olarak inşa edilmiş binalarda güçlü kolon zayıf kiriş prensibine göre kiriş uçlarında mafsallaşma meydana gelmektedir. Hasarlı yapılarda önemli olan nokta, kirişlerin kolonlardan daha sert ve daha güçlü yapılmasının nedeniyle ilk önce kolonlarda çekme ya da basınç hasarının oluşmasıdır. Bu çok tehlikelidir ve yapının bir mekanizma haline gelmesine ve yıkılmasına neden olabilir. Kolon kiriş birleşim bölgelerinde yeterli kadar etriye yerleştirilmemesi durumunda, kiriş genişliğinde düşey yük etkisinden dolayı kolon boyuna donatısının burkulmasına ve üzerinde olan kabuk betonun kopmasına sebep olur. Ek olarak, kirişte olan boyuna donatıların kolon kiriş birleşim bölgelerinde yeterince sabitlenmemesi durumunda deprem sırasında boyuna donatılar birleşim yerinden ayrılabilir (Beyli, 2002).



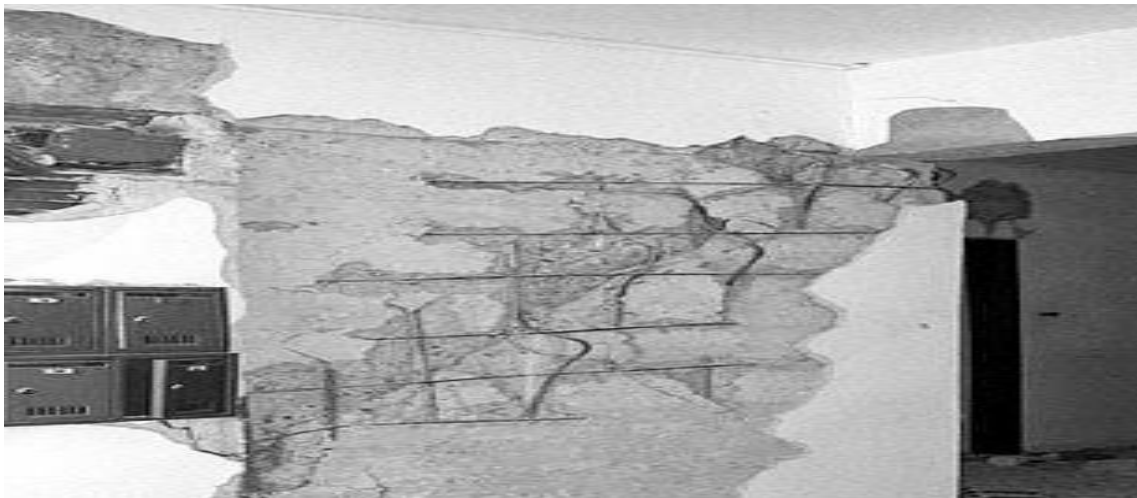
Şekil 3.5. Kolon-kiriş birleşim bölgesinde meydana gelen hasar (Koç, 2016)

3.2.5. Perde hasarları

Deprem sırasında perdelerin hasar görmesi, yapının yüksekliğine göre değişir. Perdelerde üç tip hasar oluşmaktadır (Halis, 2019).

3.2.5.1. Kesme çatlakları

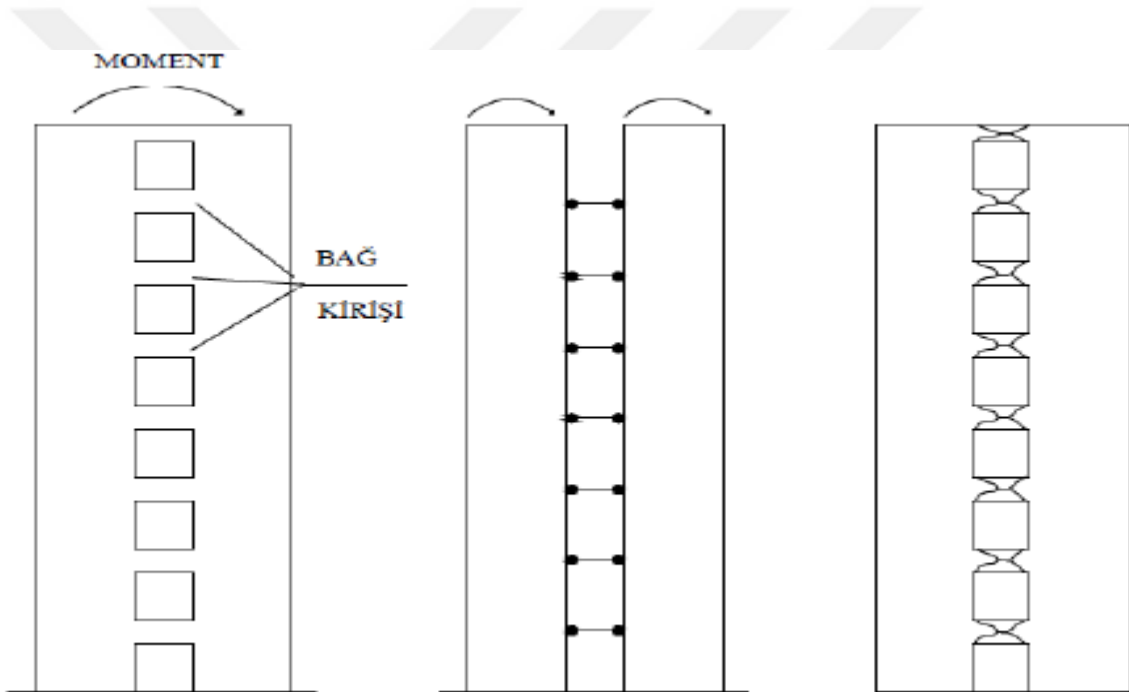
Kesme çatlakları çoğunlukla çok katlı olmayan alçak yapılarda görülür (Şekil 3.6). Perdelerde en yaygın olarak meydana gelen çatlak ve hasar X köşegen şeklinde oluşan çatlaklardır. Bu çatlaklar, kesme kuvveti tarafından oluşturulan eğik çekme gerilmelerinden meydana gelir. Eğik çekme gerilmelerin oluşturduğu güç tükenmesi yapının ani bir şekilde göçmesine sebep olduğu için dikkate alınması gereken bir durumdur. (Halis, 2019).



Şekil 3.6. Perdede meydana gelen kesme hasarı (Çırak, 2011)

3.2.5.2. Eğilme çatlakları

Çok katlı yapılarda zemin ve zemine yakın katlarda olan perdelerde yaygın olarak eğilme çatlakları meydana gelmektedir. Pencere ve kapı boşluğu olmayan perde duvarlarında bu tip hasarlar oluşmaktadır. Boşluklu perde duvarlarında meydana gelen hasarlar, boşluksuz perde duvarlarındaki hasarlardan yapı açısından biraz farklıdır. Deprem sırasında, boşluklu perde duvarı birbirine kat seviyesinde bağlanmış, iki dolu perde duvarı gibi hareket etmektedir. İki perde duvarını birbirine bağlamış olan bağ kirişlerinin uçlarında kesme ya da eğilme kırılması meydana gelir. Bu hasarın neticesinde boşluklu perde iki bağımsız perde haline gelir. Hasarın en son ulaşabileceği nokta ise perdenin tabanında eğilme çatlaklarının meydana gelmesidir (Şirin, 2006).

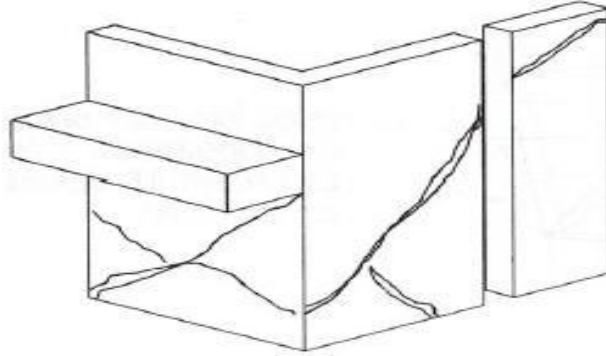


Şekil 3.7. Boşluklu perdelerde hasar biçimi (Şirin, 2006)

3.2.5.3. Kayma hasarı

Perde yapımı sırasında perde betonunun aşamalı olarak dökülmesi nedeniyle daha sonra soğuk derzler oluşabilmektedir. İki perde betonu farklı zamanlarda döküldüğü ve iki perde bölümü arasında yeterli sürtünme kuvvetinin olmadığı için bu olay ortaya çıkmaktadır. Tüm çatlakların yatay olması, düşey yüklerin taşıyıcılığı bakımından herhangi bir tehlike oluşturmayabilir. Proje aşamasında yapılan hatalardan biriside perdelerin simetrik olarak yerleştirilmemesi sonucunda deprem sırasında

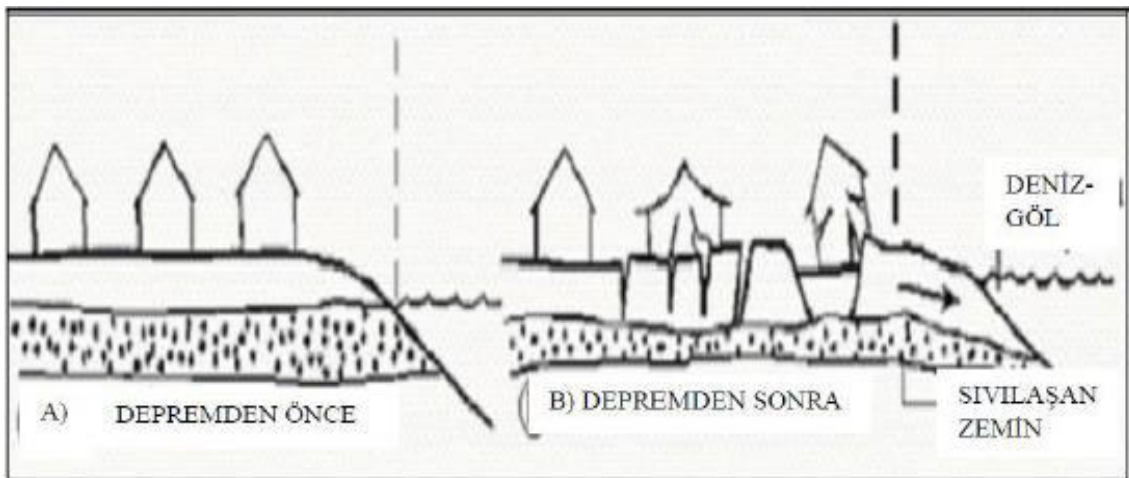
perdelerde burulma momentleri nedeniyle hasar meydana gelebilir. Şekil 3.8’da görüldüğü gibi burulma etkilerine maruz kalmış olan bir perde duvarı göstermektedir (Halis, 2019).



Şekil 3.8. Burulma çatlakları oluşmuş bir perde duvar (Halis, 2019).

3.2.6. Temelde oluşan hasarlar

Deprem sırasında en yaygın olarak karşılaşılan olaylardan biri, çoğunlukla temelde hasara sebep olan zemin sıvılaşmasıdır. Bu durum genellikle akarsu havzalarında ve kıyı bölgelerinde yaygındır. Yer hareketi neticesi, yer altı su seviyesinin yükselmesi durumunda titreşim etkisi ile ince taneli zemin ve kumu suya doymun hale getirir. Zeminde oluşan kayma gerilmesi, deprem hareketi sırasında zeminin sıvı hale gelmesine sebep olur. Su ile doymun kumun, özellikle büyük depremler sonrası ovalık yerlerde sıvılaştığı görülmektedir (Şekil 3.9) (Halis, 2019).



Şekil 3.9. Zemin sıvılaşması (Halis, 2019)

Zeminin sıvılaşması ya da benzeri sebeplerden dolayı zeminin taşıma gücünde ortaya çıkan azalma, tüm yapının düşey oturmasına sebep olabilir. Bu tip hareketler çatlakların meydana gelmesine sebep olur. Bu da kolonun tekil temeli ya da plak temeli zımbalamaya zorladığını gösterir. Temelin bir kısmının dolgu üzerinde ve bir kısmının da sert yerel bir zemin üzerinde olması deprem esnasında binada dönmelere sebep olabilir (Halis, 2019).



4. YAPILARIN GÜÇLENDİRMESİNDE SIKÇA KULLANILAN MALZEMELER

4.1. Epoksi Reçineleri

Epoksi reçineler, çelik elemanların betona yapıştırılmasında ve betonarme perdelerde, kolonlar, perdeler, kirişler ve döşemelerdeki çatlakların tamiratında çok iyi yapıştırma özellikleri nedeniyle en çok kullanılan sentetik reçinelerdir. Bu yerel uygulamada iç kuvvet dağılımının değiştirilmemesi taşıyıcı sistemdeki rijitlik dağılımını etkilemediğinden kaynaklanır. Epoksi reçineleri, elemandaki gerilme birimlerini önlemek için çatlamış olan yapı elemanının tekrar sürekli duruma getirilmesi gerekir (Beyli, 2002).

4.2. Püskürtme Beton

Şantiye ekipman ve işçilik açısından bir sorun olmadığı durumlarda, bazı üstünlükleri (betonun yerleştirilmesi ve sıkıştırılması güç yada ince bir tabaka halinde uygulanması gereken yerlerde) nedeniyle Püskürtme betonunun kullanılması uygundur. Genellikle bu betonların rötrelerinin geleneksel betondan daha fazla olduğunu ve bu nedenle ortaya çıkacak çatlamalara karşı önlemler almak gereklidir. Donatı miktarı ve düzeninin uygun olması ve betonun sertleşmesinin dikkatli bir şekilde yapılması gerekir (Altuncı, 2009).

4.3. Çimentolu Harçlar

Çimentolu harçlar, reçinelere benzer şekilde çoğunlukla basınçtan etkilenen elemanlarda ortaya çıkan büyük çatlakların ve diğer boşlukların doldurulmasında sıklıkla kullanılır. Çimentolu harçların boşluk ve çatlağın şekline göre seçilecek uygun bir kıvamda hazırlanmaları gerekir ve gerektiğinde su miktarını azaltmak için akışkanlaştırıcı katkı maddeleri kullanılmalıdır. Yapıda istenmeyen çatlakların oluşmaması için bunları yapılması gerekmektedir (Altuncı, 2009).

4.4. Çelik Lamalar

Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde ortaya çıkan hasar sonra çatlak genişliğinde bir artış varsa bunlar çelik lamalarla sarılarak onarılabılır ve takviye edebilir. Herhangi bir sertlik artışı uygulanmış olan elemanlarda neden olmaz. Sarılı lamalar, elemanların kesme kuvveti ve kesitlerin eğilme momenti kapasiteleri artan bölgede enine basınç oluşturur ve deprem etkisinde beton elemanın sünekliğini artırır. Lamalar beton yüzeyine yapıştırılırken, basınç ve çekme kuvvetine sahip olacak şekilde düzenlenmeleri gerekir (Beyli, 2002).

4.5. Lifli Plastik Levhalar

Elastisite modülleri çok küçük ve güç tükenene kadar elastik davranış sergileyen malzemelere plastik levhalar denir. Bu nedenle, malzemenin sünekliği düşüktür. Yalnızca çekmeye çalışırlar, basınca karşı herhangi bir direnç göstermezler. Taşıyıcı sistemde olan kuvvet dağılımında ve elemanın sertliğinde, İnce ve hafif oldukları için herhangi bir değişikliğe sebep olmazlar. Yapı elemanlarının eğilme ve kayma dayanımının önemli ölçüde artırılmasını sağlar (Beyli, 2002).

4.6. Lifli Polimerler

İngilizce olarak Carbon Fiber Reinforced Polymers yani CFRP olarak da bilinmektedir. Lifli polimer (LP) olarak adlandırılan bu terim, bir güçlendirme malzemesini tarif eder. Malzeme genellikle güçlendirme uygulamalarında kullanılır. Karbon fiber türlerinden biri olan karbon elyaf kumaş, gömlek kumaşı kadar ince bir malzemedir ve en sağlam malzemelerden biri olarak dünyada bilinmektedir. Çelikten 14 kat daha gerilmeye dayanıklıdır ve ağırlığı çeliğin beşte biri kadardır. Karbon lifli polimerler ile güçlendirilmiş olan yapı rijitleşir ve depremde hasar riskini azaltır. Karbon elyaf, tüm yapı elemanlarına dıştan kolayca uygulanabilir ve normal bir yüzey görünümü sağlamak için güçlendirilen binanın yüzeyi dışarıdan sıva ya da alçıpan ile kapatılarak mümkündür (Karahasan, 2017).

5. BİNALARDA GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

Genel olarak yapı hasarlarının giderilmesinde iki düzey bulunmaktadır. Yapı ya da yapı elemanların dayanımı hasardan önce belirlenir veya yapı veya yapısal elemanlar hasar görmeden önce daha yüksek bir dayanıma sahip olması gerekir. Buna göre onarım (tamirat), yapıyı hasar öncesi dayanım düzeyine kavuşturmak, güçlendirme ise yapıyı hasar öncesi yüksek bir dayanıma getirmek olarak tanımlanmaktadır (Çevik, 2003).

Aynı anda tamir edilecek yapının güçlendirilmesi, yapının tekrar hasar görmesini önlemek için kaçınılmazdır. Onarım, yapı elemanların incelemeler neticesinde yapının taşıma kapasitesi, sertliği, sünekliği ve stabilitesinde çatlak ve dökülme olarak görülen kayıpları yeterli düzeye getirmek için yapılan bir tamirat türüdür. Güçlendirme, hasara uğrayan -uğramayan elemanın taşıma kapasitesi, sertliği, sünekliği ve stabilitesini önceki durumunun üzerine çıkarmak veya istenilen performans durumuna getirebilmek için bir iyileştirme olarak tanımlanmaktadır (Atmaca, 2013).

Binaların güçlendirilmesi ihtiyaca göre iki durumda değerlendirilir. İlki sistem güçlendirmesidir. İkincisinde elemanların güçlendirmesidir.

5.1. Taşıyıcı Sistem Elemanların Güçlendirilmesi

Her ne kadar sistemin deprem etkisindeki davranışı, taşıyıcı sistemin elemanların güçlendirilmesiyle geliştirilse de, bu sadece birçok elemanın güçlendirilmesi ile sağlanır ve çoğu binalar için ekonomik bir çözüm değildir. Taşıyıcı sistem elemanlarının güçlendirilmesi, temel olarak yerel çözümler üretmek veya hasar durumunda elemanı hasardan önce dayanıma getirmek için kullanılır (Arslan, 2005).

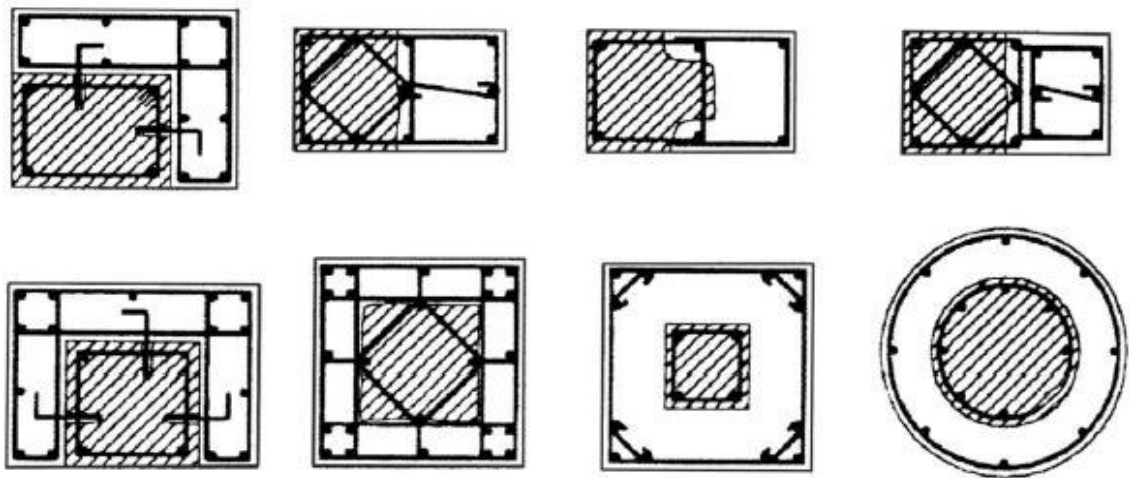
5.1.1. Kolonların güçlendirilmesi

Deprem yüklerini iyi bir şekilde karşılayabilmesi ya da yanal yük taşıma kapasitesinin artırılması için hasara uğrayan bir kolonun güçlendirilmesi gerekebilir. Şekil 5.1'de görüldüğü gibi kolonların eğilme mukavemeti, betonarme mantolama ile kirişlerdeki gibi boyutları genişleterek arttırılabilir. Etriye sıklaştırmasıyla kesme dayanımı ve süneklik durumu arttırılabilir. Kolon elemanlarının kesitlerinin birbirine daha yakın olması, yapının plan görünümünde sistem davranışını daha dengeli hale getirir (Nakipoğlu, 2018).



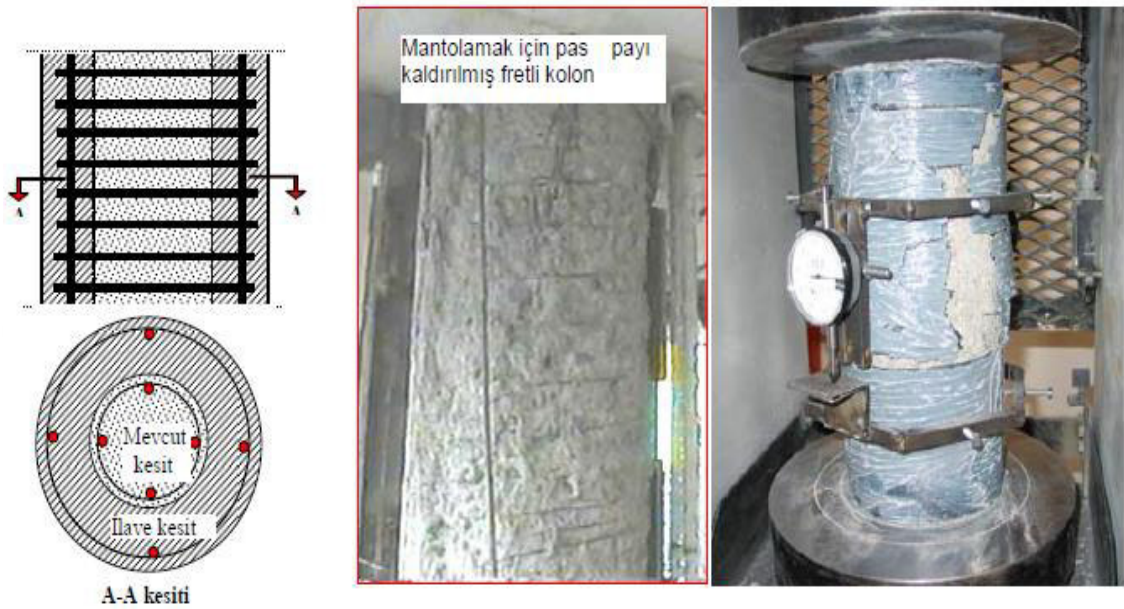
Şekil 5.1. Kiriş kolon kesitlerinin genişleterek mantolama yöntemi ile güçlendirilmesi
(Nakipoğlu, 2018)

Kolonlardaki betonarme mantolamanın incelenmesi neticesinde elde edilen değerler, yapının kullanımında kolonun fonksiyona ve komşu yapının durumuna bağlı olarak bir, iki, üç ya da dört yönden mantolama yapılabilir (Şekil 5.2). Beton ile birlikte ek donatı ve mevcut donatı betonun yapışması sağlanmak gerek. En az manto kalınlığı 10 cm olmalıdır. Epoksi enjeksiyon, sütun elemanlarında oluşan çatlakların belirli bir genişliği aşmadığı yapılarda betonun yapışmasını arttırmak için kullanılabilir (İşler, 2014).



Şekil 5.2. Dikdörtgen ve fretli kolonda mantolanmış örnekleri (Ceritli, 2006)

Betonarme mantolama ile fretli kolonların takviye edilmesi genelde kolonun bütün çevresi boyunca yapılır. İlk önce kolonun pas payı, dikdörtgen kolonlardaki gibi sıyrılır ve sütündeki mevcut donatı ile müteakiben birlikte ilave edilen donatının çalışmasını sağlayacak şekilde belirlenir (Şekil 5.3) (Beyli, 2002).



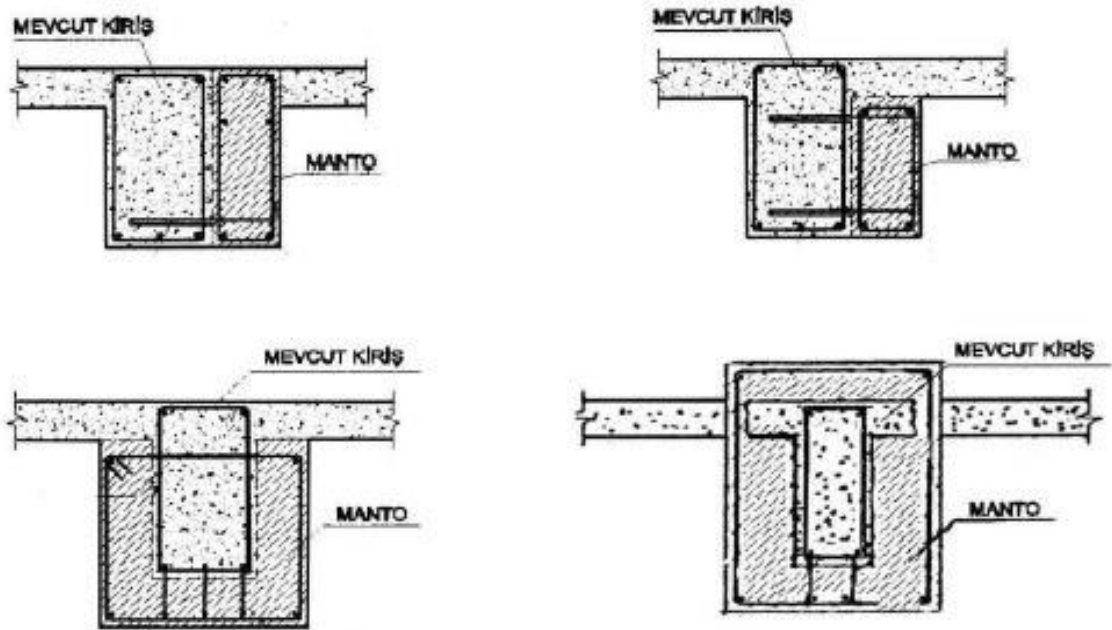
Şekil 5.3. Fretli kolonlarda mantolama uygulamaları (İşler, 2014)

Kolon güçlendirmenin bir başka yöntemi, çelik kafes içine takviyedir. Bu yöntemde, köşebent profiller ile kolonların dört yöne yerleştirilir. Enine kuşaklar tarafından köşebent profiller birbirlerine bağlanması sağlanır. Yük taşıma kapasitesindeki artışa ek olarak, bu yöntemle kolonun sünek davranışında bir iyileşme sağlanır. Fakat rijitlik açısından herhangi bir değişiklik yoktur. Kolon güçlendirme yöntemlerinden biri de çelik levha ile kılıf geçirmedir. Bu yöntemde tüm kolon çevrili ve böylece betonarme kolonların süneklik ve aksenal yük taşıma kapasitesinde artış olur ve çelik levha ile kaplıdır. Eğilme momenti artışı oluşmaması döneşeme içinden çelik kılıfların geçirilememesinden kaynaklanır (Beyli, 2002).

5.1.2. Kirişlerin güçlendirilmesi

Kirişlerin süneklik kapasitesi, kesme mukavemetini ve eğilme momentini arttırmak kirişlerin güçlendirilmesinin temel amaçlarından biridir. Betonarme mantolama, en yaygın kullanan güçlendirme yöntemidir. Yeni ilave edilen beton alanı

ile betonun kesit alanını derinleştirerek ve bu ilave edilen alana yeni çekme donatılar eklenerek moment kapasitesinin artırılması mümkündür. Şekil 5.4'te gösteren kiriş kesitleri, kolonlarda olduğu gibi, kirişlerde yapılan mantolama, gerekirse bir, iki, üç yada dört yönde mümkündür. Kirişlerdeki mantolamada önemli olan eski ile yeni betonun kaynaştırılması ve yeni eklenen çekme donatılarının düğüm noktalarında ankrajın sabitlenmesidir. Bu nedenle, yeterli aderans boyu bırakılması gerekir. Beton alanın ve enine donatının artırılması, kesme kuvveti dayanımını arttırmasına neden olmaktadır. Bu da sünekliğin iyileştirilmesini sağlar. Uç bölgelerde güçlendirme ihtiyacı, depremler sırasında negatif momentlerin kiriş uçlarında oluşmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, kirişin üstüne yeni boyuna donatılar yerleştirilmeli ve en kesiti aynı alana yükseltmek için yeni beton eklenmelidir. Kiriş rijitliği mantolama ile artacağı için zayıf kolon güçlü kiriş davranışı dikkate alınmalıdır (Beyli, 2002).

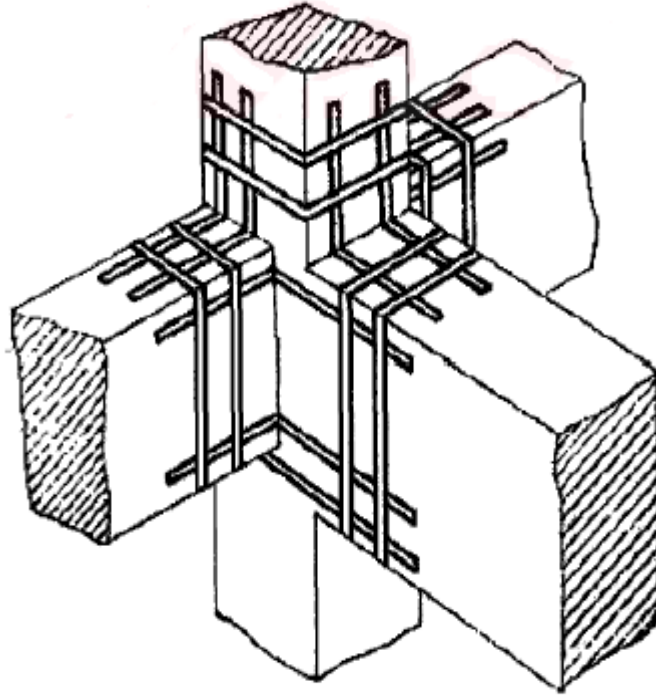


Şekil 5.4. Kiriş kesitlerinde mantolama örnekleri (Beyli, 2002)

Kesme ve eğilme dayanımını arttırmak için çelik ve fiber takviyeli karbon levha uygulanmasıyla sağlanır. Yetersiz açıklık donatısına sahip olan kirişlerde, kiriş, çelik şeritleri yada fiber takviyeli karbon levhaları alttan yapıştırarak takviye edilir. Kayma donatısının eksikliği, lif takviyeli karbon levhanın yan yüzlere uygulanmasıyla ortadan kaldırılabilir (Beyli, 2002).

5.1.3. Kiriş–kolon birleşim bölgelerinin güçlendirilmesi

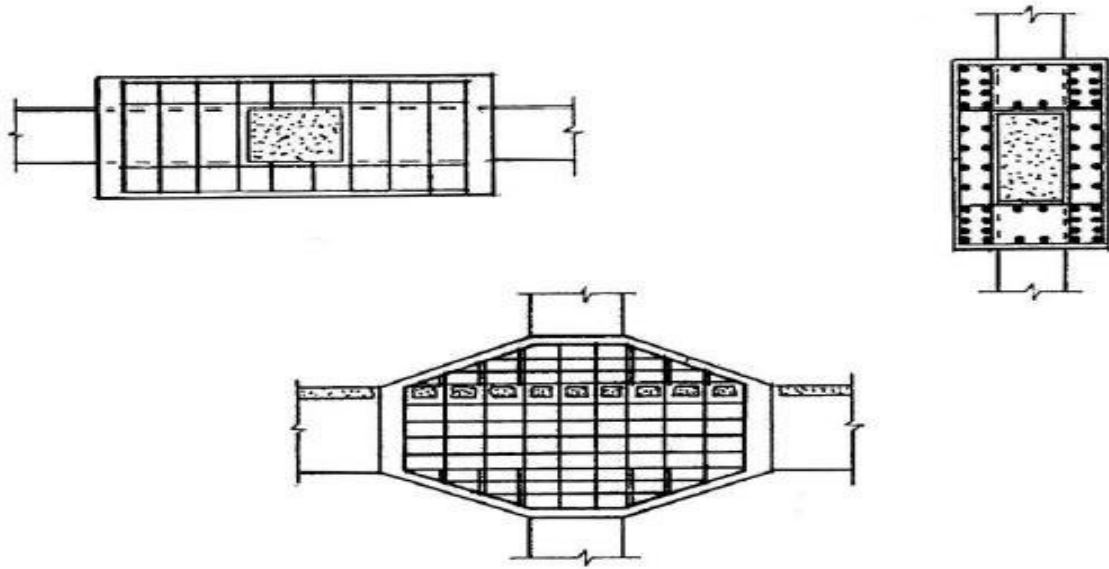
Sistemde en fazla zorlanan ve hasra uğrayan kısımlar deprem etkisi sırasında kolon-kiriş birleşim kısımlardır. Epoksi uygulaması ile hasarın kısmi ve küçük çatlaklar şeklinde meydana gelmesi durumunda, onarım ve takviye yeterlidir. Ayrıca, aderansı kaybeden donatının yeterli şekilde yeniden yapışmayı kazanmasını sağlamak için epoksi reçinesinin kullanılması da tavsiye edilir. Dağılmanın önlenmesi ve yük transferin önemli ölçüde düzeltilebilmesi, fiber takviyeli polimer levhalar kullanılarak birleşim bölgelerinin sarılması ile sağlanır. Şekil 5.5'te gösterildiği gibi hasarın daha yaygın ve önemli ölçüde olması durumunda, çelik şeritlerin yapılandırılması ve sarılmasıyla kiriş-kolon bölgesi takviye yapılabilir. Gerektiğinde sünekliği arttırmak için, sargı şeritlerinden yeterli olmayan etriyeler ve eksik olan sütun ve kirişlerde faydalanabilir (Nakipoğlu, 2018).



Şekil 5.5. Çelik şeritlerin sarılmasıyla kolon-kiriş birleşim bölgesinde güçlendirme uygulaması (Nakipoğlu, 2018).

Düğüm noktalarında genelde, kesme, basınç ve çekme hasarlarına ek olarak, yeterli olmayan ankraj boyundan kaynaklanan hasarlar vardır. Şekil 5.6'da gösterildiği gibi düğüm noktalarının güçlendirilmesi için betonarme mantolama, güçlendirme yöntemleri biri olarak kullanılır. Düğümde bir araya getirilen elemanların birlikte

çalışarak entegrasyonu, betonarme mantolamada hem sütun hem de kirişlerin mantolanması ile sağlanır. Düğümün yanında bulunan kolona ve kirişe ilave etriyeler yerleştirmek, düğüm noktasının ve bileşimin davranışını geliştirir. Düğüm noktasında bulunan yatay ve düşey etriyeler kesme dayanımının arttırılmasını sağlar (Beyli, 2002).

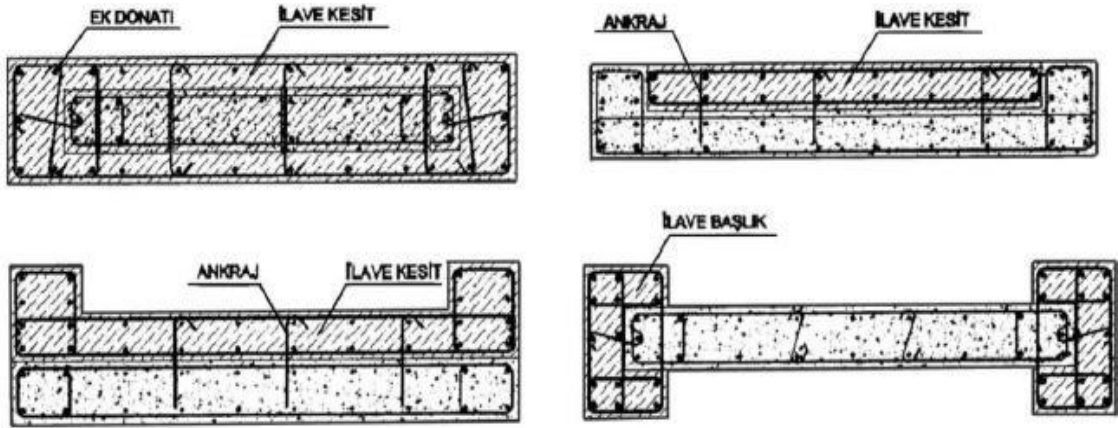


Şekil 5.6. Kiriş-kolon birleşim bölgesinin mantolanması (Beyli, 2002)

5.1.4. Perdelerin güçlendirilmesi

Perdeler büyük rijitlikleri ve binaya gelen yatay yüklerine karşı yüksek mukavemeti nedeniyle yapının önemli elemanlarından biri olarak tanımlanır. Perdeler, yapının yanal yer değiştirmesini önemli ölçüde kısıtlar ve ikinci dereceden momentler nedeniyle kesitlerin daha fazla zorlanmamasını sağlar. Deprem yükünü taşıyacak şekilde düzenlenmiş betonarme perdelerin hasar görmesi, kayma ve eğilme taşıma kapasitesi eksikliğinden yada büyük boşluklu perdelerde bağ kirişlerinin eksikliğinden kaynaklanabilir (Ünal, 2012).

Mevcut perdelerde kesme mukavemeti yetersiz olması durumunda, Şekil 5.7'de gösterildiği gibi gövdeyi kalınlaştırmak (perde kalınlığı artırmak) kesme mukavemetinin artırmasını sağlar. Perdelerde eğilme mukavemeti yetersiz olması durumunda, perdenin uç bölgelerinde başlık oluşturmasıyla eğilme mukavemetinin artırmasını sağlar (Keskin 2005).

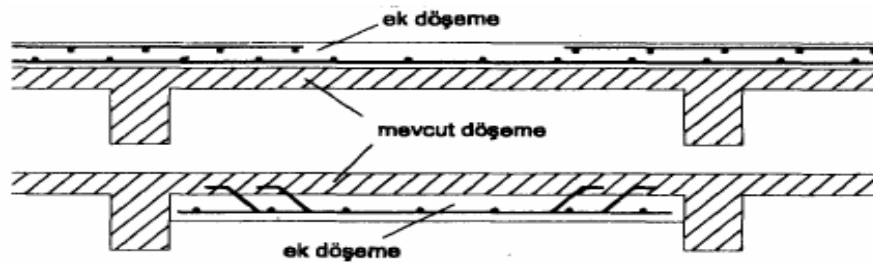


Şekil 5.7. Perde boyutlarının büyütülerek güçlendirilmesi (Beyli, 2002)

5.1.5. Döşemelerin güçlendirilmesi

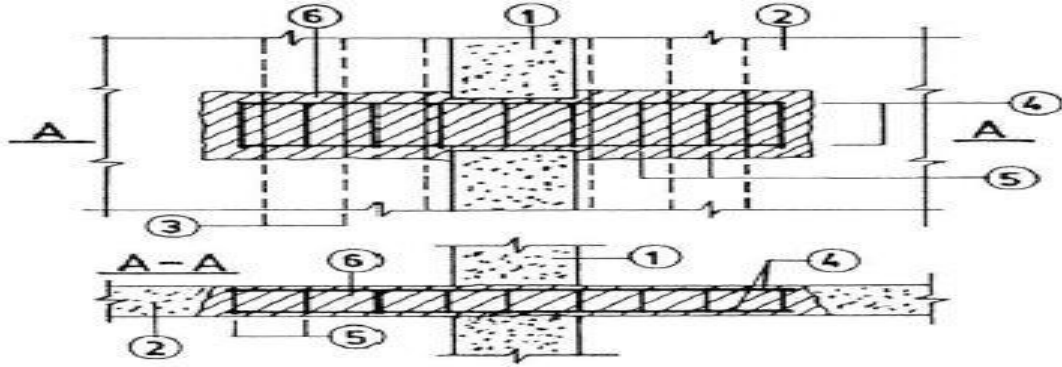
Döşemenin mukavemetinin yeterli olmadığına ya da yeni ilave edilen deprem perdelerinin birleşim yerlerinde mukavemetini arttırmak için döşemede takviye yapılmaktadır. Genellikle döşeme üzerindeki hasarın büyük bir kısmı, doğrudan perdeye, geniş zemin alanlarına ve merdiven sahalarına tutturulduğu yerlerden kaynaklanır. Epoksi, çimento harcı ya da püskürtme beton, yerel çatlak ya da hasarların tamirinde kullanılabilir. Özellikle parçalanmış betonun ya da kırılmış ya da burkulmuş donatının olduğu bölgelerde hasarlı kısım çıkarılmalı ve yenisiyle değiştirilmelidir.

Döşemelerin kalınlıklarının artırılması işlemi ile döşemenin takviyesi yapılır. Şekil 5.8'de gösterildiği gibi mevcut döşemenin üst kısmına doğru kalınlaştırma yapılması durumunda, döşemenin sertliği artar ve diyafram özelliği de artar. Bu kalınlaştırma ilave döşemenin yapılması için, mevcut döşeme üstüne ya da altına eklenerek elde edilir. Alt kısmına doğru kalınlaştırma döşemenin yapıldığında yerleştirilmiş olan çekme donatıları döşemenin eğilme mukavemetinin artırılmasını sağlar. Ancak beton püskürtme yöntemi ile uygulanmalıdır (Keskin, 2005).



Şekil 5.8. Döşemelerin kalınlaştırılarak güçlendirilmesi (Ceritli, 2006)

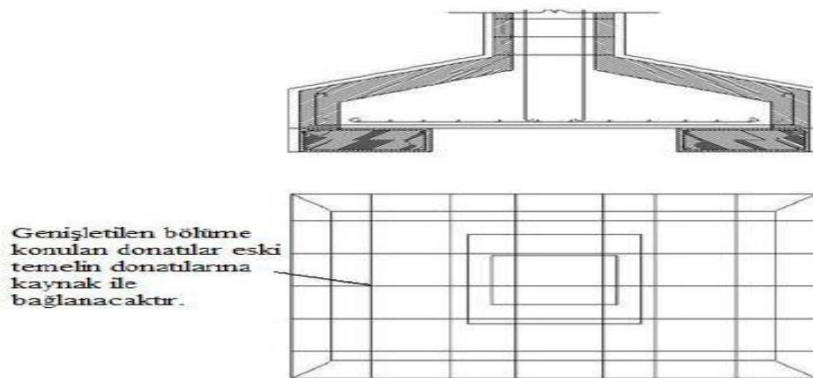
Dübeller, düşeme-deprem perdesi birleşim bölgesini güçlendirmek amacıyla kullanılır. Bunu yapmak için, döşeme içinde deprem perdesine dik ve uzun delikler açılır. Açılmış olan deliklere hem altta hem de üstte Şekil 5.9’da gösterildiği gibi donatılar gereken boyuna yerleştirilir. Donatıların etriyelerle bağlanmaları durumunda, delikler yüksek mukavemetli ve genişletilmiş beton ile doldurulur ve işlem yapılır (Arslan, 2005).



Şekil 5.9. Döşeme-deprem perdesi birleşim bölgesinin güçlendirilmesi (Arslan, 2005)

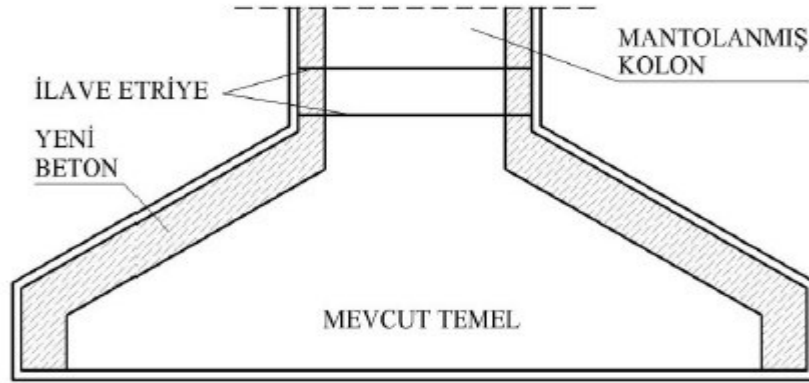
5.1.6. Temellerin güçlendirilmesi

Temellerin genellikle iki nedenden dolayı güçlendirilmesi yapılmaktadır. İlk olarak, temel boyutların gelen yükleri taşımakta yeterli değildir, diğeri ise yapının güçlendirilmesi nedeniyle yeni ilave edilen elemanlar için yeni temel oluşturulması veya mevcut temelin genişletilmesidir. Eski ve yeni bölümler temellerin güçlendirilmesinde, birlikte çalışmalı ve yük eski elemandan yeni elemana aktarılmalıdır. Mantolama ile genişletilmiş kolonun yeni donatıları eski temelde sabitlenebilir, şekli hafifçe genişleterek büyütülmüş alana sabitlenebilir (Öncü, 2011).



Şekil 5.10. Mantolanmış kolonun yeni temele ankrajlanması (Öncü, 2011)

Şekil 5.11’de gösterildiği gibi en kesitli artırılmış sütunun temelının güçlendirme detayları verilmiştir. Genişletilmiş sömel tabanına yerleştirilen kolonun uzatılmış olan boyuna donatıları, mevcut sömelin kenarlarının kırılmasıyla meydana gelen donatılarına kaynak yapılırlar (Öncü, 2011).



Şekil 5.11. Tekil temel in en kesitinin genişletilerek güçlendirilmesi (Öncü, 2011)

5.2. Taşıyıcı Sistemin Yeni Elemanlarla Güçlendirilmesi

Yapıya yeni taşıyıcı elemanlar ilave edilmesiyle, mevcut taşıyıcı sisteme yatay yükün neden olduğu etkilerin çoğunu kapsayacak ve mevcut elemanlar üzerinde olan yatay yükün etkisinin azaltılmasını sağlar. Yeni eklenen elemanlar yüksek rijitlikleri nedeniyle, mevcut taşıyıcı elemanlarına etki eden yatay yüklerde önemli bir düşüşe neden olmaktadır. Yapı düzensizliğinden kaynaklanan burulma etkileri minimum seviyeye indirilebilmek için İlave taşıyıcı elemanların, kütle ile yapının rijitlik merkezi arasında olan mesafeyi azaltacak şekilde yerleştirilmesi sağlanmalıdır. İlave elemanların yerleştirilmesinde, bina mimarisini ve işlevselliğini bozmamak için özen gösterilmelidir. İlave edilen elemanlar ile mevcut taşıyıcı sistem arasında olan sürekliliği tedarik etmek için, bağlantı bölgelerinde yeterince mukavemetin sağlanması gerekir (Arslan, 2005).

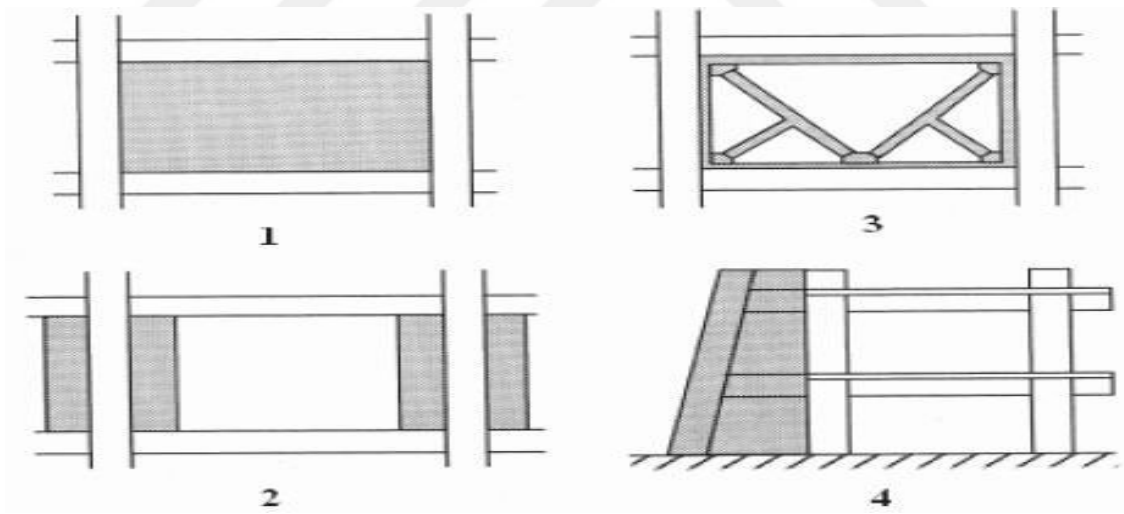
5.2.1. Yapıya deprem perdelerinin ilave edilmesi

Betonarme yapıların yatay yüklere karşı, güçlendirilmesinde en etkili yöntem betonarme deprem perdelerinin yapıya eklenmesidir. Deprem perdelerinin yüksek rijitlikleri nedeniyle yanal yer değiştirmeyi sınırlandırmaları ve ikinci dereceden etkileri en aza indirmeleri en önemli özelliği olarak sayılır. Taşıyıcı sisteme yapının iç kısmında ve çevresinde iki şekilde perdeler ilave edilirler. Perdeler her iki durumda da, mevcut

kolon kiriş eksenlerine bağlı olarak dış merkez olarak ilave edilir. Perdeler kendi ağırlıklarından hariç normal kuvvet etkilememesi, Perdeler sisteme daha sonra eklendiğinden kaynaklanır. Sonuç olarak perdeler etki eden küçük normal kuvvet ve büyük moment neticesinde perde temelinde çekme gerilmeleri meydana gelebilir.

Temellerin çekme gerilmesi alınmadığı durumda, kolonların normal kuvvetinden faydalanması için, perdeler kolonları içine alacak şekilde birlikte oluşturulurlar. Yapının etrafına perde eklenmesi binanın iç kısmının işlevselliğini bozmamasından dolayı avantajlıdır. Bununla birlikte, binanın dışındaki pencereler perdenin boşluklu olmasını gerektirebilir. Boşluklu perdeler dolu perdelerden daha sünektir, ancak donatı düzeni birçok ayrıntı içerir. Yapı içerisinde perde eklenmesi binanın iç kısmı işlevselliğini bozmasına neden olabilir (Altın, 2008).

Şekil 5.12’de yeni eklenen elemanlarla betonarme çerçevelerin güçlendirilmesi veya iyileştirilmesi için kullanılan yöntemler sembolik olarak gösterilmiştir. Burada bir ile gösterilen perde dolgu duvar, iki ile gösterilen parçalı dolgu duvar (kanat duvar), üç ile gösterilen çelik çaprazlama ve dört ile gösterilen dış perde duvar uygulaması olarak tanımlanmıştır (Öztürk, 2010).



Şekil 5.12. Betonarme çerçevelerin yeni elemanlar ile güçlendirilmesi (Öztürk, 2010)

6. TBDY 2018'E GÖRE MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEPREM ETKİSİ ALTINDA DEĞERLENDİRİLMESİ VE GÜÇLENDİRME TASARIMI

6.1. Binalardan Bilgi toplanması

Yapısal hasar raporunu hazırlamak için binadan belirli bir düzeyde bilgi toplanmalıdır. Binalardan bilgi toplama süreci şu şekilde özetlenir (TBDY, 2018).

- Yapısal sistemin tanımlanması
- Bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin belirlenmesi,
- Varsa mevcut hasarın ve önceki yapılmış değişiklik ya da onarımların belirlenmesi
- Eleman boyutlarının ölçülmesi,
- Malzeme özelliklerinin belirlenmesi
- Sahada toplanan tüm bilgilerin varsa binanın projesine uygunluğunun kontrolü.

6.2. Bilgi Düzeyleri

TBDY 2018 bölüm 15.2.12'de açıklanan binaların incelenmesinden elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre, sınırlı ve kapsamlı olmak üzere iki farklı bilgi düzeyleri olarak sınıflandırılmaktadır. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları Çizelge 6.1.'de verilmiştir. Sınırlı bilgi düzeyden kapsamlı bilgi düzeye doğru bilgi düzey katsayısı artmaktadır. Taşıyıcı elemanın kapasitesini hesaplamak için elde edilen bilgi seviyeleri kullanılır (TBDY, 2018).

Çizelge 6.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları (TBDY, 2018)

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Kapsamlı	1.00

6.2.1. Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi

Bina geometrisi: binanın yapısal sistem plan rölevesi elde etmek için saha çalışması olacak. Röleve çalışmalarına yardımcı olarak mimari projeler mevcut olması durumunda kullanılmaktadır. Elde edilen bilgiler, her kattaki bütün betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının yerini ve malzemelerini, yüksekliklerini, eksen açıklarını ve boyutlarını ihtiva edilmeli ve yapının hesap modelinin oluşturulması amacıyla yeterli olması gerekmektedir. Binada olan kısa kolonlar ve benzeri sorunlar kat planı ve kesitleri ele alınacaktır. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) tespit edilecektir (TBDY, 2018).

Eleman Detayları: betonarme elemanlarda olan donatı miktarı ve detaylarının yapının inşa edildiği tarihteki minimum donatı şartlarını karşıladığı kabul edilmektedir. Perde ve kolonların % 5'inin pas payları (beton örtüsü) sıyrılarak donatı belirlenecektir. Pas payı sıyrılmayan elemanların (perde ve kolonların) %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi, donatı tespit cihazları tarafından belirlenecektir. Donatı tespiti yapılan betonarme perde ve kolonlarda bulunmuş olan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı perdeler ve kolonlar için ayrı ayrı belirlenecektir. Perde ve kolon kapasitesini belirlemek için kullanılmış olan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm perde ve kolonlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir. Kirişler için sadece düşey tasarım yükleri altında gerekli olan donatı kullanılacaktır (TBDY, 2018).

Malzeme Özellikleri: TS EN 12504-1'de belirtilen şartlara uygun olarak her katta kolonlardan ya da perdeden en az üç beton numunesi (karot) alınarak deney yapılır ve numunelerden elde edilen en düşük basınç dayanımı mevcut beton dayanımı olarak alınır (TBDY, 2018).

6.2.3. Betonarme binalarda kapsamlı bilgi düzeyi

Bina Geometrisi: Binanın betonarme projelerinin mevcut olması durumunda, binada yapılacak ölçümlerle mevcut olan geometrinin projelere uygunluğu gözden geçirilir. Projelerin ölçümlerle önemli farklılıklar göstermesi durumunda, proje yok sayılır. Eğer proje mevcut değilse, binanın yapısal sistem rölevesi saha çalışması ile elde edilir. Elde edilen bilgiler, her kattaki tüm betonarme elemanların ve bölme duvarlarının

yerini, açıklıklarını, boyutlarını, yüksekliklerini ve malzemesini kapsmalıdır (TBDY, 2018).

Eleman Detayları: Binanın betonarme detay projelerinin mevcut olması durumunda, donatının projeye uygunluğunun kontrolü betonarme elemanda yapılmaktadır. Ek olarak, pas payı sıyrılmayan perde ve kolonların %20'sinde ve çerçeve kirişlerinin %10'unda enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları tarafından belirlenmektedir (TBDY, 2018).

Malzeme Özellikleri: TS EN 12504-1'de belirtilen şartlara uygun olarak kolonlardan ya da perdeden zemin katta 3 diğer katlarda 2 adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 400 m²'den bir adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılacaktır (TBDY, 2018).

6.3. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları Ve Hasar Bölgeleri

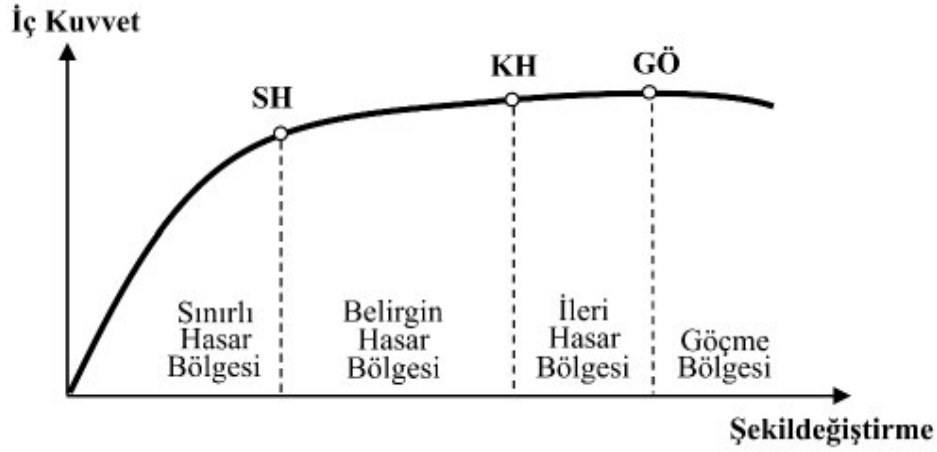
6.3.1. Kesit hasar durumları

TBDY 2018'e göre kesit seviyesinde sünek elemanlar için üç hasar durumu ve hasar limiti belirlenmiştir. Tanımlanan hasar durumları sırasıyla, Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH) ve Göçme Öncesi Hasar (GÖ)'dir. Sınırlı hasar, ilgili bölümde sınırlı miktarda elastik olmayan davranışı tanımlar. Kontrollü hasar, kesit mukavemetin güvenli bir şekilde elde edilebildiği elastik ötesi davranışı tanımlar. Göçme öncesi hasar, kesitte ileri düzeyde elastik olmayan davranışı ifade etmektedir. Bu sınıflandırma gevrek olarak hasar gören elementler için geçerli sayılmaz (TBDY, 2018).

6.3.2. Kesit hasar bölgeleri

Kritik kesitler hesap bölgelerine ilişkin sınıflandırılmış ve bu hasar bölgeleri şematik olarak Şekil 8.1'de gösterilmiştir (TBDY, 2018).

- SH' ya ulaşmayan elemanlar sınırlı hasar bölgesinde,
- SH ve KH arasında kalan elemanlar belirgin hasar bölgesinde,
- KH ve GÖ arasında kalan elemanlar ileri hasar bölgesinde,
- GÖ' yü aşan elemanlar ise göçme bölgesinde olduğu varsayılmaktadır.



Şekil 6.1. Kesit hasar bölgeleri (TBDY, 2018)

6.4. Mevcut Binaların Deprem Performansının Belirlenmesi

6.4.1. Mevcut binalarda sınırlı hasar performans düzeyi

Betonarme binaların herhangi bir katında uygulanmış olan her deprem yönü için yapılmış olan hesaplamalar neticesinde kirişlerin %20'sinden fazlası belirgin hasar bölgesinde bulunamaz, fakat diğer taşıyıcı elemanların hepsi sınırlı hasar bölgesinde kalmaktadır. Bu durumda, gevrek olarak hasar görmüş olan elemanların olması durumunda, güçlendirilmeleri şartıyla binaların sınırlı hasar performans düzeyinde olduğu varsayılmaktadır. Bu istisnalar prefabrike betonarme ve çelik binalarda geçeli sayılmaz (TBDY, 2018).

6.4.2. Mevcut binalarda kontrollü hasar performans düzeyi

Binanın herhangi bir katında, uygulanmış olan her deprem yönü için yapılan hesaplamalar neticesinde, kirişlerin maksimum %35'i ve düşey elemanların (kolonlar, perdeler ve güçlendirilmiş bölme duvarlar) bir kısmı İleri Hasar Bölgesi'ne bulunabilir. Fakat bu istisnalar prefabrike betonarme ve çelik binalarda geçeli sayılmaz. İleri hasar bölgelerindeki düşey elemanların katkısının, düşey elemanlar tarafından taşınan toplam kesme kuvvetinin yüzde 20'sinden az olması gerekmektedir. Üst kattaki ileri hasar bölgesinde olan düşey elemanların toplam kesme kuvvetlerinin, o katta olan bütün düşey elemanların toplam kesme kuvvetlerine oranı en fazla %40 olabilir. Diğer tüm yapısal (taşıyıcı) elemanların sınırlı hasar bölgesinde ya da belirgin hasar bölgesinde kalmaktadır. Bu durumda, gevrek olarak hasar görmüş olan elemanların olması

durumunda, güçlendirmeleri şartıyla, kontrollü hasar performans düzeyinde olduğu varsayılmaktadır. Kontrollü hasar performans düzeyinin varsayılabilmesi için, herhangi bir kattaki hem üst hem de alt kesitlerinde birden belirgin hasar sınırını aşan düzey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, bütün düzey elemanlar tarafından taşınmış olan kattaki kesme kuvvetine oranının yüzde 30'u geçmemesi gerekmektedir (TBDY, 2018).

6.4.3. Mevcut binalarda göçmenin önlenmesi performans düzeyi

Herhangi bir katta uygulanmış olan her deprem yönü için yapılmış olan hesaplamalar neticesinde kirişlerin %20'sinden fazlası göçme bölgesinde bulunamaz. Bu istisnalar prefabrike betonarme ve çelik binalarda geçeli sayılmaz. Fakat diğer yapısal (taşıyıcı) elemanların hepsi belirgin hasar bölgesi, sınırlı hasar bölgesi ya da ileri hasar bölgesinde kalmaktadır. Bu durumda, gevrek olarak hasar görmüş olan elemanlar olması durumunda, göçme bölgesinde olduğunun göz önüne alınması koşulu ile binaların göçmenin önlenmesi performans düzeyinde olduğu varsayılmaktadır. Göçmenin önlenmesi performans düzeyini varsayılabilmesi için, herhangi bir kattaki hem üst hem de alt kesitlerinde birinden belirgin hasar sınırını aşan kolonların taşıdığı kesme kuvveti, bütün kolonlar tarafından taşınmış olan kattaki kesme kuvvetine oranının yüzde 30'u geçmemesi gerekmektedir. Binanın mevcut durumunda kullanımı yaşam güvenliği açısından istenmeyen bir durumdur (TBDY, 2018).

6.4.4. Göçme durumu

Bina bu seviyede, Bina göçmenin önlenmesi performans seviyesini sağlamaması durumunda, Göçme durumunda olduğu varsayılmaktadır. Binanın kullanımı can güvenliği açısından istenmeyen bir durumdur (TBDY, 2018).

6.5. Betonarme Binaların Güçlendirilmesi

Eleman ve sistem güçlendirme yöntemleri pratikte yaygın olarak kullanılan teknikleri içermektedir. Fakat bu bölümün genel yaklaşım ve ilkelerine uygun olmaları koşuluyla, burada yer almayan güçlendirme türleri uygulanabilir (TBDY, 2018).

6.5.1. Kolonların sarılması

Kolonların sünekliliğini arttırmak amacıyla, kesme ve basınç dayanımlarının artırılması ve bindirmeli eklerin zayıflıklarının ortadan kaldırılması için aşağıdaki yöntemler uygulanmaktadır. Betonarme kolonlara uygulanan yöntemler, betonarme sargı, çelik sargı ve lifli polimer (LP) sargı olarak ifade edilmektedir. Bahsedilen yöntemlerde, kolonların sünekliliği, kesme ve basınç dayanımları arttırıldığı ve eğilme kapasitesini artırılmadığı belirtilmektedir (TBDY, 2018).

6.5.1.1. Betonarme Sargı

Mevcut kolondaki pas payı (beton örtüsü) sıyrılarak ya da yüzeylerin pürüzlendirilmesi ile uygulama yapılacaktır. Betonarme sargının yatay ya da düşey donatının yerleştirilmesi, beton dökülmesi ve minimum pas payı (beton örtüsü) sağlanmak amacıyla yeterli kalınlıkta olması gerekmektedir. Sargı kalınlığının minimum 100 mm olması gerekmektedir. Kolonlarda kullanılacak minimum enine donatıya bağlı olarak, kolon orta bölgesi için 7.3.4.2’de belirtilen koşullar şu şekilde verilmektedir. Kolonun alt ve üst uçlarında ifade edilen sarılma bölgeleri arasında kalan bölge, kolon orta bölgesi olarak tanımlanmaktadır. Minimum $\phi 8$ çaplı enine donatının kolon orta bölgesinde kullanılmasına izin verilecektir. Kolon boyunca çiroz, etriye ya da spiral aralığı, en küçük enkesit boyutunun yarısından fazla olmayacak ve maksimum 200 mm alınacaktır. Etriye kollarının ya da çirozların arasında olan yatay mesafe, a , etriye çapının maksimum 25 katına kadar olmalıdır (TBDY, 2018).

6.5.1.2. Çelik Sargı

Dört adet boyuna köşebent dikdörtgen betonarme kolonların köşelerine yerleştirmek ve köşebentleri düzenli aralıklarla düzenlenmiş yatay plakalar ile kaynaklamak suretiyle çelik sargı oluşturulur. Köşebentler ve betonarme yüzeyler arasında boşluk olmamalıdır. Dört yüzeyde yatay plakaların sürekli olmaları gerekmektedir. Çelik sargının kolon eğilme aksel yük kapasitesinin arttırılabilmesi için, alt ve üst döşemeler arasında köşebentlerin sürekli olması gerekmekte ve başlık plakaları ile döşemelere basınç aktarması aktarımının sağlandığı hesapla gösterilmesi gerekmektedir. Gerekirse, düşey yüklerin neden olduğu mevcut betonarme kolon

kesitinin aksenal basınç yükü, köşebentlere yükler önceden yüklenerek azaltılabilir. Çelik sargı ile bindirmeli eklerin zayıflıklarının ortadan kaldırılması için sargı boyunun bindirme bölgesi boyundan minimum %50 uzun olması ve çelik sargının donatı bindirme bölgesinde kolonun karşılıklı yüzlerinde düzenlenen minimum 16 mm çapında iki sıra bulonlu ankrajla sıkıştırılmalıdır. Kolonun alt ucunda bindirme eki yapılırsa, alt döşemenin en az iki sıra bulonlu ankraj sırasıyla 250 ve 500 mm üzerinde yapılır (TBDY, 2018).

6.5.1.3. Lifli Polimer (LP) Sargı

Lifli polimer tabakasının kolonların etrafına, enine donatılara paralel olacak şekilde, sarılması ve yapıştırılmasıyla sargılama elde edilir. Betonarme kolonların süneklik kapasitesi, basınç ve kesme kuvvetleri ile boyuna donatı bindirme boyunun yeterli olmadığı zaman donatı kenetlenme dayanımı, lifli polimer sargısı ile arttırılmaktadır. Lifli polimer sargılamayla, yapılan güçlendirmelerde tam sargı (tüm kesit etrafının sarılması) yöntemi kullanılmalıdır. Lifli polimer sargılamayla yapılan sargılamalarda, sargı sonunda minimum 200 mm bindirme yapılması gerekmektedir. Lifli polimer sargısı, kolon köşelerini minimum 30 mm yarıçapında yuvarlayarak dikdörtgen kolonlarda uygulanmaktadır. Lifli polimer uygulamasının üretici tarafından tavsiye edilen yönleme göre uygun bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir (TBDY, 2018).

6.5.2. Kolonların eğilme kapasitesinin arttırılması

Kolon kesitlerin büyütülmesi ile kolonların kesme, basınç kuvveti ve eğilme kapasiteleri arttırılmaktadır. Katlar arasında sürekliliğin sağlanması için, genişletilmiş kolona eklenen boyuna donatılar kat döşemelerinde açılmış olan deliklerden geçirilir. Kirişlerin delinmesi ya da kirişlere ankraj yapılması ile kolon-kiriş birleşim alanlarında gerekli enine donatı yerleştirilecektir. Kolonun genişletilmiş kesiti, 7.3.4'e göre enine donatı ile sarılır. İlave edilen düşey ve yatay donatıyı örtmek amacıyla, genişletilmiş kolon kesitinin pas payının (beton örtüsü) yeterli kalınlıkta olması gerekmektedir. Mevcut kolonun yüzeyinde olan sıva tabakasının sıyırılması ve beton yüzeylerinin pürüzlendirilmesi ile yeni ve eski betonun aderansı sağlanmaktadır. Genişletilmiş kolon kesitinin eğilme, kesme, basınç dayanımı ve eğilme rijitliğinin hesabında, brüt kesit

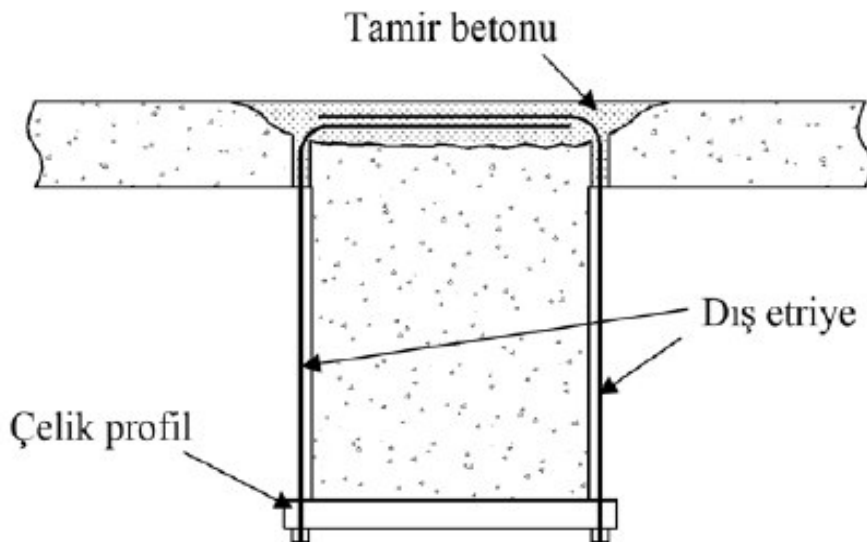
boyutları ilave edilen kesit betonunun ve tasarım özelliklerine dayanacak, Fakat ortaya çıkan rijitlik ve dayanımların 0.9 ile çarpılması ile azaltılır (TBDY, 2018).

6.5.3. Kirişlerin sarılması

Betonarme kirişlerin kesme dayanımlarının ve bazı durumlarda süneklik kapasitelerinin artırılması için bu yöntemler yaygın olarak uygulanmaktadır. Betonarme kirişlere uygulanan yöntemler, dıştan etriye ekleme ve lifli polimer (LP) ile sarma olmak üzere iki şekilde ifade edilmektedir. Bahsedilen yöntemlerde, kirişlerin yalnızca kesme dayanımlarını ve süneklik kapasitesini arttırdığı ve eğilme kapasitesini artırmadığı ifade eder (TBDY, 2018).

6.5.3.1. Dıştan etriye ekleme

Bu yöntemle, kesme dayanımı yeterli olmayan kiriş mesnet bölgelerinde, gereken sayıya kadar etriye çubuğu kirişin iki tarafına Şekil 6.2’de gösterildiği gibi dıştan ilave edilir. Betonarme kirişlerin dıştan ilave edilen etriyeler ile artırılmış olan kesme dayanımı, TS 500’e göre hesaplanır. Dıştan ilave edilen etriyelerin sargılama etkisine sahip değildir. Bu uygulamada, profil ve bulonların dış etkilere karşı korunmaları gerekmektedir (TBDY, 2018).



Şekil 6.2. Kirişlerin çelik levhalar ile sarılarak güçlendirilmesi

6.5.3.2. Lifli Polimer (LP) ile Sarma

Kiriş sünegliği ve kesme dayanımını arttırmak için lifli polimer sargılama ile tam sargı yöntemi kullanılmalıdır. Süreksiz (şeritler halinde) lifli polimer kullanıldığı zaman, lifli polimer şeritlerin aralıklarının ($W_f + d/4$) değerini geçmemeleri gerekmektedir. Lifli polimer ile yapılan sargılamalarda, sargı sonunda minimum 200 mm bindirme yapılması gerekmektedir. Kirişlerde köşelerin minimum 30 mm yarıçapında yuvarlatılması ile LP sargısı uygulanır. LP uygulamasının üretici tarafından tavsiye edilen yöntemle göre uygun bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir (TBDY, 2018).



7. MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ KONUSUNDA TDY 2007 İLE TBDY 2018 ARASINDAKİ TEMEL FARKLILIKLAR

Yeni yönetmelik 1 Ocak 2019 tarihinde resmi olarak yürürlüğe girmiştir. Eski yönetmeliğinin kullanımı sona ermiştir. Eski yönetmelikte bir belirsizlik mevcuttu. Yani eski yönetmelikte tam olarak açıklanmayan ve anlaşılması zor bölümler de içermekteydi. Yeni yönetmelik ile beraber yeni kavramlar, yeni kısaltmalar ve yeni terimler ortaya çıkarak, çizimler ve görsel grafiklerin desteklediği bazı konular daha belirgin hale gelmektedir. Yeni yönetmelik çok kapsamlı olmuş, her konuyu kapsayacak şekilde hazırlanmıştır. Fakat bazı yeniliklerle birlikte gelen karmaşık hesap metotlarına uzmanlaşmamız gerektiği bir gerçektir.

Bu iki yönetmelikte performans analizi ve güçlendirme kısımları farklılık göstermektedir. Konuda geçen yeni deprem yönetmeliği, 1 Ocak 2019 tarihinde resmi olarak yürürlüğe girerek bu tarihten sonra inşa edilecek yapıların ya da mevcut yapıların güçlendirmesinde kullanılmaktadır. Yeni yayınlanan yönetmelik ile yapıların deprem etkisi altında özelleştirilmesi öngörülmektedir. Uzun bir süredir güncellenmemiş olan deprem yönetmeliğine gelen bu yeni yönetmeliğin yapı kalitesinde büyük bir adım olacağı düşünülmektedir. Yeni yönetmelikteki yöntem ise modern ve daha ulusal çapta temelleri ispatlanmış bir yöntemdir.

- 2018 deprem yönetmeliğine göre, bilgi düzeyleri sırasıyla sınırlı ve kapsamlı olarak sınıflandırılmaktadır. Bu bilgi düzeyleri, 2007 deprem yönetmeliğinde ise sınırlı, orta ve kapsamlı olarak sınıflandırılmıştır. Yeni deprem yönetmeliği ve eski deprem yönetmeliğinde, sınırlı ve kapsamlı bilgi düzeyi katsayıları değişmemektedir. Ancak eski deprem yönetmeliği için orta bilgi düzeyi katsayısı 0.90 alınmaktaydı.
- Betonarme elemanlarda olan donatı miktarı ve detaylarının yapının inşa edildiği tarihteki minimum donatı şartlarını sağladığı kabul edilmektedir. Bu varsayımın doğrulanması ya da hangi oranda gerçekleştiğinin belirlenmesi için, yeni deprem yönetmeliğine göre, her katta birer adet olmak üzere perde ve kolonların % 5'inin pas payları (beton örtüsü) sıyrılarak donatı tespiti yapılmaktadır. Pas payı sıyrılmayan elemanların (perde ve kolonların) %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi, donatı tespit cihazları tarafından belirlenmektedir.

2007 deprem yönetmeliğine göre her katta en az birer adet olmak üzere perde ve kolonların %10'unun ve kirişlerin %5'inin beton örtüsü (pas payları) sıyrılarak donatı ve donatı bindirme boyu tespiti yapılmaktadır.

- 2018 deprem yönetmeliğine göre, her katta kolonlardan ya da perdelerden TS EN 12504-1'de tanımlanan şartlara uygun şekilde en az üç adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılmaktadır. 2007 deprem yönetmeliğinde ise her katta kolonlardan ya da perdelerden TS-10465'de tanımlanan şartlara uygun şekilde en az iki adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılmaktadır.
- 2018 deprem yönetmeliğine göre, binanın betonarme detay projelerinin mevcut olması durumunda, donatının projeye uygunluğunun kontrolü betonarme elemanda yapılmaktadır. Ek olarak, pas payı (beton örtüsü) sıyrılmayan perde ve kolonların %20'sinde ve çerçeve kirişlerinin %10'unda, TDY 2007 yönetmeliğinde ise beton örtüsü sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları tarafından belirlenmektedir.
- TBDY 2018'e göre, kolonlardan ya da perdelerden TS EN 12504-1'de tanımlanan şartlara uygun şekilde zemin katta 3 diğer katlarda 2 adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 400 m²'den bir adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılmaktadır. TDY 2007'de ise her kattaki kolonlardan ya da perdelerden toplam 3 adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 200 m²'den bir adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılmaktadır.
- 2007 deprem yönetmeliğinde beton basınç dayanımı için her 500 m² alandan minimum bir adet örnek (karot) alınarak deney yapılır. Binadan alınmış olan toplam karot sayısı en az 9 olur. TBDY 2018'de ise beton basınç dayanımı için her 600 m² alandan en az bir adet örnek alınarak deney yapılmaktadır. Binadan alınan toplam beton örneği sayısı en az 5 olacaktır.
- Yeni deprem yönetmeliğine göre, kesit seviyesinde sünek elemanlar için 3 sınır koşulu ve hasar limiti belirlenmektedir. Bahs edilen durumlar ise sınırlı hasar, kontrollü hasar ve göç öncesi hasar'dır. Sınırlı hasara bağlı kesitte, elastik ötesi davranışı kontrollü hasar kesit kuvvetinin güvenli bir şekilde sağlanabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme öncesi ise kesitte ileri seviyede elastik ötesi davranışı tanımlanmaktadır. TDY 2007'de ise belirtilen sınır durumları; 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.

- TBDY 2018’de bina performans düzeyleri, Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi, Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi, Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi ve Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi olarak 4 ayrı performans düzeyi olarak sınıflandırılmaktadır. Bu performans düzeyleri 2007 deprem yönetmeliğinde sadece mevcut binaların tasarımı için kullanılır. Eski yönetmelikte can güvenliği performans düzeyi adı yeni yönetmelikte kontrollü hasar performans düzeyi olarak değişmiştir. Yeni yönetmelikle yeni inşa edilecek binalar için de bu düzeyler tasarım için kullanılmaktadır. Yeni binaların tasarımı ya da mevcut binaların değerlendirilmesi için deprem tasarım sınıfı (DTS) ve bina yükseklik sınıfına (BYS) bağlı olarak bir performans hedefi belirlenmekte ve bu performans hedefine uygun tasarım yaklaşımı seçilmektedir.
- TBDY 2018’de iki adet tasarım yaklaşımı mevcuttur. Dayanıma Göre Tasarım (DGT) ve Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım(ŞGDT) yaklaşımları tanımlanmıştır. Mevcut binalar, yüksek binalar, yalıtımlı binalar haricindeki binaların tasarımında DGT ilkesi kullanılmaktadır. Dayanıma Göre Tasarım’ da Deprem Düzeyi 2 (DD2) esas alınacak ve can güvenliği performans hedefi dikkate alınmaktadır. TDY 2007’de olduğu gibi eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme gibi aşına olduğumuz hesap yöntemleri kullanılır. Fakat hesaba esas kurallarda birtakım değişiklikler de mevcuttur. Şekil değiştirmenin esas alınacağı durumlar ise alışlageldik durumların dışında kalan üst yapılarda tercih edileceği bir yöntemdir. Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım(ŞGDT) ile yapılacağı doğrusal olmayan metotlar ya da itme analizleri ile tasarım yapılır. Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım(ŞGDT) ile çözüm yapılacak binaları özel yapılar, deprem bölgesi içinde kalan yapılar, eski yönetmeliğe göre 42 m’den uzun yapılar gibi örneklendirebilir.
- 2007 deprem yönetmeliğine göre herhangi bir katta uygulanmış olan her deprem yönü için yapılmış olan hesaplamalar neticesinde kirişlerin %10’undan fazlası belirgin hasar bölgesine geçemez, fakat diğer taşıyıcı elemanların hepsi minimum hasar bölgesinde kalmaktadır. Bu durumda, gevrek olarak hasar

görmüş olan elemanların olması durumunda, güçlendirilmeleri şartıyla binaların hemen kullanım performans düzeyinde olduğu varsayılmaktadır. TBDY 2018 yönetmeliğinde ise herhangi bir katta uygulanmış olan her deprem yönü için yapılmış olan hesaplamalar neticesinde kirişlerin %20'sinden fazlası belirgin hasar bölgesine geçemez, fakat diğer taşıyıcı elemanların hepsi sınırlı hasar bölgesinde kalmaktadır. Bu durumda, gevrek olarak hasar görmüş olan elemanların olması durumunda, güçlendirilmeleri şartıyla binaların sınırlı hasar performans düzeyinde olduğu varsayılmaktadır.

- 2007 deprem yönetmeliğine göre, herhangi bir katta, uygulanmış olan her bir deprem yönü için yapılan hesap neticesinde, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin maksimum %30'u ileri hasar bölgesinde bulunabilir. TBDY 2018'de, herhangi bir katında, uygulanmış olan her bir deprem yönü için yapılan hesap neticesinde, kirişlerin maksimum %35'i kadarı ileri hasar bölgesinde bulunabilir. Burada verilen kurallar 2007 deprem yönetmeliğine göre betonarme ve prefabrike betonarme binalar için geçerli sayılır. TBDY 2018'de ise bu istisnalar çelik ve prefabrike betonarme binalarda geçerli sayılmaz.
- TBDY 2018'e göre eğer yığma binanın her iki yöndeki tüm duvarlarının kesme kuvveti dayanımı uygulanmış olan sismik etkileri altında oluşmuş olan kesme kuvvetlerini karşılamak için yeterli olması durumunda, binanın sınırlı hasar performans düzeyini sağladığı varsayılır. Herhangi bir katta uygulanmış olan deprem yönünde bu şartı sağlamayan duvarların kat kesme kuvvetine katkısı %40'ın altında olması durumunda binanın kontrollü hasar performans düzeyini sağladığı varsayılır. 2007 deprem yönetmeliğinde ise binanın hemen kullanım performans düzeyini sağladığı varsayılır. Herhangi bir katta uygulanmış olan deprem yönünde bu şartı sağlamayan duvarların kat kesme kuvvetine katkısı %20'in altında olması durumunda binanın can güvenliği performans düzeyini sağladığı varsayılır.
- TBDY 2018'de sarılma bölgelerinin her birinin uzunluğu, kolon hem serbest yüksekliğinin 1/6'sından daha az olmaması hemde kolon maksimum kesit boyutunun 1,5 katı ve 500 mm'den daha az olmaması gerekmektedir. Kolona bağlanmış olan yüksekliği ya da döşeme üst kotundan yukarıya doğru en büyük kirişin alt yüzünden aşağı doğru ölçülmek gerekir. TDY 2007'de ise kolon serbest yüksekliğinin 1/6'sından ve 500 mm'den az olmaması gerekir.

- Yeni yönetmelikte Sarılma bölgelerinde etriye ve çiroz aralığı boyunca doğrultuda minimum kesit boyutunun 1/3 ünden, 150 mm'den TDY 2007'de ise en küçük kesit boyutunun 1/3 ünden ve 100 mm'den daha fazla olmaması gerekmektedir.
- Yeni yönetmelik ve 2007 deprem yönetmeliği için LP ile sargılanmış kolonların ve kirişlerin kesme kuvveti dayanımı Denk.(7.1) ile hesaplanır. Ancak 2007 Deprem Yönetmeliği'nde V_w yerine V_s kullanılmaktadır.

$$V_r = V_c + V_w + V_f \leq V_{max} \quad (7.1)$$

- Yeni yönetmelikte LP sargılama ile kolonların aksenal basınç dayanımlarının artırılabilmesi için, kolon kesitinin uzun boyutunun kısa boyutuna oranı iki buçuktan fazla olmamalıdır. Eski yönetmelikte ise kolon kesitinin uzun boyutunun kısa boyutuna oranı ikiden fazla olmamalıdır.
- Yeni yönetmelikte kolonların süneklliğini lifli polimer sargısı ile arttırmak için, kolon kesitinin uzun boyutunun kısa boyutuna oranı iki buçuktan fazla olmaması gerekmektedir. Bu oran, Eski yönetmelikte ise kolon kesitinin uzun boyutunun kısa boyutuna oranı ikiden fazla olmamalıdır. Elips kesitlerde uzun boyutun kısa boyuta oranı en fazla üç olabilir.
- Yeni yönetmelikte boyuna donatıları nervürlü olan kolonlarda bindirme boyu yetersizliğini gidermek üzere gereken LP kalınlığı Denk.(7.2) ile hesaplanır.

$$t_f = \frac{bw (f_{lhs} - f_{hs})}{2E_f \cdot 0.001}, \quad f_{hs} = 0.001 \rho_{sh} E_s, \quad f_{lhs} = \frac{2rc}{bw} \frac{As f_{ym}}{[\frac{p}{2n} + 2(\phi + d')]L_s} \quad (7.2)$$

- 2007 Deprem Yönetmeliği'nde ise kolonlarda bindirme boyu yetersizliğini gidermek üzere gereken LP kalınlığı Denk.(7.3) ile hesaplanır.

$$t_f = \frac{500bw (f_k - f_{hs})}{E_f}, \quad f_k = \frac{As f_{ym}}{[\frac{p}{2n} + 2(\phi + d')]L_s} \quad (7.3)$$

- Duvar yüzüne uygulanmış olan hasır çelik donatılı özel bir karışık sıva tabakası ile dolgu duvarlarının rijitliği ve kesme mukavemeti, artırılabilir. Yeni deprem yönetmeliğinde, verilen denklemlerde E_d , f_d ve τ_d için çeşitli tuğla türlerinden yapılan dolgu duvarlarında önerilen değerler aşağıda verilmiştir. Elastisite

modülünün, basınç ve kesme dayanımlarının hesaplanmasında güçlendirilmiş duvarın kompozit kesit yapısı dikkate alınabilir.

Boşluklu fabrika tuğlası: $E_d = 2000$ Mpa; $f_d = 3.0$ MPa; $\tau_d = 0,20$ MPa

Dolu harman tuğlası: $E_d = 2000$ Mpa; $f_d = 5.0$ MPa; $\tau_d = 0,25$ MPa

Gazbeton blok: $E_d = 1000$ Mpa; $f_d = 2.5$ MPa; $\tau_d = 0,20$ MPa

- 2007 Deprem Yönetmeliği'nde ise, E_d , f_d ve τ_d için çeşitli tuğla türlerinden yapılan dolgu duvarlarında önerilen değerler.

$E_{duvar} = 1000$ MPa; $f_{duvar} = 1.0$ MPa; $\tau_{duvar} = 0.15$ MPa

$E_{duvar} = 1000$ MPa; $f_{duvar} = 2.0$ MPa; $\tau_{duvar} = 0.25$ MPa

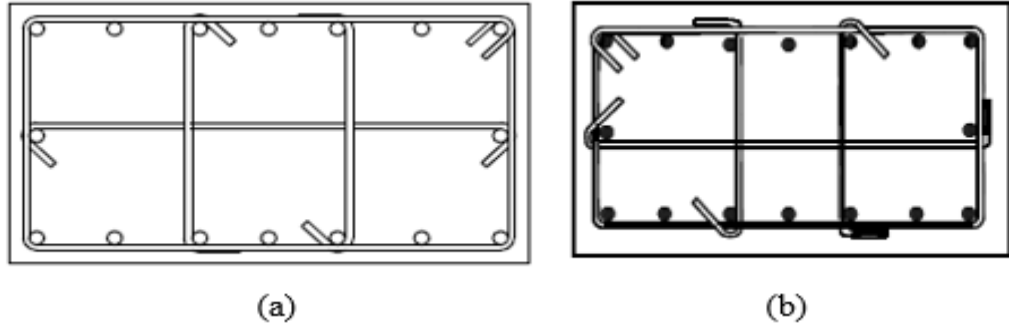
$E_{duvar} = 1000$ MPa; $f_{duvar} = 1.5$ MPa; $\tau_{duvar} = 0.20$ MPa

- TDY 2007 yönetmeliğine göre tüm binalar, 50 yılda aşılma olasılığı % 10, tekrarlanma periyodu 475 yıl olan şiddetli deprem için tasarım yapılmaktaydı. TBDY 2018 yönetmelikte ise deprem düzeyleri dörtte ayrılmaktadır. Bu yeni yönetmelik kapsamında, deprem yer hareketi düzeyleri sırasıyla, DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4 olarak belirtilir. Konuda geçen deprem yer hareketi düzeyi (DD-2), standart tasarım deprem düzeyi olarak adlandırılmaktadır.
- Bina kullanım sınıfları (BKS), TBDY 2018 yönetmeliği ile beraber TDY 2007 yönetmeliğindeki bina önem katsayısı yerine geçmektedir. İki yönetmelik kıyaslandığında, 2007 deprem yönetmeliğinde insanların uzun süreli ve yoğun olarak kullandığı ve değerli eşyanın saklandığı binalar, okullar, kütüphane, yurt ve yatakhaneler gibi binalarda, bina önem katsayısı 1.4 alınmaktaydı. TBDY 2018 yönetmeliğinde ise bina önem katsayısı 1.5 alınmaktadır. TBDY 2018 yönetmeliğinde bina kullanım sınıfları, BKS = 1, BKS = 2 ve BKS = 3 yeni simge olarak çıkmaktadır.
- Yeni yönetmelik ile eski yönetmelik arasında tasarım spektrumu farkları, eski yönetmelikte T_A ve T_B , değerleri sadece yerel zemin sınıfına bağlı olarak belirlenmekteydi. Çizelge 7.1'de gösterildiği gibi dört zemin sınıfına göre T_A ve T_B , değerleri verilmektedir. Yeni yönetmelikte ise harita ve ordinat sayesinde bulunduğu değerler, S_{DS} ve S_{D1} 'e bağlı olarak T_A ve T_B , değerleri formül sayesinde bulunmaktadır.

Çizelge 7.1. Spektrum karakteristik periyotları (T_A , 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

- Yeni yönetmelikte düşey elastik tasarım spektrumu mevcut bu eski yönetmelikte yoktu. Düşey yönde depremlerde göz önüne alınması gerekir. Düşey deprem kuvvetleri göz arda edilmemesi gereken bir durumdur.
- Eski yönetmelikte en düşük beton sınıfı C20 ve en yüksek beton sınıfı C50 olarak kullanılmasına izin verilmekteydi. Yeni yönetmelikte ise en düşük beton sınıfı C25 ve en yüksek beton sınıfı C80 olarak kullanılmaktadır
- Eski yönetmelikte kolon ve perdelerde çirozlar, her iki uçlarında mutlaka boyuna donatıları sarmaktaydı. Yeni yönetmelik kapsamında ise kolon ve perdelerde çirozlar, her iki uçlarında mutlaka boyuna donatıları ve dış etriyeyi saracaktır.

**Şekil 7.1.** Çiroz farkları a) TDY 2007 b) TBDY 2018

- 2007 deprem yönetmeliğine göre, kolon kenarları, küçük kenar 25cm ve büyük kenar 30cm alınmaktaydı. Yeni yönetmelikte ise en küçük uzunluğu 30cm olarak alınmaktadır. Dairesel kolonlar yeni yönetmeliğe göre çapı 5cm arttırmıştır.
- Bindirme boyu ile ilgili eski yönetmelikte net bir kavram yoktu. Mümkün olduğunca kolon orta bölgesine doğru yapılmaktaydı. Ancak yeni

yönetmelikte net olarak donatıların bindirmeleri kolonun serbest açıklığının orta üçte bölgesine kadar yapılacaktır.

- 2007 deprem yönetmeliğine göre, sarılma bölgesi, en az uzun kenar kadar ($L_c \geq$ uzun kenar) olması gerekmekteydi. Yeni yönetmelikte ise sarılma bölgesi, $L_c \geq 1.5$ uzun kenar olması gerekmektedir.
- Diğer bir değişiklik ise eski yönetmelikte $Sc \leq \text{Min} [100 \text{ mm}; \text{küçük kenar kenar}/3]$ ve Yeni yönetmelikte ise $Sc \leq \text{Min} [150 \text{ mm}; \text{küçük kenar}/3; 6\phi\text{boyuna}]$ olarak belirlenmektedir.
- 2018 deprem yönetmeliğinde kesme kuvveti hesabında, dayanım fazlalığı katsayısı (D) eklenmiş ve maksimum kesme kuvveti hesabında değişiklik yapılmıştır.
- 2007 deprem yönetmeliğinde perde boşluklu veya boşluksuz olması durumunda aynı formül kullanılmaktaydı. TBDY 2018 yönetmeliğinde perdenin boşluklu veya boşluksuz olması durumuna göre farklı formül kullanılmaktadır.
- 2007 deprem yönetmeliğinde betonarme bir elemana perde sayılabilmesi için uzun kenarı kısa kenarın en az yedi katı ($b/h \geq 7$) olması gerekmekteydi. TBDY 2018'de ise uzun kenarın kısa kenara oranı $b/h \geq 6$ olarak değiştirip kullanılmaktadır.
- Perdenin kısa kenarı eski yönetmelikte en az 20cm ve yeni yönetmelikte ise en az 25 cm alınmaktadır. Ayrıca bir perdenin kalınlığı, eski yönetmelikte kat yüksekliği 20 ye bölündüğünde en az o kalınlıkta olması gerekmekteydi ($h \geq \text{kat yüksekliği} / 20$). Yeni yönetmelikte ise bu katsayı 16 olarak ($h \geq \text{kat yüksekliği} / 16$) değiştirildi.

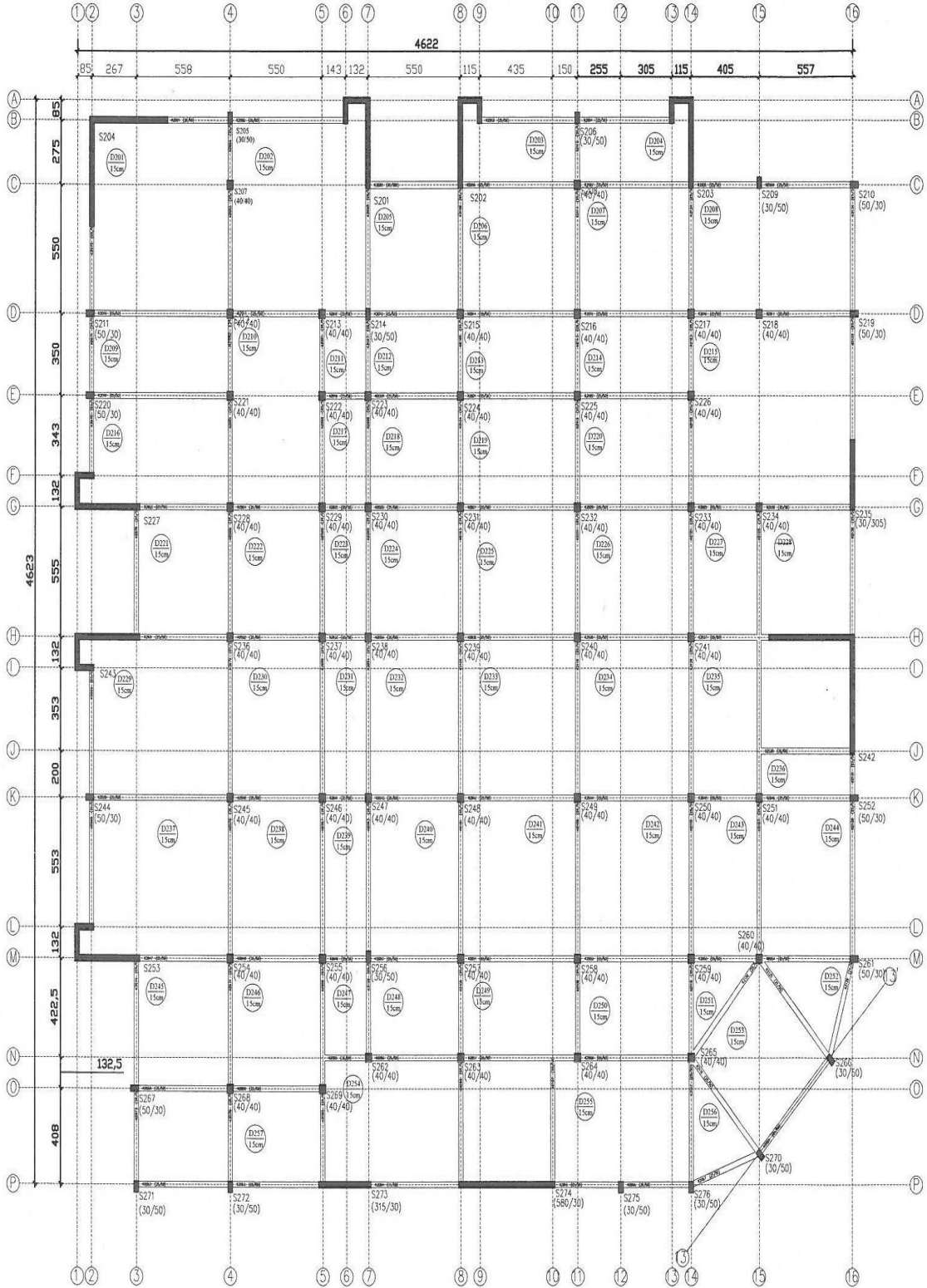
8. ÖRNEK OLARAK SEÇİLEN MEVCUT BETONARME BİR BİNANIN TDY 2007 VE TBDY 2018'E GÖRE DEPREM ETKİSİ ALTINDA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

8.1. Örnek Olarak Seçilen Binanın Genel Özellikleri

Binanın yapıldığı yer olarak konya ili seçilmiştir. Bu ilin seçilmesinin sebebi Konya ilinin TDY 2007'e göre 4. Derece deprem bölgesinde yer almasıdır. Plan boyutları 46,60 m x 46,60 m dir. Modellenecek binaya ait zemin sınıfı TDY 2007' ye göre Z3, TBDY 2018'e göre ZC olarak belirlenmiştir. Taşıyıcı sistem perdeli-çerçevesel olarak modellenmiş ve yapı kullanım amacı $I = 1,5$ olan depremden sonra hemen kullanılması gereken yapı tipi seçilmiştir. Örnek olarak yeni seçilen bina ile ilgili bulgular Çizelge 8.1'de mevcut yapıya ait kalıp planı Şekil 8.1'de verilmiştir.

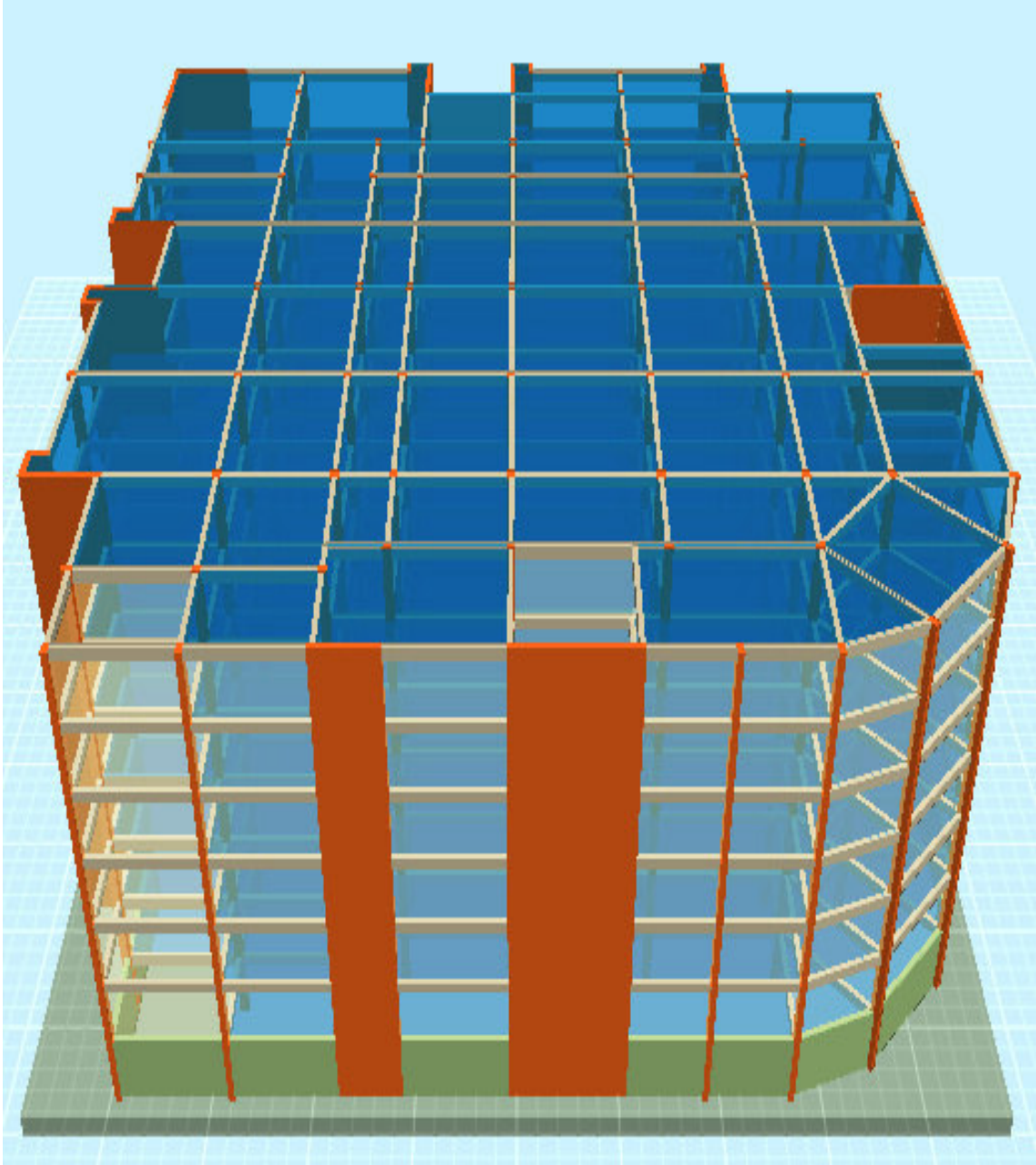
Çizelge 8.1. Bina genel bilgileri

Bina Kullanım Amacı	Okul
Kat Adedi	6
Kat Yüksekliği	3.00 m
Bodrum Kat Sayısı	1
Yapı Önem Katsayısı (I)	$I = 1.5$
Yerel Zemin Sınıfı	Z3 (TDY 2007), ZC (TBDY 2018)
Spektrum Karakteristik Periyotları	$T_A = 0.15$ s, $T_B = 0.60$ s
Hareketli Yük Katılım Katsayısı	$n = 0.6$
Deprem Bölgesi (A0)	A0 = 0.1 (4. Derece Deprem Bölgesi)
Beton Sınıfı	C 16 ($f_{ck} = 16$ MPa)
Çelik Sınıfı	S220 ($f_{yk} = 220$ MPa)
Deprem Yüğü Eksantirisitesi	0.005
Kolon Boyutları	40/40 -30/50 cm
Kiriş Boyutları	25/50 cm
Döşeme Kalınlığı	15 cm
Dış Duvar Kalınlığı	19 cm
İç Duvar Kalınlığı	13 cm



Şekil 8.1. Mevcut yapıya ait kat kalıp planı

Binanın taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitesini hesaplamak ve deprem dayanımını değerlendirmek için mevcut yapıya ait bilgiler kullanılacaktır. Binanın eleman detayları, boyutları, taşıyıcı sistem geometrisi ve malzeme özellikleri hakkında bilgiler ışığında ele alınan bina Sınırlı Bilgi Düzeyi'nde olduğu varsayılmıştır. Mevcut yapıya ait 3 boyutlu görünüş Şekil 8.2'de verilmiştir.



Şekil 8.2. Mevcut yapıya ait 3 boyutlu görünüş

8.2. TDY 2007'e Göre Analiz

8.2.1. Kat ağırlıklarının hesabı

Yapıya ait kat ağırlıkları:

$$W_k = W_g + n \times W_q \quad (8.1)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Denklemde:

W_k : Toplam kat ağırlığını,

W_g : Kata ait ölü yük toplamını,

W_q : Kata ait hareketli yük toplamını,

göstermektedir. Denklem 8,1'e göre, yapının her iki yönü için deprem hesaplamasında kullanılacak toplam kütle Çizelge 8.2'de verilmiştir. Okul için n katsayısı 0.6 alınmıştır.

Çizelge 8.2. Binanın kat kütlesi

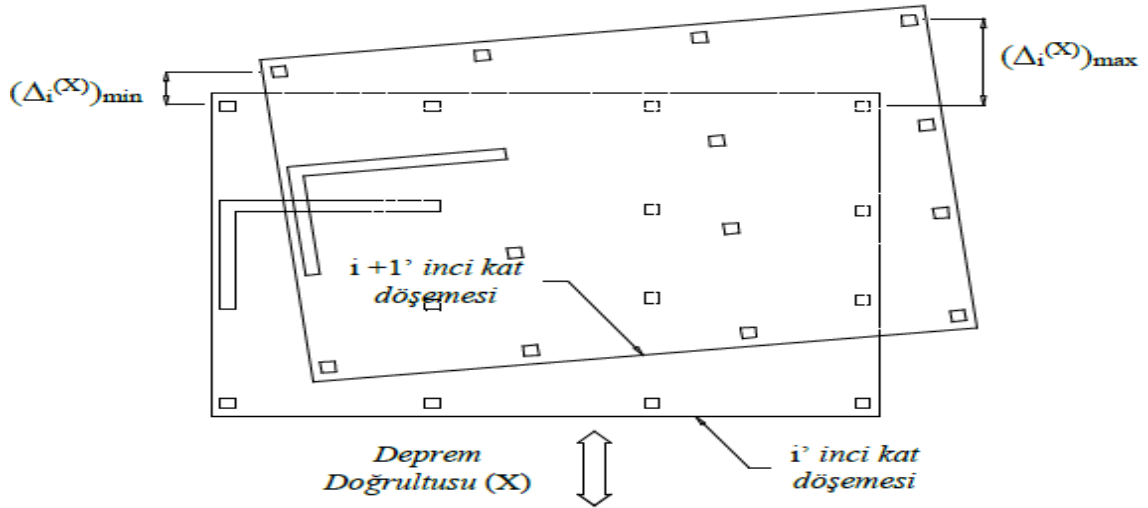
Kat No	H (m)	W_g (t)	W_q (t)	n	$\sum W_k$ (t)
7	21.00	1374.39	937.62	0.60	1936.968
6	18.00	1859.90	937.62	0.60	2422.474
5	15.00	1859.90	937.62	0.60	2422.474
4	12.00	1859.90	937.62	0.60	2422.474
3	9.00	1859.90	937.62	0.60	2422.474
2	6.00	1859.90	937.62	0.60	2422.474
1	3.00	2102.11	937.62	0.60	2664.794
$\sum W_k$					16714.130

8.2.2. Depremde yapı düzensizliklerinin kontrolü

Aşağıdaki düzensizliklerin incelenmesi için yapılan yapı düzensizliklerinin kontrolünde $\pm X$ ve $\pm Y$ deprem doğrultularında elde edilen hesap sonuçları açıklanmıştır.

Binada oluşan maksimum görelî kat ötelemesi o binaya aynı doğrultuda oluşan ortalama görelî kat ötelemeye bölündüğünde burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} 'nin değeri 1.2'den büyük çıkması durumunda binada burulma düzensizliği (A türü düzensizlik) vardır (Şekil 8.3). Binada A1 türü düzensizliğin çıkması durumunda [$\eta_{bi} =$

$(\Delta i)_{\max} / (\Delta i)_{\text{ort}} > 1.2$], yani burulma düzensizliği katsayısı değerinin $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ arasında çıkması durumunda göreceli kat ötelemelerinin hesabı $\pm \%5$ ek dış merkezlik etkileri de dikkate alınarak yönetmelikte belirtilen 4.7'ye göre yapılacaktır (TBDY, 2018).



Şekil 8.3. Burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumu (TBDY, 2018)

8.2.2.1. A1,B2 düzensizliklerinin kontrolü

Çizelge 8.3 ve Çizelge 8.4'te gösterildiği gibi η_{bi} değerleri $\pm X$ ve $\pm Y$ yönünde 1.2'den büyük çıkmamıştır. Binada $\pm X$ ve $\pm Y$ yönünde A1 burulma düzensizliği oluşmamaktadır. Rijitlik düzensizliği katsayısı η_{ki} 'nin $\pm X$ ve $\pm Y$ yönünde 2'den küçük olmasından dolayı B2 düzensizliği bulunmamaktadır.

Çizelge 8.3. X doğrultusundaki A1 ve B2 düzensizliklerinin kontrolü ($\pm \%5$)

Kat	$(\Delta i)_{\min}$ (m)	$(\Delta i)_{\max}$ (m)	$(\Delta i)_{\text{ort}}$ (m)	η_{bi}	η_{ki}
7	0.0015812	0.0022900	0.0019356	1.18	0.00
6	0.0016320	0.0023162	0.0019741	1.17	1.02
5	0.0015989	0.0022285	0.0019137	1.16	0.97
4	0.0015037	0.0020465	0.0017751	1.15	0.93
3	0.0013303	0.0017479	0.0015391	1.14	0.87
2	0.0009733	0.0012421	0.0011077	1.12	0.72
1	0.0003202	0.0003180	0.0003191	1.00	0.29

Çizelge 8.4. Y doğrultusundaki A1 ve B2 düzensizliklerinin kontrolü ($\pm\%5$)

Kat	$(\Delta)_i$ min (m)	$(\Delta)_i$ max (m)	$(\Delta)_i$ ort (m)	η_{bi}	η_{ki}
7	0.0025730	0.0024575	0.0025152	1.02	0.00
6	0.0025887	0.0024713	0.0025300	1.02	1.01
5	0.0024819	0.0023654	0.0024236	1.02	0.96
4	0.0022658	0.0021614	0.0022136	1.02	0.91
3	0.0019055	0.0018310	0.0018682	1.02	0.84
2	0.0012322	0.0012690	0.0012506	1.01	0.67
1	0.0002933	0.0003018	0.0002975	1.01	0.24

8.2.2.2. B1 düşey doğrultudaki düzensizliklerinin kontrolü

Binada hem x yönünde hem de y yönünde Çizelge 8.5'te gösterildiği gibi dayanım düzensizliği katsayısı η_{ci} 'nin 0.80 değerinden büyük çıkması için binada B1 düzensizliği yoktur.

Çizelge 8.5. X ve Y doğrultularında komşu katlar arası dayanım düzensizliği

Kat	A_w	A_{gx}	A_{gy}	A_{kx}	A_{ky}	ΣA_{ex}	ΣA_{ey}	η_{cix}	η_{ciy}
7	10.21	19.24	17.47	46.45	40.79	36.42	33.80	1.00	1.00
6	10.21	19.24	17.47	46.45	40.79	36.42	33.80	1.00	1.00
5	10.21	19.24	17.47	46.45	40.79	36.42	33.80	1.00	1.00
4	10.21	19.24	17.47	46.45	40.79	36.42	33.80	1.00	1.00
3	10.21	19.24	17.47	46.45	40.79	36.42	33.80	1.00	1.00
2	10.21	19.24	17.47	46.45	40.79	36.42	33.80	1.00	1.00
1	10.21	38.08	36.27	0.00	0.00	48.29	46.48	1.33	1.38

Binanın içindeki boşluk alanları, toplam alanın 1/3'ünden küçük olduğundan dolayı binada A2 türü düzensizliği yoktur. Plandaki çıkıntılar binanın o yöndeki uzunluğunun %20'sinden daha az olduğundan dolayı yapıda A3 türü düzensizliği yoktur.

8.2.3. Yapı periyotları

TDY 2007'ye göre binanın toplam kütesinin en az %90 hesaba katılması gerekmektedir. Çizelge 8.6'da görüldüğü üzere birinci modda binanın kütesinin % 63.703 kısmı y yönünde çalışmıştır. İkinci modda binanın kütesinin % 59.088 kısmı x yönünde çalışmıştır. Üçüncü modda ise bina burulma kuvveti etkisi altında çalışmıştır.

Çizelge 8.6. 2007 deprem yönetmeliğine göre bina periyotları

Mod	1.mod	2.mod	3.mod	4.mod	5.mod	6.mod	7.mod	8.mod	9.mod
ω	6.35	7.21	10.40	27.34	30.05	41.36	60.82	64.89	88.38
T	0.9895	0.8716	0.6042	0.2298	0.2091	0.1519	0.1033	0.0968	0.0711
yön	y	x	b	y	x	b	y	x	b
1/1x	-0.00006	0.00093	-0.00053	-0.00040	0.00587	-0.00222	-0.00096	0.01483	-0.00637
2/2x	-0.00022	0.00513	-0.00217	-0.00095	0.02148	-0.00514	-0.00129	0.03546	-0.00672
3/3x	-0.00047	0.01139	-0.00442	-0.00137	0.03281	-0.00660	-0.00060	0.02355	-0.00018
4/4x	-0.00076	0.01873	-0.00675	-0.00128	0.03150	-0.00528	0.00070	-0.01188	0.00428
5/5x	-0.00108	0.02647	-0.00891	-0.00063	0.01599	-0.00179	0.00125	-0.03156	0.00212
6/6x	-0.00139	0.03410	-0.01076	0.00041	-0.00929	0.00241	0.00038	-0.01177	-0.00118
7/7x	-0.00168	0.04113	-0.01291	0.00157	-0.03655	0.00645	-0.00132	0.03012	-0.00171
1/1y	0.00076	0.00002	0.00009	0.00485	0.00005	0.00059	0.01290	-0.00005	0.00218
2/2y	0.00479	0.00026	0.00036	0.02018	0.00096	0.00173	0.03519	0.00140	0.00355
3/3y	0.01127	0.00056	0.00044	0.03290	0.00153	0.00112	0.02661	0.00123	-0.00213
4/4y	0.01909	0.00091	0.00047	0.03308	0.00149	0.00000	-0.00898	-0.00029	-0.00380
5/5y	0.02749	0.00128	0.00050	0.01815	0.00077	-0.00079	-0.03164	-0.00135	0.00134
6/6y	0.03594	0.00165	0.00053	-0.00792	-0.00042	-0.00079	-0.01372	-0.00058	0.00366
7/7y	0.04412	0.00181	-0.00003	-0.03736	-0.00161	0.00052	0.02993	0.00122	-0.00272
1/1b	0.00000	0.00001	0.00003	0.00000	0.00002	0.00021	0.00000	0.00003	0.00054
2/2b	0.00000	0.00007	0.00026	0.00000	0.00020	0.00109	-0.00002	0.00027	0.00189
3/3b	-0.00001	0.00018	0.00062	-0.00004	0.00034	0.00182	-0.00008	0.00026	0.00154
4/4b	-0.00002	0.00032	0.00104	-0.00006	0.00037	0.00184	-0.00008	0.00001	-0.00046
5/5b	-0.00004	0.00047	0.00149	-0.00005	0.00023	0.00098	-0.00003	-0.00019	-0.00178
6/6b	-0.00005	0.00063	0.00192	-0.00002	-0.00004	-0.00048	0.00004	-0.00011	-0.00077
7/7b	-0.00007	0.00078	0.00233	0.00003	-0.00036	-0.00208	0.00007	0.00016	0.00169
Mxr%	0.100	59.088	6.777	0.032	17.075	0.658	0.010	6.860	0.355
Myz%	63.703	0.132	0.020	18.127	0.034	0.019	7.290	0.006	0.029
Mbz%	0.033	5.927	57.999	0.022	0.747	16.231	0.016	0.176	6.220

Mod	10.mod	11.mod	12.mod	13.mod	14.mod	15.mod	16.mod	17.mod	18.mod
ω	95.45	99.87	125.77	129.16	137.53	149.02	152.33	162.41	166.05
T	0.0658	0.0629	0.0500	0.0486	0.0457	0.0422	0.0412	0.0387	0.0378
yön	y	x	y	x	b	y	x	y	x
1/1x	-0.00057	0.02410	-0.00171	0.03224	0.00116	0.00305	0.03303	0.01168	0.02352
2/2x	0.00065	0.02874	0.00169	0.00453	0.00305	0.00050	-0.02193	-0.01067	-0.02789
3/3x	0.00087	-0.01743	0.00025	-0.03016	-0.00871	-0.00324	0.00014	0.00917	0.02886
4/4x	-0.00012	-0.02866	-0.00126	0.01959	0.00738	0.00432	0.02237	-0.00729	-0.02585
5/5x	-0.00078	0.01606	0.00036	0.01529	0.00605	-0.00308	-0.03225	0.00596	0.02063
6/6x	-0.00035	0.02702	0.00063	-0.02923	-0.01462	0.00113	0.02452	-0.00394	-0.01249
7/7x	0.00072	-0.02375	-0.00049	0.01546	0.00865	-0.00016	-0.00983	0.00158	0.00466
1/1y	0.02218	-0.00076	0.02985	0.00006	-0.00513	0.03240	-0.00440	0.03125	-0.00931
2/2y	0.03193	0.00111	0.01049	0.00205	0.00104	-0.01560	0.00439	-0.02986	0.01116
3/3y	-0.01358	0.00018	-0.03266	-0.00116	0.00011	-0.00653	-0.00237	0.02712	-0.01170
4/4y	-0.03062	-0.00105	0.01805	-0.00040	-0.00098	0.02654	-0.00084	-0.02170	0.01033
5/5y	0.01323	0.00008	0.01901	0.00098	0.00218	-0.03397	0.00327	0.01576	-0.00767
6/6y	0.02807	0.00089	-0.03224	-0.00063	-0.00230	0.02485	-0.00309	-0.00879	0.00419
7/7y	-0.02285	-0.00059	0.01656	0.00022	0.00106	-0.00977	0.00133	0.00308	-0.00143
1/1b	-0.00004	0.00010	0.00008	-0.00018	0.00091	0.00019	0.00010	0.00007	-0.00008
2/2b	-0.00016	0.00044	0.00011	-0.00037	0.00191	0.00013	0.00013	-0.00020	-0.00012
3/3b	-0.00022	0.00013	-0.00013	0.00002	-0.00063	-0.00007	0.00010	0.00048	0.00037
4/4b	-0.00001	-0.00024	0.00002	0.00060	-0.00170	-0.00001	-0.00014	-0.00046	-0.00036
5/5b	0.00024	-0.00012	0.00007	-0.00011	0.00072	-0.00020	-0.00029	0.00012	0.00008
6/6b	0.00013	0.00009	-0.00009	-0.00067	0.00144	0.00036	0.00054	0.00014	0.00013
7/7b	-0.00024	0.00003	0.00006	0.00051	-0.00118	-0.00022	-0.00030	-0.00010	-0.00009
Mxr%	0.000	3.882	0.001	2.725	0.006	0.028	1.596	0.190	0.581
Myz%	4.339	0.000	2.899	0.004	0.079	1.878	0.020	1.317	0.090
Mbz%	0.082	0.193	0.016	0.118	3.598	0.071	0.049	0.006	0.005

$$\Sigma = 99.96$$

$$\Sigma = 99.99$$

8.3. TBDY 2018'e Göre Analiz

8.3.1. Deprem kuvvetinin hesabı

The image shows a software interface with two windows: 'Adres Sorgulama' and 'Raporlama'. The 'Adres Sorgulama' window has four dropdown menus for location selection: İl (Konya), İlçe (Selçuklu), Köy (Merkez), and Mahalle (Bosna Hersek Mh.). The 'Raporlama' window has five input fields: Rapor Başlığı (Bosna Hersek Mh.), Deprem Yarı Hareketi Düzeyi (DD-2), Yerel Zemin Sınıfı (ZC), Enlem (38.004469), and Boylam (32.536981). There are three buttons: 'Değerleri Hesapla', 'Haritadan Nokta Seç', and 'Düzenle'. Below the windows is a map of Konya with a blue dot indicating the location of Bosna Hersek Mh.

Şekil 8.4. Binaya ait genel özellikler ve proje verileri

➤ Harita Spektral İvme Katsayıları

DD-2 (475 yıl tekerrür süreli 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem) için,
 $S_S = 0.303$ (Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı).

$S_I = 0.072$ (1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı).

➤ Yerel Zemin Etki Katsayıları

Çizelge 8.7'den ZC yerel zemin sınıfı ve kısa periyot harita spektral ivme katsayısı $S_s = 0.303$ için; yerel zemin etki sınıfı $F_s = 1,3$ seçilir.

Çizelge 8.7. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır					

Çizelge 8.8'dan ZC yerel zemin sınıfı ve 1 saniye periyot harita spektral ivme katsayısı $S_1 = 0.072$ için; yerel zemin etki sınıfı $F_1 = 1,5$ seçilir.

Çizelge 8.8. 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_s \leq 0.10$	$S_s = 0.20$	$S_s = 0.30$	$S_s = 0.40$	$S_s = 0.50$	$S_s \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır					

➤ Tasarım Spektral İvme Katsayıları

$$S_{DS} = S_s F_s = 0.303 \times 1.300 = 0.394g$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 = 0.072 \times 1.500 = 0.108g$$

➤ **Bina Kullanım Sınıfı (BKS) Ve Bina Önem Katsayısı (I)'nın Belirlenmesi**

Bina Kullanım Sınıfı (BKS) Ve Bina Önem Katsayısı (I), bina kullanım amacına göre Çizelge 8.9'u kullanılarak belirlenir. Deprem hesabında 3.1.2'de belirtilen bina önem katsayısı uygulanmayacaktır. Güçlendirme projelerinde bina önem katsayısı (I = 1,0) alınacaktır.

Çizelge 8.9. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar 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) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Aalışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS = 3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

➤ **Deprem Tasarım Sınıfının (DTS) Belirlenmesi**

Deprem tasarım sınıfı (DTS), Çizelge 8.9'dan elde edilen bina kullanım sınıfı (BKS) ile kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{Ds}) değerine bağlı olarak Çizelge 8.10'dan DTS = 3 olarak belirlenir.

Çizelge 8.10. Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

➤ **Bina Yükseklik Sınıfının (BYS) Belirlenmesi**

Bina toplam yüksekliği (H_N) = 21 m ve Çizelge 8.10'dan elde edilen deprem tasarım sınıfı (DTS) = 3 için Tablo 8.11'den Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) = 6 belirlenir.

Çizelge 8.11. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 > H_N \leq 70$	$70 > H_N \leq 91$	$91 > H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 > H_N \leq 56$	$56 > H_N \leq 70$	$56 > H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 > H_N \leq 42$	$42 > H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 > H_N \leq 28$	$28 > H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 > H_N \leq 17.5$	$17.5 > H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 > H_N \leq 10.5$	$10.5 > H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

➤ **Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi 'nin kullanılabilirliğinin kontrolü**

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılabilmesi için kontrolü yapılması gerekir. Aksi halde Mod Birleştirme Yöntemi ya da Zaman Tanım Alanında Mod Toplama Yöntemi kullanılması gerekir. Çizelge 8.12'ye bakıldığında Bina Yükseklik Sınıfı, BYS

≥ 6 ise Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılabilir. DTS = 3 ve BYS = 6 belirlendiğı için Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılabilir.

Çizelge 8.12. Eşdeğer deprem yüğü yöntemi 'nin uygulanabileceğı binalar

Bina Türü	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı	
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a, 4, 4a
Her bir katta burulma düzensizliğı katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	BYS ≥ 4	BYS ≥ 5
Diğer tüm binalar	BYS ≥ 5	BYS ≥ 6

➤ **Sta4cad V14'ten Alınan Veriler**

Yapının X Yönü periyodu (T_x) = 0.868 sn

Yapının Y Yönü periyodu (T_y) = 0.965 sn

Yapının Ağırlığı (W) = 16714,130 ton

Bina hakim periyodu $T_1 = 0.97$ sn

➤ **Düşey Elastik Tasarım Spektrumu**

$$S_{acD}(T) = \left(0,32 + 0,48 \frac{T}{T_{AD}} \right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_{AD})$$

$$S_{acD}(T) = 0,8 S_{DS} \quad (T_{AD} \leq T \leq T_{BD})$$

$$S_{acD}(T) = 0,8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} \quad (T_{BD} \leq T \leq T_{LD})$$

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} ; \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} ; \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2}$$

$$T_{AD} = 0,018 \text{ (s)}$$

$$T_{BD} = 0,091 \text{ (s)}$$

$$T_{LD} = 3,000 \text{ (s)}$$

➤ **Yatay Elastik Tasarım Spektrumu**

$$S_{ac}(T) = \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$S_{ac}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B)$$

$$S_{ac}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L)$$

$$S_{ac}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T)$$

$$T_A = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} ; T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} ; T_L = 6s$$

$$T_A = 0,055 (s)$$

$$T_B = 0,274 (s)$$

$$T_L = 6,000 (s)$$

$$S_{DS} = 0,394 g, S_{D1} = 0,108g$$

$$T_B \leq T_X \leq T_L (0,274 \leq 0,868 \leq 6)$$

$$S_{ac}(T) = S_{D1} / T_X = 0,124g = 1,216 \frac{m}{sn^2}$$

➤ **Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı**

$$R_a(T) = R/I \quad T > T_B$$

$$R_a(T) = D + (R/I - D) T/T_B \quad T \leq T_B$$

$$T_X > T_B \text{ olduğundan } R_a(T) = R / I = 1 / 1 = 1$$

$$m_t = \frac{W(\text{ton})}{g \left(\frac{m}{sn^2} \right)} = \frac{16714,130}{9,81} = 1703,784 \text{ ton } (sn^2 / m)$$

$$S_{aR}(T) = S_{ac}(T) / R_a(T) = 1,216 / 1 = 1,216 \frac{m}{sn^2}$$

$$^{(X)} V_{IE} = m_t S_{aR} (T p^X) \geq 0,04 m_t I S_{DS} g$$

$$^{(X)} V_{IE} = m_t S_{aR} (T p^X) = 1703,784 \times 1,216 = 2071,8 \text{ ton}$$

$$^{(X)} V_{IE} \geq 0,04 m_t I S_{DS} g = 0,04 \times 1703,184 \times 1 \times 0,394 \times 9,81 = 263,321 \text{ ton } \sqrt{}$$

8.3.2. Yapı periyotları

TBDY 2018'e göre binanın en az % 95 lik kısmı kütle katılım oranı gerçekleşinceye kadar modal analiz yapılacaktır. Çizelge 8.13'te görüldüğü üzere birinci modda binanın kütlelerinin % 64.411 kısmı y yönünde çalışmıştır. İkinci modda binanın kütlelerinin % 62.913 kısmı x yönünde çalışmıştır. Üçüncü modda ise binanın tam olarak burulmaya çalışmıştır. Bina birinci modda burulma çıkması istenmemektedir.

Çizelge 8.13. 2018 deprem yönetmeliğine göre bina periyotları

Mod ω T yön	1.mod 6.51 0.9654 y	2.mod 7.24 0.8677 x	3.mod 10.44 0.6020 b	4.mod 29.46 0.2133 y	5.mod 31.81 0.1975 x	6.mod 44.16 0.1423 b	7.mod 66.58 0.0944 y	8.mod 70.36 0.0893 x	9.mod 96.75 0.0649 b
1/1x	-0.00011	0.00118	-0.00047	-0.00069	0.00678	-0.00204	-0.00168	0.01618	-0.00635
2/2x	-0.00035	0.00561	-0.00161	-0.00174	0.02258	-0.00386	-0.00274	0.03572	-0.00547
3/3x	-0.00071	0.01198	-0.00312	-0.00244	0.03324	-0.00449	-0.00140	0.02203	0.00087
4/4x	-0.00112	0.01936	-0.00470	-0.00224	0.03123	-0.00336	0.00129	-0.01321	0.00384
5/5x	-0.00155	0.02714	-0.00620	-0.00107	0.01546	-0.00105	0.00251	-0.03149	0.00103
6/6x	-0.00199	0.03485	-0.00753	0.00075	-0.00962	0.00155	0.00080	-0.01114	-0.00134
7/7x	-0.00238	0.04204	-0.00934	0.00272	-0.03654	0.00427	-0.00249	0.03005	-0.00083
1/1y	0.00093	0.00002	0.00009	0.00559	0.00020	0.00059	0.01427	0.00055	0.00205
2/2y	0.00512	0.00031	0.00039	0.02113	0.00158	0.00187	0.03561	0.00292	0.00353
3/3y	0.01158	0.00072	0.00049	0.03311	0.00258	0.00145	0.02487	0.00232	-0.00158
4/4y	0.01929	0.00120	0.00055	0.03248	0.00257	0.00042	-0.01061	-0.00071	-0.00336
5/5y	0.02755	0.00170	0.00060	0.01726	0.00137	-0.00048	-0.03153	-0.00267	0.00068
6/6y	0.03583	0.00221	0.00066	-0.00842	-0.00067	-0.00084	-0.01279	-0.00113	0.00283
7/7y	0.04383	0.00256	0.00012	-0.03707	-0.00284	-0.00006	0.02988	0.00247	-0.00178
1/1b	0.00000	0.00000	0.00004	0.00000	0.00001	0.00024	-0.00002	0.00002	0.00060
2/2b	0.00000	0.00005	0.00027	-0.00002	0.00013	0.00114	-0.00006	0.00021	0.00193
3/3b	-0.00001	0.00013	0.00063	-0.00007	0.00023	0.00185	-0.00010	0.00020	0.00149
4/4b	-0.00003	0.00023	0.00107	-0.00008	0.00024	0.00184	-0.00006	0.00000	-0.00052
5/5b	-0.00004	0.00033	0.00152	-0.00006	0.00015	0.00098	0.00001	-0.00014	-0.00179
6/6b	-0.00006	0.00044	0.00197	-0.00001	-0.00004	-0.00048	0.00005	-0.00008	-0.00075
7/7b	-0.00007	0.00055	0.00240	0.00006	-0.00025	-0.00208	0.00002	0.00012	0.00169
Mxr%	0.210	62.913	3.406	0.100	17.765	0.354	0.040	6.714	0.266
Myr%	64.411	0.237	0.029	18.240	0.102	0.032	7.151	0.038	0.030
Mbr%	0.044	2.967	61.217	0.046	0.309	17.129	0.033	0.109	6.285
Mod ω T yön	10.mod 105.31 0.0597 y	11.mod 109.35 0.0575 x	12.mod 139.40 0.0451 y	13.mod 142.14 0.0442 x	14.mod 151.83 0.0414 b	15.mod 165.43 0.0380 y	16.mod 167.86 0.0374 x	17.mod 179.78 0.0350 y	18.mod 183.11 0.0343 x
1/1x	-0.00192	0.02547	-0.00449	0.03305	0.00137	0.00140	0.03313	0.01095	0.01959
2/2x	-0.00083	0.02717	0.00164	0.00098	0.00318	0.00121	-0.02549	-0.01175	-0.02553
3/3x	0.00182	-0.01941	0.00282	-0.02914	-0.00870	-0.00260	0.00488	0.01160	0.02832
4/4x	0.00138	-0.02769	-0.00322	0.02168	0.00747	0.00249	0.01878	-0.01042	-0.02700
5/5x	-0.00156	0.01718	-0.00087	0.01306	0.00557	-0.00091	-0.03127	0.00890	0.02256
6/6x	-0.00171	0.02623	0.00336	-0.02883	-0.01393	-0.00037	0.02515	-0.00584	-0.01406
7/7x	0.00186	-0.02366	-0.00198	0.01571	0.00820	0.00040	-0.01036	0.00229	0.00531
1/1y	0.02399	0.00062	0.03177	0.00319	-0.00435	0.03424	-0.00142	0.02503	-0.00934
2/2y	0.03027	0.00290	0.00602	0.00222	0.00231	-0.02179	0.00277	-0.02729	0.01200
3/3y	-0.01628	-0.00067	-0.03168	-0.00407	-0.00093	0.00065	-0.00241	0.02777	-0.01336
4/4y	-0.02943	-0.00265	0.02086	0.00194	-0.00107	0.02154	0.00078	-0.02481	0.01262
5/5y	0.01492	0.00086	0.01611	0.00223	0.00247	-0.03274	0.00090	0.01955	-0.01011
6/6y	0.02715	0.00229	-0.03151	-0.00369	-0.00206	0.02579	-0.00122	-0.01153	0.00594
7/7y	-0.02302	-0.00176	0.01673	0.00192	0.00080	-0.01052	0.00056	0.00416	-0.00213
1/1b	-0.00007	0.00009	0.00007	-0.00019	0.00100	0.00017	0.00014	0.00004	-0.00006
2/2b	-0.00019	0.00040	0.00010	-0.00035	0.00186	0.00011	0.00014	-0.00016	-0.00009
3/3b	-0.00018	0.00012	-0.00008	0.00007	-0.00074	-0.00003	0.00012	0.00044	0.00031
4/4b	0.00004	-0.00021	-0.00003	0.00057	-0.00166	-0.00007	-0.00021	-0.00046	-0.00033
5/5b	0.00020	-0.00012	0.00004	-0.00015	0.00077	-0.00011	-0.00025	0.00015	0.00012
6/6b	0.00007	0.00006	0.00000	-0.00063	0.00142	0.00029	0.00056	0.00009	0.00007
7/7b	-0.00018	0.00004	0.00000	0.00050	-0.00118	-0.00019	-0.00033	-0.00008	-0.00006
Mxr%	0.008	3.724	0.027	2.497	0.010	0.010	1.431	0.143	0.356
Myr%	4.205	0.014	2.779	0.047	0.041	1.809	0.000	0.745	0.083
Mbr%	0.092	0.164	0.013	0.093	3.616	0.060	0.073	0.003	0.002

$$\Sigma = 99.97$$

$$\Sigma = 99.99$$

8.4. Bina Performans Sonuçları

8.4.1. TDY 2007'e göre bina performans sonucu

Performans analizi sonucunda deprem etkisi altında yapının kiriş ve kolonlarda her iki doğrultudaki hasar yüzdeleri ve can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı sırasıyla Çizelge 8.14, 9.15, 8.16'da görülmektedir. Çizelgelerin incelenmesi neticesinde görüleceği üzere yapıdaki kirişlerin belirgin hasar, minimum hasar, ileri hasar ve göçme bölgesinde kalmaktadır. Kolonlarda kirişler gibi belirgin hasar, minimum hasar, ileri hasar ve göçme bölgesinde kalmaktadır.

Çizelge 8.14. Kiriş hasar yüzdeleri

Kat No	-X				+X				-Y				+Y			
	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
7	49,3	19,7	11,3	119,7	64,8	19,7	1,4	14,1	21,7	24,6	18,8	34,8	47,8	20,3	14,5	17,4
6	29,6	29,6	16,9	23,9	38,0	32,4	16,9	12,7	11,6	10,1	17,4	60,9	20,3	33,3	17,4	29,0
5	16,9	32,4	23,9	26,8	28,2	38,0	19,7	14,1	13,0	4,3	17,4	65,2	11,6	37,7	18,8	31,9
4	16,9	31,0	23,9	28,2	25,4	38,0	22,5	14,1	11,6	7,2	15,9	65,2	13,0	34,8	21,7	30,4
3	19,7	31,0	21,1	28,2	35,2	29,6	21,1	14,1	11,6	14,5	20,3	53,6	17,4	34,8	20,3	27,5
2	36,6	22,5	23,9	16,9	49,3	32,4	8,5	9,9	17,4	17,4	30,4	34,8	39,1	23,2	21,8	15,9
1	71,9	17,5	5,3	5,3	93,0	1,8	0,0	5,3	64,2	15,1	9,4	11,3	92,5	0,0	0,0	7,5
Max					93,0	38,0					30,4	65,2				

Çizelge 8.15. Kolon kesme kuvveti dağılımı

Kat No	-X				+X				-Y				+Y			
	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
7	79,1	14,4	5,6	0,9	83,4	10,5	2,5	3,5	60,3	22,0	14,5	3,1	68,1	22,9	3,5	5,5
6	79,4	16,4	4,2	0,0	79,5	15,1	3,5	1,9	58,3	29,9	9,5	2,2	61,0	28,4	8,0	2,6
5	60,8	28,8	9,8	0,6	71,5	12,9	12,5	3,1	46,7	31,7	17,5	4,1	45,9	35,6	14,4	4,1
4	53,4	28,8	13,4	4,5	61,6	23,7	6,1	8,6	52,0	15,9	19,4	12,7	48,3	32,0	13,2	6,5
3	50,1	31,7	4,3	14,0	59,5	17,9	11,8	10,8	48,0	18,5	10,9	22,7	47,2	19,0	21,1	12,7
2	46,5	20,7	15,2	17,6	49,4	14,6	6,0	30,0	31,2	24,5	12,3	32,1	27,2	31,9	0,8	40,1
1	98,8	0,8	0,2	0,2	98,7	0,4	0,1	0,8	99,6	0,0	0,2	0,1	99,0	0,3	0,0	0,6
Max									99,6					35,6	21,1	40,1

Çizelge 8.18. Kolon kesme kuvveti dağılımı

Kat No	-X				+X				-Y				+Y			
	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB
7	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
6	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
5	92.6	7,4	0.0	0.0	92,9	7,1	0.0	0.0	88,3	11,7	0.0	0.0	88,2	11,8	0.0	0.0
4	81,1	18,6	0.0	0.2	81,1	18,6	0.0	0.2	74,0	24,9	0.0	1,1	73,2	25,7	0.0	0.8
3	84,6	14,8	0.0	0.5	84,2	15,3	0.0	0.5	78,7	20,8	0.0	0.5	79,1	20,6	0.0	0.0
2	85,2	13,6	0.0	1,2	80,1	18,8	0.0	1.1	82,2	15,7	0.0	2.1	82,7	16,2	0.0	0.0
1	99,8	0.2	0.0	0.0	99,8	0.2	0.0	0.1	99,3	0.5	0.0	0.2	99,3	0,5	0.0	0.0
Max.	100											2,1		25,7		

Çizelge 8.19. 2007 deprem yönetmeliğine bina performans sonucu

Göçme bölgesi kiriş hasar oranı = % 65.2 > % 20 Göçmenin önlenmesi durumu x
Göçme durumu, Güçlendirme gereklidir. Can güvenliği x
Göçmenin önlenmesi durumu yeterlilik kontrolü:
Göçme bölgesi kiriş hasar oranı = % 65.2 > % 20 x
Plastikleşen kolon Vc oranı = % 11.5 < % 30 √, (GB= % 0 √)

Çizelge 8.20. 2018 deprem yönetmeliğine bina performans sonucu

Kiriş hasar oranı = (İH = % 0.0 < % 20 √), (GB= % 0 √)
Kolon hasar oranı = (İH = % 0.5 < % 20 √), (GB= % 2.1 > % 0 x)
Üst kat Vc oranı = (İH = % 0.0 < % 40 √), (GB= % 0 √)
Plastikleşen kolon Vc oranı = (İH+GB = % 1.7 < % 30 √)

Sonuç olarak, lineer ve nonlineer analiz yöntemine göre sağlandığı performans hedefi göçmenin önlenmesi olmuştur. Bina performans sonucunda, Çizelge 8.19 ve Çizelge 8.20’de gösterildiği gibi can güvenliği olmadığı ve göçme bölgesi durumunda olduğu görülmektedir. Kontrollü hasar performansı sağlanamamıştır. Binanın güçlendirilmesi gerekmektedir.

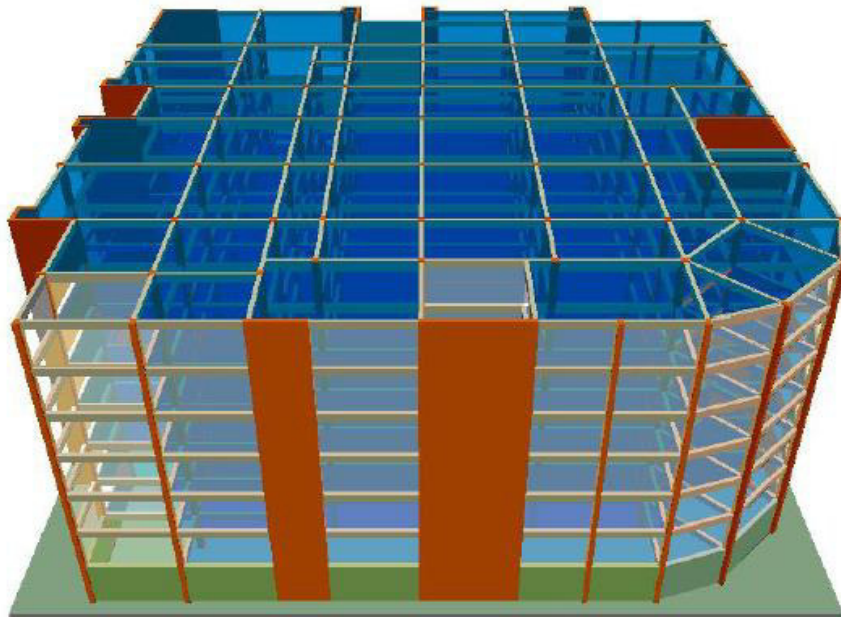
9. TBDY 2018'E GÖRE MEVCUT BETONARME BİNALARIN GÜÇLENDİRİLMESİ

TBDY 2018, Bölüm 15.9'da binaların güçlendirilmesi konusu, deprem hasarlarına neden olacak kusurlarının giderilmesi, deprem güvenliğini artırmak için yeni elemanlar eklenmesi, mevcut elemanlarının deprem davranışlarının iyileştirilmesi, kütle azaltılması, kuvvet transferinde sürekliliğin sağlanması gibi işlemleri içerir.

Örnek olarak seçilen binanın mevcut durumunun bir önceki bölümde anlatıldığı gibi TBDY 2018'e göre şekil değiştirmeye göre dayanım ve tasarım hesap yapılmıştır. Sonuç olarak kontrollü hasar hedeflenmiş fakat bina göçme durumuna çıkmıştır. Yani bina beklenen performans hedefi sağlanmamıştır. Bu sonuçlara göre TBDY 2018'de önerilen güçlendirme yöntemleri uygulanmıştır. Sonuçta bu yöntemlerin kalıp, demir ve beton metrajları ve maliyet analizi yapılmıştır.

9.1. Binaya Güçlendirme Yapabilmek İçin Programdaki Bilgi Girişinin Hazırlanması

Şekil 9.1'de gösterilen mevcut binanın 3D modeli, Sta4-Cad-V14 bilgisayar paket programı kullanılarak oluşturulmuş bu binanın güçlendirilmesi hedeflenmiştir.




Şekil 9.1. Mevcut yapıya ait 3D modeli

Sta4Cad v14'te izlenecek yol;

E1 malzeme yeni tanımlanan malzemedir. E2 ise yapıdaki mevcut malzeme olarak geçmektedir. İlk önce yapının mevcut malzemesi E2 olarak girilmiştir. Kiriş, kolon ve plak işaretli olması gerekmektedir. Sta4Cad V14.1'de "Yapı performansı kontrolü genel opsiyonları" kısmından "çatlamış kesite göre analiz" opsiyonu işaretlenmesi ile binanın mevcut malzemesinin her katta E2 olması sağlanmıştır. Beton sınıfı C16 (160 kg/cm^2), elastisite modülü $E=270000 \text{ kg/cm}^2$ ve donatı sınıfı S220 MPa (2200 kg/cm^2) olarak seçilmiştir. Mevcut yapının güçlendirme malzemesi E1 için beton sınıfı C30 ($f_{ck}=30 \text{ MPa}$) ve donatı sınıfı S 420 ($f_{yk}=420 \text{ MPa}$) olarak kullanılmıştır. Güçlendirme proje opsiyonları Şekil 9.2'de verilmiştir.


STA4-CAD **GUCLENDIRME PROJE OPSIYONLARI** Ok X


DEPREM YAPI GUCLENDIRME PROJESİ 


Performans Opsiyonu : **YAPI PERFORMANSI OPSIYONLARI**


YAPI PERFORMANSI OPSIYONLARI **RISKLİ BINALARIN TESBIT OPSIYONLARI**

YAPI PERFORMANSI KONTROLÜ GENEL OPSIYONLARI

BINA BILGI DUZEYI KATSAYISI **0.75**  **Kolon uçlarındaki kupaşılmıyıp kolon kontrolü**

Donatı kenetlenme boyu, kapasite carpanı **1**  **Çatlamıyıp kesite göre analiz**

Kiriş duşey yuk moment carpanı **0.85**  **Ölü yük inşaat aşamaları analizi**

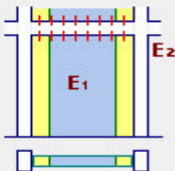
Kiriş $M_g + C_q \times M_q$ **C_q= 0.6**  **Panel Uç kolonları dönme serbestliği**

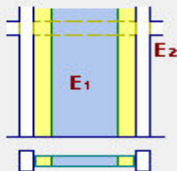
Kiriş donatı gerçekteşme oranı **% 100**

PERDE VE KOLON DETAY OPSIYONLARI

PERDE OPSIYONLARI

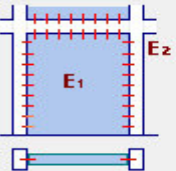
BASLIK BOLGESI KENDI ICINDE OLAN PERDELER

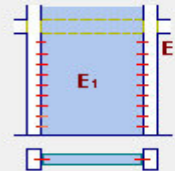
BASLIK PERDELI, KIRISLERE ROT ile BAGLANTILI  **E₁** **E₂**

BASLIK PERDELI, KIRISLERIN KIRILARAK PERDE TESKILI  **E₁** **E₂**

PANEL ELEMEN OPSIYONLARI

BASLIK BOLGESI MEVCUT KOLON DAN FAYDALANARAK PANEL ELEMEN LA OLUSTURULAN PERDELER

KIRISLERE ROT ile BAGLANTILI  **E₁** **E₂**

KIRISLERIN KIRILARAK PERDE TESKILI  **E₁** **E₂**

MEVCUT KOLONLARIN OZELLIKLERI

KOLON min. BOYUNA DONATI ORANI **0.01**

DONATI GERCEKLEŞME ORANI % **100**

STATIKCE GEREKLI KESITE göre betonarme hesap


KOLON BURKULMASINDA sadece E1 göre hesap

MANTO DUSEY YUK OPSIYONU

KOLON AKTIF, MANTO PASIF

KOLON AKTIF, MANTO AKTIF

KOLON PASIF, MANTO AKTIF

KOLON+MANTO KAPASITE KONTROLU 

(E2-E9) MEVCUT YAPI TASARIM STANDARTI

TDY2007-TDY1997,TS500 (2000) **TDY1975,TS500 (1984)** **ACI318**

Şekil 9.2. Güçlendirme proje opsiyonları

- Deprem yapı güçlendirme projesi, modelin güçlendirme projesi olarak okunması için deprem yapı güçlendirme projesi işaretlenmesi gerekmektedir.
- Bina bilgi düzeyi katsayısı, bina sınırlı bilgi düzeyine sahip olduğu için TBDY 2018 yönetmelikte belirtilen Tablo 15.1'den bina bilgi düzeyi katsayısı 0.75 olarak seçilmiştir.
- Donatı kenetlenme boyu, TBDY 2018 yönetmeliğine göre 15.4.13'te betonarme elemanlarda bindirme boyunun yeterli olmaması durumunda, kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatının akma gerilmesi, kenetleme ya da bindirme boyunda olan eksikliği oranında azaltılacaktır. Donatı kenetlenme boyu, kapasite çarpanı 1 seçilmiştir.
- Kiriş düşey yük moment çarpanı, düşey yükler altında hesaplanmış olan moment etkisi yeniden dağılım ilkesine bağlı maksimum % 15 oranda azaltılabilir. Çarpanı 0.85 olarak alınarak % 15 azaltılmıştır.
- Kiriş $M_g + C_q \cdot M_q$, bina genel bilgileri kısmında hareketli yük katsayısı olarak seçilen n değerler ile uygun olması gerekmektedir. Depolar için $n = 0.85$, okul, sinema, garaj ve spor tesisler için $n = 0.60$, konutlar, iş yeri, hastaneler için $n = 0.30$ olarak alınmaktadır. Burada örnek model okul binası olduğu için $n = 0.60$ seçilmiştir.
- Kiriş donatı gerçekleşme oranı, % 100 seçilmiştir.
- Kolon uçlarında kuşatılmış kolon kontrolü işaretlenmesi, yapıda kesme güvenliğini sağlamayan elemanların olmaları durumunda kuşatılmış kolon kontrolü sağlanması gerekmektedir.
- Çatlamış kesite göre analiz işaretlenmiştir. Çünkü mevcut bir yapıda rijitlik azalması ya da elastise modülünde oynamalar olması nedeni ile çatlamış kesite göre analiz yöntemi seçilmesi gerekmektedir.
- Yapıda güçlendirme perdesi iki şekilde yerleştirilir. Kirişler ve kolonlar ankraj yapılar tasarlanır ya da kirişi kırıp güçlendirme perdesi sadece kolonlara ankraj yapılabilir. Genel olarak güçlendirme perdeleri kiriş ve kolona ankraj yapılar işlem yapılmaktadır. Böylelikle güçlendirme perdesi hem rijit diyafram olarak çalıştırılır hem de yapı boyunca sürekliliğini ve çalışma prensibini kurmuş olur. Bu nedenle başlık perdeli kirişlere rot ile bağlantılı ve kirişlere rot ile bağlantılı işaretlenmiştir.
- Kolon minimum boyuna donatı oranı, TBDY 2018 yönetmelikte tanımlan 15.2.4.2'de Betonarme elemanlarda olan donatı miktarı ve detaylarının binanın

inşa edildiği tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı kabul edilmektedir. Kolonda minimum boyuna donatı oranı %1 şeklinde ayarlanmıştır.

- Mevcut kolonda donatılar %1 oranda gerçekleşmiş ise donatı gerçekleşme oranı % 100 olarak alınması gerekmektedir. Analiz kısmı ile ilgili seçilen opsiyonlar Şekil 9.3'te verilmiştir.

The screenshot shows the 'OPSİYONLARI' (Options) dialog box in the STA4-CAD software. The 'ANALIZ' (Analysis) tab is selected. The 'STATİK ANALİZ' (Static Analysis) section has 'LINEER ANALİZ' (Linear Analysis) selected. The 'DEPREM ANALİZİ' (Seismic Analysis) section has 'MODAL ANALİZ' (Modal Analysis) and 'DÜŞEY DEPREM ANALİZİ' (Vertical Seismic Analysis) selected. The 'YAPI-TEMEL ANALİZİ' (Structure-Foundation Analysis) section has 'YAPI+TEMEL BİRLİKTE ANALİZ (temel donmeli)' (Structure-Foundation Analysis (with base fixity)) selected. The 'İNSAAT AŞAMALARI ANALİZİ' (Construction Stages Analysis) section has 'Ölü yük Çarpanı C' (Dead load multiplier C) set to 0.0 and 'Aşamadaki kat adedi' (Number of floors in the stage) set to 1. A checkbox for 'KIRIS OLU YUKLERİNDE, DUVARLARIN YUKSEKLİK KONTROLLU OTOMATİK DÜZENLENMESİ' (Automatic adjustment of wall heights in cut-off loads) is checked.

Şekil 9.3. Analiz kısmındaki proje opsiyonları

- Proje opsiyonlarından statik analiz lineer analiz olarak seçilmiştir. Bunun nedeni bir güçlendirme projesi ya da doğrusal olmayan performans analizi yapılacaksa önce bir lineer analizi yapıp eski malzemeye göre donatılar atılır. Atıldığı donatılar içine girerek mevcut donatılarla değiştirilir. Daha sonra nonlinear analiz olarak seçilecektir.
- Güçlendirme projesinde yapı ile temel birlikte analiz olarak seçilmiştir. Yeni güçlendirme perdeleri atıldığında deprem kuvveti de artacaktır. Temelin bu durumu kurtarıp kurtarmayacağı belirlenir.
- Düşey deprem analizi sekmesi işaretlenmiştir. Binada düşey deprem analizin olması için binada herhangi bir düzensizlik olması gerekir.
- Donatılar atıldıktan sonra Şekil 9.3'teki şekilde de nonlinear analiz, modal analiz ve yapı temel birlikte analiz seçenekleri seçilmiştir. Nonlinear analizin seçilmesiyle doğrusal olmayan performans analizi yapılmıştır. Yapı genel bilgileri Şekil 9.4'te verilmiştir.

YAPI GENEL BİLGİLERİ	
Yapı Proje İsmi	nonlinear
Kat Sayısı	7
Spektral ivme Katsayısı	Sds/Sdi 0.394/0.108
Tasiyici Sistem Davranis Katsayisi	Rx/Ry 1
Dayanım Fazlaligi Katsayisi	D 2.5
Deprem Yapı Önem Katsayisi	I 1
Hareketli Yük Katsayisi	n 0.6
Deprem Yüğü Alt Yüksekligi	Hx/Hy (m) 0
Zemin Yatak Katsayisi	Ko (t/m ³) 10000
Zemin Tasima Gücü Gerilmesi	qt (t/m ²) 50
Hareketli Yük Azaltma Katsayisi	Cz 1
Deprem Yüğü Eksantirisitesi	0.05
Modal Analiz Min. Yüğü Orani	B 0.9
Üst Kat no (TDY için)	7
Aplikasyon Kot Farki	(m) 0

UserKey

YS. CERCEVE + YS. PERDE
PERFORMANS ANALİZ OPSİYONU

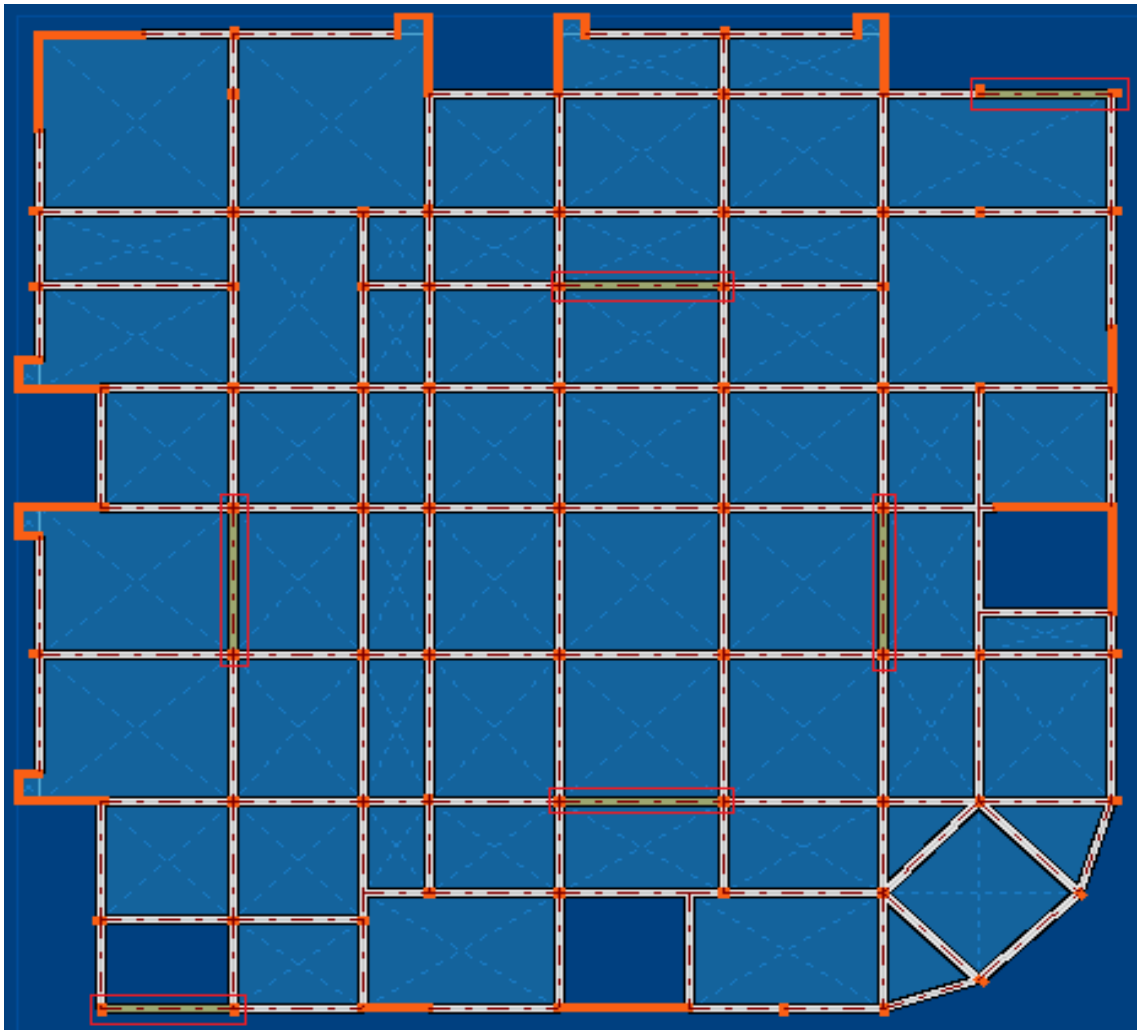
GUCLENDİRME PROJESİ DEPREM STANDARDI: TBDY2018 TASARIM STANDARDI: TS500t

Şekil 9.4. Yapı genel bilgileri

- Spektral ivme katsayısı, ivme katsayısı sıfır olarak girilmiştir. Binanın kendi ağırlığını taşıyabilecek kadar donatı koyması için en iddialı yol bu olacaktır. Bu şekilde ivme katsayısı sıfır olarak depremsiz şekilde lineer analiz yapılmıştır. Nonlinear analiz yapılması için gerekli olan spektral ivme katsayısı ise Türkiye Deprem Tehlike Haritaları'dan bulunan binaya ait spektral ivme katsayısı değerleri (Ss,S1,Sds ve Sd1) girilerek elde edilen spektral ivmeye göre belirlenmiştir.
- R katsayısı, yeni güçlendirme elemanları (çerçevesel ve perdeli yapılar) için R=4 alınır. Güçlendirme performans analizde R_a=1 olarak alınır.
- Deprem yapı önem katsayısı, (bina önem katsayısı) I = 1 alınmıştır. Güçlendirme projelerinde I = 1 alınır. TBDY 2018 yönetmelikte belirtilen, 15.4.2 – Deprem etkisinin tanımında, 2.2'ye göre belirlenen deprem yer hareketi düzeyleri için 2.3.4 veya 2.4.1'de verilen yatay elastik tasarım spektrumu kullanılacaktır. Deprem hesabında 3.1.2'de tanımlanan Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır (I=1.0).
- Kütle merkezi ile rijitlik merkezi birbiri üzerine çakışsa bile güvenli tarafa kalmak için binaya %5 eksantirisite verilmesi gerekmektedir. Bundan dolayı deprem yükü eksantirisitesi 0,05 seçilir.
- Yapı düzensiz bir yapı olduğu için beta 0.9 almıştır.

9.2. Yapının Perdelerle Güçlendirilmesi

Yapının güçlendirilmesi için güçlendirme perdeleri binanın belirli köşelerine ve orta kısımlarına uygulanması amaçlanmıştır. İlave perdeler, mimarinin izin verdiği sınırlar dahilinde, kolon mantolaması ve kiriş takviyesine gerek kalmayacak şekilde sisteme yerleştirilmiştir. C aksında 15-16 aksları arasında, E aksında 8-11 aksları arasında, M aksında 8-11 aksları arasında, P aksında 3-4 aksları arasında, 4 aksında H-K aksları arasında ve 14 aksında H-K aksları arasında 30 cm kalınlığında tüm katlarda betonarme perde ilave edilmiştir (Şekil 9.5).



Şekil 9.5. Perde takviyeli yapılmış kat planı

9.2.1. Bina performans sonucu

Yapının kiriş ve kolonlardaki hasar yüzdeleri Çizelge 9.1 ve Çizelge 9.2’de görülmektedir. Çizelgelerin incelenmesinden görüldüğü gibi kirişlerin tamamı sınırlı hasar bölgesinde ve kolonların göçme bölgesi, sınırlı hasar bölgesi ve belirgin hasar bölgesinde kalmaktadır.

Çizelge 9.1. Kiriş hasar yüzdeleri

Kat No	-X				+X				-Y				+Y			
	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB
7	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
6	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
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	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
2	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0
1	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0
Max.	100															

Çizelge 9.2. Kolon kesme kuvveti dağılımı

Kat No	-X				+X				-Y				+Y			
	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB
7	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
6	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
5	100	0.0	0.0	0.0	99,7	0,3	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	99,5	0,5	0.0	0.0
4	98,9	1,1	0.0	0.0	98,9	1,1	0.0	0.0	97,9	2,1	0.0	0.0	98,3	1,7	0.0	0.0
3	96,1	3,9	0.0	0.0	96,4	3,6	0.0	0.0	93,9	6,1	0.0	0.0	94,7	5,3	0.0	0.0
2	97,5	2,5	0.0	0.1	91,8	8,2	0.0	0.0	95,0	5,0	0.0	0.0	95,0	5,0	0.0	0.0
1	99,7	0,3	0.0	0.0	99,7	0,3	0.0	0.0	99,9	0,1	0.0	0.0	99,8	0,1	0.0	0.0
Max.	100			0,1		8,2										

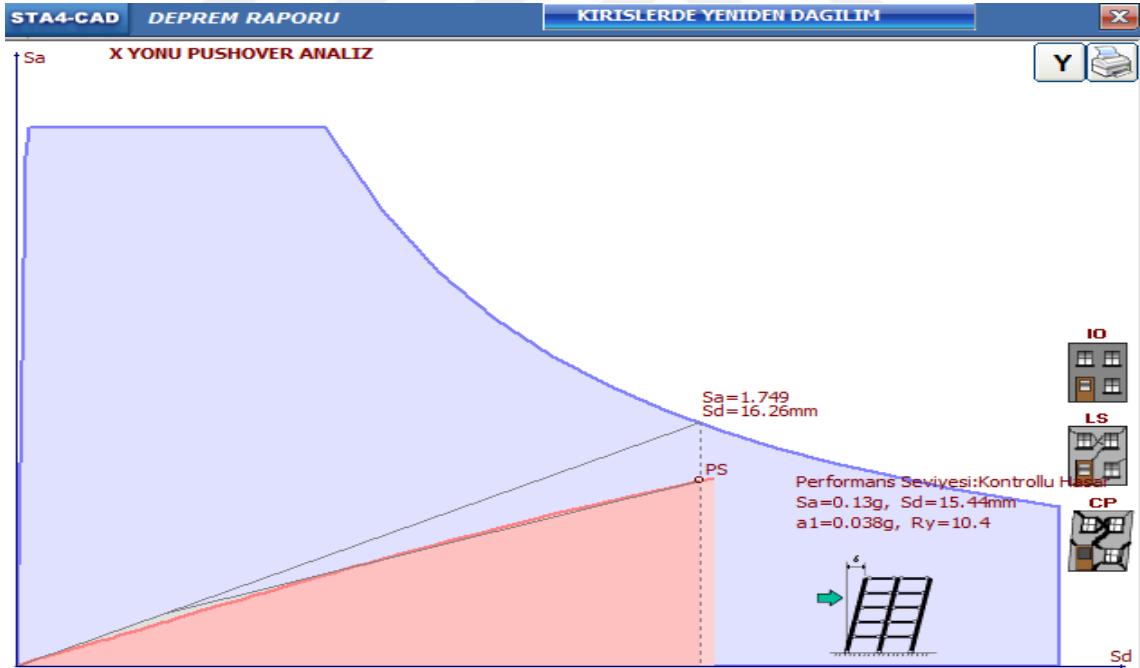
Çizelge 9.3. Alt ve üst kesitlerinde belirgin hasar bölgesini aşan kolonların kesme kuvveti dağılımı

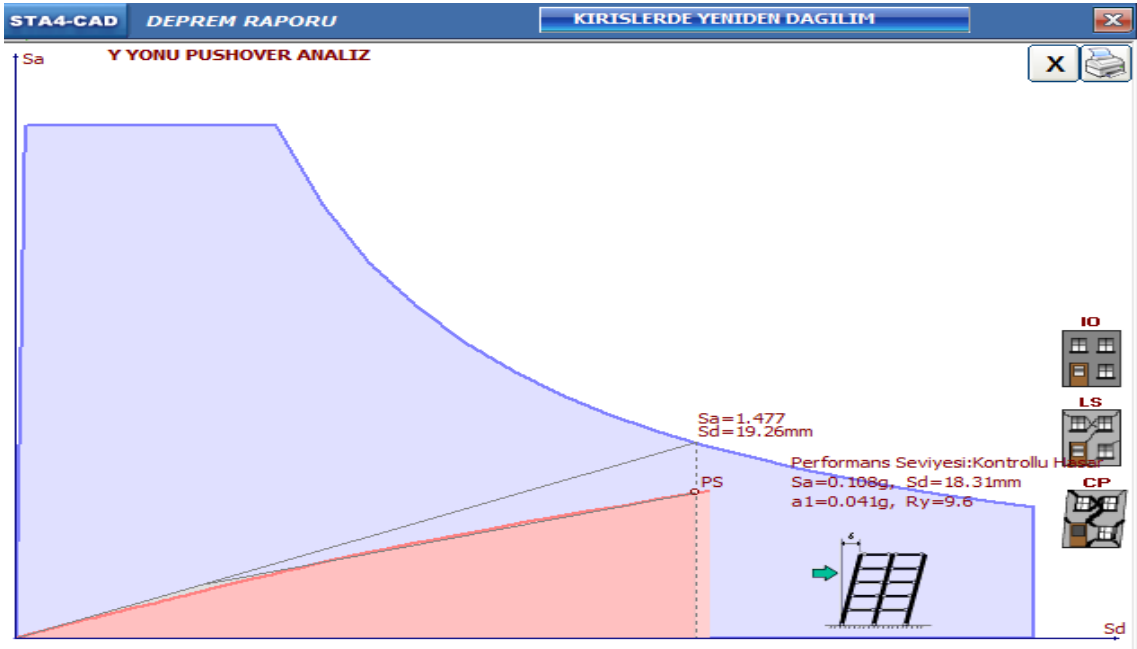
Kat No	-X		+X		-Y		+Y	
	SH + BH	İH + GB	SH + BH	İH + GB	SH + BH	İH + GB	SH + BH	İH + GB
7	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
6	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
5	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
4	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
3	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
2	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
1	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
Max.	100							0.0

Çizelge 9.4. Güçlendirilmiş bina performans sonucu

Kontrollü hasar performans bölgesi durumu, Güçlendirme gerekli değildir.
Kontrollü hasar performans bölgesi yeterlilik kontrolü:
Kiriş hasar oranı = (İH = % 0.0 < % 30 √), (GB= % 0 √)
Kolon hasar oranı = (İH = % 0.0 < % 20 √), (GB= % 0.1 √)
Üst kat Vc oranı = (İH = % 0.0 < % 40 √), (GB= % 0 √)
Plastikleşen kolon Vc oranı = (İH+GB = % 0.0 < % 30 √)

Bina performans sonucunda Çizelge 9.4'te gösterildiği gibi taşıyıcı eleman olan kirişlerde Göçme Bölgesi hasar oranı olmadığı kolonlarda ise Göçme Bölgesi hasar oranı % 0.1 olduğu görülmektedir. Başka bir deyişle güçlendirme yapıldıktan sonra bazı kolonlarda meydana gelen hasar miktarının göz ardı edilebilir ve binanın güçlendirilmiş haliyle TBDY 2018 yönetmelikte öngörülen Kontrollü Hasar ve Can Güvenliği Performans Düzeyi' ne uygun bir deprem performansı göstermesi beklenmektedir.

**Şekil 9.6.** Kontrollü hasar x yönü performansı



Şekil 9.7. Kontrollü hasar y yönü performansı

Betonarme perde ile yapılan güçlendirme projesindeki maliyet hesabında beton, kalıp ve donatının birim fiyatları olarak 2019 fiyatları esas alınmıştır. Uygulama sürecinde binanın içinden perde ilavesi yapılması binanın kullanımını engeller. Fakat uygun olan durumda binanın dışında perde ilavesi yapılırsa binanın kullanımına devam edilebilir. Betonarme perde ile yapılan güçlendirmelerin beton ve kalıp metrajı Çizelge 9.5’te verilmiştir.

Çizelge 9.5. Betonarme perde ile yapılan güçlendirmelerin beton ve kalıp metrajı

Kat No	Beton (m^3)	Kalıp (m^2)
1.kat toplam	23,49	141,57
2.kat toplam	32,99	200,48
3.kat toplam	32,99	200,48
4.kat toplam	32,99	200,48
5.kat toplam	32,99	200,48
6.kat toplam	32,99	200,48
7.kat toplam	32,99	200,48
Toplam	221,43	1344,45

Betonarme perde ile yapılan güçlendirmelerin donatı metrajı Çizelge 9.6’da birim fiyatı ve maliyet hesabı Çizelge 9.7’de verilmiştir.

Çizelge 9.6. Betonarme perde ile yapılan güçlendirmelerin donatı metrajı

Kat No	ø10 Kg	ø12 Kg	Toplam Kg
1.kat toplam	906,6	850,2	1756,8
2.kat toplam	1271,5	1187,5	2459
3.kat toplam	1271,5	1187,5	2459
4.kat toplam	1271,5	1187,5	2459
5.kat toplam	1271,5	1187,5	2459
6.kat toplam	1271,5	1187,5	2459
7.kat toplam	1271,5	1187,5	2459
Toplam	8535,6	7975,2	16510,8

Çizelge 9.7. Birim fiyat ve maliyet hesabı

Poz	Birim fiyat tarifi	Birim fiyat	Miktar	Tutarı (TL)
16.059/1	BS30 Hazır beton	190	221,43	42071,7
21.011	Betonarme kalıp	22	1344,45	29577,9
4.251	8-12 mm Demir	3000	16,5108	49532,4
Nakliye % 10				12118,2
Toplam				133300
KDV % 18				23994,036
Toplam				157294
Aylık Artış % 1 *10				15729,4236
Toplam				173024

9.3. Eleman Güçlendirilmesi

9.3.1 Kolonların betonarme sargı ile sarılması

Kolonların sünekliğini arttırmaya yönelik olarak kesme ve basınç dayanımlarının artırılması için betonarme sargı kullanılabilir. Mevcut kolondaki pas payı sıyrılarak ya da yüzeylerin pürüzlendirilmesi ile uygulama yapılacaktır. Betonarme sargının yatay ya da düşey donatının yerleştirilmesi, beton dökülmesi ve minimum pas payı sağlanmak amacıyla yeterli kalınlıkta olması gerekmektedir. Sargı kalınlığının minimum 100 mm olması gerekmektedir. Betonarme sargı kat döşemesinin üstünde başlar ve üst kat döşemesinin altında sona erer.

Düşey yükler altında yetersizlik gösteren bodrum kat, zemin kat ve birinci kattaki kolonlar 15 cm kalınlığında betonarme sargı ile çevrelenmiştir. Bu kolonlar bodrum katta, SB12, SB15, SB16, SB21, SB24, SB25, SB31, SB32, SB33, SB34, SB36, SB37, SB38, SB39, SB40, SB41, SB45, SB48, SB49, SB50, SB54, SB55, SB57,

Çizelge 9.9. Kolon kesme kuvveti dağılımı

Kat No	-X				+X				-Y				+Y			
	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB
7	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
6	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
5	99,2	0,8	0,0	0,0	99,2	0,8	0,0	0,0	98,1	1,9	0,0	0,0	98,1	1,9	0,0	0,0
4	94,2	5,8	0,0	0,0	94,9	5,8	0,0	0,0	93,1	6,9	0,0	0,0	92,3	7,7	0,0	0,0
3	87,9	12,1	0,0	0,0	90,7	9,3	0,0	0,0	81,9	18,1	0,0	0,0	86,8	13,2	0,0	0,0
2	83,5	16,5	0,0	0,0	85,2	14,8	0,0	0,0	71,4	28,6	0,0	0,0	90,3	9,7	0,0	0,0
1	99,9	0,1	0,0	0,0	99,9	0,1	0,0	0,0	99,7	0,3	0,0	0,0	99,7	0,3	0,0	0,0
Max.	100									28,6						0,0

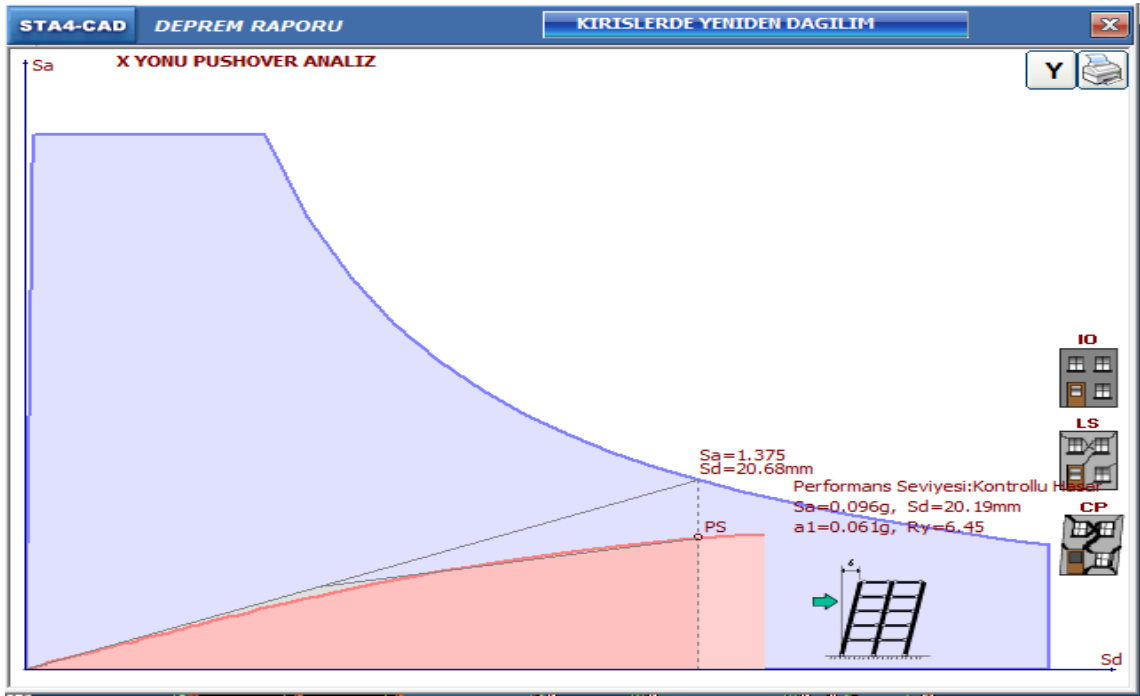
Çizelge 9.10. Alt ve üst kesitlerinde belirgin hasar bölgesini aşan kolonların kesme kuvveti dağılımı

Kat No	-X		+X		-Y		+Y	
	SH + BH	İH + GB	SH + BH	İH + GB	SH + BH	İH + GB	SH + BH	İH + GB
7	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
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							

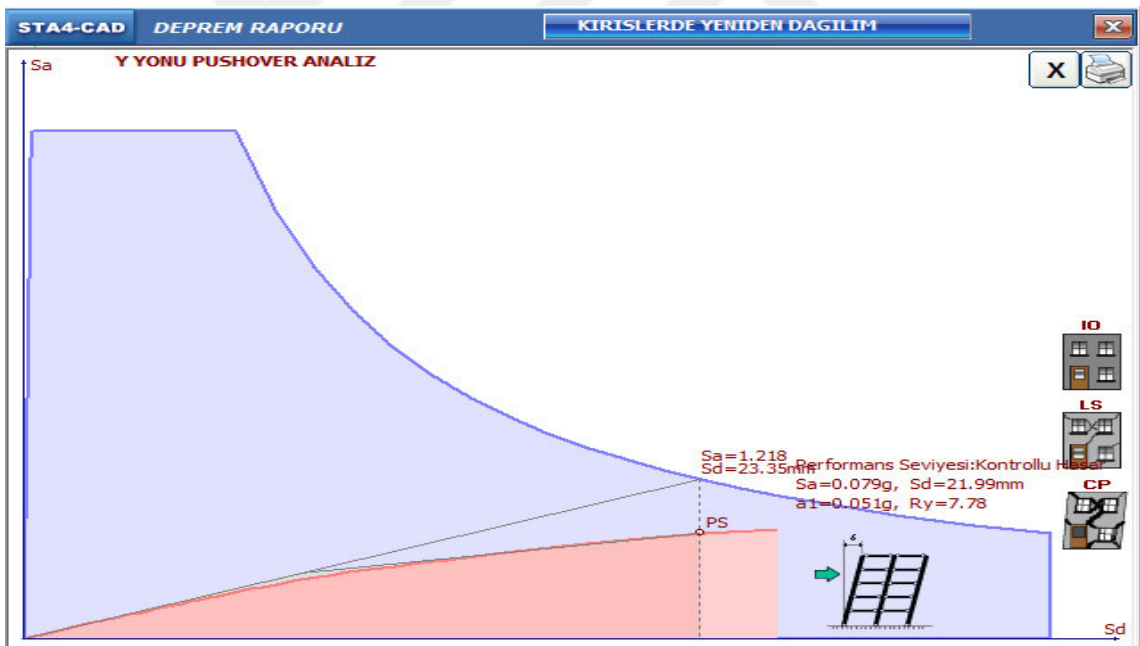
Çizelge 9.11. Güçlendirilmiş bina performans sonucu

Kontrollü hasar performans bölgesi durumu, Güçlendirme gerekli değildir.
Kontrollü hasar performans bölgesi yeterlilik kontrolü:
Kiriş hasar oranı = (İH = % 0.0 < % 30 √), (GB= % 0 √)
Kolon hasar oranı = (İH = % 0.0 < % 20 √), (GB= % 0 √)
Üst kat Vc oranı = (İH = % 0.0 < % 40 √), (GB= % 0 √)
Plastikleşen kolon Vc oranı = (İH+GB = % 0.0 < % 30 √)

Bina performans sonucunda, Çizelge 9.11’de gösterildiği gibi taşıyıcı eleman olan kolonlarda ve kirişlerde Göçme Bölgesi hasar oranı olmadığı görülmektedir. Başka bir deyişle güçlendirme yapıldıktan sonra bazı kolonlarda meydana gelen (Belirgin hasar) hasar miktarının göz ardı edilebilir ve binanın güçlendirilmiş haliyle TBDY 2018 yönetmelikte öngörülen Kontrollü Hasar ve Can Güvenliği Performans Düzeyi’ ne uygun bir deprem performansı göstermesi beklenmektedir.



Şekil 9.9. Kontrollü hasar x yönü performansı



Şekil 9.10. Kontrollü hasar y yönü performansı

Betonarme manto ile yapılan güçlendirme projesindeki maliyet hesabında beton, kalıp ve donatının birim fiyatları olarak 2019 fiyatları esas alınmıştır. Betonarme manto ile yapılan güçlendirmelerin beton ve kalıp metrajı Çizelge 9.12’de, betonarme manto ile yapılan güçlendirmelerin donatı metrajı Çizelge 9.13’te ve birim fiyatı ve maliyet hesabı Çizelge 9.14’te verilmiştir.

Çizelge 9.12. Betonarme manto ile yapılan güçlendirmelerin beton ve kalıp metrajı

Kat No	Beton (m ³)	Kalıp (m ²)
1.kat toplam	23,52	357
2.kat toplam	11,29	171,36
3.kat toplam	4,7	71,4
Toplam	39,51	599,76

Çizelge 9.13. Betonarme manto ile yapılan güçlendirmelerin donatı metrajı

Kat No	ø8 Kg	ø14 Kg	Toplam Kg
1.kat toplam	1691,9	3190,1	4882
2.kat toplam	812,1	1026,2	1838,3
3.kat toplam	338,4	372,2	710,6
Toplam	2842,4	4588,5	7430,9

Çizelge 9.14. Birim fiyatı ve maliyet hesabı

Poz	Birim fiyat tarifi	Birim fiyat	Miktar	Tutarı (TL)
16.059/1	BS30 Hazır beton	190	39,51	7506,9
21.011	Betonarme kalıp	22	599,76	13194,72
4.251	8-12 mm Demir	3000	7,4309	22292,7
Nakliye % 10				4299,432
Toplam				47294
KDV % 18				8512,87536
Toplam				55807
Aylık Artış % 1 *10				5580,662736
Toplam				61387

9.3.2. Kolonların çelik sargı ile güçlendirilmesi

Dört adet boyuna köşebent dikdörtgen betonarme kolonların köşelerine yerleştirmek ve köşebentleri düzenli aralıklarla düzenlenmiş yatay plakalar ile kaynaklanmak suretiyle çelik sargı oluşturulur. Köşebentler ve betonarme yüzeyler arasında boşluk olmamalıdır. Dört yüzeyde yatay plakaların sürekli olmaları gerekmektedir. Bindirmeli eklerin zayıflıklarını çelik sargı ile ortadan kaldırmak için, sargı boyunun bindirme bölgesi boyundan en az %50 uzun olması gerekmekte ve çelik sargının donatı bindirme bölgesinde kolonun karşılıklı yüzlerinde düzenlenmiş olan minimum 16 mm çapında iki sıra bulonlu ankraj ile sıkıştırılması gerekir.

Örnek olarak seçilen S141 nolu kolonun çelik sargı ile güçlendirilmesi hesabı aşağıda verilmiştir.

Kolona Gelen Yük = $N_g + N_q + N_e = 158,87 + 82,77 + 13,81 = 255,45$ ton (Sta4Cad'dan alınmıştır)

Kolonun Taşıyabileceği Yük = $A_c \times f_{ck} \times 0,40 = 40 \times 40 \times 160 \times 0,40 = 102,4$ ton

Taşınması Gereken Yük = Gelen Yük - Kolonun Taşıyabileceği Yük

S141 İçin Taşınması Gereken Yük = $255,45 - 102,4 = 153,1$ ton

Köşebent Alanı = $F_{ks} = \frac{153,1 \text{ t}}{1,44 \text{ t/cm}^2} = 106,28 \text{ cm}^2$

$F_{ks1} = \frac{1,5 \times 106,28}{L1} = 39,86 \text{ cm}^2 \rightarrow$ Net Alan

Seçilen Köşebent = L.150.150.18 A = 51 cm^2

Seçilen Ankraj = $\emptyset 20$

Ankraj Sayısı = $\frac{1,5 \times 153,1}{0,9 \times 3,14 \times 4} = 20,3 \rightarrow 20$ adet

Yukarıda anlatılan hesaba göre normal kat ve zemin kat ile ilgili sonuçlar Çizelge 9.15'te bodrum katla ilgili sonuçlar Çizelge 9.16'da verilmiştir.

Çizelge 9.15. Birinci ve zemin kattaki kolonlar için seçilen köşebent ve ankraj

Kolon No	N (ton)	N_{dm} (ton)	Taşınması Gereken Yük (ton)	F_{ks} (cm^2)	F_{ks1} (cm^2)	Seçilen Köşebent – (Alan) (cm^2)	Seçilen Ankraj	Ankraj Sayısı
S141	255,5	102,4	153,1	106,28	39,86	L.150.150.18 – (51,0)	$\emptyset 20$	20
S145	286,3	102,4	183,9	127,69	47,88	L.150.150.18 – (51,0)	$\emptyset 20$	24
S148	264	102,4	161,6	112,23	42,09	L.150.150.18 – (51,0)	$\emptyset 20$	22
S150	249,1	102,4	146,7	101,89	38,21	L.150.150.18 – (51,0)	$\emptyset 20$	20
S158	263,4	102,4	161,0	111,83	41,94	L.150.150.18 – (51,0)	$\emptyset 20$	22
SZ12	256,1	102,4	153,7	106,76	40,04	L.150.150.18 – (51,0)	$\emptyset 20$	20
SZ16	251,9	102,4	149,5	103,85	38,94	L.150.150.18 – (51,0)	$\emptyset 20$	20
SZ33	230,1	102,4	127,7	88,674	33,25	L.150.150.18 – (51,0)	$\emptyset 20$	18
SZ36	248,5	102,4	146,1	101,43	38,04	L.150.150.18 – (51,0)	$\emptyset 20$	20
SZ39	280,2	102,4	177,8	123,48	46,3	L.150.150.18 – (51,0)	$\emptyset 20$	24
SZ41	300,5	102,4	198,1	137,54	51,58	L.150.150.20 – (56,3)	$\emptyset 20$	26
SZ45	290,5	102,4	188,1	130,63	48,98	L.150.150.20 – (56,3)	$\emptyset 20$	24
SZ48	307,9	102,4	205,5	142,71	53,52	L.150.150.20 – (56,3)	$\emptyset 20$	28
SZ50	292,1	102,4	189,7	131,71	49,39	L.150.150.20 – (56,3)	$\emptyset 20$	26
SZ54	248,5	102,4	146,1	101,46	38,05	L.150.150.18 – (51,0)	$\emptyset 20$	20
SZ57	265,8	102,4	163,4	113,47	42,55	L.150.150.18 – (51,0)	$\emptyset 20$	22
SZ58	309,8	102,4	207,4	143,99	54	L.150.150.20 – (56,3)	$\emptyset 20$	28

Çizelge 9.16. Bodrum kattaki kolonlar için seçilen köşebent ve ankraj

Kolon No	N _d (ton)	N _{dm} (ton)	Taşınması Gereken Yük (ton)	F _{ks} (cm ²)	F _{ks1} (cm ²)	Seçilen Köşebent – (Alan) (cm ²)	Seçilen Ankraj	Ankraj Sayısı
SB12	290,9	102,4	188,5	130,93	49,1	L.150.150.18 – (51,0)	Ø20	26
SB15	249,3	102,4	146,9	102,02	38,26	L.150.150.18 – (51,0)	Ø20	20
SB16	286,4	102,4	184,0	127,79	47,92	L.150.150.18 – (51,0)	Ø20	24
SB21	236,9	102,4	134,5	93,382	35,02	L.150.150.18 – (51,0)	Ø20	18
SB24	236,3	102,4	133,8	92,951	34,86	L.150.150.18 – (51,0)	Ø20	18
SB25	266,7	102,4	164,3	114,09	42,78	L.150.150.18 – (51,0)	Ø20	22
SB31	268,5	102,4	166,1	115,33	43,25	L.150.150.18 – (51,0)	Ø20	22
SB32	309,1	102,4	206,7	143,57	53,84	L.150.150.18 – (51,0)	Ø20	28
SB33	260,6	102,4	158,2	109,83	41,19	L.150.150.18 – (51,0)	Ø20	20
SB34	247,9	102,4	145,5	101,06	37,9	L.150.150.18 – (51,0)	Ø20	20
SB36	281,5	102,4	179,1	124,35	46,63	L.150.150.18 – (51,0)	Ø20	24
SB37	242,9	102,4	140,5	97,542	36,58	L.150.150.18 – (51,0)	Ø20	18
SB38	243,2	102,4	140,8	97,757	36,66	L.150.150.18 – (51,0)	Ø20	18
SB39	316,6	102,4	214,2	148,72	55,77	L.150.150.20 – (56,3)	Ø20	28
SB40	303,9	102,4	201,5	139,93	52,47	L.150.150.20 – (56,3)	Ø20	26
SB41	309,7	102,4	207,4	144,01	54	L.150.150.20 – (56,3)	Ø20	28
SB45	318,3	102,4	215,9	149,93	56,22	L.150.150.20 – (56,3)	Ø20	28
SB48	311,6	102,4	209,2	145,28	54,48	L.150.150.20 – (56,3)	Ø20	28
SB49	316,9	102,4	214,5	148,96	55,86	L.150.150.20 – (56,3)	Ø20	28
SB50	313,4	102,4	211,0	146,56	54,96	L.150.150.20 – (56,3)	Ø20	28
SB54	281,6	102,4	179,2	124,46	46,67	L.150.150.18 – (51,0)	Ø20	24
SB55	236,3	102,4	133,9	93,014	34,88	L.150.150.18 – (51,0)	Ø20	18
SB57	301,4	102,4	199,0	138,17	51,81	L.150.150.20 – (56,3)	Ø20	28
SB58	314,8	102,4	212,4	147,5	55,3	L.150.150.20 – (56,3)	Ø20	28
SB64	259,4	102,4	157,0	109,03	40,89	L.150.150.18 – (51,0)	Ø20	22

Çelik sargı ile yapılan güçlendirme projesinde kullanılan köşebent profilin ve donatının birim fiyatları Çizelge 9.17’de verilmiştir. Fiyatlar 2019 yılına aittir.

Çizelge 9.17. Birim fiyatı ve maliyet hesabı

Birim fiyat tarifi	Birim fiyat	Miktar	Tutarı (TL)
L.150.150.18	3500	16,842	58947
20 mm Demir	3000	3,562087	10686,261
Nakliye % 10			6963,3261
Toplam			76597
KDV % 18			13787,38568
Toplam			90384
Aylık Artış % 1 *10			9038,397278
Toplam			99422

9.3.3. Kolonların Lifli Polimer (LP) Sargı İle Güçlendirilmesi

Lifli polimer tabakasının kolonların etrafına, enine donatılara paralel olacak şekilde, sarılması ve yapıştırılmasıyla sargılama sağlanır. Betonarme kolonların süneklik kapasitesi, basınç ve kesme kuvvetleri ile boyuna donatı bindirme boyunun yeterli olmadığı zaman donatı kenetlenme dayanımı, lifli polimer sargısı ile arttırılmaktadır. Yapılan güçlendirmelerde LP sargılamayla, tam sargı yöntemi kullanılmalı ve sargı sonunda minimum 200 mm bindirme yapılması gerekmektedir. LP sargısı, kolon köşelerini minimum 30 mm yarıçapında yuvarlayarak dikdörtgen kolonlarda uygulanır.

Yapıdaki kolonların lifli polimer sargı ile sarılması, süneklik kapasitesi, kesme ve basınç dayanımları arttırılmıştır. Bu kolonlar bodrum katta, SB12, SB15, SB16, SB21, SB24, SB25, SB31, SB32, SB33, SB34, SB36, SB37, SB38, SB39, SB40, SB41, SB45, SB48, SB49, SB50, SB54, SB55, SB57, SB58, SB64, zemin katta, SZ12, SZ16, SZ33, SZ36, SZ39, SZ41, SZ45, SZ48, SZ50, SZ54, SZ57, SZ58 ve birinci katta ise S141, S145, S148, S150, S158 kolonlarıdır.

9.3.3.1. Kolonların aksel basınç dayanımının arttırılması

Lifli Polimer ile sargılanmış bir kolonun aksel yük dayanımı hesaplanırken beton basınç dayanımı için f_{cd} yerine Denk.(9.1) ile belirlenen f_{cc} değeri kullanılacaktır. Denk.(9.1)'de f_{cm} sarılmamış betonun mevcut basınç dayanımı, f_l LP sargının sağladığı yanal basınç miktarıdır. Denk.(9.2)'de ρ_f LP hacimsel oranı, ϵ_f Lifli polimerin etkin

birim uzama sınırı, E_f Lifli polimerin elastisite modülü, k_a kesit şekil etkinlik katsayısıdır. Denk.(9.3)'te k_k kumaş kalınlığı, k_{ks} kumaş adedidir. Denk.(9.4)'te r_c dikdörtgen kesitlerde köşelerde yapılmış olan yuvarlatmanın yarıçapı b ve h ise dikdörtgen kesitler için kısa ve uzun kenar boyutlarıdır.

$$f_{cd} = f_{cc}$$

$$f_{cc} = f_{cm} [1 + 2.4(f_l / f_{cm})] \geq 1.2f_{cm} \quad (9.1)$$

$$f_l = K_a \cdot \rho_f \cdot \varepsilon_f \cdot E_f / 2 \quad (9.2)$$

$$\rho_f = A_{frp} / A_{core} = 2 \cdot (b+h) \cdot k_k \cdot k_{ks} / b \cdot h \quad (9.3)$$

$$K_a = 1 - \frac{(b-2r_c)^2 + (h-2r_c)^2}{3bh} \quad (9.4)$$

$$r_c = 3,3 \text{ cm}$$

$$N \leq 0,40 \cdot A_c \cdot f_{cd}$$

1.Çözüm: S145 nolu kolon

$$\rho_f = 2 \cdot (40+40) \cdot 0,012 \cdot 1/40 \cdot 40 = 0,0012$$

$$K_a = 1 - \frac{(40-2 \cdot 3,3)^2 + (40-2 \cdot 3,3)^2}{3 \cdot 40 \cdot 40} = 0,535$$

$$f_l = 0,535 \cdot 0,0012 \cdot 0,004 \cdot 2310000 / 2 = 2,966$$

$$f_{cc} = 106,7 [1 + 2.4(2,966 / 106,7)] \geq 1.2 \cdot 106,7$$

$$f_{cc} = 113,818 < 128,04 \text{ sağlanmıyor}$$

2.Çözüm: S145 nolu kolon

$$\rho_f = 2 \cdot (40+40) \cdot 0,012 \cdot 2/40 \cdot 40 = 0,0024$$

$$K_a = 1 - \frac{(40-2 \cdot 3,3)^2 + (40-2 \cdot 3,3)^2}{3 \cdot 40 \cdot 40} = 0,535$$

$$f_l = 0,535 \cdot 0,0024 \cdot 0,004 \cdot 2310000 / 2 = 5,932$$

$$f_{cc} = 106,7 [1 + 2.4(5,932 / 106,7)] \geq 1.2 \cdot 106,7$$

$$f_{cc} = 120,936 < 128,04 \text{ sağlanmıyor}$$

3.Çözüm: S145 nolu kolon

$$\rho_f = 2*(40+40)*0,012*3/40*40 = 0,0036$$

$$K_a = 1 - \frac{(40-2*3,3)^2 + (40-2*3,3)^2}{3*40*40} = 0,535$$

$$f_l = 0,535*0,0036*0,004*2310000/2 = 8,898$$

$$f_{cc} = 106,7 [1+2.4(8,898 / 106,7)] \geq 1.2*106,7$$

$$f_{cc} = 128,055 \geq 128,04 \text{ sağlanıyor}$$

$$N = 0,4*40*40*128,055 = 81,955 \text{ ton}$$

Kullanan lifli polimerin yeterli olup olmadığı kontrol edilmesinde birinci ve ikinci çözümde sağlanmamış üçüncü çözümde ise kumaş adedi üç kullanılarak sağlanmıştır.

9.3.3.2. Kolonların kesme dayanımının artırılması

Lifli polimer ile sargılanmış kolonların kesme kuvveti dayanımı Denk.(9.5) ile hesaplanmaktadır. Denk.(9.5)'te V_f Lifli polimerin kesme kuvveti dayanımına katkısı, V_w Kesme kuvveti dayanımına enine donatının katkısı, V_c Kesme kuvveti dayanımına betonun katkısıdır.

$$V_r = V_c + V_w + V_f \leq V_{\max} \quad (9.5)$$

$$V_f = \frac{2 n_f t_f w_f E_f \varepsilon_f d}{s_f} \quad (9.6)$$

$$V_f = \frac{2*1*0,012*30*2310000*0,004*37}{40} = 6,153 \text{ ton}$$

$$V_r = 29,358 + 9,7 + 6,153$$

$$V_r = 45,211 \leq 64$$

TBDY 2018 Denk.(15B.3)'e göre belirlenen lifli polimerin etkin birim uzunluğu 0,004 den büyük alınmamalıdır. Sonuç olarak bu şartlarda bu malzeme ve sargılama ile kolonun kesme kapasitesi 6,153 ton artırılmıştır. Sikawrap 230 ($W_f=30\text{cm}$ ve 60cm) un özellikleri Çizelge 9.18'de verilmiştir.

Çizelge 9.18. lifli polimerin kesme kuvveti dayanımına katkısı (V_f)

Veriler	Özellikleri	Birimi	Değerler
W_f	Lifli polimerin şerit genişliği	cm	30
S_f	Lifli polimer şeritlerin eksenden eksene uzaklığı	cm	40
N_f	Tek yüzdeki LP sargı tabaka sayısı	Adet	1
t_f	Bir tabaka lifli polimer için etkili kalınlık (yetersiz bindirme boyu için yapılan sargılamada gerekli lifli polimer etkili kalınlığı)	cm	0,012
E_f	Lifli polimerin elastisite modülü	Kg/cm^2	2310000
ϵ_f	Lifli polimerin etkin birim uzunluğu	Birimsiz	0,004
D	Kesitin faydalı yüksekliği	cm	37
V_f	Lifli polimerin kesme kuvveti dayanımına katkısı	Kg	6153,84
Kolon Ebatı		cm	40x40
Şeritler Arası Boşluk		cm	10

Lifli polimer sargı ile yapılan güçlendirme projesindeki maliyet hesabında karbon lif, epoksi ve silis kumun birim fiyatları olarak 2019 fiyatları esas alınmıştır. Birim fiyatı ve maliyet hesabı Çizelge 9.19'da verilmiştir.

Çizelge 9.19. Birim fiyatı ve maliyet hesabı

Tanım	Miktar	B.Fiyatı (TL)	Tutarı (TL)
Karbon lif (M.Fibre C1.30)	1,03	110	113,3
Epoksi (Saturant Adesivo)	1,1	55	60,5
Silis Kumu	1,5	3	4,5
İşçilik	1	45	45
Uygulama Sarf Malz. Ve Naki	1	7,12	7,12
Toplam			230,42
% 20 Müt Karı Ve Genel Giderler			46,08
1 m^2 'si için			276,5
1 kolon için			1327,2
42 kolon için Toplam			55742,4
KDV % 18			10033,56
Toplam			65775,96

10. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, TBDY 2018 'e göre mevcut betonarme binaların deprem etkisi altında değerlendirilmesi ve güçlendirme tasarımı konusu incelenmiştir. Birinci aşamada mevcut betonarme binaların değerlendirilmesi konusunda TDY 2007 ile TBDY 2018 arasındaki temel farklar anlatılmıştır. Örnek olarak seçilen betonarme mevcut bir bina STA4-Cad-V14 programı kullanılarak hem TDY 2007'e göre hemde TBDY 2018 'e göre dayanım ve tasarım analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. İkinci aşamada TBDY 2018'de önerilen betonarme yapılar için güçlendirme yöntemleri ile tasarım yapılmıştır. Sistem bazında ve eleman bazında ayrı ayrı güçlendirme yaparak kalıp, demir ve beton metrajları belirlenerek maliyet analizi açısından karşılaştırmaları yapılmıştır.

Mevcut betonarme binaların birinci aşamada TDY 2007 ve TBDY 2018'e göre değerlendirilmesi konusu karşılaştırılmıştır. Bu konudaki en önemli farklılıklar;

TDY 2007'ye göre binanın toplam kütesinin en az %90 hesaba katılması gerekmektedir. TBDY 2018'e göre binanın en az % 95 lik kısmı kütle katılım oranı gerçekleşinceye kadar modal analiz yapılacaktır. Çizelge 8.6 ve Çizelge 8.13 kıyaslandığında yeni deprem yönetmeliğine göre analiz yapıldığında iç kuvvetler eski deprem yönetmeliğine göre %5 daha fazla çıkmaktadır.

TDY 2007'ye göre birinci modda binanın kütesinin % 63.703 kısmı (Y) yönünde çalışmıştır. İkinci modda binanın kütesinin % 59.088 kısmı (X) yönünde çalışmıştır. Üçüncü modda ise bina burulma kuvveti etkisi altında çalışmıştır. TBDY 2018'de ise, birinci modda binanın kütesinin % 64.411 kısmı (Y) yönünde çalışmıştır. İkinci modda binanın kütesinin % 62.913 kısmı (X) yönünde çalışmıştır. Üçüncü modda ise binanın tam olarak burulmaya çalışmıştır.

Sonuç olarak seçilen örnek bir bina üzerinde TDY 2007 ve TBDY 2018'e göre deprem performans analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar;

TDY 2007'ye göre yapılan performans sonucunda, kirişlerin % 30.4 İleri Hasar Bölgesi'nde, % 38 Belirgin Hasar Bölgesi'nde ve % 65,2 Göçme Bölgesi'nde kalmıştır. Kolonların % 35.6 Belirgin Hasar Bölgesi'nde, % 21,1 İleri Hasar Bölgesi'nde ve % 40.1 Göçme Bölgesi'nde kalmıştır. TDY 2007'e göre Çizelge 8.14 ve Çizelge 8.15'te gösterildiği gibi X ve Y yönünde kolon ve kirişlerin %10'dan fazlasının Belirgin Hasar Bölgesinde olduğu belirlenmiştir. X ve Y yönünde meydana gelen hasar nedeniyle Hemen Kullanım (HK) koşulunu sağlayamamıştır. Kolonların %20'si ve kirişlerin

%30'dan fazlasının İleri Hasar Bölgesinde olduğu tespit edildiği için Can Güvenliği (CG) koşulunu sağlayamamış ve gevrek elemanların güçlendirilmesine ihtiyaç duyulmuştur.

TBDY 2018'e göre yapılan performans sonucunda, Çizelge 8.17'da gösterildiği gibi X ve Y yönünde kirişlerin hepsi Sınırlı Hasar Bölgesi'nde kalmıştır. Çizelge 8.18'de ise Kolonların % 25.7 Belirgin Hasar Bölgesi'nde kalmıştır. Y yönünde istenilen performansın sağlanamadığı ve bu yöndeki kolonların % 2,1'inin Göçme Bölgesi'nde olduğu tespit edilmiştir. Y yönünde meydana gelen hasar nedeniyle Kontrollü Hasar (KH) koşulunu sağlayamadığı için gevrek elemanların güçlendirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. İki yönetmelikte bulunan Kontrollü Hasar (KH) performans düzeyi ve Can Güvenliği (CG) performans düzeyine karşılık gelen eleman hasar yüzdeleri karşılaştırıldığında, Kontrollü hasar performans seviyesindeki eleman hasar yüzdelerinin Can güvenliği performans seviyesindeki hasar yüzdelerinden daha az olduğu anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak, güçlendirme öncesi lineer ve nonlineer yöntemine göre analiz sonucunda, modellenen mevcut binanın performansı TDY 2007 ve TBDY 2018'e göre değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda TDY 2007'ye göre Can Güvenliği sağlanmadığı ve TBDY 2018'e göre Kontrollü Hasar performansı da sağlanmadığı belirlenmiştir. Binanın iki yönetmeliğine göre Göçme durumunda olduğu görülmüş ve binanın güçlendirilmesine ihtiyaç duyulmuştur.

İkinci aşamada, sadece TBDY 2018'e göre perdelerle güçlendirme ve eleman bazında güçlendirme yöntemi ile ilgili hesaplar yapılmış ve güçlendirme maliyetleri hesaplanmıştır.

Yapının perdelerle güçlendirme sonrası, Çizelge 9.1 ve Çizelge 9.2'de gösterildiği gibi binanın X ve Y doğrultusunda kiriş ve kolon İleri Hasar Bölgesi'nde bulunmadığı için Kontrollü Hasar Performans düzeyi sağlanmıştır. Kolonlarda % 0.1 göçme bölgesi hasar oranına rastlandığı ve kirişlerde ise hasar oranına rastlanmadığı görülmüştür. Bazı kolonlarda meydana gelen hasar miktarının göz ardı edilebilir ve binanın güçlendirilmiş haliyle TBDY 2018 yönetmelikte öngörülen Kontrollü Hasar Performans düzeyine uygun bir deprem performansı göstermesi beklenmektedir. Binanın güçlendirilmesine ihtiyaç duyulmamıştır. Betonarme perde ile yapılan güçlendirme sonucunda kalıp, demir ve beton metrajlarına göre 2019 yılı birim fiyatları göz önüne alınarak güçlendirme maliyeti 173024 TL olarak bulunmuştur.

Eleman bazında yapılan güçlendirme sonuçları karşılaştırılmıştır. Buna göre kolon mantolama uygulama sonrası, Çizelge 9.8 ve Çizelge 9.9'da gösterildiği gibi binanın X ve Y doğrultusunda kiriş ve kolon İleri Hasar Bölgesi'nde bulunmadığı için Kontrollü Hasar Performans düzeyi sağlanmıştır. Kiriş ve kolonlarda göçme bölgesi hasar oranı çıkmamıştır. Kolonların % 28.6 Belirgin Hasar Bölgesi'nde kalmıştır. Bazı kolonlarda belirgin hasar oranı çıkmış ve binanın güçlendirilmiş haliyle TBDY 2018 yönetmelikte öngörülen Kontrollü Hasar Performans düzeyine uygun bir deprem performansı göstermesi beklenmektedir.

Eleman bazında güçlendirme yöntemlerinde yapılan karşılaştırmalar sonucunda en düşük maliyetli yöntem 61387 TL ile betonarme sargı yöntemi, en yüksek maliyetli yöntem ise 99442 TL çelik sargı yöntemidir. Lifli polimer sargı yöntemi ile yapılan güçlendirmede oluşan maliyet 65776 TL olarak bulunmuştur.

Bütün sonuçlar değerlendirildiğinde yapıya dışardan perde ilave edileceği durumda yapının kullanımına devam edilebilecekken içerden perde ilavesinde yapının kullanımına devam edilemez. Bu da özellikle resmi kurumlar ve kullanıma kesintisiz olarak devam etmesi gereken yapılar için önemlidir. Ayrıca eleman bazında güçlendirme en uygun maliyet betonarme sargı yöntemi ile yapılan güçlendirme yöntemi olarak bulunmuştur. Fakat bu yöntem uygulanırken binanın boşaltılması gerekmektedir. Lifli polimerle güçlendirme maliyeti çelik sargı ile güçlendirme maliyetinden daha ekonomiktir. Fakat uygulaması en kolay olan güçlendirme yöntemi ise çelik sargı ile güçlendirmedir.

KAYNAKLAR

- Altın, M., 2008, Betonarme Perde Duvar İlavesi Ve Kolon Mantolama Yöntemiyle Güçlendirilen Eğitim Yapılarında Maliyet Analizi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Altuncı, Y. T., 2009, Batı Akdeniz Bölgesinde Deprem Güçlendirilmesi Yapılan Bazı İlköğretim Okullarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Isparta.
- Arslan, M. A., 2005, Betonarme Bir Atölye Binasının Depreme Karşı Güvenliğinin Belirlenmesi Ve Güçlendirilmede Perde Süreksizliği Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Ateş, İ. S., 2010, Mevcut Binaların Depreme Karşı Performans Analizi İçin Kullanılan Alternatif Yöntem Ve Paket Programların Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.
- Atmaca, M., 2013, Betonarme Yapılarda Performans Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir.
- Ayatar, M. E., 2018, Tasarlanmış Çimento Bağlayıcılı Kompozit Panellerin Sismik Güçlendirme İçin Kullanımı, Doktora Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi*, Ankara.
- Aytaç, E., 2011, CFRP Güçlendirme Malzemesi Ve Güçlendirme Teknikleri, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
- Beyli, E., 2002, Betonarme Binalara Uygulanan Güçlendirme Yöntemleri ve Perde Yüksekliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Ceritli, Y. S., 2006, Depremde Hasar Görmüş Yapıların Mantolama Ve Perdelerle Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.
- Çakar, H., 2015, Mevcut Betonarme Bir Binanın 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Performansının Belirlenmesi Ve Bir Güçlendirme Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.
- Çevik, M. Ö., 2003, Betonarme Yapıların Onarım Ve Güçlendirme Yöntemlerinin Ve Bir Konut Yapısının Güçlendirme Projesinin Hazırlanarak Güçlendirme Sonrası Dinamik Karakteristiklerindeki Değişikliklerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Çırak, İ. F., 2011, Betonarme Binalarda Gözlenen Hasarlar, Nedenleri Ve Öneriler, *Akdeniz Üniversitesi İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Dergisi*, 3 (3), 62-71.

- Çimen, G., 2018, Yapı Güçlendirme Maliyetine Hızlı Yaklaşım Metodu Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.
- DBYBHY 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik.
- Gerek, A. E., 2015, Türkiye'deki İlköğretim Yapılarının Deprem Dayanımının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Gülmez, Ö., 2010, Depremde Hasar Gören Betonarme Yapıların Güçlendirilmesi Ve Mimariye Olan Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Halis, B., 2019, İkinci Kez Güçlendirilmiş Betonarme Kolonların Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir.
- İşler, T., 2014, Karbon Fiber İle Betonarme Elemanların Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir.
- Karahasan, O, Ş., 2017, Betonarme Binaların Dinamik Davranışına Lifli Polimer Kompozit Malzeme Etkisinin Deneysel Ve Analitik Yöntemlerle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.
- Kaya, Y., 2007, Yapıların Güçlendirilmesi Uygulamalarında Kullanılabilecek Kısmi Bağlı Ankraj Detayı ve Yüzey Temizliği Koşulları Altında Ankrajların Eksenel Çekme Davranışlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Keleşoğlu, Ö., Çakar, H. ve Polat, A., 2017, Mevcut Betonarme Bir Yapının 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Performansının Belirlenmesi ve Güçlendirme Önerisi, *Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Dergisi*, 3 (2), 58-67.
- Keskin, E., 2005, Betonarme Yapıların Onarımı Güçlendirilmesi Ve Lifle Güçlendirilmiş Polimerler, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Khoshkholghi, S., 2015, Püskürtme Bazalt Tekstil Takviyeli GFRC İle Düşük Dayanımlı Kolonların Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Kılıç, A., 2012, Betonarme Çerçevesiz Yapılarda Dolgu Duvarların Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

- Koç, V., 2016, Deprem Sonrası Ağır Hasarlı Bina Hasarlarının Sınıflandırılması, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dergisi*, 2 (1), 46-65.
- Köse, O., 2014, 1998 Deprem Yönetmeliğine Göre Yapılmış Mevcut Betonarme Bir Binanın 2007 Yönetmeliğine Göre Güçlendirme Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.
- Nakipoğlu, A., 2018, Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Bulunan Betonarme Yapıların Güçlendirilmesi Üzerine Deneysel Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Öğütçü, T. F., 2016, Sünek Olmayan Betonarme Çerçevelerde Yumuşak Kat Oluşumu Üzerine Deneysel Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Öncü, G., 2011, Mevcut Betonarme Ve Yığma Binaların Depreme Karşı Onarım Ve Güçlendirme Yöntemleri Ve İzmir'deki Bazı Uygulama Örneklerinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
- Özdöner, N., 2011, Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Bina Dışından Uygulanan Betonarme Prefabrik Paneller İle Arttırılması, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Öztürk, M., 2010, Deprem Dayanımı Yetersiz Betonarme Çerçevelerin Bağ Kirişli Dış Perde Duvar Uygulaması ile Güçlendirilmesi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Seyhan, E. C., 2016, Lifli Polimer Donatılar Kullanılarak Betonarme Kolonların Çevrimsel Yükler Altında Eğilme Kapasitelerinin Arttırılması, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Sezen, H., Whittaker, A.S. Ve Mosalam, K.M., 2003, Performance Of Reinforced Concrete Buildings During The August 17, 1999 Kocaeli, Turkey Earthquake, And Seismic Design And Construction Practise İn Turkey, *Dergisi*, 25, 103-114.
- Şirin, C., 2006, Yapılarda Oluşan Hasar Biçimleri Ve Nedenleri Ve Yapıların Onarım Ve Güçlendirilmesi Teknikleri İle Bir Yapının Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- TBDY 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği.
- Ünal, A., 2012, TDY 2007'ye Göre Tasarlanmamış Betonarme Çerçevelerin Düzlem Dışı Perde Duvarla Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ahmad Arshad Raofe
Uyruğu : Afganistan
Doğum Yeri ve Tarihi : Takhar / Afganistan 21/03/1990
Telefon : 05532872203
E-mail : ahmadarshadraofe88@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Khwaja Bahawuddin, Khwaja Bahawuddin, Takhar	2009
Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2017
Yüksek Lisans	: Konya Teknik Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2019

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2016	Çankaya İnşaat Firması	Stajyer

YABANCI DİLLER

İngilizce : İleri seviyede
Türkçe : İleri seviyede
Farsça : İleri seviyede