

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



MEVCUT BİR BETONARME OKUL BİNASININ BETONARME
PERDELERLE GÜÇLENDİRME ALTERNATİFLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mohammad Faheem AFZALİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı

Haziran, 2018

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



MEVCUT BİR BETONARME OKUL BİNASININ BETONARME
PERDELERLE GÜÇLENDİRME ALTERNATİFLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mohammad Faheem AFZALİ
(Y1513.090002)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Müberra ESER AYDEMİR

Haziran, 2018



T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi

Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı Y1513.090002 numaralı öğrencisi **Mohammed Faheem AFZALI**' nın "MEVCUT BİR BETONARME OKUL BİNASININ BETONARME PERDELERLE GÜÇLENDİRME ALTERNATİFLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 23.05.2018 tarih ve 2018/09 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından *aybır.11/8* ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak *kararı* edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 06/06/2018

1) Tez Danışmanı: Doç. Dr. Müberra Eser AYDEMİR

Müberra

2) Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Cem AYDEMİR

Cem

3) Jüri Üyesi : Prof. Dr. Güray ARSLAN

Güray

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.



YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Mevcut bir betonarme okul binasının betonarme perdelerle güçlendirme alternatiflerinin karşılaştırılması” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (06/06/2018)

Mohammad Faheem AFZALİ







*Anneme, Babama
Ve
Eşime*



ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim boyunca, çalışmam süresince bana her zaman yardımcı olan ve ilgilerini paylaşan tez danışmanı hocam Doç. Dr. Müberra ESER AYDEMİR'e, yine tez çalışmada bana yardımcı olan Doç. Dr. Cem AYDEMİR ve üzerimde emeği olan tüm öğretim üyelerine teşekkürü bir borç bilir, saygılarımı sunarım.

Haziran 2018

Mohammad Faheem AFZALİ
(İnşaat Mühendisi)





İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET	xxi
ABSTRACT.....	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	4
1.2 Literatür Araştırması	4
2. DEPREM ETKİLERİ VE GÜÇLENDİRME KAVRAMI.....	7
2.1 Depremler.....	7
2.1.1 Deprem Mühendisliğinin Temelleri.....	7
2.1.2 Depremın Büyüklüğü ve Şiddeti.....	9
2.1.3 Deprem Yer Hareketi	11
2.1.3.1 Yer hareketinin parametreleri	11
2.1.3.2 PGA ve Değiştirilmiş Mercalli Şiddet Cetveli (MMİ) ilişkisi.....	12
2.2 Depremden Dolayı Betonarme Yapılarda Hasar Nedenleri.....	12
2.2.1 Düzensiz Binalar	13
2.2.1.1 Yumuşak Kat (Rijitlik Düzensizliği)	16
2.2.2 Bitişik Binaların Çarpışması	17
2.3 Güçlendirme Kavramı	18
2.4 DBYBHY 2007'ye Göre Binaların Deprem Performans Düzeyi	19
2.4.1 Hemen Kullanım Performans Düzeyi	19
2.4.2 Can Güvenliği Performans Düzeyi	19
2.4.3 Göçme Öncesi Performans Düzeyi	20
2.4.4 Göçme Durumu.....	20
2.5 Türkiye'de Güçlendirme Tarihçesi	20
2.6 Güçlendirme Yöntemlerinin Türleri Ve Seçimi.....	21
2.6.1 Perde Duvarları Ekleme Tekniği.....	23
3. YÖNTEM	25
3.1 Deprem Analizi Yöntemleri	25
3.2 Yöntem-Artımsal dinamik analizi	25
3.2.1 Akma Tanımı	27
3.2.2 Çözümleme Platformu	27
3.3 Kullanılan Deprem Kayıtları	29
3.4 Kırılganlık Eğrisi.....	30
4. ÖRNEK BİR OKUL BİNASININ MEVCUT VE GÜÇLENDİRİLMİŞ DURUMLARINIİN MODELLENMESİ VE HER İKİ DURUMUNUN ÇÖZÜMLEME SONUÇLARI	33

4.1 Giriş	33
4.2 İncelenen Binanın Mevcut Durumdaki Genel Bilgileri.....	33
4.2.1 İncelenen Binanın Mevcut Durumunun Kolonları Ve Kirişlerinin kesit Detayları	38
4.3 İncelenen Binanın Güçlendirilmiş Durumunun Genel Belgileri	41
4.3.1 Güçlendirme Alternatifi (1).....	42
4.3.2 Güçlendirme Alternatifi (2).....	45
4.4 Mevcut Bina İçin hesap Modelin Oluşturması.....	47
4.5 Güçlendirme alternatifi 1 için hesap modeli	47
4.6 Güçlendirme Alternatifi 2 İçin Hesap Modeli.....	48
4.7 Mevcut Ve Güçlendirme Alternatifleri 1 Ve 2 Sonuçlarının Karşılaştırılması	49
4.7.1 Mevcut Ve Güçlendirilmiş Durumlar İçin Kat Yüksekliği-Görelî Kat Ötelemesi Eğrilerinin Karşılaştırılması.....	49
4.7.2 Mevcut Ve Güçlendirilmiş Durumlar İçin Taban Kesme Kuvveti-Görelî Kat Ötelemesi Eğrilerinin Karşılaştırılması	57
4.7.3 Mevcut Yapı İle Güçlendirilmiş Yapının Kırılgenlik Eğrilerinin Karşılaştırması.....	62
4.7.3.1 Minimum Hasar Durumu İçin Kırılgenlik Eğrisinin Karşılaştırılması	62
4.7.3.2 Belirgin Hasar Durumu İçin Kırılgenlik Eğrisinin Karşılaştırılması .	63
4.7.3.3 Göçme Hasar Durumu İçin Kırılgenlik Eğrisinin Karşılaştırılması...	63
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	65
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ.....	69

KISALTMALAR

UNESCO	: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
SAP 2000	: Integrated Software for Structural Analysis and Design
MMI	: Modified Mercalli Intensity
PGA	: En büyük Yer İvmesi
PGV	: Maksimum yer hızı
PGD	: Maksimum Yer Deplasmanı
ASCE	: American Society of Civil Engineers
ODTÜ	: Orta Doğu Teknik Üniversitesi
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
IDA	: Incremental Dynamic Analysis
ÇSD	: Çok Serbestlik Dereceli Sistem
PEER	: Pacific Earthquake Engineering Research Center
İM	: Intensity Measure
CDF	: Standart Normal Kümülatif Dağılım Fonksiyonu
HK	: Hemen Kullanım Performans Seviyesi
CG	: Can Güvenliği Performans Seviyesi
GÖ	: Göçme Öncesi Performans Seviyesi
MN	: Minimum hasar sınırı
GV	: Güvenlik hasar sınırı
GÇ	: Göçme hasar sınırı
M_L	: Yerel Büyüklüğü
M_b	: Cisim Dalgası Büyüklüğü
M_s	: Yüzey Dalgası Büyüklüğü
M_w	: Moment Büyüklüğü
g	: Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s ²)
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
S_i	: i'inci katta tanımlanan rijitlik Katsayısı
Δ_i	: Binanın i'inci katındaki azaltılmış görece kat ötelemesi
h_i	: Binanın i'inci katının kat yüksekliği
a	: En Büyük Yer İvmesi
I_{MMI}	: Değiştirilmiş Mercalli Şiddet Ölçüleridir
ϵ_{co}	: Örtü Betonun Birim Şekil Değiştirmesi
ϵ_{sy}	: Donatı Çeliğinin Birim Şekil Değiştirmesi
Φ	: standart normal kümülatif dağılım fonksiyonu (CDF)
Θ	: kırılma fonksiyonunun medyanı (%50 göçme olasılığına sahip İM düzeyi)
β	: ln(İM) için standart sapma
F_{ck}	: Betonun Karakteristik silindirik basınç dayanımı

E_c	: Beton Elastisite Modülü
E_s	: Donatı Çeliğinin Elastisite Modülü
F_{yk}	: Donatı Çeliğinin karakteristik akma dayanımı
A_0	: Etkin Yer İvme Katsayısı
T_A, T_B	: Spektrum Karakteristik Periyodları
δ_i	: Binanın i 'inci katındaki etkin görece kat ötelemesi



ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1: Türkiye diki son yüzyılda en şiddetli depremler	2
Çizelge 1.2: Türkiye’de kabul edilen deprem yönetmelikleri	4
Çizelge 2.1: Doğal ve insan yapım depremler	8
Çizelge 2.2: Değiştirilmiş Mercalli Şiddet Cetveli, Zemin ivmesi ve Richter ölçüsü arasında ilişkileri	10
Çizelge 2.3: DBYBHY 2007 ve ASCE 7-5 yönetmeliklere göre planda düzensizlik limitinin durumları.....	14
Çizelge 2.4: DBYBHY 2007 ve ASCE 7-5 yönetmeliklere göre Düşey Düzensizlik limitinin durumları.....	14
Çizelge 2.5: Perde duvarı ekleme tekniğın özellikleri.....	24
Çizelge 3.1: Seçilen deprem kayıtlarının özellikleri.....	30
Çizelge 4.1: İncelenen binanın mevcut durumuna ait kat özellikleri	34
Çizelge 4.2: İncelenen binanın mevcut durumdaki malzeme özellikleri.....	34
Çizelge 4.3: İncelenen binanın genel parametreleri	34
Çizelge 4.4: Kolonların kesit boyutları ve boyuna donatıları.....	39
Çizelge 4.5: Güçlendirme alternatifi 1 ve 2 için malzeme özellikleri	42
Çizelge 4.6: Görelı kat ötelemesi sınırları	62



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Büyük depremlerin neden olduğu can kayıpları[1].	1
Şekil 2.1: Deprem oluşumu	9
Şekil 2.2: 7 ağustos 1999 Kocaeli deprem anında Sakarya istasyonunda alının yer hareketlerin grafiği.	11
Şekil 2.3: PGA ve MMİ ilişkisi	12
Şekil 2.4: Türk Deprem yönetmeliğine göre düzensiz binaların sınıflandırması[4]	13
Şekil 2.5: A1 Düzensizliği	14
Şekil 2.6: A2 Düzensizliği	14
Şekil 2.7: A3 Düzensizliği	14
Şekil 2.8: B1 Düzensizliği	14
Şekil 2.9: B2 düzensizliği	14
Şekil 2.10: B3 düzensizliği	15
Şekil 2.11: Zayıf kat düzensizliği nedeniyle binaların yıkılması : (a) 2005 Keşmir Depremi, (b) 1971 San Fernando depremi. (c) 1999 İzmit depremi (d) 1939 Erzincan depremi (e) 1971 Peru depremi [18].	16
Şekil 2.12: 2004 Sumatra depremi, yumuşak kat nedeniyle yapıların yıkılması	17
Şekil 2.13: Çekişleme etkisi nedeniyle hasar gören yapılar.....	18
Şekil 2.14: Güçlendirme yöntemlerinde teme kavramlar, (a) Yapının yanıl dayanımı artırılması, (b) Yapı elemanlarının süneklik düzeyinin artırılması, (c) Dayanım ve süneklik artışı [13].	21
Şekil 2.15: Yerel ve sistem güçlendirme yöntemlerinin sınıflandırması[13].....	22
Şekil 2.16: farklı güçlendirme yöntemleri için taban kesme kuvveti-görelil kat ötelemesinin eğrileri[21]	23
Şekil 2.17: Betonarme yapıların perde duvarları ile yanıl dayanımını artırılması (a) ekleme teknikleri, (b) dolgu tekniği.	23
Şekil 3.1: Deprem analizi yöntemlerinin genel sınıflandırılması.....	25
Şekil 3.2: Elemanın yerdeğiştirme ve dönmeleri[25].....	28
Şekil 3.3: Tipik betonarme kesitin liflere ayrılması [25]	29
Şekil 3.4: Eleman boyunca tipik betonarme kesitin gösterimi [25]	29
Şekil 3.5: kırılmalık eğrisinin örneği.....	31
Şekil 4.1: İncelenen binanı bodrum kat kalıp planı.....	35
Şekil 4.2: İncelenen binanın zemin kat kalıp planı	36
Şekil 4.3: İncelenen binanın birinci, ikinci ve üçüncü kat kalıp planı	37
Şekil 4.5: Tahribatlı yöntem ile kiriş donatı tespit işlem donatı yerleşim planı.....	38
Şekil 4.6: Güçlendirme alternatifi 1'e ait tipik kat planı.....	43
Şekil 4.7: P101, p102 kesit detayları.....	44
Şekil 4.8: P103, p104, p105 ve P106 kesit detayları.....	44
Şekil 4.9: P107 ve p108 kesit detayları	45
Şekil 4.10: P109 ve p110 kesit detayları	45
Şekil 4.11: Güçlendirme alternatifi 2'ye ait tipik kat planı.....	46

Şekil 4.12: Mevcut durumunun hesap modeli ön görünüş.....	47
Şekil 4.13: Güçlendirme alternatifi 1'e ait hesap modeli ön görünümü.....	47
Şekil 4.14: Güçlendirme alternatifi 1'e ait hesap modeli arka görünüş	48
Şekil 4.15: Güçlendirme alternatifi 2'ye ait hesap modeli ön görünümü.....	48
Şekil 4.16: Güçlendirme alternatifi 2'ye ait hesap modeli arka görünüş	49
Şekil 4.17: NWH090 deprem kaydı için x-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1	50
Şekil 4.18: PET000 deprem kaydı için x-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c)) güçlendirme alternatifi 1	50
Şekil 4.19: RRS218 deprem kaydı için x-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1	51
Şekil 4.20: SCE018 deprem kaydı için x-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1	51
Şekil 4.21: SCS052 deprem kaydı için x-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1	52
Şekil 4.22: YER270 deprem kaydı için x-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1	52
Şekil 4.23: SYL090 deprem kaydı için x-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1	53
Şekil 4.24: NWH360 deprem kaydı için y-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1	53
Şekil 4.25: PET090 deprem kaydı için y-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1	54
Şekil 4.26: RRS318 deprem kaydı için y-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1	54
Şekil 4.27: SCE288 deprem kaydı için y-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1	55
Şekil 4.28: SCS142 deprem kaydı için y-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1	55
Şekil 4.29: YER360 deprem kaydı için y-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1	56
Şekil 4.30: SYL360 deprem kaydı için y-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1	56
Şekil 4.31: SYL090 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının x yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi	57

Şekil 4.32: NWH090 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının x yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri.....	57
Şekil 4.33: PET00 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının x yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri.....	58
Şekil 4.34: RRS288 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının x yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri.....	58
Şekil 4.35: SCE018 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının x yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri.....	58
Şekil 4.36: SCS052 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının x yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri.....	59
Şekil 4.37: YER270 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının x yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri.....	59
Şekil 4.38: SYL360 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının Y yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri.....	59
Şekil 4.39: PET360 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının Y yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri.....	60
Şekil 4.40: NWH360 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının Y yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri.....	60
Şekil 4.41: RRS318 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının Y yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri.....	60
Şekil 4.42: SCS142 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının Y yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri.....	61
Şekil 4.43: SCE288 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının Y yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri.....	61
Şekil 4.44: YER360 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının Y yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri.....	61
Şekil 4.45: Minimum hasar durumu için kırılğanlık eğrisi karşılaştırılması.....	62
Şekil 4.46: Belirgin hasar durumu için kırılğanlık eğrisi karşılaştırılması	63
Şekil 4.47: Göçme hasar durumu için kırılğanlık eğrisi karşılaştırılması	63



MEVCUT BİR BETONARME OKUL BİNASININ BETONARME PERDELERLE GÜÇLENDİRME ALTERNATİFLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Mevcut yapıların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi, uzun süredir inşaat mühendisliğinin en önemli alanlarından birini oluşturmuştur. Bu sebeple, mevcut yapıların güçlendirilmesi için farklı güçlendirme alternatifleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada Edirne ilinde bulunan bir okul binası projesi ele alınmış ve söz konusu binada mevcut durumdaki performans seviyesi ve güçlendirme sonrası performans seviyeleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu amaçla Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre minimum performans hedeflerini sağlamayan mevcut binada artımsal dinamik analizi yöntemi kullanılarak çözümlenmeler yapılmıştır. Daha sonra söz konusu binaya, iki ayrı alternatifli güçlendirme amacıyla Türk Deprem Yönetmeliği'ne (2007) uygun olacak şekilde betonarme perde duvarları ekleyerek ve aynı analiz yöntemini kullanarak çözümlenmeler yapılmıştır. Bu analizlerin ardından, mevcut ve güçlendirilmiş durumlar için yapının kırılma eğrileri, taban kesme kuvveti-maksimum kat ötelemesi eğrileri ve maksimum kat ötelemesi-kat yüksekliği eğrileri oluşturulmuştur. Bu çalışma sonucunda Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre mevcut ve güçlendirilmiş durumdaki yapısal performans ile ilgili sonuçlar özetlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Güçlendirme, artımsal itme analizi, kırılma eğrisi, hasar riski*



COMPARISON OF ALTERNATIVE STRENGTHENING METHODS IN AN EXISTING SCHOOL BUILDING

ABSTRACT

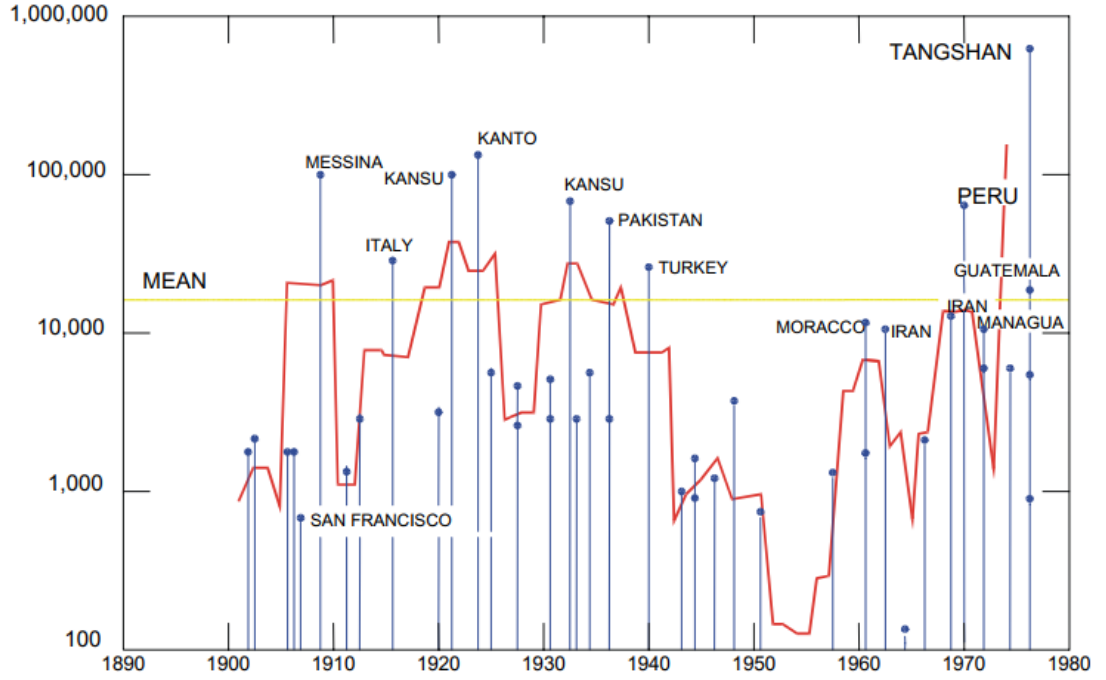
Strengthening of existing building has become one of the most important topics in the civil engineering areas. Therefore, different strengthening's alternatives have been developed for strengthening of the existing structures. In this study, a school building project in the province of Edirne will be taken into consideration, and its level of performance in the existing and strengthened conditions have been examined comparatively. For this purpose, Incremental Dynamic Analysis method was used to determine the performance level of the existing condition of the building. After that, the building was strengthened with the reinforced concrete shear wall as appropriate to the Turkish Earthquake Code (2007) to determine the levels of performance with using the same analysis method. After these analysis, the Fragility curves, Maximum Base Shear-Maximum Story Drift Curves and Maximum Story Drift-Story Height Curves for existing and strengthened conditions were obtained. As a result of this study, the results of the structural performance in the existing and strengthened conditions are summarized according to the Turkish Earthquake Code.

Keywords: *Strengthening, incremental dynamic analysis, fragility curve, risks of damage*



1. GİRİŞ

Deprem, dünyadaki en büyük afetlerden biridir, her yılda binlerce insanın ölümüne ve büyük çapta ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Yapılara etkiyen en tehlikeli yüklerden biri deprem yüküdür. Meydana gelen depremlerde yılda ortalama 10 bin kişi hayatını kaybetmektedir (şekil 1.1). UNESCO istatistiğine göre 1926'dan 1988'e kadar yaklaşık 10,000,000 dolarlık ekonomik kayıp rapor edilmiştir [1].



Şekil 1.1: Büyük depremlerin neden olduğu can kayıpları[1]

Türkiye deprem açısından aktif fay hatları üzerinde bulunduğu için meydana gelen şiddetli depremlerde büyük maddi ve manevi kayıplar yaşamıştır. Çizelge 1.1'de kısaca Türkiye'de son yüzyıla ait en şiddetli depremler gösterilmiştir.

Çizelge 1.1: Türkiye'deki son yüzyılda en şiddetli depremler[2]

Yer	Tarih	Deprem Büyüklüğü (Richter Ölçeğine)	Ağır Hasarlı Bina	Can Kaybı
Erzincan	26-12-1939	8	116720	32962
Bolu-Gerede	01-02-1944	7.4	20865	3959
Çaldıran Muradiye	24-11-1976	7.2	9552	3840
Erzurum	30-10-1983	6.9	3241	1155
Gölcük - Kocaeli	17-08-1999	7.5	66441	17408
Düzce-Bolu	12-11-1999	7.2	15389	845

Ülkemizdeki yapı stokunun büyük bir kısmını betonarme binaların oluşturması sebebiyle, geçmiş yıllarda meydana gelen depremlerde çok sayıda betonarme bina yıkılmış ve farklı seviyelerde hasar görmüşlerdir. Depremler sebebiyle hasar gören veya yıkılan binalarda birçok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalara göre betonarme yapılarda meydana gelen hasarların ana sebeplerinin düşük kaliteli beton, yapı elamanlarındaki detayların yetersiz oluşu, zayıf kolon güçlü kiriş davranışı, kısa kolon davranışı ve yetersiz bindirme boyu gibi unsurlar olduğu belirlenmiştir [3]. Mevcut binaların çoğu, 1998 ve 2007 deprem yönetmeliklerinin yürürlüğe girmesinden önce inşa edilmiştir ve bu yönetmeliklerde önerilen yeterli süneklik, rijitlik ve dayanımı sağlayamamıştır. Deprem güvenliği yetersiz betonarme binalar, düşük yanal rijitliğe sahip olmaları nedeniyle deprem anında büyük yerdeğiştirmelere maruz kalmaktadır.

Mevcut yapıların güçlendirilmesi, uzun süredir inşaat mühendisliğinin en önemli alanlarından birini oluşturmuştur. Mevcut yapılarının güçlendirilmesi için iki genel teknik bulunmaktadır. Bunlardan ilki, global (sistem) güçlendirme tekniği ve diğeri ise eleman güçlendirme tekniğidir. Günümüzde, güçlendirme tekniklerinin çoğu, global güçlendirmeye (sistem güçlendirme) dayanmaktadır. Sistem güçlendirmesi teknikleri; yapının süneklik düzeyini iyileştirmeye katkı sağlayan eden ve yanal yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması için kullanılan yöntemleri kapsamaktadır. Eleman güçlendirme yöntemi ise binanın kolon, kiriş,

perde, birleşim bölgesi gibi deprem yüklerini karşılayan elemanlarında dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerinin arttırılmasına yönelik olarak uygulanan işlemlerdir [4]. Eleman bazında güçlendirme tekniğinin uygulanmasının çoğu kez pahalı ve zor olması sebebiyle genellikle sistem güçlendirmesi yöntemi daha yaygın olarak kullanılmaktadır [3].

Betonarme yapıların yanal dayanımını arttırılması için kullanılan en yaygın sistem güçlendirmesi yöntemlerinden biri, yapıya perde duvar ekleme yöntemidir. Yeni perde ekleme yöntem, yapının sismik performansının geliştirilmesi için en iyi ve kolay çözüm olarak tanımlanmaktadır.

Mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi için farklı doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemleri bulunmaktadır. Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinde (artımsal dinamik analizi ve zaman tanım alanında analizi gibi doğrusal olmayan analizler) mevcut yapıların deprem davranışlarının incelenmesinin daha ayrıntılı ve gerçeğe en yakın şekilde temsil edebilmektedir. Bu analizlerden elde edilen sonuçlarla yapıların hasar ve kapasite eğrileri gibi talep eğrileri oluşturulabilmektedir.

Dünyada, özellikle deprem açısından aktif fay hatları üzerinde bulunan ülkelerde, depremden dolayı oluşan can ve mal kayıplarını ve deprem riskini en aza indirmek amacıyla deprem yönetmeliklerinde zamanla bazı değişiklik ve düzenlemeler yapılmaktadır. Türkiye’de 6 Mart 2007’de Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007) yürürlüğe girmiştir. DBYBHY 2007’nin 7. bölümünde “Mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi” açıklanmıştır.

Türkiye’de deprem yönetmeliklerinin geçmişine baktığımızdaysa aşağıdaki (Çizelge 1.2’deki) gibi bir durum gözlenmektedir.

Çizelge 1.2: Türkiye’de kabul edilen deprem yönetmelikleri[5]

Yıl	Yönetmelik adı
1940	İtalyan Yapı Talimatnamesi
1944	Zelzele Mintıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi
1949	Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği
1953	Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
1962	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
1968	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
1975	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
1997	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
2007	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik

1.1 Tezin Amacı

Bu tez çalışması kapsamında Edirne ilinde bulunan bir okul binası projesinde güçlendirmenin görelî kat ötelemesi ve hasar olasılığı gibi yapısal parametrelere olan etkisinin belirlenmesi ve güçlendirme yönteminin uygunluğunun saptanması amaçlanmaktadır.

Bu tez çalışmasının genel amacı aşağıdaki gereksinimleri sağlamaktır:

1. Deprem kaynaklı kayıpları sınırlandırmak için yapının rijitliği, mukavemeti ve sünekliğini arttırmak.
2. Maddî ve manevî kaybın azaltılması.
3. Betonarme yapıların tasarımına en uygun güçlendirme tekniklerini kullanmak.
4. Binanın Mevcut ve güçlendirilmiş durumunun sismik davranışlarının belirlenmesi.

1.2 Literatür Araştırması

Mevcut betonarme binaların onarımı ve güçlendirilmesi konusunda günümüze değin çok sayıda çalışma yapılmış olup, bu çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Koçak (2015) tarafından yapılan çalışmada, betonarme tip okul projeleri ele alınarak performans düzeyi belirlenmiş ve yapıya perde duvarları ekleyerek mevcut ve güçlendirilmiş yapıdaki durumları karşılaştırmıştır [5].

Adak (2017) tarafından yapılan çalışmada, 6 katlı 4 açıklı betonarme çerçeve sistemin özel çelik çaprazlarla güçlendirilmesi incelenmiştir. Çalışma sonucunda güçlendirme sonrasında taban kesme kuvvetinin %26 oranında azaldığı ve kat yer değiştirmesinin %55 oranında azaldığı görülmüştür[6].

Yılmaz (2007) tarafından yapılan çalışmada, üç boyutlu üç adet yapı numunesi tersinir tekrarlı yükler altında denenmiştir. Deney serisi, referans yapı ile hasarlı ve hasarsız iken güçlendirilen yapılardan oluşmaktadır. Yapılan deneysel çalışma sonucunda dış-perde duvarlarla güçlendirme yönteminin yapıya dayanım ve rijitlik kazandırdığı görülmüştür[7].

Özdöner (2011) tarafından yapılan çalışmada, betonarme binalarda arasına bina dışından uygulanacak prefabrike panel ilavesiyle yapılan güçlendirmenin farklı tipleri deneysel olarak artırılmıştır. Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar ışığında prefabrike panel ilavesi ile yapılan güçlendirmenin, çerçeveye yatay yük, rijitlik ve enerji yutma kapasitesi olarak çok önemli katkıda bulunduğu görülmüştür[8].

Beyli (2002) tarafından yapılan çalışmada, taşıyıcı sistemi 1975 deprem yönetmeliğine göre inşa edilmiş 10 katlı betonarme binanın 1998 deprem yönetmeliğine göre çözümü yapılarak deprem güvenliği incelenmiştir. Çalışma sonucunda, binanın güçlendirilmesi için yapıya eklenen perdelerle, mevcut kiriş ve kolonların kesit tesirlerinde belirgin azalmalar olmuştur. Eklenen perdelerin yüksekliği arttıkça moment karşılama oranlarının arttığı gözlenmiştir. Perdelerin katlarda kesilmesi durumunda, perde üzerinde kalan kolonların büyük momentlere maruz kaldığı gözlenmiştir. Perdelerin katlarda devam ettirilmemesinin, yapı rijitliğini bozacağı için tavsiye edilen bir durum olmadığı belirtilmiştir [9].

Erdem (2008) tarafından yapılan çalışmada, toplum hayatı bakımından öncelik arz eden eğitim binalarından bir örnek üzerinde; perde duvar ilavesi ve mantolama yöntemleri ile yapılacak bir güçlendirme yöntemi maliyeti ile binanın yapım maliyeti karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda güçlendirme maliyetinin, bina yapım maliyetinin yaklaşık %50 olduğu belirtilmiştir [10].

Tetik (2015) tarafından yapılan çalışmada, Şeyh Süleyman mescidi örnek yapı olarak ele alınarak yapının performansı statik ve dinamik yükler altında

incelenmiştir. Çalışma sonucunda yapılan yapısal analizler ve incelenen güçlendirme teknikleri sonrasında yapıdaki kemer elemanlarının üstlerinde çekme gerilmelerini karşılaması için çelik çubuklar ile yapının sarılması önerilmiştir [11].

Gün (2007) tarafından yapılan çalışmada, yürürlüğe giren yeni esaslar ve analiz yöntemleri, değişik yapı örnekleri üzerinde, yapı analizi yapan SAP 2000 paket programı ile irdelenmiştir. Çalışma sonucunda binanın deprem performansının, seçilen yöneme göre farklılık gösterebildiği belirtilmiştir [12].



2. DEPREM ETKİLERİ VE GÜÇLENDİRME KAVRAMI

2.1 Depremler

Yer hareketi ile oluşan deprem, farklı deprem dalgalarına neden olur ve bu dalgalar her yöne yayılarak, mevcut yapılarda atalet kuvvetlerinin oluşmasına neden olur. Bu kuvvetleri yapı elemanlarının güvenli bir şekilde önce yapının temeline ve daha sonra zemine aktarabilmesi için yapı elemanlarının yeterli rijitliğe, dayanıma ve sünekliğini sahibi olması gerekmektedir.

Mevcut yapıların depreme dayanıklı olarak güçlendirilmesinde amaç, yapının kullanım ömrü boyunca beklenen en şiddetli depremde ayakta kalabilmesi ve can güvenliğinin sağlanmasıdır. Yapıların bu tür şiddetli depremlerde elastik ötesi davranışına izin verilmeli fakat yapıda büyük hasar oluşmasına izin verilmemelidir.

Deprem yükleri altında yapıların sismik davranışının değerlendirilmesi için farklı analitik yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri doğrusal olmayan dinamik yöntemidir. Bu yöntemde geniş yelpazedeki şiddet seviyeleri için binanın sismik davranışı gerçeğe en yakın şekilde belirlenebilmektedir. Bu yöntem, yapıların deprem performans ve sismik risk analizi için gerekli yapısal davranış tepkileri hakkında bilgi verilir (ör; kırılma eğrilerinin gelişimi ve yıllık göçme oranının tahmini).

Mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için dünya çapında önemli yatırımlar devam etmektedir ve pek çok güçlendirme malzemeleri ve yöntemleri mühendisler tarafından sunulmaktadır.

2.1.1 Deprem Mühendisliğinin Temelleri

Depreme dayanıklı yapıların tasarımı ve güçlendirilmesi için, deprem ve yer hareketleri hakkında bilgi sahibi olması gereklidir. Deprem yapıları aşağıdaki şekiller ve mekanizmalarda zarar verebilmektedir[13]:

- Şiddetli yer hareketleri tarafından oluşan atalet kuvvetleriyle,

- Depremlerin sebep olan yangınlarla
- Temel zemin özelliklerin değişiklikleriyle (ör; sıvılaşma, oturma, pekiştirme)
- Toprak kaymasıyla
- Tsunami ile
- Zeminde büyük ölçekli tektonik değişiklikler ile

Genel olarak depremler iki şekilde oluşabilir. Bunlardan ilki doğal kaynaklı depremler ve diğeri ise insan yapımı depremlerdir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1: Doğal ve insan yapımı depremler[13]

Deprem Kayanları	
Doğal Depremler	İnsan Yapımı Depremler
• Tektonik depremleri	• Patlayıcı depremler
• Volkanik Depremleri	• Madencilik Depremler
• Kaya Düşmesi/Çöküntü Depremleri	
• Mikro sismik	

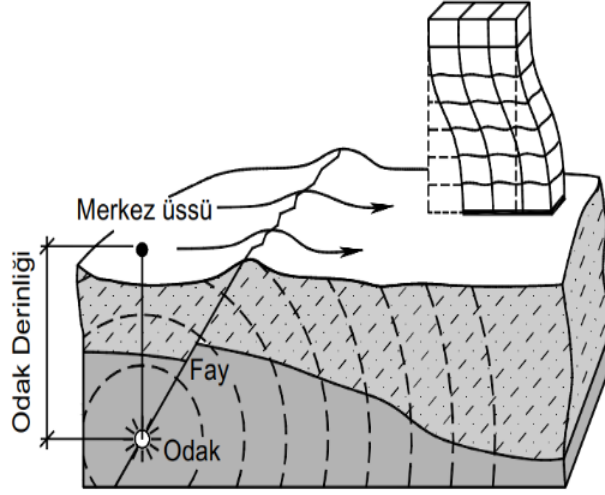
Meydana gelen depremlerin yaklaşık %90'ı tektonik olaylardan kaynaklanmaktadır. Yeryüzü plakaları birbirlerine göre hareket ederken gerilme birikimi oluşur ve bu gerilme belirli bir büyüklüğe ulaştığında dış kabuğu yırtar. Bu yırtılma fay olarak adlandırılan zayıf düzlem boyunca devam eder. Biriken gerilmeler enerji ortaya çıkarır ve yerkürede titreşim dalgaları oluşturur. Bu dalgaların yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsma olayına deprem adı verilmektedir [14]. Şekil 2.1'de deprem oluşumunun temel karakterleri gösterilmiştir.

Depremi tanımlayan temel unsurlar:

Odak noktası: yerkürenin derinliklerinde deprem enerjisini ortaya çıktığı noktadır.

Merkez üssü: yeryüzünde odak noktasına en yakın olan yerdir.

Odak derinliği: odak noktası ile merkez üssü arasındaki uzaklıktır.



Şekil 2.1: Deprem oluşumu

Depremler odak derinliğine göre üç kategoriye ayrılmaktadır:

- i. Sığ depremler, odak derinliği 70 km'den daha az olan depremlerdir. Meydana gelen depremlerin yaklaşık %80'i sığ depremlerdir. Sığ depremler dar bir alanda hissedilir ve bu alan içinde çok büyük hasar yapabilirler.
- ii. Orta derinlikteki depremler, derinliği 70 km ila 300 km arasında olan depremlerdir.
- iii. Derin depremler, derinliği 300 km'den büyük olan depremlerdir. Derin depremler çok geniş alanda hissedilirler, buna karşılık yaptıkları hasar azdır.

2.1.2 Depremin Büyüklüğü ve Şiddeti

Bir depremin nicelik olarak ifade edilmesi için iki ölçüm yöntemi kullanılmaktadır. Bunlardan ilki depremin büyüklüğü ve diğeri ise depremin şiddetidir.

- i. Depremin Büyüklüğü:

Bir depremin büyüklüğü açığa çıkan toplam enerjinin bir ölçüsüdür. Depremin büyüklüğünü farklı yöntemlerle ölçmek mümkündür. İlk kez Richter yerel büyüklüğü (M_L) ölçeği 1930 yılında Prof. Dr. Richter tarafından tanımlanmıştır. Bilimin gelişimi ve Richter teorisinin yardımıyla cisim dalgası büyüklüğü (M_b) ve yüzey dalgası büyüklüğü (M_s) tanımlanmıştır. Bu üç büyüklük ölçeği (M_L , M_b ve M_s) küçük ve yerel depremler için kullanılmaktadır. Bu nedenle, yeni ölçeği moment büyüklüğü (M_w) sunulmuştur. M_w diğer tüm ölçeklerinden daha doğru ve büyük büyüklüğü olan depremlerini ölçülebilmektedir[15].

Farklı deprem büyüklüğünün ölçeklerinin uygulama alanları şunlardır[1]:

- M_L ve M_b : 3 ila 7 arasındaki büyüklükleri olan depremler için.
- M_s : 5 ila 7.5 arasındaki büyüklükleri olan depremler için.
- M_w : tüm büyüklükler için.

ii. Depremin Şiddeti:

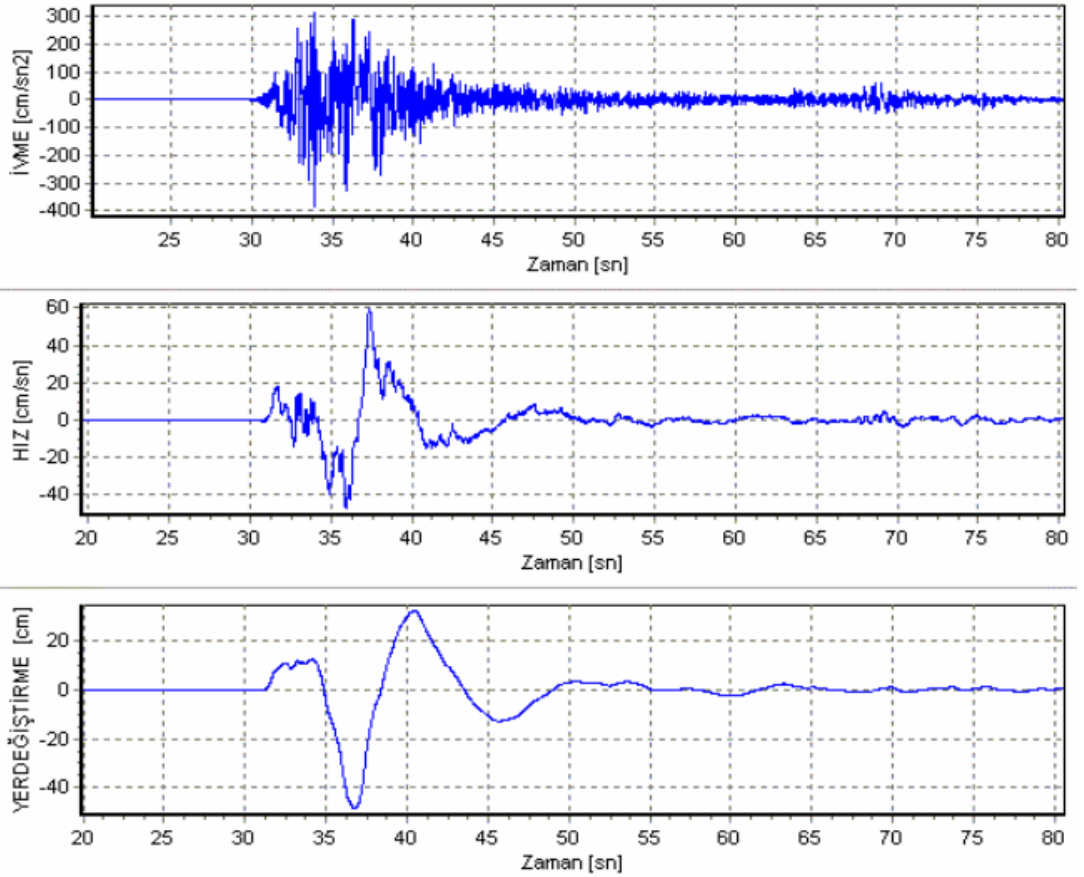
Depremin şiddeti yeryüzünde hissedildiği yerdeki hasar ile birlikte yapılar, doğa ve insanlar üzerindeki etkilerinin ölçüsüdür[14]. Depremin şiddetini ölçebilmek için farklı şiddet ölçekleri bulunmaktadır. Bunlardan biri Değiştirilmiş Mercalli Şiddet Cetveli'dir. Değiştirilmiş Mercalli Şiddet Cetveli I-XII arasında değişen şiddet değerlerini içerir. Çizelge 2.2'de Değiştirilmiş Mercalli Şiddet Cetveli, zemin ivmesi ve depremin büyüklüğü ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 2.2: Değiştirilmiş Mercalli Şiddet Cetveli, Zemin ivmesi ve Richter ölçüsü arasında ilişkileri[14][15]

Şiddet	Tanım	Yaklaşık Zemin İvmesi (m/s^2)	Depremin Büyüklüğü (Richter)
I	Hemen hemen hiç hissedilmez.	0.01	-
II	Özellikle üst katlardaki bazı insanlar tarafından hissedilebilir.	0.02-0.03	-
III	Bina içinde hissedilir fakat deprem olup olmadığı her zaman anlaşılmaz. Duran araçların yanından kamyon geçmiş hissi uyandırır.	0.03-0.07	-
IV	Bina içindekilerin çoğu hisseder. Kapı, pencere, kapı kacak sallanır	0.07-0.15	4
V	Hemen herkes hisseder. Bazı tabakalar, sıvalar, pencereler kırılır.	0.15-0.3	4.5
VI	Herkes hisseder. Birçoğu korkup dışarı fırlar. Bacalar, sıvalar, düşer. Hafif hasar oluşur.	0.3-0.7	5.1
VII	Herkes dışarı kaçar yapıda çeşitli hasarlar oluşur.	0.7-1.5	5.6
VIII	Duvarlar çerçevelerden ayrılıp devrilir. Anıtlar, bacalar, duvarlar yıkılır	1.5-3.00	6.2
IX	Yapılar temelinden ayrılır, hasar görür. Zemin ve yeraltı boruları çatlar.	3.00-7.00	6.6
X	Kargır ve çerçeve yapıların çoğu yıkılır. Demiryolları eğilir.	7.00-15.0	7.3
XI	Yeni tip yapılar ayakta kalabilir. Köprüler hasar görür. Yeraltı boruları kırılır. Torak kaymaları oluşur.	15.0-30.0	7.8
XII	Hemen her şey yerlerle bir olur. Toprak yüzeyinde dalgalanma görülür. Nesnelere havada uçar	30.0-70.0	8.4

2.1.3 Deprem Yer Hareketi

Deprem anında oluşan yer hareketleri sismogram aletleriyle kayıt edilir. Bir sismometre yerdeki hareket ile ilişki olarak hızı, yerdeğiştirmeyi ve yerdeğiştirme hareketinin ivmesini ölçebilir. Bu nedenler sismometre, yerdeğiştirme ölçer, hız ölçer ve ivme ölçer adları verilir. Deprem ivmesi, deprem anında zeminin ne kadar miktarda ve ne hızla sarsıldığının bir ölçüsüdür [16]. İvme kayıtları, cm/s^2 (ve ya yerçekimi ivmesi $g=981 \text{ cm/s}^2$) biriminde ölçülür. İvme kayıtları mühendislik uygulamaları özellikle yapı tasarımında ve mevcut yapı analizlerinde en önemli parametredir.



Şekil 2.2: 7 ağustos 1999 Kocaeli deprem anında Sakarya istasyonunda alınan yer hareketlerin grafiği

2.1.3.1 Yer Hareketinin Parametreleri

Yer hareketi, çeşitli mühendislik parametrelerini kapsanır. Bunlardan en önemli olan parametreler şunlardır:

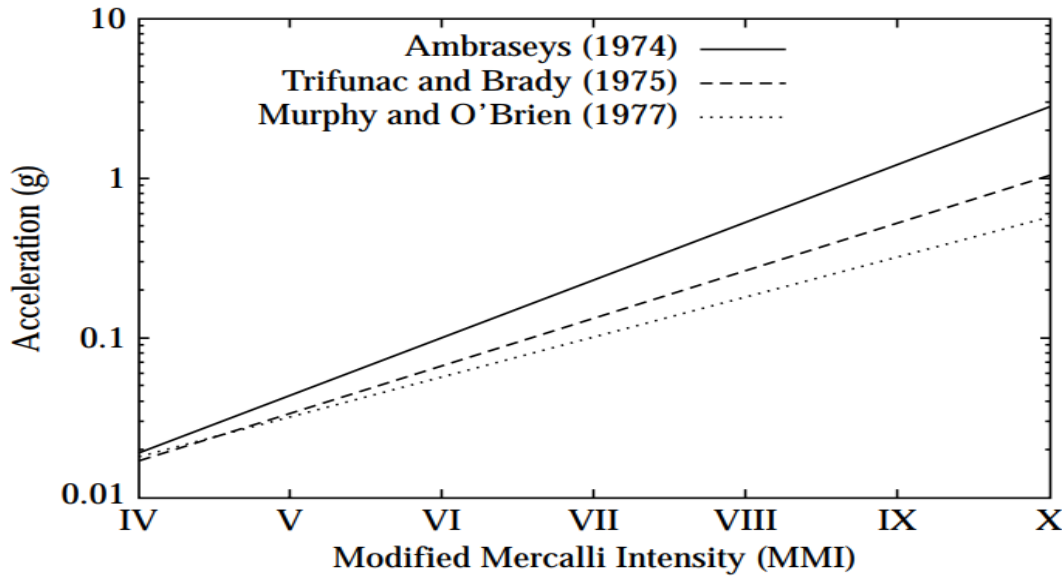
- En Büyük Yer İvmesidir (peak ground motion – PGA)
- En büyük yer hızı (peak ground velocity- PGV)

- Maksim yer deplasmanı (peak ground displacement – PGD)

2.1.3.2 PGA Ve Değiştirilmiş Mercalli Şiddet Cetveli (MMİ) İlişkisi

Birçok araştırmacı PGA ve Değiştirilmiş Mercalli Şiddet Cetveli (MMİ) arasında ilişki kurmaya çalışmıştır. İlk olarak Ambraseys, Güney Avrupa depremlerinin kayıtlarını kullanarak $\log a = 0.36 I_{MMI} - 0.16$ ilişkisi geliştirilmiştir. Daha sonrası, Trifunac ve Brady, 187 Batı ABD III-X şiddetli olan deprem kayıtları kullanarak $\log a = 0.3 I_{MMI} - 0.016$ ilişkisi önerilmiştir. Murphy ve O'Brien 1465 dünya çapında I-X şiddetli olan kayıtları kullanarak $\log a = 0.25 I_{MMI} - 0.25$ ilişkisi önerilmiştir. Bu ilişkiler Şekil 2.3'te gösterilmiştir [13].

Burada a ve I_{MMI} sırasıyla En büyük yer ivmesi ve Değiştirilmiş Mercalli Şiddet Ölçüleridir.



Şekil 2.3: PGA ve MMİ ilişkisi

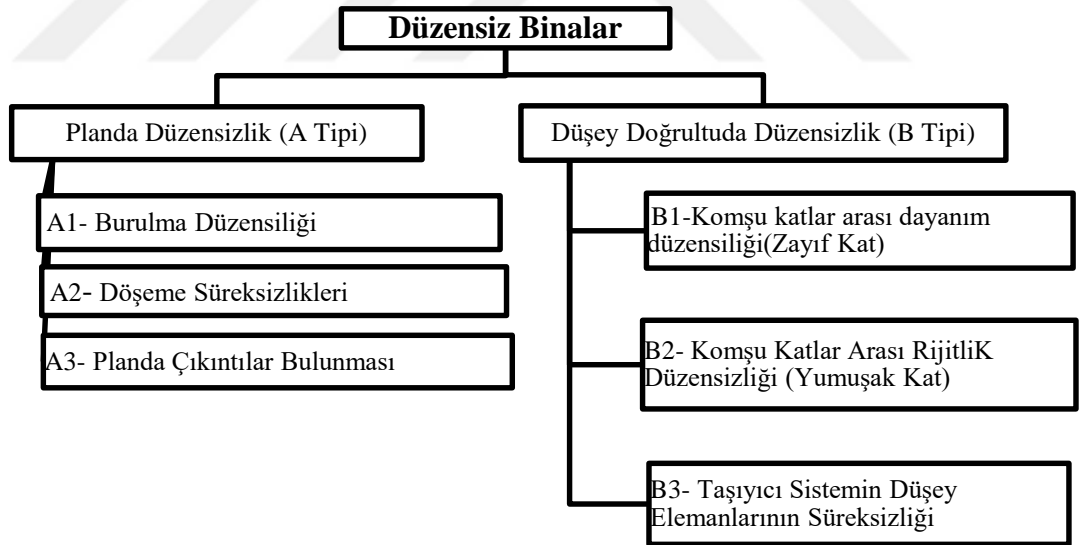
2.2 Depremden Dolayı Betonarme Yapılarda Hasar Nedenleri

Depremler sırasında binalar çeşitli nedenlerden dolayı hasar görebilmektedir. Bu hasarların sınıflandırılması ve sayısal olarak ifade edilmesi oldukça zordur. Betonarme yapılar genellikle, yumuşak / zayıf kat, plan ve düşey düzensizlikler, düşük malzeme dayanımları, donatıların korozyonu, bitişik yapıların çarpışması, tasarım ve uygulama hataları, zemin ve temel etkisi,

kullanım amacının değiştirilmesi ve yeni yönetmeliklere göre yetersiz kalması ve yapı elamanlarında yetersiz imalat detayları nedenleriyle hasar görebilmektedir[13].

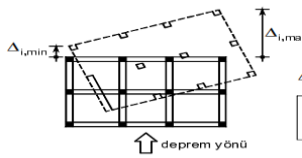
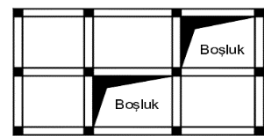
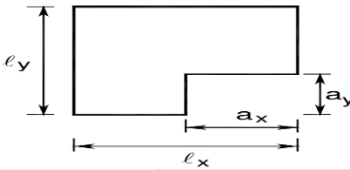
2.2.1 Düzensiz Binalar

Düzensiz binalar, depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeniyle deprem sırasında büyük bir hasar görebilmektedir. Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre (2007) binalarda iki çeşit düzensizlik bulunmaktadır. Bunlardan ilki planda (A tipi) düzensizlik ve diğeri ise düşeyde (B tipi) düzensizliktir. Binalarda düzensizlik aşağıda gibi sınıflandırılır. Binada düzensizlik limit durumları farklı yönetmeliklere göre değişir. Çizelge 2.3 ve Çizelge 2.4'te DBYBHY 2007 ve ASCE 7-5 yönetmeliklerine göre düzensizlik limit durumları gösterilmiştir. Şekil 2.11'de farklı depremlerde zayıf kat düzensizliği nedeniyle binaların yıkılması göstermektedir.

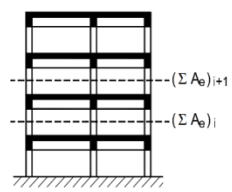
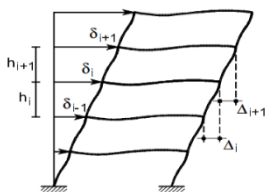


Şekil 2.4: Türk Deprem yönetmeliğine göre düzensiz binaların sınıflandırması[4]

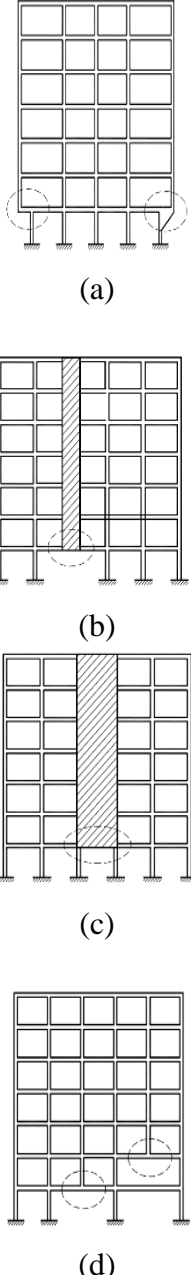
Çizelge 2.3: DBYBHY 2007 ve ASCE 7-5 yönetmeliklere göre planda düzensizlik limitinin durumları[4][17]

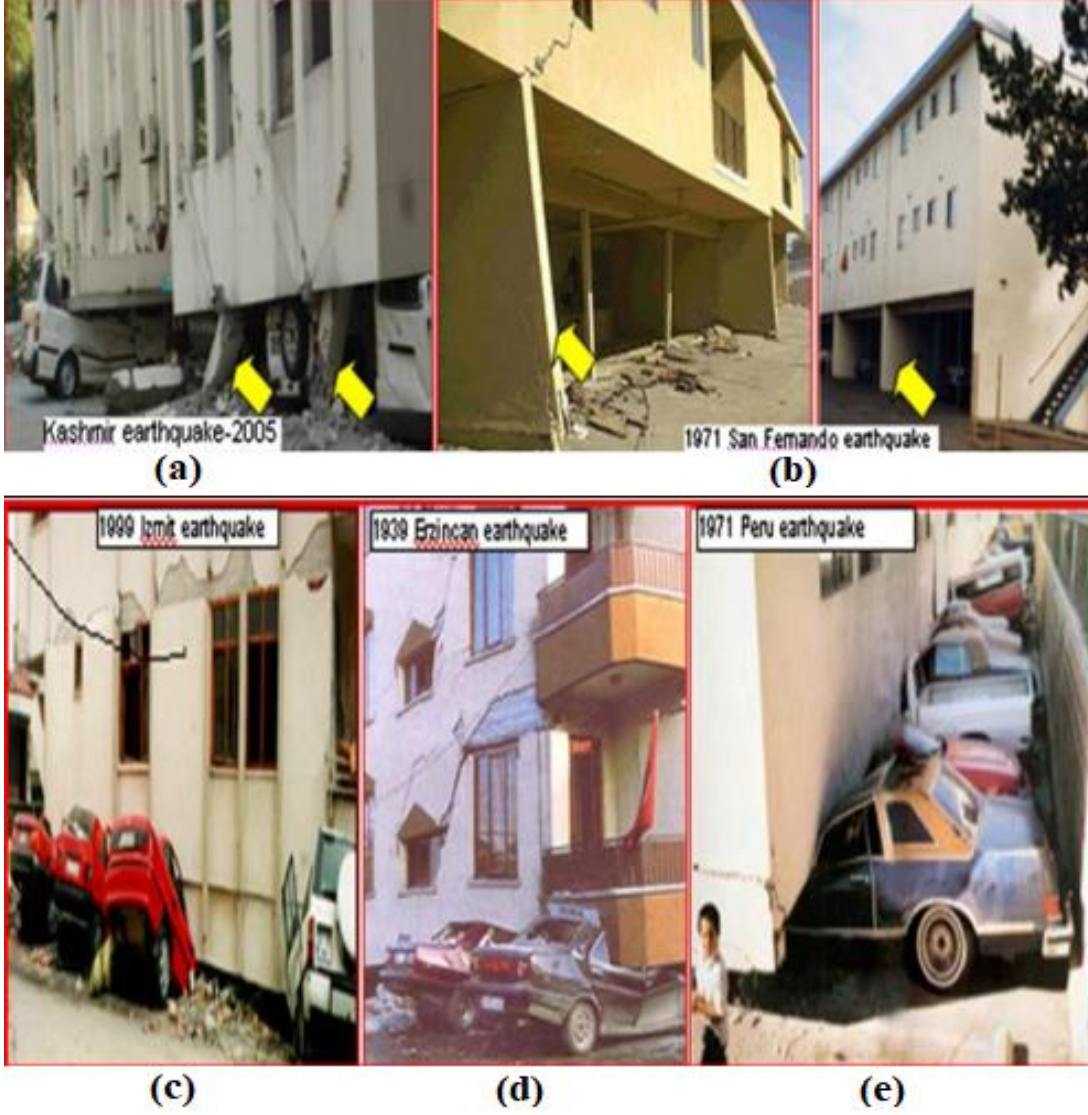
Düzensizlik tipi	DBYBHY 2007	ASCE	
A1- Burulma Düzensizliği	$\eta_{bi} = \frac{(\Delta_i)_{max}}{(\Delta_i)_{ort}} > 1.2$	$1.2 \leq \eta_{bi} \leq 1.4$	 Şekil 2.5: A1 Düzensizliği
A2- Döşeme Düzensizliği	$\frac{A_b}{A} = \frac{\text{Boşluk Alanı}}{\text{Toplam Kat Alanı}} > \frac{1}{3}$	$\frac{A_b}{A} > \frac{1}{2}$	 Şekil 2.6: A2 Düzensizliği
A3- Planda çıkıntılar bulunması	$a_x/l_x > 0.02$ $a_y/l_y > 0.02$	$a_x/l_x > 0.15$ $a_y/l_y > 0.15$	 Şekil 2.7: A3 Düzensizliği

Çizelge 2.4: DBYBHY 2007 ve ASCE 7-5 yönetmeliklere göre Düşey Düzensizlik limitinin durumları[4][17]

Düzensizlik tipi	DBYBHY 2007	ASCE	Şekilde Açıklama
B1- Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)	$\eta_{ci} = \frac{(\sum A_e)_i}{(\sum A_e)_{i+1}} < 0.80$	$S_i < 0.7S_{i+1}$	 Şekil 2.8: B1 Düzensizliği
B2- Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)	$\frac{A_b}{A} = \frac{\text{Boşluk Alanı}}{\text{Toplam Kat Alanı}} > \frac{1}{3}$	$S_i < 0.6S_{i+1}$	 Şekil 2.9: B2 düzensizliği

Çizelge 2.4: (devam) DBYBHY 2007 ve ASCE 7-5 yönetmeliklere göre Düşey Düzensizlik limitinin durumları[4][17]

<p>B3- Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği</p>	<p>(a)Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin ve ya alttaki kolonlarda oluşturan guselerin üstüne veya ucunda oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.</p> <p>(b) Kolon iki ucunda mesnetli bir kirişe oturması durumunda kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin olarak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında arttırılacaktır.</p> <p>(c) Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.</p> <p>(d) Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez</p>		 <p>(a)</p> <p>(b)</p> <p>(c)</p> <p>(d)</p> <p>Şekil 2.10: B3 düzensizliği</p>
--	---	--	--



Şekil 2.11: Zayıf kat düzensizliği nedeniyle binaların yıkılması : (a) 2005 Keşmir Depremi, (b) 1971 San Fernando depremi. (c) 1999 İzmit depremi (d) 1939 Erzincan depremi (e) 1971 Peru depremi [18]

2.2.1.1 Yumuşak Kat (Rijitlik Düzensizliği)

Genellikle, büyük şehirlerde çok katlı binaların giriş katları alışveriş merkezi, banka ve otopark gibi kullanım amaçları için kat yüksekliği daha yüksek olarak ve daha az dolgu duvarlı olarak imal edilir. Bu sebeple, yapının giriş katının üst katlara göre dayanımı ve rijitliği daha azdır. Yapıda ani rijitlik değişimi ve deprem enerjisinin tek bir katta yoğunlaşması sebebiyle oluşan yumuşak kat (zayıf kat) düzensizliği Türkiye’de yaşanan depremlerde betonarme binaların yıkılma nedenlerinin başında gelmektedir[18]. Deprem enerjisinin giriş katta yoğunlaşması sebebiyle giriş katın kolonlarında plastik mafsallar oluşur ve kat

mekanizması oluşur. Şekil 2.12’de depremde yumuşak kat nedeniyle yıkılan bazı yapılar gösterilmiştir.



Şekil 2.12: 2004 Sumatra depremi, yumuşak kat nedeniyle yapıların yıkılması

2.2.2 Bitişik Binaların Çarpışması

Türkiye’de çoğunlukla mevcut yapılar arasında yeterli derz olmadığı için, çarpışma riski taşır. Eğer bitişik binalar arasındaki derz mesafesi yetersizse, yapıların münferit olarak depreme dayanıklı olmasına rağmen, çekiçleme etkisiyle depremlerde büyük yapısal hasarlar meydana gelebilmektedir. Yapıların serbestçe salınımı ve birbirine çarpışmaması için aralığında yeterli derz mesafesi olması gerekmektedir. Şekil 2.13’te çekiçleme etkisi nedeniyle hasar gören yapılar gösterilmiştir.



Şekil 2.13: Çekiçleme etkisi nedeniyle hasar gören yapılar

2.3 Güçlendirme Kavramı

Türkiye'deki mevcut yapı stoku, depremlerde yüksek hasar görebilme riski taşımaktadır. Mevcut yapıların güçlendirilmesi ihtiyacı iki durumda ortaya çıkmaktadır: (i) deprem hasarlı binalar ve (ii) şiddetli depremleri yaşamamış depremlerden etkilenen binalar. Güçlendirme, bir yapının veya yapı elemanlarının deprem yükleri karşısında kendilerinden beklenen performans seviyelerini sağlayabilmesi için yapılan iyileştirme müdahallerini ifade etmektedir. Onarım ise mevcut hasarlı bir yapı elemanının iyileştirilerek eski durumuna, projesinde öngörülmüş olan mukavemet değerine getirilmesidir[19]

Yapıların güçlendirilmesinde amaçlar şunlardır:

- Yeni deprem yönetmeliklerin öngördüğü performans düzeyinin sağlanmasıdır.
- Yapıların en şiddetli depremde, can ve mal kaybına yol açmayacak şekilde performans göstermesini sağlamaktır.
- Kullanım önem taşıyan yapıların (hastane, okul vb.) deprem sonrasında hemen kullanılabilmesini sağlamaktır.

Türkiye’de 6 Mart 2007’de Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007) yürürlüğe girmiştir. DBYBHY 2007 Bölüm 7’de “Mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi” açıklanmıştır.

2.4 DBYBHY 2007’ye Göre Binaların Deprem Performans Düzeyi

Genel olarak mevcut yapılar depreme karşı dayanım ve rijitliği bakımından yetersiz oldukları nedeniyle gelecekteki depremlerde hasar görme olasılığı çok yüksektir. Olası bir depremde yapıların performans düzeyi belirlenmesi gerekir. Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumum esas alınarak tanımlanmıştır. Doğrusal ve doğrusal olmayan analiz hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir. Binaların deprem performansının belirlenmesi için uygulanacak kuralları aşağıda verilmiştir[4].

2.4.1 Hemen Kullanım Performans Düzeyi

DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.2’e göre Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10’u Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Minimum Hasar Bölgesi’ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyi’nde olduğu kabul edilir[4].

2.4.2 Can Güvenliği Performans Düzeyi

DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.3’e göre eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Can Güvenliği Performans Düzeyi’nde olduğu kabul edilir:

- a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30’u ve kolonların aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi’ne geçebilir.
- b) İleri Hasar Bölgesi’ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20’nin altında olmalıdır. En üst katta İleri

Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

- c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir[4].

2.4.3 Göçme Öncesi Performans Düzeyi

DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.4'e göre gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun gözönüne alınması kaydı ile aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

- a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.
- b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.
- c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

2.4.4 Göçme Durumu

Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa göçme durumundadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımında sakıncalıdır [4].

2.5 Türkiye'de Güçlendirme Tarihçesi

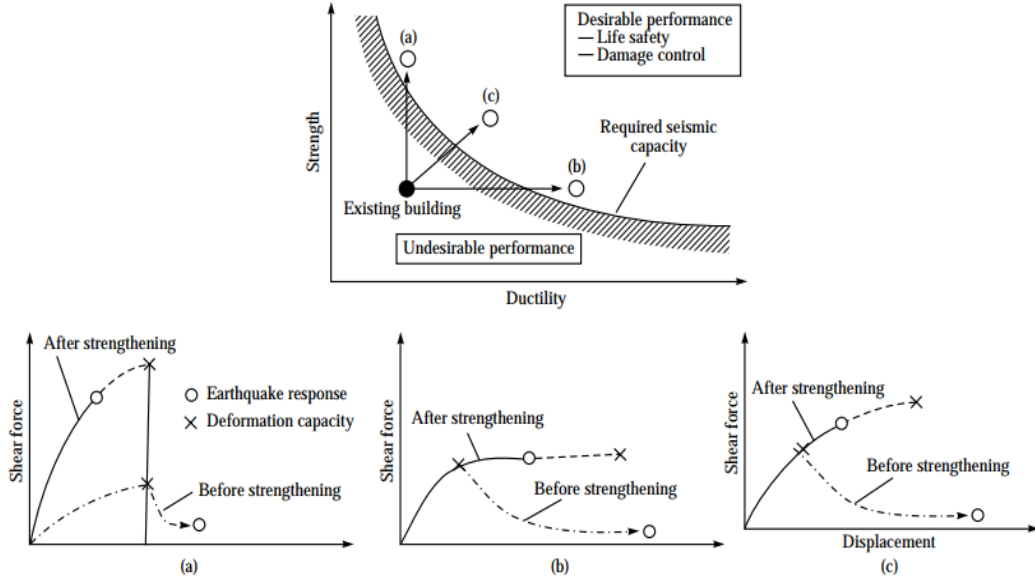
Türkiye de ilk kez Bartın Çimento fabrikası 1968 yılında ODTÜ tarafından güçlendirilmiştir. Daha sonra, 1992 Erzincan depreminden dolayı orta hasarlı yapılar ODTÜ, İTÜ ve Boğaziçi üniversitelerin müşavirliğinden işlevi görmüş elemanlarla güçlendirilmiştir[20]. Şimdiye kadar çok sayıda bina farklı güçlendirme yöntemleri kullanımıyla güçlendirilmiştir.

2.6 Güçlendirme Yöntemlerinin Türleri Ve Seçimi

Mevcut binaların rijitliğinin ve özellikle yatay yük taşıma kapasitesinin artırılması için uygun bir güçlendirme yönteminin seçimi, inşaat mühendisliğinin önemli bir alanını oluşturmaktadır. Mevcut yapılarının güçlendirilmesi için farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu tekniklerin temel kavramları şunlardır:

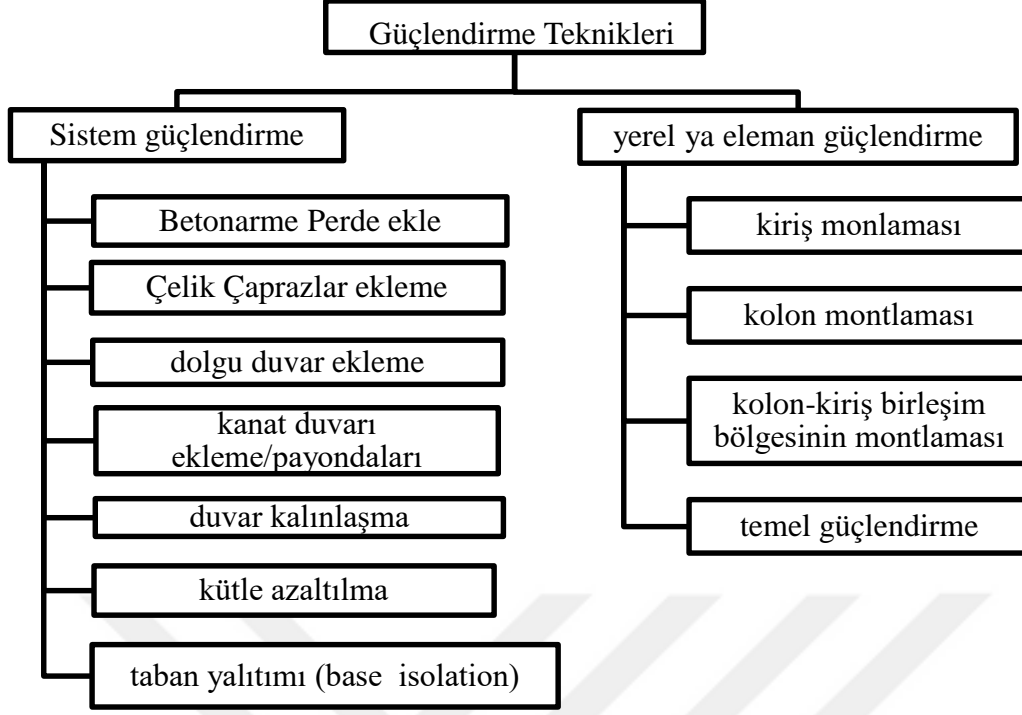
- Yapının yanal dayanımı artırılması
- Yapı elemanlarının süneklik düzeyini artırılması
- Dayanım ve süneklik artışı

Bu üç kavram, şekil 2.14'te şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.14: Güçlendirme yöntemlerinde temel kavramlar, (a) Yapının yanal dayanımı artırılması, (b) Yapı elemanlarının süneklik düzeyinin artırılması, (c) Dayanım ve süneklik artışı [13]

Yapıların güçlendirilmesi için sıklıkla kullanılan iki yöntem; (i) eleman bazında / yerel güçlendirme yöntemleri (yapı elemanlarının süneklik düzeylerini iyileştiren yöntemler olup, kolon, kiriş, perde ya da bunların birleşim bölgesinin güçlendirilmesi amacıyla kullanılır), (ii) sistem güçlendirme yöntemleri, (yapının dayanımını ve rijitliğini artırılmak amacıyla kullanılmaktadır) olarak sıralanabilir. Güçlendirme yöntemlerinin sınıflandırması, Şekil 2.15'te gösterilmiştir.

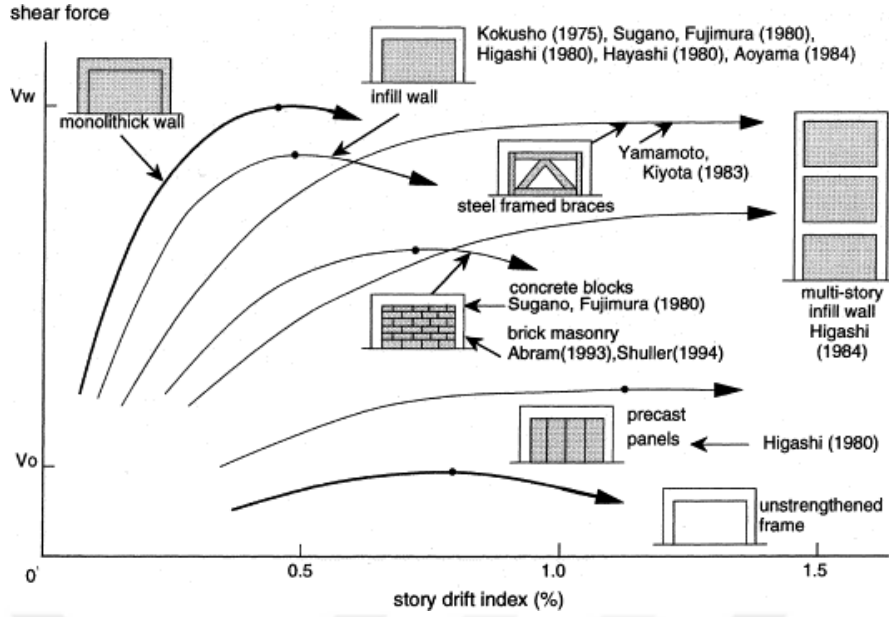


Şekil 2.15: Yerel ve sistem güçlendirme yöntemlerinin sınıflandırması[13]

En iyi güçlendirme yaklaşımı, mevcut binada oluşan hasarlara bağlıdır. Yeni malzemeler yaratıldıkça ve teknolojik çözümler geliştirildikçe mevcut bir yapının güçlendirmesi için mühendislere giderek daha fazla seçenek sunulmaktadır. Bu yöntemlerin uygulanabileceği binalara göre kendisine özel avantajları ve dezavantajları vardır.

Uygun bir güçlendirme yönteminin seçimi, uygulanılmasının kolaylığı, çevre koşulları, yapım süresi ve maliyet gibi faktörlere bağlıdır. Yapı güçlendirme/onarım maliyeti, yeniden maliyetinin %40'nın altında kalması önerilmektedir[13].

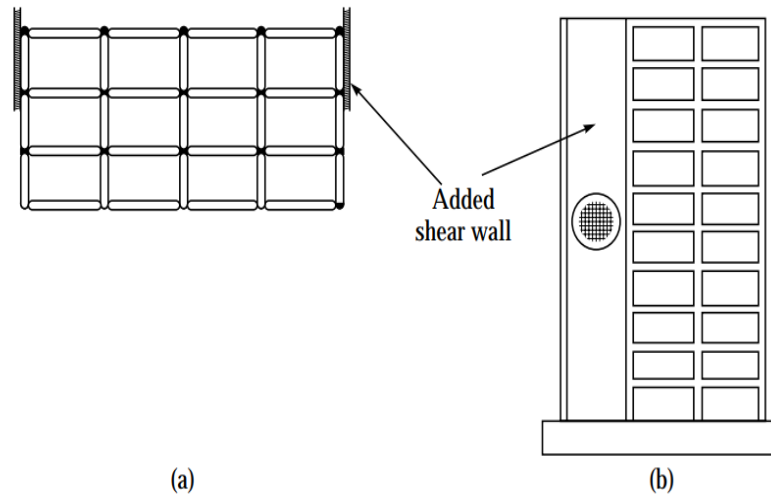
1989 yılında Sugano tarafından yapılan bir çalışmada farklı güçlendirme yöntemlerine ait taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri oluşturulmuş ve Şekil 2.16'da sunulmuştur. Şekilden görüleceği üzere, farklı güçlendirme tekniklerine göre, güçlendirilmiş çerçevenin taban kesme kuvvetlerini ve rijitliğini önemli bir ölçüde artırmıştır. Ancak, deney sonuçlarına göre çoğu kez kapasite artarken, süneklik kapasitesinin azalmasına neden olur.



Şekil 2.16: farklı güçlendirme yöntemleri için taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesinin eğrileri[21]

2.6.1 Perde Duvarları Ekleme Tekniği

Betonarme yapıların yanal dayanımını arttırmak için kullanılan en yaygın yöntemlerden biri, mevcut yapıya perde duvar ekleme yöntemidir. Yeni perde ekleme yöntemi, yapının sismik performansının geliştirilmesi için en iyi ve kolay çözüm olarak tanımlanmaktadır. Perdeler üniform ve mümkün mertebe planda burulma ve diğer ilave etkiler oluşturmayacak şekilde yapının iki doğrultusunda yerleştirmektedir. Betonarme perde duvarların inşa edilmesindeki ilk adım, sistemde simetriyi bozmamak ve burulmayı en aza indirmek amacıyla perdelerin ekleneceği yerleri tespit etmektir.



Şekil 2.17: Betonarme yapıların perde duvarları ile yanal dayanımını arttırılması (a) ekleme teknikleri, (b) dolgu tekniği

Betonarme duvarların tasarımı yeni yapının tasarımına gibidir. Çizelge 2.5'te perde duvarları ekleme tekniğinin özellikleri ve uygulama amaçları verilmiştir.

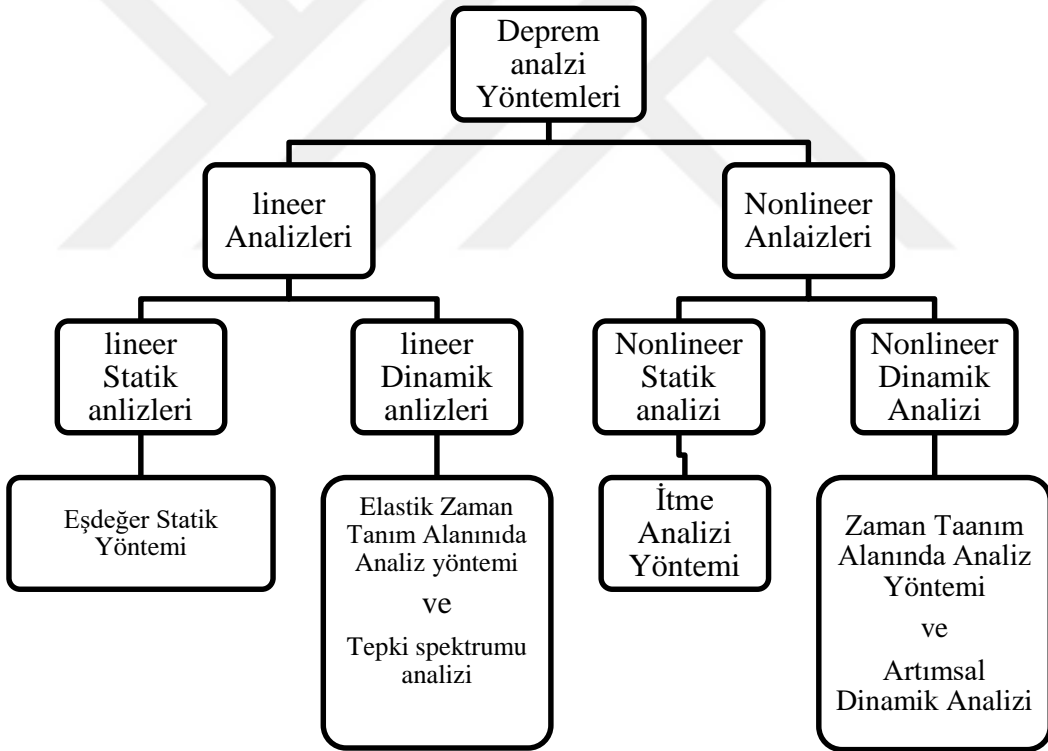
Çizelge 2.5: Perde duvarı ekleme tekniğinin özellikleri

Güçlendirme Tekniği	Betonarme Perde Duvarı ekleme tekniği
Özellikleri	Simetrik yapılar için uygun bir uygulamadır Yapıların süreksizliği düzeltilir Dişli döşemeli binalar için daha uygundur Yatay ve düşey yüklere karşı yapıların dayanımı artırır Yapılar bir / birkaç perde ile güçlendirilebilir
Uygulanma amacı	Yapıların yanal rijitliği, dayanım ve sünekliği arttırılmak için Yumuşak kat / zayıf kat problemini çözülmek için Binadaki diğer elemanlarında (kolon ve kiriş) kesme ve moment taleplerini azaltır.
Uygulama alanları	Kirişler ve kolonlar arasında
Dezavantajları	Yapının kütlelerini arttırır Uygulanmasının zorluğu

3. YÖNTEM

3.1 Deprem Analizi Yöntemleri

Deprem analizi yöntemlerinin ana amacı, verilen bir deprem için yapılarda oluşan taban kesme kuvvetleri, iç kuvvetleri, yer değiştirmeler gibi yapısal parametrelerin belirlenmesidir. Yapıların deprem performansının belirlenmesi için lineer (doğrusal) ve nonlinear (doğrusal olmayan) hesap yöntemleri bulunmaktadır. Şekil 3.1’de deprem analizi yöntemlerinin genel sınıflandırılması gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Deprem analizi yöntemlerinin genel sınıflandırılması

3.2 Yöntem-Artımsal dinamik analizi

Artımsal dinamik çözümleme (incremental dynamic analysis – IDA), yapısal davranışın tüm evrelerinin (elastik davranıştan, global stabilite kaybına kadar) belirlenmesinde, farklı şiddet seviyelerine göre ölçeklendirilmiş bir ya da daha

fazla deprem kaydı kullanılarak, doğrusal olmayan dinamik çözümleme yapılan bir yöntemdir. Bu çalışmada artımsal dinamik çözümleme yönteminin kullanılmasının nedeni, incelenen yapısal davranış parametrelerinin hesaplanabilmesi için gerekli olan akma noktasının çok serbestlik dereceli sistemlerde belirlenmesinin kolay ve pratik olmayışıdır. Bu nedenle deprem kaydını sürekli arttırarak, sistemin tüm davranışının bir başka deyişle, akma ve göçme noktalarının tam olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu yöntem ilk kez 1977 yılında Bertero tarafından kullanılmıştır [22]. Sonraki yıllarda da çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Son olarak Vamvatsikos ve Cornell tarafından ayrıntılı olarak incelenmiştir [23]. Artımsal dinamik çözümleme için belirlenmesi gereken iki parametre bulunmaktadır. Bunlardan ilki depremin şiddetini ifade eden ve ölçeklendirmede esas alınacak olan parametredir (şiddet ölçütü). Diğeri ise depremin şiddetini ifade eden parametrenin karşılığı olan ve hasarı ifade eden yapısal davranış parametresidir (hasar ölçütü). Bir depremin farklı şiddet seviyelerine göre ölçeklendirilmesi, o depremin süresinde ve frekans içeriğinde herhangi bir değişikliğe neden olmaz. Sadece yer hareketine ait tüm ivme değerlerinin sabit bir sayı ile çarpılması esasına dayanır. Bu ölçeklendirmenin iki şekilde yapılması mümkündür. Birinci yaklaşımda, deprem kaydı doğrudan en büyük yer ivmesine göre ölçeklendirilirken, ikinci yaklaşımda ise yapısal sistemin birinci moduna ait spektral ivme değerinden hareketle ölçeklendirme yapılmaktadır. Artımsal dinamik çözümleme için gereken ikinci parametre ise, çözümlenmelerde yapısal hasarı tanımlayabilmek için gerekli olan hasar parametresidir. Bu parametre, görelî tepe deplasmanı, herhangi bir katın görelî deplasmanı, en büyük taban kesme kuvveti veya en büyük görelî kat ötelemesi gibi farklı parametreler olabilir. Genellikle hasar parametresi olarak, en büyük görelî kat ötelemesi değeri kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, ölçeklendirme doğrudan en büyük yer ivmesine göre yapılmış olup, hasar parametresi olarak da en büyük görelî kat ötelemesi seçilmiştir.

ÇSD sistemlere ait deprem yükü azaltma katsayılarının hesabı için izlenen yol şu şekilde özetlenebilir. Öncelikle, her bir deprem kaydı için elastik taban kesme kuvvetleri hesaplanır. Bu elastik taban kesme kuvveti, yapının birinci titreşim periyoduna karşı gelen spektral ivme ile yapı ağırlığının ve her bir

deprem kaydı için bulunan ölçeklendirme katsayısının çarpımına eşittir. Deprem kayıtlarına ait ölçeklendirme katsayıları ise, artımsal dinamik çözümleme ile bulunan ve elastik davranışın artık geçerli olmadığı, akma noktasındaki deprem kaydının ölçeklendirildiği katsayıdır. Deprem yükü azaltma katsayıları ise, her bir deprem kaydı için hesaplanan elastik taban kesme kuvvetlerinin, tasarım taban kesme kuvvetine oranı olarak belirlenmektedir.

ÇSD sistemlere ait elastik olmayan yerdeğiştirme oranları ve süneklikler hesaplanırken, en üst kata ait en büyük ve akma yerdeğiştirmeleri (tepe yerdeğiştirmesi) dikkate alınmıştır.

3.2.1 Akma Tanımı

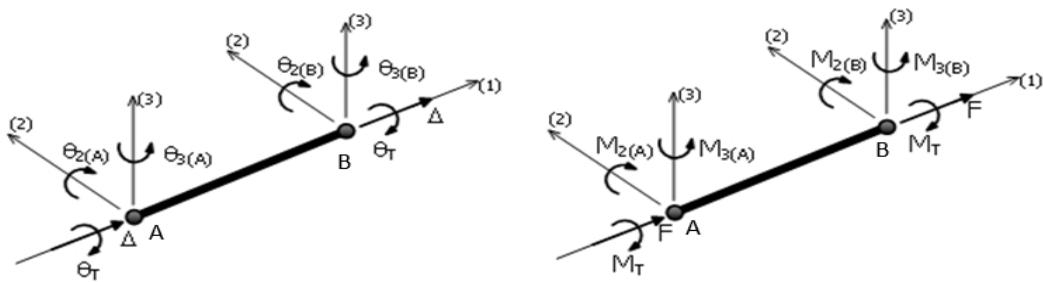
Bu çalışmada, zemin yapı etkileşiminin göz önüne alındığı ve alınmadığı durumdaki çözümler, hem bir serbestlik dereceli hem de çok serbestlik dereceli sistemler için yapılmıştır. İncelenen yapısal davranış parametrelerinin hesabı için akma noktasının ve bu noktadaki yerdeğiştirmenin ve yapısal kuvvetin bilinmesine ihtiyaç vardır. Bir serbestlik dereceli sistemler için akma anı kolaylıkla bulunabilirken, çok serbestlik dereceli sistemlerde akma noktası için yaklaşık bir kabul yapılması ve akma kriteri tanımlanması gerekir. Bu çalışmada, çok serbestlik dereceli sistemler için akma kriterleri olarak, yerel ve global anlamda olmak üzere iki kriter tanımlanmıştır. Yerel akma kriteri olarak, örtü betonun dağılması veya donatı çeliğinin akması tanımlanmıştır. Bu durumlara karşılık gelen malzeme birim şekil değiştirmeleri, örtü beton için (ϵ_{co}) 0.002 ve donatı çeliği için (ϵ_{sy}) 0.0021 kabul edilmiştir. Bu değerlerden birine ulaşıldığı anda, yapıda akma noktasına ulaşıldığı kabul edilmiştir. Global anlamda ise, artımsal dinamik çözümleme eğrisinin doğrusallıktan uzaklaştığı ve eğiminde azalmanın olduğu nokta, akma noktası olarak kabul edilmiştir. Çözümlerinde en büyük görelî kat ötelemesi değeri 0.03 ile sınırlandırılmış ve bu anda yapıda göçme olduğu kabul edilmiştir [24].

3.2.2 Çözümleme Platformu

Bu çalışmada; çok serbestlik dereceli sistemlerin artımsal dinamik çözümleri için SEISMOSTRUCT [25] yazılımı kullanılmıştır. Seismostruct, iki ve üç boyutlu, çelik, betonarme ve kompozit sistemlerin, hem geometri hem de malzeme bakımından doğrusal olmama durumunu göz önüne

olarak statik ve dinamik yükler altında analiz yapabilen bir sonlu eleman programıdır. Seismostruct programında, statik analiz, özdeğer analizi, itme analizi (pushover), doğrusal olmayan dinamik analiz ve artımsal dinamik analiz yapılabilmektedir. Ayrıca programda, on bir farklı malzeme modeli ve on beş farklı enkesit tanımı mevcuttur.

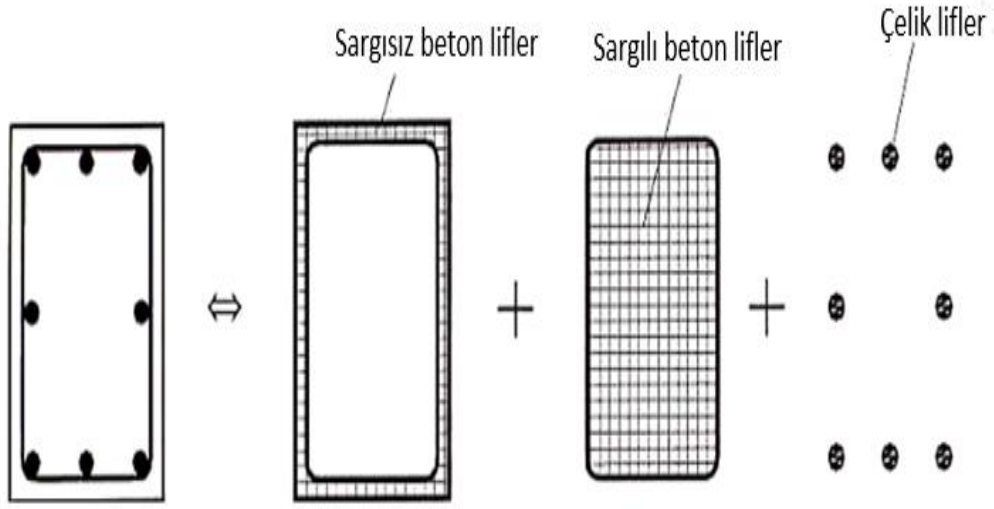
SeismoStruct programında, doğrusal olmayan malzeme davranışı, lif (fiber) eleman yaklaşımı kullanılarak, plastiklik bir noktada yığılı olarak değil, eleman uzunluğu ve kesit yüksekliği boyunca yayılı olarak ele alınmaktadır. Lif eleman modelleri, eğilme davranışı ile aksenal kuvvet arasındaki etkileşimi tanımlamanın uygun olması sebebiyle literatürde geniş kullanım alanına sahiptir. Kesite ait gerilme-şekil değiştirme durumu ise, kesiti oluşturan her bir lif için elastik ötesi malzeme davranışının integrasyonundan hareketle bulunmaktadır. Bunun yanı sıra program, geometrik olarak doğrusal olmayan davranışı, hem yerel (kiriş-kolon elemanlarda, $P-\delta$), hem de genel (sisteme ait büyük yerdeğiştirme / dönme etkileri, $P-\Delta$) olarak dikkate almaktadır. Programın büyük şekil değiştirme seviyelerindeki yakınsaklığı ve sayısal stabilitesi sebebiyle, elastik ötesi tepkinin ve göçme yükünün bulunması kolaydır. Kiriş ve kolonlar kübik üç boyutlu elastoplastik kiriş kolon elemanları kullanılarak modellenmiştir. Elemanın yerdeğiştirme ve dönmeleri Şekil 3.2’de görülen şekilde tanımlanır.



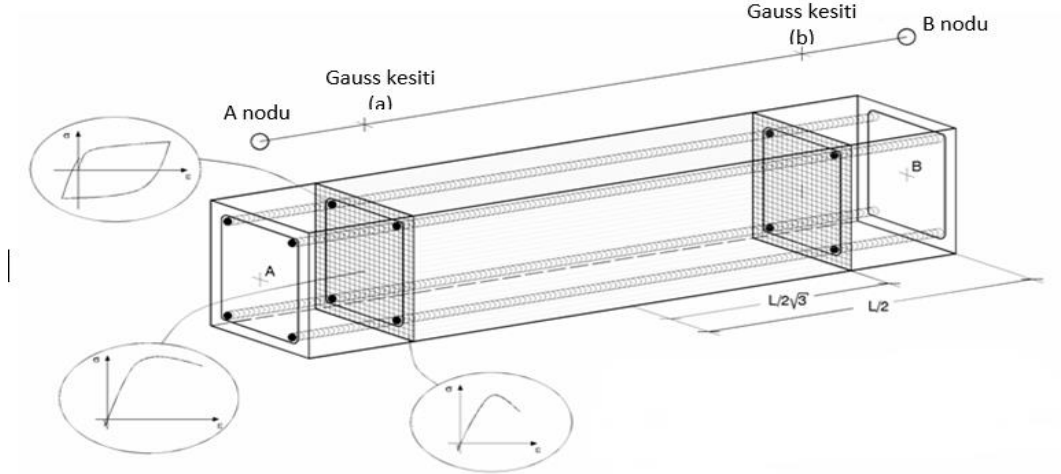
Şekil 3.2: Elemanın yerdeğiştirme ve dönmeleri[25]

Bu eleman tipinde nümerik integrasyonlar iki Gauss kesitinde yapılmaktadır. Her bir Gauss kesitinde gerilmeler ve şekil değiştirmeler malzeme ilişkilerine dayanan lif (fiber) yaklaşımıyla eleman uzunluğu ve kesit yüksekliği boyunca değişken olarak elde edilir. Bu nedenle mafsallı oluşması beklenen bölgelerde

ayrıca bir mafsal tanımlaması yapmaya gerek yoktur. Bu yaklaşım Şekil 3.3 ve 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3: Tipik betonarme kesitin liflere ayrılması [25]



Şekil 3.4: Eleman boyunca tipik betonarme kesitin gösterimi [25]

3.3 Kullanılan Deprem Kayıtları

Bu çalışmada mevcut ve güçlendirilmiş sistemlerin analizlerinde 14 ayrı deprem kaydı kullanılmış olup bu kayıtlar PEER (Pacific Earthquake Engineering Research Center) veri tabanından alınmıştır. Kullanılan deprem kayıtlarının özellikleri Çizelge 3.1'da verilmiştir.

Çizelge 3.1: Seçilen deprem kayıtlarının özellikleri

Büyüklik	İstasyon Adı	İstasyon No	Mesafe (Km)	Bileşen 1	PGA (G)	Bileşen 2	PGA (G)
7	Petrolia	89156	8.1	PET000	0.59	PET090	0.66
6.7	Rinaldi Receiving Station	77	6.5	RRS228	0.87	RRS318	0.47
6.7	Sylmar Olive View	24514	5.3	SYL090	0.6	SYL360	0.84
7.4	Yermo Fire Station	22074	26.3	YER270	0.245	YER360	0.152
6.7	Newhall - Fire Sta	24279	5.2	NWH090	0.583	NWH360	0.59
6.7	Sylmar - Converter Sta East	75	5.19	SCE018	0.828	SCE288	0.493
6.7	Sylmar - Converter Sta	74	5.35	SCS052	0.603	SCS142	0.897

3.4 Kırılgnlık Eğrisi

Kırılgnlık fonksiyonu (eğrisi), geniş bir yelpazedeki şiddet ölçütlerinin (İM) bir fonksiyonu olarak bir yapının göçme olasılığı ve ya başka bir sınır durumunu belirtir. Bu eğrisinde İM olarak PGA, PGV, S_a gibi parametreler kullanır. Bir kırılgnlık fonksiyonu için verilerin elde edilmesi amacıyla farklı doğrusal olmayan dinamik analizinin prosedürleri kullanılmaktadır. Bunlardan iki genel prosedürleri ise doğrusal olmayan artımsal dinamik analizi (İDA) ve çoklu çizgi analizidir[26]. Bu çalışmada kırılgnlık eğrisinin oluşturulmasının nedeni, belirli şiddet ölçütü için, yapının hasar düzeyinin aşılma olasılığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle doğrusal olmayan artımsal dinamik analizi yönteminin (İDA) sonuçlarını kullanılarak minimum hasar (%1), belirgin hasar (%2) ve göçme hasar (%4) durumlara için kırılgnlık eğrisini geliştirilmiştir.

Bir kırılgnlık fonksiyonunun tanımlanması için sıkça bir normal kümülatif dağılım fonksiyonunu kullanır.

$$P(C/IM = X) = \Phi\left(\frac{\ln(x/\theta)}{\beta}\right) \quad (3.1)$$

Burada:

$P(C/IM = X)$: İM=x olan bir yer hareketi ile yapının göçmesine neden olan olasılığdır.

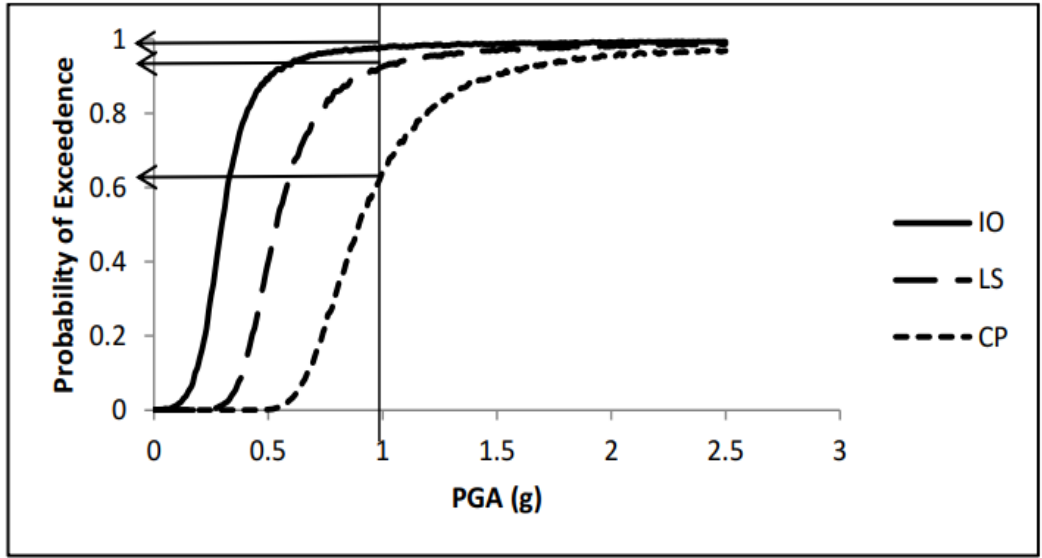
$\Phi()$: standar normal kümülatif dağılım fonksiyonu (CDF)

Θ : kırılmalık fonksiyonunun medyanı(%50 göçme olasılığına sahip İM düzeyi).

β : $\ln(\dot{I}M)$ için standart sapmadır(bazen İM dağılımı olarak da ifade edilir).

Denklem 2.1, bir yapıda göçme neden olan İM değerlerinin log normal dağıldığını ifade etmektedir.

Şekil 3.5'te Kırılmalık eğrisinin bir örneği olarak, farklı İM (İM olarak PGA kullanılmıştır) seviyelerine karşı gelen hasar olasılığını gösterilmiştir. Görüleceği gibi HK, CG ve GÖ limitleri 1g seviyesinde aşılma olasılığı sırasıyla %97, %92 ve %64'dir.



Şekil 3.5: kırılmalık eğrisinin örneği



4. ÖRNEK BİR OKUL BİNASININ MEVCUT VE GÜÇLENDİRİLMİŞ DURUMLARININ MODELLENMESİ VE HER İKİ DURUMUNUN ÇÖZÜMLEME SONUÇLARI

4.1 Giriş

Bu bölümde Edirne ilinde bulunan bir betonarme okul binası ele alınmış olup, söz konusu bina SEİSMOSTRUCT yazılımı ile modellenmiştir. Söz konusu binanın mevcut durumundaki performans seviyesi Türk Deprem Yönetmeliği'nde verilen gerekli performans düzeylerini sağlamamaktadır. Bu nedenle, binaya Türk Deprem Yönetmeliği'ne (2007) uygun olacak şekilde güçlendirme amaçlı betonarme perde duvarları ekleyerek ve artımsal dinamik analiz yöntemi kullanılarak performans düzeyi belirlenmiştir.

4.2 İncelenen Binanın Mevcut Durumdaki Genel Bilgileri

Bu çalışmada Edirne ilinde bulunan 5 katlı betonarme çerçeve okul projesine ait kat kalıp planları, beton ve çelik sınıfı, kolon ve kirişlere ait donatı detayları gibi bilgileri kullanılarak mevcut durumunun performans değerlendirmesi yapılmıştır.

Mevcut bina, 1 bodrum, 1 zemin ve 3 normal kat olmak üzere toplam 5 kattan oluşmaktadır. Katlara ait genel bilgiler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Binanın mevcut durumundaki taşıyıcı sisteminin malzeme özellikleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Binanın genel parametreleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.1: İncelenen binanın mevcut durumuna ait kat özellikleri

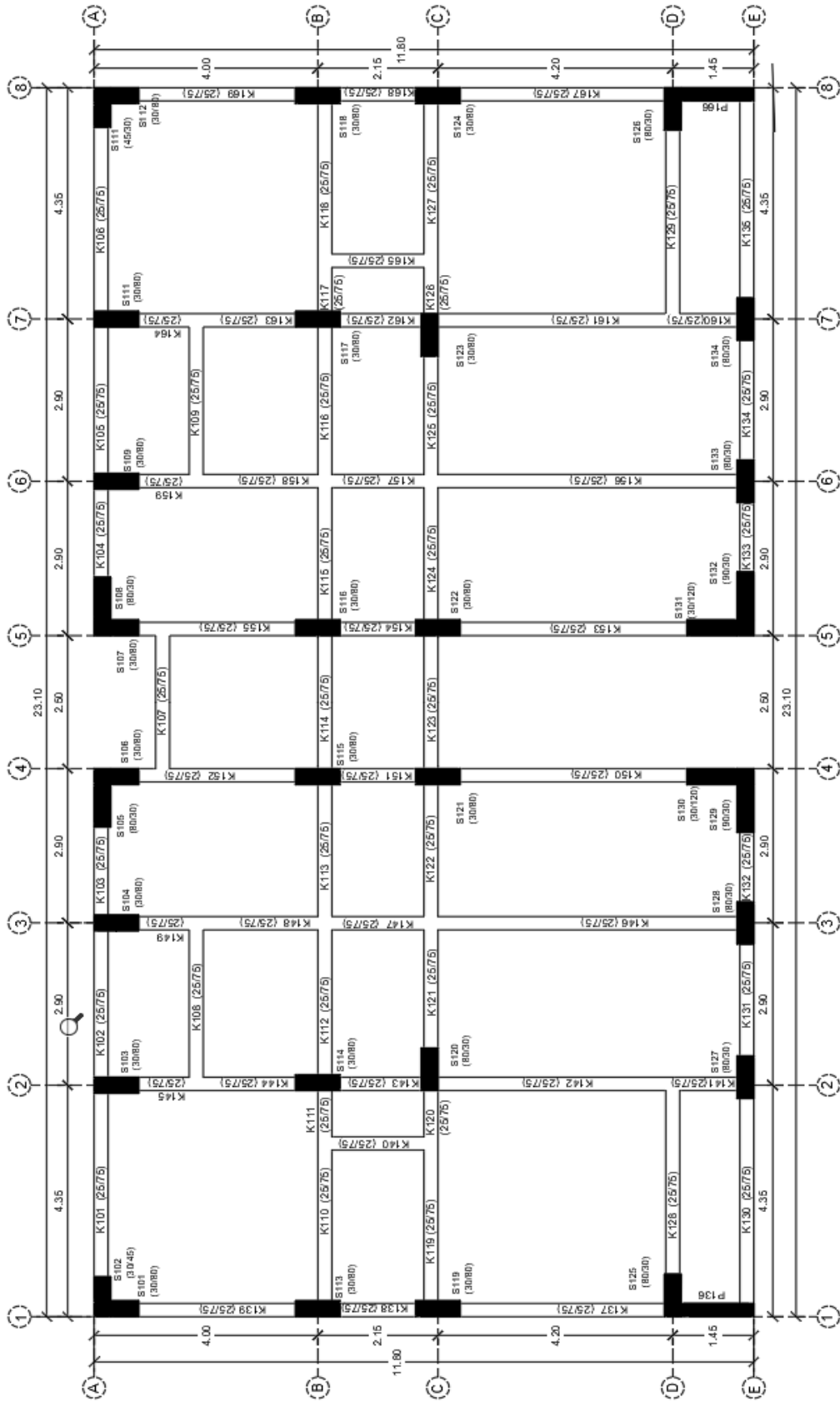
Kat sayısı	1 bodrum+ 1 zemin kat + 3 normal	
Kat yükseklikleri	Bodrum	3m
	Zemin kat	3m
	3 normal kat	3m
Toplam yüksekliği	15m	
Binanın oturma alanı	272.58m ²	

Çizelge 4.2: İncelenen binanın mevcut durumdaki malzeme özellikleri

Beton			Çelik		
Sınıf	Basınç Dayanımı f _{ck} (MPa)	Elastisite Modülü E _c (MPa)	Sınıf	Akma Dayanımı f _{yk} (MPa)	Elastisite Modülü E _s (MPa)
C8	8	13290	S220	220	236500

Çizelge 4.3 İncelenen binanın genel parametreleri

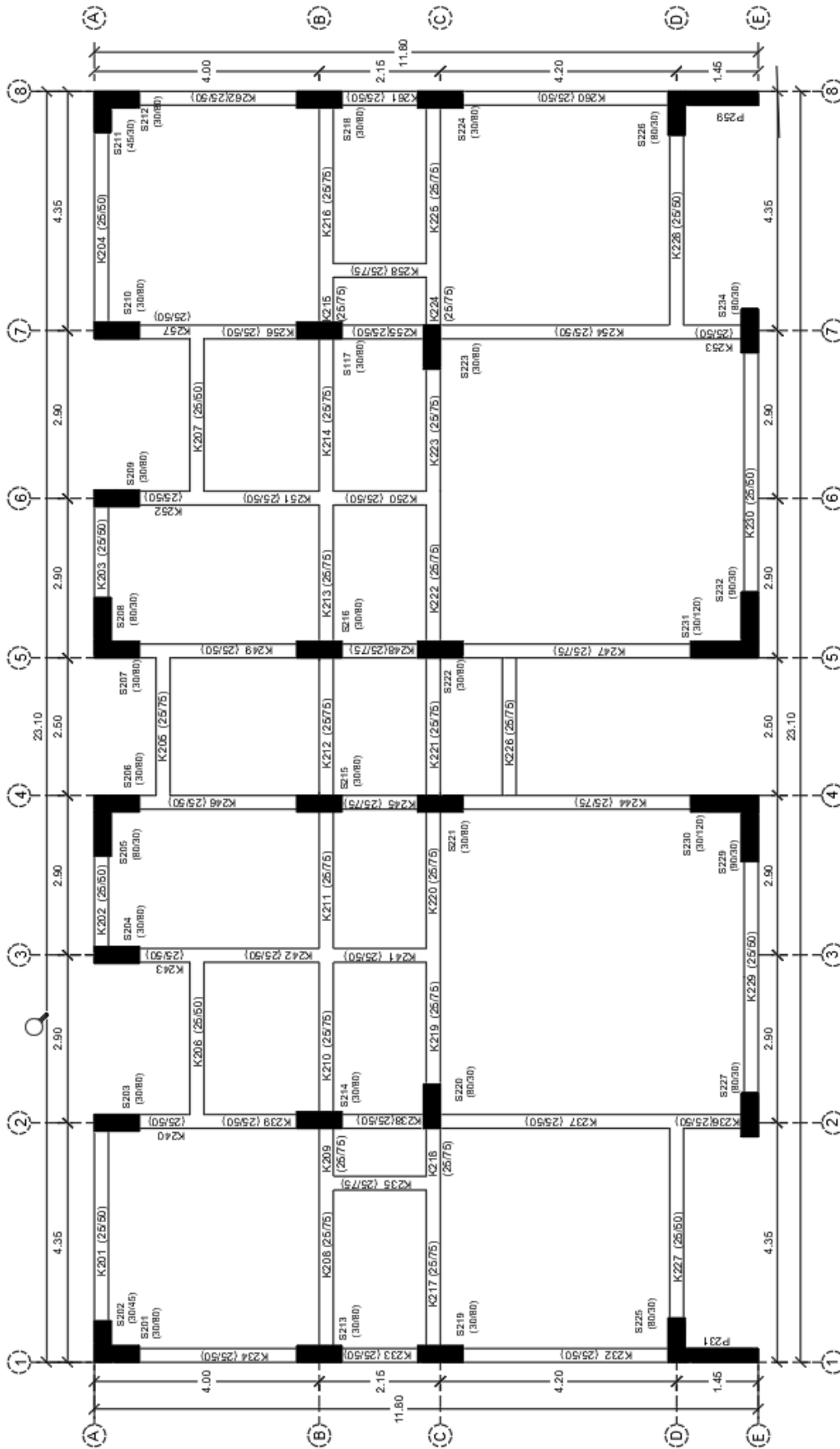
Zemin sınıfı	Z3 (T _A =0.15 ve T _B =0.6)
Deprem bölgesi	1 (A ₀ =1.4)
Yapı önem katsayısı	1.4



BODRUM KAT KALIP PLANI

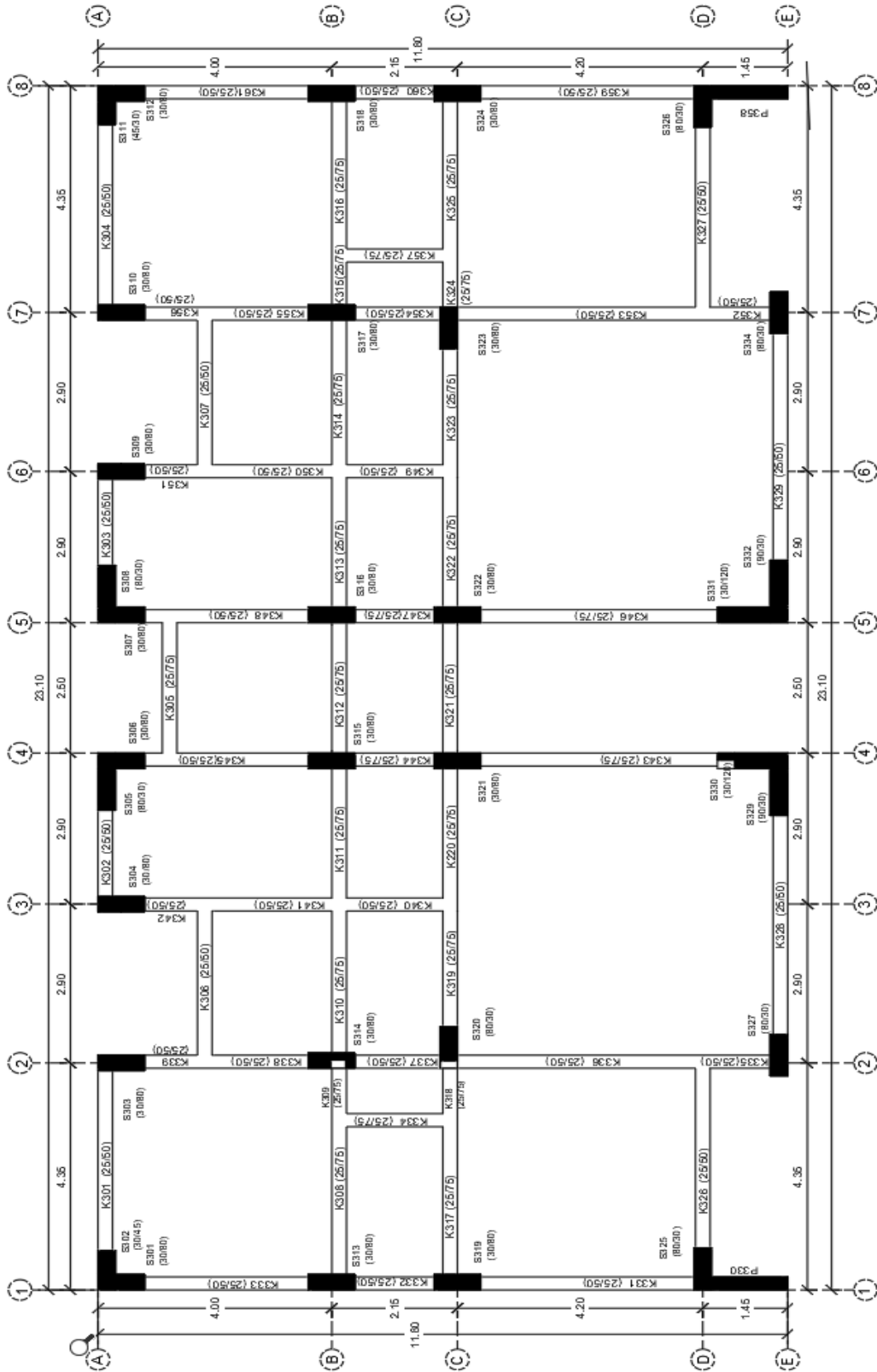
Şekil 4.1: İncelenen binanın bodrum kat kalıp planı

Binanın mevcut durumunun bodrum kat kalıp planı Şekil 4.1’de, zemin kat planı Şekil 4.2’de ve normal(birinci, ikinci, üçüncü) kat planı şekil 4.3’te gösterilmiştir.



ZEMİN KAT KALIP PLANI

Şekil 4.2: İncelenen binanın zemin kat kalıp planı

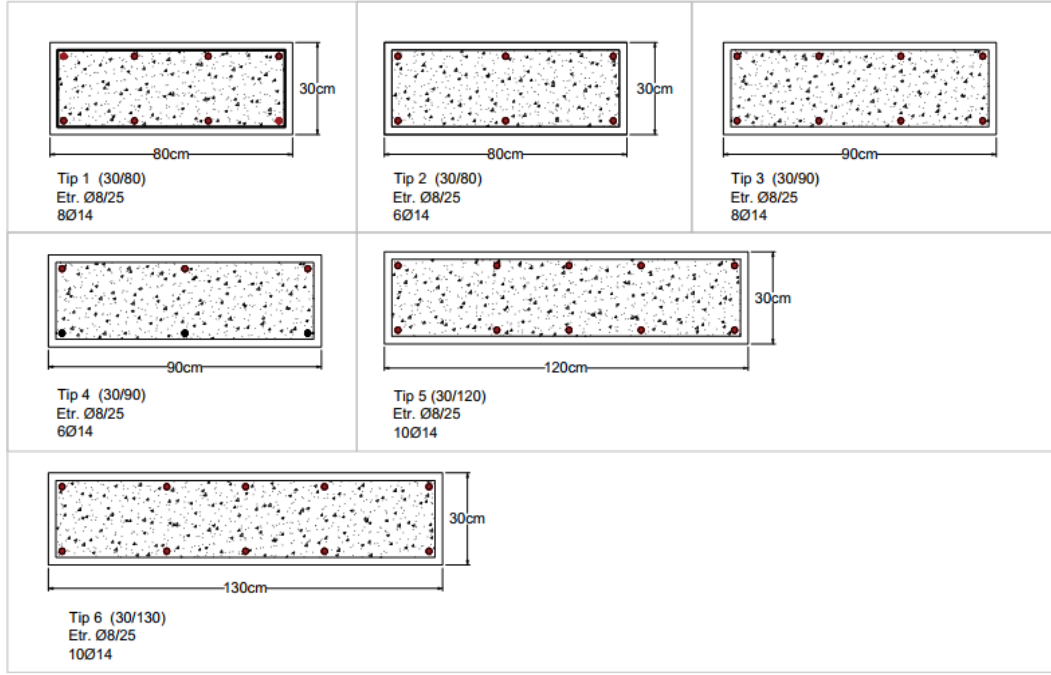


1. NORMAL KAT KALIP PLANI

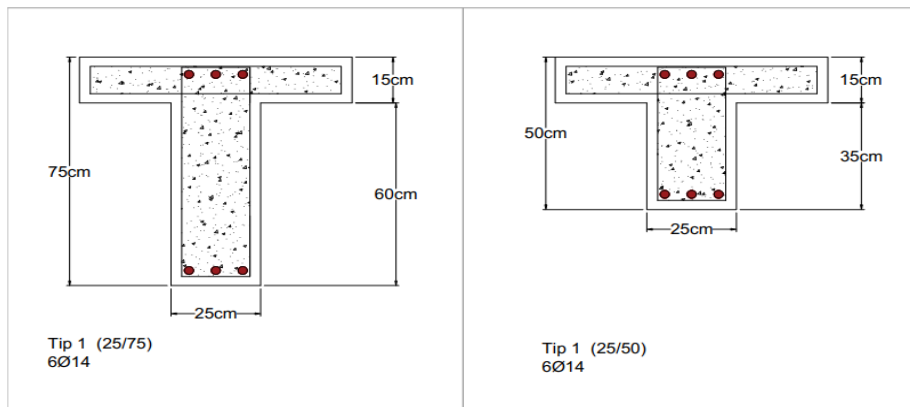
Şekil 4.3: İncelenen binanın birinci, ikinci ve üçüncü kat kalıp planı

4.2.1 İncelenen Binanın Mevcut Durumunun Kolonları Ve Kirişlerinin kesit Detayları

Tahribatlı yöntem ile kolon ve kiriş donatı tespit işlem donatı yerleşim planı şekil 4.4 ve şekil 4.4'te gösterilmiştir. Kolon ve kirişteki kesit boyutları ve kullanılan donatı miktarları Çizelge 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4: Tahribatlı yöntem ile kolon donatı tespit işlem donatı yerleşim planı



Şekil 4.5: Tahribatlı yöntem ile kiriş donatı tespit işlem donatı yerleşim planı

Çizelge 4.4: Kolonların kesit boyutları ve boyuna donatıları

Kat	Kolon	Boyut	Kolon Donatısı
1.Kat	S101	Poligon	14 ϕ 14
	S102	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S103	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S104	Poligon	16 ϕ 14
	S105	Poligon	14 ϕ 14
	S106	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S107	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S108	Poligon	14 ϕ 14
	S109	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S110	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S111	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S112	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S113	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S114	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S115	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S116	80x30	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S117	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S118	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S119	80x30	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S120	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S121	Poligon	16 ϕ 14
	S122	Poligon	16 ϕ 14
	S123	80x30	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S124	80x30	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S125	Poligon	16 ϕ 14
	S126	Poligon	16 ϕ 14
	S127	80x30	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S128	80x30	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
2. Kat	S201	Poligon	14 ϕ 14
	S202	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S203	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S204	Poligon	16 ϕ 14
	S205	Poligon	14 ϕ 14
	S206	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S207	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S208	Poligon	14 ϕ 14
	S209	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S210	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S211	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S212	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S213	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S214	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S215	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S216	80x30	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S217	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S218	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S219	80x30	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14
	S220	30x80	2x2 ϕ 14+2x2 ϕ 14

Çizelge 4.4: (devam) Kolonların kesit boyutları ve boyuna donatıları

	S221	Poligon	16φ14
	S222	Poligon	16φ14
	S223	80x30	2x2φ14+2x2φ14
	S224	80x30	2x2φ14+2x2φ14
	S225	Poligon	16φ14
	S226	Poligon	16φ14
	S227	80x30	2x2φ14+2x2φ14
	S228	80x30	2x2φ14+2x2φ14
3. kat	S301	Poligon	14φ14
	S302	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S303	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S304	Poligon	16φ14
	S305	Poligon	14φ14
	S306	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S307	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S308	Poligon	14φ14
	S309	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S310	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S311	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S312	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S313	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S314	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S315	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S316	80x30	2x2φ14+2x1φ14
	S317	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S318	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S319	80x30	2x2φ14+2x1φ14
	S320	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S321	Poligon	16φ14
	S322	Poligon	16φ14
	S323	80x30	2x2φ14+2x1φ14
	S324	80x30	2x2φ14+2x1φ14
	S325	Poligon	16φ14
	S326	Poligon	16φ14
	S327	80x30	2x2φ14+2x1φ14
	S328	80x30	2x2φ14+2x1φ14
4. kat	S401	Poligon	14φ14
	S402	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S403	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S404	Poligon	16φ14
	S405	Poligon	14φ14
	S406	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S407	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S408	Poligon	14φ14
	S409	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S410	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S411	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S412	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S413	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S414	30x80	2x2φ14+2x1φ14

Çizelge 4.4: (devam) Kolonların kesit boyutları ve boyuna donatıları

	S415	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S416	80x30	2x2φ14+2x1φ14
	S417	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S418	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S419	80x30	2x2φ14+2x1φ14
	S420	30x80	2x2φ14+2x1φ14
	S421	Poligon	16φ14
	S422	Poligon	16φ14
	S423	80x30	2x2φ14+2x1φ14
	S424	80x30	2x2φ14+2x1φ14
	S425	Poligon	16φ14
	S426	Poligon	16φ14
	S427	80x30	2x2φ14+2x1φ14
	S428	80x30	2x2φ14+2x1φ14
	5. kat	S501	Poligon
S502		30x80	2x2φ14+2x1φ14
S503		30x80	2x2φ14+2x1φ14
S504		Poligon	Poligon
S505		Poligon	Poligon
S506		30x80	2x2φ14+2x1φ14
S507		30x80	2x2φ14+2x1φ14
S508		Poligon	14φ14
S509		30x80	2x2φ14+2x1φ14
S510		30x80	2x2φ14+2x1φ14
S511		30x80	2x2φ14+2x1φ14
S512		30x80	2x2φ14+2x1φ14
S513		30x80	2x2φ14+2x1φ14
S514		30x80	2x2φ14+2x1φ14
S515		30x80	2x2φ14+2x1φ14
S516		80x30	2x2φ14+2x1φ14
S517		30x80	2x2φ14+2x1φ14
S518		30x80	2x2φ14+2x1φ14
S519		80x30	2x2φ14+2x1φ14
S520		30x80	2x2φ14+2x1φ14
S521		Poligon	16φ14
S522		Poligon	16φ14
S523		80x30	2x2φ14+2x1φ14
S524		80x30	2x2φ14+2x1φ14
S525		Poligon	16φ14
S526		Poligon	16φ14
S527		80x30	2x2φ14+2x1φ14
S528		80x30	2x2φ14+2x1φ14

4.3 İncelenen Binanın Güçlendirilmiş Durumunun Genel Belgileri

Bu çalışmada mevcut binanın güçlendirilmesi için iki farklı güçlendirme alternatifleri kullanılmıştır. Bunlar; güçlendirme alternatifi (1) ve güçlendirme

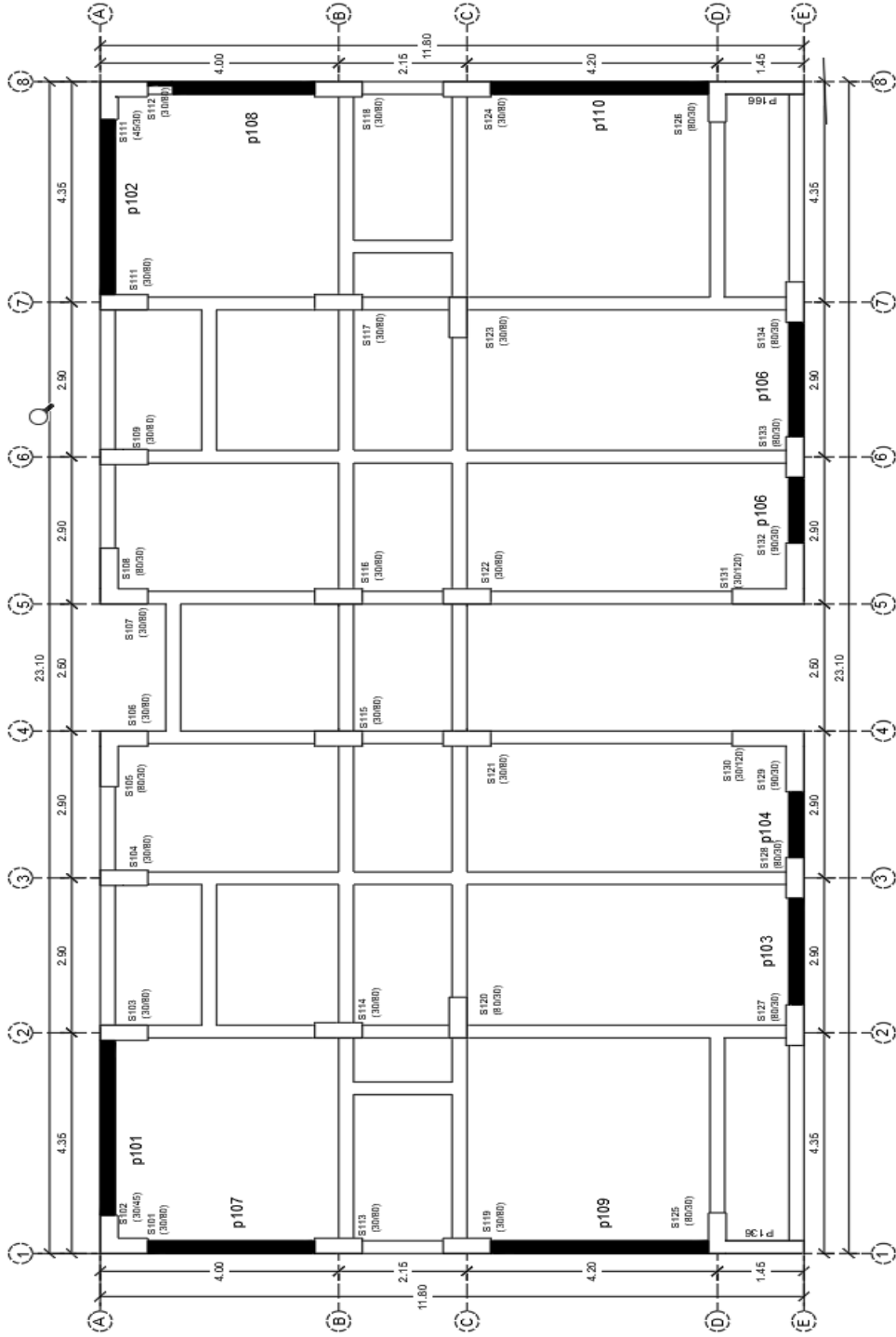
alternatifi (2) olarak isimlendirilmiştir. Her güçlendirme alternatifi için malzeme özellikleri Çizelge 4.5’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5: Güçlendirme alternatifi 1 ve 2 için malzeme özellikleri

Beton			Çelik		
Sınıf	Basınç Dayanımı	Elastisite Modülü	Sınıf	Akma Dayanımı	Elastisite Modülü
	f_{ck} (MPa)	E_c (MPa)		f_{yk} (MPa)	E_s (MPa)
C28	28	24870	S420	420	2.10^5

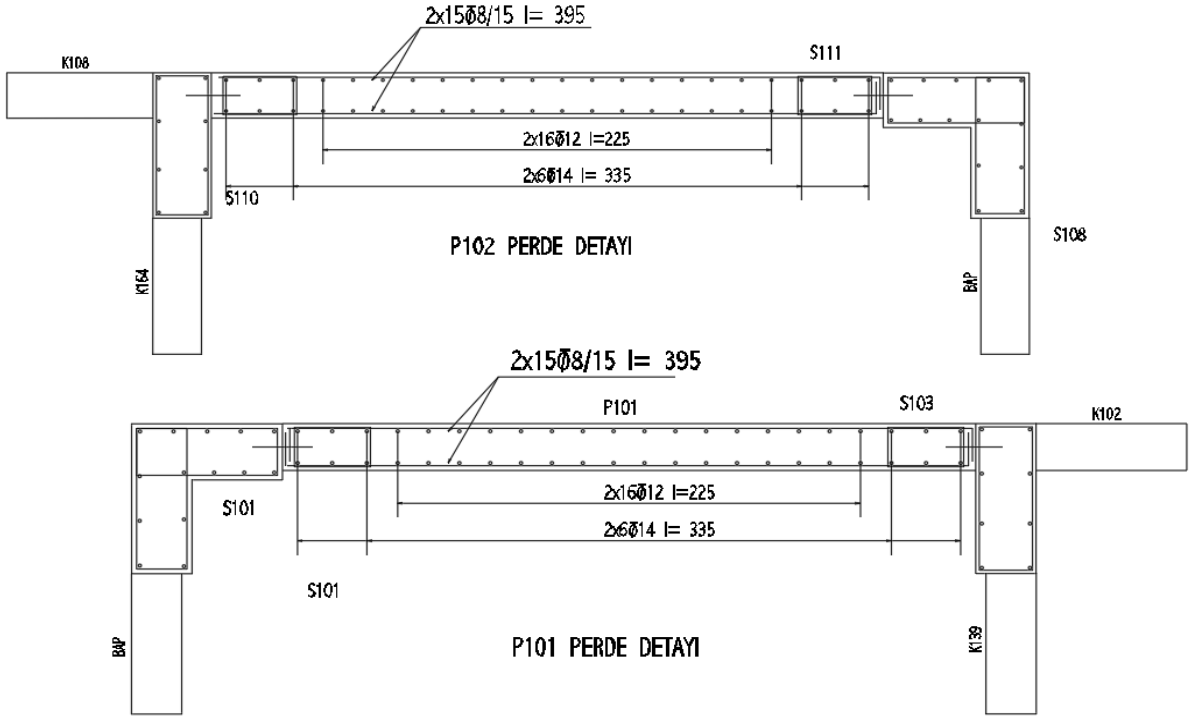
4.3.1 Güçlendirme Alternatifi (1)

Mevcut binanın dayanımının ve sünekliğinin artırılması amacıyla, binanın X ve Y yönüne betonarme perde duvarları eklenilmiştir. Güçlendirme amacıyla x ve y doğrultusunda yapıya eklenen perdelerin kesit alanlarının kat alanına oranları sırasıyla %1.4 ve %1.3’tür. Güçlendirme alternatifi (1)’e ait kalıp kat planı şekil 4.6’da gösterilmiştir. Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10’da perde duvarların donatı ve kesit detayları gösterilmiştir.

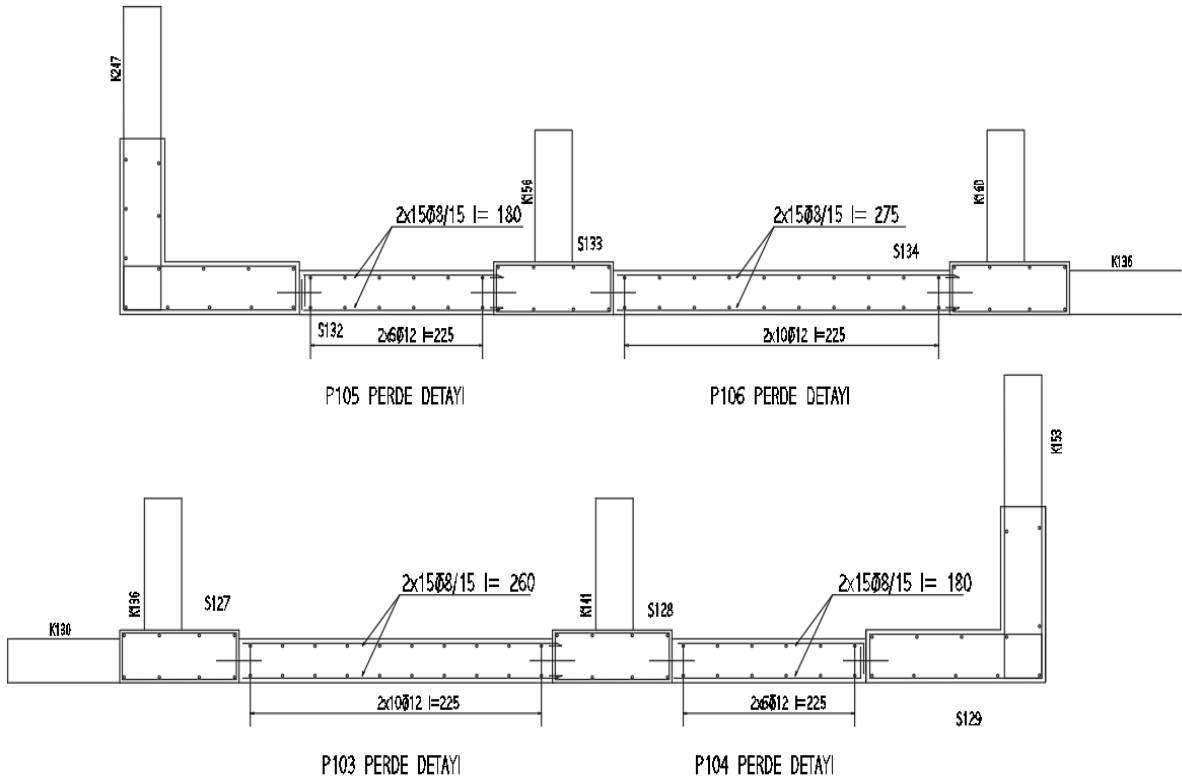


Güçlendirme Alternatifi 1 Tipik Kat Planı

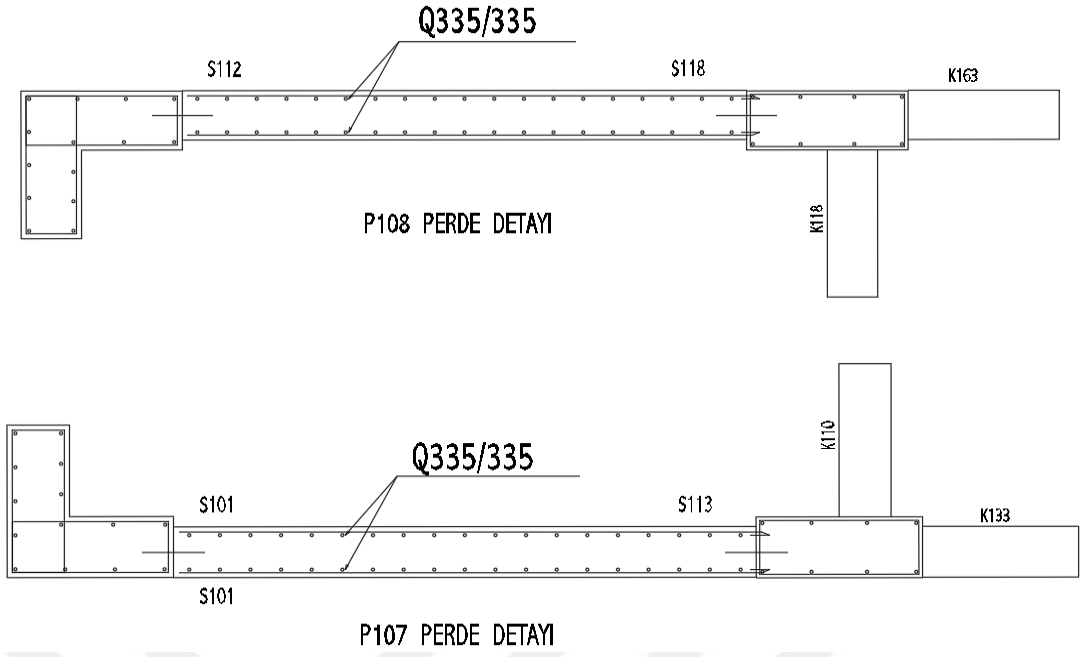
Şekil 4.6: Güçlendirme alternatifi 1'e ait tipik kat planı



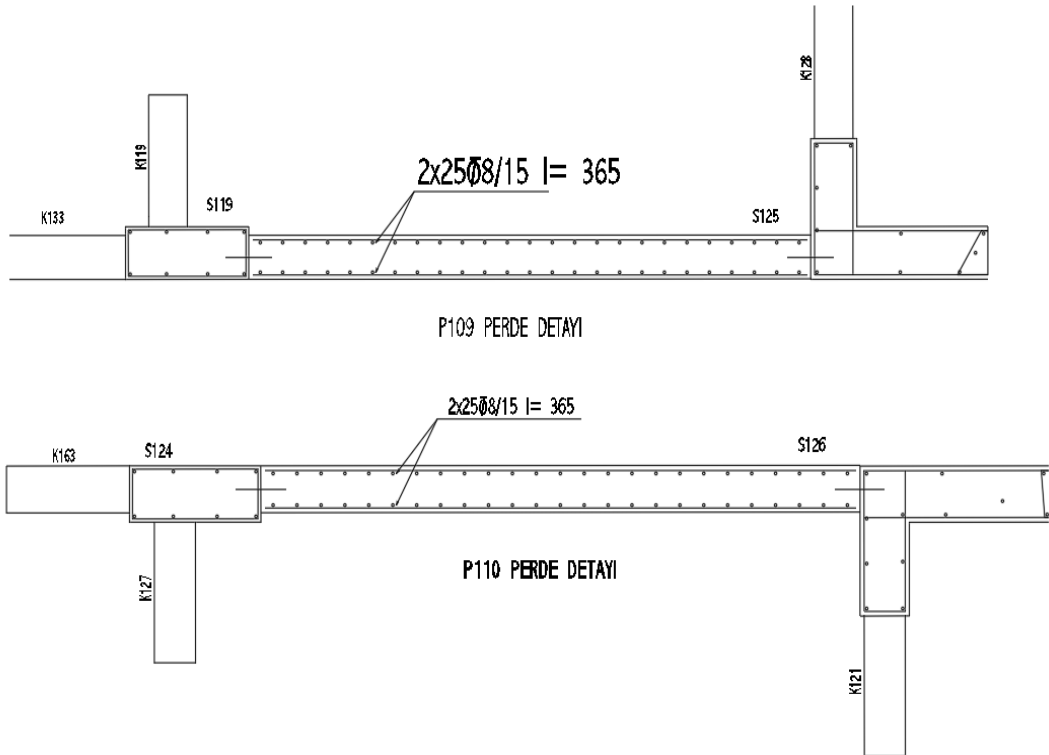
Şekil 4.7: P101, p102 kesit detayları



Şekil 4.8: P103, p104, p105 ve P106 kesit detayları



Şekil 4.9: P107 ve p108 kesit detayları

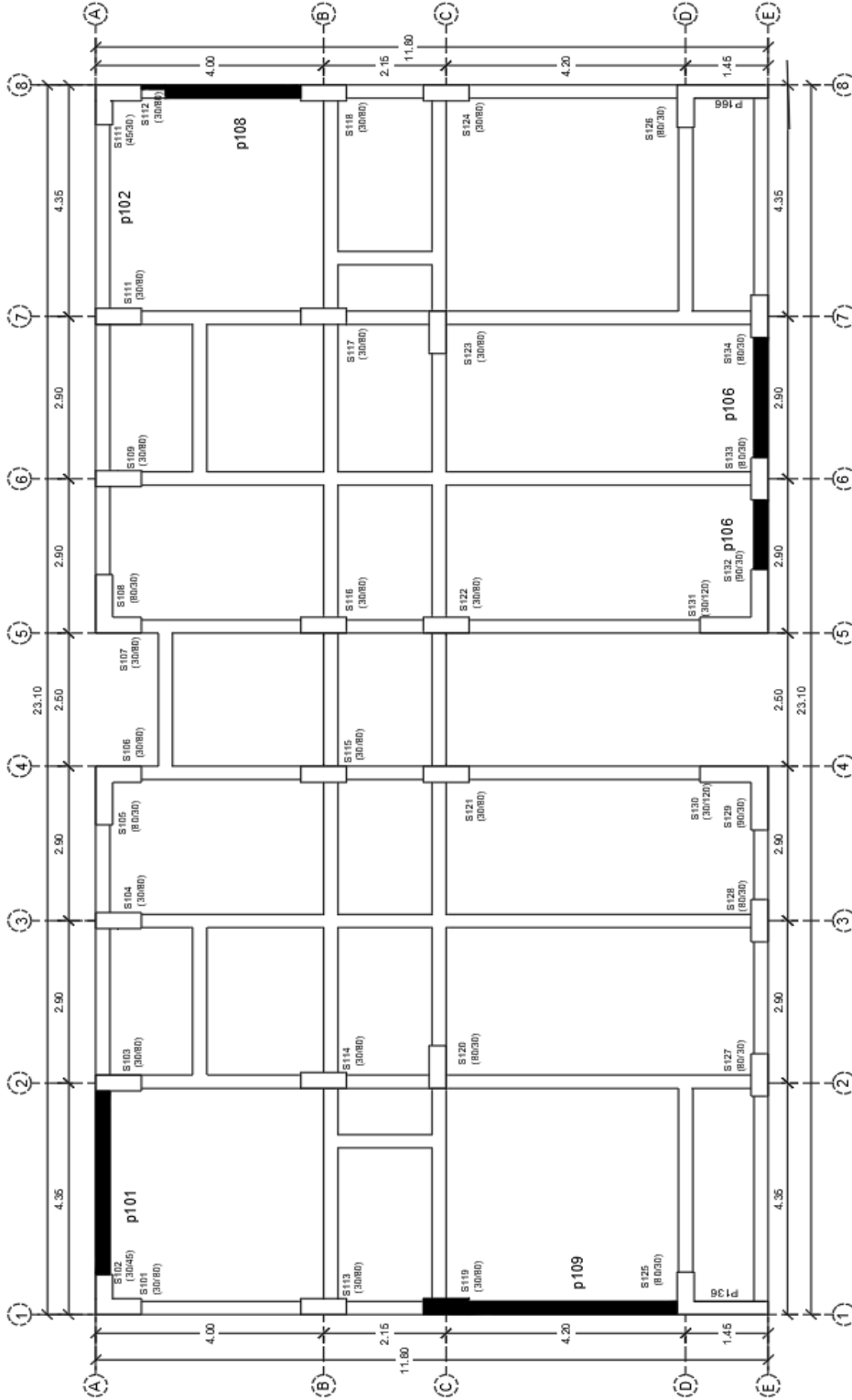


Şekil 4.10: P109 ve p110 kesit detayları

4.3.2 Güçlendirme Alternatifi (2)

Güçlendirme alternatifi (2)'ye ait kalıp kat planı şekil 4.11'de gösterilmiştir. Güçlendirme amacıyla x ve y doğrultusunda yapıya eklenen perdelerin kesit

alanlarının kat alanına oranları sırasıyla %0.77 ve %0.65'dir. Şekil 4.7, şekil 4.8, şekil 4.9 ve şekil 4.10'da perde duvarların donatı ve kesit detayları gösterilmiştir.

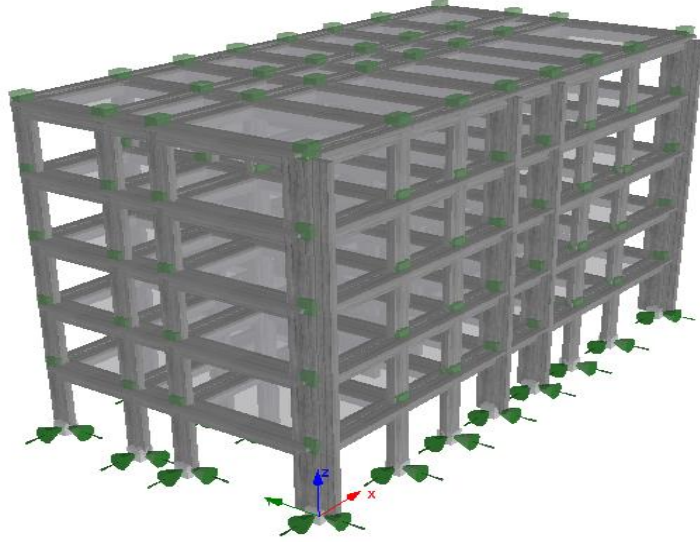


Güçlendirme Alternatifi 2 Tipik Kat Planı

Şekil 4.11: Güçlendirme alternatifi 2'ye ait tipik kat planı.

4.4 Mevcut Bina İçin Hesap Modelin Oluşturması

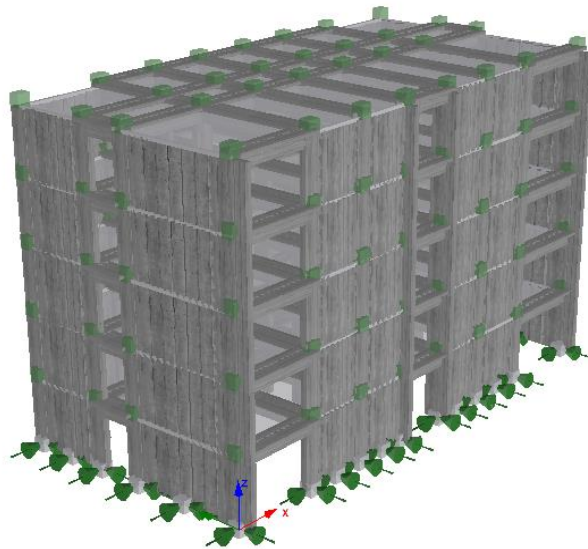
Bu alışmada Edirne ilinde bulunan bir okul binası, üç boyutlu olarak Seismostruct programında modellenmiştir. Mevcut binanın üç boyutlu modeli şekil 4.12’de gösterilmiştir.



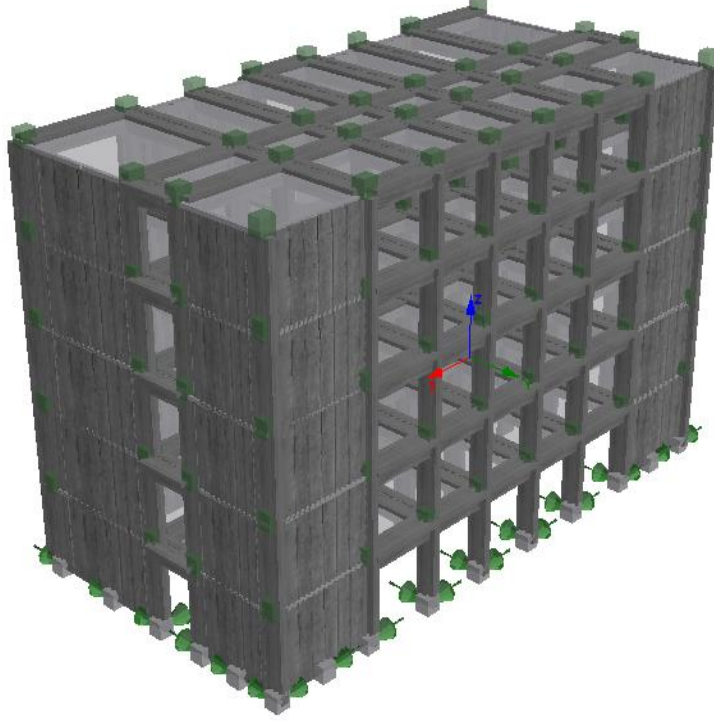
şekil 4.12: Mevcut durumunun hesap modeli n görünüş

4.5 Güçlendirme Alternatifi 1 İçin Hesap Modeli

Güçlendirilmiş yapı Seismostruct programında modellenip artımsal dinamik analizi yapılmıştır. Güçlendirme alternatifi 1 için üç boyutlu yapı modeli şekil 4.13 ve şekil 4.14’te gösterilmiştir.



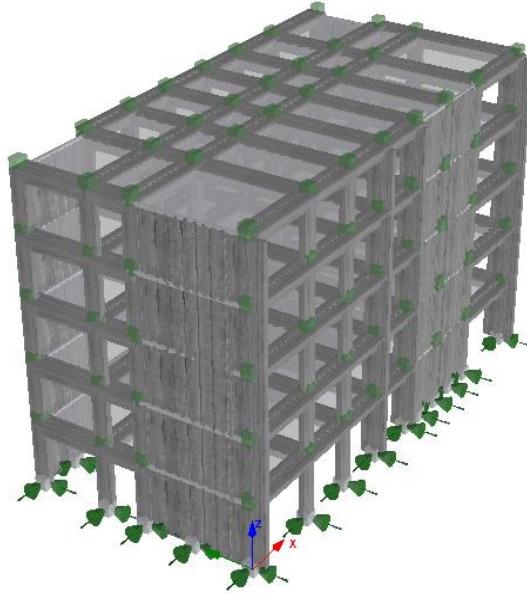
şekil 4.13: Güçlendirme alternatifi 1’e ait hesap modeli n görünümü



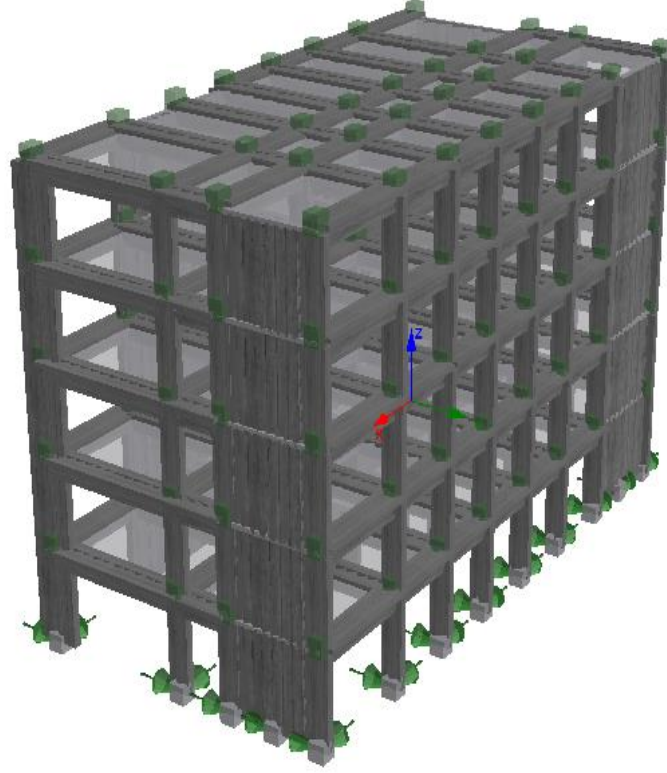
Şekil 4.14: Güçlendirme alternatifi 1'e ait hesap modeli arka görünüş

4.6 Güçlendirme Alternatifi 2 İçin Hesap Modeli

Güçlendirilmiş yapı Seismostruct programında modellenip artımsal dinamik analizi yapılmıştır. Güçlendirme alternatifi 2 için üç boyutlu yapı modeli Şekil 4.15 ve şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.15: Güçlendirme alternatifi 2'ye ait hesap modeli ön görünümü



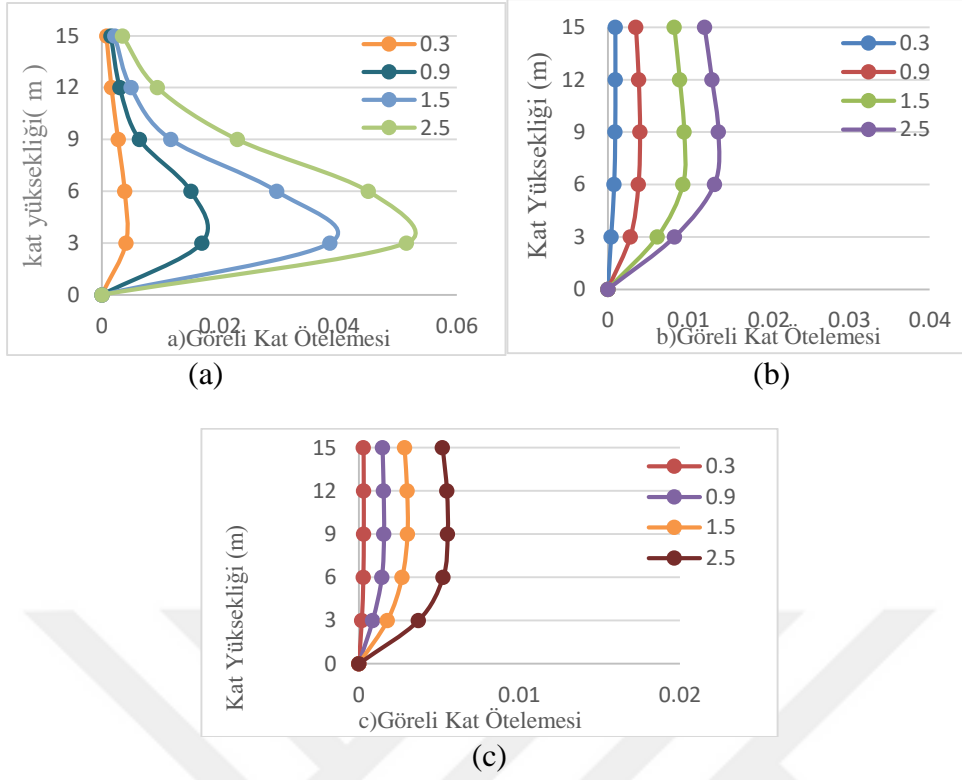
Şekil 4.16: Güçlendirme alternatifi 2'ye ait hesap modeli arka görünüş

4.7 Mevcut Ve Güçlendirme Alternatifleri 1 Ve 2 Sonuçlarının Karşılaştırılması

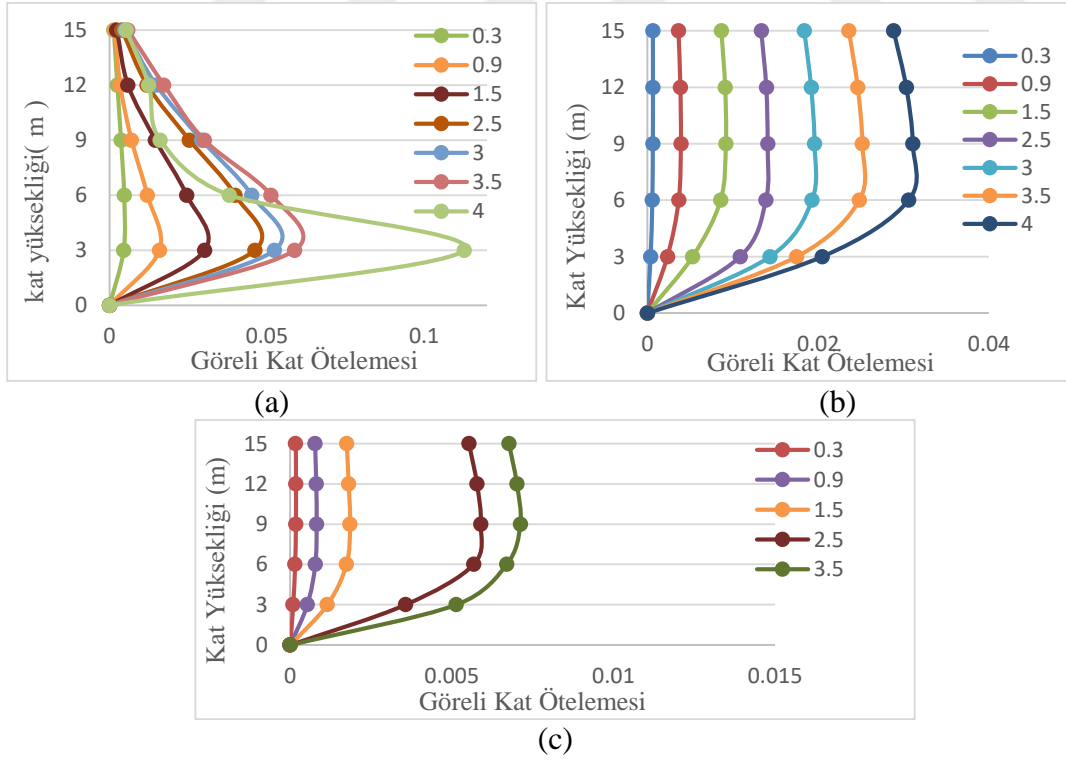
Bu bölümde mevcut ve güçlendirilmiş durumlar için yapının maksimum kat ötelemesi-kat yüksekliği eğrileri, taban kesme kuvveti-maksimum kat ötelemesi eğrileri ve kırılma eğrileri karşılaştırılmıştır.

4.7.1 Mevcut Ve Güçlendirilmiş Durumlar İçin Kat Yüksekliği-Görelî Kat Ötelemesi Eğrilerinin Karşılaştırılması

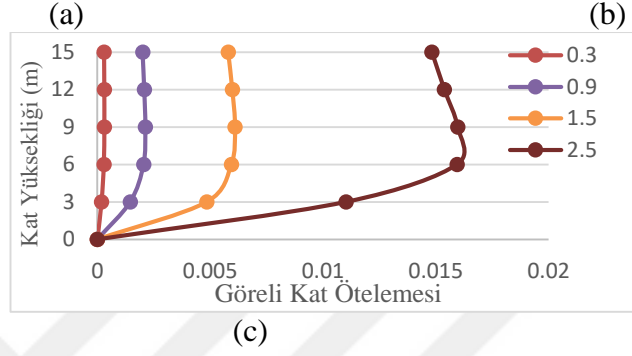
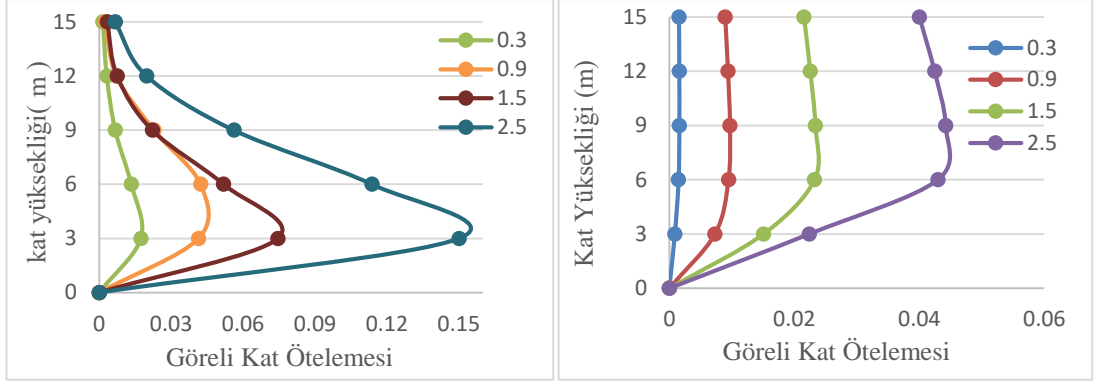
Her bir deprem kaydı için mevcut ve güçlendirilmiş yapının X yönüne ait kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi eğrilerin karşılaştırılması, Şekil 4.17 – 4.23'te, Y yönüne ait kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi eğrilerin karşılaştırılması ise Şekil 4.24 – 4.30'da gösterilmiştir.



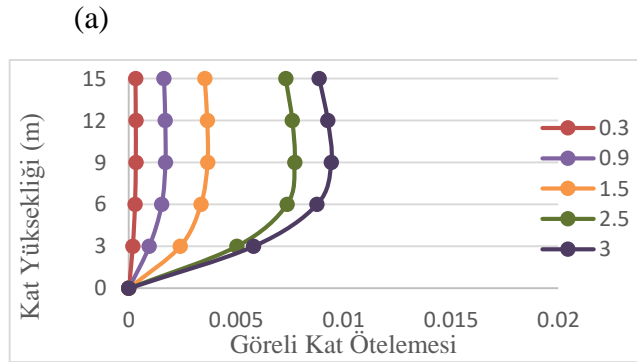
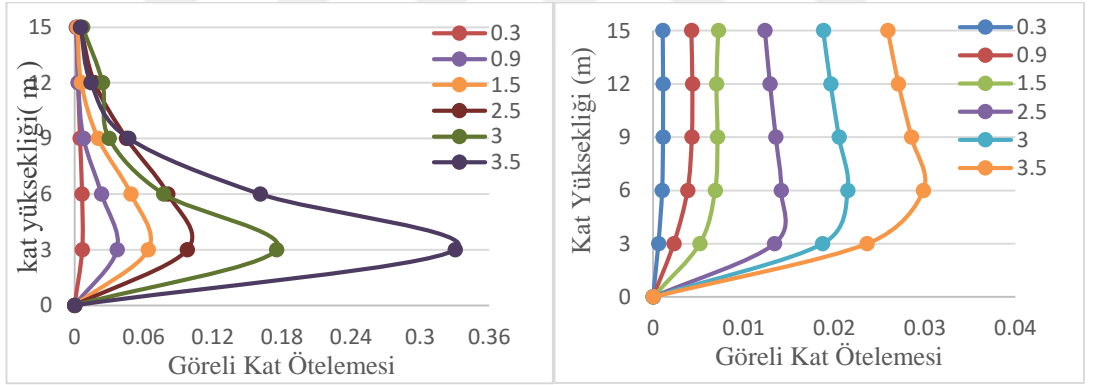
Şekil 4.17: NWH090 deprem kaydı için x-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1



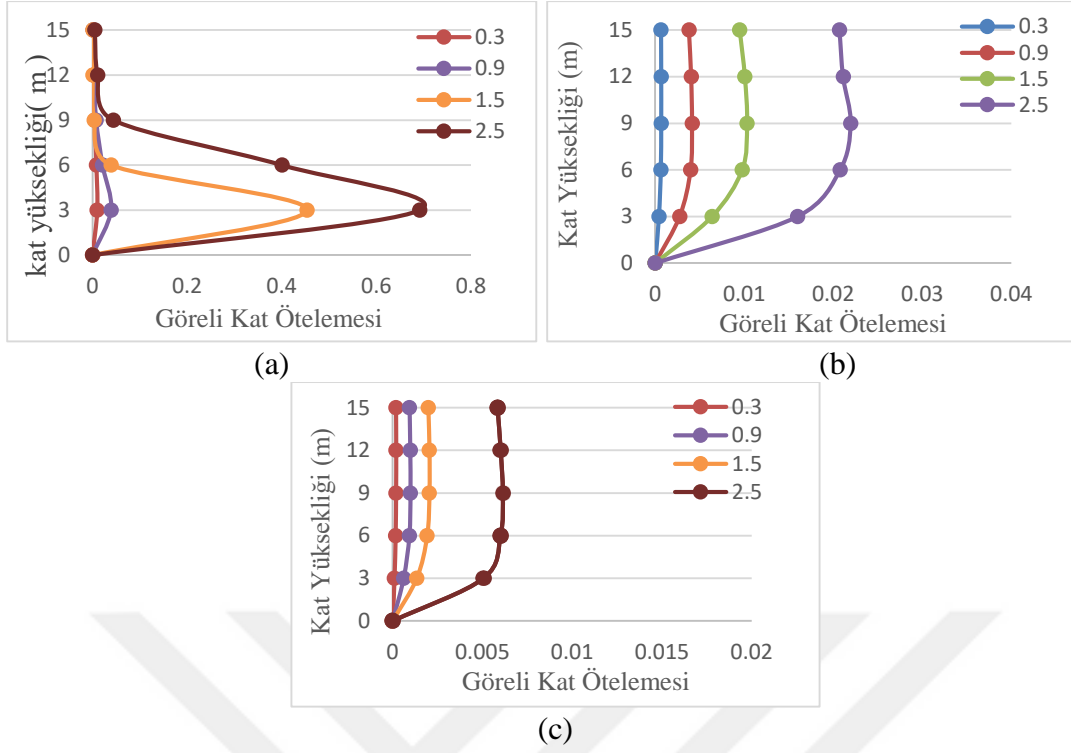
Şekil 4.18: PET000 deprem kaydı için x-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1



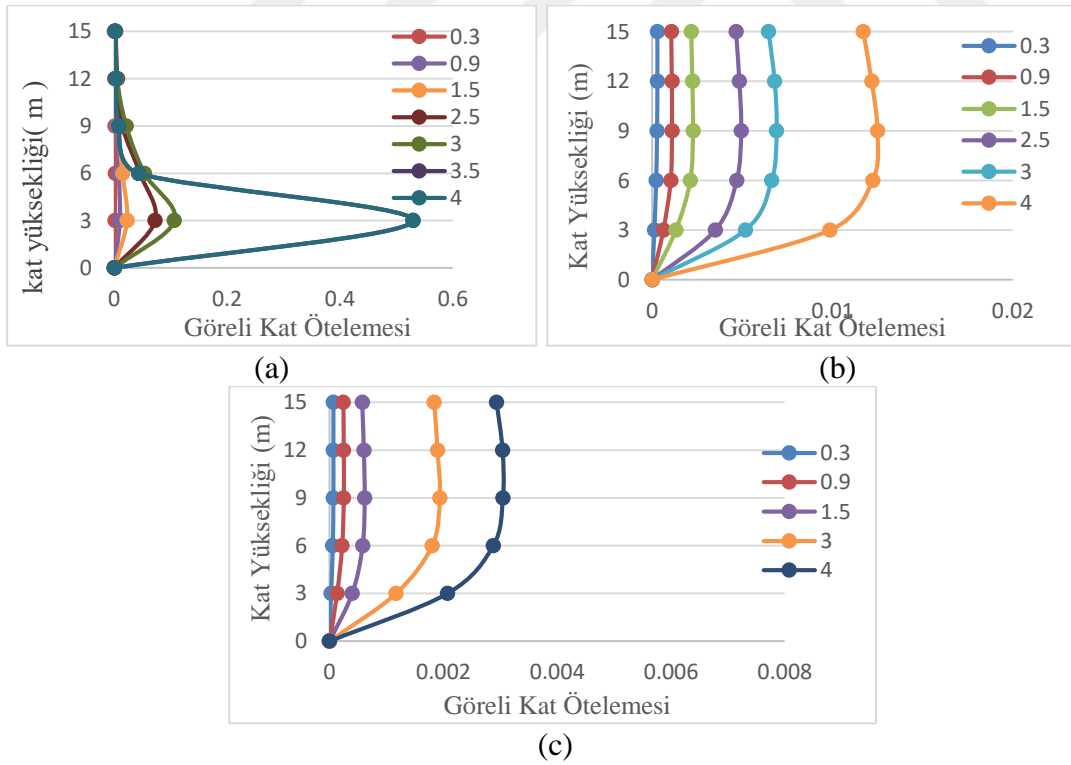
Şekil 4.19: RRS218 deprem kaydı için x-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1



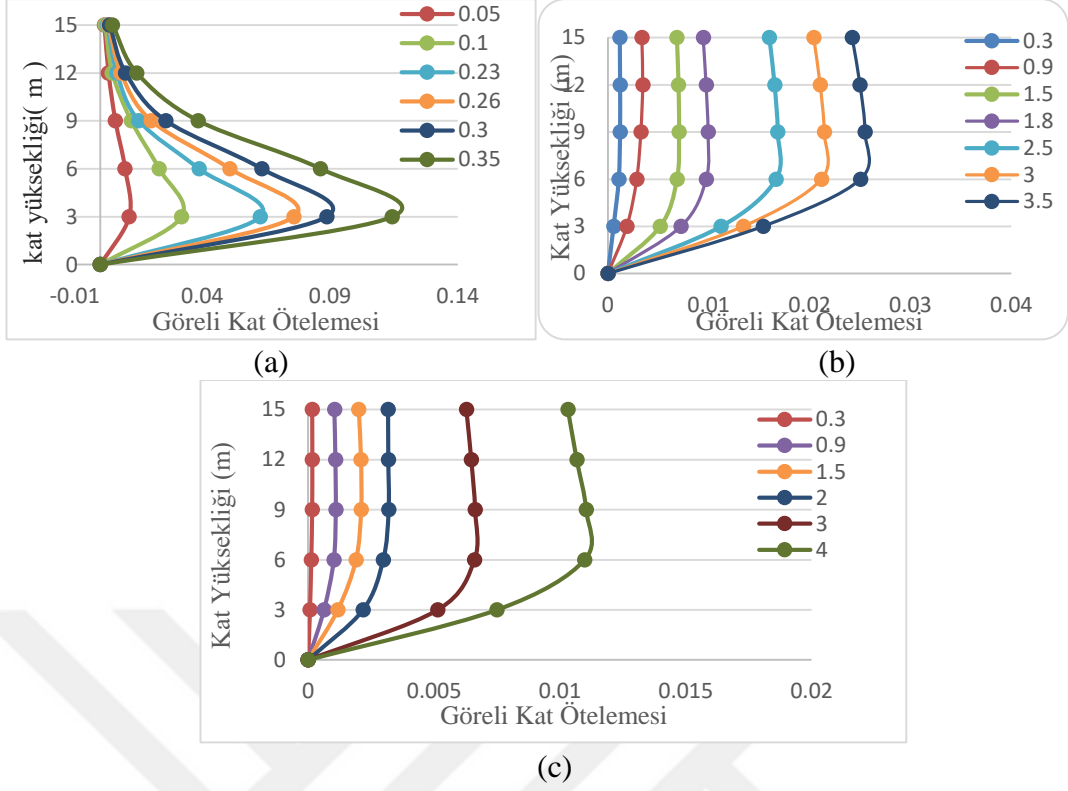
Şekil 4.20: SCE018 deprem kaydı için x-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1



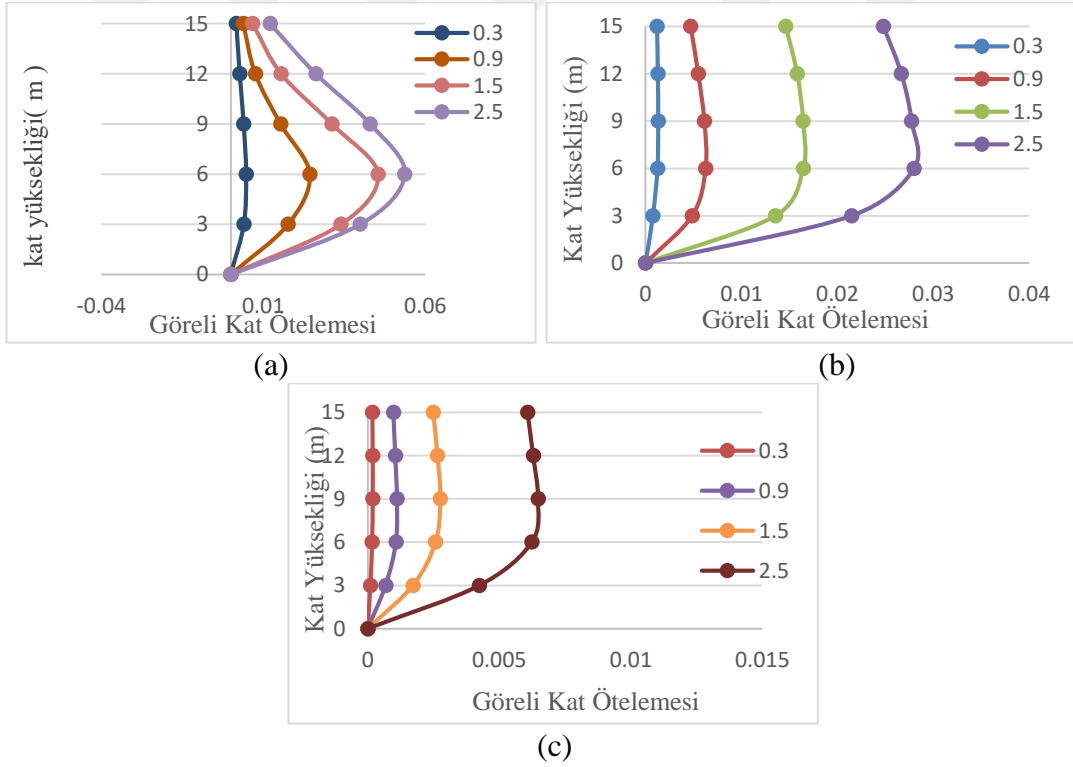
Şekil 4.21: SCS052 deprem kaydı için x-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1



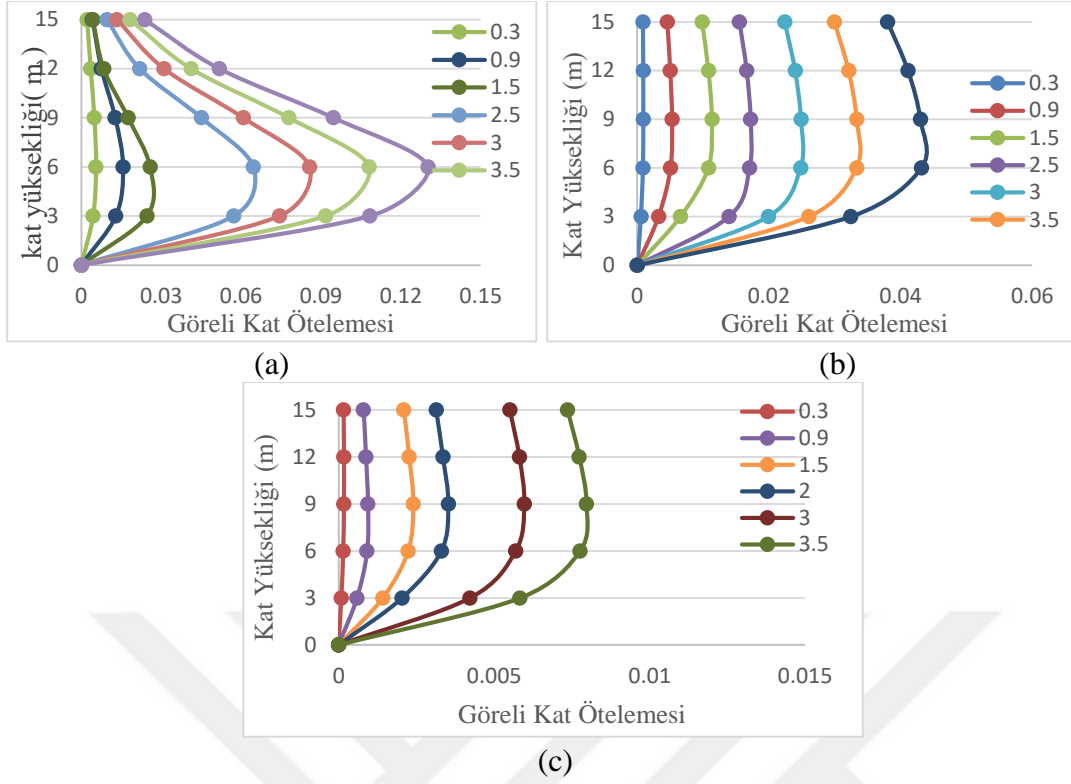
Şekil 4.22: YER270 deprem kaydı için x-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1



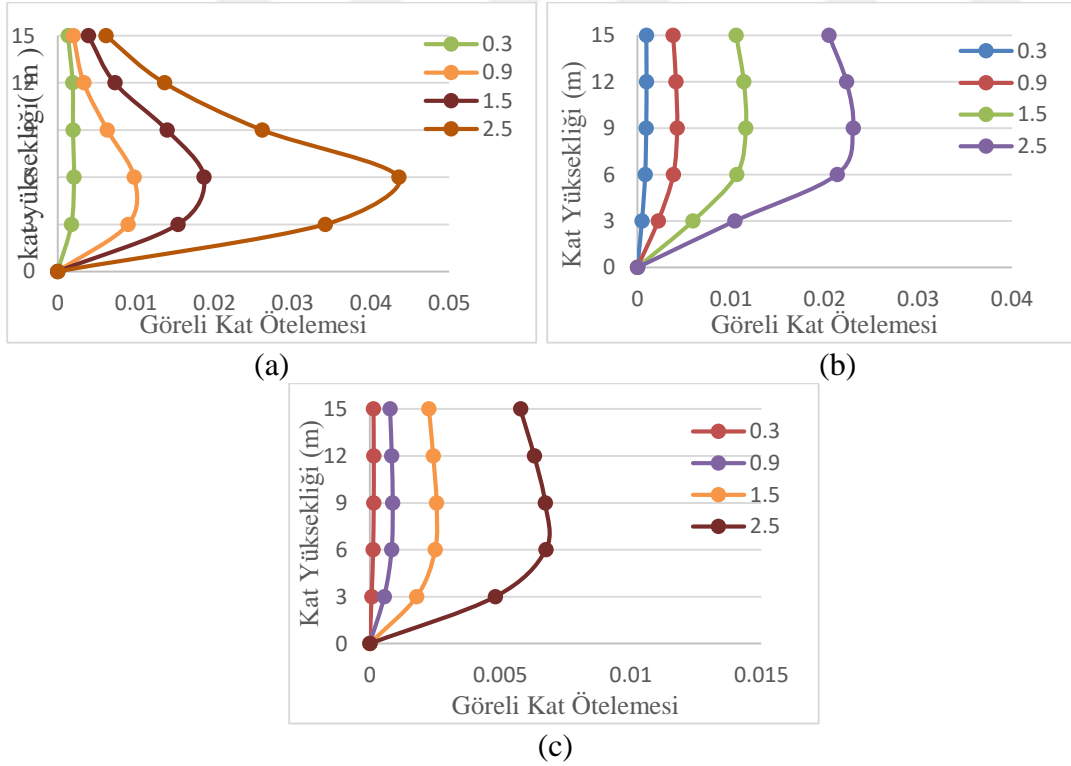
Şekil 4.23: SYL090 deprem kaydı için x-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1



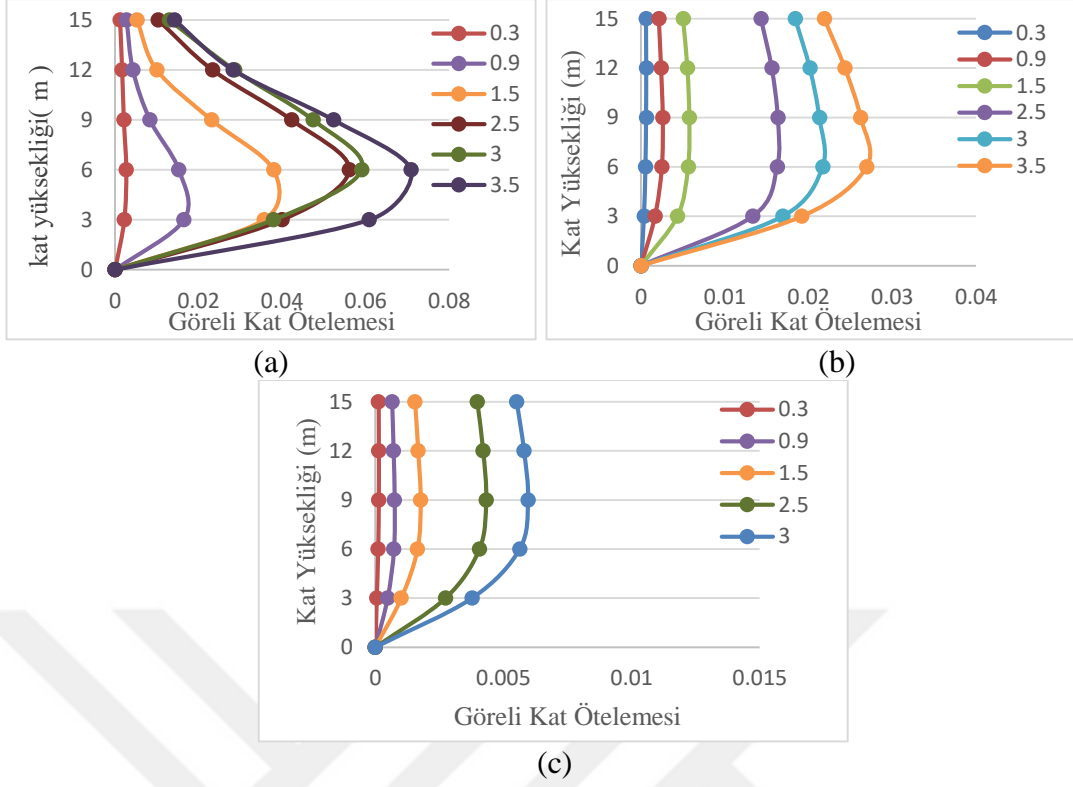
Şekil 4.24: NWH360 deprem kaydı için y-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1



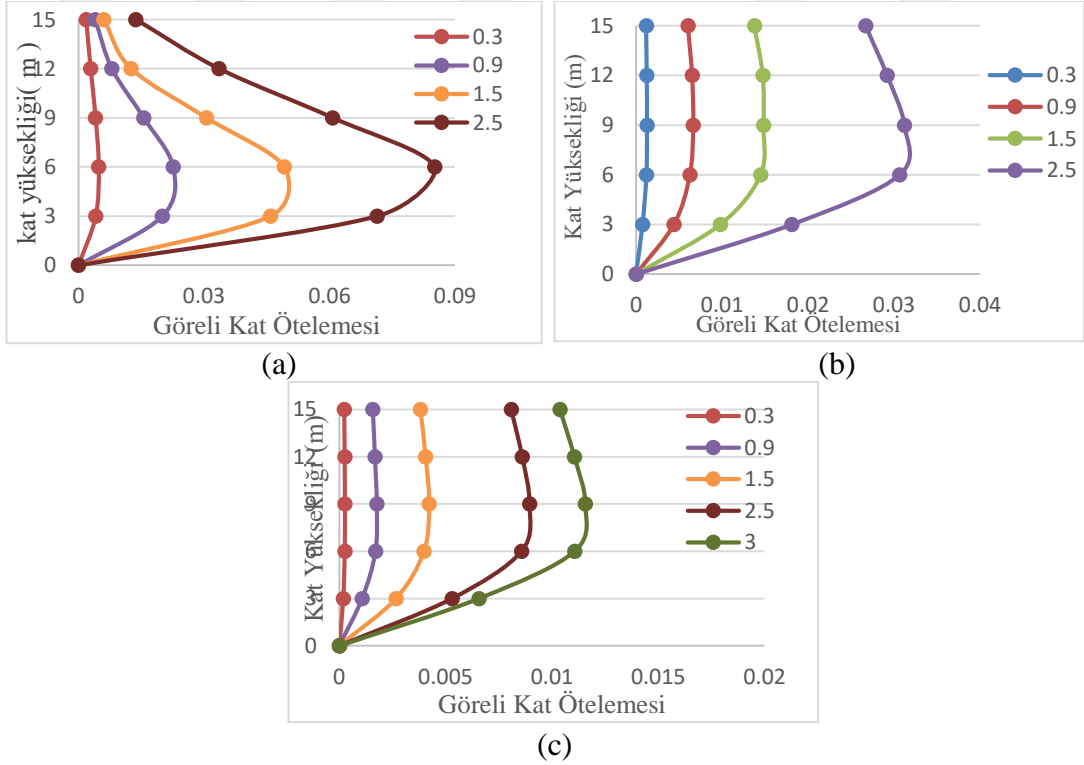
Şekil 4.25: PET090 deprem kaydı için y-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1



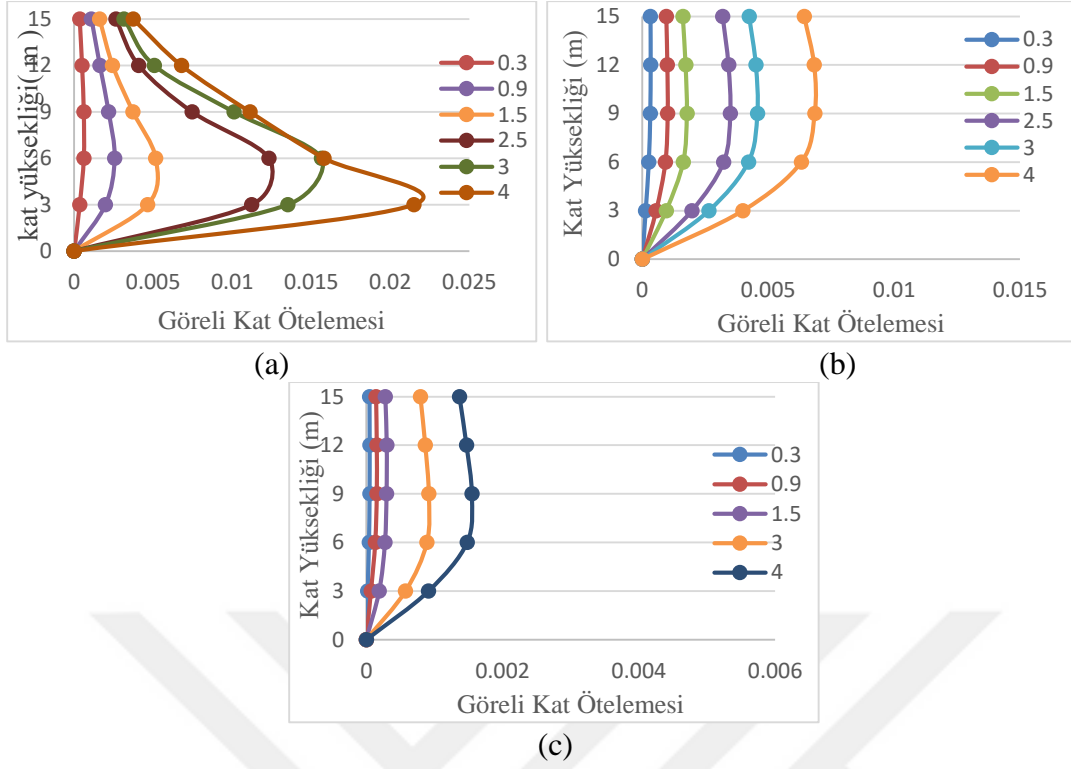
Şekil 4.26: RRS318 deprem kaydı için y-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1



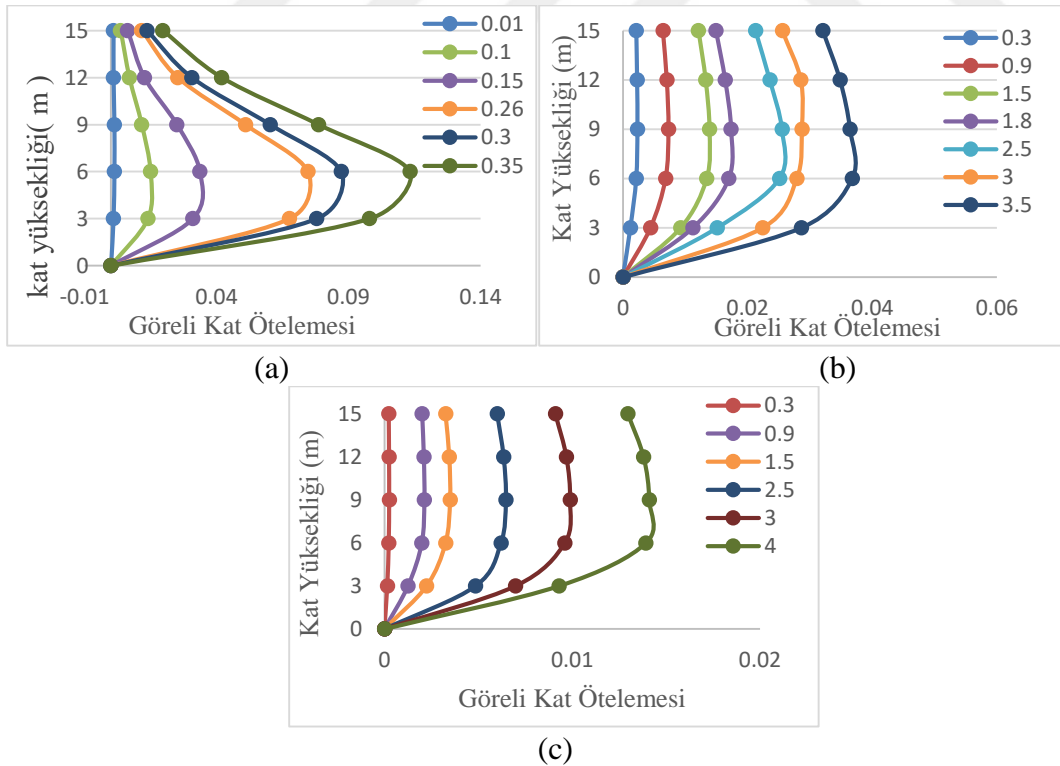
Şekil 4.27: SCE288 deprem kaydı için y-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1



Şekil 4.28: SCS142 deprem kaydı için y-yönüne kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1



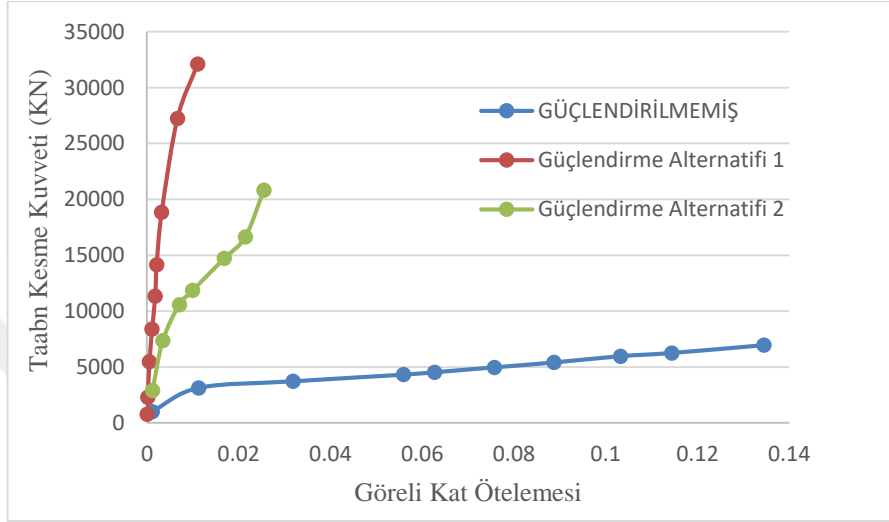
Şekil 4.29: YER360 deprem kaydı için y-yönüne kat yüksekliği-görelü kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1



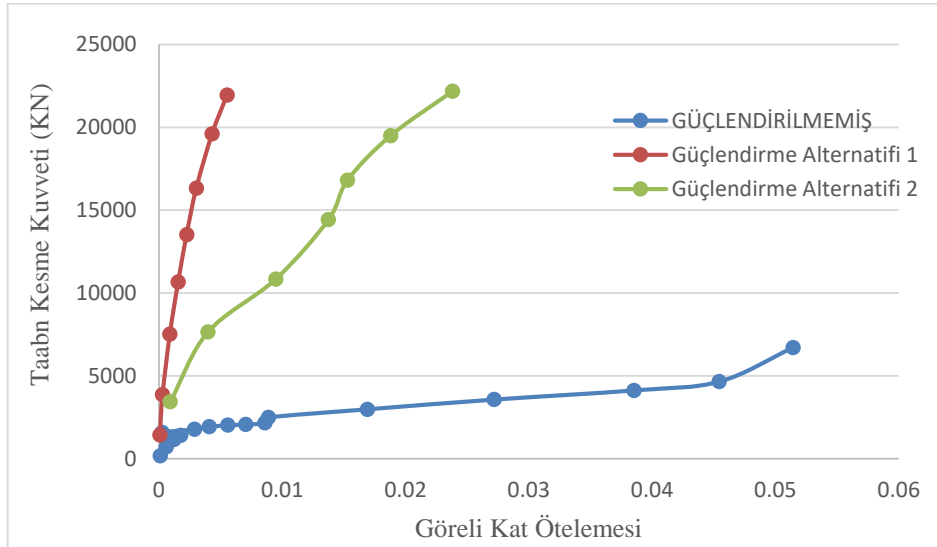
Şekil 4.30: SYL360 deprem kaydı için y-yönüne kat yüksekliği-görelü kat ötelemesi, burada: (a) mevcut durumu, (b) güçlendirme alternatifi 2, (c) güçlendirme alternatifi 1

4.7.2 Mevcut Ve Güçlendirilmiş Durumlar İçin Taban Kesme Kuvveti-Görelî Kat Ötelemesi Eğrilerinin Karşılaştırılması

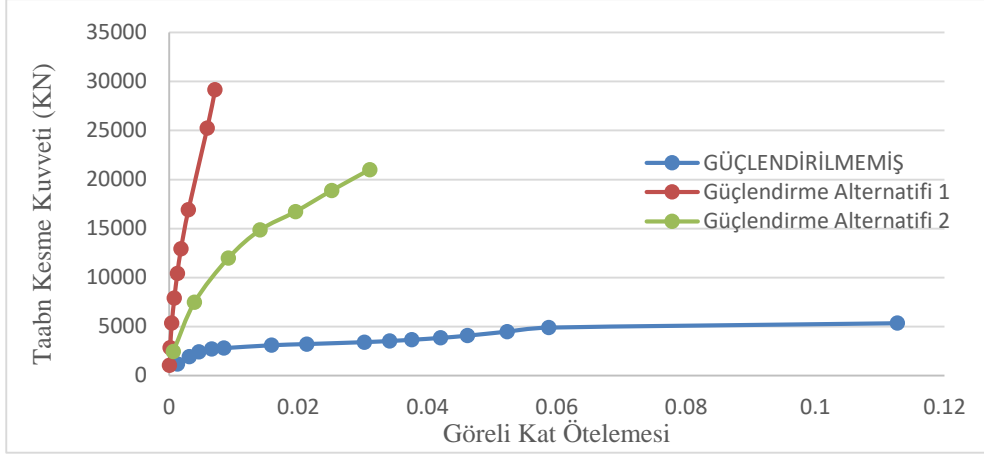
Şekil 4.31 - Şekil 4.37’de her bir deprem kaydı için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının x yönüne ait taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri gösterilmiştir. Yapının y yönüne ait taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri ise Şekil 4.38 - Şekil 4.44’te gösterilmiştir.



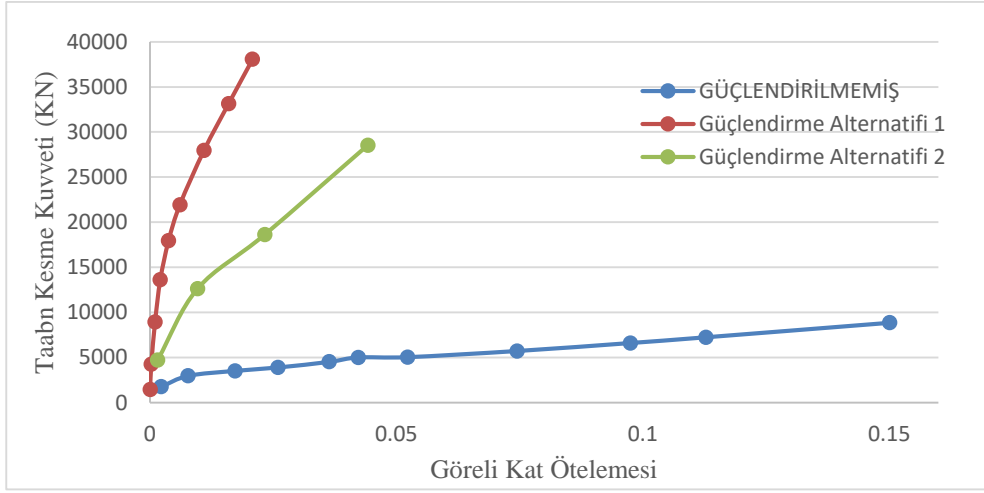
Şekil 4.31: SYL090 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının x yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri



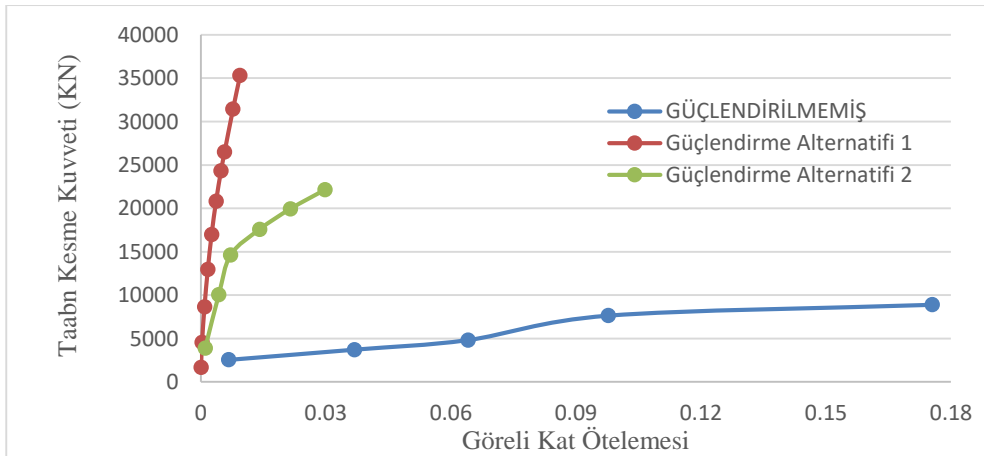
Şekil 4.32: NWH090 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının x yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri



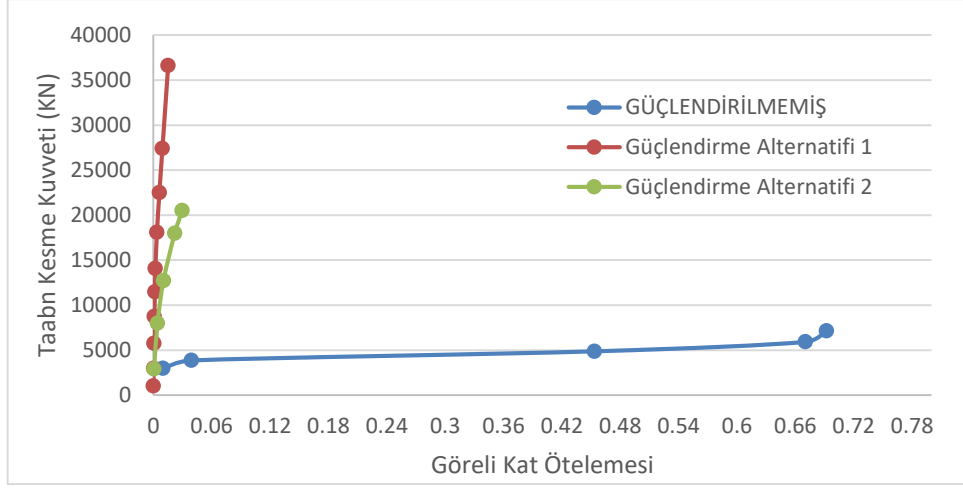
Şekil 4.33: PET000 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının x yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri



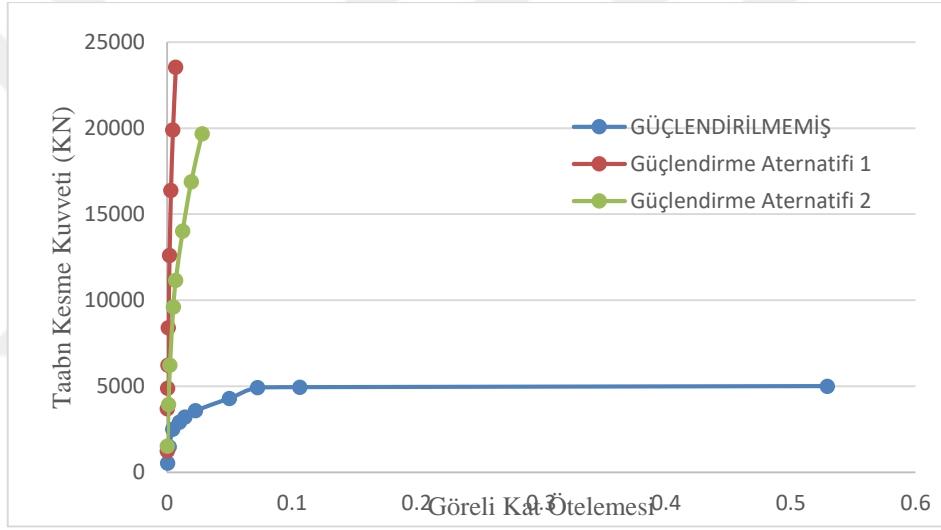
Şekil 4.34: RRS288 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının x yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri



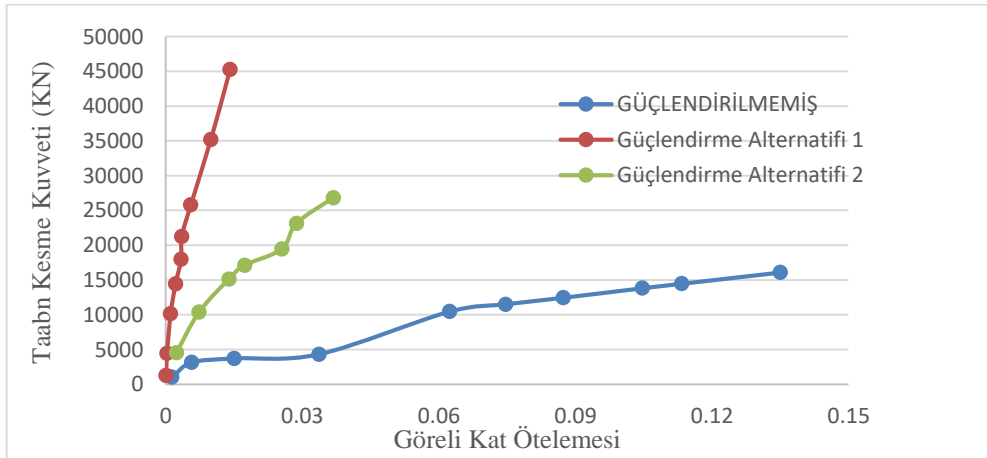
Şekil 4.35: SCE018 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının x yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri



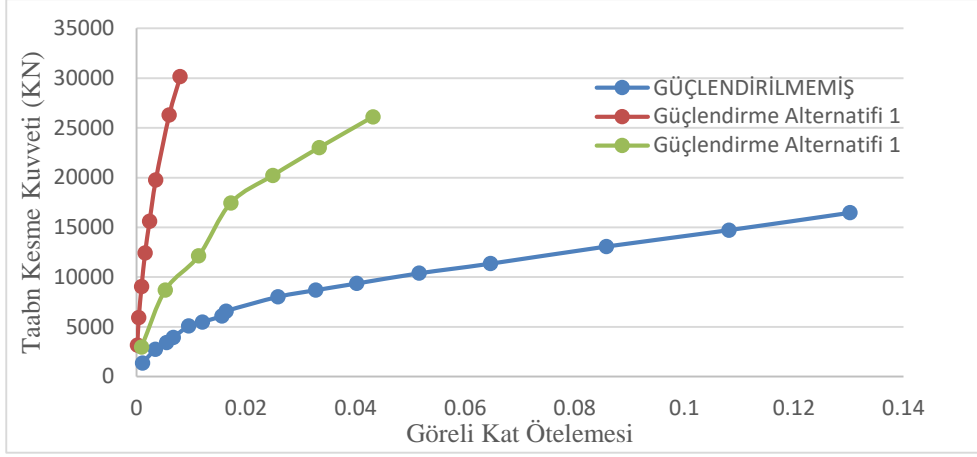
Şekil 4.36: SCS052 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının x yönüne taban kesme kuvveti-görel kat ötelemesi eğrileri



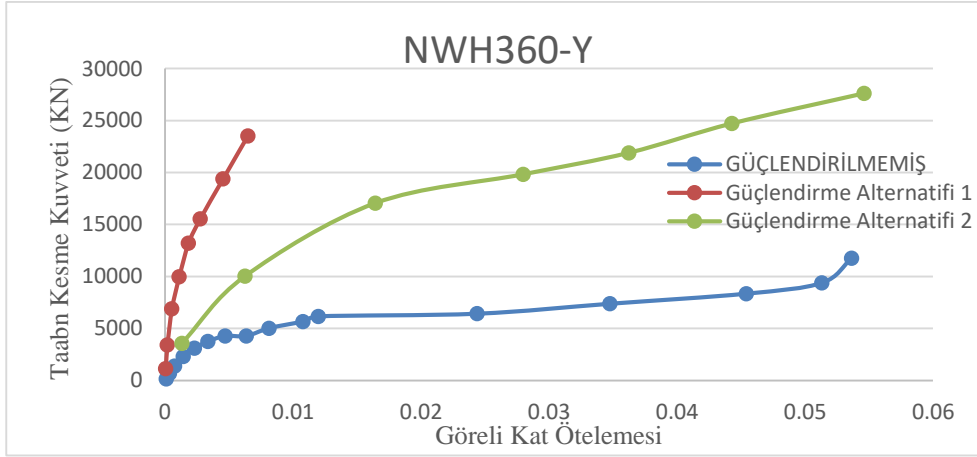
Şekil 4.37: YER270 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının x yönüne taban kesme kuvveti-görel kat ötelemesi eğrileri



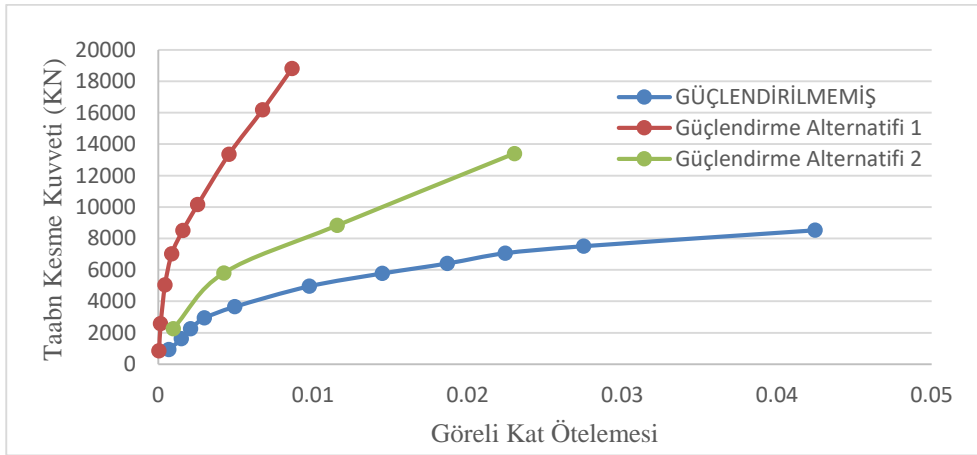
Şekil 4.38: SYL360 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının Y yönüne taban kesme kuvveti-görel kat ötelemesi eğrileri



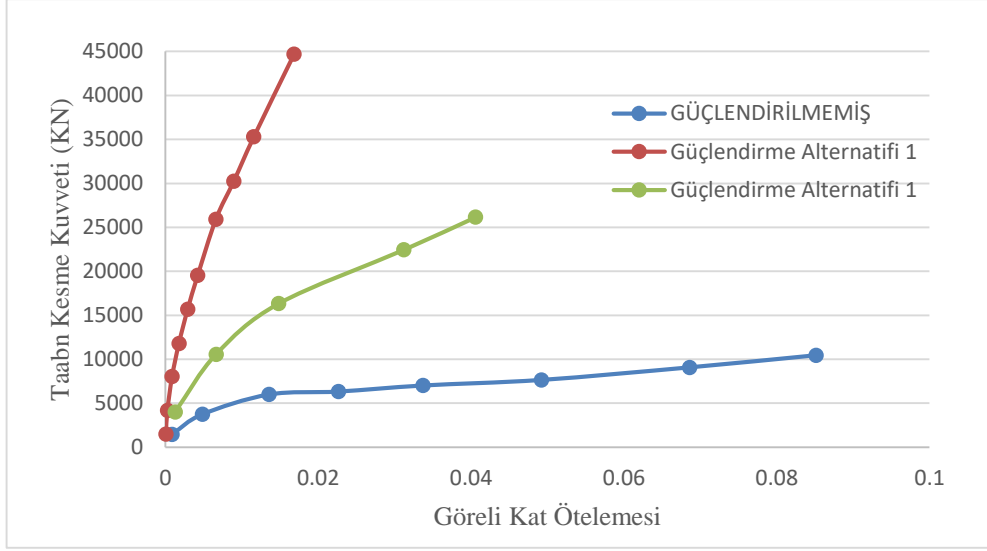
Şekil 4.39: PET360 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının Y yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri



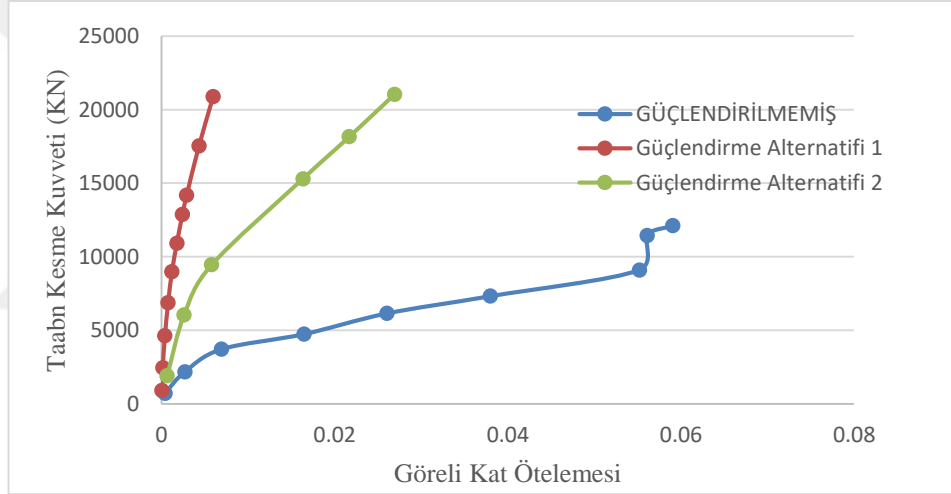
Şekil 4.40: NWH360 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının Y yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri



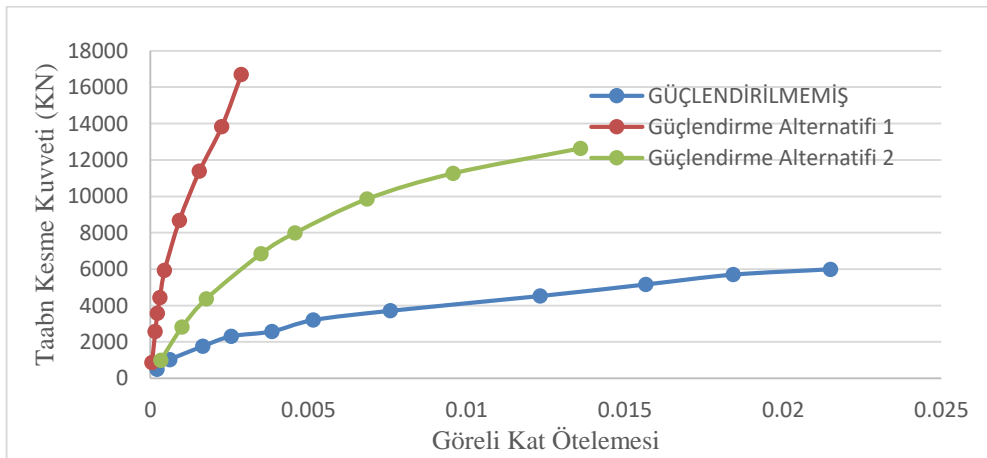
Şekil 4.41: RRS318 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının Y yönüne taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri



Şekil 4.42: SCS142 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının Y yönüne taban kesme kuvveti-görelü kat ötelemesi eğrileri



Şekil 4.43: SCS360 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının Y yönüne taban kesme kuvveti-görelü kat ötelemesi eğrileri



Şekil 4.44: YER360 deprem bileşeni için mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının Y yönüne taban kesme kuvveti-görelü kat ötelemesi eğrileri

4.7.3 Mevcut Yapı İle Güçlendirilmiş Yapının Kırılma Eğrilerinin Karşılaştırması

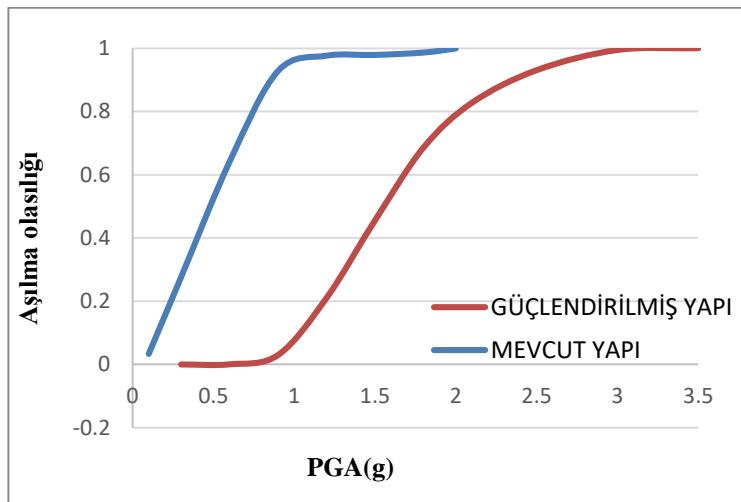
Kırılma eğrisinin elde edilmesi için gerekli olan parametreler Artımsal Dinamik analiz yöntemi kullanılarak yapılan çözümlerle sonuçlandırılmıştır. Bu çalışmada kırılma eğrisinin oluşturulmasının nedeni, belirli şiddet ölçütleri için, yapının hasar düzeyinin aşılma olasılığının belirlenmesidir. Şiddet ölçütü olarak en büyük yer ivmesi (PGA) esas alınmıştır. Hasar durumlarını sınıflandırmak için DBYBHY 2007 bölüm 7.5.2.6'da Elastik hesap yöntemi için tanımlanan görece kat öteleme sınırları kullanılmıştır. Herhangi bir kattaki kolon veya perde için görece kat öteleme sınırları Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6: Görece kat öteleme sınırları[4]

Görece Kat Öteleme Oranı	Hasar sınırları		
	Minimum (MN)	Belirgin (GV)	Göçme (GÇ)
δ_{ji}/h_{ji}	0.01	0.02	0.04

4.7.3.1 Minimum Hasar Durumu İçin Kırılma Eğrisinin Karşılaştırılması

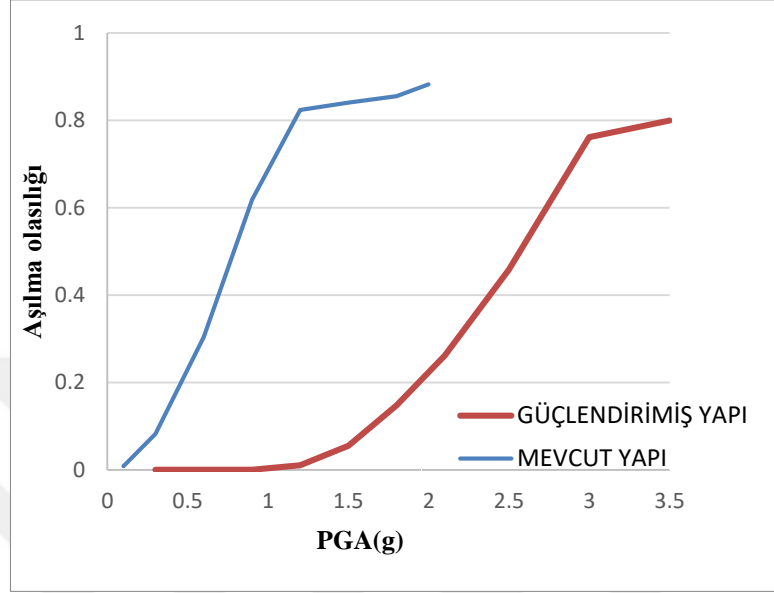
Minimum hasar sınırı limit görece kat öteleme değeri %1'dir. Mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının minimum hasar sınırı için elde edilmiş kırılma eğrileri Şekil 4.45'te sunulmuştur.



Şekil 4.45: Minimum hasar durumu için kırılma eğrisi karşılaştırılması

4.7.3.2 Belirgin Hasar Durumu İçin Kırılgenlık Eğrisinin Karşılaştırılması

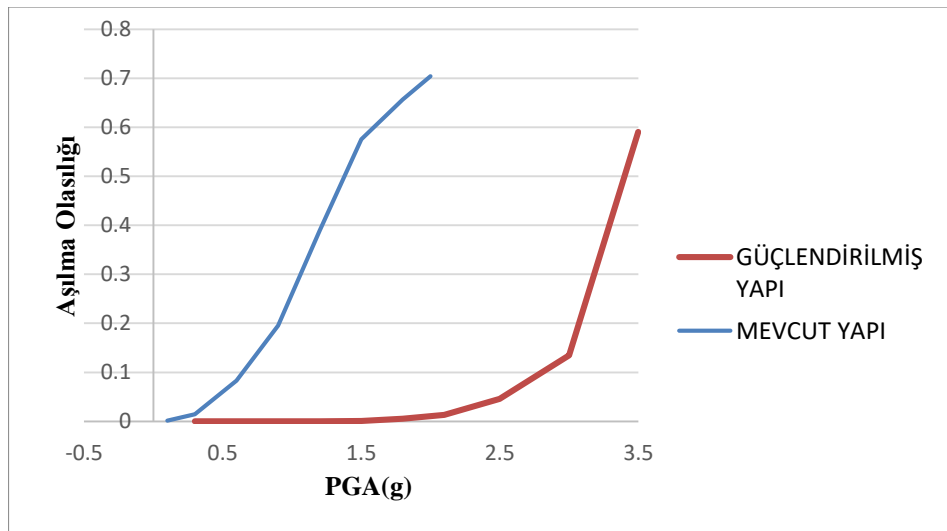
Belirgin hasar sınırı limit görelı kat ötelemesi değeri %2'dır. Mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının belirgin hasar sınırı için elde edilmiş kırılgenlık eğrileri Şekil 4.46'da sunulmuştur



Şekil 4.46: Belirgin hasar durumu için kırılgenlık eğrisi karşılaştırılması

4.7.3.3 Göçme Hasar Durumu İçin Kırılgenlık Eğrisinin Karşılaştırılması

Göçme hasar sınırı limit görelı kat ötelemesi değeri %4'dir. Mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapının göçme hasar sınırı için elde edilmiş kırılgenlık eğrileri Şekil 4.47'de sunulmuştur.



Şekil 4.47: Göçme hasar durumu için kırılgenlık eğrisi karşılaştırılması



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Edirne ilinde bulunan 5 katlı bir okul yapısı, Türk Deprem Yönetmeliğine uygun olacak şekilde iki güçlendirme alternatifi ile güçlendirilmiştir. Önceki bölümlerde, söz konusu yapının mevcut ve güçlendirilmiş durumunun performans düzeylerinin belirlenmesi amacıyla, yapının her üç durumuna 14 deprem kaydı uygulanarak artımsal dinamik analizi yapılmıştır. Yapılan analizlerin sonuçlardan elde edilen görelî kat ötelemesi, taban kesme kuvveti değerleri ile kırılgenlik eğrileri, taban kesme kuvveti-görelî kat ötelemesi eğrileri ve kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi eğrileri oluşturulmuştur. Buna göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Şekil 4.17 ila Şekil 4.30'te verilen x ve y yönü kat yüksekliği-görelî kat ötelemesi grafikleri incelendiğinde, mevcut durumda küçük yer hareketi şiddetleri için yapıda büyük yer değiştirmelerin meydana geldiği görülmüştür. Kat yer değiştirmeleri güçlendirme sonrasında (sırasıyla güçlendirme alternatifi 2 ve güçlendirme alternatifi 1) önemli oranda azaltmıştır.
- 14 deprem kaydının ortalama taban kesme kuvvetlerine bakıldığında, yapının taban kesme kuvveti, güçlendirme sonrasında önemli oranda artmıştır. Ortalama taban kesme kuvveti 0.9g şiddet ölçüsü için binanın mevcut durumunda 4629.29 kN iken, güçlendirme alternatifi 2 ve 1 sonrasında sırasıyla 7631.244 ve 8683.898 kN olduğu görülmüştür. Bu değerler göz önüne alındığında güçlendirme alternatifi 2 ve 1 sonrasında taban kesme kuvvetinin sırasıyla %73.96 ve %83.45 oranında arttığı söylenebilir.
- 14 deprem kaydının ortalama görelî kat ötelemesine bakıldığında, görelî kat ötelemesi değerleri güçlendirme sonrasında önemli oranda azalmıştır. Ortalama görelî kat ötelemesi değeri, 0.9g şiddet ölçüsü için binanın mevcut durumunda 0.02104 iken, güçlendirme alternatifi 2 ve 1 sonrasında sırasıyla 0.004437 ve 0.00191 olarak gözlenmiştir.

- Kırılma eğrilerine bakıldığında, yapının güçlendirme alternatifi 2 sonrasında göçme olasılığı önemli oranda azalmıştır. Mevcut binada minimum hasar bölgesi performans seviyesi için 1.5 şiddet ölçütünde %97 aşılma olasılığı görülürken, güçlendirilmiş durumda aynı şiddet ölçütü için %45.5 aşılma olasılığı gözlenmektedir. Bu değerler göz önüne alındığında güçlendirme sonrasında aynı şiddet ölçütü için yapının hasar olasılığının %52'ye indiği görülmektedir.
- Bu çalışma, mevcut durumda perdesi olmayan ve düzenli bir örnek bina için yapılmış olup, gelecekte, farklı düzensizliklere sahip binaların, farklı güçlendirme teknikleri kullanılarak iyileştirilmesi durumu için de benzer çalışmalar yapılabilir.



KAYNAKLAR

- [1] **Bolt, A.B.**,(2003), Earthquakes, 5th edition, W.H. freeman & company press, Berkeley California.
- [2] **Url-1**<<http://www.aljazeera.com.tr/dosya/turkiyede-buyuk-depremler>>, 28.11.2013.
- [3] **Kaplan, H., Yılmaz, S., Cetinkaya N., Atımtay E.**, (2009). “Seismic strengthening of RC structures with exterior shear walls”.
- [4] **Deprem Bölgesinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik**, (2007), Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Maya Basın, Ankara.
- [5] **Koçak, S.**, (2015). Bir Tipik Okul Projesinde Mevcut ve Güçlendirilmiş Durumlar için Kırılma Eğrilerinin Oluşturulması.
- [6] **Adak, B.**, (2017). “Özel Çelik Çaprazlarla Güçlendirilmiş Betonarme Çerçeve Sistemin Deprem Davranışının İncelenmesi”
- [7] **Yılmaz, S.**, (2007). “Betonarme Binaların Yapı Dışarısından Perde duvarlarla Güçlendirilmesi”.
- [8] **Özdöner, N.**, (2011). “Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin, Bina Dışından Uygulanan Betonarme Prefabrik Paneller İle Arttırılması”
- [9] **Beyli, E.**, (2002). “Betonarme Binalara Uygulanan Güçlendirme Yöntemleri Ve Perde Yüksekliğinin İncelenmesi”.
- [10] **Erdem, M.F.**, (2008). “Perde Duvar Ve Betonarme Mantolama Yöntemleriyle Güçlendirilen Binalarda Güçlendirme Maliyetinin İncelenmesi”
- [11] **Tetik, T.**, (2015). “Tarihi Yığma Yapıların Deprem Performansı Ve Güçlendirme Teknikleri”
- [12] **Gün, Ö.**, (2007). “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi Ve Güçlendirilmesinin 2006 Deprem Yönetmeliği Kapsamında İrdelenmesi”
- [13] **Agarwall, P., Shrikhande, M.**, (2014), Earthquake Resistant Design of Structures, 13th Printing, Rajkamal Electronic Press, New Dehli.
- [14] **Darılmaz, K.**, (2014), “Depreme Dayanıklı Betonarme Binaların Tasarımına Giriş”
- [15] **Url-2**< <https://www.usgs.gov/faqs/moment-magnitude-richter-scale-what-are-different-magnitude-scales-and-why-are-there-so-many> >
- [16] **Url-3**< <https://www.afad.gov.tr/tr/3533/Deprem-in-ivmesi-Aceleration> >
- [17] **Varadharajan, S.**, (2014). “Study of Irregular RC Buildings under Seismic effect”
- [18] **Özmen, H.B., İnel, M., Bilgin.,** (2007). “Yumuşak Kat Davranışının Duvar Etkisi Dikkate Alınarak İncelenmesi”
- [19] **AFAD, İPKB**, (2014), “Güçlendirme ve Yeniden Yapım Çalışmaları” Teknik Not
- [20] **Url-4**<<http://www.insaatim.com/index.php?pid=yazidetay&yazi=262>>
- [21] **Sugano, S.**, “seismic strengthening of Existing Reinforce Concrete Buildings in Japan”. Bullentin New Zealand National Society for Earthquake Engineerin, Vol14. No. 4, december 1981.

- [22] **Bertero, V.V.**, (1977), “Strength and Deformation Capacities of Buildings Under Extreme Environments”, Structural Engineering and Structural Mechanics, 211-215, Pister KS (ed) ; Prentice Hall: New Jersey.
- [23] **Vamvatsikos, D., Cornell, A.C.**, (2002), “Incremental Dynamic Analysis”, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 31:491-514.
- [24] **Penelis G.G., Kappos, A.J.**, (1997), “Earthquake Resistant Concrete Structures”,
E&FN Spon, London.
- [25] **SeismoSoft** (2007) SeismoStruct - A Computer Program for Static and Dynamic
Nonlinear Analysis of Framed Structures [online]. Available from URL-5<
<http://www.seismosoft.com>.>
- [26] **Jack W. Baker**, Efficient analytical fragility function fitting using dynamic
structural analysis.



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Mohammad Faheem AFZALİ
Doğum Yeri ve Tarihi : Herat Afganistan / 1992
Yabancı Dil : İngilizce, Farsça
E-Posta : faheem.1699@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	İnşaat Müh.	Herat Üniversitesi	2013
Lise	Fen/Matematik	Sultan Lisesi	2009

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görev
2013-2014	Bahaduri Construction Compani	Saha Mühendisi
2012-2013	Global Engineerin and Consulating services	Staj

